



# Newsletter

Χρόνος 9, Τεύχος 14

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

Θεσσαλονίκη, Ιούνιος 2012

## Περιεχόμενα

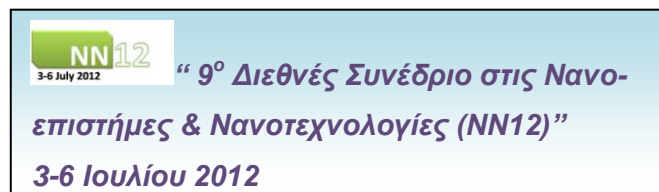
1. Διεθνή Συνέδρια & Σχολεία στις Νανοτεχνολογίες "NANOTECHNOLOGY 2012".....	1
2. Workshop "Commercializing Organic Electronics in Greece".....	5
3. Διάκριση του Υποψήφιου Διδάκτορα Π. Καραγιαννίδη.....	6
4. Διατριβή: "Ανάπτυξη & Μελέτη υμενίων οργανικών ημιαγωγών & υβριδικών υλικών για οργανικές ηλεκτρονικές διατάξεις".....	8
5. Διπλωματικές Εργασίες των Αποφοίτων του ΔΠΜΣ N&N	
- Εκτόπιση και μελέτη υμενίων αγώγιμων οργανικών υλικών με R2R βαθυτυπία για εύκαμπτες ηλεκτρονικές διατάξεις.....	11
- Ανάπτυξη και in vitro χαρακτηρισμός βιολογικών και φυσικών ιδιοτήτων νανοϋλικών στην αναγέννηση αρθρικού χόνδρου.....	13
- Πρόσθιο Περιφάκιο Ανθρώπινου Οφθαλμού: Μελέτη Μηχανικών Ιδιοτήτων με Μικροσκοπία Ατομικών Δυνάμεων.....	16
- Πορώδη Υλικά Ενεργοποιημένα με Νανοδομημένα για Περιβαλλοντικές Εφαρμογές .....	19
6. Interview of Dr. L. Janssen, Policy Officer of the EC about the HOPIZON 2020.....	23
7. Συνέντευξη με τον Δρ. Χ. Ζερβό, Technology Analyst στην IDTechEx.....	25

## 1. Διεθνή Συνέδρια & Σχολεία στις Νανοτεχνολογίες "NANOTECHNOLOGY 2012"

Μετά την επιτυχία του 2011, θα διενεργηθεί για δεύτερη χρονιά η NANOTECHNOLOGY 2012 από τις 30 Ιουνίου έως τις 7 Ιουλίου 2012, στο συνεδριακό κέντρο "Ι. Βελλίδης" της HELEXPO, στη Θεσσαλονίκη. Η NANOTECHNOLOGY 2012 συνδυάζει τη διενέργεια των καθιερωμένων Διεθνών Συνεδρίων NN12, ISFOE12 και του Θερινού Σχολείου ISSON12 με την Έκθεση Νανοτεχνολογίας EXPO12 που θα φέρει κοντά καινοτόμους από την Ακαδημαϊκή κοινότητα, τα Ερευνητικά κέντρα και τη Βιομηχανία με σκοπό να φέρουν τη Νανοτεχνολογία από το εργαστήριο στην αγορά.

Αποτελεί την ευκαιρία να γνωστοποιηθούν και να προωθηθούν οι νέες εξελίξεις στον ραγδαία αναπτυσσόμενο τομέα των Νανοτεχνολογιών και των Οργανικών Ηλεκτρονικών, με παρουσιάσεις από τον επιστημονικό, τεχνολογικό και επιχειρησιακό τομέα. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την προαγωγή ερευνητικών και βιομηχανικών συνεργασιών και τη διάδοση

της τεχνολογίας με συνεχείς ευκαιρίες αλληλεπίδρασης.



Το NN12, το διεθνές παγκοσμίου εμβέλειας γεγονός στις Νανοεπιστήμες & Νανοτεχνολογίες, θα πραγματοποιηθεί στις 3 με 6 Ιουλίου 2012. Το NN12 εστιάζει στις τελευταίες εξελίξεις στον τομέα των N&N και την προαγωγή ουσιαστικών επιστημονικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ ερευνητών από διάφορα **πεδία**. Το NN12 περιλαμβάνει τέσσερα workshops και ειδικές ενότητες, όπου θα δοθούν ομιλίες από διεθνώς αναγνωρισμένους επιστήμονες και αντιπροσώπους της βιομηχανίας. Πιο συγκεκριμένα τα workshops είναι:

**Workshop 1 : Plasmonics –  
Nanoelectronics & Clean Energy**

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

**Workshop 2: Nanomaterials, Nanofabrication, Nanoengineering & Nanoconstruction**

- Graphene and Nano-Carbon
- Polymer Nanotechnology
- Nanomaterials
- Development & Characterisation
- Properties to be Considered
- To understand better the phenomena
- Theoretical & Computational Approaches (in conjunction with the other NN12 Workshops)
- Nanoconstruction
- Biomaterials at Nanoscale (complementary to W3)
- 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

Το πρόγραμμα του NN12 επιπλέον περιλαμβάνει τα παρακάτω γεγονότα:

- **Nano4PVs Workshop**
- **Nanomedical Sessions**
- **Brokerage Event (B2B)**

Πιο συγκεκριμένα το **Nano4PVs Workshop** θα εστιάσει στον τομέα των Φωτοβολταϊκών με τις εξής θεματικές:

Οι **Nanomedical Sessions** θα αποτελούνται από τα εξής γεγονότα:

- ❖ Special Session on Nanomedicine Networking
- ❖ Συζητήσεις Στρογγυλής Τραπέζης και παρουσιάσεις Flash στα τελευταία δεδομένα στη διάγνωση και τη θεραπεία σημαντικών ασθενειών
- ❖ Διεπιστημονική Συζήτηση Στρογγυλής Τραπέζης στην κλινική εφαρμοστικότητα της Νανοϊατρικής
- ❖ Debate σε προκλήσεις των Νανοτεχνολογιών στη μεταγραφική Ιατρική vs Νανοτοξικότητα

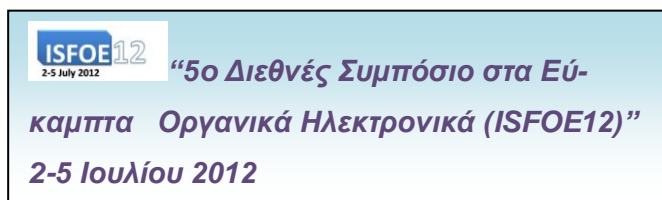
Το **Brokerage Event (B2B)** αποτελεί το κύριο γεγονός για τη διάδοση της τεχνολογίας και τη σύναψη Επιχειρησιακών συνεργασιών. Στόχος του είναι να παρέχει στους συμμετέχοντες οργανισμούς που δραστηριοποιούνται στο πεδίο των Νανοτεχνολογιών & των Οργανικών Ηλεκτρονικών τις παρακάτω ευκαιρίες:

- ❖ Να παρουσιάσουν τις καινοτόμες τεχνολογίες τους
- ❖ Να βρουν νέες τεχνολογικές λύσεις

- ❖ Να έρθουν σε επαφή με πιθανούς επαγγελματικούς συνεργάτες
- ❖ Να βρουν συνεργάτες για μελλοντικές συμπράξεις σε Ευρωπαϊκά R&D έργα
- ❖ Να συνάψουν και να εδραιώσουν “διασυννοριακές” επαφές

Κατά τη διάρκεια του NN12 θα πραγματοποιηθεί απονομή Βραβείων για την καλύτερη **Προφορική Παρουσίαση** και το καλύτερο **Poster**. Επίσης, φέτος θα δοθεί Βραβείο για το καλύτερο **Poster** στο πεδίο "**Nanotoxicology in the Physiological Context**" από την εταιρεία **BioNanoNet Forschungsgesellschaft GmbH**.

Το NN12 διοργανώνεται από το **Διατμηματικό Διεπιστημονικό Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών N&N**, το Θεματικό Δίκτυο **NANONET**, τη **HELEXPO** και το χρηματοδοτούμενο από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή πρόγραμμα **ROleMak**.



Το 5<sup>ο</sup> Διεθνές Συμπόσιο στα Εύκαμπτα Οργανικά Ηλεκτρονικά (ISFOE12) θα πραγματοποιηθεί 2 - 5 Ιουλίου 2012. Το ISFOE12 αποτελεί το αναγνωρισμένο Διεθνώς Επιστημονικό & Ερευνητικό γεγονός στα Οργανικά Ηλεκτρονικά. Στο ISFOE12 συγκεντρώνονται διεθνούς φήμης επιστήμονες, μηχανικοί και αντιπρόσωποι από βιομηχανίες για να συζητήσουν, να ανταλλάξουν ιδέες και να λύσουν φλέγοντα ζητήματα στα Οργανικά Ηλεκτρονικά.

Τα θέματα που πραγματεύεται το ISFOE είναι:

- ✓ **Modelling and Computational aspects**
- ✓ **Novel Device Structures and Architectures**
- ✓ **System Integration**
- ✓ **Manufacturing Processes & Quality Control**
- ✓ **Bioelectronics**
- ✓ **Organic Photovoltaics**
- ✓ **OLED Displays and Lighting**
- ✓ **Thin Film Batteries**
- ✓ **Organic Circuits**
- ✓ **Sensors**
- ✓ **Smart Textiles**
- ✓ **Business Opportunities**

Αυτή τη χρονιά το ISFOE12 περιλαμβάνει ακόμη τα εξής :

#### ➤ **Workshops**

- ✓ Organic Photovoltaics (OPV)
- ✓ Laser Technologies
- ✓ Bioelectronics

#### ➤ **Special Session**

- ✓ Στρατηγική στα Οργανικά Ηλεκτρονικά
- ✓ Παρουσιάσεις R&D προγραμμάτων της Ευρωπαϊκής Επιτροπής

Το **OPV Workshop** θα διεξαχθεί σε συνδυασμό με το Nano4PV Workshop και θα περιέχει τις εξής θεματικές:

#### **Laser Workshop**

Ο σκοπός αυτού του Workshop είναι να προωθήσει την τεχνολογία Laser στην περιοχή των Οργανικών Ηλεκτρονικών κι αυτό με την παρακάτω θεματολογία:

#### **Bioelectronics Workshop**

Το Workshop αυτό θα εστιάσει στις τελευταίες εξελίξεις των Βιοηλεκτρονικών στο πεδίο της Νανοϊατρικής.

#### **Στρατηγική στα Οργανικά Ηλεκτρονικά**

Σε αυτή την ενότητα, αντιπρόσωποι από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, την Ασία και τις ΗΠΑ θα παρουσιάσουν τη στρατηγική που ακολουθείται για την ανάπτυξη των Οργανικών Ηλεκτρονικών.

#### **EC R&D προγράμματα**

Αντιπρόσωποι R&D προγραμμάτων χρηματοδοτούμενων από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή θα γνωστοποιήσουν τις τελευταίες εξελίξεις σε αυτά μέσα από παρουσιάσεις και Poster.

Τέλος, θα δοθεί το **Βραβείο Νέου Ερευνητή** για την καλύτερη Προφορική & Poster Παρουσίαση.

Το ISFOE11 διοργανώνεται από το Εργαστήριο **LTFN**, το **ΑΠΘ**, το θεματικό δίκτυο **NANONET**, το Πανεπιστήμιο του **Bordeaux**, το **Ecole nationale**

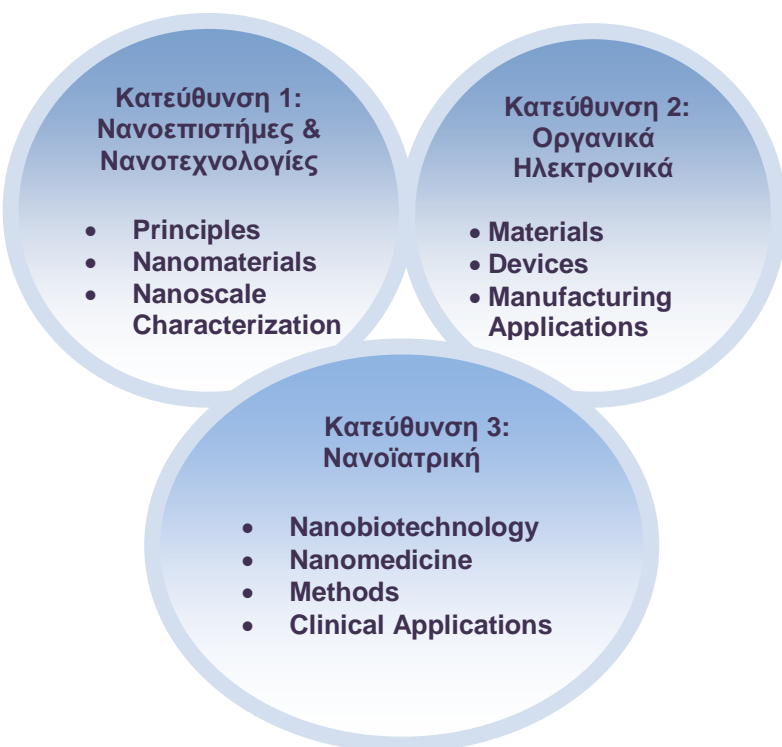
supérieure des mines de Saint-Étienne , το ROleMak και τη HELEXPO.



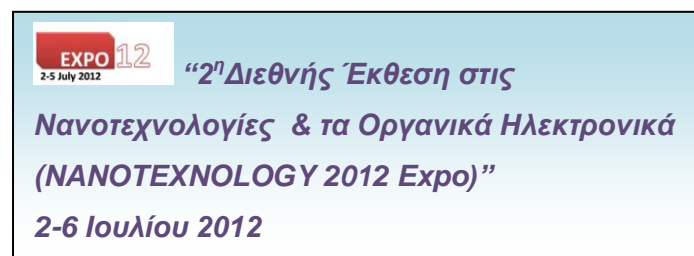
Το ISSON12 θα πραγματοποιηθεί στις 30 Ιουνίου – 7 Ιουλίου του 2012, συμπεριλαμβανόμενης της συμμετοχής στο NN12. Το ISSON12 είναι μια ανασκόπηση της τρέχουσας κατάστασης στο ραγδαία αναπτυσσόμενο πεδίο των N&N και αποσκοπεί στην εκπαίδευση της επόμενης γενιάς ερευνητών και επιστημόνων.

Στο ISSON12 θα δοθούν ομιλίες από διακεκριμένους επιστήμονες για τις νέες εξελίξεις και τις τεχνικές αιχμής των N&N, όπως επίσης θα πραγματοποιηθεί επίδειξη των εργαστηριακών εγκαταστάσεων για την ανάπτυξη και τον χαρακτηρισμό υλικών στη νανοκλίμακα.

Οι ISSON ομιλίες χωρίζονται σε τρεις συμπληρωματικές κατευθύνσεις και οι συμμετέχοντες θα γνωρίσουν τις εξής θεματικές οι οποίες είναι:



Το ISSON12 απευθύνεται σε προπτυχιακούς, πτυχιούχους και μεταπτυχιακούς φοιτητές και διοργανώνεται από το Εργαστήριο LTFN, το **Διατμηματικό Διεπιστημονικό Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών N&N** και το Θεματικό Δίκτυο **NANONET**.



