



**CPAS**

**مركز الدراسات التخطيطية والعمارية**

**أ.د. عبد الباقي إبراهيم وشركاه**

**بيت خبرة في الهندسة الاستشارية**

**CENTER OF PLANNING & ARCHITECTURAL STUDIES**

**Prof.Dr. Abdel Baki Ibrahim & Partners**

**Expertise House Of Engineering Consultant**

**دورة تدريبية في  
الألياف الضوئية  
لمحطات و قياسات كوابل الألياف الضوئية**

**القاهرة**

**نوفمبر ٢٠١٥**

Main Office: P.O.Box: 6 Saray El Kobba  
14 El-Sobky st., Heliopolis, Cairo - EGYPT  
P.C. : 11712  
Tel. : (+202) 24190 744 - 843 - 271  
Fax. : (+202) 22919 341  
e-mail: info@cpas-egypt.com

المقر الرئيسي: ص.ب: ٦ سراي القبة - رمز بريدي: ١١٧١٢  
١٤ شارع السبكي - خلف نادي هليوبوليس - مصر الجديدة  
القاهرة - جمهورية مصر العربية  
ت : ٨٤٣ - ٧٤٤ - ٢٧١ - ٢٤١٩٠ (+٢٠٢)  
ف : ٩٣٤١ ٢٢٩١ (+٢٠٢)

**www.cpas-egypt.com**

## المحتويات

لحامات وقياسات  
كوابل الألياف  
الضوئية

١	مقدمة عامة عن كوابل الألياف الضوئية	الصفحة (١ - ١٤)
٢	أساسيات الضوء	الصفحة (١ - ١٣)
٣	خصائص الألياف الضوئية	الصفحة (١ - ١٩)
٤	تجهيز ولحام كوابل الألياف الضوئية	الصفحة (١ - ٢٦)
٥	قياسات كوابل الألياف الضوئية	الصفحة (١ - ١٥)
٦	جهاز القياس wave tek	الصفحة (١ - ٣٩)
عدد صفحات المذكرة ١٢٦ صفحة		



## الباب الاول: مقدمة عامة عن كوابل الالياف الضوئية

### الهدف

التعرف على مميزات كوابل الالياف الضوئية وانواع المصادر الضوئية وانواع موصلات الإشارة والروابط.

الصفحة	المحتويات
٢	لمحة عن تطور الألياف الضوئية ١-١
٣	الأوساط التراسلية transmission media ٢-١
٤	المكونات الأساسية لنظام الألياف الضوئية The basic components of the optical fiber system ٣-١
٥	مميزات استخدام كوابل الألياف الضوئية في أنظمة الاتصالات The advantages of using fiber-optic cables in communication systems ٤-١
٥	استخدامات الألياف الضوئية Uses fiber-optic ٥-١
٧	أساسيات الضوء Basics of light ٦-١
١٠	المصادر الضوئية Types of Light Sources ٧-١
١٣	أنواع موصلات الإشارة والروابط ٨-١

## الباب الأول

### مقدمة عامة عن كوابل الألياف الضوئية

#### ١-١ لمحة عن تطور الألياف الضوئية



- تعتبر الألياف الضوئية أكثر التطورات الحديثة ثورية في أنظمة الاتصالات الهاتفية .
- كانت الكوابل النحاسية هي العنصر الأساسي في أنظمة التراسل حيث كان الموصل المعدني هو الوسط الذي كانت تنتقل المعلومات من خلاله في صورة أشارات كهربيه.
- الآن تم تعويض الوسط التراسلي بالألياف ضوئية حيث تنتقل المعلومات خلال شعيرات زجاجية محملة بإشارات ضوئية.
- قام ألكسندر جراهام بل عام ١٨٨٠ بإجراء أول تجربة هاتف ضوئي مكون من مرسل ومستقبل ولم تتجح المحاولة إلا لمسافة لا تزيد عن ٣٠٠ متر حيث كان الهواء هو الوسط الذي ينتقل عبره الضوء .
- كانت معظم الحقائق العلمية المتعلقة بالضوء معروفة منذ زمن بعيد إلا أن أهم الحقائق والنظريات التي ساعدت في اختراع الألياف الضوئية لم تكن معروفة حتى القرن التاسع عشر.
- من أهم الاكتشافات في مجال الضوء هو اكتشاف ( تيندال ) في توجيه الضوء عندما جعل الأشعة الضوئية تسقط في وسط شفاف مثل تيار مائي حيث ينتشر الضوء ويمر من خلال الماء.
- ومن الاكتشافات التي قامت عليها نظرية انتقال الضوء عبر الألياف الزجاجية هي نظرية الانعكاس الكلي والتي تم التوصل إليها عام ١٨٥٤ م.



## ٢-١ الأوساط التراسلية transmission media

### ١. الفراغ space

- الساتل
- الأقمار الصناعية
- CDMA
- واي فاي



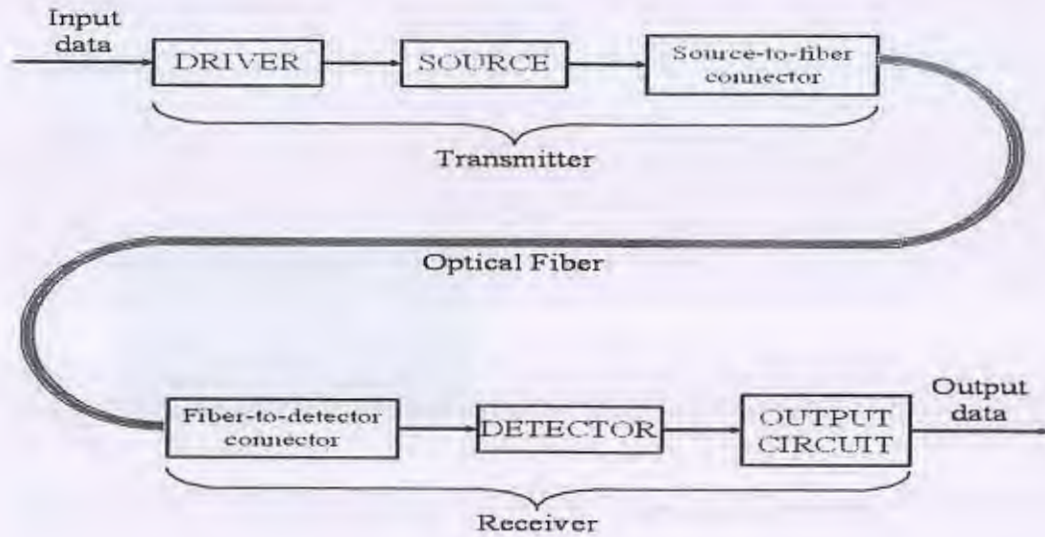
### ٢. الكوابل النحاسية copper cables



### ٣. كوابل الألياف الضوئية optical fiber cables



### ٣-١ المكونات الأساسية لنظام الألياف الضوئية The basic components of the optical fiber system



رغم أن الكوابل النحاسية تتميز بسهولة أعمال الصيانة لها وبساطة الأجهزة الانتهازية المستخدمة معها إلا أنه من أهم عيوبها ما يلي :

- ١ - الحديث التداخل (cross talk) .
- ٢ - تأثيرها بالمجالات المغناطيسية القريبة منها وكذلك المجالات الكهربائية .
- ٣ - إمكانية التصنّف عليها .
- ٤ - زيادة الفقد في الكابل كلما زاد طوله وخاصة في كوابل التراسل للمسافات البعيدة
- ٥ - تأثيرها بالمياه مما يفقد الكابل جودة العزل .
- ٦ - عدم تناسبها لنقل أحمال الحركة الزائدة على الشبكة التليفونية .
- ٧ - زيادة معدلات تعطلها .

#### ٤-١ مميزات استخدام كوابل الالياف الضوئية في أنظمة الاتصالات The advantages of using fiber-optic cables in communication systems

- قلة الفقد .
- عرض نطاق ترددي بالغ الاتساع.
- لا يتأثر بالمجال الكهربى أو المغناطيسى .
- خالى تماماً من التداخلات .
- قلة تأثره بالمياه
- صعوبة التصننت عليه .
- خفة وزنها
- اقتصادية التكاليف
- معرضه للسرقات

#### ٥-١ استخدامات الالياف الضوئية Uses fiber-optic

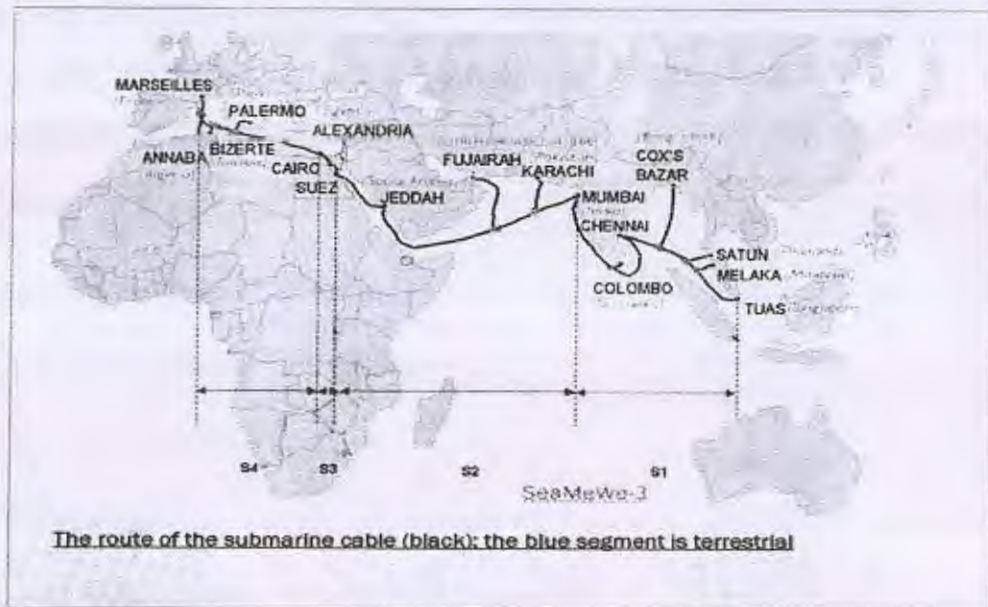
- ربط السنترالات المحلية ببعضها ( كوابل الاتصال ) Junction cables .
- ربط المحافظات ببعضها ( كوابل التراسل ) Transmission cables .
- ربط البلاد ببعضها ( كوابل دولية ) International cables .

SEA ME WE 2

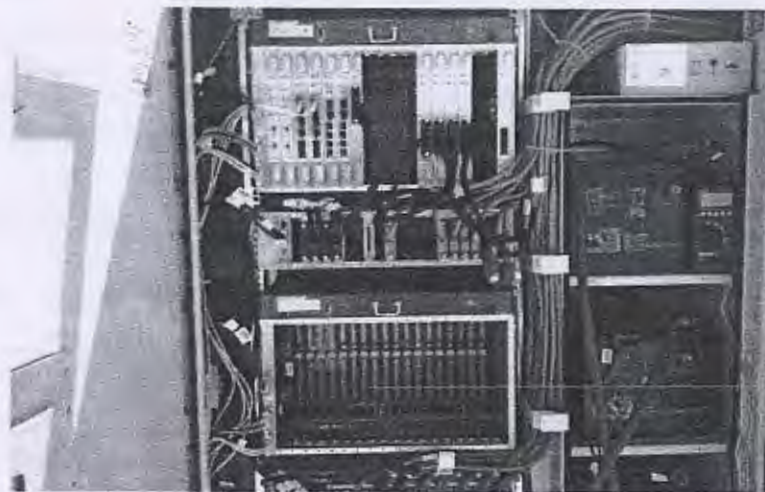
SEA ME WE 3

SEA ME WE 4





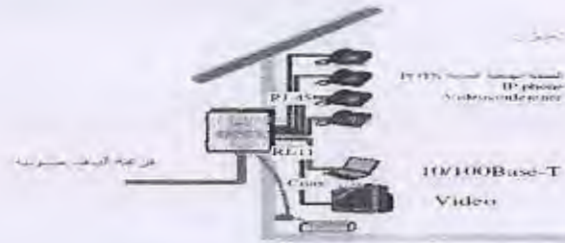
### - الاليف حتى الكابينة FTTC .



MSAN

### - الاليف حتى المنزل FTTH .



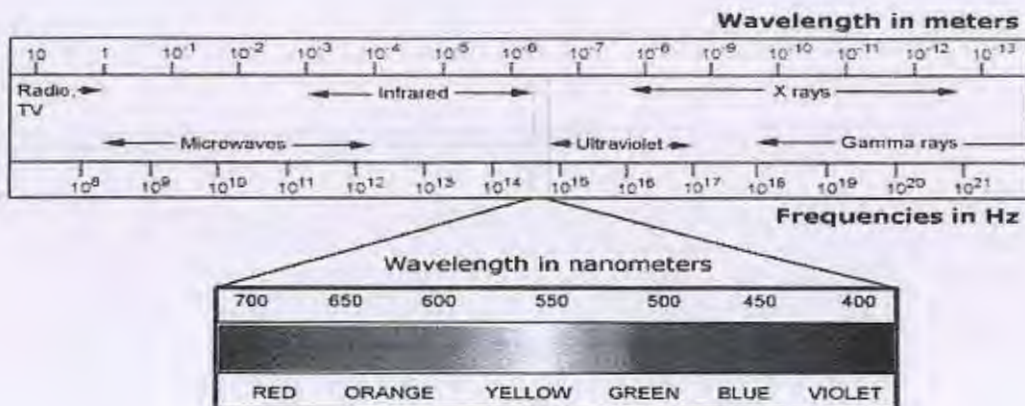


- شبكات التحكم والمراقبة Control Networks.
- شبكات الكمبيوتر LAN , WAN Computer Networks

## 6-1 أساسيات الضوء Basics of light

١-٦-١ طيف الموجات الكهرومغناطيسية Electromagnetic waves spectrum

الاتصالات الضوئية تقع في حيز الأشعة تحت الحمراء ويوجد ٣ أطوال موجية مستخدمة وهي ٨٥٠، ١٣٠٠، ١٣١٠، ١٥٥٠، ١٦٢٥ نانومتر وتسمى نوافذ الإرسال بالنسبة للاتصالات الضوئية.



## ٢-٦-١ Wavelength of light الطول الموجي للضوء

تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية بسرعة تساوي حاصل ضرب التردد  $\times$  الطول الموجي

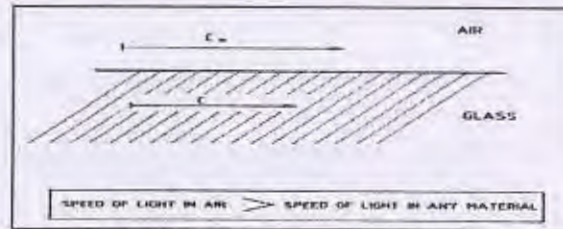
$$C = \lambda F$$

حيث  $C$  سرعة الضوء ،  $\lambda$  الطول الموجي ،  $F$  التردد

يقاس الطول الموجي للضوء بالنانومتر

## ٣-٦-١ Speed of light سرعة الضوء

سرعة الضوء في الفراغ ثابتة وتساوي  $3 \times 10^8$  متر / ثانية وتقل هذه السرعة في الأوساط الأخرى مثل الماء والزجاج والزيت وتختلف سرعة الضوء في هذه الأوساط باختلاف الوسط.



## ٤-٦-١ Reflection of light انعكاس الضوء

عند سقوط شعاع ضوئي على السطح الفاصل بين وسطين فإن بعض أو كل الضوء سينعكس ، ويعتمد الانعكاس على حالة السطح الفاصل ، فإذا كان السطح الفاصل ناعماً فإنه يحدث " انعكاساً منتظماً " أما إذا كان السطح الفاصل خشناً مثلاً فإنه يحدث انعكاساً مشّتتاً



### ٥-٦-١ قانون الانعكاس Law of Reflection

ينص قانون الانعكاس على :

زاوية السقوط = زاوية الانعكاس

السطح الساقط والشعاع المنعكس يقعان في نفس المستوى.

### ٦-٦-١ انكسار الضوء Refraction of light

- عندما يسقط الضوء على سطح فاصل بين وسطين ضوئيين، فإن الضوء لن يستمر في مساره حيث سيحدث تغيير في اتجاهه . هذا التغيير في الاتجاه يسمى انكسار.
- هذا الانكسار في الضوء سببه تغيير سرعة الضوء وعند دخوله الوسط الآخر إذا سقط الشعاع الضوئي من وسط أقل ضوئية إلى وسط كثافته الضوئية أكبر فإن الشعاع الضوئي سوف يقترب من العمود القائم على الوسطين الضوئيين والعكس صحيح.

### ٧-٦-١ معامل انكسار الضوء

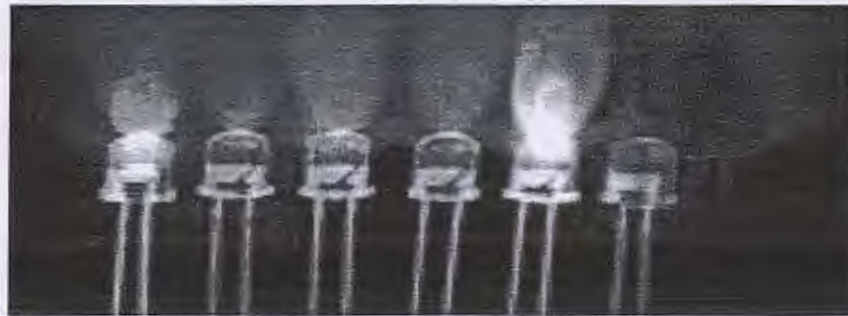
- سرعة الضوء في الفراغ ثابتة وتساوي  $3 \times 10^8$  متر / ثانية
- سرعة الضوء في الأوساط الأخرى تكون أقل من سرعة الضوء في الفراغ .
- النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ وسرعة الضوء في أي وسط آخر تسمى معامل انكسار الضوء (n)
- أمثلة لمعامل انكسار الضوء في بعض الأوساط

الوسط	معامل الانكسار
هواء	١
ماء	١,٣٣
زجاج	١,٥-١,٩
الفيبر	١,٥

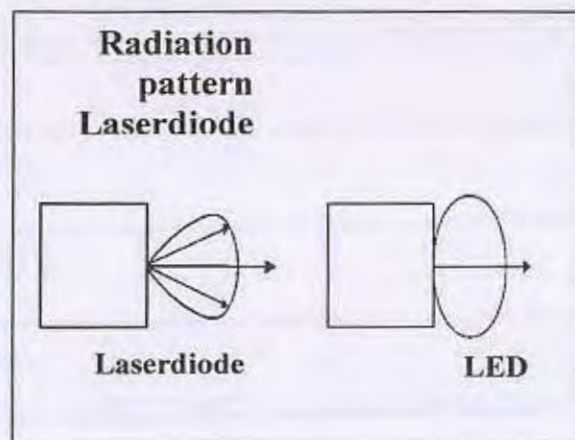
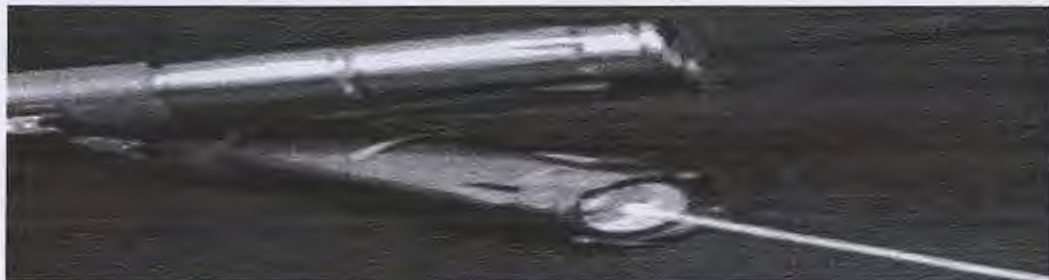
## ٧-١ المصادر الضوئية Types of Light Sources

### ١-٧-١ أنواع المصادر الضوئية Types of Light Sources

- مصادر ضوئية غير مترابطة الضوء مثل الثنائي المشع للضوء LED



- مصادر ضوئية مترابطة الضوء مثل ثنائي الليزر LD





### ٢-٧-١ مميزات الثنائي المشع للضوء Advantages of LED

- عمره الافتراضي كبير .
- رخيص الثمن وسهل التصنيع .
- الحيز الترددي عريض .
- أبعاده كبيرة نوعاً لذلك يفضل استخدامه مع الكوابل متعددة المسارات .

### ٣-٧-١ عيوب الثنائي المشع للضوء Disadvantages of LED

- قدرة الخرج صغيرة .
- يعتبر مصدر للضوضاء .
- لا يناسب المسافات الطويلة أو أنظمة التراسل ذات معدلات السرعة العالية .
- تأخير كبير نتيجة تعدد المسارات .
- يتأثر بعامل التشتت .

### ٤-٧-١ مميزات ثنائي الليزر Advantages of LD

- يعتبر مصدر ضوئي مثالي .
- قدرة خرج عالية إذا ما قورنت بالثنائي المشع للضوء .
- مناسب للعمل مع أنظمة التراسل ذات معدلات السرعة العالية .
- لا يتأثر بعامل التشتت .

### ٥-٧-١ عيوب ثنائي الليزر Disadvantages of LD

- غالي الثمن نظراً لاحتياجه لمواد ذات نقاوة عالية .
- أبعاده صغيرة لذا فهو يستخدم مع الكوابل أحادية المسار .
- عمره الافتراضي أقل من الثنائي المشع للضوء .

## ٦-٧-١ الكاشف الضوئي Light Detects

### الشروط الواجب توافرها في الكاشف الضوئي Conditions of Light Detects

- حساسية عالية عند الطول الموجي التشغيلي .
- مصداقية عالية .
- استجابة كهربية عالية عند استقبال الإشارة الضوئية .
- انخفاض مقدار الضوضاء .
- عدم تأثره بالعوامل المحيطة .
- انخفاض جهد الإنحياز .
- اقتصادي .

## ٧-٧-١ أنواع الكواشف الضوئية Types of Light Detects

- الكواشف الضوئية تقوم بتحويل الإشارة الضوئية المستقبلية إلى إشارة كهربية .
- يوجد ثلاثة أنواع من الكواشف الضوئية .

Photodiodes	* الموحدات الضوئية
Avalanche photodiodes	* موحدات أفلاش الضوئية
Photo transistor	* الترانزستور الضوئي

## ٨-٧-١ موصلات الإشارة Connectors

يعتبر موصل الإشارة ( Connector ) العنصر الرئيسي للربط بين كوابل الألياف الضوئية وأجهزة الألياف الضوئية ويوضع مباشرة أمام موحد الليزر Laser Diode في جهاز الإرسال أو الموحد الحساس للضوء Photo Diode في جهاز الاستقبال .

ويعتبر من أهم المتطلبات في المراحل المختلفة في أنظمة الألياف الضوئية سواء التوصيلات الوسطية أو النهايات الطرفية ويتمثل أهميته في صعوبة توصيل فرعات الألياف الضوئية كما

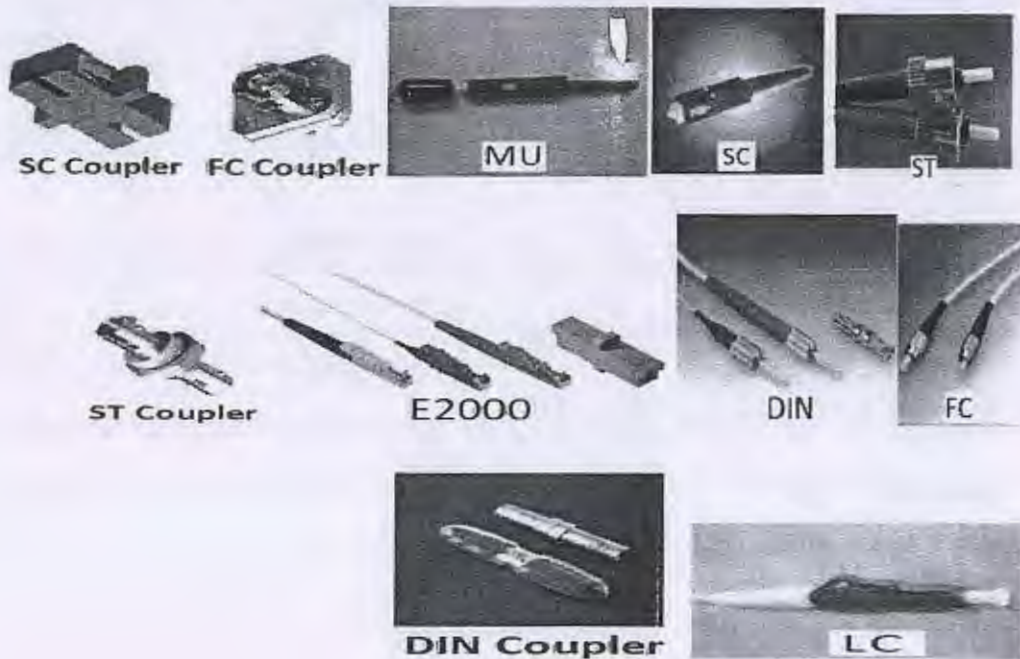


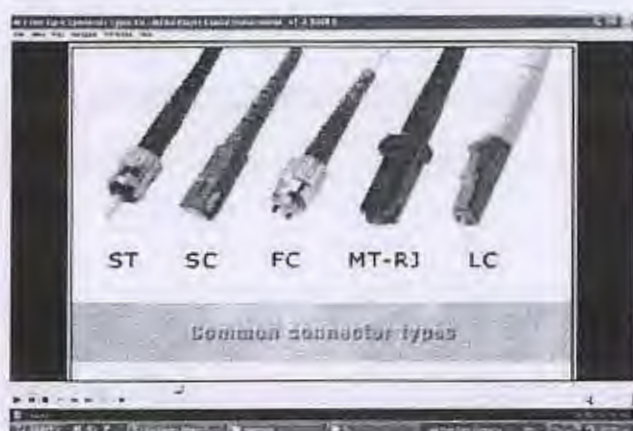
يحدث في الكوابل النحاسية ذات التوصيلات السهلة ويختلف نوع الموصل باختلاف نوعية الألياف ونوعية مدخلات الخط ( line interface ) للكروت المستخدمة بالمحطات وكذلك الرابطة ( coupler ) الموجود داخل هيكل التوزيع للألياف الضوئية Optical (Distribution Frame) O D F

#### ٨-١ أنواع موصلات الإشارة والروابط

- موصل الإشارة من النوع ( SC )
- موصل الإشارة من النوع ( DIN )
- موصل الإشارة من النوع ( LC )
- موصل الإشارة من النوع ( FC )
- موصل الإشارة من النوع ( ST )

شكل يوضح الأنواع المختلفة من الموصلات المستخدمة في أنظمة الألياف الضوئية.





### ١-٨-١ مقارنة بين أنواع الموصلات

يوضح الجدول التالي مقارنة بين أنواع الموصلات المختلفة المستخدمة في شبكة المصرية للاتصالات

التطبيقات	الخسائر		فقد الرجوع		فقد الإدخال		نوع الموصل (Connector)	شكل الموصل (Connector)
	5 M	M M	5 M	M M	5 M	M M		
LAN, WAN	أصفر	برتقالي	Min 20 dB	Min 20dB	Max ±db	Max 0.75 db		ST
LAN, WAN Telecom, SDH	أبيض	أزرق	> 40dB	25dB	0.35 db	< 0.3db		SC
Datacom, telecom	أبيض	أزرق	> 40dB	> 25 dB	>< 0.5dB	< 0.3dB		FC
High-density connections	أزرق	أزرق	> 40dB	> 25 dB	< 0.5dB	< 0.3dB		LC
Common in Japan	أزرق	أزرق	> 40dB	> 25 dB	< 0.5dB	< 0.3dB		MU
Telecom, SDH	أصفر	برتقالي	55 dB		Max 0.2 db	Max 0.25 db		DIN
DWDM systems	أخضر	--	> 70dB	---	< 0.2db	---		E2000



## الباب الثاني : اساسيات الضوء

### الاهداف

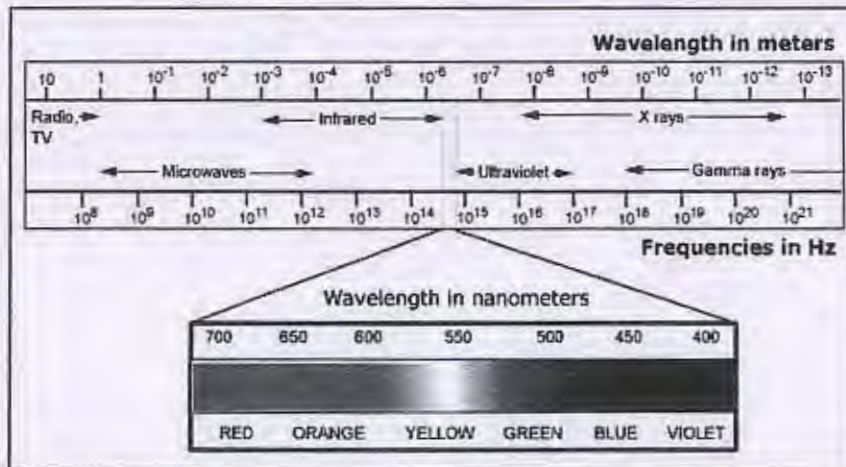
التعرف على قوانين وخصائص الموجات الضوئية

المحتويات	الصفحة
١-٢ طيف الموجات الكهرومغناطيسية	٢
٢-٢ الطول الموجي للضوء	٣
٣-٢ سرعة الضوء	٣
٤-٢ انعكاس الضوء	٤
٥-٢ انكسار الضوء	٦
٦-٢ فقد فرنل	١١
٧-٢ استقطار رايلي	١٢
٨-٢ الامتصاص ABSORPTION	١٣

## الباب الثاني أساسيات الضوء

### ١-٢ طيف الموجات الكهرومغناطيسية Electromagnetic waves spectrum

- يحتوى الطيف الكهرومغناطيسي على موجات إشعاعية تختلف حسب الترددات أو الأطوال الموجية .
- يبدأ الطيف الكهرومغناطيسي بالموجات ذات الترددات المنخفضة مثل الكلام والموسيقى ثم موجات الراديو والتلفزيون عالية التردد جدا فالترددات الراديوية ثم الأشعة تحت الحمراء فأشعة الضوء المرئي ثم الأشعة فوق البنفسجية..... الخ.
- الضوء جزء من الطيف الكهرومغناطيسي وبالتالي فهو عبارة عن موجات كهرومغناطيسية ذات تردد عالي جدا وأطوال موجية قصيرة جدا .
- يمكن تقسيم الترددات المختلفة في حيز الضوء إلي الألوان المعروفة بألوان الطيف الضوئي وهي البنفسجية \_ الأزرق \_ الأخضر \_ الأصفر \_ البرتقالي \_ الأحمر وهي مرتبة حسب الأطوال الموجية
- الاتصالات الضوئية تقع في حيز الأشعة تحت الحمراء ويوجد ٣ أطوال موجية مستخدمه وهي ٨٥٠ ، ١٣١٠ ، ١٥٥٠ نانومتر وتسمى نوافذ الإرسال بالنسبة للاتصالات الضوئية.



شكل (١-٢)



## ٢-٢ الطول الموجي للضوء Wavelength of light

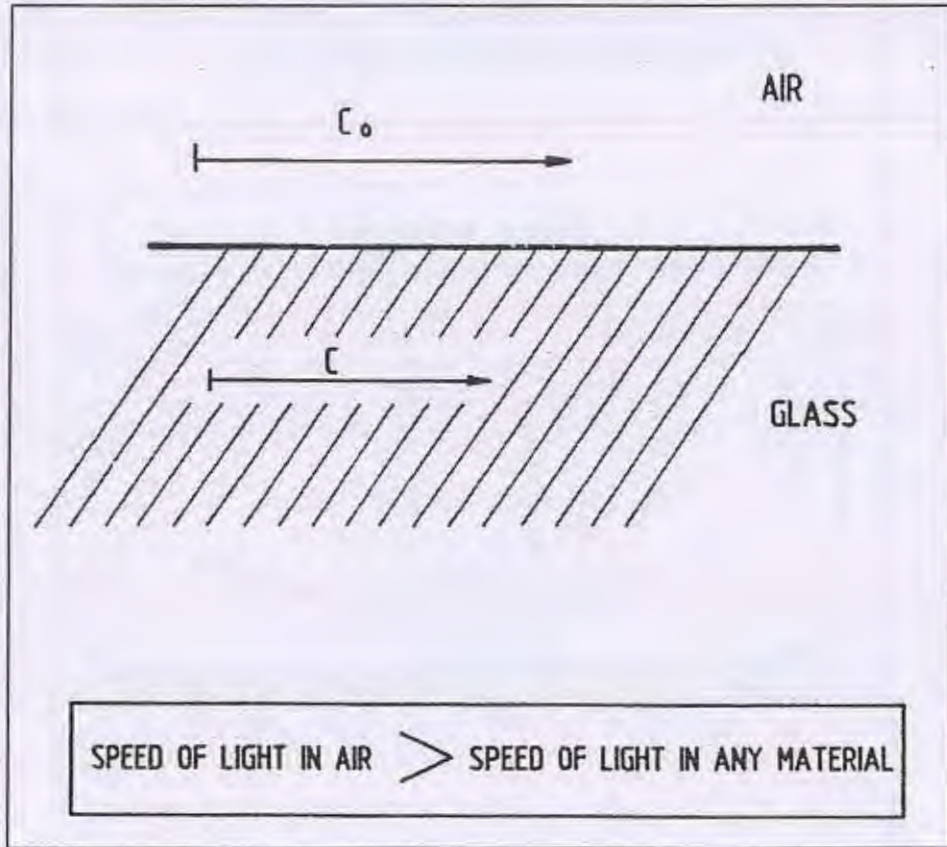
- تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية بسرعة تساوي حاصل ضرب التردد  $\times$  الطول الموجي

$$C = \lambda F$$

- حيث  $C$  سرعة الضوء ،  $\lambda$  الطول الموجي ،  $F$  التردد
- يقاس الطول الموجي للضوء بالنانومتر

## ٣-٢ سرعة الضوء Speed of light

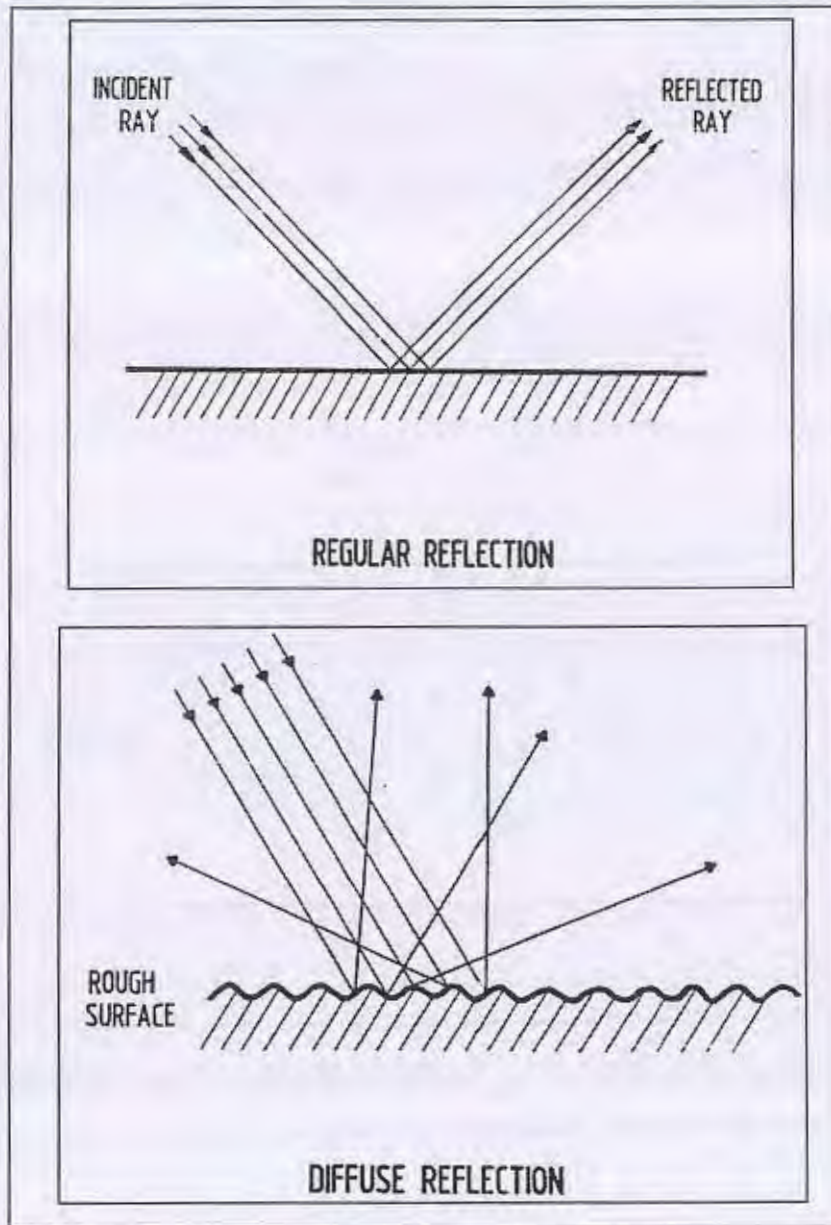
سرعة الضوء في الفراغ ثابتة وتساوي  $3 \times 10^8$  متر / ثانية وتقل هذه السرعة في الأوساط الأخرى مثل الماء والزجاج والزيت وتختلف سرعة الضوء في هذه الأوساط باختلاف الوسط.



