



# Newsletter

Χρόνος 13, Τεύχος 20

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

Θεσσαλονίκη, Δεκέμβριος 2015

## Περιεχόμενα

1. 14η ΓΕΝΙΑ ΝΑΝΟΕΠΙΣΤΗΜΟΝΩΝ ΣΤΟ ΔΠΜΣ N&N!.....	1
2. 13 ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΟΦΟΙΤΩΝ ΤΟΥ ΔΠΜΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ	
- "Βελτίωση της απόδοσης OPV ανεστραμμένης αρχιτεκτονικής αξιοποιώντας το ZnO".....	3
- "Επεξεργασία λεπτών υμενίων οργανικών ημιαγωγών και ηλεκτροδίων με χρήση τεχνικών laser".....	5
- "Μελέτη νανοηλεκτρονικών διατάξεων τρανζίστορ μονού ηλεκτρονίου με προσομοίωση".....	7
- "Παρασκευή και χαρακτηρισμός πολυμορφικών Ικτριωμάτων για μεταφορά φαρμάκων".....	9
- "Αντιμυκητιακή δράση τροποποιημένων νανοσωλήνων άνθρακα με αμφοτερική Β σε βιοϋμένια από Candida".....	10
- "In vivo μελέτη τοξικότητας νανοϋλικών".....	13
- "Σύνθεση, χαρακτηρισμός και βιολογική λειτουργοποίηση Νανοσωματιδίων Χρυσού για Βιοαισθητήρες στην πρόωμη ανίχνευση του Οξέος Εμφράγματος του Μυοκαρδίου".....	15
- "Η μελέτη του ρόλου των καρκινικών δεικτών στον καρκίνο του πεπτικού συστήματος".....	18
- "Ανάπτυξη & Χαρακτηρισμός αγώγιμων βιομιμητικών ικτριωμάτων για νευρική αναγέννηση".....	19
- "Σύνθεση και χαρακτηρισμός νανοσωματιδίων MnBi για εφαρμογές μόνιμων μαγνητών".....	23
- "Παρασκευή Μαγνητικών Νανοσωματιδίων μέσω της Τεχνικής Surfactant Assisted High Energy Ball Milling".....	26
- "Υπολογιστική Ανάλυση ροής και μάζης σε αρτηρίες με stent σε φυσιολογικό παλμό και σε ταχυκαρδία".....	28
3. ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΙΣ ΜΕ ΠΡΩΤΟΠΟΡΟΥΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΕΜΒΕΛΕΙΑΣ	
- Interview with Prof. Donal Brandley, Head of the Division of Mathematical, Physical and Life Sciences at the Univ. of Oxford...30	
- Συνέντευξη με τον Μερκούρη Κανατζίδη, Καθηγητή Χημείας και Διευθυντή του Εργαστηρίου "Kanatzidis Research Group" του Northwestern University.....	34
- Συνέντευξη του Θωμά Ανθόπουλου, Καθηγητή Πειραματικής Φυσικής στο Imperial College του Λονδίνου.....	38
4. "NANOTECHNOLOGY 2015" ΓΙΑ 12 <sup>η</sup> ΧΡΟΝΙΑ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ!.....	42

## 1. 14η ΓΕΝΙΑ ΝΑΝΟΕΠΙΣΤΗΜΟΝΩΝ ΣΤΟ ΔΠΜΣ N&N!

Την Παρασκευή 16 Οκτωβρίου πραγματοποιήθηκε στην αίθουσα A31 του Τμήματος Φυσικής της Σχολής Θετικών Επιστημών του ΑΠΘ, η Εκδήλωση Υποδοχής Πρωτοετών Φοιτητών του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών "Νανοεπιστήμες & Νανοτεχνολογίες" για το ακαδημαϊκό έτος 2015-2016.

Όπως και τις προηγούμενες χρονιές έτσι και φέτος οι νεοεισαχθέντες φοιτητές προέρχονται από ποικίλα επιστημονικά πεδία γεγονός που υποδεικνύει και τη διεπιστημονικότητα του συγκεκριμένου Προγράμματος Σπουδών. Οι επιτυχόντες πρωτοετείς είναι απόφοιτοι Σχολών Θετικών και Τεχνολογικών Επιστημών, Επιστημών Υγείας και Πολυτεχνικής.

Στην εκδήλωση που πραγματοποιήθηκε για 14<sup>η</sup> συνεχή χρονιά παρευρέθησαν οι 17 νεοεισαχθέντες φοιτητές, Καθηγητές και μέλη της Συντονιστικής Επιτροπής του Προγράμματος Σπουδών όπως ο Καθ. κ. Ν. Φράγκης, η Καθ. κ. Θ. Χολή-Παπαδοπούλου, ο Καθ. κ. Η. Αύφαντης, η Καθ. κ. Π. Παπαϊωαννίδου και ο Διευθυντής του Προγράμματος Σπουδών Καθ. κ. Στ. Λογοθετίδης. Μεταξύ άλλων παρευρέθηκε ο Πρόεδρος του Τμ. Φυσικής Καθ. κ. Κ. Χρυσάφης.



Ομιλία του Προέδρου του Τμήματος Φυσικής Καθ. κ. Κ. Χρυσάφη



Ο καθ. Σ. Λογοθετίδης Διευθυντής του ΔΠΜΣ N&N κατά την ομιλία του στους πρωτοετείς φοιτητές



Ομιλία μελών της Συντονιστικής Επιτροπής - κ. Ν. Φράγκη, κ. Η. Αύφανη, κ. Π. Παπαϊωαννίδου

Η εκδήλωση υποδοχής ξεκίνησε με τον χαιρετισμό του Καθηγητή Στ. Λογοθετίδη, ο οποίος αφού τόνισε το μεγάλο ενδιαφέρον που έδειξαν οι υποψήφιοι από πολλές σχολές για το μεταπτυχιακό, συνέχισε με μία σύντομη παρουσίαση του διετούς προγράμματος σπουδών και στους τομείς με τους οποίους μπορούν να εξειδικευτούν με το συγκεκριμένο μεταπτυχιακό, οι οποίοι είναι οι εξής :

- Τεχνολογία Λεπτών Υμενίων και Νανοτεχνολογία
- Νανομηχανική και Νανοϋλικά
- Νανοβιοτεχνολογία & Νανοϊατρική

Έπειτα αναφέρθηκε στο ετήσιο πολύ-συνέδριο NANOTECHNOLOGY, το οποίο διοργανώνεται κάθε χρόνο από το Εργαστήριο Νανοτεχνολογίας – LTFN, το ΔΠΜΣ N&N και το Δίκτυο Έρευνας & Καινοτομίας “NANONET” του οποίου ο αριθμός των μελών υπερβαίνει τα 430 από όλη την υδρόγειο.

Στη συνέχεια, η δευτεροετής φοιτήτρια του ΔΠΜΣ N&N Τερζίδου Αναστασία και ο τελειόφοιτος Θεοδοσίου Αντώνης αφού ευχήθηκαν καλή επιτυχία στους νεοεισαχθέντες, παρουσίασαν τη σπουδαιότητα των νανοτεχνολογιών και προσφέρθηκαν για οποιαδήποτε βοήθεια και συνεργασία κατά τη διάρκεια της χρονιάς. Έπειτα, οι πρωτοετείς φοιτητές έκαναν μια σύντομη παρουσίαση του τομέα από τον οποίο προέρχονται και τους λόγους που τους ώθησαν να επιλέξουν το συγκεκριμένο Μεταπτυχιακό.

Η εκδήλωση ολοκληρώθηκε με την παρουσίαση της Διπλωματικής εργασίας της φοιτήτριας Παππά Φωτεινής με θέμα: “Ανάπτυξη & Χαρακτηρισμός αγώγιμων βιομιμητικών ικτριωμάτων για νευρική αναγέννηση”.



Οι πρωτοετείς φοιτητές του ΔΠΜΣ N&N

Ευχόμαστε στους νέους φοιτητές και στους Καθηγητές του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών σπουδών “N&N” Καλή, Χρυσή και Δημιουργική Χρονιά.

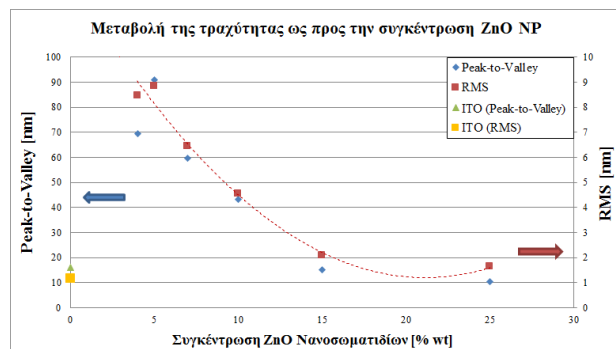
Τερζίδου Αναστασία  
Φοιτήτρια ΔΠΜΣ N&N

Βελτίωση της απόδοσης OPV ανεστραμμένης αρχιτεκτονικής αξιοποιώντας το ZnO

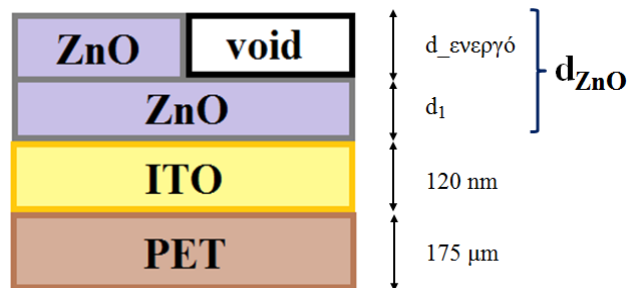
Η εμπορική επιβίωση των οργανικών φωτοβολταϊκών διατάξεων (OPVs) στην αγορά απαιτεί, μεταξύ άλλων, την οικονομικά εφικτή μαζικοποίηση της παραγωγής τους, αλλά και τη βελτιστοποίηση των υλικών και των τεχνικών παρασκευής που επιστρατεύονται. Μια συμβατική αρχιτεκτονική οργανικών φωτοβολταϊκών αντενδείκνυται για μαζική παραγωγή διατάξεων λόγω των ενεργοβόρων τεχνικών κενού που απαιτούνται, ειδικά για τα μεταλλικά ηλεκτρόδια. Επίσης, η χρήση υλικών με μεγάλο έργο εξόδου ως μεταλλικά ηλεκτρόδια (πχ. Αργύρου) στα οργανικά φωτοβολταϊκά ανεστραμμένης αρχιτεκτονικής αυξάνει τη σταθερότητα των διατάξεων. Η παραγωγή τέτοιων OPVs απαιτεί την πρότερη βελτιστοποίηση ορισμένων παραμέτρων των επιμέρους στρώσεων της διάταξης, όπως της επιφανειακής μορφολογίας, του πάχους, της τραχύτητας, της ελεύθερης επιφανειακής ενέργειας και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κάθε αναπτυσσόμενου υμενίου ενός υλικού. Η παρούσα εργασία μελετά τη βελτιστοποίηση των παραμέτρων παρασκευής πλήρως εκτυπωμένων ανεστραμμένων OPVs με την τεχνική της βαθυτυπίας (gravure) σε εργαστηριακή κλίμακα.

Πιο συγκεκριμένα, η μεθοδολογία της εργαστηριακής διερεύνησης περιλαμβάνει αρχικά την εκτύπωση διαλυμάτων νανοσωματιδίων οξειδίου του ψευδαργύρου (ZnO) διαφορετικών συγκεντρώσεων χρησιμοποιώντας ως υπόστρωμα τη διστρωματική δομή Πολυεστέρα (PET) και οξειδίου Ινδίου-Κασσιτέρου (ITO). Το αρχικό διάλυμα νανοσωματιδίων ZnO επιλέχθηκε για μελέτη λόγω της εμπορικής διαθεσιμότητας και του πολύ χαμηλού κόστους κατανάλωσής του (0,5€/mL για αρχική συγκέντρωση ZnO NPs 40% wt). Διαπιστώθηκε πως η χρήση αυξημένης συγκέντρωσης να-

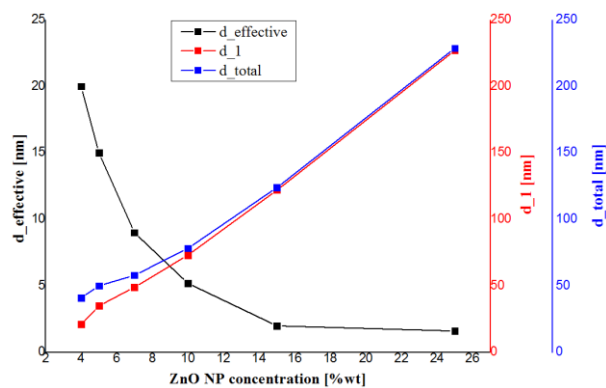
νοσωματιδίων ZnO επιφέρει μεγαλύτερο πάχος των αντιστοιχών υμενίων, μικρότερη τραχύτητα των αντιστοιχών επιφανειών, μεγαλύτερη αντίσταση και καλύτερη υδροφιλικότητα της επιφάνειας.



Σχήμα 1. Μεταβολή της Peak-to-Valley και της ενεργού τραχύτητας ως προς τη συγκέντρωση νανοσωματιδίων ZnO



Σχήμα 2. Το ισοδύναμο γεωμετρικό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των οπτικών χαρακτηριστικών του υμενίου ZnO με Φασματοσκοπική Ελλειμομετρία. Λαμβάνει υπ' όψιν του την επίδραση της ενεργού τραχύτητας στον προσδιορισμό του πάχους και της απορρόφησης που παρουσιάζει το υμένιο ZnO

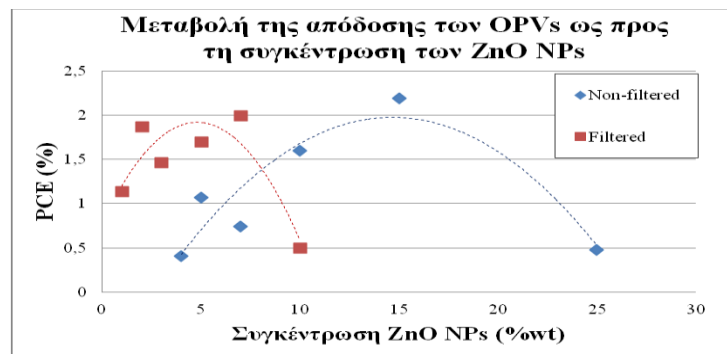


Σχήμα 3. Η μεταβολή του ολικού πάχους του υμενίου ZnO, καθώς και των επιμέρους παχών του ισοδύναμου γεωμετρικού μοντέλου, ως προς τη συγκέντρωση νανοσωματιδίων ZnO

Στη συνέχεια, διερευνήθηκε πώς η διαφοροποίηση της συγκέντρωσης των νανοσωματιδίων ZnO επηρεάζει την τελική απόδοση των φωτοβολταϊκών διατάξεων. Η συγκέντρωση αυτή ήταν και η μοναδική παράμετρος που άλλαζε κατά τα στάδια παρασκευής των διατάξεων, ώστε να απλουστευθεί η μελέτη της επίδρασής της. Με βάση τις χαρακτηριστικές καμπύλες έντασης – τάσης (J-V) εξήχθησαν τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά της εκάστοτε φωτοβολταϊκής διάταξης. Με βάση την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων διαπιστώθηκε πως τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά ακολουθώντας την συγκέντρωση νανοσωματιδίων, αρχικά βελτιώνονται μέχρι μια κρίσιμη τιμή συγκέντρωσης, πέραν της οποίας επιδεινώνονται πάλι. Βρέθηκε πως η αύξηση της συγκέντρωσης νανοσωματιδίων προξενεί ελάττωση της τραχύτητας της επιφάνειας, συνεπώς βελτίωση της διεπιφάνειας του ZnO με το υμένιο του φωτοενεργού υλικού, καθώς όμως και ελάττωση των σκεδάσεων του φωτός λόγω της τραχύτητας του ZnO υμενίου, με επιπρόσθετη συνέπεια την αύξηση της απορρόφησης φωτονίων από το φωτοενεργό υλικό. Η απόδοση, συνεπώς, βελτιώνεται μέχρι μια κρίσιμη συγκέντρωση (15% wt), πέραν της οποίας η επίδραση του πάχους επιδεινώνει τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά της διάταξης.

Επιπλέον, αναζητήθηκαν τρόποι βελτιστοποίησης των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών των διατάξεων με λεπτότερες στρώσεις ZnO. Δοκιμάστηκε ως ιδέα η χρήση φίλτρου στο διάλυμα νανοσωματιδίων προτού αυτά εκτυπωθούν, με σκοπό την ελάττωση της τραχύτητας αλλά και του ίδιου του πάχους. Επαναλήφθηκαν αντίστοιχες εκτυπώσεις διατάξεων με φιλτραρισμένα διαλύματα ZnO μικρότερων συγκεντρώσεων με σκοπό την εύρεση της χαμηλότερης συγκέντρωσης διαλύματος που οδηγεί σε μια νέα βελτιστοποίηση των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών των διατάξεων, λόγω κυρίως της βελτίωσης της διεπιφάνειας ZnO/φωτοενεργού υλικού. Η βελτίωση οφείλεται στην

ελαχιστοποίηση της μεταβολής της τραχύτητας που επιφέρει ο αποκλεισμός νανοσωματιδίων και παραγόμενων συσσωματωμάτων μεγάλου μεγέθους. Από τις αντίστοιχες χαρακτηριστικές βρέθηκε πως η νέα βελτιστοποιημένη συγκέντρωση αντιστοιχεί σε πάχος στρώσεως ZnO 32nm, κάτι που ικανοποιεί τη βιβλιογραφία. Τέλος, η μελέτη του πώς επηρεάζονται οι τελικές J-V χαρακτηριστικές με τη συγκέντρωση νανοσωματιδίων ZnO οδηγεί στην τελική επιλογή του βέλτιστου συνδυασμού ως προς τα κριτήρια του πάχους υμενίου ZnO, της απόδοσης και του κόστους παρασκευής του κάθε υμενίου ZnO με την εν λόγω τεχνική. Διαπιστώθηκε ότι ο συνδυασμός της συγκέντρωσης νανοσωματιδίων 15%wt (του συγκεκριμένου εμπορικά διαθέσιμου διαλύματος νανοσωματιδίων) δίχως τη χρήση φίλτρου οδηγεί μεν σε παχύ υμένιο ZnO (122nm), αλλά επιτυγχάνει επαναλήψιμα υψηλή απόδοση των διατάξεων (>2%) διατηρώντας παράλληλα ένα πολύ χαμηλό κόστος εκτύπωσης (0.16€/mL) του αντίστοιχου υμενίου. Συνεπώς, αποτελεί έναν πρόσφορο συνδυασμό παραμέτρων ανάπτυξης υμενίων ZnO για οικονομική και αποδοτική μαζική παραγωγή σε κλίμακα Roll-to-Roll.

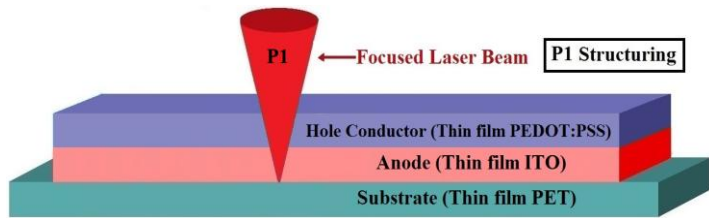


**Σχήμα 4.** Μεταβολή της απόδοσης των οργανικών φωτοβολταϊκών διατάξεων ως προς τη συγκέντρωση νανοσωματιδίων ZnO για την περίπτωση χρήσης φίλτρου (κόκκινο χρώμα), και για την περίπτωση χωρίς φίλτρο (μπλε χρώμα)

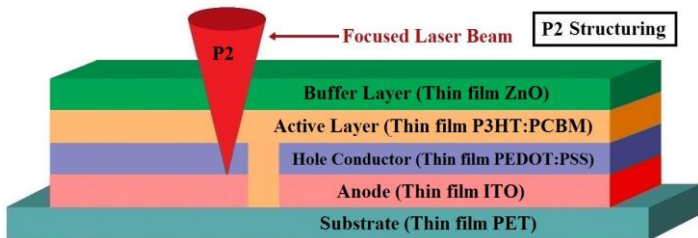
Πολυζωΐδης Χρήστος  
Απόφοιτος ΔΠΜΣ N&N

## Επεξεργασία λεπτών υμενίων οργανικών ημιαγωγών και ηλεκτροδίων με χρήση τεχνικών laser

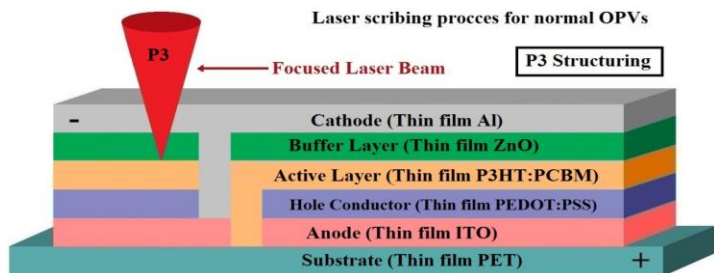
Στην παρούσα διπλωματική εργασία, πραγματοποιήθηκε μελέτη και αξιολόγηση εγχαραξιών (laser scribes) από παλμική ακτινοβολία laser πάνω στην επιφάνεια λεπτών υμενίων οργανικών ημιαγωγών και διαφανών ηλεκτροδίων με χρήση μέσων οπτικής και ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης. Από τους τρεις βασικούς τύπους εγχαραξιών P1, P2 και P3, μελετήθηκαν κυρίως εγχαραγμένα λεπτά υμένια με εγχαραξεις τύπου P1 και P2, οι οποίες διεξήχθησαν με παλμική ακτινοβολία laser, με χρονική διάρκεια παλμών της τάξης των ns, ps και fs.



**Εικόνα 1.** Απεικόνιση της εγχάραξης P1 κατά την κατασκευή οργανικού φωτοβολταϊκού κανονικής διάταξης



**Εικόνα 2.** Απεικόνιση της εγχάραξης P2 κατά την κατασκευή οργανικού φωτοβολταϊκού κανονικής διάταξης



**Εικόνα 3.** Απεικόνιση της εγχάραξης P3 κατά την κατασκευή οργανικού φωτοβολταϊκού κανονικής διάταξης

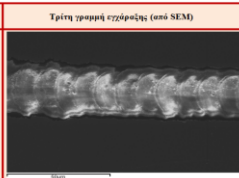
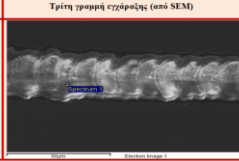
Από τη μελέτη των δειγμάτων με το οπτικό μικροσκόπιο διεξήχθησαν αρκετά συμπεράσματα. Πιο συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε ότι τόσο η ενέργεια των παλμών (Pulse Energy E) ( $\mu\text{J}$ ), όσο και ο βαθμός αλληλοεπικάλυψης των παλμών της ακτινοβολίας του laser (Pulse Overlap) (%) επηρεάζουν άμεσα την ποιότητα των εγχαραξιών. Παρατηρήθηκε ότι η ταχύτητα U (mm/s) με την οποία οι δέσμες του laser εγχάρασσουν τις επιφάνειες των υμενίων είναι αντιστρόφως ανάλογη του βαθμού αλληλοεπικάλυψης των παλμών της ακτινοβολίας του laser. Δηλαδή, όσο μειώνεται η ταχύτητα εγχάραξης ενός υμενίου, τόσο αυξάνεται ο βαθμός αλληλοεπικάλυψης των παλμών της ακτινοβολίας του laser και αντίστροφα. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι εγχάρασσοντας επιφάνειες υμενίων με δέσμες laser με χαμηλές ταχύτητες εγχάραξης, δημιουργούμε υψηλής συνεκτικότητας και καλώς ορισμένες εγχαραξεις, καθώς ο βαθμός αλληλοεπικάλυψης των παλμών είναι μεγαλύτερος, αλλά παράλληλα λόγω της έντονης αλληλοεπικάλυψης των παλμών δημιουργούμε έντονες αλλοιώσεις στο υπόστρωμα ή στα υποκείμενα υμένια, ειδικά αν πρόκειται για εγχαραξεις τύπου P2 ή P3.

