

조성변화에 따른 PECVD SiON 박막의 물성특성

조유정[†] · 한길진 · 김영철 · 서화일*

[†]한국기술교육대학교 신소재공학과, *한국기술교육대학교 정보기술공학부

Physical Characteristics of PECVD SiON Films with Composition Variation

Yu Jung Cho[†], Kil Jin Han, Yeong Cheol Kim and Hwa Il Seo*

[†]Dept. Materials Engineering, Korea University of Technology and Education

*School of Information Technology, Korea University of Technology and Education

ABSTRACT

Silicon oxynitride films were deposited using ammonia as a nitrogen source via PECVD (plasma enhanced chemical vapor deposition) to study the physical properties of the films. Silane and nitrous oxide were used as silicon and oxygen sources, respectively. The composition of the silicon oxynitride films was well controlled by changing the ratios of the sources and confirmed by XPS. The silicon oxynitride films with high oxygen content showed bigger compressive stress and less refractive index, while the values of surface roughness were around 1 nm, irrespective of the variation of the source ratios.

Key Words : PECVD(Plasma-enhanced chemical vapor deposition), Silicon dioxide, Silicon oxynitride, Silicon nitride

1. 서 론

실리사이드는 CMOS에서 source, drain 및 gate의 저항을 감소시켜 고속 소자 구현의 필수적인 요소이다(그림 1 참조). 일반적으로 실리사이드 형성 후, SiON이나 SiO₂ 박막, 그리고 BPSG 물질을 형성하기 위해 열을 가하는 후속 열처리가 진행된다. 후속 열처리 소자특성에 악영향을 주는 상변태 및 응집현상이 니켈 실리사이드에 나타나며, 이를 억제하기 위한 여러 연구가 진행되고 있다[1-5].

실리사이드 안정화 연구 중에서, RTP(Rapid Thermal Process)공정시 실리카 상부막이 실리사이드의 열안정화에 긍정적인 영향을 주었다고 보고된바 있다[6]. 그러나 실제 반도체 소자 제조 공정에서는 실리사이드의 상부막으로 SiON박막을 사용한다[7]. 하지만 SiON 박막 증착에 질소 공급원으로 암모니아를 사용한 연구는 아직 미진한 상태이다. 지금까지의 연구는 N₂를 질소 공급원으로 사용하였다. 그러나 N₂는 결합력이 강

하여 쉽게 원자로 분리되지 않는다. 따라서 질소량이 많이 함유되어 있는 SiON 박막을 제조하기 위해서는 많은 양의 질소를 주입하여야 한다. 그러나 암모니아는 N₂에 비해 결합력이 약하여 질소 원자가 쉽게 분리되어 소량의 암모니아로 질소 공급이 충분하다.

본 연구는 실리사이드 상부막으로 실제 공정에서 이용되는 SiON박막의 질소 함량을 암모니아로 조절하는 것에 관한 것이다. PECVD (plasma enhanced vapor deposition)를 이용하여 SiON박막을 bare wafer위에 100 nm 두께로 증착하였다. 가스의 유량비를 달리하여 다양한 조성의 막을 얻었으며, 그 막의 스트레스, 조성, 굴절률, 조도를 측정하였다.

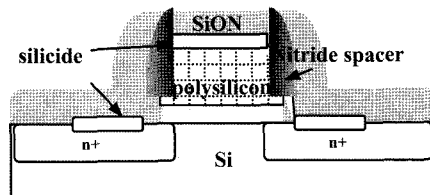


Fig. 1. A cross-section of a typical MOSFET with SiON as a capping layer.

[†]E-mail : gktqk@kut.ac.kr

2. 실험방법

Silicon oxynitride 박막은 PECVD법으로 증착하였으며, SiH₄(99.99%), NH₃, 그리고 N₂O가스를 사용하였다. PECVD장비는 Fig. 2에 나타내었다. 기판은 B-doped p-type silicon (100) 3 inch wafer를 사용하였다. 증착하기 전에 wafer의 표면에 존재하는 자연 산화막 (native oxide)을 제거하기 위해 CF₄로 2분간 건식 식각하였다. 식각 후 시료의 온도분포를 균일하게 하기 위해 5분간 진공 상태에서 loading time을 가졌다. 공정온도와 압력, 그리고 RF power는 각각300°C, 150 mtorr, 70 W를 유지하였으며, 박막은 100 nm두께로 증착하였다. 가스의 유량 비를 Table 1에 나타낸 것과 같이 조절하였다.

양한 조성의 막을 증착하였다. 전체 유량은 100sccm으로 고정하였다.

Ellipsometer를 이용하여 100 nm로 증착된 박막의 두께를 확인하였다. 또한 XPS를 이용하여 막의 조성을 분석하였다.

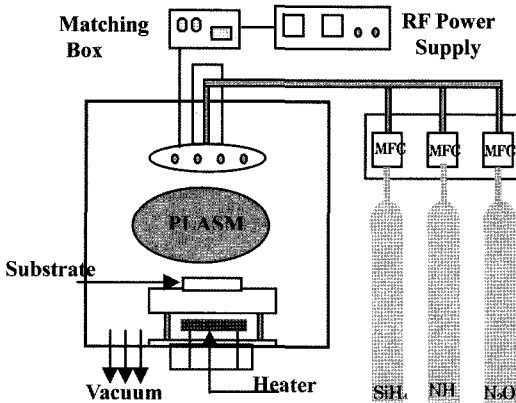


Fig. 2. A schematic diagram of the PECVD equipment.

Table 1. The process conditions used for the deposition of the SiON thin films

NO.	Composition	SiH ₄ :NH ₃ :N ₂ O
1	Si _x N _x	1:9:0
2	SiON	1:6:3
3	SiON	1:4.5:4.5
4	SiON	1:3:6
5	SiO ₂	1:0:9

3. 결과 및 고찰

각각의 가스 유량에 따른 박막의 조성 변화를 XPS로 확인하였다. 100s간 표면을 sputter하여 표면 오염층을 제거한 후에 분석을 하였으며, Si, O, N의 피크는 결합에너지 103.6, 534.4, 400 eV에서 나타났다. 박막의 조성은 원소 피크의 면적비와 상대감도를 이용하여 결정하였으며, Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3에 나타낸 바와 같이 가스 유량변화에 따라 박막의 조성이 쉽게 변하여, 박막의 조성조절이 용이함을 알 수 있다.

각 박막 조성의 증착률은 Fig. 4에 나타내었다. 증착률은 질소의 비율이 클수록 느리게 나타나며, Si_xN_x와 SiO₂간의 증착율은 약 10배정도의 차이를 보였다.

Fig. 5에 나타낸 굴절률의 결과를 보면 Si_xN_x의 굴절률(n)은 1.78, SiON의 굴절률은 1.66, 1.61, 1.56으로 박막의 산소 함유량이 많을수록 SiO₂의 굴절률(n=1.45)

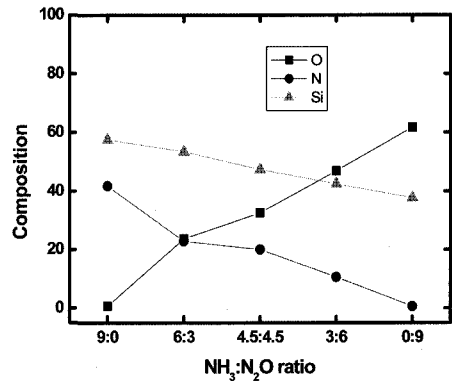


Fig. 3. The variation of the composition of SiON films (thickness: 100 nm) as a function of the ratio of N₂O and NH₃ using XPS.

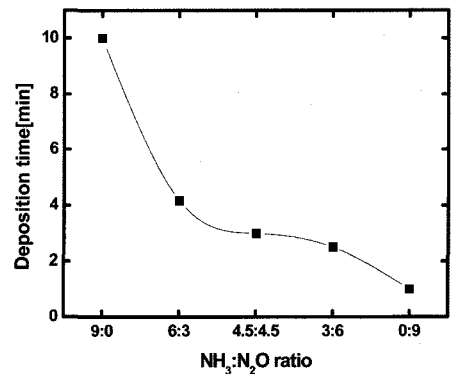


Fig. 4. The variation of the deposition time of SiON films (thickness: 100 nm) as a function of the ratio of N₂O and NH₃.

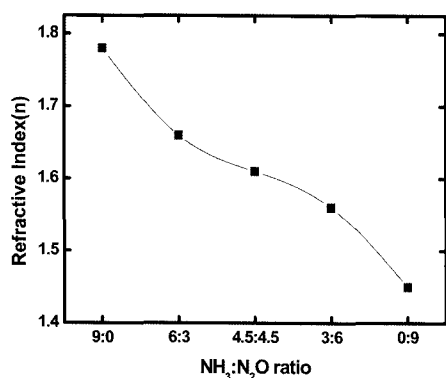


Fig. 5. The variation of the refractive index of SiON films as a function of the ratio of N₂O and NH₃.

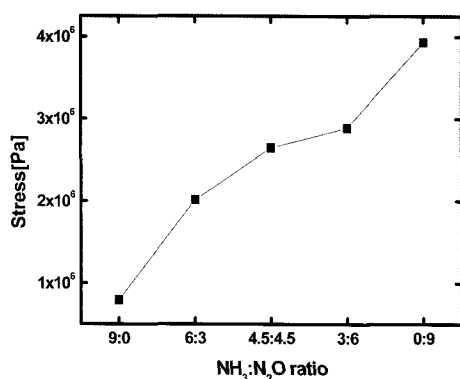


Fig. 6. The variation of the stress of SiON films as a function of the ratio of N₂O and NH₃.

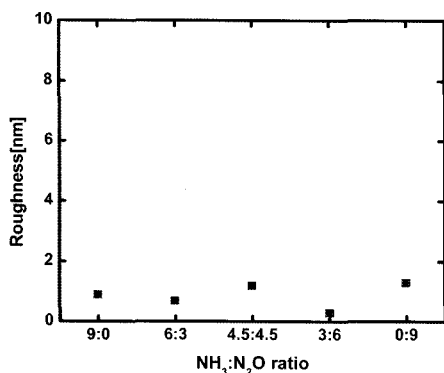


Fig. 7. The variation of roughness of SiON films as a function of the ratio of N₂O and NH₃.

에 가까워지는 결과를 얻었다.

가스 유량에 따른 Stress 값을 Fig. 6에 나타내었다. 문헌에서와 같이 SiO₂는 큰 압축응력을 보였고, Si_xN_x

는 작은 응력을 보였다[7]. SiON 박막의 경우 산소의 비율이 늘어날수록 응력이 증가하는 것을 볼 수 있다. 하지만 실제 MOSFET에서의 스트레스 경향을 보기 위해서는 실리콘사이드 기판 위에서의 응력측정이 필요하며, 이 부분에 대한 연구를 진행할 예정이다.

Fig. 7은 AFM으로 측정된 표면조도에 대한 것으로 모두 1 nm 내외의 값을 보였다. 조도는 측정하는 부분에 따라 약간의 오차가 있지만, 3회 이상 측정하여 그 평균값을 표시하였다. 조도 측정은 막의 균일한 증착성을 알아보기 위한 분석으로 2 nm내의 균질한 막을 얻을 수 있었으며, 따라서 본 실험에 사용한 SiON 박막 증착 공정은 실제 적용이 가능함을 알 수 있다.

4. 결 론

실리콘사이드에 top layer로 사용될 적합한 막을 연구하기 위해 NH₃와 N₂O를 이용하여 PECVD로 SiON을 100 nm 증착하였다. NH₃와 N₂O의 조성비를 다르게 하여 산소와 질소의 양이 다른 SiON을 얻었다.

XPS 분석결과 SiON막의 산소 비율이 커질수록 증착 속도가 빠르고, 큰 응력을 보였다. 그러나 열처리와 기판 등의 변수로 인해 추후 응력에 대한 체계적인 연구가 필요하다. 굴절률은 산소의 비율이 커질수록 작은 값을 나타내었다. 표면 조도는 모두 2 nm 내로 조성에 무관하였다. 따라서, 본 실험에 사용한 SiON 박막증착 공정은 실제 적용이 가능하다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 (No.: R01-2003-000-11659-0) 일부 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다. 또한 박막의 스트레스 측정과 분석에 도움을 주신 한국기술교육대학교 이상순 교수님께 감사드립니다.

참고문헌

1. Lavoie, C., d'Heurle, F. M., Detavernier, C. and Cabral Jr., C., "Towards implementation of a NiSi process for CMOS technologies," Microelectronic Engineering, Vol. 70, pp. 144-157, 2003.
2. Kittl, J. A., Lauwers, A., Chamirian, O., Van Dal, M., Akheyar, A., De Potter, M., Lindsay, R. and Maex, K., "Ni- and Co-based silicides for advanced CMOS applications," Microelectronic Engineering, Vol. 70, pp. 158-165, 2003.

3. Pawlak, M. A., Kittl, J. A. and Chamirian, O., "Investigation of Ni fully silicided gates for sub-45nm CMOS technologies," *Microelectronic Engineering*, Vol. 76, pp. 349-353, 2004.
4. Cafra, B., Alberti, A. and Ottaviano, L., "Thermal stability of nickel silicide on silicon on insulator material," *Materials Science and Engineering*, Vol. 114-115, pp. 228-231, 2004.
5. Foggiato, J., Yoo, W. S., Ouaknine, M., Murakami, T. and Fukada, T., "Optimizing the formation of nickel silicide," *Materials Science and Engineering*, Vol. 114-115, pp. 56-60, 2004.
6. Choi, C. -J., Ok, Y. -W., Seong, T. -Y. and Lee, H. -D., "Effects of a silicon oxide capping layer on the electrical properties and morphology of nickel silicides," *J. Appl. Phys.*, Vol. 41, pp. 1969-1973, 2002.
7. 황호정, "반도체 공정기술," pp. 60-67, 2003.
8. Kim, Y. T., Kim, D. S. and Yoon, D. H., "PECVD SiO₂ and SiON films dependant on the rf bias power for low-loss silica waveguide," *thin solid films*, Vol. 475, pp. 271-274, 2005.
9. Worhoff, K., Driessen, A., Lambeck, P. V., Hilderink, L. T. H., Linders, P. W. C. and Popma, TH. J. A., "Plasma enhanced chemical vapor deposition silicon oxynitride optimized for application in integrated optics," *Sensors and Actuators*, Vol. 74, pp. 9-12, 1999.
10. Kim, Y. T., Cho, S. M., Yoon, H. D. and Yoon, D. H., "N₂ doped SiO₂-SiON planar waveguides deposited by PECVD method," *surface&coatings technology*, Vol. 174-175, pp. 166-169, 2003.