

ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ, ΔΙΚΤΥΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

8^η Διάλεξη: Δομικά στοιχεία

- Οπτικοί ενισχυτές
- Οπτικοί συζευκτές
- Συγκολλήσεις οπτικών ινών
- Πολυπλέκτες

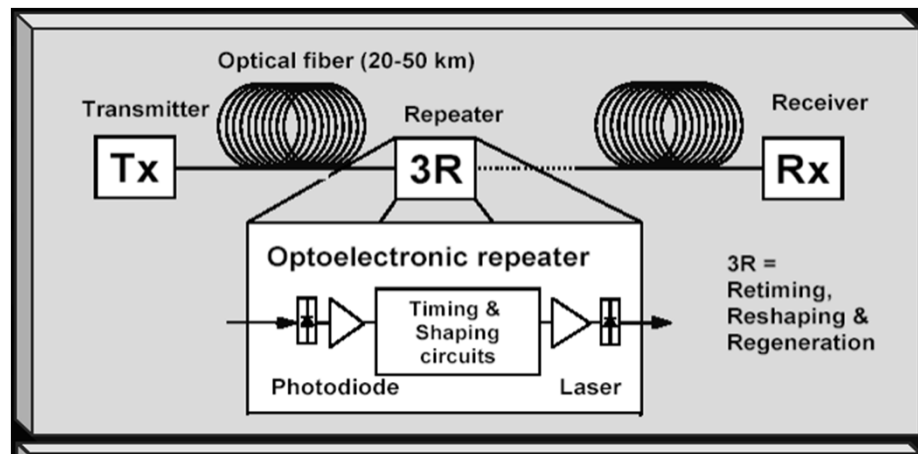


Ενίσχυση

Η μέγιστη απόσταση μετάδοσης σήματος μερικών δεκάδων Gb/s είναι περίπου 200 Km

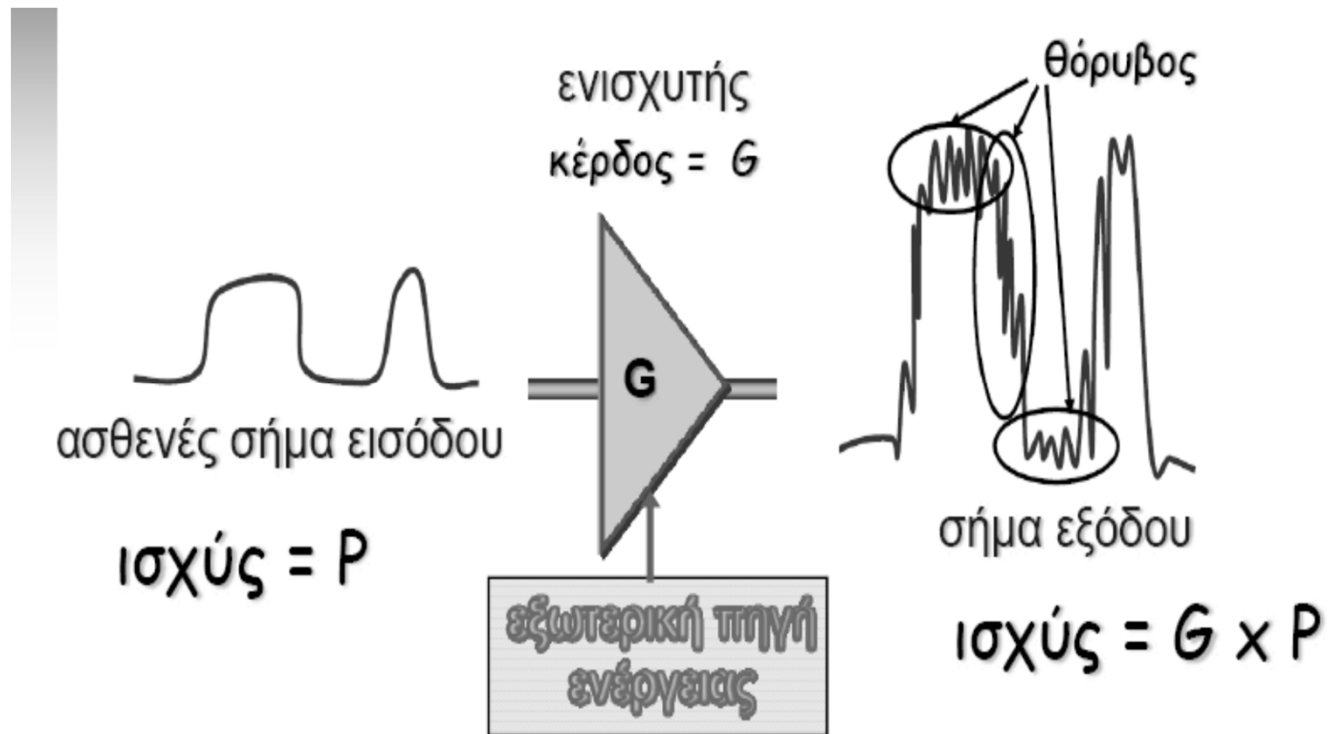
Στα πρώτα οπτικά συστήματα η ενίσχυση γίνεται με αναγεννητές (repeaters)

