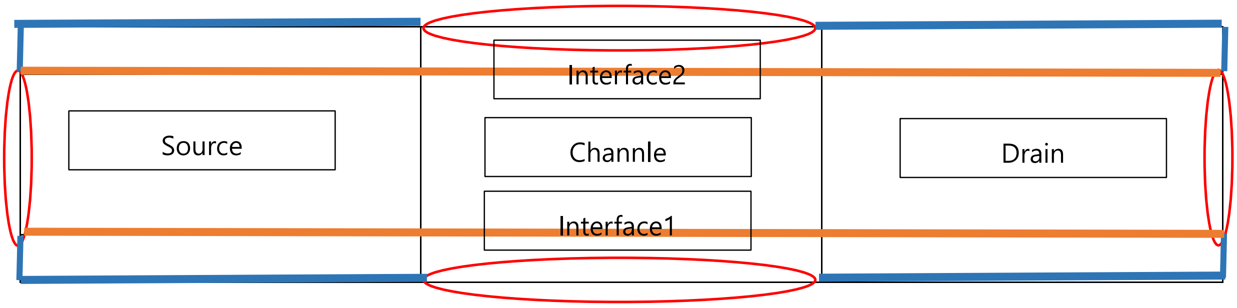
HW 10

EECS, 20191123, 이광운

Problem #1



Red circle : dirichlet boundary condition.

Gate : $\text{res} = \phi_{i,j} - 0.33374 - V_g$

Drain, source : $\text{res} = \phi_{i,j} - \phi_0$, $\phi_0 = V_T \sinh^{-1}\left(\frac{N_d}{2n_i}\right), from\ \ local\ \ charge\ \ balance$

Blue line : neaumann boundary condition.

Bottom : $\text{res} = \epsilon_{\text{ox}}\left(\phi_{i,j+1}\frac{\Delta x}{\Delta y} + 0.5\phi_{i+1,j}\frac{\Delta y}{\Delta x} + 0.5\phi_{i-1,j}\frac{\Delta y}{\Delta x} - \phi_{i,j}(\frac{\Delta x}{\Delta y} + \frac{\Delta y}{\Delta x})\right)$

Top : $\text{res} = \epsilon_{\text{ox}}\left(\phi_{i,j-1}\frac{\Delta x}{\Delta y} + 0.5\phi_{i+1,j}\frac{\Delta y}{\Delta x} + 0.5\phi_{i-1,j}\frac{\Delta y}{\Delta x} - \phi_{i,j}(\frac{\Delta x}{\Delta y} + \frac{\Delta y}{\Delta x})\right)$

Right : $\text{res} = \epsilon_{\text{ox}}\left(0.5\phi_{i,j+1}\frac{\Delta x}{\Delta y} + 0.5\phi_{i,j-1}\frac{\Delta x}{\Delta y} + \phi_{i-1,j}\frac{\Delta y}{\Delta x} - \phi_{i,j}(\frac{\Delta x}{\Delta y} + \frac{\Delta y}{\Delta x})\right)$

Left : $\text{res} = \epsilon_{\text{ox}}\left(0.5\phi_{i,j+1}\frac{\Delta x}{\Delta y} + 0.5\phi_{i,j-1}\frac{\Delta x}{\Delta y} + \phi_{i+1,j}\frac{\Delta y}{\Delta x} - \phi_{i,j}(\frac{\Delta x}{\Delta y} + \frac{\Delta y}{\Delta x})\right)$

Orange line : Si-Oxide interface.

