

전기화학적으로 제조된 금속 나노선재의 자기적 특성

한국과학기술연구원 금속공정연구센터 정원용*, 이관희, 이화영

Magnetic properties of metallic nanowires fabricated by ac electroforming

KIST Metals Processing Research Center

W. Y. Jeung*, Kwan H. Lee, H. Y. Lee

1. 서론

최근 나노기술에 대한 산업적인 요구와 관심이 나날이 커짐에 따라 자성재료 및 자성물리 연구분야에서 나노기술을 이용한 초미세 다층구조¹, 나노선재²⁻⁵, 나노입자⁶ 제조 및 물성에 대한 많은 연구가 활발히 진행 중이다. 특히 나노선재는 거시양자투과현상 (macroscopic quantum tunneling)의 관찰⁷과 같은 학문적 흥미 뿐 아니라 자기저항소자 (magnetoresistive device)⁴⁻⁵ 및 수직자화 기록재료 (perpendicular recording media)³ 등 응용적 측면에서도 상당한 관심을 끌고 있다. 다양한 나노구조 제조기술 중 전기화학적 제조법은 경제적인 비용절감 효과와 조작의 용이성 그리고 복잡한 형상에 대한 제약이 적기 때문에 최근 새롭게 각광을 받고 있다⁸.

본 연구에서는 고순도의 알루미늄 박판을 사용하여 양극산화 변수를 제어함으로써 다양한 크기의 나노기공을 갖는 AAO template를 제조하고 이를 이용하여 α -Fe와 permalloy를 ac electroforming함으로써 금속 나노선재를 제조하였다. 제조된 금속 나노선재의 자기적 특성을 측정하여 수직 자화 기록재료로서의 응용 가능성을 검토하였다.

2. 실험 방법

AAO template의 나노기공 속에 대표적인 자성금속인 철을 나노선재로 제조하였으며 FeSO₄와 pH 조절을 위해 붕산을 첨가한 수용액을 전해질로 사용하여 상온(25°C)에서 교류 전주법으로 제조하였다. 실험에 사용된 AAO의 나노기공의 크기는 SEM을 통해 관찰하였으며, AAO에 나노선재를 채우고 나서 XRD 분석을 실시하여 Fe 나노선재의 생성 여부를 확인하였고, Fe 나노선재의 자기적 특성은 VSM (vibrating sample magnetometry)으로 측정하였다. 자기적 특성의 측정이 끝난 시편은 0.1 M NaOH 용액으로 알루미늄 산화층을 제거하여 나노선재를 AAO template로부터 분리시켰으며 이들을 TEM(transmission electron microscopy)을 이용하여 직경과 길이, 형상 등을 관찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

AAO template는 1.2 M 황산에서 양극산화 변수 등을 제어하여 원하는 나노기공의 크기를 제어할 수 있었으며, 나노기공과 알루미늄 기판 사이에 경계층이 존재하기 때문에 일반적인 직류 전주법으로는 나노선재를 제조할 수 없으나 경계층의 정류성질(밸브 효과)을 이용하여 교류 전주법을 사용하여

금속 나노선재를 제조하였으며 SEM, TEM, XRD 등을 통하여 확인할 수 있었다.

종횡비가 수백에서 1000에 이르는 α -Fe 나노선재는 뚜렷한 형상 자기이방성을 보이며 이로 인하여 $H_c \approx 2$ kOe의 보자력을 얻을 수 있었다. Widening시간이 증가하여도 symmetric fanning mechanism 모델에 따라 보자력의 큰 변화는 없으나 widening시간이 증가하면 종횡비의 감소로 각형비가 감소함을 알 수 있었다.

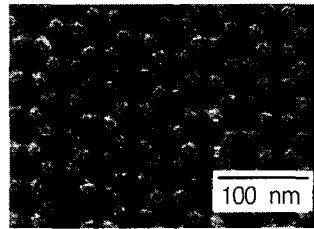


Fig. 1. SEM image of AAO anodized in 1.2 sulfuric acid

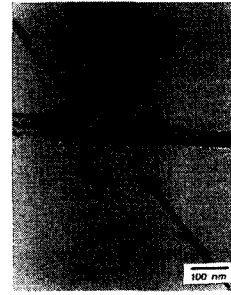


Fig. 2. TEM image of nanowires liberated from AAO

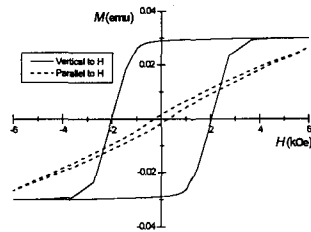


Fig. 3. M-H hysteresis of α -Fe nanowires

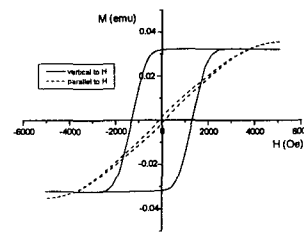


Fig. 4. M-H hysteresis of $Fe_{21}Ni_{79}$ nanowires

4. 참고문헌

- 1) M.Dariel, L.H.Bennett, D.S.Lashmore and M.Z.Harford, J. Appl. Phys. 61, 4068 (1987) ?
- 2) W.D.William and N.Giordano, Phys. Rev. B 33, 8146 (1986)
- 3) T.M.Whitney, J.S.Jiang, P.C.Searson and C.L.Chien, Science 261, 1316 (1993)
- 4) L.Piroux, J.M.George, J.F.Despres and A.Fert, Appl. Phys. Lett. 65, 2484 (1994)
- 5) A.Blondel, J.P.Meier, B.Boudin and J.Ansermet, Appl. Phys. Lett. 65, 3019 (1994)
- 6) M.L.Steigerwald and L.E.Brus, Annu. Rev. Mater. Sci. 19, 471 (1989)
- 7) K. Hong and N. Giordano, Phys. Rev. B 51, 9855 (1995)
- 8) F.Y. Yang, L. Liu, C.L. Chien, and P.C. Searson, Phys. Rev. Lett. 82, 3328 (1999)