الفصل الاول

1.1 مقدمة:

تقوم الخلايا الشمسية بتحويل ضوء الشمس مباشرة الى طاقة كهربية مستفيدة من الخصائص الالكترونية لنوع معين من المواد تعرف بأشباه الموصلات (semiconductor).

صنعت الخلية الشمسية الاولى من المواد السليكونية ومنذ ذلك الوقت وحتى الان ادخلت تعديلات عديدة في كيفية صناعة هذه الخلايا وكذلك توسيع قاعدة المواد الى التي تصلح لهذه الخلايا ولا زالت الابحاث جارية في هذا المضمار وذلك لتخفيض تكلفة هذه الخلايا.

تتميز الخلايا الشمسية بانها لا تشمل اجزاء او قطع متحركة وهي لا تستهلك وقودا ولا تلوث الجو وحياتها طويلة ولا تتطلب الا القليل من الصيانة.

ونجد ان نسبة تزيد عن 95% من الخلايا الشمسية المستخدمة على نطاق العالم هي مصنوعة من السليكون.

1.2 مشكلة البحث:

ان الخلايا المنتجة لاستخدامات الفضاء والارض بواسطة التقنية القياسية تحتاج الى كمية كبيرة من الطاقات قيلسا بقابليتها على توليد القدرة ولذالك يمكن التغلب على هذه المشكلة باستخدام تقنية محسنة وان بعض مراحل هذه التقنية مكلف اقتصاديا وعلى هذا الاساس اتجهت النشاطات على نطاق عالي للتقليل من هذه النفقات وادخال بعض التحسينات لتقليل التكلفة وزيادة كفاءة الخلية.

1.3 اهداف البحث:

يهدف البحث الى تحسين خواص الخلايا الشمسية السليكونية للحصول على كفاءة افضل لانتاج الطاقة من ضوء الشمس وبأقل تكلفة.

1.4 الطريقة:

الطريقة التي اتبعت في هذا البحث هي الطريقة النظرية

1.5 محتوي البحث:

يأتي هذا الجهد المتواضع في اطار تحسين خواص خلية السليكون الشمسية أي زيادة كفاءتها.

ويحتوي هذا البحث على اربعه فصول الفصل الاول عبارة عن مقدمة حول البحث والفصل الثاني تم فيه التعرف على انواع الطاقات المتجدده وغيرها وفي الفصل الثالث تم التعرف على الطاقة الشمسية

بصورة عامة ومن خلالها تطرقت الى انواع الاشعاع المباشر والمنتشر ومعرفة الزوايا الشمسية وطريقة حسابها وبعض تطبيقات الطاقة الشمسية في الحياة اما في الفصل الرابع تم التعرف على خواص الخلايا الشمسية السليكونية وكيفية عملها في انتاج الكهرباء من ضوء الشمس وايضا كيفية حساب كفاءتها وطرق تحسين الكفاءة.

الفصل الثاني

الطاقة ومصادرها المتعددة

2.1 مقدمة:

حصل الانسان الاول على الطاقة البدنية من الطعام وظلت حاجته الى الطاقة في ازدياد مستمر ومنذ ان عرف كيفية اشعال النار بدأ في استعمالها في مقومات حياته وسيطرته على الحيوانات التي استخدمها في الزراعة و الاعمال الشاقة والترحال كما استخدم طاقة الشمس المباشرة وطاقة الرياح والطاقة المائية في اغراضه المختلفة الى ان اكتشف الفحم الحجري وتمكن من استغلاله في تسيير القطارات والسفن البخارية واغراض مختلفة [3].

ادى اكتشاف الفحم الحجري واستغلال طاقة البخار الى قيام الثورة الصناعية التي قضت على سيطرة الإقطاع ودفعت بالدول الصناعية نحو التقدم والسيطرة على دول اخرى واكتمل في العصر الماضي استغلال الطاقة الإحفورية (النفط والغاز الطبيعي بجانب الفحم الحجري) وزادت حاجة الانسان الى الطاقة وزاد استغلاله لها واهتمامه وبحثه عن مصادرها المختلفة [4].

بعد الحرب العالمية الثانية ظهر مصدر جديد للطاقة وهو الطاقة النووية وهكذا تنوعت مصادر الطاقة وتطورت المجتمعات الصناعية حتى اصبح مقياس تطور أي دولة الآن هو مقدار ما تملكه وما تستهلكه من الطاقة [3].

2.2 أنواع الطاقة:

2.2.1 الطاقة الإحفورية:

يقصد بها الفحم الحجري والنفط والغاز الطبيعي ، تكونت من تحلل كائنات حية في بيئة معدومة الهواء فهي تحتوي على مواد هايروكربونية تختلف نسبة الهايدروجين الى الكربون بينهما كما تختلف نسبة الشوائب المتنوعة مثل الماء والأكسجين والنايتروجين وثاني أكسيد الكربون والكبريت والرصاص [8].

من أهم مميزات الطاقة الإحفورية هي ان كمية الطاقة التي تخزنها كل وحدة حجم تكون عالية نسبيا وخاصة النفط الذي يمكن نقله بسهولة في المركبات.

وأهم سلبياتها أنها مصدر تلوث للبيئة خاصة الغازات التي تصدر عند احتراق النفط مثل ثاني اكسيد الكربون الذي يصعد الى طبقات الجو العليا ويؤدي الى الاحتباس الحراري الذي يزيد من ارتفاع درجة حرارة الارض ويسبب هذا هاجسا للعالم اليوم [3].

2.2.2 الطاقة المائية:

الطاقة المائية تستخدم لتوليد الكهرباء باستخدام التوربينات وتمتاز بانها رخيصة قليلة التكاليف وانها خالية من التلوث وانها طاقة متجددة اذ انها احدى مصادر الطاقة الشمسية غير المباشر ة لا تتوفر إلا في اماكن محدودة ، الطاقة المائية بصفة عامة لا تغطي احتياجات أي دولة صناعية كبرى [3].

2.2.3 طاقة الرياح:

تعتبر طاقة الرياح من اهم مصادر الطاقة البديلة والمتجددة وان ما يميزها عن انواع الطاقة التقليدية هو انها طاقة نظيفة ولا تلوث البيئة.

تقوم محطات طاقة الرياح بتحويل الطاقة الحركية للرياح الى طاقة كهربائية او ميكانيكية ، اما الطاقة الميكانيكية فتستخدم لضخ مياه الابار للاستخدمات الزراعية والصناعية والمنزلية في المناطق النائية [9].

بدأ استخدام طاقة الرياح لتوليد الطاقة الكهربائية مع بداية الثمانينات من القرن العشرين وتعددات بسيطة. في بداية التسعينات بلغ مجموع قدرات المحطات الهوائية المركبة (3,400MW) وتعتبر سرعة الرياح اهم عنصر في دراسة الجدوى الاقتصادية لاستخدام طاقة الرياح ومن ثم اتخاذ القرار بانشائها . في الحالات العامة عند معدلات سرعة رياح اكبر من 4m/s على ارتفاع 10m (عادة ما توضع اجهزة قياس سرعة الرياح في محطات الارصاد الجوي على هذا الارتفاع) يمكن استخدام طاقة الرياح لتوليد الطاقة الكهربائية وبفعالية ، والرياح ذات السرعات الاقل من ذلك يمكن استخدامها لتوليد الطاقة الميكانيكية واستخدامها في رفع المياه من الابار في المنشآت الزراعية والصناعية [4].

إن قدرة محطة طاقة الرياح P تتناسب طردياً مع مكعب سرعة الرياح V ، كثافة الهواء ρ ، مساحة المروحة A ، كفاءة المنظومة η (حاصل ضرب كفاءة المولد η_g في كفاءة صندوق السرعة η_r) ، C_p معامل استخدام الرياح وهو يعتمد الى حد كبير على شكل المروحة وعوامل

تصميمية اخرى ولاكثر التصاميم تُعتمد قيمته 0.593 وتصل في بعض التطبيقات الى – 0.45 0.4 [4].

وتعطى طاقة محطة الرياح بالعلاقة التالية :

$$P(w) = ½\ \eta\ A\ \rho\ C_p\ V^3 \qquad 2.1$$

حيث:

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

D ≅ يمثل قطر المروحة m .

أما انتاج الطاقة الميكانيكية من طاقة الرياح فتحسب باستخدام المعادلات الرياضية التي تربط بين الطاقة الميكانيكية اللازمة لتدوير مضخة المياه والارتفاع وعمق بئر معين (بما يعرف بفقد الارتفاع h) بكمية Ql /min [4]. وتكون طاقة المضخة الميكانيكية P_p المطلوبة هي :

$$P_p = \frac{Q\ H}{6.12\ \eta_p} \quad , w \qquad 2.2$$

حيث :

η_p ≅ كفاءة المضخة

H ≅ الفقد في الضغط الناتج من ارتفاع عمود الهواء mHg ، والاحتكاك (K.Q) وبهذا يكون الفقد الكلي على الصورة

$$H = H_g + K.Q^2$$

وتحسب طاقة الرياح الضرورية لتغطية هذا الحد من العلاقة :

$$P_w = \frac{p_p}{\eta_m} \qquad 2.3$$

حيث:

P_w ≅ قدرة محطة طاقة الرياح

η_m ≅ كفاءة اجهزة نقل الحركة من محطة الرياح الى المضخة [4].

2.2.4 الطاقة النووية:

بدأ استغلال الطاقة النووية في امريكا منذ القرن العشرين (1957) ثم انتقل الى بعض الدول الصناعية .

هنالك طريقتان لتوليد الطاقة النووية التي تستخدم اساساً لانتاج الكهرباء :

أ. الطاقة الانشطارية: Fission Energy

وهي التي تستخلص من انشطار ذرات اليورانيوم U^{235} الذي يوجد بكميات ضئيلة تبلغ حوالي 0.711 في المائة من اليورانيوم الموجود في باطن الارض .

يتم توليد الطاقة (التي تستخدم لانتاج الكهرباء) في المفاعل النووي المولد حيث تولد النيوترونات الحرارية فتصدم النيوترون ذرة U^{235} فتنشطر وينطلق اثناء التفاعل نيوترونات بالاضافة الى انطلاق الطاقة الحرارية وتقوم النيوترونات بتكرار عملية التفاعل المتسلسل في المفاعل النووي المولد [3].

بالرغم من ان ذرات اليورانيوم U^{235} الذي يوجد بنسبة تبلغ 99.283 في المائة من اليورانيوم الطبيعي الذي لا يتوفر الا بكميات محدودة فان ذراته لا تنشطر مباشرة لتوليد الطاقة الا ان تفاعلها مع النيوترونات الحرارية يؤدي الى توليد ذرات البلوتونيوم Pu^{239} التي تنشطر ويؤدي ذلك لتوليد المزيد من النيوترونات والطاقة .

اما النظير الثالث في اليورانيوم الطبيعي فهو U^{234} الذي يمثل نسبة 0.006 في المائة من اليورانيوم ولايخدم عملية توليد الطاقة بالانشطار .

يستخدم في المفاعل النووي المولد ايضا نظير الثوريوم Th^{232} الذي يتحول باصطدامه بالنيوترونات الحرارية في المفاعل الى U^{233} الذي ينشطر ويولد مزيدا من النيوترونات والطاقة الحرارية وتستمر عملية التفاعل المتسلسل [3].

ب. الطاقة الاندماجية: Fusion Energy

هي التي تنشأ من الاتحاد النووي لذرات الهايدروجين لتكون ذرات الهيليوم تحت ظروف ضغط عالٍ ودرجات حرارة عالية كما يحدث في باطن الشمس .

