كيف تعمل الأشياء

أجهزة الليزر

٩- الليزر في الألياف البصرية

إعداد : د. عطية بن علي العامدي

بعد مرور حوالي سنتين من إختراع ليزر الغازات عام ١٩٦٢م، أمكن إختراع ليزر أشباه الموصلات، شكل (١)، ولم يكن من المنظور آنذاك أن يقود هذا الاختراع إلى ولوج عالم جديد من أجهزة الإتصالات التي يمكنها أن ترسل البيانات والمحادثات الهاتفية على شكل نبضات ضوئية - بدلاً من تيارات كهربائية - وبالتالي إنجاز الأعمال بسرعة تصل سرعة الضوء.

وقد تحقق هذا الإنجاز بشكل عملي بإنتشار أنظمة الألياف البصرية التي تستخدم ليزر أشباه الموصلات لتوليد النبضات الضوئية، حيث أن ليزر الغازات لا يستطيع تأدية هذه الوظيفة بكفاءه مناسبة.

يبلغ القطر الخارجي لليف البصري المفرد حوالى ١٢٠ ميكروماتراً (قطر شعرة الإنسان تقريباً)، وهو قد يمتد إلى عشرات الكيلومترات، ويصنع من مادة الكوارتز النقى لخاصيتها الممتازة في الحفاظ على الضوء دون تغيير ولمسافات طويلة قد تصل أكثر من ٢٠٠ كيلومتر، ليتم إستشعاره من الطرف الآخر من الليف البصري، وعليه فإن أنظمة الإتصالات البصرية تعد عملية جداً للإتصالات عبر المحيطات، شكل (٢)، فضلاً عن المسافات القصيره والطويلة داخل القارات.

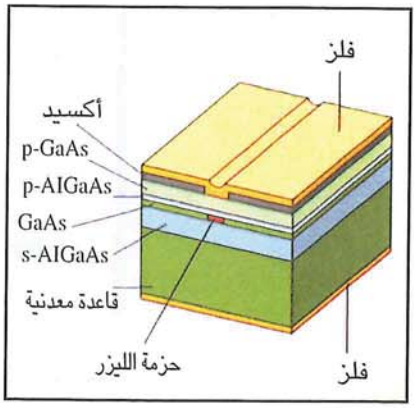
ينتقل الضوء خلال ليف بصري مفرد (Single Mode Fibre)، شكل (٣)، له لب مركزي بمقاس ٧ ميكرومترات. يحقن الليف البصري بتوجيه حزمة ضوئية على أحد طرفي اللب المذكور ليتم حبس الضوء داخل حيز ضيق -٧ميكرومترات- و إلتقاطه من الجانب الآخر من الليف البصري. ولا تتحقق تلك الشروط إلا بإستخدام ليزر في حجم حبة الملح أو أصغر، أي ليزر أشباه الموصلات.

عليه تعد الألياف البصرية أهم تطبيق تقني لاشباه الموصلات والتي سوف تشكل التصنيع الأساس لتقنية المعلومات في السنوات المقبله، و باستخدام التقنية الجديدة يمكن نقل البيانات والصور والصوت بسرعات عالية باستخدام أجهزة الليزر التي تتكون من ثلاثة أجزاء هي الليزر، ومستشعرات الضوء والألياف البصرية.

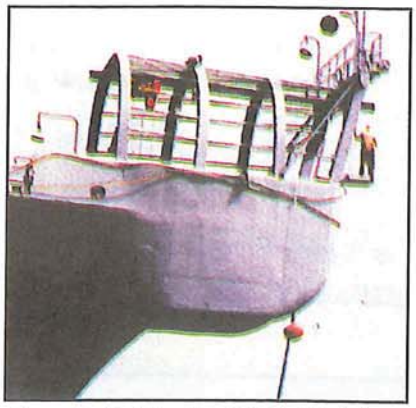
طريقة العمل

للاتصال بين جهتين يلزم وجود ليزر مرسل من مكان الإرسال ومستقبل ضوئي للجهة المستقبله، بالاضافة إلى ليف بصري موصل بين الجهتين.

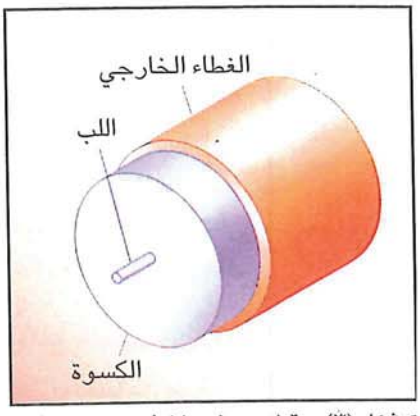
يتم إرسال المعلومات رقمياً على شكل نبضات ليزرية متدفقة



● شكل (١) ليزر أشباه الموصلات الحديث المستخدم في الإتصالات عبر الألياف البصرية.



● شكل (٢) باخرة تستخدم الألياف البصرية للإتصالات عبر المحيطات.



● شكل (٣) مقطع عرضي لليف بصري مفرد حيث يوجّه ضوء الليزر من خلال اللب .

