جامعة الموصل

كلية العلوم

الخواص الكهربائية والتركيبية لخلية شمسية متعددة الطبقات (Si-ZnO-CNT)

حنان عبد الهادي جاسم

رسالة ماجستير

علوم الفيزياء

باشراف

المدرس الدكتور محمد محمود يونس

2021 م

1442هـ

الخلاصة

خروجا من تحضير الخلايا الشمسية ببنيتها المتعارف عليها كمفرق p–n ، تم تصنيع وبناء خلايا شمسية تتكون من ثلاث طبقات وذلك لتحسين تحسسها للضوء وبالتالي زيادة امتصاصيتها للضوء ، حيث تم ترسيب أغشية رقيقة من شبه الموصل أوكسيد الخارصين ZnO على قواعد زجاجية وشرائح سيليكون باستخدام طريقة الترسيب بالحمام الكيميائي Chemical Bath Deposition (CBD) وقد تمت دراسة تأثير العديد من العوامل على خصائص هذه الأغشية ألبصرية ، التركيبية والكهربائية .

تم القيام بتحريك المحلول بأقل سرعة للمحرك المغناطيسي stirrer خلال عملية الترسيب ، وقد كانت النتيجة هي الحصول على أغشية رقيقة ذات سمك ثابت تقريبا بغض النظر عن مدة الترسيب التي كانت بين (1–3 hr) ,عن درجة حرارة الترسيب (50 , 70 and 85°C) وعن التغير في تركيز هيدروكسيد البوتاسيوم اذ بلغ سمك الأغشية المحضرة بحدود 29–30μm .

تم دراسة تأثير درجة حرارة المحلول خلال عملية الترسيب(بثبات تراكيز المواد الكيميائية) ، ووجدنا من صور المجهر الالكتروني الماسح أن حجم الحبيبات يقل مع زيادة درجة حرارة الترسيب بسبب الزيادة في حركية المحلول مع ارتفاع درجة الحرارة واتفق هذا مع طيف ألاشعة السينية وطيف رامان للعينات .

تمت دراسة تأثير تغير تركيز هيدروكسيد البوتاسيوم (0.22 , 0.32 and 0.42 gm)عند درجة حرارة وزمن ترسيب ثابتين (1hr and 85°C) ، اذ أظهرت صور المجهر الالكتروني ظهور ورود نانوية في الأغشية المحضرة من محاليل تحتوي على 0.22gm من هيدروكسيد البوتاسيوم ، في حين ظهرت القضبان النانوية الى جانب الورود النانوية ، ولكن بكثافة قليلة عند التركيز 0.32gm ، بينما أصبحت القضبان النانوية هي التركيب المسيطر وبكثافة عالية عند التركيز 0.42gm . كما اظهرت صور المجهر الالكتروني أيضا زيادة في أبعاد الحبيبات والتراكيب النانوية مع زيادة تركيز الهيدروكسيد نتيجة لزيادة التفاعل بين هيدروكسيد البوتاسيوم وكلوريد الزنك مما سيؤدي الى زيادة تولد هيدروكسيد الزنك.

تم تلدين العينات عند درجة حرارة 300°C ولمدة (1hr) وقد اظهرت صور المجهر الالكتروني حدوث تغير في البنية التركيبية من ورود نانوية الى قضبان نانوية للأغشية الملدنة ، ولكن عند زيادة درجة حرارة التلدين الى 400°C ولمدة 1hr ، لم يظهر هذا التغيير في البنية التركيبية اذ أعاقت درجة حرارة التلدين تولد القضبان النانوية ، كما أظهرت صور المجهر الالكتروني زيادة في تجميع الحبيبات وابعادها ، يرافق ذلك ظهور الورود النانوية بأبعاد اكبر وبشكل واضح بعد التلدين عند 500°C وبزمن تلدين(2hr).

تم ترسيب طبقات باسماك نانوية من الكاربون وأظهرت صور المجهر الالكتروني ازدياد ابعاد حبيبات الكاربون النانوية مع تغير سمك الغشاء ، فقد تراوحت أبعاد الحبيبات النانوية بين (25.29–51.15 nm) لطبقة الكاربون التي بسمك (60.4 nm) في حين اصبح ابعادها عند السمك (82.7 nm) بين (38.62– 101.80nm) ، أما عند السمك (95.2nm) فقد تراوحت بين (33.98–146.91 nm) ، كما اظهر طيف الأشعة السينية X–ray spectrum مجموعة من القمم منها $2\theta=69.27^{o}$ والتي تعود الى

التراكيب النانوية لأوكسيد الخارصين ZnO وقمم اخرى عند الزوايا 31.5^{o} و $2\theta=29.27^{o}$ والتي تعكس تولد أنابيب الكاربون النانوية في طبقة الكاربون ، وهذا يتفق مع طيف رامان اذ ظهرت مجموعة من القمم منها ما يعود الى التراكيب النانوية لأوكسيد الخارصين عند الاطوال الموجية $100cm^{-1}$ و$514cm^{-1}$ ، كما ظهر ايضا في طيف رامان القمم G & D والتي تعطي إثباتاً ثانياً على تولد انابيب الكاربون النانوية ، وظهرت القمة D بشكل واضح عند الطول الموجي $1348.837\ cm^{-1}$ بينما ظهرت القمة G عند الطول الموجي $1451.139\ cm^{-1}$.

