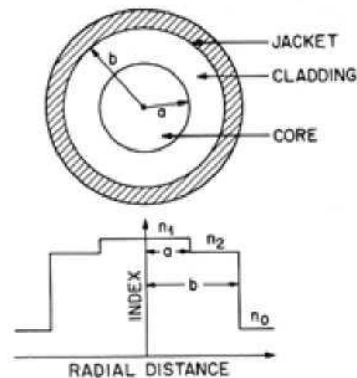


ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 8
ΔΙΑΔΟΣΗ ΦΩΤΟΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ ΑΠΟ ΠΗΓΗ LED
ΜΕΣΑ ΣΕ ΟΠΤΙΚΗ ΙΝΑ GLASS



Σχήμα 7.1 Οπτική Ίνα

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Σκοπός της εργαστηριακής αυτής άσκησης είναι η μελέτη της διάδοσης φωτεινής δέσμης που παράγεται από πηγή LED μέσα σε οπτική ίνα GLASS.

ΘΕΩΡΙΑ

Το LED είναι μία συσκευή που παράγει φως το οποίο διαδίδεται μέσα σε οπτική ίνα. Η οπτική ίνα στην απλούστερή της μορφή αποτελείται από ένα κεντρικό πυρήνα που περιβάλλεται από ένα περίβλημα του οποίου ο δείκτης διάθλασης είναι λίγο μικρότερος από τον δείκτη διάθλασης του πυρήνα. Η οπτική ίνα είναι ένας γυάλινος κυματοδηγός κυλινδρικής διατομής. Η βασική της δομή περιλαμβάνει μια κεντρική κυλινδρική ράβδο, που ονομάζεται πυρήνας, και έναν σωλήνα, που περιβάλλει τον πυρήνα και ονομάζεται μανδύας. Για λόγους προστασίας από εξωτερικούς παράγοντες, ο μανδύας καλύπτεται από πρωτογενή επικάλυψη πλαστικού, γνωστή ως πρωτεύουσα επικάλυψη ή εξωτερικό περίβλημα.

Ο πυρήνας και ο μανδύας είναι συνήθως κατασκευασμένοι από συνθετικό

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 7
ΔΙΑΔΟΣΗ ΦΩΤΟΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ ΑΠΟ
ΠΗΓΗ LEDΜΕΣΑ ΣΕ ΟΠΤΙΚΗ ΙΝΑ GLASS

γυαλί υψηλής καθαρότητας με δείκτη διάθλασης 1,46. Ο πυρήνας περιλαμβάνει προσμίξεις GeO_2 με δείκτη διάθλασης 1,48 και άλλες προσμίξεις, οι οποίες μεταβάλλουν τον δείκτη διάθλασης του πυρήνα, επιτυγχάνοντας την απαιτούμενη διαφορά από τον δείκτη διάθλασης του μανδύα, $\Delta n = 0,01$, έτσι ώστε να υπάρχει διάδοση του φωτός. Τυπικές τιμές συντελεστών διάθλασης είναι για τον πυρήνα $n_1 = 1,47$ και για τον μανδύα $n_2 = 1,46$.

Το οπτικό σήμα οδεύει στον πυρήνα της οπτικής ίνας μέσω του φαινομένου των διαδοχικών εσωτερικών ολικών ανακλάσεων στην κοινή επιφάνεια πυρήνα - μανδύα. Στο εσωτερικό του πυρήνα, μια φωτεινή ακτίνα φωτός προσπίπτει στην κοινή επιφάνεια με γωνία μεγαλύτερη της κρίσιμης γωνίας, ανακλάται ολικά και συνεχίζει την διαδρομή της εντός του πυρήνα, μέσω συνεχών ανακλάσεων. Αντίθετα, εάν η γωνία πρόσπτωσης είναι μικρότερη της κρίσιμης γωνίας, το φως διαθλάται μέσα από τον μανδύα και χάνεται μετά από κάποια απόσταση.

Η μετάδοση της φωτεινής δέσμης μέσα σε οπτική ίνα εξαρτάται από την διάμετρο του πυρήνα, τους δείκτες διάθλασης του πυρήνα και του μανδύα και το μήκος κύματος της δέσμης που εκπέμπει η πηγή.

Οι οπτικές ίνες αποτελούν το περισσότερο τεχνολογικά προηγμένο ενσύρματο μέσο μετάδοσης στα σύγχρονα τηλεπικοινωνιακά συστήματα.

