الفصـــــــل الأول
الإطار العـام للبـحث

1-1مقدمة البحث:

لقد استخدم الضوء في الاتصال منذ أن خلق الله الأرض ومن عليها ومن دونه لا يمكن أن نري من حولنا وقد استخدمت الإشارات والمرايا العاكسة والمصابيح لنقل المعلومات ولكن مقدار المعلومات المنقولة محدودة ويمكن للآخرين الاطلاع عليها علاوة علي التأثير السلبي للظروف البيئية.

إن أول محاولة فعلية مدونة لاستخدام الإشارات كان عام 1791 من قبل (كلود شابي) في فرنسا، إذ استخدم مجموعة من الأبراج تحتوي علي عدة أذرع لنقل المعلومات مسافة 200كلم ليستغرق إرسال المعلومة الواحدة حوالي 15دقيقة. وفي عام 1854 أجري (جون تايزون) تجربة بسيطة بين أن الضوء يمكن ثنيه إذا وجد الوسط الملائم، وفي عام 1880 قام (الكسندر جراهام) بنقل الصوت عبر حزمة ضوئية وقد أجريت محاولات عديدة لاستخدام الاتصالات البصرية خلال هذا القرن ولكنها لم تلقي النجاح لعدم توفر المنابع المناسبة علاوة علي الاضطرابات الجوية كالمطر والثلج والغبار والضباب، مما حد من إمكانية استخدامها.

أدي اكتشاف الليزر عام 1960 من قبل (ثيودور ميمان) إلي تجدد الاهتمام بالاتصالات البصرية، وفي عام 1966 اقترح كل من (تشارلس كاو– وجورج هوكام) تصنيع ألياف زجاجية قليلة الفقد، وفي عام 1970 تم تصنيع ألياف بصرية مصنعة من مادة السيلكا وبفقد 20ديسيبل/ كلم بدل من 1000ديسيبل/كلم قبل ذلك الوقت. وفي غضون عشرة سنوات تم تصنيع ألياف بفقد يصل إلي 20ديسيبل/كلم عند الطول الموجي1550نانومتر.

1-2 مشكلة البحث:

تتحدد مشكلة البحث في السؤال التالي:

ما مدي ملائمة استخدام الألياف البصرية في تطبيقات الحياة اليومية؟

1-3 أسئلة البحث:

1– ما هي نواحي القوة والضعف في استخدام الألياف في الاتصال؟

2– إلي أي مدي يلائم استخدام الألياف البصرية في الطب؟

3- إلي أي مدي يجيد المهندسون استخدام تقنية الألياف البصرية؟

4- إلي أي مدي يمكن ثني الألياف البصرية؟

1-4 أهداف البحث:

هدفت هذه الدراسة للآتي:

1- التعرف علي مدي تحقيق الألياف البصرية لأهدافها المطلوبة.

2- التعرف علي سلبيات الألياف البصرية.

3- إمكانية صناعة ألياف ضوئية قابلة للثني.

4- جعل الألياف البصرية قادرة علي مقاومة العوامل الطبيعية.

1-5 أهمية البحث:

تتمثل أهمية البحث في الآتي:

1- قد تكشف هذه الدراسة أهم نواحي القصور في الألياف البصرية إن وجدت.

2- قد تمكن من وضع مقترحات لمعالجات سلبيات الألياف البصرية إن وجدت.

3- تفتح هذه الدراسة المجال للدراسات الأخرى التي لم تتناولها الدراسة.

4- قد تلقي الضوء علي الأمور المتعلقة بالاتصالات ومدي تطورها.

5- تمثل عمود فقري لحل كثير من أزمات الاتصالات.

1-6 فروض البحث:

تتمثل فروض البحث في الآتي:

1- للألياف الضوئية دور كبير في تطور الإنسان في مجال الاتصالات.

2- تواجد علاقة سليمة بين الألياف البصرية وتكنولوجيا النانو.

3- لا وجود لأعطال كبيرة في الاتصالات بعد استخدام الألياف البصرية.

4- لا وجود لاستخدام أسلاك النحاس في المجالات التي تدخل الألياف الضوئية في صناعتها.

1-7 حدود البحث:

الحدود المكانية: ولاية الخرطوم.

الحدود الزمانية: من يونيو إلي أكتوبر 2016م.

الحد الموضوعي: بحث لنيل درجة البكالوريوس في الفيزياء.

الفصل الثاني

الإطار النظري

الألياف البصرية أنواعها وخصائصها: Optical fiber types and Properties

2-1 الليف البصري ومراحل تطوره:

منذ أكثر من 25عام بدأ استخدام وتطبيق الألياف البصرية كخطوط اتصال مما مهد لقيام ثورة في عالم الاتصالات من حيث الكم الهائل من المعلومات التي أصبح بالإمكان نقلها عبر هذه الخطوط لمسافات طويلة بنوعية عالية الجودة. ولقد كانت فكرة استخدام الضوء للاتصال قديماً جداً وذلك من أجل إرسال الصوت عبر الضوء.

وفي العام 1970 كانت البدايات الفعلية لمحاولة إرسال الضوء عبر ألياف زجاجية ذات معدل توهين أقل من 20B/km وفي نطاق معامل التجارب بعد ذلك

توال إنتاج الألياف عن طريق الأبحاث في أواسط السبعينات من القرن الماضي بمعدلات توهين أقل من تصنيع كيبلات بصرية وطرحها في الأسواق التجارية.

لقد جاء تطوير وتصنيع هذه الألياف علي عدة مراحل، حيث أن المرحلة الأولي تعمل علي طول موجي 850nm وسميت النافذة الأولي بمعدل توهين 3Db/km والذي كان انجاز عظيم في وقته، وانتقلت بعد ذلك للنافذة الثانية حيث تم تصنيع ألياف تعمل بطول موجي 1300nm بمعدل توهين حوالي 0.5dB/km في نهاية العام 1977 قامت شركة NTT بالانتقال إلي النافذة الثالثة وذلك باستخدام طول موجي 1550nm حيث أمكن الحصول علي ألياف زجاجية بمعدل توهين 0.2dB/km والذي يعتبر نظرياً أقل حد ممكن لقيمة الفقد في الليف الزجاجي. وجميع الأطوال الموجية السابق ذكرها تصنع وتعمل في معظم دول العالم. بقد بدأ التطبيق والاستخدام الفعلي لأنظمة الاتصالات البصرية في بداية السبعينات من القرن الماضي وذلك من قبل القوات الأمريكية حيث تم تركيب كيبل بصري لنقل المكالمات الهاتفية تبع مشروع القوات الجوية Airborne light Optical fiber Technology. وفي نفس العام توالت بعد ذلك الاستخدامات التجارية حيث قامت شركة ATTوCTE بإنشاء وتركيب أنظمة اتصالات بصرية في كل من شيكاغو– بوسطن.

2-2 مكونات الألياف البصرية:

يتكون الليف البصري من ثلاثة أجزاء رئيسية وهي كالأتي:

1– القلب: Core

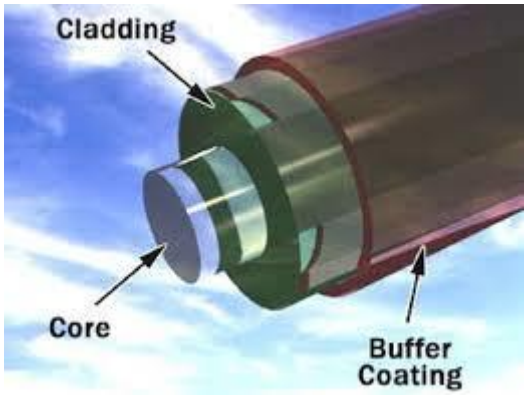
وهو عبارة عن زجاج رفيع ينتقل فيه الضوء.

2– العاكس:Cladding

وهو مادة تحيط باللب الزجاجي تعمل علي عكس الضوء مره أخري إلي مركز الليف الضوئي.

3–الغطاء الواقي: buffer coating

وهو عبارة عن غلاف بلاستيكي يحمي الليف البصري من الرطوبة ويحمي من الضرر والكسر.



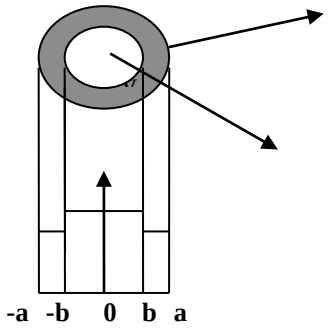
شكل رقم (2-1) يوضح رسم الليف الضوئي

2-3 أنواع الألياف البصرية: Types of Optical fiber

تنقسم الألياف البصرية إلي أكثر من نوع وذلك بالاعتماد علي المعاير المستخدمة في عملية التقسيم وحسب تغير معامل الانكسار خلال لب الليف البصري إلي الأتي:

2-3-1 ألياف عتبية:

حيث يكون معامل الانكسار ذا قيمة ثابتة خلال لب الليف.



شكل رقم(2-2) يوضح تغير معامل الانكسار في الليف العتبي

إذا ما نظرنا إلي الشكل **(2-2)** فإننا نجد تغير معامل الانكسار من القيمة n2 إلي n1 أو العكس، له شكل الدرجة أو العتبة ومن هنا جاءت تسمية الليف العتبي.

