

Διηλεκτρικές επιφάνειες για έλεγχο της διάδοσης του φωτός

Μανώλης Παναγιωτίδης



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση

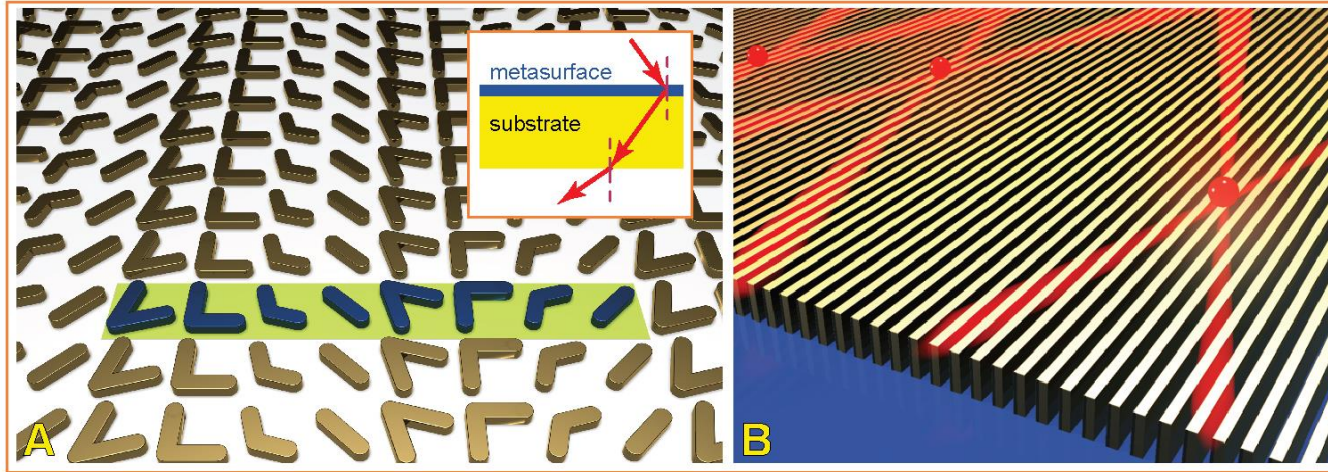
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Επιβλέποντες
Παπανικολάου Ν.
Στεφάνου Ν.
Λυκοδήμος Β.

«Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση», στο πλαίσιο της Πράξης «Ενίσχυση του ανθρώπινου ερευνητικού δυναμικού μέσω της υλοποίησης διδακτορικής έρευνας» (MIS-5000432), που υλοποιεί το Ίδρυμα Κρατικών Υποτροφιών (ΙΚΥ)»

Μετα-επιφάνειες



Χαρακτηριστικά

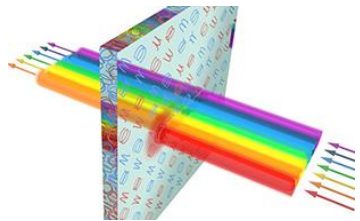
Επιλογή Συχνοτήτων

Έλεγχος Κυματομέτρου

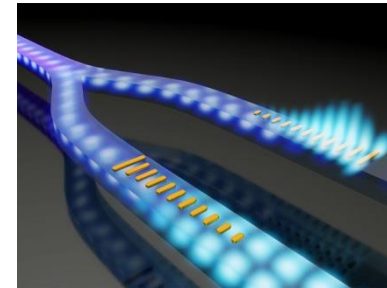
Έλεγχος Πόλωσης

Εφαρμογές

Υπέρλεπτα Φίλτρα

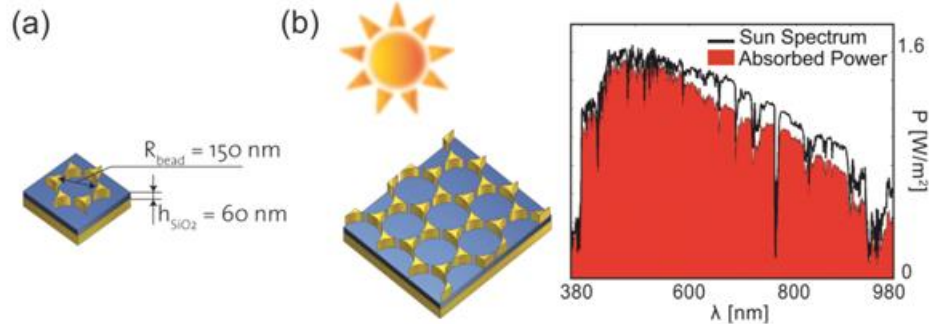


Φωτονικά Κυκλώματα



N. Yu, Columbia Engineering

Συλλογή Ηλιακής Ενέργειας

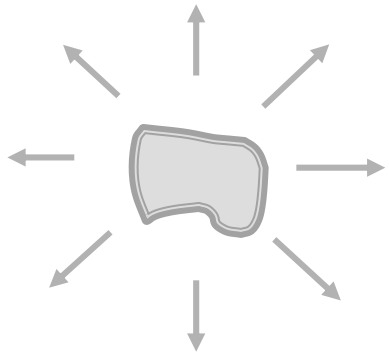


Multem

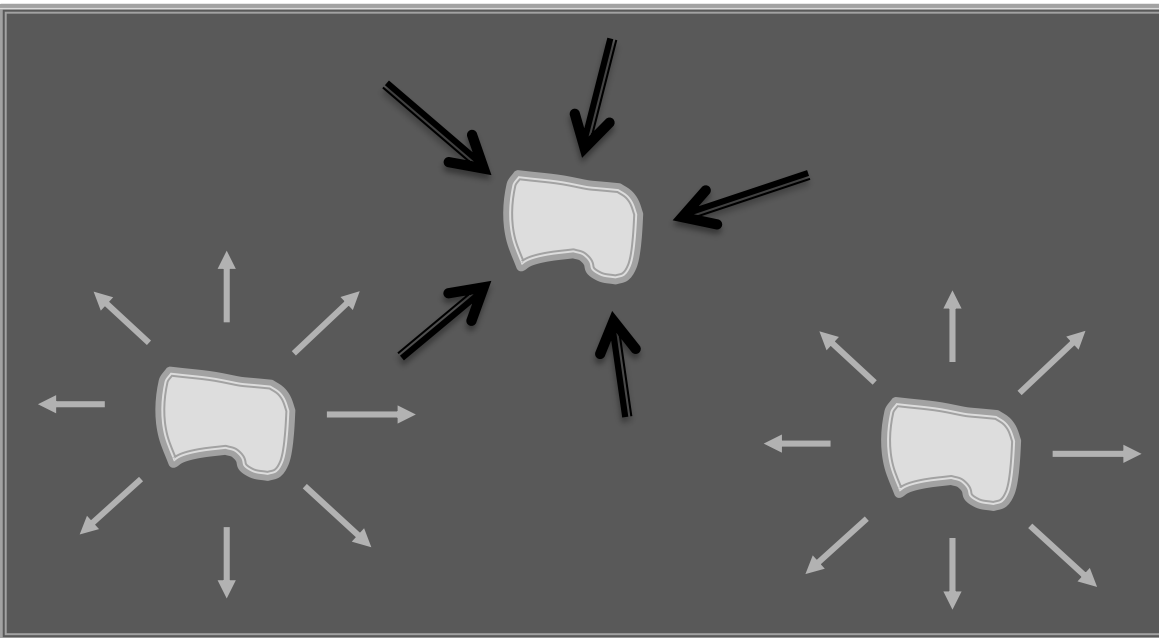
Μέθοδος LMS (Layer Multiple Scattering)

