

تأثير التطعيم بأيونات النيوديميوم الفعالة Nd +3 على طيف الفلورة لزجاج التليريت TeO2

فراس جواد كاظم

قسم الفيزياء-كلية العلوم-جامعة بغداد. بغداد-العراق

الخلاصة

في هذا البحث تم تصنيع أحد الأوساط الليزرية الفعالة لليزر الحالة الصلبة نوع النيوديميوم -زجاج التليريت بتقنية الإخماد السريع ، حيث استخدم النظام الزجاجي $(\text{TeO}_2(1-x) - \text{BaO-ZnO-Nd}_2\text{O}_3)_x$ لقيم $(X=1,1.7,2,2.5,3,3.5 \text{ wt}\%)$. أجريت فحوصات الكشف عن إشارة طيف الفلورة للنماذج المصنعة ، كذلك تم قياس طيف الفلورة لأحد النماذج ، بعد ان أجريت عمليات الصقل والتطعيم للسطوح الخارجية . أظهرت نتائج الفحوصات الحصول على إشارة طيف الفلورة للنماذج المصنعة وقد ازدادت ذروة الإشارة بزيادة تركيز أيونات النيوديميوم (Nd^{+3}) . كذلك أظهرت قياسات طيف الفلورة للنموذج $\text{Nd}^{+3}: 2\text{wt}\%$ وقوع ذروة الشدة عند الطول الموجي $(1.06 \mu\text{m})$ وان عرض خط الفلورة كان (100 cm^{-1}) والمقطع العرضي للأنبعاث المحفز لهذا النوع من الأوساط الليزرية الفعالة $(\sigma_p(\lambda_p)=1.06 \mu\text{m})=3.59*10^{-20} \text{ cm}^2$ وقد تم مقارنة بعض نتائج هذا البحث مع نتائج البحوث والنشريات العلمية.

Abstract

In the present work, the fabrication techniques of type of Nd +3-glass laser active media : namely, Neodymium- Tellurite glass, where the glass system $(\text{TeO}_2(1-x) - \text{BaO-ZnO-Nd}_2\text{O}_3)_x$ for values of $(X=1,1.5,2,2.5,3,3.5 \text{ wt}\%)$ was used. Measurements have been taken for the signal of fluorescence spectrum of Nd+3- glass samples. The fluorescence spectrum, for one of the samples, has been taken, after the sequences of polishing for the out surface. The results give signal of fluorescence spectrum for the samples. Intensity of the peak of the signal increases with Nd +3 concentration. The fluorescence at $(\lambda=1.06 \mu\text{m})$ for one of the samples has been detected and the fluorescence line width was (100 cm^{-1}) . The cross section of stimulated emission for this type of laser active media $(\sigma_p(\lambda_p=1.06 \mu\text{m})=3.59*10^{-20} \text{ cm}^2)$, and the results compared with the published data.

المقدمة:

البلاستيكية (Light cure) المستخدم في مجال طب الأسنان. كذلك فان الخصائص الطيفية المثلى للانبعاش الليزري ضمن الطول الموجي $(1.06 \mu\text{m})$ جعلت هذا النوع من الليزر له القابلية على احتواء او خزن طاقة اكبر وبالتالي إمكانية استخدامها بكفاءة في حقل البلازما [2].

تستخدم الأوساط الليزرية الزجاجية في ليزرات الحالة الصلبة ذات القدرة العالية، حيث يستخدم النيوديميوم - زجاج كمكبرات للقدرة الليزرية في التشغيل

تعد ليزرات الحالة الصلبة نوع النيوديميوم -زجاج او النيوديميوم ياك الباعثة لأشعة ليزر ضمن منطقة الأشعة تحت الحمراء القريبة $(1.06 \mu\text{m})$ أحد أهم الليزرات المستخدمة في ميدان الصناعة، كتصنيع الرادارات الموجهة بالليزر، والكواشف. أما في الميدان الطبي فتستخدم في أجهزة الفحص الإشعاعية المتنوعة [1]، كجهاز التصلب الضوئي لمادة الحشوات

حيث n معامل انكسار الوسط الفعال، وقد وجد ان معدل معامل الانكسار لأربعة أوساط ليزيرية زجاجية ED-2، LG-630، LCG-11، LHG-5، عند الطول الموجي ($1.06 \mu\text{m}$) يساوي (1.535) [1].
 τ_{rad} : العمر الزمني للانبعاث الإشعاعي وقد تم استخدام القيمة ($\tau_{\text{rad}}=300\mu\text{s}$) للأوساط الزجاجية الفعالة [1,6].

