

ΕΜΠ



170!

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ

THIN FILM PHOTOVOLTAICS

ΝΕΥΤΟΝ ΥΜΕΝΙΟΝ

CIS, CGS, CIGS

Συνεργαζόμενοι φορείς:

→ **Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ)**

Επικ. Καθηγ. Δ. Παπαδημητρίου (συντονίστρια)

Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών

Καθηγ. Χρ. Ν. Παναγόπουλος, Αναπλ. Καθηγ. Ε. Χριστοφόρου

Σχολή Χημικών Μηχανικών

Καθηγ. Δ. Υφαντής, Καθηγ. Ι. Σιμιτζής, Επικ. Καθηγ. Α. Ζουμπουλάκης

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών

Καθηγητής Δ. Ε. Μανωλάκος

→ **Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ)**

Δρ. Ε. Τσελεπής, Διευθυντής Τμήματος Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

→ **Hahn-Meitner Institute Berlin (HMI)**

Prof. Dr. M.-Ch. Lux-Steiner (Direktorin), Assoc. Prof. Dr. Th. Schedel-Niedrig

→ **Technische Universität Berlin (TU-Berlin)**

Prof. Dr. D. Bimberg, Priv. Doz. Dr. A. Hoffmann, Assoc. Prof. Dr. N. Esser

→ **University of Rome Tor-Vergata**

Prof. Dr. W. Richter

Χορηγοί:

→ **Γενική Γραμματεία Έρευνας & Τεχνολογίας (ΓΓΕΤ), ΙΚΥ, DAAD**

→ **SOLAR CELLS HELLAS S.A.**

Δ. Παναγάκος, Ηλεκτρολόγος Μηχ. ΕΜΠ, Πρόεδρος & Διευθύνων Σύμβουλος

Δρ. Χ. Πρωτογερόπουλος, Μηχανολόγος Μηχ. ΕΜΠ

→ **SULFURCELL Solartechnik GmbH**

Dr. N. Mayer, Geschäftsführer

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Περιεχόμενα:

A)

- Πλεονεκτήματα
- Εγκαταστάσεις
- Στατιστικά στοιχεία

B)

- Φωτοβολταϊκοί Απορροφητές
- Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία CIGS
- Ανάπτυξη Ηλιακών Κυψελών CIGS στο ΕΜΠ
 - Παρασκευή Λεπτών Υμενίων
 - Χαρακτηρισμός
- Κατασκευή Ηλιακών Γεννητριών στο ΚΑΠΕ

Γ)

- Μελλοντικές προοπτικές
 - Προηγμένα Τεχνολογικά Υλικά
 - Βελτιωμένες Διεπιφάνειες
 - Νανοκρυσταλλικοί Απορροφητές

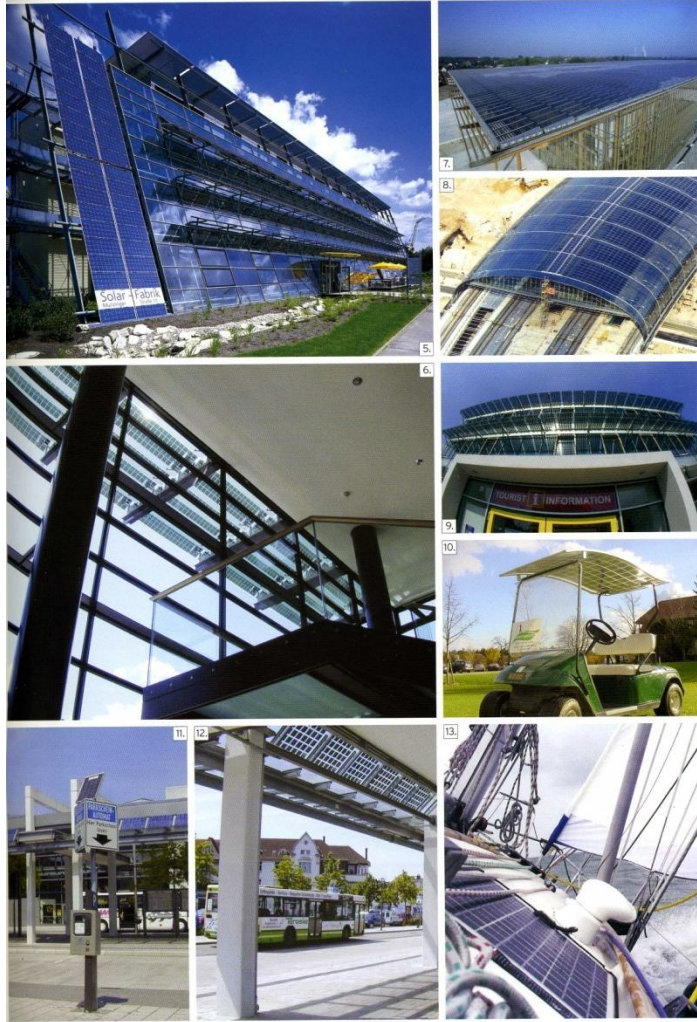
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Πλεονεκτήματα

- μηδενική ρύπανση της ατμόσφαιρας
- μηδαμινό κόστος συντήρησης και λειτουργίας
- μεγάλη διάρκεια ζωής
- αθόρυβη λειτουργία
- χαμηλό μεταφορικό κόστος
- δυνατότητα ενσωμάτωσης σε κτήρια και οχήματα
- δυνατότητα επέκτασης

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Εγκαταστάσεις



ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Εγκαταστάσεις



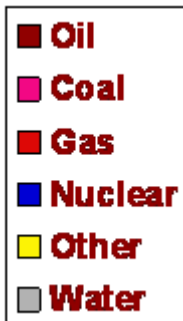
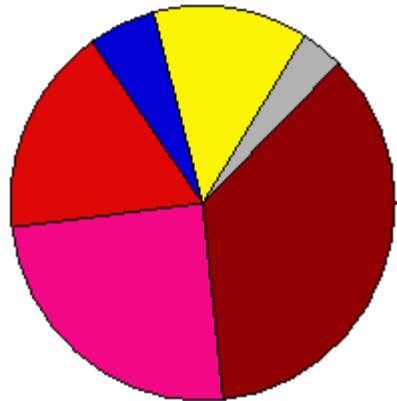
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Εγκαταστάσεις



ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

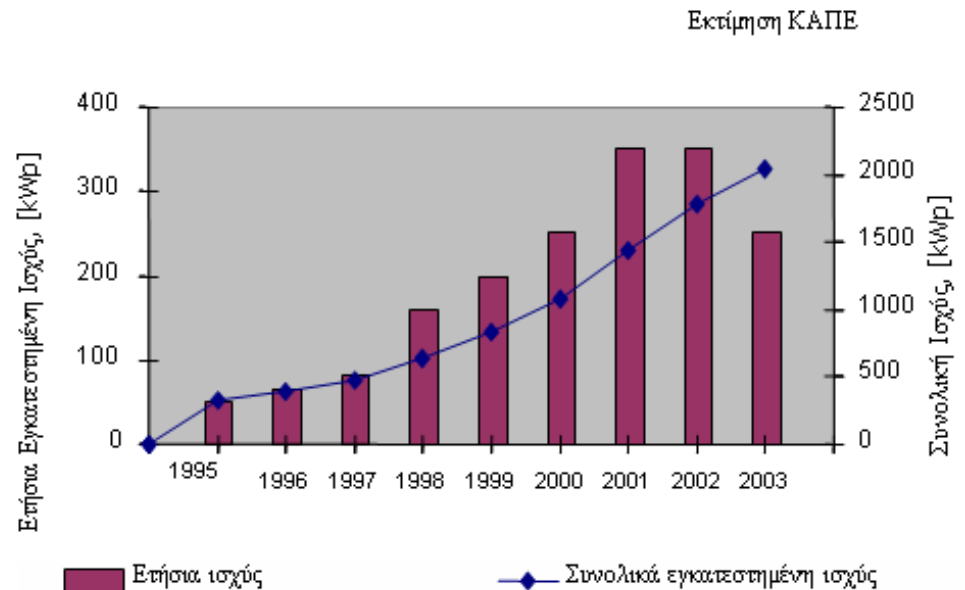
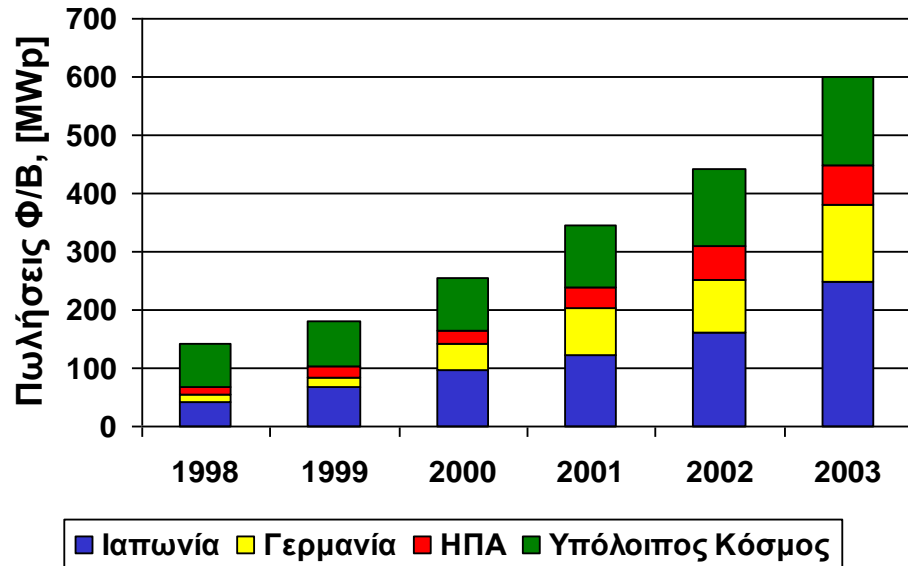
Στατιστικά στοιχεία



Energy sources	Technology considered for the cost estimate	2005 Cost (€ / MWh)	Projected Cost 2030 (€ / MWh)	Efficiency	Proven reserves / Annual production
		Source IEA			
Natural gas	Open cycle gas turbine	45 - 70	55 - 85	40%	64 years
	CCGT (Combined Cycle Gas Turbine)	35 - 45	40 - 55	50%	
Oil	Diesel engine	70 - 80	80 - 95	30%	42 years
Coal	PF (Pulverized Fuel with flue gas desulphurization)	30 - 40	45 - 60	40-45%	155 years
	CFBC (Circulating fluidized bed combustion)	35 - 45	50 - 65	40-45%	
	IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle)	40 - 50	55 - 70	48%	
Nuclear	Light water reactor	40 - 45	40 - 45	33%	Reasonable reserves: 85 years
Biomass	Biomass generation plant	25 - 85	25 - 75	30 - 60%	Renewable
Wind	On shore	35 - 175	28 - 170	95-98%	
		35 - 110	28 - 80		
	Off shore	50 - 170	50 - 150	95-98%	
		60 - 150	40 - 120		
Hydro	Large	25 - 95	25 - 90	95-98%	
	Small (<10MW)	45 - 90	40 - 80	95-98%	
Solar	Photovoltaic	140 - 430	55 - 260	10-20%	

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

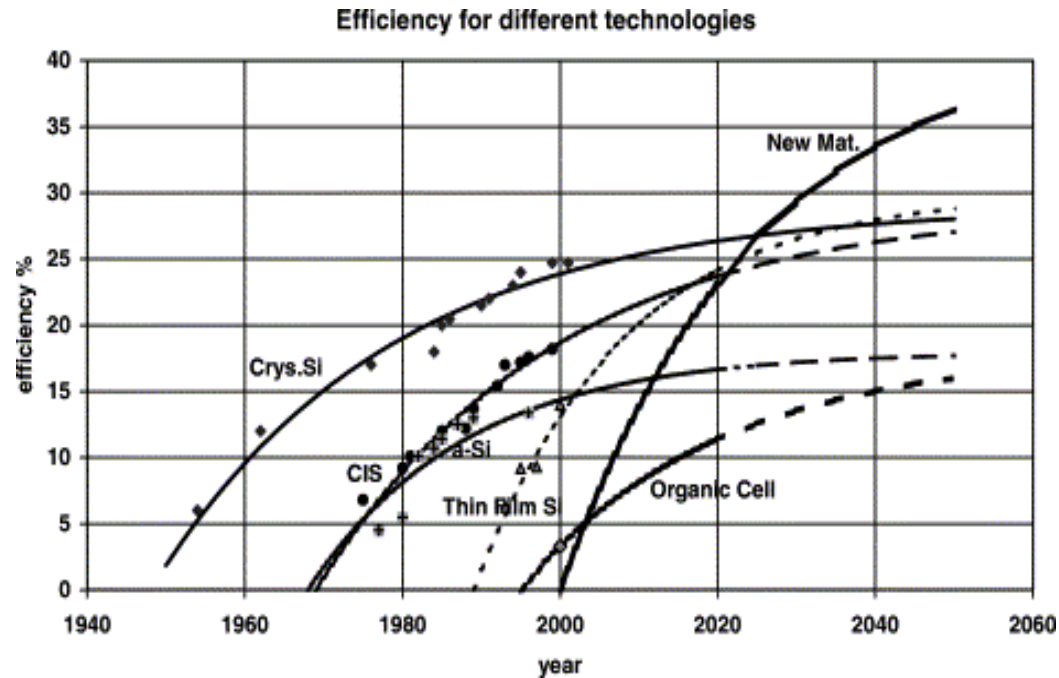
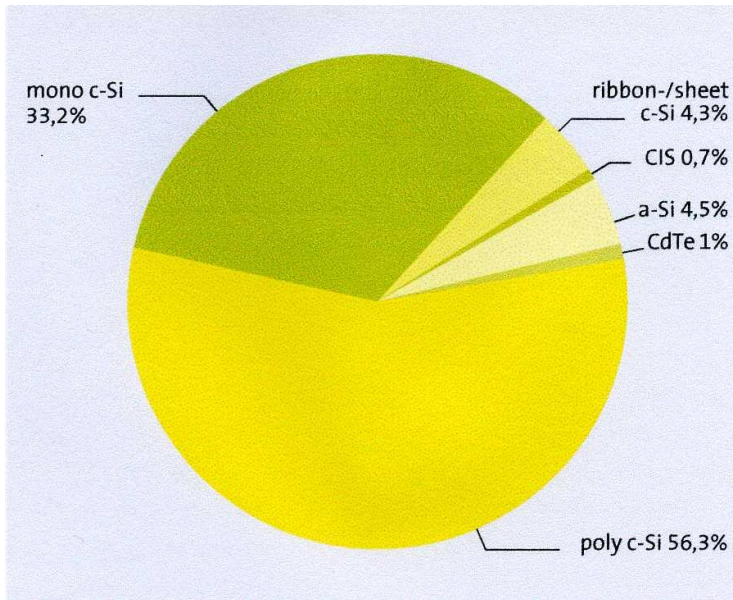
Στατιστικά στοιχεία



ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Στατιστικά στοιχεία

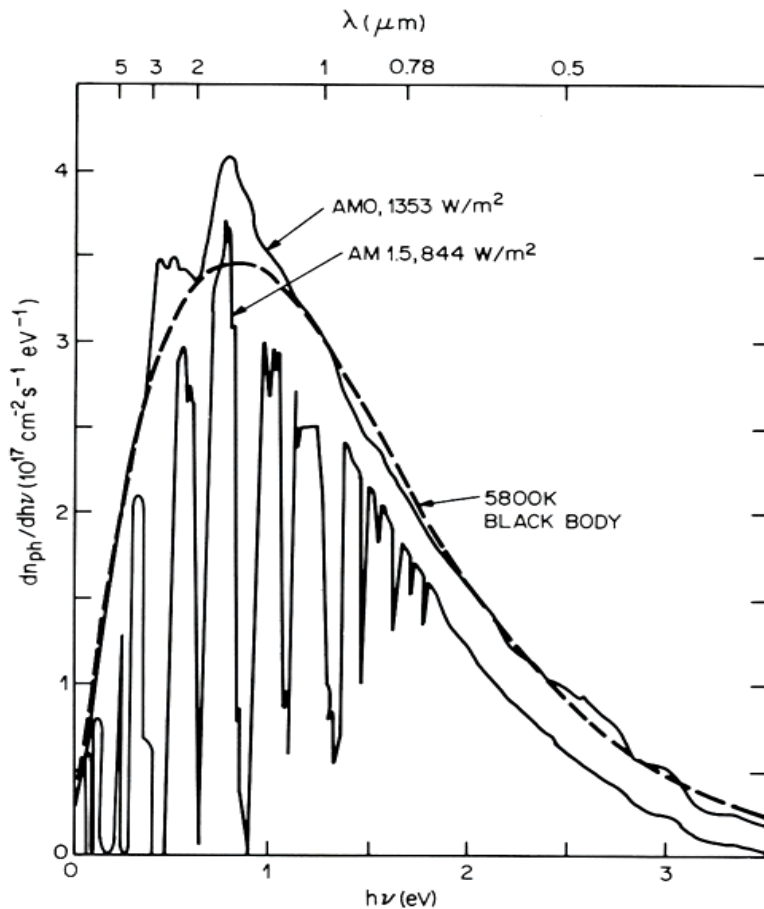
Φωτοβολταϊκοί Απορροφητές και Τεχνολογίες



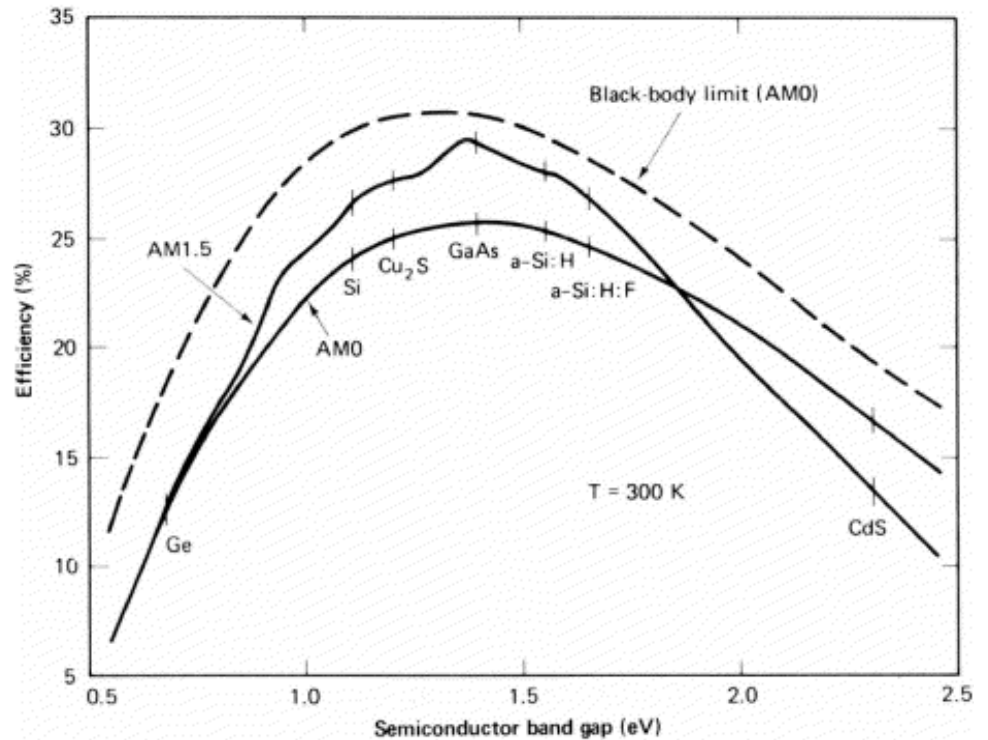
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Φωτοβολταϊκοί Απορροφητές

