وزارة التعليم العالي والبحث العلم ي

جامعة ميسان – كلية العلو م
قسم الفيزياء

الدراسة الصباحي ة

دراسة نظرية حول مفهوم الالياف البصرية

مشروع تخرج مقدم الى قسم الفيزياء كلية العلوم ..... في جامعة ميسان وهو جزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريس في قسم الفيزيا ء

اجري البحث من قبل

)سجى حاتم خليف(

)سعاد عزيز حيال(

باشراف

)م. زينب سعد كرم(

في

2023 مايو 1444 جمادى الاول

الاهداء

إلى الغائب الذي لازال يوشحنا بنور الدعاء

الى أول قلم قد زار اصبعي. ..

إلى صحوات أمي المبكرة وسهاد ابي الذي قد تربعنا على عرش أسبابه...

إلى نقطتي الكبيرة التي ظنت إنني لن أبرح مكان نهايتها

حتى أستبدلت بالف سطر ونقطة.

إلى كل إستاذ كانت حصته محطة تأمل وحب وإعمار للعقل. ...

أهديكم بحثي هذا...

بسم الله الرحمن الرحيم

))وَق لِ اعْمَلوا فسَيرى ا

هللُ عمَلكُمْ ورسُولهُ

والمُؤمِنونَ وسَتردونَ إلى

عالمِ الغَيبِ

والشهمَادةِ فينب ئكُمْ بمَا

كُنْتمْ تعْمَلو نَ((

(التوبة – 105)

صدق الله العلي العظي م

شكر وتقدي ر

أول الشكر واخره نتقدم به الى المنعم الباري عز وجل (الله(سبحانه وتعالى ال ذي احاطنا برعايته الالهية العظيمة، ويسر لنا ك ل عسير والهم نا الب ر والق وة في ش ق ط ريق نا نح و البح ث

العلم ي

وف اء وتقديرا واعترافا منا بالجميل ...نتقدم بخالص شكرنا وتقديرنا وعظيم امتناننا ال ى استاذتنا الفا اض لة الاستاذة .....

أ. زينب سعد كرم..... وأخيرا نتق دم بجزيل شكرنا ال ى كل م ن مدوا لنا يد العون والمساع دة ف ي اخ راج ه ذه الدراسة عل ى أكمل وج ه...مع خالص الود والمحبة.

الفصل الاول

المقدمة

المقدم ة

تعتبر الألياف البصرية تقنية مطورة لنقل البيانات المختلفة في صورة إشارات او نبضات ضوئية

ويستخدم لذلك شعيرات او خيوط دقيقة مصنوعة من الزجاج عالي النقاء وانواع خاصة من البلاست يك

- تتميز كيبلات الليف البصري بقدرتها على نقل كميات ضخمة من البيانات وسرعات عالية دون حدوث نسبة فقد عالية في قوة الاشارة الضوئية الحاملة للبيانات .
- وكذلك تتميز كابيلات الليف البصري بعدم تأثر ها بعمليات التشويش من المصادر الخارجيه المختلفة الأخرى مما يجعلها أكثر امانا ويساعد على الحفاظ على سرية البيانات المنقولة من خلالها " يمكن لكابل الليف البصري الواحد والذي يقل سمكه عن بوصه واحدة حمل مآت الألوف من المحادثات الصوتية او الهاتفية ونقلها بسرعات تتراوح بين 5GB/S.2

الى 10 GB/s ولمسافة لا تقل عنKm)60(دون أن يحتاج لتكبير الإشارة الضوئية بينما تحتاج الكابيلات النحاسية الى اعادة تكبير كل 5.1 km تقريبا بما ان الضوء هو الذي يحمل المعلومات خلال الليف البصري يستخدم ضوء الليزر كنوع من أنوا ع الضوء الذي يمر خلال الليف البصري .واشعه الليزر عبارة عن اشعة كهرومغناطيسية احادية الطول الموجي حيث يكون لها فوتونات متساويه في التردد ومتحدة في نفس الطور الموجي . ونظرا لخصائصه التي يتميز بها يستخدم للانتقال عبر الالياف البصرية .

1.1 الالياف البصرية)نبذة تاريخية(

مفهوم الألياف الضوئية تعرُف الألياف الضوئية بأنهّا التقنية المستخدمة لنقل المعلومات كنبضات ضوئية عن طريق خيوط من الألياف المصنوعة من الزجاج أو البلاس تيك، حيث يبلغ قطر الألياف الضوئية حوالي قطرُ شعرة من رأس الإنسان وعندما يتم تجميعها في سلك من الألياف البصرية .

نبذة تاريخية عن الألياف الضوئية) History of Fiber Optic(:

استخدمت الإشارات الضوئية) Optic signals(لنقل المعلومات قبل حوالي 200 سنة إذ قام كلود شابي) Chappe claude(عام 1790 في فرنسا ببناء نظام تلغراف بصري مكون من مجموعة أبراج تحتوي على أذرعه ضوئية متحركة. وقد استخدمت لنقل المعلومات لمسافة 200كم ويستغرق نقل المعلومة 15 دقيقة. وأوقف استخدامه بعد اكتشاف التلغراف البصري. وفي عام 1854 قام الفيزيائي الإنجليزي جون تايندل) John Tynall(بإجراء تجربة تثبت إمكانية ثني الضوء وتوجيهه إذا وجد الوسط المناسب واستخدم لذلك وعاء مدرجا مملؤة بالماء معرض أعلاه

لأشعة الشمس وبه ثقب في أسفله يقع تحت سطح الطاولة المركب عليها الوعاء ووجد أن الضوء أخذ شكل مسار الماء الخارج من الفتحة. وفي هذه التجربة أثبت إمكانية حصر الضوء ضمن الوسط المادية وهو الماء في هذه الحالة وكذلك إمكانية ثنية لأن الماء يتدفق بشكل منحني وتعد هذه أول تجربة بصرية.

