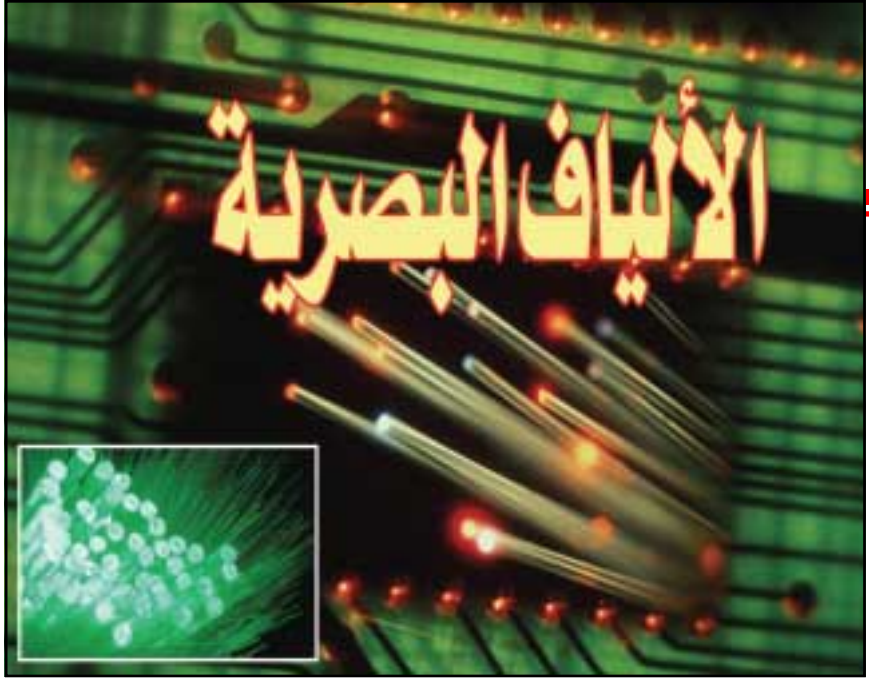
الألياف البصرية



يتحدث الناس أينما كانوا عن تقنية المعلومات والبحث السريع، حتى وصف هذا العصر بعصر المعلومات، نرى كيف أن الجميع يحصل على خدمات رائدة في الاتصالات لأي مكان في أرجاء المعمورة، ونستشعر كيف تنتقل خطوط الإنترنت عبر قارات ومحيطات الارض في لحظات.

إعداد : أ. عبدالرحمن الصلهبي

لقد كان لتقنية الألياف البصرية (Fiber optics) الفضل في سرعة وصول تلك المعلومات- بالرغم من كمها الهائل- بسرعة فائقة حيث تستخدم في أنظمة الهاتف وكوابل التلفزيون.

يبرز دور الألياف البصرية كوسيلة اتصال في العصر الحديث، لتميزها عن الأسلاك المعدنية التقليدية في الخصائص التالية:

١ـ كفاءتها العالية في نقل الإشارات البصرية.

٢ـ كلفتها القليلة مقارنة بالكوابل المعدنية.

٣ـ سماكتها رقيقة،حيث يمكن تجميع العديد منها في كوابل أقطارها صغيرة.

٤ـ قدرتها على نقل المعلومات كإشارات ضوئية ورقمية على عكس الأسلاك التقليدية التي تستخدم الإشارات الكهربائية.

٥ـ آمنة ضد الحرائق، لأنها لاتستخدم إشارات كهربائية.

٦ـ خفيفة الوزن، وتحتل مساحة صغيرة عند تمديدها تحت الأرض.

٧ـ مرونتها العالية مما يجعلها تدخل في صناعة آلات التصوير الرقمية لالتقاط الصور الطبية بواسطة المناظير المختلفة،وكذلك لتفحص اللحام في أنابيب ومحركات الطائرات والسيارات والصواريخ... وغيرها

٨ـ يمكن استخدامها كمجسات لتحديد التغير في درجة الحرارة والضغط لحساسيتها الفائقة.

