



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
Διεπιστημονικό-Διατμηματικό Πρόγραμμα
Μεταπτυχιακών Σπουδών
"ΝΑΝΟΕΠΙΣΤΗΜΕΣ & ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ"



Newsletter

Χρόνος 16 // Τεύχος 21

Θεσσαλονίκη
Οκτώβριος 2017

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

16η ΓΕΝΙΑ ΝΑΝΟΕΠΙΣΤΗΜΟΝΩΝ ΣΤΟ ΔΠΜΣ Ν&Ν!	1
ΓΙΑ 14 ^η ΧΡΟΝΙΑ ΤΟ ΠΟΛΥΓΕΓΟΝΟΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΥ 2017 ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ... 2	
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΤΩΝ ΑΠΟΦΟΙΤΩΝ ΤΟΥ ΔΠΜΣ Ν&Ν.....	10
Νανοϊατρική	10
1. Νανοϊκρίσματα οξικής κυτταρίνης και ιστική αναγέννηση βαλβίδων καρδιάς....	10
2. Ανάπτυξη & Χαρακτηρισμός Νανოსωματιδιακού Συστήματος Μεταφοράς της Κερσετίνης για Καρδιαγγειακές Εφαρμογές.....	12
3. In vivo εκτίμηση νανοτοξικότητας νανοϋλικών για ορθοπεδικά εμφυτεύματα...13	
4. Ανάπτυξη και Χαρακτηρισμός Πολυμερικών Νανοϊνωδών Ικτριωμάτων Φορτωμένα με φάρμακα για Καρδιαγγειακές Εφαρμογές	19
5. Ανάπτυξη Νανοπλατφόρμων από Πολυμερικά Ικτριώματα Φορτωμένα με φάρμακα για Ορθοπεδικές Εφαρμογές... 21	
6. Μελέτη της Αλληλεπίδρασης Διλιπιδικής Μεμβράνης με Φορέα Φαρμακευτικών Ουσιών σε Υδατικό Περιβάλλον με τη Μέθοδο της Μοριακής Δυναμικής.....	22
7. Βιο-λειτουργικές επιφάνειες και αντιβακτηριακή δράση	24
8. Συμβολή της τρισδιάστατης εκτύπωσης στην κατασκευή Χειρουργικών εργαλείων με αντιμικροβιακές ιδιότητες	26
9. Νανομηχανικές Ιδιότητες Νανοϊνών Με Εφαρμογές Στη Νανοϊατρική	28
10. Σύνθεση και Μελέτη Επιφανειών με Νανοςωματίδια Οξειδίου του Ψευδαργύρου και Πολυμερικά Ικτριώματα Πολυκαπρολακτόνης για Αντιμικροβιακές Εφαρμογές.....	31

11. Νανοπορώδη υμένια ως επικάλυψη σε καρδιαγγειακά εμφυτεύματα με την τεχνική του Spraying: ανάπτυξη & χαρακτηρισμός.....

34

12. Νανοςωματίδια Αργύρου ως Επικαλύψεις σε Πολυμερικά Ικτριώματα για Ορθοπεδικές Εφαρμογές

35

Οργανικά Φωτοβολταϊκά.....38

13. Ανάπτυξη και Χαρακτηρισμός Πολυμερών Οργανικών Φωτοβολταϊκών Κυψελών με Νανοςωματίδια Αργύρου από Αποδόμηση με Laser

38

14. Υπολογιστική μελέτη της προσρόφησης του Νερού στην επιφάνεια του Αργύρου. Μεταβολή του Ηλεκτροστατικού Δυναμικού & Επίδραση στην Απόδοση των Οργανικών Φωτοβολταϊκών

39

15. Ανάπτυξη Υμενίων Υψηλού Φραγμού για Ενθυλάκωση Οργανικών Φωτοβολταϊκών Διατάξεων & Έλεγχος τους στην Απόδοση των ΟΦΒ.....

42

16. Χημική Σύνθεση Νανοςωματιδίων Αργύρου και Βελτίωση της Απόδοσης Οργανικών Φωτοβολταϊκών Διατάξεων με την Ενσωμάτωση Πλασμονικών Νανοδομών στο Στρώμα Διέλευσης Οπών.....

42

17. Ανάπτυξη και Χαρακτηρισμός Οργανικών Τρανζίστορ Επίδρασης Πεδίου Βασισμένα στον Ψεκασμό Μιγμάτων Ημιαγωγίμων Μικρών Μορίων και Μονωτικών Πολυμερών.....

43

18. Μελέτη των νανοτοπογραφικών και νανοδομικών ιδιοτήτων υμενίων σε διατάξεις οργανικών διοδών εκπομπής φωτός (OLEDs) με στόχο τη βελτιστοποίηση της απόδοσης λειτουργίας τους.....

46

Βιοισθητήρες-Βιοηλεκτρονική

19. Βιοηλεκτρονικά βασισμένα σε αγωγιμα πολυμερή

47

20. Σύνθεση και χαρακτηρισμός Νανოსωματιδίων Πυριτίου με τη μέθοδο Αποδόμησης με Laser.....	49	SMARTONICS: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΝΕΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ	69
21. Ηλεκτρονική Κρυσταλλογραφία στη νανοκλίμακα: Προσδιορισμός των φάσεων στο νανοδομημένο θερμοηλεκτρικό σύστημα PbTe + 25%PbSnS2.....	50	ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ ΜΕ ΤΟΝ ΔΡ. ΓΙΩΡΓΟ ΚΑΤΑΛΑΓΑΡΙΑΝΑΚΗ, ΥΠΑΜΜΗΛΟ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ, ΥΠΕΥΘΥΝΟ ΓΙΑ ΘΕΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΙΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ	72
22. Σύνθεση, επεξεργασία και χαρακτηρισμός νανოსωματιδίων FeMnGa για εφαρμογές μονίμων μαγνητών.....	53		
23. Νανοϋλικά και δομικά υλικά: Επίδραση των νανοϋλικών στη δομή και τις μηχανικές ιδιότητες των υλικών τσιμέντου	55		
24. Τεχνολογία Εναπόθεσης Ατμών Οργανικής Φάσης (Organic Vapor Phase Deposition - OVPD)	57		
25. Μελέτη με φασματοσκοπία Raman του σχηματισμού φωτοπολυμερών στο σύμπλοκο φουλερένιο {Pt(dbdtc) ₂ }-C ₆₀ καθώς και της διάσπασής τους κατά τη θερμική κατεργασία.....	59		
Γραφένιο.....	60		
26. Μεταφορά υμενίων γραφενίου για ανάπτυξη ηλεκτροδίων βασισμένα στο γραφένιο.....	60		
27. In-situ και Real-time Φασματοσκοπική Ελλειψομετρία για τη μελέτη των μηχανισμών ανάπτυξης Γραφενίου με χημική εναπόθεση ατμών	61		
28. Ανάπτυξη διαδικτυακού λογισμικού προσομοίωσης εγχάραξης μοτίβων ηλεκτροδίων σε οργανικά φωτοβολταϊκά με χρήση λέιζερ υπερ-βραχέων παλμών - LMM-	62		
29. Αξιολόγηση των γνώσεων μαθητών και καθηγητών σε θέματα Νανοτεχνολογίας και διερεύνηση εναλλακτικών τρόπων ένταξής της στα Προγράμματα Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης	64		

16η ΓΕΝΙΑ ΝΑΝΟΕΠΙΣΤΗΜΟΝΩΝ ΣΤΟ ΔΠΜΣ N&N!

Την Παρασκευή 13 Οκτωβρίου πραγματοποιήθηκε για 16η συνεχή χρονιά στην αίθουσα A31 της Σχολής Θετικών Επιστημών του ΑΠΘ, η Εκδήλωση Υποδοχής Πρωτοετών Φοιτητών του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών "Νανοεπιστήμες και Νανοτεχνολογίες" για το ακαδημαϊκό έτος 2017-18. Όπως κάθε χρόνο, έτσι και φέτος, οι φοιτητές που εισήχθησαν στο μεταπτυχιακό αυτό πρόγραμμα προέρχονται από διαφορετικά επιστημονικά πεδία και ειδικότητες, ξεκινώντας από τις Θετικές Επιστήμες και φτάνοντας μέχρι την Ιατρική και τις Πολυτεχνικές Σχολές, γεγονός που αναδεικνύει το διεπιστημονικό χαρακτήρα του N&N.



Οι πρωτοετείς φοιτητές του ΔΠΜΣ N&N 2017/2018

Στην εκδήλωση αυτή παρευρέθηκαν οι 23 νεοεισαχθέντες φοιτητές, καθώς και Καθηγητές και μέλη της Συντονιστικής Επιτροπής του Προγράμματος Σπουδών, πιο συγκεκριμένα, ο Διευθυντής και οραματιστής του μεταπτυχιακού προγράμματος Καθ. κ. Στ. Λογοθετίδης, ο Καθ. κ. Ν. Φράγκης και η Καθ. κ. Θ. Χολή-Παπαδοπούλου. Στην εκδήλωση έδωσαν το παρόν, επίσης, ο Πρόεδρος του Τμήματος Φυσικής Καθ. κ. Κ. Χρυσάφης, ο Διευθυντής του Τομέα Φυσικής Στερεάς Κατάστασης Καθ. κ. Κ. Παρασκευόπου-

λος και ο Κοσμήτορας της ΣΘΕ του ΑΠΘ, Καθηγητής του Τμήματος Βιολογίας κ. Χ. Χινητήρογλου.

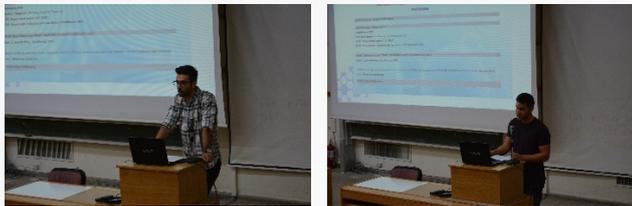
Η εκδήλωση ξεκίνησε με το χαιρετισμό του Καθ. κ. Στ. Λογοθετίδη, ενώ στη συνέχεια το λόγο πήρε ο Κοσμήτορας της ΣΘΕ, Καθ. κ. Χ. Χινητήρογλου, ο οποίος αφού συνεχάρη τους νεοεισαχθέντες φοιτητές, ανέδειξε με παραδείγματα της καθημερινής ζωής τη σημασία της Νανοτεχνολογίας. Έπειτα, το λόγο πήρε η Πρόεδρος του Τμήματος Χημείας ΑΠΘ Καθ. κ. Θ. Χολή-Παπαδοπούλου, η οποία τόνισε πως ένας βασικός στόχος του ΔΠΜΣ N&N είναι να μεταδώσει στους φοιτητές τη διεπιστημονικότητα στη σκέψη. Ο Καθ. κ. Ν. Φράγκης εκπροσωπώντας τα μέλη της Σ.Ε. του Μεταπτυχιακού Προγράμματος ανέδειξε τη διατμηματικότητα του N&N και παρότρυνε τους πρωτοετείς φοιτητές να αξιοποιήσουν τις ευκαιρίες που τους δίνονται.



Οι ομιλίες του Κοσμήτορα της ΣΘΕ Καθ. Χ. Χινητήρογλου (επάνω) και των διδασκόντων του ΔΠΜΣ N&N Καθ. Θ. Χολή και Καθ. Ν. Φράγκη

Στη συνέχεια της εκδήλωσης, ο δευτεροετής φοιτητής του ΔΠΜΣ N&N Αναστάσιος Γαλασόπουλος καλωσόρισε τους νέους του συμφοιτητές, ενώ τους τελειόφοιτους φοιτητές εκπροσώπησε ο Κλείτος Σταύρου. Και οι δύο έδωσαν στους νεοεισαχθέντες σημαντικές συμβουλές για την πορεία τους στο μεταπτυχιακό, επικροτώντας παράλληλα την επιλογή του συγκεκριμένου μεταπτυχιακού προγράμματος. Αργότερα, το λόγο πήραν οι νεοεισαχθέντες φοιτητές που ένας-ένας αυτοπαρουσιάστηκαν, ενώ

μίλησαν για τον τομέα ενδιαφέροντός τους και το λόγο που διάλεξαν το συγκεκριμένο πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών.



Οι ομιλίες του Α. Γαλατσόπουλου (αριστερά) και Κ. Σταύρου (δεξιά) προς τους πρωτοετείς φοιτητές.

Έπειτα, ο Διευθυντής του ΔΠΜΣ N&N Καθ. κ. Στ. Λογοθετίδης παρουσίασε αναλυτικά τους 3 τομείς εξειδίκευσης εντός του μεταπτυχιακού: τη Τεχνολογία Λεπτών Υμενίων, τη Νανομηχανική και τα Νανοϋλικά, καθώς και τη Νανοβιοτεχνολογία και Νανοϊατρική. Επιπλέον, αναφέρθηκε στο Διεθνές Συνέδριο Nanotechnology και τη συνεισφορά των μεταπτυχιακών φοιτητών του ΔΠΜΣ N&N σε αυτό, ενώ τέλος μίλησε για το Δίκτυο Έρευνας και Καινοτομίας NANONET. Η εκδήλωση ολοκληρώθηκε με την παρουσίαση τους Διπλωματικής εργασίας του τελειόφοιτου φοιτητή του ΔΠΜΣ N&N Κόκκινου Δημητρίου με θέμα: “Ανάπτυξη οργανικών διόδων εκπομπής φωτός (OLEDs) για φωτισμό και μελέτη των παραγόντων που επιδρούν στην απόδοσή τους”.



Ο Διευθυντής του ΔΠΜΣ N&N Καθ. Σ. Λογοθετίδης και η παρουσίαση της Διπλωματικής Εργασίας του Δ. Κόκκινου

Βασίλειος Φόρης
Πρωτοετής φοιτητής του ΔΠΜΣ N&N

ΓΙΑ 14^η ΧΡΟΝΙΑ ΤΟ ΠΟΛΥΓΕΓΟΝΟΣ NANOTECHNOLOGY 2017 ΣΤΗ ΘΕΣ- ΣΑΛΟΝΙΚΗ

Με επιτυχία διοργανώθηκε και φέτος για 14^η χρονιά το παγκοσμίου φήμης πολυγεγονός NANOTECHNOLOGY 2017 από τις 1 μέχρι τις 8 Ιουλίου στο Ξενοδοχείο & Συνεδριακό Κέντρο “Porto Palace”. Το NANOTECHNOLOGY2017 περιλάμβανε τα καθιερωμένα Διεθνή Συνέδρια NN17, ISFOE17, τα Θερινά Σχολεία ISSON17 και την Έκθεση Νανοτεχνολογίας EXPO17 κι έφερε κοντά την Ακαδημαϊκή κοινότητα με τα Ερευνητικά κέντρα και τη Βιομηχανία, με σκοπό την προαγωγή ερευνητικών και βιομηχανικών συνεργασιών και τη διάδοση των εξελίξεων στον ραγδαία αναπτυσσόμενο τομέα των Νανοτεχνολογιών και των Οργανικών Ηλεκτρονικών. Η NANOTECHNOLOGY 2017 αποτέλεσε μέσο για την ανάδειξη καινοτόμων κι επενδυτικών ευκαιριών στη Νοτιοανατολική Ευρώπη και την περιοχή των Βαλκανίων στους τομείς των N&N και των Οργανικών Ηλεκτρονικών.

Το NANOTECHNOLOGY2017 έφερε για περισσότερο από μια εβδομάδα τη Θεσσαλονίκη στο προσκήνιο της διεθνούς επιστημονικής και τεχνολογικής επικαιρότητας φιλοξενώντας περισσότερους από 1.500 συμμετέχοντες από 60 χώρες και προσφέροντας πληθώρα ευκαιριών, αλληλεπιδράσεων και συνεργασιών. Οι σύνεδροι απαρτίζονταν από ερευνητές, εκπροσώπους της βιομηχανίας, επενδυτές, εκπροσώπους του χώρου παροχής υπηρεσιών και ειδικούς στη μεταφορά της τεχνολογίας, και παρουσίασαν τις καινοτόμες δραστηριότητές τους με περισσότερες από 750 ομιλίες και παρουσιάσεις. Στη NANOTECHNOLOGY2017 έλαβαν μέρος 140 Ινστιτούτα και Διεθνή Ερευνητικά Κέντρα, 250 Πανεπιστήμια από την Ελλάδα και το εξωτερικό και 100 εταιρείες καινοτόμων προϊόντων από όλο τον κόσμο. Επίσης, 105 νέοι

ερευνητές και μεταπτυχιακοί φοιτητές από 26 χώρες συμμετείχαν στο Θερινό Σχολείο, ISSON17.

Την Κεντρική Εκδήλωση του NANOTECHNOLOGY2017 χαιρέτισαν εκπρόσωποι της Πολιτείας και της τοπικής αυτοδιοίκησης, πιο συγκεκριμένα, ο Διευθυντής του Γραφείου του Υπουργού Ψηφιακής Πολιτικής Τηλεπικοινωνιών & Ενημέρωσης Ν. Παππά, κος Παναγιώτης Σκούτας, ο εκπρόσωπος του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, κος Χρήστος Καφτεράνης, ο Αναπληρωτής Πρύτανης Έρευνας και Συντονισμού του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, καθηγητής κος Θεόδωρος Λαόπουλος, και ο Εντεταλμένος Σύμβουλος του Δήμου Θεσσαλονίκης για την Επιχειρηματική Καινοτομία και τη δικτύωση με την Ευρωπαϊκή Ένωση, κος Μπενεσσάσων Σιμόν.

Το παρόν στην Κεντρική Εκδήλωση έδωσαν, μεταξύ άλλων, η Προϊσταμένη Γενικής Γραμματείας Πρωθυπουργού, από το Γραφείο της Θεσσαλονίκης, κα Κατερίνα Νοτοπούλου, ο εκπρόσωπος του Υπουργού Μακεδονίας-Θράκης υφ. Εσωτερικών κος Κωνσταντίνος Καρποχτσής, ο Πρόεδρος της Αλεξάνδρειας Ζώνης Καινοτομίας κος Παντελής Αγγελίδης και ο Πρόεδρος του Βιοτεχνικού Επιμελητηρίου Θεσσαλονίκης κος Παναγιώτης Παπαδόπουλος.



Στιγμιότυπα από τις ομιλίες της πολιτικής ηγεσίας. Ο κος Π. Σκούτας, διευθυντής του γραφείου του Υπ. Ψηφιακής Πολιτικής, Τηλεπικοινωνιών και Ενημέρωσης (πάνω), ο κος Χ. Καφτεράνης, εκπρόσωπος του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (κάτω αριστερά) και ο Καθ. κος Θ. Λαόπουλος, Αναπληρωτής Πρύτανης Έρευνας και Συντονισμού του ΑΠΘ.

Οι Plenary ομιλίες του NANOTECHNOLOGY 2017 οι οποίες απευθύνονταν σε όλους τους συμμετέχοντες δόθηκαν από τους διακεκριμένους επιστήμονες Καθηγητή Seth. Marder, Καθηγητή Henry. J. Snaith και Ομότιμο Καθηγητή Ιωάννη Σειραδάκη, τους οποίους προλόγισε ο Καθηγητής Στέργιος Λογοθετίδης, διοργανωτής του NANOTECHNOLOGY 2017. Ο Καθ. Seth. Marder από το Ινστιτούτο Georgia Tech IEN των ΗΠΑ χαιρέτισε την έναρξη του NANOTECHNOLOGY 2017 με την ομιλία του: “The Use of Dopants to Modulate the Properties of Organic Semiconductors, 2D Materials and Electrodes”. Στη συνέχεια, ο Καθηγητής Henry. J. Snaith από το Πανεπιστήμιο Oxford της Μ. Βρετανίας μίλησε για “Metal halide perovskites: a new class of semiconductors for photovoltaic and optoelectronic devices”, και την εκδήλωση ολοκλήρωσε ο Ομότιμος Καθηγητής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Ιωάννης Σειραδάκης με

την ομιλία του “The Antikythera Mechanism: Decoding an astonishing 2nd century BCE astronomical computer”.



Στιγμιότυπα από τις Plenary ομιλίες. Ο καθ. S. Marder (πάνω αριστερά), ο καθ. H. Snaith και ο καθ. I. Σεираδάκης (κάτω)

NN17
4-7 July 2017

“14^ο Διεθνές Συνέδριο στις Νανοεπιστήμες & Νανοτεχνολογίες (NN17)”, 4-7 Ιουλίου 2017

Το NN17, το παγκοσμίου εμβέλειας γεγονός στις Νανοεπιστήμες & Νανοτεχνολογίες (N&N), πραγματοποιήθηκε από τις 4 έως τις 7 Ιουλίου 2017. Το NN17 εστίασε στις τελευταίες εξελίξεις στον τομέα των N&N και την προαγωγή ουσιαστικών επιστημονικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ ερευνητών από διάφορα πεδία, οι οποίοι ενδιαφέρονται για τα νέα επιστημονικά και τεχνολογικά επιτεύγματα που προκύπτουν στην περιοχή των N&N και πιο συγκεκριμένα, στα ηλεκτρονικά, την ενέργεια, το περιβάλλον, την υγεία, τις μεταφορές, την ασφάλεια, την εκπαίδευση κ.α.

Το NN17 περιλάμβανε Workshop και Ειδικές Ενότητες, όπου δόθηκαν ομιλίες από διεθνώς αναγνωρισμένους επιστήμονες και εκπροσώπους της βιομηχανίας.

Πιο συγκεκριμένα, τα Workshop και τα θέματα που αναπτύχθηκαν ήταν:

➤ **WORKSHOP 1: Nanoelectronics, Photonics, Plasmonics & Nanoenergy**

- Fundamentals from Electronics to Energy
- Materials
- Devices & Applications
- Processes & Characterisation
- Commercialization in Nanoelectronics and Energy

➤ **WORKSHOP 2: Nanomaterials, Nanofabrication, Nanoengineering & Nanoconstruction**

- Carbon Related Materials
- Polymer Nanotechnologies
- Nanomaterials, Development, Properties & Characterization
- Theory and Computational Modeling
- Biomaterials at Nanoscale

➤ **WORKSHOP 3: Nanomedicine**

- Basics related with Medicine, Biology & Nanotechnology
- Nanomaterials in any form
- Clinical Applications
- Update on Preclinical/Clinical trials on Nanomedicine
- Nanotoxicity, Risk Assessment & Ethics
- Commercialization in Nanomedicine

Στα πλαίσια του Workshop Νανοϊατρικής, διεξήχθη το Workshop “Cross-talking of Cells with their Neighbors and other Environmental Cues at Biointerfaces” προς τιμήν του Καθηγητή Βιομηχανικής & Βιοϊατρικής Μηχανικής Ιωάννη Μισσιρλή, από το Πανεπιστήμιο Πατρών για την ιδιότητα του πρωτοπόρου στις Διατμηματικές Επιστήμες της Βιομηχανικής, των Βιοϋλικών, της Βιοϊατρικής και της Ιστικής Μηχανικής

στην Ελλάδα και για την πολύπλευρη υποστήριξη του στη διοργάνωση των Συνεδρίων του NANOTECHNOLOGY από το ξεκίνημά τους.

Επιπλέον, κατά τη διάρκεια του Workshop Νανοϊατρικής πραγματοποιήθηκαν Ειδικές Ενότητες Νανοϊατρικής και συζητήσεις Στρογγυλής Τραπέζης που αφορούσαν τα εξής:

- Research in Nanomedicine towards Clinical Practice
- Nanoparticles for Clinical Applications
- Nanomedicine and Pharma
- Clinical Nanomedicine for Cancer
- Clinical Nanomedicine & Nanotoxicity
- Nanomedicine against major chronic Diseases
- Nanodentistry

➤ **WORKSHOP 4: Biosensors and Bioelectronics (common with ISFOE17)**

- Fundamentals from Materials to Biology & Medicine
- Biosensors & Bioactuators
- Biological & Clinical Applications
- Commercialization in Biosensors & Diagnostic Systems

➤ **WORKSHOP 5: Graphene & Related Materials, Processes & Applications (common with ISFOE17)**

- Graphene growth, synthesis, and integration
- Chemistry & Growth Kinetics of Graphene and 2D materials
- Transfer of graphene to host substrates
- Graphene properties
- Charge carrier transport
- Impurity doping
- Interfaces & Excitons
- Interlayer and intralayer heterostructures of large-area graphene
- Computational and theoretical approaches
- Device integration of large-area graphene
- Large area production for industrial applications

- Applications of graphene
- Graphene-like 2D nanomaterials, heterostructures and superstructures
- Market commercialization

Αυτή τη χρονιά πραγματοποιήθηκαν, ακόμη, τα παρακάτω Special Workshops:

- **Photonic Integrated Circuits Workshop:** bridging technology push with industry needs
- **3rd NANO-GR WORKSHOP & ROUND TABLE:** Synergies between H2020 and Greek regional funds in the framework of Smart Specialization

Και κάποια κοινά με το ISFOE17:

- **Workshop on Computational Modeling**
- **New Business Development & Commercialization Workshop**
- **Workshop on Renewable Energy & Storage**
- **EU-USA Workshop: Bridging Research Cooperation in NanoManufacturing**

Στο Workshop on Renewable Energy & Storage παρευρέθη και ο Αναπληρωτής Υπουργός Περιβάλλοντος και Ενέργειας κος Σωκράτης Φάμελλος, ο οποίος συζήτησε με τους υπόλοιπους συνέδρους για ζητήματα σχετικά με τις θεματικές του Workshop οι οποίες ήταν οι ακόλουθες:

- Renewable Energy and Systems
- Next Generation PVs, PVs Systems
- Bioenergy, Fuel Cells & Hydrogen Generation
- Smart Energy Consumption
- Energy Storage and Batteries
- Energy and Storage for Smart Cities & Smart Islands
- Sustainable Buildings
- Energy and Energy Autonomy in Agriculture
- Water Treatment and Desalination
- Smart Grid evolution and Grid integration
- Future Trends and Nanotechnologies

• Industry Perspectives, EU Policies and Strategies



Ο Αν. Υπουργός Περιβάλλοντος και Ενέργειας κος Σ. Φάμελλος στο Workshop on Renewable Energy & Storage

Επιπλέον, σε μια από τις ειδικές ενότητες του NN17 εκπρόσωποι 19 R&D προγραμμάτων χρηματοδοτούμενων από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρουσίασαν τα αντίστοιχα προγράμματα.

Κατά την τελετή λήξης του NN17 πραγματοποιήθηκε επίσημη απονομή Βραβείων για την καλύτερη Προφορική Παρουσίαση και το καλύτερο Poster. Το βραβείο για την καλύτερη Προφορική Παρουσίαση απονεμήθηκε στην κα. Ι. Monaco από το Πανεπιστήμιο της Bologna στην Ιταλία, και για το καλύτερο Poster στον κο. A. Suhail από το Πανεπιστήμιο Plymouth της Μ. Βρετανίας.



Απονομή των Βραβείων του NN17 στην κα. Ι. Monaco και στον κο. A. Suhail



10^ο Διεθνές Συμπόσιο στα Εύκαμπτα Οργανικά Ηλεκτρονικά (ISFOE16), 3-6 Ιουλίου 2017

Το 10^ο Διεθνές Συμπόσιο στα Εύκαμπτα Οργανικά Ηλεκτρονικά ISFOE17, ένα από τα σημαντικότερα γεγονότα διεθνώς στα Εύκαμπτα Οργα-

νικά & Εκτυπωμένα Ηλεκτρονικά (ΟΗ), πραγματοποιήθηκε από τις 3 έως τις 6 Ιουλίου 2017. Στο ISFOE17 συγκεντρώθηκαν διεθνούς φήμης επιστήμονες, μηχανικοί, εκπρόσωποι της βιομηχανίας και φορείς χάραξης πολιτικής και ανταλλάξαν ιδέες για φλέγοντα ζητήματα στο ραγδαία αναπτυσσόμενο πεδίο των ΟΗ. Οι θεματικές ενότητες του ISFOE17 ήταν οι εξής:

➤ **Workshop on organic & large area electronic (OLAE) materials**

- Printable nanomaterials for organic electronics
- Polymer organic semiconductors
- Conjugated polymers, copolymers and oligomers
- Small molecule organic semiconductors
- Novel organic/inorganic and hybrid materials
- Fullerenes, and carbon nanotubes in organic electronics
- Transparent electrodes
- Non-transparent electrodes & dielectrics
- Barrier materials and encapsulation methods
- Organic-hybrid interfaces: characterization and application
- Synthesis & functionalization of organic nanomaterials

➤ **Workshop on OPVs and Perovskite PVs**

- Polymer & Small Molecule Organic Semiconductors
- Organic/inorganic and hybrid materials and systems
- Perovskite PVs
- Perovskite Materials & Novel Device Concepts
- Perovskite Fabrication techniques (Vacuum, Printing)
- Synthesis of novel nanomaterials for OPVs
- Novel device architectures
- Morphology & Interfaces characterization and control
- Influence of nano-morphology on device physics

- Device Stability & Lifetime
- Plasmonic OPVs
- Charge transport and microstructure relationships
- Device Modelling, Simulations & Computational Methods
- High efficiency approaches in vacuum and printing technologies
- Novel fabrication by lab- and large area processes
- Thin film monitoring and optimization of processes
- Large Scale Manufacturing & Applications

➤ **Workshop on OTFTs, OLEDs & Sensors**

- Novel organic/inorganic and hybrid materials
- Transparent Electrodes, non-transparent Electrodes & dielectrics
- Self-organized molecules and systems
- Molecular Electronics
- Electronic Structure and Interfaces
- Charges & Excitons
- Device Properties & Charge Transport
- Advances in device architectures
- Organic Light Emitting Diodes - OLEDs device architectures
- OLEDs for Displays and e-paper
- OLEDs for Lighting Systems
- Thin Film & Printed Batteries
- OTFTs by vacuum methods
- OTFTs fabrication by solution based methods
- Device optimization
- Sensors
- RFIDs
- Integrated Smart Systems & Components

➤ **Workshop on Manufacturing, 3D Printing & Pilot Lines**

- Pilot Lines for Manufacturing of Organic Electronics
- Roll-to-roll processes
- Printing (inkjet, screen, gravure, etc.)
- Organic Vapour Deposition (OVPD)

- Polymer Vapour Deposition (PVPD)
- Chemical Vapour Deposition
- Vacuum Processes
- 3D Printing
- In-Line Metrology for Characterization and Process Control
- Thin Film Metrology and Optimization of Processes
- Laser processing in OEs
- Laser nanoprocessing
- Lasers in smart OLAE packaging
- Laser systems integration
- Processes, Manufacturing & Applications

➤ **Workshop on Smart Textiles, Wearables & Internet of Things**

- Novel concepts on fibres and nanomaterials for Smart Textiles and Wearables
- Advanced structures of Textiles and Wearables
- Integration concepts of Organic Electronic devices in Smart Textiles
- Manufacturing methods for Wearables (from lab to large scale)
- Surface functionalization of electronic textile materials and architectures
- Wearable Technologies
- Light Emitting Devices (OLED, Displays) for Smart Textiles
- Energy Generation (Photovoltaics, Piezoelectricity)
- Medical Textiles
- Storage of Energy (Batteries, Capacitors)
- Sensors, Transistors & Actuators
- Internet of Things (IoT) for communication of Smart Wearable Technologies and Devices

Κατά τη διάρκεια του ISFOE17 πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά το "HOPE-A - JAPEC Joint Workshop on Organic Electronics", το κοινό Workshop που αφορά τη συνεργασία των Συνδέσμων Οργανικών & Εκτυπωμένων Ηλεκτρονικών της Ελλάδας, HOPE-A, και της Ιαπωνίας, JAPEC, αντίστοιχα, όπου δόθηκε ιδιαίτερη βαρύτητα στη σύναψη επιχειρηματικών συμπράξεων μεταξύ των μελών των δυο Συνδέσμων.

Την ολοκλήρωση του ISFOE17 σήμανε η απονομή των βραβείων. Το βραβείο καλύτερης προφορικής παρουσίασης δόθηκε στον κο. Maurizio Morbidoni από το Imperial College του Λονδίνου, στη Μ. Βρετανία και τον κο. Christian Sprau από το Karlsruhe Inst. Technology (KIT) στη Γερμανία.



Η απονομή των βραβείων του ISFOE17 στον κο. M. Morbidoni από το Imperial College του Λονδίνου και τον κο. C. Sprau από το Karlsruhe Inst. Technology (KIT) στη Γερμανία.

ISSON17
1-8 July 2017

11^ο Διεθνές Θερινό Σχολείο στις N&N, τα Οργανικά Ηλεκτρονικά & τη Νανοϊατρική (ISSON17), 1-8 Ιουλίου 2017

Το Διεθνές Θερινό Σχολείο ISSON17 πραγματοποιήθηκε 1 με 8 Ιουλίου 2017 κι έδωσε και φέτος την ευκαιρία σε νεαρούς ερευνητές και μηχανικούς να μαθητεύσουν δίπλα σε διακεκριμένους επιστήμονες και εκπροσώπους της Βιομηχανίας. Στο ISSON17 έγινε μια ανασκόπηση της τρέχουσας κατάστασης στο ραγδαία αναπτυσσόμενο πεδίο των Νανοεπιστημών & Νανοτεχνολογιών, με σκοπό την εκπαίδευση της επόμενης γενιάς ερευνητών και επιστημόνων. Οι συμμετέχοντες παρακολούθησαν ομιλίες για τις νέες εξελίξεις και τεχνικές αιχμής των N&N, οι οποίες χωρίζονταν σε τρεις κατευθύνσεις: Νανοεπιστήμες & Νανοτεχνολογίες, Οργανικά Ηλεκτρονικά και Νανοϊατρική. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε επίδειξη οργάνων για την ανά-

πτυξη και το χαρακτηρισμό υλικών στη νανοκλίμακα. Πιο αναλυτικά οι κατευθύνσεις περιείχαν τις εξής θεματικές:

➤ **Κατεύθυνση 1: Νανοεπιστήμες & Νανοτεχνολογίες**

- Principles
- Nanomaterials
- Nanoscale Characterization
- Applications

➤ **Κατεύθυνση 2: Οργανικά Ηλεκτρονικά**

- Materials
- Devices
- Manufacturing
- Applications

➤ **Κατεύθυνση 3: Νανοϊατρική**

- Nanobiotechnology
- Nanomedicine
- Methods
- Clinical Applications



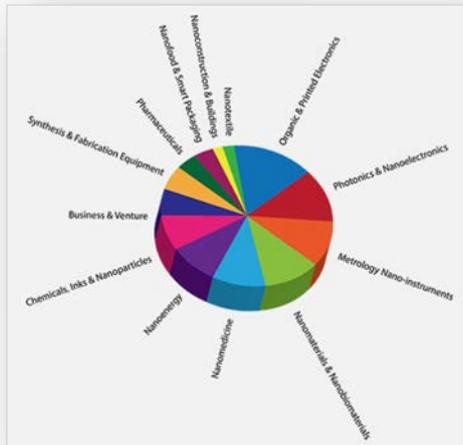
Η έναρξη του ISSON17

EXPO17
3-7 July 2017

7^η Διεθνής Έκθεση στις Νανοτεχνολογίες & τα Οργανικά Ηλεκτρονικά (EXPO17) 3-7 Ιουλίου 2017

Η 7^η NANOTECHNOLOGY EXPO πραγματοποιήθηκε από τις 3 έως τις 7 Ιουλίου 2017 και φιλοξένησε περισσότερους από 50 εκθέτες από 15 χώρες, οι οποίοι παρουσίασαν τις τελευταίες εξελίξεις σε εφαρμογές, προϊόντα και έρευνα στις παρακάτω θεματικές:

- Materials & Chemicals
- Manufacturing & Synthesis processes
- Metrology & Instrumentation Systems
- Applications
- Devices
- Services



Τομείς ενδιαφέροντος των συμμετεχόντων και των επισκεπτών στην έκθεση Νανοτεχνολογίας EXPO17

Η EXPO 2017 αποτέλεσε μια εξαιρετική ευκαιρία συνάντησης καινοτόμων εταιρειών, ηγετικών Ακαδημαϊκών και Ερευνητικών Ιδρυμάτων και εκπροσώπων Προγραμμάτων χρηματοδοτούμενων από την ΕΕ που δραστηριοποιούνται στους τομείς της Νανοτεχνολογίας των Οργανικών Ηλεκτρονικών και της Νανοϊατρικής με σκοπό την προώθηση και αξιοποίησή των προϊόντων, των τεχνολογιών αιχμής και των ερευνητικών αποτελεσμάτων που έχουν αναπτύξει. Στα πλαίσια του NANOTECHNOLOGY 2017, διοργανώθηκε στις 5 Ιουλίου από το Δίκτυο Πράξη και το Εργαστήριο Νανοτεχνολογίας LTFN το Matchmaking Event. Το Matchmaking Event περιλάμβανε 180 προκαθορισμένες διμερείς συναντήσεις μεταξύ ερευνητών και επιχειρηματιών από 20 χώρες με χώρο δραστηριοποίησης τα πεδία των Νανοτεχνολογιών & των Οργανικών Ηλεκτρονικών με σκοπό τη σύναψη συνεργασιών.



Στιγμιότυπα από το Matchmaking Event

Το NANOTECHNOLOGY 2017 διοργανώθηκε από το Εργαστήριο Νανοτεχνολογίας LTFN του Α.Π.Θ, το Θεματικό Δίκτυο NANONET, τα ΕΕ προγράμματα Smartonics, Gladiator και Smart-line και τον Ελληνικό Σύνδεσμο Οργανικών Ηλεκτρονικών HOPE-A. Το NANOTECHNOLOGY 2017 υποστηρίχθηκε από τα Πανεπιστήμια Berkeley, Cornell, Bordeaux, το Helmholtz Zentrum Berlin, τη Ζώνη Καινοτομίας Θεσσαλονίκης, και άλλους φορείς.

Μετά την επιτυχία του NANOTECHNOLOGY 2017 η διενέργεια του NANOTECHNOLOGY 2018 έχει ήδη ανακοινωθεί για τις 30 Ιουνίου με 7 Ιουλίου 2018 στη Θεσσαλονίκη! Μη χάσετε τα Εξειδικευμένα Workshop, τα γεγονότα και τις συζητήσεις Στρογγυλής Τραπέζης με θέμα τις τελευταίες εξελίξεις σε: Φωτοβολταϊκά, Βιοηλεκτρονικά, Γραφένιο, Τεχνολογίες Laser, Νανοϊατρική, Νανοκατασκευές, Εμπορευματοποίηση & Επιχειρηματικότητα, Προγράμματα χρηματοδοτούμενα από την ΕΕ στις Νανοεπιστήμες & Νανοτεχνολογίες, το Business Forum & Start-Up Area και το Matchmaking (B2B) Event! Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το NANOTECHNOLOGY 2018 επισκεφθείτε τη σελίδα: <http://www.nanotextnology.com/>

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΤΩΝ Α- ΠΟΦΟΙΤΩΝ ΤΟΥ ΔΠΜΣ N&N

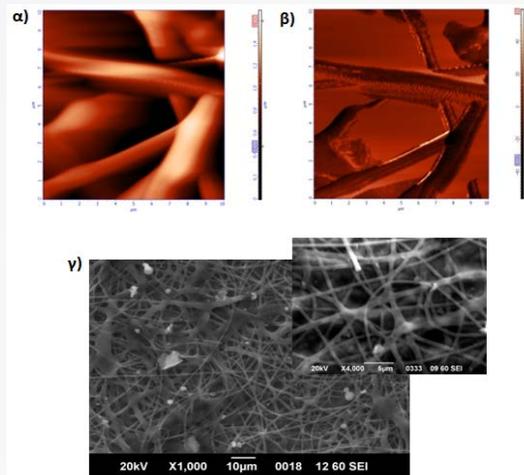
Νανοϊατρική

1. Νανοϊκρίσματα οξικής κυτταρίνης και ιστική αναγέννηση βαλβίδων καρδιάς

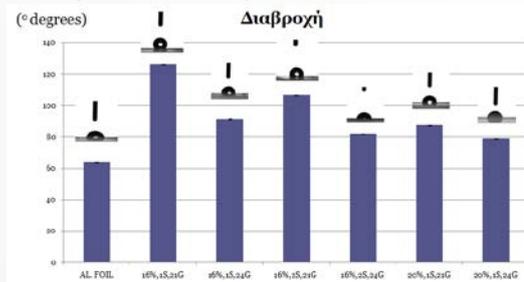
Τα καρδιαγγειακά νοσήματα (CVD) ευθύνονται για το 30% των θανάτων ετησίως. Για πολλά από αυτά υπαίτιες είναι οι βλάβες στις βαλβίδες της καρδιάς. Συγκεκριμένα, το 2003 χρειάστηκαν αντικατάσταση βαλβίδας 290.000 ασθενείς ενώ το 2050 εκτιμάτε ότι ο αριθμός θα φτάσει τους 850.000 ασθενείς. Οι βαλβίδες που χρησιμοποιούνται μέχρι στιγμής είναι είτε βιολογικές, προερχόμενες από ζωικούς οργανισμούς όπως είναι ο χοίρος, ή τεχνητές φτιαγμένες από ανθεκτικά βιοϋλικά. Οι βιολογικές βαλβίδες είναι μεν βιοσυμβατές αλλά δημιουργούν ανοσολογικές αποκρίσεις και δεν χρησιμοποιούνται εφόρου ζωής. Από την άλλη μεριά, οι τεχνητές βαλβίδες παρασκευάζονται από μέταλλα, όπως είναι ο πυρολυτικός άνθρακας, δεν αλλοιώνονται, καθώς έχουν μεγάλη αντοχή, αλλά δημιουργούν θρομβώσεις και κατ'επέκταση ο ασθενής πρέπει να λαμβάνει αντιπηκτική θεραπεία εφόρου ζωής. Οι βιοτεχνικές βαλβίδες αποτελούν μια προσπάθεια δημιουργίας αποτελεσματικότερων βαλβίδων με την αρωγή της ιστικής αναγέννησης. Η ιδανική τεχνητή βαλβίδα θα πρέπει να είναι βιοσυμβατή, ανθεκτική, να έχει τις κατάλληλες μηχανικές ιδιότητες, να μπορεί να αναπτύσσεται, να επισκευάζεται και να αναδιαμορφώνεται. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται μέχρι στιγμής για την παρασκευή τεχνητών βαλβίδων είναι: πολύ (γαλακτικό οξύ), πολύ (καπρολακτόνη), πολύ (4-υδροξυβουτυρικό), hydrogel και φυσικά πολυμερή. Τα τελευταία χρόνια, το ενδιαφέρον εστιάζεται στη δημιουργία βιοαποικοδομησιμων ικριωμάτων οξικής κυτταρίνης (Cellulose Acetate) για την αναγέννηση των ιστών, χρησιμοποιώντας στρατηγικές που βασίζονται στη

νανοκλίμακα. Οι πιο σημαντικές παράμετροι που επηρεάζουν την βιολειτουργικότητα και τη βιοσυμβατότητα των ικριωμάτων είναι η τραχύτητα, η τοπογραφία, η διαβροχή, οι μηχανικές ιδιότητες, η χημική σύνθεση της επιφάνειας, το είδος των κυττάρων που αναπτύσσονται επάνω στο ικρίωμα καθώς και τα λειτουργικά μόρια που διαθέτει στην επιφάνεια του. Στην παρούσα μελέτη, αρχικά, παρασκευάστηκαν ικρίσματα οξικής κυτταρίνης και στη συνέχεια έγινε χαρακτηρισμός των φυσικοχημικών και μορφολογικών ιδιοτήτων τους έτσι ώστε να διαπιστωθεί αν τα δείγματα είναι κατάλληλα να εφαρμοστούν στην ιστική αναγέννηση. Έπειτα, ενισχύθηκε η βιοσυμβατότητα των ικριωμάτων με τη σύνδεση ενεργών μορίων (RGD πεπτίδια και λαμινίνες) στην επιφάνειά τους. Τέλος, τα βιολειτουργικά ικρίσματα τοποθετήθηκαν στην επιφάνεια αορτικής βαλβίδας. Ακριβέστερα, τα βιοδιασπώμενα πολυμερικά νανοϊνώδη ικρίσματα αναπτύχθηκαν με το σύστημα Ηλεκτροψεκασμού Εναπόθεσης. Χρησιμοποιήθηκαν 2 σύριγγες έτσι ώστε να έχουμε περισσότερες ίνες. Η δοκιμασία MTT χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της κυτταροσυμβατότητας τους με άμεση και έμμεση δοκιμασία, χρησιμοποιώντας L929 κύτταρα υπό στατικές συνθήκες. Η ανάπτυξη των κυττάρων επάνω στα ικρίσματα μελετήθηκε με χρώση κυανό του μεθυλενίου και παρατήρηση με οπτικό μικροσκόπιο. Μελετήθηκε επίσης η βιοαποικοδόμηση των πολυμερικών ικριωμάτων σε χρονικό διάστημα 2 μηνών, ενώ εφαρμόστηκε ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (SEM) για την παρατήρηση των κυττάρων που πολλαπλασιάστηκαν στα νανοϊκρίσματα. Η μορφολογία και η διαβροχή των νανοϊκρίωμάτων αξιολογήθηκαν από την Μικροσκοπία Ατομικής Δύναμης (AFM) και τη γωνία επαφής (Contact Angle), αντίστοιχα. Η δημιουργία μιας βαλβίδας η οποία θα συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των βιολογικών και των τεχνητών βαλβίδων καρδιάς αποτελεί πρόκληση για την οριστική λύση των βαλβιδοπαθειών. Η επικάλυψη μιας μεταλλικής βαλβίδας με νανοϊνώδη ικρίσματα οξικής κυτταρίνης θα μπορούσε να αποτελέσει μια νέα προσέγγιση για τη θεραπεία των καρδιακών παθήσεων για το μέλλον έτσι ώστε ο ασθενής να μην

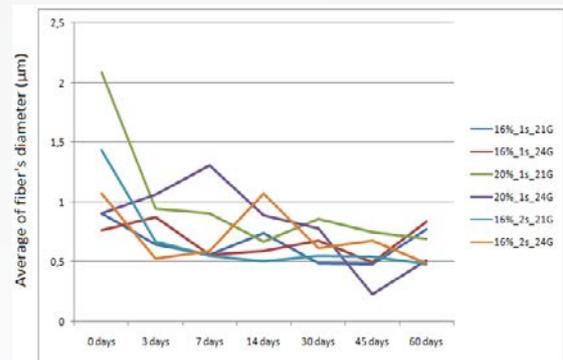
χρειάζεται επανεπέμβαση καθώς και αντιπηκτική αγωγή εφόρου ζωής.



