

# HW15

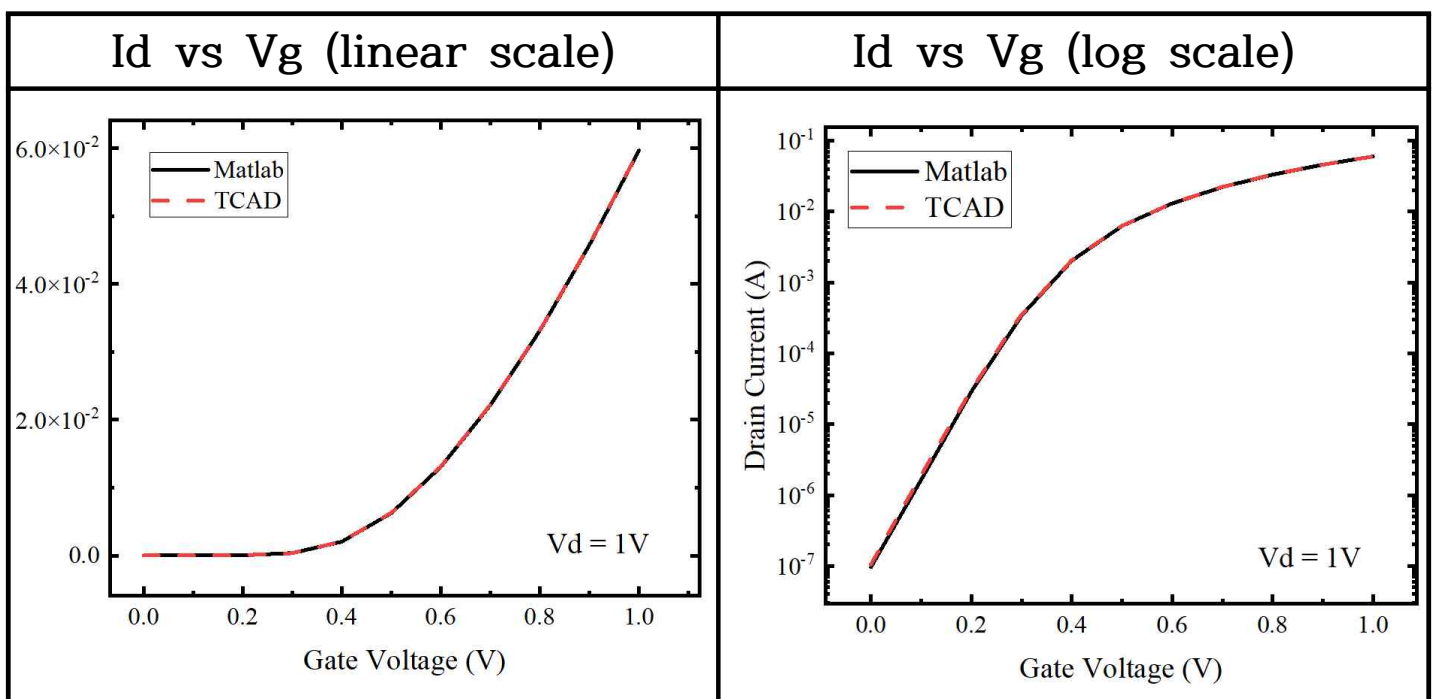
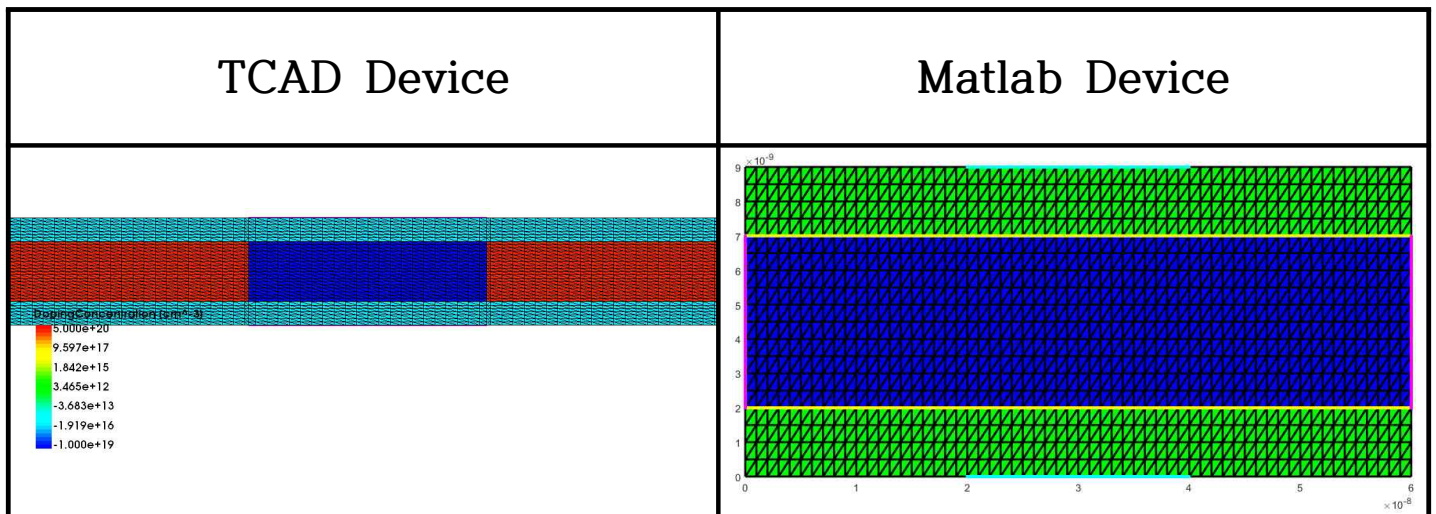
20211119 박 건 호