- Αύξηση κόστους
- Μείωση απόδοσης



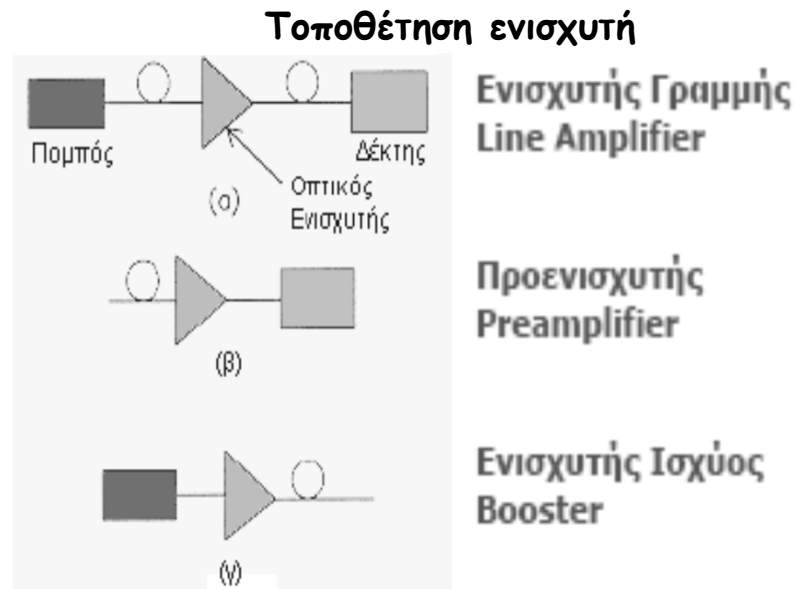
Οπτικοί ενισχυτές

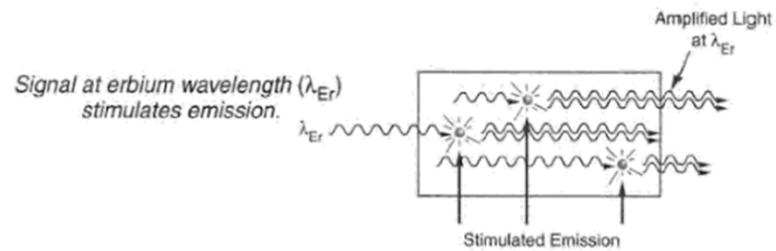
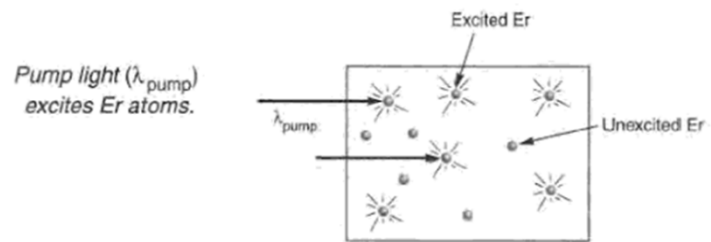
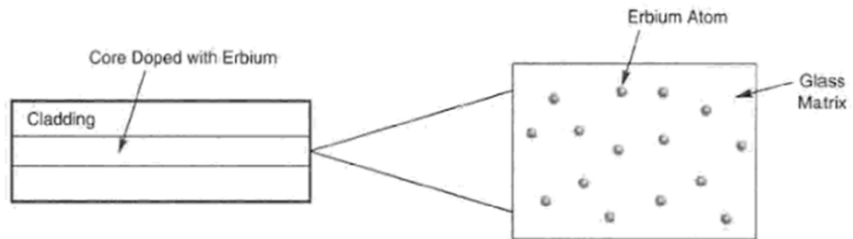
Οπτικοί ενισχυτές: Ενίσχυση οπτικού σήματος χωρίς την ανάγκη μετατροπής του σε ηλεκτρικό



