

KATIHAL FİZİĞİ 2-FİZ 410

Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi
Fizik Bölümü

YARIİLETKENLER

3. hafta

Yarıiletken

- ❑ **Yarı iletken** üzerine yapılan mekanik işin etkisiyle iletken özelliği kazanabilen, normal şartlar altında yalıtkan olan maddelerdir.
- ❑ Normal durumda yalıtkan olan bu maddeler [ısı](#), [ışık](#), [manyetik etki](#) veya [elektriksel gerilim](#) gibi dış etkiler uygulandığında bir miktar değerlik elektronlarını serbest hale geçirerek iletken duruma gelirler. Uygulanan bu dış etki veya etkiler ortadan kaldırıldığında ise yalıtkan duruma geri dönerler. Bu özellik [elektronik](#) alanında yoğun olarak kullanılmalarını sağlamıştır.

Neden Yarıiletken?

❑ Mutlak sıcaklıkta **yalıtkan**, ısı, ışık, manyetik etki veya elektriksel gerilim gibi dış etkilerle **iletken**

★ Aynı malzeme hem iletken hem de yalıtkan özellik sergileyebiliyor.

Teknoloji de çığır açtı

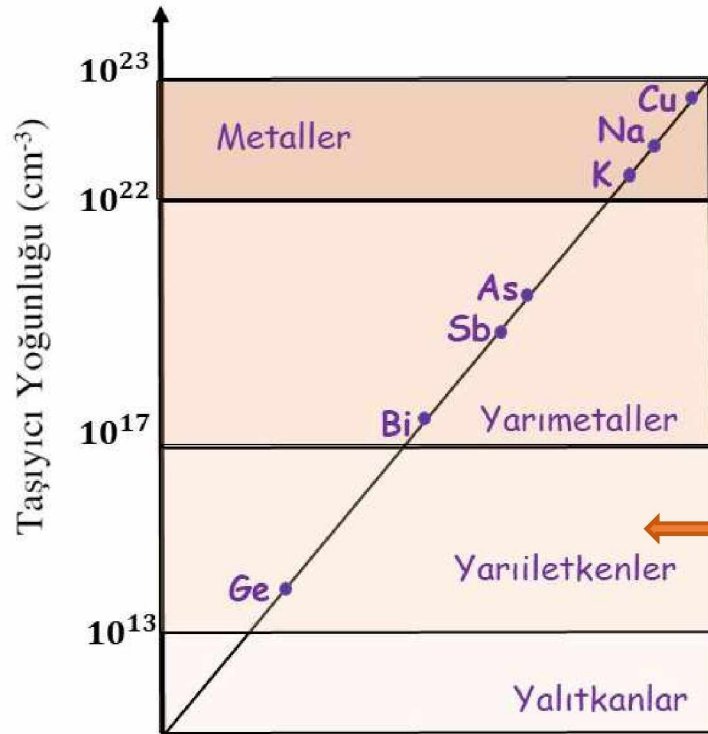
Neden Yarıiletken?

- Yarıiletkenler için tam analitik çözümler elde edilebilir (Maxwell-Boltzamn istatistiği)

Dağılım fonksiyonları

- $f(\epsilon) = \frac{1}{e^{(\epsilon-\mu)/kT}}$ → Maxwell-Boltzman dağılım fonksiyonu
- $f(\epsilon) = \frac{1}{e^{(\epsilon-\mu)/k_B T} + 1}$ → Fermi-Dirac dağılım fonksiyonu
- $f(\epsilon) = \frac{1}{e^{(\epsilon-\mu)/k_B T} - 1}$ → Bose-Einstein dağılım fonksiyonu

İletim elektron yoğunluğu



Yarıiletken bölge safsızlık yoğunluğunu değiştirerek daha yukarıdaki bölgeye doğru büyütülebilir.

Taşıyıcı yükler

- Yük taşıyıcıları

- Metal



sayısı; **sabit** (elektronlar)
hareketlilikleri; **değişken** (sıcaklık, yapı kusurlarının yoğunluğu gibi faktörlerle azaltılıp arttırılabilir)

- Yarıiletken



sayısı; **değişken** (elektronlar ve holler)
hareketlilikleri; **değişken** (sıcaklık vb. faktörler)

Yarıiletkenlerin isimlendirilmesi

- III-V bileşiği: AB \longrightarrow InSb, GaAs

3 değerlikli 5 değerlikli

- II-VI bileşiği: AB \longrightarrow ZnS, CdS

2 değerlikli 6 değerlikli

- IV-IV bileşiği: SiC

PERİYODİK TABLO

1A	2A	PERİYODİK TABLO										3A	4A	5A	6A	7A	8A	
1 H	2 Be											3 B	4 C	5 N	6 O	7 F	8 He	
2 Li	3 Mg	3B	4B	5B	6B	7B	8B	8B	8B	1B	2B	9 Al	10 Si	11 P	12 S	13 Cl	14 Ar	
3 Na	4 Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	15 Ga	16 Ge	17 As	18 Se	19 Br	20 Kr	
4 K	5 Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	19 In	20 Sn	21 Sb	22 Te	23 I	24 Xe
5 Cs	6 Ba	57-71	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	29 Tl	30 Pb	31 Bi	32 Po	33 At	34 Rn	
6 Fr	7 Ra	89-103	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	49 Nh	50 Fl	51 Mc	52 Lv	53 Ts	54 Og	
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		
		ALKALI METALLER		TOPRAK ALKALI METALLER				DİĞER METALLER										
		GEÇİŞ METALLERİ		ARA GEÇİŞ METALLERİ				YARI METALLER										
		SOYGAZLAR		LANTANİT				AKTİNİT										

