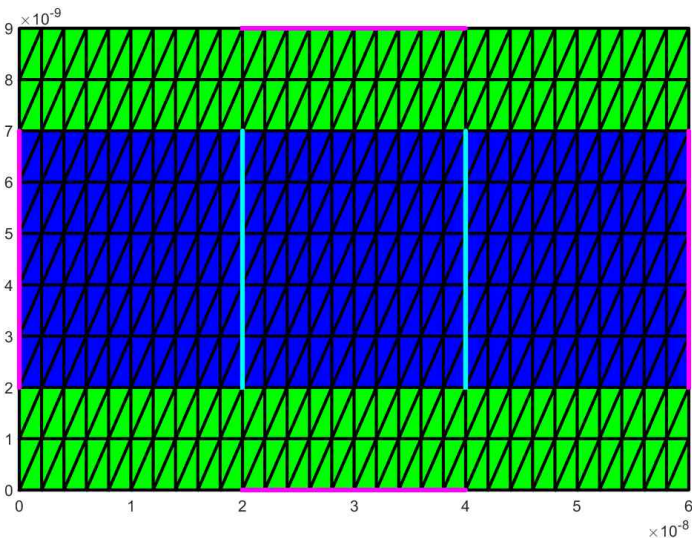


# HW13\_Final

20211119 박 건 호

## Double-Gate Structure

Structure	Region & Interface & Contact
	<p>Green region : Oxide region  Blue region : Silicon region  Yellow line : Si-Oxide interface  magenta line : Gate, Source, Drain Contact  Cyan line : Si interface  (First Cyan line: Left = N-type  , Right = P-type  Second Cyan line: Right : N-type )</p>

Total Vertex : 310 Point

Jacobian size : 744 \* 744 matrix

### Device Information

X : 60nm, Y : 9 nm // Channel length : 20nm // N-type : 5 e20(/cm^3), P-type : 2e15(/cm^3)

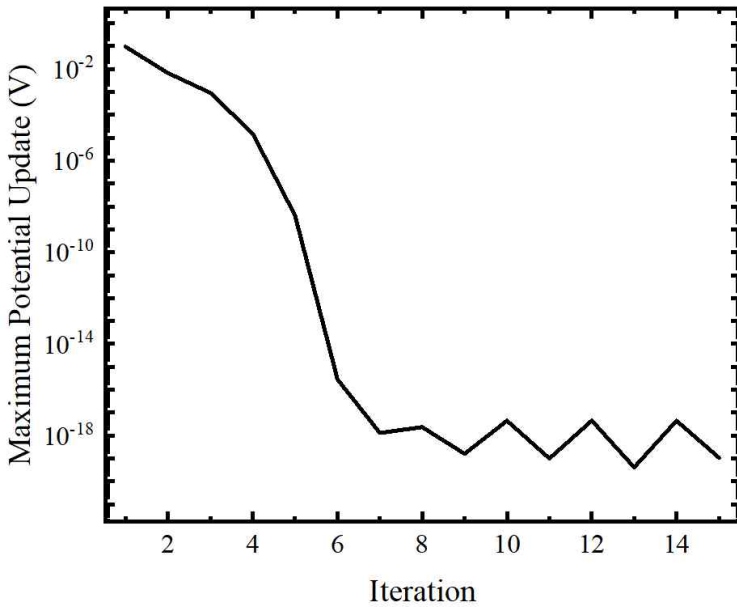
이전의 mesh보다 더욱 많은 mesh를 적용하여 Device를 생성하였습니다. 그림에도 S-Device와 비교했을 때 mesh 수가 매우 작기때문에 결과의 차이가 0.8mV 정도로 매우 크게 발생하였습니다. 이는 추후에 mesh를 더 많이 생성하여서 결과를 맞추기 위한 수정이 필요합니다.

