

北京航空航天大学
BEIHANG UNIVERSITY



MOS部分测试讲解

张凯丽

kaili_zhang@buaa.edu.cn

2021年1月10日星期日

(1) 选择题



1a) MOS 电容器氧化物中的电场是一个典型的常数，与位置无关，原因是？

- a) 因为通常在氧化物-半导体的界面上只有很少的电荷。
- b) 因为氧化物的电荷非常少**
- c) 因为通常在金属-半导体的界面上只有很少的电荷。
- d) 因为氧化物的介电常数通常与半导体的介电常数不同
- e) 因为氧化物中的微小载流子寿命通常很长

1b) 下列哪一项对 N 型半导体的积累的表达是正确的？

- a) 表面势是正的**
- b) 表面势是负的
- c) 表面势是 0
- d) 表面势是 Φ_F
- e) 表面势是 $-2\Phi_F$

1c) 假设一个 MOS 电容，其衬底是 n 型的，关于 $C_{ox}(V_G - V_T)$ 的描述，下列那一项是正确的？(假定 $V_G < V_T < 0$)

- a) 它是积聚电荷的大小
- b) 它是耗尽电荷的大小
- c) 它是反转电荷的大小**
- d) 它是半导体中总电荷的大小
- e) 它是氧化物-半导体界面上固定电荷的大小

(1) 选择题



1d) 在开态电流的情况下，N 沟道的 MOSFET 的偏置是多少？

a) $V_{GS} = 0, V_{DS} = 0$

b) $V_{GS} = 0, V_{DS} = V_{DD}$

c) $V_{GS} = V_{DD}, V_{DS} = 0$

d) $V_{GS} = V_{DD}, V_{DS} = V_{DD}$

e) $V_{GS} = -V_{DD}, V_{DS} = +V_{DD}$

1e) 在关断电流的情况下，N 沟道的 MOSFET 的偏置是多少？

a) $V_{GS} = 0, V_{DS} = 0$

b) $V_{GS} = 0, V_{DS} = V_{DD}$

c) $V_{GS} = V_{DD}, V_{DS} = 0$

d) $V_{GS} = V_{DD}, V_{DS} = V_{DD}$

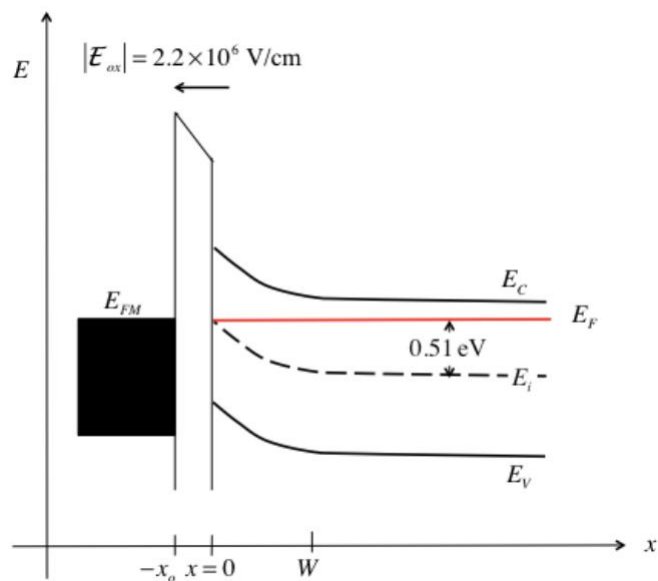
e) $V_{GS} = 0.05V_{DD}, V_{DS} = V_{DD}$

(2) 简答题



2) 这个问题是关于MOS 电容的，其能带图如下所示。

你可以假设半导体是300K 的硅（硅的相对介电常数为11.8），绝缘体是SiO₂，相对介电常数为3.9，厚度为2 nm。你可以假定在氧化物-半导体界面上是不带电的。同时假设 $x \rightarrow \infty$ 当时硅中的静电势为零。



