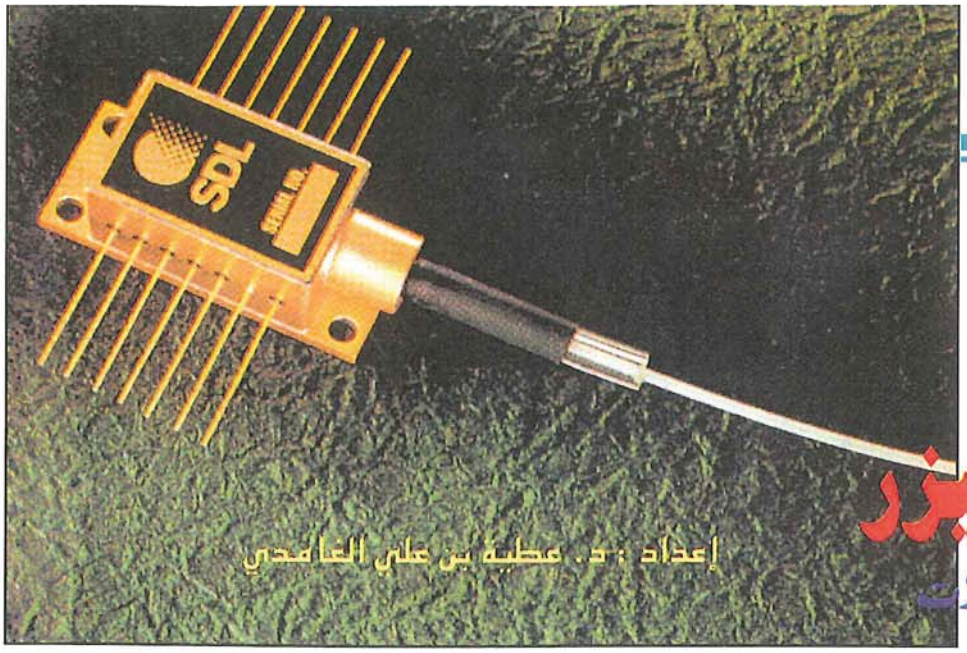


كيف تعمل الأشياء

أجهزة الليزر

٨ ـ ليزر أشباه الموصلات

إعداد : د. عطية بن علي العامدي

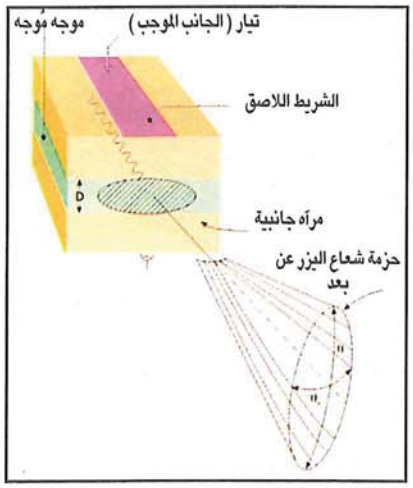
تعود تقنية ليزر أشباه الموصلات(Laser Semiconductors) إلى بداية علم أشباه الموصلات الذي ظهر إلى الوجود في أوائل الخمسينيات من هذا القرن ، ففي عام ١٩٥٣م أشار الفيزيائي جون نيومان (John Von Neumann) إلى إمكانية الحصول على تضخيم للضوء بالإنبعاث الحثي ولكنه لم يقترح أفكاره رسمياً .

ومنذ ذلك الحين كانت هناك عدة محاولات ـ من العلماء ـ لبلورة الأفكار عن استخدام تقنية الليزر في أشباه الموصلات حتى حلول عام ١٩٦١م حيث توصل العالم **نيكالاي باسوف (Nikalai Basov)** ومجموعته من معهد ليبيديف للفيزياء (Lebedev Physics Inistitute) بموسكو من وضع الأسس العلمية لتقنية ليزر الموصلات ، وقد نال العالم المذكور جائزة نوبل للفيزياء عن عمله في الليزر مشاركة مع العالم الروسي **بروخروف (Brochrov)** ـ رائد الليزر ـ والعالم الأمريكي **تاونيز (Townis)** . وفي عام ١٩٦٢م تم تصنيع ليزر الموصلات بواسطة أربعة مجموعات علمية من الولايات المتحدة .

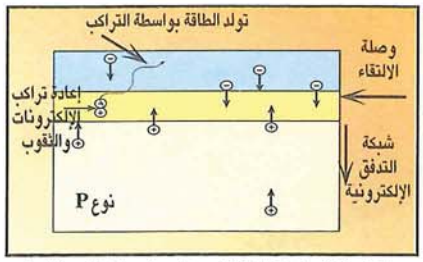
طريقة العمل

يتركب ليزر أشباه الموصلات من طبقتين من أشباه الموصلات هما نوع P ـ (P-type) ونوع N ـ (N- type)، ويفصل هذين النوعين من أشباه موصلات طبقة من أشباه موصلات متشابهة وذلك لتشكيل وصلة صمام موجب / سالب (P/N Junction)، شكل (١) .

