

4-7 導電率の温度依存性

結晶中を運動する電子（または正孔）の散乱を考える。

○不純物散乱 ……不純物原子（不純物イオン）

不純物イオンのクーロン力によってキャリアの運動の向きが変わる。

不純物散乱移動度(impurity scattering mobility)

$$\mu_I = b \left(\frac{m^*}{m_0} \right)^{-\frac{1}{2}} T^{\frac{3}{2}} \propto T^{\frac{3}{2}}$$

低速なキャリアほど散乱の効果が大きい。

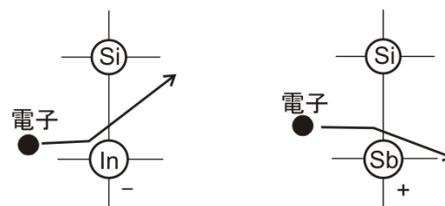


図 1 不純物散乱

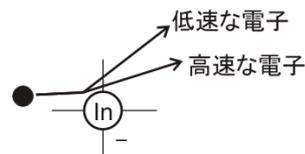


図 2 不純物イオンの影響

○格子散乱 ……結晶格子の熱運動

熱エネルギーによって原子が振動し、キャリアが衝突すると運動の向きが変わる。

格子散乱移動度(lattice scattering mobility)

$$\mu_L = a \left(\frac{m^*}{m_0} \right)^{\frac{5}{2}} T^{-\frac{3}{2}} \propto T^{-\frac{3}{2}}$$

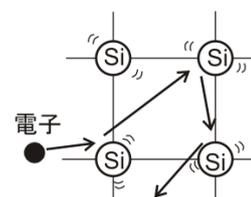


図 3 格子散乱

散乱要因として格子散乱移動度 μ_L と不純物散乱移動度 μ_I のみを考えるとドリフト移動度は

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{\mu_L} + \frac{1}{\mu_I}$$

となる。

- ・高温では $\mu_L \ll \mu_I \rightarrow \mu_L$ が支配的
- ・低温では $\mu_L \gg \mu_I \rightarrow \mu_I$ が支配的

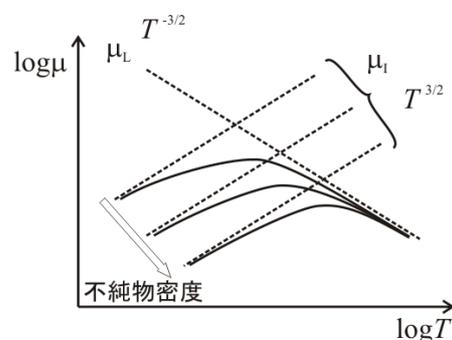


図 4 移動度の温度依存性

半導体の導電率

半導体の抵抗率(resistivity) $\rho[\Omega \cdot m]$ と導電率(conductivity) $\sigma[S/m]$ はそれぞれ

$$\rho = \frac{1}{e(\mu_n n + \mu_p p)} \quad \sigma = e(\mu_n n + \mu_p p)$$

である。これより、半導体の導電率は

$$\sigma \propto \text{移動度}[\mu_n, \mu_p] \times \text{キャリア密度}[n, p]$$

であることがわかる。すなわち、(キャリアを生成する)不純物濃度と導電率 σ は比例の関係になる(ただし、不純物濃度が増加すると移動度が減少するため、導電率 σ は不純物濃度と正確に比例しない)。

半導体の導電率の温度依存性

半導体のキャリア密度と移動度は、両者とも温度によって変化する。

●不純物半導体

低温

- ・ドナーから伝導帯へ電子が励起
 - ・不純物散乱が支配的
- } ⇒ σは増大

飽和領域

- ・ドナーは全てイオン化
 - ・格子散乱が支配的
- } ⇒ σは減少

真性領域

- ・価電子帯から伝導帯へ電子が励起
 - ・キャリア増加の方が移動度の減少よりも優勢
- } ⇒ σは急激に増大

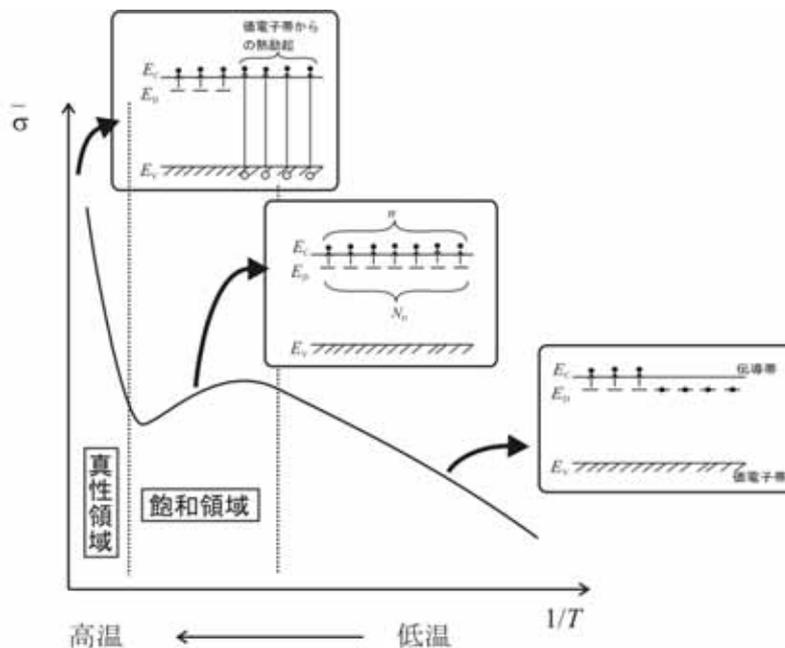


図 5 導電率の温度依存性

●真性半導体

- ・格子散乱が支配的 ⇒ σは増大(ρは減少)

$$\rho_i = \frac{1}{en_i(\mu_n + \mu_p)}$$

- ・温度上昇で ρ が減少する → 抵抗温度係数は「負」

●金属

- ・温度上昇で格子散乱により移動度減少 ⇒ σは減少(ρは増大)

抵抗温度係数は「正」