

دراسة تأثير الأشعة السينية على خصائص ليزر أشباه الموصلات Algas

صبري جاسم محمد ولاء محفوظ محمد امين

قسم الفيزياء

كلية التربية - جامعة تكريت

تاريخ الاستلام: ٢٠٠٩/٣/٤، تاريخ القبول: ٢٠١٠/٥/١٠

الخلاصة

تمت دراسة التغيرات التي تسببها الأشعة السينية على ليزر شبه الموصل من نوع AlGaAs (ذي الطول الموجي 650 nm وبأعلى قدرة 2mW) عند أزمان تشعيع مختلفة . صممت منظومات ميكانيكية للترصيف ومجهز للقدرة واستخدم جهاز مولد للأشعة السينية مجهز من قبل شركة Phywe الألمانية وبطاقة 35KV. تم دراسة الخصائص الأساسية لثنائي الليزر من (تيار- فولتية) و(تيار - قدرة ضوئية) . عند درجة (18 °C) . تم تعريض الثنائيات الليزرية - عددها خمسة عشر - وبأزمان 15-30-40-60-90min) للأشعة السينية وبأعلى طاقة . الدراسة أجريت على ثلاث نباتات عند كل زمن تشعيع . لوحظ تأثير الخصائص الأساسية لنبات الليزر عند تعرضها للأشعة السينية وذلك في تغير منحنى (التيار - القدرة الضوئية) (15-30-45min) وغياب كامل للانبعاثات المحفزة . أما قيمة حاجز الجهد فقد تأثر بشكل طفيف وكذلك قيمة المقاومة المكافئة . عند التشعيع للفترة الزمنية (40-60-90min) فان نبیطة الليزر عانت بشكل عام من تيار تسرب وانخفاض في قيمة القدرة الضوئية الخارجة . وعند التشعيع لمدة اكبر فان نبیطة الليزر قد تنهار بشكل كامل حيث ازداد تيار التسرب بشكل كبير نسبياً مع اختفاء كل من الانبعاثات التلقائية والمحفزة .

المقدمة

يعد ليزر أشباه الموصلات من أحسن أنواع الليزر من حيث كفاءة التحويل والتي تقدر في حدود 30% - 40% من طاقة الضخ وتتميز بصغر الحجم وخفة الوزن و قدرته على العمل بتيار قليل و فولتية قليلة و كفاءة تحويل عالية و سهولة التضمين وطول العمر . ولأجل عمل أي ليزر يجب أن تتوفر ثلاثة شروط التالية (William, 2004):
1 - الوسط الفعال: طاقة من النوع المباشر وتعد مادة ارسنيد الكاليوم من أهم البلورات المستعملة كوسط فعال (هلال & عبود، 2000).

الوسط الفعال المستخدم في ليزر أشباه الموصلات يتكون من مادة تمتلك فجوة إن احتمالية تواجد الالكترونات في مستوى طاقة (E) في حالة التوازن يعبر عنه حسب إحصائيات ماكسويل-بولتزمان. تتم عملية نماء بلورة أرسنيد الكاليوم المستخدمة كوسط فعال لليزر أشباه الموصلات بطريقة تعرف بـ (MBE) وهو اختصار لـ (Molecular-Beam Epitaxy Process) (Cho,1983). وتتم عملية الأنماء باستخدام أفران تدفق منفصلة مصنوعة من تنريد البورون الحراري (زسي، 1990).

2- التأهيل العكسي:

في ليزرات المواد الصلبة كليزر الياقوت تتم عملية التأهيل العكسي بواسطة الضخ البصري (قندلا، 1988) حيث يتم الضخ من المستوي الأرضي إلى المستوى الثالث ثم يحصل هبوط سريع إلى المستوى الثاني وبعد ذلك إلى المستوى الأول. معطياً طاقته بشكل فوتون (ينكيل، 1988). أما في ليزر أشباه الموصلات فيتطلب أن يكون كلاً من المستويين N و P منحلين، يتم الانحلال في المستويين إذا كانت نسبة التطعيم عالية جداً (وين، 1994). فعند تطعيم بلورة أرسنيد الكاليوم بشوائب خماسية التكافؤ فإن مستوى فيرمي سوف يرتفع نحو الأعلى (الراوي، 1988). عند التراكيز العالية جداً أي أكثر من 10^{16}cm^{-3} تعمل الذرات المانحة بصورة جماعية على تحطيم التركيب الكلي لمستويات طاقة شبه الموصل. وذلك عن طريق تجهيز الالكترونات القادرة على المرور وبسهولة إلى داخل نطاق التوصيل مما يسبب إزاحة مستوى فيرمي نحو الأعلى ليدخل كلياً في نطاق التوصيل. أما في شبه الموصل المشوب بذرات ثلاثية فان الذرات المشوبة تعمل على خفض مستوى فيرمي ليدخل تحت الحافة العليا top edge لنطاق التكافؤ. إن مستويات الطاقة لوصلة (Moor, 1958) في أشباه الموصلات الغير مشوبة والتي تكون في توازن ديناميكي حراري فإن مستوي فيرمي يتساوى فعند تسليط انحياز أمامي على الثنائي تحقق الالكترونات من الطرف n والثقوب من الطرف p إلى منطقة الملتقى. وكنتيجه لذلك ستحتوي منطقة الملتقى على تركيز عالٍ من الالكترونات في حزمة التوصيل وعلى تركيز عالٍ للثقوب في حزمة التكافؤ، وبذلك يتحقق التأهيل العكسي.

3- التغذية الاسترجاعية:

التغذية الاسترجاعية . وهي إعادة جزء من الإشارة الخارجة إلى إدخال المكب (زكر، 1999) أما في الليزر تتم التغذية العكسية في تجويف يعرف بالمرنان مكون بالأساس من مرآيا عاكسة للضوء. وان تصميم المرنان ضروري لدعم التكبير الحادث في الوسط الفعال نتيجة للانبعاث المحفز. وكذلك للتوجيه والمحافظة على الصيغة أحادية الموجة للانبعاث (عبد

الحميد, 2004). ومن أهم تصاميم المرنان في ليزر أشباه الموصلات هو المرنان المعروف بـ مرنان فابري-بيرو Fabry-Perot (كرومي, 2005). ويتألف من مرآتين مستويتين متقابلتين بشكل يوازي أحدهما الأخرى. ويتحقق شرط التذبذب عندما يكون طول المرنان مساوياً إلى عدد صحيح مضروب في نصف الطول الموجي. في بلورة ارسنيد الكالسيوم تقطع البلورة بحيث يكون سطحها متوازيين وسطوحها الأخرى عمودية على بعضها بعضاً. فتوجه الرقاقة عمودياً على الاتجاه البلوري (001) فتكون بذلك مستويات الانشقاق (100) و(010) عمودية على بعضها بعضاً وعلى سطح الملتقى. يتم تخشين زوج من السطوح الجانبية لتقليل الانعكاس المرأوي Specular Reflection، أما الزوج الآخر فيعمل كعاكسات جزئية لتقوم بدور تجويف فابري-بيرو. ولا يحتاج ليزر أشباه الموصلات إلى سطوح عاكسة للمرنان وذلك بسبب كون معامل الانكسار لبلورة ارسنيد الكالسيوم حوالي 3.6.

