



جامعة الموصل

كلية التربية للعلوم الصرفة

دراسة أداء خلايا البيروفسكايت الشمسية ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$)

باستخدام برنامج المحاكاة SCAPS-1D

رؤاد سالم محمود سليم

رسالة ماجستير

الفيزياء

بإشراف

الأستاذ

الدكتور رعد أحمد رسول

في هذه الدراسة تم تركيب هيكل الخلية الشمسية ذات أعلى كفاءة نسبة الى الخلايا الاخرى والمكونة من خمس طبقات هي طبقة السطح الخلفي Back Surface Filed Layer وتم اختيار تيولوريد الزنك (ZnTe) وطبقة الإمتصاص Absorber Layer وهي البيروفسكايت $(\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3)$ والطبقة الخازنة Buffer Layer وهي أوكسيد التيتانيوم (TiO_2) والطبقة النافذة Window Layer و هي أوكسيد الزنك (ZnO) وطبقة أوكسيد الموصل الشفاف Transparent Conductive Oxides وهي أوكسيد القصدير المطعم بالفلور (FTO)، التي تم تصميمها بعد تجريب العديد من المواد لكل طبقة على حدى لطبقات الخلية الشمسية، واختيار الطبقة الأفضل التي تكون عندها كفاءة الخلية الشمسية أعلى ما يكون، وتم استخدام البرنامج الحاسوبي SCAPS-1D لمحاكاة هياكل الخلايا الشمسية، بعد تثبيت كل طبقة للخلية الشمسية تمت دراسة تأثير تغيير سمك الطبقة المختارة على مخرجات الخلية الشمسية وهي فولتية الدائرة المفتوحة (V_{oc}) وعامل المليء (FF) وكثافة تيار دائرة القصر (J_{sc}) وكفاءة الخلية (η) ، وكان الهيكل النهائي للخلية المعتمدة في هذه الدراسة يتكون من الطبقات والسماك بالشكل الآتي:

$$\text{ZnTe} = (0.05) \mu\text{m}, \text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3 = (1) \mu\text{m}, \text{TiO}_2 = (0.05) \mu\text{m},$$

$$\text{ZnO} = (0.1) \mu\text{m}, \text{FTO} = (0.1) \mu\text{m},$$

كذلك تم دراسة تأثير إضافة الطبقة النافذة على سُمك الطبقة الموائمة وجد أنَّها تُساعد على تقليل سُمك الطبقة الموائمة؛ إذ تم تقليل سُمك الطبقة الموائمة (TiO_2) من سمك $(0.5) \mu\text{m}$ إلى سمك $(0.05) \mu\text{m}$ بعد إضافة الطبقة النافذة التي تعمل على تقليل تيار التسرب الأمامي مما يؤدي إلى زيادة كفاءة الخلية الشمسية، أيضًا تم دراسة تأثير سمك طبقة الانعكاس الخلفية BSF

على سمك الطبقة الماصّة وعلى كفاءة الخلية الشمسية وتبيّن أنّ إضافة طبقة BSF إلى الخلية الشمسية أسهم في تقليل سمك الطبقة الماصّة من $5\ \mu\text{m}$ إلى $1\ \mu\text{m}$ كما ازدادت كفاءة الخلية الشمسية من (27.35 %) إلى (28.82 %). أيضًا تم دراسة تأثير تغيير درجة الحرارة على معاملات الخلية الشمسية، وتبيّن أنّ كفاءة الخلية الشمسية η تتناقص مع زيادة درجات الحرارة. تمت الدراسة بتثبيت طيف الإضاءة على المقياس الدولي (AM 1.5)، ودرجة الحرارة عند درجة (300 K)، والتردد (1 MHz)، ولم يتم تفعيل مقاومة التوالي (R_S) ومقاومة التوازي (R_{SH}) باعتبار أن الخلية التي تم دراستها هي خلية مثالية.

Abstract:

In this study, the structure of the solar cell with the highest efficiency has been made and consisted of five layers that were the Back Surface Filed Layer and Zinc Telluride (ZnTe) were selected, Absorber Layer (perovskite) ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$) was selected, the Buffer Layer, which is titanium oxide (TiO_2), the window layer, which is zinc oxide (ZnO), and the transparent conductive oxide layer, which is fluorine doped tin oxide (FTO). It was designed after testing many materials for each layer separately for the layers of the solar cell and selecting the best layer which has the highest efficiency of the solar cell. The computer program (SCAPS-1D) was used to simulate the structures of solar cells. After fixing each layer of the solar cell, the effect of changing the thickness of the selected layer on the output of the solar cell has been studied that are open circuit voltage (V_{OC}), fill factor (FF), short circuit current density (J_{SC}), cell efficiency (η). The final structure of the cell adopted in this study consisted of layers and thicknesses as follows:

ZnTe= (0.05) μm , $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ = (1) μm , TiO_2 = (0.05) μm ,

ZnO= (0.1) μm , FTO= (0.1) μm .

The effect of adding the window layer on the thickness of the buffer layer was also studied and it was found to help in reducing the thickness of the buffer layer where the thickness of the buffer layer was reduced (TiO_2) from (0.5 μm) to (0.05 μm) after adding the window layer, which works to reduce the forward leakage current, which leads to an increase in the efficiency of the solar cell. Also the effect of the thickness of the (BSF) Back Surface Filed Layer on the thickness of the absorber layer and the efficiency of the solar cell was studied and it was found that adding the

BSF layer to the solar cell contributed to reducing the thickness of the absorber layer from (5 μ m) to (1 μ m) and the efficiency of the solar cell increased from (27.35%) to (28.82%). Also the effect of changing the temperature on the parameters of the solar cell was studied and it was found that the efficiency of the solar cell (η) decreased with increasing temperatures. The study was carried out by fixing the lighting spectrum on the international scale (AM 1.5), temperature at (300 K) frequency (1 MHz) and series resistance (R_S) and parallel resistance (R_{SH}) were not activated considering that the studied cell was an ideal cell.

**University of Mosul
College of Education
for Pure Science**



**Studying the performance of perovskite solar
cells ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$) using SCAPS-1D simulation
program**

Raddad Salem Mahmoud

M.Sc Thesis

Physics

Supervised by

Prof.

Dr. Raad Ahmed Rasool

2023 A.D

1444 A.H