القيم المثلى لكفاءة خلية شمسية مطلية باوكسيد الانديوم باستخدام المنطق الضبابي

د.سارية ذياب محمد م اقبال عبد المجيد حميد
الجامعة التكنولوجية
قسم العلوم التطبيقية - الفيزياء التطبيقية

المستخلص:

يتناول هذا البحث استخدام تقنية المنطق الضبابي للحصول على القيم المثالية للمعاملات الاساسية للخلية الشمسية السليكونية نوع مفرق p-n المطلية بغشاء اوكسيد الانديوم (In_2O_3) كطبقة نافذة مضادة للانعكاس وعند قيم مختلفة لدرجات حرارية مختلفة للاكسدة (350,400,450C°) ولسمك (200 nm) .

ان المعاملات الاساسية لكفاءة الخلية(η) وعاملا لملء (F.F) هي اعظم تيار (Im) والفولتية العظمى (Vm) والتي تم اعتمادها كمدخلات لمنظومة المنطق الضبابي، وقد تبين من قياسات تيار الدائرة القصيرة – وفولتية الدائرة المفتوحة تحسن ملحوظ في كفاءة التحويل للخلية الشمسية بعد طلائها بغشاء In_2O_3 حيث كانت (3.95%) قبل الطلاء واصبحت (9.55%) عند ترسيب غشاء لسمك (200 nm) ولدرجة حرارة الاكسدة (450C°) ، ولقد تطابقت النتائج العملية مع النتائج النظرية لتقنية المنطق الضبابي في الحصول على اعلى قيمة للكفاءة وعامل الملء.

كلمات مفتاحية: خلية شمسية سليكونية، المنطق المضبب ، عامل الملء، الكفاءة.

الجانب النظري:

اولا- المنطق الضبابي fuzzy logic

المنطق الضبابي بالمعنى الواسع هو منظومة منطقية تقوم على تعميم للمنطق التقليدي ثنائي القيم، وذلك للاستدلال في ظروف غير مؤكدة. وبالمعنى الضيق فهو نظريات وتقنيات تستخدم المجموعات الضبابية التي هي مجموعات بلا حدود قاطعة. يمثل هذا المنطق طريقة سهلة لتوصيف وتمثيل الخبرة البشرية، كما أنه يقدم الحلول العملية للمشاكل الواقعية، وهي حلول بتكلفة فعالة ومعقولة، بالمقارنة مع الحلول الأخرى التي تقدم التقنيات الأخرى.في المجموعة الكلاسيكية أو التقليدية يمكن لعنصر ما إما أن ينتمي للمجموعة وإما أنه لا ينتمي لها بتاتا. فلنعتبر مثلا المجموعة (A) ومجموعة (U). إذا قمنا بتعريف الدالة (μ_A)التي تعطي لكل عنصر من عناصر المجموعة (U) درجة انتمائه إلى المجموعة (A)، و ذلك عبر إعطائها الرقم 1 في صورة انتماء العنصر للمجموعة أي دالة العضوية $\mu_A(x) = 1$ إذا كان عنصر المجموعة (U) أي العنصر (X) ينتمي للمجموعة (A). أما إذا كان العنصر (X) لا ينتمي لـ(A) فإن الدالة العضوية (μ_A) تعطيه الرقم 0 أي $\mu_A(x) = 0$ وعلى ذلك فإنه يمكن التعبير عن الدالة μ_A كالآتي:

$$\mu_A : U \to \{0, 1\}$$
$$x \mapsto \mu_A(x)$$

في المجموعة الضبابية يمكن لعنصر ما أن يكون منتمي إلى حد معين للمجموعة. لنأخذ مثالا: لنعتبر المجموعة A مجموعة درجات الحرارة التي تصنف كباردة (باردة بالنسبة للإنسان) ولنعتبر المجموعة U هي كل درجات الحرارة التي يمكن أن توجد في الكون مثلا ولنأخذ من المجموعة U العنصر x = -100 هذه درجة حرارة باردة جدا ولذلك فهي تنتمي تماما للمجموعة A أي $\mu_A(x) = 1$ أما إذا أخذنا درجة x=+500 فإن هذه الدرجة من الحرارة حارة جدا ولذلك العنصر x لا ينتمي أبدا إلى A. إلى الآن لم نخرج عن استعمالات المنطق الكلاسيكي أو التقليدي كما هو مبين أعلاه ولكن لنأخذ الآن درجة الحرارة 12 درجة أي x=12. في المنطق التقليدي ليس لدينا إلا احتمالين إما أن x ينتمي أو أنه لا ينتمي ل A. في المنطق الضبابي يمكن أن نقول أن x ينتمي مثلا إلى درجة 50% إلى A أي أن درجة حرارة 12 درجة هي نصف باردة نصف معتدلة مثلا أي دالة العضوية $\mu_A(x) = 0.5$ وهنا نرى الاختلاف في تعريف الدالة μ_A حيث تعرف رياضيا كالآتي:

$$\mu_A : U \to [0\ 1]$$

$$x \mapsto \mu_A(x)$$

حيث يمكن للدالة أن تعطي نتائج بين 0 و 1 على عكس الأمر في المنطق الكلاسيكي حيث لا تعطي الدالة إلا رقم 1 أو صفر رقم صف[2],[1]

