



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΡΟΗΓΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟ/ΝΑΝΟ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ

‘ΕΠΥΔΙ’

LABORATORY OF ADVANCED MATERIALS AND MICRO/NANO DEVICES

‘LAMDE’

www.lamde.physics.ntua.gr



ΜΕΛΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

Γ. ΒΑΡΕΛΟΓΙΑΝΝΗΣ, Αναπλ. Καθηγ.

Α. ΓΕΩΡΓΑΚΙΛΑΣ, Αναπλ. Καθηγ.

Β. ΓΙΑΝΝΟΠΑΠΑΣ, Αναπλ. Καθηγ.

Η. ΖΟΥΜΠΟΥΛΗΣ, Καθηγ.

Ι. ΘΕΟΔΩΝΗΣ, ΕΔΙΠ

Μεταδιδάκτορες : 8

Α. ΚΥΡΙΤΣΗΣ, Αναπλ. Καθηγ.

Διδακτορικοί : 25

Ι. ΡΑΠΤΗΣ, Καθηγ.

Λ. ΤΣΕΤΣΕΡΗΣ, Αναπλ. Καθηγ.

Δ. ΤΣΟΥΚΑΛΑΣ, Καθηγ.



- **ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ**
 - ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΛΙΚΩΝ/ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ
 - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΥΛΙΚΩΝ/ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ
- **ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ**



ΓΙΝΕΤΑΙ ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΚΑΘΑΡΟΥ ΧΩΡΟΥ (70 Μ2)

ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΑΠΟ

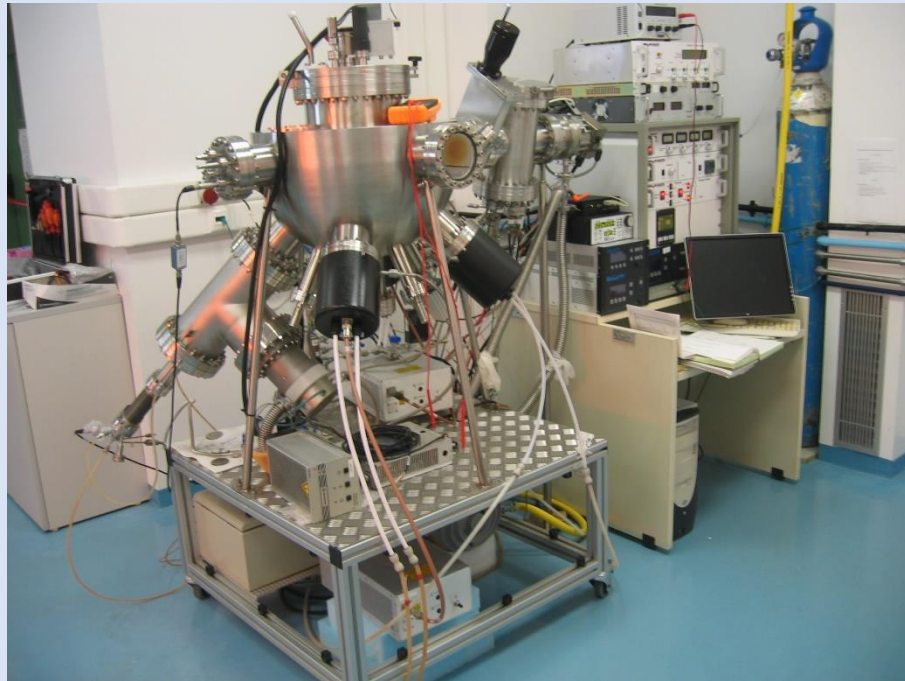
- ΧΩΡΟ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗΣ ΛΕΠΤΩΝ ΥΜΕΝΙΩΝ ΥΠΟ ΚΕΝΟ
- ΧΩΡΟ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΗΣ ΛΙΘΟΓΡΑΦΙΑΣ

ΛΙΘΟΓΡΑΦΙΑ



ΕΝΑΠΟΘΕΣΗ ΛΕΠΤΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΥΠΟ ΚΕΝΟ





ΜΕΘΟΔΟΣ ΙΟΝΤΟΒΟΛΗΣ (SPUTTERING) – ΒΟΜΒΑΡΔΙΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ

- ΕΝΑΠΟΘΕΣΗ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΚΑΙ ΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΠΑΧΟΥΣ 10 nm 100 nm
- ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΝΑΝΟΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΚΑΙ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ 1 -15 nm)

ΕΝΑΠΟΘΕΣΗ ΑΤΟΜΙΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ (ATOMIC LAYER DEPOSITION)

- ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΣΤΡΩΜΑΤΑ ΠΑΧΟΥΣ 1 – 20 nm

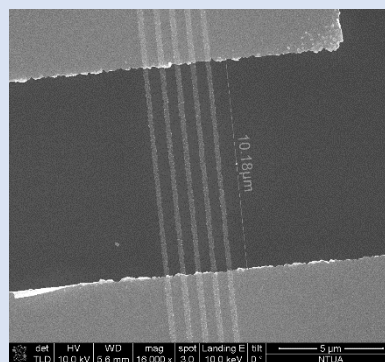
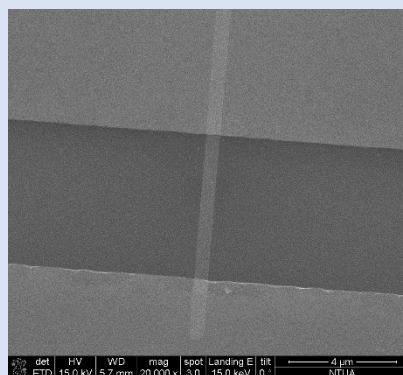




ΛΙΘΟΓΡΑΦΙΑ

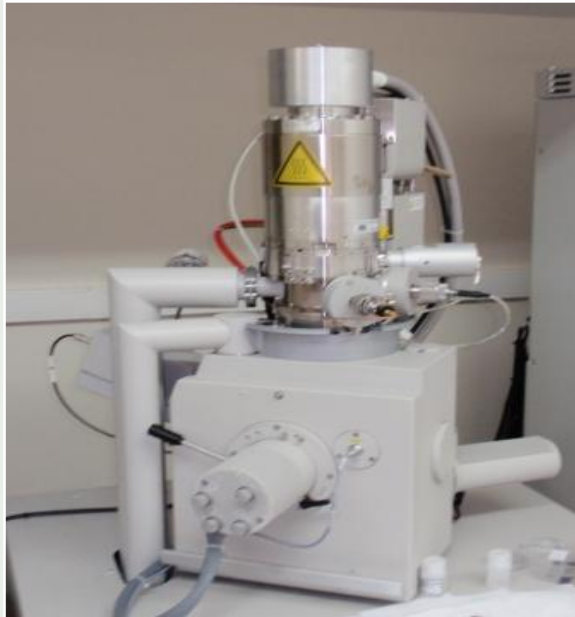
ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΔΕΣΜΗΣ
ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ RAITH ΕΝΣΩΜΑΤΟΜΕΝΟ ΣΤΟ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ NANOSEM 230 (FEI)

ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ 50 nm

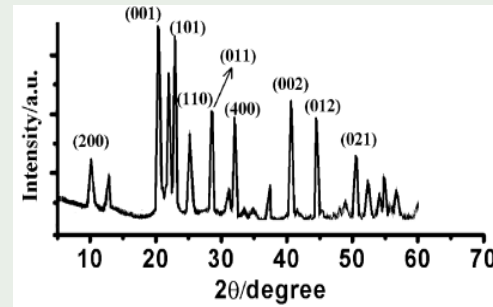




Εργαστήριο Δομικού Χαρακτηρισμού



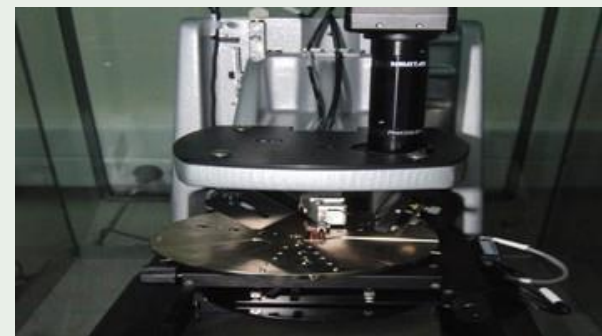
FESEM
(FEI)



XRD (Philips)



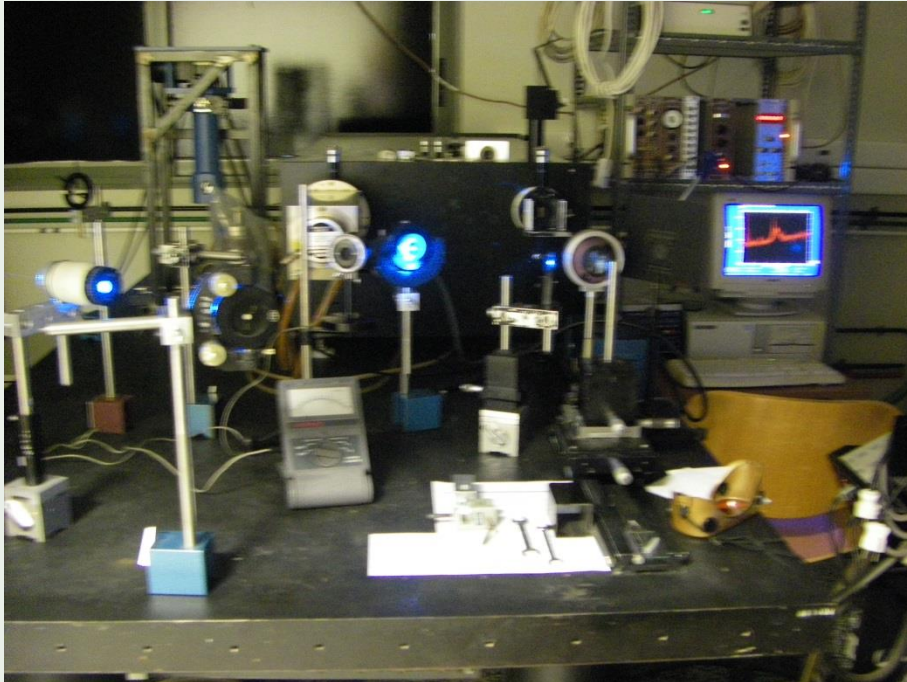
AFM (Veeco)



Profilometer (Veeco)



Εργαστήριο Φασματοσκοπίας RAMAN



Macro RAMAN

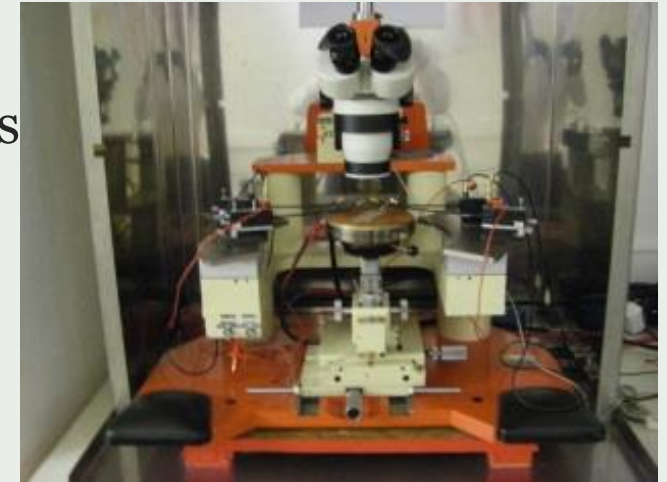


Micro RAMAN



Εργαστήριο Ηλεκτρικών Μετρήσεων νανοδιατάξεων

- Solar simulator LOT LSN150 W
- A Karl-Suss prober for wafer level testing of electronic devices
- Janis variable temperature prober (77K – 450 K)
- 2x HP 4140B pA meter for I-V measurements
- HP 4284 admittance meter for C-V characterization
- Hall measurement set-up
- Keithley 230 V-S, 220 I-S, Keithley 617 electrometer, Keithley 195A multi-meter
- Keithley 4200





Διηλεκτρική φασματοσκοπία (ΔΦ)

1. ΔΦ με μεταβλητή θερμοκρασία

Frequency response analyzer
Novocontrol Alpha Analyzer
10⁻⁵ – 10⁷ Hz, tanδ>10⁻⁴

Impedance Material Analyzer
Hewlett Packard 4291A
1MHz - 1.8GHz

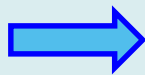
+

Temperature Control
Novocontrol Quatro Cryosystem
-150 – 450 °C



2. Επί τόπου παρακολούθηση διεργασιών με διηλεκτρικές μετρήσεις

σκλήρυνση
ρητινών



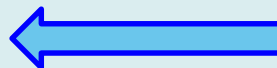
Impedance analyzer
HP4284A LCR meter
10Hz - 10MHz
Interdigitized electrodes

+

**Heraeus programmable
vacuum oven**
up to 400 °C
variable atmosphere



αισθητήρες



αερίων

Keithley
6220 current source
nA-100mA
2182 nanovoltmeter
nV-V
+ 4 contact cell

Impedance analyzer
HP 4192A
10Hz - 10MHz
+ Home made cell



Θερμική ανάλυση

1. Θερμιδόμετρα Διαφορικής Θερμιδομετρίας Σάρωσης (ΔΘΣ)



TA Q200 Modulated Differential Scanning Calorimeter with the “Liquid Nitrogen Cooling System”
Temperature range: $-180^{\circ}\text{C} - 550^{\circ}\text{C}$
Heating/cooling rate: up to 140 deg/min

TA Q20 High temperature calorimeter (RT – 700°C)

Perkin Elmer Pyris 6, cooled with liquid Nitrogen
Pyris commercial Software
Temperature range: $-120^{\circ}\text{C} - 450^{\circ}\text{C}$
Heating/cooling rate: up to 40 deg/min



2. Διάταξη μέτρησης θερμικής αγωγιμότητας/θερμικής διαχυτότητας



LFA 467 Hyper Flash, Netzsch

(25 – 500°C)