في عام 1880 تمكن الكسندر جراهام بل) Alexander Graham Bell(في أمريكا من تطوير هاتف ضوئي)Optical Telephone(حيث قام بتوصيل مرآة عاكسة للضوء بميكروفون وأسقط شعاعاً ضوئيا على تلك المرأة وعند استخدام الميكروفون تبدأ المرأة بالاهتزاز وبذلك تتغير شد الضوء المنعكس من المرأة. وعلى الجانب الآخر يتم استلام الشعاع الصادر من المرأة بواسطة مرأة أخرى تقوم بإسقاط الضوء على مادة السلينيوم) selenium (التي تتغير مقاومتها بتغير شدة الإضاءة التي تعبر عن المعلومات والإشارات المشكلة في الضوء المرسل غير أن هذه الفكرة لم تجد استخداما عمليا لتأثيرها بالأحوال الجوية ومدى الرؤية

وفي عام 1934 تمكن الأمريكي نورمان فرنش) Norman R.Frnch(من استلام براءة اختراع لهاتف بصري يقوم بإرسال صوتية مستخدمة كابل بصري حيث يصنع الكابل من الزجاج أو أي مادة تنقل الضوء وفقدانها قليل .

كما أن الطول الموجي ملائم للمادة المصنع منها الكابل ولم يتم إدراك هذه الفكرة عملي اً إلا بعد 25 سنة كانت بدايته ا عام 1958م عندما قام كل من آثر شاولو) Arthur Schawlow(وتشارلز تاونز) C.Townes(الأمريكي الجنسية بتطوير جهاز الليزر وحازا على جائزة نوبل لهذا الاختراع وتمكن نيودور هرميمان) T.H.Maiman (الأمريكي الجنسية من تشغيل أول جهاز ليزر مصنوع من الياقوت عام 1960 وفي عام 1962م أدرك إمكانية تصنيع ليزر وكواشف ضوئية) Light Detectors(مصنوعة من أشباه الموص لات) Semi-conductors(و بهديان

الحدثين توفر المرسل و المستقبل ولم يبقى إلا إيجاد الوسط الناقل بينهما. وفي بداية الأمر أجريت محاولات عديدة لاستخدام دليل موجي بمرايا عاكسة ونظام عدسات معقد ولم تلق هذه الفكرة النجاح لأنها لم تكن عملية ولم يكن استخدام الألياف البصرية ممكناً آنذاك نظراً لتوهينها العالي للضوء ، وهو dB/km1000 وفي عام 1966م اقترح كل من تشارلز هكاو Charles H.Kao وجورج أ. هوكام George A.Hockam من بريطانيا استخدام ألياف زجاجية فقدانها قليل وبالفعل تمكنت شركة كورننج للزجاج Corning عام 1970 من تطوير ألياف زجاجية يقل توهينها عن

dB/km20، ويعتبر هذا سيقا كبيرا في هذا المجال وأعطى ذلك فرصة كبيرة لاستخدامها في مجال الاتصالات] 1[

2.1 الليف البصري ومراحل تطوره

الليف البصري) Optical Fiber(هو ليف شفاف مرن مصنوع من الزجاج النقي)السليكا (أو البلاستيك، بقطر أثخن قليلا من قطر شعرة الإنسان، ويستخدم في الاتصالات الضوئية البصرية، لما يتميز به من قدرة على البث لمسافات أبعد وبأمواج طولية أعلى)معدل نقل بيانا ت(من كبلات الأسلاك التقليدية .

وتستخدم الألياف عوضا عن الأسلاك المعدنية لأن الإشارات تسافر فيها بأقل قدر من خطر فقدانها ،كما أن الألياف محصنة ضد التداخلات الإلكترومغناطيسية التي تعاني منها الأسلاك المعدنية بشكل كبير .

مراحل تطور الليف البصري

ربما يعود تاريخ استخدام الألياف البصرية أول مرة لنقل الاتصالات الهاتفية إلى سنة 1977، لكن فكرة هذه التقنية تعود إلى قرن قبل ذلك ففي سنة 1870 استخدم الفيزيائي الإيرلندي جون تيندال دفقا مائيا ينساب من وعاء إلى آخر ومصدرا ضوئيا، لاستعراض أن الضوء يستخدم ا لانعكاس الداخلي لتتبع مسار معين، ففي حين كان الماء ينسكب من خلال صنبور الوعاء الأول، وجّه تيندال شعاعا من أشعة الشمس على مجرى الماء، فلاحظ أن الضوء تتبع المسار المتعرج داخل المجرى المنحني للماء؛ وكانت هذه التجربة هي أول بحث عن "البث الموجّه للضوء ".

وشهدت التجارب الأولى للألياف البصرية الزجاجية فقدانا مفرطا للإشارة الضوئية أثناء انتقالها عبر الألياف، مما حدَّ من مسافات النقل. وتطورت بعد ذلك الألياف البصرية على مرّ السنين في سلسلة من الأجيال، إلى أن تمكنت شركة "نيبون تلغراف وتلفون" اليابانية سنة 1977 من تطوير تقنية الألياف الضوئية التي تقدم نظريا الحد الأدنى من فقدان الإشارة البصرية، استنادا إلى ألياف السليكا .وأخذ استخدام تلك الألياف في الاتصالات ينتشر خاصة لدى الجيش الأميركي الذي استخدمها في أنظمة اتصالات مُحسنة؛ ففي بداية السبعينيات ركبت البحرية الأميركية وصلة ألياف ضوئية هاتفية على متن البارجة "ليتل روك"، وتبعها في ذلك سلاح الجو الأميركي بتطوير تقنيته الخاصة للألياف الضوئية سنة 1976، وبتشجيع من نجاح تلك التطبيقات تم تمويل برامج الدفاع والتطوير للجيش لتطوير ألياف أقوى وكبلات تكتيكية ذات اداء عال بعد ذلك بعشر سنوات، ابتكر العالم ويليام ويلنغ طريقة لبث الضوء اطلق عليها "ضوء الأنابيب"، واعتقد ويلنغ أنه باستخدام أنابيب من المرايا التي تتفرع من مصدر ضوء واحد سيتمكن من إرسال الضوء إلى غرف مختلفة، بنفس طريقة توصيل الماء عبر المواسير في المباني حاليا، لكن بسبب عدم فعالية فكرة ويلنغ وتزامنها مع ابتكار أديسون الناجح للمصباح الكهربائي)اللمبة(فإن فكرته لم تتطور. وفي النصف الثاني من القرن العشرين، شهدت تقنية الألياف الضوئية معدل تقدم هائلا، وجاء النجاح المبكر في خمسينيات ذلك القرن مع تطوير جهاز الفايبرسكوب لنقل الصور الذي استخدم أول ألياف زجاجية عملية، وتم تصميمه بالتزامن من قبل برايان أوبراين في شركة البصريات الأميركية ونارياندر كاباني الذي كان أول من وضع مصطلح "الألياف البصرية" سنة 1956 وزملاؤه في كلية الإمبراطورية للعلوم والتكنولوجيا في لندن.]2[

