

تقييم أداء الليزر دايود ذات القدرة العالية العامل بالنبضات الطويلة

صالح علي حسين

قصي محمد سلمان

جاسم محمد جاسم

كلية العلوم للنبات - جامعة بابل

jassimm2007@yahoo.com

الخلاصة

الخواص البصرية لليزر دايود ذات القدرة العالية مثل نوعية الشعاع والشدة وكذلك العمر الزمني وموثوقية التشغيل تعتمد بشكل أساس على الخصائص الحرارية لتشغيله له. في هذا البحث اختبرت الخصائص الحرارية وتأثيراتها على الليزر دايود عندما يعمل بتكرارية مع عرض نبضة طويل تتلاءم مع إحدى تطبيقاته المهمة في ضخ ليزر الحالة الصلبة. حيث أظهرت النتائج إن البواعث تحافظ على شكلها الخطي تقريبا، إن التغير في الطول الموجي المركزي خطيا مع زيادة درجة حرارة الليزر دايود وكان بمقدار (2) نانوميتر لكل (100) ملي أمبير، كما إن زيادة عرض النبضة يؤدي إلى تقليل عمر الليزر دايود حيث يصل إلى (5000) ساعة عند عرض نبضة (300) مايكرو سكند.

الكلمات المفتاحية : القدرة العالية ، الخواص الحرارية ، الابتسامة

Abstract

The optical properties of high power laser diode beam quality, intensity, life time and reliability of operation it dependent on the thermal operation of laser diode. In this research was tested the effective of thermal properties on the optical properties of high power laser diode when operated in long pulse mode and repetition rate, it available with on important application to pumping solid state lasers. The results obtained, the figure of emitters is approximately linearity with increased the temperature and current of laser diode, so the center of wavelength is variation with increased temperature about (2nm /100mA) and the increased in width of pulse lead to deceased the life time of laser diode is about (5000h at 300μs).

Key words: high power, thermal properties, smile

1. المقدمة : Introduction

ليزرات أشباه الموصلات ذات القدرة العالية تتخذ عدة أشكال نهائية متخذة في نظر الاعتبار قدرة ذلك الليزر وطريقة التبريد والتي تقسم إلى نوعين أحدهما السلبي والذي يعتمد فقط على المزيل للحرارة (HeatSink) والآخر هو الايجابي الذي يضاف إليه التبريد بالسوائل عن طيف قنوات مايكروية (Jassim , 2013). إن ليزر أشباه الموصلات ذات القدرة العالية المتوفر تكون ذات طول موجي يتراوح ما بين (400-2000) نانوميتر ، ولكن أعظم قدرة تكون عند عرض حزمة الليزر ما بين (880-980) نانوميتر وهذا لكون كفاءة التحويل عند هذه الحزمة تكون عالية [Luigi , 2003]. إن الحرارة المتولدة في مثل هذه الليزرات وإزالتها تكون لها الأثر الأكبر على أدائها ، وعلى الرغم من كل الإيجابيات التي تتوفر في ليزر أشباه الموصلات من القدرة العالية والطول الموجي ، الكفاءة العالية ، لكن يبقى تأثير الحرارة على نوعية الشعاع و التي لا يمكن تجاوزها لاسيما عند استخدام هذا الليزر في ضخ ليزر الحالة الصلبة (Uwe et al., 2000)، حيث تكون في الغالب متعددة الأنماط وذلك لان القدرة العالية تتطلب عرض باعث طويل ، زيادة في عدد البواعث وكذلك عامل إملاء بحدود (30%) ، ولمعالجة هذه المشكلة يكون بتقليل عدد البواعث وتحسين عامل الإملاء لأنه لا يمكن تقليل عرض الباعث لتأثيره على قدرة شعاع الليزر (Hassan et. al ,2009)، وأيضا هنالك مشكلة أخرى وهي تأثير الحرارة على الطول الموجي المركزي للشعاع المنبعث من الليزر، حيث أن التغير في كل درجة حرارة مئوية يؤدي إلى ترحيف الطول الموجي بمقدار (0,3) نانوميتر (Jassim ,2012) ويتم أيضا معالجة ذلك بعدة طرق منها استخدام محرز الحيود . من المفترض أن البواعث المكونة إلى هذه الليزرات تشكل خطا مستقيما ولكن نراها

تتخذ عدة أشكال في ظاهرة تسمى ابتسامة الليزر (smile) لكون هذه البواعث تتخذ عدة أشكال أخرى غير الخطية والتي سوف ندرسها في هذا البحث إضافة إلى الطرق التي يكمن معالجتها.

