

**Türkiye'nin en fazla**  
**Akredite**  
 edilmiş programlarına sahip  
**Üniversitesi**  
**54 Akredite**  
**Olan Program**

*Gelişime Açık Olan...*

[www.gelisim.edu.tr](http://www.gelisim.edu.tr)

[www.gelisim.edu.tr](http://www.gelisim.edu.tr)

İSTANBUL  
 GELİŞİM  
 ÜNİVERSİTESİ

**İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ**  
 UYGULAMALI BİLİMLER FAKÜLTESİ  
 HAVACILIK ELEKTRİK VE ELEKTRONİĞİ BÖLÜMÜ

**TEMEL ELEKTRONİK I**  
 HEE 105

DOÇ. DR. İNDRİT MYDERRİZİ

SUNU-1

## TEMEL ELEKTRONİK I

- **Ders Kodu** : HEE105
- **Dersin adı** : Temel Elektronik I
- **Kredi/Saat** : 3 (3+0+0)
- **Dönem** : Güz 2022-2023
- **Öğretim üyesi** : Doç. Dr. İndrit Myderrizi
- **Ders kitap(ları)** : (1)-Elektronik Cihazlar ve Devre Teorisi, R. L. Boylestad, L. Nashelsky, Palme Yayıncılık, 2010.  
(2)-Microelectronic Circuits, A. S. Sedra, K. C. Smith, 7th Edition, Oxford University Press, 2014.  
(3)-Microelectronic Circuit Design, R. C. Jaeger, T. N. Blalock, 4th Edition, McGraw-Hill, 2011.
- **Ders notları** : <https://gavsis.gelisim.edu.tr/imyderrizi/dokuman>

Notlandırma:

|       |      |
|-------|------|
| Vize  | % 50 |
| Final | % 50 |

1

## DERS PLANI

- Materyaller – Elektron Konfigürasyonu
- Yarıiletken Maddeler ve p-n Birleşimleri
- Yarıiletkenle pn Diyotu
- Diyotun Çalışması ve Modeli
- Diyot Devrelerin Analizi
- Diyot Çeşitleri
- Diyot Uygulamaları: Doğrultucular, Kırpıcılar, vs.
- Zener Diyot ve Uygulamaları

2

## ÖZET

- Materyaller - Elektron Konfigürasyonu - Elektriksel Özellikler
  - Atomik Yapı
  - İletken, Yalıtkan ve Yarı iletken
  - Enerji Seviyeleri ve Bant Yapıları
  - Yarıiletkenlerde İletkenlik
    - Saf Germanyum ve Silisyumun Kristal Yapısı, Kovalent Bağları
    - Saf Olmayan Germanyum ve Silisyumun Kristal Yapısı
  - N-tipi ve P-tipi Yarıiletkenler
  - PN Jonksiyonu (Birleşimi)

3

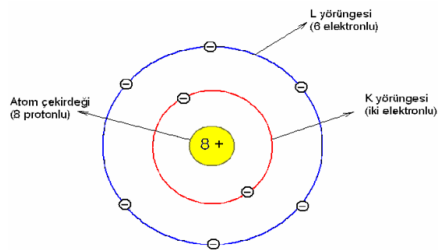
## Atomik Yapı

Basit maddenin özelliklerini taşıyan en küçük parçasına atom denir. Atom ise ortada bir çekirdek ve bunun etrafındaki değişik yörüngelerde hareket eden elektronlardan oluşmaktadır. Elektronlar, negatif elektrik yüküne sahiptirler.

**Çekirdek:** Atomun ortasında bulunur. Pozitif (+) yüklü protonlar ve yüksüz nötronlardan oluşmaktadır.

Proton sayısı o basit maddenin atom numarasını verir. Örneğin helyum çekirdeğinde iki proton olduğundan atom numarası 2'dir. Proton ve nötron sayıları toplamı o atomun kütle numarasını verir.

**Elektronlar:** Elektronlar (-) yüklüdür, çekirdek etrafındaki yörüngelerde dolaşır. Bir atomun en dış yörüngesine valans yörünge, son yörüngedeki elektronlara da valans elektronu denir.



Atom çekirdeği ve elektronlar

4

## İletken, Yalıtkan ve Yarı iletken

Valans elektron sayısına göre basit maddeler iletkenler, yalıtkanlar ve yarı iletkenler olmak üzere üç ana gruba ayrılır.