2a) 半导体是在积累，平带，耗尽还是反型？回答并解释原因。

2b) 表面电势的数值是多少？（注意表面势的符号）

2c) 栅极相对于半导体的静电势电压是多少？包括适当的符号。（提示：答案不为零，我们并没有问栅极上加了多少电压）？

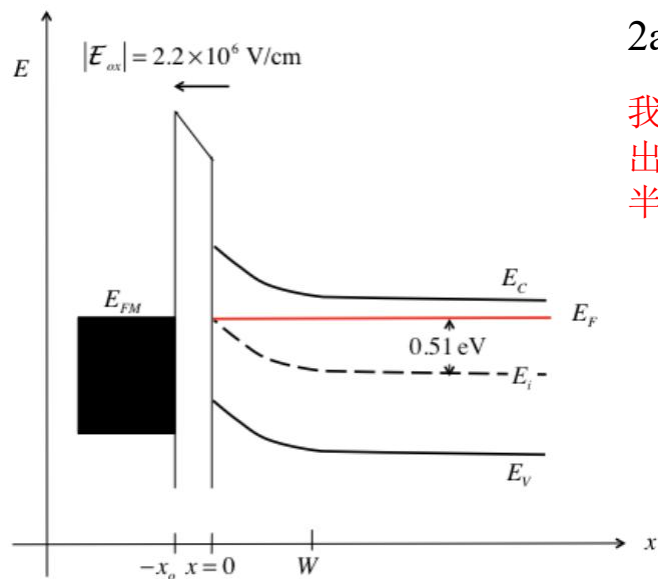
2d) 氧化物-硅界面处硅中电场的数值是多少？请注意答案的正负号。

2e) 半导体中的电荷值是多少（单位为C/cm²）？请注意答案的正负号。

(2) 简答题



2) 这个问题是关于MOS 电容的，其能带图如下所示。
你可以假设半导体是300K 的硅（硅的相对介电常数为11.8），绝缘体是SiO₂，相对介电常数为3.9，厚度为2 nm。你可以假定在氧化物-半导体界面上是不带电的。同时假设 $x \rightarrow \infty$ 当时硅中的静电势为零。

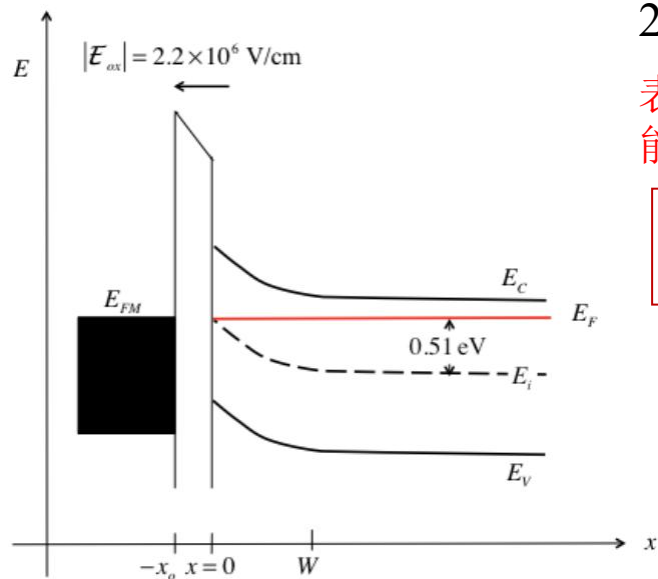


2a) 半导体是在积累，平带，耗尽还是反型？回答并解释原因。

我们发现这是一种N型半导体。这些带在表面上弯曲，这使得传导带高出费米能级，使表面附近的电子浓度变小。
半导体处于耗尽状态。

(2) 简答题

2) 这个问题是关于MOS 电容的，其能带图如下所示。
你可以假设半导体是300K 的硅（硅的相对介电常数为11.8），绝缘体是SiO₂，相对介电常数为3.9，厚度为2 nm。你可以假定在氧化物-半导体界面上是不带电的。同时假设 $x \rightarrow \infty$ 当时硅中的静电势为零。



2b) 表面电势的数值是多少？（注意表面势的符号）

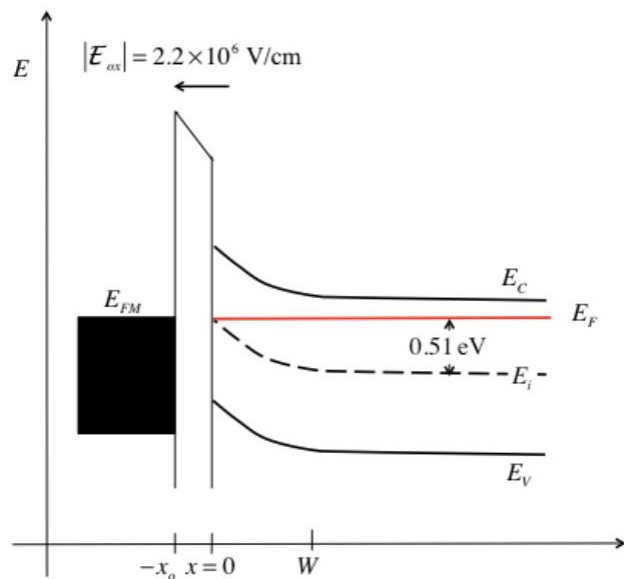
表面电位的大小是 $(1/q)$ 乘以表面和体内本征能级的差，即 0.51V。
能带结束了，所以表面电位是负的