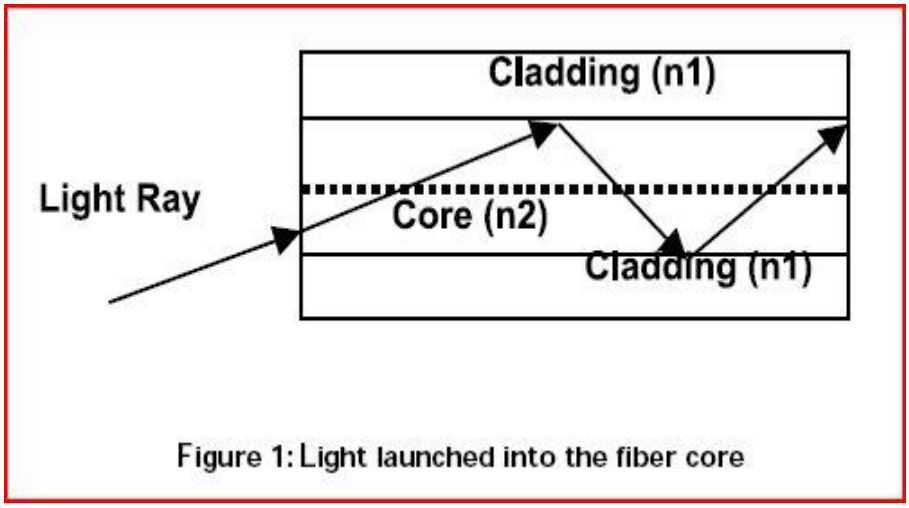
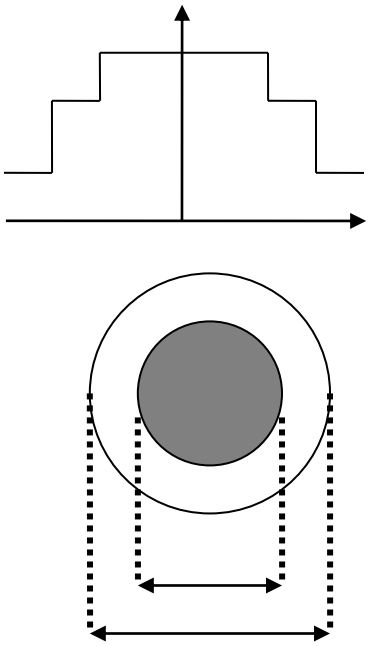


Figure 1: Light launched into the fiber core

شكل رقم(2-3) يوضح مسارات الحزم الضوئية خلال الليف العتبي

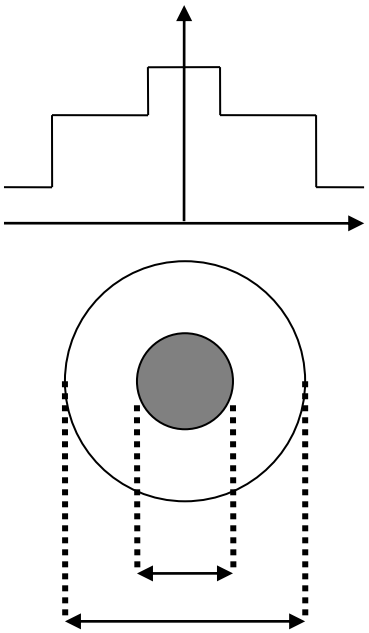
تتميز الألياف البصرية ببساطها وبتالي تدني سعرها ولكنها متواضعة في الخصائص والمميزات وتكمن مشكلتها الرئيسة في التشتت الباطني.

2-3-2 ألياف بصرية عديدة ذات بروفيل معامل انكساره من درجة واحدة.



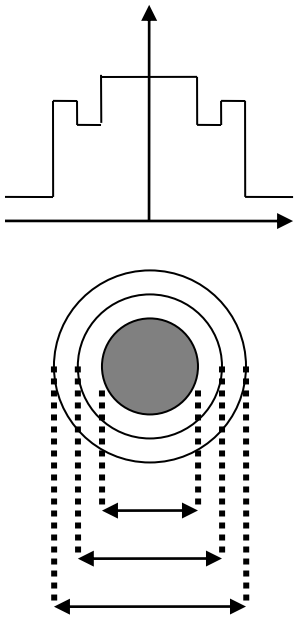
شكل رقم(2-4) يوضح ليف بصري ذات بروفيل معامل انكساره من درجة واحدة.

2-3-3 ألياف بصرية وحيدة المنوال ذات بروفيل معامل انكسار من درجة واحدة.



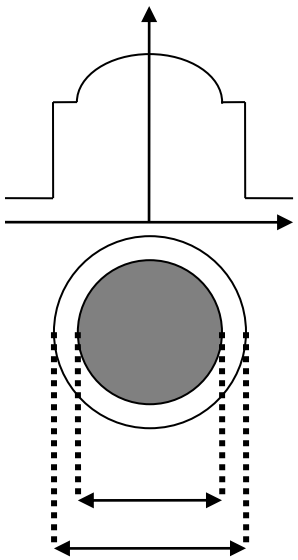
شكل رقم(2-5) يوضح ألياف بصرية وحيدة المنوال ذات بروفيل معامل انكسار من درجة واحدة.

2-3-4 ألياف بصرية فيها معامل الانكسار ويحاط لب الشعيرة بقشرتين، الداخلية معامل انكسارها n1 والخارجية معامل انكسارها n2 حيث n1< n2.



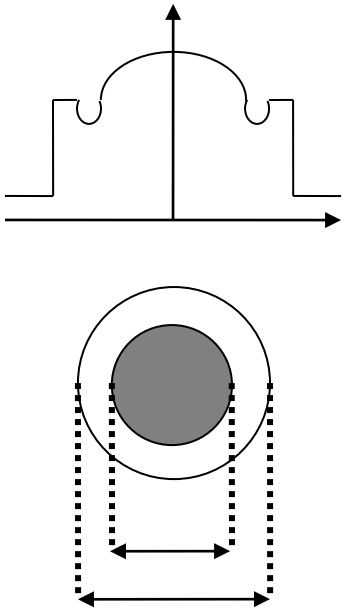
شكل رقم(2-6) يوضح ألياف بصرية فيها معامل الانكسار ويحاط لب الشعيرة بقشرتين، الداخلية معامل انكسارها n1 والخارجية معامل انكسارها n2 حيث n1< n2.

2-3-5 ألياف بصرية متدرجة معامل الانكسار وعديدة المنوال. وفيها معامل انكسار الشعيرة n(r) تتغير بتغير البعد r عند مركز الشعيرة.



شكل رقم(2-7) يوضح ألياف بصرية متدرجة معامل الانكسار وحديدة المنوال. وفيها معامل انكسار الشعيرة n(r) تتغير بتغير البعد r عند مركز الشعيرة.

2-3-6 ألياف بصرية ذات لب متدرج معامل الانكسار، يأخذ فيها بروفيل معامل الانكسار الشكل W.



شكل رقم(2-8) يوضح ألياف بصرية ذات لب متدرج معامل الانكسار، يأخذ فيها بروفيل معامل الانكسار الشكل W.

وتصنف الألياف البصرية إلي ثلاثة أنواع تبعاً لأنماطها وهي كالأتي:

1/ ألياف متعددة النمط بمعامل انكسار عتبي:

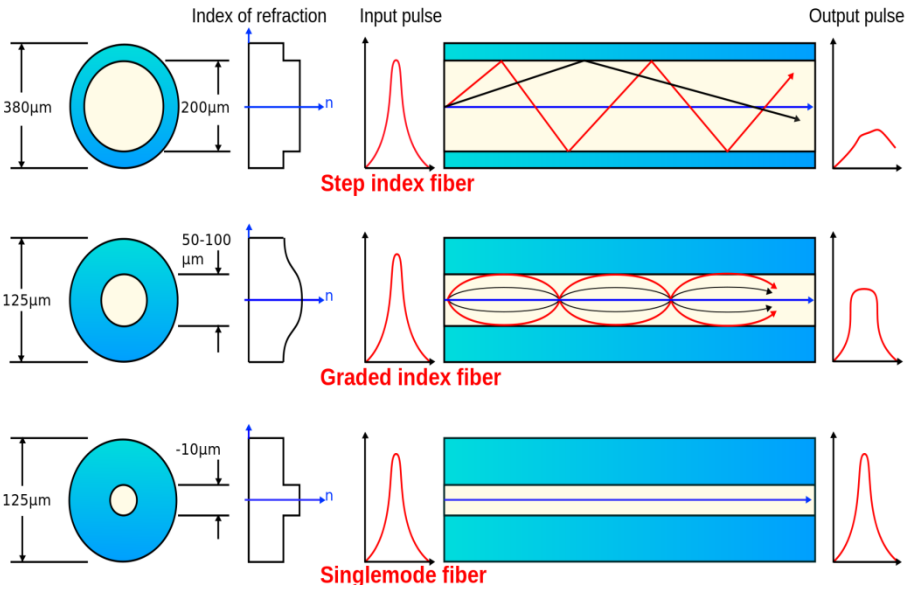
وفيها يتألف الليف البصري من جزئيين أساسين هما لب الليف البصري الذي يشغل مركز الليف يحيط به كساء بالإضافة إلي ذلك طبقة واقية تسمي الغلاف. يصنع هذا النوع من الألياف البصرية من عناصر مختلفة من الزجاج ومركباته أو السليكا.

2/ألياف متعددة النمط ذات معامل انكسار متدرج:

معامل انكسار هذه الألياف متدرج إذ تبلغ أعلي قيمة له في مركز الليف وتقل قيمة معامل انكساره بصفة تدريجية كلما اتجهنا نحو الكساء، حيث تكون قيمة معامل الانكسار ثابتة ويصنع هذا النوع من الألياف من عدد من العناصر الزجاجية والسليكا المطعمة.

3/ألياف أحادية النمط:

قد يكون معامل انكسار الليف متعدد النمط متدرج أو عتبي ولكن معظم الألياف أحادية النمط الموجودة حاليا ذات المعاملات الموجودة حاليا ذات معامل انكسار عتبي. وتتميز الألياف أحادية النمط بنوعيتها الممتازة كما أن عرض النطاق فيها كبير وتستعل للمسافات الطويلة وتصنع من مادة السليكا المطعمة ولو أن قطر اللب صغير جداً إلا أن قطر الكساء يبلغ أضعاف قطر اللب وذلك للتقليل من نسبة الفقد من الموجات المضمحلة التي تمتد داخل الكساء.



شكل رقم(2-2) يوضح اتساع النبض الناتج عن انتشار الضوء في كل من الليف أحادي النمط ومتعدد النمط.

وتحدد البارمترات الآتية خصائص الألياف البصرية ذات بروميل معامل الانكسار من درجة واحدة نصف قطر الشعيرة العددي numerical optical

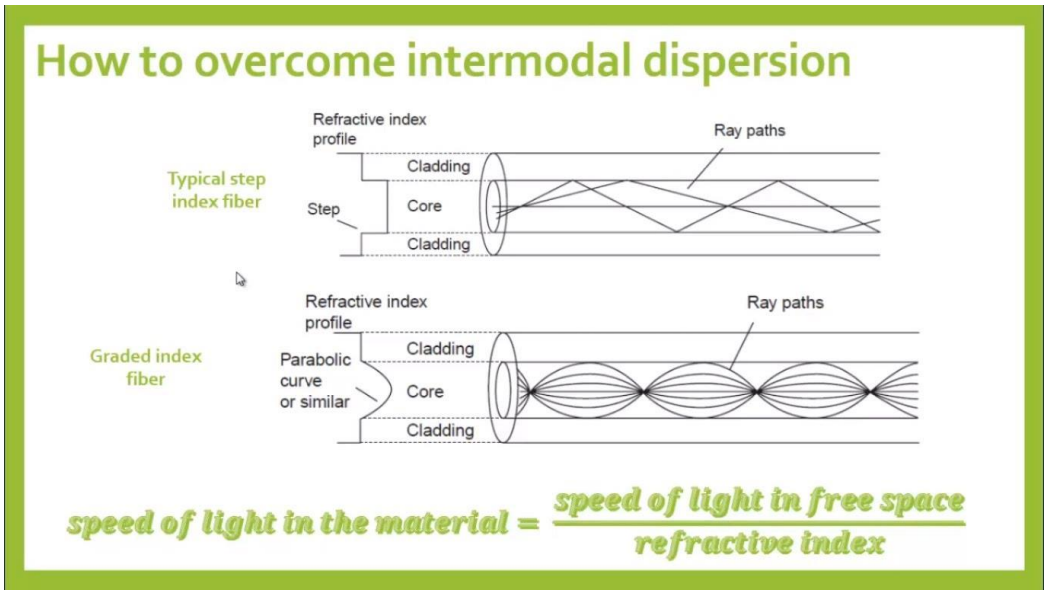
حيث:

n_0=معامل انكسار مادة لب الشعيرة

n_1= معامل انكسار مادة قشرة الشعيرة

وترتبط قيمة الاتساع العددي بأقصى زاوية قبول للأشعة الداخلية بالشعيرة بالبارميتر.

