

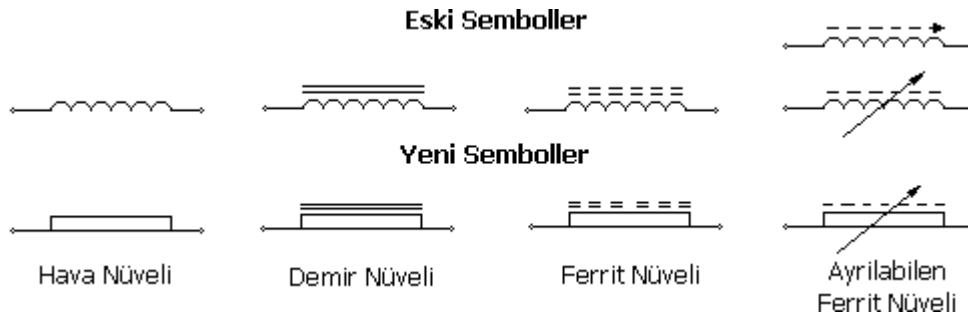
BOBİNLER

SABİT BOBİNLER VE YAPILARI

Bobin bir yalıtkan makara (mandren veya karkas) üzerine belirli sayıdaki sarılmış tel grubudur.

Kullanım yerine göre, makara içerisi boş kalırsa **havalı bobin**, demir bir göbek (nüve) geçirilirse **nüveli bobin** dı verilir. Bobinin her bir sarımına **spir** denir. Şekil 1.28' de bobin sembolleri verilmiştir.

Aşağıdaki **üst sırada** bulunan semboller **eski alt sırada** bulunan semboller **yeni** gösterilim şeklidir.



Şekil 1.27 - Değişik Bobin Sembolleri

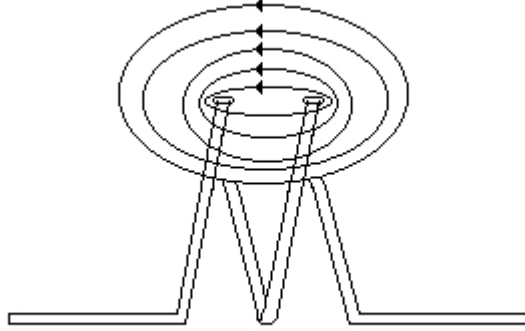
BOBİNDEKİ ELEKTRİKSEL OLAYLAR

Bilindiği gibi bir iletkenen akım geçirildiğinde, iletken etrafında bir magnetik alan oluşur. Bu alan kağıt üzerinde daireler şeklindeki **kuvvet çizgileri** ile sembolize edilir.

Bir bobinden AC akım geçirildiğinde, Şekil 1.29' da görüldüğü gibi bobin sargılarını çevreleyen bir magnetik alan oluşur.

Akım büyüyüp küçülüşüne ve yön değiştirmesine bağlı olarak bobinden geçen kuvvet çizgileri çoğalıp azalır ve yön değiştirir.

Bobine bir DC gerilim uygulanırsa, magnetik alan meydana gelmeyip bobin devrede bir direnç özelliği gösterir.



Şekil 1.29 - içinden akım geçen bobindeki Magnetik alan kuvvet çizgileri

ZİT ELEKTRO MOTOR KUVVETİ (EMK)

Bobin içerisindeki kuvvet çizgilerinin değişimi, bobinde **zıt elektromotor kuvvet** (zıt EMK E_z) adı verilen bir gerilim endükler. Bu gerilimin yönü Şekil 1.30 'da gösterilmiş olduğu gibi kaynak gerilimine ters yöndedir.

Dolayısıyla da zıt EMK, bobinden, kaynak geriliminin oluşturduğu akıma ters yönde bir akım akıtmaya çalışır. Bu nedendir ki, kaynak geriliminin oluşturduğu "I" devre akımı, ancak T/4 periyot zamanı kadar geç akmaya başlar.

Zıt EMK 'nın işlevi, LENZ kanunu ile şöyle tanımlanmıştır.

LENZ kanununa göre zıt EMK, büyümekte olan devre akımını küçültücü, küçülmekte olan devre akımını ise büyültücü yönde etki yapar.

ENDÜKTİF REAKTANS (X)

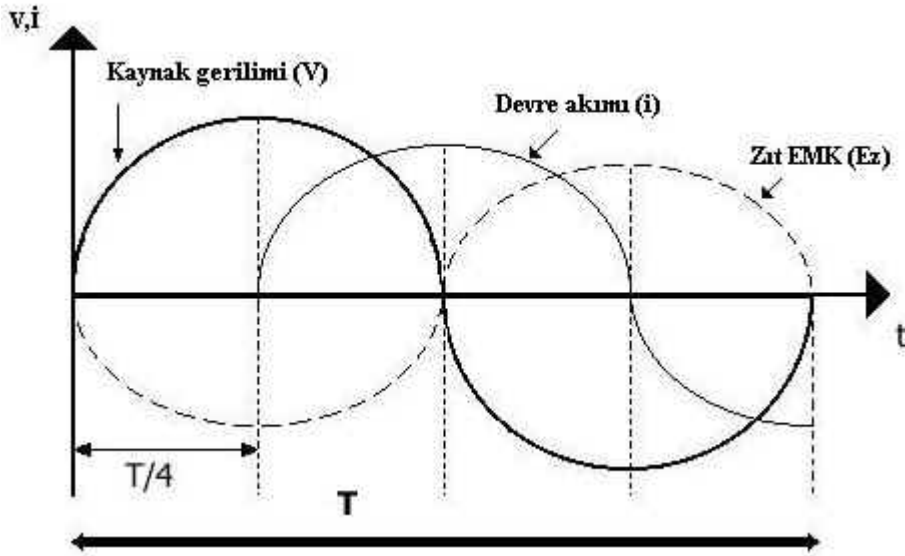
Bobinin, içinden geçen AC akıma karşı gösterdiği dirence **endüktif reaktans** denir. Endüktif reaktans X_L ile gösterilir. Birimi "**Ohm**" dur. Şöyle ifade edilir:

$X_L = \omega \cdot L$ dir. $\omega = 2\pi f$ olup yerine konursa, $X_L = 2\pi f L \Omega$ ohm olur.

ω : Açısal hız

f: Uygulana AC gerilimin frekansı birimi, Herzt (Hz) 'dir.

L: Bobinin endüktansı olup birimi, Henry (H) 'dir.



Şekil 1.30. Zıt EMK 'nin etkisi

- AC kaynak geriliminin pozitif alternansındaki devre akımı.
- Kaynak gerilimi (v), devre akımı (i) ve zıt EMK (E_z) arasındaki bağıntı

"L" nin değeri bobinin yapısına bağlıdır.

Bobinin sarım sayısı ve kesit alanı ne kadar büyük olursa, "L" o kadar büyük olur.

Dolayısıyla AC akıma gösterdiği dirençte o oranda büyür.

"L" nin birimi yukarıda da belirtildiği gibi Henry (H) 'dir. Ancak genellikle değerler çok küçük olduğundan "Henry" olarak yazımda çok küsürlü sayı çıkar.

Bunun için miliHenry (mH) ve mikrohenry (μ H) değerleri kullanılır.

Henry, miliHenry ve mikroHenry arasında şu bağıntı vardır.