Trial ID	Irradiated	Approx. Focused spotsize ( $\mu\text{m}$ )	E ( $\mu\text{J}$ )	f (kHz)	v (mm/s)	Pulse Overlap	Optical display of the sample PET / ITO / PEDOT:PSS	Evaluation	
ET	Front side	24	unkn	owna	1	50	0.0%		OK Scribes become better defined for larger pulse overlaps. Substrate damage is not observed.
						20	16.7%		
						15	37.5%		
						10	58.3%		
						5	79.2%		
2.5	89.6%								
FT	Front side	24	26.5	1	50	0.0%		Bad Scribes become better defined for larger pulse overlaps. Substrate damage is observed for 79.2% and 89.6% overlap.	
						20			16.7%
						15			37.5%
						10			58.3%
						5			79.2%
2.5	89.6%								

**Εικόνα 4.** Μελέτη και αξιολόγηση εγχαραξιών με χρήση οπτικής μικροσκοπίας

Αντιθέτως, εγχάρασσοντας επιφάνειες υμενίων με δέσμες laser με υψηλές ταχύτητες εγχάραξης, δημιουργούμε χαμηλής συνεκτικότητας εγχαράξεις, καθώς ο βαθμός αλληλοεπικάλυψης των παλμών είναι μικρότερος, αλλά λόγω της μη αλληλοεπικάλυψης των παλμών παρατηρούνται ελάχιστες αλλοιώσεις στο υπόστρωμα. Όσον αφορά τις τιμές ενέργειας της ακτινοβολίας laser, αλλοιώσεις του υποστρώματος παρατηρούνται κυρίως κατά τη διεξαγωγή εγχαράξεων με δέσμες ακτινοβολίας laser υψηλών ενεργειών. Μάλιστα, σε ορισμένα υμένια-δείγματα, το υπόστρωμα καταστράφηκε ολοσχερώς λόγω της υψηλής ενέργειας της ακτινοβολίας του laser. Επίσης, διαπιστώθηκε ότι η συχνότητα  $f$  (kHz) της ακτινοβολίας του laser είναι διαφορετική από τη συχνότητα των παλμών της (kHz). Η συχνότητα  $f$  της ακτινοβολίας του laser σχετίζεται άμεσα με την ενέργειά της (υπενθύμιση: ενέργεια φωτονίου  $E = h \cdot f$ ), ενώ η συχνότητα των παλμών της αφορά το ρυθμό επανάληψης των παλμών (Pulse repetition rate) σε μονάδα του χρόνου (συνήθως second). Τέλος, η πλευρά στην οποία ακτινοβολήθηκαν τα λεπτά υμένια-δείγματά μας (μπροστινή front side ή πίσω back-side) δε φάνηκε να διαφοροποιεί και να επηρεάζει τα πειραματικά μας αποτελέσματα.

Στη συνέχεια, οι εγχαράξεις στην επιφάνεια των δειγμάτων μας παρατηρήθηκαν με το Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης (Scanning Electron Microscope – SEM) και ορισμένες από αυτές αναλύθηκαν με τη φασματοσκοπική τεχνική ενεργειακής διασποράς ακτινών X (Energy dispersive X-ray spectroscopy – EDX). Με τον τρόπο αυτό μπορέσαμε να αξιολογήσουμε την έκταση της αποκόλλησης υλικού (Delamination) που υπέστη το υπόστρωμα PET των δειγμάτων μας κατά τη διεξαγωγή των εγχαράξεων στα υπερκείμενα υμένια και γενικότερα την αποτελεσματικότητα της επιλεκτικής απομάκρυνσης υλικού από την επιφάνεια ενός υμενίου κατά την εγχάραξή του με παλμική ακτινοβολία laser.

Trial ID	Irradiated	Focused spot size (μm)	E (μJ)	f (kHz)	v (mm/s)	Pulse Overlap	Τρίτη γραμμή εγχαράξης (από SEM)	Σημειώσεις
ET	Front side	24	20,5	1	10	58,3%		Quality of the edge of the scribe (Ushape): OK Delamination of the edge of the scribe: LOW Substrate damage (PET): MEDIUM Film removal (ITO):
ET	Front side	24	20,5	1	10	58,3%		Quality of the edge of the scribe (Ushape): OK Delamination of the edge of the scribe: LOW Substrate damage (PET): MEDIUM Film removal (ITO):

Εικόνα 5. Μελέτη και αξιολόγηση εγχαράξεων με χρήση ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης (SEM)

Έτσι, χρησιμοποιώντας την ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης μπορέσαμε να μελετήσουμε και να αξιολογήσουμε μία σειρά λεπτών υμενίων-δειγμάτων, ως προς την ποιότητα των άκρων των εγχαράξεων (σχήμα), την αποκόλληση υλικού στα άκρα των εγχαράξεων (delamination), τη ζημιά που υφίσταται το υπόστρωμα κατά την εγχάραξη των υπερκείμενων υμενίων με laser και το βαθμό απομάκρυνσης υλικού στις περιοχές των υμενίων που θέλαμε να εγχαράξουμε. Με βάση αυτά τα τέσσερα κριτήρια αξιολόγησης και μετά από προσεκτική μελέτη και αξιολόγηση των δειγμάτων μας, διεξαγάγαμε συμπεράσματα για τις βέλτιστες τιμές των πειραματικών συνθηκών (παραμέτρων), οι οποίες οδηγούν σε υψηλής ποιότητας εγχαράξεις στα πλαίσια κατεργασίας των υμενίων οργανικών ημιαγωγών και διαφανών ηλεκτροδίων με χρήση ακτινοβολίας laser. Οι παράμετροι αυτοί αφορούν κυρίως το ποια πλευρά του δείγματός μας ακτινοβολήθηκε από laser, το μέγεθος του αποτυπωμένου στην επιφάνεια των εγχαρασσόμενων υμενίων σποτ (σε μm) από τους παλμούς της ακτινοβολίας του laser, την ενέργεια (σε μJ), τη συχνότητα (kHz) και το βαθμό αλληλοεπικάλυψης των παλμών του laser, καθώς και την ταχύτητα εγχάραξης  $U$  (mm/s). Ωστόσο, χρειάζεται περισσότερη διερεύνηση και εκτέλεση επιπλέον πειραμάτων ώστε να εξαχθούν επαρκή αποτελέσματα.

Στα πλαίσια διεξαγωγής της στοιχειακής ανάλυσης EDX σε ορισμένες από τις εγχαράξεις που μελετήθηκαν, το συμπέρασμα για το αν απομακρύνθηκε ποσό-

τητα υλικού στα σημεία εγχάραξης με laser, εφαρμόζοντας στοιχειακή ανάλυση με την τεχνική EDX, βασίστηκε:

- Για το υμένιο ITO, στην εναπομείνασα ποσότητα (Weight %) του χημικού στοιχείου ίνδιου (In) στα σημεία εγχάραξης, καθώς το ίνδιο αποτελεί βασικό συστατικό του διαφανούς, αγώγιμου οξειδίου ITO.
- Για το υμένιο ZnO, στην εναπομείνασα ποσότητα (Weight %) του χημικού στοιχείου ψευδαργύρου (Zn) στα σημεία εγχάραξης, καθώς

ο ψευδάργυρος αποτελεί βασικό συστατικό του υλικού ZnO.

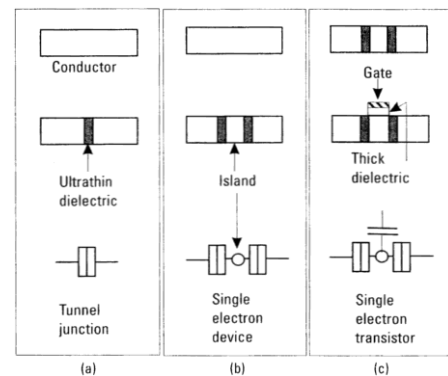
- Για το υμένιο PEDOT:PSS, στην εναπομείνασα ποσότητα (Weight %) του χημικού στοιχείου θείου (S) στα σημεία εγχάραξης, καθώς το θείο αποτελεί βασικό συστατικό του πολυμερούς PEDOT:PSS.

Γιάννης Λάσπας  
Απόφοιτος ΔΠΜΣ N&N

### Μελέτη νανοηλεκτρονικών διατάξεων τρανζίστορ μονού ηλεκτρονίου με προσομοίωση

Τα τρανζίστορ αποτελούν σήμερα τα κύρια στοιχεία του τεχνολογικού κόσμου μας. Είναι μικρές διατάξεις οι οποίες λειτουργούν ως διακόπτες αφήνοντας να περάσει ρεύμα ή όχι, πραγματοποιώντας έτσι λογικές πράξεις και συνθέτοντας πολύπλοκα κυκλώματα. Η εξέλιξη απαιτεί αυτές οι διατάξεις να μικραίνουν όλο και πιο πολύ ώστε να χωράνε περισσότερες πάνω σε wafer ημιαγωγού. Οι διαστάσεις αυτές στη σημερινή εποχή φτάνουν τα μερικά νανόμετρα. Σε αυτή την κλίμακα, η κβαντομηχανική είναι αδύνατον να αγνοηθεί καθώς τα ηλεκτρόνια μπορούν και πραγματοποιούν διέλευση διαμέσου ενός τόσο λεπτού φράγματος, λόγω του φαινομένου σήραγγας. Ωστόσο, έχει βρεθεί τρόπος ώστε τα φαινόμενα κβαντομηχανικής να μείνουν έξω, αλλά και να χρησιμοποιηθούν προς όφελός της συσκευής. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της κατασκευής μιας εντελώς διαφορετικής διάταξης, του τρανζίστορ μονού ηλεκτρονίου (single electron transistor - SET). Το βασικό στοιχείο των SET είναι μια επαφή φαινομένου σήραγγας (tunnel junction), όπου η διέλευση των ηλεκτρονίων γίνεται διαμέσου ενός φράγματος δυναμικού κι έτσι ελέγχεται η αγωγιμότητα του

ρεύματος στο SET, σε αντίθεση με τα τρανζίστορ MOSFET. Αν χωρίσουμε ένα κομμάτι αγωγού σε δύο μέρη εισάγοντας ένα υπέρλεπτο διηλεκτρικό, η συνολική δομή συμπεριφέρεται σαν μια επαφή σήραγγας (tunnel junction), όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.

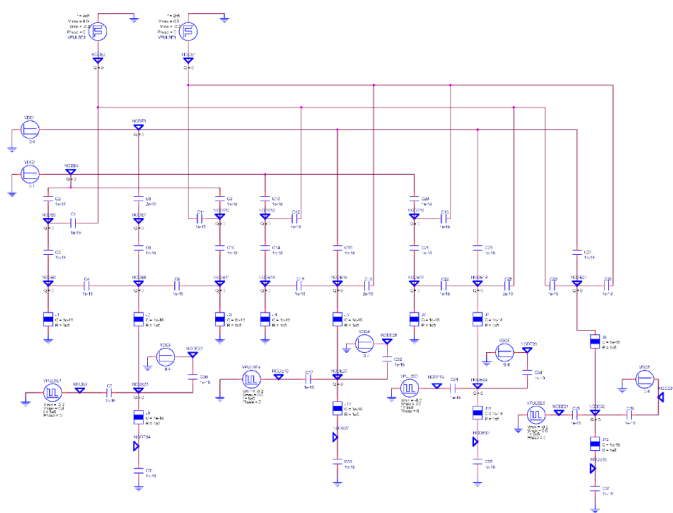


**Εικόνα 1.** Η εξέλιξη των SET από απλή επαφή φαινομένου σήραγγας (a), σε SED (b), και τελικά σε SET (c).

Στην εργασία αυτή πραγματοποιείται η κατασκευή νέων κυκλωμάτων που βασίζονται σε τρανζίστορ μονού ηλεκτρονίου και η προσομοίωση της λειτουργίας τους. Το κύριο εργαλείο που χρησιμοποιείται είναι ο προσομοιωτής SECS (Single Electron Circuit Simulator), ο οποίος βασίζεται στη μέθοδο Monte Carlo. Τα λογικά κυκλώματα που κατασκευάζονται είναι αποκωδικοποιητές. Στα ψηφιακά ηλεκτρονικά

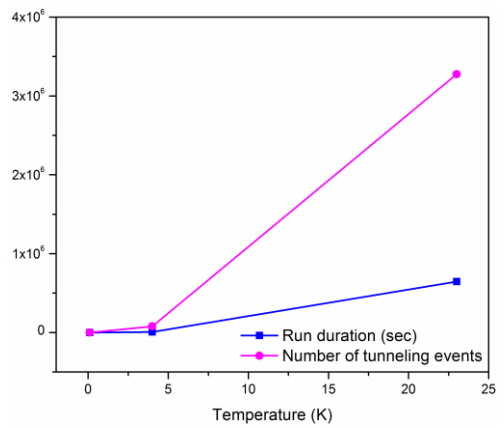
έναν αποκωδικοποιητή (decoder) είναι ένα λογικό κύκλωμα, το οποίο μετατρέπει μια δυαδική είσοδο σε ένα προκαθορισμένο μοτίβο δυαδικών εξόδων. Οι αποκωδικοποιητές χρησιμοποιούνται σε ένα πλήθος εφαρμογών, όπως η απο-πολυπλεξία δεδομένων και η αποκωδικοποίηση διευθύνσεων μνήμης. Υλοποιούνται ως ανεξάρτητα ολοκληρωμένα κυκλώματα ή ως μέρη πολύπλοκων ολοκληρωμένων κυκλωμάτων. Ο συνήθης τύπος αποκωδικοποιητή θα μετατρέψει δυαδική πληροφορία από  $n$  σήματα εισόδου σε  $2^n$  σήματα εξόδου.

Μετά από μια εκτενή εισαγωγή στη φυσική των τρανζιστορ μονού ηλεκτρονίου και στις μεθόδους προσομοίωσης, το κύριο μέρος της εργασίας αποτελείται από την υλοποίηση των λογικών κυκλωμάτων. Αρχικά, παρουσιάζεται η πύλη AND τριών εισόδων και ο αποκωδικοποιητής 2-4. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα δομικά στοιχεία για τα πιο πολύπλοκα κυκλώματα που υλοποιούνται. Τα παραπάνω κυκλώματα συνδυάζονται για την κατασκευή του νέου κυκλώματος του αποκωδικοποιητή 2-4 με επίτρεψη (enable) (Εικόνα 2).



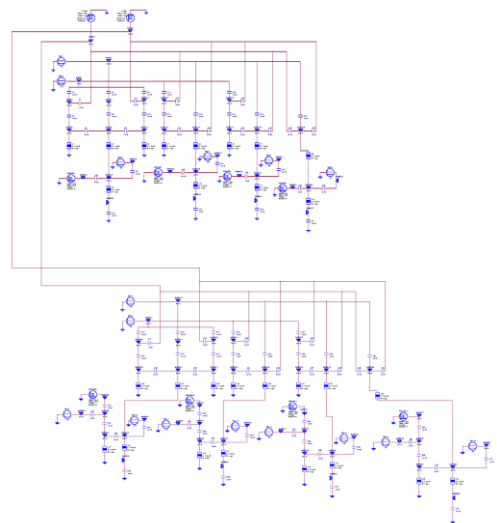
**Εικόνα 2.** Ο αποκωδικοποιητής 2-4 με επίτρεψη

Η λειτουργία του αποκωδικοποιητή 2-4 με επίτρεψη ελέγχεται σε μη μηδενικές θερμοκρασίες, πέρα από 0.1 K, και προσδιορίζεται ο θόρυβος που εμφανίζεται στα αποτελέσματα (Εικόνα 3).



**Εικόνα 3.** Η διάρκεια του υπολογισμού και ο αριθμός των γεγονότων σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία

Τέλος, δυο αποκωδικοποιητές 2-4 με επίτρεψη, συνδυάζονται για την κατασκευή του αποκωδικοποιητή 3-8 (Εικόνα 4), αποδεικνύοντας την επεκτασιμότητα των κυκλωμάτων SET. Για κάθε κύκλωμα γίνεται προσδιορισμός και αναλυτική καταγραφή παραμέτρων, όπως οι τιμές χωρητικότητας, οι τιμές των αντιστάσεων, οι τάσεις λειτουργίας, τα δυναμικά πολώσεως και οι συχνότητες εισόδου των λογικών παραμέτρων 0 και 1. Πέρα από την επαλήθευση της σωστής λειτουργίας με βάση τους αντίστοιχους πίνακες αλήθειας του κάθε κυκλώματος, εξετάζονται και τα αποτελέσματα της ενεργειακής συμπεριφοράς των κυκλωμάτων. Όλα τα κυκλώματα που προσομοιώνονται λειτουργούν σε συνθήκες θερμοδυναμικής ισορροπίας.



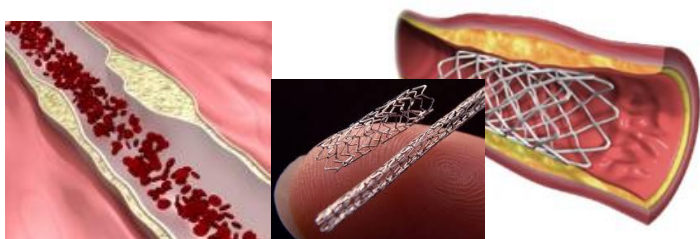
**Εικόνα 4.** Ο 3-8 decoder

Βενέτη Αικατερίνη  
Απόφοιτη ΔΠΜΣ Ν&Ν



## Παρασκευή και χαρακτηρισμός πολυμορφικών Ικριωμάτων για μεταφορά φαρμάκων

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 stent (Σχήμα 1). Προκειμένου να αντιμετωπιστούν συχνά παρατηρούμενα φαινόμενα μετά τη χρήση των stent, όπως αυτό της επαναστένωσης της αρτηρίας ή/και της θρόμβωσης, έχουν διερευνηθεί διάφορες προσεγγίσεις. Στις μέρες μας, χρησιμοποιούνται διάφορα είδη βιοαποικοδομήσιμων πολυμερικών υλικών ως φορείς φαρμακευτικών ουσιών, τα οποία επικαλύπτουν ιατρικά εμφυτεύματα πριν την τοποθέτησή τους στους ασθενείς. Τα πλεονεκτήματα τέτοιων συστημάτων είναι η σταδιακή αποικοδόμηση του φαρμάκου στο εσωτερικό του οργανισμού με ελεγχόμενο τρόπο.

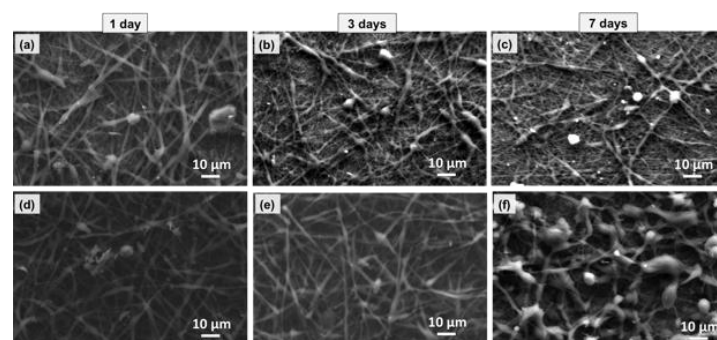


**Σχήμα 1.** Αγγείο με ανεπτυγμένη αθηρωματική πλάκα και αντιμετώπιση με τοποθέτηση stent

Τα ικριώματα αποτελούν πολλά υποσχόμενες δομές στον τομέα των επικαλύψεων ιατρικών εμφυτευμάτων, λόγω της ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής τους η οποία ευνοεί την κυτταρική προσκόλληση και ανάπτυξη συμβάλλοντας έτσι στην ιστική αναγέννηση. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, παρασκευάστηκαν πολυμερικά πολυλειτουργικά ικριώματα μεταφοράς φαρμάκων 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.

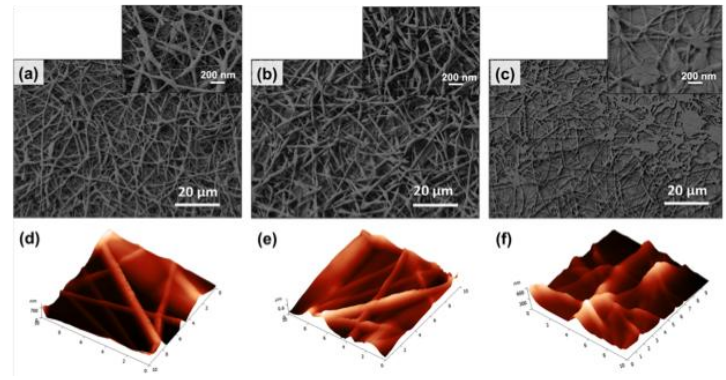
Πιο συγκεκριμένα, στο πρώτο στάδιο της μελέτης παρασκευάστηκαν πολυμερικά νανο-ινώδη ικριώματα από πολυκαπρολακτόνη (Polycaprolactone-PCL) με την τεχνική της ηλεκτροστατικής ινοποίησης, τα οποία φέρουν αντιφλεγμονώδες φάρμακο στο εσωτερικό τους. Τα συστήματα αυτά, αφού βελτιστοποιήθηκαν με βάση την επιθυμητή νανοϊνώδη δομή μελετήθηκαν ως προς τη μορφολογία και τη φαρμακευτική απελευθέρωση. Επιπλέον, έγινε στα ικριώματα αυτά κατάλληλη επιφανειακή κατεργασία με χρήση πλάσματος οξυγόνου προκειμένου να καταστούν πιο βιοσυμβατά και να ευνοηθεί η κυτταρική προσκόλληση και ανάπτυξη (Σχήμα 2). Τέλος, πραγματοποιήθηκαν μελέτες αποικοδόμησης των ινών προκειμένου να συσχετιστούν με την απελευθέρωση του φαρμάκου.



**Σχήμα 2.** Εικόνες SEM των ικριωμάτων χωρίς επιφανειακή τροποποίηση (πάνω σειρά) και με επιφανειακή τροποποίηση (κάτω σειρά) για τα χρονικά διαστήματα 1 ημέρας, 3 ημερών και 7 ημερών

Στο δεύτερο στάδιο, πραγματοποιήθηκε η σύνθεση μιας σειράς βιοαποικοδομήσιμων νανοσωματιδίων πολύ-(γαλακτικού-γλυκολικού οξέος) (PLGA) που έφεραν αντιφλεγμονώδες φάρμακο και κατάλληλη επιφανειακή επικάλυψη προκειμένου να ενισχυθεί η βιοσυμβατότητά τους. Ακολούθησε ο χαρακτηρισμός των νανοσωματιδίων ως προς το μέγεθος, το δυναμικό ζ, τη μορφολογία τους, καθώς και το βαθμό φόρτωσης του εγκλεισμένου φαρμάκου, ενώ μελετήθηκε και η κινητική αποδέσμευση του φαρμάκου από τα νανοσωματίδια. Τέλος, πραγματοποιήθηκε μελέτη της κυτταροτοξικότητας των νανοσωματιδίων και της κυτταρικής πρόσληψής τους.

Στο τρίτο και τελευταίο στάδιο της εργασίας παρασκευάστηκαν πολυμερικά νανο-ινώδη ικρίωματα από πολυκαπρολακτόνη (Polycaprolactone-PCL) με την τεχνική της ηλεκτροστατικής ινοποίησης. Τα ικρίωματα υπέστησαν κατάλληλη επιφανειακή κατεργασία προκειμένου να καταστούν πιο υδρόφιλα και κατ' επέκταση πιο βιοσυμβατά (Σχήμα 3). Στη συνέχεια, ακολούθησε η εμβάπτιση των βιοαποικοδομήσιμων νανοσωματιδίων πολύ-(γαλακτικού-γλυκολικού οξέος) (PLGA) στα ικρίωματα, τα οποία μελετήθηκαν ως προς τη μορφολογία, την επιφανειακή χημεία, τις μηχανικές ιδιότητες, ενώ παράλληλα μελετήθηκε η επίδραση της επιφανειακής επεξεργασίας των ινών στην κινητική της αποδέσμευσης του φαρμάκου από τα νανοσωματίδια. Τέλος, πραγματοποιήθηκαν κυτταρικές μελέτες προκειμένου να αξιολογηθεί η επίδραση της επιφανειακής επεξεργασίας στην κυτταρική απόκριση.



**Σχήμα 3.** Εικόνες μορφολογίας SEM (πρώτη σειρά) και τοπογραφικές AFM (δεύτερη σειρά) των (a,d) μη τροποποιημένων ικρίωμάτων καθώς και των επιφανειακά τροποποιημένων ικρίωμάτων με χρήση πλάσματος ισχύος (b,e)  $P=20\text{ W}$  και (c,f)  $P=40\text{ W}$  αντίστοιχα. (Η κλίμακα στις εικόνες AFM είναι σε  $\mu\text{m}$ )

Συμπερασματικά, παρασκευάστηκαν βιομιμητικές δομές νανο-ινωδών πολυμερικών ικρίωμάτων που φέρουν φάρμακο είτε στο εσωτερικό των ινών ή σε νανοσωματίδια τα οποία βρίσκονται εμβαπτισμένα σε αυτές. Πραγματοποιήθηκε κατάλληλη επιφανειακή επεξεργασία των ικρίωμάτων προκειμένου να καταστούν πιο βιοσυμβατά και μελετήθηκε η κυτταρική προσκόλληση και ανάπτυξη σε αυτά. Τέλος, έγιναν μελέτες της απελευθέρωσης του φαρμάκου σε κάθε σύστημα και εξήχθη σε κάθε περίπτωση ο μηχανισμός της απελευθέρωσης μέσω της χρήσης καταλλήλων κινητικών μοντέλων. Από τη μελέτη των δομών που κατασκευάστηκαν, προκύπτει ότι τα προτεινόμενα συστήματα αποτελούν μία πολλά υποσχόμενη πλατφόρμα που δύναται να χρησιμοποιηθεί για επικαλύψεις ιατρικών εμφυτευμάτων.