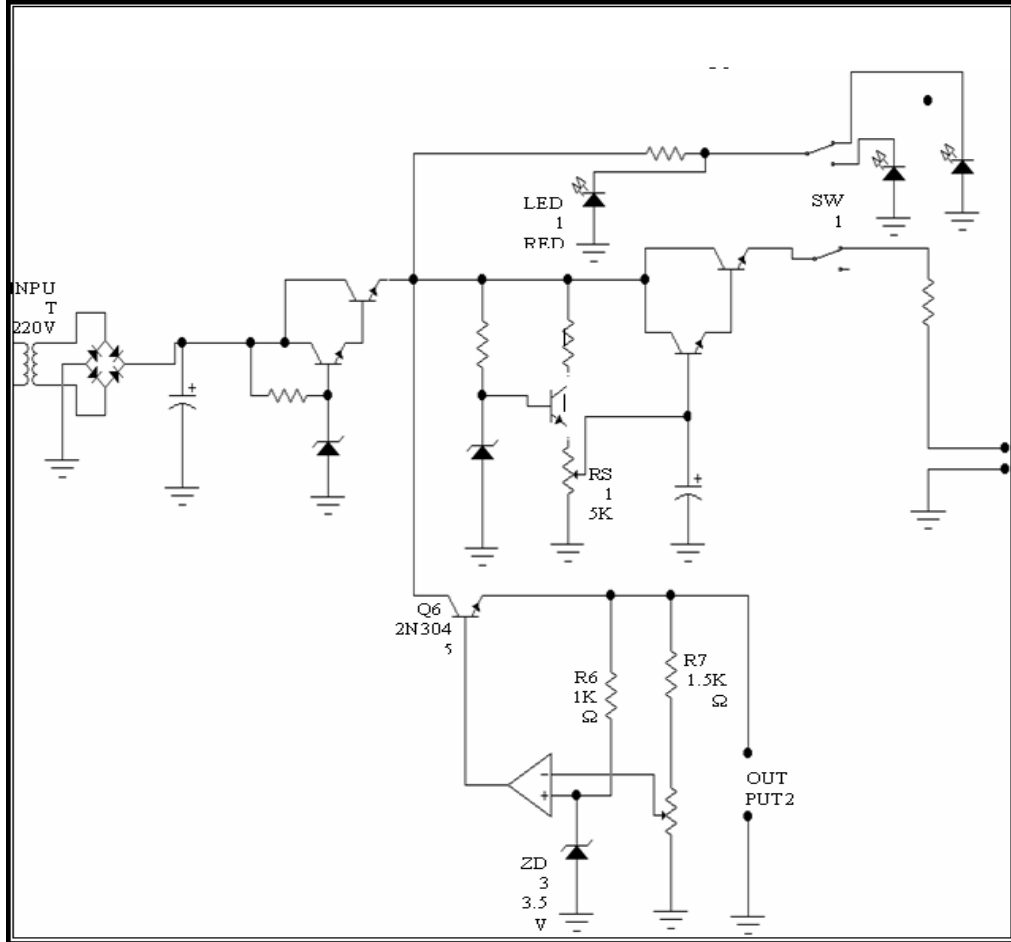
مبدأ عمل ليزر أشباه الموصلات

عند تسليط جهد كهربائي عبر الثنائي الليزري فإن مستويات الطاقة سوف تنفصل وأن القوة الكهربائية اللازمة لهذه العملية تكون تقريباً بمقدار قيمة فجوة الطاقة، أي حوالي 1.5eV، إن الإلكترونات في منطقة التوصيل سوف تتحد مع الفجوات وتبعث فوتون طاقته كقيمة فجوة الطاقة. إن الفوتون الناتج سوف ينعكس من المرآة إلى داخل الوسط الفعال محفزاً إلكترونات أخرى على الالتحام وبعث فوتونات أخرى. يكون إحدى المرايا ذات عكسية جزئية تستطيع الفوتونات من النفوذ إلى خارج البلورة. أن الإشعاع الناتج يكون ذا انفرج كبير نسبياً ولا تتجاوز القيمة القصوى عن 15mW عند التشغيل بالصورة النبضية، وما بين 5mW-10mW للتشغيل المستمر وعند درجة حرارة الغرفة.

الجانب العملي

يشمل التعرف على الليزر المستخدم ودراسة المعلمات الأساسية له وتأثير الأشعة السينية على هذه المعلمات، تم تصميم الدائرة الإلكترونية المستخدمة في تزويد الليزر بالتيار والفولتية اللازمة للتشغيل كما مبينة في الشكل (1). وحدة الكشف الضوئي وتكبير الإشارة منظمات الفولتية التي استخدمت لتجهيز المروحة بالقدرة. أما بالنسبة إلى مروحة التبريد فتم تصميم دائرة إلكترونية تعطي فولتية وتيار ثابت ومستقر من أجل التحكم في السرعة الزاوية للمروحة.

تم استخدام كاشف ضوئي من النوع (p-i-n) المصنوع من السليكون . ويحمل الرمز BPX 65 والمنتج من شركة RS Components Limited ويعمل ضمن الأطوال الموجية (350- 1100) nm) وذو حساسية تقارب 79% بالنسبة للطول الموجي لليزر المستخدم. تم استعمال جهاز للأشعة السينية مجهز من قبل شركة PHYWE الألمانية وبطاقة 35KV.