Η 2<sup>η</sup> **NANOTECHNOLOGY Expo** θα πραγματοποιηθεί 2 με 6 Ιουλίου 2012 και θα φιλοξενεί πάνω από 50 εκθέτες οι οποίοι θα παρουσιάσουν τις τελευταίες εξελίξεις στα:

- ✓ **Large Scale Organic Electronics & Photonics**
- ✓ **Micro & Nanoelectronics**
- ✓ **Nanomaterials & Nanobiomaterials**
- ✓ **Nano-Chemicals, inks and nanoparticles**
- ✓ **Nano-energy & Environment**
- ✓ **Metrology, Nano-Instruments & Characterization Systems**
- ✓ **Nanotechnology & Food**
- ✓ **Nanotextile & Clothing**
- ✓ **Nanobio-Medicine**
- ✓ **Business & Venture**

Η διοργάνωση της **Expo12** γίνεται από το Εργαστήριο Λεπτών Υμενίων Νανοσυστημάτων και Νανομετρολογίας (LTFN) του Α.Π.Θ., από το Θεματικό δίκτυο **NANONET** και τη **HELEXPO**.

Η διοργάνωση **NANOTECHNOLOGY 2012** αποτελεί μέσο για την ανάδειξη καινοτόμων και επενδυτικών ευκαιριών στη ΝΑ Ευρώπη και την περιοχή των Βαλκανίων στους τομείς των N&N και των Οργανικών Ηλεκτρονικών. Θα φιλοξενεί περισσότερες από 600 παρουσιάσεις από 50 χώρες και πάνω από 1.000 ειδικούς, μεταξύ τους ερευνητές, επιστήμονες, επιχειρηματίες, εκπρόσωποι από τη βιομηχανία, επενδυτές, εκπρόσωποι από το χώρο των υπηρεσιών και ειδικοί μεταφοράς τεχνολογίας. Προσφέρονται ευκαιρίες συνεργασίας, η αξιοποίηση των οποίων έχει ιδιαίτερη σημασία, καθώς: α) ελληνικές ερευνητικές ομάδες διαδραματίζουν καίριο ρόλο και καθοδηγούν την έρευνα στην Ευρώπη σε αυτά τα πεδία και β) η αξιοποίηση

και εκμετάλλευση των αποτελεσμάτων έρευνας που προκύπτουν από αυτά τα πεδία αποτελεί μια μεγάλη πρόκληση για άμεση οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη της χώρας μας.

Πληροφορίες σχετικά με τη NANOTEX 2011 μπορείτε να βρείτε στην Ιστοσελίδα

<http://www.nanotextology.com/>

Φ. Λ.

Φοιτήτρια Φαρμακευτικής Σχολής ΑΠΘ

## 2. Workshop “Commercializing Organic Electronics in Greece”

Την Παρασκευή 27 Απριλίου στο Ξενοδοχείο Electra Palace πραγματοποιήθηκε, στα πλαίσια του ευρωπαϊκού έργου ROleMak (Reinforce Organic Electronics Research Potential in Kentriki Makedonia), το Workshop με θέμα: “Εμπορική Αξιοποίηση των Οργανικών Ηλεκτρονικών στην Ελλάδα”.

Στόχος του Workshop ήταν η συμμετοχή επιστημόνων, μηχανικών, ακαδημαϊκών, ερευνητικών και βιομηχανικών φορέων, επενδυτών και εκπροσώπων περιφερειακών και εθνικών αρχών από την Ελλάδα και το εξωτερικό, προκειμένου να ενημερωθούν, να συζητήσουν, να αναλάβουν πρωτοβουλίες και να προτείνουν δράσεις εμπορικής αξιοποίησης των οργανικών ηλεκτρονικών (ΟΗ).



Ο Συντονιστής του RoleMak Καθ. Στ. Λογοθετίδης κατά την ομιλία του

Τα θέματα του Workshop περιλάμβαναν την ενημέρωση για τις προοπτικές εμπορικής αξιοποίησης των αποτελεσμάτων έρευνας στα ΟΗ καθώς και τον εντοπισμό ευκαιριών για νέες επιχειρηματικές δραστηριότητες στον τομέα αυτό.

Η έναρξη της εκδήλωσης έγινε με τον Dr. L. Janssen από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, ο οποίος παρουσίασε

το Πρόγραμμα Πλαίσιο HORIZON 2020 για την έρευνα και την καινοτομία καθώς και τις προτεραιότητες και τους στόχους του προγράμματος. Ακολούθησε μία σύντομη παρουσίαση από τον Καθ. Στ. Λογοθετίδη των στόχων και των έως τώρα δράσεων του ευρωπαϊκού έργου ROleMak. Η Δρ. Μ. Χαχαμίδου έκανε λόγο για τους τρόπους εμπορικής αξιοποίησης των ΟΗ μέσω επιχειρηματικών δραστηριοτήτων και γνωστοποίησε τις δράσεις του ευρωπαϊκού έργου COLAE που σχετίζονται με την εμπορευματοποίηση των ΟΗ. Στο δεύτερο μέρος της εκδήλωσης, ο Δρ. Π. Γιαννούλης από την εταιρία INTECS της Γερμανίας υπογράμμισε την αναγκαιότητα για δημιουργία νέων καινοτόμων επιχειρήσεων στο πεδίο και τα οφέλη που θα προσφέρουν στην περιοχή, καθώς εισήγαγε τους τρόπους και τις ευκαιρίες που δίνονται για τη δημιουργία νέων και καινοτόμων επιχειρήσεων στα ΟΗ. Ο Δρ. Π. Φαλάρας από το Ινστιτούτο Φυσικοχημείας του Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. Δημόκριτος περιέγραψε την τεχνολογία των dye-sensitized solar cells, τις εταιρίες που δραστηριοποιούνται στο πεδίο αυτό και τους στόχους που χρειάζεται να επιτευχθούν ώστε να γίνει δυνατή η παραγωγή τους σε μεγάλη κλίμακα. Ο Καθ. Στ. Λογοθετίδης γνωστοποίησε τις δραστηριότητες Έρευνας & Ανάπτυξης και τις δράσεις δικτύωσης που σχετίζονται με τα ΟΗ, ενώ επίσης αναφέρθηκε στις συστάδες (ερευνητικών κέντρων, Πανεπιστημίων και Spin-off/Start-up εταιριών) που δραστηριοποιούνται στα ΟΗ στον Ευρωπαϊκό χώρο. Η ομιλία του ολοκληρώθηκε με παρουσίαση των μελών και των δράσεων μίας εν δύναμη συστάδας εταιριών και ερευνητικών

φορέων που έχει ως στόχο τη δημιουργία βιομηχανίας ΟΗ στην Ελλάδα.



Οι συμμετέχοντες του Workshop

Στο τρίτο μέρος της εκδήλωσης, ο Δρ. Κ. Φωστηρόπουλος από το Helmholtz-Zentrum Berlin και ο Καθ. Γ. Χατζηϊωάννου από το Πανεπιστήμιο του Μπορντώ της Γαλλίας περιέγραψαν τις επιχειρηματικές και Spin-off/Start-up δραστηριότητες στον τομέα των ΟΗ στη Γερμανία και τη Γαλλία αντίστοιχα. Επιπλέον, η Δρ. Ε. Παναγιωτίδου αναφέρθηκε σε θέματα δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας που σχετίζονται με τα ΟΗ.

Στη συνέχεια, ο Δρ. J. Kreis από την εταιρία AIXTRON ενημέρωσε τους συμμετέχοντες για την αγορά και τις προοπτικές που υπάρχουν σχετικά με τον εξοπλισμό για την παραγωγή των ΟΗ ενώ ο Καθ.

G. Malliaras από το Centre Microélectronique de Provence της Γαλλίας αναφέρθηκε στις προοπτικές για την εμπορευματοποίηση των βιοηλεκτρονικών. Ο Δρ. Η. Zervos από την εταιρία IDTechEx Ltd παρουσίασε την αγορά και τις προβλέψεις σχετικά με τα ΟΗ και τις προκλήσεις που υπάρχουν προκειμένου να επιτευχθεί η παραγωγή τους σε μεγάλη κλίμακα.

Στο τελευταίο μέρος της συνάντησης, ο Δρ. Κ. Πορφυράκης από το University of Oxford και ο Δρ. Ν. Κεχαγιάς από το ερευνητικό κέντρο ICN της Ισπανίας πληροφόρησαν τους συμμετέχοντες σχετικά με δραστηριότητές τους να δημιουργήσουν spin-off/start-up εταιρίες στο πεδίο των ΟΗ στην Ελλάδα. Τέλος, ο Καθηγητής του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Πατρών κ. Ι. Καλλίσης αναφέρθηκε στην πρόοδο και τις τεχνολογίες σχετικά με την παραγωγή υλικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας, όπως κυψέλες καυσίμων, φωτοβολταϊκά και μπαταρίες.

Η εκδήλωση έκλεισε με συζήτηση των παρευρισκομένων σχετικά με τις ευκαιρίες και τις προοπτικές που υπάρχουν για την εμπορική αξιοποίηση των ΟΗ στην Ελλάδα.

Δέσποινα Γεωργίου

Υποψήφια Διδάκτωρ του Τμήματος Φυσικής

### 3. Διάκριση του Υποψήφιου Διδάκτωρ Π. Καραγιαννίδη

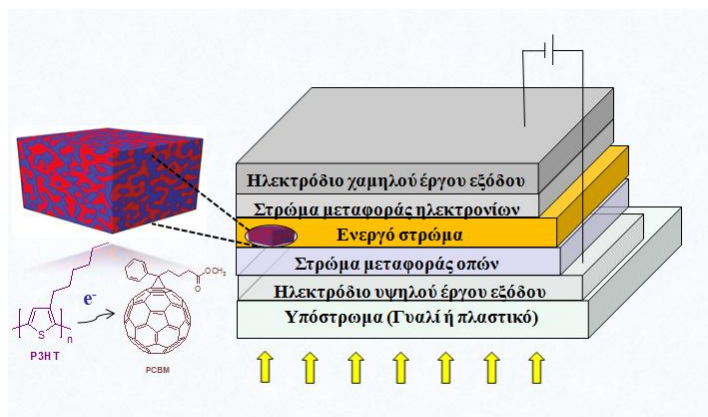
Ο υποψήφιος διδάκτορας Παναγιώτης Καραγιαννίδης του Τμήματος Φυσικής, παρουσίασε προφορικά στο διεθνές συνέδριο E-MRS (European Materials Research Society) Spring Meeting 2012 που διοργανώθηκε στο Στρασβούργο στις 14-18 Μαΐου, την εργασία με τίτλο: *“Impact of thermal annealing on the morphology and interfacial composition of bulk heterojunction organic solar cells”* (P.G. Karagiannidis, N. Kalfagiannis, A. Laskarakis, D. Georgiou, C. Pitsalidis, S. Logothetidis) κι έλαβε το βραβείο νέου επιστήμονα (**Young Scientist Award**) για την καλύτερη παρουσίαση εργασίας στο Συμπόσιο Quantitative Microscopy of Energy Materials. E-

πίσης, μέρος της εργασίας έγινε δεκτό για δημοσίευση στο περιοδικό **Journal of Materials Chemistry** (Article in Press, DOI: 10.1039/C2JM31277H).



Στιγμιότυπο από την απονομή του βραβείου

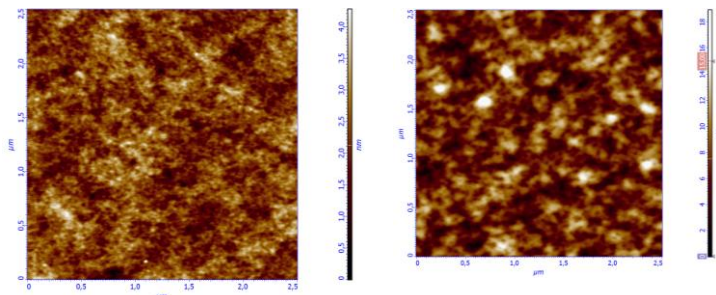
Η εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο LTFN και είχε στόχο την κατασκευή και μελέτη Οργανικών Φωτοβολταϊκών Διατάξεων. Τα οργανικά φωτοβολταϊκά αποτελούνται από μια σειρά λεπτών υμενίων των οποίων η δομή, η μορφολογία και οι διεπιφανειές τους επηρεάζουν δραματικά τη λειτουργία και την απόδοση των διατάξεων (Εικόνα 2). Σκοπός της εργασίας ήταν η ανάπτυξη και μελέτη των ιδιοτήτων των διαφόρων λεπτών υμενίων και διεπιφανειών τους και η επίδραση τους στην απόκριση των φωτοβολταϊκών διατάξεων. Για την κατασκευή και τη μελέτη των ανωτέρω διατάξεων στην παρούσα έρευνα, χρησιμοποιήθηκε μια πληθώρα τεχνικών ανάπτυξης και χαρακτηρισμού.



**Εικόνα 2.** Τυπική διάταξη οργανικού φωτοβολταϊκού στοιχείου

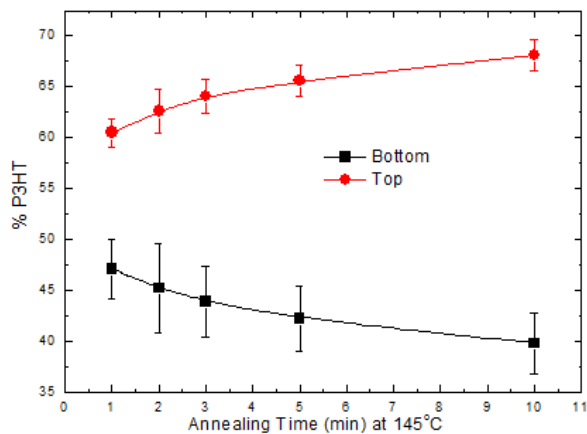
Το ενεργό στρώμα, αποτελούμενο από δύο ημιαγωγούς p- και n- τύπου, απορροφά το ηλιακό φως και το μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια. Τα ημιαγωγά πολυμερή (p-τύπου) σε συνδυασμό με τα φουλερένια (n-τύπου) αποτελούν ίσως τα πιο ελπιδοφόρα υλικά για εφαρμογή σε οργανικά φωτοβολταϊκά. Απορροφούν το ηλιακό φως, απελευθερώνοντας ηλεκτρόνια τα οποία δεσμεύονται από τα φουλερένια και προωθούνται στο ηλεκτρικό κύκλωμα. Ο διαχωρισμός των δύο φάσεων στην κλίμακα των 10nm (μήκος διάχυσης του εξιτονίου) καθώς και η συνέχεια των δύο φάσεων προς τα ηλεκτρόδια είναι καθοριστικής σημασίας για την εξασφάλιση της δημιουργίας, της μεταφοράς και της συλλογής των φορτίων. Στην εικόνα 3 παρουσιάζονται εικόνες Μικροσκοπίας Ατομικών Δυνάμεων (AFM) από την επιφάνεια του ενεργού στρώματος (P3HT:PCBM). Αριστερά απεικονίζεται η τοπογραφία

λεπτού υμενίου όπως αναπτύχθηκε με την τεχνική spin coating, ενώ δεξιά είναι το ίδιο δείγμα μετά από θερμική κατεργασία (θέρμανση σε θερμαινόμενη πλάκα για 3 λεπτά στους 145 °C). Κατά την θέρμανση παρατηρείται αύξηση της επιφανειακής τραχύτητας και των διαστάσεων των παρατηρουμένων στοιχείων ως αποτέλεσμα του διαχωρισμού (phase separation) και της κρυστάλλωσης των δύο φάσεων.



**Εικόνα 3.** Εικόνες Μικροσκοπίας Ατομικών Δυνάμεων (AFM) πριν (αριστερά) και μετά την θερμική κατεργασία (δεξιά). *J. Mater. Chem.*, 2012, Accepted Manuscript, DOI: 10.1039/C2JM31277H.

