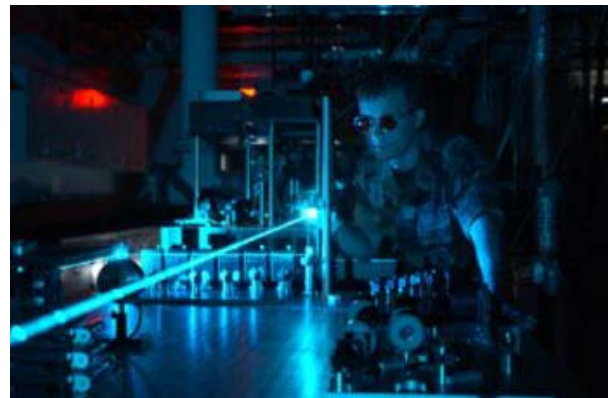


# Φωτονικά Υλικά

Διδάσκων:  
Λευτέρης Λοιδωρίκης  
Π1  
0-7146

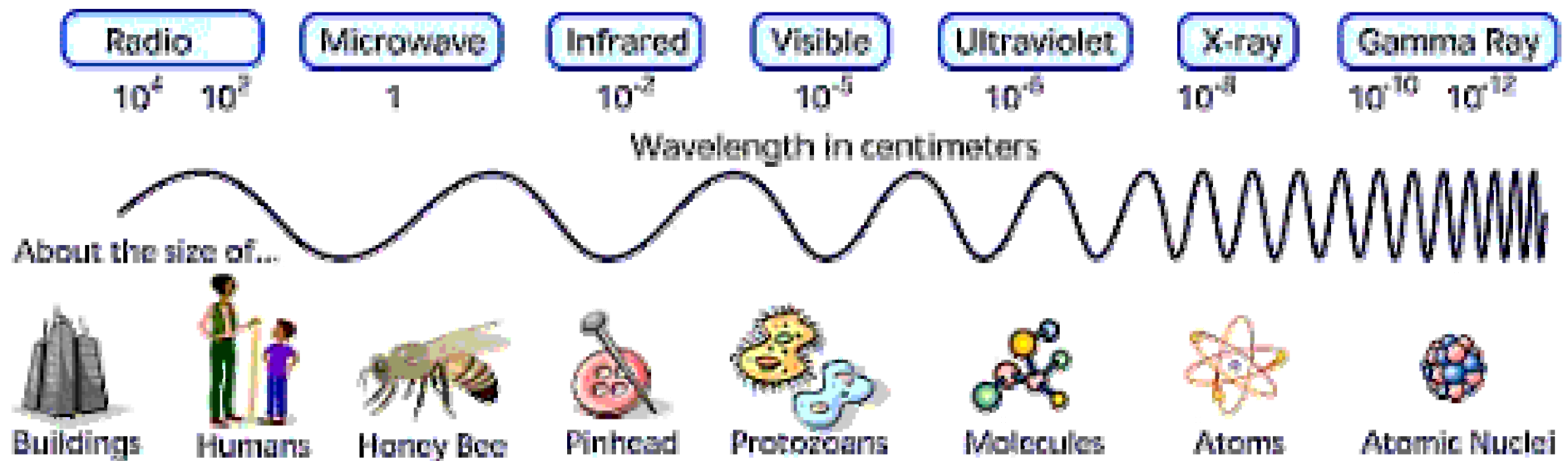
# Τεχνολογίες φωτός σήμερα

- Το φως έχει εισχωρήσει προ πολλού στη ζωή μας



# Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

- Καλύπτει πολύ μεγάλο φάσμα



# Συστατικά τεχνολογίας φωτός

*Υλικό → Διαμόρφωση → Εφαρμογή*

# Συστατικά τεχνολογίας φωτός

**Υλικό** → Διαμόρφωση → Εφαρμογή

- **Διηλεκτρικά**
  - Μονωτές (π.χ. οξειδία, ή ημιαγωγοί για  $\hbar\omega < E_g$ )
  - Ασθενής αλληλεπίδραση με **δέσμια** ηλεκτρόνια: μηδενική απορρόφηση, μέση επίδραση
  - **Επεξεργασία φωτός**
- **Ημιαγωγοί**
  - Ανόργανοι ή οργανικοί
  - Ισχυρή αλληλεπίδραση με **δέσμια** ηλεκτρόνια: ισχυρή απορρόφηση και εκπομπή
  - **Δημιουργία και ανίχνευση φωτός**
- **Μέταλλα**
  - Ισχυρή αλληλεπίδραση με **ελεύθερα** ηλεκτρόνια: μέση απορρόφηση, πολύ ισχυρή επίδραση
  - **Επεξεργασία φωτός**

