دراسة تأثير أنواع مختلفة من الأرضيات السليكونية على خواص الخلايا الشمسية نوع MOS

يحيى نوري الجمال
كلية العلوم /قسم الفيزياء
جامعة الموصل

سعدالله توفيق سليمان
كلية العلوم /قسم الكيمياء
جامعة الموصل

عاصم احمد عيسى
كلية العلوم /قسم الفيزياء
جامعة الموصل

تاريخ الاستلام
2013/06/04

تاريخ القبول
2013/09/24

ABSTRACT

In the present work , the (current- voltage) characteristics have been studied for MOS type solar cell under the illumination. The cells have been fabrication from four types of silicon substrates with a nano oxide film. However, the effect of SiO_2nano thickness on short – circuit current (I_{sc}) and open circuit voltage (V_{oc}) have been investigated for these solar cells. The results show that the thickness of SiO_2has a significant effect on (I_{sc}) and (V_{oc}). The best (I-V) characteristics have been obtained from these cells which based on n- type silicon type polycrystalline with 2nm SiO_2thickness. Moreover , the characteristics of (power – voltage) for the same fabricated solar cells have been studied. The output power value that has been obtained is equal to (4.95 mW) which refers to solar cell based on same as above . Finally , the efficiency and fill factor for these type of solar cells have been estimated. It has been found that the highest values for efficiency and fill factor related to solar cell (silicon type polycrystalline n-type) equal to 7.01 and 0.429 respectively.

Keywords: solar cells, MOS devices, nano.

الخلاصة

في هذه البحث تم دراسة خصائص(التيار– الفولتية) في حالة الإضاءة للخلايا الشمسية نوع MOS المصنعة من أربع أنواع من السليكون. وكذلك دراسة تأثير سمك SiO_2 النانوي على تيار الدائرة القصيرة (I_{sc}) وفولتية الدائرة المفتوحة (V_{oc}) للخلايا الشمسية المصنعة. بينت النتائج ان سمك SiO_2 له تأثير كبير على تيار الدائرة القصير(I_{sc}) وفولتية الدائرة المفتوحة (V_{oc}). وان أفضل خصائص (التيار– الفولتية) تم الحصول عليها باستخدام سليكون نوع متعدد البلورات n-type ذات سمك SiO_2 (2nm). أيضا تم دراسة خصائص (القدرة – الفولتية) لنفس الخلايا الشمسية

المصنعة وان اعلى قدرة خارجة تم حصول عليها قيمتها (4.95 mw) يعود الى الخلية الشمسية المصنعة من سليكون نوع متعدد البلورات n-type. وأخيرا تم حساب الكفاءة وعامل المليء لأربعة أنواع من الخلايا ولقد وجد ان اعلى كفاءة تم الحصول عليها قيمتها 7.01 واعلى قيمة عامل المليء 0.429تعود للخلية الشمسية المصنعة من سليكون نوع متعدد البلورات n-type.

الكلمات الدالة : الخلايا الشمسية، نبائطMOS، نانو

المقدمة

الخلايا الشمسية هي عبارة عن نبيطة من شبه الموصل ذات مساحة سطحية واسعة حيث يستغل التأثير فوتوفولطائي لتحويل الاشعة الشمسية الى طاقة كهربائية بصورة مباشرة. لقد تركز الاهتمام على تصنيع الخلايا الشمسية من مادة السليكون وذلك لتوفرها في الطبيعة علاوة على أن العلماء والباحثين تمكنوا من دراسة هذا العنصر دراسة مستفيضة وتعرفوا على خواصه في حالة كونه متبلور او عشوائي وملائمتها لصناعة الخلايا الشمسية[1].تم تصنيع أول خلية شمسية في عام 1954 من قبل شركة بيل بعد إن لاحظوا بشكل واضح ان ضوء الشمس يمكن تحويله بصورة مباشرة الى طاقة كهربائية باستخدام مفرق (P-N) [2].واعقب ذلك تصنيع العديد من الخلايا الشمسية من التراكيب التالية[3]:

1-تركيب P-N

2- تركيب MS(معدن -شبه موصل)

3-اتركيب نوع MIS (معدن-عازل-شبه موصل).

4- تركيب مفرق SIS (شبه موصل -عازل-شبه موصل).

لقد وجد العلماء والباحثين ان الخلايا الشمسية المصنعة من تركيب (معدن - شبه الموصل) لا تعمل بصورة مثالية بالنسبة لكثير من أشباه الموصلات وذلك لان الحواجز في السطح البيني لا تعتمد بقوة على دالة الشغل للمعدن. لقد تم التغلب على هذه المعضلة وذلك بإدخال طبقة رقيقة من العازل بين المعدن وشبه الموصل لتصنيع خلايا شمسية ذات تركيب (معدن- عازل-شبه موصل) وبذلك يكون للمعدن ذات دالة الشغل تأثير كبير على شبه الموصل. وفي هذه الحالة يجب ان تكون طبقة العازل رقيقة جدا لكي تكون الحاملات قادرة على العبور خلالها بتأثير النفق الكمي[4]. لقد اعتمد الباحثين ان تكون الطبقة العازلة اوكسيدية من نوع SiO_2 في تصنيع الخلايا الشمسية السليكونية وذلك لما يتمتع به هذا الاوكسيد من مواصفات فيزيائية جيدة مقارنة مع الاكاسيد الأخرى $ZnO,\ Al_2O_3$, .بالإضافة الى ان طبقة SiO_2 تعمل كسطح بيني Si/SiO_2 متجانس مع الأرضية السليكونية. وكذلك تمتاز طبقة الاوكسيد بعدم تأثيرها بالظروف البيئة.[5،6،7،8،9،10].

في العقود الأخيرة ركز الباحثين على دراسة الخلايا الشمسية نوع MOS ذات الأغشية الاوكسيدية النانوية المصنعة من سليكون متعدد البلورات وذلك لرخص ثمنه وكذلك لما تتمتع به تلك الخلايا من كفاءة عالية تفوق17%.وان استخدام سليكون متعدد البلورات نوع N^+ له تأثير كبير على خواص الخلية الشمسية.[11،12،13،14،15].

درس الباحث Hocine [16] وجماعته تأثير سمك الاوكسيد على كفاءة تحويل الطاقة الشمسية وفولتية الدائرة المفتوحة V_{OC} للخلية الشمسية نوع MOS وتم أيجاد سمك الاوكسيد الذي كانت قيمة الكفاءة عنده أعلى ما يمكن بحدود(2 nm). قام الباحث Tool [17] وجماعته بدراسة تأثير سمك الأرضية السليكونية على كل من الفولتية المفتوحة V_{OC} وتيار الدائرة القصيرة I_{sc} ولقد وجد من ذلك ان لسمك الأرضية السليكونية تأثير كبير على تيار الدائرة القصيرة I_{sc} بينما وجدوا العكس ان سمك الأرضية السليكونية ليس لها تأثير على فولتية الدائرة المفتوحة V_{OC}. قام الباحث Yamamoto[18] بدراسة الخلايا الشمسية المصنعة من السليكون متعدد البلورات ذو حجم (20-50) مايكرون وكانت قيمة الكفاءة التي تم الحصول عليها 14%.

يتناول هذا البحث دراسة تأثير الأرضيات السليكونية على تيار الدائرة القصيرة I_{sc} وفولتية الدائرة المفتوحة V_{OC} وعامل المليء والكفاءة للخلايا الشمسية MOS ذات الأغشية الاوكسيدية النانوية المصنعة.

