

ATOMUN YAPISI VE BAĞLAR

Atomun en dış yörüngesinde dönen elektronlara valans elektronlara adi verilir (valance: bağ değer).

Bir atomun en dış yörüngesinde 8'e yakın sayıda elektron varsa, örnek klor: diğer bir atomdan birkaç elektron alarak elektron sayısını 8'e tamamlar ve kararlı yapıya ulaşır.

Eğer, en dış yörüngesinde birkaç elektron varsa, atom bu elektronları başka bir atoma vererek yine kararlı bir yapıya ulaşmış olur. Ör: Sodyum

Atomlar, dış yörüngedeki elektron sayısını "tamamlamak" üzere, aşağıdaki iki yoldan biri ile bileşik oluştururlar:

İYONİK BAĞ: iki atomdan biri diğerine elektron verir ve pozitif iyon haline geçer. Elektron alan atom dış yörüngesini tamamlar. Bağ, zıt yüklerin birbirini çekmesinden oluşur.

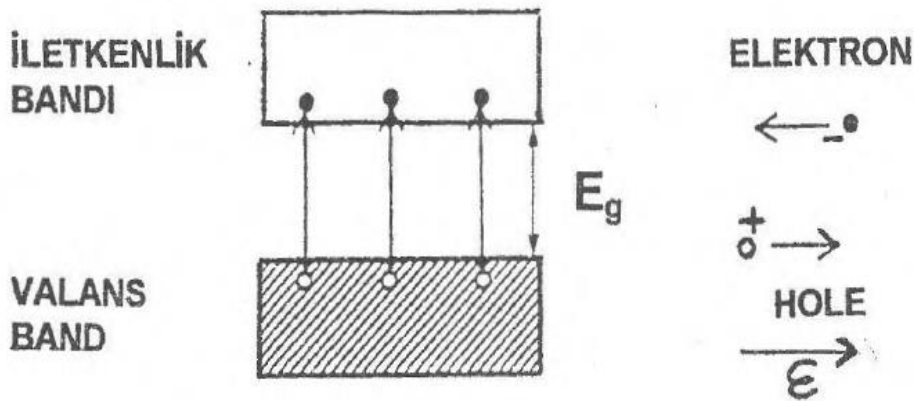
KOVALANT BAĞ: Valens elektronlarının paylaşılması ile oluşur. Silisyum, germanyum gibi 4 valens elektronlu atomlar kovalent bağ yaparlar. Üç valans elektronlu atomlar (Ga Z=31, In Z=49, gibi) ile beş valans elektronlu atomlar (As Z = 33, Sb Z = 51, gibi) kovalent bağ yaparlar: GaAs, InSb.