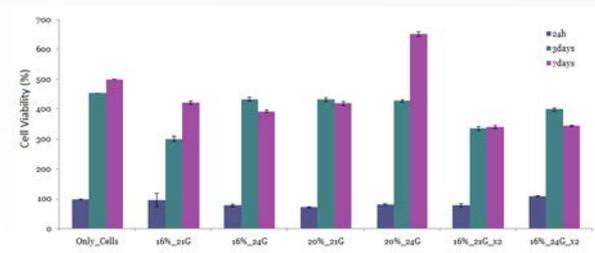
Σχήμα 1: α) Εικόνα ύψους (Height) του δείγματος 20% w/v CA (Ακετόνη/DMAc 2:1) με AFM. Το ικρίωμα αναπτύχθηκε με τη μέθοδο του *electrospray deposition* σε υπόστρωμα αλουμινοχαρτου, μία σύριγγα με διάμετρο βελόνας 0.31mm (24G), μοτίβο κίνησης συλλέκτη *Biospiral large*. β) Εικόνα Φάσης (Phase) του δείγματος 20% w/v CA (Ακετόνη/DMAc 2:1) με AFM. γ) Εικόνες με Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης (SEM) στο δείγμα ικριώματος οξικής κυτταρίνης 20%_1S_24G. Διαλύτες: Acetone/DMAc, Υπόστρωμα: αλουμινοχαρτο. Μεγεθύνσεις: x1000μm και x4.000μm.



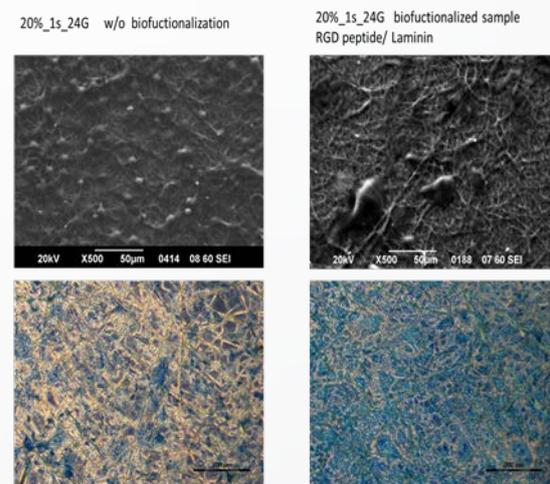
Σχήμα 2: Διάγραμμα διαβροχής. Πάνω από κάθε στήλη βλέπουμε στιγμιότυπα διαβροχής των ικριωμάτων οξικής κυτταρίνης από 5μl σταγόνα απιονισμένου νερού με σύστημα *CAM200 Contact angle/surface energy analyzer (KSV Instr. Ltd Finland)*. Τα στιγμιότυπα των δειγμάτων καταγράφηκαν από την κάμερα του συστήματος κι έπειτα αναλύθηκαν με το λογισμικό της κατασκευαστικής εταιρείας. Διαλύτες: Acetone/DMAc, υπόστρωμα: αλουμινοχαρτο.



Σχήμα 3: Το διάγραμμα παρουσιάζει τους μέσους όρους της διαμέτρου των ιών οξικής κυτταρίνης καθώς τα ικρίσματα αποικοδομούνται σε χρονικό διάστημα 2 μηνών.

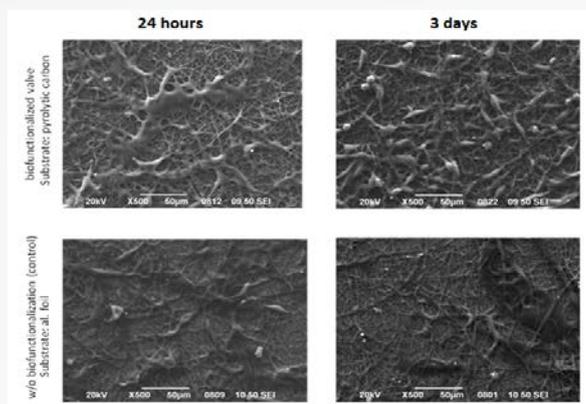


Σχήμα 4: Διάγραμμα Οπτικής πυκνότητας OD στα 570nm (cell viability %) μετά από άμεση MTT δοκιμασία με κυτταρική σειρά L929s σε υπόστρωμα αλουμινοχαρτου για 3 χρονικά διαστήματα (24h, 3 days και 7 days). Διαλύτες: Acetone/DMA.



Σχήμα 5: Πάνω: Εικόνες Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας (SEM) μετά από καλλιέργεια της κυτταρικής σειράς L929s σε ικρίσματα οξικής κυτταρίνης σε χρονικό διάστημα 7 ημερών. Κάτω: Εικόνες από οπτικό μικροσκόπιο

μετά από χρώση με κυανό του μεθυλενίου σε καλλιέργεια κυτταρικής σειράς L929s επάνω σε ικρίσματα οξεικής κυτταρίνης. Δείγμα: 20%_1s_24G σε Acetone/DMAc, υπόστρωμα: αλουμινόχαρτο και γυαλί. Μεγέθυνση SEM: x500μm, μεγέθυνση οπτικού μικροσκοπίου 200μm.



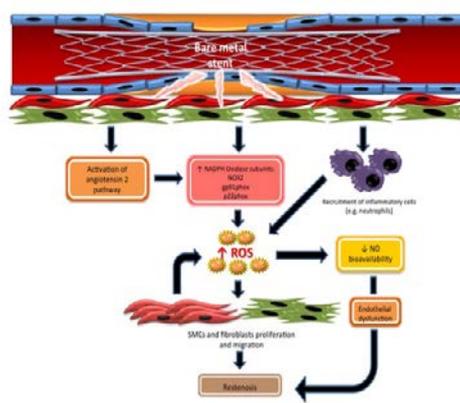
Σχήμα 6: Εικόνες Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας (SEM) μετά από καλλιέργεια της κυτταρικής σειράς L929s σε biofunctionalized ικρίσματα οξεικής κυτταρίνης σε χρονικά διαστήματα 24 ωρών και 3 ημερών. Δείγμα: 20%_1s_24G σε Acetone/DMAc, υπόστρωμα: πυρολυτικός άνθρακας (αορτική βαλβίδα) και αλουμινόχαρτο. Μεγέθυνση: x500μm.

Χαΐνογλου Ειρήνη
Απόφοιτη ΔΠΜΣ N&N

2. Ανάπτυξη & Χαρακτηρισμός Νανοσωματιδιακού Συστήματος Μεταφοράς της Κερσετίνης για Καρδιαγγειακές Εφαρμογές

Η στεφανιαία νόσος αποτελείται από μια ετερόκλητη ομάδα διαταραχών και συνεχίζει να είναι η κύρια αιτία θνησιμότητας και νοσηρότητας στον κόσμο, σύμφωνα με την τελευταία πληροφοριακή έκδοση του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (2016). Η αντιμετώπιση των καρδιαγγειακών παθήσεων με κυρίαρχη την αθηροσκλήρωση, επιτυγχάνεται μέσω φαρμακολογικών θεραπειών που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της εξέλιξης και των συμπτωμάτων της νόσου ή/και με χρήση επεμβατικών προσεγγίσεων. Η διαδερμική αγγειοπλαστική (PCI) με χρήση μπαλονιού και παράλληλη εμφύτευση

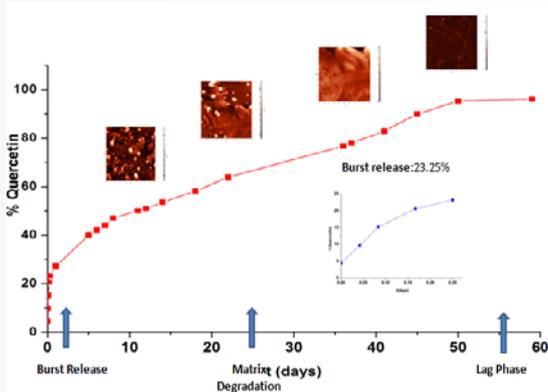
ενδοστεφανιαίας πρόθεσης (stent) είναι σήμερα η θεραπεία εκλογής για την αντιμετώπιση της αρτηριακής στένωσης. Ωστόσο, οι μετέπειτα επιπλοκές της PCI, με βασικές την επαναστένωση και την εκ νέου αθηροσκλήρωση και θρόμβωση των αγγείων, αποτελούν τις κύριες προκλήσεις που καλείται να αντιμετωπίσει σήμερα η επεμβατική καρδιολογία. Τελευταία, είναι ευρέως αποδεκτό ότι υψηλά επίπεδα οξειδωτικού στρες ακολουθούν τις περιπτώσεις διαδερμικής στεφανιαίας αγγειοπλαστικής με χρήση stent, όπου τα υψηλά επίπεδα ελευθέρων ριζών σχετίζονται άμεσα με τους σημαντικότερους παράγοντες κινδύνου που συντελούν στην παθοφυσιολογία και κλινική έκφραση της καρδιαγγειακής νόσου.



Σχήμα 1: Μηχανισμοί αύξησης οξειδωτικού stress μετά την τοποθέτηση stent.

Μεταξύ των διαφόρων προσεγγίσεων για την πρόληψη και την αντιμετώπιση των επιπλοκών της αγγειοπλαστικής, οι εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας και της Νανοϊατρικής μέσω των καινοτόμων 3^{ης} γενιάς ενδοπροθέσεων επικαλυμμένων με πολυμερικά νανοσωματιδιακά συστήματα μεταφοράς φαρμάκων, αποτελούν πολλά υποσχόμενα συστήματα για την αντιμετώπιση των βασικών μειονεκτημάτων των προγενέστερων stents. Τα πολυμερικά νανοσωματίδια αποτελούν βέλτιστα συστήματα μεταφοράς φαρμακευτικών ουσιών και παρουσιάζουν πλεονεκτήματα ως προς το ελεγχόμενο προφίλ αποδέσμευσης των φαρμάκων, ενώ λόγω του μεγέθους τους φαίνεται να είναι λιγότερο ερεθι-

στικά ως προς το αγγείο συγκριτικά με τις πολυμερικές επικαλύψεις των 2^{ης} γενιάς επικαλυμμένων με φαρμακευτικές ουσίες stent (DES). Στην παρούσα μελέτη παρασκευάστηκαν βιοσυμβατά πολυμερικά νανοσωματίδια PLGA, μέσω της τεχνικής του Ηλεκτροψεκασμού (Electrospray), ως βάση για την ανάπτυξη συστήματος μεταφοράς του αντιοξειδωτικού φλαβονοειδούς κερσετίνη. Απώτερος στόχος της παρασκευής ήταν η ανάπτυξη νανοσωματιδιακής επικάλυψης στην επιφάνεια μεταλλικού stent, για την τοπική αντιμετώπιση των υψηλών επιπέδων οξειδωτικού στρες που παρατηρούνται μετά από τη διαδερμική στεφανιαία αγγειοπλαστική με χρήση stent. Πιο συγκεκριμένα, στα αρχικά στάδια της μελέτης έγινε ανάπτυξη κενών και φορτωμένων με κερσετίνη PLGA νανοσωματιδίων με την τεχνική Electrospray. Τα συστήματα αυτά, αφού βελτιστοποιήθηκαν με βάση την επιθυμητή νανοσωματιδιακή μορφολογία, μελετήθηκαν ως προς τα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους. Ακολούθως, διερευνήθηκε ο in vitro χρόνος αποικοδόμησής τους και μελετήθηκε in vitro η κινητική συμπεριφορά αποδέσμευσης της κερσετίνης από τους πολυμερικούς νανοφορείς (Σχήμα 2). Στη συνέχεια, το νανοσωματιδιακό σύστημα μελετήθηκε ως προς τη σταθερότητα και την κρυσταλλική κατάσταση των συστατικών του.



Σχήμα 2: Απελευθέρωση Κερσετίνης σε συσχέτιση με την αποικοδόμηση των PLGA νανοσωματιδίων

Στο επόμενο μέρος της παρούσας μελέτης, έλαβε χώρα η εναπόθεση του συστήματος στην επιφάνεια stent κοβαλτίου-χρωμίου μέσω της τεχνικής του ηλεκτροψεκασμού στις συνθήκες που διερευνήθηκαν και προσφέρουν άριστα

μορφολογικά και φαρμακοκινητικά χαρακτηριστικά αποδέσμευσης του δραστικού μορίου. Η επιτυχής επικάλυψη του stent επιβεβαιώθηκε με χρήση οπτικής μικροσκοπίας και ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης και έδειξε ομοιόμορφη μορφολογία και ομοιογενή επικάλυψη. Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των εναποτιθέμενων νανοσωματιδίων και η μέση διάμετρος τους βρίσκονται σε αντιστοιχία με τα αποτελέσματα ανάλυσης που έγιναν κατά τη συλλογή τους σε σταθερή επιφάνεια γυαλιού. Τέλος, πραγματοποιήθηκαν μελέτες κυτταροτοξικότητας και εξετάστηκε η επίδραση του συστήματος στην ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό του κυτταρικού πληθυσμού καθώς και στην προσκόλληση των κυττάρων επί της επιφάνειας του επικαλυμμένου stent. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας εργασίας κατέδειξαν την τεχνική του ηλεκτροψεκασμού ως ιδανική τεχνική ενός σταδίου για την ανάπτυξη βέλτιστου βιοσυμβατού συστήματος μεταφοράς της κερσετίνης για χρήση ως επικάλυψη καρδιαγγειακής ενδοπρόθεσης, με ελπιδοφόρα αποτελέσματα ως προς την αντιμετώπιση των επιπλοκών της διαδερμικής αγγειοπλαστικής.

Γιαννούλη Μαρίνα
Απόφοιτη ΔΠΜΣ Ν&Ν

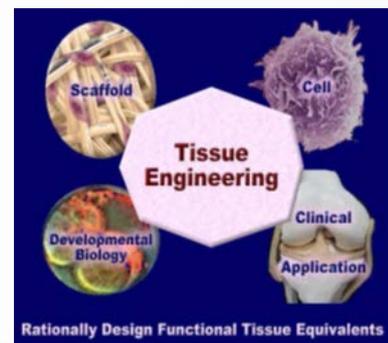
3. In vivo εκτίμηση νανοτοξικότητας νανοϋλικών για ορθοπεδικά εμφυτεύματα

Στον 21^ο αιώνα η Νανοτεχνολογία εξελίσσεται σε μία σύγχρονη τεχνολογική επανάσταση. Μέσω εφαρμογών Νανοτεχνολογίας βελτιώνεται η ποιότητα ζωής σε πολλούς τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας. Η Νανοϊατρική είναι η εφαρμογή της Νανοτεχνολογίας στην ιατρική, η οποία εκμεταλλεύεται τις βελτιωμένες και συχνά νέες φυσικές, χημικές, και βιολογικές ιδιότητες των υλικών στη νανοκλίμακα. Οι σύγχρονες ερευνητικές τάσεις στη νανοϊατρική αφορούν στους τομείς της διαγνωστικής απεικόνισης, των βιοϋλικών, της αναγεννητικής ιατρι-

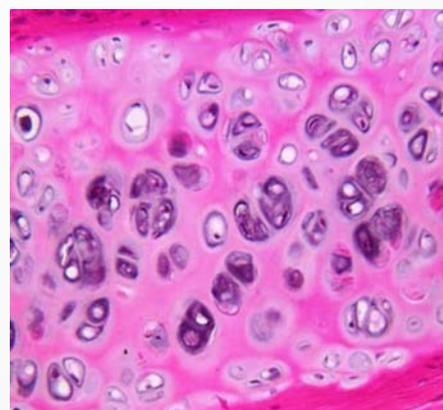
κής και της στοχευμένης απελευθέρωσης φαρμάκων. Είναι επιβεβλημένο, όμως, οι νέες τεχνολογίες να πληρούν αυστηρά κριτήρια που θα καθιστούν την εφαρμογή τους ασφαλή. Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο έλεγχος της πιθανής τοξικότητας βιοδιασπώμενων νανοϋλικών που επικαλύπτουν ορθοπεδικά εμφυτεύματα και η διερεύνηση των παραγόντων που μπορούν να μετατρέψουν ακίνδυνα υλικά σε τοξικά για τον άνθρωπο με μόνη αλλαγή τη μία τους τουλάχιστον διάσταση. Η σημαντικότερη αιτία γι' αυτό είναι ότι στη νανοκλίμακα ισχύουν οι νόμοι της Κβαντομηχανικής και όχι της κλασσικής Φυσικής. Έτσι, ό,τι θεωρείται δεδομένο πρέπει να τεθεί ξανά υπό διερεύνηση και τα αυξημένης δραστηριότητας νανοϋλικά πρέπει να ελεγχθούν για την ασφάλειά τους στον άνθρωπο αλλά και στα περιβαλλοντικά οικοσυστήματα.

Η Οστεοαρθρίτιδα ή εκφυλιστική αρθροπάθεια που προσβάλλει κυρίως τον αρθρικό χόνδρο αποτελεί ένα σημαντικό κοινωνικό πρόβλημα, διότι οδηγεί σε αναπηρίες και απομάκρυνση από την εργασία σημαντικής μερίδας ανθρώπων που βρίσκονται σε παραγωγική ηλικία και επιφέρει σημαντικά οικονομικά βάρη σε ασθενείς και το σύστημα υγείας. Μια προσέγγιση για την αντιμετώπιση της Οστεοαρθρίτιδας αλλά και γενικότερα άλλων εκφυλιστικών παθήσεων είναι ο συνδυασμός της Νανοϊατρικής και της Νανοτεχνολογίας. Η κατανόηση της λειτουργίας του ανθρώπινου οργανισμού σε μοριακό επίπεδο και η δυνατότητα παρέμβασης σε ασυμπτωματικό, πρώιμο στάδιο της νόσου για την αναστολή εξέλιξης μίας εκφυλιστικής νόσου αποτελούν σημαντικές προκλήσεις για τη Νανοϊατρική. Η Νανοτεχνολογία προσφέροντας βιομιμητικά και βιοαποικοδομήσιμα νανοϋλικά με άριστες επιφανειακές ιδιότητες και υψηλής ευαισθησίας απεικονιστικές τεχνικές μπορεί να παίξει βασικό ρόλο στην ανάπτυξη θεραπειών για τοπική αναγέννηση των κατεστραμμένων ιστών. Η κύρια ιδέα της ερευνητικής προσπάθειας είναι η δημιουργία μιας νέας μεθόδου/θεραπείας για την αναγέννηση χόνδρου

στην αρθρική περιοχή του γόνατος με την ανάπτυξη νανοβιομιμητικών σύνθετων ικριωμάτων, τον συνδυασμό τους με πρωτεϊνικούς βιοενεργούς παράγοντες και βλαστικά κύτταρα. Στόχος είναι να εξασφαλιστεί η προσέλκυση και ο πολλαπλασιασμός των κυττάρων-στόχων προάγοντας με αυτό τον τρόπο την ιστική αναγέννηση αλλά και τη χρήση καινοτόμων τεχνικών υψηλής διακριτικής ικανότητας για τη μελέτη των πρωτεϊνικών και κυτταρικών αλληλεπιδράσεων σε νανοκλίμακα με επακόλουθο περιορισμό των μελετών σε ζώα. Στο πλαίσιο αυτό ακολουθήθηκε μια διεπιστημονική μεθοδολογία που συνδυάζει διαδικασίες από την Επιστήμη Υλικών, Νανοτεχνολογία, Βιολογία, Βιοχημεία, Αναγεννητική Ιατρική, διαδικασίες ανάπτυξης νανοβιοϋλικών και τον αναλυτικό χαρακτηρισμό και έλεγχο των φυσικών και βιολογικών ιδιοτήτων στη νανοκλίμακα (Σχήμα 1).



Σχήμα 1: 1α) Ιστική μηχανική



1β) χονδροκύτταρα



1γ)ανθρώπινα βλαστικά κύτταρα

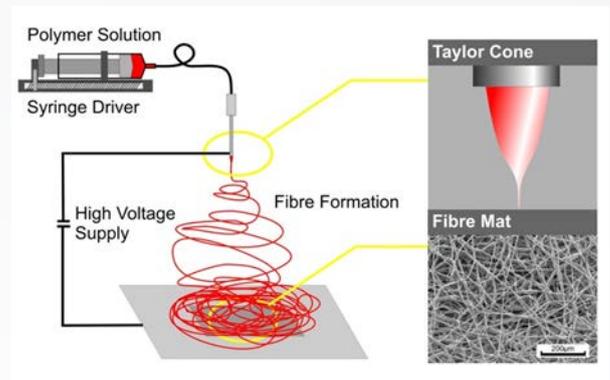
Για την επίτευξη των ανωτέρω έγινε ανάπτυξη ενός σύνθετου βιομιμητικού, πολυμερικού ικρίωματος με επιθυμητή αρχιτεκτονική και μορφολογία ώστε να διασφαλιστεί το 3D περιβάλλον για την ανάπτυξη των χονδροκυττάρων. Τα υλικά για τα ικρίωματα επιλέχτηκαν με βασικό κριτήριο τη συμβατότητά τους με κύτταρα και την ικανότητά τους για αποτελεσματική ενεργοποίηση της επιφάνειάς τους με βιοενεργά μόρια. Έτσι, για το πολυμερικό ικρίωμα επιλέχτηκε το συμπολυμερές χιτοζάνης πολυκα-προλακτόνης για καλύτερη μηχανική συμπεριφορά. Το συμπολυμερές εναποτέθηκε πάνω στην κεφαλή του κοχλίου με τη μέθοδο της ηλεκτροστατικής περιστροφικής εναπόθεσης (Electrospinning) με το σύστημα Ηλεκτροστατικού ψεκασμού (esprayer™ ES-2000S Fuence Co., Ltd) (σχήμα 2).



Σχήμα 2: σύστημα Ηλεκτροστατικού ψεκασμού (esprayer™ ES-2000S Fuence Co., Ltd) στο LTFN

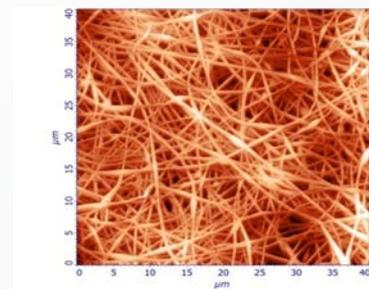
Η μέθοδος Ηλεκτροστατικού ψεκασμού (Electrospray deposition method-ESD) είναι η τεχνική του ψεκασμού διαφόρων ειδών διαλυμάτων βιομακρομορίων και/ή συνθετικών/φυ-

σικών πολυμερών με στόχο το σχηματισμό σωματιδίων και ινών στην νανοκλίμακα, η οποία επιτυγχάνεται με την εναπόθεση και προσκόλληση σε ένα υπόστρωμα με τη χρήση ηλεκτροστατικής δύναμης.

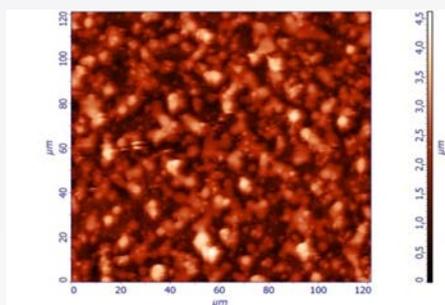


Σχήμα 3: Σχηματική αναπαράσταση μιας τυπικής διάταξης ηλεκτροστατικής ινοποίησης όπου φαίνεται ο κώνος του Taylor και η προκύπτουσα SEM εικόνα

Οι ίνες του πολυμερούς εναποτίθενται πάνω στο γειωμένο συλλέκτη ακριβώς λόγω της διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στη πολυμερική σταγόνα στην άκρη της βελόνας και το συλλέκτη. Το προκύπτον πλέγμα αποτελείται από τυχαίες (non-woven) ίνες που ποικίλουν σε διάμετρο από νανόμετρα μέχρι μερικά μικρά, ανάλογα με τις πειραματικές παραμέτρους που τέθηκαν. Με την τεχνική της ηλεκτροστατικής ινοποίησης μπορούν να παρασκευαστούν σταγόνες, beaded δομές και ίνες.



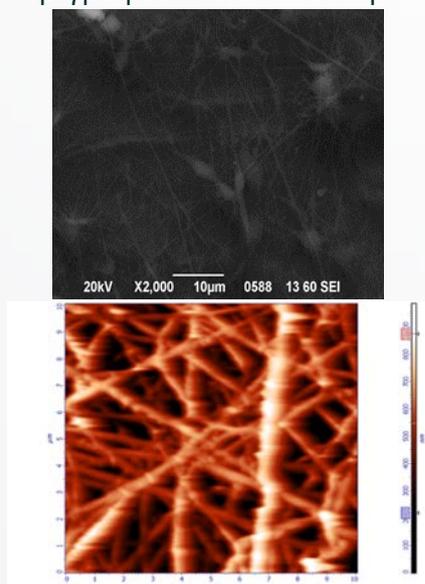
Σχήμα 4α)



Σχήμα 4β)

Σχήμα 4: (α) Εικόνα από το AFM σχετικά με λεπτό υμένιο νανοϊνών σε υπόστρωμα αλουμινόχαρτου, (β) Εικόνα από το AFM σχετικά με λεπτό υμένιο νανοσωματιδίων σε υπόστρωμα αλουμινόχαρτου

Παρασκευάστηκαν διαλύματα χιτοζάνης (Chi) σε οξικό οξύ, τριφθοροξικό οξύ (TFA) και τριφθοροξικό οξύ(TFA)/διχλωρομεθάνιο (DCM) σε αναλογία 70:30 και PCL σε χλωροφόρμιο, χλωροφόρμιο/μεθανόλη σε αναλογία 3:1, οξικό οξύ και τριφθοροξικό οξύ (TFA)/διχλωρομεθάνιο (DCM) 70:30 σε διαφορετικές συγκεντρώσεις. Μίγματα (blends) των δύο παραπάνω πολυμερών χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή του συμπολυμερούς Chi/PCL. Το σύνθετο ικρίωμα που επιλέχθηκε για την in vivo μελέτη είναι το συμπολυμερές χιτοζάνης/πολυκαπρολακτόνης. Χαρακτηρίστηκε με τεχνικές SEM, AFM, Contact Angle ως προς τις φυσικοχημικές και μορφολογικές ιδιότητές του: Οι παρακάτω εικόνες και πίνακες περιγράφουν τα αποτελέσματα:



Σχήμα 5: Εικόνα Ηλεκτρονικού Μικροσκοπίου Σάρωσης (SEM) και εικόνα Σαρωτικής Μικροσκοπίας Ατομικών Δυνάμεων (AFM) (30%PCL/8%Chi) ικρίωματος σε TFA/DCM διαλύτη

Το επόμενο βήμα εργασίας είχε σαν στόχο την παραγωγή κατάλληλων βιοενεργών μορίων και την καθήλωσή τους στις επιφάνειες των σύνθετων ικριωμάτων για τη μετατροπή τους σε βιολειτουργικά ικρίωματα. Απώτερος στόχος της βιολειτουργικότητας των σύνθετων ικριωμάτων είναι η προσέλκυση των χονδροκυττάρων και η διαφοροποίηση των βλαστικών κυττάρων ώστε να επέλθει η επιθυμητή αναγέννηση του χόνδρου στη συγκεκριμένη περιοχή της άρθρωσης.

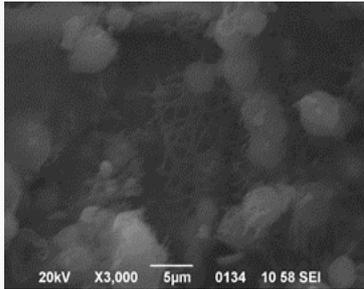
Με την τεχνική του Protein Engineering (πρωτεϊνική εφαρμοσμένη μηχανική), παρήχθησαν συγκεκριμένοι αυξητικοί παράγοντες με in-vivo προσδιορισμό/σήμανση. Οι επιθυμητοί παράγοντες ήταν το υαλουρονικό οξύ για να δημιουργήσει το κατάλληλο τεχνητό βιοπεριβάλλον για τα χονδροκύτταρα, RGD πεπτίδια για την προσέλκυση των χονδροκυττάρων, ενώ για την προστασία τους χρησιμοποιήθηκε η καταλάση, ο καθαριστής ελευθέρων ριζών. Επίσης, καθηλώθηκαν και πρωτεϊνικοί παράγοντες όπως οι Transforming growth factor (TGF-β2), insulin like Growth Factor (IGF-1) και Bone morphogenetic proteins (BMP-2, BMP-7), οι οποίοι επάγουν την διαφοροποίηση των βλαστικών κυττάρων σε χονδροκύτταρα.

Τα βιοενεργά μόρια καθηλώθηκαν στην επιφάνεια των σύνθετων ικριωμάτων με τη βιοχημική διαδικασία της αλληλεπίδρασης βιοτίνης/στροπταβιδίνης. Στη συνέχεια ακολούθησε η βιοτροποποίηση των επιλεγμένων σύνθετων ικριωμάτων χιτοζανης /PCL.

Μια σειρά από δείγματα (π.χ. αίμα, λιπώδης ιστός, μυελός των οστών) επεξεργάστηκαν για την απομόνωση και παροχή βλαστικών κυττάρων σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα για την ένταξή τους πάνω στα εμφυτεύματα. Στη συνέχεια, έγιναν δοκιμασίες διαφοροποίησης των μεσεγχαυματικών βλαστοκυττάρων προς

χονδροκύτταρα προτού τοποθετηθούν πάνω στα εμφυτεύματα.

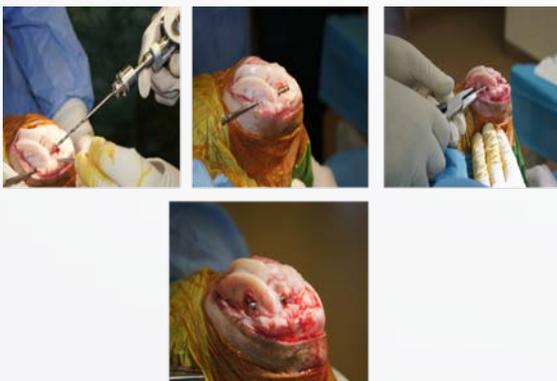
Είναι κατανοητό ότι από τη στιγμή που έγινε η διαδικασία βιοτροποποίησης του σύνθετου ικρίωματος πάνω στη πρόθεση στήριξης δεν ήταν εφικτό να πραγματοποιηθεί οποιοσδήποτε χαρακτηρισμός με μικροσκοπία ή AFM ή οποιαδήποτε άλλη τεχνική. Όλα τα ολοκληρωμένα εμφυτεύματα διατέθηκαν για την *in vivo* μελέτη.



Σχήμα 6: Εικόνα SEM 30%PCL/TFA μετά από 21 ημέρες. Διαφοροποίηση μεσεγχυματικών κυττάρων στα σύνθετα ικρίωματα με λειτουργική καθήλωση BMP2

Όλη η διαδικασία της βιοτροποποίησης και έπειτα έγχυσης βλαστικών κυττάρων στο εμφύτευμα έπρεπε να γίνει σε απόλυτο συγχρονισμό με τα πειραματόζωα.

Χειρουργήθηκαν συνολικά τέσσερα ζώα και τοποθετήθηκαν τρία (3) ολοκληρωμένα εμφυτεύματα (OE) σε δύο από αυτά. Πραγματοποιήθηκε μέση τομή γόνατος, παρασκευή υποδορίου και έσω παραεπιγονατιδική προσπέλαση με διάνοιξη της άρθρωσης και εξάρθρωμα της επιγονατίδας. Με τη χρήση τρυπανιού διαμέτρου 4 mm (το οποίο συνόδευε τους κοχλίες από τον κατασκευαστή) δημιουργήθηκε οστικό τούνελ και ολοκληρώθηκε επιτυχώς η τοποθέτηση του εμφυτεύματος.



Τα 3 από τα 4 ζώα σηκώθηκαν όρθια μέσα σε μισή ώρα μετά το πέρας των χειρουργείων και μεταφέρθηκαν στο αγρόκτημα της Κτηνιατρικής Σχολής όπου διαβίωσαν επιτηρούμενα για τα προβλεπόμενα από το πρωτόκολλο διαστήματα.

Με την πάροδο του χρόνου διαπιστώναμε ότι όλοι οι δείκτες υγείας των ζώων ήταν σταθερά ικανοποιητικοί ενώ σταδιακά τα ζώα άρχισαν να φέρουν βάρος στα χειρουργημένα άκρα κάτι που συνέβη περίπου δύο μήνες μετά το χειρουργείο για τα ζώα με το OE. Το ζώο με το εμφύτευμα control καθυστέρησε σημαντικά περισσότερο να φορτίσει το χειρουργημένο άκρο: χρειάστηκε περίπου 15 μέρες παραπάνω συγκριτικά με τα ζώα με το OE.



Σχήμα 7: Οι χειρουργημένες αίγες λίγο πριν την ευθανασία.

Μετά την ευθανασία και πριν τη νεκροψία ελέγχθηκε το εύρος της κινητικότητας της άρθρωσης και η λειτουργία της. Διαπιστώθηκε πέραν πάσης αμφιβολίας αυτό που φαινόταν και κατά την επισκόπηση των ζώων: στις αίγες με το OE η άρθρωση λειτουργούσε εμφανώς καλύτερα, με ικανοποιητικό, σχεδόν πλήρες εύρος και ελευθερία κίνησης χωρίς ανώμαλους ήχους και μετατοπίσεις. Η λειτουργία των χειρουργημένων αρθρώσεων ελέγχτηκε συγκριτικά τόσο μεταξύ τους όσο και με την ετερόπλευρη μη-χειρουργημένη άρθρωση. Κατά την προσεκτική διάνοιξή τους αντικρίσαμε στα ζώα control έντονες αρθρικές αλλοιώσεις, ελάχιστο αρθρικό υγρό, σημαντική ανάπτυξη ινώδους συνδετικού ιστού ενώ οι μαλακοί ιστοί ήταν κολλημένοι μεταξύ τους εικόνα που δικαιολογούσε πλήρως την αδυναμία πλήρους κάμψης κι έκτασης της άρθρωσης.



Σχήμα 8: Η άρθρωση με το εμφύτευμα control αμέσως μετά τη διάνοιξή της. Φαίνεται καθαρά η έντονη ανάπτυξη συνδετικού ιστού που έχει καλύψει τα πάντα

Η εικόνα του πρώτου ζώου με το ΟΕ ήταν πολύ καλύτερη συγκριτικά με του control. Υπήρχε διαυγές φυσιολογικό αρθρικό υγρό, δεν υπήρχε κανένα σημείο αρθρικών αλλοιώσεων και η γενική εικόνα της άρθρωσης ήταν ικανοποιητική.

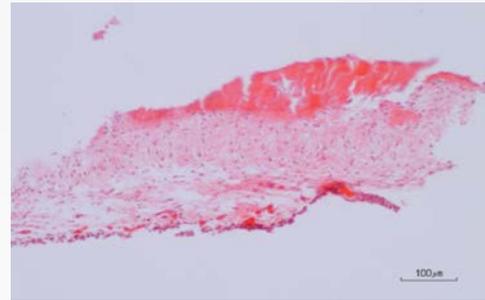


Σχήμα 9: Η άρθρωση με το ΟΕ αμέσως μετά τη διάνοιξη: Φαίνεται ξεκάθαρα η πολύ καλύτερη όψη σε σχέση με το control.

Το εμφύτευμα ήταν κανονικά στη θέση που είχε τοποθετηθεί και στη βιοτροποποιημένη επιφάνειά του είχε αναπτυχθεί νεόδημος ιστός ημισεληνοειδούς σχήματος που ξεκινούσε από την περιφέρεια της κεφαλής του κοχλίου στα σημεία επαφής με τον έσω μηριαίο κόνδυλο και κάλυπτε πάνω από το 50% της κοχλιακής επιφάνειας, χωρίς βέβαια να καλύπτει όλο το πάχος του ελλείματος που είχαμε δημιουργήσει κατά την τοποθέτηση του εμφυτεύματος.

Νεφρά, έντερο, και λεμφαδένες είχαν καλή όψη χωρίς σημεία τοξίκωσης ή νέκρωσης.

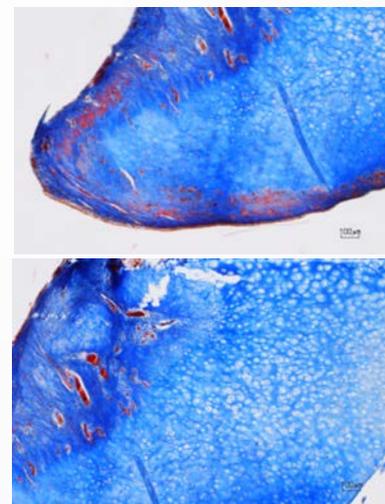
Αφαιρέσαμε πολύ προσεκτικά με ένα χειρουργικό μαχαιρίδιο τον ιστό από την κεφαλή του κοχλίου, με εφαιπτομενική επιφανειακή απόξεση και λίγες μέρες μετά είχαμε τις πρώτες μας ιστολογικές τομές χρωματισμένες με αιματοξυλίνη-ηωσίνη.



Σχήμα 10: Ιστολογική εικόνα του σχηματισθέντος στην κεφαλή του ΟΕ ιστού του δεύτερου πειραματοζώου (χρώση Α-Η).

Το συμπέρασμά μας ήταν ότι είχαμε έναν ζωντανό ιστό, αναπτυσσόμενο, σε φάση διαφοροποίησης, με νέα αγγεία και αρκετές ίνες πιθανότατα κολλαγόνου.

Έτσι, αποφασίσαμε να προχωρήσουμε με μια ειδική για κολλαγόνο χρώση κι επιλέξαμε την τρίχρωμη Masson. Η επιλογή μας αποδείχτηκε επιτυχής και οι τομές μας έδειξαν ότι όντως επρόκειτο για υαλοειδή χόνδρο.



Σχήμα 11: ιστολογική εικόνα από την κεφαλή του ΟΕ μετά από πολύ προσεκτική τομή του ιστού και χρώση Masson.

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα των πειραμάτων που διενεργήθηκαν στην παρούσα μελέτη θα πρέπει να αναφερθεί πως είναι ενθαρρυντικά για τη χρήση νανοϋλικών σε βιοϊατρικές εφαρμογές, αφού δεν παρατηρήθηκε κανένα σημείο τοξίκωσης ή τοξικότητας. Έχουμε ένα πολύ σημαντικό αποτέλεσμα, έχουμε κατορθώσει να πετύχουμε ανάπλαση αρθρικού χόνδρου κάτι που μέχρι τώρα θεωρείτο πολύ δύσκολο

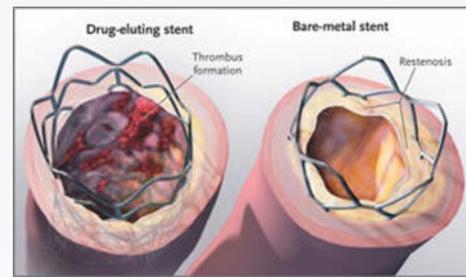
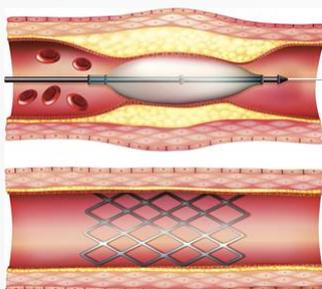
έως αδύνατο. Χρειαζόμαστε, όμως, το σχεδιασμό μιας περαιτέρω μελέτης που θα επιβεβαιώσει και θα επαυξήσει τα και-νοτόμα αποτελέσματά μας. Με οδηγό την κερδισμένη από τα εμπόδια εμπειρία μας θα μπορούσαμε να τη διεξάγουμε πολύ γρηγορότερα, πιο στοχευμένα και με μικρότερο κόστος.

Μούγκας Ανέστης
Απόφοιτος ΔΠΜΣ Ν&Ν

4. Ανάπτυξη και Χαρακτηρισμός Πολυμερικών Νανοϊνώδων Ικριωμάτων Φορτωμένα με φάρμακα για Καρδιοαγγειακές Εφαρμογές

Οι Καρδιοαγγειακές Παθήσεις (Cardiovascular Diseases – CVDs) που προκαλούνται από τη διαδικασία της Αθηροσκλήρωσης θεωρούνται από τα πιο συχνά αίτια θνησιμότητας και νοσηρότητας στις αναπτυγμένες χώρες.

Η χρήση των αρτηριακών stent, έχει φέρει την επανάσταση στη θεραπεία της Στεφανιαίας Νοσού. Τα αρτηριακά stent λειτουργούν ως ένα υποστηρικτικό ικρίωμα και τοποθετούνται μέσα στις αρτηρίες όπου η ροή του αίματος έχει περιοριστεί επικίνδυνα, ώστε να διατηρηθούν ανοιχτές. Δυστυχώς, ακόμα υπάρχουν κάποιες επιπλοκές στη λειτουργία τους μετά την εμφύτευση τους με τη διαδικασία της Αγγειοπλαστικής που πρέπει να αντιμετωπιστούν, όπως η φλεγμονή, η θρόμβωση της αρτηρίας και η επαναστένωση του stent (Σχήμα 1).



Σχήμα 1: Η διαδικασία της Αγγειοπλαστικής και οι επιπλοκές των stent 1ης και 2ης γενιάς.

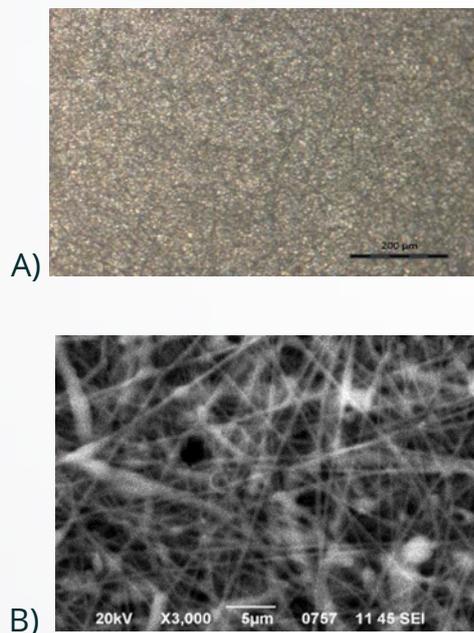
Η Νανοϊατρική κατέχει ζωτικό ρόλο στον κλάδο της Ιατρικής επιστήμης, καθώς έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στη θεραπεία των Καρδιοαγγειακών Παθήσεων μέσω της βελτίωσης των stent. Πολυμερικά νανοϊνώδη ικρίωματα, παρασκευασμένα μέσω της Ηλεκτροστατικής Ινοποίησης, έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς σε πολλές βιοϊατρικές εφαρμογές της Ιστομηχανικής, λόγω της μορφολογικής ομοιότητάς τους με την εξωκυττάρια μήτρα (ECM) των κυττάρων. Ιδιαίτερα, υπάρχει ανάγκη στα καρδιαγγειακά εμφυτεύματα να κατέχουν νανοϊνώδη επιφάνεια που να μιμείται το φυσικό ενδοθήλιο, με σκοπό την προώθηση της ενδοθηλιοποίησης ώστε να μειωθούν οι επιπλοκές της θρόμβωσης και της αποτυχίας του εμφυτεύματος.

Στην παρούσα Διπλωματική εργασία παρασκευάστηκαν τα εξής ικρίωματα: α) πολυμερικά βιοαποικοδομήσιμα νανοϊνώδη ικρίωματα με τη μέθοδο της Ηλεκτροστατικής Ινοποίησης, από δύο πολυμερικά υλικά, στα οποία προστέθηκαν τα φάρμακα Κουρκουμίνη και Διπυριδαμόλη αντίστοιχα, β) συνδυασμένα ικρίωματα, με τη μέθοδο του Συστήματος Διπλής Σύριγγας Ηλεκτροστατικής Ινοποίησης αποτελούμενα από i) τα δύο πολυμερή συνδυασμένα με τυχαίο τρόπο, και από ii) τα δυο πολυμερή όπου το κάθε πολυμερές ήταν συνδυασμένο με το φάρμακό του ξεχωριστά.

Πιο συγκεκριμένα, αρχικά παρασκευάστηκαν μέσω της Ηλεκτροστατικής Ινοποίησης ικρίωματα Πολυκαπρολακτόνης και Πολυκαπρολακτόνης φορτωμένα με το αντιφλεγμονώδες φάρμακο Κουρκουμίνη, και ικρίωματα Πολυγαλακτικού οξέος και Πολυγαλακτικού οξέος φορτωμένα με το αντιαιμοπεταλιακό φάρμακο

Διπυριδαμόλη. Στη συνέχεια, παρασκευάστηκαν μέσω του Συστήματος Διπλής Σύριγγας Ηλεκτροστατικής Ινοποίησης, συνδυασμένα ικρίσματα Πολυκαπρολακτόνης και Πολυγαλακτικού οξέος, καθώς και Πολυκαπρολακτόνης με Κουρκουμίνη και Πολυγαλακτικού οξέος με Διπυριδαμόλη.

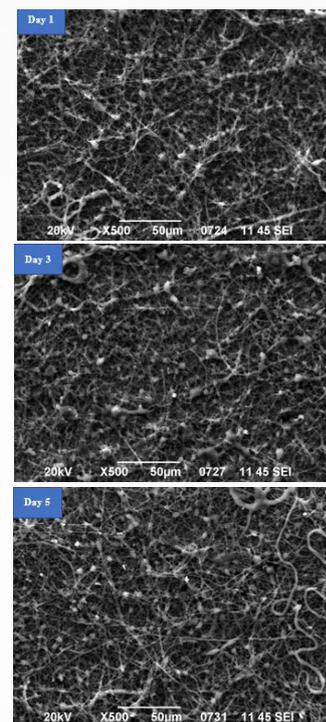
Στα παραπάνω ικρίσματα έγινε μορφολογικός και τοπογραφικός χαρακτηρισμός με Οπτικό Μικροσκόπιο, Μικροσκοπία Ατομικών Δυνάμεων (AFM) και Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης (SEM). Επίσης, διεξήχθησαν μετρήσεις της Γωνίας Επαφής τους για την εξακρίβωση της υδροφοβικότητάς τους, καθώς επίσης και μελέτες αποικοδόμησης των ικριωμάτων, μελέτες κινητικής απελευθέρωσης των φαρμάκων από τα ικρίσματα σε σχέση με το χρόνο, και τέλος, κυτταροτοξικές μελέτες σε όλα τα ικρίσματα για την επιβεβαίωση της κυτταροσυμβατότητάς τους (Σχήμα 2).



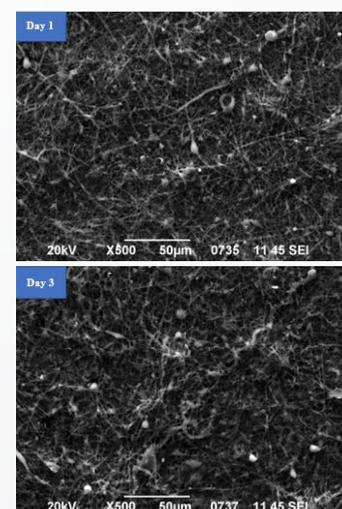
Σχήμα 2: Εικόνες Α) Οπτικής Μικροσκοπίας, Β) SEM του συνδυασμένου ικριώματος Πολυκαπρολακτόνης με Κουρκουμίνη και Πολυγαλακτικού οξέος με Διπυριδαμόλη μέσω του Συστήματος Διπλής Σύριγγας Ηλεκτροστατικής Ινοποίησης.

