تحسين كفاءة الخلية الشمسية بالتشعيع النيوتروني والتلدين الحراري

صبحي سعيد الراوي* راجحة رشيد القره غولي** وسن علي الطائي***

تاريخ قبول النشر ٢٠٠٦/١٠/٣

الخلاصة :

يهدف هذا البحث الى دراسة تأثير كل من النيوترونات بطاقة تتراوح ما بين Mev(8-4) والتلدين الحراري على كفاءة الخلايا الشمسية لمادة السليكون الاحادي البلورة حيث تمت دراسة الخصائص الكهربائية (I-V) لهذه الخلايا في حالتي الظلام والاضاءة قبل وبعد التشعيع وبأستخدام المصدر النيوتروني (Be – ^{241}Am). كذلك تمت دراسة الخصائص الكهربائية (I-V) للخلايا الشمسية قبل وبعد التلدين . كانت اعلى زيادة وصلت اليها الكفاءة بعد التشعيع بالنيوترونات السريعة هي 3.81% اما اعلى زيادة في الكفاءة بعد التلدين فكانت 0.72% .

المقدمة :

يتزايد الاهتمام بالطاقة الشمسية يوما بعد أخر كونها تمثل البديل الاهم لتغطية النقصان في مصادر الطاقة التقليدية ، حيث تتركز البحوث على كيفية استغلال الطاقة الشمسية لتصنيع المزدوجات الحرارية والمجمعات والخلايا الشمسية لتحويل الطاقة الشمسية الى طاقة حرارية او كهربائية .

تم تصنيع اول خلية شمسية عام 1954 م من قبل Chapin وجماعته وبكفاءة تحويل تقارب 6% بعدها جرت محاولات عديدة لتحسين كفاءة الخلية للوصول الى كفاءة تقارب 19% [1].

النظرية:

من المعروف ان للطاقة اشكال متعددة على ان اكثر ما يهمنا من اشكال الطاقة في مجال الطاقة الشمسية ، هي الطاقة الاشعاعية والتي يتم تحويلها الى طاقة كهربائية عن طريق :

1 – التحويل المباشر : وتتم بواسطة الخلايا الشمسية (الفولطاضوئية).

2 - التحويل غير المباشر : كطريقة التحويل الايوني الحراري .

3 – الطريقة الكهروحرارية [2] .

عند سقوط اشعة ضوئية ذات طول موجي مناسب على شبه موصل فأن هناك ثلاث حالات لتفاعل هذه الاشعة مع هذا الشبه الموصل يمكن ان تحدث:

اذاكانت طاقة الفوتونات الساقطة اقل من طاقة الفجوة فان هذه الاشعة سوف لن تمتص بسبب عدم قدرة هذه الطاقة على نقل الالكترون الى مستوى اعلى من مستوى الطاقة الممنوعة وبهذا فأنها اما تنعكس عن السطح او تنفذ الى الجهة الاخرى . اما اذا كانت طاقة الفوتونات مساوية الى طاقة الفجوة فان هذه الاشعة سوف تعاني امتصاصا من السطح العلوي مؤدية بذلك الى تولد ازواج (الكترون- فجوة) والتي تؤدي بدورها الى حدوث التيار الضوئي(Photocurrent) [3] . ان هذه الازواج تميل الى الاتحاد عند وجود مراكز اتحاد (Recombination centers) والتي تمثل مراتب وسيطة ما بين حزمة التوصيل وحزمة التكافؤ . هذه المراكز يمكن اعتبارها مصائد او بئر من الطاقة (Energy Well) يقع فيها الالكترون او الفجوة لفترة وجيزة ثم تأتي الشحنة المضادة الى ذات المكان فيحدث الاتحاد [4] . في حالة كون طاقة الفوتونات الساقطة اكبر من طاقة الفجوة فان جزءا من هذه الطاقة يمتص لنقل الالكترون من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل مما يقلل احتمالية اعادة الاتحاد لذا فان الطاقة الاعلى كفاءة في انتاج التيار الضوئي هي طاقة الفوتونات الاعلى من طاقة الفجوة [3] .

بالاضافة الى الاشعاعات الكهرومغناطيسية ومنها الضوئية فان هناك قسمان من الاشعاعات الاخرى تدعى بالاشعاعات المؤينة والتي تقسم عادة الى قسمين:

١- الاشعاعات المؤينة المباشرة : وهي عبارة عن جسيمات مشحونة مثل جسيمات الفا وبيتا .

2- الاشعاعات المؤينة غير مباشرة : كالفوتونات والنيوترونات [5] .

تعتبر النيوترونات جسيمات متعادلة الشحنة لها القابلية على اختراق الغيمة الالكترونية والوصول الى النواة ، ونتيجة لتفاعل النيوترون مع النواة فقد يحدث امتصاص للنيوترون القاصف وبصورة عامة تصنف تفاعلات النيوترون مع المادة كما يأتي :

* جامعة تكريت/ كلية العلوم/ قسم الفيزياء
** جامعة بغداد/ كلية العلوم للبنات/ قسم الفيزياء
*** جامعة النهرين/ كلية العلوم/ قسم الفيزياء

1 – تفاعلات الاستطارة :- وتنقسم الى استطارة مرنة وغير مرنة .
عند تشعيع نموذج ما بنيوترونات سريعة تتراوح طاقتها ما بين Mev (0.5-20) فأن التفاعل الممكن حدوثه هو الاستطارة بنوعيها المرنة وغير المرنة .
فعندما تكون الطاقة الحركية للنيوترون والنواة محفوظة قبل وبعد التصادم ، فان الاستطارة سوف تكون من النوع المرن ذلك ان سقوط النيوترون على المادة واصطدامه بالنواة سيؤدي الى استطارته بطاقة حركية اقل من طاقته الاصلية لهذا يبقى مجموع الطاقة الحركية محفوظا ذلك ان الطاقة المفقودة سوف تذهب الى نواة الهدف وتتحول الى طاقة حركية للنواة المرتدة بعد التصادم . تعطى طاقة النيوترون بعد التصادم (E_2) بالعلاقة التالية : [6] .