2. الأساس النظري: Basic theory

تتكون ظاهرة الابتسامة (smile) في ليزرات أشباه الموصلات ذات القدرة العالية لوجود فرق في معامل التمدد الحراري مابين قاعدة البواعث والمزبل الحراري في الأغلب تستخدم مواد مثل النحاس أو الألمنيوم لصناعة المزبل الحراري ولكن وجد إن استخدام سبيكة مكونة من النحاس والتكستن تعطي أفضل النتائج بالحفاظ على انتظام البواعث بخط واحد (Jassim, 2013), وأيضا لوحظ الأثر الأكبر لتقليل الفرق في معامل التمدد الحراري باستخدام مادة رابطة يمكنها الموازنة مابين المادتين مثل مادة انديوم. ويمكن إيجاد مقدار التغير في طول الباعث من خلال العلاقة التالية (Jingwie Wang, 2000).

$$\Delta L = (\alpha_1 - \alpha_2)(T_f - T_s)L \text{-----} 1$$

حيث إن :

ΔL مقدار التغير في طول الباعث

L طول الباعث

α_1 معامل التمدد لقاعدة الباعث

α_2 معامل التمدد للمزبل الحراري

T_f درجة الانجماد للمادة الرابطة

T_s درجة حرارة اشتغال الليزر

إن الارتفاع في درجة حرارة الوصلة, قيمة التيار الداخل والقدرة المتولدة من الليزر لها الأثر الأكبر في تحديد العمر الزمني لاشتغال ذلك الليزر والتي يمكن إيجادها من العلاقة التالية (Wan et al., 2005).

$$t_f = I^m \exp \frac{E_a}{KT} \text{-----} 2$$

حيث إن:

t_f : يمثل العمر الزمني (h)

I : قيمة التيار الداخل (A)

E_a الطاقة الفعالة (eV)

m : معامل تعجيل التيار

T : درجة الحرارة (K)

K : ثابت بولتزمان

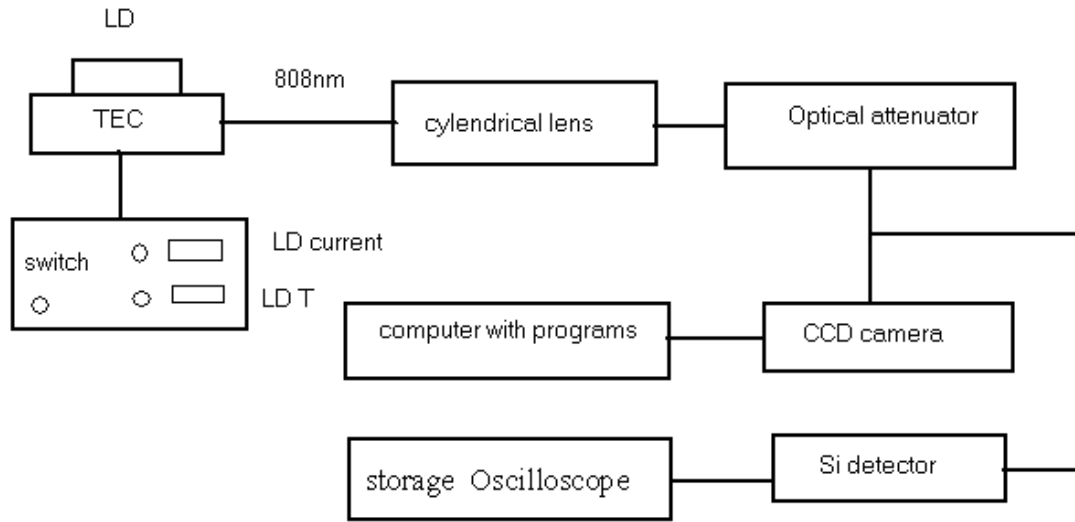
ولديمومة عمل الليزر بزمان طويل فضلا عن الحفاظ على طلاء الوصلة التي تمثل المرأة من التلف عند العمل بقدرات عالية يجب اختيار منظومة تبريد ذات كفاءة عالية. يوجد عاملان أساسيان في التحكم في العمر الزمني في حالة نمط تشغيل النبضي إلى الليزر دايمود ذات ألقدره العالية وهما عرض النبضة وتكرارية التشغيل كما توضحه المعادلة الآتية (Xingsheng et al., 2008).

$$t_f = K \cdot \left[\frac{P_o}{W} \right]^{-6} \cdot t_w \cdot F^{-1} \text{-----3}$$

حيث ان : P_o الطاقة الضوئية الخارجة (mW) ، W عرض الباعث (μm) ، t_w عرض النبضة (ns) و F التكرارية (KHz).