# Συστατικά τεχνολογίας φωτός

Υλικό → **Διαμόρφωση** → Εφαρμογή

- *Περιορισμός*
  - Ενίσχυση ιδιοκαταστάσεων
  - Κβαντικά πηγάδια, κοιλότητες, κυματοδηγοί
  - **Διηλεκτρικά, ημιαγωγοί, μέταλλα**
- *Περιοδικότητα*
  - Μετατροπή διασποράς
  - Διηλεκτρικοί καθρέπτες, φωτονικοί ημιαγωγοί
  - **Διηλεκτρικά, ημιαγωγοί, μέταλλα**

# Συστατικά τεχνολογίας φωτός

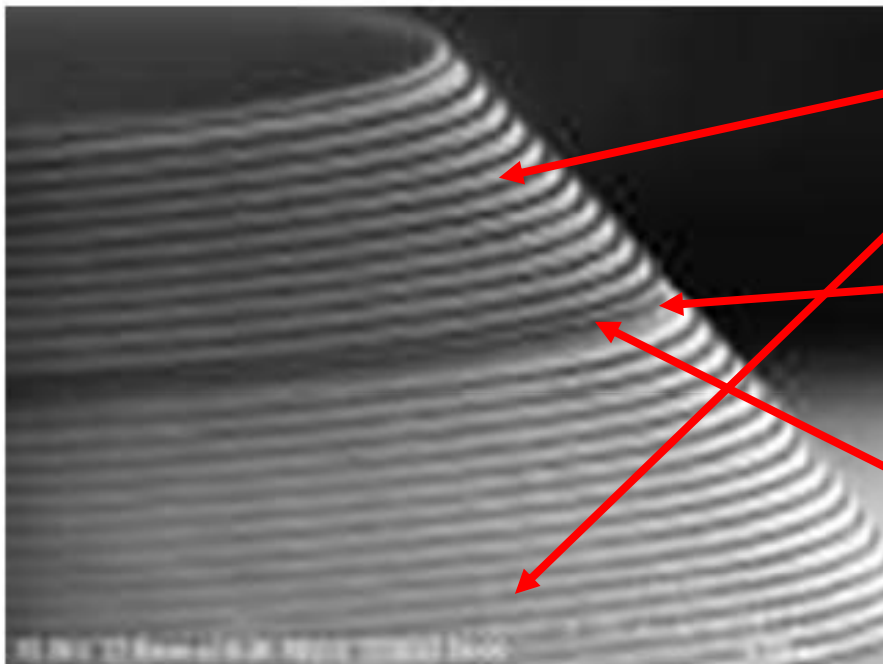
Υλικό → Διαμόρφωση → **Εφαρμογή**

- *Δημιουργία φωτός*
  - LED, Laser, φθορισμός
  - **Ημιαγωγοί**
- *Επεξεργασία φωτός*
  - Οπτικές ίνες, οθόνες, κοιλότητες laser, LED, οπτικοί διακόπτες, αισθητήρες, ολοκληρωμένα οπτικά κυκλώματα
  - **Μονωτές, μέταλλα, ή ημιαγωγοί για  $\hbar\omega < E_g$**
- *Ανίχνευση φωτός*
  - Φωτοκύτταρα, φωτοβολταϊκά, αισθητήρες
  - **Ημιαγωγοί**

# Εφαρμογή: VCSEL



- Laser ημιαγωγού
- Vertical-cavity surface-emitting laser  
(laser επιφανειακής εκπομπής κάθετης κοιλότητας)



