

RuO₂전극 위에 증착된 ALD-Al₂O₃ MIM 커패시터 특성

도승우, 문경호, 장철영, 정영철*, 이재성**, 이용현
 경북대학교, *경주대학교, **위덕대학교

Characteristics of ALD-Al₂O₃ MIM Capacitor on RuO₂ Metal Electrode

Seung-Woo Do, Kyung-Ho Mun, Cheol-Yeong Jang, Young-Chul Jung*, Jae-sung Lee**, Yong-Hyun Lee
 Kyungpook National Univ. *Kyongju Univ. **Uiduk Univ.

Abstract : Recently, MIM(metal-insulator-metal) capacitor is one of the essential device for DRAM device. In this thesis, Al₂O₃ thin film which has a relatively high dielectric constant was deposited by ALD(atomic layer deposition) using MPTMA and H₂O source. Deposition temperature of Al₂O₃ thin film was 200 °C and its thickness was 300 Å. RuO₂ bottom electrode was deposited by RF-magnetron sputtering using RuO₂ target. The physical characteristics of Al₂O₃ films were investigated by AES, TEM and Ellipsometry. Electrical characteristics were analyzed by C-V and I-V measurement.

Key Words : Al₂O₃, MIM capacitor, RuO₂, ALD

1. 서 론

최근 메모리 반도체 중 DRAM의 선폭이 감소함에 따라 기존의 실리콘 산화막이나 실리콘 질화막을 이용한 MIS(Metal-Insulator-Semiconductor)구조의 경우 충분한 capacitance 값을 얻기가 힘들고 높은 단차비를 가지며 박막의 두께가 감소함에 따라 높은 누설전류 등 많은 문제점을 노출하고 있다. 이에 차세대 DRAM용 capacitor로 연구가 활발히 이루어지고 있는 것이 MIM구조의 capacitor이다^[1]. MIM capacitor의 경우 유전상수가 큰 고유전 물질을 사용하므로 높은 정전용량이 확보되며 두께의 감소가 없으므로 누설 전류가 낮아 향후 100 nm 이하의 DRAM 공정에서는 MIS 구조를 대체할 것으로 보고 있다. 본 연구에서는 ALD법을 이용하여 비교적 높은 유전율, 낮은 유전손실, 열적 안정성이 뛰어난 알루미늄 산화막(Al₂O₃)^[2]을 RuO₂^[3]전극 위에 형성하였다. 최근 전극 재료로 연구가 되고 있는 RuO₂ 물질의 경우 전기적 전도성과 열적 화학적 안정성이 뛰어난 물질로 알려져 있다. 우선 RuO₂ 전극 물질에 ALD^[4] 방법으로 Al₂O₃ 증착여부를 살펴보고 이를 이용해 제조된 MIM capacitor의 박막의 물성 분석과 전기적 분석을 수행하였다.

2. 실험

MIM 구조에서 누설 특성 개선을 위해서 SiO₂를 1 μm 성장시킨 Si 기판위에 RuO₂를 RF-magnetron sputtering 방법으로 증착하였고, Al₂O₃ 박막 형성은 알루미늄 전구체로 MPTMA와 산소 전구체로 H₂O를 사용하였다. Al₂O₃ 유전막의 두께가 너무 얇을 경우 전극 물질과 Al₂O₃ 박막의 특성 외에 유전체에 관련된 다른 요소가 소자의 특성에 영향을 줄 수 있기 때문에 300 Å의 Al₂O₃ 박막을 증착하고, 상부 전극으로는 Al을 evaporation법을 이용하여 증착하였다. 그림 1은 본 실험에 사용된 guard-ring이 있는 round-type의 MIM capacitor의 구조이다. Al₂O₃/RuO₂박막의

물성 분석을 위해서 AES, TEM, Ellipsometer 측정을 하였고 박막의 전기적 특성을 알아보기 위해서 C-V, I-V를 측정하였다. 그림 1은 제조된 MIM capacitor의 구조를 보여 주고 있다.

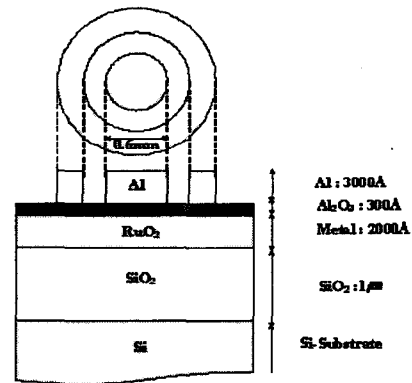


그림 1. 제조된 MIM capacitor의 구조.

3. 결과 및 검토

RuO₂ 전극 위에 증착된 Al₂O₃ 박막의 형성 여부와 조성 분석을 위해서 AES 분석과 박막 사이의 계면과 두께 측정을 위하여 TEM 분석 및 Ellipsometer 측정을 수행하였다. 그림 2는 RuO₂ 전극위에 증착된 ALD Al₂O₃박막의 AES분석 결과로서 Al-O-Ru에 대한 깊이 방향에 대한 조성비를 100 %로 해서 각 깊이에서의 각 성분의 조성비를 보여주고 있다. 잡음 신호를 제외하면 Al₂O₃박막의 Al-O의 성분비가 2:3의 결과로 ALD법을 이용한 Al₂O₃ 박막이 우수하게 형성되었음을 알 수 있다. 그림 3은 Al₂O₃/RuO₂박막의 단면을 TEM을 이용하여 나타낸 그림을 보여 주고 있다. Al₂O₃ 박막의 예상 두께인 300 Å의 값과 오차범위

내에서 일치하였고 Ellipsometer 측정 결과와 동일한 값으로 나타났다.