Παράλληλα με τον διαχωρισμό που παρατηρείται στην οριζόντια διεύθυνση η μελέτη των δειγμάτων με την τεχνική της Φασματοσκοπικής Ελλειψομετρίας αποκάλυψε ότι ο διαχωρισμός των δύο φάσεων συμβαίνει και στην κατακόρυφη διεύθυνση. Όπως αποδείχθηκε, η αναδιοργάνωση αυτή της κατανομής των δύο συστατικών του ενεργού στρώματος εξαρτάται από την επιφανειακή ελεύθερη ενέργεια των δύο συστατικών και του υποστρώματος, όπου στην προκειμένη περίπτωση είναι το ρυθμιστικό στρώμα μεταφοράς οπών (PEDOT:PSS). Επίσης η διευθέτηση των δύο φάσεων εξαρτάται από την χρονική στιγμή που θα εφαρμοστεί η θερμική κατεργασία, δηλαδή πριν ή μετά την ανάπτυξη του άνω ρυθμιστικού στρώματος μεταφοράς ηλεκτρονίων. Αυτή έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή της σύστασης των διεπιφανειών του ενεργού στρώματος με τα ρυθμιστικά στρώματα γεγονός που αποδείχθηκε ότι έχει δραματική επίπτωση στην ηλεκτρική απόκριση των διατάξεων.



**Εικόνα 4.** Μεταβολή του ποσοστού του πολυμερούς P3HT (στατιστικού p-τύπου) στο άνω και κάτω μέρος του ενεργού υμενίου σε συνάρτηση με τη διάρκεια της θερμικής κατεργασίας

Το E-MRS διοργανώνει επιστημονικές συναντήσεις, με περισσότερους από 2.500 συμμετέχοντες κάθε χρόνο και 3.500 περιλήψεις (abstracts), όπου παρουσιάζονται οι τελευταίες επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις στην περιοχή των προηγμένων υλικών.

Ο κ. Παναγιώτης Καραγιαννίδης είναι απόφοιτος του τμήματος Φυσικής και του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΔΠΜΣ) “Νανοεπιστήμες και Νανοτεχνολογίες” στο Α.Π.Θ. Εκπονεί την διδακτορική του διατριβή στο εργαστήριο Λεπτών Υμε-

νίων Νανοσυστημάτων & Νανομετρολογίας (LTFN) του τμήματος Φυσικής υπό την επίβλεψη του καθ. Στέργιου Λογοθετίδη. Το θέμα της διδακτορικής του διατριβής είναι: “Ανάπτυξη και μελέτη λεπτών υμενίων και κατασκευή οργανικών φωτοβολταϊκών διατάξεων”. Είναι συγγραφέας και συν-συγγραφέας 11 πρωτότυπων εργασιών σε έγκριτα διεθνή επιστημονικά περιοδικά και έχει παρουσιάσει τα αποτελέσματα της έρευνάς του σε πολλά διεθνή επιστημονικά συνέδρια με προφορικές παρουσιάσεις και με παρουσιάσεις αφίσας.

Δρ. Αργύρης Λασκαράκης  
Τμήμα Φυσικής ΑΠΘ

#### 4. Διατριβή: “Ανάπτυξη & Μελέτη υμενίων οργανικών ημιαγωγών & υβριδικών υλικών για οργανικές ηλεκτρονικές διατάξεις”

Τα τελευταία χρόνια ένας από τους ταχύτερα αναπτυσσόμενους τομείς της σύγχρονης επιστήμης και τεχνολογίας είναι τα Οργανικά Ηλεκτρονικά που φιλοδοξούν να αντικαταστήσουν την κυριαρχούσα τεχνολογία του πυριτίου. Αυτά περιλαμβάνουν νέα οργανικά υλικά τα οποία θα συντίθενται με χημικές τεχνικές και θα εναποτίθενται σε λεπτά υμένια με τεχνικές εκτύπωσης ή κενού. Οι εφαρμογές των Οργανικών Ηλεκτρονικών αναμένεται να βελτιώσουν σημαντικά την καθημερινότητα στο άμεσο μέλλον, αφού θα επιτρέψουν την ανάπτυξη και κατασκευή μιας πληθώρας διατάξεων, όπως Οργανικά Φωτοβολταϊκά (OPVs), Οθόνες (οργανικοί δίοδοι εκπομπής φωτός), Συστήματα Φωτισμού (organic lighting), Αισθητήρες (sensors), Radio Frequency IDentification tags

(RFIDs) κ.α. τόσο πάνω σε σκληρά και άκαμπτα όσο και σε εύκαμπτα πολυμερικά υποστρώματα.

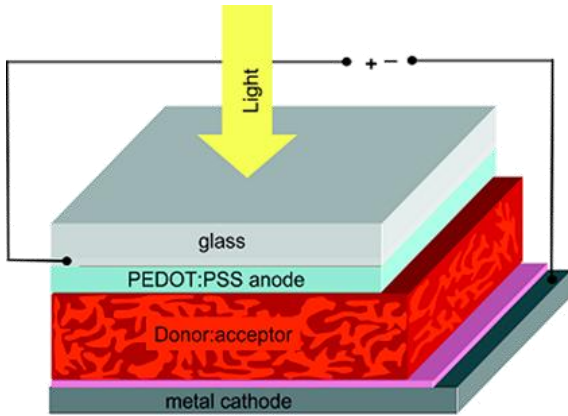
Μία από τις κύριες εφαρμογές των ΟΗ είναι τα OPVs. Όπως είναι γνωστό τα OPVs, μετατρέπουν άμεσα το ηλιακό φως σε ηλεκτρισμό βάση του φωτοβολταϊκού φαινομένου που στηρίζεται στη δημιουργία ηλεκτρονίων και οπών στις ημιαγωγικές διατάξεις υπό ακτινοβολήση. Η τυπική δομή ενός OPV αποτελείται από το:

- **Διαφανές ηλεκτρόδιο ανόδου** για την απορρόφηση της ακτινοβολίας.
- **Φωτοενεργό στρώμα:** βρίσκεται ανάμεσα στα δύο ηλεκτρόδια και αποτελείται από δύο είδη οργανικών ημιαγωγών.



- **Ηλεκτρόδιο καθόδου:** Εδώ συλλέγονται τα ηλεκτρόνια.

Στην περίπτωση των εύκαμπτων OPVs, η διάταξη αποτελείται από το πολυμερικό υπόστρωμα που χαρακτηρίζεται από οπτική διαφάνεια και στη συνέχεια αναπτύσσεται το υμένιο φραγμού, αυξάνοντας κατά τάξεις μεγέθους τις ιδιότητες φραγμού των πολυμερικών υποστρωμάτων.



**Σχήμα 1.** Τυπική δομή μίας φωτοβολταϊκής διάταξης (OPV) [1]

Οι κύριες προκλήσεις για τη χρήση και την εμπορευματοποίηση των OPVs είναι η ανεύρεση των κατάλληλων υλικών για την ενθυλάκωση τους και την προστασία τους από τα ατμοσφαιρικά αέρια που θα διασφαλίσουν τη σταθερότητα τους και τον επιθυμητό χρόνο ζωής. Παράλληλα, είναι αναγκαία και η ανεύρεση και ανάπτυξη των κατάλληλων δοτών και δεκτών ηλεκτρονίων που θα διασφαλίζουν την επαρκή απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας ενώ τα μίγματα τους θα σχηματίζουν την επιθυμητή μορφολογία για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων.

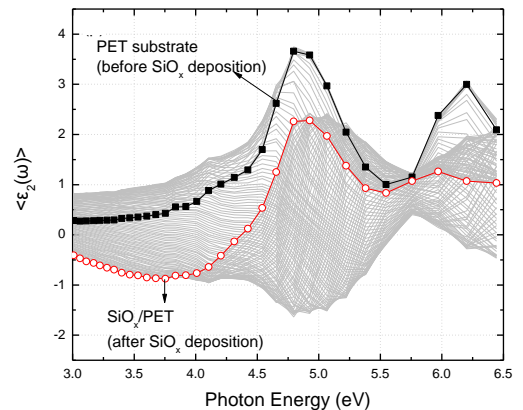
Στην παρούσα διδακτορική διατριβή αναπτύχθηκαν και μελετήθηκαν οι ιδιότητες λεπτών υμενίων ανόργανων και υβριδικών υλικών καθώς και οργανικών ημιαγωγών που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη OPVs.

Ποιο συγκεκριμένα οι στόχοι της Διατριβής ήταν:

- Η ανάπτυξη ανόργανων υμενίων φραγμού σε εύκαμπτα υποστρώματα και η μελέτη του μηχανισμού ανάπτυξής τους με τη χρήση της in-situ και real-time Φασματοσκοπικής Ελλειψομετρίας καθώς και η αποτίμηση των ιδιοτήτων φραγμού τους.

- Η ανάπτυξη και η μελέτη των οπτικών ιδιοτήτων και των ιδιοτήτων φραγμού υβριδικών υμενίων φραγμού.
- Η ανάπτυξη και μελέτη των ιδιοτήτων οργανικών ημιαγωγών που χρησιμοποιούνται ως δότες και δέκτες ηλεκτρονίων προκειμένου να επιλεγούν τα καταλληλότερα υλικά για την ανάπτυξη OPVs.
- Η ανάπτυξη και χρήση του κατάλληλου ελλειψομετρικού μοντέλου για τη μελέτη της μορφολογίας και των οπτικών ιδιοτήτων μιγμάτων δότη:δέκτη ηλεκτρονίων.

Από τη μελέτη του μηχανισμού ανάπτυξης και των ιδιοτήτων φραγμού των ανόργανων υμενίων  $\text{SiO}_x$  σε διαφορετικά υποστρώματα διαπιστώθηκε ότι τόσο η χημική δομή του υποστρώματος όσο και η τραχύτητα του επιδρούν στο μηχανισμό ανάπτυξης του ανόργανου υμενίου. Επίσης, διαπιστώθηκε ότι ο μηχανισμός ανάπτυξης του ανόργανου υμενίου αλλά και τα χαρακτηριστικά του υποστρώματος επηρεάζουν την ποιότητα του αναπτυσσόμενου υμενίου και τελικά τις ιδιότητες φραγμού του. Επιπλέον, από τη μελέτη των ιδιοτήτων φραγμού βρέθηκε ότι οι μετρούμενες ιδιότητες φραγμού των ανόργανων υμενίων είναι υψηλότερες από τις θεωρητικά υπολογιζόμενες. Οι διαφοροποιήσεις αυτές οφείλονται στο γεγονός ότι τα αναπτυσσόμενα υμένια εμφανίζουν ατέλειες μεγαλύτερης διαμέτρου έναντι του μεγέθους που προβλεπόταν από τους θεωρητικούς υπολογισμούς.

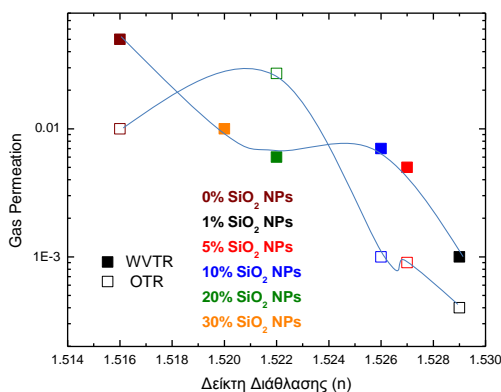


**Σχήμα 2.** Real-time μετρούμενα φάσματα του φανταστικού μέρους της ψευδοδιηλεκτρικής συνάρτησης κατά τη διάρκεια της εναπόθεσης υμενίων  $\text{SiO}_x$  σε υπόστρωμα PET

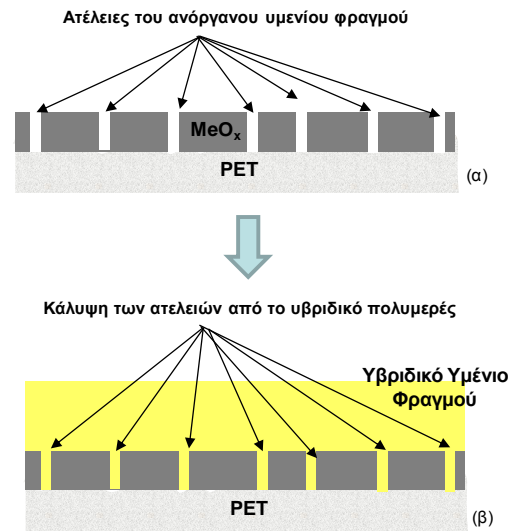
Για την επίτευξη υψηλών ιδιοτήτων φραγμού απαιτείται ο συνδυασμός των ανόργανων υμενίων φραγμού με υβριδικά ή οργανικά υλικά. Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκαν υμένια υβριδικών υλικών φραγμού σε υποστρώματα ανόργανου υμενίου/πολυμερές. Πιο συγκεκριμένα υβριδικά υλικά φραγμού διαφορετικής σύστασης αναπτύχθηκαν σε διαφορετικά υποστρώματα. Παράλληλα προστέθηκαν στα υβριδικά υλικά και διαφορετικά ποσοστά και μεγέθη νανοσωματιδίων διοξειδίου του πυριτίου και τα υλικά αναπτύχθηκαν σε διαφορετικά εύκαμπτα υποστρώματα. Στη συνέχεια με τη χρήση της Φασματοσκοπικής Ελλειψομετρίας μελετήθηκαν οι οπτικές ιδιότητες των υλικών ενώ μετρήθηκαν οι ιδιότητες φραγμού τους και συγκρίθηκαν με τις θεωρητικά προβλεπόμενες.

Επίσης, οι ιδιότητες φραγμού συσχετίστηκαν με τις οπτικές ιδιότητες των υπό εξέταση υλικών προκειμένου να γίνουν κατανοητοί οι μηχανισμοί που διέπουν την οπτική απόκριση των υλικών αλλά και τις ιδιότητες φραγμού και τους παράγοντες που επιδρούν σε αυτά τα φαινόμενα.

Από τη μελέτη προέκυψε ότι η ανάπτυξη του υβριδικού πολυμερούς οδηγεί στην κάλυψη των ατελειών του ανόργανου υμενίου φραγμού ελαττώνοντας τις διόδους εισχώρησης των αερίων. Επιπλέον, αναπτύσσονται δεσμοί μεταξύ του ανόργανου υμενίου και του υβριδικού υλικού λόγω της παρόμοιας χημικής δομής ανάμεσα στο υβριδικό πολυμερές και το ανόργανο υμένιο, δημιουργώντας μία επιπλέον πυκνή διεπιφάνεια φραγμού.



**Σχήμα 3.** Συσχέτιση μεταξύ των τιμών του δείκτη διάθλασης του υβριδικού υλικού φραγμού με τις μετρούμενες ιδιότητες φραγμού για τα διαφορετικά % ποσοστά νανοσωματιδίων SiO<sub>2</sub>

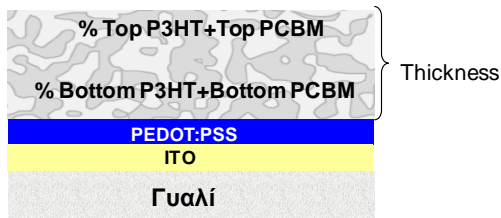


**Σχήμα 4.** Σχηματική αναπαράσταση της συνεργιστικής δράσης του υβριδικού υλικού φραγμού κατά την ανάπτυξη του σε ανόργανο υμένιο φραγμού. Το ανόργανο υμένιο φραγμού εμφανίζει ατέλειες (α) οι οποίες αμβλύνονται κατά την ανάπτυξη του υβριδικού πολυμερούς (β)

Από τα αποτελέσματα προέκυψε το συμπέρασμα ότι τόσο η χημική δομή του υποστρώματος όσο και η χημική σύσταση του υβριδικού υλικού αλλά και των συνθηκών ανάπτυξής του επηρεάζουν τις τελικές ιδιότητες των συστημάτων φραγμού.