3. الإعداد التجريبي: Experimental set-up:

الشكل رقم (1) يبين الأجزاء التي ركبت لغرض اختبار تأثير ارتفاع درجة الحرارة على نوعية الشعاع إلى ليزر أشباه الموصلات ذات القدرة العالية حيث اختبرت نوعية ليزر أشباه الموصلات ذات قدرة متغيرة ما بين (0-0.5) واط عن طريق التحكم بتيار الحقن وكذلك ربط وصلة الليزر بمبرد كهرو حراري لغرض التحكم في درجة حرارة الوصلة ما بين (5- 30) درجة مئوية ، واستخدمت عدسة اسطوانية للتحكم في محاوره ولتسجيل التغيرات التي تحصل على نوعية الشعاع (توزيع الشدة) استخدمت كاميرا رقمية مربوطة إلى حاسبة تحتوي برنامج لغرض تحليل الشعاع وكذلك كاشف سيلكوني مع خازن اشاره رقمي لتسجيل التغيرات التي تحصل على شدة الإشعاع .



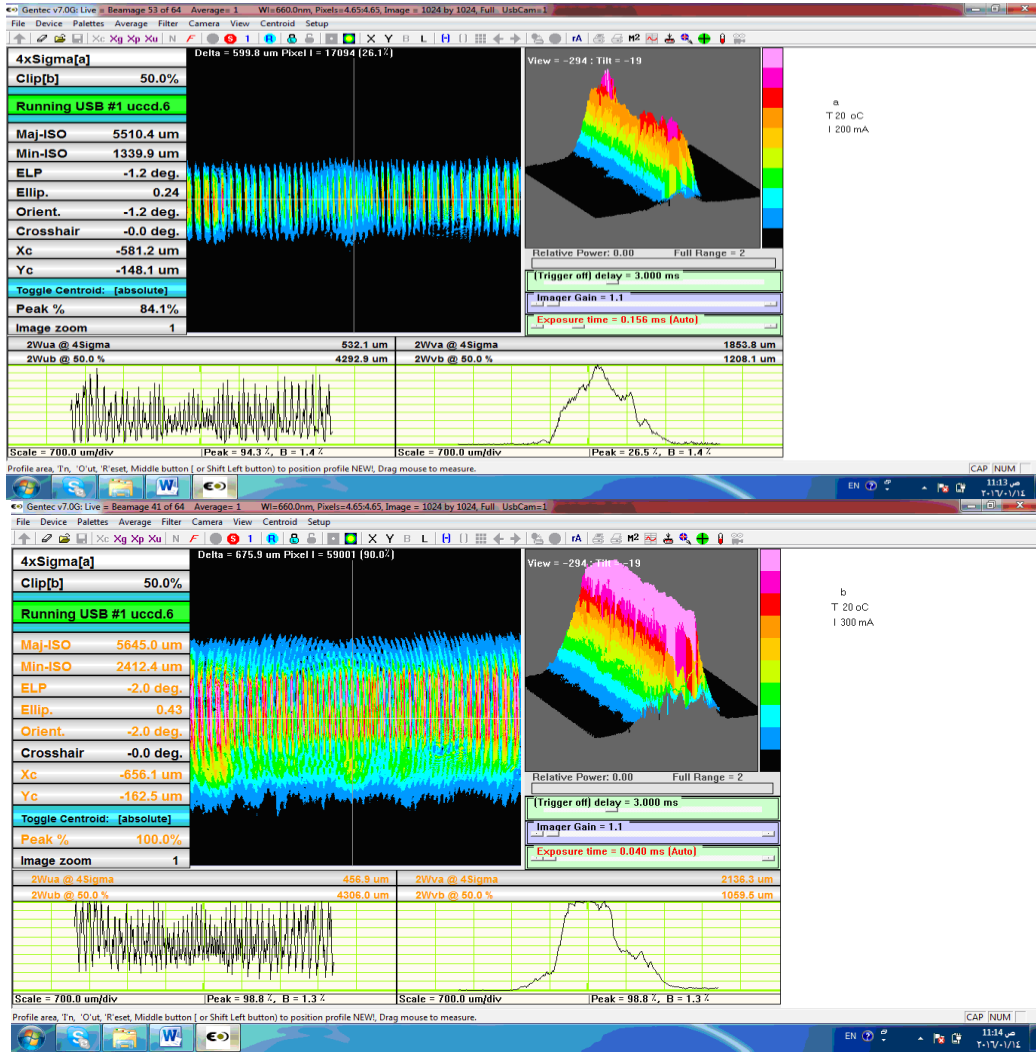
شكل رقم (1) مخطط الإعداد التجريبي

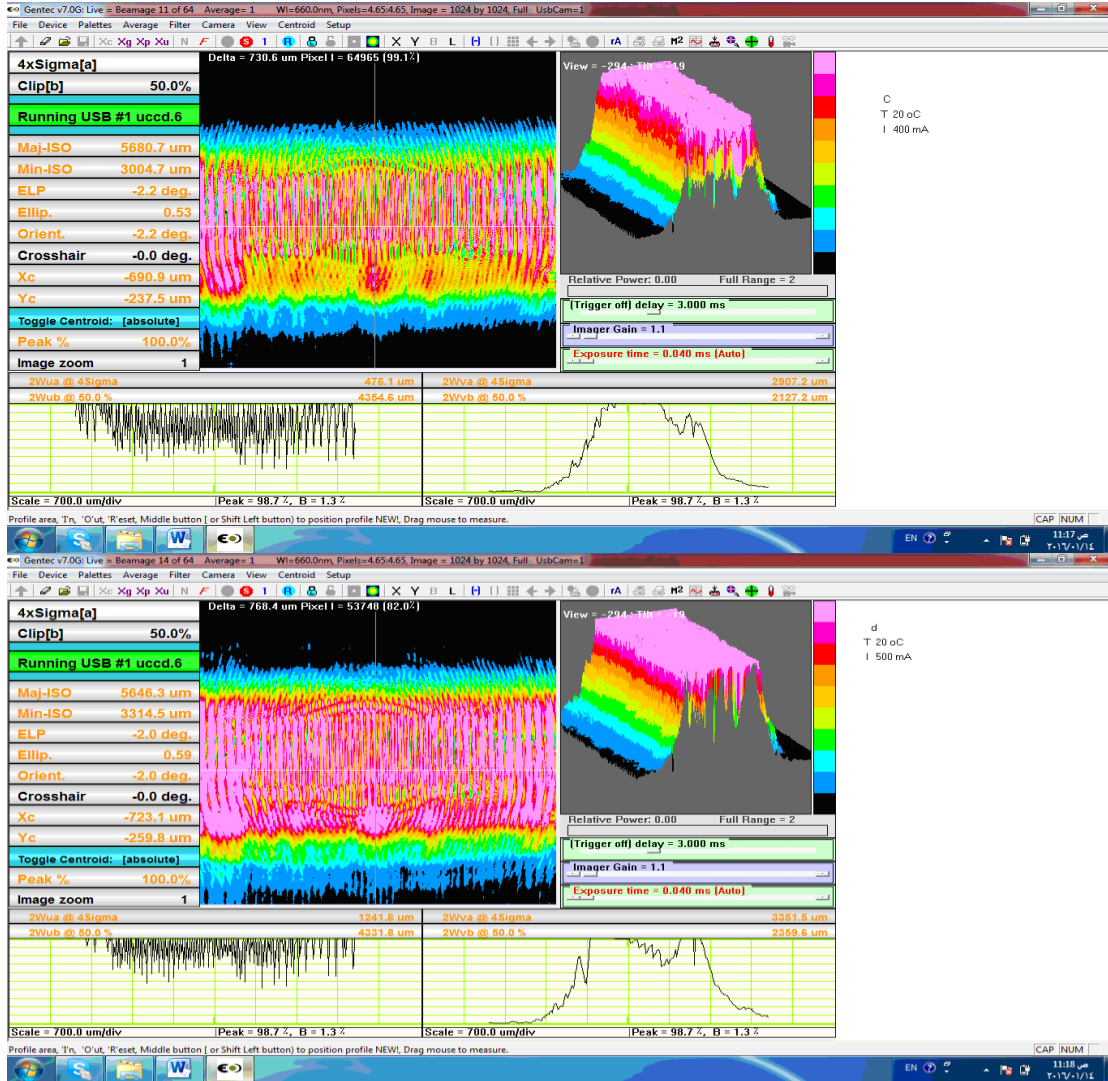
3. النتائج والمناقشة Results and discussions

