



جامعة الموصل
كلية التربية للعلوم الصرفة

تحضير ودراسة الفرق المتباين ZnS/ Porous silicon لتطبيقات استشعار الغاز

فاتن بايز محمد امين حسين

رسالة ماجستير
الفيزياء

بإشراف

أستاذ مساعد
الدكتور مروان حفيظ يونس

أستاذ مساعد
الدكتور غزوان غازي علي النعيمي

٢٠٢٤ م

١٤٤٦ هـ

الخلاصة

إن النتائج المستحصل عليها في هذا البحث تضيف رؤيا جديدة في مجال تحضير السليكون المسامي وبخصائص جديدة. تم تحضير طبقة السليكون المسامي النانوي باستخدام تقنية التتميش الكهروكيميائي لشريحة السليكون من النوع القابل (p-type) ذات الاتجاهية (111) وبمقاومية كهربائية ($0.1-10 \Omega.cm$) عند أزمنة تتميش (5, 10, 15 min) في حامض الهيدروفلوريك HF بتركيز عالي 25% وبكثافة تيار ثابت $12 mA/cm^2$. تم دراسة الخصائص التركيبية، والمورفولوجية والكيميائية، والبصرية، والكهربائية للسليكون المسامي النانوي قبل وبعد عملية ترسيب ZnS وعند تراكيز مختلفة (0.1M, 0.3M, 0.5M). من خلال فحص حيود الأشعة السينية ومجهر القوة الذرية والمجهر الإلكتروني الماسح ومطياف فوريير للأشعة تحت الحمراء والخصائص البصرية والكهربائية تم التأكد من أنه تم الحصول على سليكون مسامي ذي تركيب نانوي وأن عملية ترسيب كبريتيد الزنك تعمل على تحسين تلك الخصائص لطبقة السليكون المسامي كدالة لتركيز ZnS. أظهرت فحوصات الحيود الأشعة السينية (XRD) أن العرض الكلي عند منتصف الذروة العظمى للسليكون المسامي تزداد مع زيادة نسبة تركيز ZnS. كما تم الحصول على جميع القمم والأنماط المتماثلة والتي تدل على أن غشاء كبريتيد الزنك يمتلك تركيب سداسي. نلاحظ من صور مجهر القوة الذرية (AFM) والمجهر الإلكتروني الماسح (SEM) بأن السليكون المسامي يمتلك تركيباً اسفنجياً وأن أقطار المسامات وخشونة السطح تقع ضمن المدى النانوي وتزداد مع زيادة تركيز ZnS. أوضحت الدراسة المطيافية للأشعة تحت الحمراء (FTIR) ظهور مجاميع أنماط اهتزاز مختلفة وأن شدة قمم الامتصاص تزداد مع زيادة تركيز ZnS. بينت نتائج الفحوصات البصرية أن هناك زيادة في قيم الامتصاصية ومعامل الانكسار مع زيادة تركيز ZnS، وأن طاقة الفجوة تقل مع زيادة تركيز ZnS. أظهرت الخصائص الكهربائية لطبقة ZnS المرسبة على السليكون المسامي النانوي تحسناً كبيراً مع زيادة التركيز. تبين خصائص تيار- فولتية وأن العينات تسلك سلوكاً تقويمياً حيث نلاحظ أن قيم عامل المثالية والجهد الحاجز يقل مع زيادة التركيز بينما تيار الاشباع العكسي يزداد مع زيادة التركيز. أظهرت النتائج بأن اقصى قيمة كانت تساوي 5.11 للحساسية للمفرق الهجين ZnS/PSi عند تركيز 0.5M مقارنة بالتركيز 0.1M والتي كانت قيمتها 3.0.

Abstract

The obtained results in this research could be added a new vision in the field of preparing porous silicon. The layer of nano-porous silicon is prepared using the electrochemical etching method for a p-type silicon with directionality (111) and electrical resistance ($0.1\text{--}10\ \Omega\cdot\text{cm}$) at etching times (5, 10, 15 min) in 25% concentration of hydrofluoric acid (HF) and a constant current density of $12\text{mA}/\text{cm}^2$. The structural, topographic, chemical, optical and electrical properties of nano-porous silicon are studied with and without zinc sulfide (ZnS) deposition for different concentrations (0.1M, 0.3M, 0.5M). It is demonstrated through the X-ray diffraction, atomic force microscopy, scanning electron microscopy, Fourier infrared spectroscopy, and optical and electrical properties that the porous silicon with a nanostructure is obtained and the deposited ZnS layer improves the properties of the porous silicon. X-ray diffraction (XRD) showed that the total width at the center of the maximum peak of porous silicon increases with increasing the ZnS concentration. Moreover, all identical peaks and patterns are obtained, which indicate that the ZnS layer has a hexagonal structure. We also notice from the images of the atomic force microscope (AFM) and the scanning electron microscope (SEM) that the porous silicon has a spongy structure and the pore diameters and surface roughness within the nano-scale range which is increase with increasing the ZnS concentration. In addition, the FTIR spectroscopy shows the aggregates that appearance with different vibration modes of bonds with intensity of the absorption peaks that increases with increasing ZnS concentration. The results of optical properties show that there is a decrease in the values of the absorbance, reflectivity, and refractive index with increasing ZnS concentration, and the gap energy also decreases with increasing ZnS concentration. The electrical properties of ZnS layer deposited on nano-porous silicon showed a significant improvement with increasing its concentration. The current-voltage characteristics show that the samples have Rectifier behavior, we can noticed that the values of the ideality factor and the barrier voltage decrease with increasing the ZnS concentration, while the reverse saturation current increases with increasing the ZnS concentration. The results shows that the value of the maximum sensitivity is equal to 5.11 for the ZnS/PSi hetrojunction at the ZnS concentration of 0.5M compared to the concentration of 0.1M, which find to be 3.0. The above results display that the ZnS film deposited on porous silicon can be applied in the field of gas sensors

**University Of Mosul
College Of Education
For Pure Science**



Preparation and study of ZnS/Porous silicon heterojunction for gas sensing applications

Faten Bayiz Mohammed Ameen Hussein

**M.Sc. Thesis
Physics**

Supervised by

**Assist. Prof.
Dr.Ghazwan Ghazi Ali**

**Assist. Prof.
Dr. Marwan Hafeedh Younus**

2024 A.D.

1446 A.H.