Στην περίπτωση των λεπτών υμενίων οργανικών ημιαγωγών που χρησιμοποιούνται ως δότες και δέκτες ηλεκτρονίων στα OPVs, από τη μελέτη των οπτικών τους ιδιοτήτων διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επιδρούν στην οπτική απόκριση του υλικού, όπως : η θερμική κατεργασία, η χημική δομή του υλικού, η επιλογή της δομής του συμπολυμερούς. Επίσης, έγινε εμφανές ότι οι οπτικές ιδιότητες των υλικών μπορούν να συσχετιστούν με άλλες λειτουργικές ιδιότητες, όπως η κινητικότητα των φορέων, επιτρέποντας την πλήρη αποτίμηση των υλικών και την επιλογή του καταλληλότερου για τη χρήση του σε OPVs. Από τη συνολική μελέτη προέκυψε το συμπέρασμα ότι όσον αφορά τους δότες ηλεκτρονίων, το πολυμερές Si-PCPDTBT εμφανίζει χαμηλή τιμή ενεργειακού χάσματος, ευρεία απορρόφηση στην περιοχή 600-900nm και καλή τιμή κινητικότητας και κρίνεται ως το πιο κατάλληλο για τη χρήση σε OPVs.

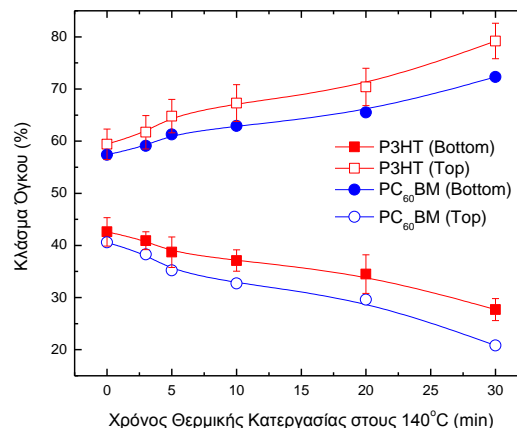
Στην περίπτωση των μιγμάτων δότη:δέκτη ηλεκτρονίου, η Φασματοσκοπική Ελλειψομετρία με τη χρήση του κατάλληλου μοντέλου μπορεί να παρέχει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τις οπτικές ιδιότητες και την κατανομή των συστατικών του μίγματος του φωτοενεργού υλικού στην κάθετη κατεύθυνση του υμενίου.



**Σχήμα 5.** Θεωρητικό μοντέλο για τη μελέτη της μορφολογίας των υμενίων μιγμάτων δότη:δέκτη ηλεκτρονίων με τη χρήση της Φασματοσκοπικής Ελλειψομετρίας

Η μελέτη αυτή μπορεί να επιτευχθεί ανεξάρτητα από τα υλικά που επιλέγονται και τις συνθήκες ανάπτυξης ή κατεργασίας, ενώ τα αποτελέσματα που προκύπτουν μπορούν να συσχετιστούν με την απόδοση του OPV καθώς αυτή εξαρτάται ισχυρά από τη μορφολογία του φωτοενεργού στρώματος και από την οπτική του απόκριση. Επίσης, διαπιστώθηκε ότι η οπτική απόκριση και η μορφολογία των μιγμάτων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως είναι η επιλογή του

δότη και του δέκτη ηλεκτρονίων, οι συνθήκες της θερμικής κατεργασίας, η επιλογή του υποστρώματος, οι συνθήκες ανάπτυξης των υμενίων, η θερμοκρασία του υποστρώματος και το πάχος του υμενίου.



**Σχήμα 6.** Εξάρτηση του κλάσματος όγκου των P3HT και PCBM στην πάνω και κάτω επιφάνεια του υμενίου σε συνάρτηση με το χρόνο θερμικής κατεργασίας, όπως υπολογίστηκε από την ανάλυση της μετρούμενης διηλεκτρικής συνάρτησης

[1] C. Li, M. Liu, N. G. Pschirer, M. Baumgarten, K. Müllen, Chem. Rev. 110 (2010) 6817–6855

Δέσποινα Γεωργίου

Υποψήφια Διδάκτωρ του Τμήματος Φυσικής ΑΠΘ

## 5. Διπλωματικές Εργασίες των Αποφοίτων του ΔΠΜΣ N&N

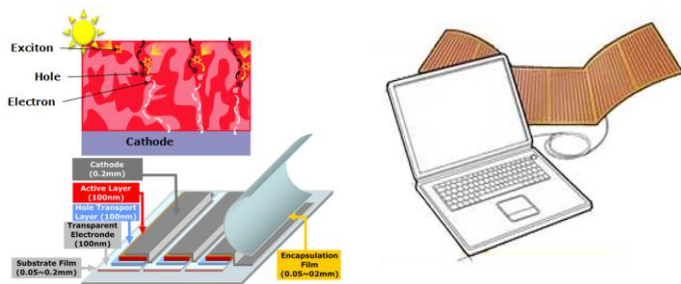
### - Εκτύπωση και μελέτη λεπτών υμενίων αγώγιμων οργανικών υλικών με R2R βαθυτυπία για εύκαμπτες ηλεκτρονικές διατάξεις

Η ανακάλυψη των αγώγιμων/ημιαγώγιμων πολυμερών έφερε επανάσταση στον τομέα των οπτοηλεκτρονικών και της ενέργειας. Το 2000 το βραβείο Nobel Χημείας απονεμήθηκε στους Alan MacDiarmid, Hideki Shirakawa και Alan J. Heeger για την ανακάλυψη και την ανάπτυξη των ηλεκτρικά αγώγιμων πολυμερών. Τα αγώγιμα πολυμερή αποτελούν μια νέα γενιά υλικών, τα οποία συνδυάζουν τις ηλεκτρικές ιδιότητες των μετάλλων και των ημιαγωγών με τα πλεο-

νεκτήματα των πλαστικών με πληθώρα πρακτικών εφαρμογών.

Το χαμηλό κόστος, η ευκολία παρασκευής, οι καλές μηχανικές ιδιότητες, καθώς και η εύκολη μεταβολή των ιδιοτήτων τους είναι μερικοί από τους λόγους οι οποίοι δίνουν τη δυνατότητα στα αγώγιμα πολυμερή να χρησιμοποιηθούν σε πολλές τεχνολογικές εφαρμογές, αντικαθιστώντας τους συνήθεις ημιαγωγούς και μέταλλα. Τέτοιες εφαρμογές είναι οι εύκαμπτες

Οργανικές Διατάξεις Εκπομπής Φωτός (Organic Light Emitting Diodes, OLEDs) καθώς και τα εύκαμπτα οργανικά φωτοβολταϊκά (Organic Photovoltaic, OPVs). Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που προσδίδουν τα αγωγιμα πολυμερή σε αυτές τις διατάξεις είναι ότι μπορούν να κατασκευαστούν με roll-to-roll (R2R) διεργασίες ευκολότερα, γρηγορότερα και με πολύ χαμηλότερο κόστος με αποτέλεσμα να μπορούν να ανταγωνιστούν ή ακόμα και να ξεπεράσουν τις αντίστοιχες συμβατικές διατάξεις.

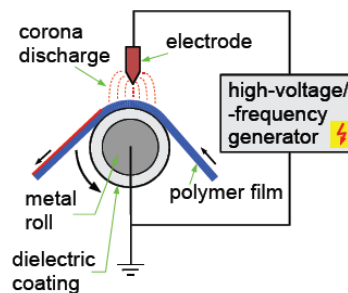


Τυπική διάταξη ενός οργανικού φωτοβολταϊκού (OPV)

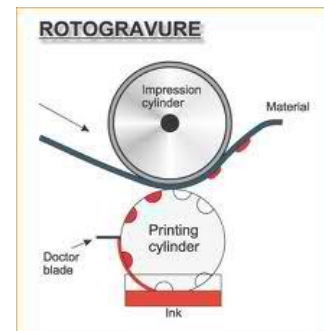
Πολλές προσπάθειες στον τομέα των εύκαμπτων οργανικών ηλεκτρονικών γίνονται για τη κατασκευή διατάξεων με χαμηλότερο κόστος, αλλά και τη βελτίωση των ιδιοτήτων των αγωγιμων/ημιαγωγιμων πολυμερικών υλικών. Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό τη μελέτη της ανάπτυξης λεπτών υμενίων του ευρέως χρησιμοποιούμενου ως ηλεκτρόδιου σε τέτοιες διατάξεις αγωγίμου πολυμερούς Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) poly(styrenesulfonate) (PEDOT:PSS) σε πολυμερικά υποστρώματα PET καθώς και των οπτικών, δομικών και επιφανειακών ιδιοτήτων τέτοιων υμενίων.

Στο θεωρητικό μέρος αναφέρονται εν συντομία οι βασικές αρχές λειτουργίας των OLEDs και των OPVs, καθώς γίνεται και μια εισαγωγή στα εύκαμπτα υποστρώματα και πιο συγκεκριμένα στο PET (Poly Ethylene Terephthalate), αλλά και στα συζυγή πολυμερή εστιάζοντας στο PEDOT:PSS. Γίνεται ακόμη περιγραφή των μεθόδων τροποποίησης πολυμερικών επιφανειών σε R2R διεργασίες με Corona και αναφέ-

ρονται τα γενικά χαρακτηριστικά των τεχνικών εκτύπωσης εστιάζοντας στην τεχνική Gravure Printing με R2R διεργασίες. Τέλος, δίνεται το θεωρητικό υπόβαθρο των πειραματικών τεχνικών χαρακτηρισμού που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή την εργασία.



Τροποποίηση πολυμερικού υποστρώματος με R2R Corona treatment



Εκτύπωση οργανικών υλικών με R2R Gravure printing

Στο πειραματικό μέρος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από μια σειρά πειραμάτων που διεξήχθησαν στο πλαίσιο αυτής της εργασίας. Γίνεται μελέτη της τροποποιημένης επιφάνειας του PET με Contact Angle αλλά και μελέτη των δονητικών ιδιοτήτων της επιφάνειας του υποστρώματος με τη μέθοδο της IR Φασματοσκοπικής Ελλειψομετρίας. Στη συνέχεια, γίνεται λεπτομερής αναφορά στην εκτύπωση με Gravure Printing λεπτών υμενίων PEDOT:PSS με R2R διεργασίες. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις συνθήκες εκτύπωσης και το πώς αυτές επηρεάζουν τις οπτικές, ηλεκτρικές και νανοτοπογραφικές ιδιότητες των εκτυπωμένων λεπτών υμενίων PEDOT:PSS με R2R διεργασίες. Τέλος, γίνεται προσπάθεια αύξησης της αγωγιμότητας των λεπτών υμενίων PEDOT:PSS με χρήση διαλυμάτων PEDOT:PSS διαφορετικών τύπων καθώς και τροποποίησής τους με χρήση διαλυτών.

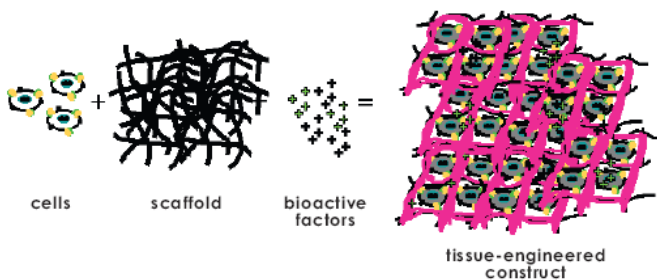
Καπνόπουλος Χρήστος

Απόφοιτος ΔΠΜΣ N&N

## - Ανάπτυξη και *in vitro* χαρακτηρισμός βιολογικών και φυσικών ιδιοτήτων νανοϋλικών με εφαρμογή στην αναγέννηση αρθρικού χόνδρου

Η διπλωματική εργασία που περιγράφεται σε αυτό άρθρο πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Λεπτών Υμενίων-Νανοσυστημάτων και Νανομετρολογίας (LTFN) στα πλαίσια του ΔΠΜΣ Νανοεπιστήμες&Νανοτεχνολογίες. Αποτελεί το πρώτο στάδιο του προγράμματος «ΝανοΑρθροΧόνδρος», το οποίο, όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο Newsletter (Newsletter, July 2011), θα αποτελέσει τη βάση για την παραγωγή εμφυτευμάτων από έξυπνα βιοϋλικά που επάγουν την τοπική αναγέννηση των κατεστραμμένων ιστών σε ποικίλες κλινικές εφαρμογές στον τομέα της Αναγεννητικής Ιατρικής.

Στόχος, λοιπόν, της εν λόγω διπλωματικής εργασίας ήταν η ανάπτυξη ενός σύνθετου βιοσυμβατού και βιοαποικοδομήσιμου υλικού σε μορφή λεπτού υμενίου, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί ως αναφορά για την ανάπτυξη του αντίστοιχου ικριώματος που θα χρησιμοποιηθεί ως εμφύτευμα σε εφαρμογές της Αναγεννητικής Ιατρικής.



Σχήμα 1: Ενεργό ικριώμα

Η διεπιστημονικότητα σε κλάδους όπως είναι η ιστομηχανική είναι ένα πολύ σημαντικό γνώρισμα, καθώς καθιστά δυνατό το συνδυασμό των αρχών που διέπουν τις επιστήμες υγείας και τη μηχανική των υλικών, ώστε να δημιουργηθούν νέα καινοτόμα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν σε βιοϊατρικές εφαρμογές, όπως η αναγέννηση αρθρικού χόνδρου και θα βελτιώσουν κατά το δυνατόν την ποιότητα ζωής του ανθρώπου.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκε η δημιουργία ενός σύνθετου βιο-

υλικού από το συνδυασμό ανόργανου υποστρώματος με πολυμερικά υμένια.

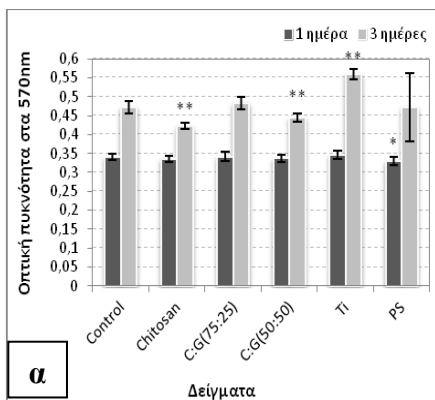
Πιο συγκεκριμένα, ως υπόστρωμα χρησιμοποιήθηκαν ανόργανα λεπτά υμένια τιτανίου (Ti) που παρασκευάστηκαν με τη μέθοδο Magnetron Sputtering (MS) πάνω σε υπόστρωμα πυριτίου (Si) με πάχος 50nm. Πρόκειται για βιοσυμβατό υλικό το οποίο χρησιμοποιείται σε ορθοπεδικές εφαρμογές ως εμφύτευμα, καθώς χαρακτηρίζεται από μεγάλη αντίσταση στη φθορά και αλληλεπιδρά με τα οστά, ενώ η επιφάνειά του επιτρέπει ειδική τροποποίηση με τη χρήση βιοενεργών μορίων.

Τα πολυμερικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η χιτοζάνη και μίγματα αυτής με ζελατίνη. Η χιτοζάνη (Chitosan) είναι ένα φυσικό πολυμερές που παρουσιάζει μεγάλες δομικές ομοιότητες με βασικά συστατικά του αρθρικού χόνδρου. Ωστόσο, είναι ένα υλικό με χαμηλές μηχανικές και βιολογικές ιδιότητες, οι οποίες μπορούν να βελτιωθούν με το συνδυασμό του με άλλα υλικά, όπως είναι η ζελατίνη (gelatin). Τα πολυμερή διαλύθηκαν σε υδατικό διάλυμα οξικού οξέος 2%w/v σε συγκέντρωση 3%w/v και τα μίγματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν στις εξής αναλογίες χιτοζάνης προς ζελατίνη (C:G): 100:0, 75:25 και 50:50.