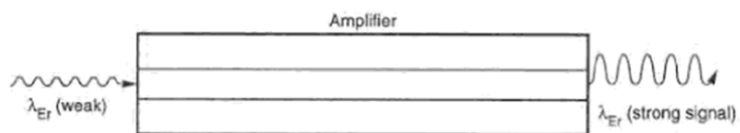
Είδη οπτικών ενισχυτών

- Οπτικοί Ενισχυτές Ημιαγωγού Semiconductor Optical Amplifiers (SOA)
- Ενισχυτές Ίνας με Πρόσμειξη Ερβίου Erbium Doped Fiber Amplifiers - EDFA
- Οπτικοί ενισχυτές Raman





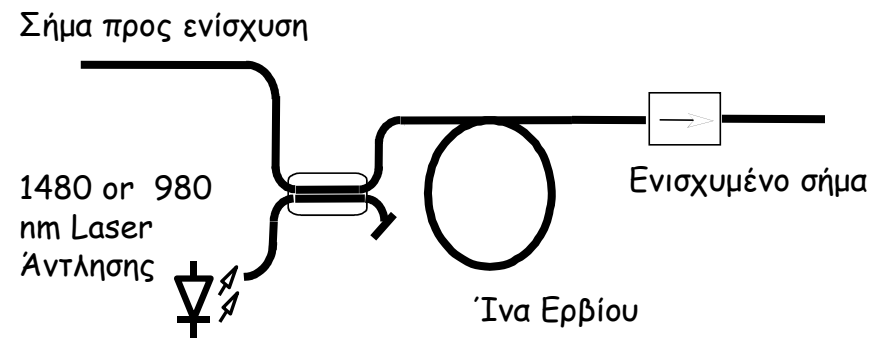
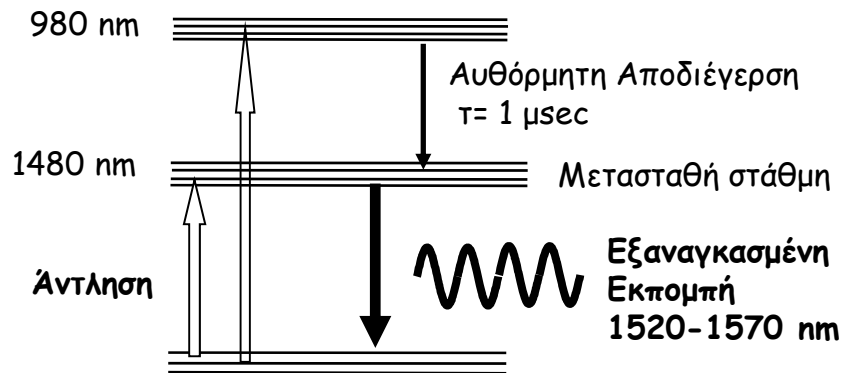
What the communication system sees.



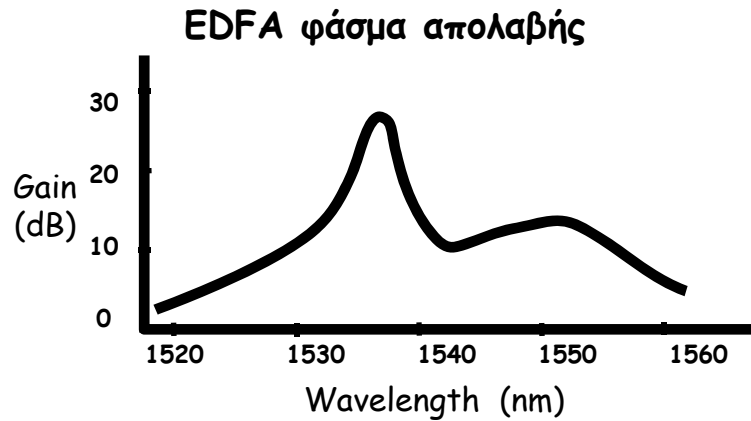
Ενισχυτές ινών με προσμίξεις Έρβιου Erbium Doped Fiber Amplifiers- (EDFA)

