

### YARI İLETKENLER

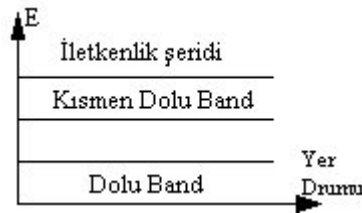
Elektrik akımını bir değere kadar akmasına izin vermeyen bu değerden sonra sonsuz küçük direnç gösteren maddelerdir.

Yarı iletkenler periyodik cetvelde 3. ve 5. gruba girerler. Bu demektir ki son yörüngelerinde elektron alıcılığı veya vericiliği iletkenden fazla yalıtkandan daha azdır.

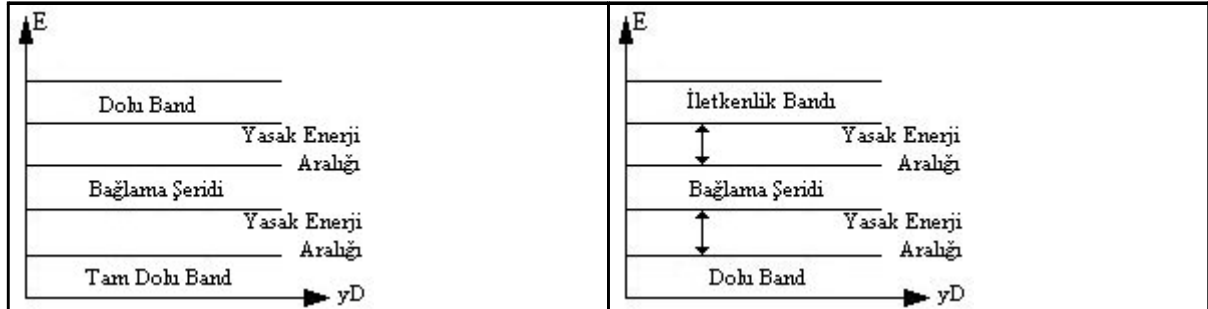
**İletkenler:** Pt, Ni, Au, Cu, Al, Fe.....

**Yalıtkan:** Ebonit, Cam, Tahta, Su.....

**Yarı iletkenler:** S, Ge, Br, Al, In(indiyum).....



Kısmen Dolu bant ile iletkenlik şeridi çakışmışsa iletken olurlar.



DB ile BŞ birbirine yaklaştığı zaman iletken hale gelir.

Eğer yarı iletkenlere belirli bir gerilim uygulanırsa YAE yok edilir ve bağlama şeridi ile iletkenlik bandı bitişir ve iletkenleşir.

### İLETKEN, YALITKAN VE YARI İLETKENLER

Yeryüzündeki bütün maddeler, **atom** 'lar dan oluşmuştur.

Atom ise ortada bir **çekirdek** ve bunun etrafındaki değişik yörüngelerde hareket eden **elektronlardan** oluşmaktadır.

Elektronlar, **negatif elektrik yüküne** sahiptirler.

Bir etkiye yolu ile atomdan ayrılan elektronların bir devre içerisindeki hareketi, **elektrik akımını** oluşturur.

Elektronların her madde içerisindeki hareketi aynı değildir.

**Elektron hareketine göre maddeler üçe ayrılır:**

- İletkenler
- Yalıtkanlar
- Yarı iletkenler

### İLETKENLER

**İletkenlerin başlıca özellikleri:**

- Elektrik akımını iyi iletirler.
- Atomların dış yörüngesindeki elektronlar atoma zayıf olarak bağlıdır. Isı, ışık ve elektriksel etki altında kolaylıkla atomdan ayrılırlar.
- Dış yörüngedeki elektronlara **Valans Elektron** denir.
- Metaller, bazı sıvı ve gazlar iletken olarak kullanılır.
- Metaller, sıvı ve gazlara göre daha iyi iletkenlerdir.
- Metaller de, iyi iletken ve kötü iletken olarak kendi aralarında gruplara ayrılır.
- Atomları 1 **valans elektronlu** olan metaller, **iyi iletkenlerdir**. Buna örnek olarak, altın, gümüş, bakır gösterilebilir.
- **Bakır** tam saf olarak elde edilmediğinden, altın ve gümüşe göre **biraz daha kötü iletken** olmasına rağmen, ucuz ve bol olduğundan, en çok kullanılan metaldir.
- Atomlarında 2 ve 3 valans elektronu olan demir (2 dış elektronlu) ve alüminyum (3 dış elektronlu) iyi birer iletken olmamasına rağmen, ucuz ve bol olduğu için geçmiş yıllarda kablo olarak kullanılmıştır.

## TEMEL ELEKTRONİK

---

### YALITKANLAR

Elektrik akımını iletmeyen maddelerdir.

Bunlara örnek olarak cam, mika, kağıt, kauçuk, lastik ve plastik maddeler gösterilebilir.

Elektronları atomlarına sıkı olarak bağlıdır.

Bu maddelerin dış yörüngedeki elektron sayıları 8 ve 8 'e yakın sayıda olduğundan atomdan uzaklaştırılmaları zor olmaktadır.

### YARI İLETKENLER

**Yarı iletkenlerin başlıca şu özellikleri vardır:**

- İletkenlik bakımından iletkenler ile yalıtkanlar arasında yer alırlar,
- Normal halde yalıtkanlardır.
- Ancak ısı, ışık ve magnetik 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.
- Tabiatıta basit eleman halinde bulunduğu gibi laboratuarda 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 ta** iletkenlikleri artırılmaktadır.
- Katkı maddeleriyle iletkenlikleri artırılan yarı iletkenlerin elektronikte ayrı bir yeri vardır. Bunun nedeni Tablo 2.1 'de görüldüğü gibi, elektronik **devre elemanlarının** üretiminde kullanılmalarıdır.

Elektronüğın iki temel elemanı olan **diyot** ve **transistörlerin** üretiminde kullanılan **germanyum (Ge)** ve **silikon (Si)** yarı iletkenleri gelecek bölümde daha geniş olarak incelenecektir.

## TEMEL ELEKTRONİK

Tablo 2.1 - Elektronikte yararlanılan yarı iletkenler ve kullanılma yerleri.

