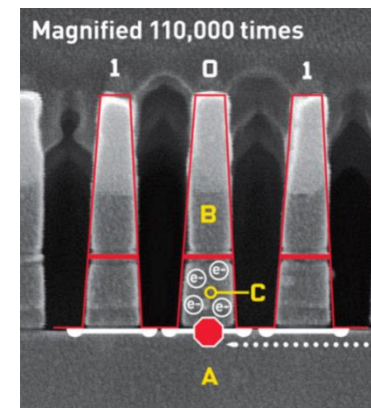
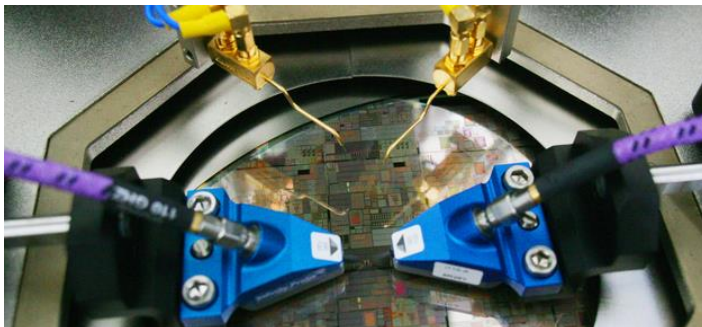
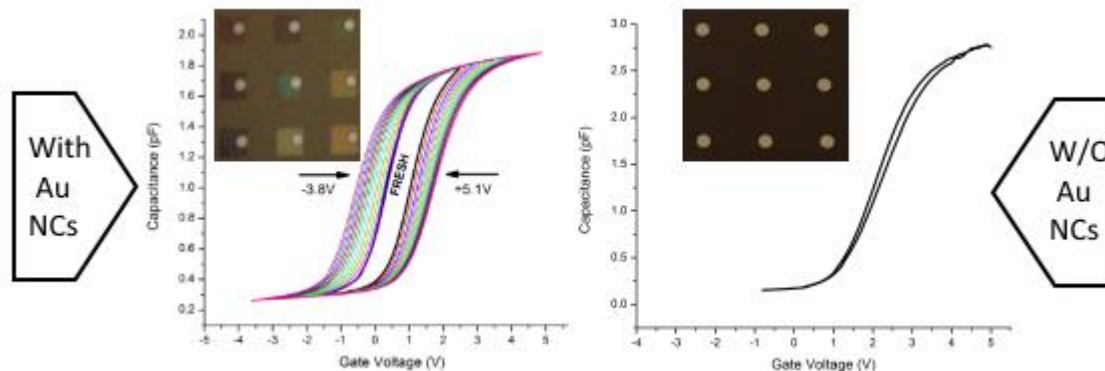


# Δραστηριότητες του Εργαστηρίου Ημιαγωγικών Διατάξεων





# Διάρθρωση παρουσίασης

- ❖ Παρουσίαση εργαστηρίου.
- ❖ Μνήμες νανοκρυστάλλων (NC)
- ❖ Μνήμες σιδηροηλεκτρικών υλικών
- ❖ Οργανικά LED και OPV
- ❖ Σύνοψη – Μελλοντικά σχέδια



# Εργαστήριο Ημιαγωγικών Διατάξεων

## Τεχνικές μέτρησης

- ❖ Μετρήσεις dc  
I, V, temp, Ένταση φωτός
- ❖ DLTS, Admittance Spectroscopy
- ❖ Μετρήσεις ac  
I, V

## Οργανολογία

- ❖ LCR meters  
I, V, T, Ένταση φωτός
- ❖ Multimeters,
- ❖ Μετρήσεις ac I, V
- ❖ Κρυοστάτες
- ❖ Probe stations, probes



# Ηλεκτρικός Χαρακτηρισμός Electrical characterisation

- ▶ Ενας μεγάλος αριθμός τεχνικών όπου
  - – εφαρμόζουμε (ac/dc) Τάση η ρεύμα σε μια διάταξη  
και
  - – μετράμε  $V, I, C$   
σε διάφορες θερμοκρασίες, πιέσεις και συχνότητες