مسيطر المنطق الضبابي(Fuzzy Logic Controller (FLC:

يتكون مسيطر منطق التضبب من أربعة أجزاء وكما موضح بالشكل (1). [3][4]

1. معشق الضبابي Fuzzification Interface

يعمل على تحويل القيم الاعتيادية (crisp) المقاسة إلى مجاميع تعتمد التضبب (Fuzzy) لمجاميع الدخل، ثم تنتقل إلى ماكنة استشعار لمجاميع التضبب (Fuzzy Inference) لحسابها ومقارنتها مع قوانين السيطرة (control rule) المخزونة في وحدة قاعدة قوانين التضبب (Fuzzy rule-base).

2. قاعدة قوانين التضبب Fuzzy Rule-base:

هي مجموعة من القوانين والتي تعرف لغويا قوانين السيطرة والتي ترسم مجموعة من مجاميع دخل التضبب وتتحول إلى مجاميع خرج التضبب وهي قوانين شرطية مثل :

IF< condition then action>

وهي عادة تبنى من قبل الشخص الخبير، حيث اكبر عدد من قوانين المنطق الضبابي تحسب بالنسبة إلى المدخلات ومختلف المجاميع للمنطق الضبابي الموجود في هذه المدخلات يحسب من ضرب عدد المجاميع لكل المدخلات.

3. ماكنة التواصل (الاستشعار) الضبابي Fuzzy Inference Engine:

وتقوم هذه الوحدة باتخاذ القرار المنطقي والذي هو عبارة عن مجموعة قوانين التضببFuzzy Rule، وبتطبيق قوانين التضبب فان النتائج تكون عبارة عن مجموعة أو عدة مجاميع من المجاميع التضبب تعرف بان يكون عندها الفعل المؤثر (Active Action) إي انه يقوم بتوليد أمر السيطرة المناسب (Fuzzy control action) اعتمادا على القواعد

4. إلغاء الضبابي Defuzzifier:

يقوم بتوليد أمر السيطرة المناسب للمنظومة وذلك بتحويل المتغيرات اللغوية التي استنتجت في ماكنة الاستدلال إلى قيمة واحدة فقط تستخدم كمدخل للمنظومة المراد السيطرة عليها فضلاً عن عمل إعادة وزن (Descaling)لتحويل القيم الناتجة الى المدى الأصلي الذي تعمل به.

ثانيا – اوكسيد الانديوم

يعتبر أوكسيد الأنديوم مادة شبه موصلة شفاف ذو فجوة طاقة مباشرة 3.6eV وفجوة طاقة غير مباشرة (2.5 eV)، ويكون على شكل مسحوق اصفر اللون وبالامكان تحضيرة على شكل غشاء من خلال تبخير مادة الانديوم على القواعد الزجاجية والسليكونية في غرفة مفرغة من الهواء ثم اكسدة الغشاء باحدى طرق الاكسدة ومن ضمنها طريقة الاكسدة الحرارية السريعة (Rapid Thermal Oxidation)في الظروف الجوية الاعتيادية[5]، وبشكل عام فان غشاء اوكسيد الانديوم هو stoic metric اما في حالة وجود ذرات انديوم اضافية او فجوات اوكسجين فتجعله مانح (donors n-type). يستخدم غشاء In2O3 كطبقة نافذة Window Layer مضادة للانعكاس على سطوح الخلايا الشمسية فهو غشاء منتظم وشفاف "حوالي 80% في المنطقة المرئية)0.4-0.9(μm ،ذو انعكاسية عالية في منطقة IR ولهذا يستخدم كنوافذ عاكسة للحرارة [6] ,[7].

يمتاز غشاء In2O3المحضر بتقنية الأكسدة الحرارية السريعة Rapid Thermal Oxidation)) بانه غشاء ناعم ولهُ خصائص لاصقة جيدة [7] فهو غشاء متعدد البلورات (polycrystalline) ذو تركيب cubic bixbyite بإتجاهية مفضلة (222) ويمتلك هذا الغشاء ثابت الشبكة °10.117A حسب المعيار الأمريكي " ASTM [7] ، تعتمد ظروف الانماء (طريقة تحضير غشاءIn2O3، درجة حرارة اكسدة الغشاء ، سمك الغشاء) على الخصائص التركيبية وبالتالي على الخصائص الكهربائية والبصرية للغشاء، حيث تتحسن التراكيب البلورية ويزداد الحجم الحبيبي (grain boundary) بزيادة السمك لغشاء اوكسيد الانديوم.