### Equilibrium Nonlinear Poisson (n,p를 다음과 같이 넣은 상태)

$$res_e = elec - n_i \left( \exp\left(\frac{\phi}{V_T}\right) \right) \quad res_h = hole - n_i \left( \exp\left(\frac{-\phi}{V_T}\right) \right)$$

지난 HW10의 과제인 Nonlinear Poisson 코드에 대해서 바뀐 Device에서도 수렴하는지 확인하였습니다. 실제 이 Device에는 도핑을 고려해주고 있으며, Si 내의 region을 따로 나눠서 생각하지 않고 Table을 활용하여 if 문으로 변경하였습니다.

## 1) Convergence Check (Nonlinear Poisson)



모든 Node에서 다음과 같은 수렴성을 보였습니다.

## Drift-Diffusion

이전 수업까지 In,Ip에 대한 내용을 공부했고, Scharfetter-gummel scheme에 대한 내용까지 공부하였습니다. 이를 바탕으로 베르누이 수식을 활용한 In,Ip를 공식을 정리하였습니다. 위치는 기존의 n,p를 넣는 순서에 이 식들을 위치시켰습니다.

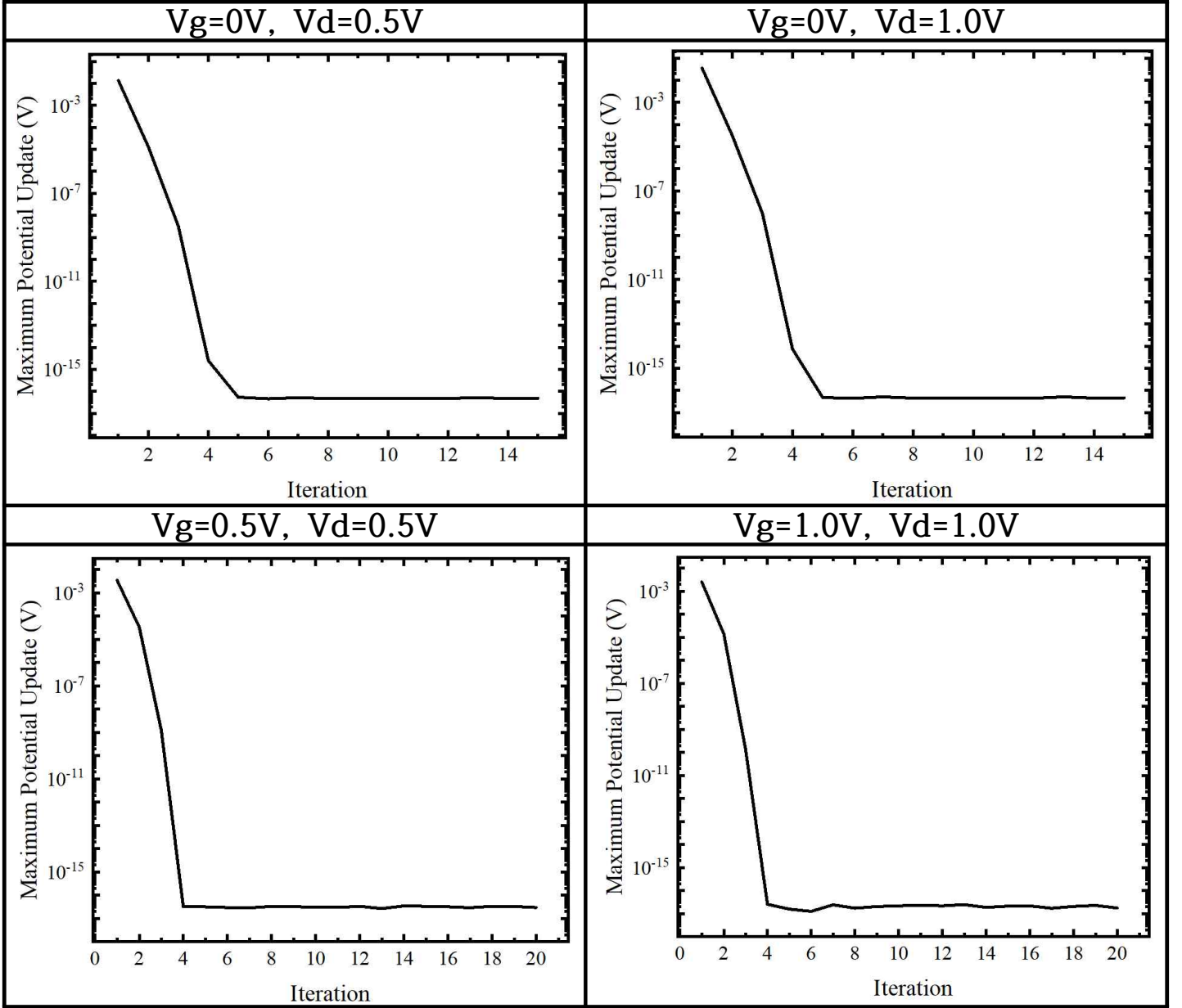
$$J_n = q\mu_n V_T \frac{A_{ji}}{l_{ji}} \left( n_j B\left(\frac{\nabla \phi}{V_T}\right) - n_i B\left(\frac{-\nabla \phi}{V_T}\right) \right)$$