- **إيجابيات وسلبيات الطاقة النووية :**

من اهم ايجابيات الطاقة النووية ان الطاقة الكهربائية التي يمكن ان تولد منها كبيرة إذ يمكن الحصول على 8.2×10^7 كيلو جول من كل جرام من U^{235} .

- **لكن سلبيات الطاقة النووية كبيرة ومهمة وهي :**
  - ان كميات اليورانيوم في العالم محدودة
  - ان توليد الطاقة واستغلالها سلمياً يحتاج الى معرفة هذه التكنولوجيا المتقدمة

- ان هنالك ضرورة قصوى لاتخاذ الاحتياطات الوقاية المشددة لمنع حوادث يمكن ان تؤدي الى تلوث البيئة والإضرار بصحة الانسان في مناطقو اسعة [3].

2.2.5 الطاقة الشمسية (الخيار الامثل):

الشمس هي مصدر الطاقة على الارض، تسمى مصادر الطاقة التي تستغل الطاقة الشمسية المباشرة بمصادر الطاقة المتجددة [4]. تعتبر الطاقة الشمسية من أكثر انواع الطاقة ملائمة للاستخدام في المنطقة العربية وذلك لتوفر شدة الاشعاع فيها [3].

ويمكن تقسيم تطبيقات الطاقة الشمسية الى قسمين هما :

- توليد الطاقة الكهربائية .
- توليد الطاقة الحرارية .

2.2.6 طاقة الكتلة الحيوية:

- **مصادر طاقة الكتلة الحيوية:**

المقصود بالكتلة الحيوية هو كل انواع المواد المشتقة من النباتات التي يمكن استخدامها لانتاج الطاقة مثل الخشب ، النباتات العشبية ، المحاصيل الزراعية ومخلفات الغابات.

ومصادر هذه الطاقة يتم انتاجه خلال عملية التمثيل الضوئي وهي قيام خلايا النبات بانتاج الكربوهيدرات باستخدام الماء ، ثاني اكسيد الكربون وضوء الشمس [4].

- **تقنيات انتاج الطاقة من الكتلة الحيوية:**

التقنيات المستخدمة لانتاج الطاقة من الكتلة الحيوية تتمثل في :

- حرق مباشر للكتلة الحيوية .
- الحرق بتحويل الكتلة الحيوية الى غاز ، لاستخدامه في التوربينات البخارية أو محركات الديزل .
- تحويل الكتلة الحيوية الى وقود سائل للتوربينات الغازية ومحركات الديزل [4].

2.2.7 طاقة حرارة جوف الأرض:

- **مصادر طاقة حرارة جوف الأرض :**

ان الحرارة الهائلة القابعة تحت القشرة الأرضية تعتبر مصدراً مهماً من مصادر الطاقة المتجددة وهذه الحرارة تتجلى وتبرز نفسها من خلال الانفجارات البركانية ، الينابيع الحارة ، وبعض الظواهر الجيولوجية الأخرى .

ومما لا شك فيه ان حفر آبار عميقة تنطلق منها حرارة يمكن استغلالها في انتاج البخار لتدوير التوربينات البخارية . وا ٍن مساهمة هذا النوع من الطاقة في توليد الطاقة الكهربائية يمثل أقل من 1 % مقارنة مع الطاقات الأخرى [6].

2.2.8 طاقة المحيطات :

- **مصادر طاقة المحيطات :**

تحمل المحيطات طاقة واعدة هائلة ويمكنها توليد الكهرباء دون نفث غازات في الهواء الجوي، فالتطوير مستمر لهذا النوع من الطاقة المتجددة ، إلا أن مايقلل اتساع استخدامها هو كلفتها وكفائتها والتي تحد كثيراً من الاستثمار في هذا النوع من الطاقة المتجددة [4].

إن طاقة المحيطات تظهر على هيئة ثلاثة أنواع من الطاقة هي:

- طاقة المد والجزر .
- طاقة الأمواج .
- الطاقة المخزونة في التدريج الحراري .

- **طاقة المد والجزر:**

اتسمت طاقة المد والجزر بالانتشار التجاري ، ان ارتفاع وا ٍنخفاض منسوب مياه البحر يمكن استغلاله كمصدر مهم من مصادر الطاقة المتجددة وتستخدم طاقة المد والجزر لتوليد الطاقة الكهربائية باستخدام توربينات تديرها مياه تصب من أعالي السدود [4].

- **طاقة الأمواج :**

لطاقة الأمواج نوعين: الآول طاقة حركة الأمواج عند تحركها أماماً .

والثانية طاقة الوضع لهذه الأمواج في إزاحتها راسياً كلما مرت الموجة على نقطة معينة .

ويعبر عن جهد الكهرباء في الموج بوحدة كيلووات لكل متر من صدر الموجة KW/m وهو المعدل الذي تنتقل فيه الطاقة في اتجاه حركة انتشار الموجة ويعبر عنها بالمتر مقاساً من العمود على اتجاه الانتشار [4].

ويتم تقدير جهد طاقة الأمواج من المعادلة التالية:

$$P(W/m) = \frac{\rho g^2 H^2 T}{32\,\pi} \qquad 2.4$$

حيث تمثل:

$\rho \cong$ كثافة ماء البحر

g ≅ عجلة الجاذبية الأرضية

H ≅ ارتفاع الموج (من قاع الى قمة الموجة)

T ≅ مدة مرور الموجة

كما يمكن تقريب المعادلة السابقة لتكون على الصورة التالية :

$$P(KW/m) = H^2 T \qquad 2.5$$

طاقة التدرج الحراري في المحيطات:

تقوم تقنية طاقة التدرج الحراري في المحيطات على استغلال الفرق في درجات الحرارة بين سطح المحيط (في المناطق الاستوائية حوالي 25^o) وتلك التي على عمق Km/ (5^oC) وبما أن مايقرب من ربع الآشعة الشمسية الواصلة الى سطح الارض تمتص في المحيطات ، فانه يمكن استغلال هذه الطاقة عملياً اذا كان الفارق في درجات الحرارة 20^oC او اكثر ، وهذا يعني محدودية او عدم جدوى استغلال هذه الطاقة في المناطق البعيدة عن خط الاستواء [4].

الفصل الثالث

الطاقة الشمسية

3.1 الإشعاع الشمسي:

الشمس عبارة عن كرة ملتهبة من الغازات الكثيفة وهي أكبر من أي كوكب من كواكب المجموعة الشمسية وتبلغ كتلتها 1.986×10^{30} كيلوجرام أي مايعادل 99.87% من مجمل كتلة المجموعة الشمسية باكملها وحوالي 333 ألف مرة قدر كتلة الأرض [3].

ويبلغ قطر الشمس 1.39×10^{6} كيلومتر وتقدر المسافة بين الأرض والشمس بحوالي 150 مليون كيلومتر [2].

وتقدر درجة حرارة الطبقات الخارجية للشمس بحوالي 5762 درجة كلفن وتسمى هذه الطبقات بالفوتوسفير بينما تتراوح درجة حرارة المناطق الداخلية للشمس بين 8 مليون و40 مليون درجة كلفن [3].

وتشع الشمس طاقة هائلة يصل جزء صغير منها الى الأرض . لقد وجد أن الشمس تشع بمعدل 3.85×10^{23} كيلوواط وبالحساب نجد أن الارض تستقبل من هذه الطاقة مايعادل 1.7×10^{14} كيلو واط فاذا افترضنا ان استهلاك العالم من الطاقة يصل الى 10^{10} كيلو واط نجد أن الطاقة الشمسية المتوفرة عند الأرض تعادل 20 ألف مرة تقريباً بالنسبة للاستهلاك [3].

لكن في الواقع ان 70 % من هذه الطاقة يسقط على البحار والاماكن غير المأهولة مثل الجبال والصحار ي ولا يمكن الاستفادة منها ومع ذلك فإن الطاقة الشمسية التي يمكن استغلالها تزيد عن حاجة الانسان بكميات كبيرة ولآزمان طويلة [3].

3.2 الثابت الشمسي:

يمكننا ان نعرف الثابت الشمسي q_s بمتوسط الطاقة الشمسية التي تسقط في كل ثانية على كل متر مربع من سطح متعامد مع الاشعاع الشمسي فوق الغلاف الغازي المحيط بالارض . وللثابت الشمسي أهمية خاصة اذ لا يمكن في أي بقعة من الارض الحصول على طاقة شمسية اكثر قدرا من هذا المقدار ويعتبر الثانت الشمسي معياراً قياسياً في كثير من حسابات الطاقة الشمسية . يقاس الثابت الشمسي حاليا باستخدام المراكب الفضائية وتدل القياسات بانه في المتوسط يساوي 1367 Wm^{-2} [3].

وحقيقة الآمر ان الاشعاع الشمسي الذي يصل الى سطح الغلاف الغازي المحيط بالأرض ليس ثابتا تماما بل يتغير من وقت لآخر وهناك سببان لذلك . الاول هو التغيرات التي تحدث في داخل الشمس والتي تنشأ من البقع الشمسية وتحدث من وقت لآخر بطريقة دورية تقريباً وهذه التغيرات تؤثر على مقدار الثابت الشمسي بما يصل حوالي 1 % اما السبب الثاني وهو الاهم هو ان المسافة بين الشمس والارض ليست ثابتة على مدار السنة وانما تتغير من يوم لآخر مما يؤدي الى تغير كمية الاشعاع الذي يصل كل متر مربع من سطح متعامد مع الاشعاع فوق الغلاف الغازي ولذلك يتغير هذا الاشعاع بمعدل $\pm$ 3 % [3].

ويمكن استخدام العلاقة التجريبية التالية لحساب الاشعاع q_o الذي يسقط على كل متر مربع من سطح متعامد مع الاشعاع الشمسي فوق الغلاف الغازي في آي يوم n من ايام السنة :

$$q_o = q_s [1+ 0.033\cos (360\ n / 365)] \qquad 3.1$$

حيث أن q_s يعتبر ثابتا وأن n متغيرة بحيث تكون n=1 يوم واحد يناير وتكون n=365 يوم 31 ديسمبر .

3.3 الزوايا الشمسية:

معرفة الزوايا الشمسية مهمة في كل حسابات الاشعاع الشمسي وكل تطبيقات الطاقة الشمسية.

3.3.1 زاوية خط العرض latitude angle(ϕ):

هي الزاوية التي تقع بين خط الاستواء وبين الخط الواصل بين نقطة ما على سطح الارض ومركز الكرة الأرضية . فمثلاً أي نقطة تقع على مدار السرطان يعمل الخط الموصل بينها ومركز الأرض زاوية مقدارها :

$$\phi = 23.5\text{deg}$$

مع مستوى خط الاستواء [3].