1.3. نوعية الشعاع والمحاور البصرية Beam Quality and optical axes

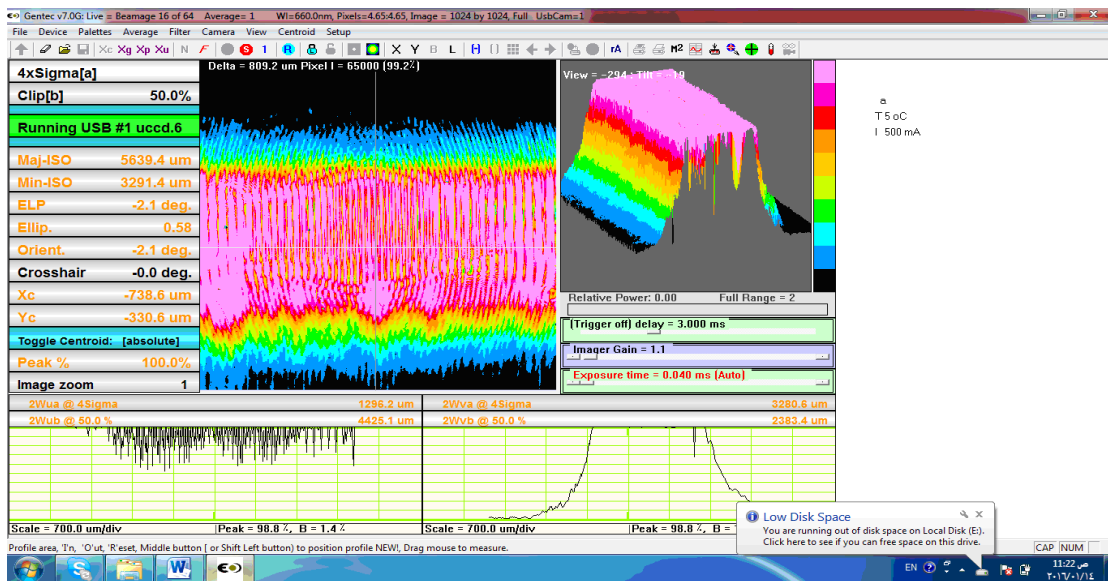
لدراسة التغير الحاصل على نوعية الشعاع ومدى التغير الحاصل في المحاور البصرية قيس هذا التغير بالنسبة لتغير تيار الحقن ما بين (200- 500) ملي أمبير بثبوت درجة الحرارة عند 20 درجة مئوية وكما مبين في الأشكال (a2, b2, c2, d2) , نلاحظ إن المحور البصري السريع يزداد اتساعا بزيادة درجة الحرارة وعدد الأنماط كبير جدا. ولوحظ مدى التغير بثبوت تيار الحقن عند (500) ملي أمبير وتغير درجة الحرارة ما بين (5-35) درجة مئوية كما في الأشكال (a3 و b2) حيث لاحظنا التأثير على المحور البصري السريع يكون تقريبا مستقرا وثابتا عند درجة الحرارة مابعد (20) مئوية وهذا يبين إن كفاءة عمل نظام التبريد عن الضخ في مثل هذا التيار يجب إن تكون في حدود (10) درجة مئوية للحفاظ تجميع المحور البصري السريع . إن الشكل

