تحسين اداء الخلية الشمسية بأستعمال اخاديد ذات شكل نصف كروي على سطحها بأستعمال برنامج (ZEMAX)

علاء بدر حسن
مريم ازهر علي

قسم الفيزياء / جامعة بغداد / كلية التربية للعلوم الصرفة(ابن الهيثم)

استلم في :3/تشرين الثاني/2015 ، قبل في : 7/كانون الثاني / 2016

الخلاصة

استعمل في هذا البحث خلية شمسية من مادة السيليكون تحتوي اخاديد على سطحها لتحسين الكفاءة عن طريق تقليل انعكاس الاشعة وزيادة طول المسار البصري للاشعة المارة خلال الخلية. تم تصميم نموذج خلية شمسية عن طريق برنامج زيماكس للتصاميم البصرية عن طريق تقنية تتبع الشعاع ولتقييم النموذج بأستعمال كاشف اسفل الخلية. النموذج الذي يمتلك نسبة مظهر (A.R = 0.2) له اعلى كفاءة بصرية عند الزاوية (0°). واحسن زاوية قبول (50°).

الكلمات مفتاحية : خلية شمسية ، نسبة مظهر ، اخاديد كروية ، *برنامج* **(ZEMAX)**

المقدمة

يعد السيليكون افضل العناصر التي تستعمل في تصميم الخلايا الشمسية .ان كفاءة الخلية الشمسية (هي مقدار ما يتحول من طاقة شمسية إلى كهربائية) وهذا يتم بتغيير و محاولة تحسين معلمات (parameters) الخلية الشمسية إثناء تصنيعها معنى المعلمات هي مقدار كل من القدرة العظمى وفولطية الدائرة المفتوحة وتيار الدائرة القصيرة. ولتحسينيها ايضاً استعمال الأنظمة المتعددة الفجوات لكونها أكثر تناسباً مع الطيف الشمسي من الأنظمة ذات الفجوة المفردة وبالنتيجة تكون الكفاءة أعلى[1]. ولتحسينيها ايضاً استعمال المركزات الشمسية فالمركزات هي أجزاء بصرية تزيد من كمية الإشعاع الساقط على سطح ما كالخلية شمسية أو ماصٍ حراري[2]، وتعد المرايا وعدسات فرينل أهم ما يستخدم لهذا الغرض إذ تستخدم العدسات لزيادة التركيز وليس للحصول على صورة معينة أو تستخدم المرايا لهذا الغرض أو كلاهما معاً. وكذلك تستخدم الاخاديد على السطح العلوي او السفلي للخلية الشمسية وتكون هذه الاخاديد اما هرمية مثلثة الشكل اومستطيلة اوقطع مكافيء او كروية لتقليل نسبة انعكاس الاشعة وزيادة طول المسار البصري ومن ثم زيادة امتصاص الفوتونات داخل الخلية. تعد تقنية اضافة اخاديد لسطح الخلية من المواضيع الحديثة المهمة كونها اسهمت في تطوير كفاءة الخلايا بصورة واضحة وكذلك سهولة تصنيعها عن طريق عمليات القولبة وهي لاتؤثر في حجم التصميم كونها متداخلة مع الخلية[3].

فقد صممت M. S. Murad في (2006) خلية شمسية سليكونية احادية التبلور اذ قامت بأضافة طيات للسطح اذ حققت زيادة في كفاءة الخلية بعد اضافة الطيات للسطح من 4.1% الى 5.5%[4] .

كذلك قام Jason H. Karp, Eric J. Tremblay and Joseph E. Ford في (2010) بتطوير نموذج مركزات شمسية مع دليل موجة لتحسين كفاءة الخلية الشمسية عن طريق استعمال مصفوفة عدسات (محدبة – مستوية)[5] .

قام S.A.Hammil في (2000) زيادة الكفاءة للخلايا الشمسية بتقليل الانعكاس الضوئي من سطح الخلية الضوئية وكان تقليل النعكاسية بنسبة 81% وزيادة امتصاص الضوء في الخلية ، وتقليل الخسائر الضائعة في شبكة القطب العلوي المعدنية نتيجة استعمال تصاميم جديدة للشبكة مثل الهرمية منتظمة وغير منتظمة[6] .

