

Fizik II'den bilinmesi gerekenler

Baglar

Iyonik:

- Zıt yuklu iyonların colomb yasası gereği bağlanmasıyla oluşur.
- Bir elektron alt yorungeye geçerek enerji verdiği zaman bu enerjiye *elektron afinitesi* denir.
- *Ayrışma Enerjisi* , moleküler bağları kırmak ve atomu nötr hale getirmek için gereken enerji.
- Pozitif iyonlar elektron kaybettikleri için nötr atomdan daha küçüklerdir.
- Negatif iyonlar elektron aldıkları için nötr atomdan daha büyüklerdir.
- Nispeten kararlı ve kristal yapı oluştururlar.
- Zayıf elektrik ve ısı iletkenleridir.
- Birbirlerine sıkıca bağlanırlar.
- Erime noktaları yüksektir.
- Serbest elektron içermezler.
- Isık geçirgen ancak kızılotesi bolgede güçlü soğurucudurlar.

Kovalent:

- Elementlerin elektron afinitesi (elektron alma isteği) birbirine yakınsa iyonik bağ oluşacağına **Kovalent bağ** oluşmaktadır.
- İki veya daha fazla atomun elektronlarının paylaştıkları bağ türüdür.
- Güçludur.
- Yönlüdür.
- Çok iyi iletkenlik göstermezler.
- **Polar Olan:** Her iki atomun elektron afinitesi düşük olduğundan elektron üzerine uygulanan çekim kuvveti eşit olur ve polirazyon gerçekleşmez.
- **Polar Olmayan:** Üstteki durumun aksine çekim kuvveti eşit olmadığından polirazyon görülür.

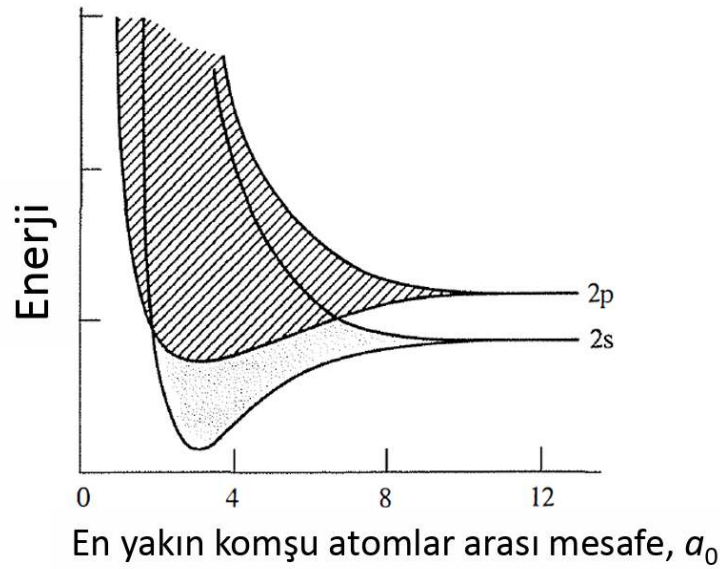
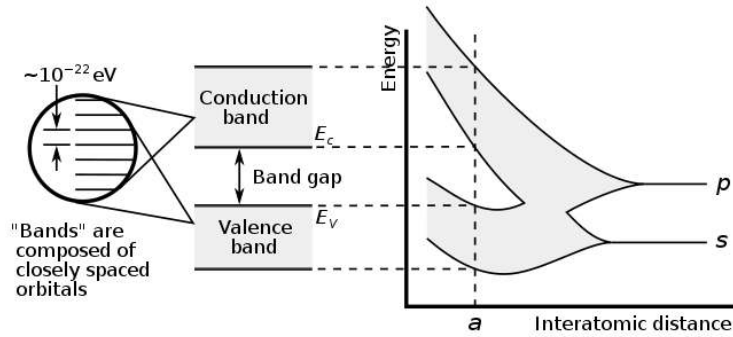
Metalik:

- Düşük sayıda valans elektronlarına sahip olan elementler arasında oluşur.

- Yonden bagimsiz bir bag cesisidir.
- Atomlar valans elektronlarini vererek bir elektron denizi olustururlar.
- Bir potansiyel fark olusuturuldugu zaman bu elektronlar kolayca hareket eder.
- Elektrigi cok iyi iletirler ve gucludurler.

Enerji / Band Yapilari

- kati halde olan bir maddeyi inceledigimizde band yapisina bakarak biz elektronlarin enerji araliklarini gorebiliriz.
- Yani, elektronlarin cikabilecekleri bandlar ve cikamayacaklari yasak enerji araliklari .
- temel sorumuz: atomlar yanyana geldiklerinde ne oluyor?

