Photovoltaic Cells

Mansoura University

Faculty Of Engineering

Department Of Architecture

Safa Monamed ALsaeed

1.الخلايا الكهروضوئية تعريفها وتركيبها

الخلايا الكهروضوئية تعريفها وتركيبها

▪**الخلايا الكهروضوئية** photovoltaic : هي وحده تقوم بتحويل الطاقة الضوئية المباشرة إلى طاقة كهربائية , و كلمة فوتوفولتيك مشتقة من طبيعة عمل الخلية فكلمة (photo) تعني ضوء , وكلمة (voltaic) تعني كهرباء , و هذا يعني تحويل ضوء الشمس إلى كهرباء .

لماذا الخلايا الكهروضوئية في توليد الطاقة لكهربائية ؟

تعتبر طاقاتها شكلا من أشكال الطاقة المتجددة والنظيفة، لأنه لا يسفر عن تشغيلها نفايات ملوثة ولا ضوضاء ولا إشعاعات ولا حتى تحتاج لوقود , لكن كلفتها الابتدائية مرتفعة مقارنة بمصادر الطاقة الأخرى و كذلك فهي تولد الكهرباء بشكل مستمر ومباشر .

كيف تعمل خلية الفوتوفولتيك ؟

▪تصنع خلية (photovoltaic) من المواد أشباه الموصلات semiconductors مثل السيلكون و كل خليه photovoltaic مكونة من بلورة واحدة من السيلكون , وببساطة عندما تسقط أشعة الضوء على الخلية فان جزء من الضوء يتم امتصاصه من قبل ذرات السيلكون ,أي أن طاقة الضوء قد امتصت من قبل مادة الخلية .
تعمل هذه الطاقة على إثارة الالكترونات الغير مرتبطة في المادة و تجعلها تتحرك بحرية داخل المادة , و عندما تتعرض هذه الالكترونات الحرة لمجال كهربي فإنها سوف تتحرك كلها في اتجاه واحد وهذا يعني تيار كهربي و عند ربط طرفي الخلية الفوتوفولتيك بنقطتي توصيل على السطح العلوي والسطح السفلي للخلية نحصل على تيار كهربي طالما استمر سقوط الضوء على خلية الفوتوفولتيك (figure.1) ,

▪ وبمعلومية قيمة التيار الكهربي المار في الدائرة وفرق الجهد الكهربي المتولد على طرفي خلية الفوتوفولتيك يمكن أن نحصل على قيمة الطاقة الكهربية [الطاقة الكهربية (وات) = التيار الكهربي (أمبير) xفرق الجهد الكهربي (فولت)]التي يمكن أن تولدها الخلية الشمسية .

ضوء الشمس

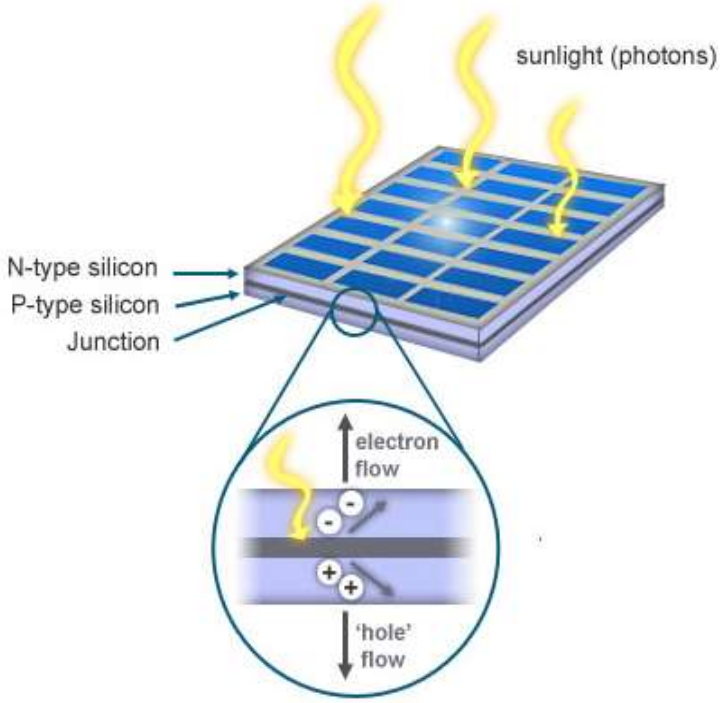
بلورة سيلكون

إثارة الالكترونات الغير مرتبطة

تتحرك الالكترونات بحرية

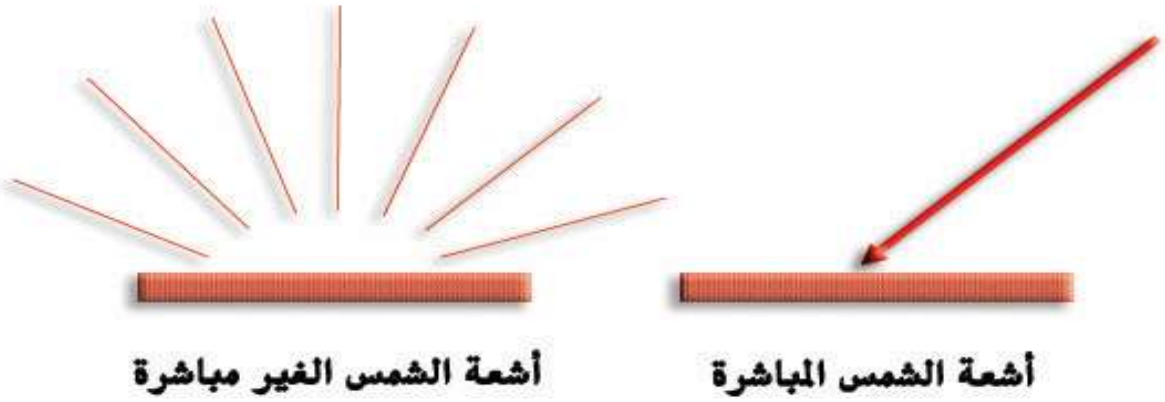
تتعرض لمجال كهربي

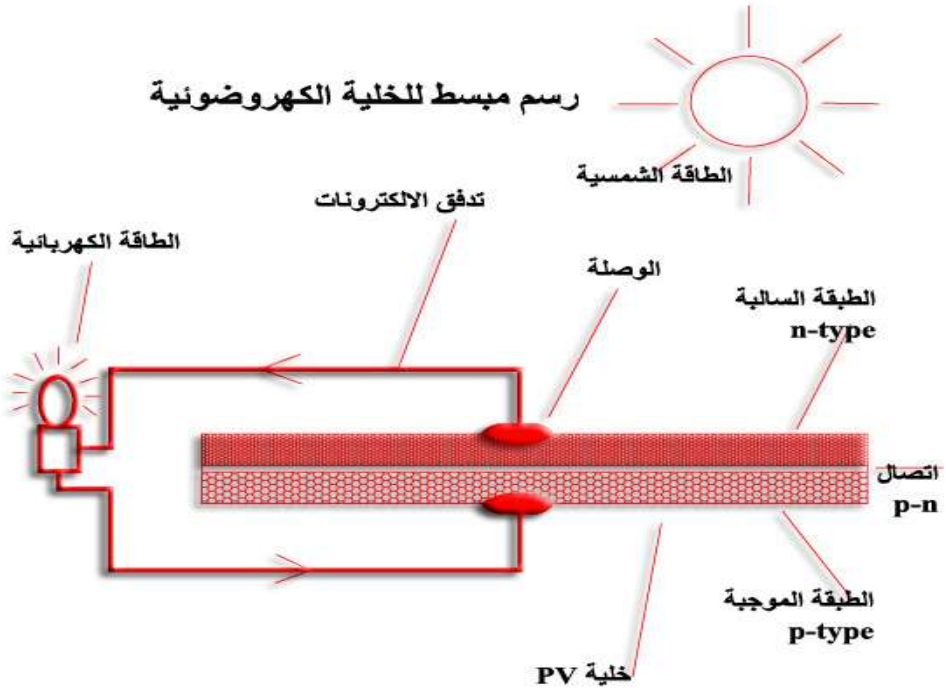
تتحرك الالكترونات باتجاه واحد وهذا هو التيار الكهربي



شكل توضيحي للتفسير العلمي لتوليد الطاقة الكهربيةفي الخلية الكهروضوئية

- وتولد PVS تيار مباشر من الالكترونات مع كلا أشعة الشمس المباشرة وغير المباشرة و تزيد قدرتها مع زيادة أشعة الشمس تلقائيا , كما هو مبين في الشكل التالي .





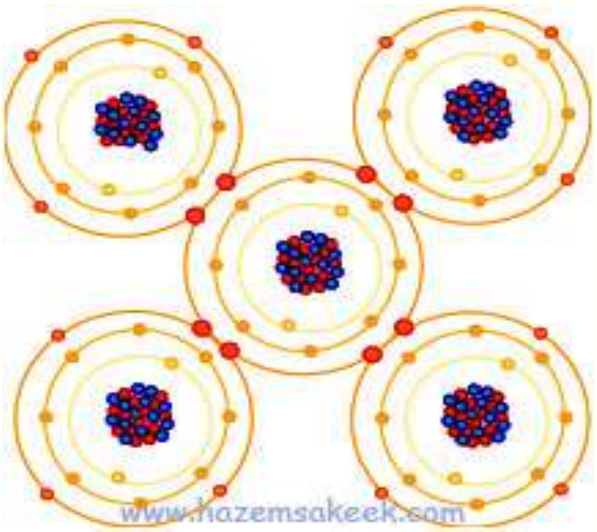
لماذا تستخدم خلية السيلكون بالتحديد في تركيب PVS , و ما فائدة التركيب البلوري لها ؟

▪ وصف بلورة السيلكون :

يمتلك السيلكون بعض الخواص الكيميائية في تركيبه البلوري. فذرة السليكون تحتوي على 14 إلكترون موزعة على ثلاث مستويات طاقة و يحتوي المستوى الثالث أو المستوى الخارجي على 4 الكترونات فقط أي يكون نصفه ممتلئ والنصف الآخر فارغ حيث إن المدار يكتمل بـ 8 الكترونات, وتسعى ذرة السيليكون لان تكمل النقص في عدد الالكترونات في المستوى الخارجي ولتفعل ذلك فإنها تشارك أربع الكترونات من ذرات سليكون مجاورة وبهذا ترتبط ذرات السليكون بعضها البعض في شكل تركيب بلوري .

▪ تطعيم ذرة السيلكون (DOPING) :

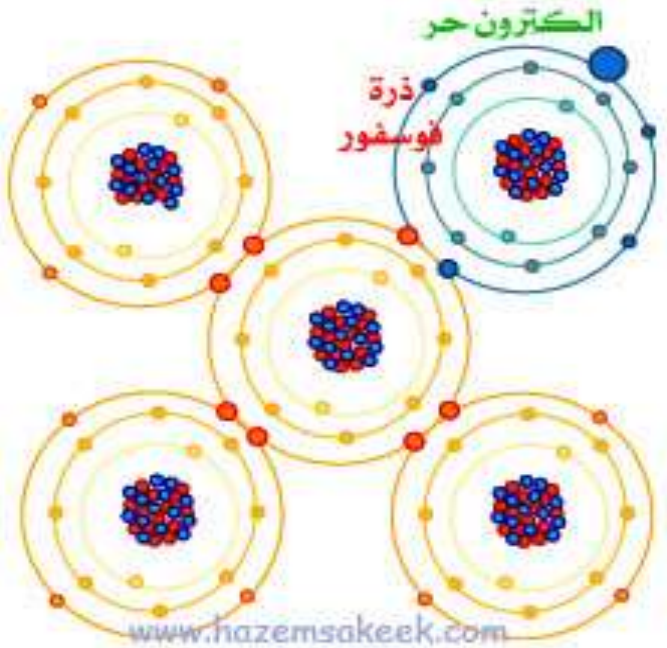
و للعلم فان بلورة السيلكون النقية لا توصل التيار الكهربي بكفاءة عالية لأنه لا يوجد الكترونات حرة لتنقل التيار الكهربي حيث أن كل الالكترونات قد قيدت في التركيب البلوري. ولهذا ولكي يتم استخدام السليكون في الخلية الشمسية فإننا بحاجة إلى إجراء **تعديل بسيط** في التركيب البلوري.



رسم يوضح توزيع الالكترونات في مستوى الطاقة الأخير لبلورة السيلكون النقي Figure.2 .

▪ **التعديل البسيط** هو عبارة عن إضافة ذرات عناصر أخرى (تسمى عملية تطعيم doping) وهذه الذرات الإضافية نسميها شوائب impuritiesوهي ضرورية لعمل الخلية الشمسية.
فيتم تطعيم ذرات السيلكون بذرات فوسفور , و ذلك لأن ذرة الفوسفور تحتوي على 5 الكترونات في مدارها الخارجي ولهذا عندما تدخل الشبكة البلورية بين ذرات السليكون ستشارك بـ 4 الكترونات ويبقى إلكترون حر .

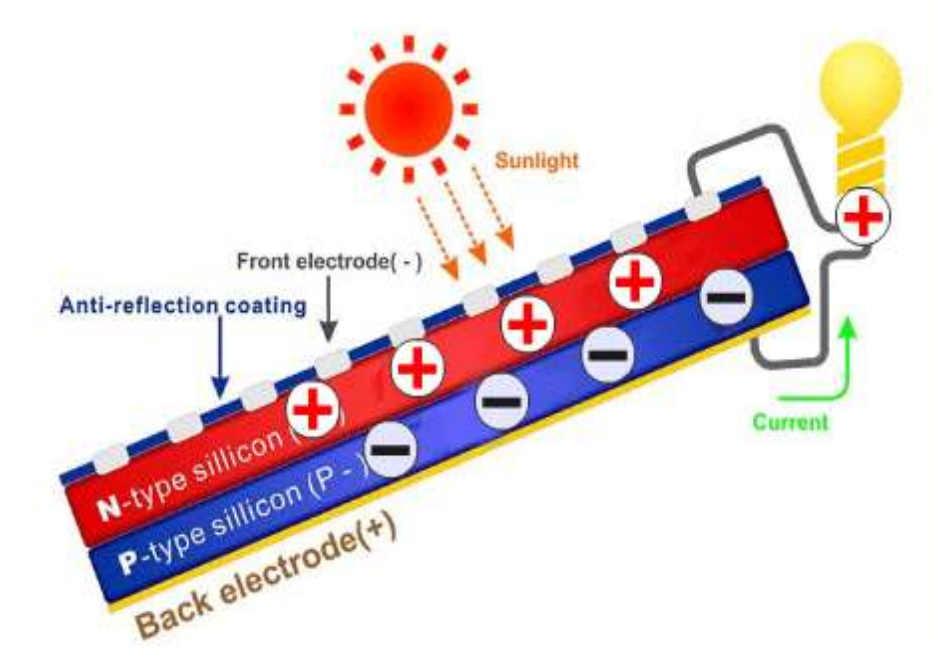
▪ الآن تتضح فكرة عمل الشوائب في ذرات السليكون فلو تم تزويد السليكون النقي بالطاقة ولتكن طاقة حرارية مثلاً لوجدنا أن بعض الالكترونات تتحرر وتترك مكانها شاغر نسميه فجوة hole. تعمل هذه الفجوة على السماح لإلكترون في الجوار بالانتقال إليها تاركاً فجوة أخرى وهكذا تستمر حركة الالكترونات في اتجاه وحركة الفجوات في الاتجاه المعاكس وهذه الحركة هي تيار كهربي.
ولكن في حالة ذرات السليكون المطعمة بذرات الفوسفور يصبح الأمر مختلف من ناحية أن الطاقة اللازمة لبدأ تحريك الالكترونات اقل بكثير من حالة السليكون النقي .



بللورة سيلكون بعد تطعيمها بذرة الفوسفور. Figure.3

- ولذلك تسمى أشباه الموصلات التي تطعم بذرات تحتوي على الكترونات إضافية بالنوع N-type أي النوع السالب لأنه أضاف إلكترون للتركيب البلوري للذرات , ولهذا يعتبر السليكون المطعم بالفوسفور موصل أفضل من السليكون النقي.

أما P-TYPE أي النوع الموجب فانه ينتج عن تطعيم ذرات السيلكون بذرات لها عدد أقل من الالكترونات الحرة .