Interface1 : $\text{res} = \epsilon_{\text{si}}(\phi_{i,j+1} - \phi_{i,j}\ )\frac{\Delta x}{\Delta y} + \epsilon_{\text{ox}}(\phi_{i,j-1} - \phi_{i,j}\ )\frac{\Delta x}{\Delta y} + 0.5(\epsilon_{\text{si}} + \epsilon_{\text{ox}})(\phi_{i+1,j} + \phi_{i-1,j} - 2\phi_{i,j})\frac{\Delta y}{\Delta x} - 0.5\Delta x\Delta y q\epsilon_0\rho(i,j)$

Interface2 : $\text{res} = \epsilon_{\text{si}}(\phi_{i,j-1} - \phi_{i,j}\ )\frac{\Delta x}{\Delta y} + \epsilon_{\text{ox}}(\phi_{i,j+1} - \phi_{i,j}\ )\frac{\Delta x}{\Delta y} + 0.5(\epsilon_{\text{si}} + \epsilon_{\text{ox}})(\phi_{i+1,j} + \phi_{i-1,j} - 2\phi_{i,j})\frac{\Delta y}{\Delta x} - 0.5\Delta x\Delta y q\epsilon_0\rho(i,j)$

Oxide

$$\text{res} = \epsilon_{\text{ox}}\left(\phi_{i,j+1}\frac{\Delta x}{\Delta y} + \phi_{i,j-1}\frac{\Delta x}{\Delta y} + \phi_{i+1,j}\frac{\Delta y}{\Delta x} + \phi_{i-1,j}\frac{\Delta y}{\Delta x} - 2\phi_{i,j}(\frac{\Delta x}{\Delta y} + \frac{\Delta y}{\Delta x})\right)$$

