



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. N&N: Ποιοί είμαστε και τι κάνουμε.....1
2. Μεγάλες διαστάσεις παίρνει η Νανοκλίμακα.....4
3. Scanning Probe Microscopy στο LTFN.....5
4. FLEXONICS Project.....7

### 1. N&N: Ποιοί είμαστε και τι κάνουμε

Το Διεπιστημονικό - Διατμηματικό Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών στις Νανοεπιστήμες και Νανοτεχνολογίες (ΔΠΜΣ N&N) είναι ένα νέο μεταπτυχιακό (ξεκίνησε το Ακαδ. έτος 2002-2003), για να καλύψει ένα κενό στην εκπαίδευση και την ερευνητική δραστηριότητα των νέων αυτών επιστημόνων. Οι πολλαπλές δραστηριότητές του περιλαμβάνουν διάφορες ημερίδες κι εκδηλώσεις, την έρευνα σε πρωτότυπα θέματα που αφορούν τον τομέα αιχμής των N&N, καθώς και τη συνεργασία με Πανεπιστήμια και Ινστιτούτα της Ελλάδας, αλλά και του εξωτερικού. Σκοπός της πλούσιας αυτής δραστηριότητας στα πλαίσια του ΔΠΜΣ είναι η γνωριμία του τομέα των N&N όχι μόνο στους φοιτητές και τους επιστήμονες που ενδιαφέρονται να ασχοληθούν ερευνητικά στο χώρο αυτόν, αλλά και στο ευρύ κοινό, αφού πολλές από τις εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας χρησιμοποιούνται ήδη στην καθημερινή μας ζωή, και ακόμη περισσότερες θα χρησιμοποιηθούν στο εγγύς μέλλον. Μία σύντομη περιγραφή για την ενημέρωση σχετικά με τις πιο πρόσφατες δραστηριότητες του ΔΠΜΣ N&N παρουσιάζεται στις επόμενες σελίδες.

#### Ημερίδα N&N - Οι πρώτοι απόφοιτοι

Την Τρίτη 13 Ιουλίου 2004 διοργανώθηκε μία ημερίδα στις N&N. Η ημερίδα ξεκίνησε με 3 ομιλίες από διακεκριμένους καλεσμένους:

1. Nanoscale Surface Mechanics and Structure Analysis (Prof. K. Komvopoulos - University of Berkeley, California)
2. Low-Dimensional Semiconductors for Nanodevices (Δρ. Ανδ. Νασιοπούλου - Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. Δημόκριτος)
3. A paradigm in Nanobiotechnology (Καθ. Ι. Μισιρλής - Πανεπιστήμιο Πατρών)

Ακολούθησε η παρουσίαση της διπλωματικής εργασίας του πρώτου αποφοίτου του N&N Κ. Σαρακίνου, με θέμα:

“Ανάπτυξη & Μελέτη υπερπλεγματικών υμενίων CrN/TiN”.

### Εκδήλωση υποδοχής πρωτοετών σπουδαστών N&N και δίκτυο NANONET

Στις 19 Οκτωβρίου 2004 πραγματοποιήθηκε εκδήλωση υποδοχής των πρωτοετών σπουδαστών του ΔΠΜΣ N&N. Επίσης η εκδήλωση συμπεριλάμβανε συζήτηση για την συμβολή του δικτύου NanoNeT στην έρευνα και την εκπαίδευση. Επιπλέον έγινε η παρουσίαση τριών διπλωματικών εργασιών με τα ακόλουθα θέματα:

1. Thin Films Technology. Future Development and Predictions. (B. Γεωργαλής)
2. Μελέτη της τροποποίησης της επιφάνειας πολυμερών με χρήση πλάσματος για βιοϊατρικές εφαρμογές. (Μ. Παπαϊωάννου)
3. Καθήλωση του ενζύμου λύαση της πηκτίνης. (Σ.Χαϊτίδου)
4. Παραγωγή βιοαποικοδομήσιμων πολυμερών στο θερμοφίλο βακτήριο *Thermus thermophilus*. (Χ. Παπανεοφύτου)



Εικ.1 Συζήτηση στρογγυλής τράπεζας κατά τη διάρκεια της ημερίδας. Συμμετείχαν οι: κ.Μισιρλής Ι., καθηγητής του Τμήματος Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πάτρας, κ. Κομβόπουλος Κ., καθηγητής στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, University of California Berkeley, κ. Κυριακίδης, καθηγητής Τμήματος Χημείας Α.Π.Θ., κ. Βαρσάνο Ι., εταιρεία Union Optic, Παπαχρήστου Β., εταιρεία BIC-Violex και κα Νασιοπούλου Ανδ., ερευνήτρια Α', Διευθύντρια του Ινστιτούτου Μικροηλεκτρονικής του Δημόκριτου. Τη συζήτηση συντόνισε ο καθ. Σ. Λογοθετίδης, Διευθυντής του ΔΠΜΣ N&N.

## Εκδήλωση για τα 2 χρόνια του N&N

Στις 29 Ιανουαρίου 2005 έλαβε χώρα μία εκδήλωση για τα 2 επιτυχημένα χρόνια λειτουργίας του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών 'Νανοεπιστήμες & Νανοτεχνολογίες'.