MiliHenry (mH) : $1\text{mH}=10^{-3}$ H veya $1\text{H}=10^3$ mH

MikroHenry (μ H): $1\mu\text{H}=10^{-6}$ H veya $1\text{H}=10^6$ μ H 'dir.

KARŞILIKLI ENDÜKTANS (M)

Aynı nüve üzerine sarılı iki bobinin birinden akım geçirildiğinde, bunun nüvede oluşturduğu kuvvet çizgileri diğer sargıyı da etkileyerek, bu sargının iki ucu arasında bir gerilim oluşturur. Bu gerilime **endüksiyon gerilimi** denir.

Bu şekilde iletişim, karşılıklı (ortak) endüktans denen belirli bir değere göre olmaktadır.

Karşılıklı endüktans (M) ile gösterilir ve şu şekilde ifade edilir:

$$M = \sqrt{L_1 \cdot L_2} \quad L_1 \text{ ve } L_2, \text{ iki bobinin self endüktansıdır.}$$

M 'in birimi de Henry(H) 'dir.

Şöyle tanımlanır:

Aynı nüve üzerindeki iki bobinin birincisinden geçen 1 amperlik AC akım 1 saniyede, ikinci bobinde 1V 'luk bir gerilim endükliyorsa **iki bobin arasındaki karşılıklı endüktans** M=1 Henry 'dir.

Bobinler seri bağlanırsa toplam endüktans: **L=L1+L2+L3+.....** olur.
Aynı nüve üzerindeki iki bobin seri bağlanırsa: **L=L1+L2±2M** olur.

Şekil 1.31 'de değişik bobin görüntüleri verilmiştir.

BOBİNİN KULLANIM ALANLARI

Bobinin elektrik ve elektronikte yaygın bir kullanım alanı vardır. Bunlar kullanım alanlarına göre şöyle sıralanabilir.

Elektrikte:

- Doğrultucular da şok bobini
- Transformatör
- Isıtıcı v.b.
- Elektromıknatıs (zil, elektromagnetik vinç)

Elektronikte:

- Osilatör
- Radyolarda ferrit anten elemanı (Uzun, orta, kısa dalga bobini)
- Telekomünikasyonda frekans ayarı (ayarlı göbekli bobin)
- Telekomünikasyonda röle
- Yüksek frekans devrelerinde (havalı bobin)

Özellikle de radyo alıcı ve vericilerinde de anten ile bağlantıda değişik frekansların (U.D,O.D,KD) alımı ve gönderiminde aynı ferrit nüveyi kullanan değişik bobinler ve bunlara paralel bağlı kondansatörlerden yararlanır.

- a) Ayarlı hava nüveli bobin
- b) Ayarlı demir nüveli bobin
- c) Ayarlı ferrit nüveli bobin
- d) Sabit hava nüveli bobinler
- e) Demir çekirdekli bobin
- f) Şiltli ses frekansı şok bobini
- g) Güç kaynağı şok bobini
- h) Toroid
- i) Şiltli, yüksek endüktanslı şok bobini

Konular:

- 1.1 Atomik Yapı
- 1.2 Yarıiletken, İletken ve Yalıtkan
- 1.3 Kovalent Band
- 1.4 Yarıiletkenlerde iletim
- 1.5 N ve P tipi Madde
- 1.6 PN Bitişimi ve Diyot

Elektronik devre tasarımı ve elektronik cihazların üretiminde kullanılan diyotlar, transistörler, gelişmiş entegre devreler (Ic's) yarı iletken materyallerden yapılmıştır.

Diyot, transistör, tümdevre (entegre) v.b adlarla tanımlanan elektronik devre elemanlarının bir çoğu şekil-1.1'de resimlenmiştir.

Elektronik sistemlerde bu gibi cihazlar özel şekillerde birbirlerine bağlandıklarında sahip oldukları karakteristikleri tam anlamıyla yerine getirirler.

Sonraki bölümlerde, çeşitli cihazların olası sistem uygulamalarında kullanımını öğreneceksiniz. Elektronik cihazların nasıl çalıştığını anlamak için atomik teorinin temel bilgisine ve yarı iletken materyallerinin yapısı hakkında bilgiye ihtiyaç duyarsınız ki; iki çeşit yarı iletken materyalin birleşiminden oluşan PN birleşimi bu birleşimle ortaya çıkan bir çok yarı iletken cihazın çalışmasına temel oluşturur.

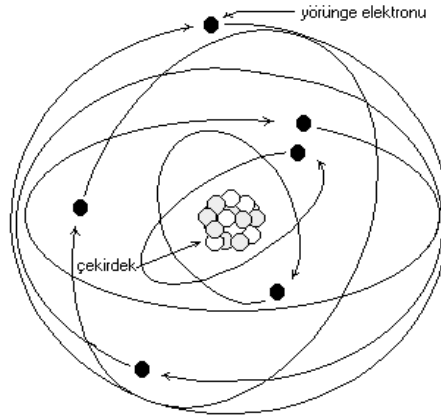
1.1 ATOMİK YAPI

Tüm maddeler atomlardan oluşur. Atomlar ise; elektronlar, protonlar ve nötronlardan meydana gelir. Yarıiletken maddelerin nasıl çalıştığını anlamak için atomlar hakkında bilgiye ihtiyaç duyarsınız. Bu bölümde; atomlar, elektron yörüngeleri ve kabuklar, saçak elektronları, iyonlar ve iki büyük yarı iletken materyal olan silisyum ve germanyum elementinin temel yapısı hakkında bilgi edineceksiniz.

Germanyum ve silisyum elementleri oldukça önemlidir. Çünkü elektronik devre elemanlarının üretiminde kullanılan temel yarıiletken materyallerdir. Yarıiletken materyaller elektrik akımı ve geriliminin iletilmesi ve kontrol edilmesinde oldukça etkin rol oynarlar.

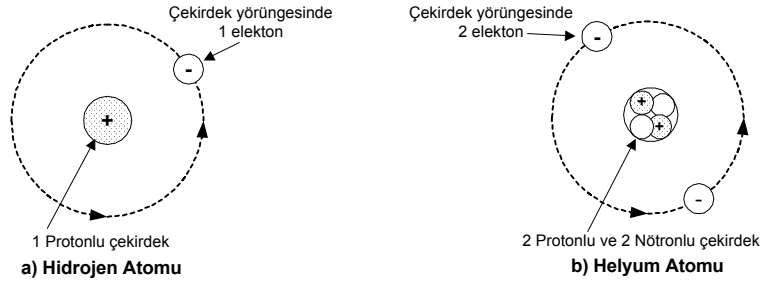
Yeryüzünde bilinen 109 element vardır. Bir elementin özelliklerini belirleyen en küçük yapıtaşı ise atomlardır. Bilinen bütün elementlerin atomik yapıları birbirinden farklıdır. Atomların birleşmesi elementleri meydana getirir.

Klasik bohr modeline göre atom, şekil-1.2'de gösterildiği gibi 3 temel parçacıktan oluşur. Bunlar; elektron, proton ve nötron'dur. Atomik yapıda; nötron ve protonlar merkezdeki çekirdeği oluşturur. Elektronlar ise çekirdek etrafında sabit bir yörüngede dolaşırlar.