Πατπά Άννα-Μαρία  
Απόφοιτη ΔΠΜΣ N&N

### Αντιμυκητιακή δράση τροποποιημένων νανοσωλήνων άνθρακα με αμφοτερική Β σε βιοϋμένια από Candida

Οι λοιμώξεις που σχετίζονται με την ανάπτυξη βιοϋμενίων (BY) από στελέχη Candida αποτελούν ένα υπαρκτό κλινικό πρόβλημα σε παγκόσμιο επίπεδο, με

σημαντική ιατροφαρμακευτική επιβάρυνση και αυξανόμενες διαστάσεις. Οι κλασσικές θεραπευτικές προσεγγίσεις μέχρι σήμερα για την αντιμετώπιση αυτών

των ανθεκτικών και χρόνιων λοιμώξεων περιλαμβάνουν: 1) τη μακροχρόνια συνδυαστική χορήγηση αντιμυκητιακών σκευασμάτων, που πολλές φορές δεν είναι άμοιρη ανεπιθύμητων ενεργειών, ιδιαίτερα σε ευπαθείς ομάδες ασθενών, 2) την αφαίρεση “πολύτιμων” καθετήρων, προθέσεων και μοσχευμάτων που σχετίζονται με την ανάπτυξη ΒΥ και 3) σε ενδεδειγμένες περιπτώσεις, τη χειρουργική εξαίρεση των μυκητωμάτων. Ωστόσο, σε κάποιες περιπτώσεις δεν είναι εφικτή η εκρίζωση του ΒΥ, με αποτέλεσμα, τα πρόσφατα επιδημιολογικά δεδομένα αναφορικά με τις διεσποδικές μυκητιακές λοιμώξεις που σχετίζονται με την ανάπτυξη ΒΥ, να παρουσιάζουν υψηλά ποσοστά θνητότητας. Επιπρόσθετα, τα τελευταία χρόνια τα περιθώρια ανάπτυξης νέων αντιμικροβιακών και αντιμυκητιακών σκευασμάτων από την πλευρά των φαρμακοβιομηχανιών στενεύουν σημαντικά. Σε αυτά τα πλαίσια, η αναγκαιότητα ανάπτυξης νέων καινοτόμων και αποτελεσματικών θεραπευτικών προσεγγίσεων στον τομέα της λοιμωξιολογίας κρίνεται απαραίτητη.

Τα τελευταία χρόνια η έρευνα εστιάζεται στην ανάπτυξη νέων βιοτροποποιημένων καινοτόμων νανοϋλικών με ευοίωνα αποτελέσματα σε διάφορες βιοϊατρικές εφαρμογές, όπως στη διαγνωστική, τη στοχευμένη θεραπεία, συμπεριλαμβανομένης και της αντιμικροβιακής θεραπείας. Οι βιοτροποποιημένοι νανοσωλήνες άνθρακα (BN) συνιστούν μία “έξυπνη” εναλλακτική θεραπευτική προσέγγιση. Βασικό προτέρημα των BN έναντι των παραδοσιακών αντιμικροβιακών ουσιών είναι ότι η μικροβιοκτόνος δράση τους βασίζεται κυρίως στη μηχανική καταστροφή του μικροοργανισμού και όχι στη χημική βιοκτόνο δράση των λοιπών αντιμικροβιακών ουσιών. Παράλληλα, θεωρείται ότι η προσκόλληση αντιμυκητιακών πάνω σε νανοσωλήνες μπορεί να αυξήσει σημαντικά τη θεραπευτική αποτελεσματικότητα του φαρμάκου μέσω μία συνεργικής δράσης, χωρίς να έχει διευκρινισθεί πλήρως ο μηχανισμός δράσης σε βιοχημικό επίπεδο. Τέλος, ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των νανοσωλήνων

είναι η υψηλή αναλογία επιφάνειας-προς-συνολικό όγκο που επιτρέπει μια στοχευμένη υψηλή συγκέντρωση της ουσίας-φορέα σε κυτταρικό επίπεδο.

Η αντιμυκητιακή ικανότητα των BN συνιστά επίσης ένα σημαντικό επιστημονικό και κλινικό πεδίο, αν και τα δεδομένα σχετικά με αυτό το θέμα είναι περιορισμένα. Σε μια μελέτη που δημοσιεύθηκε πρόσφατα, η προσκόλληση-σύζευξη των νανοσωλήνων με αμφοτερικίνη Β συνέβαλε στη σημαντική αύξηση της αντιμυκητιακής δράσης της αμφοτερικίνης συγκριτικά με τη δράση της ως μεμονωμένο φάρμακο σε ευαίσθητα πλανκτονικά κύτταρα, χωρίς να μελετηθεί η δράση τους σε ΒΥ. Μία πρόσφατα δημοσιευμένη μελέτη έδειξε επίσης ότι η σύζευξη των νανοσωλήνων με αμφοτερικίνη Β παρουσίαζε μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα έναντι παρασίτων, όπως είναι οι λείσμάνιες, χωρίς σημαντικές τοξικές ανεπιθύμητες ενέργειες. Η ανάπτυξη βιοσυμβατών αντιμικροβιακών νανοσωλήνων φαίνεται να παρουσιάζει αυξημένη κλινική σημασία και για ένα επιπρόσθετο λόγο. Οι βιοτροποποιημένοι νανοσωλήνες δύνανται να χρησιμοποιηθούν ως υμένιο πάνω σε διάφορα ανθρώπινα εμφυτεύματα, όπως για παράδειγμα πάνω σε κεντρικούς καθετήρες για την παρεμπόδιση μικροβιακής προσκόλλησης και ανάπτυξης ΒΥ. Οι βιομεμβράνες συνιστούν ένα σύμπλεγμα μικροαποικιών ενσωματωμένων μέσα σε μία εξωκυττάρια ουσία. Τόσο τα βακτήρια όσο και οι μύκητες, όπως για παράδειγμα ο *S. aureus* και η *Candida spp.*, εμπλέκονται στην εμφάνιση ΒΥ. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, οι βιομεμβράνες συνιστούν ένα σοβαρό ιατρικό πρόβλημα, διότι παρουσιάζουν υψηλότερη ανθεκτικότητα σε σχέση με τα πλανκτονικά κύτταρα έναντι πολλών αντιμικροβιακών ουσιών, αλλά και έναντι μηχανισμών άμυνας, όπως τα ουδετερόφιλα και το μονοκυτταρικό φαγοκυτταρικό σύστημα. Για αυτό το λόγο η παρεμπόδιση ή η σημαντική αναστολή της δημιουργίας βιομεμβράνης με την ανάπτυξη “νέας γενιάς καθετήρων” φαίνεται να είναι

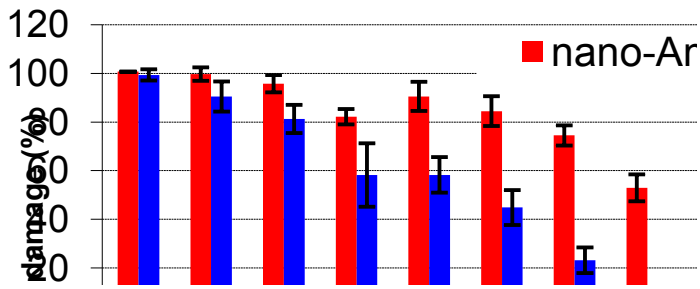
πρωταρχικής σημασίας έναντι των λοιμώξεων που σχετίζονται με την παρουσία κεντρικών καθετήρων.

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η επιτυχής καθήλωση της αμφοτερικίνης Β (AMB) σε πεγκυλιωμένους πολυτοιχωματικούς νανοσωλήνες άνθρακα και η μελέτη της *in vitro* δράσης του νέου υλικού σε ώριμα ΒΥ από *Candida*, εφόσον σύμφωνα με τη βιβλιογραφία συνιστούν τις δυσκολότερα θεραπεύσιμες μυκητιακές λοιμώξεις με τα συμβατικά δεδομένα θεραπείας. Επιλέχθηκε το συγκεκριμένο υλικό, διότι η πρόσδεση της AMB σε νανοσωλήνες άνθρακα μπορεί να αναχαιτίσει τη συσσωμάτωση του φαρμάκου και να αποτρέψει την πρόσδεση στα κύτταρα θηλαστικών αυξάνοντας την εκλεκτική της δράση. Επίσης, θεωρούμε ότι με τη συγκεκριμένη μορφή ενισχύεται η αντιμυκητιακή δράση λόγω της υψηλής συγκέντρωσης –πυκνότητας του χημικού μορίου γύρω από το ΒΥ (αυξημένη επιφάνεια του νανοϋλικού ως προς τον όγκο) και της σταθεροποίησης του χημικού μορίου πάνω στο νανοσωλήνα. Όπως φάνηκε από τα πειράματα της εργασίας, η καθήλωση της AMB πάνω σε νανοσωλήνες με προσδετικό μόριο PEG ήταν επιτυχής, με μία μετρούμενη καθήλωση της τάξεως του 90% σε σχέση με την αρχική ποσότητα της AMB. Επίσης, επιλέχθηκε μεθοδολογία όπου η καθήλωση της AMB δεν επηρεάζει τη χημική της δράση στη μεμβράνη του μύκητα (Εικόνα 1). Συγκεκριμένα, στο προσδετικό μόριο PEG καθηλώθηκε το υδρόφιλο τμήμα της AMB που δεν φαίνεται να συμμετέχει στη σύνδεση με την εργοστερόλη των μυκήτων. Άλλωστε, τα πειράματα που ακολούθησαν έδειξαν ότι η δράση της nano-AMB ήταν ιδιαίτερα ισχυρή τόσο στα πλανκτονικά όσο και στα ΒΥ (Διάγραμμα 1). Επίσης, πρέπει να τονιστεί ότι η συγκεκριμένη μορφή της AMB παρουσίαζε σημαντική σταθερότητα, καθώς στο χρονικό διάστημα ολοκλήρωσης των πειραμάτων (διάρκειας > 6 μήνες) δεν είχε τροποποιηθεί η αντιμυκητιακή της δράση.

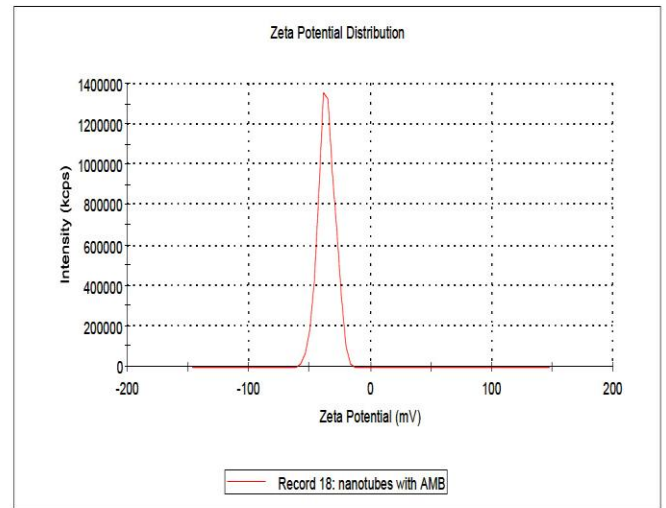
Αν και στη συγκεκριμένη μελέτη δεν έγινε εκτενής έλεγχος της κυτταροτοξικότητας του υλικού, η ενισχυμένη δράση της συγκεκριμένης μορφής της AMB επέτρεψε τη μείωση της συγκέντρωσης του φαρμάκου κάτω από τα συνηθισμένα κλινικά όρια θεραπευτικών δόσεων της δεοξυχολικής AMB. Επίσης, δεδομένης της γνώσης ότι το κριτικό όριο για τη δημιουργία συσσωματώματος της AMB είναι 1 Μ, φαίνεται ότι στις χαμηλές συγκεντρώσεις, κάτω από το προαναφερόμενο όριο, το συγκεκριμένο σύμπλοκο υλικό δύναται να διατηρήσει σημαντική δραστικότητα έναντι του ΒΥ και συνεπώς να μην συσσωματωθεί. Επιπλέον, από το δυναμικό ζήτη επιβεβαιώθηκε ότι η nano-AMB παρουσιάζει ικανοποιητική σταθερότητα με μέτρια έως χαμηλή συσσωμάτωση (Διάγραμμα 2). Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η ισχυρή μυκητοκτόνος δράση φάνηκε ομοίως και στα δύο στελέχη *Candida* που επιλέχθηκαν για τα πειράματα, με μικρές αποκλίσεις. Τέλος, φαίνεται ότι η συγκεκριμένη μορφή της AMB παρουσιάζει 30 φορές ισχυρότερη δράση σε υμένα από *Candida* σε σχέση με την απλή δεοξυχολική αμφοτερικίνη Β και, συνεπώς, η περαιτέρω μελέτη του υλικού για κλινική εφαρμογή της παρουσιάζεται ευοίωνη. Η παρούσα μελέτη στοχεύει να ανοίξει νέους ορίζοντες στον τομέα της πρόληψης και της αντιμετώπισης των λοιμώξεων που οφείλονται σε στελέχη μυκήτων τα οποία παράγουν ώριμα υμένα, με απώτερο σκοπό τα υλικά της μελέτης να εφαρμοστούν στο μέλλον με τη μορφή κυρίως επικαλύψεων (coating) στα τοιχώματα αγγειακών καθετήρων για την αναστολή ανάπτυξης μυκητιακών βιομεμβρανών.



**Εικόνα 1.** Στο παραπάνω σχήμα με μπλε χρώμα συμβολίζεται το PEG και με κόκκινο η αμφοτερικίνη Β. Με τη συγκεκριμένη καθήλωση της αμφοτερικίνης, το λιπόφιλο τμήμα του φαρμάκου που ασκεί την αντιμυκητιακή δράση παραμένει ανέπαφο



**Διάγραμμα 1.** Στο διάγραμμα φαίνεται η % καταστροφή του ΒΥ που μελετήθηκε με τη μέθοδο ΧΤΤ συναρτήσει των συγκεντρώσεων. Οι κόκκινες στήλες αντιπροσωπεύουν τις διάμεσες τιμές % καταστροφής των ΒΥ για δύο στελέχη *Candida* όταν επωαστούν με την αμφοτερική καθηλωμένη στους νανοσωλήνες (nano-AMB. Οι μπλε στήλες αντιπροσωπεύουν τις διάμεσες τιμές % καταστροφής των ΒΥ για δύο στελέχη *Candida* όταν επωαστούν με την απλή συμβατική δεοξυχολική αμφοτερική (AMB)



**Διάγραμμα 2.** Το δυναμικό ζήτα της αμφοτερικής που καθηλώθηκε σε νανοσωλήνες άνθρακα ήταν της τάξεως  $-36.1 \text{ mV}$  που αντιστοιχεί σε ικανοποιητική σταθερότητα

Πανά Ζωή-Δωροθέα  
Απόφοιτη ΔΠΜΣ Ν&Ν

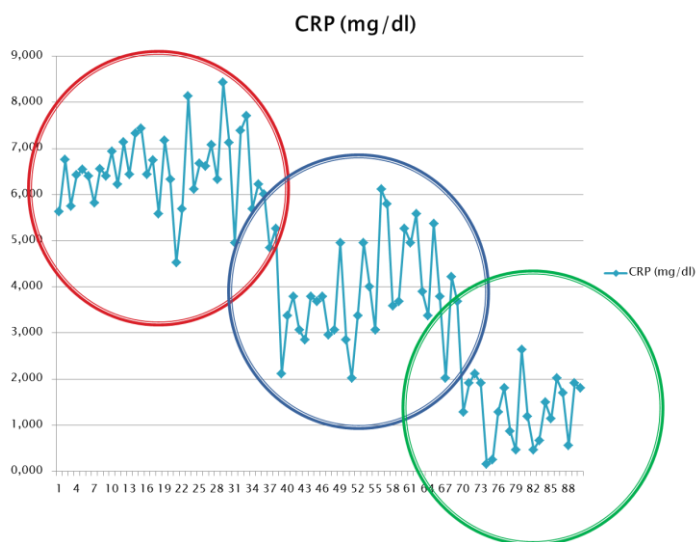
## In vivo μελέτη τοξικότητας νανοϋλικών

Οι βιοϊατρικές εφαρμογές της νανοτεχνολογίας διευρύνουν τα όρια της Περίθαλψης Υγείας. Παρ' όλα αυτά οι νέες τεχνολογίες χρειάζεται να πληρούν αυστηρά κριτήρια που καθιστούν την εφαρμογή τους ασφαλή. Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο έλεγχος της πιθανής τοξικότητας βιοδιασπώμενων νανοϋλικών και συγκεκριμένα νανοσωματιδίων (NPs), δεσμευμένων με ένα αντιφλεγμονώδες φάρμακο, την κουρκουμίνη. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε σε επίμυες της φυλής Wistar μέσω της εξέτασης ορολογικών δεικτών και της ιστοπαθολογικής εκτίμησης αλλοιώσεων. Χρησιμοποιήθηκαν νανοσωματίδια κατασκευασμένα από Poly-(lactic-co-glycolic acid)-

PLGA διαμέτρου 100nm έως 300nm, με κέλυφος χιτοζάνης, τόσο με κουρκουμίνη όσο και χωρίς. Επιλέχθηκαν 90 ενήλικες επίμυες φυλής Wistar, οι οποίοι διαχωρίστηκαν σε 6 ομάδες των 15 ατόμων (Α έως Ζ), στις οποίες χορηγήθηκε διαφορετικό διάλυμα: Α: φυσιολογικός ορός ενδοπεριτοναϊκά, Β: κουρκουμίνη υποδορίως, Γ: νανοσωματίδια υποδορίως, Δ: νανοσωματίδια ενδοπεριτοναϊκά, Ε: νανοσωματίδια με κουρκουμίνη υποδορίως και Ζ: νανοσωματίδια με κουρκουμίνη ενδοπεριτοναϊκά. Κάθε ομάδα διαχωρίστηκε ακολουθώντας σε τρεις υποομάδες των πέντε ζώων ανάλογα με τη μέρα θανάτωσης μετά την χορήγηση του εκάστοτε διαλύματος (1 μέρα, 2 μέρες και 7 ημέ-

ρες). Από όλα τα ζώα συλλέχθηκε περιφερικό αίμα, το οποίο εξετάστηκε με τεχνική ELISA για δείκτες φλεγμονής. Συλλέχθηκαν ιστολογικά δείγματα από τον εγκέφαλο, την καρδιά, τους νεφρούς, το ήπαρ και τον στόμαχο και ελέγχθηκαν για νέκρωση και φλεγμονή. Επίσης, στα ζώα στα οποία χορηγήθηκε διάλυμα υποδορίως συλλέχθηκε δείγμα από την περιοχή της έγχυσης.

Η εξέταση των τιμών της CRP έδειξε οριακή αύξηση, αλλά εντός φυσιολογικών ορίων, στις ομάδες που έλαβαν κουρκουμίνη και φυσιολογικό ορό (κόκκινος κύκλος), μικρή πτώση στις ομάδες που έλαβαν νανοσωματίδια χωρίς κουρκουμίνη (γαλάζιος κύκλος), και σημαντική πτώση στις ομάδες που έλαβαν νανοσωματίδια με κουρκουμίνη (πράσινος κύκλος).



*Η εξέταση της IL-6 έδειξε φυσιολογικές τιμές σε όλες τις ομάδες (0,85-1,15mg/dl)*

Η ιστολογική εξέταση δεν έδειξε αξίες λόγου παθολογικές αλλοιώσεις στο ήπαρ, στους νεφρούς, την καρδιά και τον στόμαχο. Η εξέταση τομών από το υποδόριο στις αντίστοιχες ομάδες έδειξε εκτεταμένη γιγαντοκυτταρική αντίδραση τύπου ξένου σώματος στην ομάδα που έλαβε κουρκουμίνη, μετρίου βαθμού αλλοιώσεις στην ομάδα που έλαβε νανοσωματίδια χωρίς κουρκουμίνη, και καθόλου αλλοιώσεις στην ομάδα που έλαβε νανοσωματίδια με κουρκουμίνη. Τα

παραπάνω ιστολογικά δεδομένα, σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα της CRP, δηλώνουν πως τα PLGA νανοσωματίδια με κέλυφος χιτοζάνης, όχι μόνο δεν προκαλούν συστηματικές τοξικές αντιδράσεις, αλλά διευκολύνουν την αντιφλεγμονώδη δράση της κουρκουμίνης.

Η ιστολογική εξέταση τομών από τον εγκέφαλο έδειξε μέτριες φλεγμονώδεις διηθήσεις, εστιακή ισχαιμία και μικρού βαθμού αντιδραστική γλοιώση στις ομάδες που έλαβαν νανοσωματίδια χωρίς κουρκουμίνη. Οι αλλοιώσεις στις ομάδες που έλαβαν νανοσωματίδια με κουρκουμίνη ήταν σαφώς ασθενέστερες. Αξίζει να σημειωθεί πως παρατηρήθηκε διαφορά στην εκδήλωση των αλλοιώσεων ανάλογα με την οδό χορήγησης, καθότι στις ομάδες με ενδοπεριτοναϊκή χορήγηση παρατηρήθηκαν μικρότερου βαθμού αλλοιώσεις σε σχέση με τις ομάδες όπου είχε γίνει υποδόρια χορήγηση. Για τη διερεύνηση του ρόλου του κελύφους χιτοζάνης στη δίοδο των νανοσωματιδίων στον εγκέφαλο διενεργήθηκε περεταίρω έλεγχος με χορήγηση νανοσωματιδίων χωρίς κέλυφος χιτοζάνης. Εδώ, οι ιστολογικές αλλοιώσεις ήταν δραματικά εντονότερες, υποδεικνύοντας πως το υδρόφιλο κέλυφος χιτοζάνης καθιστά τα νανοσωματίδια ασφαλέστερα.

Οι παρατηρούμενες αλλοιώσεις στον εγκέφαλο χρήζουν περεταίρω διερεύνησης, όχι μόνο ως προς τις βλαπτικές επιδράσεις, αλλά και ως προς το βαθμό που μπορεί οι ενέργειες των νανοσωματιδίων (είσοδος στον εγκέφαλο και ισχαιμία) να χρησιμοποιηθούν σε ασθένειες (νευροεκφυλιστικές νόσοι, εγκεφαλική αιμορραγία) προς όφελος των ασθενών, ιδιαίτερα δε όταν όλα τα υπόλοιπα ευρήματα δείχνουν την τοξικά ασφαλή δράση των PLGA νανοσωματιδίων με κέλυφος χιτοζάνης που φέρουν κουρκουμίνη.

Πούλιος Χρήστος  
Απόφοιτος ΔΠΜΣ N&N

## Σύνθεση, χαρακτηρισμός και βιολογική λειτουργοποίηση Νανοσωματιδίων Χρυσού για Βιοαισθητήρες στην πρόωμη ανίχνευση του Οξέος Εμφράγματος του Μυοκαρδίου

Το οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου (OEM) αποτελεί την πιο συχνή μορφή πάθησης της καρδιάς και την πρώτη αιτία νοσηρότητας και θνητότητας παγκοσμίως. Παρόλο που γίνονται συνεχείς προσπάθειες και μελέτες για την καλύτερη φαρμακευτική και επεμβατική αντιμετώπιση του OEM, πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι βασική προϋπόθεση για την επιτυχία όλων των θεραπειών παραμένει η έγκαιρη αναγνώριση των συμπτωμάτων του από τους ασθενείς, η άμεση μεταφορά τους στο νοσοκομείο και η ταχύτητα έναρξης της θεραπείας.

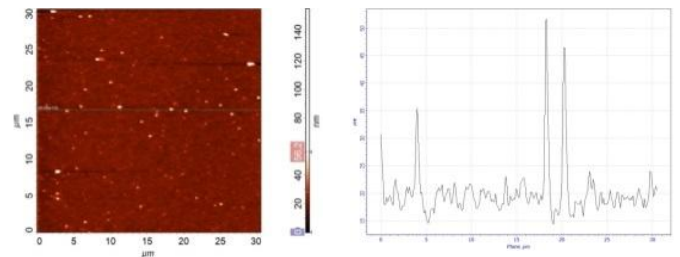
Ένα μέσον για την έγκαιρη ανίχνευση του OEM και ακολούθως την άμεση έναρξη θεραπείας, είναι οι βιοαισθητήρες. Οι βιοαισθητήρες που βασίζονται στα νανοϋλικά, ιδίως όσοι περιλαμβάνουν λειτουργοποιημένα νανοσωματίδια χρυσού (AuNPs) ως παράγοντα ανίχνευσης, προσφέρουν δυνητικά πολλά επιθυμητά χαρακτηριστικά που απαιτούνται για την ανίχνευση συγκεκριμένων παραγόντων. Η ευαισθησία των φυσικών ιδιοτήτων που έχουν τα AuNPs, π.χ. χρώμα, συντονισμός επιφανειακών πλασμονίων και ηλεκτρική αγωγιμότητα, ενισχύονται σημαντικά, όταν αυτά υποβάλλονται σε λειτουργοποίηση με μία κατάλληλη οργανική, μεταλλική ή βιομοριακή λειτουργική ομάδα. Αυτή η ευαίσθητη φύση των λειτουργοποιημένων AuNPs μπορεί δυνητικά να αξιοποιηθεί στο σχεδιασμό βιοαισθητήρων. Με την παρουσία ενός αναλυτή-στόχου, παρατηρείται μία αναλογική μεταβολή στη συγκέντρωση του, η οποία μπορεί να μετρηθεί με διάφορες μεθόδους.

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η σύνθεση, ο χαρακτηρισμός και η βιολογική λειτουργοποίηση AuNPs, τα οποία, λόγω των εξαιρετικών φυσικών ιδιοτήτων τους, όπως η ηλεκτρική αγωγιμότητα ή το

χρώμα, και σε συνδυασμό με πεπτίδια μπορούν να βρουν εφαρμογή ως μεταγωγείς σήματος (ηλεκτρική διεπαφή και βιοϋποδοχέας αντίστοιχα) σε βιοαισθητήρες.