الجانب العملي :

اولا- تحضير الغشاء

تم تحضير أغشية اوكسيد الأنديوم الرقيقة (In2O3) بترسيب اغشية (Indium) على الزجاج وللاسماك (106-200-350-500nm) .بالتبخير الحراري في الفراغ في درجة حرارة الغرفة وذلك لاجراء قياسات السمك، اذ استعملت منظومة الترسيب (Edward) المجهزة من شركة (Edward) للتبخير الحراري تحت ضغط (torr10-5) ثم اجريت عمليات الأكسدة الحرارية السريعة (Rapid Thermal Oxidation)للاغشية على الزجاج .

تتألف منظومة الأكسدة الحرارية السريعة وكما موضح بالشكل (2) من جزئين رئيسين الأول يمثل مصدر التسخين الذي هو عبارة عن مصباح هالوجين تنكستن مفرد نوع (GERMAMY64675) ذي قدره (1000W) مثبت على مسند موضوع على قاعدة سيراميكية، ويوضع خلف المصباح عاكس من الألمنيوم على شكل قطع مكافئ لزيادة كفاءة التسخين أما الجزء الأخر من المنظومة هو عبارة عن أنبوب من الكوارتز بقطر (4cm) مفتوح من الجهتين للسماح بدخول الهواء تحت الضغط الجوي ، استخدم

مزدوج حراري (Thermocouple) نوع K-type لغرض قياس درجة حرارة العينة. حيث تم وضع العينات في داخل أنبوب الكوارتز فوق المصباح مباشرة بحيث يكون موقع المصباح ثابت وعلى مسافة 0.9cm من الأنبوبة وجرت العملية بدرجات حرارة مختلفة بحدود $350C^o$ ، $400C^o$، $450C^o$ وعند أزمان أكسدة مختلفة لغرض الحصول على أفضل غشاء يمكن حدوث التفاعلات الكيميائية أثناء أكسدة الأنديوم بوجود الأوكسجين الجاف النقي " Dried Oxygen " وكالاتي [8].

$$In_2O + O_2 \text{ ------ } In_2O_3 \quad \ldots(1)$$

$$4In + O_2 \text{ ---------} 2In_2O \quad \ldots(2)$$

$$4In + 3O_2 \text{ -------} 2In_2O_3 \quad \ldots(3)$$

$$2In + O_2 \text{ ----------} 2InO \quad \ldots(4)$$

باستخدام الطريقة الوزنية تم قياس غشاء اوكسيد الانديوم (In2O3) من خلال العلاقة التالية:

$$t = \frac{\Delta m}{P.A} \quad \ldots(5)$$

حيث أن :
t : سمك الغشاء (nm).
ΔM: فرق وزن القاعدة (وزن القاعدة بعد الترسيب – وزنها قبل الترسيب)
P: كثافة الغشاء المرسيب (g/cm3).
A: مساحة الغشاء.
وقد استخدمت ايضا الطريقة البصرية لقياس سمك الاغشية باستخدام الليزر هليوم نيون وحسب العلاقة التالية :

$$t = \frac{\Delta L}{L} . \frac{\lambda}{2} \quad \ldots(6)$$

حيث أن :

L: المسافة بين الأهداب،

ΔL: مقدار الإزاحة في الأهداب،

λ : الطول الموجي لشعاع الليزر المستعمل.

ثانيا- تهيئة نماذج الخلايا الشمسية

لدراسة تأثير غشاء اوكسيد الأنديوم (In2O3) كطلاء مضاد للانعكاس على الخلايا الشمسية، استخدمت خلايا شمسية نوع (p-n Junction) المصنعة في شركة المنصور العامة ثم قطعت إلى قطع صغيرة بمساحات منتظمة مقدارها ($1cm^2$) وتم ترك (1mm) لكل الحافات لكي لا يحصل اتصال مع الطبقة السفلى بعد الطلاء. اذتنظف القواعد للخلايا السلكونية في الماء المقطر تنظيفاً جيداً ثم توضع في محلول حامض الهيدروفلوريك(HF) المخفف بنسبة (1:10)بالماء المقطر مدة خمس دقائق لضمان إزالة طبقة الاوكسيد المتولدة نتيجة الظروف الجوية وبعدها تغسل بالماء المقطر وتوضع في جهاز الموجات فوق الصوتية لضمان التنظيف الجيد ثم تجفف في فرن مدة 15 دقيقة وبعد ذلك تكون جاهزة لترسيبها. تم ترسيب اغشية الانديوم بطريقة الترسيب الحراري تحت الفراغ على قواعد من الخلايا الشمسية السليكونية غير مطلية سابقاً بمادة مضادة للانعكاس وللاسماك(106,200,350, and500nm) .ثم اجريت عمليات الأكسدة الحرارية السريعة (Rapid Thermal Oxidation) للاغشية على الخلايا الشمسية و بدرجات حرارة مختلفة بحدود ($350C^o$، $400C^o$ ،$450C^o$) وكما ذكر في اعلاه.