شكل (٢-٢)

## انعكاس الضوء Reflection of light ٤-٢

عند سقوط شعاع ضوئي على السطح الفاصل بين وسطين فإن بعض أو كل الضوء سينعكس ، ويعتمد الانعكاس على حالة السطح الفاصل ، فإذا كان السطح الفاصل ناعماً فإنه يحدث " انعكاساً منتظماً " أما إذا كان السطح الفاصل خشن مثلاً فإنه يحدث " انعكاساً مشتتاً " .



شكل (٢-٣)

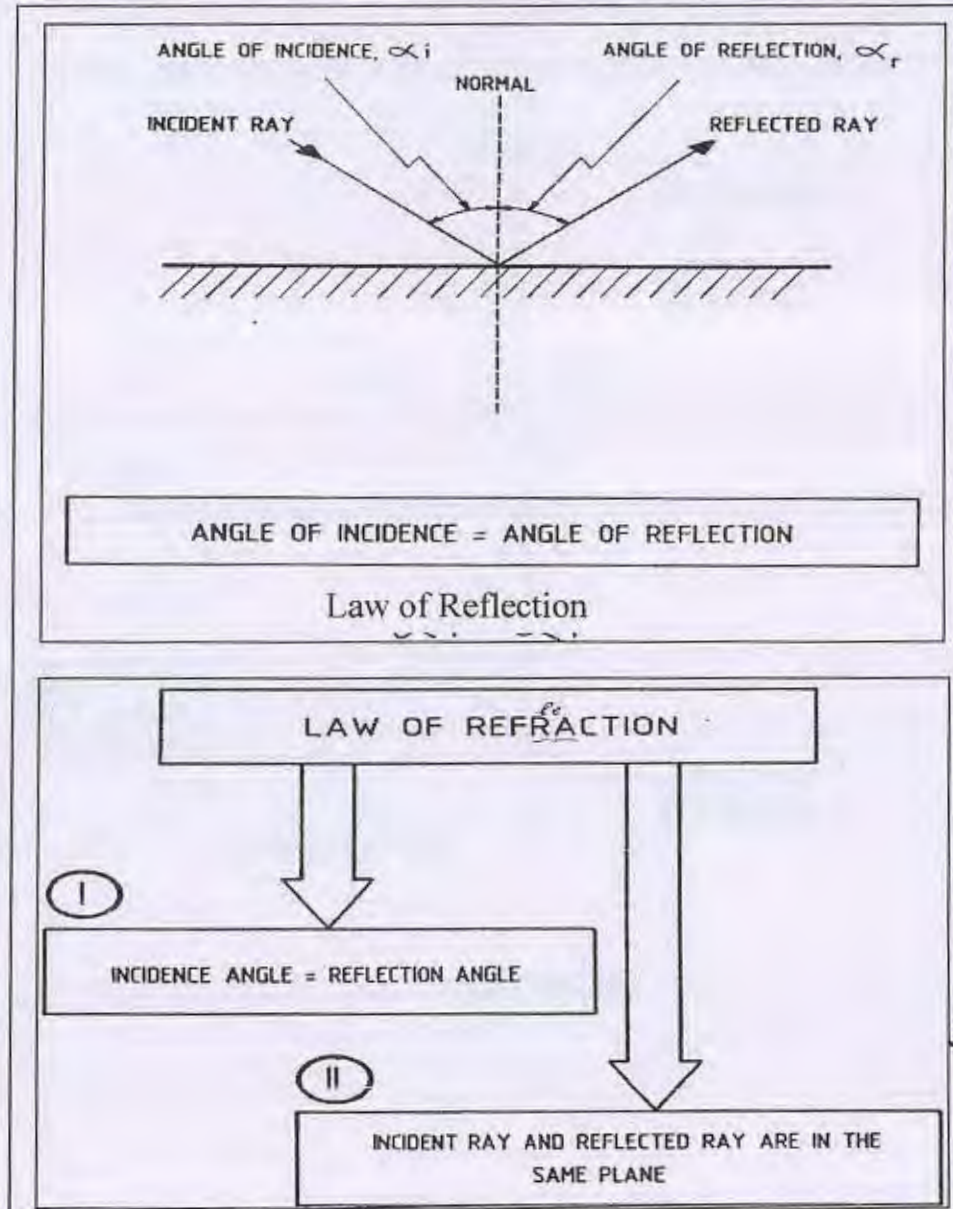


## ٢-٤-١ قانون الانعكاس Law of Reflection

ينص قانون الانعكاس علي :

زاوية السقوط = زاوية الانعكاس

الشعاع الساقط والشعاع المنعكس يقعان في نفس المستوى.

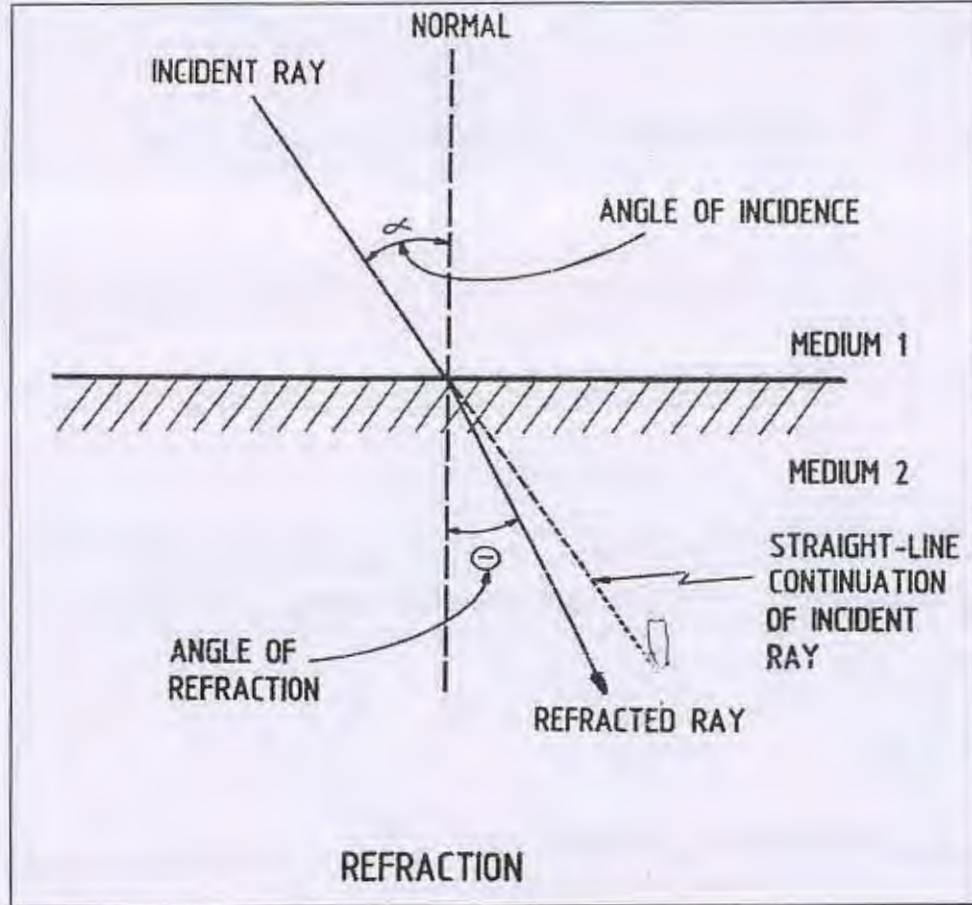


شكل (٢-٤)

## إنكسار الضوء Refraction of light

٥-٢

عندما يسقط الضوء على سطح فاصل بين وسطين ضوئيين، فإن الضوء لن يستمر في مساره حيث سيحدث تغيير في اتجاهه. هذا التغيير في الاتجاه يسمى إنكسار هذا الإنكسار في الضوء سببه تغيير سرعة الضوء عند دخوله الوسط الآخر إذا سقط الشعاع الضوئي من وسط أقل ضوئية إلى وسط كثافته الضوئية أكبر فإن الشعاع الضوئي سوف يقترب من العمود القائم على الوسطين الضوئيين والعكس صحيح.



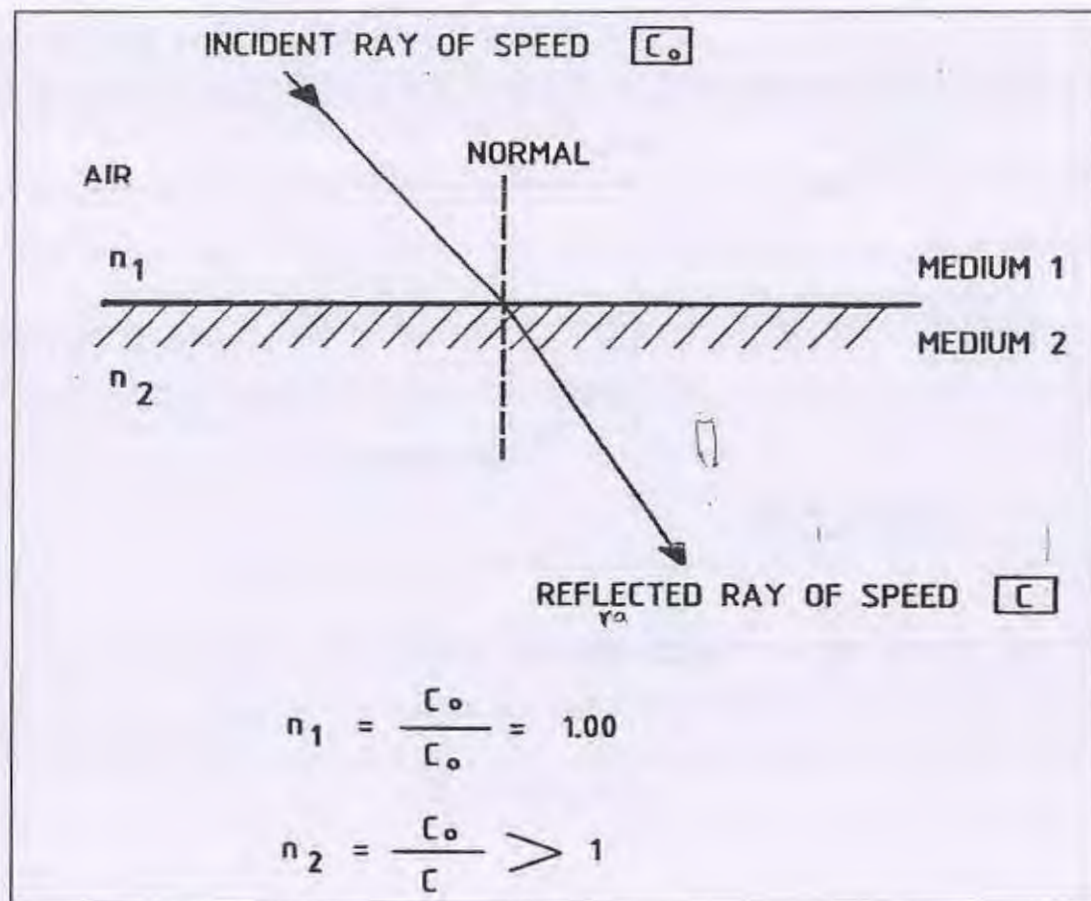
شكل (٥-٢)



## ١-٥-٢ معامل انكسار الضوء

سرعة الضوء في الفراغ ثابتة وتساوي  $3 \times 10^8$  متر / ثانية  
 سرعة الضوء في الأوساط الأخرى تكون أقل من سرعة الضوء في الفراغ .  
 النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ وسرعة الضوء في أي وسط آخر تسمى معامل انكسار الضوء ( n )

$$n = c_0 / c = \frac{\text{سرعة الضوء في الفراغ}}{\text{سرعة الضوء في الوسط}}$$

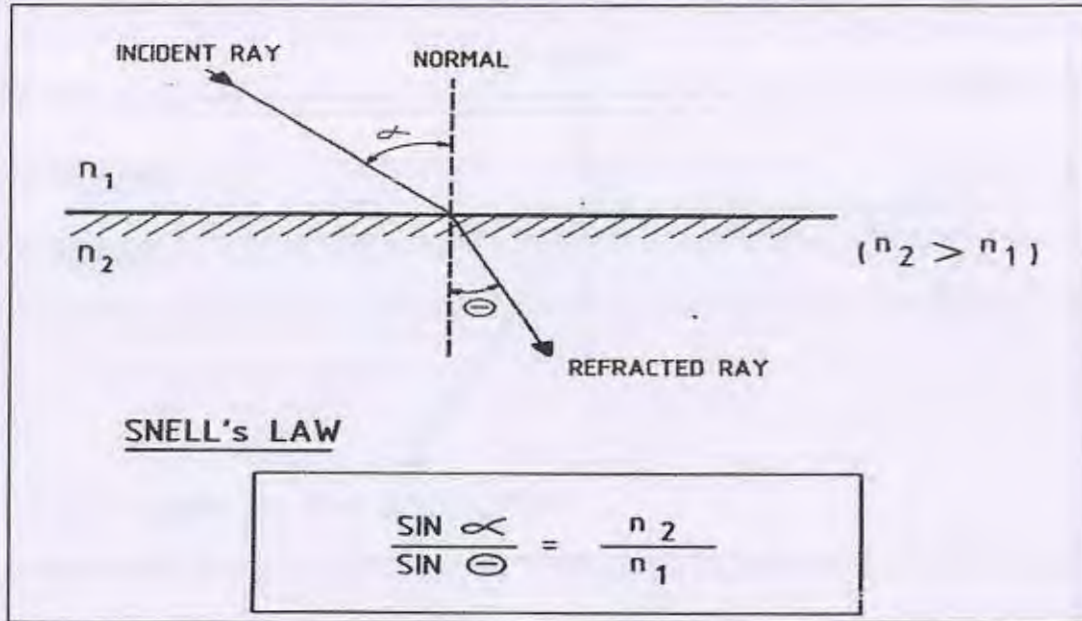


شكل (٦-٢)

• أمثلة لمعامل انكسار الضوء في بعض الأوساط:

الوسط	معامل الانكسار
هواء	1
ماء	1,33
زجاج	1,5 - 1,9
الفير	1,5

٢-٥-٢ قانون سنل (قانون الانكسار) Snell's Law



شكل (٢-٧) قانون سنل



$$\frac{\text{معامل انكسار الضوء في الوسط الثاني}}{\text{معامل انكسار الضوء في الوسط الأول}} = \frac{\text{جيب الزاوية } \alpha}{\text{جيب الزاوية } \theta}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \theta} = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{حيث}$$

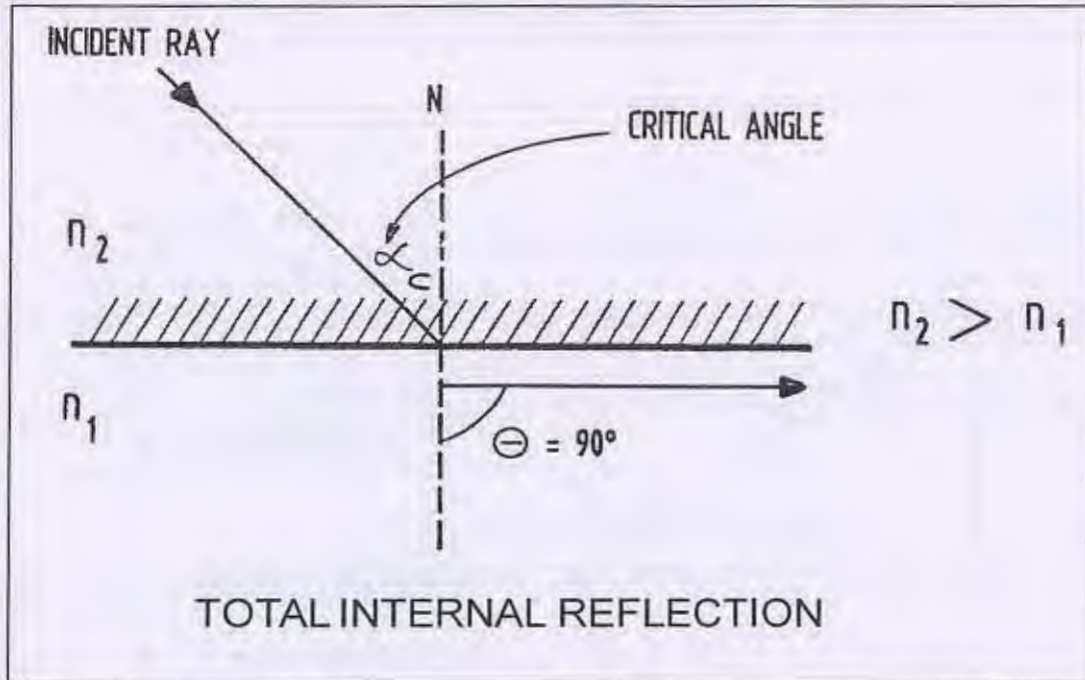
$$\alpha = \text{زاوية انكسار}$$

$$\theta = \text{زاوية الانكسار}$$

$$n_2 = \text{معامل انكسار الضوء في الوسط الثاني}$$

$$n_1 = \text{معامل انكسار الضوء في الوسط الأول}$$

## ٣-٥-٢ الانعكاس الكلي الداخلي Total Internal Reflection



شكل (٢-٨)

عند زاوية سقوط معينة تصبح زاوية الانكسار  $90^\circ$  وفي هذه الحالة فإن الشعاع الضوئي ينتشر موازياً للسطح الفاصل بين الوسطين الضوئيين وتسمى هذه الحالة "انعكاس كلي داخلي" وتسمى زاوية السقوط في هذه الحالة بالزاوية الحرجة ( $\alpha_c$ ) وتصبح معادلة سنل:

$$\sin \alpha_c = \frac{n_2}{n_1}$$

يحدث الانعكاس الكلي الداخلي فقط عندما يمر الشعاع الضوئي من وسط أكبر كثافة ضوئية إلى وسط أقل كثافة ضوئية ( من زجاج إلى هواء مثلاً ) .

مثال

$$n_1 = 1.5$$

$$n_2 = 1$$

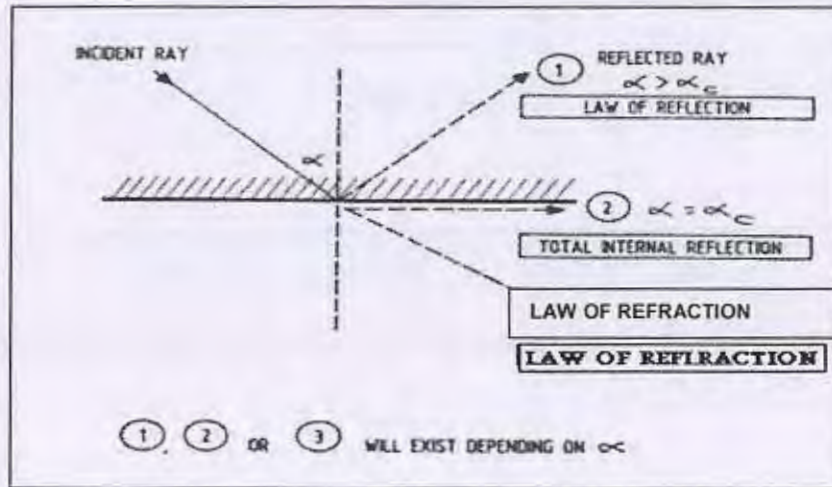
$$\theta = 90^\circ$$

$$\frac{\sin \alpha_c}{\sin 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\sin \alpha_c = \frac{1}{1.5} = 0.67 \quad \therefore \alpha_c = 42^\circ$$

#### ٤-٥-٢ حالات زاوية سقوط الضوء

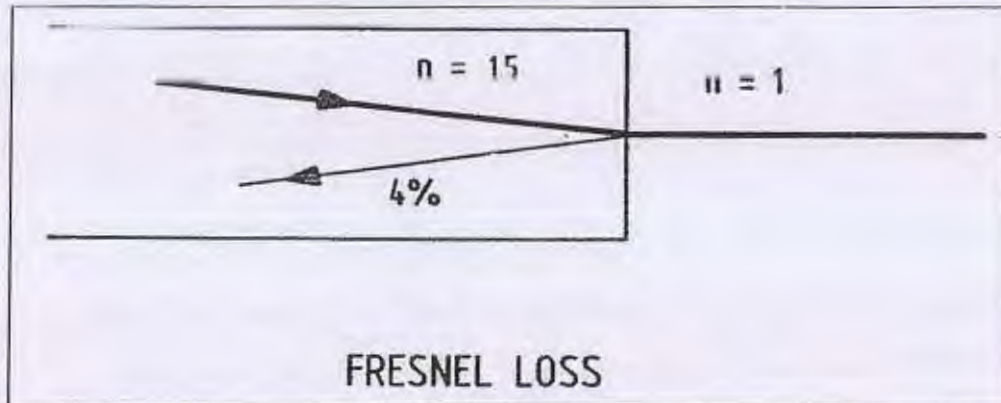
يمكن حدوث الحالة ( ١ ) أو الحالة ( ٢ ) أو الحالة ( ٣ ) حسب زاوية السقوط كما هو موضح في شكل (٩-٢)



شكل (٩-٢)



## ٦-٢ Fresnel loss فقد فرنل



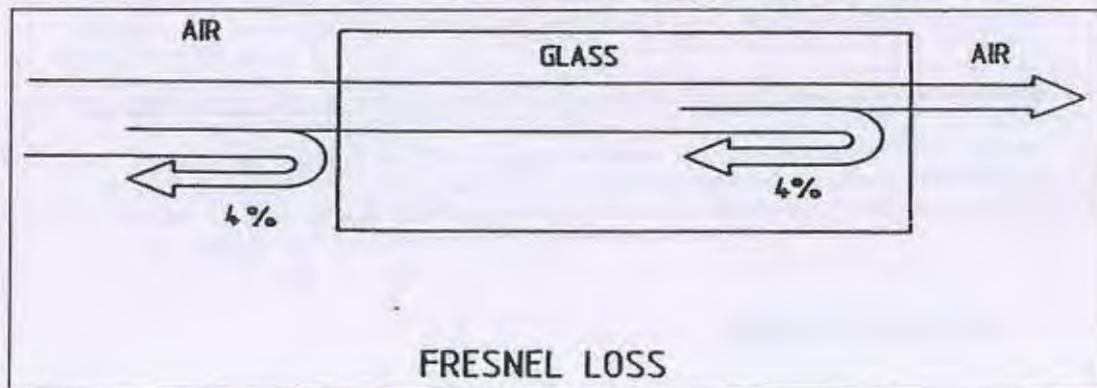
شكل (١٠-٢)

- عند سقوط شعاع عمودياً علي السطح الفاصل بين سطحين ضوئيين فإنه لن يخترق كلية السطح الفاصل ولكن سوف ينعكس جزء ضئيل منه. وهذا الجزء الضئيل المنعكس يسمى إنعكاس فرنل .

$$\rho = \left( \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2$$

(معامل الإنعكاس)

عندما يكون الوسطين زجاج وهواء فإن:



$$\rho = \left( \frac{1.5 - 1}{1.5 + 1} \right)^2 = 0.04$$

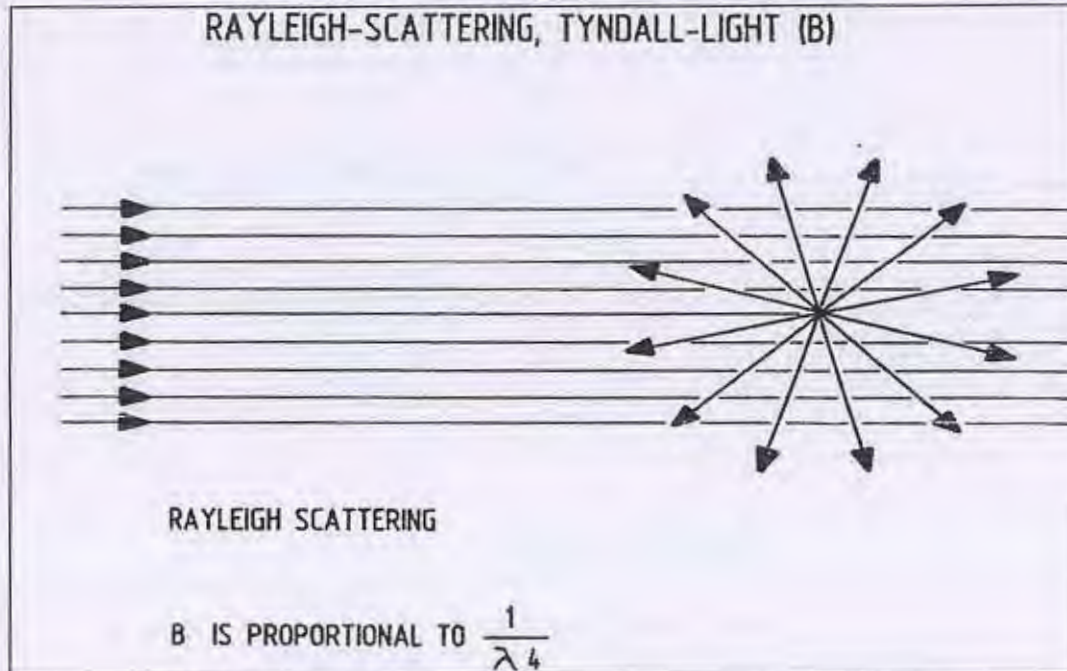
معامل الإنعكاس

## ٧-٢ استطارة رايللي ( ضوء تيندال ) Rayleigh-Scattering

- عند إنتشار الضوء في وسط غير متجانس تماماً نتيجة وجود شوائب و جزيئات وذرات لمواد تجعل معامل الانكسار يتغير فان الضوء يتعرض لما يسمى "الاستطارة" وهو يعني إتخاذ إتجاهات أخرى تختلف عن إتجاه إنتشار الضوء مما يؤدي إلي نسبة فقد في القدرة.
- وحيث أن التغير في معامل الإنكسار يحدث في مسافات جزئية صغيرة للغاية، لذا فإن الأشعة الضوئية ذات الأطوال الموجية القصيرة هي التي تتأثر أكثر باستطارة رايللي وبالتالي فإن كمية الأشعة الضوئية المستطيرة والتي تسمى أشعة تيندال تتناسب عكسيا مع الطول الموجي وحسب التجربة فإنها تتناسب عكسيا مع  $\lambda^4$  أي أن :

$$\beta \propto 1/\lambda^4$$

- حيث  $\beta$  هي القدرة المفقودة بالاستطارة وتسمى أشعة تيندال .
- $\lambda$  هي الطول الموجه للأشعة الضوئية.



شكل (١٣-٢)



## ٨-٢ الامتصاص ABSORPTION

- إمتصاص الأشعة Absorption : ويرجع ذلك إلي وجود شوائب معدنية لمادة الألياف الزجاجية أو إلي جزيئات الماء (OH) كما أن مادة السليكا نفسها لها خاصية إمتصاص أشعة ذات حيز معين من الأطوال الموجية وتحويلها إلي حرارة.

## الياب الثالث: خصائص الالياف الضوئية

### الهدف

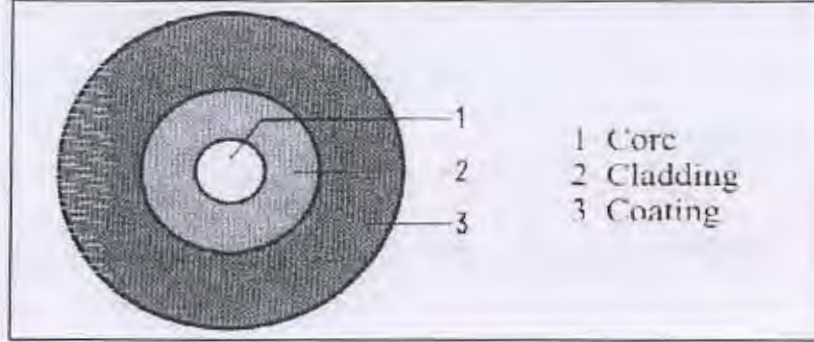
التعرف على تركيب شعيرة الالياف الضوئية وانواع الالياف الضوئية وانواع الفقد في الالياف الضوئية

الصفحة	المحتويات
٢	١-٣ تركيب شعيرة الالياف الضوئية
٢	٢-٣ أنواع الألياف الضوئية
٧	٣-٣ الفتحة العددية ( NA ) Numerical Aperture
٩	٤-٣ النماذج الضوئية modes
١٠	٥-٣ تحديد عدد النماذج الضوئية
١١	٦-٣ مقارنة بين الالياف متعددة النماذج واحادية النموذج
١٢	٧-٣ التوهين داخل شعيرة الفيبر
١٤	٨-٣ التشتت في شعيرات الالياف الضوئية
١٨	٩-٣ انواع الفقد في كوابل الالياف الضوئية
١٨	١٠-٣ العوامل التي تحدد خصائص انواع الشعيرات الضوئية



### الباب الثالث خصائص الاليف الضوئية

#### ١-٣ تركيب شعيرة الاليف الضوئية



شكل (١-٣) تركيب شعيرة الاليف الضوئية

- تتركب الشعيرة الضوئية من ٣ طبقات أساسية هي :
- قلب الشعيرة ( Core ) ويصنع من الزجاج النقي ويتراوح قطره من ٤ إلى ١٠٠ ميكرومتر.
  - الكسوة ( Cladding ) وتصنع من الزجاج أيضا ولكن معامل انكسار الضوء بها أقل من معامل انكسار الضوء في القلب ويبلغ قطرها ١٢٥ ميكرومتر.
  - الغلاف ( Coating ) ويصنع من البلاستيك لإعطاء الشعيرة الزجاجية مرونة وصلابة ويبلغ قطرها ٢٥٠ ميكرومتر.

#### ٢-٣ أنواع الاليف الضوئية

يوجد أنواع متعددة من الاليف الضوئية  
الاليف الضوئية متعددة النماذج ذات معامل الانكسار التدريجي

##### Multimode Step Index

الاليف الضوئية متعددة النماذج ذات معامل الانكسار التدريجي القياسية

##### Standard Multimode Graded Index

الاليف الضوئية أحادية النموذج القياسية.

### Standard Single Mode

الألياف الضوئية ذات إزاحة الإستطالة

Dispersion

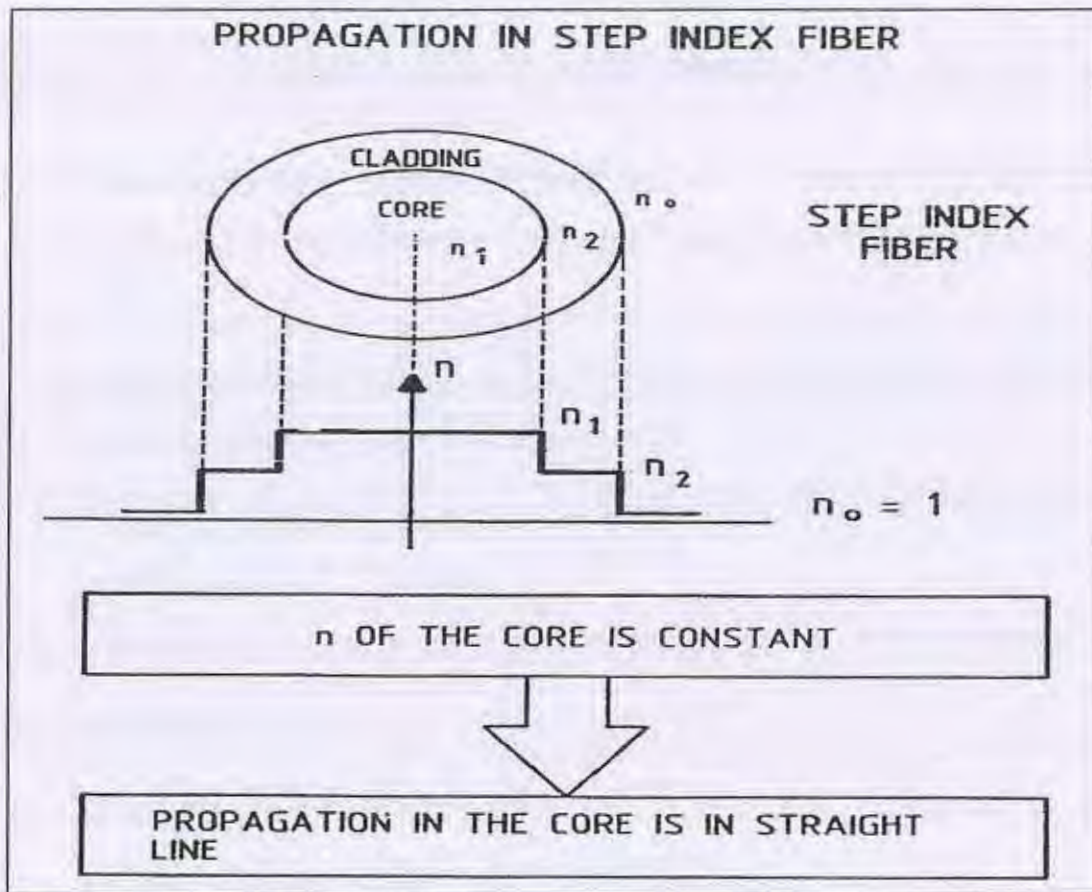
Shifted

Mode

الألياف الضوئية ذات إزاحة الإستطالة غير الصفريّة

Non Zero Dispersion

١-٢-٣ الألياف الضوئية متعددة النماذج ذات معامل الانكسار الدرجي ( M.M.S.I )

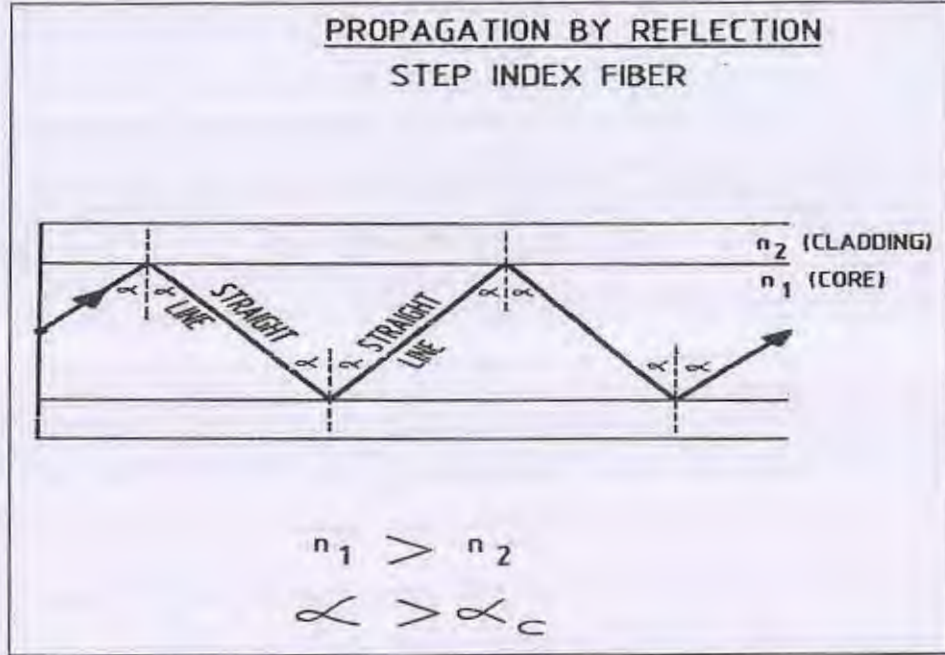


شكل (٢-٣) الألياف الضوئية متعددة النماذج ذات معامل الانكسار الدرجي

شعيرات متعددة النماذج ذات معامل إنكسار درجي ويصل عدد الأنماط إلى عدة مئات مما يزيد من ظاهرة التشتت كما يلاحظ أن مسار الأشعة الخطي يتبع قانون الانعكاس الكلي.

