



無機材料化学 授業資料

(11月20日分)

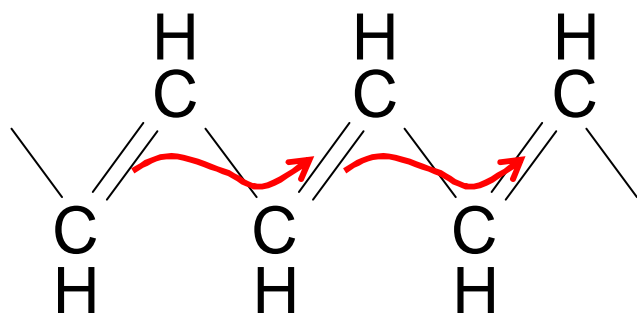
固体の電気的性質(1) 導電性

金属および半導体の基礎的事項

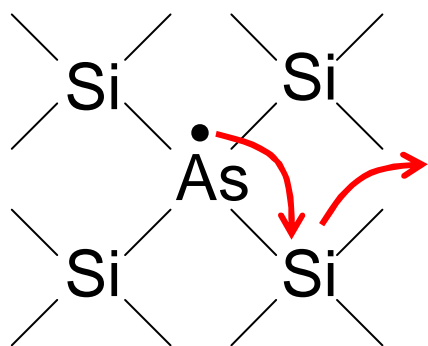
[4章4 - 1 ~ 4 - 5]

電氣的性質

導電性 電荷の流れ

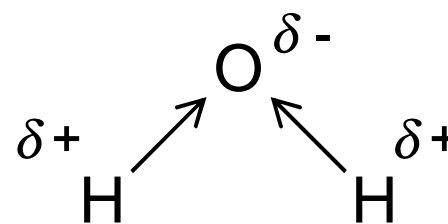


ポリアセチレン

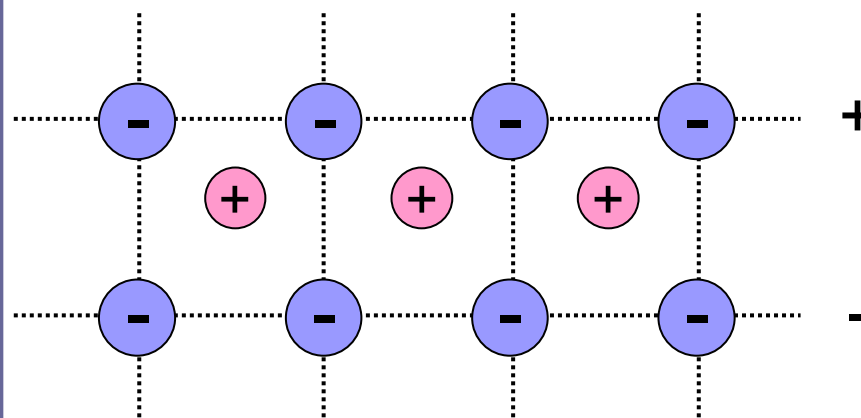


シリコン(不純物半導体)

誘電性 電荷の偏り



水



強誘電体 (BaTiO₃など)

導電性による材料の分類

(p.55)

電気の流れやすさ
(電気伝導率)

- ・超伝導体
- ・良導体 (導体)
- ・半導体
- ・絶縁体

電気を運ぶもの
(電荷担体、
キャリアー)

