

Eu³⁺ 이온이 도핑된 산화아연 나노입자의 도핑 농도에 따른 광학 및 자기 특성 변화

윤하영^{1*}, 우준화², 민지현¹, 이지성¹, 김승현¹, 김지석¹, 김영근^{1,2}

¹고려대학교 공과대학 신소재공학과, 서울시 성북구 안암동 5-1, 136-713

²생체응용나노결정융합연구단, 고려대학교, 서울시 성북구 안암동 5-1, 136-713

1. 서론

산화아연(ZnO)은 3.3 eV에 달하는 직접 천이형 밴드갭을 지니며, 광학 특성 또한 뛰어난 반도체 물질이다 [1]. 때문에 산화아연은 도핑 이온들의 숙주 물질로써 적합한 후보이며, 특히 희토류 금속 이온에 의한 도핑은 4f 전자궤도 천이현상에 기인한 광학 특성으로 인해 큰 관심을 받고 있다[2]. 또한 적합한 도핑 이온을 통해 묶은 자성 반도체(dilute magnetic semiconductors, DMS)로의 변환이 가능하며, 전이 금속 또는 희토류 금속 이온 도핑을 통한 산화아연 DMS에 관한 많은 연구 결과들이 보고되었다[3]. 본 연구에서는 Eu³⁺ 이온이 도핑된 산화아연 나노입자의 합성과 도핑 농도에 따른 나노입자의 광학 및 자기 특성 변화를 주제로 삼았다. 나노입자의 격자구조와 형태, 광학 및 자기 특성은 X-선 회절 (XRD), 전자투과현미경 (TEM), 형광분광기 (PL spectrometer), 물리특성분석장치 (PPMS)를 통해 측정되었다.

2. 실험방법

Eu³⁺ 이온이 도핑된 산화아연 나노입자는 도핑 농도 0%, 5%, 8%, 10%의 네 가지 종류로 합성되었으며, Zn 전구체, Eu 전구체와 환원제, 계면활성제를 이용하여 열분해법으로 합성되었다. 모든 시약은 상업적으로 구매가 가능한 품목들이며 특별한 처리과정 없이 그대로 합성에 사용되었다. 우선 상기 성분들을 용매와 함께 원하는 온도로 가열시켜준다. 합성 과정 동안 자석 막대를 이용한 교반을 지속적으로 실행하였으며, 합성 과정 후반에는 온도를 용매의 끓는점까지 올려 환류과정을 통한 나노입자 균일도 향상을 도모하였다. 실험이 완료된 용액은 에탄올과 헥센으로 수차례 세척과정을 거치게 되고, 불순물이 제거된 나노입자들이 얻어진다. 합성이 완료된 나노입자는 특성 분석을 위하여 XRD, TEM, PL spectrometer, PPMS 실험 과정을 거쳤다.

3. 실험결과

TEM 분석 결과 합성된 나노입자는 구형에 가까운 형태를 가지며 균일한 크기 분포를 보였다. HR-TEM을 통해서도 산화아연 육방정 구조의 (101), (002) 격자면을 확인할 수 있었으며 이는 나노입자의 XRD 패턴에서도 확인이 가능하였다. XRD 실험결과에서는 (100), (002), (101)과 같은 전형적인 육방정 구조의 회절점이 관찰되었으며, 이외에 다른 회절점이 측정되지 않은 것으로 보아 Eu₂O₃와 같은 부산물 생성 없이 Eu³⁺ 이온이 모두 산화아연 나노입자의 격자 내부로 도핑되었다고 판단된다. PL spectrometer 실험에서는 Eu³⁺ 이온에 의한 5D0 → 7FJ 발광이 관측되었고, 도핑 농도 증가에 따라 발광 세기 또한 증가함을 확인하였다. PPMS를 통한 자기특성 실험은 5 K의 극저온에서 실시되었고, 이 온도에서 나노입자들은 약한 강자성을 보였다. 1 T 하에서의 자화값은 도핑 농도의 증가에 따라 상승하였다.

4. 고찰

본 연구에서는 결정화도와 형상 균일도가 높은 Eu³⁺ 이온이 도핑된 산화아연 나노입자를 다양한 도핑 농도에 따라 합성하였다. 합성된 나노입자의 광학 및 자기 특성은 측정 실험들을 통해 증명되었고, 이러한 특성을

이용하여 나노입자의 생체검지 분야 혹은 스핀트로닉스 장치로의 응용이 가능하다.

5. 결론

본 연구에서는 Eu^{3+} 이온이 도핑된 산화아연 나노입자를 다양한 도핑 농도에 따라 합성하였다. 각종 실험 장비들을 통한 측정으로 나노입자의 고 결정도, 고 균일도 특성이 확인되었으며, 산화아연 격자 내부로의 Eu^{3+} 도핑이 성공적으로 이루어졌다는 것이 밝혀졌다. 또한 나노입자의 광학 및 자기 특성이 도핑 농도에 따라 변화함을 관찰하였으며, 이 현상에 대한 메커니즘은 희토류 금속 이온에 대한 연구를 통해 고찰될 필요가 있다.

6. 참고문헌

- [1] U. Ozgur, Y. I. Alivov, C. Liu, A. Teke, M. A. Reshchikov, S. Dogan, A. V. S. J. Cho and H. Morkoc, J. Appl. Phys. 98, 041301 (2005).
- [2] Y. C. Liu, M. Y. Zhong, G. Y. Shan, Y. J. Li and G. R. Wang, Mater. Chem. Phys. 106, 305 (2007).
- [3] H. Ohno, Science 281, 951 (1998).

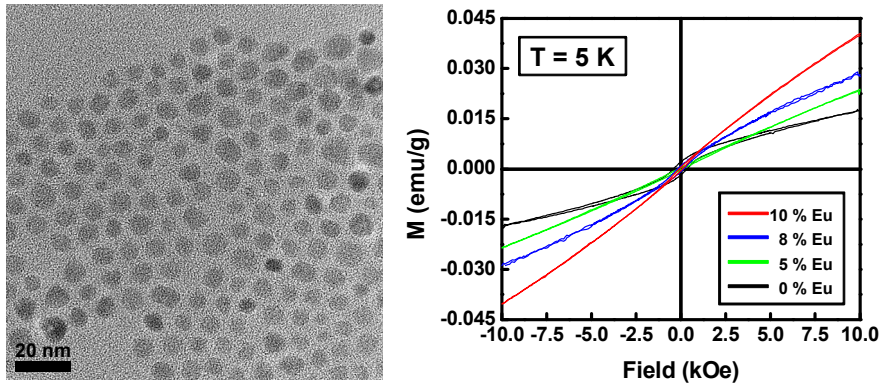


Fig 1. 합성된 나노입자 TEM 이미지(左)와 도핑 농도에 따른 자성변화 그래프(右)