

استخدام النيوترونات السريعة في تطوير أداء الخلية الشمسية

علي هادي الحمداني* ، نضالة حسن كاظم العاني** ، سعد عبد الواحد طعمة

تاريخ قبول النشر ٢٠٠٤/٨/٧

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة تأثير التشعيع بالنيوترونات السريعة المنبعثة من مصدر $^{241}\text{Am-Be}$ على الخواص الكهربائية للخلايا الشمسية السليكونية الأحادية البلورة، عند معدل تدفق نيوتروني ثابت مقداره $(10^5 \text{ n/cm}^2 / \text{sec})$ ، ولمدى واسع من تدفق النيوترونات السريعة يتراوح بين $(3.60 \cdot 10^9 \text{ n/cm}^2 - 7.20 \cdot 10^8 \text{ n/cm}^2)$ ولفترات زمنية تتراوح بين (2 hr – 10 hr) بغية تحسين كفاءة تحويل الطاقة للخلية الشمسية. تبين النتائج أن القيم العظمى للتيار (I_m) والفولتية (V_m)، قيم تيار الدائرة القصيرة (I_{sc})، فولتية الدائرة المفتوحة (V_{oc})، القيم العظمى للقدرة الخارجة من الخلية (P_m)، قيم عامل المليء (FF) والنسبة المئوية لكفاءة تحويل الطاقة (η) ازدادت بشكل لاخطي مع ازدياد تدفق النيوترونات السريعة، وكانت أقصى نسب زيادة (19.01% , 27.47% , 9.50% , 0.75% , 51.07% , 38.57% and 51.03%) من قيمتها الأصلية قبل القصف بالنيوترونات السريعة على التوالي، عند تدفق نيوتروني يتراوح بين $(1.50 \cdot 10^9 \text{ n/cm}^2 - 2.05 \cdot 10^9 \text{ n/cm}^2)$.

المقدمة

يسعى الباحثون في مجال الخلايا الشمسية إلى الحصول على كفاءة تحويل عالية وكلفة إنتاج واطنه.

درس [1] Joseph et al تأثير قصف الخلايا الشمسية السليكونية بالإلكترونات والبروتونات بدلالة الاستجابة الطيفية - الكهربائية ونقصان العمر. كما بحث [2] Bakirov et al أثر القصف بالإلكترونات ذو الطاقة 5 MeV على المعاملات الضوئية - الكهربائية للخلية الشمسية السليكونية، وبينوا عودة الخواص إلى ما كانت عليه بعد التلدين الحراري الجزئي للنماذج المشعة.

ودرس [3] Yamaguchi et al العيوب الناتجة من التشعيع بالتدفق العالي للإلكترونات والبروتونات في بلورات السليكون من نوع P والخلايا الشمسية، وقد لاحظوا أنها تقلل عمر الحاملات الأقلية (طول الانتشار). يتناول البحث الحالي دراسة تأثير النيوترونات السريعة المنبعثة من مصدر ($^{241}\text{Am-Be}$) في مدى التدفق النيوتروني من $(3.60 \cdot 10^9 \text{ n/cm}^2 - 7.20 \cdot 10^8 \text{ n/cm}^2)$ على الخواص الكهربائية للخلية الشمسية الأحادية البلورة لغرض تحسين كفاءة تحويل الطاقة للخلية الشمسية وتقليل كلف تطبيقاتها.

الجانب النظري

تستخدم ثلاث معالم لدراسة الخلية الشمسية أولها: تيار الدائرة القصيرة (I_{sc}) عندما تكون الفولتية مساوية للصفر ويمثل التيار المتولد بواسطة الضوء عند الظروف المثالية $(AM 1.5^*, I = 1000 \text{ W/m}^2, T = 298.15^\circ \text{K})$ ، ثانيها: فولتية الدائرة المفتوحة (V_{oc}) عندما يكون التيار مساوياً للصفر وثالثها: عامل المليء (FF) ويعرف بالعلاقة الآتية:

$FF = I_m V_m / I_{sc} V_{oc}$ -----(1)
حيث: (V_m ، I_m) هي اعظم تيار وفولتية خارجة، على التوالي.

