جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل
كلية التربية للعلوم الصرفة
قسم علوم فيزياء

الطاقة الشمسية استخداماتها

بحث تقدم به الطالبة

هدى هويدي علي حسن

كأحد متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في قسم علوم فيزياء / كلية التربية للعلوم الصرفة – جامعة بابل

إشراف :م .دلال حسن

١٤٤٣هـ ٢٠٢٣م

بسم الله الرحمن الرحيم

((امنو با لله ورسوله وانفقوا مما جعلكم مستخلفين فيه فالذين امنو

منكم وانفقوا لهم اجر كبير))

صدق الله العلي العظيم

سورة الحديد

جزء من اية (٧)

الاهداء

إلى المنبر الذي تلقيت منه اسمي دروس الحياة . . . .فكان أعظم منبر

إلى السراج الذي أنار لي ظلمة الدروب . . . .وأعانني على مواجهة الصعوبات .

إلى المثل الأعلى والقدوة المثلى . . .والنفس التي انحني أمامها بكل ود واحترام "والدي الغالي

إلى ربيع عمري الأجمل . . . ونعمة ربي الأكمل . . .والمثل الأعظم دوما

إلى العربية العظيمة . . .والروح الحكيمة . . .والنفس الكريمة . ملهمتي " والدتي الغالية "

إلى من أمدني من ينبوع علمه وثمار أفكاره ومجهوده إلى من صار لي عضدا وساندني

إلى من قدم لي التوجيه والمساعدة ليظهر هذا البحث بهذه الصورة

إلى كل من قدم لي يد العون . . . . . أساتذتي الأفاضل

الى كل هؤلاء اهدي لكم هذا البحث

الشكر والتقدير

الحمد الله رب العالمين والصلاة والسلام على سيد المرسلين محمد (صلى الله عليه واله وسلم) ، وبعد فاني احمد الله كثيرا واشكره شكرا وفيرا لما وفقني له واعانني في اتمام بحثي هذا وان اسجل اجلالا وعرفانا عظيم شكري وامتناني لأستاذه الفاضلة

(م.دلال حسنة)المشرفه على هذا البحث لما بذلهتة من جهد علمي صادق ، ولما غمرتني به من خلق علمي وتوجيهات رشيدة كما ان شكري موجه الادارة كلية التربية للعلوم الصرفة بجامعة بابل القسم علوم فيزياء

للمجهودات المبذولة من قبل اساتذتنا الكرام في الجامعة لتوفير افضل بيئة للتدريس في افضل الاحوال التي تلائم طلبة العلم

كذلك شكري وحبي الى اسرتي و بالأخص ابي وامي واخوتي لما قدموه من تعاون ومشقه وصبر اثناء الانشغال بالدراسة

المحتويات

	رقم الصفحة
المقدمة	٦
الفصل الاول	
مميزات الطاقة الشمسية	٨
انواع الخلايا الشمسية	٩
أجيال الخلايا الشمسية	١١
مميزات الخلية الشمسية	١٧
اشباة الموصلات	١٨
تصنيف اشباه الموصلات	٢١

اشباه الموصلات النقية	٢٣
اشباه الموصلات المطعمة	٢٤
تكوين الموصلة	٢٥
الإنجاز الامامي	٢٦
الفصل الثاني	
تقنيات تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية	٢٩
تأثير استعمال الطاقة الشمسية في البيئة	٣١
مكونات نظم الخلايا الشمسية	٣٢
المصادر	٣٣

١- ١المقدمة

ما هي الطاقة الشمسية؟ الطاقة الشمسية: Solar Energy وهي الطاقة الناتجة عن تجميع الحرارة والضوء من أشعة الشمس وإيجاد تقنيات مناسبة لاستعمال تلك الطاقة في التسخين المباشر أو ضمن عملية تحويل ميكانيكي لحركة أو لطاقة كهربائية كتسخين الماء للاستعمال المنزلي وتدفئة الفضاءات الداخلية للبيوت والبنايات وتوفير الحرارة للمعالجات الصناعية أو لتوليد الكهرباء عن طريق البخار الساخن ، وتعد الشمس المصدر الرئيس لها ولمختلف أنواع الطاقات الاخرى.

الفصل الأول

مفهوم الطاقة الشمسية:

تعد الشمس مصدر طاقة الحياة على سطح الارض ومن أهم موارد استعمال الطاقة في العالم سواء كانت بصورة مباشرة أو غير مباشرة لأغلب مصادر الطاقة كطاقة الرياح وطاقة الأمواج والطاقة الكهرومائية أو تكون عامل مساعد في تكوين النفط والفحم والكتلة الحيوية للكائنات الحية عن طريق دخولها في عملية التركيب الضوئي والتفاعلات الكيميائية لها (٢)، والشمس كتلة غازية ملتهبة يزيد قطرها عن (1.392000) كم اكبر من قطر الأرض بحوالي (١٠٩) مرة أما كتلة الشمس فتصل إلى (١٠٦٩٠×310) طن وهي تعادل (133.000) مرة من كتلة الأرض ، وتبلغ درجة حرارة مركز الشمس حوالي (20) مليون درجة مئوية أما درجة حرارة سطحها فتتراوح (6) آلاف درجة مئوية، وهذه الحرارة ناتجة عن تفاعلات الاندماج النووي داخل الشمس بسبب تفاعل عنصري الهيدروجين الذي يصل إلى (18.86%) وعنصر الهيليوم (18.17%) وتحول ذرات الهيدروجين الى الهيليوم نتج عن هذا التفاعل طاقة وهي الطاقة الشمسية (3)، ان الاشعة الصادرة من الشمس تعد مصدر رئيس للطاقة الشمسية وتكون على شكل أشعة كهرومغناطيسية ذات أطوال موجية متعددة وطاقات مختلفة كأشعة كاما والأشعة السينية والأشعة فوق البنفسجية والضوئية المرئية تنبعث على هيئة حرارة وضوء فضلاً عن انبعاث جسيمات دقيقة تصل بنسبة قليلة إلى سطح الارض بفعل الحزام المغناطيسي المحيط بالأرض كالبروتونات والنيوترونات ودقائق الغبار (4) وتتوزع هذه الطاقة بنسب متفاوتة على سطح الأرض واكثر طاقة تكون في المناطق القريبة من خط الاستواء، وتقدر كمية الطاقة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض 174بيتا واط ينعكس إلى الفضاء ما يقارب 30% (5)، ويتحول 47% من الاشعاع إلى حرارة وتمتص المحيطات والسحب.

١-٢ ماهي مميزات الطاقة الشمسية؟

تتصف الطاقة الشمسية بعدة خصائص جعلتها الأفضل مقارنة بمصادر الطاقة الأخرى التي أخذت بالتناقص المستمر وبصورة واضحة وذلك لما يشهده العالم من زيادة الطلب على الطاقة التقليدية (النفط - الفحم - الغاز الطبيعي)، وقد نالت اهتمام كبير في الآونة الأخيرة من معظم الدول لكونها طاقة نظيفة وصديقة للبيئة وبالإمكان أن تكون حل جذري لمشكلات الطاقة التي وتعاني منها البلدان ويمكن الإشارة إلى أهم مميزاتها بما يأتي (٨):

- تعد الطاقة الشمسية طاقة متجددة غير قابلة للنفاذ أو النضوب تنتج طاقة نظيفة تستعمل في المكان نفسه دون الحاجة إلىتكاليف للنقل والمواصلات.

أنها طاقة نظيفة لا تسبب حدوث اي ملوثات بيئية أو إصدار ضوضاء عند انتاج الطاقة لكونها الواح صامتة ثابتة لا تحتوي على اجزاء ميكانيكية وتعمل بكفاءة عالية دون حدوث اي عطل وبعمر ٢٥ سنة—افتراضي ٢٠ .