3.3.2 زاوية ميل الشمس (δ) Solar declination :

هي زاوية موقع الشمس بالنسبة لخط الاستواء . وتقع بين الخط الواصل بين مركز الشمس الى مركز الأرض ومسقط هذا الخط على مستوى خط الاستواء ويمكن حسابها من العلاقة التالية :

$$\delta = 23.5 \sin (360\ (284+n)/365) \qquad 3.2$$

حيث أن n هو عدد أيام السنة باعتبار أن اليوم الأول هو واحد يناير ولزاوية ميل الشمس قيم معروفة إذ انها تكون 23.5^o+ عندما تكون الشمس عمودية فوق مدار السرطان ويحدث الانقلاب الصيفي وتكون 23.5^o- عندما تكون الشمس عمودية فوق مدار الجدي ويحدث الإنقلاب الشتوي

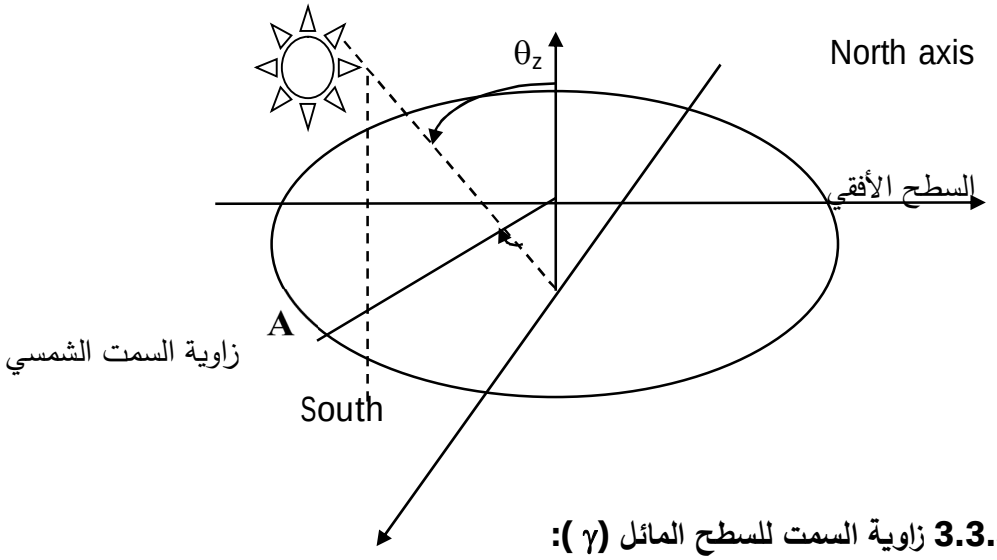
وتكون الزاوية صفراً عند الاعتدال الربيعي والاعتدال الخريفي عندما تكون الشمس عمودية فوق الرأس عند خط الاستواء [3].

3.3.3 زاوية ميل السطح بالنسبة في السطح الافقي (S) Surface inclination angle:

هي الزاوية التي تقع بين السطح المائل والسطح الأفقي على سطح الأرض [3].

3.3.4 زاوية السمت الشمسي (A) Solar azimuth angle :

هي الزاوية التي تقع بين مسقط حزمة الشعاع المباشر على السطح الأفقي ودائرة خط الزو ال التي تحتوي على السطح الرأسي [3].



3.3.5 زاوية السمت للسطح المائل (γ):

هي الزاوية المحصورة بين مسقط العمودي على السطح وخط الطول المحلي "دائرة خط الزوال" وتكون صفراً عندما يتجه العمودي نحو الجنوب وموجبة شرق خط الطول وسالبة غربه [3].

3.3.6 زاوية الزمن (ω):

هي الزاوية الواقعة بين المستوى الذي يحتوي الخط الواصل من مركز الشمس الى مركز الأرض والمستوى الذي يحتوي على خط الطول وتكون صفراً عند الزوال (الساعة الثانية عشر ظهراً بالتوقيت الشمسي) وتكون موجبة قبل الزوال وسالبة بعد الزوال كما يمكن حسابها من العلاقة :

$$\omega = (12 - t_s) \times 360/24 \qquad 3.3$$

$$\omega = 15\ (12 - t_s)$$

حيث t_s هي الزمن الشمسي بالساعات [3].

3.3.7 زاوية ارتفاع الشمس (α):

هي الزاوية المحصورة بين حزمة الشعاع الشمسي المباشر الساقط على السطح الأفقي والخط الأفقي الذي يمر بنقطة السقوط [3].

3.3.8 زاوية السقوط على السطح الأفقي (θ_z): Zenith angle

وتعرف بزاوية السمت الراسي وهي الزاوية المحصورة بين حزمة الشعاع المباشر من الشمس والعمودي على السطح الافقي الذي يمر بنقطة على الأرض [3].

من هذا نرى ان زاوية ارتفاع الشمس تتم زاوية السمت الراسي :

$$\alpha + \theta_z = 90^o$$

3.3.9 زاوية السقوط على السطح المائل (θ):

هي الزاوية المحصورة بين حزمة الشعاع الشمسي المباشر والعمودي على السطح المائل الذي يعمل زاوية قدرها (S) مع السطح الأفقي [3].

3.3.10 زاوية شروق الشمس وزاوية الغروب (ω_s) :

هي الزاوية المحصورة بين حزمة الاشعاع الشمسي عند الشروق او الغروب والخط الرأسي (العمودي) على السطح الأفقي (خط الزوال) وعند هذا الوقت تكون $\theta_z=90^o$ وتكون $\cos \theta_z=0$ ونسبة لتماثل حركة الشمس حول طرفي الزوال فإن ز اوية الشروق تساوي زاوية الغروب [3].

3.4 حساب الزوايا الشمسية:

اهم الزوايا لتحديد موقع الشمس بالنسبة لمراقب فوق سطح الآرض هي زاوية السمت الرأسي وزاوية السمت الشمسي وان زاوية السمت الراسي تعرف ايضاً بزاوية السقوط على السطح الأفقي فهي تعتمد على كل من ميل الشمس وزاوية خط العرض وزاوية الزمن ويمكن حسابها من العلاقة التالية :

$$\cos \theta_z = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos \omega \qquad 3.4$$

وبالتالي يمكن حساب الزاوية المتممة وهي زاوية ارتفاع الشمس .

اما زاوية السقوط على السطح المائل فيمكن حسابها بتعديل المعادلة السابقة كما يلي :

$$\cos \theta = \sin (\phi - S) \sin \delta + \cos (\phi - S) \cos \delta \cos \omega \qquad 3.5$$

هذا باعتبار ان زاوية السمت للسطح المائل مساوية للصفر وان السطح متجهاً نحو الشمال أو الجنوب [3].

ولحساب زاوية السمت الشمسي لتحديد موقع الشمس يمكن معرفتها من العلاقة التالية :

$$\sin A = \cos \delta \sin \omega / \sin \theta_z \qquad 3.6 (a)$$

أو المعادلة

$$\tan A = \frac{\cos\delta \sin\omega}{\sin\varphi\cos\delta - \cos\varphi\cos\delta} \qquad 3.6\ (b)$$

أما زاوية الشروق او الغروب (ω_s) التي تحدث عندما تكون $\cos\theta_z = 0$, $\theta_z = 90^o$ فيمكن حسابها من العلاقة 3.4

$$0 = \sin\varphi\sin\delta + \cos\varphi\cos\delta\cos\omega$$

$$\cos\omega_S = \frac{-\sin\varphi\sin\delta}{\cos\varphi\cos\delta} = -\tan\varphi\tan\delta$$

$$\omega_s = \pm\cos^{-1}(-\tan\varphi\tan\delta) \qquad 3.7$$

حيث أن علامة الناقص تستخدم في حالة الشروق [3].

3.5 مكونات الاشعاع الذي يصل الى سطح الأرض:

ان الاشعاع الكلي Global Radiation عند وصوله الأرض يتكون من جزئين هما الاشعاع المباشر والاشعاع المنتشر [2].

3.5.1 الإشعاع المباشر: Direct or Beam Radiation

هو حزمة الإشعاع الذي يصل مباشرة من الشمس الى سطح على الأرض يكون متعامداً مع الإشعاع بعد انتهاء عملية الامتصاص والتشتت ونرمز لها بالرمز (beam radiation) q_{BN} اما اذا كان السطح أفقياً على الأرض ولا يتعامد مع الإشعاع فنرمز للإشعاع بالرمز q_{BH} حيث أن :

$$q_{BH} = q_{BN}\theta_z$$

علماً بان θ_z هي زاوية السمت (زاوية السقوط على السطح الأفقي)

ولحساب هذا الإشعاع نفترض أن التغير الذي يحدث للإشعاع عندما يخترق الغلاف الجوي يكون كالآتي :

$$dq\lambda/q\lambda = -\delta(s)\,\sigma(\lambda)\,dl \qquad 3.8$$

$$\sigma(\lambda) = \sigma_a(\lambda) + \sigma_s(\lambda) \qquad 3.9$$

وان

$$dl = ds\cos\theta_z = mds \qquad 3.10$$

علماً بان زاوية سقوط الإشعاع θ_z هي زاوية السمت (زاوية السقوط على السطح الأفقي) وds هي الجزء الصغير من العمودي على السطح الأفقي من الغلاف الجوي وdl جزء من مسار الإشعاع في طبقة صغيرة من الجو وان $m = 1/\cos\theta_z$ هو المسار النسبي للإشعاع [3].

ويمكن ان نستخدم معامل الاضمحلال الطيفي $K(\lambda)$ الذي يسمى ايضاً بمعامل الإخماد ويعرف بالآتي

$$K(\lambda) = \delta(s)\,\sigma(\lambda) \qquad 3.11$$

وهو يعتمد على الكثافة ويتغير مع ارتفاع الطبقة الهوائية . واذا كاملنا العلاقة (3.8) من قمة الغلاف الجوي الى سطح الأرض باعتبار ان التوزيع الطيفي يظل ثابتاً نحصل على الآتي :

$$q_{BN}(\lambda) = q_{sc} \exp(-m\tau_\lambda) \qquad 3.12$$

حيث ان q_{sc} هو الثابت الشمسي ، وان τ_λ هو المعامل الذي يجمل كل معاملات الإضمحلال ويسمى بالسمك البصري ونحصل عليه باجراء هذا التكامل :

$\tau_\lambda = \int K(\lambda)\, ds$ من قمة الغلاف الجوي الى سطح الأرض [7].

وبذلك نخلص الى ان الفيض الطيفي للطاقة الشمسية المباشرة عند سطح الأرض يعتمد على العوامل:

- ميل الإشعاع على السطح الأفقي .
- السمك البصري الطيفي .

هذا بالإضافة الى الاعتماد على زاوية السقوط على السطح المائل إذ لم يكن السطح أفقياً [3].

3.5.2 الإشعاع المنتشر Diffuse Radiation :

هو الإشعاع الذي يصل من كل الاتجاهات الى سطح أفقي على الأرض من طبقات الجو التي تحيط بالسطح بعد حجب الإشعاع المباشر وسوف نرمز له بالرمز q_{DH} .في حالة الجو الصحو يمكن ان يعتبر الإشعاع المنتشر متناسباً مع الإشعاع المباشر ويقدر بإدخال معامل تجريبي يسمى بمعامل الإنتشار D [3].أي أن

$$q_{DH} = Dq_{BN} \qquad 3.13$$

3.5.3 الإشعاع الكلي: Global Radiation

ونرمز له بالرمز q_G وهو الإشعاع الكلي الذي يسقط على السطح الأفقي ويساوي مجموع الإشعاع المباشر والإشعاع المنتشر أي أن :

$$q_G = q_{BH} + q_{DH} = q_{BN} \cos\theta_z + q_{DH} \qquad 3.14$$

علماً بأن الإشعاع يقصد به الطاقة الشمسية التي تسقط على كل متر مربع في كل ثانية . بالوحدات العالمية أي واط لكل متر مربع Wm^{-2} [3].

