وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل
كلية التربية للعلوم الصرفة
قسم الفيزياء

الخلايا الشمسية

بحث مقدم الى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة - جامعة بابل كجزء من متطلبات نيل درجة البكالوريوس التربية في الفيزياء

من قبل الطالب
عبدالله قاسم محمد

بإشراف
د عدي علي جيجان

السنة الجامعية

١٤٤٤هـ ٢٠٢٣م

((إقرار المشرف))

اشهد بأن أعداد هذا المشروع الموسوم

"الخلايا الشمسية"

والمعد من قبل الطالب :

عبدالله قاسم محمد

قد تم تحت أشرافي في قسم الفيزياء/ كلية التربية للعلوم الصرفة/ جامعة بابل كجزء من متطلبات نيل درجة البكالوريوس تربية في الفيزياء

التوقيع:

اسم المشرف:

المرتبة العلمية :

التاريخ : / /٢٠٢٣/

﴿ قَالَ الَّذِي عِنْدَهُ عِلْمٌ مِنَ الْكِتَابِ أَنَا آتِيكَ بِهِ قَبْلَ أَنْ يَرْتَدَّ

إِلَيْكَ طَرْفُكَ فَلَمَّا رَآهُ مُسْتَقِرًّا عِنْدَهُ قَالَ هَذَا مِنْ فَضْلِ رَبِّي

لِيَبْلُوَنِي أَأَشْكُرُ أَمْ أَكْفُرُ وَمَنْ شَكَرَ فَإِنَّمَا يَشْكُرُ لِنَفْسِهِ وَمَنْ

الإهداء

الى من جرع الكاس فارغا ليسقيني قطرة حب والى كل من كلت انامله ليقدم لنا لحظة سعيدة

الى من حصد الاشواك عن دربي ليمهد لي طريقي الى القلب الكبير

(والدي العزيز)

الى من ارضعتني الحب والحنان الى القلب الناصع بالبياض

(والدتي الحبيبة)

الى القلوب الطاهرة الرقيقة والنفوس البريئة رياحين حياتي

(اخوتي)

الان تفتح الاشرعة وترفع المرساة لتنطلق السفينة في عرض بحر واسع مظلم هو بحر الحياة وفي هذه الظلمة لا يضيء ألي قنديل الذكريات ذكريات الأخوة البعيدة

الى الذين أحببتهم وأحبوني

(اصدقائي)

عبد الله

أشكر الله العلي القدير الذي أنعم عليَّ بنعمة العقل والدين القائل في كتابه العظيم {{وَفَوْقَ كُلِّ ذِي عِلْمٍ عَلِيمٌ}} صدق الله العلي العظيم

يسرني ان أتقدم بجزيل الشكر لأولئك المخلصين الذين لم يألوا جهداً في مساعدتنا في مجال البحث العلمي.

وأخص بالذكر (د عدي علي جيجان)

كما أتوجه بالشكر الى كافة الأساتذة في كلية التربية للعلوم الصرفة / جامعة بابل ولاسيما أساتذة قسم الفيزياء فلهم جزيل الشكر وايضا كل الأساتذة الذين تتلمذت على أيديهم

وأخيرا أتقدم بجزيل شكري إلي كل من مدوا لي يد العون والمساعدة في إخراج هذه الدراسة علي أكمل وجه.

المحتويات

التسلسل	العنوان	الصفحة
	الواجهة	أ
	إقرار المشرف	ب
	الآية	ت
	الإهداء	ث
	شكر وعرفان	ج
	المحتويات	ح
	فهرست الاشكال	د
	الملخص	ذ
	الفصل الاول **مقدمة**	
١-١	المقدمة	١-٣
	الفصل الثاني **الخلايا الشمسية**	
٢-١	الخلية الشمسية solar cell	٥
٢-٢	أنواع الخلية الشمسية Types of solar cell	٥
٢-٣	الخلايا الشمسية ذات الكفاءة العالية High efficiency solar cells	٧
٢-٤	ملحقات الخلايا الشمسية Solar cell accessories	٩
٢-٥	صناعة الخلايا الشمسية solar cell industry	١٠
٢-٦	طريقة عمل الخلية الشمسية How a solar cell works	١٢
٢-٧	مكونات الخلايا الشمسية components of solar cells	١٢
٢-٨	اجيال الخلايا الشمسية generations of solar cells	١٣
٢-٩	تأثير العوامل المناخية على الخلية الشمسية الفوتوفولطية	١٥
	الفصل الثالث **كفاءة الخلايا الشمسية**	
٣-١	قانون كفاءة الخلية الشمسية Solar cell efficiency law	١٨
٣-٢	حساب كفاءه الخلايا الشمسية Calculation of solar cell efficiency	١٨
٣-٢-١	كفاءة الخلية الكهروضوئية الشمسية solar	١٨

	photovoltaic cell efficiency	
٣-٢-٢	علاقة الكفاءة مع مساحة اللوحات Efficiency relationship with plate area	١٨
٣-٢-٣	العوامل المؤثرة على كفاءة الخلايا الشمسية Factors affecting the efficiency of solar cells	١٩
٣-٢-٤	كفاءة تحويل طاقة الخلية الشمسية Solar cell energy conversion efficiency	١٩
٣-٣	كفاءة تحويل الخلايا الشمسية conversion efficiency of solar cells	٢٠
٣-٤	العوامل الموترة على كفاءة الخلية الشمسية Factors affecting the efficiency of the solar cell	٢٢
٣-٥	عامل التعبئة packaging worker	٢٣
٣-٦	حساب منظومة الخلايا الشمسية Calculation of the solar cell system	٢٤
٣-٧	الالواح الشمسية Solar Panels	٢٥
٣-٨	كيفية توصيل مصفوفة الألواح الشمسية How to connect a solar panel array	٢٦
٣-٩	كيفية حساب الواح الطاقة الشمسية لمعرفة حجم الطاقة الكهربائية التي تحتاجها للتوليد	٢٩
٣-١٠	التقنيات الحديثة في زيادة كفاءة الخلايا الشمسية Modern technologies to increase the efficiency of solar cells	٣٠
٣-١١	قياس مستوى شحن البطاريات والأمبير للألواح الشمسية بالمليميتر	٣٣
	الفصل الرابع **محاسن ومساوئ الخلايا الشمسية**	
٤-١	محاسن الخلايا الشمسية Advantages of solar cells	٣٩
٤-٢	مساوئ الخلايا الشمسية solar cell cons	٤١
٤-٣	الاستنتاجات conclusions	٤٢
٤-٤	التوصيات Recommendations	٤٤
	المصادر	٤٦

فهرست الاشكال

التسلسل	الاشكال	الصفحة
(٢-١)	خلايا شمسية سيليكونية أحادية البلورة	٥
(٢-٢)	الخلايا السليكونية متعدد البلورات	٧
(٢-٣)	خلايا الفيلم الرفيع	٧
(٢-٤)	خلايا زرنيخيد الغاليوم	٨
(٢-٥)	الخلايا الشمسية الصبغية	٩
(٢-٦)	الخلايا الشمسية العضوية	٩
(٢-٧)	الية تصنيع الخلية الشمسية	١١
(٢-٨)	عمل الخلية الشمسية	١٢
(٢-٩)	مكونات الخلايا الشمسية	١٣
(٢-١٠)	تأثير الحرارة والاشعاع علئ الخلايا الشمسية	١٦
(٣-١)	علاقة الكفاءة مع مساحة اللوح الشمسي	١٩
(٣-٢)	منحنى يوضح كفاءة كل نوع خلية كهروضوئية	٢٠
(٣-٣)	صورة عن آخر تحديث من مخطط تطور كفاءات الخلايا الكهروضوئية	٢١
(٣-٤)	حساب منظومة الخلايا الشمسية	٢٤
(٣-٥)	تأثير درجة الحرارة على منظومة الخلايا الشمسية	٢٥
(٣-٦)	ربط منظومة الخلايا الشمسية على التوالي	٢٦
(٣-٧)	ربط منظومة الخلايا الشمسية على التوازي	٢٧
(٣-٨)	ربط منظومة الخلايا الشمسية المشترك	٢٨
(٣-٩)	ترتيب أسلاك القياس في جهاز المليميتر	٣٤
(٣-١٠)	توجيه مؤشر دائرة القياس إلى الفولتية الساكنة	٣٤
(٣-١١)	قيمة الفولتية على شاشة الجهاز	٣٥
(٣-١٢)	تأكد من ترتيب أسلاك القياس	٣٥
(٣-١٣)	عجلة دائرة القياس إلى مؤشر 20m	٣٦
(٣-١٤)	توصيل الالواح الشمسية مع البطارية والحمل	٣٦

(٣-١٥)	اسس اختيار عدد الالواح الشمسية	٣٧

الملخص

تتمثل الطاقة الشمسية في ضوء الشمس المشع وحرارتها العالية التي يتم استغلالها الآن باستخدام مجموعة من التقنيات المتطورة في أغراض التدفئة الشمسية والضوئية وتطبيقات الطاقة الحرارية والهندسة الشمسية، وكذلك في محطات الطاقة المالحة المنصهرة وفي عمليات التمثيل الضوئي الاصطناعي، إنّ الشمس مصدر مهم للطاقة المتجددة وتتميز تقنياتها على نطاق واسع بأنها إما طاقة سلبية أو نشطة اعتمادًا على كيفية استخدام تلك الطاقة وتوزيعها أو تحويلها إلى طاقة أخرى، وتشمل التقنيات الشمسية النشطة العديد من التطبيقات المعاصرة،

تسمى الخلايا الشمسية العضوية أو الخلايا الشمسية البلاستيكية هي خلايا كهروضوئية نموذجية تصنع من الالكترونيات العضوية، وهي جزيئات عضوية صغيرة أو بوليميرات عضوية ناقلة تقوم بإنتاج الطاقة الكهربائية من الضوء بالأثر الكهروضوئي، وأغلب الخلايا الشمسية العضوية هي خلايا بوليميرية.

وللمواد العضوية دور كبير في صنع الخلايا الشمسية التي تولد الكهرباء عن طريق خزن الطاقة الشمسية حيث توجد انواع عدة من الخلايا الشمسية وتوجد الخلايا على فئات متعددة وقدرات مختلفة .

الروابط المترافقة في المواد العضوية تمتلك المواد العضوية الإمكانيات لتطوير تقنية اقتصادية بعيدة المدى لإنتاج الطاقة على النطاق الواسع باستخدام مواد متوفرة بشكل كبير وليس لها أي آثار بيئية ضارة، وأقل كلفة المواد غير العضوية المستخدمة في تقنيات الخلايا الكهروضوئية مثل السيليكون تمتلك هذه المواد معاملات امتصاص عالية للضوء لذلك يمكن تشكيل خلايا شمسية رقيقة جداً منها، كما يمكن تصنيعها بهيئات مرنة ويمكن إنتاجها بعمليات إنتاج بسيطة وغير مكلفة مما يقلل من زمن الاسترداد لهذه الخلايا.

الفصل الاول
مقدمة

(١-١) المقدمة: (Introduction)

في عام ١٩٥٣، دشنت مختبرات بيل مشروعا بحثيا لإنتاج أجهزة لتوفير مصدر طاقة للأجزاء البعيدة من العالم، حيث لا تتوفر شبكة كهرباء اقترح العالم الرائد داريل تشابن استخدام خلايا شمسية ووافق رؤساؤه على اقتراحه.

بدأ تشابن تجربته باستخدام الخلايا الضوئية المصنوعة من السيلينيوم ووجد أن كفاءتها ٠.٥ بالمائة، قليلة جدا بحيث لا تستطيع توليد طاقة كافية للتطبيقات الهاتفية ثم في ضربة حظ لا يمكن تصديقها انضم إليه عالمان من مختبرات بيل، وهما كلفن فولر وجيرالد بيرسون، كانا يعملان في المشروع الرائد لتطوير ترانزستورات من السيليكون وعملوا معا على تقنية السيليكون الناشئة لتصنيع الخلايا الشمسية.[١]

الخلية الشمسية عبارة عن دايود شبه موصل ذي مساحة كبيرة وهي تتكون من وصلة (pn) مصنعة بإضافة مادة شائبة (Doping) إلى بلورة شبه الموصل (المحتوية على أربعة روابط تساهمية للذرات المتجاورة للخلايا الشمسية السليكونية المستخدمة بشكل شائع) إذا كانت المواد الشائبة هي ذرات الفوسفور التي لها خمسة إلكترونات خارجية، فإنه يتطلب فقط أربعة إلكترونات لتنطبق الذرة الشائبة في التركيب البلوري للسليكون ويبقى الإلكترون الخامس فائضيه حر الحركة وبالتالي، يوجد في هذه المنطقة من البلورة عدد كبير (غالبية من الشحنات الحرة السالبة، وبهذا تسمى هذه المنطقة السالبة بالمنطقة (n – region).

والعكس صحيح للمنطقة الموجبة، المنطقة. (p – region): بأشابة البلورة بمواد شائبة من ذرات البورون، التي لها ثلاثة إلكترونات خارجية يصبح إلكترون واحد مفقودة دائما لتكملة الرابطة في التركيب البلوري للسليكون هذا الإلكترون يمكن «اتتراضها من الذرات المجاورة، وبالتالي يتزحزح موقع الإلكترون المفقود هذا الإلكترون المتزحزح يمكن أيضا اعتباره «فجوة» (Hole) بشحنة موجبة متحركة ومتنقلة ويوجد عدد كبير جدا من الفجوات الحرة أكثر من الإلكترونات الحرة في المناطق - n، وبهذا تسمى الإلكترونات في هذه المنطقة بحاملات الشحنة الأقلية، بينما تسمي الفجوات بحاملات الشحنة الأغلبية.[٢]

يتم تصنيع الخلايا الشمسية الفولتوضوئية (PV) من مواد نصف ناقلة، خصوصا تلك التي تستعمل طاقة الفوتونات من الإشعاع الشمسي الساقط على الخلية لتنتج تيار كهربائية يؤدي التأثير الفولتوضوئية إلى توليد إلكترونات منفصلة عن ذرات منفردة عندما تصطدم هذه الفوتونات بمواد الخلية وسوف يولد جريان هذه الإلكترونات "الحرة" عبر المادة فرق جهد (فولتية) حوالي ٠.٥ فولت بعد ذلك يستطيع فرق الجهد هذا توليد تيار كهربائي التغذية حمل خارجي ويعتبر السليكون المادة الأكثر شيوعا المستخدمة في تصنيع الخلايا الشمسية

الفولتوضوئية، الذي تتم اشارة عادة بالفوسفور أو بمادة مماثلة لضمان إطلاق إلكترونات حرة عندما تمتص الفوتونات الساقطة.

وتشمل الخلايا أيضا شبكة معدنية ناقلة ليتم بواسطتها التقاط أكبر عدد ممكن من الإلكترونات الجرة، حيث توجه بعدئذ إلى الحمل الخارجي. تصنع الخلايا الشمسية الأكثر غلاء من رقاقات السليكون البلوري التي تقطع من بلورة وحيدة تمت تنميتها بشكل خاص وتمتلك هذه الرقاقات الكفاءة الأعلى لتحويل الإشعاع الشمسي إلى كهرباء مقارنة بأي خلايا شمسية أخرى على الرغم من أن هذه الكفاءة لا تزال حوالي ١٥ في المئة فقط يعود السبب في كفاءة الخلية المنخفضة إلى أن معظم طاقة الشمس محتواه في جزء الموجة الطويلة من الطيف الشمسي الذي لا يؤدي إلى فوتونات يمكن امتصاصها من قبل الخلية يتم أيضا استخدام السليكون متعدد البلورات، الأسهل للتصنيع وبالتالي أقل كلفة، على الرغم أن كفاءة الخلايا الشمسية في تحويل الطاقة الناتجة هي اقل من تلك ذوات البلورة الوحيدة.[٣]

الفولتية الضوئية (Photovoltaics PV) التي تعرف بالخلايا الشمسية أوالخلايا الفولتوضوئية (photovoltaic cells) من خلالها يتم تحويل أشعة الشمس مباشرة إلى كهرباء، عن طريق استخدام أشباه الموصلات مثل السليكون الذي يستخرج من الرمل النقي وبصفة عامة مواد هذه الخلايا إما مادة بلورية سميكة كالسيليكون البلوري (Crystalline Silicon) أو مادة لابلورية رقيقة كمادة السيلكون اللابلوري (Amorphous Silicon a-Si) و(Telluride CdTe) أو (Copper Indium Diselenide $CuInSe_2$, or CIS) أو مواد مترسبة كطبقات فوق شرائح من شبه الموصلات تتكون من أرسنيد (زرنيخيد) الجاليوم (Gallium Arsenide GaAs).

