

## 비정질 Se-Ge박막의 FIB용 Resist 매개 변수 추정

이현용, 박태성, 모연한, 이성준, 정홍배  
 광운대학교 전자재료공학과

## I. 서론

FIB를 이용한 Sub-micrometer반도체 응용기술에 대한 관심이 높아지고, 256M 및 1G DRAM급 소자 개발의 유일한 수단으로서의 FIB를 이용한 리토그래피 기술의 중요성은 매우 크다.

이에 우리는 다년간 연구한 비정질 칼코게나이드 박막중 광, 전자빔 및 이온빔에 우수한 감도를 보이는 Se-Ge박막을 FIB resist로 이용하기 위하여 기본적 이온빔 유기 특성을 발표한 바 있다[1]. Se-Ge계 박막은 그 조성이  $Se_{75}Ge_{25}$ 인 경우 광에 대하여 반응성이 가장우수한 posi-type 레지스트 특성을 보이는 반면 Ag를 도포시킨 Ag/ $Se_{75}Ge_{25}$ 의 이중층의 경우는 에너지 유기현상에 의하여 nega-type 레지스트 특성을 보인다. 본 연구에서는 비정질 Se-Ge 이온 레지스트에 적합한 모델을 설정하고 computer calculation을 통하여 여러종류의 가속에너지 및 dose변화에 따른  $Se_{75}Ge_{25}$  및 Ag/ $Se_{75}Ge_{25}$  레지스트의 ion range( $R_p$ ), straggling, implanted ion concentration 및 ion transmission 계수에 의한 이중층 레지스트의 Ag두께등의 parameter등을 추정하고 실제 레지스트를 제작, 비교하므로 최적의 변수를 찾고자 한다.

## II. 모델 설정 및 결과

$Ga^+$  LMIS로 부터 가속되어진 집속이온빔은 레지스트의 핵 및 전자들에 자신의 에너지를 전달하고 정지하게 된다. 이때 정지력은 Coulomb potential  $V(r)$ 의 함수로 전자에 의한 screen effect를 고려하여 screening 함수  $\Phi(x)$ 를 도입 수정하여야 하며,  $\Phi(x)$ 는 이차 미분 방정식의 해를 구하여 얻을 수 있으며 정확한 수학적인 식은 Moliere approximation을 이용하였다. LSS는  $V(r)$ , scattering parameter  $t^{1/2}$ 와 목록화된 universal scattering 함수  $f(t^{1/2})$ 를 이용 핵 정지력에 대한 미분유효 cross-section( $d\sigma$ )을 계산하여 일반화 시킨 energy( $\epsilon$ ), length( $\rho$ )를 제시하였다. 이에  $f(t^{1/2})$ 와  $t^{1/2}$ 의 관계는 Winterbon 근사식[2]을 이용하여 단순화시켰다. 또한 전자에 의한 정지력은 매우 높은 에너지에서는 Bethe theory를 만족하여 입사 속도에 반비례하지만 lithography에 이용되는 에너지 영역에서는 자유전자가 전자가스를 형성하는 것으로 가정한 LSS이론을 만족한다.

$R_p$ 와 total range( $R$ )과의 관계 및  $R_p$ 와  $\Delta R_p$ 와의 관계는 Schiott의 실험식등을 이용하여 다음과 같이 표현된다. 또한 이온 빔이 수직입사되고, M1과 M2가 유사한 경우  $\Delta R_p = \Delta R_p$ 의 관계를 갖는다.

$$R/R_p = 1 + b M_2/M_1 \quad ; \quad b = 1/3 \quad \text{-----} \quad (1)$$

$$\frac{R_p}{R_p} \cdot \frac{M_1 + M_2}{2(M_1 M_2)^{1/2}} = 0.40 \quad \text{-----} \quad (2)$$

조성이  $A^mB^n$ 인 비정질 레지스트에 대하여 분자당의 정지력은 Bragg's rule에 의해  $\epsilon^{AmBn} = m\epsilon^A + n\epsilon^B$ 로 표현 할 수 있으며 Se과 Ge의 경우는 각각의 두 원자에 대한 정지력이 유사한 특성을 나타내기 때문에 total range는 다음식으로 근사 시킬 수 있다.

$$R = R_A R_B (X_A R_B + X_B R_A)^{-1} \quad \text{-----} \quad (3)$$

그림1은 a- $Se_{75}Ge_{25}$  과 Ag/ $Se_{75}Ge_{25}$  레지스트의 이온 범위등의 추정값이다.

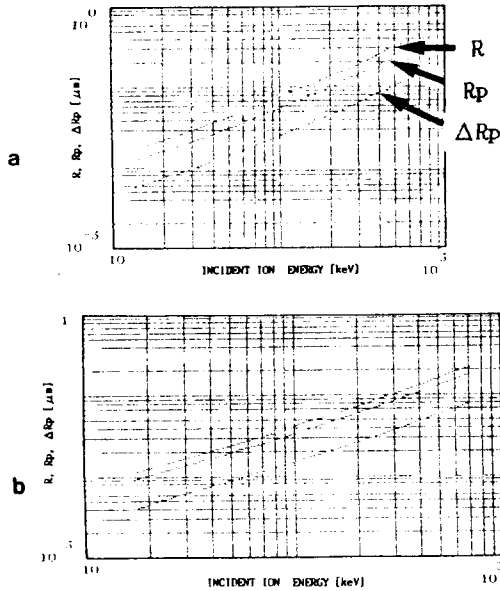


그림1

(a) a-Se<sub>75</sub>Ge<sub>25</sub> (b) Ag/Se<sub>75</sub>Ge<sub>25</sub>

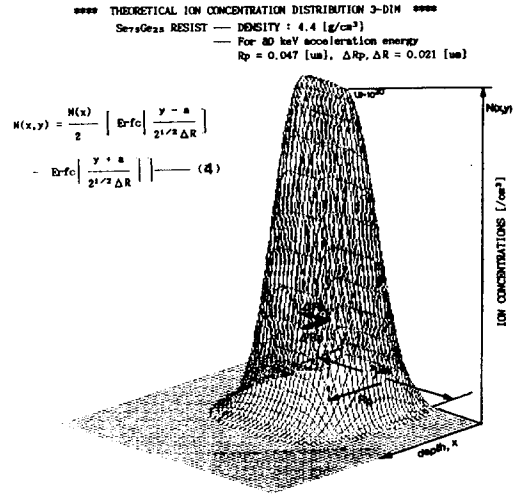


그림2

실제 FIB가 레지스트에 조사되는 경우( Dose=1x10<sup>15</sup>, 80keV), 이온농도 N(x,y)는 식(4)로 표현될 수 있으며 빔 반경이 0.1 μm로 가정한 경우 a-Se<sub>75</sub>Ge<sub>25</sub> 레지스트 내의 이온 분포를 그림2에 나타내었으며, 입사 이온 빔의 대부분을 흡수하고 기판으로의 원하지 않는 이온의 주입을 최소로 하기 위해 이온 투과율 T가 10<sup>-4</sup>되는 두께를 레지스트의 최소 두께로 정하였다. 실험에서 박막은 공히 2 x 10<sup>-5</sup> Torr의 진공도 하에서 증착속도는 7 Å/s로 하여 열 증착하였다.

### III. 결 론

a-Se<sub>75</sub>Ge<sub>25</sub> 레지스트 내의 Ga이온 이 조사된 경우의 Rp 및 ΔRp는 다음 표와 같다.

ENERGY[keV]	Rp[μm]	ΔRp[μm]
50	0.031	0.0139
80	0.047	0.021
100	0.057	0.025
150	0.080	0.036
200	0.1	0.045

FIB 리토그래피 기술은 높은 에너지의 이온빔 조사로 인한 기판으로의 원하지 않는 이온의 주입이 문제가 되기 때문에 a-Se<sub>75</sub>Ge<sub>25</sub>에 대하여 T=10<sup>-4</sup>를 만족하는 두께 조건(Rp + 4ΔRp)을 레지스트의 최소 두께로 선택할 경우 이 문제를 해결할 수 있을 것으로 사료되며, Ag/Se<sub>75</sub>Ge<sub>25</sub> 레지스트에서 Ag는 마이그레이션이 우수한 물질로 Ag가 충분한 이온빔의 흡수하는 경우 즉 T=10<sup>-4</sup>되는 두께를 최대 두께로 선택하였다. development가 발생하는 임계 농도를 구하고 실제의 Rp 및 ΔRp와 이온농도분포함수를 비교하므로써 리토그래피 패턴의 예측이 가능하다.

### 참고문헌

- [1] 정홍배, 이영중, 이현용, 박태성, 대한전기학회 학술발표논문지, 1992(8)
- [2] K.B. Winterbon, Mat. Fys. Medd. Dan. Vid. Selsk, 37, No. 14(1970)