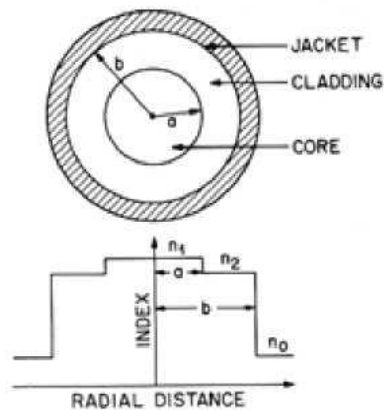


ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 7
ΔΙΑΔΟΣΗ ΦΩΤΟΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ ΑΠΟ ΠΗΓΗ LED
ΣΕ ΜΙΑ ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ ΙΝΑ



Σχήμα 6.1 Οπτική Ίνα

ΣΚΟΠΟΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

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

ΘΕΩΡΙΑ

Το LED είναι μία συσκευή που παράγει φως το οποίο διαδίδεται μέσα σε μία 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 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, Δn 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 ακτίναφωτός 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.

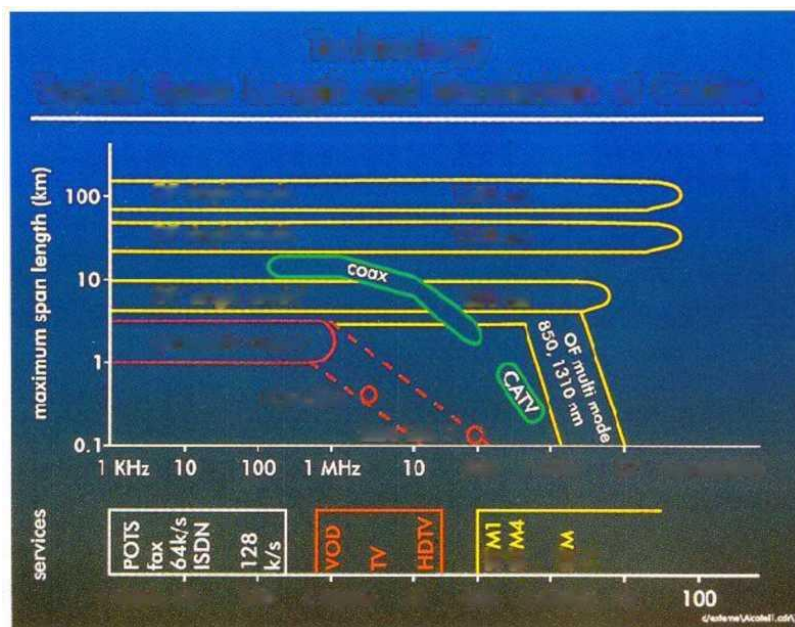
Οι οπτικές ίνες ανάλογα με το πλήθος των τρόπων μετάδοσης χωρίζονται στις μονότροπες (ένας τρόπος μετάδοσης) και στις πολύτροπες (πολλοί τρόποι μετάδοσης). Οι πολύτροπες ίνες υποστηρίζουν περισσότερους τρόπους μετάδοσης του ενός τρόπου και διακρίνονται στις ίνες βαθμιαίου δείκτη διάθλασης και στις ίνες 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 πλαστικές οπτικές ίνες συγκρινόμενες με τα άλλα είδη οπτικών ινών παρουσιάζουν εμφανώς κατώτερες επιδόσεις, ως προς την ελάχιστη εξασθένιση του οπτικού σήματος (0,15 dB/m σε μήκος κύματος 650 nm) και το διαθέσιμο εύρος ζώνης, καθώς και μεγάλη ευαισθησία στις θερμοκρασιακές μεταβολές. Βρίσκουν όμως εφαρμογή στη μεταφορά φωτός (αυτοκινητοβιομηχανία), σε τοπικά δίκτυα και εσωτερικές καλωδιώσεις κτιρίων, κυρίως λόγω του πολύ χαμηλότερου κόστους των πλαστικών ινών και των παρελκόμενων αυτών.