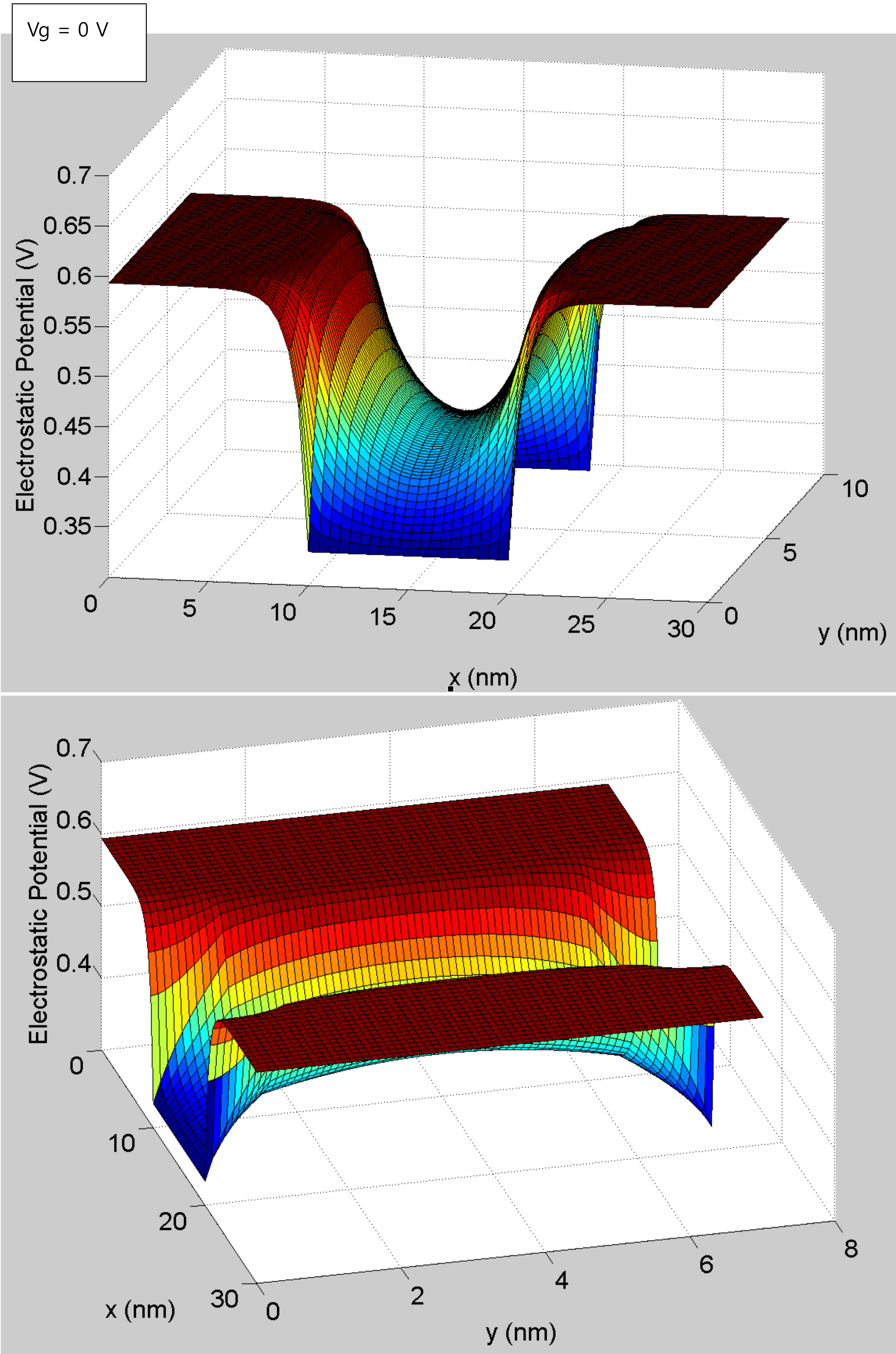
Silicon

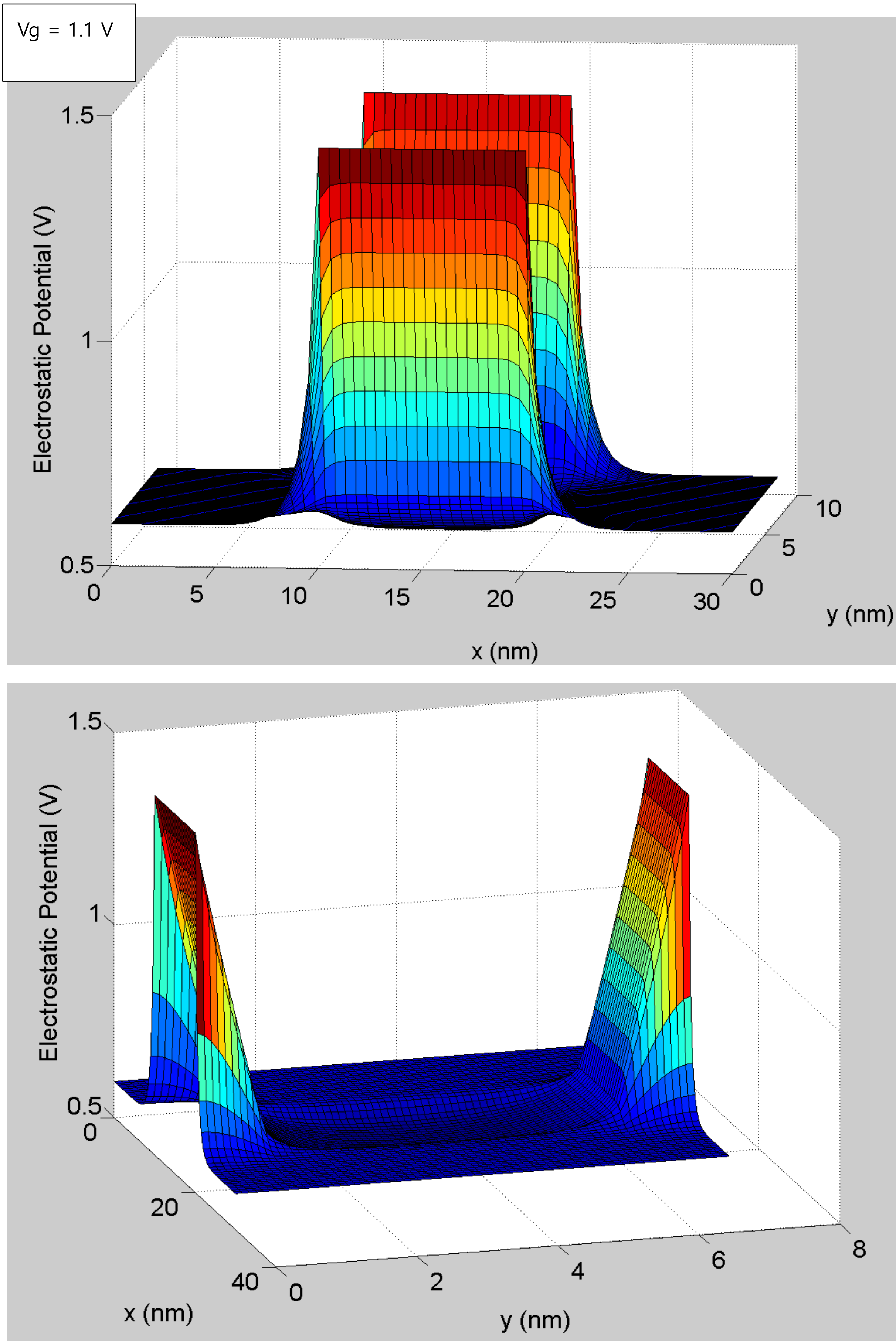
$$\text{res} = \epsilon_{\text{si}}\left(\phi_{i,j+1}\frac{\Delta x}{\Delta y} + \phi_{i,j-1}\frac{\Delta x}{\Delta y} + \phi_{i+1,j}\frac{\Delta y}{\Delta x} + \phi_{i-1,j}\frac{\Delta y}{\Delta x} - 2\phi_{i,j}(\frac{\Delta x}{\Delta y} + \frac{\Delta y}{\Delta x})\right) - \ \Delta x\Delta y q\epsilon_0\rho(i,j)$$

