تأثير التغذية المرتدة الضوئية في خصائص التضمين لليزر شبه الموصل من نوع AlGaInP

مصعب صالح محمد

قسم الفيزياء / كلية التربية / جامعة الموصل

الاستلام	القبول
24/05/2006	03/10/2006

Abstract

Effect of optical feedback (O.F) on AlGaInP semiconductor laser properties and intensity modulation has been studied experimentally. Threshold current of semiconductor laser decreased 1mA when O.F equal to 160μW , while there is no significant decreases observed in threshold current both when increasing O.F above that value or less than it. Influence of O.F on amplitude modulation spectrum at frequencies modulation (0.123,0.246, 0.546, 1.2)MHz has been studied. Fundamentals harmonic spectrum peaks increased with O.F especially at frequency modulation (1.2)MHz , whereas opposite effect of O.F observed on Fundamentals harmonic spectrum peaks at frequency 132kHz, since it decreased with O.F . O.F participate in decreasing of relative intensity noise (RIN) just at frequencies modulation(0.264, 0.546, 1.2)MHz with appearance of Flicker noise at frequency 132kHz. Signal to noise ratio (SNR) increased with O.F especially at frequency modulation equal to 1.2MHz has been observed.

الملخص

أجريت في هذا البحث دراسة عملية عن تأثير التغذية المرتدة الضوئية (O.F) في مميزات الليزر شبه الموصل من نوع AlGaInP وخصائص التضمين للشدة. لوحظ أن تيار العتبة يقل على نحو ملحوظ بتأثير (O.F) وذلك عندما تكون قيمة (O.F) بمقدار (160 W) إذ انخفض تيار العتبة بمقدار (1mA) فيما لم يسجل نقصان ملحوظ في تيار العتبة عند زيادة (O.F) عن هذه القيمة ولا عند القيم الأقل. درس تأثير (O.F) على طيف التضمين للشدة (I.M) عند ترددات التضمين (0.132,0.264,0.546,1.2)MHz. إذ لوحظ أن ذروة طيف التوافقيات الأساسية تزداد بتأثير (O.F) وخاصة عند التردد 1.2MHz، فيما لوحظ التأثير العكسي للتغذية الضوئية المرتدة في ذروة التوافقية الأساسية عند التردد 132kHz إذ انخفضت ذروة التوافقية الأساسية. فيما أسهمت التغذية المرتدة الضوئية في التقليل من ضوضاء الشدة النسبية (RIN) فقط عند الترددات (0.264,0.546,1.2 MHz) مع ظهور حالة ضوضاء الخفق (Flicker Noise) عند

التردد 132kHz. كما لوحظت الزيادة في نسبة الإشارة إلى الضوضاء (SNR) ولاسـيما عنـد تردد التضمين (1.2 MHz) نتيجة لوجود (O.F) .

1- المقدمة:

يعد الليزر شبه الموصل من العناصر ذات الأهمية الكبيرة في الاتصالات الـضوئية سـواء أكانت مباشـرة (عبر الفضاء) أم غير مباشرة (الاتصالات بالألياف البـصـرية). إذ أنـه يعتبـر مصدرا ضوئيا ذا مزايا فريدة من حيث التشاكه وعرض الخط الطيفي والتي تسهم في جعله يمتلـك كفاءة عالية في نقل الإشارات المحملة عليه **[1]**.

إن الأطوال الموجية النموذجية للاتصـالات باستـخدام الليـزر شـبه الموصـل هـي μm (1.3,1.55) وفقا لاعتبارات التقزح وأدنى مستوى من التوهين نسبة إلى الألياف المصنعة من السيليكا **[1]** ،لكن هذا لا يمنع من استخدام مصدر الليزر شبه الموصل الذي يعمل ضـمن الطيـف المرئي في نقل المعلومات وكما في قراءة الأقراص المكتنزة كما يمكن استخدامها في نقل الإشارات المحملة عليها بالتضمين التماثلي للترددات الراديوية **RF** التـي يقـع مـداها مـابين **(10 kHz ~ 300MHz)** وهذه الإشارة يمكن تضمينها على حزمة الليزر شبه الموصل إما على نحو مباشـر أو غير مباشر **[2]** .

وببساطة يمكن اعتبار التضمين الخارجي وسيلة جيدة لتحميل المعلومات ونقلها ،لكنها محددة بعرض خط طيفي لا يتجاوز عدة **GHz** وفي الوقت الحاضر يمتلك نظام ماخ-زندر **(MZ)**مواصفات تفوق التضمين المباشر. ان التضمين المباشر لليزر شبه الموصل يشمل القـابلوات الـضوئية للقنـوات التلفزيونية، وروابط المحطات الأرضية للاتصالات باستخدام الهاتف النقـال **(Mobile)** والهـوائي النائي **(Antenna Remoting)** وان السبب الرئيس في استخدام الليزر شبه الموصل لكي يعمل في هذا المجال هو لامتلاكه كفاءة ميل عالية فضلا عن الربح الكبير في الاقتران مع الليـف البـصري والضوضاء القليلة مما يخفض من نسبة ضوضاء الارتباط وتقليل التشويه في الإشـارة المحمولـة وهذا يسهم في زيادة مدى الإرسال من دون ضوضاء **[1]** .

أجريت بحوث عديدة عن تحسين أداء الليزر شبه الموصل فـي منظومـات الاتـصـالات البصـرية ولاسـيما تأثيـر التغذية المرتـدة الـضوئية **(Optical Feedback) (O.F)** فـي أداء الليـزر شبه الموصـل.إذ أجـرى كل من **Abraham , Masoller [3]** دراسة عـن اسـتقرارية التضمين لليزر شبه الموصل وخصائصه بوجود تغذية مرتدة ضوئية ضعيفة(بحـدود **10^{-6}~10^{-1}%** من الشدة المنبعثة) ناتجة عن عاكس خارجي موضوع على مسافة أمام الليزر شبه الموصل، وكان الليزر المستخدم في دراستهم ذا نمط طولي منفرد . وقد لاحظا نشوء زوج من الأشـكال الطيفيـة المحددة بنمط معين **(Modes)** وأخرى ليس لها نمط محدد **(Antimodes)** وذلك بتأثير التغذيـة