**Διηλεκτρικός καθρέπτης**

**Υλικό:** GaAs/AlGaAs

**Διαμόρφωση:** περιοδικότητα

**Κοιλότητα laser**

**Υλικό:** GaAs

**Διαμόρφωση:** περιορισμός

**Κβαντικά πηγάδια**

**Υλικό:** GaAs/InGaAs

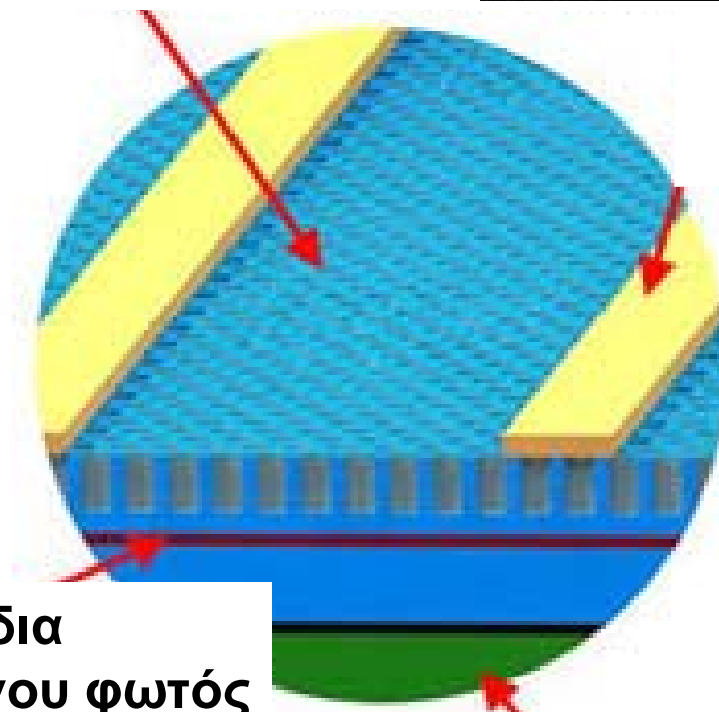
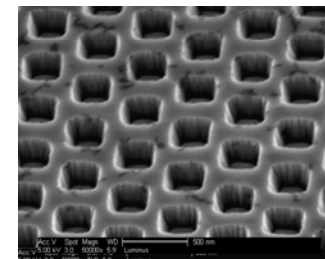
**Διαμόρφωση:** περιορισμός



# Εφαρμογή: LED

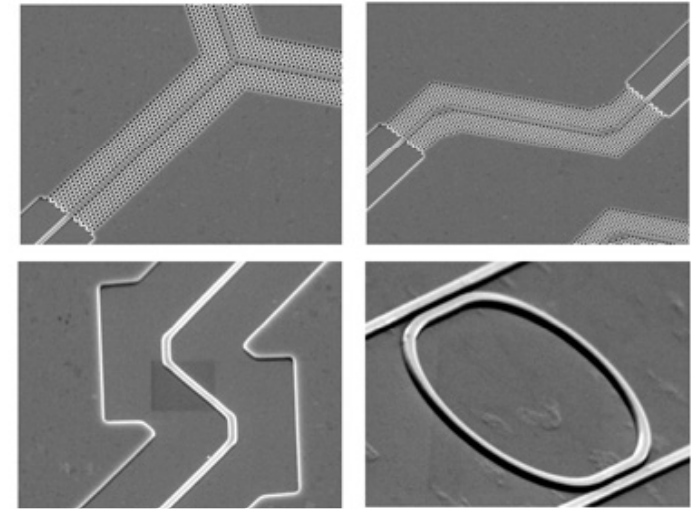


Φωτονικός κρύσταλλος  
*Υλικό:* αέρας/GaN  
*Διαμόρφωση:* περιοδικότητα



Κβαντικά πηγάδια  
Εκπομή μπλέ ή πράσινου φωτός  
*Υλικό:* GaN/InGaN  
*Διαμόρφωση:* περιορισμός

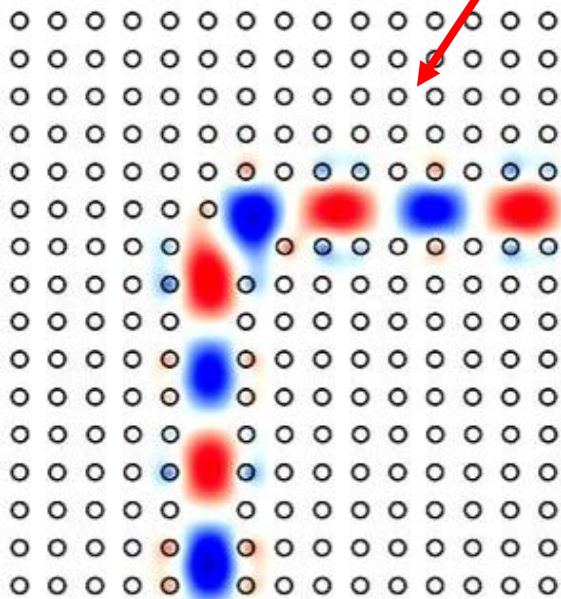
# Εφαρμογή: Ολοκληρωμένα οπτικά κυκλώματα