Şekil 1-1 : Bohr modeline göre atom.

Elektronlar, negatif yükün temel nesnelidirler. Bilinen bütün elementleri bir birinden ayıran temel özellik, atomlarında bulunan proton ve nötron sayılarıdır. Her bir atomun, proton ve nötron sayıları farklıdır. Örneğin, en basit yapıya sahip atom, hidrojen atomudur. Hidrojen atomu; şekil-1.2.a'da gösterildiği gibi bir proton ve bir elektrona sahiptir. Şekil-1.2.b'de gösterilen helyum atomunun yörüngesinde iki elektron, çekirdeğinde ise iki proton ve iki nötron bulunmaktadır.



Şekil- 1.2 Hidrojen ve Helyum atomları

Atom Numarası ve Ağırlığı

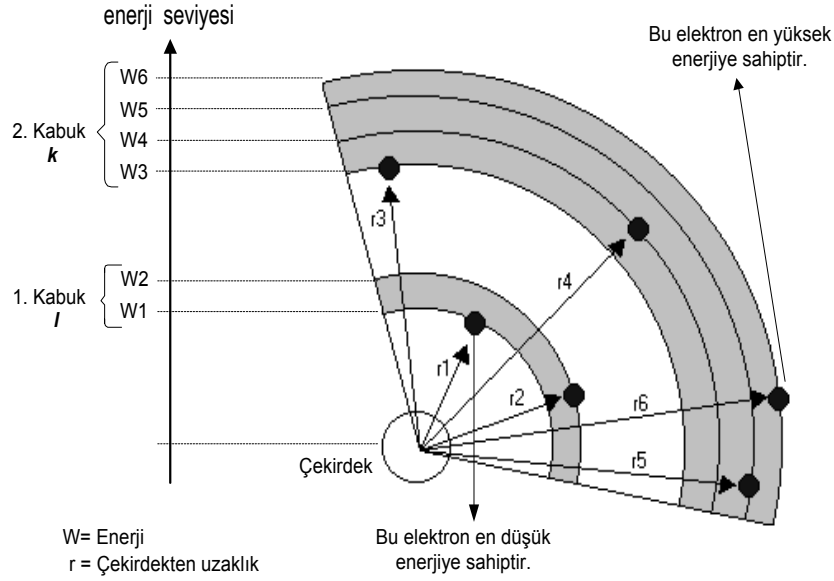
Bütün elementler atom numaralarına uygun olarak periyodik tabloda belirli bir düzen içinde dizilmişlerdir. Proton sayıları ile elektron sayıları eşit olan atomlar, elektriksel açıdan kararlı (nötral) atomlardır. Elementler, atom ağırlığına göre de belirli bir düzen içindedirler. Atom ağırlığı yaklaşık olarak çekirdekteki proton sayıları ile nötron sayılarının toplamı kadardır. Örneğin hidrojenin atom numarası 1'dir ve atom ağırlığı da 1'dir. Helyumun atom numarası 2'dir ve atom ağırlığı ise 4' tür. Normal veya tarafsız durumda verilen her hangi bir elementin bütün atomlarındaki; elektron ve proton sayıları eşittir.

Elektron Kabukları ve Yörüngeler

Bir atomun, elektron içeren yörüngeleri çekirdekten belirli uzaklıktadır. Çekirdeğe yakın olan yörüngedeki elektronlar, çekirdeğe uzak olan yörüngedeki elektronlardan daha az enerjiye sahiptir. Çekirdeğe farklı uzaklıklarda bulunan yörüngelerdeki elektronlar belirli enerji seviyelerine uyar. Atomda, enerji bantları şeklinde gruplaşmış yörüngeler "kabuk (shell)" olarak bilinirler. Verilen her bir atom, sabit kabuk sayısına sahiptir. Kabuklarda barınan elektronlar ise belirli bir sistem dahilinde dizilirler.

Her bir kabuk, izin verilen sayıda maksimum elektron barındırır. Bu elektronların enerji seviyeleri değişmez. Kabuk içindeki elektronların enerji seviyeleri bir birinden azda olsa küçük farklılıklar gösterir. Fakat; kabuklar arasındaki enerji seviyelerinin farkı çok daha büyüktür.

Çekirdek etrafında belirli bir yörüngeyi oluşturan kabuklar, k-l-m-n olarak gösterilirler. Çekirdeğe en yakın olan kabuk k'dır. k ve l kabukları şekil-1.4 'de gösterilmiştir.



Şekil- 1.3 Çekirdekten uzaklıklarına göre enerji seviyeleri.

Valans Elektronları

Elektronlar çekirdekten uzaktadır ve çekirdekten ayrılma eğilimindedir. Çekirdek elektronun bu ayrılma eğilimini dengeleyecek güçtedir. Çünkü elektron negatif yüklü, çekirdek pozitif yüklüdür. Çekirdekten uzakta olan elektronun negatif yükü daha fazladır. Bu durum merkezden kaçma kuvvetini dengelemektedir. Bir atomun en dıştaki kabuğu, en yüksek enerji seviyeli elektronlara sahiptir. Bu durum onu atomdan ayrılmaya daha eğilimli hale getirir. Valans (değer) (atomun değerini ayarlayan elektronlar) elektronları kimyasal reaksiyona ve malzemenin yapısına katkı sağlar.

Bir atomun en dış kabuğundaki elektronlar, çekirdek etrafında simetrik olarak hareket ederler ve kendi aralarında bir bağ oluştururlar. Bu bağa "kovelant bağ" denir. Atomun en dış kabuğundaki elektronlara ise "valans elektron" adı verilir. Komşu atomların en dış kabuklarındaki elektronlar (valans elektronlar) kendi aralarında valans çiftleri oluştururlar.

İyonizasyon

Bir atom ısı kaynağından veya ışıktan enerjilendiği zaman elektronlarının enerji seviyeleri yükselir. Elektronlar enerji kazandığında çekirdekten daha uzak bir yörüngeye yerleşir. Böylece Valans elektronları daha fazla enerji kazanır ve atomdan uzaklaşma eğilimi artar. Atomun bu enerji eğilimi sonucu elektronlar daha yüksek yörüngelere atlarlar. (Dışarıdan enerji uygulandığı zaman) Bir valans elektronu yeterli miktarda bir enerji kazandığında ancak bir üst kabuğa çıkabilir ve atomun etkisinden kurtulabilir. Pozitif şarjın aşırı artması ile (protonları elektronlardan daha fazla olması) atomu bir önceki nötr değere getirmek için valans elektronları harekete geçer. Valans elektronunu kaybetme işlemi “İYONİZASYON” olarak bilinir ve atom pozitif şarj ile yüklenmiş olur ve pozitif iyon olarak adlandırılır. Örneğin; hidrojenin kimyasal sembolü H'dir. Hidrojenin Valans elektronları kaybedildiğinde ve pozitif iyon adını aldığı anda H⁺ olarak gösterilir. Atomdan kaçan Valans elektronları “serbest elektron” olarak adlandırılır. Serbest elektronlar, nötr hidrojen atomunun en dış kabuğuna doğru akar. Atom negatif yük ile yüklendiğinde (şarj edildiğinde) (elektronların, protonlardan fazla olması) negatif iyon diye adlandırılırlar ve H⁻ olarak gösterilirler.