3.1 الالياف البصرية وثورة الاتصالات

لا شك أن اكتشاف الألياف البصرية قد بشر بثورة في عالم الاتصالات لما لها من مميزات تفوق بمراحل ما تقوم به الأسلاك العادية، فالألياف البصرية تتميز بقدرة أكبر على حمل المعلومات. فإذا تخيلنا أننا بحاجة إلى عدد عشرة خطوط من خطوط الهاتف والتي توجد داخل حزمة أسلاك عادية بقطر ما، في المقابل يمكن لنفس القطر حمل ما يزيد عن ألف خط هاتفي وبقدرة أقدر وحماية أكبر وقدرة عالية من التحمل. الأمر نفسه يطبق على خطوط قنوات البث التلفزيوني حيث يمكن لعرض نطاق الألياف الضوئية أن يصل إلى 60 تيراهرتز في الوقت الذي فيه أكبر عرض لنطاق بث تلفزيوني لا يتجاوز 6 ميجاهرتز .

يمكن ان تستخدم الألياف الضوئية كوسيلة للاتصالات السلكية ولربط شبكات الحاسوب لانها مرنة ويمكن ان تجُمع كاسلاك. وهي مفيدة بشكل خاص للاتصالات بعيدة المدى، لان الضوء ينتشر من

خلال الياف رقيقة بدلا من الاسلاك الكهربائية. مما يسمح للاتصالات بعيدة المدى ان يتم اجراؤها تم تشكيل إشارات ضوئية لكل قناة تنتشر في الألياف بمعدلات تصل إلى 111 جيجابت في الثانية،على الرغم من أن 10 أو 40 جيجابت في الثانية هو اعتيادي في الأنظمة المنتشرة. . أظهر الباحثون في حزيران 2013 انتقال 400 جيجابت في الثانية عبر قناة واحدة باستخدام تعدد الزخم الزاوي المداري. يمكن لكل ليف أن يحمل العديد من القنوات المستقلة، وكلٍ باسخدام طول موجي ضوئي مختلف مضاعفة تقسيم الطول الموجي). معدل نقل البيانات (معدل نقل البيانات دون البايتات العامة) لكل ليف هو معدل البيانات لكل كل قناة الذي يتم تقليله بواسطة تقنية تصليح الأخطاء(FEC)، مضروبا في عدد القنوات (عادة ما يصل إلى ثمانين في أنظمة الكثافة التجارية(WDM) اعتبارا من عام 2008(.

اعتبارا من عام 2011 سُجل الرقم القياسي للنطاق الترددي على أحادي النواة وهو 101 تيرابيت في) الثانية(370 قناة وتحتوي كل قناة على 273 جيجابيت في الثانية سجلت للألياف متعددة النوى اعتبارا من يناير 2013، رقما قياسيا وهو 05.1 بيتابيتس في الثانية الواحدة. في عام 2009، كسرت مختبرات بيل حاجز ال100 (بيتاب في الثانية) × كيلو متر(5.15 تيرابايت في الثانية على ليف واحد بطول 7000 كم اما بالنسبة للاتصالات قصيرة المدى، مثل شبكة في مبنى مكاتب)انظر FFTO(، يمكن لوصل الألياف الضوئية توفير مساحة في الانبوب .وذلك لأن الليف الواحد يمكن أن يحمل بيانات أكثر بكثير من الكابلات الكهربائية مثل الكابلات فئة 5 إيثرنت القياسية)standard category( ) Ethernet cabling(والتي عادة ما تعمل بسرعة 100 ميجابيت في

الثانية أو 1 جيجابيت في الثانية. كما أن الألياف منيعة من التشويش الإلكتروني. ليس هناك قطع للحديث بين الإشارات في الاسلاك المختلفة، ولا التقاط للضوضاء الخارجية. كابلات الألياف غير المدعمة غير موصلة للكهرباء، مما يجعل الألياف حل جيد لحماية معدات الاتصالات في البيئات

عالية الجهد الكهربائي)البيئات عالية الفلولتي ة(، مثل مرافق توليد الطاقة ،أو هياكل الاتصالات المعدنية التي هي عرضة لضربات البرق. ويمكن أيضا أن يتم استخدامهم في البيئات التي توجد فيها غازات متفجرة، دون خطر الاشتعال. التنصت)في هذه الحالة، ألياف التنصت(هو أكثر صعوبة بالمقارنة مع الموصلات الكهربائية، وهناك ألياف ثنائية النواة التي يقال أنها واقية للتنصت. . وغالبا ما تستخدم الألياف للاتصالات قصيرة المدى بين الأجهزة. فعلى سبيل المثال ،توفر معظم أجهزة التلفزيون عالية الجودة اتصال ضوئي صوتي رقمي. وهذا يسمح تدفق الصوت عبر الضوء ، وذلك باستخدام بروتوكول TOSLINK]3[

الفصل الثاني

مكونات الليف البصري

1.2 الالياف الضوئية

تعرَّف الألياف الضوئية على أنها مجموعة من التقنيات التي تتيح نقل الإشارات من نقطة إلىأخُرى على شكل ضوء بد الا من نقلها على شكل كهرباء، وعلى الرغم من أن الألياف الضوئية لها العديد من التطبيقات بما في ذلك استخدامها في أجهزة الاستشعار الا أن استخدامها الأكبر كان في مجال الاتصالات]١[، حيث استبدلت تكنولوجيا الألياف الضوئية عمل ايا الأسلاك النحاسية في خطوط الاتصالات والإنترنت التي تمتد لمسافات طويلة، كما استخدمت الألياف الضوئية لربط أجهزة الكمبيوتر ضمن الشبكات المحلية، وتعتبر الألياف الضوئية أي اضا المكون الأساسي لمنظار الألياف)fiber scopes (المستخدم في فحص الأجزاء الداخلية من الجسم بعملية التنظير الداخلي]4[