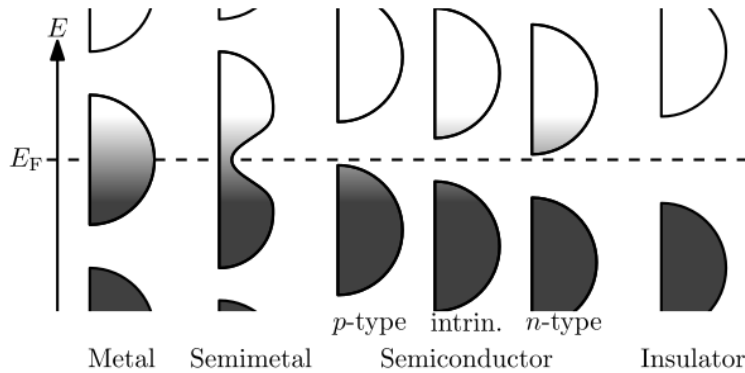


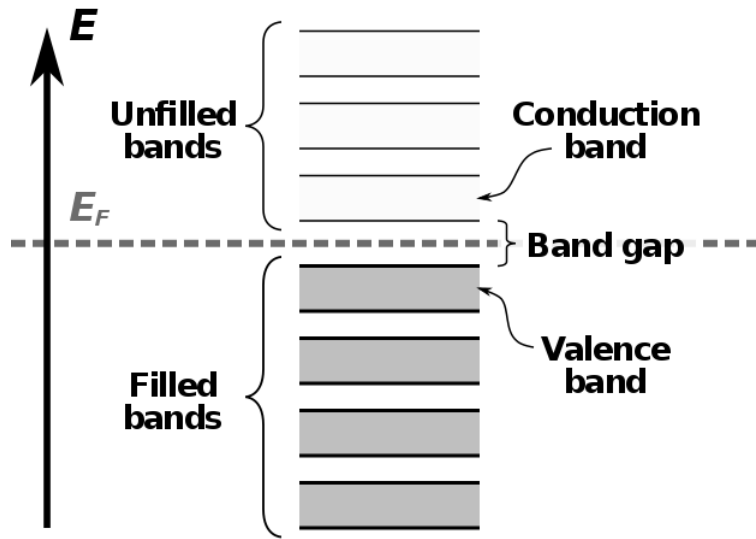
- Yukaridaki sekilde gordugumuz gibi ayni maddenin iki atomu birbirine yaklastikca zaman surecinde olusan band ve enerji araliklari degismektedir. Bandlarin olusumu, en dis katmanda olan elektronlarin, valans elektronlari, sayesinde olur. Bu valans elektronlari,

baglari olusumundan ve akimin iletilmesinden sorumludurlar. Cekirdege daha yakin olan elektronlari orbitalleri hatiri sayilmayacak kadar kucuk derecede cakisirlar.

- Yasak enerji araliklari , bantlar tarafindan "kaplanmayan" araliklardir. Bunun sonucunda, sonlu miktarda bant olusur.
Bahsi gecen bantlari genislikleri farklilik gostermektedir. Orbitallerin cakisma miktarina gore bu genislikler degismektedir.
- Atomlar birbirine yaklastikca bantlar genisler ve atomdan ne kadar uzaksa bu band o kadar genisler. Cunku orbitallerin yariçapi buyur ve bu sekilde etkilemesi daha fazla olur. Ayrica, fazla etkilesim de bant genisligini arttirir. Cekirdege yakin olanlar, daha siki bagli olduklari icin ve yariçaplari da kucuk oldugu icin etkilesimleri cok daha azdir dolayisiyla genislemeleri de kucuktur.
- Bunlari sonucunda, artik elektronlari kati boyunca hareket edebilecekleri kristal orbitalleri vardir, atomik orbitaller yerine.
- Elektronun bu kristal yapidaki hareketi herhangi bir bosluktaki harektinden farkli olacaktir. Disaridan kuvvet uygulandigi gibi iceriden etki eden kuvvetlerde olacaktir. (proton notron cartcirt). Bu ic kuvvetlerin etkisini hesaplamak oldukca zordur dolayisiyla etkin kutle hesabi devreye girer. Butun bunlari hesaba katilmasi sarti ile elektrona klasik bir parçacik gibi bakilabilir ve hareketi klasik mekanikle modellenenabilir:

$$a = \frac{eE}{m^*}$$



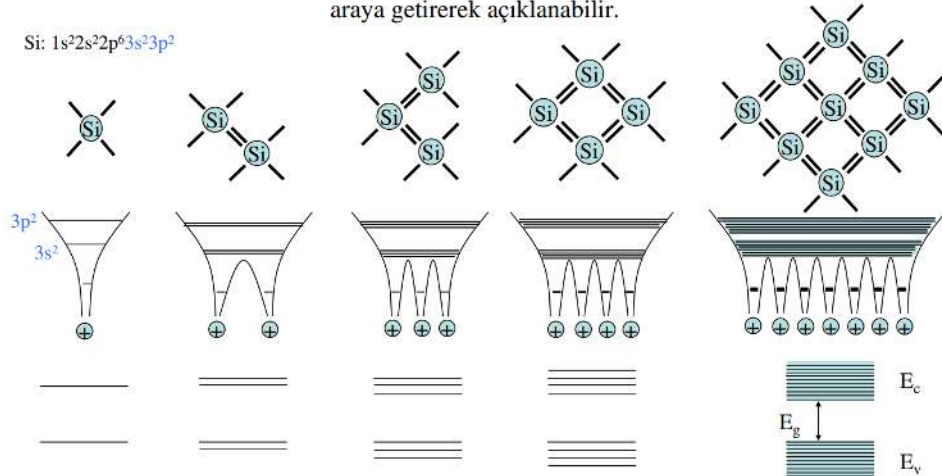


- Atomu düşünelim. Çekirdek var ortada ve onun etrafında elektronların **izinli** ve **izinsiz** bölgeleri var.
- Elektron, bulunduğu konumunu değiştirecekse bağlama göre bir enerji almalı ya vermesi gerçekleşir. Çekirdekten uzaklaşmak için enerji alırken yaklaştıkça enerji verir.

Yarıiletkenlerde Enerji Bantlarının Oluşumu

Yarıiletkenlerde bant yapısının oluşumunu silikon atomlarının kristali oluşturmak için bir araya getirerek açıklanabilir.

Si: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$



Ayrı Si atomunun 3s ve 2p yörüngeleri yarı dolu.

Bir Si atomunun yanına başka bir Si geldiğinde 3s ve 3p yörünge enerjileri ikiye bölünür ve diğer, alt alt yörüngeler (2s ve 2p) tersine bu yörüngeler her iki atoma aittir.

Si atomlarının sayısı artınca 3s ve 3p yörünge enerjileri atom sayısı kadar bölünmeye uğrar ve bu yörünge enerjileri bütün atomlara aittir. Bir araya gelen atom sayısı arttıkça (kristal) s ve p yörüngeleri Avogadro sayısı kadar yarılmaya uğrar ve artık kesikli enerjilerden oluşan sürekli bir enerji aralığı (bant) oluşur. s ve p yörüngelerini yarılmaları ile oluşan enerji bantları arasında kalan bölge ise yasak enerji aralığıdır.

