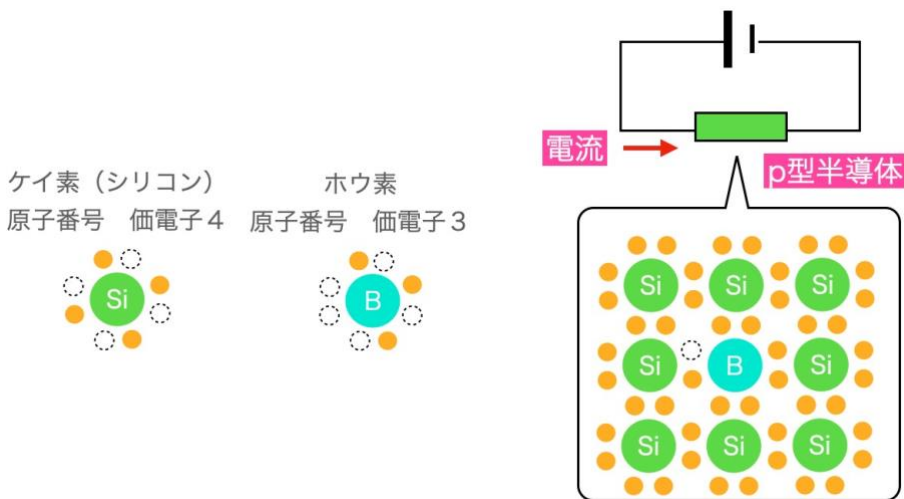


○ 半導体

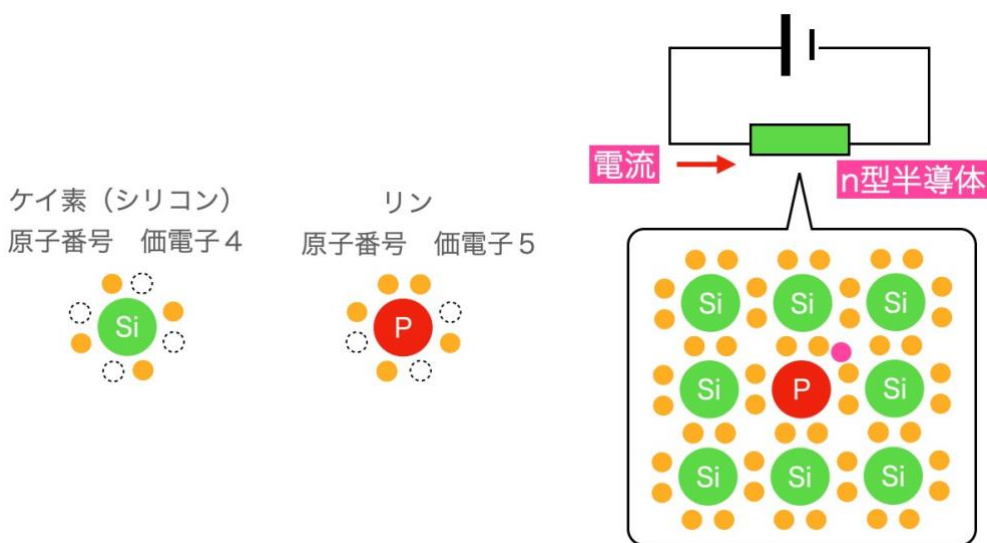
導体と不導体の間の抵抗値を持つ物質を（半導体）といいます。ケイ素にホウ素やリンを混ぜて、人工的にP型半導体とn型半導体という2種類の半導体が作られています。

・P型半導体



ケイ素（価電子4）は通常、となりのケイ素と共有結合をしています。ホウ素（価電子3）を加えると（正孔）（読み：せいこう、またはホール）という、相対的に（プラス）の電気を持つ空間ができます。ここに図のような電圧をかけると、ここに隣の電子が入り込み電流の向きに穴が動いていきます。P型のPは「ポジティブ（正）」の頭文字です。

