

4-4 磁界内におけるキャリアの運動

ローレンツ力(Lorentz force)

電場 E 、磁場 B 中を運動する荷電粒子 e (速度 v) が受ける力 F は

$$F = eE + ev \times B$$

キャリアとして電子を考える。図1の座標系において、

$$F_e = -e(E + v_e \times B)$$

ここで、 eE は点電荷に働く力の一般化(静電場)。

今、 $E = 0$ で

$$F_e = -e(v_e \times B)$$

となるので、電子に作用する力 F_e の方向は $-y$ 方向である。

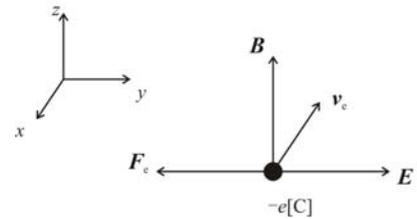


図1 磁場および電場中の電子

4-4-1 ホール効果

ホール効果(Hall effect)は、1879年に E. H. Hall(米)が金属片について発見した効果で、金属や半導体に電流が流し、電流と直交して磁界を掛けると電流、磁界と直角をなす方向に起電力が生ずる現象である。

簡単化のためキャリアとして電子のみのモデルを考える。図2に示すように、幅 w 、長さ l 、厚さ d の試料に x 方向に電流 I 、 z 方向に磁界 B を掛けた時に生じる y 方向の試料端面の電圧 V_H を求める。

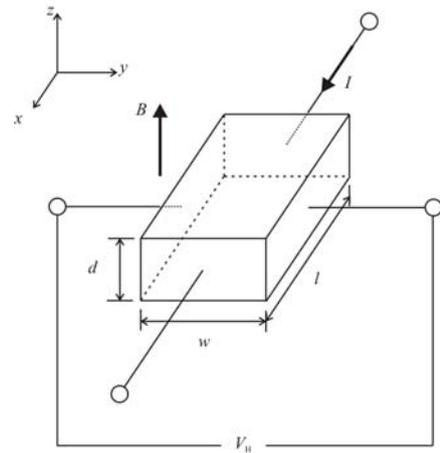


図2 ホール効果の座標系

電流 I 、磁界なし	磁界印加	平衡状態
<p>電子は $-x$ 方向に移動する。 このときの電流密度 J は $J = -env$</p>	<p>ローレンツ力が作用する ($-y$ 方向)。 $F = evB$ ホール電圧 V_H が誘起され、 ホール電界 E_H が生じる。</p>	<p>磁界による力 evB と電界による力 eE_H が釣り合った状態となる。 $E_H = vB = -\frac{1}{en} JB = R_H JB$</p>

ホール電圧 V_H は

$$V_H = \frac{R_H}{d} IB \quad \dots(4.19)$$

ホール係数 $R_H[\text{m}^3/\text{C}]$ は一般に

$$\text{キャリアが電子: } R_H = -\frac{\gamma}{en} \quad \dots(4.16)$$

$$\text{キャリアが正孔: } R_H = \frac{\gamma}{ep} \quad \dots(4.17)$$

となる。 γ は補正係数で、金属では 1、半導体で $3\pi/8$ となる。

電子と正孔の両キャリアを同時に考慮する場合は、 R_H は次のようになる。

$$R_H = \gamma \frac{\mu_p^2 p - \mu_n^2 n}{e(\mu_p p + \mu_n n)} \quad \dots(4.18)$$

また、ホール移動度(Hall mobility) $\mu_H = |R_H| \sigma$ より、キャリアの移動度(ドリフト移動度) μ は

$$\mu = \mu_H / \gamma \quad \dots(4.20)$$

となる。

ホール測定

- ・ 試料のホール電圧 V_H を測定して、(4.19)式よりホール係数 R_H を求める。
 - 1) ホール係数 R_H の符号より **キャリアの種類**(半導体が n 形か p 形か)を判別できる。
 - 2) ホール係数 R_H がわかると(4.16)(4.17)式より **キャリア密度**(n または p)が算出できる。
- ・ 試料の導電率 σ (または抵抗率 ρ) を測定すると、
 - 3) (4.20)式より **キャリアの移動度** μ が算出できる。

4-4-2 磁気抵抗効果

磁気抵抗効果(magneto-resistance effect)

半導体に磁界を加えると、電気抵抗が変化(増加)する現象

ホール効果、磁気抵抗効果の応用

非接触形の磁気センサ、電流センサなどに利用されている。