- ・電子伝導体
(ホール伝導体)
- ・イオン伝導体

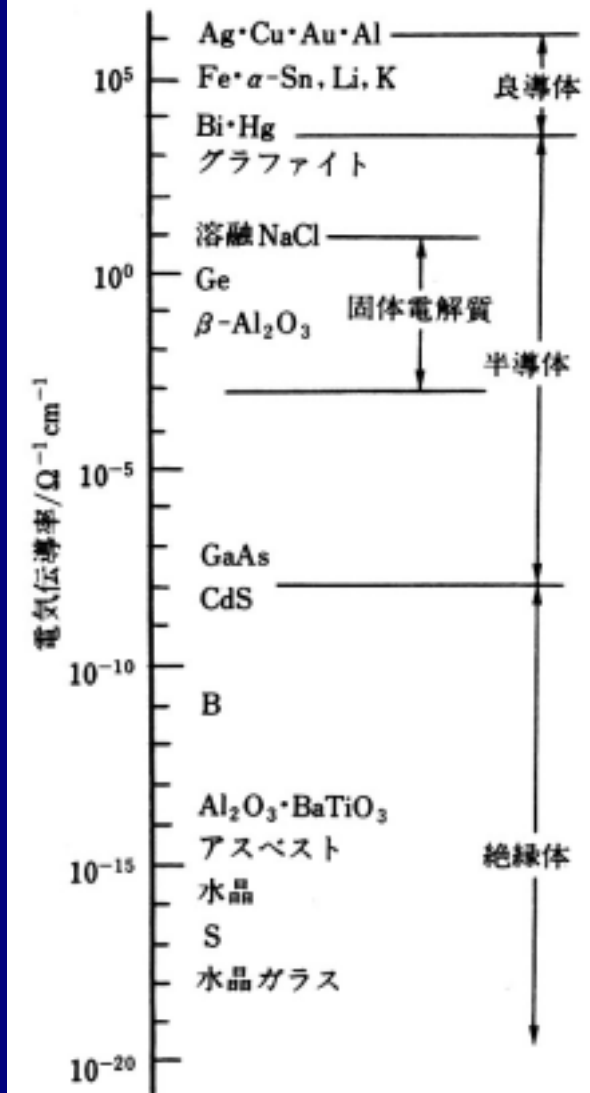
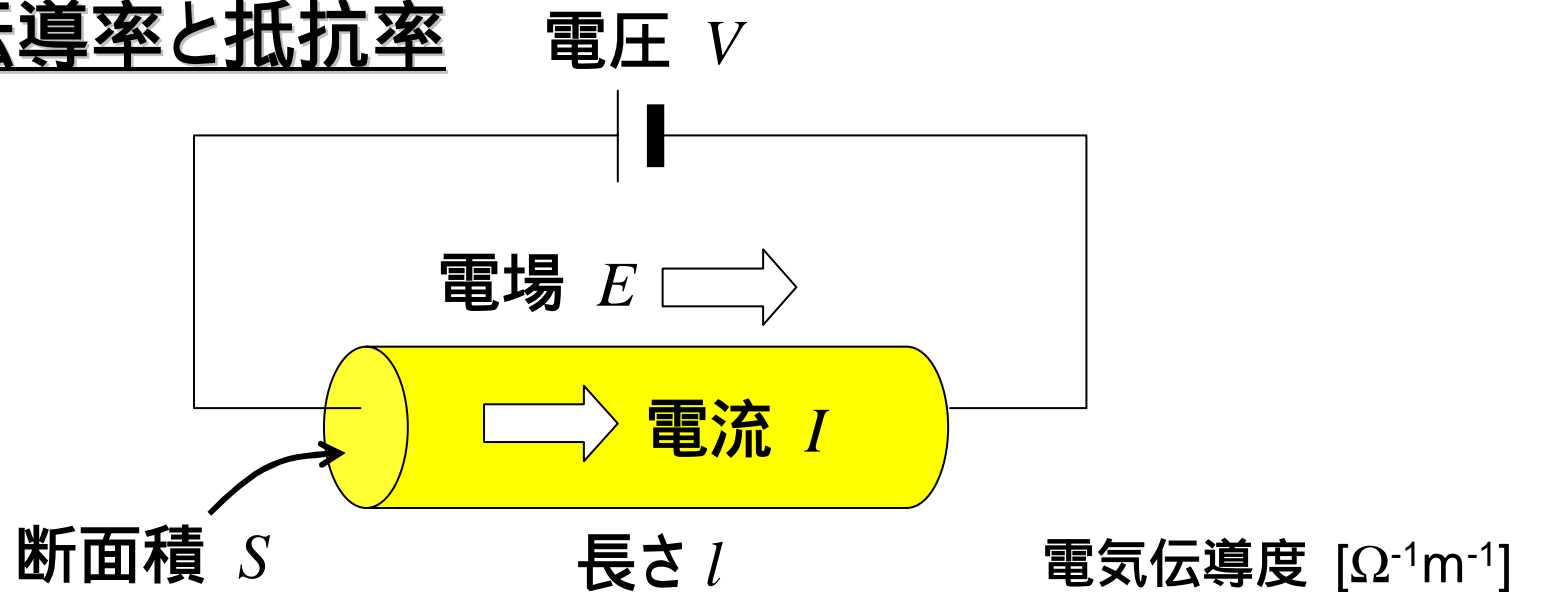