درس c.w.ruggiero في سنة (2007) خصائص الخلايا الشمسية وقام بتطوير سطح الخلايا الشمسية السيليكونية ذات شكل شبه دائري او قطع مكافيء مع عامل المظهر للسطح وتتبع مسار الضوء بصورة مائلة ومرة اخرى متوازية للاخاديد مستعملاً برنامج zemax [7] .

قام M. Geetha في (2008) بتحسين كفاءة الخلايا الشمسية ودراسة نماذج من الاخاديد للخلايا الشمسية مع اكثر من قيمة لعامل المظهر لتحسين الكفاءة مستعملاً برنامج zemax [8] .

عمل A.Hadi في (2008) تصميم وبناء مركز حوضي جديد نوع ثنائي المرايا و دراسة تأثيره في معلمات تقييم أداء الخلية الشمسية السيليكونية كافة في حالة عدم وجود نظام تبريد ووجوده,لوحظ إن كفاءة أداء هذه الخلية قد ازدادت من 11.94%إلى 15.46% بدون تبريد أما مع التبريد فقد ازدادت كفاءة الأداء من 13.3% إلى 16.40% كما تمت دراسة تأثير الجمع بين أنواع مختلفة من عدسات فرينيل مع هذا المركز على أداء الخلية الشمسية اذ تم الحصول على افضل أداء للخلية وقدره 24% بدون تبريد وعلى أفضل أداء مقداره 26.6% بوجود نظام تبريد[9].

التصميم

ان تصميم الخلية الشمسية بأستعمال برنامج (ZEMAX) عبارة عن شريحة من مادة السيليكون متعدد التبلور ذات ابعاد cm (10 x 10 x 0.5) اذ يوجد على سطح الخلية الاخاديد التي تكون ذات شكل نصف كروي مقعر، صمم النموذج نظرياً في برنامج زيماكس للتصاميم البصرية واستعمال نظام تتبع الشعاع لتقييم كفاءة التصميم عن طريق استعمال كاشف اسفل الخلية. وقد وجد ان افضل نسبة مظهر كانت هي (0.2) اذ تصل نسبة الاشعة الواصلة الى اسفل الخلية اذ يوضع الكاشف الى (350) اسقاط شعاع على الكاشف نسبة الى العدد الاصلي الواصل الى الخلية وهو (100) شعاع قيد الفحص عند الزاوية 0° وافضل زاوية قبول عند الزاوية (60°). وهذا الكاشف الذي يوجد اسفل الخلية كاشف يتحسس الاطوال الموجية من الضوء المرئي الى IR الذي يتوافق مع نفاذية السيليكون، لكشف عدد الاشعة التي تصل الى الخلية التي تمثل نسبة كفاءة الخلية هذا الكاشف ذو ابعاد تعادل ابعاد الخلية من الطول والعرض. تعتمد كفاءة الخلية الشمسية في هذا البحث على شكل الاخاديد ودرجة تقعرها وهذا يتم عن طريق حساب نسبة المظهر للاخاديد ((Aspect Ratio (A.R) وهي عبارة عن قيمة معينة تعتمد على المسافة بين حافتي الاخدود الواحد وارتفاع هذه الحافة عن قعر الاخدود ويمثل المعادلة (1) :

$$(A.R = Z / W) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$(W = 2r) \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$(Z = (1 / R) * (r^2 / (1 + (r^2 / R^2)^2))) \quad \dots\dots\dots (3)$$

r = نصف قطر فتحة الادخال لكل اخدود
Z = ارتفاع حافة الاخدود عن القعر
W = المسافة بين حافتي الاخدود
R = نصف قطر التكور للعدسة

ان نسبة المظهر تعطينا درجة تقعر الاخاديد حيث الفائدة من هذه الاخاديد هي زيادة الانعكاسات الداخلية وتقليل الانعكاسات الخارجية للضوء وزيادة طول المسار البصري وبذلك زيادة فرصة امتصاص الفوتونات داخل الخلية . الشكل (1) يمثل شكل الاخاديد على سطح الخلية الشمسية :