・N型半導体

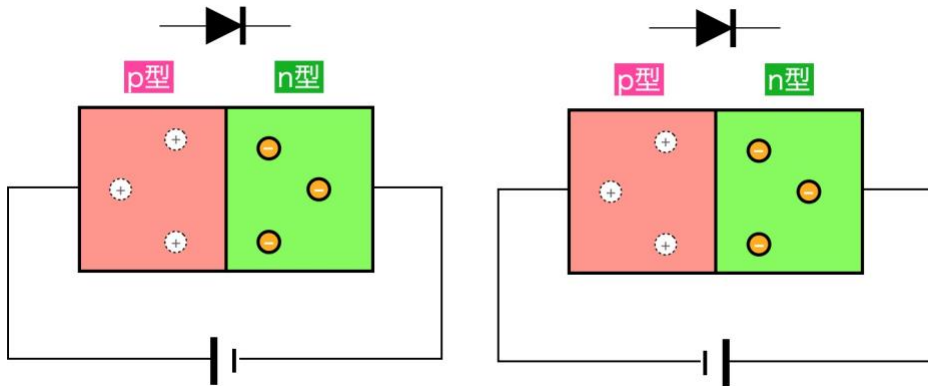


ケイ素（価電子4）に微量なリン（価電子5）を入れると、共有結合できなかった電子が残ります。

ここに図のように電圧をかけると、この電子が動きます。N型のNは「ネガティブ（負）」の頭文字です。またP型半導体のホールやN型半導体の自由電子のように、電荷を運ぶものを（ **キャリア** ）といいます。

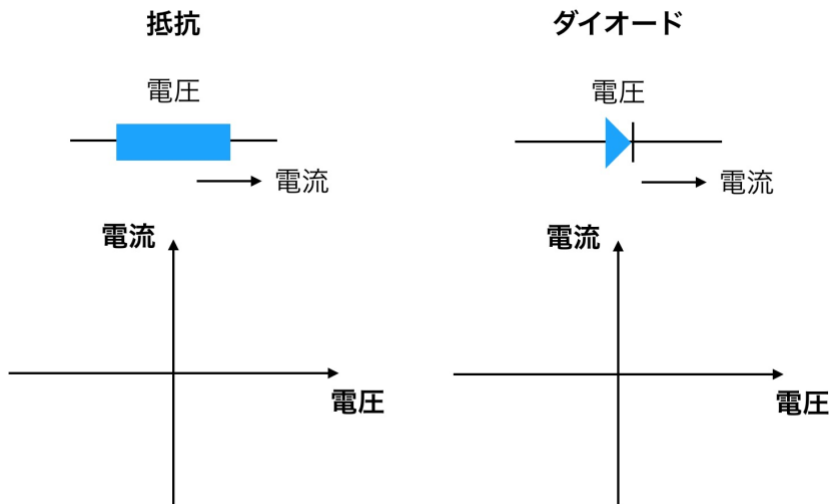
・ダイオード

N型とP型半導体を組み合わせると、ある向きにしか電流を流さないダイオードという素子を作ることができます。



図左のように電圧をかけると、P型の正孔とN型の電子は接合部（図の中央部）で結合して、電荷は消滅します。P型半導体の左側からは、継続的に電子が出ていくため、正孔（ホール）が供給され、それらが電池を通り、N型半導体の右側に入り、電子が補給されるため、電荷の消滅が継続的に起こり、電流が流れ続けます。図右のように逆向きに電流を流そうとすると、うまく供給されないため、電流が流れません。このためダイオードは電流が流れる向きが1方向となります。

