



متوفر على الموقع <http://www.basra-science-journal.org>



ISSN -1817 -2695

الاستلام 2016-4-3، القبول 2016-10-5

## مستوى أشغال الحاملات في QD , كثافة الحاملات في OCL , وكثافة تيار العتبة في منظومة GalnAsP/InP لشبه الموصل QDL

رائد محمد حسن إيمان ذياب شرشاب

قسم الفيزياء , كلية التربية للعلوم الصرفة , جامعة البصرة , البصرة , العراق

raed\_m\_hassan@yahoo.com

### الخلاصة:

في هذا البحث تم دراسة تأثير عوامل التجويف (طول التجويف وانعكاسية المرايا) على بعض خواص منظومة الليزر GalnAsP/InP الذي وعمل بطول موجي واحد  $1.55\mu\text{m}$ . لقد درست هذه المعاملات مع كل من: كثافة الحاملات في طبقة الحصر البصري و مستوى أشغال الحاملات في النقطة الكمية وكثافة تيار العتبة ومقدار الخسائر الداخلية بوجود وعدم وجود خسائر الامتصاص في المنظومة , بإضافة إلى دور التجويف الدقيق في تحديد درجة الحرارة العظمى  $T_{\text{max}}$  لعمل ليزر النقطة الكمية QDL . تم تحديد القيم المثلى لهذه المعاملات تبعا ل  $T_{\text{max}}$  المرغوبة لمنظومة QDL.

**الكلمات المفتاحية :** ليزر النقطة الكمية QDL , الليزر GalnAsP/InP , كثافة الحاملات في طبقة الحصر البصري (OCL) , مستوى أشغال الحاملات في النقطة الكمية ( QD ) .

### المقدمة :

العتبة وأتمتة على درجة الحرارة [1]. العملية المعتمدة على درجة الحرارة في ليزر النقطة الكمية يكون لها دور فعال ومهم عند درجة حرارة الغرفة [2]. إن كثافة الحاملات يكون لها دور كبير ومهم في ديناميكية وانتاج الطاقة في ليزر النقطة الكمية, حيث لها تأثير واضح وركبير على تيار العتبة, أي إنها تغير من اعتماد تيار العتبة على درجة الحرارة عند عتبة ليزر النقطة الكمية. فهي تغير مع درجة الحرارة والتي تعد مصدر مهم ورئيسي لأتمتة تيار العتبة على درجة الحرارة والمسؤول عن توزيع الحاملات عند عتبة الليزر. هذا

إن سلوك حقن الحاملات في الوسط شبه الموصل والطريقة التي يتم بها حقن هذه الحاملات تتأثر بوجود المجال البصري. يكون حقن الحاملات بصورة عمودية على طبقة QD, فيتم حقن الحاملات أولاً من طبقات الرطوبة في طبقة الحصر البصري ومن ثم يتم اقتناصها وآسرها في QDs. وجود هذه الحاملات في طبقة الحصر البصري يكون ناتج من اعادة الاتحاد الاشعاعي. من هنا, عملية اعادة الاتحاد الاشعاعي في QD او في طبقة الحصر البصري تسيطر على تيار

الحال في جميع أنواع الليزرات. الأضافة الى عوامل التركيب التي تلعب دور فعال في تحديد كثافة الحاملات في الطبقات المختلفة لأداة QDL. في هذا العمل من خلال الاعتماد على النموذج النظري لليزر النقطة الكمية من المصدر [6].

تم دراسة تأثير معاملات السيطرة لتجوييف على كل من: كثافة الحاملات في طبقة الحصر البصري (OCL) و مستوى أشغال الحاملات في النقطة الكمية وكثافة تيار العتبة ومقدار الخسائر الداخلية في المنظومة بإضافة إلى دور التجوييف في تحديد درجة الحرارة العظمى  $T_{max}$  لعمل ليزر النقطة الكمية QDL .

#### النموذج النظري:

أعتمدت الدراسة على معادلات نظرية مشتقة من معادلات المعدل Rate equation للمنظومة ليزر أنقطه الكمية معادلات المعدل تصف تغير كثافة الحاملات والفوتونات مع الزمن لتنبؤ بسلوك ليزر شبه الموصل وهي ثلاث معادلات المعدلة الاولى: لتعداد الحاملات في منطقة التراكيب المغايرة , والثانية : تصف تفاعل تعداد الحاملات مع الانبعاثات المحفزة والمعادلة الثالثة: تخص الفوتونات الناتجة عن الانبعاثات المحفزة وتعطى بصيغة التالية [6]:

$$\frac{\partial \rho_{ocl}^{n,p}}{\partial t} = \frac{j}{eb} - Z_{n,p} v_{n,p} \frac{N_S}{b} (1 - f_{QD}^{n,p}) \rho_{ocl}^{n,p} + Z_{n,p} v_{n,p} \frac{N_S}{b} U_0 f_{QD}^{n,p} - R(\rho_{ocl}^{n,p})^2 \dots (1)$$

التوزيع يوصف بأحصائيات التوازن عندما تكون درجة الحرارة عالية نسبياً [3-5].

الخسائر الداخلية internal loss لها علاقة بكثافة الحاملات في طبقة الحصر البصري - OCL Free Carrier Densities والتي تؤدي الى تأثير كثافة تيار العتبة بدرجة الحرارة. ونتيجة ارتباط الخسائر الداخلية بكثافة الحاملات الذي يسطر على هذه العلاقة بواسطة شروط العتبة threshold conditions, فإن كثافة الحاملات في طبقة الحصر البصري تزداد بزيادة الحساسية لدرجة الحرارة temperature-sensitive, أي ان كثافة الحاملات الحرة في طبقة الحصر البصري تغيرأسياً مع درجة الحرارة وكذلك مستويات الأشغال لحاملات المحصورة في QD تتأثر بتغير درجة الحرارة [4]. من أهم العوامل التي تؤخذ بنظر الاعتبار خلال عمل الليزر هي الخسائر البصرية الداخلية Internal optical losses ,التي لها دور سلبي على قدرة خرج الليزر, الذي يعد من الخسائر البصرية المرغوبة. أما الخسائر البصرية الداخلية فهي تعد من الخسائر الغير مرغوبة التي تحدث داخل تجوييف الليزر [6]. الخسائر البصرية الداخلية لها تأثير سلبي على الخصائص التشغيلية في الليزر النقطة الكمية, ومن سلبياتها انها تعمل على زيادة تيار العتبة وانخفاض الكفاءة الداخلية والطاقة الضوئية [4].

يعد ليزر النقطة الكمية Quantum Dot Laser (QDL) من أكثر ليزرات أشباه الموصلات أستقرارية نتيجة السيطرة على حركة و انتقال الحاملات خلال التجوييف المكون الأساسي له. فهناك العديد من معاملات السيطرة التي تلعب دورا كبيرا في خواص منظومة QDL. تعتبر معاملات التجوييف في هذا الليزر من أهم هذه العوامل التي يتم مراعاتها عمليا, كما هو

$$\frac{\partial}{\partial t} \left( 2 \frac{N_S}{b} f_{QD}^{n,p} \right) = Z_{n,p} v_{n,p} \frac{N_S}{b} (1 - f_{QD}^{n,p}) \rho_{ocl}^{n,p} - Z_{n,p} v_{n,p} \frac{N_S}{b} U_0 f_{QD}^{n,p} - \frac{N_S}{b} \left( \frac{f_{QD}^{n,p}}{\tau_{QD}} \right)^2$$

$$-V_G g_{max}(2f_{QD}^{n,p} - 1)\rho_{ph} \dots (2)$$

$$\frac{\partial \rho_{ph}}{\partial t} = V_G g_{max}(2f_{QD}^{n,p} - 1) \rho_{ph} - V_G \beta \rho_{ph} \dots (3)$$

يمكن التعبير عن كثافة الحاملات الحرة في طبقة الحصر البصري التي تعتمد على درجة الحرارة  $T$  والتي تعد المصدر الرئيسي لاعتماد  $J_{th}$  على  $T$  المسئول عن توزيع الحاملات عند عتبة الليزر والذي وصف بإحصائيات التوازن (عندما تكون  $T$  عالية)، فنجد أن كثافة الحاملات الحرة في طبقة الحصر البصري تعتمد أسياً على  $T$  [7]:

$$\rho_{ocl}^{n,p} = \rho_{oclo}^{n,p} \frac{f_{QD}^{n,p}}{1 - f_{QD}^{n,p}} \dots (5)$$

$$\rho_{oclo}^{n,p} = N_{n,p}^{ocl} \exp\left[-\frac{E_{n,p}}{T}\right] \dots (6)$$

كثافة الحالات الفعالة في طبقة الحصر البصري  $N_{np}^{ocl}$  OCL [8]:

$$N_{n,p}^{ocl} = 2 \left( \frac{m_{n,p}^{ocl} T}{2\pi\hbar^2} \right)^{\frac{3}{2}} \dots (7)$$

$m_{np}^{ocl}$  هي الكتلة الفعالة في OCL و  $T$  هي درجة الحرارة المقاسة بوحدات الطاقة  $(K)$ .