3.6 التطبيقات العملية للطاقة الشمسية:

يتم استغلال الطاقة الحرارية من الشمس بشكل مباشر بواسطة المجمعات الشمسية والمركزات واللواقط الشمسية واهم التطبيقات

3.6.1 اللواقط الشمسية : Solar Collector

وتستخدم هذه اللواقط لتسخين المياه من أجل الاستعمال المنزلي ويعتبر هذا التطبيق من التطبيقات ذات درجة الحرارة المنخفضة حيث لا تزيد درجة حرارة الماء المسخن عن 100^oC ولكن في بعض اللواقط التي تستخدم مع مركزات (Concentrators) فإن درجة الحرارة قد تزيد عن 100^oC [2].

3.6.2 الأفران الشمسية:

ويمكن بواسطتها الحصول على درجات حرارة مرتفعة تصل الى 200^oC أو أكثر وذلك باستعمال المرايا المقعرة والعدسات [2].

3.6.3 تحلية وتنقية المياه: Water Desalination

تمرر المياه المراد تحليتها خلال مجمعات شمسية مغلقة وهذه المجمعات عبارة عن أغطية أو سقوف بلاستيكية (أو غيرها) شفافة وعند نهاية هذه السقوف المائلة من الأسفل مجاري (Troughs) لتجميع الماء المقطر . أما قاعدة المجمع (الحوض Basin) فتكون مطلية باللون الأسود الذي يمتص أكثر من 90 % من الأشعة الشمسية . ويكون الماء المالح موجوداً على القاعدة بعمق قليل وتكون الأغطية الشفافة ذات درجات حرارة أقل من درجة حرارة سطح الماء وذلك بسبب عدم امتصاصها للأشعة الشمسية ولهذا فإن الماء المتبخر يتكاثف على هذه السطوح الباردة نسبياً ، وبسبب وجود الميل فإن الماء المتكاثف يسيل باتجاه القنوات أو المجاري في الأسفل التي تعمل على تجميعه [2].

3.6.4 تدفئة وتبريد المباني:

يعد هذا التطبيق من أكثر التطبيقات نجاحاً وأكثرها اقتصاداً في مجالات استخدام الحرارة الشمسية [2]. في هذا التطبيق يتم بناء مباني خاصة سقوفها مكونة من طبقات بلاستيكية لها قابلية تجميع وتركيز الأشعة الشمسية وتمر من خلال هذه الطبقات انابيب الماء الذي يسخن ثم ينقل الى كافة اجزاء المنزل للاستعمال بصورة مباشرة كماء حار .

أما في حالة التبريد فهناك حاجة الى توليد قدرة لتشغيل أنظمة التبريد او تطوير أنظمة كيماوية خاصة بذلك ، ولهذا تعد عملية التبريد أصعب من عملية التدفئة من الناحية التكنولوجية [5].

3.6.5 الطباخات الشمسية:

حيث بالمكان استعمال مرايا مقعرة لتركيز الأشعة للحصول على درجات حرارة مرتفعة يمكن استعمالها في الطبخ [2].

3.7 تطبيقات أخرى للخلايا الشمسية:

تستخدم الطاقة المنتجة من الخلايا الشمسية في العديد من المجالات منها

3.7.1 المجالات الفضائية:

تستخدم في شحن نضائد التشغيل لمركبات الآقمار الصناعية [12].

3.7.2 مجالات الاتصالات الأرضية:

تستخدم في محطات الإرسال والاستقبال [12].

3.7.3 مجالات تشغيل الأجهزة الدقيقة:

تستخدم في الساعات والحاسبات الإلكترونية وأجهزة التحكم بالمناطق النائية [12].

3.7.4 المجالات البترولية :

تستخدم في الحماية المهبطية لأنابيب النفط والغاز من التآكل المعدني [12].

3.7.5 مجال إنتاج الطاقة:

تستخدم في توليد الطاقة الكهربية وا ٍنتاج غاز الهيدروجين كوسيلة لتحويل الطاقة الشمسية الى وقود للسيارات وتخزينها للاستعمال فيما بعد .

وقد تم تصنيع سيارات تعمل بالطاقة الشمسية ولكنها لم تنتشر بعد بسبب التكلفة العالية [12].

الفصل الرابع

خواص الخلايا الشمسية وتحسين كفاءتها

4-1 مقدمة

معظم الوسائل التي تستخدم في توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية تعمل بطريقة غير مباشرة ماعدا الخلايا الشمسية فإنها تحول الطاقة الشمسية مباشرة إلى طاقة كهربائية لذلك تحظى باهتمام كبير في مجال ابحاث الطاقة الشمسية[8] .

لقد اكتشف بكوريل Becquerel الاثر الكهروضوئي (او الفوتوفولطائي) في عام 1983 عندما سلط الضوء على عمود مغمور في محلول إكتروليتي وحصل على فرق جهد بين القطبين وبعد ذلك بحوالي 40 عاما اكتشف ادمز وداي نفس الاثر الكهربائي عند تسليط الضوء على لوح صلب من السيلينيوم[3].

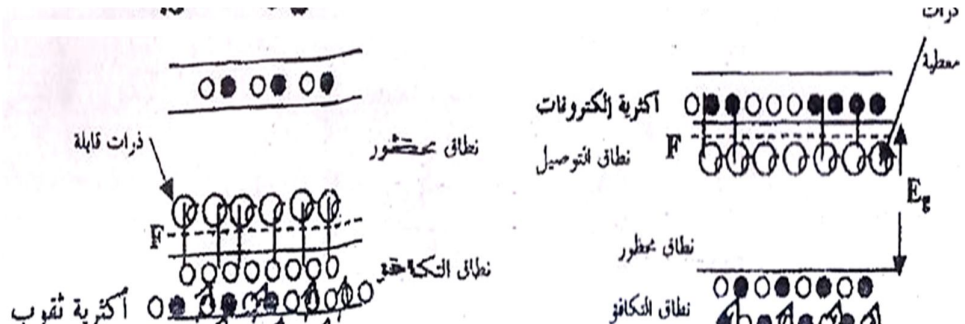
لم يستخدم التاثير الكهروضوئي كمصدر لطاقة إلا في عام 1954 حيث اثبتت جماعة من الباحثين العاملين في شركة RCA الامريكية إمكانية استخدام خلية السيلكون ذات الوصلة الثنائية بكفاءة عالية نسبيا في تحويل النشاط الاشعاعي للمواد المشعة الى طاقة كهربائية وقد كانت الكفاءة حوالي 6% لاول مرة . واستمر تطوير خلايا السيلكون وسلفاد الكادميوم ذات الوصلة الثنائية pN وبمرور الوقت استغلت مواد اخرى لعمل الخلايا الشمسية وقد اعلن فيما بعد ان كفاءة قدرها 12% قد امكن تحقيقها [8].

2-4 الاثر الكهروضوئي الفوتوفولطائي:

يمكن تعريف هذا الاثر بانه عملية توليد جهد كهربائي بين طرفي شبه موصل عندما يسقط عليه إشعاع يؤدي الى تأين منطقة قريبة من منطقة الجهد الحاجز القائم بداخل شبه الموصل [8].

ويتميز الاثر الكهروضوئي بقوة دافعة كهربائية ذاتية ومقدرة على توفير الطاقة الكهربائية واستمراره متى استمر الاشعاع الساقط [3].

اما الجهد الحاجز فيمكن إنشاؤه في داخل شبه الموصل بعدة وسائل اهمها بالنسبة للخلايا الشمسية وسيلتان احداهما الجهد الذي يتكون عند ترسيب طبقة رقيقة شفافة من معدن موصل على شبه موصل كما يحدث في حالة خلية السيلبيوم ، والوسيلة الثانية هي الوصلة الثنائية المعروفة باسم وصلة (PN) التي تتكون باضافة شوائب معطية من N-type على شبه موصل به شوائب من P-type او اضافة P-type على N-type



أ

(ب) **(أ)**

الشكل(1-4) أ : شبه الموصل N-type ، ب : شبه الموصل P-type

يوضح هذا الرسم شبه الموصل N-type وكذلك P-type ففي حالة N-type يضاف الى السيلكون ذي التكافوء الرباعي شوائب معطية ذات تكافوء خماسي تتخذ ذراتها موضعا تحت نطاق التوصيل فيكون هنالك فائض من الالكترونات التي يمكن ان تنتقل بواسطة الحرارة العادية الى نطاق التوصيل اما في حالة P-type فيضاف الى السيلكون شوائب قابلة ذات تكافوء ثلاثي وتحتل الذرات القابلة موضعا فوق نطاق التكافوء فتنتقل اليها بعض الالكترونات تحت التاثير الحراري وتزداد بذلك الثقوب في هذا النطاق.

تقوم الالكترونات في نطاق التوصيل والثقوب الموجبة في نطاق التكافوء بعملية التوصيل الكهربي تحت الظروف الملائمة (وجود قوة دافعة كهربية)[3].

ويوضح الشكل (1-4) مستوى فيرمي ويرمز له بالحرف F وموقعه في حالة N-type في اعلى النطاق المحظور بين الذرات المعطية ونطاق التوصيل وموقعه في حالة P- type بين الذرات القابلة ونطاق التكافوء[3].

وفي درجة حرارة معينة اذا كان تركيز الالكترونات هو n وتركيز الثقوب هو p نجد ان حاصل الضرب np يكون ثابتا ففي حالة السيلكون نجد ان $np= 10^{21}\ cm^{-3}$ في درجة حرارة الغرفة بينما تكون $n=10^{17}cm^{-3}$ و $p =10^{4}cm^{-3}$ بالنسبة ل N-type اي ان الالكترونات تمثل الاكثرية الغالبة في هذه الحالة .

وعندما يسقط الشعاع الشمسي على شبه الموصل تعمل الفوتونات ذات الطاقة العالية التي تكون طاقتها 1.1 الكترون فولت او اكثر اي اكثر من طاقة النطاق المحظور E_g اي مساوية او اكثر من

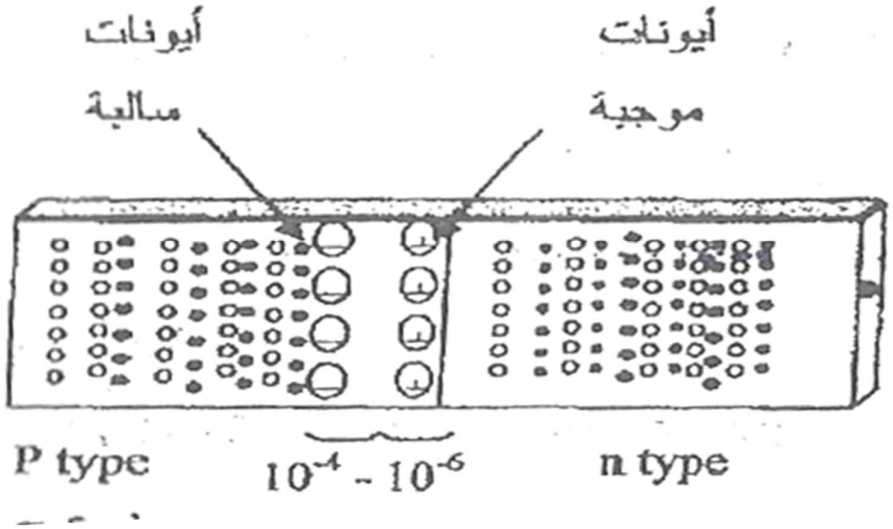
الطاقة اللازمة لكسر الرباط الالكتروني التكافؤي في البناء البلوري تعمل هذه الفوتونات على خلق ازواج من الالكترونات والثقوب الموجبه وتكون النتيجة ان يزداد عدد الالكترونات في نطاق التوصيل وعدد الثقوب في نطاق التكافؤ فاذا كان شبه الموصل N-type فإن زيادة الالكترونات (وهي في حدود 10^{17}) لايحدث اثرا كبيرا ولكن الزيادة الفعلية تكون في عدد الثقوب حاملات الاقلية وكذلك الحال بالنسبة p-type تكون الزيادة الفعلية في عدد الالكترونات حاملة الاقلية والنتيجة هي ان هذه الزيادة تتلاشة في جزء من الميكروثانية بسبب الانتشار العشوائي في داخل شبه الموصل وتتعادلالالكترونات مع الثقوب حتى تعود اعداد الحوامل الى العدد الذي كان سائدا بسبب الإتزان الحراري[3].