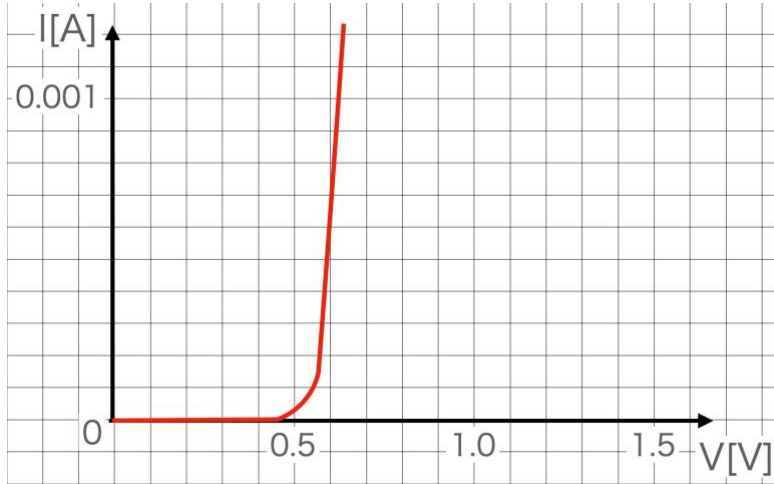
○ ダイオードの特性曲線



問題 次の () に適当な数値を入れよ。

図のような電流-電圧特性を持つ半導体と 1.5V の電池、 $1.5 \times 10^3 \Omega$ の抵抗を直列で接続した。次の各問に答えなさい。

- (1) 回路に流れる電流何[mA]ですか。
- (2) ダイオードの消費電力は何[mW]ですか。



(1) 半導体の電圧を V 、電流を I とする。キルヒホッフの法則から

$$+1.5 - V - 1.5 \times 10^3 I = 0$$

$$I = -\frac{1}{1.5 \times 10^3} V + 0.001$$

上のグラフに数式から線を引いて、その交点を読むと、 $V=0.60[V]$ 、 $I=0.00060[A]=0.60[mA]$

(2) $P=IV$ より、

$$P = 0.60[V] \times 0.60[mA] = 0.36[mW]$$

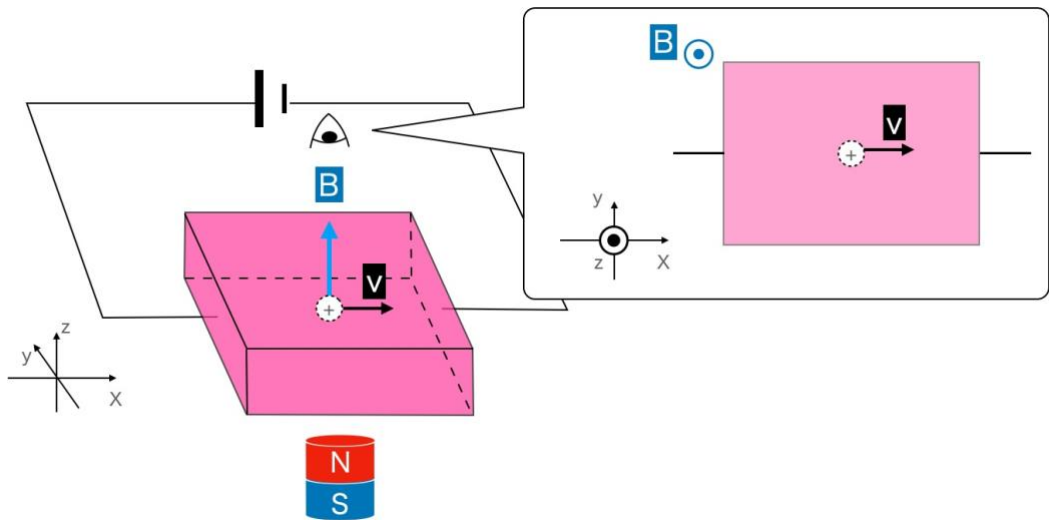
○ ホール効果

電流が流れている半導体等に対して、磁場を垂直方向にかけると、電荷が偏って電圧が生じます。この現象を（ **ホール効果** ）といい、このときの電圧をホール電圧といいます。磁気センサの1つである「ホール素子」は、ホール電圧を検知することにより、磁場の存在を検知します。スマートフォンの電子コンパスは地磁気をホール電圧で検出して、地図アプリなどで向きを特定しています。ホール効果について見ていきましょう。