الجانب العملي:

1- تصنيع النماذج الزجاجية:

تم تصنيع النظام الزجاجي ($\text{TeO}_2\text{-BaO-ZnO}$) بتقنية الإخماد السريع حيث وضعت مساحيق الأكاسيد المبينة في بودقة من الألومينا (Al_2O_3). ووضعت البودقة مع المحتويات في فرن كهربائي مسخن مسبقاً إلى درجة (850 C) لمدة ساعتين ، بعد ذلك صب المنصهر في قالب مصنوع من مادة الفولاذ المقاوم للصدأ (stainless steel) بشكل قرص (disk) مسخن سابقاً بدرجة (300 C) لمنع الاجهادات الناتجة عن التغير المفاجيء بدرجة الحرارة بين المنصهر والقالب ، ثم توضع المحتويات في فرن التلدين (Annealing furnace) ولمدة ساعة واحدة . بعد ذلك يتم إطفاء الفرن ويتم التبريد لمدة (24) ساعة وبمعدل (3 C°) في الدقيقة. وقد جرى صقل النماذج الزجاجية المصنعة باستخدام معدات الصقل المختبرية ذات القرص الدوار نوع (flat cast-iron lab) ويقطر (15cm) مع مسحوق الماس بمختلف الأحجام الحبيبية ولحد ($0.25 \mu\text{m}$) وأرضية من ورق السنفرة الناعم والقماش. وقد أدرجت نسب مكونات النماذج الزجاجية المصنعة واللون المميز لكل نسبة خلط في الجدول (1).

النبضي ذات الطاقة العالية، لامكانية تصنيعها بالأقطار والأطوال المطلوبة [1]. من ناحية أخرى فان كفاءة الأوساط الليزرية الزجاجية أعلى من كفاءة الأوساط البلورية بسبب نسبة التطعيم العالية لأيونات النيوديميوم (Nd^{+3}) في الزجاج والتي قد تصل الى اكثر من (6%) (ويتجانس مقبول، كذلك خطوط الامتصاص فيها تكون اعرض مما في الأوساط البلورية لان الزجاج مادة غير بلورية يتعرض فيها أيون (Nd^{+3}) الى تأثير مجالات مختلفة عن بعضها البعض ولو بمقدار بسيط فتعطي مستويات امتصاص متعددة ومتقاربة بحيث تشكل في النهاية حزمة امتصاص عريضة وزيادة التعريض تعني كفاءة ضخ أعلى [3].

في هذا البحث نستعرض المسلك التكنولوجي لتصنيع نماذج للوسط الليزري الفعال (النيوديميوم-زجاج التلديت)، وإجراء الفحوصات التشخيصية لتقييم جودة هذا الوسط المصنع ،حيث تم استخدام منظومة لكشف وقياس إشارة طيف الفلورة كذلك أجريت قياسات طيف الفلورة ومنها تم حساب بعض الخصائص الطيفية وأهمها حساب ذروة المقطع العرضي للانبعاث المحفز لأيونات النيوديميوم (Nd^{+3}) للانتقال (${}^4\text{F}_{3/2} \rightarrow {}^4\text{I}_{11/2}$) الباعث للطول الموجي ($1.06 \mu\text{m}$) باستخدام العلاقة [4]:

$$\sigma_p(\lambda_p) = \frac{\lambda_p^4}{8 \pi c n^2 \Delta \lambda_{\text{eff}} \tau_{\text{rad}} ({}^4\text{F}_{3/2} \rightarrow {}^4\text{I}_{11/2})} \quad (1)$$

حيث:

λ_p : الطول الموجي للذروة ضمن نطاق حزمة انبعاث الفلورة .

$\Delta \lambda_{\text{eff}}$: عرض خط الفلورة الفعال والذي تتحدد قيمته بإيجاد التكامل لحزمة انبعاث الفلورة مقسوماً على مقدار