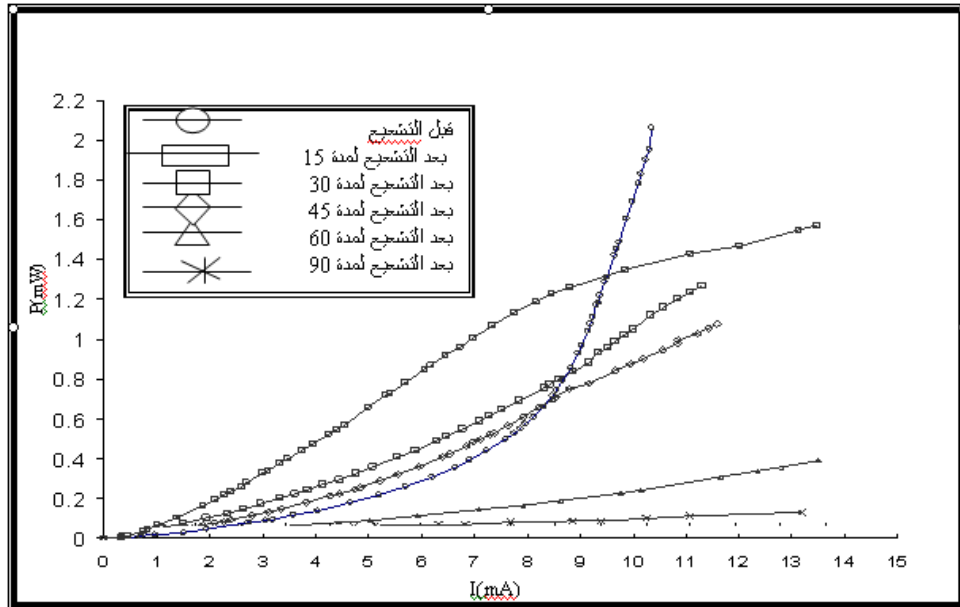
الشكل: (1) مخطط الدائرة الالكترونية المستخدمة في تجهيز القدرة

النتائج

أولاً: خصائص (التيار - الفولتية) لثنائي الليزر

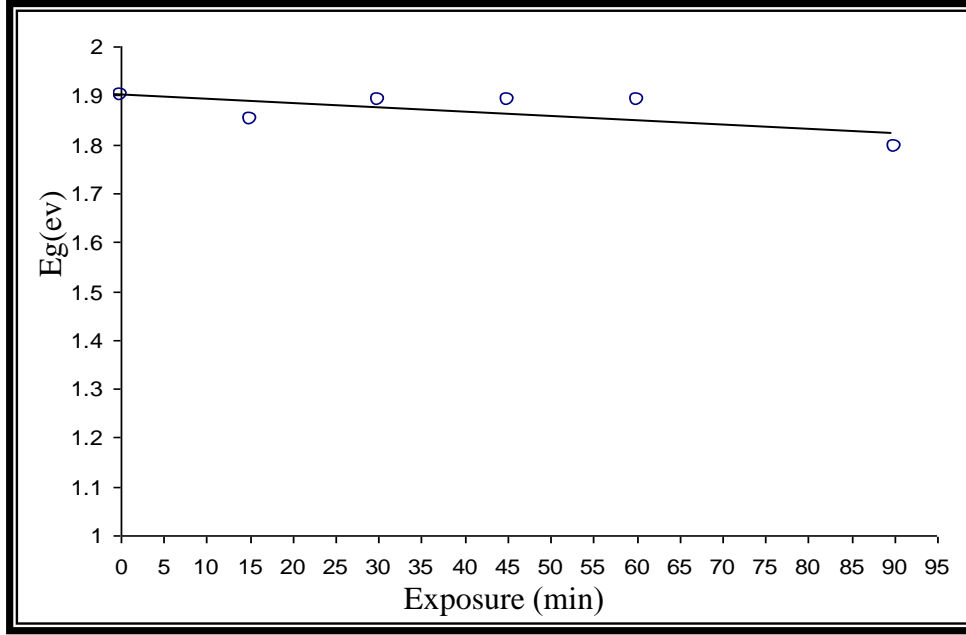
الشكل: (2) يمثل خصائص (التيار - الفولتية) عند التعريض للأشعة السينية لازمان مختلفة عند الزمن (15min) نلاحظ أنّ قيم التيار مساوية للصفر في الفولتيات التي هي أقل من (1.5V) أي أنّ الثنائي لم يحدث فيه أي تيار تسرب في هذه المرحلة أما بعد هذه الفولتية يبدأ التيار بالزيادة بصورة تدريجية إلى حد الوصول إلى المنطقة الخطية وهنا فإنّ المنحني مطابق تماماً مع المنحني قبل التعريض. أما عند الوصول بداية المنطقة الخطية فإنّ التيار كان أكبر عند الفولتية نفسها بالنسبة لنفس الميل للمنحني قبل التعريض أي أنّ قيمة الجهد الحاجز