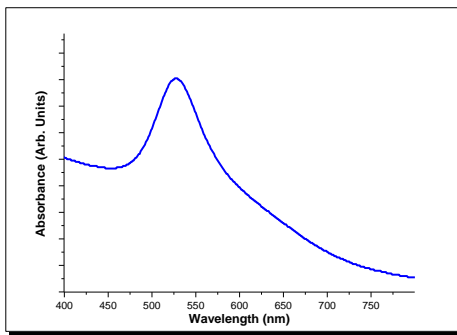
Στο πρώτο στάδιο της μελέτης, όσον αφορά στη μέθοδο σύνθεσης των νανοσωματιδίων, χρησιμοποιήθηκαν δύο μέθοδοι με ορισμένες τροποποιήσεις και παρασκευάστηκαν επιτυχώς AuNPs με ελεγχόμενες ιδιότητες, τα οποία μπορούν να λειτουργήσουν ως μεταγωγείς σήματος σε βιοαισθητήρες, λόγω των εξαιρετικών φυσικών ιδιοτήτων τους.

Τα μεγέθη των συντιθέμενων AuNPs με την πρώτη μέθοδο κυμαίνονταν από 30 έως 40 nm, με αρνητικό ζ-δυναμικό. Οι απόλυτες τιμές του ζ-δυναμικού ήταν αυξημένες, δηλώνοντας την σταθερότητα τους. Ο δείκτης πολυδιασποράς (PDI) είχε για όλα τα AuNPs τιμές χαμηλότερες των οριακών, υποδεικνύοντας την ομοιομορφία των τιμών μεγέθους τους. Η μέση τετραγωνική τιμή της τραχύτητας ήταν 3nm, υποδεικνύοντας επίπεδη και ομαλή τοπογραφία.

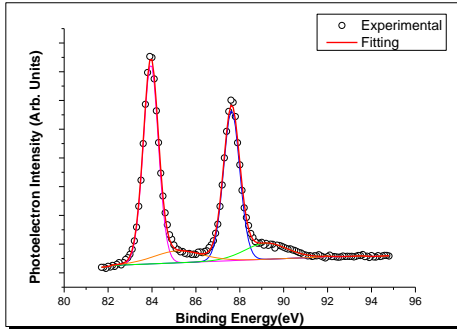


Εικόνα τοπογραφίας των επιφανειών των νανοσωματιδίων που συντέθηκαν με την πρώτη μέθοδο και αντιπροσωπευτική τομή από την επιφάνεια των υμενίων. Scan size 30x30 μm.

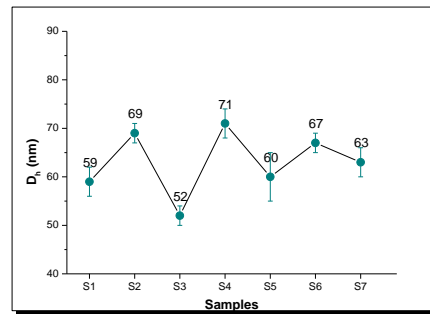
Ο σχηματισμός των AuNPs επιβεβαιώθηκε ακόμη από τον χαρακτηρισμό φασματοσκοπίας ορατού-υπεριώδους (UV/Visible) και από τη φασματοσκοπία φωτοηλεκτρονίων ακτίνων- X (XPS).



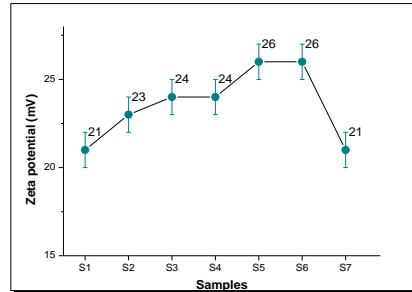
Χαρακτηριστικό φάσμα UV-Visible (επάνω) και φάσμα υψηλής ανάλυσης της φωτοκορυφής που οφείλεται σε ηλεκτρόνια από το τροχιακό Au 4f (κάτω) των νανοσωματιδίων



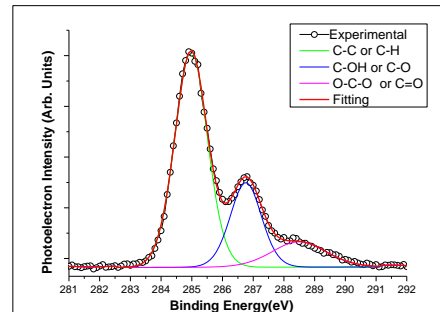
Έπειτα συντέθηκαν AuNPs χρησιμοποιώντας ως αναγωγικό παράγοντα ένα βιοσυμβατό φυσικό πολυμερές με πολυκατιονική φύση και χρησιμοποιήθηκαν τρεις διαφορετικές συγκεντρώσεις του. Τα μεγέθη τους ήταν ομοίμορφα και κυμαίνονταν από 52 έως 94 nm. Παρατηρήθηκε πως όσο η συγκέντρωση του πολυμερούς αυξάνεται, υπάρχει αντίστοιχη αύξηση στο μέγεθος των νανοσωματιδίων. Όλα τα συντιθέμενα νανοσωματίδια είχαν θετικό ζ-δυναμικό, όπως είναι αναμενόμενο, λόγω της κατιονικής φύσης του πολυμερούς, οι τιμές του οποίου κυμαίνονταν από +21 έως +39 mV.



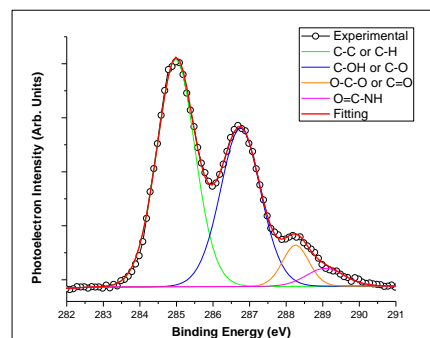
Υδροδυναμική διάμετρος (επάνω) και ζ-δυναμικό (κάτω) των βελτιστοποιημένων AuNPs με συγκεκριμένη συγκέντρωση πολυμερούς



Ο χαρακτηρισμός XPS ταυτοποίησε το κέλυφος του πολυμερούς στο εξωτερικό των AuNPs, ενώ σύμφωνα με τις ηλεκτρικές μετρήσεις, όσο η συγκέντρωση του μειώνεται, η ηλεκτρική αγωγιμότητα αυξάνεται, είναι δηλαδή μεγέθη αντιστρόφως ανάλογα.



Φάσματα υψηλής ανάλυσης των φωτοκορυφών που οφείλονται σε ηλεκτρόνια από τα τροχιακά C1s του πολυμερούς (επάνω) και των AuNPs επικαλυμμένων με συγκεκριμένη συγκέντρωση πολυμερούς (κάτω)



Μελετήθηκε ακόμη η επίδραση των υπερήχων στα AuNPs, καθώς και η επίδραση του χρόνου απόκτη-

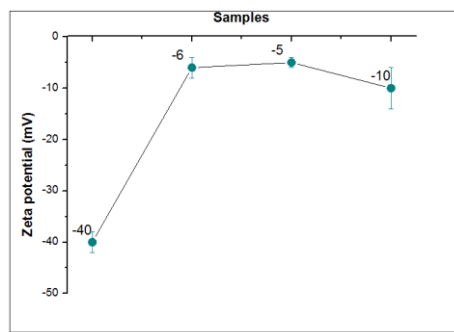


σης. Οι υπέρηχοι κάνουν τα συστήματα σταθερότερα, ενώ όσο αυξάνεται ο χρόνος παραμονής στο hot plate, οι δομές τείνουν να συσσωματώνονται και να δημιουργούν clusters.

Στο δεύτερο στάδιο της μελέτης, έλαβε χώρα βιολογική λειτουργοποίηση και επιφανειακή τροποποίηση των AuNPs. Συγκεκριμένα, έγινε επιφανειακή τροποποίηση των AuNPs που συντέθηκαν με την πρώτη μέθοδο με πολυμερές, αλλά και πρόσδεση στρεπταβιδίνης στην επιφάνειά τους, ώστε να μπορούν να συνδεθούν σ' αυτά βιοτινυλιωμένα αντισώματα. Επίσης, τροποποιήθηκαν βιολογικά επιφάνειες PET/SiO<sub>2</sub> με το σύστημα βιοτίνης-στρεπταβιδίνης, ώστε να μπορεί να ακολουθήσει ειδική πρόσδεση μορίων. Τέλος, έλαβε χώρα βιολογική λειτουργοποίηση των βέλτιστων επιλεγμένων AuNPs που συντέθηκαν χρησιμοποιώντας συγκεκριμένη συγκέντρωση πολυμερούς, με ένα πεπτιδίδιο που αποτελεί βιοδείκτη για το OEM, ώστε να μπορούν να αποτελέσουν μία πλατφόρμα για χρήση σε βιοαισθητήρες με σκοπό την έγκαιρη ανίχνευση του.

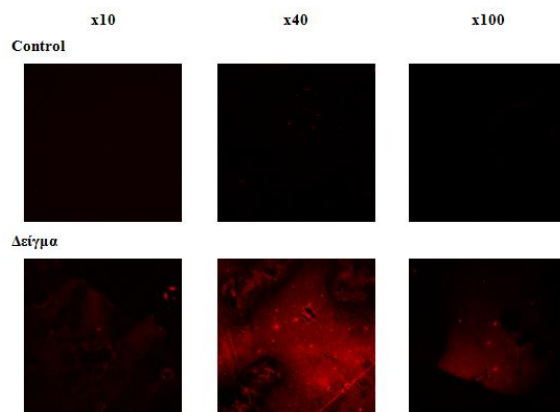
Μετά την επιφανειακή τροποποίηση των AuNPs με το πολυμερές, η τραχύτητα τους αυξάνεται, όπως είναι αναμενόμενο. Παρατηρούμε πως τα AuNPs παρέμειναν σφαιρικά, χωρίς να συσσωματώνονται. Το πολυμερές παρέχει λοιπόν τις απαραίτητες απωστικές δυνάμεις, ενισχύοντας τη σταθερότητα των AuNPs. Με την προσθήκη του, η μεταβολή του ζ-δυναμικού από αρνητικό σε θετικό επιβεβαιώνει την επιτυχή επιφανειακή τροποποίησή τους. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σε πλήρη συμφωνία με αυτά που εξήχθησαν από τον χαρακτηρισμό AFM.

Ακόμη, έλαβε χώρα πρόσδεση στρεπταβιδίνης στην επιφάνεια των AuNPs, ώστε να μπορούν έπειτα να συνδεθούν σ' αυτά βιοτινυλιωμένα αντισώματα ή πεπτιδία, καθώς ο δεσμός βιοτίνης-στρεπταβιδίνης είναι πολύ ισχυρός. Αυτό επιβεβαιώθηκε από την αύξηση στην τιμή του ζ-δυναμικού, λόγω της επιτυχούς πρόσδεσης της στρεπταβιδίνης.



*Z-δυναμικό των AuNPs πριν και μετά την πρόσδεση της στρεπταβιδίνης*

Σχετικά με τη βιολογική τροποποίηση επιφανειών PET/SiO<sub>2</sub> με το σύστημα βιοτίνης-στρεπταβιδίνης, παρατηρήσαμε ότι είχαμε επιτυχή βιολογική τροποποίηση των επιφανειών PET/SiO<sub>2</sub>, καθώς στα control δείγματα δεν υπήρχε καθόλου βιοτινυλιωμένη FITC μετά τις πλύσεις, ενώ στις τροποποιημένες επιφάνειες είχαμε επιτυχή πρόσδεση της βιοτινυλιωμένης FITC, όπως φάνηκε από τις εικόνες συνεστιακής μικροσκοπίας.



*Εικόνες συνεστιακής μικροσκοπίας από την επεξεργασία των επιφανειών*

Όσον αφορά στην πρόσδεση του πεπτιδίου στα AuNPs, παρατηρήθηκε αύξηση στις τιμές της τραχύτητας, γεγονός που υποδηλώνει την επιτυχή πρόσδεση του στην επιφάνεια των νανοσωματιδίων. Ακόμη, είχαμε αύξηση του μεγέθους τους και σημαντική μείωση στην τιμή του ζ-δυναμικού, που οφείλεται στην επιτυχία της διαδικασίας. Το ζ-δυναμικό μειώνεται, λόγω της δέσμευσης των ελεύθερων αμινομάδων των AuNPs με το πεπτιδίδιο, το οποίο εξουδετερώνει

μερικώς το θετικό τους φορτίο. Επίσης, η ηλεκτρική τους αγωγιμότητα μειώθηκε μετά την πρόσδεση του πεπτιδίου.

Συνοψίζοντας, από τη μελέτη των AuNPs που συντέθηκαν και υπέστησαν βιολογική λειτουργοποίηση στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, προέκυψε ότι τα προτεινόμενα συστήματα AuNPs-πεπτιδίων αποτε-

λούν πολλά υποσχόμενα στοιχεία για χρήση ως μεταγωγείς σήματος σε βιοαισθητήρες, λόγω των εξαιρετικών ηλεκτρικών ιδιοτήτων τους, της σταθερότητας τους και της επαναληψιμότητας των τεχνικών.

Δέσποινα Αρβανίτη  
Απόφοιτη του ΔΠΜΣ Ν&Ν

## Η μελέτη του ρόλου των καρκινικών δεικτών στον καρκίνο του πεπτικού συστήματος

Οι πρόσφατες εξελίξεις στον τομέα της νανοτεχνολογίας έχουν δώσει στους ερευνητές νέα εργαλεία για την απεικόνιση και τη θεραπεία του καρκίνου. Η νανοτεχνολογία επέτρεψε την ανάπτυξη συσκευών σε νανοκλίμακα οι οποίες δύνανται να είναι συζευγμένες με διάφορα λειτουργικά μόρια ταυτόχρονα, συμπεριλαμβανομένων ειδικών με τον καρκινικό όγκο συνδετών, αντισωμάτων, αντικαρκινικών φαρμάκων και ανιχνευτών απεικόνισης. Αυτές οι νανοσυσκευές, που είναι μεγέθους από 100 έως 1.000nm, μπορούν μέσω της αιματικής ροής να αλληλοεπιδρούν επιλεγμένα με ειδικές πρωτεΐνες, τόσο στην επιφάνεια όσο και στο εσωτερικό των καρκινικών κυττάρων. Επομένως, η εφαρμογή τους ως ειδικοί μεταφορείς στα καρκινικά κύτταρα παρουσιάζεται ως μια σημαντική προσθήκη στα ήδη διαθέσιμα όπλα για την αντιμετώπιση και θεραπευτική απεικόνιση του καρκίνου.

Ο καρκίνος είναι μία από τις σημαντικότερες αιτίες θνησιμότητας και η παγκόσμια συχνότητα εμφάνισής του εξακολουθεί να αυξάνεται. Οι πιο συχνές θεραπείες για τον καρκίνο περιορίζονται στη χημειοθεραπεία, την ακτινοβολία και τη χειρουργική επέμβαση. Οι συχνές προκλήσεις που προκύπτουν στις τρέχουσες θεραπείες του καρκίνου περιλαμβάνουν:

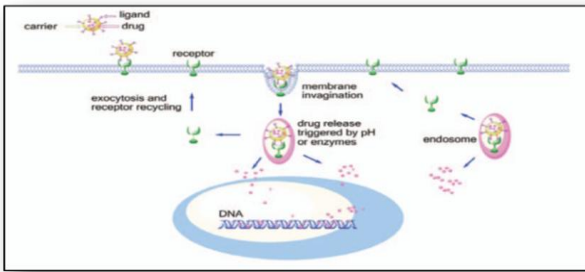
1) τη μη ειδική συστηματική κατανομή των αντικαρκινικών παραγόντων,

2) τις ανεπαρκείς συγκεντρώσεις του φαρμάκου που φθάνουν στον όγκο,

3) την περιορισμένη ικανότητα για παρακολούθηση του θεραπευτικού αποτελέσματος,

4) τη φτωχή μεταφορά φαρμάκου στη περιοχή του όγκου-στόχου με σημαντικές επιπλοκές, όπως η πολυανθεκτική αντίσταση.

Ιδανικά, ένα θεραπευτικό φάρμακο θα πρέπει να εγχύεται απευθείας και εκλεκτικά στις καρκινικές βλάβες, με ελάχιστη επίδραση στους φυσιολογικούς ιστούς. Η αύξηση της εκλεκτικότητας και η βελτίωση της αποτελεσματικότητας της μεταφοράς των χημειοθεραπευτικών είναι οι δύο κύριοι στόχοι για την ανάπτυξη θεραπευτικών μέσων ή μαγνητικών νανοσωματιδίων απεικόνισης. Μια ορθολογική προσέγγιση για την επίτευξη αυτών των στόχων είναι η σύζευξη με συνδέτες οι οποίοι εκλεκτικά συνδέονται με αντιγόνα ή υποδοχείς που βρίσκονται σε αφθονία ή εκφράζονται μοναδικά στην επιφάνεια των κυττάρων του όγκου. Σήμερα, αναπτύσσονται αρκετές στοχευμένες με συνδέτες θεραπευτικές στρατηγικές, συμπεριλαμβανομένων των ανοσοτοξινών, των ανοσοσυνδεδωμένων φαρμάκων και των ραδιοανοσοθεραπευτικών ουσιών.



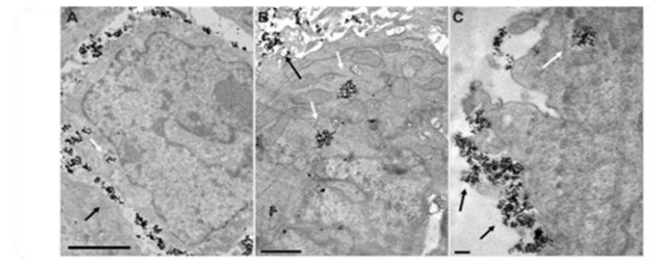
**Εικόνα 1.** Ενεργητική στόχευση

Εσωτερίκευση των νανοσωματιδίων μέσω ενδοκύτωσης με τη μεσολάβηση υποδοχέα. Νανοσωματίδια συζευγμένα με ειδικά αντισώματα όγκων προσδένονται σε υποδοχείς της επιφάνειας, προκαλώντας εσωτερίκευση των νανοσωματιδίων μέσω ενδοκύτωσης. Καθώς στο εσωτερικό του ενδοσώματος γίνεται πιο όξινο, τα φάρμακα απελευθερώνονται από τα νανοσωματίδια στο κυτταρόπλασμα. (Πηγή: Xu et al, 2008)

Στο γενικό μέρος της παρούσας διπλωματικής εργασίας γίνεται λόγος για τον καρκίνο και τα χαρακτηριστικά της καρκινογένεσης, με ιδιαίτερη μνεία στον καρκίνο του στομάχου και τον ορθοκολικό. Στη συνέχεια, αναλύονται οι καρκινικοί δείκτες και τα βασικά χαρακτηριστικά τους και γίνεται αναφορά σε βασικές έννοιες και χρήσεις της νανοτεχνολογίας στην ιατρική. Ως καρκινικοί δείκτες ορίζονται μόρια που βρίσκονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις σε ιστούς και βιολογικά υγρά ασθενών με νεοπλασματική νόσο. Οι καρκινικοί δείκτες έχουν μεγάλη σημασία στη διάγνωση, την πρόγνωση και την παρακολούθηση (follow up) της θεραπευτικής αγωγής του καρκίνου των διαφόρων οργάνων του πεπτικού συστήματος. Στο ειδικό μέρος της

εργασίας μελετάται η βιοαπεικόνιση του καρκίνου με μεθόδους Νανοτεχνολογίας.

Συγκεκριμένα, μελετώνται αναφορές στις οποίες νανοσωματίδια, όπως μαγνητικά νανοσωματίδια, νανοσωματίδια χρυσού και κβαντικές τελείες, συνδέονται με μονοκλωνικά αντισώματα, όπως το cetuximab και το trastuzumab, με απταμερή, με μόρια rnas ή με ένζυμα στοχεύοντας σε ειδικούς υποδοχείς οι οποίοι εκφράζονται σε καρκινικά κύτταρα του πεπτικού συστήματος. Στόχο αποτελεί η in vivo ανίχνευση και απεικόνιση των καρκινικών κυττάρων.



**Εικόνα 2.** Τα MNP προσλαμβάνονται από κύτταρα ορθοκολικού καρκίνου. Electron micrographs LS174T κυττάρων που επωάζονται με MF MNP (A) ή MF-anti-CEA MNP (B) και HCT116 κυττάρων που επωάζονται με MF-anti-CEA MNP (C). (Πηγή: Campos da Paz et al, 2012). (MNPs: Μαγνητικά Νανοσωματίδια, LS174T: καρκινικά κύτταρα που εκφράζουν στην επιφάνειά τους υποδοχείς έναντι του καρκινοεμβρυϊκού αντιγόνου (CEA), HCT116: καρκινικά κύτταρα χαμηλά σε έκφραση CEA

Καντζιούρα Αρετή  
Απόφοιτος ΔΜΠΣ Ν&Ν

## Ανάπτυξη και Χαρακτηρισμός Αγώγιμων Βιομημητικών Ικριωμάτων για Νευρική Αναγέννηση

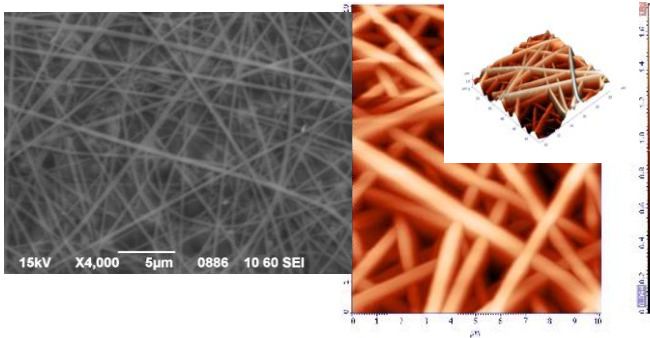
Στις Δυτικές Χώρες, σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO), τα Νευροεκφυλιστικά Νοσήματα αποτελούν μία από τις σημαντικότερες αιτίες θανάτου, με την επικινδυνότητά τους να αυξάνεται σημαντικά τα τελευταία χρόνια κυρίως λόγω της εξαιρετικής δυσκολίας να αναπτυχθεί επιτυχώς μία μέθοδος για την πρόγνωση και θεραπεία τους.



**Εικόνα 1.** Φυσιολογία εγκεφάλου σε περιπτώσεις νευροεκφυλιστικών ασθενειών

Η Νανοϊατρική έρχεται να φέρει νέες προσεγγίσεις στο πεδίο των Νευροεκφυλιστικών ασθενειών, περιορίζοντας τη νευροπαθολογία τους μέσω της υποστήριξης και της προώθησης της λειτουργικής αναγέννησης των κατεστραμμένων νευρώνων, της παροχής νευροπροστασίας, καθώς και της παράδοσης νευρο-ενεργών παραγόντων, όπως φάρμακα, γονίδια και κύτταρα.

Στην παρούσα εργασία, παρασκευάστηκαν πολυμερικά Βιοαποικοδομήσιμα Ικρίωματα με τη μέθοδο της Ηλεκτροστατικής Ινοποίησης, τροποποιήθηκαν με την προσθήκη αγώγιμου πολυμερούς προς αύξηση της αγωγιμότητάς τους κι έγινε μελέτη της κυτταροσυμβατότητάς τους, με απώτερο στόχο τη δημιουργία ενός σύνθετου νανοδομημένου συστήματος ικανού να προάγει την ανάπτυξη νευρικών κυττάρων και τη διαφοροποίησή τους σε νευρώνες προς την άρτια αναγέννηση του νευρικού ιστού.



**Εικόνα 2.** Εικόνες Σαρωτικής Μικροσκοπίας (SEM) και Ατομικής Μικροσκοπίας Δυνάμεων (AFM), όπου διαφαίνεται η άριστη ινώδης μορφολογία του ικρίωματος

Πρωταρχικό βήμα της εργασίας ήταν η ανάπτυξη και ο χαρακτηρισμός πολυμερικών ινώδων ικριωμάτων, με απώτερο στόχο τη δημιουργία μιας ινώδους βιοσυμβατής και βιοαποικοδομήσιμης μήτρας που να προσομοιάζει την Εξωκυττάρια (ECM). Το πολυμερές επιλογής ήταν το PVA [Poly(vinyl alcohol)], το πλέον κοινό πολυμερικό υλικό που χρησιμοποιείται σε εφαρμογές Ιστικής Αναγέννησης. Τα συστήματα, αφού βελτιστοποιήθηκαν με

βάση την επιθυμητή νανοϊνώδη μορφολογία, μελετήθηκαν ως προς τη δομή και την τοπογραφία τους.

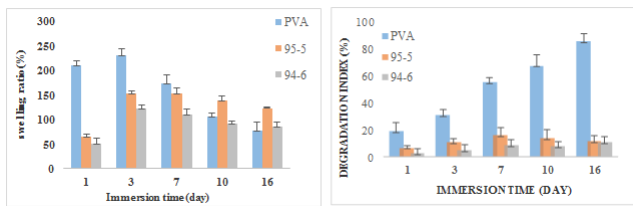
Επιπροσθέτως, έγινε τροποποίηση των βιοαποικοδομήσιμων πολυμερών, με την προσθήκη σε διαφορετικές αναλογίες του αγώγιμου πολυμερούς PEDOT:PSS [poly(3,4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate], με στόχο την αύξηση της αγωγιμότητας του ινώδους ικριώματος. Τα αγώγιμα πολυμερικά υλικά, ενώ χαίρουν πρόσφατης αναγνώρισης στους βιοϊατρικούς κλάδους, παρουσιάζουν πληθώρα πλεονεκτημάτων. Η μεγάλη ευκολία που χαρακτηρίζει τη διαδικασία ανάπτυξης και εφαρμογής τους, η υψηλή σταθερότητα και αγωγιμότητα που παρέχουν, τα καθιστούν ιδανικούς υποψηφίους για εφαρμογές Ιστικής Αναγέννησης και Βιοηλεκτρονικών εφαρμογών.