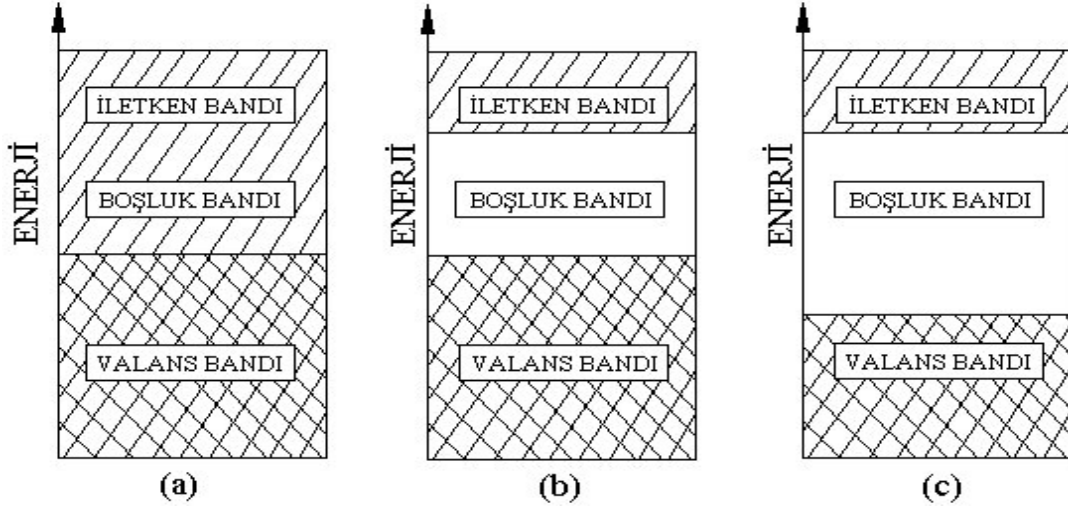
VALANS BANDI-İLETKENLİK BANDI

Valens elektronlarının bulunduğu, en dıştaki enerji bandına Valens bandı bir sonraki izinli (allowed) band'a iletkenlik bandı (conduction band) adı verilir.

Valans bandın en üst değeri E_v , iletkenlik bandının en alt değeri E_c ile gösterilir.

Mutlak sıfır noktasında (absolute zero: $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$) tüm elektronlar valans bandındadır. Sıcaklık yükseldiğinde, yasak enerji aralığından (forbidden energy gap: E_g) daha fazla enerji kazanan elektronlar iletkenlik bandına yükselerek serbest kalırlar ve arkalarında pozitif yüklü bir "boşluk" (hole) bırakırlar ve böylece bir elektron-hole çifti (EHÇ) oluşur.

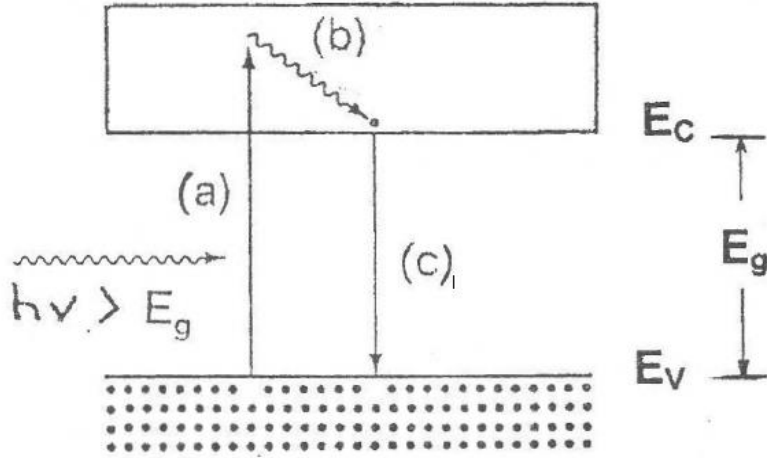




FOTON

Elektronun bir üst enerji düzeyine yükselebilmesi için dışarıdan (ısı gibi) enerji alması gerekir. Bu durumda atoma "uyarılmış " (excited) denir (uyarılma ile "iyonlaşma" arasındaki temel fark, uyarılda elektronun yine atom yapısı içinde kalması, iyonlaşmada ise atomu tamamen terk etmesidir).

Elektronlar dışarıdan foton enerjisi olarak da iletkenlik bandına yükselebilirler. Bunun için gelen foton enerjisinin, $h\nu$, en az $E_g = E_c - E_v$, kadar olması gerekir.



- a. Uyarılma: EHC oluşumu
- b. Kristale ısı transferi
- c. Elektron-hole birleşmesi (recombination)

Valans banda geri dönen elektronun hole ile birleşmesi sonucunda, enerjisinde foton yayınlanır. Yayınlanan fotonun λ dalga boyu, Eşitlik 1.1 ile verilir.

$$\lambda = h \cdot c / E_f$$

λ : dalga boyu, p.