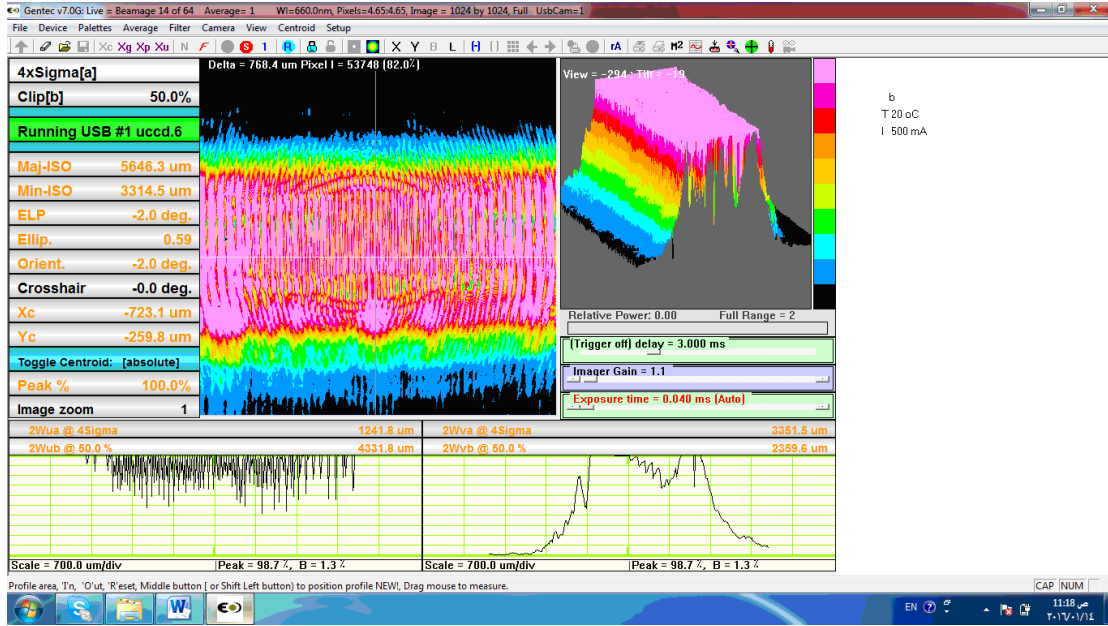
المثالي لبواعث تكون على شكل خطي تقريبا وهذا عندما تكون طاقة التبريد منخفضة بحدود (20) درجة مئوية وتيار الحقن يكون أيضا واطئ بحدود (200) ملي أمبير وأيضا نلاحظ في الظروف التشغيلية الأخرى يوجد اتساع في المحور السريع ولكن تبقى البواعث محافظة تقريبا على شكلها الخطي ومن هنا نستنتج إن معامل التمدد الحراري للمادة اللاصقة مابين المبرد وقاعدة الباعث صغير ونقل الحرارة يتم بكفاءة عالية لمنظومة التبريد المستخدمة .





الشكل رقم (2) يبين تغير توزيع الشدة لحزمة الليزر و المحاور البصرية نسبة لتغير تيار الحقن (200, 300 و 400 و 500) ملي أمبير على التوالي وبثبوت درجة الحرارة عند (20) درجة مئوية

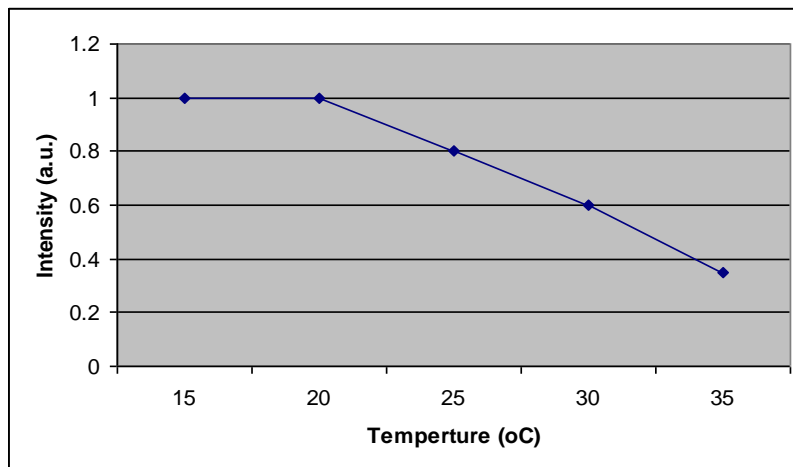




الشكل رقم (3) يبين تغير المحور السريع و نوعية الشعاع دالة لتغير درجة الحرارة (5, 20) درجة مئوية بثوت تيار الحقن (500) ملي أمبير

