

Homework #13

20221059 정상목

1. Mesh

이번 과제에서 사용할 mesh는 다음과 같습니다.

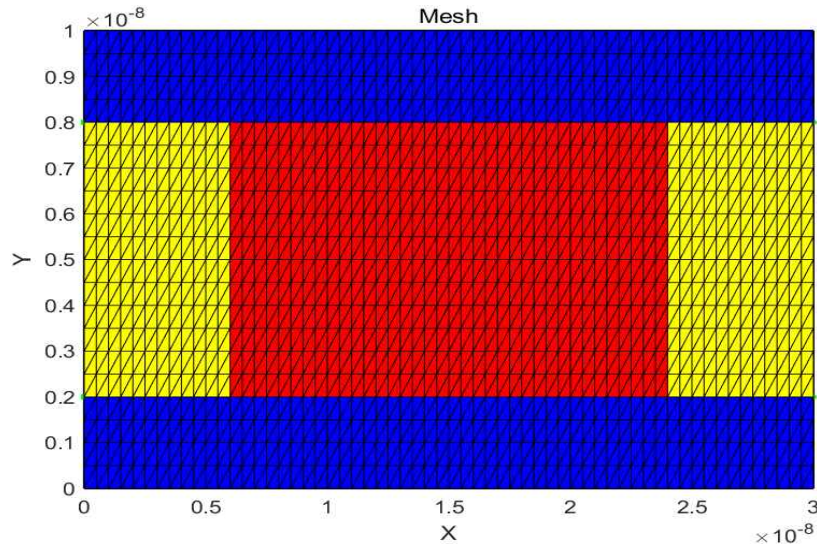


Fig 1. Mesh

이번 과제에서 사용한 mesh는 Double gate mosfet의 구조를 가지고 있다. 이 구조는 3가지 Region으로 각각 ox, si, ox 순서로 구성되어 있다. 각 Region은 왼쪽부터 Region 1, Region 2, Region 3로 설정했다. 각 Region별 vertex수는 다음 표와 같습니다.

Region 1	Region 2	Region 3	Region 4	Region 5	entire
305	169	481	169	305	1429

Table 1. Number of vertex

2. Nonlinear-Possion

Nonlinear Poisson을 푸는 코드를 수정하였습니다. Homework #10과 크게 달라진 점은 mesh사 이즈가 55개에서 1429개로 증가했다는 점입니다. mesh를 설정하기 위해 mesh를 짜주는 function 코드를 작성하여 사용했습니다.

또한 ox, si_source/drain/channel을 각각 region으로 구분하여 작성했습니다. 이때 ox, source/drain, channel이 동시에 만나는 부분(3점이 만나는 부분)을 고려하여 interface를 구현했습니다.

이때 다음과 같은 식을 이용하여 res vector를 작성했습니다.

$$res_{elec} = n_0 - n_{int} \exp\left(\frac{\phi}{V_T}\right)$$

$$res_{hole} = p_0 - n_{int} \exp\left(-\frac{\phi}{V_T}\right)$$

Channel과 source/drain의 도핑농도가 다르기 때문에 region을 나누어 생각해 주었습니다. 수렴성을 확인한 결과는 다음과 같습니다.

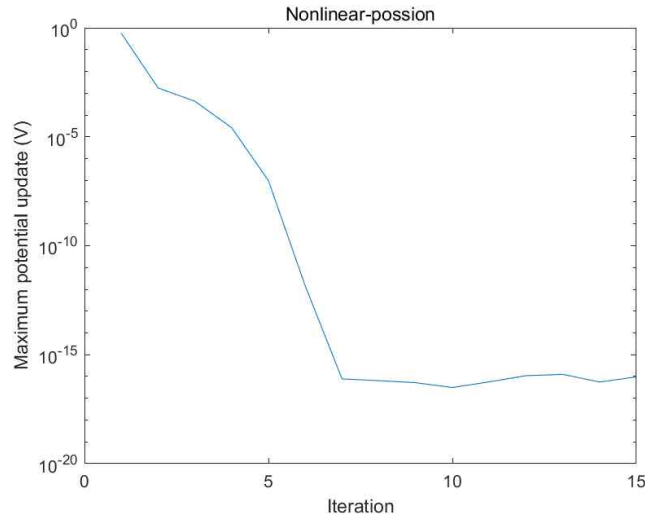


Fig 2. maximum potential update (nonlinear possion)

6회 이상부터 수렴함을 확인할 수 있습니다. potential을 확인하면 다음과 같습니다.