Στη συνέχεια, ακολούθησε ο χαρακτηρισμός των ικριωμάτων ως προς το μέγεθος των ινών, τη μορφολογία τους, το βαθμό αποικοδόμησης και διόγκωσης, και τέλος πραγματοποιήθηκε μελέτη της κυτταροτοξικότητας του πολύ-λειτουργικού νανοδομημένου συστήματος και του βαθμού κυτταρικής πρόσληψης και ανάπτυξής τους.

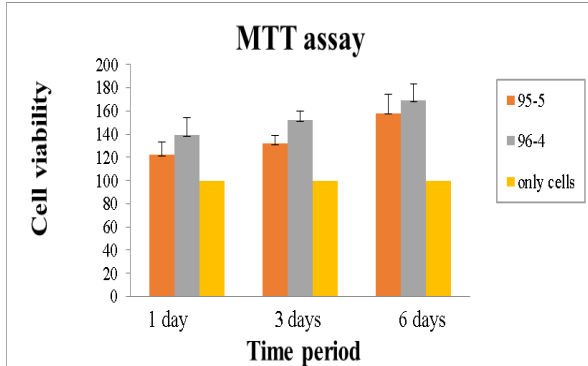
Η πρόσληψη υγρών και η αποικοδόμηση των ινών αποτελούν σημαντικές παραμέτρους, οι οποίες επηρεάζουν φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των μορφολογιών και παίζουν καταλυτικό ρόλο στην κυτταρική αναγέννηση και συνεπώς στην ανάπτυξη των ιστών και οργάνων. Στην παρούσα φάση, διεξήχθησαν πειράματα σε ικρίωματα PVA, όπως έχει περιγραφεί αναλυτικά προηγουμένως, και σε μίγμα ικριωμάτων PVA:PEDOT:PSS σε διαφορετικές συγκεντρώσεις.

**Πίνακας 1.** Μορφολογική ανάλυση της ινώδους μορφολογίας των ικριωμάτων με χρήση Ατομικής Μικροσκοπίας Δυνάμεων - ανάλυση της τοπογραφίας, καθώς και της τραχύτητάς τους.

Εικόνες επιφανείας	Τοπογραφία	Τραχύτητα	Σχόλια
6%		303 nm	Απουσία ινώδους μορφολογίας και παρουσία σφαιρικών, άνισων δομών.
5%		194 nm	Πολύ καλή ινώδης μήτρα με προσεγγισμένη τοπογραφία και τραχύτητα.
4%		178 nm	Εξαιρετική μορφολογία ινωδών non-woven δομών, με άρτια τοπογραφία πολλών επιπέδων.



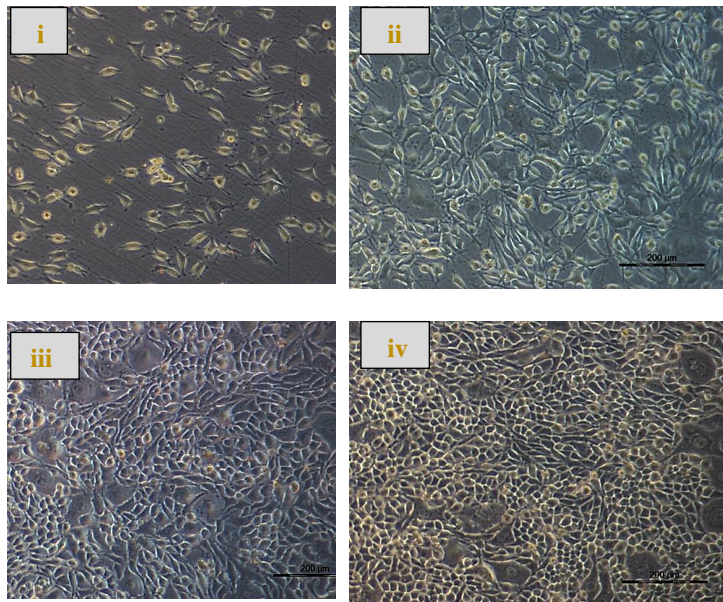
**Σχήμα 1.** Μελέτη πρόσληψης υγρών και αποικοδόμησης ικριωμάτων μέσω των ινωδών μορφολογιών



**Σχήμα 2.** Ποσοτικός προσδιορισμός κυτταρικής ανάπτυξης και πολλαπλασιασμού μέσω της τεχνικής MTT

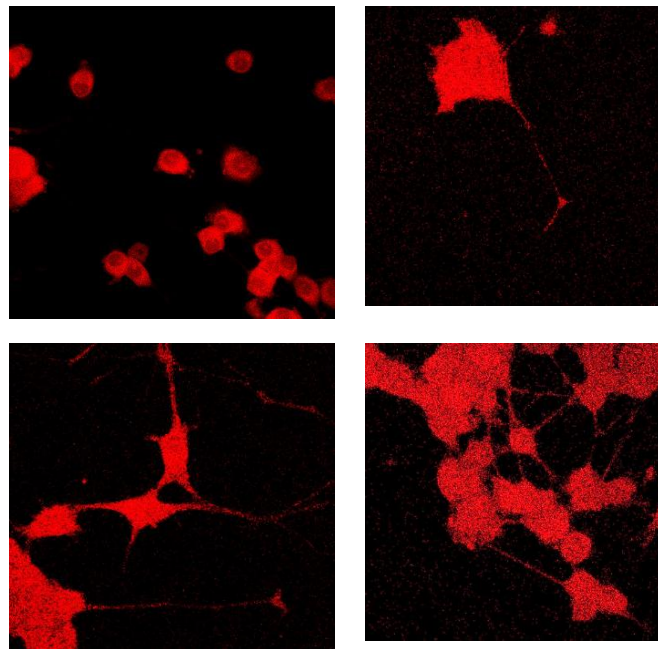
Προκειμένου να διαπιστωθεί η κυτταροσυμβατή φύση των αγώγιμων πολυμερικών υλικών, επιλέχθηκε μία πρότυπη κυτταρική σειρά που χρησιμοποιείται ευρέως σε εφαρμογές ιστικής αναγέννησης κι έγινε εκτίμηση της τοξικότητάς της μέσω της βιοχημικής μεθόδου MTT.

Διεργασίες βιολειτουργικοποίησης της πολυμερικής ινώδους μήτρας έλαβαν χώρα με πεπτιδία και λαμινίνες (RGD), προκειμένου να δημιουργηθεί το κατάλληλο βιολειτουργικό μικροπεριβάλλον που θα προάγει με πιο άμεσο τρόπο την κυτταρική προσκόλληση και διαφοροποίηση σε νευρώνες. Μέσω εικόνων οπτικής μικροσκοπίας, παρατηρήθηκε πως το ικρίωμα χωρίς κάποια τροποποίηση της επιφάνειάς του, παρουσιάζει παρόμοια συμπεριφορά με αυτή που αναλύθηκε προηγουμένως, με άριστη προσκόλληση των κυττάρων και σταδιακό πολλαπλασιασμό τους μέχρι και την 6<sup>η</sup> μέρα. Για τις επιφάνειες των ικριωμάτων που υπέστησαν τροποποίηση της επιφάνειάς τους με RGD πεπτιδία και λαμινίνες, η συμπεριφορά των κυττάρων αλλάζει άρδην. Μέσω ανάλυσης της μορφολογίας και της κυτταρικής συμπεριφοράς των αποικιών προκύπτει ότι στα ικρίωματα που έχουν υποστεί βιολειτουργικοποίηση της επιφάνειάς τους ο ρυθμός προσκόλλησης και ιδιαίτερα πολλαπλασιασμού των κυττάρων είναι ταχύτερος έως και 2 φορές σε σύγκριση με το αγώγιμο ικρίωμα που δεν είχε υποστεί επεξεργασία. Τα παραπάνω οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η προσκόλληση των πεπτιδίων και των λαμινινών έρχεται σε συμφωνία με τα υπόλοιπα καθολικά συστατικά της Εξωκυττάριας Μήτρας, προάγοντας με αυτό τον τρόπο πιο άμεσα και γρήγορα τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων.



**Εικόνα 3.** Ανάλυση μορφολογικής δομής και συμπεριφοράς της κυτταρικής σειράς L929 στην επιφάνεια των αγώγιμων πολυμερικών ικριωμάτων προ επεξεργασίας (i,ii) και κατόπιν επεξεργασίας της επιφάνειάς τους με πεπτιδία και λαμινίνες (iii,iv) για 4 και 6 η-μέρες επώασης, αντίστοιχα

Στο τελευταίο μέρος της εργασίας, έγινε εναπόθεση στα βέλτιστα ικριώματα μιας πρότυπης νευρικής κυτταρικής σειράς, της PC12, η οποία αποτελείται από κύτταρα εμβρυϊκής προέλευσης από τη νευρική ακρολοφία, που περιέχει ένα μείγμα από νευροβλαστικά και ηωσινόφιλα κύτταρα. Πραγματοποιήθηκαν μελέτες ελέγχου και χειραγώγησης της προσκόλλησης, του πολλαπλασιασμού και της διαφοροποίησης των νευρικών κυττάρων παρουσία ενεργών παραγόντων, ως προς τη διαφοροποίησή τους σε συμπαθητικούς νευρώνες τόσο μορφολογικά, όσο και λειτουργικά επάνω στην επιφάνεια του πολυμερικού ικριώματος.



**Εικόνα 4.** Μελέτη κυτταρικής συμπεριφοράς και διαφοροποίησης νευρικών κυττάρων σε συμπαθητικούς νευρώνες και δημιουργία ενός άρτια δομημένου νευρωνικού δικτύου, μέσω Συνεστιακής Μικροσκοπίας

Συνοψίζοντας, στην παρούσα διπλωματική εργασία, παρασκευάστηκαν με τη μέθοδο της Ηλεκτροστατικής Ινοποίησης πολυμερικά πολυλειτουργικά αγώγιμα ικριώματα PVA:PEDOT:PSS, από μίξη δύο πολυμερών και μελετήθηκε μεγάλο εύρος των παραμέτρων τους προς εύρεση ενός βέλτιστου ικριώματος, με απώτερο στόχο τη μελέτη του για πιθανή χρήση ως παράγοντα ανάπτυξης και αντικατάστασης νευρωνικής βλάβης μέσω της Νευρικής Ιστικής Αναγέννησης. Τα μελετώμενα συστήματα ελέγχου βρέθηκαν να προσομοιάζουν άριστα στην Εξωκυττάρια Μήτρα των κυττάρων, τόσο μορφολογικά, όσο και λειτουργικά. Μελετήθηκε ο ρυθμός αποικοδόμησης της ινώδους μορφολογίας καθώς και ο βαθμός πρόσληψης υγρών, ο οποίος βρέθηκε να είναι αρκετά βραχύς ενισχύοντας την κυτταρική προσκόλληση. Έλαβαν χώρα μελέτες κυτταροσυμβατότητας, καθώς και βιολειτουργικοποίηση της επιφάνειάς τους, μέσω πρόσδεσης Βιοενεργών μορίων με επιτυχή αποτελέσματα. Τέλος, εναποτέθηκαν και προσκολλήθηκαν άριστα νευρικές

αποικίες της σειράς PC12. Μελέτες Συνεστιακής Μικροσκοπίας ενίσχυσαν τα θετικά αποτελέσματα, ορίζοντας τα αγώγιμα υποστρώματα ινώδους μήτρας PVA:PEDOT:PSS ως ιδανικούς υποψηφίους για τη δημιουργία νευρωνικού δικτύου προς αποκατάσταση της φυσιολογίας των νευρωνικών βλαβών. Ως απόρροια όλων των παραπάνω, προκύπτει πως τα προτεινόμενα Βιοεπιουργικά ινώδη συστήματα αποτελούν μια πολ-

λά υποσχόμενη πλατφόρμα, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη στοχευμένη αντικατάσταση και ανάπλαση της νευρωνικής δραστηριότητας προς ανάκαμψη χρόνιων βλαβών από Νευροεκφυλιστικά Νοσήματα.

Παππά Φωτεινή  
Απόφοιτη ΔΠΜΣ N&N

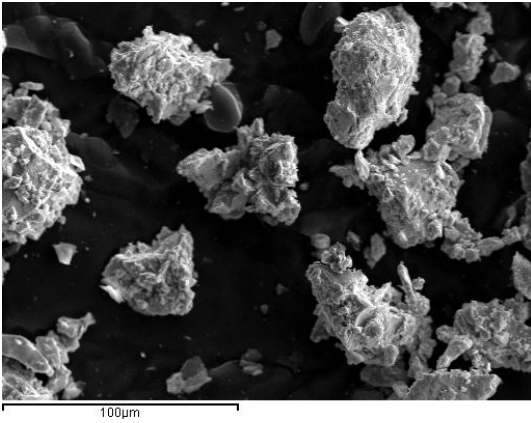
### Σύνθεση και χαρακτηρισμός νανοσωματιδίων MnBi για εφαρμογές μονίμων μαγνητών

Στη σημερινή εποχή, τα μαγνητικά υλικά χρησιμοποιούνται με αυξανόμενους ρυθμούς σε ολοένα και περισσότερες διατάξεις, αποτελώντας πλέον μια αγορά αξίας 40 δις ευρώ το χρόνο και τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά αυτών των υλικών είναι συνεχώς υψηλότερα. Για αυτό το λόγο πραγματοποιείται έρευνα σε παγκόσμιο επίπεδο για την ανακάλυψη νέων υλικών με βελτιωμένα μαγνητικά χαρακτηριστικά. Μια διαδεδομένη μέθοδος βελτίωσης των ήδη υπαρχόντων υλικών είναι η παρασκευή νανοσωματιδίων τους, τα οποία έχουν καλύτερες ιδιότητες από τα αντίστοιχα υλικά όγκου, λόγω της μεγάλης αναλογίας του αριθμού των ατόμων που βρίσκονται στην επιφάνεια του σωματιδίου ως προς τον αριθμό των ατόμων στο εσωτερικό του.

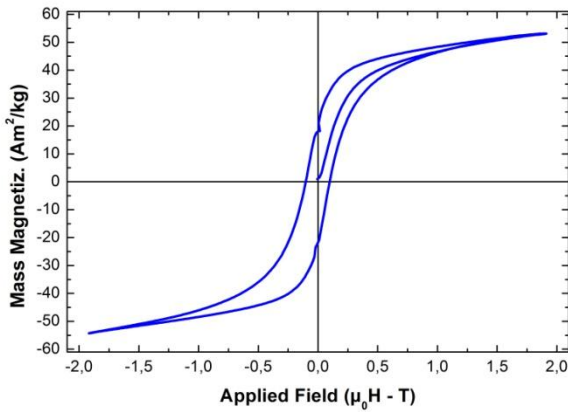
Στην παρούσα εργασία παρασκευάστηκαν σωματίδια της διαμεταλλικής ένωσης MnBi με την τεχνική μηχανικής άλεσης με την προσθήκη επιφανειοδραστικών μορίων. Η μηχανική άλεση πραγματοποιήθηκε με δύο τεχνικές: αρχικά σε σφαιρόμυλο υψηλής ενέργειας, με παράλληλη προσθήκη ολεϊκού οξέος και ολεϋλαμίνης ως επιφανειοδραστικά μόρια, και στη συνέχεια, σε συμβατικό σφαιρόμυλο, με την προσθήκη μόνο

ολεϊκού οξέος. Και στις δύο περιπτώσεις διερευνήθηκαν οι δομικές και μαγνητικές ιδιότητες των σωματιδίων, καθώς και ο ρόλος των επιφανειοδραστικών μορίων. Ο δομικός χαρακτηρισμός πραγματοποιήθηκε με την τεχνική περίθλασης ακτίνων X (XRD), με την τεχνική ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης (SEM) και με την τεχνική φασματοσκοπίας ενεργειακής διασποράς (EDS), ενώ η μελέτη των μαγνητικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων έγινε με τη μαγνητομετρία δονούμενου δείγματος (VSM).

Πρώτα μελετήθηκε η σκόνη του MnBi πριν την άλεση για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων του. Η ανάλυση XRD έδειξε ότι στην αρχική σκόνη MnBi, το MnBi αποτελούσε το 82.59% του υλικού, το Bi 14.65%, ενώ το Mn μόλις το 2.77% (τα ποσοστά κατά βάρος). Με βάση τις εικόνες SEM, το μέσο μέγεθος των σωματιδίων προσδιορίστηκε στα 12.0 μm, ενώ μέσω της ανάλυσης EDS η μέση σύσταση της σκόνης ήταν  $Mn_{0.5}Bi_{0.5}$ . Επιπλέον, από τις μετρήσεις VSM παρατηρείται σιδηρομαγνητικός βρόχος υστέρησης, με χαμηλή τιμή συνεκτικού πεδίου (0.1T), παραμένουσα μαγνήτιση 20.8 A m<sup>2</sup>/kg και μαγνήτιση κόρου 61 A m<sup>2</sup>/kg.



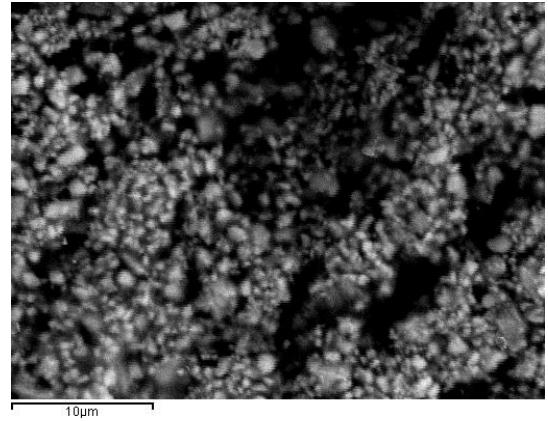
**Εικόνα 1.** Εικόνα SEM της σκόνης MnBi



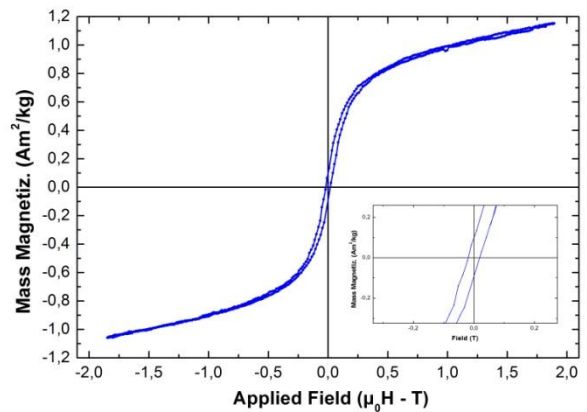
**Εικόνα 2.** Βρόγχος υστέρησης της σκόνης MnBi

Ακολούθησε η άλεση με σφαιρόμυλο υψηλής ενέργειας και χρήση ολεϊκού οξέος και ολεϋλαμίνης και το συμπέρασμα ήταν ότι αυτή η τεχνική δεν είναι ο ιδανικός τρόπος για την παρασκευή νανοσωματιδίων MnBi. Η υψηλή ενέργεια οδηγεί, από την πρώτη ώρα άλεσης, σε απότομη μείωση του μεγέθους των σωματιδίων που φτάνει τα 500 nm, ενώ στη συνέχεια υπάρχει πολύ μικρή περαιτέρω ελάττωση του μεγέθους. Επιπλέον, η θερμική ενέργεια από την άλεση οδηγεί στη διάσπαση των επιφανειοδραστικών μορίων, άρα και στην απομάκρυνση της προστασίας των σωματιδίων. Τέλος, από τη δεύτερη κιόλας ώρα της άλεσης παρατηρείται αλλαγή στη σύσταση του υλικού, ενώ από την πέμπτη ώρα άλεσης

παρατηρείται και μερική αμορφοποίηση των σωματιδίων. Αυτές οι αλλαγές επηρεάζουν και τις μαγνητικές ιδιότητες των δειγμάτων, με τα μαγνητικά χαρακτηριστικά του υλικού σχεδόν να μηδενίζονται, αν και το υλικό παραμένει σιδηρομαγνητικό.



**Εικόνα 3.** Εικόνα SEM του MnBi μετά από 1 ώρα άλεσης υψηλής ενέργειας

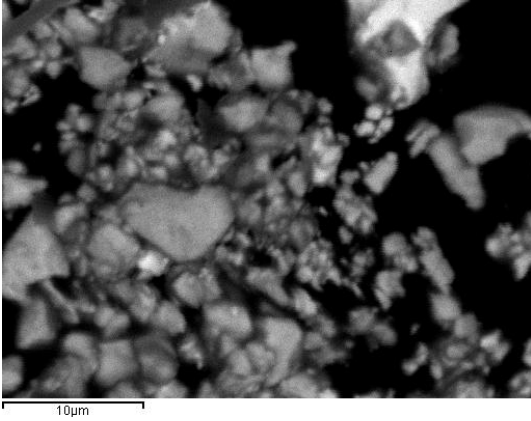


**Εικόνα 4.** Βρόγχος υστέρησης του MnBi μετά από 5 ώρες άλεσης υψηλής ενέργειας

Από την άλλη, στην άλεση με συμβατικό σφαιρόμυλο με μικρή ποσότητα ολεϊκού οξέος, η μείωση του μεγέθους των σωματιδίων είναι σταδιακή και παρασκευάζονται σωματίδια μικρού μεγέθους σε σύντομο χρονικό διάστημα. Επιπλέον, η μέση σύσταση των σωματιδίων είναι σταθερή και τα δείγματα δεν αμορφοποιούνται από την εκτεταμένη άλεση. Συγκριμένα, στην περίπτωση άλεσης 35 λεπτών, τα σωματίδια φαίνεται να είναι ανεξάρτητα, χωρίς το σχηματισμό συσσωματωμάτων. Μετά από

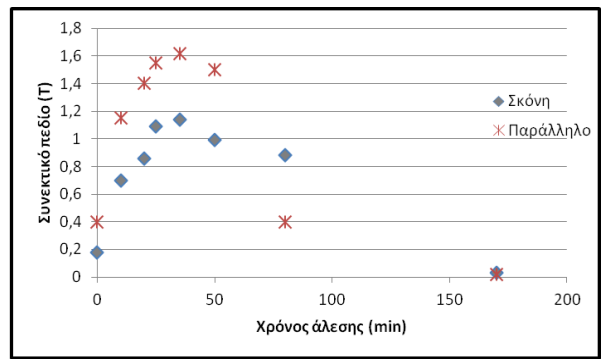


170 λεπτά άλεσης τα σωματίδια έχουν μέσο μέγεθος 170 nm.



*Εικόνα 5. Εικόνα SEM του MnBi μετά από 35 λεπτά άλεσης με συμβατικό σφαιρόμυλο*

Στη συνέχεια, καταγράφηκαν οι βρόχοι υστέρησης των δειγμάτων σε μορφή σκόνης τυχαίου προσανατολισμού, αλλά και σε μορφή προσανατολισμένων δειγμάτων σε διαφορετικές γωνίες σε σχέση με το εφαρμοζόμενο εξωτερικό πεδίο. Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι στην άλεση με συμβατικό σφαιρόμυλο και την προσθήκη ολεϊκού οξέος, το MnBi παρουσιάζει βελτιωμένα μαγνητικά χαρακτηριστικά σε σχέση με το αρχικό δείγμα, κάτι το οποίο είναι ακόμα πιο εμφανές στην περίπτωση των προσανατολισμένων δειγμάτων. Οι υψηλότερες τιμές των μαγνητικών χαρακτηριστικών που μετρήθηκαν με τη μορφή σκόνης τυχαίου προσανατολισμού αποδίδονται στο δείγμα το οποίο συλλέχθηκε μετά από άλεση 35 λεπτών. Το δείγμα έχει μαγνήτιση κόρου  $32.11 \text{ Am}^2/\text{kg}$  και συνεκτικό πεδίο  $1.14 \text{ T}$ . Αυτό το αποτέλεσμα είναι αναμενόμενο, μιας και το δείγμα αυτό αποτελείται από ανεξάρτητα σωματίδια, χωρίς την παρουσία συσσωματωμάτων. Κατά αντιστοιχία, το παράλληλα προσανατολισμένο δείγμα άλεσης 35 λεπτών είχε συνεκτικό πεδίο  $1.62 \text{ T}$ , μια εξαιρετικά υψηλή τιμή. Ακόμα και σε αποτελέσματα άλλων ερευνητικών ομάδων, στα οποία παρασκευάζονται σωματίδια MnBi με μηχανική άλεση, το συνεκτικό πεδίο φτάνει τα  $1.13 \text{ T}$  ή τα  $1.48 \text{ T}$ .



Τέλος, τα δείγματα μελετήθηκαν με την τεχνική της θερμοβαρυντικής ανάλυσης (TGA), με στόχο τον προσδιορισμό του ποσοστού βάρους του δείγματος που αποτελείται από ολεϊκό οξύ. Η πληροφορία αυτή είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό της μαγνήτισης που οφείλεται στο MnBi του κάθε δείγματος. Επιπλέον, η μέτρηση αυτή μπορεί να δώσει πληροφορίες για την πιθανή σχέση μεταξύ του χρόνου άλεσης του MnBi και των επιφανειοδραστικών μορίων που προσροφώνται στην επιφάνεια των σωματιδίων. Με βάση τα αποτελέσματα, συμπεραίνεται ότι η ποσότητα επιφανειοδραστικού που προσροφάται στην επιφάνεια των σωματιδίων φτάνει το μέγιστο στο δείγμα άλεσης 35 λεπτών, όπου όλα τα σωματίδια είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους, και είναι το 11.2 κ.β.% του δείγματος. Από εκεί και έπειτα η ποσότητα αυτή μειώνεται, κυρίως λόγω της δημιουργίας συσσωματωμάτων, τα οποία οδηγούν σε μείωση της ειδικής επιφάνειας.

