دراسة تأثير الإنعكاسية على الكفاءة الكمية للخلايا الشمسية من نوع CdS/CdTe

ياسين حسن كاظم

كلية العلوم- جامعة بابل

باسم عبداللطيف غالب **لميس عبد الكريم**

كلية العلوم للبنات- جامعة بابل

Basim2882004@yahoo.com

الخلاصة

يتضمن البحث دراسة نظرية لتأثير الانعكاسية على الكفاءة الكمية للخلايا الشمسية من نوع CdS/CdTe وتصميم طلاء مضاد لانعكاس الموجة الساقطة على الخلية الشمسية لغرض تقليل الطاقة المفقودة بسبب الانعكاس. اقترحت عدة تصاميم بإضافة طبقة MgF_2 أسفل وأعلى الخلية الشمسية CdS/CdTe مرسبة على مادة أساس من الزجاج حيث تم حساب الانعكاسية للتصاميم من خلال اعتماد نظرية المصفوفة المميزة، ومن ثم مقارنة قيمة الكفاءة الكمية للتصاميم المقترحة مع النتائج السابقة عند عدم حساب الانعكاسية لإيجاد أفضل تصميم تكون فيه للكفاءة الكمية أعلى قيمة حيث وجد أن أفضل تصميم هو عندما تكون طبقة MgF_2 مرسبة فوق الخلية الشمسية (MgF_2 / CdS/ CdTe) حيث تصل قيمتها(٠.٨٦) عندما يكون عرض منطقة النضوب مساويا إلى(w=2.69μm).

الكلمات المفتاحية: الكفاءة الكمية، CdS/CdTe، خلايا شمسية، معامل الانعكاس .

Abstract

This work includes a theoretical study to the effect of reflectance(R)on Quantum Efficiency (QE) of CdS/CdTe solar cell and designs antireflection coating for incident wave on solar cell to reduced the lost energy which caused by reflection. Many designs were suggested by adding MgF_2 layer under and above CdS/CdTe solar cell deposited on a glass substrate, Reflectance of designs were calculated depending on Characteristic Matrix theory, and then values of QE for suggested designs were compared with the previous results when (R=0) to obtain optimum design of a highest value of (QE). It was found that the best design when MgF_2 layer was precipitated above CdS/CdTe solar cell in which the value of QE reach up to (0.86) and depletion width equal to (W= 2.69μm).

keyword: Quantum Efficiency, CdS/CdTe, solar cell, reflectance(R)on Quantum Efficiency.

١. المقدمة

الخلايا الشمسية عبارة عن نبيطة ضوئية من مادة شبه موصلة تقوم بتحويل ضوء الشمس الساقط عليها إلى تيار كهربائي مستمر Dc وتعتبر هذه الخلايا بديلا عن مصدر الطاقة للاستخدامات الأرضية والفضائية وبتكاليف تشغيل واطئة بالاضافة الى انها لاتسبب اي حالة تلوث(Chapin *et al.*, 1974).وتوجد الخلايا الشمسية بعدة أنواع منها ارسنيد الكاليوم وهي خلايا أحادية وكفاءتها تصل إلى 20% بينما الخلايا متعددة البلورات نوع كبريتيد الكادميوم حيث تبلغ كفاءتها 16%. إن زيادة كفاءة الخلية الشمسية يعد أمرا مهما، حيث هناك عدة عوامل تعمل على تحسين الكفاءة الكمية للخلايا الشمسية من خلال تقليل الخسائر الناتجة من عدة مؤثرات منها ما يتعلق بتفاعل الضوء مع مادة الخلية حيث تتميز اغلب أشباه الموصلات بالانعكاسية العالية للموجة الكهرومغناطيسية والتي يمكن تقليلها من خلال استخدام الطلاء المضاد للانعكاس والذي يعد من أهم الأساسيات في تطوير الكفاءة الكمية للخلايا الشمسية(Al-Abbasi, 1993; Ugwu *et al*, 2007). تعتمد هذه التقنية على ظاهرة التداخل في الاغشية الرقيقة حيث تعاني الاشعة المنعكسة احتلافات في مساراتها واطوارها البصرية، لذا فانها تتداخل تداخلاً هداماً وبالتالي تزداد نسبة الاشعة النافذة. يعتبر الطلاء المضاد للانعكاس احد المبادئ الاساسية لتطوير كفاءة الخلايا الشمسية ولكثير من الاجهزة البصرية التي تعمل ضمن

مديات محددة الطيف الكهرومغناطيسي وخاصةً منطقتي الطيف المرئي وتحت الحمراء (Hecht, 1998; Mitsa *et al.*, 2005).

٢. الجزء النظري

تعتبر الكفاءة الكمية من العوامل المهمة في الخلايا الشمسية وتعرف الكفاءة الكمية(QE) على إنها عدد أزواج الإلكترون – فجوة المتولدة عن كل فوتون وكمايلي:

$$QE = [Ip/q][Popt/h\upsilon] - 1 \qquad \text{.....(1)}$$

حيث إن(Ip) هو التيار المتولد عن الضوء نتيجة امتصاص القدرة البصرية(Popt) عند الطول الموجي(λ) المرافق لطاقة الفوتون(hυ). إن من العوامل الأساس التي تحدد الكفاءة الكمية هو عامل الامتصاص(α) ولما كان α معتمداً على الطول الموجي فان مدى الأطوال الموجية التي يكون عندها التيار الضوئي المتولد ملحوظاً يكون محدوداً(Sze, 1981) . تم حساب الكفاءة الكمية في هذا البحث باستخدام العلاقة الآتية (Townsed, 2000; Simeonov *et al.*,1987):

$$QE = (1-R)\left[1 - \frac{e^{-\alpha w}}{(1+\alpha LP)}\right] \qquad \text{.....(2)}$$

حيث أن:

(R) هي معامل الانعكاسية.