$$E_2 = E_1(A^2 + 2A\cos\Theta + 1)/(A + 1)^2$$

حيث E_2:طاقة النيوترون بعد التصادم ، E_1: طاقة النيوترون قبل التصادم ، A: كتلة النواة .
اما عندما تكون الطاقة الحركية للنيوترون الساقط ونواة الهدف غير محفوظتان قبل وبعد التصادم ، فان الاستطارة تكون غير مرنة ، يحدث هذا عندما يكون للنيوترون الساقط طاقة كافية بحيث تستطيع ان ترفع نواة الهدف الى مستوى الاثارة الاول (على الاقل) لتعود النواة بعدها الى حالة الاستقرار ببعثها اشعة كاما . طاقة النيوترون المستطار تعطى بالعلاقة التالية:[7،8]

$$E'_n = E_n - E_1$$

2 – تفاعلات الامتصاص:- وتقسم الى الانشطار النيوتروني والتنشيط النيوتروني
يحدث الانشطار النيوتروني عندما تمتص النواة النيوترونات ذات الطاقة العالية ، تتكون بذلك نواة مركبة غير مستقرة تنشطر بعدها الى نواتين متقاربتين في الكتلة مع انبعاث نيوترونين او ثلاثة واشعة كاما يعود السبب في ذلك الى وجود مستويات طاقية للنواة متقاربة ومتعددة حيث يتاح لكل نواة الرجوع الى وضع استقرارها حسب ما اكتسبته من طاقة [9] .
اما التنشيط النيوتروني فيحدث عند قصف النواة او امتصاصها لنيوترون ذات طاقة مناسبة، مما يسبب في تنشيطها بان يرفع مستوى طاقتها من المستوى الارضي الى مستويات متهيجة اعلى اعتمادا على طاقة النيوترون وطبيعة مادة الهدف [10] .
لا بد من الاشارة الى انه يمكن ازالة الاجهادات المتولدة في المادة من خلال اعادة ترتيب الانخلاعات او احداث انتشار للشوائب لزيادة الفاعلية الكهربائية لها . يمكن معاملة المادة حراريا من خلال عملية التلدين (Annealing) التي تجري غالبا بوجود غاز معين او في الهواء او في الفراغ وفق الحاجة .هذه المعاملة الحرارية تساعد على التقليل من العيوب التركيبية حيث تعطي طاقة حركية لذرات المادة وبهذا ستحاول ان تعيد ترتيبها وتاخذ مكانها ضمن الترتيب الدوري ولكنها في نفس الوقت تتسبب في تكوين او ازالة مستويات موضعية داخل فجوة الطاقة وهذا يؤدي الى تقليل او زيادة مقاومة الغشاء [11] .

كفاءة الخلية الشمسية :

وتمثل النسبة بين القدرة الكهربائية المتولدة الى قدرة الضوء الساقط عند نقطة القدرة العظمى لمنحني (التيار – فولتية). انظر شكل (1)
القدرة العظمى P_{max} تعطى بالعلاقة التالية :

$$P_{max} = I_m V_m \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث I_m ، V_m يمثلان تيار وفولتية الحمل عند نقطة القدرة العظمى ، فاذا كانت P_{in} هي قدرة الاشعة الساقطة على الخلية فان كفاءة الخلية الشمسية (η) تعطى بالعلاقة الاتية [12]

$$\eta = (P_{max} / P_{in}) \times 100\%$$
$$\eta = (I_m V_m / P_{in}) \times 100\%$$

الجزء العملي :

1– التشعيع
شععت نماذج من الخلايا الشمسية الجاهزة المصنعة من شركة المنصور بالنيوترونات السريعة المنبعثة من المصدر النيوتروني (Am-^{241}Be) ذات فيض (Flux) مقداره (7.9×10^5 n/cm^2) ولفترات زمنية مختلفة و كما موضح في الجدولين (1) ، (2) .
2– التلدين
تم تلدين الخلايا الشمسية باستخدام الفرن الحراري نوع (Carbolite) في الفراغ وتحت ضغط mbar 10^{-3}
ولمدة (30 min) كما موضح في الجدولين (3) ، (4) كما تم تلدين خلية (S_3) المشعة بعد وصولها الى حالة الاستقرار ولمدة (30 min) انظر الجدولين (5) ، (6) .
تم قياس الخصائص الكهربائية (I-V) في الحالتين عند الاضاءة والظلام وكذلك قبل وبعد التشعيع والتلدين باستخدام مصدر ضوئي ، مصباح هالوجين نوع (Phillps) ذات قدرة (120 watt) موضوع على مسافة ثابتة عن الخلية .

النتـــــائج :

اولا : خصائص (I-V) في حالة الاضاءة

1- التشعيع

الاشكال (1) و (2) و (5) و(6) تمثل خصـائص (I-V) قبل وبعد التشعيع لجميع النماذج مع عـدم استخدام واستخدام مجهز القـدرة علـى التـوالي ولفترات زمنية مختلفة وبجرعة اشعاعية واحدة . يلاحظ وجود زيادة في قيمة تيار الدائرة القصيرة I_{sc} لكافة الحالات وكذلك زيادة في فولتية الـدائرة المفتوحة V_{oc} للخلايا S1،S3، S5 ولكـن مـع حصول نقصان طفيف في هذا الجهد لخليـة S2 وبقاءه ثابتـا لخليـة S4 . بهـذا ازدادة القـدرة العظمى P_{max} لكافة النماذج وبالتالي زيادة فـي الكفاءة η كما موضح في الجدول (1) .

لقد تم الحصول من خلال اختيار النمـوذج (S3) المشعع ولفترة (15min) على زيادة في I_{sc} وهي اعلى زيادة تم الحصول عليها من التشـعيع امـا الزيادة في V_{oc} فكانت مساوية الـى (0.01 v) وهذا ادى الى زيادة الكفاءة بنسبة (3.81%) .