تم دراسة الخواص البصرية للاغشية المحضرة ، اذ وجدنا ان قيمة فجوة الطاقة عند درجة حرارة ترسيب $50^{o}C$ تغيرت من 3.25eV عند التركيز 0.22gm الى 3.1eV عند التركيز 0.42gm ، أما قيمة فجوة الطاقة عند درجة حرارة ترسيب $70^{o}C$ فقد تغيرت من 3.2eV تقريبا عند التركيز 0.22gm الى 3.1eV تقريبا عند التركيز 0.42gm ، وانخفضت قيمة فجوة الطاقة عند درجة حرارة $85^{o}C$ من 3.2eV عند التركيز 0.22 gm الى 2.7 eV تقريبا عند التركيز 0.42gm .ان التقارب في قيمة فجوة الطاقة عند التركيز 0.32gm يمكن أن يعود الى تعدد أنواع التراكيب النانوية المتكونة في الأغشية المحضرة(ورود وقضبان نانوي) بينما عند التراكيز 0.22gm و 0.42gm نجد ان التراكيب النانوية التي تكونت فيها ورود نانوية وقضبان نانوية نقية على التوالي .

أظهرت الخواص البصرية أيضا أن قيمة فجوة الطاقة لم تتغير تقريبا لمدى من درجات حرارة التلدين بين (^{o}C 250–400) اذ كانت تقريبا بحدود 3.2eV بعد التلدين لمدة (1hr) بينما أصبحت قيمة فجوة الطاقة بحدود 3.09eV بعد التلدين عند $500^{o}C$ وبنفس الفترة الزمنية وعند زيادة زمن التلدين الى (2hr) عند درجة حرارة $500^{o}C$ انخفضت قيمة فجوة الطاقة من (3.09eV) لزمن تلدين (1hr) الى تقريبا (3.06eV) .

تمت دراسة الخواص الكهربائية لمفرق Si–ZnO و للمفرق Si–ZnO–CNT ، اذ ظهرت الخواص الكهربائية مشابهة لخواص الدايود بالانحيازين الأمامي والعكسي ، بحالتي الظلام والضوء اذ كانت شدة الضوء المسلط بحدود (15 W) وقل التيار مع زيادة الوزن لهيدروكسيد البوتاسيوم KOH (0.22,0.32 and 0.42gm) للأغشية المحضرة . اما شدة ألتيار في خواص تيار – فولتية للمفرق Si–ZnO–CNT بالانحياز ألامامي والعكسي فوجدنا انه يزداد مع زيادة سمك طبقة الكاربون (42 , 60.4 , 82.7 and 95.2 nm).

تمت دراسة خواص الخلية الشمسية للمفرقين وقد كان تاثير شدة الضوء الساقط على الخلية واضحاً ، اذ كان التغير كبيراً في قيمة تيار الدائرة المغلقة وفولتية الدائرة المفتوحة لكل شدة . ان التغير في تركيز هيدروكسيد البوتاسيوم للمفرق Si–ZnO قد ادى الى زيادة في تيار الدائرة المفتوحة ويعود ذلك الى التغير في البنية التركيبية للاغشية المحضرة ، كما وجدنا أن شدة التيار للخلية الشمسية Si–ZnO–CNT يزداد مع زيادة سمك طبقة الكاربون(42 , 60.4 , 82.7 and 95.2 nm) .

Abstracts

As a departure from the preparation of solar cells with their well-known structure as a p-n junction, three-layer solar cells were manufactured and built in order to improve their sensitivity to light and thus increase their light absorption.Thin films of zinc oxide semiconductor (ZnO) were deposited on glass and silicon wafer substrates using Chemical Bath Deposition (CBD) method. The effect of many factors on the optical, structural and electrical properties was studied.

We stirred the solution at the lowest speed of the magnetic stirrer during the deposition process, and the result thin films have almost constant thickness regardless of the deposition period, which was between (1-3 hr), the deposition temperature (50, 70 and 85oC) and the change in the concentration of potassium hydroxide, the thickness of the prepared films reached the limits of 29-30 μm.

The effect of the solution temperature during the deposition process was studied (with the stability of chemical concentrations) and we found from the scanning electron microscope images that the size of the particles decreases with the increase in the deposition temperature due to the increase in the kinetics of the solution with the increase in temperature and this agreed with the X-ray spectrum and Raman spectrum .