(α) هي معامل الامتصاص.

(Lp) تمثل طول انتشار حاملات الشحنة الأقلية.

وان (w) هي عرض منطقة النضوب.

في هذه الدراسة تم حساب الكفاءة الكمية لتصاميم مختلفة من الخلايا الشمسية(CdS/CdTe) مقارنة مع النتائج التي حسبت سابقاً على اعتبار إن R=0 وهذه التصاميم افترضت مقارنة مع النتائج العملية على اعتبار إن R≠0، وقد تم حساب مقدار الانعكاسية (R) للمنظومة بالاعتماد على نظرية المصفوفة المميزة(Characteristic Matrix Theory) وبموجب هذه النظرية يمكن تمثيل كل طبقة من الغشاء الرقيق رياضياً بمصفوفة مربعة نوع(٢*٢) لتمثيل خواص هذه الطبقة(Stenzel, 2005)، وتعتمد نظرية المصفوفة المميزة مبدأ الانعكاسات المتعددة للموجة الساقطة على الغشاء الرقيق (Ozlem *et al.*,2003) فالغشاء الرقيق متكون من سطحين علوي(a) وسفلي (b) فالضوء الساقط عند الحد الفاصل(a) يعاني انعكاساً والجزء النافذ ينعكس عند الحد الفاصل(b) وينفذ اخر وبتطبيق الشروط الحدودية (Boundary Condition) للمجالات الكهربائية والمغناطيسية لمعادلات ماكسويل على فرض ان المواد غير مغناطيسية وباجراء التبسيطات الرياضية نحصل على معادلة المصفوفة المميزة والتي تعطى بالصيغة التالية:

$$\begin{bmatrix} Ea \\ Ha \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\delta_1 & i\sin\delta_1/\eta_1 \\ i\eta_1\sin\delta_1 & \cos\delta_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Eb \\ Hb \end{bmatrix}$$

حيث ان:

δ_1سمك الطور للطبقة الاولى

n_1 معامل انكسار الطبقة الاولى

او ان

$$Ea\begin{bmatrix}1\\Y\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\cos\delta_1 & i\sin\delta_1/\eta_1\\ i\eta_1\sin\delta_1 & \cos\delta_1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1\\\eta_{sub}\end{bmatrix}Eb$$

حيث ان

Y السماحية البصرية الداخلة

n_{sub} معامل انكسار المادة الاساس

$$Y=\frac{Ha}{Ea}$$

او ان

$$\begin{bmatrix}B\\C\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\cos\delta_1 & i\sin\delta_1/\eta_1\\ i\eta_1\sin\delta_1 & \cos\delta_1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1\\\eta_{sub}\end{bmatrix}$$

ولمنظومة عدد طبقاتها m تكتب المعادلة بالشكل التالي(Rasheed, 1996):

$$\begin{bmatrix}A\\B\end{bmatrix}=\left\{\prod_{r=1}^{m}\begin{bmatrix}\cos\delta_r & i\sin\delta_r/n_r\\ in_r\sin\delta_r & \cos\delta_r\end{bmatrix}\right\}\begin{bmatrix}1\\n_{sub}\end{bmatrix} \qquad \text{.....(3)}$$

حيث ان:

m: عدد الطبقات المرسبة

n_r: معامل انكسار الطبقة r

وتعطى الانعكاسية(R) بالمعادلة:

$$R=\left(\frac{n_\circ B-C}{n_\circ B+C}\right)\left(\frac{n_\circ B-C}{n_\circ B+C}\right)^*$$

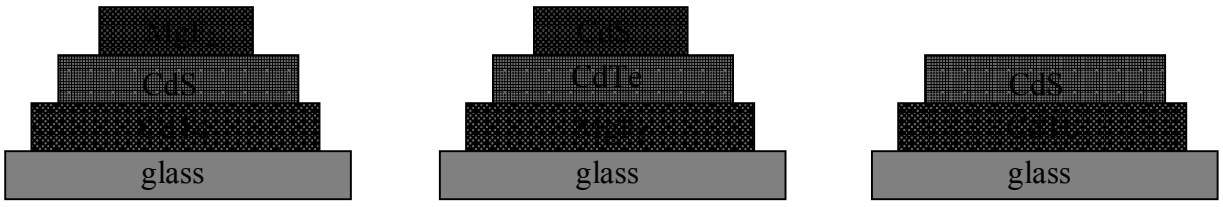
٣. النتائج والمناقشة

تم تصميم ثلاث نماذج من الخلايا الشمسية نوع CdS/CdTe كالاتي:

التصميم (أ): تحتوي الخلية على طبقة من MgF_2 المستخدمة كطلاء مضاد للانعكاس وذلك بترسيبها على الخلية الشمسية.

التصميم (ب): تحتوي الخلية على طبقة MgF_2 وذلك بترسيبها اسفل الخلية الشمسية.

التصميم (ج): لاتحتوي الخلية الشمسية على طبقة MgF_2.