2.3. الشدة الخارجة : Output Intensity

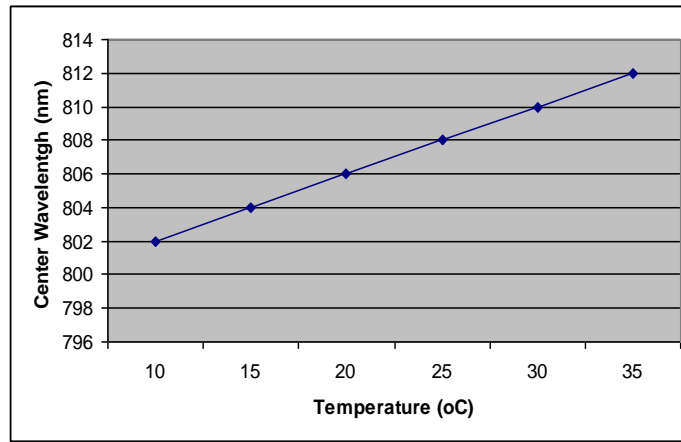
لدراسة التغير على شدة الشعاع البصري إلى الليزر تاجري الاختبار لمدى تغير في درجة الحرارة ما بين (5-35) درجة مئوية بثوت تيار الحقن عند (200) ملي أمبير وقد اختبرت هذه القيمة لملاحظة تأثير درجة الحرارة بمعزل عن الارتفاع في درجة الحرارة الذي ينشأ من تيار الحقن وأيضا ثبوت كل من مدى تكرار المنظومة عند (1700) هرتز وعرض نبضة (260) مايكرو سنك (μs) وقد اختبر هذا المدى الطويل من عرض النبضة ليتلاءم مع ضخ ليزر الحالة الصلبة ومن خلال الشكل (4) لوحظ إن الشدة تتغير بشكل خطي مع تغير درجة الحرارة حيث تؤثر عليها عند الارتفاع ولكن في الدرجات الدنيا تكون الشدة مستقره وهذا يبين إن عمل منظومة يكون في اعلي كفاءة له في إزالة الحرارة في مثل هذه الدرجة والتي هي عند (20) درجة مئوية.



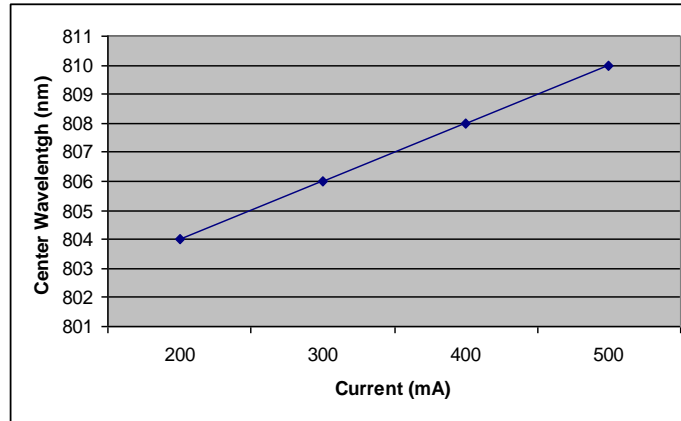
الشكل رقم (4) الشدة الخارجة كدالة لتغير درجة حرارة الليزر دايدود

3.3. الطول الموجي المركزي Center of wavelength

لدراسة مدي الزحف الذي يحصل في موقع الطول الموجي المركزي من طيف انبعاث الشعاع تم قياس تغير هذا الموقع بالنسبة لتغير درجة حرارة الليزر دايود , قيمة تيار الحقن وكذلك معدل تكرار عمله في الثانية الواحدة . حيث يبين الشكل (5) تغير موقع الطول الموجي المركزي نسبة لتغير درجة الحرارة من (10-35) درجة مئوية بثبوت التيار عند القيمة (400) ملي أمبير ومعدل التكرار عند (1) كيلو هرتز , نلاحظ إن مقدار التغير في الموقع بمقدار (2) نانوميتر لكل (5) درجة مئوية . الشكل رقم (5) يبين التغير في موقع الطول الموجي المركزي نسبة لتغير تيار الحقن من (100 - 500) ملي أمبير بثبوت درجة الحرارة عند (30) درجة مئوية ومعدل تكرار (1) كيلو هرتز , نلاحظ إن مقدار التغير في الموقع بمقدار (2) نانوميتر لكل (100) ملي أمبير .