استعمل في هذا البرنامج مصدر الاشعة تحت الحمراء والضوء المرئي الذي يتوافق مع مدى امتصاص مادة السيليكون المصنوعة منها الخلية وكان العدد الافتراضي 100 شعاع تسقط على الشريحة بحالتين : مرة بصورة عمودية على الشريحة ومرة بصورة مائلة توازي الاخاديد بزوايا من (10° - 80°) لتبيان تأثير ميلان الشعاع الشمسي في كفاءة الخلية ومعرفة زاوية القبول الخاصة بالنموذج المستعمل

النتائج والحسابات

تم استعمال نموذج للاخاديد بنسبة مظهر مختلفة (1.1 – 0.12) ومن ثم زيادة تكور الاخاديد وبالنتيجة زيادة نسبة امتصاص الاشعة وزيادة عددها عند الكاشف فيكون زيادة عدد الاشعة الساقطة على الكاشف يمثل زيادة عدد الانعكاسات الداخلية الكلية للاشعة ومن ثم زيادة معدلات امتصاص الفوتونات داخا الخلية حسب العلاقة :

$$(L = 2R^{/}) \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

L = عدد الاشعة الساقطة على الكاشف

$R^{/}$ = عدد الانعكاسات الداخلية الكلية على جانبي الخلية

والشكل (2) يمثل العلاقة بين عامل المظهر وعدد الاشعة الساقطة على الكاشف الذي بدوره يمثل نسبة زيادة كفاءة الخلية.

اذ نلاحظ زيادة عدد الاشعة الساقطة على الكاشف (زيادة الكفاءة) عند زيادة عامل المظهر الذي يمثل النسبة بين ارتفاع حافة الاخدود على عرض حافة الاخدود.

نستنتج من هذا التصميم حدوث زيادة في كفاءة الخلية الشمسية لثلاث اضعافها اذ تم حساب الكفاءة عند الزاوية صفر وقيم اخرى للزوايا اذ يكون اتجاه ميل هذه الزوايا موازياً للاخاديد والجدول (1) يبين قيم كفاءة الخلية مع تغير عامل المظهر للاخاديد في الشريحة :

فعند استعمال زاوية ميلان للشعاع الساقط غير عمودية اي ذات قيمة (10° - 80°) نلاحظ تفاوت في قيمة الاشعة الساقطة على الكاشف (الكفاءة) وقد استعمل محور الميلان موازي للاخاديد لتبيان تأثير زاوية السقوط بغض النظر عن تأثير الاخاديد.

وقد استعملت خمسة نماذج لنسبة المظهر للمقارنة بينهما لقيم مختلفة من زاوية السقوط. فالشكل (3) يبين عدد الاشعة الساقطة على الخلية عند قيم مختلفة من زاوية السقوط لنموذج ذي نسبة مظهر (A.R=1.1).

Total Hit = T.H

T.H = تمثل كفاءة الخلية الشمسية اي عدد الاشعة الواصلة الى الكاشف

وقد بينت النتائج ان اقصى قيمة لعدد الاشعة الواصلة للكاشف تصل الى (200) عند زاوية (0° - 10°) بينما تقل عدد الاشعة الواصلة للكاشف تدريجياً الى ان تصل ادنى قيمة عند (08°). ونلاحظ زاوية القبول على البياني هي (40°) اي عند الحصول على كفاءة (100).

بينما نجد في التصميم (4) ذو نسبة المظهر (0.8) زيادة في عدد الاشعة الواصلة للكاشف تصل الى قيمة (300) عند الزاوية (0°) وتقل تدريجياً الى ان تصل الى (100) عند زاوية القبول (50°).

اما في الشكل (5) الذي نسبة المظهر له (0.5) تصل عدد الاشعة الواصلة للكاشف الى قيمة اعلى من (250) عند الزاوية (0°) اما زاوية القبول تكون عند الزاويه (40°) والتي تعادل (100).

بينما بين الشكل (6) ذو نسبة المظهر (0.4) تكون عدد الاشعة الواصلة للكاشف تصل الى (300) اما عند زوايا السقوط (10°-20°-30°) تكون قيمة عدد الاشعة الواصلة للكاشف اعلى من (250) اما زاوية القبول نلاحظها عند الزاوية (50°).

ويعد الشكل (6) الافضل بالمقارنة مع بقية النماذج لكونه يعطي افضل قيمة لعدد الاشعة الواصلة للكاشف (350) وافضل زاوية قبول (60°).