Στα πλαίσια αυτής της εκδήλωσης έγινε και η παρουσίαση 3 διπλωματικών / ερευνητικών εργασιών μεταπτυχιακών φοιτητών του ΔΠΜΣ N&N με τους ακόλουθους τίτλους:

1. Μελέτη βιοσυμβατότητας υμενίων νανοδομημένου υδρογονωμένου άνθρακα με την τεχνική της φασματοσκοπικής ελλειψομετρίας. (Σ. Λουσιγιάν)
2. Νανοδομικός χαρακτηρισμός και μελέτη λεπτών και πολυστρωματικών υμενίων με ηλεκτρονική μικροσκοπία διερχόμενης δέσμης υψηλής διακριτικής ικανότητας. (Δ. Παπαπέτρος)
3. Κατασκευή και έλεγχος πολυστρωματικών άμορφων υμενίων SiO/SiO<sub>2</sub> και ναοκρυστάλλων Si σε μήτρα SiO<sub>2</sub>. (Ν. Χατζιάρας)

## Θέματα έρευνας του N&N

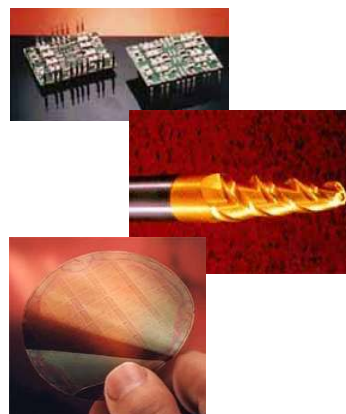
Το ΔΠΜΣ 'N&N' έχει 3 κατευθύνσεις:

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

Τα θέματα έρευνας (projects) ή οι διπλωματικές εργασίες των σπουδαστών του N&N που βρίσκονται αυτή τη στιγμή σε εξέλιξη παρουσιάζονται παρακάτω ανά κατεύθυνση:

## Τεχνολογία Λεπτών Υμενίων & Νανοτεχνολογία

- Ανάπτυξη και μελέτη νανοδομών & νανοσωλήνων άνθρακα με την τεχνική magnetron sputtering
- Ανάπτυξη και μελέτη μικροδομικών και μηχανικών ιδιοτήτων μονοστρωματικών και πολυστρωματικών υμενίων TiN/CrN, TiN/ZrN και νανοσύνθετων υλικών με βάση τον άνθρακα
- Μελέτη δυναμικής αλληλεπίδρασης του διεγέρτη Scanning Probe Microscope με την επιφάνεια των υλικών. Προσδιορισμός των νανομηχανικών ιδιοτήτων και της τοπογραφίας επιφανειών και εφαρμογή στην SPM νανολιθογραφία
- Large scale applications on soft substrates. From metalization to encapsulation of OPVs and OLEDs
- Surface modification and fictionalisation of polymer films.
- Investigation of group IV semiconductors embedded in thin films of metal oxides for nanoelectronics & optoelectronics applications.



Εικ.2 Μερικές από τις εφαρμογές της Τεχνολογίας Λεπτών Υμενίων στη Μικροηλεκτρονική και στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, και στην επιφανειακή κατεργασία για την προστασία υλικών και συστημάτων.



Εικ.3 Σύστημα εναπόθεσης λεπτών υμενίων και επικαλύψεων.

- Μαθηματική Προσομοίωση Κυψελοειδών Αντιδραστήρων: Αλληλεπιδράσεις Φαινομένων Μεταφοράς και Χημικής Κινητικής σε Νανοκαταλυτικά Υποστρώματα
- Anomalous diffusion in nano-structures using computer simulation methods
- Μελέτη νανομηχανικών ιδιοτήτων πολυμερικών μεμβρανών (όπως PET, PEN/PET, o-PA, o-PP) και συστημάτων με καλές ιδιότητες φραγμού: Πείραμα και θεωρία
- Calculations for Ellipsometry & AFM: Theory & Modelling of Surface Morphology and Roughness of flexible anisotropic materials
- Nanoparticle Synthesis via Aerosol Spray Pyrolysis (ASP)
- Spin off Companies related to Nanotechnology: Case Studies

## Νανοβιοτεχνολογία

- Μελέτη αντιβακτηριδιακών ιδιοτήτων υμενίων άνθρακα ανεπτυγμένων σε υπόστρωμα μεμβρανών PET
- Μελέτη μηχανισμών προσρόφησης βιολογικών μορίων με SPM τεχνικές σε υποστρώματα για stents και άλλες βιοϊατρικές εφαρμογές
- Χαρτογράφηση κλωνοποιημένων τμημάτων του γονιδιώματος του στελέχους S του ιού έρπητα απλού τύπου 1
- Δομικές μελέτες κολλαγόνου σε ζώα με συμπτωματολογία λαθουρισμού χρησιμοποιώντας τεχνικές Υγρής Χρωματογραφίας Υψηλής Πίεσης (HPLC), ηλεκτρονικής μικροσκοπίας και οπτικό μικροσκόπιο
- Μέτρηση δυνάμεων απόσπασης νεοσυντιθέμενης πρωτεΐνης σε κύτταρα E.coli με την βοήθεια Οπτικών Λαβίδων (optical tweezers) και Μικροσκοπίας Ατομικών Δυνάμεων (AFM)
- Νανοσυστοιχίες πολυμερών για ακινητοποίηση βιομορίων. Εφαρμογή στο ένζυμο συνθάση των πολυϋδροξυ-αλκανοϊκών (PHA synthase)
- Γενετική ποικιλομορφία του παράγοντα πήξης του αίματος IX με τη χρήση μικροδορυφορικού DNA
- Νανοαποτύπωση βιομορίων σε πολυμερικούς φορείς για επιλεκτική αναγνώριση και διαχωρισμό

#### Δίκτυο NanoNeT

Οι δραστηριότητες του N&N, εκπαιδευτικές κι ερευνητικές, ενισχύθηκαν με τη δημιουργία του Θεματικού Δικτύου Έρευνας NanoNeT, το οποίο λειτουργεί, από το Σεπτέμβριο του 2003, που χρηματοδοτείται από την Επιτροπή Ερευνών του Α.Π.Θ.

Σκοπός του δικτύου είναι η δημιουργία ενός πυρήνα που θα συντονίζει τις υπηρεσίες των εργαστηρίων του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσ/νίκης (ΑΠΘ), που δραστηριοποιούνται στις περιοχές των Νανοεπιστημών και Νανοτεχνολογιών, με στόχο τη συνεχή διεύρυνση του αρχικά στο ΑΠΘ και στη συνέχεια στον Ελλαδικό χώρο και την ενίσχυση των δεσμών του με την παραγωγή.