يمكن التعبير عن شرط ربح الإشباع في (OCL) [7]:

$$g_{max} = \frac{\xi}{4} \left( \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_n}} \right) \frac{1}{\tau_{QD}} \frac{\hbar}{\gamma} \frac{\Gamma}{a} N_S \dots (8)$$

حيث  $\Gamma$  معامل الحصر البصري optical confinement factor في QD،  $a$  متوسط حجم النقطة الكمية،  $\lambda$  الطول الموجي،  $\hbar$  ثابت بلانك،  $\sqrt{\epsilon_n}$  دالة التشتت في طبقة الحصر البصري dispersive OCL material،  $\xi$  دالة توزيع حجم النقطة الكمية (للتوزيع الكاوسي [9]:  $\xi = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}$ )،  $\gamma$  توسيع الخط غيرالمتجانس حيث:

$$\gamma = \varphi(q_n E_n + q_p E_p) \dots (9)$$

حيث ان  $\rho_{ocl}^{n,p}$  كثافة الحاملات الحرة في طبقة الحصر البصري OCL free carrier density،  $J_{th}$  كثافة تيار الحقن injection current density،  $b$  سمك OCL thickness،  $Z_{n,p}$  المقطع العرضي لاقتناص الحاملات من قبل QD cross-section of carrier،  $Z_{n,p}$  المقطع العرضي لاقتناص الحاملات من قبل QD capture cross-section of carrier،  $v_{n,p}$  السرعة الحراية لحاملات carrier،  $N_S$  كثافة السطحية للنقاط الكمية thermal velocity،  $f_{QD}^{n,p}$  مستويات الاشغال occupancy of energy- المحصورة في level QD (In الالكترون - فجوة)،  $R$  ثابت الانحلال اشعاعي spontaneous radiative الاشعاعي recombination constant،  $\tau_{QD}$  زمن اعادة الاتحاد اشعاعي التلقائي في spontaneous radiative recombination time QD،  $V_G$  سرعة المجموعة group velocity،  $g_{max}$  اعظم ربح gain photon،  $\rho_{ph}$  كثافة الفوتونات maximum density،  $\beta$  خسائر المرايا mirror loss،  $U_0$  هي تميز الهروب الحراري للحاملات من QD الى OCL ويمكن ان تكتب كالاتي [4]:

$$U_0 = 2 N_{n,p}^{ocl} \left( -\frac{\Delta E_C - \epsilon_Q^{QD}}{T} \right) \dots (4)$$

حيث  $T$ : درجة الحرارة مقاسة بوحدات الطاقة،  $\Delta E_C$  ازاحة الحزمة بين طبقة الحصر البصري OCL the band offset،  $\epsilon_Q^{QD}$  مستوى الطاقة المكمة في QD the quantized energy level.

في منظومة QDL يمكن وصف تيار العتبة  $j_{th}$  من خلال مركبتين [9] :

$$j_{th} = j_{QD} + j_{ocl} \quad \dots (15)$$

حيث  $j_{QD}, j_{ocl}$  هما مركبات تيار العتبة  $j_{th}$  في OCL و QD على التوالي ,

بحيث يمكن التعبير عن  $j_{ocl}$  [11]:

$$j_{ocl} = e b R \rho_{ocl}^n \rho_{ocl}^p \dots (16)$$

كما يمكن أيضا التعبير عن  $j_{QD}$  [4, 8, 11]:

$$j_{QD} = \frac{e N_s}{\tau_{QD}} f_{QD}^n f_{QD}^p \dots (17)$$

$N_s$  كثافة السطحية للنقاط الكمية,  $R$  ثابت الانحلال الاشعاعي,  $\tau_{QD}$  زمن اعادة الاتحاد الاشعاعي التلقائي في QD,  $b$  سمك OCL,  $e$  شحنة الالكترون.

#### النتائج والمناقشة :

تعتبر معاملات التجويف في ليزر النقطة الكمية من أهم العوامل التي يتم مراعاتها عمليا كما هو الحال في جميع أنواع الليزر الأخرى . بالإضافة الى عوامل التركيب التي تلعب دور فعال في تحديد كثافة الحاملات في الطبقات المختلفة لأداة QDL. ان عامل طول التجويف  $L$  وانعكاسية المرايا  $r$  تعد من العوامل المؤثرة على الخصائص منظومة QDL, حيث لها تأثير كبير على ربح المنظومة, الزيادة الحاصلة لهذين العاملين تعمل على زيادة ربح منظومة QDL, وفي نفس الوقت تعمل على تقليل الخسائر الداخلية. تمت الدراسة من خلال تطبيق العلاقات النظرية السابقة على ليزر GaInAsP/InP الذي يعمل بطول موجي  $1.55 \mu m$ , ومن خلال إجراء محاكاة نظرية للمعادلات السابقة باستخدام نظام Mathematic و بالاعتماد على المعاملات المدرجة في الجدول (1)

جدول (1): معاملات منظومة ليزر GaInAsP/InP [4]:

حيث:  $\varphi$  الجذر التربيعي لمتوسط تقلبات حجم QD النسبية (RMS)  $E_{n,p}$ , Root Mean Square) مستويات الطاقة الكمية المكتملة لـ (الالكترون - فجوة) حيث  $q_{n,p} = \frac{\partial E_{n,p}}{\partial \ln a}$  التي تقترض أن تكون مساوية لجميع الأنماط [4].

لتحقيق فعل الليزر لابد من تحقيق شرط العتبة هو مساواة شرط أعبته بين الريح والخسائر ويكتب كالأتي [4,7]:

$$g_{max} = \frac{\beta + \alpha_{int}}{2 f_{QD}^{n,p} - 1} \dots (10)$$

$\beta$  هي خسائر التجويف. Cavity losses [6]:

$$\beta = \frac{1}{L} \ln\left(\frac{1}{r}\right) \dots (11)$$

$\beta$  انعكاسية المرايا.  $r$  طول التجويف,  $L$

يمكن التعبير عن معامل الخسائر الداخلية  $\alpha_{int}$  كمجموع مركبتين الأولى ثابتة  $\alpha_0$  والأخرى تزداد مع زيادة الحاملات في OCL [11,12]:

$$\alpha_{int} = \alpha_0 + \sigma \rho_{ocl}^{n,p} \dots (12)$$

$\sigma$  يعرف بالمقطع العرضي الفعال, في حالة غياب

الخسائر البصرية الداخلية يكون المقطع العرضي الفعال يساوي صفر [8,11].