### İletkenler

Son yörüngesindeki elektron sayısı 4'ten az olan basit maddelere iletken denir. Bütün metaller iletkenlerdir ve elektrik akımını iletir. Valans elektron sayısı ne kadar az ise o maddenin iletkenliği o kadar yüksektir. İletkenlerin son yörüngesindeki elektronlar yörüngelerinden çok kolay bir şekilde ayrılabilir.

### Yalıtkanlar

Son yörüngesindeki elektron sayısı 4'ten fazla olan basit maddelere yalıtkan denir. Yalıtkanlar elektrik akımına karşı büyük direnç gösterir. Örneğin cam, kâğıt, porselen, plastik vs. maddeler yalıtkanlardır.

### Yarı iletkenler

Son yörüngesindeki elektron sayısı 4 olan basit maddelere yarı iletken denir. Normal hâlde iletken yalıtkan değildir ancak ısı, ışık veya gerilim uygulandığında iletken hâle geçer. Bu şekildeki iletkenlik özelliği kazanması geçici olup dış etki kalkınca elektronlar tekrar atomlarına döner. En çok kullanılan yarı iletkenler germanyum, silisyum, selenyum, sülfür, bakır oksit, çinko oksit, kurşun sülfittir.

5

Yarı iletkenlerin başlıca şu özellikleri vardır:

- ✓ İletkenlik bakımından iletkenler ile yalıtkanlar arasında yer alırlar.
- ✓ Normal halde yalıtkanlardır.
- ✓ Ancak ısı, ışık ve manyetik etki altında bırakıldığında veya gerilim uygulandığında bir miktar valans elektronu serbest hale geçer, yani iletkenlik özelliği kazanır. Bu şekilde iletkenlik özelliği kazanması geçici olup, dış etki kalkınca elektronlar tekrar atomlarına dönerler.
- ✓ Tabiatта element halinde bulunduğu gibi laboratuvarда bileşik eleman halinde de elde edilir.
- ✓ Yarı iletkenler kristal yapıya sahiptirler. Yani atomları kübik kafes sistemi denilen belirli bir düzende sıralanmıştır.
- ✓ Bu tür yarı iletkenler, yukarıda belirtildiği gibi ısı, ışık, etkisi ve gerilim uygulanması ile belirli oranda iletken hale geçirildiği gibi, içlerine bazı özel maddeler katılarak da iletkenlikleri artırılmaktadır.

6

## Enerji Seviyeleri ve Bant Yapıları

**Enerji Seviyeleri:** Hareket halinde olması nedeniyle her yörünge üzerindeki elektronlar belirli bir enerjiye sahiptir. Eğer herhangi bir yolla elektronlara, sahip olduğu enerjinin üzerinde bir enerji uygulanırsa, ara yörüngedeki elektron bir üst yörüngeye geçer. Valans elektrona uygulanan enerji ile de elektron atomu terk eder. Yukarıda belirtildiği gibi valans elektronun serbest hale geçmesi, o maddenin iletkenlik kazanması demektir.

Valans elektronlara enerji veren etkenler:

- Elektriksel etki
- Isı etkisi
- Işık etkisi
- Elektronlar kanalıyla yapılan bombardıman etkisi
- Manyetik etki

Ancak, valans elektronları serbest hale geçirecek enerji seviyeleri madde yapısına göre şöyle değişmektedir:

- İletkenler için düşük seviyeli bir enerji yeterlidir.
- Yarı iletkenlerde oldukça fazla enerji gereklidir.
- Yalıtkanlar için çok büyük enerji verilmelidir.

7

**Bant Yapıları:** Maddelerin iletkenlik dereceleri en iyi bant enerjileri ile tanımlanır. Bir maddeyi iletken hâle getirebilmek için dışardan bir enerji uygulanması gerekir. Böylece saf bir yarı iletkende iletkenlik elektronların bir banttan diğerine geçmesiyle sağlanır. Yarı iletkenlerde üç ayrı bant vardır.