h : Planck sabiti = 4.14×10^{-15} eV.sn

c : Işık hızı = 3×10^{14} μ /s

E_f : eV

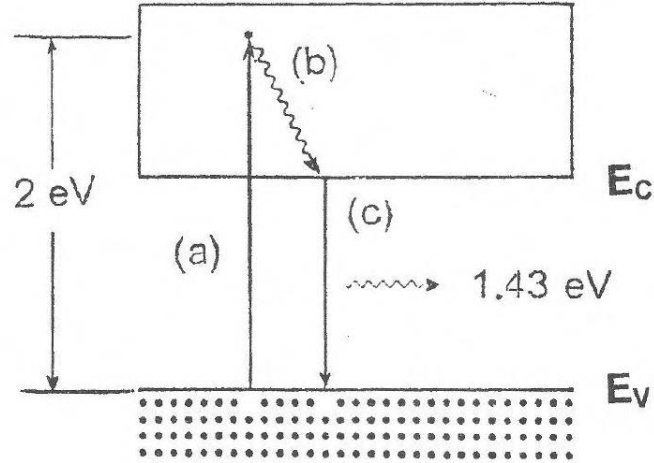
(μ : mikron = 10^{-3} mm = 10^{-6} m)

Örnek: E_g değeri 1.43 eV olan GaAs kristaline enerjisi 2 eV olan foton düşmektedir, 2 eV enerji kazanan elektron iletkenlik bandına yükselir.

(b) Kristale, $2 - 1.43 = 0.57$ eV eşdeğeri kadar ısı enerjisi bırakır.

(c) $E_c - E_v = 1.43$ eV enerjisinde, $\lambda = 0.87 \mu$ dalga boyunda (infrared ışıma bölgesinde) foton yayınlanır.

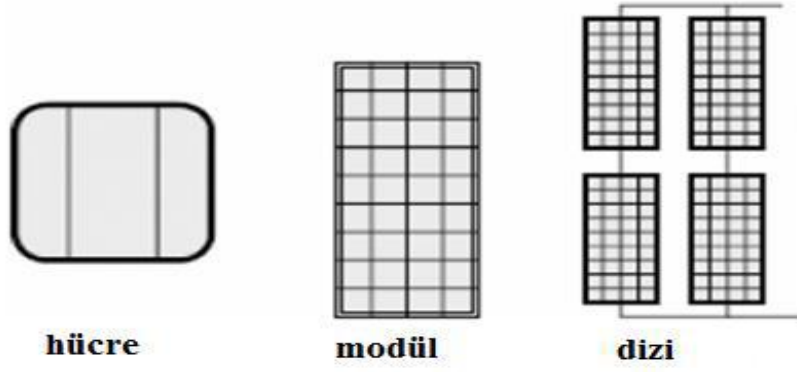
GaAs kristalinde foton ile uyarılma ve foton yayınlanması



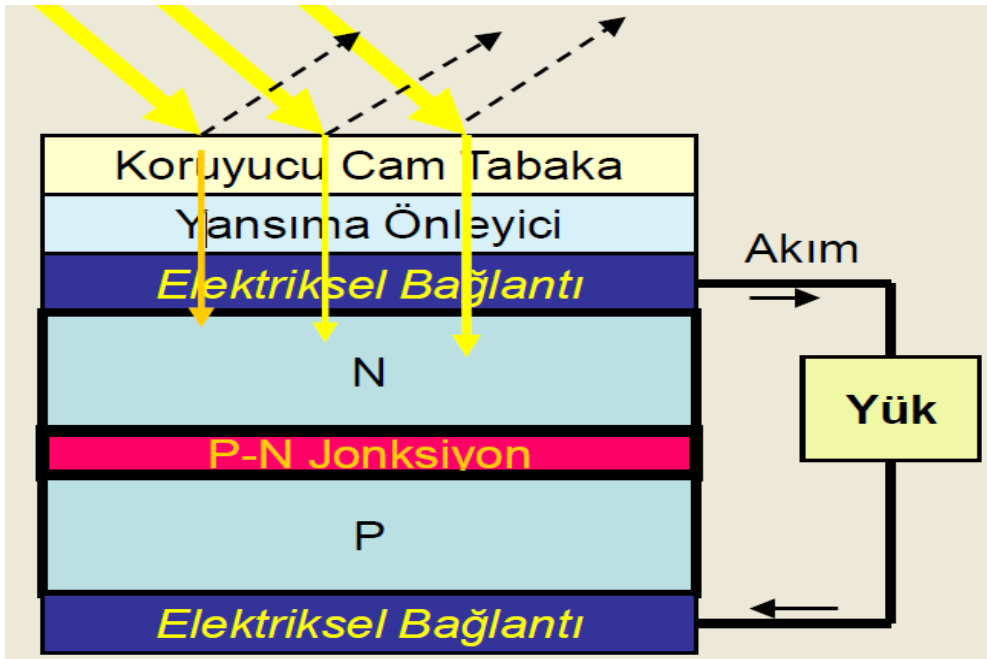
Bazı yarı iletkenlerin ve bileşiklerin boşluk (gap) enerjisi:

Kristal	E_g (eV)
Ge	0.67
Si	1.11
GaP	2.26
GaAs	1.43
GaSb	0.70
ZnS	3.60
CdS	2.42
CdSe	1.73

Güneş hücrelerinin çalışma ilkesi, fotovoltaiik olaya dayanmaktadır. Güneş hücreleri (fotovoltaiik diyetlar); üzerine güneş ışığı düştüğünde, ışık enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çevirirler. Kalınlıkları mikron metreyle ölçülecek kadar ince olan bu hücrelerin boyutları genelde kare, dikdörtgen veya daireseldir. Tek bir hücreden elde edilen enerji oldukça azdır. Bu nedenle hücreler seri veya paralel bağlanarak modülleri, modüllerde birleşerek panelleri oluşturur. Büyük miktarlarda elektrik üretmek için paneller de birbirine bağlanarak fotovoltaiik panel dizisini meydana getirirler.



Güneş pilleri, pozitif ve negatif iki ayrı katmandan oluşur. Bu katmanlar N tipi ve P tipi yarı iletken maddelerden oluşmaktadır. Bu maddelerden P tipi yarı iletken madde bir fazla elektrona ve N tipi yarı iletken madde ise bir az elektrona sahiptir. Atom yapısında bir fazla elektron olan üst katmanın fazla elektronu, güneş ışınlarının fotonlarıyla uyarılması sonucu, alt katmanda atom yapısı bir elektron eksik katmana ilerleme eğilimi gösterir. Bu üst katmandan alt katmana doğru akan elektronlar bir dış devreye bağlandığında elektrik akımı oluşur.



N TİPİ YARIİLETKEN

As, P, S, Sb, gibi 5 valans elektronu bulunan elementler, Si veya Ge yapısına eklendiğinde; 4 valans elektronu Si veya Ge'un valans bandını 8'e tamamlar, geriye kalan bir elektron ise negatif yük taşıyıcısı olur.

Bu katkı elementi Si veya Ge'un iletim bandına çok yakın bir enerji düzeyi oluşturur.

P TİPİ YARIİLETKEN

Al, B, In gibi 3 valans elektronlu elementler Si ve Ge eklendiğinde, bir elektron eksikliği nedeniyle bir boşluk oluşur.

Katkı elementleri Si veya Ge'un valans bandına çok yakın bir enerji düzeyi oluşturur.

YARI İLETKENLERDE DOPİNG İŞLEMİ

Yarı iletkenlerin iletkenlikleri kristal kafes yapılarına arı olmayan maddeler eklenerek kolaylıkla değiştirilebilir. Yarı iletkene kontrollü olarak arı olmayan madde ilave edilmesi işlemi doping olarak adlandırılır. Saf yarı iletkene eklenecek safsızlık miktarı (dopant) maddenin iletkenliği ile değişir. Katkılı yarı iletkenler “extrinsic” olarak da adlandırılır.

