

Οπτικές Ύψες

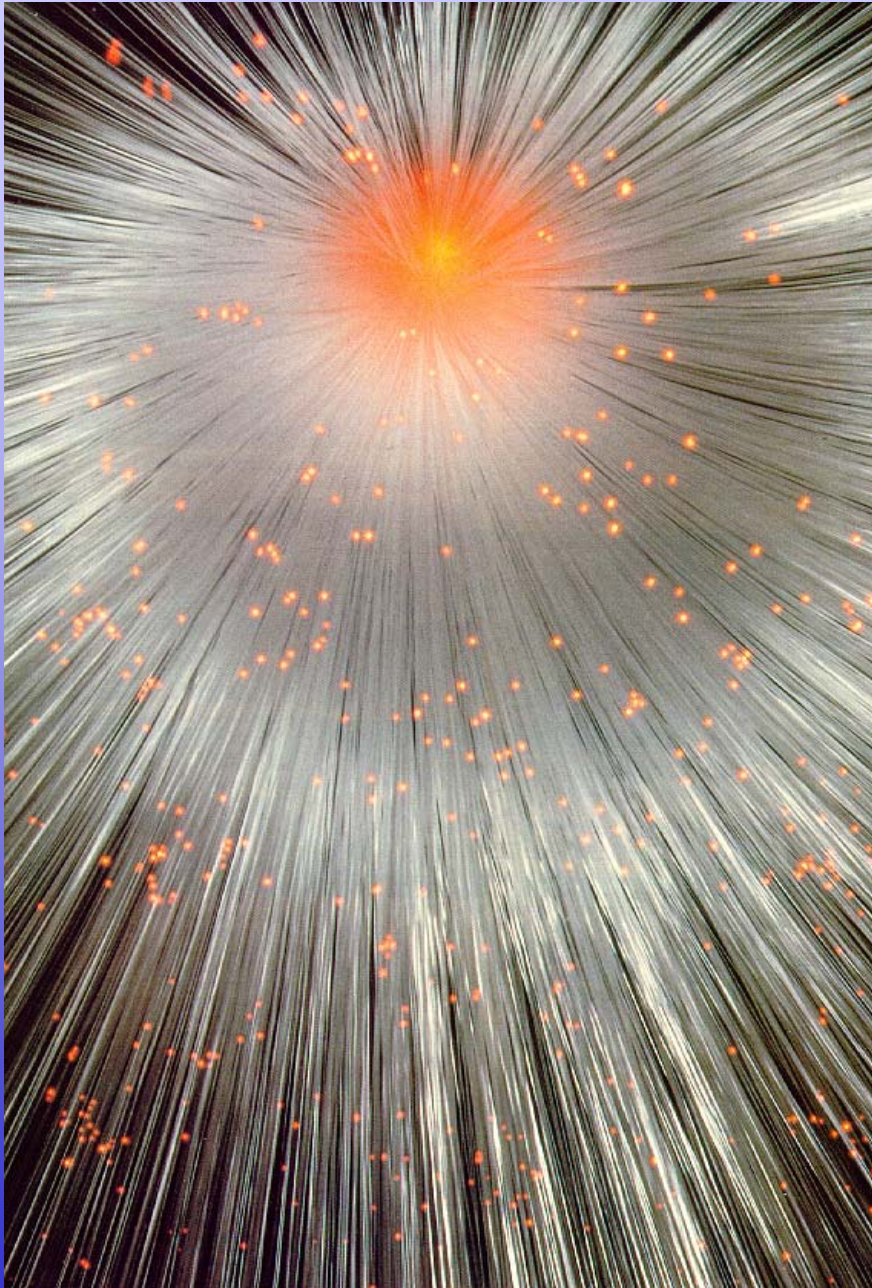


ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΕΑΕΚ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Η ΠΑΙΔΕΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Εκπαίδευσης και Αρχικής
Επαγγελματικής Κατάρτισης



Τι είναι οι Οπτικές Ύνες

*μικρές αμελητέου πάχους
γυάλινες ίνες
που μεταφέρουν
(κωδικοποιημένα) φωτεινά
σήματα σε μεγάλες
αποστάσεις με ελάχιστη
απώλεια.*

Οπτικές Ίνες – 1

Ιστορική αναδρομή

ΕΠΟΧΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Είναι η αμέσως επόμενη φάση της ιστορίας των τηλεπικοινωνιών, που σαν σύγχρονη εξέλιξη έχει λύσει πολλά από τα υπάρχοντα προβλήματα.

Οι οπτικές ίνες έφεραν την επανάσταση στις τηλεπικοινωνίες. Τα χάλκινα καλώδια θα είναι σε λίγο παρελθόν.

ΕΠΟΧΗ ΤΟΥ ΧΑΛΚΟΥ

Έτσι μπορεί να χαρακτηριστεί το επίπεδο των ενσύρματων τηλεπικοινωνιών που χρησιμοποιούνται σήμερα.

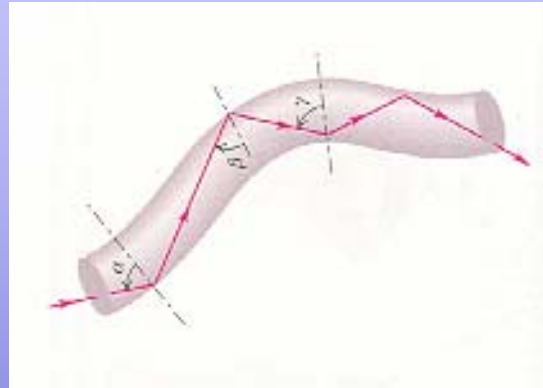
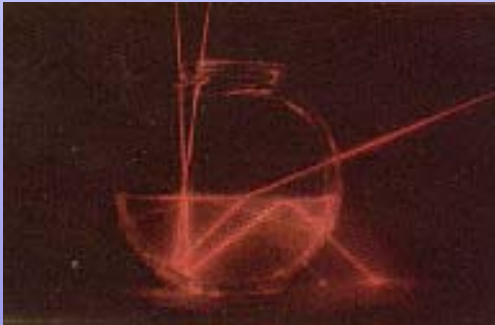
Ο μεγαλύτερος όγκος πληροφορίας μεταδίδεται μέσω χάλκινων καλωδίων, που καλύπτουν πολλές χιλιάδες χιλιόμετρα γύρω από τη Γη δημιουργώντας ένα χάλκινο περίβλημα.



Οπτικές Ύνες – 2

Πώς μεταδίδεται το φως μέσα στην ίνα

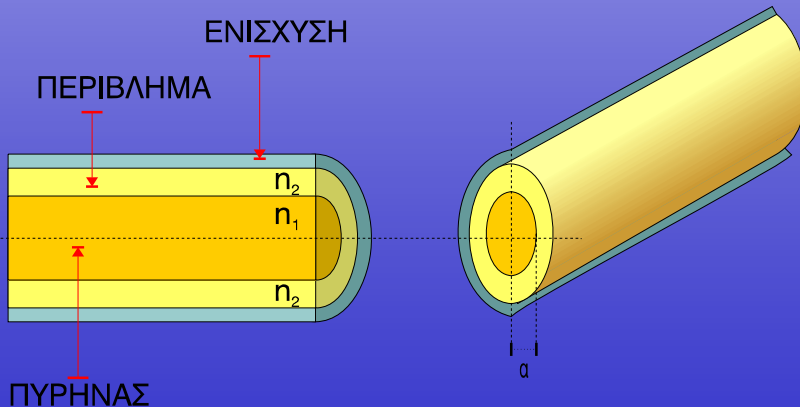
Φαινόμενο ολικής ανάκλασης



Επεξήγηση του φαινομένου

Μια φωτεινή δέσμη παγιδεύεται εξαιτίας των διαδοχικών ολικών ανακλάσεων μέσα στην οπτική ίνα