1.2 YARIİLETKEN, İLETKEN VE YALITKAN

Bütün materyaller; elektrik enerjisine gösterdikleri tepkiye bağlı olarak başlıca 3 gruba ayrılırlar. Bu guruplar; iletken, yalıtkan ve yarıiletken olarak tanımlanır. Bu bölümde; özellikle yarıiletken maddelerin temel yapısını inceleyerek, iletken ve yalıtkan maddelerle aralarındaki farkları ortaya koymaya çalışacağız.

Tüm materyaller atomlardan oluşur. Materyallerin atomik yapısı, materyalin elektrik enerjisine karşı gösterecekleri tepkiyi belirlerler. Genel bir atomik yapı; merkezde bir çekirdek ve çekirdeği çevreleyen yörüngelerden oluşmaktadır. Materyalin iletken veya yalıtkan olmasında atomik yörüngede bulunan elektron sayısı çok önemlidir.

İletken

Elektrik akımının iletilmesine kolaylık gösteren materyallere iletken denir. İyi bir iletken özelliği gösteren materyallere örnek olarak, bakır, gümüş, altın ve alüminyum sayabiliriz. Bu materyallerin ortak özelliği tek bir valans elektronuna sahip olmalarıdır. Dolayısı ile bu elektronlarını kolaylıkla kaybedebilirler. Bu tür elementler; 1 veya birkaç valans elektrona sahiptirler.

Yalıtkan

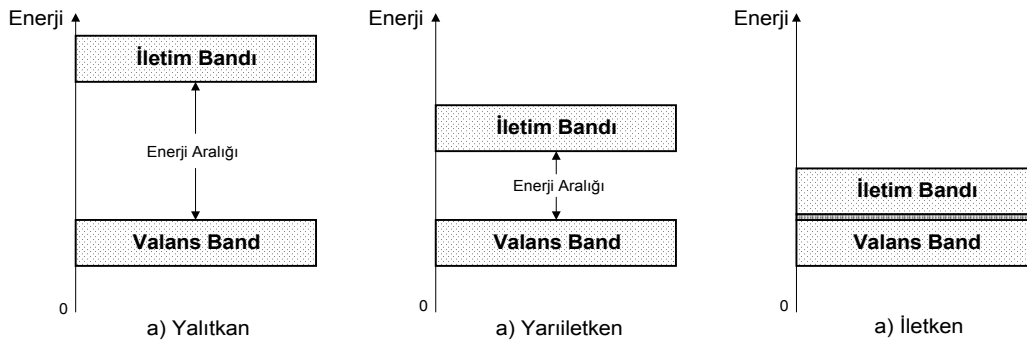
Normal koşullar altında elektrik akımına zorluk gösterip, iletmeyen materyallere yalıtkan denir. Yalıtkan maddeler son yörüngelerinde 6 ile 8 arasında valans elektron barındırırlar. Serbest elektron bulundurmazlar.

Yarıiletken

Yarıiletken maddeler; elektrik akımına karşı, ne iyi bir iletken nede iyi bir yalıtkan özelliği gösterirler. Elektronik endüstrisinin temelini oluşturan yarıiletken maddelere örnek olarak; silisyum (si), germanyum (ge) ve karbon (ca) elementlerini verebiliriz. Bu elementler son yörüngelerinde 4 adet valans elektron bulundururlar.

Enerji Bandı

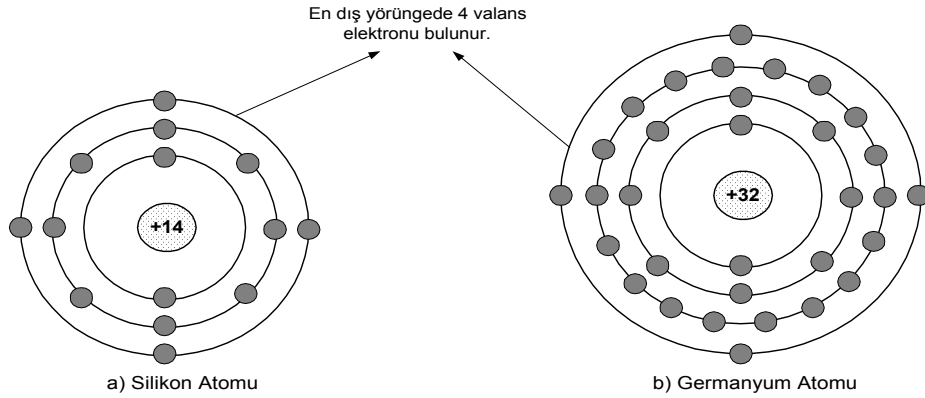
Maddelerin iletken, yalıtkan veya yarıiletken olarak sınıflandırılmasında enerji bandları oldukça etkindir. Yalıtkan, yarıiletken ve iletken maddelerin enerji bandları şekil-1.4'de verilmiştir. Enerji bandı bir yalıtıkanda çok geniştir ve çok az sayıda serbest elektron içerir. Dolayısıyla serbest elektronlar, iletkenlik bandına atlayamazlar. Bir iletkende ise; valans bandı ile iletkenlik bandı birbirine girmiştir. Dolayısıyla harici bir enerji uygulanmaksızın valans elektronların çoğu iletkenlik bandına atlayabilir. Şekil-1.4 dikkatlice incelendiğinde yarıiletken bir maddenin enerji aralığı; yalıtıkana göre daha dar, iletkeneye göre daha geniştir.



Şekil-1.4 Üç farklı Materyal için enerji diyagramı

Silisyum ve Germanyum

Diyot, transistör, tümdevre v.b elektronik devre elemanlarının üretiminde iki tip yarı iletken malzeme kullanır. Bunlar; SİLİSYUM ve GERMANYUM elementleridir. Bu elementlerin atomlarının her ikisi de 4 Valans elektronuna sahiptir. Bunların birbirinden farkı; Silisyumun çekirdeğinde 14 proton, germanyumun çekirdeğinde 32 proton vardır. Şekil-1.5'de her iki malzemenin atomik yapısı görülmektedir. Silisyum bu iki malzemenin en çok kullanılanıdır.

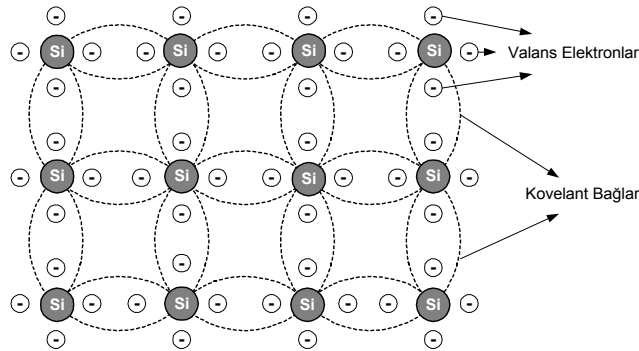


Şekil-1.4 Silisyum ve germanyum atomları.

Kovalent Bağ

Katı materyaller, kristal bir yapı oluştururlar. Silikon, kristallerden oluşmuş bir materyaldir. Kristal yapı içerisindeki atomlar ise birbirlerine kovalent bağ denilen bağlarla bağlanırlar. Kovalent bağ, bir atomun valans elektronlarının birbirleri ile etkileşim oluşturması sonucu meydana gelir.