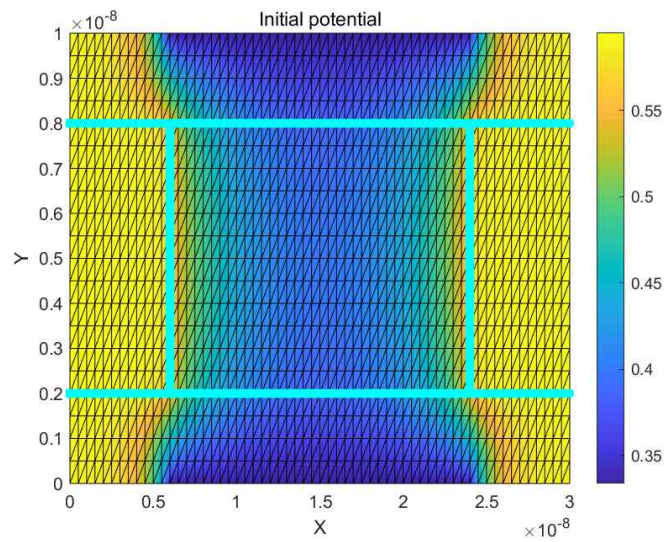


Fig 3. Potential (nonlinear possion)

예상대로, source와 drain에서 potential이 높게 나오고, channel에서 potential이 떨어지는 것을 확인할 수 있었습니다.

3. Drift-diffusion

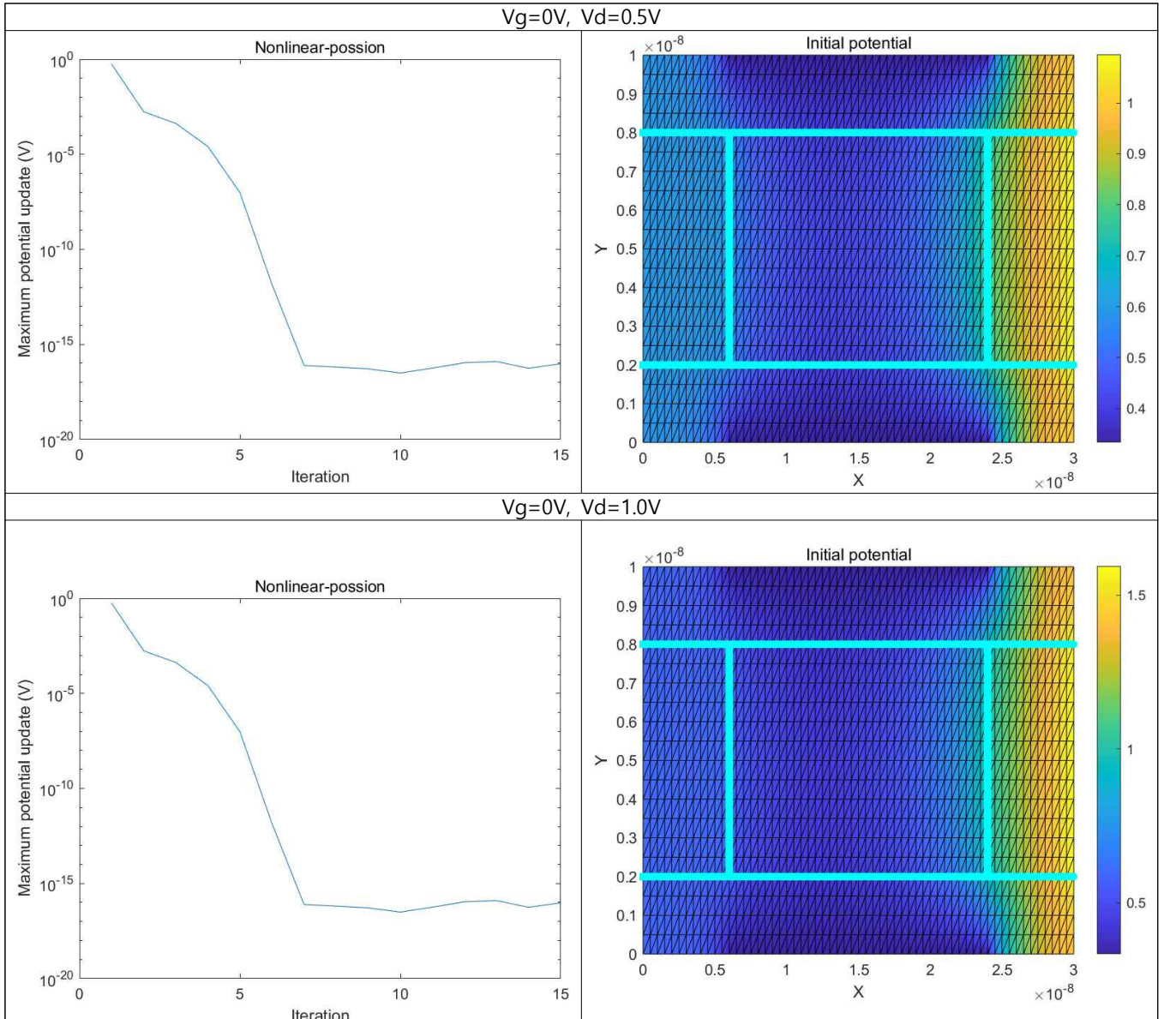
앞서 얻은 poisson 방정식을 활용해 drift-diffusion 모델을 시도했다. scharfetter-gummel scheme을 이용하여 J_n 와 J_p 를 정리했고 사용한 식은 다음과 같습니다.

