

Τηλεπικοινωνίες

Σαχινίδης Συμεών
Φυσικός Ραδιοηλεκτρολόγος

Οπτικές ίνες.

Ιστορική εξέλιξη.

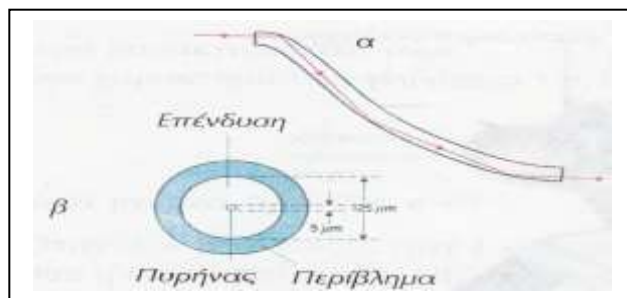
Η οπτική ίνα είναι εύκαμπτο νήμα, φτιαγμένο από γυαλί ή πλαστικό. Μέσα στην οπτική ίνα διαδίδονται ΗΜΚ του οπτικού φάσματος (υπέρυθρου ή ορατού). Τα κύματα αυτά διαμορφώνονται και μεταφέρουν πληροφορίες, όπως και τα άλλα κύματα.

Η πρώτη ερευνητική εργασία για τη διάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε διηλεκτρική ράβδο, έγινε το 1910 από τους Δ. Χόνδρο και P. Debye. Μέχρι το 1960 έγιναν αρκετές θεωρητικές εργασίες, χωρίς όμως πρακτική αξία.

Το ενδιαφέρον αναθερμαίνεται τη δεκαετία του 60, με την ανακάλυψη των συμφωνών πηγών ακτινοβολίας στην οπτική περιοχή .

Το 1966 έχει κατασκευαστεί η πρώτη οπτική ίνα, με πολύ μεγάλη απόσβεση (1000 db/km). Την ίδια εποχή οι ΚΑΟ και ΗΟΟΚΜΑΝ προβλέπουν τη δυνατότητα κατασκευής οπτικών ινών με απόσβεση 20 db/km και προτείνουν τη χρήση της για τηλεπικοινωνιακές ζεύξεις. Αρχίζουν αμέσως έρευνες για την κατασκευή οπτικών ινών με χαμηλή απόσβεση.

Το 1969 κατασκευάζονται ίνες με απόσβεση 100 db/km και το 1970 η μονό-τροπη οπτική ίνα με απόσβεση 200 db/km. Αργότερα επιτεύχθηκε απόσβεση 4 db/km.



Πρακτική σημασία των οπτικών ινών.

Η μετάδοση ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας με μικρές απώλειες γίνεται με κυματοδηγούς. Για κάθε περιοχή συχνοτήτων υπάρχει ο άριστος τύπος κυματοδηγού. Ο τύπος αυτός καθορίζεται από:

- Τις ηλεκτρομαγνητικές ιδιότητες
- β Την ευκολία κατασκευής
- Τις μηχανικές ιδιότητες
- Τις χημικές ιδιότητες

Έτσι χρησιμοποιούνται: Για τις χαμηλές συχνότητες 0 έως 1 GHz, οι δισύρματες γραμμές και τα ομοαξονικά καλώδια.

Για τις συχνότητες από 1 GHz έως 30 GHz (μικροκύματα), οι κενοί μεταλλικοί κυματοδηγοί.

Για συχνότητες μεγαλύτερες από 30 GHz, οι διηλεκτρικοί κυματοδηγοί.

Οι διηλεκτρικοί κυματοδηγοί έχουν πολύ μικρότερες απώλειες από τους μεταλλικούς, γ'αυτό καλύπτουν μεγάλες αποστάσεις χωρίς ενδιάμεση ενίσχυση. Όμως πρέπει να λάβουμε υπόψη και τα παρακάτω πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των οπτικών ινών:

Πλεονεκτήματα

1) Μεγαλύτερο εύρος ζώνης, το οποίο καθορίζει την ταχύτητα διάδοσης της πληροφορίας. Αυτό δείχνει μεγαλύτερη ικανότητα μεταφοράς πληροφοριών.

2) Μικρές διαστάσεις και βάρος. Μεγάλο πλεονέκτημα για εταιρείες με χιλιάδες καλώδια και για τα αεροσκάφη όπου το βάρος είναι υπολογίσιμος παράγοντας.