يمكن التعبير عن معادله مستوى أشغال لـ (الالكترون - فجوة) في QD confined electron-hole level occupancies [8] :

$$f_{QD}^{n,p} = \frac{1}{2} \left( 1 + f_{QD0}^{n,p} - \frac{1}{2} \frac{\sigma \rho_{ocl}^{n,p}}{g_{max}} \right) - \sqrt{\frac{1}{4} \left( 1 + f_{QD0}^{n,p} - \frac{1}{2} \frac{\sigma \rho_{ocl}^{n,p}}{g_{max}} \right)^2 - f_{QD0}^{n,p}} \dots (13)$$

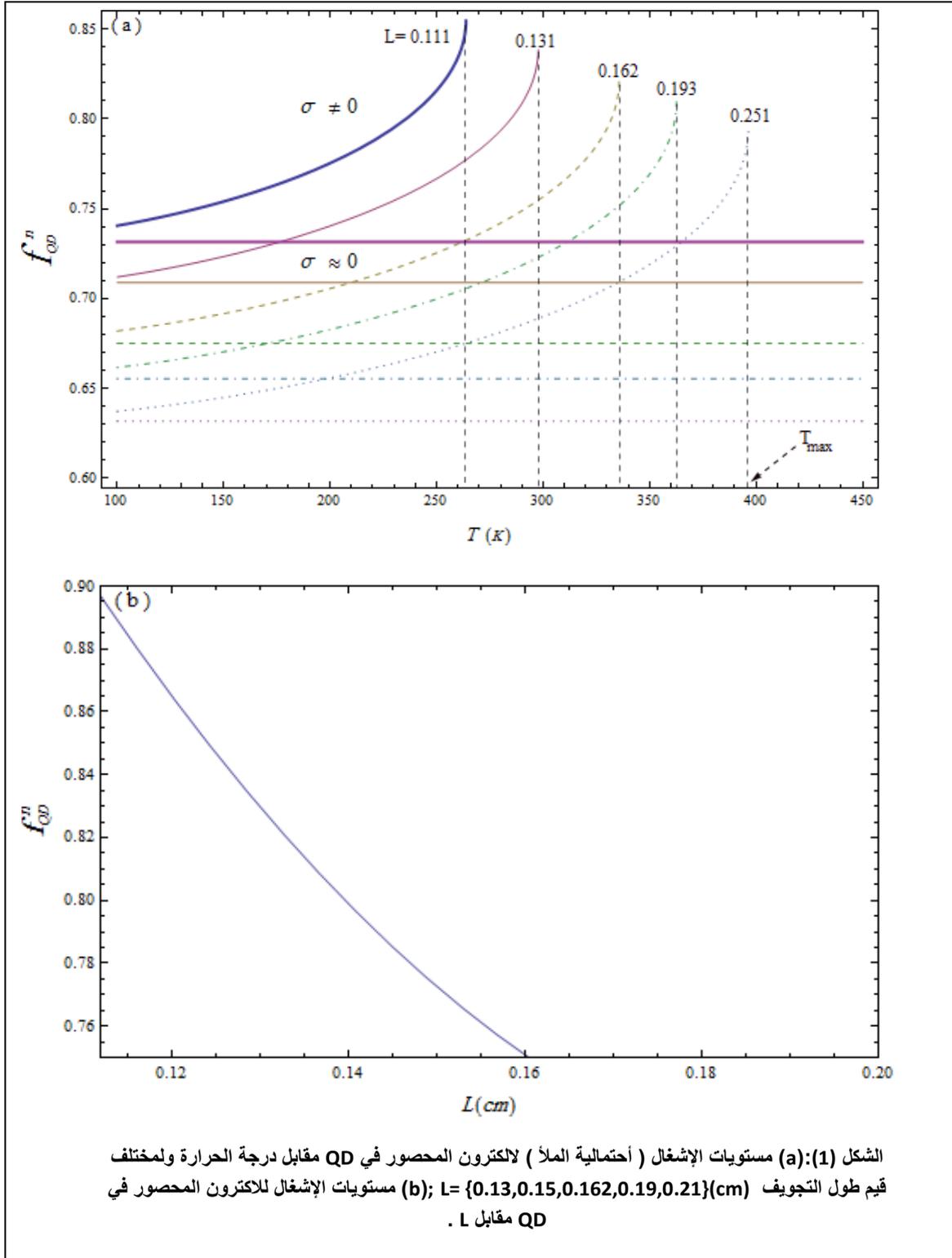
حيث يمكن التعبير عن معادلة  $f_{QD0}^{n,p}$  من معادلة شرط

العتبة غير المعتمدة على درجة الحرارة [8]:

$$f_{QD0}^{n,p} = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{\beta + \alpha_0}{g_{max}} \right) \dots (14)$$

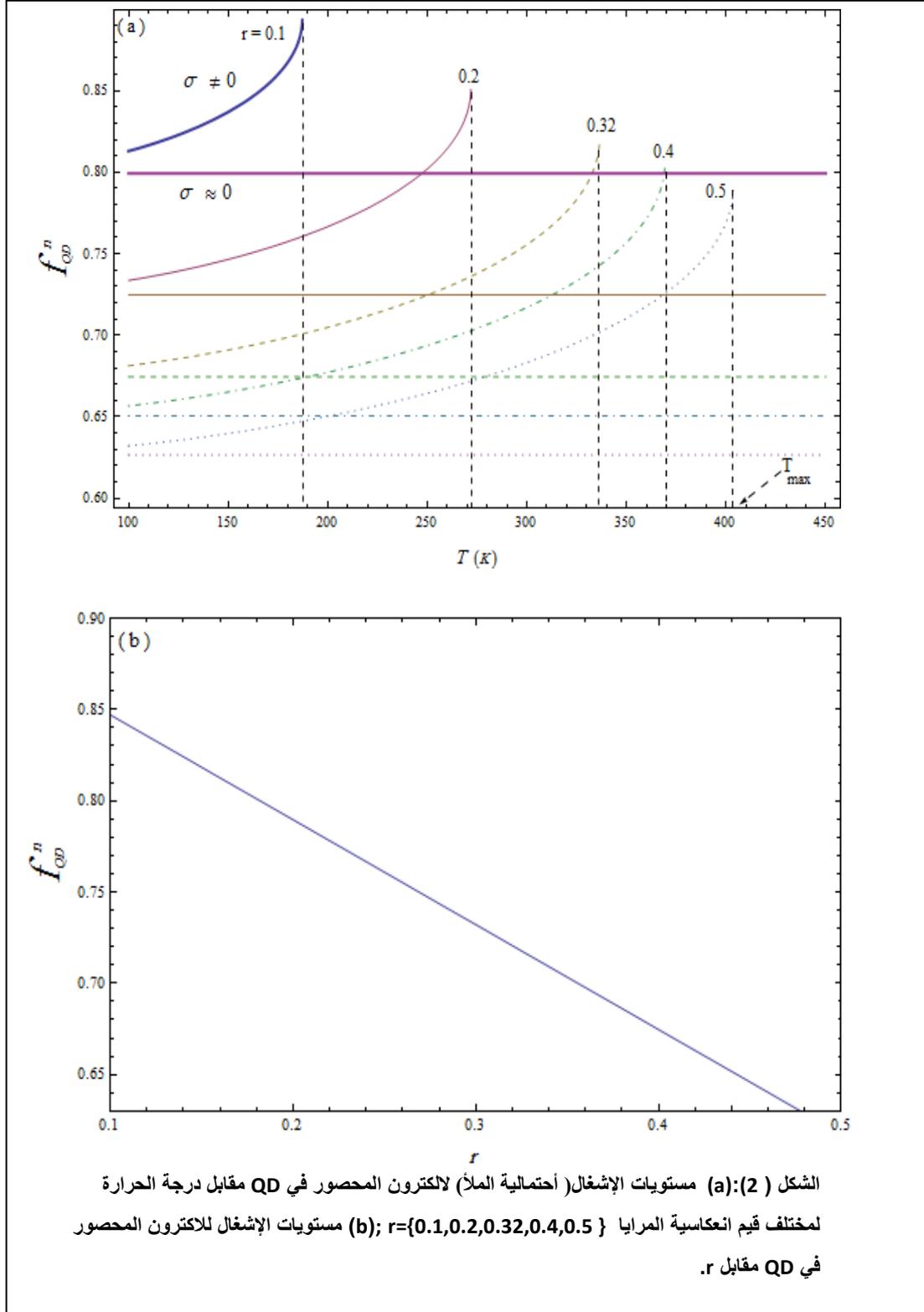
الوحدة	القيمة	الرمز
$A^0$	150	a
ns	1	$\tau_{QD}$
-	0.1	$\Gamma$
cm	0.162	L
$cm^{-2}$	$6.11 \times 10^{10}$	$N_s$
-	0.32	r
$cm^{-1}$	7	$\beta$
$cm^{-1}$	3	$\alpha_0$

يلاحظ من الشكل (1)، إنَّ مستويات أشغال الإلكترون المحصور في QD تزيد مع زيادة درجة الحرارة. تأثير زيادة طول التجويف L، سينخفض مقدار مستويات الأشغال وذلك يعود إلى ارتفاع في خسائر التجويف مع هذه الزيادة. في الوقت نفسه ان زيادة في L يكون لها الأثر الايجابي على مقدار  $T_{max}$  تؤدي الى زيادته للمنظومة QDL.



