미세구조 변화에 따른 Ni 나노선 어레이의 자성특성 분석
Crystallographic orientation and microstructure dependent magnetic behaviors of arrays of Ni nanowires

Min Jun Ko[1*], Su Hyo Kim[1] and Young Keun Kim[1†]
[1]Department of Materials Science and Engineering, Korea University, Seoul 136-713, Korea

자성나노선은 외부 자장 하에서 자기적 센서, 작동기, 약물전달 시스템, 고열 요법 등 다양한 분야에서 높은 관심을 끌고 있다 [1]. 언급된 여러 분야에 효율적으로 이용되기 위해서는 목적에 맞는 자성 특성의 미세조절이 필수적이다. 나노 세공성 양극 산화 알루미늄 틀을 이용한 전기화학적 증착(electrochemical deposition)은 나노선 어레이의 형상을 쉽게 조절할 수 있고, 균일하게 대용량으로 합성할 수 있다는 장점이 있다. 하지만, 전기화학적 증착 방법을 통해서 합성된 Ni 나노선의 미세구조에 따른 자성특성은 많이 보고되지 않았다. 본 연구에서는 Ni 원자들의 배열, 결정립 크기에 중점을 두고 미세구조 및 자성특성을 이해하고자 한다. Ni 나노선 어레이는 전기화학적 증착방법으로 약 200 nm의 지름을 갖는 양극 산화 알루미늄 틀에서 합성되었다. 같은 전류밀도와 pH 조건에서, Ni 전구체와 완충용액을 조절하여 각기 다른 방향으로 우선 배열된 Ni 나노선 3 종과, 전착 온도를 조절하여 결정립 크기에 차이를 보이는 Ni 나노선 3 종을 합성하였다. Ni 나노선들의 구조는 엑스선 회절 분석기 (XRD), 주사전자현미경 (SEM), 투과전자현미경 (TEM) 및 진동시료자력계 (VSM)를 이용하여 분석하였다. 그림 1 (a)에서는 표준 Ni 분말의 엑스선 회절 패턴과 Ni 나노선의 회절 패턴을 비교하였고, 각각 [111], [200]. [220] 방향으로 배열되어있음을 확인할 수 있다. 그림 1 (b)에서는 결정이 우선적으로 배열한 방향에 따라 다른 자기이력곡선을 보임을 확인할 수 있고, 단결정 면심입방구조에서의 자기 결정 이방성과 비슷한 경향을 보임을 관찰할 수 있다 [2]. 그림 2 (a)에 나타난 엑스선회절패턴 데이터에서 'Scherrer equation'을

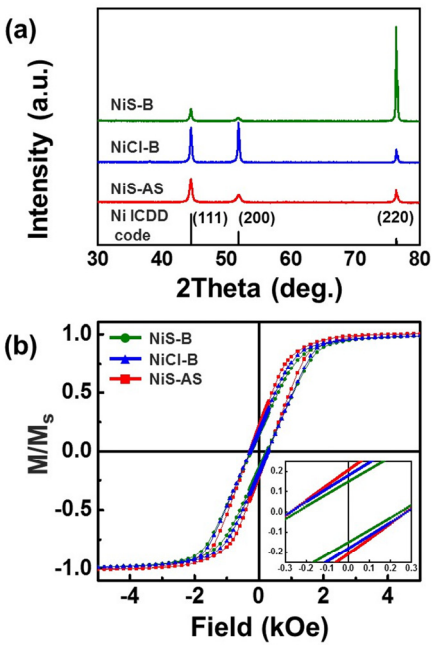

그림 1. 다른 결정방향을 갖는 Ni 나노선 어레이의 엑스선 회절 패턴 (a), 자기이력곡선(b)

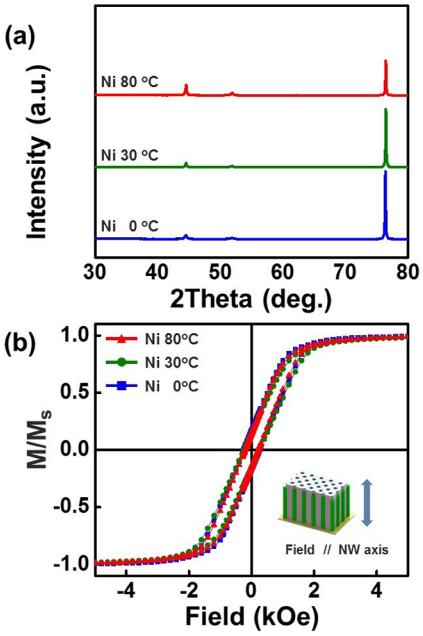

그림 2. 다른 결정립 크기를 갖는 Ni 나노선 어레이의 엑스선 회절 패턴 (a), 자기이력곡선(b)

이용하여 결정립 크기를 계산하였다. 섭씨 영도에서 전기화학적 증착한 Ni 나노선의 결정립 크기는 약 100.1 nm, 섭씨 80도에서 합성한 Ni 나노선의 결정립 크기는 약 374.7 nm로 큰 차이를 보임을 알 수 있다. 그림 2 (b)에서 확인할 수 있는 것처럼 전기화학적 증착 온도가 증가함에 따라 평균 결정립 크기가 증가하였고, 그 결과 나노선 어레이의 보자력이 감소함을 알 수 있다. 보자력의 감소는, 결정립 크기가 증가함에 따라 나노선 내부에서 결정립계의 영역이 감소하게 되었고, 그 결과 내부 결함이 감소하게 되어 자구벽 운동과 자기 모멘트의 스위칭이 비교적 쉽게 일어나는 것이라고 판단된다.

참고문헌

[1] J. H. Lee et al., Angew. Chem. Int. Ed., 46, 3663 (2007)
[2] S. Kaya et al., Sci. Repts. Tohoku Univ., 17, 639 (1928)