أما النسبة المئوية لكفاءة تحويل الطاقة (η) فيمكن التعبير عنها بالصيغة الآتية:

$\eta = (I_m V_m / P_{in}) * 100 \%$ -----(2)
حيث: (P_{in}) هي القدرة الكلية للضوء الداخل إلى الخلية [4].

* AM 1.5 هو احسن مقياس ارضي خاص بدراسة الظاهرة الكهروضوئية يمثل التوزيع الطيفي لضوء الشمس على سطح الأرض ويسمى كتلة الهواء تقدر قيمته من المعادلة $\text{Air Mass} = \sqrt{1 + (s/h)^2}$ ، حيث: (s) هو الظل المتكون لجسم عمودي و (h) هو ارتفاع الجسم العمودي.

*قسم هندسة الليزر والبصريات الألكترونية-الجامعة التكنولوجية
- بغداد - العراق - Email
i_alhamdani2003@yahoo.com
**قسم الفيزياء - كلية العلوم للبنات - جامعة بغداد - الجادرية
- بغداد - العراق

ثبتت الخلية الشمسية على حامل ليسقط ضوء مصباح الهالوجين الأبيض المشابه لضوء الشمس. وتم قياس شدة الضوء باستخدام جهاز Solar meter 118 المجهز من شركة Hoenni Messgerate Instruments ودرجة حرارة الخلية الشمسية في أثناء الاختبار باستخدام جهاز Digital Thermometer Model pt100 - 2754 المجهز من شركة Digitron Instrumentation Ltd. ويتغير المقاومة المتغيرة يمكن الحصول على خصائص التيار - فولتية للخلية الشمسية المراد اختبارها باستخدام جهاز Digital 7045 Multimeter المجهز من شركة Electroplan Royston. ثم حسب قيم عامل المليء (η) والنسبة المئوية لكفاءة تحويل الطاقة (η) للخلية الشمسية المقصوفة بالنيوترونات السريعة ولمديات تدفق مختلفة باستخدام المعادلتين (1 and 2)، ولغرض دراسة استقرارية تركيب الخلايا الشمسية السليكونية الأحادية البلورة بعد القصف بالنيوترونات السريعة، تم تكرار قياس خصائص التيار - فولتية وحساب قيم عامل المليء (FF) والنسبة المئوية لكفاءة تحويل الطاقة (η) للخلية الشمسية المقصوفة بالنيوترونات السريعة على فترات زمنية متتالية (كل شهر ولمدة ستة أشهر) تحت نفس الظروف المشار إليها آنفاً.

النتائج والمناقشة

يوضح الشكل (2) تغير خصائص I-V للخلية الشمسية السليكونية الأحادية البلورة مع قيم التدفق النيوتروني المختلفة، حيث يظهر أن التيار والفولتية يزدادان بشكل لا خطي مع ازدياد التدفق النيوتروني إلى أن يصل إلى حد معين يعودان بعدها إلى النقصان بشكل لا خطي مع ازدياد التدفق النيوتروني.

كما يوضح الشكل (3) تغير القيم العظمى للتيار (I_m) للخلية الشمسية السليكونية الأحادية البلورة مع قيم التدفق النيوتروني المختلفة، حيث يظهر أن قيم (I_m) تزداد بشكل لا خطي مع ازدياد التدفق النيوتروني من (152.75 mA) قبل القصف إلى (181.80 mA) بعد القصف عند تدفق نيوتروني يعادل 2.05×10^9 (n/cm^2) أي بزيادة مقدارها (19.01%) من قيمتها الأصلية قبل القصف، يتبعها نقصان لا خطي مع ازدياد التدفق النيوتروني.

في حين يبين الجدول (1) والأشكال (4, 5, 6, 7, 8, 9) نفس السلوك المشار إليه آنفاً لتغير القيم العظمى للفولتية (V_m)، قيم تيار الدائرة القصيرة (I_{sc})، فولتية الدائرة المفتوحة (V_{oc})، القيم العظمى للقدرة الخارجة من الخلية (P_m)، قيم عامل المليء (FF) والنسبة المئوية لكفاءة تحويل الطاقة (η) للخلية الشمسية السليكونية الأحادية البلورة مع قيم التدفق النيوتروني المختلفة سوى أنها تزداد من (0.27 V, 199.80 mA, 0.48 V, 41.70 mW, 0.42 and 5.31%) قبل القصف، على التوالي، إلى (0.34 V, 218.80 mA, 0.99 V, 63 mW, 0.58 and 8.02%) بعد

لذلك لا تتعرض النيوترونات للتصادم إلا نادراً، ويمتاز النيوترون بأنه ذو نفاذية عالية في المواد [5].

