تحقيق الخصائص الكهربائية لثنائيات ليزر نقاط الكم المكونة من فوسفيد الانديوم المبنية عند درجات حرارة مختلفة

إعداد

حسناء سلمان السلمي

رسالة مقدمة لنيل درجة الماجستير في العلوم
(فيزياء/ الإلكترونيات الضوئية)

إشراف

د. محمد سعد الغامدي

كلية العلوم

جامعة الملك عبد العزيز

جدة -المملكة العربية السعودية

شوال (١٤٤١هـ) -يونيو(٢٠٢٠م)

تحقيق الخصائص الكهربائية لثنائيات ليزر نقاط الكم المكونة من فوسفيد الانديوم المبنية عند درجات حرارة مختلفة

حسناء سلمان السلمي

إشراف

د. محمد سعد الغامدي

المستخلص

في هذه الأطروحة، تم فحص أو التحقق من تأثير درجة حرارة البناء على الخواص الكهربائية لثنائيات الليزر الحاوية على نقاط الكم من فوسفيد الانديوم نمت على ركائز زرنيخ الجاليوم . إن هياكل الجهاز في هذه الدراسة الحاوية على نقاط الكم من فوسفيد الانديوم التي تبنى عند درجات حرارة بناء مختلفة وتغطى بطبقات المنيوم جاليوم فوسفيد الانديوم وبطبقة جدار الكم من جاليوم فوسفيد الانديوم التي لديها درجة حرارة بناء مختلفة لطبقات جدار الكم والحواجز ونقاط الكم التي اتخذت قيم مختلفة كـ ٧١٠ و٧٣٠ و٧٥٠ درجة مئوية في المركبات. هذه الدراسة تتضمن الكميات الهامة للخواص الكهربائية مثل المقاومة المتسلسلة، معامل المثالية وكثافة تيار التشبع العكسي. في هذه الأطروحة سوف يتم قياس هذه الكميات من خاصية التيار مع الجهد لمركبات مختلفة على نطاق واسع من درجات الحرارة ابتداء من ٧٧ كالفن الي ٤٠٠ كالفن.

إن معامل المثالية للمركبات الثلاثة المدروسة تنخفض مع زيادة درجة الحرارة حتى ٢٧٠ كالفن بسبب التأثير الحراري على الناقلات. اما فوق ٣٠٠ كالفن فإن معامل المثالية يثبت تقريباً وذلك عند القيم ما بين ٢,٠ – ٢,٥ مما يعني أن معامل المثالية يأخذ قيم أقل عند درجات حرارة البناء الأقل والذي يظهر بوضوح عند درجات الحرارة المنخفضة. هذا الانخفاض بسبب العدد الكبير من الحالات المتاحة في الهيكل، مما يؤدي إلى انخفاض كثافة عتبة التيار وبالتالي انخفاض معامل المثالية.

المقاومة المتسلسلة تنخفض مع زيادة درجة الحرارة لجميع المركبات المدروسة بسبب زيادة الطاقة الحرارية، والتي تحرر المزيد من الناقلات من حالاتها. تأخذ المقاومة المتسلسلة للمركب الذي نما عند ٧٣٠ درجة مئوية أعلى قيمة مقارنة بالمركبات الاخرى نظرًا لارتفاع عدد نقاط الكم الصغيرة في هذا المركب والتي تحتوي على نسبة عالية من مادة فوسفات الانديوم ذات مقاومة عالية. لذلك تتوافق المقاومة المتسلسلة مع هذه النسب. علاوة على ذلك، فإن كثافة تيار التشبع العكسي لديها أعلى قيمة للمركب الذي نما عند ٧٣٠ درجة مئوية ولكن فقط عند درجات الحرارة المرتفعة، والتي تتوافق مع سلوك المقاومة المتسلسلة بسبب العدد الكبير من نقاط الكم الصغيرة.

Electrical Properties Investigation of InP Quantum Dot Laser Diodes Grown at Various Temperatures

By

Hasna Salman Alsulami

A thesis submitted for the requirements of the degree of Master of Science in Physics (Physics/ Optoelectronics)

Supervised By
Dr. Mohammed Saad Al-Ghamdi
Associate Professor of Optoelectronic

FACULTY OF SCIENCE
(KING ABDULAZIZ UNIVERSITY)

JEDDAH – SAUDI ARABIA

Shawwal 1441H - June 2020G

Electrical Properties Investigation of InP Quantum Dot Laser Diodes Grown at Various Temperatures

Hasna Salman Alsulami

Dr. Mohammed Saad Al-Ghamdi

ABSTRACT

In this thesis, the effect of growth temperature on electrical properties of InP quantum dot laser diodes grown on GaAs substrates are investigated. Device structures in this study contain self- assembled InP quantum dots grown at various temperatures on a top of $(Al_{0.3}Ga_{0.7})_{0.51}In_{0.49}P$ barriers and capped with $Ga_{0.51}In_{0.49}P$ quantum well layers. The growth temperature of quantum well, barriers and quantum dots layers varied with values of 710^0C, 730^0C and 750^0C in the structures. This study includes an important parameters of electrical properties such as series resistance, ideality factor and reverse saturation current density. In this thesis, these parameters are measured from the current-voltage characteristic for different structures over a wide temperature range starting from 77K to 400K.

The ideality factor of a diode is a measure of how closely the diode follows the ideal diode equation. The ideality factor for the three studied structures are decreasing with increasing temperature until 270K due to the thermionic effect on the carriers. Above 300K, the ideality factor is almost constant within 2.0 -2.5. The ideality factor shows lower values for the lower growth temperature structure which appears clearly at low temperatures. This decrease is due the higher number of available states in the structure, which causes threshold current density to decrease and hence lower ideality factor.

The series resistance decreases with increasing temperature for all studied structures because of the thermal energy increase, which frees out more carriers from their states. The series resistance for structures grown at $730\ ^0$C has the highest value compared to others due to the high number of small dots in this structure, which has high percentage of InP material with high resistivity. Therefore, the series resistance are consistent with this percentage. Furthermore, the reverse saturation current density has the highest value for structure grown at 730^0C but only at high temperatures, which is consistent with the behavior of series resistance due to high number of small dots.