# Πειραματικές τεχνικές και συστήματα μέτρησης



Κώδωνας κενού

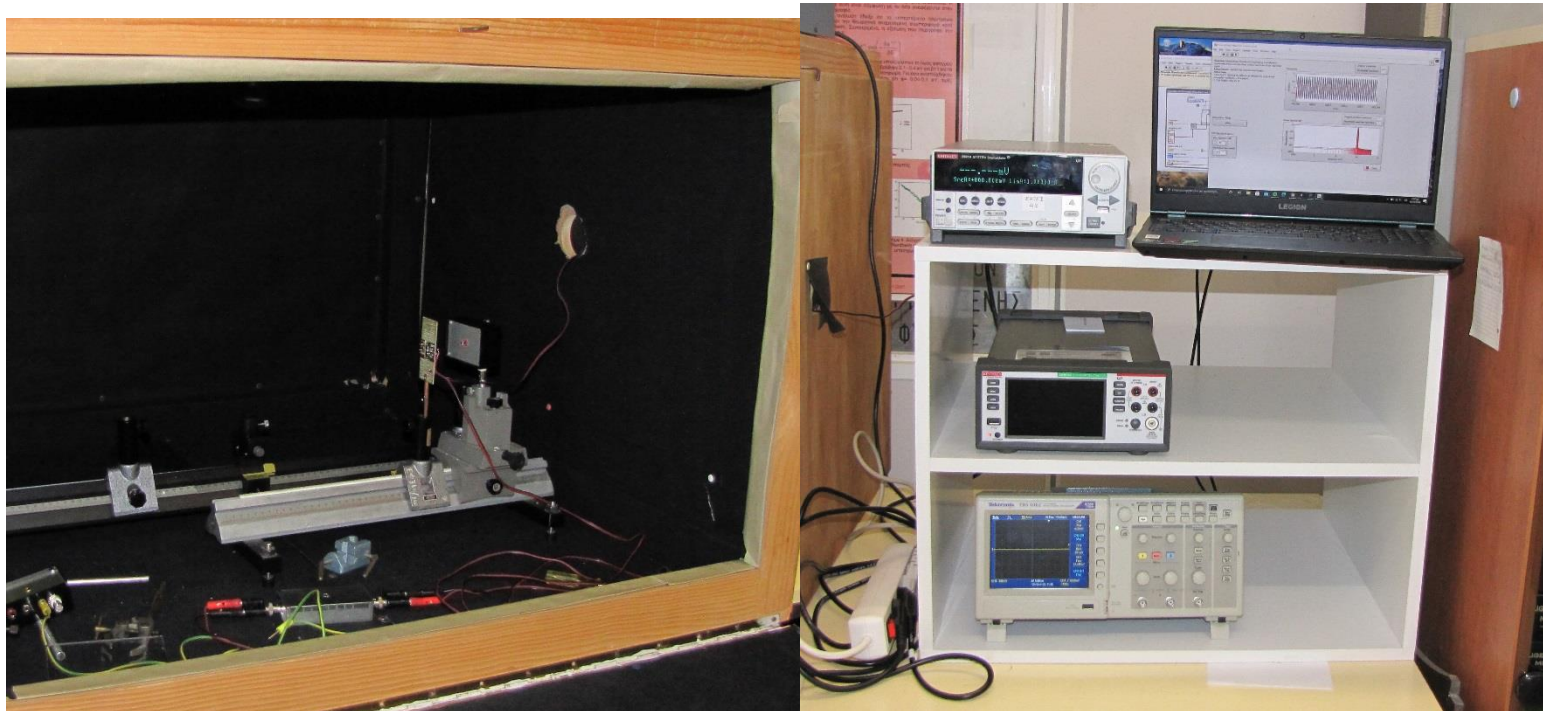


# Πειραματικές τεχνικές και συστήματα μέτρησης



Σταθμός ηλεκτρικών μετρήσεων

# Πειραματικές τεχνικές και συστήματα μέτρησης



Σταθμός οπτο - ηλεκτρικών μετρήσεων



# Ερευνητικά ενδιαφέροντα

## Μη πτητικές μνήμες

**Μνήμες  
Νανοκρυστάλλων  
(Δ. Τσαμάκης, ΕΜΠ)**

**Σιδηροηλεκτρικές  
μνήμες  
(Α. Δημουλάς, INN  
ΕΚΕΦΕ «Δ»)**

## Οργανικά Ηλεκτρονικά

**OLED – OPV  
(Μ. Βασιλοπούλου,  
INN ΕΚΕΦΕ «Δ»)**

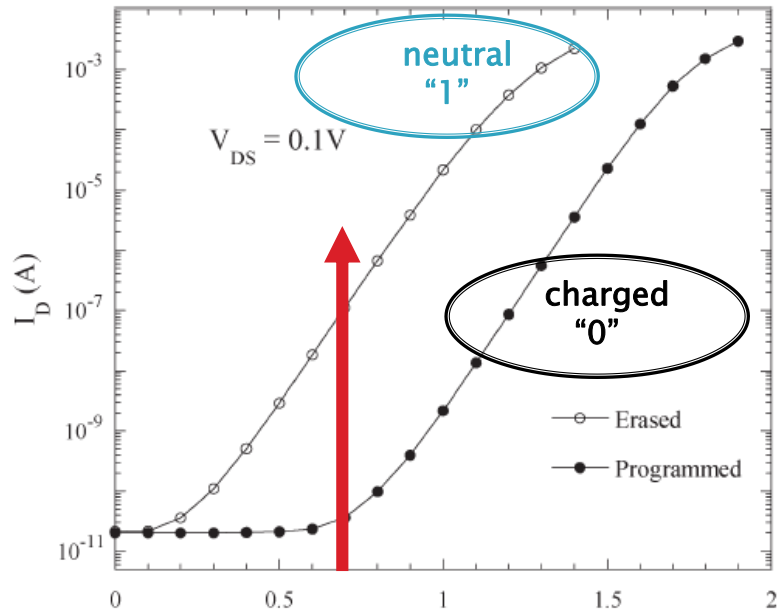




# *Τεχνολογίες Μη πτητικών Μνημών*

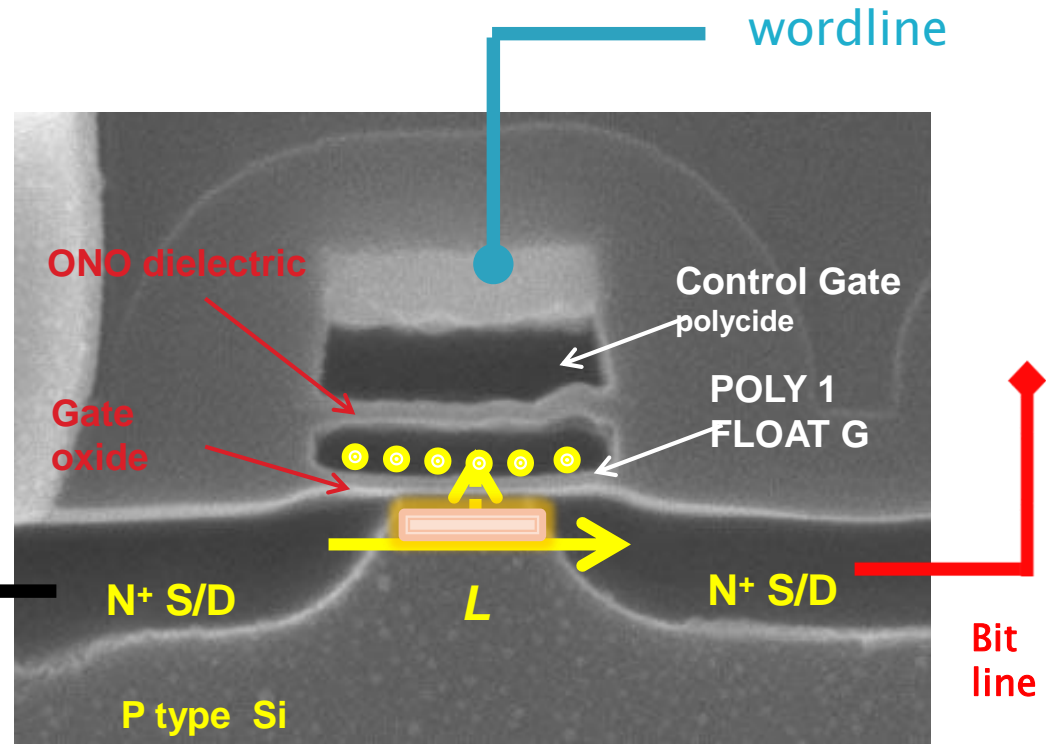
- ▶ Ferroelectric Memory (FeM)
- ▶ Phase Change Memory (PCM)
- ▶ Spin Transfer Torque Memory (STT-M)
- ▶ Resistive Memory (ReM)
- ▶ *Nanocrystal Memory (NC-M)*