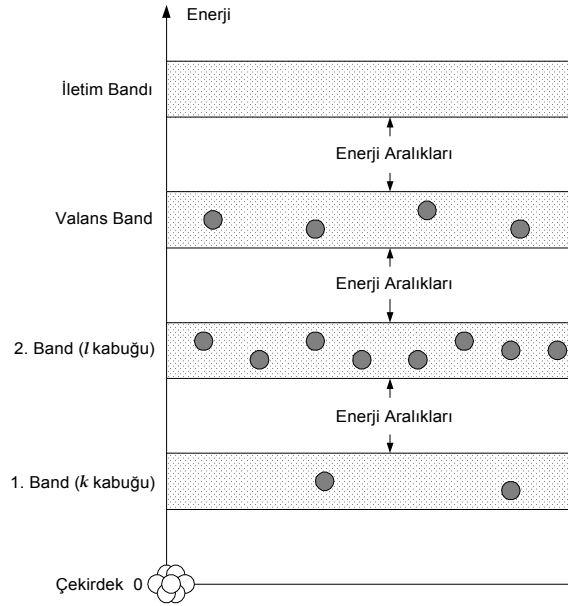
Her silisyum atomu, kendisine komşu diğer 4 atomun valans elektronlarını kullanarak bir yapı oluşturur. Bu yapıda her atom, 8 valans elektronunun oluşturduğu etki sayesinde kimyasal kararlılığı sağlar. Her bir silisyum atomunun valans elektronu, komşu silisyum atomunun valans elektronu ile paylaşımı sonucunda kovalent bağ oluşur. Bu durum; bir atomun diğer atom tarafından tutulmasını sağlar. Böylece paylaşılan her elektron birbirine çok yakın elektronların bir arada bulunmasını ve birbirlerini eşit miktarda çekmesini sağlar. Şekil-1.5 saf silisyum kristallerinin kovalent bağlarını göstermektedir. Germanyumun kovalent bağda benzerdir. Onunda sadece dört valans elektronu vardır.



Şekil-1.5 Saf silisyum kristalin kovalent bağları.

1.3 YARIİLETKENLERDE İLETKENLİK

Bu bölümde enerji bantları içerisinde elektronların nasıl yönlendiğini göreceksiniz. Çekirdeğin etrafındaki kabuklar enerji bantları ile uyumludur. Enerji bantları birbirlerine çok yakın kabuklarla ayrılmıştır. Aralarında ise elektron bulunmaz. Bu durum şekil-1.6'da silisyum kristalinde (dışarıdan ısı enerjisi uygulanmaksızın) gösterilmiştir.

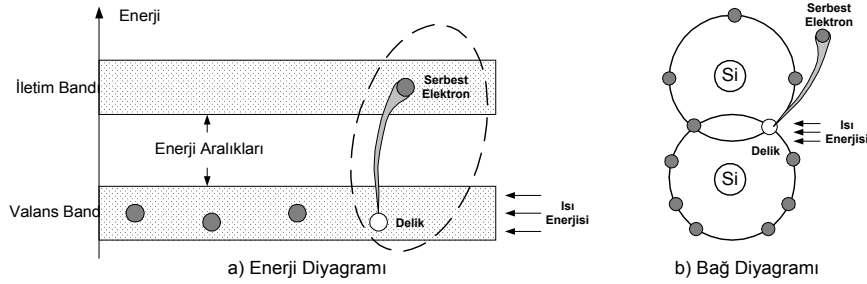


Şekil-1.6 Durgun silisyum kristalinin enerji band diyagramı.

Elektronlar ve Boşluklarda iletkenlik

Saf bir silisyum kristali oda sıcaklığında bazı tepkimelere maruz kalır. Örneğin; bazı valans elektronlar enerji aralıklarından geçerek, valans bandından iletkenlik bandına atlarlar. Bunlara serbest elektron veya iletkenlik elektronları denir. Bu durum şekil-1.7.(a)'da enerji diyagramında, şekil-1.7.(b)'de ise bağ diyagramında gösterilmiştir. Bir elektron; valans bandından iletkenlik bandına atladığında, valans bandında boşluklar kalacaktır. Bu boşluklara "delik=boşluk" veya "hole" denir. Isı veya ışık enerjisi yardımıyla iletkenlik bandına çıkan her elektron, valans bandında bir delik oluşturur. Bu durum, elektron boşluk çifti diye adlandırılır. İletkenlik bandındaki elektronlar enerjilerini kaybedip, valans bandındaki boşluğa geri düştüklerinde her şey yine eski haline döner.

Özetle; saf silisyumunun iletkenlik bandındaki elektronların bir kısmı oda sıcaklığında hareketli hale geçer. Bu hareket, malzemenin herhangi bir yerine doğru rasgeledir. Böylece valans bandındaki boşluk sayısına eşit miktarda elektron, iletkenlik bandına atlar.



Şekil-1.7.a ve b. Hareketli bir silisyum atomunda bir elektron boşluğunun oluşturulması.

Silisyuma karşı Germanyum

Germanyum kristallerinin durumu silisyuma benzer. Çünkü atomik yapıları da aynıdır. Saf germanyum, silisyumdan daha fazla serbest elektrona sahiptir ve daha yüksek bir iletkenliğe sahiptir. Bununla birlikte silisyum daha çok kullanılan bir malzeme olup germanyumdan daha geniş bir alanda kullanılır. Bunun bir sebebi de silisyum germanyumdan daha yüksek sıcaklıklarda kullanılabilmesidir.

Elektron ve Delik (hole) akımı

Saf silisyumun bir kısmına gerilim uygulandığında neler olduğu şekil-1.8'de gösterilmektedir. Şekilde iletkenlik bandındaki serbest elektronların negatif uçtan pozitif uca doğru gittikleri görülmektedir. Bu; serbest elektronların hareketinin olduğu akımın bir türüdür. Buna elektron akımı denir.

Akımı oluşturan bir diğer tip ise valans devresindeki değişimlerdir. Bu ise; serbest elektronlar neticesinde boşlukların oluşması ile meydana gelir. Valans bandında kalan diğer elektronlar ise hala diğer atomlara bağlı olup serbest değildir. Kristal yapı içerisinde rasgele hareket etmezler. Bununla birlikte bir valans elektronu komşu boşluğa taşınabilir. (enerji seviyesindeki çok küçük bir değişimle). Böylece bir boşluktan diğerine hareket edebilir. Sonuç olarak kristal yapı içerisindeki boşluklarda bir yerden diğer yere hareket edecektir. Bu durum şekil-1-9'da gösterilmiştir. Boşlukların bu hareketi de "akım" diye adlandırılır.