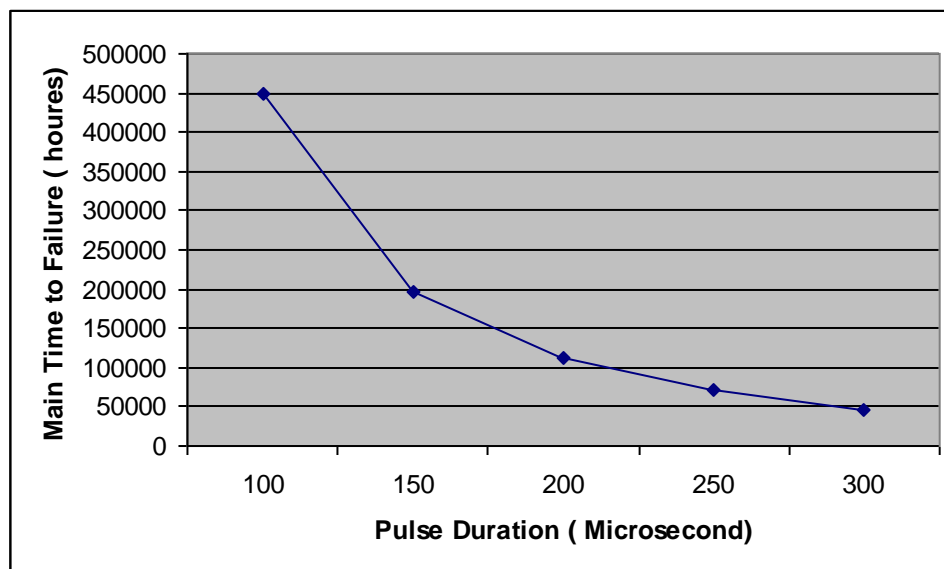
الشكل (5) يبين التحليل الطيفي إلى خرج الليزر عند تيار حقن (300) ملي أمبير ومعدل تكرار (1) كيلو هرتز وعرض نبضة (270) مايكرو سكند



الشكل (5) يبين التحليل الطيفي إلى خرج الليزر عند درجة حرارة (15) درجة مئوية ومعدل تكرار (1) كيلو هرتز وعرض نبضة (270) مايكرو سكند

4.3. حساب العمر الزمني: Life time

من العوامل الأساسية في تقييم أداء المنظومة هو العمر الزمني الافتراضي للاشتغال وهنالك العديد من العوامل المؤثر ومن أهمها في التشغيل النبضي هو عرض النبضة , ولصعوبة إيجاد العمر الزمني بشكل عملي اعتمدت المعادلة رقم (3) لإيجاده عند ظروف تشغيله (قدرة 500 ملي واط , تكرارية عمل 1 كيلو هرتز وعرض خط الانبعاث كان (100 مايكرو متر). نلاحظ من الشكل رقم (6) إن العمر الزمني يتناقص مع زيادة عرض النبضة ليصل إلى (5000) ساعة عند عرض نبضة (300) مايكروسكند , وهذا عائد اى تأثير زيادة عرض النبضة على ارتفاع في حرارة الوصلة .



الشكل رقم (6) يبين تأثير عرض نبضة التشغيل على العمر الزمني إلى الليزر

4. الاستنتاجات : Conclusions

درجة الحرارة ونوع منظومة التبريد المستخدمة لها الأثر الأكبر في معلمات خرج ليزر أشباه الموصلات حيث لاحظنا من هذه الدراسة تأثر كل من العمر الزمني, الطول الموجي المركزي, الشدة الخارجة, وشكل الحزمة الخارجة في تأثر المحور السريع بهذين العاملين.

المصادر : References

- Hassan.M.F., A.F. EL-Sherif, , (2009), "Characterization of a 976 nm High Power Diode Laser Module", 13 international conferences aerospace sciences & aviation technology..
- Jassim M . , (2012) ,"Controlling the wavelength of a high power diode laser using thermoelectric cooler", Iraqi Journal of Physics ,17 ,10.
- Jassim M ,(2013),"Performance the effective of variation the wavelength of a high power laser an end –pumped laser system", Journal of university of Babylon pure and applied sciences, Vol. 2,No.21.
- Jassim M .,(2013) ,"Temperature Stabilized Infrared Laser", Journal of university of Babylon pure and applied, Vol.6, No.21.

- Jingwie Wang , (2009),"Study of the mechanism of "smile" in high power diode laser arrays and strategies in improving near-field intensity ", IEEE Electronic Components and Technology Conference.
- Luigi Zeni *, Stefania Campopian ,(2003),"Power semiconductor laser diode arrays characterization", Optics and Lasers in Engineering, No.39 ,pp 203–217.
- Uwe Brauch, Peter Loosen, and Hans Opower, (2000), "High- Power Diode Lasers for Direct Applications", Springer-Verlag (Berlin Heidelberg).
- Wan Aizuddin Wan Razali, Noriah Bidin,(2005), " Experimental study of thermoelectric cooler for diode pumped solid state laser " International Meeting on Frontiers of Physics , Kuala Lumpur, Malaysia.
- Xingsheng Liu, Jingwei Wang, and Peiyong Wei, (2008)," Study of the mechanisms of spectral broadening in high power semiconductor laser arrays", Electronic Components and Technology Conference, IEEE, pp1005-1010.