اما اذا سقط الاشعاع على وصلة ثنائية لشبه موصل مكون من التصاق p-type و N-type بطريقة مناسبة فإن الجهد الحاجز الذي يتكون داخل الوصلة يمنع تعادل الالكترونات والثقوب ويؤدي الى ابتعادها ويوفر الوسط المناسب لعمل الخلية [3].

4-3 الوصلة الثنائية لشبه الموصل:

تبداء عملية صنع الوصلة الثنائية عند استخراج بلورة السيلكون النقي واضافة شوائب قابلة بكميات محكمة فمثلا يمكن اضافة البورون لعمل سبيكة شبه موصل p-type ثم بعد ذلك توضع البلورة في فرن وتضاف شوائب معطية مثل الفسفور لعمل N-type بعد تغطية الاماكن التي ستكون معرضة للاشعاع او عمل التوصيلات وترفع درجة الحرارة لتكوين طبقة رقيقة من النوع السالب ويبين الشكل(2-4) خلية من هذا النوع مع ملاحظة ان بالامكان البدء بشريحة من بلورة سيلكون يضاف اليها شوائب معطية لتكوين N-type ثم تكوين طبقة منp-type بالانتشار[3] .

وبما ان تركيز الالكترونات اعلى بكثير جدا في المنطقة N-type منه في المنطقة p-type فإن جزء من الالكترونات على السطح الملاصق ل p-type ينتشر في الطبقة الرقيقة من p-type ويتعادل مع الثقوب الموجودة هناك وكذلك تنتشر الثقوب في الاتجاه المضاد وتتعادل مع الالكترونات وفي فترة قصيرة من الزمن بضع ملي ثانية تتم عملية التعادل التي تؤدي الى طبقة رقيقة من الشحنات "الايونات الموجبة" في منطقة الN-type الملاصقة لل p-type وتؤدي الى طبقة رقيقة من الايونات السالبة في منطقة p-type الملاصقة ايضا فينشأ نتيجة لذلك فرق جهد يسمى جهد الالتصاق او الجهد الحاجز $\varepsilon\Delta$ بين N-type و p-type ويؤدي الى منع استمرار انتشار الالكترونات والثقوب من نوع الى اخر[3] .



شكل 2-4 الوصلة الثنائية لشبة الموصل وتكميل الجهد الحاجز $\Delta\varepsilon$

4-4 الخلية الشمسية السليكونية:

بعد ان ظهرت اول خليه سليكونيه بكفاءة مناسبه عام 1953م تم استخدام هذه الخلايا بشكل واسع كمصدر لتوليد القدره الكهربائيه للسفن الفضائيه[1] .

واستخدمت الخلايا اول مره فى فانكوردا (vanguard) فى عام 1958 منذ ذلك العام اخذت صناعه الخلايا الشمسيه تتطور بشكل بطئ لتجهيز الاعداد المتزايده من شبكات الاقمار الصناعيه والسفن الفضائيه الاخرى[10] .

منذ عام 1973 بدا الاهتمام يتجه الى ايجاد مصادر الطاقه المتجددة مما دفع عددا من المصانع الى ان تقدم انتاجها من الخلايا الخاصه للاستعمالات الارضية[10] .

4-4-1 مراحل التقنيه القياسيه لصناعة الخلايا الشمسيه:

تلخص مراحل التقنيه القياسيه لصناعه الخلايا الشمسيه فى النقاط الاتيه :

أ- اختزال الرمل للحصول على خام السيلكون المعدنى:

ياتى السيلكون فى المرتبه الثانيه من حيث الوفره من القشره الارضيه حيث يوجد على شكل مركبات السيلكون (sio_2) التي تشكل الجزء الاعظم من الرمل. ويستخدم في الوقت الحاضر الشكل البلوري لثاني اوكسيد السيلكون لاستخلاص السيلكون تجاريا، حيث تختزل هذه الماده بواسطة افران قوسيه

ويتم تسخينها بالكاربون (مزيج من نشارة الخشب وفحم الكوك والفحم الحجري) للحصول علي السيلكون حسب التفاعل[1] .

$$sio_2 + 2c \rightarrow si + 2co \qquad (4.1)$$

ب - تحويل خام السيلكون المعدني الي خام سيلكون شبه موصل

ان السيلكون المستعمل في الخلايا الشمسية والنبائط شبه الموصلة الأخرى يجب ان يكون انقى بكثير من خلايا السيلكون المعدني والطريقة النموذجية للحصول على مادة نقية تعرف بعملية سيمنس(simenes prossce) ففي هذه العملية يحول خام السيلكون الى مركب كيماوي متطاير ثم يكثف ويكرر (refind) بواسطة التقطير الجزئي (Fractional distillation) وبعد هذه المعالجات يصبح السيلكون نقيا جدا .وتجرى بعد ذلك معالجات متتالية أخرى فيذوب قليلا من بلورات M G-si في حامض HCL للحصول على التفاعل الاتي:

$$si + 3Hcl \rightarrow SiHcl_3 + H_2o \qquad (4.2)$$

وتمرر الغازات الناتجة من التفاعل خلال مكثف لتحول الى سائل يخضع لعملية التقطير الجزئى المضاعف للحصول على SeG-SiHcl (ثالث بيكلوريد السيلكون) هو المصدر الاساسى لصناعة السلكون [1] .

$$si\ Hcl_3 + H_2 \rightarrow si + 3Hcl \qquad (4.3)$$

ج- تحويل خام سليكون شبه موصل متعدد البلورات الى رقائق احادية البلورة:

ان السلكون المستعمل فى صناعة الالكترونيات لا يكفى ان يكون نقيا جدا فحسب بل يجب ان يكون على شكل تركيب احادى البلورة خالى من العيوب تماما[8] .

ان الطريقة الرئسية المستخدمة لانتاج مثل هذه المواد هى عملية جوكر السكى (czochralcki process) ففى هذه العملية يصهر سيلكون متعدد البلورات (seG-si) فى بودقة صلبة مع كميات ضئيلة من الشوائب الازم ادخالها فى التركيب و يستخدم البورون عادة لعمل الطبقة الموجبة [1] .

د - تحويل السيلكون احادى البلورة الى الخلايا الشمسية:

بعد التنظيف الكيمياوى للرقائق السيلكونية تضاف كميات اخرى من الشوائب الى هذ الرقائق بواسطة عملية الانتشار عند الدرجات الحرارية العالية[1] .

تضاف كميات قليلة من البورون الى السيلكون المنصهر و عليه فان الرقائق الناتجة تكون من P-type و يتطلب عمل الخلية الشمشية عمل طبقة سطحية من N-type و ذلك لعمل مفرق P-n و بصورة عامة يستخدم الفسفور كشوائب لعمل N-type،[14] و فى اكثر عمليات الانتشار شيوعا يمرر تيار من غاز خامل فى محلول ثالث كلوريد اكسيد الفسفور ليخرج الغاز محملا بالفسفور و يمرر الغاز المحمل مع جزء قليل من الاكسجين الى فرن اسطوانى ساخن يحتوى على صف متراص من الرقائق السيلكونية و بذلك تتكون طبقة من الاكسيد على سطح الرقيقة تحتوى فى تركيبها الفسفور، و يتم ربط التوصيلات المعدنية بطبقة N-type و طبقة P-type ذلك فى التقنية القياسية بالتبخير الفراغى[1] .

يتكون التوصيل المعدنى عادة من ثلاث طبقات معدنية طبقة معدنية خفيفة من التيتانيوم (Ti) تستخدم كاساس لغرض الالتصاق الجيد بالسيلكون و طبقة فضية ذات قابلية توصيلية عالية و قابلية جيدة للالتحام كطبقة علوية و ترسب سبيكة البالاديوم جيدة الالتحام بين هاتين الطبقتين لتمنع حدوث اى تفاعل غير مرغوب فيه بين Ag و Ti عند وجود الرطوبة.

و اخيرا ترسب طبقة خفيفة مانعة للانعكاس على الخلية بجهاز الترسيب نفسه[1] .

4.4.2 تحويل الخلايا الشمسية الى الواح شمسية:

بناء الالواح الشمسية:

ان فائدة تغليف الخلايا لا تقتصر على توفير الحماية الميكانيكية فحسب بعمل ايضا كعازل كهربائى و يوفر نسبة من الحماية الكيميائية كما يزيد التغليف من متانة و صلابة الخلايا الهشة و يحمى الخلايا من الاضرار التى قد تحدث بسبب البرد الشديد و من الطيورو الاجسام الساقطة عليها و يحفظ التوصيلات المعدنية من التاكل الذى تسببه العناصر المؤكسدة الموجودة فى الجو[10] .

وان عملية التغليف توفر عزلا كهربائيا للفولتيه المتولدة و تصل هذه الفولتية فى بعض المنظومات الى 1500فولت . ان متانة مادة التغليف تزيد من العمر العملى للو ح الشمسى فقد يزيد عمر اللوح على 20 سنة [1] .

ومن المميزات الاخرى التى يجب ان تكون فى مادة التغليف هى مقاومة الاشعة فوق البنسفسجية و قابلية التحمل لتغير درجات الحرارة و الصدمات الحرارية التى يمكن ان تسبب الاجهاد او الكسر و مقاومة التآكل الذى تسببه العواصف الرملية وكذلك زيادة القابلية على التنظيف الذاتى و قابلية حفظ حرارة الخلية منخفضة لتقليل القدرة المفقودة و ان تكون رخيصة الثمن[2] .

و هناك عدة طرق ممكنة لتصميم اللوح من العناصر الاساسية لتصميم اللوح هى الطبقة الهيكلية و التى تعطى اللوح قواما صلبا و تقع هذه الطبقة امام اللوح الشمسى او خلفه و تلصق الخلايا اما مباشرة بهذه الطبقة و تغلف بخزف مرن او تحاط بصفائح رقيقة تثبت عليها و تعمل هذه الطبقة كمانع للرطوبة عندما تكون بالخلف و عندما تكون فى الواجهة الامامية فتقوم بالتنظيف الذاتى و زيادة المقاومة للصدمات ايضا.

و توضع بعض انواع موانع تسرب الرطوبة عند حافات اللوح[1] .

و لاتوجد الخلايا الشمشية كوحدات مفردة و انما توجد فى تجمعات تسمى ب modules و الغرض من تلك التجمعات هى زيادة التيار و الجهد المغننين و اللذان يمكن الحصول عليهم من الخلية.

و يرجع هذا الى ان الخلية الواحدة تكون قيمة التيار و الجهد الناتج منها صغيرة جدا لا تكفى وحدها لادارة ابسط الاحمال[14] .

ومن هنا تنطلق الابحاث العلمية المختلفة و غرضها جميعا كيفية زيادة كفاءة الخلايا الشمسية و فى نفس الوقت تقليل تكلفة التصنيع الخاصة بها.

4.5 مراحل تطور صناعة الخلايا الشمسية:

و ت الخلايا الشمسية باطوار فى عملية التصنيع و تسمى بالاجيال و تم التصنيف الى ثلاثة اجيال.

