

Problem #1

이번 과제는 equilibrium에서의 PN junction을 Poisson equation과 drift diffusion equation으로 계산하는 과제이다. PN junction은 P영역은 0 ~ 250nm, N영역은 250nm ~ 500nm로 설정하였고 도핑은 $1e17/cm^3$ 로 하였다.

Poisson equation에서 P 영역 초기값은 $\phi = -V_T \ln \frac{N_A}{n_i}$, N 영역 초기값은 $\phi = V_T \ln \frac{N_d}{n_i}$ 로 설정하였다. 이후의 과정은 이전의 nonlinear Poisson equation을 푸는 과정과 차이가 없으며, hole과 electron을 모두 고려해주면 해결할 수 있었다.

앞의 과정으로 얻어진 electrostatic potential을 통해서 전자농도와 홀 농도를 구할 수 있으며, 이 값들을 가지고 continuity equation을 계산한다. 경계조건은 P영역에서 홀은 도핑농도, 전자는 $\frac{n_i^2}{N_A}$ 를 가지며, N영역에서는 전자는 도핑농도, 홀은 $\frac{n_i^2}{N_d}$ 를 가진다. 각각의 electron에 대한 continuity equation, hole에 대한 continuity equation을 풀어주게 된다. Electron continuity equation의 residue는 아래와 같다.

$$res(ii, 1) = \frac{n_{i+1} + n_i}{2} \frac{\phi_{i+1} - \phi_i}{\Delta x} - V_T \frac{n_{i+1} - n_i}{\Delta x} - \frac{n_i + n_{i-1}}{2} \frac{\phi_i - \phi_{i-1}}{\Delta x} + V_T \frac{n_i - n_{i-1}}{\Delta x}$$

Jacobian은 $Jaco(ii, ii + 1) = \frac{\partial res(ii, 1)}{\partial n_{i+1}}$, $Jaco(ii, ii) = \frac{\partial res(ii, 1)}{\partial n_i}$, $Jaco(ii, ii - 1) = \frac{\partial res(ii, 1)}{\partial n_{i-1}}$ 를 가지게 된다.

Hole의 residue와 Jacobian 또한 위의 식과 비슷하지만, diffusion 항의 부호가 다르므로 이 부분만 바꿔주면 된다. 위의 residue 식에서 V_T 가 있는 항들의 부호를 바꾸면 된다. 이를 통해서 각각의 continuity equation을 계산할 수 있다.

계산 결과는 아래와 같다.



