

# HW6

20211119 박 건 호

HW5에서 사용한 구조를 활용하여 이전의 Laplace equation이 아닌 Source-free 한 Poisson equation을 푸는 Solver를 제작했습니다. 수식을 보면 기존에는 고려하지 않았던 물질의  $\epsilon$  을 고려하여 사용했고, 이에 맞춰서 Region 별로 물질을 다르게 가정하고 그에 맞는  $\epsilon$ 를 대입해서 결과를 확인했습니다. 또한, region 별로 Jacobian을 입력하기 위해서 Area, Length 역시 모두 region에 따라 계산되도록 수정하였습니다.

$$\nabla \cdot (\epsilon(\vec{r}) \nabla \phi(\vec{r})) = 0$$

위 식은 Source-free 한 Poisson Equation입니다. 이 식을 통해서 기존의 Jacobian을 수정했습니다. 추가로, 현재까지는 Region에 따라 물질의 변화가 없었기 때문에 Jacobian 계산을 수행할 때 전체 element를 활용했지만, 현재는 Region에 따라서 물질이 변경되기 제작할 때 region 별로 나눠서 Jacobian을 입력하여 하나의 Jacobian을 구성하는 방식으로 수정하였습니다.

Jacobian의 수식은 다음과 같습니다. 이전의 HW와 같은 수식이지만, 위치에 따른 물질의  $\epsilon$ 을 곱해야 합니다.

$$V1 : \epsilon_x \left( - \left( \frac{A_1}{L_1} + \frac{A_3}{L_3} \right) \phi_1 + \frac{A_1}{L_1} \phi_2 + \frac{A_3}{L_3} \phi_3 \right)$$

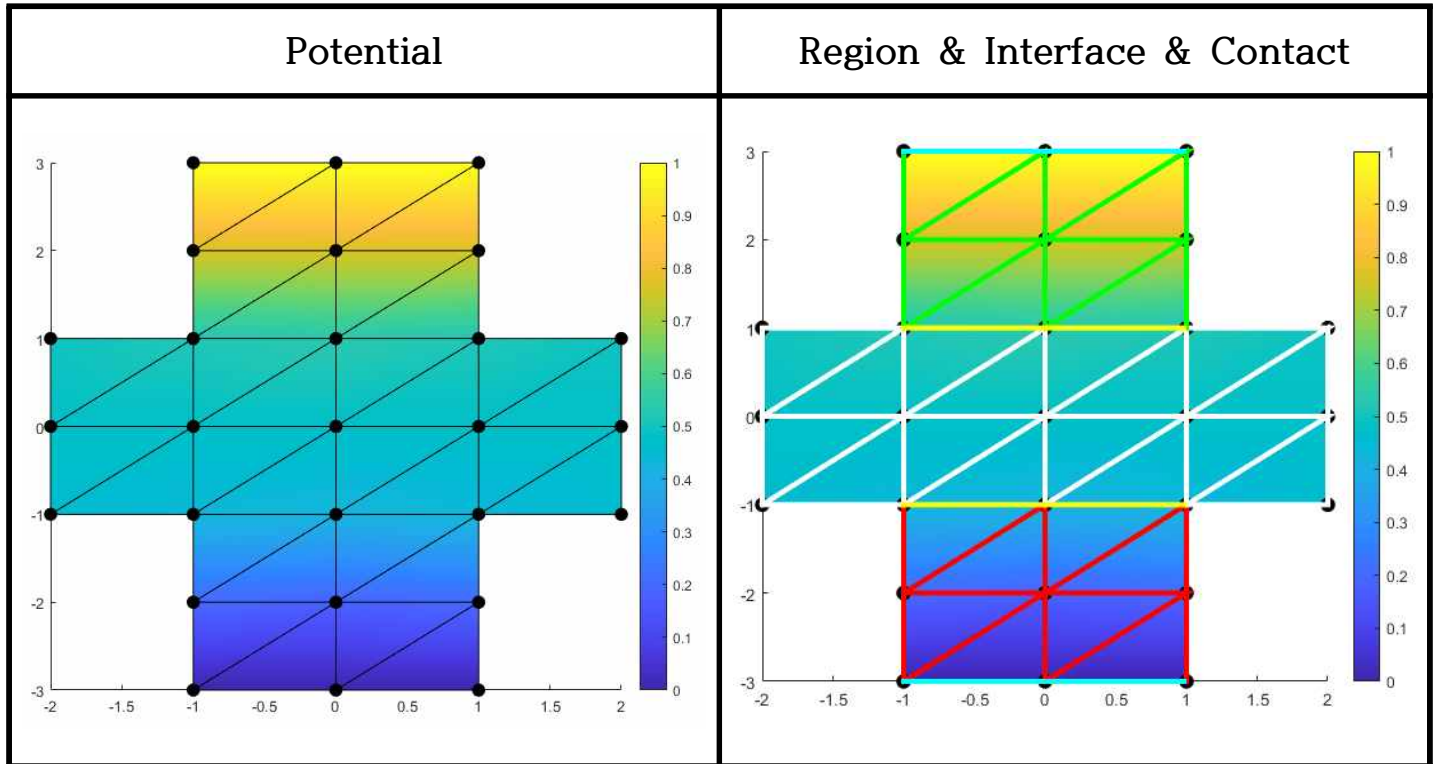
$$V2 : \epsilon_x \left( \frac{A_1}{L_1} \phi_1 - \left( \frac{A_1}{L_1} + \frac{A_2}{L_2} \right) \phi_2 + \frac{A_2}{L_2} \phi_3 \right)$$