$$\phi_S = -0.51 \text{ V}$$

(2) 简答题



2) 这个问题是关于MOS 电容的，其能带图如下所示。
你可以假设半导体是300K 的硅（硅的相对介电常数为11.8），绝缘体是SiO₂，相对介电常数为3.9，厚度为2 nm。你可以假定在氧化物-半导体界面上是不带电的。同时假设 $x \rightarrow \infty$ 当时硅中的静电势为零。



2c) 栅极相对于半导体的静电势电压是多少？包括适当的符号。（提示：答案不为零，我们并没有问栅极上加了多少电压）？

$$V_M = \Delta V_{ox} + \phi_S$$

$$\Delta V_{ox} = -\mathcal{E}_{ox} x_0 = -(2.2 \times 10^6) (2 \times 10^{-7}) = -4.4 \times 10^{-1} \text{ V}$$

3分

(Note the sign: the left side of the oxide is more negative than the right side.)

$$V_M = -0.44 - 0.51 = -0.95$$

5分

$$V_M = -0.95 \text{ V}$$

符号不对
扣一分

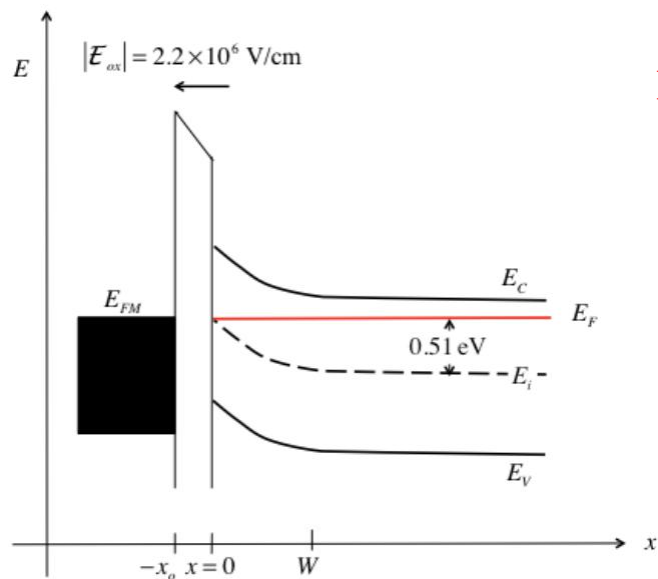
(2) 简答题

2) 这个问题是关于MOS 电容的，其能带图如下所示。

你可以假设半导体是300K 的硅（硅的相对介电常数为11.8），绝缘体是SiO₂，相对介电常数为3.9，厚度为2 nm。你可以假定在氧化物-半导体界面上是不带电的。同时假设 $x \rightarrow \infty$ 当时硅中的静电势为零。

2d) 氧化物-硅界面处硅中电场的数值是多少？请注意答案的正负号。

电场在界面上是连续的(界面上没有电荷)，



$$K_O \epsilon_0 \bar{E}_{ox} = K_S \epsilon_0 \bar{E}_S$$

$$\bar{E}_S = \frac{K_O}{K_S} \bar{E}_{ox} = \frac{3.9}{11.8} \times \bar{E}_{ox} = 0.33 \times (-2.2 \times 10^6) = -7.3 \times 10^5$$

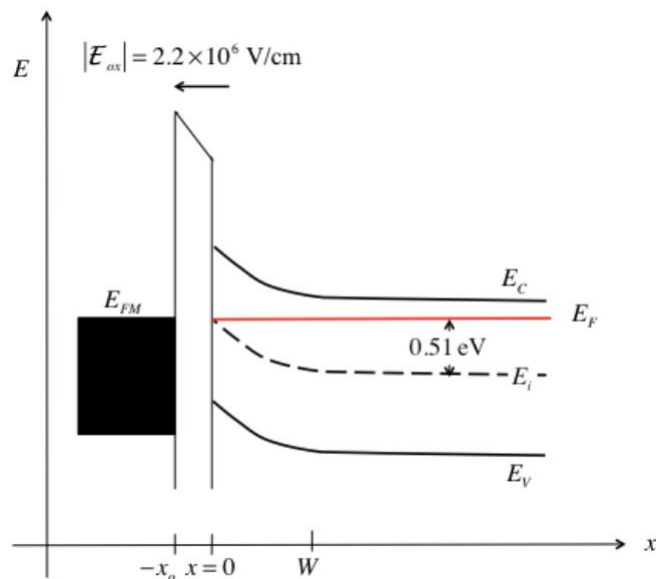
$$\bar{E}_S = -7.3 \times 10^5 \text{ V/cm}$$