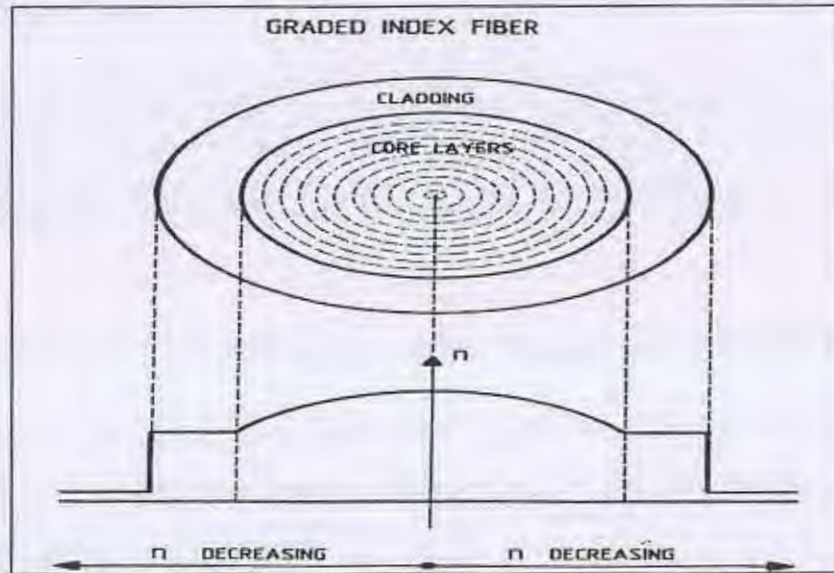


في هذا النوع من الألياف الضوئية تسير النماذج خطياً داخل الليفة بعد انكسار الضوء مباشرة في القلب حتى تصل إلي الحد الفاصل بين القلب والكسوة فينعكس الضوء انعكاساً كلياً وبصورة خطية أيضاً.

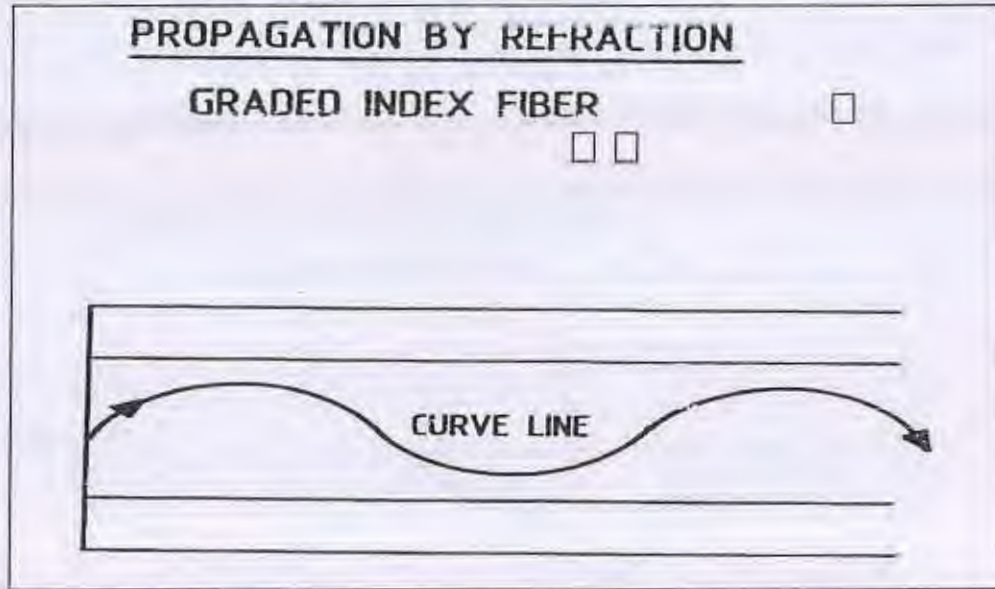


شكل (٣-٣) انتشار الضوء في الألياف الضوئية متعددة النماذج ذات معامل الانكسار التدريجي.

### ٢-٢-٣ الألياف الضوئية متعددة النماذج ذات معامل الانكسار التدريجي ( M.M.G.I )



شكل (٤-٣) الألياف الضوئية متعددة النماذج ذات معامل الانكسار التدريجي



شكل (٣-٥) انتشار الضوء في الألياف الضوئية متعددة النماذج ذات معامل الانكسار التدريجي

في هذا النوع من الشعيرات يكون القلب مقسم إلى طبقات إسطوانية ذات معاملات انكسار مختلفة بحيث تكون الطبقة الموجودة بالمنتصف ذات معامل انكسار  $nc_1$  والشريحة الثانية تكون  $nc_2$  وهكذا بحيث  $nc_2 < nc_1$  مع مراعاة أن تكون معاملات الانكسار لطبقات القلب أكبر من معامل انكسار الكسوة وبذلك يتم انكسار الشعاع تدريجياً حتي يصل إلي السطح الفاصل فينعكس ثم يعود إلي الانكسار داخل قلب الشعيرة .

تتميز هذه الألياف بأنه مهما تعددت زوايا السقوط فإن جميع النماذج ستلتقي معا في نقطة واحدة تقريبا وهذا يؤدي بدوره إلي تقليل حدة الاستطالة بين المعلومة المرسله والمعلومة المستقبله وبالتالي زيادة حيز الترددات علي الليفة الضوئية.

### ٣-٢-٣ الألياف الضوئية أحادية النموذج ذات الانكسار الدرجي (Single Mode Index)

يتميز هذا النوع من الألياف بوجود نموذج واحد فقط تقريبا داخل الليفة الضوئية وتكون الاستطالة أقل ما يمكن بين المعلومة المرسله والمعلومة المستقبله كما تتميز أيضاً بقله الاضمحلال (db/cm)



تتلخص فكرة هذه الألياف في تقليل قطر القلب وتقليل الفرق بين  $n_1$  ،  $n_2$  كلما امكن وهذا يقلل الفتحة العددية (NA) وبالتالي يقلل زاوية القبول.

### ٤-٢-٣ الألياف الضوئية ذات إزاحة الاستطالة (DSM)

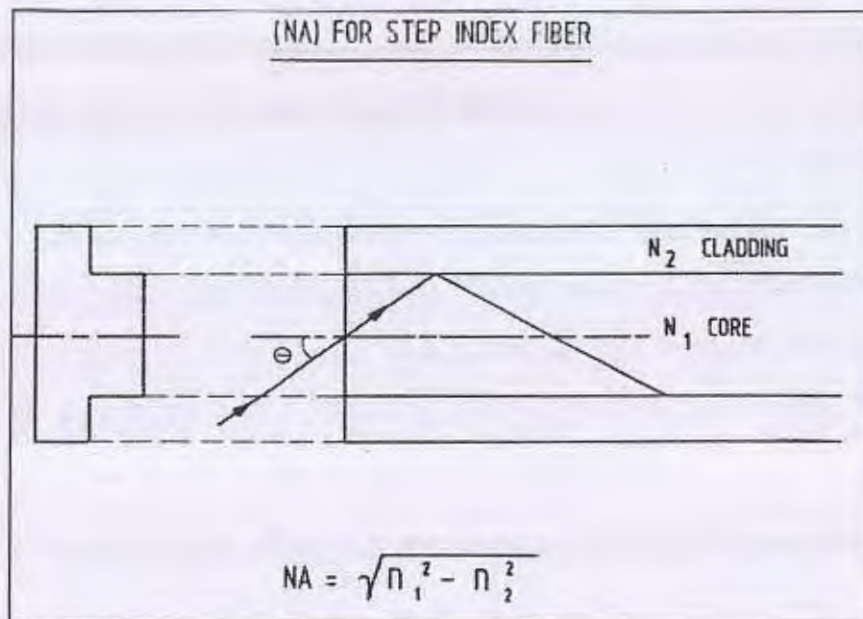
- في الألياف الضوئية ذات النموذج الواحد تم علاج الاستطالة (Dispersion) الناتجة عن تعدد النماذج بتقليل قيمة NA وخفض الفرق بين  $n_1$  ،  $n_2$  ولكن يوجد نوع آخر من الاستطالة يكون السبب فيها هو المصدر الضوئي (Light Source) والتي تظهر عند الطول الموجي 1550 nm وتختفى عند الطول الموجي (1310 nm) لذا تم الإتجاه إلى إنتاج نوع آخر من الألياف وهو الألياف ذات إزاحة الاستطالة (Dispersion Shifted Mode)
- تعتمد فكرة عمل تلك الألياف على عمل تأخير لأي نموذج يتم وصوله في زمن أقل وذلك بزيادة معامل الإنكسار في طريق النموذج الذي يستخدم أقصر مسافة ويتم تقليله تدريجياً كلما زادت المسافة .

### ٥-٢-٣ الألياف الضوئية ذات الاستطالة غير الصفيرية (Non Zero Dispersion)

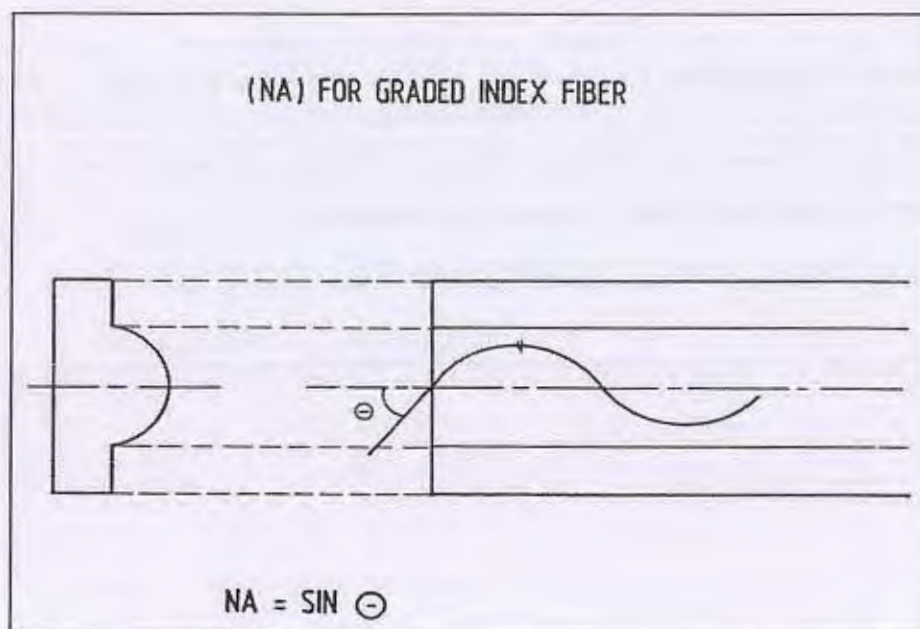
- في هذا النوع من الألياف يتم عمل إزاحة للاستطالة بحيث لاتصل إلى الصفر لأن وصول الاستطالة للصفر يسبب ما يسمى بالتأثير الغير خطي (Non Linear Effect) وفيه يتم التداخل بين الأطوال في حالة إرسال أكثر من طول موجي على الألياف في نظام WDM

### الفتحة العددية ( NA )

٣-٣



شكل (٦-٣) الفتحة العددية



شكل (٧-٣)



- تعرف الفتحة العددية بأنها القيمة العددية لجيب زاوية الدخول القصوى أو تعرف أيضاً بأنها أقصى زاوية سقوط يمكن أن يسقط بها شعاع ضوئي ويحدث له انتشار داخل شعيرة الألياف الضوئية .

$$NA = \sin \theta_{\max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

- حيث NA الفتحة العددية
- $\theta_{\max}$  زاوية القبول القصوى
- NA هي قياس لقدرة الشعيرة على تجميع الأشعة .
- NA هي دالة في معاملى إنكسار الضوء داخل القلب والكسوة .
- NA دائماً أقل من 1 .
- NA تبين كفاءة ربط المصدر الضوئي بالشعيرة .
- NA لها أهمية كبرى في إطلاق الضوء داخل شعيرة الفيبر .
- عندما تكون NA كبيرة تكون كمية الضوء المقبولة كبيرة وبالتالي مسافة ترأسل كبيرة وفي هذه الحالة توصف الألياف الضوئية بأنها متعددة النماذج الضوئية ولكن كثرة عدد النماذج الضوئية يقلل عرض النطاق الترددي وبالتالي سعة المعلومات .
- عندما تكون NA صغيرة فإن حجم المخروط المقبول يقل جداً ويسع لعدد قليل من الأنماط الضوئية النافذة إلي الشعيرة وتسمى في هذه الحالة الألياف الضوئية أحادية النمط وتمتاز بعرض نطاق ترددي بالغ الإتساع وبالتالي تكون سعة معلومات كبيرة

١-٣-٣ مثال عن حساب الفتحة العددية

- في حالة فيبر متعدد الأنماط

$$n_1 (\text{Core}) = 1.469 \quad , \quad n_2 (\text{Cladding}) = 1.45$$

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \sqrt{(1.47)^2 - (1.45)^2} = 0.24$$

$$\therefore \theta_{\max} = 14^\circ$$

- في حالة فيبر احادي النموذج

$$n_1(\text{Core}) = 1.469$$

$$n_2(\text{Cladding}) = 1.464$$

$$NA = \sin \theta_{\max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

$$= \sqrt{(1.469)^2 - (1.465)^2} = 0.121$$

$$\therefore \theta_{\max} = 6.95^\circ$$

### ٤-٣ نماذج الضوئية Modes

- انتشار الضوء داخل شعيرات الألياف يكون حسب مسارات محددة تسمى النماذج (الأنماط) وهي ليست عشوائية ، لكل نموذج مسار خاص به .
- النموذج (النمط) الضوئي هو عبارة عن تجمع خطوط المجالين الكهربائي والمغناطيسي في مسار خاص عبر شعيرات الألياف بشكل نمطي يتكرر على مسافات تساوي الطول الموجي وهذا التكرار يسمى التردد الـ Normalized ويرمز له بالرمز  $V$  حيث  $V$  هي

$$v = 2\pi \left( \frac{a}{\lambda} \right) NA$$

حيث  $a$  هي نصف قطر قلب الشعيرة

$\lambda$  هي الطول الموجي

$NA$  هي الفتحة العددية

$V$  الـ Normalized Frequency وهو قيمة قياسية ليس لها وحدات .

- هناك ما يسمى بالطول الموجي القطعي Cutoff Wavelength ويعرف بأنه أقصى قيمة ممكنة للطول الموجي والذي عنده تصبح شعيرة الألياف الضوئية أحادية النموذج .

$$\lambda_c = 2\pi \left( \frac{a}{v_c} \right) NA = 2\pi \left( \frac{a}{2.405} \right) NA$$

حيث  $\lambda_c$  الطول الموجي القطعي .



$V_c$  تردد القطع Normalized والذي تتلاشي عنده جميع النماذج ما عدا نموذج واحد .

$a$  نصف قطر قلب الشعيرة .

NA الفتحة العددية .

### ٥-٣ تحديد عدد النماذج الضوئية Number of Modes

- يمكن حساب عدد النماذج (الأنماط) الضوئية المنتشرة داخل شعيرات الألياف الضوئية باستخدام قانون ماكسويل لانتشار الموجات وتطبيق شروط الحدودية عند الحد الفاصل بين قلب الشعيرة والكسوة الزجاجية فنجد أنها تعتمد أيضاً على أشكال تغير معامل الانكسار من القلب إلى الكسوة .

$$N = \left( \frac{V^2}{2} \right) \left( \frac{g}{g+2} \right)$$

- حيث  $g$  معامل تغير معامل الانكسار وهي
- في حالة شعيرات ذات معامل انكسار تدرجي خطي  $g = 1$

$$N = \frac{v^2}{2} * \frac{1}{3} = \frac{v^2}{6}$$

- في حالة شعيرات ذات معامل انكسار ذات تدرجي غير خطي  $g = 2$

$$N = \frac{v^2}{2} * \frac{1}{2} = \frac{v^2}{4}$$

- في حالة شعيرات ذات معامل انكسار درجي  $g = \infty$

$$N = \frac{v^2}{2}$$

### ١-٥-٣ أمثله علي حساب عدد النماذج الضوئية

- احسب عدد النماذج داخل شعيرة متعددة النماذج ذات معامل إنكسار درجي (S.I) وإذا علمت أن قطر قلب الشعيرة هو  $50 \mu m$  و NA تساوي 0.2 و  $800nm$  =

$\lambda$

$$N = \left( \frac{V^2}{2} \right) = \frac{1}{2} \left( \frac{\Pi d NA}{\lambda} \right)^2$$

$$= \frac{1}{2} \left( \frac{3.14 * 50 * 10^3 * 0.2}{800} \right)^2 = 800 \text{ modes}$$

- احسب عدد النماذج داخل شعيرة متعددة النماذج ذات معامل إنكسار تدرجي (G.I) للمثال السابق

$$N = \frac{V^2}{4} = \frac{1}{4} \left( \frac{3.14 * 50 * 10^3 * 0.2}{800} \right)^2 = 400 \text{ modes}$$

- احسب عدد النماذج (Modes) داخل شعيرة ضوئية قطرها  $g\mu m$  وذات فتحة عددية 0.11 عند استخدام طولي موجي 1310nm و 1550nm .

$$(N)_{1310} = \frac{V^2}{2} = \frac{1}{2} \left( \frac{\Pi d}{\lambda} NA \right)^2$$

$$= \frac{1}{2} \left( \frac{3.14 * 9 * 10^3}{1310} * 0.11 \right)^2 \approx 3 \text{ modes}$$

$$(N)_{1550} = \frac{V^2}{2} = \frac{1}{2} \left( \frac{3.14 * 9 * 10^3}{1550} * 0.11 \right)^2 \approx 2 \text{ modes}$$

### مقارنة بين الألياف متعددة النماذج و أحادية النموذج

٦-٣

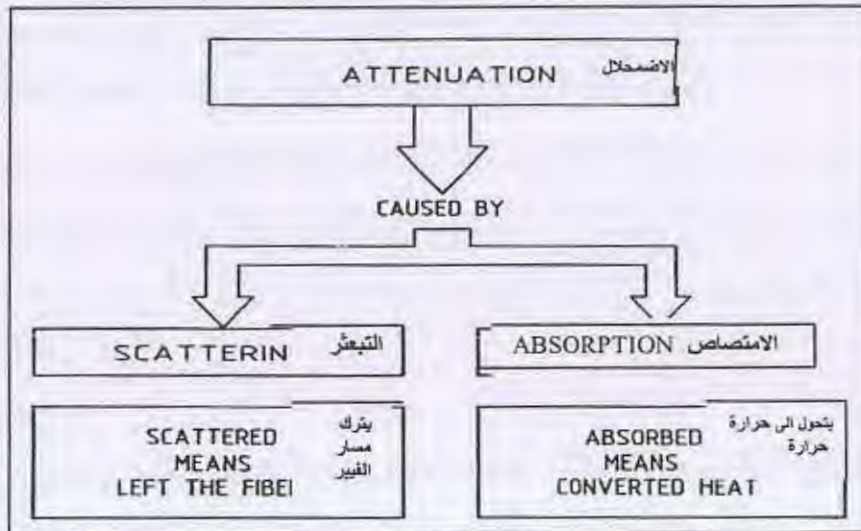
الجدول التالي يوضح مقارنة بين الألياف متعددة النماذج ذات معامل الانكسار التدريجي القياسية (Multimode Graded Index) والألياف الضوئية أحادية النموذج ذات معامل الانكسار التدريجي القياسية (Single mode Step Index)



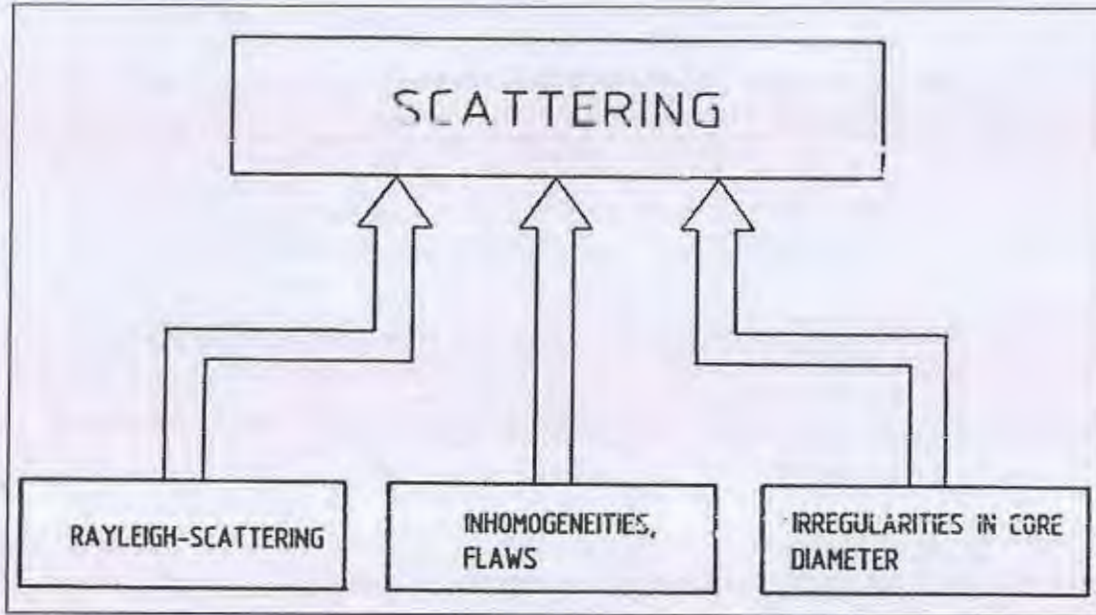
نوع الاليف	الاليف متعددة النماذج ذات معامل الانكسار التدريجي	الاليف أحادية النموذج ذات معامل الانكسار التدريجي
وجه المقارنة		
قطر الشعيرة (core)	٥٠ ميكرومتر	٩ ميكرومتر
معامل انكسار الضوء داخل قلب الشعيرة	١,٤٨	١,٤٧٥
الطول الموجي	٨٥٠ نانومتر ١٣٠٠ نانومتر	١٣١٠ نانومتر ١٥٥٠ نانومتر
الاضمحلال لكل كيلو متر	٣ ديسيبل/كم عند طول موجي ٨٥٠ نانومتر ١ ديسيبل/كم عند طول موجي ١٣٠٠ نانومتر	٣٥ ديسيبل/كم عند طول موجي ١٣١٠ نانومتر ٢٥ ديسيبل/كم عند طول موجي ١٥٥٠ نانومتر
مسافة الـ Repeater	١٥ كم عند طول موجي ١٣٠٠ نانومتر	٨٠ كم عند طول موجي ١٥٥٠ نانومتر

### التوهين داخل شعيرة الفايبر Fiber Attenuation

٧-٢



شكل (٨-٣) التوهين



شكل (٩-٣) اسباب التبعثر

توجد عدة أسباب لحدوث التوهين داخل شعيرة الفايبر وهي :

- إمتصاص الأشعة Absorption : ويرجع ذلك إلي وجود شوائب معدنية لمادة الألياف الزجاجية أو إلي جزيئات الماء (OH) كما أن مادة السليكا نفسها لها خاصية إمتصاص أشعة ذات حيز معين من الأطوال الموجية وتحويلها إلي حرارة .
- الإستطارة Scattering وتكون بسبب التغير في كثافة الجزيئات ومكونات مادة الألياف الزجاجية وأهمها استطارة رايلي الذي يؤدي إلي إشعاع الضوء في جميع الاتجاهات وتعتمد قيمته علي الطول الموجي ومن أسباب الاستطارة أيضا عدم انتظام قطر قلب الشعيرة .

مثال

بأي نسبة مئوية يزداد فقد تايندال عندما ينخفض الطول الموجي بنسبة 10% .  
الحل :

$$B_1 = \frac{1}{\lambda^4}$$

$$B_2 = \frac{1}{(0.9\lambda)^4} = \frac{1}{(0.9)^4} \times \frac{1}{\lambda^4}$$



$$B_2 = \frac{1}{(0.9)^4} B_1$$

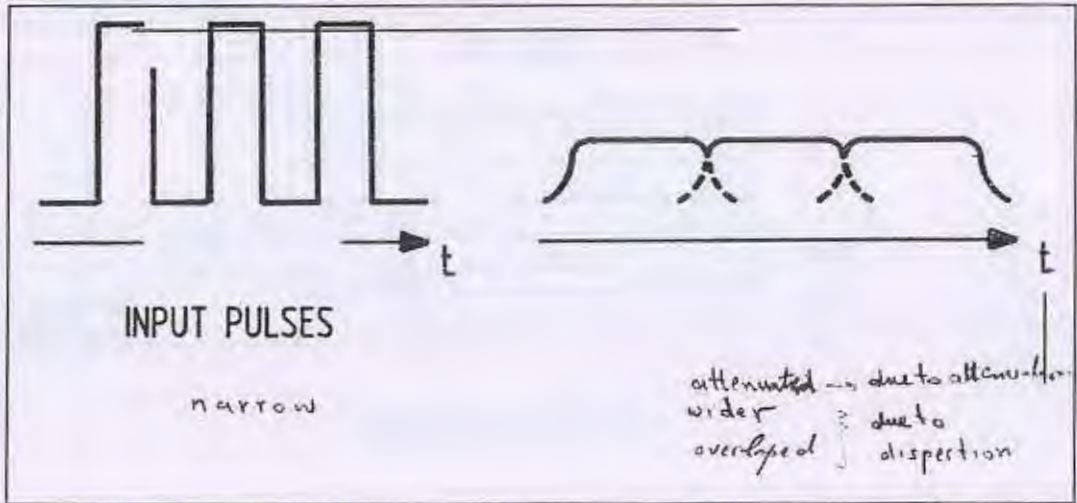
$$= 1.52 B_1$$

∴ نسبة الزيادة حوالي 52%

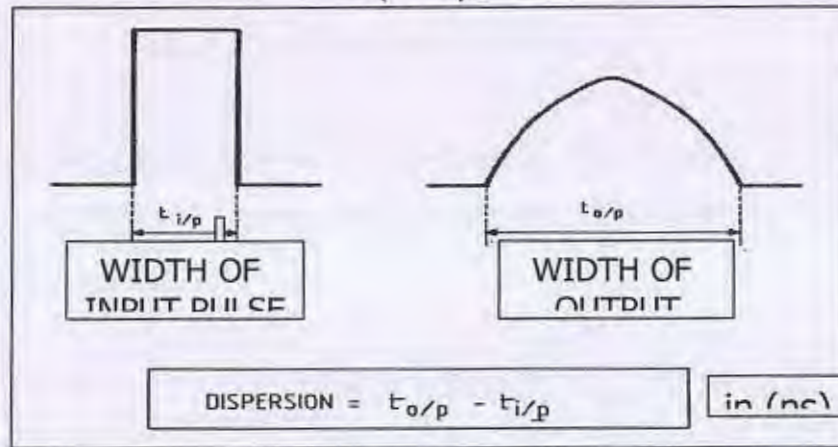
### التشتت في شعيرات الاليف الضوئية Signal (Delay) Dispersion

٨-٣

عندما تسري نبضات الضوء داخل شعيرة الفايبر فإنها تصبح أكثر اتساعاً لدرجة أنه قد يحدث تراكم لهذه النبضات ، هذا الإتساع في النبضات يسمى تشتت . هذا التشتت يجعل مهمة المستقبل صعبة في التفريق بين كل نبضة وأخرى وهو نوع من التشويه يحد إلي حد كبير من سعة المعلومات المحمولة في نظام الاليف الضوئية شكل (١٠-٣)



شكل (١٠-٣)

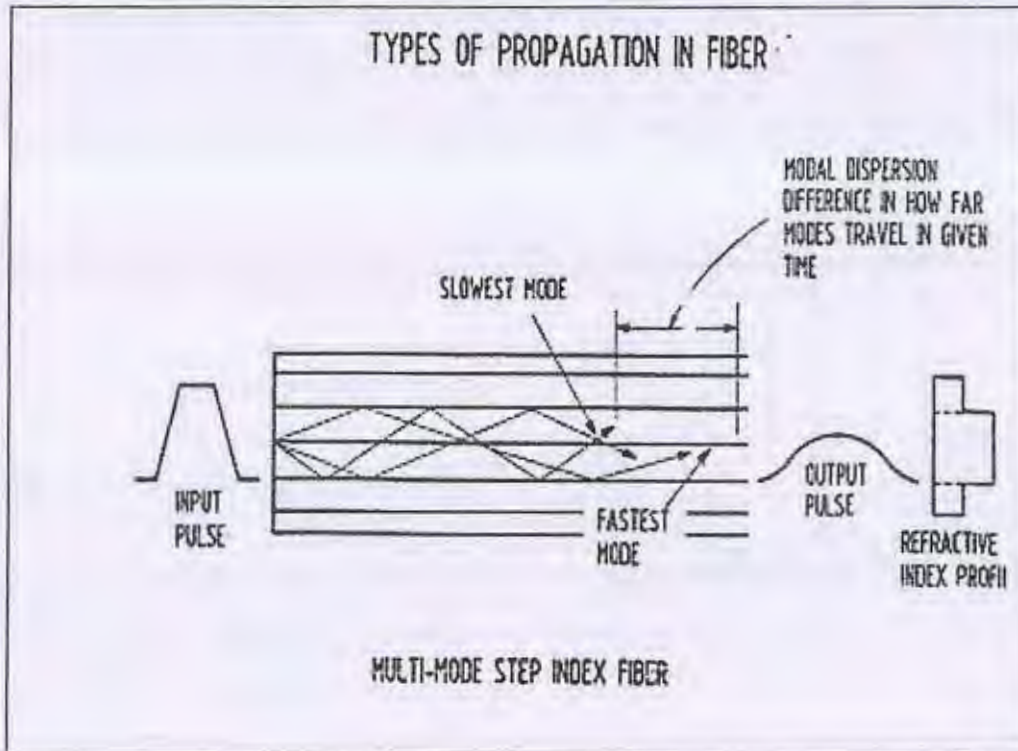


تابع شكل (١٠-٣)

### ١-٨-٣ التشتت النمطي ( $\psi_{mod}$ ) Modal Dispersion

يحدث هذا النوع من التشتت في الشعيرات متعددة النماذج (الأنماط) حيث تختلف زوايا السقوط لكل نمط فينتج عنه اختلاف في أطوال مسارات النماذج (الأنماط) مما يؤدي إلى اختلاف في زمن وصول الأشعة وبالتالي في عرض النبضة المستقبلة .

- في حالة الشعيرات متعددة النماذج ذات معامل الانكسار الدرجي شكل (١١-٣)



شكل (١١-٣) التشتت النمطي MMSI

- في هذا النوع من الفبر الأشعة التي تسري موازية للمحور يكون مسارها أقل من الأشعة التي تتخذ مسارات أخرى متعرجة ولذلك فإن بعض الأشعة سوف تأخذ مساراً أطول للوصول للنهاية .

$$\psi_{mod} = T_{km} \cdot \frac{\Delta}{2} ns / km$$

حيث  $T_{km}$  هي زمن المسار داخل الفبر لكل كيلو متر



$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

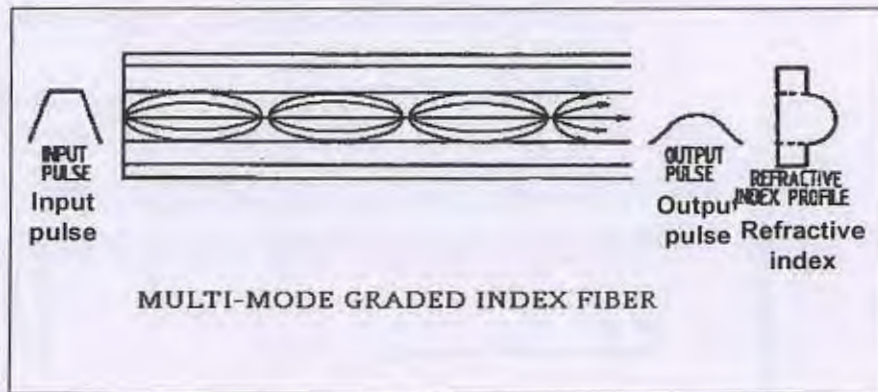
\* مثال

$$\Delta = 0.01 \quad n = 1.5$$

$$\psi_{\text{mod}} = T_{km} * \frac{\Delta}{2} = \frac{n_1}{c_o} * \frac{\Delta}{2}$$

$$\frac{1.5}{3 * 10^5} * \frac{0.01}{2} = 25 \text{ ns / km}$$

في حالة الشعيرات متعددة النماذج ذات معامل الانكسار التدريجي شكل (٣-١٢) .