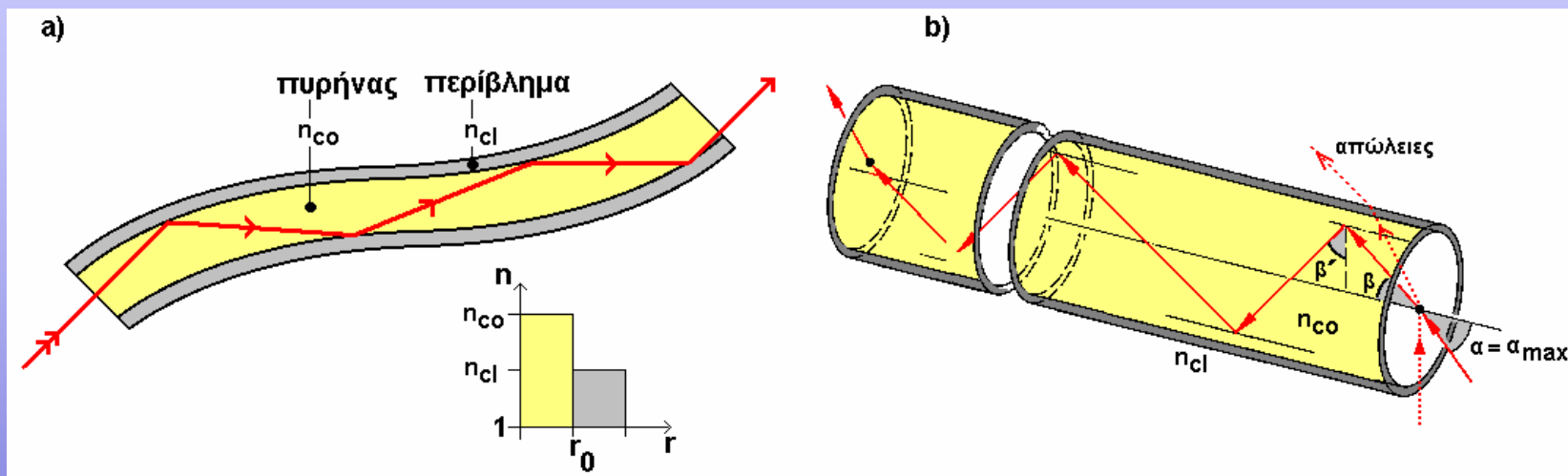
Γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οπτικής ίνας



Η γεωμετρική δομή της ίνας αποτελείται από δυο ομοαξονικά διαφανή υλικά, που αποτελούν το εσωτερικό και εξωτερικό τμήμα της. Το εσωτερικό τμήμα καλείται **πυρήνας (core)**, ενώ το εξωτερικό αποτελεί το **περίβλημα (cladding)**. Οι εξωτερικές πλαστικές επικαλύψεις (coating) χρησιμοποιούνται μόνο για μηχανική προστασία, όπως συμβαίνει και στα ηλεκτρικά καλώδια.

Οπτικές Ύνες – 3

Διάδοση της ΗΜΑ στην οπτική ίνα: Μαθηματική ερμηνεία



Το φως εισέρχεται από την πρώτη μετωπική επιφάνεια και διαδίδεται με πολλαπλές ολικές ανακλάσεις μεταξύ πυρήνα και περιβλήματος. Μια δέσμη φωτός, που προσπίπτει σε γωνία α ($\alpha < \alpha_{\max}$) και διαθλάται σε γωνία β , ανακλάται στα τοιχώματα του περιβλήματος σε γωνία $\beta' = 90^\circ - \beta$.

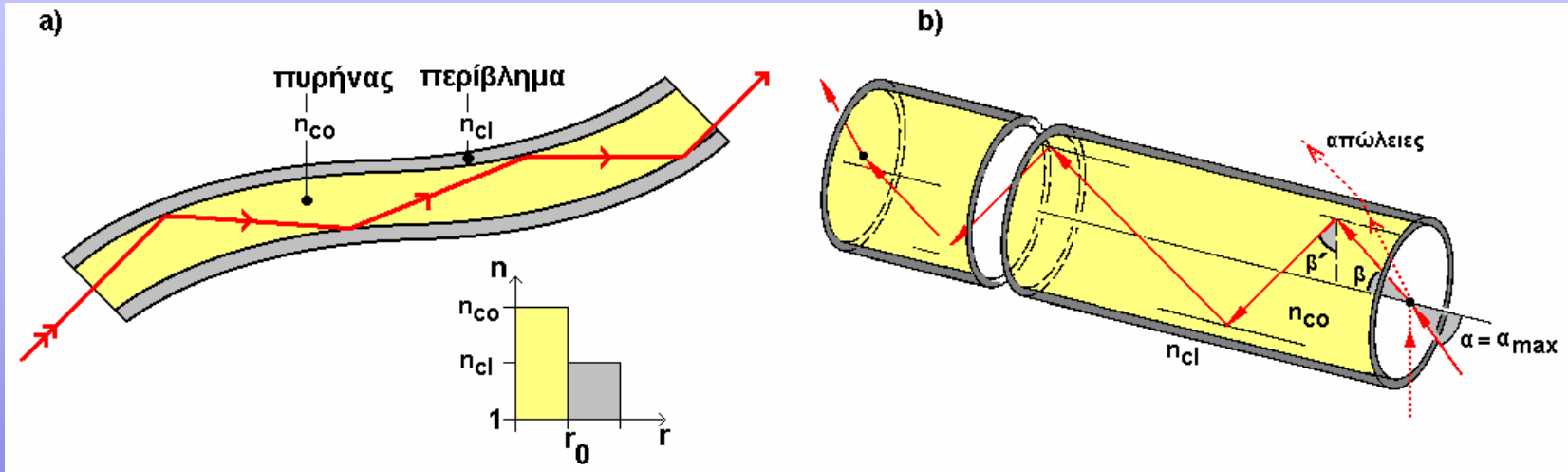
Από το νόμο του Snell έχουμε τη σχέση: $n_0 \sin \alpha = n_{co} \sin \beta$, όπου n_0 είναι ο δ.δ. του εξωτερικού χώρου. Για την ολική ανάκλαση ισχύει επίσης η σχέση: $n_{co} \sin \beta' = n_{cl} \sin 90^\circ$.

$$\sin \beta' = \sin(90 - \beta) = \cos \beta \rightarrow \cos \beta = \frac{n_{cl}}{n_{co}} \rightarrow \sin \beta = \sqrt{1 - n_{cl}^2 / n_{co}^2}$$

.....και οδηγεί σε μια οριακή τιμή $\sin \alpha_{\max} = n_0^{-1} \sqrt{n_{co}^2 - n_{cl}^2}$

Οπτικές Ύνες – 4

Διάδοση της ΗΜΑ στην οπτική ίνα: Μαθηματική ερμηνεία



Η ποσότητα $n_0 \cdot \sin \alpha_{max}$ καλείται **αριθμητικό άνοιγμα της ίνας (Numerical Aperture)** και συμβολίζεται ως **NA**. Η φυσική ερμηνεία του αριθμητικού ανοίγματος ορίζει το ποσοστό σύζευξης

(coupling efficiency) της φωτεινής πηγής με την οπτική ίνα. Ισχύει η σχέση: $NA \cong \sqrt{n_{co}^2 - n_{cl}^2}$

Όταν ο εξωτερικός χώρος είναι ο αέρας, τότε $n_0=1$. Το άνοιγμα NA δεν μπορεί να υπερβεί την τιμή της μονάδας και λαμβάνει τυπικές τιμές, που κυμαίνονται μεταξύ **0.2–1.0**.

Οπτικές Ύνες – 5

Διάδοση της ΗΜΑ στην οπτική ίνα: Μαθηματική ερμηνεία

Παράδειγμα

- ♦ Θεωρώ μια οπτική ίνα με $n_{cl}=1.50$, $n_{co}=1.52$ και $n_0=1$.

