


5η Διάλεξη Οπτικές ίνες



Περιεχόμενα διάλεξης


- Ιδιότητες οπτικών ινών
 - Διασπορά (Dispersion)
 - Τρόπων (Intermodal Dispersion)
 - Χρωματική (Intramodal (Chromatic) Dispersion)
 - Πόλωσης (Polarization Mode Dispersion)



Διασπορά

Μάθημα ΗΜΥ 455 : Συστήματα και Δίκτυα Επικοινωνιών με Οπτικές Ύνες

Γ. Έλληνας, Διάλεξη 5, σελ. 3



Είδη διασποράς

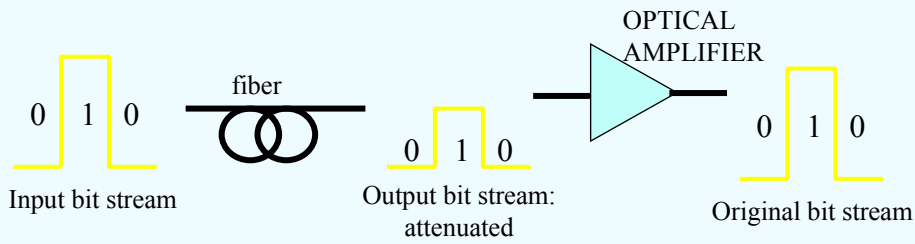
- **Τρόπων (σε πολύτροπες ίνες)**
Διαφορετικοί τρόποι διαδίδονται με διαφορετική ταχύτητα στην ίνα
- **Χρωματική (σε ιδανικές μονότροπες ίνες)**
Διαφορετικές συχνότητες διαδίδονται με διαφορετική ταχύτητα στην ίνα
- **Πόλωσης (σε πραγματικές μονότροπες ίνες)**
Διαφορετικές πολώσεις διαδίδονται με διαφορετική ταχύτητα στην ίνα

Μάθημα ΗΜΥ 455 : Συστήματα και Δίκτυα Επικοινωνιών με Οπτικές Ύνες

Γ. Έλληνας, Διάλεξη 5, σελ. 4

Υποβάθμιση σήματος στις οπτικές ίνες: Διασπορά

- Εάν η εξασθένηση ήταν η μόνη πηγή της υποβάθμισης του σήματος, τότε δεν θα είχαμε πρόβλημα λόγω της ύπαρξης των οπτικών ενισχυτών:

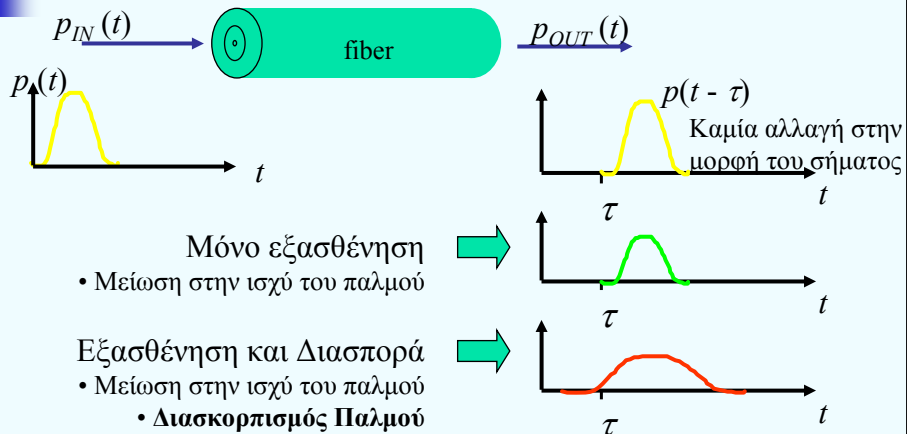


- Δυστυχώς, η οπτικές ίνες παρουσιάζουν επίσης διασπορά

Μάθημα HMY 455 : Συστήματα και Δίκτυα Επικοινωνιών με Οπτικές Ίνες

Γ. Έλληνας, Διάλεξη 5, σελ. 5

Τα σήμα που μπαίνει μέσα στην ίνα δεν είναι το ίδιο με το σήμα που βγαίνει έξω

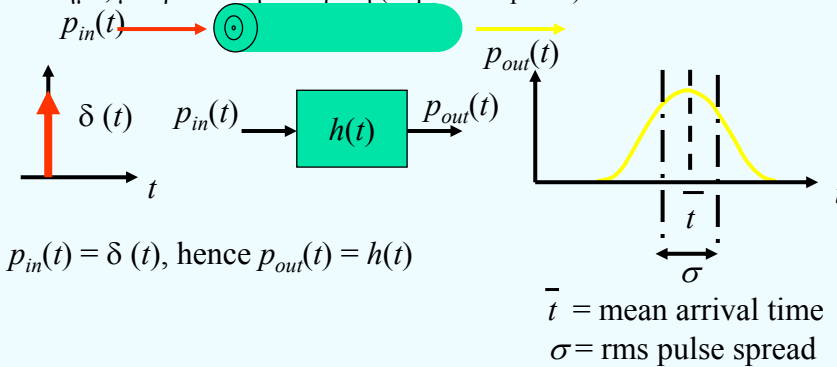


Μάθημα HMY 455 : Συστήματα και Δίκτυα Επικοινωνιών με Οπτικές Ίνες

Γ. Έλληνας, Διάλεξη 5, σελ. 6

Υποβάθμιση σήματος στις οπτικές ίνες: Διασπορά

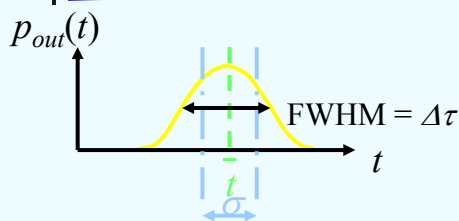
Τις περισσότερες φορές μπορούμε να θεωρήσουμε την ίνα σαν ένα γραμμικό σύστημα, με κρουστική απόκριση (impulse response):



Μάθημα ΗΜΥ 455 : Συστήματα και Δίκτυα Επικοινωνιών με Οπτικές Ίνες

Γ. Έλληνας, Διάλεξη 5, σελ. 7

Παλμός Εξόδου



- Μέσος όρος χρόνου άφιξης παλμού

$$\bar{t} = \frac{1}{E} \int_{-\infty}^{\infty} t p_{out}(t) dt$$

- Ενέργεια παλμού
- E = εμβαδό κάτω από το σχεδιάγραμμα

$$E = \int_{-\infty}^{\infty} p_{out}(t) dt$$

- σ είναι η ενεργός τιμή (root mean square) του διασκορπισμού του σήματος γύρω από τον μέσο όρο χρόνου άφιξης (Μας δίνει την «μέτρηση» της διασποράς)

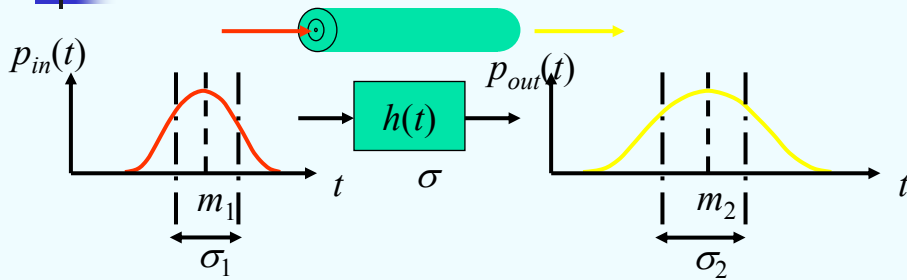
$$\begin{aligned} \sigma^2 &= \frac{1}{E} \int_{-\infty}^{\infty} (t - \bar{t})^2 p_{out}(t) dt \\ &= \frac{1}{E} \int_{-\infty}^{\infty} t^2 p_{out}(t) dt - \bar{t}^2 \end{aligned}$$

- Μια εναλλακτική «μέτρηση» είναι το πλήρες εύρος στο μισό του μέγιστου (FWHM)

Μάθημα ΗΜΥ 455 : Συστήματα και Δίκτυα Επικοινωνιών με Οπτικές Ίνες

Γ. Έλληνας, Διάλεξη 5, σελ. 8

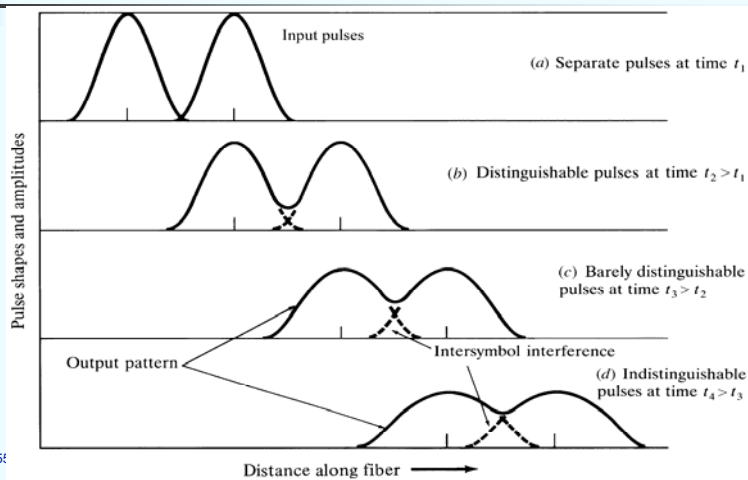
Υποβάθμιση σήματος στις οπτικές ίνες: Διασπορά




- Εάν ένας παλμός με ενεργό τιμή σ_1 εισαχθεί στην ίνα, τότε στην έξοδο ο διασκορπισμός του παλμού δίδεται από:

$$\sigma_2^2 = \sigma_1^2 + \sigma^2$$

Διασπορά οδηγεί στον διασκορπισμό του παλμού και σε επικάλυψη





Διασπορά οδηγεί στον διασκορπισμό του παλμού και σε επικάλυψη

- Σε ένα ψηφιακό σύστημα, επικάλυψη παλμών οδηγεί σε αλληλοπαρεμβολή συμβόλων (*intersymbol interference (ISI)*). Για παράδειγμα, η μεταδιδόμενη σειρά δυαδικών ψηφίων 101 μπορεί να ανιχνευτεί σαν 111.