في هذا النوع من الفبر يكون التشتت النمطي أقل من نظيره السابق

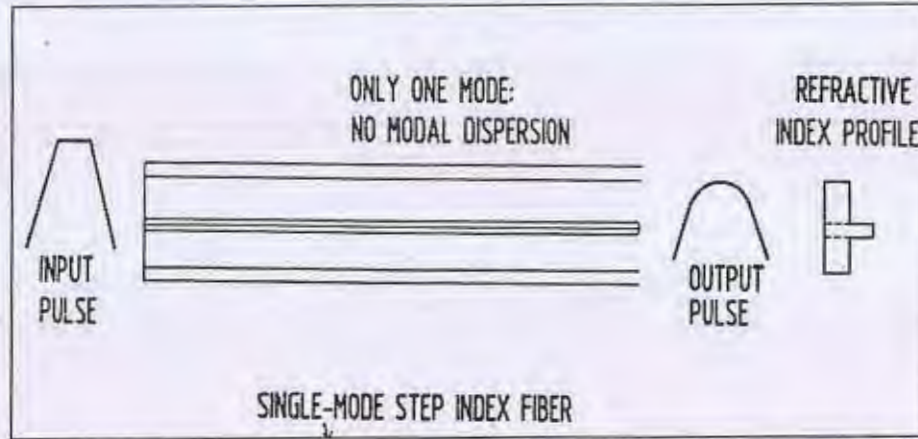
$$\psi_{\text{mod}} = T_{km} * \frac{\Delta^2}{2}$$

مثال

$$\Delta = 0.01 \quad n = 1.5$$

$$\frac{1.5}{3 \times 10^5} \times \frac{(0.01)^2}{2} = 0.25 \text{ ns / km}$$

- في حالة الشعيرات أحادية النموذج شكل (١٣-٣) .

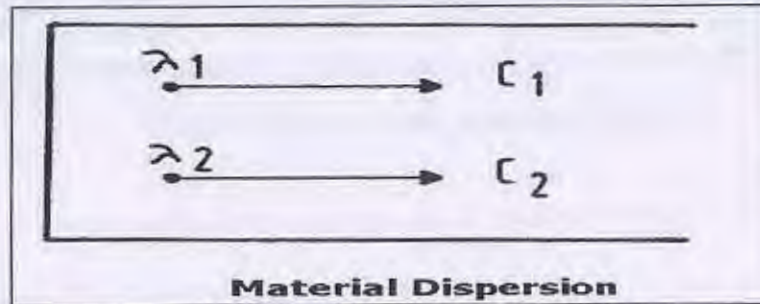


- في هذا النوع من الفيبر يسري شعاع واحد فقط وبالتالي لا يحدث تشتت نمطي  

$$\psi_{\text{mod}} = \phi$$

٢-٨-٣ التشتت اللوني Chromatic Dispersion

١-٢-٨-٣ التشتت المادي Material Dispersion



شكل (١٤-٣) التشتت اللوني

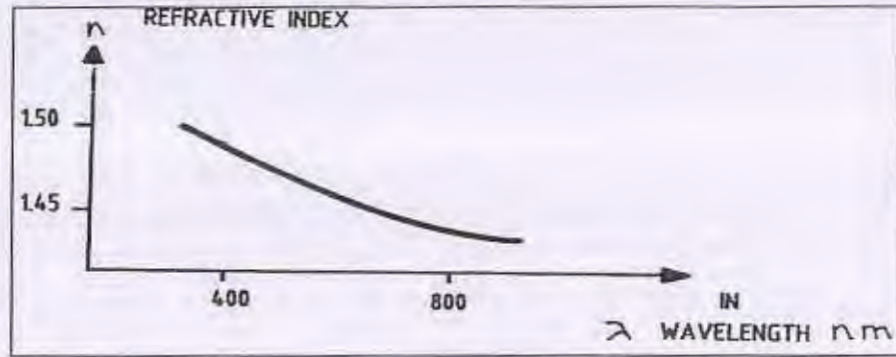
- وينتج عن الاختلاف في سرعة النماذج (الأنماط) الضوئية داخل الشعيرة نتيجة الاختلاف في الطول الموجي لكل نمط فيها وبالتالي يحدث الاختلاف الزمني الذي يؤدي إلى اتساع النبضة الضوئية .
- يحسب في جميع أنواع الشعيرات الضوئية عند الطول الموجي المستخدم كما أنه يعتمد على عرض النبضة الضوئية المرسله من مصدر الضوء



$$\psi_{tot} = \sqrt{\psi_{mod}^2 + \psi_{ch}^2}$$

### ٢-٢-٨-٣ تشتت الدليل الموجي Wave guide Dispersion

وينتج عن اختلاف الأطوال الموجية أيضاً والتي تؤدي إلى اختلاف في معامل الانكسار عند أطول وأقصر طول موجي شكل (١٥-٣) .



شكل (١٥-٣)

### ٩-٣ أنواع الفقد في كوابل الألياف الضوئية

- \* الفقد في الشعيرة نفسها نتيجة الامتصاص والتشتت .
- \* الفقد الناتج عن الالتواء المتناهي الصغر والالتواء المتعرج .
- \* الفقد الناتج عن الربط .
- \* الفقد الناتج عن ضغط خارجي .
- \* الفقد الناتج عن اللحام .

### ١٠-٣ العوامل التي تحدد خصائص أنواع الشعيرات الضوئية

#### ١-١٠-٣ شعيرات الألياف أحادية النمط (النموذج)

- \* التوهين
- \* الاستطارة الخلفية
- \* الطول الموجي القطعي

\* التشتت المادي

٢-١٠-٣ شعيرات الاليف متعددة النماذج (الأنماط)

\* التوهين

\* الفتحة العددية

\* الاستطارة الخلفية

\* عرض النطاق الترددي

\* التشتت النمطي



## الباب الرابع : تجهيز ولحام كوابل الاليف الضوئية

### الهدف

يهدف هذا الفصل على تزويد المشاركين بالمهارات والاتجاهات اللازمة لإعداد وتجهيز كوابل الألياف الضوئية للحام.

الصفحة	المحتويات
٢	١-٤ خصائص الألياف الضوئية Fiber optic properties
٣	٢-٤ أنواع الألياف الضوئية Types of Optical Fiber
٥	٣-٤ انواع كوابل الاليف الضوئية Types of Optical Fiber
٥	٤-٤ إعداد الكابل للحام Types of fiber optic cables
١٤	٥-٤ لحامات الألياف الضوئية splice fiber optic
٢١	٦-٤ النظرية العامة لعمل [آكينات اللحام الآلي] General Theory of Automatic Fusion Machines
٢٢	٧-٤ الاحتياطات الواجب اتخاذها عند إجراء عملية اللحام Precautions to be taken when a splice process
٢٣	٨-٤ اجراءات السلامة والصحة المهنية Occupational safety and health measures

## الباب الرابع

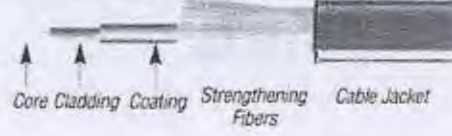
### تجهيز ولحام كوابل الاليف الضوئية

#### ١-٤ خصائص الاليف الضوئية Fiber optic properties



#### Black Box Explains...

#### Fiber optic cable construction.



تتركب الشعيرة الضوئية من ٣ طبقات أساسية هي :

- قلب الشعيرة ( Core ) ويصنع من الزجاج النقي ويتراوح قطره من ٤ إلى ١٠٠ ميكرومتر.
- الكسوة ( Cladding ) وتصنع من الزجاج أيضاً ولكن معامل انكسار الضوء بها أقل من معامل انكسار الضوء في القلب ويبلغ قطرها ١٢٥ ميكرومتر.
- الغلاف ( Coating ) ويصنع من البلاستيك لإعطاء الشعيرة الزجاجية مرونة وصلابة ويبلغ قطرها ٢٥٠ ميكرومتر.



## ٢-٤ أنواع الألياف الضوئية Types of Optical Fiber

يوجد أنواع متعددة من الاليف الضوئية

- الألياف الضوئية متعددة النماذج

### Multimode

- الألياف الضوئية أحادية النموذج

### Single Mode

نوع الاليف	الألياف متعددة النماذج	الألياف أحادية النموذج
وجه المقارنه	M.M	S.M
قطر الشعيرة (core)	50 – 100 $\mu\text{m}$ (50 and 62.5 $\mu\text{m}$ )	4 -10 $\mu\text{m}$ (9 $\mu\text{m}$ )
الطول الموجي Wavelength	850nm 1300 nm	1310nm 1550 nm 1625 nm
الاضمحلال لكل كيلو متر	850nm 3db at km 1300nm 1db at km	1310nm 0.35db at km 1550nm 0.25db at km 1625nm 0.22db at km
مسافة الـ Repeater المصدر الضوئي	1300nm 25 km	1550nm 80 km

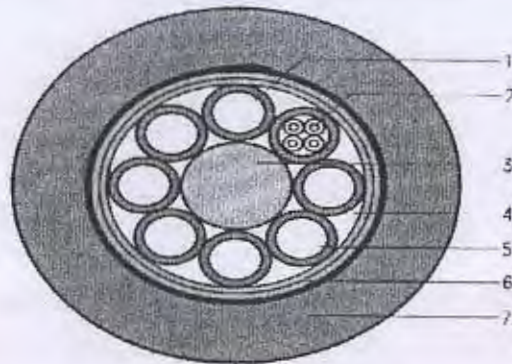
الوان فرعات الاليف الضوئيه

Blue	1
Orange	2
Green	3
Brown	4
Gray	5
whait	6
Red	7
Black	8
Yellow	9
Violet	10
Pink	11
Aque	12



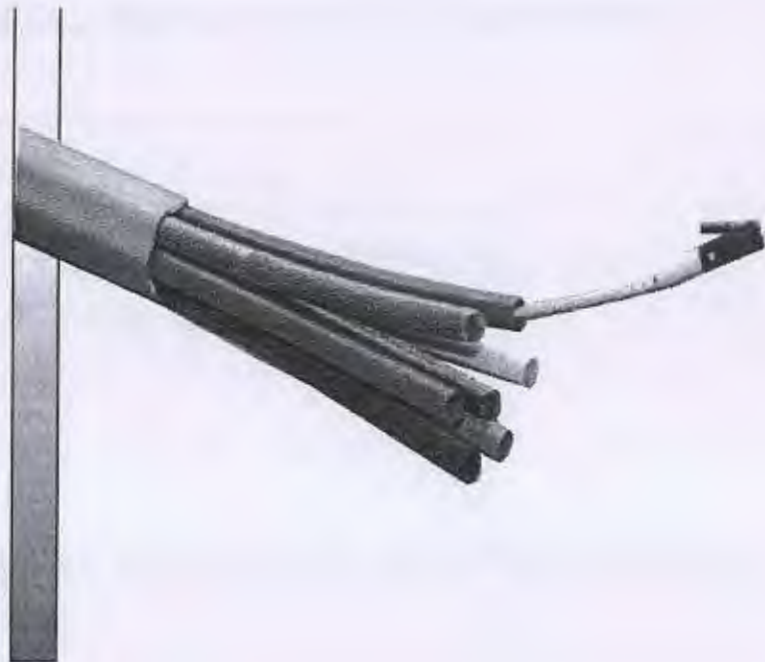
### ٣-٤ انواع كوابل الاليف الضوئية Types of fiber optic cables

#### ١-٣-٤ - كابل مجموعه الاتابيب loose tube cable



- 1 Spare multifiber loose buffer or filler
- 2 Copper quad
- 3 Antibuckling member
- 4 Filling compound
- 5 Multifiber loose buffer
- 6 Core wrapping
- 7 PE laminated sheath with strength members

Telecommunication cable  
multifiber loose buffers



يتكون كابل مجموعه الانابيب من:

- الغلاف الخارجي.
- طبقة الشريط الألمونيوم.
- الغلاف الداخلي.
- الخيوط.
- أنابيب الفرعات.
- الفرعات الداخلية.
- العضو المركزي.

#### Outer jacket الغلاف الخارجي

وهي الطبقة الخارجية المحيطة بالكابل من الخارج وتتميز بأنها طبقة سميكة سوداء مصنوعة من مادة البولي ايثيلين العازلة ( P . E ) أو مادة أخرى تسمى كلوريد البولي فينيل (P.V.C). وهذه الطبقة من الطبقات الهامة جداً في الكابل حيث أنها تحافظ علي الكابل من الصدمات التي قد يتعرض لها أثناء النقل أو السحب وتحافظ علي الكابل أيضاً من تأثير العوامل الجوية أثناء التخزين.

#### Aluminum layer طبقة الألمونيوم

طبقة تلي الغلاف الخارجي مباشرة وهي عبارة عن طبقة من الألمونيوم معرّجة تتميز بالمرونة والصلابة معاً وتعتبر أول طبقة حماية داخلية للكابل من الإجهاد أثناء عملية سحب الكابل.

#### Inner layer الطبقة الداخلية

طبقة تلي الألمونيوم مباشرة وهي طبقة عازلة من مادة البولي ايثيلين وهي طبقة رقيقة جداً وتكون مع طبقة الشريط الألمونيوم حماية داخلية للكابل.



### طبقة الخيوط Kevlar

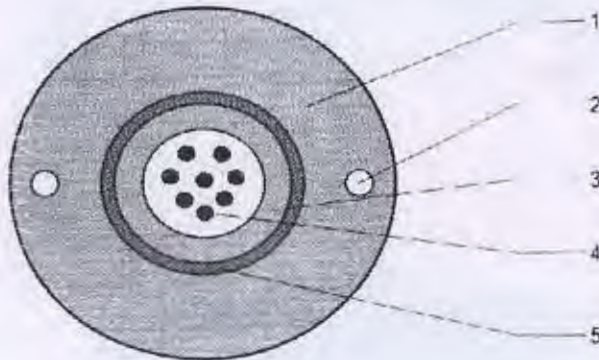
وهي طبقة من خيوط كتانية جيدة العزل تكون حماية داخلية للكابل بين طبقتي الشريط الألمونيوم المعدني وطبقة البولي إيثيلين الرقيقة الداخلية ونحيط بأنابيب الفرعات كحماية للأنابيب من الإجهادات أثناء عملية السحب.

### أنابيب الفرعات tube

وهي عبارة عن أنابيب مصنوعة من البوليستر (Polyester) بداخلها سائل يشبه الفازلين النقي وفائدة هذا السائل هو احتفاظ الفرعة بثباتها أثناء نقل الكابل أو السحب أو أي عمل آخر من أعمال الصيانة كاللحام.

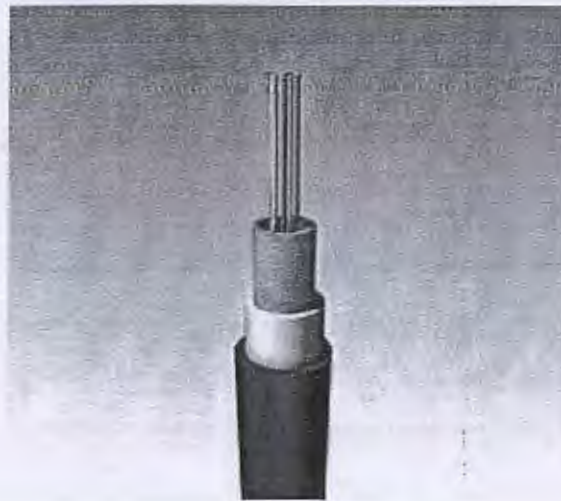
أما الأنابيب فهي تحمي الفرعات من الاحتكاك وتجعل الفرعة أكثر مرونة مما يقلل من نسبة الإجهادات التي يتعرض لها الكابل.

### ٢-٣-٤ كابل الانبوب الواحد light pack cable

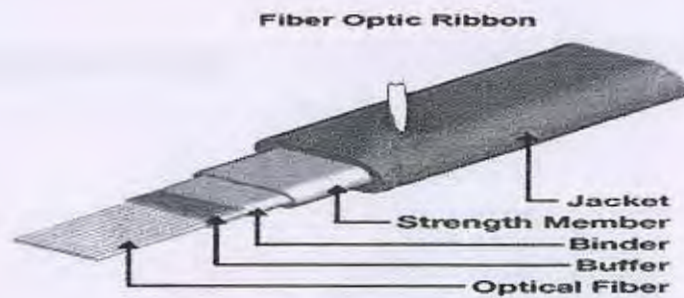


- 1 PE-sheath
- 2 Strength members
- 3 Buffer tubes
- 4 Optical fibers
- 5 Yarn spinning

Figure 9.26  
Multipurpose cable



٣-٣-٤ كابل فيبر شريطي RIBBON





#### ٤-٤ إعداد الكابل للحام

#### ٤-٤-١ أدوات تجهيز الكابل



عند إجراء عملية تجهيز للحام يجب توفر الأدوات التالية بصفة دائمة :

##### ١ - مقياس المتر

ويستخدم في قياس المسافة لجزء الكابل المراد تقشيرها أو قياس مسافة الأنابيب المراد إزالتها .

##### ٢ - الشقافة الدائرية

وهي التي تقوم بعمل شق دائري حول الكابل

##### ٣ - شقافة طولية

وتستخدم لإزالة الغلاف الخارجي للكابل

##### ٤ - مقص حدادي

ويستخدم في عمليات قص الكابل إذا لزم الأمر .

##### ٥ - قصافة

وهي خاصة بقص أو قطع العضو المركزي (Central Member) .

##### ٦ - مقص

وهو خاص بقص الجزء الذي يشبه الخيوط الكتانية ويعرف باسم الكفلر (Kevlar) .

##### ٧ - قاطعة الأنابيب الداخلية ويوجد منها نوعان صغيره وكبيره

##### ٨ - منظف او نقط ابيض

وهو مادة تنظيف لإزالة الطبقة اللزجة الموجودة داخل الكابل وهذه المادة الجيلي أو الفازلين .

٩ - شداد حاكم الكابل الكبير

لاحكام الشد الافيز البلاستيك على الكابل او الانابيب

١٠ - فوط تنظيف

خاصة بتنظيف الأنابيب وذلك بعد ترطيبها بمادة التنظيف

١١ - ماكينة ترقيم

وهي خاصة بترقيم الانابيب

١٢ - اقلام فلومستر

وتستخدم لوضع علامات سواء على الكابل او الأنابيب

١٣ - مجفف كهربى بالهواء الساخن

ويستخدم لفرد الأنابيب جيداً عن طريق الهواء الساخن .

١٤ - مفك عادة وآخر صليبية لربط غطاء وصلة اللحام

#### ٤-٢-٤ خطوات إعداد وتجهيز الكابل للحام

تختلف الكوابل في إعدادها وتجهيزها باختلاف أنواعها وفي هذا البرنامج سوف نتناول طريقة إعداد وتجهيز كابل مجموعته الانابيب (loose tube) وهو نوع من أنواع الكوابل وخطوات الإعداد هي :

١ - يتم قياس الطول المراد تقشير به بواسطة مقياس المتر ويتم أخذ علامة في نهاية الطول.

٢ - يتم عمل شق دائرى حول الكابل عند نهاية هذا الطول بواسطة الشقافة الدائرية

٤ - يتم تحرير كل متعلقات الكابل الداخلية والخارجية وهي :

أ - الطبقة الخارجية

ب - الطبقة المعدنية (الشريط الألمونيوم) .

جـ - الخيوط التى تشبه الخيوط الكتانية وتسمى الكفلر (Kevlar) .



- ٥ - يتم قص الخيوط الكتانية (Kevlar) بواسطة المقص وبعد ذلك يسحب الكابل للخارج عن طريق شخص معين بينما يقوم شخص آخر بدفع الكابل من الخلف إلى الأمام وبذلك تتم عملية نزع كل طبقات الكابل المختلفة الداخلية مرة واحدة لتبقى الأنابيب والتي توجد بداخلها فرعات الألياف الضوئية .
- ٦ - يتم تنظيف الأنابيب تنظيفاً جيداً وذلك بواسطة مادة التنظيف حتى يتم فك الأنابيب بعضها عن البعض حيث يلاحظ أن الأنابيب مجدولة معاً .
- ٧ - يتم قطع العضو المركزي (central member) بواسطة القصافة
- ٨ - يتم عمل تسخين للأنابيب عن طريق هواء ساخن بواسطة جهاز التجفيف الكهربى حتى يتم فرد الأنابيب جيداً وليس من الضروري فرد الطول الكلى
- ٩ - يتم قياس طول الأنابيب المراد نزعها حتى نحصل على الفرعات الداخلية فى الأنابيب وذلك بواسطة مقياس المتر ونأخذ علامة عند هذه الطول بواسطة قلم فلومستر .
- ١٠ - يتم نزع باقى الأجزاء وذلك بواسطة قاطعة الأنابيب حيث تلف القاطعة دائرياً حتى يتم الحز فقط ثم يتم كسر الأنبوية بكلتا اليدين عند هذا الحز وتسحب للأمام
- ١١ - يتم تنظيف الفرعات الداخلية للكابل تنظيفاً جيداً بواسطة مادة التنظيف النفط الأبيض ويراعى الحرص فى عملية تنظيف الفرعات لعدم كسرها
- ١٢ - يتم عمل الترقيم اذا كانت انابيب الفرعات متشابهة الالوان

#### ٣-٤-٤ تثبيت الكابل وإعداد وصله اللحام Joint



نوضح فيما يلى نموذجاً لتثبيت الكابل على صينية اللحام وكاسيت الفرعات باستخدام وصلة

اللحام Joint

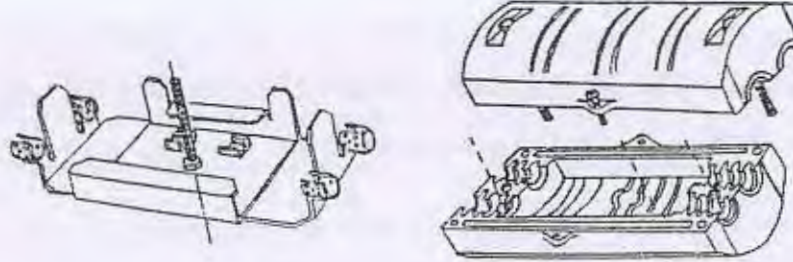
#### ٤-٤-٤ مكونات وصلة اللحام

##### ١ - جسم الوصلة الخارجى

وهى من البلاستيك المقوى ويعتبر بمثابة الغلاف الخارجى للوصلة كحماية للحام الداخلى .

##### ٢ - صينية اللحام

ويثبت عليها الكابل ويوضع فوقها كاسيت الفرعات .



صينية اللحام

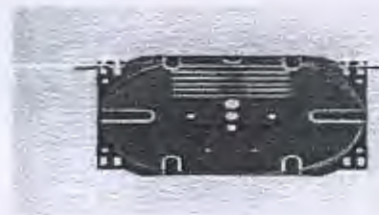
الغلاف الخارجى للوصلة

##### ٣ - كاسيت الفرعات Cassette

وهو مكان تثبيت بداية الأنابيب تمهيداً لإجراء عملية اللحام للفرعات ويتكون من :

جسم الكاسيت .

مشط اللحام .



كاسيت الفرعات Cassette



٤ - سدادات الجسم الخارجى

هما عبارة عن سداتين من البلاستيك لغلق تجويفين من الأربع تجاويف الموجودة بالغلاف الخارجى أما التجويفان الباقيان فيدخل منهما طرفا الكابل .

٥ - البائد العريض ويلف حول الغلاف الخارجى للكابل السداتان بمقاس معين لا تتسرب المياه بعد غلق الوصلة

٦ - مقياس البائد

وهو مقياس للشريط حتى لا يلف بكمية أكثر من اللازم على الكابل وعلى السدادات فيصعب غلق الوصلة .

٧ - البائد الطولى

وهو شريط طولى يوضع بطول الغلاف الخارجى للوصلة وذلك فى تجويف خاص وهو يؤكد إحكام الوصلة جيداً مع الشريط العريض وبالتالي لا تتسرب المياه داخل الوصلة .

٨ - حاكم الكابل الكبير (Tie rap)

ويستخدم لعمل تحزيم للكابل من الخارج

٩ - حاكم الكابل الصغير

ويستخدم لربط الأنابيب الداخلية للكابل على كاسيت الفرعات

١٠ - كيس ملح

يوضح بعد انتهاء اللحام حتى يمتص الرطوبة .

#### ٥-٤-٤ خطوات تثبيت الكابل على صينية اللحام وكاسيت الفرعات

- ١ - يتم وضع الكابل بعد انتهاء مسافة التقشير في تجويف مفتوح دائري ثم يتم ربط الكابل بعد إدخاله في هذا التجويف بحزام الكابل الكبير وشده جيداً حتى نتأكد من تمام إحكام التجويف على الكابل
- ٢ - يتم وضع العضو المركزي (Central Member) والخيوط الكتانية التي تعرف باسم الكفلر (Kevlar) تحت ورده دائرية ثم يتم ربطهم بالمسمار جيداً
- ٣ - يتم لف شريط لحام حول بداية الأنابيب ثم يتم ربطهم بواسطة حزام الربط الصغير ويتم شد الحزام حتى نتأكد من تمام التثبيت
- ٤ - يتم لف الفرعات الداخلية حول الكاسيت تمهيداً لوضع الكاسيت على ماكينة اللحام لإجراء عملية اللحام.

#### ٦-٤-٤ خطوات غلق وصلة اللحام

- تتم هذه الخطوات مباشرة بعد إجراء اللحام والتأكد من صلاحية اللحام وذلك بعمليات القياس من السنترال .
- ١ - يتم لف الأنابيب الداخلية في أسفل صينية اللحام بدقة
  - ٢ - يتم وضع الشريط العريض على الكابل بعد تنظيفه جيداً ويراعى أخذ المقياس من الشريط وذلك بواسطة مقياس الشريط
  - ٣ - يتم وضع الشريط العريض على السدادتين وأخذ نفس المقياس
  - ٤ - يتم وضع الشريط الطولي في تجويف طولي للغلاف الخارجى لوصلة اللحام ويراعى عدم الإمساك بالباند كثيراً حتى لا يفقد الباند لزوجيته .
  - ٥ - يتم وضع الغطاء الخارجى للباند ثم يربط بأربعة مسامير اثنين منهم مسامير مسدسة وتربط بصامولة عن طريق مفتاح خاص بهم والاثنان الآخران عبارة عن مسامير عادية وتربط بمفك صليبية.



## ٥-٤ لحامات الألياف الضوئية splice fiber optic

### ١-٥-٤ الأنواع المختلفة للحام

١. اللحام الدائم: لحام بالانصهار
٢. اللحام المؤقت: اللحام الميكانيكي

### ٢-٥-٤ لحام الألياف بالانصهار fusion splice

تستخدم هذه التقنية في لحام نهايتي الألياف الضوئية حيث يتم إعدادهما مسبقاً قبل تثبيتهما في جهاز اللحام ثم إجراء خطوات اللحام التالية:

- التصفيف الأولي: يعني به وضع الألياف علي استقامة واحدة دون انحراف زاوي أو محوري وينتصفهما الخط الواصل بين قطبي اللحام.
- اللحام الأولي: وتعرض فيه الألياف إلي درجة حرارة كافية فقط لعملية تنظيف النهايتين من أي شوائب كما أنها تعمل علي منع تكون فقاعات هوائية أثناء اللحام النهائي.

- التصفيف النهائي : وهو جعل النهايتين عند الخط الواصل بين قطب اللحام.

**اللحام النهائي :** تتولد درجة حرارة عالية جداً تجعل نهايات الألياف المتباعدة تلتصق وتتصهر متداخلة مع بعضها خلال زمن محدد ويتم لحامهما حيث تظهر الألياف بالعين المجردة كأنها شعيرة واحدة متصلة.

### ٣-٥-٤ ادوات اللحام

- قشارة الألياف

وهي خاصة بنزع الجزء الأخير الموجود على الفرعة المسمى بالغلاف (Coating) .

- زجاجة كحول نقي ومناديل تنظيف .
- قاطعة الألياف (Fiber Cutter)

وهذا الجزء ملحق بماكينه اللحام وهو جزء حساس للغاية نظراً لأنه يقطع فروع ذات سمك ١٢٥ ميكروستر ويراعى الدقة التامة عند استخدامها وانتظارها باستمرار .

#### ٤-٥-٤ خطوات عمل الحام بالانصهار

- ١ - يتم وضع الحماليه **Heat-Shrink** ثم يتم إزالة الغطاء الخارجى (**Coating**) من على الفرعة بواسطة قشارة الفيبر .
  - ٢ - يتم تنظيف الجزء الذى تم تقشيرَه تنظيفاً جيداً بواسطة منديل ورق مبلى بالكحول .
  - ٣ - يتم القطع بواسطة قطاعة الفيبر والتأكد من سلامة القطع ونلاحظ وجود أشكال متعددة للقطع تظهر عند النظر فى شاشة الماكينه و القطع المثالى المقبول يكون مستقيماً تماماً ولا يوجد زوائد او نقص أو ميل فى القطع .
  - ٤ - يتم وضع فروع الفيبر بدقة وحرص فى المجرى الخاص بالفروع فإذا وجدت الفروع غير مضبوطة يعاد وضعها من جديد حتى يتم الضبط تماماً لإجراء عملية اللحام .
  - ٥ - يتم الضغط على مفتاح الانصهار (**set**) وهو المفتاح الخاص بعملية الانصهار وإتمام اللحام.
- يجب التأكد من صلاحية اللحام وهناك طريقتان للتعرف على ذلك هما :

- الشكل العام من خلال الشاشة

- القياسات والاختبارات.

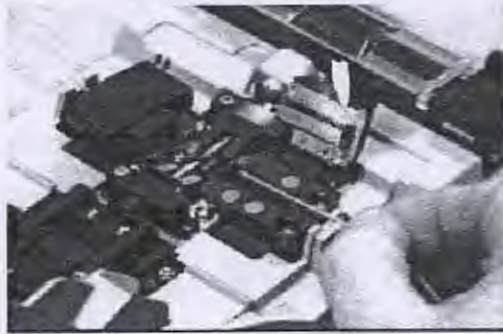


#### ٥-٥-٤ اللحام الميكانيكي Mechanized splice

نادراً ما يستخدم هذا النوع من اللحام فاللحام الميكانيكي على وجه العموم ما هو إلا لحام سريع في زمن قياسي حتى يعاد الكابل سريعاً في الخدمة ولكنه مع تطور ماكينات اللحام قل زمن اللحام تدريجياً حتى وصل إلى زمن يعادل أو ربما أقل من زمن اللحام بالانصهار إذا توافرت الكفاءة لدى عامل اللحام .

#### ٦-٥-٤ طريقة عمل ماكينة اللحام

- يتم وضع الليفه المراد لحامها في المجري المخصص لها ثم يوضع فوقها ضاغط يساعد على التواء الفرعه للداخل وذلك في جهاز الإرسال.
- توضع الليفه الأخرى من الطرف الآخر من الكابل في المجري المخصص لها بنفس الطريقة. وتقوم الماكينة بعملية ضبط الفروع أفقياً ورأسياً والمسافة المثلى بينهما حتي نحصل علي أقل فرق ممكن عندئذ تقوم الماكينة بعملية الصهر ( Fusing ).



أشكال الفروع تحت ميكروسكوب ماكينة اللحام أو أمام الشاشة





#### ٧-٥-٤ أنواع ماكينات اللحام Types of splice machines

يستخدم في لحام كوابل الألياف الضوئية ثلاثة أنواع مختلفة من ماكينات اللحام هي:

- ماكينات اللحام اليدوية ( Manual )
- ماكينات اللحام النصف آلية (Semi-Automatic)
- ماكينات اللحام الآلية (Full-Automatic)

#### ✓ ماكينات اللحام اليدوية Manual

يعتمد هذا النوع من ماكينات اللحام اعتماداً كلياً على مهارة القائم بأعمال اللحام من حيث دقة ضبط فرعتي اللحام وتمثل هذه الماكينات الأنواع البدائية لماكينات لحام الألياف الضوئية ويعيب هذا النوع من ماكينات اللحام الحاجة إلى كفاءة عالية ومهارة فائقة من حيث الدقة وحساسية اليدين كما يعيبها أيضاً طول زمن اللحام نظراً لإحتمال إعادة اللحام أكثر من مره .

تتم  
بسهولة  
إعادة العمل

#### ✓ ماكينات اللحام النصف اليه Semi-Automatic

هي تطوير لماكينات اللحام اليدوية وتعتمد أولاً على مهارة القائم بأعمال اللحام من حيث فهمه الدقيق لأساسيات لحام كوابل الألياف الضوئية وأيضاً دقة الحصول على أفضل وضع ممكن للفرعات على أن تقوم ماكينة اللحام بعد ذلك بضبط الفرعات أوتوماتيكياً والوصول بها إلى الوضع الأمثل لعمل الإنصهار.

يتم ضبط الفرعتين  
أوتوماتيكياً



### ماكينات اللحام الآلية full Automatic

تلك أحدث أنواع ماكينات اللحام المستخدمة حالياً وتعتمد على فهم القائم بأعمال اللحام لأساسيات اللحام فهماً تاماً لذلك فإن العمل بهذه الماكينات يتطلب مستوى معين من الدراسة للقائم بأعمال اللحام . وتقوم هذه الماكينات بضبط الفرعات ضبطاً كاملاً دون الحاجة إلى دقة وضع الفرعات .