Αν χρησιμοποιήσω τη σχέση $|\Delta| = \frac{n_{co} - n_{cl}}{n_{co}}$ προκύπτει ότι $NA \cong \sqrt{n_{co}^2 - n_{cl}^2} =$
 $= \sqrt{(n_{co} - n_{cl}) \cdot (n_{co} + n_{cl})} \approx n_{co} \cdot \sqrt{2\Delta}$

Με αντικατάσταση προκύπτει: $\Delta \approx 0.013$, $NA \approx 0.24 \rightarrow \alpha_{max} \approx 14.4^\circ$.

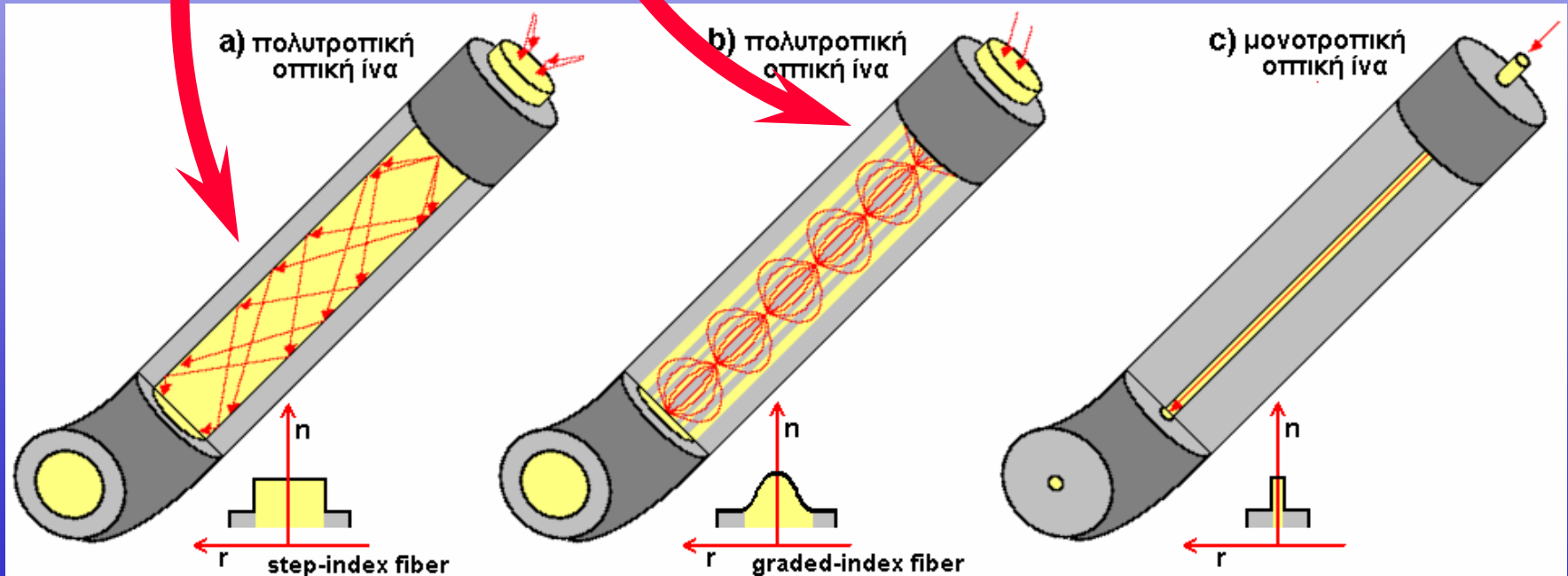
Οπτικές Ύνες – 6

Είδη οπτικών ινών-1

Τα είδη των οπτικών ινών εξαρτώνται από την κατανομή του δείκτη διάθλασης εντός του πυρήνα. Η κατανομή αυτή μπορεί να είναι βηματική (step-index) και βαθμιαία (graded-index).

Στην περίπτωση της βηματικής κατανομής, ο δ.δ. n_{co} έχει σταθερή τιμή καθ' όλη τη διάμετρο του πυρήνα.

Στη βαθμιαία κατανομή, ο δ.δ. έχει μεγαλύτερη τιμή στο κέντρο του πυρήνα και ελαττώνεται βαθμιαία προς την οριακή του επιφάνεια. Οι ακτίνες φωτός δεν ακολουθούν πλέον ευθύγραμμες πορείες αλλά παραβολικές τροχιές, όπου βαθμιαία συγκλίνουν, μετά αποκλίνουν κ.ο.κ.