ADI	KULLANILMA YERİ
Germanyum (Ge) (Basit eleman)	Diyot, transistör, entegre, devre
Silikon (Si) (Basit eleman)	Diyot, transistör, entegre, devre
Selenyum (Se) (Basit eleman)	Diyot
Bakır oksit (kuproksit) (CuO) (Bileşik eleman)	Diyot
Galliyum Arsenid (Ga As) (Bileşik eleman)	Tünel diyot, laser, fotodiyot, led
İndiyum Fosfor (In P) (Bileşik eleman)	Diyot, transistör
Kurşun Sülfür (Pb S) (Bileşik eleman)	Güneş pili (Fotosel)

### Not:

**Germanyum** ve **silikon** periyodik tabloda yer alan iki elementtir.

Çoğu ülke periyodik tabloyu kendi dillerinde hazırlamaktadır.

Ülkemizde ise, bazı terimler gelişmiş ülke dillerinden alınarak Türkçe 'ye uyarlama yoluna gidilmiştir.

Germanyum adı, en çok kullanılan, İngilizce, Almanca ve Fransızca dillerinde "**Germanium**" olarak yazılmakta ve "**germanyum**" olarak okunmaktadır. Türkçe 'ye de "**germanyum**" olarak alınmış ve herkesçe de benimsenmiştir.

Silikon 'da durum farklıdır.

**Silikon yabancı dillerde şöyle yazılmakta ve okunmaktadır:**

İngilizce 'de; Silicon (Silikon),  
Almanca 'da; Silikon (silikon)  
Fransızca 'da; Silicium (silisyum)

Türkçe de ise yararlanılan yabancı kaynaktan esinlenerek kimilerince **silikon**, kimilerince de **silisyum** denmiştir.

### ENERJİ SEVİYELERİ VE BANT YAPILARI

Bilindiği gibi elektronlar, atom çekirdeği etrafında belirli yörüngeler boyunca sürekli dönmektedir. Bu hareket, dünyanın güneş etrafında dönüşüne benzetilir.

**Hareket halindeki elektron, şu iki kuvvetin etkisi ile yörüngesinde kalmaktadır:**

- 1) Çekirdeğin çekme kuvveti
- 2) Dönme hareketi ile oluşan merkezkaç kuvveti

### ENERJİ SEVİYELERİ

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:**

- 1) Elektriksel etki
- 2) Isı etkisi
- 3) Işık etkisi
- 4) Elektronlar kanalıyla yapılan bombardıman etkisi
- 5) 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.

### BANT YAPILARI

Maddelerin iletkenlik dereceleri, en iyi şekilde, aşağıda açıklandığı gibi, bant enerjileri ile tanımlanır.

#### Valans bandı enerji seviyesi:

Şekil 2.1 'de görüldüğü gibi her maddenin, **valans elektronlarının** belirli bir enerji seviyesi vardır. Buna **valans bandı enerjisi** denmektedir.

#### İletkenlik bandı enerji seviyesi:

Valans elektronu atomdan ayırabilmek için verilmesi gereken bir enerji vardır. Bu enerji, **iletkenlik bandı enerjisi** olarak tanımlanır.

#### İletkenlerde iletim için verilmesi gereken enerji:

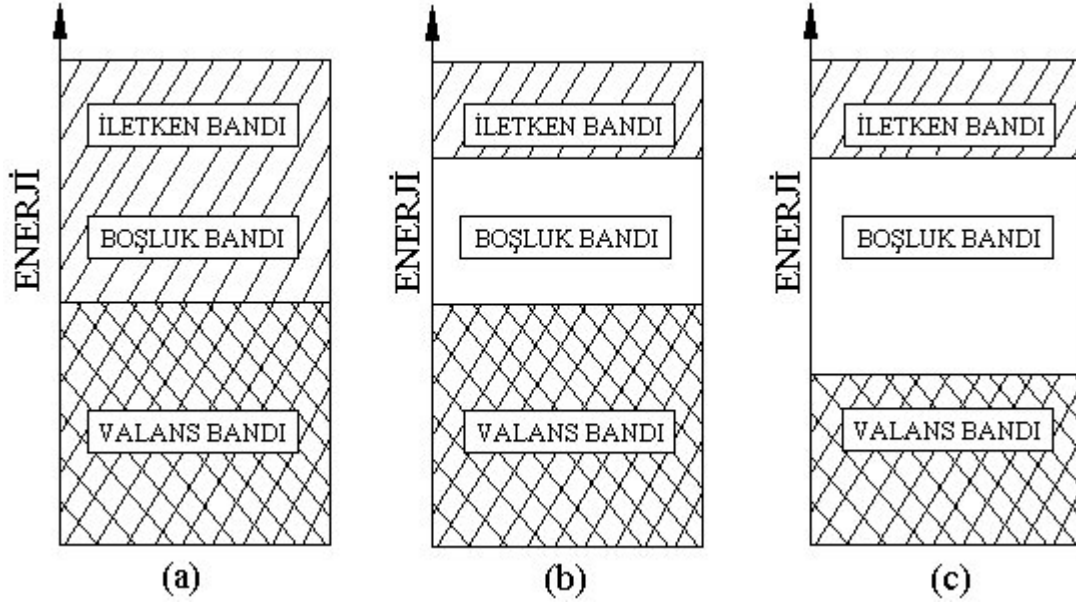
İletkenlerin, Şekil 2.1.(a) 'da görüldüğü gibi, valans bandı enerji seviyesi ile iletkenlik bandı enerji seviyesi bitişiktir. Bu nedenle verilen küçük bir enerjiyle, pek çok valans elektron serbest hale geçer.

#### Yarı iletkenlerde iletim için verilmesi gereken enerji:

Yarı iletkenlerin valans bandı ile iletkenlik bandı arasında Şekil 2.1.(b) 'de görüldüğü gibi belirli bir boşluk bandı bulunmaktadır. Yarı iletkeni, iletken hale geçirebilmek için valans elektronlarına, boşluk bandınının kadar ek enerji vermek gerekir.

#### Yalıtkanlarda iletim için verilmesi gereken enerji:

Yalıtkanlarda ise, Şekil 2.1.(c) 'de görüldüğü gibi **oldukça geniş bir boşluk bandı** bulunmaktadır. Yani elektronları, valans bandından iletkenlik bandına geçirebilmek için oldukça büyük bir enerji verilmesi gerekmektedir.