Τα ιόντα Έρβιου (στον πυρήνα της εμπλουτισμένης ίνας) διεγείρονται σε μία ανώτερη ενεργειακή στάθμη με την απορρόφηση φωτός από μία πηγή LASER, συνήθως στα 1480 ή 980 nm (Laser άντλησης).

Για μεγάλη ισχύ άντλησης επιτυγχάνεται αναστροφή πληθυσμών ανάμεσα στην θεμελιώδη και τη μετασταθή στάθμη και τα διεγερμένα ιόντα Έρβιου μεταπίπτουν στη βασική ενεργειακή στάθμη με εξαναγκασμένη εκπομπή φωτονίων (εξαιτίας της αλληλεπίδρασης με τα φωτόνια του προς ενίσχυση σήματος).



Χαρακτηριστικά ενισχυτών EDFA



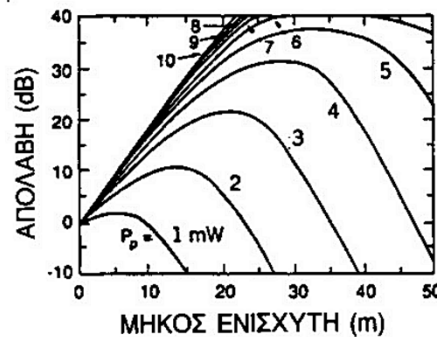
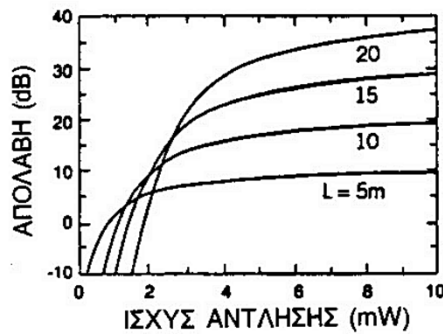
Θόρυβος ενισχυτή

Λόγω αυθόρμητης αποδιέγερσης των φορέων εκπέμπονται φωτόνια με τυχαία: κατεύθυνση, φάση και μήκος κύματος

⇒ Θόρυβος ενισχυμένης αυθόρμητης εκπομπής (ASE- Amplified Spontaneous Emission)



Ενίσχυση



Η ενίσχυση που επιτυγχάνεται εξαρτάται από το μήκος κύματος και την ισχύ της δέσμης άντλησης καθώς και το μήκος της ίνας Ερβίου.

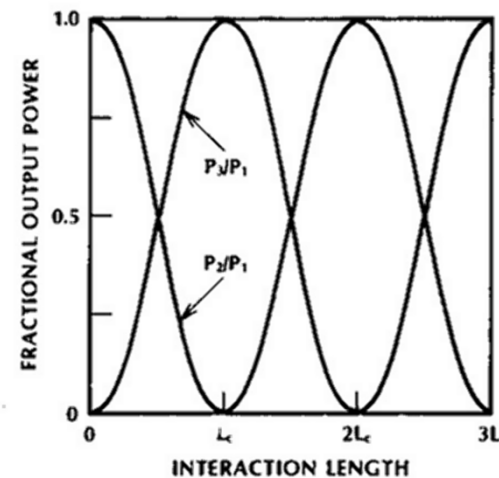
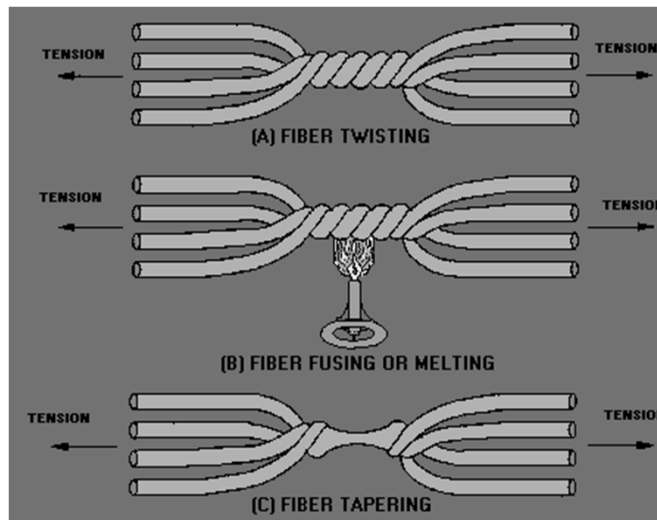
Οπτικοί συζευκτές-διακλαδωτές (optical couplers)