وتعتبر طاقاتها شكلا من الطاقة المتجددة والنظيفة لأنه لايسفر عن تشغيلها نفايات ملوثة ولا ضوضاء ولا إشعاعات ولا حتي تحتاج لوقود لكن كلفتها الابتدائية مرتفعة مقارنة بمصادر الطاقة الأخرى والخلايا الشمسية تولّد كهرباء مستمرة ومباشرة (كما هو في البطاريات السائلة والجافة العادية).

تعتمد شدة تيارها علي وقت سطوع الشمس وشدة أشعة الشمس وكذلك على كفاءة الخلية الضوئية نفسها في تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية يمكن لهذه الخلايا الشمسية إعطاء مئات الفولتات من التيار الكهربائي المستمر (DC) لو وصّلت هذه الخلايا علي التوالي. كما يمكن تخزين الطاقة الناتجة في بطاريات الحامضية المصنوعة من الرصاص أو القاعدية المصنوعة من معدني النيكل والكادميوم ويمكن تحويل التيار المستمر(DC) إلي تيار متردد

(AC) بواسطة العاكسات ال (Invertor) للاستعمال وإدارة الأجهزة الكهربائية المنزلية والصناعية العادية.

من ميزتها أنها ليس بها أجزاء متحركة تتعرض للعطل لهذا تعمل فوق الأقمار الصناعية بكفاءة عالية، ولاسيما وأنها لاتحتاج لصيانة أو إصلاحات أو وقود، حيث تعمل في صمت إلا أن اتساخ الخلايا الضوئية نتيجة التلوث أو الغبار يؤدي إلى خفض في كفائتها مما يستدعي تنظيفها على فترات.

أكبر محطة توليد كهرباء تعمل حاليا بالخلايا الشمسية توجد في أسبانيا وقدرتها ٢٣ ميجاوات ومن المخطط أن يتم بناء أكبر محطة تعمل بالخلايا الشمسية في أستراليا بقدرة ١٥٤ ميجاوات والخلايا الشمسية تعمل في الأقمار الصناعية منذ عام ١٩٦٠ كما تزود محطة الفضاء الدولية ISS بالتيار الكهربائي هناك طريقة أخرى لتحويل الطاقة الشمسية إلى الطاقة الكهربائية وذلك عن طريق استغلال الحرارة المباشرة لأشعة الشمس أو ما يسمى بتقنية الكهرباء الحرارية الشمسية solar thermal electricity.[٤]

تستخدم التجمعات من الخلايا الشمسية (وحدات الطاقة الشمسية) لالتقاط الطاقة من ضوء الشمس لتحويله إلى كهرباء، عندما يتم تجميع وحدات متعددة معاً (حيث تكون أولوية التركيب بنظام تعقب قطبي محمول) يتم تركيب هذه الخلايا الضوئية كوحدة واحدة يتم توجيهها على سطح واحد وتسمى بلوح الطاقة الشمسية (solar panel) إن الطاقة الكهربائية الناتجة من الوحدات الضوئية (Solar power) وتعتبر مثالاً على استخدام الطاقة الشمسية (solar energy) إن الخلايا الكهروضوئية هو مجال التكنولوجيا والبحوث المتعلقة بالتطبيق العملي في إنتاج الكهرباء من الضوء لكن وعلى الرغم من ذلك غالبا ما يستعمل على وجه التحديد بالإشارة إلى توليد الكهرباء من ضوء الشمس توصف الخلايا بالخلايا الضوئية وإن لم يكن مصدر الضوء هو الشمس ومثال ذلك (ضوء المصباح، الضوء الاصطناعي، وغيرها..) وتستخدم الخلايا الكهروضوئية للكشف عن ضوء أو غيره من الإشعاع الكهرومغناطيسي بالقرب من مجموعة ضوئية مرئية، كالكشف عن الأشعة تحت الحمراء، أو قياس شدة الضوء..

الفصل الثاني
الخلايا الشمسية

(٢-١) الخلية الشمسية:(solar cell)

إن الخلية الشمسية بصورة عامة هي عبارة عن محولات فولتوضوئية، تقوم باستلام ضوء الشمس المباشر وتحويله إلى كهرباء تركز الاهتمام في إدخال الفولط ضوئيات كمصدر للطاقات المتجددة في امكانيات التطبيقات الأرضية لتطوير التقنية والوسائل المستخدمة في القطاعات السكنية والصحية والزراعية والصناعية والتعليم والنفط وغيرها في استخدامات الفولط ضوئيات المجدية من الناحية الاقتصادية والخلية الشمسية هي عبارة عن وصلة (pn) تكون فيها الطبقة (n) رقيقة ويتم تسليط الضوء من الفوتونات التي تحمل كل منها كما محددا من الطاقة الذي يجعل الالكترونات الحرة تكسب طاقة يجعلها تتحرر وتكسر الرابط الذري بالذرة شبه الموصلة، ويتم تحرير شحنات مختلفة وانتاج مجموعة ازواج من (الالكترون-فجوة) ثم تنطلق حاملات الشحنة بعد ذلك متجهة الى وصلة الثنائي وتنتقل بين نطاقي التكافؤ والتوصيل خلال فجوة الطاقة، ولتتجمع عند سطح من الامام والخلف فيحدث مرور تيارا كهربائيا مستمرا عندما تتصل الخلية بجهد كهربائي.[١]

(٢-٢) أنواع الخلية الشمسية: (Types of solar cell)

توجد عدة انوع من الخلايا الشمسية يمكن اجمالها في الاتي:

١. خلايا شمسية سيليكونية أحادية البلورة

صُنعت الخلايا الشمسية في البداية من السيليكون أحادي البلورية، ممّا يعني أنّها كانت مُصنّعة من السيليكون النقي، ومن الجدير بالذكر أنّ عملية تصنيعها تبدأ بسحب بلورة بذرية من كتلة من السيليكون المصهور بهدف الحصول على سبيكة أسطوانية في بناء بلوري واحد متصل، بعدها تُقصّ البلورات إلى رقائق، ومن ثمّ تُصقل لبناء وصلة الموجب والسالب التي تُسمّى (p-n Junction)، ثمّ تُطلى فيما بعد بطبقة مضادة للانعكاس، وأخيراً تُجمّع لتكوّن الخلية الشمسية، ويُشار إلى أنّ هذه الخلايا تمتاز بكفاءة عالية لكنّ عملية تصنيعها بطيئة وطويلة، ممّا يجعلها ذات سعر مرتفع مقارنةً بالأنواع الأخرى.

الشكل (٢-١) خلايا شمسية سيليكونية أحادية البلورة

٢. خلايا السليكون غير البلوري

يكون تحضير السليكون غير البلوري من السليكون متعدد البلورات والمادة غير البلورية تختلف عن المادة البلورية حيث تستقر الاولى الى المدى الطويل من الترتيب البنائي للذرات فعند فقدان الترتيب البنائي الدوري للمادة يكون من الصعب على كل ذرة تتأثر مع أربع ذرات اخرى مما يؤدي الى حدوث فجوات صغيرة جدا في التركيب المادة تكون مرتبطة بوجود اواصر الشائبة وهذا يعني انه بسبب الترتيب الغير البلوي للذرات نظهر كثافات عالية من مستويات الطاقة في الفجوة الاعتيادية وهذا مما يجعل من الشذر تطعيم شبه الموصل بصورة الفعالة او الحصول على ديمومة مقبولة لحاملات الشحنة.

في عام ١٩٧٥ تم تطعيم أغشية السليكونية غير البلورية بطريقة التحليل بالتفريغ التوهج غاز السالين وحصولة على وصلة (pn) ولقد وجد ان هذه الاغشية تحتوي على الهيدروجين (وهو ناتج من تحليل غاز السالين الذي يقوم بإشباع الاواصر الشائبة في الفجوات الصغيرة والعيوب الاخرى في تركيب الغشاء، وبذلك يقلل المراتب الطاقة في الفجوة المحظورة مما يساعد على امكانية تطعيم المادة، ان اول انتاج تجاري من هذه الخلايا ظهر في عام ١٩٨٠ تتراوح كفاءة هذه الخلايا من (٤% الى ١٠٪) ان هذا النوع من الخلايا من أحسن الخلايا الموجودة في المستقبل لأنها تقود الي الحصول على الكثير من الخواص المرغوبة في العملية الفوتوفولطائية وخاصة انها تقلل من كثافة مراتب الطاقة في الفجوة المحضورة.[٢]

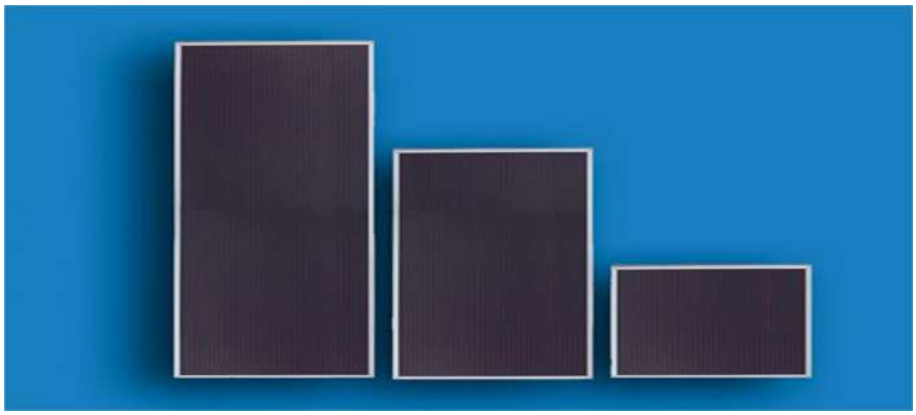
٣. الخلايا السليكونية متعدد البلورات

تُصنّع خلايا السيليكون الشمسية متعددة البلورات من سبائك سيليكونية مُربّعة الشكل، وتتمّ عملية تصنيعها من خلال تبريد السيليكون المصهور وصبّه في كتل مُقسّمة إلى ألواح رفيعة، وينتُج عن تصلّبها خلايا تحتوي على العديد من البلورات، ومن الجدير بالذكر أنّ سطح هذه الخلايا يكون أقلّ فعاليةً في امتصاص أشعة الشمس مُقارنةً بسطح الخلايا السيليكونية أحادية البلورة، وبالتالي فإنّها تُنتج كميةً أقلّ من الطاقة الكهربائية، ولتعويض ذلك يكون حجمها أكبر من الخلايا الأخرى، ممّا يعني حاجتها لمساحة أكبر، لكنّ ذلك لا يُلغي أنّ عملية تصنيعها أسهل وسعرها أقلّ.

الشكل (٢-٢) الخلايا السليكونية متعدد البلورات

٤. الخلايا السيليكونية المورفية أو خلايا الفيلم الرفيع (Amorphous)

الخلايا السيليكونية المورفية او خلايا الفلم الرفيع (amorphous) والتي تسمى ايضا (thin film) وتختصر بـ(a-Si) وفيها فانه يتم ترسيب مادة السيليكون على هيئة طبقات رفيعة علي أسطح من الزجاج أو البلاستيك لذلك فإن تصنيع هذه الخلايا يتم بتقنية سهلة ولكن كفاءتها أقل من ٣ إلى ٦% وأسعارها أيضا أقل من احادية ومتعددة التبلور وهي مناسبة لتطبيقات من ٤٠ وات وما دون



الشكل (٢-٣) خلايا الفيلم الرفيع

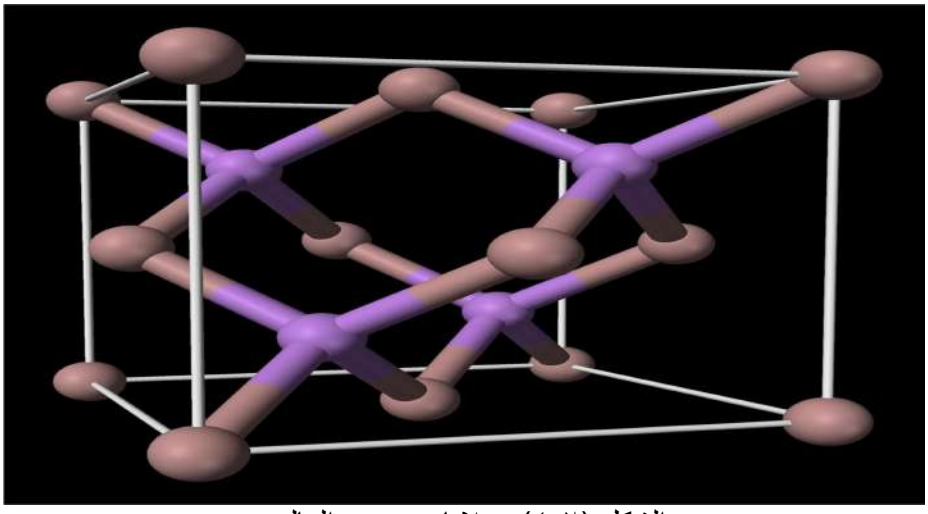
(٢-٣) الخلايا الشمسية ذات الكفاءة العالية: (High efficiency solar cells)

طُوِّرت الخلايا الشمسية بسبب الحاجة لخلايا شمسية ذات كفاءة أعلى لكنّ تكاليف صناعتها والمواد اللازمة لذلك تسبّبت في جعل انتشارها محدوداً حتّى اللحظة ومن أنواعها ما يأتي:[٣]

١- خلايا الجاليوم ارسنايد

السليكون ليس المادة الوحيدة الملائمة في الاستخدام في تصنيع الخلايا الكهروضوئية فهناك مواد اخرى يمكن استخدامها كاليوم ارسنايد التي تمتلك هيكلا بلوريا مشابه السليكون وهي تتكون من ذرات متعاقبة من الغاليوم والارسنايد ولكونها ذات معامل امتصاص عال للضوء

فانها ملائمة جدا لاستخدام في تطبيقات الخلايا الشمسية وهي تتمتع بكفاءة جيدة، يمكن ان تعمل تحت ظروف درجة حرارة عالية نوعا ما بدون تناقص في ادائها كالخلايا السليكونية وبعض اشباه الموصلات التي تعاني من هذه المشكلة وبهذه المواصفات يمكن استخدام خلايا الغاليوم ومارسنايد في منظومات الخلايا الشمسية المركزة ومن الامور الأخرى التي يجب معرفتها وهي ان كلفة تصنيع هذه الخلايا اعلى من كلفة تصنيع الخلايا السليكونية وذلك لكون عمليات انتاجها غير متطورة حاليا وتستخدم هذه الخلايا عند الحاجة الي خلايا ذات كفاءة عالية كما هو الحال في تطبيقات الفضاء وقد استخدمت ايضا في تشغيل سيارة انتجتها شركة جنرال موتورز أطلق عليها اسم صن ريسر (SUN RACER).[٢]



الشكل (٢-٤) خلايا زرنيخيد الغاليوم

٢- خلايا الكوبراندیوم ديسئناید

وهي مواد شبه موصلة مركبة من التحاس والاندیوم و السليناید وقد استخدمت في تصنيع خلايا وصلت كفاءتها في مختبر١٢٪ وقد قامت شركة سيمنس الالمانية بتصنيع الواح من النوع ك١حذات مساحة ٣٠ سنتمتر مربع و كفاءة تعادل ١٠٪ وفي عام ١٩٩٤ اعلنت بانها يمكن ان تقوم بتصنيع هذه الخلايا علي نطاق التجاري بالتعاون مع احدى الشركات الزجاج لأمريكية وهذا النوع من الخلايا لا يعاني من مشكلة نقصان الكفاءة عند الاستخدام وظهر هذه في الخلايا السليكونية العشوائية ولكن مشكلته تنحصر في سمك الغشاء الرقيق لهذه الخلايا فهو اكبر من الخلايا السليكونية العشوائية وبما ان الاندويوم مادة غالية الثمن وبالرغم من ان هذه الكمية المستخدمة قليلة فإن ذلك يؤثر على سعرها ومن مساوئ طريقة تصنيع هذه الخلايا هو استخدام غازي الهدروجين والسليناید وهو سام جدا ويسبب مشاكل صحية كبيرة عند حوث خلل عند التصنيع.

