

RuO₂ 박막의 비저항 (Electrical resistivity of RuO₂ thin films)

홍석경*, 문경하*, 윤찬주**, 양홍근**, 김형준
 서울대학교 재료공학부 무기재료전공
 서울시 관악구 신림동 산 56-1 151-742
 * 삼성전자 반도체 특수품질보증실 특수품질 2그룹
 ** 삼성전자 반도체 특수사업부 LCD 개발 2그룹
 경기도 용인군 기흥읍 농서리 산 24

RuO₂ 박막은 rutile 구조를 갖는 천이금속 산화물로 비저항이 낮고 내화학 특성이 좋으며 열적 안정성이 뛰어나다. 주된 용도로는 후막의 경우 저항체로 사용되고 있으며 박막의 경우 VLSI에서 Si의 확산방지막으로 검토되었다. 최근에는 DRAM 및 FRAM에서 캐패시터의 상·하 부전극물질로 이용되고 있다. 이 경우 가장 관심이 되는 것은 박막의 비저항과 표면 morphology라 할 수 있다. RuO₂ 박막의 비저항은 증착방법 및 증착조건에 따라 크게 달라지는데 보통 수십에서 수백 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ 를 보이며 저항온도계수(TCR)도 +에서 -까지 넓은 범위를 나타낸다. 이것은 다결정 RuO_x 박막의 화학양론적 조성, 결합 및 불순물 밀도, 결정립크기 및 형태 또는 박막밀도와 같은 미세구조와 밀접한 관련이 있다.

본 연구에서는 증착온도 및 박막의 두께가 RuO₂ 박막의 비저항에 미치는 영향을 조사하였다. RuO₂ 박막은 rf 반응성 스퍼터링법으로 기판온도 350-450°C 범위에서 막두께를 1000-3500Å로 변화시켜 4" Si(100) 기판 위에 입혔다. 박막의 비저항은 표준 극저온 장치(Cryostat)를 사용하여 four-terminal van der Pauw법으로 15-300K 온도범위에서 측정하였다. $\rho(T)$ 측정결과로부터 박막의 잔류비저항(ρ_{15K}), 전자의 평균자유경로(mean free path)의 척도인 잔류저항비(Residual Resistivity Ratio ; $RRR = \rho_{300K} / \rho_{15K}$) 그리고 저항온도계수(TCR)를 구하였다. 박막의 결정성과 미세구조는 XRD 및 SEM으로 조사하였다.

증착된 모든 RuO₂ 박막의 비저항은 15K 온도 부근에서 일정한 값을 나타내어 박막의 잔류비저항을 구할 수 있었다. 온도를 올림에 따라서 박막의 비저항은 단조 증가하다가 약 170K 이상부터 300K까지 직선적으로 증가하였다. 기온으로부터 구한 박막의 TCR은 $+2.4-3.0 \times 10^{-3} / ^\circ\text{C}$ 로 전형적인 금속 특성을 나타내었다. 기판온도를 올림에 따라서 RuO₂ 박막(약 2000Å)의 잔류비저항은 감소하고 RRR은 증가하였다. 450°C에서 증착된 박막은 $\rho_{15K} = 23.8 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 그리고 $RRR = 2.4$ 를 나타내었다. 박막두께를 증가시키에 따라 RRR은 약 2000Å 두께를 경계로하여 변하는 것을 관찰하였다. 1000Å 두께의 RuO₂ 박막은 $\rho_{15K} = 35.3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 그리고 $RRR = 2.1$ 을 나타내었다. furnace 열처리했을 때 잔류비저항(ρ_{15K})은 $8.7 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 로 감소하고 RRR은 4.6으로 크게 증가하였다. 증착된 막과 furnace 아닐링 처리한 박막의 잔류비저항 및 RRR과 박막의 미세구조의 상관관계를 조사하였다.