مستويات الأشغال للإلكترون المحصور في QD. في الوقت نفسه سيعمل  $r$  في زيادة  $T_{\max}$  لمنظومة ليزر QD.

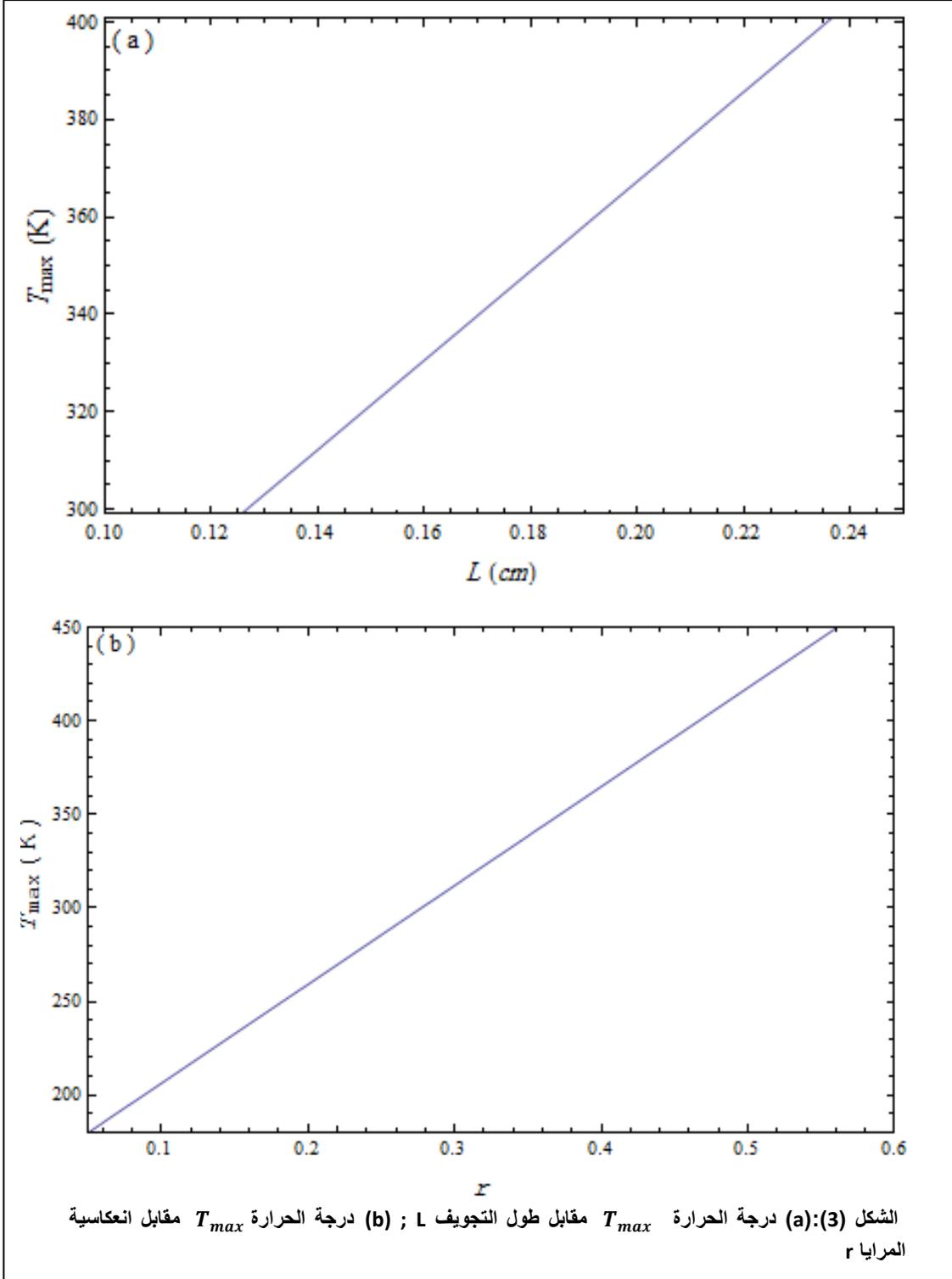
يظهر الحال مشابهاً بزيادة انعكاسية مرايا التجويف الدقيق  $r$ , فنلاحظ من خلال الشكل (2), إنَّ الزيادة في الانبعاثات المحفزة التي ستعمل على خفض



الشكل (2): (a) مستويات الإشغال (أحتمالية الملاء) للإلكترون المحصور في QD مقابل درجة الحرارة لمختلف قيم انعكاسية المرايا  $r = \{0.1, 0.2, 0.32, 0.4, 0.5\}$ ; (b) مستويات الإشغال للإلكترون المحصور في QD مقابل  $r$ .

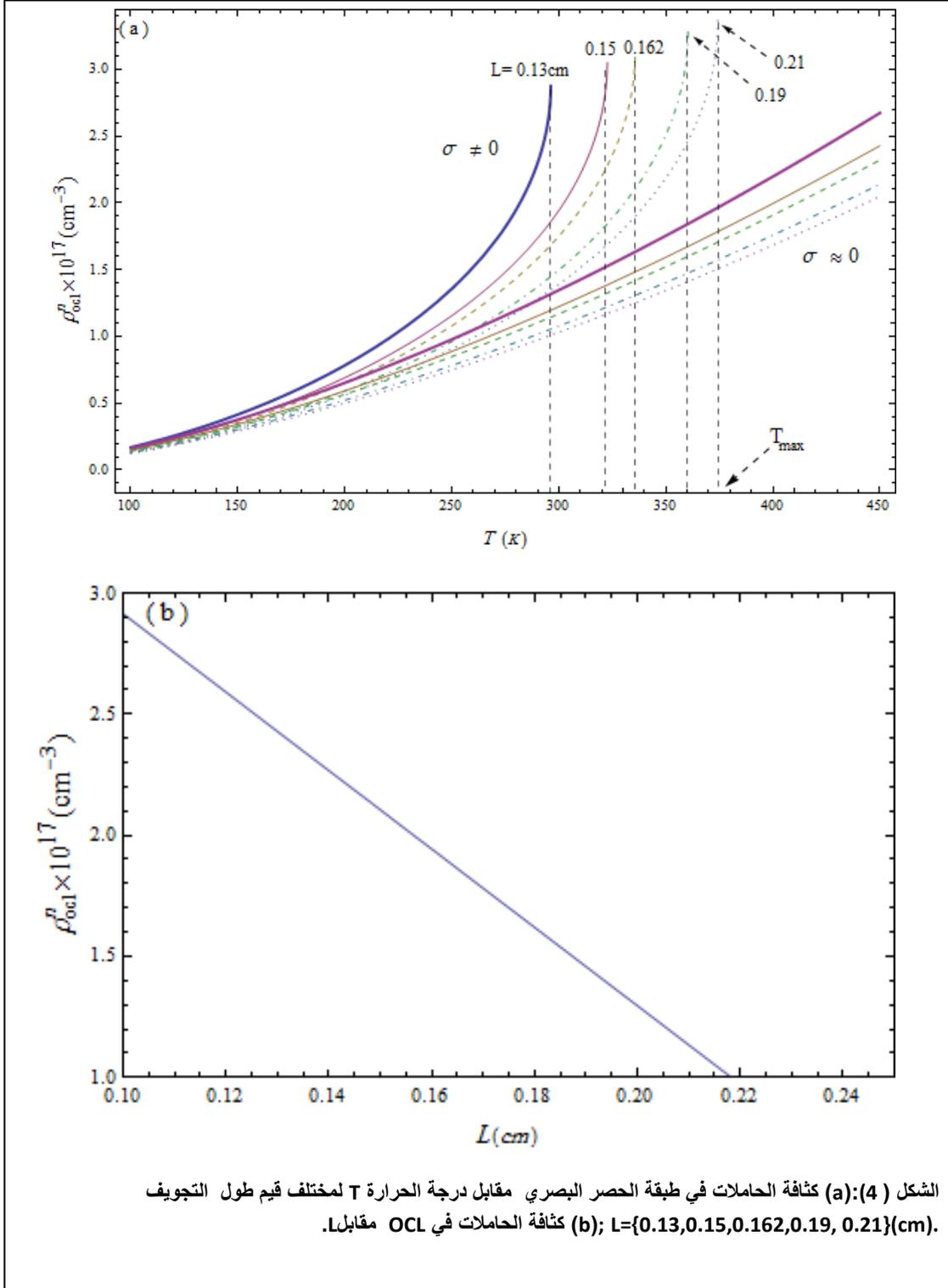
$T_{max}$  المرغوبة لعمل المنظومة. فإذا كان مقدار  $L \simeq 0.178\text{cm}$  و  $r \simeq 0.35$  ,  $T_{max} \simeq 350\text{K}$  , إنه يمكن تقدير كل من