تتأثر الخواص المجهريية البلورية لأشباه الموصلات بقصف النيوترونات السريعة لها، حيث يزداد ثابت الشبيكة للسليكون عند قصفه بالنيوترونات السريعة نتيجة تحرك الذرات المزاحة عن مواقعها لتحتل مكانا ما بين الطبقات المتتابعة للبلورة مكونة فراغات (vacancies) تسمى بتشووه فرنكل (Frenkel defect)، أما التغيرات في الأوزان النوعية فتحدث نتيجة تحرك الذرات المزاحة عن مواقعها إلى مواقع قريبه من سطح البلورة مكونة فراغات (vacancies) تسمى بتشووه شوتكي (Shotky defect) [6]. وفي حالة الاستمرار بإعطاء جرعات عالية من النيوترونات فإن ذلك سيؤدي إلى حصول تشوهات أخرى في المادة الصلبة منها الفسحة (Void) الناتجة من انتلاف مجموعة من الفجوات مكونة فسح بأحجام مختلفة، يضاف إلى ذلك ظهور مصادئ (Traps) تتكون بطرق متنوعة منها وجود ذرات غريبة وذرات مخلوطة (Dislocated) [7 and 8].

تتعرض النيوترونات السريعة عند تصادمها مع المادة الصلبة إلى استقطار مرنة (Elastic scattering) مولدة أيونات موجبة ذات طاقة عالية، واستقطار غير مرنة (Inelastic scattering)، وتفاعلات الامتصاص النيوتروني المؤدية إلى إنتاج الجسيمات المشحونة وغير المشحونة وتفاعلات التنشيط النيوتروني [9].

الجانب العملي

استخدمت الخلية الشمسية السليكونية الأحادية البلورة قبل القصف بالنيوترونات السريعة كمرجع، حيث كانت مساحة سطحها (78.50 cm^2)، سمكها (0.50 mm) ومعامل الانكسار للطلاء الغير عاكس (2.2). أما القيمة العظمى للتيار (I_m) والفولتية (V_m)، قيمة تيار الدائرة القصيرة (I_{sc})، فولتية الدائرة المفتوحة (V_{oc})، القيمة العظمى للقدرة الخارجة من الخلية (P_m)، قيمة عامل المليء (FF) والنسبة المئوية لكفاءة تحويل الطاقة (η) (152.75 mA and 0.27 V, 199.80 mA, 0.48 V, 41.70 mW, 0.42 and 5.31%) على التوالي.

قصفت الخلية الشمسية السليكونية الأحادية البلورة بالنيوترونات السريعة المنبعثة من مصدر $^{241}\text{Am} - \text{Be}$ عند معدل تدفق نيوتروني ثابت مقداره ($10^5 \text{ n/cm}^2/\text{sec}$) وبمدى تدفق نيوتروني يتراوح بين ($3.60 \times 10^9 \text{ n/cm}^2 - 7.20 \times 10^8 \text{ n/cm}^2$) لفترات زمنية تتراوح بين (2 hr - 10 hr) بوجود الهواء عند درجة حرارة الغرفة وتحت الضغط الجوي الاعتيادي.

القياسات

أجريت القياسات اللازمة لمعرفة تأثير القصف النيوتروني السريع على الخواص الكهربائية للخلية الشمسية عند الشدة (100 mW/m^2) ودرجة الحرارة (307.35°K) اعتماداً على الدائرة الممثلة في الشكل (1).

القصف، على التوالي، عند تدفق نيوتروني يتراوح بين ($1.50 \times 10^9 \text{ n/cm}^2 - 2.05 \times 10^9 \text{ n/cm}^2$)، أي بزيادة مقدارها (27.47%, 9.50%, 0.75%, 51.07%, 51.03%) من قيمتها الأصلية قبل القصف، على التوالي.