2.2 مكونات الالياف البصرية

أصبحت الألياف الضوئية من الطرُق المرغوبة بشكل كبير لتمديد شبكات نقل البيانات، وذلك بسبب المزايا العديدة التي تقدمها، وتعد قدرتها على تلبية الاحتياجات المتطورة للمستخدمين والشركات من الأسباب الرئيسية التي ساهمت في انتشارها، وتتكون الألياف الضوئية من مجموعة من المكونات عددها 5، وهي: اللب، والكسوة، والغلاف الداخلي، ومكونات التقوية، والغلاف الخارجي، وفيما يأتي نظرة تفصيلية على هذه المكونات]: 5[اللب اللب هو الوسيط المادي الذي يعمل على نقل البيانات على شكل إشارات ضوئية من المصدر الضوئي إلى جهاز الاستقبال، وهو عبارة عن خيط واحد مستمر، يكون هذا الخيط مصنو اعا من البلاستيك عالي النقاء، أو الزجاج المصنعّ من أكسيد السيليكون النقي للغاية، واللب هو أصغر مكوّن من مكونات الألياف الضوئية].5[يقاس قطر اللب بوحدة الميكرون؛ لأنه يكون رفي اعا بشكل كبير)أقل من قطر شعرة الإنسا ن(، وكلما زاد قطر لب كابل الألياف الضوئية زادت كمية الضوء التي يمكن للكابل نقلها، وهذا الأمر مرتبط بنقل كمية أعلى من البيانات عبر الشبكة [5].

الكسوة وهي عبارة عن طبقة رقيقة تغلف اللب الداخلي، وتعمل كمرآة عاكسة تحيط باللب وتمنع الإشارات الضوئية من الخروج منه، حيث تنعكس هذه الإشارات على الجدران الداخلية للكسوة طوال فترة انتقالها داخل كابل الألياف الضوئية].٢[الغلاف الداخلي الغلاف الداخلي هو غلاف بلاستيكي يغطي الكسوة لتقوية لب الألياف والمساعدة على امتصاص الصدمات، كما يساهم الغلاف الداخلي في توفير حماية إضافية ضد الانحناءات الزائدة التي يتعرض لها الكابل أثناء عملية تمديده، لكنه لا يمتلك أي تأثير عل ى جودة نقل الإشارات الضوئية أو سرعتها، فهو عبارة عن طبقة للحماية فقط].5[مكونات التقوية مثله مثل أي نوع آخر من الكابلات، سيحتاج كابل الألياف الضوئية

إلى شبكة متينة تحيط به وتعطيه القوة اللازمة لتحمّل الصدمات وقوى الشد، تتكون مكونات التقوية من حُزم من الشعيرات الدقيقة أو الأسلاك الرفيعة التي تحيط بجميع المكونات السابقة لتعطيها المتانة والحماية].5[الغلاف الخارجي المكوّن الخارجي الذي يمُكن مشاهدته من كابل الألياف ال ضوئية هو الغلاف الخارجي، وهو غلاف يحيط بجميع المكونات الداخلية للألياف الضوئية لحمايتها من العوامل البيئية الخارجية، مثل الصدمات التي يتعرض لها الكابل أثناء عملية تمديده، كما يساهم في حمايته من العوامل الجوية مثل التغير في درجات الحرارة، والأمطار، والرطوبة [5.]

3.2 أنواع الألياف الضوئية

هناك ثلاثة أنواع شائعة من كابلات الألياف الضوئية ، كما هو مذكور أدناه. تعتمد ملاءمة كل نوع لتطبيق معين على خصائص كابل الألياف البصرية .

الألياف الضوئية أحادي النمط

يُطلق عليه أحياناا كبل ليف أحادي الوضع، وتعد كابلات الألياف أحادية ومتعددة الأساليب ذات مؤشر الخطوة من أبسط أنواع كابلات الألياف الضوئي ة . تتميز الكابلات الليفية أحادية النمط بأقطار أساسية صغيرة ج ادا، تتراوح من 5 إلى 5.9 ميكرون، واللب محاط بقطر قياسي للكسوة يبلغ 125 ميكرون .كما يتم وضع الغلاف على الكسوة لتوفير الحماية الميكانيكية، وتصنع السترات فيه من نوع واحد من البوليمر بألوان مختلفة لأغراض ترميز الألوان . تمتلك القدرة على حمل إشارات لمسافات طويلة مع خسارة منخفضة، وتستخدم بشكل أساسي في أنظمة الاتصالات يعتمد عدد الأنماط التي تنتشر في ليف أحادي النمط على الطول الموجي للضوء الذي يحمله، وينتج عن الطول الموجي980 نانومتر تشغيل متعدد الأنماط. مع زيادة الطول الموجي تحمل الألياف أوضا اعا أقل حتى يبقى وضع واحد فقط، إلى أن تبدأ العملية أحادية النمط عندما يقترب الطول الموجي من قطر النواة، عند 1310 نانومتر ثم يعمل ككابل ليف أحادي الوضع .

الألياف الضوئية متعددة الأوضاع

تحتوي على أقطار أكبر من الأقطار أحادية الوضع، بأقطار أساسية تتراوح من 100 إلى 970ميكرون، وهي متوفرة على شكل ألياف زجاجية، وسيليكا بلاستيكية، وألياف بلاستيكية، وهي

أي اضا أوسع نطاق .على الرغم من أنها ليست الأكثر كفاءة في المسافات الطويلة، وتتعرض لخسائر أعلى من كابلات الألياف أحادية الوضع .

تمتلك كبلات الألياف متعددة الأوضاع القدرة على حمل إشارات للمسافات المتوسطة والطويلة مع خسارة منخفضة وذلك عند استخدام مكبرات الصوت الضوئية لتعزيز الإشارات إلى الطاقة المطلوبة .

الألياف ذات المؤشر المتدرج

أحياانا كابلات الألياف ذات المؤشر المتدرج، وتمتلك أقطا ارا متشابهة، ويبلغ قطر الألياف المتدرجة الشائعة 50،5.62 أو 85 ميكرون ، ويبلغ قطر الكسوة 125 ميكرومتر .

