

① در یک ترانزیستور n-JFET از جنس Si، کلاش نایه P به میزان  $N_A = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  و کلاش کانال  $N_D = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  است. اگر عرض کانال  $2a = 2 \mu\text{m}$  باشد، مقدار  $V_p$  را با  $V_{bi}$  پیوند مقایسه کنید. مقدار  $V_{G0}$  چقدر باشد تا اینکه  $I_D$  به مقدار  $I_{D,sat}$  برسد؟  $V_{bi}$  اتفاق می‌افتد؟  $V_{G0} = -3 \text{ V}$  در چه ولتاژی از  $V_D$  جریان اشباع می‌شود؟

$$V_0 = \frac{k_B T}{q} \ln \frac{N_A N_D}{n_i^2} = 0.0259 \ln \frac{10^{18} \times 10^{16}}{(1.5 \times 10^{10})^2} = 0.814 \text{ V}$$

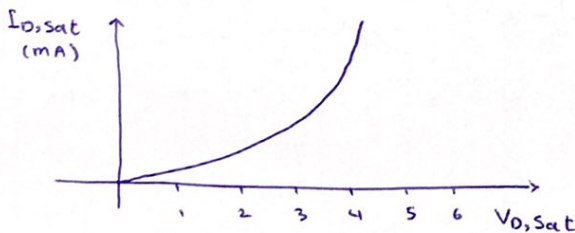
$$V_p = \frac{q \cdot a^2 \cdot N_D}{2 \cdot \epsilon} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times (10^{-4})^2 \times 10^{16}}{2 \times 11.8 \times 8.85 \times 10^{-16}} = 7.66 \text{ eV}$$

$$V_T = V_p - V_0 = 6.85 \text{ V}, \quad V_{D,sat} = V_T + V_G = 6.85 \text{ V} - 3 \text{ V} = 3.85 \text{ V}$$

② در مسئله قبل اگر  $\frac{\mu_n}{V_s} = 10$  و  $\mu_n = 1000 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}}$  باشد، مقدار  $I_{D,sat}$  را در ولتاژهای  $V_G = 0, -2, -4, -6$  و  $V_D = 0, 2, 4, 6$  محاسبه و بر ب  $V_{D,sat}$  رسم کنید.

$$G_0 = 2aq\mu_n n \frac{Z}{L} = 2 \times 10^{-14} \times 1.6 \times 10^{-19} \times 10^3 \times 10^{16} \times 10 = 3.2 \times 10^{-3} \text{ S}$$

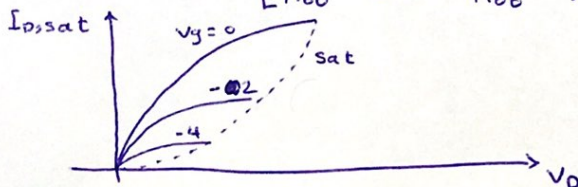
$$I_{D,sat} = G_0 \cdot V_p \left[ \frac{V_G - V_0}{V_p} + \frac{2}{3} \left( \frac{V_G - V_0}{V_p} \right)^{\frac{3}{2}} + \frac{1}{3} \right] = 3.2 \times 10^{-3} \times 7.66 \left[ \frac{V_G - 0.814}{7.66} + \frac{2}{3} \left( \frac{V_G - 0.814}{7.66} \right)^{\frac{3}{2}} + \frac{1}{3} \right] \Rightarrow I_{D,sat} = 6.85 + V_G$$



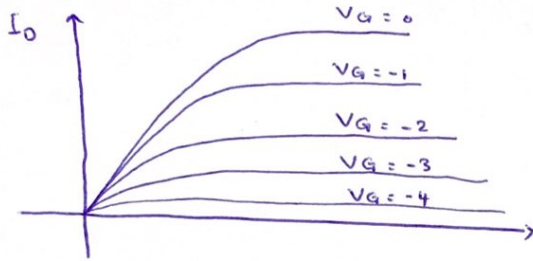
③ برای مسئله قبل مقدار  $I_D$  را بر ب  $V_D$  برای ولتاژهای  $V_G = 0, -2, -4, -6$  تا قبل از نقطه اشباع محاسبه و رسم کنید.

$$I_D = G_0 \cdot V_p \left[ \frac{V_D}{V_p} + \frac{2}{3} \left( \frac{V_D - V_G}{V_p} \right)^{\frac{3}{2}} - \frac{2}{3} \cdot \left( \frac{V_0 + V_D - V_G}{V_p} \right)^{\frac{3}{2}} \right]$$

$$= 3.2 \times 10^{-3} \times 7.66 \left[ \frac{V_D}{7.66} + \frac{2}{3} \left( \frac{0.814 - V_G}{7.66} \right)^{\frac{3}{2}} - \frac{2}{3} \left( \frac{0.814 + V_D - V_G}{7.66} \right)^{\frac{3}{2}} \right]$$