図 4-1 無機固体の電気伝導性

電気伝導率と抵抗率

(p.55 ~)



電流密度

$$J = \frac{I}{S} = nq\bar{v} = nq\mu E$$

単位断面積を通過する
電流量

n : キャリヤーの密度

q : " 電荷

\bar{v} : " 平均速度 $\bar{v} = \mu E$

μ : " 移動度

$$\frac{J}{E} = nq\mu = \sigma = \frac{1}{\rho}$$

電気伝導度 [$\Omega^{-1}\text{m}^{-1}$]
[$\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$]

抵抗率 [$\Omega \text{ m}$]
[$\Omega \text{ cm}$]

金属、半導体および絶縁体の違い (p.56 ~)

表 4-1 金属、半導体および絶縁体の電気伝導率 σ 、キャリアー密度 n と移動度 μ の概数

	$\sigma/\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$	n/cm^{-3}	$\mu/\text{cm}^2 \text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$
金属	$>10^3$	$10^{22}\sim 10^{23}$	$10\sim 10^2$
半導体	$10^3\sim 10^{-8}$	$10^{10}\sim 10^{17}$	$10^2\sim 10^5 (\mu_e), 10\sim 10^3 (\mu_p)$
絶縁体	$<10^{-8}$	$10^1\sim 10^4$	$10\sim 10^3$

$$\sigma = nq\mu$$

移動度 μ は大きく変わらない
キャリアー密度 n が大きく異なる



エネルギーバンド構造の違い

金属 (p.57~)

・キャリア密度 n が非常に大きい $10^{22} \sim 10^{23}$ 個/cm³

自由に動ける電子が多い

・電気伝導率は温度と不純物に大きく依存する

電子が散乱される頻度が変化する

移動度 μ が変化する

	温度上昇	不純物増加
電気伝導率	減少	減少
抵抗率	増加	増加

マティーンセンの法則 $\rho = \rho_L + \rho_i$

ρ_L : 格子振動に由来 温度変化あり

ρ_i : 不純物等に由来 温度変化なし

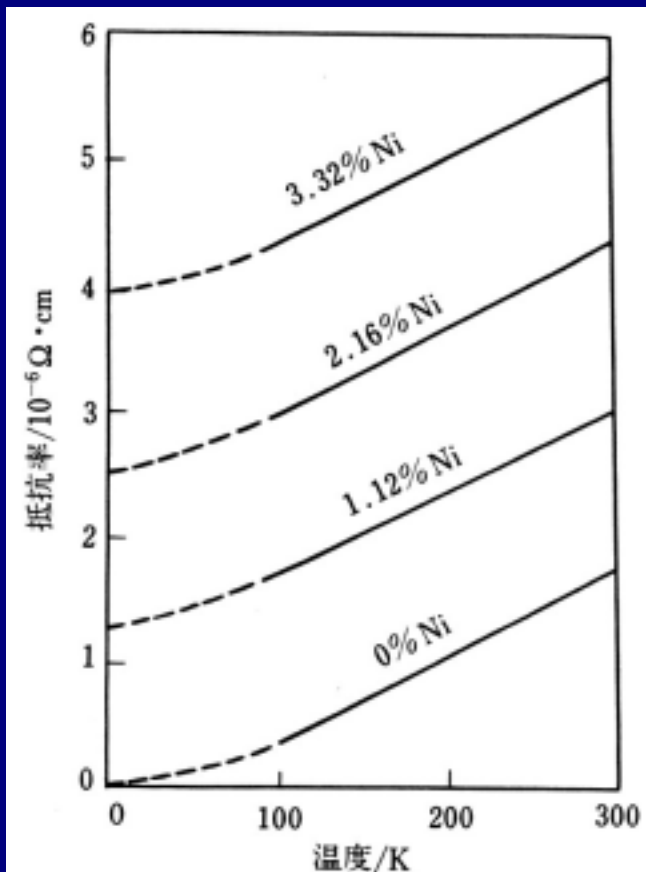


図 4-2 Cu-Ni 合金の抵抗率
(文献 4) より転載

電気伝導率 σ の温度依存性 (p.58 ~)