٣- خلايا الكادميوم تليراید

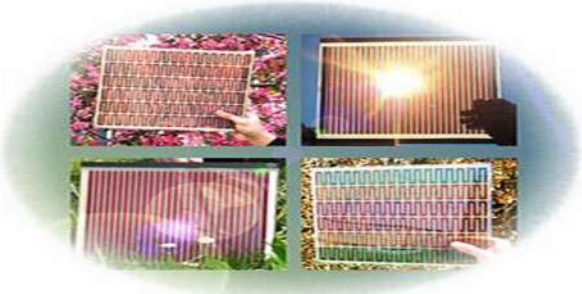
وهو مواد اخرى شبه موصلة مناسبة لاستخدام الخلايا الفولطاضوئية تتألف من الكادميوم والييلراید ومن محاسن خلايا الكادميوم تيلراید هو امكانية صنعها بإستخدام عملية بسيطة ورخيصة من الطلاء الكهربائي وقد وصلت كفاءة الخلايا من هذا النوع ١٠٪ وبدون تناقص في الكفاءة عند الاستخدام ومن مساوي هذه الخلايا هو ان الكادميوم مادة سامة جدا ولهذا يجب اخذ الاحتياطات اللازمة اثناء عملية التصنيع.[٤]

٤- خلايا شمسية عضوية

هى خلايا شمسية جديدة قابلة لإعادة ألتدوير مصنوعة من ألأشجار أو أكثر تحديدا، فقد تم تصنيعها من الركيزة الأساسية التي يمكن أن يحصل عليها من أي نبات آخر قام بذلك فريق في معهد جورجيا للتكنولوجيا، بالتعاون مع باحثين من جامعة بوردو الأمريكية تصنع هذه الخلايا الشمسية من البولمير المعتمد على ركائز السليلوز الثانوية لإنشاء خلايا شمسية أكثر إستدامة، ويمكن اعادة تدويرها بسرعة فى المياه فى درجة حرارة الغرفة وتمتاز بأنها منخفضة التكاليف، تعطى خلايا قابلة للتشكيل وبألوان مختلفة وذات وزن خفيف.

٥- الخلايا الشمسية الصبغية

وتسمى أيضا باسم مخترعها (Grazel cells) تُصنع من ثنائي أكسيد التيتانيوم وتغلّف بطبقة رقيقة جداً من المُحسّسات حيث تعتمد على تكنولوجيا النانو في التصنيع ومن الجدير بالذكر أنّها لا تزال تحت الفحص المخبري التجريبي بالرغم من كفاءتها العالية نظرياً.



الشكل (٢-٥) الخلايا الشمسية الصبغية

الشكل (٢-٦) الخلايا الشمسية العضوية

(٢-٤) ملحقات الخلايا الشمسية:(Solar cell accessories)

في بعض الأحيان تمتلك منظومات الخلايا الشمسية مكونات أخرى لتساعدها وتجعلها ذات فائدة في تجهيز الطاقة الكهربائية منها:-

١. **عاكس:** يساعد العاكس على تحويل التيار المستمر الذي تقوم بتوليده الخلايا الشمسية الى التيار المتناوب المستعمل من قبل اغلب الأجهزة وكذلك في البيوت والمكاتب.

٢. **كفاءة العاكس:** العاكسات الحديثة تكون كفاءة تحويل من(DC) الى(AC) أكبر من ٩٠% وذلك خلال مدى قدرة واسع حتى جزء صغير من الاحمال) يوضح الشكل ادناه تمثيل لقدرة مدخل وقدرة مخرج العاكس.

٣. **وحدات الخزن:** تقوم وحدات الخزن بخزن الطاقة المتولدة من قبل الخلايا الشمسية لفرض استعمالها في الأوقات التي تكون فيها الأشعة الشمسية قليلة أو معلومة، ومن طرق الخزن المستعملة لهذا الفرض

أ – البطارية:- وهي إحدى وحدات الخزن التي تعمل بصورة جيدة مع الخلايا الشمسية حيث تقوم بخزن الطاقة المتولدة كهروكيميائية.

ب-الطاقة الكامنة:- أن الطاقة المتولدة عن طريق الخلايا الشمسية يمكن أن تخزن أيضا كطاقة كامنة، حيث أن الماء المضخوخ والهواء المضغوط هما شكلان من أشكال الطاقة الكامنة يمكن الاستفادة منها.[٥]

(٢-٥) صناعة الخلايا الشمسية:(solar cell industry)

توجد في الطبيعة مواد كثيرة تستخدم في صناعة الخلايا الشمسية والتي تنجمع بنظام كهربي وهندسي محدد لتكوين ما يعرف بالخلية الشمسية والتي بدورها تتجه إلى واجهه معينة وتعرض لأشعة الشمس بزاوية معينة لينتج أكبر قدر من الكهرباء وتتكون الخلية الفوتوفولطية من طبقة رفيعة من مادة السيليكون هذه المادة هي إحدى مواد اشباه الموصلات (semiconductor) من المعروف أن السيليكون كمادة نقية لا يوجد في الطبيعة على حالة منفردة، بل في صورة متحدة وهو من أكثر العناصر انتشارا على سطح الأرض بعد الأوكسجين وهو موجود في الطبقات الخارجية للأرض ويوجد في الطبيعة في صورة أكسيد السليكا الرمل هو المادة الأولية الموجودة بكثرة وبثمن بخس، باستعمال ١ كجم من المادة الخام لا تحصل إلا على ٥٠ جرام من اللوحات الفوتوفولطية لقد تم تطور تقنيات صناعة الخلايا الشمسية خلال عمليات متسلسلة من المعالجات الكيميائية والفيزيائية والكهربائية على شكل متكاتف ذات الآلية او عالي التقنية كما تم تطوير مواد مختلفة من أشباه الموصلات التصنيع الخلايا الشمسية على هينة عناصر كعنصر السيليكون أو على هينة مركبات كمركب الجاليوم زرنيخ، وكربيد الكادميوم، وفوسفيد الأنديوم، وكبريتيد التحاس وغيرها من المواد المستخدمة في صناعة الخلايا الشمسية، فيما يلي مراحل تصنيعها.

١. يتم اعداد السيليكون المعدني باختزال خليط من الرمل والفحم في فرن كهربي طبقا للمعادلات الكيميائية الاتية

Si + 2CO ج SiO2 + 2C

Si C + 2CO ج SiO2 + 3C

3Si + 2CO ج SiO2 + 2SiC

تكون النتيجة الحصول على السيليكون أحادي البلورة (mono crystalline) بنسية نقاوة لا تتعدى ٩٨٪ ولزيادة النقاوة يستعمل ثالث كلور السيلان التفاعل مع كلور الهيدروجين في درجة حرارة ٢٥٠ درجة مئوية.

٢. للحصول على السيليكون متعدد البلورة (poly of multi crystalline) يتم اختزال المرحلة السابقة، بالهيدروجين في حوالي ١٠٠٠ درجة مئوية – وهذا السيليكون يكون أكثر نقاوة.

٣. يتم قطع السبيكة إلى أقراص ثم اصقل الميكانيكي للقرص.

٤. ينظف الوجه الأمامي للقرص كيميائيا، وذلك لإزالة الشوائب عن الوجهة الأمامية للقرص.

٥. عادة تعديل وضع الخلايا.

٦. ظف الوجه الخلفي للخلية.

٧. وضع ملامس على طرفي الخلية التوصيل الخلية بالدائرة الكهربائية.

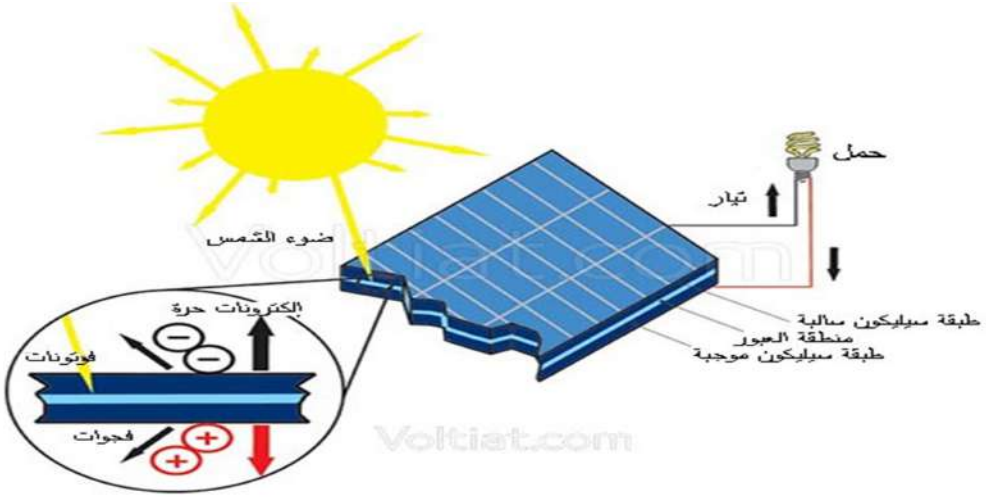
٨. وضع طبقة ضد (مانعة) الانعكاس، حيث أن تعرض اللوحات الشمسية لانعكاس الإضاءة يؤدي إلى مفقودات تصل إلى ٤٥% لذا يتم وضع طبقة ضد الانعكاس فتنخفض المفقودات إلى 10%.

٩. لحام أسلاك التوصيل والتي فيها يتم التعامل مباشرة مع الخلية ويجب مراعاة الطريقة السليمة والدقيقة والغنية اللحام الأسلاك لأن اللحام الخاطئ يسبب تشوه مقاومة على الموصلات أو تلفها.[٧]

الشكل (٢-٧) الية تصنيع الخلية الشمسية

(٢-٦) طريقة عمل الخلية الشمسية (How a solar cell works)

عند تعرض الخلية للإشعاع الشمسي فإن الإلكترونات الحرة ممتص "طاقة الفوتونات المكونة للإشعاع الشمسي أي أن الطاقة المنبعثة من الشمس تصطدم بسطح الخلية في شكل فوتون (الفوتون عبارة عن طاقة في صورة ضوء وإشعاع كهرومغناطيسي وليس لها شحنة ولا كتلة) وإذا كانت طاقة الفوتون كافية فإنها تعمل على تحفيز الإلكترونات في الخلية الشمسية مما يولد جهدا كافيا لدفع هذه الإلكترونات في دوائر الحمل أي أن عند سقوط ضوء الشمس على الخلية معر هذا الضوء من خلال سطح الخلية و ممتص منه جزء بو اسطة الطبقة الأولى للخلية وهي طبقة السيليكون والمحتوية على الفوسفور (أي النوع N) أما غالبية الضوء الساقط على هذه الخلية فيقوم بامتصاصه الجزء الخاص بذلك أي طبقة السيليكون المحتوية على البورون (أي النوع p) خلال هذه العملية تتكون إلكترونات حرة الحركة يمكنها السريان خلال الموصل المتصل في أطراف الخلية، بزيادة كثافة الضوء الساقط على الخلية تزداد حركة الإلكترونات وبالتالي يتشكل تيار كهربي مستمر (DC) وعند توصيل حمل كهربي بين طرفي الخلية الشمسية يتم الاستفادة من حركة الإلكترونات الناتجة من سقوط ضوء الشمس على الخلية.[٥]



الشكل (٢-٨) عمل الخلية الشمسية

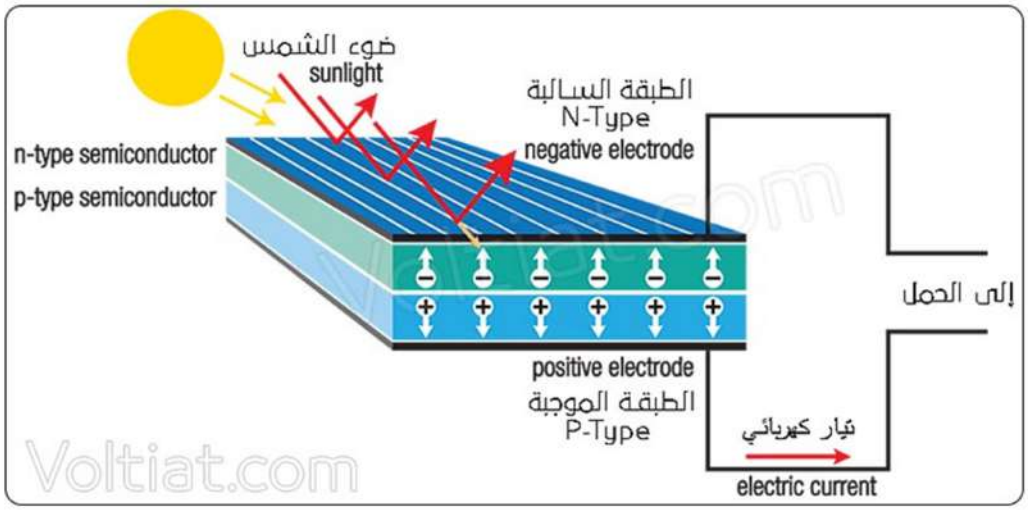
(٢-٧) مكونات الخلايا الشمسية:(components of solar cells)

ذرة السيليكون البلوري تحتوي على ١٤ إلكترون وتحتوي الخلية الشمسية ببساطة من مواد شبه موصله والتي تتكون من مواد نقية مثل: السيليكون والجرمانيوم مع إضافة مواد غير نقية بنسبة معينة كالشوائب مثل: الزرنيخ، الانتيمون، الفسفور، الغاليوم، الانديوم والبورون، حيث تصنع الخلية الشمسية من طبقتين لكي تعمل على توليد الطاقة الكهربائية وهما:

١- طبقة نوع (N-Type): تحتوي على مواد شبه موصلة مضافاً إليها مواد شائبة بذرات خماسية التكافؤ كالزرنيخ أو الانتيمون أو الفسفور.

٢- طبقة نوع (P-Type): تحتوي على مواد شبه موصلة بإضافة مواد شائبة عليها بذرات ثلاثية التكافؤ كالجاليوم والباريوم.

وتعمل كلا الطبقتين على (P-N type) على تدفق التيار الكهربائي داخل الخلية عند سقوط أشعة الشمس على سطحها تصع الخلية الشمسية على شكل فرزات خشنة لزيادة مساحة سطح الخلية، بالإضافة إلى وجود فولتيات وبعض المواقع الإلكترونية.[٨]



الشكل (٢-٩) مكونات الخلايا الشمسية

(٢-٨) اجيال الخلايا الشمسية:(generations of solar cells)

١. الجيل الأول:

يتم تصنيع الخلايا الفوتوفولطية من مواد أشباه الموصلات، التي تعد مادة السيليكون الأكثر شيوعا واستخداما نظرا لتوافر مصادرها في جميع انحاء العالم كانت الخلايا كبيرة وغير مرنة وبتكلفة تصنيع عالية ونتيجة أن رقائق السيليكون منخفضة الامتصاص والاستيعاب للأشعة الشمسية، فقد أدى ذلك إلى زيادة سمكها عن ١٢٥ الى ٢٥٠ ميكرومتر وهي تمثل سمك كبير جدا مقارنة بالرقائق المصنعة من أشباه الموصلات الأخرى مثل زرنيخ الجاليوم (Gallium Arsenide) والتي يكون سمكها حوالي واحد ميرور ولذا كانت تكلفة انتاج الكهرباء من منتجات خلايا الجيل الأول مرتفعة جدا والتي وصلت إلى ٥ دولارات أمريكية لكل وات عموما مازالت الخلايا الشمسية السليكونية هي الغالبة تجاريا حوالي ٨٠ لما تتصف به من الكفاءة العالية.

٢. الجيل الثاني:

خلايا شمسية من الأفلام الرقيقة ((Thin – Film Photovoltaic (TFPV) والتي تعتمد في انتاجها على عدة أساليب متقدمة منها طريقة ترسيب الأبخرة الكيميائي (Chemical Vapor Deposition (CVD)) والتي تتلخص في تصنيع أغشية رقيقة من مواد أشباه الموصلات المترسبة على قواعد زجاجية أو بلاستيكية (هذه القواعد يتم عليها ترسيب الأغشية رقيقة السمك من أشباه الموصلات لتكوين وحدة الخلية الفوتوفولطية).

تمتاز هذه الخلايا بأنها ذات سمك رفيع لا يزيد عن واحد ميكرومتر أي أن سمكها يقل عن سمك رقائق مادة السيلكون المستخدمة في الجيل الأول من الخلايا بنحو تتراوح ١٠٠- ١٠٠٠ مرة.