الجزء العملي :

تم انماء غشاء SiO_2 النانوي على سطح الأرضيات السليكونية باستخدام الأكسدة الانودية (عيسى،2010). على أربعة أنواع من الأرضيات السليكونية ذات إبعاد(1cm x 1cm) وكالاتي:

1- سليكون متعدد البلورات توزيع حبيبات متجانسة، نوع(p – type)، مطعم بعنصر البورون و مقاومته النوعية بحدود Ω . cm ((1 -5) ومصنع في شركة المنصور العامة –العراق.

2 – سليكون متعدد البلورات توزيع حبيبات متجانسة، نوع (n – type)، مطعم بعنصر الفسفور، مقاومته النوعية بحدود Ω . cm (3 – 1) ومصنع في شركة المنصور العامة.

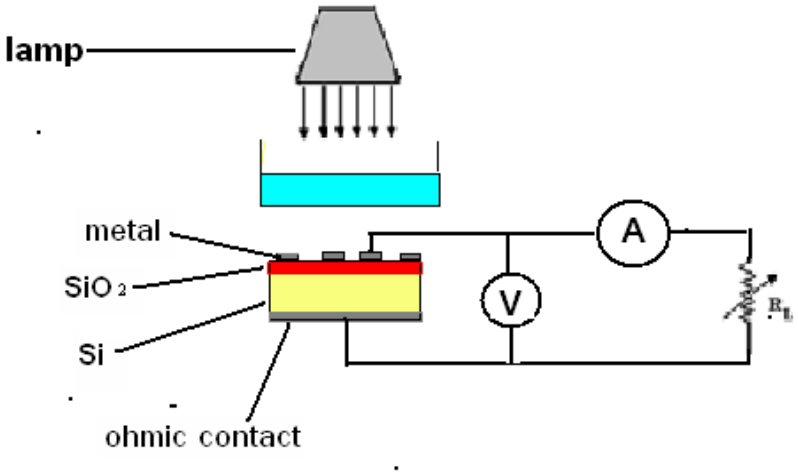
3 – سليكون أحادي البلورة ذو اتجاه بلوري Si(100) نوع (p – type)، المطعم بعنصر البورون، مقاومته النوعية Ω-cm (3.5 – 1)، ألماني الصنع.

4 – سليكون أحادي البلورة ذو اتجاه بلوري Si(111) نوع p- type ، المطعم بعنصر البورون، مقاومته النوعية بحدود Ω-cm (1.5 – 0.5) ألماني الصنع .

وتم قياس سمك الاوكسيد النانوي باستخدام جهاز Ellipsometer (J.A.Wodllam V.VASE). من اجل الحصول على تماس اومي جيد تم تبخير الالمنيوم Al ذي نقاوة العالية (99.9%) على السطح الخلفي للسليكون باستخدام جهاز التبخير نوع Balzer Chamber وتحت ضغط 10^{-5} torr وتم تبخير الالمنيوم Al بعد التخلص من الاوكسيد من الجهة الخلفية للسليكون وذلك

بمسح الجهة الخلفية للسليكون باستخدام القطن المغمور في حامض HF 10%. أجريت بعد ذلك عملية التلدين الحراري على هذه العينات تحت الضغط نفسه، عند درجة الحرارة°300C ولمدة 30 دقيقة اما بالنسبة للاتصال الأمامي فلقد تم ترسيب الالمنيوم على سطح الاوكسيد على شكل دوائر ذات قطر 1mm باستخدام نفس جهاز التبخير.

تم قياس خواص(التيار– فولتية) في حالة الإضاءة للنماذج كخلية شمسية، إذ تم استخدام فولتميتر أميتر رقمي نوع (Digital Multimeter,MY-68) وباستخدام مصباح1000W. بوصفه مصدرا للإشعاع الضوئي الساقط على الخلية وتمرر أشعة الضوء المنبعث من المصباح خلال وعاء زجاجي يحوي على الماء وذلك لامتصاص الحرارة المنبعثة من المصباح.تم قياس شدة الضوء عند مستوى سطح النموذج وكانت تساوي $70mWatt/cm^2$ باستخدام جهاز (Luxmeter) والشكل(1) يبين مخطط الدائرة الكهربائية المستخدمة لقياس التيار و الفولتية للخلية الشمسية المصنعة في حالة الإضاءة.



الشكل (1) : مخطط الدائرة الكهربائية لمنظومة قياس (I – V) للخلية شمسية في حالة الإضاءة

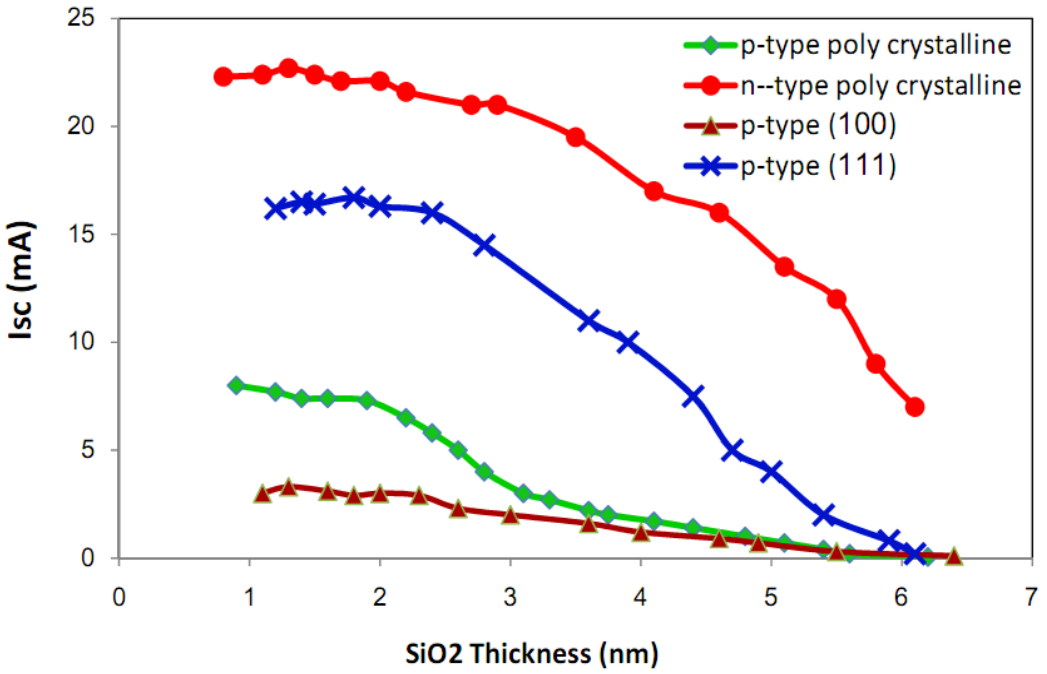
النتائج والمناقشة :

يتضمن هذا البند نتائج دراسة تأثير نوع الأرضيات السليكونية وسمك غشاء SiO_2 النانوي على كفاءة الخلايا الشمسية المصنعة والمتضمنة دراسة فولتية الدائرة المفتوحة V_{oc} وتيار الدائرة القصير I_{sc}، وعامل المليء.

