

원자단층현미경을 이용한 나노소재 분석

이봉호*

대구경북과학기술원(DGIST) 중앙기기센터(CCRF)

원자단층현미경(atom probe microscopy; APM, atom probe tomography; APT)은 시료의 구성원소를 원자 단위로 3차원 이미지화(imaging)하거나 정량화(quantification)할 수 있는 최선의 분석기법이다. 원자단층현미경은 탐침형의 시편에 전계 및 레이저펄스(혹은 전계펄스)를 인가하여 시료 표면 구성원자의 전계증발(field evaporation)을 순차적으로 일으키고 증발된 원자가 위치 검출기(position sensitive detector)까지 도달한 시간(TOF; time of flight)과 충돌위치(impact position)를 동시에 검지하여 원자의 종류와 위치를 식별하게 된다. 구성원자 자체를 개별적으로 분석하는 기법이므로 공간 분해능이 0.2 nm - 0.5 nm 수준으로 정밀하고, 증발원자 대비 검출원자의 효율이 높으며 검출한계는 ppm 수준을 나타낸다. 최근에는 전계증발을 일으키는 에너지로 레이저 펄스(UV laser pulse)가 채용됨에 따라 금속 등의 도체뿐 아니라 실리콘 반도체, 복합형 반도체(GaN, GaAs, SiC 등), 비전도성 다층박막(자성재료 등), 세라믹 및 바이오 소재 등의 소재분석이 가능해졌다. 특히, 분석 단위가 원자 수준이므로 수 나노미터(nm) 극 미세 박막(thin film), 양자우물(quantum well), 나노와이어(nano-wire), 나노소자 등의 성분분석이 가능하고 입계(grain boundary), 상경계(phase boundary) 등에서의 미묘한 조성변화를 관찰할 수 있다. 원자단층현미경 분석을 위한 시편은 반경이 대략 50 nm 이하의 뾰족한 탐침으로 제작되어야 하는데 주로 집속이온빔(focused ion beam)을 활용하게 된다.

본 발표에서는 APM의 기본 원리를 고찰하고 자성재료를 포함한 나노소재에 대하여 분야별 응용사례 스토리를 통해 APM 분석기법의 여러 가능성을 살펴보고자 한다.

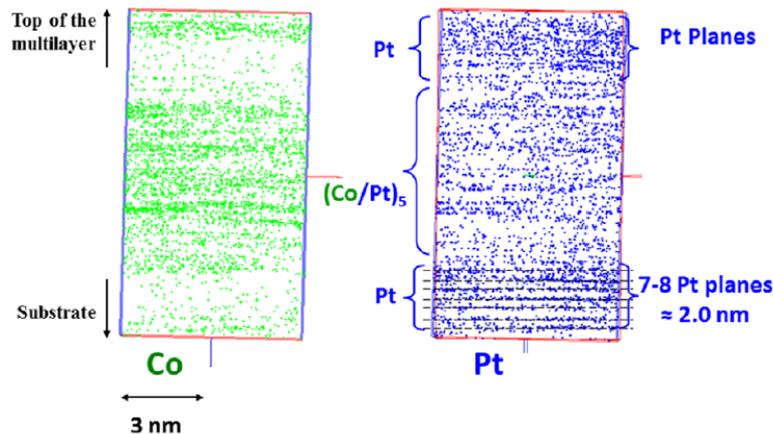


Fig. APT elemental maps of $(\text{Co}_{0.5 \text{ nm}} / \text{Pt}_{0.4 \text{ nm}})_5 / \text{Pt}_{2 \text{ nm}}$ [3].

- [1] Thomas F Kelly, David J. Larson, Annu. Rev. Mater. Res. 42 (2012) 1.
- [2] K.G. Pradeep, G. Herzer, P. Choi, D. Raabe, Acta Materialia 68 (2014) 295.
- [3] S. Bandiera, etc., J. Phys. D Appl. Phys. 46 (2013) 485003.
- [4] 이봉호, 박찬경, 재료마당 26[6] (2013) 41.