Οι οπτικές ίνες ανάλογα με το πλήθος των τρόπων μετάδοσης χωρίζονται στις μονότροπες (ένας τρόπος μετάδοσης) και στις πολύτροπες (πολλοί τρόποι μετάδοσης). Οι πολύτροπες ίνες υποστηρίζουν περισσότερους τρόπους μετάδοσης του ενός τρόπου και διακρίνονται στις ίνες βαθμιαίου δείκτη διάθλασης και στις ίνες βηματικού δείκτη διάθλασης. Στις μονότροπες ίνες, το φως δεν μεταδίδεται με συνεχείς ανακλάσεις στα κοινά τοιχώματα πυρήνα / μανδύα, αλλά κινείται κατά μήκος του πυρήνα. Ο τρόπος αυτός είναι γνωστός σαν βασικός τρόπος μετάδοσης.

Οι οπτικές ίνες ανάλογα με το υλικό κατασκευής κατηγοριοποιούνται στις εξ ολοκλήρου πλαστικές οπτικές ίνες, στις εξ ολοκλήρου γυάλινες οπτικές ίνες και στις οπτικές ίνες γυάλινου πυρήνα και πλαστικού μανδύα.

Οι εξ ολοκλήρου γυάλινες οπτικές ίνες αποτελούν το περισσότερο διαδεδομένο είδος οπτικών ινών στις τηλεπικοινωνίες. Τόσο ο πυρήνας, όσο και ο μανδύας τους, είναι κατασκευασμένα από συνθετικό γυαλί (quartz), υψηλής καθαρότητας σε διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2), στο οποίο έχουν προστεθεί κατάλληλες

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 7

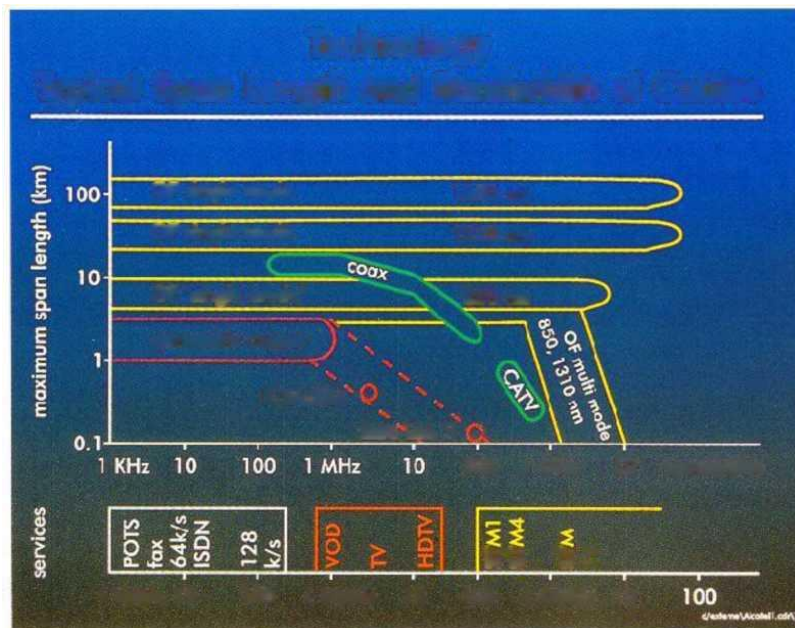
ΔΙΑΔΟΣΗ ΦΩΤΟΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ ΑΠΟ ΠΗΓΗ LEDΜΕΣΑ ΣΕ ΟΠΤΙΚΗ ΙΝΑ GLASS

προσμίξεις, προκειμένου να επιτευχθεί η επιδιωκόμενη διαφορά στο συντελεστή διάθλασης πυρήνα και μανδύα. Πιο συνηθισμένοι τύποι προσμίξεων είναι:

- το γερμάνιο (Ge) και ο φώσφορος (P), που χρησιμοποιούνται κυρίως στον πυρήνα, αυξάνοντας τον συντελεστή διάθλασης του γυαλιού,
- το βόριο (B) και το φθόριο (F), που χρησιμοποιούνται κυρίως στο μανδύα, μειώνοντας τον συντελεστή διάθλασης του γυαλιού.