# Μνήμες Νανοκρυστάλλων (NC-M)<sub>2</sub>



Read  $V_g = 5V$   
 Write  $V_g = 10V$   
 Erase  $V_g = -10$

Λειτουργία μνήμης της διάταξης



GND

Ε.Κ. Ευαγγέλου

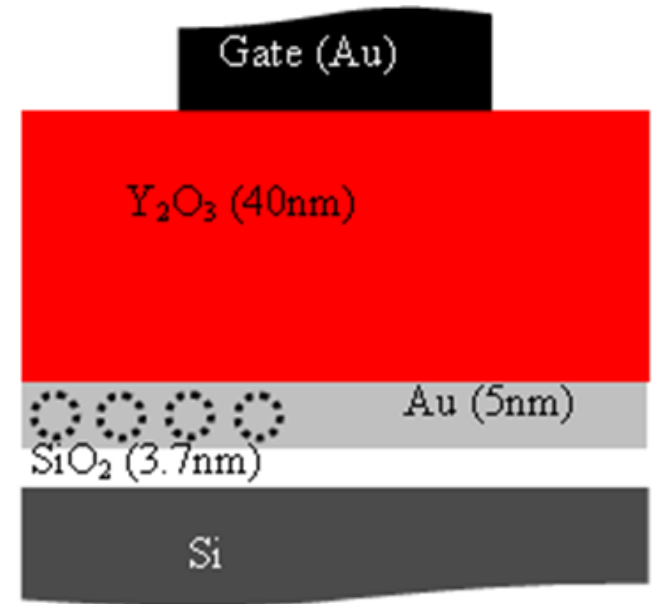


# Μελέτη διατάξεων MOS με NC Χρυσού κ Αργύρου





# ΑΝΑΠΤΥΞΗ

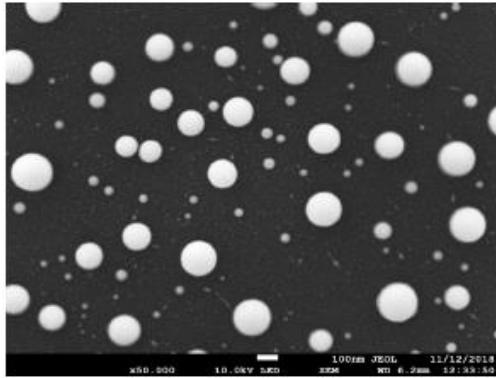


- ▶ n-Si wafer 1-5 ohm.cm
- ▶ Θερμική οξείδωση του Si →  $SiO_2$  πάχους 3.7nm (tunneling oxide)
- ▶ Εναπόθεση 5nm Au (Ag) layer via sputtering
- ▶ Laser annealing με KrF laser για δημιουργία NC
- ▶ Εναπόθεση με sputtering 40nm of high-k dielectric (control oxide  $Y_2O_3$ )
- ▶ Δημιουργία ηλεκτροδίων (sputtering) Πύλης (top contact) και υποστρώματος.

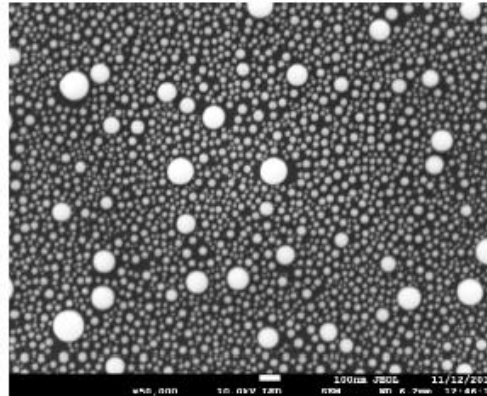
# Μορφολογία NC Χρυσού για διάφορες συνθήκες ανόπτησης