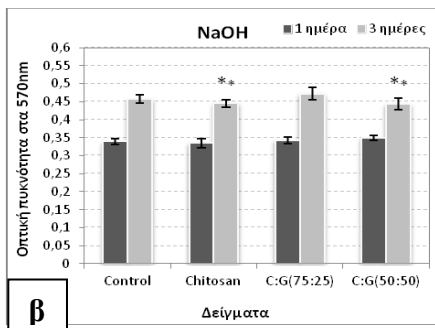
Η ανάπτυξη των πολυμερικών υμενίων έγινε με την τεχνική της περιστροφικής εναπόθεσης (Spin Coating) και οι παράμετροι που μεταβάλλονταν ήταν η συγκέντρωση του πολυμερούς (0,5-3%w/v) και η ταχύτητα περιστροφής (1500-3500rpm). Οι συνθήκες ανάπτυξης που εφαρμόστηκαν προέκυψαν μετά από βελτιστοποίηση της ανάπτυξης, ώστε τα υμένια να είναι ομοιόμορφα. Τα δείγματα που παρασκευάστηκαν πέρασαν από μια διαδικασία ουδετεροποίησης, προκειμένου να σταθεροποιηθεί το πολυμερές στο υπόστρωμα χωρίς να είναι διαλυτό. Το πάχος των υμενίων μετρήθηκε με τη μέθοδο της ελλειψομετρίας και βρέθηκε να κυμαίνεται μεταξύ 243-323nm. Από τη μέτρηση του πάχους των υμενίων προέκυψε ότι η

προσθήκη της ζελατίνης είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του πάχους των υμενίων, ενώ για την ανάπτυξη ομοιόμορφων υμενίων απαιτήθηκε μεγαλύτερη ταχύτητα περιστροφής.

Η μελέτη της βιολογικής συμπεριφοράς των βιοϋλικών που χρησιμοποιούνται σε ιατρικές συσκευές και υλικά βασίζεται στον *in vitro* έλεγχο της κυτταροτοξικότητας αυτών. Η αξιολόγηση αυτή αποτελεί μια ποιοτική ανάλυση της μορφολογίας των κυττάρων όταν αυτά βρίσκονται σε άμεση ή έμμεση επαφή με το προς μελέτη υλικό, οπότε διαπιστώνεται η ανάπτυξη και ο πολλαπλασιασμός των κυττάρων ή ο θάνατός τους. Η βιολογική συμπεριφορά των δειγμάτων μελετήθηκε με την καλλιέργεια της κυτταρικής σειράς L929 στην επιφάνειά τους για δύο χρονικές περιόδους (1&3 ημέρες) και η ποσοτική ανάλυση του πολλαπλασιασμού των κυττάρων έγινε με το πρωτόκολλο MTT. Τα αποτελέσματα (Σχήμα 2) έδειξαν ότι γενικά στις 3 ημέρες καλλιέργειας η οπτική πυκνότητα των κυττάρων είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τη πρώτη ημέρα, όπως είναι αναμενόμενο.



**Σχήμα 2:** Σύγκριση αποτελεσμάτων οπτικής πυκνότητας των L929s στα πολυμερικά υμένα στις 1&3 ημέρες. α) Μη ουδετεροποιημένα, β) Ουδετεροποιημένα.



Επίσης, το Ti που χρησιμοποιήθηκε ως αναφορά είχε τη μεγαλύτερη κυτταρική προσκόλληση και πολλαπλασιασμό σε σχέση με τα πολυμερικά υμένα, από τα οποία το μίγμα C:G σε αναλογία 75:25 παρουσίασε την καλύτερη βιολογική συμπεριφορά. Η διαδικασία

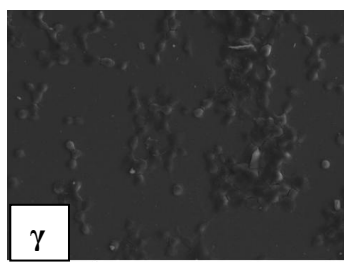
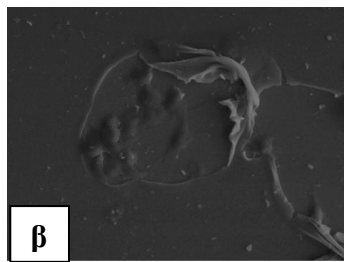
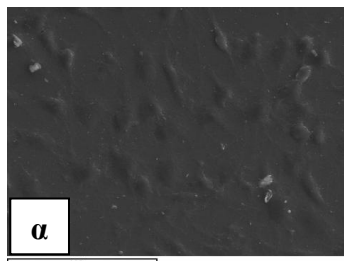
ουδετεροποίησης δεν επηρέασε αρνητικά την προσκόλληση και τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων.

Η απεικόνιση των κυττάρων στην επιφάνεια των υμενίων έγινε με την Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης (SEM). Ενδεικτικά, παρουσιάζονται οι εικόνες SEM από τα δείγματα του τιτανίου και του μίγματος C:G σε αναλογία 75:25 στις 3 ημέρες καλλιέργειας. Γενικά, αυτό που παρατηρήθηκε ήταν ότι τα μη ουδετεροποιημένα δείγματα παρουσίασαν ατέλειες του πολυμερικού υλικού, οι οποίες αποφεύχθηκαν με τη διαδικασία της ουδετεροποίησης. Επίσης, στα πολυμερικά υμένα, το σχήμα των κυττάρων ήταν κύρια σφαιρικό με μικρές επίπεδες πτυχές (lamellipodia) σε αντίθεση με το δείγμα του Ti στο οποίο τα κύτταρα ανέπτυξαν μια πιο ινώδη μορφή με λεπτές προεξοχές (filopodia). Μεταξύ των πολυμερικών υμενίων παρατηρήθηκε ότι στα δείγματα της χιτοζάνης τα κύτταρα δεν κατάφεραν να πολλαπλασιαστούν όσο στα μίγματά της με τη ζελατίνη.

Η βιοσυμβατότητα ενός υλικού είναι άμεσα συνυφασμένη με τις αλληλεπιδράσεις των κυττάρων με την επιφάνειά του στα πρώτα στάδια της επαφής τους. Για το λόγο αυτό μελετήθηκαν οι μορφολογικές ιδιότητες της επιφάνειας του σύνθετου υλικού που δημιουργήθηκε. Η υδροφιλικότητα μελετήθηκε μέσω μετρήσεων της γωνίας διαβροχής με τη μέθοδο Contact Angle και η τοπογραφία της επιφάνειας με τη Μικροσκοπία Ατομικών Δυνάμεων (AFM).

Δείγμα	Μέση Τραχύτητα rms (nm)	Peak-to-valley S <sub>y</sub> (nm)	Μέσο μέγεθος κόκκων (nm)	Μέση απόσταση κόκκων (nm)
Ti	1,6	14,9	35	36
Chitosan	0,9	7,9	-	-
Chitosan_NaOH	1,5	12,3	42	40
C:G = 75:25	0,8	5,8	-	-
C:G = 75:25_NaOH	1,3	11,1	38	51
C:G = 50:50	0,5	3,8	-	-
C:G = 50:50_NaOH	2	16,4	31	40

**Πίνακας 1:** Μέση τραχύτητα (roughness) υμενίων (σάρωση 1x1μm<sup>2</sup>)

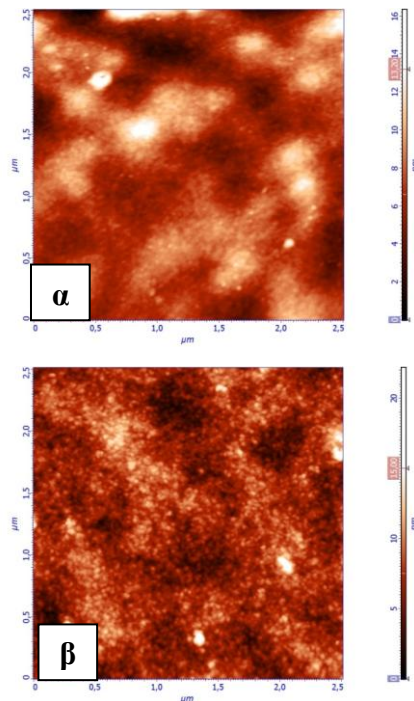


**Σχήμα 3:** Εικόνες SEM: α) Ti (3 ημέρες), β) μη ουδετεροποιημένο δείγμα χιτοζάνης (1 ημέρα) και γ) ουδετεροποιημένο δείγμα C:G σε αναλογία 75:25

Τα αποτελέσματα της τοπογραφικής μελέτης έδειξαν ότι γενικά τα δείγματα δεν παρουσίασαν μεγάλη τραχύτητα. Το τραχύ δείγμα Ti σε σχέση με τα δείγματα που μελετήθηκαν σε αυτή τη διπλωματική εργασία μετατράπηκε σε πολύ ομαλό όταν αναπτύχθηκε το υμένιο χιτοζάνης, ενώ η προσθήκη και αύξηση της συγκέντρωσης της ζελατίνης έκανε την επιφάνεια ακόμη πιο ομαλή.

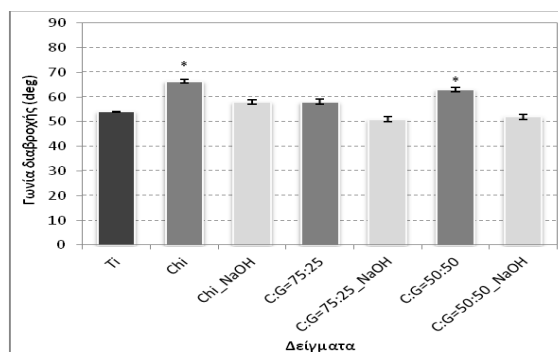
Η διαδικασία ουδετεροποίησης φάνηκε να επηρεάζει την τοπογραφία των υλικών, καθώς έκανε την επιφάνειά τους πιο τραχεία και δημιουργήθηκε μια κοκκώδης μορφολογία. Το μέγεθος και η απόσταση μεταξύ των κόκκων φάνηκε να μειώνεται με αύξηση της ζελατίνης στο πολυμερικό μίγμα.

Ενδεικτικά, παρουσιάζονται οι εικόνες AFM του δείγματος C:G σε αναλογία 75:25.



**Σχήμα 4:** Εικόνες AFM του υμενίου χιτοζάνης/ζελατίνης με αναλογία 75:25 (C:G=75:25): α) μη ουδετεροποιημένο δείγμα, β) ουδετεροποιημένο δείγμα.

Από τη μέτρηση της γωνίας διαβροχής προέκυψε ότι η προσθήκη της ζελατίνης έκανε τα πολυμερικά δείγματα χιτοζάνης πιο υδρόφιλα και η διαδικασία ουδετεροποίησης ενίσχυσε την υδροφιλικότητα των πολυμερικών υμενίων, όπως φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί.



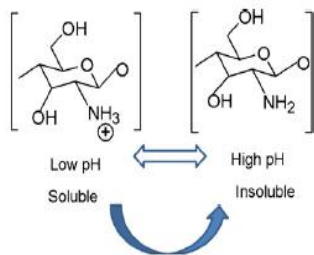
**Σχήμα 5:** Διάγραμμα γωνίας διαβροχής υμενίων

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία είναι τα εξής:

- Η προσθήκη και αύξηση της ζελατίνης στο πολυμερικό μίγμα είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας περιστροφής κατά την ανάπτυξη των λεπτών υμενίων προκειμένου να είναι όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφα, καθώς επίσης και μείωση του πάχους των υμενίων που προέκυψαν.
- Η προσθήκη της ζελατίνης μείωσε τη γωνία διαβροχής των πολυμερικών υμενίων με αποτέλεσμα να

βελτιωθεί η υδροφιλικότητά τους. Αυτό οδήγησε στη βελτίωση της βιολογικής συμπεριφοράς των δειγμάτων, καθώς μέσω της αντίδρασης των καρβοξυομάδων της ζελατίνης με τις αμινο-ομάδες της χιτοζάνης μειώθηκε η πυκνότητα φορτίου που προκαλεί η ισχυρά κατιονική χιτοζάνη και τα κύτταρα μπορούν να αναπτύσσονται.

- Οι ατέλειες που παρατηρήθηκαν στα μη-ουδετεροποιημένα δείγματα προκλήθηκαν λόγω του ότι η χιτοζάνη είναι διαλυτή σε υδατικά διαλύματα, καθώς οι αμινο-ομάδες της έχουν πρωτονιωθεί.



Σχήμα 6: Διπλή φύση της χιτοζάνης

- Η διαδικασία ουδετεροποίησης επηρέασε τη νανοτοπογραφία των δειγμάτων και αύξησε την τραχύτητα των αντίστοιχων μη-ουδετεροποιημένων δειγμάτων προσδίδοντας στην επιφάνειά τους μια κοκκώδη μορφολογία.
- Η διαδικασία ουδετεροποίησης, επίσης, αύξησε την υδροφιλικότητα των πολυμερικών υμενίων βελτιώνοντας τη βιολογική τους συμπεριφορά.
- Η μορφολογία των κυττάρων στα πολυμερικά υμενία ήταν σφαιρική, γεγονός που οφείλεται στην έντονη κυτταρική προσκόλληση λόγω των πολύ ισχυρών ηλεκτροστατικών δυνάμεων μεταξύ της κατιονικής χιτοζάνης και της αρνητικά φορτισμένης κυτταρικής μεμβράνης των ινοβλαστών.

Σακελλαρίου Κυριακή

Απόφοιτη ΔΠΜΣ Ν&Ν

## - Πρόσθιο Περιφάκιο Ανθρώπινου Οφθαλμού: Μελέτη Μηχανικών Ιδιοτήτων με Μικροσκοπία Ατομικών Δυνάμεων

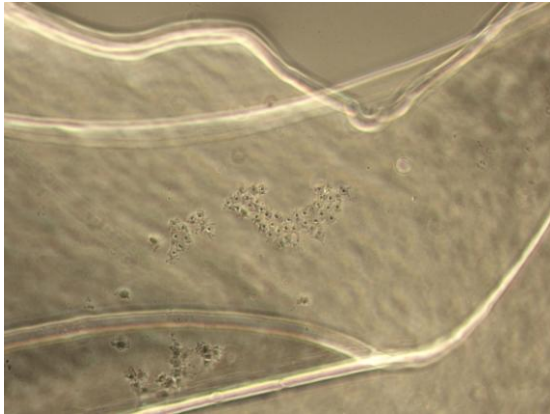
Το ανθρώπινο περιφάκιο είναι μια διαφανής μεμβράνη που περιβάλλει τον κρυσταλλοειδή φακό του οφθαλμού, είναι ελαστικό και αποτελείται κυρίως από κολλαγονικό ιστό. Το παχύτερο πρόσθιο τμήμα της κάψουλας αυτής στηρίζεται σε ένα στρώμα των επιθηλιακών κυττάρων, ενώ το λεπτότερο οπίσθιο τμήμα, μετά την ανάπτυξη του εμβρύου, είναι σε άμεση επαφή με το φακό.

Το ανθρώπινο περιφάκιο εμφανίζει μεγάλη κλινική σημασία τόσο από άποψη δομική όσο και χειρουργικό αλλά και ερευνητικό ενδιαφέρον. Το περιφάκιο προσφέρει ανατομική στήριξη για το φακό και παρέχει επίσης σταθερό σημείο για την πρόσφυση επιθηλια-

κών κυττάρων και ινών. Η ελαστικότητα της HLC έχει έντονα σχετιστεί με την ανάπτυξη πρεσβυωπίας. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι η HLC διατηρεί το περίγραμμα του φακού, θεωρείται ο πιο σημαντικός παράγοντας που προκαλεί την αλλαγή στο σχήμα του φακού κατά τη διάρκεια της. Υπάρχουν θεωρίες για την ανάπτυξη πρεσβυωπίας με βάση τον φακό και την κάψα που υποδηλώνουν ότι ένας κύριος λόγος για την απώλεια της προσαρμογής είναι η μειωμένη ελαστικότητα τόσο του γερασμένου φακού και του περιφακίου. Οι μηχανικές ιδιότητες του HLC φαίνεται να έχουν έναν κρίσιμο ρόλο στον μηχανισμό της προσαρμογής και ο πλήρης προσδιορισμός τους εί-



και θεμελιώδης για μια πιο βαθιά κατανόηση των μηχανισμών της προσαρμογής και της πρεσβυπίας.

