

- [1] [2] : 青色の解答用紙 (担当教官 : 青木)
[3] : 茶色の解答用紙 (担当教官 : 杉野)
[4] : 緑色の解答用紙 (担当教官 : 斗内)

[1] n-ch 型 MOSFET (エンハンスメント型) の特性について、以下の【 】内に指示された内容で答えなさい。SiO₂の比誘電率は4.0、真空誘電率は 8.8×10^{-12} (F/m)、電子の電荷量 $e=1.6 \times 10^{-19}$ (C) とする。数値を求める場合は、導出過程も記入すること。

- (1) n-ch 型 MOSFET の断面構造図を描き、各部の名称も記入しなさい。【 ① 図示 】
また、ソースをアースとした時、ON 状態で動作させるために必要なドレインとゲートの極性も記入しなさい。【 ② 図中記入 】
- (2) 単位面積あたりのゲート酸化膜容量 $C_{ox}=1.4$ ($\mu\text{F}/\text{cm}^2$) の MOSFET がある。ゲート長 $L=0.25 \mu\text{m}$ 、ゲートの奥行き $W=10 \mu\text{m}$ の場合、ゲート酸化膜の膜厚 T_{ox} は【 ③ 数値(nm) 】で、ゲート酸化膜の容量 C_G は【 ④数値 (fF) 】となる。
- (3) ゲート直下のエネルギーバンドの状態は、印加するバイアスによって、蓄積状態、【 ⑤ 語句 】、反転状態の3つの状態に分けられる。反転状態におけるバンド構造図を描きなさい。【 ⑥ 図示 】(フェルミ準位、伝導帯など必要な名称は記入すること。)
- (4) 閾値 $V_{th}=0.5\text{V}$ の場合、このゲート電極に 2.0V 印加した時、反転電子密度は【 ⑦ 数値 (単位も記入) 】である。また、同じゲート電圧をかけた状態でドレインに 0.05V 印加した時、線形特性領域におけるドレイン電流は【 ⑧ 数値(mA) 】となる。
ただし、電子の移動度は $\mu_e=400\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ とする。
- (5) 更に、(4)と同じゲート電圧をかけた状態でドレインに 2.5V 印加した時の相互コンダクタンスは【 ⑨ 数値 (単位も記入) 】となる。ただし、電子の移動度は(4)と同じ値を用いるとする。

[2] 以下の設問について、図を用いてわかりやすく説明しなさい。

- (1) USB メモリ等で用いられているフラッシュメモリの動作原理を説明しなさい。
(2) DRAM の集積化にとまない、特に容量の構造で工夫しなければならない点について説明しなさい。

(裏面に続く)

[3] 半導体 (n-GaAs) に高電界を印加していくと負性微分移動度が生じることが知られている。

- (1) 電子のドリフト速度と電界の関係を図示し、負性微分移動度領域を明記せよ。
- (2) GaAs のエネルギーバンド構造を描き、上記の特性が出るために必要な要件を2つ述べよ。
- (3) n-GaAs に 3kV/cm 以上の高電界を印加すると電流振動を観測することができる。これをガン効果と呼ぶ。この電流振動の機構を説明せよ。
- (4) 電流振動の周期は何によって決まるか説明せよ。

[4] 次の文章を読んで以下の問に答えよ。

吸収係数 α を持つ光伝導セル (表面積 A 、電極間の長さ L 、厚さ d) を考え、入射光子は全て光電流に寄与するものとする。単位時間・単位面積当たり光子束 $I(0)$ の光が入射するとセル中に生成される電子-正孔対の数 G (単位時間・単位面積当たり) は、 $G = I(0)[\quad \text{ア} \quad]$ であらわされる。再結合寿命を τ とすると、この光伝導セルの単位体積あたりの電子-正孔対密度 n の時間変化は、 $\frac{dn}{dt} = [\quad \text{イ} \quad]$ で表され、定常状態

では、 $n = [\quad \text{ウ} \quad]$ となる。一方、この光電荷の生成による導電率の増大 ($\Delta\sigma$) は、電子の電荷量を q 、電子の移動度を μ_e 、正孔の移動度を μ_h として、 $\Delta\sigma = I(0)[\quad \text{エ} \quad] \cdot [\quad \text{ア} \quad]$ と表せる。セルが充分厚い場合、正孔の寄与を無視すると、 $\Delta\sigma = I(0)[\quad \text{オ} \quad]$ と書ける。この時、光伝導セルに流れる電流は

$$\Delta I = (\Delta\sigma \cdot E) \frac{A}{L} d = qAI(0) \cdot [\quad \text{カ} \quad] \cdot E = qAI(0) \frac{\tau}{t_r}$$

だけ増加する。ここで、 E は印加電界で、 t_r は電子の走行速度を v として、 $t_r = [\quad \text{キ} \quad]$ で記述される電子の電極間走行時間である。

(1) (ア) - (キ) にあてはまる数式を入れよ。ただし、使う記号は上の文章で定義されているものに限る。

(2) A を 0.06cm^2 、 d を $300\mu\text{m}$ 、 α を 10cm^{-1} とし、 $I(0)$ が $10^{12}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ のとき、導電率の増分 $\Delta\sigma$ および、電極間に 3V の電圧を印加したときの利得係数を求めよ。ただし、 τ を 10^{-8}s 、 μ_e を $100\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ とし正孔の寄与は無視するものとする。ただし、 $e = 2.7$ 、 $e^{-1} = 0.37$ 、 $e^{-0.3} = 0.74$ とする。答えには単位つけること。

(3) その他の光デバイスに関して、次の語句を説明せよ。

- (a) DFB レーザー、(b) バリアブルレンジホッピング、
- (c) アバランシェフォトダイオード