$$V3 : \epsilon_x \left( \frac{A_3}{L_3} \phi_1 + \frac{A_2}{L_2} \phi_2 - \left( \frac{A_2}{L_2} + \frac{A_3}{L_3} \right) \phi_3 \right)$$

출력한 결과를 확인하기 위해서 region 별로 다른  $\epsilon$ 을 같은 상수로 지정했을 때의 값을 확인하거나, 또는, 1로 설정하여 이전의 결과와 같은지 판단하는 과정을 통해서 실제 계산에 잘 이뤄지는지 확인했습니다. Interface 같은 경우에도 삼각형별로 Jacobian을 계산하기 때문에 문제없이 고려하면서 계산할 수 있습니다.

# 1. Source-free Poisson equation

## 1) Double-Gate Device



Index : 27

Region

Red, Green region : Oxide (3.9)

White region : Silicon (11.7)

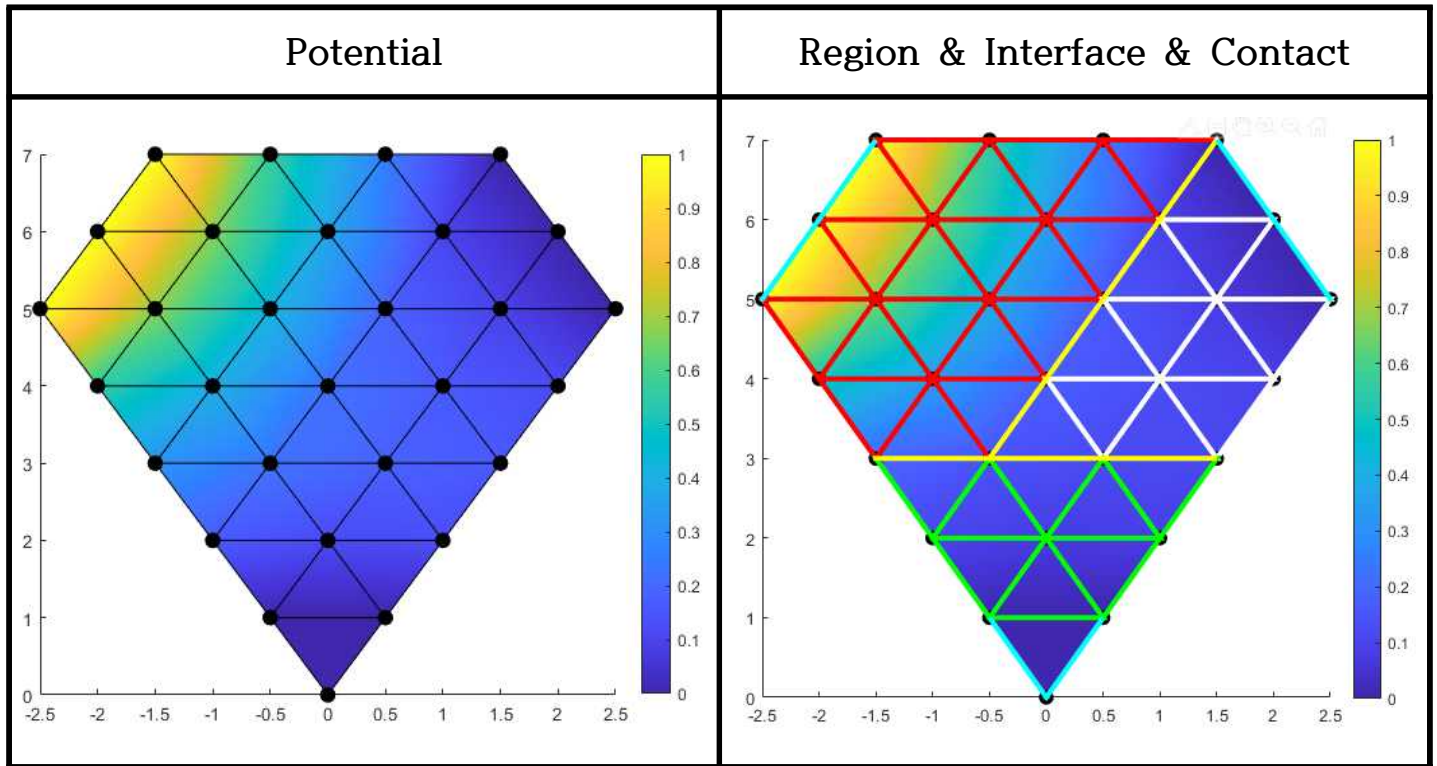
Contact : 총 2개의 Contact을 구성

Cyan : Top, Bottom에 Contact을 지정

Interface : region 간 총 2개의 interface를 설정 ( yellow )

Si, Ox의  $\epsilon$  변화에 따른 결과를 가장 쉽게 볼 수 있는 구조입니다.

## 2) Diamond Structure



Index : 30

### Region

Red region : Oxide (3.9)

White region : Silicon (11.7)

Green region : Oxide (3.9)

