

Yarıiletken Tipleri:

(1)

Saf Yarıiletkenler

Katkılı Yarıiletkenler

n-tipi yarıiletkenler

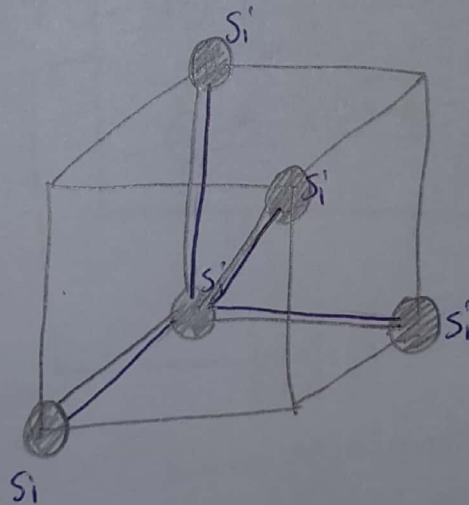
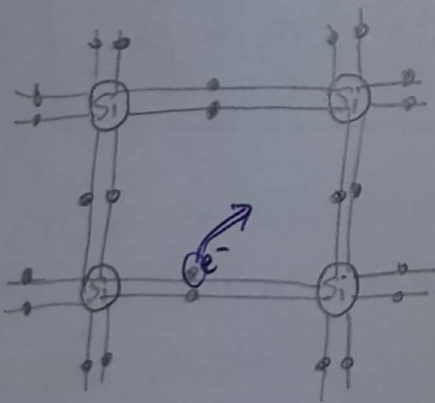
p-tipi yarıiletkenler

\* Saf (Asal, Özden) Yarıiletkenler:

Silisyum, germanyum ve karbon gibi elementler saf yarıiletkenlerdir. Bunlar mutlak sıcaklıkta ( $T=0K$ ) yalıtıktır. Bu sıcaklıkta bağların kırılması için yeterli enerji olmadığından serbest  $e^-$  bulunmaz. Ancak disoridon bir etki ile yeterli enerjiye ulaşan  $e^-$  lar şebekeden kopup iletkenlik bandına çıkar ve yerinde boşluk bırakırlar.

Bunların en dış kabuklarında 4 değerlik  $e^-$  nu vardır. Kabuğun doyumu için 4  $e^-$  na daha ihtiyaçları vardır.

Örneği: Silisyum periyodik cetvelin IV. Grubunda yer alır. Kovalent (ortak kullanımı) bağ yapar.



$T=0K$  de bağlar sıkıdır.

$T>0K$  de sıcaklıkla bağlar kopabilir.

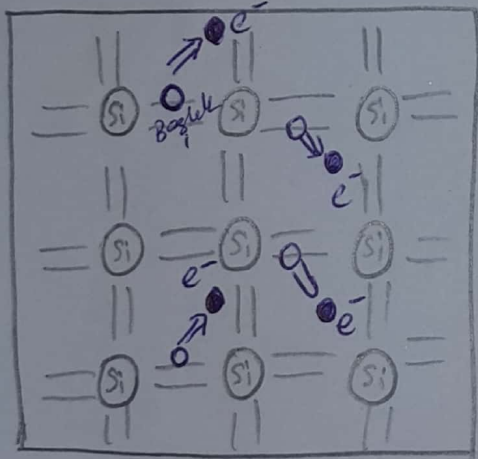
(2)

Saf yarıiletkenlerde sıcaklığın artması ile valans bağ kopar. Saf yarıiletkendeki yasak bant genişliği, ana atomlar arası bağların kopma enerjisine eşittir. Valans bağın kopması nedeniyle eşit sayılı serbest  $e^-$  lar ve delikler oluşur. Sıcaklık arttıkça kırılmış valans bağ sayısı artar. Bu nedenle serbest  $e^-$  ve delik konsantrasyonu da artar.