المرتدة الضوئية, كما توصلا الى ان الأشكال اللانمطية تكون غير مستقرة فيما لوحظ أن الأشـكال النمطية تكون أحيانا مستقرة وأحيانا أخرى غير مستقرة. والمعلمات المهمة التي وجداها والتي تؤثر في تحديد عمل الليزر من حيث الاستقرار وعدمه هي طول الفجوة الخارجية وتيار الحقن. فيما قام الباحث **Wing-Shun Lam** وجماعته**[4]** بدراسة عن تأثير ضوضاء الانبعاث التلقائي والتضمين في أداء الليزر شبه الموصل الذي يعمل بتيار قريب من العتبة وبوجـود تغذيـة مرتـدة ضـوئية. إذ لاحظوا حصول انخفاض في الشدة الضوئية الخارجة من الليزر وعلى نحوغير منتظم في حالة عدم وجود التضمين ولكن مع وجود تيار حقن قريبا من العتبة وتم التأكد من أن التغذية المرتدة الضوئية تعمل على إلغاء هذه الحالة.

وقام الباحث **K. A. Shore** وجماعته**[5]** بدراسة عن تعزيز الحساسية لتيار التـضمين عنـدما يعمل الليزر شبه الموصل بالقرب من السلوك الديناميكي غير المستقر مرة بوجود تغذيـة مرتـدة ضوئية ومرة بوجود حقن ضوئي خارجي من ليزر أخر. وقد لاحظوا ظهور خصائص مميزة مـن حيث حصول تكبير غير خطي وذلك عندما يعمل الليزر بالقرب من الـسلوك الثنـائي العـشوائي (Hopf bifurcation instability) الذي يقود إلى نشوء صف واحد من تـرددات الاسـترخاء غيـر مضمحلة .

سوف نبحث في العمل الحالي في تأثير التغذية المرتدة الضوئية في خصائص التضمين وطيفه، كما سنناقش تأثير تردد التضمين لليزر قيد الدراسة في ذروة التوافقيات وفي نـسبة الإشـارة إلـى الضوضاء من جراء التغذية المرتدة الضوئية.

2- الجانب النظري:

أ- تضمين الشدة في الليزر شبه الموصل:

إن التضمين التماثلي للشدة **(I.M) Intensity Modulation** هو عبارة عن تغيرات جيبيـة تسلط على تيار الحقن **[6]** :

$$I(t) = I_o + \Delta I \times \sin(\omega t) = I_o + \Delta I \ \mathrm{Re}[\exp(i\omega t)] \quad (1)$$

والعامل المحدد لمدى هذا التضمين هو المعامل m والذي يعطى بالعلاقة **[6]** :

$$m = \frac{\Delta I}{I_o - I_{th}} \quad (2)$$

اذ تمثل ΔI التغيرات في التيار بسبب الاشارة المحملة ، I_o تيار العمل لليزر ، I_{th} تيـار العتبـة. فعندما تكون m<0.1 عندئذ يمكن تطبيق تحليلات الاشارة الصغيرة المتمثلة بمعادلة تغيـر القـدرة الضوئية المنبعثة الاتية **[7]** :

$$\Delta P(\omega) = M(\omega)\times\Delta P(o) = \frac{\omega^2}{(1+i\omega\tau_t)(\omega_r^2-\omega^2+i\omega\gamma)}\times\eta_i\frac{\alpha_m}{(\alpha_i+\alpha)_m}\frac{h\nu\Delta I}{q} \qquad \text{.......................(3)}$$

وفي معظم التطبيقات تستخدم تغيرات صغيرة في التيار ΔI بحيث تكون اقل بكثير مـن I_o-I_{th} اذ يؤدي ذلك الى تغيرات في عدد الحاملات ΔN وعدد الفوتونات المنبعثـة ΔS وفـي القـدرة الضوئية المنبعثة ΔP ،وتكون هذه التغيرات اقل بكثير من قيم الحالة المستقرة P_o,S_o,N_{th} .ان هذه الشروط للاشارة الصغيرة تتيح لمعادلات المعدل أن تكون خطية بما يمكن من حلها عدديا **[8]**.إن مميزات الاستجابة لتضمين الشدة تصل الى اعظم قيمة لها عند ذروة التردد ω_p الذي تكون قيمتـه أقل بقليل من التردد الرنيني ω_r(وهو التردد الزاوي الرنيني للالكترون –فوتون)**[16]**. وفي حالـة عدم اخذ ألتأثيرات الانتقالية أو تأثيرات التردد في كفاءة حقـن التيـار او مـا تـسمى بتـأثيرات الـ (Parasitics) في الحسبان فان ذروة التردد تعطى بالعلاقة **[9]** :

$$\omega_p^2 = \omega_r^2 - \gamma^2/2 \qquad \text{..(4)}$$

إن العلاقة بين ω_p^2 و I_o-I_{th} ستكون خطية بزيادة التيار وللمديات فوق العتبة بقليل. وان عـرض حزمة التضمين يعرف عادة بالتردد f_b الذي عنده تهبط الاشارة الخارجة عند القيمة $-3dB$ أي أن :

$$|M(2\pi f_b)| = 2^{-0.5} = -3dB \qquad \text{...(5)}$$

ويصل عرض الحزمة هـذا الـى اعظـم قيمـة فـي التيـارات العاليـة الناتجـة عـن زيـادة الاضمحلال،وسخونة النبيطة, وحصر الكسب، والتـأثيرات الانتقاليـة للحـاملات**[17]**. ويحـصل التضمين التماثلي للاشارة الكبيرة عندما تكون **(m>0.1)** مسببا شيئا مـن الانحـراف عـن مزايـا الاستجابة الاساسية الناتجة عن الاشارة الصغيرة. ويطلق احيانا على المعامل m عمـق التـضمين (Modulation depth)**[10]** .

