

半導体デバイス工学

エネルギーバンド図が図 1(a) のように表される n 形半導体と金属の接触を考える。金属と n 形半導体の真空準位 E_0 は等しく、 n 形半導体中のドナーは一様分布で全てイオン化している。素電荷を q として、金属の仕事関数は $q\Phi_M$ 、Fermi 準位は E_{FM} である。また、 n 形半導体のドナー密度は N_D 、電子親和力は $q\chi$ 、仕事関数は $q\Phi_S$ 、Fermi 準位は E_{FS} 、価電子帯上端は E_V 、伝導帯下端は E_C である。金属と n 形半導体は界面欠陥のない理想的な状態で接触している。以下の問いに答えなさい。

- 1) $\Phi_M < \Phi_S$ の場合において、金属と n 形半導体を接触させたときのエネルギーバンド図を示しなさい。電子のエネルギーの高い方を上向きとし、図中に $E_0, E_{FM}, E_{FS}, E_V, E_C, q\Phi_M$ を明示すること。
- 2) $\Phi_M > \Phi_S$ の場合において、金属と n 形半導体を接触させたときのエネルギーバンド図を示しなさい。電子のエネルギーの高い方を上向きとし、図中に $E_0, E_{FM}, E_{FS}, E_V, E_C, q\Phi_M$ を明示すること。

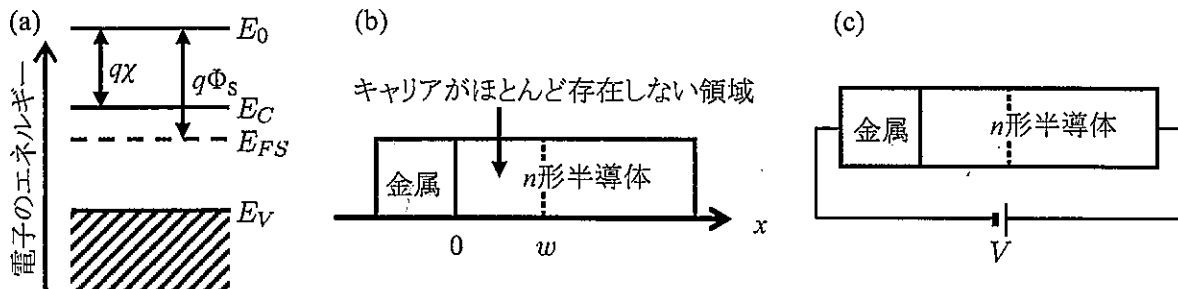


図 1: (a) n 形半導体のエネルギーバンド図. (b) 金属半導体接触の 1 次元モデル. (c) n 形半導体に正電圧 ($V > 0$) を印加した回路.

問 2) の場合において、図 1(b) のような 1 次元のモデルを用いて接触部分の電位を考える。 $x = 0$ を境に x の負側に金属、正側に n 形半導体が配置されるよう x 座標を定める。

- 3) n 形半導体側のキャリアがほとんど存在しない領域の名称を答えなさい。また、この領域の長さを w としたとき、 $x = 0$ の金属表面に集まった電荷の面密度と電荷の符号を答えなさい。
- 4) 金属側の電子が n 形半導体側に移る際に感じる障壁の高さと、 n 形半導体側の電子が金属側に移る際に感じる障壁の高さを答えなさい。
- 5) n 形半導体側のキャリアがほとんど存在しない領域の電位を $\phi(x)$ 、 n 形半導体の誘電率を ϵ とし、 $0 \leq x \leq w$ の領域で $\phi(x)$ が満たす Poisson 方程式を示しなさい。
- 6) $x = 0$ での電位を ϕ_0 、 $x = w$ での電界を 0 とし、前問で答えた方程式を解き、 $\phi(x)$ を示しなさい。
- 7) n 形半導体側のキャリアがほとんど存在しない領域の長さ w を示しなさい。

金属半導体接触の単位面積当たりの静電容量を調べるため、図 1(c) に示すように金属に対して n 形半導体に正電圧 ($V > 0$) を印加した。

- 8) 金属半導体接触の単位面積当たりの静電容量を示しなさい。また、横軸を印加電圧、縦軸を静電容量として、その概形をグラフで示しなさい。