All pulses  $200 \text{ mJ cm}^{-2}$

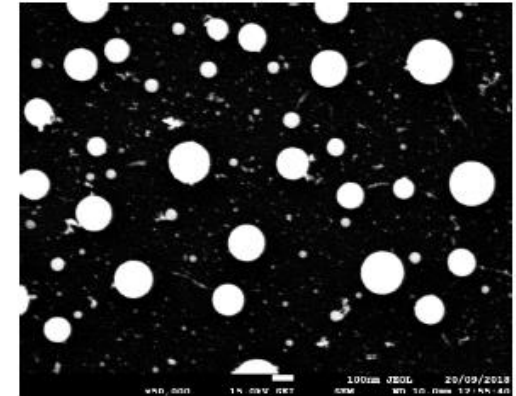
iSMART



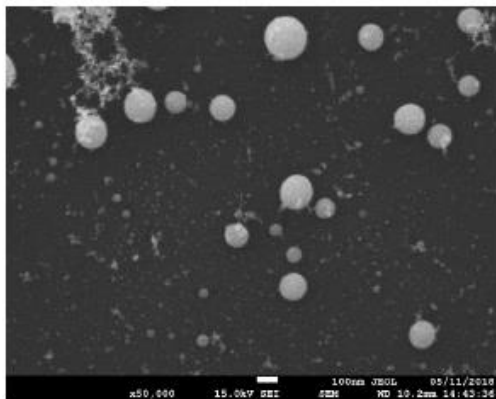
1 Pulse



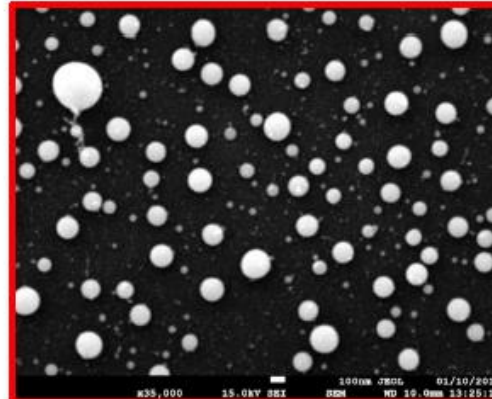
2 Pulses



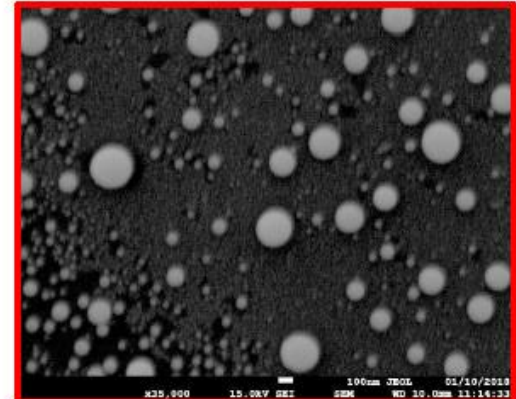
3 Pulses



5 Pulses

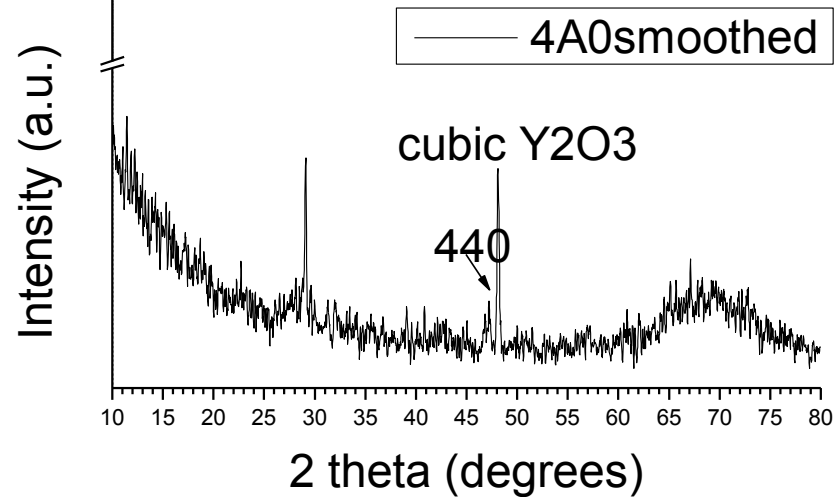
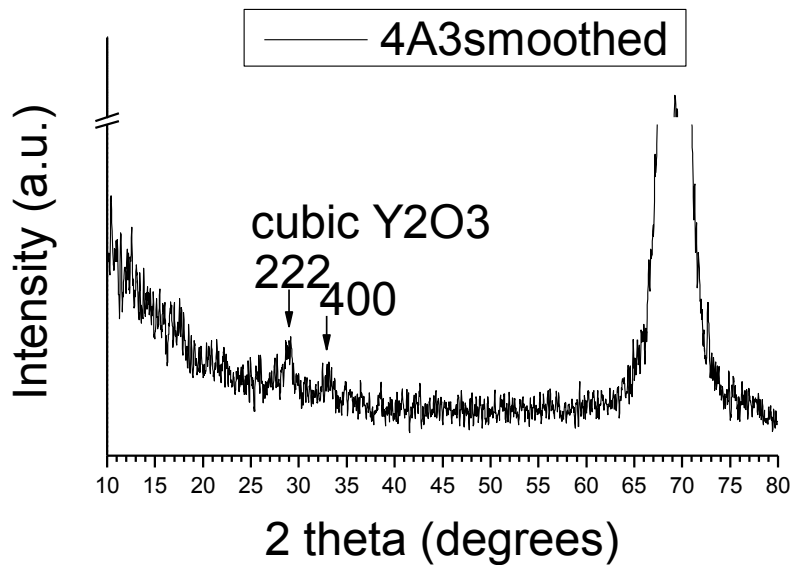