- **نتائج تيار الدائرة القصيرة I_{sc}**

يبين الشكل (2) العلاقة بين تيار الدائرة القصيرة I_{sc} وسمك SiO_2 المنماة على أربعة أنواع من الأرضيات السليكونية. ونلاحظ من الشكل (2) كلما زاد سمك الاوكسيد قل تيار الدائرة القصيرة للأنواع الأربعة من الأرضيات السليكونية وهذا يتطابق مع [3،19]. فعندما تكون طبقة الاوكسيد رقيقة جدا فان الحاملات تكون قادرة على العبور خلالها بتأثير النفق الكمي. وهذا يعني انه

كلما تناقص سمك الاوكسيد ازدادت الحاملات العابرة اي ان التيار سوف يكون في حالة زيادة. ونلاحظ أيضا من الشكل(2). ان نوع الأرضية لها تأثير كبير علىI_{sc} تيار الدائرة القصيرة I_{sc} حيث إن أعلى قيمة ل I_{sc} تم الحصول عليها باستخدام أرضية سليكون متعدد البلورات نوع n-type وان اقل قيمة تيارI_{sc} باستخدام أرضية سليكون Si(100) p-type.يعتمد تيار الدائرة القصيرة I_{sc} على نوع الأرضية السلكونية. عند امتصاص الضوء من قبل الخلية فان الطاقة تنتقل الى الالكترونات ، في نوع n-type يكون الحاملات الأكثرية هي الالكترونات اما في نوع p-type يكون الالكترونات الحاملات الأقلية لذلك يكون I_{sc} في n-type أعلى من p-type. I_{sc} في p-type poly crystallineاعلى من I_{sc} في p-type single crystalline لان المساحة السطحية في p-type poly crystalline اكبر من المساحة السطحية فيp-type single crystalline وكذلك انعكاس الأشعة الضوئية الساقطة من سطح p-type poly crystalline يكون اقل[20]. وان السبب ظهور فرق في قيمة I_{sc} بين Si(100) p-type و Si(111) p-type يعود الى خواص SiO_2 المنماة. حيث ان خواص SiO_2 المنماة على الأرضيات السليكونية تعتمد على الاتجاه البلوري للأرضية السليكونية المستخدمة [21،22].



الشكل (2): العلاقة بين تيار الدائرة القصيرة I_{sc} وسمك SiO_2 المنماة على أربعة أنواع من الأرضيات السليكونية

- **نتائج فولتية الدائرة المفتوحة (V_{oc})**

نظريا يمكن إيجاد فولتية الدائرة المفتوحة V_{oc} بدلالة تيارالإشباع I_s والتيار الضوئي I_{ph} كما في المعادلة 1

$V_{oc} = K_B T/q \ln [(I_{Ph}/I_S)+1]$ ..... (1)

حيث ان

K_B ثابت بولتزمان ، T درجة الحرارة المطلقة، q شحنة الالكترون،I_{ph} يمثل التيار الضوئي و I_S تيار الإشباع

وكثافة تيار الإشباع في الخلية الشمسية نوع MOS

$$J_s = A^* T^2 \exp\left[\frac{-q\phi}{KBT}\right] \exp(-ax) \quad \ldots\ldots(2)$$

حيث ان

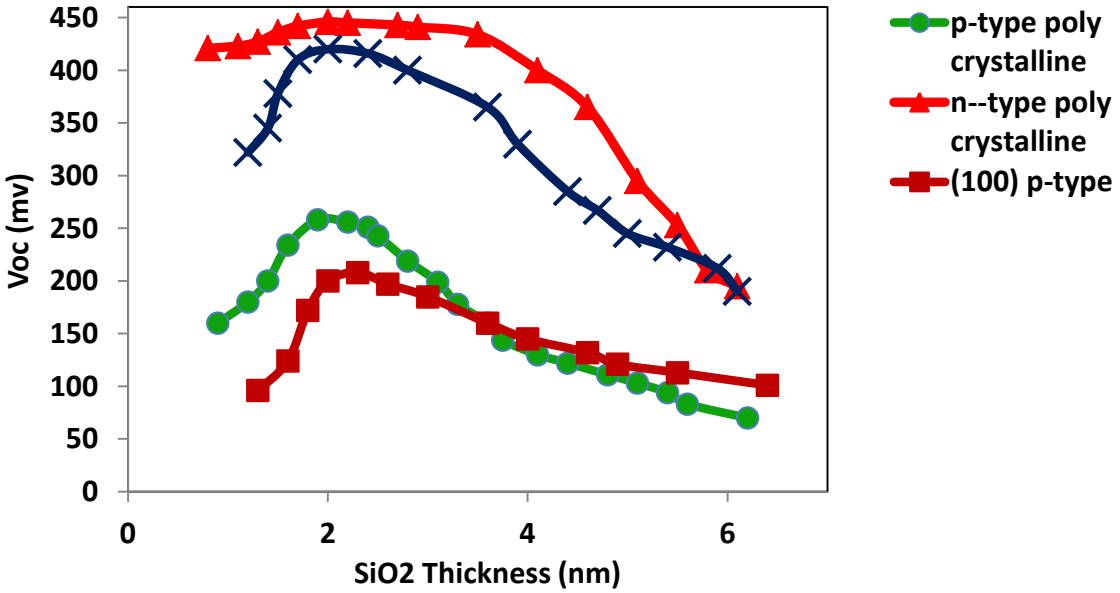
A^* ثابت ريجادسون الفعال،ϕ ارتفاع الحاجز الجهد، a مقدار ثابت و x يمثل سمك طبقة الاوكسيد

ومن المعادلتين 1 و 2 نحصل على

$$V_{oc} = \phi + k_B T a X/q + k_B T/q \ln[J_{ph}/A^* T^2] \quad \ldots\ldots(3)$$

وبذلك تكون فولتية الدائرة المفتوحة V_{oc} للخلية الشمسية نوع MOS اكبر منه في الخلية الشمسية نوع شوتكي وتزداد فولتية الدائرة المفتوحة V_{oc} بأ زياد السمك X الى حد معين بعد ذلك زيادة في سمك الاوكسيد يؤدي الى تقليل في تيارI_{ph} مما يؤدي الى هبوط في قيمة فولتية الدائرة المفتوحةV_{oc} [3،16،23].