Η διεύθυνση στο διαδίκτυο είναι: [www.auth.gr/nanonet](http://www.auth.gr/nanonet)

Καθώς η περιοχή των N&N έχει διεπιστημονικό χαρακτήρα, σημαντικός είναι ο ρόλος του μεγάλου και αυξανόμενου αριθμού των εργαστηρίων από Πανεπιστήμια και Ινστιτούτα της Ελλάδας και του εξωτερικού που συνεργάζονται στα πλαίσια του ΔΠΜΣ N&N και του θεματικού δικτύου NanoNet. Αυτά, μέχρι τώρα, είναι τα εξής:

#### Τμήμα Φυσικής του Α.Π.Θ.

- Εργαστήριο Λεπτών Υμενίων-Νανοσυστημάτων & Νανομετρολογίας (LTFN)
- Εργαστήριο Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας
- Εργαστήριο Οπτικών Ιδιοτήτων και Φασματοσκοπίας

- Εργαστήριο Κρυσταλλοδομής

#### Τμήμα Χημείας του Α.Π.Θ.

- Εργαστήριο Βιοχημείας
- Εργαστήριο Φυσικοχημείας
- Εργαστήριο Αναλυτικής Χημείας
- Εργαστήριο Οργανικής Χημικής Τεχνολογίας

#### Τμήμα Βιολογίας του Α.Π.Θ.

- Εργαστήριο Γενικής Μικροβιολογίας
- Εργαστήριο Γενικής Βιολογίας & Ταυτοποίησης Γενετικού Υλικού

#### Γενικό Τμήμα της Πολυτεχνικής Σχολής του Α.Π.Θ.

- Εργαστήριο Μηχανικής και Υλικών

#### ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος

- Ινστιτούτο Μικροηλεκτρονικής
- Ινστιτούτο Επιστήμης Υλικών

#### Τμήμα Μηχανολόγων & Αεροναυπηγών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πάτρας

- Εργαστήριο Εμβιομηχανικής και Βιοϋλικών

#### ΕΚΕΤΑ

- Ινστ. Τεχνικής Χημικών Διεργασιών (ΙΤΧΗΔ)

#### Τμήμα Φυσικής του Πανεπιστημίου Κρήτης

- Εργαστήριο Επιστήμης Πολυμερών

#### Τμήμα Φυσικής του Πανεπιστημίου Βελιγραδίου

- Εργαστήριο Νανοδομών

#### Ορισμένα Συνέδρια σχετικά με το N&N

Το ΔΠΜΣ παρακολουθεί και συμμετέχει ενεργά σε διάφορα συνέδρια σχετικά με τον τομέα των N&N. Με τον τρόπο αυτόν ενημερώνεται διαρκώς για τις ραγδαίες εξελίξεις, αλλά έχει και τη δυνατότητα να τις ακολουθήσει και να τις διαμορφώσει. Παρακάτω αναφέρονται ορισμένα σχετικά συνέδρια με το ΔΠΜΣ N&N που θα λάβουν χώρα τους επόμενους μήνες:

**15-19 Μαΐου:** ADC – NanoCarbon (Chicago)

<http://nano.anl.gov/ADC2005>

**24-27 Μαΐου:** Nanomeeting 2005 (Belarus)

<http://www.nanomeeting.org>

**31 Μαΐου - 3 Ιουνίου:** EMRS Spring Meeting (Strasbourg) <http://www-emrs.c-strasbourg.fr>

**7-9 Σεπτεμβρίου:** ICSC – nanoSMat 2005 (Portugal)

<http://www.mec.ua.pt/ICSCNM>

**11-15 Σεπτεμβρίου:** 19<sup>th</sup> European Conference on Biomaterials (Italy) <http://www.esb2005.it/>

**13-15 Σεπτεμβρίου:** Nanofair 2005 (Switzerland)

[http://www.nanofair.ch/wDeutsch/messen/nanofair/wEnglisch/04\\_besucher/home/home.asp](http://www.nanofair.ch/wDeutsch/messen/nanofair/wEnglisch/04_besucher/home/home.asp)

Το ΔΠΜΣ N&N, μέσω των δραστηριοτήτων του, προσπαθεί να βελτιώνεται συνεχώς, ώστε να μπορεί να πραγματοποιήσει το σκοπό του · την “παραγωγή” ικανών επιστημόνων και ερευνητών, ώστε να κάνουν γνωστό και να προωθήσουν τον ελπιδοφόρο τομέα των N&N στην Ελλάδα, καθώς και να πετύχουν την

ισότιμη συμμετοχή της Ελληνικής Παιδείας και Αριστείας με την περιβάλλουσα διεθνή.

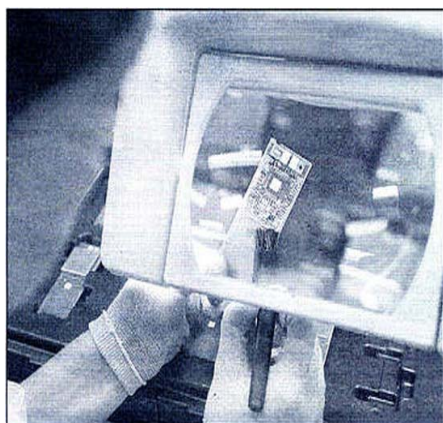
Κατρανίδης Αλέξανδρος,  
Μεταπτυχιακός Φοιτητής Δ.Π.Μ.Σ «Νανοεπιστήμες & Νανοτεχνολογίες»  
4<sup>ο</sup> εξάμηνο

## 2. Μεγάλες διαστάσεις παίρνει η Νανοκλίμακα...



Εικ.4 «Διακρίσεις σε Διεθνές Επίπεδο» *Αγγελιοφόρος της Κυριακής*, 23/11/2003

17 Φεβρουαρίου 2003: Ημέρα έναρξης του Διεπιστημονικού - Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στις Νανοεπιστήμες και Νανοτεχνολογίες. Η έναρξη και μόνον αυτού του – καινοτόμου για τα ελληνικά αλλά και ευρωπαϊκά δεδομένα – Μεταπτυχιακού Προγράμματος προκάλεσε την άμεση απόκριση των έντυπων μέσων



