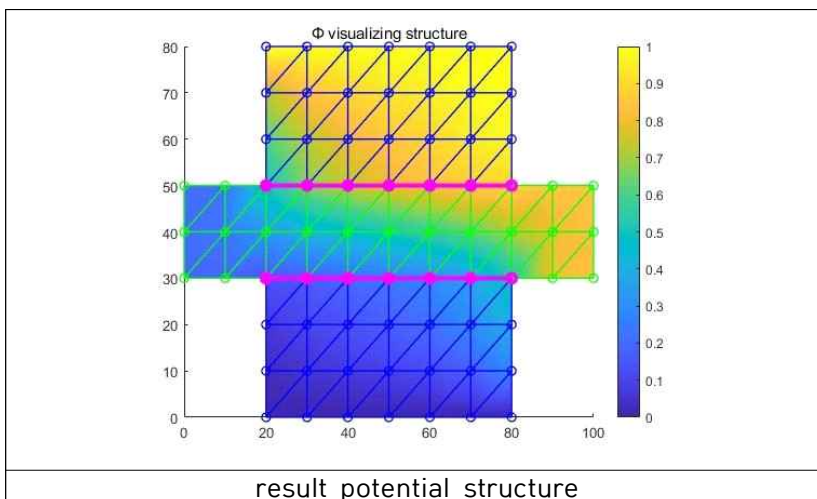
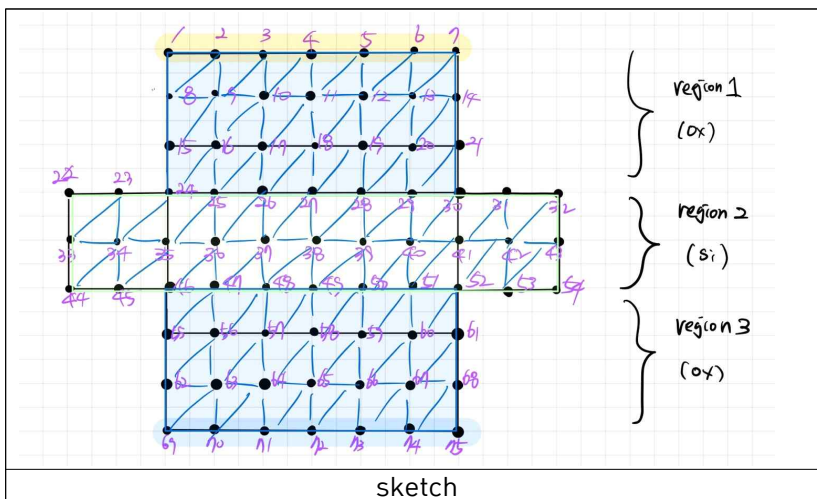


## HW7

20221060 한성민

Due: AM 08:00, March 29, 2022

- structure



주어진 문제의 경우, 다수의 insulator, semiconductor 영역으로 구성해야 했기에 전체 구조를 3개의 region으로 구성했다, blue vertex color를 가진 region이 insulator인 oxide region이다. oxide region은 상단의 oxide 1과 oxide 2로 이루어졌다. green vertex color를 가진 region이 semiconductor인 silicon region이다. 각 interface는 magenta 색상으로 표시했으며, interface 3는 region 1과 region 3의 접점이 없기에 존재하지 않는다.

contact의 경우 edge 1-2-3-4-5-6-7에 top contact 1V를 인가했으며, edge 69-70-71-72-73-74-75에 bottom contact 0V를 인가했다.

## - Variable

먼저 variable의 경우, 다음과 같이 3가지로 나누었다.

**aaa:** It is a variable defined on the entire structure.

**bbb:** It is a variable defined only on the semiconductor regions.

**ccc:** It is a variable defined only on the insulator regions.

## - Solution Vector (method 1)

$\begin{pmatrix} X \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{aaa} \\ \text{---} \\ \text{bbb} \\ \text{---} \\ \text{ccc} \end{pmatrix}$	<p>solution vector를 설정할 때 여러 방법이 존재하지만, method 1에서는 좌측의 그림처럼 각 variable을 순차적으로 배치하여 solution vector X를 구성했다.</p>
--	--

구조를 살펴보면 총 vertex의 개수는 75개이며, 각 영역의 vertex 개수는 다음과 같다.

entire region	region1	region2	region3
75	28	33	28

solution vector인 X matrix의 크기는  $(75+33+28+28) \times 1 = 164 \times 1$  이 된다.