3) Ηλεκτρική μόνωση, επομένως αντοχή στους ηλεκτρομαγνητικούς θορύβους. Γι'αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε βιομηχανικό περιβάλλον. Δεν ακτινοβολούν ηλεκτρομαγνητικά κύματα και δεν επηρεάζονται από ηλεκτρομαγνητικές πηγές του περιβάλλοντος. Αυτό σημαίνει ότι δεν προκαλούν παρεμβολές και δεν παρεμβάλλονται.

4) Μικρότερο κόστος κατασκευής.

5) Μεγάλη δυσκολία υποκλοπής, γιατί δεν ακτινοβολούν.

6) Μηχανική και χημική αντοχή. Δεν προσβάλλεται από διαβρωτικά, τον αέρα, κλπ.

7) Δεν έχουν τους γνωστούς κινδύνους του ηλεκτρικού ρεύματος.

8) Μικρότερη απώλεια ενέργειας από τα χάλκινα καλώδια.

Μειονεκτήματα

1) Νέα τεχνολογία, άγνωστη στους τεχνικούς δικτύων.

2) Δύσκολη συγκόλληση και διακλάδωση. Το γεγονός αυτό μπορεί να θεωρηθεί και πλεονέκτημα, γιατί δυσκολεύει την υποκλοπή του σήματος.

3) Τα δίκτυα οπτικών ινών είναι μονόδρομα και οι διασυνδέσεις τους είναι ακριβότερες από τις αντίστοιχες ηλεκτρικές.

Προοπτικές των οπτικών ινών

α) Βελτίωση της τεχνολογίας για τη μείωση του κόστους παραγωγής.

β) Έρευνα των ιδιοτήτων και των δυνατοτήτων των οπτικοηλεκτρονικών συστημάτων.

γ) Χρήση στις υπεραστικές και υποβρύχιες συνδέσεις χωρίς ενδιάμεση ενίσχυση.

δ) Χρήση στα συνδρομητικά δίκτυα. **Συνδρομητικά κέντρα** ονομάζονται τα κέντρα που τοποθετούνται σε μεγάλες μονάδες όπως εργοστάσια, νοσοκομεία, ξενοδοχεία κ.λ.π. για παροχή πρόσθετων υπηρεσιών, εκτός από την τηλεφωνία και τη τηλετυπία, όπως προγράμματα Tν, ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, μουσική HI- FI.

ε) Δυνατότητα μεταγωγής, απ'ευθείας ενίσχυση, μείωση κατανάλωσης, αύξηση αξιοπιστίας.

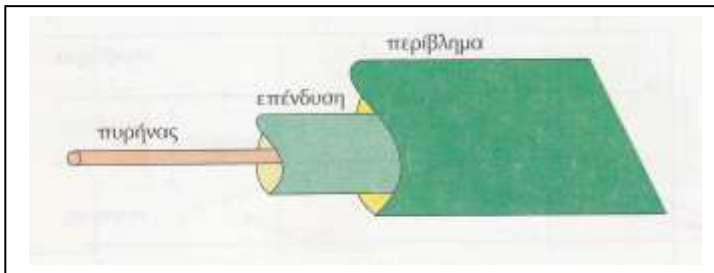
Κατασκευή και ταξινόμηση οπτικών ινών

Η τεχνολογία των μικροκυμάτων χρησιμοποιεί για τη μεταφορά της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας ομοαξονικά καλώδια και μικροταινίες.

Οι απώλειες ενέργειας στα μέσα αυτά αυξάνονται με το τετράγωνο της συχνότητας. Για το λόγο αυτό δε χρησιμοποιούνται σε συχνότητες μεγαλύτερες από 300 MHz. Ως εναλλακτική λύση χρησιμοποιήθηκαν οι διηλεκτρικοί κυματοδηγοί.

Η οπτική ίνα είναι ένας διηλεκτρικός κυματοδηγός ο οποίος αποτελείται από:

- Τον πυρήνα
- Την επένδυση
- Το περίβλημα



Ο πυρήνας μπορεί να είναι από γυαλί ή πλαστικό. Το γυαλί έχει μικρότερη απόσβεση, είναι όμως ακριβότερο και πιο εύθραστο. Η επένδυση κατασκευάζεται από καθαρό πυρίτιο και το περίβλημα προστατεύει την ίνα από μηχανικές καταπονήσεις και την κάνει εύχρηστη, δίνοντας της όψη καλωδίου.