الشدة عند الطول الموجي (λ_p)

c: سرعة الضوء وان:

$$n' = \frac{n(n^2 + 2)^2}{9} \quad (2)$$

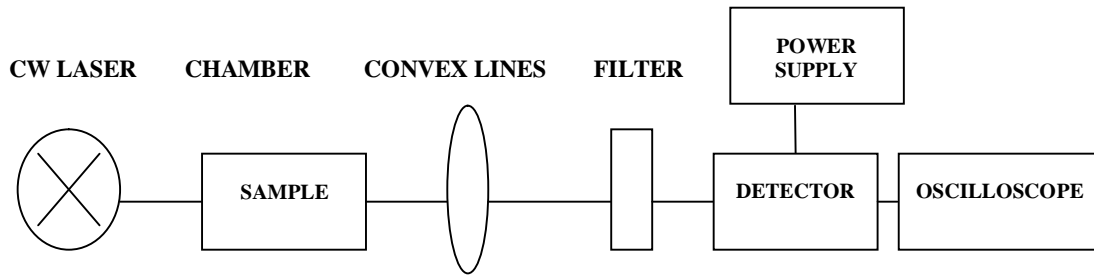
جدول (1)

خلطات الزجاج المستخدمة وألوانها

رقم النموذج	المكونات (wt%)	نسبة التركيز (Nd ₂ O ₃) wt%	اللون
T ₁	81.9 TeO ₂ 2.5 ZnO 14.6 BaO	1	اخضر شاحب
T ₂	81.2 TeO ₂ 2.5 ZnO 14.6 BaO	1.7	اخضر شاحب
T ₃	80.9 TeO ₂ 2.5 ZnO 14.6 BaO	2	اخضر
T ₄	80.4 TeO ₂ 2.5 ZnO 14.6 BaO	2.5	اخضر
T ₅	79.9 TeO ₂ 2.5 ZnO 14.6 BaO	3	اخضر
T ₆	79.4 TeO ₂ 2.5 ZnO 14.6 BaO	3.5	اخضر

2- القياسات الطيفية:

تم إجراء عملية كشف إشارة طيف الفلورة للنماذج المصنعة باستخدام منظومة القياس الموضحة بالشكل (1):



الشكل (1) منظومة القياس الخاصة بالكشف عن إشارة طيف الفلورة

الشعاع المر، يتم الكشف عن إشارة طيف الفلورة المتولد بواسطة كاشف ضوئي سيليكوني (Detector) بمدى تحسس $(0.3-1.06)\mu\text{m}$ ، وقد تم تثبيت مرشح (filter) للطول الموجي $(1.06\mu\text{m})$ أمام الكاشف لغرض السماح بمرور حزمة ضيقة ضمن المدى

حيث استخدم مصدر ليزر الدايمود (cw) كمصدر ضخ (pumping source) وبطول موجي (807nm) . وضع النموذج الزجاجي في مكان خاص به (chamber) وبعدها توضع عدسة محدبة (بعدها البؤري 3cm ، مصنوعة من مادة الكوارتز) لغرض تركيز

معالجتها الكترونياً، وترتبط شاشة العرض براسم لغرض توثيق الطيف الناتج.

3- النتائج والمناقشة:

تم إجراء الكشف عن إشارة طيف الفلورة لجميع النماذج المصنعة وقد ظهرت الإشارة بشكل واضح ويوضح الجدول (2) خصائص الإشارة الخارجة وبقدرة داخلية مقدارها (660 mwatt) حيث كان عرض منحنى الإشارة الطبيعي (0.4 5*5 mv/div).

1060+10)nm، ويتم استقبال إشارة طيف الفلورة على راسم ذبذبي (Oscilloscope) نوع (Tektronix, Inc, USA).

قياسات طيف الفلورة اجريت للنموذج (Nd³⁺: 2wt%) في مختبرات متخصصة في جامعة ميتشجان في الولايات المتحدة الأمريكية ، باستخدام مطياف الفلورة (DU 420). حيث عُرض النموذج المصنع لفترة زمنية (0.25 sec) وزمن قراءة المعلومات (1.6*10⁻⁵ sec) لكل كاشف (pixel) ، شغلت المصادر الليزرية بنمط القدح الداخلي. الإشارات الخارجة من مجموعة الكواشف (pixels) تسجل على شاشة عرض بعد

جدول (2)

خصائص الإشارة الخارجة المستحصلة من منظومة الكشف عن إشارة الفلورة

رقم النموذج	تركيز Nd ³⁺ (wt%)	حساسية الاوسليسكوب (mv/div)	قمة الإشارة (mv/div)	المساحة تحت المنحنى عند (λ=807 nm) (mm) ²
T ₁	1	0.63*5	0.9	198.55
T ₂	1.7	0.75*5	1.25	201.1
T ₃	2	0.79*5	1.5	334.35
T ₄	2.5	0.8*5	1.52	611.1
T ₅	3	0.9*5	2	660.4
T ₆	3.5	0.9*5	2	790.1

كفاءة عملية الضخ تكون اكبر بزيادة تركيز الأيونات الفعالة.