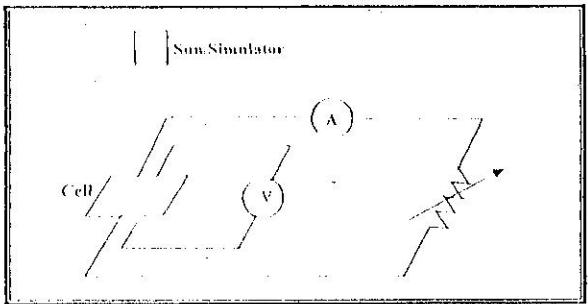
توضح دراسة استقرارية تركيب الخلية الشمسية السليكونية الأحادية البلورة المعرضة لتدفق نيوتروني ثبات مختلف النسبة المئوية لكفاءة تحويل الطاقة (١١) والخواص الكهربائية الأخرى مع الزمن وعدم تناقصها مع الزمن وعدم تناقصها.

ويمكن أن تعزى الزيادة في المنحنيات إلى زيادة تركيز حاملات الشحنة ونقصان المقاومة الكهربائية وزيادة نسبة التطعم بسبب كثافة الفجوات غير العالية وهذا بشأنه إدخال ذرات ثلاثية التكافؤ إلى الطبقة p وزيادة التيار بالإضافة إلى تشوه فرنكل وتشوه شوتكي. أما النقصان فيها فيعود إلى النقصان الحاد في تركيز حاملات الشحنة وزيادة المقاومة الكهربائية بسبب تمدد حجم الفسحات إلى أن تصل حد تهرؤ البناء البلوري والذي يؤدي إلى نقصان التوصيلية.

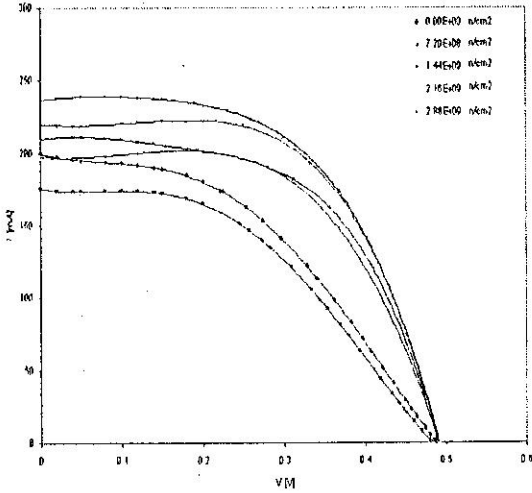
الاستنتاجات

من النتائج المتميزة التي تم الحصول عليها فسي هذا المجال يمكن استنتاج الآتي:

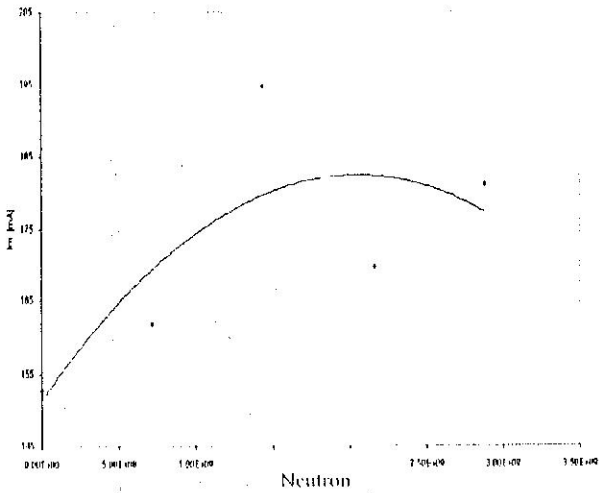
١. أن مدى التدفق النيوتروني من ($1.50 \times 10^9 \text{ n/cm}^2 - 2.05 \times 10^9 \text{ n/cm}^2$) هو المدى الأمثل لتحسين الخواص الكهربائية للخلايا الشمسية السليكونية الأحادية البلورة المعرضة لقيم تدفق نيوتروني مختلفة.
٢. أن الخواص الكهربائية المدروسة للخلية الشمسية السليكونية الأحادية البلورة المعرضة لقيم تدفق نيوتروني مختلفة ازدادت كلها بنسب مختلفة مع ازدياد قيم التدفق النيوتروني.
٣. يتبين من دراسة استقرارية تركيب الخلايا الشمسية السليكونية الأحادية البلورة المعرضة لقيم تدفق نيوتروني مختلفة ثبات الخواص الكهربائية مع الزمن وعدم تناقصها.
٤. يتبين من دراسة تأثير القصف النيوتروني السريع على الخواص الكهربائية للخلايا الشمسية ان التأين والاثارة هي زيادة تركيز حاملات الشحنة ونقصان المقاومة الكهربائية وزيادة نسبة التطعم وزيادة التيار وكذلك تشوه الشكل وتشوه شوكلي والفسحة .