- ومثال لتلك الأنواع من ماكينة اللحام الألمانية الصنع سيمنز (SIEMENS)
- أحدث الماكينات اليابانية الموجودة حالياً هي (Fujikura (FSM-405 و (FSM- Fujikura 50S)

و (Fujikura (FSM-60S و

- وماكينه لحام سوموتومو تاتش c17



(FSM-40S) FUJIKURA

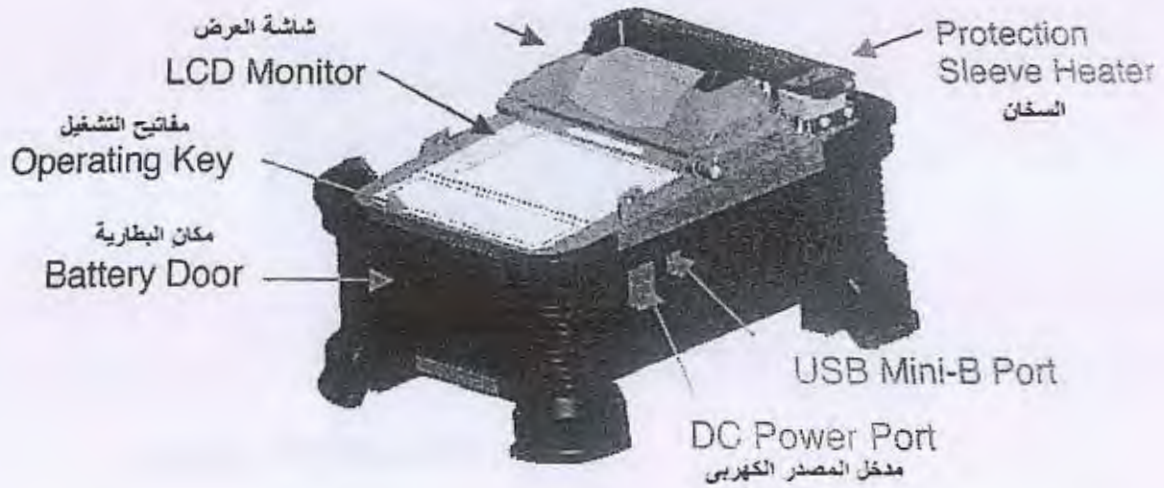


(FSM-50S) FUJIKURA

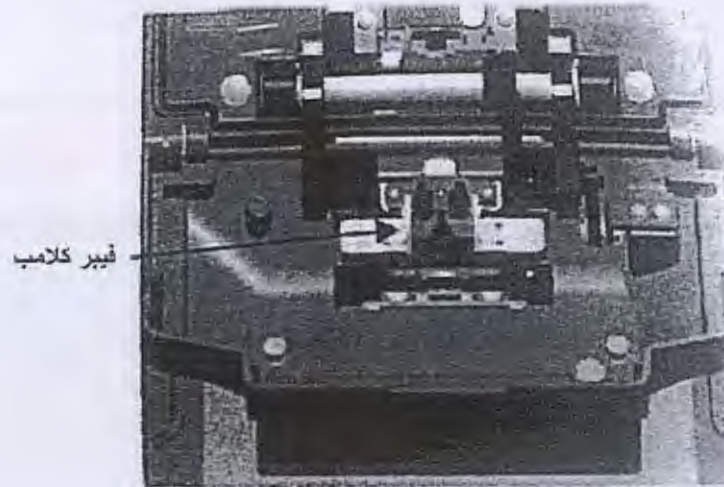


Fujikura (FSM-60S)

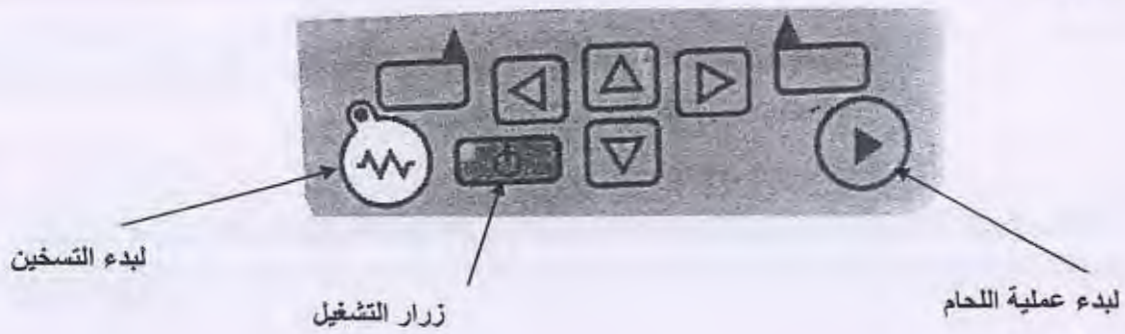
ماكينة اللحام Furukawa (S178 A) FITE



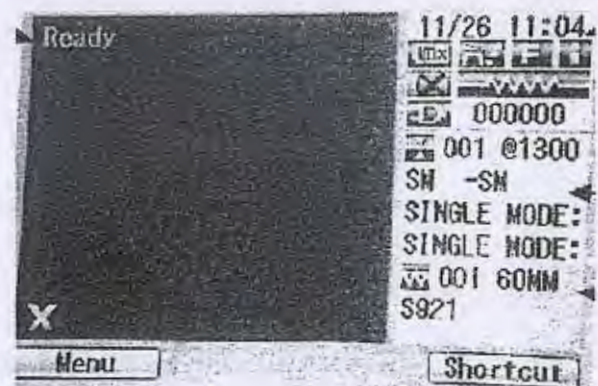




مفاتيح التشغيل:



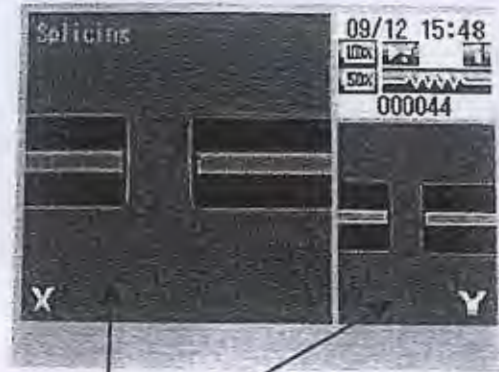
الشاشة الاساسية:



### الشاشة أثناء اللحام:

اللون الأخضر يبين لحام جيد

الفقد



شكل الفير (كاميرتين امامية وخلفية)

## ٦-٤ النظرية العامة لعمل ماكينات اللحام الآلى General Theory of Automatic Fusion Machines

١. تعتمد نظرية عمل اللحام الآلى على فكرة الحقن والكشف المحلي

### (Local Injection and Detection)

ويتم ذلك داخلياً أو خارجياً بماكنة اللحام ويتكون هذا الجهاز من ثلاثة أجزاء رئيسية هي :

- جهاز الإرسال للضوء أو جهاز الحقن (Injection) .
- جهاز الاستقبال للضوء أو جهاز الكشف (Detection) .
- المقارن (Comparator) .

٢. نظرية L P S (line access profile system) وهذه النظرية الموجوده فى مكينات

اللحام داخل مصر حالياً لقله اسعارها عن مثيلاتها



#### ١-٦-٤ أسباب اللحامات الرديئة

- انحراف قطري كلي: ناتج عن عدم تصفيف الشعيرات بدقة أمام بعضهما ويكون الفقد في هذه الحالة عالياً جداً
- التباعد الأفقي بين الطرفين: يحدث نتيجة عدم ضبط المسافة بين الشعيرتين المراد لحامهما
- الانحراف الزاوي : نتيجة عدم ضبط إحدي الشعيرتين في المجري المخصصه لها بسبب عدم نظافة المجري أو وجود شوائب بها
- عدم توافق أطراف الوصل: نتيجة عدم جلي أطراف الموصل جيداً

#### ٧-٤ الاحتياطات الواجب اتخاذها عند إجراء عملية اللحام a splice process

- تنظيف المكان الذي يجري فيه اللحام تنظيفاً جيداً وبصفة خاصة المتضدة التي توضع فوقها ماكينة اللحام ووصلة اللحام.
- وضع ماكينة اللحام في الكهرباء لمدة ١٢ ساعة على الأقل قبل إجراء عملية اللحام وذلك للاعتماد على بطارية الماكينة إذا لزم الأمر وتعذر وجود الكهرباء.
- وضع جميع أدوات اللحام بالكامل على يمين القائم باللحام وذلك لعدم تحريك القائم بعملية اللحام كثيراً من مكانه وذلك لتوفير الراحة التامة له.
- إحكام مكان اللحام جيداً لمنع دخول الأتربة فيه مما يؤثر على ماكينات اللحام وبالتالي على عملية اللحام ونتائجها ونظراً لأن معظم لحامات كوابل الألياف الضوئية تتم في الخلاء مما يعرضها للأتربة لذلك يجب إحكام المكان وغلقه على قدر المستطاع باستخدام خيمة لإجراء اللحام أو سيارة مجهزة للحام.
- عدم جلوس أكثر من شخص مع القائم بعملية اللحام وذلك لعدم الإخلال بتركيزه.
- يفضل وجود ماكينة لحام أخرى احتياطية إذا توافرت الإمكانيات وذلك لاحتمال تعطل الماكينة المستخدمة وذلك لسرعة لحام الكابل وإعادته إلى الخدمة.



## ٨-٤ اجراءات السلامة والصحة المهنية Occupational safety and health measures

قبل البدء فى تنفيذ عمليات تجهيز كوابل الاليف الضوئية ولحامها لابد من وجود وسائل السلامة والصحة المهنية حفاظا على العاملين بهذا المجال من مخاطر الاصابه من الاليف الزجاجيه واشعه الليزر وهى كالتالى .

- جوائى
- نظاره واقيه من الليزر
- خوذ
- حذاء سفتى

### اسئلة للمراجعة Questions

١. ما هي مميزات الاليف الضوئية في انظمة الاتصالات ؟
٢. ما هي استخدامات الاليف الضوئية ؟
٣. وضح بالرسم تركيب شعيره الاليف الضوئية ؟
٤. وضح انواع الاليف الضوئية ؟
٥. وضح كيفيه تجهيز كابل الاليف الضوئية وما هي الادوات المستخدمه ؟
٦. وضح كيفيه تجهيز فرع الاليف الضوئية للحام وما هي الادوات المستخدمه ؟
٧. ما هي انواع ماكينات اللحام وطريقه اللحام ونظريه اللحام ؟
٨. الاحتياطات الواجب اتخاذها عند إجراء عملية اللحام ؟



## الباب الخامس : قياسات كوابل الألياف الضوئية

### الهدف

التعرف على انواع الفقد فى كوابل الاللياف الضوئية وطريقة حساب الفقد الكلى ونظرية تشغيل جهاز otdr واستخدام الجهاز ومكوناته .

الصفحة	المحتويات
٢	١-٥ مقدمة
٣	٢-٥ أنواع الفقد
٦	٣-٥ حساب الفقد الكلى في كوابل الألياف الضوئية ( Total Loss )
٧	٤-٥ قياس الفقد الكلى في كوابل الألياف الضوئية
٨	٥-٥ مكونات جهاز القياس otdr
٩	٦-٥ استخدام جهاز القياس OTDR
١٠	٧-٥ نظرية التشتت العائد Back Scattering
١١	٨-٥ المخطط الصندوقى لجهاز القياس OTDR
١٤	٩-٥ الاحتياطات الواجب اتخاذها قبل بدء القياس بجهاز OTDR

## الباب الخامس

### قياسات كوابل الاليف الضونية

#### ١-٥ مقدمة

لا تختلف كوابل الاليف الضونية عن الكوابل النحاسية في القياسات التي يمكن أن تجرى عليها مثل قياس الاضمحلال وقياس المسافة ونحو ذلك .

والقياسات التي يمكن إجراؤها على كوابل الاليف الضونية هي :

- ١ - قياس القدرة الضونية (OPTICAL)
- ٢ - قياس عرض النطاق (BAND WIDTH)
- ٣ - قياس الفقد الكلي (TOTAL LOSS)
- ٤ - قياس الفقد لكل كيلومتر (LOSS/KM)
- ٥ - قياس فقد اللحام (SPLICE Loss)
- ٦ - قياس فقد الموصل (CONNECTOR)
- ٧ - قياس موضع (مسافة) عطل (FAULT LOCATION)

ويتم قياس القدرة بواسطة جهاز قياس القدرة الضونية (OPTICAL POWER)

وتقاس هذه القدرة إذا كان المطلوب هو تحديد القيمة الفعلية (AMPLITUDE) من موحد الليزر (LASER DIODE) لتحديد مدى كفاءته .ويمكنه استخدام جهاز قياس القدرة الضونية في قياس الفقد الكلي (TOTAL LOSS) في الكابل بقياس القدرة الضونية من موحد الليزر قبل إرسال ضوء الليزر عبر الكابل وتدوين هذه القيمة بدون الكابل ثم يتم توصيل الكابل وأخذ القياس من الجانب الآخر للكابل ثم تطرح نتيجتي القياس وتكون النتيجة هي قيمة الفقد الكلي .بينما يتم قياس عرض النطاق باستخدام جهازين أحدهما للإرسال والآخر للاستقبال .



## ٢-٥ أنواع الفقد

- ١- فقد ناتج عن امتصاص المادة (Absorption Losses)
- ٢- فقد ناتج عن التشتت في المادة (Material Scattering Losses)
- ٣- فقد ناتج عن الالتواء (Bending Losses)
- ٤- فقد ناتج عن الربط (Coupling Losses)
- ٥- فقد ناتج عن اللحام (Splice Losses)

### ١-٢-٥ الفقد الناتج عن الامتصاص للمادة (Absorption Losses)

الفقد الناتج عن الامتصاص هو جزء من الفقد الكلي وينتج عن تحول الطاقة الضوئية الى صورة اخرى من صور الطاقة (حرارية او اهتزازات وينتج عن الاتي) :

عوامل داخلية : لايعتمد على طبيعة مادة السيليكا وينتج عن امتصاص الضوء عند اطوال موجية معينة .

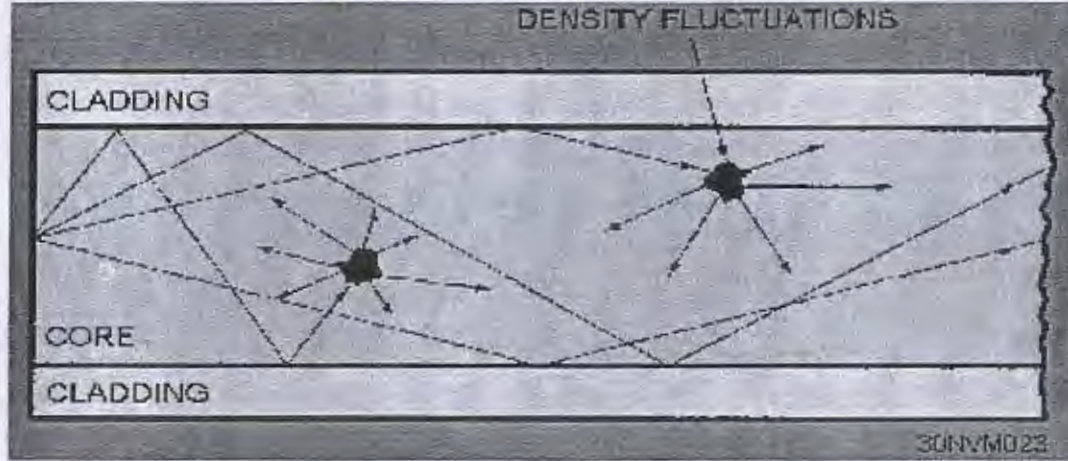
عوامل خارجية : تنتج عن الشوائب التي توجد في الكابل اثناء التصنيع (حديد- كروم -نيكل) والتي يحدث انتقال للالكترونات الموجودة بها من مدار اقل الى مدار اعلى ثم تفقد هذه الطاقة في صورة اخرى .

وكذلك من الاسباب الاساسية وجود ايونات الهيدروكسيل (OH IONS) التي لها خاصية امتصاص الضوء عند اطوال موجية معينة .

### ٢-٢-٥ الفقد الناتج عن التشتت في المادة (Scattering Losses)

نتيجة لوجود جزيئات الشوائب وعدم انتظام درجة الحرارة والتركيب الداخلي تحدث إعاقة في مسارات الأشعة الضوئية يؤدي إلى تشتيتها.

وهناك نُسنت آخر ناتج من عدم انتظام الحد الفاصل بين القلب والكسوة ويتسبب ذلك في تسرب جزء من الطاقة داخل الكسوة مما يؤدي إلى فقد في الطاقة الضونية الكلية المارة في القلب.



شكل (١-٥) الفقد الناتج عن التشتت

### ٣-٢-٥ الفقد الناتج عن الالتواء (Bending Losses)

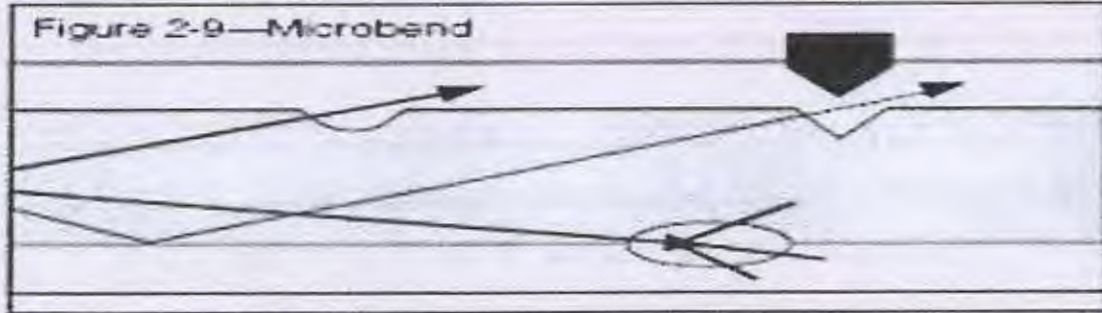
وينتج عن حدوث تقوس أو التواء في فرعات الألياف الضونية والالتواء بصف عامة هو "انحناء حاد في الفرعة" ينتج عنه اصطدام بعض الأشعة بالحد الفاصل بين القلب والكسوة فتخترقه إلى الكسوة مما يؤدي إلى فقد جزء من الطاقة الضونية وهذا الالتواء ينقسم إلى :

#### أ - الالتواء المتناهي في الصغر ( Micro Bending )

وهو عبارة عن التواءات منتظمة للفيبر انظر شكل (٢-٥)

عبارة عن التواءات صغيرة

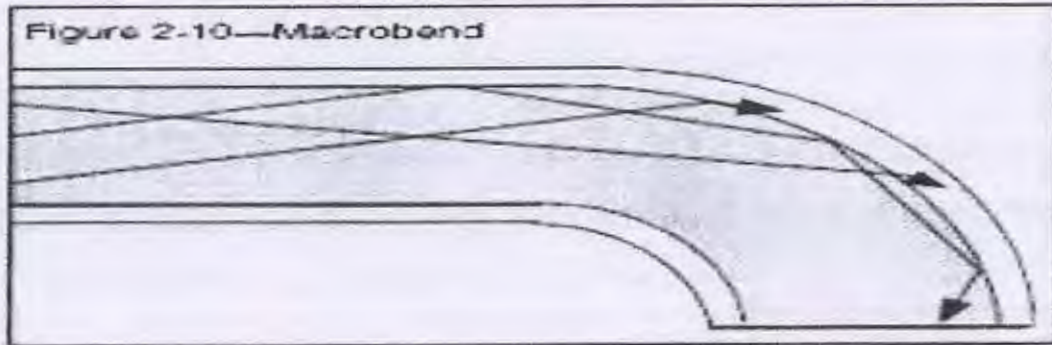




شكل (٢-٥ a) التواء متناهي الصغر

#### ب - الالتواء التعرجي (Macro Bending)

وهو عبارة عن بعض التعرجات الدقيقة جداً للفيبر • انظر الشكل (٢-٥)



شكل (٢-٥ b) التواء تعرجي

#### ٢-٥-٤ الفقد الناتج عن الربط (coupling Losses)

وينتج هذا الفقد من وجود فجوة صغيرة بين الموصل (connector) والسوكيت (socket) المقابل له أو مابين الموصلين (2connectors) والرابط بينهما (coupler) ويكون هذا الفقد ثابتاً وإن اختلف بالنسبة لاختلاف نوعية الموصل من حيث جودة التصنيع •

### ٥-٢-٥ الفقد الناتج عن اللحام

وهو فقد لا يمكن التخلص منه وينتج من حدوث انصهار لجزني فرعتي الألياف الضوئية.

- تحسب قيمة الفقد الناتج عن الامتصاص وعن التشتت في المادة بمعرفة الشركة المصنعة على أساس قيمة الفقد لكل كيلو متر ويكتب على النحو التالي ( ٠,٥ ديسيبل / كم ) مثلاً فإذا كان طول الكابل ٢ كم فإن الفقد في هذه الحالة يكون ٠,٥ ديسيبل / كم  $\times$  ٢ كم = ١ ديسيبل .

وكلما قلت قيمة الفقد في الكابل لكل كيلو متر كلما زادت تكاليف الكابل.

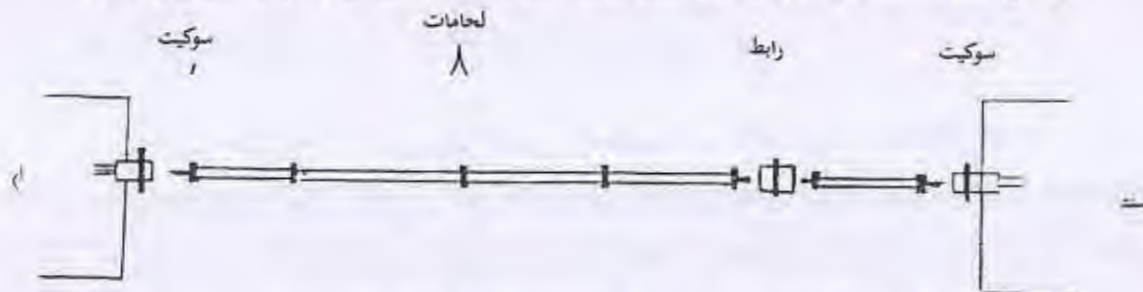
- الفقد الذي يحدث نتيجة الالتواء يكون ناتج عن عدم الفهم الدقيق لأساسية التعامل مع هذه النوعية من الكوابل وتكون قيمته تبعاً لحدة الالتواء .

- الفقد الذي يحدث نتيجة الربط (coupling) فتكون قيمته ثابتة ومعلومة لدينا تبعاً لنوعية الموصل (connector) والرابط (coupler) وعلى سبيل المثال فإن الموصل من نوعية (S T) يعطى فقداً ثابتاً قيمته ١ ديسيبل .

- الفقد الذي يحدث نتيجة اللحام فهو غير ثابت ولكن تتفاوت قيمته تبعاً لكفاءة عامل اللحام وكفاءة ماكينة اللحام ويتم تحديد قيمته عن طريق القياس .

### ٣-٥ حساب الفقد الكلي في كوابل الألياف الضوئية ( Total Loss )

يوضح الشكل التالي (٤-٥) مسار كابل ألياف ضوئية بين سنترال ( أ ) وسنترال ( ب ) .



شكل (٤-٥) مسار كابل ألياف ضوئية بين سنترالين أ ، ب



فإذا كان طول هذا الكابل (ل) كم ويتكون من : أربع موصلات اثنين موصلين منهم بالسنترايين من خلال سوكتيت واثنين منهم موصلين برابط ، وبه ثلاث لحامات فإن الفقد الكلى (Total Loss) يساوى الفقد في الموصل  $\times$  طول الكابل + الفقد في اللحام (١) + الفقد في اللحام (٢) + الفقد في اللحام (٣) .

مثال : احسب الفقد الكلى لكابل طوله ٤ كم إذا علمت أن الكابل مصمم على أساس أنه يعطى فقد لكل كيلومتر مقداره ٠,٤ ديسيبل وبه موصلين للإشارة قيمة الفقد لكل واحد منهم ٠,٥ ديسيبل ورابط فقده ١,٥ ديسيبل وبه لحام واحد قيمة الفقد له ٠,١ ديسيبل .

### الحل

الفقد الكلى = الفقد في الموصل  $\times$  عدد الموصلات + الفقد في الرابط  $\times$  عدد الروابط + الفقد لكل كم  $\times$  طول الكابل + الفقد في اللحام (١)

الفقد في الموصل الواحد = ٠,٥ ديسيبل عدد الموصلات = (٢)

الفقد في الرابط = ١,٥ ديسيبل عدد الروابط = (١)

الفقد لكل كم = ٠,٤ ديسيبل طول الكابل = (٤) كم

فقد اللحام = ٠,١ ديسيبل عدد اللحامات = (١)

فيكون الفقد الكلى =  $٠,٥ \times ٢ + ١,٥ \times ١ + ٠,٤ \times ٤ + ٠,١ = ٤,٢$  ديسيبل.

### ٤-٥ قياس الفقد الكلى في كوابل الألياف الضوئية

تعتمد فكرة قياس الفقد الكلى في كوابل الألياف الضوئية على وجود جهازين أحدهما جهاز إرسال ضوئي (optical Transmitter) والآخر جهاز استقبال ضوئي (optical Receiver) ويتم ضبط جهاز الإرسال لإرسال قدرة معينة محسوبة فيقوم جهاز الاستقبال بعمل مقارنة بين القدرة المرسله والقدرة المستقبلية ويحسب على أساسها القدرة الضوئية المفقودة (Optical power Loss) .

ويتم عمل معايرة مبدئية (calibration) قبل البدء في عملية القياس عن طريقة وصلة (جمبر) صغيرة مابين جهازي الإرسال والاستقبال وهذه الوصلة لا تتعدى ٢ متر ( حتى يكون فقدها صغيراً) فإذا كانت قراءة الجهاز لاتساوى صفراً فيتم معايرة الجهاز بواسطة معامل التصحيح

(Correction Factor) حتى نصل إلى فقد مساوي للصفر .

وتختلف أجهزة قياس الفقد في كوابل الألياف الضوئية متعددة المسارات عن أجهزة الفقد للكوابل أحادية المسار كما تختلف أيضاً قياسات كوابل الألياف الضوئية التي تتميز بالموجات الطويلة (Long wave) التي يتراوح طولها الموجي بين ١٣٠٠ ، ١٥٥٠ نانو متر (Nano meter) عن قياسات الكوابل القصيرة الموجات (short wave) والتي يكون طولها الموجي ٨٥٠ نانومتر (Nano meter) واختلاف هذه الأجهزة في المصدر الضوئي سواء كان هذا المصدر موحد مشع للضوء (LED Light Emitting Diode) أو موحد الليزر (LD Laser Diode) .

ويفضل استخدام الأجهزة التي تحتوي على موحد الليزر (Laser Diode) في المسافات الطويلة (Long Distance) نظراً لما يتمتع به موحد الليزر من تماسك شعاعه وارتفاع قيمة القدرة الضوئية المنبعثة منه .

## ٥-٥ مكونات جهاز القياس otdr

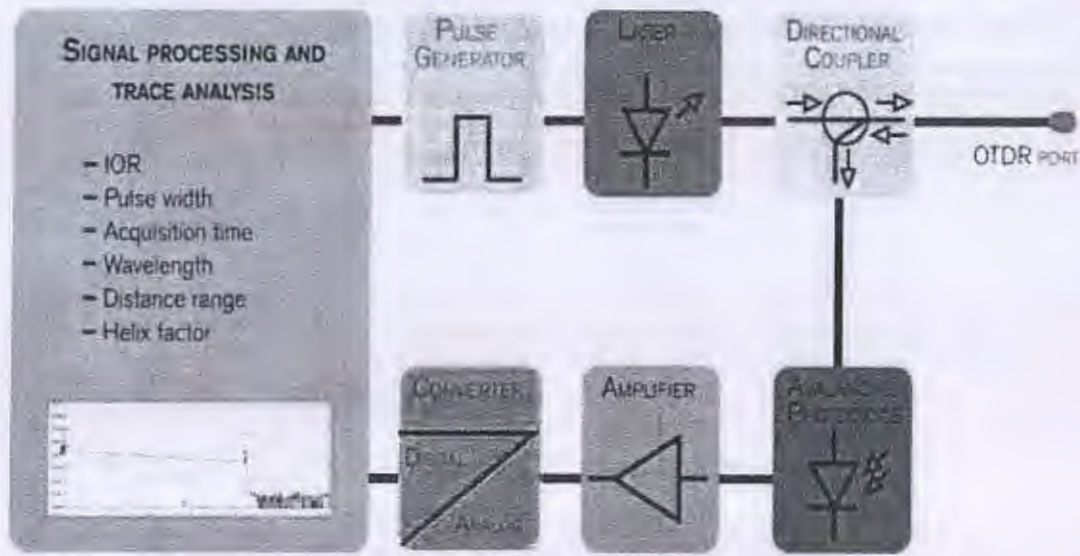
المصدر الضوئي : يرسل نبضات ضوئية ويتم تحديد مدى القياس وعرض النبضة المرسله والطول الموجي حسب اعدادات الجهاز

المستقبل الضوئي : يحول الاشارة الضوئية المستقبلية ( الضوء المنعكس) الى اشارة كهربية يتم تكبيرها عن طريق ( amplifierمكبر الاشارة )

Coupler يسمح بمرور الضوء في اتجاه واحد فقط

Clock: لقياس الزمن بين خروج النبضة من المرسل الضوئي حتى استقبالها .





مكونات جهاز القياس otdr

#### ٦-٥ استخدام جهاز القياس OTDR

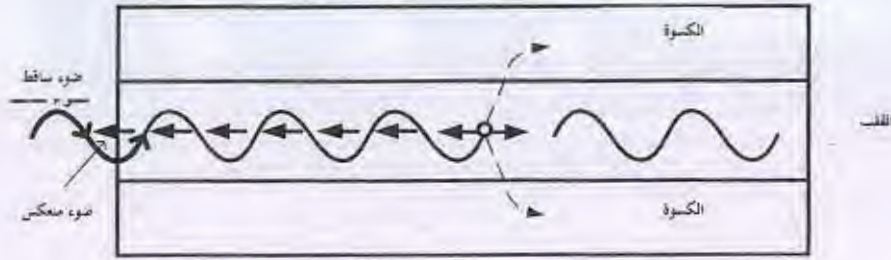
أعطال كوابل الألياف الضوئية سواء كانت هذه الأعطال هي قطع كامل أو جزئي في الكابل أو حدوث إجهاد للكابل أو كسر في أحد لحامات وصلة اللحام ويسمى جهاز OTDR بجهاز قياس الانعكاس الضوئي الميداني OPTICAL DOMAIN REFLECTOMETER وبالتالي فإن استخدامات جهاز (OTDR) هي :

- ١- قياس الفقد الكلي (Total loss) بطول الكابل .
- ٢- قياس الفقد لكل كيلومتر من الكابل (Loss/ km)
- ٣- قياس فقد اللحام (Splice loss) وفقد الموصل (Connector loss).

وبالنسبة لقياس الفقد الكلي (Total loss) يفضل استخدام جهازي الإرسال والاستقبال لقياس الفقد كما سبق شرحه ولا يفضل استخدام أجهزة (OTDR) نظراً لأن هذه الأجهزة تحتوى على منطقة في بداية المنحنى المعبر عن الكابل تسمى المنطقة الميتة (Dead zone) أى أن الجهاز يقيس بداية الكابل بعد مسافة معينة .

ولا تختلف فكرة قياس أعطال كوابل الألياف الضوئية كثيراً عن فكرة قياس أعطال الكوابل النحاسية بواسطة جهاز قياس صدى النبضات (Pulse Echo Meter) حيث تكون الموجة المنعكسة في حالة قياس أعطال كوابل الألياف الضوئية موجة ضوئية بينما تكون في الكوابل النحاسية موجة كهربية .

## ٧-٥ نظرية التشتت العائد Back Scattering



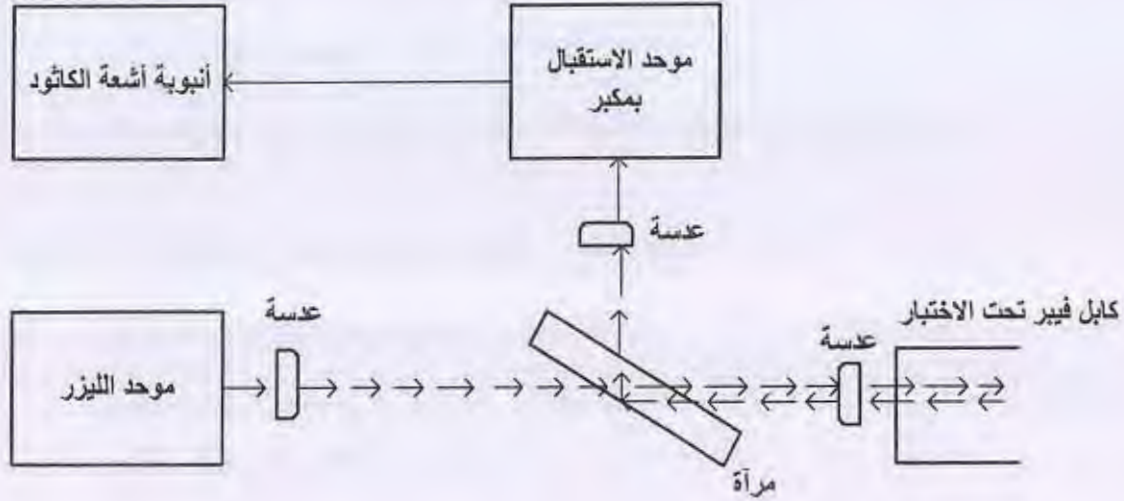
شكل (٧-١) التشتت العائد

تتعرض الإشارة الضوئية المرسلة من جهاز (OTDR) خلال كوابل الألياف الضوئية إلى تشتت الضوء في كل الاتجاهات (Scattering) وذلك بسبب وجود تعرجات في القلب (Core) لفرعة الكابل أو وجود بعض الشوائب في الألياف الزجاجية (Fiber glass) أو حدوث تغير في خواص المادة ناتج عن عمليات اللحام مثلاً أو الوصول إلى نهاية الكابل (end of cable) حيث يفقد جزء من الضوء في الكسوة (cladding) بينما يستمر جزء آخر إذا كان لدينا طول آخر للكابل وجزء قليل يعود في الاتجاه العكسي ليرتد ثانية إلى جهاز القياس شكل (٧-١) . وبناء على الجزء العائد يتم تحديد القياسات المختلفة سواء كانت هذه القياسات لحصر عطل أو إيجاد الفقد نتيجة حدوث لحام أو إيجاد الفقد لكل كيلو متر أو إيجاد الفقد الكلي بطول الكابل.

وتعتمد فكرة حساب المسافة في هذه الحالة على أساس إرسال الضوء من الجهاز بسرعة معينة فيكون ارتداد الموجة إلى جهاز القياس في زمن معين وعلى ذلك تكون المسافة هي حاصل ضرب السرعة  $\times$  الزمن .



## ٨-٥ المخطط الصندوقي لجهاز قياس الانعكاس الضوئي الميداني (OTDR)



شكل (٨-٥) المخطط الصندوقي لجهاز قياس الانعكاس الضوئي (OTDR)

يبين شكل (٨-٥) المخطط الصندوقي لجهاز قياس الانعكاس الضوئي (OTDR) وفيه يتضح أن مكوناته هي :

أ - مصدر الليزر : (LASER DTODE)

وهو من أهم مكونات جهاز قياس الانعكاس الضوئي (OTDR) وهو المسئول عن إرسال أشعة الليزر إلى الكابل ، ويصنع عادة من مادة الجاليوم أرسينيد وهي من أشباه الموصلات التي تشع الضوء .

ويختلف مصدر الليزر من جهاز إلى آخر باختلاف الطول الموجي (wave Length) فيكون إما طويل الموجة (Long wave) ١٣٠٠ نانو متر أو ١٥٥٠ نانومتر أو قصير الموجة (Short wave) ٨٥٠ نانو متر .

ب - عدسات لامة :

هي عدسات مجمعة للأشعة في بؤرة واحدة لكي تكون أكثر تماسكاً وتركيزاً .

ج - مرآة عاكسة :

وهي مرآة لتعكس الشعاع العائد من الكابل ليكون أمام مصدر الاستقبال

#### د - موحّد الاستقبال : (Photo Diode Amplifier)

وهو الموحّد الحاصّ باستقبال الشعاع العائد ويزوّد بمكبر لتكبير النبضات العائدة وذلك لأنها الجزء البسيط المتشكّلت وبالتالي يجب تكبير قيمتها .

#### هـ - أنبويه أشعه المهبط : (Cathode Ray Tube)

وتستخدم لبيان النتائج المختلفة والشكل العام للمنحنى المعبر عن الكابل.

