

ホール効果 (Hall effect)

勝矢 大輔

ホール効果とは、物質中に流れる電流に垂直方向に磁界を加えると電流と磁界に垂直な方向に電界が生じる現象である。

まず、n形半導体を用いてホール効果の原理を説明する。n形半導体における電子の運動を図1に表した。図1(a)は磁界を加えない状態であるため、マイナスの電荷を持った電子は電流と逆方向に動く。この状態に磁界を加えた直後では、フレミング左手の法則により、図1(b)の電子の矢印の方向にローレンツ力の影響を受けて、電子は左側に溜まる。それゆえ左側は電子によって負に帯電し、右側は正に帯電する。すると半導体内で右側と左側とで電位差が生じ、図1(c)のように右から左の方向へと電界が発生する。この電界は電子に影響し、電子を正に帯電した右側へ引き寄せせる。電界により電子が受ける力とローレンツ力が釣りあうことにより、電子が左右に移動しなくなり定常状態となる。この現象をホール効果と呼ぶ。また、このとき発生した電界をホール電界 E_H と呼び、それにより発生する電圧をホール電圧 V_H と呼ぶ。また、P形半導体の場合では、キャリアは正孔であるが、フレミング左手の法則により電子と同じ方向に動く。

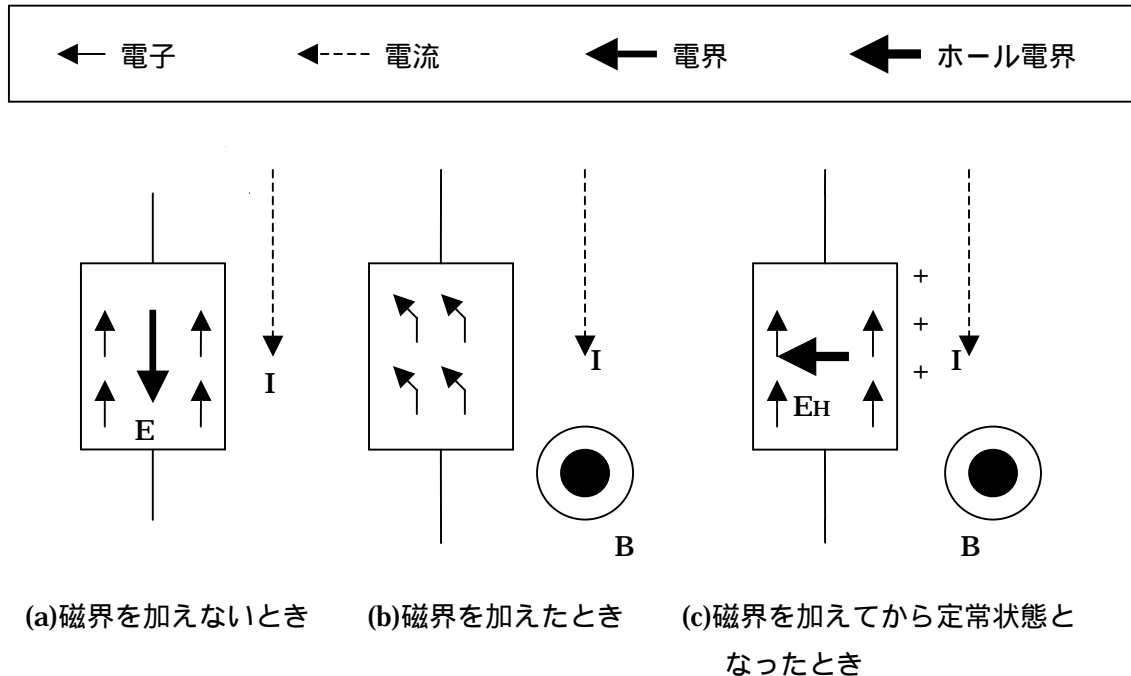


図1 n形半導体における電子の運動説明図

次に先ほど述べたホール電圧 V_H について求める。そこで図 2 のように電流を I 、磁束密度を B 、試料の厚さを D とすると、ホール電圧 V_H は

$$V_H = \frac{R_H IB}{D} \quad (1)$$

となる。この R_H はホール定数(ホール係数)と呼ばれ、物質の種類、温度などできまる。また、(1)式よりホール定数 R_H は、

$$R_H = \frac{V_H D}{IB} = \frac{1}{qn} \quad (2)$$

となる。 q はキャリアの電荷(正孔の場合は正、電子の場合は負)であり、 n は電子密度である。この(2)式より R_H が負であれば n 形半導体(正であれば p 形半導体)である。この(2)式より、キャリア移動度 μ は

$$\mu = R\sigma \quad (3)$$

となる。ただし、 σ は伝導率であり、 σ は、

$$\sigma = \frac{I}{DV_H} \quad (4)$$

となる。

これらの原理を利用した測定方法をホール効果測定と呼び、半導体における基本的な物性である電気伝導率、キャリア密度、キャリア移動度を得ることができる。また、キャリア密度とキャリア移動度においては、試料を温度変化させることにより、それぞれの温度依存性についての情報(高温や低温での動作が可能かどうか)を得ることができる。

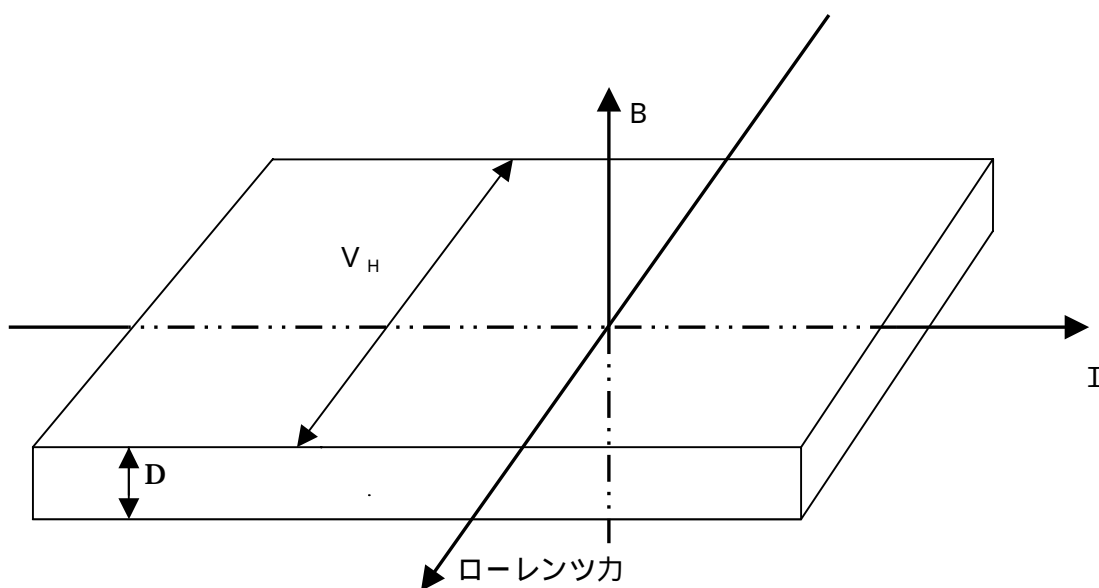


図 2 ホール効果説明図