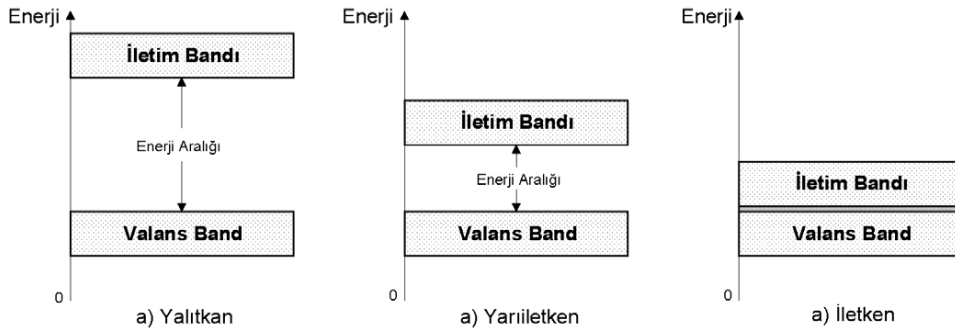
**Valans bandı enerji seviyesi:** her maddenin, valans elektronlarının belirli bir enerji seviyesi vardır. Buna valans bandı enerjisi denmektedir.

**İletkenlik bandı/iletim bandı enerji seviyesi:** Valans elektronu atomdan ayırabilmek için verilmesi gereken bir enerji vardır. Bu enerji, iletkenlik bandı enerjisi olarak tanımlanır.

- i. **İletkenlerde iletim için verilmesi gereken enerji:** İletkenlerin, valans bandı enerji seviyesi ile iletkenlik bandı enerji seviyesi bitişiktir. Bu nedenle verilen küçük bir enerjiyle, pek çok valans elektron serbest hale geçer.
- ii. **Yarı iletkenlerde iletim için verilmesi gereken enerji:** Yarı iletkenlerin valans bandı ile iletkenlik bandı arasında belirli bir boşluk bandı (enerji bandı) bulunmaktadır. Yarı iletkeni, iletken hale geçirebilmek için valans elektronlarına, boşluk bandınının kadar ek enerji vermek gerekir.
- iii. **Yalıtkanlarda iletim için verilmesi gereken enerji:** Yalıtkanlarda ise, oldukça geniş bir boşluk bandı (enerji bandı) bulunmaktadır. Yani elektronları, valans bandından iletkenlik bandına geçirebilmek için oldukça büyük bir enerji verilmesi gerekmektedir.

8

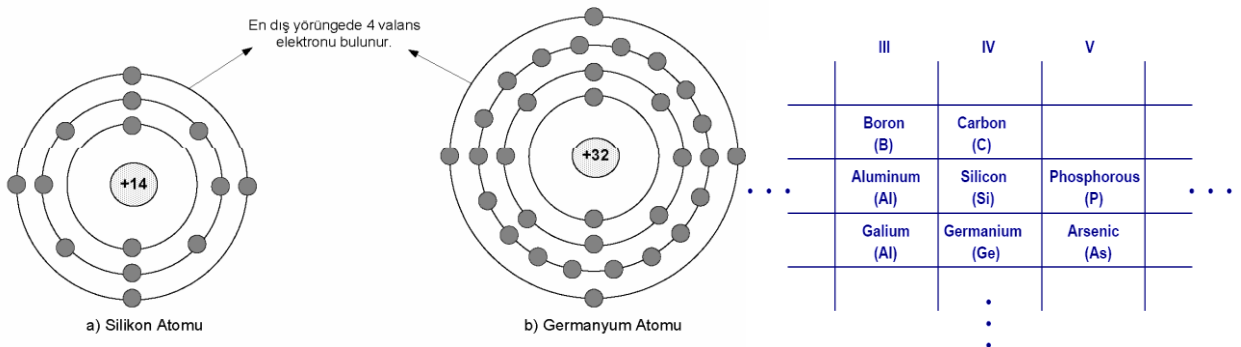
**Enerji Bandı (Boşluk Bandı):** Maddelerin iletken, yalıtkan veya yarıiletken olarak sınıflandırılmasında enerji bantları oldukça etkindir. Enerji bandı bir yalıtkanında çok geniştir ve çok az sayıda serbest elektron içerir. Dolayısıyla serbest elektronlar, iletkenlik bandına atlayamazlar. Bir iletkende ise, valans bandı ile iletkenlik bandı birbiriyle örtüşmektedir. Dolayısıyla harici bir enerji uygulanmaksızın valans elektronların çoğu iletkenlik bandına atlayabilir. Yarıiletken bir maddenin enerji aralığı, yalıtkanına göre daha dar, iletkenine göre daha geniştir.