10 Pulses



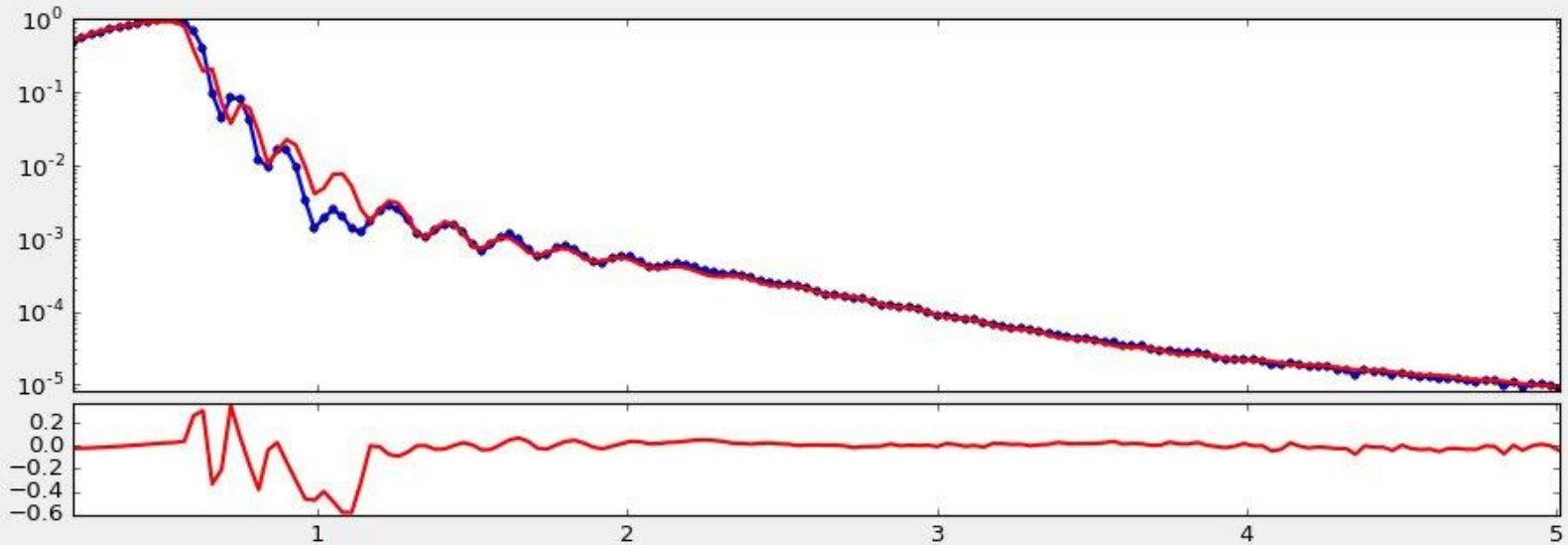
15 Pulses

# Μελέτη XRD



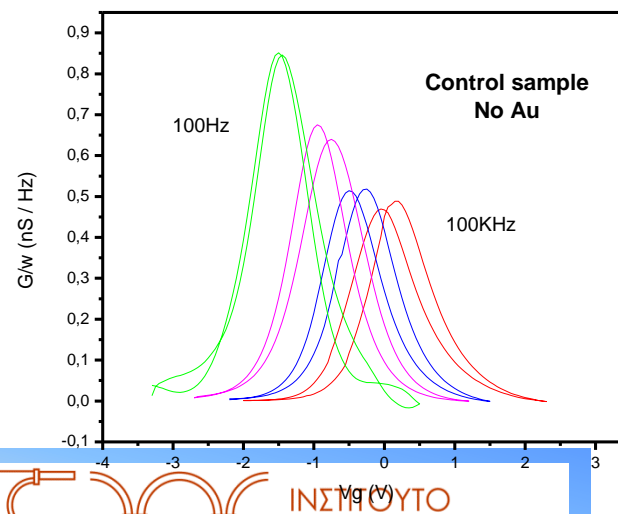
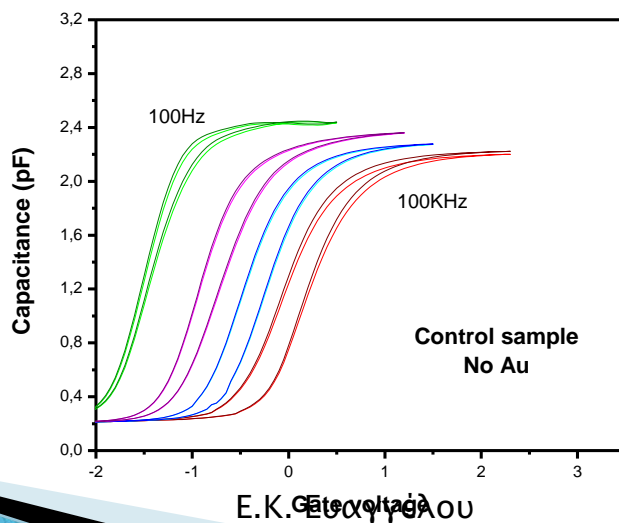
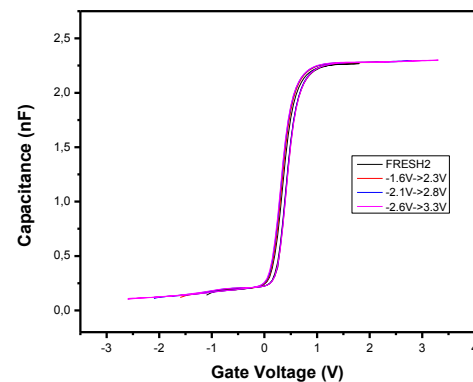
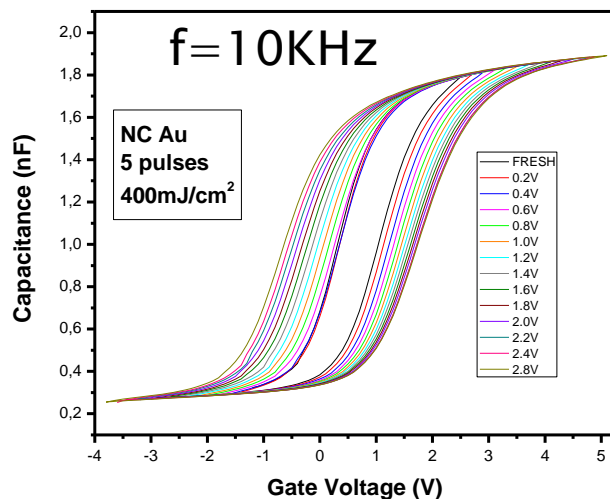
Δείγματα με NC Ag.  
Κυρίως άμορφο και λίγο πολυκρυσταλλικό  
το  $Y_2O_3$ .

# Μελέτη ΧRR





# Ηλεκτρικός Χαρακτηρισμός







# Ερευνητικά ενδιαφέροντα

## Μη πτητικές μνήμες

Μνήμες  
Νανοκρυστάλλων  
(Δ. Τσαμάκης, ΕΜΠ)

Σιδηροηλεκτρικές  
μνήμες  
(Α. Δημουλάς, INN  
ΕΚΕΦΕ «Δ»)

## Οργανικά Ηλεκτρονικά

OLED – OPV  
(Μ. Βασιλοπούλου,  
INN ΕΚΕΦΕ «Δ»)



# Τεχνολογίες Μη πτητικών Μνημών

- ▶ **Ferroelectric Memory (FeM)**
- ▶ **Phase Change Memory (PCM)**
- ▶ **Spin Transfer Torque Memory (STT-M)**
- ▶ **Resistive Memory (ReM)**
- ▶ *Nanocrystal Memory (NC-M)*

# Non-volatile memories functioning as memristors in next generation bio-inspired neuromorphic processors

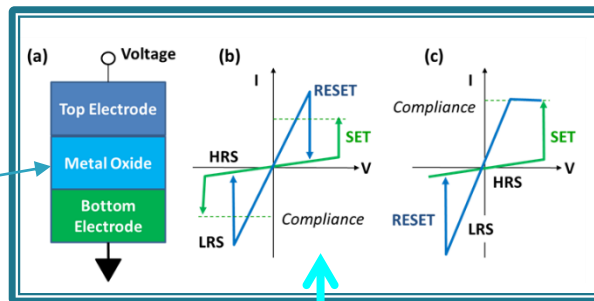
## Resistive RAMs (ReRAM)

### Oxide RAM (OXRAM)

Oxygen vacancies  
Electronic effect

Electrochemical effect  
Ionic conduction

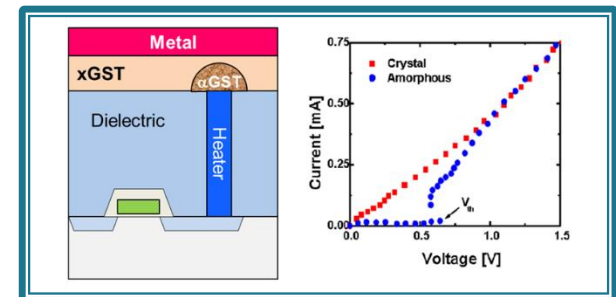
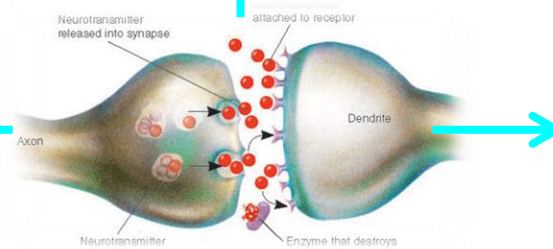
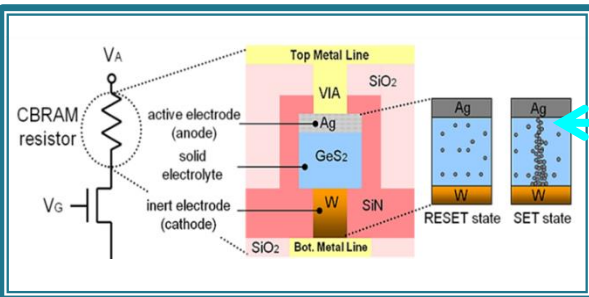
$\text{HfO}_2$