ب-<u>ضوضاء الشدة</u> :

ان الطبيعة الكمية للالكترونات والفوتونات فضلا عن الطبيعة العشوائية للعمليات الفيزيائية التي تحدث داخل نبيطة الليزر شبه الموصل(مثل الضوضاء الطلقيـة Shot Noise والـضوضاء

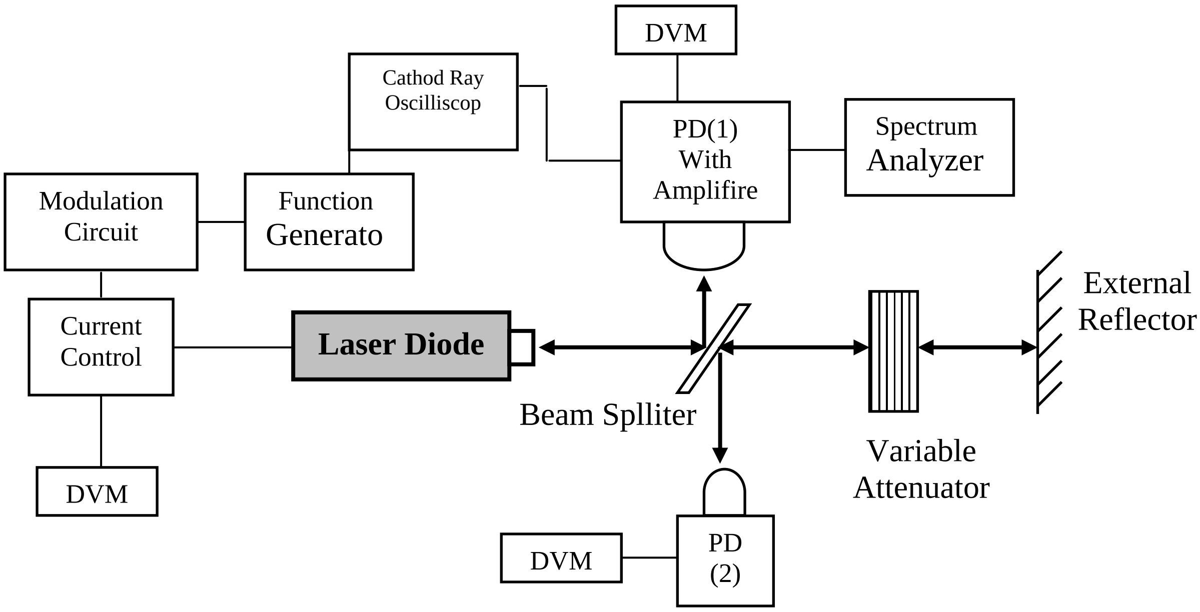
الحرارية Thermal Noise) تؤدي كلها الى ظهور تذبـذبات عـشوائية او مـا يطلـق عليـه بالضوضاء (Noise) وينعكس هذا السلوك العشوائي على القدرة الضوئية الخارجة من الليزر، وهذه الضوضاء تحصل في الحقيقة حتى بعدم وجود تيار التضمين. وفي تطبيقات التضمين التماثلي للشدة تحدد ضوضاء الشدة باستعمال النسبة المتمثلة بالاشارة الى الضوضاء (Signal to Noise Ratio) (SNR) التي ترتبط بضوضاء الشدة النـسبية (RIN) (Relative Intensity Noise) الـشائعة الاستخدام في ليزرات اشباه الموصلات في الترددات المتوسطة والواطئة وضمن ضوضـاء الـشدة بالعلاقة **[8,11]** :

$$SNR = \frac{m^2}{2(RIN)} \quad \text{...(6)}$$

ووجد أن الضوضاء تتناسب مع عرض النطاق Δf و RIN . وغالبا مـا تقـسم RIN علـى Δf وتعطى النتيجة بوحدات dB/Hz . في حالة التشغيل بنمط منفرد تكـون RIN عـادة ثابتـة فـي الترددات الواطئة الاقل من الترددات الراديوية(RF) وتصل الى ذروتها عند التـردد الرنينـي. ان القيمة العـلية للقدرة الضـوئية المنبعثة من الليزر تعطي قيمة منخفضة من(RIN) . في الترددات الواطئة (f<100 kHz) تزداد ضوضاء الشدة النسبية على نحو ملحوظ، إذ أن التناسـب مـع f عكسيا والسبب في هذا هو الدوائر الإلكترونية المرتبطة بالليزر اذ يظهر مايسمى بضوضاء الخفـق (Flicker Noise) وهي معروفة في النبائط الالكترونية اما السبب في ظهورها في الليـزر شـبه الموصل فيعود الى الخلل في عملية اعادة الاتحاد **[11]** .

3- <u>الجانب العملي</u>:

يمثل الشكل (1) الترتيب التجريبي المستخدم في دراسة تأثير التغذية المرتدة الضوئية فـي خصائص التضمين لليزر شبه الموصل.



الشكل (1) الترتيب التجريبي لدراسة تأثير التغذية المرتدة الضوئية في خصائص التضمين لليزر شبه الموصل من نوع AlGaInP ،(DVM:Digital Voltmeter)

الليزر شبه الموصل المستخدم هو من النوع التجاري الذي يعطـي أقصـى قـدرة ضـوئية (1 mW) والطول الموجي المنبعث منه يتـراوح مـابين $(\lambda = 630 \rightarrow 680\,nm)$ وهـو مـن نـوع **AlGaInP** . استخدم مقسم حزمة ضوئية بنسبة 55% نافـذة و 45% منعكـسة. امـا القـدرة الضوئية المرتدة الى الليزر شبه الموصل فيمكن تحديد قيمتها بوساطة الموهن المتغير وذلـك بعـد ارتداد الضوء من العاكس الخارجي، ويمكن أن يصل مقدار التوهين للضوء إلـى 20dB– مـن القدرة الضوئية المنبعثة من الليزر شبه الموصل. استخدمت دائرة اليكترونية خاصة بسوق الليـزر (Current Control) تعطي تيارا مستقرا يمكن السـيطرة عليه يدويا (0~100 mA) وتـصل الدقة في التيار الى (0.1mA). تم تضمين الليزر بوساطة اشارة متناوبة جيبية الشكل قادمـة مـن مولد الموجات من نوع (Philips 0~2 MHz) اذ ترتبط مباشرة عـن طريـق متـسعة قيمتهـا 100nF وعن طريق مقطع على شكل حرف T الى مرحلة الاخراج لدائرة سوق الليزر. ان مقدار القدرة المرتدة الضوئية تقاس بوساطة الكاشف الضوئي PD2 ، اما التغيرات في خصائص حزمة الليزر فتلاحظ عن طريق الكاشف الضوئي PD1 والمرتبط بدائرة تحويل التيار الضوئي الى فولتية ومن ثم يمكن تحويلها الى ما يعادلها من قدرة ضوئية باستخدام العلاقة التجريبية **[12]** :