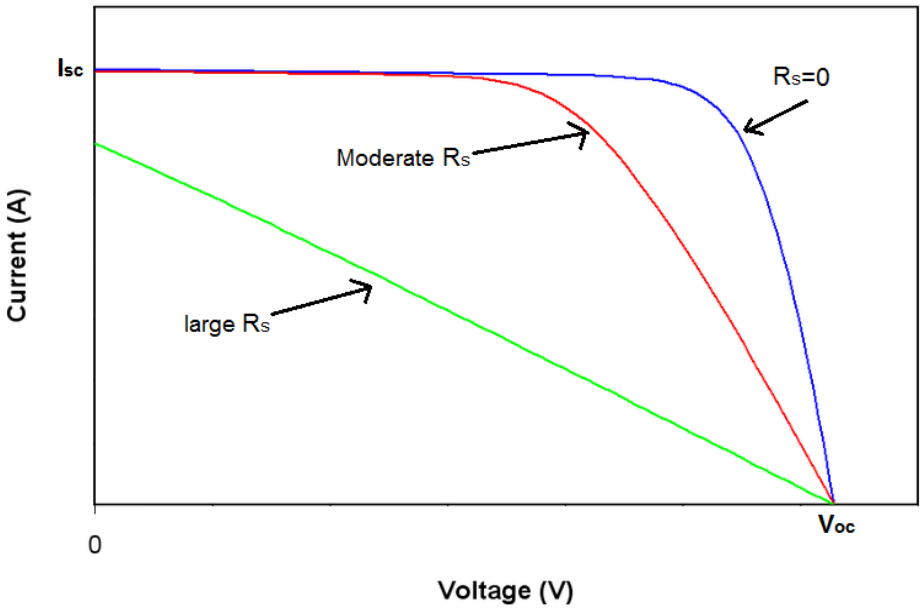
يبين الشكل (3) العلاقة بين فولتية الدائرة المفتوحة (V_{oc}) وسمك SiO_2 المنماة على الأرضيات السليكونية. نلاحظ من الشكل (3) ان فولتية الدائرة المفتوحة (V_{oc}) تزداد تم تبدا بالتناقص مع ازدياد سمك الاوكسيد وهذا يعني نقصان في التيار الضوئي I_{ph} وهذا يتفق مع المعادلة (3) [3،16،23]. ونلاحظ أيضا من الشكل (3). ان نوع الأرضية لها تأثير كبير على فولتية الدائرة المفتوحة V_{oc} اذ إن أعلى V_{oc} تم الحصول عليها باستخدام أرضية سليكون متعدد البلورات نوع n-type وان اقل V_{oc} باستخدام أرضية سليكون Si(100) p-type. وبهذا يمكن القول ان أحسن خلية شمسية ذات كفاءة عالية تصنع من أرضية سليكونية نوع متعدد البلورات n-type. تعتمد فولتية الدائرة المفتوحة V_{oc}على نوع الأرضية السلكونية وعلى طبوغرافية سطح الأرضية حيث ان مواصفات SiO_2المنماة على الأرضيات السليكونية تعتمد على نوع الأرضية المستخدمة [21،22].



الشكل (3): العلاقة بين فولتية الدائرة المفتوحة (V_{oc}) وسمك SiO_2 المنماة على أربعة أنواع من الأرضيات السليكونيه

- **نتائج خصائص (التيار – الفولتية) و (القدرة – الفولتية) في حالة الإضاءة للأرضيات الأربعة.**

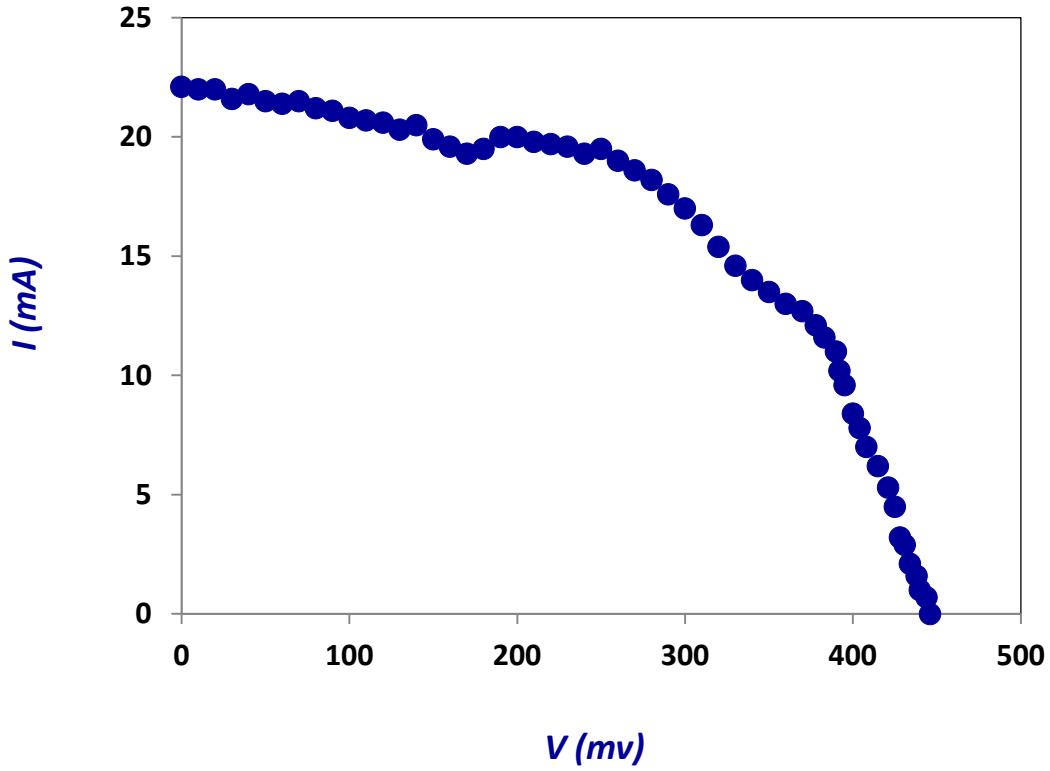
الشكل (4) يوضح تأثير المقاومة المتوالية على خصائص (التيار – الفولتية) في حالة الإضاءة. المصدر الرئيس للمقاومة التوالي هي المقاومة الذاتية لشبه الموصل المصنوع منه الخلية الشمسية ومقاومة الوصل بين المعدن والشبه الموصل [19].



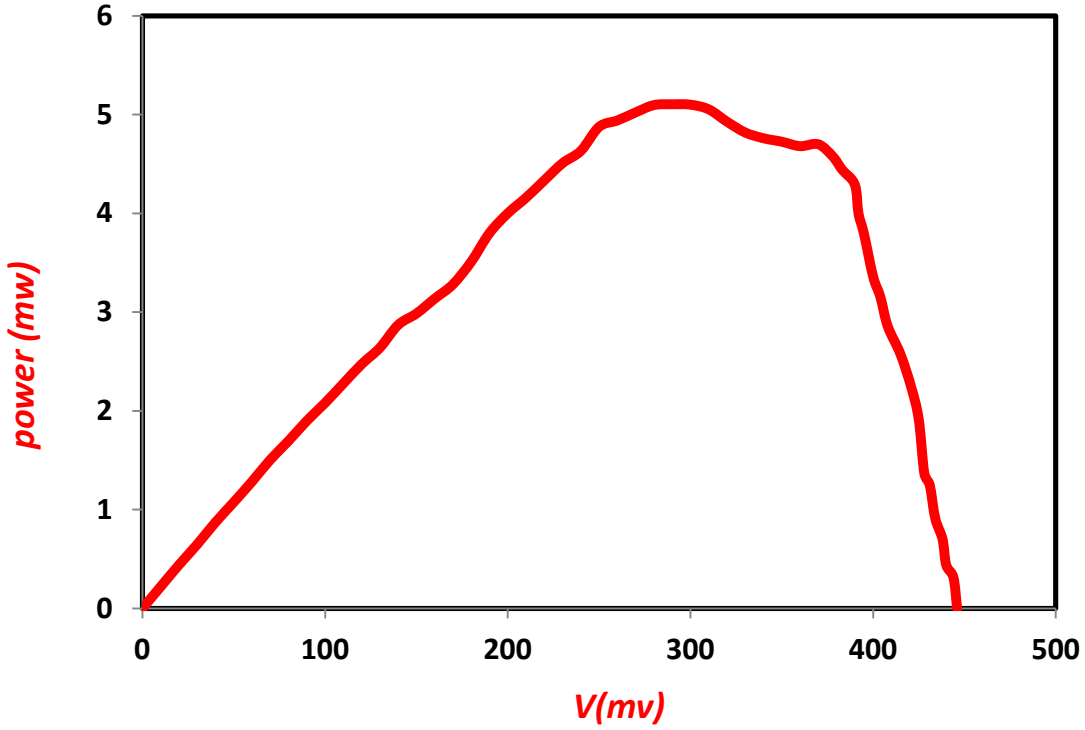
الشكل (4) : تأثير المقاومة التوالي على خصائص (التيار – الفولتية) في حالة الاضاءة.