ومولدة بواسطة الليزر ، وتعبر النبضات المذكورة من خلال الليف البصري ليتم قراءتها عن طريق الكاشف الضوئي (المستشعر) في النهاية الأخرى ،يجب أن تتحول البيانات المرسلة إلى رسالة رمزية رقمية (Digital Number) بواسطة إحدى الطرق المتعددة لتحويل الرموز والتي من بينها تفسير كل نبضة ليزرية على أساس (BIT) مفردة من المعلومات الثنائية (Binary 1) ، أما عدم وجود نبضة ليزرية فتمثل إما بعدم وجود ضوء أو وجود ضوء لكن بخلفية ذات مستويات منخفضة تصل المستشعر الضوئي وتفسر على أنها ثنائية صفر (٠) (Binary 0) .

ويمكن تدفق النبضات الضوئية بسرعات عالية جداً ولأماكن بعيدة ، وعليه فهناك مجال كبير لارسال المعلومات كبيرة بواسطة أنظمة الألياف البصرية تفوق ٤٥ مليون نبضة (Bits) لكل ثانية، بل توجد أنظمة يتم اختيارها حالياً تعمل بسرعات عالية تصل إلى أكثر من جيجا بيت (10^9 Bits - Giga bits) ، وهناك محاولات لتطويرأنظمة الأطوال الموجية المتعددة لسرعات تصل ، وذلك عن طريق ازدواج الضوء بأطوال موجيةمختلفة من عدة ليزرات على نفس الليف البصري ، ورغم انتقال هذه الأطوال الموجيه المختلفة مع بعضها إلا أنها لاتتداخل بعضها مع بعض ، ويوجد الآن نموذجاً لشريحة موضوعة في علبة صغيرة جداً تحتوي على ٤٠ ليزراً بأطوال مختلفة .

ومما سبق يمكن إدراك ما وصلت اليه تقنية الألياف البصرية من تقدم مذهل بفضل إستخدام ليزر أشباه الموصلات ، ومن الأمثلة على ذلك دعنا ننظر إلى السرعة التي يمكن بها طباعة كتاب به ٦٠٠ صفحة ،ولكل صفحة ٧٠ سطراً ، ولكل سطر مائة حرف ،سوف يعطينا ٦٠٠x٧٠x١٠٠=٤,٢٠٠,٠٠٠ حرف.

يمكن طباعة هذه الحروف بإستخدام مفاتيح الحاسب الآلى و حفظها رقمياً بواقع ٨ نبضات لكل حرف (8 Bits) في الرموز والشفرات المعتادة (ASC11 Code) ، ولذلك سيكون لدينا :

٨ x ٤٢٠٠٠٠٠ = ٣٣,٦٠٠٠٠٠ بايت (Bits)

يتم تخزينها إلكترونياً كملف في مكان معين من الشبكة لتكون جاهزة للإرسال والإستقبال في أقل من ثانية.

ينجم عن طول المسافة بين المرسل والمستقبل فقدان لبعض الطاقة الضوئية المرسلة بواسطة الألياف البصرية ، وذلك نتيجة للإمتصاص والتشتت . عليه فإن الإشارة الضوئية سوف تصبح خفيفة بالقدر الذي لا يستطيع المستشعر قراءتها ، وللتغلب على هذه المشكلة توجد فواصل في الليف البصري بأبعاد تصل إلى عشرات الكيلومترات ، وعند كل فاصل يوجد مضخم للإشارات الضوئية يسمى المكرر (Repeater)،وهو عبارة عن نظام ضوئي يعمل على إعادة تشكيل الإشارات وتضخيمها لطول الليف البصري التالي حتي تصل إلى الفاصل التالي ، وهكذا .

يعمل جهاز المكرر بطول موجي ١٣٠٠ نانومتر ،ويتألف من مستشعر ضوئي و مضخم إلكتروني وليزر أشباه الموصلات .

تتحول الإشارة الضوئية المرسلة إلى إشارة إلكترونية ليتم تضخيمها ثم إرسالها إلى الليف البصري التالي .

وهناك نوع من المكررات تم تطويره حالياً يعمل مع أنظمة الألياف البصرية عند الطول الموجي ١٥٥٠ نانومتراً. وهذا النوع من المكررات يمكنه أن يعمل مباشرة كمضخم ضوئي ، وهو مكون من ليف بطول ١٠ أمتار ومطّعم بعدد من ذرات عنصر الإربيوم (Iribium) على مسافات متساوية لتعمل على إحداث عملية الإنبعاث الحثى (Stimulated Emission) وبالتالي يتم تضخيم الضوء دون الحاجة إلى تحويله الى إشارة إلكترونية .

يتم تركيب هذا النوع من المضخمات في أنظمة الإتصالات البصرية سواء كان على الأرض أو تحت البحر ، شكل (٤) .

● شكل (٤) جهاز المكرر (Repeater) المطلوب لتضخيم الإشارة الضوئية المنبعثة عبر الألياف البصرية.