إن التقنية المستعملة فيها بسيطة جدا وغير معقدة مقارنة بالتقنيات المستعملة في مصادر الطاقة التقليدية فهي تعتمد على تركيب الألواح الشمسية والمرايا وإنتاج الطاقة الكهربائية التي تستعمل في المجالات الصناعية و المنزلية والزراعية.

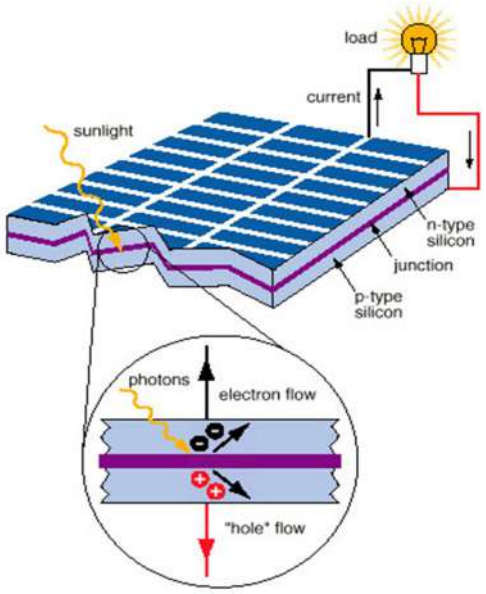
تقلص تقنية الالواح الشمسية نحو ٥٠% من كلفة سقي الاراضي الزراعية مقارنة بمضخات الديزل كما تستعمل لمعالجة ماء الصرف الصحي في برك الراكدة وتقطير وتعقيم الماء الملوث
إن استعمال الطاقة الشمسية تقينا من تقلبات أسعار الوقود الأحفوري فهي طاقة اقتصادية رخيصة لا يرتفع سعرها ومتوفرة محليا

يدخل استعمال الطاقة الشمسية في تطبيقات مختلفة منها تشغيل اشارات المرور وانارة الشوارع وتحلية المياه وتوليد الكهرباء وتشغيل المحطات والمركبات الفضائية والاقمار الاصطناعية والآلات الحاسبة والساعات وتشغيل بعض السيارات التي وصلت سرعتها إلى ٦٠ ميل في الساعة (٩)

يمكن استعمال الخلايا الشمسية في المناطق البعيدة والقرى الصغيرة المعزولة التي نشأت بفعل حرفة امتهنها السكان أو بالقرب من الآبار أو المناجم وبهذا لا يعارض استعمالها الخطط العمرانية للمدن (١٠)

بالإمكان تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة أخرى كالطاقة الحرارية والطاقة الكهربائية وبكلف مادية مناسبة إذ لا تتطلب سوى كلفة التأسيسية للألواح الشمسية عند تنفيذ المشروع وكما أن تكاليف صيانتها قليلة جدا (١١)

٣-١الخلية الشمسية الخلية الشمسية هي نبيطة كهربائية تحول ضوء الشمس الى طاقة كهربائية مباشرة بالتأثير الكهروضوئي. أي أن الفوتون الذي يدخل للخلية سيساهم في التيار الكهربائي وعند امتصاصه من قبل الالكترون فان الالكترون ينتقل من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل .والشكل (١-١) يوضح مكونات الخلية الشمسية.[1]

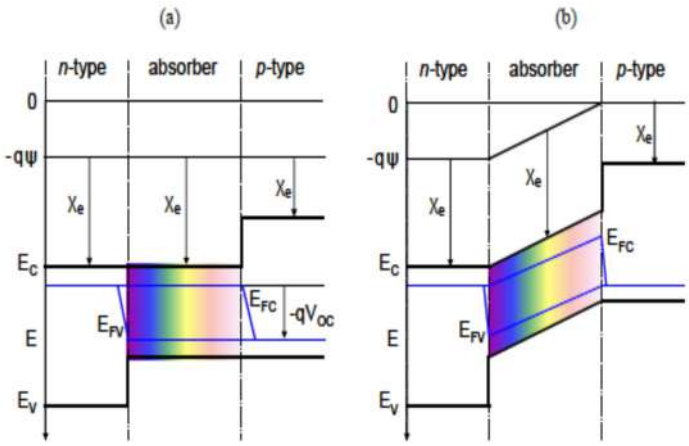


إن مبدأ عمل الخلايا الشمسية هو الظاهرة الكهروضوئية (photoelectric effect) والتي تعني توليد فرق جهد في منطقة الوصلة (Junction) بين نوعين مختلفين من المواد نتيجة لتأثير شعاع مرئي او غير مرئي . العمليات الأساسية التي تحدث في الظاهرة الكهروضوئية هي:

1. توليد حاملات شحنة الناشئ عن امتصاص الفوتونات في المواد التي تكوّن الوصلة.
2. فصل حاملات الشحنة (المتكونة نتيجة امتصاص الفوتونات) لاحقا في منطقة الوصلة.
٣. تجميع حاملات الشحنة عند طرفي الوصلة .[3].

إن الغشاء الذي يسمح للإلكترونات بالمرور خلاله ويمنع مرور الفجوات هو مادة لها توصيلية عالية للإلكترونات وتوصيلية واطئة للفجوات .ومثال على هذه المواد هو شبه موصل نوع (n) والذي يتواجد فيه توصيلية عالية للإلكترونات نسبة إلى توصيلية الفجوات والتي تحدث نتيجة الفارق الكبير في تركيز كل من الالكترونات والفجوات .

والفائدة التي يمكن الحصول عليها عند استخدام مواد أغشية ذات فجوة طاقة كبيرة هي للسماح لكل الفوتونات تقريبا بالنفاذ أو الانتقال وتمتص لاحقا في المادة الماصة .يمثل الشكل (١-٢) مخططاً لشكل الحزمة لتركيب خلية شمسية مثالية أضيئت ،مع مادة ماصة، وكذلك الأغشية شبه النفاذة .تثبت أطراف أو نهايات الأقطاب (electrodes) للخلية الشمسية على الغشاء .



مخطط حزمي لتركيب خلية شمسية مثالية

(a) لشرط الدائرة المفتوحة (b) لشرط الدائرة المغلقة

يظهر الشكل (١-٢) خلية شمسية تمت إضاءتها بحالتين ،الأولى تحت شرط الدائرة المفتوحة عندما تكون أقطاب الخلية الشمسية غير متصلة ببعضها البعض وبالتالي لن يمر تيار الكتروني خلال الدائرة الخارجية وفي هذه الحالة يمكن قياس فرق الجهد بين قطبي الخلية .تسمى هذه الفولتية بفولتية الدائرة المفتوحة (open –circuit voltage)، (V_{OC}) وهي معلم مهم من معلمات الخلية الشمسية والذي يميز أداء الخلية الشمسية .

ويظهر الشكل (١-٢)(b) مخططاً لخلية شمسية في حالة الدائرة القصيرة حيث يربط قطبا الخلية بدائرة قصيرة وبالتالي سوف يمر تيار خلال الدائرة الخارجية .يرمز لهذا التيار بتيار الدائرة القصيرة (short-circuit current)، (I_{SC}) وهو أيضا من المعلمات التي تصف أداء الخلية الشمسية

١-٤ أنواع الخلايا الشمسية

١. أجهزة الوصلة المتجانسة (Homojunction Device) : عبارة عن مادة مفردة يجرى تغييرها بحيث يصبح احد الأوجه نوع (P) والوجه الآخر نوع (n).

٢.الوصلة غير المتجانسة (Heterojunction Device) : يتم تشكيل الوصلة بربط نوعين مختلفين من أشباه الموصلات بحيث تكون الطبقة العليا ذات فجوة طاقة كبيرة و يتم اختيارها بسبب شفافيتها للضوء الساقط عليها .أما الطبقة السفلى فذات فجوة طاقة قليلة لكي تمتص الضوء .