Şekil - 2.1 İletkenlik derecesine göre değişen bant enerjileri  
(a) İletken, (b) Yarı iletken, (c) Yalıtkan

### SAF GERMANYUM VE SİLİKONUN KRİSTAL YAPISI, KOVALAN BAĞLARI

Germanyum ve Silikon yarı iletkenleri, kristal yapılarının kazandırdığı bir takım iletken özelliğine sahiptir.

Germanyum ve Silikon, elektroniğin ana elemanları olan, DİYOTLARIN, TRANSİSTÖRLERİN ve ENTEGRE DEVRELERİN üretiminde kullanılmaktadır. Bu nedenle, elektronik devre elemanları hakkındaki temel bilgilerin edinilebilmesi bakımından bu iki yarı iletkenin yapılarının iyi bilinmesi gerekir.

Her iki yarı iletken de tabiattan elde edilmekte ve saflaştırılarak monokristal haline getirildikten sonra devre elemanların üretiminde kullanılmaktadır.





## TEMEL ELEKTRONİK

Kesilecek uç direnç kontrolü ile belirlenir. Germanyum saflaştıkça direnci artmaktadır.

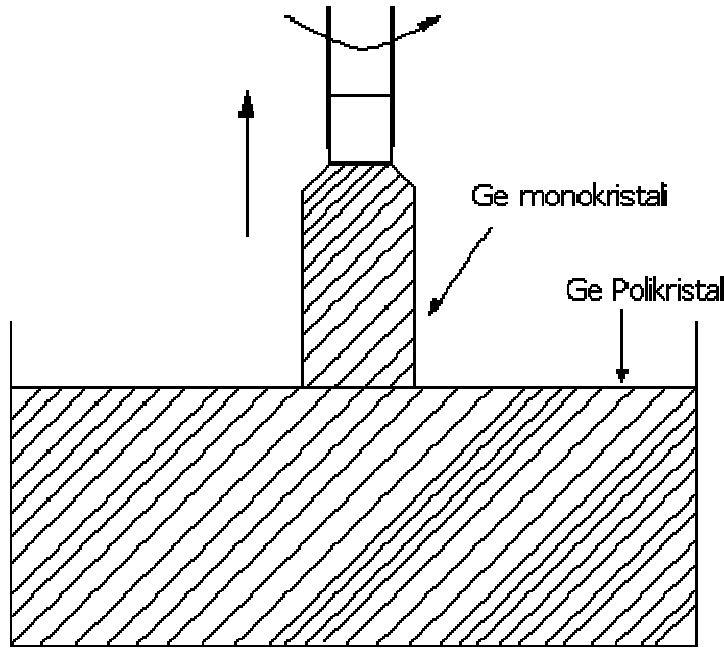
Gerekirse bu işlemler birkaç kez daha tekrarlanarak germanyumun saflık derecesi arttırılabilir. Bu halde germanyum henüz **polikristal** 'dir.

### SİLİKONUN ELDE EDİLMESİ VE SAFLAŞTIRILMASI:

Silikon tabiatta silika (Kuartz yahut kum) halinde bol miktarda bulunur. Silikon, germanyum için anlatılan yöntemle saflaştırılmaz. İçerisinde bulunan BOR "bölgesel saflaştırma" yolu ile tamamen alınamamaktadır. Saflaştırma işlemi çok uzun sürmektedir.....

### GERMANYUMUN MONOKRİSTAL HALİNE GETİRİŞMESİ:

Germanyum ve silikon ancak MONOKRİSTAL haline getirildikten sonra DİYOT, TRANSİSTÖR ve ENTEGRE DEVRELERİN üretiminde kullanılabilir. "**Monokristal**" kelimesi uluslararası bir terimdir ve **TEK TİP KRİSTAL** anlamına gelmektedir.



Şekil 2.3 - Germanyumun monokristal haline getirilmesi

## TEMEL ELEKTRONİK

---

Germanyumda monokristal yapı şöyle oluşmaktadır:

Poli kristalli saf germanyum grafit bir pota içerisinde ergime derecesine kadar ısıtılır. Ergimiş germanyum içerisine, Şekil 2.3 'te görüldüğü gibi monokristal halindeki germanyum çubuk daldırılıp yavaş yavaş döndürülerek çekilir.

Çekme işlemi ilerledikçe, eriyik halindeki germanyum da yüzeysel gerilim etkisiyle çubuk etrafında toplanır ve aynı zamanda çubuğun kristal yapısına uygun olarak katılaşır. Bütün eriyik katılaşınca kadar aynı işlemle çekmeye devam edilir. Sonunda, monokristal yapıya sahip bir germanyum kitlesi ortaya çıkar.

### SİLİKONUN MONOKRİSTAL HALİNE GETİRİLMESİ:

Her ne kadar, monokristal silikon da Germanyum gibi tek kristal çekirdekten üretilse de, ergime derecesinin yüksek ( $1420^{\circ}\text{C}$ ) olması ve başka maddelerle birleşmemesi nedeniyle işlem ayrıntılarında farklılıklar vardır.