Ηλιακό Φάσμα



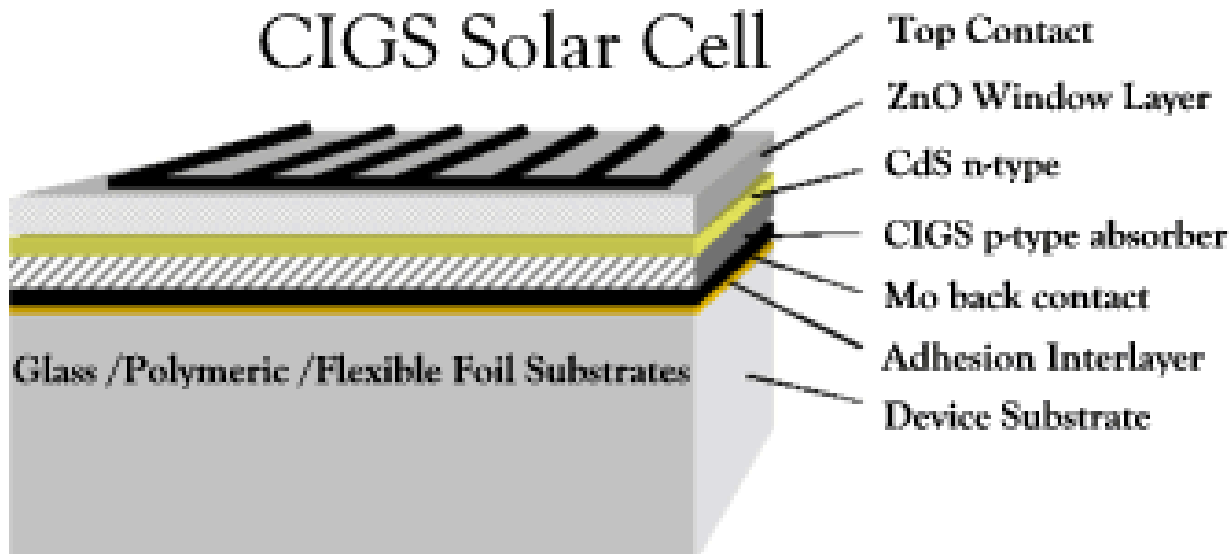
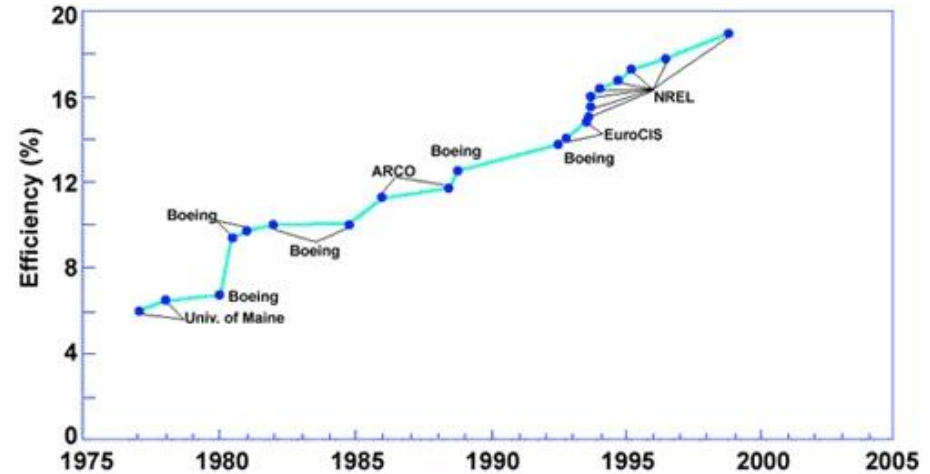
Εξάρτηση του Συντελεστή Απόδοσης από το Ενεργειακό Χάσμα του Απορροφητή



ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

CIS, CGS, CIGS

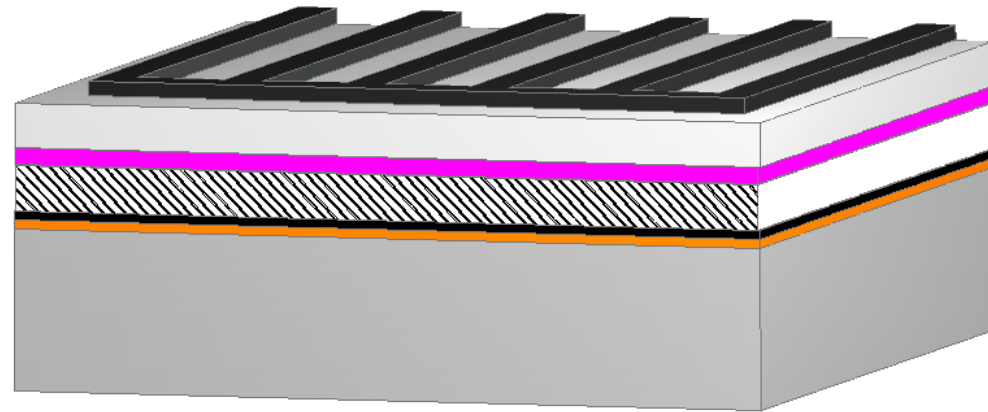
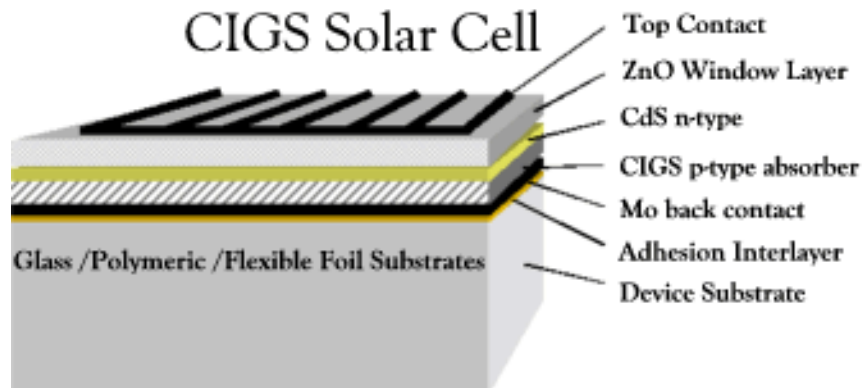
	Material	Energy gap	Theory	Actual
CIS	CuInSe_2	1.05 eV	25%	13.5%
CIGS	Cu(In,Ga)S_2	1.2 eV	27.5%	18.8%
CIS	CuInS_2	1.5 eV	28.5%	11.4%
CGS	CuGaSe_2	1.7 eV	26%	8.3%



ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Ανάπτυξη Ηλιακών Κυψελών CIS, CGS, CIGS (EMΠ)

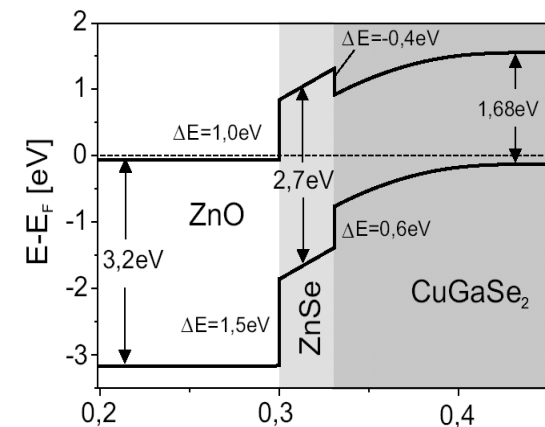
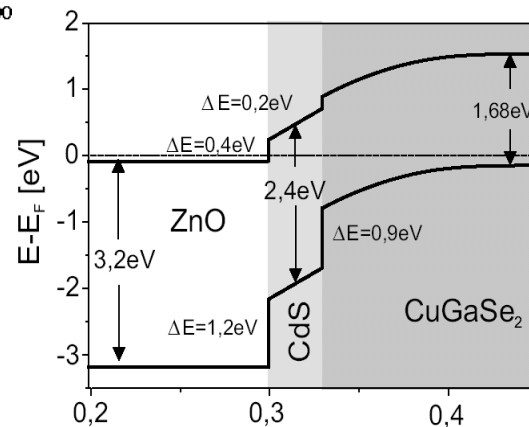
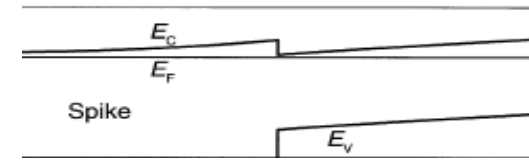
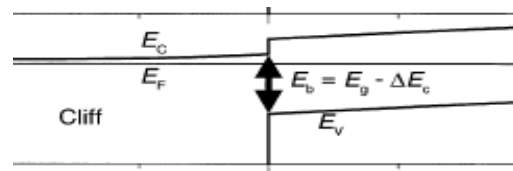
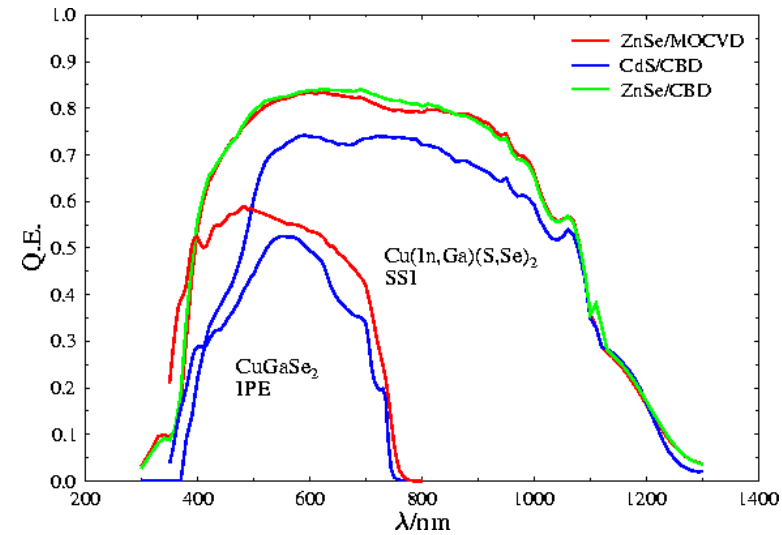
- Παρασκευή Λεπτών Υμενίων ZnSe & ZnO
- Κατασκευή Ηλεκτρικών Επαφών



ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Ανάπτυξη Ηλιακών Κυψελών CIS, CGS, CIGS (EMΠ)

→ Παρασκευή Λεπτών Υμενίων ZnSe (EBE)



ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Ανάπτυξη Ηλιακών Κυψελών CIS, CGS, CIGS (EMΠ)

→ Παρασκευή Λεπτών Υμενίων ZnSe (EBE)

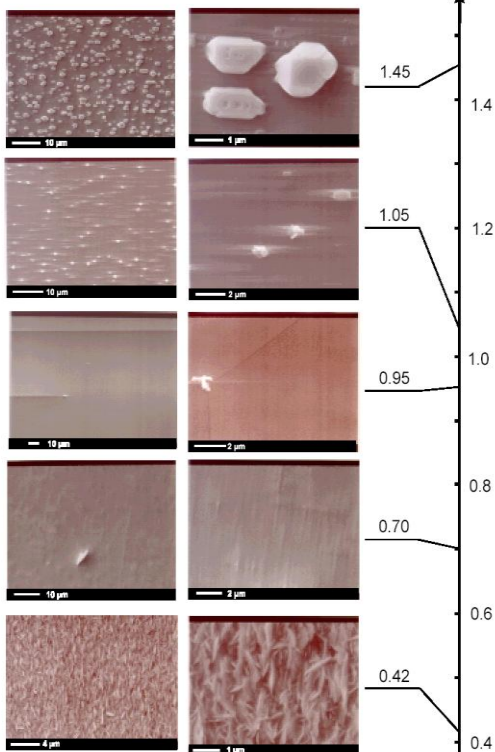


ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

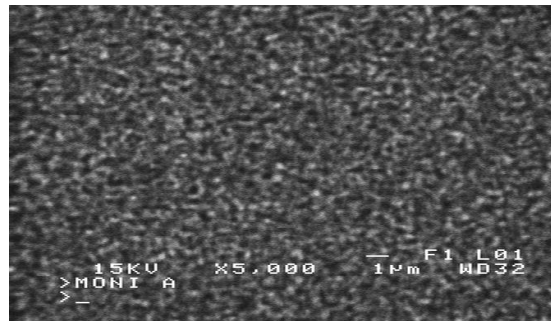
Ανάπτυξη Ηλιακών Κυψελών CIS, CGS, CIGS (EMII)