E_c : İletim Bandı
 E_v : Değerlik Bandı
 E_g : Yasak Bant

Kucuk bir ozet

- Herhangi bir elementin elektriksel iletkenliginden bahsedebilmek icin oncellikle valans elektronlarinin serbestce hareket edebilecekleri bir kristal yapinin olmasi gerektigini ogrendik.
- Metallerden ornek alacak olursak bazilarinin valans bandinin yarim dolu oldugunu oburlerinin ise tam dolu biliyoruz. Sodyumun son yorungesi $3s^1$ olup yarim doludur. Bu elemntin atomlari bir araya geldiklerinde bir kristal yapi olusturup valans elektronlarinin serbestce hareket edebilecekleri bir ortam olusturduklarini ogrendik. Peki, Magnezyum gibi metallerde son orbital bos olmadigi halde iletkenlik gosteren ve vlans elektronlari serbest bir sekilde dolasan elementlerdeki durum nasil? Onlarda bir sonraki band zaten valans bandin uzerine cakismis durumdadir. Yani, elektronlarin gezebilecekleri yer zaten var.
- Yalitkan ve Yariiletkenlerde durum farklidir. Onlarin valans bandlari zaten dolu durumdadir ve elektronlarin serbest gezebilecekleri bir yer yoktur. Dolayisiyla, bir enerji verip bu elektronlari bulunduklari banddan atlatip baska bos bir banda gecirtme cabasindayz. Yalitkanlarda bu mumkun degil. Yaltikanlarin yasak enerji araligi oldukca buyuktur ve yari iletkenlerden farki odur. Yari iletkenlerin yasak enerji araligi makul oldugu icin valans elektronrına belli bir miktar enerji vererek onlari bir sonraki bos banda gecirme ihtimalimiz var.

Elektron Mobilitesi

- Kati hal fiziginde, bir elektronun belli bir manyetik alan tarafından cekilirken herhangi bir metal veya yari iletkenin icinden ne kadar hizli gecebilecegini anlatan kavramdir mobilite.
- Bir Elektriksel Alan uygulandiginda, elektronlar ortalama hiz seklinde ifade edilen bir drift hizi ile cevap verir.

$$v_d = \mu E.$$

- Peki, sabit olmayan bir hiz olduguna gore bu hiza sebep olan bir ivme ve bu ivmeye sebep olan bir kuvvet olsa gerek. Bu kuvvet elektriksel alanin sebep oldugu kuvvet.

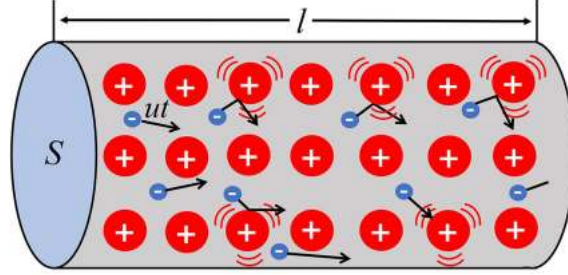
$$F = -eE.$$

- Mobilitenin formulune gelecek olursak,

e : elekktron yuku

t_c : bir elektronun tekrar carpana kadar gedirdigi sure.

$$\mu_e = \frac{e\tau_c}{m_e^*}$$



Maddelerin ozelliklerine gore siniflandirmasi

Iletkenler (Metaller) :

- Değerlik elektronları bir elektron gazı oluşturur ve belirli bir iyonla bağlı değildir

- $\sigma = 10^{-4} - 10^{-6}$

- Sıcaklık arttikca iletkenlik azalir.
- Zaten butun valans elektronlari iletim bandinda oldugu icin verilecek olan sicaklik elektronlarin ve iyonlarin stresini artirarak mobilitenin azalmasina neden olacaktir dolayisiyla iletkenlik de azalir.

Yari iletkenler:

- Cougnulukla kovalent baglanma ve zayif baglar.

- $\sigma = 10^{-4} - 10^{10}$

- Hem iletken hem de yaliktan yapmak mumkun.
- Katkilama ve sicaklik ile yuk tasiyici sayisi ve cesidi degisebilir.
- Katkilama ile yapi icerisinde yapisal E.
- Sıcaklık arttikca iletkenlik artar.
- Valans bandinda cikmayi bekleyen elektronlar bulunmaktadir. Verilecek isi ile bu elektronlar iletim bandina cikacaklardir. mobilitenin azalma durumu tabii ki de vardir ancak iletim bandina cikan elektron sayisi oldukca buyuk oldugu icin her turlu iletkenlik artmis olur.

Yalitkanlar :

- Degerlik elektronlari sikica baglanir (veya bireysel atomlarla paylaşılr) en güçlü iyonik (kısmen kovalent) bağlanma.

- $$\sigma \geq 10^{10}$$

- Butun elementlerin iletkenlik skalasina bakacak olursak en kucuk ve en buyuk elementler arasindaki farkin 10^{20} oldugunu gorebiliriz. Bu genis araligin baska hic bir ozellikte bulunmadigini bilelim. Sebebi de yukarida acikladigimiz gibidir.
- Butun metallere (iletkenler) baktigimiz zaman bunlari iletkenlik degerleri birbirlerine oldukca yakindir. Keza ayni durum yalitkanlar icin de gecerlidir.
- Ayni sicaklikta silisyuma gore germaniymun iletim bandinda daha fazla elektronun bulunma sebebi, germanyumda yasak enerji araliginin daha kucuk olmasidir.

Bipolarlik

- Yari iletkenlerde, belli bir enerji verip valans elektronlarinin bir kismini iletim bandina gecirdikten sonra kovalent baglarini kirip ancak iletim bandina gecek kadar yeterli enerjiye sahip olamayan elektronlari yaptigi sey uygulanan manyetik alanin yonune dogru olusan bosluklara gecmektir. Bu hareketlilik ayrica bir iletkenlik kazandirir ve bu iletkenlik hesaba katilir
- Bosluk hareketinin yonu elektronun hareketine ters olmakla beraber elektrik alaninin yonuyla aynidir.
- Iletim bandina gecen elektronlari mobilitesi valans bandinda hareket eden elektronlari mobilitesinden daha buyuktur. Bu elektronlar tekrar bosluga gecip bag kurduklari ve cekirdege daha yakin olduklari icin mobiliteleri kucuktur iletim bandindaki elektronlari mobiletsinden.
- Valans bandindaki elektron lokalize dir ve iletim bandindaki elektron serbest tir.
- Bipolar iletkenlik: hem elektronlar hem bosluklar yuk tasiyicisidir.

Yariletken tipleri

- 4.Grup elementler temel yari iletkenlik ozellik gosteren elementlerdir.
- Asal = Saf = Intrinsic
- Saf yari iletkenler tek atomluk da bulunabilir bilesik halinde de: GaAs
- Carbonun degisik formlari degisik iletkenlik ozellikler gosterir.
- Katkili -> n-tipi ve p-tipi.
- Katiklama mevzusu iletkenligi elimize verir. Artik istedigimiz gibi ayarlayabiliriz.