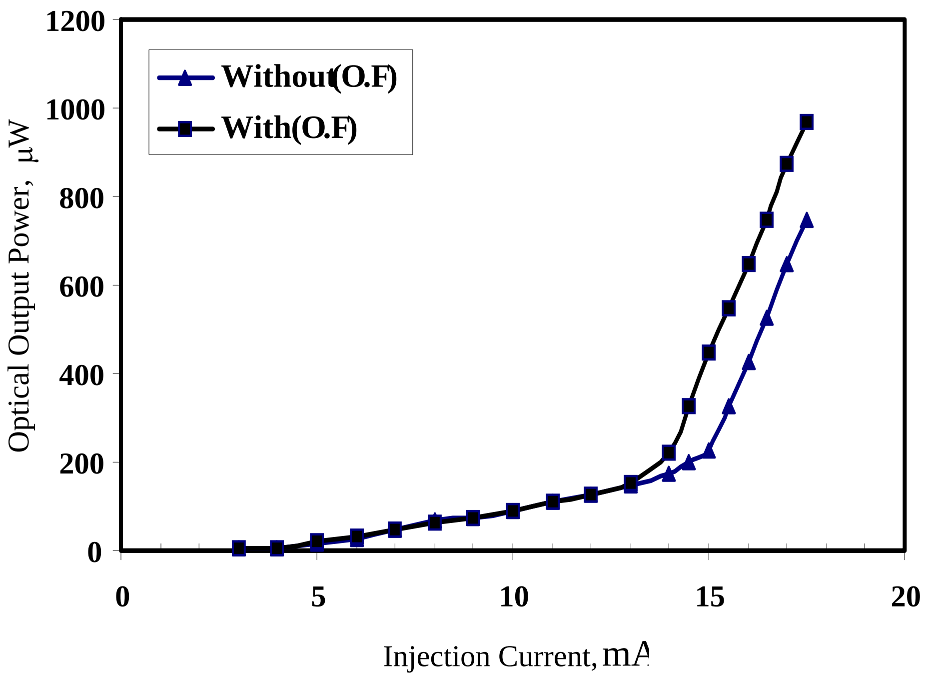
$$P_{out} = \frac{V_{out}}{R_L . \mathrm{Re}\, sp} \quad \text{...}(7)$$

اذ تمثل V_{out} الفولتية المتولدة عبر المقاومة R_L المربوطة على التوازي بالكاشف ، وتمثـل $Resp$ تمثل استجابية الكاشف وهي تساوي 0.22 A/W (معطاة من استمارة المواصفات للكاشف)وعنـد الطول الموجي 650nm. والكاشفان من النوعية نفسها ويحملان الرقم التجاري PBX65 .ودائرة الكاشف PD1 تتبعها دائرة تكبير الاشارة، و ثم راسم ذبذبات الاشعة المهبطية ذو القناتين وهو من نوع (Kenwood) ويعمل الى تردد 15MHz كمـا اسـتخدم محـلل الطـيف مـن نـوع (ADVANTEST-R313A) يعمل ضمن الترددات (10kHz ~ 3GHz) وذلك لملاحظة طيف التضمين .

4- النتائج والمناقشة:

أ-تأثير التغذية المرتدة الضوئية في تيار العتبة والكفاءة الكمية:

يوضح الشكل(2) العلاقة بين القدرة الضوئية المنبعثة من الليزر شبه الموصل وتيار الحقن في حالتي وجود التغذية المرتدة الضوئية وقدرها $(160\mu W)$ وفي حالة عدم وجودها.



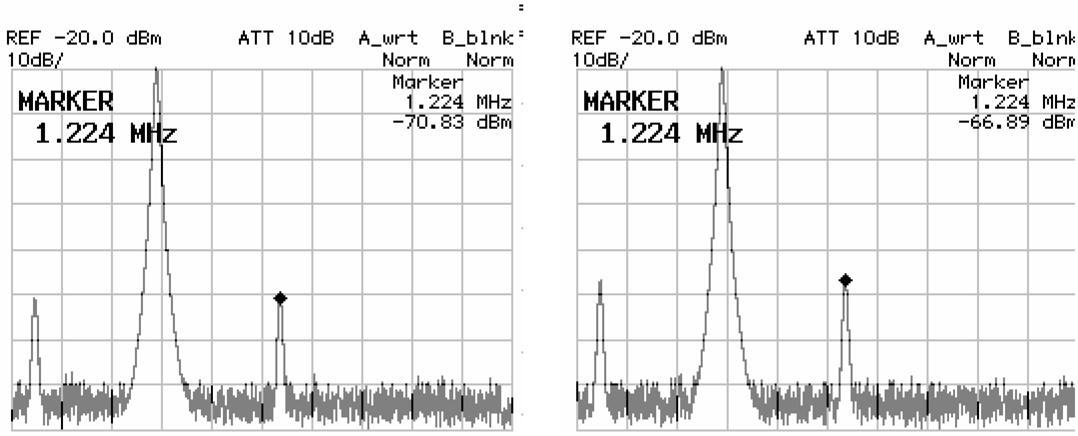
الشكل(2) القدرة الضوئية المنبعثة من الليزر شبه الموصل بوصفها دالة لتيار الحقن بوجود التغذية المرتدة الضوئية وفي حالة عدم وجودها

اختيرت التغذية المرتدة الضوئية لعدة قيم ومن ثم درست الخواص لكل حالة حتى تم الحصول على افضل هبوط في تيار العتبة وقد حصل عند القدرة المرتدة الضوئية المذكورة آنفا. ولوحظ أن زيادة القدرة الضوئية المحقونة عن القيمة $(160\mu W)$ يسبب ظهور الحالة غيـر المـستقرة فـي القـدرة الضوئية المنبعثة من الليزر شبه الموصل **[13,14]** اما التغذية المرتدة الضوئية الضعيفة فلا تـسهم على نحو فعال في خفض تيار العتبة وزيادة في القدرة الضوئية المنبعثة.ان تيار العتبـة انخفـض

بمقدار (~1mA) نتيجة للتغذية المرتدة الضوئية وهذه النتيجة تتفق مع نتائج الباحثين N.Tessler و G.Eisentein **[15]** مع فرق طفيف في نسبة الانخفاض وذلك بسبب الاختلاف في نوعية الليزر شبه الموصل المستخدم. ان هذا النقصان في تيار العتبة يساهم وبشكل ايجابي في تحسين اداء الليزر شبه الموصل اذ سيتم الحصول على فعل الليزر بتيار اقل مما هو مصمم عليـه الليـزر وبالتـالي خسارة اقل في القدرة الكهربائية مع ربح في القدرة الضوئية المنبعثة علاوة على الاستقرارية فـي العمل **[13]** .