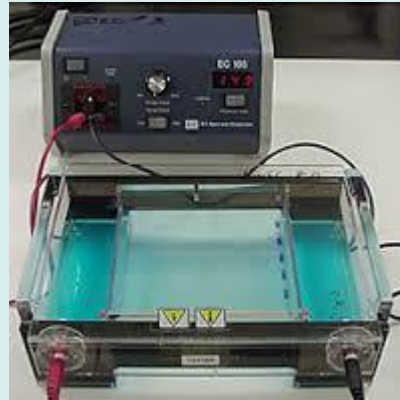


Εξοπλισμός που αναπτύσσεται/θα αναπτυχθεί στο *Εργαστήριο Μελέτης Βλαβών DNA*

Θα αναπτυχθεί πλήρες εργαστήριο για την ανάλυση βλαβών DNA σε κύτταρα (Γραφείο 112)

1. Μέσω προηγμένων τεχνικών ηλεκτροφόρησης

2. Κυτταροκαλιέργειας



3. Μικροσκοπίας φθορισμού και οπτικής μικροσκοπίας

3. Διηλεκτρικής φασματοσκοπίας





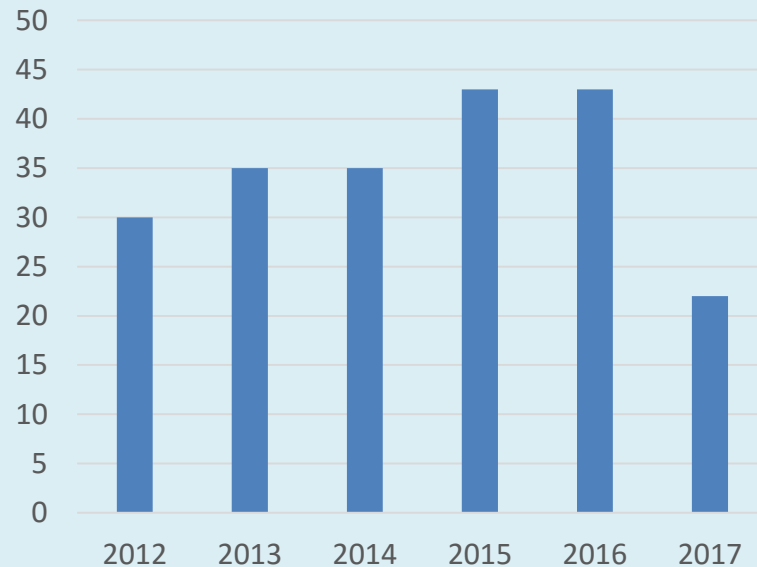
- **ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ**

ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΥΛΙΚΑ (Η. Ζουμπούλης, Ι. Ράπτης, Δ. Τσουκαλάς)

ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΑ/ΒΙΟΥΛΙΚΑ (Α. Γεωργακίλας, Α. Κυρίτσης)

ΘΕΩΡΙΑ (Γ. Βαρελογιάννης, Β. Γιαννόπαπας, Ι. Θεοδώνης, Λ. Τσέτσερης)

Journal Publications 2012-17



ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ/ΧΡΟΝΟ:

5 ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ/ΕΡΕΥΝΗΤΗ

> 1000 citations/y



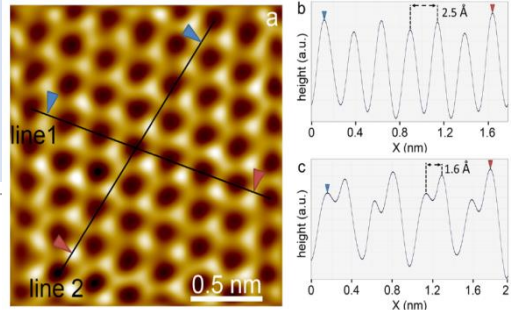
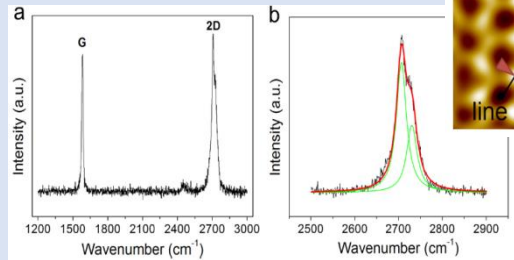
ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΥΛΙΚΑ

ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΕΣ Η. ΖΟΥΜΠΟΥΛΗ

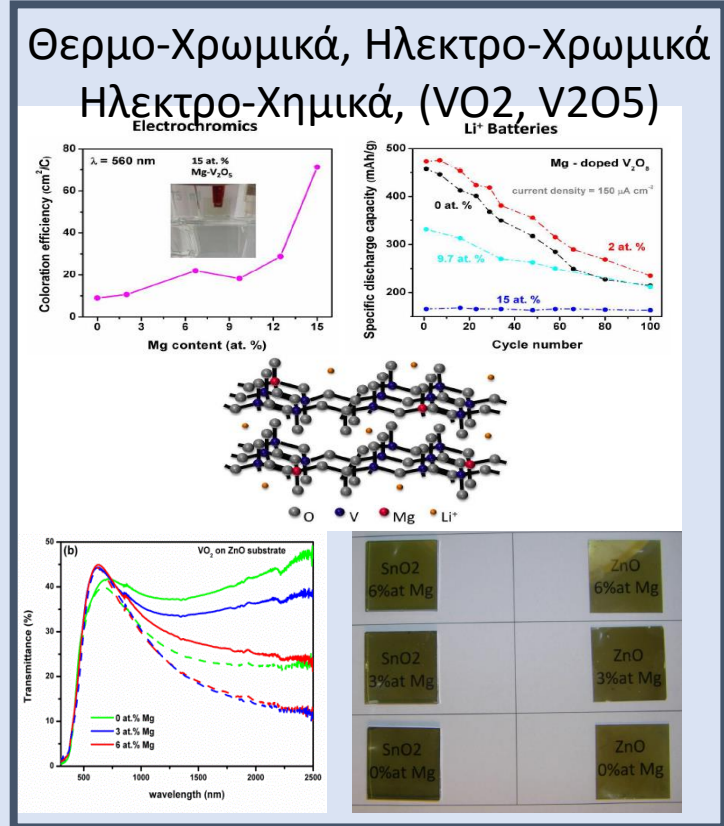
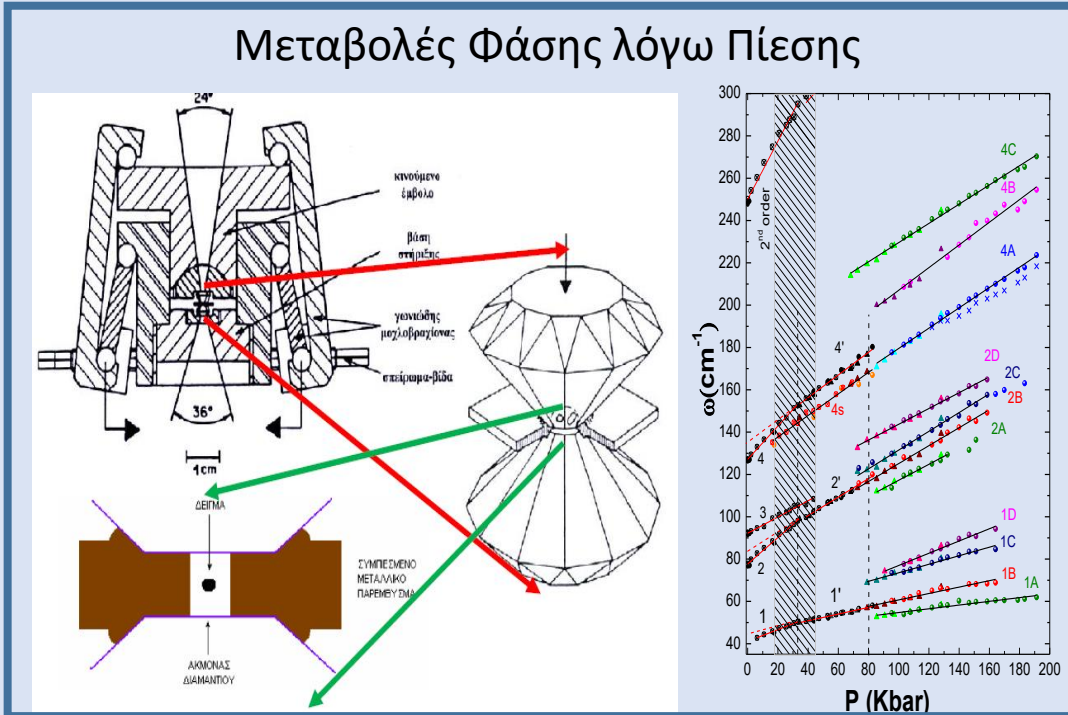
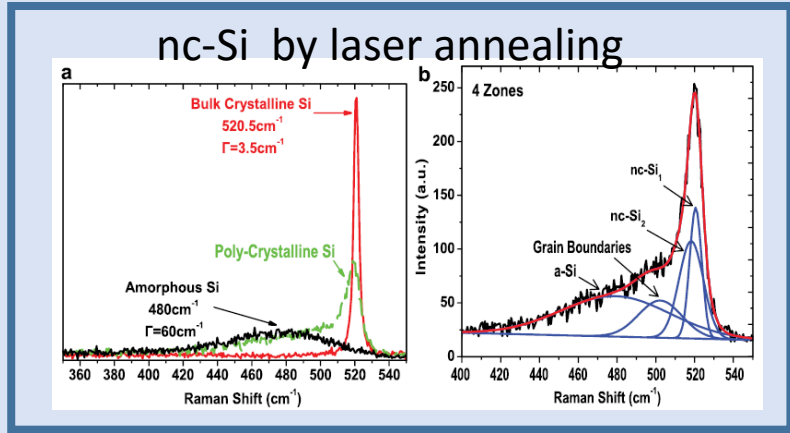
Σε συνεργασία με το Department of Geophysics του Princeton University έχει επιτευχθεί προσομοίωση στο εργαστήριο, σε δείγματα μεγέθους $\sim 1 \mu\text{m}$, των συνθηκών που επικρατούν στον πυρήνα του εσωτερικού της Γης: Πιέσεις (P) της τάξης του 1 Mbar, και ταυτόχρονα, θερμοκρασίες (T) της τάξης μερικών χιλιάδων βαθμών Kelvin. Για την παραγωγή των μεγάλων αυτών πιέσεων, χρησιμοποιείται κυψελίδα άκμονα αδάμαντα (Diamond Anvil Cell, DAC), ενώ οι υψηλές θερμοκρασίες επιτυγχάνονται είτε με εξωτερική θέρμανση της κυψελίδας αδάμαντα, είτε με χρήση δέσμης λέιζερ συνεχούς ή παλμικής λειτουργίας.



Μείωση αριθμού
Στοιβάδων γραφενίου
Μελέτη micro-Raman



Non-AB stacked



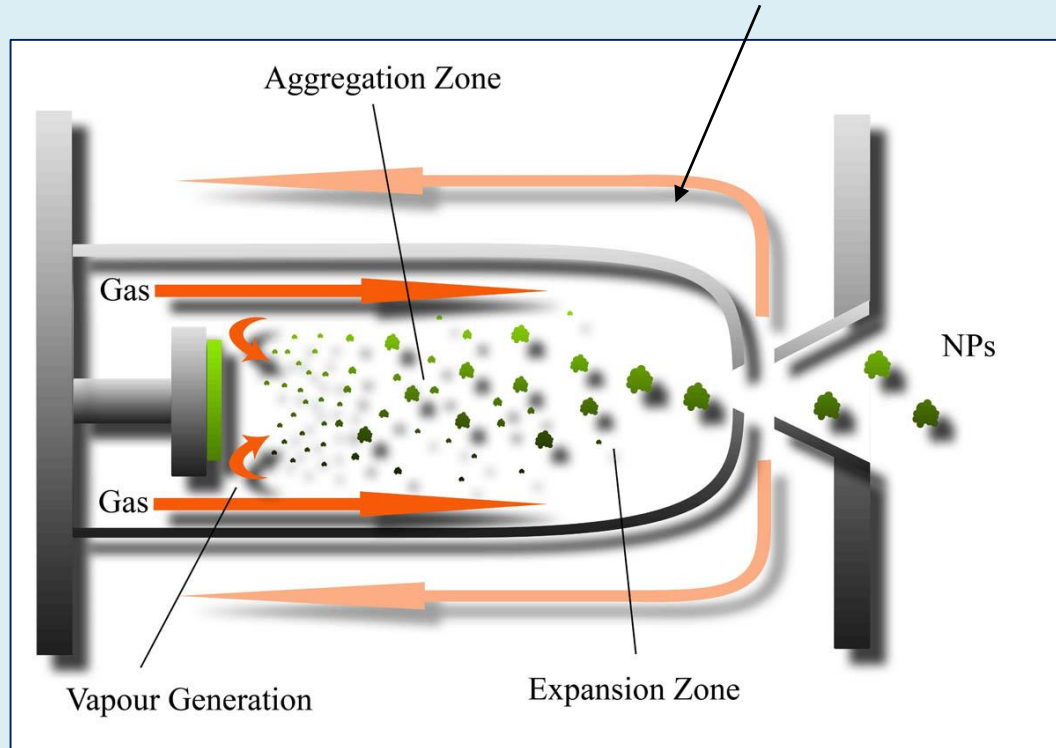


Δ. ΤΣΟΥΚΑΛΑΣ

Εφαρμογές νανουλικών σε ηλεκτρονικές Διατάξεις

ΕΠΥΔΙ

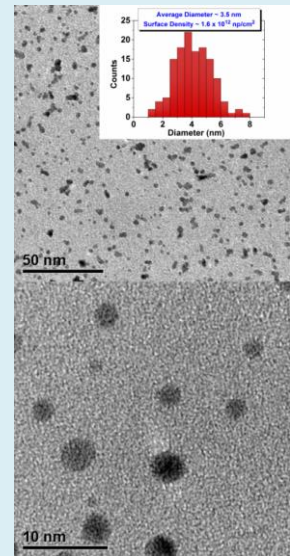
Pressure difference ~2 order of magnitude



UHV(10^{-7} mbar)
Main Chamber

Nanogen Key points:

- RT deposition
- Good NP size dispersion



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

- ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΓΙΑ ΕΞΥΠΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ
- ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΜΗΜΕΣ ΚΑΙ ΝΕΥΡΟΜΟΡΦΟΡΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ





Τομέας Φυσικής
Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Φυσικές ιδιότητες υλικών – Χαρακτηρισμός υλικών

ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ

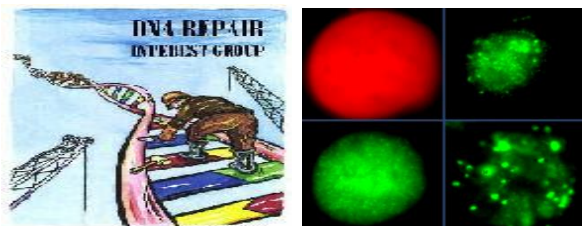
ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΡΟΦΗΣΗ / ΔΙΑΧΥΣΗ ΝΕΡΟΥ

*κολλοειδή
βιολογικά υλικά*

*πολυμερή
βιοϋλικά
πορώδη υλικά
νανοσύνθετα πολυμερή*

Αλληλεπίδραση ακτινοβολίας με τη βιολογική ύλη



Εργαστήριο Μελέτης Βλαβών DNA



Κύρια επιστημονικά ενδιαφέροντα:

I> **Σύνδεση δομής και μορφολογίας με ιδιότητες υλικών**

Πολυμερή με ποικίλες αρχιτεκτονικές

Υβριδικά νανοσύνθετα πολυμερικά υλικά (Φαινόμενα διεπιφανειών)

Ικρίωματα Συνθετικών ιστών - Βιοϋλικά

Κολλοειδή θερμο-ανταποκρινόμενα συστήματα

Iα> Ιδιότητες υλικών υπό χωρικό περιορισμό – Πολύ λεπτά υμένια

II> **Υδάτωση υλικών – Ιδιότητες του νερού στην ύλη**

Τεχνητά πολυμερικά συστήματα

Ανόργανα υλικά (π.χ. Πετρώματα, ζεόλιθοι, πορώδοι ύαλοι)

Βιολογικά υλικά (ιστοί, δέρμα κ.α.) - Φυσικά πολυμερικά συστήματα (πρωτεΐνες, DNA)

Κολλοειδή – Αυτό-οργανόμενα πολυμερή → Ανταποκρινόμενα πολυμερή

IIα> Αλληλεπίδραση πολυμερών με μη πολικούς διαλύτες

III> **Παρακολούθηση δομικής ακεραιότητας κατασκευών (Health monitoring)**

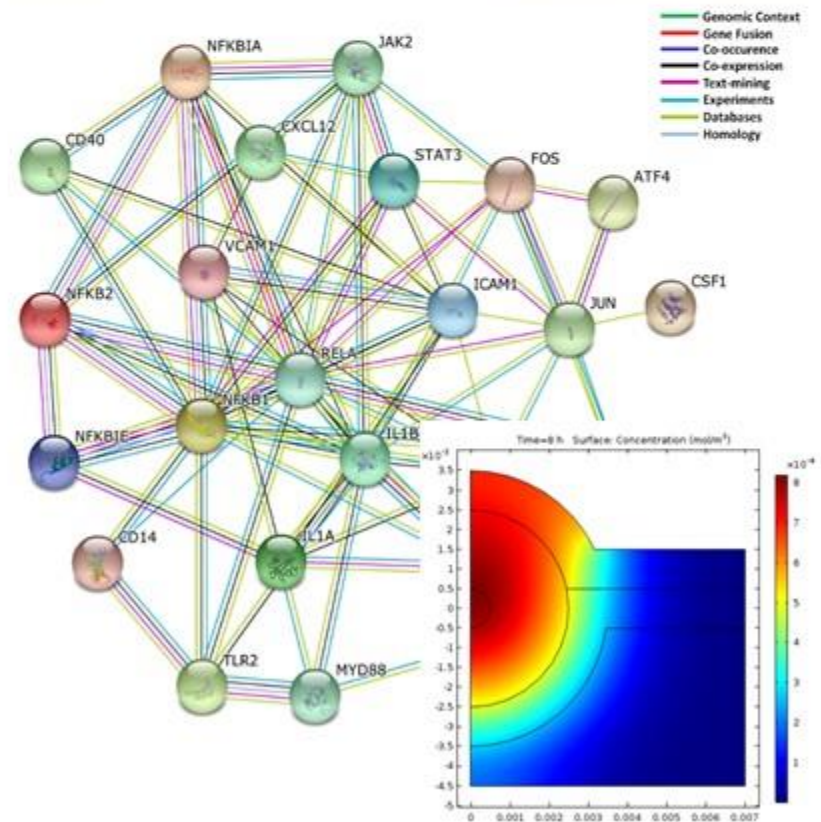
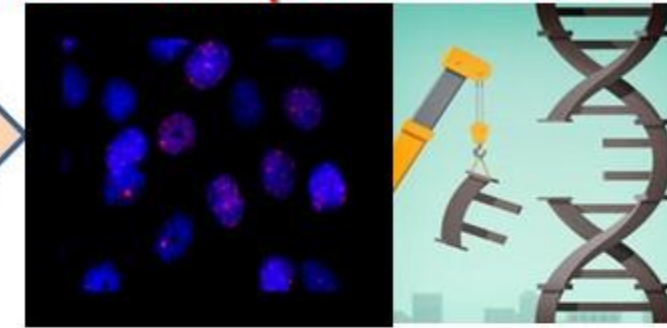
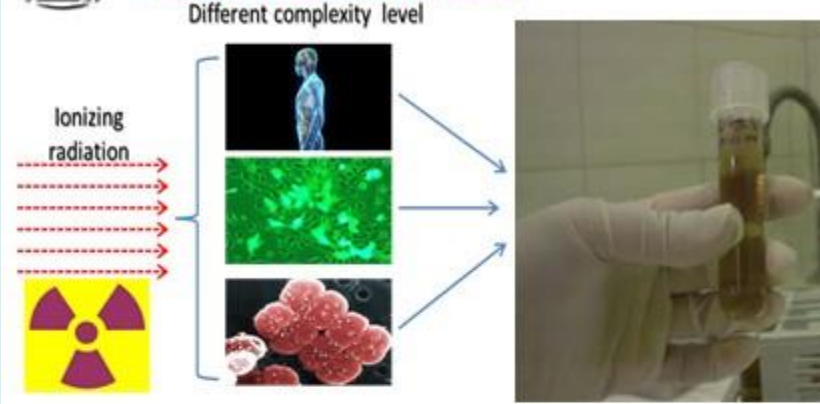
Επί τόπου παρακολούθηση χημικών διεργασιών (π.χ. σκλήρυνση εποξειδικών ρητινών - curing)

IV> **Πολυμερικοί αισθητήρες αερίων**

V> **Θέματα μετρολογίας (π.χ. μετρολογική επιβεβαίωση μετρητικού εξοπλισμού)**

(Πρόγραμμα πλαίσιο –ΕΛΚΕ 62/304800)

Πειραματική μελέτη **φαινομένων μεταφοράς** σε υλικά (μεταφορά μάζας, φορτίου και φωνονίων)