이번 과제의 double-gate mosfet 구조와 각각의 region에서의 residue는 위와 같다. 여기서 delta x와 delta y는 다르게 설정할 수 있도록 하였다. Dirichlet boundary condition과 neaumann boundary condition는 기본적으로 2차원 Laplace 문제와 큰 차이는 없지만, neaumann boundary condition에 epsilon이 들어가는 차이가 있고 꼭지점에서 control volume이 1/4이 되는 것을 주의하면 된다. 위의 식에는 꼭지점에 대한 부분은 넣지 않았지만, 위 식을 조금만 변형하면 된다. 그리고 interface 부분에서 위, 아래 방향으로 epslion이 다르며, 좌, 우 방향에서는 두 영역의 epsilon이 모두 residue에 고려된다. 또한 charge 부분에서도 주의해야 할 점은 source, drain 영역에서의 charge, channel과 S, D이 만나는 경계, channel에서의 charge에 조금씩 차이가 생기는 것이다. 위 식에는 따로 기술하지 않았지만, dopant 부분을 잘 고려해서 넣어주면 된다. Oxide와 silicon 영역의 residue 각각은 epsilon이 변하지 않으나, silicon 영역에서는 마찬가지로 charge 부분에 dopants를 잘 넣어줘야 한다. 위의 residue로부터 jacobian은 쉽게 얻을 수 있다.

초기 값의 경우, charge balance로부터 source, drain 영역에 phi_0의 값이 들어가고 나머지 영역(oxide, channle)에는 0 V가 초기 값으로 들어간다.

위의 과정들로부터 Vg =0 V일 때와 Vg = 1.1 V일 때는 아래와 같다. 계산된 초기 값 phi_0의 값은 0.5934 V이며, delta x = 0.5nm, delta y = 0.1nm로 설정하였다.


Vg = 0 V
Electrostatic Potential (V)
0.7
0.65
0.6
0.55
0.5
0.45
0.4
0.35
0
5
10
15
20
25
30
x (nm)
10
5
0
y (nm)
Electrostatic Potential (V)
0.7
0.6
0.5
0.4
0
10
20
30
x (nm)
0
2
4
6
8
y (nm)


Vg = 1.1 V
Electrostatic Potential (V)
1.5
1
0.5
0
5
10
15
20
25
30
x (nm)
10
5
0
y (nm)
Electrostatic Potential (V)
1.5
1
0.5
0
20
40
x (nm)
0
2
4
6
8
y (nm)