- Asal iletkenler de: $p_i = n_i$

Asal

- $$\sigma = e(p\mu_p + n\mu_n)$$

- $$p_i = n_i$$

- $$p_i \cdot n_i = n_i^2 = p_i^2$$

- $$E_g = E_c - E_v$$

- $$E_g : \text{Yasak Enerji Araligi}$$

$$E_c : \text{Iletim Bandinin Dibi}$$

$$E_v : \text{Valans Bandinin Tavanı}$$

- $$N = \int_{E_1}^{E_2} N(E) dE$$

- E1 ve E2 arasında bulunan N tane izinli enerji durumu.

- $$N_C(E) = \frac{1}{2\pi\hbar^3} (2m_e^*)^{3/2} \sqrt{E - E_C}$$

- $$N_V(E) = \frac{1}{2\pi\hbar^3} (2m_h^*)^{3/2} \sqrt{E_V - E}$$

- VB : Valans Bandi için birim hacimde yoğunluk.

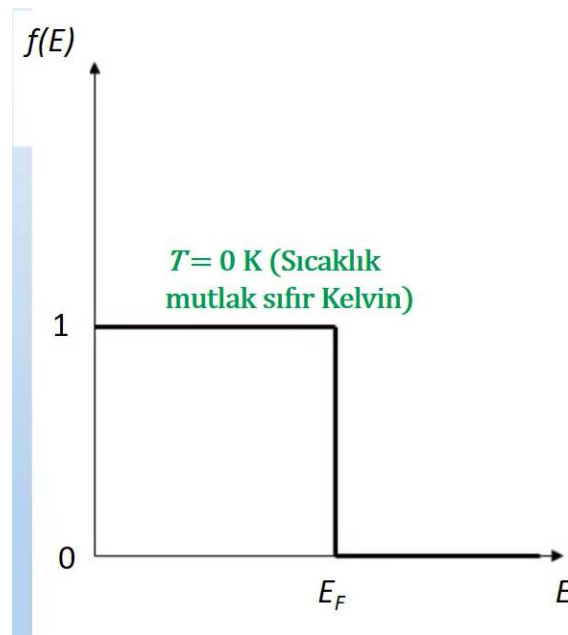
- CB : Conduction Bandi için birim hacimde yoğunluk.

Fermi Enerjisi

- Bir kristal elektronu mevcut en dusuk enerjili seviyeyi isgal eder.
 - Sanal bir enerji seviyesi olup saf iletkenlerde yasak araligin ortasindadir.
 - E_f seklinde gosterilir.
 - Bir kristalde elektronun alabilecegin en yuksek enerji olarak tanimlanir.
 - Kristal surekli dengededir ve kendi enerjisini durduk yere degistiremez. (d'Alembert Prensibi)
 - Elektronlar mevcut orbitallere Pauli ilkesine gore yerlesirler ters-spin .
-
- Yari iletkendeki iletkenlik ve valans bandindaki izinli enerji seviyelerinin sayisina Durum Yogunlugu ve $N(E)$ durum yogunlugu denir .
 - Tam Spin -> Bozon .
 - Yari Spin -> Fermiyon .

Dagilim Fonksiyonu

- Fermi-Dirac dagilim fonksiyonu: Belirli bir sicaklikta YI valans ve iletim bandlarindaki elektronlarin denge durmunun dagilimini, enerjinin fonksiyonu olarak tanimlar.
- Belirli bir E enerjili seviyenin belirli bir sicaklikta bir elektron tarafından isgal edilme olsailigidir. bu olasilik 0 ve 1 arasindadir.
- isgal edilmeme olasiligi $1-f(e)$ seklinde hesaplanarak 1 elektornun varligini temsil ederken 0 yoklugunu temsil etmekte.

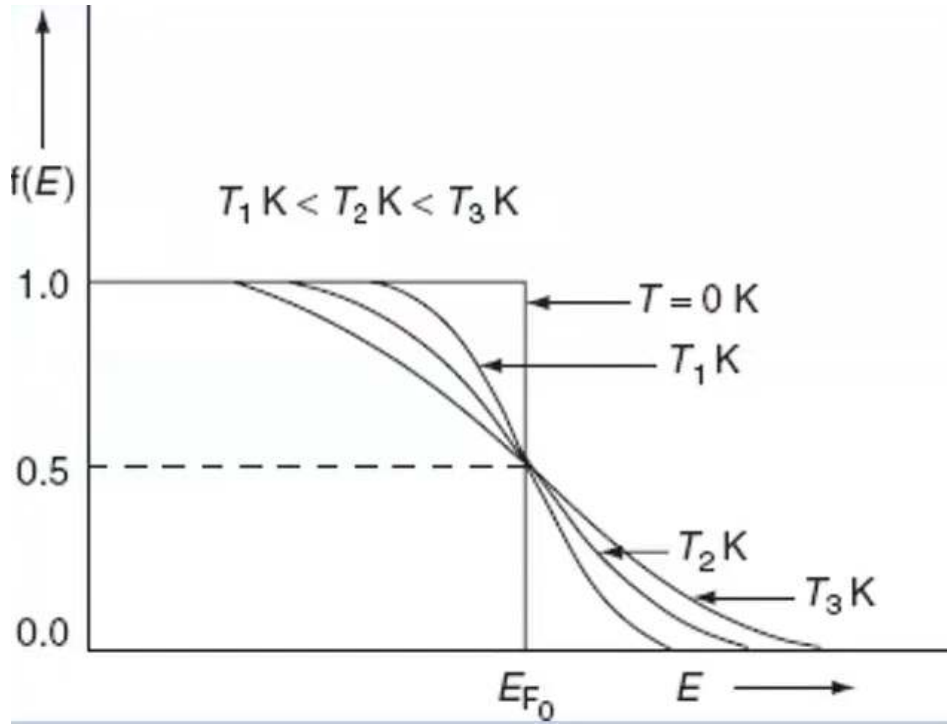


$$f(E) = \frac{1}{1 + e^{(E-E_F)/k_B T}}$$

- Bu durumda T degerini $0K$ alirsak her turlu sonsuz a gidecegini biliyoruz. Ancak, eksi sonsuz mu arti sonsuz mu onu $E - E_f$ belirleyecektir. Sectigimiz E degeri fermiden buyukse eger yani iletim bandinda ise e uzeri sonsuz olup degerimiz 0 olacaktir. Aksi takdirde, sectigimiz E degeri fermiden kucukse yani valans bandi ise e uzer - sonsuz olur ve 1 degerini aliriz.

