

## 4-5 $Al_2O_3$ -Complementary MOSトランジスタ

上智大学 理工学部

長野克人 田中利雄

1. 序 Complementary MOSトランジスタ (CMOST) 回路は、低消費電力、高速性、すぐれた雑音余裕度等の特長を持っている。我々はP形領域の形成に際して低い表面濃度の制御の容易な反応性スパッタリングを用いた固体-固体拡散法<sup>1)</sup>を用いてゲート絶縁膜としてアルカリイオンの汚染に安定で放射線損傷が少なく、酸化膜中の固定電荷及び界面準位の少ないアルミナ ( $Al_2O_3$ ) 膜を反応性スパッタリングにより形成し<sup>2)4)</sup>CMOSTを製作し良好な結果を得たので報告する。

2. 試料製作 CMOSTの構造及び工程の概略を図1に示す。シリコン基板は比抵抗  $2.0 \Omega \cdot cm$ , n形, リンドープ (100) を用いた。試料にP形領域を選択拡散するため、熱酸化、ホットエッチングにより  $SiO_2$  マスクを形成した。次にボロゲン材料をドーパしたシリコン ( $2.8 \times 10^{19} cm^{-3}$ ) をターゲットとして反応性スパッタリングを行い、試料上にボロンを含んだ  $SiO_2$  膜を形成させ、乾燥窒素中で  $1250^\circ C$ , 14 hours 固体-固体拡散を行った。得られた表面濃度は約  $1.0 \times 10^{16} cm^{-3}$  であり、拡散の深さは (CMOST完成後)  $20.0 \mu m$  である。次に試料は井酸で酸化膜を除去し、熱酸化、ホットエッチング、ボロン拡散によりP<sup>+</sup>領域を、同様にしてN<sup>+</sup>領域を形成させた。製作条件は、ボロン拡散に対して熱酸化;  $1250^\circ C$ , 1 hour, dry  $O_2$ , 拡散;  $1200^\circ C$ ,  $B_2O_3$  1100 $^\circ C$ , 1 hour, dry  $N_2$ ,  $O_2$ , N<sup>+</sup>拡散に対して、熱酸化;  $1250^\circ C$ , 2 hours, dry  $O_2$ , 拡散;  $1050^\circ C$ ,  $P_2O_5$  350 $^\circ C$ , 20 min, dry  $N_2$  である。酸化膜を井酸で除去後、アルミニウムの反応性スパッタリングにより  $Al_2O_3$  ゲート絶縁膜を形成した。形成条件は、電圧 1 kV, 酸素ガス圧 0.08 Torr, 電流密度  $2 mA/cm^2$ , 電極間隔  $2.5 cm$  であり、得られた膜厚は  $0.30 \mu m$  である。試料にY-スドレーン等の電極コンタクト用の窓明けを行うためにKPRを保護マスクとして用いる方法<sup>5)</sup>により  $Al_2O_3$  膜の選択エッチと熱リソ酸 (b.p.  $200^\circ C$ ) 中で  $160^\circ C$  で行った。次に  $Al_2O_3$ -Si 界面での不整及び界面準位の低減を計るために dry  $O_2$  中で  $1050^\circ C$ , 10 min, 続いて水素を 10% 含む窒素中で  $500^\circ C$ , 30 min の低温水素処理を行った。<sup>6)</sup> 次に電極コンタクト用の窓の部分の  $SiO_2$  を井酸系の溶液中で除去したのち、アルミニウムの蒸着によりソース、ドレーン、ゲート等の電極を形成した。

### 3. CMOSTの特性

得られたCMOSTペアのn-MOST, p-MOSTの  $I_D - V_G$  特性 ( $V_D = 100 mV$ -定) をそれぞれ図2に示す。更にn-MOST, p-MOSTの  $I_D - V_D$  特性を図3, 4にそれぞれ示す。得られたゲートしきい電圧  $V_T$  はn-MOSTで  $+0.7 V$ , p-MOSTで  $-0.6 V$  で両方ともにエンハンスメント型となっている。(  $V_T$  は  $V_D = 100 mV$  で  $I_D = 1 \mu A$  となったときの  $V_G$  をこの値とした。)  $Al_2O_3$  膜を用いることにより  $V_T$  をかなり小さくできるので低電圧動作が期待できる。三極管領域の  $g_d - V_G$  特性から算出した表面実効移動度はn-MOSTで  $925 cm^2/V \cdot sec$

p-MOSTで  $360 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$  とかなり良い値が得られた。

4. 結論 反応性スパッタリングを用いた固体-固体拡散法でP形領域を形成することにより比較的容易に表面濃度を制御でき、更にゲート絶縁膜として Sputtered  $\text{Al}_2\text{O}_3$  膜を用いることにより、p-mosMOSトと兼に低い  $V_{\text{FB}}$  が良好な表面移動度を有することができた。したがって  $\text{SiO}_2$  をゲート膜とするCMOSTに較べてより安定化、高速化できるものと考えられる。