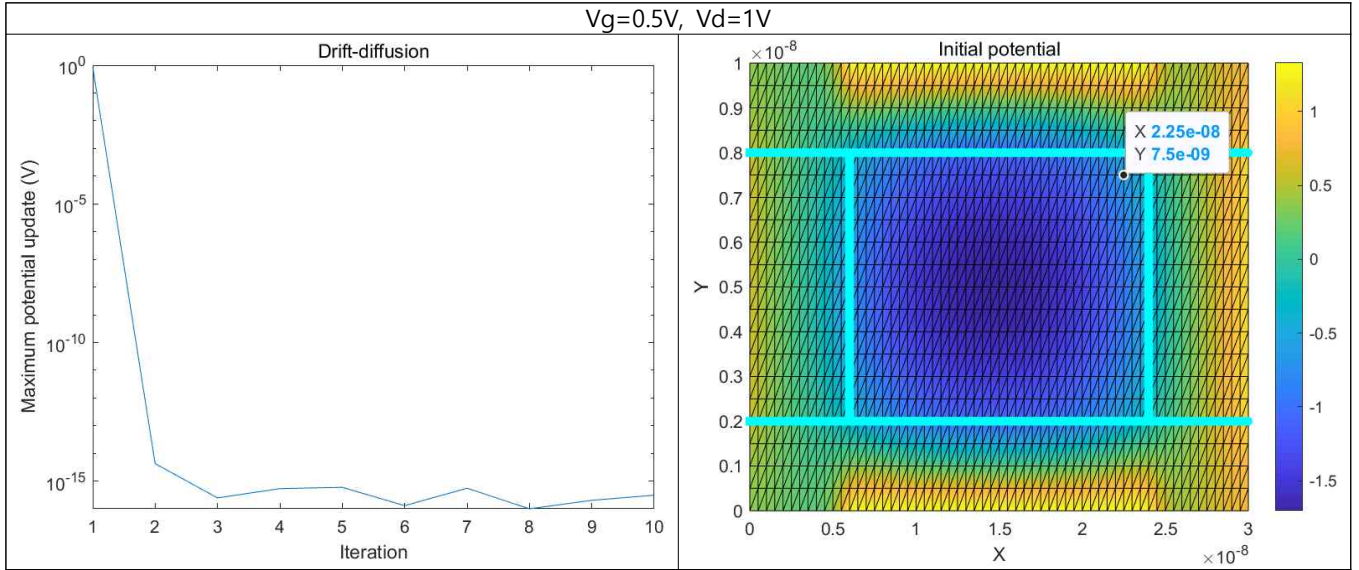
$$J_n = q\mu_n V_T \frac{edge_{ji}}{l_{ji}} \left(n_j B \left(\frac{\nabla \phi}{V_T} \right) \right) - n_i B \left(-\frac{\nabla \phi}{V_T} \right)$$

$$J_p = -q\mu_p V_T \frac{edge_{ji}}{l_{ji}} \left(p_j B \left(-\frac{\nabla \phi}{V_T} \right) \right) - n_i B \left(\frac{\nabla \phi}{V_T} \right)$$

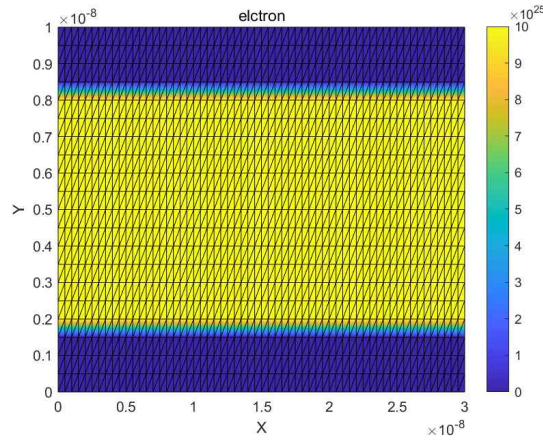
다음 식을 이용하여 res vector를 작성했다. 또한 이 식을 미분하여 Jacobian matrix를 형성할 수 있었다. 또한 베르누이 함수에 대한 수식을 이용하여 function으로 구현해 작성하였다.

Gate와 Drain에서 전압을 ramping 시켰다. 각 값에서 수렴하는 것을 확인했다.





또 마지막 경우에서 전자농도를 살펴보면 다음과 같다.



channel에도 전자가 흐르고 있음을 확인할 수 있다.

4. Current density

Current density의 경우 앞서 구한 J_n, J_p 를 이용하면 필요한 식을 구할 수 있다. 필요한 식은 다음과 같다.

$$I_n = q\mu_n V_T \frac{edge_{ji}}{l_{ji}} \left(n_j B \left(\frac{\nabla \phi}{V_T} \right) \right) - n_i B \left(-\frac{\nabla \phi}{V_T} \right) \times width$$

$$I_p = -q\mu_p V_T \frac{edge_{ji}}{l_{ji}} \left(p_j B \left(-\frac{\nabla \phi}{V_T} \right) \right) - n_i B \left(\frac{\nabla \phi}{V_T} \right) \times width$$

width=1.0e-6으로 곱해주어 current를 구했는데, 계산한 current 값이 예상한 값과 맞지 않아 수 정중에 있다.