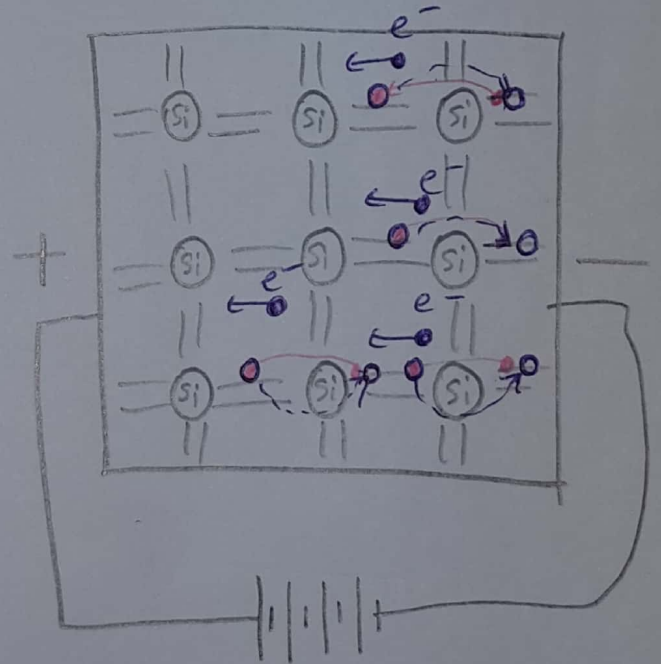
Yeterli enerjiye sahip  $e^-$  lar valans banttan koparak yasak enerji aralığını geçerek iletim bantına yerleşirler.

Ve valans bantta bir boşluk "desik" (hole) bırakırlar. Bu boşluk ( $e^-$  nu eksik olan yer) pozitif bir yük gibi davranır.

Bir değerlik elektronunun, bu boşluğu doldurarak arkasında yeni bir boşluk oluşturmaya ile desik yeni boşluk bir taşıyıcı yük gibi davranır.



- $T > K$  de sıcaklığın artması ile serbest  $e^-$  ve boşluk sayıları oluştu.



- Bir  $E$  alan uygulandığında serbest  $e^-$  lar hareket eder. Yine boşluğu dolduran  $e^-$  lar nedeniyle bir tür boşluk (desik) hareketi gerçekleşir.

Saf (intrinsic, katkısız) bir yarıiletken için

Serbest elektronlarla boşlukların sayısı aynıdır.

$n$  : Serbest elektron sayısı

$p$  : " boşlukların u

$n_i$  : u elektron yada boşluk konsantrasyonu (Saf yarıiletkende)