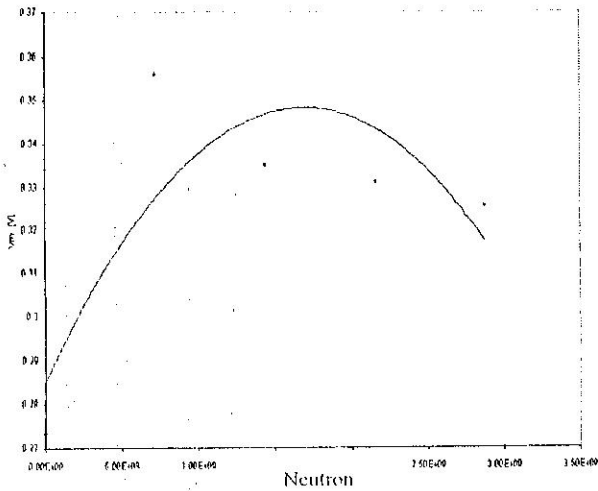
الشكل (١). الدائرة الكهربائية المستخدمة في قياس أداء الخلية الشمسية.



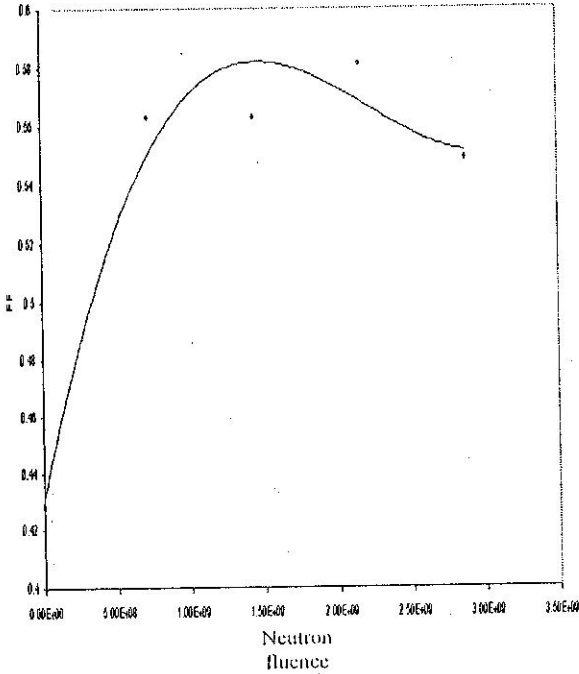
الشكل (2). تغير خصائص V-I للخلية الشمسية السليكونية الأحادية البلورة مع قيم التدفق النيوتروني المختلفة.



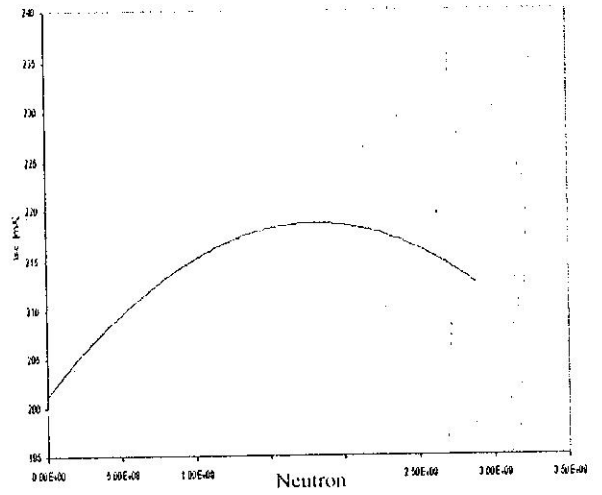
الشكل (3). تغير القيم العظمى لتيار (I_m) للخلية الشمسية السليكونية الأحادية البلورة مع قيم التدفق النيوتروني المختلفة.