- الجيل الاول

كانت الخلايا الشمسية فى هذه الجيل من اهم خواصها اتساع المساحة و ارتفاع الجودة و انها تتكون من وصلة ثنائية وحيدة و نجد ان كفاءة جميع الخلايا لا تزيدعن 16% [10] .

- الجيل الثانى

هو عبارة عن خلايا عديدة التبلر هذا بالاضافة الى ان السيلكون يتم معالجته كيميائيا قبل الاستخدام بغرض زيادة قدرته على التوصيل و فى ذلك الجيل يتم تقليل الحرارة المتولدة بداخل الخلية و التى تؤدى الى تقليل الكفاءة بصورة واضحة و ايضا تم استخدام مواد اخرى مختلفة من اجل تقليل كفاءة الانتاج المرتفعة جدا لذلك الخلايا. احد هذه المواد هو الكادميوم توليديد CdTe [10] .

- الجيل الثالث

كان الغرض منه هو تحسين الاداء الكهربى المتواضع لتلك الخلايا و استخدمت فيه تكنلوجيا معروفة thin – film technology و ابقاء التكلفة منخفضة و تتراوح كفاءة التحويل من 30- 60% نظريا. [8].

تمتاز الخلايا الشمسية بالعديد من المميزات اهمهما:

- الخلايا الشمسية تقوم بتحويل الاشعاع الشمسى مباشرة الى تيار كهربائى مستخدمة التأثير الفولتى دون اللجؤ الى المعالجة الحرارية[11] .
- الخلايا الشمسية تعطى طاقة غير ناضبة و لا تحتاج الى صيانة كثيرة و تلائم المناطق النائية.
- الخلايا الشمسية لها استجابة فورية مع الاشعاع الشمسى و متوقع لها عمر يزيد عن عشرين سنة [11].
- يمكن وضعها فى مكان الاستعمال و لا تحتاج الى شبكات توزيع لتشغيلها.
- تعتبر مصدرا لطاقة نظيفة دون اى مخلفات تلحق الضرر بالبيئة[5] .
- لا يوجد تداخل بينهما و بين انظمة الرادار و الاتصالات السلكية و الاسلكية[11] .

4.6 كيف يعمل السيلكون كخلية شمسية:

يمتلك السيلكون بعض الخواص الكيميائية فى تركيبه البلورى فذرة السيلكون تحتوى على 14 الكترون موزعة على ثلاثه مستويات طاقة.

مستويين الطاقة الاولى و الثانى الاقرب للنواة يكونان ممتلان تماما بالالكترونيات و المستوى الثالث او الخارجى على على اربع الكترونات فقط اى يكون نصفه ممتلئى و النصف الاخر فارغ حيث ان المدار يكتمل ب 8 الكترونات و تسعى ذرة السيلكون لان تكمل النقص فى عدد الالكترونات فى المستوى الخارجى و لتفعل ذلك فانها تشارك اربعة الكترونات من ذرات سيلكون مجاورة و بهذا ترتبط ذرات السيلكون بعضها البعض فى شكل تركيب بلورى و هذا التركيب البلورى له فائدة كبيرة فى الخلية الشمسية[11] .

ان بلورة السيلكون النقية لا توصل التيار الكهربى بكفاءة لانه لايوجد الكترونات حرة لتنقل التيار الكهربائى حيث ان كل الالكترونات قد قيدت فى التركيب البلورى.

و لهذا لكى يتم استخدام السيلكون فى الخلية الشمسية فاننا بحاجة الى اجراء تعديل بسيط فى التركيب البلورى و هو عبارة عن اضافة ذرات عناصر اخرى تسمى عملية التطعيم (doping) و هذه الذرات الاضافية نسميها شوائب impurities وهى ضرورة لعمل الخلية الشمسية[13] .

يتم اضافة ذرات الفسفور بنسبة بسيطة جدا تصل الى 1:1000000 وذرة الفسفور تحتوى على خمسة الكترونات فى مدارها الخارجى و لهذا عندما تدخل الشبكة البلورية بين ذرات السيلكون ستشارك ب4 الكترونات و يبقى الكترون حر.

و عندما يتم تزويد السيلكون النقى بالطاقة و لتكون طاقة حرارية مثلا فان بعض الالكترونات تحرر و تترك مكانها شاغر نسميه فجوة hole تعمل هذه الفجوة على السماح لالكترون فى الجوار بالانتقال اليها تاركا فجوة اخرى و هكذا تستمر حركة الالكترونات فى اتجاه حركة الفجوات فى الاتجاه المعاكس و هذه الحركة هى تيار كهربى[13] .

و لكن فى حالة ذرات السيلكون المطعمة بذرات الفسفور يصبح الامر مختلف من ناحية اما الطاقة الازمة لبدء تحريك الكترونات اقل بكثير من حالة السيلكون النقى.

و تسمى اشباه الموصلات التى تتطعم بذرات تحتوى على الكترونات اضافية بالنوع N-type اى النوع السالب لانه اضاف الكترون للتركيب البلورى للذرات.

و لهذا يعتبر السيلكون المطعم بالفسفور موصل افضل من السيلكون النقى.

كما انه يوجد تطعيم بذرات توفر الكترونات اضافية هناك تطعيم اخر بذرات لها عدد اقل من الالكترونات و تسمى المواد الناتجة عن هذا التطعيم بالنوع P-type اى النوع الموجب و فى الحقيقة العملية ان الخلية الشمسية تحتوى على كل النوعين النوع الموجب و النوع السالب و الامر الاهم هو مايحدث عن توصيل النوعى معا حيث تنتقل الالكترونات الحرة فى النوع السالب الى الفجوات فى النوع الموجب [13] .

4.7 تركيب الخلية الشمسية:

تنتقل الالكترونات الى الفجوات و تتحد معها و لكن لا تستمر عملية الانتقال هذه الى ان تتحد كل الا لكترونات مع كل الفجوات ثم تتوقف عمية الانتقال لانه يتشكل حاجز (حقل كهربائى) عند منطقة الوصل مما يمنع الالكترونات الاخرى فى النوع السالب الاتحاد مع فجوات فى النوع الموجب و يتكون عند المنطقة بين النوعين مجال كهربى.

هذا المجال الكهربى يعمل عمل الديود diode حيث يسمح بمرور الالكترونات من الجزء الموجب الى الجزء السالب و لكن ليس العكس.

و بهذا يكون لدينا فى كل خلية شمسية مجال كهربائى يحدد اتجاه حركة الالكترونات .

عندما يسقط الضوء المكون من فوتونات على الخلية الشمسية فانه يعمل على تحرير الكترون و فجوة بالقرب من الحاجز حيث المجال الكهربائى فيتم تمرير هذا الالكترون تجاه الجزء السالب تحت تاثير المجال فى حين تنتقل الفجوة الى الجزء الموجب تحت تاثير المجال[6] .

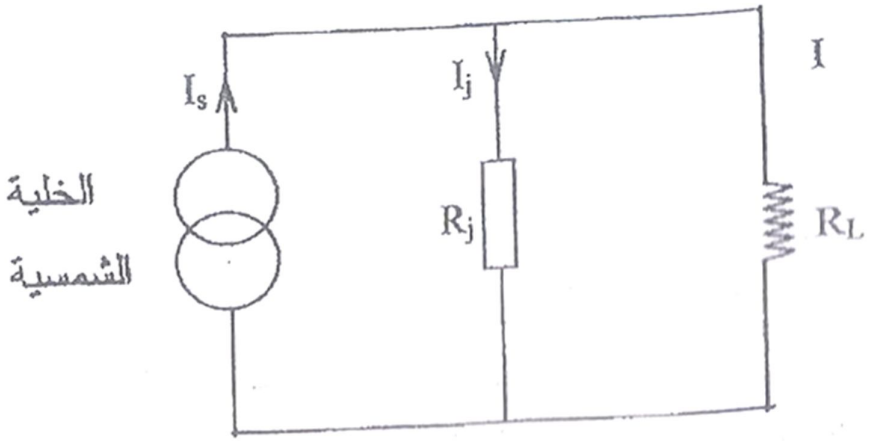
و عند ربط طرفى الخلية(النوع السالب و النوع الموجب) بنقطتى توصيل على السطح العلوى و السطح السفلى للخلية فان هذه الالكترونات سوف تتحرك لتعود الى موضعها الاصلى و كذلك الفجوات و هذه الحركة هى التيار الكهربى طالما استمر سقوط الضوء على الخلية.

ان التيار الذي تولده الخلية يتناسب مع شدة الاشعاع الشمسى بينما يعتمد فرق الجهد على الجهد الحاجز $\Delta\varepsilon$ الذى يكون دائما اقل من اتساع النطاق المحظور الذى يساوى 1.1 فولت لمادة السيلكون و تعتمد قيمة الجهد الحاجز على كمية الشوائب N او P التى تضاف عند صناعة الخلية و فى حالة خلية السلكون تكون قيمة الجهد الحاجز حوالى0.45 فولت[3] .

4.8 الدائرة المكافئة للخلية الشمسية

لكى نفهم سلوك الخلية الشمسية كان لابد من نموذج كهربى مكافى لها ذلك النموذج مبنى مكونات كهربية معروفة سهلة الدراسة و التحليل.

فى النموذج المثالى للخلايا الشمية يتم تمثيل الخلية بمصدر للتيار الكهربى معه موحد ثنائى ديود و لكن عملياً لا توجد خلية شمسية مثالية لذلك يتم وضع مقاومة على التوازى و مقاومة اخرى على التوالى كمحاكات الواقع[8] .



الشكل 3-4 يوضح الدائرة المكافئة للخلية الشمسية

تتكون الدائرة المكافئة من مصدر ثابت I_s ينتجه الضوء الساقط على الخلية و يتفرع الى فرعين احدهما يكون التيار I_j الذى يمر بالمعاوقة غير الخطية R_j تمثل الوصلة الثنائية I وهو التيار الذى يمر بمقاومة الحمل R_l . و يعرف التيار I_s بتيار الدائرة المغلقة ويساوى التيار الذى يمكن الحصول عليه عندما تكون $R_l = 0$. و بما ان

$$I_s = I_j + I \qquad (4.4)$$

$$I_j = I_0[\, e^{ev/kT} - 1\,] \qquad (4.5)$$

إذن

$$I = I_s - I_j$$

$$I = I_s - I_0[\, e^{ev/kT} - 1\,] \qquad (4.6)$$

حيث ان:

I_s : تيار الفوتونات

I : التيار الكلي المار في مقاومة الحمل

V: فرق الجهد بين طرفي الوصلة

و بما ان الكثافة التياريه J تستخدم عادة بدلا من التيار I فاننا نحصل عل J اذا قسمنا المعادلة (4.6) على المساحة A للخلية اى :

$$J = J_s - J_i$$

$$J = J_s - J_0[\, e^{ev/kT} - 1\,] \qquad (4.7)$$

و اذا كانت الدائرة مفتوحة و J تساوى 0 نحصل على اقصى قدرة لفرق الجهد ويسمى بفولت الدائرة المفتوحة V_{oc} [3] .حيث ان

$$V_{oc} = (\, kt/e\,)\ \mathrm{Ln}(\, J_s/J_0 + 1\,) \qquad (4.8)\ a$$

$$\frac{J_s}{J_0} + 1 = e^{ev_{oc}} / \mathrm{KT} \qquad (4.8)\ b$$

و بما ان القدرة P تساوى حاصل ضرب التيار فى فرق الجهد فان كثافة القدرة الخارجة [3].