#### ١-٨-٥ معامل الانكسار وعرض النبضة لجهاز : (OTDR)

##### معامل الانكسار (Refractive Index)

يعرف معامل الانكسار لوسط ما أنه النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ إلى سرعة الضوء في الوسط وتحسب قيمته بالمعادلة الآتية :

$$\text{معامل الانكسار لوسط} = \frac{\text{سرعة الضوء في الفراغ}}{\text{سرعة الضوء في الوسط}}$$

مثال : إذا كانت سرعة الضوء في الفراغ هي ٣٠٠,٠٠٠ كم/ث ومتوسط سرعة الضوء في الزجاج هي ٢٠٠,٠٠٠ كم/ث فأوجد قيمة معامل الانكسار للزجاج .  
الحل :

$$\text{معامل الانكسار للزجاج} = \frac{٣٠٠,٠٠٠}{٢٠٠,٠٠٠} = ١,٥$$

وبلاحظ من المعادلة أن معامل الانكسار يتناسب عكسياً مع سرعة الضوء في الوسط ونظراً لأن السرعة تتناسب طردياً مع المسافة فإن معامل الانكسار يتناسب عكسياً مع المسافة أي أنه بزيادة معامل الانكسار تقل المسافة والعكس صحيح .  
لهذا يجب مراعاة ضبط معامل الانكسار حتى يتم قياس المسافة بدقة وتكون نتيجة القياس صحيحة .



### ٢-٨-٥ عرض النبضة Pulse Width

يعتبر عرض النبضة المرسل من موحد الإرسال بجهاز (OTDR) من النقاط الهامة التي يجب مراعاتها قبل وأثناء القياس وكلما زاد عرض النبضة زادت القدرة الضوئية المرتدة وبالتالي يمكن لجهاز القياس أن يقطع مسافة أكبر من الكابل أثناء القياس ويزيادة عرض النبضة تزداد المنطقة الميتة (Dead Zone) وذلك لأنه كلما زاد عرض النبضة زادت القدرة الضوئية المرسله وبالتالي فإن التشتت العائد (Back Scattering) سيكون أكثر والتالي يحدث تشبع لموحد الاستقبال الضوئي (Photo Diode) وبالتالي لا يتم رسم العلامة الخطية بين المسافة والاضمحلال (المنحنى المعبر عن الكابل) أثناء حالة التشبع مما يؤدي إلى رسم هذا المنحنى بعد مسافة معينة (وهي المنطقة الميتة) ولذلك يفضل تقليل عرض النبضة بقدر الإمكان في المسافات القصيرة

### ٣- ٨-٥ المدى الديناميكي Dynamic Range

المدى الديناميكي لجهاز قياس الانعكاس الضوئي الميداني (OTDR) هو أقصى مسافة ممكنة يمكن أن تقاس من المسافة الكلية للجهاز وذلك عن طريق القدرة الضوئية المرسله من المرسل الضوئي .

والمدى الديناميكي لأي جهاز من مواصفات الجهاز الأساسية وهو مرتبط ارتباطاً وثيقاً بمواصفات الكوابل .

مثال ١: إذا كان المدى الديناميكي لجهاز قياس OTDR طراز أنريتسو (ANRITSU) الياباني هو ٢٧ ديسيبل والمسافة الكلية للجهاز هي ١٤٠ كيلومتر وطول الكابل المراد اختباره ٦٥ كم وضمحل الكابل قدره ٠,٣٨ ديسيبل / كم وبه عدد ٢٠ لحام بمتوسط فقد ٠,١ ديسيبل لكل لحام وعدد ٢ موصل طراز (D4) الألماني. احسب الفقد الكلي لهذا الكابل الحل :

$$\text{فقد الكابل} = ٠,٣٨ \times ٦٥ = ٢٤,٧ \text{ ديسيبل}$$

$$\text{فقد اللحامات} = ٠,١ \times ٢٠ = ٢ \text{ ديسيبل}$$

$$\text{فقد الموصلات} = ٠,٣ \times ٢ = ٠,٦ \text{ ديسيبل}$$

$$\text{الفقد الكلي} = ٢٤,٧ + ٢ + ٠,٦ = ٢٧,٣ \text{ ديسيبل}$$

وبمقارنة قيمه الفقد الكلي مع المدى الديناميكي للجهاز نجد أن الفقد الكلي يزيد عن المدى الديناميكي بمقدار ٠,٣ ديسيبل أي ما يوازي ١ كم تقريباً .



أي أن هذا الجهاز له مدى ديناميكي لكي يغطي مسافة ٦٤ كم فقط أو أقل بالنسبة لمواصفات السار .

مثال ٢ :

إذا كان المدى الديناميكي لجهاز قياس OTDR طراز H.P هو ٣٠ ديسيبل وأقصى مسافة هي ٢٠٠ كم

أي أن حساب المدى الديناميكي للجهاز يتم بالنسبة للمواصفات الفنية لجهاز OTDR على أساس المدى الديناميكي مقسوم على المسافة الكلية للجهاز فيعطى المواصفات المطلوبة للجهاز ولكنه بدون لحامات ومثال ذلك جهاز OTDR طراز (H.P) فإن حساب المواصفات الفنية التي يجب أن يكون عليها الكابل بدون لحامات هي كالاتي :

الاضمحلال لكل كيلومتر =  $200 / 30 = 6.67$  ديسيبل لكل كيلومتر

لهذا لا يمكن أن يستخدم أي OTDR بأقصى مدى له.

#### ٨-٥-٤ المدى الأفقي والمدى الرأس لجهاز قياس OTDR

تقسم الشاشة في جهاز OTDR إلى خطوط رأسية (Vertical) وخطوط أفقية (Horizontal) وتمثل الخطوط الرأسية المدى الرأسى المعبر عن المسافة تبعاً للتدرج المأخوذ بينما تمثل الخطوط الأفقية المدى الأفقى المعبر عن الاضمحلال تبعاً للتدرج المأخوذ ويمكنه قياس المسافة والاضمحلال عن طريق عدد المربعات الرأسية والأفقية الموجودة بشاشة القياس.

#### ٩-٥ الاحتياطات الواجب اتخاذها قبل بدء القياس بجهاز OTDR

- ١- قبل توصيل المصدر الكهربائي يجب توصيل أرضى الجهاز أي أرضى موجود بالصالة وذلك حتى تتسرب أى شحنات زائدة عبر الأرض وهذا يؤدي بدوره إلى حماية الجهاز .
- ٢ - يجب معرفة كافة بيانات الكابل المختلفة إذا كان القياس كتجربة عادية مثل الاختبار الدوري (Routine Test) أو الاستلام في نهاية المشروع وهذه البيانات هي معامل الانكسار - طول الكابل - الطول الموجي - عدداللحامات - المسافة بين كل لحام والآخر - الاضمحلال لكل كيلومتر .
- ٣- يجب معرفة نوع الموصل (Connector) المستخدم بالكابل حتى يتم مواءمة الجهاز عليه.



- ٤- يجب تجهيز أدوات التنظيف للموصل (كحول ومناديل ورق).
- ٥- يؤخذ المدى الديناميكي للجهاز في الاعتبار وهل هو مناسب بالنسبة للمسافة الكلية أم لا.
- ٦- يجب تحديد مسافة القياس من المسافة الكلية للجهاز (١,٥ مرة قدر قيمة مسافة الكابل الكلية).
- ٧- يجب ضبط معامل الانكسار للجهاز قبل القياس طبقاً لمواصفات الكابل الفنية .
- ٨ - يجب أخذ عرض نبضة (PULSE WIDTH) مناسبة لمسافة القياس ( كما سبق شرحه).
- ٩- يجب أن نبدأ بأقل عرض نبضة ثم نزيد من عرض النبضة تدريجياً تبعاً لزيادة مسافة العطل ( وذلك عند تحديد مسافة العطل).
- ١٠- يفضل أن تستخدم شنطة (DRUM) بداخلها ١,٥ كم أو أكثر وذلك تفادياً لوجود العطل داخل المنطقة الميتة.
- ١١- يجب ضبط الجهاز في وضع البداية بحيث تكون بداية القياس من الصفر .

#### جهاز القياس EXFO - MaxTester



## الباب السادس : جهاز القياس wave tek

### الهدف

التعرف على مكونات جهاز wavetek وكيفية اعداد الجهاز للتشغيل كيفية اختيار موديول OTS والتعرف على كيفية استخدام موديول OTDR والتعرف على خطوات وتشغيل وتخزين ال Macro

الصفحة	المحتويات
٢	١-٦ المقدمة
٣	٢-٦ المواصفات الفنية للجهاز
٥	٣-٦ وصف الجهاز
٨	٤-٦ نظام الإعداد للجهاز ( System Set up )
١٥	٥-٦ كيفية اختيار موديول OTS
٢١	٦-٦ خطوات عمل إعدادات set up لموديول OTS
٢٥	٧-٦ استخدامات الموديول OTDR
٢٥	٨-٦ طريقة استخدام وحدة VFL كضوء مرئي
٢٥	٩-٦ كيفية تحديد موضع عطل مباشرة fault locator



## الباب السادس

### جهاز القياس Wave tek

#### ١-٦ المقدمة

يتكون جهاز القياس Wave Tek من طراز MTS 5100 من عدة موديولات هي :

- ١- موديول قياس OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)
- ٢- موديول VFL (Visual Fault Locator)
- ٣- موديول OTS (Optical Transmitter System)
- ٤- موديول (Fault Locator)

#### • فوائد وحدة OTDR

- أ - قياس المسافة وتحديد موضع العطل .
- ب - قياس الفقد الكلي total losses.
- ج- قياس الفقد لكل كيلو متر db/km.
- د - قياس فقدي اللحام (Splice loss) والموصل (connector loss)

#### • فوائد موديول VFL

يستخدم لإرسال ضوء لاني في الليفة الضوئية لتحديد بعض الأعطال الخبيثة لمسافة لا تزيد عن ٥ كم

#### • فوائد موديول OTS

- أ - إرسال قدره ضوئية معينة أو عيارية بالمرسل الضوئي (Light Source)
- ب- قياس مستوى الإشارة الضوئية بالمستقبل الضوئي (Optical Power meter)
- ج- قياس الفقد الكلي بالألياف الضوئية وذلك بواسطة المرسل الضوئي (Light Source) والمستقبل الضوئي (Optical Power meter)

#### • فوائد موديول (Fault locator)

تحديد موضع العطل باستخدام إعدادات قليلة مقارنة بإعدادات الـ OTDR.

## ٢-٦ المواصفات الفنية للجهاز

١- الجهاز يعمل علي مصدرين للقدرة الكهربائية هما :

أ- AC/DC adapter وهو جهاز للتحويل من التيار المتردد أحادي الوجه بجهد من ١٠٠ الي ٢٥٠ فولت و تردد من 50 Hz الي 60 Hz إلي تيار مستمر بجهد قدره ١٢٥ فولت و تيار ٤,٢ أمبير .

ب- بطاريان جافتان من نوع ( نيكل فينيل هايدريد ) قيمة كل منهما ١٠,٨ فولت ، ٣,٨ أمبير إحداهما تعمل بينما الأخرى تستخدم كاحتياطية في حالة وصول البطارية الأولى إلي قيمة أقل من القيمة المقررة لتشغيل الجهاز ( Backup ).

٢- مودبول ال VFL،OTDR برقم 5026 ( HD ) له المواصفات الموضحة بالجدول الآتي:  
( عند درجة ٢٥ م ) .

المواصفة	المودبول 5026
الطول الموجي ( Wave length )	1310 nm , 1550 nm + 20 nm
المدى الديناميكي ( Dynamic range )	36.5 db
مسافة القياس (Distance range)	380 Km
عرض النبضة (Pulse width)	10 n sec الي 20 μ.sec
المنطقة المتبقية الحادثة (event dead zone)	4m
المنطقة المميّنة للفقد ( attenuation dead zone )	25 m
سعة التخزين	٢٥٠ منحنى

٣- مودبول OTS بجزئية المصدر الضوئي والمستقبل الضوئي المواصفات الآتية ( عند درجة حرارة ٢٥ م )



أولاً : المصدر الضوئي ( Light Source ):

المواصفة	( مصدر الليزر ) Laser Source
الطول الموجي ( Wave length )	١٣١٠ ، ١٥٥٠ نانومتر + ٣ نانومتر
نسبة الاستقرار خلال ساعة واحدة	+ ٠,٠٥ ديسيبل
نسبة الاستقرار خلال ٢٤ ساعة	+ ٠,١٥ ديسيبل
القدرة العيارية (Calibrated Power)	0 db m
القدرة المتغيرة ( Variable Power )	من 0dbm الي 10dbm
تردد التعديل للإشارة المرسله	270 Hz ، 330Hz، 1kHz ، 2kHz

ثانياً : المستقبل الضوئي Optical Power meter :

المواصفة	المديول ( Optical Power meter )
الطول الموجي ( Wave Length )	٨٥٠ ، ١٣١٠ ، ١٥٥٠ نانومتر
مدى القياس	من + 5 الي -65dbm عند ٨٥٠ نانومتر من + 5 الي -70 dbm عند ١٣١٠ ، ١٥٥٠ نانومتر
سعة التخزين ونوعه	٣٠٠ نتيجة يدوياً او آلياً .

٤- موديول OTDR بما فيه الضوئي المرئي VFL يعمل على طول موجي ٦٣٥ نانومتر +

١٥ نانومتر عند درجة ٢٥ م لطول لا يزيد عن ٥ كم .

٥- له دخل عام لأي موصل Connector

٦- له شاشة ملونة (٨ بوصة ) ذات وضوح عالي ( High resolution ) وذات حماية

(Screen Saver)

٧- وضوح بيان المدى الرأسي حتي 0.01db

٨- وضوح بيان المدى الأفقي حتي 0.01 m

٩- له وحدة دخل / خرج (Input Output) Rs232c

### ٣-٦ وصف الجهاز

الواجهة الامامية للجهاز ( Control Panel ) .

وهي موضحة بشكل (١-٦) كالآتي :

١- شاشة البيان Display Screen

٢- مفتاح البرمجة ( Soft Keys ) وهي عبارة عن ٦ مفاتيح متغيرة تبعاً للغرض

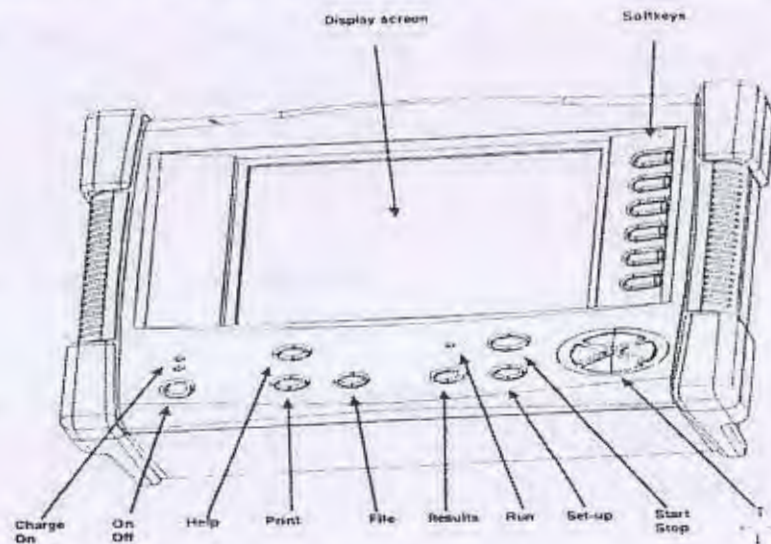
٣- مفاتيح التشغيل وهي كالآتي :



- مفتاح التحكم في الاختيار

- مفتاح إرسال وإيقاف الليزر Start - Stop
- مفتاح إعداد الجهاز Set up
- مفتاح النتائج Results
- المفتاح الخاص بإدارة قواعد البيانات File
- المفتاح الخاص بالطبع Print
- مفتاح طلب المساعدة Help
- مفتاح فتح وغلق الجهاز ON - Off

ويوجد بالواجهة الأمامية ثلاث مبيّنات إحداها خاصة بإيقاف وتشغيل الليزر ويشير المبيّن الثاني إلى بيان شحن البطارية بينما يشير المبيّن الثالث إلى غلق وضع جهاز القياس .



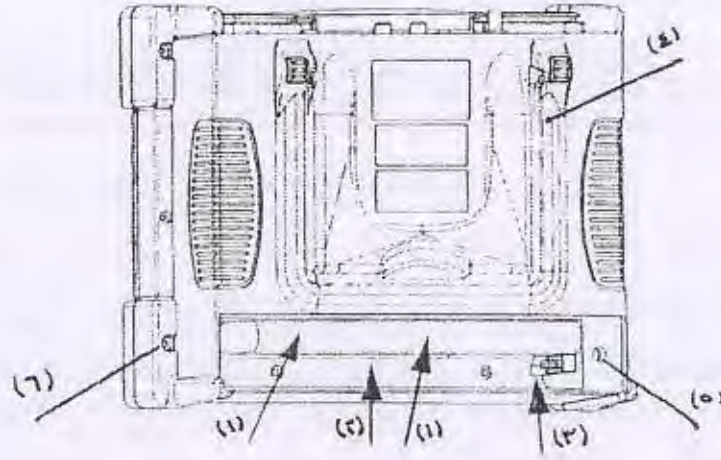
شكل (١-٦) الواجهة الامامية



### ١-٣-٦ الواجهة الخلفية

وهي كما بالشكل (٢-٦) كالآتي :

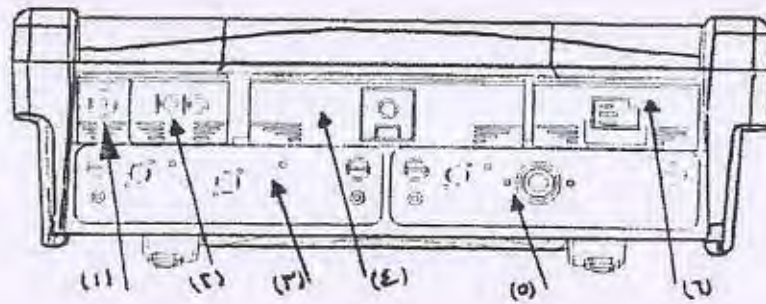
- ١- بطارية الجهاز
- ٢- مجرى بطارية الجهاز
- ٣- سوكت البطارية
- ٤- حامل الجهاز ( مسند الجهاز )
- ٥ ، ٦ - مسماري تثبيت غطاء البطارية .



شكل (٢-٦)

### ٢-٣-٦ الواجهة الجانبية العلوية

يوضحها شكل ( ٣-٦ )



شكل (٣-٦)

وهي أعطيه للآتي :

- ١- مدخل لمصدر التغذية الخارجية للجهاز
- ٢- سوكت للـ RS232 كوحدة إدخال أو إخراج للمعلومات .
- ٣ ، ٥ موديولي تشغيل الجهاز
- ٤- مدخل للقرص المرن
- ٦- سوكت لوحدة الطبع الخارجية ( external Printer )

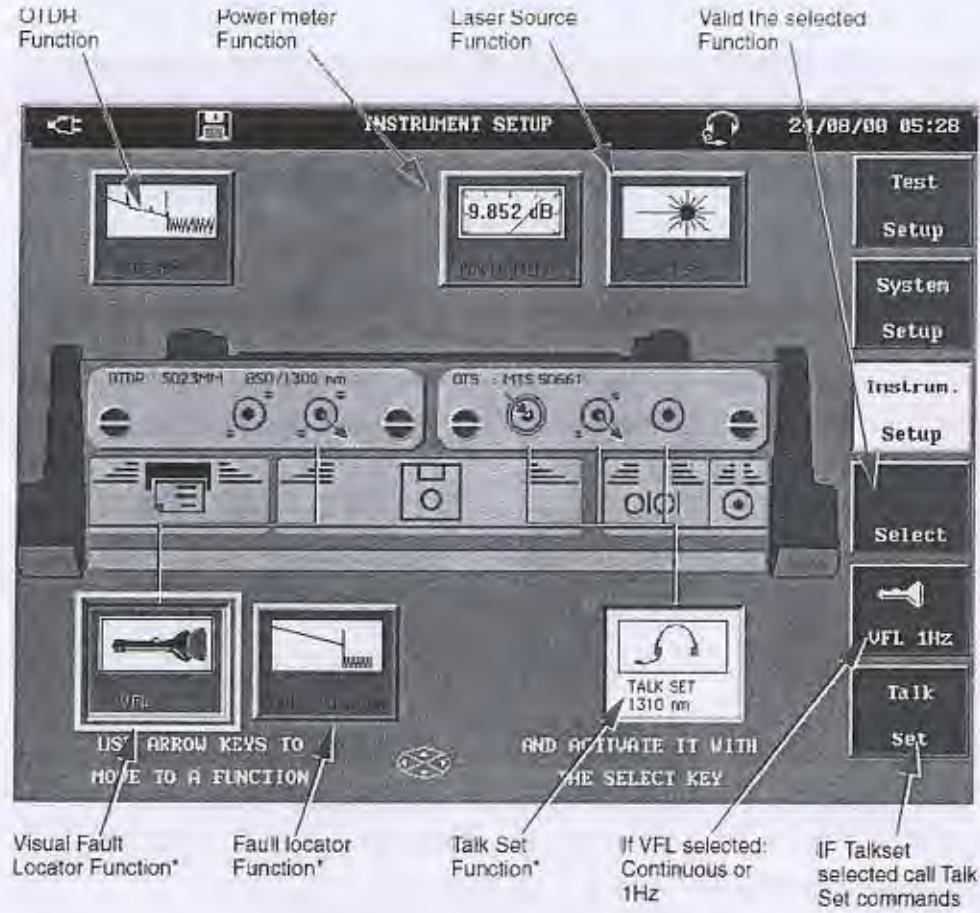
شحن البطاريات :

- يتم شحن البطاريتين بتوصيل الـ ( Adapter ) الي الجهاز وذلك في وجود البطاريتين
- فيتم الشحن اتوماتيكياً لمدة ساعتين ونصف إذا كانت البطاريتين خاليتين تماماً وذلك
- والجهاز في وضع off ونلاحظ إضاءة المبين الخارجي بالشحن .

ملحوظات :

- ١- إذا كان الشحن للبطاريتين  $\geq 0.95$  فإن الشحن لن يبدأ .
- ٢- إذا كانت درجة الحرارة فوق المعدل الطبيعي للجهاز فإن الشحن يتوقف اتوماتيكياً.
- ٣- لو لم يستخدم الجهاز لعدة أسابيع ينصح بنزع البطارية وإعادة شحنها بالكامل قبل
- استخدام الجهاز وذلك لإطالة العمر الافتراضي للبطاريات (Life time)





#### ٤-٦ نظام الإعداد للجهاز ( System Set up )

بعد فتح الجهاز والانتظار حتي ظهور الرسالة علي الشاشة يتم الضغط علي مفتاح System Set up علي يمين الشاشة فتظهر القوائم الخاصة بنظام الإعداد وهي كالآتي :

##### ١- قائمة الشاشة (Screen)

تحتوي قائمة الشاشة Screen علي الآتي:

أ- Contrast: وتعني درجة التباين الخاص بالشاشة وتؤثر في درجة وضوح الشاشة وهي من 20 - الي 20 +

- Tracebackground تحديد لون الخلفية للمنحنى (ابيض/ اسود)

ب - Auto off : وفيها يتم غلق الجهاز اتوماتيكياً خلال فتره من 5 الي 15 دقيقة أو عدم غلق الجهاز اتوماتيكياً (No) طوال فترة التشغيل .

ج- Back Light:- وهي العملية الخاصة بالإضاءة الخلفية للشاشة ويتم تقليل إضاءة

الشاشة حتي تختفي بعد فترة زمنية محددة إذا لم يتم العمل بالجهاز وهذه الفترات هي)

(Always ، 3min ، 30 sec) أو عدم التحكم في هذه الوظيفة نهائياً عن طريق

(No) ويتم هذا التحكم في إضاءة الشاشة وذلك حفاظاً علي البطارية .

د- Welcome message: وهي رسالة الترحيب في بداية التشغيل أي ان تظهر عن

طريق (Yes) او لا تظهر عن طريق (No).

تتحكم هل ستظهر الشاشة شكل (١) ام لا عند كل مرة يفتح فيها الجهاز

٢- قائمة البلد (Country menu)

وهي القائمة الخاصة بنظام التشغيل لأي قطر وهي كالآتي :

أ- Language:-

اللغة وهي إما انجليزية او فرنسية او إيطالية أو المانية أو اسبانية او صينية او

تاوانية او برتغالية او يابانية او روسية او تركية .

ب- Time :- ضبط الزمن من خلال الاسهم .

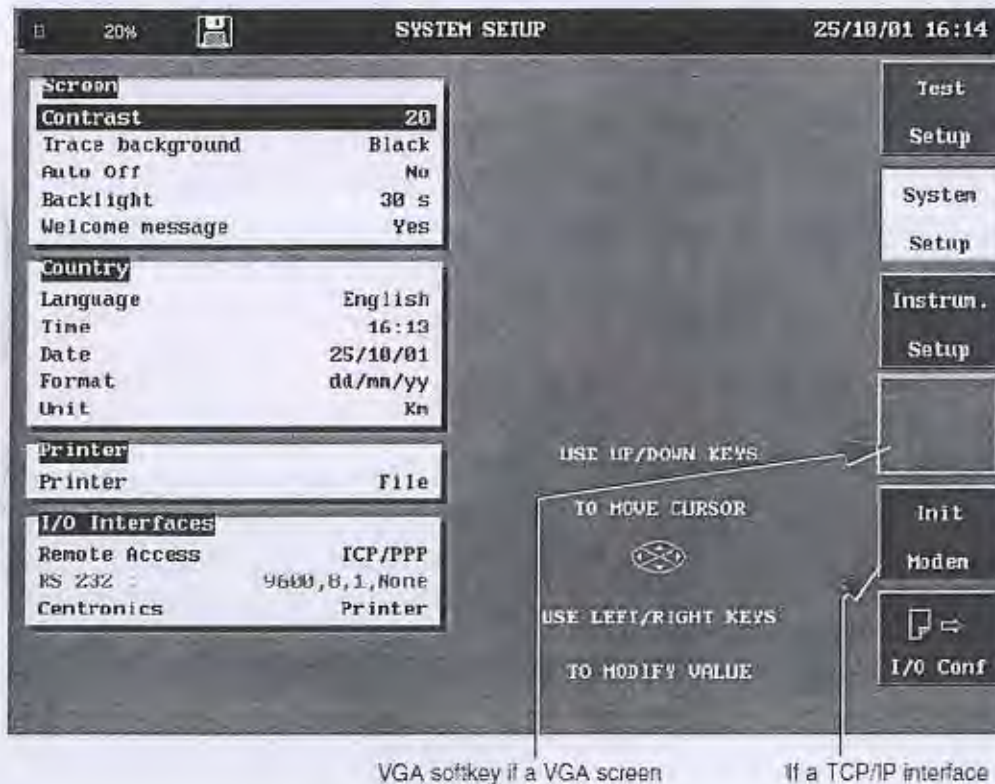
ج- Date :- لضبط التاريخ .

د- Format :- وهي لتحديد ترتيب ظهور التاريخ

إما dd/mm/yy يوم / شهر / سنة

وإما mm/dd/yy شهر / يوم / سنة





### ٣- قائمة الطبع Printing Parameters :

وهي القائمة الخاصة بالطبع والطابعة وتتحكم في كيفية عمل الطبع سواء خارجي عن طريق طابعة خارجية (external Printer) أو لا يوجد طبع (None) ويوجد في بعض الاجهزة ميزة وجود طابعة داخلية (internal).

- عند اختيار الطبع الخارجي External فإنه يظهر الآتي :

أ- Printer Type : وهي الأنواع المختلفة للطابعة ويتم اختيار إحداها طبقاً لنوع الطابعة المستخدمة .

ب- Printer Contents : وهو محتوى الطبع إما أن يتم الطبع لمنحني Trace أو طبع لجدول Table أو طبع منحني وجدول معاً (Trace – Table) أو طبع الشاشة Screen.

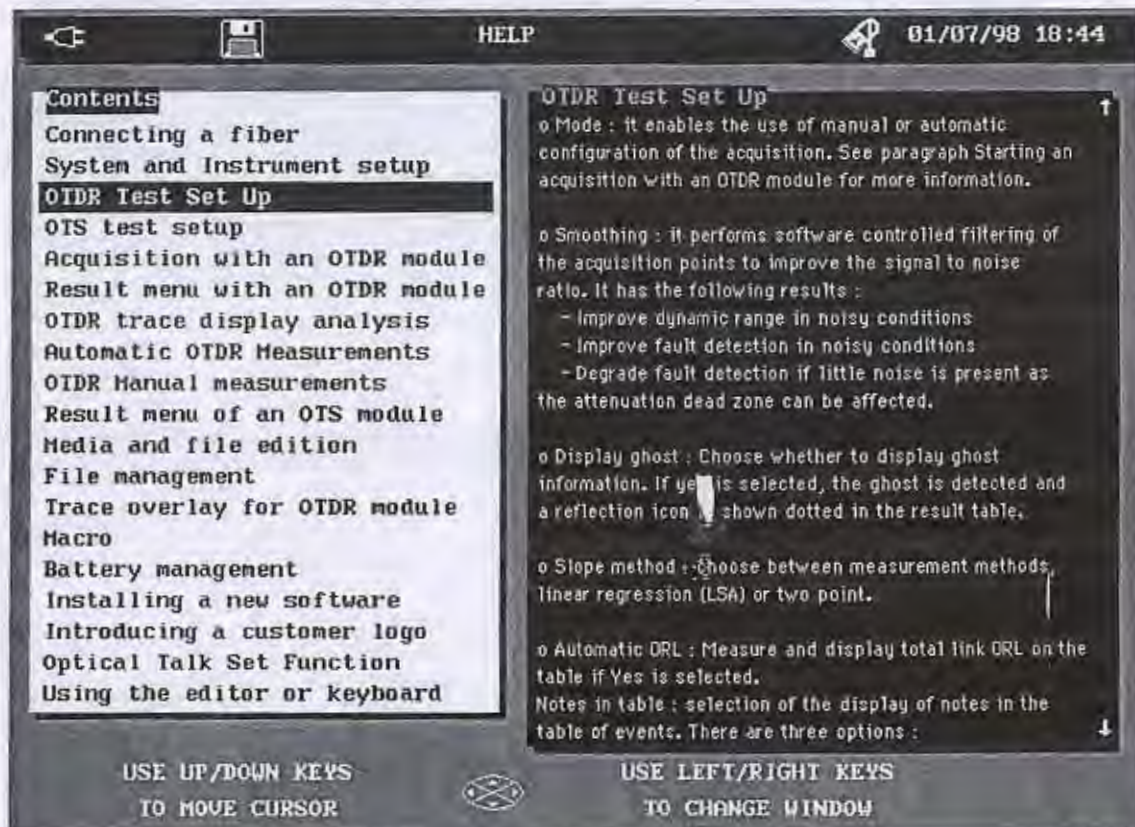
ج- Printing mode : ويوجد نوعين من انظمة الطابعة Normal ومعناه الطابعة باتجاه طول الورقة Compress ومعناه الطابعة في اتجاه عرض الورقة .

٤- I/o interfaces (Remote access line) وحدة الدخل والخرج .