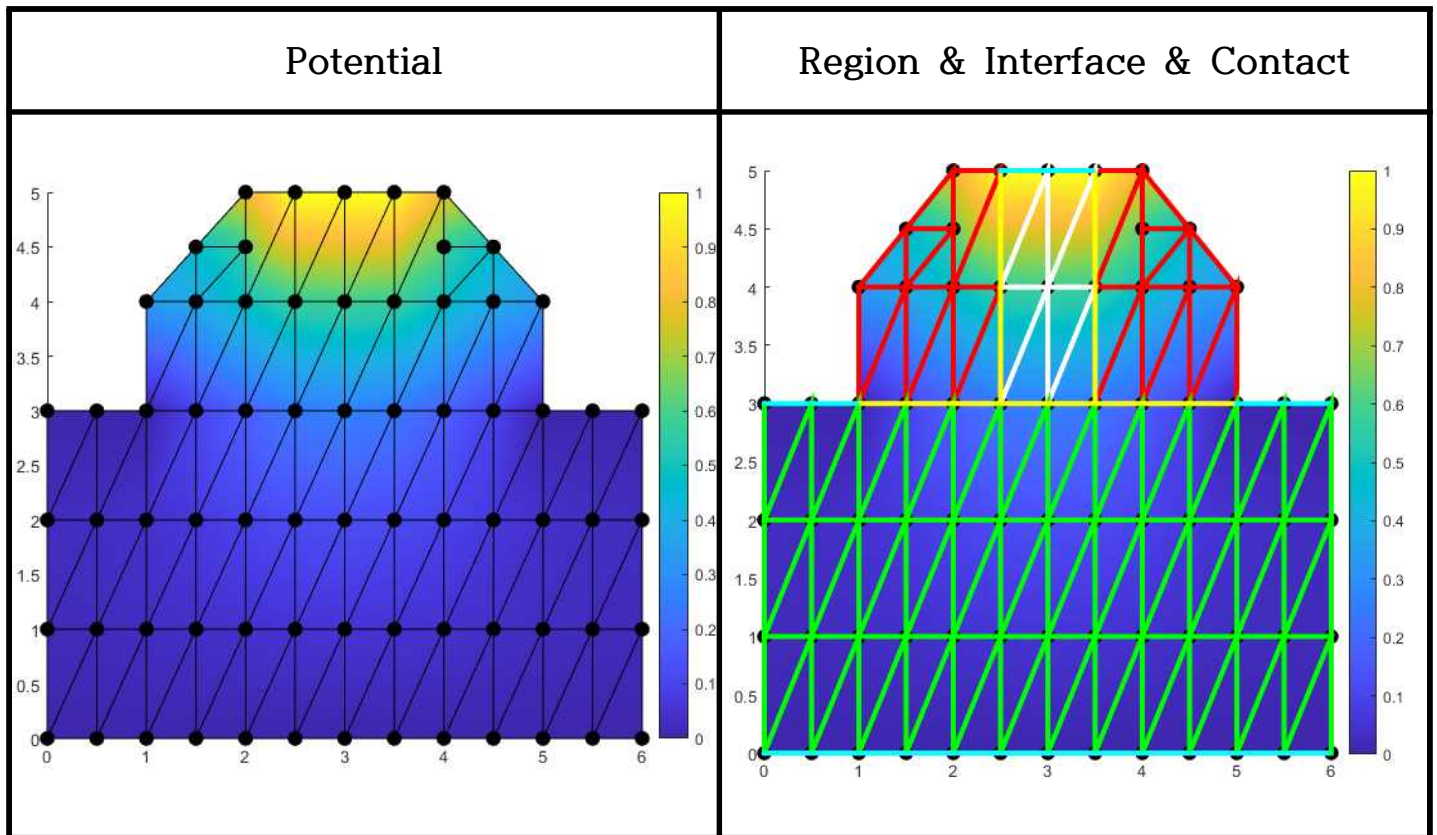
Contact : 총 3개의 Contact을 구성

Cyan : 각 region 별로 하나의 contact을 갖도록 지정했습니다.

Interface : 각 region 간 interface, 총 3개로 설정 : yellow

물질에 따라  $\epsilon$ 을 변화시켜 결과를 확인했으며, 각 Contact에 1을 주고 그 합이 1이 되는지를 확인했습니다. 결과는 밑에 기술했습니다.

### 3 ) MOSFET Device



Index : 70

