جامعة الموصل

كلية التربية للعلوم الصرفة

دراسة تأثير العيوب على أداء الخلية الشمسية (CdTe)

باستخدام برنامج المحاكاة SCAPS-1D

عوض خضير محمود سلطان

رسالة ماجستير

الفيزياء

بأشراف

الأستاذ

الدكتور رعد احمد رسول

1444هـ

2023 م

الخلاصة:

المرحلة الأُولى من الدراسة هي معرفة تأثير العيوب الموجودة في طبقة الامتصاص وطبقات الخلية الشمسية الأُخرى والطبقة البينية لخلايا تيلورايد الكاديميوم على كفاءة الخلية واستقرارها؛ إذ سيركز هذا الجزء على التحقق من تأثير هذه العيوب على الخواص الكهربائية للخلية الشمسية، وتم الاختيار في هذا العمل على محاكاة الخلية الشمسية باستخدام برنامج SCAPS- ID ذي البعد الواحد؛ إذ تم الاعتماد على الخلية الشمسية المُكونة من تيلوريد الكاديميوم (CdTe) كطبقة امتصاص Absorber layer وبسمك (0.25 µm) والطبقة النافذة Windows هي ستانيت الزنك (Zn_2Sn0_4) وبسمك (0.05 µm) وطبقة كبريتيد الكادميوم المؤكسد (CdS:O) هي الطبقة الخازنة Buffer layer وبسمك (0.025 µm) وطبقة أوكسيد القصدير المفلور (FTO) كطبقة أُوكسيد المُوصِّل الشفاف وبسمك (0.1 µm) وطبقة تيلورايد النحاس (Cu_2Te) هي طبقة الانعكاس الخلفي (BSF) وبسمك (0.1 µm) وكانت افضل النتائج التي تم الحصول عليها هي :

(V_{oc} = 0.85V ، J_{sc} = 38.07mA/cm^2 ، FF=86.37% ، η=28.07%)، أظهرت النتائج أَنَّه عندما أزدادت كثافة العيوب في الطبقة الماصة من (1×10^9 1/cm^3) إلى (1×10^{18} 1/cm^3) مع الإبقاء على معلمات الخلية الأُخرى دون تغيير وكذلك الإبقاء على كثافة العيوب لبقية طبقات الخلية الشمسية وطبقة السطح البيني على ما هي عليه لوحظ أَنَّ معلمات الخلية {جهد الدائرة المفتوحة (V_{oc}) و تيار الدائرة القصيرة (J_{sc}) و عامل المليء (FF) وكفاءة التحويل (η)} انخفضت بشكل كبير عند الكثافة العالية للعيوب. وكذلك تم تغيير كثافة العيوب في كل من الطبقة النافذة وطبقة الانعكاس الخلفي كُلاً على حِدة مع الإبقاء على بقية المعلمات في طبقة الامتصاص والطبقات الأُخرى على ماهي عليه، وكذلك تم تغيير كثافة العيوب في الطبقة البينية مع تثبيت بقية المعلمات، وكانت النتائج مشابهة لما تم الحصول عليه في طبقة الامتصاص؛ إذ مع التراكيز العالية للعيوب فإنَّ معلمات الخلية تنخفض بشكل ملحوظ وكذلك تم الحصول على نتائج مشابهة عندما تمت زيادة مساحة المقطع العرضي لالتقاط الإلكترونات والفجوات في الطبقات الرئيسة للخلية الشمسية والطبقة البينية ماعدا طبقة الامتصاص التي لم تُأثر زيادة مساحة المقطع العرضي للالتقاط لها على أَداء