وتوضح ثلاثة مناطق تمثل اللب والقشرة والسترة البلاستيكية كما بالشكل أدناه.



A تمثل وحيدة المنوال بروفيل معامل انكسار من درجة واحدة

B تمثل شعيرة متدرجة معامل الانكسار وعديدة المنوال.

شكل رقم(10-2) يوضح اللب والقشرة والسترة البلاستيكية في الليف البصري.

2-4 مميزات الليف البصري :advantages of optical fiber

للألياف البصرية مزايا عديدة جعلتها تتفوق علي النظم الأخرى المستخدمة في مجال الاتصالات ومن هذه المميزات أن عرض نطاقها علي جداً ووزنها خفيف ولا يوجد تداخل بينها مهما قربت المسافة ولا تتأثر بالحث أو التداخل الكهرومغناطيسي، كما أن هناك انخفاض في سعر تكلفة المكالمات كما أنها أكثر أمانا وسلامة وحياتها طويلة وتتحمل درجات الحرارة العالية ولا تتأثر بالمواد، ومن هذه المميزات:

1-أن عرض النطاق المرتفع جداً يعني إمكانية نقل المعلومات عالية جداً، وقد تكون هذه المعلومات صورة تلفزيونية أو مكالمة هاتفية أو معلومات للحواسيب أو مزيج

منها. وقد تم تشغيل خطوط نقل المعلومات بمعدل 10GHz/s مثل(SEA-NE-ME3-FLAG) والأبحاث مستمرة في أنحاء العالم وقد أجريت تجارب لنقل 2.46TBit/s ومن الناحية النظرية فإن عرض نطاق ليفه بصرية واحدة في حدود 10Ghz.

2–قطرها صغير ووزنها خفيف، إذ يبلغ سمك الليف الضوئي سمك الشعرة وعلي الرغم من أن هنالك طبقات واقية توضع فوقها إلا أنها لا تزال أقل حجماً ووزناً من الأسلاك الهاتفية أو المحورية ومثلاً علي ذلك أن ليف بصري بقطر يبلغ حوالي 125مايكروميتر ضمن كابل يبلغ قطره 6mm يمكن له حل محل كابل هاتفي قطره 8cm ويحتوي علي 900 زوج من الخطوط السلكية النحاسية، هذا يعني أن الحجم انخفض بنسبة تزيد عن 1:10.

3– نلاحظ أحياناً عند إجراء محادثة هاتفية سماع محادثات هاتفية أخري وهو ما يطلق عليه Cross talk وهذا النوع من التداخل لا يحدث عند استخدام الألياف البصرية مهما قربت المسافة بينها.

4– تتمتع الألياف البصرية لكونها مصنعة من مواد عازلة لعدم تأثرها بالحث الكهرومغناطيسي الصادر من المصادر الكهرومغناطيسية الصناعية للمحركات والمولدات والأجهزة الكهربائية المختلفة أو الطبيعية كالبرق، وتلك الخاصية تقنينا عن وضع مواد عازلة لحمايتها من الحث والتداخل.

5– تصنع الألياف في وقتنا الحاضر من مادة السليكا الموجودة بكثرة في الرمل والتي يقل سعرها كثيراً عن معدن النحاس الذي بدأ ينفد من أماكن كثيرة في العالم.

6– نظراً لأن الضوء هو الوسط الناقل للمعلومات في الألياف البصرية ولا يولد هذا الضوء أي مجال مغناطيسي خارج الكابل فان من الصعوبة إمكانية التجسس ومعرفة المعلومات التي يحويها الكابل البصري كما أنه من الصعوبة معرفة مكان وجود الكابل البصري بسبب المادة المصنعة منها ولا يوجد جزء معدني إلا في بعض الحالات حيث تتم إضافة كابل فولاذي لتقوية الكابل البصري أو نسيج معدني لحماية الكابل من العوارض والأحوال الخارجية.

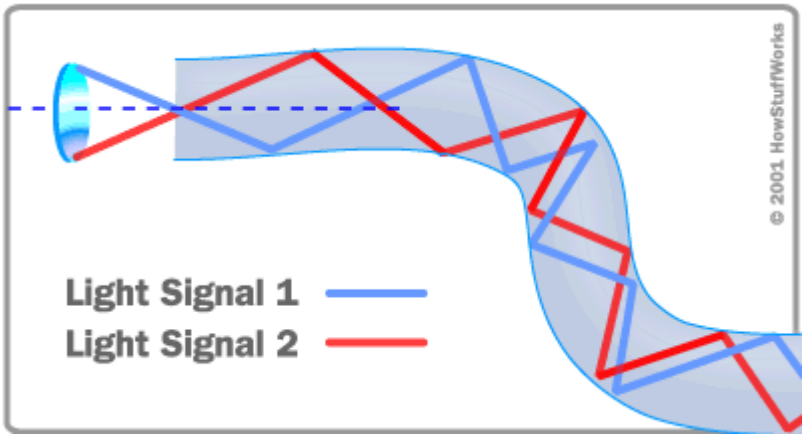
7- يتوقع أن يكون عمر الألياف البصرية في حدود 25عاماً مقارنة بـ15عاماً للنظم الأخرى حيث أن المكونات الأساسية للألياف هي الزجاج الذي لا يصدأ علي عكس النظم الأخرى التي تحتوي علي معادن تتعرض للصدأ.

8- يمكن للزجاج أن يتعرض لدرجات حرارة متفاوتة من حيث الانخفاض والارتفاع، كما يمكن استخدامه في أجواء تحتوي علي مواد كيميائية مختلفة دون أن يتعرض للتلف.

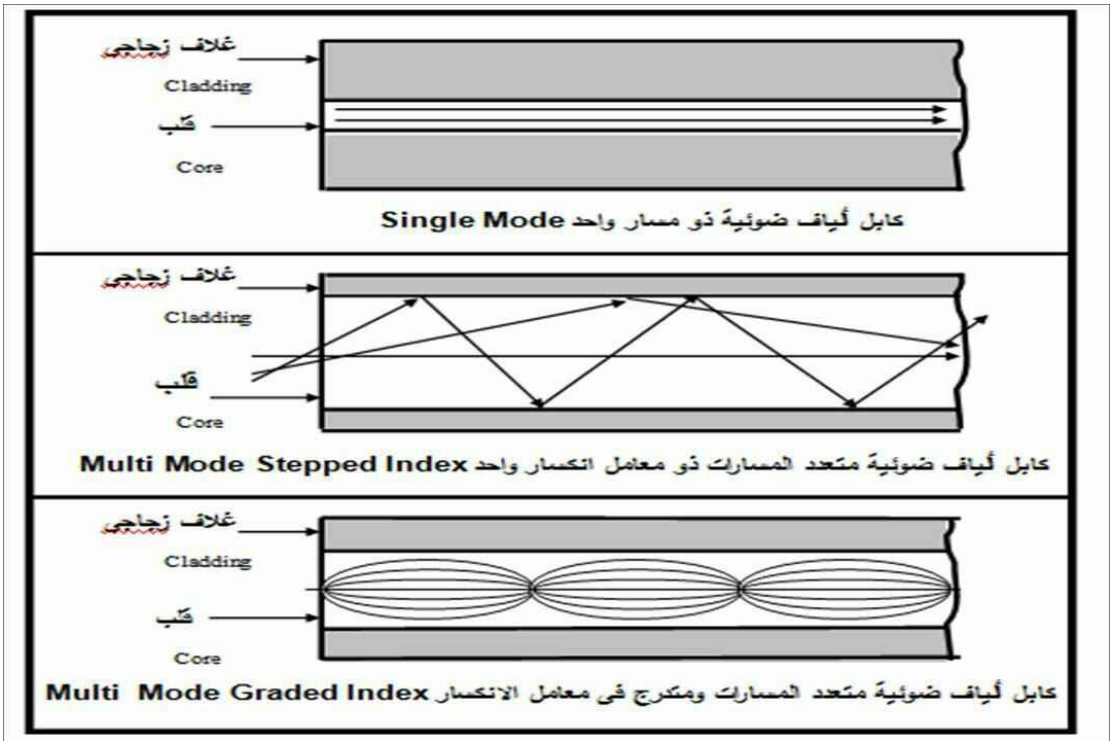
9- وضعت المكررات علي مسافة 100Km بين مكرر وأخر وهذا يقلل من عدد المكررات وبالتالي من صياغة النظم كما يزيد من الاعتماد علي النظم لقلة الأجهزة المستخدمة بينما المسافة بين المكررات في النظام الهاتفي المستخدم حالياً تتراوح بين 4-6كلم.

2-5 كيفية انتقال الضوء في الألياف البصرية:

تنتقل الإشارات الضوئية في الكيبلات البصرية خلال الليف الزجاجي الرفيع Core وذلك عن طريق الانعكاسات المتتالية للضوء التي يحدثها العاكس Cladding المحيطة بالقلب الزجاجي والذي يعمل كمرآة عاكسة للضوء، ولأن العاكس لا يمتص الضوء الساقط عليه بل يقوم بعكسه إلي الداخل.



شكل رقم(2-11) يوضح انتقال الضوء في الليف البصري.



شكل رقم(12-2) يوضح أنواع كابلات الألياف الضوئية.