تأثير زيادة هذين العاملين يكون شبه خطي في زيادة  $T_{max}$  كما الشكل (3). يمكن تحديد قيم مثلى لكل من  $L$  و  $r$  من خلال النتائج السابقة لعمل منظومة ليزر QD عند حدود درجة حرارة الغرفة بعد تحديد



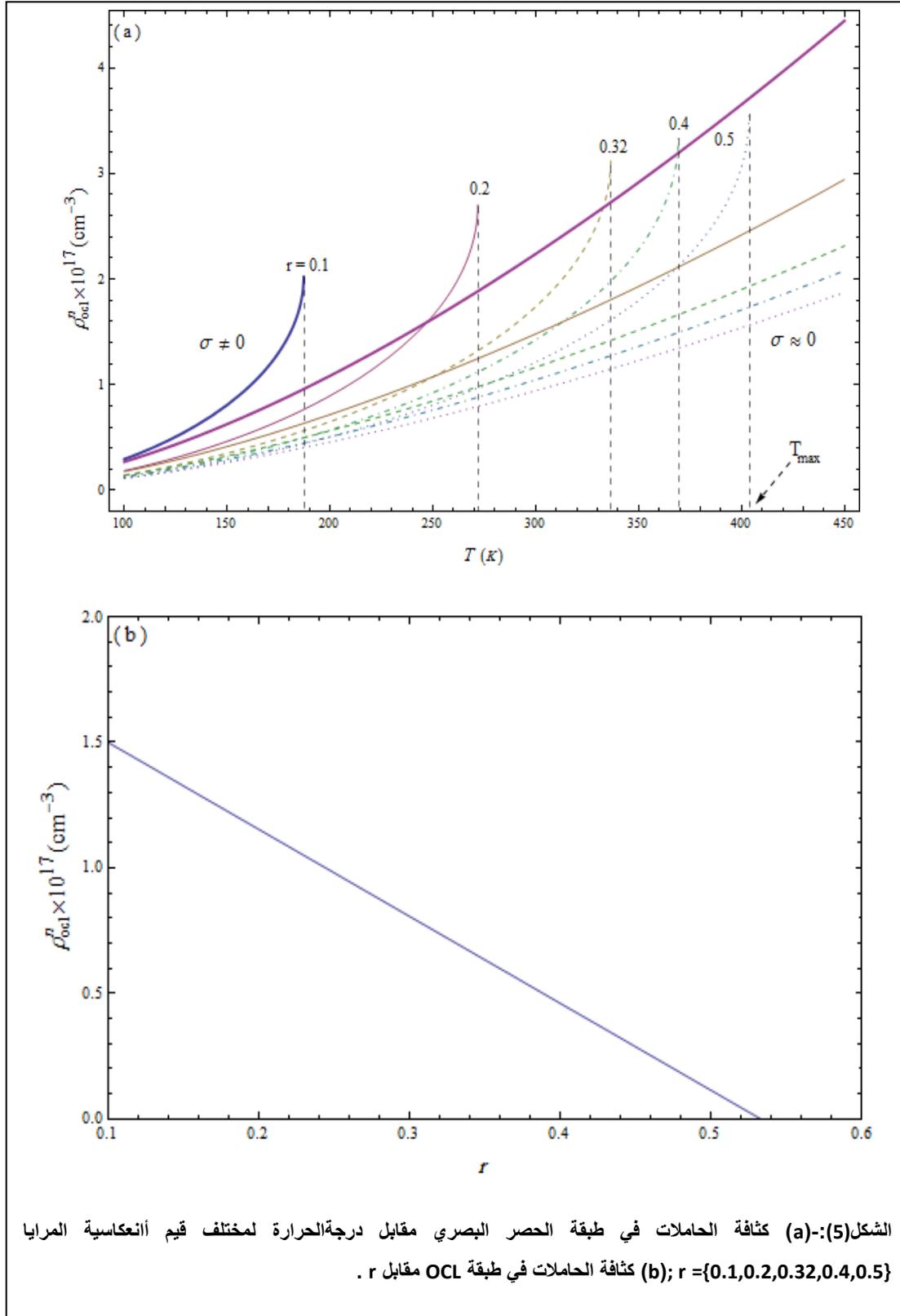
شكل (4.a), حيث يعمل على خفض  $\rho_{ocl}^n$  في كلا الحالتين: عند وجود الخسائر الداخلية للمنظومة ليزر QD أو عدم وجود هذه الخسائر, كما يلاحظ في الشكل (4.b).

إما تأثير معاملي التجويف على كثافة الحاملات في طبقة الحصر البصري (OCL)  $\rho_{ocl}^n$  التي تعتمد على T التي تعد المصدر الرئيسي لأعتماد  $j_{th}$  على T المسئول عن توزيع الحاملات عند عتبة ليزر, فيلاحظ من خلال الشكلين (4) و(5). إن زيادة (L) يكون سلبيا في زيادة  $\rho_{ocl}^n$ , كما يلاحظ ذلك في



الشكل (4): (a) كثافة الحاملات في طبقة الحصر البصري مقابل درجة الحرارة T لمختلف قيم طول التجويف (b); كثافة الحاملات في OCL مقابل L.  $L=\{0.13,0.15,0.162,0.19, 0.21\}$ (cm).