Bu takdirde su yorummu yapabiliriz:

$0K$ 'de iletim bandinda elektron bulunmaz iken valans bandinda bulunur.



Sicaklik Degisimi ile elektron dagilimi fonksiyonu.

- Eger E sayisini fermiye esit alirsak elektron dagilimi 50% yi verir. Bu da fermi araliginin sanal oldugunu gosterir.
- Eger $E - E_f$ sayisinin sonucu $k_B T$ den oldukca buyukse yanindaki 1 ihmal edilir ve soyle bir denklem cikar:

$$Ae^{-E/k_B T}, \text{ Boltzman Dagilimi}$$

- Bu deger bize sunu soyluyor:
senin enerjin hangi banda cikmana izin veriyorsa oraya cikarsin, hehrangi bir engel yok.

- Eger $E - E_f$ sayisinin sonucu $k_B T$ den oldukca kucukse sonuc 1 olur. Bu bize sunu soylemekte: sen sicakligi ne kadar artirirsan artir cekirdege daha yakin olan elektronlari sokemezsin.

Elektron Yogunlugu

$$n(E_1, E_2) = \int_{E_1}^{E_2} N(E) f(E) dE$$

Bunun uzerinden bit kac yorum:

- Mutlak sifir sicaklikta iletkenlik bandinda bulunan elektron yogunlugu:

- $$n_{CB} = \int_{E_c}^{\infty} N(E) f(E) dE = 0$$

- Mutlak sifir sicaklikta valans bandinda bulunan elektron yogunlugu:

- $$n_{VB} = \int_{-\infty}^{E_v} N(E) f(E) dE$$

- $$p_{VB} = \int_{-\infty}^{E_v} N(E) [1 - f(E)] dE$$

- *Asal Yariiletkende Serbest Elektron Yogunlugu*

$$n_i = N_c \exp\left(-\frac{E_c - E_F}{k_B T}\right)$$

- *Asal Yariiletkende Serbest Elektron Yougunlugu2*

$$n_i = \sqrt{N_C N_V} \exp\left\{-\frac{E_g}{2K_b T}\right\}$$

- *Asal Yariiletkende Bosluk Yogunlugu*

$$p_i = N_v \exp \left(-\frac{E_f - E_v}{k_B T} \right)$$

Katkili yari iletkenler

n-tipi

- Pratikte bir YI'in iletkenligini artirmak icin sicakligi yuksek tutmak pek tercih edilmemektedir. Ayni zamanda, islem zorlugundan dolayi daha iletken olan Germanyum kullanilmamaktadır. Cozum: Katkili yari iletken.
- n_i -> saf yari iletkende serbest elektron.
- n -> katkili yari iletkende serbest elektron.
- p_i -> saf yari iletkende bosluk sayisi.
- p -> katkili yari iletkende bosluk.
- n-tipi icin katkı olarak secilecek maddenin element grubu 4. grup tan buyuk olmasi beklenir. Tercihcen, 5.grup . Bu hesaplamalarimizi kolaylastirir ve yeterli iletkenligi cekmemize sebep olur.
- Katkı olarak secilecek maddenin As oldugunu varsayarsak bu As atomunun her biri sisteme fazladan 1 elektron saglar. Bu elektronlar yasakli enerji araliginda konumlanarak fermi enerji seviyeseini yukari tasirlar.
- 0K Sicaklikta bu kattigim elektronlarin tamamı E_c nin hemen altindadir.
- Sicakligi artirmaya basladigimiz anda butun bu kattigimiz elektronlar hemen iletim bandinda cikar. Normal elektronlarda ,her zamanki gibi, valans bandaindaki elektronlarin bir kısmi iletim bandina cikmistir.
- 10^{20} kadar elektron kattigimizi varsayarsak ve onun yaninda da valans bandaindan 10^{15} elektronun iletim bandina ciktigini soylessek bu bize sunu gosterir:
cogunluk yuk tasiyicilari serbest elektronlardır bosluklar onlarin yaninda hic bir seydir. Saf atomdan gelen elektron sayisi katkıli olanindan o kadar az ki ihmal edilebilir.

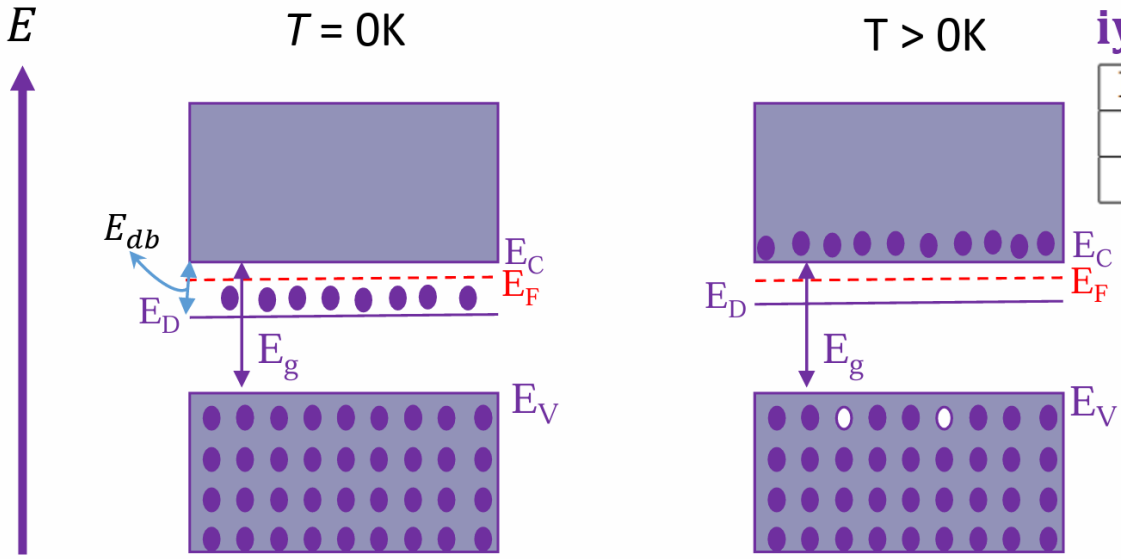
$$n = n_i + N_D$$

$$N_D \gg n_i \text{ ise,}$$

$$n = N_D$$

$$\sigma = N_D e \mu_n$$

- Bu tip safsizliklarla uretilen iletken n_tipi yari iletken denir.