التصميم (أ) التصميم (ب) التصميم (ج)

الشكل (١) يوضح تصميم الخلايا الشمسية الثلاثة

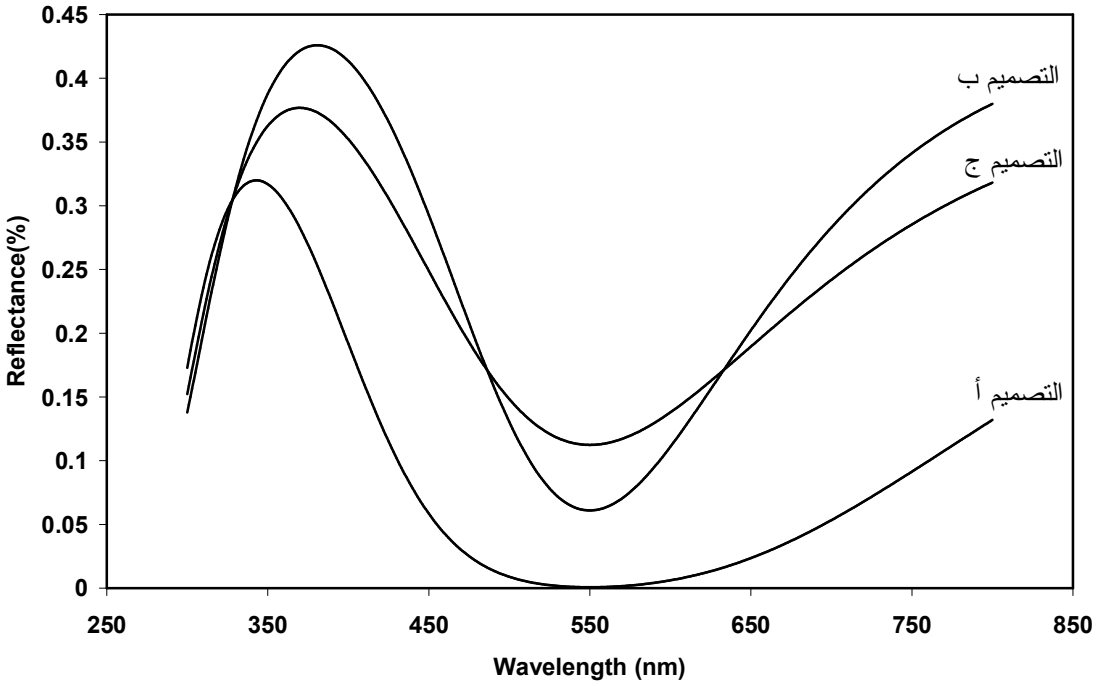
الشكل (٢) يوضح تغير منحني الانعكاسية عند مدى الاطوال الموجية(250nm-850nm) لتصاميم الخلايا الشمسية الثلاثة حيث يظهر من الشكل إن التصميم (أ) هو الأفضل للحصول على اقل قيمة للانعكاسية بينما تكون الانعكاسية اكبر للخلية الشمسية غير المطلية للتصميم (ج). أما الأشكال من (٣و٤) فتوضح تغير الكفاءة الكمية مقابل الطول الموجي للخلايا الشمسية للتصاميم (أ،ب) ولقيم مختلفة من عرض منطقة النضوب، حيث يتضح من الشكلين إن قيمة أعلى كفاءة كمية عندما تكون عرض منطقة النضوب($w=2.69\mu m$) وان اقل كفاءة عندما تكون($w=1\mu m$).

يوضح الشكل(٥) تغير الكفاءة الكمية مقابل الطول الموجي للتصاميم الثلاثة من الخلايا الشمسية عندما تكون عرض منطقة النضوب($w=1\mu m$) حيث يتضح من الشكل إن أعلى كفاءة كمية تكون للخلية الشمسية ذات التصميم(أ) حيث تصل قيمتها إلى($QE=٠.٧٩$)، أما الشكل(٦) فيوضح تغير الكفاءة الكمية مقابل الطول الموجي للتصاميم الثلاثة من الخلايا الشمسية عندما يكون عرض منطقة النضوب ($w=1.39\mu m$)حيث يلاحظ من الشكل إن أعلى كفاءة كمية تكون عند التصميم (أ) وتصل تقريبا($QE=0.81$)، أما الشكل(٧) فيوضح تغير الكفاءة الكمية مع الطول الموجي عندما يكون عرض منطقة النضوب($w=2.69\mu m$) حيث تصل قيمة الكفاءة الكمية للتصميم (أ) إلى($QE=0.86$).

