

Yarıiletken Tipleri:

(1)

Saf Yarıiletkenler

Katkılı Yarıiletkenler

n-tipi yarıiletkenler

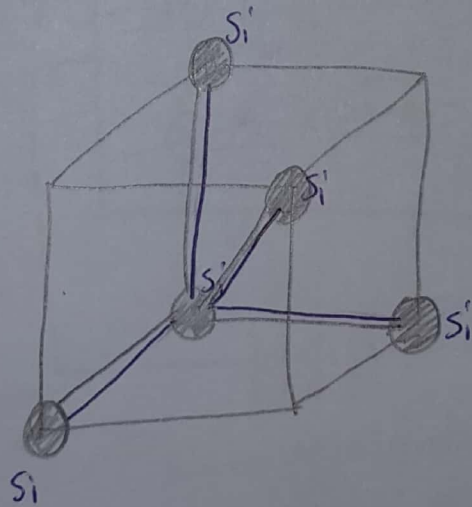
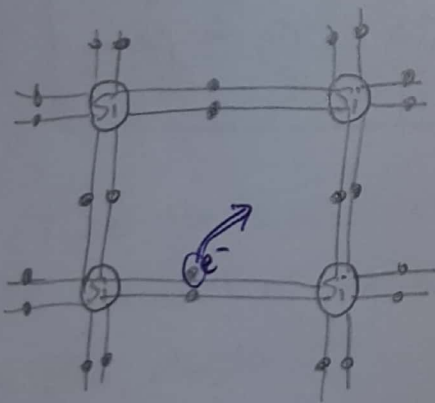
p-tipi yarıiletkenler

* 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 sebebeden 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.

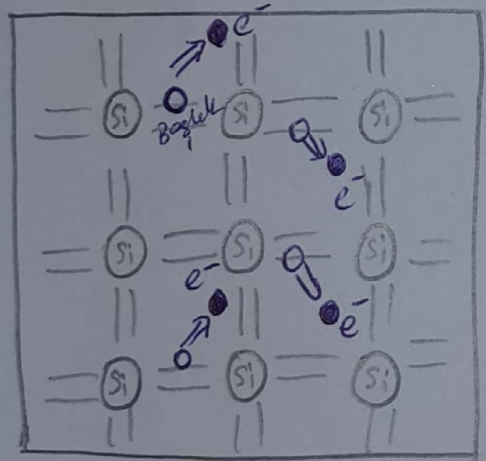
2

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.

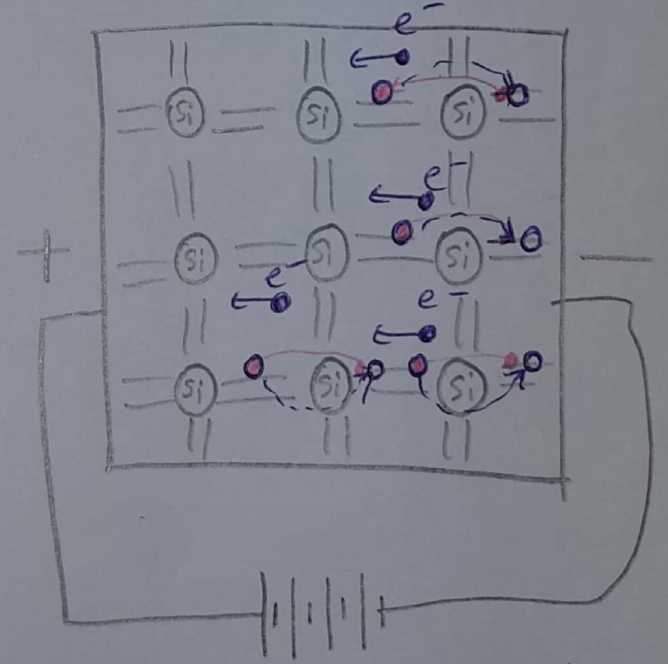
Yeterli enerjiye sahip e^- lar valans banttan koparak yasak enerji aralığını geçerek iletim bantına yerleşirler.