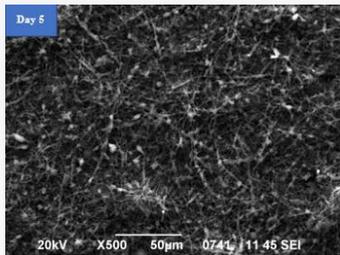
Συμπερασματικά, όλα τα ικρίσματα είχαν άριστη μορφολογία και την κατάλληλη τραχύτητα ώστε να ευνοηθεί η προσκόλληση, η ανάπτυξη

και ο πολλαπλασιασμός των κυττάρων L929 που τοποθετήθηκαν στην επιφάνειά τους. Επίσης, παρουσίαζαν αργό ρυθμό αποικοδόμησης και ελεγχόμενη απελευθέρωση φαρμάκων. Μαζί με τις επιτυχημένες μελέτες κυτταρικής βιωσιμότητάς τους, τη Βιοχημική έκθεση MTT, τη χρώση Methylene Blue και την ακινητοποίηση των κυττάρων και παρατήρησή τους με SEM, επιβεβαιώθηκε πως όλα τα ικρίσματα ήταν κυτταροσυμβατά (Σχήμα 3).



Σχήμα 3: Εικόνες SEM από την κυτταροτοξική μελέτη των ικριωμάτων PCL:PLA (επάνω) και με την προσθήκη των φαρμάκων Κουρκουμίνη και Διπυριδαμόλη (κάτω).





Ειδικότερα, το καινοτόμο συνδυασμένο ικρίωμα της Πολυκαπρολακτόνης με Κουρκουμίνη και του Πολυγαλακτικού οξέος με τη Διπυριδαμόλη, παρασκευασμένο με την πρωτοποριακή μέθοδο του Συστήματος Διπλής Σύριγγας Ηλεκτροστατικής Ινοποίησης, αποτελεί ένα μοναδικό βιολειτουργικό μικροπεριβάλλον που μιμείται την εξωκυττάρια μήτρα των κυττάρων. Αποδείχθηκε μέσω της μελέτης του πως είναι ένα ελπιδοφόρο και πολλά υποσχόμενο εργαλείο ως επικάλυψη ενός stent το οποίο θα εκλύει δύο φάρμακα ταυτόχρονα, με ελεγχόμενο τρόπο, για την καταπολέμηση των επιπλοκών τους και την αντιμετώπιση των Καρδιοαγγειακών Παθήσεων.

Μπακόλα Βερονίκη
Απόφοιτη ΔΠΜΣ N&N

5. Ανάπτυξη Νανοπλατφόρμων από Πολυμερικά Ικρίωματα Φορτωμένα με Φάρμακα για Ορθοπεδικές Εφαρμογές

Με τη συνεχή βελτίωση της ορθοπεδικής χειρουργικής και των τεχνικών εμφυτευμάτων, η ανάγκη των ασθενών για επέμβαση ολικής αρθροπλαστικής αυξήθηκε ραγδαία. Οι λοιμώξεις, όμως, μετά από επεμβατικές ορθοπεδικές χειρουργικές επεμβάσεις, αποτελούν σημαντικό κλινικό πρόβλημα και μια από τις κύριες αιτίες αποτυχίας των εμφυτευμάτων. Μολονότι μπορούν να γίνει συστηματική χορήγηση αντιβιοτικών, δεν επιτυγχάνεται υψηλή συγκέντρωση φαρμάκων στην επιθυμητή θέση, με ελεγχόμενη απελευθέρωση. Για το λόγο αυτό, μια στρατηγική ελεγχόμενης απελευθέρωσης αντι-

βιοτικών και αντιφλεγμονωδών φαρμάκων είναι δυνατόν να συμβάλει σημαντικά στην θεραπεία τέτοιων επιπλοκών.

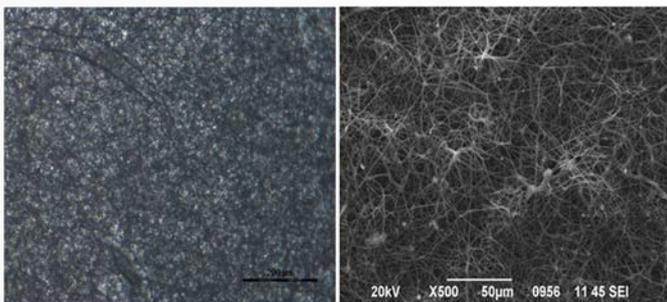


Εικόνα 1. Προβλήματα μετά από μια επέμβαση ολικής αρθροπλαστικής ισχίου.

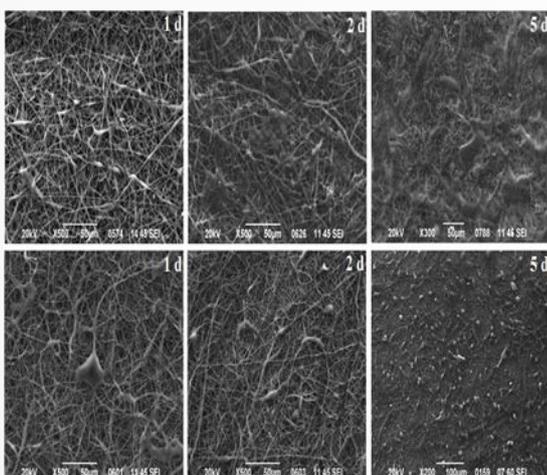
Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρασκευάστηκαν έξι νανοπλατφόρμες από βιοαποικοδομήσιμα πολυμερή τα οποία λειτούργησαν ως φορείς για ελεγχόμενη απελευθέρωση φαρμάκου με τη μέθοδο της Ηλεκτροστατικής Ινοποίησης. Πιο συγκεκριμένα, σε πρώτο στάδιο δημιουργήθηκαν πολυμερικά νανοϊνώδη ικρίωματα από πολυκαπρολακτόνη (PCL), τα οποία στη συνέχεια φορτώθηκαν με βανκομυκίνη (PCL:vanco), ένα φάρμακο που συμβάλει στην πρόληψη και τη θεραπεία των ορθοπεδικών λοιμώξεων. Σε επόμενο στάδιο, δημιουργήθηκαν πολυμερικά νανοϊνώδη ικρίωματα από οξική κυτταρίνη (CA), καθώς και ικρίωματα οξικής κυτταρίνης στα οποία ενσωματώθηκε η δεξαμεθαζόνη (CA:dexam), ένα φάρμακο το οποίο χρησιμοποιείται σε οξείες και χρόνιες φλεγμονώδεις παθήσεις των αρθρώσεων, αλλά και μετά από μια χειρουργική επέμβαση.

Στο τελευταίο στάδιο, τα δύο αυτά συστήματα αφού μελετήθηκαν και χαρακτηρίστηκαν ξεχωριστά, τοποθετήθηκαν σε ένα καινοτόμο σύστημα Διπλής Σύριγγας Ηλεκτροστατικής Ινοποίησης για διπλή μεταφορά των φαρμάκων που αναφέρθηκαν παραπάνω. Ακολούθησε ο χαρακτηρισμός των εν λόγω καινοτόμων ικριωμάτων ως προς το μέγεθος των ινών και τη μορφολογία τους με SEM και Οπτικό Μικροσκόπιο

(Εικόνα 2). Έλαβαν χώρα μελέτες αποικοδόμησης και κινητικής απελευθέρωσης προκειμένου να παρατηρηθούν οι μεταβολές στο βάρος των πολυμερικών αυτών νανοδομών καθώς και το πώς αποδεσμεύεται το φάρμακο με την πάροδο των ημερών. Τέλος, διεξήχθησαν μελέτες κυτταροτοξικότητας προκειμένου να εξεταστούν τα επίπεδα κυτταροσυμβατότητας όλων των ικριωμάτων με τη χρήση μιας πρότυπης αθανατοποιημένης σειράς ινοβλαστών L929. Τόσο με την Βιοχημική Μέθοδο Εκτίμησης Κυτταροτοξικότητας (MTT) όσο και με τη χρώση μπλε του μεθυλενίου και τη μετέπειτα μελέτη τους μέσω SEM (Εικόνα 3), αποδείχθηκε ότι όλα τα ικριώματα είναι κυτταροσυμβατά, όπου ο πολλαπλασιασμός των κυττάρων ήδη από την 2η κιάλας μέρα φαινόταν ιδιαίτερα πιο έντονος.



Εικόνα 2. Μορφολογία ινώδους πλέγματος μέσω Οπτικού Μικροσκοπίου (αριστερά) και SEM (δεξιά) των καινοτόμων νανοπλατφόρμων για διπλή μεταφορά φαρμάκων.



Εικόνα 3. Μελέτη πολλαπλασιασμού και προσκόλλησης της κυτταρικής σειράς L929 στα PCL/CA (επάνω σειρά) και PCL:vanco/CA:dexam (κάτω σειρά) ικριώματα με την τεχνική του SEM για χρονικά διαστήματα 1,2 και 5 ημερών.

Συμπεραίνεται, λοιπόν, πως τα καινοτόμα ικριώματα με τα δύο πολυμερή και τα δύο φάρμακα αποτελούν ένα βιολειτουργικό μικροπεριβάλλον το οποίο μιμείται την εξωκυττάρια μήτρα, προάγει την προσκόλληση και τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων και είναι κατάλληλο για την αναγέννηση των ιστών. Ολοκληρώνοντας, οι παραπάνω νανοπλατφόρμες αποτελούν μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση για την πρόληψη και τη θεραπεία λοιμώξεων μετά από εμφύτευση μιας ορθοπεδικής πρόθεσης.

Τσιάπλα Αικατερίνη-Ραφαηλία
Απόφοιτη ΔΠΜΣ N&N

6. Μελέτη της Αλληλεπίδρασης Διλιπιδικής Μembrάνης με Φορέα Φαρμακευτικών Ουσιών σε Υδατικό Περιβάλλον με τη Μέθοδο της Μοριακής Δυναμικής

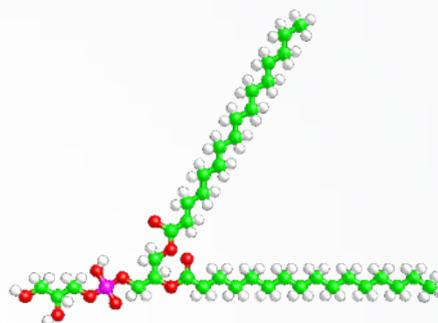
Η Νανοϊατρική είναι ένας αναδυόμενος κλάδος της επιστήμης της Ιατρικής ο οποίος συνδυάζει τις κλασικές αρχές της Ιατρικής με την επιστήμη της Νανοτεχνολογίας. Η βέλτιστη χορήγηση φαρμάκων αποτελεί ίσως τον πιο σημαντικό τομέα της Νανοϊατρικής, μεταξύ άλλων εφαρμογών (in vitro διάγνωση, in vivo απεικόνιση, μηχανική ιστών κ.α.), κάτι το οποίο οδηγεί σε έντονη ερευνητική δραστηριότητα γύρω από το συγκεκριμένο πεδίο. Μεγάλη επιστημονική προσπάθεια αφιερώνεται στις μέρες μας για την αξιοποίηση της Νανοτεχνολογίας όσον αφορά στην παράδοση φαρμάκων (drug delivery), προκειμένου να αντιμετωπιστεί ένα από τα πιο σοβαρά προβλήματα των ημερών μας, ο καρκίνος.

Οι κυτταρικές μεμβράνες περιβάλλουν τελείως τα κύτταρα και αποτελούνται κυρίως από λιπίδια και πρωτεΐνες. Η διπλή φύση τους (υδρόφοβο τμήμα ουράς και υδρόφιλο τμήμα κεφαλής) και η «ρευστότητά» τους προσδίδει σε αυτές μοναδικά χαρακτηριστικά, όσον αφορά στον έλεγχο της διαπερατότητας και στις ειδι-

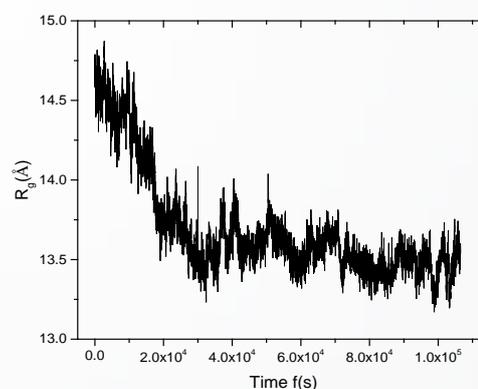
κές αλληλεπιδράσεις με τα υπόλοιπα μόρια-επισκέπτες. Η "Μαλακή Ύλη" (Soft Matter) ασχολείται με τη δομή, τη θερμοδυναμική σταθερότητα και τη δυναμική των διλιπιδικών μεμβρανών, και η Μοριακή Δυναμική (σε ατομιστικό επίπεδο) αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο. Από την άλλη πλευρά, τα υπερδιακλαδισμένα πολυμερή παρουσιάζουν μοναδικές ιδιότητες, όσον αφορά στην πολυλειτουργικότητά τους, στην αυτό-οργάνωσή τους και στη δομή τους με αποτέλεσμα να αποτελούν ιδανικούς υποψηφίους για τη χρήση τους ως συστήματα μεταφοράς βιοδραστικών ενώσεων κατά του καρκίνου. Η εφαρμογή των προσομοιώσεων Μοριακής Δυναμικής στα συμπλέγματα διλιπιδικών μεμβρανών/φορέων φαρμάκων για τη διερεύνηση των διεργασιών και των φυσικοχημικών φαινομένων που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασής τους κοντά στην κυτταρική επιφάνεια, αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη οδό για την βελτιστοποίηση των ιδιοτήτων των παραπάνω συμπλεγμάτων με σκοπό την αποτελεσματικότερη μεταφορά των φαρμάκων.

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της εμβάθυνσης και κατανόησης των αλληλεπιδράσεων μεταξύ πολυμερικών νανοφορέων φαρμάκων και λιπιδικών μεμβρανών σε υδατικό περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα, μελετήθηκε, μέσω της Μοριακής Δυναμικής (πλήρης ατομιστική προ-σέγγιση), η στατική και δυναμική συμπεριφορά ενός συμπλέγματος -πολυμερικός νανοφορέας (υπερδιακλαδισμένος πολυεστέρας με πολυαιθυλενογλυκόλη)/ αντικαρκινικό φάρμακο Δοξορουβικίνη με λιπιδική μεμβράνη (DPPG- διπαλμιτοϋλοφωσφατιδυλογλυκερόλη)- σε πειραματικές συνθήκες ιοντικής ισχύος ώστε να προσεγγιστεί καλύτερα η πραγματική συμπεριφορά του εν λόγω συστήματος. Αναλύθηκαν οι στατικές ιδιότητες (συναρτήσεις ακτινικής κατανομής) και οι δυναμικές ιδιότητες (μέση τετραγωνική μετατόπιση, συναρτήσεις αυτοσυσχέτισης χώρου-χρόνου) του συστήματος. Μελετήθηκε η χωρική διάταξη - συσχέτιση (διείσδυση φαρμάκων στον νανοφορέα

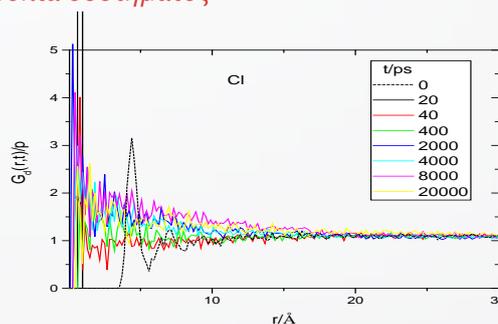
και τη μεμβράνη) των μοριακών ειδών, η δομή τους, ενώ εξετάστηκε και ο σχηματισμός δεσμών υδρογόνου μεταξύ των μορίων. Ποικίλες μελλοντικές ενέργειες (διαφορετικοί τύποι πολυμερικών νανοφορέων και μεμβρανών, μεταβολή συγκέντρωσης φαρμάκου, μεταβολή ιοντικής ισχύος κ.α.) μπορούν να πραγματοποιηθούν προκειμένου να μελετηθεί περαιτέρω η συσχέτιση των συμπλεγμάτων νανοφορέων φαρμάκων και λιπιδικών μεμβρανών, οι οποίες με την σειρά τους θα οδηγήσουν σε στοχευμένες πειραματικές δοκιμές για τον σχεδιασμό νέων αποτελεσματικών συστημάτων μεταφοράς φαρμάκων.



Εικόνα 1. Λιπίδιο DPPG μεμβράνης



Εικόνα 2. Χρονική εξέλιξη της γυροσκοπικής ακτίνας- ισορροπία συστήματος



Εικόνα 3. Συναρτήσεις αυτοσυσχέτισης χώρου-χρόνου (Distinct VanHove) για τα ιόντα Cl-

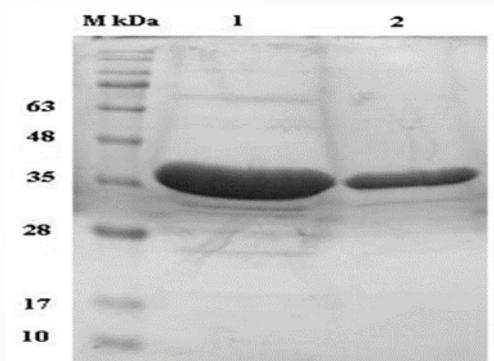
Αρσενίδης Πρόδρομος
Απόφοιτος ΔΠΜΣ N&N

7. Βιο-λειτουργικές επιφάνειες και αντιβακτηριακή δράση

Ως βιοϋλικά μπορούν να χαρακτηριστούν τα υλικά των οποίων ένα συστατικό είναι βιολογικό ή υλικά που έχουν υποστεί τροποποίηση με βιολογικούς παράγοντες. Η κατασκευή βιοϋλικών απαιτεί τη δημιουργία βιολειτουργικών επιφανειών με ιδιότητες όπως βιοσυμβατότητα, αιμοσυμβατότητα, αλλά και επιφάνειες με χαρακτηριστικά όπως η αντιβακτηριακή δράση. Για τη δημιουργία τέτοιων βιολειτουργικών επιφανειών είναι απαραίτητη η τροποποίηση των υποστρωμάτων με κατάλληλα βιολογικά μόρια (π.χ. ένζυμα, αντισώματα, πρωτεΐνες κ.α.) τα οποία μετά την καθήλωσή τους στην επιφάνεια θα διατηρούν τη λειτουργικότητά τους.

Έτσι, στην παρούσα διπλωματική εργασία, αρχικά πραγματοποιήθηκε υπερέκφραση και ινβίνο βιοτινιλωση της πράσινης φθορίζουσας πρωτεΐνης (GFP), στην οποία είχε συνδεθεί στο N-τελικό της άκρο ουρά 6 ιστιδινών, με τη βοήθεια των οποίων ακολούθησε ο καθαρισμός της πρωτεΐνης. Για την υπερέκφραση και βιοτινιλωση της GFP πραγματοποιήθηκε διπλός μετασχηματισμός των πλασμιδίων pT7-7 και pBirA σε βακτηριακά κύτταρα BL21. Στο πλασμίδιο pT7-7 βρίσκεται κλωνοποιημένο το γονίδιο της GFP με την ουρά των 6 ιστιδινών, υπό τον έλεγχο του T7 επαγωγέα. Η συνθετάση της BirA καταλύει τη σύνδεση της βιοτίνης σε μια μοναδική λυσίνη ενός 14-μερούς πεπτιδίου βιοτινιλωσης το οποίο βρίσκεται επίσης κλωνοποιημένο στο πλασμίδιο pT7-7. Τέλος, στο χρωμοσωμικό DNA των BL21 εκφράζεται το γονίδιο της T7 RNA πολυμεράσης, η οποία αναγνωρίζει τον T7 επαγωγέα οδηγώντας στην έκφραση των γονιδίων που βρίσκονται στα ανοιχτά αναγνωστικά πλαίσια δεξιά του T7 επαγωγέα. Μετά τον μετασχηματισμό των κυττάρων, ακολουθεί ε-

πίωση των κυττάρων παρουσία IPTG και βιοτίνης. Η παρουσία του IPTG οδηγεί σε μεγαλύτερη έκφραση της T7 RNA πολυμεράσης και συνεπώς της GFP-6xHisTag, ενώ η συνθετάση της BirA θα καταλύσει τη σύνδεση της βιοτίνης στη μοναδική λυσίνη του 14-μερούς πεπτιδίου. Μετά τη λύση των κυττάρων με υπερήχους, χρησιμοποιούμε στήλη ιόντων νικελίου για τον καθαρισμό του πρωτεϊνικού εκχυλίσματος μέσω της ουράς ιστιδινών. Περνώντας το πρωτεϊνικό εκχύλισμα από τη στήλη, δεσμεύονται στα σφαιρίδια ιόντων νικελίου οι πρωτεΐνες που φέρουν την ουρά ιστιδινών, δηλαδή η GFP, ενώ οι υπόλοιπες θα εκλουθούν. Ακολουθεί πλύση της στήλης με το διάλυμα έκλουσης ώστε να ληφθεί η πρωτεΐνη που δεσμεύτηκε στα σφαιρίδια ιόντων νικελίου. Το αποτέλεσμα του καθαρισμού διαπιστώθηκε με ηλεκτροφόρηση του πρωτεϊνικού διαλύματος μετά την 1η και τη 2η έκλουση. Όπως διαπιστώνουμε και από το σχήμα 1 η GFP λήφθηκε αρκετά καθαρή μετά από την έκλουση.

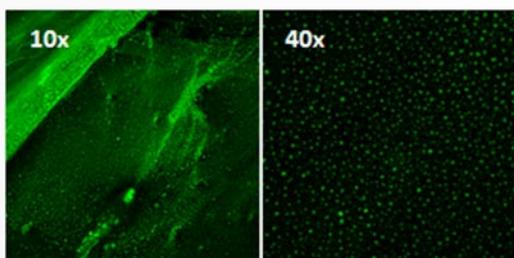


Σχήμα 1: Ηλεκτροφόρηση διαλύματος της καθαρισμένης GFP μετά την πρώτη και μετά τη δεύτερη έκλουση από στήλη ιόντων νικελίου.

Το αποτέλεσμα της βιοτινιλωσης ελέγχθηκε μέσω ανοσοανίχνευσης κηλίδας (dot blot), όπου διαπιστώθηκε πως η GFP είναι βιοτινιλωμένη επιτυχώς.

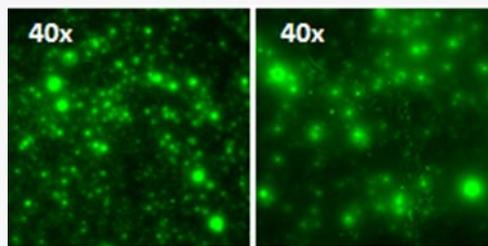
Ακολούθησε καθήλωση της καθαρισμένης και βιοτινιλωμένης πλέον GFP, σε υποστρώματα πυριτίου, SERS ενεργών επιφανειών, σε νανοσωματίδια χρυσού επικαλυμμένα με χιτοζάνη που είχαν εναποτεθεί σε υπόστρωμα γυαλιού,

σε υποστρώματα PET και νανοϊνών οξικής κυταρίνης. Η διατήρηση της λειτουργικότητας μιας πρωτεΐνης εξαρτάται από τη διατήρηση της τριτοταγούς της δομής. Καθώς στη GFP ο σχηματισμός του φθορισμοφόρου και η ιδιότητα του φθορισμού γίνεται μετά την απόκτηση της φυσικής διαμόρφωσης της πρωτεΐνης και συνδέεται άμεσα με τη διατήρηση της φυσικής της διαμόρφωσης, είναι εύκολο να αποφανθούμε για τη διατήρηση ή μη της λειτουργικότητας της GFP μετά την καθήλωση. Για την καθήλωση έγινε χρήση της διάταξης βιοτίνη-στρεπταβιδίνη-βιοτινιλυωμένη πρωτεΐνη. Για την εμφάνιση ομάδων βιοτίνης στην επιφάνεια χρησιμοποιήθηκαν οι ελεύθερες λειτουργικές υδροξυλομάδες (-OH) των υποστρωμάτων. Μόρια διαλύματος PEI προσροφήθηκαν στην επιφάνεια μέσω ηλεκτροστατικών αλληλεπιδράσεων εμφανίζοντας στην επιφάνεια λειτουργικές αμινικές ομάδες. Με τη χρήση του βιοτινιλυωμένου σταυροσυνδέτη μηδενικού μήκους NHS-εστέρα εμφανίζουμε στην επιφάνεια ομάδες βιοτίνης. Ακολουθεί διαδοχικά η επίσταξη διαλυμάτων στρεπταβιδίνης και βιοτινιλυωμένης GFP. Το αποτέλεσμα της καθήλωσης ελέγχθηκε μέσω συνεστιακής μικροσκοπίας, και το αποτέλεσμα για τις επιφάνειες χρυσού επικαλυμμένων με χιτοζάνη φαίνεται στο σχήμα 2.



Σχήμα 2: Καθήλωση λειτουργικών μορίων της GFP σε νανοσωματίδια Au επικαλυμμένων με χιτοζάνη, εναποτιθέμενων σε υπόστρωμα γυαλιού.

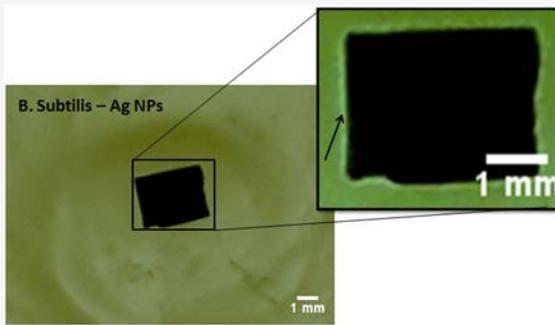
Στο σχήμα 3 απεικονίζεται το αποτέλεσμα της καθήλωσης της GFP σε υποστρώματα πυριτίου.



Σχήμα 3: Καθήλωση λειτουργικών μορίων της GFP σε επιφάνειες πυριτίου

Από τα σχήματα 2 και 3 παρατηρούμε φθορίζουσες κηλίδες στο συνεστιακό μικροσκόπιο που αντιστοιχούν σε επιτυχώς καθηλωμένα λειτουργικά μόρια της GFP. Αντίστοιχα ήταν τα αποτελέσματά μας και για τα υπόλοιπα υποστρώματα που χρησιμοποιήθηκαν.

Στο δεύτερο μέρος της διπλωματικής, ασχοληθήκαμε με την αντιβακτηριακή δράση επιφανειών και συγκεκριμένα επιφανειών αργύρου απέναντι σε θετικά και αρνητικά κατά Gram βακτήρια. Θελήσαμε να διαπιστώσουμε διαφορές στην αποδοτικότητα της α-ντιβακτηριακής δράσης μεταξύ δειγμάτων όπου ο άργυρος βρισκόταν σε μορφή υμενίου πάχους 10nm εναποτιθέμενο σε υπόστρωμα πυριτίου, και σε μορφή νανοσωματιδίων εναποτιθέμενων σε υπόστρωμα πυριτίου. Για αυτό το λόγο έγινε καλλιέργεια των βακτηριακών κυττάρων E.Coli, B. Subtilis και B.Cereus. Ποσότητα 80μl από τη βακτηριακή καλλιέργεια επωάστηκε σε τρυβλία με LB και άγαρ παρουσία των επιφανειών. Η αντιβακτηριακή δράση των επιφανειών διαπιστώθηκε από τον υπολογισμό του εύρους της ζώνης αναστολής ανάπτυξης των βακτηριακών κυττάρων. Διαπιστώθηκε η δημιουργία της ζώνης αναστολής ανάπτυξης βακτηριακών κυττάρων περιμετρικά των επιφανειών, καθώς ο άργυρος βρίσκεται εναποτιθέμενος στο υπόστρωμα πυριτίου και δεν μπορεί να διαχυθεί στο τρυβλίο. Στο σχήμα 4 απεικονίζεται η ζώνη αναστολής για επιφάνειες AgNP/Si απέναντι σε βακτηριακά στελέχη B.Subtilis.



Σχήμα 4: Δημιουργία ζώνης αναστολής ανάπτυξης βακτηριακών κυττάρων περιμετρικά των επιφανειών AgNP/Si στο βακτήριο B.Subtilis.

Από τις τιμές του εύρους της ζώνης αναστολής που υπολογίστηκαν, συνυπολογίζοντας το στατιστικό και το συστηματικό σφάλμα των μετρήσεων, δεν μπορούμε να βγάλουμε ασφαλές συμπέρασμα για την αποτελεσματικότητα της αντιβακτηριακής δράσης μεταξύ των δειγμάτων Ag/Si και AgNP/Si απέναντι σε θετικά και αρνητικά κατά Gram βακτηριακά στελέχη. Τέλος, η ύπαρξη της ζώνης αναστολής περιμετρικά του πυριτίου σε όλα τα βακτηριακά στελέχη αποτελεί έκπληξη, καθώς το πυρίτιο είναι διαπιστωμένο πως δεν έχει αντιβακτηριακή δράση. Έτσι χρειάζεται η μελέτη περισσότερων δειγμάτων για να απαντήσουμε τόσο ως προς την αποτελεσματικότητα της αντιβακτηριακής δράσης μεταξύ των διαφορετικών μορφών του αργύρου όσο και για την προέλευση της ζώνης αναστολής περιμετρικά των δειγμάτων πυριτίου.

Γκολφινόπουλος Γεώργιος
Απόφοιτος ΔΠΜΣ N&N

8. Συμβολή της τρισδιάστατης εκτύπωσης στην κατασκευή Χειρουργικών εργαλείων με αντιμικροβιακές ιδιότητες

Η σύγχρονη Χειρουργική γεννήθηκε στα μέσα του 18ου αιώνα, ωστόσο, στην πραγματικότητα, η Χειρουργική υπάρχει από την αρχαιότητα όπου αρχικά συνδεόταν με θρησκευτικές

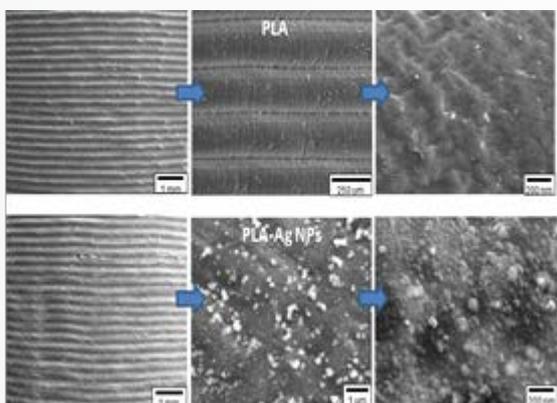
τελετουργίες. Το οικοδόμημα της αρχαίας ελληνικής χειρουργικής αποτυπώνεται ανάγλυφα στο 6ο βιβλίο της επιτομής της Ιατρικής του Παύλου του Αιγινήτη (Αλεξάνδρεια 7ος αιώνας μΧ). Κατά τον Άγγλο μεταφραστή του, ιατρό Francis Adams (1844) ήταν το τελειότερο σύστημα χειρουργικής μέχρι τον 18ο αιώνα. Η ανάπτυξη της χειρουργικής και των ειδικότητων της, κατά την αρχαιότητα, απαίτησε τη δημιουργία περίτεχνων χειρουργικών εργαλείων για την εκτέλεση πολύ λεπτών επεμβάσεων. Τα ιατρικά εργαλεία κατασκευάζονταν συνήθως από μέταλλα και κράματά τους. Τα κράματα ήταν γνωστά στους αρχαίους από την εποχή του Τρωικού Πολέμου, αφού σε ευρήματα από την Τροία ανευρεθήκαν χάλκινοι διπλοί πελέκει με πρόσμιξη κασιτέρου 5%. Η κατασκευή των εργαλείων γινόταν με χύτευση και σφυρηλάτηση. Η τέχνη της δημιουργίας τους είχε φτάσει σε τόσο υψηλό επίπεδο, που πολλοί σύγχρονοι ειδικοί πιστεύουν ότι υπήρχαν εξειδικευμένα εργοστάσια παραγωγής ιατρικών εργαλείων. Τα χειρουργικά εργαλεία πέρασαν από διάφορες φάσεις εξέλιξης για να φτάσουμε στις αρχές του 1990 όπου η λαπαροσκοπική χειρουργική κάνει δυναμικά την εμφάνιση της και καταξιώνεται ως λιγότερο επεμβατική μέθοδος έναντι των κλασικών. Προς το τέλος της δεκαετίας του 1990, με την αλληλεπίδραση της ηλεκτρονικής, της μηχανικής και της επιστήμης της πληροφορικής, δημιουργήθηκε η Ρομποτική Χειρουργική. Το πρώτο και μοναδικό αυτή τη στιγμή στον κόσμο Σύστημα Ρομποτικής Χειρουργικής da Vinci, εγκρίθηκε από το FDA τον Ιούλιο του 2000. Στην παρούσα εργασία κατασκευάστηκαν Χειρουργικά εργαλεία (χειρουργικά άγκιστρα) με την τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Το χειρουργικό άγκιστρο είναι ένα εργαλείο με το οποίο ο χειρουργός μπορεί να διαχωρίσει τα άκρα μιας χειρουργικής τομής ή μπορεί να συγκρατήσει όργανα και ιστούς. Υπάρχουν σε πολλά σχήματα, μεγέθη, και στυλ. Ο γενικός όρος "άγκιστρο" περιγράφει συνήθως ένα απλό εργαλείο χειρός ανοξείδωτου χάλυβα με κα-

μυλωτό σχήμα και μια άνετη λαβή. Η κατασκευή έγινε με τον ©MakerBot Replicator 2. Η κατασκευή των χειρουργικών αγκίστρων έγινε από πολυ-λακτικό οξύ (Poly-lactic acid) αφού πρώτα τα προς ανάπτυξη χειρουργικά άγκιστρα σχεδιάστηκαν με το υπολογιστικό πρόγραμμα ©Solidworks 2015. Οι διαστάσεις του αγκίστρου ήταν 17cm×1.5cm×4mm. Τα χειρουργικά άγκιστρα, αφότου κατασκευάστηκαν, αποστειρώθηκαν με πρότυπες συνθήκες στο πλάσμα (FDA).



Εικόνα 1: Χειρουργικό άγκιστρο από PLA

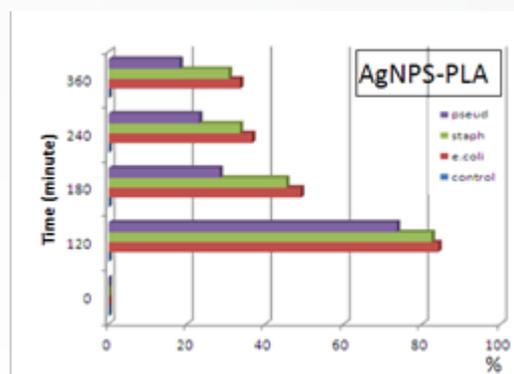
Στην επιφάνεια του αγκίστρου δημιουργήθηκε ένα λεπτό υμένιο νανοσωματιδίων αργύρου στα πλαίσια των γνωστών από την Ιπποκρατική ακόμη περίοδο αντιμικροβιακών ιδιοτήτων του αργύρου. Στη συνέχεια έγιναν μελέτες χαρακτηρισμού του λεπτού υμενίου ως προς το μέγεθος, την ομοιομορφία και τη μορφολογία των νανοσωματιδίων αργύρου. Τα υλικά χαρακτηρίστηκαν και στη συνέχεια, προσδιορίστηκαν οι αντιμικροβιακότητες των βελτιωμένων αγκίστρων.



Εικόνα 2: PLA Υλικά με και χωρίς επίστρωση AgNPS

Η επιλογή της ανάπτυξης ιόντων αργύρου στα Χειρουργικά άγκιστρα έγινε με βάση την ιδιότητα της ανθεκτικότητας των μικροβίων έναντι στα αντιβιοτικά, κάτι που είχε παρατηρηθεί

από τον Ehrlich το 1878. Για το αντιμικροβιακό πείραμα έγινε μέτρηση μιας καμπύλης ανάπτυξης (N έναντι t), όπου θα έπρεπε να προσδιορίσουμε τον αριθμό των κυττάρων μιας καλλιέργειας στην αρχή και, στη συνέχεια, σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα. Ο προσδιορισμός έγινε με το φωτόμετρο με βάση την αρχή της εξασθένησης της δέσμης καθώς αυτή διέρχεται μέσα από διάλυμα. Η ανάλυση έγινε για τρία βακτήρια (E.coli, Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus).



Εικόνα 3: Αναστολή μικροβίων από επι-φάνεια PLA-AgNPS σε σχέση με το χρόνο

Για την E. Coli, παρατηρείται αναστολή του πολλαπλασιασμού των βακτηρίων σε υλικά τα οποία είναι επιστρωμένα με νανοσωματίδια αργύρου, η οποία φθάνει μέχρι και το 90%, και σταδιακά φθίνει. Ο Σταφυλόκοκκος παρουσίασε παρόμοιες καμπύλες με αυτές του κολοβακτηριδίου E.Coli με ελαφρώς μικρότερη ανασταλτική δράση του πολλαπλασιασμού των μικροβίων σε 80% έναντι 90% της E.Coli. Τέλος, η επίδραση στην ψευδομονάδα ήταν σαφώς μικρότερη (70%) απ' ό,τι στα άλλα δύο είδη μικροβίων. Στις επιφάνειες με τα νανοσωματίδια αργύρου, μόλις το 26,47% των αρχικών βακτηρίων ψευδομονάδας και το 15,88% του κολοβακτηριδίου ήταν βιώσιμα μετά από παρέλευση δύο ωρών (120'). Αντιβακτηριδιακή δράση παρέμεινε και για τα 3 είδη βακτηρίων ακόμα και μετά από 360'. Τέλος, ακολούθησε ανάλυση κόστους. Συμπερασματικά, η κατασκευή χειρουργικών εργαλείων με την τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι ευχερής, ενώ εξαιτίας της δυνατότητας τροποποίησης της επιφάνειας

των εκτυπωμένων υλικών είχαμε εργαλεία με αντιμικροβιακές ιδιότητες. Η μέθοδος έχει σαφώς χαμηλότερο κόστος έναντι των κλασικών μεθόδων κατασκευής και προμήθειας υλικού. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα κατασκευής υλικών σε διαστάσεις κατά απαίτηση των χειρουργών. Η δυνατότητα αυτή ανοίγει έναν ορίζοντα "έξυπνων" χειρουργικά εργαλείων με πρόσθετες ιδιότητες.

Πέτρος Ι. Μπαγγέας
Απόφοιτος ΔΠΜΣ N&N

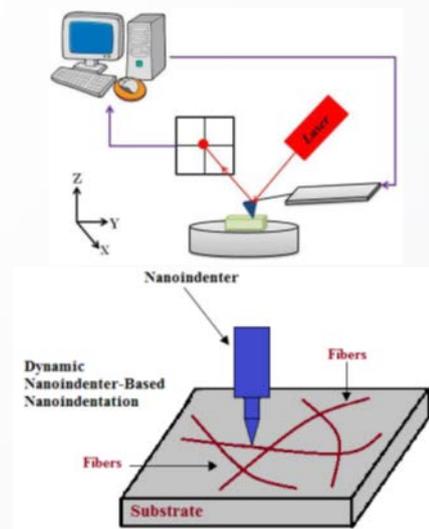
9. Νανομηχανικές Ιδιότητες Νανοϊνών Με Εφαρμογές Στη Νανοϊατρική

Τα τελευταία 15 χρόνια λόγω της προόδου των όλων διατάξεων αλλά και της τεχνολογικής επανάστασης στην κλίμακα των νανομέτρων έχει προκληθεί μεγάλο ενδιαφέρον για τα πολυμερικά ικρίσματα ινών στην ερευνητική κοινότητα. Οι ίνες συναντώνται παντού και με κατάλληλη δόμηση και τροποποίηση φέρουν αξιοσημείωτες ιδιότητες. Ορισμένες από τις εφαρμογές που βρίσκουν τα ικρίσματα περιλαμβάνουν τα συστήματα μεταφοράς φαρμάκων, την ιατρική αναγέννηση, την ενίσχυση για συνθετικά υλικά αλλά και την εφαρμογή αυτών ως αντιμικροβιακές επιφάνειες. Στην πραγματικότητα, πρόκειται για νανοδομημένα πολυμερικά συστήματα οι μηχανικές ιδιότητες των οποίων απαιτούν προσεκτική μελέτη, καθώς, η βιωσιμότητα τόσο του ίδιου του ικρίματος όσο και η βιωσιμότητα και η λειτουργία των προσκολλημένων κυττάρων εξαρτώνται από αυτές.

Με αφορμή τα παραπάνω, στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται η μελέτη των νανομηχανικών ιδιοτήτων και της επιφανειακής μορφολογίας μαλακής, κυρίως, ύλης. Συγκεκριμένα, σκοπός της εργασίας ήταν η μελέτη των μηχανικών ιδιοτήτων πολυμερικών συστημάτων με εφαρμογές ως συστήματα μεταφοράς φαρμάκων (μεμονομένες ίνες Polycaprolactone (PCL) και PCL με Curcumin,

Vancomycin και Cellular Acetate (CA) και CA με Dexamethasone) αλλά και αυτών με εφαρμογές ως αντιμικροβιακές επιφάνειες (PCL με ZnO νανοσωματίδια), και το πώς μεταβάλλονται οι συγκεκριμένες ιδιότητες με την προσθήκη του παράγοντα. Για το σκοπό αυτό επιλέχθηκε και χρησιμοποιήθηκε η τεχνική του Nanoindentation (NI) με διάταξη Nano Indenter. Επιπλέον, επιμέρους στόχοι της παρούσας διπλωματικής αποτέλεσαν ο προσδιορισμός α) του ελάχιστου καθέτου φορτίου παραμόρφωσης μεμονωμένης ίνας, β) της δύναμης πρόσφυσης μεταξύ του tip και του δείγματος, και γ) του ελάχιστου πλάγιου φορτίου αποκόλλησης ή/και γενικά παραμόρφωσης μεμονωμένης ίνας.

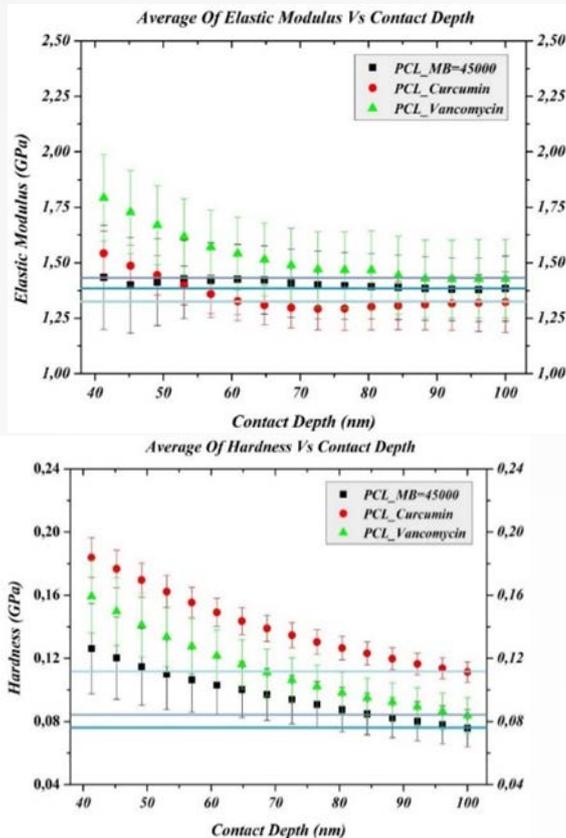
Ο μορφολογικός χαρακτηρισμός όλων των υπό μελέτη δειγμάτων, καθώς και η μελέτη του adhesion (προσκόλληση ινών στο υπόστρωμα υάλου) πραγματοποιήθηκε με τη διάταξη της Μικροσκοπίας Ατομικών Δυνάμεων (Atomic Force Microscopy, AFM).



Σχήμα 1. (Αριστερά) Αρχή λειτουργίας του AFM και (Δεξιά) απεικόνιση του Nano Indenter πάνω από την ίνα.

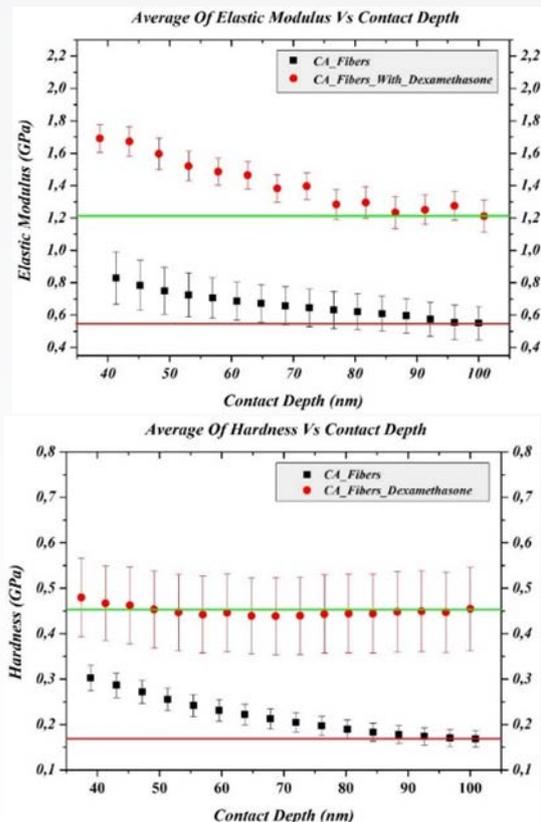
Συμπερασματικά, για τα πολυμερικά συστήματα με εφαρμογές ως συστήματα μεταφοράς φαρμάκων με πολυμερική μήτρα το PCL, τόσο το μέτρο ελαστικότητας όσο και η σκληρότητα δεν εμφανίζουν αξιοσημείωτη διαφορά. Διαφορετική περίπτωση αποτελεί το μέτρο σκληρότη-

τας του PCL με τη Curcumin, όπου η κρυσταλλικότητα του πολυμερικού συστήματος αυξάνεται εξαιτίας της κρυσταλλικής δομής του φαρμάκου της Curcumin.



