

KATIHAL FİZİĞİ 2-FİZ 410

Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi
Fizik Bölümü

YARIİLETKENLER- devam

5. hafta

Etkin kütle

Serbest bir elektron için enerji;

$$E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$$

olarak bilinmektedir. Bir elektronun kütesini bulmak için bu eşitlikten yararlanabiliriz.

$$\frac{dE}{dk} = \frac{\hbar^2 k}{m} = \hbar v_g \text{ ise } v_g = \frac{1}{\hbar} \frac{dE}{dk} \quad (\text{grup hızı})$$

$$\frac{1}{m^*} = \frac{1}{\hbar^2} \frac{d^2 \epsilon}{dk^2}$$

Elektronlar/boşluklar'ın kristal içinde tamamen serbest olduğu söylenemez. Periyodik olan örgü potansiyeli ile etkileşirler. Boş uzaydaki elektron/boşluk kütesi(m_e/m_b) ile kristal içindeki elektron/boşluk kütesi (m_e^*/m_b^*) birbirinden farklıdır.

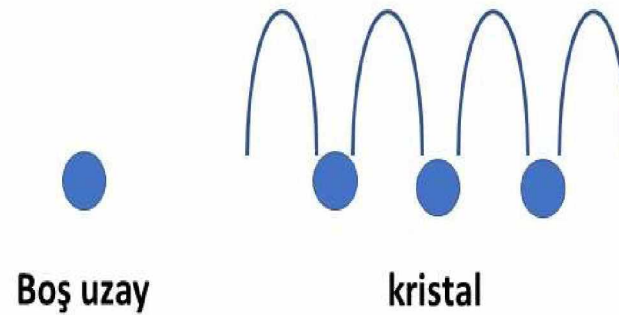
Etkin kütle

$$\frac{1}{m_e^*} = \frac{1}{\hbar^2} \frac{\partial^2 E_e}{\partial k^2}$$

Elektronların etkin kütlesi

$$\frac{1}{m_b^*} = \frac{1}{\hbar^2} \frac{\partial^2 E_b}{\partial k^2}$$

Boşlukların etkin kütlesi



Etkin kütle

Bir kristal içindeki bir elektronun etkin kütlesi sabit değildir, k 'nın bir fonksiyonudur. Kütle farklı enerji bantlarında k 'nın bir fonksiyonu olduğu için farklı değerler alacaktır.

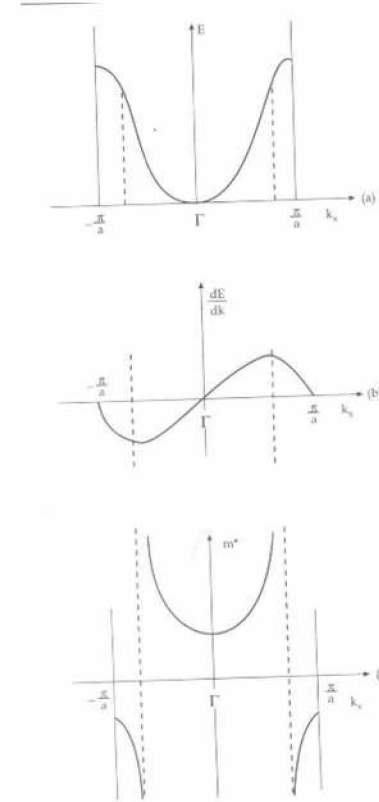
Elektron

- bir enerji bandının üst yarısında ise etkin kütlesi negatif
- bir enerji bandının alt yarısında ise etkin kütlesi pozitif
- bandın ortasına yakın bir bölgesinde ise sonsuz

olma eğilimindedir.

Etkin kütle

- İndirgenmiş bölge şemasının band yapısı
- Enerjinin birinci türevi (grup hızı)
- İlk şeklin ikinci türevinin karesi



(Şekil Kaynak [2]' den alınmıştır.)

