

## 아몰퍼스 자성박막의 센싱기능에 관한 연구

### Study on the Sensing Function in Amorphous Magnetic Thin Films

김남규, 진성빈, 신용진 (명지대학교),  
임재근\* (충북전문대학),  
서강수 (생산기술원).

Nam-kyu Kim, Sung-Bin Jin, Yong-Jin Shin (Myong-Ji Univ.),  
Jae-Geun Lim\* (ChungBuk Junior College),  
Kang-Soo Seo (KAITECH).

#### ABSTRACT

In this paper, we prove through the experiments the possibility that Co-amorphous magnetic films can be used as high sensibility materials. We fabricate amorphous film of  $Fe_{4.7}Co_{74.3}Si_2B_{19}$  by using sputtering method at high frequency. Then, we not only measure the magnetic properties of the annealed samples, but also observe the magnetic domain by using an Kerr effect optical microscope. As the result, we find that the samples have high sensibility

#### 1. 서론

아몰퍼스금속은 고경도, 저탄성, 높은 전기저항을 및 초전도성을 갖으며, 결정자기이방성이 존재하지 않는 고투자율의 연자성재료이다. 그리고 저철손과 현저한 자왜를 갖는 등의 여러가지 특성을 갖고 있다.

아몰퍼스합금의 제작법으로는 진공증착법, 화학기상반응법, 도금법, 액체급냉법 및 스퍼터(sputter)법 등이 있으며, 분말, 와이어, 박대 및 박막 등의 형상으로 제작되고

있다.<sup>1)</sup> 이들 아몰퍼스재료는, 최근 자기저항(MR)효과와 자기임피던스(MI)효과 등에 관한 연구가 활발해지면서, 각종 고감도 자기센서로서의 우수성이 많이 발표되고 있다.<sup>2-6)</sup>

본 논문에서는 영자왜계의  $Fe_{4.7}Co_{74.3}Si_2B_{19}$  아몰퍼스박막을 고주파스퍼터링으로 제작하여, 자계중열처리를 시행한 후 그 자기특성의 변화를 측정분석하고, 또, 광학현미경으로 자구의 변화를 관찰하여 고감도 자기센서 소재로서의 가능성을 조사하였다.

#### 2. 시편의 제작

아몰퍼스박막은 마그네트론·스퍼터장치(ANELVA,SPF-332H)를 사용하여 고주파스퍼터링으로 제작하였다. 스퍼터링 할 때의 주파수는 13.56[MHz]이었고, 챔버내의 가스는 고순도의 Ar가스(순도 99.995%)를 사용하였다. 그리고 타겟의 조성은  $Fe_{4.7}Co_{74.3}Si_2B_{19}$ 의 영자왜재료로 하였다.<sup>2)</sup> 표 1은 본 연구에서 시료박막 제작을 위해서 시행한 스퍼터링 시의 조건을 실은 것이다.

표 1. 박막제작을 위한 스팩터링 조건  
Table 1. Sputtering conditions for film fabrication.

Contents	Conditions
Vacuum	$1.8 \sim 2.2 \times 10^{-6}$ [Torr]
RF-Power	150~470 [W]
Pre-sputtering	5~10 [min]
Main-sputtering	1~20 [min]
Temperature	18~24 [°C]
Ar-gas pressure	5.8~6.8[mTorr]

### 3. 실험 및 결과

#### 3.1 자계중 열처리 효과

본 연구에서는 박막제작시 내부에 가해지는 응력을 완화하고, 또 자기이방성을 유도하기 위하여, 약 150[Oe]의 자계중에서 결정화 온도를 넘지않은 온도범위에서 열처리(field annealing)를 하였다. 그리고 열처리 전후의 시료박막에 대한 자기특성을 조사하였다.

그림 1은 R·F power: 370[W], Ar가스압력: 6.4[mTorr]에서 제작한 박막에 약150[Oe]의 자계중 300°C에서 15분간 열처리 한 박막의 보자력[Hc] 변화를 나타낸것이며, 그림 2는 R·F power: 470[W], Ar가스압력: 6.0 [mTorr]에서 제작한 박막에 위와 같은 조건에서 열처리 한 박막의 보자력[Hc] 변화를 나타낸것이다.

