

2020년 1학기 반도체공정기술 **5주차** 출석인정을 위한 과제

제출기한: 2020년 4월 19일

학번: 2017117986

성명: 이근정

강의내용/자료 참고해서 아래 질문에 답하세요.

본 과제 출석 인정을 위한 것이며 LMS를 통해 과제 제출하면 출석 인정됩니다.

### [질문]

**[1]** 반도체의 carrier concentration과 mobility를 알 때 이 반도체 재료의 resistivity를 계산하는 문제는 반도체 물리의 기초 중에 기초에 해당하는 문제입니다. 어떤 반도체의 doping concentration이  $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 이고 상온에서의 carrier mobility가  $1100 \text{ cm}^2/\text{V-s}$ 일 때 이 반도체의 상온에서의 **resistivity (ohm-cm)는 얼마인지 계산해 보세요.** (이 문제가 엄밀하게 성립하기 위해서는 다음 두가지 가정이 있어야 되겠지요. (i) 해당 dopant는 상온에서 100% ionized 된다. (ii) 상온에서 이 반도체의 intrinsic carrier concentration은 doping concentration에 비해 무시할 수 있을 정도로 작다.)

Resistivity =  $1/\text{conductivity}$ 이고, Conductivity =  $q \times \text{carrier concentration} \times \text{mobility}$ 이다. 문제의 가정에 의해 반도체 내 캐리어 농도는 도핑 농도에 의해 결정되고, 상온에서 도핑된 dopant는 모두 100% 이온화되므로 현재 반도체 내 캐리어 농도는  $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 이라고 단언할 수 있다. 상온에서 캐리어 이동도가  $1100 \text{ cm}^2/\text{V-s}$ 이므로  $\text{conductivity} = q \times (1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}) \times (1100 \text{ cm}^2/\text{V-s}) = (1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) \times (1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}) \times (1100 \text{ cm}^2/\text{V-s}) = 1.76 \text{ C/V-s-cm} = 1.76 \text{ A/V-cm}$ 이다. 따라서  $\text{resistivity} = 1/\text{conductivity} = 0.568 \text{ ohm-cm}$

**[2]** 실제로 Si wafer를 구매할 경우 판매하는 곳에서 제공하는 정보에는 doping concentration가 주어지는 경우보다 resistivity가 주어지는 경우가 더 많습니다. 그리고 mobility 정보는 주어지지 않습니다. 그런데, 소자 디자인을 하기 위해서는 doping concentration을 알아야 되는 경우가 대부분입니다. 다음 wafer 정보로부터 해당 **wafer의 doping concentration이 얼마인지 계산해 보세요.**

- Dopant: As

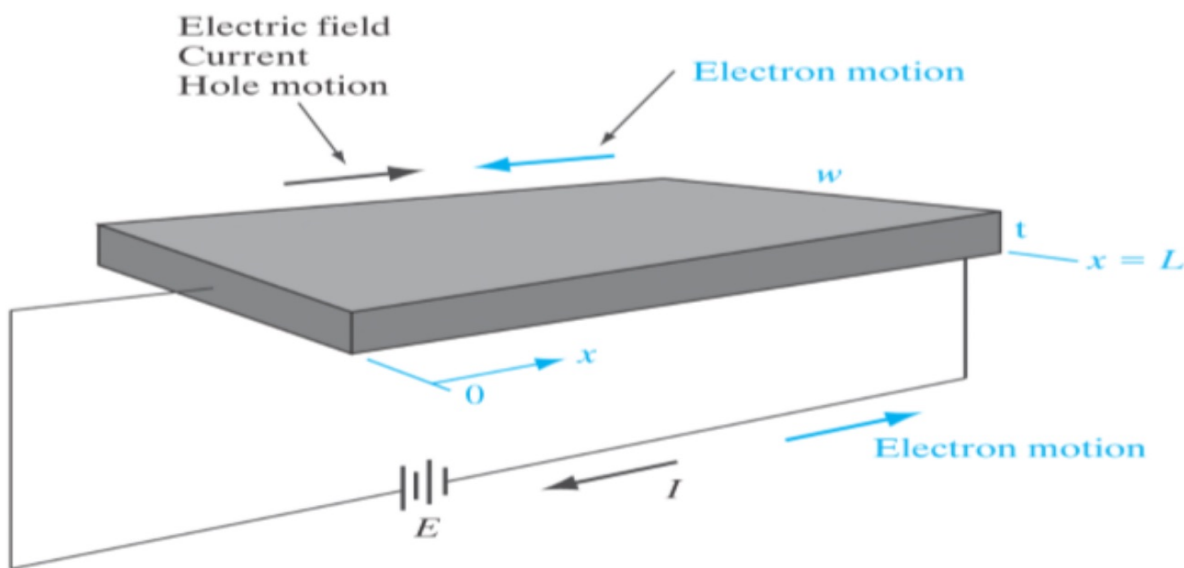
- 상온에서의 resistivity:  $1 \text{ ohm-cm}$

<https://cleanroom.byu.edu/ResistivityCal>에서 제공하는 Resistivity & Mobility calculator를 통해 As 원자가 Si 기판에 doping 되었을 때, 기판이  $1 \text{ ohm-cm}$ 의 비저항을 가지려면 도핑 농도가 어느정도 될지 계산해보았다. 계산 결과 As 원자가 약  $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 만큼 doping 되었을 때, 약  $1256.4 \text{ cm}^2/\text{V-s}$ 의 mobility를 가졌고, 그 때의 비저항 값은 약  $0.99 \text{ ohm-cm}$ 였다.

강의에서 이야기한 바와 같이 Si의 mobility가 주어지지 않고 mobility는 doping concentration의 함수이므로 resistivity로부터 doping concentration을 바로 계산할 수 없습니다. 그러나 Si의 doping concentration과 resistivity는 이론적으로/실험적으로 정확하게 계산되어 있고 인터넷에 제공되는 간단한 계산 프로그램으로 쉽게 찾을 수 있습니다. (Hint: Google에서 "resistivity carrier concentration"를 찾아보세요. 참고로 저는 미국 Brigham Young University(BYU)에서 제공하는 반도체 관련 website를 2000년대 초부터 가끔씩 사용해 왔습니다. 유용한 정보들이 있습니다.)

$$\sigma = qn\mu_n + qp\mu_p \quad : \text{conductivity}$$

$$\left[ \frac{A}{V \cdot cm} = \frac{S(\text{siemens})}{cm} \right]$$



$$R = \rho \frac{L}{wt} = \frac{1}{\sigma} \frac{L}{wt}$$

$$\rho = \frac{1}{\sigma} : \text{resistivity}$$

$$\left[ \frac{A}{V \cdot cm} = \frac{S(\text{siemens})}{cm} \right]^{-1} = [\Omega \cdot cm]$$