1- سليكون متعدد البلورات توزيع ذات التوزيع المتجانس للحبيبات نوع n-type

الشكل (5) يوضح خصائص التيار – الفولتية في الإضاءة للخلية الشمسية نوع MOS ذات الأرضية السلسكونية نوع متعدد البلورات n-type سمك الاوكسيد .2nmومن مقارنة الشكل (5) مع الشكل (4) نلاحظ ان تأثير مقاومة التوالي ضعيف على خصائص (التيار– الفولتية)[19،3]. الشكل (5) يبين خصائص (القدرة – الفولتية) في حالة الإضاءة للخلية الشمسية ذات الأرضية السلسكونية نوع متعدد البلورات n-type سمك الاوكسيد 2nm ومن الشكل (6) نجدان قيمة القدرة العظمى الخارجة تساوي 4.95 mw عند الفولتية 290 mV.



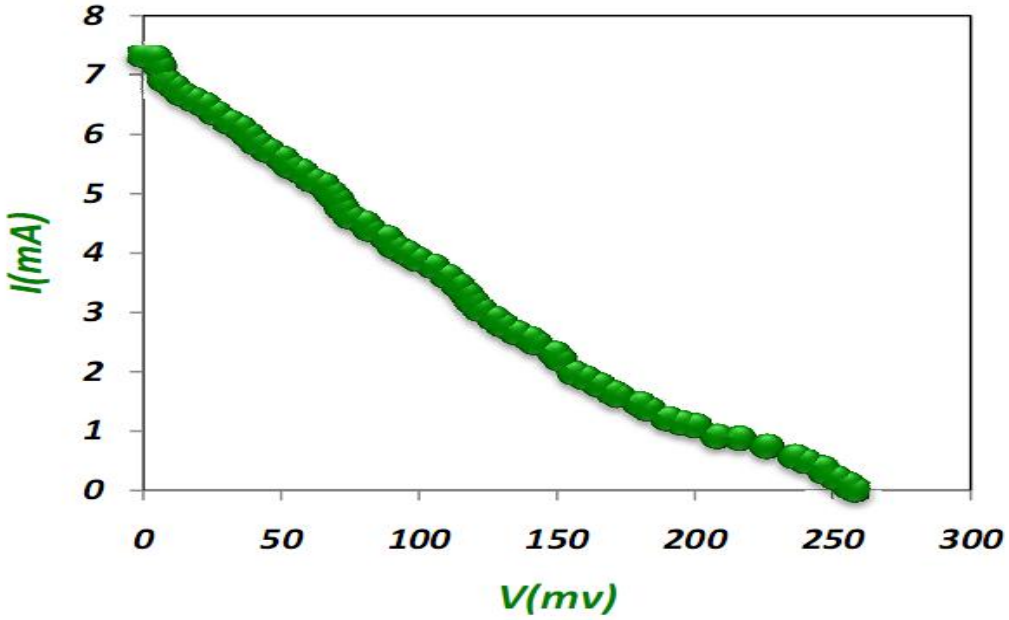
الشكل (5): خصائص (التيار – الفولتية) في حالة الإضاءة للخلية الشمسية ذات الأرضية السليكونية نوع متعدد البلورات n-type سمك الاوكسيد 2 nm قدرة الأشعة الساقطة تساوي .70 mw/cm^2



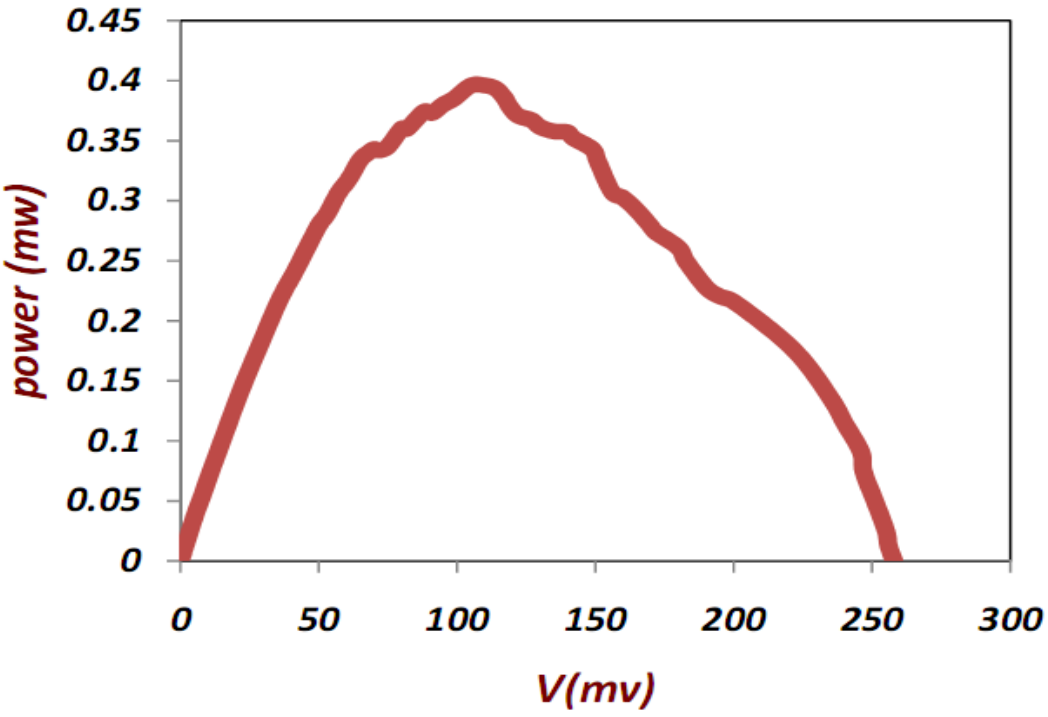
الشكل (6): خصائص (القدرة – الفولتية) في حالة الإضاءة للخلية الشمسية ذات الأرضية السليكونية نوع متعدد البلورات n-type سمك الاوكسيد 2 nm قدرة الأشعة الساقطة تساوي 70 mw/cm^2.

2- سليكون متعدد البلورات توزيع ذات التوزيع المتجانس للحبيبات نوع p-type.

الشكل (7) يوضح خصائص (التيار – الفولتية) في حالة الإضاءة للخلية الشمسية نوع MOSالأرضية السلسكونية المستخدمة هو متعدد البلورات p-type سمك الاوكسيد 1.9nm. من مقارنة الشكل(7) مع الشكل (4) نلاحظ ان تأثير مقاومة التوالي كبير على خصائص (التيار – الفولتية). الشكل (8) يبين خصائص (القدرة– الفولتية) في حالة الإضاءة للخلية الشمسية نوع MOS الأرضية السليكونية المستخدمة هو متعدد البلورات p-type سمك الاوكسيد 1.9nm. من الشكل (8) نجد ان القدرة العظمى الخارجة تساوي 0.396 mw عند الفولتية 110mV وهذا النتيجة تعتمد على المقاومة التوالي لشبه الموصل.