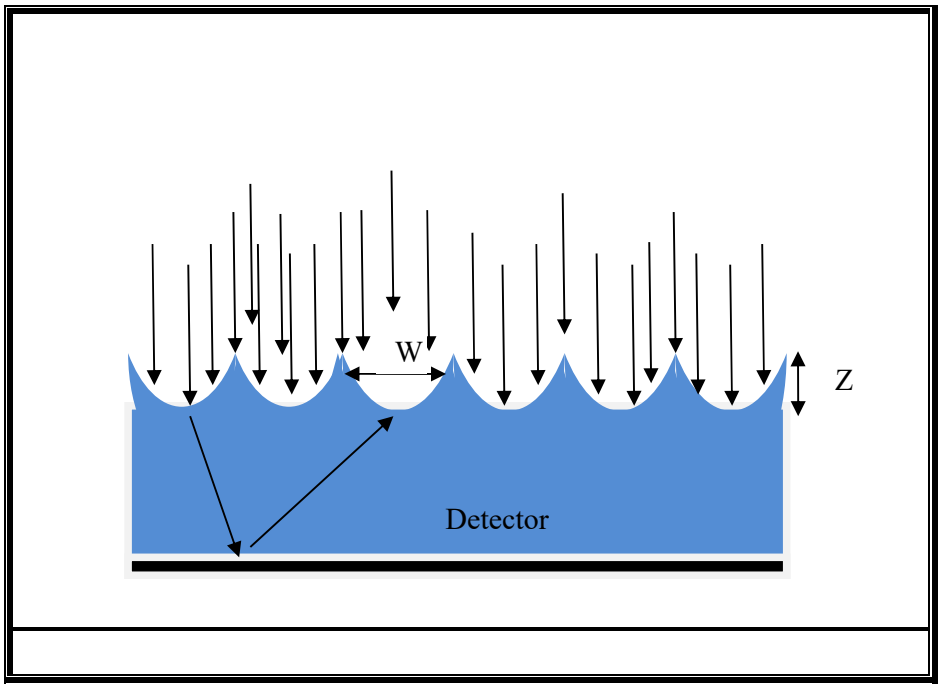
نجد في الشكل (7) ذو نسبة المظهر (0.2) ان عدد الاشعة الواصلة للكاشف تبدأ بقيمة اقل من (300) ولكن عند زيادة ميلان الزاوية ووصولها الى الزاويا (30°-40°-50°) تصل عدد الاشعة الواصلة للكاشف الى اعلى قيمة ممكن ان تصلها في هذه النماذج اذ تكون قريبة من (350) اما زاوية القبول نلاحظها عند الزاوية (60°).

