

平成 17 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. 通常のMOS電界効果トランジスタのゲート絶縁層中に、中間電極を挿入した図1のようなデバイス構造を考える。ここで、トランジスタのチャンネル側の絶縁層を絶縁層1、また中間電極とゲート電極の間の絶縁層を絶縁層2と呼ぶことにし、絶縁層1と絶縁層2の誘電率をそれぞれ ϵ_1 、 ϵ_2 、絶縁層の厚さをそれぞれ d_1 、 d_2 とする。さらに絶縁層1中の電界を E_1 、絶縁層2中の電界を E_2 と呼ぶことにする。また、初期状態では中間電極は、電気的に中性であった。この時、以下の問いに答えよ。

【30点】

- (1) チャンネル・ゲート間電圧 V_G を E_1 、 E_2 を用いて表せ。
- (2) ゲート電極に、時間幅 Δt の大きな正の矩形波電圧パルスを印加したところ、チャンネル中の電子が、トンネル効果により絶縁層1を通して中間電極に注入され、矩形波パルス状で電流密度 J の電流が流れた。また、絶縁層2は十分厚く、絶縁層2には電流は流れなかったものとする。なお、正の電圧パルスを印加後、ゲート電圧を元に戻すと、注入された電子はそのまま中間電極にとどまった。この時、中間電極に注入された電子により、 E_1 と E_2 の関係がどのように変化するかを表す式を求めよ。
- (3) 中間電極に電子が注入されたことにより、MOS電界効果トランジスタがONになるゲート電圧（閾値電圧）がシフトした。注入電子により誘起されるシフトの大きさ ΔV_{th} を符号を含めて求めよ。
- (4) このような効果は、現在、盛んに利用されている。どのような応用か説明せよ。また、このような素子は、一般にどのような名称で呼ばれているか、その名称を示せ。

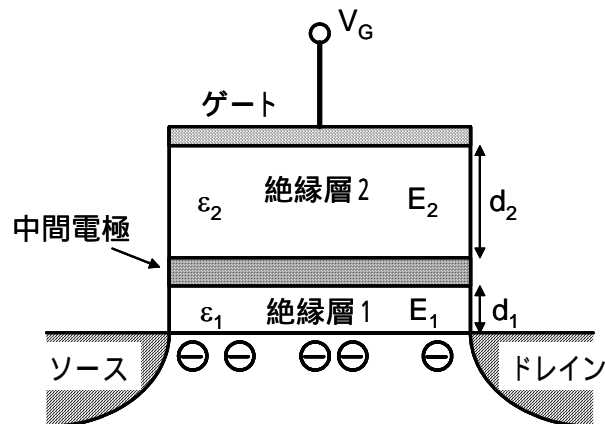


図1 中間電極層を有する MOS 電界効果トランジスタ構造

2. バルク半導体を用いた太陽電池について以下の問いに答えよ。

【20点】

- (1) 図2(a)のように、太陽電池に電流計のみを接続し、様々な波長の光を定常的に照射したところ、ある条件を満たす光に対して、電圧を印加しなくても定常的に電流が観測された。光電流が流れるための光の条件とはどのようなものか説明せよ。また、そのような光に対して、なぜ太陽電池に電圧を印加しなくても電流が流れるのか、その物理的な機構を簡潔に説明せよ。必要であれば、図を用いてもよい。
- (2) 上記(1)で電流が流れるような光の条件を選択し、次に、図2(b)のように、太陽電池に電圧計のみを接続した状態で、光を定常的に照射したところ、電圧が発生した。電圧が発生する物理的な機構を説明するとともに、測定される電圧の大きさが、太陽電池を構成する半導体のどのような物理量で支配されているか述べてよ。必要であれば、図を用いてもよい。

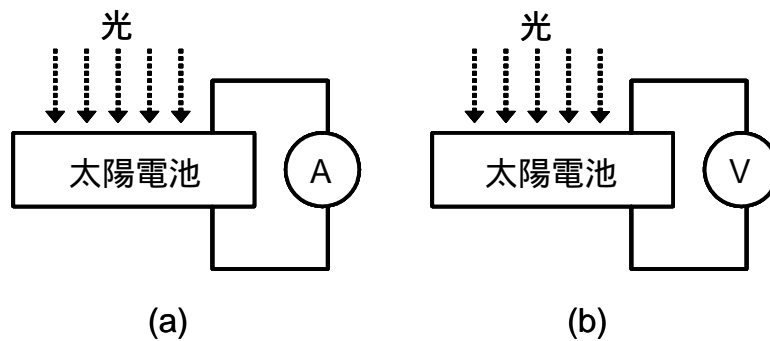


図2 太陽電池と測定回路。(a)太陽電池に電流計を接続した回路、(b)太陽電池に電圧計を接続した回路。

論点 [電子デバイス工学]

- 1 . 現在、フラッシュメモリーと呼ばれて広く用いられている不揮発性メモリーの動作原理に関する問題。ガウスの法則など基本的な静電気学と MOS 型電界効果トランジスタの動作原理の理解を問う。

- 2 . 太陽電池の動作原理を問う問題。
 - (1) 半導体中の光の吸収と電子・正孔生成過程、
 - (2) 光励起された電子、正孔が空乏層電界により空間的に分離される効果、
 - (3) 擬フェルミエネルギー（電気化学ポテンシャル）と半導体のバンド構造の関係、等に関する基本的な理解を問う。また、測定器のインピーダンスに関する基礎知識も問う。