يتناول هذا المقال تعريف الألياف البصرية آليتها في نقل الضوء والطريقة التي تصنع بها هذه الألياف.

تعريف الألياف البصرية

الألياف البصرية، هي ألياف مصنوعة من الزجاج النقي طويلة ورفيعة لا يتعدى سمكها سمك الشعرة يُجمع العديد منها في حزم داخل الكوابل البصرية لاستخدامها في نقل الإشارات البصرية والمعلومات الرقمية لمسافات بعيدة جداً،كما تستخدم أيضا في التشخيص الطبي والفحص الهندسي الميكانيكي.

مكونات الألياف البصرية

تتكون الألياف البصرية شكل(١) من مايلي:

- **القلب**

يتكون القلب (Core) من زجاج رفيع في مركز الليف البصري ينتقل فيه الضوء.

- **العاكس**

العاكس (Cladding) عبارة عن مادة تحيط بالقلب الزجاجي ويعمل على عكس الضوء مرة أخرى إلى مركز الليف البصري.

- **الغطاء الواقي**

الغطاء الواقي (Buffer Coating) عباره عن غلاف بلاستيكي يحمي الليف البصري من الرطوبة أو التلف.

أنواع الألياف البصرية

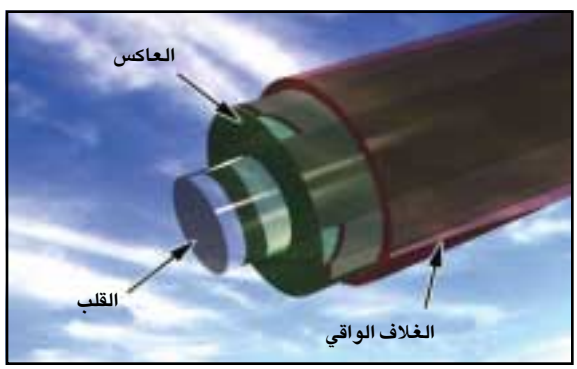
يوجد العديد من الألياف البصرية من أهمها ما يلي:

- **ألياف مفردة**

تنتقل من خلال الليفة المفردة (Single- mode fibers)، إشارة ضوئية واحدة فقط في كل ليفة ضوئية (في المرة الواحدة). وهي ذات قلوب صغيرة (قطرها حوال ٩ ميكرون)، وترسل أشعة ليزر ضوئية تحت الحمراء (طول موجي ١٣٠٠ـ١٥٥٠ ـ نانومتر)

- **ألياف متعددة**

يتم بواسطة الألياف المتعددة (Multi-mode fibers)، نقل العديد من الإشارات البصرية من خلال الليفة



● شكل (١) مقطع عرضي داخل ليف بصري.

لبصرية الواحدة في المرة الواحدة، ولها قلوب بقطر ٦٢,٥ ميكرون، وترسل الأشعة البصرية تحت الحمراء (طول موجي ٨٥٠ – ١٣٠٠ نانومتر) من باعث ضوئي ثنائي.

● **ألياف البلاستيك**

تعد الألياف المصنوعة من البلاستيك أكثر مرونة وأقل تكلفة،ولها قلب كبير بقطر مليمتر واحد، وترسل ضوءا أحمرا مرئيا (طول موجي ٦٥٠ نانومتر) من باعث ضوئي ثنائي. ويعاب عليها عدم قدرتها على توصيل الضوء إلى مسافات بعيدة، نتيجة لفقد الطاقة البصرية النسبي خلا لها.

آلية نقل الضوء بالألياف البصرية

يتميز الضوء بأنه ينتقل خلال خطوط مستقيمة في الفراغ، فضلا عن توجيهه خلال مسار طويل ومستقيم، لكن ماذا لوكان المسار به انحناء؟ وكيف يمكن أن يصل إلى الطرف الآخر بلا مشاكل ؟ يمكن التغلب على المشاكل المذكورة، بجعل الضوء ينتقل بواسطة الانعكاس المستمر عن الجدار المحاذي للقلب الزجاجي، معتمدا على مبدأ يسمى الانعكاس الداخلي الكلي (Total Internal Reflection) والذي يعني أن الضوء الساقط على السطح الفاصل بين وسطين منفذين للضوء لا ينكسر بل ينعكس بكامله داخل الوسط الذي أتى منه، أي أنه لا يكون هناك فرق بين الشدة البصرية للشعاع الساقط عن تلك المنعكسة.