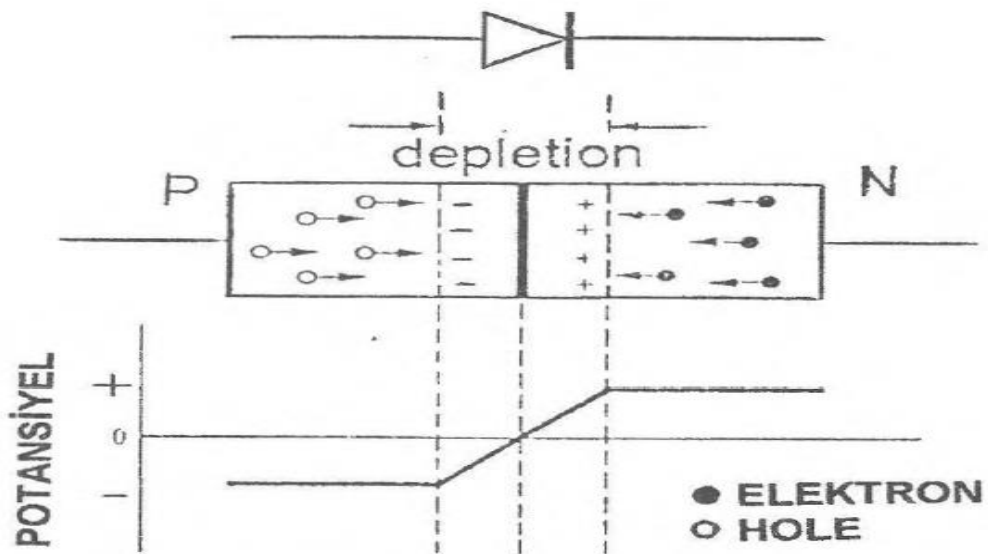
Saf bir yarı iletkene saf olmayan maddeler eklenerek malzemenin iletkenliği binlerce veya milyonlarca kat değiştirilebilir. Katkı maddesi olarak seçilecek maddeler hem kendi özelliklerine hem de eklenecekleri yarı iletkenin özelliklerine bakılarak belirlenir. Genelde katkılar yaptıkları etkiye göre elektron verici veya alıcı olarak sınıflandırılır. Elektron vericiler ile katkılanmış yarı iletkenler n-tipi olarak adlandırılırken alıcılar ile katkılanmış yarı iletkenler p-tipi olarak bilinir.