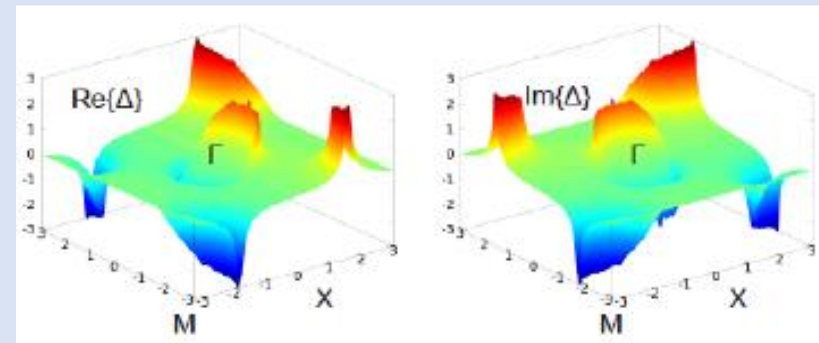
Το εργαστήριο μας ασχολείται κυρίως με:

- Μετρήσεις σύνθετων βλαβών DNA σε ανθρώπινα κύτταρα.
- Χρησιμοποίηση αναπτυγμένων βιοφυσικών και βιοχημικών τεχνικών όπως ηλεκτροφόρηση DNA, μικροσκοπία φθορισμού, διηλεκτρικές μετρήσεις και άλλες.
- Εφαρμογή τεχνικών βιοπληροφορικής και μετανάλυσης για την εξαγωγή χρήσιμων βιοδεικτών σχετικά με την επίδραση ιοντιζουσών ακτινοβολιών αλλά και διάφορων περιβαλλοντικών παραγόντων και νανοσωματιδίων.
- Προσομοιώσεις Monte Carlo και άλλου είδους σχετιζόμενες με την εκτίμηση των βλαβών DNA στη ακτινοθεραπεία. Υπερθερμία κτλ.



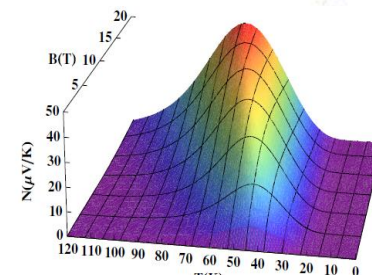
Θεωρία Nambu - Eliashberg:

Εισήγαγε τη ζεύξη φωνονίων μικρού- q και αποσύνδεση ορμών για μή συμβατική υπεραγωγιμότητα (YA) σε ανισοτροπικά συστήματα. Συνέδεσε τις δομές dip-hump με την ισχύ της ζεύξης. Πρόσφατα: χειρική υπεραγωγιμότητα στο LiFeAs :



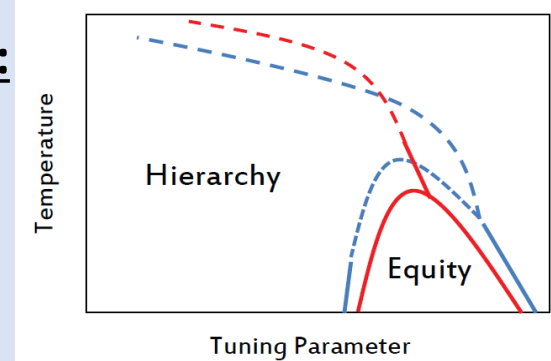
Τοπολογικές κβαντικές καταστάσεις τάξεως:

Εισήγαγε τα χειρικά κύματα πυκνότητας και τις εξαιρετικές ιδιότητές τους όπως το φαινόμενο Meissner σε μηδενική υπεραγωγιμότητα, το αυθόρμητο ακέραιο κβαντικό φαινόμενο Hall χωρίς μαγνητικό πεδίο. Παράδειγμα εφαρμογής, η επεξήγηση του ανώμαλου Θερμικού φαινομένου Hall (Ανώμαλο φαινόμενο Nernst) σε νέα υπεραγωγίμα υλικά :



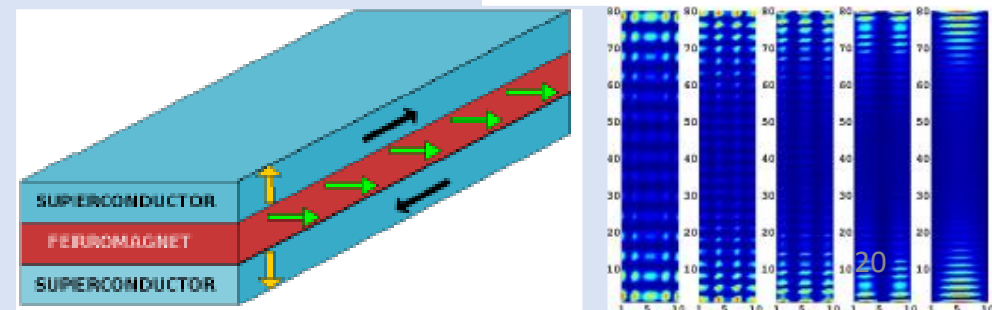
Συνύπαρξη και Ανταγωνισμός πεδίων ή κβαντικών καταστάσεων τάξεως - Κουαρτέτα:

Ανακάλυψε μια κρυφή αλληλεπίδραση κανόνα Κουαρτέτων (quartet rule coupling) ανάμεσα στα πεδία οποιασδήποτε σπινωριακής θεωρίας. Επιτρέπει την πρόβλεψη κρυμμένων Διακριτών Συμμετριών ή/και Παραμέτρων Τάξεως. Μελέτη σειράς Κουαρτέρων υπεραγωγών και καταστάσεων τάξεως ηλεκτρονίου-οπής. Προκύπτει Καθολική συμπεριφορά Κουαρτέτων:



Λειτουργικές συσχετισμένες νανοδομές (Quartet engineering):

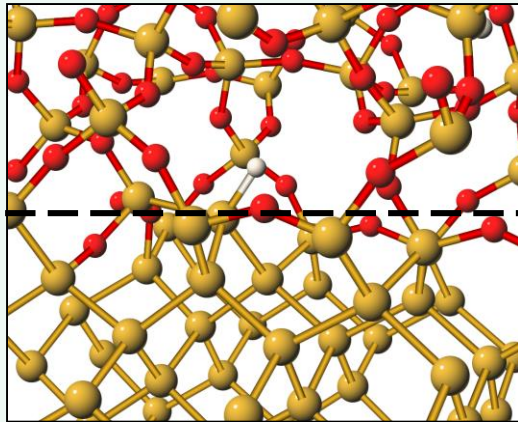
Λειτουργική εκμετάλευση κουαρτέτων σε νανοδομές. Εφαρμογές στη Σπιντρονική. Παραγωγή φερμιονίων Majorana για τον Τοπολογικό Κβαντικό Υπολογισμό από απλά υλικά:





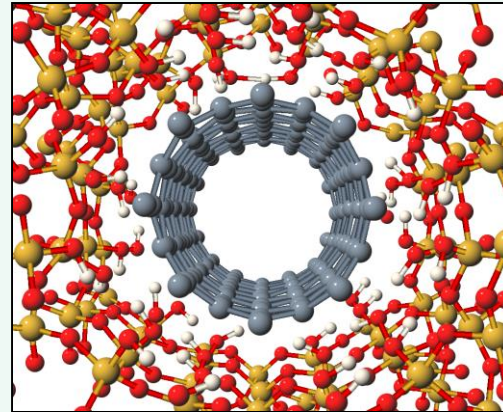
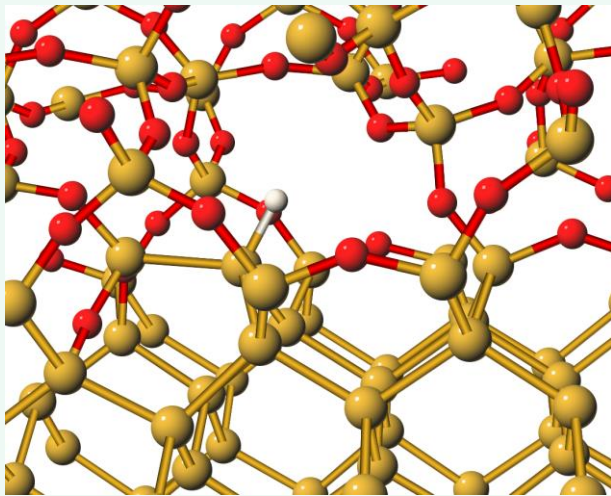
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΑΠΟ ΠΡΩΤΕΣ ΑΡΧΕΣ ΓΙΑ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΩΝ (Λ. ΤΣΕΤΣΕΡΗΣ): ΤΡΕΧΟΝΤΑ ΠΕΔΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΕΠΥΔΙ

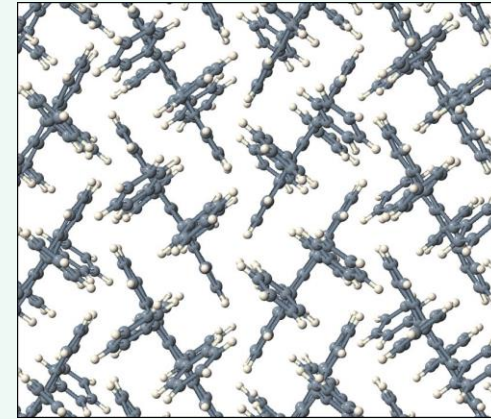
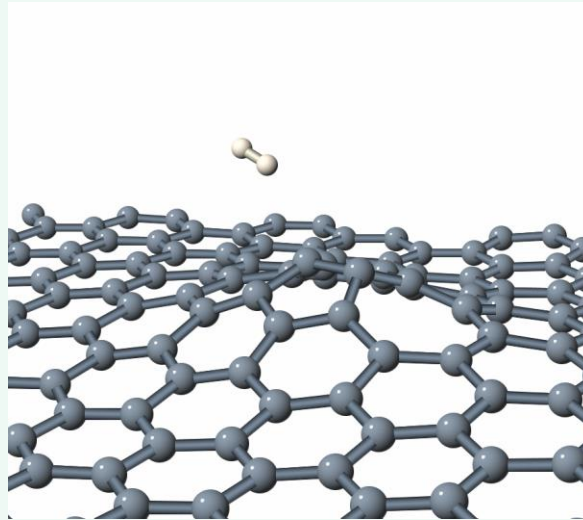


SiO₂
—
Si

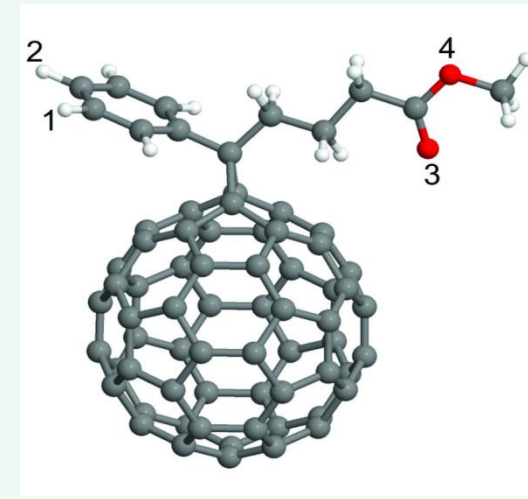
«ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΑ»
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΥΛΙΚΑ



NANO-ΥΛΙΚΑ



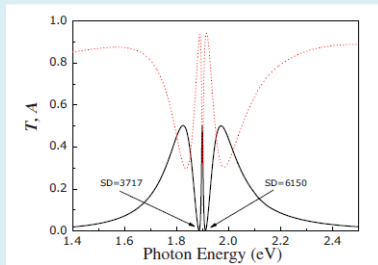
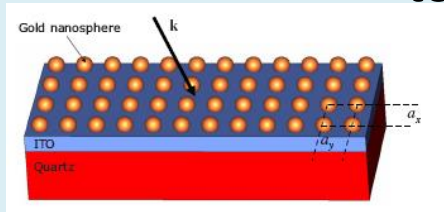
ΟΡΓΑΝΙΚΑ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ



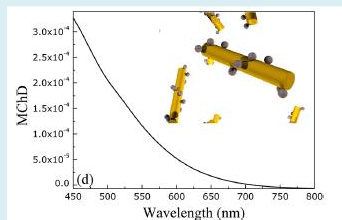
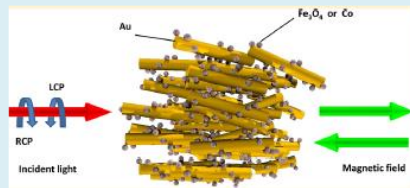
Δομικές, ηλεκτρονικές, μαγνητικές ιδιότητες υλικών, ρόλος **ατελειών** και **προσμίξεων**, κρίσιμες φυσικές και χημικές διεργασίες, όπως **νόθευση με φορείς**, ελεγχόμενες χημικές μετατροπές (**functionalization**), πρόβλεψη νέων υλικών (π.χ. διδιάστατων), κ.ά.



Metamaterials, Plasmonics, Photonic nanostructures

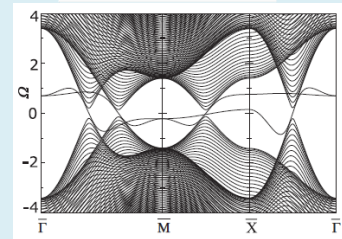
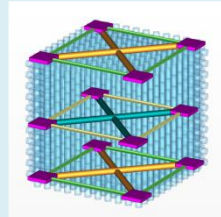


EIT and slow light in plasmonic lattices

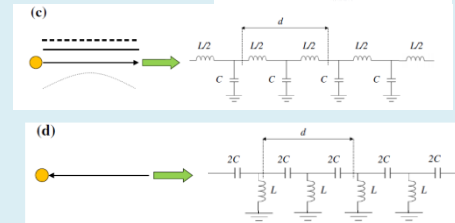
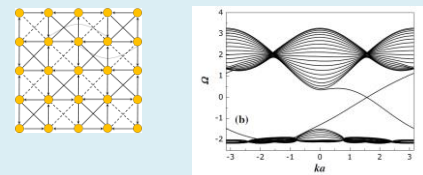