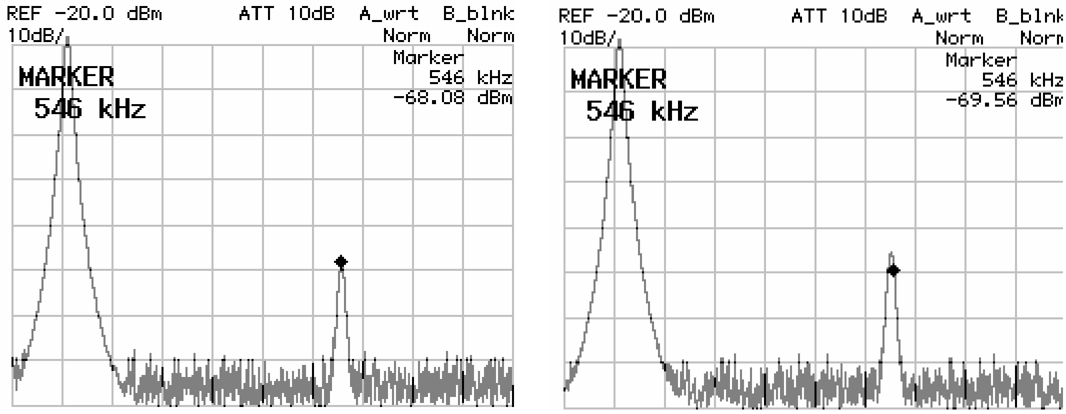
ب- <u>تأثير التغذية المرتدة الضوئية على طيف التضمين:</u>

ضمن ضوء الليزر شبه الموصل مباشرة عبر تيار الحقن باشارة متناوبة جيبية الشكل وبسعة (0.1V) وكان مقدار التغير في التيار ΔI بسبب التضمين (0.095 mA) فيما كان تيار حقن الليزر قدره ($I_o=1.17I_{th}$) ،ومن هذه المعطيات بلغ عمق التضمين (m=0.04) وهذه القيمة تـدل علـى امكان استخدام تحليلات الاشارة الصغيرة في دراسة مثل هذا التضمين. كانت تـرددات التـضمين بالقيم (1.22 MHz, 546 kHz, 264 kHz, 132 kHz) وقد لوحظ طيف التضمين بوجود التغذية المرتدة الضوئية وبعدم وجودها. إن الشكل (3) هو صورة طبق الاصل لشاشة محال الطيـف فـي حالتي وجود الحقن الضوئي الخارجي (3a) وفي حالة عدم وجود حقـن ضـوئي خـارجي (3b) وللتردد (1.22 MHz) . يلاحظ في الشكل (3) أن قمة التوافقية الاساسية لطيف التـضمين عنـد التردد تزداد بتأثير وجود التغذية المرتدة الضوئية(3a) وبمقدار (3.94dB) عن قمة التوافقية فـي حالة عدم وجود التغذية المرتدة(3b) الضوئية. اما في الشكل(4) فيلاحظ كذلك أن قمـة التوافقيـة الاسـاسية ولتردد التضـمين (546 kHz) تزداد بوجود التغذية المرتدة الضوئية ولكن بنسبة اقـل مما هي عليه في تردد التضمين (1.22MHz) . ويمثل الشكل (5) الخط الطيفي للتـضمين عنـد التردد (264kHz) ويلاحظ الزيادة في قمة التوافقية الاساسية بتـأثير التغذيـة المرتـدة الـضوئية وبمقدار (3.8dB) . أما السلوك العكسي فيلاحظ في الـشكل (6) وذلـك عنـدما يكـون تـرـدد التضـمين (132 kHz) اذ يلاحظ هبوط قمة التوافقية الاساسية بوجود التغذية المرتـدة الـضوئية وبمقدار (3.39 dB) ويعزى السبب في ذلك الى حصول انخفاض في القدرة الضوئية المنبعثة مـن الليزر شبه الموصل بفعل التغذية الضوئيةالمرتدة وفي ترددات التضمين الواقعـة دون (200kHz) بسبب السلوك الديناميكي غير المستقر لليزر شبه الموصل **[5]** . ومن ملاحظة اجماليـة للاشـكال السابقة نصل الى ان افضل شكل خط طيفي من حيث ذروة التوافقية الاساسـية كـان عنـد تـردد التضمين (1.22 MHz) ويعزى السبب في ذلك الى وصول الليزر في عمله الى المنطقة المـستقرة في خصائصه الديناميكية وضمن التردد الواقع في منتصف عرض النطاق الترددي لعناصر الدائرة الالكترونية الملحقة بالليزر شبه الموصل**[14]** .