## TCAD vs Matlab

TCAD와 실제 결과가 동일한 지 비교하였습니다. 지금까지는 mesh의 차이로 인해서 값의 차이가 발생하였습니다. 이 차이를 최대한 줄이기 위해서 구조를 변경하였고,  $dx=1\text{nm}$ ,  $dy=0.5\text{nm}$ 로 총 1159개 Vertex를 통해서 구조를 제작하였고 결과를 비교한 결과 Current가 일치하는 것을 확인하였습니다. ( $V_g=1\text{V}$ , Current 차이 :  $5.76\text{e-}5\text{A}$  )

N-type :  $5\text{e}+26$  ( $1/\text{m}^3$ ), P-type =  $1\text{e}+25$  ( $1/\text{m}^3$ )

N-type : 20nm, P-type : 20nm,  $T_{ox} = 2\text{nm}$ , Silicon width = 5nm



## Transient simulation

: Keep  $V_d=V_{dd}=1V$ , Plot the  $I_d$ -Time curve

Transient Simulation을 통해서 다음과 같은 식을 기존의 DD 식에 추가하여  $t$ 에 대해서 고려하였습니다.

Elec current Density : 
$$\frac{\partial n}{\partial t} = \frac{1}{q} \nabla \cdot J_n \rightarrow \oint J_n \cdot ds = q \iiint_V \frac{\partial n}{\partial t} dV$$

Hole current Density : 
$$\frac{\partial p}{\partial t} = -\frac{1}{q} \nabla \cdot J_p \rightarrow \oint J_p \cdot ds = -q \iiint_V \frac{\partial p}{\partial t} dV$$

Current Density의  $t$ 에 대한 수식을 고려해줄 뿐만 아니라, Current를 계산함에 있어서 Potential의 차이를 반영한 Displacement Current Density를 고려해줘야하며, 그 식은 다음과 같습니다.

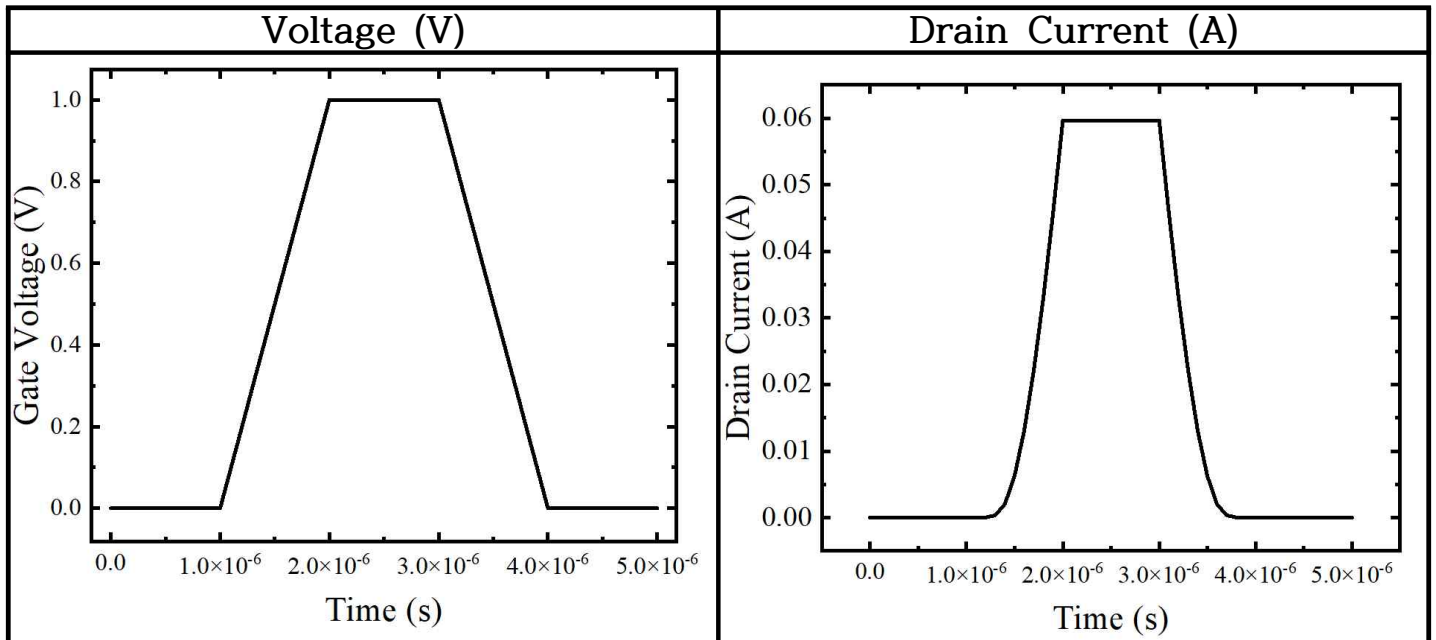
Displacement current Density : 
$$J_{dis} = \frac{\partial D}{\partial t} \rightarrow \int_A \left( -\frac{\partial(\epsilon \nabla \phi)}{\partial t} \right) \cdot d\vec{a}$$