→ Δομικός Χαρακτηρισμός Λεπτών Υμενίων ZnSe

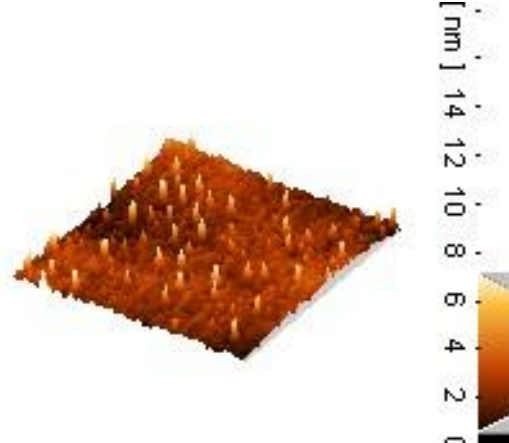
SEM: CuGaSe₂



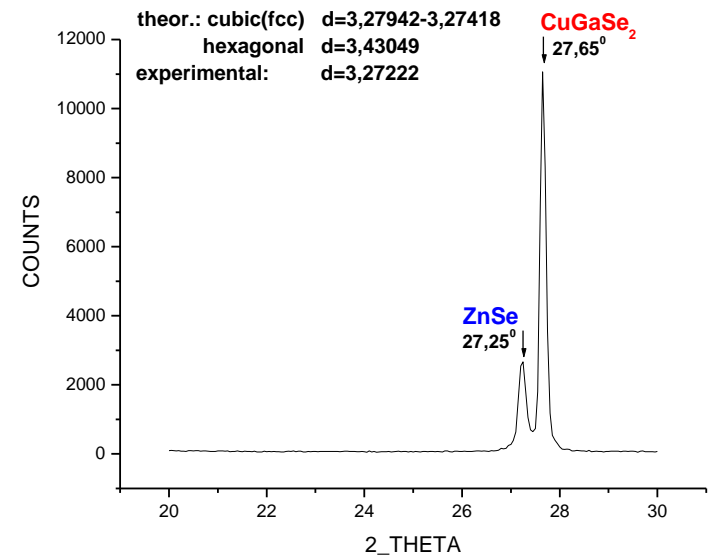
SEM: ZnSe on CuGaSe₂



AFM: ZnSe on CuGaSe₂



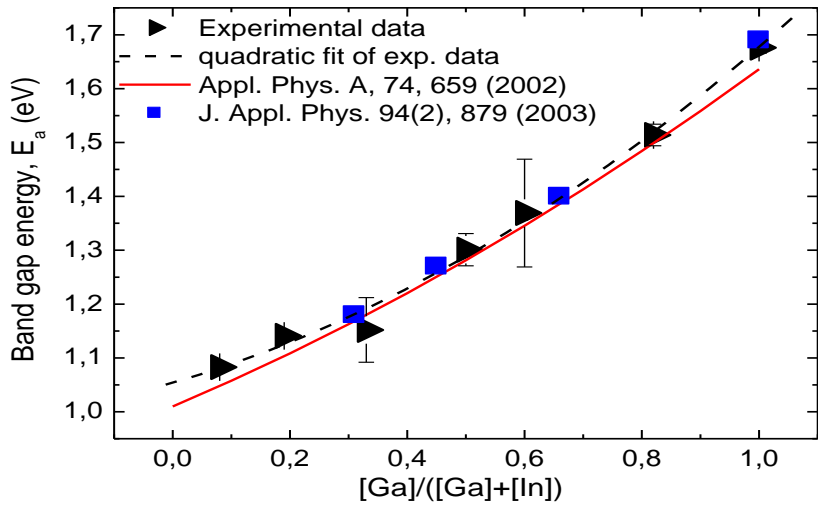
XRD: ZnSe on CuGaSe₂



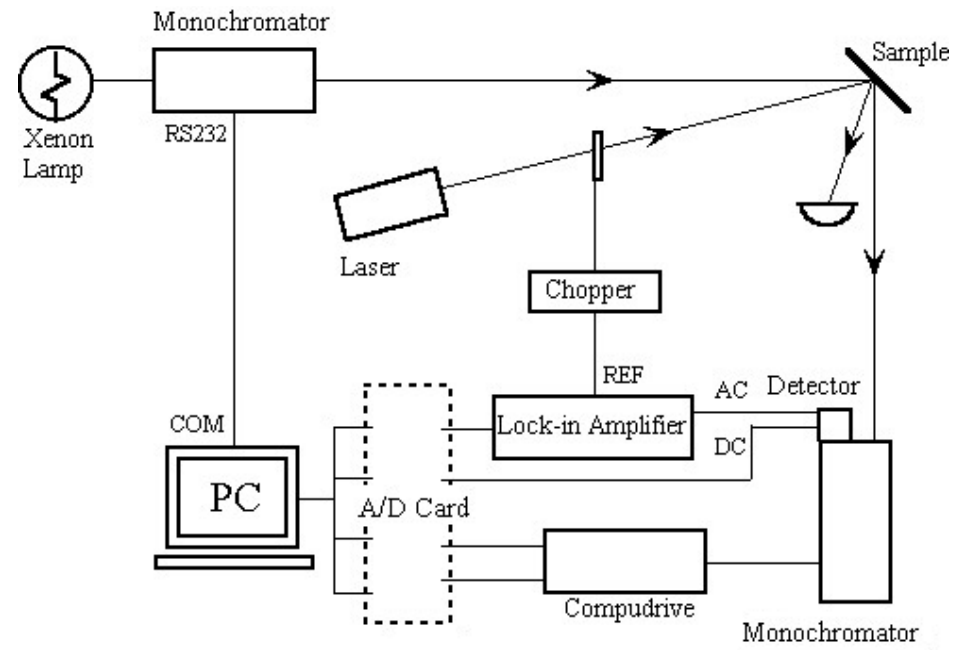
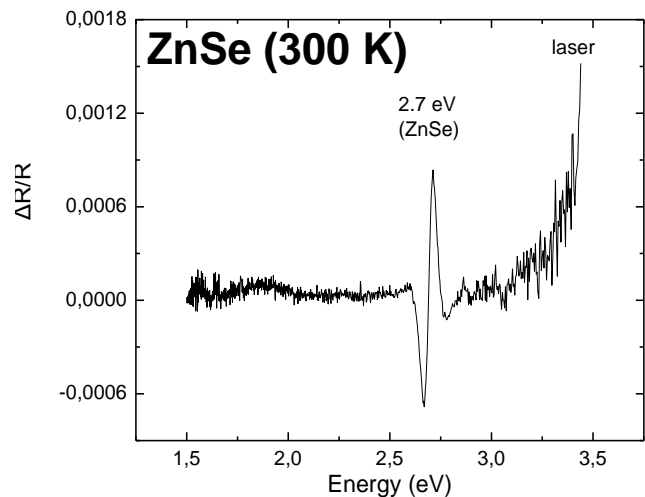
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Ανάπτυξη Ηλιακών Κυψελών CIS, CGS, CIGS (EMII)

→ Οπτικός Χαρακτηρισμός $\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Se}_2$ & ZnSe