- Όταν η διάρκεια του δυαδικού ψηφίου είναι T , ο διασκορπισμός του παλμού $\Delta\tau$ πρέπει να περιορίζεται σε: $\Delta\tau < T$

- Τότε ο ρυθμός μετάδοσης των δυαδικών ψηφίων:

$$B_T < \frac{1}{\Delta\tau}$$



Φυσικά αίτια της Διασποράς

Υπάρχουν δύο κύρια είδη διασποράς στις οπτικές ίνες:

- *Μεταξύ διαφορετικών τρόπων (Intermodal)*
 - Συμβαίνει μόνο στις πολύτροπες ίνες και όχι στις μονότροπες ίνες
 - Ο κύριος λόγος διασποράς στις πολύτροπες ίνες
- *Ανάμεσα σε ένα τρόπο (Intramodal)*
 - Συμβαίνει στις πολύτροπες ίνες και στις μονότροπες ίνες
 - Ο κύριος λόγος διασποράς στις μονότροπες ίνες
 - Απαρτίζεται από:
 - Διασπορά Υλικού
 - Διασπορά Κυματοδηγού



Τι σημαίνουν οι λέξεις?

- *to disperse?* (να ξεχωρίσουν) to separate
- *inter?* (μεταξύ) between
- *intra?* (ανάμεσα) within



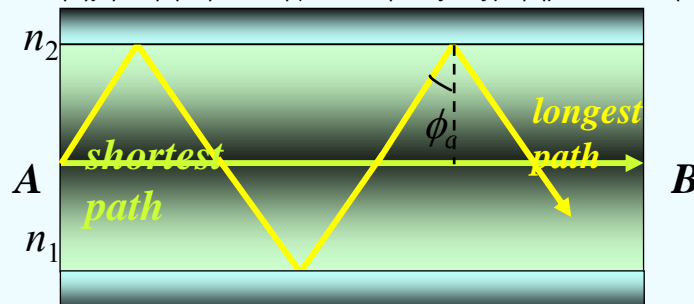
Διασπορά τρόπων

Διασπορά Τρόπων

- Το φως μεταδίδεται μέσα στην ίνα με διάφορους τρόπους (διαδρομές ακτινών).
- Η απόσταση που ταξιδεύει η κάθε διαδρομή μέσα στην ίνα είναι διαφορετική. Αυτό σημαίνει ότι και ο χρόνος που χρειάζεται η ακτίνα στη κάθε διαδρομή για να διαδοθεί μέσα στην ίνα είναι διαφορετικός.
- Ένας παλμός φωτός ακόμη και εάν είναι συγκεντρωμένος σε ένα μήκος κύματος (monochromatic), θα έχει ένα φάσμα από καθυστερήσεις και ο παλμός που θα ληφθεί θα έχει ένα πιο πλατύ FWHM.

Διασπορά Τρόπων σε πολύτροπες ίνες με βηματικό δείκτη διάθλασης

- Θεωρείστε την χειρότερη περίπτωση για πολύτροπες ίνες με βηματικό δείκτη διάθλασης :



Σημείωση: Το πιο πάνω σχεδιάγραμμα και η ανάλυση που ακολουθεί υποθέτουν διαμεσημβρινές ακτίνες

Διασπορά Τρόπων σε πολύτροπες ίνες με βηματικό δείκτη διάθλασης

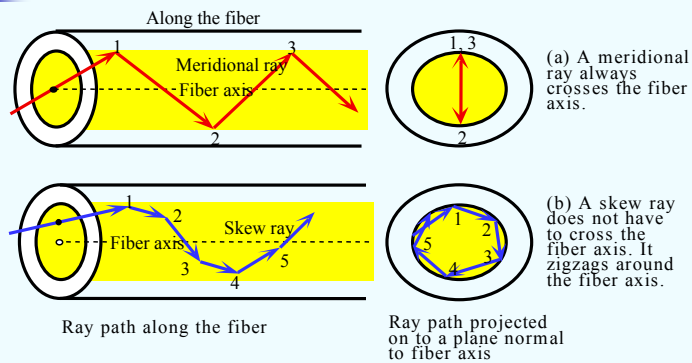


Illustration of the difference between a meridional ray and a skew ray. Numbers represent reflections of the ray.

