جامعة المُوصل

كلية التربية للعلوم الصرفة

دراسة إمكانية التوصيل للأداء الأمثل للخلية الشمسيَّة /CIGS OVC/CdS/i-ZnO بإستخدام برنامج SCAPS-1D

عبد المجيد أحمد خضر عبدالله

رسالة ماجستير

الفيزياء

بإِشراف

الأُستاذ

الدكتور رعد أحمد رســـــول

١٤٤٧هـ ٢٠٢٥م

الخلاصة:

في هذه الدراسة تم إقتراح الخلية الشمسية الكالكوبرايت (CIGS/OVC/CdS/i-ZnO)، كانت نتائج الخلية الشمسية باستخدام برنامج المحاكاة SCAPS-1D لخصائص فولتية- التيار (I-V) مايلي: (V_{oc}=0.5587 V, J_{sc} =31.68 mA/cm^2, FF=61.40%, η=10.87%)، من أجل التوصل إلى خلية شمسية أكثر وثوقاً وبخصائص (I-V) عالية، تم إجراء إختبار أنواعاً مختلفة لكل طبقة من طبقات الخلية الشمسية المقترحة وكلاً على حدى، تم أولاً إجراء إختبار أنواع متعددة من طبقات أوكسيد الموصل الشفاف Transparent Conductive Oxides (TCO)، وهي كلا مما يلي: (ITO, SnO_2, ZTO, FTO, ZnO:AL, V_2O_2, ZnO) ، كانت الطبقة الأمثل من بين هذه الطبقات وذات كفاءة عالية هي (SnO_2)، وأفضل سُمك كان عند 0.1µm. كذلك تم إختبار أنواع متعددة من الطبقات النافذة Windows Layers، وهي كلاً مما يلي: (CdZnS, ZnTe, CdS:O,Zn_2SnO_4, ZnS,CdS) وكانت أفضل طبقة من النوع وذات كفاءة عالية هي (ZnS)، كما تم إختبار أنواع متعددة من الطبقة الموائمة Buffer Layers وهي كلاً مما يلي: (CdS:O, CdO, ZnSe, In_2S_3, OVC)، وكانت أفضل طبقة وذات كفاءة عالية هي (ZnSe)، كما تم دراسة تأثير تغير سمك طبقة الماصة Absorber Layer (CIGS) على مخرجات الخلية الشمسية النهائية المعدلة وتبين أفضل سُمك هو(5µm)، بعد إعتماد كل من الطبقة النافذة والطبقة الموائمة وطبقة أوكسيد الموصل الشفاف فأصبحت الخلية النهائية المعدلة (CIGS/ZnSe/ZnS/SnO_2) عندها أصبحت مخرجات الخلية الشمسية لخصائص فولتية- التيار (I-V) مايلي:

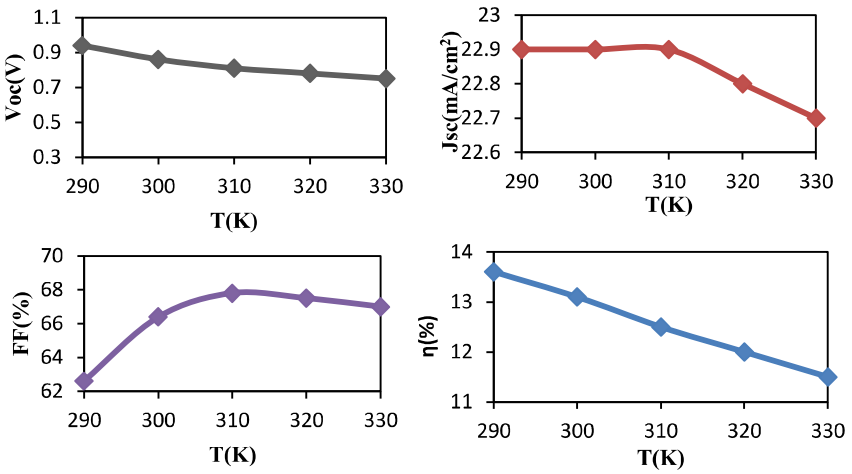
(V_{oc}=0.55226V, J_{sc}=31.910mA/cm^2, FF=64.76%, η=11.42%).

كما تم دراسة تأثير درجات الحرارة على مخرجات الخلية الشمسية ضمن المدى من (290K-330K)، فقد وجد بأن كفاءة الخلية الشمسية η قد تتناقصت مع إزدياد درجات الحرارة، كما تم دراسة تأثير مقاومتي التوالي (Rs) والتوازي (Rsh) على أداء الخلية الشمسية، ووجد أن زيادة مقاومة التوالي قد عملت على إنخفاض أداء الخلية الشمسية، وكانت مقاومة التوازي قد عملت على تحسين أداء الخلية الشمسية وزيادة في مخرجات الخلية الشمسية، كما تم إضافة طبقة السطح الخلفي (BSF)، وإختبارها مع طبقات متعددة منها (PbTe, Cu_2Te, Si,