9

## Yarıiletkenlerde İletkenlik

Diyot, transistör, tümdevre gibi elektronik devre elemanlarının üretiminde iki tip yarıiletken ana malzeme kullanılır; silisyum (Si) ve germanyum (Ge) elementleridir. Silisyum bu iki malzemenin en çok kullanılanıdır.

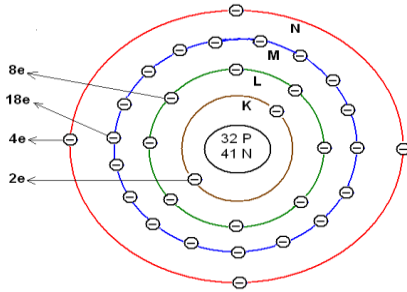


10

## Saf Germanyum ve Silisyumun Kristal Yapısı, Kovalent Bağları

Germanyum ve Silisyum yarı iletkenleri, kristal yapılarından dolayı özel malzemelerdir. Her iki yarı iletken de tabiattan elde edilmekte ve saflaştırılarak monokristal haline getirildikten sonra devre elemanların üretiminde kullanılmaktadır.

*Saf Germanyum ve Silisyumun Kristal Yapısı:* Atom çekirdeğinde 32 proton, 41 nötron vardır. Çekirdek etrafındaki eliptik yörüngede toplam 32 elektron bulunur. Germanyum atomunun son yörüngesinde 4 valans elektronu vardır.

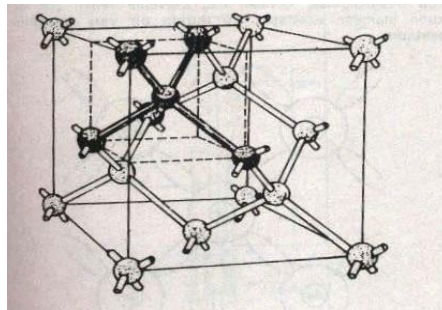


Germanyumun atom yapısı

Gerek Germanyum gerekse de Silisyum kristal yapı bakımından aynı olduğundan, anlatımda örnek olarak birinin veya diğerinin alınması fark etmemektedir. Germanyum ve Silisyumun yararlı hale gelebilmesi için *monokristal* yapıya dönüştürülmeleri gerekmektedir.

11

*MonoKristal Yapı:* Monokristal yapıda atomlar üç boyutlu bir kübik kafes sistemi oluşturmaktadır. Sistemdeki kürecikler, atomları gösteriyor. Atomlar arasındaki yollar da kovalent bağları sembolize ediyor.

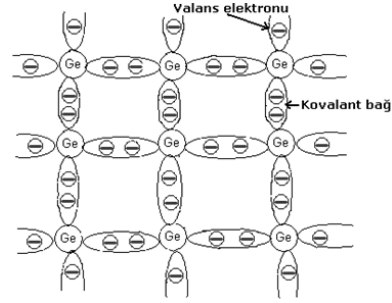


Germanyum ve Silisyum monokristal atomlarının kübik kafes sistemindeki genel görüntüsü

12

**Kovalent Bağ:** Monokristal yapılarda, valans elektronlar komşu iki atomun dış yörüngelerinde birlikte bulunmaktadır. Her valans elektronu, komşu atomun valans elektronu ile bağlanmış gibi hem kendi hem de komşu atomun çekirdeği etrafında döner. Her iki germanyum atomu birer ortak elektron çiftine sahiptir. Buna elektron çifti bağı (kovalent bağ) denir. Elektron çifti bağı basit olarak valans elektronlarla gösterilir.

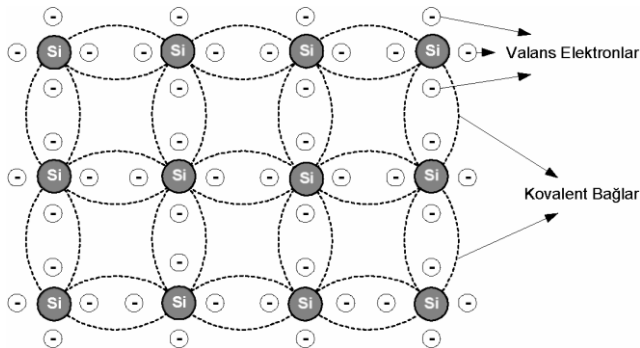
Şekilde germanyum monokristalin atomları arasındaki kovalent bağlar gösterilmiştir. Kovalent bağların ucundaki elektronlar her iki atoma da bağlı olduğundan atomların dış yörüngeleri 8 elektronlu olmaktadır. Dış yörüngesinde 8 elektron bulunan atomlar elektron almaya ve vermeye istekli olmazlar.