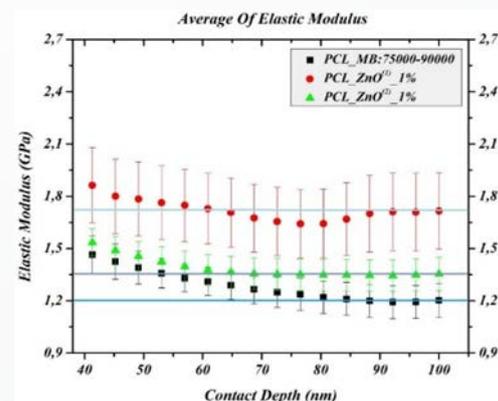
Διάγραμμα 1. (Πάνω) Ο μέσος όρος του μέτρου ελαστικότητας συναρτήσεσι του βάθους επαφής και (Κάτω) Ο μέσος όρος της σκληρότητας συναρτήσεσι του βάθους επαφής, για τα δείγματα PCL, PCL με Cur-cumin και PCL με Vancomycin.

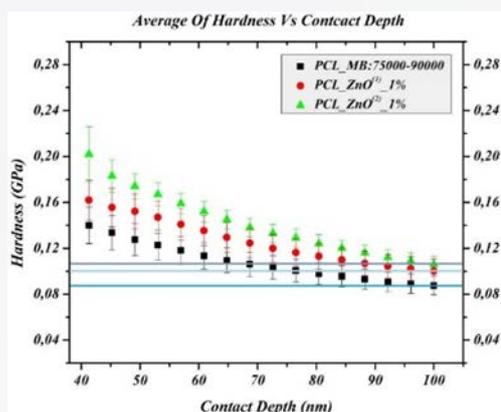
Για τα δείγματα με πολυμερική μήτρα την CA παρατηρούμε ότι όταν προστίθεται η Dexamethasone επικρατεί αύξηση της τάξης των 0,7GPa για το μέτρο ελαστικότητας και 0,3GPa για το μέτρο σκληρότητας. Η αύξηση των μέτρων αυτών των μηχανικών ιδιοτήτων στα συγκεκριμένα δείγματα οφείλεται, κυρίως, στην ενίσχυση της κρυσταλλικότητας με την προσθήκη της Dexamethasone στις ίνες CA, αλλά και στους διάφορους δεσμούς που σχηματίζονται κατά την αλληλεπίδραση πολυμερούς - φαρμάκου λόγω ύπαρξης ενεργών ομάδων σύνδεσης.



Διάγραμμα 2. (Πάνω) Ο μέσος όρος του μέτρου ελαστικότητας συναρτήσεσι του βάθους επαφής και (Κάτω) ο μέσος όρος της σκληρότητας συναρτήσεσι του βάθους επαφής για τα δείγματα ιών CA και CA με Dexamethasone.

Όσον αφορά στα πολυμερικά συστήματα με εφαρμογές ως αντιμικροβιακές επιφάνειες γίνεται φανερό ότι η προσθήκη των NPs ZnO σε συγκέντρωση 1% προκαλεί μεταβολή των μηχανικών ιδιοτήτων.



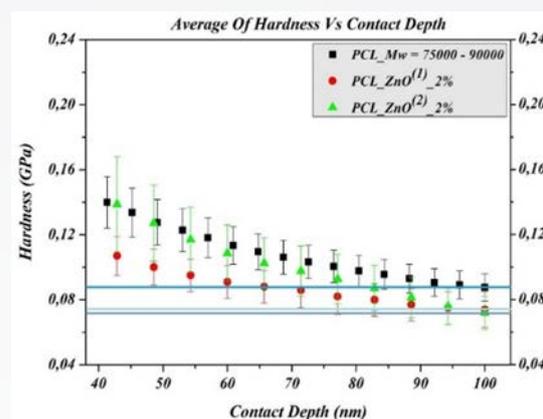
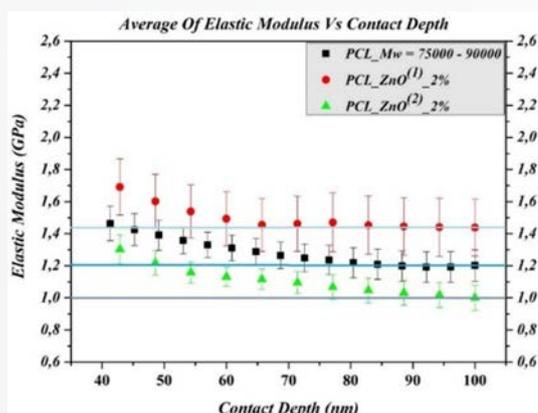


Διάγραμμα 3. (Πάνω) Ο μέσος όρος του μέτρου ελαστικότητας συναρτήσει του βάθους επαφής και (Κάτω) ο μέσος όρος της σκληρότητας συναρτήσει του βάθους επαφής για το PCL με Mw=75000-90000, το PCL με NPs ZnO(1) και το PCL με ZnO(2) σε συγκέντρωση 1%.

Αυτό συμβαίνει λόγω της προσθήκης του κρυσταλλικού παράγοντα -τα NPs ZnO- και στην αυξημένη αλληλεπίδραση των NPs ZnO με το πολυμερές με αποτέλεσμα να δημιουργούνται χημικοί δεσμοί. Η αύξηση αυτή προσδιορίστηκε μεγαλύτερη για τα NPs ZnO(1), γιατί συυπολογίζεται και η αλληλεπίδραση του PCL με το PVP.

Επιπλέον, το PVP αλληλοεπιδρά με τα NPs εμποδίζοντας τη δημιουργία συσσωματωμάτων, κάτι το οποίο έχει ως συνέπεια την καλύτερη διασπορά αυτών. Την ίδια ακριβώς αυξητική συμπεριφορά παρουσιάζει και η σκληρότητα, όπως αποδεικνύεται από την ανάλυση των πειραμάτων, παρουσιάζοντας μικρές διαφορές για φορτία της τάξης των μN.

Συνεχίζοντας, όταν αυξάνεται η συγκέντρωση των NPs ZnO σε 2% δεν παρατηρείται ακριβώς η ίδια συμπεριφορά.



Διάγραμμα 4. (Πάνω) Ο μέσος όρος του μέτρου ελαστικότητας συναρτήσει του βάθους επαφής και (Κάτω) ο μέσος όρος της σκληρότητας συναρτήσει του βάθους επαφής για το PCL με Mw=75000-90000, το PCL με NPs ZnO(1) και το PCL με ZnO(2) σε συγκέντρωση 2%.

Οι διαφορές αυτές οφείλονται, κυρίως, στην αλληλεπίδραση του PCL με το PVP, η οποία όπως αποδεικνύεται από τη βιβλιογραφία είναι τόσο ισχυρή ώστε η αύξηση της συγκέντρωσης του PVP, όταν αυτό συνυπάρχει με το PCL, να οδηγεί σε αύξηση του μέτρου ελαστικότητας. Από την άλλη, για το PCL με NPs ZnO(2), τόσο το μέτρο ελαστικότητας, όσο και η σκληρότητα μειώνονται. Αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι η συγκέντρωση 2% των NPs ZnO είναι μία κρίσιμη συγκέντρωση, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η οποία διευκολύνει τη δημιουργία συσσωματωμάτων και με τη σειρά της τη μείωση της κρυσταλλικότητας λόγω του ότι τα μόρια του πολυμερούς δεν μπορούν να προσανατολιστούν με τους άξονες των ινών. Ταυτόχρονα, η αύξηση της συγκέντρωσης των NPs, βάσει βιβλιογραφίας, είναι υπεύθυνη για τη μείωση της αντοχής σε εφελκυσμό και επιμήκυνση, ιδιότητες οι οποίες συνδέονται με τη σκληρότητα.

Ολοκληρώνοντας, όσον αφορά στην προσκόλληση και ανάπτυξη των κυττάρων, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι για τα δείγματα όπου το μέτρο ελαστικότητας εμφανίζεται μικρότερο σε σχέση με το δείγμα αναφοράς (PCL), εφόσον και η ακαμψία θα είναι μικρότερη, τα κύτταρα μπορούν να αναπτυχθούν ευκολότερα και να πολλαπλασιαστούν σε μεγαλύτερα βάθη από την επιφάνεια, ενώ όταν το μέτρο ελαστικότητας εμ-

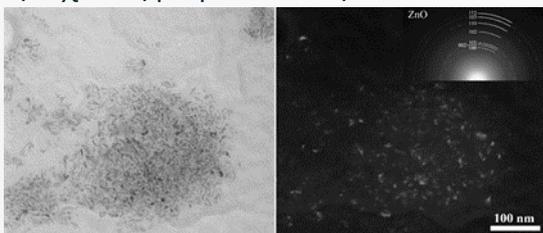
φανίζεται μεγαλύτερο η ανάπτυξη και ο πολλαπλασιασμός των κυττάρων περιορίζεται στην επιφάνεια και σε μικρότερα βάθη από αυτήν.

Παναγιώτα Χ. Γκέρτσιου
Απόφοιτη ΔΠΜΣ N&N

10. Σύνθεση και Μελέτη Επιφανειών με Νανοσωματίδια Οξειδίου του Ψευδαργύρου και Πολυμερικά Ικρίσματα Πολυκαπρολακτόνης για Αντιμικροβιακές Εφαρμογές

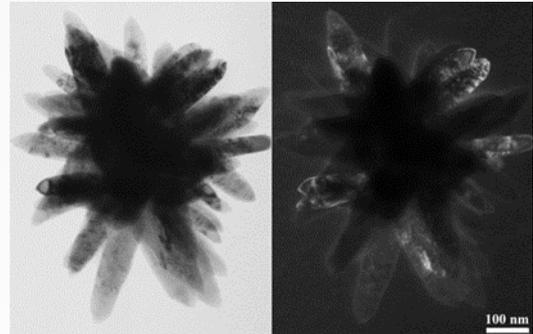
Η αυξανόμενη αντίσταση των μικροβίων στα χρησιμοποιούμενα αντιβιοτικά φάρμακα έχει καταστήσει σημαντική την ανάγκη για την ανεύρεση νέων μεθόδων καταπολέμησης των μικροβιακών λοιμώξεων και η Νανοτεχνολογία έχει συμβάλει σημαντικά τα τελευταία χρόνια προς αυτή την κατεύθυνση. Στην παρούσα διπλωματική εργασία περιγράφεται η σύνθεση και η μελέτη επιφανειών με νανοσωματίδια Οξειδίου του Ψευδαργύρου (NPs ZnO) και πολυμερικά ικρίσματα πολυκαπρολακτόνης με στόχο τη χρήση τους σε αντιμικροβιακές εφαρμογές.

Στο πρώτο κομμάτι της εργασίας συντέθηκαν νανοσωματίδια ZnO με την απλή μέθοδο της συγκαταβύθισης με δυο διαφορετικές παραλλαγές. Στην πρώτη (NPs ZnO-(1)), χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της σύνθεσης ο επιφανειοδραστικός και σταθεροποιητικός παράγοντας πολυβινυλοπυρρολιδόνη (PVP), ο οποίος συνέβαλλε στη σύνθεση νανοσωματιδίων καθαρού ZnO, μεγέθους ~15 nm, τα οποία εμφανίζονται συγκεντρωμένα μέσα σε πολυμερικές αλυσίδες, όπως διαπιστώθηκε από τη μελέτη τους με τις τεχνικές μικροσκοπίας.



Εικόνα 1: Εικόνα TEM φωτεινού και σκοτεινού πεδίου των Νανοσωματιδίων ZnO(1)

Στη δεύτερη μέθοδο (NPs ZnO(2)), δεν χρησιμοποιήθηκε κάποιος επιφανειοδραστικός παράγοντας και προέκυψαν μεγαλύτερα νανοσωματίδια καθαρού ZnO με μέγεθος που κυμαίνεται από 30 nm έως 70 nm στη μία διάσταση και από 200 nm έως 300 nm στην άλλη και τα οποία έχουν αιχμηρές άκρες.

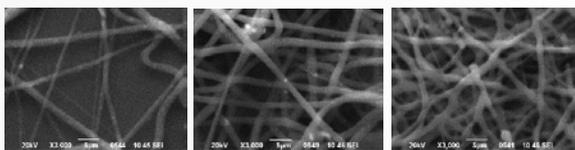


Εικόνα 2: Εικόνα TEM φωτεινού και σκοτεινού πεδίου των Νανοσωματιδίων ZnO(2)

Μετά τη σύνθεσή τους, έπρεπε να επιλεχθεί ο κατάλληλος τρόπος εναπόθεσης των νανοσωματιδίων σε υπόστρωμα ώστε να δημιουργηθεί ένα υμένιο από νανοσωματίδια ZnO όσο το δυνατόν πιο ομοιογενές και ομοιόμορφο προκειμένου να μελετηθούν οι ιδιότητες και η αντιμικροβιακή δράση της προκύπτουσας επιφάνειας-υμενίου. Ο καταλληλότερος τρόπος εναπόθεσης φάνηκε να είναι η τεχνική του Electrospray, καθώς σε σύντομο χρονικό διάστημα επιτυγχάνεται η εναπόθεση των νανοσωματιδίων σε αρκετά μεγάλη επιφάνεια χωρίς να δημιουργούνται μεγάλα συσσωματώματα και “αυλάκια” στο υμένιο, όπως φάνηκε στις εικόνες από το AFM, γεγονός που οφείλεται στην άμεση εξάτμιση του διαλύτη κατά την εναπόθεση.

Στο δεύτερο κομμάτι της εργασίας, πραγματοποιήθηκε η δημιουργία πολυμερικών ικριωμάτων πολυκαπρολακτόνης (PCL) με ενσωματωμένα νανοσωματίδια ZnO. Η πολυκαπρολακτόνη επιλέχθηκε λόγω της υδροφοβικότητάς της ώστε να συνεισφέρει στην αποφυγή της προσκόλλησης των μικροβίων στις προκύπτουσες επιφάνειες. Αρχικά, κατασκευάστηκαν ικρίσματα καθαρού PCL για να προσδιοριστούν οι κατάλληλες συνθήκες δημιουργίας τους, και στη συνέχεια, κατασκευάστηκαν ικρίσματα με συγκέντρωση 1% w/v ZnO NPs και για τα δύο

είδη νανοσωματιδίων που προέκυψαν κατά τη διαδικασία της σύνθεσης. Τα ικρίσματα του καθαρού PCL που προέκυψαν είχαν μέση διάμετρο ινών 1,3 μm, ενώ με την προσθήκη των νανοσωματιδίων ZnO(1) και ZnO(2) είχαν μέση διάμετρο 1 μm και 1,7 μm, αντίστοιχα. Η μείωση της διαμέτρου στις ίνες με τα μικρότερα νανοσωματίδια ZnO(1) οφείλεται κατά πάσα πιθανότητα στην ύπαρξη του πολυμερούς PVP που έχει την ιδιότητα να μειώνει το ιξώδες και να δημιουργεί ίνες με μικρότερη διάμετρο. Από την άλλη, η αύξηση της διαμέτρου στις ίνες με τα μεγαλύτερα νανοσωματίδια ZnO(2) οφείλεται στην ύπαρξη των νανοσωματιδίων που βρίσκονται διασπαρμένα σε όλο το μήκος των ινών.



Εικόνα 3: Εικόνες SEM (επάνω) και AFM (κάτω) των ικριωμάτων PCL (α.), PCL/ZnO(1) (b.) και PCL/ZnO(2) (c.)



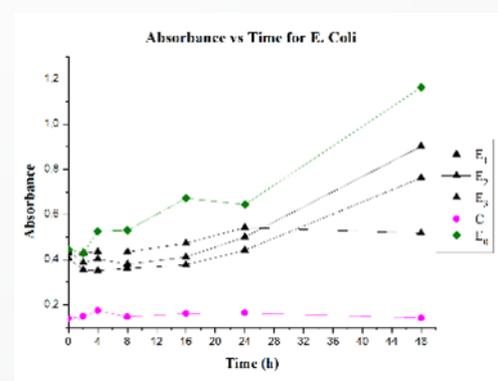
Το πιο σημαντικό κομμάτι της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της αντιμικροβιακής δράσης των νανοσωματιδίων ZnO. Για τη μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκε στερεό και υγρό θρεπτικό υλικό ανάπτυξης μικροβίων και μελετήθηκε η επίδραση των νανοσωματιδίων ZnO σε δύο διαφορετικές συγκεντρώσεις στη μικροβιακή ανάπτυξη. Τα νανοσωματίδια ZnO(1) επέδειξαν πολύ καλή αντιμικροβιακή δράση και στα δύο είδη θρεπτικών υλικών. Για τα νανοσωματίδια ZnO(2) δεν παρουσιάστηκε σημαντική ανασταλτική δράση στο υγρό θρεπτικό υλικό, ενώ στο στερεό θρεπτικό υλικό παρουσιάστηκε μια πάρα πολύ μικρή ζώνη αναστολής, πιθανώς πάνω στα σημεία όπου είχαν διαχυθεί νανοσωματίδια ZnO(2) και εμπόδισαν την ανάπτυξη του biofilm των μικροβίων σε εκείνη την περιοχή.

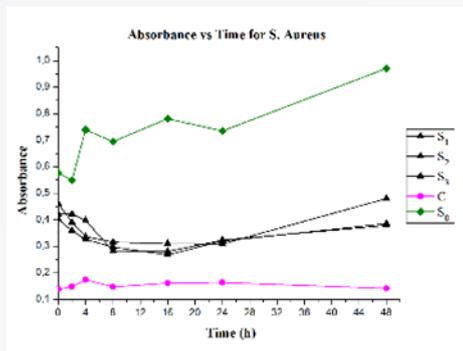
Εφόσον τα νανοσωματίδια ZnO(1) είχαν καλύτερη αντιμικροβιακή δράση, επιλέχθηκε να ελεγχθεί η δράση τους αυτή και στα πολυμερικά ικρίσματα. Κατασκευάστηκαν ικρίσματα με δύο διαφορετικές συγκεντρώσεις νανοσωματιδίων, 1% και 2% και ελέγχθηκε η αντιμικροβιακή τους δράση σε στερεό θρεπτικό υλικό για gram θετικό μικροοργανισμό, και στη συνέχεια για gram αρνητικό μικροοργανισμό. Η συγκέντρωση 2% εμφάνισε καλύτερη αντιμικροβιακή δράση και επιλέχθηκε προς περαιτέρω διερεύνηση με χρήση υγρού θρεπτικού υλικού και μέτρηση της απορρόφησης.

Έγινε καλλιέργεια μικροβίων σε θρεπτικό υλικό στο οποίο τοποθετήθηκαν τα ικρίσματα και μετρήθηκε η απορρόφηση σε διάφορα χρονικά διαστήματα επώασης. Στα δείγματα που καλλιεργήθηκε gram αρνητικός μικροοργανισμός, παρατηρήθηκε μειωμένος ρυθμός ανάπτυξης, ενώ στις καλλιέργειες gram θετικού μικροοργανισμού δεν παρατηρήθηκε καμία ανάπτυξη μικροοργανισμών σε διάστημα 48 ωρών επώασης.



Εικόνα 4: Εικόνες των ζωνών αναστολής των ικριωμάτων PCL/ZnO(1) έναντι των gram- και gram+ μικροοργανισμών





Εικόνα 5: Διαγράμματα απορρόφησης για τον έλεγχο της αντιμικροβιακής δράσης των ικριωμάτων (κάτω)
 (Μαύρο: Δείγματα με ικρίωματα και μικροοργανισμούς
 Πράσινο: Δείγμα μόνο με μικροοργανισμούς
 Ροζ: Δείγμα μόνο με ικρίωμα χωρίς μικροοργανισμούς)

Επομένως, μπορούμε να συμπεράνουμε πως τα ικρίωματα έχουν καλύτερη αντιμικροβιακή δράση έναντι των gram θετικών μικροοργανισμών και όταν βρίσκονται σε υγρό θρεπτικό υλικό. Αυτό πιθανώς οφείλεται στην απελευθέρωση περισσότερων ενεργών ομάδων οξυγόνου όταν τα νανο-σωματίδια οξειδίου του ψευδαργύρου βρίσκονται σε υδατικό περιβάλλον. Μετά τη σύνθεση και τη μελέτη της αντιμικροβιακής δράσης των παραπάνω επιφανειών, έγινε η μελέτη τους όσον αφορά στην υδροφοβικότητα και τις μηχανικές τους ιδιότητες. Πιο συγκεκριμένα, μετρήθηκε η γωνία επαφής των επιφανειών που αποτελούνται από τα ικρίωματα PCL με ενσωματωμένα νανοσωματίδια και συγκρίθηκε με την αντίστοιχη γωνία των ικριωμάτων σκέτου PCL. Παρατηρήθηκε ότι η ύπαρξη των νανοσωματιδίων ZnO αυξάνει την υδρόφοβη συμπεριφορά του PCL, αλλά ο συνδυασμός τους με το PVP αναστέλλει αυτή τη συμπεριφορά. Όσον αφορά στις μηχανικές ιδιότητες, έγινε μέτρηση της σκληρότητας και του μέτρου ελαστικότητας των παραπάνω ικριωμάτων. Αυτό που μπορούμε να συμπεράνουμε είναι πως η συγκέντρωση των νανοσωματιδίων επηρεάζει τις μηχανικές ιδιότητες των ικριωμάτων καθώς μεταβάλλει την κρυσταλλικότητά τους και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δομών. Επίσης, η παρουσία του PVP επηρεάζει τις μηχανικές ιδιότητες λόγω της αλληλεπίδρασής του με το PCL.

Μια άλλη ιδιότητα που μελετήθηκε για τις επιφάνειες που προέκυψαν είναι η πρόσφυσή τους στο υπόστρωμα γυαλιού όπου εναποτέθηκαν. Τα υμένια νανοσωματιδίων είχαν πολύ μικρή πρόσφυση στο υπόστρωμα, ενώ στα ικρίωματα με ενσωματωμένα νανοσωματίδια ZnO χρειάστηκε μια δύναμη της τάξης των 580 nN για να μετακινηθούν επάνω στο υπόστρωμα, απ' όπου δεν αποκολλήθηκαν, μόνο παραμορφώθηκαν. Μετά την κατασκευή των πολυμερικών ικριωμάτων PCL με νανοσωματίδια ZnO και τη βελτιστοποίηση των συνθηκών δημιουργίας τους, ήταν σημαντικό να μελετηθεί η εναπόθεσή τους σε κάποιο υπόστρωμα το οποίο να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρέως και να είναι εύκαμπτο ώστε να μπορεί να επιστρωθεί σε διάφορες επιφάνειες. Ως τέτοιο υπόστρωμα επιλέχθηκε το PET το οποίο παρουσιάζει ένα μειονέκτημα όσον αφορά στη χρήση του ως υπόστρωμα στο Electrospinning, καθώς είναι διηλεκτρικό αλλά και αρκετά υδρόφοβο και δεν επιτρέπει την εναπόθεση των ινών. Για το λόγο αυτό έγινε εναπόθεση των ικριωμάτων σε φύλλο αλουμινίου και στη συνέχεια μεταφέρθηκαν επάνω σε υπόστρωμα PET όπου σταθεροποιήθηκαν με τη χρήση θέρμανσης. Ολοκληρώνοντας, μπορούμε να συμπεράνουμε πως τα νανοσωματίδια οξειδίου του ψευδαργύρου είναι ένας αντιμικροβιακός παράγοντας που μπορεί να έχει ευρεία χρήση και εφαρμογές σε αντιμικροβιακές επιφάνειες λόγω της αποτελεσματικής αναστολής της ανάπτυξης των μικροβίων, της μη τοξικότητάς του στα ευκαρυωτικά κύτταρα και της ενσωμάτωσής του σε πολυμερικές δομές χωρίς να χάνει την αντιμικροβιακή του δράση.

Ζωή Δαρδάνη
 Απόφοιτη ΔΠΜΣ N&N

11. Νανοπορώδη υμένια ως επικάλυψη σε καρδιαγγειακά εμφυτεύματα με την τεχνική του *Spraying*: ανάπτυξη & χαρακτηρισμός

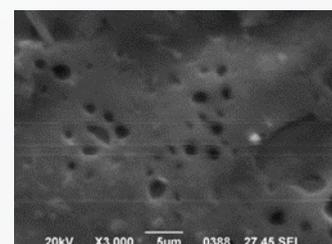
Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO), τα καρδιαγγειακά νοσήματα αποτελούν την πρώτη αιτία θανάτου παγκοσμίως. Η αθηρωμάτωση αποτελεί τη σοβαρότερη νόσο των αγγείων και αντιμετωπίζεται κατά κύριο λόγο με αγγειοπλαστική μέσω τοποθέτησης μεταλλικών ενδοπροθέσεων (stent). Προκειμένου να αντιμετωπιστούν φαινόμενα, όπως επαναστένωση της αρτηρίας ή/και θρόμβωση μετά την τοποθέτησή τους, έχουν διερευνηθεί διάφορες προσεγγίσεις. Είναι πλέον γνωστό ότι τα βιοδιασπώμενα πολυμερή χρησιμοποιούνται ευρέως στα συστήματα ελεγχόμενης παροχής και στοχευμένης μεταφοράς φαρμάκων. Στα εμφυτεύματα που χρησιμοποιούνται για χορήγηση φαρμάκων παρατηρείται ελεγχόμενη απελευθέρωση του φαρμάκου καθώς διασπάται το πολυμερές, έτσι η συγκέντρωση του φαρμάκου διατηρείται στη θέση στόχο εντός θεραπευτικού παραθύρου.

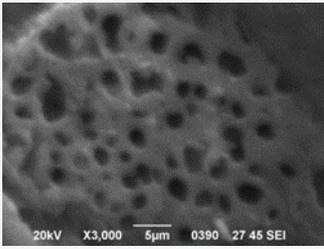
Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρασκευάστηκαν νανοπορώδη λεπτά υμένια από βιοαποικοδομήσιμα πολυμερή με τη μέθοδο του ψεκασμού (*Spray Coating Deposition*) με στόχο να μελετηθούν ως πιθανές επικαλύψεις σε stent έχοντας τη δυνατότητα, παράλληλα με τη μεταφορά ικανής ποσότητας φαρμάκου τοπικά στο επιθυμητό σημείο, να εμποδίζουν τη δημιουργία θρόμβου αποκαθιστώντας τη φυσιολογία του ενδοθηλίου μέσω της ταχείας *in situ* αναγέννησής του. Στόχος είναι η αποφυγή πιθανών ανεπιθύμητων αντιδράσεων, όπως η φλεγμονή που προκαλείται από το ανοσοποιητικό σύστημα του ξενιστή, η επαναστένωση της αρτηρίας και η αποφυγή της συχνά παρατηρούμενης θρόμβωσης.

Πιο συγκεκριμένα, στο πρώτο στάδιο της μελέτης παρασκευάστηκαν νανοπορώδη πολυμερικά υμένια από πολυκαπρολακτόνη (Polycaprolactone-PCL) και πολύ-(γαλακτικό-

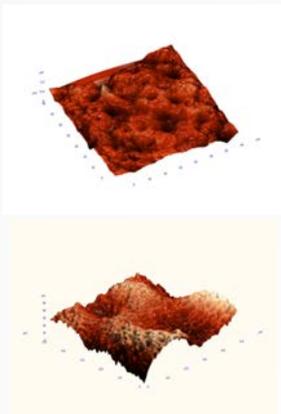
συν-γλυκολικό) οξύ (Poly lactide-co-glycolyte acid-PLGA) στις αναλογίες (65:35, 75:25) με την τεχνική του ψεκασμού, στα οποία φορτώθηκαν χημικές ουσίες με αντισταθμιστική δράση, η Διπυριδαμόλη (Dipyridamole, DPM) και η Κουρκουμίνη (Curcumin, CCM). Για την παρασκευή των λεπτών υμενίων δοκιμάστηκαν τα πολυμερικά διαλύματα σε διάφορες συγκεντρώσεις (20:80, 25:75, 30:70), ώστε να βρεθεί η βέλτιστη αναλογία για κάθε πολυμερές. Διαπιστώθηκε πως για τη δημιουργία περισσότερων νανοπόρων στο λεπτό υμένιο η βέλτιστη αναλογία συγκεντρώσεων των επιμέρους πολυμερών (10% w/v PCL, 10% w/v PLGA), είτε για PLGA(65:35) ή για PLGA(75:25), είναι 25-75%.

Στο δεύτερο στάδιο, έγινε ανάπτυξη διστρωματικών πολυμερικών υμενίων της βέλτιστης αναλογίας πολυμερών {PCL, PLGA (65:35), PLGA(75:25)} με διαφορετικές συνθήκες ψεκασμού. Η βελτιστοποίηση των συνθηκών ανάπτυξης λεπτών υμενίων αποδείχτηκε πως αφορά κυρίως τη συγκέντρωση του πολυμερούς, την απόσταση οπής αερογράφου-επιφάνειας και την εφαρμοζόμενη πίεση εναπόθεσης υλικού στην επιφάνεια. Διαπιστώθηκε πως τόσο η απόσταση όσο και η πίεση ψεκασμού του υλικού επηρεάζει το μέγεθος και το πλήθος των νανοπόρων που σχηματίζονται. Πιο συγκεκριμένα, τα διστρωματικά πολυμερικά υμένια παρουσιάζουν ομοιόμορφη εναπόθεση υλικού με νανοπόρους σε απόσταση 5cm και 7,5cm και πίεση μικρότερη από 0,5 Barr. Ο δομικός/μορφολογικός/τοπογραφικός χαρακτηρισμός των λεπτών υμενίων έγινε με την Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης (SEM) (Σχήμα 1) και τη Σαρωτική Μικροσκοπία Ατομικών Δυνάμεων (AFM) (Σχήμα 2).





Σχήμα 1: Εικόνες με Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης (SEM) στα δείγματα PCL/PLGA(75:25)+DPM (αριστερά) και PCL/PLGA(75:25)+CCM (δεξιά) με αναλογία 25/75%. Μεγέθυνση: x1000 και x3000.



Σχήμα 2: Εικόνες Μικροσκοπίας Ατομικών Δυνάμεων (AFM) του δείγματος PCL/PLGA(75:25)+DPM (πάνω) και του δείγματος PCL/PLGA(75:25)+CCM (κάτω) με αναλογία 25/75% σε απόσταση 7,5εκ και πίεση <0,5Barr.

Ακολούθησε μελέτη αποδέσμευσης των φαρμάκων από τα πολυμερικά υμένα για 60 ημέρες, όπου καταγράφηκε το προφίλ αποδέσμευσης των φαρμάκων από τα πολυμερικά υμένα με τη βέλτιστη αναλογία πολυμερών και ανάπτυξη τους στις βέλτιστες συνθήκες ψεκασμού. Και στις δύο περιπτώσεις υπάρχει αρχικά το burst release, το οποίο όμως παρουσιάζει διαφορετικό ποσοστό αποδέσμευσης φαρμάκου, ενώ η δεύτερη φάση χαρακτηρίζεται από ένα στάδιο πιο χαμηλής αποδέσμευσης το οποίο μπορούμε να ορίσουμε ως "lag phase".

Τέλος, τα λεπτά υμένα μελετήθηκαν ως προς τη βιολογική απόκριση τους σε κυτταρικές σειρές. Ειδικότερα, τα βλαστικά κύτταρα οδοντικής σειράς (stem cells) καλλιεργήθηκαν στην επιφάνεια των λεπτών υμενίων για τρία χρονικά διαστήματα (24hrs, 4 μέρες, 6 μέρες), κι έγινε ποσοτική εκτίμηση των κυττάρων που αναπτύχθηκαν με την εφαρμογή του MTT πρωτόκολλου.

Για την ολοκλήρωση της κυτταρικής μελέτης ελήφθησαν εικόνες με την Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης (SEM) και το οπτικό μικροσκόπιο. Τόσο από τη μελέτη MTT όσο και από τις εικόνες SEM διαπιστώνουμε διαφορετικά συμπεράσματα για την συμπεριφορά των υμενίων σε σχέση με την ανάπτυξη των κυτταρικών πληθυσμών. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η διπυριδαμόλη έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν για τις αντι-πολλαπλασιαστικές της δράσεις σε χημειοθεραπευτικά σχήματα. Συμπεραίνεται ότι η μείωση του κυτταρικού πολλαπλασιασμού οφείλεται στην ίδια τη δράση του φαρμάκου. Για το λόγο αυτό, συστήνεται να γίνουν περαιτέρω μελέτες σχετικά με τη συγκέντρωση του φαρμάκου στην οποία εμφανίζεται μεγαλύτερη κυτταρική βιωσιμότητα.

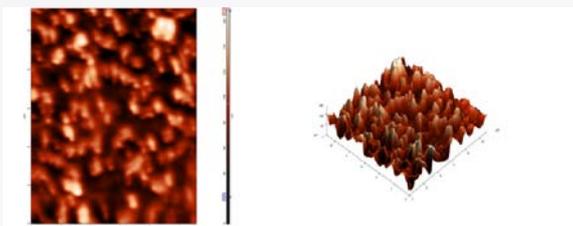
Συμπερασματικά, παρασκευάστηκαν βιομιμητικά νανοπορώδη υλικά στις βέλτιστες αναλογίες διαλυμάτων και στις βέλτιστες συνθήκες ανάπτυξης, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πλατφόρμα μεταφοράς φαρμάκων για την επικάλυψη καρδιαγγειακών εμφυτευμάτων. Ακολούθησε μελέτη απελευθέρωσης και κυτταρική μελέτη βιωσιμότητας για κάθε φάρμακο ξεχωριστά. Από τη μελέτη των δομών που κατασκευάστηκαν προκύπτει ότι τα προτεινόμενα συστήματα αποτελούν μια πολλά υποσχόμενη πλατφόρμα που δύναται να χρησιμοποιηθεί για επικαλύψεις ιατρικών εμφυτευμάτων.

Ντέμκα Αλεξάνδρα
Απόφοιτη ΔΠΜΣ N&N

12. Νανοσωματίδια Αργύρου ως Επικαλύψεις σε Πολυμερικά Ικρίωματα για Ορθοπεδικές Εφαρμογές

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, αρχικά, έγινε σύνθεση και χαρακτηρισμός των νανοσωματιδίων αργύρου. Για τη σύνθεσή τους χρησιμοποιήθηκε νιτρικός άργυρος ως αναγωγικός παράγοντας. Η μελέτη της μορφολογίας τους έγινε με την τεχνική της Ατομικής Μικροσκοπίας Δυνάμεων (Εικόνα 1), όπου το μέσο μέγεθος των σωματιδίων κυμαίνεται στα 80 – 85 nm. Επίσης,

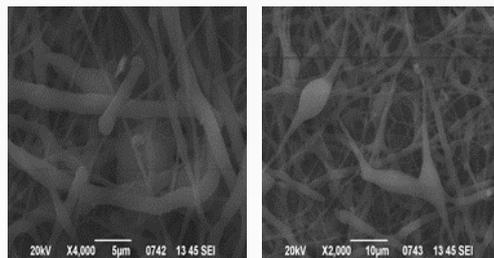
η ταυτοποίηση του αργύρου στα δείγματα έγινε με Περίθλαση Ακτινών Χ.



Εικόνα 1: Εικόνες AFM των νανοσωματιδίων αργύρου με μέσο μέγεθος 80 nm. Scan size: 30 x 30

Από τις εικόνες AFM προέκυψε η μορφολογία και η καλή σφαιρική των σωματιδίων. Έπειτα, έγινε επικάλυψη των σωματιδίων με το πολυμερές χιτοζάνη και πιο συγκεκριμένα, χιτοζάνη χαμηλού μοριακού βάρους. Η χιτοζάνη προσδίδει σταθερότητα και αποτροπή συσσωμάτωσης στη δημιουργία των νανοσωματιδίων. Χρησιμοποιήθηκαν τρεις διαφορετικές συγκεντρώσεις χιτοζάνης, 0.1%, 0.01% και 0.001%, με απώτερο σκοπό την επιλογή της βέλτιστης για τον εγκλωβισμό των νανοσωματιδίων αργύρου. Μέσα από μετρήσεις με Ατομική Μικροσκοπία Δυνάμεων και παρατήρηση των εικόνων, επιλέχθηκε ως βέλτιστη η μέση συγκέντρωση της χιτοζάνης, 0.01%. Ο λόγος που επιλέχθηκε αυτή η τιμή συγκέντρωσης είναι πως σε συγκέντρωση 0.1%, η ποσότητα χιτοζάνης ήταν υπερβολικά μεγάλη, με αποτέλεσμα να ισοπεδώνεται ο σχηματισμός σωματιδίων και να δημιουργείται ένα άμορφο, παχύ υμένιο. Από την άλλη πλευρά, η χρήση της τιμής 0.001% αφορά αρκετά μικρή ποσότητα χιτοζάνης η οποία σηματοδοτεί την ύπαρξη αρκετών συσσωματωμάτων. Αντιθέτως, η μέση τιμή της χιτοζάνης προωθεί τον καλό σχηματισμό και μορφολογία των σωματιδίων, τα οποία είναι καλώς διεσπαρμένα, ενώ η ύπαρξη των συσσωματωμάτων είναι μικρή. Μετά τη σύνθεση, τον χαρακτηρισμό και τη βελτιστοποίηση των σωματιδίων, ακολούθησε η εναπόθεσή τους σε πολυμερικό ικρίωμα πολυκαπρολακτόνης (PCL). Η σύνθεση του ικρίματος της πολυκαπρολακτόνης έγινε με εφαρμογή της τεχνικής Ηλεκτρο-

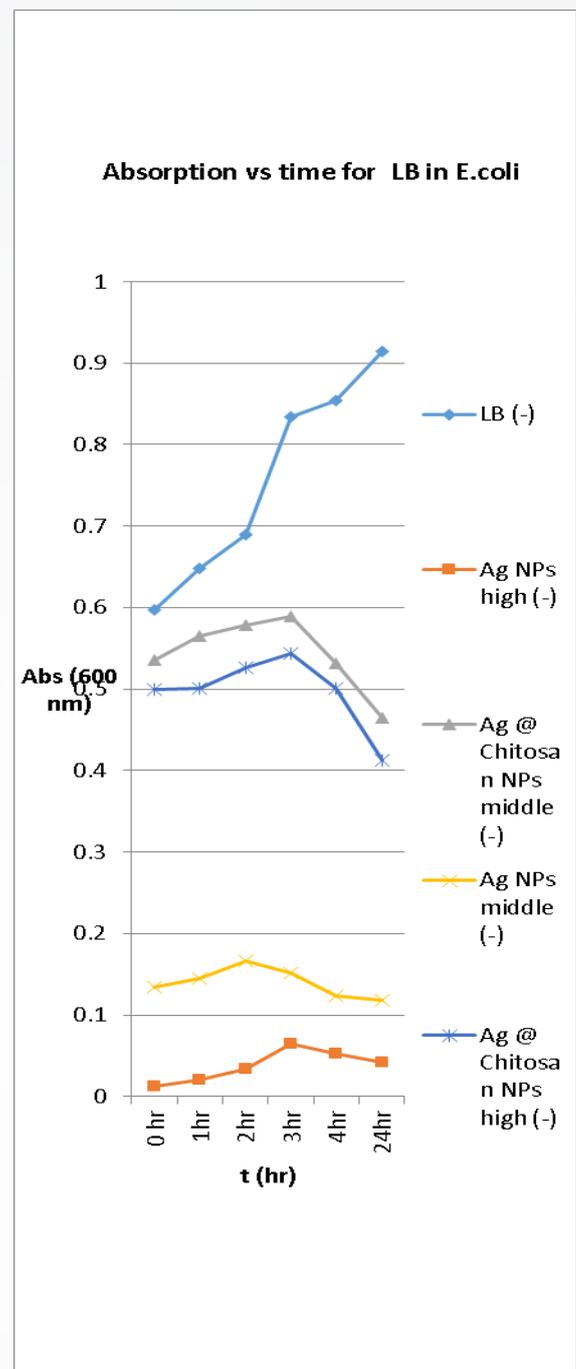
στατικής Ινοποίησης. Με επιλογή των κατάλληλων παραμέτρων και ρύθμιση της απόστασης συλλέκτη - σύριγγας σχηματίστηκαν οι ίνες πάνω σε αλουμινόχαρτο και υπόστρωμα γυαλιού. Μελετήθηκε το νανοϊνώδες ικρίωμα με SEM και AFM, όπου παρατηρήθηκε η δημιουργία τόσο παχιών όσο και λεπτών ινών, η καλή μορφολογία των ινών, και ορισμένα συσσωματώματα (Εικόνα 2).



Εικόνα 2: Εικόνες SEM του νανοϊνώδους ικρίματος της πολυκαπρολακτόνης. Αριστερά: Κλίμακα x4000. Δεξιά: Κλίμακα x2000.

Έπειτα, εναποτέθηκαν τα νανοσωματίδια αργύρου εντός του ικρίματος της πολυκαπρολακτόνης με τρεις διαφορετικές μεθόδους. Η πρώτη ήταν η Μέθοδος Drop Casting, η οποία εφαρμόζεται με χρήση πιπέτας, στην οποία διαχετεύεται το διάλυμα των νανοσωματιδίων, και στη συνέχεια εναποτίθεται πάνω στο ικρίωμα. Από τις εικόνες με AFM διαπιστώθηκε πως η εναπόθεση των νανοσωματιδίων δεν επηρεάζει τη μορφολογία των ινών του πολυμερούς. Η δεύτερη μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε είναι η Ηλεκτροστατική Ινοποίηση, όπου το διάλυμα των νανοσωματιδίων εισάγεται σε σύριγγα και γίνεται ψεκάσμος του σε ήδη σχηματισμένα ικρίματα πολυκαπρολακτόνης. Και πάλι, τα αποτελέσματα των εικόνων AFM και SEM έδειξαν ότι οι ίνες παρέμειναν ανεπηρέαστες από την ύπαρξη των νανοσωματιδίων, ενώ τα ίδια τα νανοσωματίδια εισχώρησαν τόσο στο εσωτερικό των ινών, όσο και στην επιφάνειά τους. Η τρίτη μέθοδος που επιλέχθηκε, αφορά στον ταυτόχρονο σχηματισμό των ινών και νανοσωματιδίων, και πραγματοποιείται με εφαρμογή της τεχνικής Ηλεκτροψεκασμού Διπλής Σύριγγας, όπου στη μια σύριγγα τοποθετείται το διάλυμα των νανοσωματιδίων και στην άλλη το διάλυμα

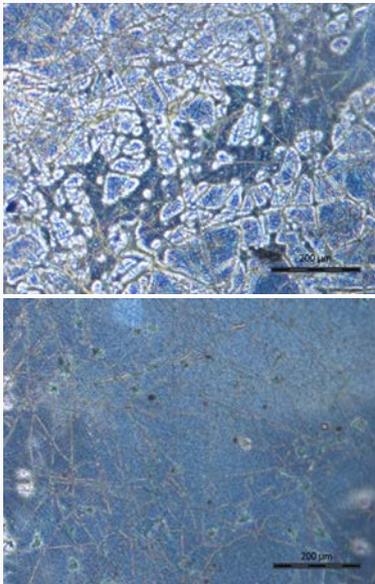
της πολυκαπρολακτόνης. Με αυτό τον τρόπο δημιουργείται ένα σύνθετο σύστημα ινών πολυμερούς και νανοσωματιδίων αργύρου. Αφού λοιπόν συντεθεί το συνολικό ικρίωμα, γίνεται εξέταση της αντιμικροβιακής ευαισθησίας των νανοσωματιδίων αργύρου καθώς και εκείνων που είναι επικαλυμμένα με χιτοζάνη. Για τη σύνθεσή τους χρησιμοποιήθηκαν δύο συγκεντρώσεις, μια μέση και μια υψηλή, όπου στην υψηλή σκοτώνονται τα βακτήρια, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία. Επιλέχθηκαν τα βακτήρια *Escherichia coli* (Gram negative) και *Staphylococcus aureus* (Gram positive). Έγινε σύνθεση υγρών θρεπτικών υλικών, LB (Luria Broth) και TSB (Trisodium Broth) και προσθήκη των βακτηρίων καθώς και των νανοσωματιδίων αργύρου και αργύρου-χιτοζάνης. Μετρήθηκε η απορρόφηση συναρτήσει του χρόνου σε σταθερό μήκος κύματος στα 600 nm για χρονικό διάστημα 24 ωρών. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως τα νανοσωματίδια αργύρου, καθώς και εκείνα με επικάλυψη χιτοζάνης είχαν μεγαλύτερη επίδραση στο θρεπτικό υλικό LB, καθώς επίσης, ότι η αντιμικροβιακή τους δραστηριότητα εμφανίζεται περισσότερο στο βακτήριο *E. coli* από ό,τι στον *Σταφυλόκοκκο*. Επιπλέον, όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση των νανοσωματιδίων, τόσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός επιβράδυνσης και αναστολής της καλλιέργειας των παθογόνων μικροοργανισμών.



*Εικόνα 3: Διάγραμμα απορρόφησης συ-ναρτήσεως χρόνου σε σταθερό μήκος κύματος 600 nm με θρεπτικό υλικό LB (Luria Bertani) και εμβολιασμό μικροοργανισμού *E. coli*.*

Υπογραμμίζεται ο ρόλος της χιτοζάνης στην αργή και σταδιακή απελευθέρωση του αντιμικροβιακού φορτίου των νανοσωματιδίων, διότι έτσι παρατείνεται η αντιμικροβιακή δράση τους. Τέλος, διεξήχθησαν μελέτες κυτταροσυμβατότητας, προκειμένου να ελεγχθεί η καταλληλότητα των ικριωμάτων για εφαρμογή σε ορθο-

πεδικά εμφυτεύματα. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν η ποσοτική βιοχημική μέθοδος εκτίμησης κυτταροσυμβατότητας MTT assay και η Χρώση με Κυανό του Μεθυλενίου. Οι παραπάνω μέθοδοι εφαρμόστηκαν σε ικρίσματα πολυκαπρολακτόνης όπου η εναπόθεση νανοσωματιδίων αργύρου έγινε με τη μέθοδο Drop Casting, η οποία είχε επιλεγεί ως βέλτιστη. Τα αποτελέσματα έδειξαν εξαιρετική προσκόλληση και πολλαπλασιασμό των κυττάρων στην επιφάνεια των ικρίωμάτων και αναδείχθηκε η καταλληλότητά τους για εφαρμογές στην Ιστική Μηχανική και Αναγεννητική Ιατρική.



Εικόνα 4: Εικόνες Οπτικού Μικροσκοπίου των ικρίωμάτων της πολυκαπρολακτόνης με ενσωματωμένα τα νανοσωματίδια αργύρου, με τη μέθοδο Drop Casting, μετά την πάροδο διαστήματος 24 ωρών.