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 6.2: Ενσύρματα μέσα μετάδοσης (Kabel– Metal)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Στην εργαστηριακή αυτή άσκηση χρησιμοποιείται η πλακέτα 'FIBER OPTIC COMMUNICATIONS'. Η πειραματική διαδικασία είναι η εξής :

ΜΕΡΟΣ Α

1. Συνδέστε την φωτεινή πηγή IRED LED ($\lambda=940\text{nm}$) με το φωτοτρανσίστορ χρησιμοποιώντας καλώδιο ST πλαστικής οπτικής ίνας 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. Χρησιμοποιείστε το 3-pin ranges hunt για να επιλέξετε ΗΙ εύρος μετρήσεων.
3. Συνδέστε ένα DVM μεταξύ του εκπομπού του φωτοτρανσίστορ και της γείωσης. Η φωτεινή δέσμη που προσπίπτει στο φωτοτρανσίστορ ελέγχει και καθορίζει την ένταση I_p του φωτορεύματος. Μετρείστε την τάση που αναπτύσσεται στα άκρα της αντίστασης $R=1\text{K}\Omega$ και στη συνέχεια υπολογίστε την ισχύ της φωτεινής δέσμης η οποία ανιχνεύεται από το φωτοτρανσίστορ ($P=U^2/R$).
4. Συνδέστε την φωτεινή πηγή IRED LED ($\lambda=940\text{nm}$) με το φωτοτρανσίστορ χρησιμοποιώντας καλώδιο ST πλαστικής οπτικής ίνας 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 οπτικού 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 πλαστικής οπτικής ίνας μήκους 1m προς την ισχύ της φωτεινής δέσμης στην έξοδο της πλαστικής οπτικής ίνας μήκους 5m.
7. Που οφείλεται η διαφορά στις δύο τιμές της ισχύος της φωτεινής δέσμης που μετρήσατε στα βήματα 4 & 6;
8. Υπολογίστε την απώλεια (εξασθένηση) της οπτικής ισχύος σε decibel (dB) και για τις δύο πλαστικές οπτικές ίνες.
9. Υπολογίστε την απώλεια (εξασθένηση) της οπτικής ισχύος σε dB/m.
10. Υπολογίστε την απόσβεση της πλαστικής οπτικής ίνας μήκους 1m και της πλαστικής οπτικής ίνας μήκους 5m σε dB και σε dB/Km.
11. Συγκρίνετε την πειραματική και την θεωρητική τιμή της απόσβεσης της πλαστικής οπτικής ίνας. Η θεωρητική τιμή της απόσβεσης της πλαστικής οπτικής ίνας είναι 4dB/m.
12. Που οφείλεται η απόκλιση της πειραματικής από την θεωρητική τιμή; Αξίζει να σημειωθεί ότι ο κάθε σύνδεσμος προσθέτει στο σύστημα απόσβεση - εξασθένηση περίπου 0,5dB;

ΜΕΡΟΣ Β

13. Συνδέσετε τη φωτεινή πηγή REDLED ($\lambda=635\text{nm}$) με το φωτοτρανσίστορ χρησιμοποιώντας καλώδιο ST πλαστικής οπτικής ίνας 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.
14. Μετρείστε την ισχύ της φωτεινής δέσμης η οποία ανιχνεύεται από το φωτοτρανσίστορ.
15. Συνδέσετε τη φωτεινή πηγή REDLED ($\lambda=635\text{nm}$) με το φωτοτρανσίστορ χρησιμοποιώντας καλώδιο ST πλαστικής οπτικής ίνας 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 απώλεια και παραμόρφωση του οπτικού σήματος καθώς οδεύει στην οπτική ίνα.
16. Μετρείστε την ισχύ της φωτεινής δέσμης η οποία ανιχνεύεται από το φωτοτρανσίστορ.
17. Υπολογίστε το λόγο της ισχύος της φωτεινής δέσμης στην έξοδο της πλαστικής οπτικής ίνας μήκους 1m προς την ισχύ της φωτεινής δέσμης στην έξοδο της πλαστικής οπτικής ίνας μήκους 5m.
18. Που οφείλεται η διαφορά στις δύο τιμές της ισχύος της φωτεινής δέσμης που μετρήσατε στα βήματα 15 & 17;
19. Υπολογίστε την εξασθένηση της οπτικής ισχύος σε decibel (dB) και για τις δύο πλαστικές οπτικές ίνες.
20. Υπολογίστε την απώλεια - εξασθένηση της οπτικής ισχύος σε dB/m.
21. Υπολογίστε την απόσβεση της πλαστικής οπτικής ίνας μήκους 1 m και της πλαστικής οπτικής ίνας μήκους 5m σε dB και σε dB/km.
22. Συγκρίνεται την πειραματική τιμή και την θεωρητική τιμή της απόσβεσης της πλαστικής οπτικής ίνας. Η θεωρητική τιμή είναι 0,28dB/m.
23. Που οφείλεται η απόκλιση της πειραματικής από την θεωρητική τιμή; Αξίζει να σημειωθεί ότι ο κάθε σύνδεσμος προσθέτει στο σύστημα απώλεια - εξασθένηση περίπου 0,5dB;