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)

$$n_i = n = p$$

Belirli bir T sıcaklığında, katkısız bir yarıiletkende, n_i

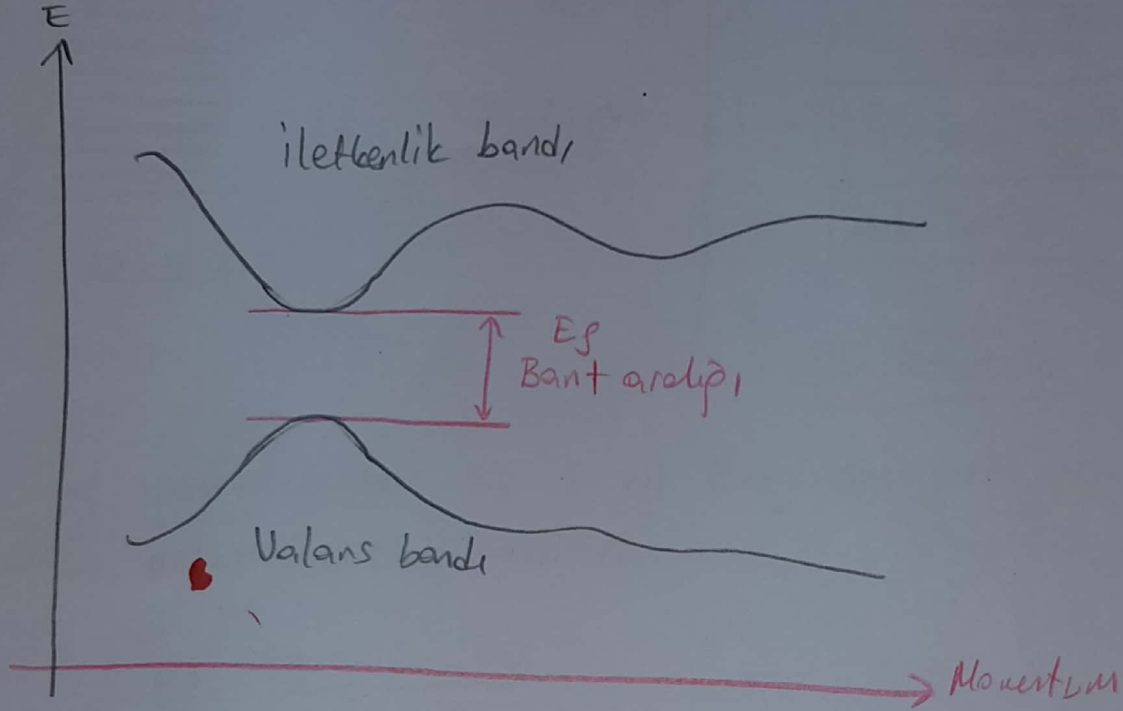
$$n_i = B T^3 e^{-E_g/kT}$$

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

Direk Geçişli Yarıiletkenler:

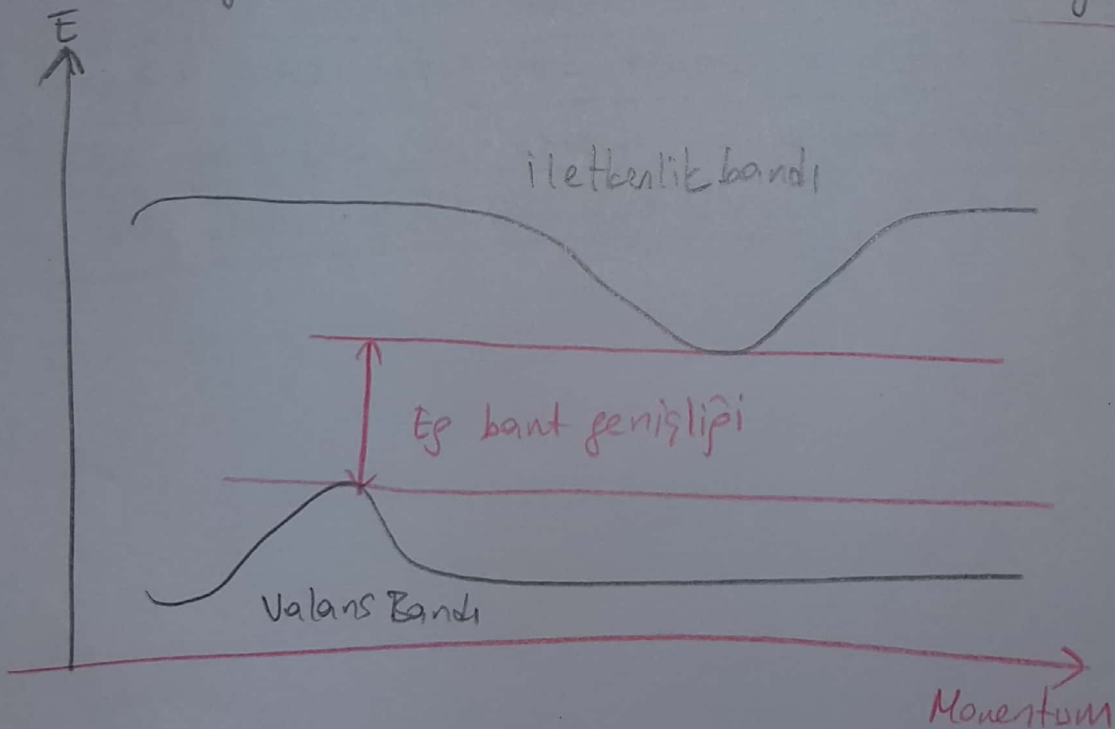
(4)

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



İndirek Geçişli Yarıiletkenler:

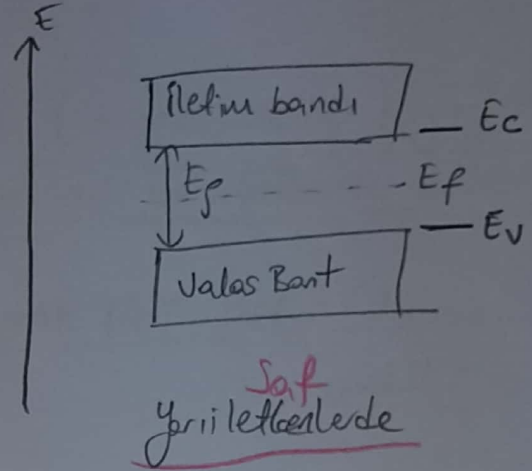
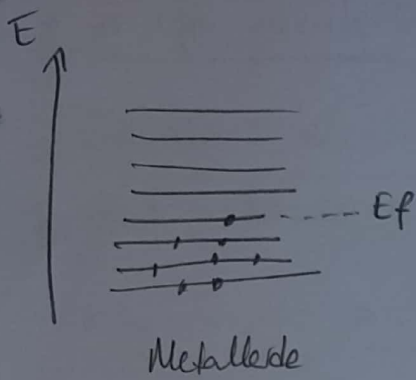
Si, Ge gibi valans bandının maksimumu, iletkenlik bandının minimumu aynı momentum değerinde değilse indirek geçişli yarıiletkendir.



(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)

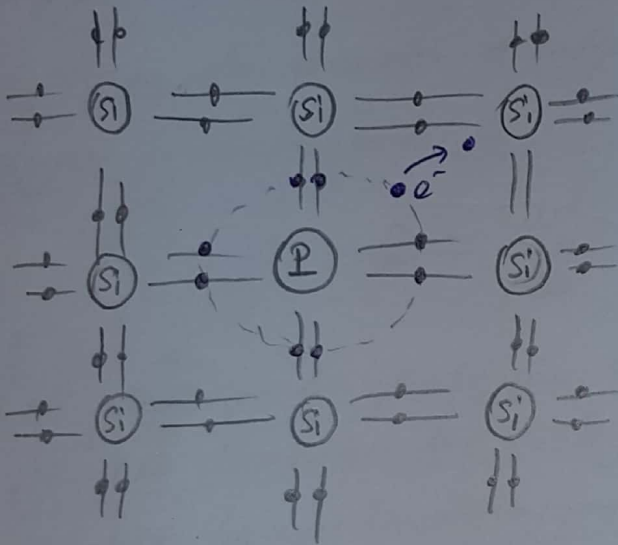
n-tipi yarıiletkenler

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 $5e^-$ kolaylıkla P'nin etkisinden ayrılarak kristalde serbest hareket edebilir.