**Φωτονικός κρύσταλλος**

*Υλικό:* αέρας/Si

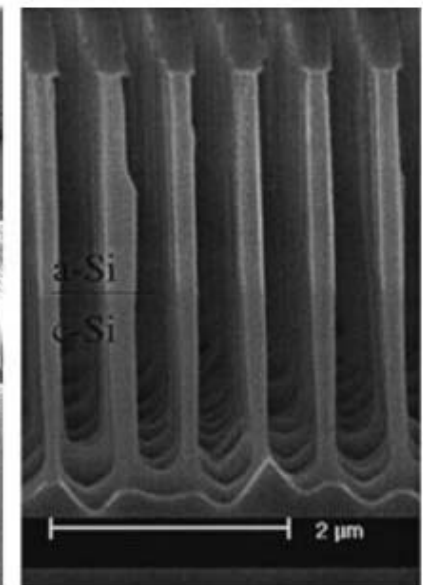
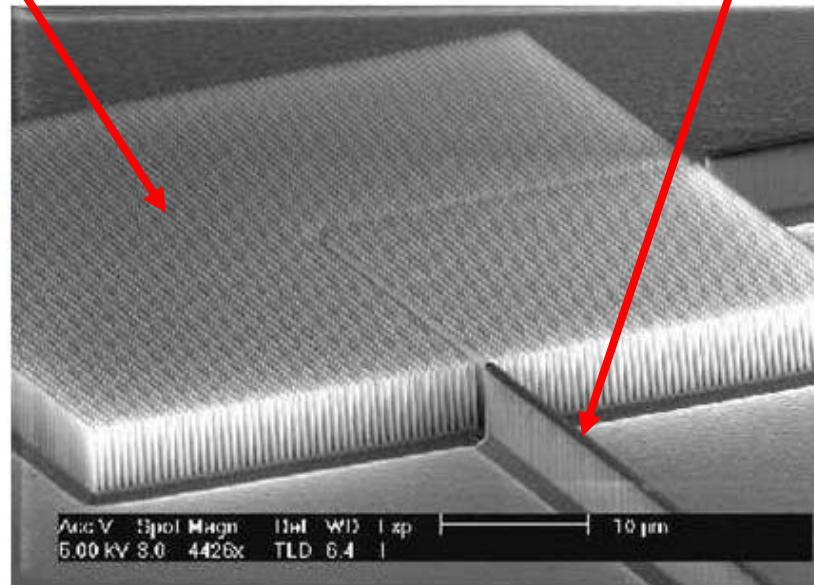
*Διαμόρφωση:* περιοδικότητα



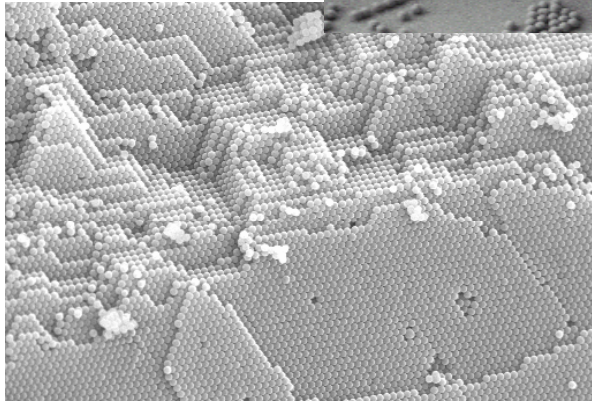
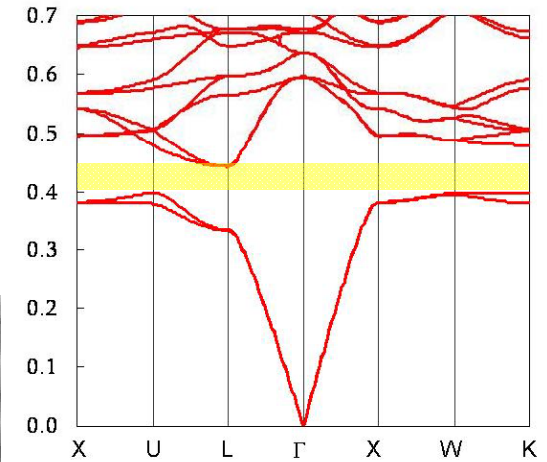
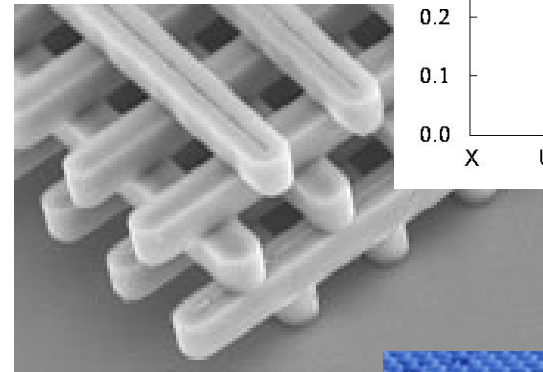
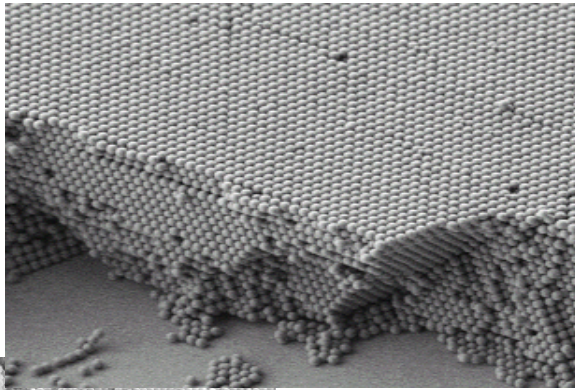
**Κυματοδηγός**