Bir monokristal ısıtıldığında veya ışık ve elektriksel gerilim etkisi altında bırakıldığında, kovalent bağ kuvvetini yenen çok az sayıdaki elektron atomdan uzaklaşır. Bu durum bir yarı iletkenlik belirtisi olmaktadır.

13

Saf silisyum, kristallerden oluşmuş bir maddedir. 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.

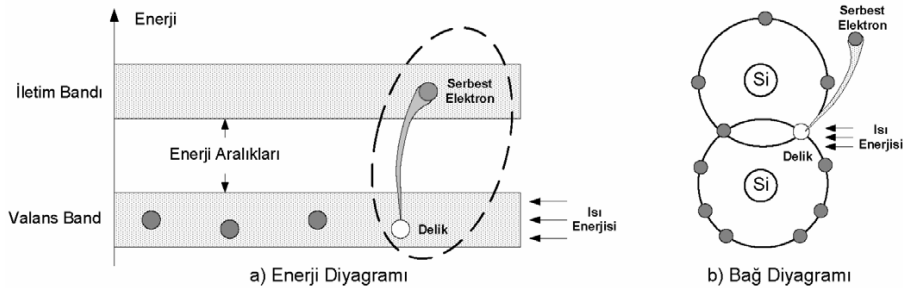


*Saf Silisyum Kovalent Bağ Modeli*

14



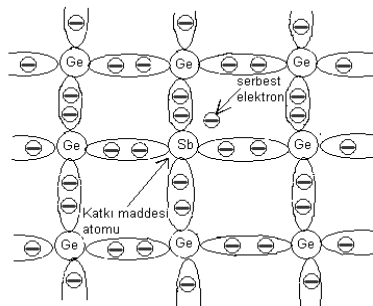
Saf bir silisyum kristalinde sıcaklığın artmasıyla sistemdeki enerjinin artmasına sebebiyet verir. Dolayısıyla bazı valans elektronları enerji aralıklarından geçerek, valans bandından iletkenlik bandına atlarlar. Bunlara serbest elektron veya iletkenlik elektronları denir. Bir elektron; valans bandından iletkenlik bandına atladığında, valans bandında boşluklar kalacaktır. Bu boşluklara “delik” denir. Isı veya ışık enerjisi yardımıyla iletkenlik bandına çıkan her elektron, valans bandında bir delik oluşturur. Bu durum, elektron-delik çifti diye adlandırılır. İletkenlik bandındaki elektronlar enerjilerini kaybedip, valans bandındaki deliğe geri düştüklerinde her şey eski haline döner.



15

### Saf Olmayan Germanyum ve Silisyumun Kristal Yapısı

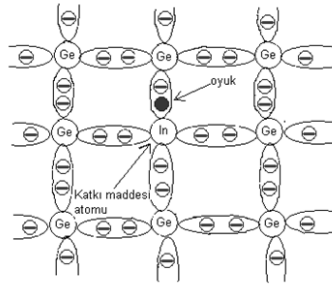
4 valans elektronlu germanyum kristali içerisine 5 valans elektronlu başka bir yabancı atom (azot, fosfor, arsenik, antimuan vb.) katılır. Yabancı atomun 4 valans elektronu germanyum atomunun 4 valans elektronu ile kovalent bağ oluşturur. Yabancı atomun 5. valans elektronu, serbest elektron olarak kalır. Bu elektronun atomdan ayrılması kolay olduğundan akım taşıyıcı olarak kullanılabilir. Bu elektronu koparabilmek için 0,01 eV (elektron volt) yeterlidir.



Germanyum atomuna 5 valans elektronlu  
Sb (antimon) katılması

16

4 valans elektronlu germanyum kristali içerisinde 3 valans elektronlu bir yabancı atom (bor, alüminyum, indium, galyum vb.) katıldığında atomun 3 valans elektronu germanyumun 3 valans elektronu ile kovalent bağ oluşturur ancak germanyum atomunun bir valans elektronu, yabancı madde atomu içinde bağ yapabilecek elektron bulamaz. Burada bağda bir boşluk meydana gelir. Küçük bir enerji ile bağda bu boşluk, komşu atomdan bir valans elektronu ile doldurulur. Böylece geride elektron veren atomda bir delik meydana gelmiş olur. Kristal yapı içerisindeki delikler akım taşıyıcı olarak kullanılır.