2- التلدين

من معاينة المنحنيات في الشكلين (7) و(8) بدون استخدام مجهز القـدرة والشـكلين (11) و (12) باستخدامه حيث تمثل هذه المنحنيات خصـائص (I-V) قبل التلدين وبعده ولجميـع النمـاذج ، نلاحظ وجود انخفاض في I_{sc} للنموذجين Sa و Sb مع بقاء قيمـة V_{oc} ثابتـة لكليهما وهذا ادى الى انخفاض في القدرة العظمى P_{max} وبالتالي انخفاض في كفاءة الخليـة . امـا النموذجين Sc و Sd فقد لوحظ زيادة التيـار I_{sc} لهما كما زادت V_{oc}لخلية Sc مع بقاء قيمـة V_{oc} ثابتة لخلية Sd وهذا ادى الـى زيـادة الكفاءة للنموذجين كما موضـح في الجدول (3) .

لقد تم الحصول من خلال النمـوذج Sc الملـدن لفترة (30min) وبدرجـة حـرارة (300 °C) على زيادة في I_{sc} كانت بمقدار (4.5mA) وزيادة في V_{oc} قدرها (0.03v) وهذا ادى الى زيادة في الكفاءة بنسبة 0.72% وهي تمثل اعلى زيادة تـم الحصول عليها .

3- التشعيع والتلدين

اجري تلدين للخلية S3 المشععة لمـدة (15min) بعد استقرارها بدرجة حرارة(300 °C) فلـوحظ حدوث زيادة في I_{sc} بمقـدار (9.5mA) و V_{oc} بمقدار (0.01v) وبـذلك زادت الكفـاءة بنسـبة (1.05%) جدول (5) .وهذا يعني ان التلدين قد استعاد جزءا من النقصان الذي حصل في كل من I_{sc}، V_{oc} ، η ، P_{max} بعد ان انخفضت تدريجيا نتيجة التشعيع حتى الوصول الى حالة الاسـتقرار ،انظر الاشكال (13) و(14) .

لابد لنا ان نذكر ان خطة البحث الاساسية كانـت تشتمل على تشعيع النماذج لجرعات مختلفة اخرى الا ان حدوث عطل في منظومة التشعيع دام لفترة طويلة حال دون ذلك . كذلك لابد لنا من القـول الى ان تشعيع النماذج لم يكن تراكميا اي ان كـل نموذج تم تشعيعه على انفراد وللمـدة المـذكورة ازاءه في الجدول (1) ، ذلك لان النتائج السـابقة (التراكمية) بينت ان الزيادة في الكفاءة كانت اقل مما لو تم التشعيع لنفس الفترة وبصورة مستمرة.

ثانيا : خصائص (I-V) في حالة الظلام

1- التشعيع

الشكلين (3) ، (4) يوضحان خصـائص (I-V) في حالة الظلام لجميع النماذج قبل وبعد التشعيع ، حيث يلاحظ انخفـاض تيـار الاشـباع I_o مـع انخفاض عامل المثالية n لجميع الخلايـا (S1) ، (S2) ، (S3) ، (S4) ، (S5) بعـد التشـعيع المباشر .

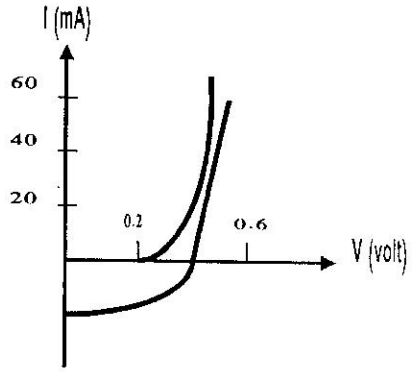
حيث لوحظ مـن خـلال تشـعيع خليـة S3 ان الانخفاض في قيمة I_o مساوي الى (0.557mA) والانخفاض في قيمة n مساوي الى (1.96) .

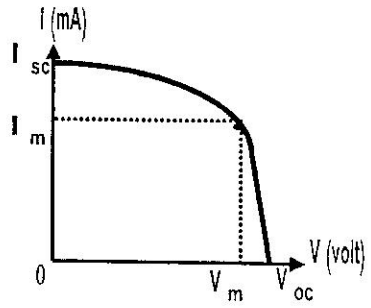
2- التلدين

يوضح الشكلين (9) ، (10) خصـائص (I-V) الظلامية للخلايا الشمسية المستخدمة قبـل وبعـد التلدين ، حيث لوحظ ارتفاع قيمة I_o مع ارتفـاع قيمة n بعد التلدين المباشر للخلايا Sa، Sb مـع حصول انخفاض في قيمتي I_o و n للخلايا Sa و Sd . بالنسبة للخلية Sc فلوحض ان الانخفـاض في I_o و n مساوي الـى (0.095mA) (0.85) على التوالي كما موضح في الجدول (4) .

3- التشعيع والتلدين

الشكل (15) يوضح خصائص (I-V) الظلاميـة لخلية S3 المشععة ثم لدنت بعد اسـتقرارها فـتم الحصول على انخفـاض فـي قيمـة I_o بمقـدار (0.005mA) وانخفاض فـي قيمـة n بمقـدار (0.02) انظر الجدول (6) .





الشكل (١)

(a) يمثل منحني (I-V) للخلية عند الاضاءة بدون استخدام مجهز القدرة .

(b) يمثل منحنيات (I-V) للخلية عند الظلام والاضاءة وباستخدام مجهز القدرة .

جدول (1) : يبين خصائص (I-V) في حالة الاضاءة قبل وبعد التشعيع

	Cell.NO	t (min)	Isc (mA)	V_{oc}(v)	P_{max}(watt)	الزيادة المئوية في η
قبل التشعيع	S1	5	33.7	0.46	0.01169	8.5
بعد التشعيع			49.8	0.48	0.01221	8.88
قبل التشعيع	S2	10	38.2	0.46	0.006118	4.453
بعد التشعيع			39.6	0.45	0.00865	6.29
قبل التشعيع	S3	15	31.4	0.44	0.004086	2.97
بعد التشعيع			43.1	0.45	0.009315	6.78
قبل التشعيع	S4	20	28	0.44	0.00472	3.43
بعد التشعيع			37.3	0.44	0.006854	4.98
قبل التشعيع	S5	25	43	0.29	0.007	5
بعد التشعيع			47.3	0.3	0.00754	5.48