Για να ενώσουμε το σήμα δύο ή παραπάνω οπτικών ινών σε μια (συζευκτές) ή να διαχωρίσουμε το οπτικό σήμα μίας οπτική ίνα σε περισσότερες (διακλαδωτές)

Συντηγμένη συζευκτές εκλέπτυνσης - (fused tapered couplers) (πιο διαδεδομένοι)

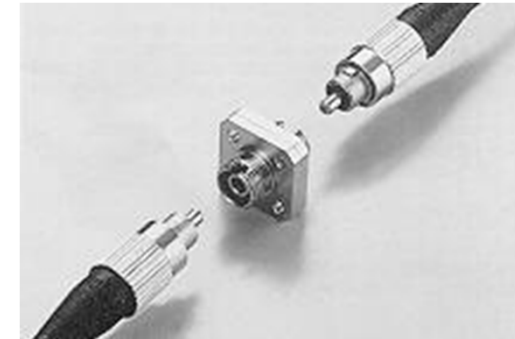
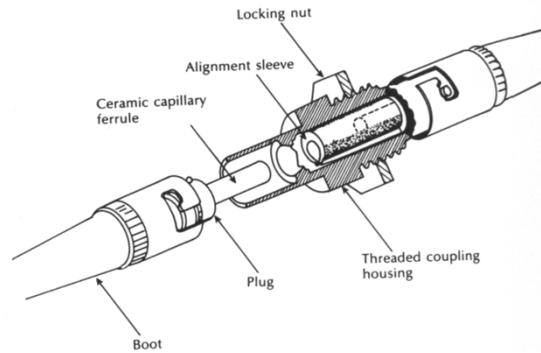
Μεταφορά ενέργειας μέσω πλευρική αλληλεπίδρασης των πυρήνων των ινών

Κατασκευή

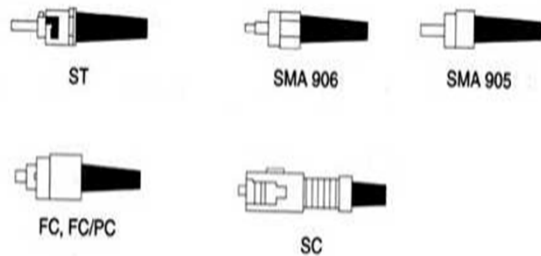


Ο διαχωρισμός ισχύος εξαρτάται από το μήκος αλληλεπίδρασης

Οπτικοί σύνδεσμοι (connectors)



Είδη συνδέσμων

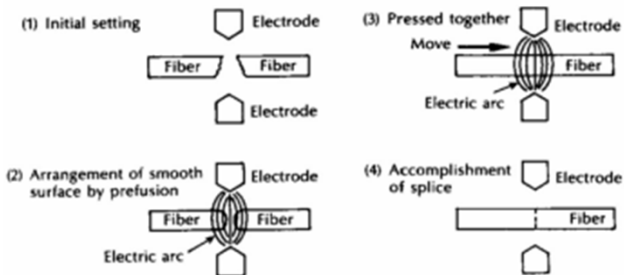
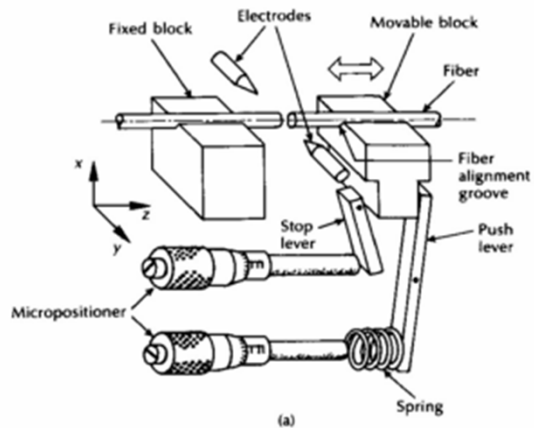