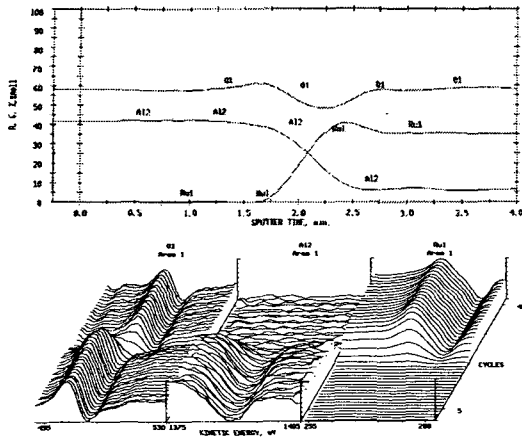


그림 2. RuO₂ 위에 증착된 Al₂O₃ 박막의 AES 분석.



그림 3 RuO₂ 위에 증착된 Al₂O₃ 박막의 TEM 단면도.

RuO₂ 전극 위에 증착된 Al₂O₃ 박막의 전기적 특성을 분석하기 위하여 C-V와 I-V를 측정하였다. 그림 4의 C-V 측정 결과 RuO₂ 전극의 경우 측정 구간인 -5V ~ 5V 사이에서 거의 일정한 정전용량 값을 보이고 다른 금속 전극(Cu, Al)보다 큰 값의 우수한 MIM capacitor 특성을 보여 주고 있다. 또한 그림 5의 I-V 측정에서도 누설전류가 다른 금속 전극보다 좋은 특성을 보여 주고 있다. 따라서 하부 전극 물질이 소자의 전기적 특성에 영향을 준다는 것을 알 수 있다.

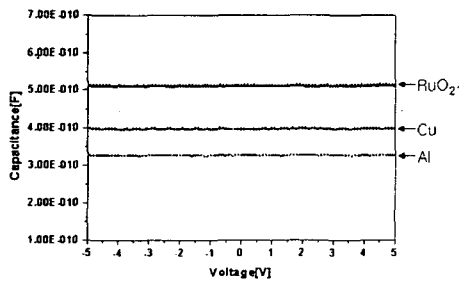


그림 4 RuO₂ 및 Cu, Al 위에 증착된 ALD-Al₂O₃ MIM capacitor의 C-V 특성곡선.

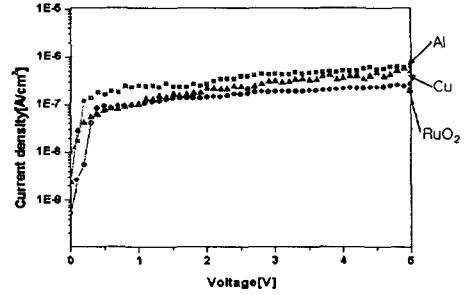


그림 5 RuO₂ 및 Cu, Al 위에 증착된 ALD-Al₂O₃ MIM capacitor의 I-V 특성곡선.

4. 결론

박막에 대한 물성 분석 결과 RuO₂ 전극 위에 형성된 ALD-Al₂O₃ 유전막의 조성과 두께가 실험 조건과 유사한 대략 300 Å의 Al₂O₃ 박막이 일정한 조성비를 보이면서 증착 되었으므로 우수한 박막의 특성을 보였다. 그리고 박막의 전기적 분석을 통하여 정전용량이 다른 금속 전극(Cu, Al)보다 크고 누설전류 역시 우수한 특성을 나타내고 있다. 이는 RuO₂ 금속전극 위에 증착된 Al₂O₃ 박막의 계면 상태가 다른 금속 보다 우수함을 알 수 있다. 본 연구를 통해 ALD-Al₂O₃ MIM capacitor의 전극으로 RuO₂를 사용함으로써 높은 정전용량과 낮은 누설전류의 특성을 나타내었다. 향후 MIM capacitor를 제작함에 있어 전극과 유전막 사이의 연관 관계를 살펴보는 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] 1. Yeong Kwan Kim, Seung Hwan Lee, Sung Je Choi, Hong Bae Park, "Novel capacitor technology for high density stand-alone and embedded DRAMs", IEEE IEDM 2000.
- [2] S. B. Chen, C. H. Lai and Albert Chin, "High-density MIM capacitors using Al₂O₃ and AlTiOx dielectrics," IEEE Electron Device Letters, Vol 23, No. 4, 185 April, 2002.
- [3] Il Sub Chung, "Fabrication of ferroelectric capacitors using RuO₂/Pt electrode", International Symposium on Applications, Vol 1, pp. 93 - 101, 1996.
- [4] Tuomo Suntola, "Atomic layer epitaxy", Thin Solid Films, vol. 216, pp. 84-89, 1992.