

8223036 栗山淳

エレクトロニクス材料学 第7回 課題

1. 電界がかかった結晶中の電子の運動方程式から、ニュートンの運動方程式 $ma = F$ が導かれることを確認してください。

量子化運動量は以下の式で求めることができる

$$P = \hbar k$$

両辺を t で微分すると

$$\frac{dP}{dt} = \hbar \frac{dk}{dt} \quad *$$

結晶中の電子の運動方程式は以下のように表すことができる。

$$\frac{dk}{dt} = -\frac{1}{\hbar} qE$$

この式を * の式に代入すると

$$\begin{aligned} \frac{dP}{dt} &= \hbar \cdot \left(-\frac{1}{\hbar} qE \right) \\ &= -qE \end{aligned}$$

2. 電子の有効質量とは何か説明してください。

有効質量は周期的ポテンシャルの中を電界 E の下で運動している電子の質量である。

3. 自由電子のエネルギーの式 $\varepsilon = \frac{\hbar^2}{2m} k^2$ を群速度 $v_g = \frac{1}{\hbar} \frac{d\varepsilon}{dk}$ に代入すると何が分かるか説明してください。

自由電子のエネルギーの式 $\varepsilon = \frac{\hbar^2}{2m} k^2$ を群速度 $v_g = \frac{1}{\hbar} \frac{d\varepsilon}{dk}$ に代入すると

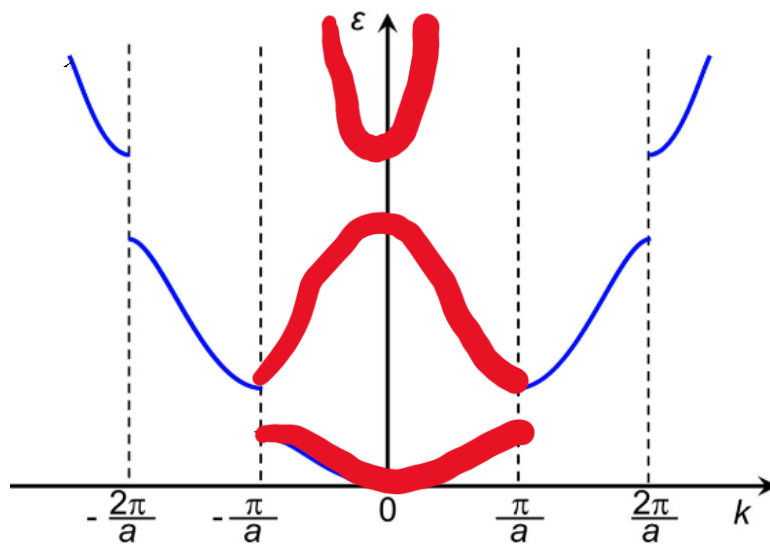
$$v_g = \frac{1}{\hbar} \cdot \frac{\hbar^2}{m} k = \frac{\hbar k}{m} = \frac{P}{m}$$

このようになり、 $p = mv$ という古典力学の運動量が導ける

この式より自由電子の群速度は運動量に比例することが分かる。

つまり、自由電子の波としての性質と粒子としての運動が直接対応することが分かる。

4. 図は 1 次元結晶中の電子のエネルギーを拡張ゾーン表記で書いたものです。これを還元ゾーン表記で書き直してください。



還元ゾーン表記で書いたものを赤線で書いた。