### Conductive Bridge RAM (CBRAM)

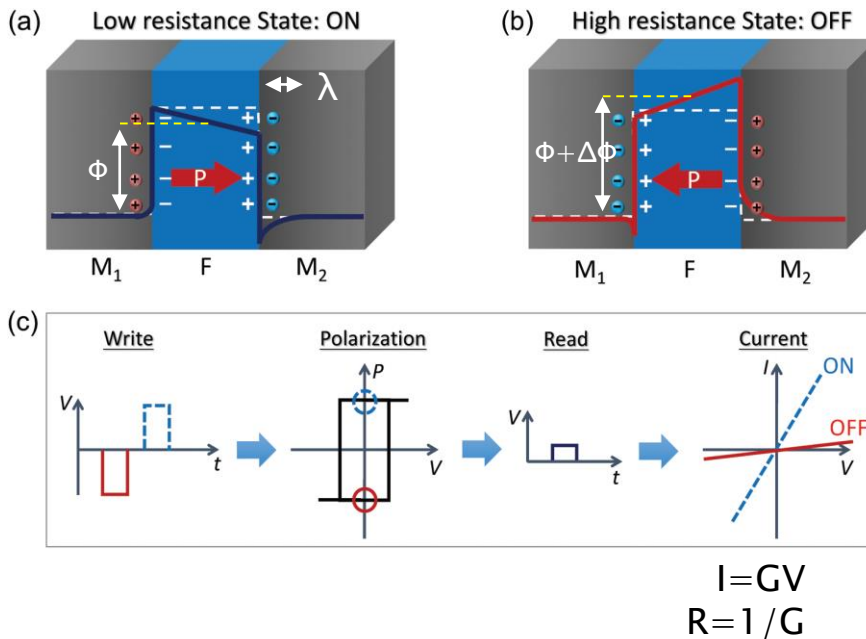
Thermal effect

### Phase change RAM (PCRAM)



# Ferroelectric Tunnel Junction (FTJ) –a non-volatile memory

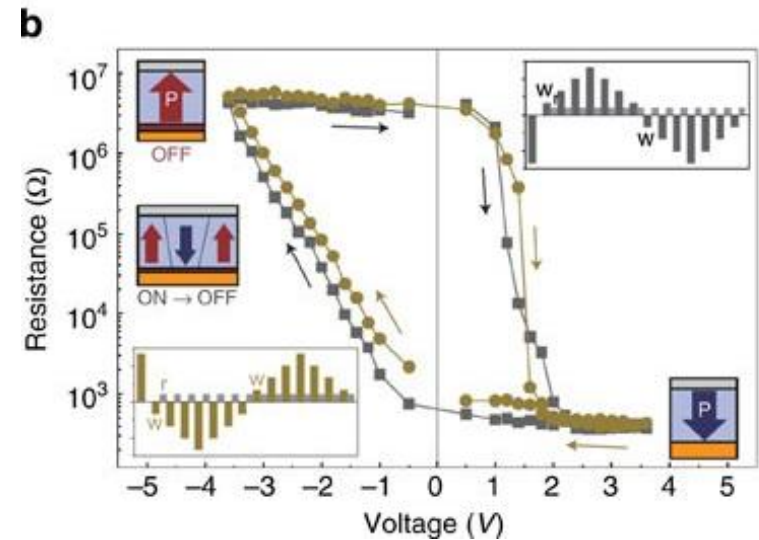
Z. When, D. Wu, *Adv. Mater* (2019)  
<https://doi.org/10.1002/adma.201904123>



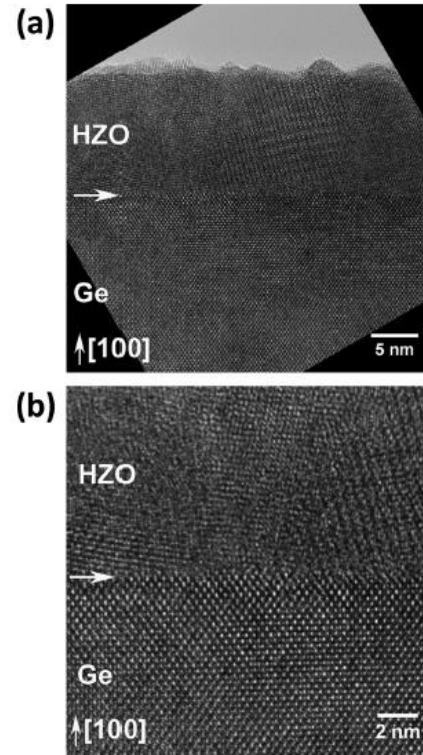
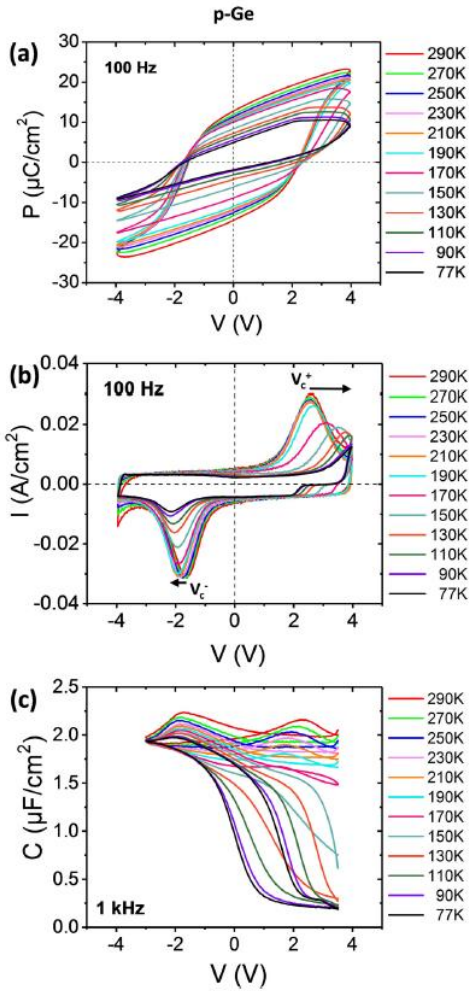
V. Garcia, M. Bibes

