

연자성 박막 제지의 형성 및 특성

Fabrication and characteristics of soft magnets on paper

김 용성*, 신 경호**, 김 광호*

(Yong-Seong Kim*, Kyung-Ho Shin**, Kwang-Ho Kim*)

Abstract

The formation of soft magnets on paper(SMOP) is proposed for the first time and we have demonstrated it successfully. Iron was used to form the soft magnet thin film on paper. And Cr layer was used as a buffer layer because the roughness of substrate(paper) is not negligible. The maximum magnetization of Cr/Fe/Cr/Paper(Fe:5000Å) is about 1000 [emu/cc] and the coercive field is about 80 [Oe].

It is necessary to reduce the coercivity and to enlarge the magnetization value of SMOP to perform a good soft magnetic characteristics on paper. So, the permalloy material is the proper candidate for its high permeability, low coercivity and high magnetization values.

Key Words : soft magnet, permalloy, permeability, coercivity, magnetization

1. 서 론

최근 정보 통신 기술 분야의 눈부신 발전이 날로 더해가고 있다. 그런데, 이러한 정보통신 기술 혁명의 밑바탕을 이루고 있는 것이 문자, 종이의 발명과 인쇄기술 및 저렴한 서적과 신문의 보급, 컴퓨터 및 정보 통신 기술 개발 등으로 요약 될 수 있을 것이다. 또한 근래 인터넷 관련 기술이 하루가 다르게 발전하고 있는 속에서도 종이의 소비량은 더욱 증가하고 있다. 더불어, 문화와 경제가 발전함에 따라 실내 장식의 고급화 및 깨끗한 공간 활용의 중요성, 편리성, 미적 수준, 0세에서 10세까지의 시각 교육의

중요성 등의 관심과 욕구가 증가함에 따라, 다양하고 복합적인 기능을 갖는 제지에 대한 연구가 강화되고 있다. 또한 최근 전기전자·통신산업 등이 급속도로 발전하면서 유해 전자파 등의 환경 문제가 중대됨에 따라 이러한 문제를 제도와 기술적으로 해결하고자 하는 분위기가 조성되고 있어 환경 친화적이면서 환경문제의 최소화 기능을 겸비한 제지 등의 활용도에 관심이 고조되고 있다. 그리고, 정보화 사회로의 발전과 더불어 다양한 정보 제공과 광고를 위한 제지의 사용이 증가하여 옥내·외 부착된 광고물의 범람으로 인해 건축물과 시설물의 미관을 해치는 경우가 증가하고, 광고물이나 게시물의 부착에 있어 접착물질(접착제, 접착테이프 등)을 사용하므로 탈착 후 미관을 해치는 경우가 많다. 이에 대한 대응 방안으로 고무자석 등을 부착한 제지의 사용이 이미 자리잡고 있으나 그 공간이 한정적이거나 금속판 부착, 이동 등의 불편함과 안전성 문제가 있다.

* 청주대학교 전자공학과
(충북 청주시 상당구 내덕동 36 청주대학교)
FAX : 043-229-8461
E-mail : b729ys@shinbiro.com)
** 한국과학기술 연구원(KIST)

이와 같은 이유로 부착 공간 확보가 용이하고 이용함에 있어서 편리한 방법이 요구된다. 현재까지는 제지의 기능을 높이기 위해 자성재료¹⁾를 직접 접착 혹은 첨가하거나, 비닐과 금속 등의 적층체로 구성하는 방식을 사용하여 여러 과정을 거쳐야 하는 등 생산 효율이 떨어지고 제지의 응용 범위가 매우 한정적이다. 뿐만 아니라, 제지의 재활용 등에 관한 환경 문제와 기능의 지속성 문제에 직면하고 있다.

본 연구에서는 이러한 요구에 부응할 수 있을 것으로 기대되는 기능성 연자성 박막 제지의 개발을 목표로 하고 있으며 그에 대한 연구결과에 대해 논의코자 한다.

2. 실험 방법

2.1 제지 표면의 연자성체 박막 형성 (Soft Magnets On Paper)

본 실험에서는 종이를 기판으로 하여 그 위에 연자성체 박막을 DC 스퍼터링법을 이용하여 성막하였다. 기판으로 쓰인 종이는 일반 인쇄용지로 쓰이는 A4 용지를 이용하였다. 박막을 형성하기 전에 먼저 AFM(Atomic Force Microscopy)을 이용하여 기판 표면의 roughness를 확인했다. 스퍼터링 조건은 표 1에 보였다.

표 1. DC 스퍼터링 조건

Substrate	Paper (A4)
DC power	50 W
Targets	Fe, Cr
Target size	6"×2t
Ar pressure	30 SCCM, 2 mTorr
Vacuum(init.)	$\sim 6 \times 10^{-6}$ Torr

위의 표에서 나타냈듯이, 사용된 스퍼터링 타겟은 Fe, Cr의 2종이다. 기판의 roughness가 일반적으로 쓰이는 박막형성용 기판인 Si등의 경우보다 훨씬 심하기 때문에 자성층을 형성하기 전에 buffer layer로써의 역할과 roughness를 완화시킬 수 있도록 Cr 층을 약 1000Å 두께로 성막 하였다.

