

**(hfac)Cu^(I)(DMB)와 Isopropanol(IPA)/H₂를 이용한 Cu 저온 증착
(Low temperature Cu deposition using cycles of (hfac)Cu(DMB) and
isopropanol(IPA)/H₂)**

포항공과 대학교 김관수, 용기중

1. 서론

Ultra large scale integration (ULSI) devices의 metallization process에 있어서 feature size가 deep submicron까지 감소되면서, interconnect material로써 기존의 Al이 Cu로 대체되고 있다. 이는 Cu(resistivity : 1.67 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$)가 Al(resistivity : 2.65 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$)보다 저항이 낮을 뿐 아니라, electro-migration 및 stress-migration에 대한 저항성이 강해서 Al를 사용했을 때 발생하는 hill-lock 등의 문제를 해결할 수 있기 때문이다. 이에 Cu를 증착하기 위한 다양한 방법이 시도되어 왔는데, 그 중 가장 활발하게 연구되어진 증착방법은 physical vapor deposition (PVD), metal-organic chemical vapor deposition (MOCVD), atomic layer chemical vapor deposition(ALCVD), electroplating 등이 있다. 본 연구에서는 보다 정교하게 박막의 두께를 조절하기 위해서 Cu precursor로써 (hexafluoroacetylacetonate)Cu^(I)(3,3-dimethyl-1-butene)와 Reducing agent 로써 isopropanol(IPA)/H₂를 교대로 주입함으로써 Cu를 증착하고, 증착된 박막의 물리적, 전기적 특성을 평가하였다.

2. 실험 방법

Cu precursor로써 (hfac)Cu^(I)(DMB)를 사용하였고, Cu의 환원제로써 IPA와 H₂를 사용하였다. Substrate는 Si 위에 Ta를 sputtering하여 사용하였다. 이 두 반응물은 solenoid valve에 의해 교대로 주입되었고, 그 사이에는 Ar를 이용하여 purge 하였다. 그래서 Ar - IPA/H₂ - Ar - (hfac)Cu(DMB) - Ar 형태의 cycle을 수행하였다. Cu source를 담은 bubbler의 온도는 source의 증기압이 높아 상온으로 설정하였고, 이 때 carrier gas로는 Ar를 사용하였으며 flow rate은 40sccm으로 설정하였다. IPA역시 증기압이 좋아 상온을 유지하였으며, H₂의 flow rate은 100sccm으로 설정하였다. 각 delivery lines은 Cu source의 condensation을 방지하기 위해서 45 $^{\circ}\text{C}$ 를 유지하였다. Substrate temperature는 Cu(I)의 reduction reaction에 의한 반응을 유도하기 위해서 thermal disproportionation reaction이 일어나지 않는 70 $^{\circ}\text{C}$ 로 설정하였다. 증착한 박막의 두께는 Scanning Electron Microscope(SEM) 및 α -step profiler를 이용해 확인하였고, 박막의 resistivity는 4-point probe를 이용해 면저항을 측정하여 계산하였다. 박막의 성분과 화학적 결합상태를 알기 위해서 X-ray photo-electron spectroscopy (XPS)를 수행하였고, 결정성과 방향성을 확인하기 위해 X-ray diffraction (XRD)를 수행하였다.

3. 실험결과

SEM 과 α -step profiler을 이용하여 측정한 박막의 두께와 수행된 cycle 수에 의하여 growth rate를 조사해 본 결과, $\sim 1\text{\AA}/\text{cycle}$ 의 growth rate을 얻을 수 있었다. 또한 cycle 수가 증가됨에 따라 선형적으로 growth rate가 증가함을 확인 할 수 있었다. 4-point probe를 이용하여 측정한 박막의 면저항(Sheet resistance)과 박막의 두께로부터 비저항을 구할 수 있었다. 비저항 값은 박막의 두께가 두꺼워질수록, 감소하는 경향을 나타내었다.

증착된 Cu film의 XRD 분석 결과, (111) 과 (200) peak을 확인할 수 있었다. 그 중 (111) peak이 강한 Intensity를 보임으로써 막의 조밀도를 확인할 수 있었다. XPS 분석 결과 표면에 Carbon과 Oxygen 및 Fluorine impurity 가 관찰되었으나, Ar-sputtering에 의해 depth profile을 한 결과, film 내부에는 미량만이 남았음을 확인하였다.