Για την κατασκευή της ίνας χρησιμοποιείται η μέθοδος CVD. Σήμερα κατασκευάζονται ίνες με απόσβεση 0,2 dB/Km. Κατασκευάζονται όμως και φτηνότερες ίνες με απόσβεση 500 έως 1000 dB/Km. για μικρές αποστάσεις.

Για την ταξινόμηση των οπτικών ινών χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι:

Ανάλογα με το τρόπο μεταβολής του δείκτη διάθλασης του πυρήνα, κατά μήκος μιας διαμέτρου του:

1. Κλιμακωτός δείκτης διάθλασης .

Ο πυρήνας έχει σταθερό δείκτη διάθλασης (n_{π}) και η επένδυση $n_{\epsilon} < n_{\pi}$

2. Βαθμιαίας κατανομής δείκτης διάθλασης.

Ο δείκτης διάθλασης της επένδυσης είναι σταθερός n_{ϵ} , ενώ στον πυρήνα ελαττώνεται από το κέντρο στην περιφέρεια.

Ανάλογα με τη διαδρομή των φωτεινών ακτίνων:

1. Μονότροπη οπτική ίνα.

Η φωτεινή ακτίνα διαδίδεται μόνο κατά μήκος του άξονα του πυρήνα.

2. Πολύτροπη οπτική ίνα.

Οι φωτεινές ακτίνες ακολουθούν πολλές διαδρομές.

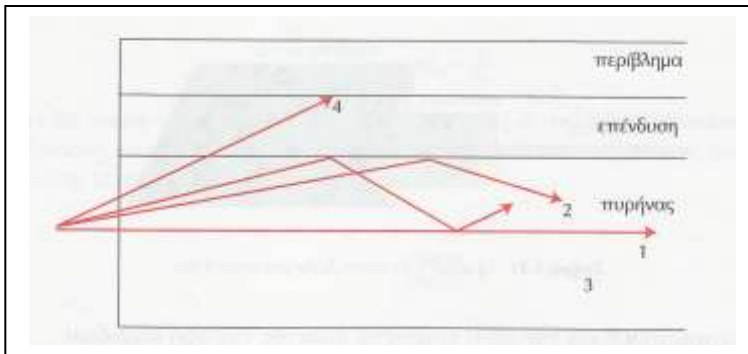
Κυματοδότηση

Με βάση το σχήμα, η ακτίνα 1 διαδίδεται κατά μήκος του άξονα της ίνας.

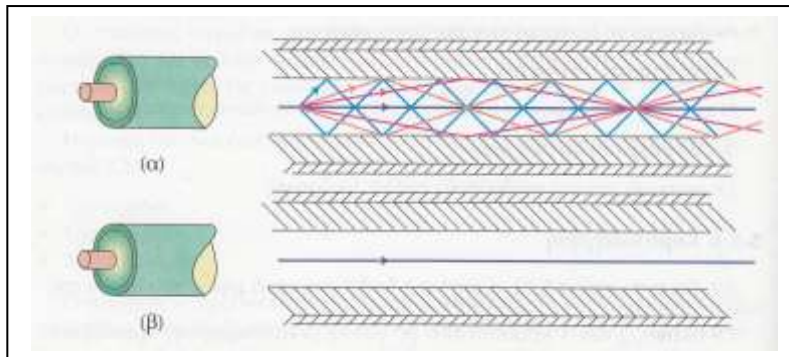
Οι ακτίνες 2 και 3 προσπίπτουν με γωνίες μεγαλύτερες της οριακής και

ανακλώνται ολικά.

Η ακτίνα 4 προσπίπτει με γωνία μικρότερη της οριακής και ένα μέρος της εισέρχεται στην επένδυση όπου απορροφάται, γιατί τα υλικά της έχουν μεγάλη απόσβεση. Όταν είναι γνωστοί οι δείκτες διάθλασης του πυρήνα, της επένδυσης και του αέρα μπορούμε να βρούμε τη μέγιστη γωνία πρόσπτωσης, για να έχουμε εγκλωβισμό της ακτίνας στον πυρήνα.