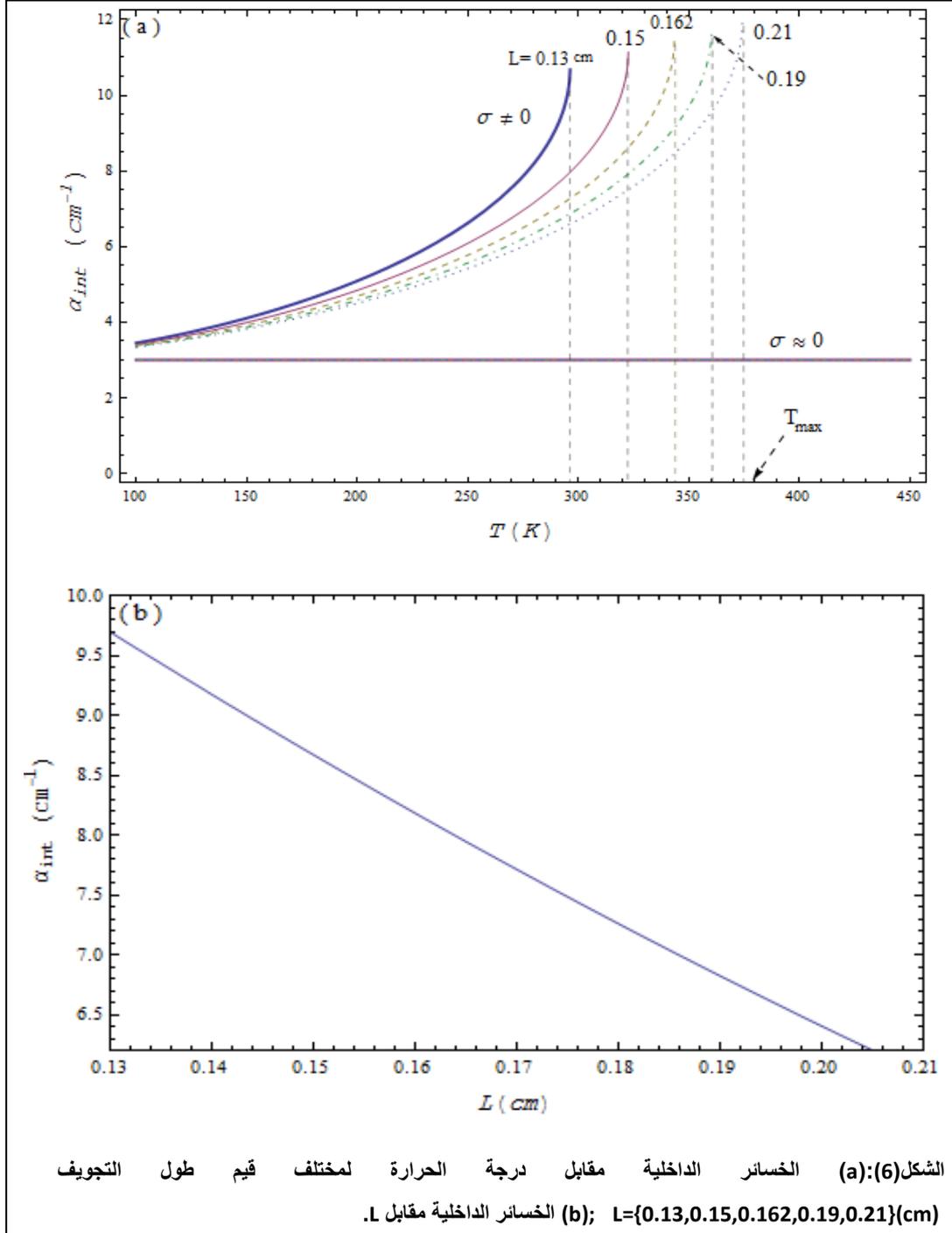
أما تأثير زيادة  $r$  سيقفل من مقدار  $\rho_{ocl}^n$  بشكل لاخطي فيما تظهر زيادة في مقدار  $T_{max}$  كما شكل (5.a), حيث يعمل على خفض  $\rho_{ocl}^n$  في كلا الحالتين: عند وجود الخسائر الداخلية للمنظومة ليزر QD أو عدم وجود هذه الخسائر, كما في الشكل (5.b).



الشكل(5):- (a) كثافة الحاملات في طبقة الحصر البصري مقابل درجة الحرارة لمختلف قيم أنعكاسية المرايا  
 (b) كثافة الحاملات في طبقة OCL مقابل  $r$ .  $r = \{0.1, 0.2, 0.32, 0.4, 0.5\}$

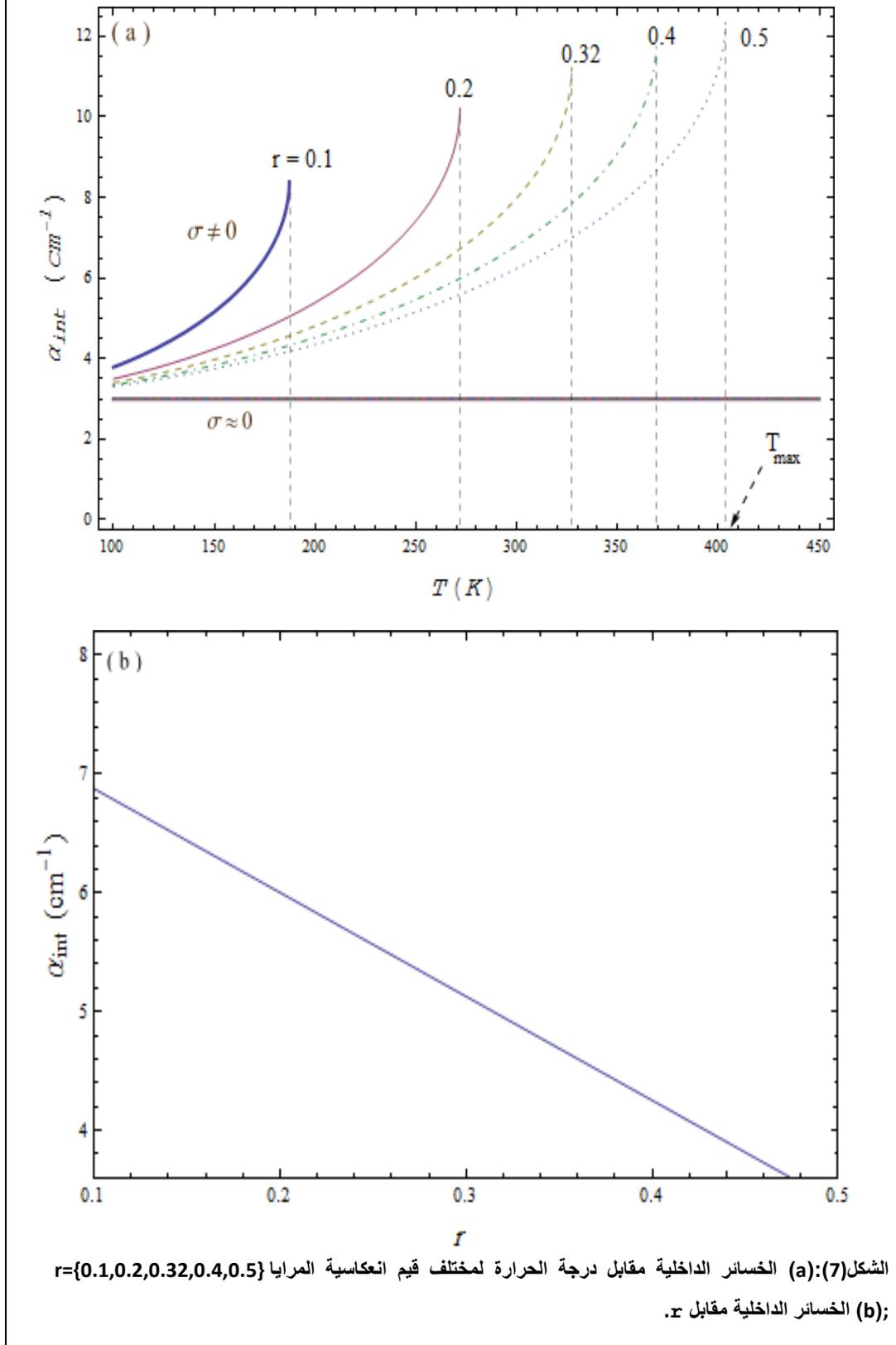
التي تعتمد على المقطع العرضي المؤثر لهذه الحاملات. بينما نجد تأثير التحكم في  $L$  يخففي في المنحنيات التي تتعدم فيها هذه المركبة للخسائر الداخلية  $\sigma \approx 0$ . تتحصر قيم الخسائر الداخلية في نتائج هذا الشكل ضمن مدى القيم الواقعية لليزر شبه الموصل GaInAsP/InP الذي يعمل بطول موجي  $1.55\mu\text{m}$  قيد الدراسة, هذه القيم يمكن عندها تحقيق قلب التعداد و حصول فعل الليزر لنظر أصغر حجم المنطقة الفعالة لـ QDL .