MULTEM2: N. Stefanou et al. Comp. Phys. Comm. 132, 189 (2000) spherical scatterers

Non spherical: G. Gantzounis and N. Stefanou PRB 73, 035115 (2006)



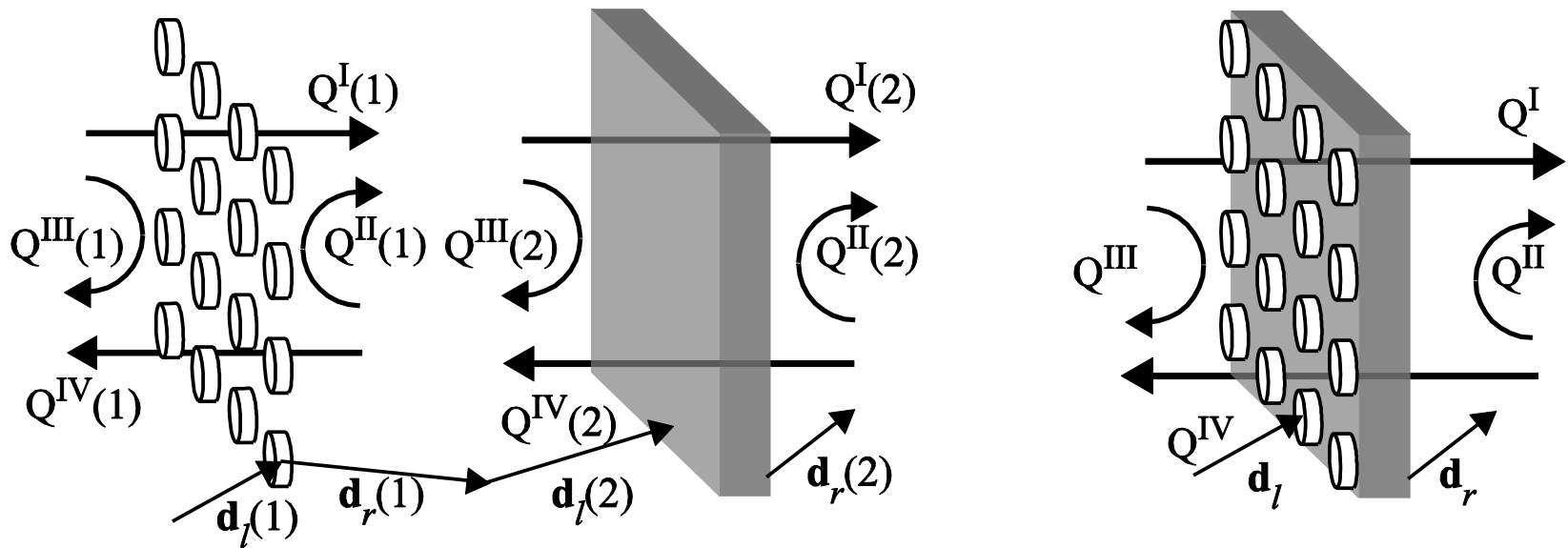
Σκέδαση από μεμονωμένο σκεδαστή
Ανάπτυξη σε σφαιρικά κύματα



Πολλαπλή Σκέδαση Ανά
Επίπεδο

Multem

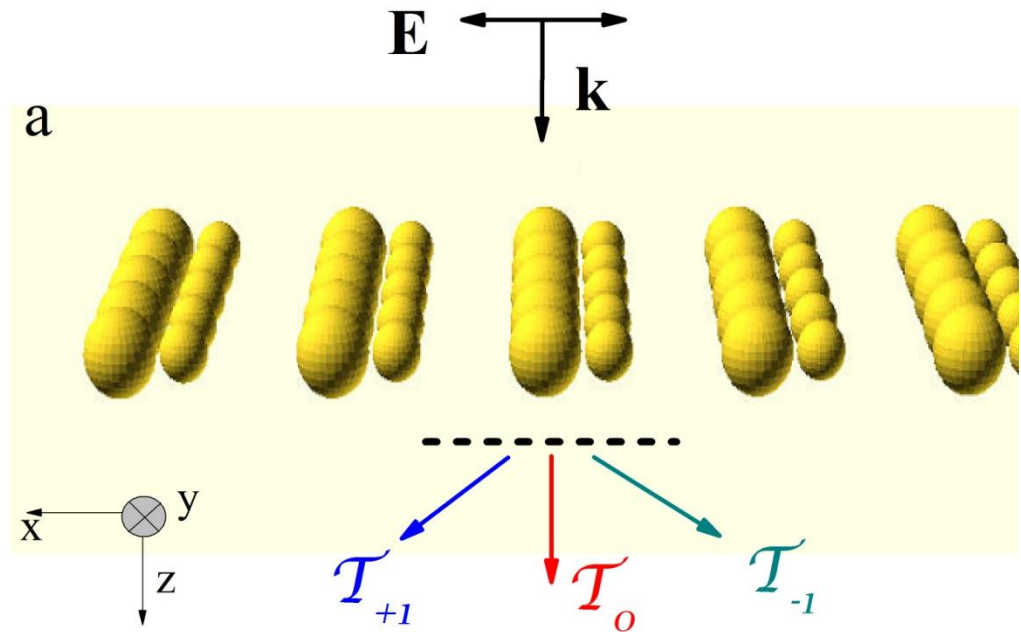
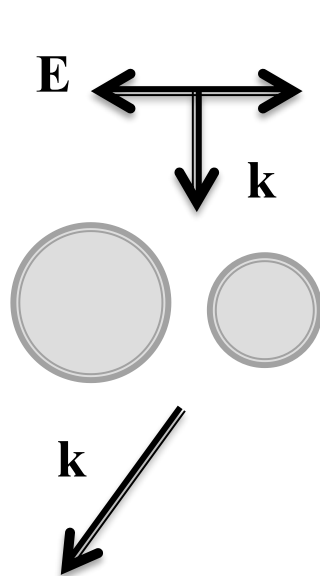
Σφαιρικά \longrightarrow Επίπεδα Κύματα