*Nature Commun.* 5, Article No 4289 (2014)

Ferroelectric tunnel junctions for information storage and processing



# Depletion induced depolarization field in $\text{Hf}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_2$ metal-ferroelectric-semiconductor capacitors on germanium



Appl. Phys. Lett. 116, 182904 (2020);  
<https://doi.org/10.1063/5.0007111>



# Ερευνητικά ενδιαφέροντα

## Μη πτητικές μνήμες

**Μνήμες  
Νανοκρυστάλλων  
(Δ. Τσαμάκης, ΕΜΠ)**

**Σιδηροηλεκτρικές  
μνήμες  
(Α. Δημουλάς, INN  
ΕΚΕΦΕ «Δ»)**

## Οργανικά Ηλεκτρονικά

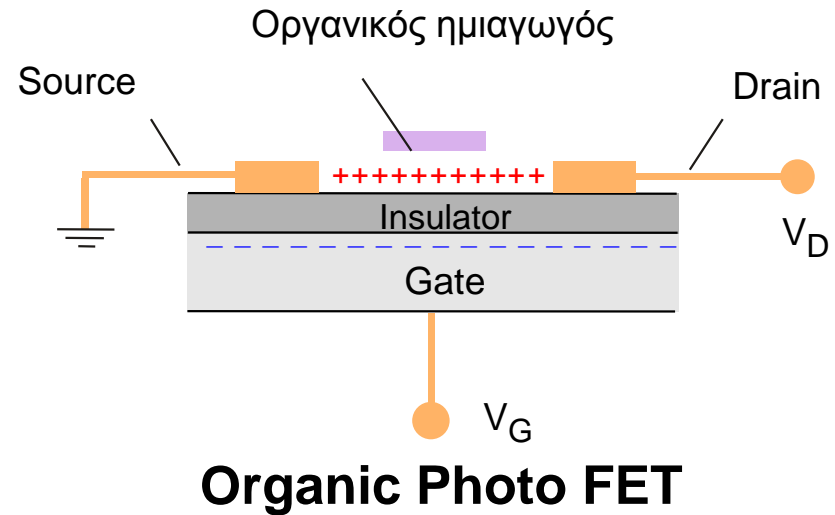
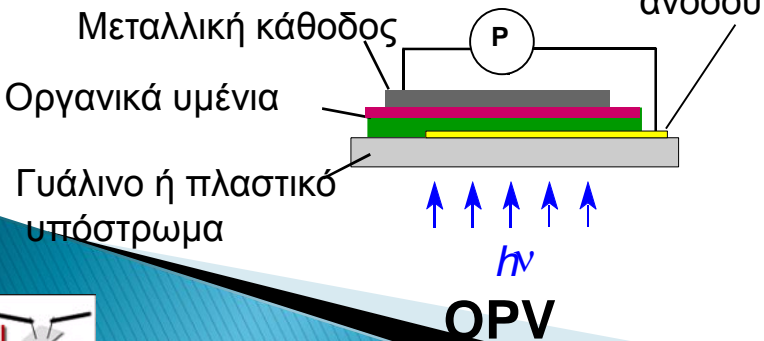
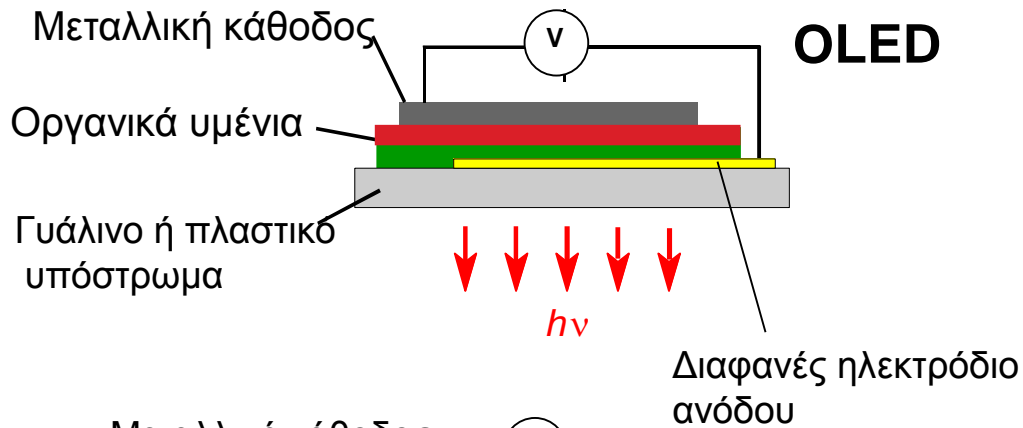
**OLED – OPV  
(Μ. Βασιλοπούλου,  
INN ΕΚΕΦΕ «Δ»)**

# Κατηγορίες Οργανικών Οπτοηλεκτρονικών Διατάξεων

Οργανικές Δίοδοι Εκπομπής Φωτός, *Organic Light Emitting Diodes, OLEDs*

Οργανικά Φωτοβολταϊκά, *Organic Photovoltaics, OPVs*

Οργανικά Τρανζίστορ Εκπομπής Φωτός, *Organic Photo Transistors*

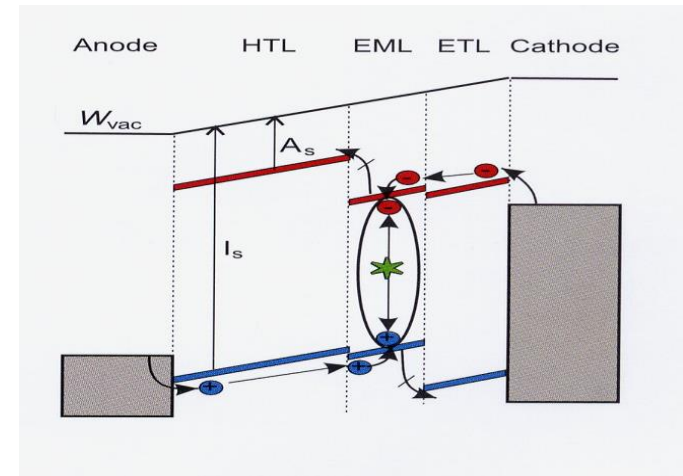




# Στρατηγικές βελτίωσης της απόδοσης των OLEDs

Η απόδοση των πολυμερικών OLEDs απλής διαστρωμάτωσης περιορίζεται από το χαμηλό ρυθμό έγχυσης/μεταφοράς φορτίου.