ΜΕΡΟΣ Γ

24. Συνδέσετε την φωτεινή πηγή GREENLED ($\lambda=565\text{nm}$) με το φωτοτρανσίστορ χρησιμοποιώντας καλώδιο ST πλαστικής οπτικής ίνας 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.
25. Μετρείστε την ισχύ της φωτεινής δέσμης η οποία ανιχνεύεται από το φωτοτρανσίστορ.
26. Συνδέσετε τη φωτεινή πηγή GREENLED ($\lambda=565\text{nm}$) με το φωτοτρανσίστορ χρησιμοποιώντας καλώδιο ST πλαστικής οπτικής ίνας 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 οπτικού σήματος καθώς οδεύει στην οπτική ίνα.
27. Μετρείστε την ισχύ της φωτεινής δέσμης η οποία ανιχνεύεται από το φωτοτρανσίστορ.
28. Υπολογίστε τον λόγο της ισχύος της φωτεινής δέσμης στην έξοδο της πλαστικής οπτικής ίνας μήκους 1m προς την ισχύ της φωτεινής δέσμης στην έξοδο της οπτικής ίνας μήκους 5m.
29. Που οφείλεται η διαφορά στις δύο τιμές της ισχύος της φωτεινής δέσμης που μετρήσατε στα βήματα 26 & 28;
30. Υπολογίστε την απώλεια (εξασθένηση) της οπτικής ισχύος σε decibel (dB) και για τις δύο πλαστικές οπτικές ίνες.
31. Υπολογίστε την απώλεια (εξασθένηση) της οπτικής ισχύος σε dB/m.
32. Υπολογίστε την απόσβεση της πλαστικής οπτικής ίνας μήκους 1m και της πλαστικής οπτικής ίνας μήκους 5 m σε dB και σε dB/Km.
33. Συγκρίνετε την πειραματική και την θεωρητική τιμή της εξασθένησης - απόσβεσης της πλαστικής οπτικής ίνας. Η θεωρητική τιμή είναι 0,18dB/m.
34. Που οφείλεται η απόκλιση της πειραματικής από την θεωρητική τιμή; Αξίζει να σημειωθεί ότι ο κάθε σύνδεσμος προσθέτει στο σύστημα απόσβεση - εξασθένηση περίπου 0,5dB;
35. Ποιο μήκος κύματος παρουσιάζει την μικρότερη εξασθένηση;

Πίνακας 6.1 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 μ m Glass Fiber		
IRED 940 nm	0.0018 dB/m	
IRED 1300 nm	0.00052 dB/m	

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 : $1dB=20\log(V/V_0)$ ή $1dB=20\log(I/I_0)$, 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
- 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 dB δεν 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 6.2 Μονάδες μέτρησης

Μονάδα μέτρησης	Περιγραφή μονάδας μέτρησης	Μέγεθος αναφοράς
dBm	dB ισχύος ως προς 1mW	1mW
dBW	dB ισχύος ως προς 1W	1W
dBμV	dB τάσης ως προς 1kV	1kV
dBmV	dB τάσης ως προς 1mV	1mV