Εικ.5 «Εισβολή Νανοτεχνολογίας» *Μακεδονία της Κυριακής*, 5/9/2004

μαζικής ενημέρωσης. Μία εβδομάδα αργότερα, εμφανίστηκε στην τοπική εφημερίδα **Μακεδονία της Κυριακής** το πρώτο δημοσίευμα με αναφορά στη Νανοτεχνολογία και στους επιμέρους τομείς της, αλλά και στη φιλοσοφία της διεπιστημονικότητας που χαρακτηρίζει τις Νανοεπιστήμες, συνεπακόλουθα δε και το συγκεκριμένο πρόγραμμα. Έκτοτε, κατά τη διάρκεια της διετούς λειτουργίας του μεταπτυχιακού, ο τύπος παρακολουθεί την επιστημονική πρόοδο που πραγματοποιείται μέσα στα εργαστήρια των διοργανωτών τμημάτων, καθώς αριθμός δημοσιευμάτων αναφέρονται στα ερευνητικά επιτεύγματα και στη σύνδεση αυτών με την παραγωγή.

Αρχικά, οι εφημερίδες της πόλης της Θεσσαλονίκης, και στη συνέχεια, ολόκληρης της χώρας, δημοσίευσαν εκτενείς αναφορές στις ήδη υπάρχουσες και στις

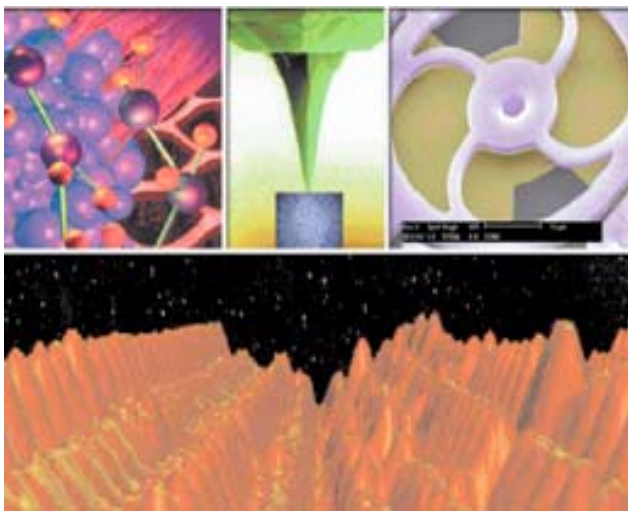
αναμενόμενες τεχνολογικές εφαρμογές, στα προφανή οφέλη που θα επιφέρει η ανάπτυξη των Νανοεπιστημών & Νανοτεχνολογιών στην εγχώρια πραγματικότητα, αλλά και στη διεθνή συμβολή και αναγνώριση των ελλήνων επιστημόνων που ειδικεύονται στους παραπάνω τομείς.

Εύλογο το ενδιαφέρον του τύπου, αν αναλογιστεί κανείς ότι για την έρευνα στο ευρύ πεδίο των Νανοεπιστημών, αφενός απαιτείται στενή συνεργασία μεταξύ πολλών και διαφορετικών επιστημονικών τομέων, αφετέρου προκύπτουν πολυάριθμες και ποικίλες εφαρμογές, οι οποίες αγγίζουν σχεδόν όλες τις πτυχές της καθημερινής ζωής του ανθρώπου. Σε δημοσίευμα της εφημερίδας **Μακεδονία της Κυριακής** αναφέρεται πως με χρήση της Νανοτεχνολογίας και της Νανομηχανικής δημιουργούνται υλικά για Βιοτεχνολογικές εφαρμογές. Σε μία σύντομη μόνο φράση γίνεται προφανές το εύρος των επιστημών του νάνο.

Σε ανάλογο δημοσίευμα της εφημερίδας **Θεσσαλονίκη** επισημαίνεται η ανάγκη της ταχείας ανάπτυξης εξειδικευμένου ανθρώπινου δυναμικού στη χώρα μας, προκειμένου η Ελλάδα να «προλάβει το τρένο της τεχνολογίας» όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται. Η Αμερική, η Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά και οι ασιατικές χώρες, μεταξύ άλλων, έχουν ήδη επενδύσει σημαντικά ποσά, και η Ελλάδα καλείται να παράγει επιστήμονες, ικανούς να συμβάλλουν στην παγκόσμια έρευνα, προσελκύνοντας και διατηρώντας τα αντίστοιχα κεφάλαια στον ελληνικό χώρο. Επιπλέον, τα επικείμενα οφέλη από τις νανοτεχνολογικές εφαρμογές έχουν ήδη προσελκύσει το ενδιαφέρον ελληνικών επιχειρήσεων, συνέπεια τούτου η διαρκώς αυξανόμενη αναζήτηση για εξειδικευμένα στελέχη στους εν λόγω τομείς. Η Ευρωπαϊκή Ένωση προωθεί ήδη ένα ενημερωτικό φυλλάδιο με τίτλο “**Nanotechnology: Innovation for tomorrow’s world**”, με στόχο την ενημέρωση του ευρωπαϊού πολίτη για τη Νανοτεχνολογία και τις καθημερινές εφαρμογές της.

Μέσω της έναρξης του Μεταπτυχιακού Προγράμματος, ο τύπος έφερε το μη-εξειδικευμένο ελληνικό κοινό σε επαφή με το αντικείμενο της Νανοτεχνολογίας. Πολύ γρήγορα όμως, η προσοχή του τύπου στράφηκε στις εξελίξεις που συνοδεύουν εν παραλλήλω τη λειτουργία του Μεταπτυχιακού και στις προοπτικές που διανοίγονται μέσα από αυτήν. Στο τέλος του ιδίου έτους, η εφημερίδα **Αγγελιοφόρος της Κυριακής** δημοσίευσε κείμενο με θέμα τη διεθνή διάκριση του ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος ISOTECH, του οποίου το συντονισμό και την επιστημονική ευθύνη είχε το Εργαστήριο Λεπτών Υμενίων – Νανοσυστημάτων και Νανομετρολογίας (LTFN), με τη συμμετοχή ενός γερμανικού ινστιτούτου, δύο ελληνικών και τριών ευρωπαϊκών εταιριών. Στην ερευνητική ομάδα του εργαστηρίου συμμετέχουν και τέσσερις μεταπτυχιακοί φοιτητές.