*Υλικό:* Si

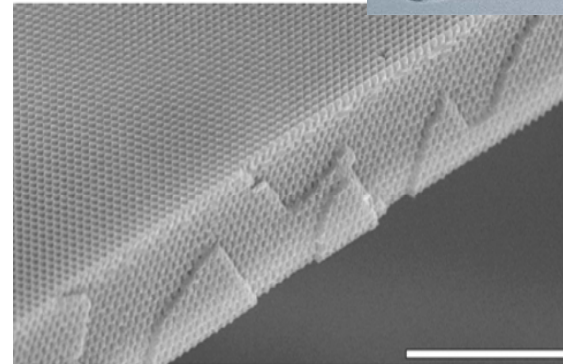
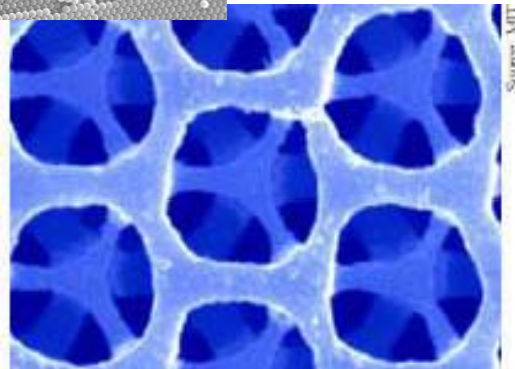
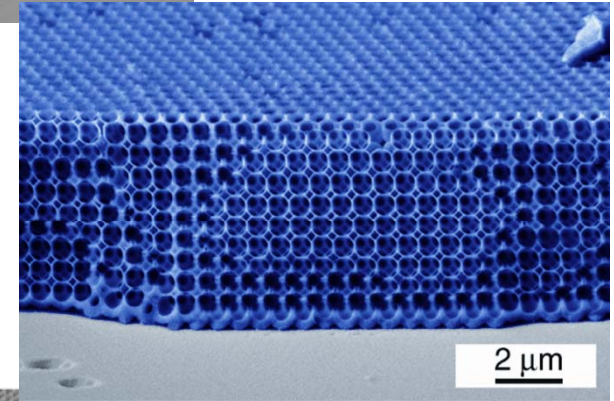
*Διαμόρφωση:* περιορισμός



