

1. High field 영역에서 나타나는 Carrier 의 2. Long channel 소자와 short channel 소자 Velocity Saturation 효과를 감안한 Saturation 이서 Saturation current가 나타나는 물리적 전압 수식 및 Saturation current 수식을 기술하고 근원이 서로 다른 각을 설명하고, 각 경우 해당 수식에서 long channel 근사 경우와 short 이서의 output curve 들의 차이점이 대해서도 channel 근사 경우의 수식 form을 상대비교해 비교 설명해 보시오.

$$I_{dsat} = \frac{W}{2mL} C_{ox} \mu_{ns} \frac{(V_{gs} - V_t)^2}{1 + \frac{V_{gs} - V_t}{m E_{sat} L}}$$

$$V_{dsat} = \frac{2(V_{gs} - V_t)/m}{1 + \sqrt{1 + 2(V_{gs} - V_t)/m E_{sat} L}}$$

1) Long channel 근사 ($E_{sat} L \gg V_{gs} - V_t$)

$$\frac{1}{V_{dsat}} = \frac{m}{V_{gs} - V_t} + \frac{1}{E_{sat} L} \quad \text{이므로}$$

$$V_{dsat} = \frac{V_{gs} - V_t}{m} \quad \text{가 된다.}$$

$$I_{dsat} \text{ 이서도 } 1 \gg \frac{V_{gs} - V_t}{m E_{sat} L} \quad \text{가 되므로}$$

$$I_{dsat} = \frac{W}{2mL} C_{ox} \mu_{ns} (V_{gs} - V_t)^2$$

2) Short channel 근사 ($E_{sat} L \ll V_{gs} - V_t$)

$$V_{dsat} \approx E_{sat} L \quad \text{이며 } \frac{V_{gs} - V_t}{m} \text{ 보다 작다.}$$

$$I_{dsat} \approx W C_{ox} V_{sat} (V_{gs} - V_t - m E_{sat} L)$$

Long channel 의 경우 제곱에 비례하며

Channel Length 의 역비례를 받지만

Short channel 의 경우 1차 선형적이며

Channel Length 의 역비례를 받지 않는다.

(Channel Length가 더 짧을수록 이서 E Field가

증가해도 속도는 어차피 포화되었으므로 변화가

없을 것이다)

Long channel 소자는 pinch-off에 의해

Drain 이서 Q_{inv} 가 0가 되면서 I_{ds} 가

Saturation 된다.

Short channel 소자는 Carrier velocity가 V_{sat} 에 도달할 때 Drain 이서 Q_{inv} 가

Constant ($\frac{I_{dsat}}{W V_{sat}}$) 이 된다. 이리 한다.

\Rightarrow High Field로 인해 velocity가 Saturation 해서 current가 Saturation 된다.

Long channel 이서는 I_{dsat} 이 고정되어 있지만

Short channel 이서는 I_{dsat} 보다 더 올라가는

그래프가 나온다. (V_{ds} 증가로 I_{dsat} 보다 더 증가)