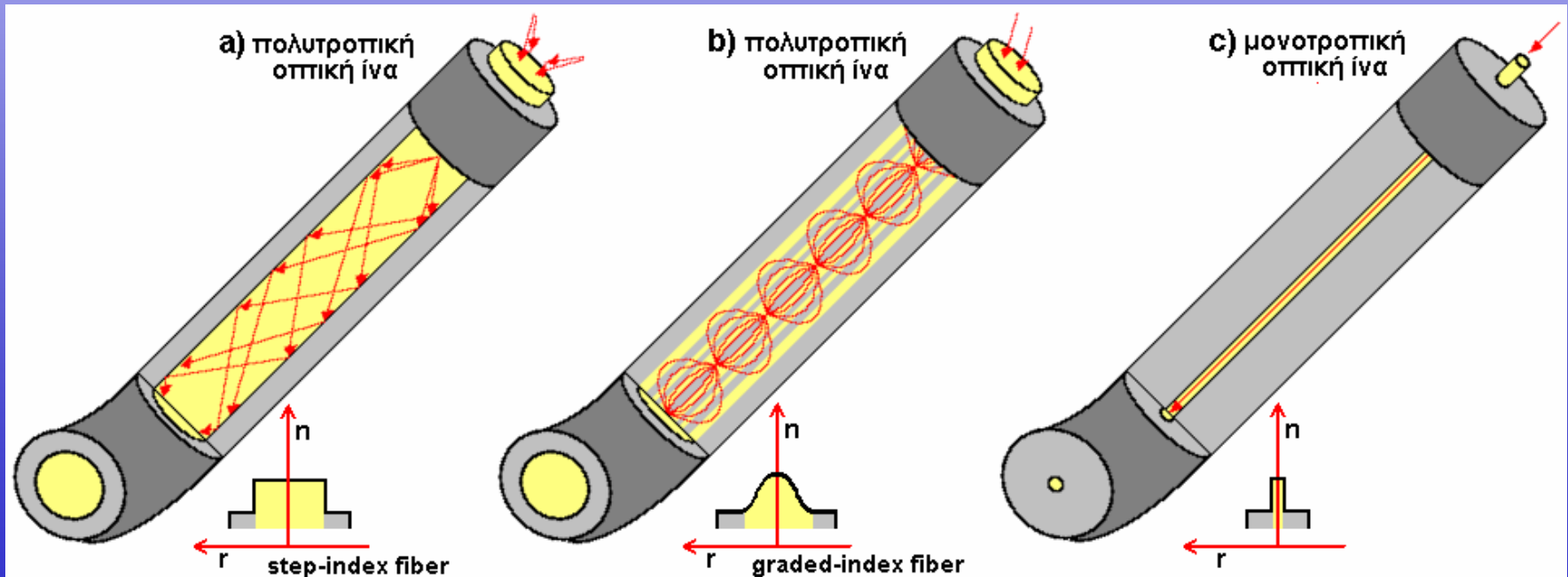


Οπτικές Ίνες – 7

Είδη οπτικών ινών-2

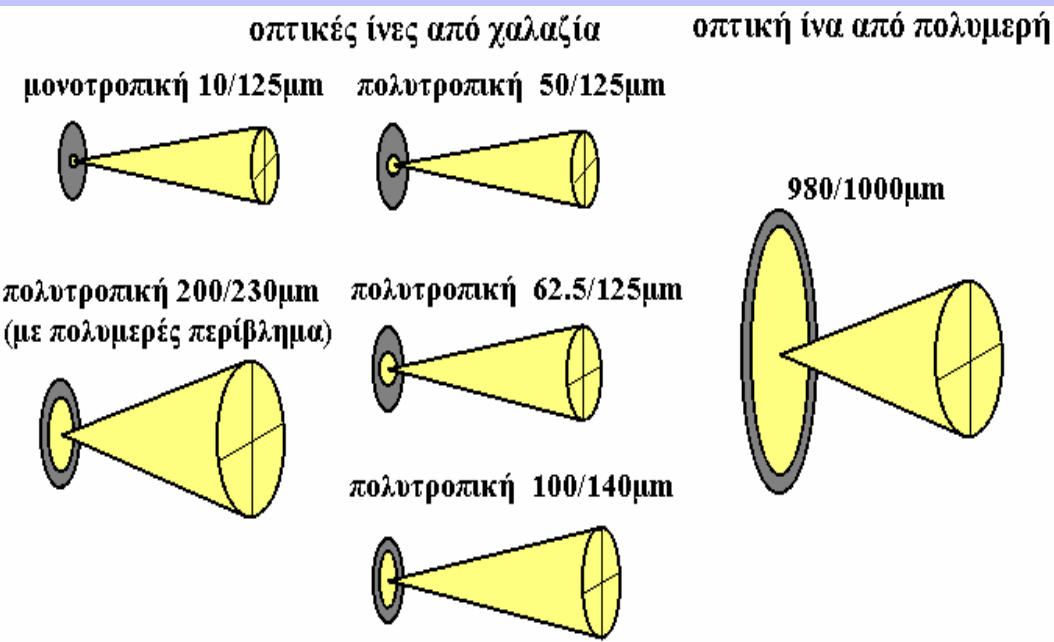
Διαχωρίζουμε τις οπτικές ίνες σε δυο κατηγορίες ανάλογα με τη διάμετρό τους:

- Οι **πολυτροπικές ίνες (multi mode fiber)** έχουν διαστάσεις από **50–100 μm** . Εξ αιτίας της μεγάλης διαμέτρου, το αριθμητικό άνοιγμα NA είναι επίσης μεγάλο, επιτρέποντας εκατοντάδες ή χιλιάδες φωτεινές ακτίνες να μετακινούνται μέσα στον πυρήνα.
- Οι **μονοτροπικές ίνες (single mode fiber)** έχουν διαστάσεις μέχρι **10 μm** . Η μικρή αυτή διάμετρος του πυρήνα επιτρέπει τη διέλευση σε ένα περιορισμένο πλήθος ακτινών, ουσιαστικά μόνο σε ακτίνες που προσπίπτουν κάθετα στην επιφάνεια της διατομής των. Οι ίνες αυτές χαρακτηρίζονται συνήθως ως ίνες με **βηματική κατανομή**.



Οπτικές Ίνες – 8

Είδη οπτικών ινών-3



Γωνιακό άνοιγμα σε διάφορα είδη οπτικών ινών. Οι αριθμοί δηλώνουν τις διαμέτρους πυρήνα/περιβλήματος αντιστοίχως.

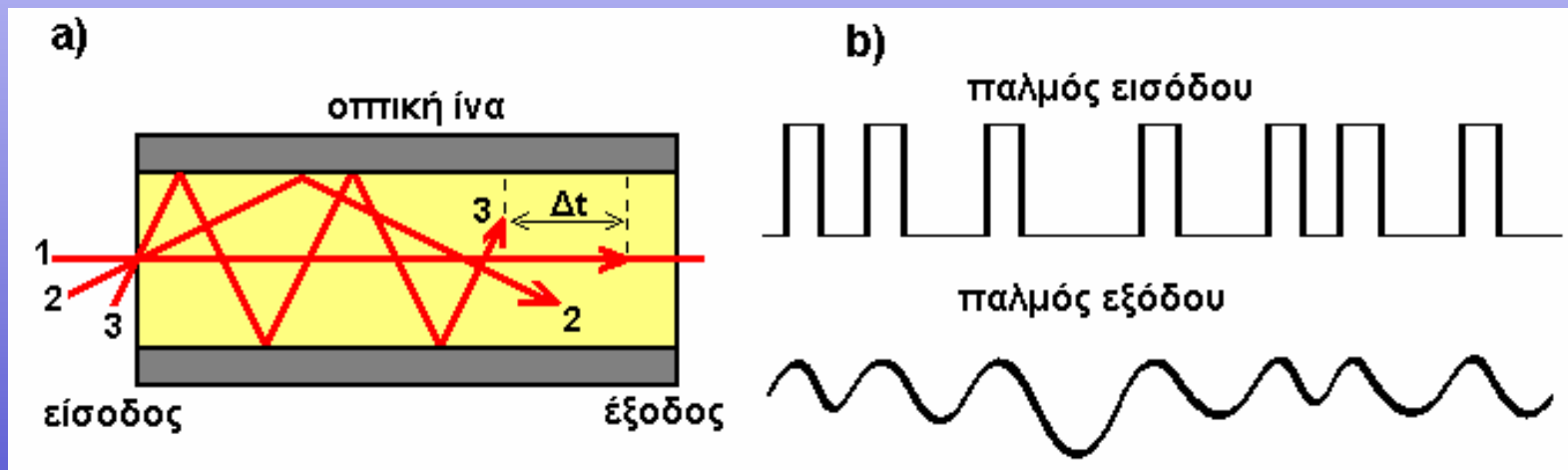
Χαρακτηριστικά πολυτροπικών και μονοτροπικών οπτικών ινών.

	Πολυτροπικές	Μονοτροπικές
Διάμετρος πυρήνα	50 –100 µm	2 –10 µm
Τρόποι διάδοσης (modes)	Εκατοντάδες ή χιλιάδες	Μικρός αριθμός
Κατανομή του δ.δ	Βηματική ή βαθμιαία	Βηματική
Ποσοστό εξασθένησης	Υψηλό	Χαμηλό
Ποιότητα διάδοσης παλμών	Χαμηλή (λόγω διασποράς)	Υψηλή
Δυνατότητα σύζευξης	Εύκολη	Δύσκολη
Κόστος αγοράς	Χαμηλό	Υψηλό
Τεχνικές απαιτήσεις	Περιορισμένες	Υψηλές

Οπτικές Ίνες – 9

Είδη οπτικών ινών-4

Το κύριο μειονέκτημα των πολυτροπικών οπτικών ινών (με βηματική κατανομή) είναι το περιορισμένο εύρος ζώνης, που οφείλεται σε φαινόμενα διασποράς: διαφορετικές (εκατοντάδες ή χιλιάδες) γωνίες πρόσπτωσης (της φωτεινής ακτίνας) ακολουθούν διαφορετικούς τρόπους (modes) διάδοσης της δέσμης εντός της ίνας και ταξιδεύουν κάτω από διαφορετική διαδρομή, διανύοντας άνισα διαστήματα, εφόσον ο δ.δ. του πυρήνα και κατ' επέκταση η ταχύτητα διάδοσης παραμένουν σταθερές.

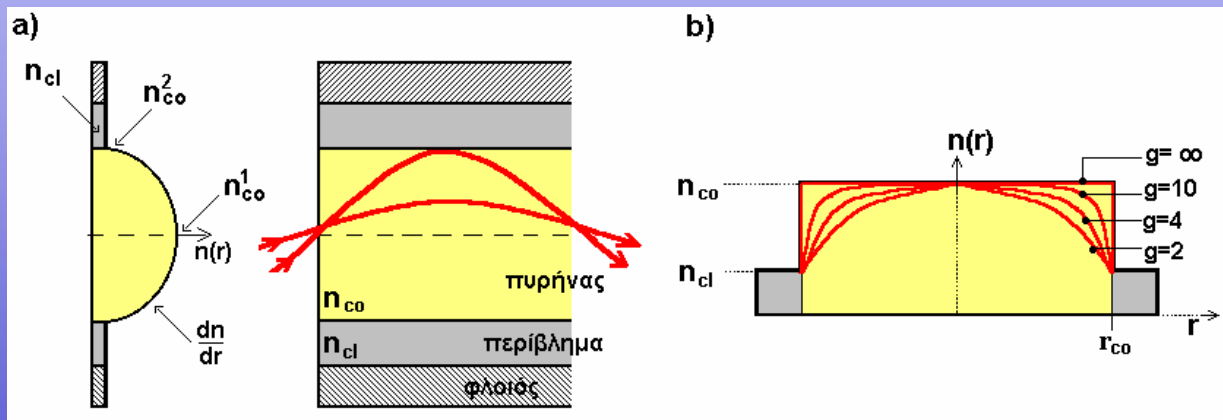


Η μορφή ενός παλμού που διέρχεται δια μιας πολυτροπικής ίνας έχει ευρεία χωρική κατανομή και κάθε «σημείο» του διανύει τη δική του διαδρομή. Όσο μεγαλύτερη είναι η γωνία υποδοχής, τόσο μεγαλύτερο είναι και το πλήθος των διαφορετικών διαδρομών. Μια τέτοια ίνα καλείται πολυτροπική. Το αριθμητικό άνοιγμα NA καθορίζει και το εύρος ζώνης της ίνας. Το φαινόμενο της διασποράς μπορεί να αλλοιώσει έναν παλμό κατά την έξοδό του από την ίνα.

