

N₂O Plasma Oxidation을 이용한 Silicon의 Oxynitridation과 Gate Dielectrics

정성욱, M. Gowtham, Parm. Igor, 이준신
성균관대학교

(Gate Dielectrics and Oxynitridation of Silicon using N₂O plasma Oxidation)

Sung-Wook Jung, M. Gowtham, Parm. Igor, 이준신
SungKyunKwan Univ.

Abstract : 본 연구에서는 저온 공정에서 제작되는 소자에의 응용을 위하여 Inductively Coupled Plasma Chemical Vapor Deposition(ICP-CVD) 내에서 N₂O 기체를 활용한 plasma oxidation을 통한 silicon 표면의 oxynitridation과 이로 부터 tunnel gate dielectrics로 사용될 SiON 층을 형성하였으며, 형성된 SiOxNy 층의 전기적 특성을 측정하여 tunnel gate dielectrics로서 효과적인 기능을 수행함을 확인하였다. 형성된 박막의 성분 분석을 위하여 energy dispersive spectroscopy(EDS)를 이용하여 SiOxNy 층의 생성을 확인하였으며, 전기적인 특성을 통하여 tunnel gate dielectrics의 기능을 수행함을 알 수 있었다. 형성된 SiOxNy 층은 초박막 형태임에도 절연막으로서의 기능을 나타내었다.

Key Words : Oxynitridation, N₂O plasma, SiOxNy, dielectrics

1. 서 론

Low Temperature 기술로부터 제작되는 소자의 안정성 문제는 계속적인 논쟁사항이며, 이의 개선을 위하여 nitridation 공정에 의한 질소의 사용은 dielectric strength를 향상시키기 위한 일반적인 방법으로 인식되고 있으며, NH₃ 기체를 사용하는 방법이 소자의 동작을 향상시킬 수 있는 방법으로 제시되었다.[1] 다양한 연구가 진행되면서 N₂O 나 NO를 사용한 방법이 더욱 좋은 nitridation agent로서 인식되어졌다. 그러나 기존의 nitridation 공정은 800~1,100℃의 온도에서 이루어져서 유리기판 위에서 이루어지는 저온 공정에 적용하기 어려운 문제점이 있다. 이를 극복하기 위하여 plasma-assisted oxynitridation이 대안으로 등장하였다.[2, 3] Oxynitrides는 일반적인 열산화 방법에 의한 SiO₂ 보다 여러 측면에서 이점을 가지고 있는데, 특히 게이트로부터의 전자의 투과를 막아 소자의 신뢰도를 증가시킨다. 또한 질소는 hot electron에 의한 degradation을 감소시키는 것으로 알려져 있다.[4] Oxynitride의 유전상수는 질소의 함유량에 따라 SiO₂의 3.8에서부터 Si₃N₄의 7.8까지 선형적으로 증가하는 것으로 알려져 있어, 순수한 SiO₂의 경우보다 더욱 높은 유전상수를 나타낸다. [5]

따라서 본 연구에서는 ICP-CVD 시스템 내에서 순수한 N₂O plasma를 사용하여 300℃의 저온공정에서 rf power를 변환시키면서 SiOxNy 형성을 위한 oxynitridation을 이용한 최적화를 수행하였다. Oxynitridation 공정은 여러 조건에서 N₂O에 의하여 실행되었고, 성분 분석은 EDS에 의하여 실행되었다. 또한 gate dielectrics의 특성을 확인하기 위하여 전기적 특성을 측정하여, SiOxNy 초박막이 gate dielectrics로서 효과적인 특성을 나타냄을 확인하였다.

2. 실험

본 실험에서는 p-type(100) silicon wafer를 사용하여 Metal-Insulator-Semiconductor(MIS) capacitor를 제작하였다. 먼저 Si wafer의 표준 세정 절차 후에 ICP 시스템 내에서 순수한 N₂O plasma를 사용한 oxynitridation이 실시되었다. N₂O 유량은 2.5sccm으로 고정하고, 기판의 온도는 350℃, 총 oxynitridation 시간은 30분 동안 rf power를 변화시킴에 의하여 진행하였다. Oxynitride의 형성 후에 EDS를 통하여 절연층의 구성 성분을 분석하였고, 전면 전극으로 Al dot을 형성하여 MIS 구조를 제작하였다. 제작된 MIS capacitor를 사용하여 전기적인 성질을 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1. 에 ICP-CVD를 통하여 증착한 oxynitride 초박막의 두께와 굴절율에 대한 정보를 나타내었다. N₂O 가스의 양을 2.5sccm으로 고정하였고, rf power만을 가변하였다. rf power가 높아질수록 oxynitride 막의 형성이 활발하였으며, 굴절율도 증가하였다. 특히 450W의 rf power를 사용하였을 때 가장 질소의 함유량이 높은 것으로 보여진다. 그림 2. 는 형성된 SiOxNy 층의 성분분석을 위한 EDS 결과를 나타내며, 이 결과로부터 형성된 절연막 내에 질소와 산소가 함께 존재함을 확인할 수 있었다. 질소, 산소 및 실리콘의 정량적인 함유량은 표 1. 에 도시하였고, 실리콘의 함유량이 높게 나타난 이유는 EDS의 분해능에 의하여 SiOxNy 층보다 더욱 깊은 지역까지 측정된 결과이다. 그림 3. 은 450W의 rf power에서 형성된 SiOxNy 층을 절연막으로 사용한 MIS의 C-V curver를 나타낸 것으로, 저온 공정을 통하여 형성된 초박막 oxynitride가 절연막으로서의 기능을 수행하고 있음을 확인할 수 있다.

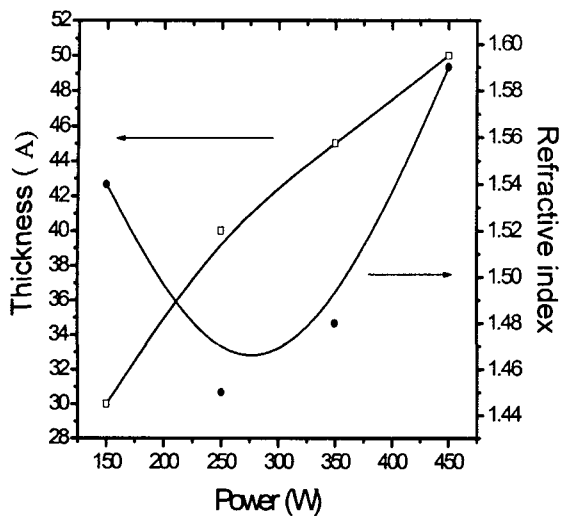


그림 1. ICP-CVD를 사용하여 형성된 SiOxNy 층의 두께 및 굴절율.

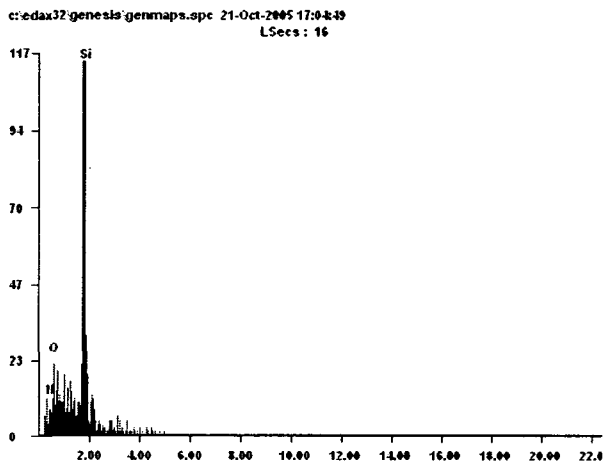


그림 2. 형성된 SiOxNy 층의 성분분석을 위하여 측정된 EDS 결과.

표 1. EDS 측정에 의한 정량적인 결과.

Element	Wt(%)	At(%)
Nitrogen	2.40	4.62
Oxygen	2.25	3.80
Silicon	95.35	91.58

4. 결론

본 연구에서는 ICP-CVD를 이용하여 저온공정에서 oxynitridation을 수행하였고, 이를 통하여 초박막 SiOxNy를 형성할 수 있었다. EDS 분석을 통하여 초박막 내에 질소와 산소의 존재를 확인할 수 있었고, 이를 사용하여

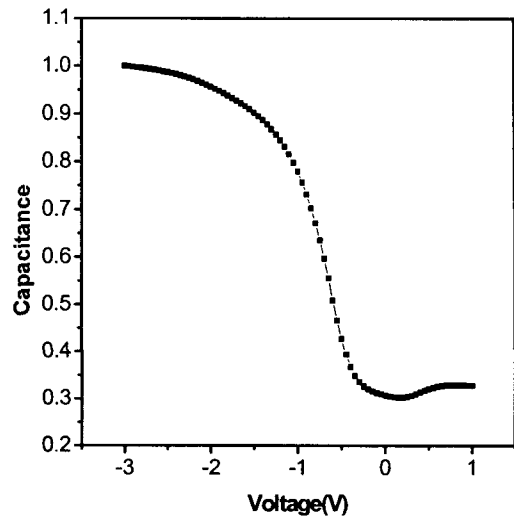


그림 3. 형성된 SiOxNy를 절연층으로 사용한 MIS소자의 C-V curve.

제작된 MIS 소자의 C-V 특성 분석을 통하여 SiOxNy 층이 절연막으로서의 기능을 효과적으로 수행함을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어(차세대 정보디스플레이 기술개발) 사업(과제번호 : ASD-1)의 연구비 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] H. C. Cheng, F. S. Wang, and C. Y. Huang, IEEE Trans. Electron Devices **44**, 64 (1997)
- [2] J. W. Lee, N. I. Lee, C. H. Han, IEEE Electron Device Letter **19**, 458 (1998)
- [3] S. Maikap, S. K. Ray, C. K. Maiti, Proceedings SPIE, **3975**, 411 (2000)
- [4] E. Cartier, D. A. Buchanan, and G. J. Dunn, appl. Phys. Lett **64**, 901 (1994)
- [5] E. P. Gusev, H. C. Lu, E. L. Garfunkel, T. Gustafsson, and M. L. Green, IBM J. Res. Develop. **43**, 265 (1999)