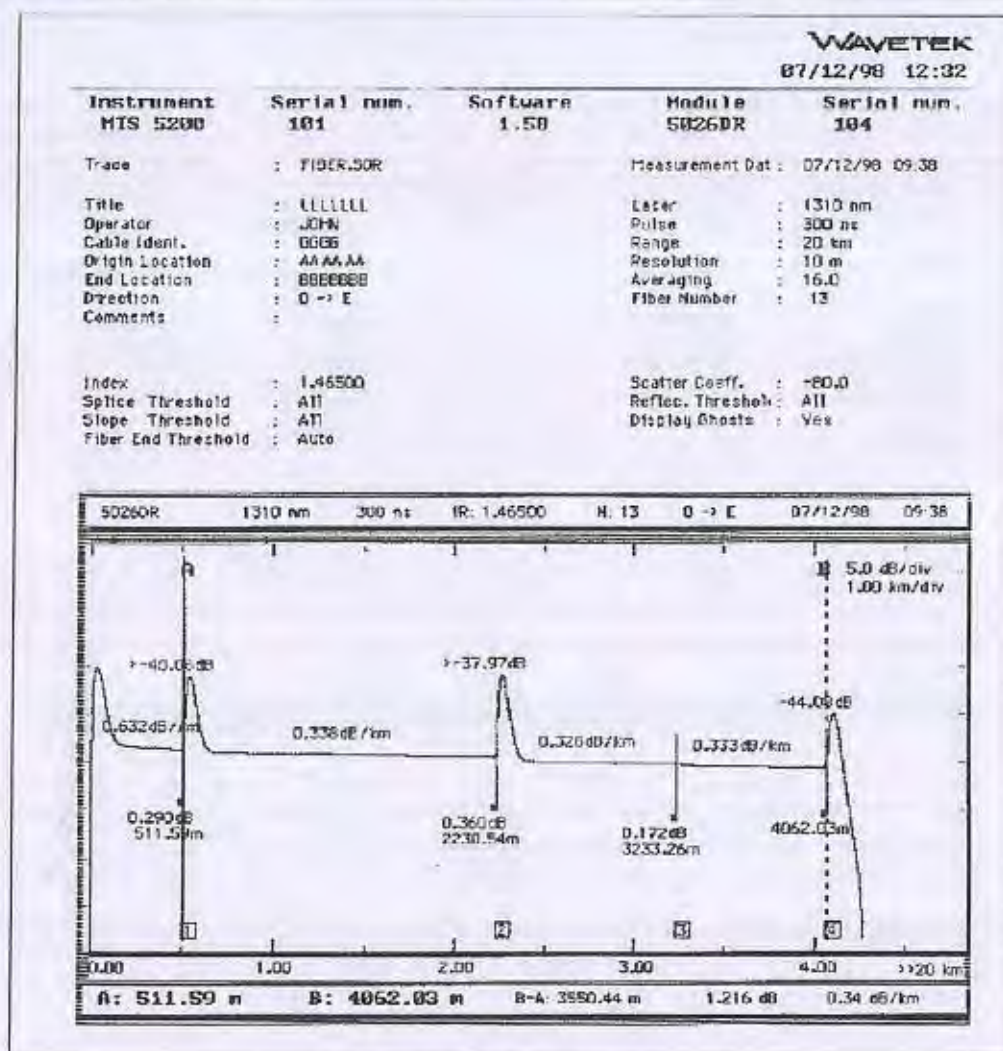
يوجد عدة مداخل يمكن ان تستخدم لتبادل المعلومات علي جهاز الـ Wave tek وهما :

١- IEEE ويستخدم في حالة اجهزة الـ OTDR الكبيرة جداً (Mainframe only)  
 ٢- RS232 بالضغط علي مفتاح (RS232) لاختيار المتغيرات الخاصة به وضبطها وهذا المدخل خاص بالتحكم عن طريق جهاز الكمبيوتر عن طريق برنامج مخصص واوامر معينة (Software) وشكل (٣-١٤) يوضح الشكل العام للاختيارات العديدة بجهاز Wave tek بينما شكل (٣-٤ب) القائمة الأساسية لضبط التشغيل ( System Set )  
 (up

وظيفة help







Example of printed "Trace"

**WAVETEK**  
 07/12/98 12:36

Instrument	Serial num.	Software	Module	Serial num.
MTS 5200	101	1.58	5026DR	104

Trace	FIBER.SOR	Measurement Dat	07/12/98 09:38
-------	-----------	-----------------	----------------






  

Title	LLLLLL	Laser	1310 nm
Operator	JOHN	Pulse	300 ns
Cable Ident.	0000	Range	20 km
Origin Location	AAAAAA	Resolution	10 m
End Location	BBBBBB	Averaging	16.0
Direction	0 -> E	Fiber Number	13
Comments			

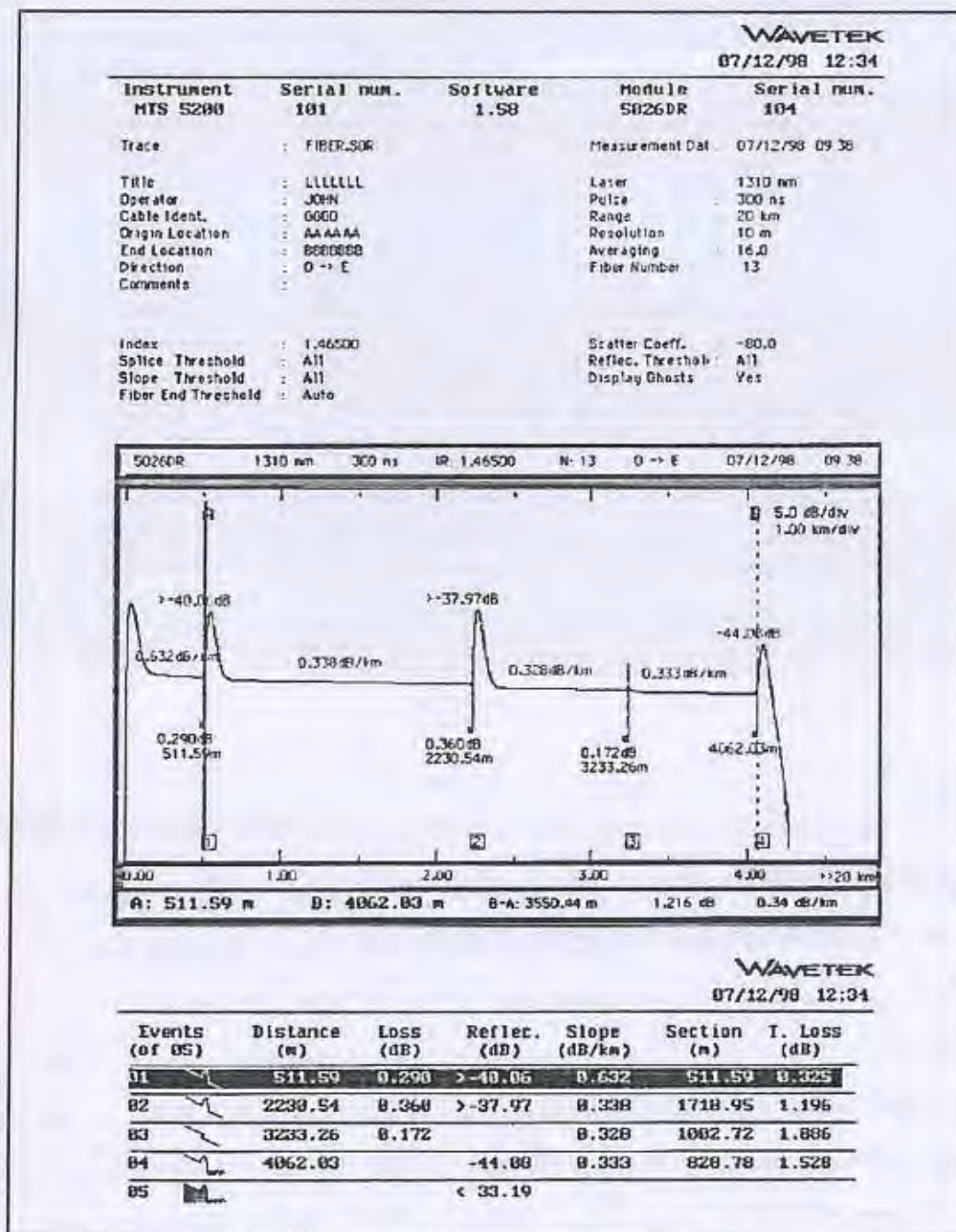
Index	1.46500	Scatter Coeff.	-80.0
Splice Threshold	All	Reflec. Threshold	All
Slope Threshold	All	Display Ghosts	Yes
Fiber End Threshold	Auto		

Events (of 05)	Distance (m)	Loss (dB)	Reflec. (dB)	Slope (dB/km)	Section (m)	T. Loss (dB)
01 	511.59	0.290	>-40.06	0.632	511.59	0.325
02 	2230.54	0.368	>-37.97	0.338	1718.95	1.196
03 	3233.26	0.172		0.328	1002.72	1.886
04 	4062.03		-44.08	0.333	828.78	1.528
05 			< 33.19			

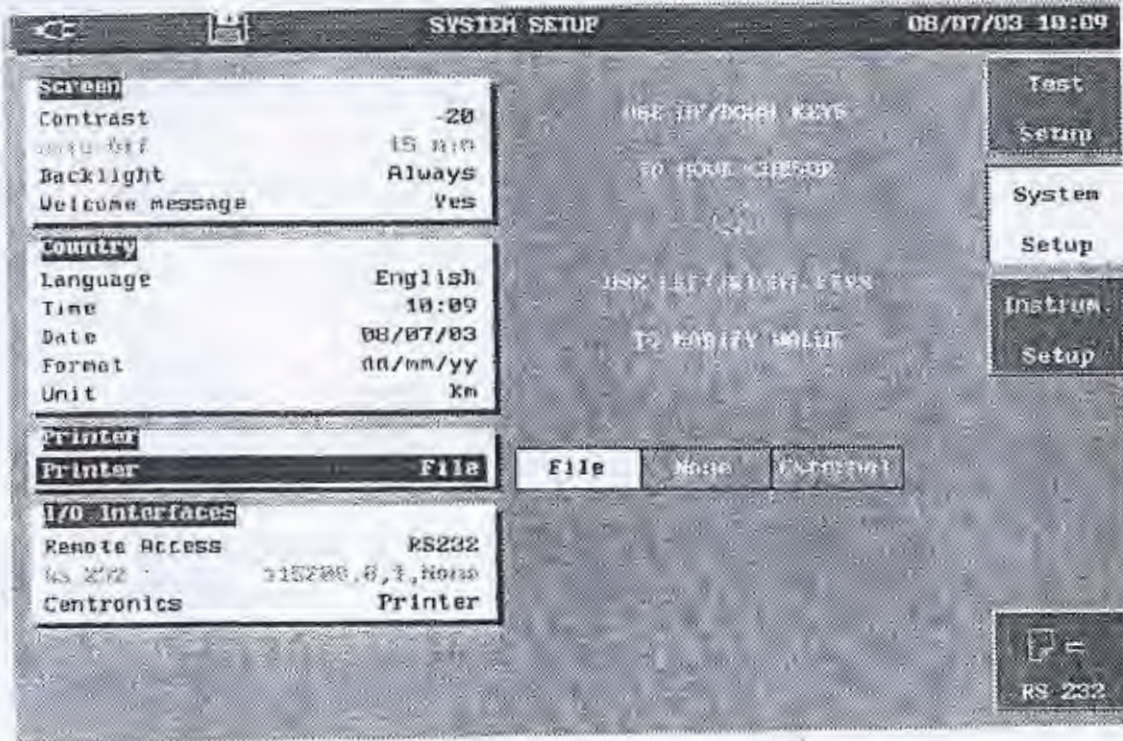
Example of printed "Table"





Example of printed "Trace + Table"





شكل (٤-٦)

## ٥-٦ كيفية اختيار موديول OTS

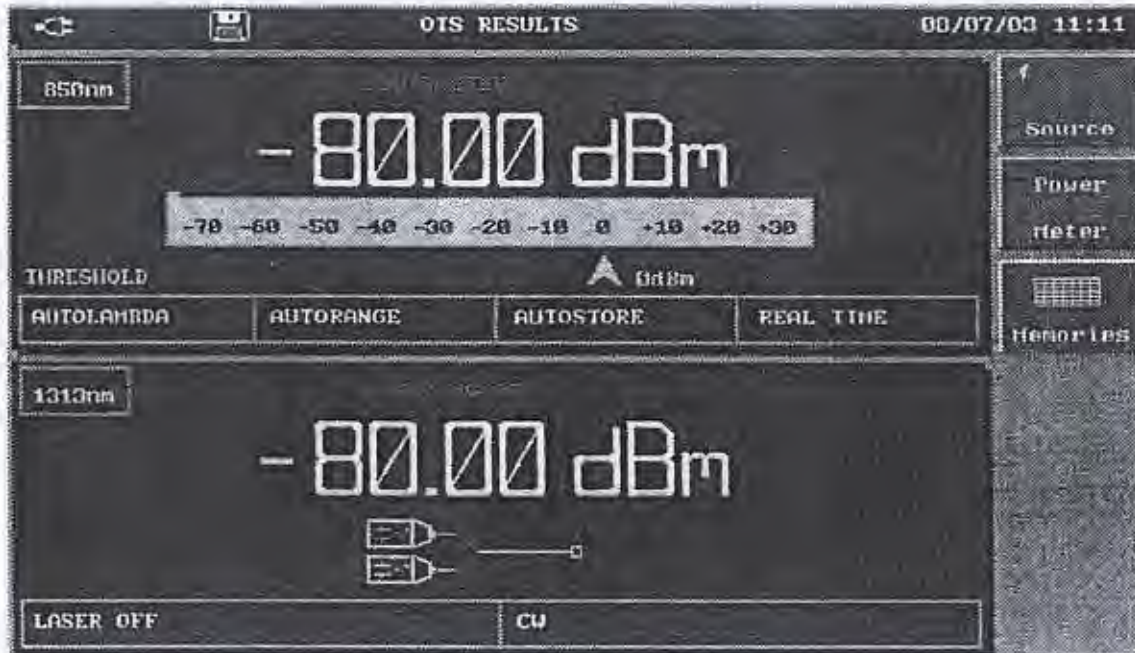
- ١- بعد عمل فتح (ON) للجهاز والانتظار فترة لحين ظهور الرسالة علي الشاشة يتم الضغط على مفتاح Set up وهو من المفاتيح الثابتة (Hard key) أسفل الشاشة.
- ٢- يتم بعد ذلك الضغط على مفتاح Instrument Set up وهو من المفاتيح المتغيرة بيمين الشاشة.
- ٣- يظهر علي الشاشة الاختيارات العديدة لجهاز Wave tek فيتم اختيار للمصدر الضوئي (Light Source) أو المستقبل الضوئي Power meter أو كلاهما وذلك عن طريق مفاتيح التشغيل أسفل الشاشة.
- ٤- يتم تأكيد الاختيار وذلك بالضغط على مفتاح Select من يمين الشاشة انظر شكل (٥-٦)

## ١-٥-٦ القوائم الاساسية لموديول OTS

وهي كما يوضحها شكل (٥-٦) عبارة عن ثلاثة مربعات علي يمين الشاشة .  
 المربع الاول من اعلي يشير الي القائمة الخاصة بالمرسل الضوئي Light Source  
 المربع الثاني من اعلي يشير الي القائمة الخاصة بالمستقبل Power meter



المربع الثالث من اعلي يشير الي القائمة الخاصة بالذاكرة Memories



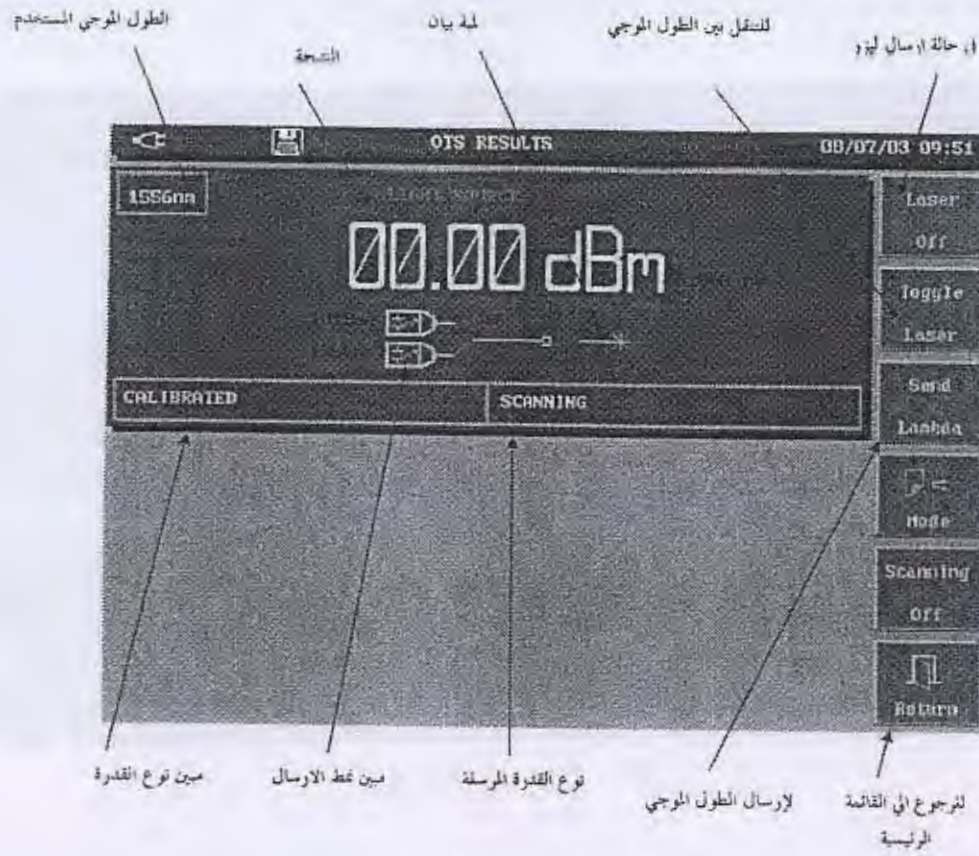
شكل (٥-٦)

## ٢-٥-٦ القوائم الفرعية لموديول OTS

### اولاً:- قائمة المصدر الضوئي Light Source

بالضغط علي المفتاح الخاص بهذه القائمة يظهر علي يمين الشاشة ستة مربعات شكل (٦-٦) وتعني هذه المربعات الآتي :

- Laser off لتشغيل وإيقاف الليزر
- Send Lambda وهي تستخدم لإرسال إشارة مصاحبة لليزر وضبطها للطول الموجي مع الطول الموجي للـ Laser المرسل و لابد في هذه الحالة ان يكون الطول الموجي للـ Power meter مضبوط Auto
- Mode وهو نمط الإرسال وهو فقط في حالة اختيار القدرة المرسله متغير (Variable)
- Scanning (ON) تستخدم للتنقل آلياً بين الأطوال الموجية كل عشرة ثواني (Off) لثبات قيمة Wave length المختارة .
- Return يستخدم للرجوع مرة أخرى الي القائمة الاصلية.



شكل (٦-٦)



والرسم التخطيطي الآتي يوضح ترتيب ظهور المفاتيح الخاص بهذا module

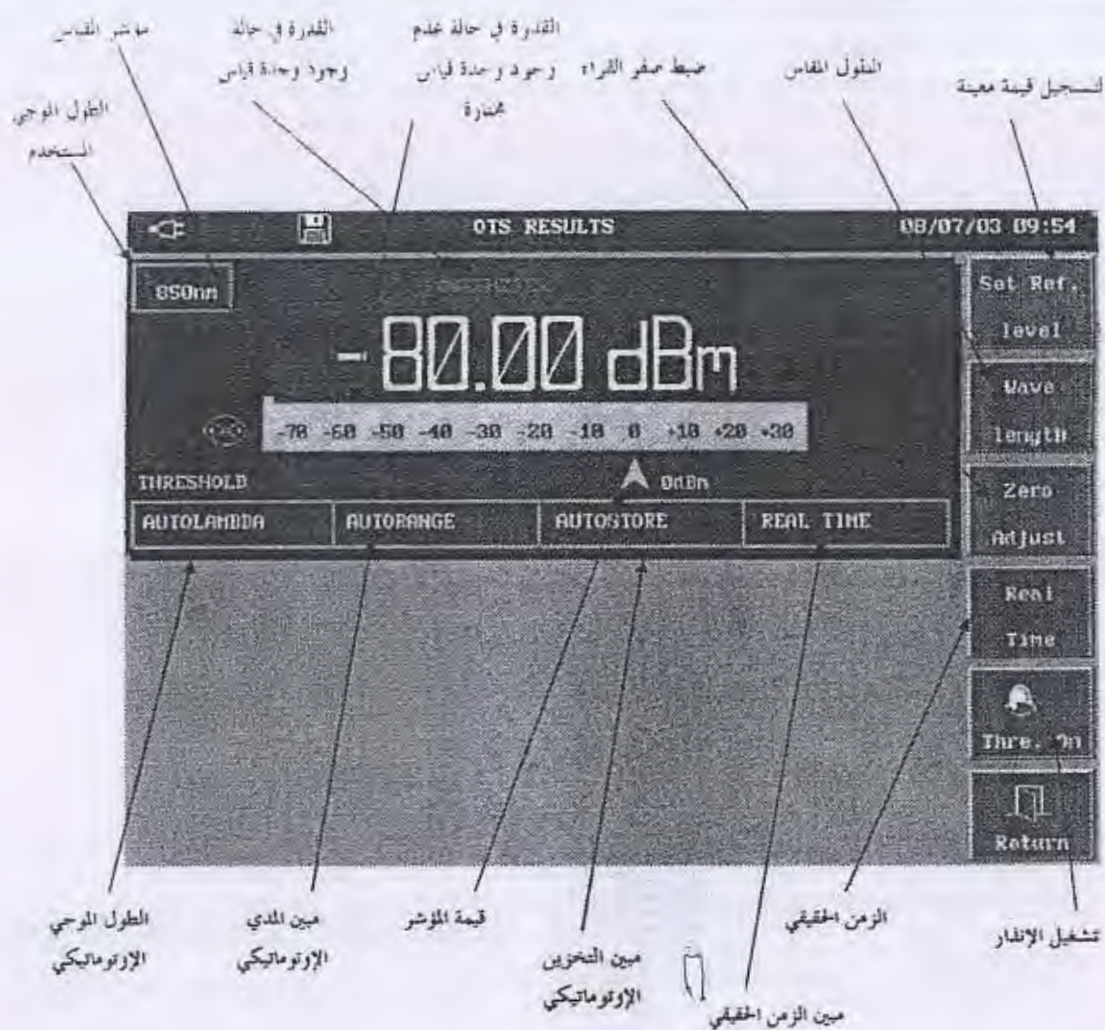


شكل (٧-٦)

ثانياً :- قائمة المستقبل الضوئي power meter

بالضغط علي المفتاح الخاص بهذه القائمة يظهر علي الشاشة قائمة مربعات شكل (٧-٦) وتعني الآتي :-

- Set Ref level وتستخدم لتسجيل قيمة معينة وتكون نتيجة القياس المسجلة
- Wave length يستخدم للإفادة عن الطول الموجي دون العودة الي القائمة الخاصة بالإعدادات .
- Zero adjust يستخدم لضبط صفر القراءة.
- Real Time (ON) ، (OFF) وسبق شرحه ويمكن التحكم فيه دون الرجوع الي القائمة الأساسية .
- Thre ON لتعطي خاصية جرس الانذار إذا قلت الطاقة المستقبلية عن قيمة معينة
- Thre OFF لتلغي خاصية الجرس.
- Return للعودة مرة اخري الي القائمة الأساسية.



شكل (٨-٦)



### ثالثًا : القائمة الخاصة بالذاكرة ( memories )

بالضغط علي المفتاح الخاص بذلك القائمة يظهر علي مابين الشاشة ستة مربعات شكل (٦-٩)

وتعني الآتي :

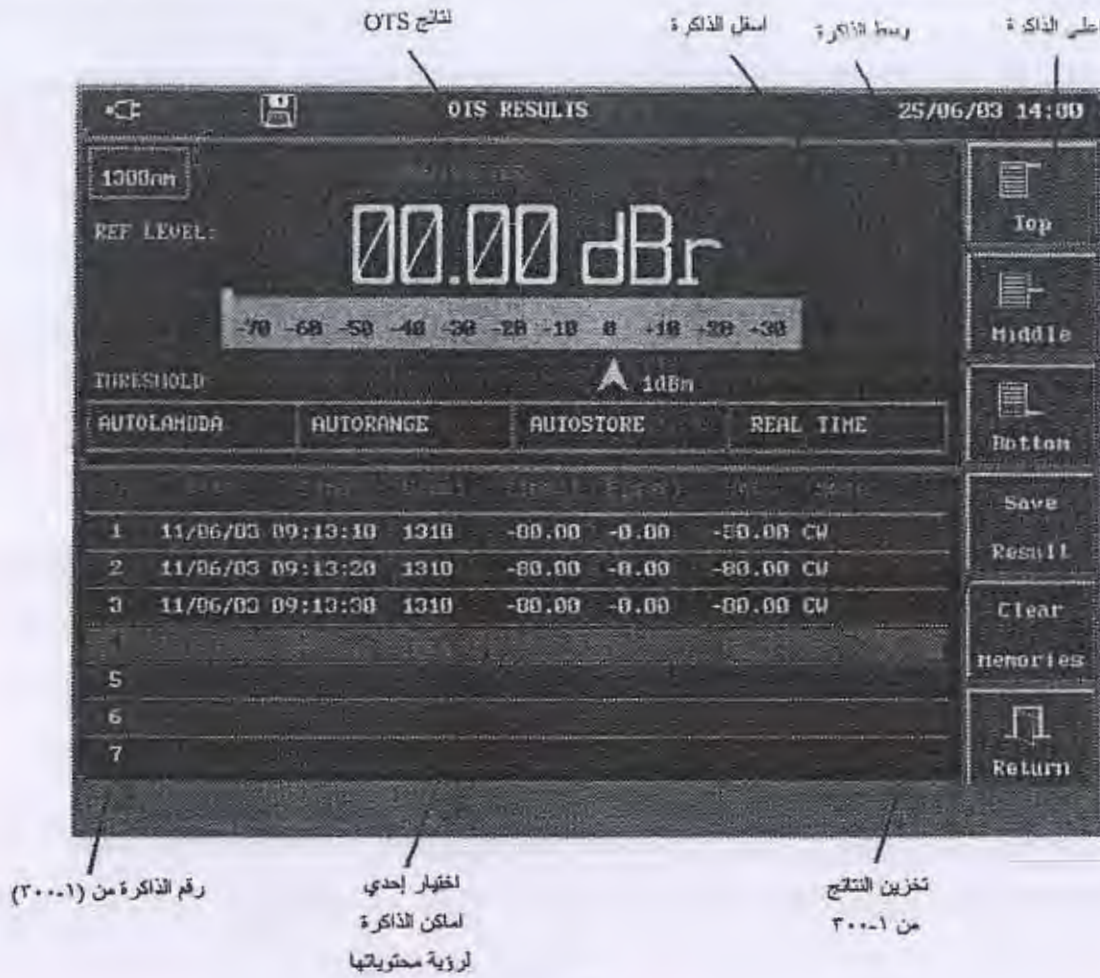
TOP	وهي تعني أننا في بداية الذاكرة ( من ١ - ٧ )
Middle	وهي تعني أننا في منتصف الذاكرة ( من ١٥٠ - ١٥٦ )
Bottom	وهي تعني أننا في مؤخرة الذاكرة ( من ٢٩٦ - ٣٠٠ )

### ملحوظة :

الذاكرة الداخلية لموديول OTS حتي ٣٠٠ نتيجة بجهاز مستقبل القدرة الضوئية

(Optical Power meter )

Save Result	وهي تعني تخزين النتائج في احد الاماكن الخالية بالذاكرة .
Clear memory	وهي تعني مسح الذاكرة من النتائج التي تم تخزينها من قبل .
Return	وهي الرجوع الي القائمة الاساسية .



شكل (٩-٦)

## ٦-٦ خطوات عمل إعدادات set up لمديول OTS

- بعد اختيار الجزء الخاص بالمصدر الضوئي أو المستقبل الضوئي أو كلاهما ثم الضغط على مفتاح Select لتثبيت الاختبار يتم عمل إعداد Set up بالخطوات الآتية :
- أولاً :- المصدر الضوئي (Light source)
- ١- يتم ضبط الطول الموجي (Wave Length) وهو اما ( 1310 nm , 1550 nm )
  - ٢- يتم ضبط نمط الارسال (Mode) وهو اما C.w أو من الترددات الآتية :  
( ٢٧٠ , 330 Hz , 1 KHz , 2 kHz ) وكذلك OLS mode
  - ٣ - يتم عمل ضبط لطريقة المسح Scanning للقدرة المرسله وهي اما Yes أو NO



### ملحوظة :

يعني الاختيار Yes ان المسح يتم عن طريق قدرة عيارية calibrated أي يتم الارسال بمستوى Odb  
يعني الاختيار No ان المسح عن طريق اما قدرة عيارية او قدرة متغيرة .  
يتم اختيار القدرة Power طبقاً للاختيار السابق  
يتم اختيار القدرة المرسله Unit وهي اما watt او dbm

### ثانيا : المستقبل الضوئي Power meter

١- يتم اختيار الطول الموجي لمستقبل Wave length وهو اما Auto أي اختياره اتوماتيكياً او اما من الاطوال الموجية الاتية (850 nm , 1310 nm , 1550 nm)  
اما الاختيار User فهو طبقاً لاختيار المستخدم إذا كان هناك طول موجي مختلف عن الاطوال الموجية الموجودة بالقائمة .

٢- يتم اختيار الطول الموجي User select إذا كان الاختيار في الخطوة الاولى user للتحكم في اختيار أي قيمة للطول الموجي كما سبق ذكره وذلك في المدى من 800 nm -1650 nm

٣- يتم اختيار المدى Range وهو اما (M.W ,n.w, m.w or (Auto))

٤- يتم اختيار نمط نتائج الوحدة ( mode ) وهو اما Auto store أي تخزين اتوماتيكياً Autoprint أي يطبع اتوماتيكياً للنتائج او None أي لا يخزن ولا يطبع النتائج .  
ملحوظة : يتم الطبع او التخزين بالضغط مباشر m على مفتاح Run Stop بعد الضبط المسبق .

يتم اختيار زمن التخزين او الطبع عن طريق Time Auto

٥- يتم اختيار Real Time وهو الزمن الحقيقي للأرسال بالنسبة للعينات والتي يتم تخزينها اتوماتيكياً خلال تلك الفترة .

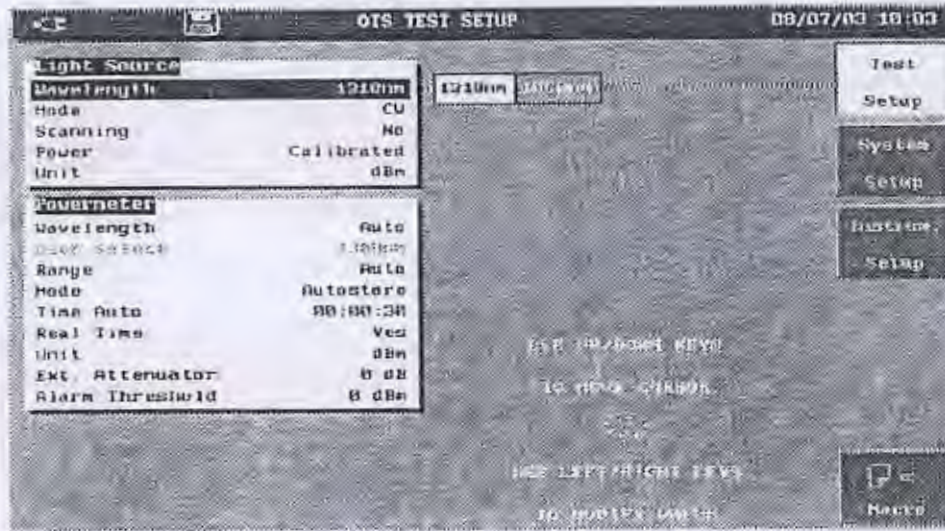
٦- يتم اختيار الوحدة Unit وهي اما ( dbm , w (watt) , dbr ) .

٧- يتم ادخال موهن خارجي ( Ext . Atenwaten ) في المدى من ( 0-300db )

٨- يتم ضبط خاصية الانذار Alarm threshold في المدى من ( 30db - -70db )

والشكل التالي يوضح كيفية عمل اعداد لموديول OTS.





شكل (١٠-٦)

عمل اعداد لموديول (OTS)

يوجد بقائمة الاعدادات في شكل (١٠-٦) القائمة الخاصة بعمل Macro ويتم شرحها فيما بعد .

#### ١-٦-٦ قياسات مديول OTS

يمكن لمديول OTS ان يقوم بالقياسات الآتية :-

اولاً : قياس مستوى القدرة الضوئية لمصدر ضوئي Power meter

بعد اتمام اعداد موديول OTS كجهاز قياس مستوى القدرة Power meter يتم ادخال خرج المصدر الضوئي المراد قياس مستوى القدرة له الى دخل قياس مستوى القدرة الضوئية ويتم أخذ القراءة مباشرة من على شاشة البيان وتكون المعبرة عن قيمة المصدر الضوئي .

ثانياً : قياس الفقد الكلي للالياف الضوئية Total losses

- ١- بعد اتمام عمل اعدادات set up لجزئي OTS بجهازين للقياس طراز Wave tek يتم وضع احدهما بأحد المحطتين بينما يوضع الآخر بالمحطة الاخرى ( المقابلة )
- ٢- يتم الضغط على مفتاح Result بالجهازين في ثلاث مربعات شكل (٢-٦).
- ٣- يتم الضغط على القائمة الخاصة بالمصدر الضوئي light source بأحد المحطتين بينما يتم الضغط على القائمة الخاصة بقياس مستوى الإشارة power meter بالمحطة الاخرى.
- ٤- يتم وضع فرعة الالياف الضوئية المراد قياس الفقد الكلي لها بجهاز قياس مستوى



الإشارة power meter أولاً على ان توضع نفس الفرعة ثانياً بجهاز الارسل light source .

- ٥- يتم الضغط علي مفتاح Source اعلي يمين الشاشة ويتم تحويله الي ON و ذلك في حالة المرسل الضوئي light Source .
- ٦- يتم اخذ قراءات المستقبل الضوئي للقدرة power meter ويتم حساب الفقد الكلي من المعادلة الآتية :

$$\text{Total loss (dB)} = P1 (\text{dBm1}) - P2 (\text{dBm2})$$

حيث ان p1 هي القدرة المرسله من المرسل الضوئي light source  
p2 هي القدرة المستقبلة بقياس مستوى القدرة عن طريق المستقبل الضوئي

Power meter

ملاحظات :

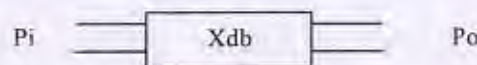
- p1 اما ان تكون calibrated أي عيارية وفيها ( 0 dbm ) أي ( 1 m.w ) او متغيرة باي قيمة
- إذا كانت القدرة المرسله عيارية فإن قيمة الفقد الكلي total loss هي القراءة المباشرة كجهاز قياس Power meter بوحدة الديسيبل علي اساس ان القدر m العياري قيمتها صفر ( 0dbm )

- إذا كانت القدرة المرسله متغيرة فإن قيمة الفقد الكلي هي الفرق بين (p1,p2)

ملحوظة :

وحدة الديسيبل db :

هي وحده قياسية تراسلية للتعبير عن النسبة بين قدرتين بطريقة لو غاريتمية



$$Xdb = -10 \log \frac{Po}{Pi}$$

وحدة ال dbm :

هي وحدة قياسية تراسلية للتعبير عن القدرة في أي نقطة منسوبة الي ١ ميلي وات

$$Xdbm = -10 \log \frac{Po}{Pi} \quad \text{where } pi = 1 \text{ m.w}$$

وحدة dbr :

هي وحدة قياسية ترأسلية للتعبير عن القدرة في أي نقطة منسوبة الي نقطة اساسية (نقطة المرجع )

$$X_{dbr} = -10 \log \frac{P_o}{P_r}$$

#### ٧-٦ استخدامات المديول OTDR

١- وحدة VFL كضوء مرئي

٢- تحديد موضع عطل مباشرة Fault locator

٣- وحدة OTDR بوظائفه العديدة

#### ٨-٦ طريقة استخدام وحدة VFL كضوء مرئي

بعد اختيار جزء VFL وتنشيط الاختيار عن طريق الاختيار VFL 1 Hz او ضوء مستمر عن طريق الاختيار VFL cont وذلك لمسافة ٥ كم كحد اقصى وطول موجي ٣٦٥ + ١٥ نانومتر .

#### ٩-٦ كيفية تحديد موضع عطل مباشرة fault locator

وهي طريقة جيدة عن طريق إعداد Set up لتحديد موضع عطل مباشرة بالخطوات الآتية:

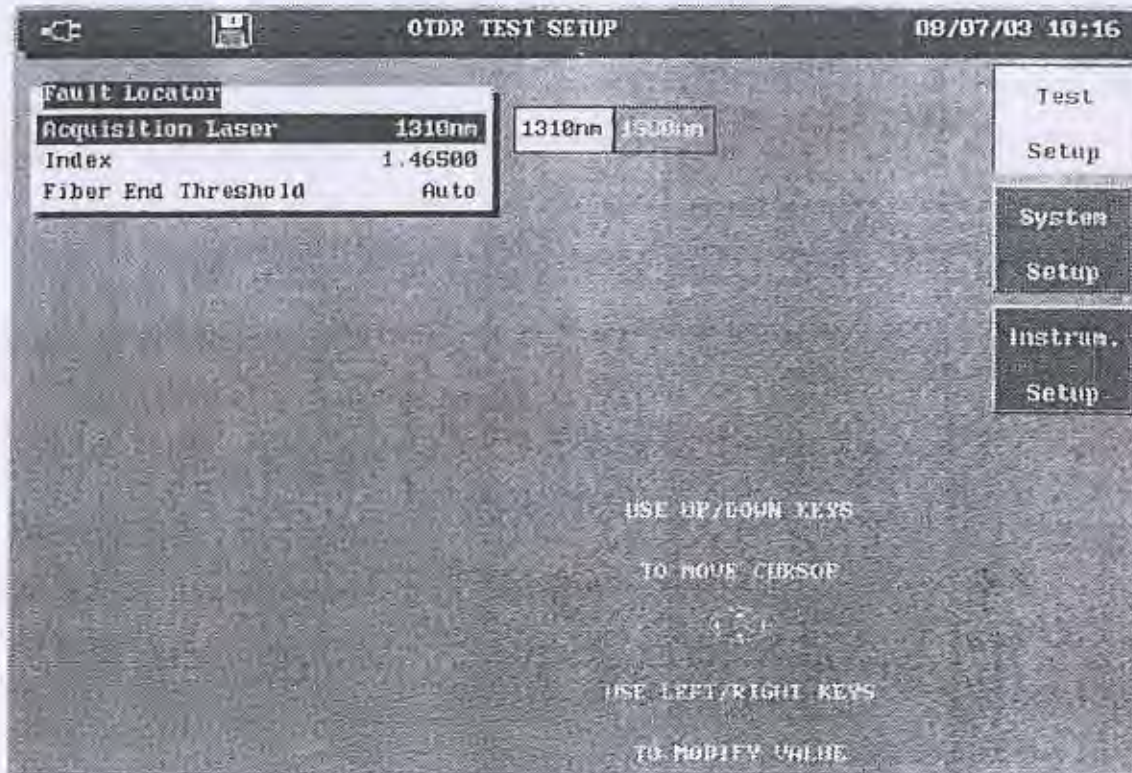
- بعد الاختيار لوضع fault locator وتنشيط الاختيار ( عن طريق select ) يتم الضغط علي مفتاح Set up لعمل الإعدادات اللازمة لبدء القياس .
- يتم ضبط الطول الموجي المستخدم بالمحطة وهو اما ١٣١٠ نانومتر أو ١٥٥٠ نانومتر وكذلك ضبط معامل الانكسار طبقاً للمواصفات الفنية للألياف .
- يتم ضبط Fiber end threshold اما Auto او أي قيمة تتراوح بين ( 3db > الي >15db ) ويفضل ان تكون Auto

- يتم الضغط علي مفتاح Run - Stop أو الانتظار حتي يتم عمل Average .