Εν κατακλείδι, η μηχανική άλεση με συμβατικό σφαιρόμυλο και την προσθήκη ολεϊκού οξέος είναι προτιμότερη από την άλεση υψηλής ενέργειας με τη χρήση ολεϊκού οξέος και ολεϋλαμίνης, μιας και τα δομικά αλλά και μαγνητικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων είναι πολύ καλύτερα στην δεύτερη περίπτωση.

Κανάρη Κωνσταντίνα  
Απόφοιτη ΔΠΜΣ N&N

## Παρασκευή Μαγνητικών Νανοσωματιδίων μέσω της Τεχνικής Surfactant Assisted High Energy Ball Milling

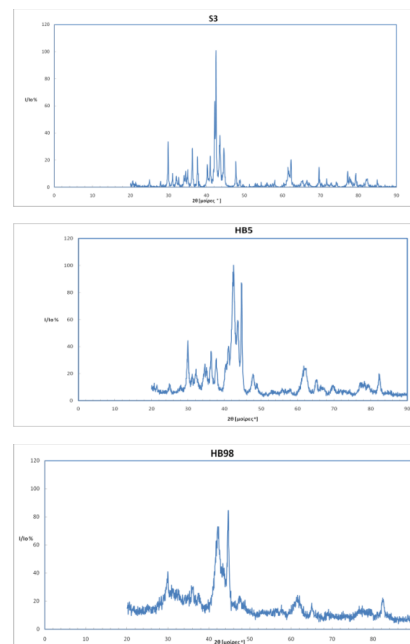
Οι νανოსύνθετοι μαγνήτες που αποτελούνται από αδρομερές μίγμα μιας σκληρής μαγνητικής φάσης με υψηλό συνεκτικό πεδίο και μιας μαλακής μαγνητικής φάσης με υψηλή μαγνήτιση κόρου έχουν ξεκινήσει να μελετώνται ήδη από τα τέλη της δεκαετίας του '80. Καθώς σήμερα, η ανάγκη για την παρασκευή τέτοιων νανოსύνθετων μαγνητών με βελτιωμένες ιδιότητες (υψηλό συνεκτικό πεδίο και μαγνήτιση κόρου, αυξημένο ενεργειακό γινόμενο) ολοένα και αυξάνεται, αναζητούνται τρόποι με τους οποίους τα υλικά με υψηλό συνεκτικό πεδίο (όπως οι σπάνιες γαίες) μπορούν να βελτιώσουν τις ιδιότητες τους στη νανοκλίμακα και μέσω σύζευξης με μαλακότερα υλικά να δώσουν μαγνήτες υψηλής ποιότητας και χαμηλού κόστους. Ωστόσο οι Bottom Up μέθοδοι, που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή νανოსύνθετων μαγνητών έχουν παρουσιάσει περιορισμένη επιτυχία.

Η τεχνική "Surfactant Assisted High Energy Ball Milling (HEBM)" έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον των ερευνητών, ως μια τεχνική σύνθεσης που επιτυγχάνει τον έλεγχο του μεγέθους, του σχήματος και των μαγνητικών ιδιοτήτων των παραγόμενων από διαμεταλλικές σπάνιες γαίες νανοσωματιδίων. Ταυτόχρονα η HEBM τεχνική είναι μία απλή και μη ακριβή μέθοδος για τη μείωση του μεγέθους των κόκκων των νανοκρυσταλλικών σκονών.

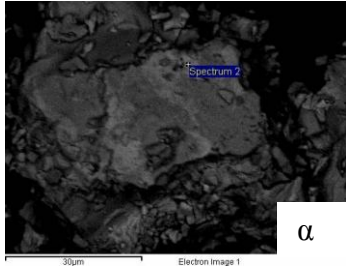
Ο σκοπός αυτής της εργασίας ήταν η παρασκευή νανოსωματιδίων  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$  μέσω της τεχνικής HEBM, καθώς και η μελέτη της επίδρασης του χρόνου άλεσης, τόσο στον δομικό χαρακτήρα του δείγματος

(σύσταση, μορφή και μέγεθος κόκκων) όσο και στον μαγνητικό (συνεκτικό πεδίο, μαγνήτιση κόρου).

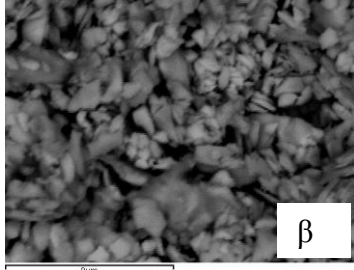
Ο δομικός χαρακτηρισμός των δειγμάτων διαφορετικών χρόνων άλεσης έγινε με ανάλυση Περιθλάσης Ακτινών Χ (XRD), Μικροανάλυση Ηλεκτρονικής Δέσμης (EDX), Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Διερχόμενης Δέσμης (TEM) και Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης (SEM).



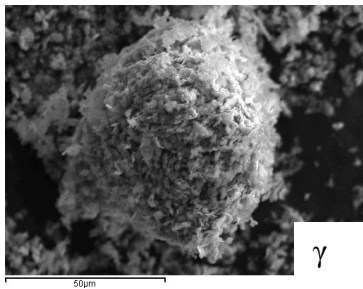
**Σχήμα 1.** Διαγράμματα XRD α) Πριν την άλεση S3, b) των 5 (HB5) και γ) των 98 ωρών (HB98)



α

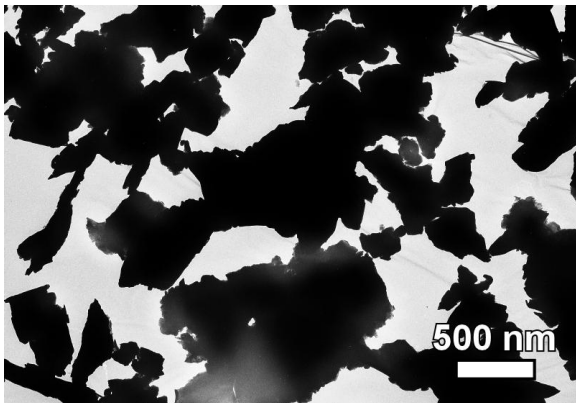


β



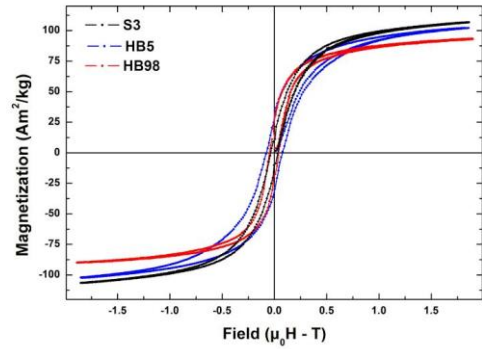
γ

**Σχήμα 2.** Απεικονίσεις SEM δειγμάτων α) πριν την άλεση (S3), μετά την άλεση β) των 5 ωρών (HB5) και γ) των 98 ωρών (HB98)



**Σχήμα 3.** Απεικόνιση TEM του δείγματος των 5ωρών (HB5)

Ο μαγνητικός χαρακτηρισμός των δειγμάτων έγινε στο Εργαστήριο Μαγνητικών Μετρήσεων. Τα μαγνητικά μεγέθη που μετρήθηκαν ή προέκυψαν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων είναι α) το συνεκτικό πεδίο  $H_c$ , β) η μαγνήτιση κόρου  $M_s$ , και γ) η παραμένουσα μαγνήτιση  $M_r$ .



**Σχήμα 4.** Σύγκριση βρόχων υστέρησης των δειγμάτων πριν την άλεση, μετά την άλεση των 5 (HB5) και των 98 ωρών (HB98)

Η άλεση σκόνης 50 μm σε οργανικό διάλυμα ελαϊκού οξέος / ολεϋλαμίνης οδήγησε σε κόκκους της τάξεως του 0.5 μm (500 nm) μετά από 5 ώρες, παρουσιάζοντας ελαφρώς βελτιωμένες ιδιότητες σε σχέση με την αρχική σκόνη. Δεν κατέστη δυνατόν να ληφθούν μικρότεροι κόκκοι ούτως ώστε να λάβουν χώρα δυνάμεις ανταλλαγής μεταξύ της σκληρής  $Sm_2Fe_{17}$  και του μαλακού Fe και να προκύψουν θεαματικά βελτιωμένες μαγνητικές ιδιότητες, καθώς η περαιτέρω άλεση προκάλεσε χαμήλωμα των χαρακτηριστικών κορυφών της διαμεταλλικής ένωσης  $Sm_2Fe_{17}$ , εμφάνιση άλλων φάσεων του μίγματος Sm-Fe, εξαέρωση της επιφανειοδραστικής ουσίας και οδήγησε στον σχηματισμό συσσωματωμάτων (clustering). Οι πολύ υψηλοί χρόνοι άλεσης (98 ώρες) οδήγησαν στην αμορφοποίηση του δείγματος με ταυτόχρονη επιδείνωση των μαγνητικών του ιδιοτήτων.

Ιωαννίδου Κωνσταντία  
Απόφοιτη ΔΠΜΣ N&N

## Υπολογιστική Ανάλυση ροής και μάζης σε αρτηρίες με stent σε φυσιολογικό παλμό και σε ταχυκαρδία



**Σχήμα 1.** a) Τμήμα του stent το οποίο έχει επεκταθεί, b) Υποστήριγμα βυθισμένο 50% στο ενδοθήλιο

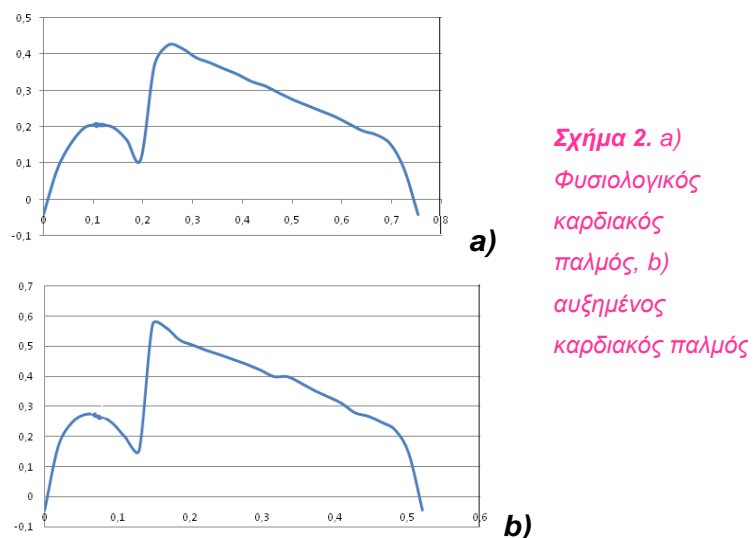
Η παρούσα διπλωματική επικεντρώνεται στην ποσοτικοποίηση της επίδρασης του προφίλ της ταχύτητας του αίματος στις αιμοδυναμικές παραμέτρους και στην ανάπτυξη της αθηρωματικής πλάκας πάνω σε αρτηρίες με stent. Για το σκοπό αυτό μελετήθηκαν τα μεγέθη: Τοιχωματική Διατμητική Τάση (WSS), Μέση Τοιχωματική Διατμητική Τάση (AWSS), δiάνυσμα Μέσης Τοιχωματικής Διατμητικής Τάσης (AWSSV), Δείκτης Παλμικής Διάτμησης (OSI), Σχετικός Χρόνος Παραμονής (RRT) και συγκέντρωση της LDL σε φυσιολογικό παλμό και σε ταχυκαρδία σε αρτηρία με stent με τη χρήση τεχνικών Computational Fluid Dynamics (CFD).

Το εξεταζόμενο stent έχει διάμετρο 6.0 και συνολικό μήκος 23.02 mm. Η διάμετρος του υποστηρίγματος είναι 0.15 mm, ενώ τα δακτυλίδια είναι σε απόσταση 1.98 mm το ένα από το άλλο. Συνολικά 11 δακτυλίδια υπάρχουν στο υπό εξέταση τμήμα αρτηρίας. Στο σχήμα 1α φαίνεται η γεωμετρία του stent. Η ανάλυση αναφέρεται στην περίπτωση που το stent είναι βυθισμένο κατά 50% στο αρτηριακό τοίχωμα.

Η ανάλυση πραγματοποιείται στο ένα τέταρτο του υπολογιστικού δικτύου για εξοικονόμηση CPU. Κάθε τέταρτο αποτελείται από 1571320 κελιά ή 431470 υπολογιστικούς κόμβους.

Για να εξαχθούν αποτελέσματα για τη ροή του αίματος και τη μεταφορά μάζης σε αρτηρίες με stent σε φυσιολογικές συνθήκες και συνθήκες άσκησης, ο αριθμητικός κώδικας λύνει τις εξισώσεις Navier-Stokes και την εξίσωση μεταφοράς μάζης για την ανάλυση της LDL. Το αρτηριακό τοίχωμα αποτελείται από ομογενές μη ελαστικό υλικό και θεωρείται ημιπερατό μέσο. Τα μέρη του ενδοθηλίου που καλύπτονται από τα υποστηρίγματα θεωρήθηκαν αδιαπερατές επιφάνειες. Όλο το υπολογιστικό δίκτυο, καθώς και οι φυσικές συνθήκες ροής, εισήχθησαν στον CFD επιλυτή. Η ταχύτητα του αίματος θεωρήθηκε ομοιόμορφη στην είσοδο.

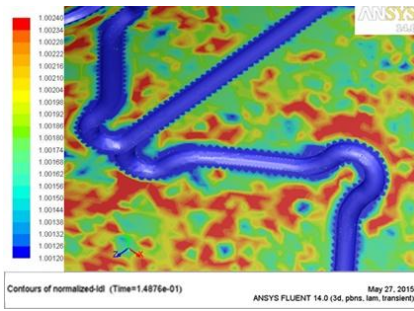
Χρησιμοποιήθηκε η κυματομορφή της ταχύτητας του αίματος σε κατάσταση ανάπαυσης και κατά την άσκηση (Σχήμα 2α και 2β). Συνθήκες ροής μη ολίσθησης εφαρμόστηκαν για τις επιφάνειες stent και ενδοθηλίου.



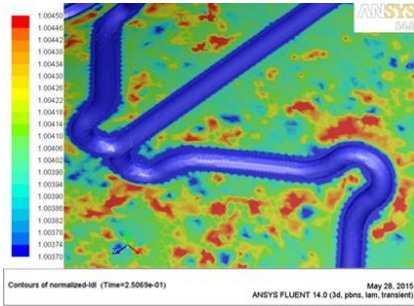
**Σχήμα 2.** a) Φυσιολογικός καρδιακός παλμός, b) αυξημένος καρδιακός παλμός

Στο σχήμα 3α και 3β που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατανομή της κανονικοποιημένης LDL σε φυσιολογικό

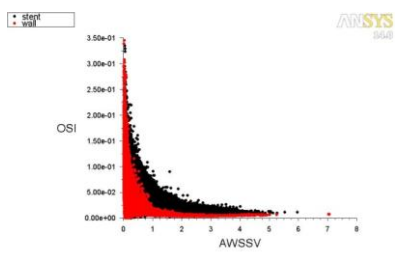
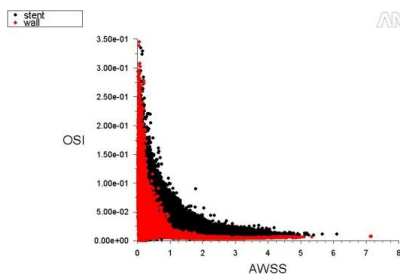
παλμό και σε ταχυκαρδία.



**a)** Κατανομή της κανονικοποιημένης LDL σε φυσιολογικό παλμό, b) κατανομή της κανονικοποιημένης LDL σε ταχυκαρδία



**b)** Στο σχήμα 4 φαίνεται η συσχέτιση του δείκτη παλμικής διάτμησης με τη μέση τοιχωματική διατμητική τάση.



**α)** AWSS (Pa)-OSI στο stent και στο τοίχωμα σε κανονικό παλμό, **β)** AWSS (Pa)-OSI στο stent και στο τοίχωμα σε ταχυκαρδία

Από την ανάλυση προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Οι τιμές του OSI ακολουθούν την κατανομή της τοιχωματικής διατμητικής τάσεως. OSI: οι τιμές του δείκτη εξαρτώνται από την τιμή που λαμβάνει κατά τόπους η τοιχωματική διατμητική τάση. Περιοχές με τοπικά μικρές τιμές διατμητικής τάσης παρουσιάζουν υψηλό OSI, ενώ περιοχές με υψηλές τιμές διατμητικής τάσης παρουσιάζουν αντίστοιχα χαμηλό OSI. Κυρτές περιοχές των γεωμετριών παρουσιάζουν χαμηλές τιμές συγκεντρώσεως LDL και υψηλές τιμές διατμητικής τάσης, ενώ κοίλες περιοχές των γεωμετριών παρουσιάζουν υψηλές τιμές συγκέντρωσης LDL και χαμηλές τιμές διατμητικής τάσης. Όσο μειώνεται ή αυξάνεται η τιμή της ταχύτητας εισόδου παρατηρείται μείωση ή αύξηση των τιμών της τοιχωματικής διατμητικής τάσης, αντίστοιχα, σε όλα τα επίπεδα. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων έδειξαν ότι ευνοείται η εναπόθεση της LDL πρωτεΐνης σε περιοχές όπου εμφανίζονται χαμηλές τιμές τοιχωματικής διατμητικής τάσης (εμφάνιση αθηρωμάτων), ενώ αποφεύγεται η εναπόθεση αυτής σε περιοχές με αυξημένες τιμές τοιχωματικής διατμητικής τάσης. Περιοχές που βρίσκονται αμέσως κατόπι των stent παρουσιάζουν μεγαλύτερη αύξηση της συγκέντρωσης LDL. Το ίδιο συμβαίνει και για τις αμέσως ανάντη των stent περιοχές αλλά σε μικρότερη ένταση. Ο γεωμετρικός σχεδιασμός των stent είναι βασικός παράγων για την εναπόθεση LDL στο αγγείο. Έντονες κυρτώσεις ή καμπυλώσεις της γεωμετρίας αυτών επιφέρει σημαντική διαφοροποίηση της ροής πέριξ αυτών. Η κατανομή LDL στα ανάντη των αγγείων είναι του ίδιου σχηματισμού όπως και στα κατόπι τμήματα του αγγείου.

Βασιλαδιώτη Μαγδαληνή  
Απόφοιτη ΔΠΜΣ N&N

#### 4. ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΙΣ ΜΕ ΠΡΩΤΟΠΟΡΟΥΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΕΜΒΕΛΕΙΑΣ

### Interview with Prof. Donal Bradley, Head of the Division of Mathematical, Physical and Life Sciences at the University of Oxford



*At the time of this interview, Donal Bradley was Lee-Lucas Professor of Experimental Physics, Director of the Centre for Plastic Electronics and Vice-Provost for Research at Imperial College London. He is now Professor of Engineering Science and Physics and Head of the Division of Mathematical, Physical and Life Sciences at the University of Oxford.*

**1. I would like to know some focal points of your career which led to the position you acquire today.**

I started out at Imperial College as an undergraduate student in Physics. When I completed my degree in 1983 I was looking for a PhD project at the interface between Physics and Chemistry. The interaction between these two disciplines was not common within the Physics department of Imperial at the time; it was quite a traditional Physics department. I was fortunate enough, though, to find a PhD project at Cambridge University with Richard Friend, whose research group was one of only a few studying organic semiconductors in the UK. During my PhD I studied the optical properties of a particular polymer, poly(p-phenylenevinylene) (PPV), and the way these proper-

ties could be controlled by its solution processing and thermal conversion from a precursor material. Just after completing my PhD, in 1987, I spent a year as a Toshiba Research Fellow at the central research and development laboratories of Toshiba Corporation in Kawasaki, Japan. Returning to Cambridge as a College Research Fellow, I suggested to Jeremy Burroughes that the polymer I had studied during my PhD might be interesting as the active layer in an electro-optic modulator and/or as a gate dielectric in the polymer transistor structures he had been studying. Testing the electrical properties of simple diode structures with PPV sandwiched between two electrodes in 1989 showed light-emission – the first conjugated polymer light emitting diode. Subsequently, I, together with Jeremy Burroughes and Richard Friend, filed a patent, which was quite an unusual step at the

time. We were keen to examine the opportunity to apply our research; I have always been interested in projects that present an opportunity for future applications. Studying materials that could potentially become incorporated into products and looking at how they might be used in society was an attractive prospect for me. The patent then led in 1992 to the formation of a spinout company, Cambridge Display Technology Ltd, founded by the three of us together with Paul Burn, Andrew Holmes and Arno Kraft from the Chemistry Department. We also published a string of highly cited papers; our 1990 paper in *Nature*, for instance, has about 10,000 citations.

After ten years at Cambridge University, four as an assistant lecturer, I was ready to move on to create my own research group, and in 1993 I went to the University of Sheffield where I had been offered such an opportunity, as a reader, and two years later I became professor in Physics. There, together with the Dow Chemical Company, my group started working on the polyfluorene family of conjugated polymers. Polyfluorenes were a new class of materials at the time, which demonstrated very interesting properties, including thermotropic liquid crystallinity. Even now, 20 years later, I still do research on polyfluorene materials, in a continuation of the research I initiated as a PhD student. In general, this research field, which we call Plastic Electronics, provides students with a very good learning experience, as they are able to fabricate device structures themselves (including LEDs, solar cells, transistors and lasers) and test the influence of chemical and physical structures on device performance. It also displays very promising application prospects.

## ***2. Has the possibility of future applications and commercialization of science been a motivation for you in doing research?***

Yes, I regard it as being quite a motivation for me. The opportunity to collaborate with people interested in the application of science has provided me with very intriguing problems to work on. What is more, science relies mainly on investment from public sources, i.e. governments and the EU. Therefore, it is important to show to the funders that our work displays the potential to benefit society. I appreciate fundamental research but I prefer to work on more application-oriented problems. Our ability to conduct application-oriented research is, though, dependent on people who do fundamental research – for example establishing theories and experimental methods that support our efforts. In order to be able to conduct interdisciplinary research, one needs to have strength in the separate fundamental disciplines. Therefore, a balance between fundamental research and application-oriented research is necessary.

The potential of future applications provides incentives to students, too. Although students enjoy fundamental problems, for which no answer has yet been found, the idea that what they are working on might become a product or change the way people do things, also motivates them.

## ***3. Academic institutions in the UK have strong links with industry, a fact that is not the case in Greece. What is your view on this?***

People need to recognize the benefits of both fundamental and application-oriented research. In essence, the latter is a continuation of the former; it all starts with the fundamental questions human beings want to answer. However, the ability to invest more in fundamental research requires a strong economy. Countries should, therefore, recognize their strategic needs and plan their investment in fundamental research accordingly.

There shouldn't be big barriers between researchers working in industry and in Academia; a free movement between the two arenas needs to be established. While working in a company, one can learn many things that can subsequently be used to address fundamental problems within University laboratories.

#### ***4. What about the Centre for Plastic Electronics you are a director of?***

The Centre for Plastic Electronics consists of 25 academics, principally from the departments of Physics and Chemistry, but also from the departments of Materials and Chemical Engineering. The Centre brings people from different departments together and encourages them to think how they could collaborate with each other. The UK Centre for Doctoral Training in Plastic Electronic Materials forms a key component of the Centre's activities, providing an exciting format for training students. In particular, as the Plastic Electronics field is very interdisciplinary, students need to gain knowledge on disciplines other than that of their own undergraduate training. Hence, the Centre for Doctoral Training welcomes students with backgrounds in Chemistry, Physics, Materials Science and Engineering, who work together as a cohort; they go to lectures together, they solve problems together and get to know each other well. Sometimes it is much easier for students to initiate collaborations than it is for their academic supervisors; students have more time to link up with each other and explore opportunities. The students at the Centre are co-supervised by people with different backgrounds. For instance, if they are working on organic synthesis, they would have one supervisor from an organic synthesis background, but the other one might have a Physical Chemistry, Physics or Materials Science background. That way they get the chance to broaden their knowledge base and have the opportunity to apply their skills in new ways.

#### ***5. Seeking to cooperate with Chemists from the beginning of your career in Physics highlights your inclination to interdisciplinary research.***

I have always collaborated with Chemists and Materials Scientists and have really enjoyed it. I found the interaction between these fields to be very natural in my research. However, at the beginning of my career, many Physicists didn't know how to communicate with Chemists; they did not understand the basic ideas of what materials could be synthesized, how these materials could be synthesized or they simply were not interested in what a Chemist would do to synthesize materials. In a sense, each discipline has its own language; the capability to communicate between the different disciplines advances interactions and collaborations.

#### ***6. What does your role as Vice-Provost of Research involve?***

In an institution like Imperial College, all of the academic staff conduct research and every Faculty consists of people who organize and support research. My position as Vice-Provost of Research entails looking across all of this activity and encouraging people to identify opportunities for collaboration and to share the best practice on how to support students and how to build teams that can tackle bigger societal problems. My role is about encouraging people to do things rather than managing their day-to-day activities.