يتكون اللب من طبقات زجاجية متعددة متحدة المركز، تشبه إلى حد ما الحلقات الحلقية لشجرة أو قطعة من البصل، وكل طبقة متتالية تتوسع للخارج من المحور المركزي للب حتى يكون للقطر الداخلي للكسوة مؤشر تصحيح أقل .ينتقل الضوء بشكل أسرع في مادة بصرية ذات معامل انكسار أقل، وبالتالي كلما ابتعد الضوء عن المحور ال مركزي ،زادت سرعته . ويحظى هذا النوع بشعبية في التطبيقات التي تتطلب نطاقا واس اعا من الموجات، ولا سيما أنظمة الاتصالات السلكية واللاسلكية والمسح الضوئي والتصوير ومعالجة البيانات [6]

4.2 مميزات الألياف الضوئية

أصبحنا في عالم اليوم لا نستغني فيه عن الانترنت ، أو الاتصال والتواصل السريع لذلك وجدت تقنية الألياف الضوئية التي تساعد في نقل البيانات، والتي تتميز بمجموعة كبيرة من المميزات ومنها:

عرض النطاق الترددي والسرعة

يمكن لكابل الألياف الضوئية أن يستوعب عرض نطاق وسرعة عاليين للغاية، و ربما تكون الكمية الضخمة من البيانات التي يمكن إرسالها لكل وحدة من كبل الألياف الضوئية هي الميزة الأكثر أهمية

التكلفة المعقولة

نظارا للزيادة الهائلة في مجال الألياف الضوئية، وزادت المنافسة في أنحاء العالم وبين شركات الالياف الضوئية في السعودية أي اضا وبالتالي انخفضت أسعار النفقات الرأسمالية بشكل كبير حيث استمر عدد منتجي الألياف في الزيادة بسبب زيادة الحاجة إلى الألياف الضوئية.

قوة الإشارة

فقدان الإشارة في كابلات الألياف الضوئية أقل بكثير من الكابلات النحاسية، وعلى عكس ما هو في التوصيلات النحاسية لا تحتوي الألياف الضوئية على تشويش أو تقاطع، ويمكن تقليل تبديد الطاقة وإطالة متوسط مسافة نقل البيانات

خفة الوزن وقة السماكة

تعتبر الألياف الضوئية أخف وزنااا من الكابلات النحاسية وقد يتم تطويرها لتقليل الأبعاد بشكل ملحوظ، وتعتبر أرق وأخف وزنااا من توصيلات الأسلاك النحاسية، مما يجعلها مكملاا أفضل للإعدادات التي تكون فيها المساحة مرتفعة، ونظ ارا لقلة الوزن، تكون عملية التثبيت لها بسيطة إلى حد ما .

طول العمر

عادةا ما يكون العمر الإنتاجي لكابل الألياف الضوئية حوالي 100 عام، مما يجعله عائادا منا ساباعلى الاستثمار

نبضات الضوء

على عكس الاتصالات الكهربائية المرسلة عبر الكابلات النحاسية، لا تتداخل الإشارات الضوئية من أحد الألياف مع تلك الواردة من الألياف الأخرى في نفس كابل الألياف، وهذا يعادل مكالمات هاتفية أكثر هشاشة أو تغطية تلفزيونية محسنة.

حماية البيانات

لا تولد كابلات الألياف الضوئية إشعاعا كهرومغناطيسايا، لذلك من الصعب للغاية اعتراضها ،عند نقل المعلومات أو إرسالها، فإنّ هذه الأسلاك غير قابلة للعبث .

تضاعف تعدد الاستخدامات

تعتبر الألياف الضوئية أكثر مرونة وقدرة على التكيف من الأسلاك النحاسية ذات الأبعاد نفسها، ويعتبر كابل الألياف الضوئية قابل للتكوين للغاية، وينحني بسهولة، ويتحمل معظم المكونات الحمضية التي تتلامس مع الأس لاك النحاسية، ونظ ارا لأن هذه الألياف الضوئية رفيعة جادا، فإنها لا تنكسر في الواقع عند لفها حول زوايا بحجم بضعة سنتيمترات فقط

5.2 استخدام الالياف البصرية في الاتصالات

تستخدم شركات الاتصالات الألياف الضوئية لنقل إشارات الهاتف واتصالات الإنترنت وإشارات تلفزيون الكابل. كما أنها تستخدم في صناعات أخرى ، بما في ذلك الصناعات الطبية والدفاعية والحكومية والصناعية والتجارية . بالإضافة إلى خدمة أغراض الاتصالات ، يتم استخدامه كمرشدات ضوئية وأدوات التصوير والليزر والهيدروفونات للموجات الزلزالية، سونار، وكمستشعرات لقياس الضغط ودرجة الحرارة.نتيجة لانخفاض توهين و والألياف البصرية مزاياه أكثر من الأسلاك النحاسية في لمسافات طويلة، وتطبيقات النطاق الترددي

العالي. ومع ذلك ، فإن تطوير البنية التحتية داخل المدن أمر صعب نسبيا ويستغرق وقتا طويلا ويمكن أن تكون أنظمة الألياف الضوئية معقدة ومكلفة للتركيب والتشغيل. بسبب هذه الصعوبات ، تم تثبيت أنظمة اتصالات الألياف الضوئية المبكرة بشكل أساسي في تطبيقات المسافات الطويلة ، حيث يمكن استخدامها بكامل طاقتها الإنتاجية مما يعوض التكلفة المتزايدة .انخفضت أسعار اتصالات الألياف الضوئية بشكل كبير منذ عام ٢٠٠٠ [8]

6.2 تطبيقات عملية عن استخدام الالياف الضوئية

شبكات الحاسوب والبث شبكات الكمبيوتر هي حالة شائعة لاستخدام الألياف الضوئي[ة بسبب قدرة الألياف الضوئية على نقل البيانات وتوفير نطاق ترددي عالٍ، وبالمثل، كثيرا ما تستخدم الألياف البصرية في البث والإلكترونيات لتوفير اتصالات وأداء أفضل]9[.