ثالثا – قياس خصائص الخلايا الشمسية قبل الطلاء وبعده

أما دراسة الخصائص الكهربائية والفولتائية للخلايا الشمسية فقد تم باعتماد الدائرة الكهربائية الموضحة في الشكل (3) والتي تتألف من الأجهزة الاتية :

1. صندوق مقاومات (1-8000Ω) نوع USA (SARGENT-WELCH).
2. مجهز قدرة من نوع .D.C 6291A.
3. اميتر نوع (حمورابي).
4. فولتميتر صيني من نوع . DT830B.
5. مصباح هالوجين بقدرة (120W) يعطي كثافة إشعاعية من خلال مجزء فولتية ويوضع المصباح على ارتفـــــاع (15cm) من العينة للحصول على كثافة إشعاع تعادل (AMI) اذ يتم قياس كثافة القدرة التي تعطيها كل فولتية باستعمال مقياس قدرة (Power Meter) .

يمكن إيجاد كفاءة التحويل للخلايا الشمسية بتطبيق المعادلات الاتية[8] ,[9] :

$$\eta = \frac{P_m}{P_{in}} x100\% = \frac{I_m V_m}{P_{in}} x100\% \quad \ldots(7)$$

إن قدرة الأشعة الشمسية الساقطة Pin وتساوي ($92.5\ mW/cm^2$) وتكون عمودية على سطح الأرض في وقت الظهيرة والتي تسمى (AM1) Air Mass One وتم حساب عامل الملء Filling Factor للخلايا الشمسية بتطبيق المعادلات الاتية: [5]

$$F.F = \frac{J_m V_m}{J_{sc} V_{oc}} \quad \ldots(8)$$

حيث أن:
Jm : أعلى قيمة لكثافة التيار،
Vm: أعلى قيمة للفولتية،
Jsc : كثافة تيار الدائرة القصيرة،
Voc : فولتية الدائرة المفتوحة.

رابعا - خوارزمية المنطق الضبابي:

تم اخذ البيانات الخاصة للخلية الشمسية السليكونية نوع مفرق p-n المطلية بغشاء الانديوم (In_2O_3) كطبقة نافذة مضادة للانعكاس ولسمك (200 nm) وعند قيم مختلفة لدرجات حرارة اكسدة مختلفة (350,400,450C°) ولسمك (200 nm)، وإدخالها على تقنية المنطق الضبابي للحصول على احسن قيم لعامل المل والكفاءة من خلال المحاكاة (SIMUILINK) لبرنامج ال (MATLAB 7), وباسمEfficiency وكما موضح بالشكل(4)
وفيما يلي الخطوات المتبعة :

1. اختيار الوزن المناسب للمجموعة الشاملة (Universe of discourse) التي تضم المتغيرات التي تدخل المنطق الضبابي والمتمثلة بالتيار الاقصى (Im) والفولتيةالقصوى (Vm) وكما موضحين في الشكلين (5) (6).

$$L \leq X \leq L\ -$$

حيث ان (L, -L) تمثل الحدود الدنيا والعليا للمجموعة الشاملة(U) للمتغيرات وهنا في البحث كانت كما يأتي:

$$30 \geq Im \geq 0$$
$$1 \geq Vm \geq 0$$ الفولتية القصوى

2. اختيار المتغيرات اللغوية التي تمثل التيار الاقصى، والفولتية القصوى ولتكن ثلاثة متغيرات وكما موضح في الجدول رقم (2)
3. اختيار القواعد المناسبة والتي ممكن ان نحصل عليها من خلال معرفتنا المسبقة بالمنظومة والتجارب التي أجريت عليها ويكون شكل هذه كما مبين في المعادلة.

IF Im is L &Vm is L & Then f.f is L &eff is L ...(9)

وعليه هنالك ثلاثة متغيرات لغوية لكل من تيار الاقصى(Im)والفولتية القصوى(Vm) وعليه هنالك تسعة قوانين

4. عملية إلغاء الغموض حيث نحصل على قيمة واحدة تستخدم لتحديد احسن القيم وذلك بعد إعادة الوزن لهذه القيمة. وكما موضح في الشكل (7).

النتائج والمناقشة:

اولا- نتائج طلاء اوكسيد الانديوم كطبقة طلاء

تم حساب كفاءة الخلية الشمسية السليكونية لمفرق نوع (p-n) قبل وبعد طلائها بغشاء (In2O3) ولسمك (200nm) عند درجات حرارة (350-400-450Cº) فضلا عن عامل الملء (F.F) من خلال حساب كل من كثافة التيار للدائرة القصيرة وفولتية الدائرة المفتوحة بتطبيق العلاقتين (3) و (4) على الترتيب وكما موضح في الجدول (1).

لوحظ تزايد نسبة كفاءة الخلية الشمسية من (3. 95%) الى (6.62%) بعد الطلاء بغشاء اوكسيد الاتديوم للسمك (200nm) عند الاكسدة لدرجة حرارة (350C°) وتزايد نسبة كفاءة الخلية الشمسية من(3.95%) الى(9.55%) بزيادة درجات حرارة الاكسدة لغشاء اوكسيد الانديوم من درجة حرارة الأكسدة من (350C°-450). كذلك نلاحظ من خلال الجدول(1) تزايد طفيف لعامل الملء F.F من(0.45- 0.41) بعد الطلاء بغشاء اوكسيد الاتديوم للسمك 200nm عند الاكسدة لدرجةحرارة(350C°) و تزايد لعامل الملء F.F من (0.45-0.50) عند تغير درجة حرارة الأكسدة من (350C°-450).