٣.الوصلة نوع (p-i-n) و (n-i-p) : تنشأ من دمج ثلاث طبقات و تحتوي في الوسط على مادة جوهرية بين الطبقتين (p) و (n). يوّلد الضوء الساقط على الوصلة الكترونات حرة و فجوات في المنطقة الجوهرية [4].

١-٥ أجيال الخلايا الشمسية

تمتلك الخلايا الشمسية اربعة اجيال ولكل جيل مميزات ومساوئ وهي:

١-الجيل الأول : يتكون من رقاقة من السليكون البلوري المفرد أو ما يرمز له (c-Si)ويمثل الجيل الأول من الخلايا الفوتوفولطائية (photovoltaic cells) التقنية السائدة في الإنتاج التجاري للخلايا الشمسية و تشمل حوالي ٨٥% من سوق الخلايا الشمسية . تصنّع هذه الخلايا عادة من رقائق السليكون البلوري أما قيمة فجوة الطاقة فهي (١,١١) إلكترون فولت تقريبا.

مزاياها :

- مدى امتصاص طيفي واسع أو عريض.
- تنقلات سريعة لحاملات الشحنة .

مساوئها :

- تتطلب تقنيات تصنيع مكلفة.
- قطع القوالب و تصنيعها يتطلب طاقة كبيرة .
- يمكن للإلكترون متولد ان يصطدم بفجوة متروكة من عملية تهييج فوتونية سابقة .

- معظم طاقة الفوتونات ذات الطاقة العالية ، في منطقة الأزرق و البنفسجي من الطيف المرئي، تذهب كخسارة او ضياع على شكل حرارة .

٢ -الجيل الثاني : السليكون غير المتبلور أو من مادة المتعدد التبلور أو من مادة (CdTe) أو من سبيكة (CIGS) و هي عبارة عن (نحاس انديوم كاليوم سلينايد الثنائي).

- ترسيب خلايا سليكون غير بلوري على شرائح أو أشرطة من الفولاذ غير قابل للصدأ.

- يمكن ترسيبها على مساحة واسعة باستخدام طريقة (CVD) .
- يمكن تشويبها بشكل مشابه للسليكون البلوري لتكوين طبقات من نوع (p) و(n) .
- استخدمت لإنتاج خلايا شمسية فوتوفولطائية ذات مساحات كبيرة .
- فجوة الطاقة (١,٧) إلكترون فولت تقريبا.

● الخلايا الشمسية (Copper indium gallium diselenide) solar cells (CIGS)

- ترسب إما على قاعدة زجاجية وإما على قاعدة من الحديد غير قابل للصدأ .
- أنموذج معقد لتعدد الطبقات .
- فجوة الطاقة (١,٣٨) إلكترون فولت تقريبا.

٣-الجيل الثالث :الخلايا الشمسية النانوبلورية والخلايا الكيميائية – الكهربائية – الفوتونية (Photo electrochemical) ((PEC)cells) والخلايا البوليمرية ويختلف تماما عن أنواع أشباه الموصلات السابق ذكرها.

٤-الجيل الرابع : عبارة عن تجميع (stack) طبقات طيفية رقيقة متعددة لتكوين خلايا شمسية ذات أطياف متعددة . [5]

٦-١ مميزات الخلية الشمسية

الخلية الشمسية لها عدة مميزات منها

١. هادئة حيث أنها لا تصدر أي صوت.

٢. لا تحتوي على أي عناصر ميكانيكية.

٣.صديقة للبيئة .

٤. عمرها طويل ولا تتلف بسرعة.

٥. يمكنها إنتاج الطاقة في أي مكان.

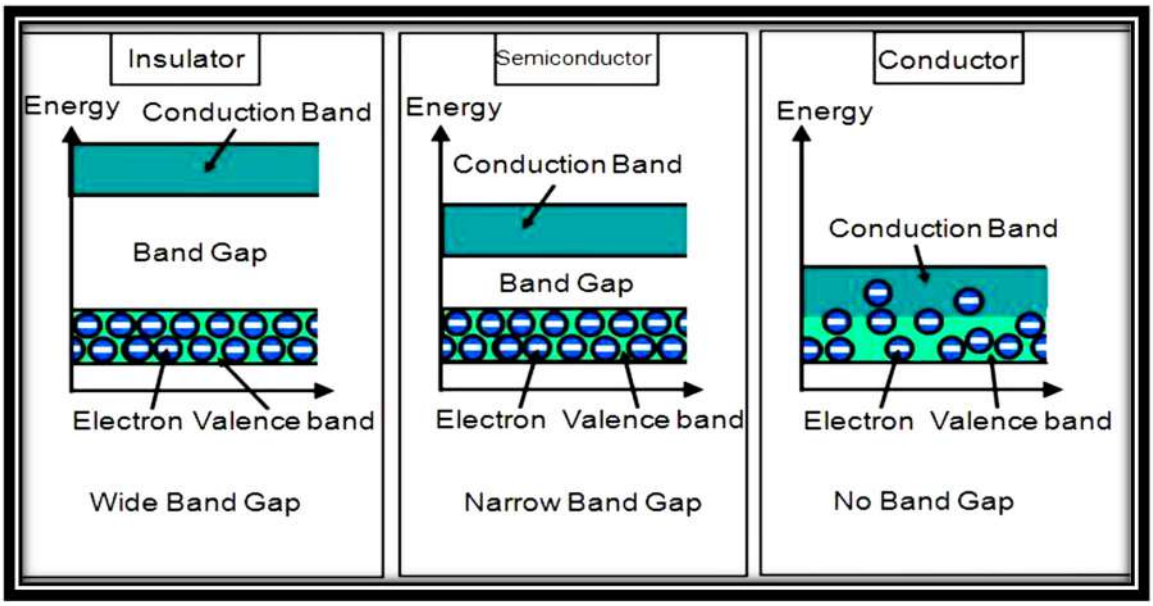
٦.تعمل بشكل جيد حتى مع وجود الغيوم أو برودة الطقس.

٧.تكاليف التشغيل والصيانة منخفضة للغاية .

٨.إمكانية استخدامها في الكثير من دول العالم النامية التي تمتلك إشعاع شمسي جيد، حيث يتزايد الطلب على الكهرباء بسرعة. [6]

أشباه الموصلات (Semiconductors)

هي المواد التي تكون خصائصها الكهربائية متوسطة بين المعادن والعوازل، وذلك بسبب الترتيب الخاص للإلكترونات الموجودة في مستويات الطاقة [27]. وتمتاز اشباه الموصلات بوجود فجوة طاقه صغيره نسبيآ بين قمة حزمة التكافؤ وقعر حزمة التوصيل، وكما مبين في الشكل (1-7) حيث إن شبه الموصل النقي يصبح موصلاً عند رفع درجة الحرارة إذ تحفز الكتروناته حرارياً لعبور فجوة الطاقة، بينما يصبح شبه الموصل عازلاً عند اقتراب درجة حرارته من الصفر المطلق إذ يتعذر تحفيز الكتروناتهِ حرارياً.



