

平成29年度
集積回路設計技術・次世代集積回路工学特論
レポート題

群馬大学
松田順一

(1)しきい値電圧

下記Nch-MOSFETでしきい値電圧0.6V（室温 $T = 300\text{K}$ ）を得る場合、基板不純物密度 N_A をいくらに設定すればよいか求めなさい。

Nch-MOSFET

- ・短／狭チャネル効果を見捨てるほど大きなトランジスタサイズ
- ・ n^+ ゲート（ n^+ ゲートのフェルミ電位： $\phi_{Fn^+} = -0.56\text{V}$ ）
- ・界面固定電荷密度： $Q'_0 = (1.6 \times 10^{-19}) \times (3 \times 10^{10})\text{C/cm}^2$
- ・ゲート酸化膜厚： $t_{ox} = 6\text{nm}$

しきい値電圧

$$V_T = V_{FB} + 2\phi_0 + \gamma\sqrt{2\phi_0}$$

$$\phi_0 = 2\phi_F + 6\phi_t \quad \phi_t = kT/q$$

酸化膜の誘電率： $\epsilon_{ox} = 3.84 \times 8.854 \times 10^{-14}\text{F/cm}$

Siの誘電率： $\epsilon_{Si} = 11.7 \times 8.854 \times 10^{-14}\text{F/cm}$

ボルツマン定数： $k = 1.38 \times 10^{-23}\text{J/K}$

素電荷量： $q = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$

真性キャリア密度（室温）： $n_i = 1.45 \times 10^{10}\text{cm}^{-3}$

(2) 反転層電荷 Q_I

簡単化されたソース参照強反転モデルを用いて、QS状態のMOSFETの反転層電荷 Q_I が以下になることを導出しなさい。

$$Q_I = -WLC'_{ox}(V_{GS} - V_T) \frac{2}{3} \frac{1 + \eta + \eta^2}{1 + \eta}$$

W : ゲート幅

L : ゲート長

C'_{ox} : 単位面積当たりのゲート酸化膜容量

導出にあたり、以下を参考にしなさい。

$$Q_I = W \int_0^L Q'_I dx = -\frac{\mu W^2}{I_{DSN}} \int_{V_{SB}}^{V_{DB}} Q_I'^2 dV_{CB}$$

Q'_I : 単位面積当たりの反転層電荷

$$Q'_I = -C'_{ox} [V_{GB} - V_{SB} - V_T - \alpha(V_{CB} - V_{SB})]$$

簡単化されたソース参照強反転モデル

$$I_{DSN} = I'_{DS} (1 - \eta^2)$$

$$I'_{DS} = \frac{W}{L} \mu C'_{ox} \frac{(V_{GS} - V_T)^2}{2\alpha}, \quad \eta = \begin{cases} 1 - \frac{V_{DS}}{V'_{DS}}, & V_{DS} \leq V'_{DS} \\ 0, & V_{DS} > V'_{DS} \end{cases} \quad V'_{DS} = \frac{V_{GS} - V_T}{\alpha}$$

(3) MOSFETの微細化

MOSFETの微細化に伴う特性劣化について説明しなさい。
また、その特性劣化を改善する方策を検討しなさい。

(4) バイポーラ・トランジスタ

ベース・ワイドニング効果について説明しなさい。

- ・レポート提出期限 2017年7月31日(月)
- ・提出場所 電気電子事務室 (3号館1F)