

Ion beam mixing 에 의한 금속/세라믹 계의 계면 특성

박남석, 김창한, 이재철, 김명원, 강희재, 문대원*

충북대학교 물리학과
표준과학연구원 표면분석그룹*

1. 서론

금속/세라믹 집합기술은 우주 항공기, 자동차 및 산업기계등 부품의 내구성과 신뢰성을 향상 시키고 있으며 또한 전자 소자나 packing 제조시 응용되고 있는 기법이다. 그러나, 금속과 세라믹과의 반응은 복잡하며 이를 이해하기 위해서는 계면에서의 반응 특성 연구가 반드시 필요하다. 본 연구에서는 세라믹과 활성화 금속인 Ti 와 비활성 금속인 Cu 와 사파이어 계면사이의 미시적 거동 현상 및 박막 성장 특성을 XPS, MEIS 실험을 통하여 연구하였다. XPS 및 MEIS 실험을 통하여서는 주된 결합상태 와 계면특성을 연구하였다.

2. 실험방법

고순도의 Al_2O_3 (Sapphire)를 화학적으로 cleaning 하기 위하여 Acetone과 Ethnol 및 2차 탈수이온(Deionization Water)로 초음파 세척하였으며, 표면의 carbon contamination을 제거하기 위하여 대기중 $1000^\circ C$ 의 온도에서 약 40시간 이상 annealing 하였다. 시료를 chamber에 넣은뒤 이온으로 Sputter cleaning 하였으며 Ti 와 Cu를 UHV(Ultra High Vacuum)상태에서 Ion beam sputtering 방법을 이용하여 박막을 형성하였다. base pressure 는 $1 \times 10^{-10} mb$ 이며 시료를 분석하기 위하여서는 $2 \times 10^{-7} mb$ 분위기하에서 3keV 로 가속된 Ar^+ 이온을 이용하여 Metal/ Al_2O_3 계면을 혼합시킨 후 XPS로 분석하였다. XPS 측정에서 Charge up을 없애기 위해 flood-gun 을 사용하였으며 Monochromized 된 X-ray Al-K α source 를 사용하였다. MEIS 실험은 표준연구소에 설치되어 있는 MEIS장치를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

단결정 Al_2O_3 (Sapphire)위에 Ti를 buffer layer 로 sputter deposition 한후 Cu 를 다시 deposition 을 한 시료에서의 계면상태를 XPS 로 분석하였다. 3keV 의 에너지를 갖는 Ion Beam 으로 sputtering 하면서 측정한 결과 sapphire 위의 Ti 층 전 영역에서 TiO 로 존재 함을 알 수 있었다. 여기서 단결정과 Ti 층의 계면에서는 TiO 와 TiO_2 가 공존하는 층이 잠시 존재하다가 바로 TiO 로 변환되는 것을 보여준다. 이러한 TiO 층은 Cu 가 deposition 되기 전까지 계속되는데 TiO 로 형성된 layer 와 Cu 와의 계면에서는 mixing 에 의한 alterlayer 만을 보일뿐 상호

어떠한 Chemical Bonding 도 이루어 지질 않고 있음이 발견되었고, Ti 로부터 induced 된 Oxygen 과 Cu 와의 chemical reaction 도 이루어 지지 않음을 알 수 있다. 이때 Al_2O_3 의 bulk 쪽 계면에서는 Ti 와의 결합에 의하여 AlO_x 로 치환되는 현상을 보이며 Mixing 에 의한 TiO 와의 공존층과 함께 Bulk 내부에서는 미량의 TiO_2 가 존재함을 알 수 있다.

이와같은 실험결과를 확인한후 deposition process 의 순서를 바꾸어 Cu 를 buffer layer 로 한 시료의 특성을 조사하였다. Cu 를 deposition 하고 Ti층을 형성한 결과 Cu 가 interlayer 로 존재함에도 불구하고 Cu 층에 TiO 가 형성되어 있었으며 Ti 의 deposition yield 를 증가하면 surface 에서는 점차적으로 metallic state Ti 로 존재함을 알 수 있었다. Cu 층위의 TiO는 chamber 의 진공도가 10^{-10} mb 정도의 UHV 임을 감안한다면, 결국 Ti 와 oxygen 과의 강한 결합력으로 인하여 시료의 bulk 에서 induced 된 oxygen 과의 결합이라고 추측할수 있다.

MEIS 실험에서는 표면에 Cu 의 signal 에 이어서 Ti 의 signal 이 있으며, 낮은 에너지 쪽에서 Bulk 에서의 Al 에 대한 signal 이 broad 하게 존재하고 있다. Ti 와 Cu 의 계면에서는 두 원소가 Mixing 된 상태를 이루고 있음을 보이며 이러한 사실 은 XPS 로 분석한 결과와 잘 일치하고 있다.