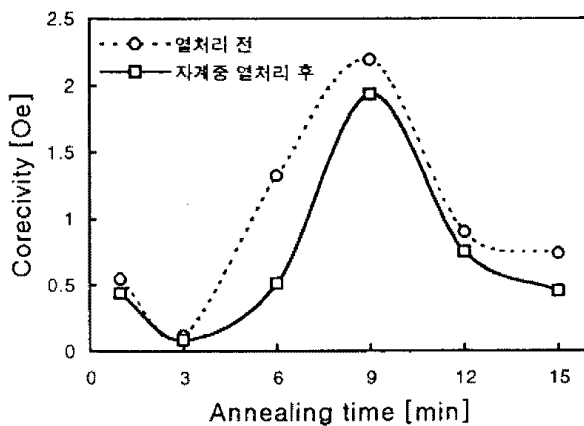


그림 1. 자계중열처리효과와 보자력의 관계  
( RF power 370[W], Ar 6.4[mTorr] )

Fig. 1. Relation between corecivity[Hc] and annealing under magnetic field  
( RF power 370[W], Ar 6.4[mTorr] )

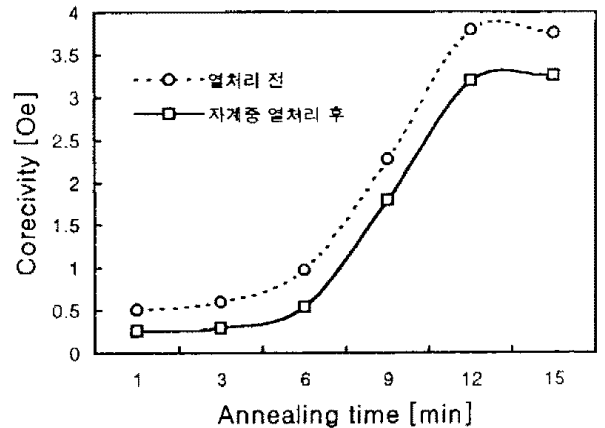


그림 2. 자계중열처리효과와 보자력의 관계  
( 470[W], 6.0[mTorr] )

Fig. 2. Relation between corecivity[Hc] and annealing under magnetic field  
( RF power 470[W], Ar 6.0[mTorr] )

그림 3은 R·F power: 370[W], Ar가스압력: 6.4[mTorr] 및 스팩터링 시간: 3[min]으로 하여 제작한 박막(두께 0.35[μm])에 대하여 측정된 MH곡선이다. 그림에서 곡선 ①은 열처리 전의 시편에 대한 것으로서 Hc는 0.096[Oe]이고, 곡선 ②는 150[Oe]의 자계중 300°C에서 15분간 열처리를 한 박막에 대한 것으로서, 자화용이축방향으로 자계를 가한 경우이며, Hc는 0.084[Oe]이었다. 즉, 열처리 전의 상태에서는 일반적으로 아몰퍼스 자성체에서 볼 수 있는 낮은 보자력의 루프이지만, 자계중 열처리 후에는, 미약자계(0.1[Oe]이하)의 인가로 큰 Barkhausen 도약을 나타내게 된다. 곡선 ③은 ②와 같은 조건으로 열처리한 박막에 대하여 자화곤란축방향으로 자계를 가한 경우의 것이다.

