دراسة تأثير الفجوة ذات معاملات انكسار متغيرة بين طرفي ليف بصري على المعلمات الأساسية لنبيطة ليزر شبه الموصل

عبد المجيد عيادة إبراهيم ، ولاء محفوظ محمد أمين ، معمر عبد العزيز كامل

قسم الفيزياء ، كلية التربية ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

(تاريخ الاستلام: ٩ / ١١ / ٢٠١٠ ---- **تاريخ القبول:** ١٣ / ١٢ / ٢٠١٠)

الملخص

تم في هذا البحث دراسة تأثير الفجوة ذات معاملات انكسار متغيرة والمحصورة بين طرفي ليف بصري على المعلمات الأساسية لنبيطة ليزر شبة موصل المرسلة للبيانات وكذلك على التوهين الذي تتعرض له الأشعة المارة بالليف والناقلة للبيانات. أكدت النتائج بان الأشعة الضوئية العائدة من منطقة القطع لاتؤثر بشكل محسوس على المعلمات الأساسية لنبيطة شبه الموصل ،كما أوضحت النتائج بوجود توهين في الأشعة الضوئية المنتقلة عندما تكون المسافة بين طرفي الليفين صغيرة جداً وان كمية التوهين تزداد بزيادة المسافة الفاصلة بين طرفي الليف. كما اوضحت الدراسة انه كلما كان معامل الانكسار أعلى كلما كان مقدار التوهين اقل.

الجزء النظري:

نبائط أشباه الموصلات الباعثة لأشعة الليزر

تملك الثنائيات الباعثة لليزر في منطقة الملتقى فجوة طاقة من النوع المباشر وتعد مادة ارسينيد الكاليوم من أهم البلورات المستخدمة[4]. يتم التأهيل العكسي في ليزر أشباه الموصلات عندما يكون كلاً من المستويين n و P منحلين [5]. ويتم الانحلال في المستويين إذا كانت نسبة التطعيم عالية جدا [٨]. في أشباه الموصلات الغير مشوبة والتي تكون في توازن ديناميكي حراري فأن مستوي فيرمي يتساوى في منطقة الملتقى [7] .فعند تسليط انحياز أمامي على الثنائي سوف تحقن الالكترونات من الطرف n والثقوب من الطرف p إلى منطقة الملتقى [5].أن التغير في مستويات الطاقة يعطى بالعلاقة الآتية[٥]:

$$\Delta F \approx eV_b \quad \text{.....(١)}$$

وكنتيجة لذلك ستحتوي منطقة الملتقى على تركيز عالٍ من الالكترونات في حزمة التوصيل وعلى تركيز عالٍ للثقوب في حزمة التكافؤ، وبذلك يتحقق التأهيل العكسي.عند التحام الإلكترون مع فجوة موجبة فأن الطاقة الكلية تتحرر كفوتون يعطى تردده بالمعادلة الاتية[12] :

$$\Delta F \approx E_g \quad \text{.....} \quad (٢)$$

وعند التعويض عن قيمة ΔF من المعادلة (١) بالمعادلة (٢) ينتج لنا.

$$V_b \approx \frac{E_g}{e} \quad \text{.....(3)}$$

وكما هو معلوم فأنّ الطول الموجي يعطى بالعلاقة الاتية[6]:

$$\lambda = hc / E_g \quad \text{.....(٤)}$$

وباعتبار أنّ طاقة الفجوة مقاسه بالإلكترون–فولت، والطول الموجي مقاس بالميكرومتر وبتعويض المعادلة (٤) بالمعادلة (٣) نحصل على:

$$\lambda_{(\mu m)} = 1.24 / Eg_{(eV)} \quad \text{.....} \quad (٥)$$

المعادلة (٥) تعبر عن الطول الموجي للفوتون الناتج من عملية الاتحاد بين الالكترونات والفجوات .تعد نبائط الليزر مكبرات للفوتونات وعند إضافة التغذية العكسية باستعمال المرنان ستصبح النبيطة مولده لأشعة لليزر [٢].ان المرنان المستعمل هو تجويف فابري – بيرو حيث ينشأ ضوء متشاكه ومعزز ينعكس ذهاباً وإيابا ضمن التجويف إذا كانت المسافة بين الوجهين على طرفي التجويف مساوية الى عدد صحيح من أنصاف طول الموجة [٣]

الألياف البصرية

يتكون الليف البصري من قلب ذو معامل انكسار عالي n1 وغلاف ذو معامل انكسار منخفض n2 .إن قطر القلب صغير جداً ويساوي عدداً من الأطوال الموجية المرسلة .يخضع الانكسار الذي يحدث في الألياف البصرية لقانون سنيل أي ان [8]