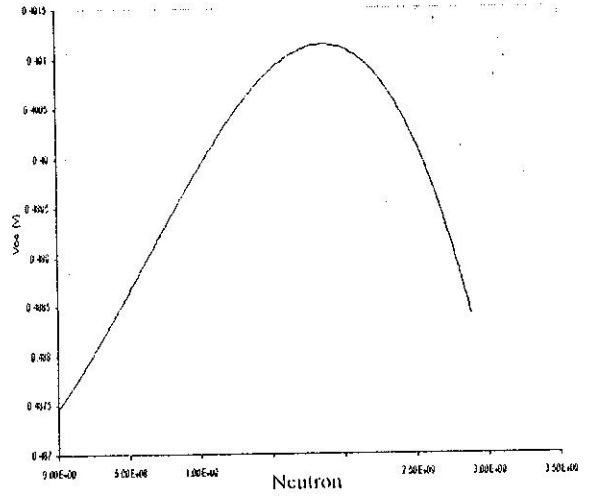
الشكل (4). تغير القيم العظمى للفتولتية (V_m) للخلية الشمسية السليكونية الأحادية البلورة مع قيم التدفق النيوتروني المختلفة.



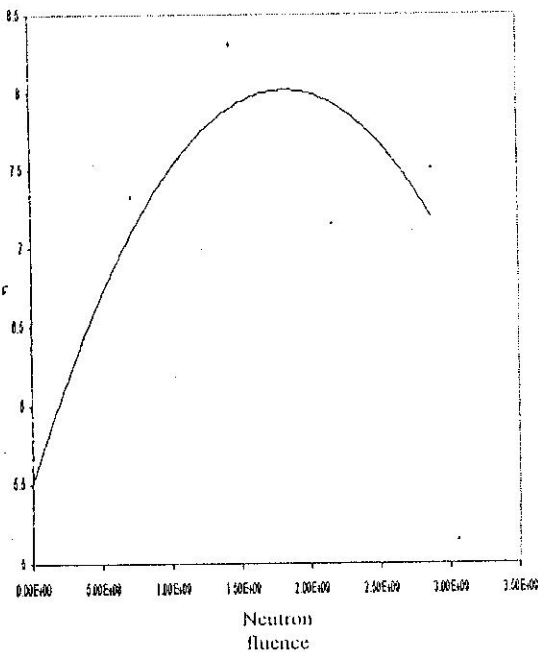
الشكل (8). تغير قيم عامل المليء (FF) للخلية الشمسية السليكونية الأحادية البلورة مع قيم التدفق النيوتروني المختلفة.



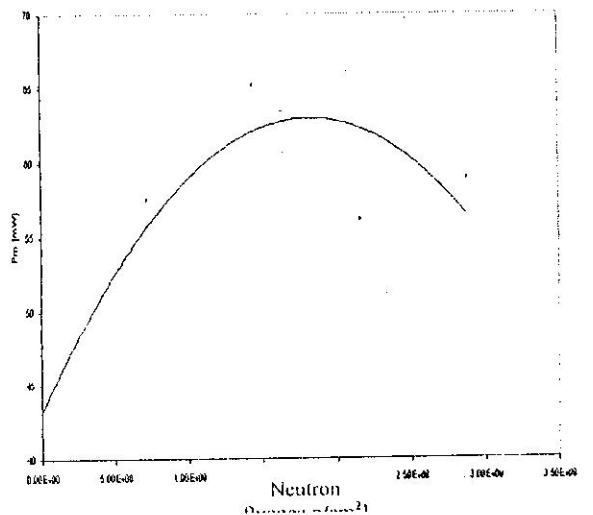
الشكل (5). تغير قيم تيار الدائرة القصيرة (I_{sc}) للخلية الشمسية السليكونية الأحادية البلورة مع قيم التدفق النيوتروني المختلفة.



الشكل (6). تغير قيم فولتية الدائرة المفتوحة (V_{oc}) للخلية الشمسية السليكونية الأحادية البلورة مع قيم التدفق النيوتروني المختلفة.



الشكل (9). تغير قيم النسبة المئوية بحفاءة تحويل الطاقة (η) للخلية الشمسية السليكونية الأحادية البلورة مع قيم التدفق النيوتروني المختلفة.



الشكل (7). تغير القيم العظمى للقدرة الخارجة (P_m) من الخلية الشمسية السليكونية الأحادية البلورة مع قيم التدفق النيوتروني المختلفة.