نتيجة ذلك أصبحت الخلايا خفيفة الوزن ومرنة مما ميزها للاستخدام كمصدر للطاقة بالأجهزة المحمولة مثل الهواتف والحواسب المحمولة ولكن مازالت كفاءتها منخفضة وفي حدود ١٠% سبب انخفاض الكفاءة يرجع إلى أن سمك خلايا الجيل الثاني رفيعة جدا وبالتالي لا تمتص نفس الكمية من طيف الأشعة الشمسية التي تقوم بامتصاصها الشرائح السميكة من السيليكون المنتجة بالجيل الأول) ومن أمثلة خلايا الجيل الثاني: السيليكون اللابلوري (amorphous Si)، سيليكون نانو بلوري (Nano crystalline Si)، تليريد الكاديوم (Cadmium telluride).[٧]

٣. الجيل الثالث:

وهو ما يعرف بجيل "تكنولوجيا النانو" مازالت منتجات هذا الجيل مرحلة البحث والتقييم والتطوير على المستوى التجريبي والمعملي ويتوقع أن يكون لها مدى ابداع واسع وتعد الخلايا الشمسية الصبغية ((Dye sensitized Solar Cells (DSC) أحد أهم أنواع الجيل الثالث من الخلايا الفوتوفولطية لانفرادها بعدة مزايا تقنية واقتصادية ومن الخلايا الأخرى: خلايا شمسية بوليميرية (Polymer Solar Cells) وخلايا نانو بلوري (Nano crystalline Cells) تكون خلايا السيليكون البلوري هي الأكثر شيوعا في الأسواق والتي تمثل نسبة ٩٠٪ من فوائد استخدام السيليكون في الخلايا الشمسية أنه أمكن تقليل الكمية المستخدمة في انتاجها كالآتي

في عام ٢٠٠٤ كان: 13 gr/w

في عام ٢٠٠٨ أصبح: 6.3 gr/w

مخطط الوصول إلى: 5.0 gr/w

(٢-٩) تأثير العوامل المناخية على الخلية الشمسية الفوتوفولطية (The influence of climatic factors on solar photovoltaics):

تمتل شدة الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة المحيط حركة الرياح المؤثرات المناخية الرئيسة على الخلية الشمسية تؤثر هذه العوامل المتاخية على مخرج الخلية الشمسية الفوتوفولطية (الجهد التيار- ونقطة القدرة القصوى) كما تؤثر هذه العوامل على الحرارة الداخلية للخلية الشمسية والتي بدورها تؤثر على مخرج الخلية الشمسية.

١- تأثير شدة الاشعاع الشمسي على مخرج الخلية الشمسية الفوتوفولطية

يعتمد مخرج الخلية الشمسية الفوتوفولطية المصنعة من السيليكون أحادي البلورة ومتعدد البلورات على شدة الإشعاع الشمسي الساقط والذي يقاس بالوات، ويزداد التيار المخرج الخلية الشمسية كلما زادت شدة الإشعاع الشمسي أما جهد الدائرة المفتوحة للخلية الشمسية فإنه يرتفع إلى قرب أعلى قيمة له مع بداية ظهور الشمس أي عندما تكون شدة الإشعاع الشمسي أقل من ١٠٠ وات/ م^{٢} حيث يرتفع جهد المخرج للدائرة المفتوحة من ٢٢٠ فولت الى ٥ فولت وتزيد هذه القيمة لوغاريتميا إلى قيمة تقارب فولت عندما تكون شدة الإشعاع الشمسي تتراوح بين ١٠٠ و١٠٠٠ وات/ م^{٢} أما تيار دائرة القصر فإنه يرتفع خطيا مع شدة الإشعاع الشمسي وتعتمد فيه على مساحة الخلية الشمسية وتؤثر شدة الإشعاع الشمسي بشكل غير مباشر على جهد وتيار الخلية الشمسية كون ارتفاع قيمة شدة الإشعاع الشمسي يؤدي إلى ارتفاع حرارة الكلية الشمسية ويبين شكل ادناه تأثير شدة الإشعاع الشمسي على منحتي التشغيل لخلية شمسية عتد ثبات درجة حرارة الخلية الشمسية.[١٠]

٢- تأثير درجة حرارة المحيط الخارجي على جهد وتيار الخلية الشمسية الفوتوفولطية:

يؤدي ارتفاع درجة حرارة المحيط الخارجي إلى ارتفاع درجة حرارة الخلية الشمسية والذي بدوره يؤدي إلى انخفاض جهد الدائرة المفتوحة وارتفاع تيار القصر للخلية الشمسية وينخفض جهد الدائرة المفتوحة بمعدل 2.3mV/°c عند ثبات شدة الإشعاع الشمسي كما يزيد ببار دائرة القصر عن قيمته عند درجة حرارة ٢٥ درجة مئوية بنسبة ٠.٠٥٪ كلما ارتفعت درجة حرارة الخلية درجة مئوية واحدة ولصغر هذه النسبة يمكن إهمال تأثير الحرارة في حساب علاقة شدة الإشعاع الشمسي وتيار دائرة القصر ولاسيما عند تغير حرارة لوحة الفوتوفولطية فى المدى الطبيعي من (٩٠-٢٠) درجة مئوية ويوضح شكل (٣٣) تأثير درجة حرارة المحيط الخارجي على منحنيات التشغيل (منحنى العلاقة بين التيار والجهد ومحني القدرة)، ويلاحظ من هذه المنحنيات الاتي:

- فرق الجهد المتولد من الخلية الشمسية يظل ثابتا تقريبا عند كل مستويات الاشعاع الشمسي الساقط.
- التيار المتولد يتغير مباشرة تبعا لقيم الإشعاع الشمسي الساقط عند كل لحظة زمنية.

بينما يوضح شكل ادناه العلاقة بين الاشعاع الشمسي وكل من الجهد والتيار للخلية الفوتوفولطية والذي يتضح منه الملاحظات الاتية:

- يزيد الجهد طرديا وبسرعة حتى ٢٠٠ وات / متر مربع ثم يكون ثابت تقريبا.
- يزيد التيار (وبالتالي القدرة القصوى) تناسبيا مع زيادة الإشعاع الشمسي.

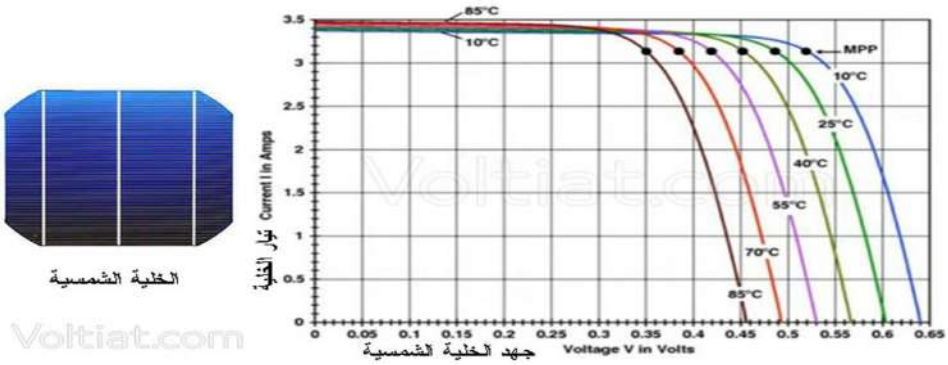
٣- تأثير الرياح على مخرج الخلية الشمسية

لا تؤثر حركة الرياح بصورة مباشرة على مخرج الخلية الشمسية ولكن تؤثر على حرارة سطح الخلية الشمسية وبالتالي على الحرارة الداخلية للخلية الشمسية ولأن حركة الرياح تؤثر على تيارات الحمل فإنها تساعد على رفع معامل انتقال الحرارة بالحمل والذي على انتقال الحرارة من سطح الخلية إلى المحيط الخارجي ويخفض من الحرارة الداخلية للخلية وبالتالي يحسن من كفاءتها وادائها.[٩]

٤- تأثير العوامل المختلفة على حرارة الخلية الشمسية الفوتوفولطية

توثر العوامل المناخية المختلفة على حرارة الخلية الفوتوفولطية والتي بدورها تؤثر على القدرة القصوى لمخرج الخلية الفوتوفولطية، هذه العوامل هي:

- ارتفاع حرارة الخلية نتيجة ارتفاع درجة حرارة المحيط الخارجي.
- ارتفاع حرارة الخلية نتيجة زيادة شدة الإشعاع الشمسي.
- انخفاض حرارة الخلية بسبب زيادة تأثير انتقال الحرارة بتيارات الحمل الناشئة عن حركة الرياح.
- ارتفاع درجة حرارة الخلية نتيجة مرور التيار الكهربائي فيه.



الشكل (٢-١٠) تأثير الحرارة والاشعاع علئ الخلايا الشمسية

الفصل الثالث

كفاءة الخلايا الشمسية

(٣-١) قانون كفاءة الخلية الشمسية:(Solar cell efficiency law)

يمكن حساب كفاءة الالواح الشمسية : بقسمة أقصى قدرة يمكن الحصول عليها من اللوح على حاصل ضرب القدرة الإشعاعية (١٠٠٠ واط بالمتر المربع) بمساحة اللوح وتكون كفاءة اللوح الشمسي أقل بحوالي ٢٠% من كفاءة الخلية الشمسية نفسها.[٧]

(٣-٢) حساب كفاءه الخلايا الشمسية: Calculation of solar cell) (efficiency

حساب كفاءة الشمسية تعد خطوة تحديد كفاءة الخلايا الشمسية في غاية الأهمية عند تصميم النظام الشمسي حيث تعبر عن مقياس لكمية الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الخلايا الشمسية لكي يتحول إلى طاقة كهربائية ومع التطور المتتالي خلال السنوات الماضية وحتى هذه اللحظة ارتفع في تصنيع الخلايا.

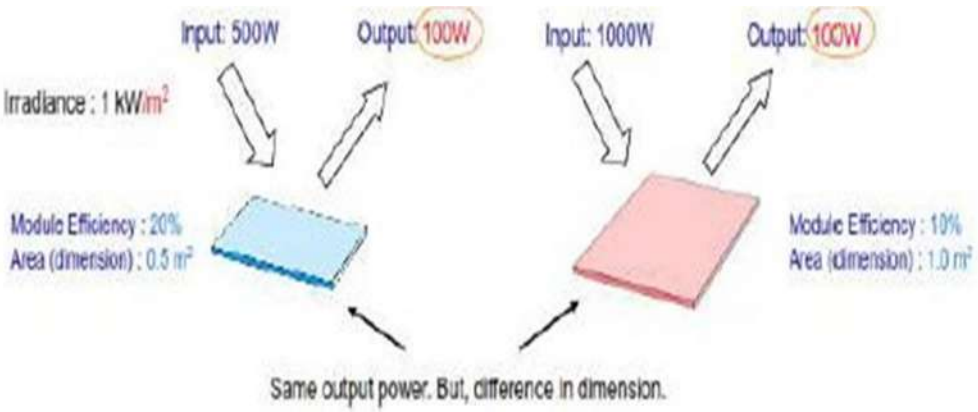
(٣-٢-١) كفاءة الخلية الكهروضوئية الشمسية:(solar photovoltaic cell (efficiency

تحدد كفاءة الخلية من خلال بنية الخلية ومواد السيليكون الأساسية المستخدمة والتي قد تكون من نوع P أو نوع N وقد ظهرت أعلى كفاءة لخلية نوع (N-type IBC) والتي وصلت إلى ٢٢.٨% خلال السنوات الأخيرة وما زالت التطويرات تجري على خلفية التنافس بين الشركات المصنعة للخلايا الشمسية حيث يسعى المنافسين بأن يكونوا في المرتبة الأولى، ومن أجل ذلك لا بد من رفع الكفاءة مع تقليل حجم اللوح بقدر الإمكان وزيادة القدرة الإنتاجية

(٣-٢-٢) علاقة الكفاءة مع مساحة اللوحات: Efficiency relationship) with plate area)

تحدث الكفاءة فرقاً كبيراً في مقدار مساحة السطع المطلوبة فكلما كانت إنتاجيه الألواح ذات الكفاءة العالية أكبر لكل متر مربع تتطلب مساحة أقل، وهذه ميزة مهمة لا بد من أخذها في الاعتبار، وهي كفاءة اللوح الشمسي ومساحته.[١٠]

مثال على ذلك: إذا توفر لدينا لوح شمسي بمساحة واحد متر مربع، يمكنه إنتاج طاقة ١٠٠ واط، وكانت طاقة الإشعاع الشمسي الساقط عليه ١٠٠٠ واط لكل متر مربع فإن كفاءة اللوح ١٠% فقط بينما اللوح الشمسي بمساحة ٠.٥ متر مربع يسقط عليه طاقة إشعاع شمسي بمعدل ٥٠٠ واط لكل متر مربع، ويمكنه إنتاج طاقة بقدرة ١٠٠ واط، فإن كفاءة اللوح ٢٠%.



الشكل (٣-١) علاقة الكفاءة مع مساحة اللوح الشمسي

(٣-٢-٣) العوامل المؤثرة على كفاءة الخلايا الشمسية (Factors affecting the efficiency of solar cells)

هناك عوامل خارجية على أرض الواقع قد تؤثر على كفاءة الخلايا الشمسية بالانخفاض ومنها:

معدل الإشعاع الشمسي الساقط على الأرض بوحدة الواط لكل متر مربع (W/m^2).

- التظليل.
- الاتجاه.
- درجة الحرارة.
- الموقع (خط العرض).
- الوقت من العام.
- الغبار والرذاذ.

(٣-٢-٤) كفاءة تحويل طاقة الخلية الشمسية (Solar cell energy conversion efficiency)

تعرف كفاءة تحويل الطاقة للخلية الشمسية بأنها النسبة المئوية للقدرة المحولة من الإشعاع الضوئي الممتص، عندما تكون الخلية أو الخلايا الشمسية متصلة بحمل كهربائية وتحسب كفاءة الخلية من المعادلة التالية:[١١]

كفاءة الخلية أو الخلايا الكهروضوئية (%) = قدرة الخلية أو الخلايا ÷ مدخل إشعاع الضوء (W/m^2)× مساحة الخلايا بالمتر مربع

قانون حساب كفاءة الخلايا الكهروضوئية الشمسية

قانون حساب كفاءة الخلايا الشمسية

$$\text{Efficiency (\%) (الكفاءة)} = \frac{\text{Pmax (قدرة الخلايا الشمسية)}}{\text{(Area (المساحة) x 1000W/m² (طاقة الإشعاع الشمسي))}} \times 100$$

* at STC = Irradiance 1000W/m²
- Pmax = Max panel power (W)
- Area = Panel area (m²)

مثال على حساب كفاءة الخلايا الشمسية

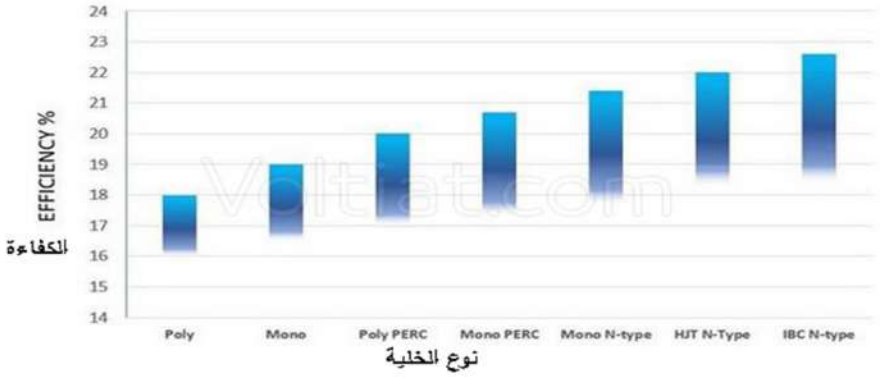
لوح شمسي بقدرة ٢٠٠ واط ومساحته ١.٤ متر مربع، وأن طاقة الإشعاع الشمسي الساقط عليه بمعدل ١٠٠٠ واط لكل متر مربع، احسب كفاءة اللوح الشمسي.

كفاءة الخلية أو الخلايا الكهروضوئية (%) = (قدرة الخلية أو الخلايا ÷ (مدخل إشعاع الضوء W/m^2 × مساحة الخلايا بالمتر مربع m^2 × ١٠٠

(٢٠٠ ÷ (١٠٠٠ × ١.٤)) × ١٠٠

=%١٤.٣

ملاحظة مهمة: يفضل عند حساب كفاءة الخلايا الشمسية أن نقيس طول وعرض الخلية نفسها وضربها في عدد الخلايا، وتحويلها للمتر لكي تحصل على قيمة كفاءة دقيقة، وليس أن تقيس كامل اللوح الشمسي عند تحصل على قيمة مرتفعة نسبياً، لأن اللوح به مساحات فارغة بين كل خلية والخلية الأخرى، وكذلك الفراغ الموجود بين الأطار والخلايا والشكل ادناه يوضح مقارنة بين كل كفاءة خلية كهروضوئية شمسية.[١١]



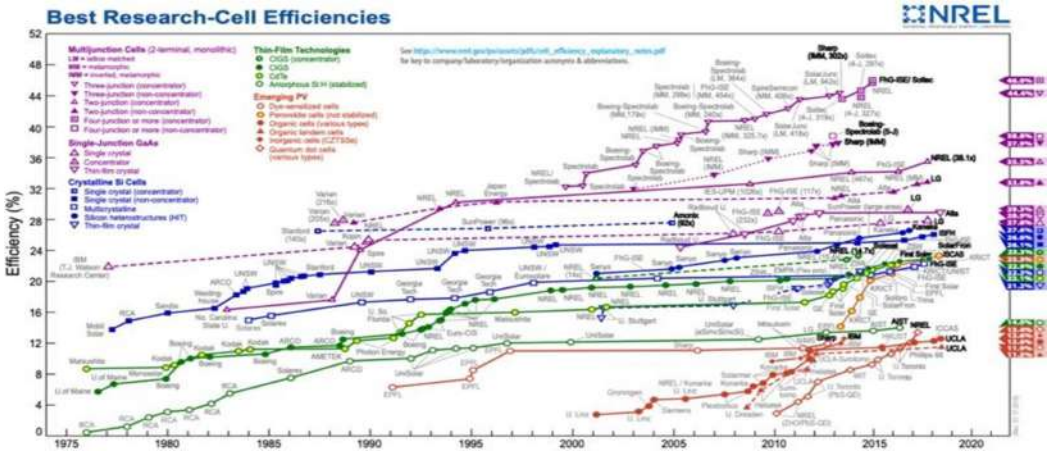
الشكل (٣-٢) منحنى يوضح كفاءة كل نوع خلية كهروضوئية

(٣-٣) كفاءة تحويل الخلايا الشمسية (conversion efficiency of solar cells)

تعتبر كفاءة التحويل من أهم خصائص اللوحات الشمسية (اللوحات الكهروضوئية PV) وتقوم الشركات العالمية بصرف مليارات الدولارات سنويا لتحسين كفاءة منتجاتها تعرف كفاءة تحويل الخلية بأنها نسبة الطاقة الواصلة مع أشعة الشمس التي يستطيع الفعل الكهروضوئي تحويلها إلى طاقة كهربائية ويتم حساب الكفاءة بتقسيم الطاقة الكهربائية الناتجة عن التحويل على طاقة الضوء المسلط على الخلية.

