

<b>集積回路工学 試験問題 : 担当教官 宮尾 正信</b>
---------------------------------

**問題1. [20点]**

- (1) 「MOS デバイスの比例縮小則(スケーリング)」の意味を説明せよ。
- (2) MOS デバイスが「電界一定比例縮小則」に従う場合、チャンネル長(L)を  $1/K$  とした時、ドレイン電流  $I_D$ 、信号伝達速度及び消費電力は何倍になるかを計算せよ。必要に応じて以下の式をヒントとせよ。

$$I_D \propto (W/L) \mu C_{OX}(V_G - V_T)V_D, \text{ 遅延時間} \propto C_{OX}AV/I, \text{ 消費電力} \propto VI$$

但し  $C_{OX}A$  は配線容量、即ち  $A$  は配線面積である。

- (3) 集積回路の高集積化を目指し、MOS デバイスのスケーリングを進めた結果、いくつかの課題が顕在化し始めている。その一例を示し、説明せよ。

**問題2. [20点]**

- (1) nチャネルMOSFETとpチャネルMOSFETを組み合わせた集積回路にCMOS集積回路がある。インバータ回路を例に取り、CMOS集積回路が低消費電力集積回路として優れている理由を説明せよ。
- (2) 不揮発性メモリの基本動作とその特徴を説明せよ。

**問題3. [20点]**

$F = \overline{A \cdot B}$  及び  $F = \overline{A + B}$  で表される論理式がある。各々NAND及びNORの論理式と呼ばれる。それらの真理値表を下に示す。

NAND		
A	B	F
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

NOR		
A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

上記の論理式を構成しうる回路をトランジスタ2個と抵抗1個を用いて考案し、各々の回路図を記載せよ。

#### 問題4. [15点]

次の文章の空欄に適切な用語を用語欄より選びその番号を解答用紙の欄に記入せよ。尚、解答に際し、「MOSメモリはROMとRAMに大別出来る事」をヒントとせよ。

MOSメモリは〔①〕と〔②〕に分かれる。〔①〕は〔③〕と〔④〕に分かれる。〔③〕は〔⑤〕に電荷を一時的に蓄えることにより記憶を行う。一つの〔⑤〕で記憶が出来るため。〔④〕に比べ集積度が上がる。この為チップコストを下げやすくパソコンの主記憶装置を中心に広く用いられる。

〔⑤〕に電荷を一時的に蓄えるため、セル内のごく僅かな電流により記憶していた電荷を失う。このため、一定時間ごとにデータの〔⑥〕を行う必要がある。高集積化が進むにつれて〔⑤〕に割ける面積が小さくなるので、その面積を確保する為〔⑦或いは⑧〕のような構造が採用されている。〔④〕はふたつのインバータの出力をほかのインバータの入力にフィードバックすることにより記憶を行う。〔④〕は〔③〕と比べてセル動作を複雑なクロックにより制御する必要がない為に高速な読み出しが行える。この為コンピュータのメモリの階層構造の最上位にある〔⑨〕として使用される。〔③〕と〔④〕は共に電源が切れると蓄えた記憶を消失する〔⑩〕である。〔④〕は〔③〕のように〔⑥〕が必要ない。

〔②〕にはマスクパターンを使って半導体製造メーカーが記憶を行う〔⑪〕、電気的に書き込み紫外線を照射して消去を行う〔⑫〕、バイトごとに電気的な書き込みと消去が出来る〔⑬〕、バイト単位の消去を諦め一括消去することによりセル面積を小さくする〔⑭〕等がある。これらの〔②〕は、いずれも電源を切った後も記憶した内容を失わないので〔⑮〕と呼ばれる。

用語欄：

(a) トレンチ型セル(溝掘り型セル)、(b) キャッシュメモリ、(c) 随意読み出しメモリ(RAM: Random Access Memory)、(d) Static RAM(SRAM)、(e) EPROM(Electrically Programmable Read Only Memory)、(f) リフレッシュ、(g) 読み出し専用メモリ(ROM: Read Only Memory)、(h) フラッシュメモリ、(i) 揮発性メモリ(volatile memory)、(j) Dynamic RAM(DRAM)、(k) キャパシタ、(l) スタック型セル、(m) 不揮発性メモリ(nonvolatile memory)、(n) マスクROM、(o) EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)、

#### 問題5. [25点] 下記の項目に関し知りうることを記述せよ。

##### (1) イオン注入法(イオン打ち込み法)

イオン注入法の特徴を熱拡散法と対比して記述すると共に、本技術がデバイス作成のどの部分に使用されているかを記述せよ。

##### (2) リソグラフィ技術

リソグラフィ技術の工程を簡単に説明すると共に、デバイス微細化の潮流により本技術がどの様に変化してきたか(或いは、変化しつつあるか)を記述せよ。

##### (3) エピタキシャル成長法

エピタキシャル成長法の特徴をCZ法(チョコラルスキー法)と対比して記述せよ。