1.4 N-TİPİ VE P-TİPİ YARI İLETKENLER

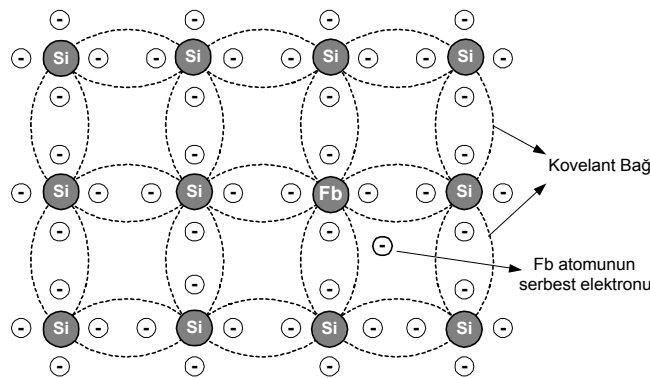
Yarıiletken malzemeler, akımı iyi iletmezler. Aslında ne iyi bir iletken, nede iyi bir yalıtkandırlar. Çünkü valans bandındaki boşlukların ve iletim bandındaki serbest elektronların sayısı sınırlıdır. Saf silisyum veya germanyum'un mutlaka serbest elektron veya boşluk sayısı artırılarak iletkenliği ayarlanmalıdır. İletkenliği ayarlanabilen silisyum veya germanyum, elektronik devre elemanlarının yapımında kullanılır. Germanyum veya silisyumun iletkenliği ise ancak saf malzemeye katkı maddesi eklenmesi ile sağlanır. Katkı maddesi eklenerek oluşturulan iki temel yarıiletken materyal vardır. Bunlara; N-tipi madde ve P-tipi madde denir. Elektronik devre elemanlarının üretiminde bu iki madde kullanılır.

Katkı İşlemi (Doping)

Silisyum ve germanyumun iletkenliği kontrollü olarak artırılabilir. İletkenliği kontrollü olarak artırmak için saf yarıiletken malzemeye katkı maddesi eklenir. Bu işleme “doping” denir. Akım taşıyıcılarının (elektron veya boşluk) sayısının artırılması malzemenin iletkenliğini, azaltılması ise malzemenin direnci artırır. Her iki doping olayının sonucunda N-tipi veya P-tipi madde oluşur.

N-Tipi Yarıiletken

Saf silisyumun iletkenlik bandındaki deliklerinin artırılması atomlara katkı maddesi ekleyerek yapılır. Bu atomlar, 5-değerli valans elektronları olan **arsenik (As)**, **fosfor (P)**, **bizmut (Bi)** veya **antimon**’dur. Silisyuma katkı maddesi olarak 5 valans elektrona sahip fosfor belli bir oranda eklendiğinde, diğer silisyum atomları ile nasıl bir kovalent bağ oluşturulduğu gösterilmiştir. Fosfor atomunun dört valans elektronu, silisyumun 4 valans elektronu ile kovalent bağ oluşturur. Fosfor’un bir valans elektronu açıkta kalır ve ayrılır (şekil-1.10). Bu açıkta kalan elektron iletkenliği artırır. Çünkü herhangi bir atoma bağlı değildir. İletkenlik elektron sayıları ile kontrol edilebilir. Bu ise silisyuma eklenen atomların sayısı ile olur. Katkı sonucu oluşturulan bu iletkenlik elektronu, valans bandında bir boşluk oluşturmaz.



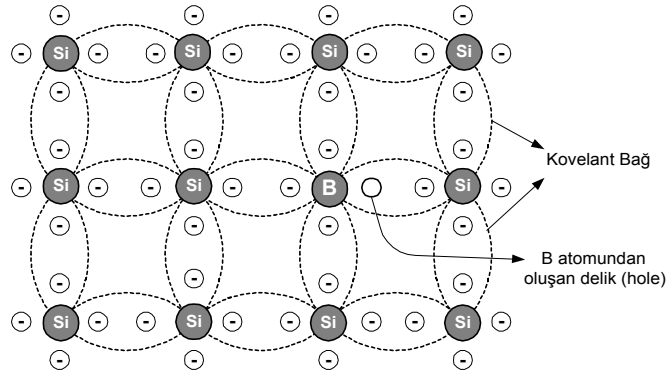
şekil-1.10 N tipi yarıiletken maddenin oluşturulması.

Akım taşıyıcılarının çoğunluğu elektron olan, silisyum veya germanyum maddesine N-tipi yarıiletken malzeme denir. N-tipi malzemede elektronlar, çoğunluk akım taşıyıcıları diye adlandırılır. Böylece N-tipi malzemede akım taşıyıcıları elektronlardır. Buna rağmen ısı ile oluşturulan birkaç tane elektron boşluk çiftleri de vardır. Bu boşluklar 5-değerli akım katkı maddesi ile oluşturulmamışlardır. N-tipi malzemede boşluklar azınlık taşıyıcıları olarak adlandırılır.

P-Tipi Yarıiletken

Saf silisyum atomu içerisinde, 3 valans elektrona sahip (3-değerli) atomların belli bir oranda eklenmesi ile yeni bir kristal yapı oluşur. Bu yeni kristal yapıda delik (boşluk) sayısı artırılmış olur. 3 valans elektrona sahip atomlara örnek olarak; **alüminyum (Al)**, **Bor (B)** ve **Galyum (Ga)** elementlerini verebiliriz. Örneğin; saf silisyum içerisinde belli bir oranda bor katılırsa; bor elementinin 3 valans elektronu, silisyumun 3 valans elektronu ile ortak kovalent bağ oluşturur. Fakat silisyumun 1 valans elektronu ortak valans bağı oluşturamaz. Bu durumda 1 elektron noksanlığı meydana gelir. Buna “boşluk” veya “delik=hole” denir.

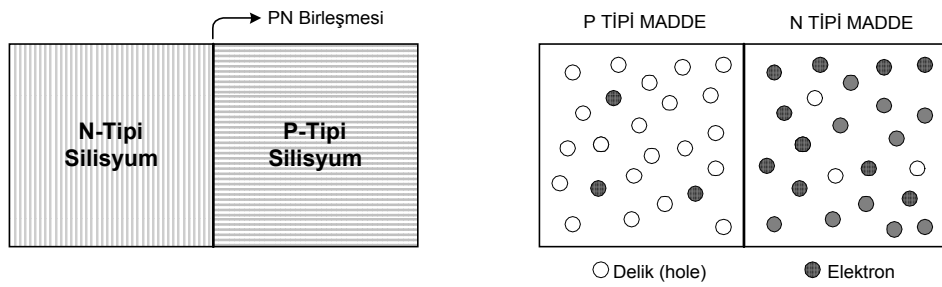
Silisyuma eklenen katkı miktarı ile boşlukların sayısı kontrol edilebilir. Bu yöntemle elde edilen yeni malzemeye P tipi yarıiletken malzeme denir. Çünkü boşluklar pozitif yüklüdür. Çünkü boşluklar pozitif yüklüdür. Dolayısı ile P-tipi malzemede çoğunluk akım taşıyıcıları boşluklardır. Elektronlar ise P tipi malzemede azınlık akım taşıyıcılarıdır. P-tipi malzemede bir kaç adet serbest elektronda oluşmuştur. Bunlar ısı ile oluşan boşluk çifti esnasında oluşturulmuştur. Bu serbest elektronlar, silisyuma yapılan katkı esnasında oluşturulamazlar. Elektronlar P-tipi malzemede azınlık akım taşıyıcılarıdır.



Şekil- 1.11 Silisyum kristaline 3 bağlı katkı atomu. Bohr katkı atomu merkezde gösterilmiştir.

