

TiN/W 플러그 구조 위에 제작된 Ir/IrO₂/PZT/Pt/IrO₂/Ir 강유전체 커패시터의 전기적 특성

최지혜*, 권순용*, 황성연, 김윤정, 손영진, 조성실, 이해경
박상현, 이백희, 박남균, 박해찬, 장현용, 홍석경, 홍성주

*충주대학교 신소재공학과/친환경 에너지 변환·저장 소재 및 부품개발 연구센터, 하이닉스반도체 연구소

Electrical Properties of Integrated Ir/IrO₂/PZT/Pt/IrO₂/Ir Ferroelectric Capacitor on TiN/W Plug Structure

J. H. Choi*, S. Y. Kweon*, S. Y. Hwang, Y. J. Kim, Y. J. Son, S. S. Cho, A. K. Lee

S. H. Park, B. H. Lee, N. K. Park, H. C. Park, H. Y. Chang, S. K. Hong, S. J. Hong

*Chungju National Univ./ReSEM, Hynix

Abstract : The electrical properties of PZT thin film capacitor on TiN/W plug structure were investigated for high density ferroelectric memory devices. In order to enhance the ferroelectric properties of PZT capacitor, the process conditions of bottom electrodes were optimized. The fabricated PZT capacitor on TiN/W plug showed good remanent polarization, leakage current, and contact resistance of TiN/W plug, which were 33 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$, $1.2 \times 10^{-6} \text{ A}/\text{cm}^2$, and 5.3 ohm/contact, respectively.

Key Words : PZT capacitor, Electrical properties, Contact resistance, Integration processes

1. 서론

강유전체의 강유전 특성을 활용한 비휘발성 메모리 FeRAM (ferroelectric random access memory)은 빠른 정보처리 속도와 전원 공급이 차단되었을 때도 계속 정보를 유지할 수 있는 비휘발성 특성과 더불어 저전압, 저전력 구동의 장점이 있어 대용량 메모리 및 시스템 온 칩 (SoC)용 내장형 메모리로 개발되고 있다. 현재 FeRAM용 강유전체 재료로 PZT, SBT, 및 BLT가 사용되고 있으며, PZT는 결정화 온도가 낮고, 잔류분극이 큰 장점이 있어 대용량 메모리에 적합한 강유전체 재료이다.

FeRAM의 커패시터 특성은 강유전체뿐만 아니라 상, 하부 전극의 구조 및 물성에도 크게 영향을 받는다. 일반적으로 PZT계 강유전체의 전극 재료로서 많이 사용되는 것은 Pt이다. 증착된 Pt 박막은 일반적으로 (111) 우선배향성을 갖으며 PZT 박막과 결정방위가 일치하기 쉬워, Pt 전극을 사용하면 (111) 배향성을 갖고 결정성이 우수한 PZT 박막을 얻기가 쉽지만, PZT 박막의 피로 (fatigue) 및 임프린트 (imprint) 열화에 약한 특성을 보인다. Ir은 Pt과 유사한 성질을 갖는 금속이며 산화물인 IrO₂는 비저항이 비교적 낮은 전도성 산화물이다.^[1] Ir 및 IrO₂ 전극을 사용하면 Pt 전극에 비해 훨씬 양호한 피로 및 임프린트 특성이 얻어진다. 대용량 FeRAM의 커패시터 구조인 COB (Capacitor Over Bit-line) 구조에서는 TiN/W 플러그 (plug)의 산화를 방지하고 PZT 박막의 전기적 특성을 향상시키기 위해 Pt/IrO₂/Ir 하부전극을 사용하며, 상부전극으로는 Ir/IrO₂를 사용하여 임프린트 특성을 개선하고 있다.^[2]

본 연구에서는 대용량 FeRAM의 커패시터 구조인 COB 구조의 커패시터를 제작하기 위해서 최적화된 TiN/W 플러그 구조를 적용하였으며, 그 위에 Ir/IrO₂/PZT/Pt/IrO₂/Ir 박막 커패시터를 제작하고 전기적 특성을 평가하였다.

