جامعة الموصل
كلية التربية للعلوم الصرفة

محاكاة خصائص الوصلة pn في السيليكون باستخدام نموذج انجراف – انتشار في بعد واحد

روزانا ثابت نوري الياس القس الياس

رسالة ماجستير
الفيزياء

بإشراف
الاستاذ المساعد
الدكتور ممتاز محمد صالح حسين

1441هـ 2020 م

الملخص

يعد نموذج الانجراف –الانتشار من النماذج الاكثر استخداما في دراسة النبائط حيث يستند هذا النموذج على حل معادلة بواسون في شبه الموصل اضافة إلى معادلتي الاستمرارية للالكترونات والفجوات ومعادلات التيار، ان نجاح هذا النموذج في السابق ومع الحاجة إلى تقليص أبعاد النبائط شجع الباحثين على تطبيقه في النبائط في البعد النانوي بعد إجراء التعديلات والتصحيحات الكمية عليه والمستندة إلى ميكانيك الكم. في هذه الدراسة تم حل نموذج الانجراف – الانتشار في البعد الواحد، في البداية تم إيجاد الجهد من خلال حل معادلة بواسون وهي معادلة غير خطية تم تحويلها الى معادلة خطية باستخدام طريقة كومل Gummal، وتم إيجاد تركيز الشحنة لكلا النوعين من الحاملات الالكترونات والفجوات من خلال حل معادلة الاستمرارية وإستخدم نهج Gummal and Scharfetter لحل السلوك الأسي للشحنة عند وجود الجهود الخطية، في النهاية تم تعويض قيم الجهد وتركيز الشحنة لكلا النوعين في معادلة انجراف-انتشار. تم تطبيق هذا النموذج على خمس ثنائيات بنسب تشويب مختلفة تبدأ من 10^{16} cm^{-3} الى 10^{18} لايجاد خصائص الوصلة pn لثنائيات أشباه الموصلات والتي تتضمن حزمة التوصيل وكثافة الشحنة وتركيز الحاملات والمجال الكهربائي وجهد الوصلة وجهد شبه-فيرمي كدالة للمسافة وكذلك خصائص منحني التيار-الفولتية، وتم إيجاد النتائج من خلال عمل برامج حاسوبية والاستفادة من بعض البرامج الحاسوبية الجاهزة، النتائج التي تم الحصول عليها في حالة التوازن وعدم التوازن، هي دراسة تأثير زيادة نسبة التشويب على خصائص الوصلة والتي تؤدي الى زيادة جهد الوصلة وزيادة المجال الكهربائي وزيادة التباعد بين ارتفاع حزمة التوصيل على طرفي الوصلة، وكذلك تأثير زيادة الفولتية الامامية عند درجة حرارة الغرفة تؤدي الى انخفاض جهد الوصلة وتقلص الفرق بين ارتفاع حزمة التوصيل على طرفي الوصلة ويقل المجال الكهربائي في الوصلة ويزداد التيار الامامي، وتم دراسة تاثير زيادة درجة الحرارة على هذه الخصائص وجد انخفاض جهد الوصلة وتقارب بين ارتفاع حزمة التوصيل على طرفي الوصلة بشكل كبير جدا وزيادة التيار الامامي بسبب انخفاض حاجز الوصلة فقط، وبينت النتائج التي تم الحصول عليها تطابقا مع البحوث المنشورة وكانت متوافقة مع الخصائص المعرفة للوصلة pn. أستخدم في هذه الدراسة حالة البعد الواحد ومن خلال المحاكاة اعطت نتائج متقاربة مع نتائج المحاكاة لسلوك الثنائيات الحقيقية، اظهرت الدراسة ان زيادة درجة الحرارة تؤدي الى زيادة تركيز الحاملات النقية، وإن هذا التأثير كان عكسياً مع التحركية إذ إن بزيادة درجة الحرارة قلت التحركية لكلا النوعين من الحاملات الالكترونات والفجوات.

Abstract

The drift-diffusion model is one of the most used models in the study of devices. This model is based on the solution of the Poisson equation in the semiconductor in addition to the continuity equations of electrons and holes and current equations. The success of this model in the past and with the need to reduce the dimensions of these devices encouraged researchers to apply it in the devices in the nanoscale after making quantitative adjustments and corrections based on quantum mechanics. In this study, the drift-diffusion model has been solved in one dimensional case, firstly the potential has been obtained from the solution Poisson equation, this nonlinear equation can be transformed to linear equation using Gummal method, the concentration of both kind of charges electrons and holes has been obtained from the solution of continuity equation, the Gummal and Scharfetter scheme is used to solve the exponential behavior of the charge concentration in the linear potential case, finely the values of potential and charge concentration are substituted in the drift diffusion equations. This model has been applied to five suggested models for diodes with doping concentration started from 10^{16} cm^{-3} to 10^{18} cm^{-3} to find the properties of pn semiconductor diodes such as conduction band, charge density, carrier concentration, electric field, junction potential and quasi Fermi potential as a function of distance as well as the characteristic curve of current-voltage of the diodes. The results in this work computer programs have been written as well as the available standard computer program codes, the obtained results in both equilibrium and non-equilibrium cases shows that as the doping of diode is increased the junction potential, electric field and the band height are increased at room temperature, as the applied forward voltage increased the junction potential, electric field and band height decreased and forward current increased due to the lowering of junction potential, the results of simulation shows good agreement with published results and compatible with the known characteristics of the real diodes. The results of one-dimension drift diffusion model are very closed to real diode results. The effect of increasing temperature on the concentration of carriers and the characteristics of the diode has been studied, the increasing temperature cause an increasing in concentration of carriers while the mobility of the carriers is decreased with increasing temperature for both electrons and holes.

University of Mosul
College of Education
for Pure Sciences

Simulation Properties of the pn Junction in Silicon Using Drift-Diffusion Model in One Dimension

Rozana Thabet Noori Elias Alqas Elias

M.Sc. Thesis
Physics

Supervised by

Asst.Prof.

Dr. Mumtaz M. Hussien

2020 A.D. 1441 A.H.