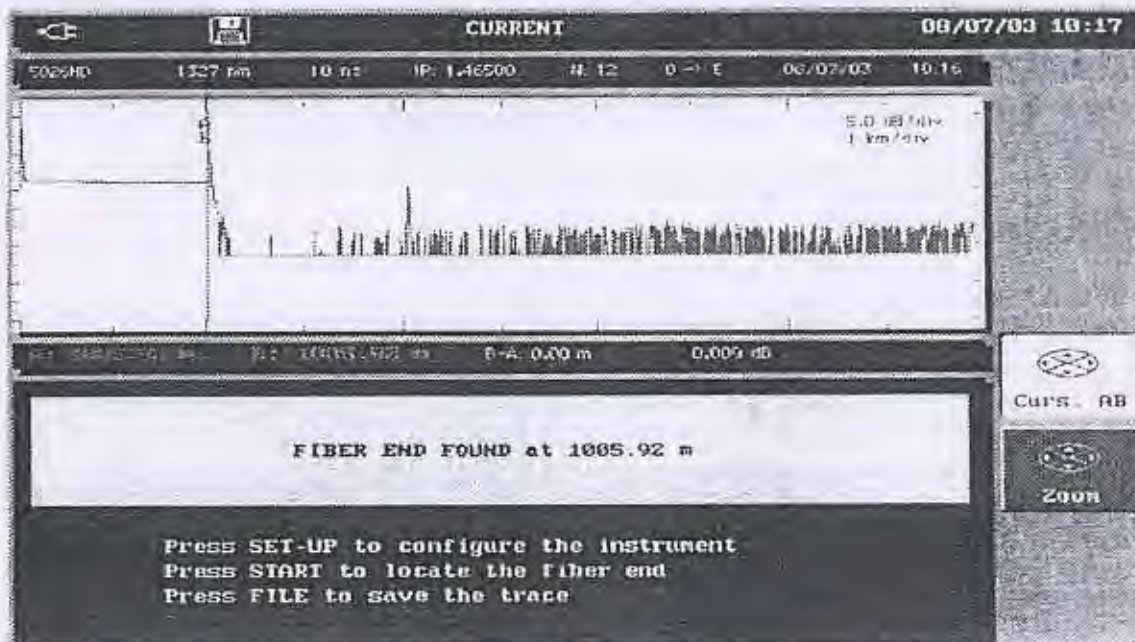
- بعد الانتهاء من عمل Average يتم كتابة نهاية الألياف مباشرة علي الشاشة سواء كان هذا الطول الفعلي او مسافة عطل .

وشكل (١-٦) يوضح كيفية عمل الإعداد للجهاز Set up لبدأ القياس بينما شكل (٢-٦) يوضح الشكل العام للمنحنى بعد القياس وكذلك المسافة الكلية للكابل ( أي نهاية الكابل )





شكل (١-٦)

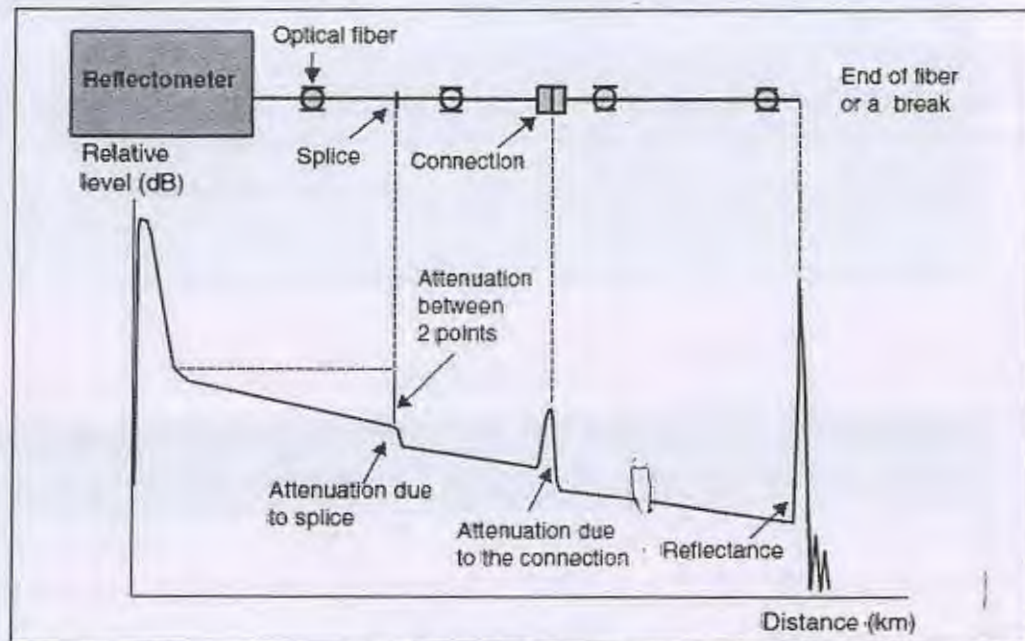


شكل (٢-٦)

### فكرة القياس باستخدام موديول otdr

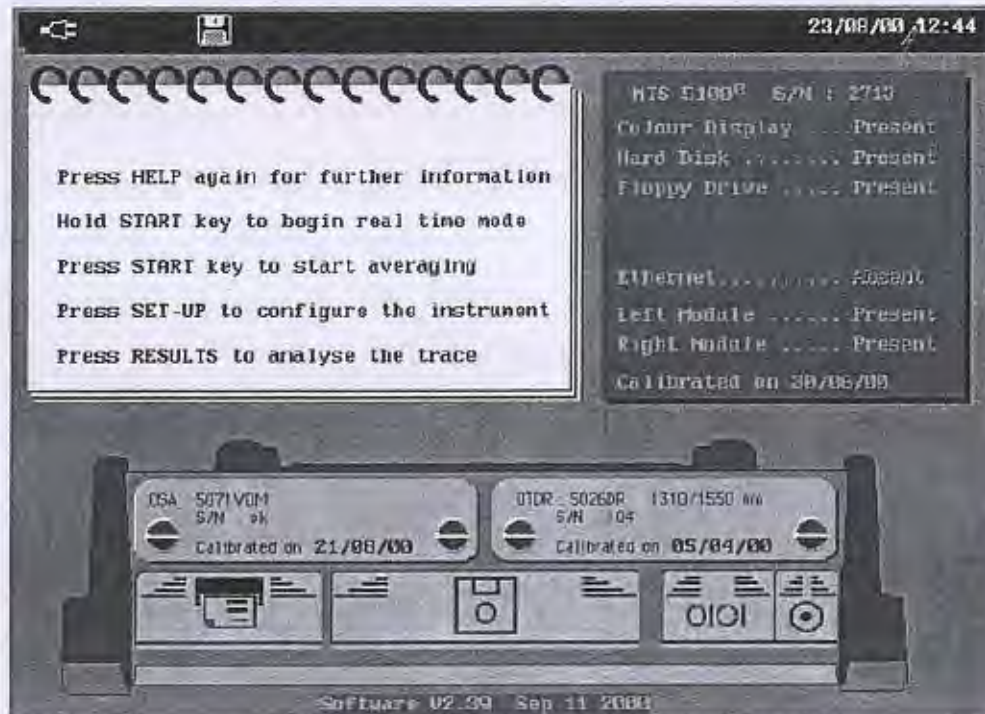
يتكون الجهاز من مصدر ضوئي لارسال النبضات الضوئية بطول موجي  $1310\text{ nm}$ ، ويتم قياس الموجة المنعكسة ومن خلال هذا الضوء المنعكس يتم قياس الآتي :

- الفقد الكلي
- مسافة العطل
- الفقد/كم



*Typical backscattered trace*





Opening screen example (MTS 5100<sup>o</sup>)

## اختيار جزء OTDR ١-٩-٦

بعد اختيار جزء OTDR تثبيت الاختيار بالضغط علي مفتاح select يتم الدخول علي قائمة الاعداد test set up وتكون القائمة مكونة من ثلاث اجزاء رئيسية شكل (٦-٣) يتم عمل تهيئة للجهاز عن طريق الضغط علي otdr test set up واختيار القائمة المطلوبة التي تتكون من الآتي :

اولاً : **Acquisition** : هي مجموعة من المتغيرات يتم تحديدها قبل اجراء القياس

setup وتشمل

- الطول الموجي الذي سيتم استخدامه للقياس وهو اما 1310 , 1550 nm , ALL (nm)

- نمط الارسال (يدوي / اوتوماتيك ) عند اختيار نمط الارسال الاوتوماتيك يقوم الجهاز بتحديد عرض النبض ومدى القياس ودرجة وضوح المنحنى طبقا للضبط الافتراضي للجهاز

- عرض النبضة التي سيتم ارسالها من 20١ nsec:ميكرو

- مدى القياس : وهو اختار المسافة المناسبة والمدى المناسب للقياس من 5 k m

حتى

300 k.m

- مستوى وضوح المنحنى تتراوح من ٣٢ cm الى ١٢٠ cm او يكون auto

- زمن القياس من 5sec : 10min

ثانياً : Result كيفية عرض نتائج القياس

- تحديد قيم اللحام والانعكاس والميل التي سيتم اعتبارها كحدث .

- كتابة النتائج على المنحنى

- ادراج ملاحظات على جدول النتائج

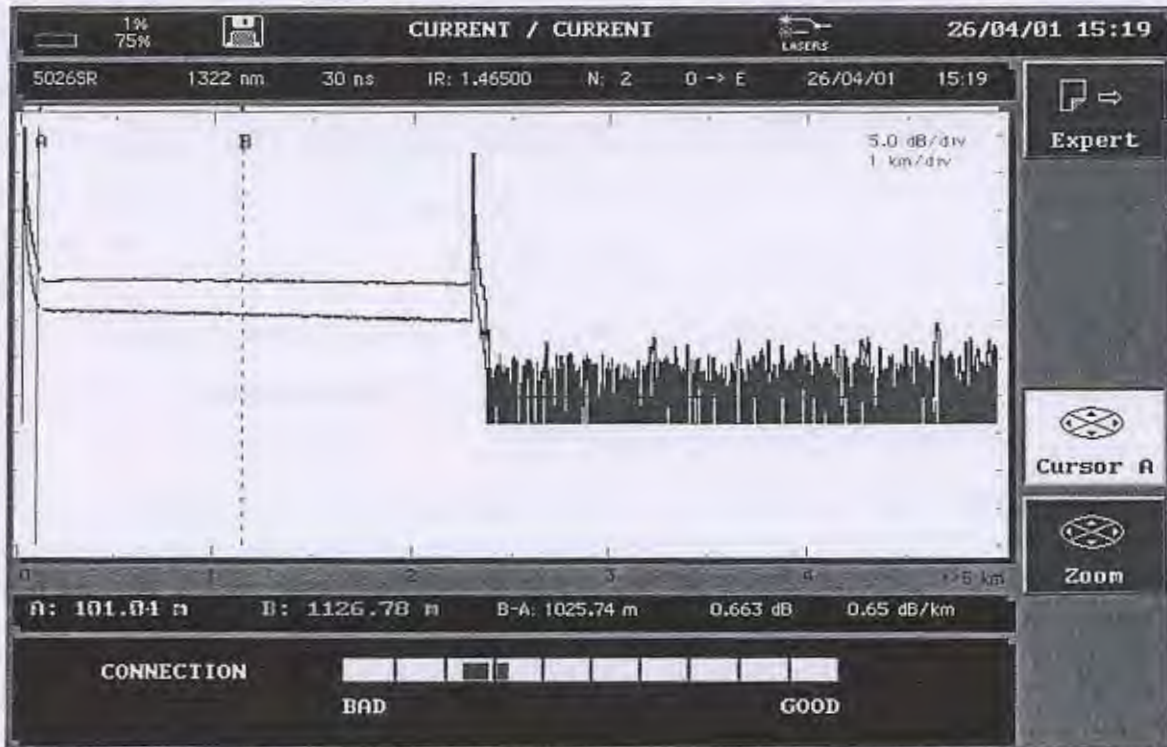
ثالثاً : Fiber parameters

- الطول الموجي المستخدم لتشغيل الفايبر

- معامل الانكسار للفرعات التي سيتم قياسها

- معامل التشتت

عند اختيار الطول الموجي ALL





OTDR TEST SETUP 09/07/03 09:57

Acquisition	
Laser	1310nm
Mode	Manual
Pulse	10ns(1m)
Range	5km
Resolution	Auto 32 cm
Acq. Time	00:30

Result	
Splice Threshold	All
Reflec. Threshold	All
Slope Threshold	All
Fiber End Threshold	Auto
Display Ghosts	No
Slope Method	Linear
Launch Cable	No
Results on trace	None
Remarks in table	No

Fiber Parameters	
Wavelength	1310nm SM
Index	1.46500
Section A_B	934.7
Scatter Coeff.	-79.0

Test Setup System Setup Instrum. Setup

USE UP/DOWN KEYS TO MOVE CURSOR

USE LEFT/RIGHT KEYS TO MODIFY VALUE

Macro

شكل (٣-٦)

OTDR TEST SETUP 26/10/01 09:21

Acquisition	
Laser	All
Mode	Auto
Pulse	10ns(1m)
Range	5km
Resolution	Auto 32 cm
Acq. Time	01:00

Result	
Splice Threshold	All
Reflec. Threshold	All
Slope Threshold	> 0.10 dB/km
Fiber End Threshold	Auto
Display Ghosts	Yes
Slope Method	Linear
Launch Cable	No
Results on trace	All
Remarks in table	No

1310nm 1550nm All

Test Setup System Setup Instrum. Setup Fiber param. Test Auto Macro

USE UP/DOWN KEYS TO MOVE CURSOR

USE LEFT/RIGHT KEYS TO MODIFY VALUE

Fiber Parameters				
Wavelength	1310nm SM	850nm MM	1300nm MM	1310nm SM
Index	1.46500			
Section A_B	0.0	1550nm SM	1625nm SM	
Scatter Coeff.	-79.0			

### OTDR TEST SETUP window

- يمكن ان يتم القيام اوتوماتيك بدون ادخال اى متغيرات عن طريق الضغط على مفتاح autotest من قائمة المفاتيح المتغيرة وهنا يقوم الجهاز بادخال المتغيرات التالية :

ALL	Laser
Auto	Mode
Auto	Resolution
Yes	Autostore
Yes	Fiber number increment
Auto	File naming

ثانياً : القائمة الخاصة بالنتائج Result

وهي القائمة الخاصة بنتائج القياس وذلك بعد اتمام عملية القياس وهي كالآتي :-

١- Splice threshold: اختيار قيمة اللحام التي ستظهر كحدث

None وهو عدم ظهور أي لحام بأي قيمة كحدث

All وهو ظهور كل اللحامات كأحداث

----- وهو التحكم في ضبط قيمة معينة للحامات المراد ظهورها بحيث لا يظهر

الحدث الا إذا كانت القيمة اعلي من الموضحة المضبوطة وهي من 0.01dB حتي 5.99 dB



مثال :

إذا كان قيمة splice threshold = 3db فإن جميع قيم اللحامات اعلى من 3 db تظهر كحدث اما الاقل فلا يظهر كحدث .

**الضبط الافتراضى ALL**

٢- Reflectthreshold : وهو التحكم فى قيمة الانعكاسات التى ستظهر كاحداث ويوجد به ثلاث اختيارات وهم:

None وهو عدم ظهور أي انعكاسات بأي قيمة كحدث

All وهو ظهور كل الانعكاسات كأحداث

----- وهو التحكم في ضبط قيمة معينة للانعكاسات بحيث لا يظهر الحدث الا إذا كانت

القيمة اعلى من القيمة المضبوطة وهما من ( -99 db حتي -11 db )

**الضبط الافتراضى ALL**

٣- slope threshold : وهو عبارة عن بيان ميل المنحنى كحدث ويوجد به ثلاث اختيارات وهم :

None وهو عدم ظهور أي ميل بأي قيمة كحدث

All وهو ظهور أي ميل بأي قيمة كحدث

----- وهو التحكم في ضبط قيمة معينة للميل بحيث لا يظهر الحدث الا إذا كانت القيمة

أعلى من القيمة المضبوطة وهي من ( 1.99 db / km حتي 0.01 db / km )

**الضبط الافتراضى  $\leq 1 \text{ db/km}$**

٤- Fiber end threshold : وهي تحديد نهايه الالياف كحدث وهي اما تكون Auto او

تحدد بأي نهاية Manual من (.....) الي (.....)

٥- Display Ghosts : وهي ظهور تكرار للانعكاس بعد مسافات منتظمة هي تضارب

من المسافة المسيبة للانعكاس الشديد (كنهاية الكابل او connector) وهي اما Yes او

No ويفضل طبعاً ان يكون No

- عند اختيار yes يظهر الحدث منقط فى جدول النتائج

٦- Slope Method : وهي طريقة تحديد ميل المنحنى وهي اما ان تكون 2pt أي

النقطتين او طريقة (LSA)

**ضبط المصنع LSA**

٧- launch Cable : تحديد النقطة التى سيتم القياس بالنسبة لها كالآتى :

- NO نقطة البداية هي بداية الفيبر الذى سيتم قياسه

MARKER نقطة البداية هي احد ال markers

3 Marker 1,2,3 أي ان جميع النتائج يتم اسنادها الى نقطة السيزات (Marker)

سواء (١و٢) او (٣) عن طريق المفتاح ( ← → )

الضبط الافتراضي NO

٨- Results on trace : وهو بيان النتائج على المنحنى وهو اما

None أي يظهر المنحنى فقط بدون أي نتائج عليه

All أي يظهر كل النتائج على المنحنى مع المميزات

Graphics only يظهر فقط كل النتائج مع المميزات دون سرد النتائج

الضبط الافتراضي ALL

٩- Remarks intable : وهي اضافة بعض الملاحظات في الجدول ويوجد ثلاث

اختيارات وهي :

None عدم اضافة أي ملاحظات في الجدول .

Notes بيان النقاط التي تم ادخالها بواسطة المستخدم .

Uncertainties بيان النقاط التي تم ادخالها بواسطة المستخدم وكذلك الملاحظات

الشخصية بالنسبة لنتائج القياس .

ثالثا : Fiber parameter

وهي متغيرات الالياف طبقاً لمواصفاتها الفنية ويوجد بها القائمة الآتية :

- Wave length : وهو الطول الموجي المستخدم في الاللياف الضوئية من بين الآتي :

850nm multimode- 1300nm multimode- 1310nm singlemode-1550nm

singlemode- 1625 nm singlemode.

(-) Index : وهو معامل الانكسار R.I للاللياف ويتم ضبط قيمته إما يدوياً او عن طريق

الاختيار لمعامل الانكسار لإحدى الشركات ثم الضغط على مفتاح confirm لتأكيد الاختيار

طريقة اختيار قيمة معينة :

- الضغط على fiber parameters

- اختيار index

- الضغط على preset index تظهر قائمة بأسماء الشركات المصنعة للكوابل يتم اختيار النوع

المطلوب عن طريق الاسهم



- تأكيد الاختيار بالضغط على confirm ثم exit
- Section A-B : وهي عمل معايرة لمعامل الانكسار وذلك في المسافة بين (A,B) والتي يتم ضبطها من قبل .
- scatter coeff : وهي لضبط معامل التشتت العائد.
- back scattered coefficient : وهي قيمه ثابتة من القيم الآتية ( وذلك بالنسبة للألياف احادية النمط (S.M))

• 79db - عند 1310 nm

• 81 db - عند 1550 nm

أما بالنسبة لـ M.M ( الألياف متعددة النمط )

• 70 db - عند 850 nm

• 75 db - عند 1300 nm

٦-٩-٢ القياسات المختلفة للموديول OTDR

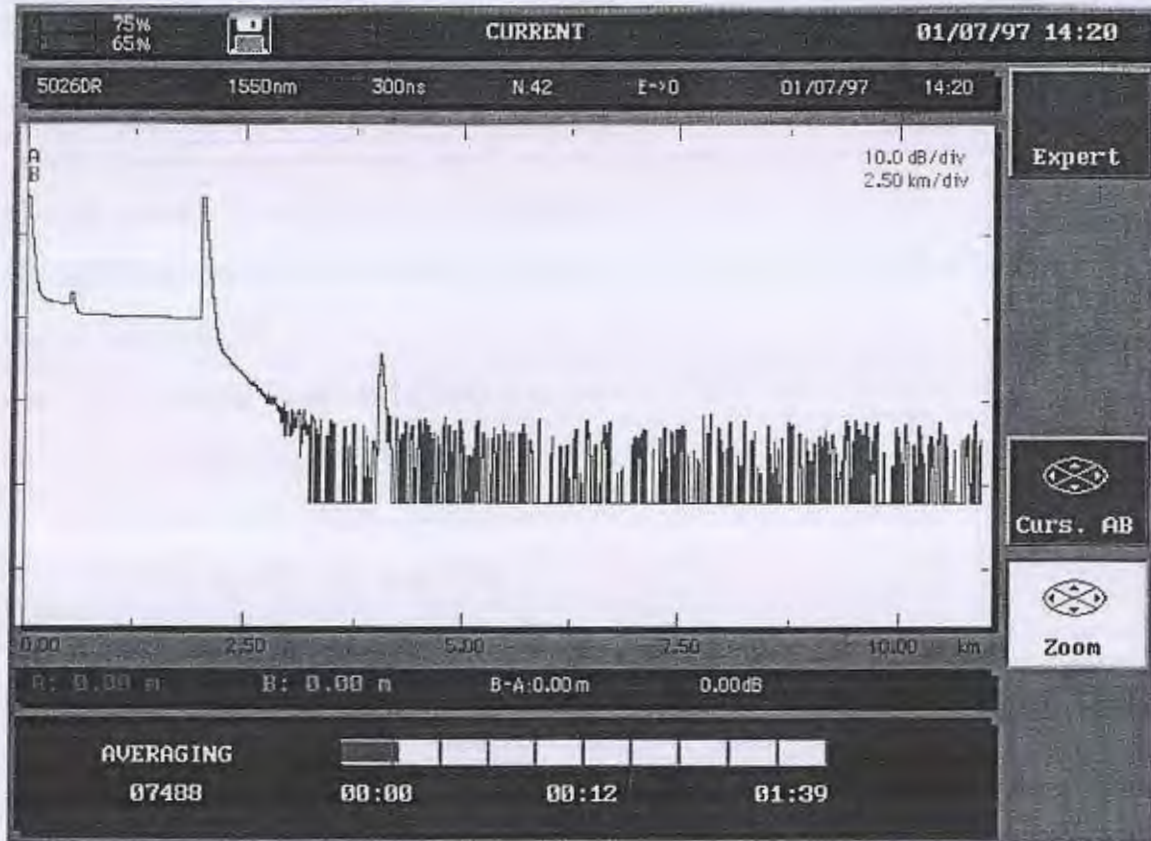
ملحوظة :

يجب قبل عمل Stop – start التأكد من جودة الموصل هل هي ( good ام bad ) فإذا كانت سيئة فلا بد من الاتي :

- وجود اكثر من موصل بالقرب من الموصل الاول
- الموصل غير نظيف ويحتاج الى كحول لتنظيفه
- توصيل ال pigtail غير صحيح يحتاج الى اعادة توصيله
- عدم وجود كابل للقياس

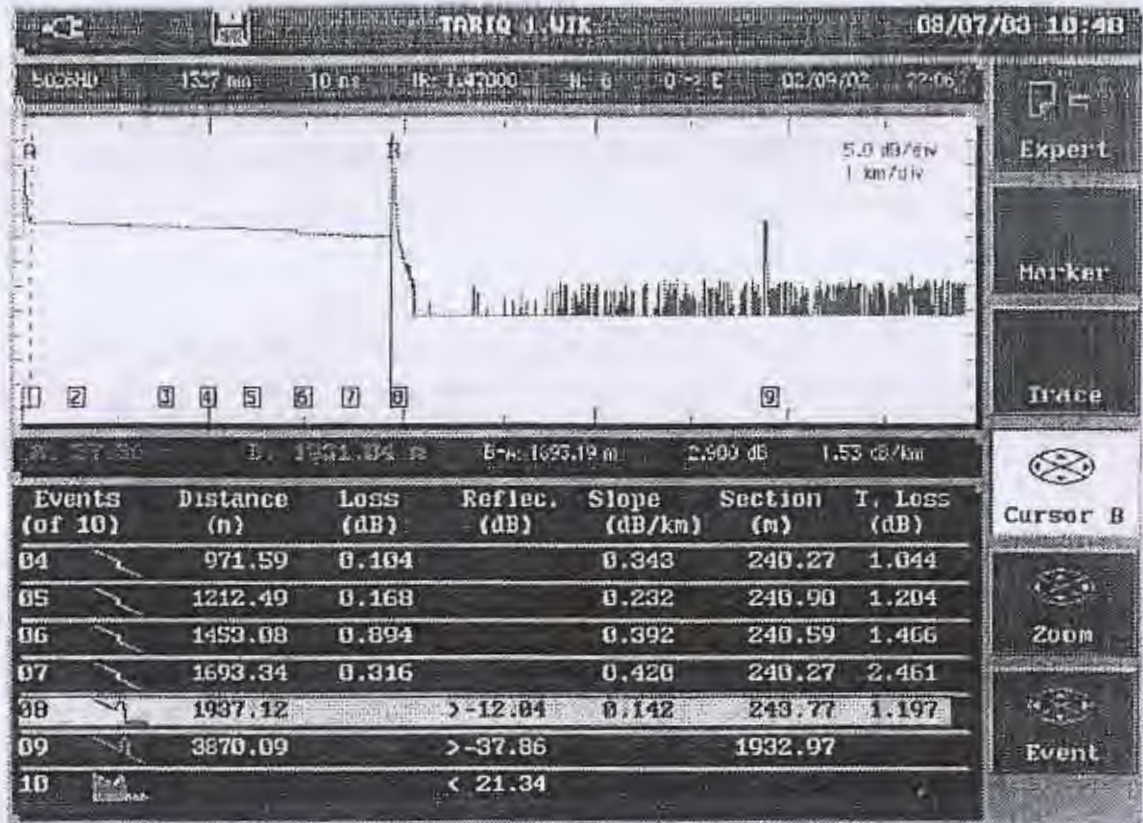
بعد عمل الاعدادات (test set up) للموديول يتم الضغط على مفتاح Run- Stop والانتظار حتي يتم الانتهاء من عمل (average) في خلال الفترة الزمنية المحددة من قبل (Acquisition)

بعد الانتهاء من عمل Run – Stop يتم رسم المنحنى المعبر عن الألياف وكتابة كل الاحداث علي الشاشة والتي تعبر عن مختلف القياسات ويتم التنقل بينها عن طريق مفتاح (enter) بالجدول الموجود ( اسفل الشاشة ) واخذ أي قراءة مطلوبة وشكل (٦-٤) يوضح الشكل العام للمنحنى بعد القياس بينما يوضح شكل (٦-٥) الاحداث بأنواعها المختلفة .



التأكد من التوصيل قبل القياس





شكل (٤-٦)

	حدث اللحام بالإصهار
	حدث الإنعكاس (الموصل)
	حدث خيال الإنعكاس
	حدث ميل الإلنفا على الرسم
	حدث النهاية
	حدث الطاقة الضوئية الممتدة لمنطقة ما
	حدث الطاقة الضوئية الكبيرة عند نهاية الكابل
	حدث المميز في حالة عدم إمكانية القياس
	نهاية وضع الإتياف منسوبة إلى المميز المستخدم (Marker)

شكل (٥-٦)

• تحليل النتائج التي تم قياسها

- استخدام ال Cursors

يستخدم لتحليل حدث معين عن طريق الضغط على مفتاح cursors وتنشيط ال cursor المطلوب بحيث ان النشيط يكون متصل والاخر يكون غير متصل (dotted)

- اسفل المنحنى يظهر الآتي :

\* المسافة بين A,B ونقطة البداية

\* المسافة من A,B

\* ميل جزء المنحنى الواقع بين A,B

\*الفقد الخاص بالجزء الواقع بين A,B

\*مفتاح ZOOM/ SHIFT

يقوم مفتاح ZOOM بتوضيح حدث معين داخل المنحنى كالآتي :

\* اختيار CURSOR(A,B,AB) ووضعه عند الحدث المطلوب تكبيره

\*الضغط على ZOOM

\*التكبير والتصغير عن طريق الاسهم

\* للرجوع الى الوضع الاصلى وادراج المنحنى بالكامل يتم الضغط على

"<" and ">" لحظي

- SHIFT

لتحريك المنحنى افقيا او راسيا عن طريق الاسهم EVENT للتنقل بين الاحداث

ادراج الجدول TABLE

\* صف واحد يحدد نوع ومواصفات الحدث القريب من CURSOR

\* ٨ صفوف تحدد جميع الاحداث بحيث ان الحدث الاقرب لل CURSOR يكون مضاء

تحليل بيانات الجدول

- رقم الحدث

- المسافة بين الحدث وبداية الفبير

- الفقد الخاص بالحدث



- الانعكاس الناتج عن هذا الحدث ان وجد

- ميل المنحنى قبل الحدث

- طول المقطع بين الحدث الحالى والسابق



- \* ادراج ملاحظات في الجدول
- يتم اختيار حدث معين من الجدول
- الضغط على expert
- اضغط على notes table
- فتح قائمة edit وادخال الملاحظة المطلوب ادخالها
- اضغط على exit

- يوجد أعلي الشاشة شريط يحتوي علي الطول الموجي له عرض النبضة  والتاريخ وكذلك معامل الانكسار R.I ويمكن استخدامه في حساب الفقد الكلي يدوياً وكذلك للفقد لكل كيلومتر وذلك عن طريق تحديد Marker A \ Marker B حتي مسافة معينة ويتم كتابة الفقد Loss بوحدات الديسيبل وكذلك الفقد لكل كيلومتر Km \ db بهذا الشريط
- يمكن استخدام التكبير والتصغير عن طريق مفتاح Zoom مع المفاتيح .

### ٣-٩-٦ قياس القدرة الضوئية المرتدة ORL

وهي قدرة ضوئية مرتدة سواء كانت تلك القدرة نتيجة الانعكاس من الموصلات (Connector) او نهاية الالياف ويتم قياس فقد القدرة الضوئية المرتدة ORL بالخطوات الآتية :

- ١ - بعد عمل Start -Stop ورسم المنحنى المعبر عن الالياف الضوئية يتم تحديد المنطقة المراد قياس فقد القدرة الضوئية المرتدة بها وذلك عن طريق Marker A

Marker B

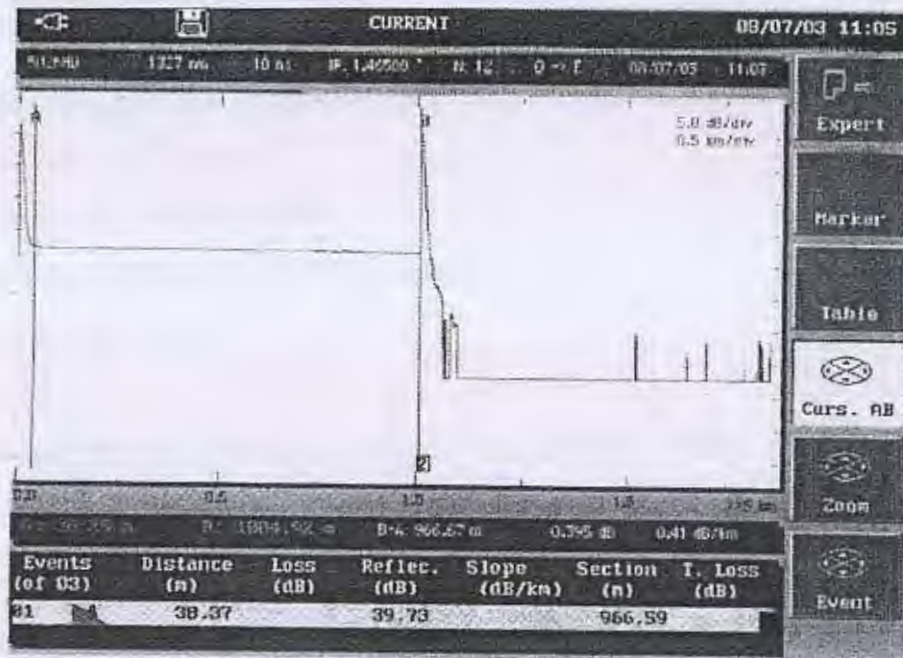
- ٢ - يتم الضغط على مفتاح Expert فتظهر علي يمين الشاشة القائمة الخاصة بهذا المفتاح

- ٣ - يتم الضغط على مفتاح Manual الموجود علي يمين الشاشة

- ٤ - يتم الضغط على مفتاح ORL الموجود علي يمين الشاشة

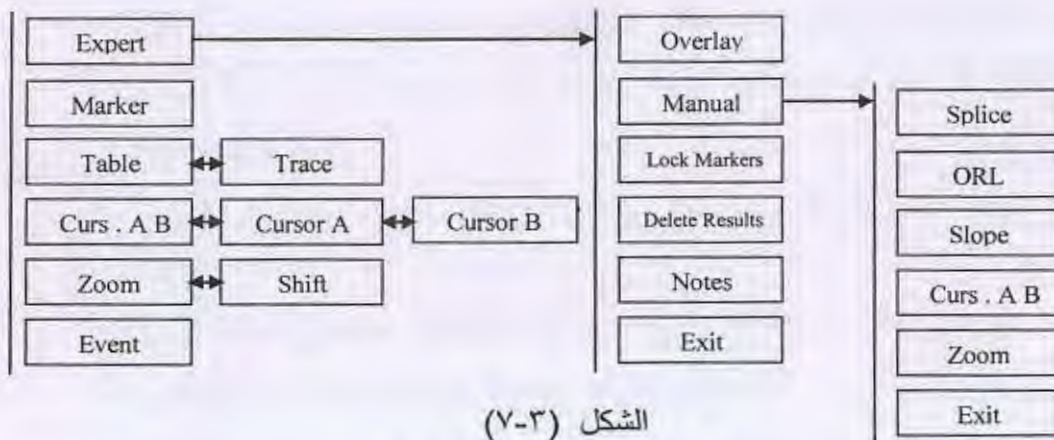
- ٥ - يظهر في الجدول الخاص بالاحداث قيمة فقد القدرة المرتدة كحدث إضافي وشكل (٦-)

- ٦ (يوضح الشكل العام للمنحنى وطريقة قياس القدرة الضوئية المرتدة



شكل (٦-٦)

الشكل التوضيحي التالي يبين الرسم التخطيطي للمفاتيح المتغيرة الخاصة بهذا المودول .



الشكل (٧-٣)

Soft Keys menu (OTDR)