Οπτικές Ίνες – 10

Είδη οπτικών ινών-5

Για να περιορίσουμε το φαινόμενο της διασποράς χρησιμοποιούμε ίνες, που ο δ.δ. του πυρήνα ακολουθεί βαθμιαία κατανομή. Σε αυτή την περίπτωση η τιμή του δ.δ. n_{co} δεν έχει σταθερή τιμή, αλλά μεταβάλλεται συνεχώς μεταξύ μιας μέγιστης τιμής (κέντρο του πυρήνα) και μιας ελάχιστης (οριακό στρώμα πυρήνα–περιβλήματος). Έτσι, είναι δυνατόν, φωτεινές δέσμες να διανύουν διαφορετικές αποστάσεις, μέσα στην ίνα, με διαφορετικές ταχύτητες, ώστε να εξέρχονται (από την ίνα) με την ίδια καθυστέρηση και επομένως να μην εμφανίζουν φαινόμενα διασποράς.



Το άνοιγμα NA, ορίζεται όπως και στην περίπτωση της βηματικής κατανομής:

$$NA = \sqrt{n_{co}^2 - n_{cl}^2}$$

Ονομάζουμε $n(r)$ την εγκάρσια κατανομή του δ.δ, που μεταβάλλεται στον πυρήνα της ίνας σε συνάρτηση με την ακτίνα r_{co} . Στο περίβλημα ο δ.δ n_{cl} διατηρείται σταθερός. Η εγκάρσια

κατανομή του δ.δ. $n(r)$ εκφράζεται από τη σχέση: $n(r) = n_{co} \sqrt{1 - 2\Delta \cdot \left(\frac{r}{r_{co}}\right)^g}$ για $r < r_{co}$ και

g μια παράμετρος με τιμές από 1 έως ∞

$$n(r) = n_{cl}$$

για $r \geq r_{co}$

Οπτικές Ύνες – 11

Είδη οπτικών ινών-6

Παραδείγματα

- ♦ Να υπολογισθεί το πλήθος N των διαφορετικών τρόπων διάδοσης μιας φωτεινής ακτίνας ($\lambda=0.8\mu\text{m}$) μέσα σε οπτική ίνα με δ.δ. βηματικής κατανομής ($n_{\text{cl}}=1.50$, $n_{\text{co}}=1.52$ και $2r_{\text{co}}=50\mu\text{m}$).

Λύση. Για ίνα βηματικής κατανομής ο αριθμός N ρυθμών ικανοποιεί τη σχέση $N = \frac{u^2}{2}$ όπου

$$u = \frac{2\pi r_{\text{co}}}{\lambda_{\text{vac}}} \sqrt{n_{\text{co}}^2 - n_{\text{cl}}^2}. \text{ Από τα δεδομένα του παραδείγματος προκύπτει ότι } u=48.26 \text{ και } N \approx 1164.$$

Μπορεί να δειχθεί ότι, όταν $u \leq 2.405$, τότε εντός της ίνας λαμβάνει χώρα μόνο ένας τρόπος διάδοσης.

Στο μέτρο της ακτίνας του πυρήνα, η συνθήκη γίνεται $r_{\text{co}} \leq \frac{2.405}{2\pi} \sqrt{n_{\text{co}}^2 - n_{\text{cl}}^2}$.

Αν χρησιμοποιήσω τα ίδια μεγέθη για μια μονοτροπική ίνα και για $\lambda=0.8\mu\text{m}$, τότε η διάμετρος του καλωδίου θα πρέπει να είναι $2.5\mu\text{m}$.

- ♦ Το αριθμητικό άνοιγμα της ίνας προσδιορίζεται από την ελάχιστη διάκριση εξ αιτίας της περίθλασης, κατά την οποία ισχύει $(\Omega A)_{\text{min}} \approx \lambda^2$, Ω είναι η στερεά γωνία και A η φωτίζουσα επιφάνεια.

Επειδή $\Omega \approx \sin^2 \alpha_{\text{max}}$ προκύπτει ότι $A_{\text{min}} = \frac{\lambda^2}{\sin^2 \alpha_{\text{max}}} = \frac{\lambda^2}{\Delta n (\Delta n + 2n_{\text{co}})}$. Αν $\lambda=0.8\mu\text{m}$ και $\Delta n=0.025$ τότε

$A=8.46\mu\text{m}^2$, που σημαίνει ότι η ελάχιστη διάμετρος της ίνας προσεγγίζει την οριακή τιμή των $3\mu\text{m}$.

Οπτικές Ύνες – 12

Εξασθένηση οπτικών ινών- 1

Ορισμοί

Βασικής σημασίας, σε πολλούς τομείς εφαρμογών, είναι οι **ΟΠΤΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ**, που προκαλούνται από φαινόμενα απορρόφησης και σκέδασης των φωτεινών ακτίνων.

Η εξασθένηση ενός σήματος είναι μια λογαριθμική σχέση μεταξύ της εισερχόμενης και εξερχόμενης φωτεινής ακτίνας. Κατά μήκος της οπτικής ίνας και σε ένα στοιχειώδες τμήμα

της dL , το φως υφίσταται **απώλεια οπτικής ισχύος** κατά $\frac{dP}{P} = -\alpha(L) \cdot dL$, οπότε καθ' όλο το

μήκος L της ίνας, οι συνολικές απώλειες δίνονται από τη σχέση $P(L) = P_0 \cdot e^{-\alpha(L) \cdot L}$, όπου $P(L)$

και P_0 δίνονται σε μονάδες mWatt και εκφράζουν την οπτική ισχύ στην έξοδο και είσοδο του υλικού μέσου αντίστοιχα. Ο συντελεστής απορρόφησης ή εξασθένησης συμβολίζεται με $\alpha(L)$ και εκφράζεται σε μονάδες km^{-1} .

Στην οπτική τεχνολογία, η εξασθένηση μετρείται σε μονάδες **dB/km**, οπότε η παραπάνω σχέση

γράφεται: $P = P_0 \cdot 10^{-a \cdot L/10}$, από την οποία προκύπτει ότι $a = \frac{1}{L} 10 \cdot \log\left(\frac{P}{P_0}\right)$. Η σχέση αυτή προσφέρει

το πλεονέκτημα **της αθροιστικής ιδιότητας**. Δηλαδή, αν ένα κομμάτι ίνας παρουσιάζει εξασθένηση **50dB/km** και ένα άλλο **15dB/km**, τότε αν τα ενώσουμε θα έχουμε συνολική εξασθένηση **65dB**.