Περλή Μαρία – Δανάη
Απόφοιτη ΔΠΜΣ N&N

Οργανικά Φωτοβολταϊκά

13. Ανάπτυξη και Χαρακτηρισμός Πολυμερών Οργανικών Φωτοβολταϊκών Κυψελών με Νανοσωματίδια Αργύρου από Αποδόμηση με Laser

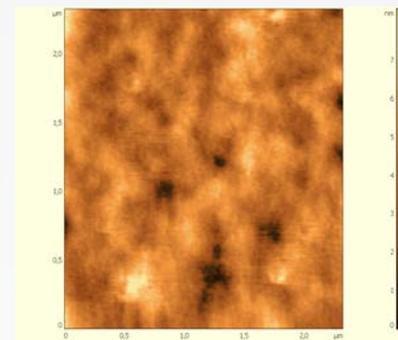
Ορισμένα μέταλλα, όπως ο Άργυρος, υποστηρίζουν Πλασμονία Επιφανείας, τα οποία είναι η συλλογική ταλάντωση των διεγερμένων ελεύθερων ηλεκτρονίων και χαρακτηρίζονται από μια συχνότητα συντονισμού. Πρόσφατα, η ικανότητα των πλασμονικών δομών να ενισχύουν ηλεκτρικά πεδία έχει προσελκύσει την προσοχή στον τομέα των οργανικών ηλιακών κυψελών με σκοπό να βελτιωθεί η απόδοση μετατροπής ισχύος (PCE).

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την επίδραση της ενσωμάτωσης μεταλλικών πλασμονικών νανοσωματιδίων Αργύρου (Ag NPs) είτε εντός του φωτοενεργού στρώματος, ή ανάμεσα στο στρώμα μεταφοράς οπών και το φωτοενεργό στρώμα ηλιακών κυψελών ετεροδομής όγκου πολυμερούς-φουλλερενίων στην απόδοση και τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά τους. Τα νανοσωματίδια μεγέθους περίπου 100 nm παράχθηκαν με την τεχνική της Αποδόμησης με Laser (Laser Ablation) ενός στόχου Αργύρου εντός Χλωροφορμίου με ή χωρίς Πολυβινυλοπυρρολιδόνη (PVP) για διάφορες ενέργειες παλμού laser (PE) και υποστηρίζουν φαινόμενα Συντονισμού των Εντοπισμένων Πλασμονίων Επιφανείας (LSPR).

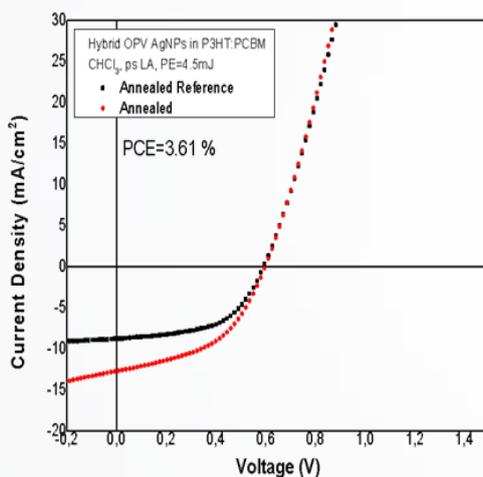
Πολυστρωματικές υβριδικές οργανικές ηλιακές κυψέλες λεπτών υμενίων με νανοσωματίδια Αργύρου αναπτύχθηκαν με υγρές τεχνικές περιλαμβάνοντας ως δότη ηλεκτρονίων το πολυμερές P3HT και ως δέκτη ηλεκτρονίων την οργανική ένωση μικρών μορίων PC60BM για το στρώμα απορρόφησης φωτός, με αποτέλεσμα να επιτευχθεί βελτιωμένη απόδοση μετατροπής ισχύος κατά μέσο όρο 10% και ενισχυμένη πυκνότητα ρεύματος βραχυκύκλωσης κατά μέσο όρο 6% σε σχέση με τις ηλιακές κυψέλες αναφοράς στην περίπτωση που τα νανοσωματίδια Αργύρου βρίσκονται εντός του φωτοενεργού στρώματος (σχήμα 1), ενώ στην περίπτωση που βρίσκονται ανάμεσα στο στρώμα μεταφοράς οπών και το φωτοενεργό στρώμα παρατηρήθηκε μείωση της απόδοσης.

Με τεχνικές χαρακτηρισμού διερευνήθηκαν η μεταβολή της επιφανειακής μορφολογίας του

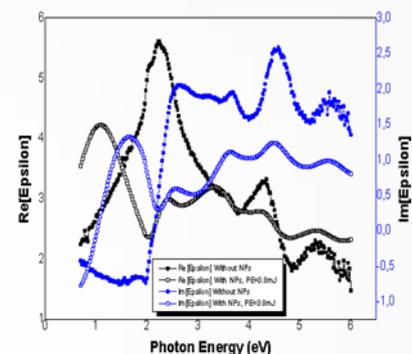
φωτοενεργού στρώματος λόγω της ενσωμάτωσης των νανοσωματιδίων Αργύρου με Μικροσκοπία Ατομικών Δυνάμεων (AFM) (σχήμα 2), η στοιχειομετρική του σύσταση με Μικροανάλυση δια Σαρωτικής Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας (EDS SEM), η δομή του με Περιθλασιμετρία Ακτίνων Χ (XRD) και οι οπτικές του ιδιότητες με Φασματοσκοπική Ελλειψομετρία (SE) (σχήμα 3). Ως συμπέρασμα, η ενισχυμένη απόδοση αποδίδεται κυρίως στη βελτίωση της μορφολογίας του μίγματος πολυμερούς-φουλλερενίων λόγω της παρουσίας των νανοσωματιδίων του Αργύρου, ενώ φαινόμενα Συντονισμού Εντοπισμένων Πλασμονίων Επιφανείας (LSPR) θεωρείται ότι έχουν αμελητέα επίδραση στην απορρόφηση του φωτοενεργού στρώματος.



Σχήμα 2. Εικόνα AFM τοπογραφίας ύψους διαστάτη αντιπροσωπευτικού δείγματος υβριδικού υμενίου με ενσωματωμένα Ag NPs προερχόμενα από Αποδόμηση με Laser εντός του φωτοενεργού στρώματος του P3HT:PCBM



Σχήμα 1. Χαρακτηριστικές καμπύλες πυκνότητας ρεύματος (j) - τάσης (V) της υβριδικής ηλιακής κυψέλης Γαλιού/ITO/PEDOT: PSS/P3HT: PCBM:(AgNPs)/Ca/Al υπό φωτισμό AM 1.5G σε 1000 W/m² με ενσωματωμένα Ag NPs και ηλιακής κυψέλης αναφοράς Γαλιού/ITO/PEDOT: PSS/P3HT:PCBM/ Ca/Al με τις καλύτερες αποδόσεις μετατροπής ισχύος αφού έχουν υποστεί το τελικό στάδιο της θερμικής ανόπτησης (Annealed).



Σχήμα 3. Φάσματα διασκεδασμού (μαύρες κουκίδες) και απορρόφησης (μπλε κουκίδες) ως συνάρτηση της ενέργειας φωτονίων ενός χαρακτηριστικού δείγματος Γαλιού/PEDOT:PSS/ P3HT:PCBM: (AgNPs) με Ag NPs εντός του φωτοενεργού στρώματος από Αποδόμηση με Laser και ενός χωρίς νανοσωματίδια που ελήφθησαν από μετρήσεις Φασματοσκοπικής Ελλειψομετρίας

Σκουλαριώτη Ελένη
Απόφοιτη ΔΠΜΣ N&N

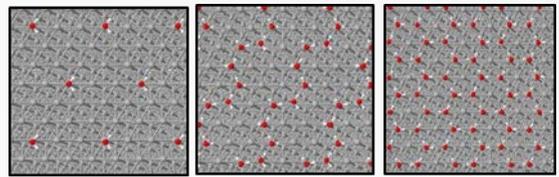
14.Υπολογιστική μελέτη της προσρόφησης του Νερού στην επιφάνεια του Αργύρου. Μεταβολή του Ηλεκτροστατικού Δυναμικού & Επίδραση στην Απόδοση των Οργανικών Φωτοβολταϊκών

Τα τελευταία χρόνια τα Οργανικά Ηλεκτρονικά προσελκύουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς παρουσιάζουν μοναδικές ιδιότητες και πλεονε-

κτήματα απέναντι στα αντίστοιχα ανόργανα. Ωστόσο, κατά την έκθεσή τους σε περιβαλλοντικές συνθήκες, διατάξεις όπως τα Οργανικά Φωτοβολταϊκά (OPVs) και οι Οργανικές Δίοδοι Φωτοεκπομπής (OLEDs) υποφέρουν από υποβάθμιση η οποία επηρεάζει την απόδοσή τους. Από τους βασικότερους παράγοντες υποβάθμισης είναι τα μόρια του νερού τα οποία εισέρχονται στη συσκευή από τα εξωτερικά στρώματα και διαχέονται, με αποτέλεσμα η υποβάθμιση να συμβαίνει σε πολλά από τα στρώματα της διάταξης. Η λεπτομερής γνώση της αλληλεπίδρασης του νερού με τα εξωτερικά στρώματα της συσκευής, όπως για παράδειγμα με τα ηλεκτρόδια, είναι πολύ σημαντική για την κατανόηση των μηχανισμών υποβάθμισης και την επιλογή υλικών που μειώνουν τα φαινόμενα αυτά. Ατμοσφαιρικά μόρια, όπως τα μόρια νερού, μπορούν να προσροφηθούν στα μεταλλικά ηλεκτρόδια και να προκαλέσουν μεταβολή στο έργο εξόδου του μετάλλου, επηρεάζοντας, έτσι, την ευθυγράμμιση των ενεργειακών επιπέδων, και κατά συνέπεια τη λειτουργία της διάταξης. Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής είναι η μελέτη με μεθόδους πρώτων αρχών της προσρόφησης μορίων νερού στην (111) επιφάνεια του Αργύρου με σκοπό να εντοπιστεί η επίδραση που θα έχει τυχόν μεταβολή του έργου εξόδου του μετάλλου στη λειτουργία των OPVs και των OLEDs.

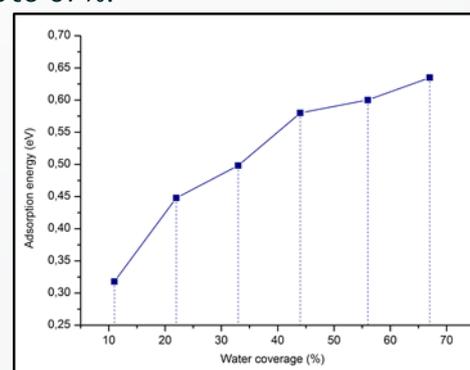
Για την πραγματοποίηση των υπολογισμών χρησιμοποιείται η θεωρία συναρτησιοειδούς της πυκνότητας (Density Functional Theory-DFT) και το λογισμικό πακέτο VASP. Οι δυνάμεις van der Waals, οι οποίες αναμένεται να παίξουν σημαντικό ρόλο στο υπό μελέτη σύστημα, λαμβάνονται υπόψη με τη μέθοδο DFT-D3 του Grimme. Αρχικά, έγιναν οι DFT υπολογισμοί για τον προσδιορισμό των δομικών και ενεργειακών χαρακτηριστικών της (111) επιφάνειας του Αργύρου καθώς και ο προσδιορισμός του έργου εξόδου. Έπειτα, μελετήθηκε η προσρόφηση μορίων νερού στην επιφάνεια, τοποθετώντας διαδοχικά μόρια νερού στην (111) επιφάνεια του

Αργύρου, ώστε να προσομοιωθούν διαφορετικά ποσοστά κάλυψης της επιφάνειας (11,22,33,44,56,67%). Ενδεικτικά, οι δομές που προέκυψαν για ποσοστά 11, 44 και 67 % φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



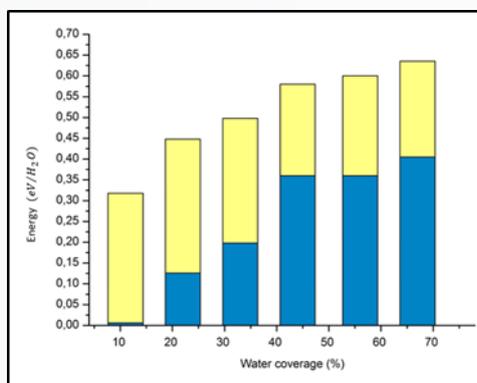
Σχήμα 1. Κάτοψη των προσροφηθέντων μορίων νερού στην (111) επιφάνεια του Αργύρου για τα ποσοστά επικάλυψης 11,56,67 %.

Σε ποσοστό 11% τα νερά είναι απομακρυσμένα μεταξύ τους και η σταθερότερη θέση προσρόφησης του νερού προκύπτει να είναι η λεγόμενη "atop site". Σε αυτή την περίπτωση το νερό προσροφάται πάνω από το άτομο του Αργύρου, με μια πολύ μικρή κλίση ως προς το επίπεδο της επιφάνειας, της τάξεως των 9°. Καθώς το ποσοστό επικάλυψης αυξάνει, ορισμένα νερά δεν προσδένονται πλέον με την επιφάνεια αλλά σχηματίζουν δεσμούς υδρογόνου με τα γειτονικά μόρια νερού. Από την ενεργειακή ανάλυση των συστημάτων παίρνουμε περισσότερες πληροφορίες για την ισχύ της αλληλεπίδρασης μετάλλου-νερού. Από το σχήμα 2, φαίνεται πως η ενέργεια προσρόφησης (η συνολική μεταβολή στην ενέργεια που συμβαίνει λόγω της δημιουργίας του συστήματος) αυξάνει καθώς αυξάνεται το ποσοστό επικάλυψης. Αυτό σημαίνει ότι δημιουργούνται ολοένα και πιο σταθερά συστήματα, με το πιο σταθερό να είναι αυτό σε ποσοστό 67%.



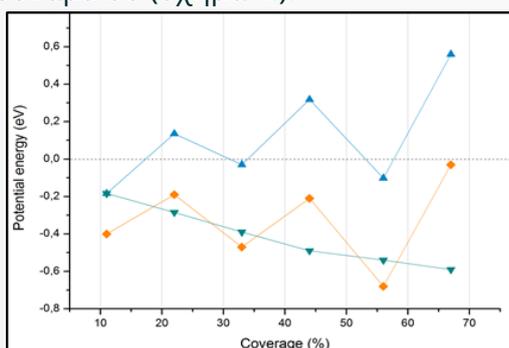
Σχήμα 2. Ενέργεια προσρόφησης των δομών που μελετήθηκαν

Η ανάλυση όμως της ενέργειας προσρόφησης σε ενέργεια σύνδεσης (ενέργεια αλληλεπίδρασης μεταξύ μετάλλου-μορίων νερού) και ενέργεια συνοχής (ενέργεια αλληλεπίδρασης των νερών μεταξύ τους) υποδηλώνει ότι καθώς το ποσοστό επικάλυψης αυξάνεται, η αλληλεπίδραση μεταξύ μετάλλου και νερών εξασθενεί και η μεγαλύτερη συνεισφορά στην ενέργεια προσρόφησης προέρχεται από την αλληλεπίδραση των νερών μεταξύ τους.



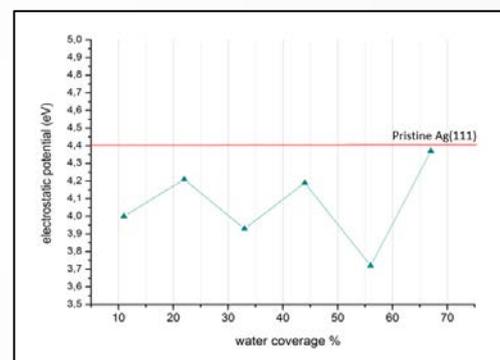
Σχήμα 3. Ανάλυση της ενέργειας προσρόφησης ανά μόριο νερού στις ενεργειακές συνεισφορές αλληλεπίδρασης νερού-νερού και μετάλλου-νερού για όλα τα συστήματα που μελετήθηκαν. Η κίτρινη στήλη παριστάνει την ενέργεια σύνδεσης του στρώματος των νερών στην επιφάνεια του Αργύρου και η μπλε στήλη την ενέργεια συνοχής των νερών.

Ως επόμενο βήμα, μελετήθηκε η μεταβολή του ηλεκτροστατικού δυναμικού των συστημάτων αναφορικά με την καθαρή (111) επιφάνεια του Αργύρου. Για όλα τα συστήματα που μελετήθηκαν παρατηρείται ελάττωση του ηλεκτροστατικού δυναμικού (σχήμα 4.).



Σχήμα 4. Ηλεκτροστατικό δυναμικό όλων των συστημάτων που αντιστοιχούν στα διαφορετικά ποσοστά επικάλυψης. Η κόκκινη γραμμή παριστάνει το έργο εξόδου της καθαρής (111) επιφάνειας του Αργύρου.

Προκειμένου να διασαφηνιστεί η προέλευση της παρατηρούμενης μεταβολής στο ηλεκτροστατικό δυναμικό, εξετάζεται η συμβολή του εγγενούς διπόλου του στρώματος των μορίων νερού και του διεπιφανειακού διπόλου που δημιουργείται στην διεπιφάνεια μετάλλου/νερού κατά την προσρόφηση. Από τη μελέτη της διεπιφάνειας γίνεται φανερό ότι η πυκνότητα φορτίου αυξάνεται στη διεπιφάνεια για όλα τα συστήματα, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός διπόλου το οποίο τείνει να μειώσει το ηλεκτροστατικό δυναμικό για όλα τα ποσοστά επικάλυψης (σχήμα 5).



Σχήμα 5. Διάγραμμα της μεταβολής του ηλεκτροστατικού δυναμικού για τα ποσοστά επικάλυψης που μελετήθηκαν. Η πορτοκαλί γραμμή παριστάνει τη συνολική μεταβολή του ηλεκτροστατικού δυναμικού ΔV. Η μπλέ γραμμή παριστάνει το δίπολο του μονοστρώματος των νερών και η πράσινη γραμμή το διεπιφανειακό δίπολο.

Εξαιτίας του διεπιφανειακού διπόλου προκαλείται μια ελάττωση στο έργο εξόδου του Αργύρου που θα μπορούσε να επηρεάσει τη λειτουργία των OPVs και των OLEDs. Παρ'όλα αυτά, μια επισκόπηση των ορίων της μεταβολής δείχνει ότι κάτι τέτοιο δεν αναμένεται να προκαλέσει πρόβλημα στη μετάβαση των φορέων από το ενεργό στρώμα στα ηλεκτρόδια στην περίπτωση ενός OPV, ούτε στη μετακίνηση των φορέων από τα ηλεκτρόδια στο ενεργό στρώμα στην περίπτωση μιας OLED. Ωστόσο, μπορεί να δράσει αρνητικά στην περίπτωση της ανεστραμμένης

δομής ενός OPV (όπου χρησιμοποιείται ως ηλεκτρόδιο ανόδου), καθώς προκαλεί μείωση της διαφοράς των έργων εξόδου ανόδου-καθόδου.

Σφουγγάρη Ελένη
Απόφοιτη ΔΠΜΣ N&N

15. Ανάπτυξη Υμενίων Υψηλού Φραγμού για Ενθυλάκωση Οργανικών Φωτοβολταϊκών Διατάξεων & Έλεγχος τους στην Απόδοση των ΟΦΒ

Η ταχεία ανάπτυξη των Οργανικών Ηλεκτρονικών οδηγεί σε μια σειρά από ελπιδοφόρες συσκευές στην περιοχή των πηγών και της διατήρησης ενέργειας (π.χ. οργανικά φωτοβολταϊκά), ενώ, επίσης, προωθεί τις τεχνολογίες απεικόνισης, αισθητήρων και τρανζίστορ λεπτής μεμβράνης. Ένα εμπόδιο για την εξέλιξη αυτή είναι η ευαισθησία αυτών των συσκευών σε υδρατμούς και το οξυγόνο, οι οποίες είναι γνωστό ότι προκαλούν ταχεία αποικοδόμηση σε πολλές οργανικές ηλεκτρονικές συσκευές. Προκειμένου να διασφαλιστεί η ελάχιστη διάρκεια ζωής που απαιτείται για διάφορες εφαρμογές, πρέπει να αναπτυχθούν υλικά και δομές φραγμού υψηλής απόδοσης και αυτό έχει αποτελέσει αντικείμενο πολλών πειραματικών ερευνών. Ωστόσο, υπάρχει έλλειψη ολοκληρωμένων μελετών που συνδέουν τον χαρακτηρισμό, τη μοντελοποίηση και την ολοκλήρωση των υψηλής απόδοσης υμενίων φραγμού με Οργανικά Ηλεκτρονικά. Οι μελέτες αυτές είναι απαραίτητες, προκειμένου να προωθηθεί η κατανόηση της ενθυλάκωσης με χρήση λεπτών υμενίων και να βρεθούν μεθοδολογίες οι οποίες βελτιώνουν σημαντικά την απόδοσή τους.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη και η μελέτη πολυστρωματικών υμενίων φραγμού σε πολυμερικά υποστρώματα και η εφαρμογή τους σε οργανικές φωτοβολταϊκές διατάξεις με στόχο την επέκταση του χρόνου ζωής τους. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε ανάπτυξη στρώματος υβριδικού υμενίου φραγμού

και εξετάστηκε η συμβολή του στις ιδιότητες φραγμού αλλά και στις οπτικές του ιδιότητες, καθώς και η σταθερότητα του έπειτα από χρονικό διάστημα 15 εβδομάδων. Στη συνέχεια, εξετάστηκε η ενθυλάκωση Οργανικών Φωτοβολταϊκών (ΟΦΒ) με εμπορικά και μη διαθέσιμα υμένια φραγμού για να επικυρωθεί η αποτελεσματικότητα τους στην επιμήκυνση της διάρκειας ζωής αλλά και τη σταθερότητα της συσκευής. Όσον αφορά στη σταθερότητα, ερευνήθηκε η συμβατότητα της διαδικασίας ενθυλάκωσης με οργανικές διατάξεις συγκρίνοντας την απόδοση της οργανικής διάταξης, πριν και μετά την ενθυλάκωση για διάφορες παραμέτρους. Στην περίπτωση της μελέτης υποβάθμισης, η σύγκριση με τις αρχικές τιμές πραγματοποιήθηκε ως συνάρτηση του χρόνου έκθεσης στην ατμόσφαιρα, με βάση καθορισμένα πρότυπα, ώστε να παρέχουν ένα σύνδεσμο μεταξύ της αποτελεσματικότητας του WVTR και του shelf-lifetime των ενθυλακωμένων οργανικών διατάξεων. Η απόδοση των ΟΦΒ μειωνόταν λόγω της περιεχόμενης στα υμένια φραγμού υγρασίας, γεγονός το οποίο επιλύθηκε με ξήρανση των υμενίων φραγμού και των adhesives. Μέσα στους παράγοντες που εξετάστηκαν ήταν και η ενθυλάκωση με εφαρμογή θερμοκρασίας η οποία δεν φάνηκε να διαφοροποιεί σημαντικά τα αποτελέσματα.

Σοφία Τσιμικλή
Απόφοιτη ΔΠΜΣ N&N

16. Χημική Σύνθεση Νανοσωματιδίων Αργύρου και Βελτίωση της Απόδοσης Οργανικών Φωτοβολταϊκών Διατάξεων με την Ενσωμάτωση Πλασμονικών Νανοδομών στο Στρώμα Διέλευσης Οπών

Η παρούσα διπλωματική εργασία βασίστηκε στη Φυσική των υλικών στη νανοκλίμακα και είχε σκοπό τη βελτίωση των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών των Οργανικών Φωτοβολταϊκών

(Organic PhotoVoltaics - OPVs) με εκμετάλλευση των πλασμονικών ιδιοτήτων των νανοσωματιδίων ευγενών μετάλλων.

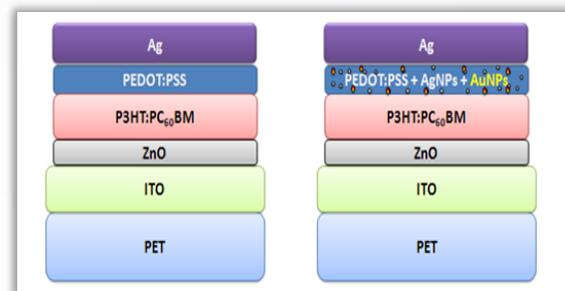
Σε πρώτη φάση, πραγματοποιήθηκε τη βελτιστοποίηση των παραμέτρων χημικής σύνθεσης αναγωγική μέθοδο πολυόλης και τη βελτιστοποίησή της. Ο στόχος ήταν κατανομές νανοσωματιδίων με μέσο όρο μεγέθους <math><30\text{nm}</math> ώστε να μπορούν να ενσωματωθούν στο πολυμερικό στρώμα διέλευσης οπών PEDOT:PSS των οργανικών φωτοβολταϊκών διατάξεων και να ωφελήσουν την απόδοση τους ενισχύοντας την απορρόφηση ηλιακού φωτός με τον Τοπικό Επιφανειακό Συντονισμό Πλασμονίων (LSPR). Αποδείχθηκε ότι η ομοιογενής και σταθερή θέρμανση κατά τη διάρκεια της σύνθεσης είναι κρίσιμη παράμετρος για την επίτευξη στενών κατανομών μεγέθους των νανοσωματιδίων. Οι οπτικές ιδιότητες και η κατανομή μεγέθους των νανοσωματιδίων αργύρου ελέγχθηκαν με τεχνικές φασματοσκοπίας και μικροσκοπίας.

Σε δεύτερη φάση, δοκιμάστηκαν εμπορικά διαθέσιμα κολλοειδή διαλύματα νανοσωματιδίων αργύρου και χρυσού, γνωστής κατανομής μεγέθους, καθώς και νανοσωματίδια αργύρου τα οποία σχηματίστηκαν με τη φωτοαποδόμηση αργύρου με δέσμη Laser. Όλες οι προσεγγίσεις γίνονται σε φωτοβολταϊκές διατάξεις εργαστηριακής κλίμακας, κανονικής και ανεστραμμένης δομής, χρησιμοποιώντας στο φωτοενεργό στρώμα τους εξής ημιαγωγούς: το οργανικό πολυμερές/δότη ηλεκτρονίων P3HT (Poly(3-hexylthiophene)) και το φουλλερενικό παράγωγο/δέκτη ηλεκτρονίων PC60BM ([6,6]-phenyl-C61-butyric acid methyl ester).

Με την ενσωμάτωση πλασμονικών νανοσωματιδίων αργύρου και χρυσού επιτεύχθηκαν αυξήσεις στην απόδοση από 5% έως 16%. Η μεγαλύτερη αύξηση απόδοσης επιτεύχθηκε στα εργαστηριακής κλίμακας οργανικά φωτοβολταϊκά με χρήση του συνεργατικού μείγματος νανοσωματιδίων αργύρου και χρυσού το οποίο διευρύνει το εύρος της απορρόφησης φωτός. Τα αποτελέσματα ήταν αρκετά ικανοποιητικά δεδομένου ότι ο τοπικός επιφανειακός συντονισμός

πλασμονίων είναι δύσκολο να δώσει αυξήσεις πάνω από 20%.

Το μείγμα νανοσωματιδίων που έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα ενσωματώθηκε με την ίδια συγκέντρωση σε εύκαμπτη διάταξη ενεργής επιφάνειας ~50cm² η οποία αναπτύχθηκε πλήρως με εκτύπωση βαθυτυπίας (gravure printing). Η πλασμονικά ενισχυμένη εύκαμπτη διάταξη είχε αύξηση στην απόδοση κατά 14%, ποσοστό που μπορεί να εκτιμηθεί αρκετά στην περίπτωση των εύκαμπτων οργανικών φωτοβολταϊκών, τα οποία έχουν αρκετά χαμηλότερες αποδόσεις από αυτά της εργαστηριακής κλίμακας.



Εικόνα 1. Αρχιτεκτονικές δομές εύκαμπτων OPVs. Reference και AgNPs+AuNPs enhanced.

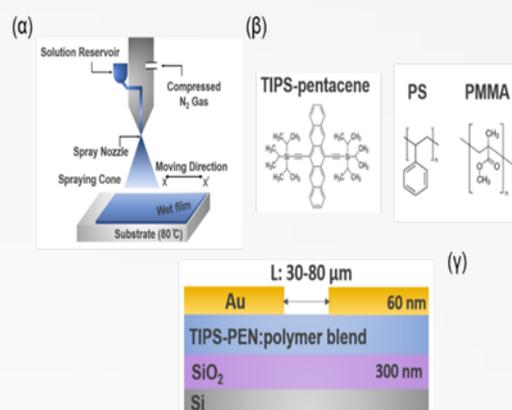


Χατζηγεωργίου Ευανθία
Απόφοιτη ΔΠΜΣ N&N

17. Ανάπτυξη και Χαρακτηρισμός Οργανικών Τρανζίστορ Επίδρασης Πεδίου Βασισμένα στον Ψεκασμό Μικρών Ημιαγωγίμων Μικρών Μορίων και Μονωτικών Πολυμερών

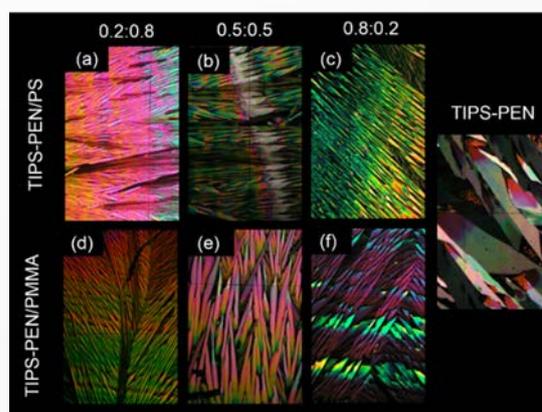
Η τεχνική επικάλυψης με ψεκασμό έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον των επιστημονικών ομάδων, λόγω της απλότητάς της, της συμβατότητάς της με την τεχνολογία μεγάλης κλίμακας Roll-to-Roll (R2R), καθώς και της ικανότητάς της

να εναποθέτει λειτουργικά οργανικά ημιαγωγά λεπτά υμένια, τόσο σε εύκαμπτα (flexible) όσο και σε στερεά (rigid) υποστρώματα. Έτσι, η τεχνική επικάλυψης με ψεκασμό έχει χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για την πραγματοποίηση μιας πληθώρας οργανικών διατάξεων και εφαρμογών, περιλαμβάνοντας τα οργανικά φωτοβολταϊκά στοιχεία (OPVs), τις οργανικές διόδους εκπομπής φωτός (OLEDs), τα οργανικά τρανζίστορ επίδρασης πεδίου (OFETs), καθώς και τα οργανικά κυκλώματα (inverters) και τους αισθητήρες (sensors). Πρόσφατα, διάφορες τεχνολογίες ψεκασμού έχουν αναπτυχθεί, όπως ο συμβατικός ψεκασμός (air-brush spraying), ο ηλεκτροψεκασμός (electrospraying) και ο υπερηχητικός ψεκασμός (ultra-sonic spraying), για τη δημιουργία υψηλής απόδοσης OFETs σε πλαστικά και σε γυάλινα υποστρώματα. Τα μικρά διαλυτά ακένια (small soluble acenes) έχουν αποδείξει ότι είναι υποσχόμενες (οργανικές) ενώσεις στο πεδίο των οργανικών ηλεκτρονικών, λόγω της διαλυτότητάς τους σε κοινούς οργανικούς διαλύτες, της εύκολης επεξεργασίας τους, της υψηλής απόδοσης τους σε εφαρμογές οργανικών τρανζίστορ επίδρασης πεδίου καθώς και της σταθερότητάς τους. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η συμβατική τεχνολογία ψεκασμού (βλέπε Σχήμα 1α) για την εναπόθεση μιγμάτων διαλυμάτων τα οποία βασίζονται στον οργανικό ημιαγωγό TIPS-PEN και τα μονωτικά πολυμερή PS και PMMA (βλέπε Σχήμα 1β). Η χρησιμοποίηση τέτοιων ανάμεικτων διαλυμάτων όχι μόνο οδήγησε σε ένα βελτιωμένο σχηματισμό υγρού υμενίου πάνω στα υποστρώματα αλλά επίσης επέτρεψε και τον έλεγχο της κρυσταλλικής συμπεριφοράς του οργανικού ημιαγωγού TIPS-PEN.



Σχήμα 1. (α) Σχηματική παρουσίαση της μεθόδου επικάλυψης με ψεκασμό (Spray-coating method) που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την μελέτη. (β) Μοριακές δομές του οργανικού ημιαγωγού TIPS-PEN και των μονωτικών πολυμερών PS και PMMA. (γ) Η bottom-gate top-contact αρχιτεκτονική κατασκευής των ψεκασμένων διατάξεων OFETs.

Χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές κατά βάρος αναλογίες ανάμειξης (0.2:0.8, 0.5:0.5, 0.8:0.2) του οργανικού ημιαγωγού (TIPS-PEN) και των μονωτικών πολυμερών (PS ή PMMA), ώστε να διερευνηθεί η επίδραση της αναλογίας ανάμειξης στη μορφολογία και την κρυσταλλικότητα των TIPS-PEN:PS και TIPS-PEN:PMMA μιγμάτων. Προκειμένου να διερευνησουμε την επίδραση της αναλογίας ανάμειξης στην κρυσταλλική μορφολογία των TIPS-PEN:PS και TIPS-PEN:PMMA υμενίων πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις πολωτικής οπτικής μικροσκοπίας (POM measurements), όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.

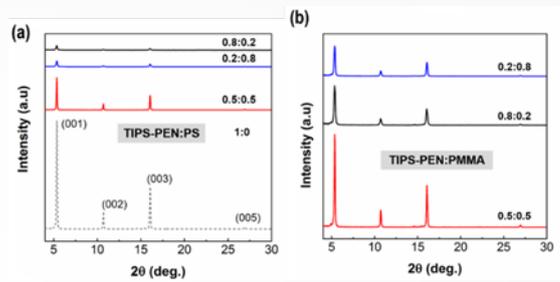


Σχήμα 2. Εικόνες πολωτικής οπτικής μικροσκοπίας των (α-γ) TIPS-PEN:PS και (δ-ζ) TIPS-PEN:PMMA υμενίων. (δεξιά): Εικόνα πολωτικής οπτικής μικροσκοπίας του ψεκασμένου καθαρού TIPS-PEN υμενίου (1:0 αναλογία ανάμειξης).

Τα TIPS-PEN:PS και TIPS-PEN:PMMA υμένια έδειξαν ισχυρή οπτική διπλοθλαστικότητα κάτω από το πολωμένο φως, υποδηλώνοντας τον σχηματισμό των TIPS-PEN κρυστάλλων στα “ανάμεικτα” υμένια. Τα ψεκασμένα καθαρά TIPS-PEN υμένια (pure sprayed TIPS-PEN films) έδειξαν υψηλά ανισότροπους κρυστάλλους με τυχαίο σχήμα και διαφορετικό μέγεθος κρυσταλλιτών, οδηγώντας στον σχηματισμό πολλών grain boundaries. Όταν το TIPS-PEN αναμιγνύεται με το μονωτικό πολυμερές PS ή PMMA παρατηρούμε βελτιωμένα κρυσταλλικά χαρακτηριστικά, ως προς το σχήμα, την ομοιομορφία και τον προσανατολισμό των κρυστάλλων στα TIPS-PEN:PS και TIPS-PEN:PMMA υμένια. Οι διακυμάνσεις στο χρώμα των κρυστάλλων οφείλονται σε ανομοιομορφίες στο πάχος τους. Για να διερευνήσουμε την επιφανειακή μορφολογία των TIPS-PEN:PS και TIPS-PEN:PMMA υμενίων, πραγματοποιήσαμε μετρήσεις μικροσκοπίας ατομικών δυνάμεων (AFM measurements). Όπως μπορεί να παρατηρηθεί στο σχήμα 3, και τα δύο συστήματα έδειξαν καλά σχηματισμένες, επιμήκεις TIPS-PEN κρυσταλλικές δομές στην άνω διεπιφάνεια των TIPS-PEN:PS και TIPS-PEN:PMMA υμενίων, υποδηλώνοντας τα αποτελεσματικά φαινόμενα διαχωρισμού φάσης ανάμεσα στα δύο συστατικά στα μίγματα.

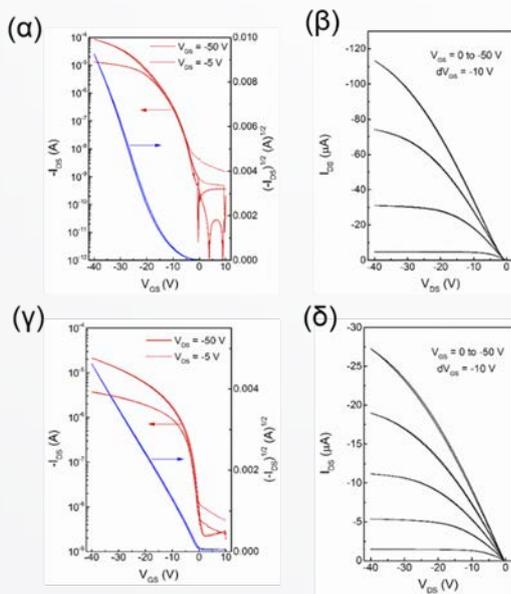
PEN:PMMA υμενίων στις αναλογίες ανάμειξης (d) 0.2:0.8, (e) 0.5:0.5 και (f) 0.8:0.2.

Η κρυσταλλικότητα των TIPS-PEN:PS και TIPS-PEN:PMMA υμενίων διερευνήθηκε εκτελώντας μετρήσεις περίθλασης με ακτίνες Χ. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τα φάσματα περίθλασης στο σχήμα 4, τα TIPS-PEN:PS και TIPS-PEN:PMMA υμένια παρουσίασαν μια σειρά από καλά καθορισμένες (001) κορυφές περίθλασης, υποδηλώνοντας τον σχηματισμό καλά οργανωμένων TIPS-PEN κρυσταλλικών δομών μέσα στα μίγματα.

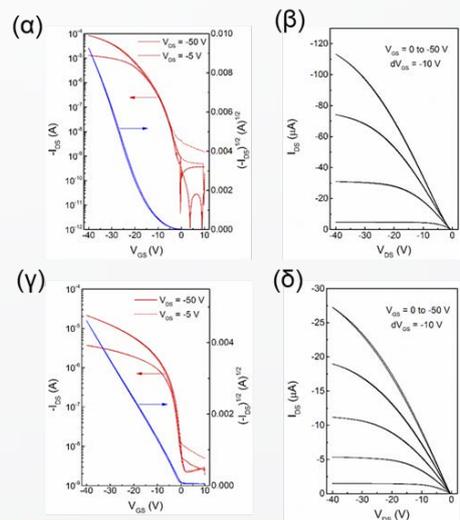


Σχήμα 4. Φάσματα περίθλασης ακτίνων Χ των (α) TIPS-PEN:PS και (β) TIPS-PEN:PMMA υμενίων.

Τα ψεκασμένα bottom-gate top-contact OFETs (βλέπε Σχήμα 1β) παρουσίασαν εξαιρετικές I-V ηλεκτρικές χαρακτηριστικές με μέγιστη τιμή ευκινησίας φορέων $1.3 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ για τα TIPS-PEN:PS μίγματα (0.8:0.2 αναλογία) και περίπου $0.5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ για τα TIPS-PEN:PMMA μίγματα (0.8:0.2 αναλογία). Στο σχήμα 5 παρουσιάζουμε τις καλύτερες καταγεγραμμένες I-V ηλεκτρικές χαρακτηριστικές μεταφοράς και εξόδου.



Σχήμα 3. AFM εικόνες τοπογραφίας των TIPS-PEN:PS υμενίων στις αναλογίες ανάμειξης (α) 0.2:0.8, (β) 0.5:0.5 και (γ) 0.8:0.2. AFM εικόνες τοπογραφίας των TIPS-



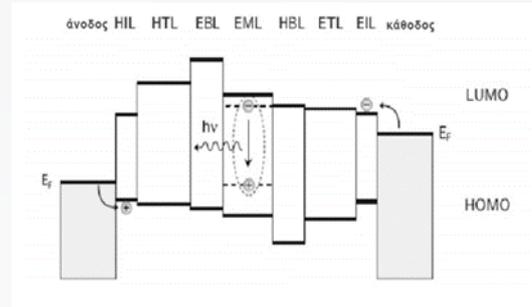
Σχήμα 5. I-V ηλεκτρικές χαρακτηριστικές (α) μεταφοράς και (β) εξόδου της καλύτερης TIPS-PEN:PS OFET διάταξης. I-V ηλεκτρικές χαρακτηριστικές (γ) μεταφοράς και (δ) εξόδου της καλύτερης TIPS-PEN:PMMA OFET διάταξης.

Επίσης, τα παραγόμενα OFETs πα-ρουσίασαν ON/OFF αναλογία ρευμάτων > 10⁴, σχεδόν μη-δενική τάση αναστροφής φορέων (V_{on} ≈ 0), ενώ έδειξαν και αμελητέα υστέρηση ρεύματος, υποδηλώνοντας την αποτελεσματική αυτό-παθητικοποίηση (self-passivation) του SiO₂ από τα μονωτικά πολυμερή (PS και PMMA). Σημειώνουμε ότι οι παραπάνω τιμές ευκινησίας φορέων είναι μεταξύ των υψηλότερων που έχουν αναφερθεί μέχρι σήμερα για τα ψεκασμένα OFETs με παρόμοια αρχιτεκτονική κατασκευής. Τα παραπάνω αποτελέσματα δείχνουν την εφαρμοσιμότητα της τεχνικής ψεκασμού για την ελεγχόμενη ανάπτυξη υψηλής απόδοσης OFETs, καθώς και τη δυναμικότητά της για αποδοτικές, χαμηλού κόστους και μεγάλης κλίμακας ηλεκτρονικές εφαρμογές.

Καϊμακάμης Τρύφων
Απόφοιτος ΔΠΜΣ N&N

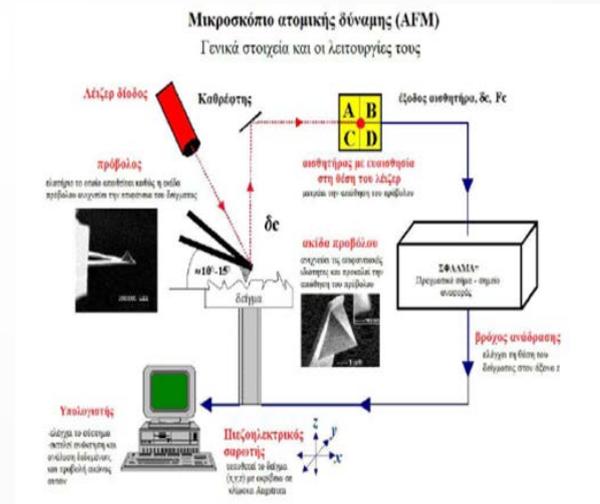
18. Μελέτη των νανοτοπογραφικών και νανοδομικών ιδιοτήτων υμενίων σε διατάξεις οργανικών διόδων εκπομπής φωτός (OLEDs) με στόχο τη βελτιστοποίηση της απόδοσης λειτουργίας τους

Για την εξασφάλιση της βέλτιστης λειτουργίας των σύγχρονων διατάξεων των οργανικών διόδων εκπομπής φωτός (OLEDs) είναι αναγκαία η ενδελεχής μελέτη των νανοτοπογραφικών και νανοδομικών ιδιοτήτων των επάλληλων υμενίων που αναπτύσσονται με τεχνικές υγρής χημείας και εκτύπωσης, τα οποία αποτέλεσαν την τελική πολυστρωματική δομή των διατάξεων οργανικών διόδων εκπομπής φωτός σε εύκαμπτα και άκαμπτα υποστρώματα.



Σχήμα 1. Ευθυγράμμιση ενεργειακών επιπέδων διαδοχικών υμενίων με σκοπό την επίτευξη υψηλών επιδόσεων σε πολυστρωματικά OLED.

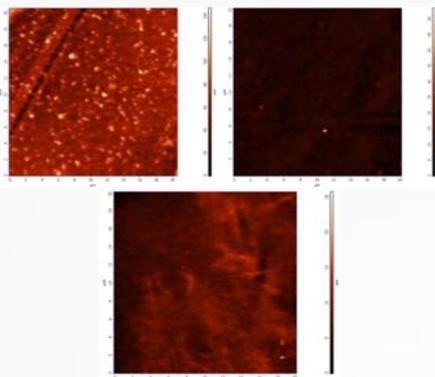
Για το σκοπό αυτό εφαρμόστηκε η τεχνική της Μικροσκοπίας Ατομικών Δυνάμεων. Στόχος της εργασίας ήταν η διερεύνηση των νανοτοπογραφικών και νανοδομικών ιδιοτήτων αλλά και του πάχους των επάλληλων στρωμάτων των OLED διατάξεων και η συσχέτισή τους με την απόδοση λειτουργίας των ολοκληρωμένων διατάξεων.



Σχήμα 2. Διάταξη AFM, με τυπικά εξαρτήματα καθώς και οι λειτουργίες τους.

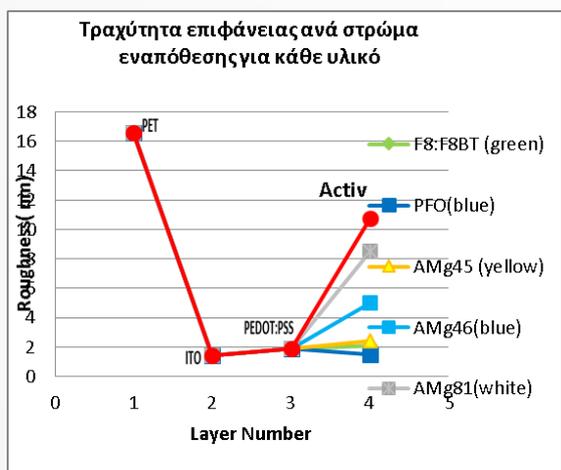
Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 10 ετών, η μικροσκοπία σάρωσης ακίδας έχει μετατραπεί από μια εξωτική τεχνική προσιτή σε περιορισμένο αριθμό ερευνητικών ομάδων σε ένα διαδεδομένο και αποτελεσματικό εργαλείο έρευνας των ιδιοτήτων επιφάνειας. Επί του παρόντος, σχεδόν κάθε έρευνα της επιφάνειας στον τομέα της φυσικής και της τεχνολογίας thin-film εφαρμόζει τις τεχνικές SPM. Η μικροσκοπία σάρωσης ακίδας έχει διαμορφώσει, επίσης, μια

βάση για την ανάπτυξη νέων μεθόδων στον τομέα της νανοτεχνολογίας, δηλαδή την τεχνολογία της δημιουργίας δομών σε νανο-κλίμακα. Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζονται μετρήσεις με μικροσκόπιο ατομικής δύναμης (AFM) σε OLEDs.



Σχήμα 3. Επιφάνειες διαφορετικών υλικών που εναποτέθηκαν διαδοχικά σχηματίζοντας μια διάταξη OLED.

Οι συγκεκριμένες διατάξεις έφεραν επανάσταση στον τομέα των οπτοηλεκτρονικών. Ωστόσο, τα οργανικά αυτά συστήματα είναι εναποτιθεμένα σε άκαμπτα υποστρώματα, συνήθως γυαλί, με αποτέλεσμα να περιορίζεται η λειτουργικότητά τους και οι εφαρμογές τους. Η σύγχρονη τάση στον τομέα αυτόν είναι η αντικατάσταση των άκαμπτων υποστρωμάτων με εύκαμπτα πολυμερικά υλικά.