كفاءة تحويل الخلية = الطاقة الكهربائية الناتجة عن التحويل \ طاقة الضوء المسلط على الخلية

تقنيا وببساطة كما شرحنا سابقا يقوم الفوتون الواصل إلى طبقة الامتصاص بتحفيز حاملات الشحنات السالبة والموجبة اللوحات الشمسية ذات الكفاءة العالية تتطلب طاقة أقل من الضوء لكي يتحرر إلكترون سالب وثقب موجب ويستطيع الإلكترون العبور عبر المنطقة العازلة إلى الرقاقة السالبة وبالتالي إذا سلطنا نفس كمية الضوء على لوحتين كهرو ضوئيتين بكفاءتين مختلفتين واحدة بكفاءة ٢٠% والأخرى بكفاءة ١٥% فإن المتر المربع من لوحة ال ٢٠% يستطيع تحريرالكترونات أكثر وبالتالي توليد طاقة كهربائية أكبر من متر مربع من اللوحة الأخرى بكفاءة ١٥%.[٤]



الشكل (٣-٣) صورة عن آخر تحديث من مخطط تطور كفاءات الخلايا الكهروضوئية

- يتم تفرقة الكفاءات حسب التكنولوجيا المستخدمة لتصنيع الخلايا الكهروضوئية ويتم التمييز حسب لون الخط المرسوم والشكل المصاحب له مثلا يتم تمييز مجموعة التكنولوجيا المعتمدة على خلايا بلورات السيليكون (Crystalline Si Cells) باللون الأزرق أما الخلايا المتعددة الوصلات (Multijunction Cells) فيتم تمييزها باللون البنفسجي، أما تكنولوجيا الفلم الرقيق (Thin-Film) فيتم تمييزها باللون الأخضر وهلم جرا.
- يتم التعبير عن مرور الزمن من خلال المحور الأفقي من اليسار إلى اليمين.
- يتم التعبير عن مقدار الكفاءة من خلال المحور الشاقولي من الأسفل إلى الأعلى.
- الكلمات المكتوبة ضمن الشكل هي أسماء المخابر والشركات التي استطاعت تحقيق هذه الكفاءات.
- الأرقام على يمين الشكل هي أحدث الكفاءات لكل تكنولوجيا حتى تاريخ نشر التقرير.

على سبيل المثال إن أفضل كفاءة تحويل لخلايا بلورات السيليكون من نوع (HIT) هي 26.6٪ وتم تحقيقها من قبل شركة (Kaneka) هل تستطيعون إيجاد أفضل كفاءة لخلايا الفلم الرقيق المصنع من تيلوريد الكادميوم (CdTe)؟ ومن هي الشركة التي استطاعت تحقيق هذا الرقم؟

(٣-٤) العوامل المؤثرة على كفاءة الخلية الشمسية: (Factors affecting the efficiency of the solar cell)

كما في المكائن الحرارية كذلك في الخلايا الشمسية هناك عوامل توثر في كفاءة انتاج الطاقة الكهربائية، ففي المكائن الحرارية تلعب درجة حرارة التبخير والتكثيف دورا اساسيا في تحديد الكفاءة النظرية لتوليد الطاقة الكهربائية اضافة بالطبع الي كفاءة الأجهزة الوسيطة المستعملة، ما في الخلايا الشمسية فالكفاءة ليست محكومة بالعوامل التي تحد من كفاءة المكائن الحرارية، الا أن هناك اعتبارات أخرى تحد من كفاءة الخلايا الشمسية بحيث إنها لا تزيد عن ٢٥% وتعرف كفاءة الحلية الشمسية على أنهاء:

$$\text{كفاءة الخلية الشمسية} = \frac{\text{القيمة القصوى لحاصل ضرب التيار بالجهد الكهربائي}}{\text{مساحة السطح} \times \text{شدة الاشعاع الشمسي}}$$

أما العوامل الموترة على كفاءة الخلية الشمسية فهي:

١- العلاقة بين طاقة فوتونات ضوء الشمس وطاقة ربط الالكترون بالذرة. أن تلك الفوتونات التي تكون طاقتها أكبر من طاقة ربط الالكترون هي التي تنتج التأثير الفوتو فولتي، وتختلف طاقة الربط من مادة الى أخرى لكنا تتراوح في معظم المواد المستعملة لصناعة الخلايا الشمسية بين ١.١-٢.٣ الكترون فولت، ففي السيليكون مثلا تساوي طاقة الربط ١.١ الكترون فولت وبالتالي فان الفوتونات التي تكون طاقتها ١.١ الكترون فولت أو اكبر هي التي تسفيد منها الحلية السيليكونية وبالنظر الى الطيف الشمسي نجد أن ذلك الجزء من الطيف الذي تبلغ طول موجاته ١.١٢ ميكرون أو أقل يؤدي نظريا الى توليد التأثير الفوتو فولتي في خلايا السيليكون، ويحتوي ذلك الجزء من الطيف الشمسي على ٧٧ من طاقة الطيف بأكمله وعلى ذلك فان هناك ٧.٢٣ من طاقة الطيف الشمسي لا تسفيد منها الحلية الشمسية المصنوعة من السيليكون.

٢- تحول طاقة الفوتونات الممتصة الى حرارة: إن الفوتونات التي طاقتها ١كبرمن طاقة ربط الالكترون (طاقة التكافؤ) تمتص على أعماق مختلفة داخل الخلية ويؤدي هذا الى أن قسما من الالكترونات المحررة تتحرر من منطقة بعيدة عن نقاط الاتصال ولا تستطيع الوصول اليها وبذا تضيع طاقتها الحركية على شكل حرارة بالإضافة الى ذلك فان ذلك الجزء من طاقة الفوتون التي تزيد عن طاقة الربط يكتسبه الالكترون بشكل طاقة حركية لكنه لا يلبث ن يفقدها بشكل حرارة ذلك أنها طاقة زائدة عن حاجته

للتحرر، وفي خلايا السيليكون تبلغ الطاقة المفقودة بشكل حرارة ما يعادل ٤٣% من كمية الطاقة الممتصة أو ٣٣% من مجمل طاقة الطي الشمسي. [13]

٣- تسرب جزء من التيار الكهربائي خلال نقاط الاتصال وتعتمد قيمة التيار المتسرب على درجة حرارة الخلية وبالتالي حرارة نقاط الاتصال، فكلما ارتفعت درجة الحرارة هذه ازدادت كمية التيار المتسرب ومن هنا تأتي أهمية تبريد الخلايا الشمسية فالكفاءة النظرية لخلايا السيليكون تصل الى صفر حين ترتفع حرارها الى ٣٠٠ درجة مشوية، لكن في التطبيقات العملية وتحت تأثير الاشعاع الشمسي والظروف المناخية المحيطة فان خسارة نقاط الاتصال تصل الى ٣٨% من الجزء المتبقي بعد طرح قيمة الاشعاع غير الممتص والطاقة المتحولة الى حرارة، وبالنسبة الى كل طاقة الطيف الشمسي تبلغ خسارة نقاط الاتصال حوالي١٧.٥% بما يترك حوالي ٢٦.٥% من طاقة الطيف الشمسي في الحلية بشكل طاقة كهربائية.

٤- مصادر خسارة أخرى تتمثل بعكس الخلية لجزه من الاشعاع الشمسي، والخسارة الناتجة عن اعادة اتحاد بعض الالكترونات المحررة بالفجوات اضافة الى الخسارة في المقاومات الكهربائية في الخلية، وتشكل هذه المصادر جميعا حوالي ١٢% من مجمل الطيف الشمسي لأمر الذي يؤدي الى أن تصل كفاءة الخلايا السيليكونية في تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية الى حوالي ١٤ هرتز فقط.

هناك بالطبع مصادر أخرى لفقدان الطاقة لكنها توجد في الأجهزة الخارجية المربوطة بالخلايا كأجهزة تحويل التيار الثابت الى تيار متردد أو كفاءة خزن الطاقة الكهربائية في البطاريات ناهيك عن كفاءة الأجهزة الكهربائية في نقطة الاستعمال النهائي، فلو فرضنا أن كفاءة تحويل الطاقة الشمسية الى تيار متردد على الجهد الكهربائي المطلوب تبلغ ١٠% وأن هذا التيار يستعمل لتشغيل موتور كهربائي كفاءته ٧٠% فان الكفاءة النهائية من نقطة التحويل (الخلية الشمسية) الى نقطة التسليم (المفعول المطلوب احداثه) تبلغ في الواقع ٧% فقط.

(٣-٥) عامل التعبئة:(packaging worker)

آخر مصطلح محدد في السلوك الكلي للخلية الشمسية هو عامل التعبئة (FF) هذا العامل هو مقياس لجودة الخلايا الشمسية هذه هي القدرة المتوفرة عند نقطة الطاقة القصوى (Pm) مقسومة على جهد الدائرة المفتوحة (VOC) وتيار الدائرة القصيرة (ISC):

$$FF = \frac{P_m}{V_{OC} \times I_{SC}} = \frac{\eta \times A_c \times G}{V_{OC} \times I_{SC}}.$$

يمكن تمثيل عامل التعبئة بيانيا بواسطة المسح الرابع حيث تكون نسبة المناطق المستطيلة المختلفة يتأثر عامل التعبئة مباشرة بقيم سلسلة الخلية ومقاومة التحويلة وخسائر الثنائيات تؤدي زيادة مقاومة التحويلة (Rsh) وتقليل مقاومة السلسلة (Rs) إلى عامل تعبئة أعلى مما يؤدي إلى زيادة الكفاءة وتقريب طاقة خرج الخلية أقرب إلى الحد الأقصى تتروح عوامل التعبئة النموذجية من ٥٠٪ إلى ٨٢٪ عامل التعبئة لخلية (PV) السيليكون الطبيعي هو ٨٠ ٪.[١٢]

(٣-٦) حساب منظومة الخلايا الشمسية: (Calculation of the solar cell system)

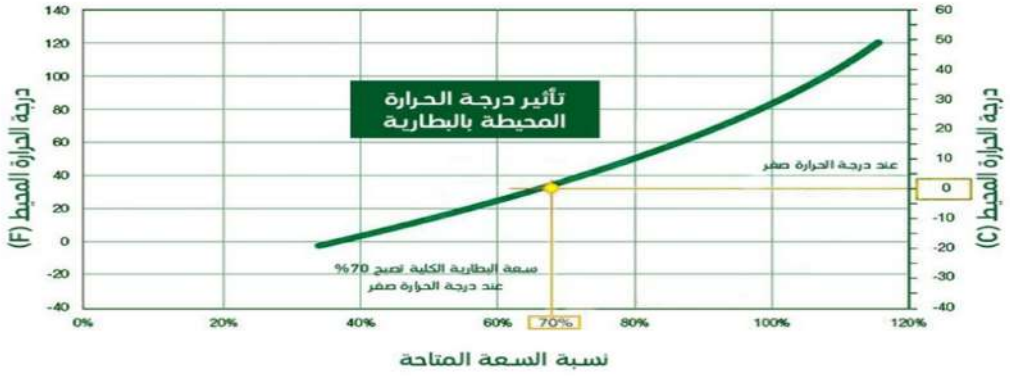
قد تحتاج إلى حساب منظومة الخلايا الشمسية حتى تتمكن من معرفة المنظومة الشمسية المناسبة لحاجتك وهو ما سنتطرق إليه في هذه الفقرة يتطلب منك الأمر القيام بالخطوات التالية:

١. احسب الاستهلاك الكهربائي لأجهزتك الكهربائية: تعرف إلى حجم الاستهلاك لكل جهاز من بطاقة الجهاز أو بحساب قدرة الجهاز وفق المعادلة التالية: الفولت التيار – من أجل الدقة، أيضاً حدد عدد ساعات تشغيل كل جهاز خلال اليوم الواحد ولا تنسَ تحديد قدرة تيار الإقلاع في أجهزة مثل: البرادات بعد ذلك احسب الاستهلاك اليومي للجهاز: قدرة الجهاز*عدد الأجهزة*عدد ساعات التشغيل ولا تنسَ أن تضيف نسبة بين ٢٥% و٣٠% لتعويض الفقد من الطاقة في المنظومة الشمسية وأخيراً تحسب التيار الكلي بتقسيم إجمالي الطاقة المستهلكة لليوم على فولتية النظام.

٢. حدد عدد البطاريات التي تحتاج إليها: بدايةً، تحتاج إلى جمع هذه المعلومات: جهد البطارية، السعة الأمبيرية للبطارية معدل التفريغ للبطارية وتصحيح درجة الحرارة (كتالوج البطارية)، تجنب التفريغ المفرط للبطارية لأنه يقلل من عمرها .

الشكل (٣-٤) حساب منظومة الخلايا الشمسية

ولا تنسَ أن تحدد الحرارة المحيطة بالبطارية، فسعة البطارية تتناقص مع انخفاض درجة الحرارة، بعد ذلك لحساب عدد البطاريات التي تحتاجها: قسّم السعة الكلية للبطارية على سعة البطارية



الشكل (٣-٥) تأثير درجة الحرارة على منظومة الخلايا الشمسية

٣. حدد عدد الألواح الشمسية اللازمة: أنت تحتاج أن تحدد عدد ساعات الإشعاع الشمسي اليومي في مكان تواجدك ودوماً اختر القيمة المتدنية؛ لو كان معدل الإشعاع يتراوح بين٥ إلى ٦ ساعات يومياً اختر القيمة ٥ بعد ذلك عليك تحديد الاستطاعة المناسبة للوح الشمسي: القدرة الإجمالية للأجهزة الكهربائية بعد تعويض الفقد على معدل الإشعاع الشمسي. فيكون عدد الألواح المطلوبة هي الاستطاعة الكلية للألواح على قدرة اللوح الواحد.[١٤]

٤. احسب قدرة الأنفرتر المناسبة: اختر منظم الشحن بناءً على قيمة تيار القصر للوح الشمسي وعدد الألواح مع إضافة ٢٥ % نسبة أمان.

(٣-٧) الالواح الشمسية:((Solar Panels)

عبارة عن خلايا شمسية مجمعة مع بعضها البعض تنتج كهرباء تيار مستمر(DC) يمكن أن تستخدم لتشغيل بعض المعدات أو تخزينها في بطاريات يعاد شحنها واستخدامها أكثر من مرة وتقاس قوة تلك الخلايا بوحدة الواط، فهناك لوحات صغيرة تبدأ من ٥ واط أو ١٥ واط حتى تصل إلي بلايين من الواطات للأبنية الكبيرة والمصانع وبالنسبة لغير المتخصصين فأحب أن أوضح قانونان فقط - مشهوران جدا – دون الدخول إلي معادلات معقدة في علم الكهرباء يسموا بقانون أوم وقانون حساب القدرة وينصوا على التالي:

(١)الجهد الكهربائي = التيار الكهربي × المقاومة

(٢) القدرة = الجهد الكهربائي × التيار الكهربائي

(٣-٨) كيفية توصيل مصفوفة الألواح الشمسية: (How to connect a solar panel array)

المصفوفة تتكون من عدة ألواح يتم توصيلها ببعض علي التوازي او التوالي لتحقيق الجهد و التيار التصميمي المطلوب.