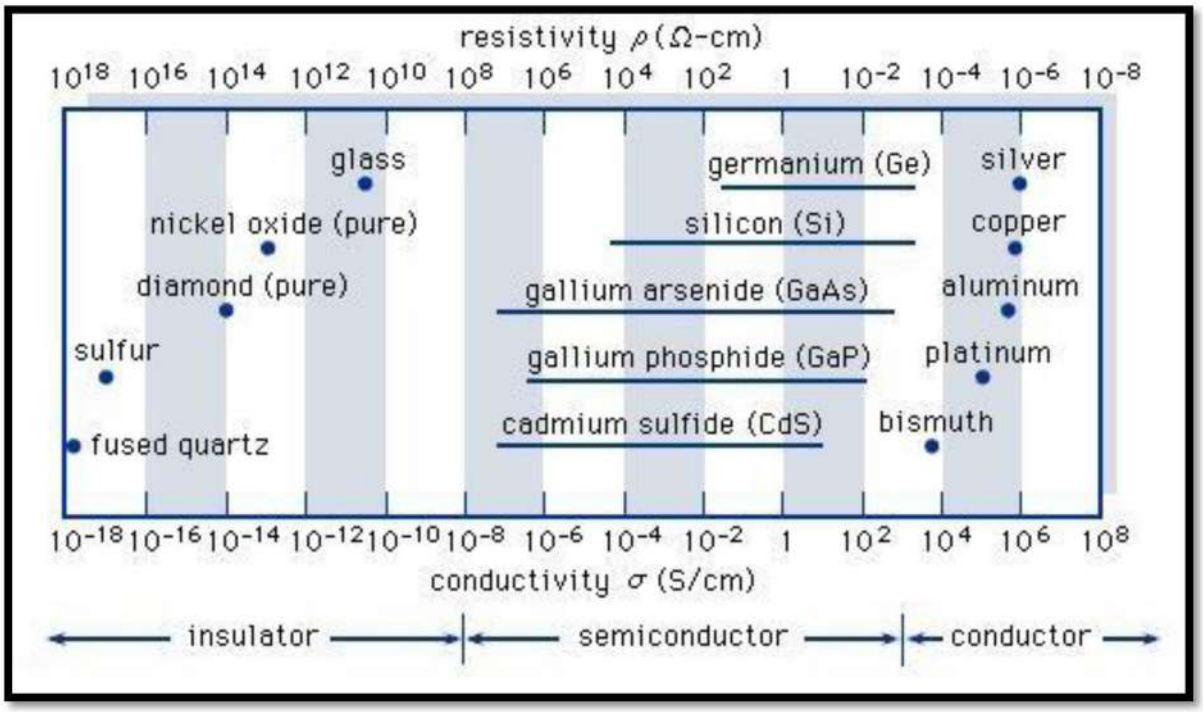
مخطط حزم الطاقة للمواد.

تصنف المواد الصلبة من حيث توصيليتها الكهربائية وعند درجة حرارة الغرفة على النحو الاتي وكما هو مبين في الشكل.

1- مواد موصلة (Conducting Materials) ذات توصيلية $(\Omega.cm)^{-1}$ ($10^{3} - 10^{8}$) مثل النحاس (Cu) والفضة (Ag).

2- مواد شبه الموصلة (Semiconductors) ذات توصيلية $(\Omega.cm)^{-1}$ ($10^{-8} - 10^{3}$) مثل الجرمانيوم (Ge) والسليكون (Si).

3- مواد عازلة (Insulating Materials) ذات توصيلية $(\Omega.cm)^{-1}$ ($10^{-18} - 10^{-8}$) مثل الماس والكوارتز (Quartz).



يوضح تصنيف المواد حسب توصيليتها الكهربائية

وبصورة عامة يمكن ذكر أهم مميزات أشباه الموصلات بالنقاط الاتية:

1- يظهر شبه الموصل ذو النقاوة العالية جداً توصيلية كهربائية ذاتية (intrinsic conductivity) ولا يظهر ذلك عند درجات حرارة واطئة. ويكون فيها مستوى فيرمي يقع في منتصف فجوة الطاقة.

2- تمتلك اشباه الموصلات مقاومة ذات معامل حراري سالب، اي ان اعتماد توصيليتها الكهربائية على درجة الحرارة معاكس لما هو عليه في المعادن، إذ تقل مقاومة شبه الموصل مع زيادة درجة الحرارة.

3- تمتلك مقاومة نوعية تتراوح بين (10^{-3}-$10^{8}\Omega$.cm).

4- تمتلك اشباه الموصلات توصيلية كهربائية سالبة (n) أو توصيلية كهربائية موجبة (P)

5- تكون المواد شبه الموصلة حساسة للضوء، اي ان مقاومة شبه الموصل تتغير عند التعرض لضوءٍ ذي طول موجي مؤثر.

6- تعمل الشوائب على تغير نوع التوصيلية في اشباه الموصلات من مانح إلى قابل والعكس بالعكس.

7- تتأثر توصيلية اشباه الموصلات عند تسليط مجال مغناطيسي وكهربائي عليه.

٧-١ تصنيف أشباه الموصلات

يمكن تصنيف أشباه الموصلات حسب تركيبها البلوري إلى :-

1-أشباه الموصلات البلورية (Crystalline Semiconductors)

أ- أشباه الموصلات أحادية التبلور (Single Crystalline Semiconductors).

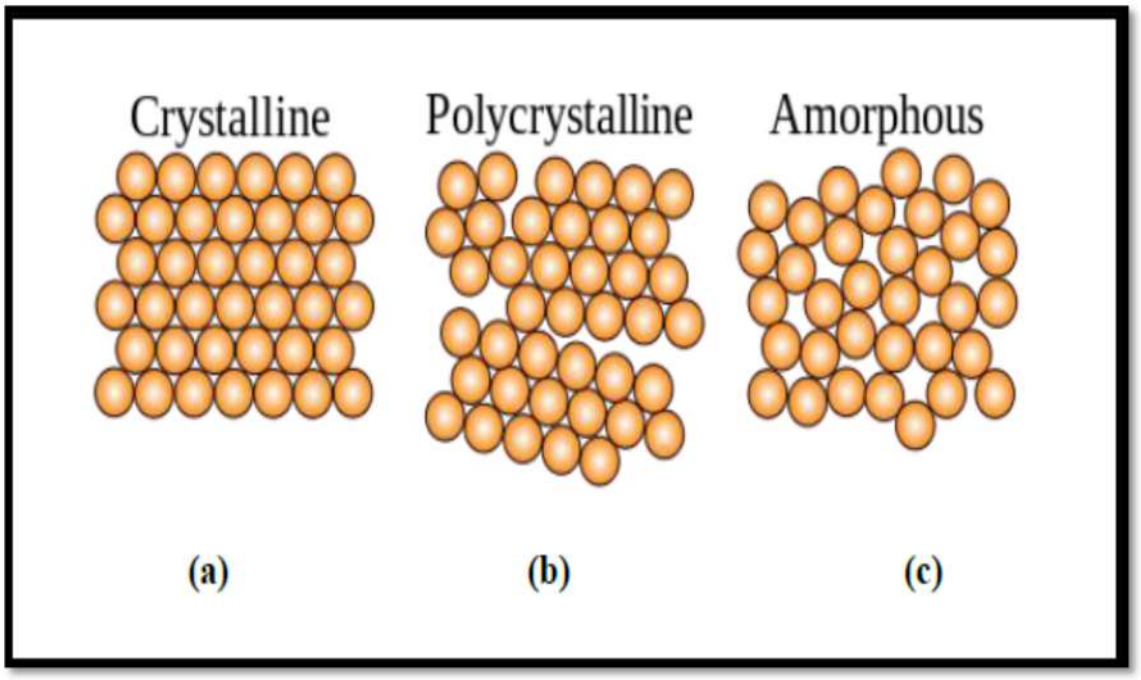
تمتاز هذه المواد بكون ذراتها مرتبة بشكل هندسي منتظم يتكرر بصورة دورية وبأبعاد متساوية وبالاتجاهات الثلاثة ويسمى بالترتيب طويل المدى (Long – range Order) الذي يحقق اقل طاقة داخلية حرة لمنظومة.

ب- أشباه الموصلات متعددة التبلور (Polycrystalline).

هي عبارة عن مجموعة من وحدات الخلايا التي تحتوي على عدد كبير نسبياً من الذرات تدعى بالحبيبات (Grains) ويفصل بعضها عن بعض ما يسمى بالحدود الحبيبية (Grains Boundaries) حيث إن كل حبيبة تمتلك ترتيب المدى الطويل، في حين تمتلك الحبيبات البلورية ككل نظام المدى القصير (Short-range Order). وان أكثر أشباه الموصلات تعد مواد متعددة التبلور تكون فيها الحدود الحبيبية ذات أهمية بالغة في تحديد خواصها الفيزيائية ،لأن هذه الحدود تمثل عيوباً بلورية تؤدي إلى نشوء حاجزالجهد الألكتروستاتيكي على جانبي الحبيبات والذي يعمل على إعاقة سريان أغلبية حاملات الشحنة.

