# RF 마그네트론 스퍼터링을 이용한 SiOx 박막의 증착

김재혁<sup>1</sup>, 김기출<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>목원대학교 , 도시환경화학공학과, <sup>2</sup>목원대학교 신소재화학공학과 \*e-mail: kckim30@mokwon.ac.kr

## Deposition of SiOx Thin Films using the RF Magnetron Sputtering

Jae-Hyuk-Kim<sup>1</sup>, Ki-Chul Kim<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of X Graduate School of Mokwon University <sup>2</sup>Department of Advanced Chemical Engineering, Mokwon University

#### 요 약

반도체 공정에서 절연막은 외부로부터 반도체를 보호하는 중요한 역할을 한다. 박막 증착은 기계 가공으로 실현이 불가능 한 1 μm 이하의 얇은 박막을 웨이퍼 위에 입히는 공정으로서, Chemical Vapor Deposition(CVD) 또는 Physical Vapor Deposition(PVD)으로 구현한다. 본 연구에서는 PVD의 한 종류인 RF 마그네트론 스퍼터링 공정으로 SiO<sub>x</sub> 박막을 증착하 였다. 스퍼터링 공정에서 스퍼터링 공정 압력, RF 파워 등을 변화시키면서 다양한 조건으로 박막을 스퍼터링 하였고, 스퍼 터링 된 박막의 두께와 단면 구조를 분석하여 증착된 박막의 막질을 평가하였다. 또한 I-V 커브 측정을 통하여 전기적 특성을 평가하였다. 연구결과 5 mTorr, 60 W에서 우수한 막질의 SiO<sub>x</sub> 박막이 증착되었다.

#### 1. 서론

반도체 공정에서 증착(deposition) 공정은 기계적 가공으로 구현이 어렵고 단순한 가공으로 실현 불가능한 1 µm 이하의 얇은 막을 웨이퍼 위에 입히는 공정을 말한다. 증착 공정을 통해 형성되는 절연막은 회로와 회로 사이에 누설 전류가 흐 르는 것을 차단하고 이온주입 공정에서의 전자 확산을 방지 한다. 또한, 식각 공정에서 필요한 부분이 잘못 식각되는 것을 막아주는 식각 방지막 역할로서 외부로부터 반도체를 보호하 고 오염물로부터 보호하는 중요한 역할을 한다. 박막 증착 공 정에는 화학 기상 증착법(Chemical vapor deposition, CVD) 과 물리 기상 증착법(Physical vapor deposition, PVD)이 대 표적이다. 상온에서 우수한 품질의 박막을 증착하는 것은 산 업적인 응용에서 매우 중요하다. 물리 기상 증착법에는 Pulsed Laser Deposition(PLD) Sputtering, E-beam Evaporation 등이 있는데, 스퍼터링법은 낮은 Ar 분위기에서 도 플라즈마 유지가 가능하여 저온에서도 증착을 수행 수 있 고 화학양론비를 이용하여 증착 물질을 조절할 수 있다. 스퍼 터링법은 크게 RF 스퍼터링, DC 스퍼터링이 있는데 RF 스퍼 터링은 산화물이나 절연체도 증착이 가능하므로 본 연구에서 는 RF 스퍼터링 공정을 이용하여 SiOx 절연막을 증착하고자 한다.

#### 2. 실험 방법

SiO<sub>2</sub>/Si wafer(1.5 cm × 1.5 cm)를 아세톤, 에탄올, DI water 순서대로 각각 초음파 세척한 후에 질소 Gun 을 이용하여 물기를 제거하였다. 기판을 기판 홀더에 장착한 다음 Load-Lock Chamber를 통하여 스퍼터 내 부로 Loading 하였고, 3인치의 Si 타겟을 기판과 10 cm 거리로 유지하면서 다양한 스퍼터링 조건으로 SiOx 박막을 증착하였다. 초기 압력은 9.6 × 10<sup>-7</sup> Torr이었고, MFC(Mass Flow Controller)를 이용하여 Ar을 60 SCCM(Standard Cubic Centimeter per Minute)으로 흘 려주었다. 이때 Gate Valve를 조절하여 Working Pressure를 3 mTorr, 5 mTorr, 10 mTorr로 조절하였 다. 기판의 온도는 50 ℃로 고정하였고, RF 파워는 40W, 60W, 80 W, 100 W로 조절하였다. Si 타겟 표면 에 존재할 수 있는 오염물을 제거하기 위하여 Pre-sputtering을 15분 동안 진행한 다음 1시간 동안 스퍼터링을 실시하였다.

증착된 SiO<sub>x</sub> 박막의 두께와 단면 미세구조를 관찰하 기 위하여 Cross-sectional FE-SEM 분석을 실시하였 고, 절연막의 전기적 특성을 평가하기 위하여 IV 커브 를 측정하였다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

다양한 스퍼터링 조건으로 증착된 SiOx 박막의 두께와 단 면 미세구조를 관찰하기 위하여 Cross-sectional FE-SEM 분석을 하였고, 그 결과를 그림 1에 나타내었다. (a~c)는 스 퍼터링 파워를 80 W로 고정하고 Working Pressure를 3 mTorr, 5 mTorr, 10 mTorr로 조절한 시료의 단면 FE-SEM 이미지이다. 압력이 낮을수록 Ar 플라즈마의 양이 많아져 타 겟과 충돌하는 양이 많아지고 증착률 또한 높아지게 되는 것 이다. 그러나 압력이 너무 낮을 경우에는 이온의 양이 너무 많아지게 되고 평균 자유행로에 의하여 이온간의 충돌이 증 가하여 증착률이 감소한다. (a)를 보면 3 mTorr에서는 압력 이 너무 낮아 박막의 증착률이 낮은 것을 확인할 수 있다. 이 는 많은 양의 Ar 이온에 의해 서로 충돌하여 증착률이 감소 한 것으로 보인다. (b) 5 mTorr일 때는 박막의 증착률이 높은 것으로 보아 Ar 플라즈마의 양이 평균 자유행로에 영향을 끼 치지 않을 만큼 많고 (c) 10 mTorr일 때는 압력이 높아 Ar 플라즈마의 양이 적어 5 mTorr일 때보다 증착률이 낮다.

(a)	3 m Torr, 80W	(d) 5mTorr, 40W
	200 nm	 200 nm
(b)	5 m Torr, 80W	(e) 5mTorr, 60 W
15 1	<u>sin san san san san san san san san san sa</u>	
	200 nm	200 nm
(c)	10 m Torr, 80W	(f) 5mTorr, 100 W
	 200 nm	200 nm

[그림 1] 다양한 스퍼터링 증착 조건으로 증착된 SiOx 박막의 Cross-sectional FE-SEM 이미지. Si 웨이퍼의 SiO<sub>2</sub>층과 스퍼터 링 된 SiO<sub>x</sub> 층을 용이하게 구분할 수 있도록 흰색선을 부분적으로 표시하였음

스퍼터링 공정에서 증착률은 RF 파워에 의해 크게 좌우된 다. 파워가 크면 스퍼터에 걸리는 전압이 커지게 되고 이때 Ar 이온이 타겟에 충돌하는 세기가 달라지게 된다. 파워가 작 아서 충돌 세기가 작으면 타겟에서 떨어져나오는 원자의 양 이 적어 기판 위에 증착될 수 있는 원자의 양이 적어지고 증 착률이 작아진다. 파워를 크게 할 수 록 증착될 수 있는 원자 의 양이 많아 져서 증착률도 커지게 된다. (d), (e), (f)를 보면 40 W 보다 60 W에서 높은 증착률을 보이고 60 W에서 보다 는 100 W에서 Si의 증착률 이 높다. 즉 파워가 커질수록 증착 률이 높아지는 것을 확인 할 수 있었다.

스퍼터링 된 SiO<sub>x</sub> 박막의 전기전도 특성을 평가하기 위하 여 IV 커브 측정을 실시하였고, 그 결과를 그림 2와 그림 3에 나타내었다. 3 mTorr와 10 mTorr에서 중착된 박막은 5 mTorr에서 중착된 박막에 비해 같은 전압일 때 나타나는 저 항값이 높지만 5 mTorr에서 증착된 박막은 상대적으로 저항 이 낮았다. RF 파워에 따라 증착된 박막의 전기전도 특성을 검토해보면 같은 전압에서 60 W, 100W일 때 보다 40 W일 때 증착된 막이 저항이 상대적으로 낮았다.



[그림 2] 공정압력을 변화시킨 시료의 전기전도 특성 커브



[그림 3] 스퍼터링 파워를 변화시킨 시료의 전기전도 특성 커브

4. 결론

스퍼터링 공정에서 Working Pressure와 스퍼터링 파워가 박막의 품질에 미치는 영향을 조사하였다. 공 정 압력에 따라 Ar 이온의 해리량이 달라짐에 따라 증 착률도 달라진다. 5 mTorr에서 증착된 Si의 박막이 가장 두꺼웠음을 SEM 이미지로 확인할 수 있었고 품 질 또한 가장 좋았음을 IV 커브로 확인할 수 있었다. 5 mTorr보다 높은 압력 10 mTorr에서는 Ar 이온의 양이 적고 낮은 3 mTorr에서는 Ar 이온의 많아 증착 되기에는 비효율 적임을 확인했다. RF 파워는 타겟으 로 가속되는 이온의 속도를 결정하고 이것은 증착률 과 박막의 질을 결정한다. RF 파워가 증가함에 따라서 막의 두께가 증가하므로 100 W에서 증착되는 박막의 두께가 가장 두꺼움을 SEM 이미지로 확인했다.

Acknowledgement : 본 연구는 2021년도 산학협동재단의 지원을 받아 수행되었음. (This work was supported by Korea Sanhak Foundation(KSF) in 2021.)

#### 참고문헌

- Le-Nian He et al, "Properties of amorphous SiO<sub>2</sub> films prepared by reactive RFmagnetron sputtering method", *Vacuum*, Vol. 68, pp. 197 - 202, 2003.
- [2] S. M. Rossnag, "Thin film deposition with physical vapor deposition and related technologies", *Journal of Vacuum Science & Technology*, Vol. A 21, pp. S74-S87, 2003.
- [3] J. SANTAMARIA et al, "ELECTRICAL PROPERTIES OF R.F.-SPUTTERED SiO<sub>2</sub> FILMS", Thin Solid Films, Vol. 125, pp. 299-303, 1955.
- [4] Seong-Jin Jeong et al, "Properties of ITO thin films deposited by RF magnetron sputtering with process pressure", Journal of the Semiconductor & Display Technology, Vol. 9, No. 4, pp. 83-86, 2010.