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{.....} \quad (٦)$$

حيث ان θ_1 و θ_2 هي الزوايا التي تصنعها الأشعة الداخلة والمنكسرة مع العمود المقام على الحد الفاصل بين الوسطين [1] . في الحالة n1>n2 كما في الشكل (a – ١) تقل الزاوية θ١ مع النقصان في قيمة θ٢ الى ان نجد بالنتيجة ان قيمة θ٢ = صفر في قيمة محدودة معينة للزاوية [10]. وفي هذه الحالة يضمحل بشكل تام نفاذ موجة الضوء إلى الوسط الثاني وان جميع الطاقة تنعكس في الحد الفاصل بين الوسطين وتدعى الزاوية θc حينئذ بالزاوية الحرجة أي إن وهي الحالة التي يحدث فيها انعكاس كلي [11] :

$$\theta c = \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \quad \text{.....} \quad (٧)$$

ان الأشعة المنعكسة والتي تنتقل بزاوية θc سوف تنتشر باتجاه محور الليف بواسطة انعكاسات متضاعفة كما في الشكل (b – ١) والتي يمكن أيجاد سرعة الطور باتجاه الشعاع لاتية .

$$v_p = \lambda_m f = \frac{\omega}{B_1} = \frac{c}{n_1} \quad \text{..... (٨)}$$

حيث ان :

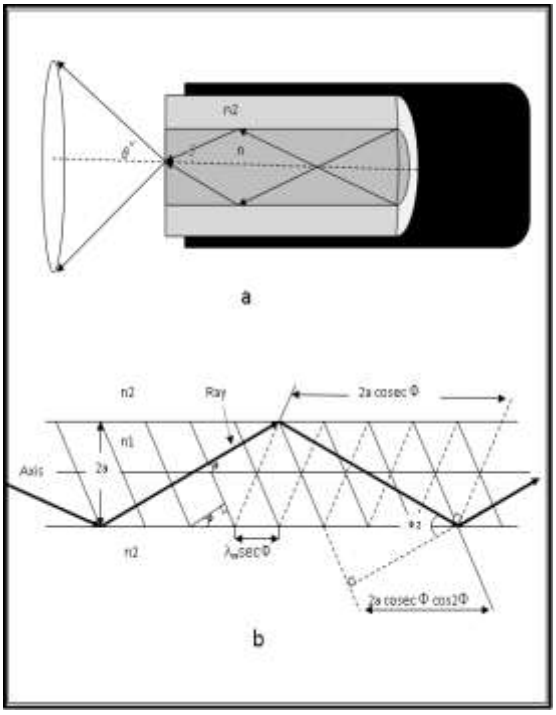
Vp:سرعة الموجة

B : ثابت الانتشار

ان سرعة الطور الظاهري التي تقطع بها جبهات الموجة أي خط موازي للمحور يمكن ان توصف بالمعادلة الاتية[8]:

$$(v_p)_z = (\lambda_m sec\phi) f = \frac{\omega}{B_1} sec\phi = \frac{\omega}{B}$$

$$B = B_1 cos\phi \quad \text{.....(٩)}$$



شكل (١) a– الانعكاس الكلي في الليف البصري

b– انتقالات الأشعة المسطحة بزاوية مع محوالليف وانتشار باتجاه واحد بواسطة انعكاسات متضاعفة

الجزء العملي :