الخلية الشمسية . المرحلة الثانية من هذه الدراسة هي دراسة تأثير درجة الحرارة على معلمات الخلية الشمسية ($FTO/Zn_2SnO_4/CdS:O/CdTe/Cu_2Te$)؛ إذ تمت دراسة تأثير درجات الحرارة المختلفة من K(400-270) وبزيادة (10 K) عند كل قراءة؛ إذ وجد أَنَّ الكفاءة η وعامل الملىء FF وفولتية الدائرة المفتوحة V_{oc} تتناقص مع زيادة درجات الحرارة مع أزدياد طفيف في تيار الدائرة القصيرة J_{sc}. والمرحلة الثالثة هي دراسة تأثير مقاومة التوالي (R_s) كعامل خارجي ووجد أَنَّ زيادة مقاومة التوالي تعمل على خفض أَداء الخلية الشمسية وكذلك تمت دراسة تأثير مقاومة التوازي (R_{sh}) كعامل خارجي أيضاً على أَداء الخلية الشمسية، إذ وِجد أَنَّ زيادة مقاومة التوازي تعمل على تحسين أَداء الخلية الشمسية وزيادة معلمات الإخراج. جميع مراحل الدراسة تمت بتثبيت طيف الإضاءة الافتراضي على المقياس العالمي Am1.5 ودرجة الحرارة 300K والتردد 1MHz والفولتية 0V، كما أن مقاومة التوالي (Rs) ومقاومة التوازي (Rsh) لم يتم تفعيلهُما في المرحلة الأُولى والثانية للبحث؛ لأَنَّ الخلية هي خلية مثالية، يمكن أَن تساعد نتائج المحاكاة في هذا العمل الباحثين في اختيار أفضل المواد لصنع طبقات مثلى وتصميم خلية ذات أَداء وكفاءة عالية بالتحكم في العوامل التي يمكن أَن تؤدي إلى تقليل كفاءة الخلية.

Abstract

The first stage of this study is to know the effect of defects on the absorption layer and other layers of the solar cell and the interlayer of cadmium telluride cells on the efficiency of the cell. And its stability. This part will focus on checking the effect of the defects on their electrical properties. In this work, a simulation of the solar cell was selected using the one-dimensional program SCAPS-ID, where the solar cell consisting of five layers [absorber layer (CdTe) with thickness of (0.25 μm), windows layer (CdS:O)with thickness of (0.025 μm)Buffer layer (Zn_2Sno_4)with thickness of (0.05 μm), transparent conduction oxide layer (FTO)with thickness of (0.1 μm), Back reflection layer (Cu_2Te) with thickness of (0.1μm)]. The best results obtained were {η=28.07 %, FF=86.37 %, J_{sc}=38.07 mA/cm^2, V_{oc}=0.85 V}.The results showed that when the density of defects in the absorbent layer was different from (10^9 cm^{-3}) to (10^{18} cm^{-3}) while keeping the other cell parameters unchanged, as well as keeping the defects density for the rest of the solar cell layers and the interface layer the same, it is noticed that the cell parameters {open circuit voltage (V_{oc}), short circuit current (J_{sc}),Fill Factor (FF), and conversion efficiency (η)}.Significantly decreased at high density of defects. It is also changed the defect density in each of the Window layer and the back reflection layer separately, while keeping the rest of the parameters in the absorption layer and the other layers the same. It is also worked on changing the density of defects in the interlayer while stabilizing the rest of the parameters, and the results were similar to what we obtained in the absorption layer, where with high concentrations of defects, the cell parameters decrease significantly. It is also obtained similar results when increasing the cross-sectional area to capture electrons and gaps in the main layers of the solar cell and the interlayer, except for the absorption layer, which did not affect the increase in the cross-sectional area of capture on the performance of the solar cell. The second stage of this study is to study the effect of temperature on the

parameters of the solar cell.(FTO/Zn_2SnO_4/CdS:O/CdTe/Cu_2Te), where different temperatures from (270 K-400 K) were studied. It is found that the efficiency η and fill factor FF decreases with increasing temperatures. The third stage is to study the effect of series resistance (R_s) as an external factor, and it is found that increasing the series resistance reduces the performance of the solar cell. The effect of Shunt resistance (R_{sh}) as an external factor was also studied on the performance of the solar cell, as it is found that increasing the parallel resistance improves the performance of the solar cell and increases the output parameters. All phases of this study were accomplished by fixing the hypothetical lighting spectrum on the global scale Am1.5, the temperature is 300 K, the frequency is 1 MHz, and the voltage is 0 V. Also, the series resistance (R_s) and parallel resistance (R_{sh}) were not activated in the first and second stages of the research, considering that the cell is an ideal cell. The simulation results in this work can help researchers to make rational choices of materials and design a cell with high performance by controlling factors that can lead to the degradation of cell efficiency.

University of Mosul

College of Education

for Pure Sciences

Studying the Effect of Defect on the Performance of Solar Cell (CdTe) using SCAPS-1D Simulation Program

Awadh Khudair Mahmoud

M.Sc. Thesis

Physics

Supervised by

Prof.

Dr.Raad Ahmed Rasool

2023 A.D **1444 A.H**