- عند التوصيل علي التوالي (Series)

يتضاعف قيمة الجهد ويظل الأمبير ثابت اما عند التوصيل علي التوازي (Parallel) يتضاعف الأمبير ويظل الجهد ثابت ومهما كان نوع التركيب متوالي او متوازي او مزدوج فان الطاقة الاجمالية لا تتغير فمثلاً عند توصيل ١٠ الواح ٢٥٠ وات مع بعض تصبح الطاقة الأجمالية ٢٥٠٠ وات مهما كانت طريقة التوصيل.

١- من المهم أن تكون جميع الألواح تكون من نفس النوع والقدرة والحالة هذا يحسن من السلامة والأداء لمصفوفة الألواح

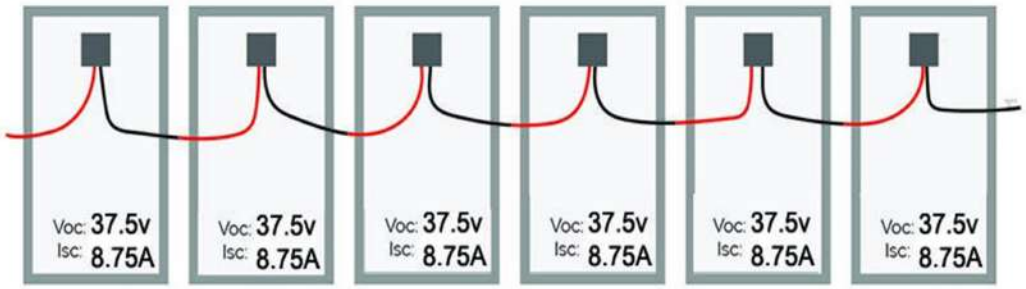
٢- الوصلات علي التوالي (Series) تشمل ربط الاتصال الموجب (+) من اللوح إلى السالب (-) في اللوح المقابل في جميع الألواح نجد في الكابل الخلفي القطب الموجب مزود بوصلة ذكر (MC4) لونها احمر و (MC4) لونها اسود فيتم توصيل ذكر في اللوح المقابل مباشرة دون الحاجة لعمل اي وصلات اخرى لتوصيل ٦ ألواح علي التوالي بالمواصفات الأتية:[١٢]

تيار دائرة القصر(Isc = 8.75A)

جهد دائرة القصر (Voc = 37.5V)

الجهد الأجمالي للمصفوفة 6*37.5 = 225V

تيار دائرة القصر يظل ثابت عند 8.75A



الشكل (٣-٦) ربط منظومة الخلايا الشمسية على التوالي

ويتم اختيار طريقة التوصيل طبقا لأحتياجات ومواصفات منظم الشحن أو الأنفرتر فمثلاً لو كان منظم الشحن يقبل فولت (Voc =150) هذا يعني انه يجب ان لأ يزيد عدد الألواح علي التوالي عن ٤ ومن الأفضل دائما اختيار المنظم الذي يقبل اكبر عدد من الألواح علي التوالي لزيادة الفولت وتقليل التوصيل على التوازي الذي يؤدي الي زيادة التيار بقدر الأمكان وهذا يؤدي الي التوفير في مقطع الأسلاك و تقليل فاقد النظام.

هناك حد اقصي للجهد الذي تتحمله الألواح الشمسية (Maximum System Voltage) والمنتشر حاليا في الأسواق هذه القيمة تساوي 1000V وهذا يعني ان اقصي عدد اللواح يمكن توصيلها علي التوالي = ١٠٠٠/٣٧.٥ = ٢٦ لوح.

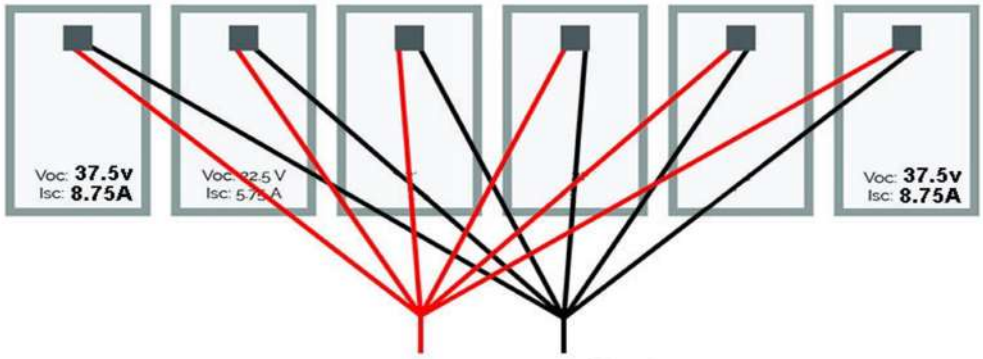
- الوصلات علي التوازي (Parallel)

تشمل ربط الاتصال الموجب (+) من جميع الألواح مع بعضها وربط جميع نقاط الأتصال السالبة (-) مع بعضها وفي هذه الحالة يجب استخدام وصلات (MC4) ثنائية وثلاثية لعمل هذه الوصلات في حال زيادة عدد الخطوط التي يتم توصيلها بالتوازي مع بعضها عن ٣ يجب تجميعها في لوحة (Combiner Box) واستخدام البارات النحاس لتنفيذ هذه التجميعات.

لتوصيل ٦ ألواح علي التوازي:[١٣]

جهد دائرة القصر يظل ثابت عند = 37.5V

تيار دائرة القصر المجمع 8.75*6 = 52.5A



الشكل (٣-٧) ربط منظومة الخلايا الشمسية على التوازي

ويلاحظ هنا ان لو كانت المسافة بين الألواح و منظم الشحن ٢٠ متر مثلاً وادخلنا هذه البيانات علي برنامج حساب مقطع السلك سوف نحتاج الي سلك مقطعه ٥٠ مم٢للحفاظ علي معدل فاقد ٢% وهي قيمة كبيرة جدا مما يجعل هذا التوصيل علي التوازي حل عقيم لأ يقوم بتنفيذه اي مهندس محترم يفهم مبادئ توصيلات الخلايا الشمسية واذا كان منظم الشحن المقترح لأ يسمح

بتوصيل الألواح علي التوالي فيجب في هذه الحالة القاء هذا المنظم الغشيم في القمامة واستبداله بنوع جيد! الوصلات علي التوازي والتوالي (Series and Parallel Combined):

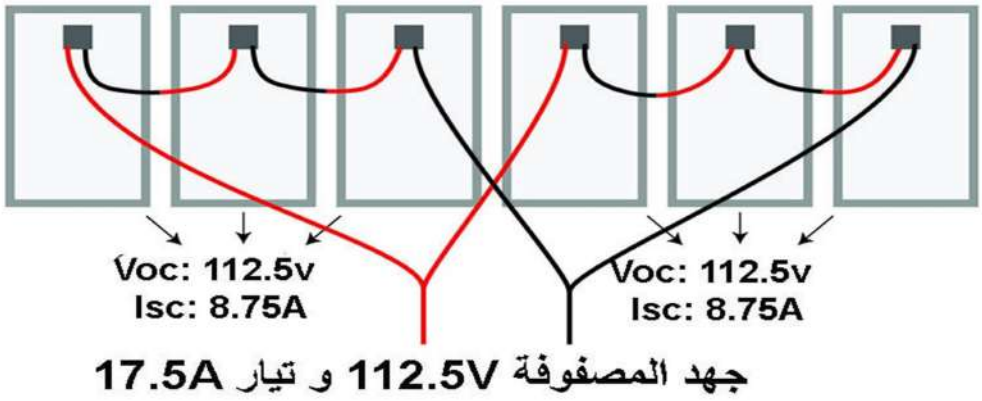
يراعي في هذه الطريقة ان يكون الجهد متطابق لكل خط من الخطوط المراد توصيلها علي التوازي.

فمثلاً يتم توصيل ٣ ألواح علي التوالي و عمل خطين علي التوازي بأجمالي عدد ٦ ألواح:

جهد دائرة القصر = ٣٧.٥ * ٣ = ١١٢V

تيار دائرة القصر المجمع = ٨.٧٥ * ٢ = ١٧.٥ امبير

وهذه المصفوفة تصلح مثلاً لتغذية منظم شحن يستقبل جهد اقصي ١١٢.٥V في مدخل الألواح PV in.



الشكل (٣-٨) ربط منظومة الخلايا الشمسية المشترك

هذه الطريقة في التوصيل هي اكثر الطرق انتشاراً حيث ان عادة قيمة اقصي جهد لمصفوفة الألواح لأي منظم شحن نادراً ما تتطابق مع الجهد المجمع لجميع الألواح في حالة طول السلك ٢٠ متر وادخال البيانات في برنامج حساب مقطع السلك نتيجة الحسابات سوف تظهر اننا نحتاج مقطع ٦مم٢ للسلك وهي قيمة معقولة بخلاف القيمة النشاز التي نحصل عليها عند محاولة توصيل جميع الألواح علي التوازي.[١٤]

والجدير بالذكر ان كل محولات التيار الخاصة بمنظومات المضخات الشمسية ومحولات التيار الخاصة بالنظم المتصلة بالشبكة عادة تستقبل جهد يصل الي ٨٠٠ فولت من مصفوفة الألواح فيتم هنا توصيل ٢٠ لوح علي التوالي في خطوط قدرتها حوالي ٥ كيلو وات ساعة فمثلاً نظام شمسي ٢٠ كيلو وات لتغذية مضخة يتكون عادة من ٤ خطوط (Strings) كل خط قدرته ٥ كيلو وات بجهد Voc من ٧٠٠-٨٠٠ فولت.

اما منظمات الشحن الخاصة بالنظم المنفصلة عن الشبكة فتستقبل عادة جهد يبدا من ٥٠ فولت للنظم الصغيرة الأقل من ١ كيلو وات و ١٥٠V للنظم المتوسطة والاقتصادية ذات قدرة ٣ الي ٥ كيلو وات وحتى ٦٠٠v في النوعيات الجيدة في النظم الأكبر من ٣ كيلو وات.

هناك نوعان من القراءات المختلفة التي يجب التحقق منها للتأكد من ان الألواح الشمسية تعمل بشكل صحيح ورؤية كمية الطاقة التي تولدها

١- قياس الفولت Vo:

يتم فصل الألواح الشمسية تماما من البطارية ومنظم الشحن يتم توجيه اللوح نحو الشمس ضمان أن يتم تعيين الأفوميتر لقياس الجهد بين القطب الموجب والسالب للألواح.

٢- قياس الامبير (Isc): يتم عمل نفس الخطوات السابقة ولكن بتعيين الأفوميتر لقياس التيار، و يمكن ببساطة قياس قدرة اللوح بعد قراءة هذه القيم باستخدام المعادلة الأتية

القدرة = الفولت * الأمبير

فمثلاً لو كانت قراءة الفولت ٣٧.٥ و الأمبير ٦

يكون قدرة اللوح = ٣٧.٥ * ٦ = ٢٢٥ وات، ومن المعروف ان قدرة اللوحة يتم تحديدها بناء علي اختبار معملي تحت درجة حرارة ٢٥ مئوية وظروف خاصة في المعمل بالتالي من المستحيل الحصول علي نفس قيمة القدرة المكتوبة علي اللوحة عند اجراء قياس الجهد والتيار بالطريقة السابقة.[١٥]

ولكن يمكن معرفة كفاءة اللوحة المراد اختبارها بمقارنتها بلوحة اخري يتم اختبارها في نفس الزمان والمكان وبصورة تقريبية يجب ان لا تقل قدرة اللوحة عند قياسها عن ٨٠% من القدرة المكتوبة عليها وذلك عند اجراء الأختبار في منتصف النهار مع توجيه اللوحة عمودية علي اشعة الشمس كما يمكن استخدام هذا الأختبار البسيط لقياس وتحديد اي لوحة معيوبة من ضمن طرد كبير.

(٣-٩) كيفية حساب الواح الطاقة الشمسية لمعرفة حجم الطاقة الكهربائية التي تحتاجها للتوليد

اول خطوة :

نقوم بها من أجل حساب الواح الطاقة الشمسية هي :

حساب الطاقة التي تحتاجها يوميا بال (kwh) فعلى سبيل المثال نفرض اننا نريد تركيب لوحات شمسية في منزلك :-

عليك اذن حساب الطاقة التي يستهلكها منزلك يوميا نفرض ان لديك : فوانيس بقوة ٦٠ واط الواحدة تشتغل ٤ ساعات يوميا غسالة بقوة ٢٠٠٠ واط تشتغل لمدة ساعة يوميا.

ثلاجة بقوة ٢٠٠ واط تشتغل ٢٤ ساعة يوميا.

اذن من اجل حساب الاستهلاكك اليومي للطاقة الكهربائية :

نقوم بضرب قوة كل جهاز في عدد الساعات التي يعمل فيها و نجمع استهلاك الاجهزة كالاتي:

الاستهلاك اليومي=(٤*٦٠)*٥ + ١*٢٠٠٠ +٢٤*٢٠٠=٨٠٠٠Wh اي ٨ kwh يوميا.

الخطوة الثانية :

لحساب الواح الطاقة الشمسية هي حساب الطاقة وذلك باعتبار ان العناصر الألكترونية لها كفاءة اقل من ١٠٠% طبعا فهناك نسبة من الطاقة الكهربائية تضيع اثناء مرورها داخل المكونات الالكترونية قبل وصولها إلى المستعمل وكي نحدد الطاقة الاجمالية علينا أن نحدد نوع النظام الذي سنستعمله :[١٥]

فإن كان النظام متصلا بالكهرباء العمومي فهو لا يستعمل بطاريات وفي هذه الحالة المكون الالكتروني الوحيد الذي سيضيع جزء من الطاقة هو محول التيار (INVERTER) ولنفرض أن كفاءته تساوي ٩٥% (اي ٥% من الطاقة ضائعة) .

فعلينا إذن أضافة الطاقة التي ستضيع مع محول التيار إلى الطاقة التي يحتاجها المنزل كاملا اذن الطاقة الاجمالية التي ستحتاج الألواح لتوليدها تساوي ٨+(٨*٠.٠٥)=٨.٤ kwh في اليوم

أما في الحالة التي يحتوي فيها النظام الشمسي على بطاريات وفرضا أنا كفاءة البطاريات هي ٩٥% ايضا في هذه الحالة الطاقة الاجمالية تحسب كالآتي: ٨+(٨*٠.٠٥)+(٨*٠.٠٥)= ٨.٨ Kwh في اليوم .

ملاحظة :- عند شراء اللوح الشمسي فستجد من يستعمل الواط (w) كوحد لقياس طاقة اللوح و هناك من يرمز لهذه الطاقة ب(Wc) او (Wp) ومن اجل حساب عدد الالواح الشمسية اللازمة نقوم بالعملية الحسابية التالية:

عدد الالواح= الطاقة /(الاشعاع الشمسي*طاقة اللوح الواحد)

فلنطبق هذه العملية فارضين أن طاقة اللوح تساوي ١٥٠ واط اي ٠.١٥٠ Kw و ان الاشعاع الشمسي قيمته ٥ Kwh/m^2 ٨.٨ / (٥*٠.١٥٠)=١٢ لوح.

(٣-١٠) التقنيات الحديثة في زيادة كفاءة الخلايا الشمسية: (Modern technologies to increase the efficiency of solar cells)

عمل العلماء على تطوير تكنولوجيا الخلايا الشمسية الكهروضوئية منذ إختراعها بغية الحصول على خلايا ذات كفاءة أعلى ومردود أكبر وبالنتيجة يتم تحسين كفاءة هذه الخلايا

بحوالي الدرجة الواحدة كل سنة حتى وصلت إلى كفاءات تزيد عن ال ٢٠% للخلايا الشمسية التجارية بينما تخطت كفاءة الخلايا الشمسية ذات الاستخدامات الخاصة ال ٤٠%. .

١- خلايا بيرك (PERC Cells)

هذا الاسم هو اختصار لـ(Passivated Emitter and Rear Cell) أو لـ (Passivated Emitter and Rear Contact) وهذا يعني حرفياً: "تخميل الباعث والخلية الخلفية أو تخميل الباعث والاتصال الخلفي".

إن الاختلاف الأساسي بين خلايا بيرك (PERC) والخلايا الشمسية العادية هو وجود طبقة التخميل على السطح الخلفي للخلية وهذه الطبقة عبارة عن مواد موجودة على السطح الخلفي للخلية تقدم ثلاثة فوائد فيما يتعلق بكفاءة الخلية الشمسية:[١٤]

١- عكس الضوء عبر الخلية

عندما يسقط الضوء على الخلية الشمسية فإن قسما من الإشعاع الشمسي يتم امتصاصه في طبقة الامتصاص بينما القسم الباقي يعبر داخل الخلية ليصل إلى السطح المطلي بطبقة التخميل والتي بدورها تقوم بعكس الاشعاع الشمسي باتجاه طبقة الامتصاص ليتم امتصاص المزيد من الطاقة الموجودة في الإشعاع الشمسي.