Bağlanma

• Si: $1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^2$ (14 elektron)

• Ge: $1s^2 / 2s^2 2p^6 / 3s^2 3p^6 / 4s^2 3d^{10} 4p^2$ (32 elektron)

} son yörüngede
4 elektron

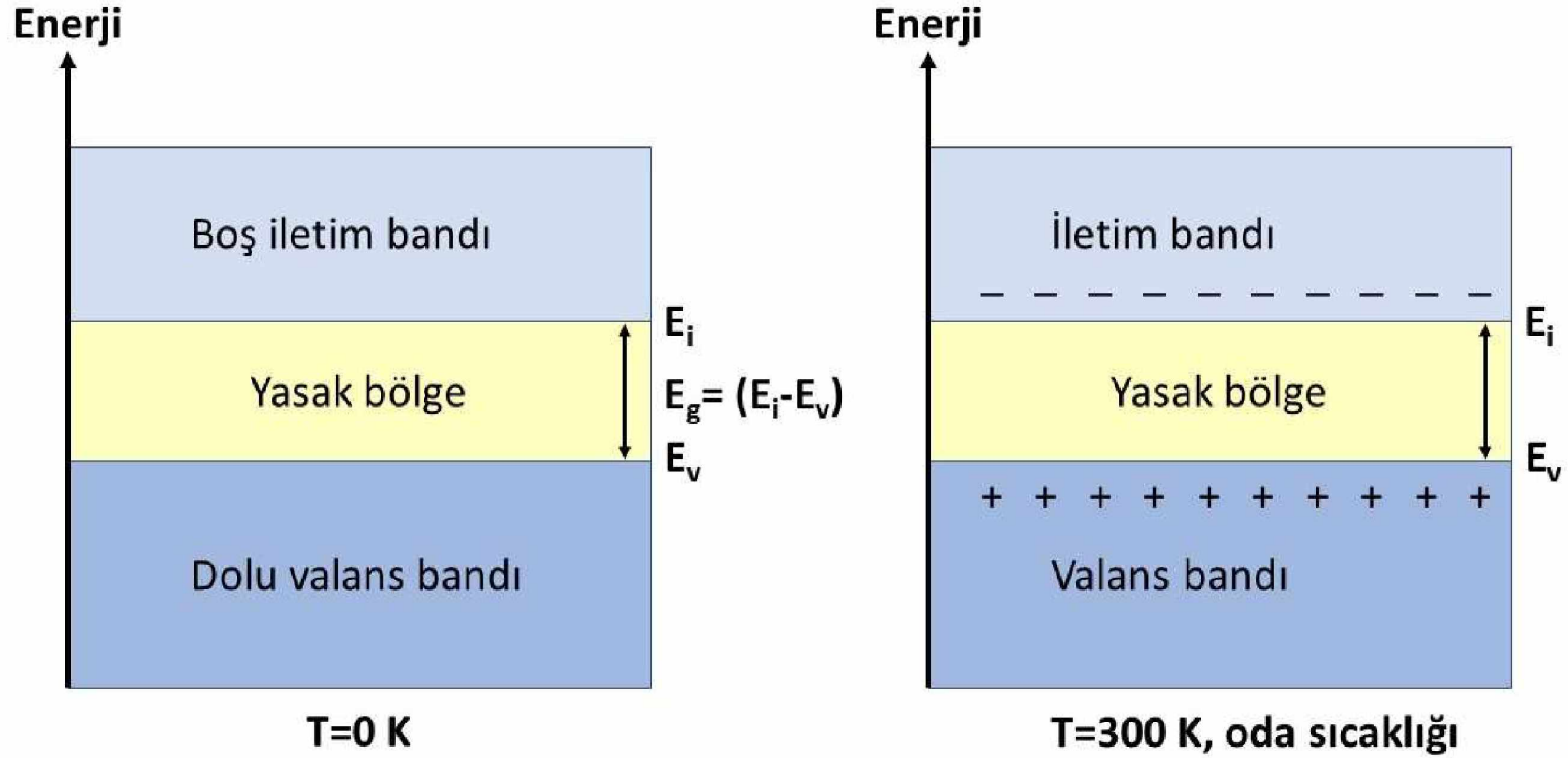
○ Si: $1s^2 / 2s^2 2p^6 / \mathbf{3s^1 3p_x^1 3p_y^1 3p_z^1}$