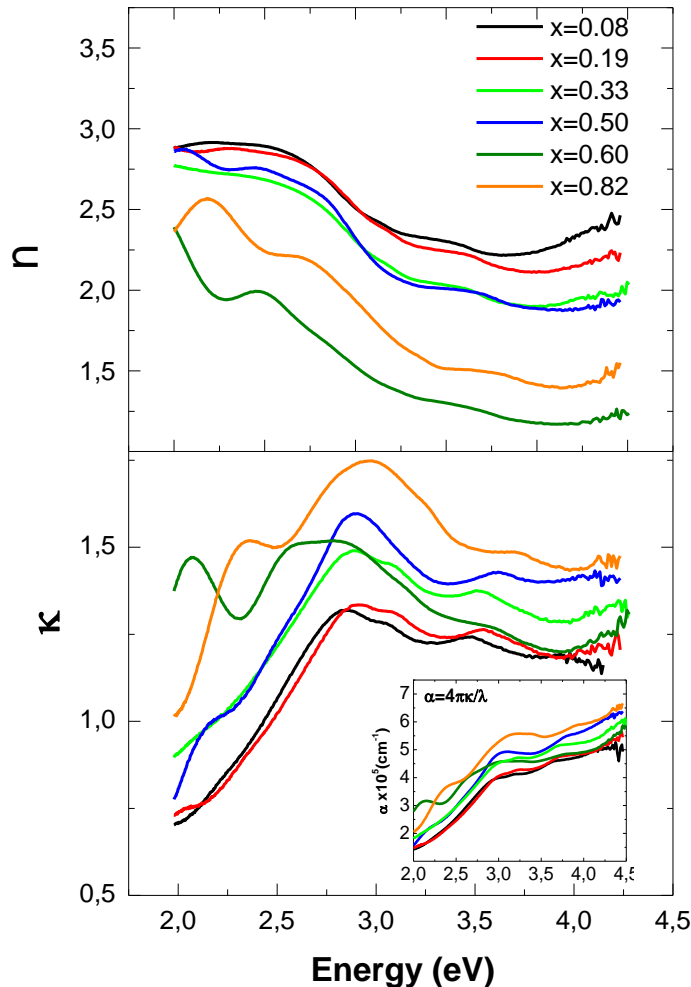
Διάταξη Οπτικής Διαμόρφωσης



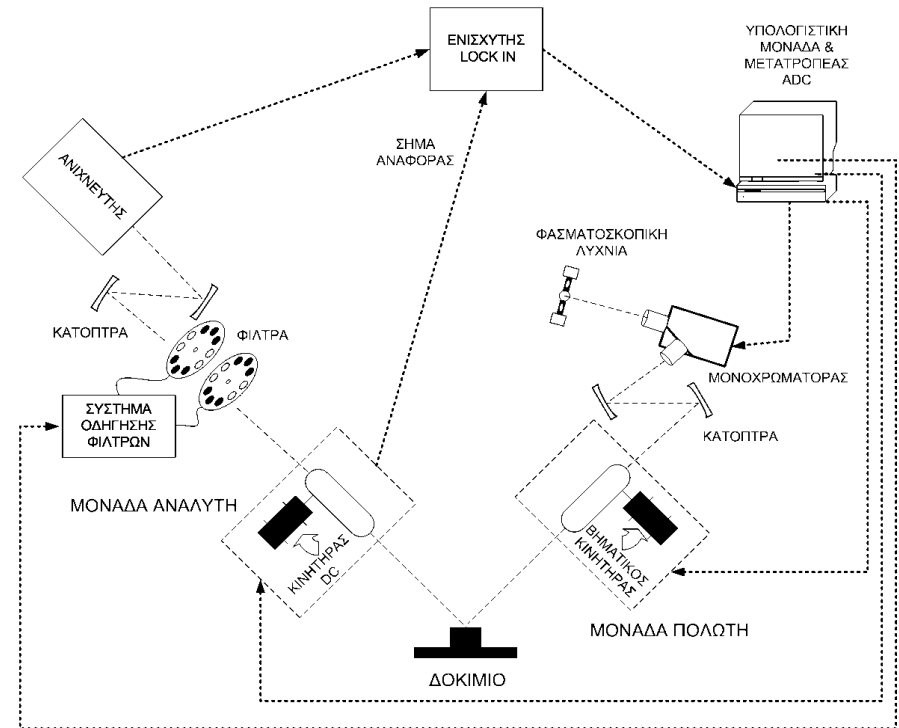
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Ανάπτυξη Ηλιακών Κυψελών CIS, CGS, CIGS (EMΠ)

➔ Οπτικός Χαρακτηρισμός Απορροφητών $\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Se}_2$

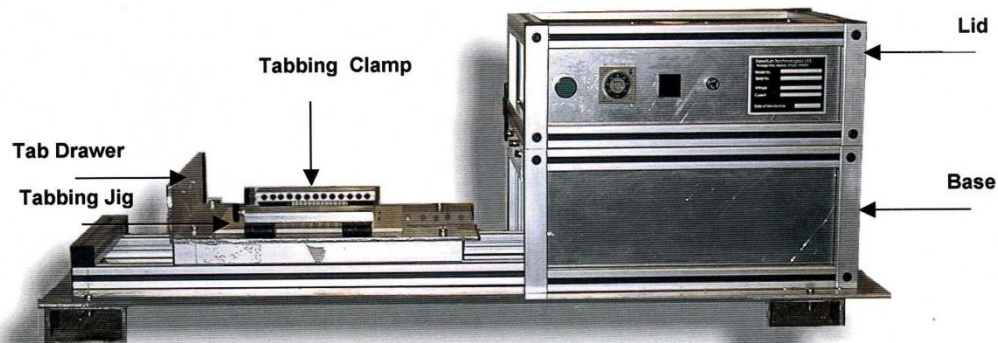
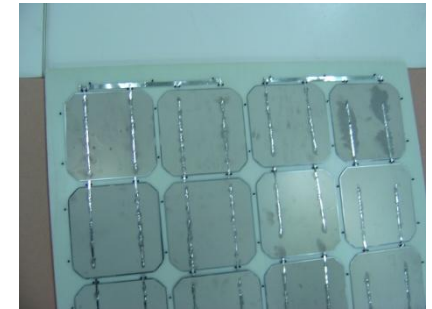
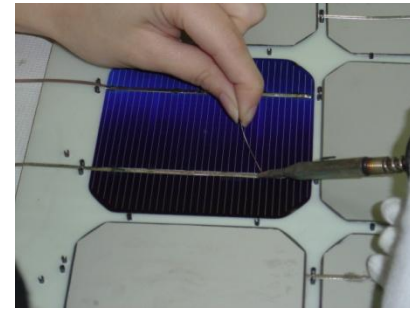
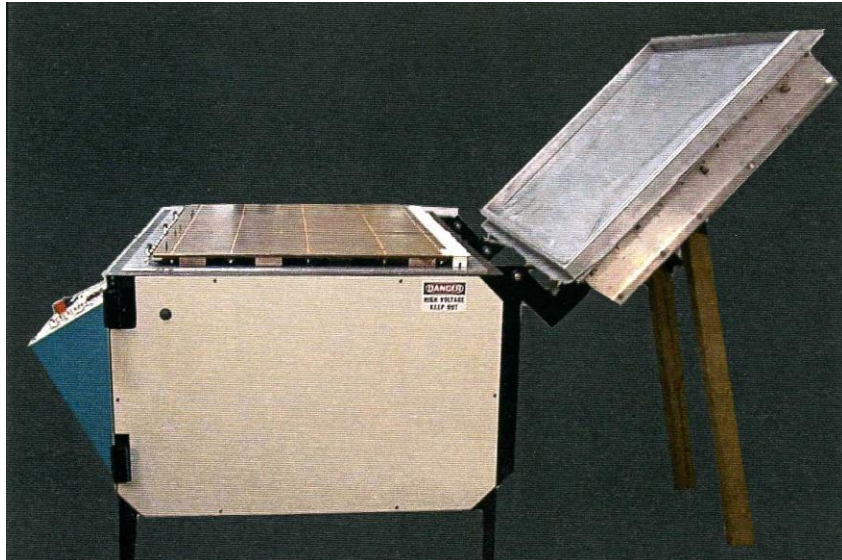


Ελλειψομετρική Διάταξη



ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

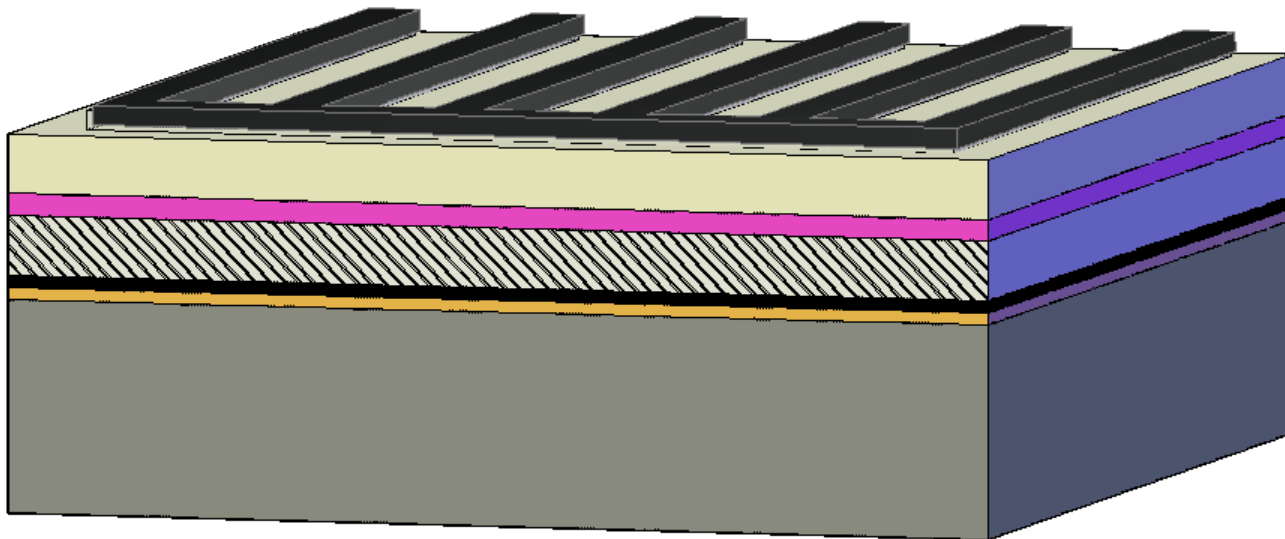
Κατασκευή Ηλιακών Γεννητριών (ΚΑΠΕ)



ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Μελλοντικές Προοπτικές

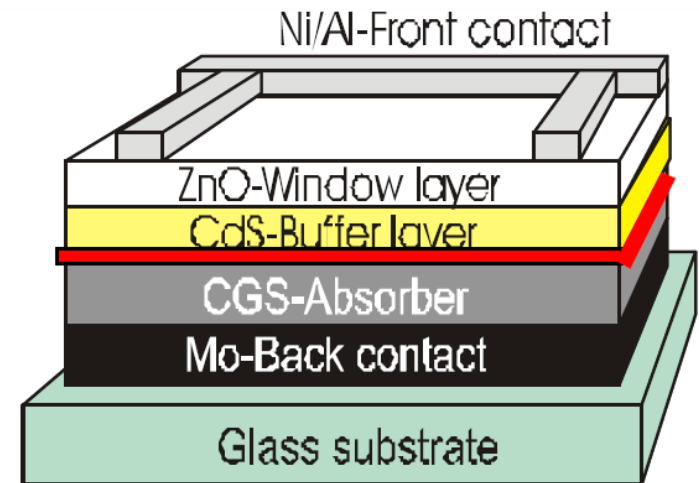
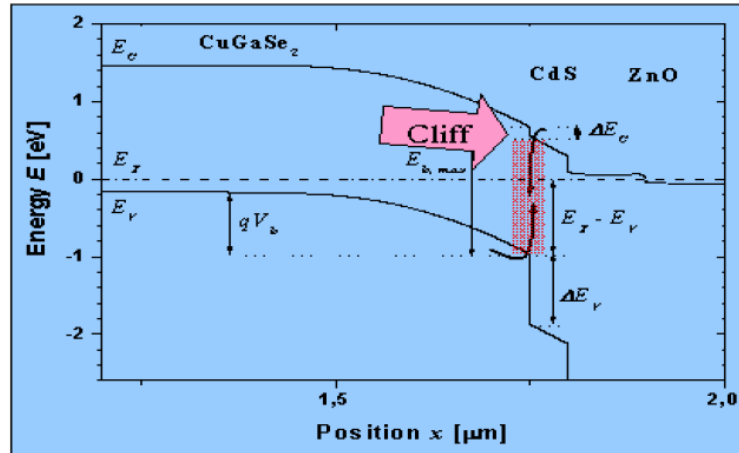
→ Προηγμένα Τεχνολογικά Υλικά:
Διαφανή-Αγώγιμα Ηλεκτρόδια
(transparent-conductive contacts)



ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Μελλοντικές Προοπτικές

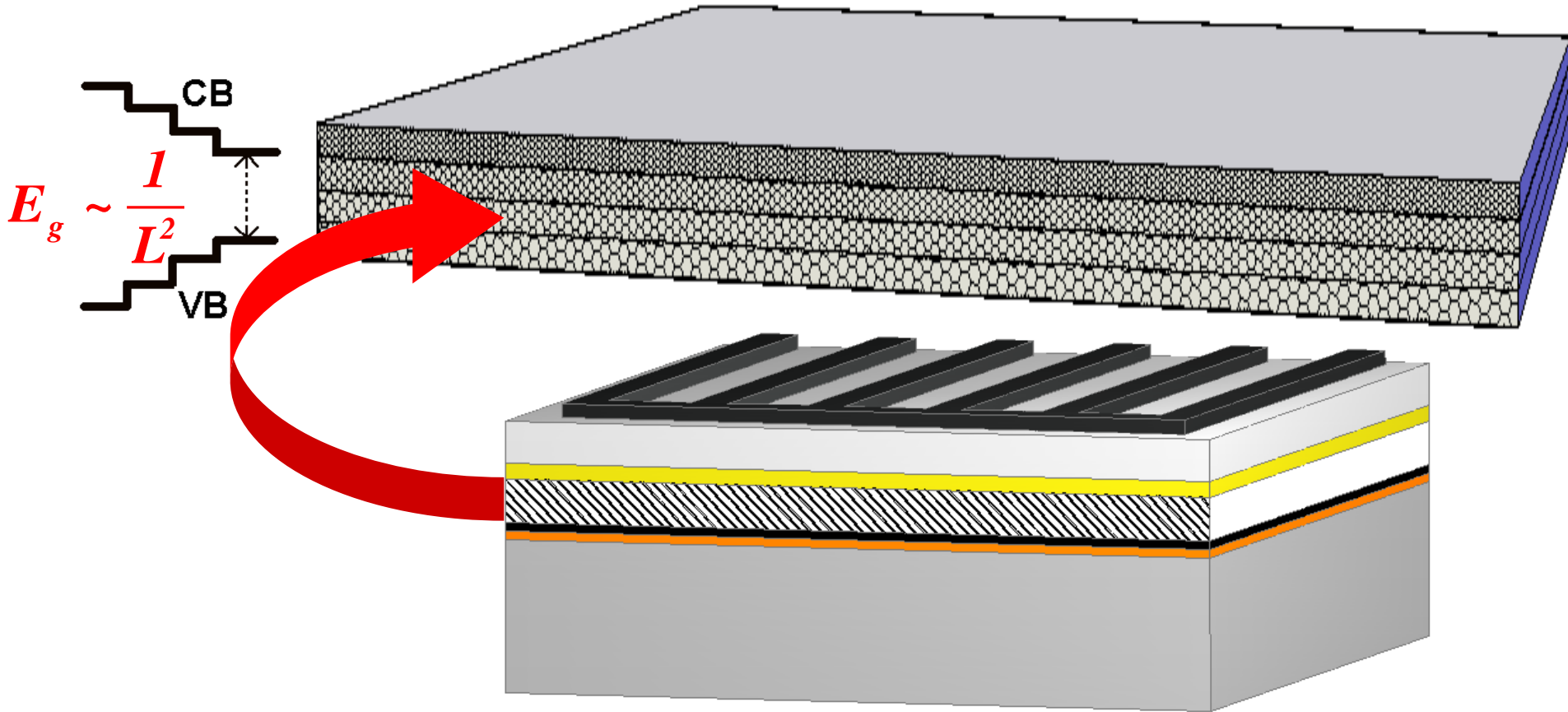
→ Βελτιωμένες Διεπιφάνειες:
Διεπιφάνειας Σημειακών Επαφών
(*point-contacted cells*)



ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Μελλοντικές Προοπτικές

→ Νανοκρυσταλλικοί Απορροφητές:
Μετατροπή Ενέργειας με Προσαρμογή Μεγέθους
(*size-matched energy conversion*)





Τεχνική Επιμέλεια:

Κ. Ανέστου, Ν. Βασιλάκης, Ν. Γαλάνης, Κ. Πελεκάνος, Θ. Σιαπκαράς, Α. Τρουπής