

산화철 나노입자의 교류 자화율 특성 분석

김동영*, 윤석수, 정은경

안동대학교 물리학과, 경북 안동시 경동로 1375, 760-749

1. 서론

자성 나노입자의 초상자성 특성은 자화 곡선 측정 또는 온도에 따른 투자율 변화로 확인할 수 있다. 자화 곡선 측정에서는 보자력이 0이고, Langevin 함수를 따른다. 강자성 공명 신호는 자성 나노입자 내부의 스핀들의 영향을 반영하고 있으므로, 자성 나노입자의 자화량, 형상 및 결정 이방성 등의 특성을 모두 포함한다. 따라서 강자성 공명 신호를 해석할 경우 자성 나노입자의 여러 가지 물성을 분석하는 것이 가능하다. 자성 나노입자의 크기 및 크기의 분포에 따른 강자성 공명 신호를 계산을 통하여 분석하였으며, 초상자성 자성 나노입자의 강자성 공명신호를 해석하여 결정 이방성 상수를 분석하였다. 자성나노입자를 의료분야에 응용하기 위하여 투자율 스펙트럼을 측정하고 있으며, 자성나노입자의 크기에 따라서 브라운 운동과 널 운동특성이 서로 독립적인 특성을 보인다[1].

본 연구에서는 초상자성 특성을 갖는 산화철 나노입자를 열분해법을 사용하여 제조하였으며, 제조한 나노입자의 투자율 스펙트럼을 측정하였다. 브라운 운동과 널운동에 대한 특성분석 결과로부터 제조된 나노입자의 크기분포특성을 분석하였다.

2. 실험방법

주파수에 따른 교류 자화율 분석에 사용한 산화철 나노 입자는 Trioctylamine 용매에 $\text{Fe}(\text{OL})_3$ 전구체를 고르게 섞은 반응 용액을 사용하여 고온 열분해 방법으로 제조하였다. 산화철 나노 입자를 관측하기 위한 TEM 시편은 1.0 ml의 반응 용액을 에탄올에 희석시켜 잔류 유기 용매를 세척한 후 원심분리기를 이용하여 산화철 나노입자를 추출한 후, 초음파 세척기를 이용하여 핵산 용액에 균일하게 분산시킨 후 Cu-grid 위에 분산시켜 제작하였다. 또한 반응 용액의 1.0 ml를 유리 튜브에 담은 후 10Hz-1MHz의 주파수 범위에서 Lock-in Amplifier를 사용하여 교류 자화율 스펙트럼을 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 산화철 나노입자의 TEM 사진과 교류 자화율 스펙트럼을 보인다. TEM 사진으로부터 열분해 방버으로 제조한 산화철 나노 입자의 평균 크기는 약 23 nm였으며, 나노입자들은 균일한 크기의 분포 특성을 갖는 것으로 보인다. 교류 자화율 스펙트럼은 다음의 이완(relaxation) 특성을 사용하여 분석하였다.

$$\chi = \chi_{\infty} + \frac{\chi_B - \chi_N}{1 + i\omega\tau_B} \quad (1)$$

여기서 χ_B 는 브라운 운동에 의한 자화율, χ_N 는 널 운동에 의한 자화율, τ_B 는 브라운 운동에 의한 이완 시간이다. 그림에서 실선은 식(1)을 사용하여 계산한 결과이며, 계산에 의한 이완 주파수는 400 Hz였다. 저주파수 이완 특성은 브라운 운동에 의한 효과이며, 제조한 나노입자는 브라운 운동 효과와 이완 주파수가 높은 널 운동특성이 함께 보이고 있다. 따라서 제조한 나노입자는 브라운 운동에 기여하는 23 nm 크기의 입자와 크기가 작은 입자들이 함께 공존하고 있음을 알 수 있다.

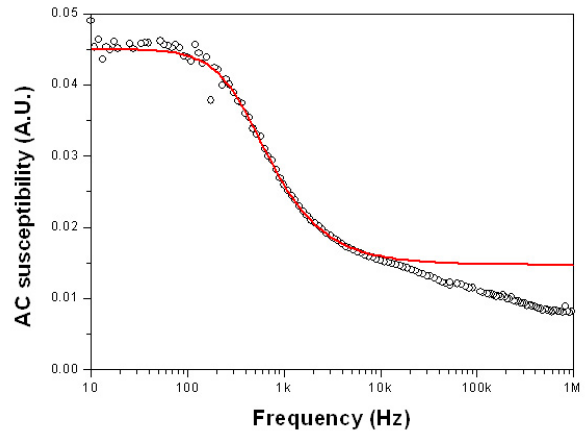
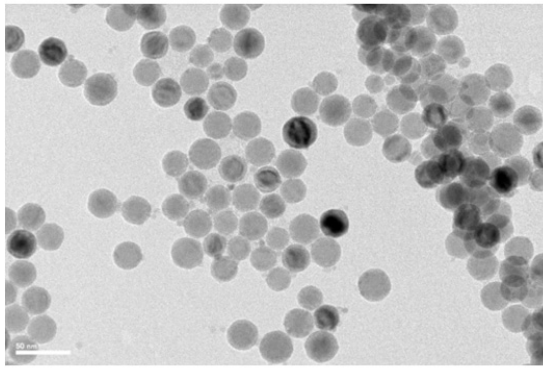


Fig. 1. (a) TEM image of iron oxide nanoparticles and
(b) AC susceptibility spectrum of iron oxide nanoparticles

4. 감사의 글

본 연구는 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(NRF2010-0008282).

5. 참고문헌

[1] J. Carrey, et. al., JAP. **109** (2011) 083921.