#### Region

**Red** region : Oxide (Spacer) (=3.9)

**White** region : Silicon (Gate) (=11.7)

**Green** region : Silicon (Substrate) (=11.7)

**Contact** : 총 4개의 Contact을 구성

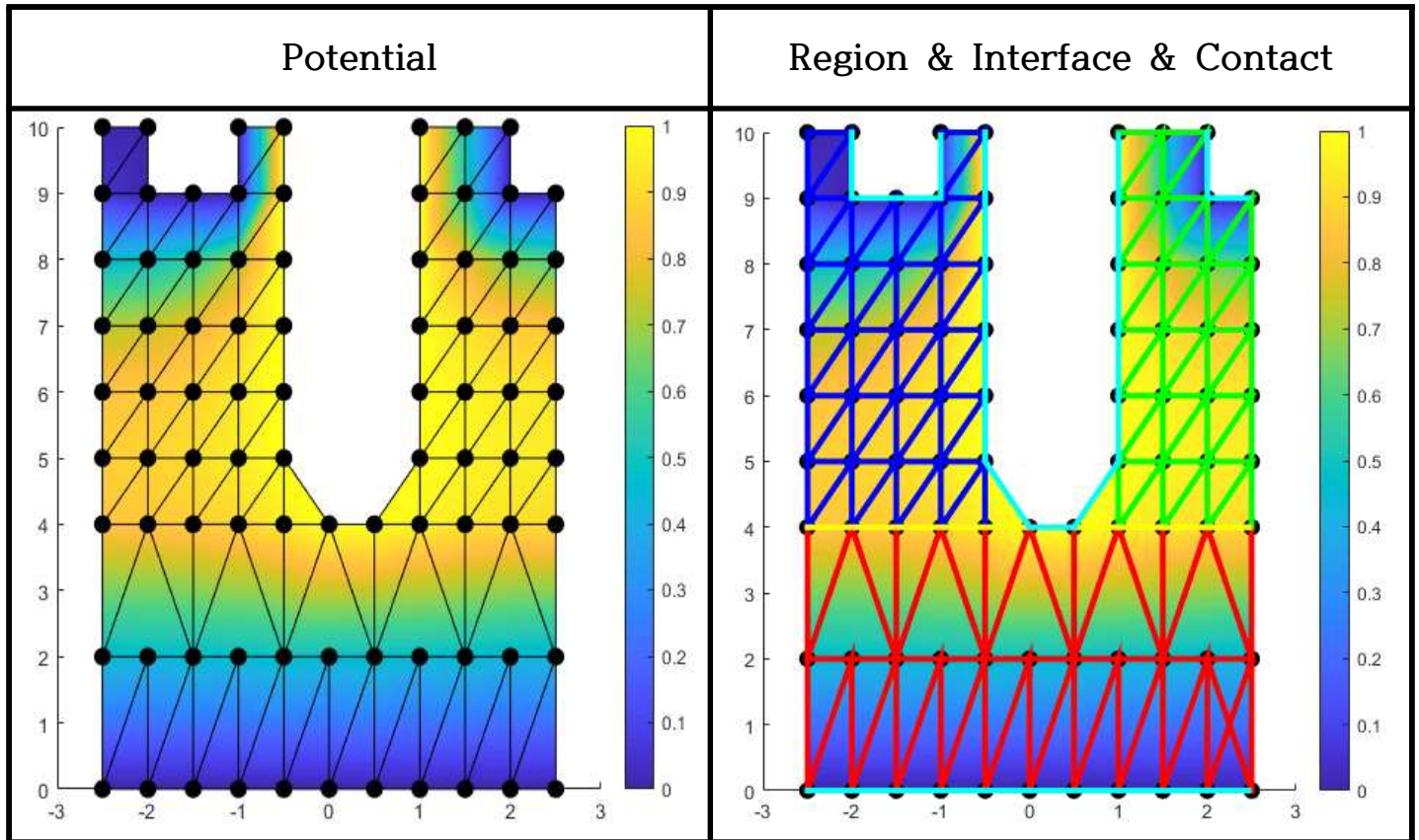
**Cyan** : Source, Gate, Drain, Substrate로 총 4개 구역을 지정했습니다.