2-6 تقسيم الألياف البصرية حسب المادة المصنوعة منها:

2-6-1 الألياف البصرية البلاستيكية:Plastic Optical fiber

تصنع من الزجاج النقي وتتميز الألياف البصرية البلاستيكية والتي سنرمز لها اختصاراً بـ(POF) وهي رخيصة الثمن لأنها مصنوعة من البلاستيك، حيث تصنع ألان علي شكل ألياف عتبية متعددة الأنماط وتعمل علي الطول الموجي 650nm.

ومن أهم الايجابيات لها:

1- رخيص السعر.

2- الحجم الكبير نسبياً بقطر 1000مايكرومتر مما يجعلها سهلة في الاستخدام.

3- فتحة النفوذ العددية NA عالية نسبياً(0.5mm).

4- البساطة والمرونة العالية في التطبيق.

ومن السلبيات:

1- التوهين(Attenuation) العالي جداً أكثر من 200dB/km.

2- عرض النطاق الترددي(Bandwidth) القليل حوالي(5MHz).

3- يقتصر استخدام الألياف البلاستيكية علي المسافات القصيرة جداً داخل المكاتب والمعالم لذلك أصبحت تستخدم كبديل للكيبلات الكهربية في السيارات.

4- سرعة عطب الألياف البصرية إذا ما تعرضت للعطب أو الثني أكثر من اللازم.
5- تقنية الألياف البصرية تقنية حديثة العهد وتتطلب مهارات في استخدامها لا يجيدها كل المهندسون.

2-6-2 الألياف الزجاجية :Glass fiber

تصنع من الزجاج النقي.

2-7 المصادر والكواشف الضوئية: light sources and optical photometers

تقدم هذه الفقرة مبدأ وعمل وأنواع المصادر والكواشف المستخدمة في أنظمة الاتصالات الضوئية والتعرف علي خصائصها ومواصفاتها العملية، ومن هذه المصادر والكواشف:

2-7-1 المصادر الضوئية: light sources

تتمثل العملية الأساسية للمصدر الضوئي في تحويل الإشارات لكهربية الداخلية عليه إلي إشارات بصرية علي ترددات الضوء حيث يتم إرسالها عبر الليف إلي جهة الاستقبال.

2-7-2 متطلبات عامة للمصدر الضوئي:Source Requirements

هنالك عدد من الشروط والمتطلبات الواجب مراعاتها وتوفرها في المصدر الضوئي عند اختياره لتطبيق معين في أنظمة الاتصالات الضوئية وهي:

1-أن يكون الطول الموجي المنبعث من المصدر ملائم للإرسال عبر الألياف البصرية.

2-يجب أن تكون القدرة المنبعثة من المصدر عالية بالقدر الكافي لاستخدامها في الاتصالات بعيدة المدى وتكون في مجال 1mw.

3-يجن أن يكون عرض النطاق الإشعاعي ($\lambda\sigma$) أقل ما يمكن وذلك لتقليل قيمة تشتيت المادة.

4-يجب أن تتمتع بسرعة تعديل Modulation Rate عالية لضمان إرسال أكبر قدر ممكن من المعلومات.

5-يفضل أن تكون الدوائر الالكترونية المصاحبة للمصدر من أجل تشغيل أبسط ما يمكن.

6-قلة التكلفة.

2-7-3 أطوال الموجات العاملة :Operating Wave lengths

كما أشرنا سابقا بتوجب أن يكون الطوال الموجي الذي يعمل عليه المصدر مطابقاً للأطوال الموجية التي يعمل عليها الليف بشكل فعال ويثر الطوال الموجي وبشكل مباشر علي قيمة التوهين والتشتيت للنبضات المرسلة عبر الليف، ومن هذه الناحية فإن أنظمة الاتصالات البصرية العاملة استخدمت عدة أطوال موجية منها:

1-λ=850nm وهو أطول طول موجي تم استخدامه.

2-λ=1550nm وهو أفضل طول موجي من ناحية أقل توهين يمكن الحصول عليه.

3-λ=1300nm وهو أفضل طول موجي من ناحية أقل تشتت يمكن الحصول عليها.

4-λ=650nm وهو الطول الموجي الأفضل لعمل الأمواج البلاستيكية.

2-8 القياسات والفحوصات في أنظمة الاتصالات البصرية fiber Optic measurement and tasting:

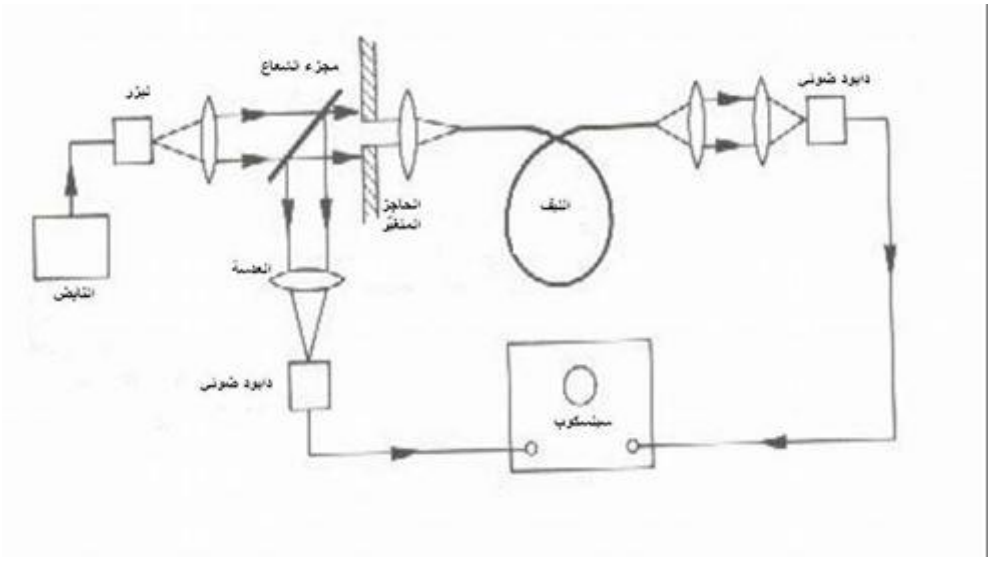
تعتبر من العمليات الأساسية والمهمة في نظم الاتصالات بشكل عام، حيث تبدأ الفحوصات في الليف البصري في مرحلة التصنيع للتأكد من جميع الشروط اللازمة لتصنيع الليف بشكل صحيح. هنالك مجموعة من القياسات التي يجب إجرائها لليف:

1-القياسات باستخدام جهاز القدرة .Power meter measurements

2-قياس خط الليف البصري فقط :fiber optic link loss measurements

3-قياس فقط الانعكاس البصري :optical return loss measurements

4-القياس باستخدام جهازOTDR :OTDR measurement



الشكل رقم(13-2) يوضح قياس الانتشار للنبضات الضوئية في الليف.

2-9 تركيب الألياف البصرية:Fiber Optic Installation

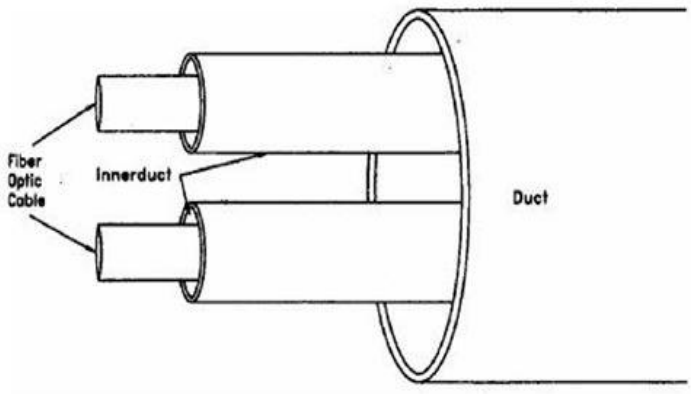
المقصود بتركيب الألياف البصرية هو عملية تجهيز الكيبل ووضعه في مكانه المخصص بحيث يكون جاهزاً لإرسال المعلومات من خلاله، وهناك نوعان من التركيبات، التركيبات الخارجية Outdoor والتركيبات الداخلية Indoor.

أولاً: التركيبات الخارجية للكيبل البصري.Outdoor fiber Optic

ثانياً: تركيب الكيبل المدفون.Buried Cable Installation

عند اختيار المجري يوضع الكيبل داخله يجب مراعاة الشرط التالي:

$(d^2/D^2<50)$ حيث يرمز لـd بقطر الكيبل ولـD بقطر المجري.



شكل رقم(14-2)

الفصل الثالث
تطبيقات الألياف البصرية
Optical Fiber Application

3-1 مقدمة:Introduction

تعمل هذه الألياف علي توصيل ونقل المعلومات كإشارات ضوئية ولمسافات طويلة. يعتبر محدد أو معزز الإشارات الضوئية Optical Regenerator ضروري لتعزيز الإشارات وتقويتها حتي لا تضعف وتتلاشي خلال رحلتها الطويلة عبر الكيبلات البصرية والكيبلات التي تضعف هي التي تسير لمسافات طويلة كما يحدث في الكيبلات الممتدة تحت سطح البحر والتي تستخدم في أغراض الاتصالات بين السفن والغواصات وبالتالي تعالج هذه الكيبلات البصرية بمعززات لهذه الإشارات الضوئية تمتد علي طول الكيبل تتكون هذه المعززات من ألياف بصرية مغلفة بمادة خاصة وعندما تسقط الإشارات الضوئية الضعيفة علي جزيئات المادة فإنها تستثار لتعطي إشارات ضوئية قوية لها نفس خصائص الإشارات الضوئية الساقطة أي أن الغلاف يعمل عمل الليزر وهكذا تستمر العملية إلي مسافات طويلة دون أن تفقد أو تضعف.

3-2 تطبيقات الألياف الضوئية:

3-2-1 الاتصالات الهاتفية: Telephone Communications

لعبت الأسلاك المجدولة والكابلات المحورية دوراً كبيراً في السنوات الماضية في مجال الاتصالات الهاتفية بصفة خاصة بين البدالات، وحيث أن أحد الصفات الهامة هي سعة الألياف البصرية وقد بدأت كثير من الشركات بالتفكير في بناء خطوط هاتفية جديدة وإحلال بعض الخطوط القديمة سوي كانت في جدولة أو كابلات محورية مستخدمة الثنائيات الباعثة للضوء Light Emitting Diodes في أجهزة الإرسال وثنائيات الضوء الجرفية Avalanche Photodiodes في أجهزة الاستقبال وكانت سعة هذا الخط 24 مكالمة آنية وقد استخدم تشكيل الرمز النبضي.