#### ***7. What is a common day for you?***

I need about an hour to commute between my home and Imperial College, thus my workday usually starts with me leaving home at around half past six in the morning and closes when I set off to return home at about 8 o'clock in the evening. Even though I am very



busy with my Vice-Provost duties, I have enough time to still do plenty of research and I have many supportive colleagues with whom I collaborate. I wouldn't like an administrative-only position that would keep me from being active in research; I enjoy working with students and Post Docs and directing research projects.

**8. What are the main projects run by the Plastic Electronics Centre at this time?**

The Plastic Electronics Centre comprises a large group of people - around 25 academic staff, 100 PhD students, 50 Post Docs and research visitors- which means it can undertake a lot of different projects. The ongoing projects cover a broad span of topics; from the design and synthesis of new materials to the development of a wide range of applications. The area of greatest current interest is solar energy, where we examine different types of materials for the fabrication of solar cells. Additionally, we work on light-emitting structures for displays and lighting, on transistor materials for large area electronics and on Photonic systems. Moreover, the Centre supports collaborations with a plethora of institutions in China, Korea, Japan, USA, Brazil and all around Europe, and with several companies. A number of the PhD students are company-sponsored and sometimes they have a company supervisor together with their academic one.

**9. I would like you to tell me about Solar Press Ltd, the company you are a director of.**

Solar Press was founded by the Carbon Trust with the aim to accelerate the development of technologies that might help to reduce the carbon footprint of energy generation. The main goal of Solar Press was to extend the printing technology used for newspapers and magazines to the printing of organic solar

cells. The field of organic solar energy has been receiving less commercial interest of late, however, due to the substantial reduction in silicon solar cell prices. Moreover, a new class of materials, the perovskites, has appeared, that allow higher efficiency solar cells than typical for organics to be fabricated at potentially low cost.

**10. Do you think there will be a shift in the direction of Solar Press?**

I think there is still interest in applications using organic solar cells. In particular, we are examining opportunities for the generation of energy to power distributed systems. This could include sensors within a house or an office for smoke detection. At the moment a battery would normally be used to power the sensor and would have to be periodically changed. A solar cell based charger could reduce (or remove) the need to change batteries.

**11. What are your future plans as regards your research?**

In September, after 15 years at Imperial College, I am moving to the University of Oxford where I will become Head of the Mathematical, Physical and Life Sciences Division, spanning ten science and engineering departments. My underlying academic position will be a joint professorial appointment between Physics and Engineering and I am looking forward to getting to know new colleagues in both of these and in other departments. It is a great opportunity for me to engage with and compliment ongoing Oxford activities in plastic electronics and related areas. It will also be fun to continue working with my Imperial College colleagues as a Visiting Professor there. In addition, the fact that Oxford is a partner with Imperial in the Center of Doctoral Training helps a lot.

**12. This is your first year in NANOTECHNOLOGY. How do you find it till now?**

I am enjoying NANOTECHNOLOGY greatly. It is very well organized, with a lot of interesting presentations. The programme comprises a good mix of fundamen-

tal and applied research and the location is great, with a very friendly atmosphere as well.

Φοίβη Λογοθετίδη  
Φαρμακοποιός  
MSc in QMUL

**Συνέντευξη με τον Μερκούρη Κανατζίδα, Καθηγητή Χημείας και Διευθυντή του Εργαστηρίου “Kanatzidis Research Group” του Northwestern University**



*Συνέντευξη με τον Μερκούρη Κανατζίδα, Charles E. and Emma H. Morrison Καθηγητή Χημείας και Διευθυντή του εργαστηρίου “Kanatzidis Research Group” στο Northwestern University*

**1. Θα ήθελα να μου πείτε δυο λόγια για την πορεία σας. Πώς καταλήξατε στο Northwestern University;**

Ξεκίνησα τις σπουδές μου στο Χημικό του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης το 1975. Στο τρίτο έτος αποφάσισα να συνεχίσω για Διδακτορικό. Τότε, όπως και τώρα, δίνονταν πολλές ευκαιρίες για Διδακτορικά στη Χημεία στην Αμερική. Παράλληλα είχα γνωρίσει τον ελληνοαμερικανό καθηγητή Δημήτριο Κουκουβάνη, κορυφαίο ερευνητή στην ανόργανη Χημεία, τον οποίο ακολούθησα το 1980 στο University of Iowa, όπου και ολοκλήρωσα το Διδακτορικό μου το 1984. Ακολούθως, ήμουν μεταδιδακτορικός ερευνη-

τής στο University of Michigan και στο Northwestern University. Το 1987 διορίστηκα στο Michigan State University, όπου έμεινα 19 χρόνια. Από το 2006 είμαι στο Northwestern University.

**2. Ένα από τα πεδία με τα οποία ασχολείται η ερευνητική ομάδα που διευθύνετε είναι τα θερμοηλεκτρικά υλικά που στοχεύουν σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Πότε ξεκινήσατε να δραστηριοποιήστε σε αυτό τον τομέα;**

Με την ομάδα μου ξεκινήσαμε να ασχολούμαστε με τα θερμοηλεκτρικά υλικά το 1994. Τότε ήμασταν από τους λίγους που δραστηριοποιούνταν στο πεδίο. Το

πεδίο των θερμοηλεκτρικών ήταν ήδη γνωστό από τη δεκαετία του 1950- 60, όμως, στη δεκαετία του 1970-80, η επιστημονική κοινότητα άρχισε να χάνει το ενδιαφέρον της σε αυτό, γιατί θεωρήθηκε ότι τα συγκεκριμένα υλικά δεν παρουσίαζαν αξιόλογες ιδιότητες. Στις αρχές του 1990, το σκηνικό άρχισε να αλλάζει, με διάφορες ομάδες θερμοηλεκτρικών υλικών με πολλά υποσχόμενες ιδιότητες να κάνουν την εμφάνισή τους.

### ***3. Πώς αποφασίσατε να ασχοληθείτε με τα θερμοηλεκτρικά; Είδατε ότι υπήρχε προοπτική άνθισης στο πεδίο;***

Στην ομάδα μου ασχολούμαστε με τη σύνθεση καινούργιων υλικών με σκοπό την μετέπειτα ανάπτυξη εφαρμογών. Το 1993 το Υπουργείο Άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών έβγαλε μια προκήρυξη για την κατάθεση προτάσεων για θερμοηλεκτρικά υλικά. Εκείνη ήταν η πρώτη προκήρυξη που βλέπαμε για προτάσεις σε αυτό τον τομέα. Τότε, είχα αρκετές γνώσεις στη μέτρηση της θερμοηλεκτρικής δύναμης, αλλά στα θερμοηλεκτρικά υλικά οι γνώσεις μου ήταν πολύ περιορισμένες. Χρησιμοποιούσαμε τη μέτρηση της θερμοηλεκτρικής δύναμης για τον χαρακτηρισμό των υλικών, για να εκτιμήσουμε αν συγκεκριμένα υλικά είναι ημιαγωγοί και τι είδους ημιαγωγοί είναι. Όταν ανακοινώθηκε η προκήρυξη, είχαμε ήδη αποθηκευμένα δεδομένα για διάφορες ενώσεις, από τις οποίες εντοπίσαμε αυτές που φαίνονταν ποιο υποσχόμενες. Έτσι, υποβάλλαμε την πρότασή μας, λάβαμε την πρώτη χρηματοδότηση και μπήκαμε στο πεδίο των θερμοηλεκτρικών. Μετά τα καλά αποτελέσματα που προέκυψαν από το δικό μας αλλά και από άλλα γκρουπ, η χρηματοδότηση αυξήθηκε τα επόμενα χρόνια. Έκτοτε, συνεχίσαμε την έρευνα στο πεδίο, στο οποίο μπήκαν και άλλες ομάδες, και ο τομέας άρχισε να γνωρίζει ιδιαίτερη άνθιση.

### ***4. Η κυβέρνηση των ΗΠΑ με ποιο σκεπτικό πρόβαλε ενδιαφέρον για τα θερμοηλεκτρικά υλικά το 1993;***

Αρχικά, το ενδιαφέρον της κυβέρνησης δεν αφορούσε την παραγωγή ενέργειας αλλά τη χρήση ενέργειας για την πρόκληση ψύξης. Ο στόχος ήταν να αντικατασταθούν στα πλοία και τα υποβρύχια τα κλασσικά ψυγεία που είχαν κομπρέσσορες με ηλεκτρικά ψυγεία, ώστε να υπάρχει λιγότερος θόρυβος και μικρότερη πιθανότητα ανίχνευσης. Στη συνέχεια, όμως, το αρχικό ενδιαφέρον για χαμηλή θερμοκρασία, μετατοπίστηκε στην παραγωγή ενέργειας, διότι προέκυψαν καλύτερα αποτελέσματα σε υψηλή θερμοκρασία.

### ***5. Φέτος λάβατε δυο βραβεία για τη συμβολή με το έργο σας στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Πότε καταλάβατε ότι θα σας απασχολήσει ο τομέας της παραγωγής ενέργειας;***

Στις αρχές της δεκαετίας του 2000 - είχαν περάσει σχεδόν 8 με 10 χρόνια από την πρώτη χρηματοδότηση που είχαμε λάβει για τα θερμοηλεκτρικά. Μέχρι τότε το πεδίο των θερμοηλεκτρικών είχε ήδη αρχίσει να αναπτύσσεται και στην Ευρώπη, κυρίως σε Γερμανία, Γαλλία, Αγγλία και Δανία.

Όλα αυτά τα χρόνια οι ομάδες που δουλεύουμε σε αυτόν τον τομέα εφηύραμε καινούργιες έννοιες και ανοίξαμε νέους ορίζοντες για το ποια υλικά είναι υποσχόμενα. Οι νέες ιδέες που συνέχεια προκύπτουν τώρα από θεωρητικούς και πειραματικούς ερευνητές στο χώρο εμπλουτίζουν με δυνατότητες και προοπτικές το πεδίο και οι ομάδες πλέον μπορούν να κάνουν πολλά περισσότερα πειράματα και να εξετάσουν πολλά περισσότερα υλικά από ό,τι πριν δέκα χρόνια. Ο ορίζοντας είναι πλατύς και οι πιθανότητες για καινοτομία είναι πολλές.

## **6. Ένα άλλο πεδίο με το οποίο ασχολείται η ερευνητική σας ομάδα είναι οι περοφσκίτες.**

Το πεδίο των περοφσκιτών έχει ηλικία 2-3 ετών. Ήταν γνωστές ενώσεις και πρωτύτερα, αλλά δεν είχε γίνει αντιληπτό ότι θα έβρισκαν εφαρμογή στον τομέα των ηλιακών κυττάρων και ότι θα είναι τόσο αποτελεσματικές. Το 2012, με την ομάδα μου από το Northwestern κάναμε μια δημοσίευση στο Nature που προκάλεσε ιδιαίτερη αίσθηση, σχετικά με τους περοφσκίτες που διαθέτουν κέσιο, κασσίτερο και ιώδιο και τη δυνατότητά που παρουσιάζουν να διαδραματίζουν το ρόλο ηλεκτροδίου για οπές - γεγονός που αποτελούσε το μεγάλο πρόβλημα των dye-sensitized ή Grätzel ηλιακών κυττάρων. Τα συγκεκριμένα κύτταρα βρίσκονταν σε υγρή κατάσταση, γιατί η μεταφορά των οπών γινόταν με διάλυμα Ιωδιούχων/Τριιωδιούχων. Αυτό, όμως, απέτρεπε την εμπορευματοποίησή τους, γιατί οι υγρές διατάξεις εμφανίζουν διαρροές και τα κύτταρα δεν παρουσιάζουν σταθερότητα.

Στη δημοσίευσή μας στο Nature αποδείξαμε ότι στη θέση του διαλύματος μπορεί να μπει ο περοφσκίτης που είχαμε αναπτύξει και να κάνει την ίδια δουλειά. Έτσι, το dye-sensitized cell έγινε στερεής κατάστασης και άνοιξε τον δρόμο για την εμπορευματοποίηση της διάταξης. Αυτές οι διατάξεις χαίρουν μεγάλης αποδοχής γιατί είναι εύκολο να κατασκευαστούν. Κι ένας πρωτοετής φοιτητής Χημείας ή Φυσικής μπορεί να φτιάξει ένα τέτοιο κύτταρο στο εργαστήριο, χωρίς να χρειάζονται ιδιαίτερες εγκαταστάσεις και όργανα.

## **7. Ήταν, δηλαδή, και από οικονομικής απόψεως πιο ευνοϊκή η χρήση των περοφσκιτών.**

Η χρήση μιας στερεής διάταξης ήταν πιο ευνοϊκή και από οικονομικής και από επιστημονικής άποψης. Η πρόκληση ήταν να βρεθεί ένα υλικό που άγει τις οπές, μπορεί να διαλυθεί σε διάλυμα, να επιστρωθεί σε

λεπτό υμένιο, να αφαιρεθεί μετέπειτα ο διαλύτης και να μετατραπεί σε στερεό ξανά.

Μετά από τέσσερις μήνες από τη δημοσίευσή μας στο Nature, μια άλλη ανεξάρτητη ομάδα έκανε μια δημοσίευση στο Science όπου έδειχνε έναν περοφσκίτη με μόλυβδο να απορροφά το φως και να αποδίδει ηλεκτρόνια και οπές. Εμείς είχαμε επικεντρωθεί στο μέρος του κυττάρου που άγει τις οπές, αυτή η δημοσίευση αφορούσε στο μέρος του κυττάρου που απορροφά το φως. Παρουσιάστηκε, δηλαδή, σε πολύ κοντινό χρονικό διάστημα άλλο ένα στερεό κύτταρο το οποίο μπορούσε να κατασκευαστεί εύκολα και εμφάνιζε μεγάλη αποδοτικότητα. Στη συνέχεια, μια τρίτη ομάδα, η οποία είχε εφεύρει το dye-sensitized cell έκανε μια δημοσίευση με τον ίδιο περοφσκίτη με τη δεύτερη, κι έτσι ξεκίνησε μια επανάσταση στο πεδίο των περοφσκιτών, το οποίο τώρα είναι τεράστιο. Οι περοφσκίτες εμφάνισαν 20% φαινομενική αύξηση της απόδοσης του κυττάρου μέσα σε δυο με δυόμιση χρόνια, ενώ άλλα κύτταρα που βασίζονται σε διαφορετικά υλικά, προκειμένου να εμφανίσουν αντίστοιχη απόδοση χρειάστηκε να περάσουν 25 χρόνια.

## **8. Πείτε μου για τα υπόλοιπα πεδία στα οποία δραστηριοποιείται το εργαστήριό σας.**

Έχουμε ένα μεγάλο πρότζεκτ που αφορά στη σύνθεση νέων υλικών, ο σκοπός του οποίου είναι να εντοπίσουμε τη βέλτιστη μέθοδο για τη σύνθεση μιας νέας ένωσης ή μιας νέας κρυσταλλικής δομής. Έχοντας συνθέσει κάτι νέο, γνωρίζοντας την κρυσταλλική του δομή, τη θέση των ατόμων του στο χώρο, μπορούμε ακολούθως να προβλέψουμε τις πιθανές ιδιότητές του. Το συγκεκριμένο πρότζεκτ αποτελεί το φυτώριο για τα καινούργια υλικά και τα υπόλοιπα πρότζεκτ με τα οποία ασχολείται το εργαστήριο. Όταν γίνεται μια υπόθεση, ξεκινά μια σειρά πειραμάτων για να αποδειχθεί αν αυτή η υπόθεση ισχύει.

Αν θεωρηθεί ότι μια ένωση διαθέτει κάποια ενδιαφέρουσα ιδιότητα αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ένα νέο

πρότζεκτ, όπως έγινε και στην περίπτωση των θερμοηλεκτρικών και των περοφσκιτών. Για παράδειγμα, το πρότζεκτ των θερμοηλεκτρικών, αν ανατρέξουμε στις ρίζες του το 1992-93, προέκυψε από τις ενώσεις στις οποίες είχαμε διεξάγει μετρήσεις θερμοηλεκτρικής δύναμης για να τις χαρακτηρίσουμε. Επίσης, άλλα υλικά τα οποία είχαμε συνθέσει και μετέπειτα αποδείχθηκε ότι παρουσιάζουν ενδιαφέρουσες ιδιότητες ήταν υλικά που καθαρίζουν τα απόνερα της βιομηχανίας από βαριά μέταλλα, όπως ο υδράργυρος, το κάδμιο και ο μόλυβδος. Τα υλικά αυτά θεωρούνται τα καλύτερα στο είδος τους στην αφαίρεση τοξικών μετάλλων από νερά και απόνερα.

### **9. Έχουνε προκύψει εφαρμογές για αυτά τα υλικά;**

Έχουμε πατέντα και είμαστε τώρα στο στάδιο των δοκιμών. Πιο συγκεκριμένα, στέλνουμε υλικό σε εταιρείες που μας το ζητάνε για να το εκτιμήσουν στα νερά τους κι έπειτα εξετάζουμε μαζί τους πώς δούλεψε. Υπάρχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τα συγκεκριμένα υλικά, γιατί οι μέχρι τώρα δοκιμές έδειξαν ότι είναι πολύ αποτελεσματικά. Μας ζητήθηκε ήδη από κάποιες εταιρείες να τις εφοδιάζουμε κάθε χρόνο με τόνους από τα συγκεκριμένα υλικά. Δεν έχουμε, όμως, παραγωγή σε τόσο μεγάλη κλίμακα - είμαστε ερευνητικό εργαστήριο.

### **10. Όταν αποδειχθεί τι είδους μέταλλα καθαρίζουν τα συγκεκριμένα υλικά, η χρησιμότητα αυτής της εφαρμογής θα είναι τεράστια.**

Η χρησιμότητά τους θα είναι φοβερή. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται τώρα από τις εταιρείες στη βιομηχανία παρουσιάζουν μικρή χωρητικότητα. Όταν επέρχεται ο κορεσμός τους, μόνο 5% του βάρους τους περιέχει το τοξικό υλικό, όλο το υπόλοιπο είναι αδρανές. Δημιουργείται, δηλαδή, ένας όγκος ο οποίος χρειάζεται να διαχειριστεί το πού θα πεταχτεί ή που θα

αποθηκευτεί. Αντιθέτως, όταν το δικό μας υλικό κορεστεί, η περιεκτικότητα σε τοξικό υλικό είναι περισσότερο από το 50% του βάρους του. Συνεπώς, για την ίδια τοξική ποσότητα, ο όγκος προς διαχείριση είναι πολύ μικρότερος. Το γεγονός αυτό είναι πολύ σημαντικό οικονομικά, γιατί η διαδικασία της απόρριψης του υλικού κοστίζει πολύ.

Άλλα παραδείγματα πρότζεκτ που έχουν προκύψει από το συνθετικό φυτώριο είναι για πορώδη υλικά, για τον διαχωρισμό αερίων, για την εύρεση καινούργιων υπεραγωγών, για φωτοκατάλυση. Συγκεκριμένα, στο πρότζεκτ για την φωτοκατάλυση, έχουμε δημιουργήσει υλικά τα οποία θεωρούμε ότι θα είναι αποδοτικά ως καύσιμα που προέρχονται από ηλιακή ενέργεια.

Ένα άλλο μεγάλο και δύσκολο εγχείρημα με το οποίο ασχολούμαστε στο εργαστήριο αφορά στη δημιουργία ενός καλού ανιχνευτή ακτινών γ. Αυτή τη στιγμή δεν υπάρχει καλός και ταυτόχρονα οικονομικός τρόπος ανίχνευσης ακτινών γ. Η ανίχνευση ακτινών γ είναι πλέον απαραίτητη για λόγους ασφαλείας. Πολλές κυβερνήσεις ανησυχούν για την λεγόμενη "βρώμικη βόμβα", δηλαδή, για τη λαθραία μεταφορά ραδιενεργού υλικού και για την μετέπειτα εκτόνωσή του σε κέντρα πόλεων. Ως αποτέλεσμα, χρειάζονται πολύ καλοί ανιχνευτές, οι οποίοι όχι μόνο θα ανιχνεύουν τις ακτίνες γ, αλλά και την πηγή προέλευσης των ραδιενεργών ατόμων. Το συγκεκριμένο πρότζεκτ χρηματοδοτείται από την ομοσπονδιακή κυβέρνηση της Αμερικής, όπως και το 90% της έρευνας στην Αμερική.

### **11. Φέτος η περίοδος που λαμβάνουν χώρα τα Συνέδρια είναι πολύ δυσμενής κοινωνικοπολιτικά (μια εβδομάδα πριν είχε διεξαχθεί το δημοψήφισμα), παρ' όλα αυτά πώς σας φαίνεται η διοργάνωση της NANOTECHNOLOGY μέχρι τώρα;**

Αυτή είναι η δεύτερη φορά που παίρνω μέρος στη NANOTECHNOLOGY, είχα συμμετάσχει και το 2011 στα Συνέδρια. Τότε με είχε εντυπωσιάσει η διοργάνωση

νωση και η υψηλή συμμετοχή που υπήρχε. Φέτος, η NANOTECHNOLOGY ήταν εξίσου καλή και το εύρος το πεδίων που καλύφθηκαν μεγάλο. Η συμμετοχή ήταν πολύ επαρκής δεδομένων των ξαφνικών πολιτικών εξελίξεων της προηγούμενης εβδομάδας και της αρνητικής δημοσιότητας που δέχτηκε η Ελλάδα συνολικά εκείνη την περίοδο. Η NANOTECHNOLOGY έχει εδραιωθεί πλέον ως γεγονός και η διοργάνωσή της είναι πολύ επαγγελματική - δεν είναι εύκολη η επιτυχής διεξαγωγή ενός τέτοιου πολυγεγονότος. Με ευχαριστεί ιδιαίτερα που γίνεται στη Θεσσαλονίκη κάθε χρόνο, είναι κάτι πολύ σημαντικό για την πόλη, για το ΑΠΘ και την επιστήμη. Ελπίζω αυτό το σπουδαίο εγχείρημα να συνεχίσει να εξελίσσεται ανεπηρέαστο από τις δύσκολες συνθήκες που επικρατούν στην Ελλάδα.

## 12. *Αν και πολύ ρευστά τα πράγματα στην Ελλάδα, μπορείτε να κάνετε κάποια πρόβλεψη για το πώς μπορεί να εξελιχθεί αυτός ο τομέας;*

Ανησυχώ για τους δραστήριους επιστήμονες που διεξάγουν πρωτοποριακή έρευνα με ευρωπαϊκή χρηματοδότηση ανταγωνιζόμενοι ομάδες σε παγκόσμιο επίπεδο. Ανησυχώ για τη χρηματοδότησή τους και για όλα αυτά στα οποία βασίζονται για να χτίσουν την έρευνά τους. Αν βασιστεί κανείς μόνο στη χρηματοδότηση του ελληνικού κράτους για έρευνα, τα πράγματα θα είναι όπως όταν ήμουνα εγώ στην Ελλάδα, τη δεκαετία του 1970. Και μόνο που το εργαστήριο Νανοτεχνολογίας του ΑΠΘ καταφέρνει να λαμβάνει προγράμματα με ευρωπαϊκή χρηματοδότηση είναι πολύ μεγάλο επίτευγμα.

Φοίβη Λογοθετίδη  
Φαρμακοποιός  
MSc in QMUL

## Συνέντευξη του Θωμά Ανθόπουλου, Καθηγητή Πειραματικής Φυσικής στο Imperial College του Λονδίνου



*Ο Θωμάς Ανθόπουλος είναι Καθηγητής Πειραματικής Φυσικής στο Τμήμα Φυσικής και το Κέντρο Πλαστικών Ηλεκτρονικών και διευθυντής του Advanced Materials & Devices group του Imperial College του Λονδίνου*

**1. Θα ήθελα να μου πείτε τα καίρια σημεία της πορείας σας που οδήγησαν στη θέση που έχετε τώρα στο Imperial College του Λονδίνου.**

Γεννήθηκα στο Κεφαλάρι, σε ένα χωριό της Καστοριάς. Φοίτησα στη σχολή ηλεκτρονικών στο Τεχνικό Λύκειο Καστοριάς, κάτι που δεν μου έδινε τη δυνατότητα εισαγωγής σε ελληνικό ΑΕΙ. Αποφάσισα, τότε, να κάνω τα χαρτιά μου για τη Μ. Βρετανία. Επικοινωνήσα με το Βρετανικό Συμβούλιο, ζήτησα τη λίστα με τα Πανεπιστήμια της Μ. Βρετανίας κι έστειλα αιτήσεις και στα 120 Πανεπιστήμια στο σύνολό τους. Από όλη αυτή την διαδικασία ανακάλυψα την υπηρεσία UCAS (Universities and Colleges Admissions Service), μέσω της οποίας έκανα την αίτηση με τις 8 επιλογές Πανεπιστημίων, η οποία εξαρτιόταν από τους βαθμούς του Λυκείου. Ο βαθμός μου ήταν υψηλός και μου έδωσε την ευκαιρία να γίνω δεκτός και στις 8 επιλογές μου. Μια από τις προσφορές που δέχτηκα ήταν από το Staffordshire University, ένα από τα 6 Πολυτεχνεία της Μ. Βρετανίας. Τότε, δεν είχα ιδέα για τις διαφορές μεταξύ Πανεπιστημίων, οι οποίες αποδείχθηκαν μεγάλες, και στην ουσία δεν δέχτηκα προσφορές από το Πανεπιστήμιο του Bristol και άλλα αξιόλογα Πανεπιστήμια.

