

# HW17

20211119 박 건 호

## Try Small-signal analysis

: delta항에 대한 수식을 통해서 Small signal 분석에 대한 코드를 작성 및 수행

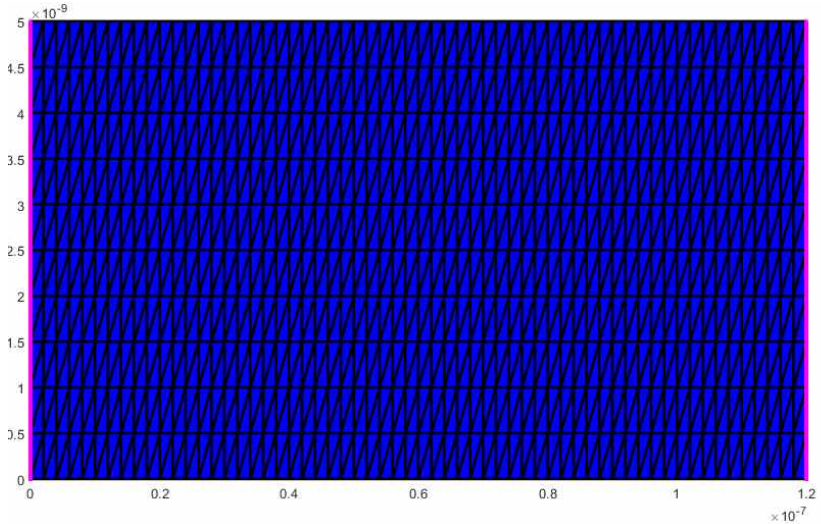
작성해주신 수식을 통해서 delta 항을 계산할 수 있는 Jaco, res를 작성하였습니다. 그 수식은 다음과 같습니다. 삼각형 mesh를 고려하여, 작성하였고, 두 가지 방향의 Flux를 고려하여 그 결과를 확인하였습니다.

$$\begin{aligned}\text{Poisson eq. : } \nabla \cdot (-\epsilon \nabla \delta\phi) &= \delta q \\ \delta J_n &= -q \times \mu_n \{ (n_{dc} \nabla \delta\phi + \delta n \nabla \phi_{dc}) - V_T \nabla \delta n \} \\ \delta J_p &= -q \times \mu_p \{ (p_{dc} \nabla \delta\phi + \delta p \nabla \phi_{dc}) + V_T \nabla \delta p \}\end{aligned}$$

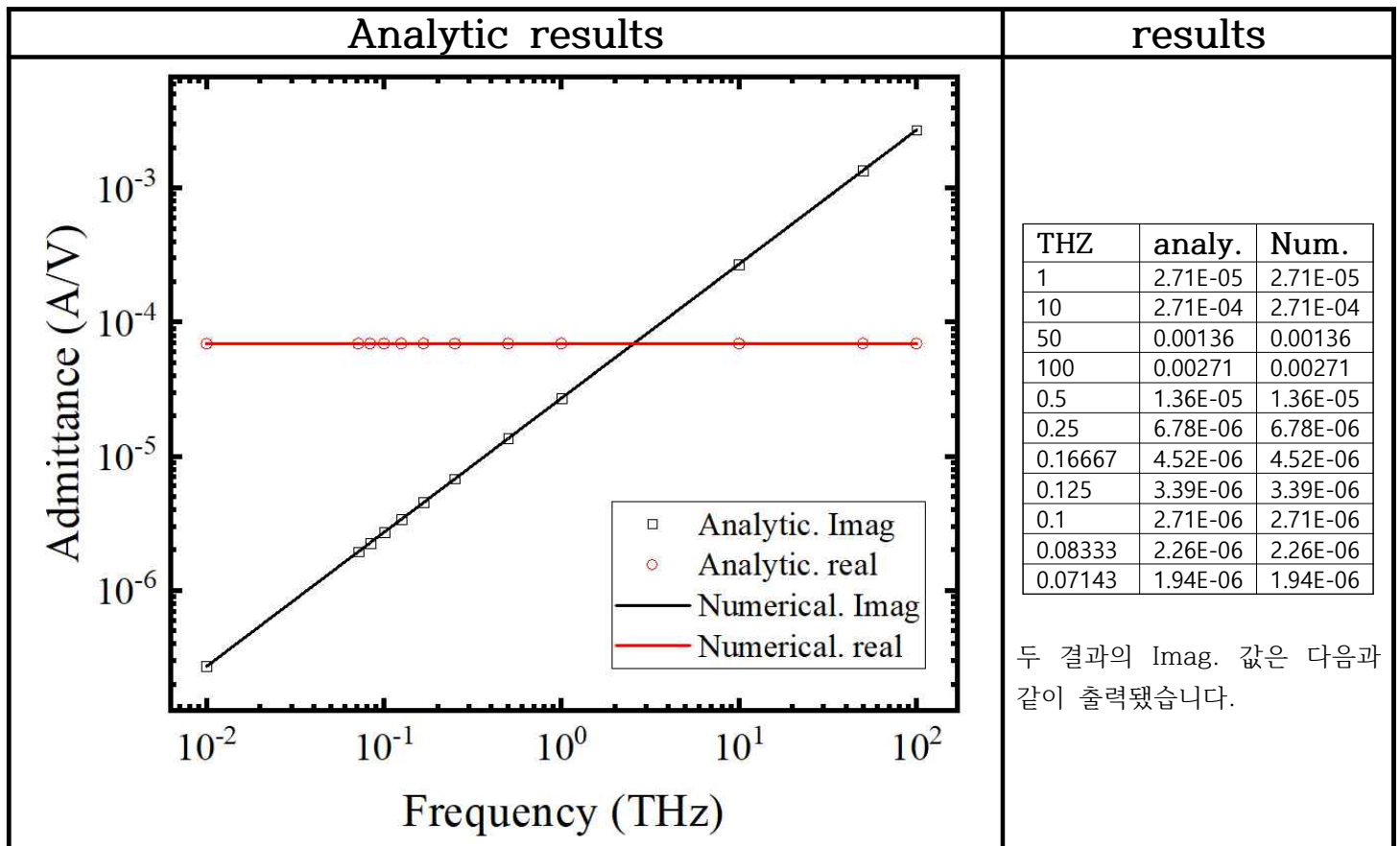
기존의 Jacobian의 틀을 활용하여 Delta 항을 변수로 가지는 수식을 작성하였습니다.

지금까지의 Transient는 DC 성분을 포함해서 계산을 진행했고, Small-signal을 분석하기 위해서는 DC 성분만 있을 때의 Current를 구한 뒤 full transient - dc 성분을 빼줘 그 결과를 얻었습니다. 하지만, 이후에 할 AC simulation에서는 DC 성분의 값을 크게 중요하지 않고 위의 식 성분 중 Delta 항의 변화를 보는 것이기 때문에 DC 성분이 없고 Signal에 대한 분석이 가능한 Jacobian이 필요합니다.

### 1) Test a homogeneous sample (2D) (using N-type Bar)

N-type bar Device	Device Information
	<p>Length : 120nm</p> <p>Width : 5nm</p> <p>Nd = 5e+26 (1/m^3)</p> <p>Side contact</p> <p>: anode, cathode</p> <p>Right (anode)</p> <p>: Sin wave 입력</p> <p>Left (cathode)</p> <p>: Ground.</p>

## (1) Analytic Solution Results

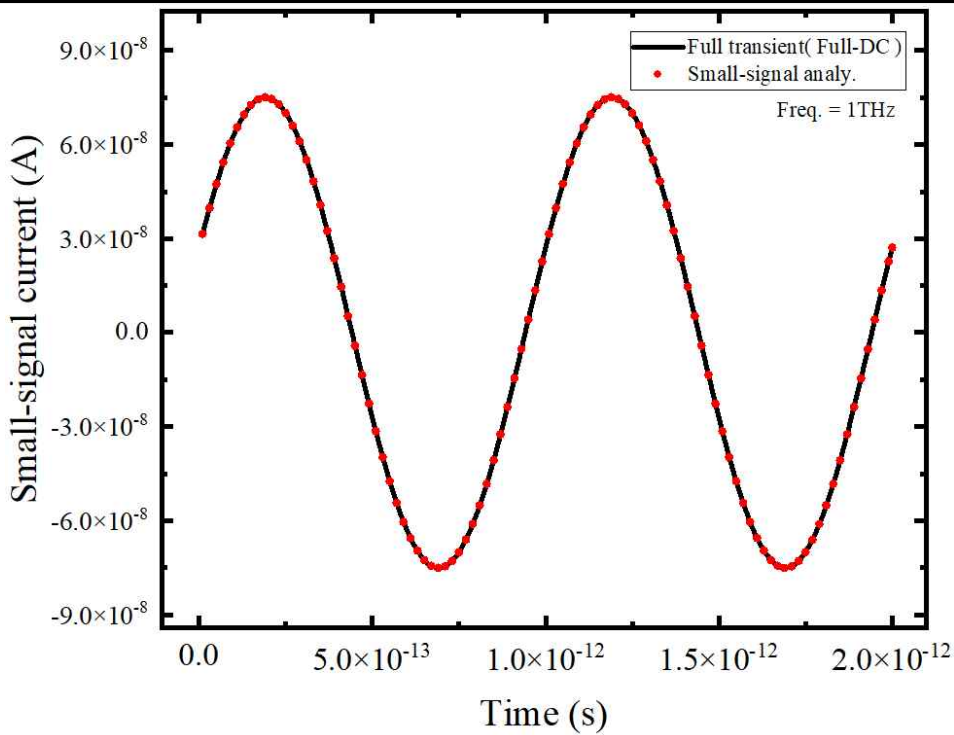


HW13에서 공부한 수식과 Leture 16에서 해주신 설명을 바탕으로 Numerical, analytic admittance를 구할 수 있었고, 실제 오차는 real part는 완벽하게 같았고, Imag part는  $1e-8$  정도의 차이를 보이면 수렴하였습니다. 푸리에 변환을 통해서 시간 영역에서 주파수 영역으로 변환을 통해서 admittance를 구할 수 있습니다.

## (2) Small-signal analysis

위의 식을 활용한 결과를 출력하였습니다. 위의 Admittance를 비교하기 위해서는 주파수 영역으로 변환하여 비교해야 하지만, 이 점은 앞으로 진행할 예정입니다. 또한, 이전의 transient와 다른 점은 수업에서의 내용과 같이 양 쪽의 B.C를 설정할 때 DC 성분을 제외하고 Small-signal의 값만 줘서 계산을 진행하는 점입니다. 하지만, DC의 phi, elec, hole 값은 사용되기 때문에 DD의 ramping을 선행해야하며, 그 이후에 값을 활용하여 수식을 작성하였습니다. 그 결과 이전의 1THz에서 분석했던 결과와 비교하였습니다.

# Small-signal analysis results



# results

이 값의 차이는 최대  $1.88 \times 10^{-12}$  승 차이가 났으며, 1THz에서의 admittance의 결과는 **analytic, numerical, small-signal analysis**의 값이 같은 것을 확인하였습니다.

특히, Numerical admittance와는 완벽하기 일치하는 것을 확인하였습니다.