قد اختلفت وأصبحت (1.850eV) أي أقل من القيمة الأصلية وكذلك قيمة المقاومة للنبیطة قد قلت إلى (14.28Ω). أما عند التعريض لمدة (30min) نلاحظ أن منحنى التيار بداء عند (1.4V) مقارنةً بـ (1.5V) إلا أن المنحني تطابق مع المنحني قبل التعريض وعند المنطقة الخطية اقترب الميل كثيراً من الميل قبل التعريض ليسجل قيمة الجهد الحاجز مساوية الى (1.890eV) وكانت قيمة المقاومة للنبیطة تساوي (20.9Ω). أما عند التعريض لمدة (45min) و (60min) على التوالي فإن منحنى الخواص كان مطابقاً لمنحنى الخواص عند التعريض لمدة (30min) فكان حاجز الجهد هو (1.89eV) وقيمة المقاومة (20.3Ω). أما التعريض لمدة (90min) نلاحظ بان قيمة التيار تبدأ عند (0.3V) وتتصاعد بشكل خطي إلى حين الوصول إلى (1.7V) عنده يبدأ المنحني ويليه منطقة خطية، أي أن هناك تياراً تسرياً كبيراً يسري بالنبیطة والتي أصبحت قيمة مقاومتها تساوي (18Ω). وكذلك انخفاض قيمة الجهد الحاجز إلى (1.795eV).

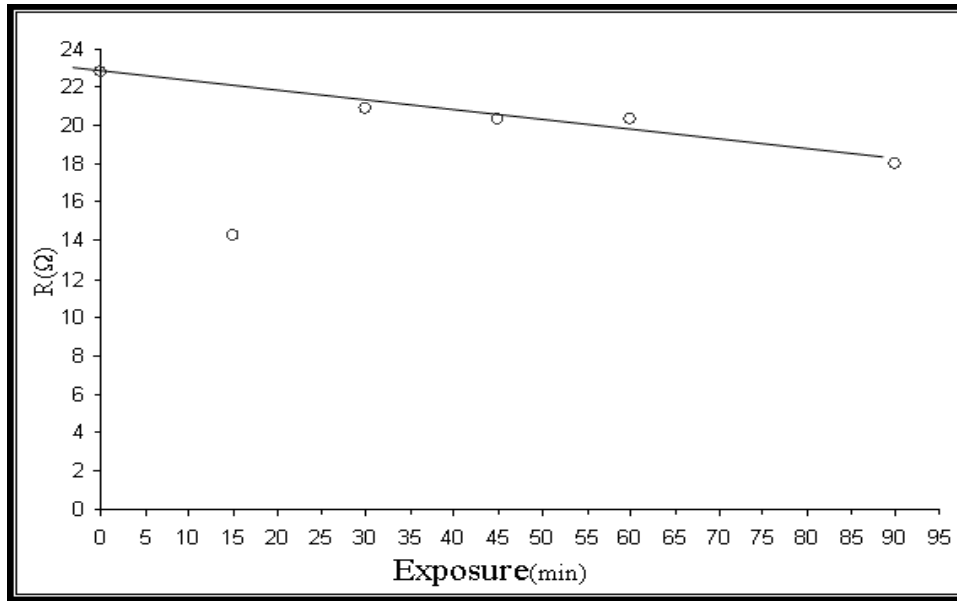


الشكل (2): يبين خواص (التيار-الفولتية) للنبیطة المشععة ($15,30,45,60,90\text{min}$)

يمثل الشكل (3) منحنى التغير بالجهد الحاجز بالنسبة إلى أزمان التشعيع. أما شكل (٤) فيعبر عن تغير بقيم المقاومة للنبیطة عند أزمان التشعيع المختلفة.