2. 실험 방법

TiN/W 플러그 위에 Pt(100nm)/IrO₂(20nm)/Ir(100nm) 하부전극을 DC 마그네트론 스퍼터링 방법으로 증착하였다. 그 위에 졸-겔 용액을 스핀 코팅법으로 증착하여 PZT 박막 (150nm)을 형성시키고, 650°C의 산소분위기에서 30분간 결정화 열처리를 수행하였다. 그 다음, Ir(70nm)/IrO₂ (30nm) 상부전극을 DC 마그네트론 스퍼터링 방법으로 증착하였다. 일반적인 반도체 노광 공정 및 건식 식각 공정을 통해 COB 구조의 PZT 커패시터를 제작한 다음, 650°C의 산소분위기에서 30분간 회복 열처리를 수행하였다. 강유전체 커패시터의 분극 이력곡선은 RT6000SI로 측정하였고, 커패시터의 누설 전류 특성 및 플러그의 접촉 저항 특성은 HP4155A로 평가하였다. 박막의 미세구조는 주사전자현미경(SEM) 및 원자력현미경(AFM)으로 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 Pt과 Ir박막을 증착한 다음 단면을 SEM으로 관찰한 것이다. Ir의 경우 주상 구조로 잘 성장된 것을 볼 수 있다. 그림 2는 증착된 박막의 AFM 분석 결과이다. Ir 박막의 표면 거칠기 (R_{MS} roughness)는 14 Å이고, Pt 박막은 16 Å로서 전극으로 사용하기에 적합한 매끄러운 표면을 갖는 증착 조건을 확보하였다. 그림 3은 Pt 및 Ir 박막의 우선 배향성 및 결정성을 확인하기 위한 XRD 분석 결과이다. 두 박막

모두 (111) 결정면이 기판에 평행한 방향으로 우선 성장했음을 알 수 있다.

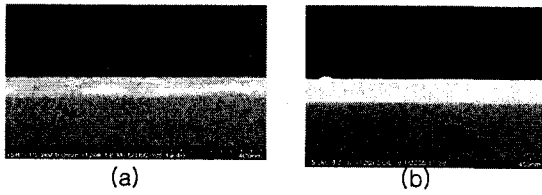


그림 1. 단면 미세 SEM 사진: (a) Pt 박막, (b) Ir 박막

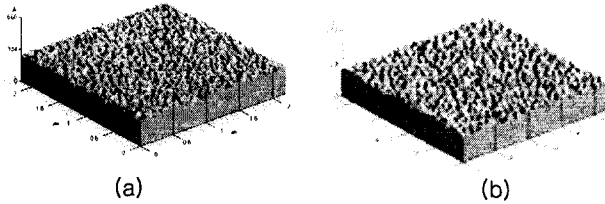


그림 2. AFM 분석 결과: (a) Pt 표면, (b) Ir 표면

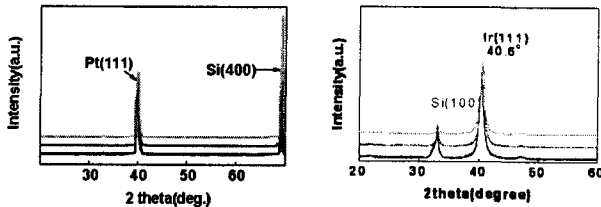


그림 3. Pt 박막과 Ir 박막의 XRD 회절 도형

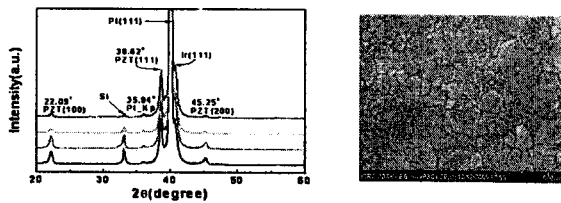


그림 4. PZT/Pt/IrO₂/Ir 구조의 XRD 분석과 표면 미세구조

그림 4는 Pt/IrO₂/Ir 하부전극 위에 졸-겔 용액을 스핀 코팅 방법으로 증착하여 PZT 박막을 형성시키고, 650°C의 산소 분위기에서 30분간 결정화 열처리를 수행한 시료의 XRD 분석 결과 및 표면 미세구조 사진이다. (111) 결정면으로 PZT 박막이 우선 성장하였음을 알 수 있으며, Orientation factor=(111)/[(111)+(100)+(200)] 값은 약 0.9로 (111) 배향성이 매우 우수함을 알 수 있다. PZT 박막의 결정립 크기는 약 200nm이다. PZT 박막의 신뢰성 특성은 결정 성장 방향에 따라 크게 달라진다고 알려져 있으며, Zr/Ti=35/65 조성의 PZT 박막을 FeRAM 용으로 사용하기 위해서는 (111) 결정립 배향성이 90% 이상 요구된다.

