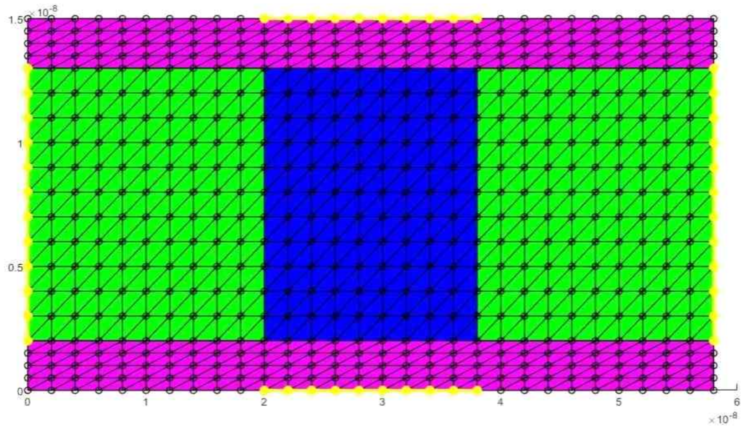
HW15

20221060 한성민

Structure

Double gate MOSFET	region & contact
	상단 magenta : gate oxide1 하단 magenta : gate oxide2 좌측 green : source region 우측 green : drain region 중앙 blue : silicon region 상단 yellow line : gate contact1 하단 yellow line : gate contact2 좌측 yellow line : source contact 우측 yellow line : drain contact
gate oxide thickness : 2nm silicon thickness : 11nm source / drain length : 20nm channel length : 18nm total x length : 58nm total y length : 15nm device width : 6 μm	N-type doping : 5E26(/m^3) P-type doping : 2E21(/m^3) gate workfunction : 4.3eV total vertex : 600 jacobian matrix : 1380 X 1380 residue matrix : 1380 X 1

이번 과제는 이전의 quasi static approximation을 가정했던 시뮬레이션과는 달리 시간의 변화에 대한 current density의 변화를 고려한 transient simulation을 제작하는 것이다.
time term을 고려하면 currnet density 식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

Time term

$$\frac{dn}{dt}=\frac{1}{q}\nabla\cdot J_n \rightarrow \oint J_n\cdot dS=q\iiint_\Omega \frac{dn}{dt}dV$$

$$\frac{dp}{dt}=-\frac{1}{q}\nabla\cdot J_p \rightarrow \oint J_p\cdot dS=-q\iiint_\Omega \frac{dp}{dt}dV$$

<u>1) electron case</u>

$$\frac{dn}{dt}=\frac{1}{q}\nabla\cdot J_n \rightarrow -q\frac{dn}{dt}+\nabla\cdot J_n=0$$

$res(n)=-q\frac{dn}{dt}+\nabla\cdot J_n$ 이므로 이를 residue 항과 jacobian의 항으로 나타내면 다음과 같다.

$$res(n)=-q\times 0.25\times\frac{n(t)-n(t-1)}{\Delta t}\times length\times edge$$

$$jac(n)=-q\times 0.25/\Delta t\times length\times edge$$

$n(t-1)$은 t-1의 old electron을 저장한 값이므로 constant한 값이기에 jacobian matrix에서는 고려해주지 않는다.

<u>2) hole case</u>

$$\frac{dp}{dt}=-\frac{1}{q}\nabla\cdot J_p \rightarrow q\frac{dn}{dt}+\nabla\cdot J_p=0$$

$res(p)=q\frac{dp}{dt}+\nabla\cdot J_p$ 이므로 이를 residue 항과 jacobian의 항으로 나타내면 다음과 같다.

$$res(p)=q\times 0.25\times\frac{p(t)-p(t-1)}{\Delta t}\times length\times edge$$

$$jac(n)=-q\times 0.25/\Delta t\times length\times edge$$

동일하게 $p(t-1)$은 t-1의 old hole을 저장한 값이므로 constant한 값이기에 jacobian matrix에서는 고려해주지 않는다.

위의 값들은 추가적으로 고려해준 사항이므로 기존의 jacobian, residue matrix에 더해준다.