Σχήμα 4. Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται η κατανομή των τραχυτήτων ανά στρώμα και ανά υλικό κατά τη διάρκεια χητισίματος από την αρχή του OLED.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα που θα προκύψει από την αλλαγή αυτή είναι οι νέες δυνατότητες χρήσης και παρασκευής που θα αποκτήσουν αυτές οι διατάξεις. Επίσης μελετάται η επιφανειακή ομοιομορφία των συγκεκριμένων διατάξεων, καθώς, επιστημονικώς, επιδιώκεται η ελάχιστη δυνατή ανομοιομορφία. Κατασκευάστηκαν οργανικές διατάξεις χρησιμοποιώντας πλήθος υλικών, δομών και μεθόδων παραγωγής με σκοπό τη διερεύνηση των πλέον κατάλληλων κατόπιν σύγκρισης μεταξύ τους.

Μούτσιος Ιωάννης
Απόφοιτος ΔΠΜΣ N&N

Βιοισθητήρες-Βιοηλεκτρονική

19. Βιοηλεκτρονικά βασισμένα σε αγωγή πολυμερή

Τα οργανικά τρανζίστορ πεδίου επίδρασης που περιλαμβάνουν μια λειτουργική ενδιάμεση βιολογική διεπιφάνεια, τοποθετημένα μεταξύ των διηλεκτρικών και των οργανικών στρώσεων ημιαγωγών, έχουν προταθεί πρόσφατα ως βιοισθητήρες που είναι ικανοί να ανιχνεύσουν το στοχευόμενο μόριο στην περιοχή χαμηλής συγκέντρωσης. Η μορφολογία και η δομή της στοιβαγμένης διπλοστοιβάδας, η οποία σχηματίζεται από την πρωτεϊνική βιομεμβράνη και τον υπερκείμενο οργανικό ημιαγωγό, μελετώνται στην παρούσα εργασία για διαφορετικές μεθόδους εναπόθεσης πρωτεϊνών.

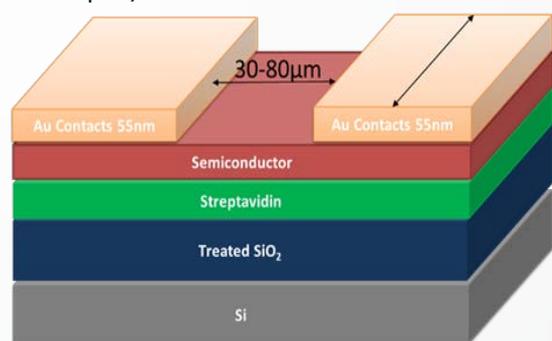
Ένας τυπικός OFET βιοισθητήρας είναι μια δομή στοιβαγμένων στρωμάτων αποτελούμενη από ένα διηλεκτρικό, ένα οργανικό ημιαγωγό και ένα σύστημα στοιχείων βιολογικής αναγνώρισης ενσωματωμένων στη δομή της συσκευής. Παρόλο που μια βιοηλεκτρονική αρχιτεκτονική θεωρείται ότι χρησιμοποιείται ως βιοισθητήρας, η πιο ευρέως προτεινόμενη δομή προβλέπει ένα στρώμα βιοπροσδιορισμού που εναποτίθεται πάνω από το στρώμα οργανικών ημιαγωγών. Η προσέγγιση αυτή, ωστόσο, μπορεί να

μην οδηγήσει σε πλήρως βελτιστοποιημένες επιδόσεις καθώς μπορεί να συμβεί το γεγονός της βιοαναγνώρισης μακριά από την περιοχή όπου πραγματοποιείται η ηλεκτρονική μεταφορά. Με σκοπό τη βελτίωση του επιπέδου απόδοσης της συσκευής, προτάθηκαν πρόσφατα νέοι βιοαισθητήρες OFET που περιλαμβάνουν μια λειτουργική βιολογική μεμβράνη (FBI-OFET). Σε τέτοιες δομές το στρώμα του στοιχείου βιολογικής αναγνώρισης βρίσκεται κάτω από την οργανική μεμβράνη ημιαγωγού, ακριβώς στη διεπαφή όπου συμβαίνει η αμφίδρομη μεταφορά του OFET.

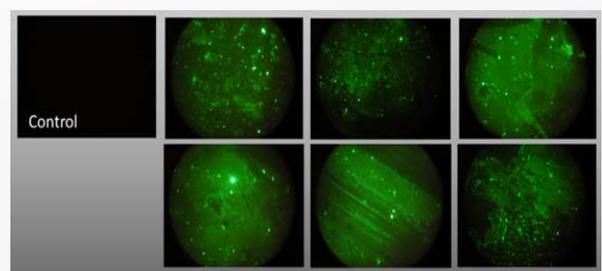
Πράγματι, οι συσκευές ανίχνευσης FBI-OFETs παρουσίασαν πρωτοφανές επίπεδο απόδοσης τόσο στην ευαισθησία, όσο και στο επίπεδο pM, την υψηλή εκλεκτικότητα, την ακρίβεια και την αναπαραγωγικότητα. Ωστόσο, όταν η συσκευή είναι εκτεθειμένη στα μόρια που πρόκειται να ανιχνευθούν (μόρια-στόχοι), αυτά χρειάζεται να διηθούν μέσω του στρώματος οργανικών ημιαγωγών σε κάθε στρώμα πρωτεΐνης, ώστε να προκληθεί το γεγονός αναγνώρισης το οποίο θα ανιχνευθεί. Αυτό εντοπίζεται ως μια από τις πιθανές παγίδες μιας δομής FBI-OFET, καθώς μόνο τα πολύ μικρά μόρια-στόχοι αναμένεται να φτάσουν εύκολα και γρήγορα στο στρώμα αναγνώρισης. Στην πράξη, αυτό έχει αποδειχθεί ότι δεν ισχύει, καθώς βιομόρια όπως η ινσουλίνη και η στρεπταβιδίνη, μια μεγάλη πρωτεΐνη, μπορούν και ρέουν μέσα από ένα στρώμα πολυ(3-εξυλοθειοφαινίου)-P3HT πάχους 20 nm. Ακόμα και τώρα, όμως, αυτό το ζήτημα δεν έχει πλήρως διασαφηνιστεί.

Μια από τις δομές των FBI-OFET που έχουν προταθεί μέχρι τώρα περιλαμβάνει ως βάση το P3HT και ένα στρώμα σύλληψης στρεπταβιδίνης (SA). Οι FBI-OFET προσφέρονται ως επιλεκτικοί ηλεκτρονικοί αισθητήρες χωρίς σήμανση (label free) για τη βιοτίνη, εκμεταλλευόμενοι την γνωστή πολύ ισχυρή σταθερά δέσμευσης SA-βιοτίνης. Οι ηλεκτρικές και αναλυτικές επιδόσεις αυτών των βιοαισθητήρων OFET, οι οποίες έχουν αξιολογηθεί σε προηγούμενα δημοσιευμένα έγγραφα, είναι εξαιρετικά υψηλές.

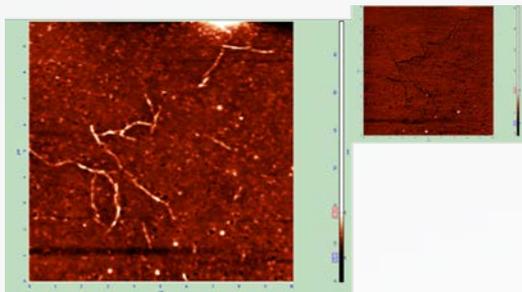
Σε αυτές τις συσκευές, τα μόρια δέσμευσης στρεπταβιδίνης εναποτίθενται σε μια διηλεκτρική επιφάνεια οξειδίου του πυριτίου μέσω τεχνικής spin-coating (Εικόνα 1B) ή LbL εναπόθεσης (Εικόνα 1C). Είναι γνωστό ότι η δομή ενός στρώματος αναγνώρισης πρωτεϊνών που είναι αγκυρωμένο στο διοξείδιο του πυριτίου μπορεί να επηρεάσει την απόδοση των βιοαισθητήρων, ιδίως όσον αφορά στην ευαισθησία και την επιλεκτικότητα. Από την άλλη πλευρά, η μορφολογία του οργανικού ημιαγωγού έχει μεγάλη σημασία για την κατασκευή συσκευών OFET με υψηλές ηλεκτρονικές επιδόσεις, ιδιαίτερα όσον αφορά στην κινητικότητα επιπέδου πεδίου και την αναλογία Ion/Ioff. Από την άποψη αυτή, είναι σημαντικό να εκτιμηθούν οι συνθήκες κατασκευής FBI-OFET που μπορούν να οδηγήσουν σε μια σταθερή δομή SA-P3HT. Το πιο σημαντικό είναι ότι οι ιδιότητες και η ποιότητα της διασύνδεσης διηλεκτρικού/οργανικού ημιαγωγού πρέπει να ελέγχονται καθώς επηρεάζουν έντονα την απόδοση και τη σταθερότητα της συσκευής. Παρόλα αυτά, δεν έχει προταθεί μέχρι στιγμής κάποια μελέτη σχετικά με τις διεπιφανειακές μορφολογικές και δομικές ιδιότητες του FBI-OFET.



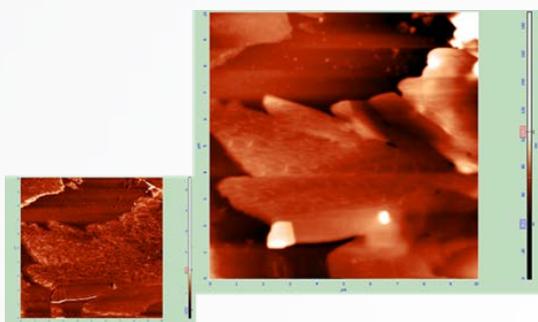
Εικόνα 1. Σχηματική όψη του βιοαισθητήρα FBI-OFET που περιλαμβάνει μια λειτουργική στρώση στρεπταβιδίνης που εναποτίθεται στην διηλεκτρική επιφάνεια SiO₂



Εικόνα 2. Εικόνες μικροσκοπίας φθορισμού λειτουργικότητας του βιολογικού στρώματος στρεπταβιδίνης που επικαλύπτεται από ημιαγωγικό στρώμα



Εικόνα 3. AFM τοπογραφία & φάση εναποτεθέντος P3HT σε διπλό στρώμα SA με spin-coating



Εικόνα 4. AFM τοπογραφία & φάση εναποτεθέντος TIPS Pentacene σε διπλό στρώμα SA με spin-coating

Σαλήμ Φαχούρι
Απόφοιτος ΔΠΜΣ N&N

20. Σύνθεση και χαρακτηρισμός Νανοσωματιδίων Πυριτίου με τη μέθοδο Αποδόμησης με Laser

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε σύνθεση νανοσωματιδίων πυριτίου μέσω της μεθόδου Αποδόμησης με laser σε υγρό περιβάλλον. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν ως κύρια υδατικά διαλύματα η ακετόνη και η αιθανόλη και στόχοι πυριτίου n-type και p-type, οι οποίοι ακτινοβολήθηκαν με δύο διατάξεις laser, εκ των οποίων το ένα έχει χρονική διάρκεια παλμού femtosecond και το άλλο nanosecond.

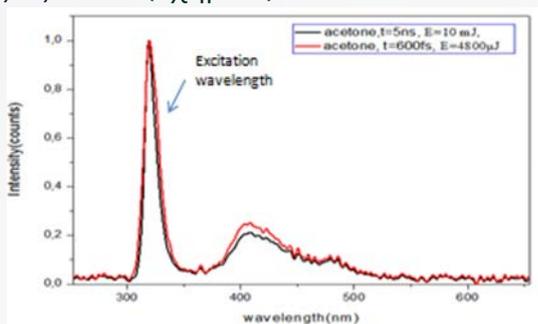
Γενικά, όσον αφορά στη σύνθεση των νανοσωματιδίων πυριτίου, επιβεβαιώθηκε πειραματικά η μεγάλη επίδραση που έχουν οι παράμετροι της ακτινοβολίας laser (ενέργεια δέσμης,

χρονική διάρκεια παλμού, διάρκεια ακτινοβολήσης κ.α.), αλλά και το περιβάλλον (διαλύτης) στα χαρακτηριστικά των νανοσωματιδίων. Στη συνέχεια, ελέγχθηκε η χημική σύνθεση των νανοσωματιδίων μέσω Φασματοσκοπίας Φωτοηλεκτρονίων από ακτίνες-X (XPS) και προσδιορίστηκαν οι οπτικές ιδιότητες των νανοσωματιδίων από τα φάσματα εκπομπής μέσω της μεθόδου Φασματοσκοπίας Φωτοφωταύγειας. Εξαιτίας της μορφολογίας και των χαρακτηριστικών των νανοσωματιδίων πυριτίου δημιουργείται εκπομπή στην φασματική περιοχή του ιώδους. Τέλος, προσδιορίστηκε ο αριθμός και το μέγεθος των σωματιδίων που σχηματίζονται μέσω της μεθόδου δυναμικής σκέδασης φωτός.

Αρχικά, κατά τον χαρακτηρισμό των σωματιδίων που σχηματίστηκαν σε διάλυμα ακετόνης με φασματοσκοπία φωτοηλεκτρονίων από ακτίνες-X, διαπιστώθηκε ότι τα σωματίδια που σχηματίζονται στο τελικό διάλυμα είναι μερικώς οξειδωμένα. Για το λόγο αυτό, επιλέχθηκε η μέθοδος αυτή και για το χαρακτηρισμό νανοσωματιδίων που παράχθηκαν σε διάλυμα ακετονιτριλίου, διαλύτη που δεν περιέχει οξυγόνο. Παρατηρήθηκε ότι και τα νανοσωματίδια που σχηματίζονται στο ακετονιτρίλιο είναι μερικώς οξειδωμένα, επομένως, προκύπτει το συμπέρασμα ότι η οξείδωση γίνεται ανεξάρτητα από την επιλογή του διαλύτη.

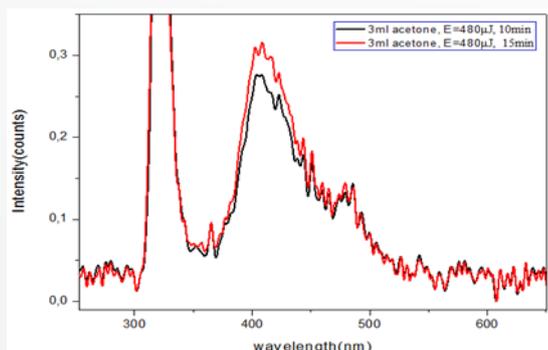
Στη συνέχεια, έγινε διερεύνηση διαφόρων παραμέτρων του laser που αφορούν την σύνθεση των σωματιδίων στο πώς επιδρούν στις οπτικές τους ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά τους. Πιο συγκεκριμένα, εξετάστηκε η χρονική διάρκεια του παλμού του laser, όπου σύμφωνα με τις μετρήσεις, η ακτινοβολήση με μικρή χρονική διάρκεια παλμών (fs) δίνει ένα τελικό διάλυμα με μεγαλύτερη ποσότητα σωματιδίων, σε σύγκριση με ακτινοβολήση μεγαλύτερης διάρκειας παλμών (ns). Επιπλέον, τα νανοσωματίδια που παράγονται με τα δύο συστήματα laser παρουσιάζουν κορυφή εκπομπής στην φασματική περιοχή 380-500nm, η οποία είναι αποτέλεσμα της ύπαρξης ατελειών στην επιφάνεια

των σωματιδίων, πιο συγκεκριμένα, της παρουσίας οξειδίων (Σχήμα 1).

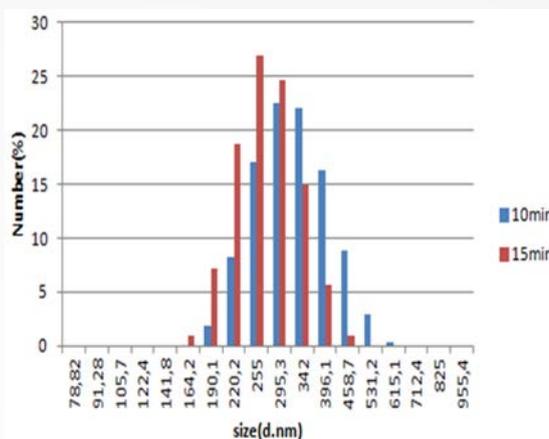


Σχήμα 1: Φάσματα φωτοφωταύγειας των νανοσωματιδίων που δημιουργήθηκαν με femtosecond laser (κόκκινη γραμμή) και με nanosecond laser (μαύρη γραμμή) για υψηλές τιμές ενέργειας

Η επόμενη παράμετρος του laser που διερευνήθηκε είναι ο χρόνος ακτινοβολήσης του στόχου πυριτίου, όπου παρατηρήθηκε ότι καθώς αυξάνεται ο χρόνος ακτινοβολήσης κατά τη διαδικασία της αποδόμησης, αυξάνεται ο αριθμός των σωματιδίων που σχηματίζονται στο τελικό διάλυμα, και τα σωματίδια παρουσιάζουν μικρότερο μέγεθος γιατί είναι σα να υφίστανται δεύτερη αποδόμηση. Επίσης, με την αύξηση του χρόνου ακτινοβολήσης παρατηρήθηκε σημαντική αλλαγή στο χρώμα του τελικού διαλύματος, πολύ πιο σκούρο από τα αρχικά, κάτι που δηλώνει τη μεγάλη συγκέντρωση των σωματιδίων. Τέλος, παρατηρήθηκε μεγαλύτερη εκπομπή ακτινοβολίας (σχήμα 2), και αυτό γιατί καθώς μειώθηκε το μέγεθος των νανοσωματιδίων (σχήμα 3), αυξήθηκε η επιφάνεια, επομένως και η δυνατότητα δημιουργίας περισσότερων οξειδίων, υπεύθυνων για την εκπομπή ακτινοβολίας στη φασματική περιοχή του ιώδους.



Σχήμα 2: Φάσματα φωτοφωταύγειας των νανοσωματιδίων πυριτίου p-type που παράχθηκαν για χρόνους ακτινοβολήσης 15min (κόκκινη γραμμή) και 10min (μαύρη γραμμή)



Σχήμα 3: Οι κατανομές μεγεθών σύμφωνα με τις μετρήσεις DLS των νανοσωματιδίων πυριτίου p-type που παράχθηκαν για χρόνο ακτινοβολήσης α) 15min (μπλε) β) 10min (κόκκινο)

Τέλος, τα θέματα που θα μας απασχολήσουν στο μέλλον διαφαίνονται να είναι η σύνδεση νανοσωματιδίων πυριτίου με επιφανειοδραστικά και η μελέτη της σταθερότητας των χαρακτηριστικών τους και των οπτικών ιδιοτήτων τους.

Τσελεκίδου Δέσποινα
Απόφοιτη ΔΠΜΣ N&N

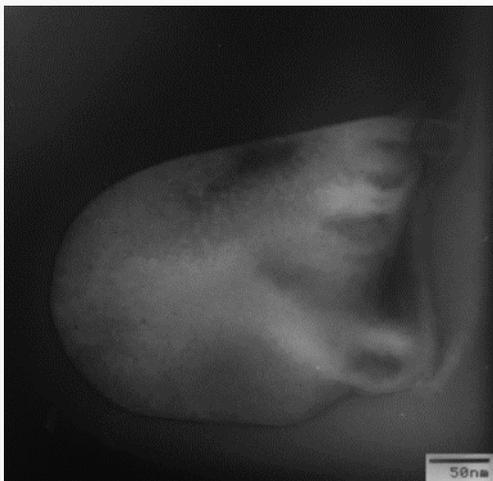
21. Ηλεκτρονική Κρυσταλλογραφία στη νανοκλίμακα: Προσδιορισμός των φάσεων στο νανοδομημένο θερμοηλεκτρικό σύστημα PbTe + 25%PbSnS2

Η συνεχής αύξηση των ενεργειακών αναγκών παγκοσμίως, ειδικά μετά την παγκόσμια έλλειψη πετρελαίου, έχει οδηγήσει στην αναζήτηση νέων εναλλακτικών πηγών ενέργειας μέσω θερμοηλεκτρικών διατάξεων. Η έρευνα στον θερμοηλεκτρισμό στοχεύει σε νέα υλικά για αυτόνομες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας σε εξειδικευμένες εφαρμογές. Τα υλικά αυτά έχουν πολλά πλεονεκτήματα, όπως το ότι είναι συ-

μπαγή, αθόρυβα στη λειτουργία τους, έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και περιορισμένες ανάγκες συντήρησης. Τα χαρακτηριστικά τους αυτά έχουν ως αποτέλεσμα τη χρήση τους σε μεγάλο εύρος εφαρμογών. Η απόδοσή τους, όμως, είναι αρκετά μικρή συνεπάγοντας την αναζήτηση νέων διεξόδων για ενίσχυσή της. Σκοπός της έρευνας είναι η αύξηση του δείκτη ποιότητας των θερμοηλεκτρικών διατάξεων (figure of merit - ZT). Μία λύση είναι η μείωση της θερμικής αγωγιμότητας πλέγματος με τη βοήθεια νανοδομών.

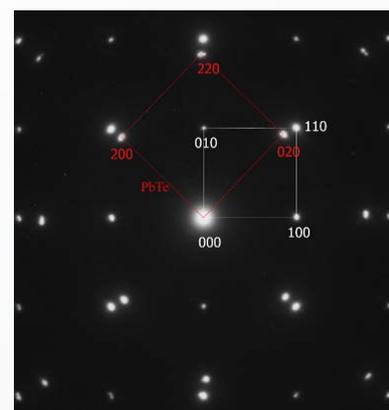
Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο την Ηλεκτρονική Κρυσταλλογραφία στη νανοκλίμακα και τον προσδιορισμό φάσεων του θερμοηλεκτρικού συστήματος $\text{PbTe}+25\%\text{PbSnS}_2$ με εργαλείο το Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διερχόμενης δέσμης (Transmission Electron Microscope - TEM). Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε μία σειρά πειραμάτων και καταγράφηκαν εικόνες χαμηλής μεγέθυνσης (Low Magnification Images), εικόνες περίθλασης (Electron Diffraction patterns - ED), καθώς επίσης και εικόνες Υψηλής Διακριτικής Ικανότητας (High Resolution Transmission Electron Microscopy Images - HRTEM).

Οι Εικόνες Χαμηλής Μεγέθυνσης αποδεικνύουν ότι το θερμοηλεκτρικό σύστημα $\text{PbTe}+25\%\text{PbSnS}_2$ είναι νανοδομημένο με νανοκρυστάλλους διαφόρων μεγεθών οι οποίοι δεν έχουν πάντα σαφείς διαχωριστικές επιφάνειες με το μητρικό υλικό. Ένας τέτοιος νανοκρύσταλλος απεικονίζεται στην Εικόνα 1.



Εικόνα 1. Εικόνα Χαμηλής Μεγέθυνσης που απεικονίζει νανοκρύσταλλο μέσα στο μητρικό υλικό.

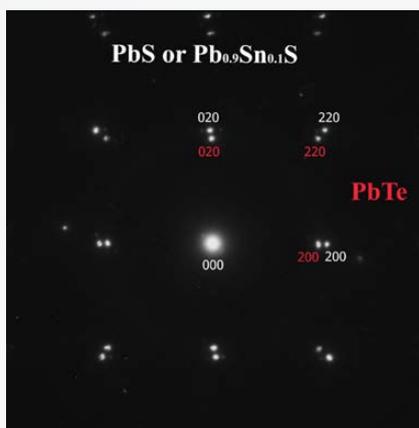
Οι εικόνες περίθλασης προέκυψαν είτε από πειράματα tilting ή με τη μέθοδο Precession Electron Diffraction (PED) για εξάλειψη του φαινομένου της διπλής περίθλασης. Οι εικόνες περίθλασης όλων των πειραμάτων προδίδουν ότι όλες οι υπάρχουσες φάσεις είναι μονοκρυσταλλοί. Μέσω των δεδομένων των εικόνων περίθλασης των πειραμάτων στροφής και των πειραμάτων Precession ταυτοποιήθηκε ως κυρίαρχο το υλικό PbSnS_2 , ενδοταξιακά ανεπτυγμένο μέσα στο μητρικό υλικό PbTe , και προσδιορίστηκαν οι ομάδες συμμετρίας χώρου στις οποίες ανήκουν οι εμφανιζόμενες φάσεις του. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε η εμφάνιση του PbSnS_2 με μορφή τριών διαφορετικών φάσεων A, B, C που περιγράφονται από τρία μοντέλα τα οποία έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία. Οι φάσεις A και B ανήκουν στις ομάδες συμμετρίας χώρου $\text{Pm}21n$ (No. 31) και $\text{Pmc}21$ (No. 26), αντίστοιχα. Η φάση C επιβάλλει κατασβέσεις των 00l ανακλάσεων με περιττό l. Το PbSnS_2 βρέθηκε ανεπτυγμένο ενδοταξιακά μέσα στο μητρικό υλικό και με πολύ καλό προσανατολισμό με αυτό, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.



Εικόνα 2. Εικόνα περίθλασης από πειράματα Precession Electron Diffraction με τη δέσμη ηλεκτρονίων παράλληλη στη διεύθυνση $[001]\text{PbSnS}_2$. Παρατηρείται καλός κρυσταλλογραφικός προσανατολισμός με το μητρικό υλικό.

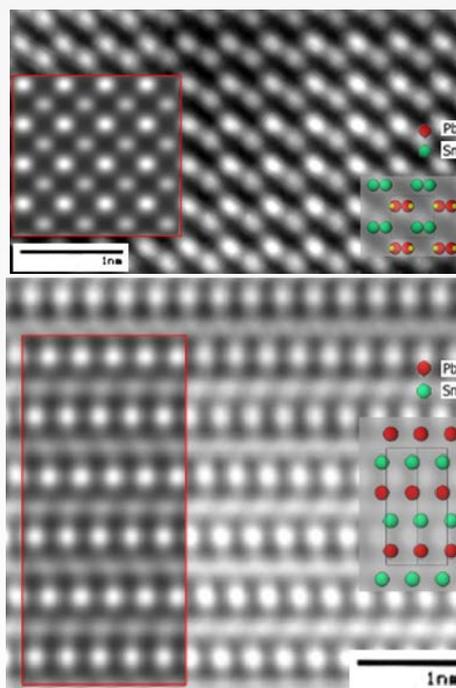
Επιπλέον, σημειώθηκε η ύπαρξη ακόμη μίας γνωστής κυβικής φάσης η οποία φαίνεται να

ταυτοποιείται ως ένα από τα δύο υλικά: $Pb_{0.9}Sn_{0.1}S$ ή PbS (Εικόνα 3).

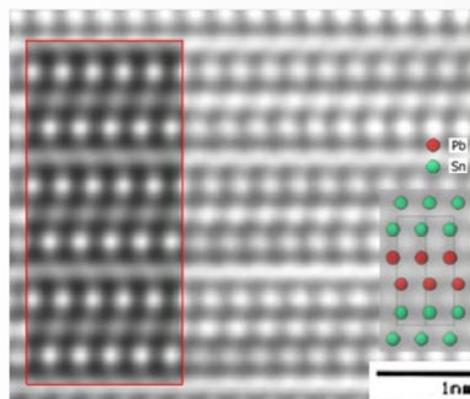


Εικόνα 3. Εικόνα περίθλασης από πειράματα *Precession Electron Diffraction* με τη δέσμη ηλεκτρονίων παράλληλη στη διεύθυνση $[001]PbTe$ του συστήματος $PbTe - PbS$ ή $PbTe - Pb_{0.9}Sn_{0.1}S$. Είναι εμφανής ο καλός κρυσταλλογραφικός προσανατολισμός με το μητρικό υλικό.

Ακόμη, έγινε μελέτη εικόνων Υψηλής Διακριτικής Ικανότητας. Οι HRTEM εικόνες υπέστησαν επεξεργασία μετασχηματισμού Fourier (FFT) και αντίστροφου μετασχηματισμού Fourier (IFFT) προς εξάλειψη θορύβου και βελτίωση της ποιότητάς τους. Εκτελέστηκαν προσομοιώσεις στο υπολογιστικό πρόγραμμα Jems, βασισμένες σε τρία θεωρητικά μοντέλα για τον ακριβή προσδιορισμό της κρυσταλλικής δομής της $PbSnS_2$ φάσης. Η $PbSnS_2$ φάση που περιγράφει το μοντέλο B και ανήκει στην ομάδα συμμετρίας χώρου $Pmc2_1$ (No. 26) παρατηρήθηκε σε δύο διαφορετικούς κρυσταλλογραφικούς προσανατολισμούς (Εικόνες 4 και 5), ενώ η φάση περιγραφόμενη από το μοντέλο C παρατηρήθηκε σε έναν προσανατολισμό (Εικόνα 5). Στις Εικόνες 4, στο πίσω μέρος, φαίνονται οι εικόνες HRTEM μετά από επεξεργασία. Αριστερά, εντός των κόκκινων πλαισίων, απεικονίζονται οι προσομοιωμένες HRTEM εικόνες που προέκυψαν από το πρόγραμμα προσομοιώσεων Jems, ενώ δεξιά στην κάθε εικόνα παρατίθεται σχηματικά η προβολή της δομής της αντίστοιχης φάσης. Αξιοσημείωτη είναι η πολύ καλή ομοιότητα των προσομοιωμένων εικόνων με τις βελτιωμένες πειραματικές εικόνες HRTEM.



Εικόνα 4.



Εικόνα 5.

Συνεπώς, συνδυάζοντας πειράματα περίθλασης ηλεκτρονίων (tilting και *Precession Electron Diffraction*) και εικόνες Υψηλής Διακριτικής Ικανότητας, έγινε ακριβής ταυτοποίηση των φάσεων του υλικού $PbSnS_2$ στη νανοκλίμακα. Όλες οι φάσεις που ταυτοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία έχουν τη δυνατότητα να ενισχύουν τη μείωση της θερμικής αγωγιμότητας πλέγματος. Έχει παρατηρηθεί ότι η ανάπτυξη υλικού πρόσμιξης $PbSnS_2$ σε μητρικό υλικό $PbTe$ μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της θερμικής αγωγιμότητας πλέγματος στο 0.8 W/mK , 30% κάτω από τη θερμική αγωγιμότητα του bulk $PbTe$. Συγκεκριμένα, η κρυσταλλική δομή του θερμοηλεκτρικού υλικού $PbSnS_2$ από μόνη της

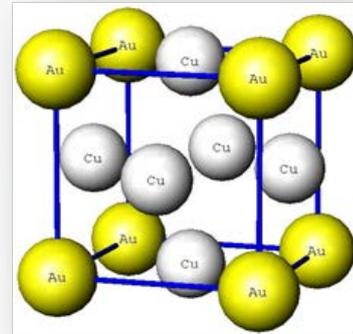
συμβάλλει με άριστο τρόπο προς αυτή την κατεύθυνση, καθώς τα επίπεδα κατά μήκος του c -άξονα με αυτές τις ιδιαίτερες διατάξεις ατόμων μετάλλου, παρουσιαζόμενα και βιβλιογραφικά ως επίπεδα μετατόπισης (displacement layers) είναι υπεύθυνα για την έντονη σκέδαση των φωνονίων που μεταφέρουν θερμότητα (heat-carrying phonons). Ακόμη, η ενδοταξιακή ανάπτυξη του $PbSnS_2$ στο $PbTe$ αποτελεί ευνοϊκό χαρακτηριστικό αφού προωθεί την εύκολη μεταφορά μεταφορέων σε όλο το δείγμα. Τέλος, το γεγονός ότι οι $PbSnS_2$ φάσεις παρατηρήθηκαν σε μορφή νανοκρυστάλλων διαφόρων μεγεθών ενισχύει τη σκέδαση φωνονίων κατάλληλου μήκους κύματος στις διαχωριστικές επιφάνειες φάσεων. Επομένως, θερμοηλεκτρικά συστήματα βασισμένα στα συγκεκριμένα υλικά οδηγούν σε θερμοηλεκτρικές διατάξεις με καλύτερη απόδοση εξαιτίας της αυξημένης σκέδασης φωνονίων.

Χρυσούλα Ιωαννίδου
Απόφοιτη ΔΠΜΣ N&N

22. Σύνθεση, επεξεργασία και χαρακτηρισμός νανοσωματιδίων $FeMnGa$ για εφαρμογές μόνιμων μαγνητών.

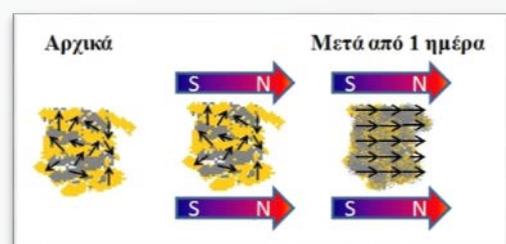
Στις μέρες μας, οι μόνιμοι μαγνήτες βρίσκουν χρήση σε πολλές εφαρμογές στην καθημερινότητα, όπως στα κινητά τηλέφωνα, στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, στη μαγνητική τομογραφία κ.α. Οι μοντέρνοι μαγνήτες υψηλής απόδοσης, αποτελούνται από διαμεταλλικές ενώσεις σπανίων γαιών. Οι ελλείψεις που σημειώθηκαν σε αυτές ανάγκασε την έρευνα να στραφεί σε υλικά τα οποία δεν αποτελούνται από σπάνιες γαίες, θεωρώντας ότι μπορούν να υπάρξει μία εναλλακτική λύση για εφαρμογές μόνιμων μαγνητών. Ποικίλα κράματα της κατηγορίας Heusler, βρίσκονται υπό μελέτη ως πι-

θανοί υποψήφιοι. Μεταξύ αυτών, η δυαδική ένωση Mn_xGa έχει κεντρίσει το ενδιαφέρον της ερευνητικής κοινότητας.



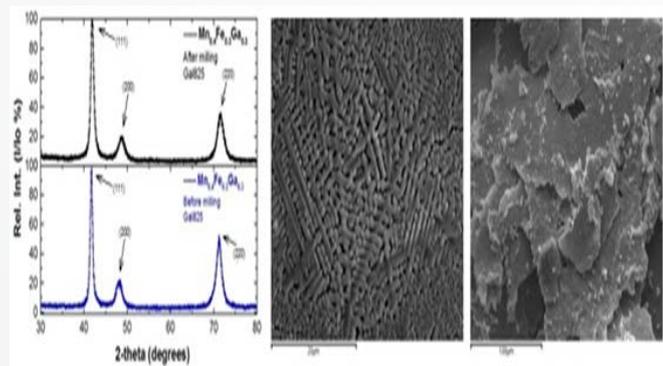
Εικόνα 1. Η κυβική fcc δομή, $L1_2$ με τύπο Cu_3Au , ΟΣΧ:221 και σταθερά κυψελίδας $a = 3.75\text{\AA}$

Μια μέθοδος βελτίωσης των μαγνητικών ιδιοτήτων των διαμεταλλικών ενώσεων είναι η εισαγωγή ενός μαγνητικού ατόμου όπως είναι ο σίδηρος, στη θέση ενός $3d$ μετάλλου. Στην παρούσα διπλωματική εργασία αντικαταστάθηκε ποσότητα μαγγανίου με σίδηρο. Κράματα στοιχειομετρίας $Mn_{0.4}Fe_{0.3}Ga_{0.3}$ παρασκευάστηκαν με την τεχνική της τήξεως τόξου (arc-melting), σε ατμόσφαιρα αργού υψηλής καθαρότητας (99.9%) κι έπειτα ακολουθήθηκε η τεχνική της ταχείας ψύξης περιστρεφόμενου τροχού (melt-spinning), προκειμένου να παραχθούν νανοδομημένες μεταλλικές ταινίες (ribbons). Στα δείγματα έγινε περαιτέρω κατεργασία (θερμική, μηχανική άλεση, μαγνητικός προσανατολισμός) προκειμένου να βελτιωθεί η μικροδομή των δειγμάτων και να αποκτήσουν μία φάση, με τις βέλτιστες δυνατές μαγνητικές ιδιότητες.



Εικόνα 2. Σχηματική αναπαράσταση της διαδικασίας του μαγνητικού προσανατολισμού του δείγματος που ακολουθείται και το επιθυμητό αποτέλεσμα αυτής. Αρχικά, η κατανομή των μαγνητικών ροπών είναι τυχαία. Λόγω της επίδρασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργούν οι μαγνήτες, οι μαγνητικές ροπές του δείγματος προσανατολίζονται στη διεύθυνση του πεδίου. Με γκρι χρώμα είναι το δείγμα σε μορφή σκόνης και με πορτοκαλί είναι η κόλλα.

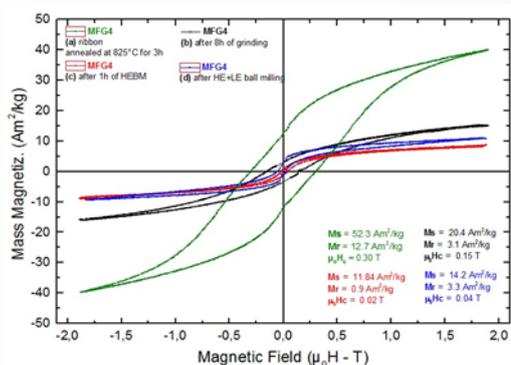
Η δομή των δειγμάτων μελετήθηκε με περίθλαση ακτινών-X και διαπιστώθηκε η κυβική ενδοκεντρωμένη (fcc) δομή, με τύπο L12. Μία εις βάθος ανάλυση της δομής πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης (SEM). Αυτό που διαπιστώθηκε για τα δείγματα, όπως αυτά παρασκευάστηκαν, ήταν η δενδριτική ανάπτυξη των μεταλλικών ταινιών. Όταν έλαβε χώρα η ανόπτηση και η μηχανική κατεργασία σε σφαιρόμυλο, διαπιστώθηκε ότι η φύση της ίδιας της ένωσης προτιμάει να δημιουργεί συσσωματώματα στις μεταλλικές ταινίες με αποτέλεσμα να σχηματίζονται νανοδομημένες νιφάδες (nanostructured flakes) αντί νανο-σωματιδίων. Η ένωση, με άλλα λόγια, ανθίσταται στη μηχανική κατεργασία στην οποία υποβλήθηκε και αντί να κατακερματίζεται σε μικρότερα μεγέθη, προτιμάει τη συνένωση των περιοχών, οι οποίες αποτελούνται από νανοκρυσταλλίτες. Από τα ακτινογραφήματα έγινε ο προσδιορισμός των νανο-κρυσταλλιτών με τη μέθοδο Debye-Scherrer και βρέθηκε ότι το μέγεθός τους ποικίλλει μεταξύ 5 και 18 nm.



Εικόνα 3. Αριστερά: Αποτέλεσμα της α-νάλυσης με περίθλαση ακτινών-X (XRD) για το δείγμα μετά την ανόπτηση (κάτω, μπλε διάγραμμα) και για το ανοπτημένο δείγμα

μετά από τις διαδικασίες άλεσης (επάνω, μαύρο διάγραμμα). Στο κέντρο: Εικόνα SEM, στο δείγμα όπως αυτό παρασκευάστηκε. Δεξιά: Εικόνα SEM για το δείγμα που υπέστη άλεση υψηλής και χαμηλής ενέργειας (HE & LE ball milling), σε κλίμακα 100 μm

Η χημική ανάλυση που έλαβε χώρα στα δείγματα, έδειξε ότι το υλικό είναι ομογενές, δίχως να υπάρχει κάποια περιοχή με διαφορετική χημική σύσταση. Η στοιχειομετρία βρέθηκε σχεδόν πανομοιότυπη με την ονομαστική, Mn_{40.4}Fe₂₉Ga_{30.6}. Μαγνητικές μετρήσεις συναρτήσεως της θερμοκρασίας και του πεδίου έλαβαν χώρα, χρησιμοποιώντας το μαγνητόμετρο δονούμενου δείγματος (VSM). Η μέγιστη τιμή που σημειώθηκε, όσον αφορά στη μαγνήτιση κόρου ήταν ίση με 52.3 Am²/kg, η μέγιστη παραμένουσα μαγνήτιση βρέθηκε ίση με 12.7 Am²/kg, ενώ η μέγιστη τιμή για το συνεκτικό πεδίο ήταν ίση με 0.3 T. Τέλος, παρουσιάζεται η επίδραση του μεγέθους των κόκκων στις μαγνητικές ιδιότητες του υλικού, εξαιτίας της άλεσης των δειγμάτων σε σφαιρόμυλο.



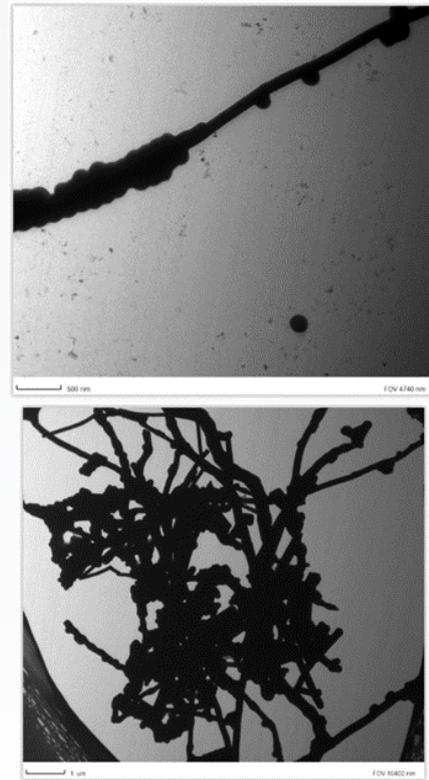
Εικόνα 4. Οι σημαντικότερες μαγνητικές μετρήσεις που έλαβαν χώρα, ανάλογα με την κατεργασία (θερμική, μηχανική) και τα αποτελέσματά τους.

Γεώργιος Σέμπρος
Απόφοιτος ΔΠΜΣ N&N

23. Νανοϋλικά και δομικά υλικά: Επίδραση των νανοϋλικών στη δομή και τις μηχανικές ιδιότητες των υλικών τσιμέντου

Τα προϊόντα τσιμέντου είναι πρωτεύοντα υλικά στον κλάδο των κατασκευών. Είναι τα υλικά κατασκευής που χρησιμοποιούνται πιο συχνά και ευρέως για τα διάφορα είδη υποδομών. Έχουν εξαιρετική θλιπτική ικανότητα, ωστόσο είναι γενικά πολύ εύθραυστα, και χαρακτηρίζονται από χαμηλή αντοχή σε εφελκυσμό. Στην παρούσα εργασία παρασκευάστηκαν νανοσύνθετα υλικά τσιμέντου και μελετήθηκαν οι ιδιότητές τους. Σκοπός της μελέτης είναι η ανάπτυξη νανοσύνθετων δομικών υλικών με υψηλή μηχανική αντοχή και χαμηλή διαπερατότητα (μειωμένη τριχοειδή απορρόφηση και χαμηλό πορώδες). Συγκεκριμένα, παρασκευάστηκαν τσιμεντοκονιάματα με βάση το λευκό τσιμέντο υψηλής αντοχής με την προσθήκη: α) νανοϊνών κυτταρίνης, β) νανοϊνών άνθρακα, γ) νανοσωλήνων άνθρακα και δ) οξειδίου του γραφενίου.

Κομβικό σημείο στην εργασία ήταν η επίτευξη κατάλληλης διασποράς των πρόσθετων νανοσωματιδίων στο νερό των συνθέσεων του τσιμέντου. Σε αυτό βοήθησε η χρήση πρόσμικτου πολυμερούς (SBR), το οποίο έχει το ρόλο του επιφανειοδραστικού στα νανοσωματίδια, μειώνει το απαιτούμενο νερό και προσφέρει εργασιμότητα. Ταυτόχρονα έγινε χρήση υπερήχων και ανάδευση. Για την επίτευξη της καλύτερης διασποράς μελετήθηκαν τρεις συνθέσεις με διαφορές στον τρόπο προσθήκης των νανοϋλικών στους υπερήχους και επιλέχθηκε η ανάδευση στους υπερήχους των νανοϋλικών που έχουν προστεθεί στο νερό μαζί με το πολυμερές, για μία ώρα, προσέχοντας να αποφευχθεί πιθανή αύξηση της θερμοκρασίας.



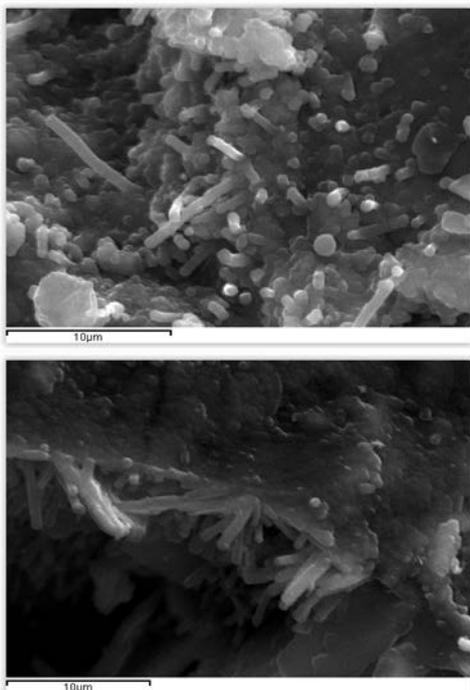
Εικόνα 1. Εικόνες TEM νανοϊνών άνθρακα/SBR μετά τους υπερήχους

Τα νανοϋλικά προστέθηκαν σε διάφορα ποσοστά από 1% έως 0,1% κ.β. τσιμέντου. Η επίδρασή τους διερευνήθηκε σε μία σειρά ιδιοτήτων κυρίως μηχανικών (στη μικροκλίμακα και τη νανοκλίμακα), δομικών και φυσικών.

Παράχθηκαν και μελετήθηκαν τσιμεντοκονιάματα ενισχυμένα με νανοϊνες κυτταρίνης σε ποσοστό 0,8% κ.β. τσιμέντου. Η σύνθεση συγκρίθηκε με τσιμεντοκονίαμα αναφοράς (ίδιων αναλογιών αλλά χωρίς νανοϊνες κυτταρίνης). Οι αντοχές της θλίψης και της κάμψης είχαν μια σημαντική μείωση για τη σύνθεση που περιέχει της νανοϊνες κυτταρίνης. Συγκεκριμένα, στις 90 ημέρες υπήρξε 18% μείωση της θλιπτικής αντοχής και 48% μείωση της καμπτικής. Από τις υπόλοιπες μηχανικές δοκιμές δεν παρουσιάστηκε κάποια βελτίωση καθώς όλες οι τιμές κυμαίνονταν κοντά σε αυτές της σύνθεσης αναφοράς. Συμπερασματικά, οι νανοϊνες κυτταρίνης δεν φάνηκε να συμβάλλουν στη βελτιστοποίηση των μηχανικών ιδιοτήτων των τσιμεντοκονιαμάτων.