ان منحنى إشارة طيف الفلورة المقاس بهذه الطريقة يعتبر فقط مؤشراً لحصول عملية الفلورة في نموذج الوسط الفعال والمنبعث بالطول الموجي (1.06 μm) لان المرشح المستخدم لا يسمح إلا بمرور الإشعاع ضمن هذا المدى الطيفي الضيق لذلك لا يمكن حساب الخصائص الطيفية بدقة من منحنى الإشارة ، لذلك تم إخضاع أحد النماذج المنتخبة لعملية قياس طيف الفلورة

ومن خلال النتائج المستحصلة والموضحة في الجدول (2) نلاحظ تحسس إشارة طيف الفلورة عند الضخ بالطول الموجي (807nm) والتي تمثل أحد حزم الضخ الأساسية للوسط الفعال نوع النيوديميوم - زجاج التليريت [5] ، كذلك تظهر النتائج انه بزيادة تركيز (Nd³⁺) تزداد ذروة إشارة الطيف لنفس الوسط الزجاجي (TeO₂) وبالتالي تزداد قيمة المساحة تحت المنحنى (Area under the curve) مما يعني ان عدد الأيونات او الذرات في المستوي العلوي سيكون أكثر وبالتالي فان

الأوساط الليزرية لتشغيل ليزرات الحالة الصلبة الباعثة للطول الموجي (1.06 μm).

4-الاستنتاجات:

النتائج التي تم الحصول عليها في هذا البحث تبين إمكانية استخدام الوسط الليزري الفعال (النيوديميوم- زجاج التليريت) في تشغيل ليزرات الحالة الصلبة الباعثة للطول الموجي (1.06 μm) حيث تعتبر هذه المادة من أهم المكونات البصرية الحاكمة الداخلة في تطوير صناعة ليزرات الحالة الصلبة . وهذا النوع من الأوساط الليزرية يعتبر مميّزاً عن الأوساط الزجاجية الأخرى او الأوساط البلورية من خلال خصائصه الطيفية، ومن خلال طريقة التصنيع المنوه عنها في هذا البحث والتي تعتبر طريقة سهلة نوعاً ما وممكنة.

شكر و تقدير:

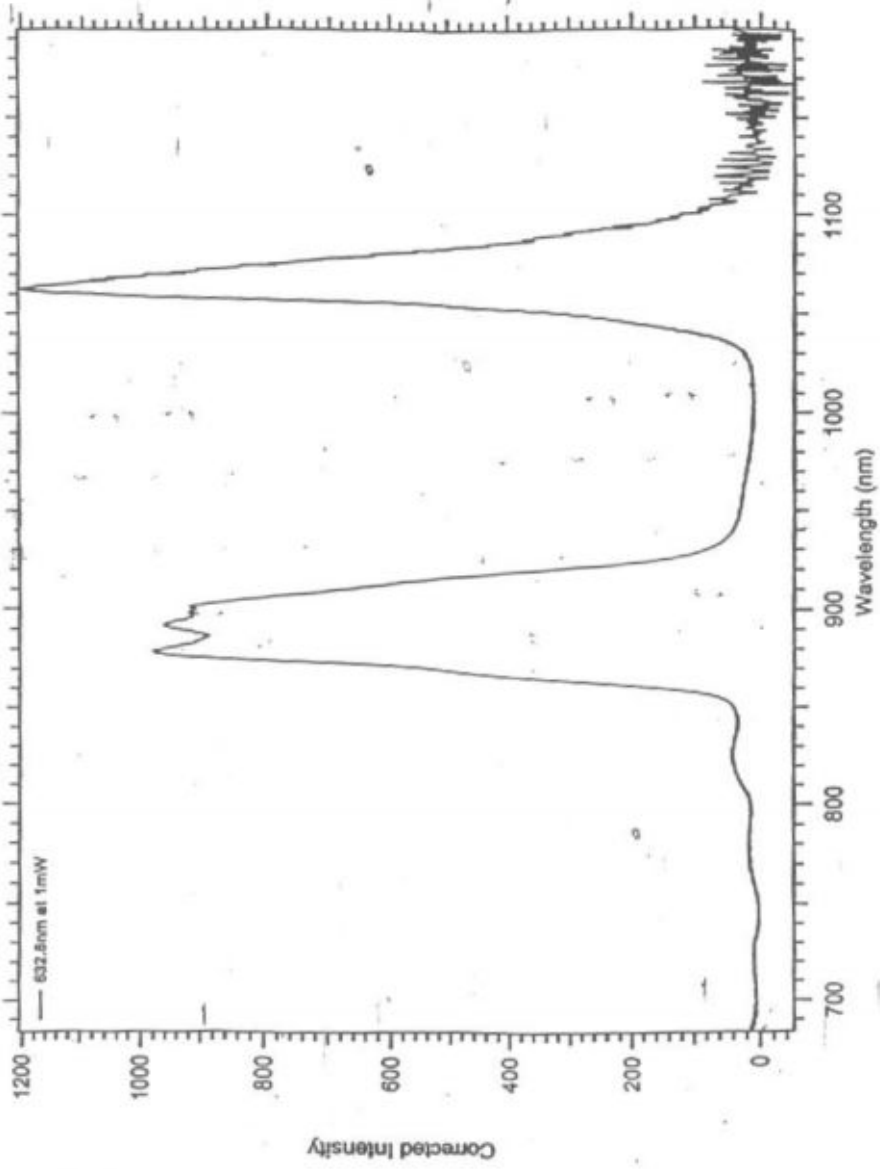
نتقدم بفائق الشكر والتقدير إلى الأستاذ الدكتور عبد الحليم الوريكات / عميد البحث العلمي في الجامعة الأردنية الذي أسهم في إرسال احد النماذج المصنعة إلى جامعة ميتشجان في الولايات المتحدة الأمريكية.

