

# Optical fiber as a Waveguide

## Fiber cable classification

- Single Mode Step Index
  - Single Mode Graded Index
  - Multi Mode Step Index
  - Multi Mode Graded Index
- عابریت تعرف
- Structure
  - light Propagation
  - Adv / Dis Adv
  - Applications

## Single Mode Step Index

### Structure

(\*) قطر ال Core بيلك مغير (8µm to 12µm) و قطر ال cladding 125µm

(\*) قيمت  $n_1$  و  $n_2$  قريبين من بعض ف يكون ال NA قيمتها صغيرة وبالتالي ال Acceptance Angle صغيرة فقلشان لدا بتسخدم ليزر (Laser)

### Mono chromatic Wave length

Note

(\*) Single Mode fiber is known as (fundamental or mono mode fiber)

(\*)  $V_{number} \leq 2.405$

Remember  

$$V = \frac{\pi d NA}{\lambda}$$

### Light Propagation

- (\*) Single Mode has only one mode to Propagate
- (\*) No suffer from mode delay difference (Modal dispersion)
- (\*) Attenuation أقل نوع يحصل

لها ولف مميزات Modal dispersion و least Attenuation فيستخدم high Bandwidth و high Bit Rate و يكون أكبر من ال Multi Mode fiber في ال Bandwidth

## OTDM (Optical Time Division Multiplexing)

- 1300 nm wave length
- Based on time division Multiplexing
- كل slot لها channel
- No Cross talk.

## OWDM (Optical Wavelength domain Multiplexing)

- 1550 nm wave length
- All channels send data at the same time but with different Wave length.

Note

لها بيلك 90% من ال Signal energy بتمشي في ال Core أو بمعنى أوضح ال Physical diameter ال هو ال Core diameter

لها فيه حوالي 10% ال cladding ال سيغال بتروح في ال diameter له معنى لدا أن السيغال بقت بتمشي في ال diameter مختلف عن ال Physical وال هو

## Mode Field Diameter (MFD)

$$MFD = 2a \left( 0.65 + \frac{1.619}{V^{3/2}} + \frac{2.879}{V^6} \right)$$

(\*) Core diameter = 2a (d)

$V_{number} = \frac{\pi d \cdot NA}{\lambda}$



## Adv & Dis Adv. of Single Mode

### Adv

- ↳ Minimum Dispersion
- ↳ less Attenuation
- ↳ Large Bandwidth

### Dis Adv

- ↳ Difficult to couple light
- ↳ High directive light source (Laser) is required
- ↳ Interfacing Module are expensive

### Application

- ↳ used as under water cables

## Multi-Mode Step Index

### Structure

- (\*) Core diameter :  $50 \mu m$  ,  $62.5 \mu m$
- (\*) Cladding diameter :  $125 \mu m$

### Light Propagation

- ↳ Multi- Modes of Propagation is Zig-Zag shape and uses (Total Internal Reflection)
- ↳ There is dispersion
- ↳ has larger NA (0.3)
- ↳ Attenuation is high
- ↳ used for short distance (1km)

### Adv

- ↳ LED & laser can be used
- ↳ Easier to couple multi-mode fiber with other fiber

### Dis Adv

- ↳ low BW & low data Rate  
(Due to higher dispersion)
- ↳ Can't be used with long distance

### Application

- ↳ used in data links

## Multi-Mode Graded Index

### Structure

↳ قيمة ال Refracted index (n) متغيرة على طول ال core وال cladding بحيث تكون أليافية لها عند ال Core Center وبقا تدريجياً

### Light Propagation

↳ يعتمد ال light propagation على (Refraction then TIR)

- ↳ NA is smaller than step Index
- ↳ # Modes of Graded  $\approx \left\lfloor \frac{1}{2} \right\rfloor$  # Modes of step

### Adv

- ↳ Multi Mode Graded Index has less modal dispersion than multi Mode Step Index
- ↳ better Bandwidth
- ↳ can be used for long distances

### Application

- ↳ used in telephone links.



## ⇒ Requirements of fiber optic Material

- 1] Material must be transparent (شفافة)
- 2] Possible to draw (قابلة للثقب)
- 3] Compatible with cladding Material

(\*) يتم استخدام الـ glass (silica) والـ Plastic في صناعة cladding & Core

## ⇒ Glass fiber

السيليكا ( $\text{SiO}_2$ ) لها  $n = 1.458$  at  $\lambda = 850 \text{ nm}$

(\*) فلو تم تصنيع كلك من الـ Core ولا cladding من السيليكا فن ط من الانعكاس

لـ 1] الأول :- فكل الـ cladding مصنوع من السيليكا والـ  $n = 1.458$  وبالنسبة لـ Core فنجد doping للسيليكا مع مواد زي الـ Germania ( $\text{GeO}_2$ ) أو ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) وساعتها الـ  $n$  بتاعت الـ Core فتكون أكبر من 1.458 بتاعت الـ cladding.

لـ 2] الثاني :- نثبت الـ Core يكون هو من السيليكا  $n = 1.458$  وبالنسبة لـ cladding يتبع doping للسيليكا مع مواد زي الـ fluorine or boron ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ) وساعتها  $n_{\text{cladding}} < 1.458$

## ⇒ Plastic fiber

لـ يتم استخدام في تصنيع الـ Core للألياف :-

- Perspex acrylic ( $n = 1.49$ )
- Polystyrene ( $n = 1.59$ )

لـ وبالنسبة لتصنيع الـ cladding :-

- Fluorocarbon Polymer ( $n = 1.3$  to  $1.4$ )
- Silicon resin ( $n = 1.4$  to  $1.57$ )

(\*) يتميز البلاستيك أنه رخيص وهرب

- ولكن مشكلته أنه يتأثر بدرجات الحرارة

(\*) Plastic fiber NA = 0.6  
& Acceptance angle =  $77^\circ$

(\*) Plastic fiber can be used in Low Cost applications with temp below  $80^\circ$

## ⇒ Charac for

### 1] Glass Core & Cladding

- ↳ low attenuation & best Propagation characs.
- ↳ Least rugged - delicate to handle

### 2] Glass Core - Plastic cladding

- ↳ More rugged than glass (Attractive to military applications)
- ↳ Medium attenuation and Propagation char.

### 3] Plastic core & Cladding

- ↳ More flexible & more Rugged
- ↳ Easy to install, better withstand stress, less expensive, weigh 60% less than glass
- ↳ High attenuation - limited to short runs.