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

해당 수식을 각각 n, p potential을 통해서 미분해주면 Jacobian을 형성할 수 있고, 실제 Potential과 동일하게 Vertex index를 Table에서 Find 하여 Jacobian의 행과 열을 설정하였습니다. 베르누이 함수에 대한 수식은 Youtube 강의를 바탕으로 수식을 작성하였고, Potential의 변화가 작을 때보다 높은 정확도를 위해서 Taylor series로 전개하여 작성하였습니다.

이전 보고서에서 말씀드렸고 준특이행렬은 문제는 res 설정에 작은 실수가 있었고, scaling의 문제도 있어서 이 부분을 Youtube 강의를 통해서 수정하였고, 그 결과 모든 bias ramping 과정에서 모두 수렴하는 것을 확인하였습니다.

## 2) Convergence Check (DD)



이와 같이 수렴하는 Code를 통해서 Current를 계산하였습니다. current의 식은 다음과 같습니다.

$$I_n = q\mu_n V_t (n_j B(\frac{\phi_j - \phi_i}{V_t}) - n_i B(\frac{\phi_i - \phi_j}{V_t}))$$

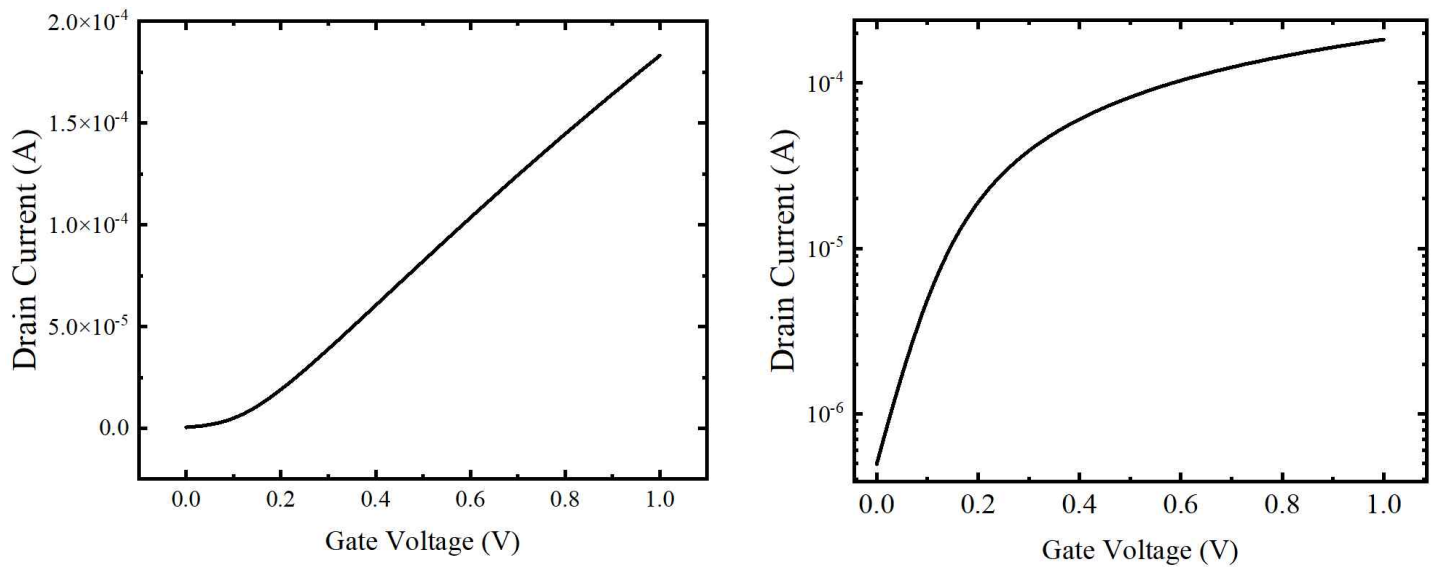
$$I_p = -q\mu_p V_t (p_j B(\frac{\phi_i - \phi_j}{V_t}) - p_i B(\frac{\phi_j - \phi_i}{V_t}))$$

