

CoFe/Au 바코드 나노선 합성 및 나노선 직경과 자성층 두께에 따른 자기이방성 변화

김봉건^{1*}, 박범철¹, 서효원¹, 김기하¹, 김영근^{1,2}

¹고려대학교 공과대학 신소재공학과, 서울특별시 성북구 안암동 5-1, 136-713

²미래유망 파이오니어 생체응용 나노결정 융합연구단, 서울특별시 성북구 안암동 5-1, 136-713

1. 서론

다층 금속 나노선(또는 바코드 나노선)은 여러 기능을 동시에(복합기능, multifunctional) 가질 수 있으며 물성의 제어가 가능하다. 생물학, 자성학, 의학 분야로의 응용 가능성이 대두되면서 바코드 나노선에 대한 관심이 증대되고 있다. 특히 자성-광학 바코드 나노선(Fe/Au)은 자기적 특성과 광학특성 뿐만 아니라 고유한 특성을 가진다. 그 예로 생물학적 분자와의 높은 친화성을 들 수 있다. 세포 분리(Cell separation), 발열 치료(Hyperthermia), 센서(Sensor) 등의 바이오-메디컬 분야에 응용될 수 있다 [1].

2. 실험방법

본 연구에서는 $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}/\text{Au}$ 바코드 나노선을 50, 100, 200 nm 세공 크기를 가지는 산화알루미늄(AAO) 나노틀을 이용하여 단일욕(One bath)에서 펄스전착(Pulse electrodeposition)법으로 합성 하였다. 상온에서 다른 펄스 전류를 교차적으로 주면서 전착하였다. 합성 용액은 Co sulfate, Fe sulfate, Boric acid, 그리고 $\text{KAu}(\text{CN})_2$ 로 이루어진다. 합성된 바코드 나노선의 미세구조와 결정구조는 SEM, TEM, 그리고 XRD을 통해 측정하였고, VSM을 통해 자기적 특성을 확인하였다. 다양한 CoFe 층의 두께(T)에서 세 가지 나노선 직경(D)에 따른 자기적 특성 변화를 보았다 [2].

3. 실험결과

[그림. 1] 상단의 SEM 이미지를 통해 나노선이 원하는 자성층 두께와 나노선 직경에 따라 잘 합성되었음을 볼 수 있다. 하단의 M-H 그래프는 자기적 특성 비교를 위해 상온에서 VSM 측정으로 얻은 것이다. (a). D=50 nm (b). D=100 nm (c). D=200 nm 이며 나노선의 축 방향과 수직 방향으로 자기장을 걸어주었다. 자화 용이축(Easy axis)의 방향 변화로 확인가능한 자기이방성은 본 연구의 핵심 중 하나이다. 특히 T=25 nm CoFe/Au 경우에서 그 특성이 뚜렷하게 나타났다. 나노선의 직경이 D=50 nm, 100 nm, 200 nm로 증가하면서 자화 용이축의 방향이 나노선의 축 방향(//)에서 수직 방향(\perp)으로 변함을 확인할 수 있었다. T=600 nm CoFe층 샘플의 경우 모든 직경에서 자화 용이축이 나노선의 축방향으로 형성되는 것을 볼 수 있었다. D=200 nm 보다 D=50 nm 나노선의 자기이방성이 뚜렷하게 나타난다. 자화 용이축의 보자력(H_c) 값은 41.01 Oe (D=200 nm)에서 172.04 Oe (D= 50 nm)으로 증가하였다.

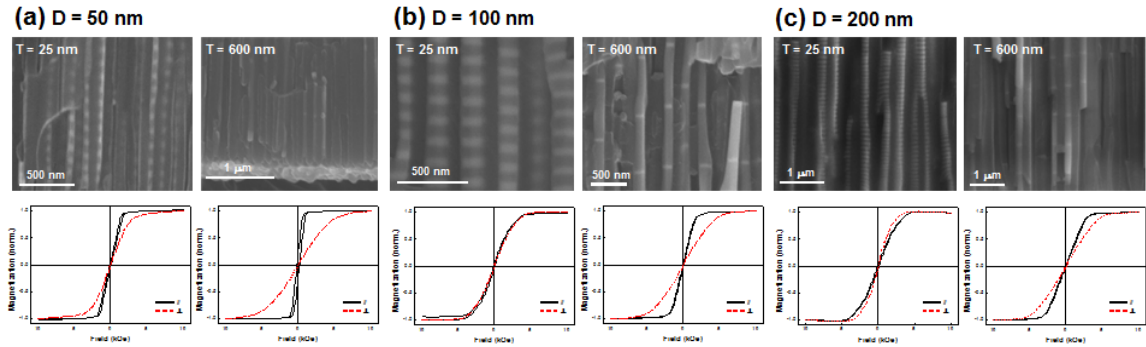


그림. 1.. 직경과 자성층 두께 변화에 따른 $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}/\text{Au}$ 바코드 나노선 SEM 이미지와 자기이력곡선.
 (a). $D=50$ nm, $T=25$ nm, 600 nm (b). $D=100$ nm, $T=25$ nm, 600 nm (c). $D=200$ nm $T=25$ nm, 600 nm

4. 고찰

CoFe/Au 바코드 나노선의 미세구조를 보면 자성층과 비자성층이 확실히 구분되어 있다. VSM을 통한 M-H 그래프를 보면, 잔류자기(Remanece)가 낮아 나노선끼리의 응집이 줄어들며, 보자력(Coercivity)이 낮아 연자성 체임을 확인할 수 있다. CoFe/Au 나노선의 직경이 커지면서 자화 용이축의 방향이 나노선 축방향에서 수직방향으로 변화됨을 확인할 수 있다.

5. 결론

CoFe/Au 바코드 나노선은 단일욕(One bath)에서 펄스전착(Pulse electrodeposition)법으로 합성되었다. 또한 SEM, XRD, 그리고 XRD를 통해 미세구조 및 결정구조를 측정하였으며, VSM을 이용하여 자기적 특성을 측정하였다. 이 바코드 나노선은 자성층과 비자성층이 확실하게 나누어지며, 낮은 보자력(Coercivity)을 가진다. 또한 나노선의 직경과 CoFe 층의 두께에 따라 자화 용이축의 방향이 변화한다. 이와 같이 나노선 직경이나 자성층 두께에 따라 물성의 제어가 가능하다. CoFe/Au 바코드 나노선은 자기적, 광학적, 촉매적 특성을 가지며 바이오 응용 가능한 Au 부분을 가지고 있어 여러 바이오-메디컬 분야에 응용 가능하다.

6. 참고문헌

- [1] J. H. Lee *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.* **46**, 3663 (2007)
- [2] J. De La Torre Medina *et al.*, *Physical Review B* **77**, 014417 (2008)