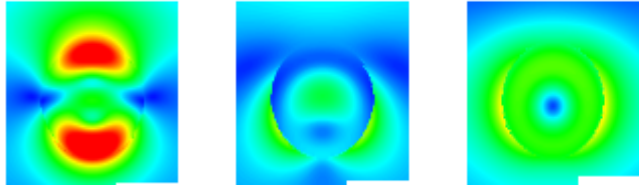
Δημιουργία δομής ανά επίπεδο

Σκοπός

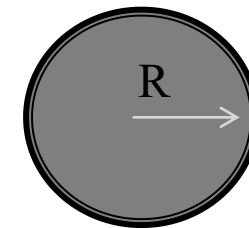
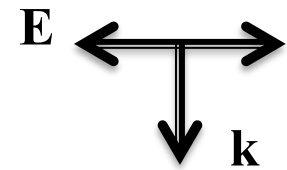
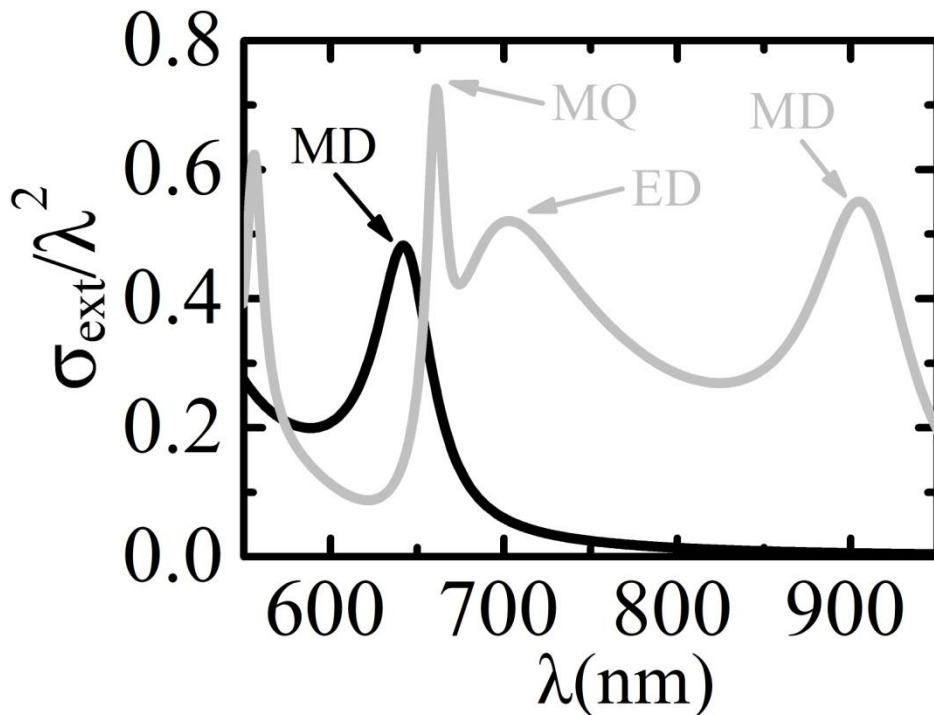
Κατασκευή διηλεκτρικής μεταεπιφάνειας για τη διαμόρφωση του κυματομετώπου κατά βούληση (κατεύθυνση)



Ενεργός Διατομή Απόσβεσης



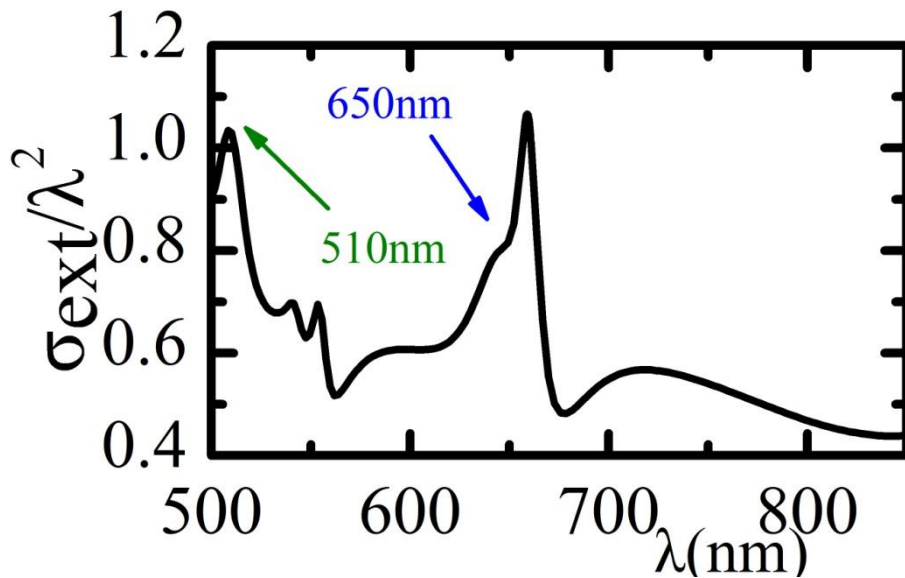
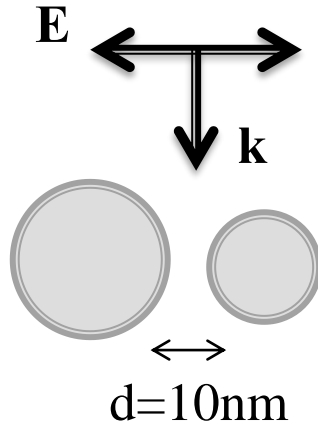
$r=80\text{nm}$
 $R=120\text{nm}$



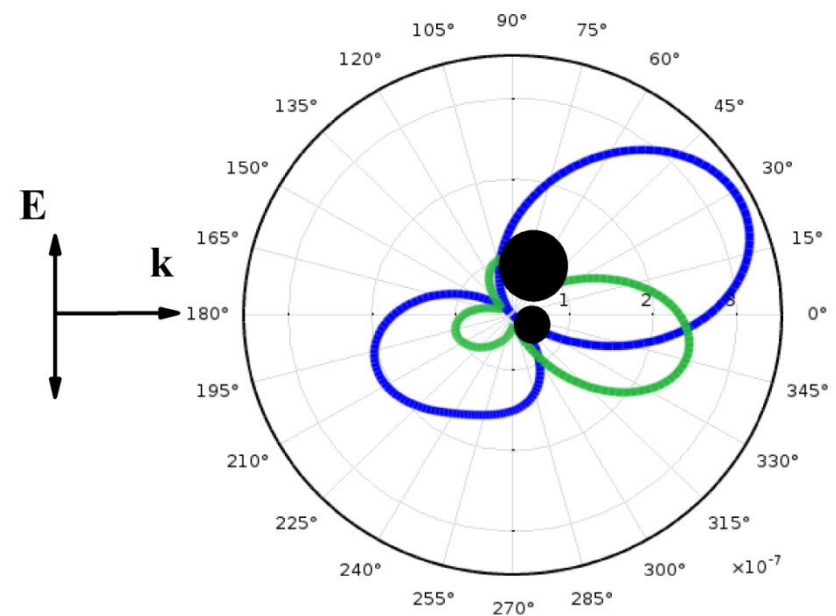
Si (Aspn)