Στα μέσα του 2004, στην ίδια εφημερίδα, δημοσιεύτηκε κείμενο με αφορμή τη διεξαγωγή ημερίδας με θέμα “**Οι πρώτοι απόφοιτοι, ελληνικά δίκτυα και προοπτικές**”, στα πλαίσια της οποίας παρουσιάστηκαν οι διπλωματικές εργασίες των πρώτων αποφοίτων του Μεταπτυχιακού και οι τελευταίες εξελίξεις στις Νανοεπιστήμες και τις Νανοτεχνολογίες. Αρκετές από τις εργασίες των μεταπτυχιακών φοιτητών παρουσιάστηκαν σε συνέδρια και οι μεταπτυχιακοί ερευνητές αλλά και οι υποψήφιοι διδάκτορες που εργάζονται στο Εργαστήριο Νανοτεχνολογίας έχουν την ευκαιρία να εκπονήσουν τις εργασίες τους συμμετέχοντας παράλληλα και σε διάφορα προγράμματα για εταιρίες, όπως δημοσιεύτηκε και από την εφημερίδα **Μακεδονία της Κυριακής**. Στο ίδιο κείμενο αναπτύσσονται τα πιθανά πεδία εφαρμογής των Νανοτεχνολογιών στην Ελλάδα με έμφαση στο σχετικά μικρό κόστος που απαιτείται για τη δημιουργία συναφών εταιριών.

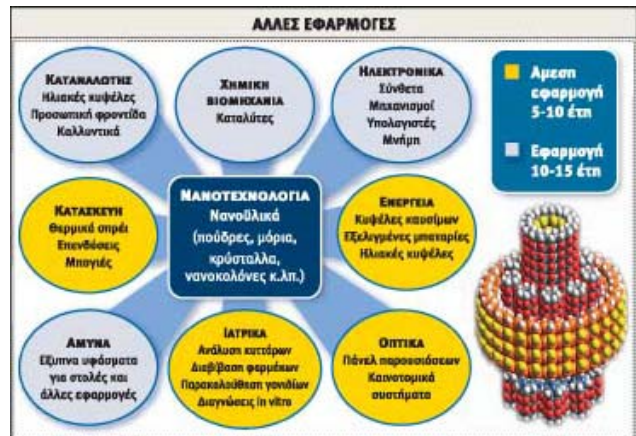


Εικ.6 «Κέντρο Ανάπτυξης της Νανοτεχνολογίας το ΑΠΘ» **Κέρδος**, 24/08/2004

Το θεματικό δίκτυο έρευνας NANONET αποτέλεσε το αντικείμενο εκτενούς δημοσιεύματος της εφημερίδας **Κέρδος**, όπου αναλύονται μεταξύ άλλων η πορεία και οι προοπτικές του δικτύου, καθώς και οι παρεχόμενες εξ αυτού υπηρεσίες. Γίνεται αναφορά στην ειδική έρευνα για την ανάπτυξη των νανοτεχνολογιών στη Βόρεια Ελλάδα, την οποία πραγματοποίησε το δίκτυο NANONET για λογαριασμό της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας. Σημειώνεται επιπλέον η αλματώδης αύξηση στην αγορά των προϊόντων Νανοτεχνολογίας, η οποία αναμένεται στην προσεχή δεκαετία να εγγίζει το 1 τρισ. ευρώ. Η “Θεσσαλονίκη της γνώσης και της εξωστρέφειας”, όπως γράφει η εφημερίδα **Ελευθεροτυπία**, έχει ήδη θέσει τα θεμέλια για την ενεργό ενσωμάτωση των προϊόντων αυτών στην ελληνική αγορά.

Στην εφημερίδα **Απογευματινή της Κυριακής** αποδίδονται με χαρακτηριστικό τρόπο οι προσδοκίες που υπάρχουν για τις μακροπρόθεσμες παροχές των Νανοεπιστημών και της Νανοτεχνολογίας στον άνθρωπο. “**Ένας αόρατος φύλακας – άγγελος του ανθρώπου**” γράφει η δημοσιογράφος, και προχωρά

στην λεπτομερή περιγραφή των προϊόντων που οραματίζονται οι επιστήμονες. Όπως όμως επισημαίνεται στο δημοσίευμα, κάποια από τα προϊόντα της Νανοτεχνολογίας ήδη κυκλοφορούν, ενώ η πληθώρα αυτών που θα προκύψουν θα κρατάει ζωντανό το ενδιαφέρον του τύπου – και όλων μας – για πολλά χρόνια...



Εικ.7 «Ένας αόρατος φύλακας – άγγελος του ανθρώπου» **Απογευματινή της Κυριακής**, 6/3/2005

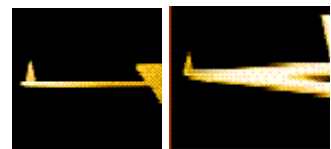
Ντίκα Μαρίνα,  
Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια Δ.Π.Μ.Σ. «Νανοεπιστήμες & Νανοτεχνολογίες»  
2<sup>ο</sup> εξάμηνο

### 3. Scanning Probe Microscopy στο LTFN

Οι δραστηριότητες γύρω από Τεχνικές Μικροσκοπίας Σάρωσης Διεγέρτη (Scanning Probe Microscopy-SPM) ξεκίνησαν στο Εργαστήριο Λεπτών Υμενίων, Νανοςυστημάτων & Νανομετρολογίας – LTFN, το Φθινόπωρο 2003, όταν εγκαταστάθηκε το πρώτο SPM, από την εταιρεία “NT-MDT, *Molecular Devices and Tools for NanoTechnology*”.