Σε διόδους πολλαπλής διαστρωμάτωσης τα ενδιάμεσα στρώματα συμβάλλουν στην αποδοτικότερη έγχυση και μεταφορά φορτίου, λόγω της μείωσης του φραγμού δυναμικού στις διεπιφάνειες και της υψηλότερης ευκινησίας του φορτίου και συνεπώς στην αύξηση της απόδοσης της OLED.



*Μεγαλύτερο πρόβλημα στην έγχυση/μεταφορά ηλεκτρονίων λόγω της υψηλής ενέργειας του LUMO των πολυμερικών ημιαγωγών εκπομπής και της σχετικά χαμηλής ευκινησίας των ηλεκτρονίων στα πολυμερικά υμένια*

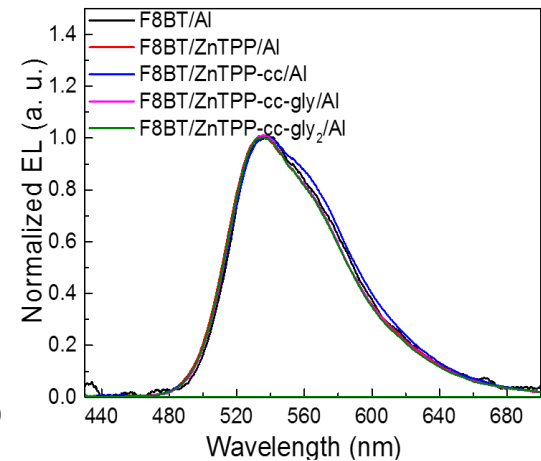
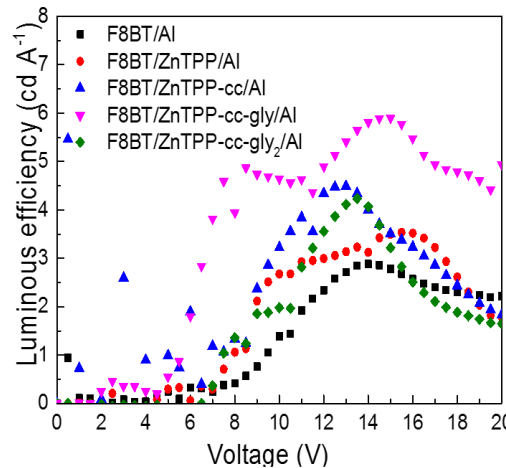
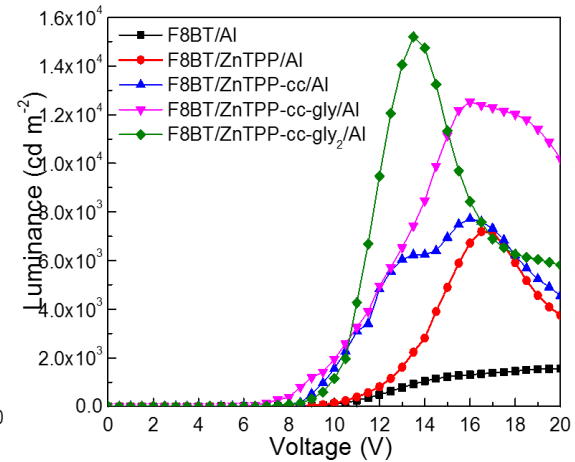
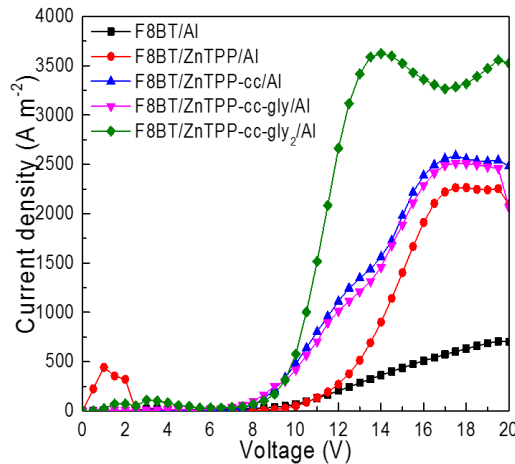
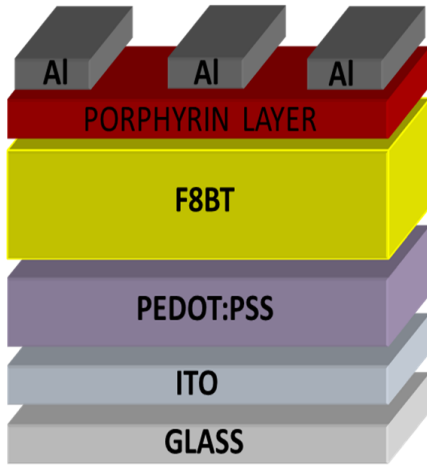
*Η απόδοση μειώνεται κατά τη λειτουργία λόγω της οξείδωσης των πολυμερικών ημιαγωγών.*

Στρατηγική για τη βελτίωση της έγχυσης/μεταφοράς ηλεκτρονίων και προστασία από την οξείδωση: Εναπόθεση ενός λεπτού υμενίου οξειδίου μετάλλου ή μοριακού οξειδίου ως υμένιο έγχυσης/μεταφοράς ηλεκτρονίων μεταξύ του ενεργού υλικού και του μεταλλικού ηλεκτροδίου (κατασκευή υβριδικών LEDs, Hy-OLEDs).



# FUNCTIONALIZED ZINC PORPHYRINS WITH VARIOUS PERIPHERAL GROUPS FOR INTERFACIAL ELECTRON INJECTION BARRIER CONTROL IN ORGANIC LIGHT EMITTING DIODES

A Verykios, M Vasilopoulou, M Papadakis, T Coutsolelos, G Papalamprakopoulos, E K. Evangelou



E.K. Ευαγγέλου



# ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ

- ▶ Καθ. Δημ Τσαμάκης ΣΗΜΜΥ, ΕΜΠ
- ▶ Καθ. Δημ Κουτσογεώργης, Nottingham Trent, UK
- ▶ Υπ. Διδάκτορας Λ. Καστάνης
- ▶ Δρ. Αθ. Δημουλάς, INN, <ΕΚΕΦΕ> Δημόκριτος
- ▶ Δρ. Μ. Βασιλοπούλου, INN, <ΕΚΕΦΕ> Δημόκριτος
- ▶ Καθ. Παν. Κωσταράκης, Γ. Μπαλντούμας (ΕΔΙΠ)