Διμερές Si

$R=120\text{nm}$
 $r=80\text{nm}$

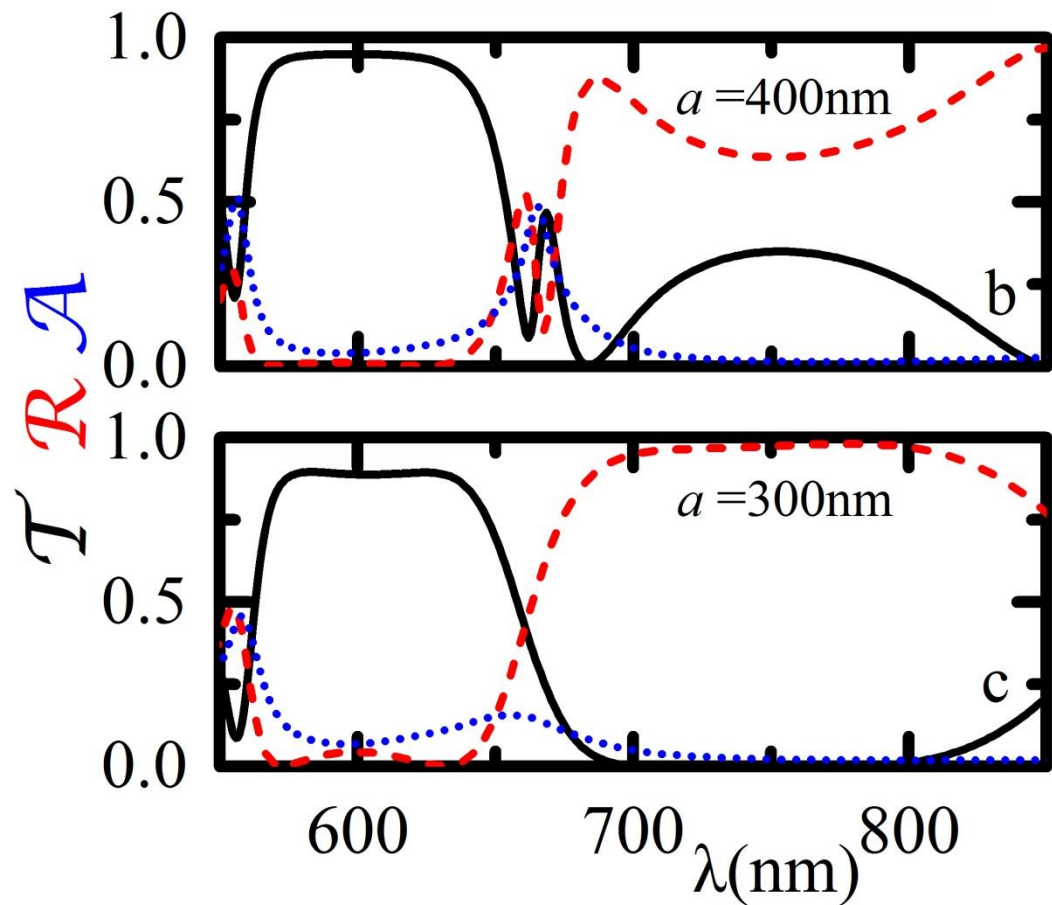
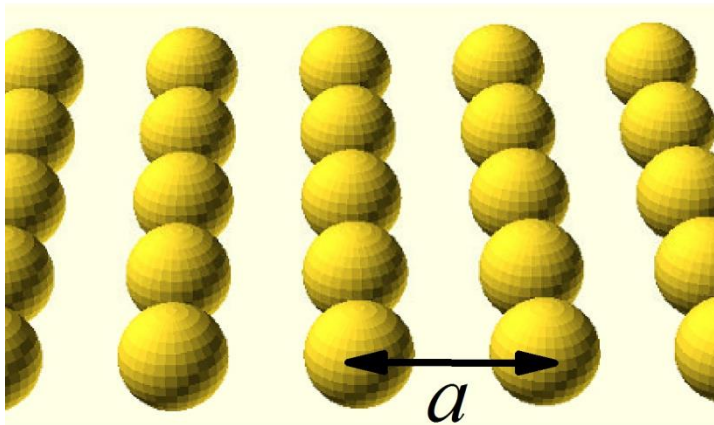
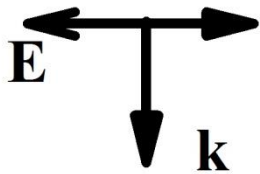


Στροφή Κατεύθυνσης
Κυματομετώπου –
Εμπροστοσκέδαση

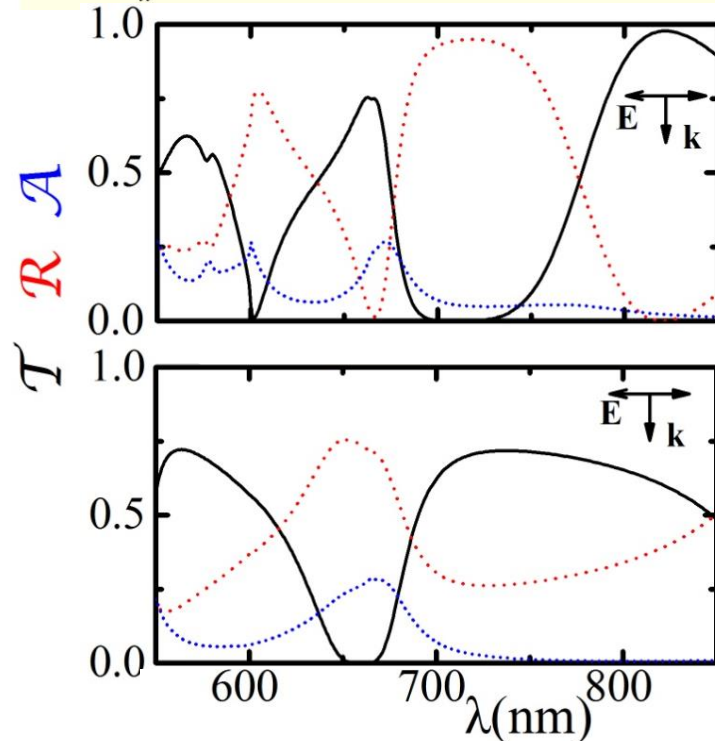
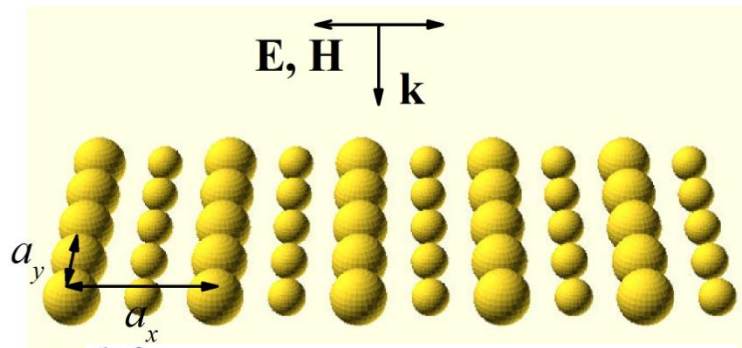