© 1999 S.O. Kasap

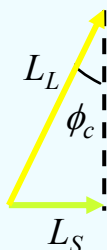
Μάθημα ΗΜΥ 455 : Συστήματα και Δίκτυα Επικοινωνιών με Οπτικές Ίνες

Γ. Έλληνας, Διάλεξη 5, σελ. 17

Διασπορά Τρόπων σε πολύτροπες ίνες με βηματικό δείκτη διάθλασης

- Υπολογίστε την χρονική καθυστέρηση μεταξύ της πιο κοντινής και της πιο μακρινής διαδρομής μέσα στην ίνα:

$$\sin \phi_c = n_2/n_1 \quad \{\text{Νόμος του Snell για κρίσιμη γωνία}\}$$



- Επίσης, $L_s = L_L \sin \phi_c = L_L n_2/n_1$
- Και οι δύο ακτίνες έχουν την ίδια ταχύτητα: $v = c/n_1$
- $\tau_s = L_s/v = L_s n_1/c$
- $\tau_L = L_L n_1/c = L_s \cdot (n_1^2/cn_2)$

Μάθημα ΗΜΥ 455 : Συστήματα και Δίκτυα Επικοινωνιών με Οπτικές Ίνες

Γ. Έλληνας, Διάλεξη 5, σελ. 18

Διασπορά τρόπων στις ίνες βηματικού δ.δ.

Προσεγγιστικός υπολογισμός με χρήση γεωμετρικής οπτικής (ίνες μεγάλων διαστάσεων)

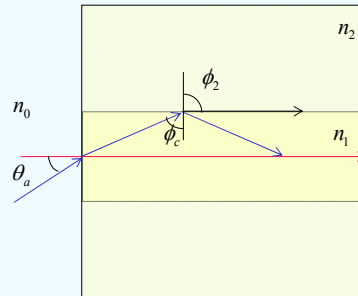
$$\tau_f = \frac{Ln_1}{c} \quad (7) \quad \tau_s = \frac{Ln_1}{c \sin \phi_c} \quad (8)$$

$$\Delta\tau = \tau_s - \tau_f = \frac{Ln_1}{c} \left(\frac{1}{\sin \phi_c} - 1 \right) \quad (9)$$

$$\sin \phi_c = \frac{n_2}{n_1} \quad (10) \quad \text{Νόμος Snell}$$

$$(9) \Rightarrow \Delta\tau = \frac{Ln_1}{c} \frac{n_1 - n_2}{n_2} \quad (11)$$

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad (12) \quad \text{Κανονικοποιημένη μεταβολή δ.δ.}$$



$$(11) \Rightarrow \Delta\tau = \frac{L n_1^2}{c n_2} \Delta \quad (13)$$

Μάθημα ΗΜΥ 455 : Συστήματα και Δίκτυα Επικοινωνιών με Οπτικές Ίνες

Γ. Έλληνας, Διάλεξη 5, σελ. 19

Μέγιστη επιτρεπτή διαφορική καθυστέρηση

Συνθήκη για αμελητέα αλληλοπαρεμβολή συμβόλων: $\Delta\tau = T_b$ (14)

όπου T_b η διάρκεια ενός δυφίου, που συνδέεται με το ρυθμό σηματοδοσίας βάσει της σχέσης

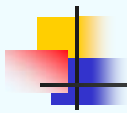
$$R_b = \frac{1}{T_b} \quad (15)$$

Μέγιστη επιτρεπτή διαφορική καθυστέρηση μεταξύ τρόπων:

$$(14) \Rightarrow R_b \Delta\tau = 1 \Rightarrow R_b L = \frac{n_2}{n_1^2} \frac{c}{\Delta} \quad (16)$$

Μάθημα ΗΜΥ 455 : Συστήματα και Δίκτυα Επικοινωνιών με Οπτικές Ίνες

Γ. Έλληνας, Διάλεξη 5, σελ. 20



Αριθμητικό παράδειγμα I

- Αριθμητικά δεδομένα $n_1 = 1.46$
 $\Delta = 1\%$

- Λύση
(ίνα με ντύμα)

$$n_2 = n_1(1 - \Delta) = 1.45$$
$$R_b L = \frac{n_2}{n_1^2} \frac{c}{\Delta} = 20 \frac{\text{Mb}}{\text{s}} \text{ km}$$



Αριθμητικό παράδειγμα II

- Λύση
(ίνα χωρίς ντύμα)

$$n_2 = 1$$
$$R_b L = \frac{n_2}{n_1^2} \frac{c}{\Delta} = 0.3 \frac{\text{Mb}}{\text{s}} \text{ km}$$

Συμπέρασμα: Είναι πολύ πιο εύκολη η σύζευξη φωτός σε ίνα χωρίς ντύμα αλλά ο μέγιστος επιτρεπτός ρυθμός σηματοδοσίας υπερβολικά μικρός!

Διασπορά Τρόπων μπορεί να ελαχιστοποιηθεί σε πολύτροπες ίνες με βαθμιαίο δείκτη διάθλασης

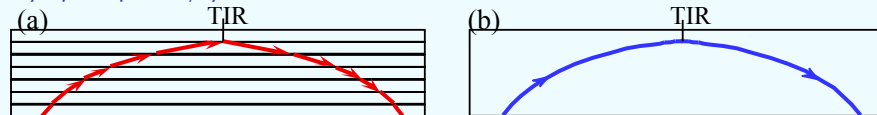
© 1999 S.O. Kasap, *Optoelectronics* (Prentice Hall)
Μάθημα ΗΜΥ 455 : Συστήματα και Δίκτυα Επικοινωνιών με Οπτικές Ίνες

Πολύτροπες ίνες με βηματικό δείκτη διάθλασης. Διαδρομές των ακτίνων είναι διαφορετικές και οι ακτίνες φτάνουν στην έξοδο σε διαφορετικούς χρόνους.