2-أشباه الموصلات العشوائية (Amorphous Semiconductors)

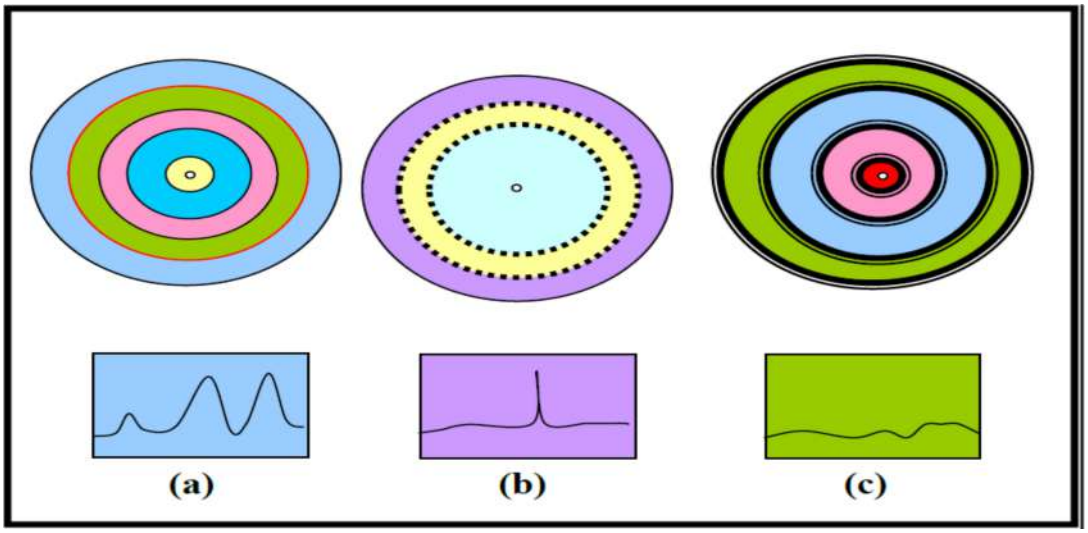
هي المواد التي يغلب على ذراتها ترتيب قصير المدى،إذ تترتب ذراتها بشكل عشوائي (Random) ، وبذلك لا يمكن عد ترتيبها يمثل تكراراً لوحدة الخلية إذ تعد الحالة العشوائية حالة غير مستقرة ثرموديناميكياً.



ترتيب الذرات في المواد

عشوائية (c) متعددة التبلور (b) أحادية التبلور.(a)

ومن دراسة أنماط حيود الأشعة السينية يمكن تميز أشباه الموصلات البلورية عن العشوائية ، إذ أن نمط الحيود يكون على شكل حلقات عريضة ضعيفة الإضاءة ومتحدة المركز للمواد العشوائية ،على شكل نقاط مضيئة حادة في المواد أحادية التبلور وعلى شكل حلقات رفيعة ذات إضاءة حادة متداخلة ومتحدة المركز في المواد متعددة التبلور كما في الشكل (1–6).

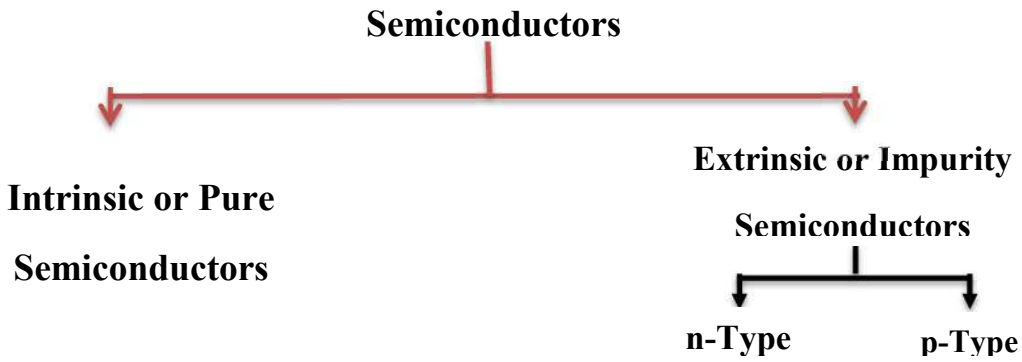


الشكل -6

(1) حيود الاشعه السينيه للمواد البلوريه ومتعدده التبلور العشوائي

(a) متعددة التبلور (b) أحادية التبلور (c) عشوائية

يمكن تصنيف أشباه الموصلات إلى ما يلي:-



أشباه الموصلات النقية (Intrinsic Semiconductors)

تدعى أشباه الموصلات النقية والخالية من الشوائب بأشباه الموصلات الذاتية مثل (Si,Ge) النقي وتكون حزمه التكافؤ في درجة الصفر المطلق مملوءة كلياً بالالكترونات في حين ستكون حزمة التوصيل فارغة ، وعند رفع درجة حرارة شبه الموصل الذاتي فأن عدداً معيناً من الالكترونات الموجودة في حزمة التكافؤ يمكن ان تثار حرارياً وتنتقل إلى حزمة التوصيل تاركة خلفها عدداً من الفجوات (Holes) ،حيث ان الالكترونات (Electrons) التي تصل حزمة التوصيل ستملأ هذه الحزمة جزيئاً وستكون جاهزة للتوصيل الكهربائي عند تسليط مجال كهربائي عليها ، اما الفجوات المتكونة في حزمة التكافؤ سوف تملأ مباشرة بوساطة الكترونات مجاورة متحركة باتجاه معاكس لاتجاه المجال وتزاح الفجوة باتجاه المجال.ومن المعروف ان تركيز الالكترونات يكون مساوياً لعدد الفجوات في شبه الموصل إي انه:-

$n = p = n_i$

إذ ان :-

n_i : الكثافة النقية.

n : تركيز الالكترونات.

p : تركيز الفجوات.

وان مستوى فيرمي يقع في منتصف فجوة الطاقة المحظورة في أشباه الموصلات النقية ، كما في المعادلة الآتية]:-

$$E_f = \frac{(E_c + E_v)}{2} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \quad (1\text{-}1)$$

حيث ان :-

E_F :- طاقة مستوى فيرمي.

E_c :- طاقة حزمة التوصيل.

E_V :- طاقة حزمة التكافؤ.

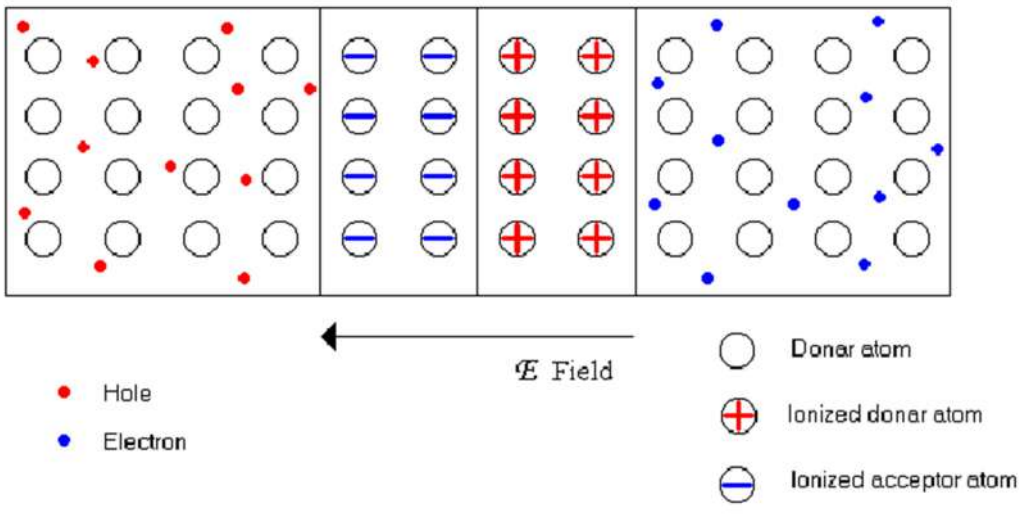
٨-١ أشباه الموصلات المطعمة (Extrinsic Semiconductors)