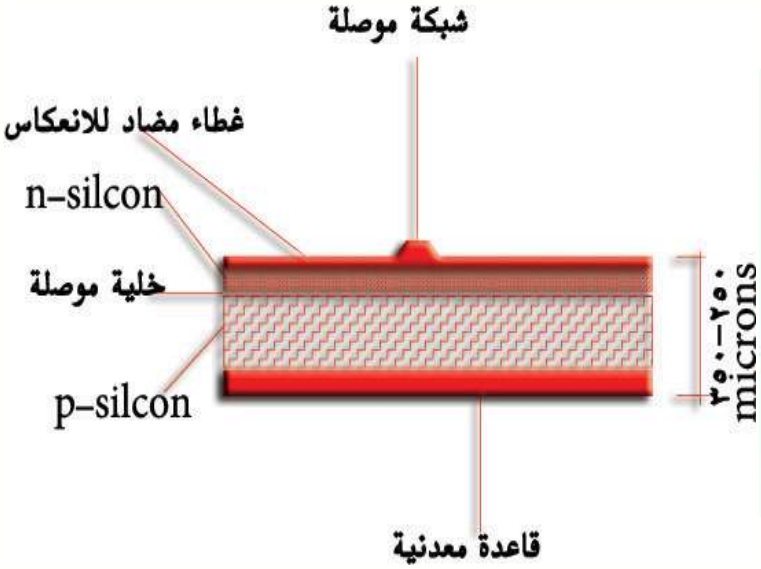
رسم يوضح حركة الالكترونات الحرة و توليد الطاقة الكهربية عند سقوط أشعة الشمس على خلية الفوتوفولتيك

2 . أنواع الخلايا الشمسية

أنواع الخلايا الشمسية

•خلية تصنع من السليكون أحادي التبلر:

(mono crystalline) وهو عبارة عن خلايا قُطعت من بلورة سيلكون مفردة وكفاءة هذا النوع من الخلايا من 11 إلى 16% مما يعني أن امتصاص الخلايا من الإشعاع القادم من الشمس الذي تبلغ قوته 1000 وات لكل متر مربع وذلك في يوم مشمس بالقرب من خط الاستواء أي أن الواحد متر مربع من هذه الخلايا يمتص الإشعاع الشمسي بهذه الكفاءة ينتج ما بين 110 إلى 160 وات.

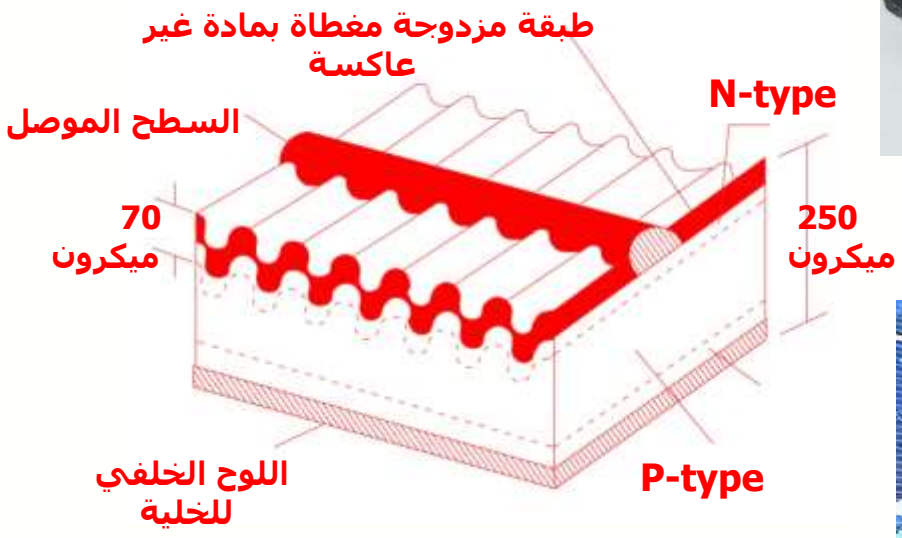


خلية شمسية صنعت من بلورة أحادية السيلكون

•خلايا عديدة التبلور (malty crystalline) :

وهي عبارة عن رقائق من السليكون كُشطت من بلورات سليكون أسطوانية ثم تعالج كيميائيا في أفران لزيادة خواصها الكهربية وبعد ذلك تغطي أسطح الخلايا بمضاد الانعكاس لكي تمتص الخلايا أشعة الشمس بكفاءة عالية وكفاءة هذا النوع من 9 إلى 13%.

المادة الخام للبلورات السيلكونية

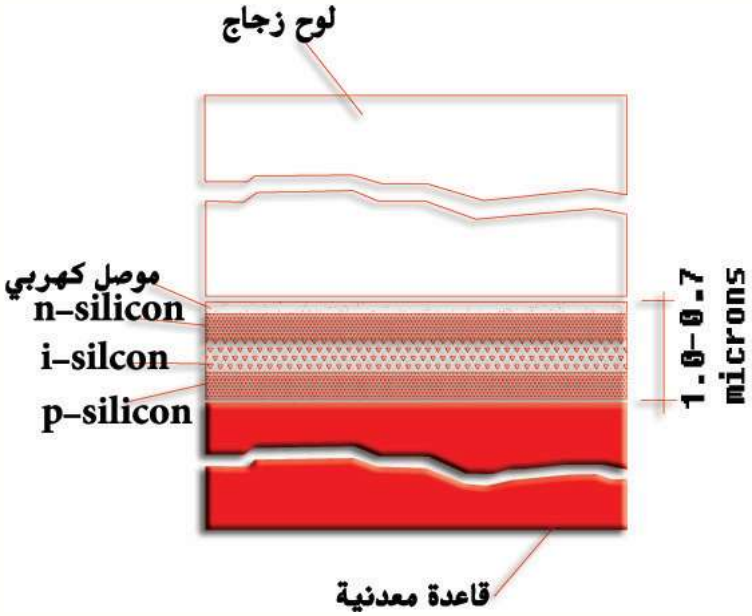


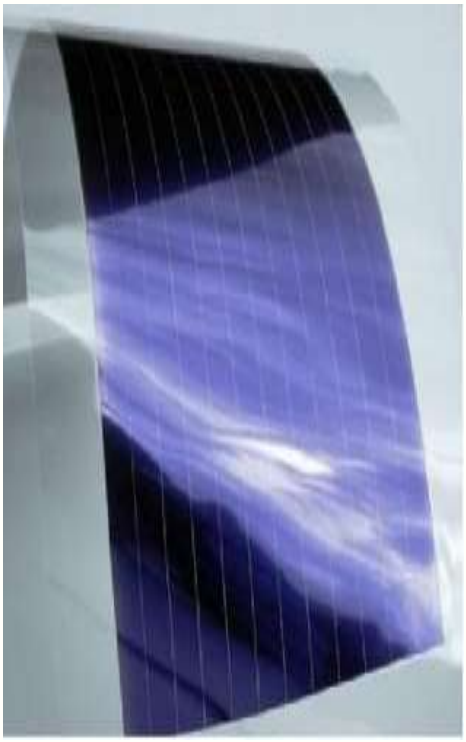
قطاع توضيحي
لخلية السيلكون كثير البلورات

السيلكون كثير البلورات في لوح شمسي

•الخلايا المورفية أو خلايا الفيلم الرفيع (amorphous) :

وفيها مادة السيلكون تترسب على هيئة طبقات رفيعة علي أسطح من الزجاج أو البلاستيك لذلك فإن تصنيع هذه الخلايا يتم بتقنية سهلة ولكن كفاءتها أقل من 3 إلى 6% وأسعارها أيضا أقل. وهي مناسبة لتطبيقات من 40 وات إلى ما أقل .



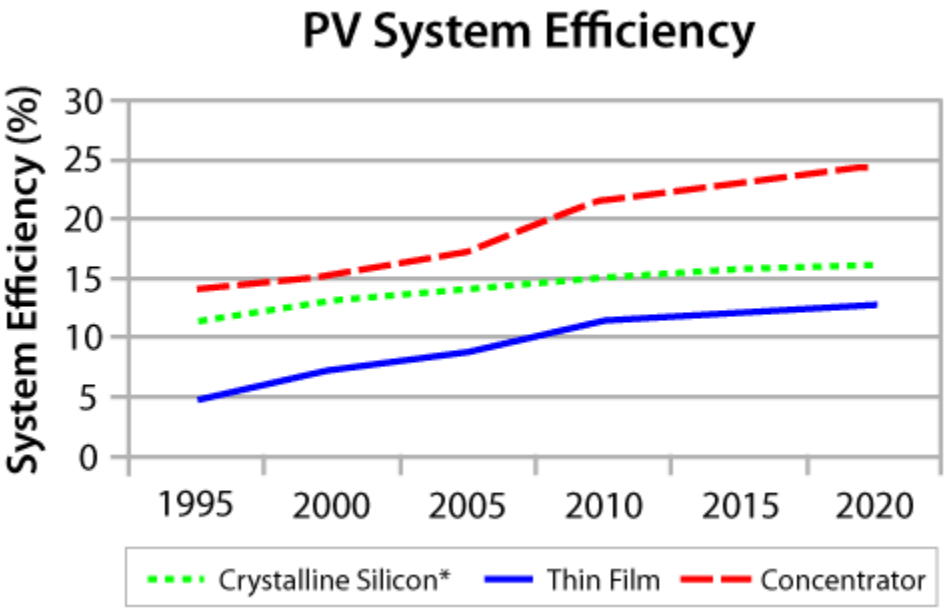


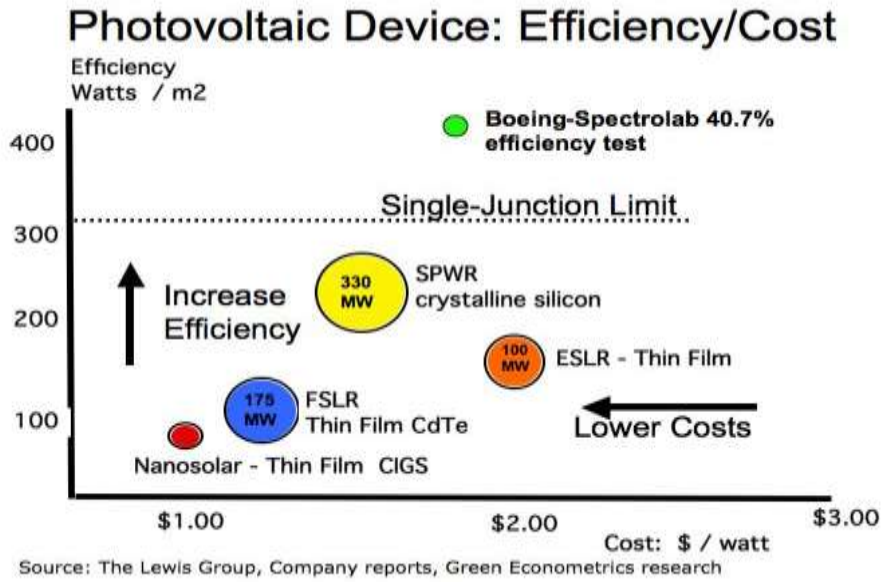
لوح من خلايا الفيلم الرفيع.

مقارنة بين أنواع الخلايا الكهروضوئية

أوجه المقارنة	Mono crystalline silicon	Polycrystalline silicon	Thin-film silicon (amorphous silicone)
المكون الرئيسي للخلية	خليه قطعت من خلية سيلكون متفردة .	رقائق من السيلكون كشطت من بلورات سيليكونية اسطوانية ثم تعالج في أفران لزيادة خواصها الكهربية, ثم تغطى أسطح الخلايا بمضادات الانعكاس .	من مادة السيلكون المترسبة على هيئة طبقات رفيعة على أسطح الزجاج أو البلاستيك .
مقدار كفاءة الخلية % Approximate) (cell efficiency	13-17%	12-15%	5%
مقدار فعالية الوحدة % Approximate) cell efficiency	12-15%	11-14%	4.5-4.95
إنتاج الخلية من الطاقة الكهربية	110-160w	80w	40w
المميزات و العيوب	كفاءتها العالية في إنتاج الطاقة الكهربية	سهولة الإنتاج و أرخص في التكلفة و لكن الكفاءة أقل	الخامات المصنعة منها الأقل في التكلفة و لكنها أيضا الأقل في إنتاج الطاقة على الإطلاق

معدلات توضيحية لمستوى كفاءة أنواع الخلايا الكهروضوئية و كذلك مقدار التكلفة



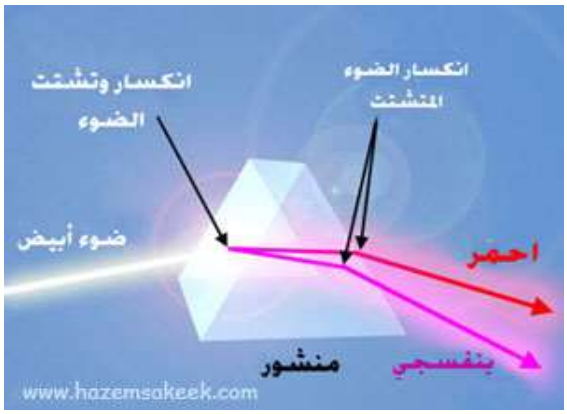


أسباب فقد الطاقة في الخلايا الشمسية

يتضح لنا من الجزء الأول الفكرة الأساسية من إنتاج الطاقة الكهربية باستخدام خلايا الفوتوفولتيك والتي تشكل ما يعرف بالخلايا الشمسية وان هذه الخلايا تصنع من مواد أشباه الموصلات مثل السيلكون.
في هذه الجزء سوف نقوم بشرح الصعوبات والتحديات لاستخدام الخلايا الشمسية لتزود منازلنا بالكهرباء من أشعة الشمس. ولكن قبل ذلك سوف نوضح كم مقدار الطاقة الشمسية التي تمتصها خلية الفوتوفولتيك؟ **حيث أنها لا تمتص أكثر من 25%** من أشعة الشمس.

والسؤال المهم لماذا كمية امتصاص الطاقة صغيراً إلى هذا الحد؟
يعتمد ذلك على عاملين أساسيين **:**

(1)نوع المادة المستخدمة وطاقة الفوتونات الضوئية :
الضوء المرئي هو جزء من الطيف الكهرومغناطيسي. وكما نعلم أن الطيف الكهرومغناطيسي مكون من العديد من الأمواج الكهرومغناطيسية المختلفة في الأطوال الموجية. والضوء المرئي أيضا مكون من أطوال موجية مختلفة وهي التي تعرف بألوان الطيف (الاحمر والبرتقالي والأصفر والأخضر والأزرق والنيلي) ويمكن فصل ألوان الطيف هذه حسب أطوالها الموجية باستخدام المنشور.



يمثل كل لون من ألوان الطيف طول موجي محدد ولكل طول موجي طاقة محددة يحملها الفوتون، وهذا الفوتون عندما يسقط على خلية الفوتوفولتيك المكونة من p-type و n-type كما هو موضح في الجزء الأول من هذا الموضوع فإن بعض هذه الفوتونات لا تمتلك الطاقة الكافية لتحرير إلكترون وعمل فجوة في الخلية، حيث تنفذ هذه الفوتونات عبر الخلية ولا يتم امتصاصها. وعدد بسيط من فوتونات الضوء تمتلك الطاقة الكافية والتي تصل طاقتها 1 إلكترون فولت (eV1) وهي الطاقة اللازمة لتحرير الكترونات من ذرات مادة السليكون.

فالمادة مكونة من ذرات وهذه الذرات موزعة على مستويات طاقة مختلفة وعند تزويد الإلكترون بطاقة خارجية فإنه ينتقل من مستوى طاقة إلى مستوى طاقة أعلى والمسافة بين المستويين تسمى فجوة الطاقة band gap energy وهي مميزة لكل مادة وهي التي تحدد إذا ما كانت المادة موصلة أو عازلة أو شبه موصلة للتيار الكهربائي، وفي مادة السيليكون تقدر قيمة فجوة الطاقة بـ eV1، لذلك لو كانت الطاقة الخارجية التي نزود بها الإلكترون اقل من هذه القيمة فإن الإلكترون لن يستفيد منها ولن يمتصها لكي ينتقل إلى مستوى طاقة اعلي، أما إذا كانت قيمة الطاقة الخارجية الساقطة على الإلكترون اكبر من eV1 فإنها سوف تنقل الإلكترون من مستوى طاقة إلى مستوى طاقة أعلى وهذا ما نريده في الخلية الشمسية حيث أن الطاقة الخارجية هي الضوء.

والسؤال الذي يتبادر إلى أذهاننا الآن لماذا لا نستخدم مادة أخرى تكون فيها فجوة الطاقة اقل حتى نشرك اكبر قدر من فوتونات الضوء في توليد التيار الكهربي؟

وهذا تفكير سليم ومنطقي ولكن لم نفكر في الأمور الأخرى التي ترتبط بفجوة الطاقة، حيث أن فرق الجهد الكهربي بين طرفي خلية الفوتوفولتيك يعتمد على مقدار فجوة الطاقة فكلما قلت فجوة الطاقة كلما زاد عدد الالكترونات المتحررة وهذا يؤدي إلى زيادة التيار الكهربي ولكن في نفس الوقت يقل فرق الجهد. وتذكر أن القدرة الكهربية للخلية يساوي التيار الكهربي مضروباً في فرق الجهد الكهربي. لذا فإن أفضل فجوة طاقة لنوازن بين فرق الجهد الكهربي وقيمة التيار الناتج هي في حدود eV1.4، وهي قريبة من فجوة الطاقة لذرات السليكون.