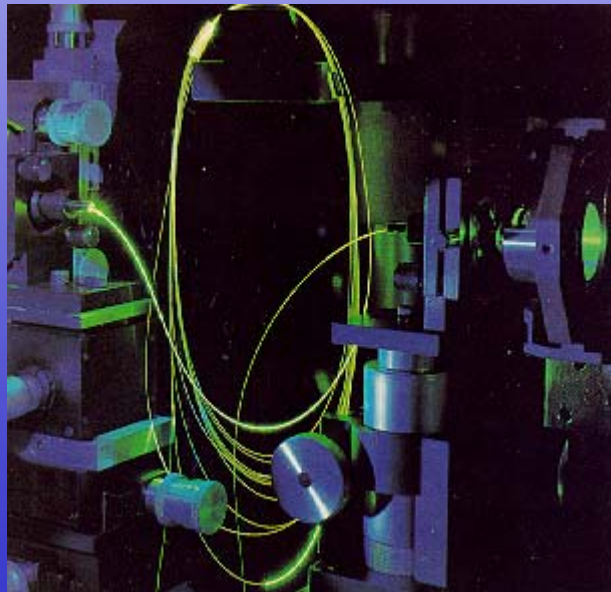
Οπτικές Ύνες – 13

Εξασθένηση οπτικών ινών- 2

Παράδειγμα

- ♦ Αν ο συντελεστής εξασθένησης είναι $\alpha=0.5\text{dB/km}$, τότε η διερχόμενη οπτική ισχύς σε ένα μήκος $L= 10\text{km}$ θα είναι $\frac{P(L)}{P_0} = 10^{-0.5} = 0.316$, δηλαδή θα έχει μειωθεί στο **31.6%** της αρχικής της τιμής.

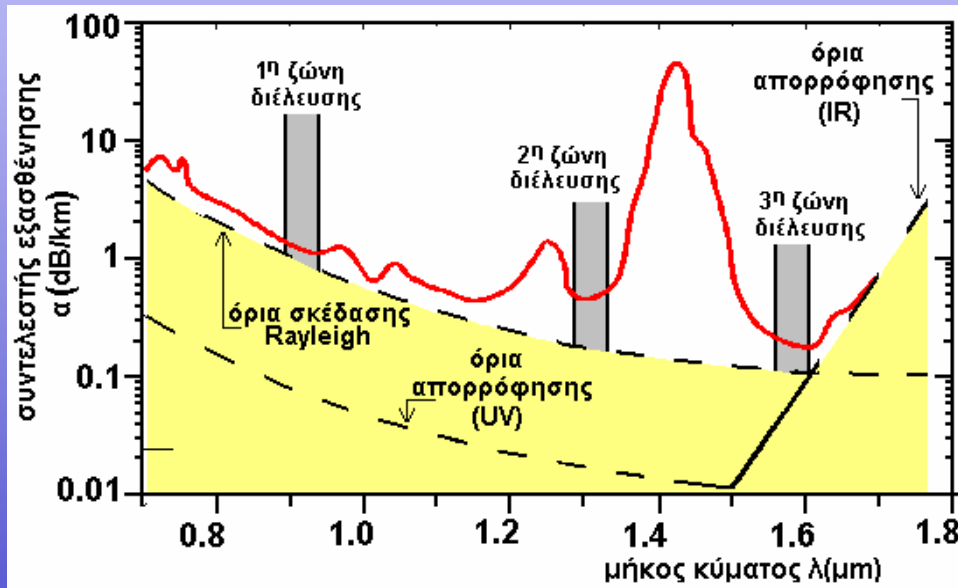
Σήμερα, μπορούμε να πετύχουμε συντελεστές εξασθένησης μέχρι και $\alpha=0.2\text{dB/km}$, που σημαίνει ότι η διερχόμενη οπτική ισχύς σε ένα $L= 10\text{km}$ θα έχει μειωθεί πολύ λιγότερο, ήτοι στο **63%** της αρχικής τιμής.



Οπτικές Ύνες – 14

Εξασθένηση οπτικών ινών- 3

Ο βαθμός εξασθένησης εξαρτάται ισχυρά από το μήκος κύματος της διερχόμενης ακτινοβολίας. Η καμπύλη του συντελεστή εξασθένησης (ή απορρόφησης) μιας τυπικής οπτικής ίνας παρουσιάζει 3 ζώνες διέλευσης με τιμές ελάχιστης απορρόφησης σε μήκη κύματος $\lambda=0.8\mu\text{m}$, $\lambda=1.3\mu\text{m}$ και $\lambda=1.55\mu\text{m}$ αντίστοιχα.



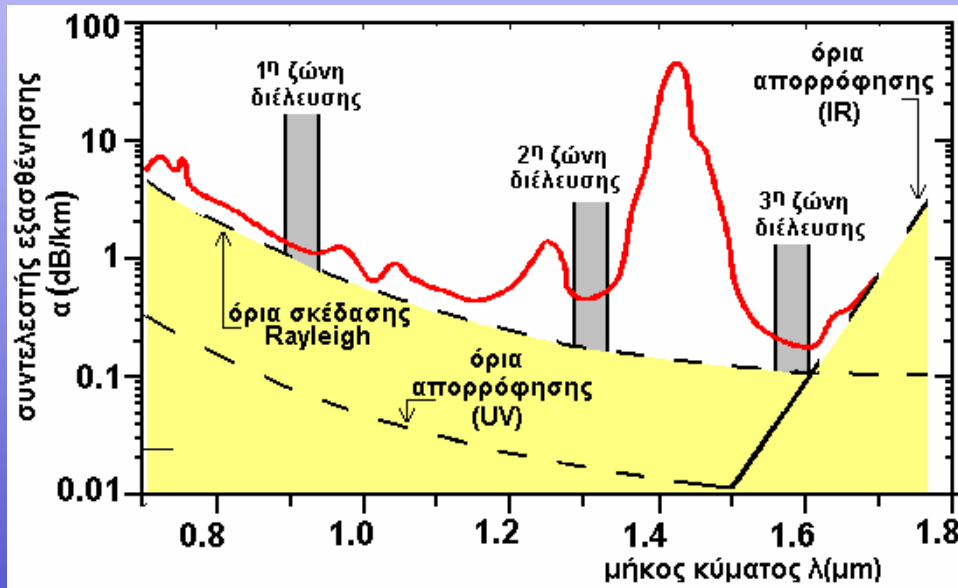
Άλλος ένας παράγοντας, που επιδρά στην εξασθένηση της οπτικής ισχύος είναι τα υλικά κατασκευής της οπτικής ίνας. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των οπτικών ινών θα πρέπει να είναι εξαιρετικής καθαρότητας και απαλλαγμένα από προσμίξεις ιοντικών μετάλλων (Cr^{+3} , Cu^{+2} , Fe^{+2}), που έχουν έντονες ζώνες υπέρυθρης απορρόφησης ($2.7\mu\text{m}$, $0.95\mu\text{m}$ και $0.72\mu\text{m}$).

Τα ιόντα OH είναι μια άλλη σημαντική αιτία εξασθένησης του φωτός, εξ αιτίας των έντονων ζωνών απορρόφησης των στις περιοχές $1.25\mu\text{m}$ και $1.39\mu\text{m}$. Σε μήκη κύματος $\lambda > 1.7\mu\text{m}$ η ίνα απορροφά ενέργεια φωτός εξαιτίας των ταλαντωτικών δονήσεων (μοριακός συντονισμός) του οξειδίου του πυριτίου. Η φασματική αυτή απορρόφηση προκαλεί άνω όριο διέλευσης της ακτινοβολίας.

Οπτικές Ίνες – 15

Εξασθένηση οπτικών ινών- 4

Οι **μηχανικές αντοχές** (κραδασμοί, κλπ.) προκαλούν γήρανση της ίνας, της οποίας ο μέσος χρόνος ζωής είναι 20–30 χρόνια. Για την αποφυγή πρόωρης γήρανσης, δίνονται προδιαγραφές χρήσης των οπτικών ινών. Μία σπουδαία ιδιότητα των ινών είναι ο βαθμός ελαστικότητάς της, που λαμβάνεται σοβαρά υπόψη στο στάδιο της κατασκευής τους.