٢- تقليل عمليات

إعادة الاتحاد للإلكترونات إن وجود هذه طبقة التخميل يقلل عمليات إعادة الاتحاد للإلكترونات وبالتالي تزداد كفاءة الخلية الشمسية.

٣- تقليل الامتصاص الحراري

إن وايفر السيلكون يستطيع امتصاص الأشعة الضوئية بطول موجة حتى ١١٨٠ نانومتر، اما الأشعة الضوئية ذات طول الموجة الأكبر من ذلك فهي تعبر من خلال السيلكون لتصل إلى الجزء المعدني الخلفي للخلية حيث يتم امتصاصها وتتحول إلى حرارة تقلل من كفاءة الخلية الشمسية تكون طبقة التخميل الموجودة في خلايا بيرك (PERC) مصممة لتعكس الأشعة الضوئية ذات طول الموجة الأكبر من ١١٨٠ نانومتر فتقلل بذلك من درجة حرارة الخلية وتزيد من كفاءتها تؤدي تقنية الخلايا الشمسية (PERC) إلى:

١- يتم تقليل إعادة التركيب الإلكتروني بشكل كبير

٢- يتم امتصاص المزيد من الضوء ؛

٣- يتم اختبار انعكاس داخلي أعلى.

لا يتم امتصاص كل ضوء الشمس من خلال الخلايا الشمسية غير (PERC) ولكن مع وجود طبقة عازلة على الجانب الخلفي من خلية شمسية (PERC) ينعكس ضوء الشمس غير

الممتص بواسطة الطبقة الإضافية إلى الخلية الكهروضوئية الشمسية لمحاولة امتصاص ثانية تمكن هذه العملية مصنعي الألواح الشمسية من تحقيق كفاءات أعلى من الخلايا الشمسية التقليدية.

إلى جانب ذلك هناك تعديلات طفيفة بين تصنيع الخلايا الشمسية الحالية وخطوط تكنولوجيا الخلايا الشمسية (PERC) مما يجعل الانتقال إلى هذه التكنولوجيا أكثر وضوحًا وفعالية من حيث التكلفة تتميز الألواح الشمسية (PERC) بكثافة طاقة أعلى لكل متر مربع وتتميز بأداء محسن في ظل ظروف الإضاءة المنخفضة ودرجات الحرارة المرتفعة لذلك يمكن للمصممين استخدام عدد أقل من الألواح الشمسية الكهروضوئية لتحقيق أهداف الإنتاج الإجمالية أو يمكنهم زيادة إنتاج الطاقة إلى أقصى حد إذا لم تكن المساحة علاوة تمكن المصممين من أن يكونوا أكثر مرونة واستجابة لأهداف المشروع.[١٦]

٢- تقنية نصف الخلية الشمسية (Half Cut Solar Cell)

يتم الحصول على أنصاف الخلايا الشمسية من خلايا السيليكون الشمسية الكهروضوئية مونو أو بولي حيث يتم تقطيعها في المنتصف تماماً بشكل دقيق بواسطة الليزر وتقدم تقنية نصف الخلية الشمسية فوائد عدة بالمقارنة مع الخلايا الشمسية العادية الكاملة وأهمها الزيادة في الأداء والزيادة في التّحمل إن تقنية أنصاف الخلايا تؤمن زيادة في كفاءة الألواح الشمسية وبالتالي تؤدي إلى تحسين قيمة الإنتاج ومن ناحية أخرى فإن هذه الخلايا أكثر قدرة على تحمل الصدمات بالمقارنة مع الخلايا العادية الكاملة وذلك بسبب كونها أصغر بالحجم مما يجعلها أقل عرضة للشقوق والكسر بشكل عام، رغم ارتفاع سعر هذه الألواح في يومنا هذا، فإن المستثمر يستطيع تحقيق عائدا أفضل من الاستثمار وخاصة في الأماكن التي يكون النظام فيها مقيداً بالمساحة من حيث الاتساع أو ارتفاع تكلفة الأرض ومن حيث التظليل كأن أن يمر فوق مكان تركيب النظام خطوط كهربائية كيف تحسن تقنية نصف الخلية الشمسية أداء الألواح الشمسية؟

يمكن تلخيص كيفية تحسين تقنية نصف الخلية الشمسية لأداء الألواح الشمسية بالنقاط التالية:

تقليل الضياعات الناتجة عن المقاومة نعلم أن الضياعات الكهربائية تعطى بالعلاقة التالية:

الضياعات الكهربائية = (التيار المار)٢ × المقاومة

تقل الضياعات في اللوح الشمسي نتيجة لقطع الخلايا في المنتصف وطريقة تجميعها. وكون الضياعات تتناسب مع مربع التيار، لذلك فإن قطع الخلايا في المنتصف يقلل من قيمة التيار المار إلى النصف و بالتالي تقل قيمة الضياعات بنسبة الربع كما هو موضح في الشكل المدرج.

٣- قدرة محسنة على تحمل التظليل

تتميز أنصاف الخلايا بقدرة عالية على تحمل التظليل وذلك ليس فقط بسبب كون الخلية مقطوعة في المنتصف وإنما بسبب طريقة التوصيل المختلفة تكون الخلايا موضوعة بشكل صفوف ومتصلة مع بعضها بشكل تسلسلي في الألواح التقليدية المكونة من خلايا كاملة بالنسبة للوصل التسلسلي، إذا تعرضت خلية واحدة من الصف للتظليل ولم تكن تنتج طاقة بقعة ساخنة مثلا فيتوقف الصف الحاوي على الخلية المظللة بأكمله عن إنتاج الطاقة وبشكل عام يوجد ثلاثة صفوف من الخلايا في الألواح العادية ولذلك فإننا نخسر ثلث قدرة اللوح على إنتاج الطاقة عند توقف أحد الصفوف عن الإنتاج الكفاءة الأعلى ما فائدتها؟

الألواح ذات ال١٢٠ خلية يتم تصنيعها من خلايا عادية جدا يتم تقطيعها الي النصف بواسطة شعاع ليزر ثم برطها مع بعض بطريقة مختلقة عن الطريقة التقليدية في التوصيل. بعض التجارب وجدت ان

١. الألواح ال(Half Cells) تعطي في جميع الحالات فولت اقل وتيار اعلى في اي وضعية واي ظروف للظلال ولا يوجد فروق ملموسة في التوليد النهائي للطاقة بين النوعين في الظروف العادية دون ظلال
٢. دمار شامل في التوليد للنوعين عند التركيب(Portrait) يجب تركيب النوعين في وضعية (Landscape) و لا صحة لمقولة ان ال(Half Cells) تركب في اي اتجاه
٣. الألواح (Half Cells) تعطي فولت (Voc) اقل ١.٥% و تيار(Isc) اكبر ٤% في الظلال يعني النتيجة النهائية كفاءة افضل ٢.٥% في الظلال
٤. استخدم هذه الألواح عند تعرض موقع المشروع للظلال وفي المناطق شمال مصر التي تتعرض للحساب الكثيف في الشتاء شرط ان لأ يزيد سعرها اكثر من 4% عن الأنواع العادية لتحقيق الجدوى الأقتصادية فلماذا تدقع اكثر من 4% فرق سعر وهي لن تعطيك طاقة إضافية اكثر من 4%.

(٣-١١) قياس مستوى شحن البطاريات والأمبير للألواح الشمسية بالمليميتر

أولاً قياس مستوى شحن البطارية

١-أول شيء يجب التأكد منه هو ترتيب أسلاك القياس في جهاز المليميتر، يجب أن يكون السلك الأحمر في مدخل الفولت (V) وكذلك السلك الأسود في مدخل الـ (COM) ويجب أن تركز معي هنا للحظة، حتى وإن كنت لا تمتلك ألوان الأسلاك أو أن جهازك تستخدم فيه أسلاك عادية

يجب أن يكون السلك الذي سوف تقوم بتوصيله في مدخل الـ V للقطب الموجب والآخر في مدخل الـ(COM) للقطب السالب.[٨]

الشكل (٣-٩) ترتيب أسلاك القياس في جهاز المليميتر

٢- ثاني شيء يجب التأكد منه قبل عملية القياس هو توجيه مؤشر دائرة القياس إلى الفولتية الساكنة كما هو موضح في الصورة بالأسفل، لماذا عند الرقم ٢٠ بالذات، ببساطة لأن البطارية التي سوف أقوم بقياسها ذات فولتية ١٢ فولت أي بطارية سيارة، وللعلم البطاريات الأكثر استخداماً ستكون بين هذا الرقم حتى بطاريات المصابيح وبطاريات الهواتف واللابتوب هناك نظام بطاريات كبيرة جداً تستخدم وحدات ٢٤ فولت فما فوق وهذا سوف تعرفه من البائع مباشرة عند شرائك لهذه البطارية هذه المعلومة تأتي غالباً مكتوبة على البطارية.

الشكل (٣-١٠) توجيه مؤشر دائرة القياس إلى الفولتية الساكنة

٣- في هذه الخطوة سوف تقوم مباشرة كما ذكرنا بوضع السلك الأحمر في القطب الموجب والسلك الأسود في القطب السالب وهنا سوف ترى قيمة الفولتية على شاشة جهاز القياس الآن هذه القيمة تدلك على القيمة تدلك على مستوى شحن البطارية لديك، لكن كيف تعرف أنها مشحونة أم فارغة؟ ببساطة تامة وباختصار تام مثلاً إذا كانت بطاريتك نظام ١٢ فولت كما بطاريات السيارات أو غيرها فهنا سوف تتأكد من حجم الأمبير للبطارية أي كم أمبير البطارية مثلاً هذه البطارية التي أستخدمها هي ٧٠ أمبير وعندما تكون مشحونة تكون قراءة جهاز القياس عند ١٣.٤ فولت فإذا كانت القراءة ١٣.٤ أو ١٣.٦ فهنا البطارية تكون مشحونة، وإذا

كانت مثلاً قراءة الجهاز عند ١٣ فولت فهنا أقول أن البطارية ٧٠% تقديرياً، وإذا قلت القيمة قلت نسبة مستوى الشحن حتى تصل هذه القيمة إلى ١٢ فولت فهنا أقول أن مستوى شحن البطارية وصل إلى ٣٠% تقديرياً وهكذا.[٩]

الشكل (٣-١١) قيمة الفولتية على شاشة الجهاز

وإذا كان لديك بطارية هاتف مثلاً وأغلبها تكون من نوع ٣.٧ فولت فهنا عندما تكون قراءة الجهاز ٤.٥ أو ٥ فولت فأقول أن البطارية مشحونة ١٠٠% وإذا قلت القيمة قلت النسبة، حتى تصل قيمة قراءة الجهاز إلى ٣.٧ فأقول أن البطارية أصحبت على الحافة أقل من نصف مستوى الشحن...وقس على ذلك جميع البطاريات هذا ببساطة تامة دون أن تدخل نفسك بأرقام وجداول أنت في غنى عنها أصلاً.[١١]

ثانياً قياس مستوى أمبيرية ألواح الطاقة الشمسية

١- ستتأكد من ترتيب أسلاك القياس في الجهاز وسوف تضع السلك الأسود في مكانه دائماً داخل منفذ الـ (COM) وكذلك السلك في منفذ الـ 20A (مع إهمال الألواح الصغيرة جداً والتي تستخدم منفذ (mA)) لأن أغلب ألواح الطاقة الشمسية المستخدمة هي أكثر من 1waat إلى 100waat إلى 200waat وهي تستخدم منفذ.

الشكل (٣-١٢) تأكد من ترتيب أسلاك القياس

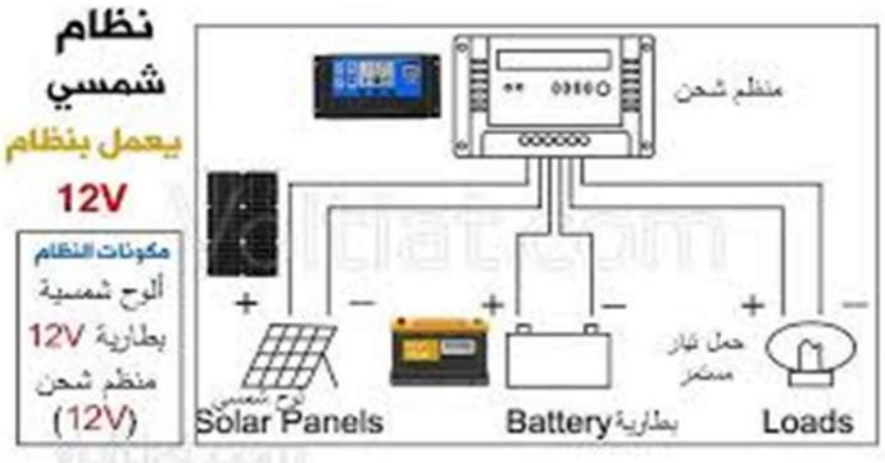
٢- قم بتحريك عجلة دائرة القياس إلى مؤشر m٢٠،

الشكل (٣-١٣) عجلة دائرة القياس إلى مؤشر 20m

بعدها مباشرة قم بتوصيل السلك الأحمر مع سلك اللوح الموجب والسلك الأسود مع سلك اللوح السالب وانظر مباشرة إلى شاشة قياس الجهاز وهنا سوف يعطيك قيمة الطاقة التي يدخلها اللوح الشمسي، فإذا أعطاك قيمة ٦ فهذا يعني أن اللوح يدخل حالياً مقدار ٦ أمبير وإذا كان ١٢ فهذا يعني أنه يدخل ١٢ أمبير وإذا كانت القيمة ١ فهذا يعني أنه يدخل أكثر من ٢٠ أمبير.[٨]

فولتيه القطع: في علم الإلكترونات، يعتبر جهد القطع هو الجهد التي تكون فيه البطارية فارغة بالكامل وفي الأجهزة الإلكترونية كالهواتف المحمولة فإنها تغلق تلقائيا عندما تم الوصول إلى قيمة جهد القطع.[١٦]

الحمل في الخلايا الشمسية: عندما تصل الخلية الشمسية مع حمل خارجي ستتحرك الإلكترونات من الجانب (n) إلى الجانب (p) ويتم خسر جزء من الطاقة في الحمل ومن ثم تعود الإلكترونات إلى (n) ليعاد دمجها في (n) ضمن نطاق التكافؤ وهكذا تنشأ أشعة الشمس تيار كهربائي.



الشكل (٣-١٤) توصيل الالواح الشمسية مع البطارية والحمل

الشكل (٣-١٥) اسس اختيار عدد الالواح الشمسية

الفصل الرابع

محاسن ومساؤى الخلايا الشمسية

(٤-١) محاسن الخلايا الشمسية:(Advantages of solar cells)

تتعدد مزايا الخلايا الشمسية ومن أهمه :[٧]

١- مصدر للطاقة المتجددة

يمكن استخدام الطاقة لتوليد الكهرباء والحرارة في المنزل إما من خلال الطاقة الشمسية الكهروضوئية أو الطاقة الشمسية الحرارية ويتم استرداد الطاقة المتجددة من الشمس والرياح والأمواج ويعد مصدر الطاقة في هذه الحالة هي الشمس وتسخر الخلايا الشمسية الطاقة من الشمس وتحولها إلى كهرباء قابلة للاستخدام .

٢- لطاقة الصديقة للبيئة

مع الخلايا الشمسية لا يحدث أي تلوث تقريبًا وهذه ميزة كبيرة لا مفر من تصريف النفايات والتلوث فيما يتعلق بإنتاج الخلايا الشمسية ونقلها وعند تركيبها ومع ذلك هذا جزء ضئيل مقارنة بمصادر الطاقة التقليدية إلى جانب ذلك مع التقدم في إعادة تدوير الخلايا الشمسية تراجعت المخاوف بشأن الخلايا الشمسية المنتهية الصلاحية بشكل كبير أيضًا لا تنتج الخلايا الشمسية أي تلوث ضوضاء لذا فهي مثالية للمناطق الحضرية وخاصة المنازل.

٣- الطاقة المبتكرة

تعد الخلايا الكهروضوئية موضوعًا شائعًا في مجال الطاقة الخضراء وتعتبر حلاً جيدًا لمنع تغير المناخ وهي أيضًا واحدة من أكثر مجالات الصناعة تقدمًا من الناحية التكنولوجية من بين أنواع الطاقة المتجددة الأخرى.

لقد أنشأت بالفعل فرعًا مبتكرًا للدراسة قيد البحث والتطوير المستمر بفضل الأموال غير المسبوقة التي تضعها الحكومات في هذا المجال فقد أوجدت وظائف لا حصر لها على مستويات مختلفة من مركبي الكهروضوئية إلى الباحثين والعلماء لذا فإن ميزة أخرى لصناعة الخلايا الشمسية هي فرص العمل التي يمكن أن توفرها في حالة استمرار الاستثمارات.