$$P_0 = JV$$

$$P_0 = v[J_s - J_0(e^{ev/kT} - 1)] \quad (4.9)$$

وللحصول على كثافة القدرة القصوى فاننا نفاضل المعادلة (4.9) بالنسبة الى (V) و يصبح الحاصل مساويا للصفر فنحصل على الفولت V_m الذى يعطى اقصى قيمة للقدرة[3]

اذ ان

$$\frac{dp}{dV} = 0 = [J_s - J_0 e^{eV_m/kT} + J_0] + V_m(-(eJ_0/kT)\ e^{eV_m/kT}$$

$$J_s/J_0 + 1 = (eV_m/kT + 1)\ e^{eV_m/kT} = e^{ev_{oc}} / KT \quad (4.10)$$

من (4.7) نحصل على كثافة التيار الذى يعطى اقصى معدل للطاقة[3].

$$J_m = J_s - J_0 [e^{eV_m/kT} - 1] \quad (4.11)$$

وبالتخلص من $e^{eV_m/kT}$ من(4.11) مستخدمين (6.10) نحصل على

$$J_m = \frac{(ev_m/kT)(J_s + J_0)}{(1+ev_m/kT)} \quad (4.12)$$

إذن اقصى معدل للطاقة (كثافة معدل الطاقة القصوى) هي:

$$p_m = J_m v_m = \frac{[(ev_m/kT)ev_m(J_s+J_0)]}{(1+ev_m/kT)} \quad (4.13)$$

بما ان J_0 اصغر بكثير من J_s إذن نحصل على :

$$p_m = J_m v_m = \frac{(ev_m^2/kT)J_s}{(1+ev_m/kT)} \quad (4.14)$$

يمكن تعريف الكفاءة القصوى للخلية η_{max} [3] بالاتي :

$$\eta_{max} = \frac{maximum\ power\ output}{incident\ solar\ radiation\ per\ unit\ area}$$

$$\eta_{max} = \frac{ev_m^2 \cdot J_s}{kT\left(1 + \frac{ev_{in}}{kT}\right) N_{ph} E_{av}} \qquad (4.15)$$

الاشعاع الشمسي الساقط على كل وحدة مساحة هو q وهو عبارة عن الفوتونات N_{ph} الموجوده في الطيف الشمسي مضروبا في متوسط طاقة الفوتون الواحد E_{av} الساقطة على وحدة المساحة[3] اى ان:

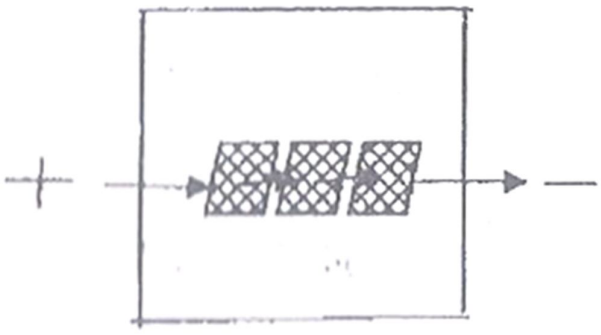
$$q = N_{ph} \cdot E_{av} \qquad (4.16)$$

4-9 توصيل الخلايا الشمسية على التوالي:

في حالة توصيل الخلايا الشمسية على التوالي تتضاعف القوة الدافعة الكهربية أي الفولط الذي يمكن الحصول عليه حسب عدد الخلايا اذا كانت خواصها متشابهة ويتم توصيل الطرف الموجب لكل خلية بالطرف السالب للخلية المجاورة.

اذا كانت الخلايا متشابهة في خواصها ومتطابقة يكون فولط الدائرة المفتوحة الكلي مساويا لفولط الخلية الواحدة V_{oc1} مضروبا في عدد الخلايا[8].

$$V_{oc\ (total)} = 3V_{oc1} \qquad (4.17)$$



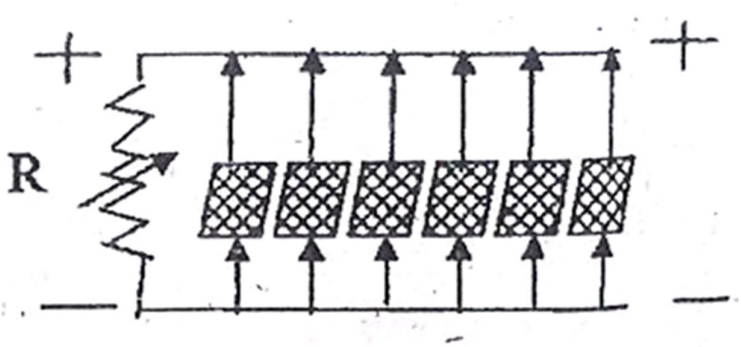
الشكل (4-4) توصيل ثلاث خلايا علي التوالي

4-10 توصيل مجموعة من الخلايا الشمسية على التوازي:

لمضاعفة التيار الذي يمكن الحصول عليه من الخلايا الشمسية يجب توصيلها على التوازي.

توصل الاطراف الموجبة معا والاطراف السالبة معا كما في الشكل (4-5) ثم وصلت المصفوفة بمقاومة حمل R متغيرة فسوف يكون جهد الدائرة المفتوحة مساويا لجهد كل خلية[8].

$$V_{oc\ (total)} = V_{oc1} = V_{ocn} \qquad (4.18)$$



شكل (4-5) مجموعة خلايا موصلة علي التوازي وموصلة بمقاومة حمل متغير

بينما يكون تيار الدائرة مساويا لمجموع التيارات

$$I_{total} + I_1 + I_2 + I_3 \ldots . + I_n \qquad (4.19)$$

فاذا كانت الخلايا متطابقة الخواص فسوف تتساوى التيارات ويكون التيار الذي يمر في المقاومة مساويا لعدد الخلايا مضروبا في التيار الذي يصدر من الخلية[3].

$$I_{total} = nI_1 = nI_2 = nI_3 = nI_n \qquad (4.20)$$

4-11 تحسين خواص الخلايا الشمسية:

بعد ان تعلمنا اجراء التجربة لقياس كفاءة الخلايا الشمسية الان نتعلم كيف نحسب كفاءة هذه الخلية ,ان اغلب بحوث الطاقة الشمسية تهدف الي زيادة كفاءة تحويل الخلية الشمسية اي مقدار ما يتحول من طاقة شمسية الى كهرباء.[8] وهذا يتم بعدة طرق:

اولا:

4-11-1 تغير ومحاولة تحسين معلمات (parameters) :الخليه الشمسية اثناء تصنيعها

(معنى المعلمات هي مقدار كل من القدرة العظمي وفولتية الدائرة المفتوحه وتيار الدائرة القصيرة) وهذا يتم ايضا بعدة طرق:

- **استخدام الصفائح المتبلورة الملونة:**

فعند استخدام صبغات مبلورة ذات كفاءة كمية مقاربة للواحد كطلاء وقاية للخلية الشمسية فان الكفاءة سوف تذداد بمقدار 2.7% عند التلوين باللون الاخضر و 7.27% عند الطلاء باللون الوردي وهذه الزياده تقود الى ان الطلاء يقلل الانعكاسية من 40% الى20% والالوان المفضله هي الذهبي, الاخضر, البني, والرصاصي[8] .

لذلك يتم طلي الخلية الشمسية بمواد تمنع انعكاس الفوتونات الشمسيةعند سقوطها من الخلية حيث ان السيلكون يشكل طبقة لامعة تعكس الضوء وهذا ما لا نريده ان يحدث[1].

فيتم وضع طبقة رقيقه جدا على سطح شرائح السليكون لتمنع انعكاس الضوء وبعدها يتم وضع شريحة زجاجية لحماية الخلية.

؟؟ استخدام الانظمةالمتعددة الفجوات لكونها اكثر تناسبا مع الطيف الشمسي من الانظمة ذات الفجوات المفردة وبالتالي تكون الكفاءة اعلى[1].

ان اقصى كفاءة يمكن الحصول عليها بهذه الطريقة تعتمد على عدد الخلايا المستخدمة بفجوات مختلفة.

لا يعتبر اختيار مادة السليكون كمادة ذات فجوة محظورة ضيقة مثالية في منظومة تتكون من خليتين متلاصقتين ومع ذلك اذا اخذنا خلية سليكونية (فجوة محظورة 1.1 الكترون) مع مادة بفجوة محظورة تقع بين 1.6 و 2.1 الكترون فولت فان هذا الترتيب يعطي اداء قريبا من الاداء المثالي[1].

- **تقنية الخلايا المركبة (Compound Solar Cells) :**

حيث يتم اختيار سبيكة مناسبة لتصنيع نبطيه بلورية ذات شبكة متصلة (Lattice-match) ترسب على ارضيه معينة حيث ترسب اولا ذات فجوة الطاقة الصغيرة بمفرق نفقي ثم الخليه ذات فجوة الطاقه الاعلى.

وتطورت كفاءة هذه الخلية ذات المفرق الواحد البسيط من 20% عام 1980 الى 30% عام 1996[8].

- **خلية الاتصال المدفون (Buried Contact Solar Cells):**

هي محاولة لتطوير كفاءة الاداء باقل تكلفة ممكنة حيث تصلب (تمعدن) Mattalised بواسطة الترسب اللاكهربائى electoless deposition لطبقات Ni/Cu/Ag واعلى كفاءة تم الحصول عليها من هذا النوع 18% – 16 [8].

- **خلايا الشبكة المطبوعة (Printed Screen Solar):**

تستخدم فيها عادة طبقات من السيلكون المطعم بالبورون وتصنع بطريقة قوالب (CZ) وهي ذات كفاءة 10%الى 13% [8].

- من اهم التحسينات التي ادخلت هي استخدام سليكون ذي السطح الخشن حيث يستخدم مواد خاصة مواشير على سطح الرقائق السليكونية[1] .

ان الضوء المنعكس من اوجة هذه المواشير يتجة نحو الاسفل ليسقط ثانية على الخلية. ومع استخدام الطلاء غير العاكس فان نسبة الضوء المفقود بسبب الانعكاس تتناقص الى اقل من جزء بالمئة[1] .

في التنية القياسية يتم عمل مفرق p-n بانتشار الشوائب الثلاثيه والخماسيه التكافؤ في رقائق السليكون.

هنالك تقنيات اخرى اقل تكلفة من طريقة الانتشار وذلك برش طبقات محتوية على الشوائب المطلوبة على سطح الرقيقة ويتم انتشار الشوائب باستخدام عملية التطويق المستمر (Continuous-belt process) [1].

وهنالك تقنية اخرى للوصول الى نفس الهدف تعرف بالغرس الايوني (Ion implantation) ففي هذه التقنية تعجل ايونات الشوائب المطلوبة إلى سرعة عالية ثم توجه إلى سطح الرقيقة فتنغرس في مناطق قريبة من السطح. ويستخدم عملية التلدين الحراري لازالة العيوب الناتجة من الشبيكة البلوريـة وتنشط الشوائب كهربيا. وتتم عملية التلدين بنبضات حراريه اما باستخدام حزمة الكترونية او بضوء الليزر[1].

ومن التحسينات ايضا ان عملية التعدين تعتبر احدى جوانب الضعف في التقنية القياسية وتستخدم في الوقت الحاضر تقنيتان اقتصاديتان في صناعة الخلايا التجاريه وهما:

الطبع(screen printing) والطلاء بالكهرباء (elecrto plating) وهاتان التقنيتان تحولان دون تبريد معدن المونيوم ولا تستخدم فيها اجهزة التفريغ الباهظة التحسن[1].

