Fe_3O_4@$AlFe_2O_4$ 나노 페라이트의 자기적 특성 및 온열효과 연구

최현경*, 김삼진, 김철성
국민대학교 물리학과

1. 서론

나노 자성입자는 바이오, 광학, IT 등의 다양한 분야에서 사용되고 있으며 이를 응용한 연구가 많이 수행되고 있다. 특히, 바이오 분야에서 온열효과를 이용한 암세포 사멸 방법은 방사선 치료와는 달리 많은 부작용을 감소시킬 수 있으며, 국부적인 부위에 선택적인 열을 발생시킬 수 있다는 장점을 가지고 있다. 따라서, 본 연구에서는 Fe_3O_4를 core로 $AlFe_2O_4$를 shell로 갖는 core/shell 구조의 Fe_3O_4@$AlFe_2O_4$ 나노 자성입자를 제조하고 자기적 및 온열 특성에 대하여 분석하였다.

2. 실험방법

Fe_3O_4@$AlFe_2O_4$ 나노 자성입자를 고온열분해법으로 제조하였으며, 먼저 Fe_3O_4 입자를 제조하기 위하여 $Fe(acac)_3$, Oleylamine, Oley acid, Benzyl ether를 혼합하여 실험을 진행하였다. 해당 솔루션은 200℃에서 30분 동안 유지 후 300℃에서 30분 동안 최종 반응시켜 core에 해당되는 Fe_3O_4를 제조하였다. 다음은 $AlFe_2O_4$를 shell로 만들기 위하여, Fe_3O_4 나노 자성입자를 hexane에 분산시킨 솔루션과 $Al(acac)_2$, $Fe(acac)_3$, Oleylamine, Oley acid, Benzyl ether를 혼합한 후, 100℃에서 1시간 동안 열처리하여 hexane을 증발시켰다. 이후, 200 ℃에서 30분 유지 후 300℃에서 30분 동안 최종 반응시켜 Fe_3O_4@$AlFe_2O_4$ 나노 자성입자를 제조하였다. 제조된 나노 자성입자는 XRD 측정을 통하여 결정학적 구조를 확인하였으며, VSM, 뫼스바우어 측정을 통하여 거시적, 미시적인 자기적 특성을 확인하였다. 또한, Nano-magneTherm 장비를 이용하여 제조된 나노 자성입자의 발열특성을 확인하였다.

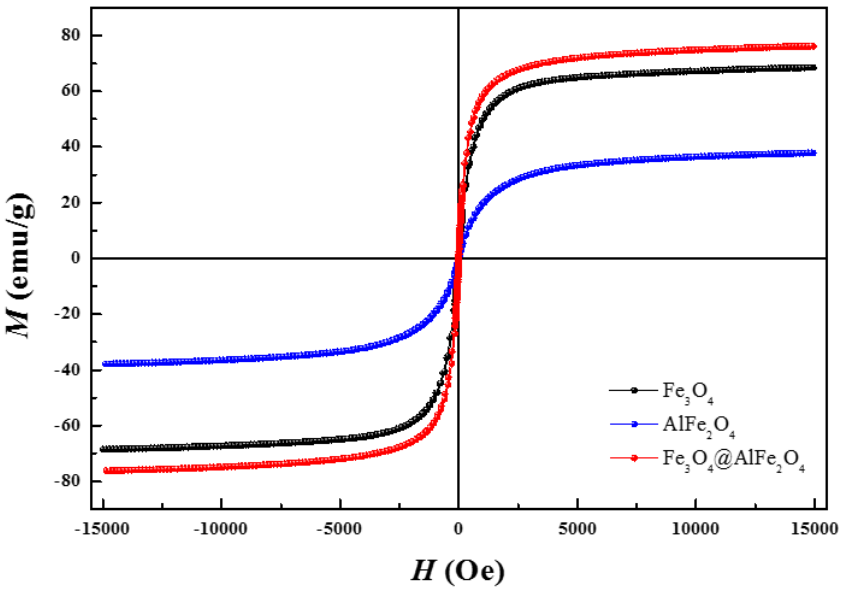

Fig. 1. Hysteresis loops measured Fe_3O_4, $AlFe_2O_4$ and Fe_3O_4@$AlFe_2O_4$ nanoparticles for 295 K.

