

Si₃N₄를 이용한 금속-유전체-금속 구조 커패시터의 유전 특성 및 미세구조 연구

서동우, 이승윤, 강진영

한국전자통신연구원 회로소자기술연구소 화합물반도체연구부

플라즈마 화학증착법(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition, PECVD)을 이용하여 양질의 Si₃N₄ 금속-유전막-금속(Metal-Insulator-Metal, MIM) 커패시터를 구현하였다. Fig. 1에 나타낸 바와 같이 p형 실리콘 웨이퍼의 열 산화막 위에 1 %의 실리콘을 함유하는 알루미늄을 스퍼터링으로 증착하여 전극을 형성하고 두 전극 사이에 Si₃N₄ 박막을 증착하여 MIM 구조의 박막 커패시터를 제조하였다. Si₃N₄ 유전막은 150 Watt의 RF 출력하에서 반응 가스 N₂/SiH₄/NH₃를 각각 300/10/80 sccm로 흘려주어 전체 압력을 1 Torr로 유지하면서 400 °C에서 플라즈마 화학증착법을 이용하여 증착하였으며, Al과 Si₃N₄ 층의 계면에는 Ti과 TiN을 스퍼터링으로 증착하여 확산 장벽으로 이용하였다. 각 시편의 커패시턴스 및 바이어스 전압에 따른 누설 전류의 변화는 LCR 미터를 이용하여 측정하였고 각 시편의 유전 특성의 차이점을 미세구조 측면에서 이해하기 위해 극판과 유전막의 단면 미세구조를 투과전자현미경(Transmission Electron Microscope, TEM)을 이용하여 분석하였다.

유전체인 Si₃N₄와 전극인 Al의 계면반응을 억제시키기 위해 TiN을 확산 장벽으로 사용한 결과 MIM 커패시터의 전극과 유전체 사이의 계면에서는 어떠한 hillock이나 석출물도 관찰되지 않았다. Fig. 2와 같은 커패시턴스의 전류-전압 특성분석으로부터 양질의 MIM 커패시터 특성을 보이는 Si₃N₄의 최소 두께는 500 Å이며, 그 두께 미만에서는 대부분의 커패시터가 전기적으로 단락되어 웨이퍼 수율이 낮아진다는 사실을 알 수 있었다. TEM을 이용한 단면 미세구조 관찰을 통해 Si₃N₄층의 두께가 500 Å 미만인 커패시터의 경우에 TiN과 Si₃N₄의 계면에서 형성되는 슬릿형 공동(slit-like void)에 의해 커패시터의 유전특성이 파괴된다는 사실을 알게 되었으며, 이러한 슬릿형 공동은 제조 공정 중 재료에 따른 열팽창 계수와 탄성 계수 등의 차이에 의해 형성된 잔류응력 상태가 유전막을 기준으로 압축 응력에서 인장 응력으로 바뀌는 분포에 기인하였다는 사실을 확인하였다.

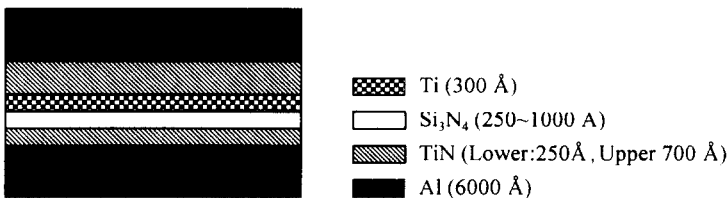


Fig. 1. Cross-Sectional structure of the Si₃N₄ MIM capacitor used.

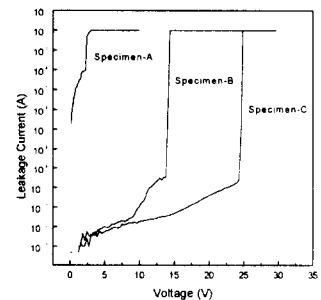


Fig. 2. Voltage-Current characteristic of Specimen-A (Si₃N₄ : 300 Å), -B(Si₃N₄ : 500 Å), and -C(Si₃N₄ : 700 Å).