Συντελεστής εξασθένησης α για μια τυπική οπτική ίνα σαν συνάρτηση του μήκους κύματος της διερχόμενης ακτινοβολίας. Ο συνδυασμός της σκέδασης Rayleigh και της απορρόφησης εξ αιτίας της υπέρυθρης (IR) και της υπεριώδους (UV) ακτινοβολίας είναι οι κύριες αιτίες περιορισμού του εύρους χρήσης των οπτικών ινών. Διακρίνονται **τρεις ζώνες διέλευσης**, για τις οποίες η εισερχόμενη ακτινοβολία παρουσιάζει ελάχιστη εξασθένηση και επομένως μέγιστο διαπερατότητα.

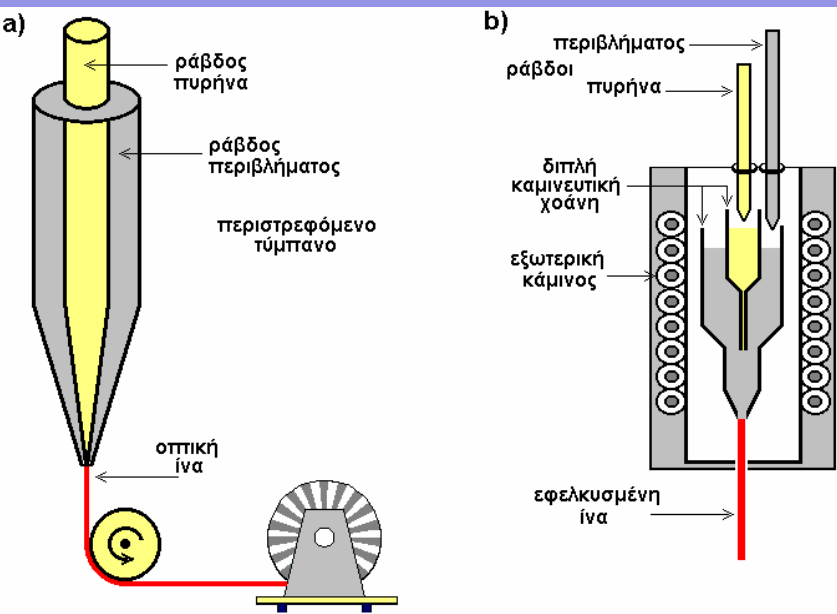
Η **σκέδαση Rayleigh** οφείλεται στις ανομοιόμορφες διακυμάνσεις της δομής του γυαλιού, που προκαλούν σκέδαση του φωτός προς όλες τις κατευθύνσεις. Η εξασθένηση αυτή είναι **ανάλογη του λ^{-4}** και ελαττώνεται σε μεγάλα μήκη κύματος ($\lambda > 0.85 \mu\text{m}$).

Οπτικές Ίνες – 16

Μέθοδοι Παραγωγής Οπτικών Ινών - 1

Ο τρόπος παραγωγής των οπτικών ινών εξαρτάται από την εφαρμογή, για την οποία προορίζεται η ίνα. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους ποικίλουν ανάλογα με το **δείκτη διάθλασης** του πυρήνα καθώς και την **επιλεγείσα φασματική περιοχή ελάχιστης απορρόφησης**.

Η τυπική συνταγή του μίγματος, που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των οπτικών ινών, αποτελείται από **οξείδια του πυριτίου, βορίου, φωσφόρου, αλουμινίου, γερμανίου και νατρίου**. Το σημαντικό στην παραγωγή της ίνας και στον έλεγχο του επιθυμητού δ.δ. είναι η εξαιρετική καθαρότητα των προσμίξεων αυτών των υλικών.



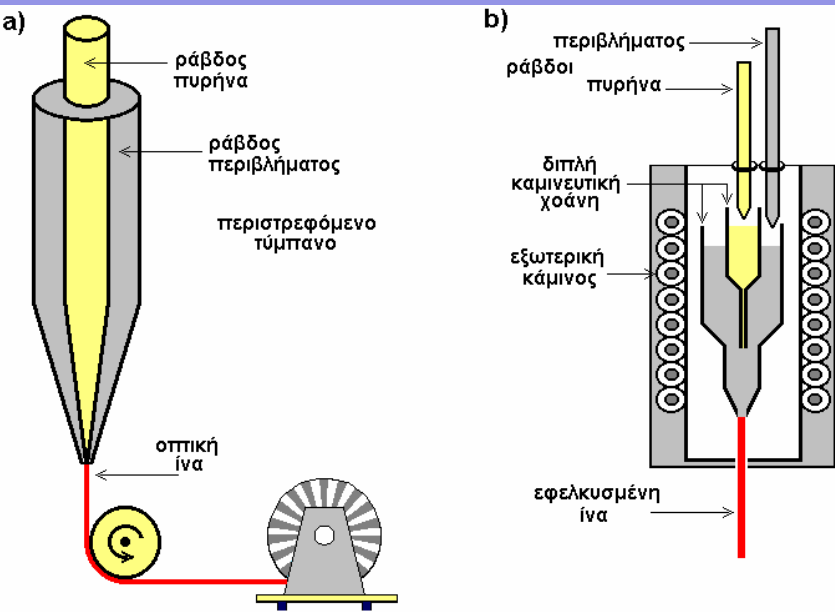
Στην περίπτωση ινών για οπτικές εφαρμογές, η βασική τεχνική παραγωγής βασίζεται στη μέθοδο του Ράβδου-Σωλήνα (περίπτωση a), όπου μπορεί ταυτόχρονα να εφελκυστεί ένα ζεύγος συστατικών (με διαφορετικούς δ.δ.). Η χημική αντίδραση σε κατάλληλη θερμοκρασία του κλιβάνου δίνει τη μορφή της ίνας. Πρόκειται για ένα γυάλινο κύλινδρο μήκους 0.5–2m, από τον οποίο στη συνέχεια προέρχεται ένα κομμάτι συνεχούς οπτικής ίνας μήκους μερικών χιλιομέτρων. Η μορφή τοποθετείται σε κατακόρυφη θέση σε «πύργο» όπου η άκρη της αρχίζει σε κατάλληλη θερμοκρασία να λιώνει. Από αυτήν την άκρη γίνεται ο εφελκυσμός της ίνας από ένα περιστροφόμενο τύμπανο ελεγχόμενης ταχύτητας.

Οπτικές Ίνες – 17

Μέθοδοι Παραγωγής Οπτικών Ινών - 2

Η μέθοδος της διπλής χοάνης (περίπτωση b) χρησιμοποιείται σε ίνες, που προσδιορίζονται για τηλεπικοινωνιακές εφαρμογές. Σε αυτές τις εφαρμογές απαιτείται η βαθμιαία κατανομή του δ.δ μέσα στον πυρήνα (graded-index fiber).

Η πρώτη χοάνη περιέχει το υλικό του πυρήνα και τοποθετείται μέσα στη δεύτερη που περιέχει το υλικό περιβλήματος. Εντός της καμίνου τα υλικά τήκονται. Τα στόμια και των δυο χοανών βρίσκονται στην ίδια κατακόρυφο και καθώς το υλικό του πυρήνα ρέει προς τα κάτω (εξ αιτίας της βαρύτητας) συμπαρασύρει και το υλικό του περιβλήματος, δημιουργώντας την ίνα.



Στις γυάλινες οπτικές ίνες, ως βασικό υλικό παραγωγής χρησιμοποιείται το οξείδιο του πυριτίου (SiO_2). Η διοχέτευση και καύση μίγματος οξυγόνου, αλογονιδίου του πυριτίου και άλλων προσμίξεων παράγουν μίγμα οξειδίων, που επικάθεται στο SiO_2 δημιουργώντας ένα είδος πηλού (πρόπλασμα). Το πρόπλασμα τήκεται μαζί με τα άλλα συστατικά και εφελκύεται ταυτόχρονα με την ίνα. Το ανάγλυφο του προπλάσματος αποτελείται από λεπτές επιστρώσεις προοδευτικά μεταβαλλόμενης συγκέντρωσης των προσμίξεων έτσι ώστε να επιτυγχάνεται βαθμιαία κατανομή του δ.δ στον πυρήνα της ίνας.