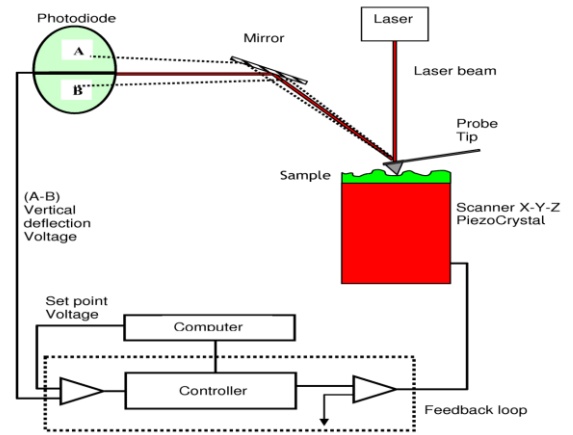


Εικόνα 1: εικόνα από οπτικό μικροσκόπιο που δείχνει το πρόσθιο περιφάκιο με λίγα επιθηλιακά κύτταρα στην επιφάνεια. Ο φυσιολογικός ρόλος του περιφακίου είναι να στηρίζει το φακό και αυτά τα επιθηλιακά κύτταρα του κρυσταλλοειδούς φακού προσκολλώνται στην οπίσθια (εσωτερική) επιφάνεια

Το κύριο χειρουργικό ενδιαφέρον για το περιφάκιο άρχισε με την εισαγωγή της εξωπεριφακικής επέμβασης αφαίρεσης του καταρρακτικού κρυσταλλοειδούς φακού και κυρίως μετά από την εισαγωγή της επέμβασης με την τεχνική της φακοθρυψίας όπου η διεγχειρητική ρήξη του οπίσθιου περιφακίου αποτελεί μια συχνή επιπλοκή.

Οι μηχανικές ιδιότητες του περιφακίου (αντοχή και ελαστικότητα) έχουν ερευνηθεί στο παρελθόν με τα μέσα πίεσης - φόρτωσης, μονοαξονική ανάλυση εφαρμοζόμενης τάσης, και με δακτυλίους τάσης ενώ οι τιμές του μέτρου ελαστικότητας προσδιοριζόταν με βάση τις προαναφερθείσες μεθόδους. Παρόλα αυτά, η μικροσκοπία ατομικών δυνάμεων (AFM or Atomic Force Microscopy) εμφανίζεται ως η πιο κατάλληλη μέθοδος για τον υπολογισμό του μέτρου ελαστικότητας του ανθρώπινου περιφακίου αφού οι μηχανικές του ιδιότητες επηρεάζονται κυρίως από στοιχεία του κολλαγόνου σε micro- επίπεδο.

Το είδος αυτό μικροσκοπίας (AFM) πλησιάζει περισσότερο την αφή παρά την όραση αφού ένα tip ή νανοσυλός προσαρμοσμένο σε μικροπρόβολο σαρώνει το δείγμα που είναι ακινητοποιημένο πάνω σε ακίνητο υπόστρωμα όπως μίκα ή χρυσό. Μια δέσμη λέιζερ ανακλάται στον πρόβολο και οι κάθετες κινήσεις του προβόλου διαβάζονται από ένα ευαίσθητο αισθητήρα φωτός .



Εικόνα 2: Διάταξη που παριστά την αρχή λειτουργίας του μικροσκοπίου ατομικών δυνάμεων

Γενικά η παραμόρφωση σε ένα υπό εξέταση δείγμα μπορεί να είναι ελαστική δηλαδή αναστρέψιμη, μη αναστρέψιμη δηλαδή πλαστική, ιξώδης δηλαδή δυναμική ή και συνδυασμός των τριών. Με την κατάλληλη ρύθμιση των παραμέτρων του πειράματος κάποιος μπορεί να προσδιορίσει ποιο από τα πάνω μοντέλα ισχύει. Η διαφορά μεταξύ ελαστικής και πλαστικής παραμόρφωσης μπορεί να δειχθεί συγκρίνοντας τις καμπύλες πλησίωσης και απομάκρυνσης. Αν δεν υπάρχουν διαφορές τότε αυτό σημαίνει ότι πρόκειται για ελαστική παραμόρφωση. Σε διαφορετική περίπτωση μιλάμε για πλαστική παραμόρφωση ή καταστροφή του δείγματος.

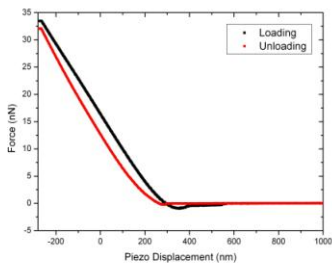
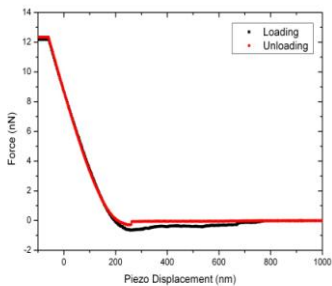
Σκοπός του πειραματικού μέρους της εργασίας ήταν η διερεύνηση των μηχανικών ιδιοτήτων (μέτρο ελαστικότητας) του ανθρώπινου περιφακίου αν το μέγεθος της εφαρμοζόμενης δύναμης θα είχε επίδραση στον προσδιορισμό του μέτρου ελαστικότητας του ανθρώπινου πρόσθιου περιφακίου, με τη χρήση του μικροσκοπίου ατομικών δυνάμεων.

Η εμβιομηχανική του περιφακίου διαδραματίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο κυρίως μετά από την καθιέρωση της τεχνικής της φακοθρυψίας. Η διεγχειρητική ρήξη του περιφακίου αποτελεί μια από τις πιο σοβαρές επιπλοκές κατά τη διάρκεια ενός σύγχρονου χειρουργείου καταρράκτη.

Όλες οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, γινόνταν την ίδια ημέρα με τη λήψη του δείγματος. Τα περιφάκια διατηρούνταν σε διάλυμα BSS κατά την μεταφορά

τους στο Τμήμα Φυσικής και κατόπιν εμβυθίζονταν σε διάλυμα τρυψίνης 0.05% για 10 λεπτά της ώρας ώστε να απογυμνωθούν από τα υπολειπόμενα επιθηλιακά κύτταρα (LECs, Lens Epithelial Cells) του αφαιρεθέντος φακού. Αυτή η διαδικασία ήταν απαραίτητη αφού μετά την αφαίρεση του, στο περιφάκιο υπάρχουν προσκολλημένα αρκετά επιθηλιακά κύτταρα του φακού που θα παρεμποδίζαν την εκτέλεση των μετρήσεων με το μικροσκόπιο.

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν indentation forces της τάξης των 2, 5, 10, 20 και 30 nN. Η τάση που διαπιστωνόταν στη φωτοδίοδο (λόγω της μετατόπισης του cantilever) καταγράφηκε ως συνάρτηση της πιεζοηλεκτρικής μετατόπισης. Η δύναμη έναντι του βάθους αναλύθηκε χρησιμοποιώντας το μοντέλο του Hertz λαμβάνοντας υπόψη και τη διείδυση που οφείλεται μόνο στο ίδιο το tip.



Εικόνα 3. Καμπύλες ισχύος για εφαρμοζόμενη δύναμη 12 nN (A) & 30 nN (B)

Για όλες τις καμπύλες που πάρθηκαν για τις προεπιλεγμένες δυνάμεις έγινε ανάλυση ώστε να υπολογιστεί το μέτρο ελαστικότητας.

Το indentation depth για τις μετρήσεις μας ήταν μεταξύ 120- 360 nm που σε σχέση με το υπολογιζόμενο πάχος του δείγματος 15-20 μm μας επιτρέπει να υποθέσουμε ότι το υπόστρωμα δεν είχε συμμετοχή στον υπολογισμό του Young modulus.

Εν κατακλείδι, η παρούσα μελέτη είναι η πρώτη έκθεση, εν γνώσει μας, που διερευνά το αποτέλεσμα της loading force στον προσδιορισμό του μέτρου ελαστικότητας του προσθίου περιφακίου που δείχνει ότι μια δύναμη από 5-30 nN παράγει συγκρίσιμα αποτελέσματα και θα πρέπει να χρησιμοποιείται για παρόμοια πειράματα. Το μικροσκόπιο ατομικών δυνάμεων είναι μια ευέλικτη τεχνική ικανή να παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για τη δομή των οφθαλμικών ιστών στη σύγχρονη εποχή της νανοϊατρικής όπου η παρατήρηση και ο χειρισμός των ανθρώπινων ιστών σε επίπεδο νανοκλίμακας υπόσχεται βελτιωμένες και καινοτόμες θεραπευτικές δυνατότητες.

Τσαούσης Κωνσταντίνος

Απόφοιτος ΔΠΜΣ N&N

## - Πορώδη Υλικά Ενεργοποιημένα με Νανοσωματίδια για Περιβαλλοντικές Εφαρμογές

Οι κινητήρες εσωτερικής καύσης των οχημάτων αποτελούν μια από τις κύριες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης, και για αυτό το λόγο περιβαλλοντικές νομοθεσίες επιβάλλουν την επεξεργασία των στερεών και αερίων προϊόντων της καύσης από συστήματα καταλυτικών μετατροπών, πριν γίνει η εκπομπή τους στο περιβάλλον. Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην ανάπτυξη καταλυτικών κόνεων για την επεξεργασία ρύπων από κινητήρες ντίζελ, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από υψηλές εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NOx) και σωματιδίων αιθάλης (particulate matter - PM).

Tier	Ημερομηνία υλοποίησης	CO g/kWh	HC g/kWh	NOx g/kWh	PM g/kWh
Euro I	1992	4.5	1.1	8.0	0.612
	1992	4.5	1.1	8.0	0.36
Euro II	1996	4.0	1.1	7.0	0.25
	1998	4.0	1.1	7.0	0.15
Euro III	2000	2.1	0.66	5.0	0.10
Euro IV	2005	1.5	0.46	3.5	0.02
Euro V	2008	1.5	0.46	2.0	0.02
Euro VI	2013	1.5	0.13	0.4	0.01

*Πίνακας 1: Όρια εκπομπών για τους κινητήρες ντίζελ (Heavy duty)[7]*

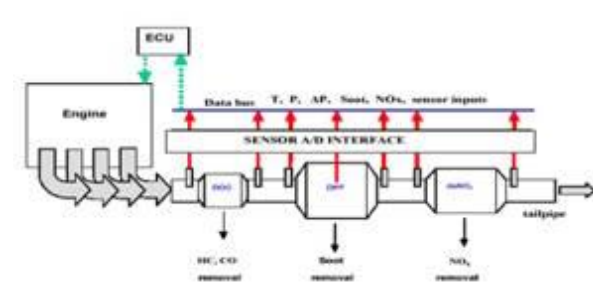
Οι απαιτήσεις για περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και καθαρό περιβάλλον αυξάνουν συνεχώς, με αποτέλεσμα τα νομοθετικά πλαίσια να επιβάλλουν ολοένα και αυστηρότερα όρια εκπομπών. Σύμφωνα με μελέτες οι εκπομπές υδρογονανθράκων (HCs), μονοξειδίου του άνθρακα (CO), οξειδίων του αζώτου (NOx) και αιωρούμενων σωματιδίων (PM) θεωρούνται ιδιαίτερα επιβλαβείς για την ατμόσφαιρα αλλά και για την ανθρώπινη υγεία.

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο θέσπισε μια σειρά προτύπων και απαιτήσεων εκπομπής ρύπων στα πλαίσια ενός ενιαίου κανονισμού, προκειμένου να περιοριστεί η ρύπανση που προκαλούν τα οδικά οχήματα.

Η ανάγκη για βελτίωση της ποιότητας καύσης και αποτελεσματική μείωση των επικίνδυνων ρυπαντών οδήγησε στην ανάπτυξη της τεχνολογίας ελέγχου καυσαερίων και ειδικότερα στην ανάπτυξη αντιρρυπαντικής τεχνολογίας με χρήση ειδικών καταλυτικών φίλτρων (καταλυτικοί μετατροπείς).

Στην εξάτμιση ενός ντίζελ κινητήρα είναι ενσωματωμένα τρία φίλτρα, καθένα από τα οποία είναι υπεύθυνο για διαφορετική λειτουργία. Η οξειδωση των υδρογονανθράκων και του μονοξειδίου του άνθρακα λαμβάνει χώρα σε καταλυτικό μετατροπέα γνωστό ως οξειδωτικό καταλύτη (Diesel Oxidation Catalyst – DOC), ενώ η ελαχιστοποίηση της συγκέντρωσης σωματιδίων αιθάλης πραγματοποιείται στα σωματιδιακά φίλτρα (Diesel Particulate Filters – DPFs), στα καταλυτικά τοιχώματα των οποίων παγιδεύονται. Για την ελάττωση των οξειδίων του αζώτου έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές με αποδοτικότερη την τεχνολογία επιλεκτικής καταλυτικής αναγωγής (Selective Catalytic Reduction- SCR), όπου παρουσία αναγωγικού μέσου (ουρίας ή αμμωνίας) το μονοξείδιο του αζώτου μετατρέπεται σε μοριακό άζωτο. Μάλιστα η αναγωγή του NO ενισχύεται με την παρουσία NO<sub>2</sub>, γι' αυτό και γίνεται προσπάθεια αύξησης της παραγωγής του στο DOC.

Στόχος των ερευνών τα τελευταία χρόνια, είναι η σύνθεση καταλυτικών νανοσωματιδίων με πολλαπλή λειτουργικότητα, ώστε όλες οι παραπάνω λειτουργίες να ενσωματωθούν σε ένα φίλτρο.



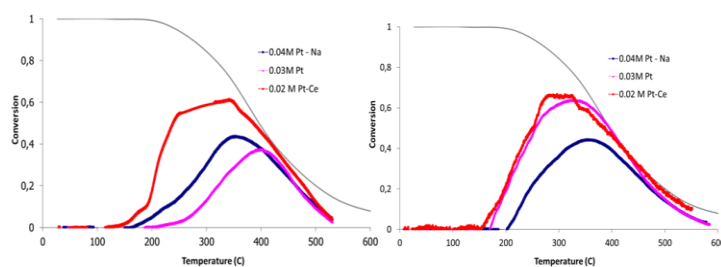
*Εικόνα 1: Ολοκληρωμένο σύστημα μετατροπής αερίων για κινητήρες diesel*

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας ήταν αφενός η προκαταρκτική μελέτη της καταλυτικής δράσης μεικτών νανοσωματιδίων λευκόχρυσου για την παραγωγή διοξειδίου του αζώτου και αφετέρου η μελέτη της δράσης μεικτών οξειδίων σιδήρου-βολφραμίου και δημητρίου-ζirkονίου, στην επιλεκτική αναγωγή του μονοξειδίου του αζώτου και στην οξειδωση της αιθάλης. Η σύνθεση των μεικτών νανοσωματιδίων λευκόχρυσου πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο πυρόλυσης νέφους αερολυμάτων (Aerosol Spray Pyrolysis – ASP), ενώ η σύνθεση των μεικτών οξειδίων σιδήρου-βολφραμίου και δημητρίου-ζirkονίου με την υγρή μέθοδο της αυτοπροωθούμενης σύνθεσης υψηλών θερμοκρασιών (Liquid Phase Self-Propagating High-Temperature Synthesis, LPSHS). Η αξιολόγηση της καταλυτικής δράσης όλων των παραπάνω καταλυτών πραγματοποιήθηκε σε πειραματική διάταξη που κατασκευάστηκε στο Εργαστήριο Τεχνολογίας Σωματιδίων και Αερολυμάτων (EKETA-ITXHΔ).