($MOSe_2$,CdTe) وكانت أفضل طبقة وذات كفاءة عالية هي (CdTe) وأفضل سمك لها هو (0.1µm)، إن إضافة طبقة (BSF) عملت على زيادة كفاءة الخلية إلى (26.47%)، كما تم دراسة تأثير طبقة (BSF) بالنسبة لسمك طبقة الإمتصاص وتبين أن إضافة طبقة (BSF) أسهم في تقليل سمك طبقة الإمتصاص من (5µm) إلى (1µm) وزادت من كفاءة الخلية الشمسية من (26,47%) إلى (27.5%)، كما تم دراسة تأثير فجوة الطاقة للطبقة الماصة CIGS، وكانت النتائج النهائية التي تم الحصول عليها هي ($Voc=6.525Volt,Jsc=37.577mA/cm^2,FF=60.298\%,\eta=28.25\%$)، إن جميع مراحل هذه الدراسة تم تثبيت طيف الإضاءة الإفتراضي على المقياس العالمي (AM 1.5) ودرجة الحرارة عند (300 K) والتردد (1 MHz).

دراسة إمكانية التوصيل للأداء الأمثل للخلية الشمسية CIGS/OVC/CdS/i-ZnO بإستخدام برنامج SCAPS-1D

المؤلف: عبدالمجيد احمد خضر عبدالله المشرف أ.د رعد احمد رسول الناشر : جامعة الموصل

الملخص البياني	النتائج
	تم دراسة تغيير درجات الحرارة ضمن مدى (290-330)K على مخرجات الخلية الشمسية وهي كلاً من (Voc,Jsc,FF,η) ولوحظ أن زيادة درجات الحرارة تؤثر سلباً على مخرجات الخلية الشمسية إذ تبين حصول إنخفاض في مخرجات الخلية مع زيادة درجات الحرارة ويعزى السبب في ذلك إلى زيادة كلاً من المقاومة ومعدلات إعادة الإتحاد الحراري للإلكترونات والفجوات مع ارتفاع درجات الحرارة، حيث تناقصت كفاءة الخلية η بشكل حاد بسبب إنخفاض كلا من فولتية الدائرة المفتوحة Voc وتيار الدائرة القصرJsc فضلاً عن زيادة تيار التشبع العكسي، حيث كانت أعلى كفاءة بلغت حوالي (13.6%) عندما كانت درجة الحرارة (290K) بينما بلغت قيمتها (11.5%) عندما إرتفعت درجة الحرارة إلى (330K).

المستلخص

في هذه الدراسة تم إقتراح الخلية الشمسية الكالكوبرايت (CIGS/OVC/CdS/i-ZnO)، كانت نتائج الخلية الشمسية باستخدام برنامج المحاكاة SCAPS-1D لخصائص فولتية- التيار (I-V) مايلي: (V_{oc}=0.5587 V, J_{sc} =31.68 mA/cm^2, FF=61.40%, η=10.87%)، من أجل التوصل إلى خلية شمسية أكثر وثوقاً وبخصائص (I-V) عالية، تم إجراء إختبار أنواعاً مختلفة لكل طبقة من طبقات الخلية الشمسية المقترحة وكلاً على حدى، تم أولاً إجراء إختبار أنواع متعددة من طبقات أوكسيد الموصل الشفاف Transparent Conductive Oxides (TCO)، وهي كلا مما يلي: (ITO, SnO_2, ZTO, FTO, ZnO:AL, V_2O_2, ZnO) ، كانت الطبقة الأمثل من بين هذه الطبقات وذات كفاءة عالية هي (SnO_2)، وأفضل سُمك كان عند 0.1µm. كذلك تم إختبار أنواع متعددة من الطبقات النافذة Windows Layers، وهي كلاً مما يلي: (CdZnS, ZnTe, CdS:O,Zn_2 SnO_4, ZnS,CdS)، وكانت أفضل طبقة من النوع وذات كفاءة عالية هي (ZnS)، كما تم إختبار أنواع متعددة من الطبقة الموائمة Buffer Layers وهي كلاً مما يلي: (CdS:O, CdO, ZnSe, In_2S_3, OVC)، وكانت أفضل طبقة وذات كفاءة عالية هي (ZnSe)، كما تم دراسة تأثير تغير سمك طبقة الماصة Absorber Layer (CIGS) على مخرجات الخلية الشمسية النهائية المعدلة وتبين أفضل سُمك هو(5µm)، بعد إعتماد كل من الطبقة النافذة والطبقة الموائمة وطبقة أوكسيد الموصل الشفاف فأصبحت الخلية النهائية المعدلة (CIGS/ZnSe/ZnS/SnO_2) عندها أصبحت مخرجات الخلية الشمسية لخصائص فولتية- التيار (I-V) مايلي:

(V_{oc}=0.55226V, J_{sc}=31.910mA/cm^2, FF=64.76%, η=11.42%).