1.5 PN BİRLEŞİMİ

Silisyum veya Germanyum kristaline yeterli oranda katkı maddeleri eklenerek, P-tipi ve N-tipi maddeler oluşturulmuştur. Bu maddeler yalın halde elektriksel işlevleri yerine getiremezler. P ve N tipi malzeme bir arada kullanılırsa, bu birleşime PN birleşimi denir. PN birleşimi; elektronik endüstrisinde kullanılan diyot, transistör v.b devre elemanlarının yapımında kullanılır.



Şekil-1.12 Basit bir PN yapısının oluşumu. Çoğunluk ve azınlık taşıyıcılarının ikisi de gösterilmiştir.

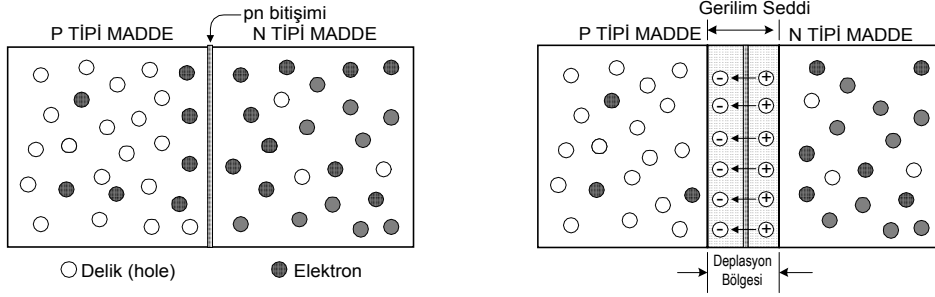
Şekil-1.12.(a)'da yarısı P-tipi, diğer yarısı N tipi malzemedan oluşan iki bölümlü bir silisyum parçasını göstermektedir. Bu temel yapı biçimine “**yarı iletken diyot**” denir. N bölgesinde daha çok serbest elektron bulunur. Bunlar akım taşıyıcısı olarak görev yaparlar ve “çoğunluk akım taşıyıcısı” olarak adlandırılırlar. Bu bölgede ayrıca ısı etkisi ile oluşturulan birkaç boşluk (delik=hole) bulunur. Bunlara ise “azınlık akım taşıyıcıları” adı verilir.

P bölgesi ise çok sayıda boşluklar (delik=hole) içerir. Bunlara “çoğunluk akım taşıyıcıları” denir. Bu bölgede ısı etkisi ile oluşan birkaç serbest elektronda bulunur. Bunlara ise “azınlık akım taşıyıcıları” denir. Bu durum şekil-1.12.(b)'de gösterilmiştir. PN birleşimi elektronik endüstrisinde kullanılan diyotların, transistörlerin ve diğer katkı hal devrelerinin temelini oluşturur.

Deplasyon Katmanı ve İşlevi

P maddesinde elektron noksanlığı (boşluk), N maddesinde ise elektron fazlalığı meydana gelmişti. Elektron ve oyukların hareket yönleri birbirine zıttır. Aslında bu iki madde başlangıçta elektriksel olarak nötr haldedir. P ve N maddesi şekil-1.13.a'da görüldüğü gibi birleştirildiğini kabul edelim. Birleşim olduğu anda N maddesindeki serbest elektronlar, P maddesinde fazla olan oyuklarla (boşluk=delik) birleşirler. P maddesindeki fazla oyukların bir kısmı ise N maddesine gelip elektronlarla birleşirler. Bu durumda P maddesi net bir (-) yük, N maddesi ise (+) yük kazanmış olur. Bu olay olurken P maddesi (-) yüke sahip olduğundan N maddesindeki elektronları iter. Aynı şekilde, N maddesi de (+) yüke sahip olduğundan P maddesindeki oyukları iter. Böylece P ve N maddesi arasında daha fazla elektron ve oyuk akmasını engellerler.

Yük dağılımının belirtildiği şekilde oluşması sonucunda PN birleşiminin arasında “gerilim seddi” denilen bir bölge (katman) oluşur. Bu durum şekil-1.13.b’de resmedilmiştir. İletim dengesi sağlandığında deplesyon katı P-N birleşiminde iletim elektronu bulunmadığı noktaya kadar genişler.



Şekil-1.13.a ve b PN birleşiminin denge iletimi. Elektron boşluk çiftinin oluşturduğu sıcaklıkla N bölgesindeki birkaç boşluğun azınlık taşıyıcılarının meydana getirilmesi.

Şekil-1.13.b’de PN birleşim bölgesinde pozitif ve negatif iyonlarla oluşturulan gerilim seddi görülmektedir. Oluşan bu gerilim seddi; 25⁰ C’de silisyum için engel 0.7 volt, germanyum için 0.3 volt civarındadır. Bu gerilime “diyot öngerilimi” denir. Diyot öngerilimi ısıdan etkilenir. Örneğin sıcaklık miktarındaki her 1⁰C’lik artış, diyot öngeriliminin yaklaşık 2.3mV azalmasına neden olur.

Diyot öngerilimi çok önemlidir. Çünkü PN birleşimine dışarıdan uygulanan gerilimin oluşturacağı akım miktarının kararlı olmasını sağlar. İlerideki bölümlerde PN birleşimini ayrıntılı olarak inceleyeceğiz.

1.6 PN BİRLEŞİMİNİN POLARMALANMASI

PN birleşiminin nasıl oluşturulduğunu gördük. PN birleşimi elektronik devre elemanlarının üretiminde en temel yapıdır. Elektronik endüstrisinin en temel işlevi ise akım ve gerilimin kontrolüdür.

PN birleşimine elektronik biliminde “diyot” adı verilmektedir. Diyot veya diğer bir elektronik devre elemanının DC gerilimler altında çalıştırılmasına veya çalışmaya hazır hale getirilmesine elektronikte “Polarma” veya “bias” adı verilmektedir.

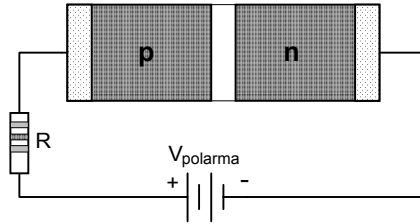
PN birleşimi veya diyot; DC gerilim altında iki türde polarmalandırılır. Bunlardan birisi “ileri yönde polarma” diğeri ise “ters yönde polarma”dır. İleri veya ters yönde polarma tamamen diyot uçlarına uygulanan gerilimin yönü ile ilgilidir.

Bu bölümü bitirdiğinizde;

- İleri yönde polarma (forward bias)
- Ters yönde polarma (reverse bias)
- Kavramlarını öğreneceksiniz

İleri Yönde Polarma (Forward Bias)

İleri yönde polarma; yarıiletken bir devre elemanının uçlarına uygulanan DC gerilimin yönü ile ilgilidir. PN birleşiminden akım akmasını sağlayacak şekilde yapılan polarmadır. Şekil-1.14’de bir diyoda ileri yönde polarma sağlayacak bağlantı görülmektedir.