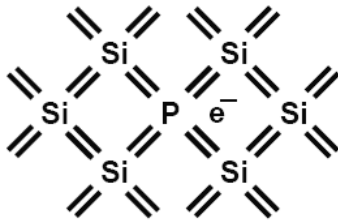


Germanyum atomuna 3 valans elektronlu  
In (indium) katılması

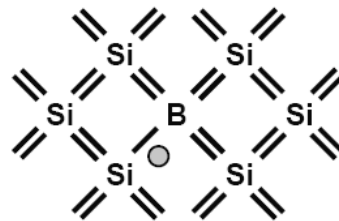
17

## N-tipi ve P-tipi Yarıiletkenler

- N-tipi ve P-tipi yarıiletkenler katkılama işlemi sonrasında elde edilir.
- Katkılama işlemi saf yarıiletkene dışardan atomlar eklemektir.
- Katkılama yarıiletkeninde öz direnç ve diğer özelliklerin değişmesini sağlar.
- Katkılayıcı atomlar verici (donör) veya alıcı (acceptor) olabilir.
- Silikon için katkılama atomları periyodik tablonun III. ve V. Sütun elementleridir.



N-tipi yarıiletken (Verici Katkılayıcı P)

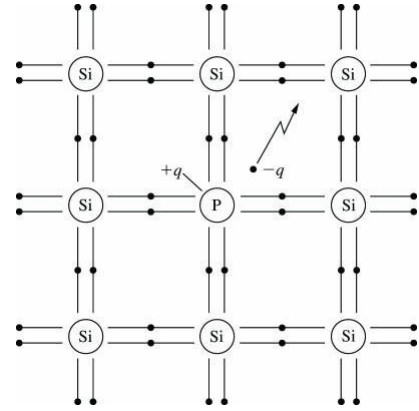


P-tipi yarıiletken (Alıcı Katkılayıcı B)

18

### N-tipi Yarıiletken

- ✓ Saf silisyumun iletkenlik bandındaki elektronların artırılması atomlara katkı maddesi ekleyerek yapılır. Bu atomlar, 5 valans elektronları olan arsenik (As), fosfor (P), bizmut (Bi) veya antimon (Sb)'dur.
- ✓ Fosfor atomunun 4 valans elektronu, silisyumun 4 valans elektronu ile kovalent bağ oluşturur. Fosfor'un 1 valans elektronu açıkta kalır ve ayrılır. Bu açıkta kalan elektron iletkenliği artırır. Çünkü herhangi bir atoma bağlı değildir. İletkenlik, elektron sayıları ile kontrol edilebilir. Bu ise silisyuma eklenen katkılayıcı atomların sayısı ile olur.
- ✓ Katkı sonucu oluşturulan bu iletkenlik elektronu, valans bandında bir delik oluşturmaz.
- ✓ Akım taşıyıcılarının çoğunluğu elektron olan, oluşturulan maddeye 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-delik çiftleri de vardır. Bu delikler 5-değerli verici katkılayıcı ile oluşturulmamışlardır. N-tipi malzemede delikler azınlık taşıyıcıları olarak adlandırılır.



19

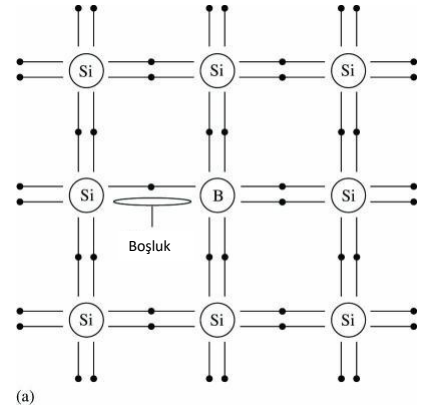
### N tipi yarıiletken kristalinde bulunanlar:

- *Ge veya Si atomları:* Kristal yapıyı oluşturmaktadır. Aralarında kovalent bağ vardır.
- *Verici Katkı Maddesi:* Atomları kolaylıkla elektron veren katkı elementleridir. Bu nedenle verici katkı maddesi veya katkılayıcı denmiştir.
- *Pozitif İyonlar:* Verici katkı maddesi atomlarının tamamına yakın kısmı, Ge veya Si atomları ile kovalent bağ oluşturarak 1 elektronunu kaybetmiş olduğundan pozitif iyon halindedirler. Ancak, kovalent bağ olduğundan elektriksel bir etkisi bulunmamaktadır.
- *Çoğunluk Taşıyıcıları:* Verici katkı maddesinden ayrılmış olan elektronlardır. Bu elektronlara, çok sayıda olduğundan ve akım taşıma görevini de yürüttüğünden, çoğunluk taşıyıcıları adı verilmiştir.
- *Azınlık Taşıyıcıları:* N tipi germanyum veya Silisyum kristalinde, ısı ve ışık emişi nedeniyle veya gerilim etkisiyle kovalent bağlarını koparan bir kısım elektronun atomdan ayrılması sonucu, geride pozitif elektrik yüklü Ge veya Si atomları kalmaktadır.
- Bu tür atomlar da elektrik akımı taşıma özelliğine sahiptir. Ancak azınlıkta kaldığından, bunlara da azınlık taşıyıcıları denmiştir. Normal çalışma düzeninde önemli sayılabilecek rolleri bulunmamaktadır.

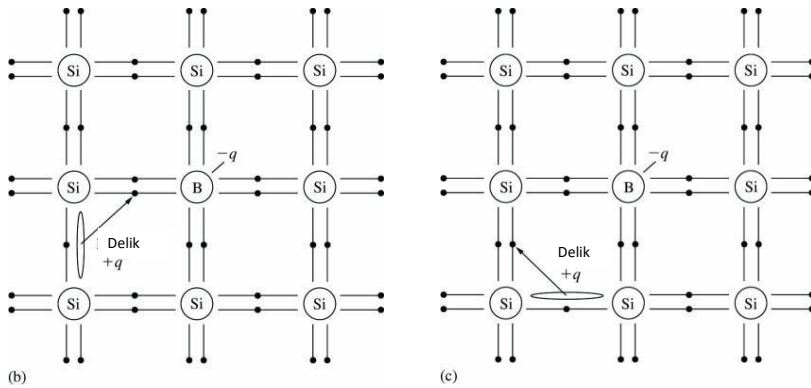
20

### P-tipi Yarıiletken

- ✓ Saf silisyum atomu içerisinde, 3 valans elektrona sahip atomların eklenmesi ile yeni bir kristal yapı oluşur. Bu yeni kristal yapıda delik sayısı artırılmış olur. Katkılayıcı atomlar 3 valans elektrona sahip olan alüminyum (Al), bor (B) ve galyum (Ga)'dur.
- ✓ Saf silisyum içerisinde belli bir oranda bor katılırsa; bor elementinin 3 valans elektrona sahip olması, silisyumun 3 valans elektrona sahip olması ile ortak kovalent bağ oluşturur. Fakat silisyumun 1 valans elektrona sahip olması ortak valans bağ oluşturamaz. Bu durumda 1 elektron noksanlığı meydana gelir ve bir delik oluşturulur. Silisyuma eklenen katkı miktarı ile deliklerin sayısı kontrol edilebilir.
- ✓ Bu yöntemle elde edilen malzemeye P-tipi yarıiletken malzeme denir (delikler pozitif yüküdür). Dolayısıyla P-tipi malzemede çoğunluk akım taşıyıcıları deliklerdir. Elektronlar ise P-tipi malzemede azınlık akım taşıyıcılarıdır. P-tipi malzemede bir kaç adet serbest elektron da oluşmuştur. Bunlar ısı ile oluşan elektron-boşluk çifti esnasında meydana gelmiştir. Bu serbest elektronlar, 3-değerli alıcı katkılayıcı ile oluşturulmamıştır.



21



Silikon üzerinde deliğin ilerleme hareketi.

- ✓ Elektronla bir delik oluşturmak için bir adet tamamlanmamış bağ çifti bulunur.
- ✓ Bir elektronun yanındaki deliğe gitmesi için çok az bir enerji gerekir.
- ✓ Delik ilerleyince, silikon üzerindeki yük de ilerler.