يتم تطبيق فولت على طرفي وصلة صمام ليزر أشباه الموصلات بطريقة الإنحراف الأمامي (Forward Bias) ، بحيث يتم تطبيق النهاية الموجبة للفولت مع الجانب الموجب من وصلة صمام ليزر أشباه الموصلات والنهاية السالبه للفولت مع الجانب السالب من وصلة صمام ليزر أشباه الموصلات ، وبهذه الطريقة يبدأ التيار بالتدفق. بعد توصيل الفولتية نجد أن



● شكل (١) صمام الليزر أشباه الموصلات.

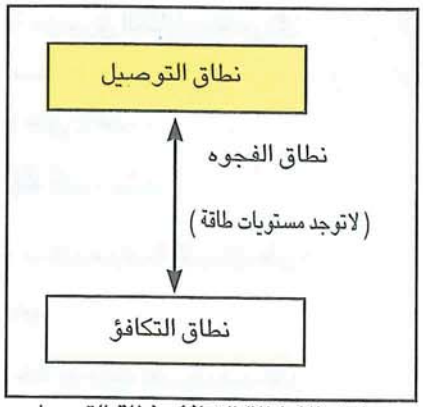


● شكل (٢) تدفق الإلكترونات في ليزرات أشباه الموصلات .

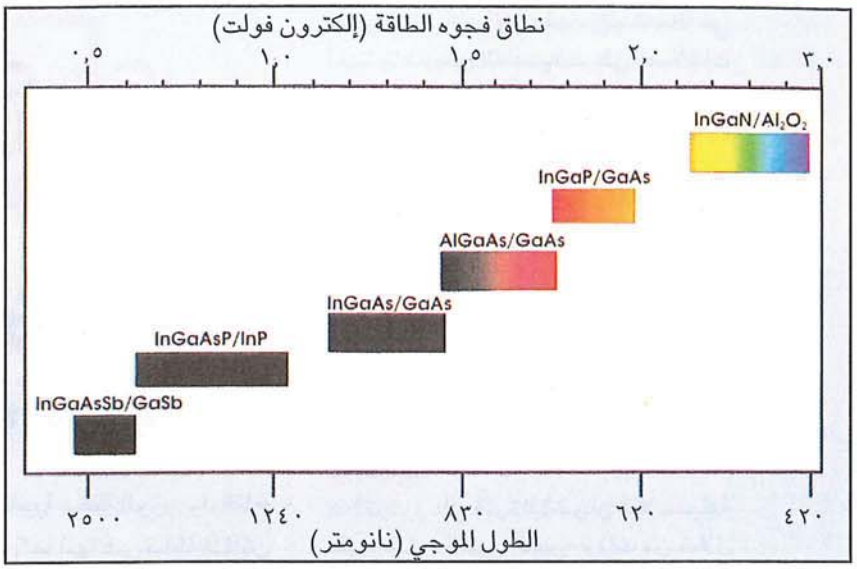
الشحنات التي تعمل كشحنات موجبه والتي تُسمى ثقوب (Holes) تتراكب مع الإلكترونات في وصلة (P/N) النشطة (P/N Junction) ، والإلكترونات في الجانب الموجب من صمام ليزر أشباه الموصلات تتراكب مع الثقوب في وصلة (P/N) النشطة ، كما في الشكل (٢).

تتولد الفوتونات الضوئية نتيجة لهذا التراكب في منطقة الوصلة (P/N) وتعتمد طاقة هذا الضوء على نطاق فجوة (Band Gap) مادة ليزر أشباه الموصلات .

الجدير بالذكر أن نطاق الفجوة في أشباه الموصلات عبارة عن المسافات في الطاقة بين نطاق التوصيل ونطاق التكافؤ كما في الشكل (٣). فعلى سبيل المثال ينجم عن نطاق فجوة ليزر موصل من نوع جاليوم- أرسونيد (Ga-As) طاقة تبلغ ١.٤ إلكترون فولت ، وتنتج فوتونات ضوئية بطول موجي حوالي ٨٥٠نانو متر (١٠-٩ متر) . أما في حالة تغيير مادة طبقات ليزر



● شكل (٣) نطاق التكافؤ ونطاق التوصيل ونطاق الفجوة في مادة أشباه الموصلات .



● شكل (٤)أنظمة ليزر أشباه الموصلات وأطوالها الموجية.