جدول (2) : يبين خصائص (I-V) في حالة الظلام قبل وبعد التشعيع

	CelL. NO	t (min)	Io (mA)	n
قبل التشعيع	S1	5	0.14	1.87
بعد التشعيع			0.12	1.85
قبل التشعيع	S2	10	0.25	1.55
بعد التشعيع			0.12	1.35
قبل التشعيع	S3	15	0.6	3.09
بعد التشعيع			0.043	1.13
قبل التشعيع	S4	20	0.19	2.53
بعد التشعيع			0.14	2.16
قبل التشعيع	S5	25	0.019	1.36
بعد التشعيع			0.012	1.22

جدول (3) : يبين خصائص (I-V) في حالة الاضاءة قبل وبعد التشعيع

	Cell.NO	T(°C)	Isc (mA)	V_{oc}(v)	P_{max}(watt)	الزيادة المئوية في η
قبل التلدين	Sa	100	34	0.48	0.009936	7.23
بعد التلدين			33.4	0.48	0.00816	5.93
قبل التلدين	Sb	200	34.8	0.48	0.01018	7.41
بعد التلدين			34	0.48	0.009454	6.88
قبل التلدين	Sc	300	27.3	0.44	0.007161	5.21
بعد التلدين			31.8	0.47	0.00816	5.93
قبل تلدين	Sd	400	34.9	0.5	0.010656	7.75
بعد التلدين			36.6	0.5	0.011124	8.09

النتـــــائج :

اولا : خصائص (I-V) في حالة الاضاءة

1- التشعيع

الاشكال (1) و (2) و (5) و(6) تمثل خصـائص (I-V) قبل وبعد التشعيع لجميع النماذج مع عـدم استخدام واستخدام مجهز القـدرة علـى التـوالي ولفترات زمنية مختلفة وبجرعة اشعاعية واحدة . يلاحظ وجود زيادة في قيمة تيار الدائرة القصيرة I_{sc} لكافة الحالات وكذلك زيادة في فولتية الـدائرة المفتوحة V_{oc} للخلايا S1،S3، S5 ولكـن مـع حصول نقصان طفيف في هذا الجهد لخليـة S2 وبقاءه ثابتـا لخليـة S4 . بهـذا ازدادة القـدرة العظمى P_{max} لكافة النماذج وبالتالي زيادة فـي الكفاءة η كما موضح في الجدول (1) .

لقد تم الحصول من خلال اختيار النمـوذج (S3) المشعع ولفترة (15min) على زيادة في I_{sc} وهي اعلى زيادة تم الحصول عليها من التشـعيع امـا الزيادة في V_{oc} فكانت مساوية الـى (0.01 v) وهذا ادى الى زيادة الكفاءة بنسبة (3.81%) .

2- التلدين

من معاينة المنحنيات في الشكلين (7) و(8) بدون استخدام مجهز القـدرة والشـكلين (11) و (12) باستخدامه حيث تمثل هذه المنحنيات خصـائص (I-V) قبل التلدين وبعده ولجميـع النمـاذج ، نلاحظ وجود انخفاض في I_{sc} للنموذجين Sa و Sb مع بقاء قيمـة V_{oc} ثابتـة لكليهما وهذا ادى الى انخفاض في القدرة العظمى P_{max} وبالتالي انخفاض في كفاءة الخليـة . امـا النموذجين Sc و Sd فقد لوحظ زيادة التيـار I_{sc} لهما كما زادت V_{oc}لخلية Sc مع بقاء قيمـة V_{oc} ثابتة لخلية Sd وهذا ادى الـى زيـادة الكفاءة للنموذجين كما موضـح في الجدول (3) .

لقد تم الحصول من خلال النمـوذج Sc الملـدن لفترة (30min) وبدرجـة حـرارة (300 °C) على زيادة في I_{sc} كانت بمقدار (4.5mA) وزيادة في V_{oc} قدرها (0.03v) وهذا ادى الى زيادة في الكفاءة بنسبة 0.72% وهي تمثل اعلى زيادة تـم الحصول عليها .

3- التشعيع والتلدين

اجري تلدين للخلية S3 المشععة لمـدة (15min) بعد استقرارها بدرجة حرارة(300 °C) فلـوحظ حدوث زيادة في I_{sc} بمقـدار (9.5mA) و V_{oc} بمقدار (0.01v) وبـذلك زادت الكفـاءة بنسـبة (1.05%) جدول (5) .وهذا يعني ان التلدين قد استعاد جزءا من النقصان الذي حصل في كل من I_{sc}، V_{oc} ، η ، P_{max} بعد ان انخفضت تدريجيا نتيجة التشعيع حتى الوصول الى حالة الاسـتقرار ،انظر الاشكال (13) و(14) .

لابد لنا ان نذكر ان خطة البحث الاساسية كانـت تشتمل على تشعيع النماذج لجرعات مختلفة اخرى الا ان حدوث عطل في منظومة التشعيع دام لفترة طويلة حال دون ذلك . كذلك لابد لنا من القـول الى ان تشعيع النماذج لم يكن تراكميا اي ان كـل نموذج تم تشعيعه على انفراد وللمـدة المـذكورة ازاءه في الجدول (1) ، ذلك لان النتائج السـابقة (التراكمية) بينت ان الزيادة في الكفاءة كانت اقل مما لو تم التشعيع لنفس الفترة وبصورة مستمرة.

ثانيا : خصائص (I-V) في حالة الظلام

1- التشعيع

الشكلين (3) ، (4) يوضحان خصـائص (I-V) في حالة الظلام لجميع النماذج قبل وبعد التشعيع ، حيث يلاحظ انخفـاض تيـار الاشـباع I_o مـع انخفاض عامل المثالية n لجميع الخلايـا (S1) ، (S2) ، (S3) ، (S4) ، (S5) بعـد التشـعيع المباشر .

حيث لوحظ مـن خـلال تشـعيع خليـة S3 ان الانخفاض في قيمة I_o مساوي الى (0.557mA) والانخفاض في قيمة n مساوي الى (1.96) .