تبين أن ترسيب اغشية (In2O3) على سطوح الخلايا الشمسيةالسليكونية تعمل كطلاء مضاد للانعكاس مؤديا الى تحسين كثافة التيار للدائرة القصيرة)(Jscوفولتية الدائرة المفتوحة (Voc) وكذلك نجد أن كفاءة التحويل η% وعامل الملء F.F تزداد بشكل ملحوظ بتاثير غشاء اوكسيد الانديوم و لسمك (350nm)و بزيادة درجة حرارة اللاكسدة من (350C°-450) ، وهذا يعزى إلى عدة مؤثرات منها يتعلق بتفاعل الضوء مع سطوح الخلايا الشمسية، حيث تمتاز أشباه الموصلات مثل السليكون بالانعكاسية العالية للضوء وتمكن التقليل من انعكاسية الضوء الساقط إلى أقل

حد ممكن من خلال استخدام الطلاء المضاد للانعكاس على شكل غشاء رقيق لاوكسيد الانديوم، والذي يعد من أهم الأساسيات في تطوير كفاءة الخلية الشمسية.

وبالامكان تفسير هذه الزيادة في قيمة نسبة الكفاءة عند السمك (nm350) وعند درجة حرارة اكسدة لغشاء اوكسيد الانديوم °450C ، ذلك ان الاسماك العالية لاغشية المواد TCO وعند الدرجات الحرارية العالية تؤدي الى تحسين الخصائص التركيبية لغشاء(In_2O_3) وتغير الحجم الحبيبي وشكل الحبيبات ، وتقلل العيوب البلورية للاغشية ، وتزيد من التصاقية الغشاء على سطوح الخلايا الشمسيةعند المستوي(100) الاحادي البلورات. تحسن الخصائص التركيبية لغشاء (In_2O_3)تؤدي الى زيادة النفاذية البصرية للامواج الضوئية في المنطقة المرئية وانخفاض الانعكاسية من على السطوح السليكونية للخلايا الشمسية ،وبالتالي تؤثر على زيادة التوصيلية الكهربائية وزيادة التحرك للالكترونات وانخفاض حاملات الشحنة،وبذلك تزداد كثافة التيار وتتحسن الكفاءة للخلايا الشمسية .

ثانيا- نتائج المنطق الضبابي

تم الحصول على نتائج تقنية المنطق الضبابي والتي طابقت النتائج العملية للخلية الشمسية السليكونية لمفرق نوع (p-n) قبل وبعد طلائها بغشاء (In_2O_3) ولسمك (2000nm) عند درجات حرارة (C^o350-400-450) لاعلى كفاءة ولعامل الملء ايضا كما مبين بالاشكال (8), (9)

الاستنتاجات:

1. اظهرت تقنية المنطق الضبابي السرعة في الوقت في تحديد احسن القيم للكفاءة ولعامل الملء للطرق الاعتيادية.
2. عند مقارنة الحسابات العمليةالتي اجريت على خلية شمسية سليكونية بتاثير درجات حرارة مختلفة وتحت سمك (200nm) مع تقينة المنطق الضبابي اثبتت هذه التقنية الدقة العالية في تحديد القيم للكفاءة وعامل المل واظهارها باشارة واحدة تساعد المستفيد على اتخاذ القرار المناسب وعليه يمكن إن تطبق على منظومات أخرى ولأنواع من الخلايا الشمسية وتحت تاثيرقيم مختلفة للسمك باستخدام خوارزميات بسيطة وبكفاءة عالية .

References

[1] L. A. Zadeh, ***"Fuzzy Sets"***, International Journal of Information and Control, vol. 8, 1965, P1.

[2] George J. klir and Tina A. Folger, ***"Fuzzy Sets, Uncertainty and Information"***, Prentice. Hall, Binghamton, 1988.

[3] Petr Hajek, ***"Fuzzy Logic "***, Springer, 2002.

[4] M. Margaliot and G. Langholz, ***"New Approaches to Fuzzy Modeling and Control: Design and Analysis "***, World Scientific 2000.

[5] Dalal F. Yoosif, ***"Fabrication and Characterization of In2o3/Si solar cells by Means of Rapid Thermal Oxidation"***, MSc. Thesis in Laser physics, School of Applied Sciences, October 2005.

[6] S. Kaleemulla et al, ***"Physical properties of In2O3 thin films prepared at various oxygen partial pressures"***, Journal of Alloys and Compounds (2009).