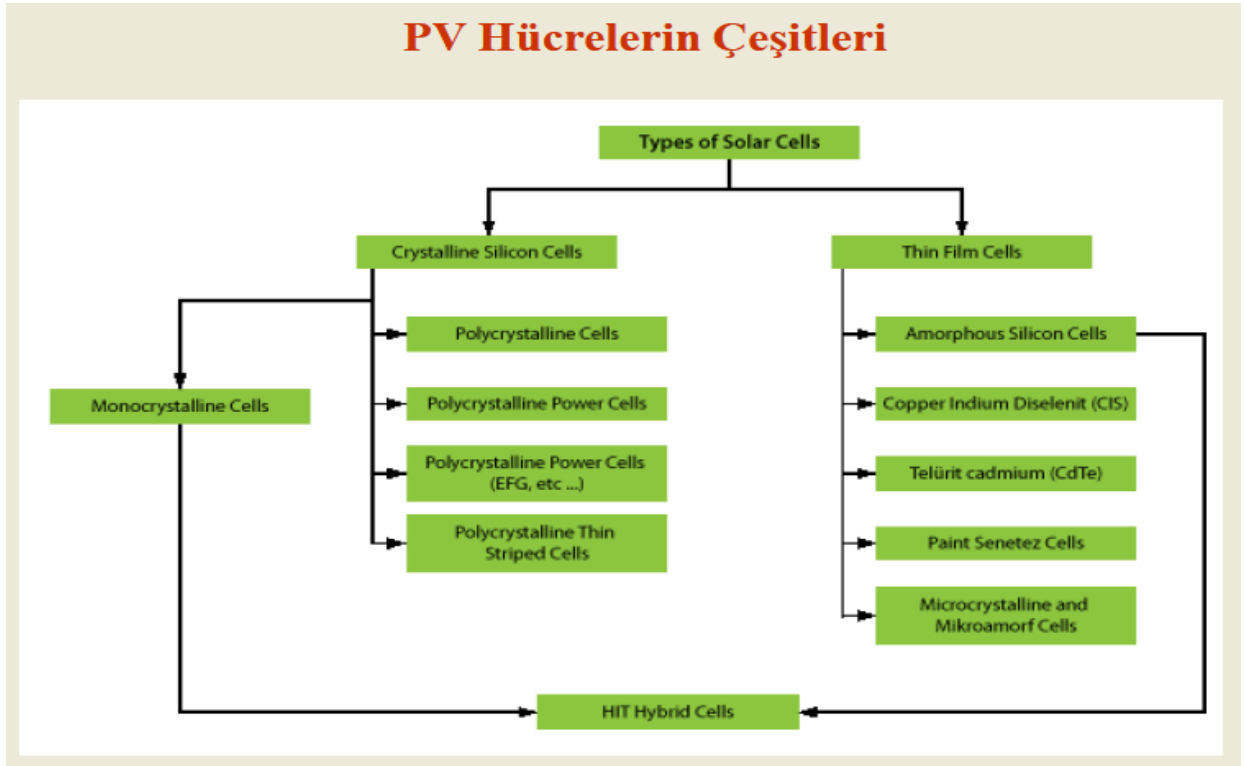
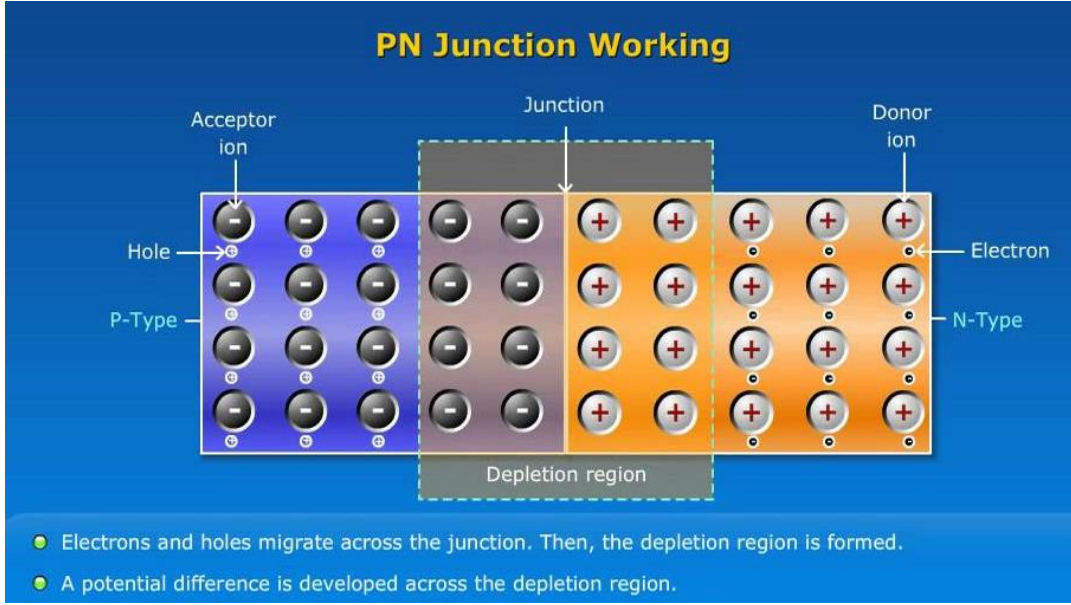
Kristalde bir silikon atomunun yerine bir grup V atomu yerleştirildiğinde bu atom silikona bir serbest elektron vermiş olur. Sonuç olarak, bor ilave edilmiş silikon p-tipi yarı iletken olurken fosfor ilave edilmiş silikon n-tipi yarı iletken olur.