الإنترنت والتلفزيون الكابلي يعد الإنترنت والتلفزيون الكيبلي من أكثر استخدامات الألياف الضوئية شيو اعا، ويمكن تركيب الألياف الضوئية لدعم الاتصالات بعيدة المدى بين شبكات الكمبيوتر في مواقع مختلفة]9[. البيئات البحرية تسُتخدم الألياف الضوئية في البيئات الأكثر تعر اضا للخطر، مثل الكابلات الموجودة تحت سطح البحر، حيث يمكن غمرها في الماء ولا يلزم استبدالها كثيرا.] 9[العسكرية والفضاء تستفيد الصناعات العسكرية والفضائية من الألياف الضوئية كوسيلة للاتصال ونقل الإشارات، بالإضافة إلى قدرتها على توفير استشعار درجة الحرارة حيث يمكن أن

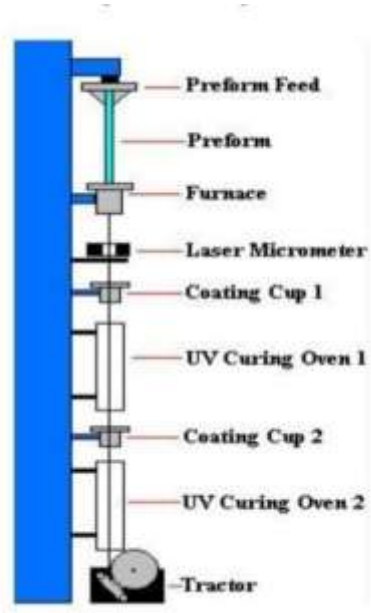
تكون كابلات الألياف الضوئية مفيدة بسبب وزنها الخفيف وصغر حجمها] 9[المجال الطبي تسُتخدم الألياف الضوئية بشكل متكرر في مجموعة متنوعة من الأدوات الطبية، مثل أجهزة الاستشعار الطبية الحيوية التي تساعد في الإجراءات الطبية طفيفة التوغل، ونظ ارا لعدم خضوعها للتداخل الكهرومغناطيسي، فهي مثالية للاختبارات المختلفة مثل فحوصات التصوير بالرنين المغناطيسي، وتشمل التطبيقات الطبية الأخرى للألياف الضوئية التصوير بالأشعة السينية والتنظير الداخلي والعلاج بالضوء والفحص المجهري الجراحي]9[

الفصل الثالث

كيف تصنع الالياف البصرية

1.3 كيف تصنع الالياف البصرية

الشكل 31. يوضح أحدى طرق صنع اليف الزجاج ي



آما سبق و ذكرنا تصنع الألياف الضوئية من زجاج على درجة عالية من النقاء حيث وصفت إحدى الشرآات ذلك بان قالت لو ان هناك محيط من الألياف الضوئية يصل للعديد من الأميال و نظرت من على سطحه للقاع يجب أن تراهبوضوح. وتتم صناعة الألياف الضوئية على النحو التال ي :

1(عمل اسطوانة زجاجية غير مشكل ة

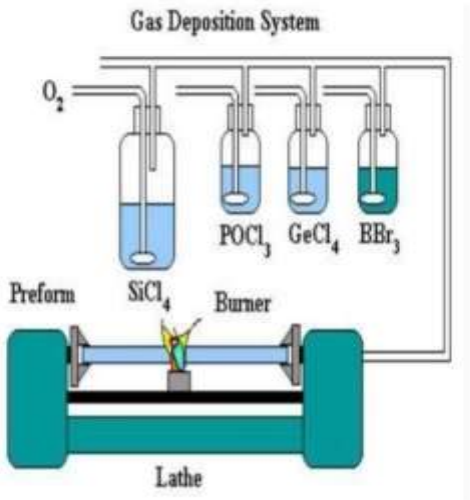
2(سحب الألياف الضوئية من هذه الاسطوانة الزجاجي ة

3(اختبار الألياف الضوئي ة

الزجاج المستخدم في عمل الاسطوانة الغير مشكلة يصنع من خلال عمليةتسمى) deposition vapour chemical modified (حيث يمررالأآسجين على محلول من آلوريد السليكون و آلوريد الجرمانيوم آيماويات أخرى تمتمرر الأبخرة المتصاعدة داخل أنبوب من الكوارتز موضوع في مخرطة خاصة .

- تفاعل السليكون و الجرمانيوم مع الأآسجين لتكوين أآسيدالسليكون و أآسيد الجرمانيوم
- ترسب أآسيد السليكون و أآسيد الجرمانيوم على جدار الأنبوبمن الداخل و يندمجان معا لتكوين الزجاج الخام المطلوب حيثيمكن التحكم بدرجة نقاء و صفات الزجاج المتكون من خلال التحكم بالخليط .

الشكل 2.3 يوضح طريقة صنع اليف البصر ي



الآن يتم سحب الألياف من هذه اسطوانة الخام الغير مشكلة بوضعها في أداة السحب حيث ينزل الزجاج الخام في فرن آربوني درجة حرارته 1،900- 2،200 درجة سليزية فتبدأ المقدمة في الذوبان حتى ينزل الذائب بتأثير الجاذبي ة و بمجرد سقوطه يبرد مكونا الجديلة الضوئية. هذه الجديلة تعالج بتغليف متتابعأثناء سحبها بواسطة جرار مع قياس مستمر لنصف القطر باستخدام مايكرومترليزري. تسحب الألياف من القالب الخام بمعدلs20/m

يتم بعد ذلك اختبار الألياف من ناحية: معامل الانكسار، الشكل الهندسي وخصوصا نصف القطر، تحملها للشد، تشتت الإشارات الضوئية خلالها، سعةحمل المعلومات، تحملها لدرجات الحرارة و إمكانية توصيل الضوء تحت الماء.

2.3 الضوء و البصريات الهندسية للألياف البصرية (Light and geometric optics optical fibres)

تعتبر الألياف البصرية المكون الاساسي لأنظمة الاتصالات البصرية .

حيث يستخدم الضوء آناقل للمعلومات) Carrier (يمكننا اعتبار الضوء آإشعا ع)Electromagnetic radiation (آهرومغناطيسي ولتوضيح وفهم آلية عمل الضوء هناك ثلاثة مداخل و اعتبارات لتفسير ذلك:

1(اعتبار أن الضوء موجة آهرومغناطيسية و ذلك باستخدام نظريه الأمواج) Waves Theory)

2(اعتبار إن الضوء آخط أو شعاع وذلك باستخدام علم البصريات) Geometric Optics ( )

3(اعتبار أن الضوء آحزمة من الفوتونات وذلك باستخدام نظرية الك م)Quantum Theory ( )

وحتى نفهم مبدأ و آلية عمل الليف البصري ، سوف نستخدم الأعتبار الثاني ونقوم بدراسة الضوء آشعاع يتحرك باتجاه و زاوية معينة و بذلك سينطبق عليه ا القوانين الأساسية في علم البصريات الضوئية قوانين مثل ، الانكسار.....الخ ▪