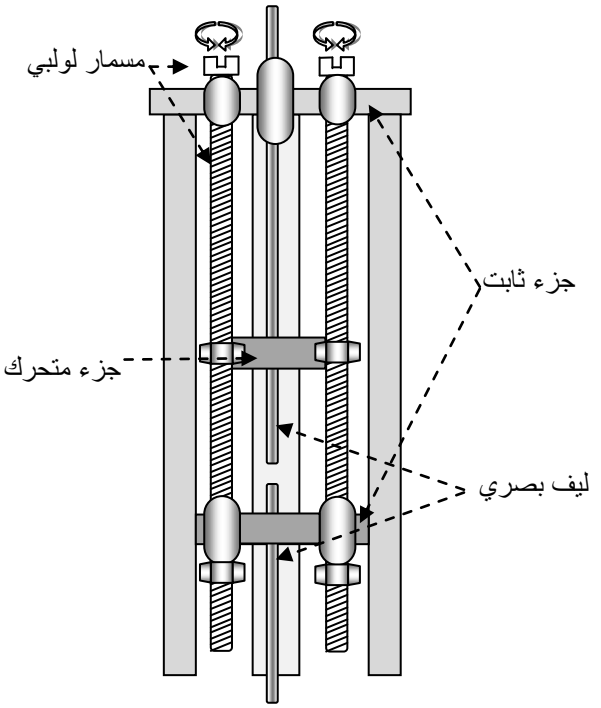
تم بناء المنظومة الموضحة بالشكل(a –٢) وهي عبارة عن قاعدة ثابتة مثبت بمنتصفها طرف ليف بصري، ومرتبطة حافاتها بسكة تتحرك عليها قاعدة ثانية بواسطة ثلاث مسامير محورية مثبت بمنتصفها طرف ليف بصري أيضاً ، والهدف منها ضمان زيادة الفجوة بين طرفي الليف البصري بمسافات محسوبة مع استقامة تامة بين طرفي الليفين. تم إمرار أشعة الليزر إلى الليف البصري بواسطة عدسة لامه يمكن تحريكها بكل الاتجاهات كما في الشكل(b–٢). واستقبالها باستخدام كاشف ضوئي من النوع (p-i-n) المصنوع من السليكون ويحمل الرمز BPX 65 والمنتج من شركة RS Components Limited . يعمل ضمن الأطوال الموجية (350nm – 1100nm) . تعمل عدسه لامه أخرى على تبئير الأشعة الخارجة من الليف البصري إلى الكاشف كما في الشكل (c–٢) . يوضح الشكل(b–٢) الدائرة التي استعملت لدراسة منحنيات الخواص (الفولتية– التيار) و(الإضاءة – التيار) وذلك لإيجاد المعلمات الأساسية لنبيطة الليزر قبل قطع الليف حيث تم تغير قيم الفولتية من V(٣،٥–٠) وسجلت جميع القراءات بواسطة أجهزة افوميتر دجتل من نوع (HGl-2000N. أما الشكل (e–٢) فتم بها إرسال إشارة مربعة لتحاكي بيانات الإرسال الرقمي وبتردد 100KHz وتم إجراء التصريف لمنظومة العدسات لتعطي اعلى قيمة لنقل الإشارة

يبين الجدول (١) نتائج الدراسة قبل قطع الليف البصري . أما بعد قطع الليف البصري فقد تم إعادة دراسة المعلمات الأساسية لنبيطة الليزر واحتساب قيمة الإشارة المستلمة عند زيادة المسافة بين طرفي الليف بواسطة تدوير المسامير اللولبية عند كل (5.0 , 4.8 , 4.5 , 4.2 , 3.9 , 3.6 , 3.3 , 3.0 , 2.7 , 2.5 , 2.1 , 1.8 , 1.5 , 1.2 , 0.9 , 0.6 , 0.3 , 0)mm

الجدول (١) نتائج الدراسة قبل قطع الليف البصري

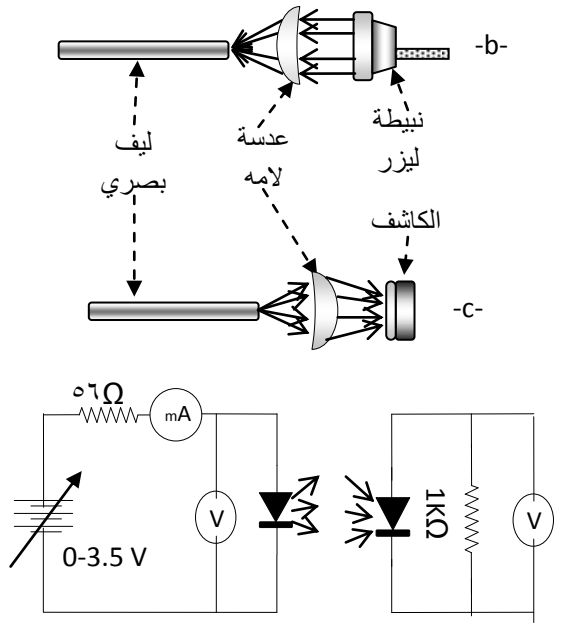
النوع	المقدار	الرمز	الوحدة
فجوة الطاقة	1.90	Eg	ev
الطول الموجي	٦٥٢,٦	λ	nm
المقاومة المكافئة	22.8	Rs	Ω
تيار العتبة	7.5	Ith	mA
الكفاءة الكمية الخارجية	0.733	ηext	W/A
شدة الضوء المستقبل	6.0	L	mV

بعدها تم إعادة الدراسة بعد غمر طرفي الليف البصري بماء مقطر لأيوني . ومن ثم تنظيف طرفي الليف وغمره داخل بنزين نقي خالي من الإضافات من النوع المستعمل في المصافي لإغراض المعايرة