The effect of variation of the potassium hydroxide concentration (0.22, 0.32 and 0.42 gm) at a constant temperature and deposition time (1hr and 85oC) was studied. Scanning Electron microscopy images showed the appearance of nanoflowers in the films prepared from solutions containing 0.22gm of potassium hydroxide, while The nanorods with a low density appeared with the nanoflowers, at the concentration of 0.32gm, finally the nanorods became the dominant composition with a high density at the concentration of 0.42gm. The electron microscope images also showed an increase in the dimensions of the particles and nanostructures with an increase in the hydroxide concentration as a result of the increase in the interaction between potassium hydroxide and zinc chloride, which will lead to an increase in the generation of zinc hydroxide.

The samples were annealed at a temperature of 300 ^{o}C for a period of 1hr ، , SEM images show a gradual change in the structure from nanoflowers to nanorods

in the annealed films, but when the annealing temperature was increased to 400 ^{o}C for a period of 1hr, this change did not appear in the structure as the annealing temperature obstructed the generation of the nanorods , the electron microscope images also showed an increase in the aggregation of particles and their dimensions, accompanied by the appearance of nano-flowers with larger dimensions and clearly after annealing at 500^{o}C for 2hr .

Layers of carbon nano-thickness were deposited, and electron microscopy images showed an increase in the dimensions of the carbon nanoparticles with the change in the thickness of the film. The dimensions of the nanoparticles ranged between (25.29-51.15 nm) for the layer of carbon with (60.4 nm) thickness , while its dimensions became at (82.7 nm) thickness between (38.62-101.80nm) and at thickness (95.2nm) it ranged between (33.98-146.91 nm) . X-ray spectrum showed a group of peaks, including 2θ=69.27^{o}, which belong to the nanostructures of zinc oxide ZnO and other peaks at angles 2θ= 31.5^{o} and 2θ=29.27^{o} are reflect the generation of carbon nanotubes in the carbon layer. The G & D peaks also appeared in the Raman spectrum, which gives a second proof of the generation of carbon nanotubes. The D peak appeared clearly at the wavelength of 1348.837 cm^{-1}, while the G peak appeared at the wavelength of 1451.139 cm^{-1}.

The optical properties of the prepared films were studied. We found that the energy gap value at deposition temperature of 50^{o}C changed from 3.25eV at 0.22gm concentration to 3.1eV at 0.42gm concentration, while the energy gap value at 70^{o}C deposition temperature changed from approximately 3.2eV at concentration. 0.22gm to approximately 3.1eV at 0.42gm concentration, and the energy gap value at 85^{o}C decreased from 3.2eV at 0.22gm concentration to approximately 2.7 eV at 0.42gm concentration. The convergence in the energy gap value at 0.32gm concentration could be due to the multiplicity of nanostructures types that formed in the prepared films (nanoflowers and nanorods), while a pure nanflowers and nanorods have been formed at 0.22gm and 0.42gm concentrations respectively.

The optical properties also showed that the energy gap value was almost unchanged for a range of annealing temperatures between (400-250oC), where it was about 3.2eV after annealing for a period of (1hr), while the energy gap value became about 3.09eV after annealing at 500^{o}C and for the same time period When

the annealing time was increased to 2hr at a temperature of 500^{o}C, the energy gap value decreased from (3.09eV) for the annealing time (1hr) to approximately (3.06eV).

The electrical properties of Si-ZnO junction and Si-ZnO-CNT junction were studied, the current-voltage characteristics appeared similar to those of the forward and reverse bias diodes, in both dark and light states, where the intensity of the shining light was within (15 W) and the current decreased with increasing weight of potassium Hydroxide KOH (0.22). ,0.32 and 0.42gm) for prepared films. As for the current strength in the current-voltage properties of the Si-ZnO-CNT junction with the forward and reverse bias, we found that it increases with the increase in the thickness of the carbon layer (42, 60.4, 82.7 and 95.2 nm).

The properties of the solar cell were studied for the both junctions , and the effect of the intensity of the incident light on the cell was clear, as the change was significant in the value of the closed circuit current and the open circuit voltage for each intensity. The change in the concentration of potassium hydroxide for the Si-ZnO junction led to an increase in the open circuit current due to the change in the structure of the prepared films. We also found that the current intensity of the Si-ZnO-CNT solar cell increases with the increase in the thickness of the carbon layer (42, 60.4 , 82.7 and 95.2 nm).

University of Mosul

College of Sciences

The Electrical And Structural Properties Of Multilayer Structure Solar Cell(Si-ZnO-CNT)

Hanan Abd Al Hadi Jasim

M.Sc. Thesis

Physics

Supervised by

Dr. Mohammad Mahmood Uonis

1442 A.H. **2021 A.D.**