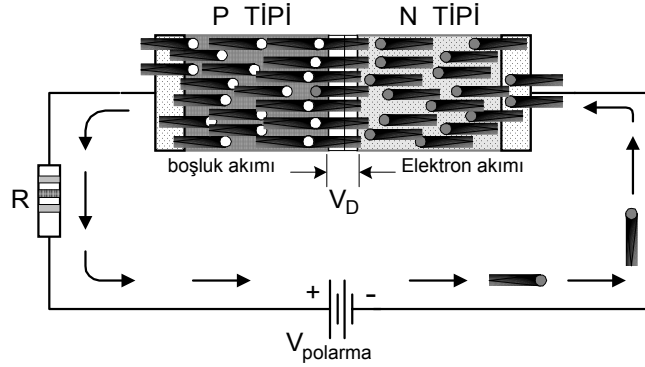


Şekil-1.14 İleri yönde polarma bağlantısı. R, akımı sınırlamak ve diyot’u korumak için kullanılmıştır.

İleri yönde polarma şöyle çalışır. Bataryanın negatif ucu N bölgesine (Katot olarak adlandırılır), pozitif ucu ise P bölgesine (Anot olarak adlandırılır) bağlanmıştır. Bataryanın negatif terminali, N bölgesindeki iletkenlik elektronlarını birleşim bölgesine doğru iter. Aynı anda pozitif terminal, P bölgesindeki oyukları birleşim bölgesine iter. Uygulanan polarma gerilimi yeterli seviyeye ulaştığında; N bölgesindeki elektronların ve P bölgesindeki oyukların engel bölgesini aşmasını sağlar.

N bölgesinden ayrılan elektronlara karşılık, bataryanın negatif ucundan çok sayıda elektron girmesini sağlar. Böylece N bölgesinde iletkenlik elektronlarının hareketi (çoğunluk akım taşıyıcıları) eklem bölgesine doğrudur.

Karşıya geçen iletkenlik elektronları, P bölgesinde boşluklar ile birleşirler. Valans elektronları boşluklara taşınır ve boşluklar ise pozitif anot bölgesine taşınır. Valans elektronlarının boşluklarla birleşme işlemi PN uçlarına voltaj uygulandığı sürece devam eder ve devamlı bir "akım" meydana gelir. Bu durum şekil-1.15'de resmedilmiştir. Şekilde ileri yönde bayaşlanan diyodtaki elektron akışı görülmektedir.



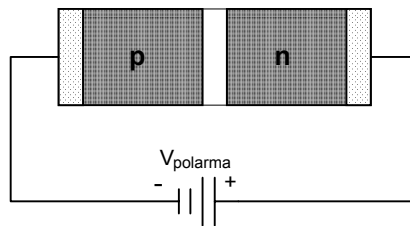
Şekil-1.15: PN birleşimli diyot 'ta elektron akışı.

İleri polarmada Gerilim seddinin etkisi

PN birleşiminde meydana gelen gerilim seddi, Silisyumda 0.7V, germanyumda ise 0.3V civarındadır. Polarizasyon geriliminin potansiyeli bu değere ulaştığında, PN birleşiminde iletim başlar. PN uçlarına uygulanan gerilim, diyodu bir kez iletime geçirdikten sonra gerilim seddi küçülür. Akım akışı devam eder. Bu akıma ileri yön akımı I_f denir. I_f akımı P ve N bölgesinin direncine bağlı olarak çok az değişir. Bu bölgenin direnci (ileri yöndeki direnç) genellikle küçüktür ve küçük bir voltaj kaybına sebep olur.

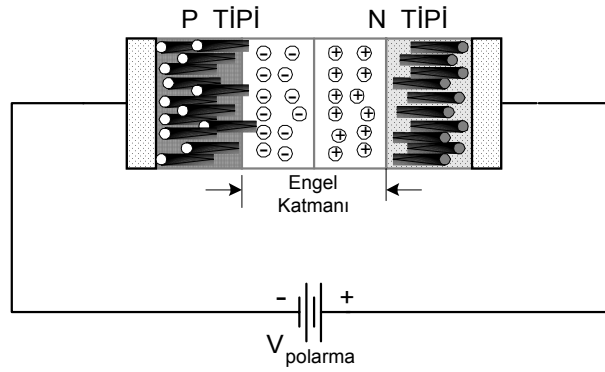
Ters Polarizasyon (Reverse Bias)

Ters kutuplamada bataryanın negatif ucu P bölgesine, pozitif ucu ise N bölgesine bağlanmıştır. Bu durum şekil-1.16'da gösterilmiştir. Ters polarizasyon PN birleşiminden akım akmaz. Bataryanın negatif ucu, PN bölgesindeki boşlukları kendine doğru çeker. Pozitif ucu ise PN bölgesindeki elektronları kendine doğru çeker ve bu arada (depleksiyon bölgesi) yalıtkan katman genişler. N bölgesinde daha çok pozitif iyonlar, P bölgesinde ise daha çok negatif iyonlar oluşturulur.



Şekil-1.16 Ters Polarizasyon bağlantısı.

Yalıtkan (deplezyon) katmandaki potansiyel farkı harici bayas voltajına eşit oluncaya kadar genişler. Bu noktada boşlukların ve elektronların hareketi durur. Birleşimden çoğunluk akım taşıyıcılarının hareketine başlaması (transient) akımı diye adlandırılır. Bu ise ters kutuplama yapıldığında çok kısa bir anda akan bir akımdır.



Şekil-1.17 Ters polarmada oluşan engel katmanı

Diyot ters kutuplandığında engel katmanının yalıtkanlığı artacak ve her iki taraftaki iyonlar şarj olacaktır. Bu durum kapasitif bir etki yaratır. Ters kutuplama gerilimi arttıkça engel katmanı genişler. Bu arada kapasitans'da artacaktır. Bu durum, deplezyon katmanının kapasitansı diye bilinir ve bu durum pratik kolaylıklar sağlar.

Azınlık Akımı

Şimdiye kadar öğrendiğimize göre; diyoda ters gerilim uygulandığında çoğunluk akımı çabucak sıfır olur. Ancak ters kutuplama da bile çok az bir azınlık akımı mevcut olacaktır. Bu ters akım germanyumda, silisyum'a göre daha fazladır. Bu akım silisyum için mikro amper veya nano amperler mertebesinde. Dolayısı ile ısı ile oluşan elektron boşluk çifti ise minimum seviyesindedir. Harici ters gerilim; uygulanırken bazı elektronlar PN birleşimini geçecektir. Ters akım aynı zamanda birleşimin ısısına ve ters kutuplama geriliminin miktarına bağlıdır dolayısı ile ısının artması ters akımı da artıracaktır.

Ters Yönde Kırılma

Eğer dışarıdan uygulanan ters polarma gerilimi aşırı derecede artırılırsa çığ kırılması meydana gelir. Şimdi bu ne demektir? Azınlık akım taşıyıcıları olan iletkenlik bandı elektronlar dışarıdan uygulanan ters gerilim kaynağının etkisi ile P bölgesine itilirler. Bu esnada valans elektronları iletkenlik bandına doğru hareket ederler. Bu anda iki tane iletkenlik bandı elektronu mevcuttur. Her biri bir atomda bulunan bu elektronlar; valans bandından, iletkenlik bandına hareket eder. İletkenlik bandı elektronlarının hızla çoğalması olayı, çığ etkisi olarak bilinir. Sonuç olarak büyük bir ters akım akar. Çoğu diyotlar genelde ters kırılma bölgesinde çalışmazlar. Çünkü hasar görebilirler. Bununla birlikte bazı diyotlar sırf ters yönde çalışacak yönde yapılmışlardır. Bunlara "**Zener Diyot**" adı verilir.