그림 3 및 4에서 알 수 있는 바와 같이, 열처리 과정을 거치므로서, 시료박막의 자기특성이, 열처리 전의 것 ①에 비하여 월등하게 향상되었으며, 각형성이 분명해졌다. 이것은 자계중 열처리에 의해서 박막내에 자기이방성이 유도되고, 또, 박막제작시, 내부에 가해진 응력이 완화되어, Co계 아몰퍼스 자성박막의 특성이 나타난 것으로 생각된다. 특히, 자화용이축방향으로 자계를 가했을 경우의 것이, 분명한 자

화반전을 하므로서 Barkhausen효과가 크게 나타나게 됨을 확인할 수 있다. 그에 비해서 자화끈관축 방향으로 자계를 가했을 경우에는 곡선 ③과 같이 히스테리시스루프를 형성하지 못하였다. 그리고, 그림 3 (막두께  $0.35\mu\text{m}$ )와 그림 4 (막두께  $0.59\mu\text{m}$ )의 비교에서, 얇은 쪽의 박막에서 우수한 자기특성을 나타내고 있음을 알 수 있다.

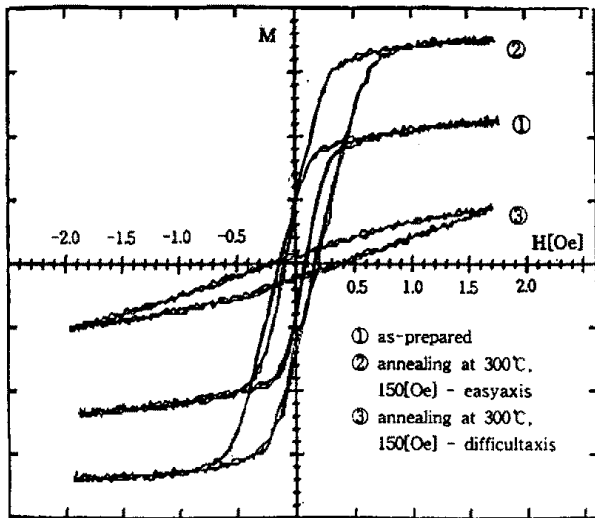


그림 3. 박막시료( $0.35\mu\text{m}$ )의 자화곡선.  
Fig. 3. M-H loop of sample film( $0.35\mu\text{m}$ ).

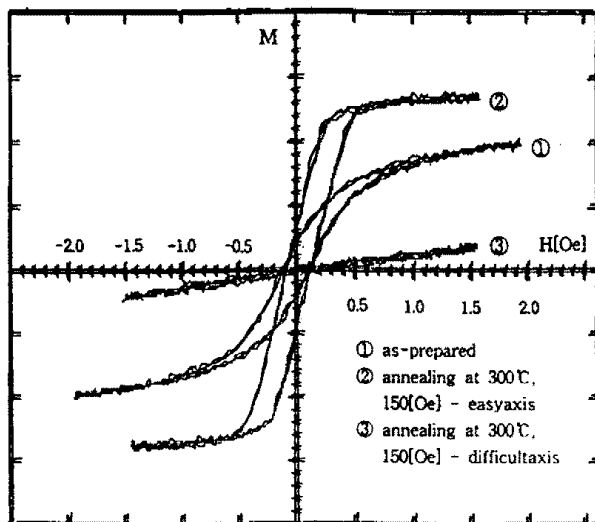


그림 4. 박막시료( $0.59\mu\text{m}$ )의 자화곡선.  
Fig. 4. M-H loop of sample film( $0.59\mu\text{m}$ ).

### 3.2 자구관찰

열처리 후의 아몰퍼스박막을 다시 무자계 중에서 열처리를 행하면 그림5와 같이, 어떤

입계자계에서 큰 Barkhausen 도약이 일어난다. 이 현상을 확인 하기위해서 종 Kerr효과 광학현미경을 사용하여, 자화과정을 관찰하였다. 그림 5는 시료중앙부분의 자구의 변화모습을 보인 것이다.

먼저 ①의 상태에서는 자화가 거의 동일 방향을 향하고 있으며, 단자구 구조로 되어 있다. 다음에, 이 상태에서 자계 H를 감소해가면, 시료 중앙부로부터 역자구인 검은 부분이 생성되어 왼쪽으로 성장해간다. 그 뒤, 자계의 방향이 반전하여 역자구가 생성되어 ②와 같이 되면 자화의 변화는 정지한다. 그렇다면,  $H=-0.1[\text{Oe}]$  정도에서 검은 부분이 시료의 오른쪽에서부터 생성하는 것과 동시에 일순간에 도약하고, 검은 부분이 시료 중앙부로 성장해가서 ③과같이 포화에 도달한다.