n-tip bir yarıiletkende çoğunluk taşıyıcılar elektronlardır. Sayet, kristal yapının katkılanan donör atomlarının sayısı N_D ise, denge durumunda serbest elektronların sayısı (n_0) yaklaşık olarak katkılanan 5 valans elektronlu atomların sayısına eşit olacaktır. Yani;

$$n_0 \approx N_D$$

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

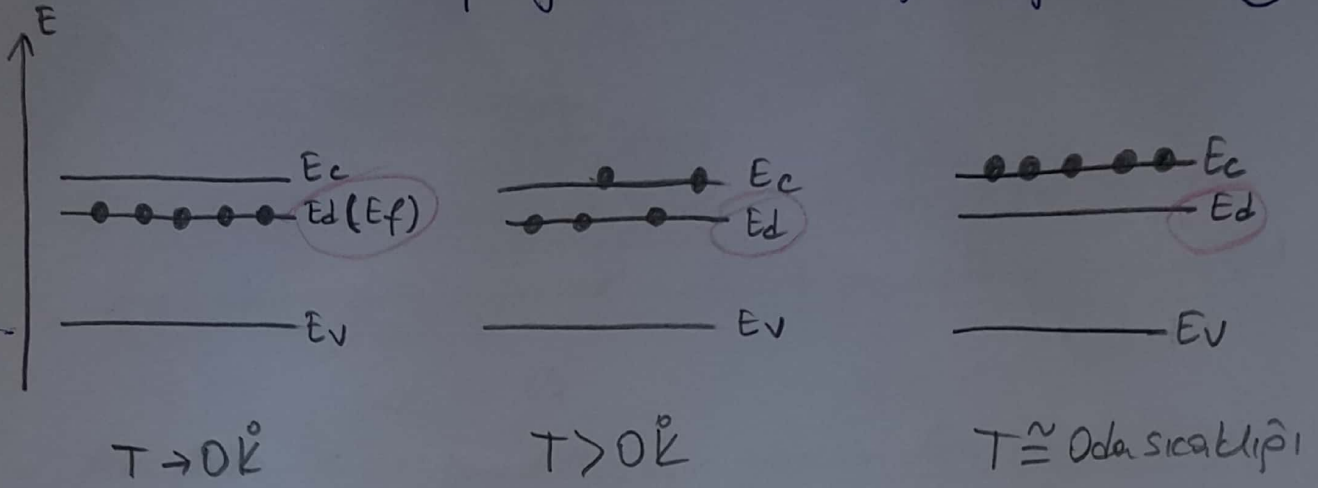
n-tip bir yarıiletkeninde boşluklar "azınlık taşıyıcılarıdır." Ve

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)