يستخدم في التقنية الاولي عجينه تحتوي على المعدن الموصل وتثبت على سطح الخلية باستخدام قناع مشبك ويتم ازالة الماده الماسكه في العجينة بعملية الشوي والتي تقلل من مقاومية المعدن ايضا وتستخدم عجينة الفضة تجاريا بفي الوقت الحاضر[1] .

اما في تقنية الطلاء بالكهرباء فيحضر نموذج التوصيل من خلال طبقة عازلة على سطح الخلية ثم يطلي النموذج بطبقة من المعدن المطلوب. ويتم عادة الطلاء بطبقات متتالية من المعادن .

حيث هناك عدد قليل من المعادن لها قابلية الالتصاق بالسليكون ومقاومه جيده للتاكل ومقاومية واطئة وكلفة رخيصة[1] .

والخطوة الاخيرة في عملية التعدين هي التغطيس في اللحام (Solar dipping) حيث تعطى هذه العملية طبقة مانعة للتاكل وتقلل من مقاومية المعدن ايضا[8] .

ولقد تم الحصول على تحسينات اكثر في اداء الخلية بعد توجية الاهتمام نحو الحصول علىسرعة واطئة لعملية اعادة الاتحاد السطحي في الوصل الخلفي.

وان السرعة الواطئة تحسن فولتية الدائرة المفتوحة وبذلك تزيد من نتاج التياربدرجة جيدة.

وان تقنية مجال السطح الخلفي (Back Surface Field) هي احدى التقنيات التي تستخدم لتقليل سرعة وفعالية اعادة الاتحاد في السطح الخلفي للخلية الشمسية[8] .

2-11-4 استخدام المركزات الشمسية Using Solar Concentrators:

وعلي الرغم من اجراء تقدم كبير في مجال تحسين كفاءة اداء الخلايا الشمسية الا ان ارتفاع التكلفة ما زال عائقا امام انتشار استخدامها وما تزال البحوث مستمرة في هذا المجال.

ان بحوث الفوتوفولطائيات تطمح دوما ان تخفض تكلفة انتاجية الكهرباء باستخدام مواد رخيصة لتجميع اشعة الشمس الساقطة وتوجيهها الى الخلية الشمسيه ومنها استخدام العدسات وتقنيات اخرى بصرية .

من الوسائل المحتملة مستقبلا ان يخفض كلفة القدرة الفوتوفولطائية مع التقنيات المستخدمة حاليا لصناعة الخلايا الشمسية هي تقليل مساحة الخلايا اللازمه لتوليد القدرة المطلوبه وتحول هذه التقنيه تكاليف تقنية صناعة الخلية الى تكاليف العناصر المستخدمة في منظومة التركيز ومتابعة مسار الشمس[8] .

فالمركزات هي اجزاء بصريه تزيد من كمية الاشعاع الساقط على سطح ما كالخلية الشمسية او ماص حراري. فتعد المرايا وعدسات فرنيل اهم ما تستخدم لهذا الغرض.

وتستخدم العدسات لزيادة التركيز وليس للحصول على صوره معينة او تستخدم المرايا لهذا الغرض او كلاهما معا[1] .

وهناك مقاييس لاختيار المركز المطلوب منها درجة التركيز والحرارة الناتجة حيث ان تركيز القدرة في نقطة يولد حرارة بين عالية الى عالية جدا.

اما عند تركيزها في خط فان الحراره المتولده من معتدلة الى عالية ولاجل معرفة أي المركزات افضل للتطبيقات فيجب المقارنة في ما بينها من حيث نسبة التركيز, زوايا السقوط، مساحة السطح العاكس ومعدل عدد الإنعكاسات.

ان المركزات اما ان تكون ثابتة لا تحتاج الى معقبات لاثر الشمس بحيث تكون ذات زوايا استقبال واسعة ولها القابلية على جمع وتركيز الاشعة المباشرة والمنتشرة[10] .

والخلايا المناسبة في هذه الانظمة هي خلايا السليكون التقليدية او تكون معقبة وذات نسبة تركيز اعلى من الثابتة وذات كفاءة افضل.

كما ان عدسات فرنيل لها فؤائد عديدة في مثل هذه التطبيقات حيث انها تركز ضوء الشمس وايضا توفر اطارا محكما للخلية[1] .

- **نسبة التركيز Concentration Ratio :**

ان اهم المعايير لتقييم عمل المركزات هي نسبة التركيز c التي من الممكن تعريفها بطريقتين:

أ. نسبة التركيز الهندسي Geometrical Concentration Ratio:

هي النسبة بين مساحة فتحة الدخول(A_1 area entrance aperture) الى مساحة الماص او فتحة الخروج (A_2 area of exit aperture) [1] .

$$C_g = \frac{A_1}{A_2} \qquad (4.21)$$

- نسبة تركيز الفيض Flux Concentration Ratio :

ويمكن حسابها ايضا من نسبة الاشعاع الساقط على الماص الى نسبة الاشعاع علي فتحة الدخول

$$C = \frac{G_2}{G_1} \qquad (4.22)$$

ويمكن حساب قيمة التركيز بقسمة Isc عند التركيز الي Isc بدون تركيز.

حيث ان Isc هو تيار الدائره القصيرة[1] .

3-11-4 انواع المركزات الشمسية:

تصنف المركزات الشمسية بعدة طرق منها مركزات البؤرة الخطية والنقطية

- **مركزات البؤرة النقطية Point Focus Concentrator :**

هي المركزات الثلاثية الابعاد 3D وتستخدم عموما عندما يشترط وجود تركيز عالي (C=500-1000) [1].

وتستخدم في الافران الشمسيه ومستقبلات القدرة المركزية التي ظهرت لاول مرة بواسطة علماء سوفييت1960 ومن احدث برامجه هو Solar2 ذو الانتاجيه الكهربائية المقدرة ب10Mv في صحراء كالفورنيا وقد شغل عام2000 وكذلك تعد المركزات المخروطية وعدسات فرنيل النقطية البؤرة من هذا النوع الثلاثي الابعاد[8] .

- **مركزات البؤرة الخطية:**

هي المركزات ثنائية الابعاد 2D Concentrator مثل عدسات فرنيل ذات البؤرة الخطية واحواض القطع الناقص المركب cpc واحواض V-trough ويتم اختيارها عندما يتم اختيار تركز متوسط.

- تزداد الكفاءة المثالية للخلية مع زيادة نسبة تركيز الضوء ويعزي ذلك الى زيادة تيار الدائرة القصيرة خطيا مع شدة الضوء الساقط وزيادة فولتية الدائرة المفتوحة لوغريثميا ويزداد عامل الكفاءة مع زيادة فولتية الدائرة المفتوحة لوغريثميا كم ومن الصعوبات الئيسية التى تحول دون هذه الزيادة من الكفاءة هي زيادة فقد القدرة في المقاومة المتوالية عند كثافة التيارات العالية.

وبما أن كفاءة الخلية هي التي تحدد مساحة عناصر التركيز اللازمة لإنتاج قدرة معينة, لذا فمن المهم احراز اكبر كفاءة للخلايا المستخدمة [1].

ومن الممكن ان نأخذ بنظر الاعتبار الاقتراحات الاتية لتقليل مقاومة الخلية الشمسية :

- استخدام ارضية ذات مقاومة واطئة وبمجال سطح خلفي ليكون الفقد بسبب مقاومية متن المادة ومعدن التوصبل قليلا.
- التقليل من المقاومية الصفيحية لطبقة الانتشار السطحي لادنى قيمة ممكنة
- استخدام اصابع معدنية رفيعة وجيدة التوصيل للقطب العلوي لتقليل المقاومة الناتجة من جريان التيار العرضي

- استخدام طبقات سميكة من معدن التوصيل لتقليل فقد المقاومية في الاصابع والاعمدة المعدنية الوسطية.

وبصورة عامة تزداد كفاءة الخلية مع زيادة نسبة التركيز عند قيم واطئه لهذا التركيز وتقل كفاءة الخلية مع زيادة نسبة التركيز عند قيم عالية[1] .

التوصيات:

الطاقة الشمسية طاقة متجددة ونظيفة لا تلوث البيئة لذلك يجب الاهتمام بها واستقلالها في حياتنا ويجب السعي وراء افضل التحسينات للخلايا الشمسية بحيث نقلل التكلفة ونزيد من الكفاءة .

والنتيجة هي مزيد من الاستقرار الاقتصادي والاجتماعي لانسان الريف وتقليل الهجرة الى المدن.

يؤثر ارتفاع درجة الحرارة على خواص الخلية تأثيرا لايمكن اهماله ويسبب انخفاض في الكفاءة القصوى يجب ان يؤخذ في الاعتبار عند تصميم المولدات الفوتوفولطائية التي تعتمد على الخلايا الشمسية.

عند توصيل الخلايا الشمسية يجب الاخذ في الاعتبار ان تكون متشابهة الخواص اما اذا كانت غير متشابهة الخواص يجب توصيل وصلة ثنائية على التوازي مع كل خلية في المجموعة المتوالية .

لكي نزيد من كفاءة الخلية السليكونية نستخدم سليكون ذي سطح خشن ويجب طلائها بمواد غير عاكسة لتقليل الانعكاسية.

المراجع References:

[1] الخلايا الشمسية , مبادئ العمل التقنية وتطبيقات المنظومة تأليف : مارتن أ.كرين

ترجمة : الدكتور يوسف مولود حسن استاذ مساعد قسم الفيزياء - كلية التربية جامعة الموصل

[2] مبادئ تحويل الطاقة تأليف: عاهد الخطيب الطبعة الأولى 1989م

[3]الطاقة الشمسية وا إمكانية إستقلالها بروفسير أحمد خوجلي

[4] هندسة الطاقة الشمسية , التطبيقات الحرارية الفعالة - د.ياسر فتحي نصار جامعة سبها .

[5] اجهزة الطاقة الشمسية , مهندس استشاري إبراهيم محمد القرضاوي

خبير بهيئة المكاتب العربية الاستشارية /عضو مؤسس جمعية المهندسين المصرين

[6] ابحاث حول الطاقات الجديدة , مجموعة ابحاث مختارة - رينة فراسوا بيزك

ترجمة ميشيل خوري –دمشق 1993م.

[7] Introuduction to solar Energy for Scientists and Engineers , Sol wider, John Wiley & Sons.

[8] ستيفان كراوتر 1996م ، توليد القدرة الكهربائية من الطاقة الشمسية , ترجمة: د/ عبدالباسط على صالح كرمان ، مراجعة محمد عبدالستار الشيخلي، الطبعة الأولى بيروت 2011م.

[9] أحمد مدحت إسلام ، الطاقة ومصادرها المختلفة ، مركز الأهرام للترجمة والنشر، القاهرة 1988م.

[10] بشر هاشم، مبادئ الطاقة الشمسية، مراجعة د/ إبراهيم الشريدة ، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، الطبعة الأولى 1983م.

[11] يوسف خليل مظهر، ترشيد الطاقة ، ضمن سلسلة اللعلوم التي تصدرها الهيئة المصرية العامة للكتاب 1996م .

[12] ديفز ز.ج (1994)، طاقة من أجل كوكب الأرض.

[13]سعد يوسف عيّاش 1981م ، تكنولوجيا الطاقة البديلة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والأدب، الكويت.

[14] حافظ قبيسي 1978م، مبادئ الطاقة الشمسية، معهد الإنماء العربي بيروت – لبنان.