$$\underline{n_i = n = p}$$

Belirli bir  $T$  sıcaklığında, katkısız bir yarıiletkende,  $n_i$

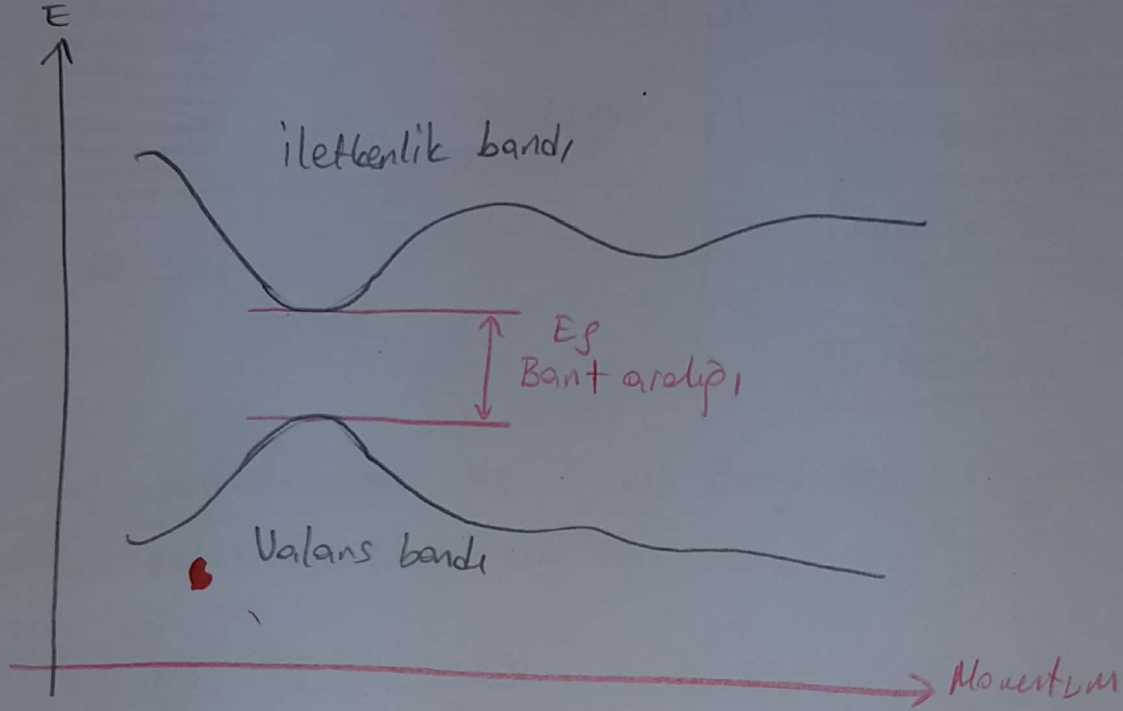
$$\underline{n_i = B T^3 e^{-E_g/kT}}$$

ile verilir.  $B$  : malzemeye bağlı bir sabit ( $5.4 \cdot 10^{31}$  for Silicon)  
olup  $E_g$  bandgap enerjisidir.

## Direk Geçişli Yarıiletkenler:

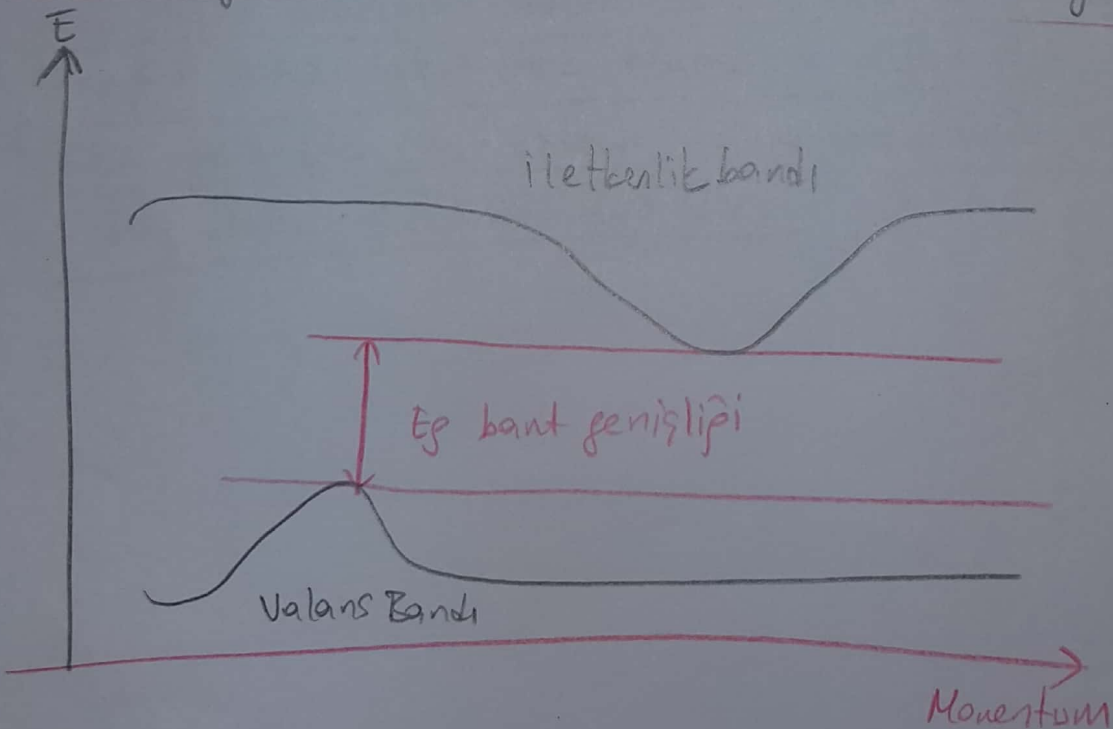
(4)

GaAs gibi, iletkenlik bandının alt seviyesi ile valans bandının üst seviyesi aynı momentum değerine karşılık geliyorsa, direkt geçişli yarıiletkendir.



## İndirek Geçişli Yarıiletkenler:

Si, Ge gibi valans bandının maksimumu, iletkenlik bandının minimumu aynı momentum değerinde değilse indirek geçişli yarıiletkendir.