تدعى عملية الإضافة المتعمدة للشوائب إلى شبه الموصل النقي بالتطعيم أو التشويب (Doping) ،ان مثل هذه التقنية تكون مرغوباً فيها لمعظم التطبيقات ، لهذا فأن شبه الموصل المطعم يصنف إلى نوعين وذلك حسب نوع الشوائب المضافة إليه ، الأول شبه الموصل من نوع (n–type) ويسمى بالنوع السالب لكون حاملات الشحنة الأغلبية فيه (Majority Carries) هي الالكترونات، وحاملات الشحنة الأقلية (Minority Carries) هي الفجوات والثاني شبه الموصل من النوع الموجب (p – type) لكون حاملات الشحنة الغالبية فيه هي الفجوات. أمامستوى فيرمي في أشباه الموصلات المطعمة ، فنجده في شبه الموصل من النوع السالب يزحف مقترباً من حزمة التوصيل ومن حزمة التكافؤ في شبه الموصل من النوع الموجب. فالتشويب يتحكم في تغير صفات أشباه الموصلات مثله مثل المعاملة الحرارية إلا ان تأثير التشويب يعد أكثر ملاءمة لأن تغير درجة الحرارة أمر غير مرغوب فيه ، لذلك يفضل التشويب في عملية التحكم بتوصيلية شبه الموصل[

١-٩ تكوين الوصلة p-n

تتكون وصلة p-n عندما يتم توصيل مادة شبه موصل نوع p مع أخرى نوع n . تتواجد في الطرف p وفرة في الفجوات فيما تتواجد وفرة في الالكترونات في الطرف n . وعند توصيل المادتين يتشكل تركيز تدريجي في كل جهة بسبب الشحنات الزائدة فتبدأ الفجوات بالانتشار باتجاه المناطق ذات التركيز الواطئ في المنطقة n فيما تنتشر الالكترونات باتجاه المنطقة p .

وفي النهاية تتكون في الوسط منطقة خالية من الفجوات أو الالكترونات بسبب انتشارهما الى المناطق المعاكسة. وفي داخل هذه المنطقة الوسطى تتواجد ذرات القابل المتأينة في المنطقة p والمانحة في المنطقة n والتي ستشكل بدورها شحنة سالبة في جهة وشحنة موجبة في الجهة الأخرى.والشكل (١-٣) يوضح الوصلة p-n [3].



شكل (١-٧) وصلة p-n

تسمى المنطقة الوسطى الحاوية على المجال الكهربائي بمنطقة شحنة الفراغ أو منطقة الاستنزاف. ونتيجة لوجود المجال الكهربائي فستولد الالكترونات والفجوات تيار انجراف . وتحصل حالة توازن عندما يكون تيار الانجراف معاكساً تماماً لتيار الانتشار وبالتالي تصبح محصلة تدفق التيار صفراً.

يمكن تمثيل كثافة التيار الكلي لكل من الالكترونات والفجوات بالمعادلات الآتية :

$$J_{nTotal} = J_{nDrift} + J_{nDiff}$$
$$J_{pTotal} = J_{pDrift} + J_{pDiff} \quad .....(1-١)$$

وتعطى كثافات التيار بالمعادلات الآتية :

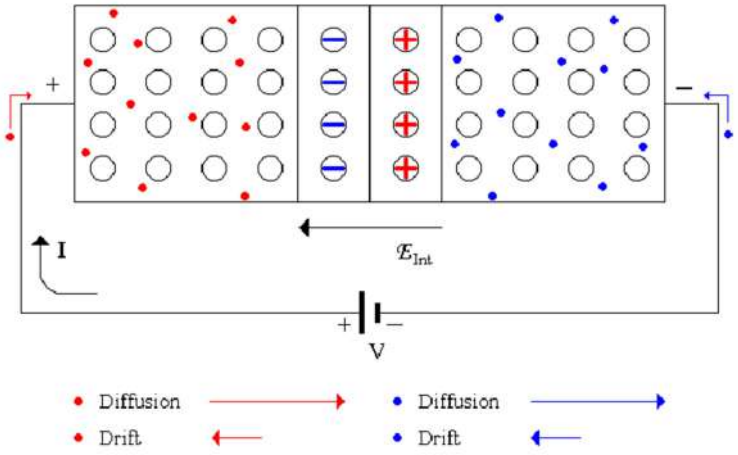
$$J_n = q\ n\ \mu_n\ E + q\ D_n \frac{dn(x)}{dx}$$
$$J_p = q\ p\ \mu_p\ E - q\ D_p \frac{dn(x)}{dx} \quad .....(2-١)$$

حيث تمثل n و p تراكيز الالكترونات والفجوات على التوالي،μ قابلية الانجراف ، E المجال الكهربائي ، $D_{n,p}$ معاملات الانتشار.[3]

١٠-١ الانحياز الأمامي

عند تسليط فولتية موجبة على المادة نوع p سيتدفق تيار في الاتجاه الموجب ويوضح الشكل (١-٤) الوصلة p-n تحت

تأثير الانحياز الأمامي.



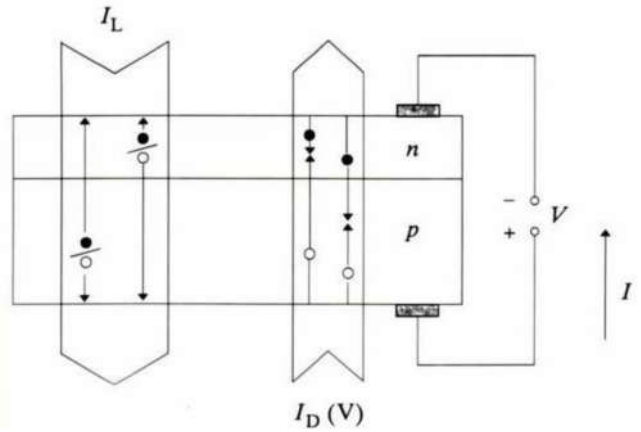
شكل (٨-١) وصلة p-n تحت تأثير الانحياز الأمامي

عند ربط خلية شمسية بحمل وتضاء، كما في الشكل (١-٥) ،سيتولد فارق في الجهد عبر طرفي الحمل وسيمر فيه تيار كهربائي، أي أن الخلية تعمل وكأنها مولد طاقة. يمكن وصف العمليات التي تحدث داخل الخلية كالأتي:-

١. الفوتونات التي تصل الى داخل الخلية ولها طاقة مساوية (أو اكبر) لفجوة الطاقة فإنها سوف تمتص في منطقة شبه الموصل مولدة زوج من الكترون- فجوة والتي يمكن أن تعمل كناقلات تيار.

٢. يكون المجال الكهربائي او فرق الجهد ، الناتج عن الوصلة (p-n)، مسؤولاً عن فصل الناقلات قبل أن تسنح لها الفرصة لإعادة الاتحاد. والنتيجة هي وجود فرق جهد وكذلك تيار في الدائرة الخارجية .

٣. إن وجود فرق الجهد عبر طرفي الجهاز ينتج، كما في أي جهاز أساسه الوصلة (p-n)، ظاهرة الحقن وإعادة التركيب لزوج الكترون – فجوة . ووجود مثل هذه العمليات في الخلية الشمسية يشير الى خسارة. ويعتمد مقدار هذه الخسارة على فرق الجهد



شكل (9-1) التيارات الداخلية في خلية شمسية .

