

반응성 스퍼터링 조건에 따른 Al_2O_3 박막의 유전특성 및 누설전류 특성 (Dielectric and Leakage Current Characteristics of Al_2O_3 Thin Films with Variation of the Reactive Sputtering Condition)

홍익대학교 최재훈, 박주동, 오태성

서론 : 최근 반도체 기술의 발달로 기억소자의 고집적화가 급격히 진행됨에 따라 기억소자 내 MOS (Metal Oxide Semiconductor) storage 커패시터의 크기 축소와 더불어 소자의 작동에 필요한 정전용량의 유지를 위해 SiO_2 를 대체할 수 있는 새로운 고유전율 재료에 대한 개발이 요구되고 있다. 이에 따라 Ta_2O_5 , Y_2O_3 와 같은 단일금속 산화물이나 SrTiO_3 , $(\text{Ba,Sr})\text{TiO}_3$, $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$, $(\text{Pb,Lu})(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$ 등의 페로브스카이트계 재료를 기억소자에 적용하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으나, 누설전류 밀도가 높거나 집적도가 떨어지는 등의 문제점이 있으며 기존의 poly Si 전극과의 계면 안정성 및 공정의 재현성이 확립되지 않은 실정이다. 이에 비해 Al_2O_3 박막은 화학적 안정성과 우수한 기계적 특성 및 가시광선 영역에서의 우수한 광학적 특성을 지니고 있어 내마모 코팅, 확산 방지막, 광학 박막 및 반도체 소자의 절연막으로 널리 연구되어 왔고, 유전상수가 비교적 높고 손실계수가 낮으며 열전도도가 우수하기 때문에 최근 Al_2O_3 박막을 DRAM 소자의 게이트 산화막 및 커패시터 유전체 박막으로 적용하기 위한 연구가 진행되고 있다. Al_2O_3 박막에서는 기존 SiO_2 박막에서 문제점으로 지적되었던 불순물의 높은 확산속도, 산화막의 제조에 요구되는 높은 공정온도 및 낮은 축전용량과 유전과피전압 등을 동시에 해결할 수 있어 고집적 DRAM 소자의 커패시터 재료로서 적용이 가능할 것으로 예상된다. 본 연구에서는 비교적 저가의 장비를 사용하여 높은 증착속도로 대면적의 기판에 산화물 박막을 재현성 있게 성막시킬 수 있는 DC 반응성 스퍼터링법을 이용하여 스퍼터링 가스 내 산소함량, 인가전류, 스퍼터링 작업압력, 증착두께 등의 스퍼터링 조건을 변화시키며 Al_2O_3 박막을 제조 후, Al_2O_3 박막의 미세구조, 유전특성, 누설전류특성 및 광학특성을 분석하였다.

실험방법 : Al_2O_3 박막의 제조는 순도 99.99%의 Al 금속타겟을 사용하였으며, 기판으로는 Pt(200 nm) /Ti(50 nm)/ SiO_2 (300 nm)/p-Si(100), p-Si(100) 및 Corning glass 2948을 사용하였다. 크기 15mm×15mm의 기판을 스퍼터 챔버에 장입한 후, 기판표면에 흡착된 불순물과 수분을 제거하기 위하여 Ar^+ 이온으로 기판표면을 bombardment하였고 타겟의 pre-sputtering을 완료 후 진공도가 5×10^{-6} torr에 도달하였을 때, 상온에서 스퍼터링 조건을 변화시켜 증착하였다. 증착된 Al_2O_3 박막의 두께는 stylus profiler를 사용하여 측정하였고 X-선 회절분석으로 박막의 결정상을 분석하였으며, AFM을 이용하여 박막의 표면 형상과 거칠기를 관찰하였다. Corning glass 2948 기판에 증착된 Al_2O_3 박막의 투과도를 UV/Visible spectrophotometer를 사용하여 300~1000 nm의 가시광선 영역에서 측정하였다. Pt 및 Si 기판에 성막한 Al_2O_3 박막에 상부전극으로 200 nm 두께의 Al dot (직경 200 μm)을 DC 마그네트론 스퍼터링으로 형성 후, HP 4194A를 이용하여 Al_2O_3 박막의 유전특성과 C-V 특성을 측정하였으며 Keithley 6517A로 누설전류 특성을 분석하였다.

실험결과 : 본 연구에서 반응성 스퍼터링법으로 상온에서 제조한 Al_2O_3 박막은 스퍼터링 조건에 관계없이 모두 비정질 박막으로 성장하였으며, 작업압력 7 mTorr, 인가전류 0.5 A, 스퍼터링 가스 내 산소함량 50%의 조건에서 유전상수 7.7, 손실계수 0.009인 최적의 유전특성을 나타내었다. 또한, 스퍼터링 가스 내 산소함량 75%의 조건에서 증착한 Al_2O_3 박막은 10^{-6} A/cm^2 이하의 우수한 누설전류 특성을 나타내었다. 스퍼터링 가스 내 산소함량이 증가함에 따라 Al_2O_3 박막의 투과도가 증가하였으며, 스퍼터링 조건에 관계없이 약 1.58 정도의 굴절계수를 나타내었다.