ويحدث ذلك تحت شروط خاصة، وهي:

١ـ أن يكون معامل الانكسار للوسط الساقط منه الضوء أكبر من معامل الانكسار للوسط المنتقل إليه.

٢ـ أن يسقط الضوء من الوسط ذو معامل الانكسار الأكبر بزاوية سقوط أكبر من الزاوية الحرجة (Critical angle) بين الوسطين.

الجدير بالذكر أن معامل الانكسار يعرف بأنه نسبة سرعة الضوء في الفراغ الى سرعته في أي وسط، ولأن سرعة الضوء بجميع أطواله الموجية في الفراغ ثابتة فإن معامل انكساره يساوي الواحد، أما معامل انكساره في المواد الأخرى فهي تزيد عن قيمته في الفراغ (أي أكبر من الواحد).

ويبين الشكل (٢) أنه عند انتقال الشعاع الضوئي من وسط له معامل انكسار (م١) إلى وسط آخر له معامل انكسار أقل (م٢)، فإن الشعاع ينكسر مبتعداً عن العمود الوهمي المقام على السطح (الخط الطبيعي)، أي أن زاوية الشعاع خلال (م١) في هذه الحالة أكبر من زاوية الشعاع خلال (م٢)، ولذا فإن الضوء المنكسر خلال (م٢) ينحرف بعيداً عن الخط.

وعند زاوية ما (الزاوية الحرجة) فإن الضوء المنعكس لن يتجه إلى (م٢)، وبدلاً من ذلك سينتقل عبر السطح بين الوسطين (الزاوية الحرجة تساوي ن٢ / ن١ حيث أن ن٢ ون١ هما معاملا الانكسار [ن٢ < ن١] . وإذا كان الشعاع خلال م١ أكبر من الزاوية الحرجة، فإن الشعاع المنكسر سوف ينعكس كلياً داخلياً إلى م١ (انعكاس كلي داخلي) حتى وإن كانت م٢ شفافة .

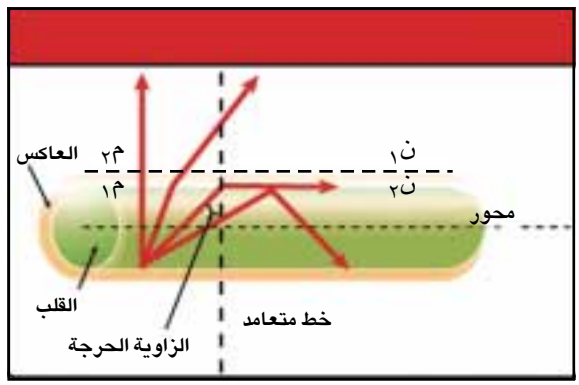
فعلى سبيل المثال عند سقوط شعاع ضوئي بزاوية تساوي أو أكبر من الزاوية الحرجة فإنه سوف يعاني من الانعكاسات الكلية الداخلية الى أن يصل الى الطرف الآخر . وهذا مهم جدا في استخدام الألياف البصرية في التطبيقات المختلفة، وخاصة عندما يراد وضعها في أماكن غير مستقيمة.

ويتم ذلك بوضع مرآة عند الانحناء لتعكس الضوء الى داخل المسار مرة أخرى. ولو كان المسار كثير الانحناءات فإن ذلك يتطلب أن تُصَف المرايا على طول المسار لتعكس الضوء باستمرار حتى يبقى في مساره.

