

공차제어를 위한 인프로세스 계측 자기센서의 개발 연구

-Research and Development of Inprocess Measuring Magnetic sensor for Tolerance Control-

신용진*

Shin, Yong Jin*

소대화*

Soh, Dae Wha*

김현욱*

Kim, Hyun Ug*

이광배*

Lee, Kwang Bae*,

강재덕**

Kang, Jae Duk**

Abstract

This paper shows the study for development inprocess measuring magnetic sensor for tolerance control. First, we fabricated and annealed sample amorphous ribbons which were made of $(\text{Co}_{0.94}\text{Fe}_{0.06})_{79}\text{Si}_{2}\text{B}_{19}$ having near zero magnetostrictive. It had 12[μm] of thickness, 10[mm] of length, and 2.5[mm] of width. Then, we measured the magnetic characteristics such as frequency dependency over impedance variation rate and position change over impedance variation. As the results of the evaluation, we found that the sample ribbons had excellent sensor characteristics. Then, we made sensors by using the sample ribbons.

As the results of the measurements, it proved that the ribbon could be used as excellent magnetic sensor for which it was possible to control inprocess measurement within the tolerance range($\sim\mu\text{m}$)

* 명지대학교 공과대학 전자정보통신공학부

** 극동정보대학 전자통신과

1. 서 론

자성체의 센싱 응용의 역사는 오래되었으나, 1970년대 중반에, 액체급냉법에 의한 아몰퍼스 자성체가 개발되고, 그 자기적성질의 연구가 진행되는 과정에서, 센서로서의 우수한 특성이 발견되었다. 그리고 또 응용분야에서의 다양화 추세에 따라 그 응용개발이 급속히 진전되었다.^{1,2)}

센싱 기능으로서는, 아몰퍼스 구조의 고저항율에 기인하는 연질자기특성의 고속응답성, 결정자기이방성의 결여에 의한 자기특성의 응력반응성, 유도자기이방성의 제어에 의한 비선형 자기특성, 고자왜 진동에 의한 자기탄성과 등이 주로 이용되고 있다.

아몰퍼스합금의 조성에서는 3d 천이금속계의 대표적 강자성체인 Co, Fe, Ni 등의 합금과 아몰퍼스상태로 하기 위한 비금속계인 B, Si, C, P 등의 제 3 또는 제 4원소를 첨가한 합금이 대표적이며, 형상은 미립자, 세선, 박대, 박막 등으로 하여 주로 이용되고 있다.³⁾

한편, 아몰퍼스자성체는, 그 자기적 성질에 관한 해명연구가 진행되는 과정에서 센서(sensor) 소재로서의 우수한 특성이 발견되면서, 여러분야에서의 그 응용을 위한 개발연구가 활발하게 진행되어 왔다.

본 연구에서는 그 우수한 감성기능으로 주목받고 있는 아몰퍼스자성체 중에서, 영자왜에 가까운 $(\text{Co}_{0.94}\text{Fe}_{0.06})_{79}\text{Si}_{2}\text{B}_{19}$ 조성의 두께 $12[\mu\text{m}]$, 길이 $10[\text{mm}]$ 및 폭 $2.5[\text{mm}]$ 인 시료리본을 제작하고, 열처리를 하여 시료리본에 일축자기이방성을 유도하고, 구조를 완화하여 보자력을 저하시킨 다음, 임피던스 변화율의 주파수 의존성과 임피던스 변화에 따른 위치변화 등의 측정을 통하여, 자기리본의 우수한 센서특성을 확인하였으며,⁴⁾ 시료리본을 이용하여, 센서를 시험 제작하고 실험한 결과 $[\mu\text{m}]$ 단위의 변위계측이 가능함을 확인하였다.

2. 실험

2-1. 자기특성

그림 1은 시료리본의 자기특성의 측정을 위한 측정 시스템의 블록도를 나타낸 것이며, 그림 2는 자기임피던스(MI)효과의 측정을 위한 개략도를 나타낸 것이다. 고주파원으로 부터 전류 I_f 를 시료리본에 직접 통전하고 외부자계 H_{ex} 를 가하면서, 시료리본 양 단간에 걸리는 전압 e 의 진폭 E_f 를 측정하고, 임피던스의 크기 $|Z| = E_f/I_f$ 를 구한다. 그리고, 임피던스의 변화율 $\Delta|Z_{H_{ex}}|/|Z_{H_0}|$ 는 다음식으로 구하였다.

$$\frac{\Delta Z_{H_{ex}}}{Z_{H_0}} = \frac{Z_{H_{ex}} - Z_{H_0}}{Z_{H_0}}$$

여기서, $Z_{H_{ex}}$ 는 외부자계를 인가했을 때의 임피던스이고, Z_{H_0} 는 외부자계를 인가하지 않았을 때의 임피던스이다.

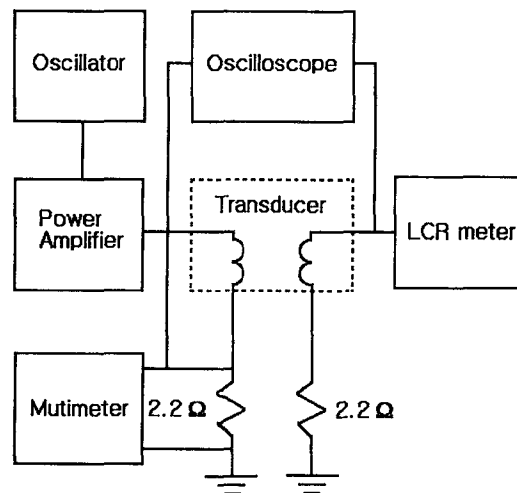


그림 1 변환기 시험 시스템의 블록도

Fig. 1 Diagram of measuring system of transducer.