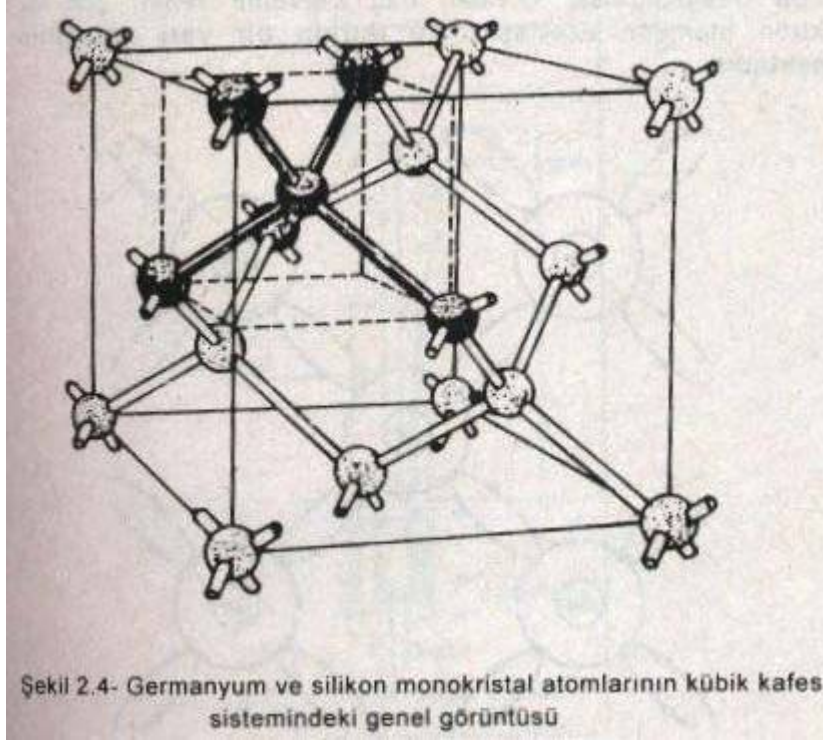
### SAF GERMANYUM VE SİLİKONUN KRİSTAL YAPISI

Gerek Germanyum gerekse de Silikon kristal yapı bakımından aynı olduğundan, anlatımda örnek olarak birinin veya diğerinin alınması fark etmemektedir.

Daha önce de açıklandığı gibi, germanyum ve silikonun yararlı hale gelebilmesi için **monokristal** yapıya dönüştürülmeleri gerekmektedir.

### MONO KRİSTAL YAPI NEDİR?

Monokristal yapıda atomlar Şekil 2.4 'te üç boyutlu olarak gösterildiği gibi, bir **kübik kafes sistemi** oluşturmaktadır. Sistemdeki kürecikler, atomları gösteriyor. Atomlar arasındaki yollar da **kovalan bağları** sembolize ediyor.



### KOVALAN BAĞ

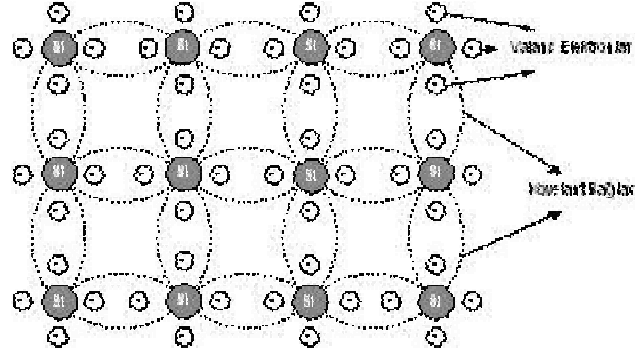
Monokristal yapılarda, valans elektronlar komşu iki atomun dış yörüngelerinde birlikte bulunmaktadır. Bu durum iki elektron arasında sanki bir bağ varmış gibi yorumlanmaktadır. İşte bu sembolik bağa **kovalan bağ** adı verilir.

Şekil 2.5 'te Germanyum monokristalin atomları arasındaki **kovalan bağlar** gösterilmiştir. Kovalan 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.**

**NOT:** Kimilerince "kovalan" yerine İngilizce yazılımına uyarak "kovelent" terimi kullanılmaktadır. "KOVALAN" kelimesi Türkçe ses uyumu bakımından daha uygundur.

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

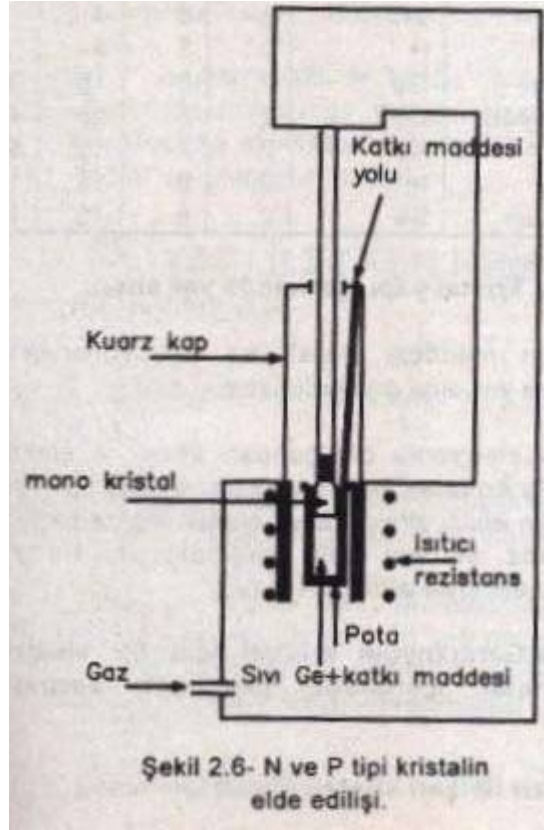


### SAF OLMAYAN (KATKILI MADDELİ) GERMANYUM VE SİLİKONUN KRİSTAL YAPISI

Diyotlar, transistörler, entegre devreler v.b. gibi aktif devre elemanlarının yapımında kullanılan germanyum ve silikon yarı iletken kristallerinin önce **N** ve **P** tipi kristaller haline dönüştürülmeleri gerekmektedir.

**N veya P tipi kristal yapısını** elde edebilmek için. Şekil 2.6 'da görüldüğü gibi bir pota içerisine konulan germanyum veya silikon monokristali eritilir, belirli oranlarda **katkı maddesi** karıştırılır. Sonrada özel olarak hazırlanmış monokristal çekirdek, eriyiğe daldırılıp döndürülerek çekilir.

Konulan katkı maddesinin cinsine göre çekilen kristal **N** veya **P** tipi olur.



### 1. N TİPİ İLETKEN KRİSTAL

#### N TİPİ İLETKEN KRİSTALİN OLUŞUMU

- Eritilen Germanyum veya Silikon kristaline Tablo 2.2 'de verilen 5 valans elektronlu **fosfor, arsenik, antimüvan** gibi katkı maddelerinden biri katılır.
- Yukarıda anlatılan yöntem uygulanarak bu katkı maddesi atomlarının kristal içine yayılıp etrafındaki Germanyum veya Silikon atomları ile **kovalan bağ** oluşturmaları sağlanır.