الجدول (١) تغيير الخصائص الكهربائية للخلية الشمسية السليكونية الاحادية البلورة مع قيم التدفق النيوتروني المختلفة

نسبة اشعاع التربة	تدفق النيوترون	بدل نصف	فولت نصف	الخاصة الكهربائية
18.81%	$2.05E+08$ [n/cm ²]	161.80 [mV]	152.75 [mV]	L
27.47%	$1.70E+09$ [n/cm ²]	0.34 [V]	0.27 [V]	V ₁
0.50%	$1.80E+08$ [n/cm ²]	218.80 [mV]	199.80 [mV]	L
0.75%	$1.68E+08$ [n/cm ²]	0.48 [V]	0.48 [V]	V ₂
51.07%	$1.80E+09$ [n/cm ²]	63 [mV]	41.70 [mV]	P ₁
38.57%	$1.50E+09$ [n/cm ²]	0.58	0.47	II
51.07%	$1.45E+09$ [n/cm ²]	0.07%	5.31%	V

المصادر

- (1999) "Deep level analysis of radiation-induced defects in Si crystals and solar cells", J. Applied Physics, Vol. 86, No.1.
- [4] Wallace, G. G., Dastoor, P. C., Officer, D. L. and Too, C. O., (2000) "Conjugated Polymers: New materials for photovoltaics" Chemical innovation, Vol. 30, No.1, 14 - 22.
- [5] Choppin, G. R. and Rydberg, J., (1985) "Nuclear Chemistry theory and application", [Translated by Sallomi, I. J. and dawood, Z. F.], Vol. 1, Uni. Press, Mosul Uni.
- [6] Al-Janaby, M. Y. and Hashimy, S. M., (1989) "Radiation Chemistry", Al-Hikma House, Baghdad Uni.
- [7] Omar, M. A., "Elementary solid physics" Addison Wesley publishing company (1973).
- [8] Smirmov, I. S., (1983) "A Survey of Semiconductor Radiation Techniques" pulished Moscow.
- [9] Dearnaly and Mrthropo, D. C., (1966) "Semiconductor counter for nuclear radiation", 2nd ed., London.

- [1] Joseph, A. B. and Brian, W. F., (1962) "Radiation-Induced change in silicon photovoltaic cells", J. Applied Physics, Vol. 33, No.11.
- [2] Bakirov, M. Ya., madatov, R. S. and Mustafaev, Ya. M., (1988) "Radiation effect in Silicon high - voltage photovoltaic cells exposed to electrons with energy of 5 MeV", Geliotekhnika, Vol. 24, No.5, 76.
- [3] Yamaguchi, M., Khan, A., Taylo, S. J. Ando, K., Yamaguchi, T., Matsuda, S. and Aburaya, T.,

Fast Neutrons Utilization to solar cells Performance Improvement

Dr. Ali H. Al-Hamdani * Dr. N. H. K. AL-Ani ** Sa'ad A. Tu'auma *

(*) Univ. Of Technology_Laser & Optoelectronics Dept .

(**) Physics Department – Woman's Science College – Baghdad University .

Abstract

In this work, irradiation effect by means of fast neutrons emitted from $^{241}\text{Am} - \text{Be}$ source on the electrical properties of single-crystalline Silicon solar cells has been studied. At steady neutron fluence rate by $10^5 \text{ n/cm}^2/\text{sec}$, over a wide fast neutrons fluence range from $(7.20 \cdot 10^8 \text{ n/cm}^2 - 3.60 \cdot 10^9 \text{ n/cm}^2)$, and time periods range from (2 hr – 10 hr). in an attempt to improve the energy conversion efficiency of solar cell. The results show that the maximum values of the current (I_m) and the maximum values of the voltage (V_m), values of the short circuit current (I_{sc}), values of the open circuit voltage (V_{oc}), the maximum values of the output power (P_m), values of the fill factor (FF) and values of the percentage of the energy conversion efficiency (η) were nonlinear increased with the increase of the fluence. The maximums of increasing rate were (19.01% and 27.47%, 9.50%, 0.75%, 51.07%, 38.57%, and 51.03%) of its original value before the bombardment by fast neutrons, respectively, at neutron fluence range from $(1.50 \cdot 10^9 \text{ n/cm}^2 - 2.05 \cdot 10^9 \text{ n/cm}^2)$.