

Cu 나노결정의 형상 제어 기구

Shape Control Mechanism of Cu Nanocrystals

차승일*, 모찬빈, 김경태, 정용진, 홍순형
한국과학기술원 신소재공학과

1. 서론

금속 나노결정(Nanocrystal)은 벌크소재와 다른 물리적, 화학적 특성을 보이고 있으며, 나노결정의 크기와 형상에 따라서도 물리적, 화학적 특성이 변한다. 또한, 제조공정에 따라 크기 및 형상이 균일한 (Monodisperse) 나노결정을 제조하고, 자가조립 (Self-assembly)시킬 수 있다. 나노결정이 다양한 분야에서 차세대 소재로 각광받고 있지만, 나노결정의 제조와 설계에 대한 기반기술은 부족한 상태이다. 나노결정은 주로 화학적 방법에 의해 제조되고 있지만, 나노결정의 크기 및 형상을 결정하는 나노결정의 생성 및 성장기구에 대한 체계적인 연구가 이루어지지 않고 있으며, case-by-case 연구를 통하여 크기 및 형상을 제어하고 있어 나노결정이 가지고 있는 가능성을 다 발현시키지 못하고 있다.

본 연구에서는 Cu 나노결정의 크기 및 형상제어를 위한 나노결정의 성장 기구를 규명함으로써 나노결정이 가지고 있는 활용 가능성을 극대화하고자 한다.

2. 실험방법

Cu 나노결정은 Cu acetylacetonate를 1,2-hexadecanediol을 이용하여 환원시키는 폴리이공정으로 제조되었다. Cu 나노결정 제조를 위한 용매로 octyl ether를 이용하였으며, oleylamine과 oleic acid, trioctylphosphine oxide(TOPO)를 계면활성제로 첨가하였다. Cu 나노결정은 150~280°C온도에서 0~120분의 반응을 통해 제조되었으며, 반응 후 원심분리를 이용하여 용매로부터 분리하고, 산화를 방지하기 위하여 hexane에 분산시켰다.

3. 결과 및 고찰

Cu 나노결정의 형상은 표면 facet의 생성 유무에 따라 결정되었다. 표면 facet은 저온에서 제조한 Cu 나노결정의 경우 뚜렷하게 관찰되었으나, 반응 온도가 증가함에 따라 facet이 사라지는 경향을 나타내었다. 이와 같은 현상을 온도 증가에 따른 표면의 평형 vacancy농도를 고려함으로써 분석하였다. 온도에 따른 표면의 평형 vacancy농도는 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$\frac{n_v}{N_a - n_v} = \exp\left\{-\frac{3\varepsilon}{k_B T} \left[1 - 4\left(\frac{n_v}{N_a}\right)\right]\right\} \quad (1)$$

이때 반응 온도가 증가함에 따라 표면의 vacancy농도가 급격하게 증가하게 되고, facet이 사라지게 된다.

Cu 나노결정의 성장 역시 표면의 facet여부에 의해 결정되었다. 나노결정의 표면이 facet을 형성하고 있지 않은 경우, Ostwald ripening 기구에 의해 결정이 성장하였다. 그러나, Cu 나노결정 표면에 facet이 형성된 경우 성장을 위한 활성화에너지 이상의 구동력을 갖는 결정면만이 성장이 가능하였으며, 이외의 facet면은 성장하지 않았다. 특히, Cu 나노결정 내에 twin을 포함하고 있는 경우, twin에 의한 결정성장 활성화에너지의 감소로 인하여 동일한 구동력에서 빠른 결정성장을 보여 결과적으로 nanorod 혹은 nanowire 형상의 나노결정을 생성시켰다.

Reference

- [1] Sun, S.; Murray, C. B.; Weller, D.; Folks, L.; Moser, A. *Science* **2000**, *287*, 1989.
- [2] Frydyric Dumestre, Bruno Chaudret, Catherine Amiens, Marie-Claire Fromen, Marie-Josy Casanove, Philippe Renaud, and Peter Zurcher, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2002**, *41(22)*, 4286
- [3] Nianqiang Wu, Lei Fu, Ming Su, Mohammed Aslam, Ka Chun Wong, and Vinayak P. Dravid, *Nano Lett.*, **2004**, *4(2)*, 383
- [4] James M Howe, *Interfaces in materials : atomic structure, thermodynamics and kinetics of solid-vapor, solid-liquid and solid-solid interfaces*, John Wiley & Sons, Inc., **1997**
- [5] V. F. Puentes, K. M. Krishan and A. P. Alivisatos, *Science*, **2001**, *291*, 2115
- [6] A. L. Rogach et. al, *Adv. Func. Mater.*, **2002**, *12(10)*, 653