○ Si: $1s^2 / 2s^2 2p^6 / \mathbf{3s^1 3p_x^1 3p_y^1 3p_z^1}$

} son yörüngede
4 elektron

} sp^3 hibritleşmesi

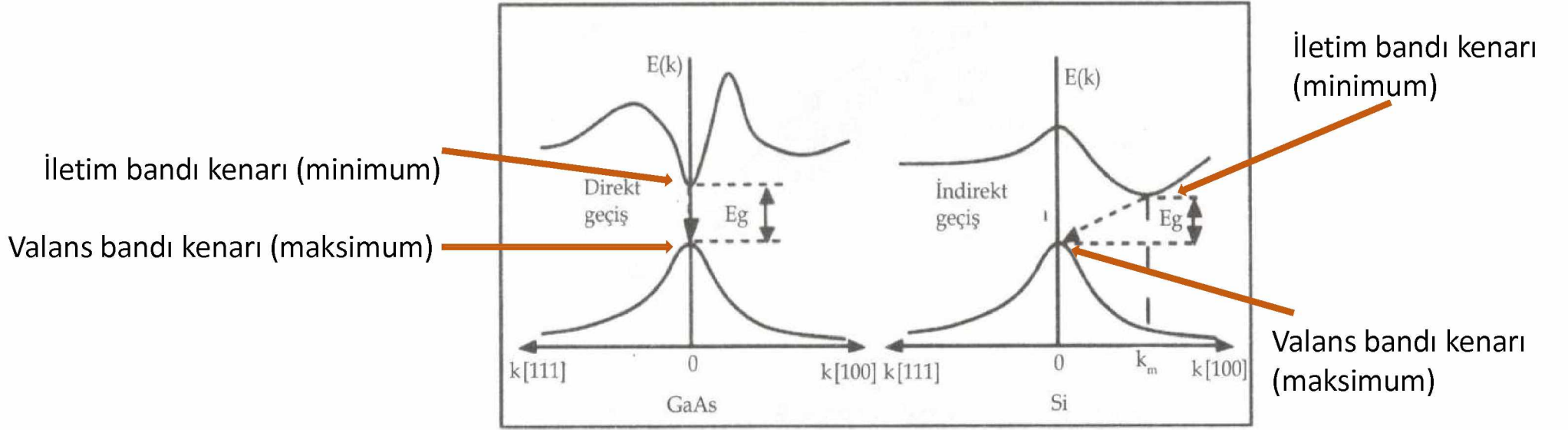
Termal olarak uyarılmış yarıiletken



Yarıiletken bant aralığı

- İçsel (öz) iletkenlik ve içsel (öz) taşıyıcı yoğunluğu büyük oranda E_g/kT ile kontrol edilir.
 - E_g/kT büyükse öz taşıyıcı yoğunluğu ve iletkenlik düşüktür.
- Yarıiletkenler band aralığındaki geçişe göre sınıflandırılabilir;
 - Direkt (doğrudan) band aralığına sahip yarıiletkenler: GaAs, InSb
 - İndirekt(doğrudan olmayan) band aralığına sahip yarıiletkenler: Si, Ge

Yarıiletken bant aralığı



(Şekil Kaynak [2]' den alınmıştır.)

Yarıiletken bant aralığı

- Direkt geçiş: E_g enerjisine sahip kristal tarafından soğurulan bir foton bir elektron ve bir hol (boşluk) yaratır.
 - Momentum ve enerji korunur.
 - $k=0$ 'daki bir elektron ile $k=0$ 'daki bir hol (k değerleri aynı)
 - Işımalı geçiş (LED)

$$h\nu = E_g$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda(\mu m) = 1,24 \frac{eV \cdot \mu m}{E_g (eV)}$$

h , Planck sabiti; ν fotonun frekansı; c ışığın hızı

Yarıiletken bant aralığı

- İndirekt geçiş: İletim bandının minimumu ile valans bandının maksimumu aynı k değerinde değildir.
 - Elektron için $k=(k_m, 0, 0)$
Hol için $k=(0, 0, 0)$
 - Momentum korunur.
 - Hem bir foton hem de bir veya birkaç fononu içerir.

$$k(\text{foton}) = k_c + K$$

$$h\nu = E_g + h\Omega$$

Kaynaklar

1. 'Katıhal Fiziğine Giriş', Charles Kittel, (Çeviri: Gülsen Önengüt, Demir Önengüt), 8. baskı, Palme 2014
2. 'Katıhal Fiziği', Doç. Dr. Şakir Aydoğan, 1. baskı, Nobel Yayın Dağıtım, 2011
3. 'Katıhal Fiziği', Prof. Dr. Mustafa Dikici, 3. baskı, Seçkin Yayıncılık, 1993
4. 'Katıhal Fiziğine Giriş', Prof. Dr. Tahsin Nuri Durlu, 2. baskı