두 식을 더하여 전체 current를 구했으며, TCAD와 동일하게 Width 방향으로 1e-6 m를 곱해줘서 current를 구하였습니다.

### 3) Result

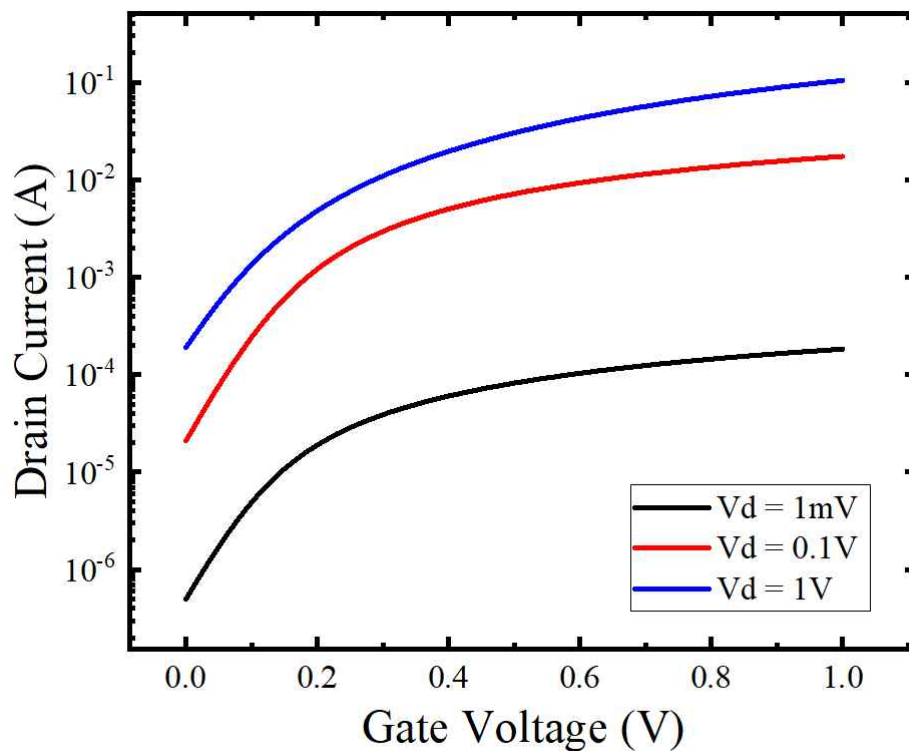
#### 1) Input characteristics

##### (1) threshold Voltage, Subthreshold Slope



$V_{th}$ 는 약 0.1V-0.2V 부근으로 짐작할 수 있으며, SS는 60mV/dec 와 큰 차이를 보이고 있습니다. 이 문제는 Device의 channel length의 길이가 짧게 구성되어 있어서 발생하는 문제라고 생각하지만, 이 문제를 찾기 위해서 공부중에 있습니다.