**Interface** : region 간 총 3개의 interface를 설정 : Yellow

실제 MOSFET의 구조를 따라서, Gate 주변에 spacer로 감싸져있는 모습을 구현해봤습니다.

#### 4 ) RCAT Device

현재 제가 연구하고 있는 DRAM의 Structure를 모방하여 구조를 제작하였습니다.



Index : 85

#### Material for each region

Green region : Silicon (11.7)

Blue region : Oxide (3.9)

Red region : Silicon (11.7)

\* 물질이 다르다는 것을 가정하기 위해서 Blue region을 Oxide라고 지정했습니다.

#### Contact : 총 4개의 Contact을 구성

Cyan : Source, Gate, Drain, Substrate로 총 4개 구역을 지정했습니다.

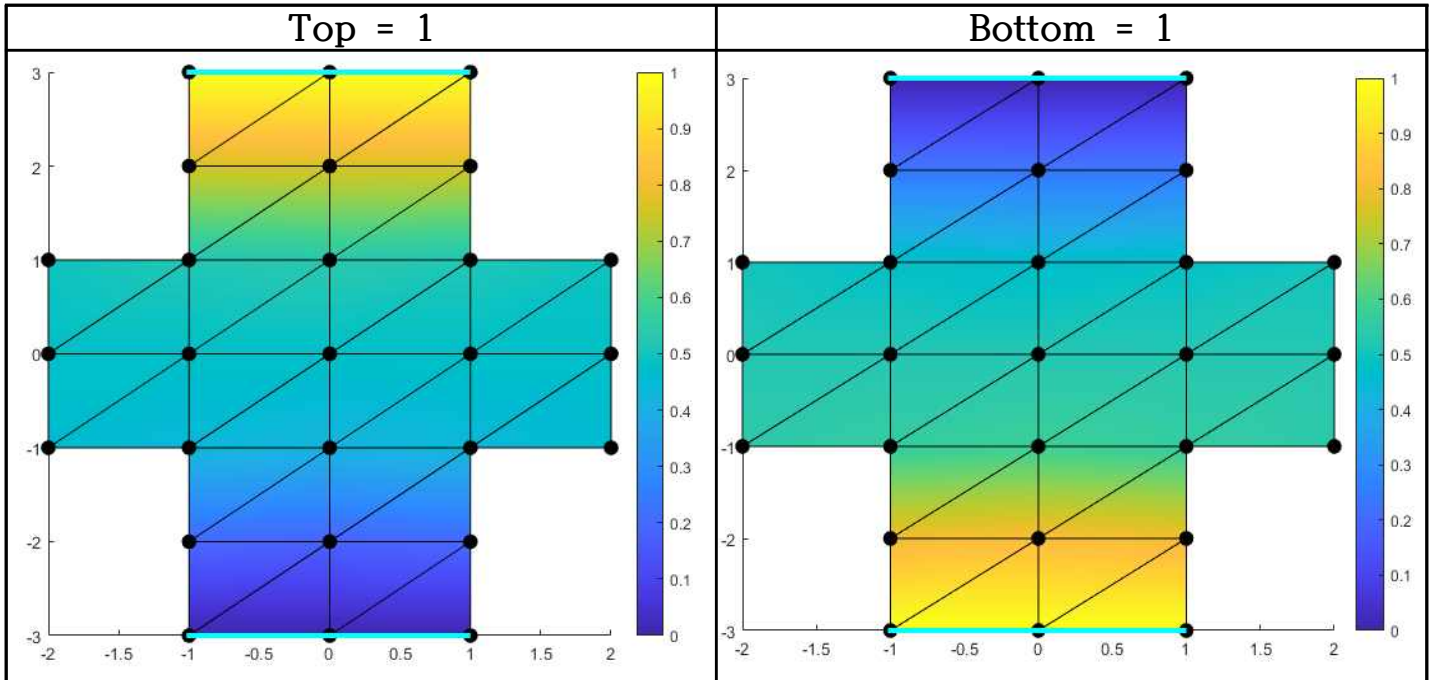
실제 결과를 보면 Blue region에 해당하는 부분  $\epsilon$ 을 3.9로 설정했기 때문에 Round Gate 부분에 1일 걸었을 때 Potential의 영향이 적은 것으로 보입니다.