Εικ.8 Solver P47 SPM



Εικ.9 SPM probes (ορθογώνιο & τριγωνικό cantilever)

Ερευνητές και χρήστες των δυνατοτήτων των τεχνικών είναι οι Υποψήφιοι Διδάκτορες, Γραβιλιδής Χριστόφορος & Κασσαβέτης Σπυρίδων, και ο Μεταπτυχιακός Φοιτητής Μητσακάκης Κωνσταντίνος.

Το όργανο αρχικά επέτρεπε τις εξής λειτουργίες:

➤ **Μικροσκοπία Ατομικών Δυνάμεων** (Atomic Force Microscopy-AFM): Η αρχή λειτουργίας βασίζεται στην ανίχνευση (sensing) δυνάμεων επαγόμενων από την επιφάνεια σε έναν διεγέρτη (probe), χαρτογραφώντας έτσι τη μορφολογία της επιφάνειας και την επιφανειακή τραχύτητα του δείγματος.

➤ «Ακουστική» Μικροσκοπία Ατομικών Δυνάμεων (Atomic Force Acoustic Microscopy-AFAM): Η δυνατότητα αυτής της λειτουργίας παρέχεται με μια extra συσκευή (Εικ.14), η οποία υπό τη διέγερση εναλλασσόμενου ρεύματος δημιουργεί ακουστικά κύματα που διαδίδονται στο δείγμα. Καθώς ο διεγέρτης του μικροσκοπίου βρίσκεται σε επαφή με το δείγμα, η ταλάντωση στην οποία τίθεται είναι συνάρτηση των μηχανικών ιδιοτήτων του δείγματος, τις οποίες, με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να καταγράψει.

➤ Τράπεζα Υψηλής Θερμοκρασίας. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η δυνατότητα θέρμανσης των δειγμάτων ως 130°C και διερεύνησης τυχόν αλλαγών που προκαλούνται στη δομή σε ατομικό επίπεδο (Εικ.16).

**Πρώτη αναβάθμιση του οργάνου** έγινε τον Ιανουάριο 2004, κατά την οποία προστέθηκε ο ακόλουθος εξοπλισμός:

□ **Βάση για μετρήσεις Υψηλής Διακριτικής Ικανότητας (High-Resolution Base) με την αντίστοιχη κεφαλή γενικής χρήσεως (Universal Scanning Head):** Με τη χρήση αυτής της νέας τράπεζας γίνεται εφικτή η λήψη εικόνων με διακριτική ικανότητα της τάξεως των μερικών nm, όπως για παράδειγμα μπορούν να διακριθούν ατέλειες τύπου “step”.

□ **Liquid Cell:** Πρόκειται για ένα κλειστό κελί το οποίο επιτρέπει μετρήσεις σε υγρό περιβάλλον (Εικ.15).

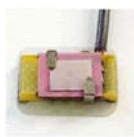
□ **Thermal Stage:** Πρόκειται για ένα κλειστό κελί το οποίο επιτρέπει μετρήσεις σε υγρό περιβάλλον (Εικ.16).



Εικ.14 AFAM



Εικ.15 Liquid Cell



Εικ.16 Thermal Stage

### Η θέση των SPM τεχνικών στο εργαστήριο χαρακτηρισμού του LTFN

Τα οφέλη από τη χρήση αυτών των τεχνικών ως τώρα υπήρξαν πολλά. Η χρήση του ως μια συμπληρωματική, προς άλλες, τεχνική το καθιστά κάτι παραπάνω από αναγκαίο. Πιο συγκεκριμένα, ως όργανο που χρησιμοποιεί μηχανικό διεγέρτη, μπορεί να μετρήσει νανομηχανικές ιδιότητες και να συνδυαστεί με το Nanoindenter, για αμφίδρομο έλεγχο και σύγκριση των αποτελεσμάτων.

Επιπλέον, επειδή μια από τις βασικές ιδιότητες που μετρώνται με AFM είναι η επιφανειακή τραχύτητα, μπορεί ως τεχνική να δουλέψει παράλληλα με τις ακτίνες X. Συγκεκριμένα, η σκέδαση ακτίνων X (Xray Diffuse Scattering – XDS) είναι μια τεχνική που δίνει αποτελέσματα για την επιφανειακή τραχύτητα και έτσι μπορεί αυτές οι δυο τεχνικές να «ανταλλάζουν απόψεις».

Φαίνεται λοιπόν ότι οι προεκτάσεις του οργάνου και η ίδια η φύση του, επιτρέπουν τη συνδυασμένη χρήση του με άλλες μεθόδους χαρακτηρισμού ώστε τελικά τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι πιο ακριβή, αξιόπιστα και τεκμηριωμένα.

### Προοπτικές που ανοίγονται με το SNOM

Η επόμενη «έκρηξη αναβάθμισης» των τεχνικών SPM στο Εργαστήριο LTFN έχει ήδη

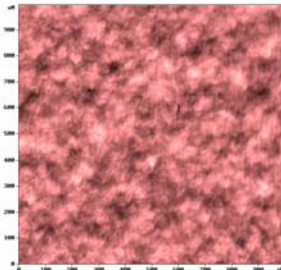
γίνει. Πρόκειται για μια επέκταση των δυνατοτήτων του σε μελέτη οπτικών ιδιοτήτων. Για το σκοπό αυτό, αγοράστηκε το σύστημα Scanning Near-Field Optical Microscope (SNOM).

Το SNOM ανήκει επίσης στη γενική κατηγορία των SPM, με κάποιες διαφοροποιήσεις ασφαλώς. Ο ανιχνευτής πλέον δεν είναι ένας απλός μηχανικός διεγέρτης, αλλά

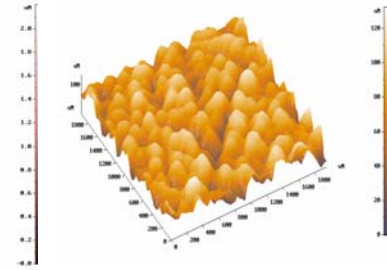
μια οπτική ίνα η οποία φέρει φως σε μια πολύ μικρή περιοχή του δείγματος, της τάξης των μερικών δεκάδων nm. Η ιδιαιτερότητά του που το κάνει ανταγωνιστικό στη νανοκλίμακα είναι η οπτική του κοντινού πεδίου, με την οποία αποτρέπονται φαινόμενα περίθλασης και όρια διακριτικής ικανότητας που οφείλονται σε αυτή.