وحساب الخصائص الطيفية منها. من خلال الفحوصات الطيفية يبين الشكلين (2)، (3) طيفي الفلورة للنموذج (T₃-Nd⁺³:2wt%) وذلك بضخه بليزر الهيليوم-نيون بقدرة (1mW) الباعث للطول الموجي (632.8nm) وليزر أشباه الموصلات الباعث للطول الموجي (488 nm) بقدرة (1mW) على التوالي.

تم قياس عرض خط الفلورة للنطاق الأعلى بشدة وبقمة ذروة (1.06 μm) ووجد تساوي (100 cm^{-1}) ويعد أضيق من عرض النطاق للأوساط الليزرية الزجاجية الفعالة للنيوديميوم القياسية والتي تكون بحدود (300 cm^{-1}) [7]، وهذا يشير الى حاجة الأوساط الليزرية المصنعة مختبرياً لقدرات ضخ اقل من نظيراتها الأوساط الليزرية المعروفة على المستوى العالمي.

من جهة أخرى تم حساب ذروة المقطع العرضي للانبعاث المحفز لأيونات (Nd⁺³) للانتقال ($^4\text{F}_{3/2} \rightarrow ^4\text{I}_{11/2}$) الباعث للطول الموجي (1.06 μm) باستخدام العلاقة (1) ووجد ($\sigma_p=3.59*10^{-20} \text{cm}^2$).

وبالرجوع الى حدود قيم المقطع العرضي للانبعاث المحفز لجميع الأوساط الزجاجية المعروفة [1,4,6] لوحظ بان هذه القيمة التي تم الحصول عليها للوسط الليزري الفعال المصنع (النيوديميوم -زجاج التليريت) تعد مثالية مما يؤكد إمكانية استخدام هذا النوع من



شكل (2): طيف الليزر للنموذج الزجاجي T₁

النيوديميوم الفعالة (Nd^{+3}) ودراسة خصائصه البصرية"
 ،المجلة العراقية للعلوم،المجلد 43 ي ،العدد
 1،(2002).
 6- شهاب احمد كاظم، " الوسط الليزري الفعال
 النيوديميوم -زجاج تصنيعه ودراسة خصائصه الطيفية "،
 أطروحة دكتوراه - الجامعة التكنولوجية (1998).
 7-A.Yariv, "Optical Electronics", Third Edition,
 Holt-Saunders International Editions, p.296, Japan
 (1985)

المصادر:

- 1-W.Koechner, "solid state laser engineering", Springer-Verkg, pp.370-405, New York (1976).
- 2- C.Young "Glass Laser" proc. IEEE, vol.57 pp.1267-1289, (1969).
- 3-R.chesler, J.Geusic, "solid state ionic laser" in "Laser hand book",Ed .F. Arecchi,Eschulz- Dubois,Vol.1,North-holland Co.,pp.325-362,(1972).
- 4- W.Krupke,IEEE J.Quant. Elect.vol. 10,450(1974).
- 5- سلوان كمال جميل،حسن حمادي ،فراس جواد،"
 تصنيع زجاج التليريت (TeO_2)المطعم بايونات