وأظهر تأثير التحكم في معاملي التجويف الدقيق على الخسائر الداخلية للمنظومة ليزر QD التي ترتبط بالحصص لمستوى الأشغال الحاملات في QD و بكثافة الحاملات في OCL ونتيجة لهذا الارتباط الذي يسطر عليه بواسطة شروط العتبة فإن كثافة الحاملات تزداد أكثر مع زيادة الحساسية لدرجة الحرارة. من خلال الشكل (6) نلاحظ إن زيادة طول التجويف يقلل في مقدار الخسائر الداخلية بشكل شبه خطي تقريباً وذلك نتيجة لتقليل  $\rho_{OCL}^n$  التي تدخل في تحديد مقدار الخسائر الداخلية



الشكل (6): (a) الخسائر الداخلية مقابل درجة الحرارة لمختلف قيم طول التجويف (b); الخسائر الداخلية مقابل  $L$ .  $L = \{0.13, 0.15, 0.162, 0.19, 0.21\} \text{cm}$

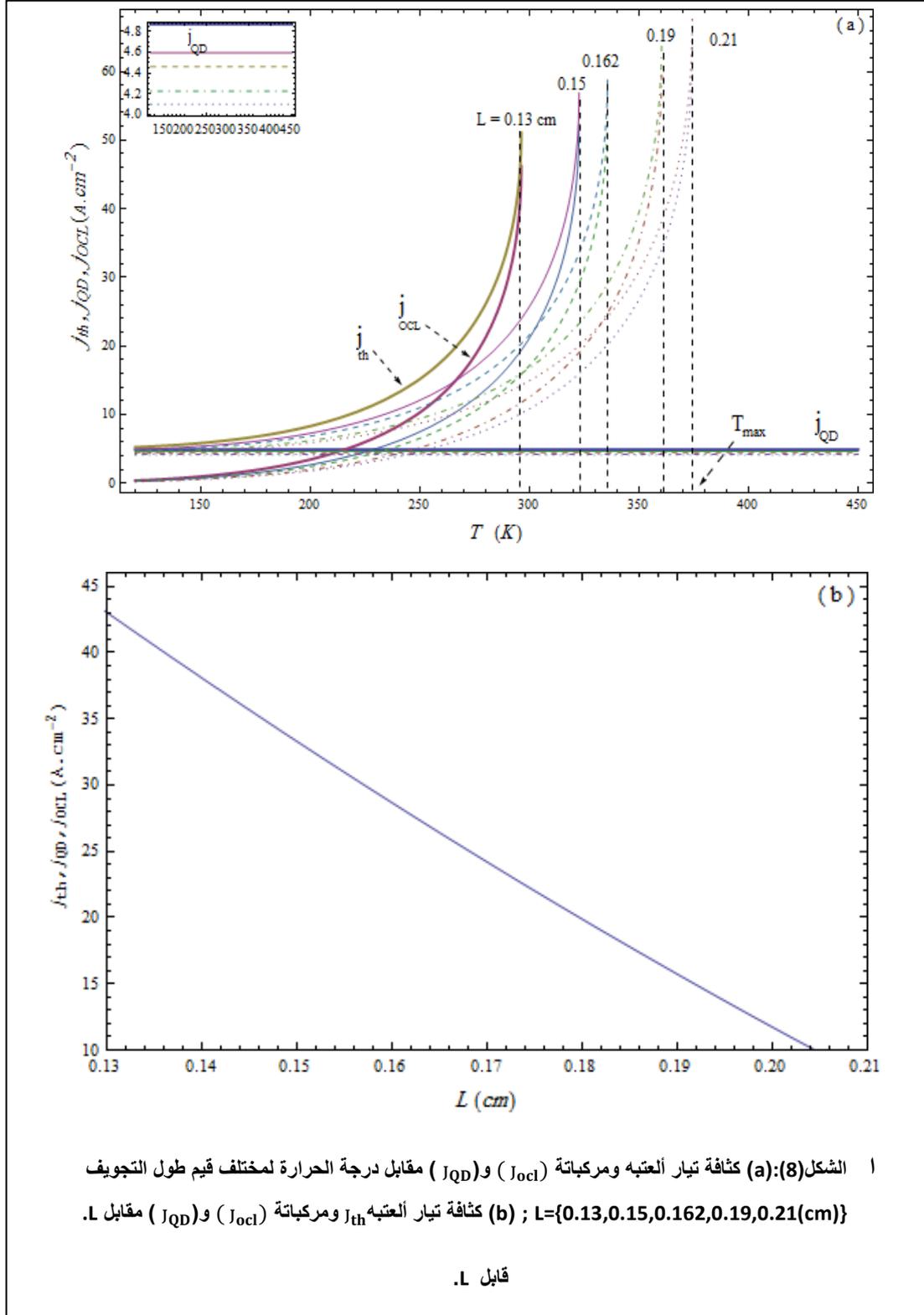
سيكرر الحال تقريباً عند تغير مقدار  $r$ , حيث إن زيادة هذا العامل سيقلل  $\alpha_{int}$  بشكل لأخطي كما هو مبين في الشكل (7), عند حالة  $\alpha \neq 0$ . أما عند  $\alpha \approx 0$  سيتلاشى هذا التأثير يبقى مقدار الخسائر الداخلية حتى مع زيادة درجة الحرارة, إي إن:  $\alpha_{int}(T) = \text{Const}$



الشكل(7):(a) الخسائر الداخلية مقابل درجة الحرارة لمختلف قيم انعكاسية المرايا  $r=\{0.1,0.2,0.32,0.4,0.5\}$ ; (b) الخسائر الداخلية مقابل  $r$ .