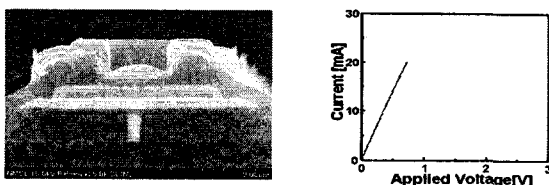


그림 5. 플러그 위에 제작된 커패시터의 구조 및 접촉저항

그림 5는 상부 전극 및 Si 금속 배선 공정을 수행한 후에 관찰한 커패시터의 단면 미세 구조 및 플러그의 접촉 저항 측정을 위한 전류-전압(I-V) 곡선이다. 단면 미세구조 사진으로부터, 커패시터가 잘 제작되었음을 확인할 수 있으며, I-V 곡선이 직선인 것으로 미루어 ohmic 접촉을 잘 형성하고 있음을 알 수 있다. 기율기로부터 구한 접촉저항 (R_c)은 14 ohm/contact으로, 650°C의 산소분위기 열처리 공정에서 하부전극이 TiN/W 플러그의 산화를 완벽하게 억제했음을 알 수 있다.

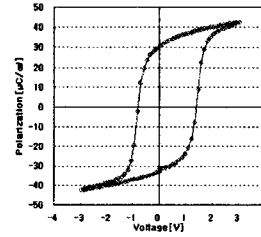


그림 6. P-V 그래프

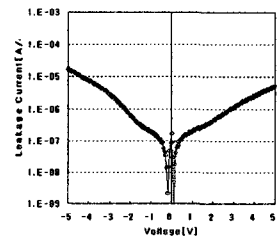


그림 7. I-V 그래프

그림 6은 TiN/W 플러그 위에 하부전극, PZT, 상부전극을 증착하고 일반적인 노광 공정 및 건식 식각 공정을 적용하여 COB 구조의 커패시터를 제작한 다음, 100μm x 100μm 면적의 PZT 커패시터에서 측정된 분극 이력곡선을 나타낸 것이다. 3V 인가전압에서 측정된 잔류분극 (P_r)은 33 μC/cm² 이고, 분극 이력곡선의 squareness (S.Q.)는 0.79로서 매우 우수한 분극특성을 나타내었다. 그림 7은 누설전류-전압곡선으로 3V에서의 누설전류는 1.2 x 10⁻⁶ A/cm²로서 FeRAM에 사용하기에 충분한 누설전류 특성을 나타내었다.

4. 결론

(111) 결정방향으로 우선 배향된 Pt 및 Ir 전극 위에 증착된 졸-겔 PZT (Zr/Ti=35/65) 박막은 (111) 결정방향으로 성장하였다. COB 구조의 Ir/IrO₂/PZT/Pt/IrO₂/Ir 커패시터를 제작하고, 650°C의 산소분위기에서 30분간 열처리한 다음 W/TiN 플러그를 통해 측정된 PZT 커패시터의 잔류분극 (P_r) 및 누설전류 값은 각각 33 μC/cm² 및 1.2 x 10⁻⁶ (A/cm²) 정도로 매우 양호한 전기적 특성을 보였다. 플러그의 접촉저항이 14 ohm/contact인 것으로부터, Pt/IrO₂/Ir 하부전극이 TiN/W 플러그의 산화를 완벽하게 억제함을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 시스템 IC 2010 사업 및 산업자원부의 지역혁신센터사업 (RIC)의 연구비 지원에 의해 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] K. Kim, Integr. Ferroelectrics. Vol. 36, p. 21, 2001.
- [2] S. Y. Kweon, et al., Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 41 p. 7327, 2002.