(2) المقاومة الكهربية لمادة السليكون :

من العوامل التي تساهم في زيادة الفقد في الطاقة أيضا هو مرور التيار الكهربي الناتج من الخلية الشمسية في دائرة خارجية مما يتطلب أن نقوم بتغطية الطبقة السفلى من الخلية بمادة موصلة للتيار الكهربي، في حين السطح الخارجي الذي يتعرض للضوء لو تم تغطيته أيضا فلن يصل الضوء للخلية وبالتالي لن تعمل، ولهذا يتم في بعض الأحيان وضع طبقة رقيقة جداً من مادة موصلة على أجزاء من السطح الخارجي للخلية. وفي بعض الأحيان يتم وضع وصلات على أطراف الخلية وهذا يجعل الالكترونات تتحرك مسافة كبيرة في خلية الفوتوفولتيك قبل أن تصل لأطراف التوصيل وهذا يزيد قيمة المقاومة (تذكر أن الالكترونات تتحرك في مادة السليكون وهي مادة غير جيدة التوصيل للتيار الكهربي) مما يعمل على زيادة قيمة الفقد في الطاقة.

وتتوقف كفاءة النظام الشمسي على على عدة عوامل هي:

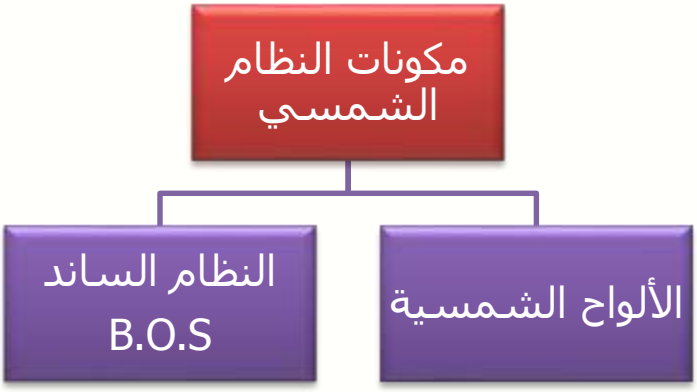
- كميات الإشعاع الشمسي الساقطة على المجمع.
- فترة السطوع للشمس خلال اليوم والشهر والسنة.
- كفاءة التخزين الحراري لمكان تخزين المياه الساخنة.
- كفاءة المجمع الشمسي ومعدل فقده للحرارة.

وبعد هذا الشرح المفصل عن استخدام الطاقة الشمسية لتزود المنازل بالكهرباء ليس بالأمر السهل بالرغم من أننا نعلم أن الأشعة الشمسية مجانية ولا تكلف ولكن تكاليف التجهيزات والتركيب تعتبر باهظة إذا ما قورنت بالكهرباء التي تزودنا بها شركة الكهرباء، حيث تقدر تكلفة تركيب نظام كهرباء بالطاقة الشمسية ما يقارب 30,000 دولار. ولهذا فإن استخدام الخلايا الشمسية لتوليد الطاقة الكهربية يستخدم في الأماكن البعيدة عن شبكة الكهرباء المحلية أو في المركبات الفضائية.

وبالرغم من أن الأبحاث العلمية التي تجرى لتطوير الخلايا الشمسية لا يمكن أن تنتج بطاقة كهربية بتكلفة تنافس ما هو متوفر من مصادر الطاقة المعروفة، إلا أن المخاوف البيئية الناتجة عن مصادر الطاقة التقليدية تدفع بقوة في اتجاه استخدام الخلايا الشمسية مما يجعل من تقنية خلايا الفوتوفولتيك هي مستقبل الطاقة.

3. النظام الشمسي المتكامل لتوليد الطاقة الكهربية المستخدم في البناء

النظام الشمسي المتكامل لتوليد الطاقة الكهربية المستخدم في البناء



1. تركيب الألواح الشمسية

الألواح الشمسية:
هي الجزء الظاهر من المنظومة الشمسية والذي يتم تثبيته على سطح المبنى وهو يقوم بتوليد الطاقة الكهربائية. تتكون الألواح الشمسية من :

- الخلية الشمسية [**cell**] : وهى الوحدة التي تحدث بها ظاهرة تحويل أشعة الشمس إلى قوة دافعة كهربية (EME) نتيجة امتصاص الأشعة الساقطة عليها (التي تكون بتكرارها الوحدة الشمسية [module]) .
- الوحدة الشمسية [**module**] : وهى مجموعة من الخلايا الشمسية تجمع وتوصل معا على التوالي للحصول على خط الصف الشمسي. **string**
- الصف الشمسي [**string**] : وهى مجموعة من الوحدات (موديولات) تجمع وتوصل معا على التوالي للحصول على مجموعة القوى الدافعة الكهربية .**Array**
- مجموع الصفوف الشمسية **Array:** وهى الشكل النهائي المتكون لاستقبال أشعة الشمس وهى مجموعة من التجمعات للحصول على الطاقة الكهربية . ويراعى عند وضعها تحقيق زوايا ميولها وتوجيها ناحية الشمس وعدم تعرضها للظلال طوال فترة إشراق الشمس .

الخلية الشمسية PV Cell :
هي المكون الأساسي للمنظومة الشمسية وهي اصغر جزء فيه. تستجيب للإشعاع الشمسي المباشر وغير المباشر محولة طاقة الإشعاع إلى طاقة كهربائية. تستفيد الألواح الشمسية من ضوء الشمس الذي ينشط الالكترونات داخل الخلية لينتج التيار. تعتمد كفاءة عمل الخلية على عاملين:

- الأول هو كفاءة التحويل داخل الخلية
- والثاني هو قابلية الخلية الشمسية على امتصاص الفوتونات

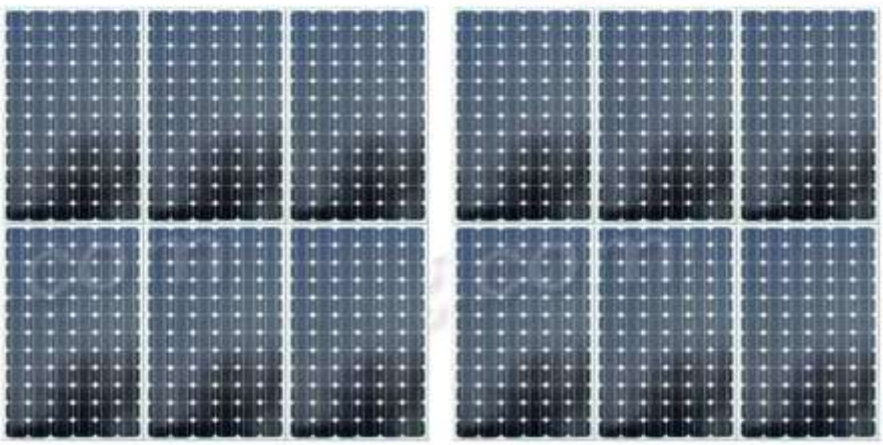
مخطط توضيحي لتركيب اللوح الشمسي

[4 PV cell]

Solar Panel
[Module]

[String]
Multiple modules

[Solar Array]



الوحدة الشمسية (PV Module)

تعريفها : هي الجزء الظاهر من المنظومة الشمسية وتتكون من تجميع عدد من الخلايا الشمسية .

مواصفات الوحدة الشمسية النموذجية :

- عدد الخلايا : 36 خلية
- القدرة الإنتاجية : 300WP - 60WP
- الأبعاد : 1.0x0.5 m
  1.33x0.33 m
  1.2x0.7 m
- الشكل : مربع أو مستطيل
- الوصف : * مؤطرة بإطار من الألمونيوم
  * أو غير مؤطرة , حسب متطلبات التصميم
- اللون : * حسب نوع الخلية
  * حسب لون الصفيحة الخلفي

تغليف الألواح الشمسية :

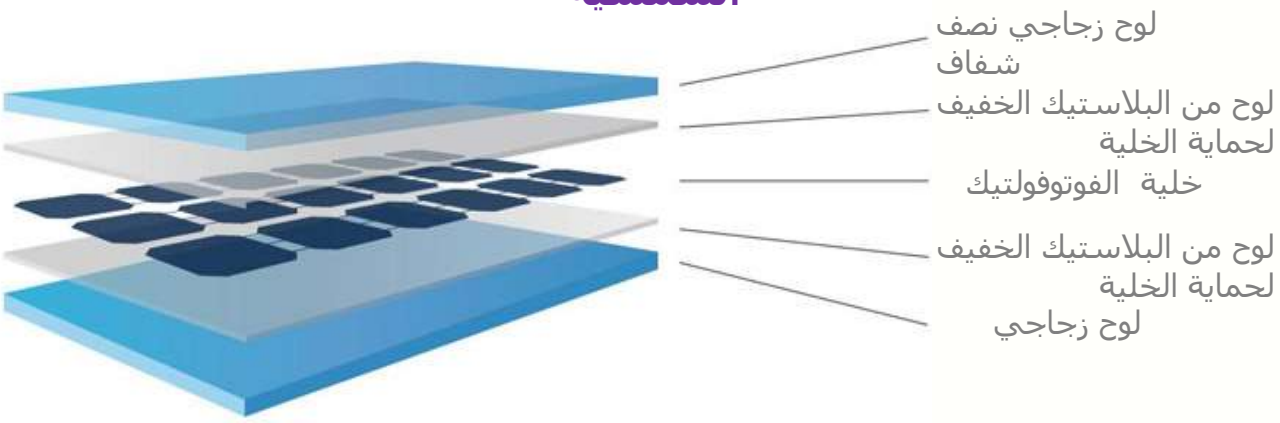
▪ يغلف اللوح الشمسي بطبقة من مادة الزجاج يليها طبقة شفافة خفيفة من البلاستك المعالج لمضاعفة الحماية للخلية الشمسية تليها طبقة من الخلايا الشمسية. تثبت الألواح الشمسية على قاعدة وتختلف المادة المصنعة لها من نوع إلى آخر، حيث تصنع إما من مادة الزجاج أو الفولاذ المقاوم للصدأ أو من مادة بلاستيكية .

▪ عند استخدام الوحدات الشمسية نصف الشفافة ذات الخلايا الشمسية الدائرية يتم استخدام نوع من الزجاج يكون مشتت للضوء لتلطيف دخوله عند الحافات الدائرية، ولتقليل الكلف الناتجة عن هذه المتطلبات التصميمية يلجأ المصممون عادة لاختيار وحدات شمسية قياسية من الشركات المصنعة بحيث تتفق مع التصاميم المعدة من قبلهم .

الوحدات الشمسية كمواد إنهاء (تشطيب) :

يتم توظيف الوحدات الشمسية إما كمادة إنهاء أساسية أو بهيئة وحدات إنهاء مدمجه من ضمن مادة التشطيب التقليدية وفي هذه الحالة ستكون المساحة المنتجة للطاقة أقل، كمثال على ذلك منتج بهيئة قطع خفيفة من الخرسانة بأبعاد كلية تساوي 40*72 سم ، أي مساحة 0.3م2 تدمج معه قطعة شمسية بأبعاد (28 * 40 سم) أي بمساحة 0.12 م2 ,
كما أن هذه القطع تكون إما متراكبة مع بعضها أو منفصلة بمسافة لا تقل عن 5مم .

شكل توضيحي لمكونات الوحدة الشمسية



الوحدة الشمسية و مواد التشطيب

وحدة شمسية متكاملة
مع مواد التشطيب

وحدة شمسية منفصلة
عن مواد التشطيب

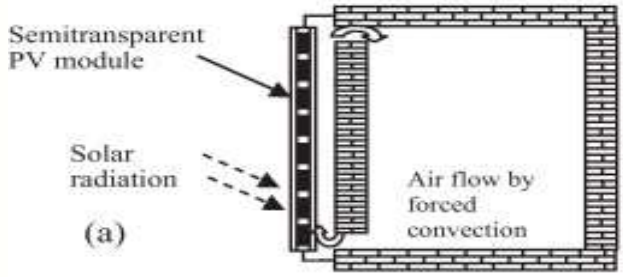
خاصية الشفافية والتعتيم في الوحدات الشمسية:

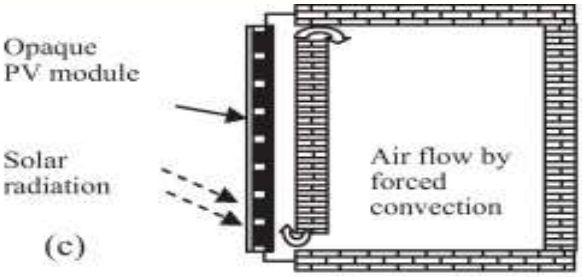
- الوحدات الشمسية تكون إما لا تسمح بنفاذ الضوء من خلالها Opaque Cells أو تكون شفافة Transparent
- وتمتلك الوحدات الشمسية الشفافة وظيفتي توليد الطاقة الكهربائية وإمكانية النظر خلالها بسيطرة شمسية عالية فهي تمتلك خواص الوحدة الشمسية والنافذة مفتوحة المنظر التي تسمح للضوء الطبيعي بالنفاذ للداخل.
- وهي ملائمة للنوافذ والاضاءات السقفية.
- تشبه الوحدات الشمسية نصف الشفافة بمظهرها الزجاج الملون بألوان رمادية أو زرقاء أو سوداء او بلون بني

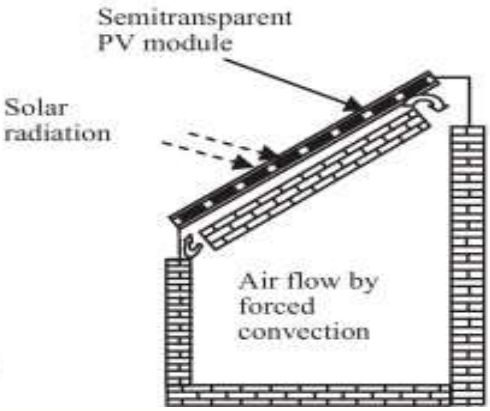
الوحدات الشمسية

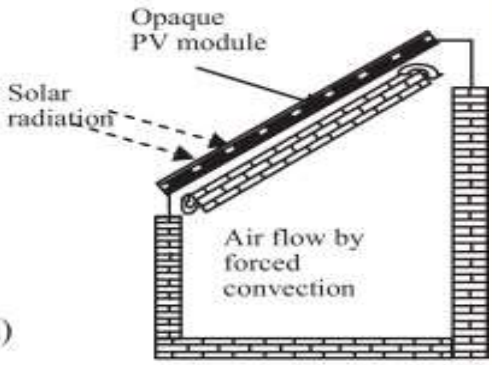
تسمح بنفاذ الضوء الخارجي

قطاع يوضح الوحدة الشمسية من حيث الشفافية أو التعتيم









ألواح شمسية شفافة

ألواح شمسية معتمة

ثانياً: النظام الساند (Balance of System :(B.O.S)

1) وحدات الشحن Charge Controller

هو جهاز يقوم بتحويل الطاقة من الألواح الشمسية إلى البطارية، يقيس نسبة الطاقة في البطارية، حيث يقوم بإيقاف عملية الشحن عندما تمتلئ البطاريات بالطاقة.

2) البطاريات Battery

أى وحدات التخزين للطاقة الكهربية وذلك للاستفادة من الطاقة أثناء الليل وأثناء فترات الإشعاع الشمسي الضعيف ويمكن تخزين طاقة تكفى للاستهلاك من 2-5 يوم حسب قدرة استيعاب كل بطارية للتخزين .

3) المحول Inverter

- يعرف أيضا باسم منظم القدرة وظيفته تغيير مواصفات الطاقة الناتجة من لمنظومة الشمسية بحيث تتكيف مع مواصفات الطاقة التي تحتاجها الأحمال حيث يقوم بتحويل القدرة من المنظومة الشمسية أو البطارية إلى الأحمال.
- إن العاكس الكهربائي هو المتحكم بتشغيل المنظومة الشمسية، فعند شروق الشمس يقوم بربط الألواح إلى باقي أجزاء المنظومة وعند غروبها يقوم بفصلها عن باقي الأجزاء .
- يقوم بتحويل التيار المستمر إلى تيار متردد A.C يمكن استخدامه حيث تعتمد معظم الأجهزة في تشغيلها على التيار المتردد .

4) الهيكل الساند للمصفوفة الشمسية

يقوم بحمل مجموع الألواح الشمسية في المصفوفة وهو يستخدم لتحديد زاوية ميلان الألواح الشمسية في الصف الشمسي، بعض الهياكل الساندة تكون متحركة وهو ما يعرف بأنظمة التعقب للإشعاع الشمسي Tracking System وهي تتحرك على محور واحد او محورين .