Τα πλεονεκτήματα των οπτικών ινών είναι τα ακόλουθα :

- Απεριόριστο εύρος ζώνης
- Πολύ μικρή εξασθένηση
- Μικρές διαστάσεις
- Μικρό βάρος
- Δεν επηρεάζονται από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές
- Ασφαλές μέσο μετάδοσης Αδυναμία υποκλοπής
- Μονωτικό υλικό Χαμηλό κόστος κατασκευής



Σχήμα 7.2: Ενσύρματα μέσα μετάδοσης (Kabel–Metal)

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 7
ΔΙΑΔΟΣΗ ΦΩΤΟΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ ΑΠΟ
ΠΗΓΗ LEDΜΕΣΑ ΣΕ ΟΠΤΙΚΗ ΙΝΑ GLASS

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Στην εργαστηριακή αυτή άσκηση χρησιμοποιείται η πλακέτα
'FIBEROPTICCOMMUNICATIONS'. Η πειραματική διαδικασία είναι η εξής :

ΜΕΡΟΣ Α

1. Συνδέστε την φωτεινή πηγή IREDLED ($\lambda=940\text{nm}$) με το φωτοτρανσίστορ χρησιμοποιώντας καλώδιο ST οπτικής ίνας glass 62,5/125 μήκους 1m. Να δοθεί μεγάλη προσοχή στην σύνδεση αυτή, έτσι ώστε να μην υπάρχουν μεγάλες κάμψεις και τσακίσματα του καλωδίου οπτικής ίνας. Οι μεγάλες κάμψεις και τα τσακίσματα δημιουργούν σημαντική εξασθένηση και παραμόρφωση του οπτικού σήματος καθώς οδεύει στην οπτική ίνα.
2. Επιλέξτε LO εύρος μετρήσεων.
3. Συνδέστε ένα DVM μεταξύ του εκπομπού του φωτοτρανσίστορ και της γείωσης. Το φως που προσπίπτει στο φωτοτρανσίστορ ελέγχει την ένταση I_p του φωτορεύματος. Μετρείστε την τάση που αναπτύσσεται στα άκρα της αντίστασης $R=1K\Omega$ και στη συνέχεια υπολογίστε την ισχύ της φωτεινής δέσμης η οποία ανιχνεύεται από το φωτοτρανσίστορ ($P=U/R$).
Συνδέστε την φωτεινή πηγή IREDLED ($\lambda=940\text{nm}$) με το φωτοτρανσίστορ χρησιμοποιώντας καλώδιο ST οπτικής ίνας glass 62,5/125 μήκους 5m. Να δοθεί μεγάλη προσοχή στην σύνδεση αυτή, έτσι ώστε να μην υπάρχουν μεγάλες κάμψεις και τσακίσματα του καλωδίου οπτικής ίνας. Οι μεγάλες κάμψεις και τα τσακίσματα δημιουργούν σημαντική εξασθένηση και παραμόρφωση του σήματος καθώς οδεύει στην οπτική ίνα.
5. Μετρείστε την ισχύ της φωτεινής δέσμης η οποία ανιχνεύεται από το φωτοτρανσίστορ.
6. Υπολογίστε τον λόγο της ισχύος της φωτεινής δέσμης στην έξοδο της οπτικής ίνας glass 62,5/125 μήκους 1m προς την ισχύ της φωτεινής δέσμης στην έξοδο της οπτικής ίνας glass 62,5/125 μήκους 5m.
7. Που οφείλεται η διαφορά στις δύο τιμές της ισχύος της φωτεινής δέσμης που μετρήσατε στα βήματα 3 & 5;
8. Υπολογίστε την απώλεια - εξασθένηση της οπτικής ισχύος σε decibel (dB) και για τις δύο οπτικές ίνες glass 62,5/125.
9. Υπολογίστε την απώλεια - εξασθένηση της οπτικής ισχύος σε dB/m και για τις δύο οπτικές ίνες glass 62,5/125.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 7

ΔΙΑΔΟΣΗ ΦΩΤΟΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ ΑΠΟ

ΠΗΓΗ LEDΜΕΣΑ ΣΕ ΟΠΤΙΚΗ ΙΝΑ GLASS

10. Υπολογίστε την απόσβεση και των δύο οπτικών ινών glass 62,5/125 σε dB και σε dB/m.
11. Συγκρίνετε την πειραματική τιμή της εξασθένησης με την θεωρητική τιμή. Η θεωρητική τιμή της εξασθένησης είναι 1,8dB/Km.
12. Που οφείλεται η απόκλιση της πειραματικής από την θεωρητική τιμή; Αξίζει να σημειωθεί ότι οι σύνδεσμοι προσθέτουν στο σύστημα απώλεια περίπου 1,2dB.