المصادر

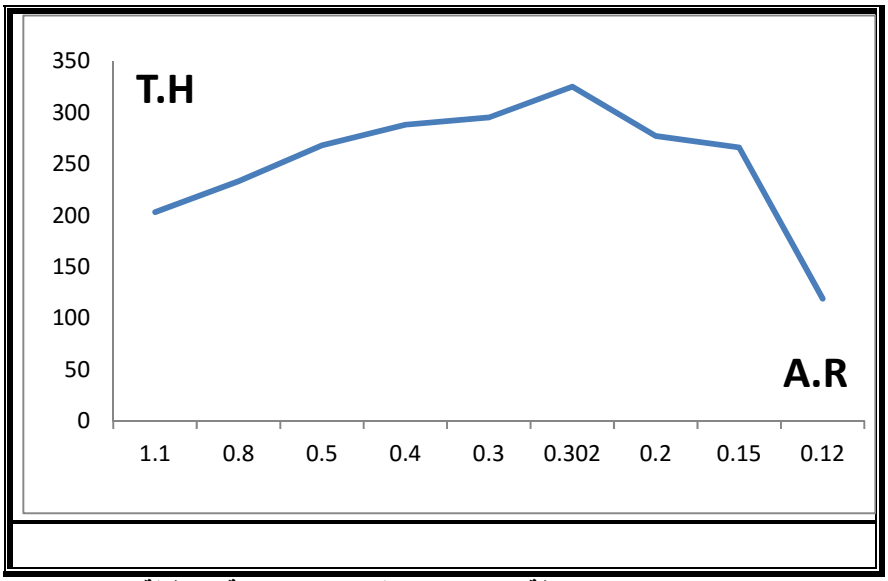
1. Ferlauto,C,;Ferreira,A.; Chen,G. and Koh,C. (2003), "Evolution of microstructure and phase in amorphous, protocrystalline, and microcrystalline silicon studied by real time spectroscopic ellipsometry", *Solar Energy Materials and Solar Cells,* **78**(8), 1–4.
2. Pall, R. (2009)., " High Temperature Solar Concentrator ", *EOLSS,*13(1), 12-23 .
3. Bakshi,U. and Godse,A., (2011). "Basic Electronics Engineering and Technical Publications", *ISBN*, **21**(3), 8–10.
4. Sargon Murad.M ،(2006) ،"Effect of Surface Texturing on Silicon Solar Cell Absorption".Iraq
5. Jason, H.; Karp, Eric, J.; Tremblay and Joseph, E. Ford ،(2010)،"Radial Coupling Method for Orthogonal Concentration within". Tamilnadu, India
6. Hammil,S.A ،(2000)، "Texturing And Top Grid Effects To Enhance The Local Solar Cells Efficiency".iraq
7. Ruggiero,C.W ،(2007)، " Aray Tracing Investigation of Ligh Trapping due to Grooves in Solar Cells".massachusetts institute of technology
8. Geetha,M.; Senthil kumar.P.; Govindan,R.; Ramu,P.; Arivuselvam,L.and Anbarasan,P. M. ،(2010)،"Recent Research in Science and Technology "،ISSN: 2076-5061 ،2(10) ، 05-08.
9. د .علي هادي الحمداني، (2009)، تحسين أداء الخلايا الشمسية باستخدام تصاميم جديدة لمركز حوضي مركب نوع V ثنائي المرايا المغطى بعدسات فرينيل، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، 27، 3، 1- 5.

الجدول (1) :يبين قيم كفاءة الخلية مع تغير عامل المظهر للاخاديد في الشريحة

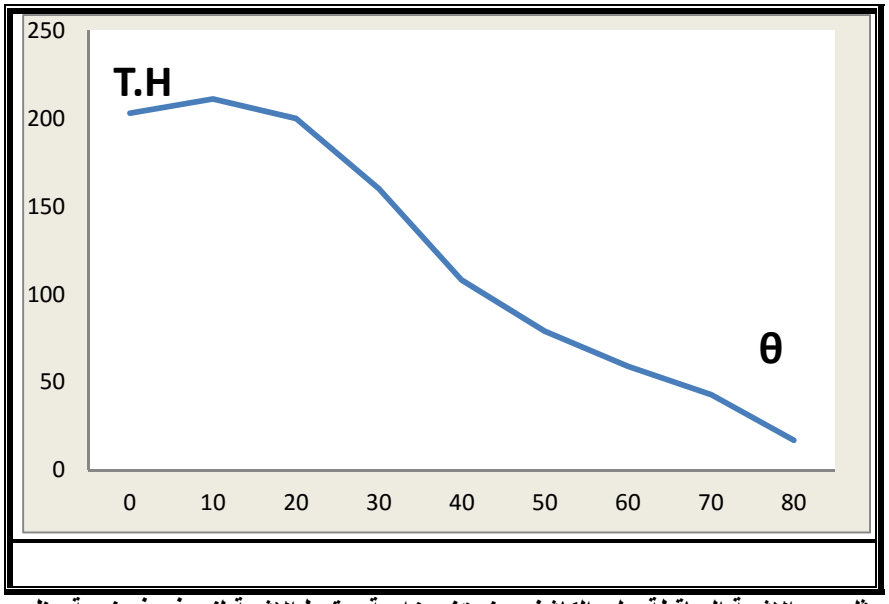
0.12	0.15	0.2	0.302	0.3	0.4	0.5	0.8	1.1	**A.R**
119	266	277	325	295	288	268	233	203	**T.H**



