

キャリアライフタイム (carrier lifetime)

仲野 雅都

熱平衡状態の半導体は外部からの作用(光、熱等)を受けると、過剰キャリア(多数キャリアと少数キャリア)を作り非平衡状態になる。その半導体に外部からの作用が無くなると、時間とともに熱平衡状態に戻ろうとして過剰キャリアは再結合によって消滅していく。過剰キャリアの内、多数キャリアは緩和時間程度の早さで平衡状態になる。少数キャリアは消滅するまでの時間は比較的長く、再結合するまでの平均時間をライフタイムという。そして、熱平衡状態より増加した少数キャリアの数が e^{-1} 倍となる時間をキャリアライフタイムという。図1に少数キャリアの数と経過時間との関係を示す。

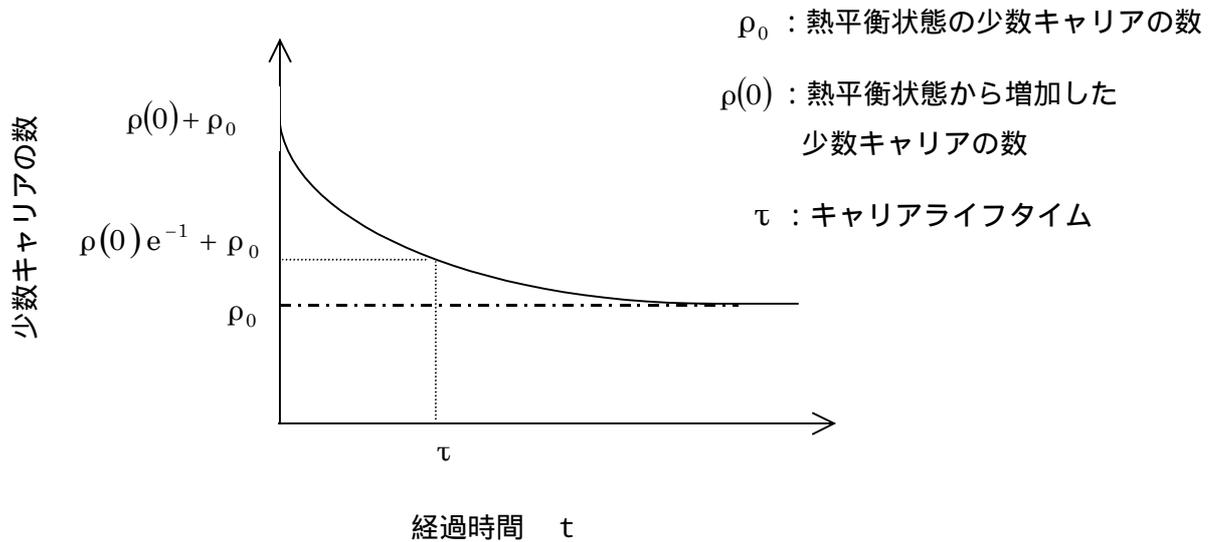


図1 少数キャリアの数と経過時間との関係

n型半導体におけるライフタイムを τ_p とし、正孔の拡散定数を D_p とすると、正孔が拡散効果だけで移動できる距離 L_p は式のように定義される。

$$L_p \equiv \sqrt{D_p \tau_p} \quad \dots\dots$$

このライフタイムは熱平衡状態の少数キャリア等と再結合するまでの時間を示しており、ライフタイムが短くなると拡散効果によって移動できる距離が短くなる。

n形半導体の中のライフタイム τ_p は 式のような関係を持っている。

$$\frac{d\rho_n}{dt} = -\frac{\rho_n - \rho_{n0}}{\tau_p} \quad \dots\dots$$

ここで、 ρ_n は正孔数、 ρ_{n0} は熱平衡状態の時の正孔数、 $\frac{d\rho_n}{dt}$ は正孔数の時間変化を表す。
式を解くと、 式のように表すことができる。

$$\rho_n = \rho_n(0)\exp\left(-\frac{t}{\tau_p}\right) + \rho_{n0} \quad \dots\dots$$

ここで、 $\rho_n(0)$ は熱平衡状態から増加した正孔数、 t は時間である。