## TEMEL ELEKTRONİK

Tablo 2.2. N ve P tipi kristallerin yapımında kullanılan elementler.

Atom numarası	Eleman adı	Sembolü	Yörüngedeki elektron sayısı				
			K	L	M	N	O
13	Alüminyum	Al	2	8	3		
14	<b>Silikon</b>	<b>Si</b>	2	8	<b>4</b>		
15	Fosfor	P	2	8	<b>5</b>		
31	Galliyum	Ga	2	8	18	<b>3</b>	
32	<b>Germanyum</b>	<b>Ge</b>	2	8	18	<b>4</b>	
33	Arsenik	As	2	8	18	<b>5</b>	
49	İndiyum	In	2	8	18	18	<b>3</b>
51	Antimovan	Sb	2	8	18	18	<b>5</b>

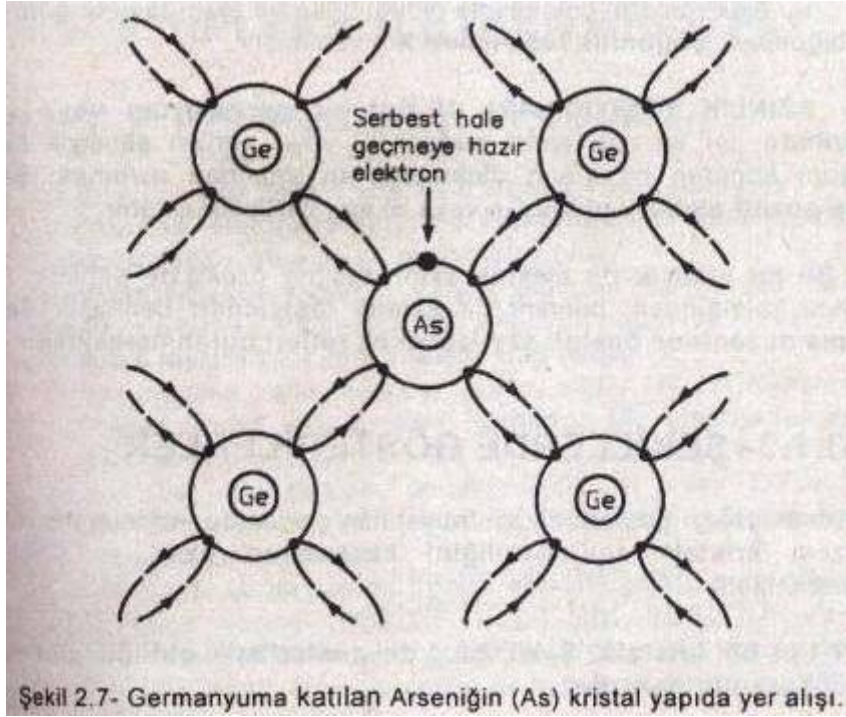
### Katkı maddesinin kristal yapı içerisinde yer alışı:

Şekil 2.7 'de katkı maddesi olarak en çok kullanılan **Arseniğin** Germanyum kristalinde yer alışı gösterilmiştir.

Arsenik 5 valans elektronlu olduğundan ancak 4 elektronu komşu germanyum atomlarıyla **kovalan bağ** oluşturur. 5. elektron ise çekirdeğin pozitif çekme kuvvetinin etkisi altında zayıf olarak atoma bağlı kalmakta ve ufak bir enerji altında serbest hale geçmektedir. Hatta, bir kısmı başlangıçta, ısı ve ışık etkisiyle atomdan ayrılır.

**Böylece Arsenik, Germanyum kristali için bir elektron kaynağı olmaktadır ve kristal içerisinde pek çok serbest elektron bulunmaktadır.**

Bu yapı, **N tipi yarı iletken kristali** olarak tanımlanır.



"**N tipi kristal**" deyimindeki harfi, "**Negatif**" kelimesinin ilk harfidir. Kristal içerisindeki SERBEST ELEKTRONLARIN yarattığı "**negatif elektrik yükünü**" sembolize etmektedir. N tipi kristaldeki AKIM TAŞIMA İŞLEMİNİ bu elektronlar gerçekleştirmektedir.

### N TİPİ YARI İLETKEN KRİSTALLİNDE BULUNANLAR

- **Ge veya Si ATOMLARI:** Kristal yapıyı oluşturmaktadır. Aralarında Kovalan bağ vardır.
- **VERİCİ KATKI MADDESİ:** Atomları kolaylıkla elektron veren katkı elementleridir. Bu nedenle **Verici Katkı Maddesi** denmiştir.
- **POZİTİF İYONLAR:** Verici katkı maddesi atomlarının tamamına yakın kısmı, Ge veya Si atomları ile kovalan bağ oluşturarak 1 elektronunu kaybetmiş olduğundan POZİTİF İYON halindedirler. Ancak, kovalan bağlı olduğundan elektriksel bir etkisi bulunmamaktadır.
- **ÇOĞUNLUK TAŞIYICILARI:** Verici katkı maddesinden ayrılmış olan **elektronlardır**.

Bu elektronlara, çok sayıda olduğundan ve akım taşıma görevini de yürüttüğünden, **çoğunluk taşıyıcıları** adı verilmiştir.

- **AZINLIK TAŞIYICILARI:** N tipi **germanyum veya silikon kristalinde**, ısı ve ışık emişi nedeniyle, veya gerilim etkisiyle kovalan bağlarını koparan bir kısım **elektronun** atomdan ayrılması sonucu, geride **pozitif elektrik yüklü** Ge veya Si atomları kalmaktadır.

## TEMEL ELEKTRONİK

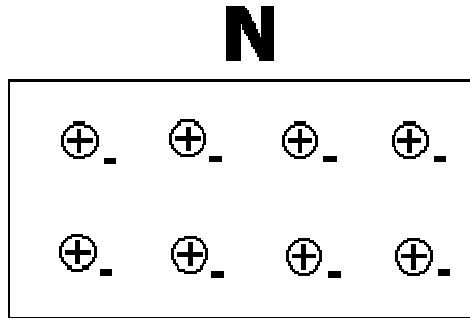
- Bu tür atomlar da elektrik akımı taşıma özelliğine sahiptir. Ancak azınlıkta kaldığından, bunlara da **azınlık taşıyıcıları** denmiştir. **Normal çalışma düzeninde önemli sayılabilecek rolleri bulunmamaktadır.**

### Şekillerde Gösterilenler:

Kristal yapıyı göstermek için kullanılan şekillerde, sadelik bakımından **yalnızca, kristale asıl özelliğini kazandıran atom ve elektrolar** gösterilmektedir.