5) أسلاك التوصيل

من الأمور التي يجب الانتباه لها عند تصميم المنظومة هي مسألة إخفاء أسلاك التوصيل. هناك عدة أساليب للتعامل مع أسلاك التوصيل من قبل المصممين هي :

- إخفاء الأسلاك في المسافات الفاصلة بين الوحدات الشمسية
- إخفاء الأسلاك في الهيكل الساند
- أظهار الأسلاك بطرق تصميمية مبتكرة

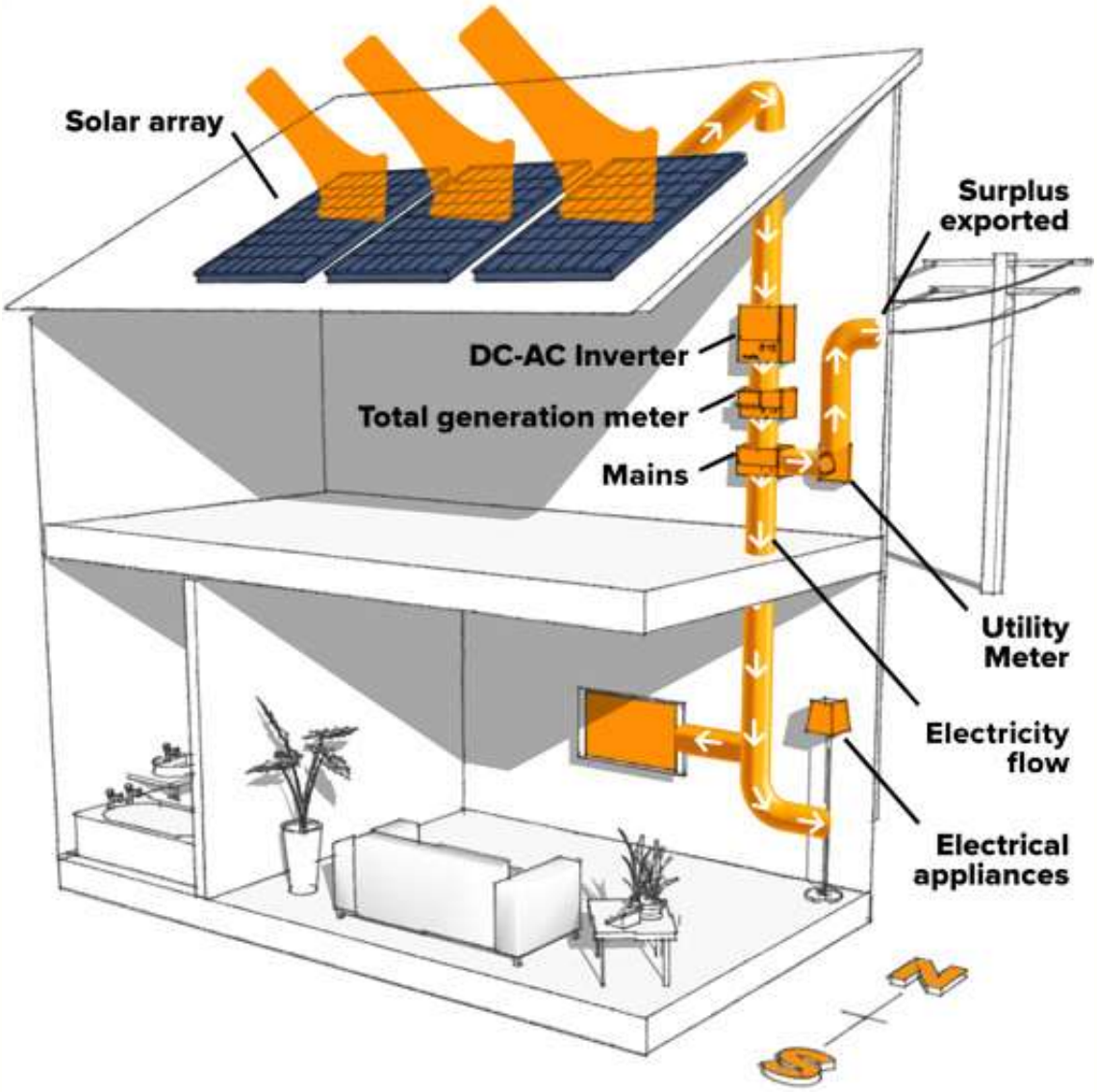
DC DC DC AC

Inverter
عاكس

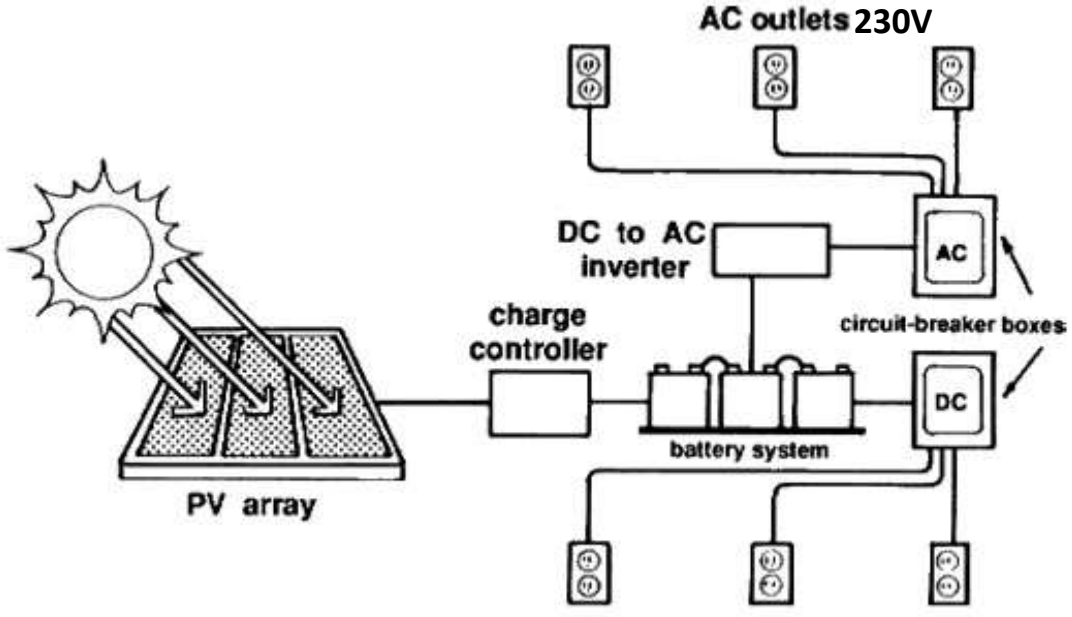
DC : تيار مستمر

AC : تيار يصلح للاستخدام في الأجهزة المنزلية

شكل توضيحي لتوصيل نظام المساندة مع الوحدات الشمسية



مخطط توضيحي يوضح مسار التيار الكهربي بنوعيه الناتج عن الوحدات الشمسية



شرح عمل النظام الساند B.O.S

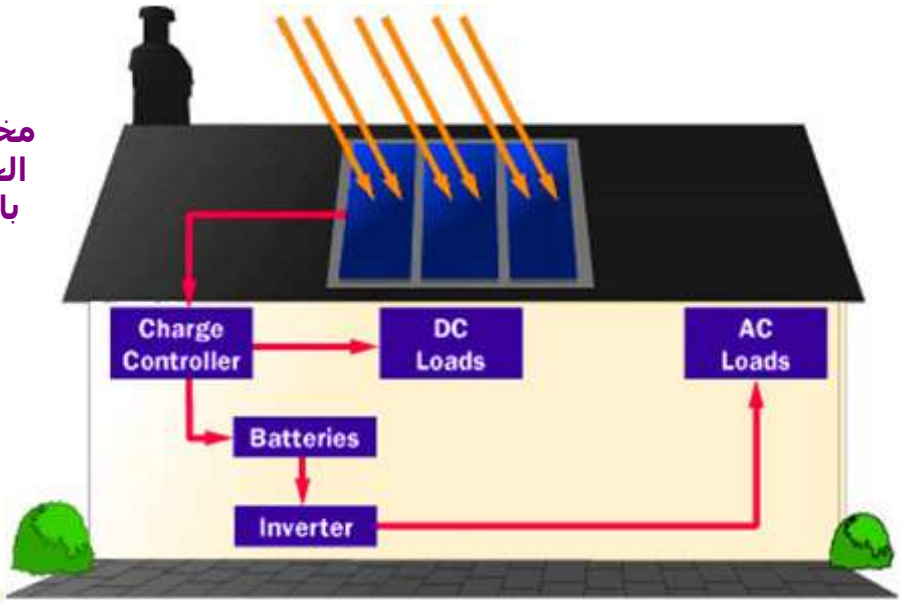
يبلغ العمر الافتراضي للخلايا الشمسية حوالي 20 سنة وهذا أمر مشجع ولكن البطاريات المستخدمة لتخزين الطاقة بالإضافة إلى حاجتها للصيانة الدورية إلا أنها بحاجة إلى أن تستبدل كل عام هذا بالإضافة إلى ضرورة الاحتفاظ بالبطاريات في مكان خاص ومحاطة بجدار غير معدني وجيد التهوية.

البطاريات المستخدمة مع الخلايا الشمسية تختلف عن بطارية السيارة لان بطارية السيارة تفقد التيار بكمية كبيرة خلال وقت قصير لتوفير الطاقة اللازمة لتشغيل السيارة ولكن بطارية الخلايا الشمسية تفقد التيار بكميات اقل وتعمل لمدة اكبر، وهناك نوعان من البطاريات: بطاريات أسيد الرصاص lead-acid وبطاريات النيكل-كادميم nickel-cadmium، والنوع الأخير باهظ الثمن ولكن يدوم لفترة كبيرة ويمكن أن تفرغ البطارية طاقتها بالكامل بدون أن يحصل لها ضرر في حين أن بطاريات أسيد الرصاص تزودك بـ 40% من الطاقة المخزنة فقط.

ويتم تثبيت دائرة كهربية تعمل مع البطارية تسمى المتحكم في الشحن charge controller ووظيفته أن يقوم بإيقاف مرور التيار الكهربي في البطارية إذا تم شحنها بالكامل، وفي حالة نقصان الشحن في البطارية فإن دائرة التحكم تسمح للتيار بإعادة الشحن مرة أخرى وهكذا.

إن الطاقة الكهربية التي نحصل عليها من الخلايا الشمسية أو من البطاريات التي اختزنت الطاقة الكهربية تزودنا بتيار مستمر وهذا التيار لا يصلح لتشغيل أجهزة المنزل المختلفة. لذا يتوجب تحويل التيار الكهربي المستمر إلى تيار كهربي متردد وهذا يتم من خلال دائرة الكترونية تسمى inverter.

مخطط توضيحي لفكرة استغلال الخلايا الشمسية لتزويد المنزل بالطاقة الكهربية وتخزينها في بطاريات



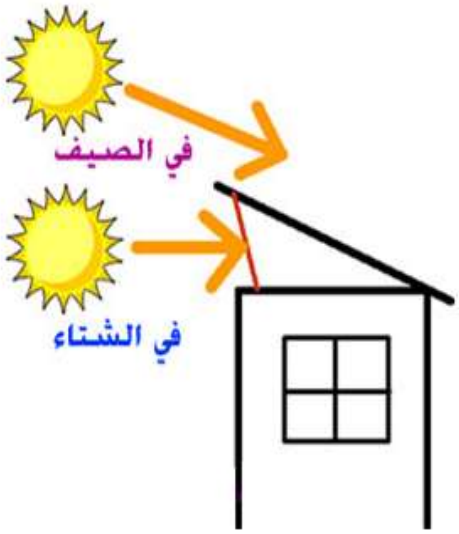
4. خلايا الطاقة الشمسية المتكاملة المستخدمة في البناء(BIPV)

خلايا الطاقة الشمسية المتكاملة المستخدمة في البناء (BIPV)

هي عبارة عن مواد كهروضوئية تستخدم لتحل محل مواد البناء التقليدية في بعض أجزاء المبنى الخارجية مثل السقف ،المناور، أو الواجهات. فهي تدخل بشكل متزايد في تشييد المباني الجديدة بوصفها المصدر الرئيسي أو الإضافي لتوليد الطاقة الكهربائية، وكذلك قد تم تزويد بعض المباني القديمة بـ BIPV

ما هي المتطلبات التي يجب توافرها لنستطيع ان نستخدم الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء؟

ليس كل سطح منزل لها الاتجاه الصحيح والزاوية المطلوبة لأفضل استغلال لأشعة الشمس. كما أن هناك اختلاف لأفضل زاوية وأفضل توجيه للخلايا الشمسية بين فترتي الصباح والمساء وكذلك بين فصلي الصيف والشتاء لتستطيع استغلال اكبر قدر من أشعة الشمس طوال العام. كما انه لا يجب أن يعترض سطح الخلايا الشمسية أي نوع من الظلال الناتجة عن المباني المجاورة أو الأشجار أو خلافه.



شكل يوضح أفضل زاوية لألواح الخلايا الشمسية في الصيف والشتاء

بعد تحديد أفضل توجيه للخلايا الشمسية يبقى أن نعرف مساحة الخلايا الشمسية المطلوبة، مع العلم بان الطاقة الكهربائية التي سنحصل عليها سوف تعتمد بشكل أساسي على المناخ والذي لا يمكن بأي حال من الأحوال التنبؤ به ولهذا فإن هناك تغير في مقدار الطاقة الكهربائية حسب المناخ ولكن بإمكاننا أن نستعين بالبيانات المتوفرة لدى محطات الأرصاد الجوية التي يكون لديها معلومات عن حالة الجو خلال العام بما في ذلك حالة الغيوم والرطوبة. ومن هذه البيانات يتم اتخاذ أسوأ الحالات التي تؤثر على مقدار الطاقة الشمسية اللازمة لتوليد الطاقة الكهربية. وبحساب مقدار الطاقة الكهربية اللازمة للمنزل من خلال تقدير استهلاك الأجهزة الكهربية التي تعمل عادة في نفس الوقت. يمكن ان نقوم بحساب عدد خلايا الفوتوفولتيك اللازمة لتوفير الكهرباء للمنزل.

العوامل المؤثرة على كفاءة الخلايا الكهروضوئية :

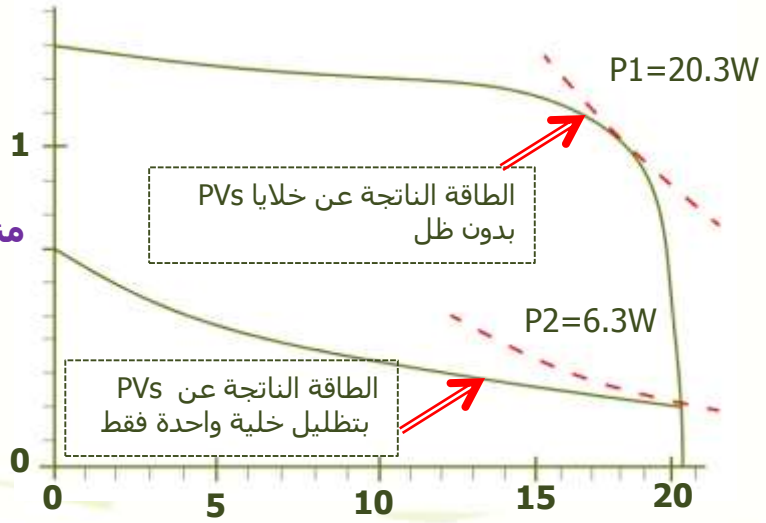
1- الظل :

تؤثر الظلال بشكل مباشر على كمية الكهرباء المنتجة كذلك الأتربة حيث يمكن أن تمر من الخلية مما يؤثر على كمية الطاقة الشمسية الساقطة عليها لذا من الضروري أن تكون نظم الخلايا خالية من الظلال حيث يؤثر على إنتاج الطاقة ولكن التأثير يكون أكثر على الخلايا ذات الشرائح الرقيقة فعند إسقاط الظل على خلية واحده داخل الوحدة الكهروضوئية نجد تأثير كبير على كفاءة الوحدة الكهروضوئية كلها.

