

MOCVD 방법을 이용한 구리 배선 재료의 형성

문 종, 엄 계희, 심 태인, 이 종길
 삼성전자 (주) 반도체 연구소 기초 연구실

LSI의 배선의 속도지연은 배선저항과 기생용량의 두 성분으로 대분할 수 있다. 이 중 배선 간의 횡방향 기생 용량은 배선의 효율적이 배치나 배선간 거리를 최적화시킴으로서 어느 정도 해결 가능하다. 그러나, 배선 저항은 LSI 집적도의 증가에 따른 배선 길이의 증가와 배선 폭의 감소로 인하여 device 전체 저항에 비교해서 무시할 수 없게 되어 심각한 문제로 대두되어지고 있다. 알루미늄 배선의 경우에 배선길이의 증가와 배선폭의 감소에 따라 생기는 배선에 의한 지연 시간은 배선 폭을 $0.2 \mu\text{m}$ 이하로 설계 할 경우, 배선길이의 증가에 따라 지수 함수 형태로 급격히 증가되는 경향을 보이고 있다.

배선 저항의 증가 문제에 대한 해결책으로는 낮은 비저항을 가지는 배선 재료의 선택이 중요하다. 현재 널리 사용되어 지고 있는 Al 합금 재료는 비저항이 $3 \sim 3.5 \mu\Omega\text{-cm}$ 로 매우 낮은 재료이나, melting point 가 낮음으로 인하여 많은 전류를 배선을 통하여 흘리거나, 배선폭을 감소시킬 경우에는 electro-migration (EM) 및 stress-migration (SM)의 내성이 크게 감소되어 소자 신뢰성을 저하시키는 문제점이 있다. 이 문제점의 해결을 위해서는 비저항이 Al 합금 재료보다 낮고 EM 및 SM 특성이 뛰어난 물질의 개발이 필요하다. 비저항측면에서는 Au ($2.2 \mu\Omega\text{-cm}$), Cu ($1.69 \mu\Omega\text{-cm}$), 및 Ag ($1.63 \mu\Omega\text{-cm}$)가 있으나, 저저항 및 배선의 신뢰성을 고려하여 생각하면 Cu의 경우가 가장 유력한 재료로 생각되어 진다.

본 실험에서는 현재 널리 연구되어 지고 있는 (hfac)Cu(VTMS) 라는 Cu source를 이용하여 Cu 박막 증착 실험을 진행하였다. 이 source는 상온에서 액체로 존재하고, $40 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서 800 mTorr 정도의 높은 증기압을 가지며, $150 \sim 175 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서 여러 물질에 대하여 높은 선택 증착 특성을 가지는 현재까지 개발된 source 중 가장 유망한 전구체 중의 한 종류이다.

본 실험에서 사용된 장치는 공정 변수의 조절이 간단한 source 용기를 가열하여 기화시킨후, carrier gas를 이용하여 반응 chamber 속으로 운반 / 증착하는 sourcebubbling 방식을 사용하였으며, 장치 제작은 국내 업체인 아펙스(주)에서 삼성의 기술 지도로 제작하였다. 진공 system으로는 Turbo-molecular pump를 부착, base pressure를 $1\text{E-}7 \text{ Torr}$ 로 제어하여 박막 형성 시의 불순물 함유 가능성을 극소화 하였으며, 증착 시에는 oil-vane pump로 $100 \text{ mTorr} \sim 10 \text{ Torr}$ 범위에서 진행하였다.

본 실험을 통하여 얻은 결과로서는 $150 \sim 220 \text{ }^\circ\text{C}$ 범위에서 $1.75 \mu\Omega\text{-cm}$ 의

bulkCu 에 가까운 낮은 비저항 값을 얻었으며, 최대 증착 속도는 500 Å/min. 였다. Cu source을 전달하는 carrier gas 의 실험에서는 He 을 사용한 경우가 Ar 의 경우 보다 양호한 특성을 가지는 구리 박막을 얻을 수 있었다. SEM 평가를 통하여 grain size 가 1000 ~ 2000 Å 정도의 조밀하고, 평탄한 형상을 200℃ 이하에서 얻을 수 있었다. Auger electron spectroscopy (AES) 분석을 통하여 박막내에 산소 와 탄소 등의 불순물이 거의 함유되어 있지 않는 양호한 특성을가지는 박막 형성이 가능하다는 것을 알 수 있었다. TiN / 절연막 구조을 가지는패턴에서의 선택 성장 실험에서는 Thermal SiO₂ 막 > HTO 막 > BPSG 막 > Si₃N₄ 막의 순서로 선택성이 좋아지는 것을 알 수 있었으며, 이 결과를 통하여 산화막의 경우가 질화막에 비하여 양호한 결과를 보이는 것을 알 수 있었다. BPSG 막의 경우, reflow한 후가 선택성이 향상되는 것을 알 수 있었다.