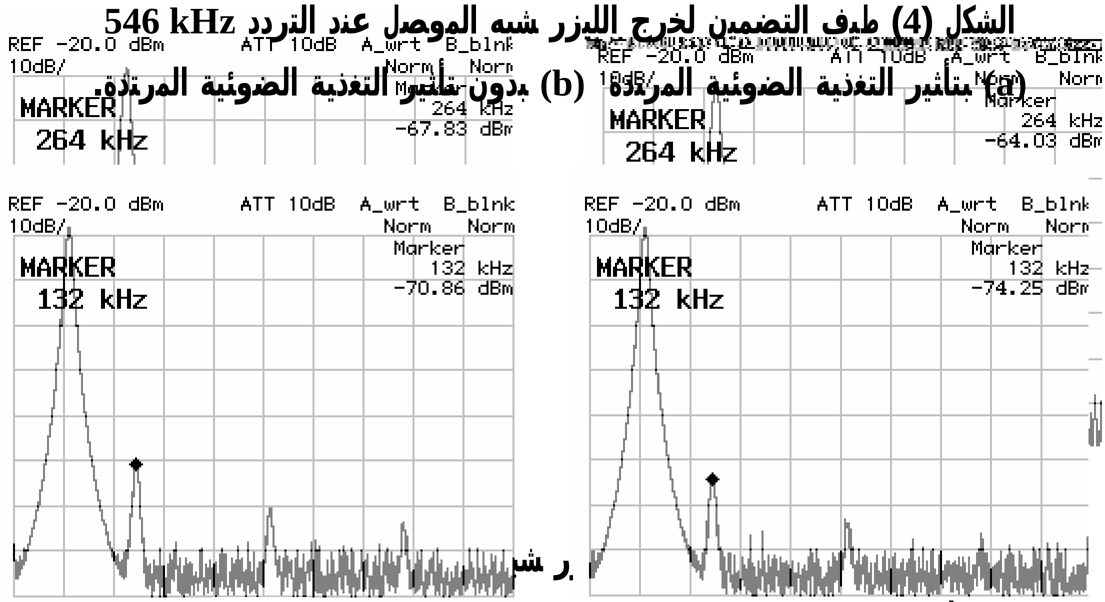
(b) (a)

الشكل (3) طيف التضمين لخرج الليزر شبه الموصل عند التردد 1.22 MHz
(a) بتأثير التغذية الضوئية المرتدة (b) بدون تأثير التغذية الضوئية المرتدة.



(b) (a)

الشكل (4) طيف التضمين لخرج الليزر شبه الموصل عند التردد 546 kHz
(a) بتأثير التغذية الضوئية المرتدة (b) بدون تأثير التغذية الضوئية المرتدة.

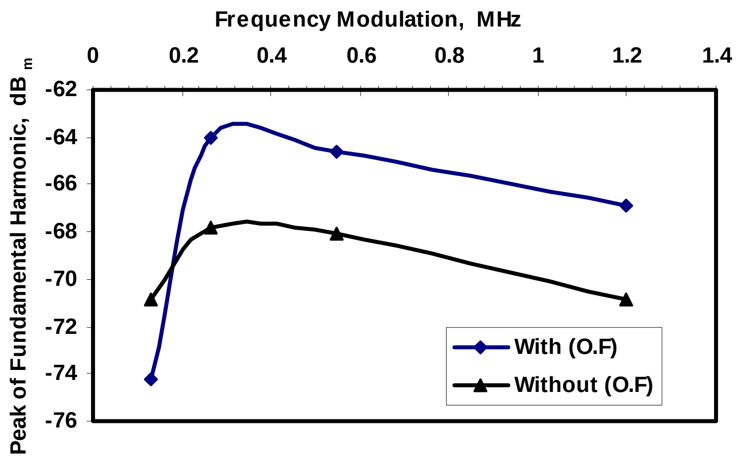


ر ش

(a) بتأثير ا (a) ضوئية المرتدة (b) بدون تاثير التغذية (b) ة المرتدة.

الشكل (6) طيف التضمين لخرج الليزر شبه الموصل عند التردد 132 kHz
(a) بتأثير التغذية الضوئية المرتدة (b) بدون تأثير التغذية الضوئية المرتدة.

الشكل (7) يوضح العلاقة بين قمة التوافقيات الاساسية اطيف التضمين مع التردد ولحـالتي وجـود التغذية الضوئيةالمرتدة وفي حالة عدم وجودها. يلاحظ بان اعظم فرق في قمة التوافقيات الاساسـية بسبب التغذية المرتدة الضوئية كانت عند التردد للتضمين (1.22 MHz) لكـن اعظـم قمـة فـي التوافقيات الاساسية بتأثير التغذية المرتدة الضوئية لوحظت عند التردد (264kHz) مـع ملاحظـة عدم حصول زحف في التردد لطيف التضمين بوجود التغذية الضوئيةالمرتدة وهذا يـساهم بـشكل ايجابي في أداء الليزر شبه الموصل في منظومات الاتصالات ضمن الترددات (RF) .



الشكل(7) قمة التوافقيات الاساسية بوصفها دالة لتردد التضمين بوجود التغذية المرتدة الضوئية وفي حالة عدم وجودها.

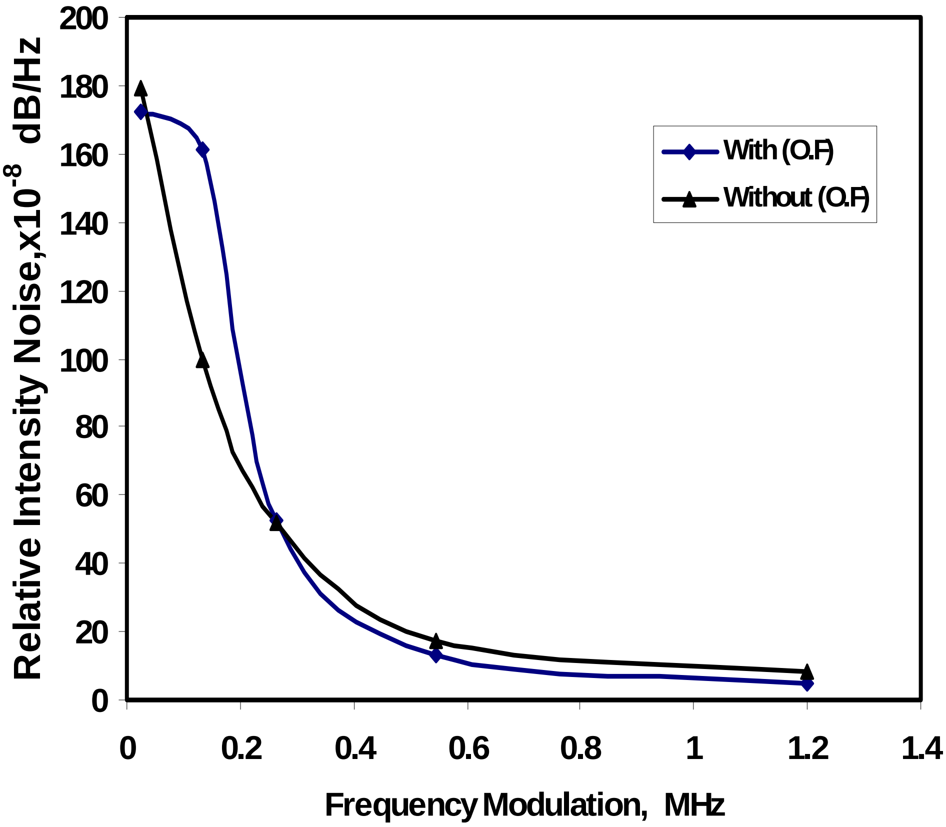
ج- <u>تأثير التغذية المرتدة الضوئية في نسبة الاشارة الى الضوضاء</u> :