3-2-2 الاتصالات التلفزيونية: T.V Communication

بدا أول استخدام للألياف البصرية بربط الكمرات التلفزيونية بسيارات النقل التليفزيوني وفي الدوائر المغلقة ثم استخدمت في إيصال الخدمات التلفزيونية للمنازل وقد استخدمت لنقل قناة واحدة فقط وتستخدم الآن لنقل عشرات القنوات التلفزيونية والفيديو ضمن الكابل التلفزيوني cable television مما يعطي المشتركين نطاقا واسعا للتطبيقات المختلفة ولا يقتصر استخدامها علي النقل التلفزيوني فحسب بل يستخدم للدوائر المغلقة والأنظمة المنية والنقل التلفزيوني عالي الوضوح.

3-2-3 محطات القوي: Power Station

نظراً لعدم تأثر الألياف البصرية بالتداخل أو الحث الناتج عن المولدات الكهربائية أو خطوط الضغط العالي فقد تم تركيب الألياف البصرية في محطات القوي الكهربائية لنقل المكالمات الهاتفية ونقل المعلومات كما تم تركيبها جنبا إلي جنب مع خطوط الضغط العالي لنقل المعلومات في السيطرة.

3-2-4 الشبكات المحلية: Local Area Network

يطلق هذا الاسم علي شبكات الاتصالات المستخدمة لتبادل المعلومات بين الحاميات والمستخدمون وهذه الشبكات تكون علي نطاق جغرافي محدود كمكاتب الشركات أو الجامعات أو المستشفيات أو غيرها، ومجالاتها بين 100m-10000m وسعة نطاقها فوق المليون Bit/s وهناك عدة تكوينات لهذه الشبكات نذكر منها الشبكة الحلقية والنجمية وغيرها.

3-2-5 الاستخدامات العسكرية: Military Applications

بدأ أول استخدام عسكري للألياف البصرية في السفن والطائرات الحربية نظراً للميزات التي ذكرناها وبصفة خاصة قلة الوزن والحجم ثم تلا ذلك استخدامها في ميادين المعارك حيث قلة الوزن والحجم وسهولة النقل أمور هامة في مثل هذا الوضع كما تم استخدامها في الخطوط الأمامية في جبهات القتال.

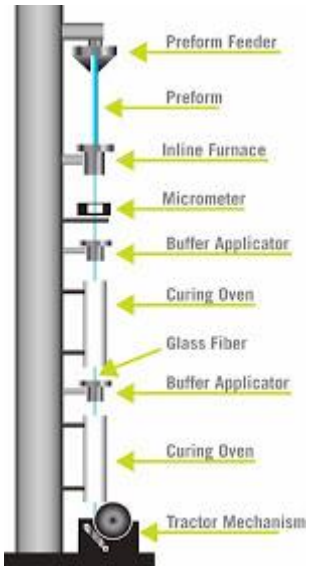
3-2-6 استخدامات متفرقة:Other application

ذكرنا بعض الاستخدامات الهامة للألياف البصرية ولكن هناك بعض الاستخدامات يصعب التطرق إليها ولابد من التطرق إليها ولابد من ذكر بعض منها:

- الاستخدامات الطبية والمناظير الطبية بكافة أنواعها.
- قياس درجة الحرارة عن بعد.
- قياس المجالات المغناطيسية الخطرة.
- مصانع البتر وكيمياويات والمصافي.
- الكابلات البحرية.

ويمكن استخدام أجهزة الاستشعار بالألياف البصرية لقياس الحرارة والضغط وتوزيعها في المباني وخطوط أنابيب النفط وأجنحة الطائرات كما يمكن استخدامها في الإضاءة أيضا.

3-3 كيفية تصنيع الألياف البصرية :



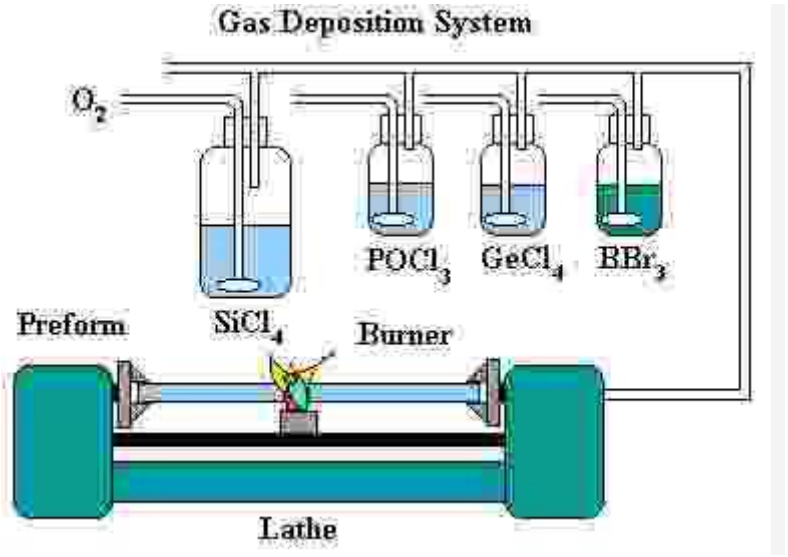
شكل رقم(3-1) يوضح احدي طرق صنع الليف الزجاجي.

وتتم صناعة الألياف الضوئية علي النحو التالي:

- عمل اسطوانة زجاجية غير مشكله.
- سحب الألياف الضوئية من هذه الاسطوانة الزجاجية.
- اختيار الألياف الضوئية.

الزجاج المستخدم في عمل الاسطوانة الغير مشكلة يصنع من خلال عمليه تسمي (Modified chemical vapour deposition) حيث يمر

الأكسجين علي محلول كلوريد السيلكون وكلوريد الجرمانيوم وكيمياويات أخري ثم تمرر الأبخرة المتصاعدة داخل أنبوب من الكوارتز موضوع في مخرطة خاصة.



شكل رقم(2-3) يوضح طريقة صنع الليف البصري.

الآن يتم سحب الألياف من هذه الاسطوانة الخام الغير مشكلة بوضعها في أداة السحب حيث ينزل الزجاج الخام في فرن كربوني درجة حرارته(1,900-2,200)درجة سيللوزية فتبدأ المقدمة في الذوبان حتي ينزل الذائب بتأثير الجاذبية وبمجرد سقوطه يبدو مكوناً الجديلة. هذه الجديلة تعالج بتغليف متتابع أثناء سحبها جرار مع قياس مستمر بنصف القطر باستخدام مايكرومتر ليزري، ثم يسحب الألياف من القالب الخام بمعدل 20m/s. يتم بعد ذلك اختيار الألياف من ناحية: معامل الانكسار– الشكل الهندسي وخصوصاً نصف القطر– تحملها للشد– تشتت الإشارة الضوئية خلالها– سعة حمل المعلومات، تحملها لدرجة الحرارة وإمكانية توصيل الضوء تحت الماء.

3-4 الضوء والبصريات الهندسية للألياف البصرية light and geometric optics optical fiber:

تعتبر الألياف الضوئية المكون الأساسي لأنظمة الاتصالات البصرية، حيث يستخدم الضوء كناقل للمعلومات (Carrier) ويمكننا اعتبار الضوء كإشعاع كهرومغناطيسي(Electromagnetic Radiation).

ولتوضيح وفهم آلية عمل هناك ثلاثة مداخل واعتبارات لتفسير ذلك:

1-اعتبار أن الضوء موجة كهرومغناطيسية وذلك باستخدام نظرية الأمواج(Waves Theory).

2-اعتبار أن الضوء كخط أو إشعاع وذلك باستخدام علم البصريات(Geometric Optics).

3-اعتبار أن الضوء كحزمة من الفوتونات وذلك باستخدام نظرية الكم(Quantum Theory).

ولفهم آلية وعمل الليف البصري سوف نستخدم الاعتبار الثاني ونقوم بدراسة الضوء كإشعاع يتحرك باتجاه وزاوية معينة وبذلك ستنطبق عليه القوانين الأساسية في علم البصريات الضوئية مثل قوانين سنل، الانكسار، ...الخ.

3-5 نظرية الشعاع الضوئي :Ray theory Transmission

كما هو معلوم فإن الضوء ينتشر كشعاع باتجاه وسرعة معينة تعتمد قيمتها علي نوع الوسط الذي يتم فيه الانتشار بمعني آخر فإن كل وسط يعيق انتشار الضوء خلاله بنسب متفاوتة مما يعني أن نسبة انتشار الضوء عبر أي وسط أقل منها في الفراغ. إن هذه الخاصية للمواد والوسائط المختلفة تسمي معامل الانكسار للمادة أو الوسط المعني ويرمز لها بالرمز(n). يمكننا حساب معامل الانكسار لمادة معينة باستخدام العلاقة البسيطة التالية: $n=c_o/c_n$

حيث:

$c_n \equiv$ سرعة انتشار الضوء عبر المادة المعينة.

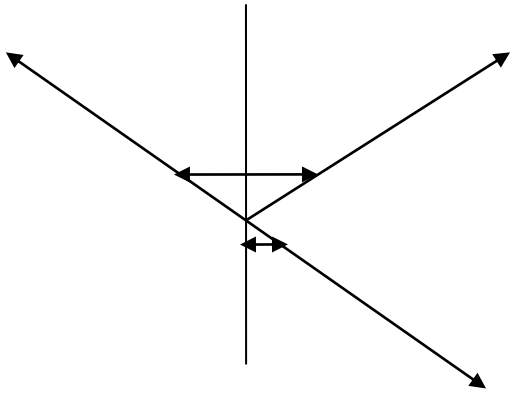
$c_o \equiv$ سرعة انتشار الضوء في الفراغ وهي، وهي مقدار ثابت(3×10^8).

بعض المعاملات المختلفة لمواد مختلفة:

المادة	معامل الانكسار
هواء	1
ماء	1.33
زجاج	1.5
سليكون	3.5
جرمانيوم	4
كحول	1.36
لوليسترين	1.59

3-6 قانون سنل (Snell's Law):

يعتبر قانون سنل من القوانين الأساسية في علم البصريات والذي يعطي العلاقة ما بين الشعاع الساقط والشعاع المنكسر والزاوية المصاحبة لذلك.



شكل رقم(3-3) يوضح قانون سنل

يمكن كتابة قانون سنل علي النحو التالي:

$n_1=\sin\phi_1=n_2\sin\phi_2$ ⟶1

n_1=معامل الانكسار للزجاج.

n_2=معامل الانكسار للهواء.