نظرية الشعاع الضوئ ي

كما هو معلوم ، فإن الضوء ينتشر آشعاع باتجاه وسرعة معينة تعتمد قيمتهاعلى نوع الوسط الذي يتم فيه الانتشار ، بمعني أخر فان آلوسط يعيق انتشارالضوء خلاله بنسب متفاوتة مما يعنى أن سرعة انتشار الضوء عبر أى وسطأقل منها فى الفراغ . إن هذه الخاصية للمواد و الوسائط المختلفة

تسمى معامل الانكسار للمادة أو الوسط المعنى ويرمز له (n) يمكننا حساب معامل الانكسار لمادة معينة باستخدام العلاقة البسيطة التال ي

$$n = Co / Cn$$

حيث إن Cn ترمز إلى سرعة انتشار الضوء عبر المادة المعينة Co ترمز

إل ى

$$CO = 3\times10^{8}m$$

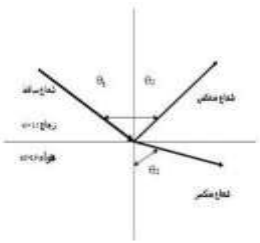
أمثلة لمعامل الانكسار لبعض المواد

الشكل 3.3 معامل انكسار بعض المواد

المادة	معامل الانكسار
هواء	1
ماء	1.33
زجاج	1.5
سيلكون	3.5
جرمانيوم	4
كحول	1.36
بوليسترين	1.59

قانون سنل: - (Snell's Law)يعتبر قانون سنل من القوانين الأساسية في علم البصريات و الذي يعطي العلاقةما بين الشعاع الساقط و الشعاع المنكسر و الزوايا المصاحبة لذلك . يوضح الشكل(3.3) أدناه فكرة قانون سنل .

الشكل 3.3 الشعاع الساقط ، الشعاع المنعكس ، والمنكسر



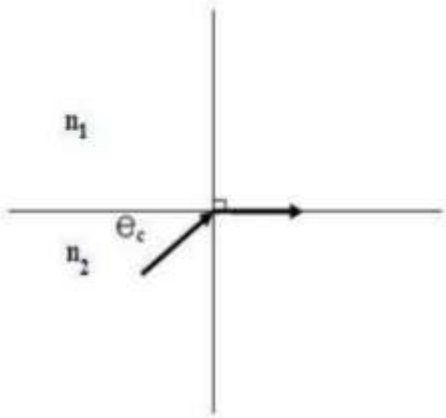
3.3 مراحل انتقال الضوء عبر الليف البصري .

فيما يلي شرح لمراحل انتقال الضوء عبر الليف البصري ومن خلال زواياانتقال محددة.

الزاوية الحرجة) Critical Angle :)

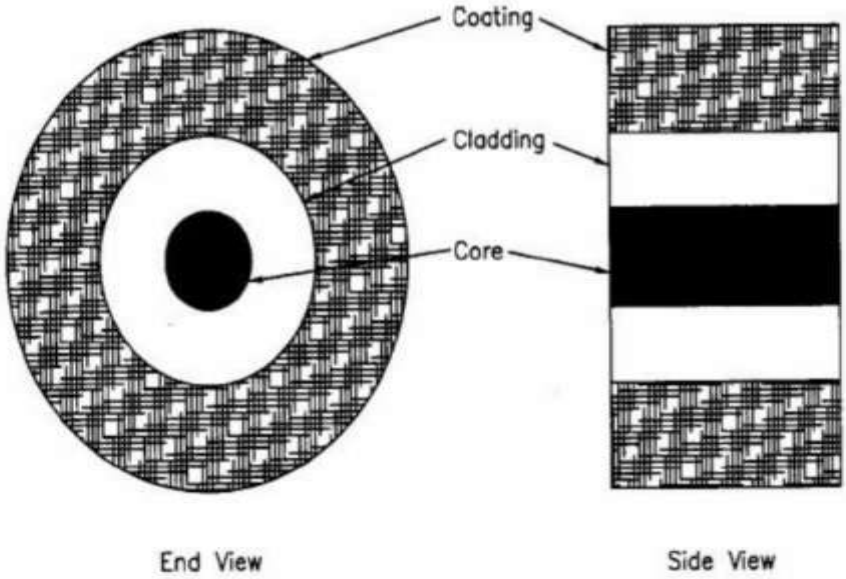
يتحدد مفهوم الزاوية الحرجة على النحو التالى: هي عبارة عن الحالة الخاصة لقيمة زاوية سقوط الشعاع عندما تكون زاوية الانكسار له تساوي 90 °

الشكل 4.3 حالة الزاوية الحرجة للسقو ط



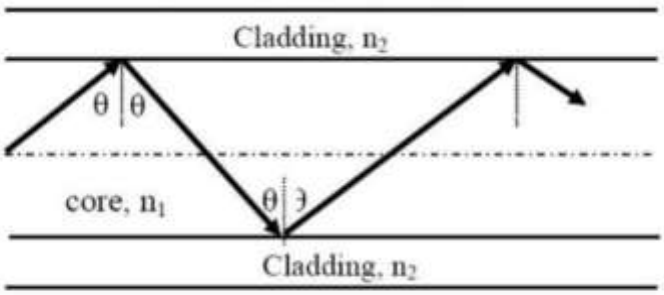
▪الإنعكاس الكلي الداخلي - Total Internal Reflection كما يتضح لنا من قانون سنل ، فإنه كلما تغيرت زاوية السقوط آلما رافقها تغيرفي زاوية الانكسار . فى آون زاوية السقوط اكبر من الزاوية الحرجة) 1θ> θ2 (فان الضوء ينعكس بالكامل) لا يحدث انكسار (، حيث تسمى هذهالظاهرة الانكسار الكلي الداخلي .