Είδος συνδέσμου	Τυπικές απώλειες (Πολύτροπη ίνα)
ST	0,25 dB
SC	0.25 dB
SMA	1.50 dB
FC	0.25 dB

Συγκολήσεις οπτικών ινών (splice)

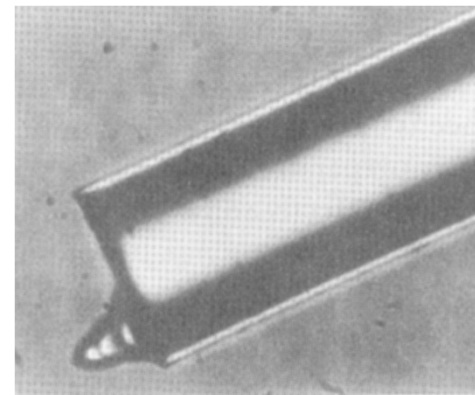
Μόνιμες ενώσεις τήξης (Fusion splice)

Τα άκρα των ινών θερμαίνονται μέχρι το σημείο τήξης (συνήθως από ηλεκτρικό σπινθήρα) και με την επιβολή αξονικής πίεσης συγκολλούνται.



Κόψιμο οπτικών ινών (cleaving)

Αρχικά αφαιρείται κάθε πρωτεύον επίστρωμα με ειδικά εργαλεία γύμνωσης. Στη συνέχεια η ίνα «πλένεται» με καθαρή αλκοόλη ή ισοπροπανόλη και τελικά κόβεται. Το τελείωμα της ίνας πρέπει να σχηματίζει γωνία 90° με τον κεντρικό άξονα. Οι συσκευές κόλλησης έχουν ενσωματωμένο σύστημα για τη μέτρηση της γωνίας κοπής. Αποκλίσεις που ξεπερνούν την τιμή 1° δεν επιτρέπονται.