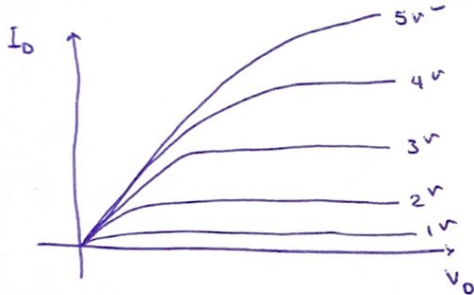
4) در یک ترانزیستور اسیان n-JFET از جنس Si در دما 300°K و  $a = 1000 \text{ \AA}$  و  $N_d = 7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  با  $L = 5 \mu\text{m}$  و  $Z = 100 \mu\text{m}$  و  $V_D = [0, 5]$  و  $V_G = 0, -1, -2, -3, -4, -5$  مقدار  $I_D(V_D, V_G)$  را محاسبه و رسم کنید.



5) با استفاده از رابطه موبیلیتی وابسته به میدان مقدار  $I_D(V_D, V_G)$  را برای  $V_G = 0, -1, -2, -3, -4, -5$  و  $V_D = 0.5, 1, 2, 5$  میکرومتر در ولتاژ  $V_G = 0$  محاسبه و رسم کنید. رابطه موبیلیتی وابسته به میدان به صورت زیر است:

$$\mu(\mathcal{E}) = \frac{\mu_0}{1 + \left(\frac{\mu_0 \mathcal{E}}{V_s}\right)}$$

در رابطه فوق  $\mu_0$  موبیلیتی در میدان کوچک و  $V_s = 10^7 \text{ cm/s}$  سرعت اشباع استوفیشن است.  $\mathcal{E} = \frac{V_D}{L}$  و  $V_D$  در بین در بین خود به اشباع می رسد، در مورد مثال با کانال کوتاه است.



6) در یک ترانزیستور اسیان JFET جریان درین تقریباً به صورت خطی با ولتاژ درین ( $V_D$ ) در ولتاژهای کم  $V_G$  تغییر می کند.

a) با استفاده از رابطه دو جمله ای و  $\frac{V_D}{-V_G} < 1$  رابطه  $I_D$  را به صورت تقریبی باز نویسی کنید.

b) شکل دسیه رابطه را به رسانایی کانال  $\frac{I_D}{V_D}$  در بازه خطی به صورت زیر است:

$$g_m = 2 \alpha Z N_d \mu_n \frac{q}{L} \left[ 1 - \left( \frac{-V_G}{V_p} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

c) درجه ولتاژ از ولتاژ  $V_G$  ترانزیستور خاص می شود در رسانایی کانال صفری شود؟

$$a) I_D \approx G_0 \cdot V_p \cdot \left[ \frac{V_D}{V_p} + \frac{2}{3} \left( \frac{-V_G}{V_p} \right)^{\frac{3}{2}} - \frac{2}{3} \left( \frac{V_D - V_G}{V_p} \right)^{\frac{3}{2}} \right] = G_0 \cdot \left[ V_D + \frac{2}{3} \times \frac{(-V_G)^{\frac{3}{2}}}{V_p^{\frac{1}{2}}} - \frac{2}{3} \times \frac{(-V_G)^{\frac{3}{2}}}{V_p^{\frac{1}{2}}} \left( \frac{V_D}{-V_G} + 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right]$$

$$\frac{(1+x)^{\frac{3}{2}}}{1} \approx 1 + \frac{3}{2}x \quad I_D = G_0 \cdot \left[ V_D + \frac{2}{3} \frac{(-V_G)^{\frac{3}{2}}}{V_p^{\frac{1}{2}}} - \frac{2}{3} \frac{(-V_G)^{\frac{3}{2}}}{V_p^{\frac{1}{2}}} \cdot \left( 1 + \frac{3}{2} \left( \frac{-V_D}{V_G} \right) \right) \right] = G_0 V_D \left[ 1 - \left( \frac{-V_G}{V_p} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

$$b) \frac{I_D}{V_D} = G_0 \cdot \left[ 1 - \left( \frac{-V_G}{V_p} \right)^{\frac{1}{2}} \right] = g_m (\text{sat})$$

$$c) V_G = -V_p$$