22

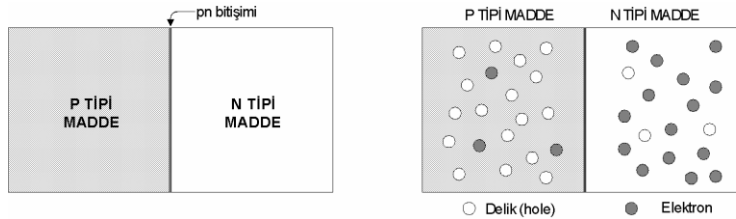
### P Tipi Yarıiletken Kristalinde Bulunanlar:

- *Ge veya Si Atomları:* Kristal yapıyı oluşturmaktadır.
- *Alıcı Katkı Maddesi:* Elektron almak üzere, katılan madde.
- *Negatif İyonlar:* Katkı maddesi atomlarının tamamına yakın kısmı, Si veya Ge atomlarından 1 elektron alarak negatif elektrik yüklü hale gelmektedir. Ancak, bunlar kovalent bağlı olduğundan elektriksel bir etkisi bulunmadan negatif iyon halinde kalmaktadır.
- *Çoğunluk Taşıyıcıları:* 1 elektronu kaybetmiş olan ve dolayısıyla da, pozitif elektrik yüklü (delik) hale gelen çok sayıdaki Si ve Ge atomlarıdır. Bunlar P tipi kristalde akım taşıma görevi yaparlar.
- *Azınlık Taşıyıcıları:* P tipi kristalde bulunabilen çok az sayıdaki serbest elektronlardır. Bunlara da, akım taşıyıcı olarak az sayıda bulunduğundan, azınlık taşıyıcıları denmiştir.

23

### **PN Jonksiyonu (Birleşimi)**

Yarısı P-tipi, diğer yarısı N-tipi malzemeden oluşan iki bölümlü bir silisyum parçasından oluşmaktadır. Bu temel yapı biçimine “yarıiletken 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 delik de bulunur. Bunlara ise “azınlık akım taşıyıcıları” adı verilir.



Basit bir PN yapısının oluşumu.

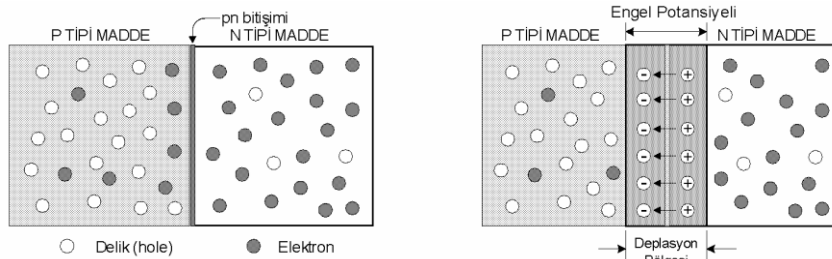
P bölgesi ise çok sayıda delikler içerir. Bunlara “çoğunluk akım taşıyıcıları” denir. Bu bölgede ısı etkisi ile oluşan birkaç serbest elektron da bulunur. Bunlara ise “azınlık akım taşıyıcıları” denir.

*PN birleşimi elektronik endüstrisinde kullanılan diyotların, transistorların ve diğer katı hal devrelerinin temelini oluşturur.*

24

### Fakirleşmiş (Depletion) Bölge

P maddesinde elektron noksanlığı (delik), N maddesinde ise elektron fazlalığı vardır. Elektron ve deliklerin hareket yönleri birbirine zıttır. Birleşim olduğu anda N maddesindeki serbest elektronlar, P maddesinde fazla olan deliklerle 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 delikleri iter. Böylece P ve N maddesi arasında daha fazla elektron ve delik akmasını engellerler. Yük dağılımın belirtildiği şekilde oluşması sonucunda PN birleşiminin arasında taşıyıcı açısından fakirleşmiş ve gerilim engeli (bariyeri) oluşturan bir bölge oluşur. İletim dengesi sağlandığında fakirleşmiş bölge, PN birleşiminde iletim elektronu bulunmadığı noktaya kadar genişler.



PN birleşiminin denge iletimi.

25

**Bizi Dinlediğiniz İçin  
Teşekkür Ederiz.**

  [gelisimedu](https://www.gelisim.edu.tr)  [igugelisim](https://www.gelisim.edu.tr)

0212 422 70 00