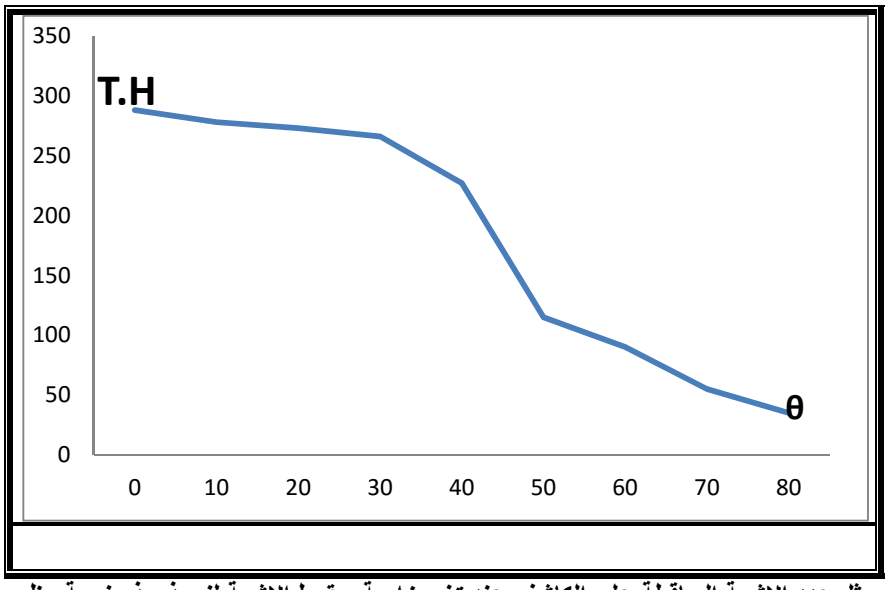
الشكل (1) شكل الاخاديد على سطح الخلية الشمسية



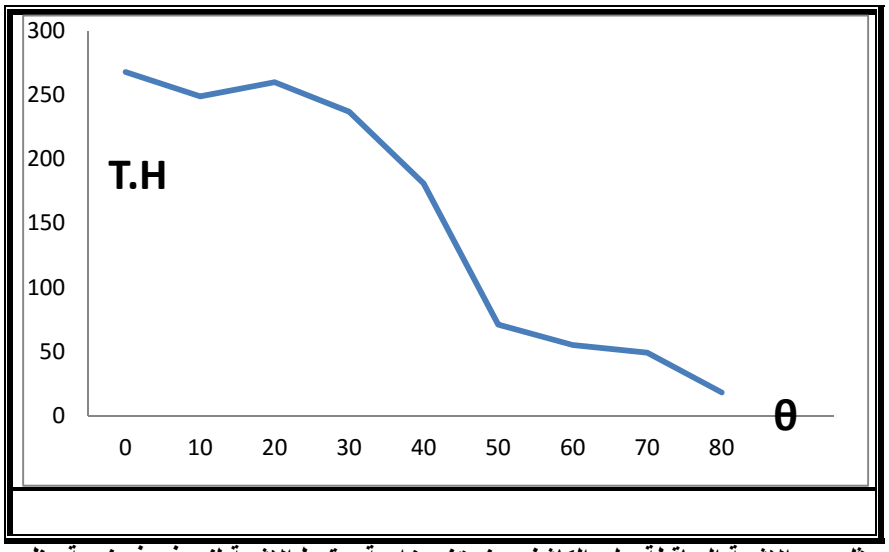
الشكل (2) يمثل العلاقة بين عامل المظهر وعدد الاشعة الساقطة



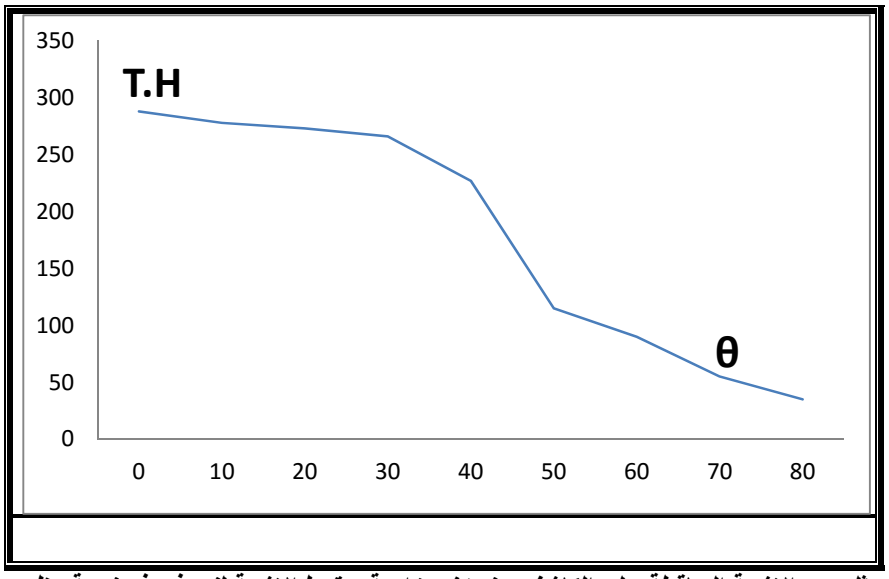
الشكل (3) يمثل عدد الاشعة الساقطة على الكاشف عند تغير زاوية سقوط الاشعة لنموذج ذو نسبة مظهر (A.R=1.1)



