

平成 23 年度 弁理士試験論文式筆記試験問題

[電子デバイス工学]

1. 図 1 は n チャネル MOS 電界効果トランジスタの構造を模式的に示したものである。ゲート長 $L (>1\mu\text{m})$ 、ゲート幅 W 、単位面積当たりのゲート容量 C 、しきい値電圧 V_{th} 、ゲート電圧 V_{gs} 、ドレイン電圧 V_{ds} 、ドレイン電流 I_{d} とする。以下の問いに答えよ。

【40点】

- (1) 図 2 はこのトランジスタの特性を模式的に示したものである。領域 I、II のいずれにおいても、 $V_{\text{gs}} = V_{\text{gs1}} < V_{\text{th}}$ ではほとんど電流が流れず、 $V_{\text{gs}} = V_{\text{gs2}} > V_{\text{th}}$ では有意な電流が流れる。この動作の原理について、数行程度で定性的に説明せよ。(必要があれば図や式を用いてもよい。)
- (2) 図 2 の領域 I ($V_{\text{ds}} < V_{\text{gs2}} - V_{\text{th}}$) におけるドレイン電流を、下記(a)~(c)にしたがって求めよ。ただし、ソースからドレインに向かう方向を x 軸とし位置 x におけるチャネルの単位面積あたりの電荷密度を $Q(x)$ 、電位を $V(x)$ 、チャネル内の電子の移動度を μ とする。
- $Q(x)$ を $V(x)$ を用いて表せ。
 - I_{d} を $V(x)$ を用いて表せ。
 - I_{d} を V_{ds} の関数として表せ。
- (3) 図 2 の領域 II ($V_{\text{ds}} > V_{\text{gs2}} - V_{\text{th}}$) では I_{d} は飽和する。その物理的理由を説明せよ。必要であれば図や式を用いてもよい。
- (4) 実際には図 2 の領域 II においても I_{d} は、 V_{ds} の上昇に伴ってわずかに増加する。この物理的理由を説明せよ。必要であれば図や式を用いてもよい。
- (5) 現在主に使用されているデバイスでは、ゲート長 L はサブミクロンオーダーである。このようなデバイスでは様々な副次的効果が現れる。その一つを挙げ説明せよ。

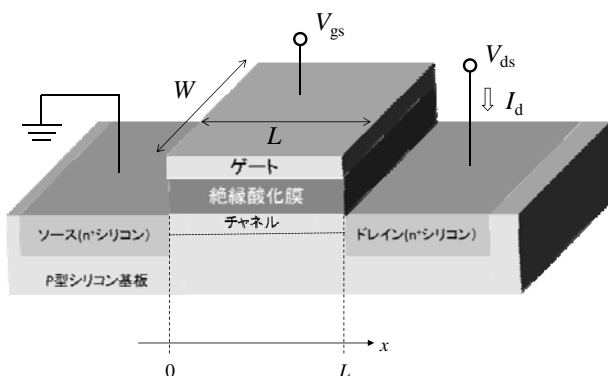


図 1 MOS 電界効果トランジスタの模式図

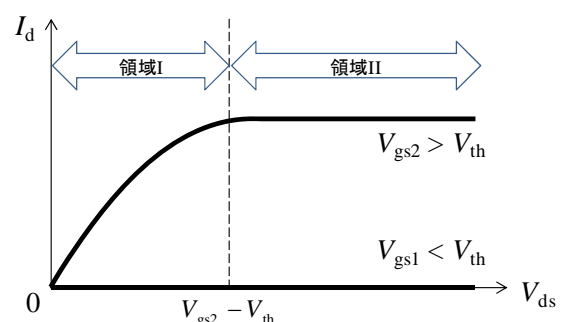


図 2 トランジスタ特性の模式図

2. 太陽電池に関して以下の問いに答えよ。

【30点】

- (1) 以下の簡単なモデルを用いて、太陽電池における一つの効率限界を考えてみよう。
- (a) 太陽（温度 T_S ）と黒体（温度 T_D ）の間での放射エネルギー収支を考える。太陽から黒体への放射エネルギー束（単位時間単位面積あたりのエネルギー量）は $A\sigma T_S^4$ 、黒体から太陽への放射エネルギー束は $A\sigma T_D^4$ であり、 σ はステファン・ボルツマン定数、 A は定数である。黒体における太陽エネルギーの吸収効率を求めよ。
- (b) この黒体と温度 T_0 の熱浴の間で動作する熱機関により仕事を取り出したとする。この時の理想最大効率を求めよ。
- (c) (a) および (b) の結果から、太陽エネルギーの一部のみが熱機関から仕事として取り出せることが分かる。その効率を求めよ。また、 $T_S = 6,000$ K、 $T_0 = 300$ K とした場合の最大効率とその時の黒体温度を求めよ。
必要ならば以下の関係を用いても良い
 $2.5^5 \sim 100$ 、 $5^4 = 625$ 、 $12^4 = 20,736$
- (2) 広く利用されている半導体 pn 接合を用いた単接合太陽電池の効率は、いくつかの要因で(1)で求めた効率よりも低い。その理由を二つ挙げ説明せよ。
- (3) 現在の太陽電池の効率を更に改善する手法・構造について、一つを取り上げ説明せよ。

3. 半導体デバイス及びその作製法について、以下の問いに答えよ。必要があれば図や式を用いても良い。

【30点】

- (1) DRAM について、その素子構成と動作について説明せよ。
- (2) 真性半導体に不純物を導入することをドーピングといい、n 型や p 型の半導体を作製する要素技術である。シリコンを例にどのような材料をドーピングすれば n 型、p 型のシリコンが得られるか答えよ。また n 型、p 型となる機構について説明せよ。さらに半導体製造工程において、どのような手法でドーピングが行われているか説明せよ。