## 2. Potential 결과 확인

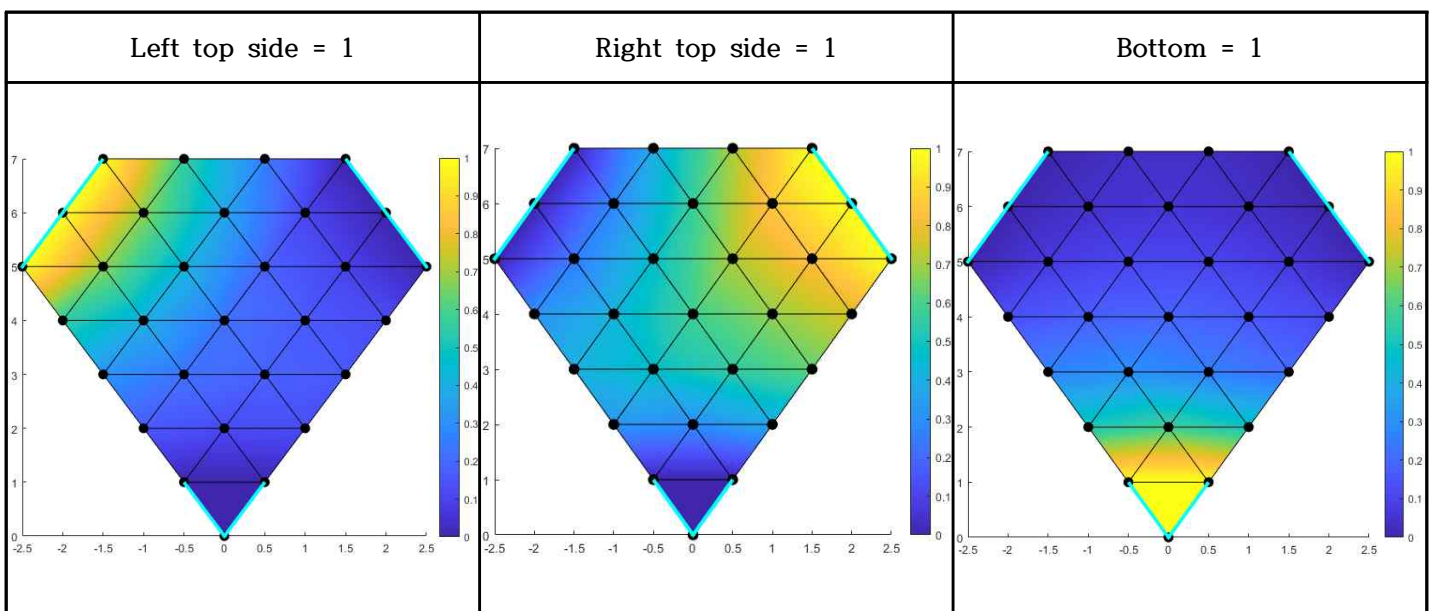
### 1번 Device

각각의 Contact에 1을 넣은 뒤 그 합이 1이 출력되는지 확인하였습니다.

