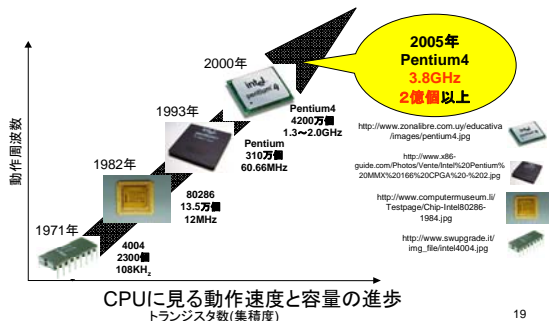


LSIの誕生と発展

18

ムーアの法則

- Intel社の創設者の一人であるGordon Moore博士が1965年に経験則として提唱した、「半導体の集積密度は18~24ヶ月で倍増する」という法則
- 集積密度の向上により、**動作速度の向上**、**メモリ容量の増大**を実現できた



19

- オームの法則: 抵抗値Rが小さいほど電気をよく通す (V:電圧, I:電流)

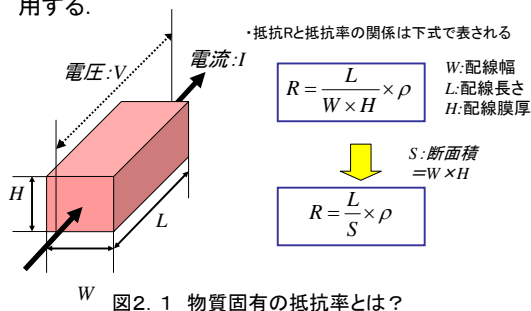
$$R = \frac{V}{I}$$

- **導体**: 銅やアルミニウムなどの金属のように電気をよく通す物質
 - **絶縁体**: 木やガラスのように電気を通さない物質
 - **半導体**: その中間の性質をもつ
- 抵抗値は物質の形状で変化するため、物質固有の電気の通しやすさを表す指標としては不適當。

☆ 半導体とは？

20

- 抵抗値は物質の形状で変化するので、物質固有の電気の通しやすさを評価するものとして**抵抗率**を使用する。



21

- 半導体の電気伝導性は金属と違って人為的に制御でき、抵抗値は金属に近いものから、絶縁体に近い値までをとる。したがって、抵抗率は広い範囲をとる。
- 金属: 温度が上がると電気が流れにくくなる性質
- 半導体: 温度が高いほど電気が流れやすくなる性質

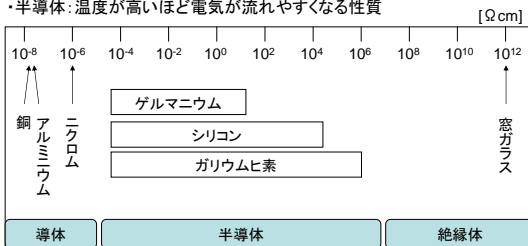


図2.2 様々な物質の抵抗率 (単位はΩcm)

22

- 代表的な半導体であるシリコン(Si)やゲルマニウム(Ge)は周期律表では第IV族で**価電子**を4個持つ。

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
H							He
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr

図2.3 元素の周期律表

23

- 4個の**価電子**が隣接する4個の原子と共有結合して、結晶ができています。
- ダイヤモンド型結晶構造とよばれる
- 1cm³あたりの原子数は約5×10²²個

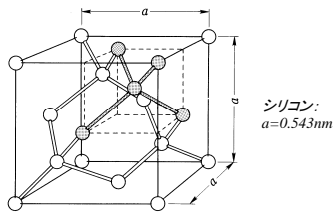


図2.4 シリコン結晶の構造

- 熱エネルギーによりごく一部の**価電子**が励起され、移動できる**正孔**と**伝導電子**が同数発生する。
- ただし室温では10¹⁰/cm³程度と数少ないため抵抗率が高い

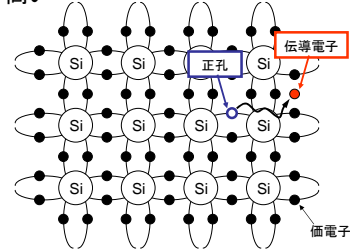


図2.5 真性半導体とキャリア

- 第V族不純物(As,P): 自身は**ドナー**(正)となり伝導電子を発生
- 第III族不純物(B): 自身は**アクセプタ**(負)となり正孔を発生
- 室温ではキャリア数=不純物数⇒抵抗率下がる

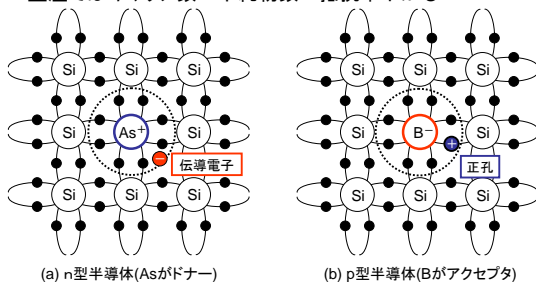


図2.6 不純物半導体とキャリア

- 多数キャリア密度 = 不純物密度

$$n = N_d \quad p = N_a$$

$$n \times p \approx 2 \times 10^{20} \quad \text{@室温 on Si}$$

- 移動度 μ

$$v_n = \mu_n E \quad v_p = \mu_p E$$

- 抵抗率 ρ

$$\rho_n = \frac{1}{en\mu_n} \quad \rho_p = \frac{1}{ep\mu_p}$$

☆キャリア密度, 移動度, 抵抗率の関係

- 低不純物濃度では、濃度と抵抗率は反比例する
- 高不純物濃度では移動度が低下するため抵抗率が高くなる
- n型, p型抵抗率の差は移動度の差が原因

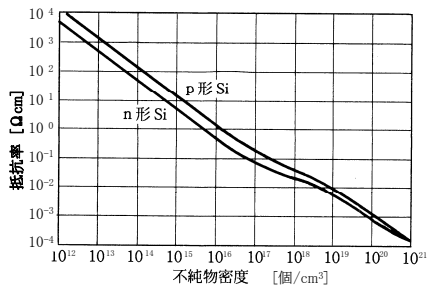


図2.7 不純物濃度と抵抗率の関係

- 電界印加時, 1秒間に断面を通過するキャリアを考える
 - 正の電荷を持つキャリア(正孔)だけを考える
 - 下図の赤い平面を1秒間に通過するキャリアは, 赤い平面からキャリア速度 v だけの距離に存在するキャリア数

資料の長さ L

断面積 S

電流 I

電流密度 J

電界 E

ホール密度 p

抵抗率の式 $R = \rho \cdot \frac{L}{S}$ (1.1)

練習問題(2.4)

$$v = \mu \cdot E \quad E = \frac{V}{L}$$

$$I = q \cdot p \cdot v \cdot S = q \cdot p \cdot \mu \cdot E \cdot S$$

$$\therefore J = \frac{I}{S} = q \cdot p \cdot \mu \cdot E \quad (3.28)$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{E \cdot L}{J \cdot S} = \frac{1}{q \cdot p \cdot \mu S}$$

$$\rho = R \cdot \frac{S}{L} = \frac{1}{q \cdot p \cdot \mu}$$