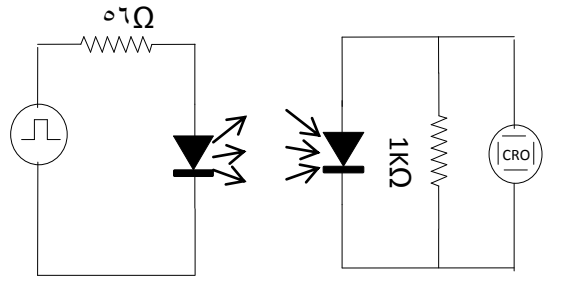


-a-

شكل(٢–a) منظومة ضبط البعد في الليف البصري



-d-



-e-

شكل(٢)

c –ترصيف الليف البصري والعدسة مع الكاشف

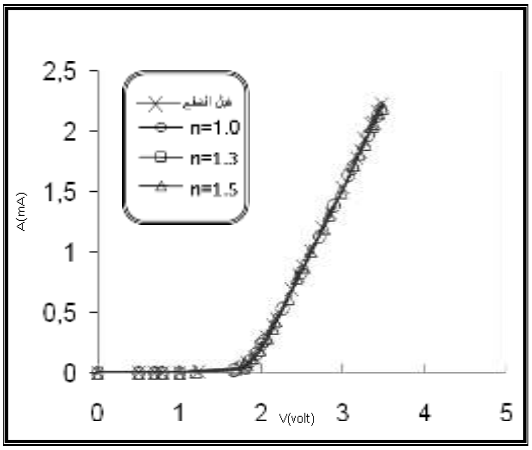
d– الدائرة الالكترونية لدراسة خواص نبيطة الليزر

e–الدائرة الالكترونية المستعملة في دراسة توهين الإشارة

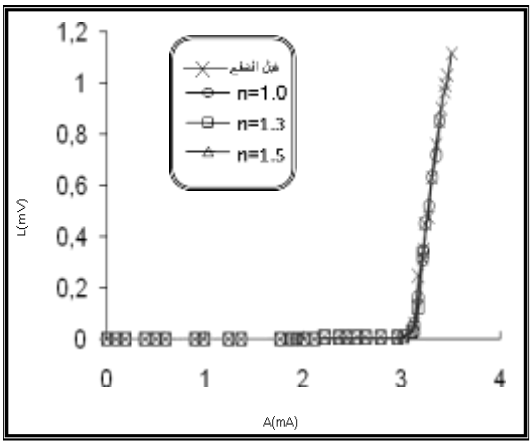
النتائج والمناقشة :

يبين الشكل (٣) منحني الخواص (الفولتية– التيار) لنبيطة اشباه الموصلات قبل وبعد قطع الليف البصري ويظهر فيها ان قيمة الجهد الحاجز والمقاومة الاومية لم تتأثر باشعة الليزر العائدة من منطقة القطع حتى مع تغيير معامل الانكسار لمنطقة القطع وذلك بسبب كون قيمة الاشعة العائدة قليلة جدا. اما الشكل (٤) فيبين منحني خواص (الاضاءة – التيار) لنبيطة الليزر وفيها أيضا لايوجد أي تغير محسوس في قيمة تيار العتبة اوقيمة الكفاءة الكمية باستثناء انخفاض قيمة الضوء الواصل الى الكاشف بسبب التوهين .

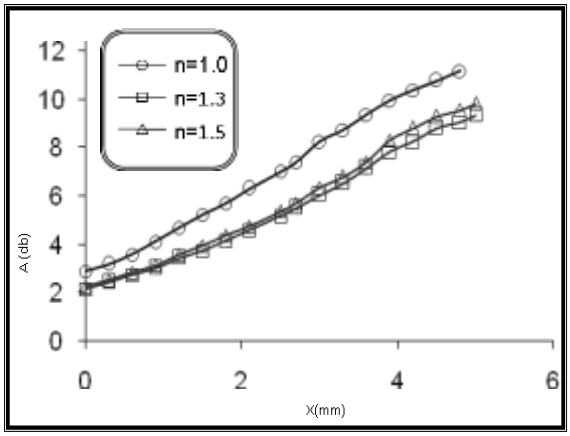
اما الشكل (٥) فيبين قيمة التوهين بالنسبة للمسافة الى الاشارة المنقولة ، اكدت النتائج بان التوهين لايمكن ان يساوي صفراً عندما تكون المسافة بين طرفي الليف مساوية للصفر وان وقيمة التوهين ترتفع كلما كانت المسافة اكبر بثبوت معامل الانكسار للوسط كما أكدت النتائج أيضا انه كلما كان معامل الانكسار اعلى كان التوهين اقل وهذا نتيجة الى قانون سنيل حيث كلما كان معامل الانكسار مرتفعاً كلما كانت الزاوية المجسمة الناشئة من نهاية الليف البصري اقل وبالتالي دخول مقدار اكبر من الضوء الى الليف البصري الثاني .



