

2 キャリアの運動

2-1 電界中における電子の運動

結晶中での伝導電子：不規則(ランダム)な熱運動をしている(図 1)。この運動は電子が結晶格子(原子)により散乱されるため方向性がなく、電流として寄与することはない。

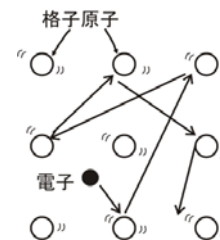


図1 結晶中の電子の運動

電界 E によるドリフト

電界 E 中における電子の運動方程式（熱平衡状態）

$$f = m^* \alpha = m^* \frac{dv}{dt} = -eE$$

ここで、 α は加速度、 v は速度、 e は電荷である。また、結晶中の電子の質量を m^* (有効質量という)とする。電子の速度 $v(t)$ は

$$v(t) = -\frac{e}{m^*} Et + v_0$$

となり、速度 $v(t)$ は、傾き $-e/m^*$ で時間 t に比例する。

電子が結晶格子と衝突して運動量を失うとすると、電子の時間的平均速度 $\langle v(t) \rangle$ は

$$\langle v(t) \rangle = v_D = -\frac{e}{m^*} E \tau$$

となる ($\langle v_0 \rangle = 0$)。ここで、電子が衝突から次の衝突までにかかる時間は 2τ とする (τ は平均自由時間 (散乱時間))。

電子は衝突を繰り返しながら電界と反対方向へ移動していく。この運動は「ドリフト(drift)運動」と呼ばれ、その速度は v_D (ドリフト速度) となる。このドリフト運動する電子によって流れる電流をドリフト電流(drift current)という。

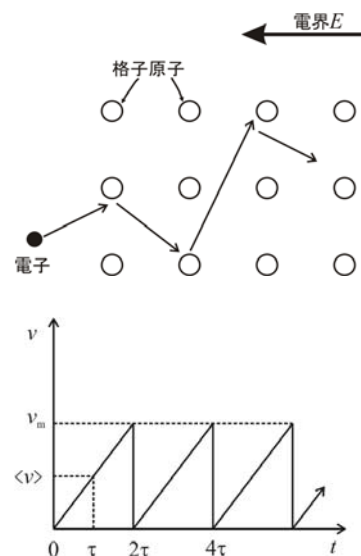


図2 電界中のドリフト運動

ドリフト速度 v_D

$$v_D = -\mu E \quad \rightarrow \quad \text{単位} \quad \left[\frac{m}{s} \right] = \left[\frac{m^2}{Vs} \right] \left[\frac{V}{m} \right]$$

$$\text{移動度(mobility): } \mu = \frac{e\tau}{m^*} \quad \left[\frac{m^2}{Vs} \right]$$

を定義すると、ドリフト速度は次のようになる。

$$v_D = -\frac{e\tau}{m^*} E = -\mu E$$

電流密度 $J = n(-e)v_D = ne\mu E$ であるので、オームの法則から導電率 σ は

$$\sigma = ne\mu$$

であることがわかる。正孔の場合もあわせて整理すると表 1 となる。

表 1 キャリアのドリフト速度と移動度

	散乱時間(平均自由時間)[s]	ドリフト速度[m/s]	移動度[m ² /Vs]
電子	τ_n	$v_n = -\mu_n E$	$\mu_n = \frac{e\tau_n}{m_n^*}$
正孔	τ_p	$v_p = \mu_p E$	$\mu_p = \frac{e\tau_p}{m_p^*}$