Πολύτροπες ίνες με βαθμιαίο δείκτη διάθλασης. Διαδρομές των ακτίνων είναι διαφορετικές αλλά Διαφορετικές είναι και οι ταχύτητες για την κάθε διαδρομή και οι ακτίνες φτάνουν στην έξοδο περίπου στον ίδιο χρόνο.

Διασπορά Τρόπων μπορεί να ελαχιστοποιηθεί σε πολύτροπες ίνες με βαθμιαίο δείκτη διάθλασης

• Οι διαδρομές των ακτίνων σε ίνες βαθμιαίου δ.δ. μπορούν να εξηγηθούν εάν θεωρήσουμε ότι μπορούμε να μοντελοποιήσουμε την ίνα σαν διάφορα λεπτά στρώματα με διαφορετικό δ.δ. :



n μειώγεται από το ένα στρώμα στο άλλο. Συνεχής μείωση του n δίνει μια διαδρομή πιο ψηλό στρώμα; Πολύ λεπτά στρώματα. της ακτίνας που αλλάζει συνεχώς.

- (a) Μια ακτίνα σε ένα υλικό με στρώματα με διαφορετικό δ.δ. διαθλάται καθώς περνά από ένα στρώμα στο επόμενο στρώμα με χαμηλότερο n και τελικά η γωνιά της ικανοποιεί την ολική ανάκλαση
- (b) Σε ένα υλικό όπου το n μειώνεται συνεχώς η διαδρομή της ακτίνας κάμπτεται συνεχώς.

© 1999 S.O. Kasap, *Optoelectronics* (Prentice Hall)

Μάθημα ΗΜΥ 455 : Συστήματα και Δίκτυα Επικοινωνιών με Οπτικές Ίνες

Γ. Έλληνας, Διάλεξη 5, σελ. 24



Διασπορά Τρόπων σε πολύτροπες ίνες με βηματικό δείκτη διάθλασης

- Άρα ο χρονικός διασκορπισμός του παλμού ανά μονάδα μήκους για διασπορά τρόπων σε πολύτροπες ίνες είναι:

$$\frac{\delta \tau}{L} = \frac{n_1}{c} \left(\frac{n_1 - n_2}{n_2} \right)$$

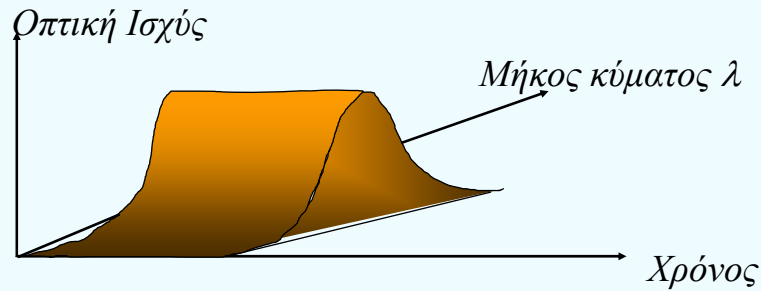
- Αυτή η εξίσωση βασίζεται σε ακτινική θεωρία και δεν λαμβάνει υπόψη το μήκος κύματος του φωτός.
- Αλλά, όπως η εξασθένιση εξαρτάται από το μήκος κύματος, το ίδιο συμβαίνει και με την διασπορά.



Χρωματική Διασπορά

Χρωματική Διασπορά

- Οι οπτικές πηγές δεν είναι μονοχρωματικές:



- Ωστε πρέπει να λάβουμε υπόψη διασπορά ανάμεσα σε ένα τρόπο

Μάθημα ΗΜΥ 455 : Συστήματα και Δίκτυα Επικοινωνιών με Οπτικές Ίνες

Γ. Έλληνας, Διάλεξη 5, σελ. 27

Χρωματική Διασπορά

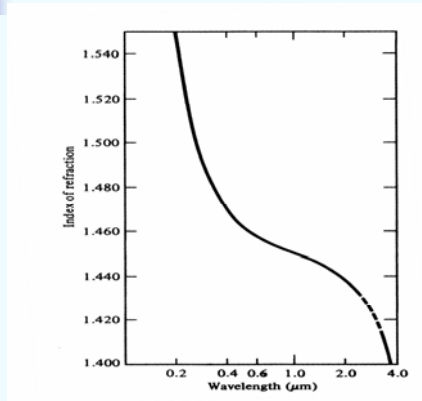
Διασπορά Υλικού:

- Συμβαίνει επειδή το δ.δ. είναι μη-γραμμική συνάρτηση του μήκους κύματος (Σχεδ. Α).
- Η ταχύτητα ομάδας ενός συγκεκριμένου τρόπου είναι συνάρτηση του δ.δ., που σημαίνει ότι τα διάφορα φασματικά συστατικά ενός τρόπου ταξιδεύουν με διαφορετικές ταχύτητες σύμφωνα με το μήκος κύματος τους.
- Είναι σημαντική σε μονότροπες οπτικές ίνες, και χειροτερεύει όταν χρησιμοποιούμε LEDs (τα οποία έχουν μεγαλύτερο φασματικό πλάτος σε σύγκριση με τις διόδους λέιζερ).