2- التلدين

يوضح الشكلين (9) ، (10) خصـائص (I-V) الظلامية للخلايا الشمسية المستخدمة قبـل وبعـد التلدين ، حيث لوحظ ارتفاع قيمة I_o مع ارتفـاع قيمة n بعد التلدين المباشر للخلايا Sa، Sb مـع حصول انخفاض في قيمتي I_o و n للخلايا Sa و Sd . بالنسبة للخلية Sc فلوحض ان الانخفـاض في I_o و n مساوي الـى (0.095mA) (0.85) على التوالي كما موضح في الجدول (4) .

3- التشعيع والتلدين

الشكل (15) يوضح خصائص (I-V) الظلاميـة لخلية S3 المشععة ثم لدنت بعد اسـتقرارها فـتم الحصول على انخفـاض فـي قيمـة I_o بمقـدار (0.005mA) وانخفاض فـي قيمـة n بمقـدار (0.02) انظر الجدول (6) .

جدول (4) : يبين خصائص (I-V) في حالة الظلام قبل وبعد التلدين

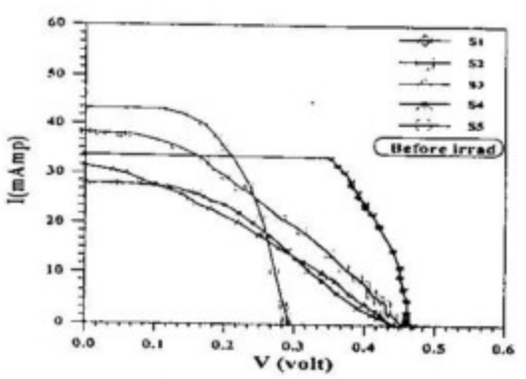
	CelL. NO	T(°C)	Io (mA)	n
قبل التلدين بعد التلدين	Sa	100	0.045 0.07	1.65 2.03
قبل التلدين بعد التلدين	Sb	200	0.16 0.25	1.52 2.43
قبل التلدين بعد التلدين	Sc	300	0.14 0.045	2.41 1.56
قبل التلدين بعد التلدين	Sd	400	0.034 0.032	1.32 1.31

جدول (5) : يبين خصائص (I-V) في حالة الاضاءة لخلية S3 بعد وصولها الى حالة الاستقرارثم تلدينها

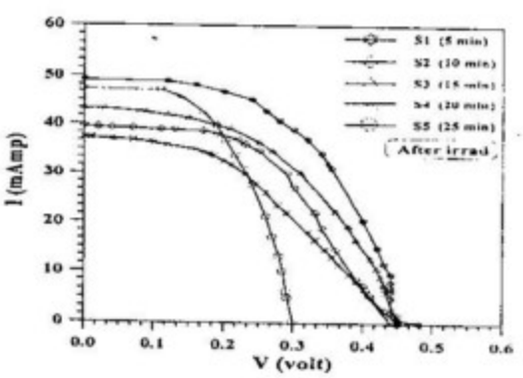
	Cell.NO	t(min)	T(°C)	Isc (mA)	V_{oc}(v)	P_{max}(watt)	الزيادة المئوية في η
بعد الاستقرار بعد التلدين	S3	15	300	29.1 38.6	0.45 0.46	0.00494 0.006375	3.59 4.64

جدول (6) : يبين خصائص (I-V) في حالة الظلام لخلية S3 بعد وصولها الى حالة الاستقرارثم تلدينها

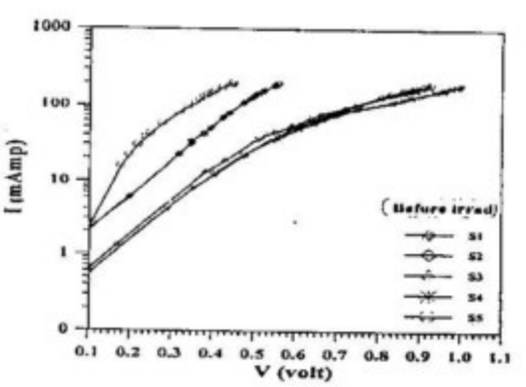
	CelL. NO	t(min)	T(°C)	Io (mA)	n
بعد الاستقرار بعد التلدين	S3	15	300	0.05 0.045	1.11 1.09



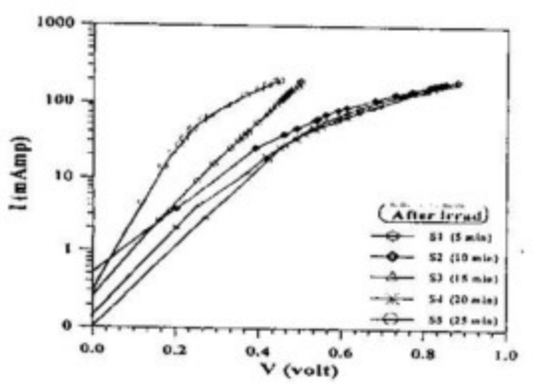
شكل(1): خصائص (I-V) في حالة الأضاءة قبل التشعيع بدون جهز القدرة .



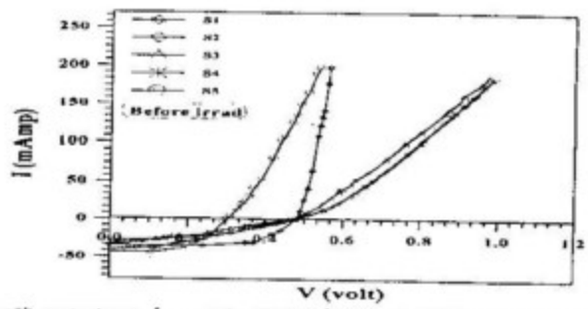
شكل (2): خصائص (I-V) في حالة الأضاءة بعد التشعيع بدون جهز القدرة .



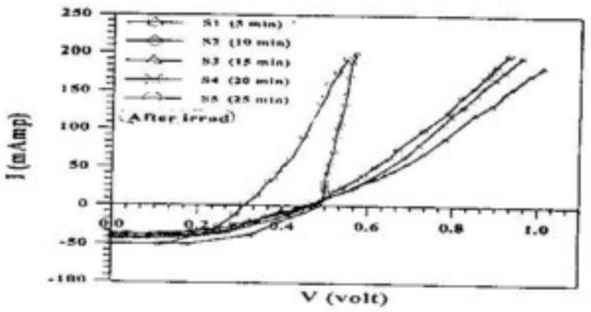
شكل (3) : خصائص (I-V) في حالة الظلام قبل التشعيع بأستخدام جهز القدرة .