Το φως μπορεί να ακολουθήσει διάφορες διαδρομές στον πυρήνα της ίνας. Κάθε διαδρομή έχει διαφορετικό μήκος στον πυρήνα της ίνας και λέμε ότι αποτελεί διαφορετικό τρόπο διάδοσης. Έτσι χωρίζουμε τις ίνες σε πολύτροπες και μονότροπες. Ανάλογα με τη μεταβολή του δείκτη διάθλασης από τον πυρήνα στην επένδυση διακρίνουμε τις οπτικές ίνες σε **κλιμακωτού δείκτη**.



Χαρακτηριστικά οπτικής ίνας

α) Εξασθένιση

Εξαρτάται από:

- Τη χημική σύσταση
- Το μήκος κύματος
- Την ακτίνα καμπυλότητας που εμφανίζεται στην κάμψη της ίνας Καθορίζει τη μέγιστη απόσταση μεταξύ των επαναληπτών.

β) Εύρος ζώνης

Το εύρος ζώνης είναι το κατ'εξοχήν ενδιαφέρον μέγεθος στα τηλεπικοινωνιακά συστήματα. Τα συμβατικά συστήματα έχουν μικρό εύρος ζώνης, γι'αυτό και χρησιμοποιούνται οι τεχνικές της πολυπλεξίας και της κωδικοποίησης.

Πολυπλεξία καλείται η διαδικασία επιλογής ενός σήματος μεταξύ πολλών που εφαρμόζονται στην είσοδο του καναλιού επικοινωνίας.

Οι οπτικές ίνες προσφέρουν πολύ μεγάλο εύρος ζώνης, της τάξης των 10 MHz, δηλαδή 100 φορές μεγαλύτερο από αυτό των ομοαξονικών καλωδίων.

Η *σημασία* του εύρους ζώνης φαίνεται από το γεγονός ότι δύο διαδοχικοί παλμοί, για να ληφθούν χωρίς παραμόρφωση από την ίνα, χρειάζονται άπειρο εύρος ζώνης. Όσο μικρότερο είναι το εύρος ζώνης τόσο μεγαλύτερη είναι η παραμόρφωση. Γενικά μπορούμε να ανταλλάξουμε το εύρος ζώνης με το μήκος της ίνας, γι'αυτό και χρησιμοποιείται το μέγεθος: **Εύρος ζώνης X Μήκος ίνας**.

γ) Μηχανική αντοχή, κόστος, βάρος και όγκος

Απαιτήσεις διεθνών προδιαγραφών:

- Διάρκεια ζωής: 20 έως 30 χρόνια
- Ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας: 4 mm
- Ελάχιστο μέτρο ελαστικότητας 8-108 Nt/m²

Το κόστος είναι αρκετά μικρότερο από αυτό των ομοαξονικών καλωδίων και προβλέπεται περαιτέρω μείωση.

δ) Ισχύς

Τα οπτικά τηλεπικοινωνιακά συστήματα εργάζονται με χαμηλή ισχύ, γιατί οι πηγές είναι χαμηλής ισχύος, αλλά είναι πολύ δύσκολο να συζευχθεί και να κυματοδηγηθεί ισχύς μεγαλύτερη από 1 mW στην ίνα. Αυτό δεν αποτελεί μειονέκτημα σοβαρό, γιατί για αποδεκτές τιμές πιθανότητας λανθασμένου ψηφίου ή λόγου S/N επιτρέπεται απώλεια 40 dB ανάμεσα σε πομπό και δέκτη ή επαναλήπτη. (λόγος S/N καλείται ο λόγος σήμα/θόρυβος).

ε) Ειδικά χαρακτηριστικά οπτικών ινών

Οι οπτικές ίνες παρουσιάζουν μερικά ειδικά χαρακτηριστικά που τις κάνουν ιδανικές για ορισμένες εφαρμογές:

- 1) Δεν επηρεάζονται από τους ηλεκτρικούς θορύβους του περιβάλλοντος.
 - 2) Δεν παράγονται στο εσωτερικό τους ηλεκτρικοί θόρυβοι.
 - 3) Δεν επηρεάζονται από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.
 - 4) Δεν υπάρχει κίνδυνος βραχυκυκλώματος και σπινθηρισμών, επομένως μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε χώρους που υπάρχουν τέτοιοι κίνδυνοι.
 - 5) Αντέχουν σε δύσκολες συνθήκες περιβάλλοντος, π.χ. υψηλές θερμοκρασίες.
 - 6) Έχουν ηλεκτρική μόνωση εισόδου - εξόδου.
- Δεν επιτρέπουν να υποκλαπούν μηνύματα.