تتطلب دراسة تأثير التغذية المرتدة الضوئية في نسبة الاشارة الى الضوضاء اجراء مسح كامل لشدة الضوضاء الواقعة بين التوافقية الاساسية والتوافقية الاولى وذلك لاستخراج معدل الـشدة فـي الضوضاء ثم حساب ضوضاء الشدة النسبية (RIN) والمتمثلة بنسبة معدل الشدة في الضوضاء الى

الشدة للتوافقية الاساسية مقسوما على تردد التضمين ومنها يمكن استخراج نسبة الاشارة الى الضوضاء (SNR) باستخدام العلاقة (6) .

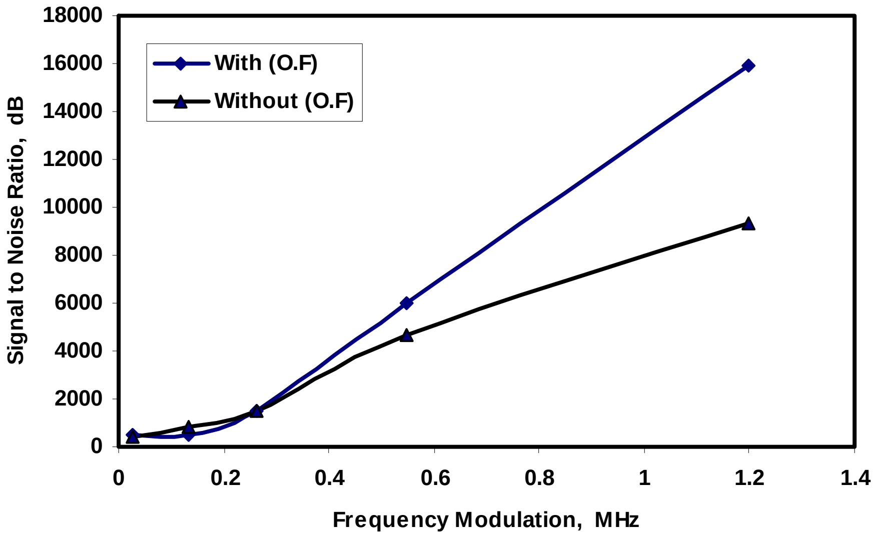
يمثل الشكل (8)العلاقة بين (RIN) وتردد التضمين في حالة وجود التغذية المرتدة الضوئية وفي حالة عدم وجودها. ويلاحظ ان التغذية المرتدة الضوئية أسهمت وعلى نحو طفيف في تقليل (RIN) وذلك في ترددات التضمين (26.86 kHz, 264 kHz, 546 kHz, 1.22MHz) وكان اكبر نقصان في ضوضاء الشدة النسبية عند التردد (26.86 kHz) لكن هذه الميزة غير مفيدة على نحو فعال ذلك ان نسبة الاشارة الى الضوضاء لم يحصل لها تغير ملحوظ كما في التردد (1.22 MHz) وهذا ما سيلاحظ في الشكل (9).

في حالة تضمين الليزر بتردد (132 kHz) يلاحظ ان (RIN) تزداد بوجود التغذية المرتدة الضوئية وهذه الحالة غير مرغوب فيها اذ من المعلوم ان التناسب عكسي بين تردد التضمين وضوضاء الشدة النسبية ويعمل وجود التغذية المرتدة الضوئية على تقليل (RIN) على نحو اكبر الا في هذا التردد اذ يلاحظ ان التغذية المرتدة الضوئية ساهمت في زيادة ضوضاء الشدة النسبية اذ يتوقع نشوء ظاهرة الخفق بتأثير التغذية المرتدة الضوئية مما يؤدي الى حصول خلل في عملية اعادة الاتحاد للمنطقة الفعالة في نبيطة الليزر شبه الموصل **[11]** .



الشكل(8) علاقة ضوضاء الشدة النسبية بتردد التضمين بوجود التغذية المرتدة الضوئية وبعدم وجودها.

الشكل (9) يمثل العلاقة بين (SNR) وتردد التضمين،ويلاحظ ان نسبة الاشارة الـى الـضوضـاء تزداد على نحوملحوظ بتأثير التغذية المرتدة الضـوئية عند تردد التضـمين (1.22 MHz) عـن ترددات التضمين الاخرى وكان مقدار الزيادة في نسبة الاشارة الى الضوضاء (6600) ، ويعـزى السبب في ذلك الى ان التغذية المرتدة الضوئية أسهمت في توليد فوتونات اضافية(وهذا يحصل فقط في حل حصول اقتران كفؤ بين الفجوتين) داخل المنطقة الفعالة لنبيطة الليزر شبه الموصل وهـذه الفوتونات المتولدة والمتوافقة في الطور مع الفوتونات الاصلية داخل النبيطة تسهم في زيادة الكسب الضوئي للنبيطة ومن ثم التقليل من الخسائر وهذا ينعكس على مقدار الضوضاء المتولدة اذ تقل مع نقصان معدل الخسائر، فضلا عن ان للدوائر الالكترونية الملحقة بنبيطة الليزر دور فـي العـمل على نحو نموذجـي في التـردد (1.22 MHz) مما يقلل من الضوضاء المتولـدة مـن القطـع الالكترونية، ذلك ان الدائرة المتكاملة التي تعمل في دائرة تكبير ألاشارة للكاشف يبلغ عرض نطاقها الترددي بحدود (2MHz). في حين يلاحظ ان الزيادة في (SNR) تقل بهبـوط تـردد التـضمين بتاثير التغذية المرتدة الضوئية.