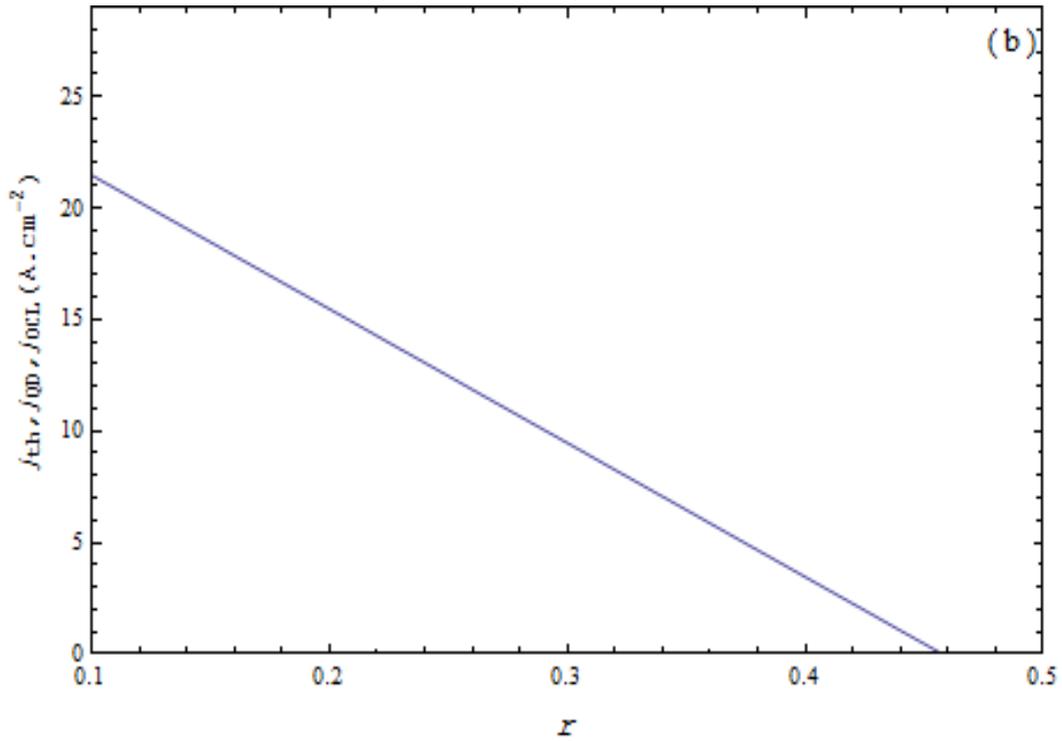
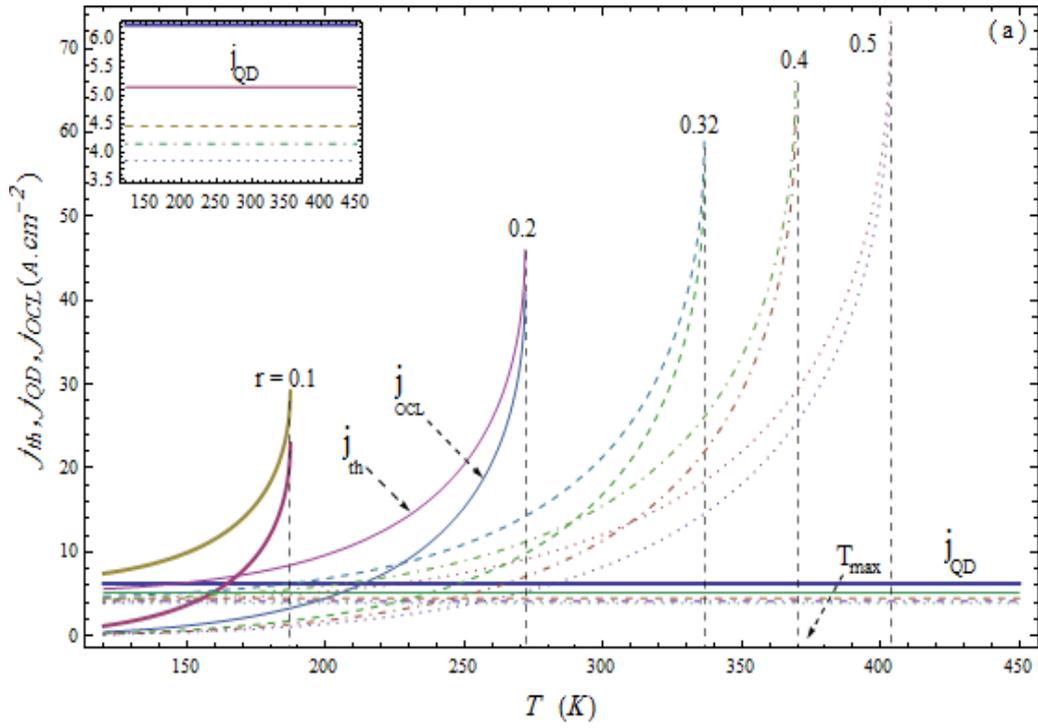
مقدار  $T_{max}$ . ينطبق هذا أيضا على تغيير  $r$  بتأثير لأخطي على المركبات  $j_{th}$  و  $j_{ocl}$  وكذلك على  $T_{max}$  كما يلاحظ خلال الشكل (9)، وهو ما يتوافق مع نتائج شكل (3).

إن التحكم في كل من  $L$  و  $r$  له دور ايجابي في مقدار كثافة تيار أعتبه  $j_{th}$ . هذا الدور يتحقق في كلا المركبتين ( $j_{ocl}$  و  $j_{QD}$ ) كما يلاحظ ذلك في الشكل (8) و (9). فمن خلال شكل (8) تأثير زيادة  $L$  سيعمل على خفض  $j_{ocl}$  و  $j_{QD}$  و الزيادة في



الشكل (8): (a) كثافة تيار أعتبه ومركباته ( $j_{ocl}$ ) و ( $j_{QD}$ ) مقابل درجة الحرارة لمختلف قيم طول التجويف (b) ; كثافة تيار أعتبه  $j_{th}$  ومركباته ( $j_{ocl}$ ) و ( $j_{QD}$ ) مقابل  $L$ .

قابل  $L$ .



الشكل (9): (a) كثافة تيار العتبة ومركباته ( $J_{QD}$  و  $J_{ocl}$ ) مقابل درجة الحرارة لمختلف انعكاسية المرايا

(b) كثافة تيار العتبة  $J_{th}$  ومركباته ( $J_{QD}$ ) و ( $J_{ocl}$ ) مقابل  $r$ .  $r=\{0.1,0.2,0.32,0.4,0.5\}$

### الاستنتاجات :

الداخلية عند وجود مركبة الخسائر المعتمدة على المقطع العرضي للامتصاص، وكذلك كثافة تيار ألبته. في حين إن مقدار  $T_{max}$  لعمل منظومة ليزر سيرتفع، وهذا ما يتفق مع نتائج عملية لباحثين آخرين [11,4]. فمن خلال قيم المعاملات المدروسة لهذا الليزر، نجد إن القيم المثلى لعاملين التجويف الدقيق عند درجه حرارة الغرفة هي  $L \approx 0.178\text{cm}$  و  $r \approx 0.35$  والتي يمكن من خلالها أدراك أعظم درجة حرارة لعمل المنظومة وهي قد تصل إلى حدود  $T_{max} \approx 350\text{K}$

من خلال دراسة تأثير كل من معاملي طول التجويف وانعكاسية المرايا على خصائص منظومة ليزر QD، تبين إن تأثيرهما مباشر في التحكم بعوامل عديدة. إي إن زيادة في هذين العاملين سيعمل على خفض كل من مقدار: مستويات الأشغال الألكترون المحصور في QD، كثافة الحاملات في طبقة الحصر البصري، الخسائر

### المصادر:

- [1] L. Jiang and L.V. Asryan, Laser Physics Letters, 4(4): 265–269, (2007).
- [2] G. P. Agrawal and N. K. Dutta, New York: Van Nostrand Reinhold, p. 473, (1986).
- [3] L. V. Asryan and R. A. Suris, IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, 3(2):148–157, (1997).
- [4] G. M. Ali, Msc. thesis, Albasrah university, College of Education, Science Pure, (2015)
- [5] D. S. Han and L.V. Asryan, Solid–State Electronics, 52:1674–1679, (2008).
- [6] Yuchang .Wu “Theory of Modulation Response of

- Semiconductor Quantum Dot Lasers ” PhD. thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, USA, (2013).
- [7] Levon V. Asryan and Serge Luryi, IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, 40(7):833–843, (2004).
- [8] Li Jiang. “ Theoretical Study of Performance Characteristics of Semiconductor Quantum Dot Lasers”. PhD. thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, USA, (2008).
- [9] L. V. Asryan and R. A. Suris, *Semicond. Sci. Technol*, vol. 11, no. 4, pp. 554–567, (1996).
- [10] Levon V. Asryan, Marius Grundmann, Nikolai N. Ledentsov, Oliver Stier, Robert A. Suris, and Dieter Bimberg , IEEE J. Quantum. Electron, 37 (3), (2001).

[11] R.M. Hassan, C. A. Emshary and H. A. Sulta, Journal of Thi-Qar Science, 4:160-166, (2014).

[12] Yuchang Wu, Robert A. Suris, and Levon V. Asryan, Applied Physics Letters 100, 131106, (2012) .

## The confined carrier Level Occupies in QD, Carrier density in OCL and Threshold current Density Semiconductor of GaInAsP/InP QDL system

Ra'ed M. Hassan

Eyman Th. Shirshap

*Department of Physics, College of Education for Pure Science, University of Basrah, Basrah , IRAQ*

### Abstract:

In this work we studied the effect of cavity parameters (cavity length and mirrors reflection) on some characteristics of GaInAsP/InP laser system with 1.55  $\mu\text{m}$  wavelength. The parameters studied with: carrier density in optical confinement layer, confined Carrier level occupancies in QD ,carrier density, threshold current and internal losses with presence or absence the absorption losses .In addition, we studied role of cavity to determining the maximum temperature  $T_{max}$  of Quantum dot laser operation. The optimum values identified this parameters which depend on the desirable  $T_{max}$  of Quantum dot laser system.

**Keywords** : Quantum dot laser, GaInAsP/InP laser, carrier density in OCL , carrier level occupancies in QD.