

코발트 나노 입자가 도입된 고분자 박막의 제조 및 자성 연구 (Study on Synthesis and Magnetic Properties of Cobalt Nanoparticles in the Polymer Film)

박일우*, 윤명근, 김유경, 김영미, 김종현, 전미선, 조용민, 김상우
한국기초과학지원연구원 서울분소, 서울시 성북구 안암동5가 126-16

고분자 재료인 이온교환수지 박막 안에서의 이온교환반응과 전기화학적 환원반응을 이용하여 코발트 나노 입자를 제조하였다. 투과전자현미경 결과로부터 고분자 박막 (MF-4SK) 1 gram에 코발트가 7.8×10^{19} atoms 포함된 시편에서 코발트가 나노 크기로 입자를 형성하고 있음을 확인하였으며, 자기축정 결과로부터 코발트 나노 입자가 blocking temperature (T_B) 이상에서 초상자성을 나타내는 것을 확인하였다. 이 결과는 고분자 박막 내에서 코발트 나노 입자가 자성 단상 (single domain) 구조를 이루고 있음을 보여주는 것으로, 강자성 나노 입자들의 초상자성 거동을 고찰하였다.

1. 서론

본 연구는 이온교환수지 박막에 이온교환반응과 환원반응을 이용하여 제조한 코발트 나노 입자들이 나타내는 초상자성에 대한 것으로, Langevin function fit하여 계산한 입자의 반경을 투과전자현미경으로 관찰한 입자 크기와 비교하였으며, 강자성 나노 입자들의 초상자성 연구 이론들에 입각하여 본 연구의 결과를 논하였다.

2. 실험방법

본 실험에서 사용한 재료는 perfluorinated sulfocation-exchange polymeric membrane (상품명: MF-4SK, 두께: 0.190mm)로써, Nafion 117 (Dupont)로 널리 알려져 있는 고분자 박막과 유사한 재료이다. 기술하는 모든 실험은 동일한 코발트 함량을 가진 고분자 박막 시편 [7.8×10^{19} Co atoms/1g of MF-4SK]을 사용하였다 [1].

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1에 자기장의 세기를 100 Oe로 하였을 때 코발트 나노 입자가 도입된 고분자 박막의 온도에 대한 자화 측정 곡선을 나타내었다. Zero-field-cool로부터 측정된 자화 곡선 (M_{ZFC})과 Field-cool로 측정된 자화 곡선 (M_{FC}) 결과를 살펴보면 강자성 나노 입자들이 가지는 전형적인 초상자성의 거동을 나타내는데, M_{ZFC} 으로부터 T_B 가 170 K 정도인 것과 T_B 이하에서 온도가 증가함에 따라서 자화가 증가하는 현상을 관찰하였다. Fig. 2(a)는 고분자 박막에서 코발트 나노 입자

들의 300 K에서의 자화곡선의 결과와 Langevin function fit으로 계산한 값이 잘 일치함을 보여준다. 고분자 박막에 흡착된 코발트 나노 입자의 자화를 least-square fit한 결과로부터 $M_0 \sim 0.94 \text{ emu/g}$ 와 입자모멘트 $\mu \sim 3.85 \times 10^4 \mu_B$ 를 구하였다. Bulk 코발트의 포화자화 ($M_s: 1430 \text{ emu/cm}^3$) 값을 이용하여 평균 입자 부피 $\langle V \rangle = 2.44 \times 10^{-19} \text{ cm}^3$ 를 계산하였으며, 입자 형상이 구형이라고 가정하였을 경우 반경이 대략 4 nm에 해당한다. Fig. 2(b)에 FE-TEM 결과를 나타내었다. TEM 사진에서 코발트 나노 입자의 반경이 $4 \pm 2 \text{ nm}$ 분포를 이루고 있는 것을 볼 수 있는데 이 결과는 Langevin function fit으로부터 계산한 값과 일치하고 있음을 확인할 수 있다. 단상 이론 (single domain theory)에서 단상을 이룰 수 있는 코발트 입자의 최대 반경이 10.5 nm라고 알려져 있으며[2], 실험 결과로부터 우리가 얻은 평균 반경 4 nm 정도의 코발트 나노 입자들은 최대 반경보다 작은 크기를 갖으므로 자성 단상 구조를 갖는다고 할 수 있다.

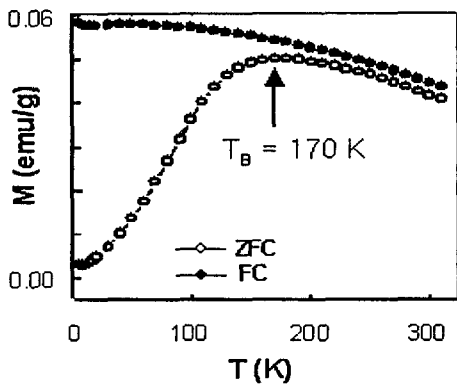


Fig. 1. Temperature dependence of magnetization at applied field of 100 Oe

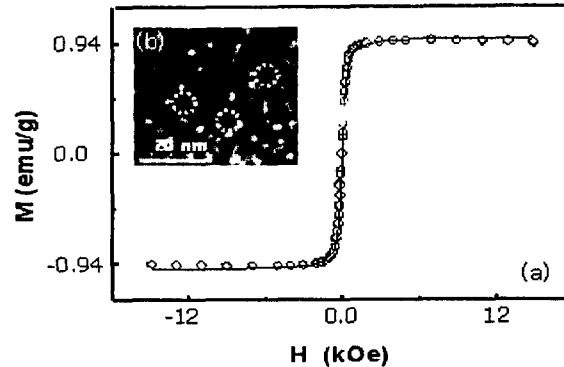


Fig.2 (a) magnetization with Langevin fit at 300 K

(b) FE-TEM image of the cobalt nanoparticles.

4. 결론

고분자 박막 내에서 코발트 나노 입자들을 성공적으로 제작하였음을 FE-TEM과 SQUID 측정을 통하여 확인하였다. 또한, 고분자 박막 내의 코발트 나노 입자들이 T_B 이상에서 초상자성 거동을 보 이면서 single domain을 이루고 있는 강자성 나노 입자들의 전형적인 특성을 잘 따르고 있음을 확인하였다.

5. 참고문헌

- [1] I.-W. Park, M. Yoon, Y. M. Kim, Y. Kim, H. Yoon, H. J. Song, V. Volkov, A. Avilov, Y. J. Park, Solid State Comm. 44, 385 (2003).
- [2] W. Gong, H. Li, Z. Zhao and J. Chen, J. Appl. Phys. 69(8), 5119(1991).