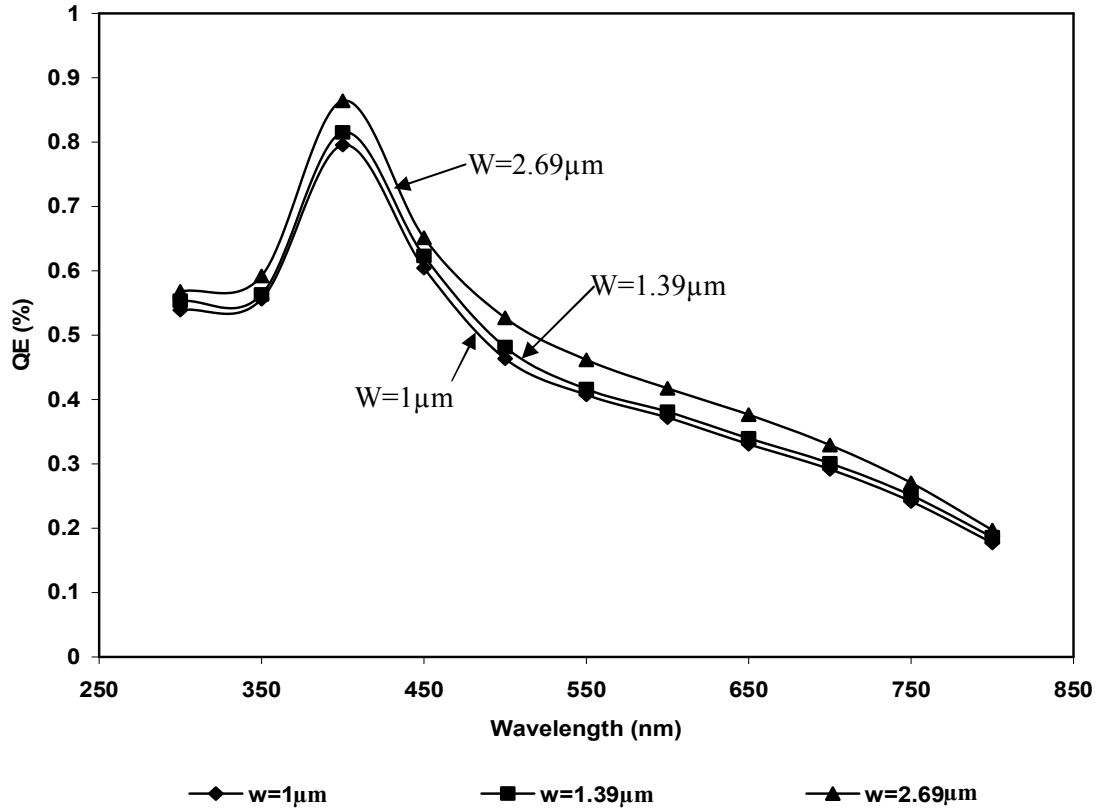
توضح الأشكال (8,9,10)تغير قيم الكفاءة الكمية مقابل التغير بالطول الموجي عندما يكون عرض منطقة النضوب($w=2.69\mu m$) وذلك بافتراض إن الانعكاسية مساوية للصفر($R=0$) أي بدون استخدام تقنية الأغشية الرقيقة مع قيم الكفاءة الكمية عند استخدام مادةMgF_2 كطلاء مضاد للانعكاس، اتضح من خلال هذه الأشكال إن التصميم (أ) يقترب من الحالة المثالية لقيمة الكفاءة الكمية مقابل الاطوال الموجية المستخدمة والمشار إليها في الشكل(١٠).

4. الاستنتاجات

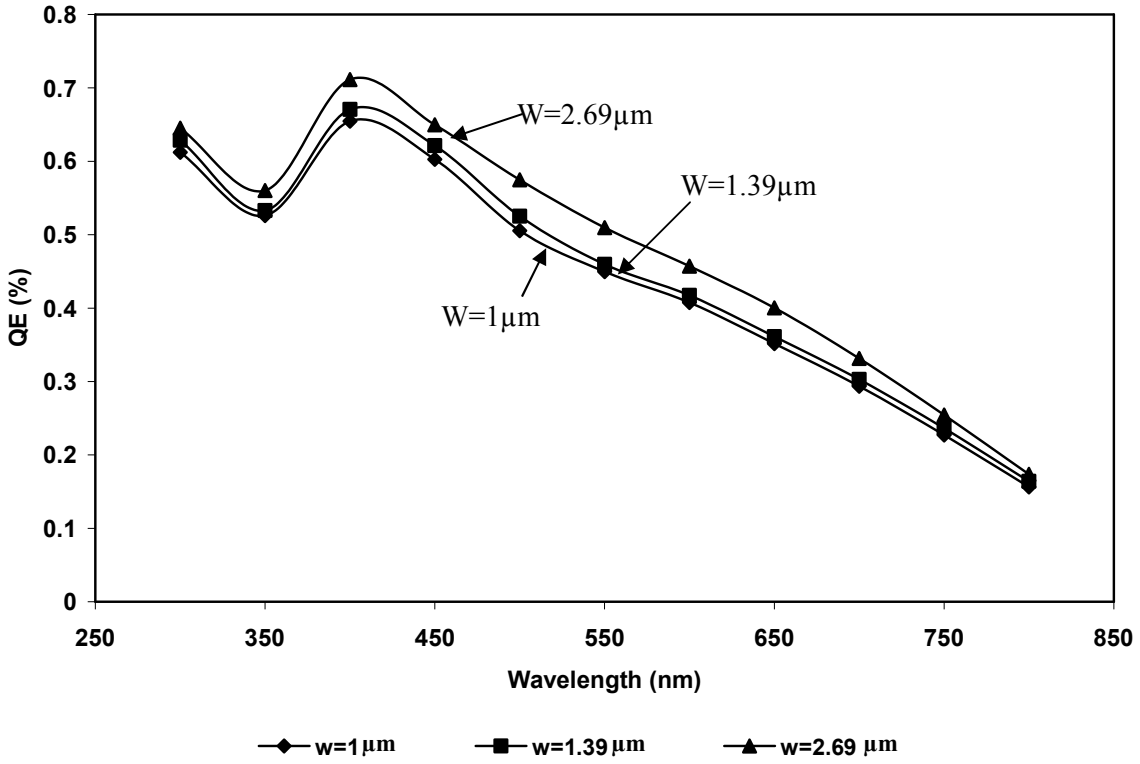
ان استخدام تقنية الاغشية الرقيقة المضادة للانعكاس في نظام الخلايا الشمسية ذات تأثير كبير في تحسين كفاءة الخلية من خلال تقليل خسائر الطاقة المنعكسة من سطوح هذه الخلايا، حيث تزداد الكفاءة الكمية للخلية الشمسية الى نسبة86% بعد طلائها بمادةMgF_2 وعندما تكون هذه الطبقة مرسبة اعلى الخلية بعد ان كانت نسبة هذه الكفاءة 0.75% قبل الترسيب وكذلك زيادة نسبة الكفاءة مع زيادة عرض منطقة النضوب حيث بلغت اعلى قيمة لها($w=2.69\mu m$) لذا يمكن اعتبار تقنية الاغشية الرقيقة في معالجة خسائر الطاقة المنعكسة من سطوح الخلايا الشمسية ذات كفاءة عالية في تحسين اداء هذه المنظومة.