#### References

- 1) K. Nagano, S. Iwachi and T. Tanaka: Japan J. appl. Phys. 7 (1968) 1361
- 2) A. Waxman and K. H. Zaininger: Appl. phys. Letters 12 (1968) 109
- 3) T. Tanaka and S. Iwachi: Japan J. appl. Phys. 7 (1968) 1420
- 4) K. Nagano, S. Iwachi and T. Tanaka: Japan J. appl. Phys. 8 (1969) 277
- 5) 長野, 岩内, 田中: 薄膜第131号 49回研究会資料 No. 233

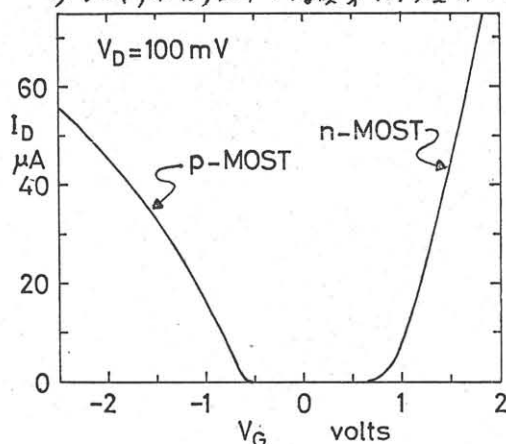


図2. CMOSの  $I_D-V_G$  特性

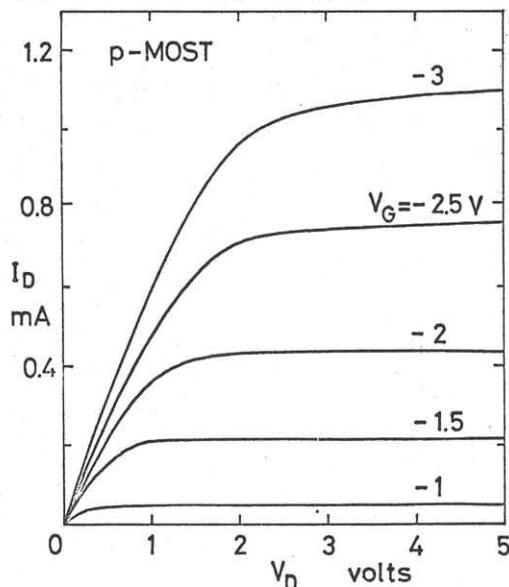


図4. p-MOSTの  $I_D-V_D$  特性

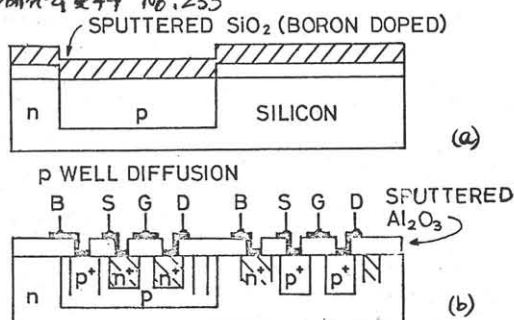


図1. CMOSの構造と工程  $L=40\mu$ ,  $Z=1000\mu$

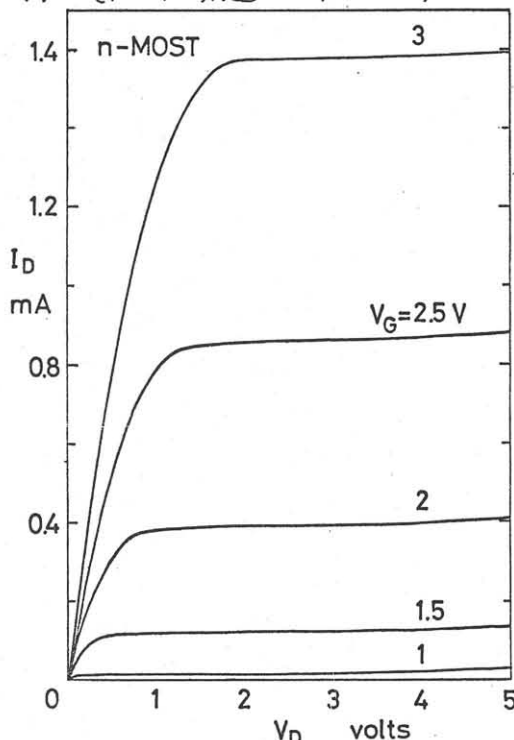


図3. n-MOSTの  $I_D-V_D$  特性