شكل (٣)خواص (فولتية – تيار) لنبيطة أشباه الموصلات



شكل (٤)خواص (تيار– أضاءه) لنبيطة أشباه الموصلات



شكل (٥) العلاقة بين التوهين والمسافة باختلاف معاملات الانكسار

الاستنتاجات :

من خلال الدراسة التي أجريت على انتقال الضوء بين طرفي ليف بصري تفصل بينهما مسافة على نبائط أشباه الموصلة الباعثة لأشعة الليزر وعلى الاشارة المنقولة بهما تم التوصل الى الاستنتاجات الآتية:

١- لاتؤثر الأشعة المرتدة والناشئة عن القطع في الليف البصري على المعلمات الأساسية لنبيطة الليزر حتى مع تغير معملات الانكسار في الوسط بين طرفي القطع .

٢- يوجد توهين في الإشارة المنقولة حتى وان كانت المسافة بين طرفي الليف تساوي 0cm .

٣- قيمة التوهين تزداد مع ازدياد المسافة بين طرفي الليف .

٤- قيمة التوهين تقل مع ازدياد معامل الانكسار بثبوت المسافة .

المصادر:

١- G. T. Absten and S. N. joffe"laser in Medicin",chapman and hall (1985),

٢- Jasprit Singh" Electronic and Optoelectronic Propertiesof Semiconductor Structures" Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York(2003)

3- S.M. Sze and Kwok K. Ng "Physics of Semiconductor Devices " third edition .John Wiley & Sons,Ins.. (Julay 2006)

4 - Jasprit Singh "Electronic and Optoelectronic Propertiesof Semiconductor Structures " University of Michigan, Ann ArborCambridge University Press (2003)

5- أس.أم. زسي. ." نبائط أشباه الموصلات ، فيزياء وتقنية ". ترجمة فهد غالب حياتي . حسين علي أحمد . دار الحكمة للطباعة والنشر – الموصل(١٩٩٠)

6- ايفان بهنام كرومي ." استخدام ليزر شبه المصل AlGaAs لقياس الضغوط الواطئة ". رسالة ماجستير مقدمة الى مجلس كلية التربية جامعة الموصل(٢٠٠٥)

7- بيلا .أ.لينكيل. " الليزرات " . ترجمة. فاروق عبودي. جامعة الموصل(١٩٨٨)

8- جون كو "منظومات الاتصالات الضوئية " ترجمة طارق عبد الله الجميلي و حسين جمعة عباس . مديرية دار الكتب للطباعة والنشر .جامعة الموصل(١٩٨٨)

9- توماسي وين " أنظمة الاتصالات الالكترونية المتقدمة ". ترجمة عمر شابسيع . المركز لعربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر – دمشق (١٩٩٤)

10- د.سلوان كمال جميل ، بتول درعم بلاوة،"مبادئ الالكتروبصريات " دار الحكمة للنشر والطباعة . (١٩٩١).

11- د.عباس محمد الحسون ود. يعقوب عزيز، ،"البصريات " مطبعة جامعة بغداد. (١٩٨٠)

12- قندلا .سهام عفيف "فيزياء الليزر وبعض التطبيقات العملية " مديرية الكتب للطباعة والنشر وجامعة الموصل(١٩٨٨) .

Study The influence of variable refractive indices gap between optical fiber end on parameter of a semiconductor laser

Abdul Majeed .IBRAHIM and Walla m. mohammed and Muamar A. kamel

Depth Physics , college of Education , University of Tikrit , Tikrit ,Iraq

(**Received:** 9 / 11 / 2010 ---- **Accepted:** 13 / 12 / 2010)

Abstract

The effect of variable refraction index gap between fiber optical on the fundamental parameters a semiconductor laser device have been studied . Also The effect on the Attenuation of the rays which pass through the fiber also have been studied. It is found that there is not a restricted effect of the optical rays on the fundamental parameters of the device. The results show that there is attenuation in the optical rages when the distance between the fiber sides is very small while this attenuation increase with increasing the distant. Finally it is found that the attenuation decrease with the increases the Values of refraction index .