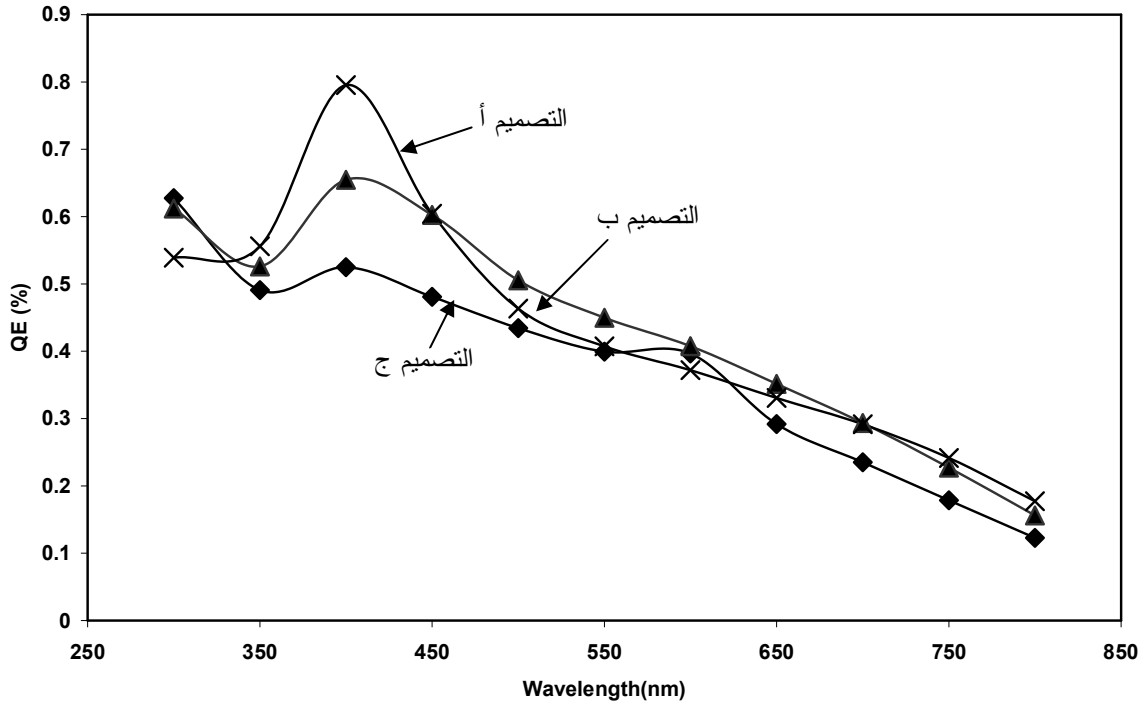
الشكل (٢) تأثير مادة MgF_2 على انعكاسية الخلية الشمسية CdS/CdTe