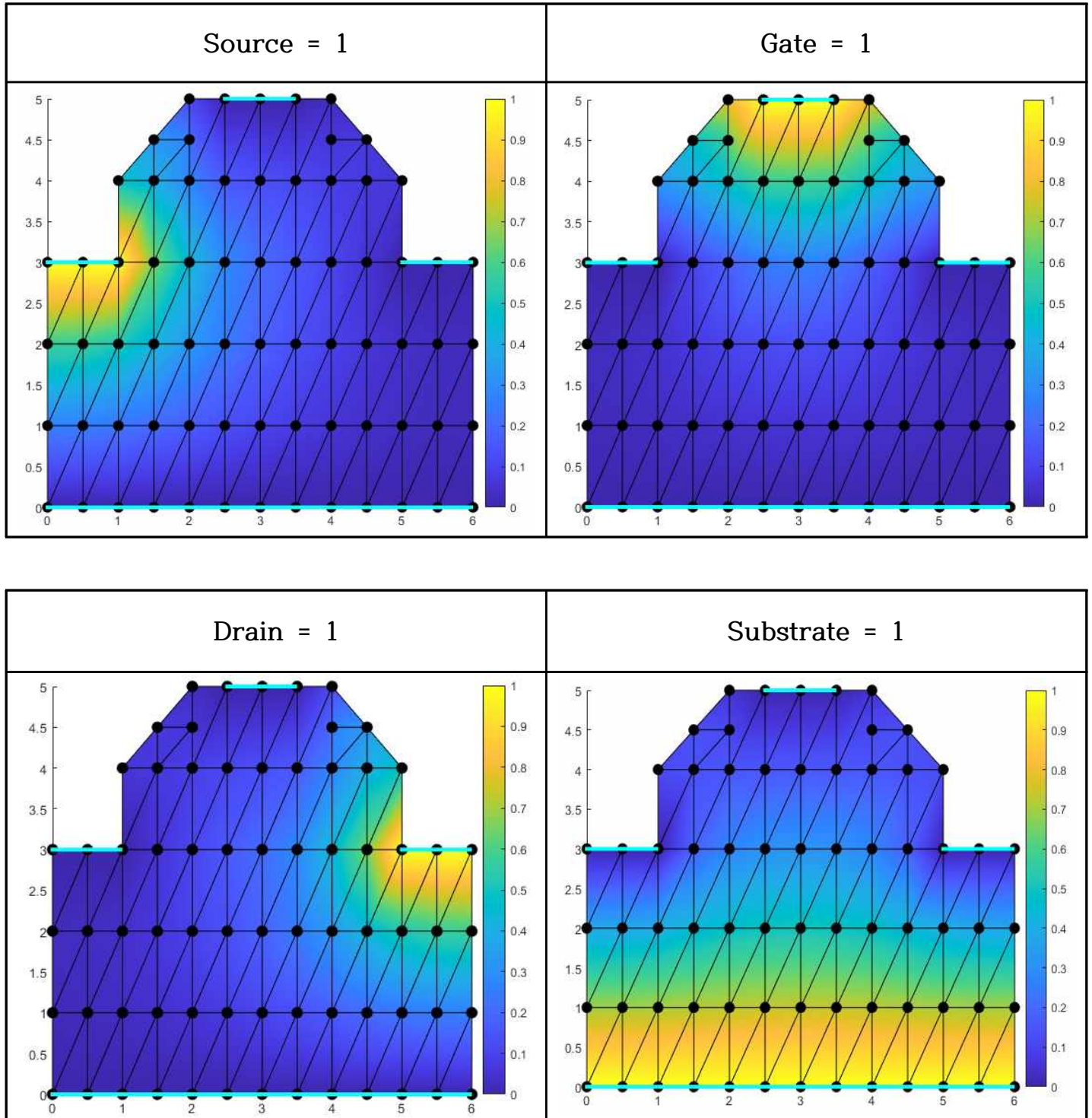


### 2번 Device

2번의 경우 역시 모든 경우를 더했을 때 모든 Contact에 Potential 1인 경우에 예상한 바와 같이 모든 vertex에서 1을 출력할 수 있었습니다.