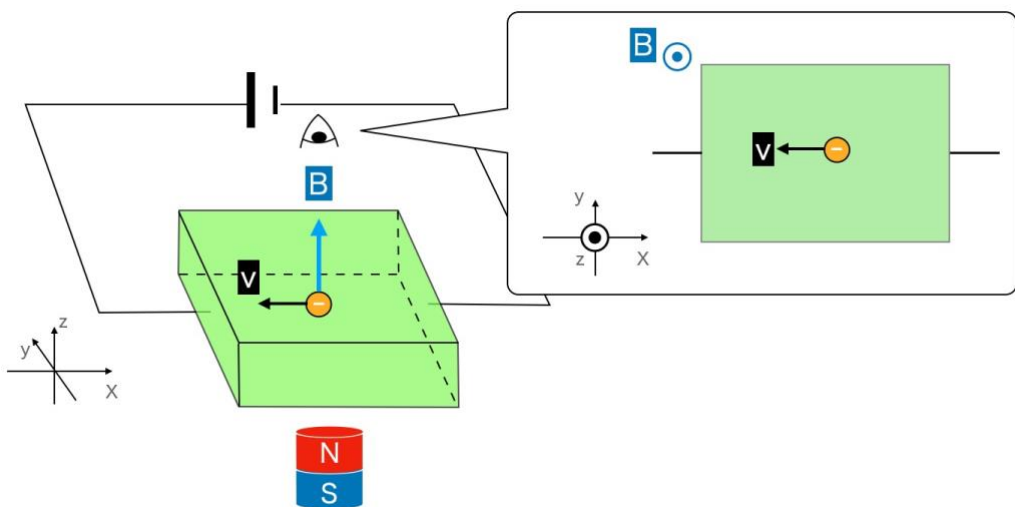


高校物理 CG 教材 http://physics7.starfree.jp/phy/mag/hall_effect-m/index.html

・ P 型半導体の場合



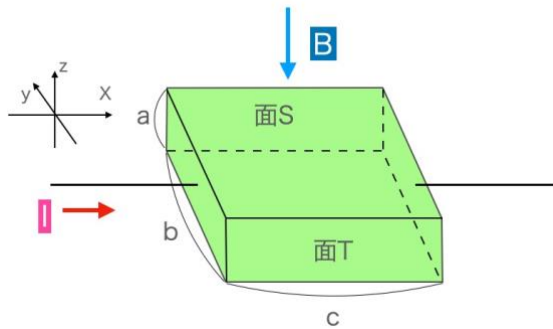
・ N 型半導体の場合



注意 電気回路を考えたときには、実際の自由電子（-の電荷）の流れではなく、+の電荷を仮に考えても結果としては同じでしたが、ホール効果の場合はこの例のように、キャリアが正穴の場合と、電子の場合でホール電圧の向きが異なります。

ホール効果は、磁束密度や導体中のキャリアの密度の測定、電荷の正負の判定などに使われています。

問題 右の図のように3辺の長さが a , b , c の直方体の N 型半導体を水平に置いて、一定の電流 I を流した。ここに z 軸負の向きの磁束密度 B の一様な磁場を加えた。次の各問に答えなさい。なお電子の電荷を $-e$ 、金属中の単位体積あたりの電子の数を n とし、金属中の電子は速さ v で運動しているものとして。



- (1) 面 S と面 T のホール電圧 V_0 を求めなさい。また、高電位側の面はどちらか。
 (2) 電位差 V_0 は、電流の大きさ I に比例する。 V_0/I を求めよ【 B, w, n, a を使って表す】。

(1) 力のつり合いから、 $evB = eE$ 、また $E = \frac{V}{a} = \frac{V}{b}$ より、

$$V = bvB$$

また高電位なのは、面 T です。

(2) 流れる電流は $I = envS$ より、

$$v = \frac{I}{enS} = \frac{I}{enab}$$

これをホール電圧の式に代入すると、

$$V = \frac{IbB}{enab} \quad \frac{V}{I} = \frac{B}{ena}$$