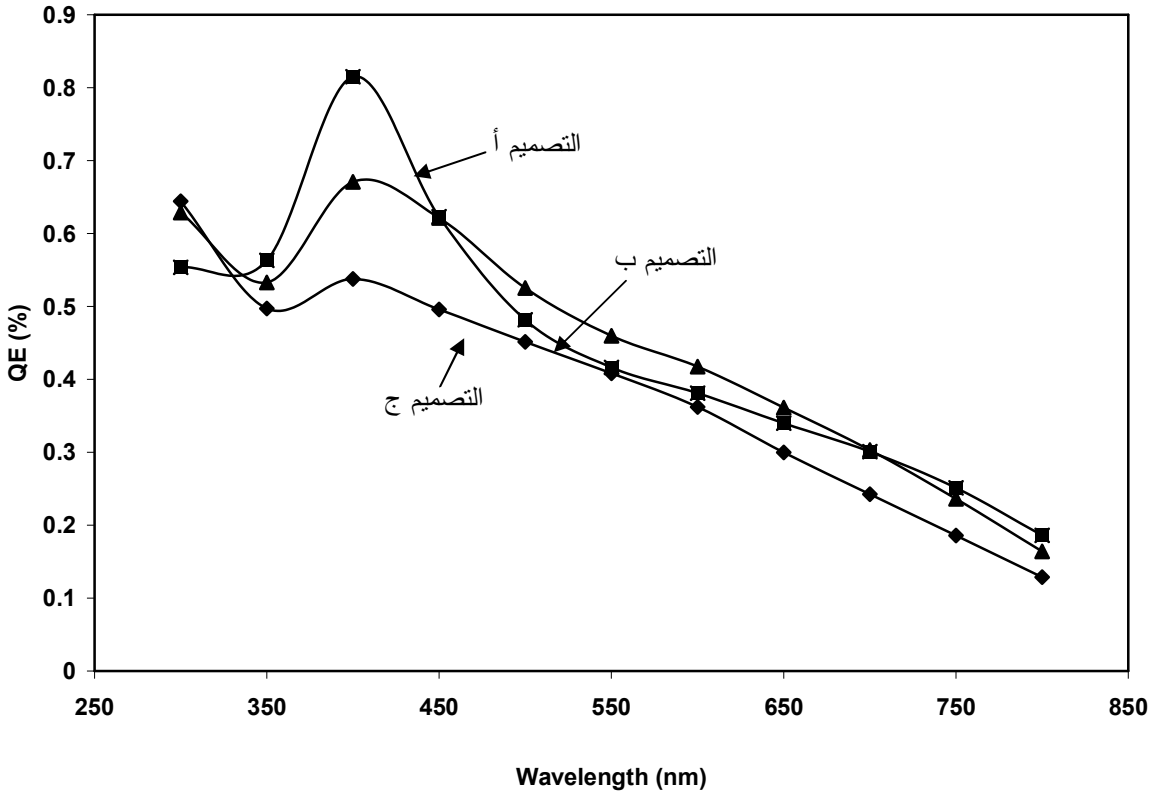
الشكل(٣) تغير الكفاءة الكمية مع الطول الموجي للخلية الشمسيةCdS/CdTe بعد طلائها بطبقة من MgF_2 للتصميم (أ) ولقيم مختلفة من عرض منطقة النضوب



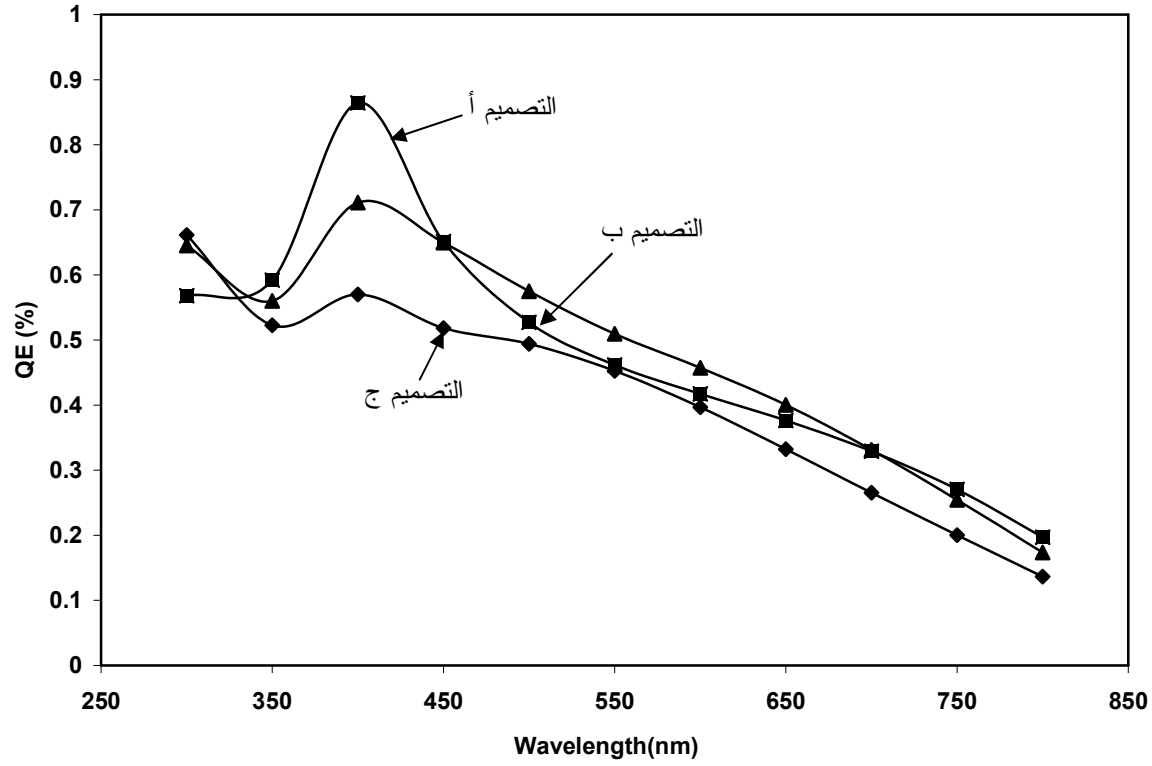
الشكل(٤) تغير الكفاءة الكمية مع الطول الموجي للخلية الشمسيةCdS/CdTe بعد طلائها بطبقة من MgF_2 للتصميم (ب) ولقيم مختلفة من عرض منطقة النضوب