الشكل: (3) يبين تغيرات بحاجز الجهد للنبائط المشععة مع أزمان التشعيع مختلفة



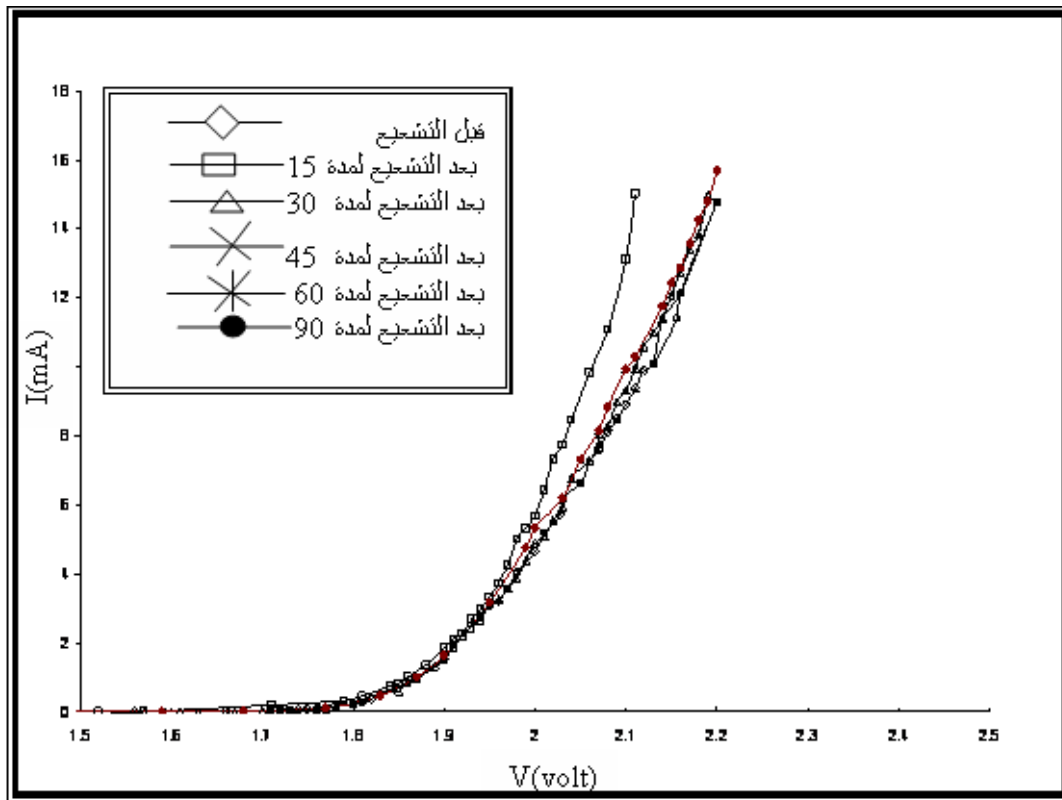
الشكل: (4) تغير مقاومات النبيطة بالنسبة إلى أزمان التشعيع مختلفة

