

問題 5

I. 固体中の電子に関する以下の問に答えよ。ただし、固体中の電子の 1 次元のシュレディンガー方程式は、

$$\left(-\frac{\hbar^2}{2m^*}\frac{\partial^2}{\partial x^2} + V\right)\Psi = i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\Psi$$

と表せるとする。 Ψ は電子の波動関数、 m^* は電子の有効質量、 \hbar はプランク定数を 2π で割った換算プランク定数、 V は電子の感じるポテンシャルである。 x は位置、 t は時間を表す。

- (1) エネルギー E の電子の波動関数は $\Psi = A\varphi(x)e^{-i\omega t}$ と表すことができる。ただし、 A は定数であり、 $E = \hbar\omega$ である。ポテンシャル V を時間や場所に依らない定数（実数）としたとき、 $\varphi(x)$ に対するシュレディンガー方程式を導け。
- (2) 問(1)において $\varphi(x) = e^{ikx}$ と表されるとき、エネルギー E および波数 k の関係（分散関係）を求めよ。
- (3) 問(2)においてエネルギーが E_0 で一定の電子を考える。このとき、波動関数が伝搬する波となるために必要な E_0 の条件を示せ。
- (4) $|x| \leq W/2$ で $V = 0$, $|x| > W/2$ で $V = \infty$ となるポテンシャル V を考える。 $|x| \leq W/2$ の範囲に電子が閉じ込められているとして、定常状態で電子が取りうる最小のエネルギーと、その状態での波動関数を求めよ。ただし、 W は定数である。

II. 以下の問に答えよ.

- (1) n 型半導体における伝導帯, 価電子帯, フェルミレベルの位置関係として適当なものを図 1 (a)~(c)の中から選べ.
- (2) 図 2 のように, 同一の半導体を母材とする p-n 接合に直流電圧 V を印加することを考える.
 - (2-i) V が零のとき, この p-n 接合のバンド構造の概略図を描け.
 - (2-ii) この p-n 接合の電流-電圧特性 (I - V 特性) の概略を描け. なお, 電流 I については, 図 2 中の矢印の向きを正とする.
- (3) 図 3 のように, 同一の半導体を母材とする p-n 接合に単一波長の光を照射することを考える.
 - (3-i) この光が半導体に吸収されるためには, 母材となっている半導体のバンドギャップエネルギーと光子エネルギーの間にどのような関係が必要かを述べよ.
 - (3-ii) 端子 A-B 間が開放されているとき, 光吸収によって端子 A 側に発生する電圧の正負を答えよ. 一方, 端子 A-B 間を短絡したとき, 光吸収によって流れる電流の向きを答えよ.

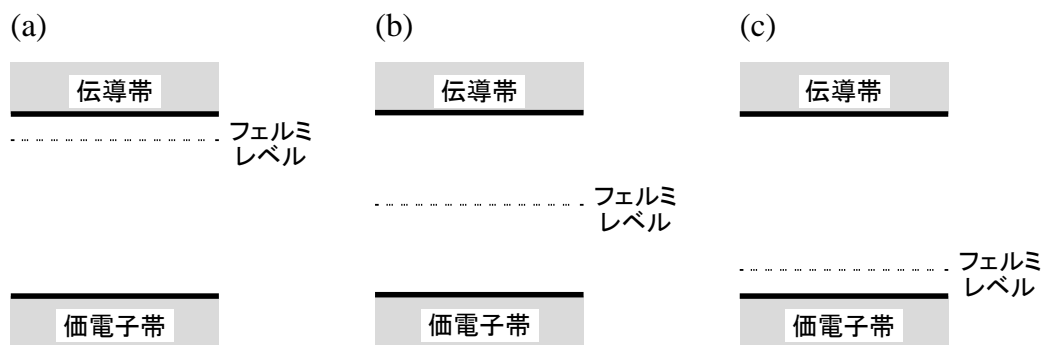


図 1

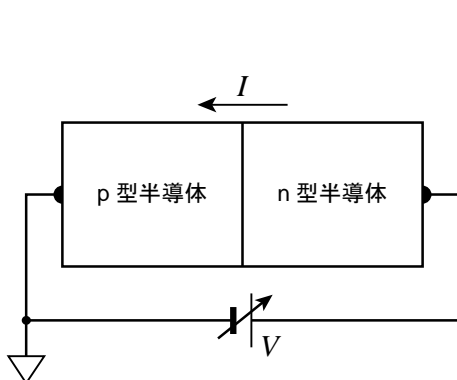


図 2

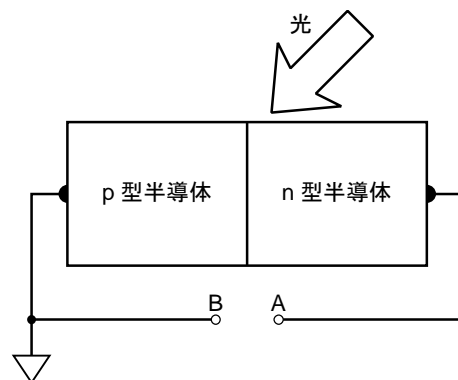


図 3