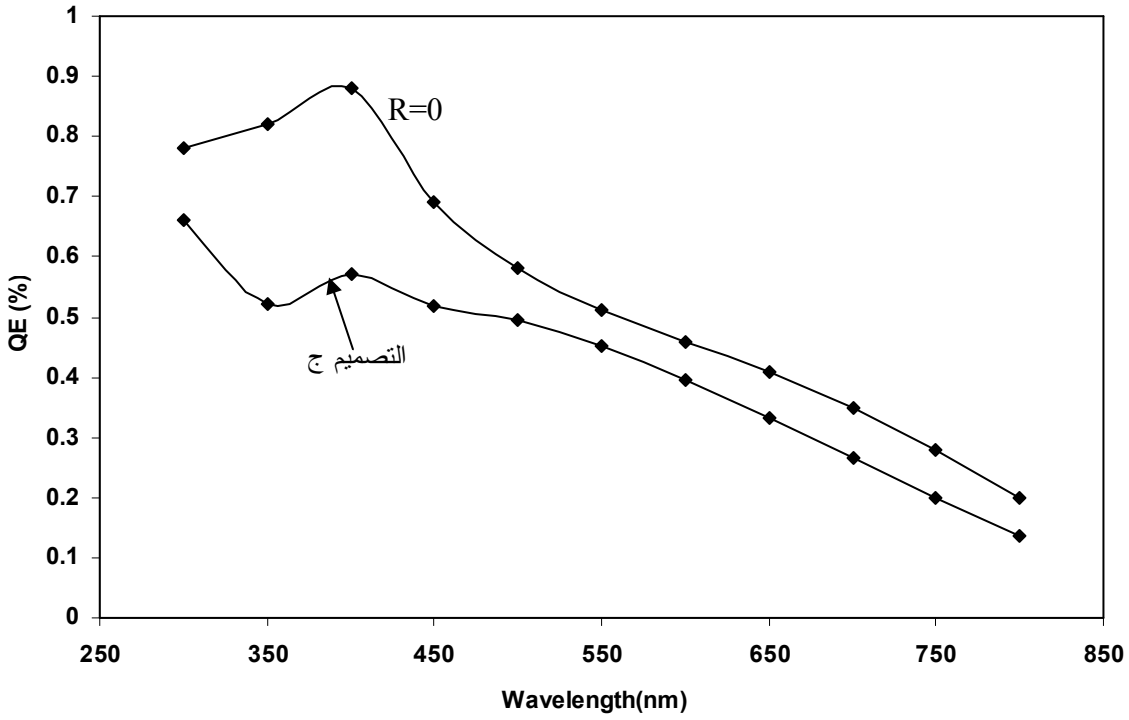
الشكل(٥) تغير الكفاءة الكمية مقابل الطول الموجي للخلية الشمسيةCdS/CdTe عندما يكون عرض منطقة النضوب(W=1μm)



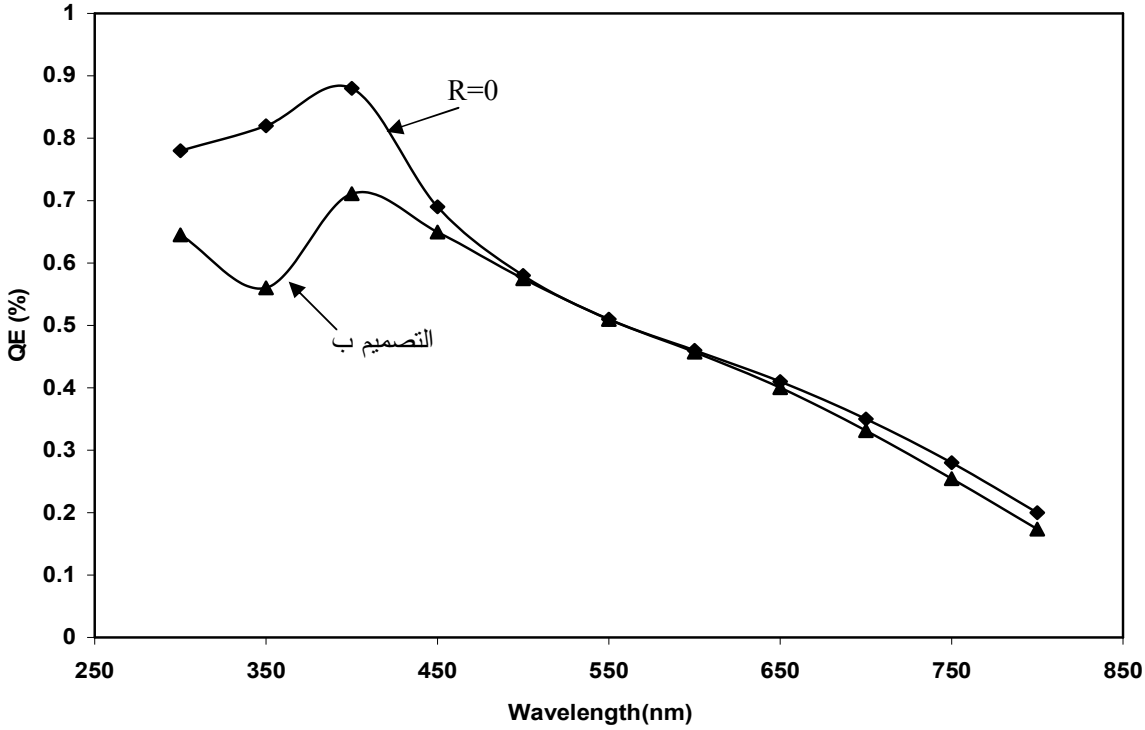
الشكل(٦) تغير الكفاءة الكمية مقابل الطول الموجي للخلية الشمسيةCdS/CdTe عندما يكون عرض منطقة النضوب(W=1.39μm)



