2-11 少数キャリアの連続の方程式

■ 電流密度の流れ

$$J_h(x+\mathrm{d}x) = J_h(x) + \mathrm{d}J_h(x)$$

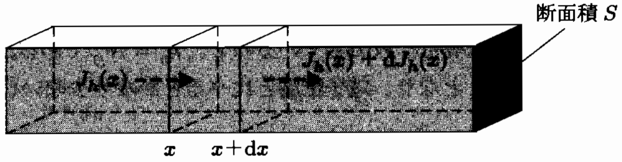

図 2-11-1 正孔電流の流れ

■ 微小体積 ($S\mathrm{d}x$) 内での正孔密度の増加分

$$-\frac{1}{q}\cdot\frac{S\,[J_h(x+\mathrm{d}x)-J_h(x)]}{S\mathrm{d}x} = -\frac{1}{q}\cdot\frac{\mathrm{d}J_h(x)}{\mathrm{d}x} \tag{2.11.1}$$

■ 正孔の連続の方程式

$$\frac{\partial p(t,x)}{\partial t} = -\frac{p(t,x)-p_0}{\tau} - \frac{1}{q}\cdot\frac{\partial J_h(t,x)}{\partial x} \tag{2.11.2}$$

■ 正孔の拡散方程式

$$\frac{\partial p(t,x)}{\partial t} = -\frac{p(t,x)-p_0}{\tau} + D_h\frac{\partial^2 p(t,x)}{\partial x^2} \tag{2.11.3}$$

■ 電子の連続の方程式

$$\frac{\partial n(t,x)}{\partial t} = -\frac{n(t,x)-n_0}{\tau} + \frac{1}{q}\cdot\frac{\partial J_e(t,x)}{\partial x} \tag{2.11.4}$$

■ 電子の拡散方程式

$$\frac{\partial n(t,x)}{\partial t} = -\frac{n(t,x)-n_0}{\tau} + D_e\frac{\partial^2 n(t,x)}{\partial x^2} \tag{2.11.5}$$

2-11-1 電流流出：位置 x に流れ込んだ電流密度が、位置 $x+\mathrm{d}x$ から流れ出るまでに変化する正孔密度

位置 x に $J_h(x)$ の正孔の電流密度が流れ込み、位置 $x+\mathrm{d}x$ から $J_h(x+\mathrm{d}x)$ の電流密度が流れ出す。$\mathrm{d}x$ は微小距離であるから、流れ出す電流密度は近似的に $J_h(x)+\mathrm{d}J_h(x)$ と表すことができ、微小距離 $\mathrm{d}x$ 進むことにより電流密度が $\mathrm{d}J_h(x)$ 増加したことになる。電流の増加分 $S\mathrm{d}J_h(x)$ だけ、体積 $S\mathrm{d}x$ 中で正孔が減少したことになる。その減少した正孔の数は $\frac{S\mathrm{d}J_h(x)}{q}$ となる。したがって、増加分を考えると、マイナス符号がつく。

以上より、正孔密度の増加は、正孔の数を体積 $S\mathrm{d}x$ で割ることより、$-\frac{\mathrm{d}J_h(x)}{q\mathrm{d}x}$ となる（式(2.11.1)）。

時刻 t も考えると、$-\frac{\partial J_h(t,x)}{q\partial x}$ となる。

2-11-2 再結合：微小体積 $S\mathrm{d}x$ 中での再結合による正孔密度の減少

電子と正孔との再結合により正孔が消滅するので、正孔密度の増加分は $-\frac{p(t,x)-p_0}{\tau}$ である。この値は負であるため、減少を意味する。

2-11-3 電流流出と再結合による正孔密度の増加割合

電流流出による正孔の減少と再結合による正孔の減少は別々に起こると考えるとそれぞれの足し算となる（式(2.11.2)）。この式を**正孔の連続方程式**(continuity equation for holes)と呼ぶ。

2-11-4 偏微分と全微分

正孔密度も電流密度も、時刻 t および場所 x で変化するため、2 変数(t と x)を用いて $p(t,x)$ と $J_h(t,x)$ で表す。

偏微分 $\frac{\partial p(t,x)}{\partial t}$：同じ場所 x で時刻だけが t から $t+\mathrm{d}t$ に変化したときの正孔密度の増加量