p-tipi

- Bu sefer, 4A grubundaki elementlerden daha yuksek grup numarasina sahip olan elementler degil de daha dusuk olanlari alalim. Orn: 3A .
- Bu durumda, ekstradan elektron kazanmiyoruz. Aksine, hole kazaniyoruz .
- Kazandigimiz holler sayesinde E_f dusur .
- E_A valans bandinin tavanina yani E_v ye yakindir.
- Ayrice, Valans bandindeki elektron artik hemen iletim bandina cikmamaktadır. Ilk once Katkili maddenin olusturdugu bosluklari doldurmaktadır.
- Bu sayede, bosluk sayisi cok yuksektir.

$$p = p_i + N_A$$

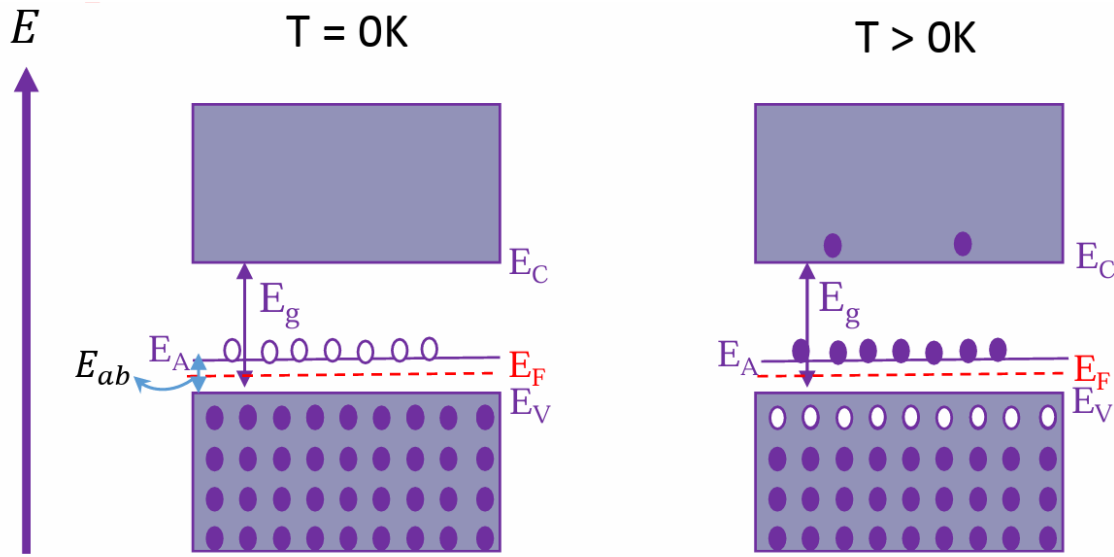
$$N_A \gg n_i \text{ ise,}$$

$$p = N_A$$

$$\sigma = N_A e \mu_P$$

- Cogunluk yuk tasiyici bosluklardir.

- Bu tip safsizliklarla uretilen iletken p_tipi yari iletken denir.



Fermi Seviyesinin Yeri

n-tipi yari iletkende:

$$n = N_c \exp \left(-\frac{E_c - E_F}{k_B T} \right)$$

$$E_F = E_c + K_B T \ln \left(\frac{n}{N_c} \right)$$

$$n = N_D$$

- Katkili maddenin miktarini arttirdikca iletim bandina yaklasan bir E_F soz konusudur.

p-tipi yari iletkende:

$$n = N_v \exp \left(-\frac{E_f - E_v}{k_B T} \right)$$

$$E_F = E_c - K_B T \ln \left(\frac{p}{N_v} \right)$$

$$p = N_A$$

- Katkili maddenin miktarini arttirdikca valans bandina yaklasan bir E_F soz konusudur.

Kompensasyon

- Pratikte bir yari iletkeni sadece n-tipi veya sadece p-tipi yapmak istemeyiz. p ve n tiplerini bulundurmak isteriz tek bir hacimde.
- Silisyumun erime sicakligina cok yakin bir degerde firin kurup onun icine silisyum yerlestirip sonrasinda herhangi bir gazi (bor veya foshor) iceri dogru gonderdigimiz zaman difuzyon olur ve o gazin atomlari araya sikisir.
- Koydugumuz silisyumun p-tipi oldugunu varsayarsak onu notr edebilecek (bor gazi) gonderdigimiz zaman silisyum saf ozellik gostermeye baslar. Tabii, giderek gaz gonderilirse n-tipine donusur .
- Belli bir bolgede hem donor hem akseptor varsa kimin sayisi daha buyukse ilgili bolgenin karakterini o belirler.