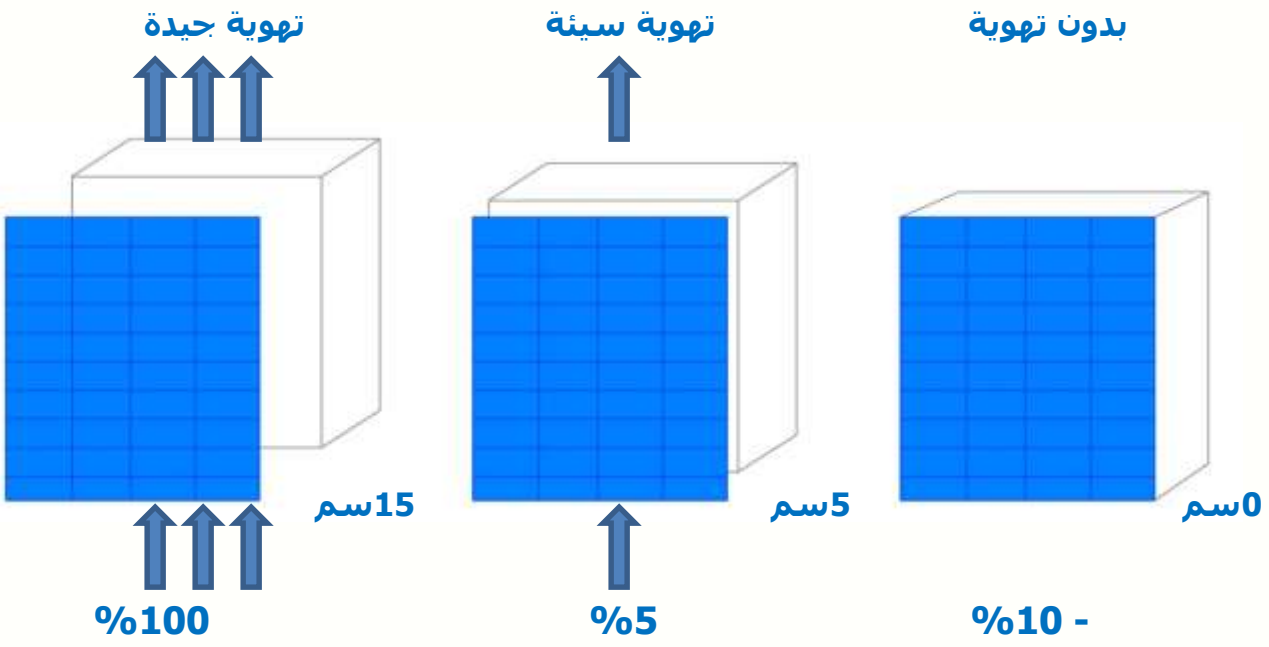
2- نظم التبريد والتهوية :

تعتبر نظم التهوية بالنسبة للخلايا المصنوعة من السيلكون البلوري مهمة جدا حيث تؤثر نظم التهوية والتبريد بشكل فعال على الكفاءة الإنتاجية للطاقة حيث تتعلق بزيادة درجة الحرارة ولكن بالنسبة للخلايا الغير متبلورة والخلايا ذات الشرائح الرقيقة فان نظم التهوية لا تمثل أهمية حيث لا تتأثر كفاءة توليد الطاقة بزيادة درجة الحرارة بنسبة كبيرة .

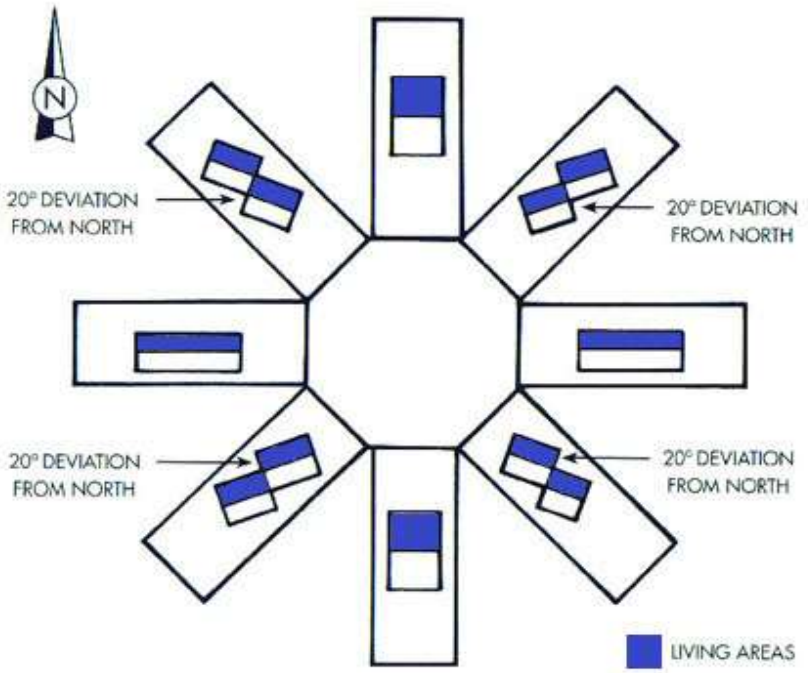
منحنى يوضح تأثير الظل على كفاءة الخلايا الشمسية



رسم توضيحي لتأثير التهوية و عزل الهواء على كفاءة الخلايا



كيفية وضع المباني لاستقطاب الطاقة الشمسية صيفاً وشتاءً



مزايا وحدات الطاقة الشمسية المتكاملة :

- التكلفة الأولية يمكن تخفيضها عن طريق تقليل مواد البناء والأيدي العاملة المستخدمة عند بناء جزء من المبنى المستخدم فيه وحدات BIPV

- وحدات BIPVجزءا لا يتجزأ من التصميم، فهم عموما يشكلون مزيجا أفضل وأكثر جاذبية من الناحية الجمالية من خيارات أخرى مختلفة للطاقة الشمسية

- توفير الطاقة الكهربية المستخدمة في المباني والتي تكون عادة من مصادر غير متجددة

- وحدات الطاقة الكهروضوئية يمكن دمجها مع غطاء البناء ما يسمى ب "الواجهة الغير مهواة "، سواء على المباني العامة مثل مجمعات المكاتب، ومباني الإنتاج، ومراكز التسوق، أو المدارس، وعلى المباني الخاصة مثل حدائق المنازل أو في الوحدات السكنية التي تشتمل على بلكونات. هذه الوحدات تحل محل المواد التقليدية في الأبنية الجديدة وخلق أجواء معتدلة داخلها علي مدار السنة.

- ويتم استخدام خلايا الطاقة الكهروضوئية في الأجزاء الخارجية للمبنى لتحل محل مواد البناء التقليدية وعمليات البناء. على سبيل المثال باستخدام نظام BIPVفي التسقيف قد يحل محل التسقيف باستخدام المعدن والخشب أو باستخدام ألواح الزفت التقليدية.

- باستخدام الخلايا الكهروضوئية لأنظمة المناور في مدخل القاعات، أو االباحات أو غيرها من الأماكن، يمكن أن يحقق فائدة اقتصادية لنظام استخدام الطاقة الشمسية بالإضافة إلي الحصول علي معلم مثير في تصميمه. وتتميز خلايا BIPVبان قدرتها علي الشفافية يمكن أن تتنوع
حسب الرغبة ،بحيث يمكن لهذه الوحدات توفير الظل أو أن تكون شبه شفافة.
- وهذه الخلايا يمكن أن تحمي ضد تقلبات الطقس، وتوفير الظل للحماية من أشعة الشمس وكذلك الحماية من الرياح والأمطار. وبسبب كونها مقاومة كهربائية لذا فيمكنها الحماية من البرق.

- عندما يكون الطقس باردا (أو حارا)، فان الوحدات التي لا تخضع للتهوية تعمل بمثابة عزل حراري من خلال بناء شطيرة من الوحدات نفسها ومن خلال طبقة الهواء التي تتخلل هذه الوحدات، وكذا من خلال امتصاص الأشعة التي يقوم بها السليكون البلوري وطبقة رقيقة الخلايا الشمسية. وهذا يعني أن مقدار قليل من الطاقة تهدر من فقدان الحرارة من الداخل، وخفض تكاليف التدفئة و الحفاظ على درجة الحرارة في الداخل في الدرجة العادية.

وحدات بناء الطاقة الضوئية المتكاملة لها أشكال متعددة

أولا : الأسقف :

I. الأسقف الأفقية
II. الأسقف المائلة
III. الأسطح المنحنية

تتعرض السطوح الأفقية في المباني لتأثير الإشعاع الشمسي في فصل الصيف بنسبة أكبر من الجدران معظم الأحيان العمودية للمبنى تكون الألواح الشمسية المتكاملة مع الأسطح الأفقية غير ظاهرة في الشكل الخارجي ولكن يمكن أن يظهر تأثيرها في الفراغات الداخلية عند استخدام النصف الشفافة منها في تسقيف الفراغات أو في الأسطح المسننة. تستطيع الأسطح الأفقية أن تقدم
امكانيه جيدة لتوفير المساحة المطلوبة لتركيب المنظومات الشمسية

العوامل التي يجب مراعاتها عند تصميم وحدات الطاقة الشمسية للأسقف :

- في حالة توزيع الوحدات على أكثر من مجموعة يراعى دراسة الظلال حتى لا تلقى بالظلال على نفسها
- يراعى أن يكون السقف سهل الوصول إليه لسهولة عمليات الصيانة الدورية .
- يراعى توفير أماكن للبطاريات وحفظها من العوامل الجوية المختلفة .
- يراعى تلافى سقوط ظلال على الوحدات الفوتوفولتية من أي مبنى مجاور أو عناصر عالية كالأبراج أو الأشجار.

1. الأسقف الأفقية :

هناك عدة طرق مختلفة لتكامل الألواح الشمسية مع الأسطح الأفقية:

I. الوحدات الشمسية المائلة المصممة للأسطح الأفقية:

هي عبارة عن ألواح مائلة بزاوية ثابتة، تثبت على هياكل حاملة وتثبت الهياكل بدورها على الأسطح .

II. الوحدات الشمسية العازلة للحرارة ذات الوضع الأفقي:

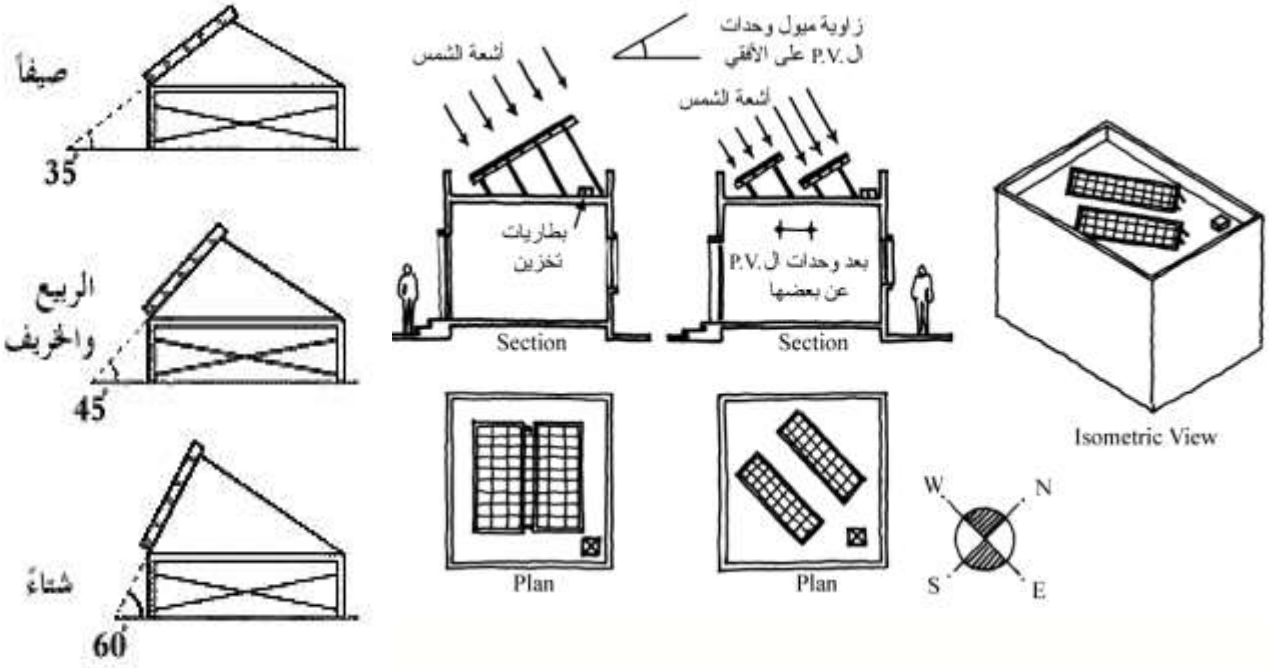
تمتاز بعض أنواع الألواح الشمسية باحتوائها على مواد خاصة للعزل الحراري تكون من ضمن الوحدة الشمسية فهي تساعد على زيادة العزل الحراري للمبنى بسبب المادة العازلة التي تحويها. يستخدم هذا النوع غالباً في الأسطح الأفقية ومن الممكن أن يستَخدم في الأسطح المائلة أيضا كما انه يستخدم في أعادة تأهيل الأسطح القديمة لأنه لا يحتاج إلى طرق تثبيت ميكانيكيه معقدة .

III. وحدات شمسية تستعمل كإضاءة سقفية طبيعية Skylight :

- تستخدم لتغطية الفراغات الكبيرة بالأسطح الأفقية أو الأسطح المسننة.
- عند استخدام الأسطح المسننة يتم وضع الألواح الشمسية بالتوجه الذي يستقبل اكبر كمية ممكنة من الطاقة الشمسية وهو غالبا ما يكون التوجه الجنوبي بينما تفتح الجهة الشمالية لاستقبال الإضاءة الطبيعية، ولذلك يتم توجيه السقوف المنحدرة ذات المساحة السطحية الأكبر باتجاه الجنوب والسقوف المنحدرة الأصغر توجه نحو الشمال .
- أما عند استخدام السطوح الأفقية فيتم استخدام الألواح الشمسية الشفافة أو النصف شفافة للسماح بدخول الإضاءة النهارية. في هذه الحالة يظهر تأثير هذا النوع في التصميم الداخلي، وبشكل خاص في الأفنية الوسطية والبهو الرئيس (Atriums)عند استخدام الزجاج المزدوج الطبقات في تكوينها.

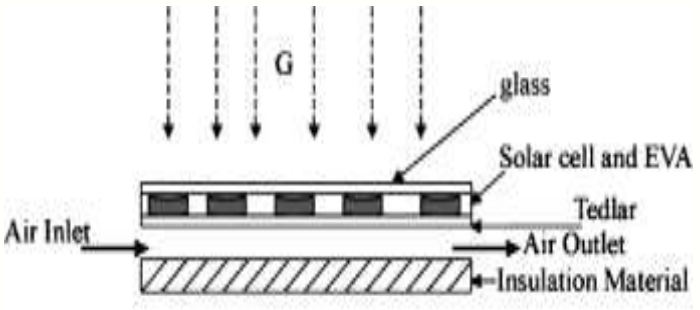
IV. الوحدات الشمسية المصممة لحدائق الأسطح : (البرجولات)

وهي وحدات ذات هياكل مائلة ثابتة مقاومة للصدأ، يصمم الهيكل 40 cm حيث يرتفع عن الأرض بمسافة للسماح بنمو الأعشاب ويتم وضع لوح معدني يدفن تحت طبقة خفيفة من التربة لتثبت هياكل الألواح الشمسية عليه فيكون الهيكل الحامل مع الوحدة الشمسية هو ما يظهر فقط فوق سطح الأ

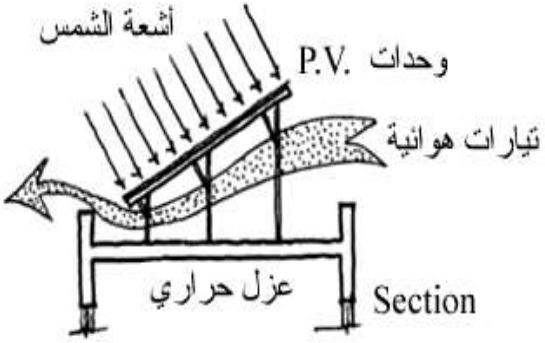


رسومات توضيحية للوحدات الشمسية فوق الأسطح الأفقية و زوايا تثبيتها

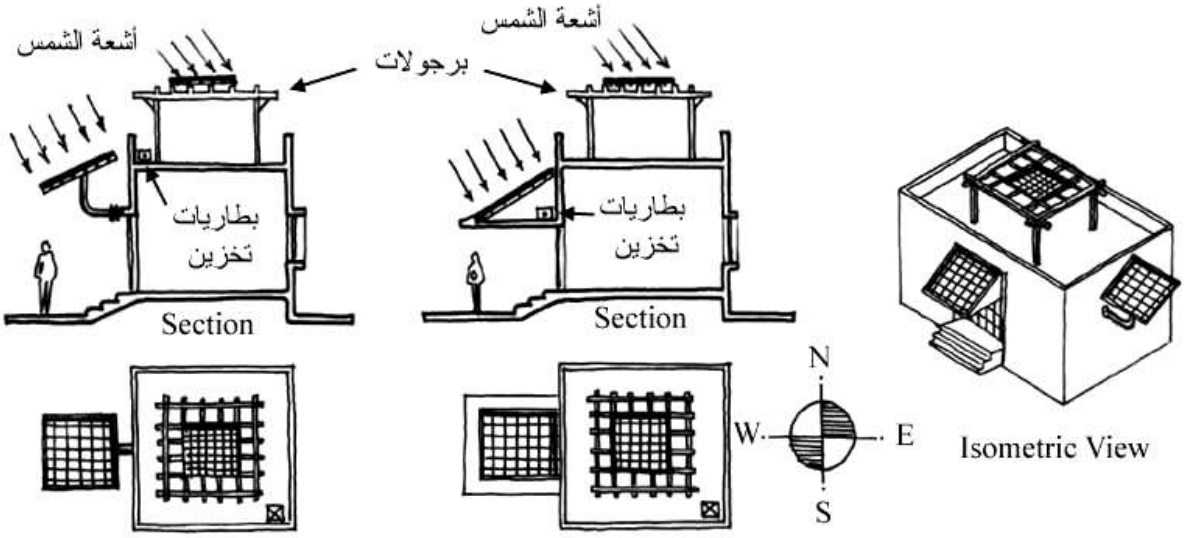
الوحدات الشمسية العازلة للحرارة ذات الوضع الأفقي