$$\sigma = nq\mu$$

金属
広い範囲で σ と T は反比例する
(ρ と T は比例)
変化の割合は小さい

半導体
 σ は温度と共に増加する
 $\sigma \propto \exp(-E_g/k_B T)$
 $\log \sigma \propto 1/T$

絶縁体
半導体と同様の温度変化
変化の割合が一番大きい

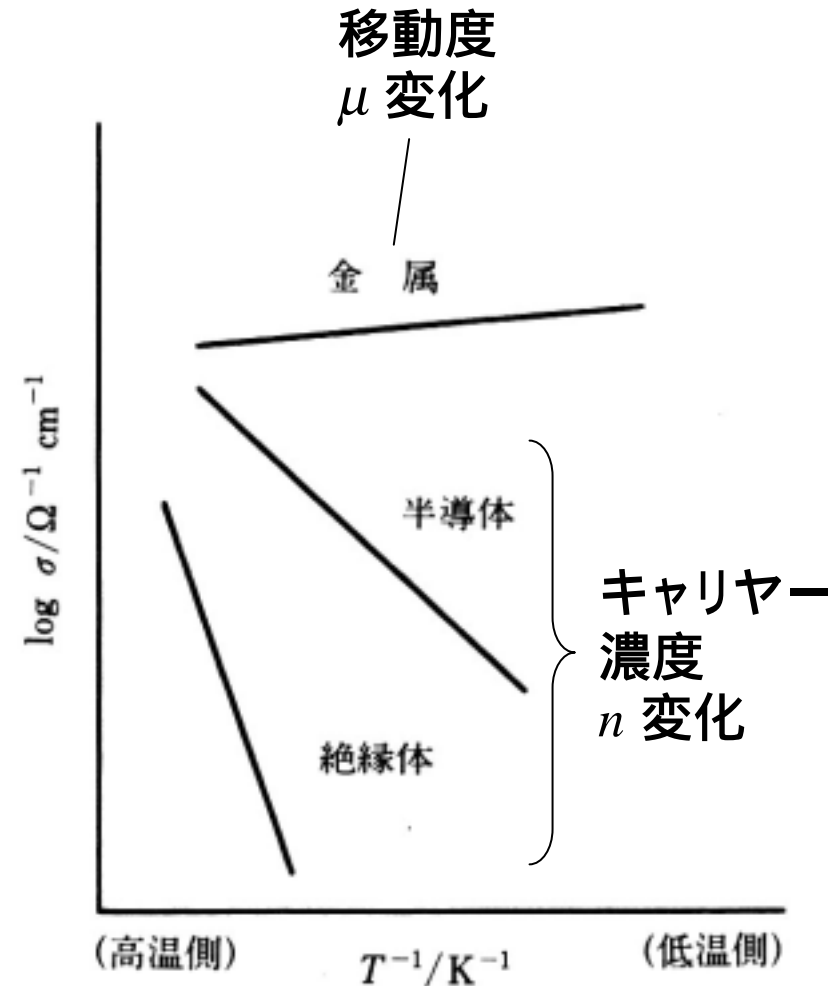


図 4-3 金属, 半導体, 絶縁体の電気伝導率の温度依存性

半導体

(p.59)

- ・キャリアーとして電子と正孔(ホール)の両者が関わる
- ・電気伝導率は温度と共に増加する
励起される電子の割合が増加する
キャリアー密度 n が増加する

表 4-2 半導体の種類

単体半導体	真性	n型 Si, Ge p型
	不純物	n型 Si(P, As), Ge(As) p型 Si(B, Al), Ge(Ga)
化合物半導体	真性	n型 ZnO, TiO ₂ , GaAs, CdS p型 Cu ₂ O, NiO
	不純物	n型 ZnO(Al ₂ O ₃) p型 NiO(Li ₂ O)

真性半導体

不純物半導体

n型

p型

純粋な元素または化合物

異なる価数の元素を不純物として含む

キャリアが電子(電荷が負、negative)

正孔(電荷が正、positive)

真性半導体

不純物半導体