Τετραγωνικό Πλέγμα Si

$R=120\text{nm}$



Διμερές Si στο τετραγωνικό πλέγμα

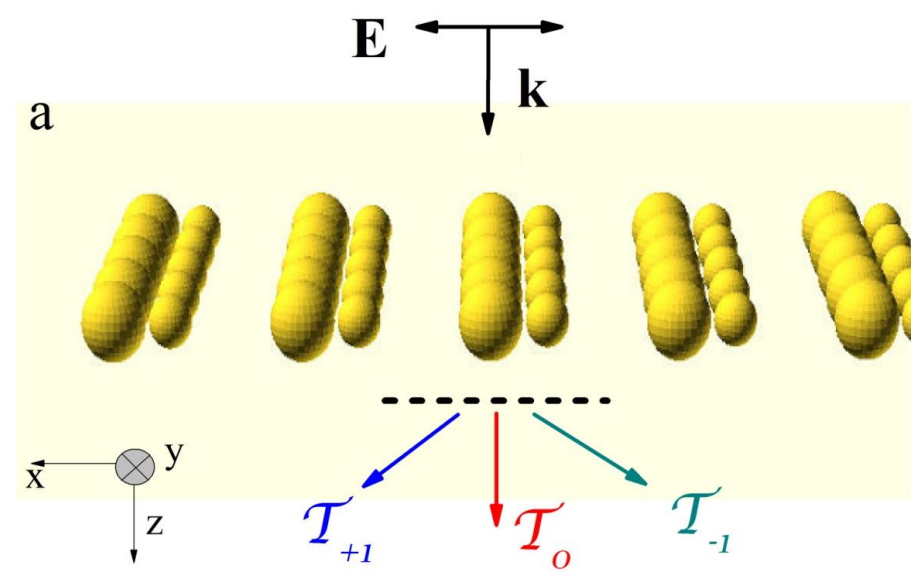
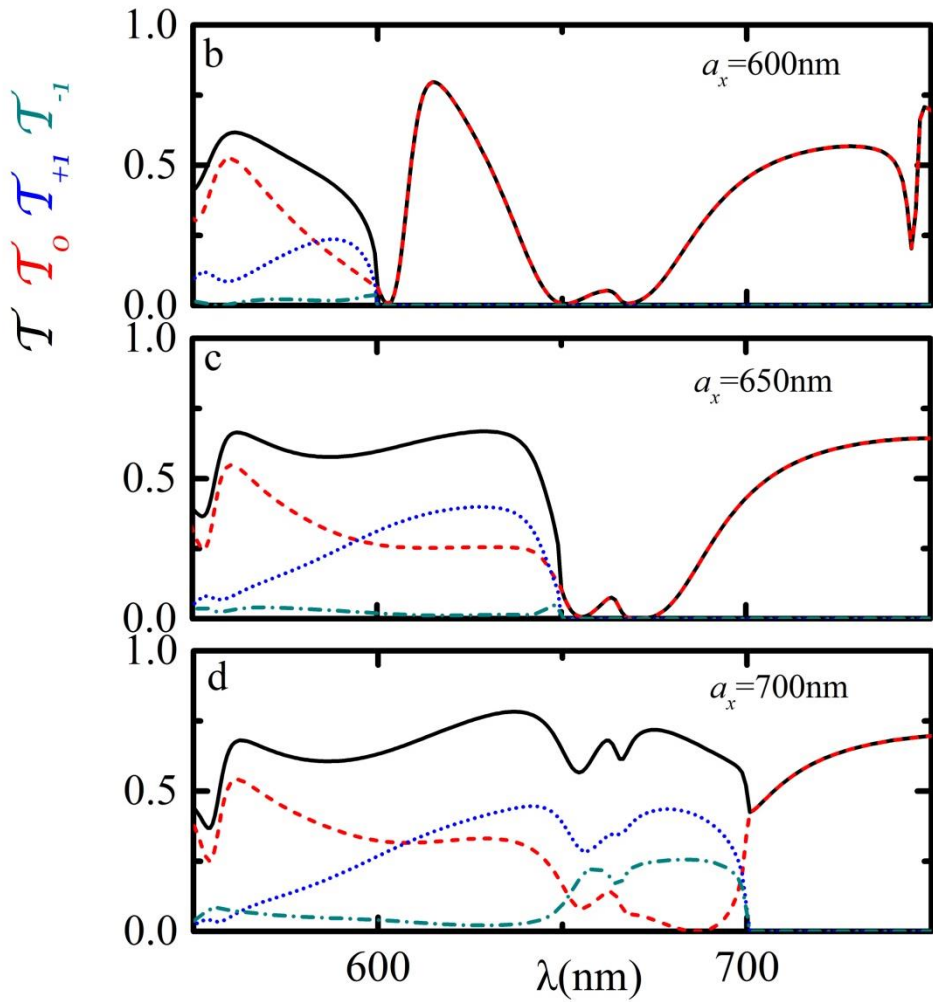


$$a_x = 600 \text{ nm}$$
$$a_y = 300 \text{ nm}$$

$$R = 120 \text{ nm}$$
$$r = 100 \text{ nm}$$

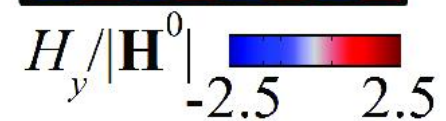
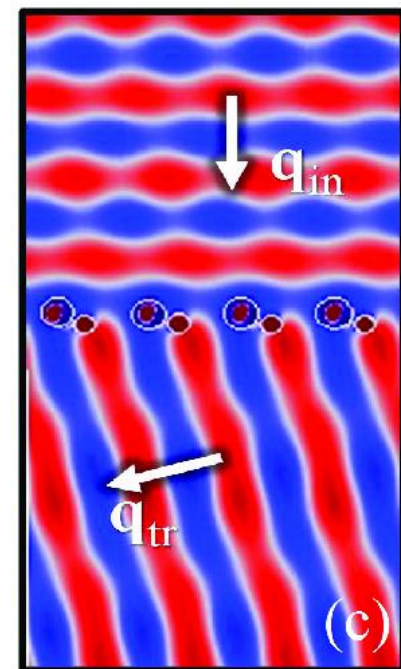
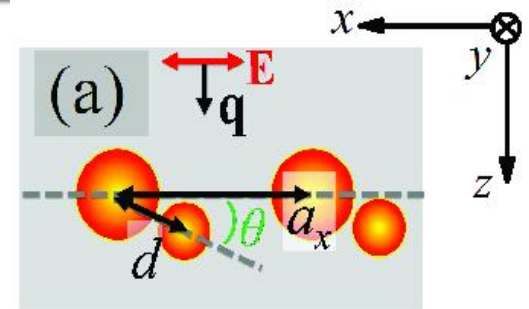
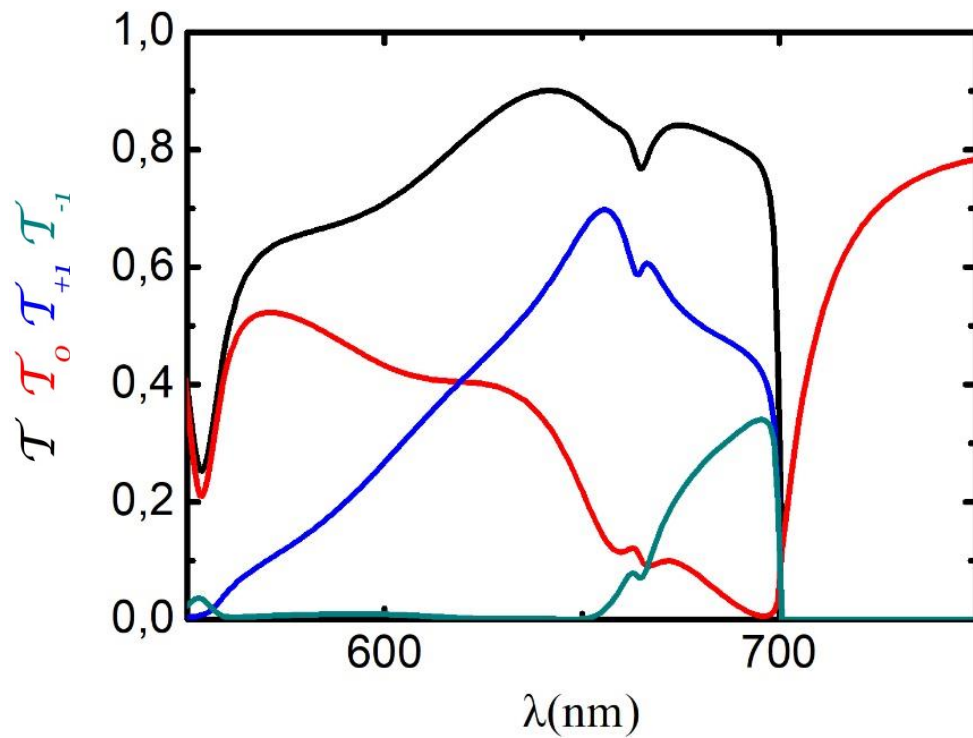
$$R = 120 \text{ nm}$$
$$r = 80 \text{ nm}$$