그리고, 자성박막의 두께는 3000, 4000, 5000Å의 세 가지로 하여 두께에 대한 자성 특성의 변화를 관찰하고, buffer layer(Cr)의 유무에 따른 특성의 변화(magnetization, roughness 등의 변화)를 관찰하였다.

2.2 자성 특성 평가

자성특성의 평가 방법으로는 Vibrating Sample Magnetometer(VSM)을 이용하였다. VSM 측정시 인가한 자계는 $\pm 1k$ [Oe.] 였다. 특성평가에 사용된 시편들은 Fe 층의 두께를 3000, 4000, 5000Å로 하였다.

3. 실험 결과

다음에 보인 그림 1.a부터 그림 1.c까지의 결과에서 Fe 층의 두께가 증가함에 따라 magnetization 값이 증가하고 있음을 알 수 있다. 이는 종이를 기판으로 사용하더라도 자성특성을 충분히 얻어낼 수 있다는 사실을 뒷받침하는 것이라 할 수 있겠다. 자성특성의 비교를 위해 종이 기판과 SiO₂/Si 기판의 경우를 함께 보였다. SiO₂/Si 기판의 경우와 비교하면 permeability라든가 H_c의 차이가 크긴 하지만 비교적 양호한 자성특성을 보이고 있음을 알 수 있다.

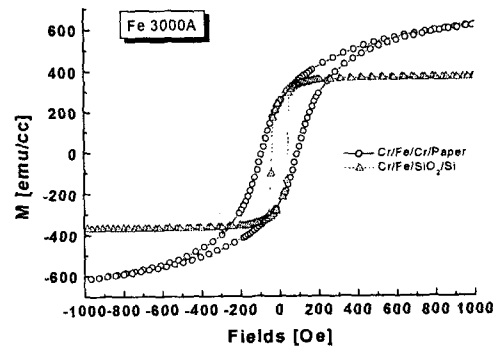


그림 1.a

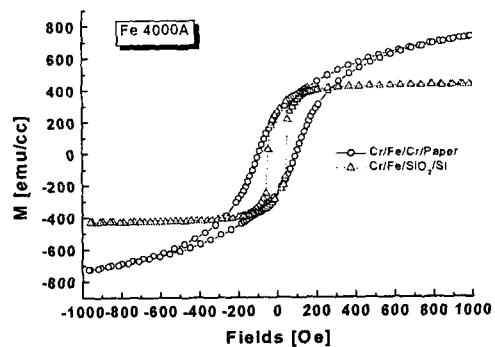


그림 1.b

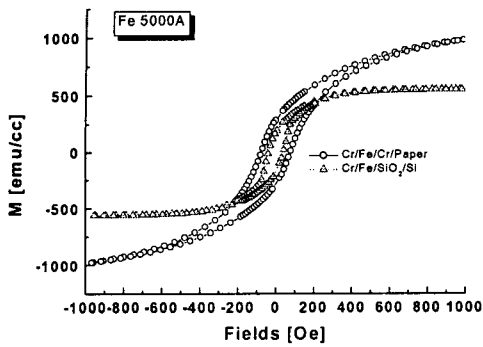


그림 1.c

그림 1. Fe 두께에 따른 Cr/Fe/Cr/Paper 및 Cr/Fe/SiO₂/Si 구조의 VSM 특성 비교

그림 1.에서 보여지는 permeability 및 H_c 값의 차이는 기판의 roughness 정도에 크게 좌우되는 것으로 판단된다. Cr buffer layer가 있는 경우와 없는 경우 각각의 VSM 특성에서는 눈에 띄만한 차이가 보이지는 않았다. 따라서, 기판의 종류에 따른 표면의 roughness의 차이를 알아보기 위해 AFM을 이용하여 결과를 비교하여 보았다.

아래의 그림 2.는 Cr/Fe/Cr/Paper, Cr/Fe/Paper 및 Cr/Fe/SiO₂/Si 각각의 구조에 대한 AFM 결과를 함께 나타낸 것이다. 그림에 보이듯, Fe 층의 두께가 증가할수록 roughness는 감소하고, 또한 Fe 아래에 Cr buffer층이 형성된 경우 그렇지 않은 경우보다 roughness가 감소함을 알 수 있다.