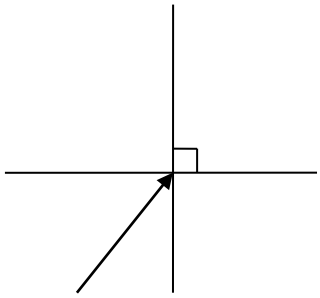
ويمكن كتابة القانون أعلاه علي الصورة

$$\sin\phi_1/\sin\phi_2=n_1/n_2$$

3-7 مراحل انتقال الضوء عبر الليف البصري:

3-7-1 الزاوية الحرجة(Critical Angle):

هي عبارة عن الحالة الخاصة لقيمة زاوية سقوط الشعاع عندما تكون زاوية الانكسار له تساوي90.



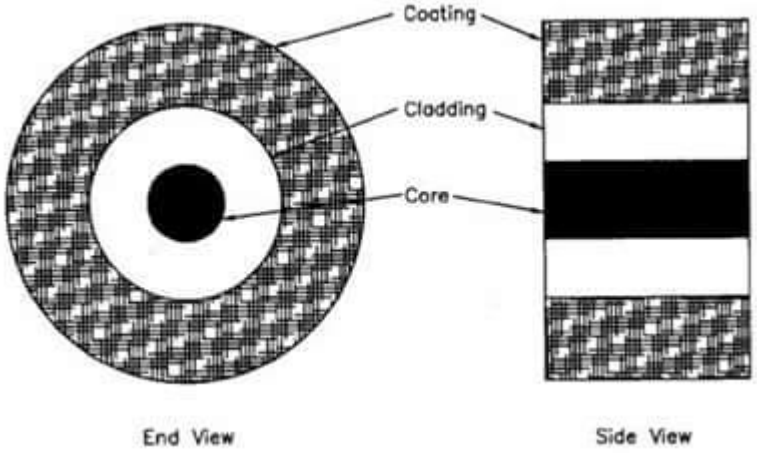
بالرجوع لقانون سنل يمكن الحصول علي العلاقات التالية لحساب الزاوية الحرجة$ø_2$.

$$n_1 \sin ø_1 = n_2 \sin ø_2$$
$$n_1 \sin ø_1 = n_2 \sin 90$$
$$n_1 \sin ø_c = n_2$$
$$\sin ø_c = n_2/n_1$$
$$ø_c = \sin^{-1}(n_2/n_1)$$

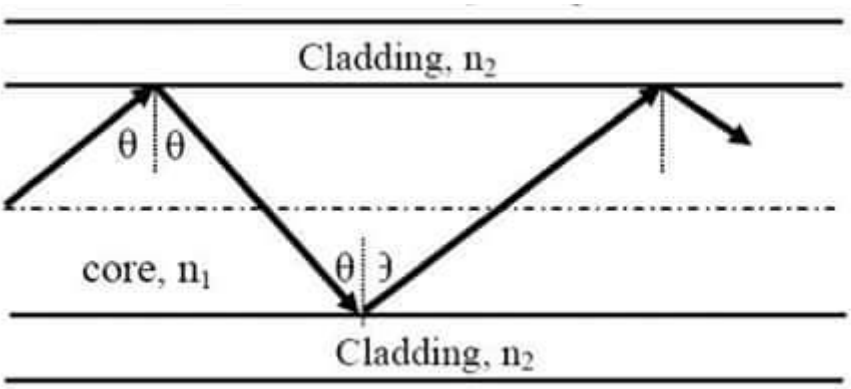
لأن جيب أي زاوية لا يمكن أن يكون أكبر من الواحد فإن n2 دائماً أصغر أو تساوي واحد وبالتالي فإنn_2 يجب أن تكون أصغر منn_1.

3-7-2 الانعكاس الكلي الداخلي (Total Internal Reflection):

في هذا الانعكاس كلما تغيرت زاوية السقوط كلما رافقها تغير في زاوية الانكسار، فتكون زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة($ø_1 > ø_2$) فإن الضوء ينعكس بالكامل (لا يحدث انكسار) حيث تسمي هذه الظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي.



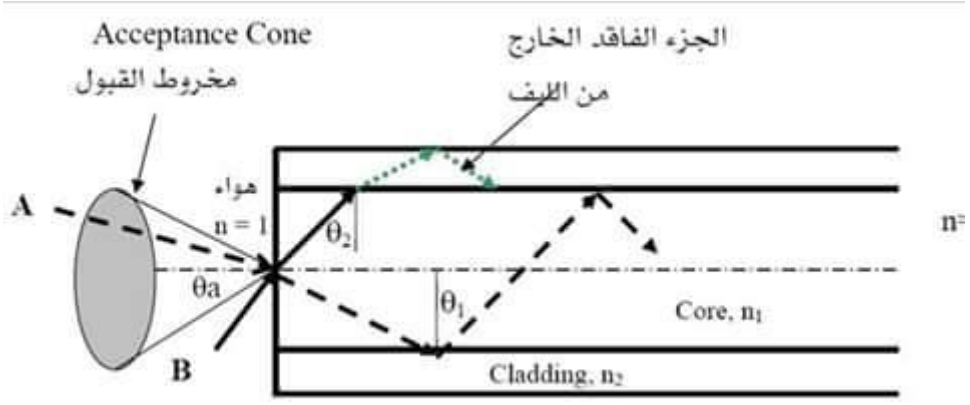
شكل رقم(3-4) يوضح المقطع العرضي والجانبي لليف البصري.



شكل رقم(3-5) يوضح انتشار الشعاع الضوئي عبر الليف البصري.

3-8 زاوية القبول Acceptance angle:

تعتبر زاوية القبول ($ø_a$) من القيم العددية التي يتوجب معرفتها عن الليف البصري وحتى يتضح المعني المقصود بها.



شكل رقم (3-6) يوضح زاوية القبول عند إدخال الضوء إلي الليف البصري.

يتضح من الشكل **(3-6)** أن الشعاع (A) يدخل إلي الليف بزاوية أقل من الزاوية ($ø_a$) ويصل إلي الحد الفاصل بين الليف والمحيط بزاوية ($ø_c$) وذلك بتتبع مساره عبر الليف بشكل صحيح ويحقق الانعكاس الكلي الداخلي ويكون الفقد في هذه الحالة أقل ما يمكن ويدخل الشعاع (B) إلي الليف البصري بزاوية أكبر من زاوية القبول ($ø_a$) حيث يصل إلي الحد الفاصل بين الليف والمحيط بزاوية أقل من ($ø_c$) وبذلك فان جزء منه ينكسر باتجاه المحيط ويخرج خارج الليف مما يتسبب في فقد جزء من الضوء المنتشر وبذلك لا يمكن له أن يحقق الكلي الداخلي.

3-9 زاوية النفوذ العددية: Numerical Aperture

هنالك قيمة عددية أكثر شمولاً من زاوية القبول ($ø_a$) والتي تعبر عن العلاقة ما بين إدخال الضوء لليف بشكل صحيح ومعامل الانكسار لكل من لب الليف n_1 ومحيطه n_2 وتسمي هذه القيمة أو العلاقة فتحة النفوذ العددية (N_A) والتي يمكن إيجادها من العلاقة التالية:

$$N_A=n_o.\sin ø_a= \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

$n_o \equiv$ معامل الانكسار للوسط الفاصل (عادة ما يكون الهواء).

$n_o=1$

3-10 أنماط الانتشار في الليف البصري :Fiber Modes

ينتشر الضوء عبر الليف البصري علي شكل عدد محدود من الحزم الضوئية (Beams) أو الإشعاعات (Rays) وبزاوية معينة ذات قيم محددة تسمي هذه الإشعاعات أو الحزم الضوئية المختلفة بأنماط الانتشار (Propagation Modes) حيث يرتبط كل شعاع بنمط انتشار معين لذلك تستخدم الأرقام الجانبية بجانب اسم النمط (Modes Index) لتميزها عن بعضها البعض حتي نتمكن من الحصول علي هذه الأنماط المنتشرة في هذه الألياف البصرية، ويجب استخدام النظرية الكهرومغناطيسية وتطبيق معادلات ماكسويل علي حالة الليف البصري وإيجاد الحلول لها. وسنتعرف علي الأنواع الأساسية للأنماط المنتشرة عبر الليف البصري وهي:

1- أنماط كهربية عرضية Transverse Electric Modes ويرمز لها بالرمز T E-Modes.

2- أنماط مغناطيسية عرضية Transverse Magnetic Modes ويرمز لها بالرمز T M-Modes.

3- أنماط هجينة (Hybrid) تحتوي المجالين الكهربي والمغناطيسي من نوع (H E).

4- أنماط هجينة (Hybrid) تحتوي المجالين الكهربي والمغناطيسي من نوع (E H).

3-11 بعض التطبيقات العملية للألياف البصرية:

1- تستخدم المناظير الليفية في تشخيص أمراض الأعضاء الداخلية كالمعدة، فيستطيع الطبيب أن يري ما بداخل المعدة باستخدام منظار المعدة من دون اللجوء إلي الجراحة كما تستخدم المرشحات الضوئية لتقدم الإضاءة المناسبة في العمليات الجراحية الدقيقة.

2- تستخدم أيضاً في المصانع إذ تساعد علي فحص ومراقبة العمليات في المناطق التي يصعب الوصول إليها كما تستعمل في قياس درجة الحرارة والضغط والسوائل.

3- تستخدم في الاتصالات فالصوت يحول إلي إشارات تنقل بالضوء كـ(أشعة الليزر) في نظام بصري ليفي بدلاً من نقلها بالتيارات الكهربية والموجات اللاسلكية التي كانت تستخدم قديماً، ونظراً لأن طول موجة هذا الضوء قصيرة جداً بالمقارنة مع طول موجة الإشارات الكهربائية العادية فإنه يمكن حشد عدد كبير من الرسائل في كيبل واحد.

5- أيضاً تستخدم في مجال الهندسة الوراثية ومنع الأمراض الوراثية كالسكري ومتلازمة داون لفقر الدم. أحدث أجهزة الألياف تحتوي علي بعض الألياف النادرة حيث يمكن توليد ضوء الليزر عند أطوال موجية مختلفة ويمكن استخدام مكبرات الصوت مثل الألياف لتعزيز القوي البصرية أو تضخيم بعض الإشارات الضعيفة.