P-N EKLEMİ

İki tip yarıiletken birleştirildiğinde, yani pn eklemi oluşturulduğunda

1. N tarafındaki iletim bandı elektronları, pozitif yüklü P tarafına geçerken, geride pozitif yüklü donör atomları bırakırlar
2. P tarafına geçen elektronlar buradaki boşluklar (hole) ile birleşirler ve böylece nötr atomlar ortaya çıkar
3. Elektronların P tarafına difüzyonu, yine P'deki azınlık elektronları tarafından itilme tarafından itilme sonucu bir noktada durdurulur ve N elektronları eklemin P tarafında birikir.

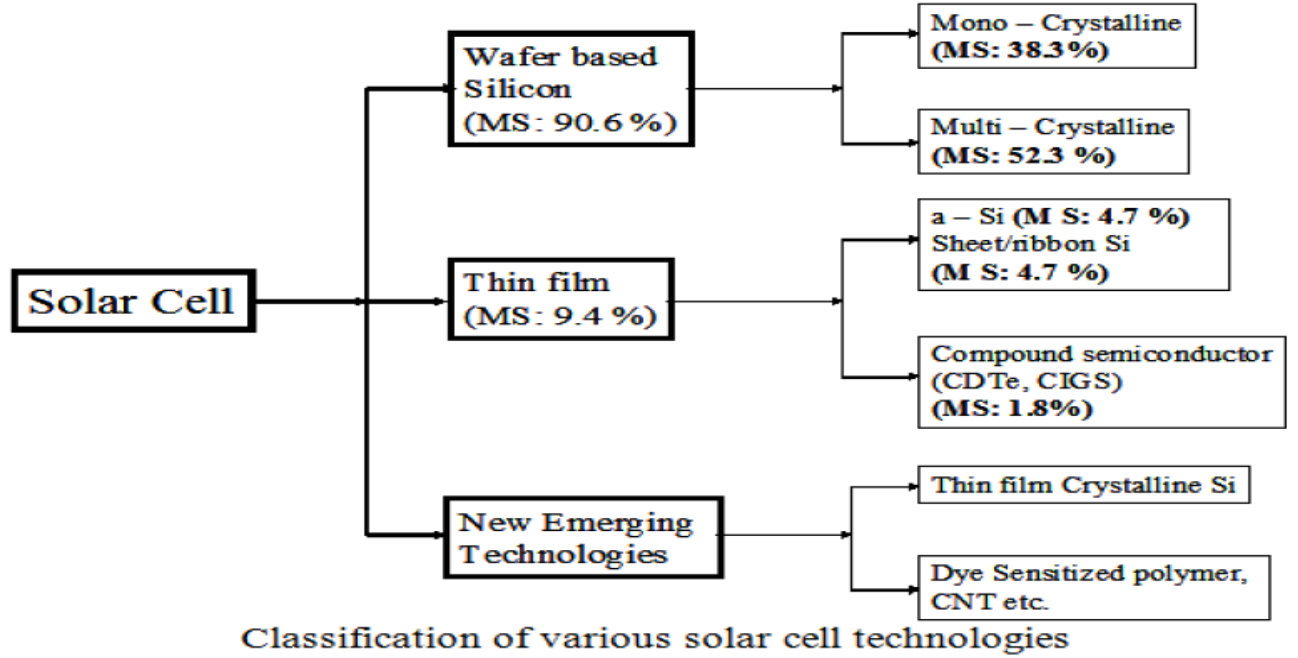




Kristal PV Panelleri

Monokristal ve polikristal olarak vardır. Endüstriyel olarak kullanılan en yaygın panellerdir. Yaklaşık 90 yıl ömürleri vardır. Fakat dış sahada kullanım ömürleri 20 seneye kadar düşmektedir. Monokristalin güneş pilleri 20% verimlilik kapasitesindedir. Kalite ve verimlilik açısından monokristalin güneş pilleri en iyileridir ama üretimi teknik ve zaman açısından uzun sürdüğü için fiyat olarak pahalıdır. Monokristalin güneş pilleri uzun vadeli yatırım için en iyi seçenektir. Güneş pilinin monokristalin olması demek tüm maddenin sadece kristalinden oluşması ve materyalin atomar yapısının homojen olması demektir. Doğada bulunan tüm kristalin bileşimler altında polikristalındır, sadece elmas neredeyse mükemmel monokristalin özelliğe sahiptir.

Polikristalin güneş pilleri 16% verimlilik kapasitesindedir. Kalite ve verimlilik açısından polikristalin güneş pilleri monokristalin olanlar kadar iyi olmasa bile en fazla üretilen türlerdir, nedeni ise maliyetinin daha düşük ve verimlilik/maliyet oranının hayli yüksek olmasıdır. Polikristalin demek materyalin monokristaline göre tek kristalinden oluşmaması, yani materyalin tam olarak homojen olmamasıdır.



İnce Film Bileşimli Yarı İletkenler

- ✓ Kadmiyum Tellür [Cadmium telluride (CdTe)]