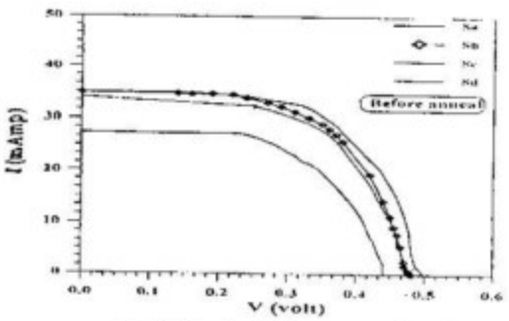
شكل (4) : خصائص (I-V) في حالة الظلام بعد التشعيع بأستخدام جهز القدرة .



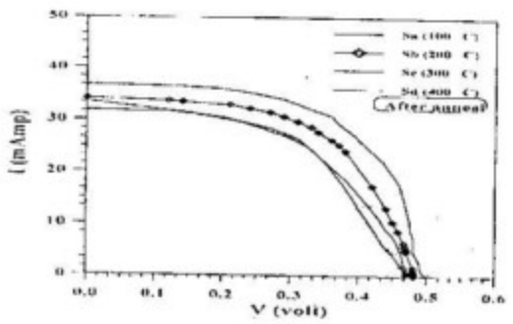
شكل (5): خصائص (I-V) فى حالة الأضاءة قبل التشعيع بأستخدام جهز القدرة



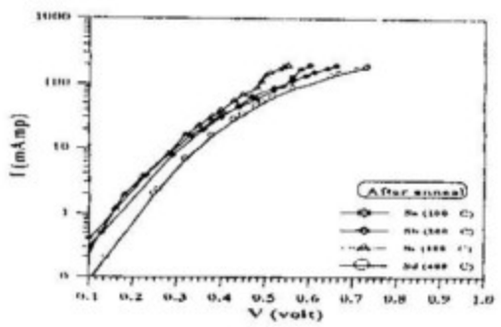
شكل (6) : خصائص (I-V) فى حالة الأضاءة بعد التشعيع بأستخدام جهز القدرة .



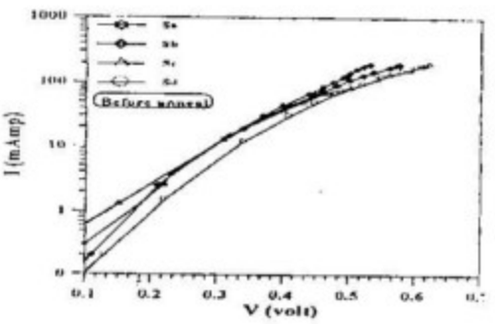
شكل (7): خصائص (I-V) فى حالة الأضاءة
قبل التلدين بدون جهز القدرة .



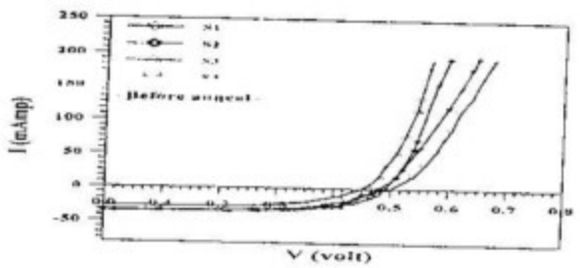
شكل (8): خصائص (I-V) فى حالة الأضاءة
بعد التلدين بدون جهز القدرة .



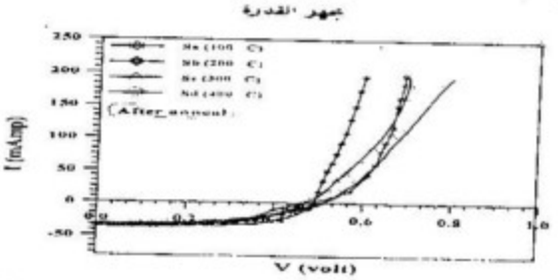
شكل (١٥): خصائص (I-V) فى حالة الضلام
بعد التلدين بأستخدام جهز القدرة .



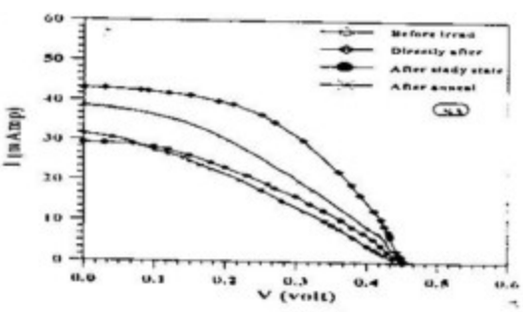
شكل (١٠٩): خصائص (I-V) فى حالة الضلام
قبل التلدين بأستخدام جهز القدرة .



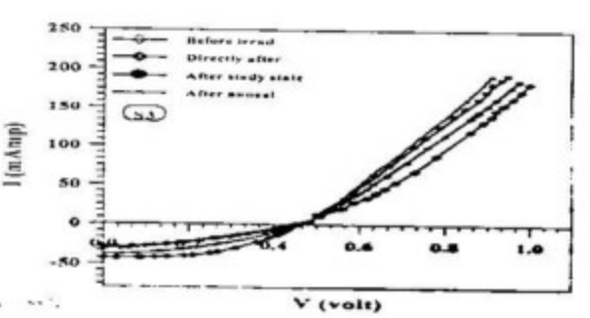
شكل (١١): خصائص (ص) في حالة الأضاءة قبل التلدين بأستخدام جهز القدرة



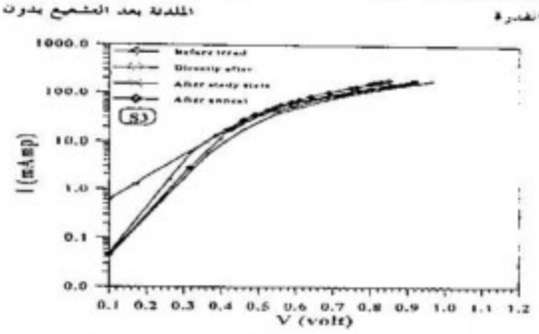
شكل (١٢) : خصائص (I-V) في حالة الأضاءة بعد التلدين بأستخدام جهز القدرة .