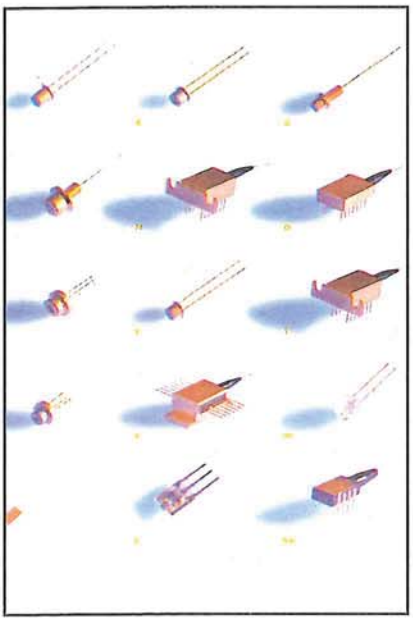
أشباه الموصلات إلى نوع ألومنيوم – جاليوم –أرسونيد (Al- Ga-As) – أو إنديوم – جاليوم–فوسفيت (In-Ga-P) اللذين لهما نطاق فجوات أعلى فإن الفوتونات الضوئية الناتجة تمتد من ٦٣٠إلى ٨٥٠ نانو متر ، من جانب آخر بتغيير مادة طريقة أشباه الموصلات إلى مادة ذات نطاق فجوة أقل– مثل إنديوم – جاليوم – أرسونيد–فوسفيت (In- Ga- As-P)

النظام	الطول الموجي بالنانومتر(١٠$^{-٩}$م)
Ga As_x P1-x	٦٥٠-٩٠٠
Al_x Ga_{1-x} As	٦٥٠-٩٠٠
Ga As	٩٠٠
In P	٩١٠
Ga Sb	١٥٠٠
In As_x P_{1-x}	١٦٠٠
In_x G_{1-x}As	١٨٠٠-٢١٠٠
In_x Ga_{1-x} P	٧٦٠
In As	٣١٠٠
In As_x Sb_{1-x}	٣٢٠٠
In Sb	٥٤٠٠
PbS	٤٣٠٠
Pb Te	٦٥٠٠
Pb Se	٨٥٠٠
Pb_x Sn_{1-x}Te	٦٥٠٠-٣٠,٠٠٠
Pb_x Sn_{1-x}Se	١٠,٠٠٠-١٢,٠٠٠

جدول(١) أنظمة معادن ليزر أشباه الموصلات وأطوالها الموجية

فإن الضوء الناتج يمتد من نطاق ٨٥٠ الى ١٦٠٠ نانو متر ، ويوضح الشكل (٤) بعض أنظمة ليزر أشباه الموصلات وأطوالها الموجية ، كما يوضح الجدول (١) قائمة بأنظمة بعض فلزات أشباه الموصلات وأطوالها الموجية .

وتصمم ليزرات أشباه الموصلات ، شكل(٥) بسمك أقل من ١٠ ميكرون (١٠$^{-٥}$م)بحيث تكون هناك مرايات عاكسة جزئياً تعمل على تضخيم الضوء الصادر داخل الصمام شبه الموصل . ومن ضمن



● شكل (٥)مجموعة مختلفة من ليزرات أشباه الموصلات.

تصميم ليزر أشباه الموصلات كذلك وجود ما يسمى " بموجه الموجة " (Wave guide) داخل شبه الموصل يعمل على تقييد الضوء لحجم صغير بين المرايات ، شكل (١) .

وتعد منطقة مُوجه الموجة المنطقة الوحيدة التي يتم فيها التضخيم الكهربائي حيث يُنفذ ذلك من خلال شريط لاصق يقع بين المرايا،ويكون هذا الشريط–غالباً–على الجانب الموجب(P-Type)من الليزر بالقرب من منطقة تراكب الثقوب والإلكترونات الفعالة (P/N)،أما الجانب السالب (N-Type)، من شبه الموصل فيُرْبط بجهاز يسمى إبتاكسى. وينجم عن الحجم الصغير لليزر أشباه الموصلات تكوين حجم صغير للضخ مما يؤدي إلى وجود عتبة (Thershold) تيار منخفض .

الجدير بالذكر أن الضوء المنبعث من ليزر أشباه الموصلات ينطلق منفرجاً بنحو ٣٠ درجة عمودياً على الوصلة(P/N) ، وعلى ١٠ درجات موازياً لها ، وقد يتغير هذا الميل بنسبة ٥٠٪ حسب تركيب المادة والطول الموجي ، ولربط الضوء المنفرج بالأنظمة الضوئية يلزم وجود عدد من العدسات والمرايا.

التطبيقات

يستفاد من ليزر أشباه الموصلات في تطبيقات كثيرة ، وتتركز تلك التطبيقات في الوقت الحالي على التالي:

١ـ الإتصالات في الفضاء (Free Space Comunication) .

٢ـ ناقلات ضوئية خلال الألياف البصرية (Fiber Optics Transmissions) .

٣ـ مستشعرات ضوئية (Optical Sensors).

٤ـ أجهزة الليدار (Lidar Systems)

٥– صمام ضوئي (Optical Fusing) يعمل كأداة أمان لقطع العملية عند الضرورة.

٦ـ مفتاح أو قاطع بسرعة عالية (High speed switching) .

٧ـ تحديد المسافة بالليزر (laser ranging finding).

٨ـ بعض التطبيقات العسكرية والطبية.

٩–أسطوانات الليزر (CD.ROM) .