

1. MOS Capacitor에서 gate 전압이 channel에 inversion carrier 층을 형성하는 때, inversion charge density 조건이

$Q_{inv} = -C_{ox}(V_g - V_t)$ 로 기술됨을 수학 유도하십시오.

문턱전압은 어떻게 경험적으로 결정되는지도 수학 유도하십시오.

Surface potential  $\phi_s$ 가 커질수록 depletion이 되는데,  $\phi_s > 2\phi_B$ 가 될 때부터 증분한 전하가 쌓이기 시작한다 (Threshold).

$W_{dep}$ 는 충분히 넓어졌고,  $V_g$ 를 증가하는수록, surface electron 만 증가한다.

그리고 아래까지는 Depletion charge가 더 많기 때문에 substrate의 charge는  $Q_{sub} = Q_{dep} + Q_{inv} \approx Q_{dep}$ 로 볼 수 있다.

Fermi potential Energy  $q\phi_B = (E_i - E_F)_{bulk}$

이므로  $p = n_i e^{\frac{E_i - E_F}{kT}}$  이어서  $p = N_A$ ,  
 $N_A = n_i e^{\frac{q\phi_B}{kT}} \approx q\phi_B = kT \ln \frac{N_A}{n_i}$  이다.

Threshold 이어서  $\phi_s > 2\phi_B$  이므로  $\phi_s = 2\phi_B$ 일 때를 보면  $2\phi_B = \frac{2kT}{q} \ln \frac{N_A}{n_i} = \phi_s$  이다.

$V_g = V_{fb} + \phi_s + V_{ox}$  이어서  $V_t$ 를 구하려면  $\phi_s$  대신  $2\phi_B$  대입

$V_t = V_{fb} + 2\phi_B + V_{ox}$  이다.

$V_{ox} = -\frac{Q_{sub}}{C_{ox}} = -\frac{Q_{dep}}{C_{ox}}$  이어서  $Q_{dep} = -qN_A W_{dep}$

$V_{ox} = \frac{qN_A W_{dep}}{C_{ox}}$  이다.

$$W_{dep} = \sqrt{\frac{2\epsilon_s \phi_s}{qN_A}} \text{ 이므로 } \phi_s = \frac{qN_A W_{dep}^2}{2\epsilon_s}$$

$$\text{이다. 따라서 } V_{ox} = \frac{\sqrt{4N_A 2\epsilon_s \phi_s}}{C_{ox}}$$

$$\text{대입시 } V_t = V_{fb} + 2\phi_B + \frac{\sqrt{4N_A 2\epsilon_s \cdot 2\phi_B}}{C_{ox}} \text{ 이다.}$$

inversion 이어서  $\phi_s \approx 2\phi_B$ 로 보며.

Surface electron도 충분히 커져

$Q_{sub} = Q_{dep} + Q_{inv}$ 가 된다.

$$V_{ox} = -\frac{Q_{sub}}{C_{ox}} = -\left(\frac{Q_{dep}}{C_{ox}} + \frac{Q_{inv}}{C_{ox}}\right) \text{ 이다.}$$

$$V_g = V_{fb} + \phi_s + V_{ox} \text{ 이어서 } \phi_s = 2\phi_B \text{ 이며}$$

$$V_g = V_{fb} + 2\phi_B - \frac{Q_{dep}}{C_{ox}} - \frac{Q_{inv}}{C_{ox}}$$

여기서  $Q_{dep} = -qN_A W_{dep}$  이므로.

$$V_g = V_{fb} + 2\phi_B + \frac{qN_A W_{dep}}{C_{ox}} - \frac{Q_{inv}}{C_{ox}}$$

$$V_g = V_{fb} + 2\phi_B + \frac{\sqrt{4N_A 2\epsilon_s 2\phi_B}}{C_{ox}} - \frac{Q_{inv}}{C_{ox}} \text{ 이며}$$

$$V_{fb} + 2\phi_B + \frac{\sqrt{4N_A 2\epsilon_s 2\phi_B}}{C_{ox}} \text{가 } V_t \text{ 이므로}$$

$$V_g = V_t - \frac{Q_{inv}}{C_{ox}}$$

$$-C_{ox}(V_g - V_t) = Q_{inv} \text{가 된다.}$$