

## 平成24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. 電界の存在する半導体中の電荷の運動は、電子デバイスの特性を理解するうえで重要である。運動する電子の有効質量を  $m_e^*$ 、電荷を  $-e$ 、速度を  $v$  とし、以下の問いに答えよ。

【35点】

- (1) 均一な半導体内部に電界  $E$  が存在するとき、電子は電界によって加速されつつ、様々な要因によって散乱を受ける。散乱による影響が、速度に比例する運動方向と逆方向の力  $m_e^* \gamma v$  で表せるとして、電子の運動方程式を記せ。ただし、 $\gamma$  は正の定数である。
- (2) (1) で得た運動方程式から、定常状態における電子の速度  $v_s$  と移動度  $\mu_e$  を求めよ。
- (3) 図1は、Si と GaAs 中の電子について、ドリフト速度の電界強度依存性を両対数グラフ上に定性的に示したものである。
- ① 低電界領域において GaAs が Si よりも高いドリフト速度を示す理由を述べよ。
- ② 高電界領域において GaAs 中でドリフト速度が低下する理由を述べよ。
- (4) 図2は GaAs と AlGaAs を用いた高電子移動度トランジスタの模式図である。本構造において高い電子移動度を実現できる理由を述べよ。必要であれば図を用いてもよい。

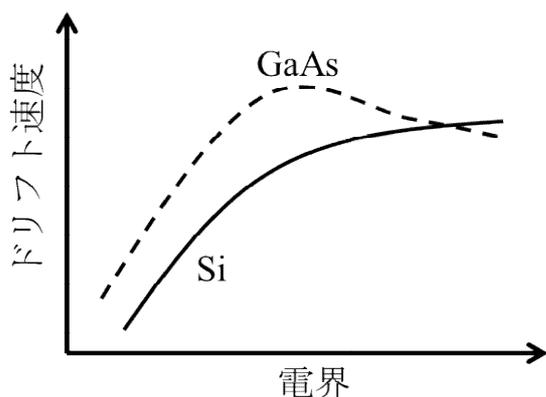
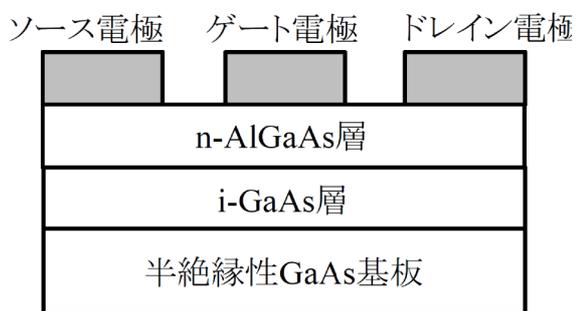
図1 ドリフト速度の電界強度依存性  
(両対数表示)

図2 高電子移動度トランジスタ

2. 図3に示すファブリ・ペロー型半導体レーザにおける光の発振を考える。共振器モードとなる光の利得定数を  $g$  とする。すなわち、その光が単位長さを伝搬したときに光強度は  $e^g$  倍となる ( $e$  は自然対数の底)。また、端面反射を除く導波時の全ての光損失を加味した光の減衰定数を  $\alpha$  とする。また、共振器長を  $L$  とし、その両端面における光の反射率を  $R$  とする。共振器モードに対する実効的な屈折率を  $n_{\text{eff}}$  として以下の問いに答えよ。

【35点】

- (1) 共振器の光軸方向 ( $x$  軸) に放出された波長  $\lambda$  の自然放出光が共振器モードになるために満たすべき  $L$  と  $\lambda$  の関係式を求めよ。
- (2) (1)の条件を満たす光の波長は  $\lambda$  近傍に多数存在する。隣のモードとの波長間隔 (縦モード間隔) を求めよ。
- (3) レーザ発振の実現に必要な条件を考える。図3に示すように(1)の条件を満たす光が共振器内の任意の点  $x_0$  を通過し、両端面で反射されて再び  $x_0$  を通過する時に光強度が増加している必要がある。そのために  $g$  が満たすべき条件を求めよ。
- (4) 定常時に単一周波数で発振するファブリ・ペロー型半導体レーザに注入する電流を高速で変調したときに発振スペクトルに生じる問題について述べよ。

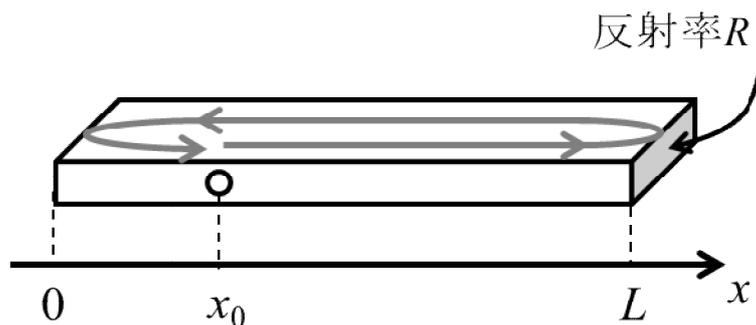


図3 ファブリ・ペロー型半導体レーザ

3. 電子デバイスに関する以下の問いに答えよ。

【30点】

- (1) 発光ダイオードを用いた白色光源が照明として用いられている。発光ダイオードの発光原理と、白色で発光する素子にするためのしくみを述べよ。必要であれば図も用いてよい。
- (2) 携帯電話や USB メモリなどに使われているフラッシュメモリは、図 4 に示すような MOS 構造の一種で絶縁膜中に浮遊ゲートを有する特徴がある。
- ① 浮遊ゲート内に電子が存在する場合を 0、存在しない場合を 1 とし、NOR 型について基本動作である初期化、書き込み、読み出しの原理をそれぞれ述べよ。必要であれば図 4 を解答用紙に書き写し、説明に用いてよい。
- ② メモリとしての特徴について簡潔に述べよ。

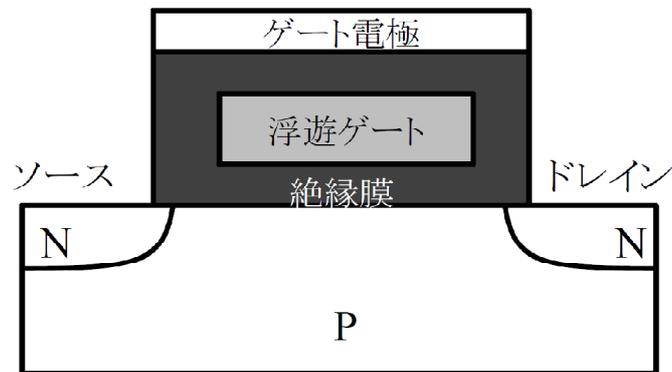


図 4 フラッシュメモリの構造