Πίνακας 7.1 Wavelength, Expected Attenuation, Observed Attenuation

WAVELENGTH	EXPECTED ATTENUATION	OBSERVED ATTENUATION
Step Index 980/1000 /m PlastLCFiben		
IRED 940 JET rim	4.00 dB/m	4.00 dB/m
RED 635 nm	0.30 dB/m	0.28 dB/m
GREEN 565 nm	0.18 dB/m	0.20 dB/m
Graded Index 62.5/125 <i>m</i> Glass Fiber		
IRED 940 nm	0.0018 dB/m	
IRED 1300 nm	0.00052 dB/m	

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 7
ΔΙΑΔΟΣΗ ΦΩΤΟΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ ΑΠΟ
ΠΗΓΗ LEDΜΕΣΑ ΣΕ ΟΠΤΙΚΗ ΙΝΑ GLASS

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Τα φυσικά μεγέθη, που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή και τη μελέτη της λειτουργίας των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων, μεταβάλλονται συχνά εντός ενός πολύ μεγάλου εύρους τιμών. Μερικά τέτοια φυσικά μεγέθη είναι η ενίσχυση - εξασθένηση ενός σήματος και το κέρδος μιας κεραίας.

Η χρήση του Decibel (dB), ως μονάδας μέτρησης, διευκολύνει την επεξεργασία πολύ μεγάλων ή πολύ μικρών τιμών τέτοιων φυσικών μεγεθών. Το Decibel, στην περίπτωση της ισχύος ενός τηλεπικοινωνιακού σήματος, ορίζεται ως εξής : $1\text{dB}=10\log(P/P_0)$ όπου:

- P_0 : ισχύς αναφοράς της υπό μέτρηση ισχύος και
- P : υπό μέτρηση ισχύς του σήματος.

Είναι φανερό ότι οι P και P_0 έχουν τις ίδιες μονάδες μέτρησης, οπότε το πηλίκο τους είναι αδιάστατος αριθμός. Δηλαδή το dB δεν είναι μονάδα μέτρησης της ισχύος ή ενός φυσικού μεγέθους γενικότερα, διότι εκφράζει το λόγο δύο ποσοτήτων (τιμών ισχύος) με ίδιες μονάδες μέτρησης. Στην πραγματικότητα το Decibel χρησιμοποιείται για να εκφράσει την ενίσχυση ή την απώλεια ενός τηλεπικοινωνιακού σήματος σε σχέση με την τιμή αναφοράς. Για παράδειγμα αύξηση (μείωση) κατά 10dB της ισχύος του τηλεπικοινωνιακού σήματος σε σχέση με την αρχική τιμή, σημαίνει ότι η ισχύς του σήματος είναι δέκα φορές μεγαλύτερη (μικρότερη) από την αρχική τιμή της.

Όταν το υπό μέτρηση μέγεθος είναι η τάση (διαφορά δυναμικού) ή η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα, το Decibel ορίζεται ως εξής: $1\text{dB}=20\log(V/V_0)$ ή $1\text{dB}=20\log(I/I_0)$, όπου:

- V_0 : τάση αναφοράς της υπό μέτρηση τάσης,
- V : υπό μέτρηση τάση,
- I_0 : ένταση αναφοράς της υπό μέτρηση έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος και

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 7

ΔΙΑΔΟΣΗ ΦΩΤΟΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ ΑΠΟ ΠΗΓΗ LEDΜΕΣΑ ΣΕ ΟΠΤΙΚΗ ΙΝΑ GLASS

- I: υπό μέτρηση ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος.

Είναι φανερό ότι οι παράμετροι V και V_0 έχουν τις ίδιες μονάδες μέτρησης, οπότε το πηλίκο τους είναι αδιάστατος αριθμός. Το ίδιο ισχύει και για τις I και I_0 , οπότε το πηλίκο τους είναι επίσης αδιάστατος αριθμός. Δηλαδή το dBden είναι μονάδα μέτρησης της τάσης ή της έντασης, διότι εκφράζει το λόγο δύο ποσοτήτων (τιμών τάσης ή τιμών έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος) με ίδιες μονάδες μέτρησης.

Εάν χρησιμοποιηθούν ορισμένες ποσότητες ως μεγέθη αναφοράς, ορίζονται οι ακόλουθες μονάδες μέτρησης.

Πίνακας 7.2 Μονάδες Μέτρησης

Μονάδα μέτρησης	Περιγραφή μονάδας μέτρησης	Μέγεθος αναφοράς
dBm	dBισχύος ως προς 1mW	1mW
dBW	dBισχύος ως προς 1W	1W
dBμV	dBτάσης ως προς 1kV	1 kV
dBmV	dBτάσης ως προς 1mV	1mV