Etkin kütle

Üç boyutlu kristallerde etkin kütle 3x3 formunda bir tensör ile verilir. Çünkü elektronun ivmelenmesi uygulanan kuvvetin doğrultusuna göre farklı değerler alır.

$$m^* = \begin{pmatrix} m_{xx}^* & m_{xy}^* & m_{xz}^* \\ m_{yx}^* & m_{yy}^* & m_{yz}^* \\ m_{zx}^* & m_{zy}^* & m_{zz}^* \end{pmatrix}$$

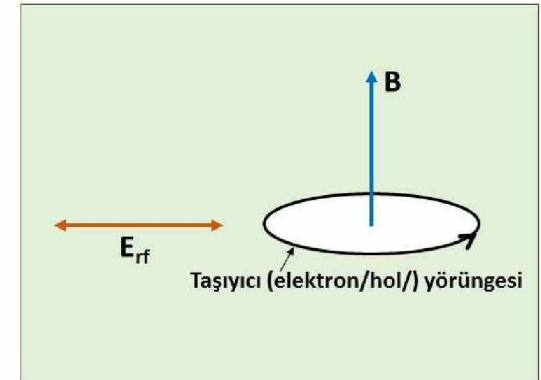
$$m_{xx}^* = \frac{1}{\hbar^2} \frac{\partial^2 E_b}{\partial k_x^2}; m_{xy}^* = \frac{1}{\hbar^2} \frac{\partial^2 E_b}{\partial k_x \partial k_y}; \dots$$

Yarıiletkenlerde Etkin kütle

Birçok yarıiletkenin bant kenarları (iletim/valans bandı) yakınında bulunan taşıyıcıların (elektron/boşluk) etkin kütleleri siklotron rezonansı ile belirlenebilir. Bir yarıiletken için siklotron rezonansı, **düşük** taşıyıcı yoğunluğunda cm veya mm dalga radyasyonu ile belirlenir.

Açısal dönme frekansı

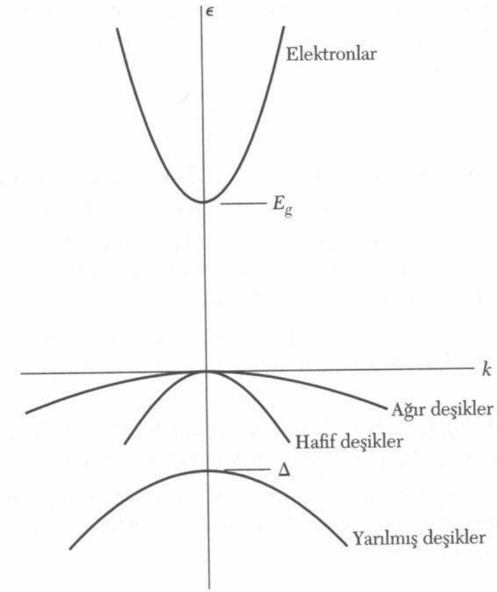
$$\omega_c = \frac{eB}{m^*}$$



Elektronlar ve boşluklar zıt yönde hareket ederler.

Yarıiletkenlerde Etkin kütle

Doğrudan bant aralıklı
bir yarıiletkenin bant kenarı
yapısının basitleştirilmiş gösterimi



(Şekil Kaynak [1]' den alınmıştır.)

Yarıiletkenlerde Etkin kütle

Valans bantları, bant kenarı yakınında 3 katlıdır;

$$\begin{aligned} \epsilon_{ad} &\cong -\frac{\hbar^2 k^2}{2m_{ad}} && \longrightarrow \text{ağır deşik(boşluk) (ad) bandı} \\ \epsilon_{hd} &\cong -\frac{\hbar^2 k^2}{2m_{hd}} && \longrightarrow \text{hafif deşik(boşluk) (hd) bandı} \\ \epsilon_{syd} &\cong -\Delta - \frac{\hbar^2 k^2}{2m_{syd}} && \longrightarrow \text{spin-yörünge yarılmaları } \Delta \text{ ile} \\ &&& \text{ayrılmış olan syd bandı} \end{aligned}$$

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