Διμερές Si



$R = 120\text{nm}$
 $r = 80\text{nm}$

Στραμμένο Διμερές Si



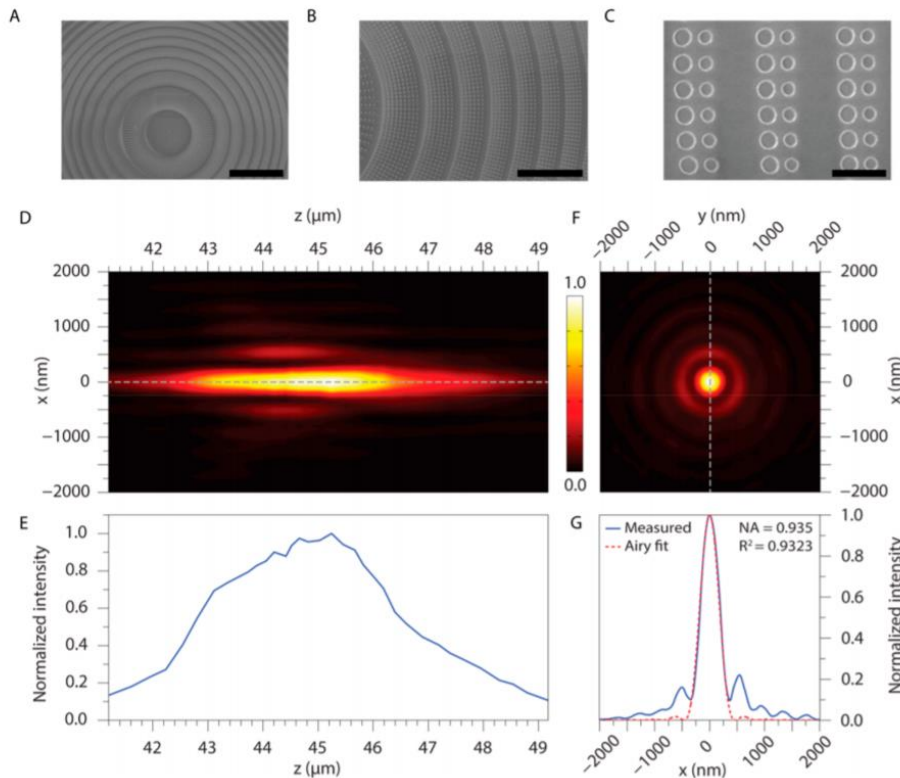
Εφαρμογή

Δημιουργία Μετα-Φακών

Μεγάλες γωνίες σκέδασης



Μεγάλο Αριθμητικό Άνοιγμα
(Numerical Aperture)



A Metalens with a Near-Unity Numerical Aperture
Ramón Paniagua-Domínguez et Al
Nano Letters 2018 18 (3), 2124-2132

Συμπεράσματα

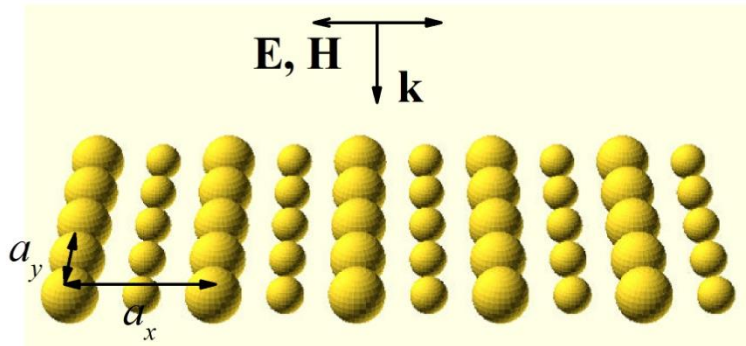
Σχεδιάσαμε διηλεκτρικές μετα-επιφάνειες οι οποίες μπορούν να εκτρέπουν το φως σε πολύ μεγάλες γωνίες.

Η μεθοδολογία μας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία μετα-φακών και άλλων μετα-επιφανειών για της έλεγχο πόλωσης .

| | θ | \mathcal{T} | freq. | complexity |
|-----------------|------------|---------------|------------|-------------------|
| βιβλιογραφία | 70° | 95% | mid-infra | multi-parametric |
| | 75° | 84% | near-infra | extremely complex |
| | 80° | 50% | visible | very complex |
| | 55° | 90% | visible | very complex |
| | 82° | 50% | visible | Si-cylinder dimer |
| Παρούσα Εργασία | 77° | 69% | visible | Si-sphere dimer |
| | 84° | 60% | visible | Si-sphere dimer |