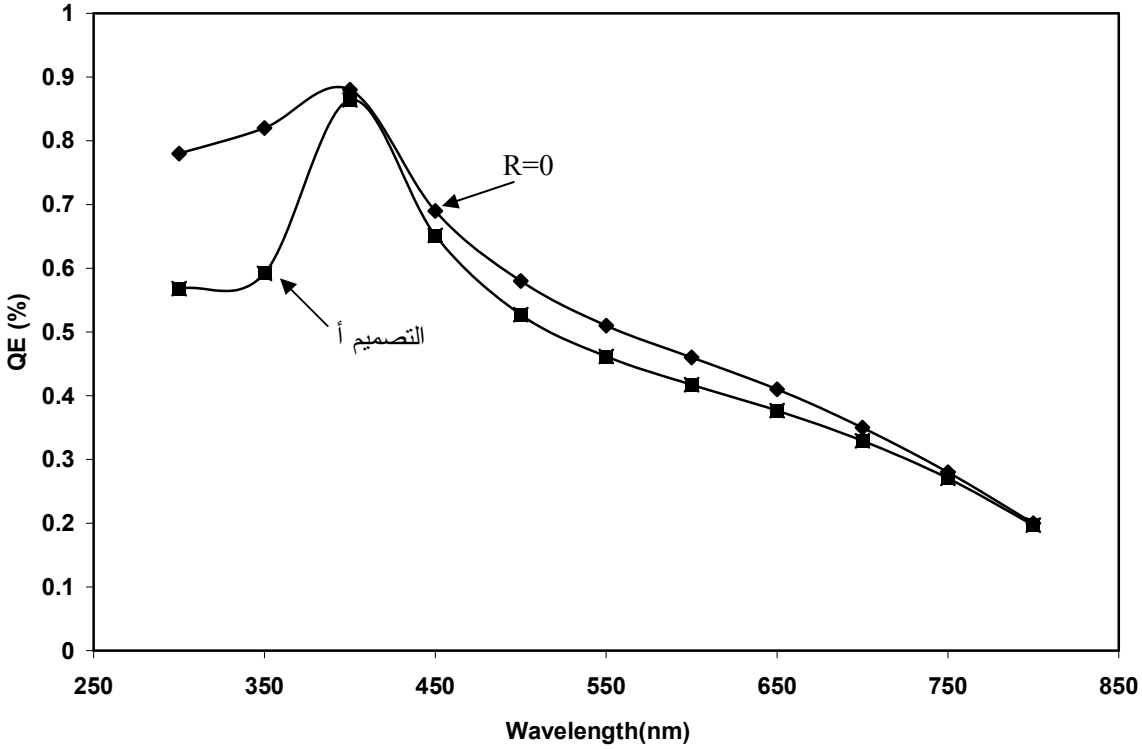
الشكل(٧) تغير الكفاءة الكمية مقابل الطول الموجي للخلية الشمسيةCdS/CdTe عندما يكون عرض منطقة النضوب(W=2.69μm)



الشكل(٨) مقارنة الكفاءة الكمية للخلية الشمسية CdS/CdTe عند افتراض قيمة R=0 مع التصميم (ج) عندما تكون(W=2.69µm)



الشكل(٩) مقارنة الكفاءة الكمية للخلية الشمسية CdS/CdTe عند افتراض قيمة R=0 مع التصميم (ب) عندما تكون(W=2.69µm)



الشكل(١٠) مقارنة الكفاءة الكمية للخلية الشمسية CdS/CdTe عند افتراض قيمة R=0 مع التصميم (أ) عندما تكون(W=2.69µm)

References

Al-Abbasi. A.M. (1993), "A Study of Electrical and Optical Properties of the ZnO Thin Film and its Effect as Antireflection Coating on the Silicon Solar Cells", M.Sc. Thesis, Al-Mustansiriya University.

Chapin. D.M., Fuller. C.S., and Pearson. G.L.(1974), "Study of Depletion Region Collection in Solar Cells" J.Appl.Phys,Vol. 25,p. 676.

Hecht. E. (1998), Optics, Third Edition, (Addison-Wesley, New York).

Mitsa. A.V., Mitsa. V.M. and Uhrin. A.M. (2005), "Modelling of Spectral Characteristics of Inhomogeneous (Gradient) Antireflection Coating Based on Chalcogenide Glasses", Chalcogenide Letters, Vol.2, p. (5-7).

Ozlem. D.and Huseyin.Z.D.(2004),"Design and Preparation of Antireflection and Reflection Optical Coatings", Turk. J.Phys, Vol.28, p. (139-144).

Rasheed. H.G. (1996), "Design and Optimization of Thin Film Optical Filters with Applications in Visible and Infrared Regions", Ph.D. Thesis, Al-Mustansiriyah University.

Simeonov. S.S., Kafedjisika. E.I. (1987),"Solar Cell", p.118.

Stenzel. O. (2005), "The Physics of Thin Film Optical Spectrum", (Springer-Verlag, Berlin Heidelbrg, New York).

Sze. S.M. (1981)," Physics of Semiconductor Devices", (New York), chapter(12-14).

Townsed. S. W.(2000)," Development of high efficiency polycrystalline CdS/CdTe", Solar cell,Ph.D thesis, Colorado school.

Ugwu. E.I.and Onah.D.U. (2007), "Optical Characteristics of Chemical Bath Deposited CdS Thin Film Characteristics within UV, Visible, and NIR Radiation", The Pacific Journal of Science and Technology, Vol.8, p. (155-161).