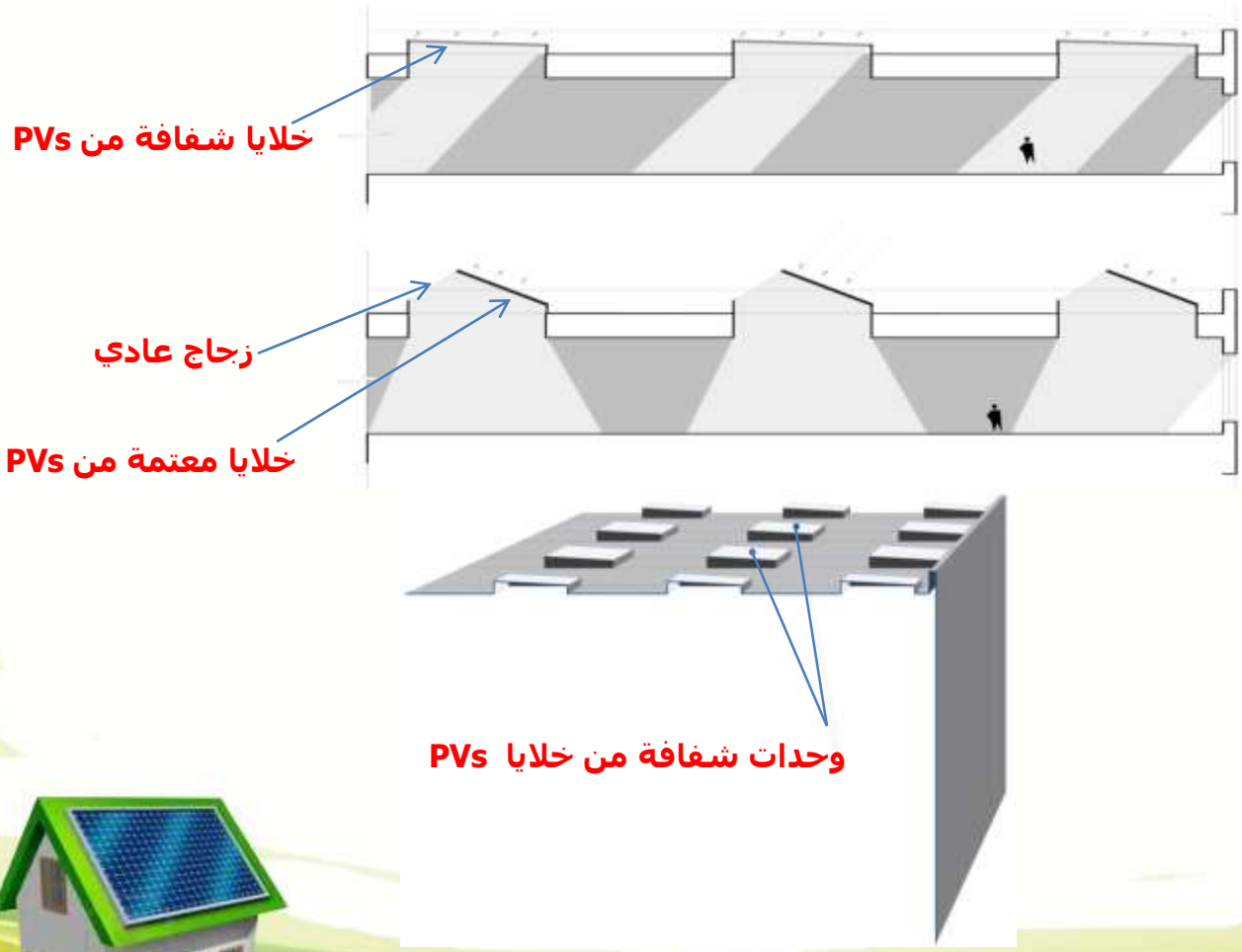
الوحدات الشمسية المائلة المصممة للأسطح الأفقية



الوحدات الشمسية المصممة لحدائق الأسطح
(البرجولات)



وحدات شمسية تستعمل كإضاءة سقفية
طبيعية Skylight



2) الأسقف المائلة :

- يلائم هذا النوع الأسطح المتجهة نحو الجنوب أو الجنوب الغربي، وهذا لا يعني عدم إمكانية وضع الوحدات الشمسية على التوجهات الأخرى، إلا أن القرار التصميمي الأمثل يكون بأحد هذين التوجهين لأنهما الأكفأ في استلام الإشعاع الشمسي المباشر الذي تعتمد عليه الوحدات الشمسية في توليد الطاقة.
- يمتاز هذا النوع بإمكانية تثبيت الوحدات الشمسية من دون الحاجة إلى استخدام الهياكل المائلة

المستخدمة في الأسطح الأفقية، كما أن الأسطح المائلة تسهل عملية تنظيف الوحدات وتمنع تجمع المياه عليها ويفضل أن لا يكون هناك مسافات فاصلة بين الصفوف الشمسية لمنع تجمع الأتربة أو أوراق الأشجار أو الثلوج.

الطرق المختلفة لتكامل الوحدات الشمسية مع الأسطح المائلة هي:

I. تضاف الوحدات الشمسية إلى السطح المائل بهيئة وحدات تعوض عن مواد الإنهاء الأصلية للأسطح:

- الوحدات الشمسية المستخدمة في هذا النوع لها صفات مواد الإنهاء الاعتيادية من تحمل للظروف الجوية والعزل الصوتي ومقاومة المياه بالإضافة إلى توليده للطاقة وتكون الجهة الخلفية للوحدات الشمسية هي سقف الفضاء الداخلي، لذلك يتم الاعتناء بمظهر القطع الواقعة على جهة الفراغات الداخلية. تكون هذه الألواح خفيفة الوزن، ومن الممكن أن تكون من النوع نصف الشفاف لتسمح بدخول Transparent Cells الإضاءة الطبيعية للفضاء، أو أن تكون معتمة Opaque Cells
- الوحدات الشمسية أحيانا إلى عملية تهوية الأسطح الداخلية لها لتقليل درجة الحرارة المحيطة بها، لذلك تستند بعض طرق التكامل مع المنظومات الشمسية على آليات الاستفادة من هذه الحرارة في الفترات الباردة. قبل إضافة الوحدات تتم إضافة مقاطع من الحديد أو الألمنيوم لتشكل الشبكة التي سيتم تثبيتها عليها، أما التوصيلات الكهربائية فتكون مخفية ضمن المقاطع الهيكلية الحاملة للوحدات الشمسية. تنقسم السقوف المائلة الحاملة للوحدات الشمسية إلى نوعين تبعا لطريقة البناء، فالسقف إما يتم تشييده في الموقع ثم تثبت عليه الوحدات الشمسية أو أن يكون السقف مع الوحدات الشمسية مسبق الصنع .
- إن استخدام المنظومات الشمسية كوحدات للإنهاء خارجية سيعوض عن المواد البنائية المستخدمة للسطوح وهذا يتماشى مع استراتيجيات تقليل الكلف للمباني الكفوءة للطاقة .

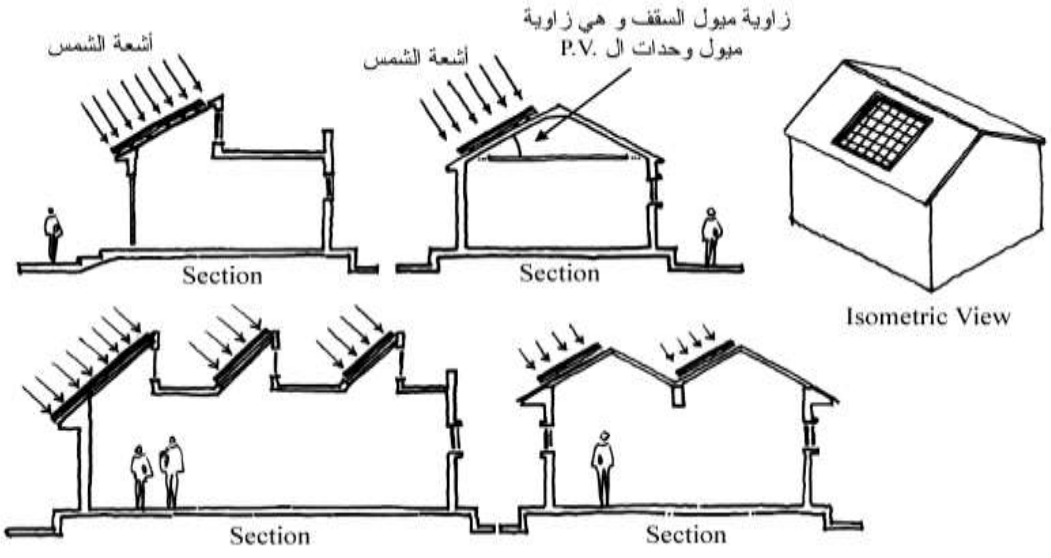
II. تضاف الوحدات الشمسية للأسطح المائلة فوق مواد الإنهاء الخارجية:

يتم تثبيت الوحدات الشمسي المعتمة على مواد الإنهاء التي هي سقف للفضاء الداخلي وبهذا تكون الأساس الذي ستستند عليه الوحدات. وهناك طريقتين للتكامل فالوحدات الشمسية إما أن تثبت مباشرة على ألواح بنائيه أو يتم ترك مسافة بين ألواح السقف والوحدات الشمسية عن طريق مد مقاطع من الألمنيوم أو الحديد بشكل عمودي عليها لتوضع فوقها وتوفر الطريقة الثانية التهوية للوحدات الشمسية من الأسفل، فالخلايا الشمسية أحادية التبلور تؤدي عملها بشكل أكفأ عند توفر التهوية ولذلك يكون من الأفضل فصلها عن السطح لتحسين مستوى أدائها. وهذا يزيد من العزل الحراري للسقف .

III. تضاف الوحدات الشمسية ضمن مواد الإنهاء التقليدية للسطح:

تعتبر احد الحقول المهمة للنظام التكاملي BIPV وهي عبارة عن قطع صغيرة الحجم (Shingles) (PV , تكون على نوعين:

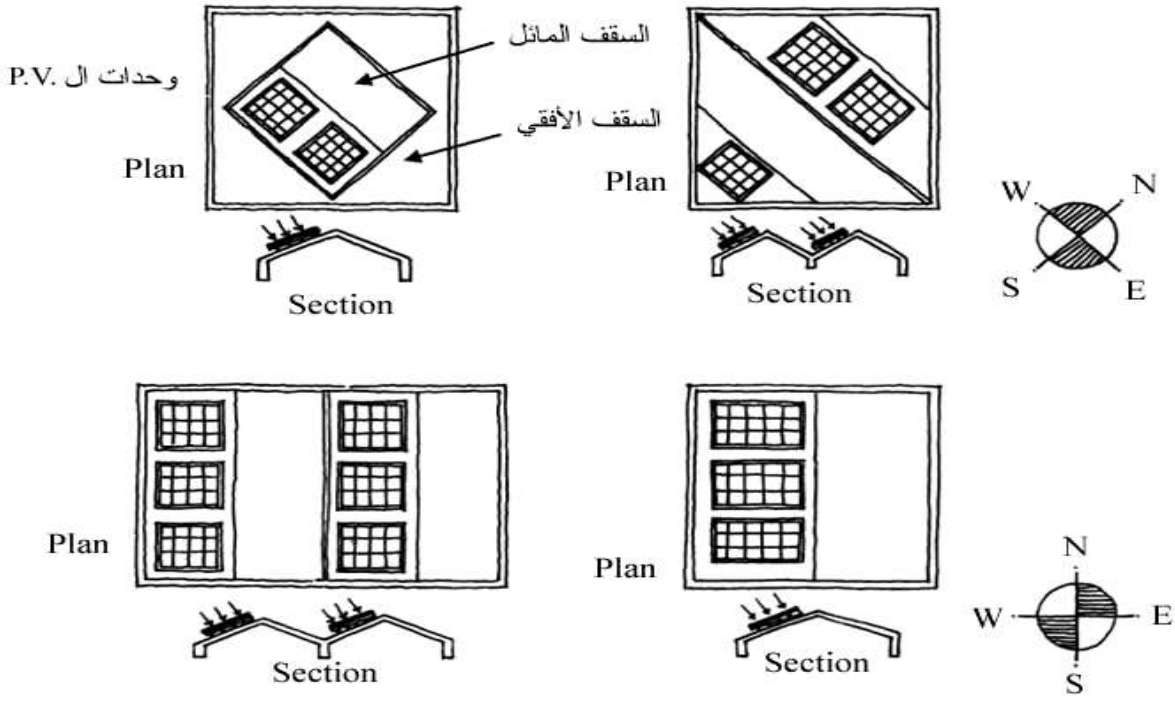
- وحدات شمسية صغيره يتم تثبيتها مع مواد الإنهاء الخارجية أو تكون مصنعة من ضمن الوحدة الواحدة أي مع مادة الإنهاء التقليدية.إن العديد من التطورات الجديدة تم طرحها للأسواق العالمية من هذا النوع، وأحد الأمور المهمة هو مظهرها الجمالي وسهولة التصميم وخفة الوزن في الوقت نفسه. وهي تتنوع بين الوحدات صغيرة الحجم، والوحدات متعددة الصفائح Laminated PVs , أو وحدات مقَواه Reinforced Fiber Plates .



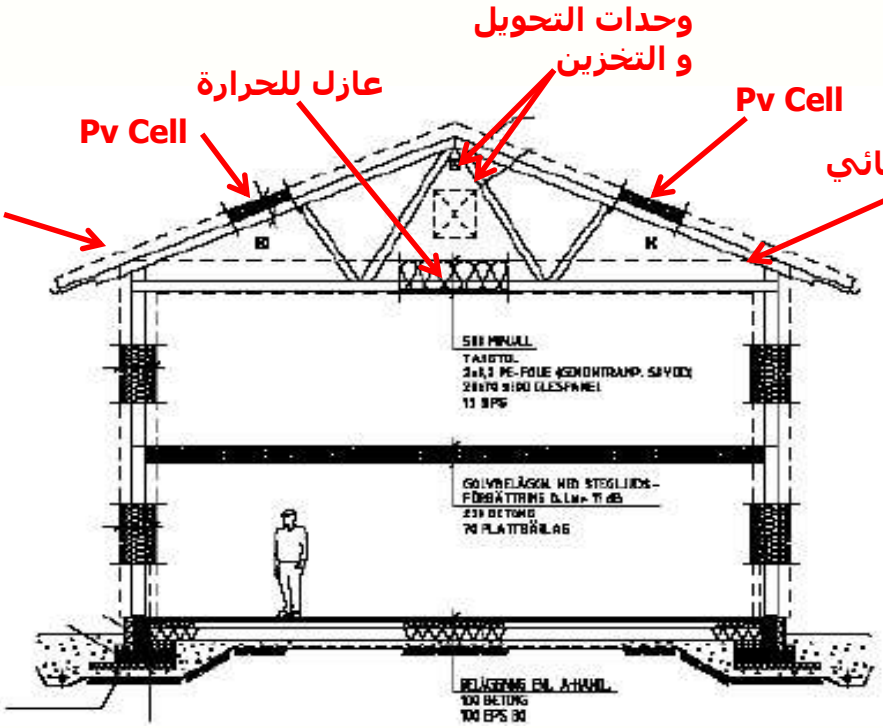
شكل توضيحي لأماكن تثبيت PVS على الأسقف

ملاحظات :

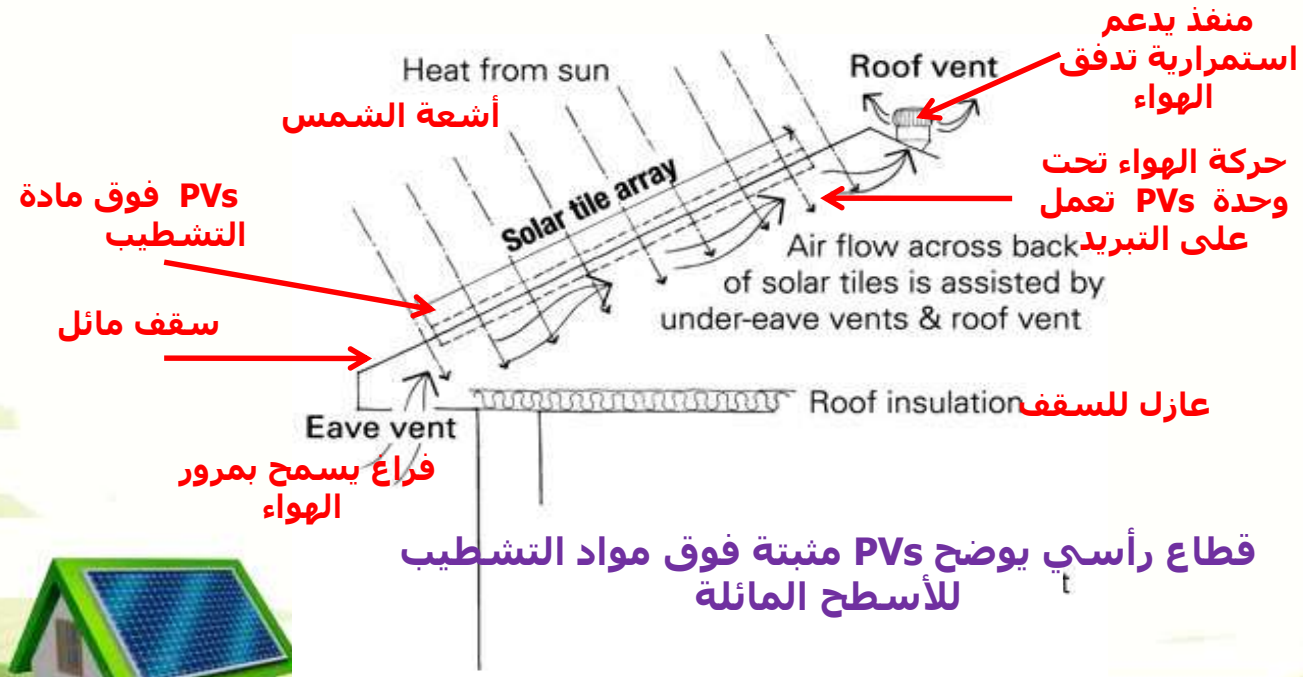
- في الحلول المتاحة في السقف المائل يمكن استغلال السقف بتوجيه ميوله ناحية الجنوب وبزاوية ميل على الافقى تساوى الزاوية المطلوبة لوحدات الخلايا الفوتوفولتية .
- يمكن تقسيم السقف إلى عدة وحدات مائلة لتوزيع اكبر كمية من وحدات الخلايا الفوتوفولتية عليه.
- يمكن استغلال السقف المائل في عمل العزل الحراري المتاح .
- يمكن توجيه الميول للسقف بشكل منعزل عن توجيه المبنى .