الشكل 3.5 يوضح المقطع العرضي والجانبي لليف البصري



لتوضيح عملية انتشار الضوء عبر الليف البصري يمثل الشكل)5.3 (إنتقا لا لشعاع الضوئى بزاوية سقوط θ حيث يكون الانتشار خلال لب الليف بالكامل وذلك طبقاً لمبدأ الانعكاس الكلي الداخلي

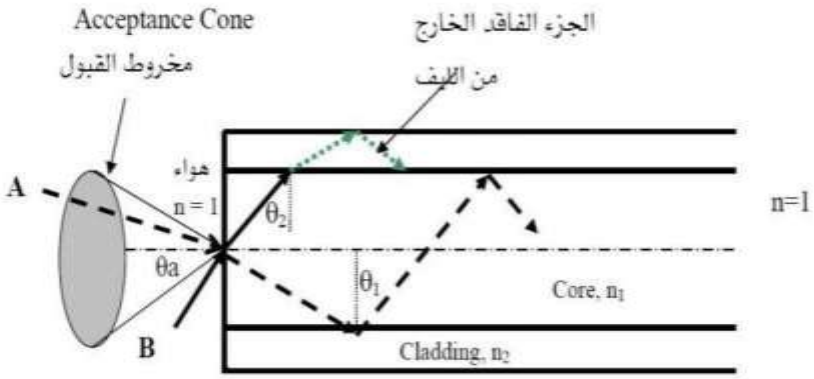
الشكل 3.6 انتشار الشعاع الضوئي عبر الليف البصري



▪زاوية القبول (Angle Acceptance)

تعتبر زاوية القبول) θa(من القيم العددية التي يتوجب معرفتها عن الليف البصري و حتى يتضح المعنى المقصود بها نستعين بها بالشكل الموضح أدناه

شكل 7.3 يوضح زاوية زاوية القبول عند ادخال الضوء الي اليف البصري.



كما يتضح من الشكل فان الشعا ع A يدخل إلى الليف بزاوية أقل من الزاوية ويصل إلى الحد الفاصل بين اللب و المحيط بزاوية θc وبذلك يتتبع مساره θa عبر الليف بشكل صحيح يحقق الانعكاس الكلي الداخلى) ويكون الفقد في هذهالحالة أقل ما يمكن يدخل الشعا ع B إلى الليف البصرى بزاوية أآبر من زاوية(حيث يصل إلى الحد الفاصل بين اللب و المحيط بزاوية أقل من θc a القبول θ وبذلك فان جزءا منه ينكسر باتجاه المحيط و يخرج خارج الليف مما يتسبب فىفقد جزء من الضوء المنتشير وبذلك لا يمكن له ان يحقق الانعكاس الكلي الداخلي . من هنا يتضح معنى و مفهوم زاوية القبول بأنها الزاوية التي يجبعلى الشعاع الداخل إن يدخل بزاوية تساويها أو أقل منها حتى يتحقق الانعكاسالكلي وبتالي ينتشير عبر الليف بشكل صحيح وباقل فقد ممكن ، و في نفسالوقت ، فان الشعاع الداخل لليف بزاوية آبر من زاوية القبول فان جزءا منهينكسر عبر

محيط الليف وبالتالى سوف يفقد وما تبقى منه ينعكس داخل الليفوهنا نحصل على انعكاس جزئي و ليس آلياً . ذل الك حتى يتم إرسال الضوءلأطول مسافة ممكنه يجب مراعاة إدخال الضوء لليف بزاوية لا يتجاوز قيمةθa

فتحة النفود العددية. Numerical Aperture

والتى تمثل أو تعبر عن العلاقة ما بين إدخال θaهناك قيمة عددية أآثر شمولاً من زاوية القبول(تسمى هذه n2 ومحيطه n1الضوء لليف بشكل صحيح ومعامل الانكسار لكل من لب الليف)والتى يمكن إيجادها من العلاقة التالية: NAالقيمة أو العلاقة فتحة النفود العددية(

$$NA = n0.\sin\theta a \quad \ldots\ldots(4)$$

) بين n0=1 ترمز إلى معامل الانكسار للوسط الفاصل (عادةً ما يكون الهواء n0حيث ان sin= θa- 1المصدر الضوئي و مقدمة الليف منها:

NA .....(5)

4.3 القياسات والفحوصات في الالياف البصري ة

)Fiber-Optic Meaurements and testing(

تعتبر القياسات والفحوصات من العمليات الأساسية والمهمة في نظم الإتصالات بشكل عام ، حيث تبدأ الفحوصات لليف البصري في مرحلة التصنيع للتأكيد من جميع الشروط اللازمة لتصنيع الليف بشكل صحيح جميعا الليف بشكل صحيح. هناك مجموعة من القياسات التي يجب إجراؤها لليف:

القياس باستخدام جهاز القدرة Measurements Meter Power

قياس فقط خط الليف البصري Fiber Optic Link Loss Measurement

قياس فقط الانعكاس البصري

القياس باستخدام جهاز OTDR Measurement(OTDR)

:تركيبات الالياف البصرية 4.3

إن المقصود بتركيبات الألياف البصرية هو عملية تجهيز الكيبل ووضعه فيمكانه المخصص بحيث يكون جاهزاً للاستخدام وإرسال المعلومات من خلاله وهناك نوعان من التركيبات الخارجية (Outdoor)والداخلية(Indoor)

I. التركيبات الخارجية للكيبل البصري (Optic Fiber Outdoor Cable (Installation .i

II. تركيبات الكيبل المدفون(Buried Cable Installation)عند اختيار المجرى لوضع الكيبل داخله يجب مراعاة الشرط التالي :

$(d^2/D^2)<50$

حيث ترمز dإلى قطر الكيبل و Dإلى قطر المجرى

المراج ع

مراجع الفصل الاول

)1 Fiber optics", verizon, Retrieved 21-1- "أ ب ^ 2022. Edited 2)
Tyndall, John (1870). "Total Reflexion".
الموسوعة المعرفية الشامل ة 3(

مراجع الفصل الثاني

.1 Fiber Optics", www.encyclopedia.com, Retrieved 19-07-2019. Edited↑
.2 What are the. Components of Optical Fiber", fiber optic share, 20/8/2013, "أ ب ت ^ Retrieved 10/1/2022. Edited
.3 What are the Components of Optical Fiber", fiber optic share, 20/8/2013, "أ ب ت ث ^.Retrieved 10/1/2022. Edited
.4 Three common types of fiber optic caples advantages and disadvantages of optical fiber
.5 What are fiber optics used for?", www.quora.com
.6 What are fiber optics used f Retrieved 19-07-2019. Edited
.7 Jennifer English (10/2021), "fiber optics (optical fiber)", techtarget, أ ب ت ث ج ح خ ^ Retrieved 3/1/2022

مراجع الفصل الثالث

▪كتاب: أساسيات الاتصالات الكهربية التماثلية والرقمية.
▪كتاب: الموسوعة الإلكترونية .
▪كتاب خطوط النقل والألياف البصرية .
▪بعض المعلومات المستقاه من شروح الأساتذة ـ مادة الاتصالات الرقمية
▪كتاب:
- Optical Fibre Communication Principles and Practice 2th