- ✓ Bakır-İndiyum-Diselenyum [Copper-indium-diselenide (CuInSe₂, CIS)]
- ✓ Bakır-İndiyum-Galyum-Diselenyum(CIGS)
- ✓ Galyum Arsenit [Gallium arsenide (GaAs)]

4.3 İnce Film Güneş Panelleri

Kristal silikon devrelerin yüksek maliyetleri güneş hücresi üreticilerini daha ucuz materyallerin araştırılmasına yönlendirmiştir. Bu doğrultuda seçilen materyallerin tamamı güçlü ışık absorbe edicileridir ve sadece 1 µ kalınlıkta olmaları yeterlidir. Bu sayede kullanılan materyal maliyetleri önemli ölçüde düşmektedir.

En sık kullanılan materyaller amorf silikon (a-Si), kadmiyum tellür (CdTe) ve Bakır indiyum (galyum) diselenit (CIS ya da CIGS) polikristal materyalleridir.

İnce film paneller üretim bandının sonunda direk olarak panel olarak çıkarlar, kristal panellerdeki gibi hücrelerin birleştirilmesini gerektiren ikinci bir proses (laminasyon) gerekmemektedir.

Kristal yapı özelliği göstermeyen bu Si pillerden elde edilen verim %10 dolayında, ticari modüllerde ise %6-9 mertebesinde. Günümüzde daha çok küçük elektronik cihazların güç kaynağı olarak kullanılan amorf silisyum güneş pilinin bir başka önemli uygulama sahasının, binalara entegre yarı saydam cam yüzeyler olarak, bina dış koruyucusu ve enerji üretici olarak kullanılabilmesidir.

Kadmiyum Tellürid (CdTe)

Kadmiyum Tellürid (CdTe) ile güneş pili maliyetinin çok aşağılara çekileceği tahmin edilmektedir. Laboratuvar tipi küçük hücrelerde %19, ticari tip modüllerde ise %7- 11 civarında verim elde edilmektedir. Özellikle sıcaklığın yüksek olduğu ve arazi kısıtının bulunmadığı bölgelerde saha kurulumları için oldukça uygun bir panel teknolojisidir. Günümüzde en düşük panel maliyetini sağlayabilecek en önemli teknolojidir.

Bakır İndiyum Galyum Diselenid (CIGS)

Bu çok kristal pilde laboratuvar şartlarında %17,7 ve enerji üretimi amaçlı geliştirilmiş olan prototip bir modülde ise %10,2 verim elde edilmiştir.