مناظير وقطاعات توضح أماكن تثبيت PVS على الأسقف

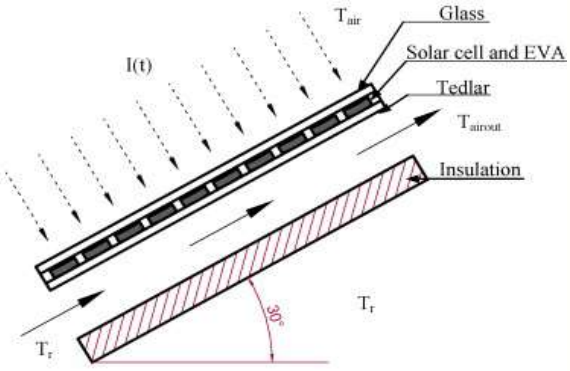


قطاع رأسي يوضح PVs ضمن مواد التشطيب للأسطح المائلة



قطاع رأسي يوضح PVs مثبتة فوق مواد التشطيب
للأسطح المائلة

وحدات شمسية للسطح المائل تغني عن مواد التشطيب الأصلية



وحدات شمسية للسطح المائل تضاف ضمن مواد التشطيب الأصلية

وحدات شمسية للسطح المائل توضع فوق مواد التشطيب الأصلية

3) الأسطح المنحنية :

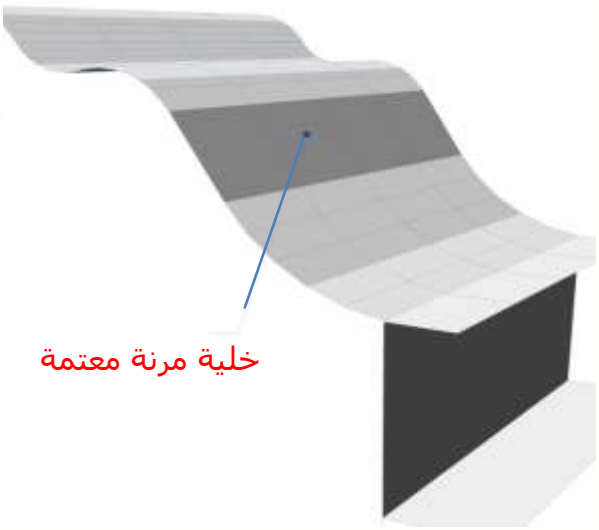
توفر الوحدات الشمسية إمكانية التصميم للأسطح المطوية (Fold away) باستخدام تقنية الوحدات الشمسية الرقيقة Thin Film والأسطح المنحنية Curved Surfaces وتكون بنوعين:

I. تطبيقات الوحدات الشمسية الرفيعة Thin Film PVs :

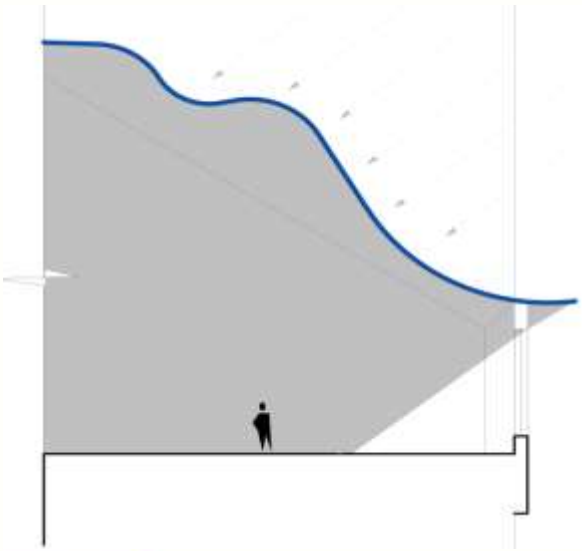
هو نوع من الوحدات الشمسية يتصف بمرونته و قابليته على الطي .
من الممكن أن يحل محل مواد الإنهاء الخارجية التقليدية وهو خفيف الوزن، عازل جيد
للماء ولذلك يفضل استخدامه في الدول ذات المناخ الممطر.
له أيضا تطبيقات على السطوح المائلة والأفقية.
يتوفر بهيئة وحدات بأبعاد محدده أو بهيئة لفائف مدورة 1.5م من الممكن أن يصل عرضها إلى 12 م ، يكون بلون ازرق غامق, وبعض الأنواع يكون لها ميزة عكس ألوان الطيف الشمسي بصورة خفيفة عند سقوط أشعة الشمس المباشرة عليه .

II. الأسطح المقوسة :

من الممكن أن يتم تصميم الأسطح المقوسة باستخدام الوحدات الشمسية التقليدية بترتيبها بشكل مقوس .

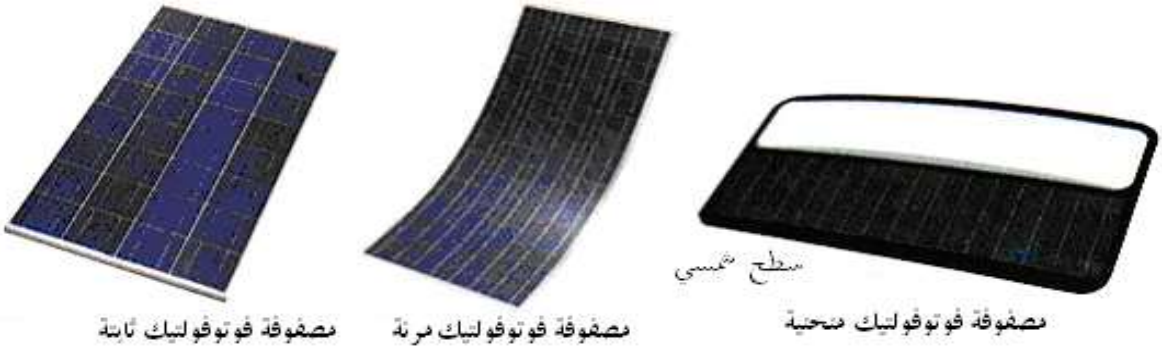


منظور يوضح نظام PVs المستخدم في التغطيات المقوسة



قطاع يوضح نظام PVs المستخدم في التغطيات المقوسة

صورة توضيحية لأنواع الوحدات الشمسية من حيث المرونة



مصفوفة فوتوفولتيك صلبة | مصفوفة فوتوفولتيك مرنة | مصفوفة فوتوفولتيك ثابتة

الوحدات الشمسية الرفيعة
Thin Film PVs

الوحدات الشمسية المقوسة

ثانيا : الواجهات :

▪ تكون الألواح الشمسية المتكاملة مع واجهات المباني واضحة بصورة اكبر من أنواع التكامل الأُخرى، يمكن استغلال مساحات كبيرة من هذه الواجهات لاستثمارها في توليد الطاقة عندما تكون ضمن التوجه الصحيح.
▪ الواجهات تكون معرضة في بعض الأحيان للتظليل لفترات أطول مما تتعرض له الأسطح الأخرى لذلك فأن تقييم الاستفادة من توظيف المنظومات يعتمد على مقدار ما يتوفر من مساحة سطحية على التوجهات المختلفة لواجهات المبنى ومقدار ما تستلمه من إشعاع شمسي ضمن مناخ الإقليم .
▪ تستطيع الوحدات الشمسية أن تحل محل مواد الإنهاء الخارجية المستخدمة في الواجهات وتتكامل معها لذا فان من المواصفات المهمة للوحدات الشمسية المستخدمة في الواجهات هو المظهر العام الذي يجب أن يكون مقبول معماريا .
▪ كما ينبغي أن تكون الوحدات المستخدمة في الواجهات مقاومة للحرائق وصلبه وذات متانة عاليه لحمايتها من التخريب وفي الوحدات المؤطرة يفضل استخدام مواد خفيفة الوزن ذات اطر مصنوعة من مواد متينة. تتكامل الوحدات الشمسية مع واجهات المباني بأي عدد من الوحدات في الصف الواحد ومن الممكن أن يكون هناك أي عدد من الصفوف .
▪ وفي المباني العالية ذات المساحات السطحية الكبيرة يفضل أن يكون هناك مسافة فاصلة بين كل 16 وحدة شمسية في الصف الواحد Raw وأن يكون هناك مسافة فاصلة بين كل 8 وحدات شمسية في الوضع العمودي Column , وهذا في حالة استعمال وحدات كبيرة الحجم التي تصل أبعادها إلى 2م*3.2م .
▪ بالنسبة لمباني المكاتب متعددة الطوابق الفخمة والتي عادة ما يتم استخدام تغليف غالي الثمن لها فان استخدام تغليف يعتمد على الألواح الشمسية غالبا لايكون مكلف أكثر من استخدام المواد غالية الثمن والمشاع استخدامها مثل مواد الحجر الطبيعي أو قطع من المرمر أو أنواع معينة من
الزجاج .

هناك عدة طرق لتكامل الوحدات الشمسية مع الواجهات هي :

I. **الجدران الستائرية .**
II. **الجدران العمودية ذات الكساء الخارجي.**
III. **واجهات بجدران مائلة .**
IV. **الجدران ذات الأشكال المنحنية .**

من الممكن توظيف الوحدات الشمسية لتشكيل واجهات ذات أشكال منحنية .

واجهه من الألواح الشمسية المنحنية

V. تكامل الوحدات الشمسية ضمن التفاصيل المعمارية :

إحدى الطرق الفعالة في تكامل الوحدات الشمسية مع الشكل هي أن تحل محل عناصر التظليل.
هناك عدة طرق لتكامل الألواح الشمسية مع أدوات التظليل هي:

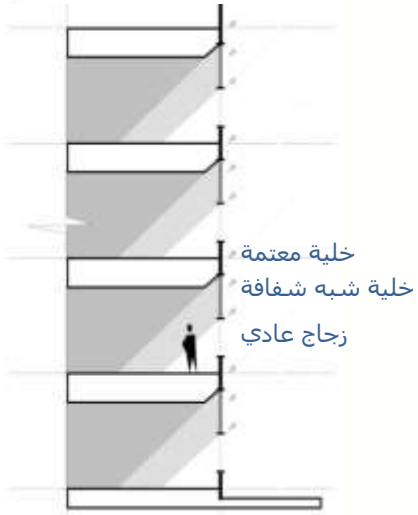
1. **المانعات الشمسية الثابتة والمتحركة.**
2. **تفاصيل تظليل المسقفات .**
3. **تفاصيل عموديه في الواجهات Facades- Vertical fixtures .**

I. الجدران الستائرية :

هي الواجهات المتكاملة مع الوحدات الشمسية وعادة تكون معرضة للتهوية. تكون مناسبة للحلول التصميمية المتكاملة مع الوحدات الشمسية من نوع **Mono crystalline Silicon** من الممكن أن يتم بناء هياكل باستخدام أنظمة تغليف عالية التطوير ومن الممكن تضمينها بأنواع مختلفة من الألواح مثل استخدام الوحدات الشمسية المزججة أو المؤطرة أو غير المؤطرة ويتم استخدام مواد ربط (حشوات) ما بين الفراغات لإغلاق الفجوات.

Curtain wall type

منظور يوضح تركيب PVsفي الواجهة ذات الكساء العمودي

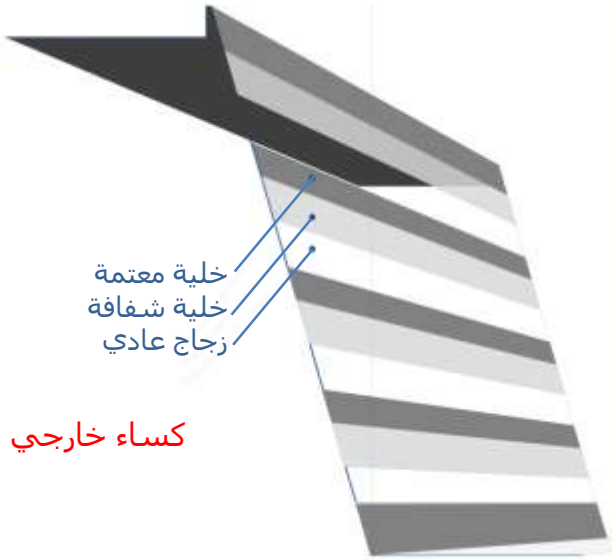


قطاعات توضح تعدد تركيب PVs في الواجهة ذات الكساء العمودي

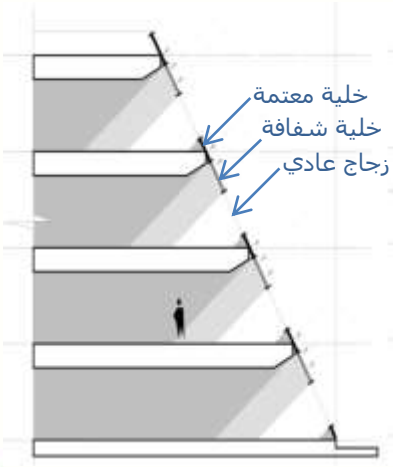
III. واجهات بجدران مائلة :

أما أن يكون الجدار المائل هو جدار ستائري مضاف، أو أن يكون جدار المبنى نفسه مائلا وتثبت عليه الوحدات الشمسية ككساء خارجي. يعتبر هذا النوع من أكثر الحلول العملية لإستحصال اكبر مساحة سطحية ممكنه وهي تؤثر في أشكال الفضاءات الداخلية.