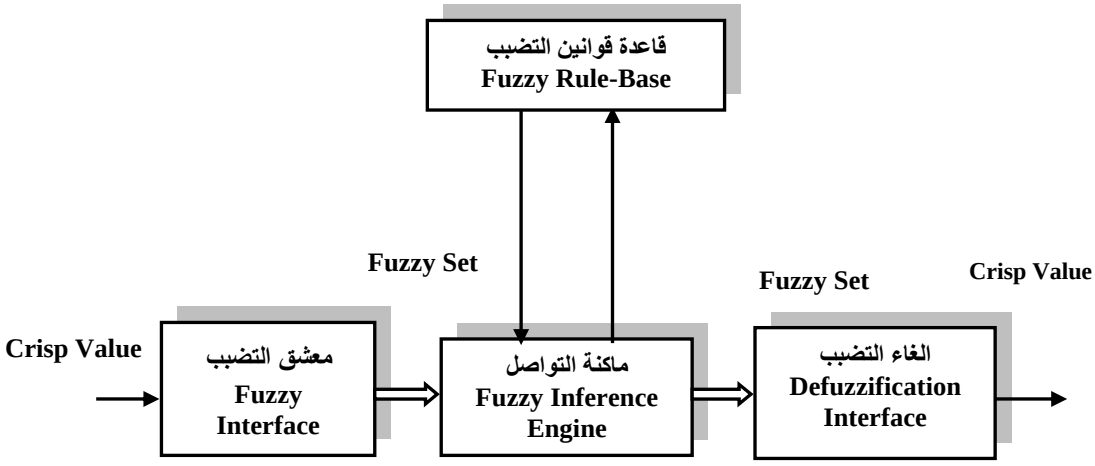
[7] XuL, et al, ***"Influence of post-annealing on the properties of Ta-doped In2O3 transparent conductive films"***, Chinese Sci. Bull Vol.56 No.15 May (2011).

[8] S. Naseem, I. Rauf, K. Husain and N. Malik, ***"Thin Solid Films"***, 1988.

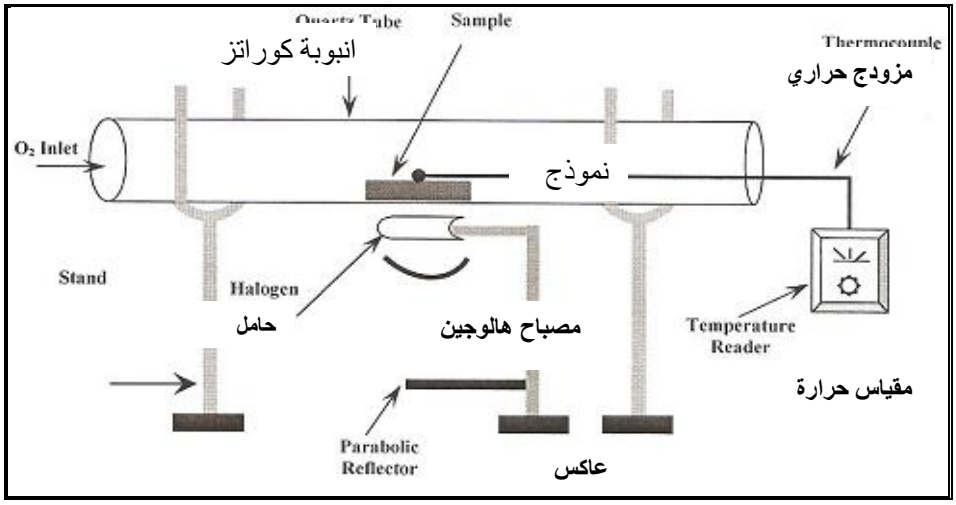
[9] M. A. Green, ***"Solar Cells",*** Translated by Y.M Hassan, University of Al-Mosul 1989.

الجدول (1) يمثل تأثير سمك اوكسيد الانديوم (200nm) في كفاءة الخلية الشمسية السليكونية ولدرجات حرارة أكسدة مختلفة .

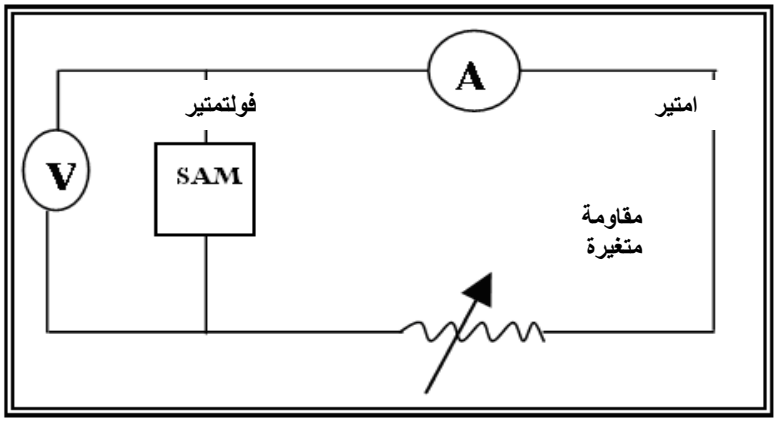
J_{SC} (mA/cm^2)	V_{OC} (v)	J_m (mA/cm^2)	V_m (v)	F.F	η%	درجة حرارة الأكسدة
21.7	0.43	13.6	0.29	0.41	3.95	قبل الطلاء
23.3	0.43	15.5	0.31	0.47	4.87	درجة حرارة أكسدة 350Cº
27.4	0.44	19.2	0.32	0.50	6.17	درجة حرارة أكسدة 400Cº
29.87	0.44	19.74	0.35	0.52	6.99	درجة حرارة أكسدة 450Cº