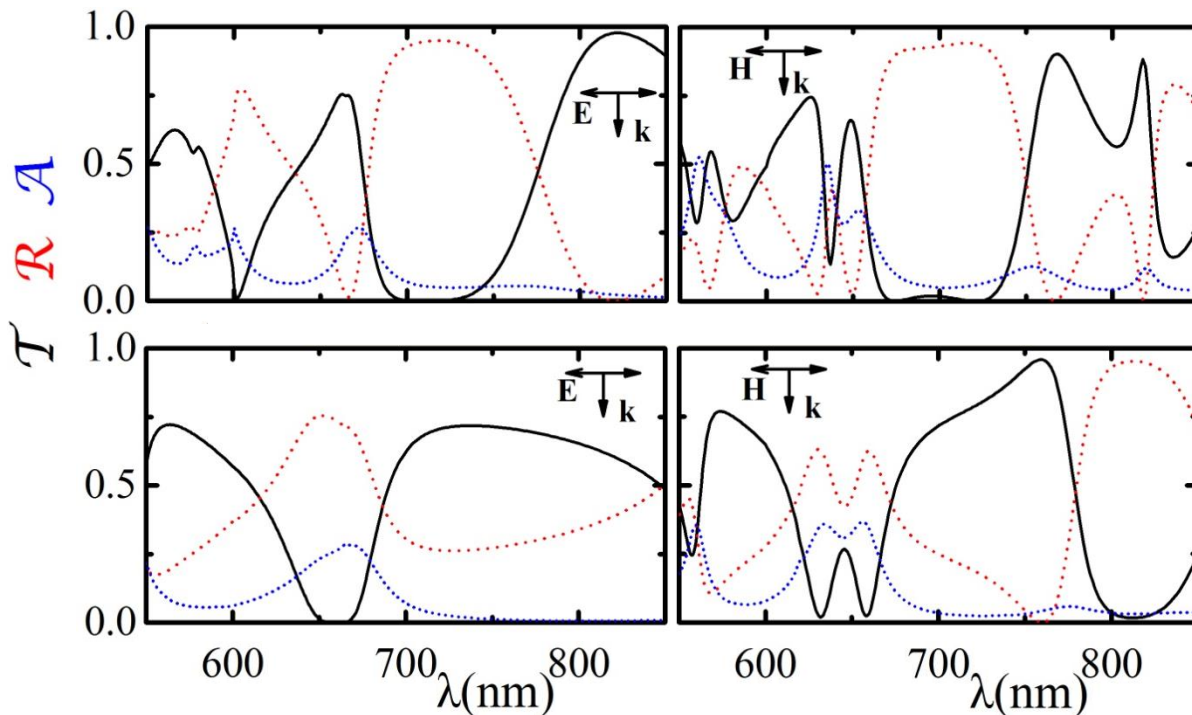
Ευχαριστώ

Διμερές Si στο τετραγωνικό πλέγμα (2 πολώσεις)



$$a_x = 600 \text{ nm}$$

$$a_y = 300 \text{ nm}$$



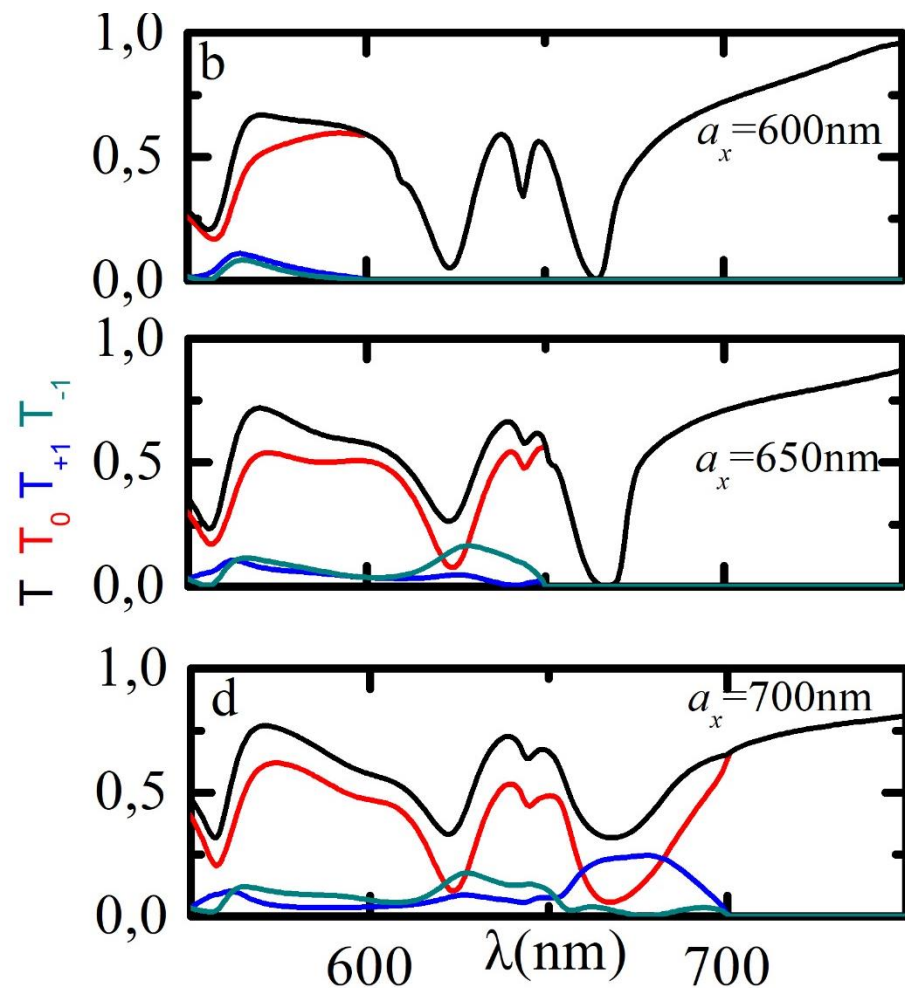
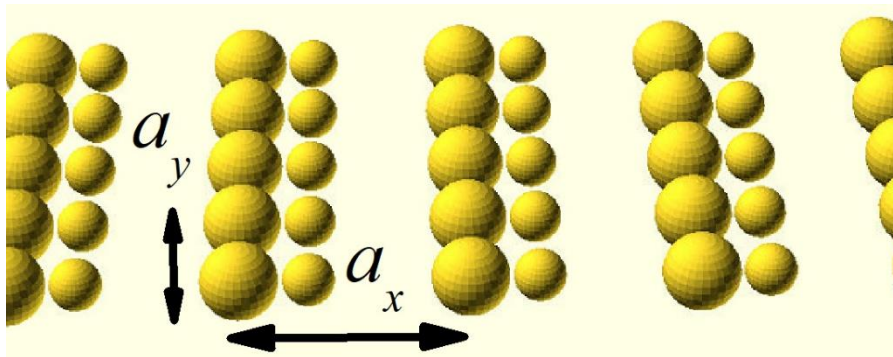
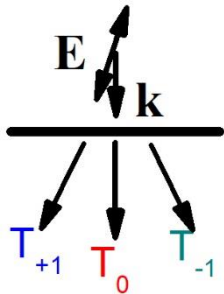
$$R = 120 \text{ nm}$$

$$r = 100 \text{ nm}$$

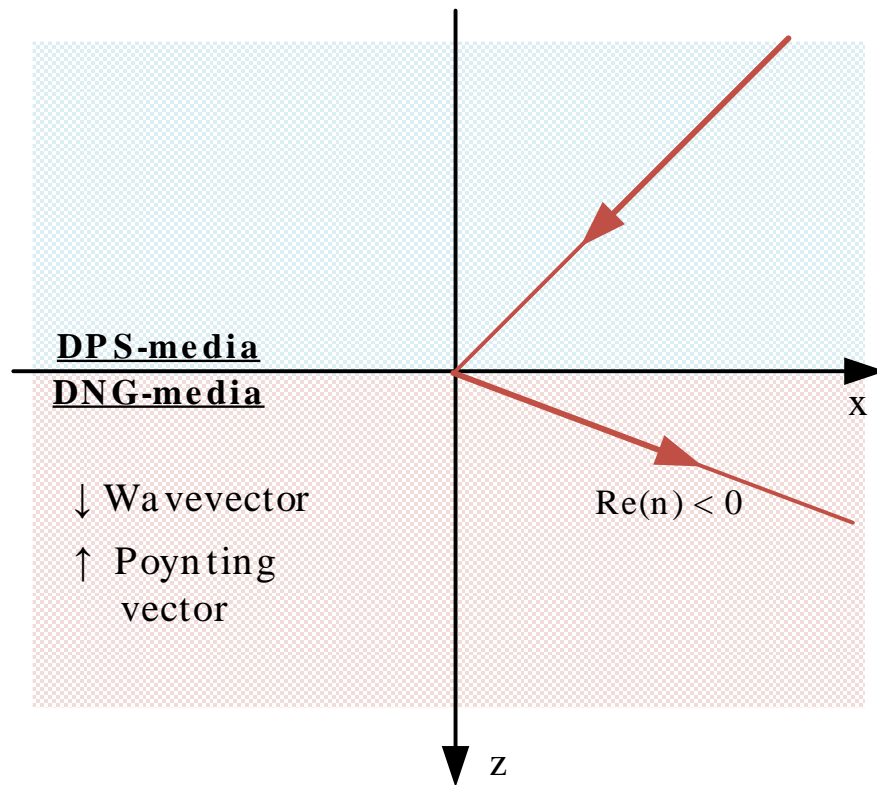
$$R = 120 \text{ nm}$$

$$r = 80 \text{ nm}$$

Διμερές Si (S Πόλωση)

