

「半導体」

6/3, 6/10 の問題

解答の提出は任意です．何問解いてもらっても構いません．レポート提出時までに出せば結構ですが，問題を出した翌週に提出することで，理解も進むと思います．提出時には，何日の問題の何番か，学生証番号，名前を明記してください．紙で授業の終了時に出してもらっても，学内便でも，email 添付でも結構です．

提出していただいた問題解答の採点結果は，若干ですが，レポートの点に加算いたします．

1. Si は，ブリルアンゾーンの X 点と呼ばれる位置よりやや Γ 点よりに伝導帯の底 (谷) を持つ．第 1 ブリルアンゾーンの中には 6 つの等価な X 点があって，従って 6 つの谷は縮退している．各谷は楕円体形状をしており，異方的有効質量は， m_t (楕円体の円形断面方向, effective transverse mass) が $0.19m_0$ ， m_l (楕円断面のもう 1 つの軸方向, effective longitudinal mass) が $0.97m_0$ とサイクロトロン共鳴により測定されている (図 1)．価電子帯の頂上はブリルアンゾーン中央の Γ 点にあり，非放物線性が強く有効質量の明瞭な定義は困難であるが，平均的な有効質量として，重い正孔 $m_{hh} = 0.49m_0$ ，軽い正孔 $m_{lh} = 0.16m_0$ が得られている．
 - (1-a) 伝導帯有効状態密度 N_c を求めよ．絶対温度を T とする．
 - (1-b) 価電子帯有効状態密度 N_v を求めよ．
 - (1-c) Si のエネルギーギャップは温度に依存するが，室温のギャップを 1.1eV として室温 (300K) の np 積 (n_i^2) を求めよ．
2. 室温で， $n = 1 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ ， $p = 5 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ となるように段階的にドーブした Si の pn ダイオードがある．室温 (300K) での造り付けポテンシャルの大きさを求めよ．計算には上の問題で求めた純粋 Si のキャリア濃度の積 n_i^2 を使用せよ．
3. GaAs(比誘電率 13) の p^+n 接合を MBE で作製した．ドーブは n 側も p 側も空間的に一様に行っている． 1mm^2 の断面積に切り出して，バイアス電圧 V_b を負側 (逆バイアス側)

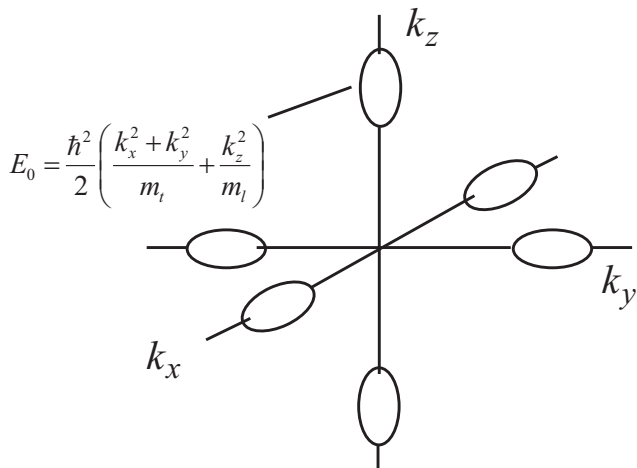


図 1 Si の伝導帯谷構造の模式図．
 図中に示したような等エネルギー楕円体面を描いたもの．

に加えながら微分静電容量を測定したところ，次の表のような結果を得た．

V_b (V)	C (pF)
0.0	408
-0.2	380
-0.4	350
-0.6	334
-0.8	313
-1.0	296
-1.2	283
-1.4	273

この結果から，造り付けポテンシャルの大きさ (単位 Volt) を求めよ． C には測定誤差を含めてあるが，フィッティングは定規で引く程度でもよいし，本格的にフィットをして誤差を推定してもらっても良い．また，静電容量は n 側で決まっていると考え， n 側のドナー濃度 (単位 cm^{-3}) を求めよ．

- 障壁高さが $e(\phi_M - \phi_S)$ で決まるような理想的なショットキー障壁ダイオードについて，逆方向電圧 V を加えた時の微分静電容量を求めなさい．
- 障壁高さが 0.5 電子ボルトであるようなショットキー障壁を使用し，MESFET を作る．比誘電率が 16，伝導チャンネルのドナー濃度が $2 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ だとすると， $0.5 \mu\text{m}$ 厚さの伝導チャンネルをピンチオフするためには何ボルトのゲート電圧が必要か．