كما تم دراسة تأثير درجات الحرارة على مخرجات الخلية الشمسية ضمن المدى من (290K-330K)، فقد وجد بأن كفاءة الخلية الشمسية η قد تتناقصت مع إزدياد درجات الحرارة، كما تم دراسة تأثير مقاومتي التوالي (Rs) والتوازي (Rsh) على أداء الخلية الشمسية، ووجد أن زيادة مقاومة التوالي قد عملت على إنخفاض أداء الخلية الشمسية، وكانت مقاومة التوازي قد عملت على تحسين أداء الخلية الشمسية وزيادة في مخرجات الخلية الشمسية، كما تم إضافة طبقة السطح الخلفي (BSF)، وإختبارها مع طبقات متعددة منها (PbTe, Cu_2Te, Si, $MOSe_2$,CdTe) وكانت أفضل طبقة وذات كفاءة عالية هي (CdTe) وأفضل سمك لها هو (0.1µm)، إن إضافة طبقة (BSF) عملت على زيادة كفاءة الخلية إلى (26.47%)، كما تم دراسة تأثير طبقة (BSF) بالنسبة لسمك طبقة الإمتصاص وتبين أن إضافة طبقة (BSF) أسهم في تقليل سمك طبقة الإمتصاص من (5µm) إلى (1µm) وزادت من كفاءة الخلية الشمسية من (26,47%) إلى (27.5%)، كما تم دراسة تأثير فجوة الطاقة للطبقة الماصة CIGS، وكانت النتائج النهائية التي تم الحصول عليها هي (Voc=6.525Volt,Jsc=37577mA/cm^2,FF=60.298%,η=28.25%)،

Abdulmajid.23esp15@student.uomosul.edu.iq

الكلمات المفتاحية

برنامج SCAPS-1D

الخلية الكالكوبرايت (CIGS)

طبقة السطح الخلفي (BSF)

كبريتيد الزنك (ZnS)

الطبقة الموائمة

https://uomosul.edu.iq/libcentral

E-Mail : central_library@uomosul.edu.iq

Abstract:

In this study, a chalcopyrite-based solar cell structure (CIGS/OVC/CdS/i-ZnO) was proposed. The current-voltage (I-V) characteristics obtained using SCAPS-1D simulation software showed the following results:(Voc = 0.5587 V, Jsc = 31.68 mA/cm², FF = 61.40%, and efficiency (η) = 10.87%). To develop a more reliable solar cell with enhanced I-V characteristics, various materials were individually tested for each layer of the proposed solar cell. First, different Transparent Conductive Oxide (TCO) layers were examined, including ITO, SnO_2, ZTO, FTO, ZnO:Al, V_2O_2, and ZnO. Among these, SnO_2 demonstrated the highest efficiency, with an optimal thickness of 0.1 µm. Next, various window layers were evaluated, including CdZnS, ZnTe, CdS:O, Zn_2SnO_4, ZnS, and CdS. ZnS was found to be the most efficient window layer. For the buffer layer, different materials were tested, including CdS:O, CdO, ZnSe, In_2S_3, and OVC. ZnSe showed the best performance among them. The effect of the absorber layer (CIGS) thickness on the solar cell performance was also studied, revealing that the optimal thickness is 5 µm. After integrating the optimal TCO, window, and buffer layers, the improved solar cell structure (CIGS/ZnSe/ZnS/SnO_2) exhibited the following I-V characteristics: (Voc = 0.55226 V, Jsc = 31.910 mA/cm², FF = 64.76%, and η = 11.42%).

The impact of temperature on cell performance was investigated within the range of (290 K) to (330 K). It was found that the efficiency (η) decreased with increasing temperature. Additionally, the effects of series resistance (Rs) and shunt resistance (Rsh) were examined. Higher Rs values led to reduced cell performance, while increased Rsh improved performance and output. A Back Surface Field (BSF) layer was also introduced and tested using different materials, including PbTe, Cu_2Te,

Si, $MoSe_2$, and CdTe. CdTe showed the best performance, with an optimal thickness of 0.1 µm. The addition of the BSF layer enhanced the efficiency to (26.47%). Moreover, the inclusion of the BSF layer allowed for a reduction in absorber thickness from (5µm) to (1µm), while increasing the efficiency from (26.47%) to (27.5%). The effect of the CIGS absorber's bandgap on efficiency was also studied, And the final results obtained were (Voc=6.525Volt,Jsc=37.577mA/cm^2,FF=60.298%, η=28.25%), All simulation conditions were standardized with an illumination spectrum of (AM 1.5), temperature set at (300 K), and a frequency of (1 MHz).

University of Mosul

College of Education

for Pure Sciences

Study Conductivity Feasibility Optimization for Performance Solar Cell CIGS/OVC/CdS/i-ZnO Using SCAPS-1D

Abdul majid Ahmed Khidr Abdullah

M.Sc. Thesis

Physics

Supervised by

Prof.

Dr.Raad Ahmed Rassol

2025A.D. **1447 A.H.**