**N tipi bir kristale, Şekil 2.8 'de gösterilmiş olduğu gibi şunlar özellik kazandırmaktadır:**

- 1) Serbest elektronlar:** Akım taşıyıcılarıdır.
- 2) Verici katkı maddesi atomları:** Etkisiz "**pozitif iyon**" halinde olduğundan, daire içerisinde gösterilmiştir.



Şekil 2.8 - N tipi yarı iletken kristali

(-): Serbest elektronlar. (Akım iletimini sağlar.)

(+): Verici katkı maddesi atomları. (Etkisiz "+" iyon halindedir.)

## 2. P TİPİ YARI İLETKEN KRİSTALİ

Germanyum veya Slikon kristaline **Alüminyum** gibi **3 valans elektrona** sahip bir **katkı maddesi** ilave edildiğin de, Şekil 2.9 'da da görüldüğü gibi, şu gelişmeler olur.

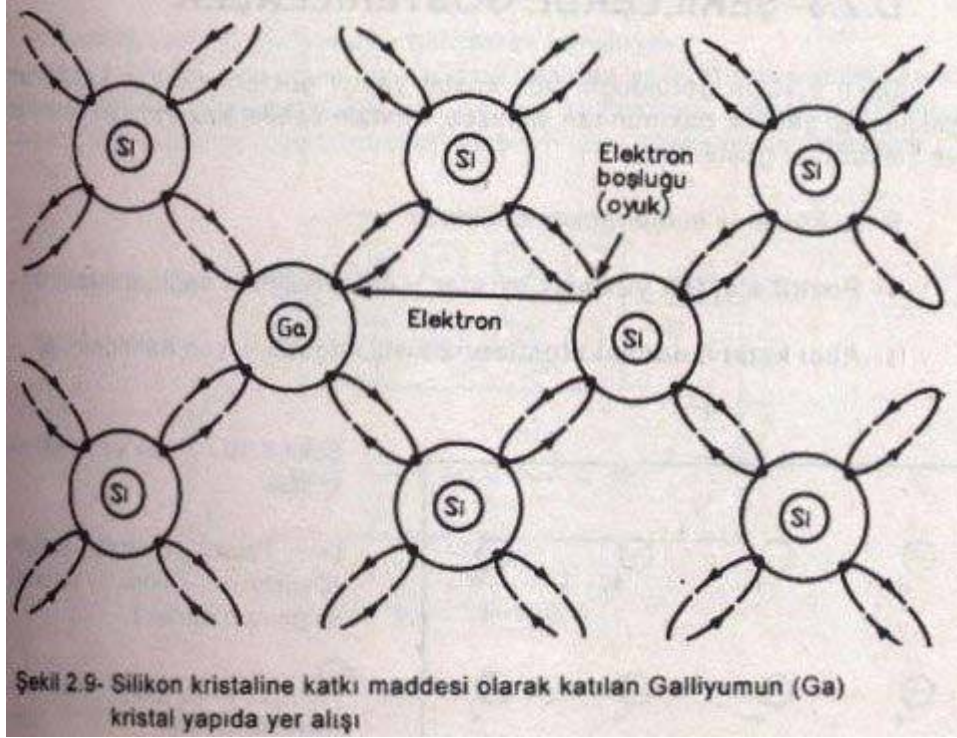
- Bu katkı maddelerinin **3 valans elektron** bulunduğundan, atom teorisi gereğince bunu 4 'e tamamlamak ister, Bu nedenle, komşu Ge veya Si atomundan 1 elektron alır ve **4 kovalan bağ** oluşturur.

- 1 elektron alan katkı maddesi atomu, **NEGATİF İYON** haline gelir. **Ancak, kovalan bağlı olduğundan herhangi bir elektriksel etkinliği olmaz.** 1 elektronu kaybeden Ge veya Si atomunda 1 **ELEKTRON BOŞLUĞU** oluşur. Bu boşluk, genellikle **delik** veya **oyuk** olarak adlandırılır. Ancak bu terimler elektriksel yönden atomun durumunu yansıtmamaktadır.



## TEMEL ELEKTRONİK

Bir elektronu veren atom, pozitif elektrik yükü hale geldiğinden, delik veya oyuk yerine "**POZİTİF ELEKTRİK YÜKÜ**" demek daha doğrudur. Nitekim oluşan kristale, "pozitif elektrik yükleri" amaçlanarak **P TİPİ KRİSTAL** denmiştir. P tipi kristalde akım taşıma işlemi "pozitif elektrik yükleri" tarafından gerçekleştirilir.



### P TİPİ YARI İLETKEN KRİSTALİNDE BULUNANLAR

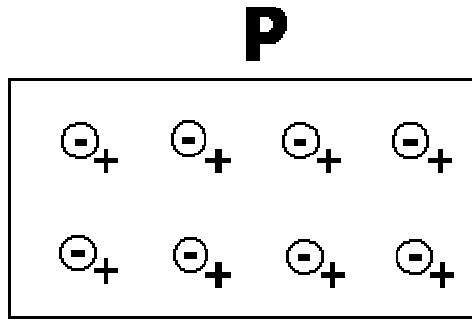
- **Ge veya Si ATOMLARI:** Kristal yapıyı oluşturmaktadır.
- **VERİCİ KATKI MADDESİ:** Elektron almak üzere, katılan madde.
- **NEGATİF İYONLAR:** Katkı maddesi atomlarının tamamına yakın kısmı, Si veya Ge atomlarından 1 elektron olarak negatif elektrik yüklü hale gelmektedir. Ancak, bunlar **kovalan bağlı** olduğundan **elektiriksel bir etkisi bulunmadan** negatif iyon halinde kalmaktadır.
- **ÇOĞUNLUK TAŞIYICILARI:** 1 elektronu kaybetmiş olan ve dolayısıyla da, **pozitif elektrik yüklü** (oyuklu) hale gelen çok sayıdaki Si ve Ge atomlarıdır. Bunlar P tipi kristalde akım taşıma görevi yaparlar. **AZINLIK TAŞIYICILARI:** P tipi kristalde bulunabilen çok az sayıdaki **serbest elektronlardır**. Bunlara da, akım taşıyıcı olarak az sayıda bulunduğundan, **azınlık taşıyıcıları** denmiştir.