الشكل(9) نسبة الاشارة الى الضوضاء مع تردد ألتضمين عند وجود التغذية

5- الاستنتاجات :

1. يقل تيار العتبة لليزر شبه الموصل بمقدار (1 mA) بتأثير التغذية المرتدة الـضوئية فقـط عندما تكون قيمتها (160 W) ويكون تأثير التغذية المرتدة الضوئية في تيار العتبة ضعيفا اذا كانت أقل من هذه القيمة أو اكبر منها.
2. تزداد ذروة الخط الطيفي للتوافقية الاساسية للتضمين بتأثير التغذية المرتدة الـضوئية عنـد قيمتها في الفقرة (1)، وكانت اكبر زيادة فـي قمـة التوافقيـات عنـد تـردد التـضمين (1.22MHz) ولوحظ حدوث انخفاض في هذه الزيادة بانخفاض تردد التضمين، كما لوحظ السلوك العكسي عند التردد (132kHz) اذ انخفضت ذروة التوافقية الاساسية بتأثير التغذية المرتدة الضوئية وذلك بسبب هبوط القدرة الضوئية المنبعثة مـن الليـزر شـبه الموصـل ولوصوله الى السلوك الديناميكي غير المستقر في هذا التردد نتيجة وجود التغذية المرتـدة الضوئية.
3. لم يلاحظ حصول أي زحف في التردد لطيف التضمين بتأثير التغذية المرتدة الضوئية ممـا يدل على الاستقرار في التردد حتى بوجود التغذية المرتدة الضوئية.
4. أسهمت التغذية المرتدة الضوئية وعلى نحوطفيف في التقليل من ضوضاء الشدة النسبية وفي الترددات (264 kHz, 546kHz, 1.22 MHz) حسب، في حين لوحظ السلوك العكـسي عند تضمين الليزر بتردد (132kHz) اذ ازدادت (RIN) بفعل التغذية المرتـدة الـضوئية وذلك لظهور ظاهرة ضوضاء الخفق (Flicker Noise) وتزداد نـسبة الاشـارة الـى الضوضـاء (SNR) بتأثير التغذية المرتدةالضوئية وبشـكل ملـحوظ عند التـردد (1.22 MHz) بسبب زيادة الكسب الضوئي لنبيطة الليزر اضافة الى استقرارية العمل للنبيطة .
5. يمكن استخدام الليزر التجاري وهو من النوع المتوفر ذو الكلفة الواطئة كمصدر ارسال في منظومة الاتصالات ونقل المعلومات وذلك بتحسين خواصه عن طريق ارجاع جـزء مـن الضوء المنبعث منه باستخدام عاكس خارجي في مقابل الليزر بما يوفر تغذية اسـترجاعية بقيمة ملائمة (160 W) ويكون عمل الليزر في تضمين الـشدة (IM) وافـضل تـردد تضمين يعمل فيه الليزر شبه الموصـل قيد الدراسـة هـو (1.22 MHz) .

المصادر

1. Gower J.,(1984), “*Optical Communication Systems*” Prentic-Hall International Inc., London, U.K.
2. Piprek J. and Bowers J. E., (2003),”*Analog Modulation of Semiconductor Laser*” Electron. Lett., Vol.35, pp.57-79.
3. Masoller C. and Abraham N. B.,(1998),“ *Stability and Modulation Properties of a Semiconductor Laser with Weak Optical Feedback from a Distance Reflector*” Quantum Semiclass. Opt., Printed in the U.K., Vol.10, pp.519-534.
4. W-Shun L., Parvez N.Guzdar and Rajarshi Roy,(2003), “*Effect of Spontaneous Emission Noise and Modulation on Semiconductor Lasers Near Threshold with Optical Feedback*” International Jornal of Modern Physics B, Vol.17, Nos. 22,23&24, pp.4123-4138.
5. Shore K. A., Torre M. S., Masoller C. and Mandel P., (2004), “*Enhanced Sensitivity to Current Modulation Near Dynamic Instability in Semiconductor Lasers with Optical Feedback and Optical Injection*” J. Opt. Soc.Am. B/Vol.21, No.2, pp.302-306.
6. Thompson G. H. B., (1980), “*Physics of Semiconductor Laser Devices*” John Wiley & Sons, New York.
7. Nagarajan R., Fukushima T., Ishikawa M., Bowers J. E., Geels R.S., and Coldren L. A.,(1992),“*Transport limits in high-speed quantum-well lasers: experimental and theory*” , IEEE Photon. Technol. Litt., Vol.4, No.2, pp.121-123.
8. Coldren L. A. and Corzine S. W.,(1995), *Diode Lasers and Photonic Integrated Circuits*, John Wiley & Sons, New York.
9. Lear K. L., Mar A., Choquette K. D., Kilcoyne Schneider S. P., R. P., and K. M. Geib,(1996), “*High-Frequency Modulation of Oxide-confined VCSE Lasers*” Electron. Lett., Vol.32, pp.457-458.
10. Kishino K.,(1994), “*Direct Modulation of Semiconductor Lasers*,” in Handbook of Semiconductor Lasers and Photonic Integrated Circuits, eds. Y. Suematsu and A. R. Adams, Chapman & Hall, London.
11. Petermann K., (1988), *Laser Diode Modulation and Noise*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
12. Azawi M. I., Tomas Ben, (1995), “*Elecetrical Characteristics of Channelled Substrate AlGaAs Semiconductor Laser*” Mu`tah Jor. For Researches and Stu., Vol.10, No.4, pp.141-151.
13. Chow W. W., Dente G. C., and Depatie D., (1987), Opt. Lett.,Vol.12, pp.25.
14. Chow W. W., Dente G. C., and Depatie D., (1987), IEEE J. Quantum Electron., QE-23, pp.1314.

15. Tessler N. and Eisenstein G., (1993), "*On carrier injection and gain dynamics in quantum well lasers*" IEEE J.Quantum Electron., Vol.29, No.6, pp.1586-1593.
16. Piprek J. and Browers J. E.,(2000), Appl. Phys. Litt.,75, pp.65.
17. Kjebon O., Schatz R., Lourdudoss S., Nilsson S., and Stalnacke B., (1996), "Modulation response measurement and evalution of MQW InGaAsP lasers of various design", Proc., SPIE, 2687, pp.138-152.