Οπτικές Ύνες – 18

Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα Οπτικών Ινών - 1

Μεγάλη χωρητικότητα στην ταυτόχρονη μετάδοση πληροφοριών

- εύρος ζώνης μιας οπτικής ίνας είναι περίπου **50THz**.
- εύρος ζώνης τηλεφωνικής κλήσης μερικά **KHz** και τηλεοπτικής εκπομπής περίπου **6MHz**.
- **Μία οπτική ίνα μπορεί να μεταβιβάσει μέχρι 500 000 000 τηλεφωνήματα ή μερικές εκατοντάδες χιλιάδες τηλεοπτικά προγράμματα.**
- Η μετάδοση πληροφοριών γίνεται με ψηφιακή διαμόρφωση του ακουστικού ή οπτικού σήματος.
- Η ποιότητα του σήματος είναι συγκριτικά καλλίτερη από εκείνη των χάλκινων καλωδίων.

Πολύ μικρές απώλειες του φέροντος κύματος

- Τεχνική των υπερβραχέων κυμάτων με διαμόρφωση ακουστικού σήματος επί του φέροντος κύματος.
- Φέρον κύμα έχει υψηλή συχνότητα.
- Στην περίπτωση των οπτικών καλωδίων, το φέρον κύμα είναι επίσης υψηλής συχνότητας και κείται στην περιοχή του μακρού υπέρυθρου.

Σπουδαία πλεονεκτήματα:

- Μονοχρωματικές πηγές λέιζερ, που εκπέμπουν στο μακρό υπέρυθρο, ($\lambda \approx 0.8-1.5 \mu\text{m}$)
- Η διάδοση του φωτός παρουσιάζει ελάχιστες απώλειες.
- Ζώνες διέλευσης: στα μήκη κύματος $\lambda \approx 0.8 \mu\text{m}$ (εξασθένηση 2.5dB/km), $\lambda \approx 1.3 \mu\text{m}$ (~1dB/km), και $\lambda \approx 1.55 \mu\text{m}$ (<1dB/km).
- Η ενίσχυση ενός εξασθενημένου σήματος γίνεται με ειδικούς αναμεταδότες.
- Η οπτική περιοχή του ΗΜ φάσματος ($0.4-0.7 \mu\text{m}$) δε χρησιμοποιείται σε οπτικές τηλεπικοινωνίες μεγάλων αποστάσεων εξ αιτίας των έντονων οπτικών απωλειών.

Οπτικές Ύνες – 19

Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα Οπτικών Ινών - 2

Χαμηλό κόστος

- Φθηνή πρώτη ύλη κατασκευής των οπτικών ινών (γυαλί). 1 Ευρώ το μέτρο.
- Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι το κόστος των παρελκόμενων ηλεκτρονικών και συναφών οπτικοηλεκτρονικών διατάξεων (π.χ. πομποί, φωτοανιχνευτές, κ.ά.) μπορεί να είναι σημαντικό.
- Η τεχνολογία των οπτικών ινών αναπτύχθηκε σε τρία στάδια, που ήταν άμεσα συνδεδεμένα με το μήκος κύματος, που αντιστοιχούν στις τρεις ζώνες διέλευσης (0.5, 1.3 και 1.55 μm).

Διαστάσεις της οπτικής ίνας

- Τυπική διάμετρος ενός οπτικού καλωδίου 1–2mm.
- Ο εσωτερικός πυρήνας έχει πολύ μικρότερες διαστάσεις, περίπου 4–200 μm .
- Το βάρος θεωρείται αμελητέο.
- Ένα ολοκληρωμένο σύστημα οπτικών ινών, μαζί με την ηλεκτρονική του υποστήριξη παρουσιάζει πλεονέκτημα βάρους έναντι των συστημάτων με τα συνηθισμένα ηλεκτρικά καλώδια.

Ηλεκτρική μόνωση

- Το γυαλί θεωρείται μη αγώγιμο υλικό
- Η οπτική ίνα είναι ιδανικό μέσον, για την εγκατάσταση σε χώρους με υψηλά δυναμικά.
- Δεν προκαλεί τόξα σπινθήρων ούτε βραχυκύκλωμα.

Μετάδοση πληροφοριών υψίστης ασφάλειας

- Τα οπτικά καλώδια αποκλείουν κάθε κλοπή πληροφοριών
- Κάθε αποκοπή ή παράλληλη σύνδεση θα μπορούσε να διακόψει αυτομάτως τη συνομιλία.

Οπτικές Ύνες – 20

Τεχνολογικά Πεδία Εφαρμογών των Οπτικών Ινών -1

Ιατρικές Εφαρμογές

- Υιοθέτηση ταυτόχρονα με τη χρήση των λέιζερ.
- Εφαρμογές λέιζερ στις εγχειρήσεις, καυτηριασμούς φυσιοθεραπείες κ.ά.
- Οι οπτικές ίνες δίνουν τη δυνατότητα μεταφοράς της φωτεινής δέσμης λέιζερ από την πηγή μέχρι τη λαβή, που πρέπει να χειρίζεται ο γιατρός δίπλα στον ασθενή.
- Στην Ιατρική, οι οπτικές ίνες ονομάζονται και φωταγωγοί, όπου χρησιμοποιούνται ευρύτατα και ειδικότερα σε ενδοσκοπήσεις δίνοντας οπτική εικόνα από τον περιορισμένο χώρο των εσωτερικών οργάνων του ανθρώπινου σώματος.
- Οι γιατροί μπορούν να δουν την εσωτερική επιφάνεια μέρους του στομάχου ή άλλου οργάνου χρησιμοποιώντας ζεύγος οπτικών ινών.
- Η μικρή διάσταση του πυρήνα παρέχει τη δυνατότητα μετάδοσης εικόνας ακόμα και χωρίς τη χρήση άλλων οπτικών συστημάτων (π.χ. φακών).

Τηλεπικοινωνίες

- Χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά δεδομένων τόσο σε δίκτυα υπολογιστών όσο και σε τηλεφωνικά δίκτυα (μικρή εξασθένηση της δέσμης)
- Χωρίς ενδιάμεσους ενισχυτές και αναμεταδότες με βεληνεκές (20–30 χιλιομέτρων, max 200Km)
- Αποφυγή ενδιάμεσων σταθμών με νέου τύπου οπτικές ίνες προσμίξεων Ερβίου (Er⁺).
- Οι οπτικές ίνες μπορεί να χρησιμοποιηθούν και σε μικρότερη κλίμακα, όπως για την επικοινωνία ολοκληρωμένων κυκλωμάτων ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή ή τη μεταφορά δεδομένων από αισθητήρες στη κεντρική μονάδα.

Οπτικές Ύνες – 20

Τεχνολογικά Πεδία Εφαρμογών των Οπτικών Ινών -1

Συστήματα Αρχιτεκτονικού Φωτισμού

- Χρήση δεσμίδων οπτικών ινών για μεταφορά φωτός σε μη προσπελάσιμα σημεία κτηρίων.
- Φωτισμός στην οριοθέτηση των διαδρόμων
- Δημιουργία σύγχρονων διακοσμητικών κατασκευών και διαφημιστικών πινακίδων.

Προστατευτικός Φωτισμός και Συστήματα Πληροφόρησης

- Εικαστικός φωτισμός (μέθοδος για ευαίσθητους πίνακες και άλλα μουσειακά εκθέματα).
- Φωτισμό πινάκων οργάνων στο πιλοτήριο των αεροπλάνων με μια μόνο φωτεινή πηγή.
- Σχηματισμό φωτεινών χαρακτήρων ή και σχημάτων σε πινακίδες φωτεινής οδικής σηματοδότησης.

Βιομηχανικός Έλεγχος

- Συνδυασμός οπτικών ινών και κατάλληλων οπτικήηλεκτρονικών διατάξεων για τον έλεγχο της γραμμή παραγωγής ενός προϊόντος.