شكل(١٣): خصائص (I-V) في حالة الأضاءة خلية (S3) المتلدنة بعد التشعيع بدون جهز قدرة .



شكل (١٤): خصائص (I-V) في حالة الأضاءة خلية (S3) المتلدنة بعد التشعيع بأستخدام جهز القدرة



شكل (١٥): خصائص (I-V) في حالة الظلام خلية (S3) المتلدنة بعد التشعيع بأستخدام جهز القدرة.

المناقشـــــــة :

اولا: خصائص (I-V) في حالة الاضاءة
ان الزيادة الحاصلة في التيار بعد تعرض الخلايا الشمسية الى النيوترونات يعود الى طبيعة تفاعل النيوترونات مع هذه النماذج والذي قد يؤدي الى :
1- زيادة نسبة التطعيم من خلال اضافة ذرات الالمنيوم

$$Si^{30}(n\ ,\ \alpha)\ Mg^{*27}$$

$$Mg^{*27} \xrightarrow{-B} AL^{2}$$

بالاضافة الى ذلك تفاعل النيوترون مع Si^{30} بانحلال بيتا السالبة وتحول الى (P^{31}) وهو يمثل واهب (Donor) [13] .

$$Si^{30}\ (n\ ,p)\ Si^{*30}$$

$$Si^{*30} \xrightarrow{-B} P^{31}$$

2- عند سقوط النيوترونات السريعة على المادة فان جزءا من طاقتها الحركية سوف تتحول الى نواة ذرة الهدف. بذلك فان الالكترونات في المدارات البعيدة عن النواة (الاغلفة الخارجية) والتي تكون طاقة ارتباطها قليلة بالنواة سوف تكتسب طاقة تمكنها من الانفصال عنها مما يحدث زيادة في التيار [14] .
3- يخلق التشعيع النيوتروني عيوب في طبقتي n وp حيث يعمل على ازاحة الذرات من مواقعها البلورية الى السطوح مؤدية بذلك الى خلق ما يسمى بعيوب شوتكي . كما يمكن ان تكون الازاحة في الشبيكة الى مواقع بينية ما يخلق ازاحة بينية –فراغ وهذا ما يسمى بعيوب فرنكل . ان هذه الذرات المزاحة عن مواقعها تسمى بالذرات الاولية (Primary atoms) والتي بامكانها عند امتلاك الطاقة الكافية ازاحة ذرات ثانوية اخرى مما يقود الى ظهور فجوات اخرى . ان ظهور هذه العيوب يؤدي الى انتاج مستويات موضعية (Localized energy levels) داخل فجوة الطاقة المحرمة للمادة مما يسبب انخفاضها مع توسع طبقة الاستنزاف ومن ثم زيادة في تيار الدائرة القصيرة I_{SC} مما يقلل من مقاومة التوالي ثم حصول الزيادة في الكفاءة [15,13] .
اماالزيادة في فولتية الدائرة المفتوحة فربطت بانخفاض تيار الاشباع I_o بالاعتماد على المعادلة التالية :

$$V_{oc}= KT/e \ln(1+I_L/I_o)$$

حيث يمثل :- I_L : التيار المتولد ضوئيا ، e : شحنة الالكترون
اما بالنسبة الى التلدين في الفراغ فانه يعمل على طرد الاوكسجين الموجود في المادة وهذا ادى الى انخفاض كل من كثافة الالكترونات والجهد الحاجز واطلاق سراح الالكترونات المصطادة مماقاد الى زيادة في كل من تركيز هذه الالكترونات والتحركية والتوصيلية وبالتالي زيادة الكفاءة [16] من جانب اخر فان المعاملة الحرارية تمكن الالكترون المتولد حراريا في الخلايا من اكتساب طاقة حرارية بفعل المجال الكهربائي المسلط بدرجة كافية تسمح له عند الاصطدام بذرة ان يكسر اصرة الشبيكة ويولد زوجا من الالكترون – فجوة . هذا الزوج المتولد سوف يكتسب طاقة حركية من المجال الكهربائي وبدورة يتمكن من توليد زوج جديد من الكترون – فجوة وهكذا تستمر هذة العملية لتوليد ازواج اخرى وتدعى هذه العملية بالتضاعف التيهوري (Avalanch) وبزيادة درجة الحرارة يزداد عدد الالكترونات المنتجة حراريا [17] وبذلك يزداد عرض منطقة الاستنزاف وطول انتشار الحاملات الاقلية مما يؤدي الى زيادة في تيار الدائرة القصيرة وفولتية الدائرة المفتوحة نتيجة زيادة توليد حاملات الشحنة في منطقة الاستنزاف . يؤدي طول الانتشار العالي الى التقليل من معدل اعادة الاتحاد [18] مما يزيد من عامل الملئ وبالتالي انخفاض في مقاومة التوالي .
وهذا يفسر سبب الاستعادة لخصائص الخلية المشعة S3 بعد معاملتها حراريا حيث زاد زمن البقاء وطول الانتشار للحاملات وكفاءة التجميع نتيجة انحلال العيوب المؤقتة وابادة لازواج فرنكل وشوتكي الحادثة [19].
اما سبب الانخفاض للنماذج الملدنة تحت درجات حرارية واطئة فيعود الى ان درجة الحرارة غير كافية لاحداث الطرد الكافي لذرات الاوكسجين من المادة وهذا سبب اختلاف وعدم انتظام في ترتيب الذرات داخل الشبيكة البلورية مما ادى الى انخفاض الكفاءة .