Giant magnetochiral dichroism in magnetoplasmonic nanohelices

Topological EM states, Photonic QHE systems & topological insulators

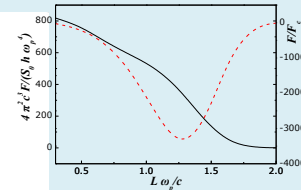
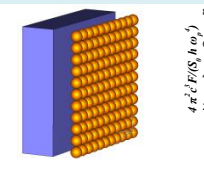


Microwave topological insulator

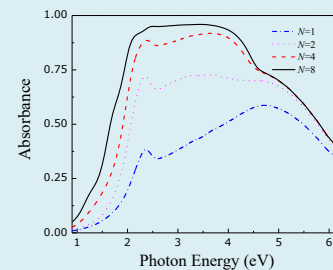
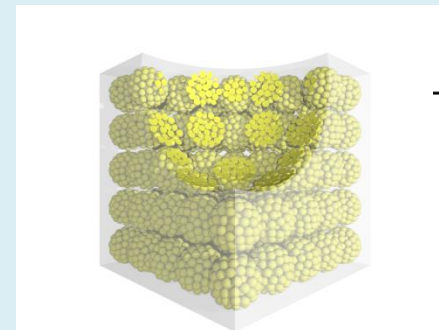


Superconducting QED lattice for microwave fractional QHE

Fluctuational electrodynamics: Thermal radiation & Casimir – van der Waals interactions

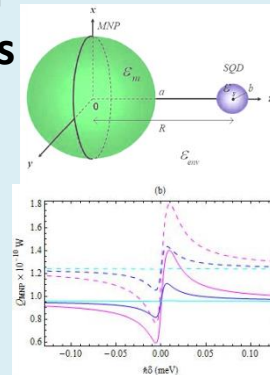


Casimir repulsion with magnetoelectric lattices of microspheres

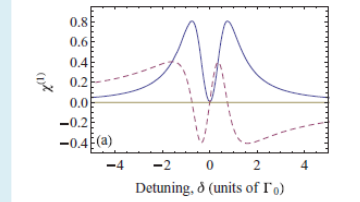
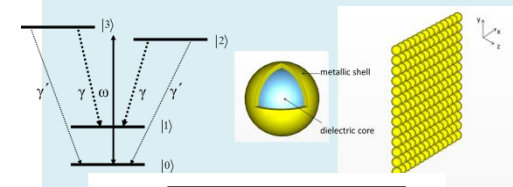


Broadband emission of thermal radiation

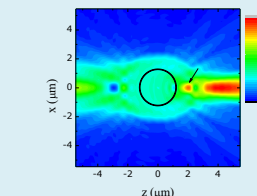
Quantum nanophotonics



Quantum dot – metal nanoparticle hybrid



Transparency of a quantum emitter next to a plasmonic nanostructure

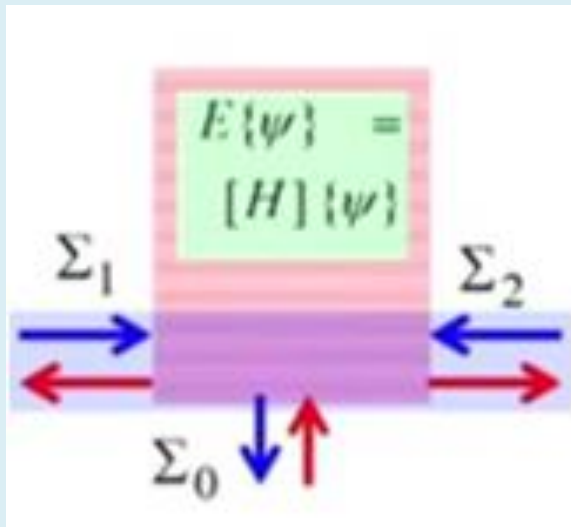
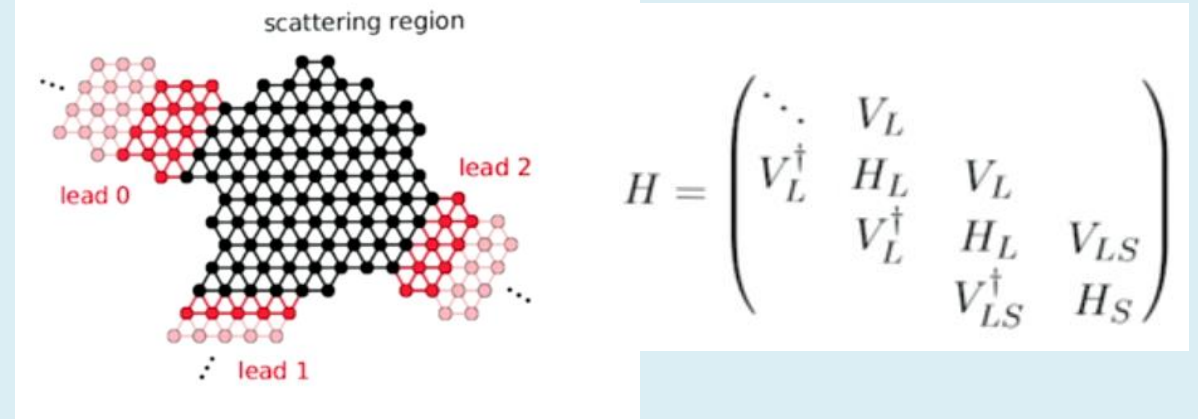
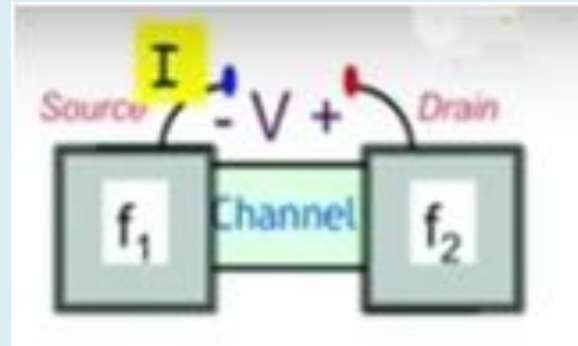
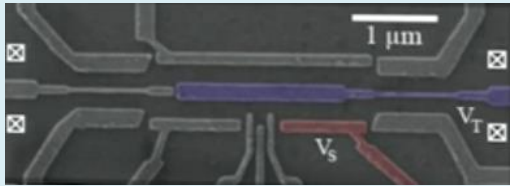


Optical trap for BECs near a polystyrene microsphere

Quantum transport for nanostructures and spintronics

Theodoris Ioannis

Tight binding + Non Equilibrium Greens Functions



Schrödinger equation $[H]$ + Entropy driven processes $[\Sigma_i]$
 NEGF method is used to solve

$$E \{ \psi \} = [H + \Sigma] \{ \psi \}$$

And get current I under bias V

Scattering region examples

1D 2D Nanoelectronics – Graphene – Spin transport



- ✓ **ΕΧΟΥΝ ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΘΕΙ ΟΙ ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑ ΑΙΧΜΗΣ**
- ✓ **ΤΑ ΜΕΛΗ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΕΧΟΥΝ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑ**

➤ **ΣΤΟΧΟΣ ΤΑ ΕΠΟΜΕΝΑ ΧΡΟΝΙΑ**

Η ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΜΕΛΩΝ

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΕΞΩΣΤΡΕΦΕΙΑΣ