# Εφαρμογή: Φωτονικός ημιαγωγός



**Φωτονικός κρύσταλλος**  
*Υλικό:* αέρας/(Si ή SiO<sub>2</sub>)  
*Διαμόρφωση:* περιοδικότητα



# Εφαρμογή: Φωτοβολταϊκά στοιχεία

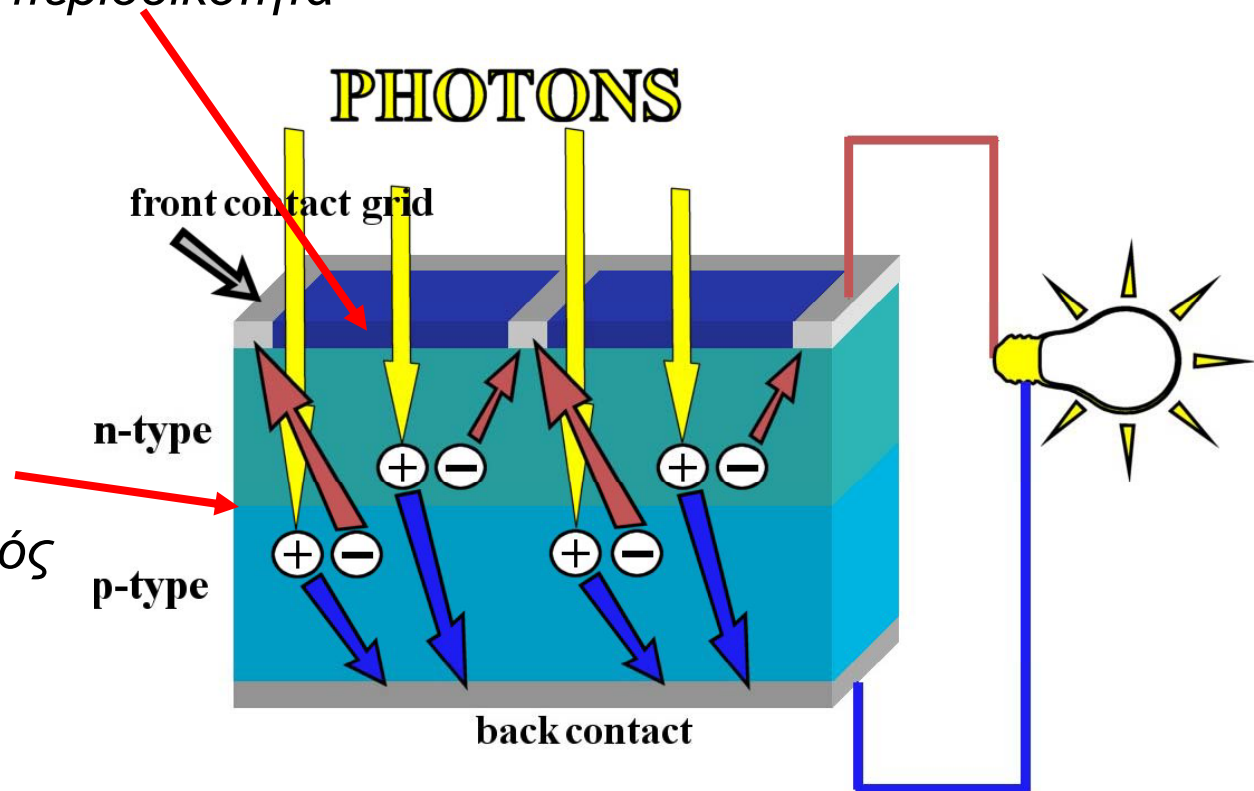


Αντι-ανακλαστική επίστρωση

Υλικό:  $\text{SiO}_x$

Διαμόρφωση: περιοδικότητα

Ενεργό στρώμα  
Υλικό: n-Si/p-Si  
Διαμόρφωση: περιορισμός

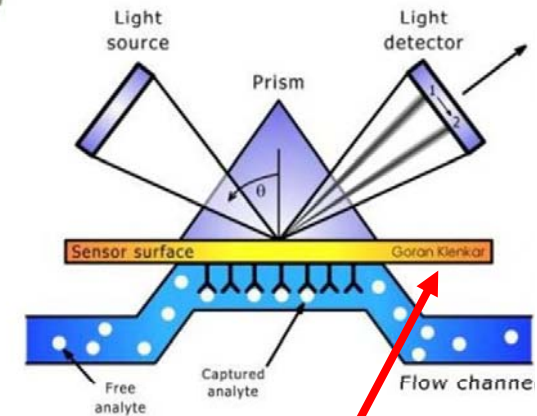
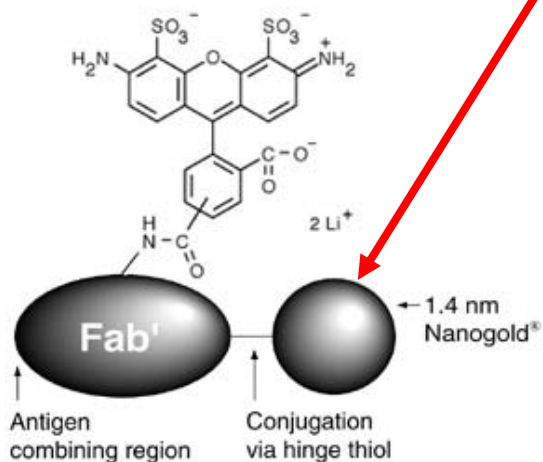