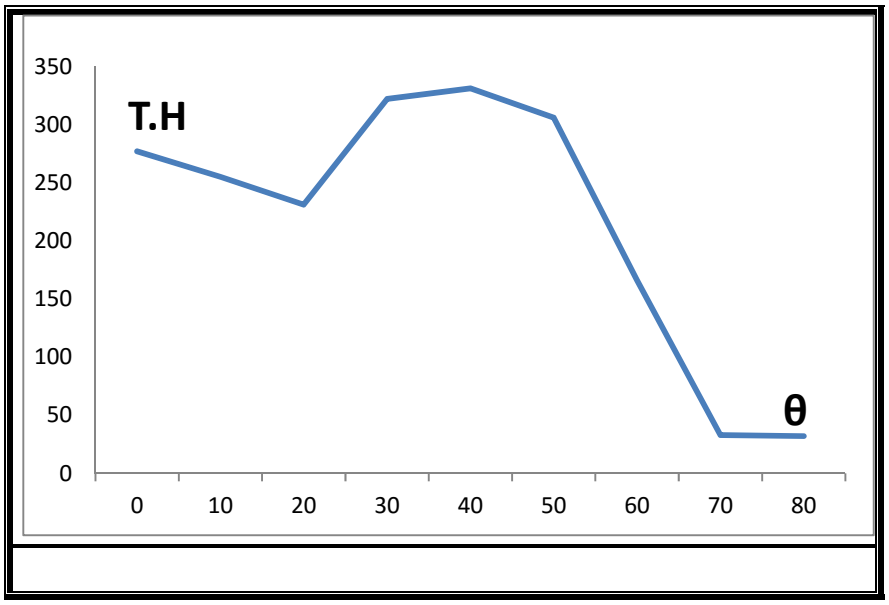
الشكل (4) يمثل عدد الاشعة الساقطة على الكاشف عند تغير زاوية سقوط الاشعة لنموذج ذو نسبة مظهر (A.R=0.8)



الشكل (5) يمثل عدد الاشعة الساقطة على الكاشف عند تغير زاوية سقوط الاشعة لنموذج ذو نسبة مظهر (A.R=0.5)



الشكل (6) يمثل عدد الاشعة الساقطة على الكاشف عند تغير زاوية سقوط الاشعة لنموذج ذو نسبة مظهر (A.R=0.4)



الشكل (7) يمثل عدد الاشعة الساقطة على الكاشف عند تغير زاوية سقوط الاشعة لنموذج ذو نسبة مظهر (A.R=0.2)

Improve Performance of Solar Cell by using Grooves which Have Semicircular Shape on The Surface by using Program (ZEMAX)

Alaa B. Hasan
Maryam A. Ali
Dept. of Physics / College of Education for Pure Science(Ibn Al-Haitham) / University of Baghdad

Received in :3/November/2015, Accepted in :7/January/2016

Abstract

In this work silicon solar cell has been used with semicircular grooves to improve its efficiency by reducing reflection of rays and increasing optical path through the cell. Software program for optical design (zemax) has been used by ray tracing mode to evaluate prototype efficiency when using detector beneath the cell. The prototype has aspect ratio (A.R=0.2) which is the best efficiency at incident angle (Θ=0̊) and the best acceptance angle (Θ=50̊).

Key words : solar cell , acpect ratio , semicircular grooves , program (**ZEMAX**).