Για την αξιολόγηση της καταλυτικής δράσης των παραγόμενων σωματιδίων στην οξειδωση του NO πραγματοποιήθηκε σύνθεση νανοσωματιδίων λευκόχρυσου ενσωματωμένων σε σωματίδια πορώδους πυριτίας με διαφορετικό ποσοστό λευκόχρυσου και προσθήκη αλκαλίων (Na) και σπάνιων γαιών (Ce). Στόχος της παραπάνω σύνθεσης ήταν η μελέτη επίδρασης του ποσοστού του λευκόχρυσου και η ανάμειξη του με άλλα συστατικά, όπως το δημήτριο και το νάτριο, στη δομή, στο μέγεθος και στο πορώδες των παραγομένων νανοσωματιδίων.

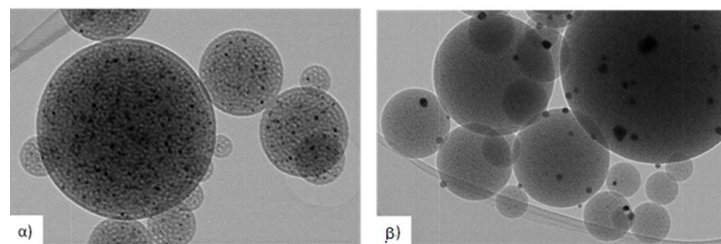
Τα πειράματα αξιολόγησης της καταλυτικής δράσης των μεικτών σωματιδίων λευκοχρύσου πραγματοποιήθηκαν τόσο παρουσία όσο και απουσία υδρογονανθράκων. Τα αποτελέσματα έδειξαν, ότι και στις δύο περιπτώσεις μέγιστη καταλυτική δράση στην οξειδωση του NO παρουσιάζουν τα μεικτά νανοσωματίδια λευκόχρυσου (0.02 M) και δημητρίου, ενώ ταυτόχρονα αποδείχθηκε ότι η προσθήκη αλκαλίου, σε αντίθεση με την προσθήκη δημητρίου, δεν οδηγεί σε αύξηση της οξειδωσης του NO. Αξιοσημείωτη ακόμη ήταν η ενίσχυση της καταλυτικής δράσης των νανοσωματιδίων λευκόχρυσου συγκέντρωσης 0.03 M, που παρα-

τηρήθηκε με την προσθήκη υδρογονανθράκων στο ρεύμα τροφοδοσίας. Τέλος ένα από τα σημαντικότερα συμπεράσματα που προέκυψαν από τα πειράματα, ήταν ότι με μείωση της συγκέντρωσης του λευκόχρυσου ο βαθμός μετατροπής του NO σε NO<sub>2</sub> αυξάνεται.



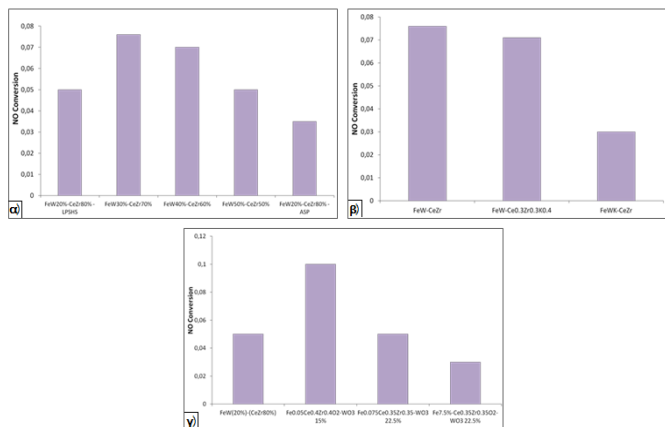
**Εικόνα 2:** Μελέτη της καταλυτικής δράσης νανοσωματιδίων λευκόχρυσου στην οξειδωση του NO α) απουσία υδρογονανθράκων, β) παρουσία υδρογονανθράκων

Ο μορφολογικός χαρακτηρισμός των καταλυτικών σωματιδίων λευκόχρυσου έγινε με Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Διερχόμενης Δέσμης (TEM). Ενδεικτικά παρουσιάζονται οι εικόνες TEM των υλικών που περιέχουν μεικτά νανοσωματίδια λευκόχρυσου-δημητρίου και λευκόχρυσου-νατρίου, με διαφορετική συγκέντρωση λευκόχρυσου σε κάθε περίπτωση.



**Εικόνα 3:** Φωτογραφίες TEM για α) το υλικό με σύσταση Pt (0.02 M) – Ce, β) το υλικό με σύσταση Pt (0.04 M) – Na

Η υψηλή οξειδωτική δράση του καταλύτη λευκόχρυσου-δημητρίου αποδίδεται στην χαρακτηριστική πορώδη δομή που εμφανίζει το υλικό. Όπως γίνεται αντιληπτό και από την εικόνα TEM, επιτυγχάνεται ομοιόμορφη διασπορά του καταλύτη αποκλειστικά μέσα στο πορώδες των σωματιδίων με τα νανοσωματίδια Pt να είναι εγκλεισμένα στο εσωτερικό των σωματιδίων. Αντιθέτως στην περίπτωση του καταλύτη Pt (0.04 M)-Na τα σωματίδια που βρίσκονται στην εξωτερική επιφάνεια, λόγω της κινητικής ελευθερίας που διαθέ-



**Εικόνα 5:** Επίδραση α) της αναλογίας FeW-CeZr, β) της ποιοτικής σύστασης και γ) της διαφορετικής διασποράς των στοιχείων στην καταλυτική αναγωγή του NO

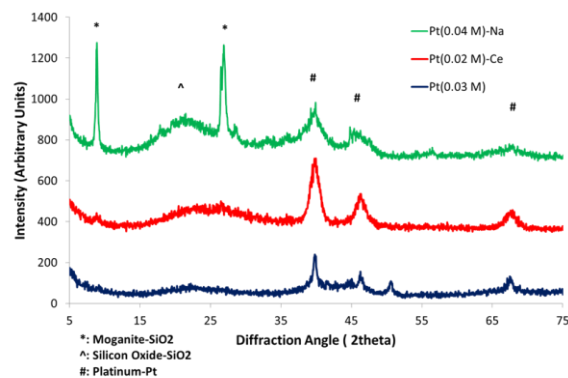
τους, έχουν την δυνατότητα να συσσωματωθούν σε μεγαλύτερα. Η διαρκής συσσωμάτωση των νανοσωματιδίων Pt με την θερμική επεξεργασία έχει ως αποτέλεσμα την σταδιακή μείωση της ειδικής επιφάνειας του Pt και την κατάρρευση της πορώδους δομής.

Η κρυσταλλική δομή των καταλυτών προσδιορίστηκε με την μέθοδο περιθλασιμετρίας ακτίνων Χ. Από το συγκριτικό φάσμα ακτίνων Χ (Εικόνα 4) των τριών καταλυτών προέκυψε ότι ο λευκόχρυσος, που αποτελεί την κύρια κρυσταλλική φάση, κρυσταλλώνεται εντονότερα με την προσθήκη δημητρίου, ενώ με την προσθήκη αλκαλίου (Na) ενισχύεται και η κρυστάλλωση του διοξειδίου του πυριτίου.

Στην περίπτωση των καταλυτών για την αναγωγή του μονοξειδίου του αζώτου, μελετήθηκε η επίδραση παραμέτρων όπως η στοιχειομετρική αναλογία οξειδίων σιδήρου-βολφραμίου/δημητρίου-ζιρκονίου, η ποιοτική σύσταση, ο τρόπος ανάμειξης των οξειδίων και η θερμοκρασία έψησης στην μορφολογία, τη δομή και την διασπορά των παραγόμενων καταλυτικών σωματιδίων. Επίσης, αξιολογήθηκε η καταλυτική δράση των μεικτών νανοσωματιδίων λευκόχρυσου στην παραγωγή διοξειδίου του αζώτου και των μεικτών οξειδίων σιδήρου-βολφραμίου (FeW) και δημητρίου-ζιρκονίου (CeZr) τόσο στην αναγωγή του μονοξειδίου του αζώτου όσο και στην καύση της αιθάλης. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν,

συνοψίζονται στα διαγράμματα των Εικόνων 5 έως 10.

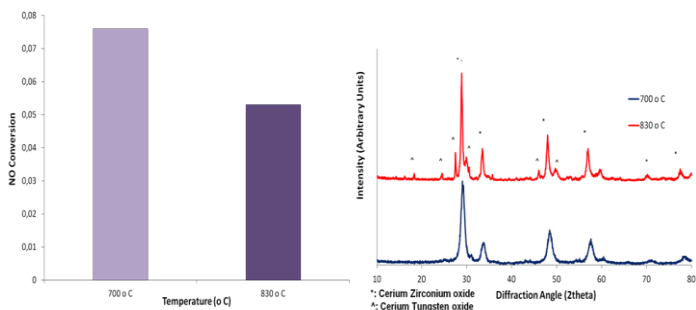
Όσον αφορά την επίδραση της στοιχειομετρικής αναλογίας FeW-CeZr διαπιστώθηκε, ότι αυξάνοντας το ποσοστό σιδήρου-βολφραμίου από 20% κ.β σε 30% κ.β, ο βαθμός μετατροπής του NO σε N<sub>2</sub> αυξάνεται, ενώ με περαιτέρω αύξηση του ποσοστού FeW σημειώνεται πτωτική τάση στο βαθμό μετατροπής (Εικόνα 5α). Ακόμη αποδείχθηκε, ότι η αντίδραση SCR δεν ευνοείται με τροποποίηση της ποιοτικής σύστασης και συγκεκριμένα με την προσθήκη καλίου (Εικόνα 5β).



**Εικόνα 4:** Συγκριτικό φάσμα ακτίνων-Χ των καταλυτών λευκόχρυσου

Στην περίπτωση μάλιστα του καταλύτη όπου το κάλιο προστίθεται στο FeW, ο βαθμός μετατροπής του NO σε N<sub>2</sub> είναι μικρότερος, συγκριτικά με το υλικό όπου το κάλιο προστίθεται στο δημήτριο-ζιρκόνιο (CeZr). Τέλος προκειμένου να προσδιοριστεί η επίδραση της διασποράς των συστατικών του καταλύτη στην αναγωγή του NO, δοκιμάστηκε διαφορετικός τρόπος ανάμειξης των οξειδίων σιδήρου-βολφραμίου και δημητρίου-ζιρκονίου. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων αξιολόγησης έδειξαν, ότι με προσθήκη οξειδίου του βολφραμίου (WO<sub>3</sub>) σε ποσοστό 22.5% στο τέλος της υγρής σύνθεσης, ευνοείται η αναγωγή του NO. Ωστόσο δεν παρατηρήθηκε η ίδια συμπεριφορά με περαιτέρω αύξηση του ποσοστού WO<sub>3</sub> (Εικόνα 5γ).

Δεδομένου ότι η θερμοκρασία έψησης επηρεάζει τα δομικά χαρακτηριστικά των ενώσεων και κατ' επέκταση τη δραστηρότητα τους, μελετήθηκε η ικανότητα αναγωγής του NO του καταλύτη με σύσταση FeW(30%)-CeZr(70%) σε διαφορετική θερμοκρασία έψησης (T<sub>calc.</sub>=700 και 830° C).

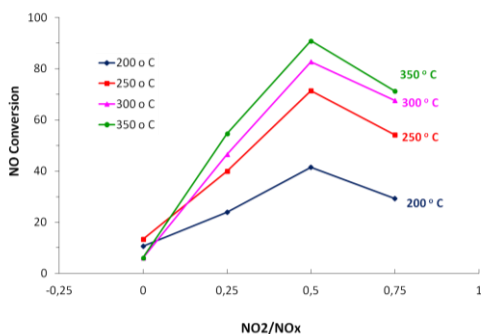


**Εικόνα 6:** Αξιολόγηση καταλυτών SCR με βάση την θερμοκρασία έψησης

**Εικόνα 7:** Συγκριτικό διάγραμμα περιθλασιογραμμάτων καταλυτών SCR με διαφορετική θερμοκρασία έψησης

Από την αξιολόγηση της καταλυτικής δράσης του υλικού προέκυψε, ότι με αύξηση της θερμοκρασίας έψησης ο βαθμός μετατροπής του NO σε N<sub>2</sub> ελαττώνεται. Τα καταλυτικά κέντρα, που δημιουργούνται χάρη στην ύπαρξη δομικών ατελειών, επηρεάζονται αρνητικά από την αύξηση της θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα να ελαττώνεται η ενεργότητα τους. Το παραπάνω συμπέρασμα επιβεβαιώθηκε από το συγκριτικό φάσμα ακτίνων-Χ του καταλύτη για θερμοκρασία έψησης 700° C και 830° C (Εικόνα 7). Η κρυσταλλική δομή του καταλύτη μεταβάλλεται, καθώς το οξειδίο δημητρίου-βολφαμίου κρυσταλλώνεται εντονότερα με την σύξηση της θερμοκρασίας.

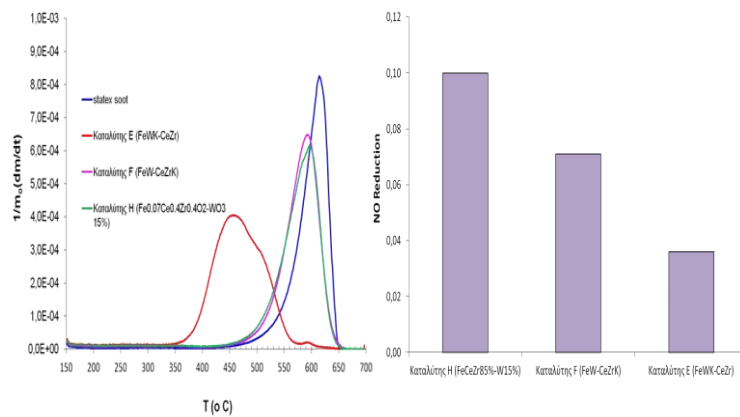
Η επιλεκτική καταλυτική αναγωγή του NO επηρεάζεται από την παρουσία NO<sub>2</sub>. Γι' αυτόν το λόγο αξιολογήθηκε η καταλυτική δράση του υλικού με σύσταση: Fe<sub>0.07</sub>Ce<sub>0.4</sub>Zr<sub>0.4</sub>O<sub>2</sub>-WO<sub>3</sub> 15% σε διαφορετική αναλογία NO/NO<sub>2</sub> (0.25, 0.5 και 0.75) και σε θερμοκρασιακό εύρος 200-350° C.



**Εικόνα 8:** Μελέτη αντίδρασης fast SCR σε διαφορετικές θερμοκρασίες (200-350° C) στο υλικό H

Από τα αποτελέσματα των πειραμάτων προέκυψε ότι ο μέγιστος βαθμός μετατροπής του NO είναι περίπου

90% και επιτυγχάνεται σε θερμοκρασία 350° C και σε αναλογία NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> ίση με 0.5, δηλαδή όταν η συγκέντρωση του NO είναι ίδια με τη συγκέντρωση του NO<sub>2</sub>. Η αξιολόγηση της καταλυτικής ικανότητας των παραγόμενων κόνεων ως προς της οξειδωση της αιθάλης πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια της μεθόδου θερμοβαρυτομετρικής ανάλυσης (Thermogravimetric Analysis – TGA).