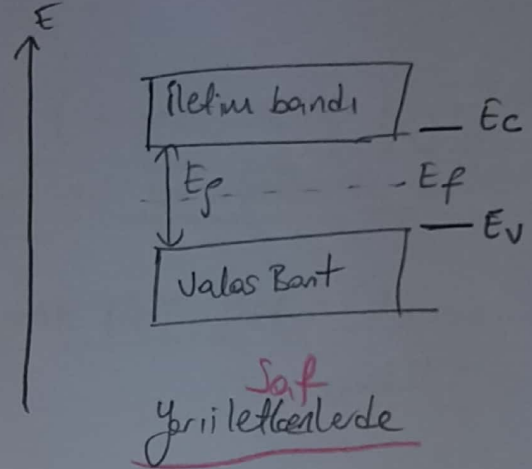
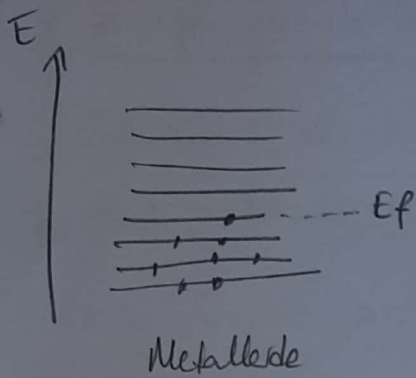




(3)

Saf Yarıiletkenlerde Fermi Enerji Seviyesi:

Fermi Enerji seviyesi 0 K mutlak sıcaklığında, valans bandın sahip olabileceği en yüksek enerji olarak tanımlanır.



Saf yarıiletkenlerde ise Fermi Enerji seviyesi yasak bandın ortasında kabul edilir.

$$E_f = \frac{E_g}{2} = \frac{E_c - E_v}{2}$$

Direk ve indirek geçirli Yarıiletkenler:

Yasak bant aralığını valans bandın üstü ve iletkenlik bandının alt seviyesi arasındaki fark olarak tanımlamıştık.

Tabiki gerçekte bu bantlar bizim sabbillerde sabbipimiz gibi bir doğru şeklinde değildir.

## Katkılı Yarıiletkenler:

(5)

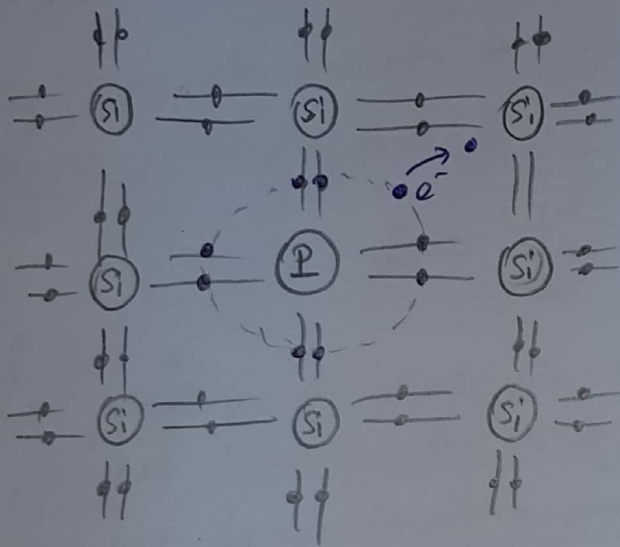
n-tipi yarıiletkenler

p-tipi yarıiletkenler

### \* n-tipi yarıiletkenler:

5 valans elektronlu atomların (donör, verici) yarıiletken kristal zebekesine katılması ile n-tipi yarıiletkenler elde edilir.

\*Bu atomlar: antimon (Sb), arsenik (As), fosfor (P) vb..... pibi olabilir.



Fosforun 5.  $e^-$  nuun kovalent bağ kurma imkanı yoktur.

Bu  $e^-$ , P'ye zayıf bağlıdır. Sıcaklık arttığında enerji kazanan 5 $e^-$  kolaylıkla P'nin etkisinden ayrılarak kristalde serbest hareket edebilir.

n-tip bir yarıiletkende çoğunluk taşıyıcılar elektronlardır. Sayet, kristal yapuya katılan donör atomlarının sayısı  $N_D$  ise, denge durumunda serbest elektronların sayısı ( $n_{no}$ ) yaklaşık olarak katılan 5 valans elektronlu atomların sayısına eşit olacaktır. Yani;

$$n_{no} \approx N_D$$

olacaktır.