٤- الحد من استهلاك الكهرباء وتقليل الفواتير

نظرًا لأنه سوف يتم تلبية بعض الاحتياجات من الطاقة بالكهرباء التي يولدها النظام الشمسي ستنخفض فواتير الطاقة ويعتمد المبلغ الذي توفيره على الفاتورة على حجم النظام الشمسي واستخدام الكهرباء أو الحرارة علاوة على ذلك لن يتم فقط توفير فواتير الكهرباء بل هناك أيضًا إمكانية لاستلام مدفوعات مقابل فائض الطاقة الذي يتم ارجاعه مرة أخرى إلى الشبكة وذلك إذا كان يتم توليد كهرباء أكثر مما يتم استخدامه (بالنظر إلى أن نظام الألواح الشمسية تكون متصل بالشبكة).

٥- تحافظ على البيئة من التلوث

تعتبر الخلايا الشمسية من أقل مصادر الطاقة تلويثاً للبيئة فهي تقريبا لا ينتج عنها أية تلوث إلا يحدث أي تلوث تقريبا إلا عند تصريف النفايات عند تركيبها وتثبيتها.

٦- طاقة طويلة الاجل

غالبًا ما تتمتع الأنظمة الكهروضوئية بحياة طويلة ومتانة جيدة وفي الوقت نفسه غالبًا ما يكون هناك ضمان بحد أدنى ٢٠ عامًا على الألواح الشمسية مما يضمن للمستهلك الحصول على الصيانة والإصلاحات اللازمة في حالة حدوث أي مضاعفات .

٧- استخدامها في التطبيقات المتنوعة

يمكن استخدام الطاقة الشمسية لأغراض متنوعة حيث يمكن توليد الكهرباء (الضوئية) أو الحرارة (الطاقة الشمسية الحرارية) ويمكن استخدام الطاقة الشمسية لإنتاج الكهرباء في المناطق التي لا تصل لها شبكات الطاقة وكذلك تستخدم لتقطير المياه في المناطق ذات الإمداد المحدود بالمياه النظيفة وتزويد الأقمار الصناعية بالطاقة في الفضاء.[٨]

٨- انخفاض تكاليف الصيانة

لا تتطلب أنظمة الطاقة الشمسية عمومًا الكثير من الصيانة ليس على المستهلك سوى الحفاظ عليها نظيفة نسبيًا لذا فإن تنظيفها عدة مرات في السنة يمنعها من التلف ومعظم الشركات المصنعة للألواح الشمسية الموثوقة تقدم ضمانًا يتراوح من ٢٠ إلى ٢٥ عامًا أيضًا نظرًا لعدم وجود أجزاء متحركة وعادة ما يكون العاكس هو الجزء الوحيد الذي يجب تغييره بعد ٥-١٠ سنوات لأنه يعمل باستمرار على تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء وحرارة (الطاقة الشمسية الكهروضوئية مقابل الطاقة الشمسية الحرارية) وبصرف النظر عن العاكس تحتاج الكابلات أيضًا إلى صيانة لضمان تشغيل نظام الطاقة الشمسية بأقصى قدر من الكفاءة .

٩- تطوير التكنولوجيا

تتقدم التكنولوجيا في صناعة الطاقة الشمسية باستمرار ويمكن للابتكارات في فيزياء الكم وتكنولوجيا النانو أن تزيد من فعالية الألواح الشمسية وتضاعف المدخلات الكهربائية لأنظمة الطاقة الشمسية .

١٠. بيع الطاقة

إذا كان منزلك يحتوي على خلايا شمسية فغالبًا ما يكون من الأسهل بيع العقار بسعر أعلى في المملكة المتحدة هناك بعض المنح والحوافز المتاحة إذا كنت ترغب في الاستثمار في الخلايا الشمسية.

١١. الطاقة اللانهائية

عندما تتاح لك الفرصة لاستخراج الطاقة من أشعة الشمس فهذا مصدر للطاقة لن يتم استنفاده أبدًا وبالتالي هذا سوق مبتكر يخضع للبحث والتطوير المستمر.

(٤-٢) مساوئ الخلايا الشمسية: (Solar cell cons)

قد يكون لاستخدام الخلايا الشمسية بعض العيوب فيما يلي بعض أهم عيوب الخلايا الشمسية التي يجب مراعاتها عند استخدام الطاقة الشمسية.[٧]

١- ارتفاع الاستثمار

من أهم عيوب الخلايا الشمسية التكلفة العالية نسبيًا لتركيب الألواح الشمسية على سبيل المثال تبلغ التكلفة التقديرية لنظام الطاقة الشمسية الكهروضوئية ٥ كيلو وات حوالي ٧٠٠٠ جنيه إسترليني – ٩٠٠٠ جنيه إسترليني اعتمادًا على نوع السقف والظروف الأخرى.

لحسن الحظ هناك حل لهذا العيب تقدم معظم البنوك في المملكة المتحدة إقراض الطاقة والذي يمنحك فائدة منخفضة كعميل أو مستثمر في الطاقة الخضراء والأهم من ذلك يجب أن تضع في اعتبارك أن الطاقة التي تنتجها الخلايا الشمسية مجانية وليس لديك أي تكاليف تشغيلية في الواقع لا تحتاج الألواح الكهروضوئية إلى أي وقود لذلك يمكن تعويض التكلفة الأولية بعد فترة.

٢- عدم تلبية الاحتياجات الداخلية

ليست كل الأسر التي يمكنها تلبية احتياجاتها والحصول على أقصى استفادة من خلاياها الشمسية حتى الآن حيث تعتبر الخلايا الشمسية حساسة للغاية من حيث موقعها مما يعني أنه إذا كان هناك ظل على مجموعة الخلايا الموجودة في مكان ما فمن الصعب استغلال الألواح الشمسية على النحو الأمثل ولحل هذه المشكلة يجب الاتصال بالشبكة وبالتالي شراء الطاقة من الآخرين.

٣- ارتفاع التكلفة

التكلفة الأولية لشراء الخلايا الشمسية مرتفعة إلى حد ما حيث تشمل التكلفة دفع ثمن الألواح الشمسية والعاكس والبطاريات والأسلاك والتركيب ومع ذلك فإن تكنولوجيات الطاقة الشمسية تتطور باستمرار لذلك من الآمن افتراض أن الأسعار ستنخفض في المستقبل.

٤- الطاقة الموسمية وتعتمد على الطقس

بالمقارنة مع الأنواع الأخرى من الطاقة المتجددة فإن محطة الطاقة الشمسية موسمية للغاية حيث يمكن أن يكون هناك فترات محدودة من الشمس ويكمن الحل في توصيل شبكات الطاقة الشمسية وشراء الطاقة من شبكة الكهرباء العامة خلال الفترات التي تقل فيها الطاقة الشمسية

ويعد الاستثمار في نظام تخزين البطاريات الشمسية خيارًا جيدًا أيضًا حيث يمكنه تخزين الطاقة المولدة خلال ساعات الذروة وجعلها متاحة بسهولة للأيام الملبدة بالغيوم.[٨]

٥- تخزين الطاقة الشمسية باهظ الثمن

يمكن استخدام الطاقة الشمسية على الفور أو يمكن تخزينها في بطاريات كبيرة ويمكن شحن هذه البطاريات المستخدمة في أنظمة الطاقة الشمسية خارج الشبكة خلال النهار حتى يتم استخدام الطاقة في الليل وهذا حل جيد لاستخدام الطاقة الشمسية طوال اليوم ولكنه مكلف للغاية.

٦- تحتاج إلى مساحة كبيرة من الفضاء

كلما زادت الطاقة المراد إنتاجها زاد عدد الألواح الشمسية التي يتم الحاجة إليها وفي هذه الحالة يجب جمع أكبر قدر ممكن من ضوء الشمس تتطلب الألواح الكهروضوئية الشمسية مساحة كبيرة وبعض الأسطح ليست كبيرة بما يكفي لتناسب عدد الألواح الشمسية المراد امتلاكها فإذا لم يكن هناك مساحة لجميع اللوحات يمكن اختيار تثبيت عدد أقل لتلبية بعض الاحتياجات من الطاقة.

(٤-٣) الاستنتاجات (Conclusions)

١) تقوم الخلايا الشمسية بتحويل ضوء الشمس مباشرة إلى طاقة كهر بائية مستفيدة من الخصائص الالكترونية لنوع معين من المواد تعرف بأشباه الموصلات .(semiconductors).

٢) لقد اقتصر استخدامها في الماضي على تجهيز المناطق النائية بكميات صغيرة من القدرة أما الآن فيظهر استخدام أكثر وأوسع لتطبيقات هذه الخلايا إذا استمر انخفاض أسعارها بالشكل الحالي وان تجهيز القدرة للاحتياجات المنزلية على شكل مساحات مربوطة بشبكة تجهيز القدرة تبدو عملية من الناحية الاقتصادية، خاصة مع التقنيات الجديدة التي تعد الآن في مرحلة البحث والتطوير وان تقنية الأغشية الرقيقة التي تستخدم فيها مواد شبه موصلة هي التقنية المرشحة لإنتاج خلايا شمسية يتوقع لن تنخفض من تكلفتها.

٣) يعتمد عمل الخلايا الشمسية على الظاهرة الفوتوفولطائية (photovoltaic effect) لقد نشر عن هذه الظاهرة أول مرة عام ١٨٣٩ العالم بيكورل (Becquerel) الذي لاحظ إن الفولتية بين الأقطاب المغمورة في محلول إليكتروليتي يعتمد على الضوء الساقط وفي عام ١٨٧٦ لوحظت هذه الظاهرة في جميع النبائط التي تشتمل على مادة السلينيوم Se وتبع ذلك ابتكار الخلايا الضوئية (photo cells) المصنوعة من هذه المادة ومن مادة اوكسيد النحاسوز وعلى الرغم من إن أول ما نشر عن الخلية

السليكونية كان سنة ١٩٤١ فلم يعرف عن الخلية السليكونية بشكلها الحالي إلا في عام ١٩٥٤ واعتبرت هذه النبيطة (device) في حينها من أعظم الابتكارات خلال تلك الفترة لأنها كانت أول تركيب فوتوفولتائي ضوئي يقوم بتحويل الضوء الساقط إلى طاقة كهربائية وبكفاءة مقبولة وتم استخدام هذه الخلايا للأغراض الفضائية وفي عام ١٩٥٨ تم استخدام هذه الخلايا للأغراض الفضائية ومع بداية الستينات أصبح استخدام الخلايا السليكونية للأغراض الفضائية أمرا مألوفاً وبقي هذا من أهم استخدامات هذه الخلايا لعقد من الزمن.

٤) شهدت بداية السبعينات فترة تطوير الخلية السليكونية مع تزايد واضح في كفاءة تحويل الطاقة وفي الوقت ذاته تقريبا كانت هناك زيادة اهتمام في استخدام هذه النبائط في التطبيقات الأرضية وفي نهاية السبعينيات فاق حجم الخلايا المنتجة للاستخدامات الأرضية تلك المنتجة للاستخدامات الفضائية، ورافق هذه الزيادة بالإنتاج انخفاض كبير في أسعار الخلايا الشمسية.

٥) لقد شهدت بداية الثمانينيات إنتاج تجريبي لتقنيات حديثة أنذاك تهدف إلى خفض تكاليف الخلايا الشمسية للعقود القادمة. وان هذا الانخفاض في الأسعار يشجع التوسع المستمر في التطبيقات التجارية في استغلال الطاقة الشمسية.

٦) وكذلك ظهرت حديثا تقنية استخدام الأغشية الرقيقة لإنتاج الخلايا الشمسية بكلفة رخيصة مع رفع القدرة الخارجة لوحدة المساحة بالنسبة لهذه الخلايا ولقد تم توفير الخلايا الشمسية من السليكون العشوائي تجاريا منذ عام ١٩٨٠ والتي يكاد يصل أدائها داخل المختبر أداء خلايا مصنوعة من نوعية جيدة من السليكون البلوري والدراسات مستمرة الآن لغرض الحصول على هذا الأداء خارج المختبر في المحطات الفضائية.

٧) تطبيقات على استخدام الخلايا الشمسية في هذا الكون توجد العديد من المظاهر والظواهر التي كانت هي السبب فيما نحن نعيشه من وجود اختراعات وتكنولوجيا في الحياة والمجتمع الذي يوجد حولنا الآن، بالرغم من أن تلك الصناعات والاختراعات التي هي أصبحت سمة من سمات العصر الحالي غير موجودة في السابق.

(٤-٤) التوصيات: Recommendations

في ضوء هذا البحث توصي الدراسة بالآتي:

١. فتح المراكز البحثية المتخصصة في مجالات الطاقة المتجددة ولاسيما الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.
٢. تشجيع الاستثمار الاجنبي في هذا المجال والاستعانة بتجارب البلدان الرائدة.
٣. تعزيز دور الجامعات من خلال التواصل مع الجامعات العالمية وتزويدها بالاجهزة والمعدات والمختبرات اللازمة لإجراء التجارب الحقلية التي تتطلبها بحوث الطاقة المتجددة ولاسيما الطاقة الشمسية وطاقة الرياح بدلا من الدراسات النظرية.
٤. تعزيز الثقافة العامة نحو استخدامات الطاقات المتجددة (الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.
٥. توفير الأجهزة الشمسية ذات الكفاءة الجيدة في الاسواق المحلية وبأسعار تشجع على اقتنائها من قبل المستهلكين.
٦. الاستفادة من التجربة الحالية بعدم تكرار سلبياتها وتطوير الاستخدام والتوسع به وفق برنامج موحد وعلى الأمد البعيد.

المصادر

المصادر

١. سي جوليان ِتشن ، فيزياء الطاقة الشمسية، ترجمة: مصطفى محمد فؤاد ، مراجعة محمد فتحي خضر ، مؤسسة هنداوي.

٢. ستيفان ك.و.كراوتر، توليد القدرة الكهربائية من الطاقة الشمسية ، ترجمة: / د. عبد الباسط علي صالح كرمان، مراجعة: / د.محمد عبد الستار الشيلي، الطبعة الأولى بيروت مارس ٢٠١١

٣. د.م / كاميليا يوسف محمد ، الطاقة الكهروشمسية، مراجعة: د.م / محمد صالح السبكي ، الطبعة الأولى الإسكندرية ٢٠١٦.

٤. روبالي نزار ، المجلة الدولية لمهندسي الكهرباء والإلكترونيات ، المجلد ٠٧ ،الإصدار ١ يناير-يونيو ٢٠١٥.

٥. الخلايا الشمسية ، د. محمد لطفي ، دار اسامة لطباعة والنشر ، دمشق ، ٢٠٠٧.

٦. الخلايا الشمسية ، محرم عبد الكريم ٢٠٠٨.

7. Shockley، William ؛Queisser، Hans J. (1961). "Detailed Balance Limit of Efficiency of p-n Junction Solar Cells" (PDF). Journal of Applied Physics. 32 (3): 510. doi:10.1063/1.1736034) .PDF.

8. Gevorkian، Peter (2007). Sustainable energy systems engineering: the complete green building design resource. McGraw Hill Professional. ISBN 978-0-07-147359-0.

9. The Nobel Prize In Physics 1921: Albert Einstein", Nobel Prize official pageنسخة محفوظة ٢٦ يوليو ٢٠١٧ على موقع واي باك مشين

10. Bethel Afework, Jordan Hanania, Kailyn Stenhouse, and others (2018-6-25), "Types of photovoltaic cells"، energyeducation.ca, Retrieved 2021-5-31. Edited. ↑

11. Dennis S (2020-10-8), "Polycrystalline Silicon Cells: production and characteristics"، Sinovoltaics.com, Retrieved 2021-5-31. Edited. ↑ Daniel Burgess (2020-1-23), "Thin-film solar cell"، www.britannica.com, Retrieved 2021-5-31. Edited. ↑ Mark C (2020-4-21), "Multi-junction solar cells: what

you need to know"، news.energysage.com, Retrieved 2021-5-31. Edited.

12. Solar cell", www.britannica.com, Retrieved 02-11-2019. Edited.

13. What are the types of Solar panels?", www.quora.com, Retrieved 02-11-2019. Edited.What are some disadvantages of solar energy?", www.quora.com, Retrieved 02-11-2019. Edited.

14. Solar cell", www.britannica.com, Retrieved 02-11-2019. Edited.

15. Warner، R. M., Jr" .(يونيو ١٩٦٣) .Epitaxial FET cut-off voltage". Proceedings of the IEEE. 51 (6): 939–940. Doi:10.1109/proc.1963.2337. ISSN 0018-9219.

16. Kreith and Kreider, op. cit, P.567.

17. Clean energy reviews