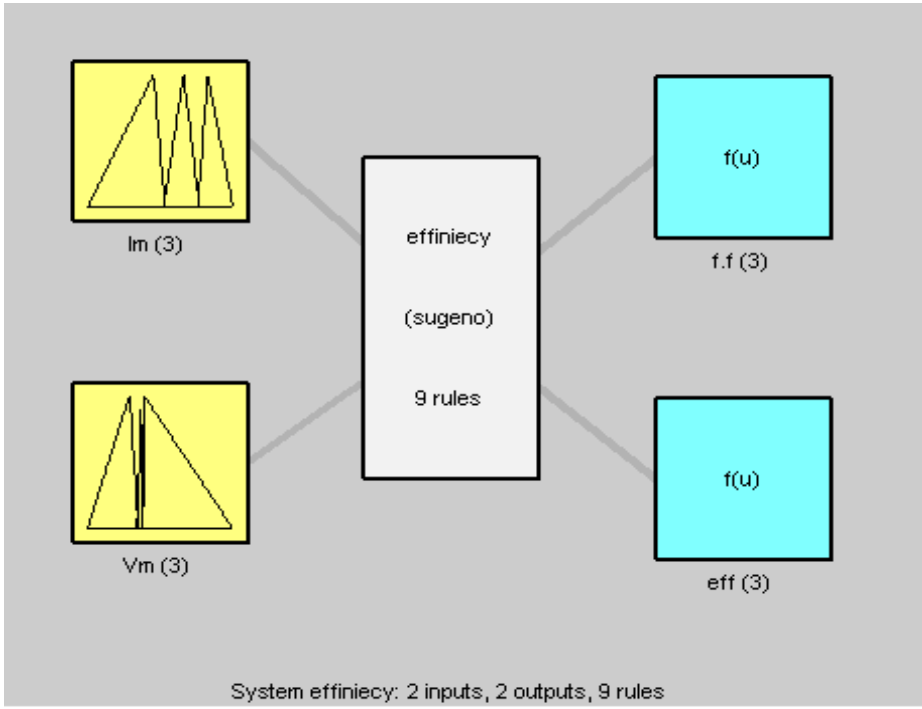
الشكل (1) يوضح مسيطر المنطق الضبابي[3](FLC)



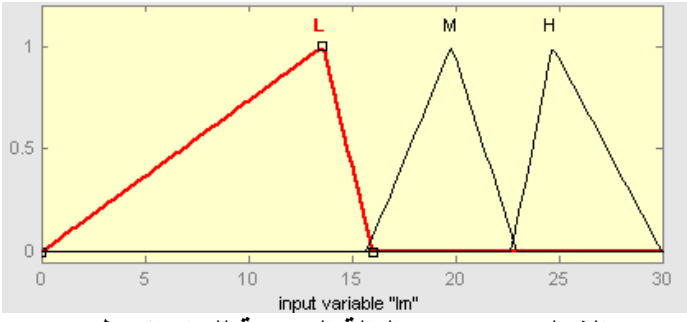
شكل (2) منظومة الأكسدة الحرارية السريعة



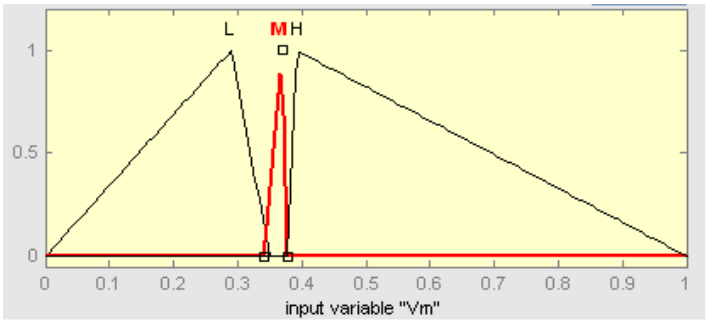
الشكل (3) دائرة لقياس الخصائص الكهربائية والفولتائية للخلية الشمسية



