

半導体の性質

●半導体

電気抵抗率が絶縁物に比べると数桁程度低く、金属と比較すると数桁程度高いものを半導体 (Semiconductor) という。抵抗率の明確な数値の定義はないが、 $10^{-4} \sim 10^{+10} \Omega \text{cm}$ のものを指す。ほんのわずかな不純物を添加するだけで、電気抵抗が大きく変わる。半導体デバイスはこの現象を積極的に利用したものである。

代表的な半導体材料にはシリコン (Si) やゲルマニウム (Ge) があり、これらの電気抵抗は負の温度係数をもつ。これも特徴の一つである。ICに使うSi単結晶は純度が99.99999999%以上と非常に高純度である。

表4-1-A 周期律表 (II族~VI族の抜粋)

| 族 | II | III | IV | V | VI |
|---|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| | | 5 B ホウ素 | 6 C 炭素 | 7 N 窒素 | 8 O 酸素 |
| | | 13 Al アルミニウム | 14 Si シリコン | 15 P リン | 16 S 硫黄 |
| | 30 Zn 亜鉛 | 31 Ga ガリウム | 32 Ge ゲルマニウム | 33 As ヒ素 | 34 Se セレン |
| | 48 Cd カドミウム | 49 In インジウム | 50 Sn スズ | 51 Sb アンチモン | 52 Te テルル |
| | 80 Hg 水銀 | 81 Tl タリウム | 82 Pb 鉛 | 83 Bi ビスマス | 84 Po ポロニウム |

注) 左上の数字は原子番号。原子番号は電子の総数に等しい。

●n型半導体

高純度のシリコン (Si) やゲルマニウム (Ge) のような、元素の周期律表でIV族の元素の中に、リン (P) やヒ素 (As) のようなV族の元素をごく微量入れる (不純物をドーピングする) と、リンやヒ素原子1個から自由に動ける電子を1個放出するので、電気抵抗が小さくなる。この電子の振舞いで特性が決まるため、このマイナス (negative) 電荷から名をとり、n型半導体という。この場合は電子がキャリアとなる。

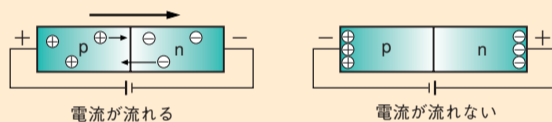
●p型半導体

シリコン (Si) などのIV族の元素の単結晶の中に、ホウ素 (B) などのIII族の元素が入ると、電子が不足するため正孔 (ホール) が生成される。この正孔によってn型半導体と同様に、電気抵抗が小さくなる。この場合は正孔の振舞いが特性を決めるため、正 (positive) 電荷からp型半導体という。この場合は正孔がキャリアとなる。

●pn接合

p型とn型の半導体を接合すると、電流は片方向にしか流れない (整流作用)。これは電子や正孔が電圧によって反発または引きよせられるからである (図4-1-A)。

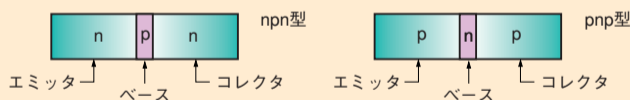
図4-1-A 半導体デバイスの基本構造 (pn接合)



●バイポーラトランジスタ

pn接合を2つ合わせた構造で、真中の層を非常に薄くした構造のトランジスタ。nnp型とpnp型がある。それぞれの端子はエミッタ (E)、ベース (B)、コレクタ (C) という。真中のベース層は薄いため、エミッタからのキャリアがベースを突き抜け、コレクタに到達する。このとき到達するキャリアは、ベースへの注入キャリアによって影響を受ける。これを利用することで、信号の増幅をすることができる。この場合は、キャリアとして電子と正孔の両方を利用するのでバイポーラ (双極) トランジスタという (図4-1-B)。

図4-1-B 半導体デバイスの基本構造 (バイポーラトランジスタ)



●電界効果型トランジスタ (FET)

n型またはp型の片方だけのキャリアを使用し、キャリアの通る幅を変化させることで電流を制御するのがFET (Field Effect Transistor) である。両方のキャリアを使用するバイポーラトランジスタに対して、単一のキャリアを使用することからユニポーラ (単極) トランジスタともいう。FETには接合型とMOS型がある (図4-1-C, 図4-1-D)。

図4-1-C 接合型FETの基本構造

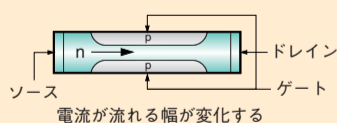


図4-1-D MOS型FETの基本構造