Τσιμεντοκονιάματα ενισχυμένα με τέσσερα διαφορετικά ποσοστά νανοϊνών άνθρακα (1%,

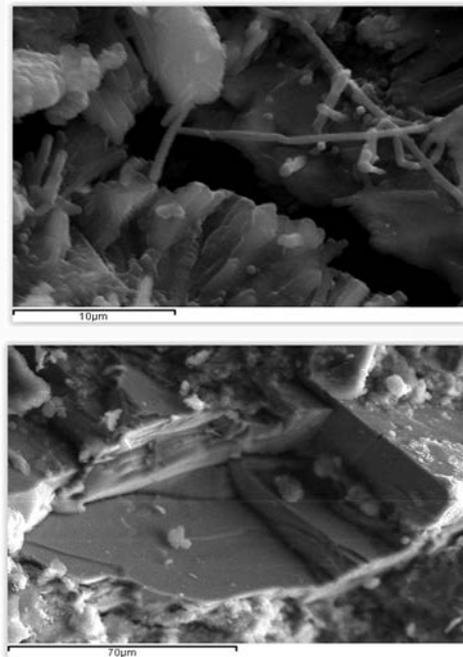
0,8%, 0,6% και 0,1%) παράχθηκαν. Η σύνθεση με 0,1% νανοϊνες άνθρακα έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα θλιπτικής αντοχής ενώ τις χαμηλότερες τιμές έδωσε η σύνθεση με το μεγαλύτερο ποσοστό νανοϊνών (1%). Το πορώδες και η τριχοειδής απορρόφηση της σύνθεσης με 1% νανοϊνες άνθρακα έδωσαν τις υψηλότερες τιμές. Ταυτόχρονα οι SEM απεικονίσεις αυτής της σύνθεσης δείχνουν τις νανοϊνες άνθρακα μαζεμένες σε σημεία καθώς και δημιουργία θυσάνων γεγονός που πιθανότατα προκαλεί τη δημιουργία ρωγμών. Συμπερασματικά, μικρότερο ποσοστό νανοϊνών άνθρακα φάνηκε να ενισχύει πιο αποτελεσματικά τη σύνθεση του τσιμέντου.



Εικόνα 2. Εικόνες SEM της νανοενισχυμένης με 1% νανοϊνες άνθρακα σύνθεσης τσιμέντου

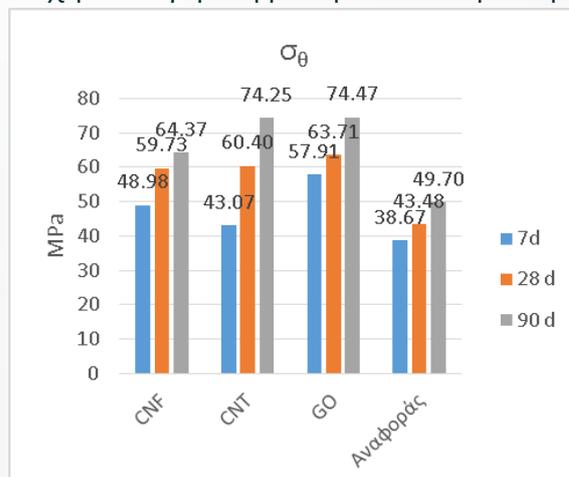
Συνθέσεις με 0,1% νανοσωλήνες άνθρακα και 0,1% οξείδιο του γραφενίου παράχθηκαν και μελετήθηκαν. Στη μελέτη με SEM οι νανοσωλήνες άνθρακα εντοπίστηκαν μεμονωμένοι αλλά και συγκεντρωμένοι σε σημεία. Όμως, δεν ήταν πλεγμένοι μεταξύ τους και είχαν διατηρήσει το μήκος τους. Η μικροδομή του νανοσύνθετου ενισχυμένου με οξείδιο του γραφενίου εμφανί-

ζει πολλές, μεγάλες, λείες επιφάνειες, σαν να κόπηκαν με μαχαίρι, με δομές που θυμίζουν πολυέδρα.



Εικόνα 3. Εικόνες SEM νανοενισχυμένης σύνθεσης τσιμέντου με: α) 0,1% νανο-σωλήνες άνθρακα και β) 0,1% οξείδιο του γραφενίου

Η σύγκριση των τριών συνθέσεων με 0,1% νανοϊνες άνθρακα, 0,1% νανοσωλήνες άνθρακα και 0,1% οξείδιο του γραφενίου έδειξε πως τη μεγαλύτερη θλιπτική αντοχή έδωσε η σύνθεση με GO, με τη σύνθεση με CNT να ακολουθεί από πολύ κοντά. Η σύνθεση με CNF αν και έδωσε ελαφρώς μειωμένη θλιπτική αντοχή από τις άλλες δύο νανοενισχυμένες συνθέσεις εξακολουθεί να έχει αισθητά βελτιωμένη θλιπτική αντοχή σε σύγκριση με την σύνθεση αναφοράς.



Εικόνα 4. Διάγραμμα θλιπτικής αντοχής των τριών νανοενισχυμένων συνθέσεων σε σύγκριση με σύνθεση αναφοράς για μετρήσεις 7, 28 και 90 ημερών

Τα νανοσωματίδια δεν φάνηκε να συνεισφέρουν στην αύξηση της καμπτικής αντοχής καθώς σε όλες τις μετρήσεις οι τιμές ήταν συγκρίσιμες με αυτές της αναφοράς, με την σύνθεση με CNTs να ακολουθεί πιο πιστά την αναφορά. Το πορώδες και στις τρεις νανοενισχυμένες συνθέσεις βελτιώθηκε με την πάροδο του χρόνου με παρόμοιο ρυθμό και δεν ακολούθησε καθόλου το πορώδες της σύνθεσης αναφοράς. Συμπερασματικά, και οι τρεις νανοενισχυμένες συνθέσεις έχουν βελτιωμένα μηχανικά χαρακτηριστικά με καλύτερα αυτά των νανοενισχυμένων συνθέσεων με GO και CNT.

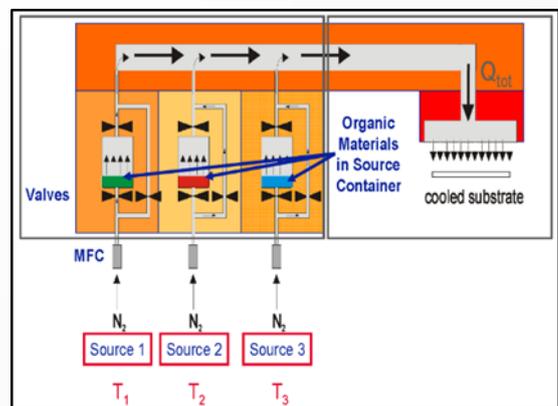
Τέλος, από τα πειράματα nanoindentation στο τσιμεντοκονίαμα ενισχυμένο με οξείδιο του γραφενίου παρατηρήθηκε έντονη διαφοροποίηση των μηχανικών ιδιοτήτων των δύο περιοχών του δείγματος, του τσιμέντου και του αδρανούς, καθώς επίσης μεγάλη διαφοροποίηση στη σκληρότητα των δύο περιοχών.

Τζιλέρογλου Χρύσα
Απόφοιτη ΔΠΜΣ N&N

24. Τεχνολογία Εναπόθεσης Ατμών Οργανικής Φάσης (Organic Vapor Phase Deposition - OVPD)

Η τεχνολογία των οργανικών φωτοβολταϊκών έχει καθιερωθεί ως ένας ταχέως αναπτυσσόμενος και εξελισσόμενος τομέας της εφαρμοσμένης έρευνας. Οι οργανικές ηλεκτρονικές διατάξεις στοχεύουν στο να κερδίσουν μια αξιόλογη θέση στην αγορά αντικαθιστώντας σε μεγάλο βαθμό τις ηλεκτρονικές διατάξεις που βασίζονται σε ανόργανους ημιαγωγούς όπως το πυρίτιο. Το μεγάλο κόστος παραγωγής και επεξεργασίας του πυριτίου, καθιστά την ανεύρεση φθηνότερων υλικών και μεθόδων πολύ ελκυστική. Μεγάλος αριθμός τεχνολογιών και τεχνικών ε-

ναπόθεσης οργανικών λεπτών υμενίων έχουν εφευρεθεί και εξελιχθεί. Μια από τις ραγδαία αναπτυσσόμενες τεχνολογίες που παρέχει η εταιρεία AIXTRON είναι η Organic Vapor Phase Deposition - OVPD που χρησιμοποιείται κυρίως στην κατασκευή OLEDs. Στην τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται αδρανές αέριο για τη μεταφορά των ατμών του οργανικού υλικού για την εναπόθεση λεπτών υμενίων μικρών μορίων. Ο συνδυασμός της τεχνολογίας OVPD με το Close Coupled Showerhead - CCS, εγγυάται την ομοιογενή και ομοιόμορφη εναπόθεση των οργανικών λεπτών υμενίων σε μεγάλες περιοχές, χωρίς μεγάλη απώλεια υλικού, όπως συμβαίνει στην τεχνική θερμικής εξάχνωσης κενού, VTE. Η τεχνολογία αυτή είναι πλήρως κλιμακούμενη, όπως έχει ήδη αποδειχθεί με την κατασκευή υψηλής ποιότητας OLEDs και OPVs εργαστηριακής κλίμακας. Η διαδικασία μετάβασης από μέγεθος διατάξεων εργαστηριακής κλίμακας σε μεγαλύτερο μέγεθος διατηρώντας τις ιδιότητες της διάταξης, είναι πολύ απαιτητική και δύσκολα εφικτή.

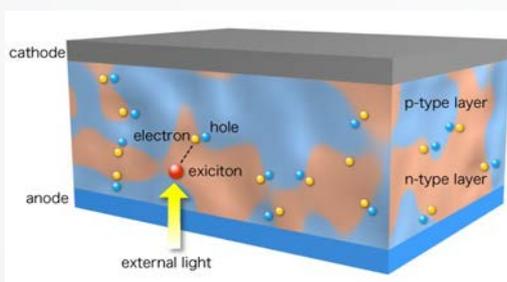


Εικόνα 1: Αρχή λειτουργίας OVPD

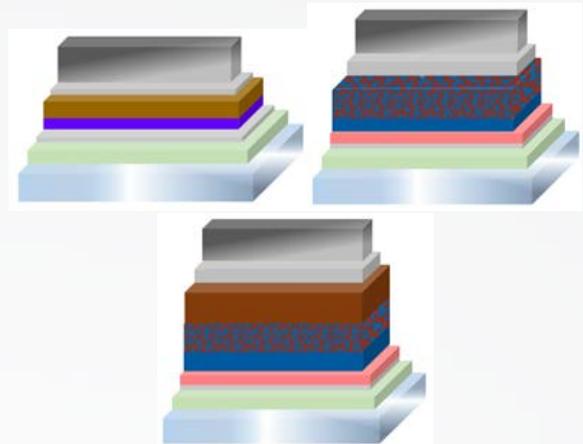
Το σύστημα OVPD που εγκαταστάθηκε στο εργαστήριο LTFN του ΑΠΘ, ολοκληρώθηκε σε μια μοναδική σε ολόκληρο τον κόσμο πιλοτική γραμμή που διαθέτει in-situ φασματοσκοπική ελλειψομετρία και φασματοσκοπία Raman για τον έλεγχο των οπτικών και μορφολογικών ιδιοτήτων των λεπτών οργανικών και ανόργανων υμενίων που αναπτύσσονται. Η πιλοτική αυτή γραμμή χρησιμοποιήθηκε για την κατα-

σκευή OPVs μικρών μορίων σε μεγάλα υποστρώματα (200 x 200 mm) με επιτυχία και αποδείχθηκε η δυνατότητα εφαρμογής της τεχνικής OVPD στην κατασκευή οργανικών φωτοβολταϊκών με ενεργές περιοχές μέχρι και 52 cm². Η μοναδικότητα του επιτεύγματος οφείλεται στο γεγονός ότι για πρώτη φορά παρουσιάζονται λειτουργικά φωτοβολταϊκά κελιά τέτοιων διαστάσεων που να έχουν αναπτυχθεί με την τεχνική OVPD. Δεδομένου ότι η τεχνολογία OVPD είναι κλιμακούμενη, και άρα μπορεί να φτιαχτεί διάταξη της ίδιας ποιότητας τόσο σε μικρό όσο και σε μεγάλο σύστημα, το επίτευγμα αυτό ανοίγει το δρόμο για τη βελτίωση της τεχνολογίας, ώστε να είναι έτοιμη για ακόμα μεγαλύτερες εμπορικές εφαρμογές.

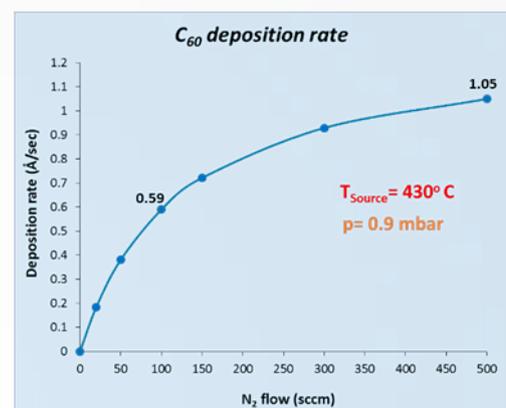
Λεπτά υμένια οργανικών μικρών μορίων ημιαγωγών αναπτύχθηκαν με την τεχνική OVPD για την κατασκευή οργανικών φωτοβολταϊκών διατάξεων με μεγάλη ενεργό περιοχή. Τα γνωστά και ευρέως χρησιμοποιούμενα μόρια CuPc και ZnPc χρησιμοποιήθηκαν ως φωτοενεργά υλικά (δότες ηλεκτρονίων), ενώ το φουλλερένιο C60 χρησιμοποιήθηκε ως δέκτης ηλεκτρονίων. Κατασκευάστηκαν φωτοβολταϊκές διατάξεις με τρεις διαφορετικές αρχιτεκτονικές: bilayer ή επίπεδη ετεροεπαφή, η οποία είναι και η απλούστερη δομή, η Bulk Heterojunction – BHJ δομή όπου το φωτοενεργό στρώμα αποτελείται από μίγμα του δότη και του δέκτη ηλεκτρονίων, και η υβριδική Planar Mixed-Molecular Heterojunction δομή - PMM-HJ που ουσιαστικά αποτελεί συνδυασμό της bilayer και της BHJ δομής.



Εικόνα 2: Λειτουργία των οργανικών φωτοβολταϊκών



Εικόνα 3: Bilayer, BHJ, PMM-HJ



Εικόνα 4: Καμπύλη ρυθμού εναπόθεσης C60 σε σχέση με τη ροή

Ο ρυθμός εναπόθεσης των οργανικών λεπτών υμενίων γίνεται με βαθμονόμηση των πηγών του συστήματος μέσω διαδοχικών αναπτύξεων με διαφορετική ροή αδρανούς αερίου μέσω της πηγής. Εν συνεχεία, προσδιορίζεται το πάχος των υμενίων που αναπτύχθηκαν με χρήση της Φασματοσκοπικής Ελλειψομετρίας απ' όπου προκύπτουν και οι οπτικές και μορφολογικές ιδιότητες των υμενίων. Το υπολογισμένο πάχος διαιρεμένο με τον χρόνο ανάπτυξης μας δίνει τον ρυθμό εναπόθεσης.

Η θερμοκρασία υποστρώματος κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης και η θερμική ανόπτηση των διατάξεων μετά την ολοκλήρωσή τους, επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την απόδοση και τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά τους. Αλλαγές στη μορφολογία και την κρυσταλλικότητα των οργανικών υμενίων οδηγούν σε διαφοροποίηση των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών των διατάξεων.

Η μορφολογία των υμενίων εξαρτάται κατά κύριο λόγο από το ρυθμό εναπόθεσης και τη θερμοκρασία υποστρώματος. Η επίδραση του ρυθμού εναπόθεσης στην επιφανειακή τοπογραφία φαίνεται από τις μετρήσεις μικρο-σκοπίας ατομικών δυνάμεων – AFM.

Η μορφολογία των οργανικών λεπτών υμενίων τροποποιείται εμφανώς με αλλαγή του ρυθμού εναπόθεσης. Το rms roughness στην περίπτωση του υψηλού ρυθμού εναπόθεσης είναι 1,80nm σε σχέση με τα 2,07nm στο υμένιο με τον αργό ρυθμό εναπόθεσης. Εκτός από την επίδραση του ρυθμού εναπόθεσης στη μορφολογία των υμενίων έχει ληφθεί υπόψη και η επίδραση της θερμοκρασίας υποστρώματος στη μορφολογία και τις δομικές ιδιότητες των λεπτών υμενίων οι οποίες επηρεάζουν τις ηλεκτρικές και οπτικές τους ιδιότητες.

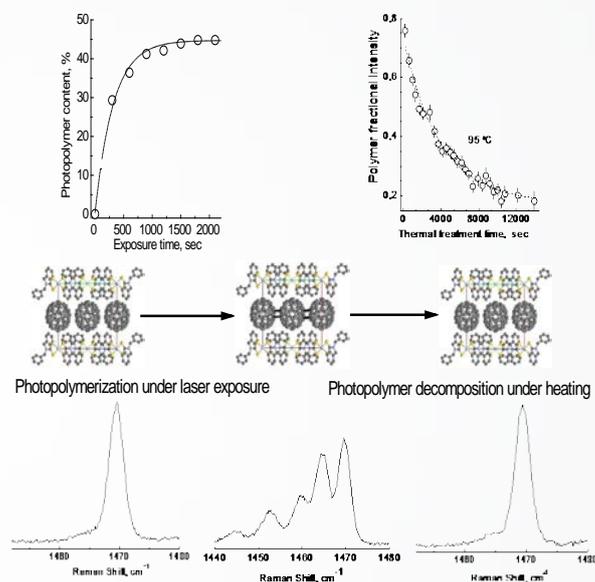
Όπως διαπιστώθηκε από τις αναπτύξεις bilayer, BHJ και PMM-HJ OPVs, η θερμοκρασία υποστρώματος κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και εν τέλει την απόδοση των φωτοβολταϊκών. Διαπιστώθηκε, επίσης, ότι στην BHJ δομή εμφανίζεται η υψηλότερη τιμή ρεύματος και η χαμηλότερη τιμή τάσης, ενώ η Bilayer δομή εμφανίζει το χαμηλότερο ρεύμα και την υψηλότερη τάση. Η PMM-HJ δομή εμφανίζει ενδιάμεσες τιμές ρεύματος και τάσης σε σχέση με την Bi-layer και την BHJ δομή, κάτι που είναι αναμενόμενο για τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των δομών αυτών.

Αλέξης Παπαμιχαήλ
Απόφοιτος ΔΠΜΣ N&N

25. Μελέτη με φασματοσκοπία Raman του σχηματισμού φωτοπολυμερών στο σύμπλοκο φουλερένιο {Pt(dbdct)₂}-C₆₀ καθώς και της διάσπασής τους κατά τη θερμική κατεργασία

Ο πολυμερισμός των μορίων C₆₀ λαμβάνει χώρα μέσω αντιδράσεων κυκλοπροσθήκης

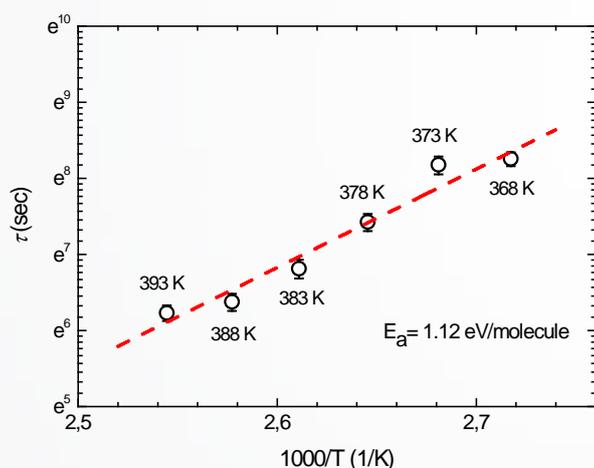
[2+2] που αφορούν στη διάσπαση διπλών ενδομοριακών δεσμών και τον σχηματισμό ομοιοπολικών διαμοριακών. Η εξέλιξη των φασμάτων Raman του συμπλόκου φουλερενίου {Pt(dbdct)₂}-C₆₀ κατά την ακτινοβόλησή του με δέσμη laser μήκους κύματος 633 ή 785 nm, χαρακτηρίζεται από τη σημαντική ελάττωση της έντασης του ενδομοριακού τρόπου δόνησης Ag(2) του μονομερούς C₆₀. Ταυτόχρονα, στην ίδια συχνотική περιοχή εμφανίζονται αντίστοιχες κορυφές που αφορούν σε πολυμερείς δομές του C₆₀ (διμερή, γραμμικές αλυσίδες και διδιάστατα πολυμερή), με κυρίαρχη κορυφή αυτή του διμερούς C₆₀ (Εικόνα 1).



Εικόνα1. Φωτοπολυμερισμός του συμπλόκου φουλερενίου {Pt(dbdct)₂}-C₆₀ και διάσπαση των φωτοπολυμερών κατά τη θέρμανσή στους 95 °C

Η θερμική κατεργασία των πολυμερών οδηγεί στη σταδιακή τους διάσπαση και την αποκατάσταση της μονομερούς φάσης (Εικόνα 1). Η αύξηση της θερμοκρασίας επιταχύνει τη διαδικασία της διάσπασης των πολυμερών. Η συμπεριφορά αυτή είναι τυπική των χημικών αντιδράσεων και έχει παρατηρηθεί για τη θερμική διάσπαση όλων των πολυμερών φουλερενίων. Η ενέργεια ενεργοποίησης της αντίδρασης, δηλαδή το ενεργειακό φράγμα για τη διάσπαση των διαμοριακών ομοιοπολικών δεσμών, υπολογίστηκε με βάση τα πειραματικά δεδομένα και το σχετικό διάγραμμα Arrhenius στα 1.12

eV/molecule (Εικόνα 2). Η τιμή αυτή είναι ελαφρώς μικρότερη από αυτήν του φωτοπολυμερισμένου C60 (1.25 eV/molecule) αλλά σημαντικά μικρότερη από τις αντίστοιχες των κρυσταλλικών διμερών και πολυμερών του C60 που προέκυψαν από τη θερμική του κατεργασία υπό υψηλή πίεση (1.7-1.9 eV/molecule). Η θερμοκρασία που απαιτείται για την ολική διάσπαση των φωτο-ολιγομερών στο {Pt(dbdtc)₂·C60 υπολογίζεται στους ~120°C ενώ η αντίστοιχη για το κρυσταλλικό διμερές του C60 στους ~180°C και των πολυμερών του στους ~280°C. Η μικρότερη ευστάθεια των φωτο-πολυμερών του συμπλόκου φουλερενίου αποδίδεται στην παρουσία των οργανομεταλλικών μορίων ανάμεσα στα επίπεδα των μορίων C60, η οποία οδηγεί στην αύξηση των αποστάσεων μεταξύ των μορίων και την ευκολότερη διάσπαση των ομοιοπολικών διαμοριακών δεσμών.



Εικόνα 2. Διάγραμμα Arrhenius της εκθετικής σταθεράς χρόνου συναρτήσει της θερμοκρασίας κατεργασίας

Βέλκος Γεώργιος
Απόφοιτος ΔΠΜΣ Ν&Ν

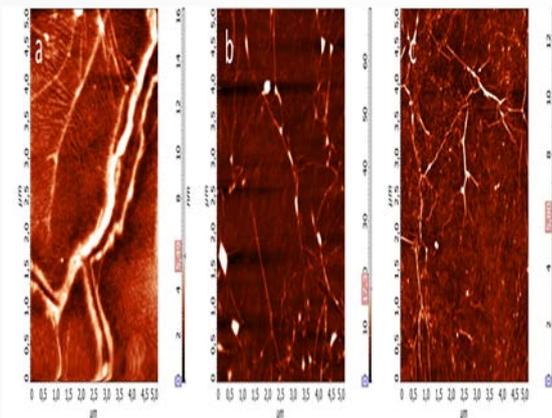
Γραφένιο

26. Μεταφορά υμενίων γραφενίου για ανάπτυξη ηλεκτροδίων βασισμένα στο γραφένιο

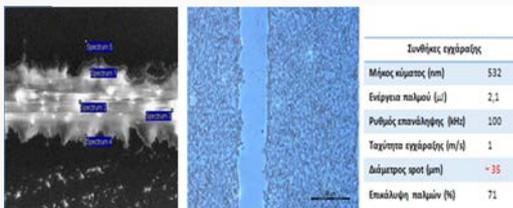
Η απομόνωση του γραφενίου το 2004 άνοιξε το δρόμο στην εποχή των διδιάστατων υλικών. Το 2010 το βραβείο Nobel φυσικής απονεμήθηκε στους A. Geim και K.S. Novoselov για την απομόνωση και μελέτη ενός μονοατομικού φύλλου γραφίτη. Από τότε μέχρι και σήμερα έχει συντελεστεί τεράστια πρόοδος στην τεχνολογία ανάπτυξης του γραφενίου, όπου η ανάπτυξη είναι πλέον εφικτή σε μεγάλη κλίμακα. Λόγω των πολύ καλών μηχανικών του ιδιοτήτων, της διαφάνειάς του, της αγωγιμότητάς του και του ολόένα και χαμηλότερου κόστους παραγωγής, το γραφένιο αποτελεί ένα από τα πιο ελκυστικά υλικά για εφαρμογή του ως διαφανές αγωγίμο ηλεκτρόδιο σε εφαρμογές, όπως οι εύκαμπτες Οργανικές Διατάξεις Εκπομπής Φωτός (Organic Light Emitting Diodes, OLEDs) καθώς και τα εύκαμπτα οργανικά φωτοβολταϊκά (Organic Photovoltaic, OPVs). Παρά την ταχύτατη τεχνολογική πρόοδο, η ενσωμάτωση του γραφενίου σε τέτοιες εφαρμογές παρουσιάζει αρκετές προκλήσεις. Η βασικότερη εξ' αυτών είναι η μεταφορά του από τα υποστρώματα ανάπτυξης, σε υποστρώματα κατάλληλα για ανάπτυξη διατάξεων. Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε ανάπτυξη και σύγκριση τριών τεχνικών μεταφοράς γραφενίου το οποίο έχει αναπτυχθεί σε λεπτά υμένια χαλκού. Τα υμένια χαλκού δημιουργούνται με εξάχνωση επάνω σε δισκία πυριτίου. Χρησιμοποιήθηκαν τρία υποστηρικτικά πολυμερή: Thermal Release Tape, PMMA και PVA. Από τη μελέτη και σύγκριση των δειγμάτων με φασματοσκοπία Raman, μικροσκοπία ατομικών δυνάμεων και οπτική μικροσκοπία βρέθηκε ότι το PMMA οδηγεί στην αποτελεσματικότερη μεταφορά των υμενίων γραφενίου. Επίσης, η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε για την επι-

στοίβαση δύο και τριών υμενίων γραφενίου, όπως επιβεβαιώθηκε από τη φασματοσκοπία Raman.

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας, πραγματοποιήθηκε μελέτη της εγχάραξης του γραφενίου με laser βραχέων παλμών (picosecond). Από τη μελέτη των εγχαράξεων σε δύο μήκη κύματος 1064 nm και 532 nm διαπιστώθηκε ότι η εγχάραξη του γραφενίου στα 532 nm είναι πιο αποτελεσματική καθώς δεν προκαλεί αποκόλληση του υποστρώματος. Παράλληλα με την αύξηση της ενέργειας τα όρια της εγχάραξης βελτιώνονται. Ο συνδυασμός μιας αξιόπιστης τεχνικής για τη μεταφορά του γραφενίου με την εγχάραξή του με χρήση laser μπορεί να παίξει καταλυτικό ρόλο στην ανάπτυξη εφαρμογών με χρήση ηλεκτροδίων γραφενίου.



Σχήμα 1: Εικόνες AFM της μορφολογίας δειγμάτων γραφενίου που μεταφέρθηκαν σε υπόστρωμα πυριτίου με τη χρήση τριών διαφορετικών πολυμερών, α) Thermal Release Tape, β) PMMA, γ) PVA.

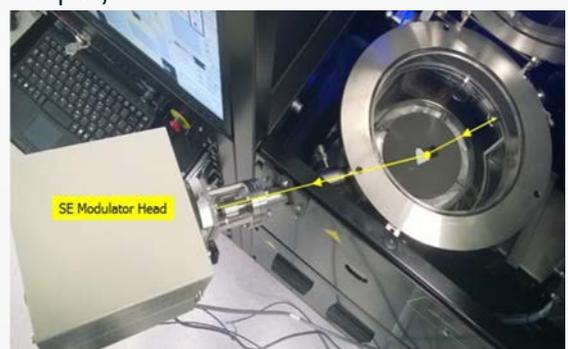


Σχήμα 2: Μελέτη εγχαράξεων πολυστρωματικού γραφενίου με Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης (SEM) και οπτικό μικροσκόπιο.

Δημήτρης Παππάς
Απόφοιτος ΔΠΜΣ N&N

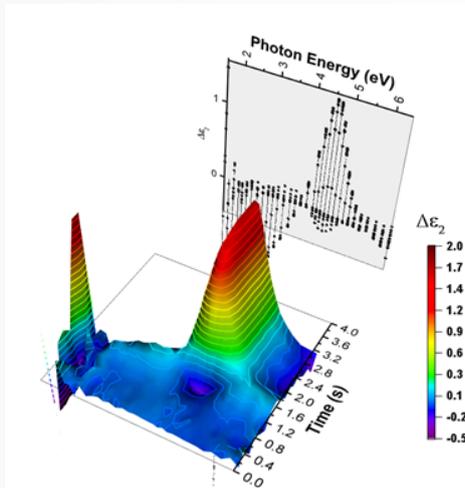
27. In-situ και Real-time Φασματοσκοπική Ελλειψομετρία για τη μελέτη των μηχανισμών ανάπτυξης Γραφενίου με χημική εναπόθεση ατμών

Το γραφένιο είναι ένα από τα πιο υποσχόμενα δισδιάστατα υλικά με μοναδικές ιδιότητες που αναμένεται να φέρει επανάσταση στην απόδοση μεγάλου φάσματος εφαρμογών, όπως οργανικά ηλεκτρονικά, αισθητήρες, τρανζίστορ, μπαταρίες κ.α. Η ανάπτυξη υψηλής ποιότητας γραφενίου πά-νω σε μεγάλες επιφάνειες υποστρωμάτων (π.χ. χαλκός -Cu, Νικέλιο- Ni) είναι το αντικείμενο εκτεταμένης έρευνας τα τελευταία χρόνια. Επιπλέον, η διαδικασία ανάπτυξης γραφενίου με τη μέθοδο της χημικής εναπόθεσης ατμών (CVD) περιλαμβάνει πολλά στάδια διεργασίας (θέρμανση, ανόπτηση, ανάπτυξη, ψύξη) για τον σχηματισμό του στρώματος γραφενίου. Έτσι, η κατανόηση της επίδρασης των διαφορετικών σταδίων και παραμέτρων της ανάπτυξης των υπέρλεπτων αυτών υμενίων θα συνεισφέρει σημαντικά στη βελτιστοποίηση της διαδικασίας και την παραγωγή στρωμάτων με την επιθυμητή ποιότητα και απόδοση. Η οπτική μετρολογία έχει τη δυνατότητα να προσφέρει σημαντικές πληροφορίες για τα παραπάνω και την ευελιξία να συνδυαστεί με την σύγχρονη τεχνολογία ανάπτυξης γραφενίου. Σε αυτήν την εργασία, παρουσιάστηκε η In-situ Real-time παρακολούθηση της ανάπτυξης γραφενίου σε υποστρώματα χαλκού και νικελίου με τη μέθοδο της φασματοσκοπικής ελλειψομετρίας από το ορατό μέχρι το υπεριώδες φασματικό εύρος.



Εικόνα 1. in-situ και real-time διάταξη φασματοσκοπικής ελλειψομετρίας η οποία έχει εγκατασταθεί σε CVD θάλαμο στο εργαστήριο LTFN

Οι μετρήσεις αποκάλυψαν τις οπτικές, ηλεκτρονικές και δομικές αλλαγές των μεταλλικών υποστρωμάτων σε δυναμική κατάσταση κατά τη διάρκεια της θέρμανσης και ψύξης της ανάπτυξης και αποσαφηνίστηκαν τα φυσικά και χημικά φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα. Παράλληλα, ιδιαίτερης σημασίας ήταν ότι καταγράφηκε για πρώτη φορά με φασματοσκοπική μέθοδο η “γένεση” και ο σχηματισμός του γραφενίου πάνω στα υποστρώματα. Αποσαφηνίστηκαν οι μηχανισμοί ανάπτυξης και η χρονική διάρκεια των σταδίων σχηματισμού του.



Εικόνα 2. Η συνεισφορά ολιγοστρωματικού γραφενίου στο φανταστικό μέρος της μετρούμενης ψευδοδιηλεκτρικής συνάρτησης κατά τη διάρκεια CVD ανάπτυξης σε υπόστρωμα Νικελίου, μετρημένη με τη μέθοδο της φασματοσκοπικής ελλειψομετρίας.

Η παρούσα εργασία υπογραμμίζει τη σημασία της In-situ οπτικής παρακολούθησης για ενσωμάτωση στη διαδικασία ανάπτυξης γραφενίου από εργαστηριακή μέχρι βιομηχανική κλίμακα. Η καθιέρωση μιας ταχύτατης, μη καταστρεπτικής τεχνικής μεθόδου για In-situ και Real-time έρευνα της ποιότητας του γραφενίου θα είναι βασικό βήμα για τη βελτιστοποίηση ολόκληρης της διαδικασίας ανάπτυξης του γραφενίου. Η Φασματοσκοπική Ελλειψομετρία αποδείχθηκε ιδανική τεχνική λόγω της ευαισθησίας της και απέδειξε την κυριαρχία της στο χώρο των In-

Situ Real-Time τεχνικών ακόμα και σε δισδιάστατα υλικά.

Αλέξανδρος Ζαχαριάδης
Απόφοιτος ΔΠΜΣ N&N

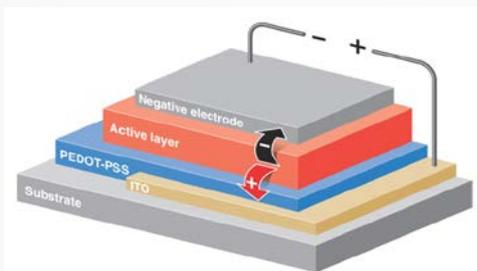
28. Ανάπτυξη διαδικτυακού λογισμικού προσομοίωσης εγχάραξης μοτίβων ηλεκτροδίων σε οργανικά φωτοβολταϊκά με χρήση λέιζερ υπερ-βραχέων παλμών -LMM-

Ο κλάδος των laser υπερβραχέων παλμών (UFL) θεωρείται ένα αναδυόμενο πεδίο έρευνας με μεγάλο εύρος εφαρμογών. Η δέσμη του laser είναι κατάλληλη πηγή ενέργειας για την αφαίρεση, την τροποποίηση, αλλά και την επιφανειακή κατεργασία ευρέως φάσματος υλικών. Τα UFL αποτελούν μία τεχνολογία αιχμής στον τομέα της μικρομηχανικής.

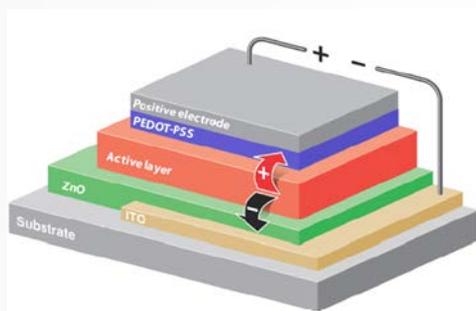
Η διάρκεια των παλμών των UFL είναι μικρότερη από τον χρόνο που απαιτείται για τη μεταφορά θερμότητας στο υλικό, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αφαίρεση υλικού με ελάχιστη τροποποίηση της τριγύρω περιοχής και τον ακριβή έλεγχο της μεταφοράς ενέργειας, επομένως και του βάθους διεύθυνσης της δέσμης εντός του υλικού. Η μικρο-μηχανική με χρήση laser μπορεί εύκολα να αυτοματοποιηθεί, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα γρήγορου και απομακρυσμένου χειρισμού των διεργασιών του laser. Η διαχείριση της εγχάραξης μοτίβων πάνω σε υποστρώματα επιτυγχάνεται με τη χρήση λογισμικού χειρισμού και συστήματος κατεύθυνσης της δέσμης. Σε αντίθεση με την φωτολιθογραφία, στη μικρο-μηχανική με χρήση laser δεν χρησιμοποιούνται μάσκες για την αποτύπωση σχεδίων στο υπό επεξεργασία υλικό. Αντιθέτως, υπάρχει μεγάλη ελευθερία στη δημιουργία και εγχάραξη μοτίβων.

Τα λεπτά υμένα οργανικών και ανόργανων υλικών αποτελούν τις δομικές μονάδες των οργανικών ηλεκτρονικών διατάξεων. Ένας από τους πιο ενεργούς και ελπιδοφόρους τομείς των Ορ-

γανικών Ηλεκτρονικών είναι τα οργανικά φωτοβολταϊκά (ΟΦΒ). Τα ΟΦΒ είναι μία πηγή ανανεώσιμης ενέργειας χαμηλού κόστους. Σήμερα, οι οργανικές φωτοβολταϊκές κυψέλες αποτελούν μία εναλλακτική τεχνολογία έναντι αυτής του πυριτίου. Τα ΟΦΒ χρησιμοποιούν οργανικά υλικά (πολυμερή ή μικρομόρια) για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Υπάρχουν δύο ειδών δομές (κανονική και ανεστραμμένη) ανάλογα με την κατεύθυνση της κίνησης των φορέων.



Εικόνα 1. Κανονική Διάταξη



Εικόνα 2. Ανεστραμμένη Διάταξη

Γενικά, στρώμα (ή στρώματα) οργανικών υλικών τοποθετείται μεταξύ δύο ηλεκτροδίων με διαφορετικό έργο εξόδου ώστε να δημιουργείται διαφορά δυναμικού μέσα στο κελί. Ένα από τα δύο ηλεκτρόδια, το ηλεκτρόδιο βάσης, πρέπει να είναι διαφανές και να έχει εναποτεθεί πάνω σε ένα επίσης διαφανές υπόστρωμα (γυαλί ή εύκαμπτο όπως PET) ώστε να γίνεται η εισχώρηση της ηλιακής ακτινοβολίας στο ενεργό στρώμα. Η απορρόφηση των φωτονίων από το ενεργό στρώμα έχει ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό των εξιτονίων τα οποία στη συνέχεια διαχωρίζονται και οι παραγόμενοι φορείς κατευθύνονται λόγω διαφοράς δυναμικού προς τα αντίστοιχα ηλεκτρόδια, δημιουργώντας έτσι ηλεκτρική ροή.

Τα ΟΦΒ αποτελούν μία οικονομική λύση, λόγω του ότι χρησιμοποιούν υλικά τα οποία βρίσκονται σε αφθονία. Επίσης, έχουν την δυνατότητα μαζικής παραγωγής χρησιμοποιώντας γραμμές παραγωγής βιομηχανικής τεχνολογίας Roll-to-Roll (R2R).

Η μαζική παραγωγή των ΟΦΒ εμφανίζει, όμως, κάποιους περιοριστικούς παράγοντες. Ένας παράγοντας μεγάλης βαρύτητας ο οποίος επηρεάζει την τελική απόδοση των ΟΦΒ διατάξεων είναι η εγχάραξη των προαναφερθέντων στρωμάτων με στόχο την αλληλοσύνδεση των κελιών. Γενικά, για τη δημιουργία ΟΦΒ διατάξεων με ικανοποιητικές τιμές απόδοσης τάσης και έντασης είναι αναγκαία η σύνδεση πολλών ΟΦΒ κυψελών σε σειρά και παράλληλα. Επομένως, ο διαχωρισμός των επιμέρους κελιών, καθώς και η διασύνδεσή τους πρέπει να επιτευχθούν με μεγάλη ακρίβεια ώστε να μειωθεί η μη χρησιμοποιούμενη περιοχή ("dead area") και να μη δημιουργούνται βραχυκυκλώματα και ωμικές απώλειες. Με αυτό τον τρόπο, η τελική απόδοση παραμένει σε υψηλά επίπεδα. Λόγω των πολύ λεπτών υμενίων, η τεχνική αφαίρεσης η οποία χρησιμοποιείται πρέπει να έχει μεγάλη ευκρίνεια και ακριβή έλεγχο βάθους. Επομένως, η χρήση Ultra-Fast Laser για την επίτευξη αυτού του στόχου είναι αναγκαία.

Τρία είδη εγχαραξιών χρησιμοποιούνται στις ΟΦΒ διατάξεις, οι P1, P2 και P3. Η P1 εγχάραξη αφαιρεί το ηλεκτρόδιο που βρίσκεται πάνω στο υπόστρωμα (άνοδος ή κάθοδος, ανάλογα με τη δομή τους) και απομονώνει ηλεκτρικά τα επιμέρους κελιά. Η P2 αφαιρεί το ενεργό στρώμα και διασυνδέει τα επιμέρους κελιά. Η P3 αφαιρεί το στρώμα του ηλεκτροδίου που βρίσκεται πάνω από το ενεργό στρώμα και καθορίζει την ΟΦΒ μονάδα.



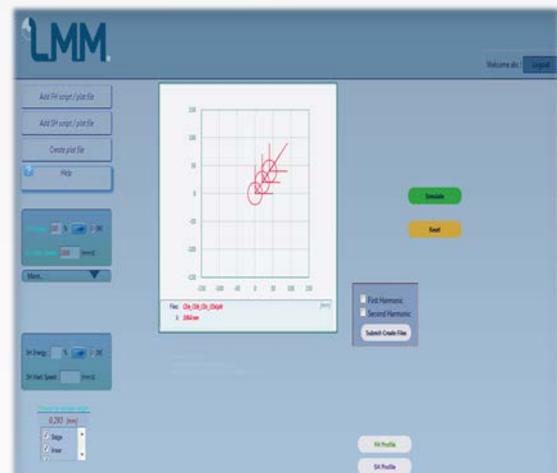
Εικόνα 3. P1, P2,P3 εγχαραξίες με χρήση UFL

Για τη δημιουργία λειτουργικών ηλεκτροδίων είναι αναγκαίοι οι παράμετροι διεργασίας των UFL να οριστούν κατάλληλα ώστε να γίνει αφαίρεση συγκεκριμένης ποσότητας και περιοχής στρώματος του υμενίου από το υπόστρωμα. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής αναπτύχθηκε το λογισμικό LMM.

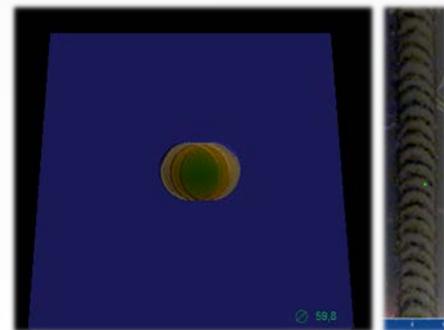
Το LMM είναι ένα εύχρηστο, διαδικτυακό λογισμικό προσομοίωσης με σύντομους χρόνους απόκρισης. Οι βασικές δυνατότητες του LMM είναι :

- Εύκολη ανάπτυξη και συνδυασμός μοτίβων (χωρίς την απαίτηση γνώσης χειρισμού γραφιστικών προγραμμάτων) με στόχο την εγχάραξη τους σε ηλεκτρόδια βάσης ΟΦΒ
- Διαχείριση διεργασιών των UFL εγχάραξεων, με την εισαγωγή των παραμέτρων διεργασίας από τον χρήστη (μήκος κύματος, ενέργεια, ταχύτητα εγχάραξης, μοτίβο και υλικό στόχος)
- Προσομοίωση εγχάραξης - εμφανίζοντας τον τρόπο με τον οποίο θα εγχαραχθεί το μοτίβο πάνω στο υλικό στόχο, ακολουθώντας την κίνηση του σαρωτή
- Προσομοίωση αποτύπωσης του στίγματος εγχάραξης στο υλικό-στόχο με βάση τις παραμέτρους που έχει καταχωρήσει ο χρήστης και τη χρήση της δυναμικής βάσης δεδομένων του LMM
- Ενημέρωση του χρήστη σε περίπτωση εισαγωγής λάθους παραμέτρων

Το λογισμικό LMM μπορεί να θεωρηθεί ένας γρήγορος και αποτελεσματικός τρόπος ελέγχου και διαχείρισης των διεργασιών εγχάραξης ηλεκτροδίων βάσης με τη χρήση UFL.



Εικόνα 4. LMM layout



Εικόνα 5. Αριστερά: LMM προσομοίωση στίγματος εγχάραξης σε PET/ITO/ZnO υπόστρωμα (6W, 1064nm, 1000mm/s), Δεξιά: Εικόνα από οπτικό μικροσκόπιο (6W, 1064nm, 1000mm/s)

Σαλονικίδου Βαρβάρα
Απόφοιτη ΔΠΜΣ N&N

29. Αξιολόγηση των γνώσεων μαθητών και καθηγητών σε θέματα Νανοτεχνολογίας και διερεύνηση εναλλακτικών τρόπων ένταξης της στα Προγράμματα Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης

Η παρούσα έρευνα αποσκοπούσε στην καταγραφή της συχνότητας, στα πλαίσια, τις μεθόδους και τις τεχνικές ένταξης σε παγκόσμιο επίπεδο της Νανοτεχνολογίας και των Νανοεπιστημών (N&N) στο εκάστοτε Εκπαιδευτικό Σχολικό Πρόγραμμα. Διερευνήθηκε κατά πόσο η ένταξη αυτή συμβαίνει από την Πρωτοβάθμια ή

τη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, αν διδάσκεται ως υποχρεωτικό μάθημα ή επιλογής, αν εντάσσεται σε πλαίσιο θερινών επιμορφώσεων (summer school) και κατά πόσο προσεγγίζεται διαθεματικά ή εντασσόμενη αμιγώς σε μια μόνο Επιστήμη, όπως Φυσική, Χημεία ή άλλη. Επιπλέον, εξετάστηκε αν το μάθημα της Νανοτεχνολογίας γίνεται μόνο με άμεση διδασκαλία ή αν χρησιμοποιούνται πειράματα στο εργαστήριο του σχολείου ή ακόμα και διαδραστικά μέσω υπολογιστή. Για να παρουσιαστούν κάποιες διαδραστικές εκπαιδευτικές λύσεις γίνεται μια πλοήγηση σε διαδικτυακά μέσα και εφαρμογές που μπορεί να αξιοποιηθούν από τον εκπαιδευτικό ή τον γονιό προκειμένου να εξοικειώσουν τα παιδιά της Πρωτοβάθμιας ή της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης με τις βασικές αρχές, λειτουργίες & εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας, αρχικά μέσα από απλά παιχνίδια για τα μικρότερα παιδιά και έπειτα μέσα από προσομιώσεις πειραμάτων για τα μεγαλύτερα.