الشكل (4) يوضح المدخلات والمخرجات للمعشق الضبابي



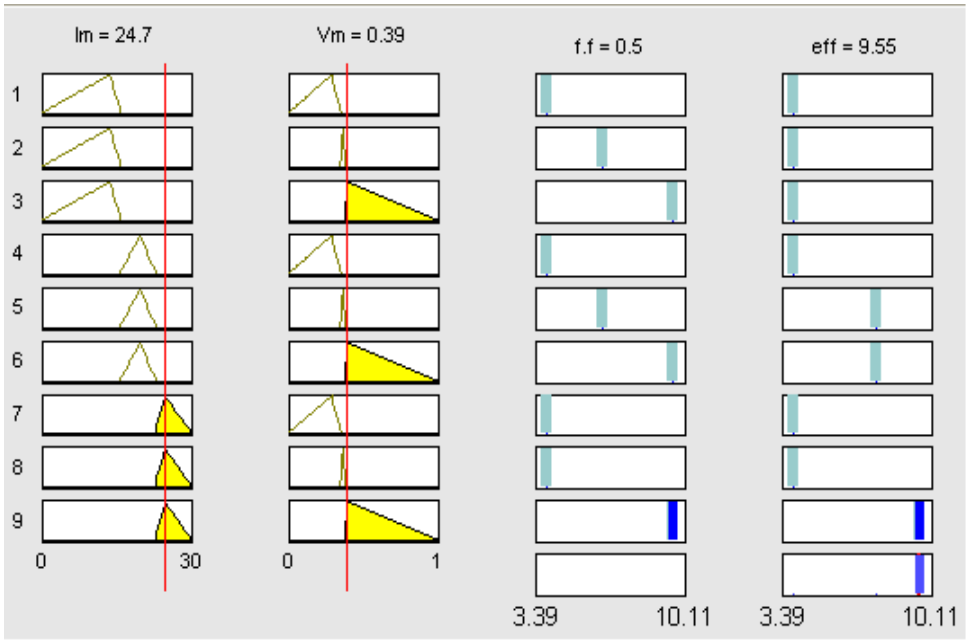
الشكل (5) يوضح الدالة العضوية للتيار الاعظم



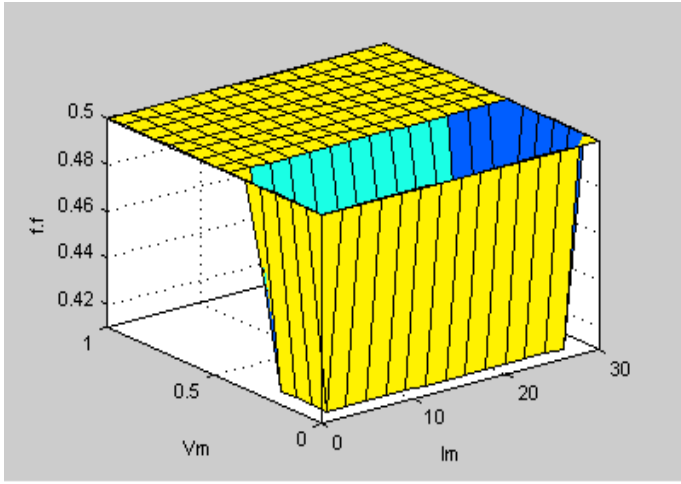
الشكل (6) يوضح الدالة العضوية للفولتية العظمى

جدول (2) يمثل قيم المتغيرات اللغوية

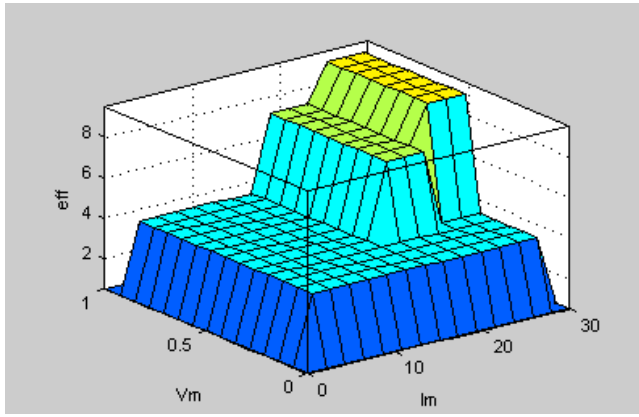
	L		M		H	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Im	**0**	**16**	**15.7**	**23**	**22.7**	**30**
Vm	**0**	**0.35**	**0.34**	**0.376**	**0.375**	**1**



الشكل (7) يوضح قوانين المخرجات للكفاءة وعامل الملء



الشكل (8) يوضح اعظم عامل الملء



الشكل (9) يوضح اعظم كفاءة

The Optimal Efficiency of Solar Cell Coated By In2O3 Using Fuzzy Logic

Dr. Sarya Dieab Mohamed Ikbal Abdual Majeed

University of Technology
Applied Sciences Department

Abstract:*In this work the fuzzy logic technique was used to obtain the optimal value for the basic parameters of silicon cell p-n type of In2O3 deposited onto the p-n junction's silicon solar cells, as antireflection coating، by rapid thermal oxidation at different a range of oxidation temperature up to (350-400-450C°) and thickness (200nm) on. The basic parameter of effieniecy cell & fill factor are maximum current (Im) & maximum voltage (Vm) which used as the input of fuzzy logic, The measurement of the short circuit current & open circuit voltage show improved with conversion efficiency of the p-n junction solar cell after coating by In2O3 film (3.95%) before coating and became (9.55%) after coatingwith thickness (200nm) and at 450C° oxidation temperature. The experimental results are identical with theoretical for this technique to get the maximum efficiency &fill factor.*

KeyWards: Silicon Solar Cell, Fuzzy Logic, Fill Factor, and Efficiency.