X matrix		
section	row	value
aaa	1	phi로부터 저장
	~	
bbb	entire region	vertex에 해당하는 값을 phi(VF2)로부터 저장
	entire region + 1	
ccc	entire region + semiconductor region	vertex에 해당하는 값을 phi(VF1)로부터 저장
	entire region + semiconductor region + 1	
	entire region + semiconductor region + oxide region1	vertex에 해당하는 값을 phi(VF3)로부터 저장
	entire region + semiconductor region + oxide region1 + 1	
	~	
	entire region + semiconductor region + oxide region1 + oxide region2	

aaa는 전체 region에 해당하는 variable이므로 phi의 값을 그대로 저장하면 되고

bbb는 semiconductor region에 해당하는 variable이므로 region2의 unique vertex에 해당하는 vertex를 phi(VF2(vertex))로부터 저장한다.

ccc는 insulator region에 해당하는 variable이며 region1과 region2로 나누어 해석했다.

region1 unique vertex에 해당하는 vertex를 phi(VF1(vertex))로부터 저장한다.

region3 unique vertex에 해당하는 vertex를 phi(VF3(vertex))로부터 저장한다.

## - Result

위 관계식은  $x(index) = variable_{Vertex(1 \sim 75)}^{Region(Si,ox)}$ 로 정리할 수 있다.

region, vertex, variable을 정보로 받아 해당 정보를 통해 계산할 수 있는 x의 index를 구하는 것이다. scan과 print part로 나누어 scan part에서 각 정보를 받고, print part에서 출력하도록 구성했다.

<pre>variable? (1)aaa(entire) (2)bbb(only semiconductor) (3)ccc(only insulator) :</pre>	<pre>variable? (1)aaa(entire) (2)bbb(only semiconductor) (3)ccc(only insulator) : 1 region? (1) oxide (2) silicon : 1</pre>	<pre>variable? (1)aaa(entire) (2)bbb(only semiconductor) (3)ccc(only insulator) : 1 region? (1) oxide (2) silicon : 1 vertex number? : 2 X[2] = 1.000000</pre>
variable 입력	region 입력	vertex number 입력

각 정보를 순차적으로 받아, x matrix에서 해당 index와 해당 index에 해당하는 값이 출력되도록 했다. 아직 variable이 potential 하나밖에 없기에 모든 variable에 potential이 대입되도록 했지만, 이후 과정에서 variable로 ex) T, n, p, etc 다른 variable 들이 존재한다면 해당 variable 값으로 대체할 예정이다. 위 결과는 entire region에서 oxide region의 vertex 2에 해당하는 값이므로 해당 vertex는 edge contact에 속하는 vertex이기에 1V가 나오는 것을 알 수 있다.

만약, bbb 이고, silicon region의 vertex 43의 경우를 알아보면 x index는 75+22=97이 된다.

<pre>variable? (1)aaa(entire) (2)bbb(only semiconductor) (3)ccc(only insulator) : 2</pre>	<pre>variable? (1)aaa(entire) (2)bbb(only semiconductor) (3)ccc(only insulator) : 2 region? (1) oxide (2) silicon : 2</pre>	<pre>variable? (1)aaa(entire) (2)bbb(only semiconductor) (3)ccc(only insulator) : 2 region? (1) oxide (2) silicon : 2 vertex number? : 43 X[97] = 0.824847</pre>
variable 입력	region 입력	vertex number 입력

38	0.5143
39	0.5652
40	0.6275
41	0.7119
42	0.7998
43	0.8248

43번 vertex의 potential의 값은 phi(43)과 같게 나오는 것을 확인할 수 있다.

- exception handling

while 문과 continue, break 문을 이용하여 error가 발생할 경우, 'Error!'를 출력하고 다시 정보를 입력할 수 있도록 설정했다. vertex number의 정보까지 입력받은 후 vertex number를 잘못 입력하여 error가 발생한 경우, 'Error !' 출력 후 loop를 종료하도록 설정했다.

<pre>variable? (1)aaa(entire) (2)bbb(only semiconductor) (3)ccc(only insulator) : 2 region? (1) oxide (2) silicon : 1 Error!</pre>	<pre>variable? (1)aaa(entire) (2)bbb(only semiconductor) (3)ccc(only insulator) : 3 region? (1) oxide (2) silicon : 2 Error!</pre>
bbb를 선택하고 oxide region을 선택한 경우	ccc를 선택하고 silicon region을 선택한 경우
<pre>variable? (1)aaa(entire) (2)bbb(only semiconductor) (3)ccc(only insulator) : 2 region? (1) oxide (2) silicon : 2 vertex number? : 62 Error !</pre>	<pre>variable? (1)aaa(entire) (2)bbb(only semiconductor) (3)ccc(only insulator) : 1 region? (1) oxide (2) silicon : 1 vertex number? : 76 Error ! &gt;&gt;</pre>
variable과 region은 잘 선택했지만, (bbb, silicon) 해당 region에 해당 vertex(62=oxide region)가 존재하지 않는 경우	variable과 region은 잘 선택했지만, (aaa, oxide) 존재하지 않는 vertex(~75)를 입력한 경우

- Solution Vector (method 2)