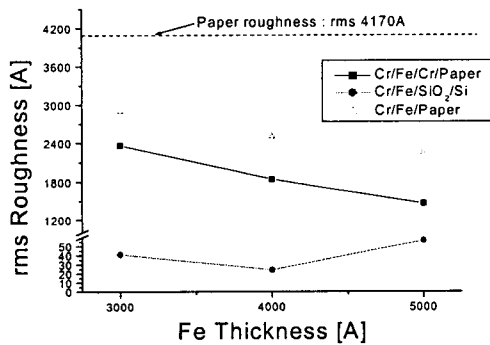
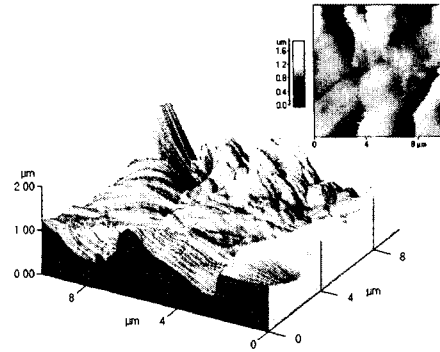
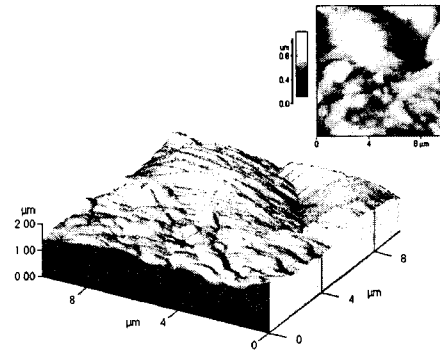


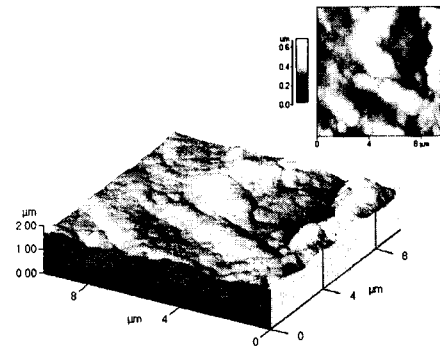
그림 2. 기판의 종류와 Fe 두께에 따른 roughness의 변화 비교



AFM image of Cr/Fe/Cr/Paper
Fe : 3000A, Rrms : 0.218um



AFM image of Cr/Fe/Cr/Paper
Fe : 4000A, Rrms : 0.123um



AFM image of Cr/Fe/Cr/Paper
Fe : 5000A, Rrms : 0.0979um

그림 3. 종이기판 및 그 위에 형성된 박막에 대한 AFM image

또, 기판으로 사용된 일반용지(A4)의 성막전 roughness보다는 훨씬 적은 값을 가지는 것을 알 수 있다. 위의 그림 3에는 Fe 두께에 따른 roughness를 나타내고 있는 AFM image를 열거했다.

본 실험을 통해 제작한 연자성 박막 제지(Cr/Fe/Cr/paper)에 대한 자성 특성 평가 결과 보자력이 최소 약 70 [Oe.] 정도로 나타났다. 이는 Fe의 bulk 상태에서 갖는 값(1 이하)에 비하면 월등히 높은 값이다. 따라서 현재보다 더 낮은 보자력을 실현해야 하겠다.

4. 결 론

이상의 결과들로부터 일상생활에 널리 쓰이고 있는 종이를 기판으로 해서 자성 박막을 형성하고 비교적 양호한 자성특성을 얻어낼 수 있음을 확인할 수 있었다. 그리고, 양호한 연자성 특성을 갖기 위해서는 낮은 보자력과 큰 투자율이 필수적이다. 따라서, 이러한 조건을 만족시키기 위해서는 자성층을 형성할 때 높은 투자율과 낮은 보자력을 갖는 물질을 이용함이 필수적일 것이다. 이러한 요구를 충족시킬 수 있도록 하기 위해 Fe 뿐만 아니라, permalloy(Ni-Fe alloy)를 이용한 연구를 계속 수행중이다. 또한, 부가적으로 연자성 박막 제지가 자석의 탈부착을 이용한 접착 재료로써의 기능 뿐만이 아닌 연자성 특성을 이용한 전자파 차폐³⁾ 재료로써의 역할도 행할 수 있도록 이에 대한 연구도 함께 진행하고 있다.

마지막으로, 기판이 종이라는 사실 때문에 해결해야 할 문제점도 있다. 그 중 하나는 스퍼터링을 수행하는 동안의 열로 인한 기판의 손상(탈색, 탈수) 등을 들 수 있겠다. 물론 이것은 성막 후 부가적인 공정을 거쳐야함을 의미한다. 따라서, 본 연구의 목적을 적절히 달성하기 위해서는 열에 민감하지 않은 종이 기판의 모색과, 종이기판 위에서도 충분한 연자성 특성을 나타낼 수 있는 박막재료와 성막 조건의 정립이 절실히 요구된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 산업기반기술개발사업의 연구비 지원을 받아 수행되었음.

참고 문헌

- [1] B.D. Cullity, "Introduction to magnetic materials", Addison-Wesley publishing company, 1972.
- [2] Jenica Neamtu, "Magnetic studies of Ni-Fe thin films prepared by dc sputtering", Journal of magnetism and magnetic materials, 157/158,

pp461-462, 1996.

- [3] Manuel Reta-Hernandez, "Attenuation of low frequency magnetic fields using active shielding", Electric Power Systems Research 45, pp57-63, 1998.