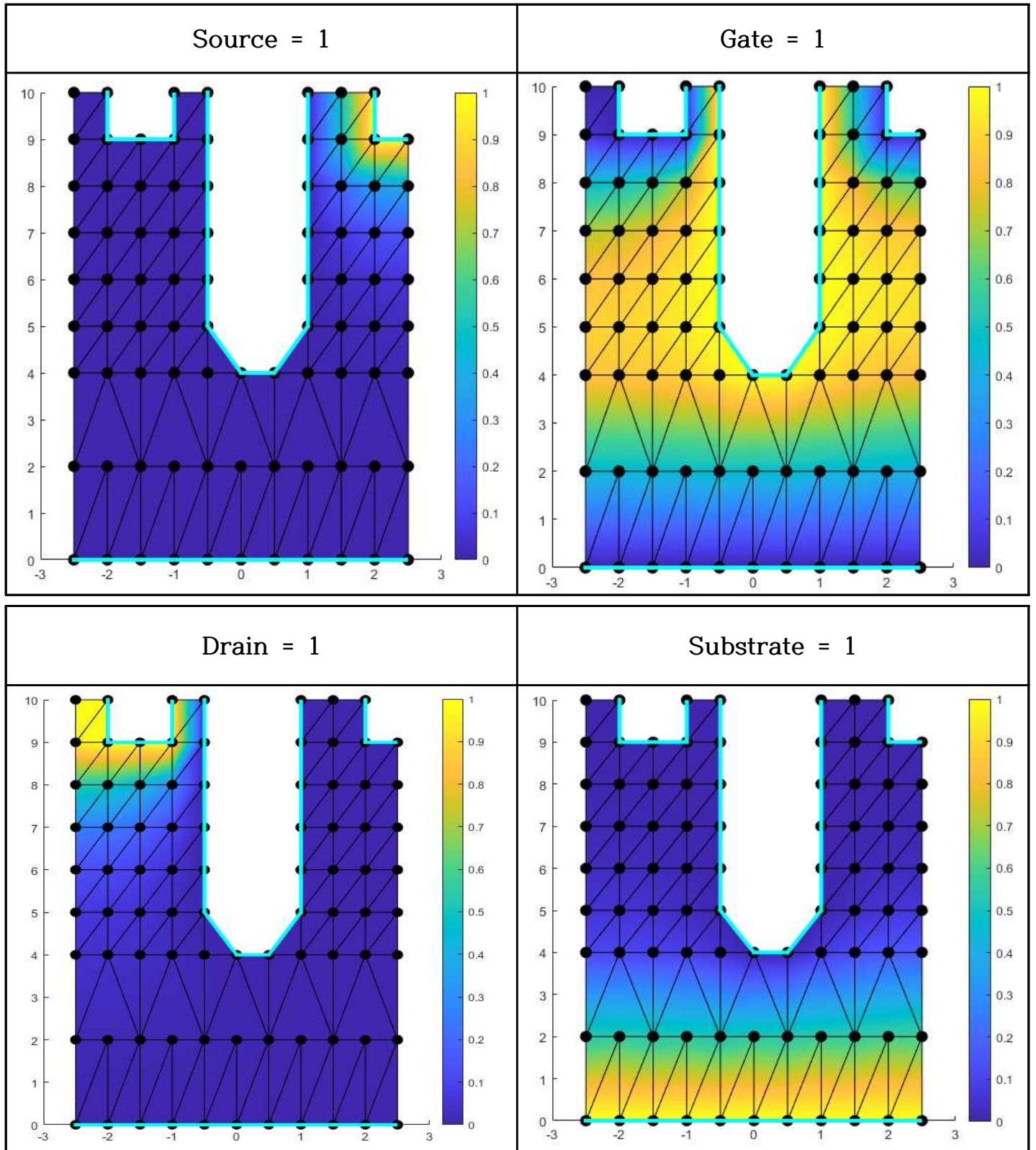
### 3번 Device



총 4가지의 Contact 을 설정했고, Source와 Drain 옆의 region을 Oxide로 지정하여 그 결과가 눈에 띄게 보이진 않는 문제가 있습니다.



## 4번 Device



총 4가지의 Contact 을 설정했고, 각 Contact에 Potential 설정에 따른 결과를 출력했습니다.  
출력한 모든 경우를 더하게 되면 모든 vertex에서 1을 출력할 수 있습니다.



## 2-1 Result

모든 Device에서 주어진 Contact 모두에 1을 주었을 때 예상과 같이 전체 vertex에서 1의 결과를 확인했습니다. Device에 대한 Potential 계산을 문제없이 수행하는 것을 확인했습니다.