Isıl denge durumunda elektron ve boşluk konsantrasyonları birbirini  
sabit olmalıdır. Yani;

$$n_{no} p_{no} = n_i^2$$

→ kotluiz yarıiletkeninde elektron konsantrasyonu

→ n-tip yarıiletkeninde elektron konsantrasyonu

→ n-tip yarıiletkeninde boşluk konsantrasyonu

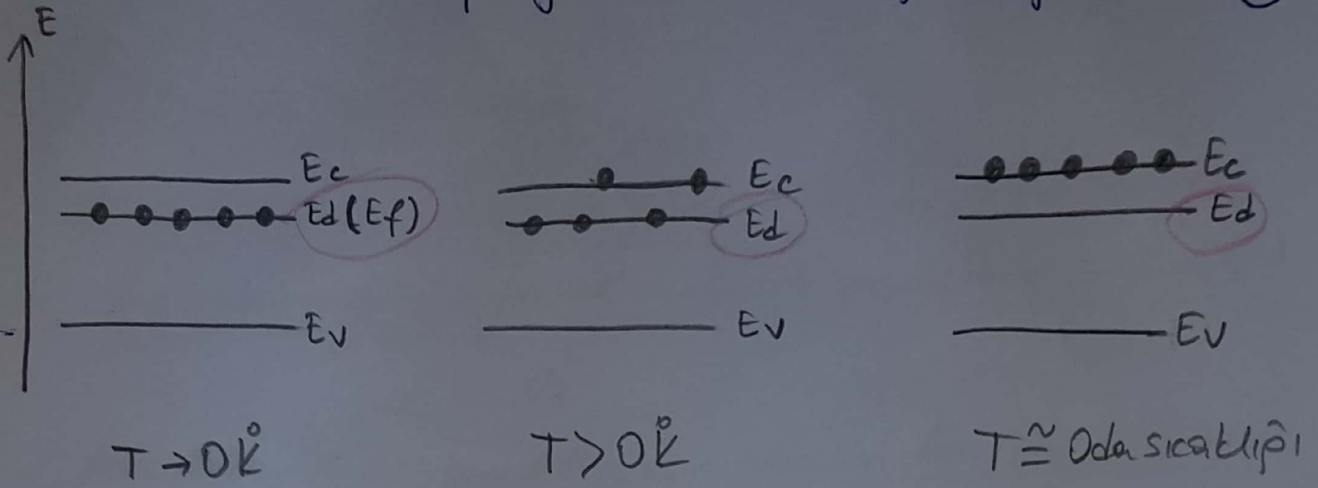
n-tip bir yarıiletkeninde boşluklar "azınlık taşıyıcılarıdır." Ve

Isıl denge durumunda • n-tip bir yarıiletkeninde azınlık taşıyıcı konsantrasyonu,  $p_{no}$

$$p_{no} \approx \frac{n_i^2}{N_D} \quad \text{dir.}$$

$n_i$  sıcaklığın bir fonksiyonu olduğu için azınlık taşıyıcı konsantrasyonu da sıcaklığın bir fonksiyonu olacaktır. Diğer yandan çoğunluk taşıyıcı konsantrasyonu sıcaklıktan bağımsızdır.

## n-tipi yarıiletkende Enerji Seviyeleri: (6)

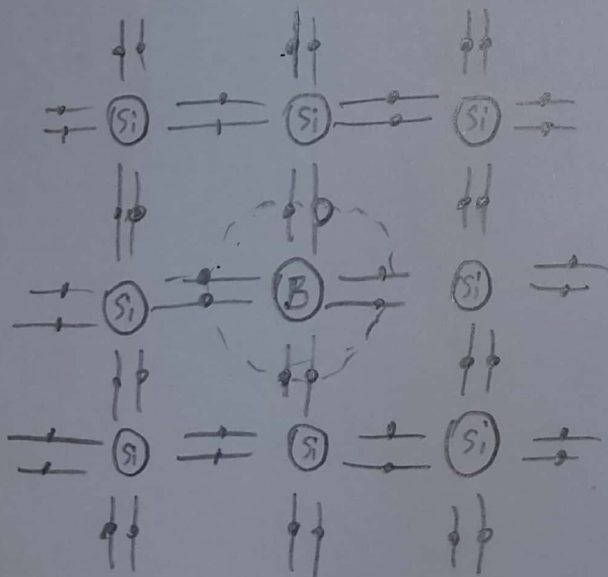


n-tipi yarıiletkenlerde Fermi seviyesi iletkenlik bandına yaklaşıp. Örnekteki Fosfor atomunun 5.  $e^-$  larının bulunduğu seviyedir.  $E_d$  ile gösterilir. (Donör  $\rightarrow d$ )  
Bant dipparından da anlaşılacağı üzere küçük bir enerjiyle,  $E_d$  seviyesinde bulunan  $e^-$  lar kolaylıkla iletkenlik bandına geçip hareket edebilirler.