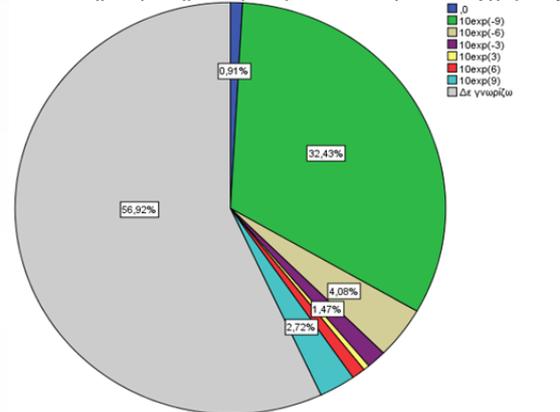
Τα σημαντικότερα προγράμματα εισαγωγής της Νανοτεχνολογίας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση που πραγματοποιήθηκαν παγκοσμίως, και κάποια από αυτά συνεχίζουν να υφίστανται είναι τα Nanopinion, NanoEIS Project, Nanolab, Nano in my Life, καθώς και προγράμματα που στηρίζονται από Οργανισμούς όπως οι NSF (National Science Foundation) και NNIN (National Nanotechnology Infrastructure Framework).

Βάσει των δεδομένων που προέκυψαν από την καταγραφή των πρακτικών και των μεθόδων που εφαρμόζονται σε παγκόσμιο επίπεδο, δημιουργήθηκαν 2 ερωτηματολόγια, τα οποία δόθηκαν σε σχολεία της Θεσσαλονίκης και της Κοζάνης. Στην έρευνα συμμετείχαν 886 μαθητές Γ' Γυμνασίου, Α', Β' και Γ' Λυκείου συμπληρώνοντας ένα ερωτηματολόγιο 15 ερωτήσεων (κλειστού τύπου και Likert) και 176 εκπαιδευτικοί Θετικών Επιστημών, όπως Φυσικοί, Μαθηματικοί, Χημικοί, Βιολόγοι, Πληροφορικοί και Φυσικοί Ραδιοηλεκτρολόγοι, συμπληρώνοντας ένα ερωτηματολόγιο 17 ερωτήσεων (κλειστού και α-

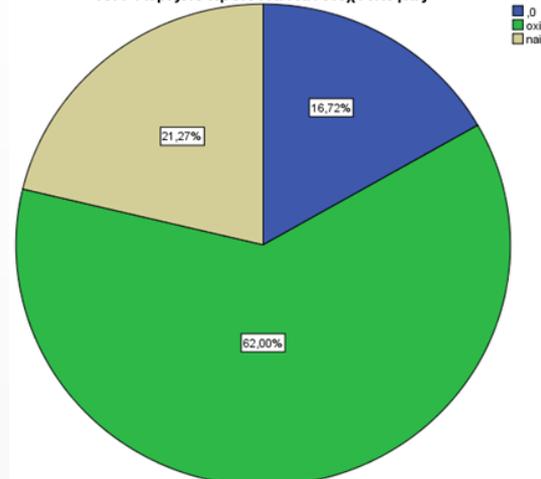
νοιχτού τύπου και Likert) . Η έρευνα αποσκοπούσε στην αξιολόγηση πρότερων γνώσεων τους σε θέματα Νανοτεχνολογίας, στην καταγραφή των απόψεών τους για το εναλλακτικό πλαίσιο ένταξης της στο σχολικό πρόγραμμα και στην πιθανή επιθυμία τους για συμμετοχή σε summer school ή και Master (μόνο για τους εκπαιδευτικούς).

Από την έρευνα αυτή έγινε φανερό πως η πλειοψηφία των μαθητών δεν είναι εξοικειωμένη με τα μεγέθη και τις έννοιες της Νανοτεχνολογίας και επιπρόσθετα πως το φύλο, και η τάξη στην οποία βρίσκονται τα παιδιά δεν παίζει συνολικά ρόλο στις απαντήσεις.

2. Η Νανοτεχνολογία ασχολείται με σωματίδια που ανήκουν σε τάξη μεγέθους

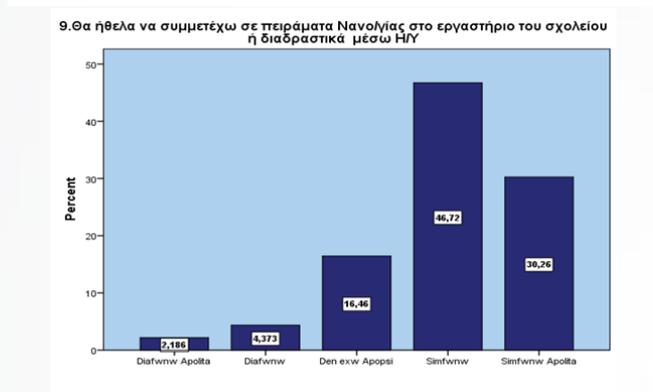
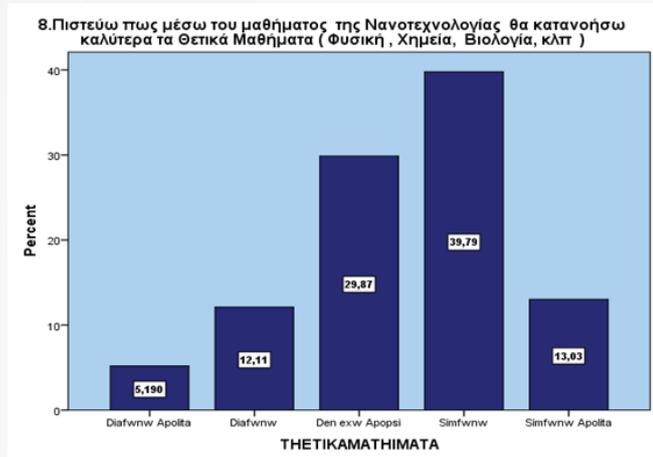


15. Γνωρίζετε προϊόντα Νανοτεχνολογίας

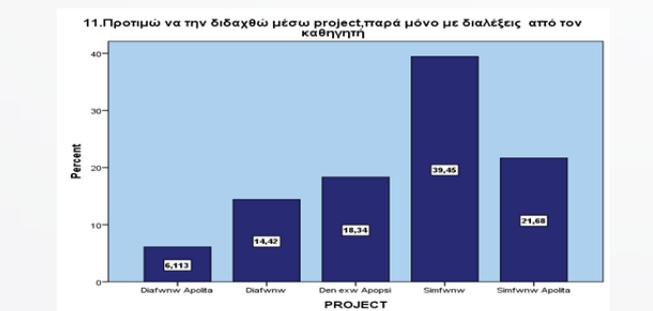


Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ενδιαφέρον για την πιθανή ένταξη της Νανοτεχνολογίας στο Πρόγραμμα του σχολείου, ιδιαιτέρως αν επιλεγεί να γίνει πειραματικά ή μέσω Η/Υ, αντί για αποκλειστική εφαρμογή άμεσης διδασκα-

λίας. Επίσης, θεωρούν πως μέσω της Νανοτεχνολογίας θα κατανοήσουν καλύτερα τα Θετικά μαθήματα.

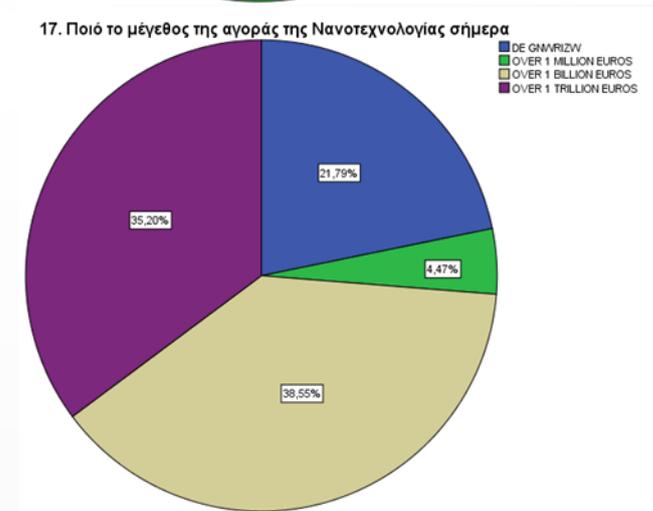
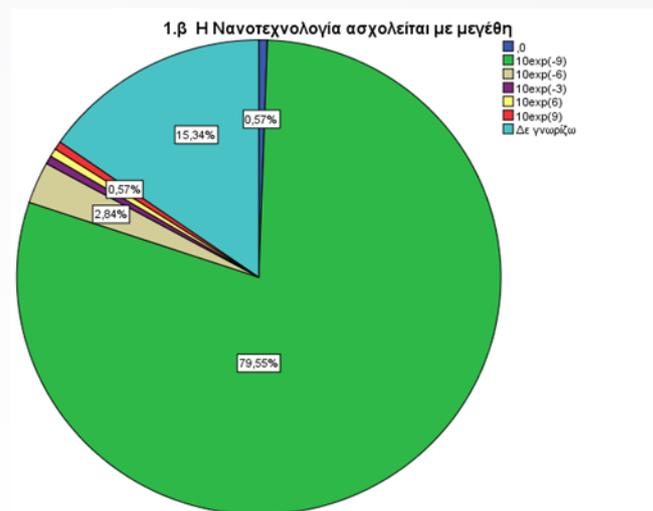


Αποδείχθηκε πως το πλαίσιο του Project είναι ο προτιμώμενος τρόπος ένταξης της Νανοτεχνολογίας στο σχολικό Πρόγραμμα. Επιπλέον, έδειξαν τόσο προθυμία όσο και απροθυμία να συμμετέχουν σε θερινά επιμορφωτικά προγράμματα, γεγονός που πιθανώς αιτιολογείται από την έλλειψη τέτοιων πρακτικών στην Ελληνική πραγματικότητα. Μεγάλο ποσοστό των παιδιών δεν έχει άποψη για το αν και πώς θα ήθελε να γίνει η εν λόγω ένταξη.

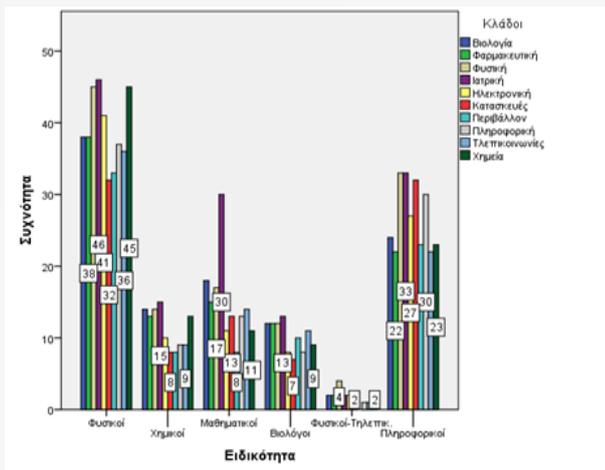


Οι καθηγητές των Λυκείων έναντι των Γυμνασίων αποδείχθηκαν περισσότερο εξοικειωμένοι

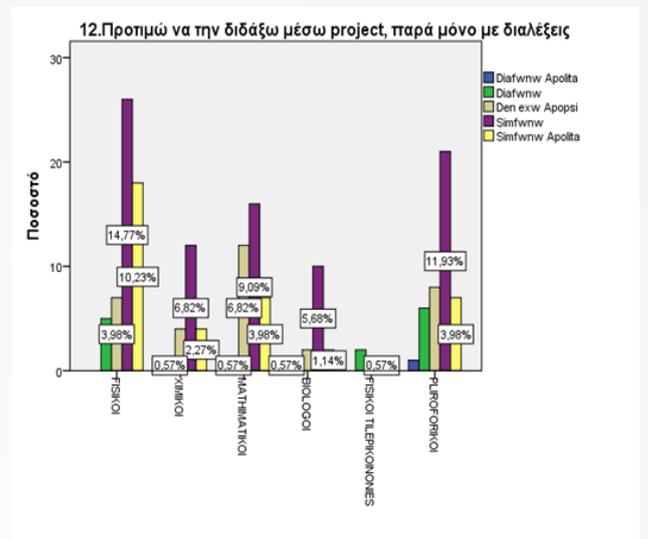
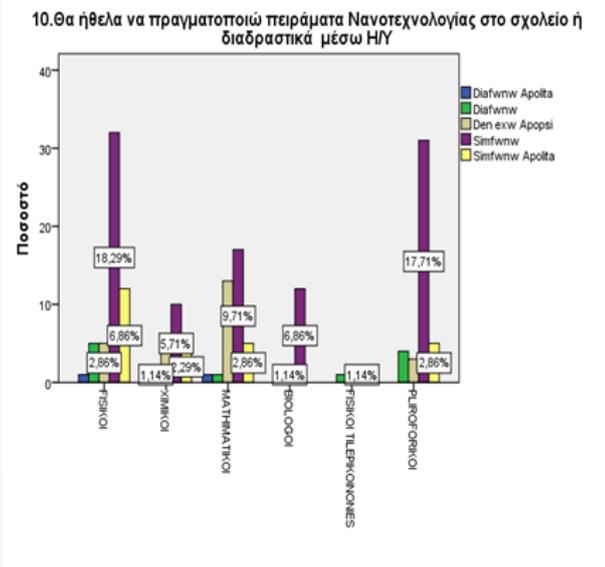
με τις αρχές και τις έννοιες της Νανοτεχνολογίας, με πρωτοπόρους τους Φυσικούς και τους Χημικούς κι έπειτα τους Βιολόγους, και με το 80% των εκπαιδευτικών να γνωρίζει την τάξη της νανοκλίμακας, 10⁻⁹. Το μέγεθος της αγοράς της Νανοτεχνολογίας μέρδεδε τους εκπαιδευτικούς με αποτέλεσμα οι απαντήσεις να μοιράζονται ανάμεσα στα αναφερόμενα ποσά.



Οι τομείς στους οποίους βρίσκει εφαρμογή η Νανοτεχνολογία ανάλογα με την ειδικότητα των εκπαιδευτικών φαίνονται παρακάτω, με την Ιατρική και την Φυσική να υπερिशούον στις απαντήσεις.

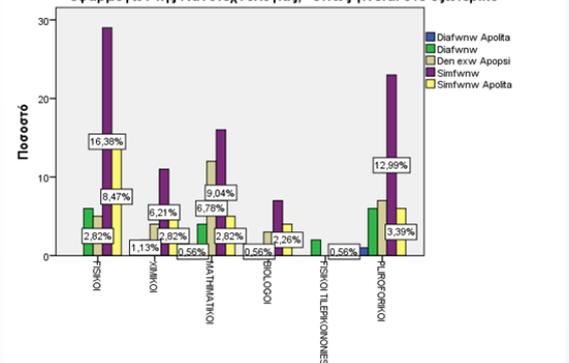


Υπάρχει συμφωνία ανάμεσα στις διάφορες ειδικότητες πως η Νανοτεχνολογία θα ήταν χρήσιμο να ενταχθεί με οποιαδήποτε από τις προτεινόμενες μορφές στο Αναλυτικό πρόγραμμα, με το πλαίσιο του Project να φαίνεται ως προτιμητέο, και αν εφαρμοστεί η διδασκαλία, μέσω πειραμάτων. Δυστυχώς, στην Ελλάδα τα σχολικά εργαστήρια αν και πλήρως εξοπλισμένα είναι σε μεγάλο βαθμό παρωπλισμένα, με αποτέλεσμα οι μαθητές αφενός να στερούνται τη «μαγεία» που μπορεί να προκαλέσει η πετυχημένη εφαρμογή ενός πειράματος Φυσικής, Χημείας και Βιολογίας, και αφετέρου να αδυνατούν να κατανοήσουν πώς συνδέονται όλα αυτά που μαθαίνουν θεωρητικά στο σχολείο με τον κόσμο που τους περιβάλλει, κάτι το οποίο είναι και ο απώτερος στόχος των Επιστημών αυτών.

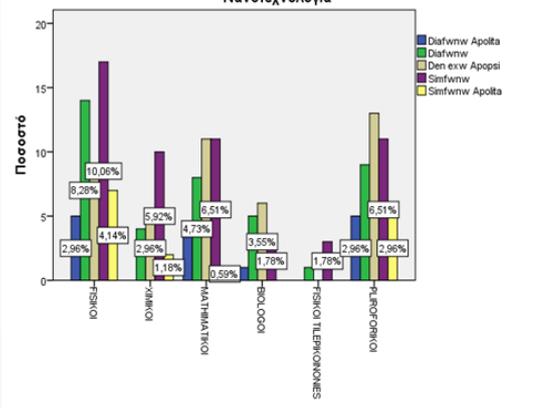


Οι Μαθηματικοί και οι Πληροφορικοί στην πλειοψηφία των ερωτήσεων δεν έχουν άποψη, γεγονός αξιοσημείωτο. Τέλος, προκύπτει πως σχεδόν όλες οι ειδικότητες θα επιθυμούσαν να παρακολουθήσουν ένα σύντομο θερινό επιμορφωτικό πρόγραμμα ή Master με θέμα την Νανοτεχνολογία, γεγονός ελπιδοφόρο δεδομένου ότι θα πρέπει οι ίδιοι να εξειδικευτούν πριν εκπαιδεύσουν τους μαθητές.

11. Θα ήθελα να συμμετέχω σε σύντομα θερινά προγράμματα (summer school) εφαρμογών της Νανοτεχνολογίας, όπως γίνεται στο εξωτερικό



16. Θα με ενδιέφερε να αποκτήσω μια Μετεκπαίδευση ή Master πάνω στην Νανοτεχνολογία



Βάσει των παραπάνω αποτελεσμάτων, φαίνεται πως τόσο οι μαθητές όσο και οι καθηγητές αντιλαμβάνονται ότι η Νανοτεχνολογία συνδυάζει την διεπιστημονικότητα με το πείραμα, με αποτέλεσμα να αποτελεί κατάλληλο αντικείμενο σπουδών για να εισάγει τους μαθητές στις συναρπαστικές εφαρμογές της σύγχρονης Επιστήμης. Επιπλέον, ο εκσυγχρονισμός της Εκπαίδευσης στην Ελλάδα είναι επιτακτική ανάγκη, μια και σε παγκόσμιο επίπεδο οι απαιτήσεις για ολοένα και περισσότερο καταρτισμένους πολίτες και επιστήμονες συνεχώς αυξάνονται, με αποτέλεσμα η αποφοίτηση των παιδιών από το σχολείο με όσο το δυνατόν περισσότερα εφόδια να είναι μονόδρομος. Η Νανοτεχνολογία μπορεί να γίνει το μέσο για να έρθουμε ένα βήμα πιο κοντά στην επίτευξη του στόχου αυτού.

Βασιλοπούλου Ευδοκία
Απόφοιτη ΔΠΜΣ N&N

Smartonics: Αποτελέσματα και νέες προοπτικές για την Ελληνική Οικονομία

Μια παγκόσμια πρωτοτυπία με... Ελληνική σφραγίδα, η ανάπτυξη των Οργανικών και Εκτυπωμένων Ηλεκτρονικών, δημιουργήθηκε μέσω του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Smartonics το οποίο συντόνισε το Εργαστήριο Νανοτεχνολογίας ΑΠΘ με τη συμμετοχή 17 Ευρωπαϊκών φορέων (από τους οποίους οι 6 είναι Ελληνικοί). Το Smartonics είναι ένα από τα μεγαλύτερα ερευνητικά προγράμματα που διεξήχθησαν στην Ευρώπη, το οποίο ολοκληρώθηκε επιτυχώς στο τέλος του 2016 αφήνοντας πίσω του μια μοναδική ευκαιρία για την Ελλάδα να αναπτύξει καινοτόμα υλικά με πολλές εφαρμογές στη βιομηχανική παραγωγή. Το Smartonics βραβεύτηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση στα πλαίσια του EuroNanoForum 2017 που έλαβε χώρα στην Βαλέττα της Μάλτας ως 1ο runner up για τα αποτελέσματα του και τη θετική του επίδραση στη Βιομηχανία, την Επιστήμη και τη Κοινωνία.



Ο Συντονιστής του Smartonics Καθ. Σ. Λογοθετίδης κατά τη βράβευση του έργου στο EuroNanoForum 2017

Στη Συνέντευξη Τύπου που δόθηκε στις 29 Ιουνίου 2017, ο Διευθυντής του Εργαστηρίου Νανοτεχνολογίας του ΑΠΘ Καθηγητής Στέργιος

Λογοθετίδης και Συντονιστής του Smartonics εξήγησε ότι από την 1.1.2013 έως και τις 31.12.2016 που ολοκληρώθηκε το έργο, δημιουργήθηκαν νέα έξυπνα υλικά και μοναδικές πιλοτικές γραμμές παραγωγής (Roll-to-Roll εκτύπωσης και Organic Vapour Phase Deposition-OVPD, η οποία και κατασκευάστηκε για πρώτη φορά σε παγκόσμιο επίπεδο).



Συνέντευξη Τύπου του Smartonics 29/6/17

Στα πλαίσια του Smartonics κατασκευάστηκε η 4η γενιά Οργανικών Φωτοβολταϊκών συστημάτων (εύκαμπτα, με μικρό βάρος και με δυνατότητα λειτουργίας σε χαμηλό φωτισμό), τα οποία παρουσιάζουν ένα μεγάλο εύρος από νέες εμπορικές εφαρμογές. Μια τέτοια εφαρμογή με εμπορικό προσανατολισμό είναι η ενσωμάτωση των νέων Οργανικών Φωτοβολταϊκών στα εμπορικά αυτοκίνητα της FIAT, που έχει ως αποτέλεσμα την εξασφάλιση μεγαλύτερης ενεργειακής αυτονομίας.



Fiat 500L στο οποίο ενσωματώθηκαν τα Οργανικά Φωτοβολταϊκά του Smartonics

“Το Smartonics είναι ένα από τα μεγαλύτερα προγράμματα που έτρεξαν στην Ευρωπαϊκή Ένωση και ανήκει στην κατηγορία έργων δημιουργίας πιλοτικών γραμμών που θα ανοίξουν

το δρόμο στη δημιουργία της Βιομηχανίας του Μέλλοντος (Factory of the Future)” δήλωσε ο Καθ. Στ. Λογοθετίδης.

Στο πρόγραμμα συμμετείχαν 18 ερευνητικοί και βιομηχανικοί φορείς, οι οποίοι συντονίστηκαν από το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης και συγκεκριμένα από το Εργαστήριο Νανοτεχνολογίας LTFN. Από την Ελλάδα συμμετείχε το Πανεπιστήμιο της Πάτρας, των Ιωαννίνων καθώς και οι εταιρείες OET (Organic Electronic Technologies), Advent (Advanced Energy Technology AE) και Compucon.

Στη διάρκεια αυτού του φιλόδοξου Ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος κατασκευάστηκαν και εγκαταστάθηκαν στη Θεσσαλονίκη δύο μοναδικές παγκοσμίως πιλοτικές γραμμές παραγωγής Οργανικών Ηλεκτρονικών, βασισμένες σε δύο νέες τεχνολογίες για βιομηχανική παραγωγή. Οι μονάδες αυτές λειτουργούν στο Κέντρο Οργανικών & Εκτυπωμένων Ηλεκτρονικών στη Θέρμη, το οποίο είναι από τα πιο σύγχρονα στην Ευρώπη. Όπως τόνισε ο Διευθυντής του Εργαστηρίου Στέργιος Λογοθετίδης “το 60% της συνολικής χρηματοδότησης του προγράμματος ήρθε στην Ελλάδα, ενώ το 80% της τεχνογνωσίας αναπτύχθηκε και βρίσκεται σε ελληνικό έδαφος.”



Ερευνητικές ομάδες του LTFN και της OET

Στη Συνέντευξη Τύπου που είχαν παραχωρήσει οι ελληνικοί φορείς του Smartonics στις 16 Ιανουαρίου 2017 ο Καθ. Ιωάννης Καλλιτίσης υπεύθυνος του Εργαστηρίου Χημείας και Τεχνολογίας Υλικών του Πανεπιστημίου της Πάτρας τόνισε ότι “Μετά την ολοκλήρωση αυτού του έργου μπορούμε να πούμε ότι αντιμετωπίζουμε

άξια τις πιο σύγχρονες ερευνητικές προκλήσεις. Παράλληλα δημιουργήθηκαν νέες θέσεις ερευνητών αλλά και νέες προοπτικές στην έρευνα γενικότερα.”

Ο Δρ. Αργύρης Λασκαράκης, Υπεύθυνος του πεδίου των Οργανικών Ηλεκτρονικών στο Εργαστήριο Νανοτεχνολογίας, τόνισε πως “το έργο έχει πολύ μεγάλη θετική επίδραση στην Ελλάδα δημιουργώντας θέσεις για 70 νέους ερευνητές”, και εστίασε στη δημιουργία του Κέντρου Οργανικών στη Θεσσαλονίκη, “ένα από τα πιο σύγχρονα στην Ευρώπη με υποδομή για την ανάπτυξη βιομηχανικών προϊόντων.”

Το έργο έφερε σε επαφή και τις ιδιωτικές επιχειρήσεις με το παγκόσμιο «γίγνεσθαι» στον ερευνητικό τομέα ανεβάζοντας το τεχνολογικό επίπεδο και του εγχώριου δυναμικού. Χαρακτηριστικά ο εκπρόσωπος της εταιρείας COMPUCON Βασίλης Θωμαΐδης που συμμετείχε στο Smartonics αναφέρθηκε σε νέες εφαρμογές όπως το ηλεκτρονικό barcode προϊόντων και η εκτύπωση τέτοιας μορφής υλικών, τα οποία σχεδιάζεται να προχωρήσουν στην αγορά μέσα στην επόμενη πενταετία.

Όπως χαρακτηριστικά ανέφερε ο κ. Βασίλης Μάτσκος από την εταιρεία OET που συμμετείχε στο Smartonics “Μετά την ολοκλήρωση του έργου υπάρχει ειδικά στη Θεσσαλονίκη πλέον η δυνατότητα παραγωγής εύκαμπτων Οργανικών Φωτοβολταϊκών 4ης γενιάς”, “ενώ οι οπτικές τεχνικές που αναπτύχθηκαν επιτρέπουν καινοτόμες εφαρμογές στην παραγωγή ή και τον έλεγχο, σε πολλές κατηγορίες εκτυπώσεων και επικαλύψεων.”

Στην ερευνητική αυτή προσπάθεια που βρισκόταν σε εξέλιξη εδώ και τέσσερα χρόνια, το ρόλο του συντονιστή όπως αναφέρθηκε είχε το Εργαστήριο Νανοτεχνολογίας LTFN του ΑΠΘ, ενώ συμμετείχαν ακόμη οι παρακάτω ερευνητικοί φορείς: το Πανεπιστήμιο της Οξφόρδης, το Πανεπιστήμιο του Surrey, το Πανεπιστήμιο της Στουτγάρδης, η Πολυτεχνική Σχολή στο Παρίσι (Ecole Polytechnique) με το Κέντρο CNRS, τέσσερα Γερμανικά Ινστιτούτα Fraunhofer, το Γερμανικό Ερευνητικό Κέντρο HZB στο Βερολίνο,

και οι Ευρωπαϊκές εταιρείες: Horiba Jobin Yvon, AIXTRON, CSEM, Oxford Lasers, Coatema, FIAT. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο πλαίσιο της τετραετούς έρευνας για την ανάπτυξη των οργανικών και εκτυπωμένων ηλεκτρονικών αναπτύχθηκαν νέα υλικά, και τεχνολογίες εκτύπωσης, όργανα και εργαλεία εγχάραξης, μέτρησης και εκτύπωσης για την παραγωγή των νέων υλικών σε πραγματικό χρόνο, κάτι που συνέβη για πρώτη φορά διεθνώς. Στο διάστημα αυτό συστάθηκε ο Σύνδεσμος Ελληνικών Επιχειρήσεων Οργανικών Ηλεκτρονικών HOPE-A που αριθμεί ήδη 30 μέλη.

Το Smartonics έδωσε μια μοναδική ευκαιρία στην Ελλάδα να αναπτύξει καινοτόμα υλικά με πολλές εφαρμογές στη βιομηχανική παραγωγή, όπως για παράδειγμα η ενσωμάτωση για πρώτη φορά διεθνώς εκτυπωμένων εύκαμπτων οργανικών φωτοβολταϊκών συστημάτων τέταρτης γενιάς σε αυτοκίνητα. Όπως μάλιστα ανακοινώθηκε κατά τη διάρκεια της συνέντευξης τύπου, από τον Σεπτέμβριο του 2017 θα ξεκινήσει η «συνέχεια» του ευρωπαϊκού προγράμματος Smartonics, το έργο Smartline (<http://smartline-project.eu>) το οποίο θα αναπτύξει τη Βιομηχανία του Μέλλοντος σε ελληνικό έδαφος, δίνοντας μια μοναδική επενδυτική ευκαιρία, αλλά και δυνατότητα ανάδειξης του ερευνητικού δυναμικού που έχει σήμερα η Ελλάδα.

Για περισσότερες πληροφορίες επισκεφθείτε την ιστοσελίδα: www.smartonics.eu

Συνέντευξη με τον Δρ. Γιώργο Καταλαγαριανάκη, υπάλληλο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, υπεύθυνο για θέματα ασφάλειας στις Νανοτεχνολογίες



1. Πώς ξεκινήσατε την πορεία σας;

Σπούδασα στο Τμήμα Μεταλλειολόγων Μεταλλουργών στην Αθήνα, το οποίο ανήκε στη Σχολή Χημικών Μηχανικών. Το 1979 ξεκίνησα να εργάζομαι ως μηχανικός στα μεταλλεία της Χαλκιδικής, στο Στρατώνι και την Ολυμπιάδα. Εκεί είχα διττό ρόλο, τομεάρχη μηχανικού σε ένα τμήμα του μεταλλείου 100 μεταλλωρύχων, και μηχανικού ασφαλείας για όλο το συγκρότημα, το οποίο απαρτιζόταν από 1200 άτομα. Από τη θέση του μηχανικού ασφαλείας άρχισα να ενδιαφέρομαι ιδιαίτερα για το ζήτημα της ασφάλειας. Το 1984 ξεκίνησα να εργάζομαι στο Υπουργείο Βιομηχανίας στην Επιθεώρηση Μεταλλείων Βορείου Ελλάδος ως επιθεωρητής. Ένα χρόνο αργότερα γράφτηκα στη Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

2. Με ποιο σκεπτικό στραφήκατε στην επιστήμη της Μηχανολογίας;

Αρχικά, στο μεταλλείο χρειαζόμουν επιπλέον γνώσεις μηχανολογίας. Ήθελα να σχεδιάζω δικές μου μηχανές, γιατί οι μηχανές που κυκλοφορούσαν στο εμπόριο αχρηστεύονταν πολύ

γρήγορα στις συνθήκες του μεταλλείου. Επιπλέον, για την Υπηρεσία μου στο Υπουργείο χρειαζόταν η επιθεώρηση των μηχανολογικών εγκαταστάσεων. Είχαν γίνει πολλά ατυχήματα, και θανατηφόρα, σε μηχανολογικές εγκαταστάσεις σε εργοστάσια και σήραγγες. Κάθε δημόσια υπηρεσία χρειάζεται μηχανικούς με ευρεία αντίληψη των πραγμάτων.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1980, η Ελλάδα βίωνε ακόμη τις συνέπειες της δεύτερης πετρελαϊκής κρίσης. Παράλληλα, έγινε μέλος της Ευρωπαϊκής Κοινότητας όπως λεγόταν τότε από το 1981, και υπήρχε ζήτηση για Έλληνες μηχανικούς στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Η εργασία στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή για μένα ήταν όνειρο σε σύγκριση με τις συνθήκες εδώ. Οπότε, ύστερα και από διαγωνισμό, ξεκίνησα να εργάζομαι στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή ως μηχανικός, υπεύθυνος για την έρευνα στη μεταλλευτική τεχνολογία. Μπήκα σε ένα νέο περιβάλλον και πολύ γρήγορα επεκτάθηκα και σε άλλες περιοχές.

3. Η Επιτροπή, δηλαδή, σας παρείχε τη δυνατότητα να κινηθείτε και σε άλλες περιοχές.

Ναι. Στις κοινοτικές πολιτικές, στις οποίες ανήκει και η έρευνα, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δραματίζει τρεις ρόλους - έχει δικαίωμα πρωτοβουλίας, είναι θεματοφύλακας των Συνθηκών και εκτελεστικός βραχίονας της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η Επιτροπή προτείνει, το Συμβούλιο Υπουργών και το Κοινοβούλιο αποφασίζουν. Εφόσον ανήκεις σε ένα πολιτικό όργανο με δικαίωμα πρωτοβουλίας, μπορείς να αναλάβεις πρωτοβουλία, πράγμα το οποίο έκανα για την επιστημονική έρευνα πολλές φορές.

4. Πώς εξελίχθηκε η καριέρα σας ως υπεύθυνος έρευνας στη μεταλλευτική τεχνολογία;

Μετά από ένα διάστημα η έρευνα άρχισε να μεγαλώνει και χρειάστηκε να γίνει μια ορθολογική

οργάνωσή της–συμπτύχθηκαν τα προγράμματα και έγινε μια πιο λογική αναδιάρθρωση. Το κυρίως αντικείμενό μου μέχρι το 1994, οπότε άρχισε και η παρακμή του τομέα των πρώτων υλών, ήταν τα μεταλλεία και η μεταλλουργία. Τότε, πέρα από τα έργα για μεταλλεία ανέλαβα και τα έργα πολιτικού μηχανικού μέχρι το 2004.

Επίσης, το διάστημα 1994 - 1998 ολοκλήρωσα το διδακτορικό μου στο Royal School of Mines του Imperial College όπου ασχολήθηκα με διοικητικά θέματα ασφάλειας, πιο συγκεκριμένα, με τη νομοθεσία σε όλες τις μορφές της και την εφαρμογή της. Ως νομοθεσία αναφέρομαι όχι μόνο σε αυτή που εφαρμόζεται από μία Αρχή αλλά και σε κανονισμούς από κάποιον προϊστάμενο, σε τεχνικές οδηγίες ενός μηχανήματος, σε όλο αυτό το σύστημα κανόνων που σκοπό έχει την προτυποποίηση της συμπεριφοράς των εργαζομένων, ώστε να υπάρχει ένας κοινός κώδικας επικοινωνίας.

5. Και λιγότερες πιθανότητες λάθους και ατυχήματος;

Ακριβώς. Η συμμόρφωση, όμως, σε αυτό το σύστημα κανόνων μπορεί να ψαλιδίσει τα φτερά ενός ερευνητή. Χρειάζεται μια χρυσή τομή, ώστε ο ερευνητής να βρίσκεται μεν στα πλαίσια των κανονισμών, αλλά όταν χρειάζεται να μπορεί να πετάξει.

Κάποια στιγμή το 2004 ήθελα να εφαρμόσω τη διατριβή μου στη δουλειά μου. Πιστεύω ότι έχουμε επιτύχει πολλά για το περιβάλλον, αλλά όχι αρκετά για την ασφάλεια του εργατή και την ασφάλεια των έργων γενικώς, φωτιές, εκρήξεις, ατυχήματα - έπρεπε να κάνουμε περισσότερα. Κάπως έτσι ξεκίνησε η προσπάθεια για τη βιομηχανική ασφάλεια, όπου και δημιουργήθηκε μια ευρωπαϊκή τεχνολογική πλατφόρμα. Για πέντε χρόνια εργάστηκα σε θέματα ασφάλειας σε όλους τους τομείς – χημικά, εργοστάσια, διυλιστήρια, αεροδρόμια, σήραγγες, φωτιές κ.α. Και όταν το 2009 εμφανίστηκε η ανάγκη η Ναυτοτεχνολογία να βγει από τα εργαστήρια και να περάσει στην εφαρμογή, είχα την πεποίθηση ότι

τα σχετικά θέματα ασφάλειας δεν είχαν καλυφθεί αρκετά και κινδύνευε να καταρρεύσει ολόκληρο το οικοδόμημα της Ναυτοτεχνολογίας, όπως είχε γίνει με τη Γενετική Τροποποίηση. Έτσι παρέδωσα τα θέματα της βιομηχανικής ασφάλειας, τα οποία είχαν μπει σε μια γραμμή, και ανέλαβα τα θέματα της ασφάλειας της Ναυτοτεχνολογίας.

6. Τι σας φόβιζε πιο πολύ;

Η αποδοχή της κοινωνίας. Η κοινωνία ενώ παλιότερα εμπιστευόταν στην επιστήμη τα προβλήματά της ως αντικείμενο επεξεργασίας, τώρα είναι πάρα πολύ απαιτητική.

7. Σας ανησυχούσε ότι ένα πιθανό λάθος σε κάποια από τις εφαρμογές της Ναυτοτεχνολογίας θα μπορούσε να στοιχίσει σε ολόκληρο το οικοδόμημά της;

Από ένα λάθος μαθαίνεις, πιο πολύ απ' ό,τι μαθαίνεις από μια επιτυχία. Αν ένα υλικό αποδειχθεί επικίνδυνο και το τίμημα το πληρώσει αυτό το υλικό, τότε έχεις μάθει, αν το πληρώσει, όμως, μια οικογένεια υλικών που δεν έχει καμία σχέση με το αρχικό υλικό, απλώς και μόνο επειδή είναι nano, αυτό δεν είναι κρίμα; Έτσι δεν έγινε με τη γενετική τροποποίηση; Γιατί η γενετική τροποποίηση στο είδος Α είχε θεωρηθεί το ίδιο με τη γενετική τροποποίηση στο είδος Β; Γιατί ένα αίσθημα της κοινωνίας σε μια τεχνολογία επηρεάζει μια άλλη τεχνολογία τελείως διαφορετική; Η κοινωνία κάνει συνδέσεις που δεν είναι πάντα επιστημονικά τεκμηριωμένες, είναι συναισθηματικές. Αυτό ήταν που με ανησυχούσε πιο πολύ. Το θέμα της ασφάλειας στη Ναυτοτεχνολογία χρειαζόταν να γίνει αντικείμενο δυναμικής, στέρα θεμελιωμένης έρευνας, ώστε η κοινωνία να πεισθεί ότι πρόκειται για μια καινούργια τεχνολογία, που όπως όλα τα καινούργια πράγματα περιέχει κάποιο ρίσκο, το οποίο, όμως, είναι μικρότερο από το ήδη υπάρχον. Κάτι τέτοιο ακόμα κι αν είναι ξεκάθαρο

σε επιστημονικό επίπεδο, μπορεί να μην είναι τόσο ξεκάθαρο σε επίπεδο κοινωνίας. Οι έννοιες της νανοασφάλειας, της κοινωνίας των πολιτών και των προβληματισμών της κοινωνίας μπήκανε σε πρώτο πλάνο.

8. Σε ποιους τομείς η έννοια της νανοασφάλειας έχει προχωρήσει περισσότερο;

Υπάρχουν 6 τομείς: ο τομέας των τροφίμων και η συσκευασία τους, τα καλλυντικά, τα εντομοκτόνα-μυκητοκτόνα, τα φάρμακα, η ιατρική τεχνολογία, τα βιομηχανικά υλικά και βέβαια το περιβάλλον σε όλα αυτά. Στα βιομηχανικά υλικά εξαιτίας της προηγούμενης νομοθεσίας υπάρχει πρωτοπορία. Είναι ανάγκη να υπάρχει συνεργασία μεταξύ των πεδίων αυτών, η οποία δεν υπάρχει και τόσο. Ωστόσο, προχωράμε. Νέοι άνθρωποι με νέες αντιλήψεις, από διαφορετικά πεδία που όμως μπορούν να συνεργαστούν μεταξύ τους μπαίνουν στο προσκήνιο. Κάποτε Φυσικοί και οι Βιολόγοι ήταν δυο ξεχωριστές ομάδες, με διαφορετική γλώσσα η καθημέρα. Πλέον κάτι τέτοιο δεν είναι λειτουργικό.

9. Μέσω του HORIZON2020 αυτά που θέλετε να καταφέρετε είναι εφικτά; Πώς μπορούν να υλοποιηθούν;

Στο HORIZON2020 αντιμετωπίζουμε δυσκολία εξαιτίας της ανάγκης που υπάρχει πια για καινοτομία. Παλιά δεν ασχολούμασταν με καινοτομία, φτάναμε μέχρι το TRL7 (Technology Readiness Level 7), την άλλοτε προημιβιομηχανική κλίμακα ή pilot. Στο HORIZON2020 θέλουμε να γίνει το πέρασμα από το TRL7 στο TRL8 -στην ημιβιομηχανική κλίμακα, όπου υπάρχει πλήρης βιομηχανική παραγωγή αλλά όχι σε όγκο για να βγει κέρδος. Το πέρασμα στο TRL8 απαιτεί κεφάλαια τα οποία δεν έχει το HORIZON2020. Γι' αυτό χρειάζεται η συμβολή των περιφερειακών προγραμμάτων στα κεφάλαια του HORIZON2020, που και πάλι, όμως, δεν θα είναι επαρκής. Πρέπει να επενδύσει και

το τραπεζικό κεφάλαιο. Το τραπεζικό κεφάλαιο, όμως, δεν θέλει ρίσκο, θέλει εγγυήσεις, γι' αυτό και προτιμάει τις ώριμες τεχνολογίες, όπως η κατασκευαστική βιομηχανία και η μεταποιητική βιομηχανία -κλασικά υλικά, υφάσματα, μάρμαρα, ξύλο-, το κύκλωμα των οποίων λειτουργεί κάπως αυτόματα. Η αγορά της Νανοτεχνολογίας προχωράει πάρα πολύ γρήγορα, κύκλοι της τάξεως των 8-10 ετών παλιότερα, τώρα γίνονται σε δυο χρόνια. Ωστόσο, το να βγει, για παράδειγμα, ένα στάνταρ από το CEN αποτελεί ακόμα μια διαδικασία για την οποία πολλές φορές απαιτούνται 5 χρόνια, ενώ ο επενδυτής πλέον το θέλει σε ένα με δύο χρόνια το πολύ προκειμένου να επενδύσει. Οι δομές που έχουμε, οι μέθοδοι εργασίας μας, οι επιτροπές ειδικών, οι διαδικασίες ψήφισης, λόγω κανονισμών έχουν καθορισμένα χρονικά διαστήματα επεξεργασίας δεδομένων και διεξαγωγής συμπερασμάτων που δεν επιτρέπουν την επιτάχυνσή τους. Στη Νανοτεχνολογία, όμως, δεν μπορεί να εφαρμόζονται δομές και συνήθειες που εφαρμόζονται στις ώριμες τεχνολογίες. Είναι ανάγκη να προχωρήσουμε πιο γρήγορα.

10. Άρα και οι απαιτήσεις για ασφάλεια είναι ακόμα πιο μεγάλες.

Είναι πιο μεγάλες. Γι' αυτό απαιτούνται νέα μυαλά, να βγούνε μπροστά νέοι άνθρωποι που δεν έχουν τις συνήθειες του παρελθόντος, οι οποίοι θα προσαρμοστούν και θα εισάγουν τις δικές τους μεθόδους.

11. Φέτος συμμετέχετε ξανά στο πολυεγγονός NANOTECHNOLOGY, 7 χρόνια μετά. Βλέπετε το ανθρώπινο δυναμικό που θα μπορούσε να διαδραματίσει ενεργό ρόλο σε όλα αυτά;

Ναι, υπάρχει πολύ έντονο ενδιαφέρον, πολλές νέες κόσμος. Είναι κάτι που το βλέπω και σε άλλα Συνέδρια και συναντήσεις. Η Νανοτεχνολογία θέλει νέο κόσμο, ο οποίος δε θα αισθάνε-

ται περιορισμένος από τις συνήθειες των παλιών. Να βγουν οι νέοι μπροστά και να φέρουν καινούργια δυναμική. Είναι κάτι που χρειαζόμαστε σε αυτό τον τομέα περισσότερο από οπουδήποτε αλλού.

12. Ποια είναι τα σχέδιά σας για το μέλλον;

Του χρόνου συνταξιοδοτούμαι από την Επιτροπή. Θα συνεχίσω, όμως, να προωθώ τον τομέα της ασφάλειας μέχρι εκεί που πάει. Ο τομέας της ασφάλειας έχει την έννοια της συνεργασίας μέσα του, κάτι που δεν έχουν άλλοι τομείς, η οποία και τον οδηγεί στην πρωτοπορία.

13. Ποια θα ήταν μια πρότασή σας για το επόμενο NANOTECHNOLOGY;

Αφιερώστε πιο πολύ χρόνο στους νέους. Για παράδειγμα, στις συνεδρίες ο μεγαλύτερος και καταξιωμένος ερευνητής είχε μισή ώρα, ενώ ο νεαρός ερευνητής είχε δέκα λεπτά στο τέλος. Χρειάζεται μια διαφορετική δομή, με περισσότερο χρόνο στη δουλειά και τις ιδέες των νέων, όπου θα παρακολουθούν οι μεγαλύτεροι ερευνητές και θα κάνουν την κριτική τους. Αυτό θα βοηθήσει τους νεότερους να εξελιχθούν. Έχουμε πολύ μεγάλη ανάγκη από νέους μηχανικούς στη Νανοτεχνολογία και εκεί είναι που

πρέπει να δώσουμε τη μεγαλύτερή μας προσοχή, ώστε να βγουν γρήγορα μπροστά. Τα νέα παιδιά είναι και οι αυριανοί επιχειρηματίες. Αν περιμένουμε μόνο από τους πιο παλιούς επιχειρηματίες να επενδύσουν στη Νανοτεχνολογία είναι χαμένος χρόνος. Πρέπει να δώσουμε έμφαση στην επιχειρηματικότητα των νέων επιστημόνων και να διδάξουμε την αποδοχή της αποτυχίας. Η αποτυχία είναι μέρος του παιχνιδιού, μαθαίνεις και προχωράς.

Φ. Λογοθετίδη
MSc Φαρμακοποιός
Εργαστήριο Νανοτεχνολογίας-LTFN

Υπεύθυνος έκδοσης: Καθ. Σ. Λογοθετίδης - Διευθυντής του ΔΠΜΣ N&N

Επιμέλεια Έκδοσης: Φοίβη Λογοθετίδη

Τηλ.: +30 2310 998174, e-mail: logot@auth.gr

Τα τεύχη του Newsletter του ΔΠΜΣ N&N βρίσκονται σε ψηφιακή μορφή στην ιστοσελίδα

<http://nn.physics.auth.gr>