##### (2) DIBL



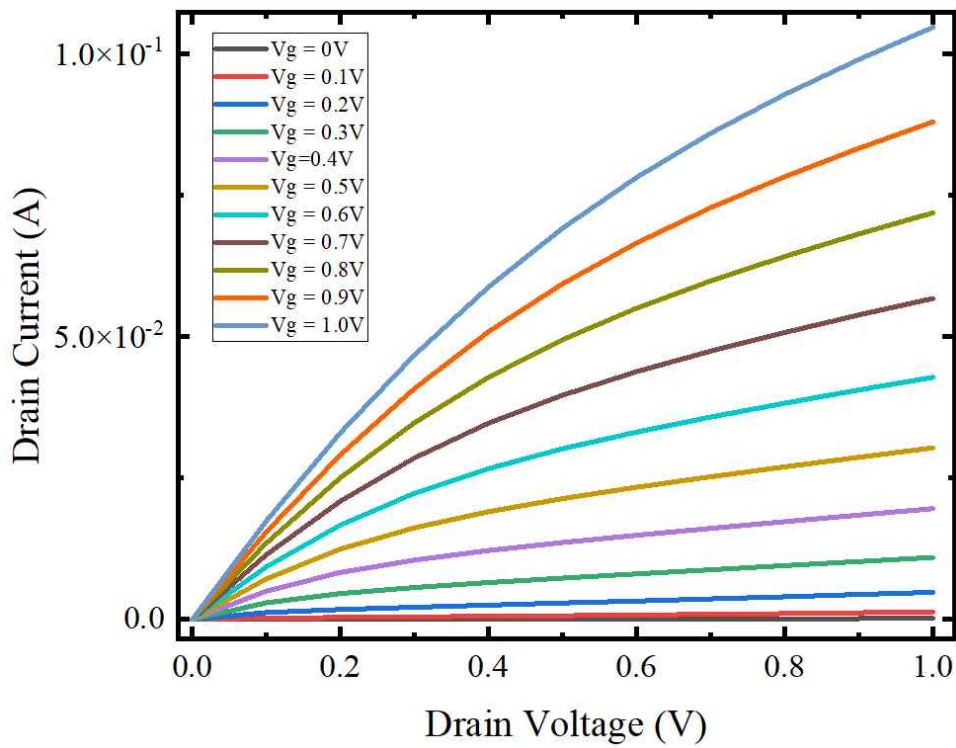
DIBL

Vg	Vd=1mV	Vd=1V
0.1V	4.97e-6	0.00136
0.5V	8.135e-5	0.03100
1.0V	1.8626e-4	0.10629

Vg	Vd=0.1V	Vd=1V
0.1V	2.414e-4	0.00136
0.5V	0.03036	0.03100
1.0V	0.01718	0.10629

## 2) Output characteristics

### (1) $I_d$ vs $V_d$ curve



다음의 결과를 보았을 때  $V_{th}$ 가 0.1-0.2V 중간에 있다는 것을 확인할 수 있습니다.

TCAD와 비교하는 작업을 진행했지만, Mesh의 수를 최대한 맞춘 경우에도 mesh의 구성이 조금씩 차이가 발생하였고, 그 결과 0.8mV 차이가 발생하였습니다. 또한, TCAD의 mesh 구성을 변경하니 current 역시 차이가 발생하였는데, 그 변화 값 사이에 저의 matlab으로 출력한 current의 값이 있는 것으로 봐서 mesh의 구성을 세밀하게 구성한다면, TCAD와 동일한 결과를 출력할 수 있을 것으로 예상하고 있습니다.