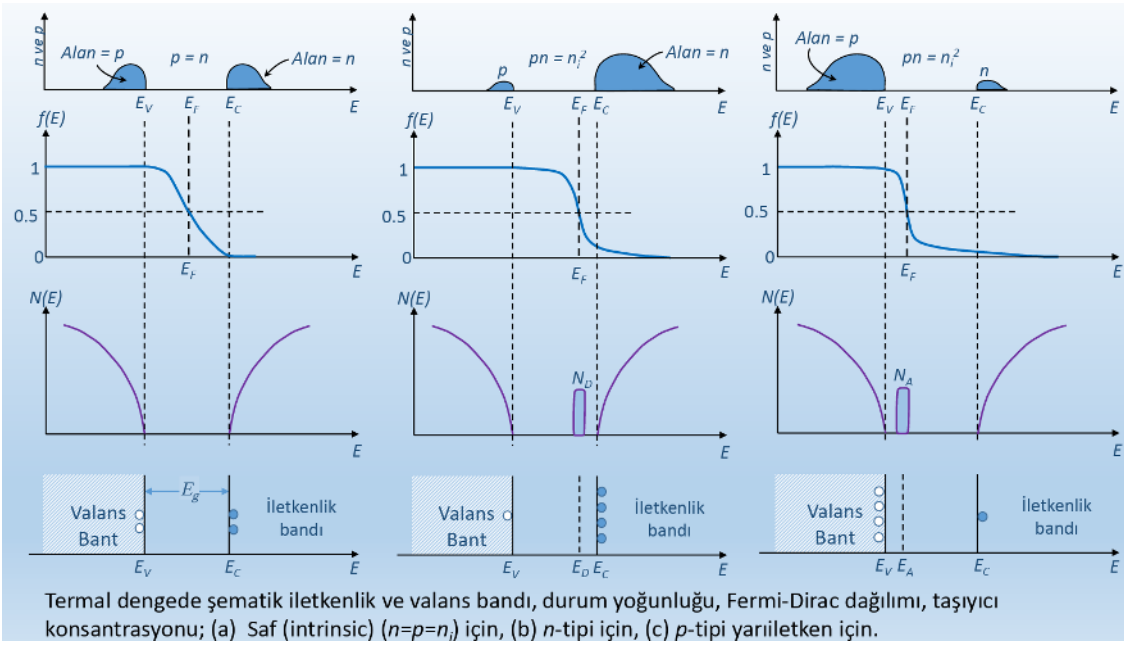
$$n - N_D = p - N_A$$

$$n_0 = \frac{(N_d - N_a)}{2} + \sqrt{\frac{(N_d - N_a)^2}{4} + n_i^2}$$

$$p_0 = \frac{n_i^2}{n_0}$$

Tipe gore n ve p dagilimleri.

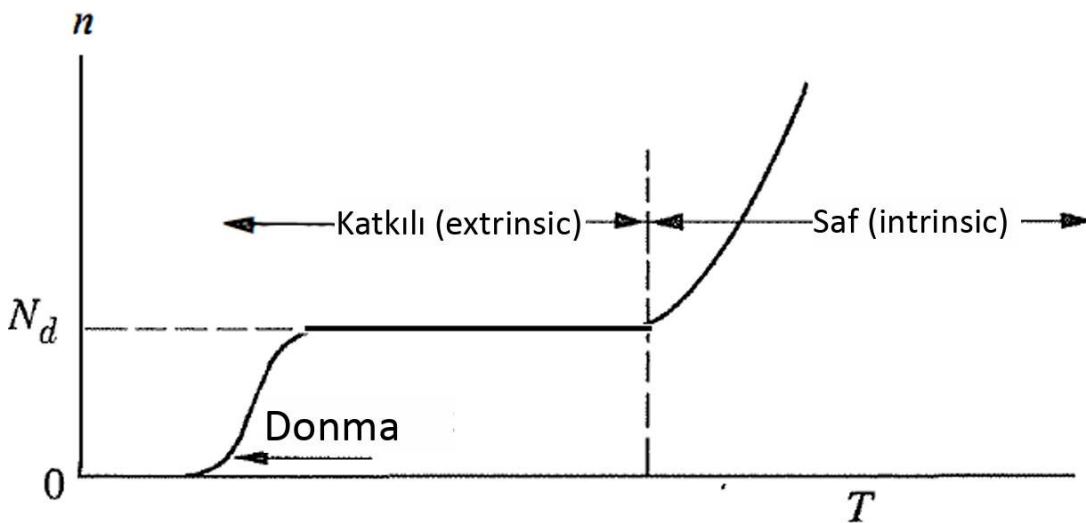
- Asal Yariiletkenlerde: ne kadar bosluk varsa iletim bandinda o kadar elektorn vardır. Yani dagilim simetriktir.
- n-tipinde: iletim bandindaki elektron sayisi valans bandinda olusan bosluk sayisinda cok daha fazladir.
- p-tipinde: Valans bandinda olusan bosluk sayisi iletim bandinda olan elctron sayisindan cok daha fazladir.



Sıcaklığa göre katkıli madde konsantrasyonu.

- Elektron yoğunluğu, belli bir sıcaklık aralığında gittikçe artmaya devam eder. Ta ki plateau'ya gelene kadar.

bu artma sırasında aslında enerji iyonlaşma için harcanır ve donör elektronların tamamını iletim bandına çıkana kadar devam eder. Tamamı çıktıktan sonra belli bir sıcaklık aralığında konsantrasyon sabit kalır. ve bundan KATKI MADDESİ sorumludur. Ardından valans bandında elektronların enerjisi yasak enerji aralığını geçmeye yeterli olur.



Akim Mekanizmaları

Suruklenme Akimi: Ancak ve ancak belli bir elektrik alanı sayesinde yük parçacıkları hareket edebilirler, suruklenebilir, ve buna suruklenme akımı denir.

Difüzyon Akımı: Ancak ve ancak belli bir ısı enerjisi sayesinde gerçekleşir. Serbest elektronların, veya boşlukların, yoğun oldukları yerden seyrek olduğu yere hareket etmeleriyle ortaya çıkan bir akım türüdür.

İkisi söz konusu olabilir !

$$I = I_s + I_d$$

Akim

Elektron hareketinin tersine gerçekleşen ve belli bir potansiyel fark altında oluşan bir niceliktir.

J : Akım Yoğunluğu | σ : Öz iletkenlik | n : yük taşıyıcı yoğunluğu

$$\sigma = nq\mu \quad | \quad I = \frac{dQ}{dt} \quad | \quad J = \frac{I}{A} = nq\vec{v}_s = \sigma \vec{E}$$

Suruklenme

- n-tipi yarıiletkenlerde yük taşıyıcıları, serbest elektronlar, elektrik alanın tersine doğru hareket ederler.
- p-tipi yarıiletkenlerde yük taşıyıcıları, boşluklar, elektrik alanın yönüne doğru hareket ederler.
- Elektrik Alanı yokken: Serbest yük taşıyıcıları yapının içerisinde rastgele hareket yaparak bu kaotik ortamın içindeki hızları 0'dır.
- Elektrik Alanı varken: Serbest yük taşıyıcıları yapının içerisinde elektrik alanın tersine doğru hareket ederek suruklenirler .

$$\mu_n = \frac{e\tau_n}{m_n^*} \quad \mu_p = \frac{e\tau_p}{m_p^*}$$

- Bir elektronun mobilitesi, katkilama ve sicaklik miktarina bagli olarak degisir.
- Elektron yapinin icinde gezerken sacilma sonucunda yer degistirmesi 2 sebepten dolayi olabilir: Fonon veya Iyonlar .