### Şekillerde Gösterilenler:

Şekil 2.10 'da görüldüğü gibi, kristal yapıyı göstermek için kullanılan şekillerde, sadelik bakımından yalnızca, kristale özellik kazandıran atomlar ve elektronlar gösterilir.

P tipi kristalde şunlar gösterilmektedir:

- 1) **Pozitif elektrik yükleri** (oyuklar): Akım iletimini sağlamaktadırlar.
- 2) **Alıcı katkı maddesi atomları**: Etkisiz (-) iyon halindedirler.



Şekil 2.10 - P tipi yarı iletken kristali

(+): Pozitif elektrik yükleri. (oyuklar) (Akım iletimi sağlamaktadır.)

(-): Alıcı katkı maddesi atomları. (Etkisiz "-" iyon halindedirler.)

## N VE P YARI İLETKEN KRİSTALLERİNDE ELEKTRİN VE POZİTİF ELEKTİK YÜKÜ (OYUK) HAREKETLERİ

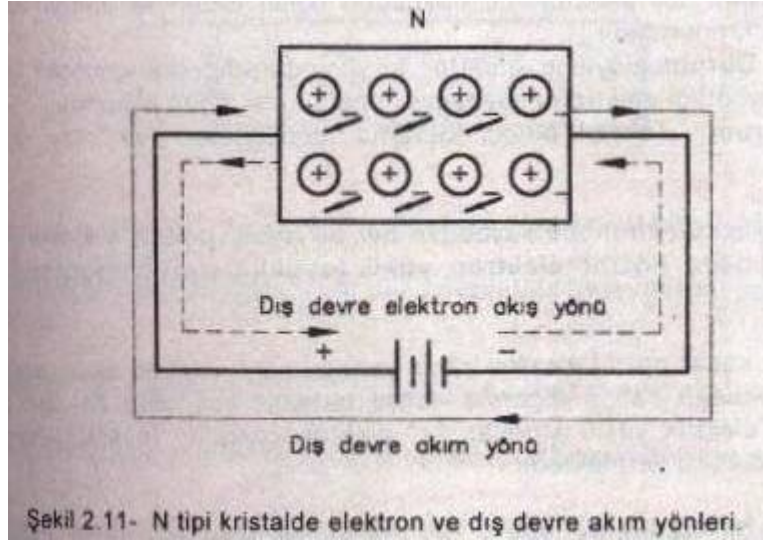
### N TİPİ KRİSTALDE ELEKTRONLARIN HAREKETİ

N tipi yarı iletken kristaline gerilim uygulandığında, kristal içerisindeki serbest elektronlar, şekil 2.11 'de görüldüğü gibi, gerilim kaynağının pozitif kutbunun çekme kuvveti ve negatif kutbunun da itme kuvveti etkisiyle, kaynağın pozitif (+) kutbuna doğru akar.;

Bu arada, kaynağın negatif (-) kutbundan çıkan elektronlar da kristale doğru hareket eder.

### Burada önemli bir hususu belirtmek gerekiyor:

Eskiden beri uygulanan uluslararası kurallara göre, dış devredeki akım yönü, şekil 2.11 'de görüldüğü gibi gerilim kaynağının, pozitif kutbundan negatif kutbuna doğru, yani elektron akışının tersi yönde gösterilmektedir.



Şekil 2.11- N tipi kristalde elektron ve dış devre akım yönleri.

Akımın bir devredeki işlevi bakımından, yönün önemi yoktur. Ancak bazı devre hesaplarında yön işareti koymak gerekebilir. Böyle bir durumda "+" --> "-" yönü pozitif yön ve "-" --> "+" yönü negatif yön alınır.

### P TİPİ KRİSTALLERDE POZİTİF ELEKTRİK YÜKÜNÜN (OYUK) HAREKETİ

"Pozitif elektrik yükü" (oyuk) bir elektron gibi hareket etmemektedir. Ancak anlatım kolaylığı bakımından, hareket ettiği kabul edilmiştir.

Katkı maddesi yokken, Ge ve Si atomlarının kovalan bağlarını kırarak bir elektronunu almak çok zor olduğu halde, katkı maddesi bu işlemi kolaylaştırmaktadır. Ve bir gerilim uygulandığında akım iletimi sağlanmaktadır. P tipi bir kristale şekil 2.12 'deki gibi bir gerilim kaynağı bağlanırsa şu gelişmeler olmaktadır.

**1) Durum:** Kaynağın pozitif kutbuna yakın bulunan ve bir elektronunu katkı maddesine vererek "+" elektrik yüklü hale gelmiş olan Ge ve Si atomu, kaynağında çekme kuvveti yardımıyla, bir sonraki atomun kovalan bağını kırarak, 1 elektronunu alır.

Ancak, dengesi bozulmuş olan atom bu elektronu sıkı tutamayacağından, kaynağın pozitif kutbunun çekme kuvveti etkisine kapılan elektron atomdan ayrılarak kaynağa doğru hareket eder.

**2) Durum:** Bir elektronunu kaybeden ikinci atom da ondan sonraki atomun elektronunu alır.

## TEMEL ELEKTRONİK

3) -5. Durum: Böylece, elektron bir atomdan diğerine geçecek ve son atom da kaybettiği elektronu kaynağın negatif kutbundan alacaktır.