# Εφαρμογή: Βιο-αισθητήρες

Λειτουργικά νανοσωματίδια

Υλικό: Au

Διαμόρφωση: περιορισμός



Λειτουργικό υπόστρωμα

Υλικό: Au

Διαμόρφωση: περιορισμός

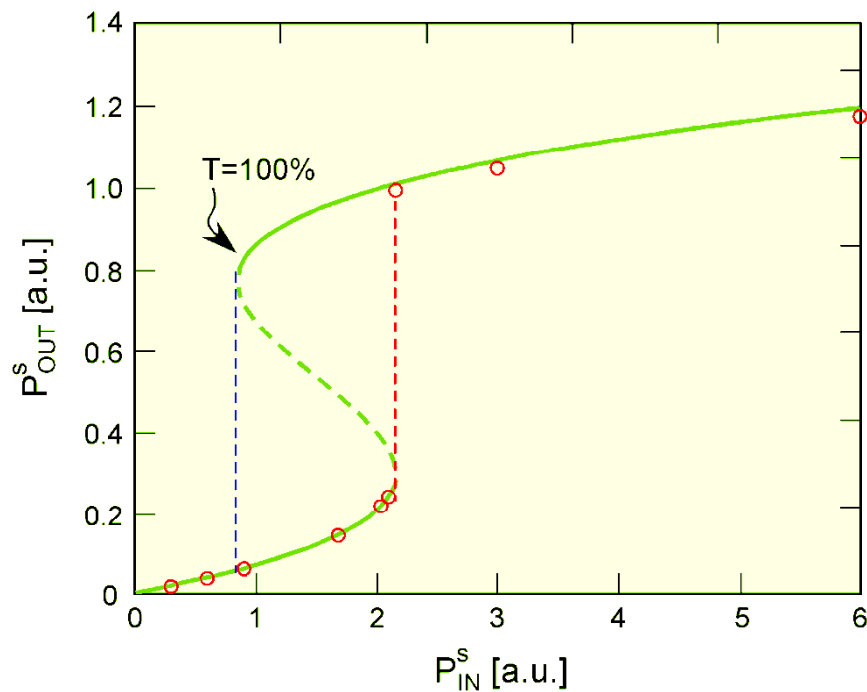
# Εφαρμογή: Μη-γραμμικά: μετατροπή, οπτική μνήμη