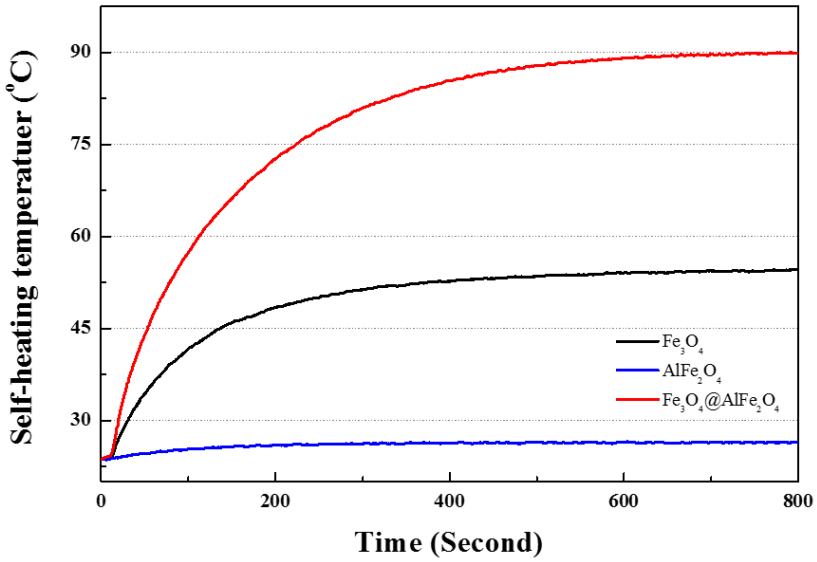

Fig.2. Self-heating temperature as a function of time for Fe_3O_4, $AlFe_2O_4$ and Fe_3O_4@$AlFe_2O_4$ nanoparticles.

3. 실험결과 및 고찰

고온열분해법으로 제조된 Fe_3O_4, $AlFe_2O_4$, Fe_3O_4@$AlFe_2O_4$ 나노 자성입자를 XRD로 측정한 결과, Cubic spinel 구조를 갖는 단일상으로 확인되었으며. Scherrer equation을 통한 나노 입자의 평균 크기는 대략 11.16, 7.12, 14.9 nm인 것으로 분석되었다. VSM을 이용한 거시적인 자기적 특성은 각각의 포화자화값이 68.4, 37.7, 76.1 emu/g으로, 보자력값이 7.4, 2.1, 9.1 Oe로 측정되었다. magneTherm 장비를 이용하여 250 Oe 자기장 하에 112 kHz 주파수에서 자기발열온도를 측정한 결과, Fe_3O_4와 $AlFe_2O_4$ 단일입자보다 코어/쉘 구조의 Fe_3O_4@$AlFe_2O_4$ 나노 입자의 자기발열 온도 값이 89 ℃로서 더 높은 발열 특성을 보이는 것을 확인하였다. 이러한 코어/쉘 구조의 향상된 자기적 및 발열 특성을 알아보고자, 뫼스바우어 실험을 수행하였다. Fe_3O_4 나노 자성입자는 6라인으로 이루어진 A, B1, B2-site 총 3개의 부격자로 분석하였으며, $AlFe_2O_4$는 doublet 형태로 분석되었다. Fe_3O_4@$AlFe_2O_4$ 자성입자의 경우, 6라인 3세트로 분석되었다.

4. 참고문헌

[1] K. P. McKenna, F. Hofer, D.Gilks, V. K. Lazarov, C. Chen, Z. Wang and Y. Ikuhara, *Nat. Commun.* 5, 5740, 2014.