$\begin{bmatrix} X \end{bmatrix}$	$=$	$\begin{pmatrix} \text{oxide1} \begin{pmatrix} \text{aaa} \\ \text{---} \\ \text{ccc} \end{pmatrix} \\ \text{silicon} \begin{pmatrix} \text{aaa} \\ \text{---} \\ \text{bbb} \end{pmatrix} \\ \text{oxide2} \begin{pmatrix} \text{aaa} \\ \text{---} \\ \text{ccc} \end{pmatrix} \end{pmatrix}$	<p>좌측의 그림처럼 각 variable을 region에 따라 다르게 배치했다.          oxide1 region의 경우, entire variable인 aaa와 insulator variable인 ccc를 가진다.          silicon region의 경우, entire variable인 aaa와 semiconductor variable인 bbb를 가진다.          oxide2 region의 경우, entire variable인 aaa와 insulator variable인 ccc를 가진다.</p>
-----------------------------------	-----	---	---

각 영역의 vertex 개수는 다음과 같다.

region1	region2	region3
28	33	28

각 영역은 vertex 당 2개의 variable을 가지는 것과 같으므로

solution vector인 X matrix의 크기는  $(33+28+28) \times 2 = 178 \times 1$  이 된다.

X matrix		
section	row	value
oxide1	1 ~ 2 * oxide1 region	2i-1 : aaa
		2i : ccc
silicon	2 * oxide1 region + 1 ~ 2 * (oxide1 region + silicon region)	2i-1 : aaa
		2i : bbb
oxide2	2 * (oxide1 region + silicon region) + 1 ~ 2 * (oxide1 region + silicon region + oxide2 region)	2i-1 : aaa
		2i : ccc

oxide1 region의 경우, 2i-1번째에는 aaa값을 저장하고, 2i번째에는 ccc 값을 저장한다.

silicon region의 경우, 2i-1번째에는 aaa값을 저장하고, 2i번째에는 bbb 값을 저장한다.

oxide2 region의 경우, 2i-1번째에는 aaa값을 저장하고, 2i번째에는 ccc 값을 저장한다.

현재는 variable이 potential 하나만 있으므로 각 영역에 해당하는 potential 값을 대입했다.

따라서 aaa에는 oxide1&silicon&oxide2의 vertex에 해당하는 potential 값이 저장되어있다.

bbb에는 silicon의 vertex에 해당하는 potential 값이 저장되어있다. ccc에는 oxide1&oxide2의 vertex에 해당하는 potential 값이 저장되어있다.

## - Result

<pre> region? (1)oxide (2)silicon : 2 </pre>	<pre> region? (1)oxide (2)silicon : 2 variable? (1)aaa(entire) (2)bbb(only semiconductor) (3)ccc(only insulator) : 2 </pre>	<pre> region? (1)oxide (2)silicon : 2 variable? (1)aaa(entire) (2)bbb(only semiconductor) (3)ccc(only insulator) : 2 vertex number? : 33 X[80] = 0.209385 </pre>
region 입력	variable 입력	vertex number 입력

silicon 영역의 33번 vertex는 12번째 vertex이다. variable이 bbb이므로 X의 index를 구해보면  
 $\text{index} = 28 \times 2 + 2 \times 12 = 80$ 이다. 만약 silicon영역 33번 vertex의 aaa의 경우, X index를 구해보면

```

region?
(1)oxide
(2)silicon
: 2
variable?
(1)aaa(entire)
(2)bbb(only semiconductor)
(3)ccc(only insulator)
: 1
vertex number? : 33
X[79] = 0.209385

```

$\text{index} = 28 \times 2 + 2 \times 12 - 1 = 79$ 로 계산결과와 일치하는 결과가 나온다.

## - exception handling

<pre> region? (1)oxide (2)silicon : 1 variable? (1)aaa(entire) (2)bbb(only semiconductor) (3)ccc(only insulator) : 2 Error! </pre>	<pre> region? (1)oxide (2)silicon : 2 variable? (1)aaa(entire) (2)bbb(only semiconductor) (3)ccc(only insulator) : 3 Error! </pre>
oxide region을 선택하고 bbb를 선택한 경우	silicon region을 선택하고 ccc를 선택한 경우

<pre> region? (1)oxide (2)silicon : 2 variable? (1)aaa(entire) (2)bbb(only semiconductor) (3)ccc(only insulator) : 2 vertex number? : 62 Error ! </pre>	<pre> region? (1)oxide (2)silicon : 1 variable? (1)aaa(entire) (2)bbb(only semiconductor) (3)ccc(only insulator) : 1 vertex number? : 76 Error ! </pre>
variable과 region은 잘 선택했지만, (silicon, bbb) 해당 region에 해당 vertex(62=oxide region)가 존재하지 않는 경우	variable과 region은 잘 선택했지만, (oxide, aaa) 존재하지 않는 vertex(~75)를 입력한 경우