عند ربط حمل مع خلية شمسية مضاءة ، فان التيار المتدفق هو محصلة مركبتين متعاكستين للتيار الداخلي وهما :-

١.تيار متولد فوتونيا أو بواسطة التيار الفوتوني I_L والناشئ عن توليد الحاملات بسبب الضوء الساقط.

٢. تيار ظلام للوصلة (أو الدايود) I_D، والناشئ عن إعادة التركيب للحاملات المندفعة بسبب الفولتية الخارجية وهذه الفولتية ضرورية لإيصال القدرة الى الحمل .

فإذا تراكب هذان التياران خطيا (افتراضيا) فهذا يعني إمكانية احتساب تيار الدائرة الخارجية بكونه الفارق بين هاتين المركبتين، وبأخذ إشارة التيار الفوتوني موجبة فيمكن كتابة التيار:-

$$I=I_L - I_D(V) \quad .....(٣-١)$$

وهي المعادلة الأساسية التي تصف الخلية الشمسية وهي نافذة لظروف العمل المتنوعة كافة ، حتى وان كانت الأداة تعمل كدايود ، تبدد الكهرباء بدلا من توليدها، مما يؤدي الى تغلب أو ترجيح عملية إعادة التركيب على عملية التولد الفوتوني.[3]

الفصل الثاني

تقنيات تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية

يمكن استغلال الطاقة الشمسية في توليد الطاقة الكهربائية التي أخذت الأخيرة تحتل مكانة كبيرة في خدمة الإنسان بسبب خصائصها المتنوعة التي دخلت في مختلف القطاعات الانتاجية والخدمية المتنوعة وأخذت تنافس مصادر الطاقة الأحفورية وتحل محلها (١٢)، إذ تعد طاقة نظيفة لا تخلف وملوثات ولا تشكل خطورة على البيئة ومتوفر في الطبيعة فلا تحتاج إلى بحث أو تنقيب أو تفجير للحصول عليها، وبالإمكان أن تعطي قدر كبير من طاقة مقارنة بما تقدمه مصادر الطاقة الأخرى (١٣)، وعلى الرغم من أهميتها إلا أن الفائدة الاقتصادية لها في مجال إنتاج الطاقة الكهربائية محددة بكثافة القدرة الساقطة من الإشعاع الشمسي والتي تبلغ (١٠٠٠) واط / م) وهذا يعني أنها تتطلب مسافات كبيرة لتجميع الطاقة والحصول على كمية اقتصادية كافيه تسد الاحتياجات الصناعية و الخدمية للطاقة الكهربائية، وعدم استمرارية الطاقة الشمسية في السقوط (١٤)، أدى إلى تباين في كمية الإشعاع الشمسي خلال اليوم الواحد وكذلك من فصل إلى آخر، وكما هو معروف تزداد كمية الطاقة الشمسية بفعل الإشعاع الشمسي الساقط خلال فصل الصيف وتقل خلال فصل الشتاء كما يزداد الإشعاع الشمسي في الايام الصحوة الصافية ويقل في الأيام المغبرة والغائمة، وعلى أثر ذلك يتوجب عند تحويل اشعة الشمس إلى طاقة كهربائية ان تثبت المنظومة الشمسية سواء كانت ثابتة أو متحركة عند زاوية ميل محددة بالنسبة للمستوى الافقي للسطح وموجهة نحو الجنوب، ومن تقنيات التحويل:

أولا: الطريقة غير المباشرة (التحويل الحراري - الديناميكي)

تعتمد تقنية العالم الحديث على عدد محدود من تكنولوجيا تحويل الطاقة التقليدية التي معظمها مكائن حرارية. ومنذ بداية الثورة الصناعية فإن تكنولوجيا الطاقة اعتمدت على الطاقة الحرارية (Synthetic Fuels) (١٥)، ويعد التوليد الحراري من أكثر الطرق فائدة، إذ تعمل محطات توليد الطاقة الحرارية في معظم دول العالم على أساس دورة (رانكين) يتم فيها استعمال المائع (الغازات والسوائل) لتزويد الخلايا بالطاقة الحرارية عن طريق حرق نوع من المحروقات كحرق احد المشتقات النفطية (١٦).

ولا يختلف انتاج الطاقة الكهربائية بواسطة التحويل الحراري - الديناميكي للطاقة الشمسية عن انتاجه بالطرائق التقليدية إلا في كون أن الإشعاع الشمسي هو المصدر الرئيس للطاقة، وأن الفرق بين المحطات الطاقة التي تعامل بالوقود والمحطات العاملة بالطاقة الشمسية هو ان الاشعاع الشمسي يحل محل الوقود وتستعمل المجمعات الشمسية بدل الغلاية (١٧)، وتعمل هذه التقنيات على تحويل اشعة الشمس المباشرة إلى

طاقة حرارية بواسطة المجمعات والمركزات الشمسية الحرارية عن طريق تجميع و تركيز الطاقة الشمسية الساقطة على عدد من العاكسات المستوية التي تعكس الاشعة الشمسية على انابيب طويلة أو ابراج لتجميع الحرارة، وان هذه العاكسات أو المرايا يطلق عليها مصطلح (هليوستات) تكون محاذية بعضها البعض وتركز اشعة الشمس على المبدل الحراري وجهاز الاستقبال الموجود في اعلى البرج والذي يحتل موقع البؤرة لعدد كبير من العاكسات فينتج حرارة عالية تدير توربين بخاري بواسطة مولد كهربائي يقوم بتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية أكثر قابلية للاستعمال والتخزين (١٨).

ثانياً: الطريقة المباشر الخلايا الشمسية

تستعمل تقنية الخلايا الشمسية في تحويل الإشعاع الشمسي مباشرة إلى طاقة كهربائية وتعرف آلية التحويل هذه بالتحويل الكهروضوئي أو التحويل الفوتوضوئي (photovoltaic conversion)(١٩) ، وتعد من أفضل تطبيقات الطاقة المتجددة في مجال توليد الكهرباء إذ تتميز بمحدودية كلفة الصيانة والتشغيل وبعمر افتراضي يصل الى (٢٠- ٢٥) سنة (٢٠)، وهي نبائض شبه موصلة وحساسة ضوئياً محاطة بغلافين أمامي وخلفي موصل للكهرباء أجريت عليها العديد من المعالجات الكيميائية والفيزيائية والكهربائية بشكل مكثف وذاتي (٢١)، تتكون الخلايا الشمسية من محولات فولتوضوئية مصنوعة من مادة السيلكون المعالج كيميائياً إذ تلتقط اشعة الشمس الساقطة على سطحها فيتحرر منها الكترون، وتتدفق هذه الالكترونات المحررة إلى اسلاك موصلة بالخلية فينتج عنها طاقة كهربائية، وتتكون الخلايا الشمسية من ألواح حرارية زجاجية توضع بزاوية مائلة على الأسطح لاكتساب أكبر قدر من الطاقة وتوصل بأسلاك كهربائية وموصلات ذات مواصفات خاصة لنقل التيار (٢٢)، ويتم ربط الخلايا الشمسية بطريقتي اما أن تكون مستقلة تسمى (- of grid) إذ تعمل المنظومة ليلا ونهاراً بواسطة عدد من الأجهزة كالأجهزة المنظمة للشحن التي تعمل على زيادة أو خفض التيار الكهربائي والتي يتجه منها التيار إلى البطاريات التي تقوم بحفظ وخزن الطاقة الكهربائية ومن ثم ينقل إلى محولات خاصة لتحويل التيار المستمر إلى تيار متناوب تعمل علية اغلبية الاجهزة الكهربائية، اما طريقة الثانية فتسمى (on- grid) طريقة الربط المباشر تنتج فيها الالواح الشمسية طاقة كهربائية خلال وقت النهار فقط إذ لا تستعمل فيها بطاريات التخزين لحفظ الطاقة واستعمالها في اوقات الحاجة او الظروف المناخية السيئة.