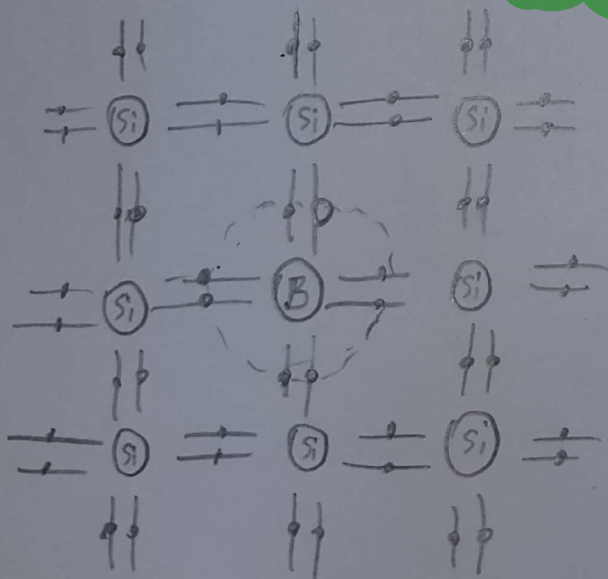


n-tipi yarıiletkenlerde Fermi seviyesi iletkenlik bandına yaklaşıp. Örnekteki Fosfor atomunun 5. e^- larının bulunduğu seviyedir. E_d ile gösterilir. (Donör $\rightarrow d$)
 Bant dippramından da anlaşılacağı üzere küçük bir enerjiyle, E_d seviyesinde bulunan e^- lar kolaylıkla iletkenlik bandına geçip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

* p-tipi yarıiletkenleri:

3 valans elektronlu atomların (akseptör, alıcı) yarıiletken kristal sebekesine 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 katkılardığında; bağlardan biri boş kalır. Ve + yüklü bir boşluk oluşur.

p-tip yarıiletken için;

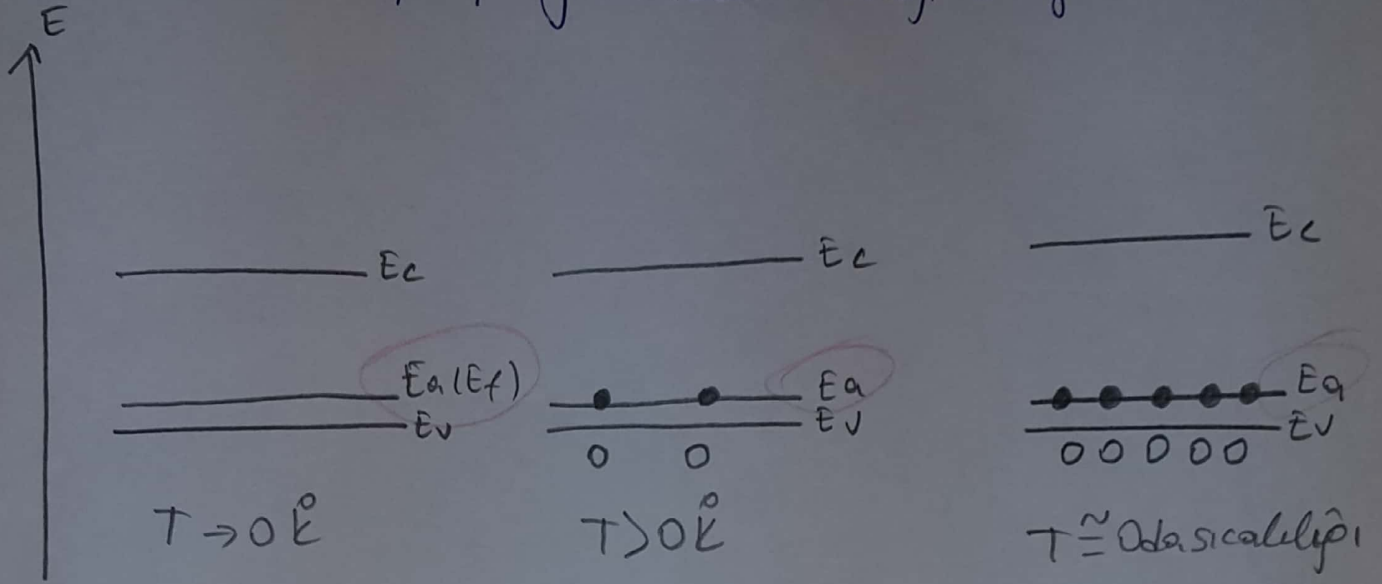
Eğer katılan 3 valans elektronlu atomların sayısı N_A ise;
denge durumunda çoğunluk durumdaki boşlukların sayısı (P_{p0})

$$P_{p0} \approx N_A$$

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 sıkan e^- lar kolaylıkla hareket edebilirler. Hemde aralarındaki bıraktıkları boşluklar "desikler" nedeniyle yük hareketi gerçekleştirebilir.