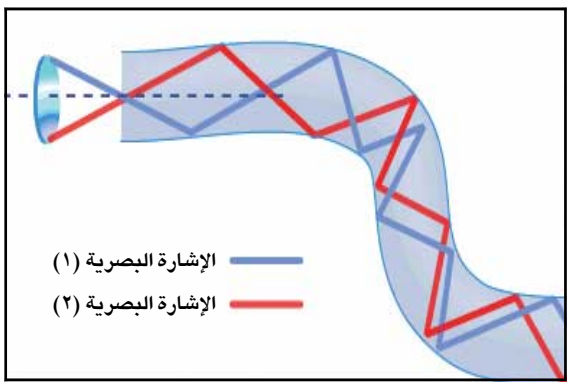
تنتقل الإشارات البصرية في الكوابل البصرية خلال الليف الزجاجي الرفيع وذلك عن طريق الانعكاسات الكلية المتتالية للضوء، شكل (٣) والتي يحدثها العاكس المحيط بالقلب الزجاجي والذي يعمل كمرآة عاكسة للضوء، ولأن العاكس لا يمتص الضوء الساقط عليه – بل يقوم بعكسه إلى داخل الليف الضوئي طوال رحلته – فإن الضوء ينتقل لمسافات بعيدة . ولكن في بعض الأحيان يحدث أن تضعف الإشارات البصرية نتيجة لوجود الشوائب في مادة الزجاج. وبشكل عام يمكن القول أن كفاءة الليف الضوئي ومدى انتقال الإشارات البصرية فيه لمسافات طويلة دون أن تفقد أو تضعف تعتمد على عاملين:

١ـ درجة نقاء مادة الزجاج المصنوع منها الليف البصري.

٢ـ الطول الموجي للضوء المستخدم، فمثلاً للإشارات البصرية ذات الطول الموجي ٨٥٠ نانومتر تضعف من ٦٠ – ٧٥٪ لكل



● شكل (٢) الانعكاس الكلي الداخلي في الألياف البصرية.



● شكل (٣) مسار الضوء خلال ليفة بصرية.

كيلومتر، وللطول الموجي ١٣٠٠ و ١٥٥٠ نانومتر تضعف من ٥٠ – ٦٠٪ للكيلومتر الواحد.

وهناك أنواع من الألياف البصرية ذات الكفاءة العالية والتي تعد نسبة الضعف في إشاراتها البصرية صغيرة جدا لا تزيد عن ١٠٪ لكل كيلومتر للضوء ذي الطول الموجي ١٥٥٠ نانومتر.

صناعة الألياف البصرية

تصنع الألياف البصرية من زجاج على درجة عالية من النقاء. وبالتأمل في زجاج النافذة كزجاج شفاف نجد أنه كلما ازداد سمك الزجاج كلما قلت نقاوته. ولكن الزجاج في الألياف البصرية به شوائب أقل بكثير من الزجاج العادي، حيث وصفت إحدى الشركات ذلك بأن قالت لو كان هناك محيط من الألياف البصرية يصل للعديد من الأميال و نظرت للقاع من على سطحه يجب أن تراه بوضوح.

ومن أهم مراحل صناعة الألياف البصرية ما يلي:

● عمل اسطوانة زجاجية غير مشكلة

يصنع الزجاج المستخدم في عمل الاسطوانة غيرالمشكلة من خلال عملية تسمى ترسيب بخار الكيميائيات المخفف (Modified Chemical Vapour Deposition - MCVD) حيث يمرر الأكسجين على محلول من كلوريد السليكون و كلوريد الجرمانيوم وكيميائيات أخرى، ثم تمرر الأبخرة المتصاعدة داخل أنبوب من الكوارتز موضوع في مخرطة خاصة، شكل(٤). عندما تدور المخرطة يتحرك مشعل كهربائي حول أنبوب الكوارتز حيث تتسبب الحرارة العالية في حدوث شيئين:

١ـ تفاعل السليكون و الجرمانيوم مع الأكسجين لتكوين أكسيد السليكون وأكسيد الجرمانيوم.

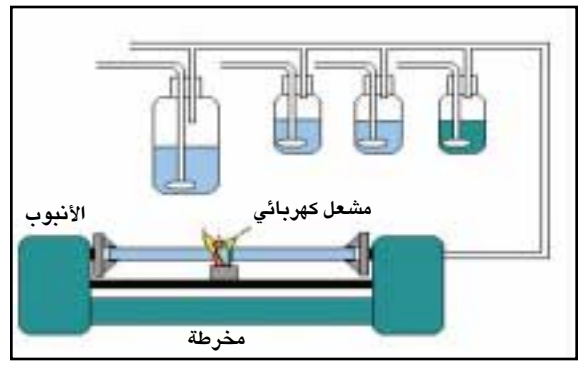
٢ـ ترسيب أكسيد السليكون وأكسيد الجرمانيوم على جدار الأنبوب من الداخل واندماجهما معا لتكوين الزجاج الخام المطلوب.

تستمر المخرطة في الدوران لتكوين اسطوانة متماسكة مفرغة مغطاة . يتم المحافظة على نقاء الزجاج باستخدام بلاستيك مقاوم للتآكل في نظام نقل الغاز (صمامات، أنابيب، لحامات)، وأيضاً عن طريق التحكم الدقيق في تدفق الخليط. ويمكن صناعة هذه الاسطوانات المفرغة آليا،بعد تبريد الاسطوانات المفرغة يتم عمل اختبار الجودة لها.

● سحب الألياف البصرية

يتم سحب الألياف من الاسطوانة الخام غير المشكلة – بعد اختبارها – بوضعها في أداة السحب حيث ينزل الزجاج الخام في فرن كربوني بدرجة حرارة ١٩٠٠–٢٢٠٠مْ فتبدأ المقدمة في الذوبان حتى ينزل الذائب بتأثير الجاذبية وبمجرد سقوطه يبرد مكونا الجديلة البصرية.

تُعالج هذه الجديلة بتغليف متتابع أثناء سحبها بواسطة سحّاب، مع قياس مستمر لنصف القطر باستخدام ميكرومتر ليزري. تسحب الألياف من القالب الخام بمعدل ١٠–٢٠ متر/ ثانية، بعدها يتم لف المنتج النهائي على البكرة التي يمكن أن تحوي أكثر من ٢,٢ كم من الألياف البصرية.



● شكل (٤) طريقة تكوين اسطوانة زجاجية بالمختبر.

● اختبار الألياف البصرية

يتم بعد ذلك اختبار الألياف البصرية النهائية من حيث:

ـ قوة التوتر (تحملها للشد)، يجب أن يقاوم ٢٩٢٥٠٠ كغ/ سم ٢ أو أكثر.

ـ معامل الانكسار، وذلك بتحديد الثقب العددي، وكذلك إظهار العيوب البصرية.

ـ الشكل الهندسي، وذلك من حيث نصف قطر القلب، و أبعاد العاكس ونصف قطر الغطاء الواقي.

ـ الانخفاض، وذلك بتحديد المدى الذي يمكن فيه للإشارات البصرية بمختلف الأطوال الموجية أن تضعف عندما تسير لمسافات طويلة،ويستفاد من هذا الاختبار في معالجة الكوابل البصرية بمعززات لهذه الإشارات تمتد على طول الكيبل وتعمل على تقوية الإشارات البصرية كالذي يحدث في الكوابل الممتدة تحت سطح البحر.

ـ تشتت الإشارات البصرية، وذلك بنشر أطوال موجية مختلفة من الضوء من خلال القلب (خاص بالسعة).

ـ سعة حمل المعلومات، وهي عدد الإشارات التي يمكن حملها في المرة الواحدة (خاص بالألياف المتعددة).

ـ تحمل درجات الحرارة ومعدل الرطوبة.

ـ إمكانية توصيل الضوء تحت الماء (مهم للكوابل تحت البحار) .

المصـــدر:

www.howstuffworks.com
www.makphys.com
www.hazemsakeek.com