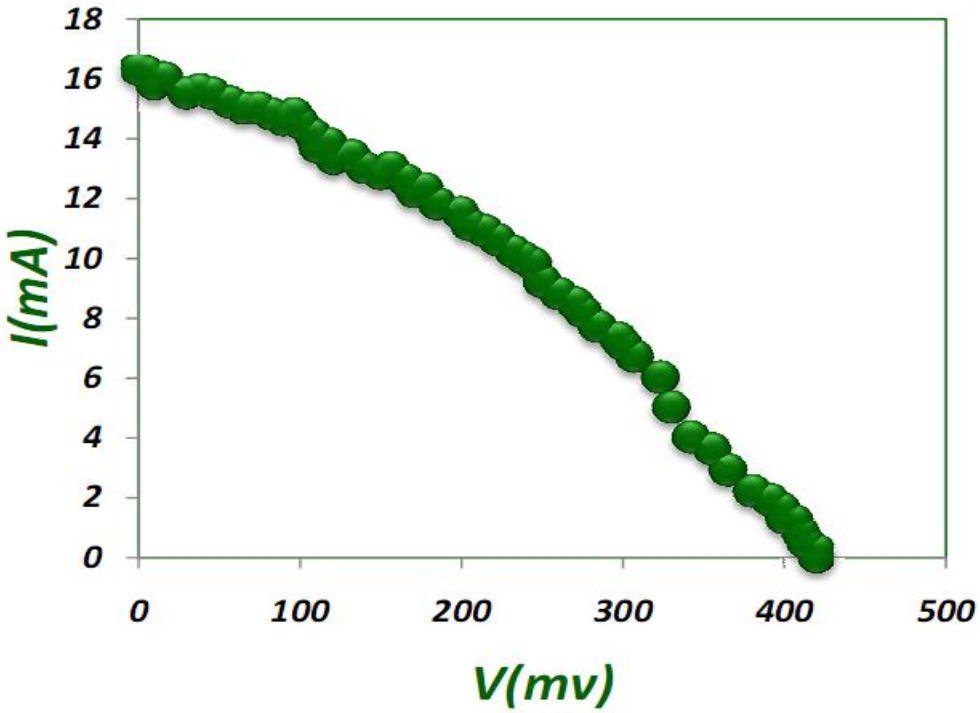
الشكل (7): خصائص (التيار – الفولتية) في حالة الإضاءة للخلية الشمسية نوع MOS الأرضية السليكونية المستخدمة هو متعدد البلورات p-type سمك الاوكسيد 1.9 nm قدرة الأشعة الساقطة تساوي 70 mw/cm^2.



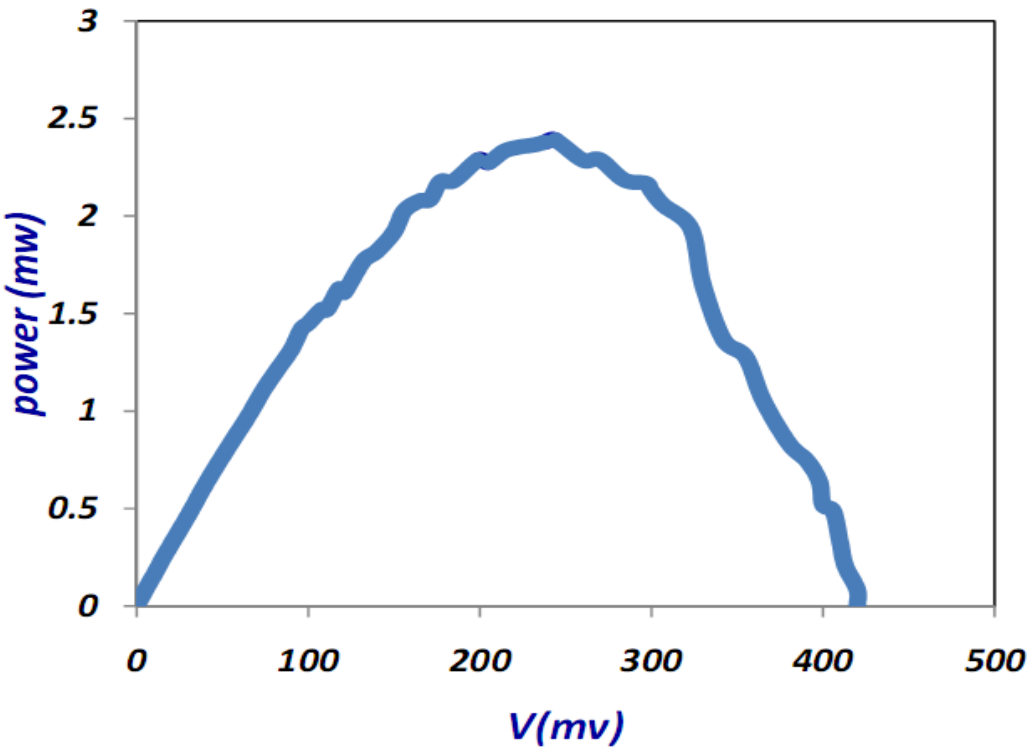
الشكل (8): خصائص(القدرة – الفولتية) في حالة الإضاءة للخلية الشمسية نوع MOS الأرضية السليكونية المستخدمة هو متعدد البلورات p-type سمك الاوكسيد 1.9 nm . قدرة الأشعة الساقطة تساوي 70 mw/cm^2.

3- سليكون احادي البلورة ذو اتجاه Si(111) نوع p-type.

الشكل (9) يوضح خصائص (التيار – الفولتية) في حالة الإضاءة للخلية الشمسية نوع MOS الأرضية السلسكونية المستخدمة هو نوع p-type Si(111) سمك الاوكسيد 2nm. من مقارنة الشكل (9) مع الشكل (4) نلاحظ ان تأثير مقاومة التوالي قليل على خصائص(التيار – الفولتية). يوضح الشكل (10) خصائص (القدرة – الفولتية) في حالة الإضاءة للخلية الشمسية نوع MOS الأرضية السليكونية المستخدمة هو نوع p-type Si(111) سمك الاوكسيد 2nm من الشكل (10) نجدان قيمة القدرة العظمى الخارجة تساوي 2.39 mw عند الفولتية 244 mV.