이 식을 반영한다면,  $V_g$ 를 Pulse 형태로 가해줬을 때 결과가 HW14의 quasi-static approximation의 결과와 일치한 결과를 출력할 수 있었습니다.

또한 주기를  $5\mu s$ ,  $5ns$ ,  $0.5ns$ 로 나눠서 결과를 확인하여 Delay가 발생할 것인지 확인하는 과정을 진행하였습니다. 예상으로는 한 주기가 줄어든다면 Delay가 발생할 것으로 예상하고 있습니다.

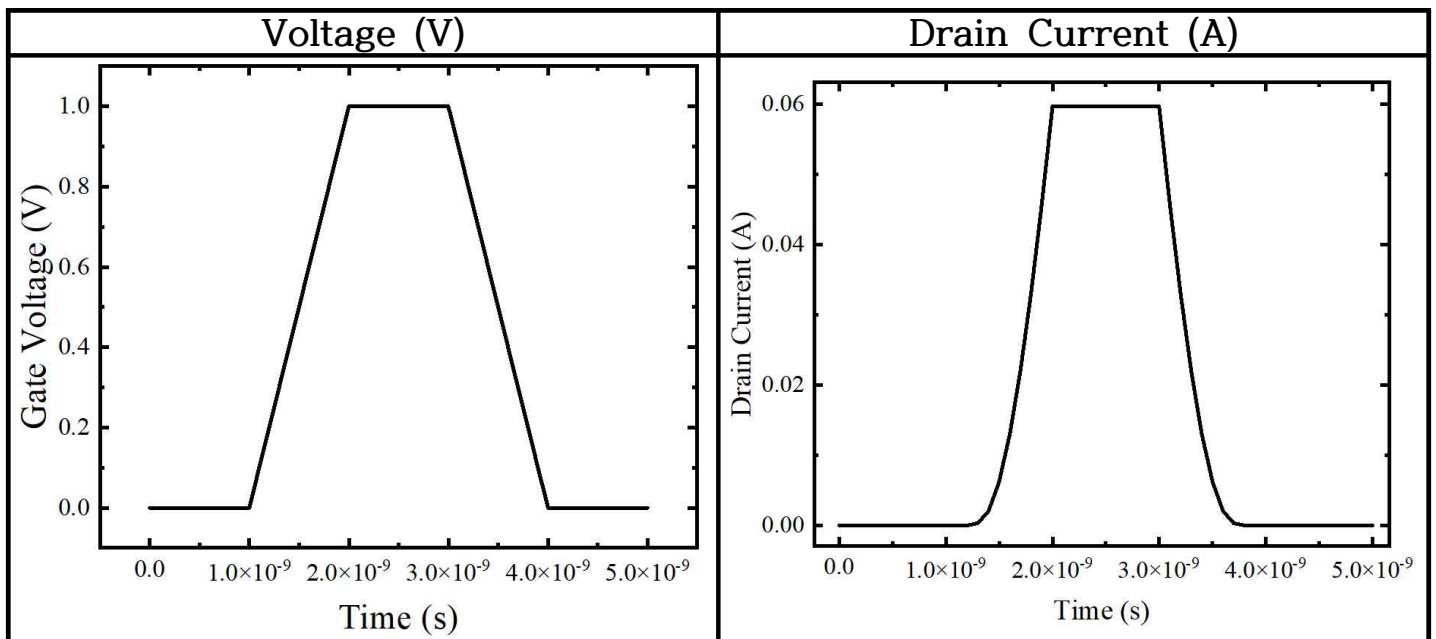
## 1) Result

$T=5\mu\text{s}$  (Slope =  $1\text{V}/1\mu\text{s}$ )



다음과 같이 주기  $T$ 를 다음과 같이 매우 짧은 시간으로 줄인다면 Delay가 발생할 것으로 예상했지만, 이는 예상과 달리 Delay가 발생하지 않고 동일한 결과를 출력하였습니다.

$T=5\text{ns}$  (Slope =  $1\text{V}/1\mu\text{s}$ )



T=0.5ns (Slope = 1V/ 0.1ns)