Saf yari iletkenlerde sadece Fonon veya orgu sacilmasi gerceklesir . Bu sacilma turu yari iletkenin atomumndan kaynaklanir.

Katkili yari iletkenlerde sadece Fonon soz konusu degildir. Maddenin kendi yapisindan kaynaklanan atomlari itmesinin yaninda katkili maddenin iyonlari da soz konusudur.

- Katkili YI'lerde, sicaklik arttikca mobilite azalir. Sebep: Fononlari titresiminin artmasi.
- Katkili yari iletkenlerde, katki maddelerinin iyonlari yuzunden mobilite her türlü azalacaktır. Ne kadar katki varsa mobilite o kadar azalir. Ayrica katki miktarı artinca azalis egimi de azalmaktadır. Yani, çok katkili bir yari iletkenin sicaklik arttikca mobilitesi az azalirken az katkili yari iletkenin mobilitesi çok daha hızlı azalir.
- Katkili yari iletkenlerde, katkinin iyonlari ile olusan tepkiler Colom b Tepkileridir .

Difuzyon

- Isinin etkisiyle, yari iletkenin belirli bir bolgesinde serbest elektronlari yogun oldugu yerden daha seyrek olduklari yere gitmeleriyle olusan akim tipidir.
- Bu etki foton isinlariyla olabilirken iki farkli tipite yari iletken birlestirildigi zaman compensation sirasinda olabilir.
- $T = 0K$ 'de difuzyon akimi yoktur.
- Bunun sonucunda termal hiz v_{th} olusur
 $t \rightarrow$ ortalama serbest zaman. $l \rightarrow$ ortalama serbest yol :

$$v_{th} = \frac{l}{t}$$

- Elektronlar ($-l$, $+l$) araliginda hareket ederken olusan akim yogunlugunu hesaplayabilecek bir formule ihtiyacimiz var:

$$J_n = -eF_n = e v_{th} l \frac{dn}{dx} = e D_n \frac{dn}{dx}$$

$$J_p = -eF_p = e v_{th} l \frac{dp}{dx} = -e D_p \frac{dp}{dx}$$

- D_n ve D_p bir sabit olup hizin gecen yol ile carpilmasidir.
- Diferansiyeller de

$$D_n = \mu_n \frac{kt}{q}$$

$$D_p = \mu_p \frac{kt}{q}$$

$$J_{top} = (J_{surk} + J_{difü})_n + (J_{surk} + J_{difü})_p$$

$$J_{top} = (en\mu_n + eD_n \frac{dn}{dx}) + (ep\mu_p - eD_p \frac{dp}{dx})$$

$$J_{top} = (Eqn\mu_n + EqD_n \frac{dn}{dx}) + (ep\mu_p - eD_p \frac{dp}{dx})$$

$$I_{topAkım} = AJ_{top}$$

Hall Olayı

- Elektrik alan uygularken manyetik alan da uygularsak ne olur? sorusunun cevabı.
- Yani, bir elektrik alan uygulandığında ani zamanda manyetik alan uygularsak iletim bandındaki serbest elektronlara ne olur?
- İlk önce metallerde inceleyelim. Metaller, taşıyıcı elektron konsantrasyonu değişmeyen bir madde olarak bilinir.
- Normal şartlarda metal bir cisim alıp uçlarına potansiyel fark uyguladığımız zaman, akım onun içinden beklediğimiz şekilde doğrusal ilerler. Ancak manyetik alanın kuvvetine tabi tutarsak bu cismin serbest yük taşıyıcıları biraz daha eğrisel bir yol çizer ve metal cismin diğer uçlarına dokunmaya baslar.

Bu uçlara da voltmeterle bağlarsak artık bir potansiyel fark değeri de okuyabileceğiz.

- Yarı iletkenlerde duruma bakalım. Dik dörtgen prizması şeklinde bir cisim hayal edelim. Bu cismin uçlarına potansiyel fark oluşturan şekilde bir üreteci bağlarsak negatif kutbundan pozitif kutbunda doğru bir elektron hareketi baslar. Bu bize Elektriksel Kuvveti gösterir. Elektriksel kuvvet varsa ona sebep olan bir alan da vardır. Elektriksel alan da akımın yönüyle birlikte hareket etmektedir. Ayrıca Manyetik alan da uyguladığımız için, parçacıklara bir başka yönde manyetik kuvvet de etki edecektir. bu ters iki kuvvet, manyetik vs elektriksel, eşitlenene kadar voltage değeri değişmektedir.

Elektronların yoğunlastıkları bölge ve voltajın bağlanma yönü bize bu cismin n-tipi mi p-tipi mi olduğunu gösterecektir.

Optik Özellikler

- Bir ışık oluşturmak için elektron u hareket ettirmek yeterlidir.
- Sabit bir yük elektrik alan oluşturmak için yeterlidir.
- Bir referans noktayı seçtiğimizi hayal edelim. Yanında bir elektron da bulunsun. Eğer bu elektron bu nokta etrafında git gel yapıyorsa bir Elektriksel Alan oluşturur ayrıca bu elektronun bir telden geçtiğini düşünürsek tel etrafında Manyetik Alan oluşur.

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

h : planksabiti c : ışık hızı λ : dalga boyu

- Kristal yapıyı incelemek için x-ray ışınları kullanılır. çünkü atomlar arası etkileşim veya mesafe x-ışınlarının seviyesindedir.

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

üstteki formül frekansı belirlemekte çok önemlidir.

- Bir yarı iletken üzerine hf kadar bir elektromanyetik dalga, ışık, verildiği zaman 3 durum olabilir:
 - Absorbe edilir.
 - Yansıtılır.
 - Geçer.

$$c = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_0 \cdot \mu_0}}$$

epsilon boşluğun geçirgenliğini temsil ederken, mu manyetik geçirgenliktir.

ancak bu hız bir YI'e girdikten sonra değişmektedir.

bu değişim oranına da kırma indisi denir.

$$n_r = \frac{c}{v}$$

n_r kırılma indisi olup v ışığın maddenin içersindeki hızıdır.

- ışık girdikten sonra maddeye artık o maddenin elektriksel ve manyetik

$$n^* = n_r - ilk = \sqrt{\epsilon}$$

Sureyya5 1.45.26