ثانيا : خصائص (I-V) في حالة الظلام

استخدمت معالم الخلية I_o و n لتفسير ميكانيكية انتقال التيار في الخلية . فعندما يكون المفرق مثالي اي ان قيمة n=1 يهيمن تيار الانتشار (عند مستويات التيار العالية) في حين تصبح n=2 عندما يكون التيار ناشئ عن اعادة الاتحاد في

منطقة الاستنزاف (عند مستويات التيار الواطئة) وعندما يكون التياران متقاربان في القيمة فان n تقع بين 1 و2 (المستويات المتوسطة) [17] .

وبذلك يمكن ان نستنتج من خلال ملاحظة قيم n المستخرجة لكل من التشعيع والتلدين لجميع الخلايا المستخدمة في هذا البحث ، ان ميكانيكية التيار لهذه الخلايا ناتجة عن اعادة الاتحاد في منطقة الاستنزاف .

ان الانخفاض في قيمة I_o لخلية S3 بعد تشعيعها بالنيوترونات ناشئ عن العيوب المتولدة والمذكورة مسبقا مما ادى الى زيادة في كل من المستويات الموضعية وزمن بقاء الحاملات مع انخفاض الجهد الحاجز وهذا قاد الى انخفاض في قيمة n اي انخفاض تيار الاتحاد في منطقة الاستنزاف .

كما وجد ان تلدين خلية Sc ادى الى انخفاض قيمتي I_o و n وهذا يعود الى ان التلدين في الفراغ سبب طرد الاوكسجين من المادة مما قاد الى انخفاض الجهد الحاجز مع انخفاض معدل اعادة الاتحاد .

وهذا يفسر الانخفاض في قيمتي I_o و n لخلية S3 المشععة بعد تلدينها حراريا .

بالرغم من ذلك عند مقارنة التغير البسيط في قيم n المقاسة قبل وبعد كل من التشعيع والتلدين للخلايا نلاحظ ثبوت ميكانيكية التيار وبقاءها ناشئة عن اعادة الاتحاد في منطقة الاستنزاف.

المصادر:

1- Carlson D.E. , Wronski C.R.,1979, Isotopics in applied physics , Amorphous semiconductor, ed. By M.H. Bordsky, 36:287-329.
Fahrenbruch, A.L. and Bube P.H.1973.
2- conf . Rec . IEEE photo,spec conf.10th .

3- الغني، د.سامي عبد ، حسون. صلاح عبد اللة ، ياسين. سمير خضر، العدد ١٩٩٩. /٤ . مجلة كلية التربية / الجامعة المستنصرية، دراسة تطوير خلايا شمسية سليكونية احادية البلورة .

4- والنعمة، محمد وكاع فرحان . انور، مظفر 2001. ، فيزياء الالكترونات.

5- العارف، د. معن صفاء ،١٩٩٩، الفيزياء الحياتية الاشعاعية ، ط1،الاردن .

6- الكناني،عذاب طاهر نغميش. الخفاجي ، اسعد محمد جعفر ،1990. الكشف عن الاشعاعات المؤينة.مطبعة وزارة التعليم العالي ، هيئة المعاهد الفنية .

7- Langman Dictionary of scientific usage Agodmen /EMF payne Langman Group Ltd,Essex1979 .
8- Kaplon ,I . 1969, Neutron physics , Addison wesely Inc . Combridg e .
9- Dienes G. J , 1969, Studies in radiation effects in solids, 3:128-129 , P.Grodon & Breac, New York , London .
10- Tsoul Fanids, F. N, 1983 , Meaurement and Detection of radiation, London, Mc Graw-Hill .
11- Hass L.D. 1980, solar Lett , radiation topical overview , Appl . 36:320-2 . phys .
12- Wieder, Sol.1982, An Introduction to solar Energy for scientists and Englineers JohnWiley & Sons .

13- الراوي، صبحي سعيد . الجبوري، شاكر. حمدي، خالد ، العدد 12(2) 2001 .مجلة كلية التربية للبنات- جامعة بغداد. دراسة تاثير النيوترونات السريعة واشعة كاماعلى بعض نبائط اشباه الموصلات.

14- حسون، صلاح عبد الله . كاظم، نضالة حسن ياسين ،سمير خضر العدد 11(3) 2000 . مجلة كلية التربية للبنات- جامعة بغداد . دراسة تاثير اشعة كاما والنيوترونات على كفاءة الخلية الشمسية الاحادية البلورة

15.Yamaquchi,M.,Aurangzeb.K&Step hen.J.T.Koshi.A&Tsutomu.Ya. 1999,Deep level analysis of radiation-induced defects in si crystals and solar cells , Jornal of Applied physics ,86 :217-223.

16- Mukhopadhyay,K. & Saha,H. ,1981.Effect of Annealing Cds on Asintered Cds/Cu_2 solar cell. Solar Cell, 4 :135-146 .

17 - زي. اس. ام ،١٩٩٠. نبائط اشباه الموصلات فيزياء وتقنية.

19.Bakirov,.M.ya.Madatov.R.S,Mustta faev.Yu.M,gasimov.R.R&Godzhaev.F B, 1988. radiation Effect in silicon high-voltage photovoltaic cells Exposed to electrons with Energy of 5Mev . Geliot ekhnika, 24(5): 76-77 .

18- BandyopadhyayT.K. & chaudhuri .S.R,1985.Influence of Annealing Ambients on thin film Cdte for solar energy conrersion , phys. Stat. Sol . 5: 92,637

An Imperovement of the efficiency of Solar Cell using neutron Irradiation and Thermal Annealing

***Al-Ta'ay . W.A.** ****Al- Qaraguly. R.** *****Al-Rawi . S.S.**

* Al-Nahrain Univ/ College of Sciense/ Dept. of Physics.
** Baghdad Univ/ College of Sciense for Women/ Dept. of Physics.
*** Tikrit Univ/ College of Sciense/ Dept. of Physics.

Abstract

The aim of this work is to study the effects of the neutrons of energy (4-8 Mev) and also the thermal annealing on the efficiency of a singl crystal silicon solar cell .

Electrical characteristics curves (I-V) are studied for these cells in the dark and illumination befor and after irradiation using the neutron source (^{241}Am-Be) .as well as those before and after annealing .

High efficiency was observed after irradiation (3.81%) and after annealing was (0.72%) .