(2) 简答题



2) 这个问题是关于MOS 电容的，其能带图如下所示。

你可以假设半导体是300K 的硅（硅的相对介电常数为11.8），绝缘体是SiO₂，相对介电常数为3.9，厚度为2 nm。你可以假定在氧化物-半导体界面上是不带电的。同时假设 $x \rightarrow \infty$ 当时硅中的静电势为零。



2e) 半导体中的电荷值是多少（单位为C/cm²）？请注意答案的正负号。

我们看到，半导体耗尽，所以电荷是正的。

（另一种看这个的方法是从氧化物的电场方向来看的）

回想一下，氧化物-硅界面的位移场的大小是半导体中电荷的大小，因此

$$K_O \epsilon_0 \mathcal{E}_{ox} = Q_D$$

$$Q_B = K_O \epsilon_0 \mathcal{E}_{ox} = 3.9 \times (8.854 \times 10^{-14}) \times 2.2 \times 10^6 = 7.6 \times 10^{-7}$$

$$Q_B = +7.6 \times 10^{-7} \text{ C/cm}^2$$

Another way to solve this problem is to use:

$$Q_B = +qN_D W(\phi_s) = -\sqrt{2qK_s\epsilon_0 N_D(-\phi_s)} \text{ C/cm}^2$$

3分

我们知道表面电位，并有足够的信息从如下公式中确定电子密度

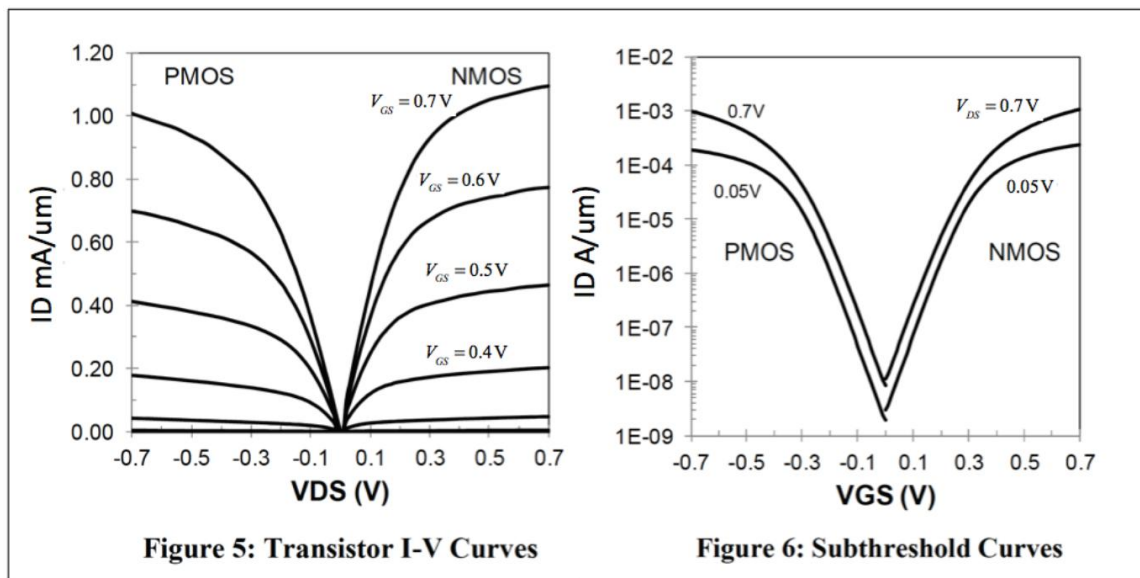
$$n_0 = n_i e^{(E_F - E_i)/k_B T}$$

