

# Ni Nanotube Array의 강자성 공명 특성 및 IT응용

김동영\*, 전성재, 윤석수

안동대학교 물리학과

## 1. 서론

자성 나노와이어와 나노튜브 배열(magnetic nanowire and nanotube arrays)는 스핀트로닉스, 마이크로파 응용, 바이오 센싱 등의 분야에서 응용이 가능하여 주목을 받고 있으며 이들을 합성하는 방법과 자성 특성에 대한 많은 발전이 이루어지고 있다. 나노튜브 배열은 나노박막이나 나노와이어 배열과는 매우 다른 자기이방성과 자화반전 특성을 보이기 때문에 이에 대한 연구가 최근에 특별한 주목을 받고 있다[1-3].

본 발표에서는 나노 기공을 가진 polycarbonate membrane을 형판으로 사용하고 여기에 전기도금 방법을 적용하여 Ni 자성 나노튜브 배열을 제작하는 새로운 방법을 소개한다. 제작한 Ni 자성튜브 배열에 대해 VSM과 Ferromagnetic Magnetic Resonance(FMR) 방법으로 측정된 자기 이방성 특성을 나노박막과 나노와이어 배열에 대해 측정된 특성과 비교한다. Ni 자성튜브의 특별한 자기 이방성 특성이 메타(meta) 재료, 마이크로파 흡수체 등의 IT 분야에 응용될 수 있다는 가능성도 제시하고자 한다.

## 2. 실험방법

본 연구에서는 polycarbonate membrane 형판을 이용하고, 3전극 및 정전압(potentiostatic) 방식의 전기도금으로 Ni 튜브배열을 제작하였다. 통상적인 방법과 달리 polycarbonate membrane 형판에 금을 스퍼터링하여 형성한 working electrode 면을 도금용액과 바로 맞닿도록 위쪽으로 향하게 놓고 진행한다(통상적으로는 polycarbonate membrane의 working electrode 면을 아래쪽으로 놓고 전기도금을 수행한다). Ni 도금에 사용한 용액은 DI water 1 리터 기준에 NiSO<sub>4</sub> 15.48 g, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 12.37 g을 용해시켜 제조하였으며 Potentiostat 장치를 이용하여 Ag/AgCl 기준전극에 대해 working electrode의 전위를 -1.0 V로 일정하게 유지하면서 도금을 진행하였다. 제작된 시편의 자화곡선은 VSM 장치를 이용하여 측정하였으며 FMR derivative spectra는 9.89 GHz의 마이크로파를 이용하여 측정하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

그림 1은 polycarbonate membrane 형판에 Ni 나노튜브를 증착한 후 형판을 dichloromethane 용액속에 넣어 용해시킨 시편을 FE-SEM으로 관찰한 사진을 보여준다. 이 결과로부터 직경 400 nm, 두께 40 nm 길이 약 3.2 μm의 튜브배열이 잘 제작되었음을 알 수 있다. 그림 2는 제작된 Ni 나노튜브 배열에 대해 FMR derivative spectra를 다양한 각도에서 외부자기장을 스위칭하면서 측정된 결과이다. 이 결과로부터 Ni 나노튜브 배열은 자기장을 가한 방향에 관계없이 약 2 kOe의 공진자기장( $H_{res}$ )을 보인다는 것을 알 수 있다. 이는 나노 박막이나 와이어배열에서 공진자기장이 외부자기장의 각도에 민감하게 변하는 결과와는 매우 다른 특이한 현상이다. 이러한 특이한 현상이 튜브배열에서 일어나는 기구를 VSM 측정 결과와 연관하여 고찰한다.

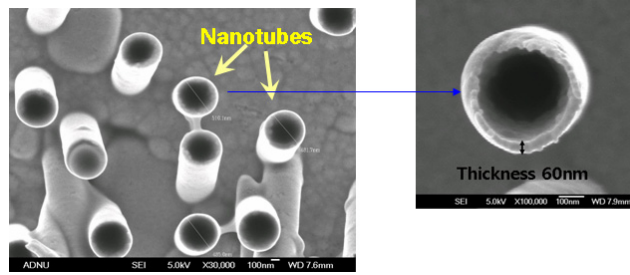


Fig.1 FE-SEM image of Ni tube array with wall thickness of 60 nm and diameter of 400 nm.

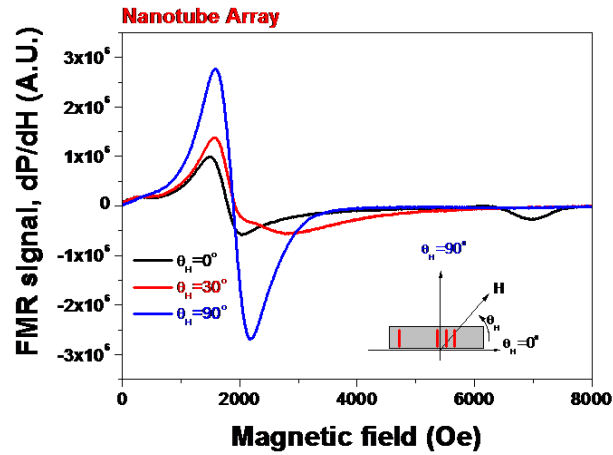


Fig.2 Angular dependence of FMR derivative spectrum of the Ni tube array with wall thickness of 60 nm and diameter of 400 nm.

#### 4. 참고문헌

- [1] Y.L. Li, S.L. Tang, R. Xie, Y. Wang, M. Yang, J.L. Gao, W.B. Xia, and Y.W. Du. Appl. Phys. Lett. **100**, 052402 (2012).
- [2] X.F. Han, S. Shamaila, R. Sharif, J.Y. Chen, H. R. Liu, and D. P. Liu, Adv. Mater. **21**, 4619 (2009).
- [3] D.D. Li, R.S. Thompson, G. Bergmann, and J.G. Lu, Adv. Mater. **20**, 4575 (2008).