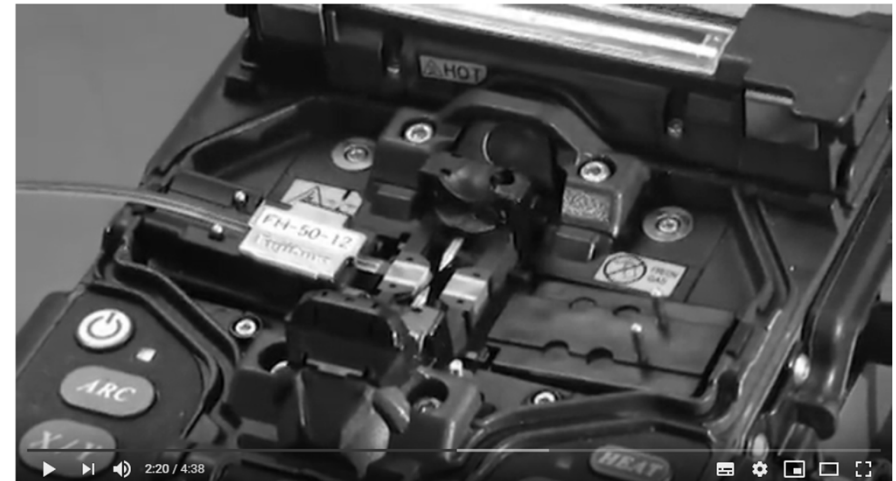


Προβληματικό άκρο ίνας

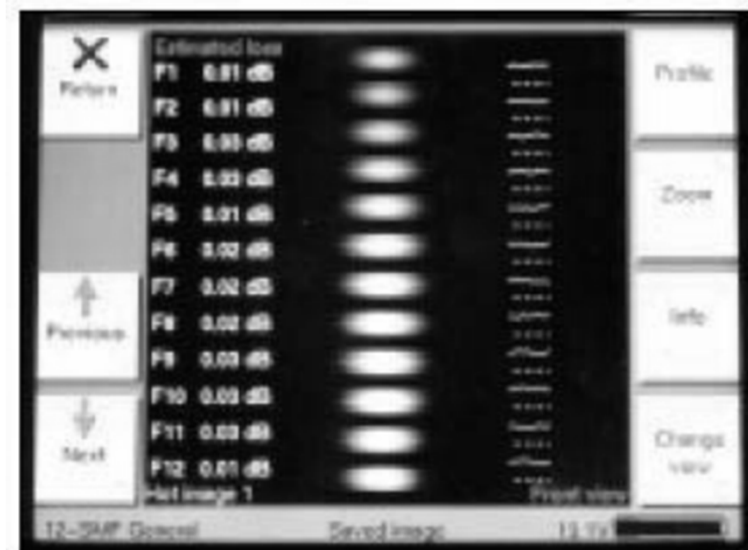
Συγκολήσεις οπτικών ινών (splice)



Συσκευή για την κοπή Ο.Ι. (πάνω)
και στιγμιότυπα από την κόλληση (κάτω)



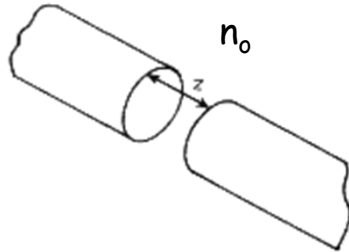
Υπάρχει η δυνατότητα να έχουμε συγκόλληση μέχρι και 12 Ο.Ι μαζί



Απώλειες ενώσεων

Όμοιοι πυρήνες

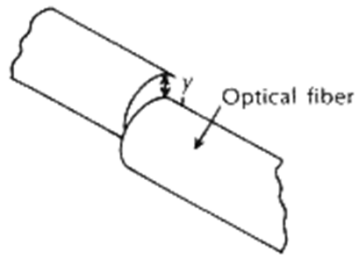
Διαμήκης



$$L = -10 \log \left(1 - \frac{z \text{ NA}}{4 a n_0} \right)$$

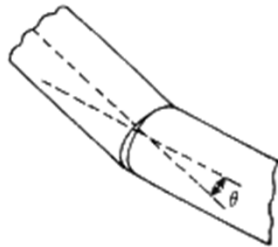
a : ακτίνα πυρήνα
 NA : αριθμητικό άνοιγμα ίνας

Πλευρική



$$L = -10 \log \left(1 - \frac{2y}{\pi a} \right)$$

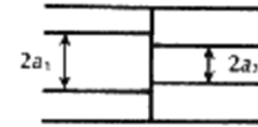
Γωνιακή



$$L = -10 \log \left(1 - \frac{n_0 \theta_0}{\pi \text{ NA}} \right)$$

Διαφορετικοί πυρήνες

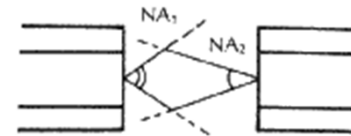
Διαφορετικές ακτίνες πυρήνα



$$L = 10 \cdot \log \left(\frac{\Phi_1}{\Phi_2} \right)$$

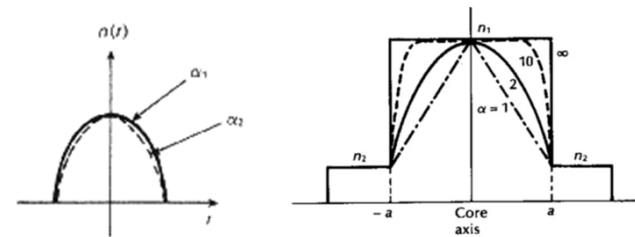
($\Phi_{1,2}$ οι διαμέτροι των ΟΙ που συνδέονται)

Διαφορετικό αριθμητικό άνοιγμα



$$L = 10 \cdot \log \left(\frac{\text{NA}_1}{\text{NA}_2} \right)$$

Διαφορετική κατανομή δείκτη διάθλασης



- <https://www.youtube.com/watch?v=TkWMRffsKbg>
- <https://www.youtube.com/watch?v=bJzaR9kTuiA>