此时假定 $n_0 = n_D$ ，即可得出答案

**符号不对
扣一分**

(2) 简答题

3) 下图显示了使用Intel 14 nm 工艺的晶体管的IV 特征曲线。假定晶体管有**2微米**的宽度。

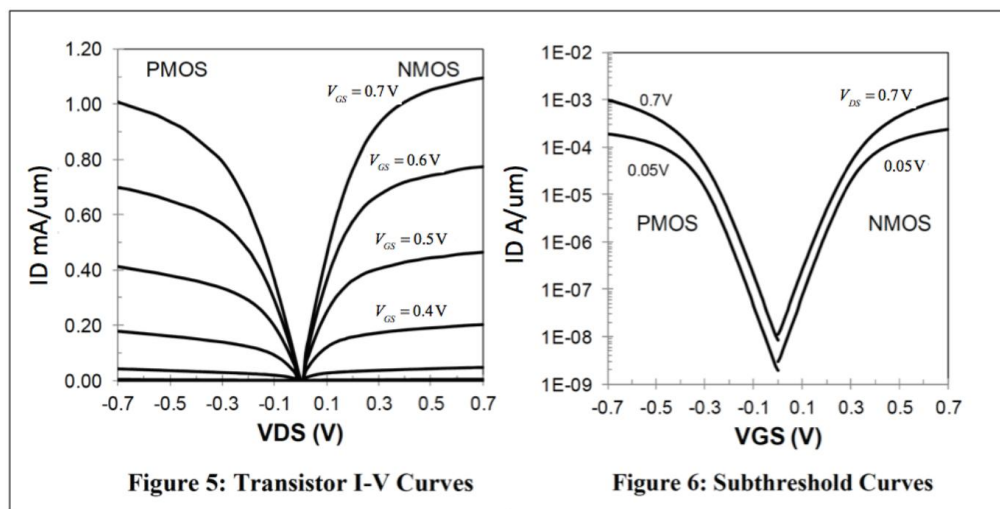


3a) NMOS 的用单位A 来表示的开启电流是多少？解释一下你是如何发现的

3b) NMOS 的关断电流是多少？解释一下你是如何发现的

(2) 简答题

3) 下图显示了使用Intel 14 nm 工艺的晶体管的IV 特征曲线。假定晶体管有**2微米**的宽度。



3a) NMOS 的用单位A 来表示的开启电流是多少？解释一下你是如何发现的

开启电流出现在

$$V_{GS} = V_{DS} = V_{DD}$$

电源电压是

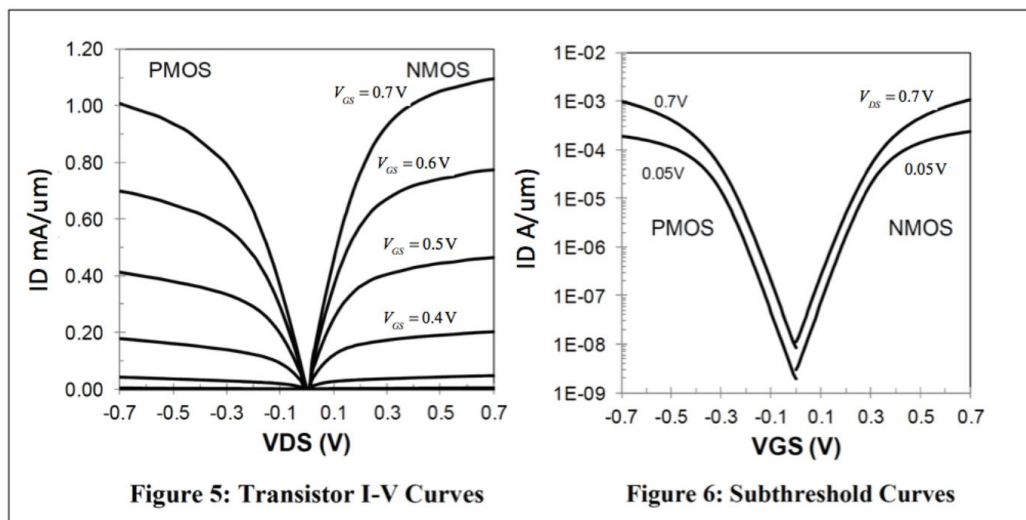
$$V_{DD} = 0.7 \text{ V}$$

在电源电压处出现的最大电流即为开启电流

$$I_{ON} = 2.2 \text{ mA}$$

(2) 简答题

3) 下图显示了使用Intel 14 nm 工艺的晶体管的IV 特征曲线。假定晶体管有**2微米**的宽度。



3b) NMOS 的关断电流是多少？解释一下你是如何发现的

关断电流出现在 $V_{GS} = 0, V_{DS} = V_{DD}$

电源电压是 $V_{DD} = 0.7 \text{ V}$

在 $V_{DD} = 0.7$ 处 $V_{GS} = 0.0$ 出现的电流即为关断电流 $I_{ON} = 20 \text{ nA}$