Μάθημα ΗΜΥ 455 : Συστήματα και Δίκτυα Επικοινωνιών με Οπτικές Ίνες

Γ. Έλληνας, Διάλεξη 5, σελ. 28

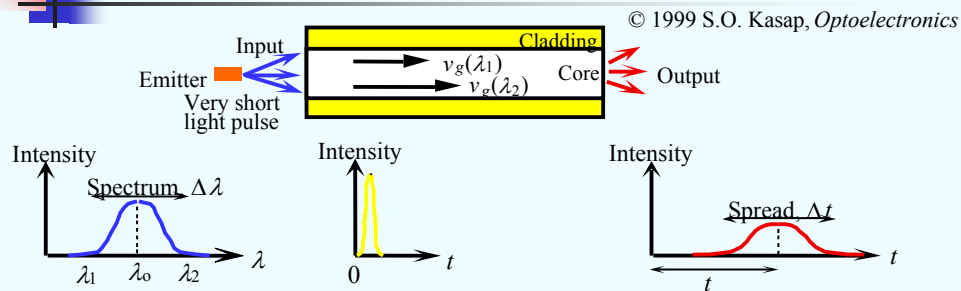
Χρωματική Διασπορά



Σχεδ. Α

Δείκτης Διάθλασης σε
Συνάρτηση με το μήκος
κύματος για οπτικές
ίνες διοξειδίου του πυριτίου

Χρωματική Διασπορά



Όλες οι πηγές είναι μη-μονοχρωματικές και εκπέμπουν φως μέσα σε ένα φάσμα από μήκη κύματος $\Delta\lambda$. Τα κύματα μέσα στην ίνα με διαφορετικά μήκη κύματος ταξιδεύουν με διαφορετικές ταχύτητες ομάδας, λόγω στην εξάρτηση του n_1 από το μήκος κύματος. Τα κύματα φτάνουν στην άλλη άκρη της ίνας σε διαφορετικούς χρόνους, και αυτό σημαίνει ότι ο παλμός στην έξοδο διασκορπίζεται.

Χρωματική Διασπορά

Διασπορά Κυματοδηγού:

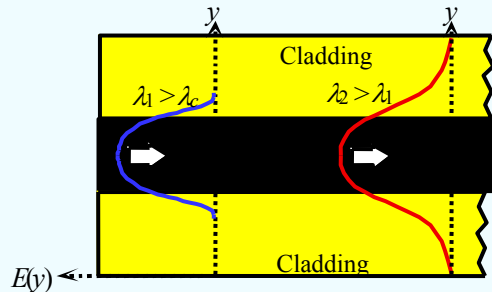
- Συμβαίνει επειδή περίπου 80% της οπτικής ισχύος περιορίζεται στον πυρήνα σε μονότροπες οπτικές ίνες. Το φως που διαδίδεται στον μανδύα ταξιδεύει πιο γρήγορα. Δεν είναι σημαντικό σε πολύτροπες οπτικές ίνες. Για μονότροπες ίνες, διασπορά υλικού είναι η πιο σημαντική μορφή διασποράς {Σχεδ. Β}.
- Ακόμη και αν δεν έχουμε διασπορά υλικού, διασπορά κυματοδηγού θα υπάρχει λόγω της κατασκευής της διαχωριστικής επιφάνειας μεταξύ πυρήνα-μανδύα.

Μάθημα ΗΜΥ 455 : Συστήματα και Δίκτυα Επικοινωνιών με Οπτικές Ίνες

Γ. Έλληνας, Διάλεξη 5, σελ. 31

Διασπορά Κυματοδηγού

Όσο πιο πολύ αυξάνεται το μήκος κύματος, τόσο περισσότερο από το οπτικό πεδίο (ισχύς του οπτικού σήματος) εισχωρεί μέσα στον μανδύα:



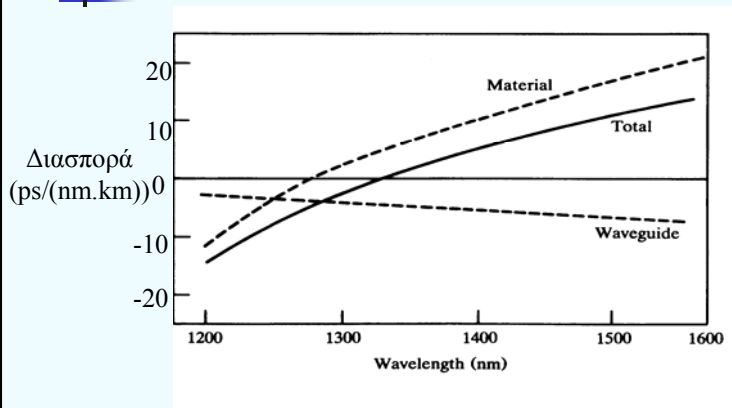
Όσο περισσότερο από το πεδίο μεταφέρεται από τον μανδύα, η ταχύτητα ομάδας αυξάνεται.