ثانيا: خصائص (التيار - القدرة الضوئية) لثنائي الليزر

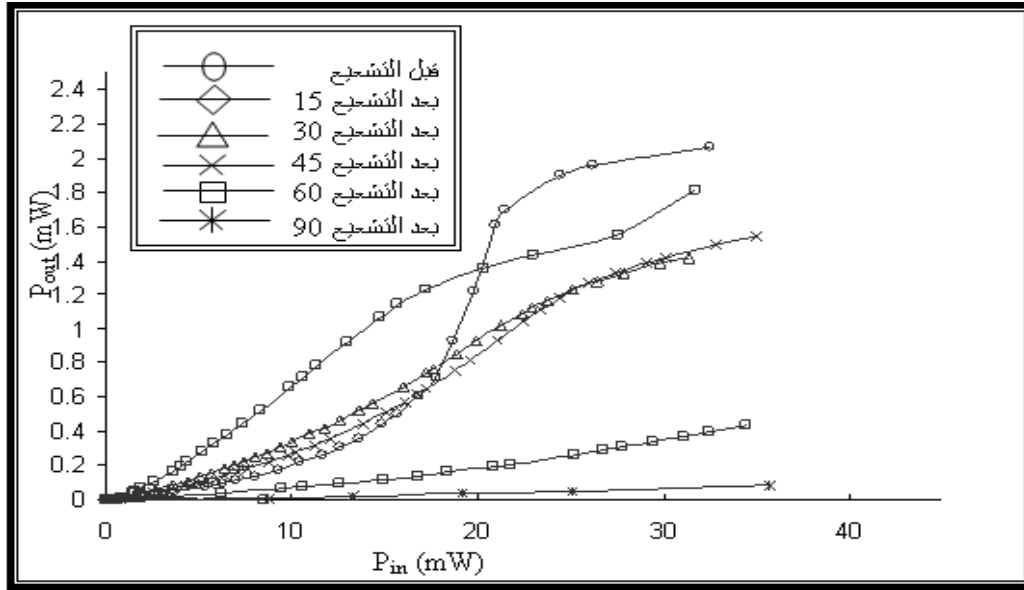
يمثل الشكل: (5) منحنى التيار - القدرة الضوئية عند التعريض لمدة أزمان مختلفة، عند الزمن (15min) نلاحظ بان القدرة الضوئية في منطقة الأنبعاث التلقائية قد سجلت ارتفاع خطي تقريبي بزيادة كبيرة عنها قبل التعريض مع انعدام كامل للانبعاثات المحفزة . اما عند التعريض لمدة (30min) ويبين ارتفاع في القدرة الضوئية للانبعاث التلقائي بالنسبة للتيار عن ما هي عليه قبل التعريض، إنَّ هذه الزيادة في القدرة الضوئية كانت أقل من الزيادة الحاصلة

من التعريض لمدة (15min) أما عند التعريض لمدة (45min) وفيه ارتفاع قليل في قيم القدرة الضوئية للانبعاث التلقائي . أما بالنسبة للخواص عند التعريض عند (60min) أن القدرة الانبعاث التلقائي تكون هي المهيمنة مع انعدام كامل للانبعاثات المحفزة ، كما وأن القدرة الضوئية الخارجة تكون خطية بالنسبة للتيار هي اقل منها قبل التعريض . أما عند التعريض لمدة (90min) فإن القدرة الضوئية الناتجة من الانبعاث التلقائي قد انخفضت بشكل كبير جداً مع غياب للانبعاثات المحفزة مما يدل على انهيار .

إن الشكل رقم: (6) يبين التغيرات في كفاءة التحويل بين القدرة الكهربائية الداخلة للنبیطة وبين القدرة الضوئية الخارجة. حيث يبين أن كفاءة التحويل تكون كبيرة في الأنبعاثات التلقائية عند التشعيع لمدة (15-30-45 min) وتكون اقل عند التعريض لمدة (60-90) min .



الشكل (5): خواص (التيار-القدرة الضوئية) للنبیطة المشععة لمدة (15,30,45,60,90) min



الشكل (6) يبين التغيرات في كفاءة التحويل بالقدرة الضوئية الخارجة بالنسبة للقدرة الداخلة

مناقشة النتائج

اعتمدت مناقشة النتائج على الدراسات والبحوث التي أجريت على تأثيرات الإشعاعات الكهرومغناطيسية على المواد شبة الموصلية النقية منها والشوبة وكذلك تأثير تشعيع نبائط الليزر بالنيوترونات أو السيليات الإلكترونية. أن الإشعاعات الكهرومغناطيسية تتفاعل مع المواد بالاعتماد على طاقة الفوتون الساقط. طاقة فوتون الأشعة السينية تعتمد بشكل رئيسي على فرق الجهد بين الكاثود والأنود. من خلال النتائج الخاصة بتعريض نبطية ليزر لمدة (15min) يتبين لنا أن هناك زيادة في التيار مترافقة مع زيادة في القدرة الضوئية للأنبعاثات غير المحفزة، إن السبب قد يعود إلى إن تفاعل الأشعة السينية مع المادة الشبة الموصلية التي تدخل في صنع الليزر تحدث عيوب في المادة شبة الموصلية. فينتج عن ذلك مراكز اتحاد جديدة أدت إلى زيادة في الأنبعثات التلقائية مما ساهم في تقليل عمر البقاء للحاملات وبالتالي اختفاء الأنبعثات المحفزة. أما عند التعريض لمدة (30-45) min فإن الأنبعثات التلقائية كانت أقل مما هي عليه عند التعريض لمدة (15min) السبب قد يعود إلى زيادة في عدد العيوب حيث عملت هذه العيوب كمصائد للإلكترونات فنتج عن ذلك عمليات اتحاد غير مشع. أما عند التشعيع لمدة (60min) فإن النتائج تدل على انخفاض في القدرة الضوئية للأنبعاثات التلقائية. إن السبب قد يعود إلى تحول المادة شبة الموصلية للوسط الفعال إلى مادة متعددة البلورات، حيث أشارت النتائج التي أجريت على المواد الشبه موصلية إلى تحول هذه المواد من بلورية إلى متعددة البلورات عند تعريضها بجرعات عالية. أن نبطية الليزر قد فقدت