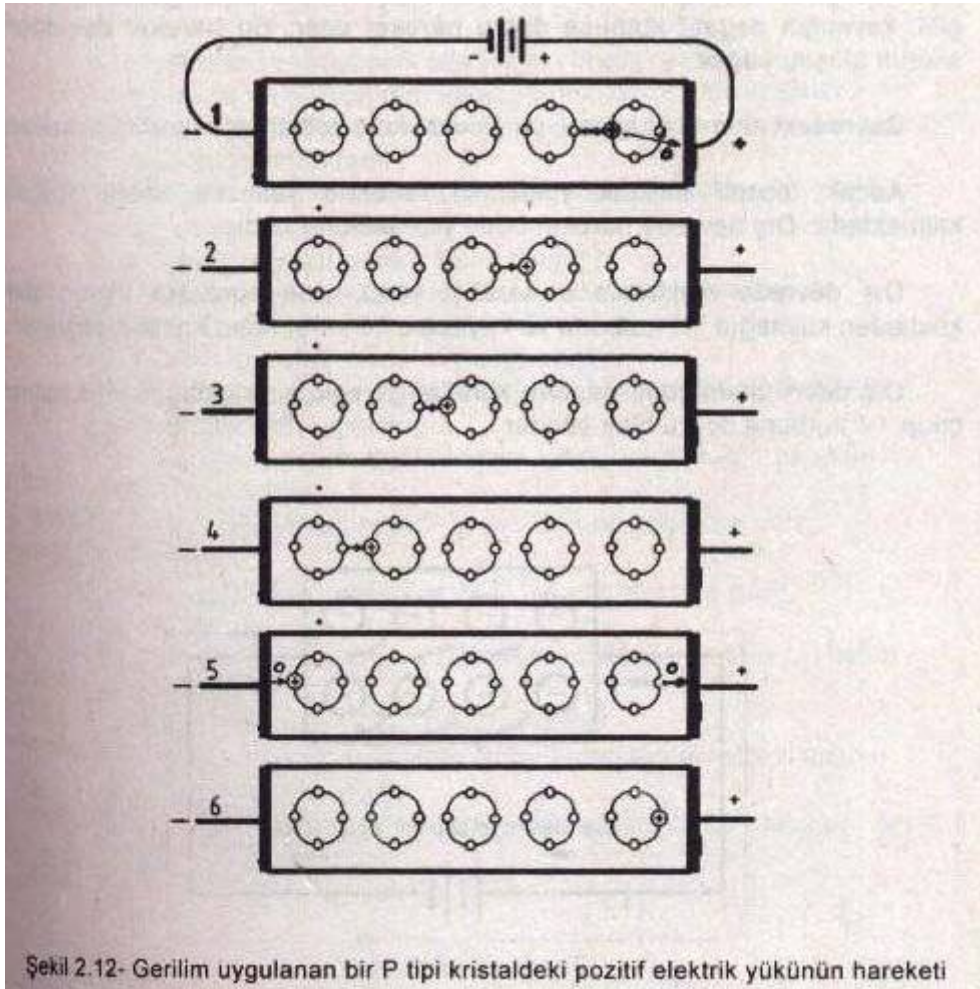
6. Durum: Tekrar birinci duruma dönmekte ve olay devam etmektedir.

Sıra ile bir elektronu kaybeden her bir atom, pozitif elektrik yüklü hale geldiğinden pozitif elektron yükü (oyuk) hareket ediyormuş gibi olmaktadır.

Her ne kadar pozitif elektrik yükü, yani bu yükü taşıyan atom, elektron gibi bir noktadan kalkıp diğerine doğru hareket edemese de, ard arda oluşan "+" elektrik yüklü atomlar, "+" elektrik yükünün (oyuğun) hareket ettiği görüntüsünü vermektedir.

**Böyle bir açıklama şekli, diyotların ve transistörlerin çalışma prensibini daha kısa yoldan anlatımını sağlamaktadır.**

Elektronların atomdan atoma geçişi, hareket hızını düşürdüğünden **P tipi kristaldeki akım hızı N tipine göre daha yavaştır.**



## TEMEL ELEKTRONİK

### Bu açıklamalar yardımıyla, P tipi kristaldeki akım iletimi şu şekilde yorumlanır:

Şekil 2.13 'de görüldüğü gibi, P tipi kristale bir gerilim kaynağı bağlansın. P tipi kristaldeki akım iletimi de N tipi kristale benzer şekilde açıklanır.

Gerilim kaynağı, N tipi kristaldeki elektronları nasıl etkiliyorsa, P tipi kristalde de pozitif elektrik yüklerini benzer şekilde etkilediği düşünülür.

### Şöyle ki:

Şekil 2.13 'ten takip edilirse,

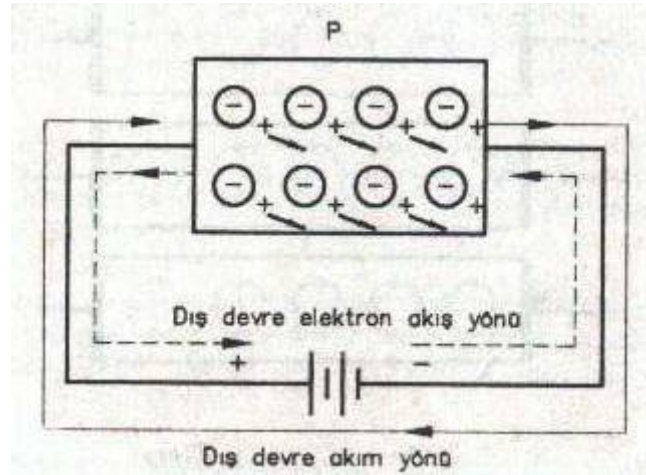
Gerilim kaynağının "+" kutbu, kristaldeki "+" elektrik yüklerini iter ve "-" kutbu da çeker. Böylece, "+" elektrik yükleri, şekilde oklar ile gösterilmiş olduğu gibi, kaynağın negatif kutbuna doğru hareket eder. Bu hareket devreden bir akımın akışını sağlar.

Devredeki akımın oluşumu, bu şekilde kısa yoldan açıklanmış olmaktadır.

Ancak pozitif elektrik yüklerinin hareketi yalnızca kristal içerisinde kalmaktadır. Dış devrede hareket eden yine elektronlardır.

Dış devrede elektronların hareket yönü, yine kurallara uygun olarak kristalden kaynağın "+" kutbuna ve kaynağın "-" kutbundan kristale doğrudur.

Dış devre akım yönü de yine kurallar gereğince, kaynağın "+" kutbundan çıkıp, "-" kutbuna doğru olan yöndür.



Şekil 2.13 - P tipi gerilim kaynağı bağlanması halinde pozitif elektrik yükü (oyuk) ve elektron hareketleri