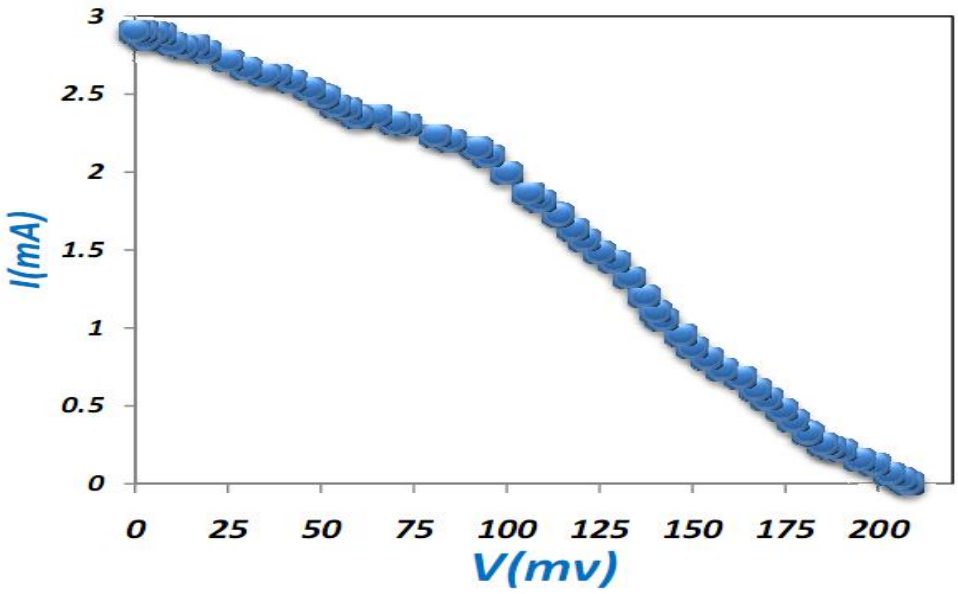
الشكل (9) : خصائص (التيار – الفولتية) في حالة الإضاءة للخلية الشمسية نوع MOS الأرضية السليكونية المستخدمة هو نوع p-type Si(111) سمك الاوكسيد 2 nm . قدرة الأشعة الساقطة تساوي 70 mw/cm^2.



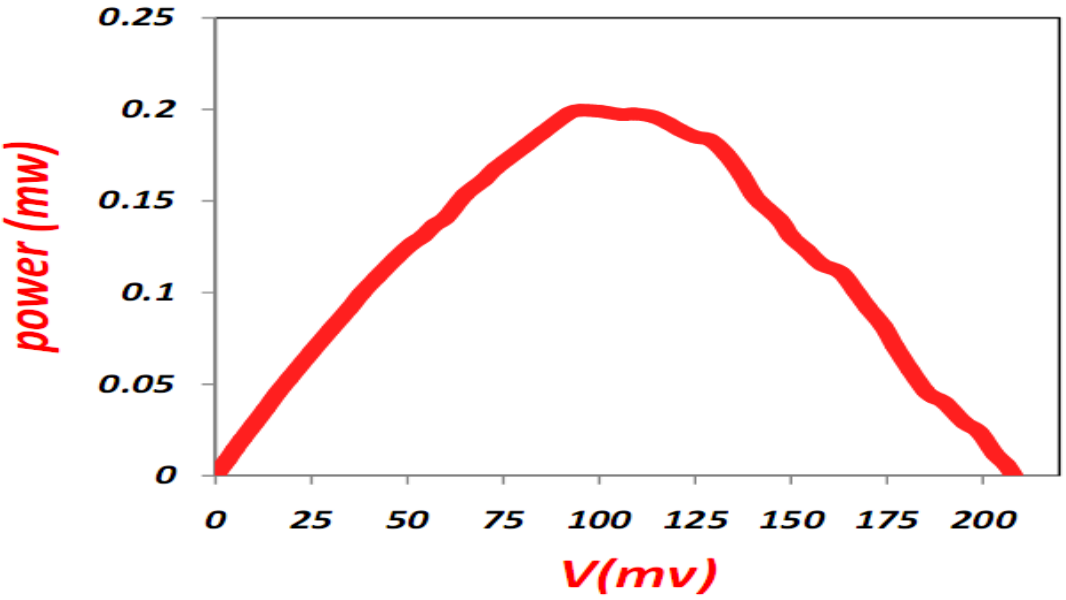
الشكل (10): خصائص (القدرة – الفولتية) في حالة الإضاءة للخلية الشمسية نوع MOS الأرضية السليكونية المستخدمة هو نوع p-type Si(111) سمك الاوكسيد 2 nm . قدرة الأشعة الساقطة تساوي 70 mw/cm^2.

4– سليكون احادي البلورة ذو اتجاه Si(100) نوع p-type.

الشكل (11) يوضح خصائص (التيار – الفولتية) في حالة الإضاءة للخلية الشمسية نوع MOS الأرضية السلسكونية المستخدمة هو نوع p-type Si(100) سمك الاوكسيد 2.3nm من مقارنة الشكل (11) مع الشكل (4) نلاحظ ان تأثير مقاومة التوالي ضعيف على خصائص (التيار– الفولتية) . يوضح الشكل (12) خصائص (القدرة –الفولتية) في حالة الإضاءة للخلية الشمسية نوع MOS الأرضية السلسكونية المستخدمة هو نوع p-type Si(100) سمك الاوكسيد 2. 3 nm من الشكل نجد القدرة العظمى الخارجة تساوي 0.1995 mw عند الفولتية 95 mV.



الشكل (11): خصائص (التيار – الفولتية) في الإضاءة للخلية الشمسية نوع MOS الأرضية السليكونية المستخدمة هو نوع p-type Si(100) سمك الاوكسيد 2.3 nm قدرة الأشعة الساقطة تساوي 70 mw/cm^2.



الشكل (12): خصائص (القدرة – الفولتية) في حالة الإضاءة للخلية الشمسية نوع MOS الأرضية السليكونية المستخدمة هو نوع p-type Si(100) سمك الاوكسيد 2.3 nm قدرة الأشعة الساقطة تساوي 70 mw/cm^2.

تبين من النتائج ان مقاومة التوالي والقدرة الخارجة تعتمد على نوع الأرضيات [2،3،19،22]. ان مصدر مقاومة التوالي هي المقاومة الذاتية لشبه الموصل المصنوع منه الخلية الشمسية ومقاومة الوصل بين المعدن والشبه الموصل.

- **حساب الكفاءة وعامل المليء**

تعرف كفاءة الخلية الشمسية (n) بأنها النسبة بين القدرة العظمى الخارجة من الخلية الشمسية والقدرة الكلية للضوء الساقط عليها وكما مبين في المعادلة (4).(عيسى،1999)

$$n=\frac{Pmax}{Pin} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

حيث ان

P_{max} القدرة العظمى الخارجة من الخلية

Pin القدرة الكلية للضوء الساقط على الخلية

اما بالنسبة الى عامل المليء فيعرف النسبة بين القدرة العظمى الخارجة من الخلية وحاصل ضرب فولتية الدائرة المفتوحة V_{oc} وتيار الدائرة القصيرة I_{SC} وعامل الملئ تساوي (عيسى،1999)

$$FF= P_{max} / V_{oc}.I_{sc} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(5)$$

نتائج الكفاءة وعامل المليء للخلايا الشمسية المصنعة من الأرضيات السليكونية الأربعة.

تم استخدام المعادلتين (4) و(5) لحساب الكفاءة وعامل الملـيء بالاعتماد على الإشكال (12،5،6،7،8،9،10،11) ولقد تم تدوين نتائج الخواص للخلايا الشمسية التي تمت دراستها في الجدول (1).

الجدول (1) نتائج خواص الخلايا الشمسية المصنعة

Type of Silicon	**Pin**	**P_{max}**	V_{oc}	.I_{sc}	**الكفاءة n %**	**عامل الملئFF**
Poly crystalline n-type	70 mw/cm^2	5.1 mw	446mV	22.1mA	7.2	0.517
Poly crystalline p-type	70 mw/cm^2	0.396 mw	258mV	7.32 mA	0.57	0.21
Si(111)	70 mw/cm^2	2.39 mw	420mV	16.3mA	3.41	0.35
Si(100)	70 mw/cm^2	0.1995 mw	208mV	2.9mA	0.29	0.331

ان النتائج المدونة في الجدول (1) توضح ان اعلى كفاءة وعامل الملئ تم الحصول عليها تخص الخلية الشمسية المصنعة من السليكون نوع متعدد البلورات n-type.