### \* p-tipi yarıiletkenleri:

3 valans elektronlu atomların (akseptör, alıcı) yarıiletken kristal şebekesine katılması ile p-tipi yarıiletken elde edilir.

\*Bu atomlar: Bor (B), Alüminyum (Al) vb... gibi olabilir.



- 4 değerlikli Si  $YI'$  ni,
- 3 değerlikli B ile katkılendipında; bağlardan biri boş kalır. Ve + yüklü bir boşluk oluşur.



p-tip yarıiletken için;

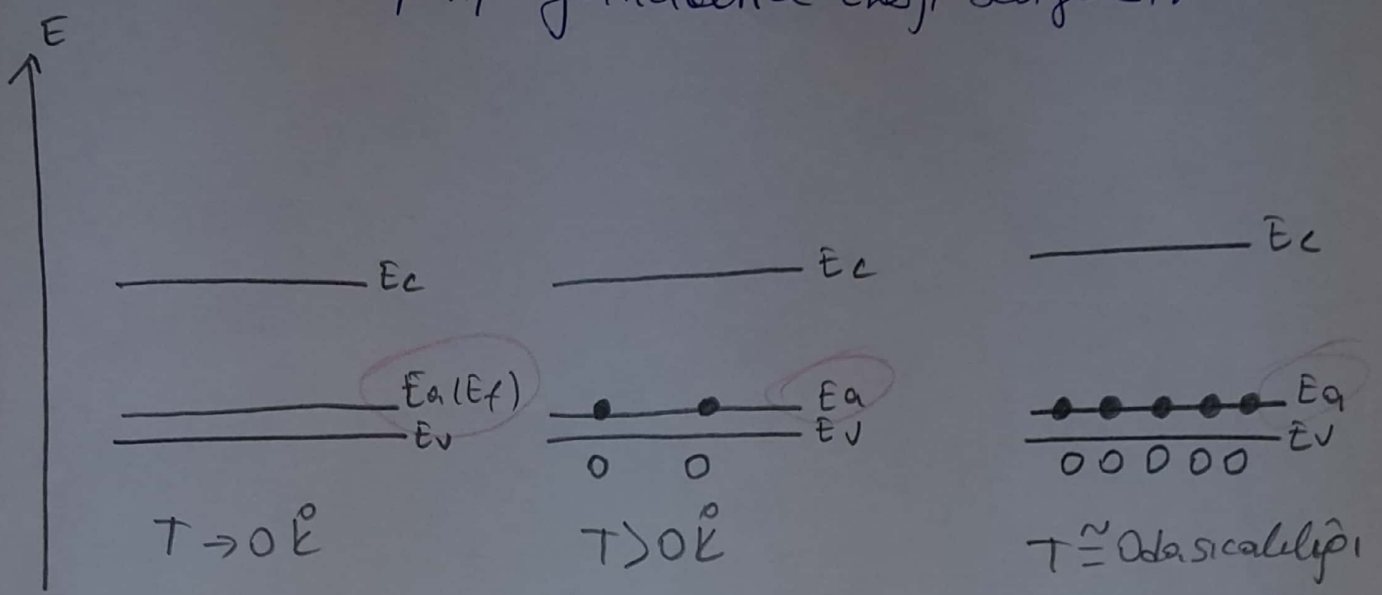
Eğer katılan 3 valans elektronlu atomların sayısı  $N_A$  ise;  
denge durumunda çoğunluk durumdaki boşlukların sayısı ( $p_{p0}$ )

$$p_{p0} \approx N_A$$

olacaktır. n-tip yarıiletken için yapılan tartışmaya benzer  
olarak

$$n_{p0} \approx \frac{n_i^2}{N_A} \text{ olacaktır.}$$

# p-tipi yarıiletkende Enerji Seviyeleri:



Fermi seviyesi, p-tipi yarıiletkenlerde valans bandına yaklaşıp.  $E_a$  ile gösterilir. (Akseptör  $\rightarrow a$ ). Örnekteki B atomunun boşluğunun bulunduğu seviyedir.

Yine bant diyagramından da anlaşılacağı üzere, küçük bir enerji ile diğer bantlardaki  $e^-$  lar bu boşluk seviyesine atlayabilirler ve aralarında yeni boşluklar bırakırlar. Hem iletim bandına çıkan  $e^-$  lar kolaylıkla hareket edebilirler. Hemde aralarındaki bıraktıkları boşluklar "desikler" nedeniyle yük hareketi gerçekleştirebilir.