الكثير من خواصها عند التعريض لمدة (90min) فبينت النتائج تيار كبير نسبيا يسري في النبيلة قبل الجهد الحاجز ويزداد هذا التيار بشكل كبير مع زيادة الفولتية وهذا يدل إلى تكون عيوب بلورية كثيرة تعمل كمصائد للالكترونات ونتج عن ذلك عمليات اتحاد غير مشع كثيرة أدت إلى تقليل عمر البقاء لحاملات الشحنة الأقلية وبالتالي انخفاض في القدرة الضوئية للأنبعاثات التلقائية فينتج عن ذلك سريان تيار كبير بالمقارنة مع منحني التيار قبل التعريض .

المصادر

- الراوي صبحي سعيد، (1988): فيزياء الالكترونات ، جامعة الموصل. دار الحكمة للطباعة والنشر ص 682.
- زسي أس.أم.، (1990): نباتط أشباه الموصلات ، فيزياء وتقنية. ترجمة فهد غالب حياتي . حسين علي أحمد . دار الحكمة للطباعة والنشر - الموصل ص 710 .
- عبد الحميد حسن محمد، (2004): دراسة طيفية على شريحة رقيقة من أشباه الموصلات الأمورفية لنظام ثنائي من البزموت سيلينيوم المشعة بالسيالات الالكترونية . مركز الشرق الاوسط الاقليمي للنظائر المشعة للدول العربية . عدد 36 . جزء4.
- قندلا . سهام عفيف، (1988): فيزياء الليزر وبعض التطبيقات العملية. مديرية الكتب للطباعة والنشر. جامعة الموصل ص204.
- لينكيل بيلا .أ.، (1988) : الليزر. ترجمة. فاروق عبودي. جامعة الموصل ص478 .
- ايفان بهنام كرومي (2005): استخدام ليزر شبه المصل AlGaAs لقياس الضغوط الواطئة. رسالة ماجستير مقدمة الى مجلس كلية التربية جامعة الموصل.
- عبد شحاده هلال . وعامر الياس عبود، (2000): الحساسات وطرق الربط إلى أنظمة التحكم المبرمج . دار الرضى للنشر ص210 .
- توماسي وين (1994): أنظمة الاتصالات الالكترونية المتقدمة . ترجمة عمر شابسيغ . المركز لعربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر - دمشق 474.

References

- Cho,A.Y., (1983): Growth of III-V semiconductor by Molecular Beam Epitaxy and their Properties . thin solid films ,pp.100,291
- Moor,C.H., (1958): Atomic Energy Levels Natl.Bur .std (us). circ.467., Vol.3.pp54-58 .Usa Govt Printing office, Washington D.c
- William T.Silfvast, (2004): laser Fundamentals. 2nd. Cambridge University . Press ,pp.32-37

Effect of X-Ray on the properties of AlGaAs semiconductor Laser

Sabri Jasem Mohammed Wlla Mahfooth Mohammed Ameen
College of Education -University of Tikrit

Received: 4/3/2009, Accepted: 10/5/2010

Abstract

In this research effect caused by X-Ray on the properties of AlGaAs laser has been carried out at different times, these properties include the I-V and I-P at 180°C. It is noted that these properties have changed when the laser is exposed to X-ray radiation also the stimulated emission is completely eliminated at moderate exposure times, but at longer exposure times (45-90)min the laser breaks down and both stimulated and spontaneous emission were completely disappeared. Created with the disappearing of each at the catalytic spontaneous resurrections.