الاستنتاجات

i. كلما زاد سمك الاوكسيد النانوي قل تيار الدائرة القصيرة للأنواع الأربعة من الأرضيات السليكونية وان نوع الأرضية لها تأثير كبير على I_{sc} تيار الدائرة القصيرة حيث إن أعلى I_{sc} تم الحصول عليها

باستخدام أرضية سليكون متعدد البلورات نوع n-type وان اقل تيار I_{sc} باستخدام أرضية سليكون Si(100) p-type.

ii. ويزداد V_{oc} بأزياد السمك SiO_2 النانوي الى حد معين بعد ذلك زيادة في سمك الاوكسيد يؤدي تقليل في تيار I_{ph} مما يؤدي الى هبوط في قيمة V_{oc}. ان نوع الأرضية لها تأثير كبير على V_{oc} حيث إن أعلى V_{oc} تم الحصول عليها باستخدام أرضية سليكون متعدد البلورات نوع n-type وان اقل تيار V_{oc} باستخدام أرضية سليكون Si(100) p-type.

iii. أفضل خصائص التيار – الفولتية في الإضاءة للخلية الشمسية نوع MOS عند استخدام الأرضية السلسكونية متعدد البلورات n-type سمك الاوكسيد 2. 0nm

iv. إن اعلى كفاءة 7.2 وعامل المليء 0.517 تم الحصول عليها تخص الخلية الشمسية المصنعة من سليكون نوع متعدد البلورات n-type.

المصادر

1- قاسم امجد (2012)، اهمية الخلايا الشمسية واستخداماتها المتعددة، العلم والحياة
http://aafaaq.arabblogs.com/archive/2009/10/958069.html

2- القيسي، (1978)، الطاقة الشمسية، بيروت، ص 39-42.

3- عيسى، عاصم احمد (1999). رسالة ماجستير " تأثير ظروف تكوين SiO_2 بطريقة الأكسدة الانودية على أداء الخلية الشمسية نوع MOS ". جامعة الموصل – كلية العلوم.

4- Chen ,C.H; Hong ,C.C; Jenn, G. H. (2002)."Silicon metal-oxide-semiconductor solar cells with oxide prepared by room temperature anodization in hydrofluosilicic acid Solution". *Journal of The Electrochemical Society*., Vol149 ,No6,pp G362-G366.

5- Nemeth , B.; Wang ,Q.; Shan, W.(2012). "Efficient crystalline Si solar cell with amorphous/crystalline silicon heterojunction as back contact". Presented at the 2012 IEEE Photovoltaic Specialists Conference Austin, Texas.,pp1-3.

6- Glunz ,S.W. (2007)."High-Efficiency crystalline silicon solar cells" Hindawi Publishing Corporation Advances in OptoElectronics Volume 2007, Article ID 97370, 15 pages.

7- Bohling ,D.; Treichel ,H.; Lazerand ,T.; Goldstein ,A.; George ,M. (2010) "Crystalline silicon solar cell efficiency improvement by advanced cleaning technology " Technical Proceedings of the 2010 Clean Technology Conference, nano science and technology institute.

8- Muhammed ,G.S.(2011).Efficiency enhancement of crystalline silicon solar cell by the deposition of undopedZnO thin film. *Indian Journal of Science and Technology*. ,Vol. 4 , No. 6 ,pp 677-680.

9- Köntges, M.; Kajari-Schröder ,S. ; Kunze1 ,I. ,; Jahn2, U. (2011) "Crack statistic of crystalline silicon photovoltaic modules"26th European

Photovoltaic Solar Energy Conference, Hamburg, Germany, 5-9 September 2011, 4EO.3.6.

10-Ortega, P.; López , G. ; Orpella, A.; Martín, M.; Colina, C.; Voz, S.;, Puigdollers, J.; García ,M.; Alcubilla ,R. (2009)." Crystalline silicon solar cells beyond 20% efficiency".This work has been partially supported by the Spanish Ministry of Science and Innovation under projects ENE2007-67742-004-02/ALT, PSE-120000-2008-1, AYA2009-07188-E, and TEC2008-02520.

11-Sproul ,A. B ; Edmiston ,S.; Wenham, S.R; Heiser, G.H; Green ,M.A. (1994)."Innovative structures for thin film crystalline silicon solar cells to give high efficiencies from low quality silicon ".Preprint of paper presented at the First World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, Hawaii, December 5-9, 1994, pp1-4

12-Yanga ,H.; Wanga ,H.; Chena ,G.; Yub, H. ; Jianping, Xi. (2003). A study of electrical uniformity for monolithic polycrystalline silicon solar cells. *Solar Energy Materials & Solar Cells*,No,71.pp407- 412.

13-Senghane ,M.; Babacar ,M.; Fabe ,I.B; Egoire ,S. (2011).A 3D model for thickness and diffusion capacitance of emitter-base junction determination in a bifacial polycrystalline solar cell under real operating condition. *Turk J Phys*,, 35p281-291.

14-Dieng, A.; Thiam,N.; Thiam, A. ; Maiga ,A.S; Sissoko,G. (2011). Magnetic field effect on the electrical parameters of a polycrystalline silicon solar cell.*Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* 3(7):pp 602-611,

15-Antoniadis ,H.(2010)"High Efficiency, Low cost solar cells manufactured using ‘silicon ink’ on thin crystalline silicon wafers "NREL is a national laboratory of the U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, operated by the Alliance for Sustainable Energy, LLC.Subcontract Report ,NREL/SR-5200-50824, pp1-44.

16-Hocine ,D.; Belkaïd, M.S ; Lagha ,K.; (2008).Influence of interfacial oxide layer thickness on conversion efficiency of SnO2/SiO2/Si(N) Solar Cells. *Revue des Energies Renouvelables* Vol. 11 No.3 ,pp 379 – 384.

17-Tool, C.J.J; Burgers, A.R; Manshanden , P.; Weeber , A.W. (2001) "Effect of wafer thickness on the performance of mc-Si solar cells"17th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Munich,paper VC1 / 40

18-Yamamoto,K.(2003).Thin– film crystalline silicon solar cells. *JSAP International* ,No.7,pp12-19.

19- كرين، مارتن(1989) ، ترجمة د.يوسف مولود حسن." الخلايا الشمسية ". جامعة الموصل، ص 97-101.

20-Dixon A.E, (1979) "Solar Energy Conversion" wheaton and Co,Ltd.Exeter, Great Britain.

21-Khaldun,A. S; Hassan, Z.; Khalid ,O. (2012). Effect of Silicon Porosity on Solar Cell Efficiency.*Int. J. Electrochem. Sci., 7 (2012)* ,pp376 – 386.

22- عيسى،عاصم احمد (2010) .اطروحة الدكتوراه " دراسة الخواص الفيزياوية للاكاسيد المنماة على أرضيات سليكونية بطريقة الأكسدة الانودية ". جامعة الموصل – كلية العلوم.ص 52-72.

23- زي، س. م (1990)، ترجمة د. فهد غالب، د.حسين علي احمد. " نبائط أشباه الموصلات فيزياء وتقنية ". دار الحكمة للطباعة والنشر، ص 257-275، 392-402.