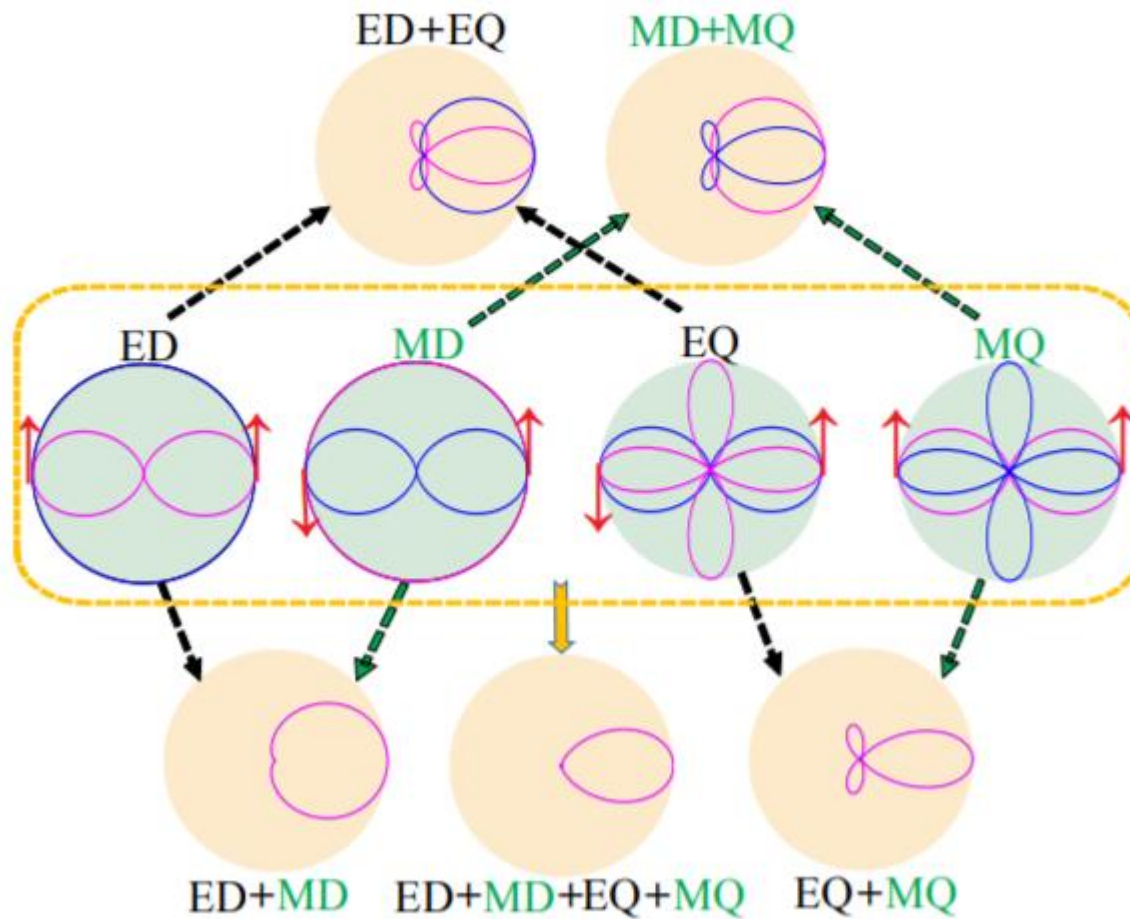


Μεταϋλικά



Αρνητικός
Δείκτης Διάθλασης

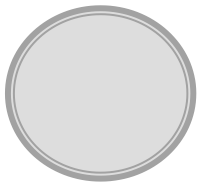
Kerker Effect



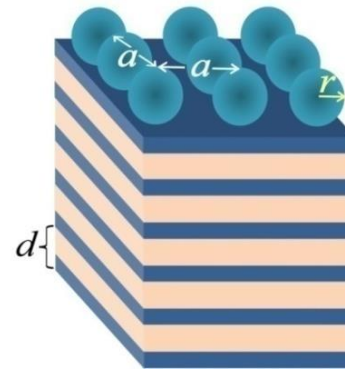
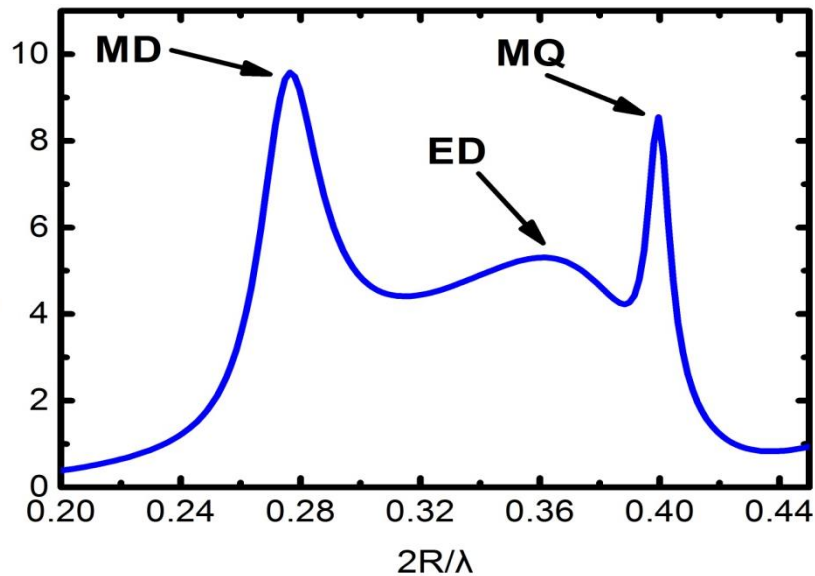
Επιλογή Συχνοτήτων

Συντονισμοί Mie

Εντοπισμός φωτός μέσα στη σφαίρα



Si ($\epsilon=12$)



E. Almpanis and N. Papanikolaou, J. Appl. Phys., (2013)

Lattice constant $a=1.7d$
Diameter of dielectric spheres= $1.6d$
6 bilayers of $\text{TiO}_2(0.4d)/\text{SiO}_2(0.6d)$
 $\text{Re}\{\epsilon_{\text{sph}}\}=12$