## Υστέρηση

**Υλικό:** όλα σε μεγάλες εντάσεις

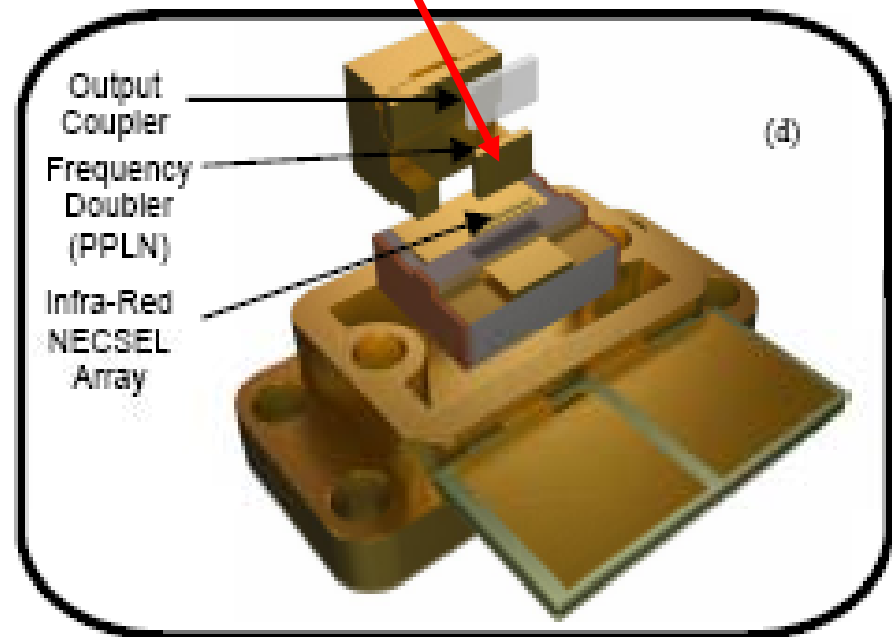
**Διαμόρφωση:** περιοδικότητα



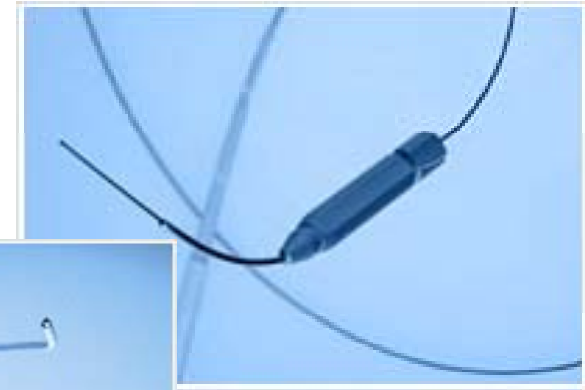
## Μετατροπέας συχνότητας

**Υλικό:** LiNbO<sub>3</sub> (PPLN)

**Διαμόρφωση:** περιοδικότητα



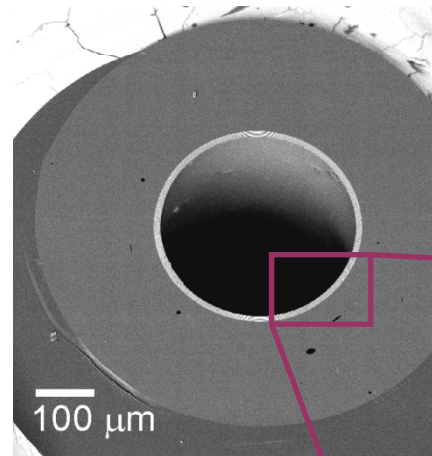
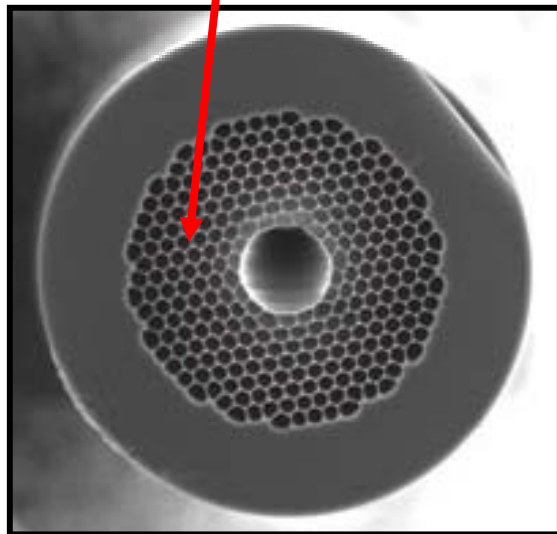
# Εφαρμογή: Ίνες φωτονικού κρυστάλλου



Περίβλημα  
Φωτονικός κρύσταλλος

Υλικό: αέρας/SiO<sub>2</sub>

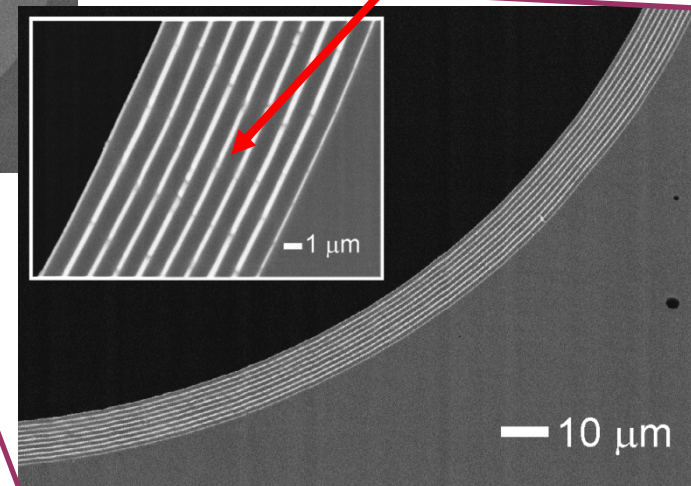
Διαμόρφωση: περιοδικότητα



Περίβλημα  
Διηλεκτρικός καθρέπτης

Υλικό: χαλκογενής  
ύαλος/πολυμερές

Διαμόρφωση: περιοδικότητα



# Απο θεωρία;

- Ιδιότητες φωτός
  - Εξισώσεις Maxwell, διάδοση
- Οπτικές ιδιότητες υλικών
  - Διηλεκτρική συνάρτηση
- Απόκριση απλών διατάξεων
  - Ανακλαστικότητα, ελλειψομετρία



# Ύλη μαθήματος

- Εισαγωγή
- Ηλεκτρομαγνητική θεωρία
  - Εξισώσεις Maxwell, επίπεδα κύματα, ανάκλαση-διάθλαση
  - Ομοιότητες με κβαντική
- Διηλεκτρική συνάρτηση
  - μονωτές, ημιαγωγοί, μέταλλα
- Περιορισμός
  - κυματοδηγοί, οπτικές ίνες, υμένα, αντι-ανακλαστικές επιστρώσεις
  - ομοιότητες με κβαντική
- Περιοδικότητα
  - Διηλεκτρικοί καθρέπτες
- Φωτονικοί κρύσταλλοι
  - 2D και 3D
- Κβαντική θεωρία
  - Εξίσωση Schrodinger
  - κβαντικός περιορισμός
- Δημιουργία φωτός
  - Πηγάδια, σύρματα, τελείες
  - LED, Laser
- Ανίχνευση φωτός
  - Φωτοδίοδοι, φωτοαγωγοί
- Οργανικά υλικά
  - Οργανικοί ημιαγωγοί, υγροί κρύσταλλοι
  - Νανοδομές: φωτονικοί κρύσταλλοι, δενδριμερή
- Πλασμονικά
  - Πλασμόνια όγκου, επιφανείας
  - Πλασμονικά νανოსωματίδια
- Μη-γραμμικά και ανισοτροπικά
  - Δεύτερη αρμονική δημιουργία
  - Ηλεκτρο-οπτικό φαινόμενο
  - Έλεγχος/διαμόρφωση πόλωσης