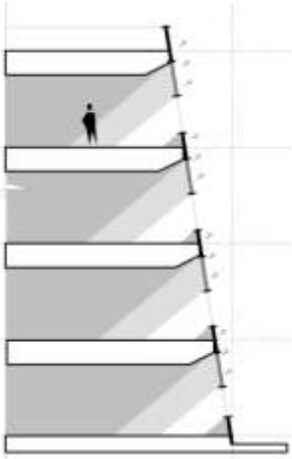
Sloped Wall type



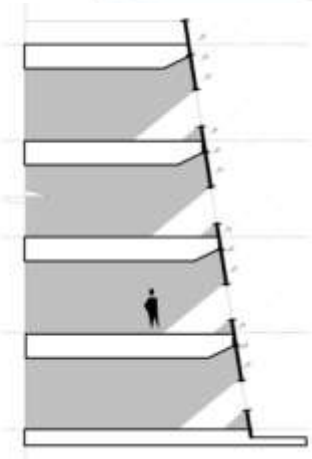
كساء خارجي مائل من PV بزاوية 70



حائط مائل من PVs بزاوية 60



حائط مائل من PVs يحتوي خلايا معتمة وخلايا شفافة معا بزاوية 80

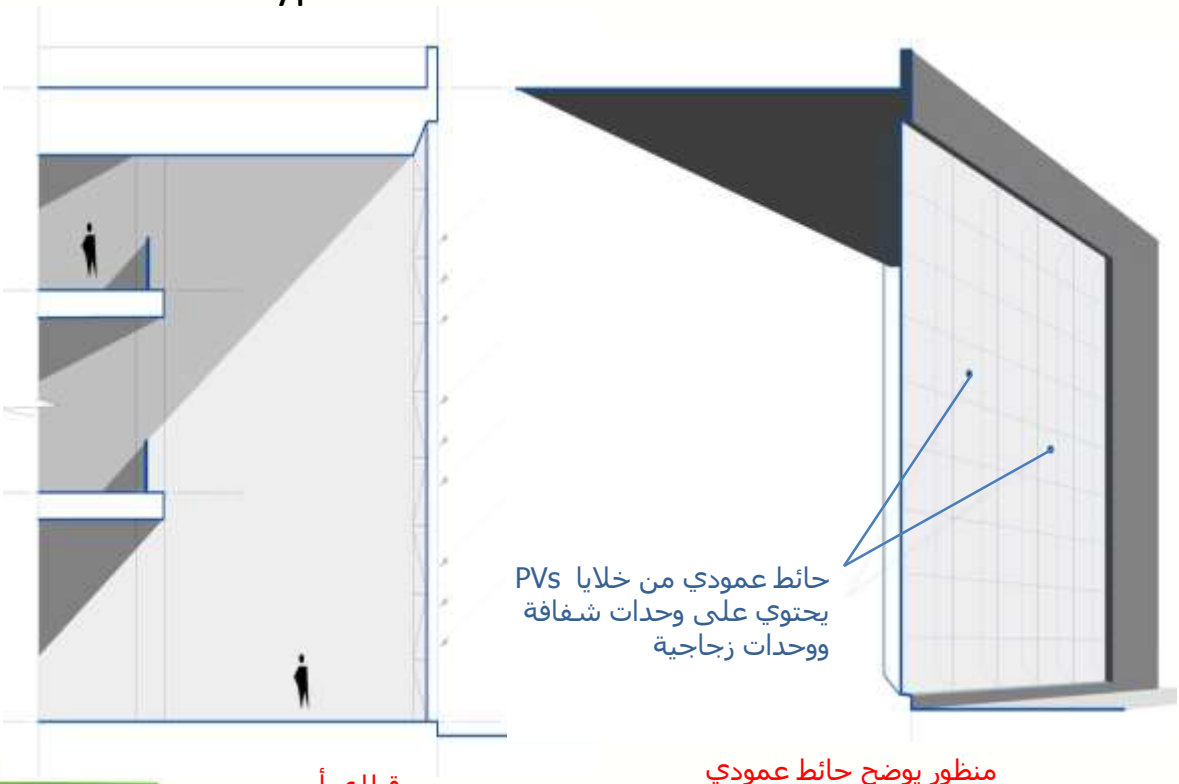


حائط مائل من PVs يحتوي خلايا معتمة فقط بزاوية 80

II. الجدران العمودية ذات الكساء الخارجي:

- تغطي الألواح الشمسية واجهة المبنى بأكملها أو جزء منهاوأحيانا تكّون طبقة ثانية على طبقة أولى داخلية تحتوي على مواد عازلة ويراعى فيها استخدام مواد مانعة لتسرب المياه لمنع حدوث التكثف، وينبغي أن تكون هذه الطبقة محكمة السد والفراغات الهوائية فيها تكون مغلقة.
- إن الواجهات غير المعرضة للتهوية تعتمد على أنواع الخلايا التي تتحمل محيط بدرجة حرارة عالية مثل , Amorphous , Poly Crystalline Silicon
- احد طرق كساء الواجهات هي أن توضع مقاطع من الألمنيوم على الواجهة لتستند عليها الوحدات الشمسية أو أن تكون المقاطع مثبتة مسبقا على الوحدات وفي هذه الحالة تكون الوحدات الشمسية معرضة للتهوية .

Vertical wall type



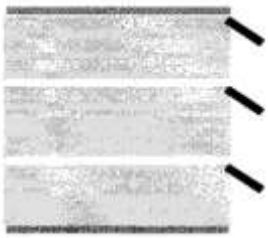
قطاع رأسي

منظور يوضح حائط عمودي
من PVs

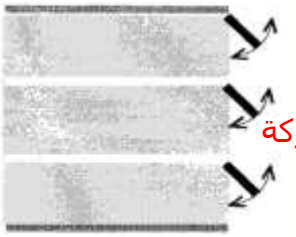
Sun shade type

1. المانعات الشمسية الثابتة والمتحركة:

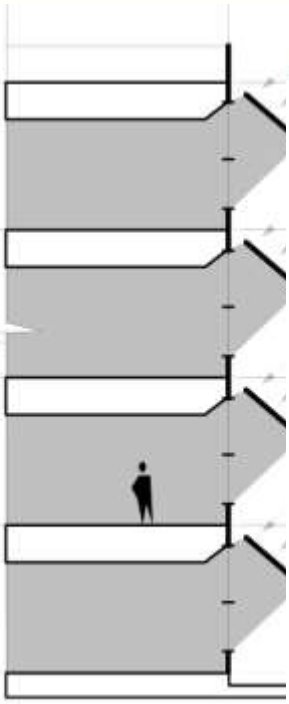
هي عناصر معمارية بهيئة ألواح أو شرائح طولية مدمجة تثبت خارج النوافذ وتكون
باتجاهين أفقي لصد الإشعاع عالي الزاوية وعمودي لصد الإشعاع واطئ الزاوية .
ومن الممكن أن تثبت الوحدات الشمسية عليها أو أن تحل محلها، هناك ترابط منطقي بين تظليل المباني في الصيف وإنتاج الطاقة .
تعمل المانعات الشمسية على منع دخول أشعة الشمس المباشرة للفضاءات كما أنها تعمل على تزويد الطاقة للمبنى لذلك هي تعمل كنظام ذاتي Passive System ونظام فعال Active System في الوقت نفسه وبوظيفتين متوافقتين في الاتجاه والهدف الأساس، توضع الهياكل الحاملة أمام الواجهات الزجاجية للمباني فتكون ظاهرة على الواجهات ولذلك من المهم أن تكون بلون متوافق معها .



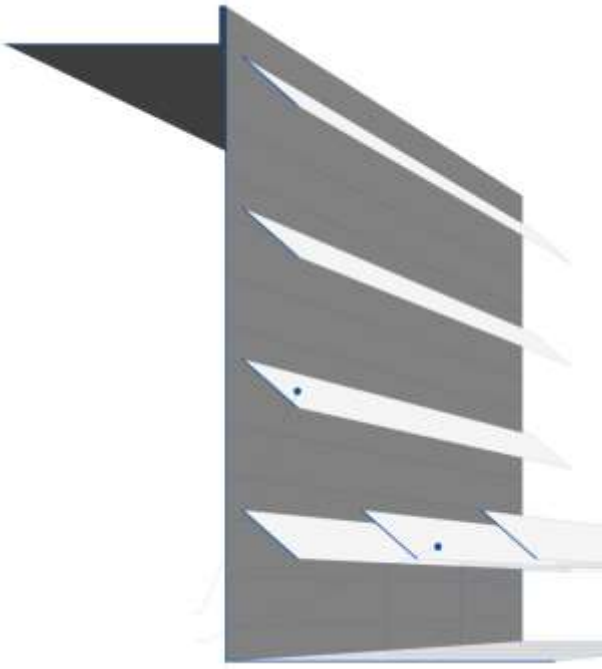
أ- كاسرات مثبتة



ب- كاسرات متحركة



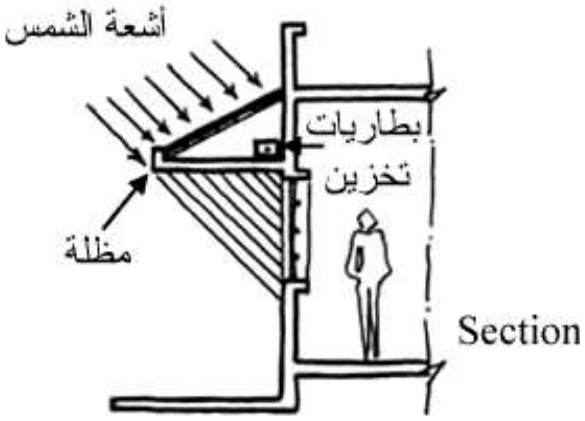
قطاع يوضح خلايا PVs للكاسرات الشمسية ومقدار الظل الذي توفره

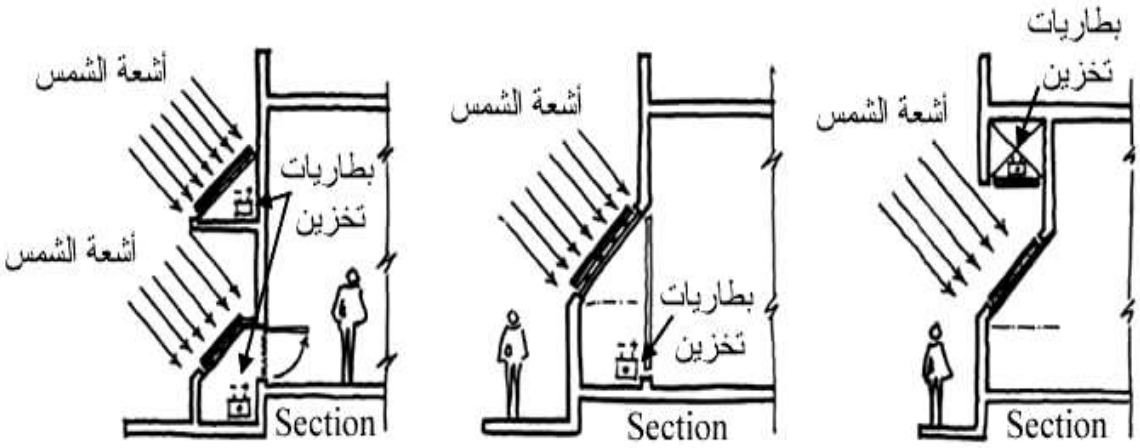


كاسرات شمسية من PVs مكونة من خلايا معتمة ومثبتة بالحائط العمودي للواجهة

2. تفاصيل تظليل المسقفات :

هي مظلات معتمة أو نصف شفافة تسقف مواقف السيارات أو مداخل المباني تظلل ممرات الحركة حيث تتم الاستفادة من هياكل المسقفات لإضافة الوحدات الشمسية كألواح للتسقيف بدل من مواد التسقيف التقليدية .





فطاعات توضح نظام PV في الواجهات ذات التفاصيل المائلة و كذلك النظام الساند لها

3. تفاصيل عموديه في الواجهات Facades- Vertical fixtures :

إما تكون ستائر تحيط بالأسطح الافقيه للمباني أو تكون بهيئة شرفات على الواجهات العمودية أو يتم تثبيتها على إفريز المبنى الخارجي أو أن تثبت بشكل عمودي بوضعها ضمن الستائر ذات الارتفاع العالي في المباني أو على أي نوع من أنواع السطوح العمودية.

Panel type

Window Panel type

Vertical elements type

Balcony types

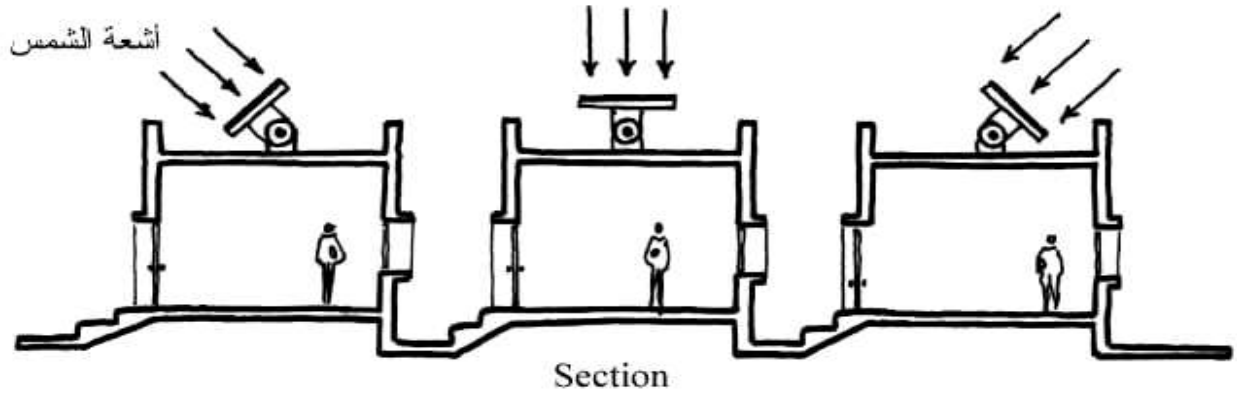
(A) Balcony type

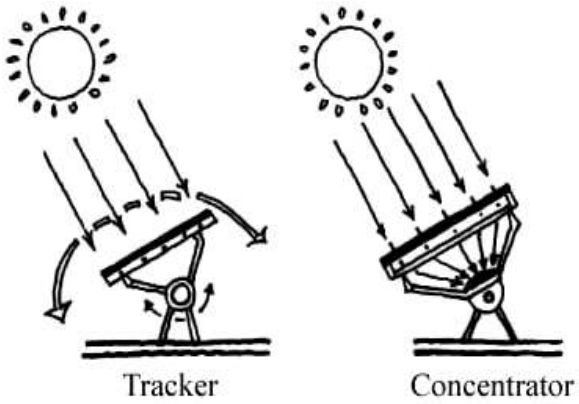
(B)Balcony type

(C)Balcony type

ثالثا : القطع المكافئ

- في حالة استخدام وحدات الطاقة من الخلايا الفوتوفولتية على شكل قطع مكافئ تزيد من فرص استقبالها لأشعة الشمس وفى هذه الحالة يراعى المعماري بعض الحلول التي تتوافق مع شكل القطع المكافئ .
- وفى حالة استخدام أنظمة **(Sun Tracking)** تتبع الشمس تزيد كفاءة الطاقة المتجددة بنسبة 33% عن الأنظمة الثابتة . وكذلك الحال في حالة استخدام أنظمة مركزة لأشعة الشمس عن طريق العدسات وتسمى **Concentrator** .





قطاع يوضح خلايا القطع المكافئ الكهروضوئية

5. دراسة تحليلية لأمثلة تم تطبيق النظام الشمسي في إنشائها

State University of New York, Albany	Thoreau Center for Sustainability	4 Times Square	اسم المشروع
Albany, New York	Presidio National Park, Building 1016, San Francisco, California	Broadway and 42nd Street, New York City, New York	موقع المشروع
Summer 1996	May 1996	September 1999	تاريخ انتهاء التنفيذ
Cannon Architects Solar Design Associates, Inc.	Tanner, Leddy, Maytum, Stacy	Fox & Fowle, PVs Eng:FTL/Happold	المصمم
photovoltaic sunshade	Roof-integrated, translucent glass-laminate skylight	Curtain wall BIPV glass laminate	نوع النظام الشمسي
1,500 ft2	215 ft2	3,095 ft2	مساحة PVs
1.93 lb / ft2	8 lb/ft2	13.5 lb/ft2	وزن PVs
Polycrystalline silicon	Polycrystalline silicon	Amorphous silicon	نوع خلية PVs
19,710 kWh / yr.	716.4 kWh/yr/AC	13,800 kWh/yr	الطاقة الكهربية الناتجة
% 12	11% cell, 7% module	%6 Module	كفاءة خلية PVs
AES 250 watt	4 kW	Three inverters; two 6 kW ,one 4 kW	عدد وقدرة المحول

وصف PVs	•وضع موديول PV بحيث يحل مكان إطارات الزجاج للكساء الخارجي للواجهة الجنوبية و الشرقية للبرج •يوجد ثلاث أبعاد مختلفة للموديول ولكنها مطابقة لأبعاد الإطارات •تم إنشائها مسبقا	•يتكون PVs من 24شريحة زجاجية . •المسافة بين خلايا الموديول تسمح بمرور 17% من أشعة الشمس لتقليل استخدام الضوء الكهربي •الموديول يتكون من 36 خلية من Polycrystalline silicon •وضعت الخلية على لوحة خلفية شفافة مطلية بالبوليستلر •أبعاد الموديول 81*94 سم	•استخدم نوعان من تكوينات النظام الشمسي . •النظام الشمسي للكاسرات الشمسية ، يتكون من 120موديول . •وصل كل زوج بمحول داخل المبنى •أما التكوين الشمسي الآخر land scap يتكون من 240 موديول . •وضع محول صغير على الجانب السفلي لكل زوج
صورة مشروع			
	curtain wall type	Roof and skylight type	Sun shaded type

مراجع البحث

1. مجلة زيرو ون الأردنية.....العدد (23/4/2007)
2. كتاب Photovoltaics and Architecture ..... Randall Thomas
Max Fordham & Partners
3. موقع موسوعة المعرفة ..... www.ar.wikipedia.org
4. مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد 28 ، العدد11 / 2010.....إحسان علي الجادري & د. يونس محمود محمد سليم
5. Photovoltaics in architecture ..... www.pvnord.org
6. Energy and Building Design ..... Maria Wall..... Lund University, Sweden
7. Building-Integrated Photovoltaics .....kiss Cathcart Anders
8. Building-Integrated Photovoltaics for Commercial and Institutional Structures ..... Patrina Eiffert, Ph.D. /Gregory J. Kiss
9. Introduction to Photovoltaic Systems ..... www.InfinitePower.org
10. تطور الخلايا الكهروضوئية في التسعينات دراسة مقارنة..... أسامة العاني، محمد الصالح سميعي، صالح العواجي..... معهد بحوث الطاقة مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية