

플라즈마 처리 기법을 이용한 초박형 실리콘 옥시나이트라이드 박막의 특성

정성욱, 이준신

성균관대학교 정보통신공학부

Properties of ultra-thin silicon oxynitride films using plasma-assisted oxynitridation method

Sungwook Jung, Junsin Yi

School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University

Abstract : 초박형 절연막은 현재 다양한 전자소자의 제작과 특성 향상을 위하여 활용되고 있으며, 일반적인 화학 기상 증착 방법으로는 균일도를 확보하기 어려운 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서는 디스플레이의 구동소자로 활용되는 박막 트랜지스터의 특성 향상과 비휘발성 메모리 소자의 터널링 박막에 응용하기 위하여 초박형 실리콘 옥시나이트라이드 박막의 증착과 이의 특성을 분석하였다. 실리콘 옥시나이트라이드 박막은 실리콘 산화막에 질소가 주입되어 있는 형태로, 실리콘 산화막과 실리콘 계면상에 존재하는 질소는 터널링 전류와 결함 형성을 감소시키며, bulk 내에 존재하는 질소는 단일 실리콘 산화막에 비해 더 두꺼운 박막을 커패시턴스의 감소없이 이용할 수 있는 장점이 있다. 플라즈마 처리 기법을 이용하였을 경우에는 초박형의 균일한 박막을 얻을 수 있으며, 본 연구에서는 아산화질소 플라즈마를 이용하여 활성화된 질소 및 산소 라디칼들이 실리콘 계면을 개질하여 초박형 실리콘 옥시나이트라이드 박막을 형성할 수 있다. 플라즈마 처리 시간과 RF power의 변화에 따라 형성된 실리콘 옥시나이트라이드 박막의 두께 및 광학적 특성은 엘립소미터를 통하여 분석하였으며, 전기적인 특성은 금속-절연막-실리콘의 MIS 구조를 형성하여 커패시턴스-전압 곡선과 전류-전압 곡선을 사용하여 평가하였다. 아산화질소 플라즈마 처리 방법을 사용한 실리콘 옥시나이트라이드 박막을 log-log 스케일로 시간과 박막 두께의 함수로 전환해보면 선형적인 증가를 나타내며, 이는 초기적으로 증착률이 높고 시간이 지남에 따라 두께 증가가 포화상태에 도달함을 확인할 수 있다. 실리콘 옥시나이트라이드 박막은 초기적으로 산소의 함유량이 많은 형태의 박막으로 구성되며, 시간의 증가에 따라서 질소의 함유량이 증가하여 굴절률이 높고 더욱 치밀한 형태의 박막이 형성되었으며, 이는 시간의 증가에 따라 플라즈마 챔버 내에 존재하는 활성종들은 실리콘 박막의 개질을 통한 실리콘 옥시나이트라이드 박막의 두께 증가에 기여하기 보다는 형성된 박막의 내부적인 성분 변화에 기여하게 된다. 아산화질소 플라즈마 처리 시간의 변화에 따라 형성된 박막의 전기적인 특성의 경우, 2.3 nm 이상의 실리콘 옥시나이트라이드 박막을 가진 MIS 구조에서 accumulation과 inversion의 특성이 명확하게 나타남을 확인할 수 있다. 아산화질소 플라즈마 처리 시간이 짧은 실리콘 옥시나이트라이드 박막의 경우 전압의 변화에 따라 공핍영역에서의 기울기가 현저히 감소하며 이는 플라즈마에 의한 계면 손상으로 계면결함 전하량이 증가에 기인한 것으로 판단된다. 또한, 전류-전압 곡선을 활용하여 측정한 터널링 메커니즘은 2.3 nm 이하의 두께를 가진 실리콘 옥시나이트라이드 박막은 직접 터널링이 주도하며, 2.7 nm 이상의 두께를 가진 실리콘 옥시나이트라이드 박막은 F-N 터널링이 주도하고 있음을 확인할 수 있다. 즉, 2.5 nm 두께를 경계로 하여 실리콘 옥시나이트라이드 박막의 터널링 메커니즘이 변화함을 확인할 수 있다. 결론적으로 2.3 nm 이상의 두께를 가진 실리콘 옥시나이트라이드 박막에서 전기적인 안정성을 확보할 수 있어 박막트랜지스터의 절연막으로 활용이 가능하며, 2.5 nm 두께를 경계로 터널링 메커니즘이 변화하는 특성을 이용하여 비휘발성 메모리 소자 제작시 전하 주입 및 기억 유지 특성을 확보를 위한 실리콘 옥시나이트라이드 터널링 박막을 효과적으로 선택하여 활용할 수 있다.

Key Words : plasma-assisted oxynitridation, silicon oxynitride film, capacitance, tunneling