Μάθημα ΗΜΥ 455 : Συστήματα και Δίκτυα Επικοινωνιών με Οπτικές Ίνες

Γ. Έλληνας, Διάλεξη 5, σελ. 32



Διασπορά για μονότροπες οπτικές ίνες



Σχεδ. Β: Διασπορά για μονότροπες οπτικές ίνες διοξειδίου του πυριτίου

Μάθημα ΗΜΥ 455 : Συστήματα και Δίκτυα Επικοινωνιών με Οπτικές Ίνες

Γ. Έλληνας, Διάλεξη 5, σελ. 33



Διασπορά

- Αυτό σημαίνει ότι για μονότροπες οπτικές ίνες, η ελάχιστη διασπορά συμβαίνει στα 1310 nm
 - Από την άλλη, η ελάχιστη εξασθένιση συμβαίνει στα 1550 nm.
- Οι μονάδες της διασποράς είναι: ps/(nm.km)
 - Ο διασκορπισμός του παλμού (σε ps) γίνεται χειρότερος όσο αυξάνει η απόσταση (km) και όσο αυξάνει το φασματικό πλάτος της πηγής (nm)

$$D = \frac{\sigma}{\sigma_\lambda L}$$

D = διασπορά, σ = ενεργός τιμή του διασκορπισμού του παλμού,
 σ_λ = ενεργός τιμή του φασματικού πλάτους της πηγής, L = μήκος ίνας

Μάθημα ΗΜΥ 455 : Συστήματα και Δίκτυα Επικοινωνιών με Οπτικές Ίνες

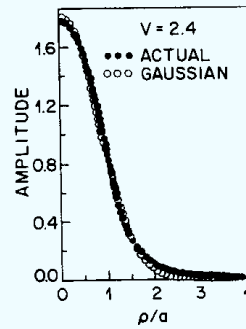
Γ. Έλληνας, Διάλεξη 5, σελ. 34

Προσέγγιση LP₀₁

$$E_x = A e^{-\frac{\rho^2}{w^2}} e^{i\beta z}$$

όπου

- A Πλάτος
- w Εύρος δέσμης
- β Σταθερά διάδοσης



Σταθερά διάδοσης

Η σταθερά διάδοσης εξαρτάται από τη συχνότητα.
Με ανάπτυγμα σε σειρά Taylor

$$\beta(\omega) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\beta_n}{n!} \omega^n \quad (17)$$

$$\beta_n = \frac{d^n \beta}{d\omega^n} \quad (18)$$



Διάδοση παλμού

Ένας παλμός δημιουργείται στην είσοδο της ίνας

$$E_x(t, 0) = f(t) \quad (19)$$

Το φάσμα του παλμού βρίσκεται με μετασχηματισμό Fourier

$$E_x(\omega, 0) = \int_{-\infty}^{\infty} E_x(t, 0) e^{i\omega t} dt \quad (20)$$

Η διάδοση μιας συχνότητας περιγράφεται από τη σχέση

$$E_x(\omega, z) = E_x(\omega, 0) e^{i\beta(\omega)z} \quad (21)$$

Μετά τη διάδοση, το ΗΠ στο σημείο z βρίσκεται με αντίστροφο μετασχηματισμό Fourier

$$E_x(t, z) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} E_x(\omega, z) e^{-i\omega t} d\omega \quad (22)$$



Προσέγγιση 1ης τάξης

Κρατώ τους δύο πρώτους όρους της σειράς Taylor

$$\beta(\omega) \cong \beta_0 + \beta_1 \omega \quad (23)$$

$$(22) \stackrel{(21),(23)}{\Rightarrow} E_x(t, z) = \frac{1}{2\pi} e^{i\beta_0 z} \int_{-\infty}^{\infty} E_x(\omega, 0) e^{-i\omega(t-\beta_1 z)} d\omega \stackrel{(19)}{=} f(t-\beta_1 z) e^{i\beta_0 z}$$

Χρόνος διάδοσης παλμού

$$\tau = \frac{L}{v_g} \quad (24)$$

όπου όρισα την ταχύτητα ομάδας

$$v_g = \frac{1}{\beta_1} \quad (25)$$



Διαφορική καθυστέρηση I

Για παλμό εύρους ζώνης $\Delta\omega$

$$\Delta\tau = \frac{d\tau}{d\omega} \Delta\omega \stackrel{(24)}{=} \frac{d}{d\omega} \left(\frac{L}{v_g} \right) \Delta\omega \stackrel{(25)}{=} L \frac{d\beta_1}{d\omega} \Delta\omega \stackrel{(18)}{=} L\beta_2 \Delta\omega \quad (26)$$