Displacement current term

$$J_{dis}=\frac{dD}{dt}=-\epsilon\frac{E-E_{old}}{\Delta t}$$

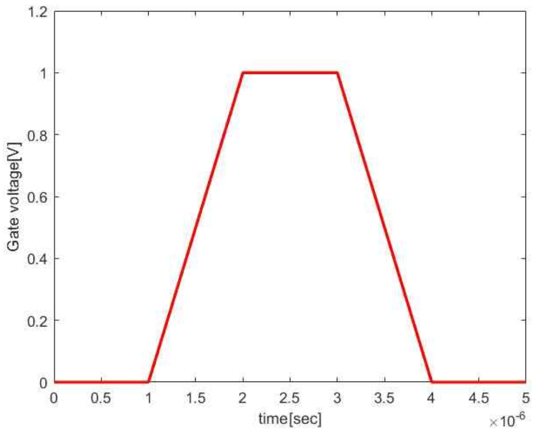
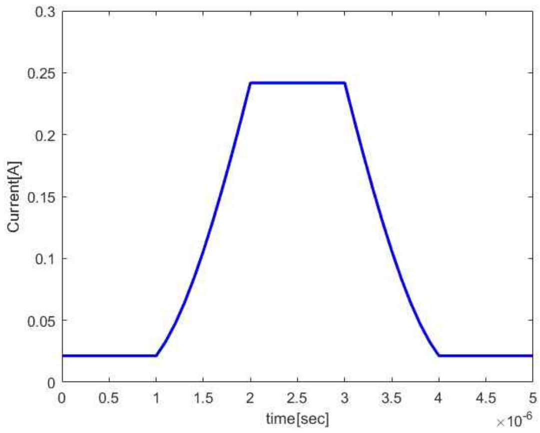
또한, 시간에 대한 potantial 변화분을 고려해주어야 하기에 displacement current term을 고려해준다.

$$J_{dis}=\epsilon_{si}\epsilon_0\left(\frac{\phi(t)_{(element)}-\phi(t)_{(contact)}}{\Delta t}-\frac{\phi(t-1)_{(element)}-\phi(t-1)_{(contact)}}{\Delta t}\right)\times length\times edge$$

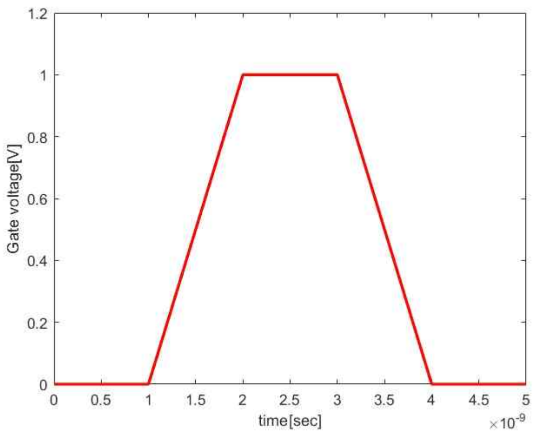
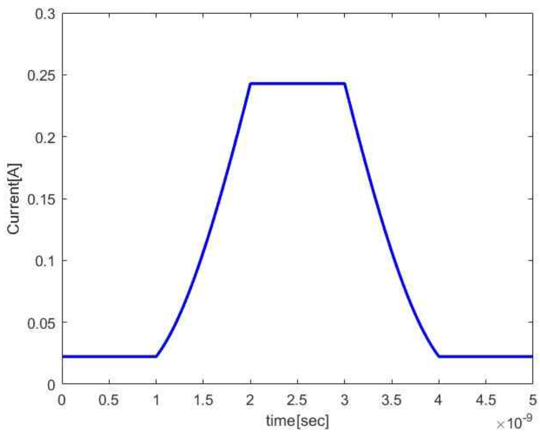
$$I_{dis}=J_{dis}\times W$$

Result

1) **Vd=1V, time step = 0.1μsec, rising/falling time = 1μsec**

<table>
<tr><th>Vg - time</th><th>Id - time</th></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

2) **Vd=1V, time step = 0.1nsec rising/falling time = 1nsec**

<table>
<tr><th>Vg - time</th><th>Id - time</th></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

결과 1번은 Vd=1V, time step = 0.1μsec, rising/falling time = 1μsec로 설정하고 time에 대한 Vg, Id graph를 그린 것이다. rising time과 falling time 동안 Vg는 linear 하게 변화하고 Id는 non-linear하게 변화하는 것을 확인할 수 있었다.

결과 2번은 Vd=1V, time step = 0.05nsec, rising/falling time = 1nsec로 설정하고 time에 대한 Vg, Id graph를 그린 것이다. 동일하게 rising time과 falling time 동안 Vg는 linear 하게 변화하고 Id는 non-linear하게 변화하는 것을 확인할 수 있었다.