

크기 조절이 가능한 MnFe₂O₄ 페라이트 나노클러스터

최영수^{1,3*}, 윤하영², 이지성^{2,3}, 우준화³, 김영근^{2,3}

¹고려대학교 바이오마이크로시스템기술협동과정, 서울특별시 성북구 안암동 5-1, 136-713

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

²미래유망 파이오니어 생체응용 나노결정 융합연구단, 서울특별시 성북구 안암동 5-1, 136-713

1. 서론

페라이트는 고밀도 자기저장장치, 유체자석 기술, 화학적 센서, 표적 약물전달 시스템, 온열치료법, 자기공명영상 등 다양한 분야로의 응용이 가능하기 때문에 많은 연구가 되어 왔다.[1] 일반적인 페라이트는 스피넬(*fcc*) 구조를 형성하고 있으며 $[M_{1-i}Fe_i]^A[M_iFe_{2-i}]^B O_4$ 와 같은 구조식을 가지고 있다. M은 Mn, Co, Zn 등 천이금속이 될 수 있으며 아래첨자 *i*는 반전 파라미터를 의미한다. 이 반전 파라미터는 최소 0에서 최대 1의 값을 가지며 합성 방법, 열 처리방법, 입자 크기에 따라 바뀔 수 있다. 페라이트 나노입자의 격자구조와 형태, 자기특성 및 화학적 특성은 X-선 회절 (XRD), 전자투과현미경 (TEM), 주사전자현미경 (SEM), 자기특성분석장치 (MPMS), 시료진동식 자속계 (VSM), X-선 분광분석 (EDS)를 통해 측정되었다.

2. 실험방법

MnFe₂O₄ 페라이트 나노클러스터는 Fe, Mn 전구체와 아세트산 나트륨, 에틸렌 글리콜, 증류수를 이용하여 수열 폴리올 방법으로 합성이 되었다. 모든 시약은 상업적으로 구매가 가능하며 특별한 처리과정 없이 그대로 합성에 사용되었다.[2] 우선 위의 시약들을 모두 삼구 플라스크에 넣어준 후 원하는 온도로 가열시켜준다. 원하는 온도에 도달하면 용액이 끓기 시작하는데 이때 환류과정을 통하여 나노입자의 균일도를 향상시켰다. 합성 과정이 끝나면 상온으로 식힌 후 에탄올을 이용하여 여러차례 세척과정을 거치게 되며 세척과정이 끝나면 페라이트 나노클러스터가 얻어진다. 이렇게 얻어진 페라이트 나노클러스터는 특성 분석을 위하여 XRD, TEM, SEM, MPMS, VSM, EDS의 측정 과정을 거쳤다.

3. 실험결과

XRD 분석 결과 (220), (311), (400) 과 같은 전형적인 스피넬 구조의 회절점이 관찰되었으며, 나노 클러스터의 크기가 증가할수록 peak이 더 좁아지고, 그 세기가 증가하였다. TEM 및 SEM 분석 결과 각각 28, 50, 93, 103, 118 nm의 크기를 가지며 균일한 크기 분포를 나타내었으며, 나노 클러스터는 구형에 가까운 형태를 지니고 있었다. MPMS 및 VSM 측정 결과 나노 클러스터의 크기가 커질수록 1 T 하에서의 자화값과 보자력이 커지는 것을 관찰 할 수 있었다. 온도에 따른 자기특성을 보았을 경우 5K에서는 모두 강자성을 보이며 상온에서는 초상자성과 강자성을 보였다. EDS 측정 결과 Mn이 잘 도핑되어 있음을 확인 할 수 있었다.

4. 고찰

본 연구에서는 결정화도와 형상의 균일도가 높은 MnFe₂O₄ 페라이트 나노클러스터를 다양한 크기에 따라 합성하였다. XRD의 실험 결과를 통해서 크기가 커질수록 입자의 결정크기가 커지며 결정화가 더 잘 되어 있는 것을 확인 할 수 있으며, 합성된 나노입자의 자성특성을 보면 상온에서 크기가 커질수록 보자력이 커지는데 이는 크기에 따라서 초상자성에서 강자성으로 자성특성이 바뀌는 것을 확인할 수 있었다. 특히 기존에 연구되었던 MnFe₂O₄ 나노입자와 비교하여도 더 다양한 크기로 합성이 가능하며, 큰 포화자화값을 가지기 때문에 다

양한 분야로의 응용이 가능하다.[3,4]

5. 결론

본 연구에서는 크기조절이 가능한 MnFe_2O_4 페라이트 나노클러스터를 다양한 크기를 가질 수 있도록 합성하였다. 다양한 측정 장비들을 통하여 MnFe_2O_4 페라이트 나노클러스터의 고 결정도 고 균일도 특성을 확인하였으며, Fe_3O_4 격자 내부로 Mn^{2+} 도핑이 성공적으로 이루어졌음을 확인 할 수 있었다. 또한 나노입자의 자기 특성이 입자의 크기에 따라 변화함을 관찰하였다. 특히 큰 크기에서의 강자성을 지니고, 작은 크기에서는 초상자성을 지니는 특성은 다양한 분야로의 응용이 가능할 것이다.

6. 참고문헌

- [1] S. Hockfield, Science 323, 1147(2009)
- [2] Jinmyung Cha et al., RSC Adv. 3, 3631 (2013).
- [3] Hong Yang et al., Biomaterials 31, 3667 (2010).
- [4] D. carta et al., J. Phys. Chem. C, 113, 8606 (2009).

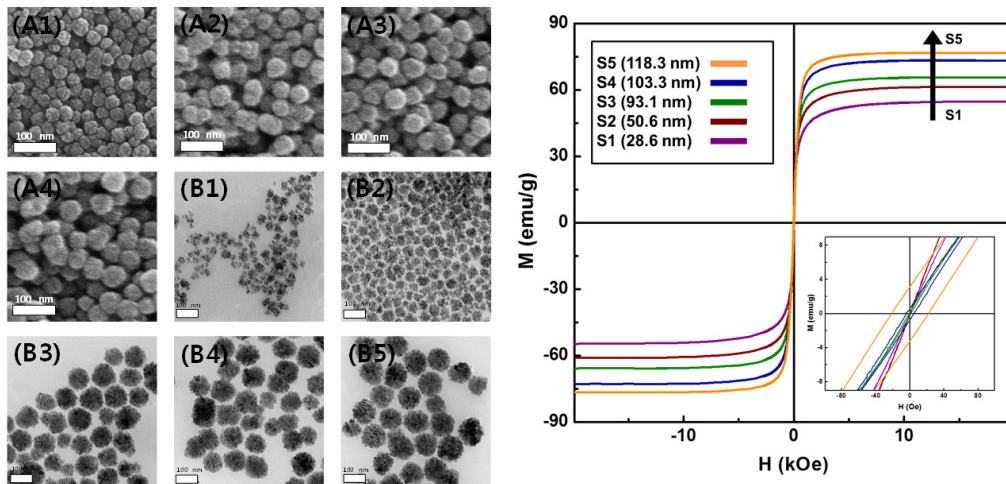


Fig 1. 합성된 $\text{Mn}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ 페라이트 나노클러스터의 SEM & TEM 이미지(左)와 크기에 따른 자성변화 그래프(右)