Αναπόσπαστο τμήμα του SNOM είναι το Οπτικό Μικροσκόπιο Olympus. Το μικροσκόπιο αυτό εξυπηρετεί τις τρεις βασικές λειτουργίες του SNOM, οι οποίες είναι οι εξής:

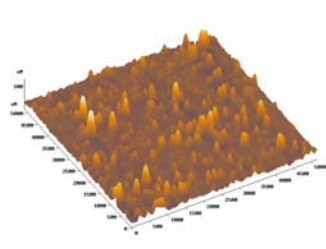
1. **Ανάκλαση (Reflection)**, κατά την οποία η ανακλώμενη από το δείγμα, δέσμη, δίνει πληροφορίες για τις οπτικές ιδιότητες της επιφάνειας. Χρησιμοποιείται, επομένως, για αδιαφανή δείγματα.
2. **Διέλευση (Transmission)**. Στην περίπτωση αυτή οι οπτικές ιδιότητες αφορούν και το εσωτερικό του υλικού (όχι μόνο την επιφάνεια) οπότε το δείγμα πρέπει να είναι διαφανές.



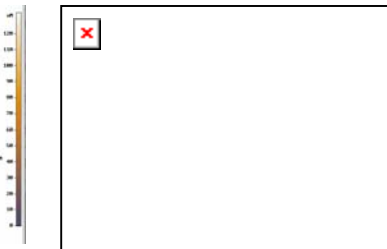
Εικ.10 Λεπτό υμένιο άμορφου υδρογονωμένου άνθρακα (a-C:H) (1x1μm)



Εικ.11 Plasma Treated PC(2x2μm)



Εικ.12 PET(5x5μm)



Εικ.13 Phase Image από Human Serum Albumin (HSA)/a:C-H (1x1μm)

3. **Φθορισμός (Fluorescence):** Η δυνατότητα φθορισμού παρέχεται και στην ανάκλαση και στη διέλευση.

Το οπτικό μικροσκόπιο Olympus είναι εξοπλισμένο με μια CCD camera και έχει τη δυνατότητα να λειτουργήσει και μόνο του, χωρίς απαραίτητα να γίνει χρήση του SNOM.



Εικ.17 Ntegra System



Εικ. 18 SNOM & Οπτικό Μικροσκόπιο Olympus

### Υλικά που μελετώνται με SPM

Η ποικιλία τεχνικών και εξαρτημάτων, προσφέρει τη δυνατότητα έρευνας σε ένα μεγάλο εύρος υλικών. Έτσι, η «γκάμα» περιλαμβάνει ανόργανα υμένια για μελέτη των νανομηχανικών τους ιδιοτήτων και ιδιότητες πρόσφυσης σε αυτά (Εικ.10). Επέκταση αυτού του είδους μετρήσεων γίνεται σε πολυμερικές μεμβράνες, οι οποίες είναι υλικά που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής μια που είναι ευάλωτα και μπορεί εύκολα να καταστραφούν (Εικ.11-13). Επιπλέον, η ικανότητα να γίνονται μετρήσεις σε υγρό περιβάλλον με το Liquid Cell προσφέρει το πλεονέκτημα μελέτης βιολογικών δειγμάτων στο φυσικό τους περιβάλλον, διατηρώντας έτσι τη λειτουργικότητά τους.

Με το νέο σύστημα, SNOM, που αναμένεται να εγκατασταθεί στο εργαστήριο, οι οπτικές μετρήσεις θα επικεντρωθούν σε βιολογικά δείγματα (με ή χωρίς φθορισμό) αλλά και σε πολυμερή όπου θα μπορεί να μελετηθεί η οπτική τους απόκριση στη νανοκλίμακα. Τέλος, θα καταστεί δυνατό να διερευνηθεί η οπτική συμπεριφορά νανοδομών (η οποία συμπεριφορά ενδέχεται να είναι εντελώς διαφορετική από αυτή των αντίστοιχων bulk υλικών).

### Μελλοντικά βήματα

Τελευταίο στάδιο μεγάλης αναβάθμισης του οργάνου αναμένεται να αποτελέσει η διεύρυνσή του στο χαρακτηρισμό ηλεκτρικών ιδιοτήτων υλικών, οπότε πλέον θα διαθέτει και λειτουργία Scanning Tunneling Microscope. Γίνεται έτσι ένα ισχυρό σύστημα πολλαπλής χρήσης και σύνθετων λειτουργιών που ουσιαστικά «αγγίζει» το νανόκοσμο.

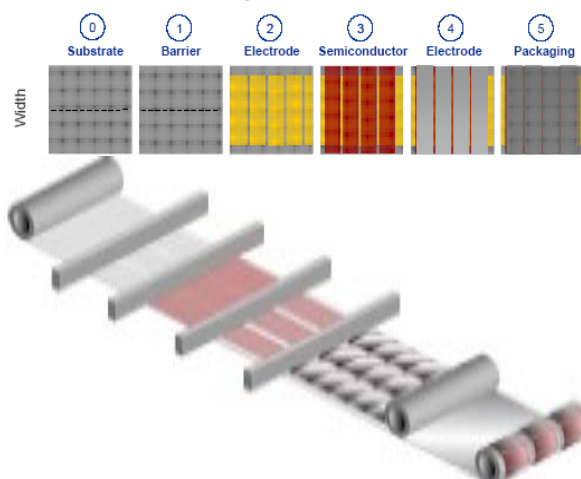
*Μητσακάκης Κωνσταντίνος,  
Μεταπτυχιακός Φοιτητής Δ.Π.Μ.Σ. «Νανοεπιστήμες & Νανοτεχνολογίες»,  
4<sup>ο</sup> εξάμηνο*

## 4. FLEXONICS Project

For many years the revolutionary silicon technology ruled over industries and patents, fast and compact PCs, electronics that make our life easier, renewable energy devices etc. But silicon has its own potentials.