όπου το β_2 ονομάζεται **παράμετρος διασποράς της ταχύτητας ομάδας**



Διαφορική καθυστέρηση II

Εναλλακτική έκφραση, για εύρος ζώνης εκφρασμένο σε μ.κ. $\Delta\lambda$

$$\Delta\tau = \frac{d\tau}{d\lambda} \Delta\lambda \stackrel{(24)}{=} \frac{d}{d\lambda} \left(\frac{1}{v_g} \right) L \Delta\lambda = DL \Delta\lambda \quad (27)$$

όπου όρισα την **παράμετρο διασποράς**

$$D = \frac{d}{d\lambda} \left(\frac{1}{v_g} \right) \quad (28)$$



Σύνδεση D, β_2

$$(28) \Rightarrow D = \frac{d}{d\lambda} \left(\frac{1}{v_g} \right) \stackrel{(25)}{=} \frac{d\beta_1}{d\lambda} = \frac{d\beta_1}{d\omega} \frac{d\omega}{d\lambda} \quad (29a)$$

$$\omega = \frac{2\pi c}{\lambda} \quad (29b)$$

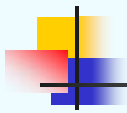
$$\frac{d\omega}{d\lambda} = -\frac{2\pi c}{\lambda^2} \quad (29c)$$

$$(29a) \stackrel{(29b),(29c)}{\Rightarrow} D = -\frac{2\pi c}{\lambda^2} \beta_2 \quad (30)$$



Μέγιστη επιτρεπτή διαφορική καθυστέρηση

$$(14) \Rightarrow \Delta\tau = T_b \stackrel{(15),(27)}{\Leftrightarrow} \boxed{R_b D L \Delta\lambda = 1} \quad (31)$$



Αριθμητικό παράδειγμα

- Αριθμητικά δεδομένα $D(\lambda = 1.3 \mu\text{m}) = 1 \frac{\text{ps}}{\text{nm km}}$
 $\Delta\lambda = 4 \text{ nm}$

- Λύση
(πολύτροπο laser)

$$R_b L = \frac{1}{D \Delta\lambda} = 250 \frac{\text{Gb}}{\text{s}} \text{ km}$$

δηλ. ένα σήμα 2.5 Gb/s πάει $\ll 100 \text{ km}$.

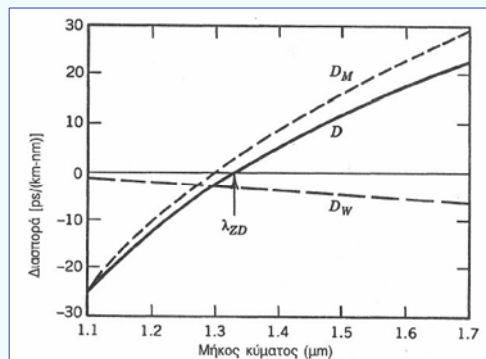


Μηχανισμοί χρωματικής διασποράς

Παράμετρος χρωματικής διασποράς :

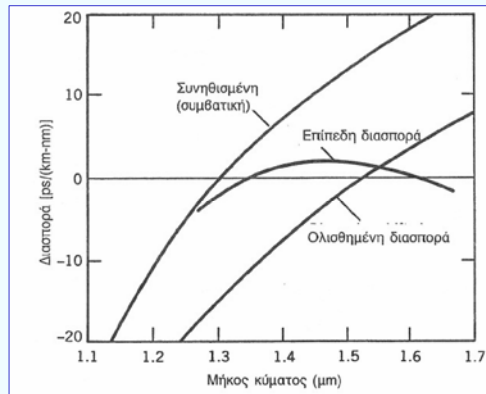
$$D = D_M + D_W \quad (32)$$

- D_M Διασπορά υλικού
- D_W Διασπορά κυματοδηγού



Τα D_M, D_W έχουν αντίθετα πρόσημα και μηδενίζονται για $\lambda_{ZD} = 1.3 \mu\text{m}$

Βελτίωση χρωματικής διασποράς



Μάθημα ΗΜΥ 455 : Συστήματα και Δίκτυα Επικοινωνιών με Οπτικές Ίνες

Γ. Έλληνας, Διάλεξη 5, σελ. 45

Συμπεράσματα

- Οι μονότροπες οπτικές ίνες επιτρέπουν τη μετάδοση σημάτων με ψηλούς ρυθμούς μετάδοσης σε μεγάλες αποστάσεις
- Η εξασθένιση κι η χρωματική διασπορά θέτουν άνω όρια στο ρυθμό σηματοδοσίας και την απόσταση μετάδοσης
- Οπτικοί ενισχυτές, ίνες με μικρή χρωματική διασπορά κι εξισωτές διασποράς χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση των παραπάνω

Μάθημα ΗΜΥ 455 : Συστήματα και Δίκτυα Επικοινωνιών με Οπτικές Ίνες

Γ. Έλληνας, Διάλεξη 5, σελ. 46