مثال ۹

یک ترانزیستور nMOS را در نظر بگیرید که در آن $t_{ox} = 100A^{\circ}$ و $N_A=10^{15}\ cm^{-3}$ می‌باشد. اگر میزان ناخالصی در گیت ساخته شده با پلی سیلیکان از نوع N ، برابر با $N_D=10^{19}\ cm^{-3}$ ، بار ثابت در اکسید $Q_f = - q \times (10^{11})\ C/cm^2$ و تعداد یون جهت تنظیم ولتاژ آستانه $D_I = 2 \times 10^{12}\ Cm^2$ باشد، مطلوب است ولتاژ آستانه‌ی ترانزیستور؟

حل: خازن اکسید برابر خواهد شد با:

$$C_{ox} = \frac{\epsilon_{ox}}{t_{ox}} = \frac{309 \times \epsilon_0}{t_{ox}} = \frac{3.9 \times 8.8 \times 10^{-14}}{100 \times 10^{-8}} \cong 3.45\ fF/\mu m$$

ولتاژ مسطح سازی باند انرژی نیز به صورت زیر است:

$$V_{FB} = -\frac{KT}{q}\ln\left(\frac{N_A N_D}{n_i^2}\right) - \frac{Q_f}{Cox} =$$

$$-26\ mV \times \ln\left(\frac{10^{15} \times 10^{19}}{(10^{10})^2}\right) - \frac{1.6\times10^{-19}\times10^{11}}{C_{ox}} = -0.865\ V$$

برای پتانسیل فرمی نیمه هادی نوع P داریم:

$$\emptyset_f = \frac{KT}{q} ln \frac{N_A}{n_i}$$

در نتیجه:

$$2\emptyset_f = 26mV \times \ln\left(\frac{10^{15}}{10^{10}}\right) \cong 0.58V$$

Scanned with CamScanner

با توجه به اینکه در حالت وارونی $\emptyset_s = 2\emptyset_f$ است،

$$\frac{Q_{BQ}}{C_{ox}} = \frac{\sqrt{2*q \times \epsilon_{Si} \times N_A \times |2\emptyset_f|}}{Cox} = \frac{\sqrt{2\times(1.6\times10^{-19})\times(11.8)(8.85\times10^{-14})(10^{15})(0.58)}}{C_{ox}} = 0.040\ \text{V}$$

جمله‌ی $\frac{qD_I}{Cox}$ در معادله‌ی ولتاژ آستانه خواهد شد:

$$\frac{qD_I}{C_{ox}} = \frac{(1.6\times10^{-19})(2\times10^{12})}{C_{ox}} = 0.928\ \text{V}$$

در نتیجه داریم:

$$V_{T,n} = -0.865 + 0.58 + 0.040 + 0.928 = 0.682\ \text{V}$$

Scanned with CamScanner