Today it has reached its lower limits, making scientists and industries to look for a better and cheaper technology. A technology that can handle with people's needs.

**Flexible electronics** seemed to be a good solution to silicon problem giving, theoretical at least, devices that can be more functional and much cheaper. It is so attracting to have a display panel that can be rolled and placed inside our briefcase. Many laboratories have demonstrated devices that use flexible electronics. So the next step is the commercial application of all these. But there is a real big problem that has to be solved. Flexible electronics brought forward the problem of encapsulation. Oxygen and vapor permeability results to degradation of the devices giving them small lifetime and making them unproductive. **Flexible Electronic Devices (FEDs)** will have a major impact on our daily life given that we will manage to encapsulate them into transparent, ultra-high barrier, flexible materials, which provide protection against oxygen and vapor, long-term stability and endurance. The realization of such materials, compatible with roll-to-roll (r2r) production processes will allow effective large-area FEDs production (Εικ. 19).



Εικ. 19. Roll-to-roll production of OPVs

That's the main driving force of the project called **FLEXONICS**. A European Commission funded project, coordinated by LTFN with the participation of other two research institutes and six European industries. **Flexible, customized opto- & electronic devices (FEDs)** for communication and visualizing of information, and for generation of electricity through renewable sources (based for example on organic light emitters –OLEDs and organic PV modules, respectively) will have a major impact on our daily life. While there have been numerous research projects dedicated to the fundamentals & to the performance improvement of single OLED & OPV devices, little research was undertaken to provide industry with the necessary material systems and processes to allow the cost-effective production of complete FEDs. A missing process step, essential for the development and reliability of FEDs is their encapsulation into a transparent polymeric medium

that will protect FEDs against atmospheric oxygen & water-moisture, which are harmful for their performance & long-term stability. Also the appropriate flexible materials, which exhibit the required exceptional barrier and optical properties, and are compatible with a large scale encapsulation process are not available. This is a severe gap as these innovative products can only exploit their full potential if produced on flexible substrates by large scale roll-to-roll (r2r) conversion processes, using polymer films in rolls up to 3 meters of width and some km of length. Single polymer films exhibit the highest permeability values (upper right), and are just sufficient for food packaging applications. The deposition of one single inorganic layer increases their barrier by more than 2 orders of magnitude. This leads to the indicated industrial high barrier standards presently achieved for transparent flexible materials via r2r processes. Experimental combinations of different functional layers allow for an improvement of another factor of 1000. However, the requirements in oxygen & water vapor transmission for FEDs ask for values lower by another 3 orders of magnitude. These cannot be obtained by any of the current r2r processes.



To overcome this deficit, **FLEXONICS** will develop the required material systems, processes & their process control for the production of transparent flexible encapsulation materials for the new generation of FEDs, with emphasis to the ultra-barrier films, and will link the traditional r2r polymer film conversion industry & current optoelectronics industry.



(Source: Siemens)

The **first meeting** of **FLEXONICS** took place on **March the 7<sup>th</sup>**. At this meeting the partners of the project discussed and placed the first goals of **FLEXONICS**. They agreed that the main **objectives** of the project should be the following:

**a.** To develop novel ultra barrier material systems in multilayer form (with individual layer thicknesses of a few nm), consisting of preferably not more than 2 pairs of functional layers. In addition, the layer systems have to be highly optically transparent in the visible spectral range for OLEDs and in the NIR - UV range for OPVs.

**b.** To establish physical and chemical processes suitable for the deposition of ultrahigh barrier layer systems and to adapt the appropriate r2r processes (with process speeds up to 5 m/sec) for large scale production. In order to achieve the required properties of the multi-layer system, the properties of each individual layer have to be monitored & controlled in-line.

**c.** To develop new optical sensing techniques with sub-nm resolution to probe organic/inorganic layer and interfaces, and product functionality in msec time, and to integrate them into r2r processes in order to guarantee maximum uniformity in the intermediate and final product properties.

Somebody might wonder, after all: Why do you make all this discussion about flexible electronics of such a great deal? Are they so important in our lives? Is this the future of technology? The answer in every question is far too easy. First of all technology means commercial applications, resulting to industries. The market of optoelectronic & electronic devices is one of the most rapidly growing sectors in today's industry. Related manufacturers of materials and process & monitoring equipment for different industries (Displays, Solar Energy Devices) & their suppliers (mainly SMEs) are presently covering about one million of direct working places. The expected turnover for PVs, flat panel displays on rigid substrates following TFT, LCD or OLED technology will be more than 80 G€ total in 2006 (Taiwan-based Photonics Industry & Technology Development Association - PIDA). The market of OLED displays on rigid glass substrates will grow at an annual rate of about 100%, to reach ~2 G€ by the year 2006 (PIDA). The production technology for OLED displays on flexible polymer substrates through r2r technology will expand this already flourishing market towards a series of new applications, resulting to a turnover as high as 10 G€, just for flexible FEDs relevant to FLEXONICS, out of the total market of 80 G€. PV devices are another fast-growing sector of optoelectronic industry. According to recent studies from Greenpeace & Sarasin Bank, the world PV market on rigid substrates will overcome 1000 MWp/a by 2005 (6 G€). For the outstandingly stable market, a further annual growth of 15-25% is expected. Again, the introduction of flexible PVs produced by r2r technology on polymer substrates will substantially expand the market far beyond the figures foreseen for rigid PVs.

Considering all these, **FLEXONICS** project will also give the opportunity to several postgraduate students of the N&N to be involved with scientific and technological cutting edge subjects during their thesis, providing the necessary funds.

*Matenoglou Grigorios,  
Postgraduate student "Nanosciences & Nanotechnologies",  
4<sup>th</sup> Semester*