3-12 الألياف البصرية وتطبيق طرق التداخل الضوئي عليها:

يتم تحضير عينة القياس في هذه الطريقة بقطع قرص رقيق ذي سمك يتراوح بين mm(0.1-0.5) من الشعيرة ويتم صقل وجهي الشريحة حيث أن سمكها لا بد أن يكون ثابت علي امتداد مساحتها وبتغير لا يزيد عن جزء من طول موجة الضوء المستخدمة ولقياس بروفيل معامل انكسار الشعيرة يتم إدخال قرص الشعيرة في المسار الضوئي لأحد أزرع ميكروسكوب التداخل الضوئي وتوضع شريحة عيارية متجانسة ومعامل انكسارها n_2 في مسار الضوء في الزراع الآخر لميكروسكوب التداخل الضوئي، وإذا فرضنا أن قرص الشعيرة المراد إجراء القياسات عليه وقرص الشعيرة العيارية كانا متماثلين وكانت المرآتان تميلان علي بعضهما قليلاً فإنه في هذه الحالة تظهر هدب التداخل الضوئي علي هيئة خطوط مستقيمة متوازية وثابتة

البعد بين كل هدبتين متتاليتين وتتبع هذه الهدب قانون توزيع الشدة الضوئية للتداخل الثنائي. ويوضع قرص الشعيرة المرد دراسته في أحد أزرع مقياس التداخل الضوئي تظهر مجموعة هدب وتعتمد إزاحة الهدبة S(X,Y) علي موقعها في لب الشعيرة ويعتمد فرق الطور النسبي علي التخلف في الطور بين قرص الشعيرة تحت الفحص وقرص الشعيرة العياري طبقاً للمعادلة:

$$\Psi = \frac{2\pi}{\lambda}(n(x,y)-n_2)t$$

3-13 تأثير التشعيع بأشعة قاما وبالنيترونات علي امتصاص الألياف البصرية للضوء :

عند تعريض ألياف بصرية لإشعاع نووي فإن امتصاص الألياف للضوء يزيد وهذا الامتصاص المستحث يسبب فقداً مستحثاً وزيادة في فقد أو اضمحلال الأشعة التي تنقلها هذه الألياف، ويؤخذ في الاعتبار هذا الامتصاص المستحث بالإشعاع عندما تستخدم نظم التراسل الضوئي في جو مشع وقد أجريت دراسات عديدة للتعرف علي سلوك الألياف أثناء وبعد التشعيع لشرح ميكانيكية الفقد المستحث بالإشعاع وبإنتاج ألياف بصرية قليلة الفقد وبتركيبات جديدة لقشرة ولب الشعيرات، وأجريت دراسات علي تأثير الإشعاع علي الألياف من نوع Polymer-Clad وكذلك الألياف المصنوعة من السيلكا المشابه والألياف البلاستيكية وأمكن دراسة النمو والاضمحلال الناتج من تأثير التشعيع بجرعات من $(1\text{-}10^6)$ راد.

وتعمل نظم التراسل الضوئي وخاصة التي تستخدم لمسافات أقل من كيلومترين في منطقة الأشعة تحت الحمراء القريبة من الطول الموجي 850nm، حيث يستخدم ثنائي باعث للضوء وليزر الحقن ودرست معظم خصائص الألياف قليلة الفقد عند طول الموجة 0.82Mm.

لقد قام (Frieble) ومعاونوه بدراسات عن سلوك الألياف البصرية وخصائصها حول الطول الموجي 1.3ميكرون وقد أظهرت النتائج التي توصلوا إليها عند الطول الموجي 0.82 ميكرون أن الإتلاف الذي يحدث في ألياف P C S يصل إلي التشبع لزيادة الجرعة فيصل الفقد المستحث عند التشبع بجرعات صغيرة إلي أكثر من مائتي ضعف القيمة المتوقعة المحسوبة علي أساس جرعات التشعيع الكبيرة

عند استخدام أطوال قصيرة للألياف البصرية أو الألياف المصمته كما لوحظ الآتي:-

1- أن ألياف P C S التي تحتوي علي قدر ضئيل من مجموعة الهيدروكسيل تكون أكثر قابلية للإتلاف الناتج من التشعيع باستخدام أطوال موجية عند 0.82 ميكرون عن ألياف تحتوي علي قدر كبير من الهيدروكسيل.

2- حدوث امتصاص انتقالي كبير في ألياف السليكا المشابه لبها بالجرمانيوم.

3- أنه قد أظهرت القياسات الطيفية لطيف الامتصاص للألياف في المدى الطيفي من (0.1-0.4)ميكرون أن الامتصاص المستحث نتيجة الإشعاع يقل عندما تنتقل في اتجاه الأطوال الموجية الأطول. ولقد أصبح التعرف علي خصائص الإتلاف الناتج من التشعيع للألياف التي معامل فقدها ضئيل(λ=1.3)ميكرون ضرورة أساسية لنظم التراسل الضوئي التي تستخدم أجهزة ليزر ينبعث عنها أشعة لها هذا الطول الموجي وذلك للانخفاض الملحوظ في التفرق الضوئي حول هذه القيمة للطول الموجي أي تغير معامل انكسار مادة الألياف البصرية مع الطول الموجي وللتعرف علي التفسير الفيزيائي الميكانيكي للإتلاف الناتج عن التشعيع المسئول عن الإشعاع المستحث نأخذ نوعين من الإتلاف:

a) إتلاف الألياف بتعريضها لأشعة قاما:

تتفاعل أشعة قاما أساساً مع الزجاج فيتم إكراه الالكترونات لتترك مواقعها المألوفة وتتحرك خلال شبيكة الزجاج وينتج عن ذلك زيادة في معامل الامتصاص في منطقتي الأشعة فوق البنفسجية والمنظورة والأشعة تحت الحمراء القريبة. وفي عام 1974 قام (سيجل، وايفانز) بدراسة الإتلاف المستحث الناتج بالتشعيع بأشعة قاما في الألياف وخلصا إلي أن الفقد المستحث يعتمد علي أساس تركيب الشعيرة ويتغير بين 10^{-4} ديسبل لكل كيلومتر لكل راد للألياف المصمته من زجاج Corning عند 8000A يعني هذا أن مادة السلكا النقية المصهورة شديدة المقاومة للإشعاع في حين أن زجاج Corning رقم5010 له قابلية محسوسة للتغير بالإشعاع.

b) إتلاف الألياف بتعريضها للنيوترونات:

تتفاعل الالكترونات في الأوساط الصلبة أساساً مع النواة لهذا فما يحدث نتيجة التعريض للنيوترونات ليس فقط زيادة في الفقد الناتج عن الامتصاص إنما تحدث أيضاً تغيرات تركيبية ينتج عنها تغير في الكثافة وفي معامل الانكسار وقوة دوران rotary مستوي الاستقطاب للأشعة و الانكسار المزدوج والموصلية الحرارية. وفي عام 1973 قام (موريير) ومعاونيه بتشعيع ألياف متعددة المنوال مصنوعة من زجاج السيلكا بحزمة من النيوترونات 14مليون إلكترون فولت مستخدمين جرعات كبيرة تصل إلي $1.4x10^{12}$نيوترون لكل سم^2 في المدى من 8000-12000A. وللحصول علي قياسات طيفية ثابتة وتعتبر كمرجع استخدم (فرييل) ومعاونوه عام 1979 ألياف بصرية طولها من 20-10متر تم تشعيعها بمصدر كوبالت 60 ينبعث منه 10^5 راد (سليكون) وقيس الامتصاص الضوئي في المدى الطيفي (0.4-) 1.7ميكرون قبل التشعيع وبعد انقضاء ساعة واحدة فقط كما تم تعريض شعيرة بصرية طولها متر واحد لمدة 3 نانو ثانية 3700 راد لحزمة من 0.5 مليون إلكترون فولت الكترونات نبضية وكانت الألياف التي استخدمها (فرييل) من النوع متدرج معامل انكسار لبه، كما حصلوا علي نتائج مماثلة باستخدام ألياف بصرية ثابت معامل انكسار لبها. وقد دلت نتائج تجاربهم علي أنه بالإضافة إلي حدوث أشرطة امتصاص عريضة في منطقاي الأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء فقد سجلت زيادة في الشدة في شرائط الهايدركسيل وشريط المزيج بينهما عند (1.23-1.3-0.95) ميكرون.

3-14 التوهين:Attenuation

يعتبر التوهين عنصراً أساسيا من عناصر تصميم نظم الاتصال البصرية وحيث أن الفقد في مقرن الدخل ومقرن الخرج والوصلات الدائمة داخل الليف ستقوم في هذا البند بالتعرف علي الفقد في الليف وأسبابه.

عند مدخل الليف ونتيجة لوجود التوهين فإنها تضعف بعد مسافة معينة لتصل إلي شكل الموجة 3 تتوفر منابع وكواشف ضوئية فعالة تعمل في مدي من الأطوال الموجية يتراوح بين (0.5−1.6) ونظراً لأن الزجاج هو تكثر المواد استخداماً في تصنيع الألياف ولإمكانية الحصول علي ألياف فقدها قليل جداً ضمن هذه الأطوال

الموجية فإن دراستنا ستتركز علي خواص هذه المادة. ويعزي الفقد في الألياف الزجاجية إلي ثلاثة عناصر:

1- الامتصاص Absorption.

2- الانتشار Scattering.

3- التأثيرات الهندسية Geometric Effects.

3-15 التشتيت: Dispersion

لقد ربطنا بين سرعة الموجات الضوئية v ومعامل الانكسار n بالمعادلة:

$$\mathbf{v}=\frac{c}{n}$$

ولم نشر إلي الطول الموجي الذي تم عنده قياس معامل الانكسار مع تغير الطول الموجي لذلك تتغير سرعة الموجة أيضا مع تغير طولها. تطلق كلمة تشتت بصفه خاصة علي تغير السرعة مع تغير الطول الموجي للموجة.

ينقسم التشتت إلي قسمين يطلق علي الأول تشتت ضمني أو تشتت النمط والآخر يدعي التشتت الباطني أو تشتت اللون، ويتفرع تشتت اللون إلي قسمين:

a. تشتيت المادة.

b. تشتيت الدليل الموجي.

أياً كان نوع التشتيت فإنه يؤدي إلي تشوه الإشارات التماثلية والرقمية عند مرورها بالليف البصري.

اعتاد العاملون في مجال الاتصالات الأخرى علي تسميت التشتيت بتشوه الإشارة أو انبساط الموجة للتعبير عن اتساع النبضة عند مرورها في قناة الاتصال الرقمية غير أن إسهامات الفيزيائيين في مجال الألياف البصرية أدت إلي شيوع كلمة تشتيت للتعبير عن انبساط الإشارات أو النبضات ووجد أن عرض النبضة الداخلة لليف هو tp_1 وعرض النبضة الخارجة هو tp_2 $(tp_2 > tp_1)$ ونعرف التشتيت $t\Delta$ بالتالي:

$$t=tp^2-tp^2\Delta_1$$

ويقاس بوحدات الزمن.

