

KATIHAL FİZİĞİ 2-FİZ 410

Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi
Fizik Bölümü

YARIİLETKENLER- devam

6. hafta

İçsel (intrinsic) yarıiletkenler – taşıyıcı yoğunluğu hesabı

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

Dağılım fonksiyonları

$$\bullet f(\epsilon) = \frac{1}{e^{(\epsilon-\mu)/kT}}$$



Maxwell-Boltzmann dağılım fonksiyonu

$$\bullet f(\epsilon) = \frac{1}{e^{(\epsilon-\mu)/k_B T} + 1}$$



Fermi-Dirac dağılım fonksiyonu

$$\bullet f(\epsilon) = \frac{1}{e^{(\epsilon-\mu)/k_B T} - 1}$$



Bose-Einstein dağılım fonksiyonu

İçsel(intrinsic) yarıiletkenler – taşıyıcı yoğunluğu hesabı

Basit parabolik bant kenarlarına sahip bir katkısız yarıiletkenin taşıyıcı yoğunluğunu sıcaklığın bir fonksiyonu olarak bant aralığı (E_g) cinsinden bulalım.

Yarıiletkenin iletim bandı için $\epsilon - \mu \gg k_B T$ olsun, Fermi-Dirac dağılım fonksiyonu Maxwell-Boltzman dağılım fonksiyonuna indirgenir;

$$f(\epsilon) \cong \frac{1}{e^{(\epsilon - \mu)/kT}}$$

İçsel(intrinsic) yarıiletkenler – taşıyıcı yoğunluğu hesabı

İletim bandındaki bir elektronun enerjisi;

$$\epsilon_k = E_i + \frac{\hbar^2 k^2}{2m_e} \quad m_e; \text{ elektronun etkin kütlesi}$$

ϵ' deki elektronlar için durum yoğunluğu;

$$D_e(\epsilon) = \frac{1}{2\pi^2} \left(\frac{2m_e}{\hbar^2} \right)^{\frac{3}{2}} (\epsilon - E_i)^{1/2}$$

İçsel(intrinsic) yarıiletkenler – taşıyıcı yoğunluğu hesabı

İletim bandındaki elektronların yoğunluğu;

$$n = 2 \left(\frac{m_e k_B T}{2\pi \hbar^2} \right)^{3/2} \exp[(\mu - E_i)/k_B T]$$

Boşlukların(hol) yoğunluğu(p) için; boşlukların dağılım fonksiyonunu yazmak gerekir.

$$f_d = 1 - f_e$$

$$f_d = 1 - \frac{1}{\exp\left[\frac{(\epsilon - \mu)}{k_B T}\right] + 1} = \frac{1}{\exp\left[\frac{(\mu - \epsilon)}{k_B T}\right] + 1} \cong \exp\left[\frac{(\epsilon - \mu)}{k_B T}\right]$$

İçsel(intrinsic) yarıiletkenler – taşıyıcı yoğunluğu hesabı

valans bandı kenarı(tepe)ndaki boşluklar(deşik) için durum yoğunluğu;

$$D_d(\epsilon) = \frac{1}{2\pi^2} \left(\frac{2m_d}{\hbar^2} \right)^{3/2} (E_v - \epsilon)^{1/2}$$

valans bandındaki boşluklar(deşik) yoğunluğu;

$$p = 2 \left(\frac{m_d k_B T}{2\pi \hbar^2} \right)^{3/2} \exp[(E_i - \mu)/k_B T]$$

Denge bağıntısı = n.p

$$np = 4 \left(\frac{k_B T}{2\pi \hbar^2} \right)^3 (m_e m_d)^{3/2} \exp[(E_g)/k_B T]$$

İçsel(intrinsic) yarıiletkenler – taşıyıcı yoğunluğu hesabı

Katkısız bir yarıiletkende elektronların sayısı boşlukların sayısına eşittir. Çünkü ısısal uyarılma ile iletim bandına geçen bir elektron, valans bandında bir boşluk bırakır.

$$E_g = E_i - E_d$$

$$n_i = p_i = 2 \left(\frac{k_B T}{2\pi\hbar^2} \right)^{3/2} (m_e m_d)^{3/4} \exp[(-E_g)/2k_B T]$$

İçsel(intrinsic) yarıiletkenler – taşıyıcı yoğunluğu hesabı

$$\begin{aligned} n &= p \text{ ise} \\ \exp\left(\frac{2\mu}{k_B T}\right) &= (m_e m_d)^{3/2} \exp[(E_g)/k_B T] \\ \mu &= \frac{1}{2} E_g + \frac{3}{4} k_B T \ln\left(\frac{m_d}{m_e}\right) \\ m_d &= m_e \text{ ise } \mu = \frac{1}{2} E_g \text{ olur.} \end{aligned}$$

Fermi düzeyi yasak aralığın ortasındadır.

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