Ξεκίνησα τις προπτυχιακές σπουδές μου στο Staffordshire University στην ηλεκτρονική, όμως, άλλαξα κατεύθυνση κι εξειδικεύτηκα σε medical engineering. Προς το τέλος των σπουδών μου συνειδητοποίησα ότι ο κλάδος αυτός δεν μου ταίριαζε. Ένα απρόσμενο γεγονός την τελευταία εβδομάδα του ακαδημαϊκού έτους άλλαξε όλη την ακόλουθη πορεία μου. Ένας καθηγητής μου από τα εργαστήρια ηλεκτρονικών του πρώτου έτους, ο Torfeh-Sadat Shafai, μού πρότεινε να κάνω αίτηση για διδακτορικό στους Οργανικούς Ημιαγωγούς, ένα πεδίο που με ενδιέφερε πολύ. Η πρόταση αυτή ήρθε γιατί ο κος Shafai είχε μια ιδιαίτε-

ρα καλή εντύπωση για μένα, διότι καθώς προερχόμουν από τη σχολή ηλεκτρονικών του Τεχνικού Λυκείου, ήμουν πολύ πιο προχωρημένος από τους υπόλοιπους συμφοιτητές μου. Χρειάστηκε, δηλαδή, να φτάσω στο 3<sup>ο</sup> έτος των προπτυχιακών μου σπουδών για να διδαχτώ κάτι που δεν γνώριζα από το Λύκειο. Φυσικά, είχα μια προσωπική κλίση προς το πεδίο των ηλεκτρονικών που με ώθησε να προχωρήσω αρκετά. Αυτό μου επέτρεψε να αδράξω την ευκαιρία όταν αυτή παρουσιάστηκε, έκανα την αίτηση για το διδακτορικό κι έλαβα τη θέση. Το διδακτορικό μου το ολοκλήρωσα αισίως σε 3 χρόνια. Ήταν μια μοναδική ευκαιρία και το διασκέδασα πάρα πολύ. Στη συνέχεια, ήμουν ως μεταδιδακτορικός ερευνητής στο Πανεπιστήμιο St. Andrews της Σκωτίας, στο Τμήμα Φυσικής, στο Κέντρο Οργανικών Ηλεκτρονικών, όπου ασχολήθηκα με μια τεχνική σε organic light emitting diodes (OLEDs). Τότε, επρόκειτο για μια καινούργια τεχνολογία, η οποία οδηγούσε σε διατάξεις με μεγάλη απόδοση. Το 2003, θέλησα να ασχοληθώ με κάτι νέο στο χώρο των Οργανικών Ηλεκτρονικών, πιο συγκεκριμένα, με τις Ανανεώσιμες Μορφές Ενέργειας και τα Φωτοβολταϊκά. Ήταν ένα πεδίο με το οποίο είχα ασχοληθεί και στο Διδακτορικό μου, όμως, δεν βρέθηκε κάποια σχετική θέση. Αντ' αυτού, παρουσιάστηκε μια ευκαιρία στο ερευνητικό κέντρο της Philips Research Laboratories στην Ολλανδία, στα Οργανικά Τρανζίστορ, όπου κι εργάστηκα για 3 χρόνια. Ένα κομβικό σημείο στην καριέρα μου ήταν η γνωριμία μου με τον καθηγητή Φυσικής Donal Bradley, ο οποίος μου πρότεινε να κάνω αίτηση για EPSRC Advanced Fellowship. Αυτό ήταν ένα είδος υποτροφίας μέσω του Engineering and Physical Sciences Research Council στην Βρετανία για πέντε έτη, το οποίο δεν συνοδεύεται με μόνιμη θέση, αλλά προσέφερε την δυνατότητα δημιουργίας μιας αυτόνομης ερευνητικής ομάδας και υποβολής αιτήσεων για επιδοτήσεις στην Ευρώπη.

Έτσι, λοιπόν, έκανα την αίτηση, πήρα την υποτροφία και ξεκίνησα το 2006 στο Imperial, ως EPSRC Advance Fellow. Η ομάδα που δημιούργησα, τότε των 5-6 ατόμων, είναι πάρα πολύ σημαντική για την μετέπειτα πορεία μου, γιατί μαζί δημιουργήσαμε τα πάντα, από τα εργαστήρια μέχρι τις πρώτες δημοσιεύσεις οι οποίες οδήγησαν σε άλλες δημοσιεύσεις και πρότζεκτ. Το εργαστήριο έγινε στη συνέχεια κομμάτι του Plastic Electronics Center. Το κέντρο των Πλαστικών Ηλεκτρονικών είναι ένα εικονικό κέντρο, με μέλη του 25 ακαδημαϊκούς.

## **2. Ποιοι είναι οι βασικοί τομείς με τους οποίους ασχολείται η ομάδα σας;**

Το προσωπικό μου γκρουπ είναι το “Advanced Materials & Devices group”, το οποίο είναι μέρος της ομάδας Πειραματικής Φυσικής Στερεάς Κατάστασης του Τμήματος Φυσικής του Imperial. Από το 2006 μέχρι σήμερα έχει εξελιχθεί αρκετά - τώρα αποτελείται από 20 άτομα, φοιτητές και μεταδιδακτορικούς ερευνητές. Η έρευνα με την οποία ασχολούμαστε αφορά νέα ηλεκτρονικά υλικά για διατάξεις και συστήματα. Το πεδίο των υλικών είναι πολύ ευρύ και καλύπτει οργανικά, ανόργανα και υβριδικά υλικά. Από τα υλικά προκύπτουν εφαρμογές με τις οποίες δημιουργούμε πρωτότυπες διατάξεις που προσπαθούμε να φτάσουμε ένα βήμα πριν το τελικό προϊόν. Οι εφαρμογές είναι στην πλειοψηφία τους ηλεκτρονικές, αλλά σιγά σιγά ασχολούμαστε και με διαφορετικού είδους, όπως τα βιοηλεκτρονικά και η παραγωγή ενέργειας. Χρειάζεται συνεχώς να αποδεικνύουμε ότι αυτά που προτείνουμε παρουσιάζουν τη δυνατότητα να οδηγήσουν σε προϊόντα, κάτι το οποίο απαιτεί πολύ χρόνο και τύχη.

Ένα μεγάλο μέρος της έρευνας με την οποία ασχολούμαστε πλέον στην ομάδα μου αφορά την ενέργεια, πιο συγκεκριμένα, τα οργανικά φωτοβολταϊκά. Μετά από τόσα χρόνια πορείας αποφάσισα να ασχοληθώ μόνος μου με τον τομέα της ενέργειας, ο οποίος πάν-

τα μου κέντριζε το ενδιαφέρον. Όλα αυτά τα χρόνια, βέβαια, οι ευκαιρίες που είχαν παρουσιαστεί σε άλλους τομείς μου έμαθαν πάρα πολλά.

## **3. Ο βασικός στόχος των προτζεκτ της ομάδας σας είναι να οδηγούν σε εφαρμογές;**

Είναι πολύ σημαντικό να προκύπτουν εφαρμογές αν και σε πολλά από τα προτζεκτ που τρέχουμε μας ενδιαφέρει καθαρά η βασική έρευνα. Βέβαια, προσωπικά, πάντα έχω μια τάση προς την ανάπτυξη εφαρμογής. Αποσκοπώ η έρευνα που διενεργούμε να οδηγήσει κάποια χρονική στιγμή, σε 5, 10 ή 20 χρόνια, σε μια εφαρμογή της συγκεκριμένης ιδέας που έχουμε συλλάβει.

## **4. Πότε ξεκίνησε η συνεργασία σας με το εργαστήριο LTFN και πώς εξελίσσεται τώρα;**

Η συνεργασία μου με το LTFN ξεκίνησε όταν γνώρισά τον κ. Λασκαράκη το 2007 ή 08 στο Συνέδριο *Plastic Electronics*. Στη συνέχεια, γνώρισά και τον καθ. κ. Λογοθετίδη και από τότε ξεκίνησε μια επικοινωνία, σε επίπεδο συνεδριακό κυρίως, όσον αφορά το ISFOE. Επιπλέον, ήμουν μέρος του ευρωπαϊκού προγράμματος RoleMak, για Οργανικά Ηλεκτρονικά, το οποίο ολοκληρώθηκε πέρυσι. Η συνεργασία μου με το LTFN θέλω να συνεχιστεί, χρειάζεται, όμως, να βρεθεί ο κατάλληλος τρόπος για να γίνει επισήμως κάτι τέτοιο.

## **5. Έρχεστε από το πρώτο ISFOE κι έχετε παρακολουθήσει όλα αυτά τα χρόνια την εξέλιξη του, ποια είναι τα σχόλιά σας για τη φετινή διοργάνωση;**

Από την πρώτη φορά που συμμετείχα στο ISFOE, μου αρέσει πολύ η διοργάνωση, και για αυτό προσπαθώ να έρχομαι κάθε χρόνο. Οι παρατηρήσεις μου συνολικά για τη NANOTECHNOLOGY είναι πολύ θετικές. Το επίπεδο είναι πολύ υψηλό, η προσπάθεια εί-



ναι τρομερή παρά τις αντίξοες συνθήκες που επικρατούν στην Ελλάδα. Ο κος Λογοθετίδης έχει κάνει έναν τεράστιο αγώνα και απορώ με την ενέργεια που καταβάλλει για τη διοργάνωση αυτή.

Είναι πολύ σημαντικό για τη συνέχεια της NANOTECHNOLOGY να προσκαλούνται διεθνώς καταξιωμένοι επιστήμονες στο χώρο, γιατί αποτελούν τον καθρέφτη των επιστημονικών εξελίξεων της επόμενης χρονιάς. Κάτι τέτοιο προσδίδει εγκυρότητα και κύρος στη διοργάνωση. Φέτος μου έκανε εντύπωση η μεγάλη προσέλευση ερευνητών από την Ν. Κορέα, οι οποίοι αποτελούν μια κοινότητα που μας ενδιαφέρει ιδιαίτερα. Η Ν. Κορέα διαθέτει μεγάλο δυναμικό επιστημόνων και η βιομηχανία των πλαστικών ηλεκτρονικών και γενικώς των ηλεκτρονικών της είναι νούμερο 1 στον κόσμο. Ο στόχος μας στην διοργάνωση του ISFOE είναι να προσελκύουμε τους καλύτερους ερευνητές, με σκοπό να δημιουργούμε συνεργασίες μαζί τους.

Αυτό που χρήζει βελτίωσης στη NANOTECHNOLOGY, είναι η πολυπλοκότητα που ενυπάρχει από τη διεξαγωγή τόσων πολλών γεγονότων μαζί. Πολλοί συμμετέχοντες ενδέχεται να μπερδεύονται και να μην ξέρουν ποια workshop παρακολουθούν. Κάποια από τα δρώμενα αλληλεπικαλύπτονται. Ίσως θα βοηθούσε να μειωθεί η πολυπλοκότητα στην παρουσίαση τους.

#### ***6. Μιλήστε μου για τα Βραβεία European research council και Ben Sturgeon που έχετε λάβει.***

Το European Research Council award είναι μια μεγάλη υποτροφία που έλαβα το 2011 και η οποία λήγει

τέλος του 2016. Το Ben Sturgeon award ήταν πιο πολύ μια αναγνώριση για το έργο που έχουμε κάνει με την ομάδα μου στον τομέα των thin film τρανζίστορ για οθόνες - δεν υπήρχε χρηματική επένδυση. Αφορούσε κάποιες τεχνολογίες που εξελίξαμε οι οποίες θεωρήθηκαν πολύ σημαντικές για τις μελλοντικές εξελίξεις στον χώρο των οθονών.

#### ***7. Ποια είναι τα σχέδιά σας τώρα;***

Τα σχέδιά μου αφορούν την αξιοποίηση των υλικών σε ένα εύρος εφαρμογών, όπως τα thin film electronics σε τρανζίστορ και οθόνες, τα OLEDs, η νανολιθογραφία και τα φωτοβολταϊκά. Στα φωτοβολταϊκά χρησιμοποιούμε υλικά που δημιουργούμε για άλλους χώρους. Προσπαθούμε υλικά που αναπτύσσουμε για έναν συγκεκριμένο χώρο να έχουν εφαρμογή και σε άλλους. Για παράδειγμα, κάποια υλικά με συγκεκριμένες ιδιότητες που ψάχνουμε για να δημιουργήσουμε την επόμενη γενιά τρανζίστορ είναι τα ιδανικά υλικά στον χώρο της παραγωγής ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών.

Φοίβη Λογοθετίδη  
Φαρμακοποιός  
MSc in QMUL

## “NANOTECHNOLOGY 2015” ΓΙΑ 12<sup>Η</sup> ΧΡΟΝΙΑ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ!



Για 12η συνεχή χρονιά διοργανώθηκε το παγκοσμίου φήμης πολυεγνός “NANOTECHNOLOGY 2015” από τις 4 έως τις 11 Ιουλίου 2015 στο Ξενοδοχείο & Συνεδριακό κέντρο Porto Palace, στη Θεσσαλονίκη. Η NANOTECHNOLOGY 2015 περιλάμβανε τα καθιερωμένα Διεθνή Συνέδρια NN15, ISFOE15, τα Θερινά Σχολεία ISSON15 και την Έκθεση Νανοτεχνολογίας EXPO15 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 2015 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.

Η NANOTECHNOLOGY 2015 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 συνέδριοι απαρτιζόνταν από ερευνητές, εκπροσώπους της βιομηχανίας, επενδυτές, εκπροσώπους του χώρου παροχής υπηρεσιών και ειδικούς μεταφοράς τεχνολογίας, και παρουσίασαν τις καινοτόμες δραστηριότητές τους με περισσότερες από 700

ομιλίες και παρουσιάσεις. Στη NANOTECHNOLOGY 2015 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, 124 νέοι ερευνητές και μεταπτυχιακοί φοιτητές από 30 χώρες συμμετείχαν στο Θερινό Σχολείο, ISSON15.

*“12ο Διεθνές Συνέδριο στις Νανοεπιστήμες & Νανοτεχνολογίες (NN15)”, 7-10 Ιουλίου 2015*

Το NN15, το παγκοσμίου εμβέλειας γεγονός στις Νανοεπιστήμες & Νανοτεχνολογίες (N&N), πραγματοποιήθηκε από τις 7 έως τις 10 Ιουλίου 2015. Το NN15 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 NN15 περιλάμβανε πέντε 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: NANO -ELECTRONICS -  
PHOTONICS -PHONONICS -PLASMONICS -  
ENERGY**

- Fundamentals from Electronics to Energy
- Materials
- Devices & Applications
- Processes & Characterisation
- For better Understanding, Theory & Computations
- Commercialization in Nanoelectronics and Energy

➤ **WORKSHOP 2: NANOMATERIALS,  
NANOFABRICATION, NANOENGINEERING &  
NANOCONSTRUCTION**

- Carbon Materials
- Polymer Nanotechnologies
- Nanomaterials, Development, Properties & Characterization
- For better Understanding, Theory & Computations
- Nanoconstruction and Building Materials
- Biomaterials at Nanoscale
- Commercialization in NANO- Materials, Equipment & Processes

➤ **WORKSHOP 3: NANOMEDICINE**

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

➤ **WORKSHOP 4: BIOELECTRONICS**

- Fundamentals from Materials to Biology and Medicine
- Biosensors and Bioactuators
- Biological and Clinical Applications
- Commercialization in Biosensors and Diagnostic systems

Οι Plenary ομιλίες της NANOTECHNOLOGY 2015 οι οποίες απευθύνονταν σε όλους τους συμμετέχοντες δόθηκαν από τους διακεκριμένους επιστήμονες Καθ. Donal Bradley και Καθ. Μερκούρη Κανατζίδη. Ο Καθηγητής Donal Bradley από το Τμήμα Φυσικής του Imperial College του Λονδίνου χαιρέτησε την έναρξη της NANOTECHNOLOGY 2015 με την ομιλία του: "Plastic Electronics: Twenty-Five Years and Counting". Στη συνέχεια, ο Καθηγητής Μερκούρης Κανατζίδης από το Πανεπιστήμιο Northwestern των ΗΠΑ μίλησε για: "All-scale hierarchical thermoelectrics heat to electrical conversion".

Κατά τη διάρκεια της NANOTECHNOLOGY 2015 οι εξέχοντες σύνεδροι που έδωσαν Keynote ομιλίες ήταν οι Καθηγητές: Milan Damjanović από το Τμήμα Φυσικής του University of Belgrade της Σερβίας, Abdalla Darwish από το Τμήμα Φυσικής και Μηχανικής του Dillard University των ΗΠΑ, Γιώργος Χατζηιωάννου από το Εργαστήριο Χημείας Οργανικών Πολυμερών (LCPO) και το Εθνικό Κέντρο Επιστημονικής Έρευνας της Γαλλίας, Ευθύμιος Καζίρας από το Τμήμα Φυσικής και τη Σχολή Μηχανικής και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Πανεπιστημίου Harvard των ΗΠΑ, Guy Le Lay από το Aix-Marseille Université της Γαλλίας και ο Γιώργος Μαλλιάρης από το Τμήμα Βιοηλεκτρονικών του Κέντρου Μικροηλεκτρονικής του EMSE της Γαλλίας.

Στα πλαίσια του Bioelectronics Workshop πραγματοποιήθηκε Συζήτηση Στρογγυλής Τραπέζης με θέμα: "Τα Βιοηλεκτρονικά στοχεύουν την Κλινική Πρακτική", όπου ειδικοί στον τομέα των Βιοηλεκτρονικών συζητήσαν με γιατρούς για τις δυνατότητες που προκύπτουν από τη συνέργεια των δυο αυτών χώρων στην

πρόληψη, την έγκαιρη διάγνωση και τη θεραπεία των ανθρώπινων ασθενειών. Ακόμη, παρουσιάστηκαν ιατρικές συσκευές, βιοαισθητήρες και βιοενεργοποιητές που δύνανται να χρησιμοποιηθούν στη μάχη ενάντια στον Διαβήτη, σε Μολυσματικές και Φλεγμονώδεις ασθένειες, σε Νευροεκφυλιστικές ασθένειες, στην Επιληψία και την Αρτηριοσκλήρυνση.

Κατά τη διάρκεια του NN15 πραγματοποιήθηκε επίσημη απονομή Βραβείων για την καλύτερη Προφορική Παρουσίαση και το καλύτερο Poster. Το βραβείο για την καλύτερη Προφορική Παρουσίαση απονεμήθηκε στην Κωνσταντίνα Ιορδανίδου από το University of Leuven και για το καλύτερο Poster στον William S. Hart από το Imperial College. Επίσης, για ακόμη μια χρονιά δόθηκε το Βραβείο για το καλύτερο Poster στο πεδίο "Nanotoxicology in the Physiological Context" από την Αυστριακή εταιρεία BioNanoNet Forschungsgesellschaft GmbH. Τα βραβεία της πρώτης και δεύτερης θέσης έλαβαν οι Carolin Merker, από το University of Leipzig και Φωτεινή Παππά, από το Εργαστήριο LTFN.

*"8ο Διεθνές Συμπόσιο στα Εύκαμπτα Οργανικά Ηλεκτρονικά (ISFOE14)", 6-9 Ιουλίου 2015*

Το 8ο Διεθνές Συμπόσιο στα Εύκαμπτα Οργανικά Ηλεκτρονικά (ISFOE15), που αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα γεγονότα στα Οργανικά Ηλεκτρονικά διεθνώς, πραγματοποιήθηκε από τις 6 έως τις 9 Ιουλίου 2015. Στο ISFOE15 συγκεντρώθηκαν διεθνούς φήμης επιστήμονες, μηχανικοί και εκπρόσωποι από τη βιομηχανία και αντάλλαξαν ιδέες προκειμένου να λυθούν φλέγοντα ζητήματα στο πεδίο των Οργανικών και Εκτυπωμένων Ηλεκτρονικών.

Τα Workshop και οι ειδικές ενότητες του ISFOE15 εστίαζαν στα εξής θέματα:

- *Organic and Large Area Electronic (OLAE) materials*
- *Manufacturing Processes & Digital Fabrication and Quality Control for Industrial Applications*

- *Organic Photovoltaics*
- *Bioelectronics*
- *Graphene and related materials*
- *OLEDs for Displays and Lighting*
- *Laser Technologies*
- *Smart Textiles*
- *Computational Modelling*
- *OTFTs and Circuits*
- *Integrated Systems and Sensors*

Επιπλέον, κατά τη λήξη του Συνεδρίου δόθηκαν τα Βραβεία Νέων Ερευνητών για την καλύτερη παρουσίαση στους Dimitar Ivanov Kutsarov από το University of Surrey, Min Zhang από το Karlsruhe Institute of Technology και Shaimaa Ali Mohamed Ahmed από το Center for Photonic and Smart Materials (CPSM), Zewail City of Science and Technology, Egypt.

*"9ο Διεθνές Θερινό Σχολείο στις N&N, τα Οργανικά Ηλεκτρονικά και τη Νανοϊατρική (ISSON15)", 4-11 Ιουλίου 2015*

Το Διεθνές Θερινό Σχολείο ISSON15 πραγματοποιήθηκε από τις 4 έως τις 11 Ιουλίου του 2015, συμπεριλαμβανομένης της συμμετοχής στο NN15. Στο ISSON15 έγινε μια ανασκόπηση της τρέχουσας κατάστασης στα ραγδαία αναπτυσσόμενα πεδία των N&N, των Οργανικών Ηλεκτρονικών και της Νανοϊατρικής με σκοπό την εκπαίδευση της επόμενης γενιάς ερευνητών και επιστημόνων. Οι 124 συμμετέχοντες παρακολούθησαν ομιλίες από διακεκριμένους επιστήμονες για τις νέες εξελίξεις και τις τεχνικές αιχμής των N&N και των Οργανικών Ηλεκτρονικών και πραγματοποιήθηκε επίδειξη των εργαστηριακών εγκαταστάσεων από εταιρείες οργάνων για την ανάπτυξη και το χαρακτηρισμό υλικών στη νανοκλίμακα.

Τα μαθήματα και οι ομιλίες του ISSON15 χωρίζονταν σε τρεις συμπληρωματικές κατευθύνσεις και οι συμμετέχοντες παρακολούθησαν τις παρακάτω θεματικές:

- **Κατεύθυνση 1: N&N**

- Principles
- Nanomaterials
- Nanoscale Characterization
- Applications

➤ Κατεύθυνση 2: Οργανικά Ηλεκτρονικά

- Materials
- Devices
- Manufacturing
- Applications

➤ Κατεύθυνση 3: Νανοϊατρική

- Nanobiotechnology
- Nanomedicine
- Methods
- Clinical Applications

Στα πλαίσια του ISSON15 οι σπουδαστές παρουσίασαν περισσότερα από 50 Posters και βραβεύτηκαν τα καλύτερα posters των: Αναστασία Παπαδοπούλου από το Τμήμα Χημικών Μηχανικών του ΑΠΘ και William Hart από το Imperial College.

*“5η Διεθνής Έκθεση στις Νανοτεχνολογίες & τα Οργανικά Ηλεκτρονικά (NANOTECHNOLOGY2014 Expo)”, 6-10 Ιουλίου 2015*

Η 5η NANOTECHNOLOGY Expo πραγματοποιήθηκε από τις 6 έως τις 10 Ιουλίου 2015 και φιλοξένησε περισσότερους από 30 εκθέτες παγκοσμίως, οι οποίοι παρουσίασαν τις τελευταίες εξελίξεις στα:

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

● Services

Η NANOTECHNOLOGY 2015 Expo αποτέλεσε μια εξαιρετική ευκαιρία συνάντησης επιστημόνων και εκπροσώπων της Βιομηχανίας. Πιο συγκεκριμένα, συμμετείχαν σε αυτή εταιρείες που δραστηριοποιούνται στους τομείς της Νανοτεχνολογίας και των Οργανικών Ηλεκτρονικών και Ακαδημαϊκά και Ερευνητικά Ιδρύματα που επιθυμούν να αξιοποιήσουν τα αποτελέσματα της έρευνας τους.

Η NANOTECHNOLOGY 2015 διοργανώθηκε από το Εργαστήριο Λεπτών Υμενίων Νανοσυστημάτων & Νανομετρολογίας LTFN, του Α.Π.Θ. και υποστηρίχθηκε από το Θεματικό Δίκτυο NANONET, τα Πανεπιστήμια BERKLEY, BORDEAUX, πολλά Ευρωπαϊκά Ερευνητικά Προγράμματα, τη Ζώνη Καινοτομίας Θεσσαλονίκης, και άλλους φορείς.

Μετά την επιτυχία της NANOTECHNOLOGY 2015 η διενέργεια της NANOTECHNOLOGY 2016 έχει ήδη ανακοινωθεί για τις 2 με 9 Ιουλίου 2016 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, Εθνικά χρηματοδοτούμενα Προγράμματα στις Ν&Ν (NANO-GR) και το Matchmaking (B2B) Γεγονός! Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την NANOTECHNOLOGY 2016 επισκεφθείτε τη σελίδα: <http://www.nanotecnology.com/>

Φοίβη Λογοθετίδη  
Φαρμακοποιός  
MSc in QMUL

Υπεύθυνος έκδοσης: Καθ. Σ. Λογοθετίδης – Διευθυντής του ΔΠΜΣ Ν&Ν  
Τηλ.: +30 2310 998174, e-mail: [logot@auth.gr](mailto:logot@auth.gr)

Τα τεύχη του Newsletter του ΔΠΜΣ Ν&Ν βρίσκονται σε ψηφιακή μορφή στην ιστοσελίδα <http://nn.physics.auth.gr>