ويعتمد التشتت في الليف علي طول الليف أي أن النبضات المرسلة تزداد اتساعاً كلما ذادت المسافة مما يعني تشتيتاً أكبر، لهذا السبب فإن التشتت يعطي

لكل وحدة طولية (ps/km) أو (us/km) لذا يمكن إيجاد التشتت Δt لليف معين كالتالي:

$$\Delta t = L \times \text{dispersion/km}$$

حيث تشكل L طول الليف بالكيلومتر ويعطي التشتت لكل كيلومتر من قبل المصنع وسندرس في هذا البند تشوه الإشارات في الليف والأنواع المختلفة من التشتت المسببة لذلك.

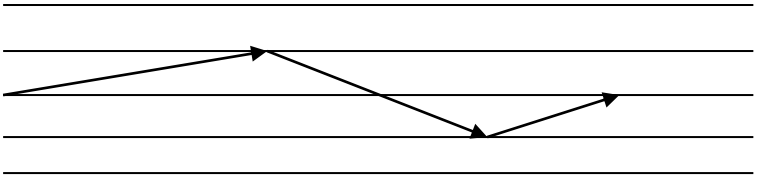
* التشتت النمطي أو التشتت اللوني :Intermodal Dispersion

تسلك الإشارات الضوئية مسارات متعددة داخل الليف متعدد الأنماط مما يؤدي إلي وصولها إلي نهاية الليف في أوقات مختلفة، ولفهم هذه الظاهرة دعنا ننظر إلي ليف بصري بمعامل انكسار عتبي (ليف عتبي) نري في الشكل التالي أن معامل الانكسار واحد لكلاهما فإن الوقت اللازم لوصول الموجة رقم 2 سيكون أطول من الموجة رقم 1 حيث الموجة رقم 1 تسير في مركز الليف بينما 2 سلكت مساراً متعرجاً فإذا كان طول الليف 2 فإن زمن الانتشار للموجة رقم 1 هو:

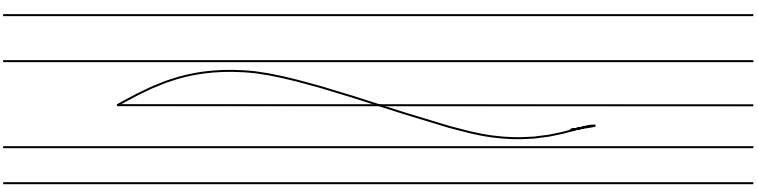
$$t_1 = L/(c/n_1) = \frac{\ln 1}{c}$$

$$t_2 = \frac{\ln 1}{\cos \Phi c \times c}$$

تمثل t1 أقصي انتشار إذا كانت الموجة رقم 2 تقع في نهايتي زاوية القبول للطاقة الضوئية الداخلة لليف وكما رأينا فإن الموجتين دخلتا الليف في وقت واحد إلا أنهما وصلتا نهايتي الليف في أوقات مختلفة ويمثل الفرق بينهما الزمن الذي تصل خلاله الطاقة الضوئية نهاية الليف.



شكل رقم(3-8) يوضح نموذج إشعاعي للانتشار في ليف عتبي.



الشكل رقم(3-9) يوضح نموذج إشعاعي للانتشار في ليف متدرج.

الفــصل الرابع
المناقشة والتوصيات والنتائج ومقترحات البحث

4-1 المناقشة:

من خلال دراستنا للفصول يوجد لدينا بعض النقاط التي يمكن مناقشتها في مجال الألياف البصرية، هل هي تؤدي غرضها في حياتنا اليومية أم لا؟ فمن خلال دراستنا للأنواع والمكونات والتطبيقات وغيرها وجدنا أن الليف يمكن أن تكون له سرعة اتصال تصل إلي حوالي 40MB/S، فهل ممكن أن تزيد هذه السرعة؟ سنجيب علي هذا السؤال مباشرة إذ أنه يمكن زيادة هذه السرعة وذلك عن طريق تغير زوايا بدقة وتركيز هذا بخصوص الانترنت وبخصوص المكالمات عند الازدحام في الشبكات لنقل الذبذبات الصوتية إلي كهربية والعكس. لكن معظم الألياف المستخدمة لها عرض ذات نطاق عالي جداً وهذه تعتبر ميزة فيها لهذا نجد أنها يمكن أن تدوم لمدة طويلة لما يقارب الربع قرن أو أكثر. ونجد أن بعض الكيبولات قد توضع أسف الماء وهذا آمن لكن معظم البلدان تدفنها داخل باطن الأرض ومن المعلوم أن الأرض لها تقلباتها المختلفة وقد تؤثر في البيئة التركيبية لليف لذلك يجب تفادي هذه العملية والتوجه إلي الأفضل. ومن خلال الدراسة وجد كذلك أن الألياف

الضوئية لها تتأثر بأشعة قاما والنيوترونات وذلك عن طريق امتصاص الليف للضوء عند تعرضه لإشعاع نووي فإن امتصاصها للضوء يزيد وهذا الامتصاص يسبب فقد مستحث وزيادة في الفقد أو اضمحلال في هذه الأشعة، لذلك لا بد من إجراء بعد الدراسات للتعرف علي نظم التراسل الضوئي والعمل علي تفادي هذا الفقد. كذلك وجد أن هذه الألياف تعمل علي أطوال موجية قصيرة جداً في مجال قيم النانومتر nm ويبدأ نطاق الترددات الضوئية عند حوالي 10^{12}هيرتز حتي 10^{16}هيرتز ونظراً لهذه القيم الكبرى يتم استخدام أطوال موجية بدل من قيم الترددات للتعبير عن الإشارات الموجية المستخدمة في مجال الاتصالات البصرية.

ومن خلال العمل علي إصلاح السلبيات للأفراد أن يتمتعوا بسرعة اتصال سريعة ورخيصة الأسعار وذلك بخفض مكونات النظام مقارنة بأنظمة الاتصالات الكهربية وارتفاع مرتبات العمال وغيرها من مميزات أخرى. ومن المعلوم أن الألياف الضوئية لا تستطيع نقل الكهرباء لتغذية محطات التقوية فهذه النقطة يمكن عمل أبحاث فيها من قبل الفنين والباحثين، لكن نسبة لأن هذه السلبيات قليلة يمكن أن إهمالها مقارنة بالمميزات.

وجد أن التوهين العالي جداً قد يوثر في عمل الليف الضوئي لذلك يجب توخي الحذر وضبط هذا التوهين للتسهيل والعمل الجيد، وكذلك عرض النطاق يجب أن يكون كبير لتسهيل عملية انتشار الضوء خلاله.

4-2 النتائج:

من خلال هذه الدراسة تم التوصل إلي النتائج التالية:

- إن استخدام الألياف البصرية له عائد علي الدخل المحلي.
- إن البحوث العلمية التي يتم إجرائها يمكن أن تنهض بالدولة حتي لو كانت دولة نامية.
- الألياف البصرية صنعت الفارق في الطب كعمليات التي تتم في المعدة عن طريق المنظار وعلاج القولون العصبي.
- الألياف الضوئية أحدثت طفرة هائلة في عالم الاتصالات حيث نجد أن أي دولة استخدمتها قد في عالم المعلوماتية والاتصالات.

4-3 التوصيات:

في ضوء هذه الدراسة وما أسفرت عنه من نتائج يقدمها الباحثين نوصي بالاتي:

- الاستفادة من هذه الدراسة وتعميمها علي الباحثين.
- إجراء دراسات آخري من شأنها تدعيم وتقويم هذه الدراسة.
- إدراج هذه المادة بشكل وجرعات اكبر في المناهج الدراسية.
- توفير ميزانية مالية اكبر لتوفير مراجع تبحث في هذا الموضوع.
- إيجاد اتجاهات لتطويرها وتعميم استخدامها في مختلف التطبيقات.

4-4 مقترحات البحث والدراسات المستقبلية:

من خلال هذه الدراسة وعلي ضوء ما أسفرت عنه النتائج والتوصيات يقدم الباحث المقترحات الآتية لمجموعة من البحوث والدراسات التي يمكن إجرائها مستقبلاً:

- دراسة المشكلات التي تواجه الباحثين في دراسة الألياف البصرية.
- أثر البحوث والدراسات السابقة التي أجريت ودورها في تطوير التكنولوجيا.
- علاقة الألياف الضوئية بتكنولوجيا النانو.
- دراسة لما لا توصل الألياف الضوئية الكهرباء.

4-5 الخلاصة:

مما لا شك فيه أن تقنية الألياف البصرية تعتبر أحد أهم المرحل التي شهدتها ثورة الاتصالات في هذا القرن حيث تمكنت هذه التقنية مما تمتع به من مميزات من تلافي عيوب ومشاكل نظم الاتصالات السابقة. ولقد أثبتت العديد من الدراسات المكتوبة وكذلك التطبيقات العملية أن استخدام تقنية الألياف البصرية يوفر جودة عالية وخيار امثل من الناحية الفنية والاقتصادية.

يكفي أن نقول أن الألياف البصرية تمتلك مزايا عديدة كقلة الفقد وخفة الوزن ولكن الميزة الهامة هي سعة نطاقها العالية جداً والتي تصل إلي الآلاف البلايين من البتتات لكل ثانية مما جعلها تحتل مكانة متميزة في مجال الاتصالات حيث استخدمت بدلاً عن الأسلاك النحاسية في العديد من التطبيقات كالربط بين المقاسم

الهاتفية والخطوط بعيدة المدى وعبر البحار. إن الثورة الهائلة في مجال الاتصالات والمعلومات والتي تتمثل في الاستخدام غير المحدود في الانترنت فرض واقع جديد لا يمكن تحقيقه بدون شبكات اتصال ذات سعة نقل معلومات هائلة جداً والتي لا يمكن تطبيقها إلا باستخدام الألياف البصرية. رغم أن استخدام هذه التقنية الضوئية لنقل المعلومات عبر المسافات الطويلة استحوذ علي معظم الاهتمام إلا أنها أيضا تستخدم لنقل المعلومات عبر المسافات القصيرة حيث تصل

بين الكمبيوتر الرئيسي والكمبيوترات الجانبية أو الطابعة. بعيداً عن مجال الاتصالات ظهرت هنالك استخدامات أخري عديدة ومهمة لهذه الألياف فمثلاً نتيجة لمرونتها ودقتها دخلت في صناعة الكاميرات الرقمية المتعددة المستخدمة في التصوير الطبي مثل التصوير الشعبي والمناظير. وكل يوم يمر تظهر فيه تطورات جديدة في مجال هندسة الاتصالات وذلك لما يتمتع به هذا المجال من أهمية قصوى في حياتنا اليومية.