

Gridless 이온총의 제작과 동작 특성 및 SiO₂ 박막의 증착 (Fabrication and Operational Characteristics of A Gridless Ion Gun and Preparation of SiO₂ Thin Films)

송 석균, 황보 창권
인하대학교 이과대학 물리학과

I. 서론

이온 보조 증착법은 기존의 진공 증착기에서 열 저항 혹은 전자 빔에 의해 증착되고 있는 박막을 불활성 혹은 반응 이온으로 조사하여 박막의 광학적, 기계적 및 화학적 특성을 변화시키는 방법으로 최근 많은 연구가 진행되고 있으며, 특히 광학 박막 증착에서는 박막의 여러 특성을 개선하는데에 많은 성과를 거두고 있다.

본 연구에서는 gridless 이온총을 제작하여 이온 빔의 전류 밀도, 중성화 정도, 발산 등을 측정 분석하였다. 또한 산소 이온 빔을 열저항 증착법으로 자라는 SiO 박막에 조사하여 SiO₂ 박막을 증착하였으며, SiO₂ 박막의 굴절률은 포락신 방법으로 결정하였고 원소 조성을 FTIR로 확인하였다.

II. 이온총의 작동 원리 및 특성

그림 1은 gridless 이온총의 원리를 나타내는 그림이다. 음극(cathode)에서 방출된 열전자는 양극(anode)을 향해 운동한다. 이 때 그림과 같은 자기장이 걸리면 자기장에 평행한 방향의 전기 전도도는 자기장에 수직인 방향의 전기 전도도보다 매우 크므로, 전자는 자기장 선을 따라 내려 오다가 자기장에 수직인 방향으로 cyclotron 진동으로 양극을 향해 운동하여, 가스 분배기를 통해 올라온 중성 가스를 이온화시킨다. 양극 근처의 이온은 등전위선에 수직인 방향으로 가속되어 진행하여 나아가고 이 때 음극에서 열전자를 방출하여 기판에 도착하는 이온을 중성화시킨다.

그림 2는 이온총으로부터 15 cm 떨어져 있는 평면 위에 Faraday 컵이 있을 때, 이온 빔축으로부터 0, 3, 6, 9, 12 cm 만큼 움직이며 측정한 산소 이온 전류 밀도의 분포이다. 양극 전류 3 A, 양극 전압 100 V, 산소 압력이 3.0×10^{-4} torr 일 경우 이온 빔축의 바로 위 15 cm인 곳에서의 전류 밀도는 $312 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 이었다. 이온 빔축으로부터 멀어짐에 따라 이온 전류 밀도는 감소하여 12 cm 떨어진 곳에서는 $214 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 이었으며, 이는 최대치인 빔축 이온 밀도의 약 70 %이고 이온 빔의 발산각으로는 약 38° 이다. 양극 전류 3 A, 양극 전압 200 V, 산소 압력이 1.7×10^{-4} torr 일 경우는 위의 경우보다 이온 전류 밀도는 높으며 분포는 유사한 경향을 나타내었다. Faraday 컵에 음전위를 걸지 않고 전류계로 측정한 이온 빔의 중성화 정도는 중심에서 9 cm 떨어진 곳까지는 음이었으며 12 cm 에서는 거의 중성이다.

III. SiO₂ 박막의 이온 보조 증착

그림 3과 같이 이온총을 진공 챔버에 설치하고, 열저항 증착(Mo 보트)에 의해 기판 위에 자라는 SiO 박막에 산소 이온 빔을 조사하여, SiO₂ 박막을 증착하였다.

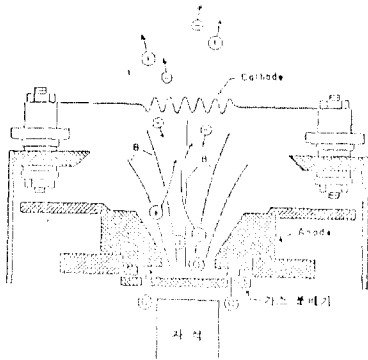
표 1에 중성 산소의 분위기에서 증착된 박막과 산소 이온빔 보조에 의해 증착된 SiO₂ 박막의 굴절률이 나타나 있다. 중성 산소 압력이 1.0×10^{-4} torr인 경우 SiO_x 박막의 굴절률은 1.65이다. 챔버 압력이 1.0×10^{-4} torr 이도록 이온총에 산소를 주입하고 양극 압력은 100 V, 이온 전류 밀도는 $100 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 일 경우의 굴절률은 1.45 이다. 증착한 박막의 흡수는 매우 작아 소멸 계수는 1×10^{-4} 이하이다. 즉 산소 이온이 중성 산소보다 Si와 O의 반응을

측정시켜 낮은 굴절률의 SiO₂ 박막이 형성되었음을 알 수 있다.

두 경우 원소 조성비는 FTIR에서 Si-O-Si stretching 모드의 흡수 위치를 측정하여 확인하였다. 중성 산소 분위기에서 증착한 SiO_x 박막의 Si-O-Si stretching 모드의 흡수 위치는 1058 cm⁻¹로 $x \approx 1.7$ 이나, 산소 이온 보조로 증착된 박막의 Si-O-Si stretching 모드의 흡수 위치는 1080 cm⁻¹로 $x \approx 2.0$ 이다.

N. 결론

저에너지 고전류 밀도의 gridless 이온총을 설계 제작하고, 이온총을 진공 챔버 내에 설치하여 이온총의 양극 전압, 양극 전류와 가스 입력에 대한 이온 전류 밀도, 이온 빔의 발산과 이온 빔의 중성화 정도 등의 특성을 측정하였다. 양극 전압 100 V, 산소 압력 1.0×10^{-4} torr, 산소 이온 전류 밀도 $100 \mu\text{V}/\text{cm}^2$ 일 경우 이온 보조 증착을 이용하여 SiO₂ 박막을 증착하였으며, 이들의 광학적 특성과 원소 조성비를 각각 포락신 방법과 FTIR을 이용하여 측정하였다.



● 은 중성 가스, * 은 이온
B 는 시지알선, - 는 전선

그림 1. End-Hall 형 이온 총의 방전 부분 그림. (기)

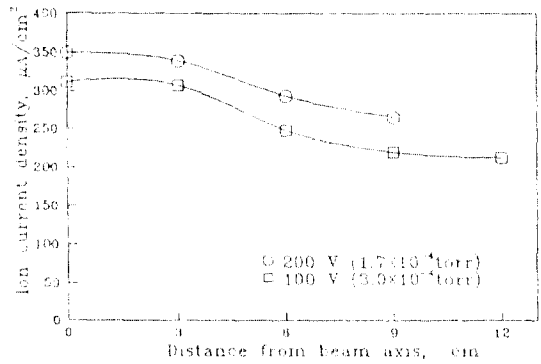
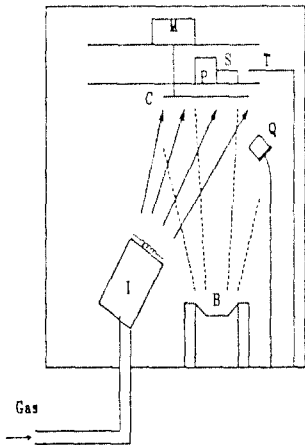


그림 2. 양극 전류 30 A 이고, 이온 총과 시지알선 거리가 15 cm 떨어져 있을 때

빔 축으로부터 거리에 따른 산소 이온 전류 밀도 분포



M : motor P : probe (Faraday cup) C : shutter
B : boat T : thermocouple S : substrate
I : ion gun Q : quartz thickness monitor

그림 3. 이온 보조 증착 챔버 내부 구조

SiO_x

	1.0 × 10 ⁻⁴ torr	No ion	IAD
Refractive index		1.65	1.45

표 1. 산소 이온이 있을 때(양극 전압 100V, 이온 전류 밀도 $100 \mu\text{V}/\text{cm}^2$)와 없을 때의 굴절률 비교