그후, 자계 H를 역으로 증가시켜가면 밝은 하얀 부분이 시료 중앙부로부터 생성되어, 오른쪽으로 성장해 간다. 그리고, 오른쪽에 도달하여 ④와 같이 되면 자화의 변화가 정지한다. 다시,  $H=0.1[\text{Oe}]$  정도에서 하얀 부분이 시료 왼쪽에서 생성함과 동시에 도약하고, 그것이 시료 중앙부로부터 성장해가서 포화에 도달하여 ①의 상태로 귀환한다.

이와 같은 일련의 자화과정은 이방성이 유도된 부분이 역자구의 생성핵과 자벽의 강한 핀닝사이트(pinning site)로 되어 있기 때문인 것으로 생각된다.

### 4. 결 론

이상에서 기술한 바와같이, 영자와 아몰퍼스자기박막을 제작하고, 열처리과정을 거친 시료의 자기특성을 조사한 결과, 1) 자계중 열처리 후 다시 무자계 열처리과정을 거친 시료의 Barkhausen효과가 현저하게 나타났으며, 2) Kerr효과 광학현미경에 의한 자구 관찰에서도 큰 Barkhausen도약을 분명히 확인하였다. 따라서, 고성능자기센서로서의 기본특성을 갖추고 있음이 확인되었다.

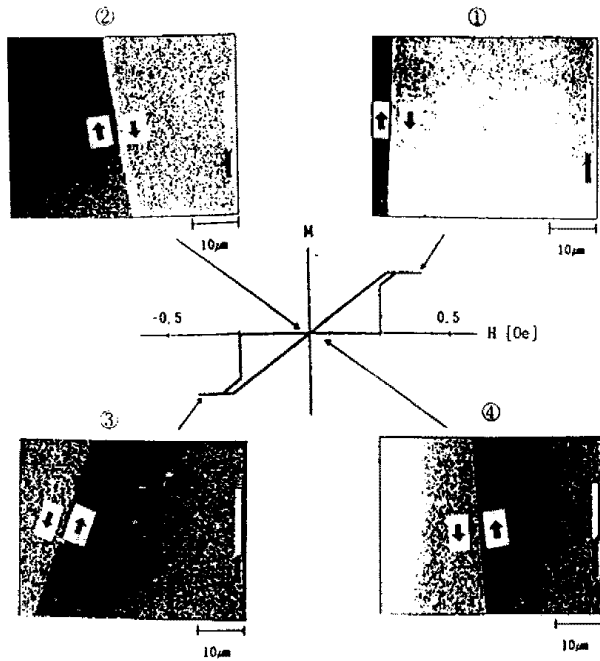


그림 5. 아몰퍼스 자성박막의 자화과정.

Fig. 5. Magnetization process of amorphous thin films.

### 참고 문헌

- 1) 飯田修一 外 6名; 磁性薄膜工學, 丸善出版社, p145, 1977.
- 2) 山崎二郎 ; 日本應用磁氣學會誌, 16,(1),15(1992)
- 3) Y. Yoshida, T. Uchiyama, K. Mohri & S. Ohga : "Quick Response Field Sensor Using 200 MHz Amorphous MI Element Multivibrator Resonance Oscillator", IEEE Trans. Magnetics, 29, No. 6, 3177 (1993)
- 4) 愼鏞璉 外 2人 ; "아몰퍼스 박막의 자기특성에 관한 연구", 明知大學校附設産業技術研究所論文集, 13, 88 (1994)
- 5) 内山 剛·毛利佳年雄·神保睦子·網島 滋: CoFeB아몰퍼스스박막의磁氣 임피던스效果', 日本應用磁氣學會誌, 19 (1995)
- 6) 愼鏞璉 外 2人 ; "아몰퍼스 자왜 와이어의 제작과 센서특성", 明知大學校 附設 産業技術研究所論文集, 14, 42 (1995)