**Εικόνα 9:** Μελέτη οξειδωσης της αιθάλης

**Εικόνα 10:** Αξιολόγηση της SCR δράσης των καταλυτών που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη οξειδωσης της αιθάλης

Τα αποτελέσματα της TGA ανάλυσης έδειξαν ότι η προσθήκη καλίου επηρεάζει θετικά την οξειδωση της αιθάλης, ωστόσο σημαντικό ρόλο παίζει η σειρά ανάμειξης του καλίου με τα υπόλοιπα συστατικά. Αξιολογία επίσης είναι το συμπέρασμα που προέκυψε ότι η ικανότητα των τριών καταλυτών να οξειδώνουν την αιθάλη είναι αντιστρόφως ανάλογη με την ικανότητα τους να ανάγουν το NO.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την διπλωματική εργασία που περιγράφεται παραπάνω είναι συνοπτικά τα εξής:

- 1) Με αύξηση του ποσοστού FeW ο βαθμός μετατροπής του NO σε N<sub>2</sub> αυξάνεται μέχρι ένα ποσοστό (FeW:30% - CeZr:70%) και στη συνέχεια ακολουθεί πτωτική πορεία, ενώ με αλλαγή της ποιοτικής σύστασης και ειδικότερα με προσθήκη αλκαλίου (K) δεν ευνοείται η αντίδραση SCR.
- 2) Ο τρόπος ανάμειξης των αντιδρώντων συστατικών επηρεάζει την διασπορά στον παραγόμενο καταλύτη. Μέγιστη καταλυτική δράση στην αναγωγή του NO σημειώνεται από το υλικό με σύσταση Fe

$0.07\text{Ce}_{0.4}\text{Zr}_{0.4}\text{O}_2 - \text{WO}_3$  15%, όπου το  $\text{WO}_3$  πρόσθεται στο τέλος της σύνθεσης.

- 3) Η θερμοκρασία έψησης αποτελεί καθοριστική παράμετρο της καταλυτικής δράσης των δειγμάτων, επηρεάζοντας την κρυσταλλικότητα τους. Με αύξηση της θερμοκρασίας έψησης η ικανότητα αναγωγής του  $\text{NO}$  ελαττώνεται.
- 4) Η προσθήκη αλκαλίου (K) ενισχύει την οξειδωση της αιθάλης, ειδικότερα όταν αναμιγνύεται με το βολφράμιο και τον σίδηρο.
- 5) Μέγιστη καταλυτική δράση στην οξειδωση του  $\text{NO}$  παρουσιάζουν τα μεικτά νανοσωματίδια λευκόχρυσου (0.02 M) και δημητρίου, εξαιτίας της ιδιαίτερης μορφολογίας τους.

- 6) Με μικρότερη συγκέντρωση λευκόχρυσου, επιτυγχάνεται μεγαλύτερος βαθμός μετατροπής του  $\text{NO}$  σε  $\text{NO}_2$  χάρη στη μέγιστη διασπορά των σωματιδίων Pt αποκλειστικά μέσα στο πορώδες των καταλυτικών σωματιδίων.

Πάπισσα Ελένη

Απόφοιτη ΔΠΜΣ N&N

## 6. Interview of Dr. L. Janssen, Policy Officer of the EC about the HORIZON 2020



*“Do not save on your funds for Research, because it is your future. It is a tool to get you out of the crisis.”*

### 1. Dr. Janssen, I would like to know the main goals of HORIZON 2020, the new Framework Program destined for 2014 – 2021

I would say the main goal of HORIZON 2020 is to help Europe develop its economy in such a way that it will overcome the present crisis. The approach to achieve this is through innovation and research. In that way Europe will be able to compete in the international global market.

### 2. So, the main fields of interest of HORIZON 2020 are Scientific Research and Commercialization?

Exactly. The field of interest is not only research but also and specifically commercialized research. HORIZON 2020 builds on the system we have at the 7<sup>th</sup> Framework Program based on research, where there were the sectors: Competition and Innovation. Those two sectors have been integrated. Now research is linked to innovation, whereas before it was more separate.

### 3. Something different from the previous Framework Program? For instance, the money that will be exploited for HORIZON 2020 is much more. Why?

I think the reason the Commission proposed that this Program receives more money is to overcome

the crisis. According to the Commission, it is very important that countries and the European Union invest in research to enable the economy to develop and become more competitive. Of course, this is a proposal, the countries still have to decide on it. So, I would not say there is going for sure to be more money in HORIZON 2020, as discussions on the budget are very tough. Providing money to research means less money to other issues.

#### **4. When is this decision made?**

I expect that the decision will not be made before the end of this year, since this sort of discussions are long. This matter should have been concluded by the spring of next year.

#### **5. What about your position in this program?**

I am working in the Directorate General Research & Innovation (RTD), where we deal with the regional aspects of the 7<sup>th</sup> Framework Program. The results of the discussions on HORIZON 2020 will have some influence on me. The regional aspects, in which I am involved, might be transferred to the DG Regional Policy (REGIO), so I don't know where my position or work will be. I could remain in DG RTD but I could also be transferred to DG REGIO. I expect a reorganization after the new programs have been decided upon: That will provide me with certainty about my position.

#### **6. What about your tasks? What are you going to do in HORIZON2020?**

It depends on which sector my position will be. If it remains in DG RTD, the regional dimension will be addressed through the development of "Smart specialization Strategies" in which I am involved. Smart specialization is a process through which the Commission helps the Regions to develop a strategy to select the economic sectors which they should focus on. Every Region is asked to develop such a strategy on what to concentrate following its capabilities

and existing strength in order to survive in the international economic world. We – DG Regio has the lead - are now preparing the concept which Regions could use to develop their own Smart specialization strategy. That will be one part of my work. What is more, the projects of the 7<sup>th</sup> FP are still running and have to be monitored. Projects like ROleMak, with which I will be occupied for one more year at least.

#### **7. How do you see the general progress of ROleMak since you are Scientific responsible for it?**

It has started very well. It is good to see that already half year after the Kickoff meeting this Workshop is held where the progress of ROleMak is discussed. I see many people from different Institutes here. There is also in June an important meeting. So, I think it is progressing well, but of course we are still in the beginning. We have to wait until the first real results emerge to see how it is really going. But in general, I am quite optimistic.

#### **8. What about the AUTH? Have you seen progress from the LTFN specifically?**

This is my first project with AUTH. I have heard about AUTH but I have not collaborated with it before. Perhaps after 6 months I could say, but now it is a bit early.

#### **9. So is innovation a way for Greece to overcome the crisis?**

Yes. However, when it comes to a country like Greece, where the crisis is so intense, it is very difficult to find funds for Research and Innovation. If an investor has not got much money, he would rather place it where it hurts the least. Normally, the results of Research and Innovation are long-term. This is what we say to countries like Greece: "Do not save on your funds for Research, because it is your future. It is a tool to get you out of the crisis."

Φ. Λ.  
Φοιτήτρια Φαρμακευτικής Σχολής ΑΠΘ



## 7. Συνέντευξη με τον Δρ. Χ. Ζερβό, Technology Analyst στην IDTechEx



*“Το κράτος είναι αναγκαίο να συνειδητοποιήσει και να στηρίζει προσπάθειες καινοτομίας.”*

### 1. Τι πραγματεύεται η εταιρεία στην οποία εργάζεστε;

Στην IDTechEx διενεργούμε έρευνα αγοράς και τεχνολογίας. Η κύρια θεματική της είναι: τυπωμένα και Οργανικά Ηλεκτρονικά, thin film photovoltaic, τεχνολογίες energy harvesting, θερμοηλεκτρικά, πιεζοηλεκτρικά, ηλεκτρομαγνητικά. Επίσης, ασχολούμαστε με ηλεκτρικά αυτοκίνητα, μπαταρίες και άλλες τεχνολογίες συσσώρευσης ενέργειας, οι οποίες αξιοποιούνται όχι μόνο στα αυτοκίνητα αλλά και σε marked read ή infrastructure σε πόλεις οι οποίες έχουν τη δυνατότητα για ανάπτυξη ενός δικτύου με ηλεκτροκίνητα αυτοκίνητα.

Η έρευνα αγοράς η οποία διενεργούμε κινείται γεωγραφικά εντοπίζοντας τις πόλεις και τις χώρες όπου υπάρχει εξέλιξη, ενδιαφέρον, επένδυση, ερευνητική δραστηριότητα είτε σε επίπεδο εταιρικό ή σε επίπεδο πανεπιστημιακό και ερευνητικών ιδρυμάτων. Στη συνέχεια, βρίσκουμε τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η μετάβαση από την έρευνα στη δημιουργία μιας νέας αγοράς. Πιο συγκεκριμένα, μαθαίνουμε πώς από ερευνητικά προγράμματα προκύπτουν start up/spin off εταιρείες με στόχο τη μαζική παραγωγή ενός τελικού προϊόντος.

### 2. Τη γνώση αυτή τη μεταβιβάζετε συμβουλευτικά σε εταιρείες;

Ναι. Δουλεύουμε με εταιρείες οι οποίες είναι από μικρές start ups μέχρι πολυεθνικές και τις ενημερώνουμε

σε σχέση με το ποιοι τομείς έχουν ενδιαφέρον, ποιοι αναπτύσσονται, ποιοι έχουν ακόμα συγκεκριμένες ανάγκες οι οποίες πρέπει να καλυφθούν, συγκεκριμένα προβλήματα τα οποία πρέπει να ξεπεραστούν ώστε να γίνουν οι εφαρμογές πραγματικότητα. Τη συμβουλευτική δράση μας την πετυχαίνουμε με τρεις τρόπους κυρίως. Ο πρώτος είναι ότι συντάσσουμε αναφορές έρευνας αγοράς και τεχνολογίας. Κάνουμε projects σε επίπεδο consultants όταν εταιρείες έχουν συγκεκριμένα θέματα τα οποία απαιτούν να αναπτυχθούν ή συγκεκριμένη τεχνολογία την οποία θέλουν να βγάλουν προς τα έξω και να δουν σε ποιες εφαρμογές ταιριάζει καλύτερα, με τι υλικά χρειάζεται να ασχοληθούν, τι έχει ζήτηση, τι δεν έχει, τι προχωράει γρήγορα, τι προχωράει σχετικά αργά και τι προβλήματα πρέπει να επιλυθούν ώστε να επιστευτεί η ανάπτυξη.

Επίσης, διοργανώνουμε συνέδρια. Αυτός είναι ο δεύτερος τρόπος με τον οποίο επιτυγχάνουμε τη διάχυση της γνώσης την οποία αποκτούμε εμείς μέσα από συναντήσεις ή επισκέψεις σε εταιρείες ή ερευνητικά κέντρα. Στα συνέδρια αυτά καλούμε αντιπροσώπους εταιρειών για να παρουσιάσουν τις δραστηριότητές τους. Η επικοινωνία με τους τελικούς χρήστες είναι ο τρίτος τρόπος επίτευξης της συμβουλευτικής μας δράσης. Οι τελικοί χρήστες των νέων αυτών τεχνολογιών μάς εκθέτουν τις ανάγκες τους κι εμείς τους ενημερώνουμε προκειμένου να καλυφθούν από την εξέλιξη συγκεκριμένων προϊόντων. Η δική μου θέση είναι να τα-

ξιδεύω και να συζητάω τα παραπάνω θέματα με τους ενδιαφερομένους.

### 3. Πώς διακρίνετε τα πράγματα στην αγορά των ΟΗ;

Τα τελευταία δυο χρόνια υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον και ανάπτυξη στα ΟΗ. Συγκεκριμένα, οι τεχνολογίες OLED (Organic Light Emitting Diodes) είναι στην κορυφή. Η αγορά για τα OLED πέρυσι ήταν στα 2,5 δισεκ. δολάρια και φέτος φτάνει σχεδόν τα 4 δισεκ. δολάρια με ολοένα αυξανόμενη ζήτηση και ανάπτυξη. Κι αυτό γιατί οι χρήσεις των OLED γίνονται όλο και πιο συχνές: σε smart phones, σε tablets, αργότερα σε ακόμη μεγαλύτερες οθόνες, σε φορητούς υπολογιστές, τηλεοράσεις. Στα OTFTs (Organic Thin Film Transistors) και OPVs (Οργανικά Φωτοβολταϊκά) είναι λίγο σε πιο εμβρική κατάσταση ακόμη. Εκείνοι που δουλεύουν προς την ανάπτυξή τους χρειάζεται να βρουν τις κατάλληλες εφαρμογές και να υπερπηδήσουν κάποια προβλήματα. Σε γενικές γραμμές, όμως, υπάρχει ενδιαφέρον προς αυτή την κατεύθυνση. Κάθε πανεπιστήμιο σε όλες τις χώρες του κόσμου έχει ερευνητικά groups τα οποία ασχολούνται με τα OTFTs και OPVs και μεγάλες εταιρείες επενδύουν κεφάλαια και σπρώχνουν κονδύλια προς την ανάπτυξη τους.

### 4. Τα ΟΗ είναι ένα πεδίο, δηλαδή, στην ανάπτυξη του οποίου η Ελλάδα θα έπρεπε να επενδύσει;

Ναι. Ειδικά σε περιόδους κρίσεις, όπως αυτή που διανύουμε τώρα, υπάρχει μεγάλη ανάγκη για καινοτομία. Σε χώρες που δεν είναι ισχυρές σε υπάρχουσες τεχνολογίες, η καινοτομία και η ανάπτυξη τεχνολογιών του μέλλοντος είναι ο κύριος τρόπος με τον οποίο θα μπορέσουν να ανταγωνιστούν πιο ισχυρές χώρες. Το ενδιαφέρον για τα ΟΗ είναι παγκόσμιο και η Ελλάδα χρειάζεται μέσα από πρωτοβουλίες, όπως γίνεται από το ΑΠΘ, και με όσο μεγαλύτερη υποστήριξη από

κυβερνητικά προγράμματα και κονδύλια γίνεται, να επενδύσει σε αυτά. Το σημαντικό είναι πως υπάρχουν κινήσεις προς αυτή την κατεύθυνση, όπως αυτές του καθ. κ. Λογοθετίδη, οι οποίες δείχνουν ότι η προσπάθεια υπάρχει. Από τη στιγμή που αυτή η προσπάθεια συνεχίζεται, το κράτος απαιτείται να συνειδητοποιήσει πως αυτές οι ενέργειες είναι αναγκαίες να στηριχθούν όσο το δυνατόν περισσότερο, γιατί διακυβεύεται το μέλλον της χώρας.

Οι Έλληνες που αξιοποιούν τις δυνατότητές τους και παράγουν έργο στο εξωτερικό είναι ένα φαινόμενο που δείχνει ότι τα ελληνικά πανεπιστήμια είναι χώροι που αναπτύσσονται πολύ ικανοί επιστήμονες, μηχανικοί και γενικά άνθρωποι που έχουν τη δυνατότητα να προχωρήσουν και να δημιουργήσουν πρόοδο για τη χώρα. Εύχομαι ότι κάποια στιγμή η χώρα αυτή θα ξυπνήσει και θα δει ότι πρέπει να κρατήσει αυτούς τους ανθρώπους εγχώρια, για το καλό του τόπου. Θεωρώ, επίσης, ότι είναι εξίσου σημαντικό οι άνθρωποι του απόδημου ελληνισμού, όπως εγώ, να κάνουμε ό,τι είναι δυνατόν για τη χώρα μας με μια αίσθηση πατριωτισμού, όχι εθνικισμού. Απλά επειδή την αγαπάμε.

### 5. Αγαπάτε αυτό με το οποίο ασχολείστε;

Ναι. Έφυγα από την Ελλάδα με τη σκέψη ότι θα επιστρέψω σε ένα χρόνο και 11 χρόνια μετά είμαι ακόμα εκεί. Κι αυτό γιατί είχα τη δυνατότητα και την ευκαιρία να ασχοληθώ με κάτι που είναι πραγματικά ενδιαφέρον και με κρατάει συνεχώς σε έξαρση. Υπάρχουνε μονίμως καινούργια πράγματα με τα οποία ασχολούμαι και αυτή η ανανέωση του αντικειμένου στο οποίο δουλεύω με ευχαριστεί πάρα πολύ. Αυτή είναι η φύση της καινοτομίας, να έχει πάντα ενδιαφέρον, γιατί πάντα κάτι καινούργιο ξεπηδάει, σχεδόν από το πουθενά κατά καιρούς.

Φ. Α.  
Φοιτήτρια Φαρμακευτικής Σχολής ΑΠΘ