أنواع الخلايا الشمسية

ما أنواع الخلايا الشمسية؟ للخلايا الشمسية عدد من الأنواع وهي كالآتي

1-خلية شمسية أحادية البلورة

تصنع هذه الخلايا من السيليكون أحادي البلورة المفرد ذات الاتجاه الواحد، يلاحظ شكل رقم (٥-١)، تمتاز بالشكل المستطيل أو المربع مساحتها عادة ما بين (٠,٠ ٣م) أو (٥-١م)، وهي من أكثر البنيات البلورية انتظاماً وذات تفاوت وكفاءة عالية جدا (٢٣)، وتتراوح كفاءتها من (١٥- ٢٠%) وهذه الكفاءة ناتجة عن قدرة هذه الخلايا على إنتاج طاقة تبلغ (١١٠-١٦٠واط)، بفعل قدرتها على امتصاص الإشعاع الشمسي الساقط فوق السطح في يوم مشمس الذي تبلغ قوته (١٠٠٠واط لكل م) ان عامل أرتفاع الكفاءة جعل أسعار هذه الخلايا عالية مقارنة بالأنواع الأخرى ومكلفة اقتصاديا، كما تتميز بأنها تحتاج إلى مساحة أقل ويتراوح عمرها الافتراضي (٢٥سنة)، وتميل إلى أداء أفضل في ظروف الإضاءة المنخفضة كما أنها أكثر كفاءة في الطقس الدافئ مع المعاناة في الأداء في ظل الارتفاع بدرجات الحرارة

٢- خلايا شمسية متعددة البلورة

هي رقائق من بلورات السليكون تبدو كقطع متكسرة غير منتظمة منشرة في اتجاهات مختلفة تعالج كيميائياً في أفران خاصة لزيادة خواصها الكهربائية ومن ثم تطلى أسطح الخلايا بمضاد الانعكاس لتمنع انعكاس الاشعة وامتصاصها بكفاءة عالية وتتراوح كفاءتها من (١١-١٦%) وهو أقل كفاءة من البلورة الأحادية، وأن عملية تصنيعها بسيطة وغير مكلفة اقتصادياً فهي أقل ثمناً وقابلية تحملها لدرجات الحرارة المرتفعة وتحتاج إلى مساحة سطح كبيرة مقارنة مع الخلايا الأحادية

٣-خلايا شمسية غير متبلورة

تتميز هذه الخلايا بسهولة صنعها إذ إن مادة السيليكون تترسب على شكل طبقات رفيعة صلدة أو خلايا خفيفة على أسطح من الزجاج أو البلاستيك وتتصف بمرونتها وخفة وزنها وقابليتها للطي ويمكن استعمالها فوق السطوح المائلة تتراوح كفاءتها (٧- ٩%)، وتنتج طاقة تصل إلى (٤٠واط) وهي ذات كفاءة وتكلفة أقل من الأنواع السابقة.

تأثير استعمال الطاقة الشمسية على البيئة

ماهي تأثيرات أستعمال الطاقة الشمسية على البيئة؟ تعد الطاقة الشمسية ذات تأثير إيجابي على البيئة فهي طاقة صديقة للبيئة متوفرة ومجانية ومتجددة مصدرها الشمس، تنتج طاقة كهربائية نظيفة تستعمل في مختلف المجالات والانشطة البشرية سواء كانت عن طريق نصب منظومات شمسية الحرارية أو نصب الألواح الفولتوضوئية، ويساعد استعمالها في تقليل الاعتماد على الطاقة المنتجة من مصادر الوقود الأحفوري التي هي طاقة مضرة بالبيئة ومكلفة اقتصادياً، وكما تعمل الطاقة الشمسية على التقليل من نسب تلوث الهواء وانبعاثات غاز ثاني اؤكسيد الكاربون وبالتالي التقليل من غازات الاحتباس الحراري ، فهي لا تسبب حدوث تلوث بيئي أو ضوضائي كما الحال في المحطات التي تعتمد على مصادر الطاقة التقليدية في إنتاج الكهرباء، وبالإمكان استعمالها للقطاعات السكنية كبديل مناسب للكهرباء والافادة منها إلى اقصى درجات الاستعمال

بتكلفة منخفضة ومعقولة دون الوصول إلى فاتورة باهظة الثمن ، ومن ثم تعمل كسقف عازل يمنع من وصول الحرارة إلى السطح عندما توضع فوق أسطح المنازل وبالتالي تخفف من شدة الحرارة.

2-1 مكونات نظم الخلايا الشمسية

أغلب نظام طاقة شمسية (solar PV system) تتكون من:

١. اللوحة الشمسية- solar panel

٢.المنظم -charge controller

٣.المحول – inverter

٤.البطارية

اللوحة الشمسية تحول الطاقة الشمسية لكهرباء (تيار مباشر). بعد ذلك، تمر هذه الكهرباء عبر المنظم إلى البطارية. وظيفة المنظم الأساسية هي التحكم في عملية شحن البطارية و الحفاظ على مستوى مناسب من التيار الكهربائي الذي يتم تخزينه في البطارية.

الشمس لا تسطع دائما و لذلك، نحتاج لوسيلة لحفظ الطاقة الكهربائية للاستفادة منها ليلا. البطاريات المستعملة في أنظمة الطاقة الشمسية ليست مثل بطاريات السيارات! عادة ما تكون مصممة لتخزين الشحنة الكهربائية لفترة أطول (deep cycle battery). بعد البطارية يأتي المحول الذي يحول الكهرباء من التيار المباشر إلى التيار الترددي (ac electricity). أغلب الأجهزة الكهربائية المنزلية تستعمل التيار الترددي (V٢٢٠) و لذلك نحتاج للمحول.

في بعض أنظمة الطاقة الشمسية يمكن الاستغناء عن المحول في حال استعملنا أجهزة تعمل بالتيار المباشر مثل بعض أنظمة الإنارة (dc LED lights)، و في هذه الحالة يمكن تقليل تكلفة النظام.

المصادر

[1] Rolf Brendel , "Thin-Film Crystalline Silicon Solar Cells Physics and Te

Chnology " ,British Library , WILEY-VCH GmbH & Co. KGaA ,(2003).

[2] M. Bähr, S. Kim, S. Sridharan, C. Khadilkar, A. Shaikh, I. Köhler, M. Reichardt, M. Kumar, to be published at this conference

[3] P. Würfel ,"Physics of Solar Cell" :From principle to new concepts Wiley – WCH, Weinbein,(2005).

Cells", Slovak University of technology Bratislava ,(2008).

[4] Alphonse Niyibizi, Bernard W. Ikua, Paul N. Kioni and P.K. Kihato, "Laser Material Processing in Crystalline Silicon Photovoltaic", Mechanical Engineering Conference on Sustainable Research and Innovation, Volume 4, 3rd-3th May(2012).

[5] K. Hara, T. Horiguchi, T. Kinishita, K. Sayama, H. Sugihara, and H. Arakawa, Sol. Energy Mater. Sol. Cells 64, 115 (2000).

[6] S.O. Kasap, " Principles of Electrical Engineering Materials and Devices" , Irwin(1997).

7- عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي، المناخ التطبيقي، جامعة بغداد، مطابع الحكمة، الموصل، ١٩٩٠، ص ٢٨٧.

8- عبد الجبار عبود الحلفي، خلود موسى عمران، دارسة أولية للجدوى الاقتصادية لاستخدام الطاقة الشمسية في بعض المباني في محافظة البصرة، مشروع بحث قدم إلى وزارة التعليم العالي، دائرة البحث والتطوير، ٢٠١٢.

9- مثنى فاضل علي، جغرافية الطاقة أسس ومشكلات، مصدر سابق، ص ١٤٧.

10- سيد عاشور أحمد، الطاقة المتجددة والبديلة وآفاق أستخدامها في الموطن العربي، مطبعة جامعة أسيوط، ٢٠٠٩، ص ١٠٦.