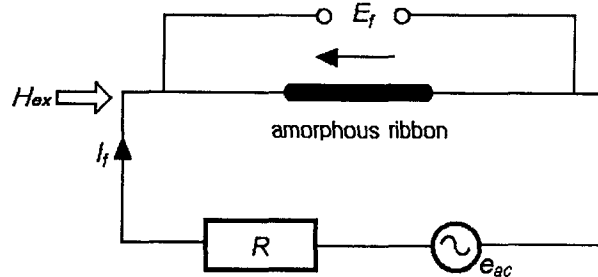


그림 2 MI효과의 측정회로

Fig. 2 Measuring circuit for MI effect.

그림 3은 시료리본의 통전전류 I_f 에 대한 임피던스변화율의 주파수 의존성을 조사한 것이다. 이 경우 외부자계 H_{ex} 는 10[Oe]를 인가하였다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이, 1[MHz] 이하에서는 임피던스의 변화율이 작고, 거의 변화가 없으나, 그 이상에서부터의 증가는 10[MHz]에서 최대치를 나타내었으며, 그 변화율은 약 4.52[%/Oe]이었다.⁴⁾

2-2 변위의 검출

먼저 위치변화의 검출을 위하여 0.1mm ϕ 굵기의 코일을 450회 감은 LVDT (Linear variable differential transformer)를 제작하였다. LVDT는 자유롭게 움직이는 자기리본의 위치변화에 따른 유기전압을 검출하는 일종의 변환기(transducer)이다. 이것은 1개의 1차 코일과 2개의 2차 코일로 구성되어 있으며, 1차 코일과 2차 코일은 원통형 실린더에 대칭구조로 장치하고, 자기리본은 코일의 안쪽에 그 축과 나란히 들어가 있다. 그림 4는 LVDT 구조의 개략도를 나타낸 것이다.

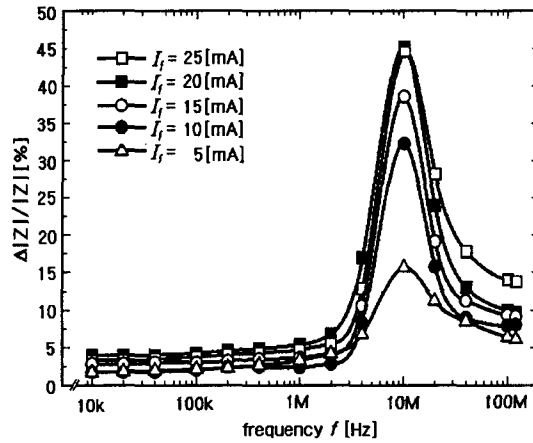


그림 3 전류에 대한 MI의 주파수의존성($H_{ex}=10[\text{Oe}]$)

Fig. 3 Frequency dependance of MI to the current($H_{ex}=10[\text{Oe}]$).

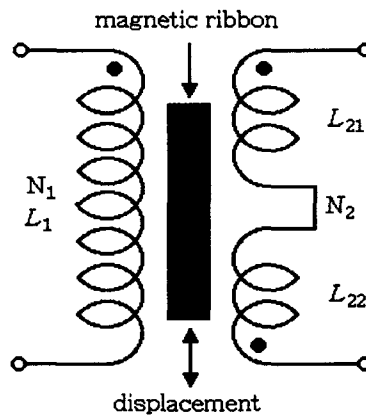


그림 4 LVDT구조의 개략도

Fig. 4 Schematic representation of LVDT.

그림 5는 자기리본의 위치변화에 따른 LVDT의 출력을 나타낸 것이다. 즉, 1차 코일이 외부 교류 전원에 의하여 통전 되면, 같은 전압이 2차 코일에 유도된다. 이들 코일은 직렬로 반대 방향으로 접속되어 있어서, 두 전압은 서로 반대 극성을 이루게 된다. 따라서, 변환기의 출력은 두 전압 사이의 차(변위)에 의해서 유기되며, 리본(코아)의 위치가 중앙일 때, 출력은 0이 되고, 리본이 영점으로부터 변위하는데 따라 검출코일에는 전압이 유기된다.

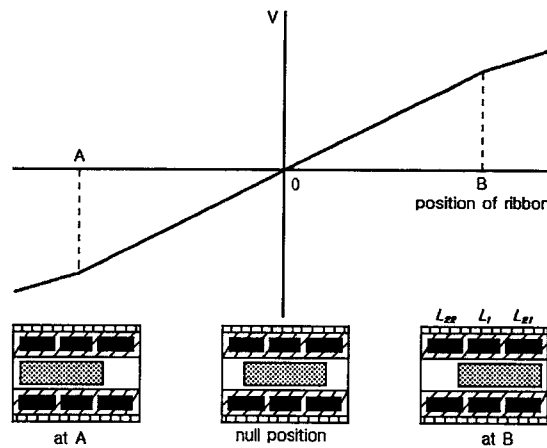


그림 5 리본의 위치에 따른 출력
Fig. 5 Output with position of ribbon.

즉, 자기리본의 위치변화(임피던스변화)는 선형적인 차동전압의 출력으로 나타나게 된다.⁶⁾

또, 출력신호(또는 위상변화)는 자기리본의 위치정보로 이용할 수 있기 때문에, 1차와 2차 코일의 신호전압사이에 상변화가 발생할 경우, PLL (Phase-locked loop)에 의한 기계적인 위치변화, 즉, 상의 변화량에 비례하는 출력전압이 나타나게 된다.

그림 6은 직류구동 LVDT의 블록도를 나타낸 것이며, 그림 7은 LVDT를 인터페이스하기 위한 모듈의 블록도를 나타낸 것이다.

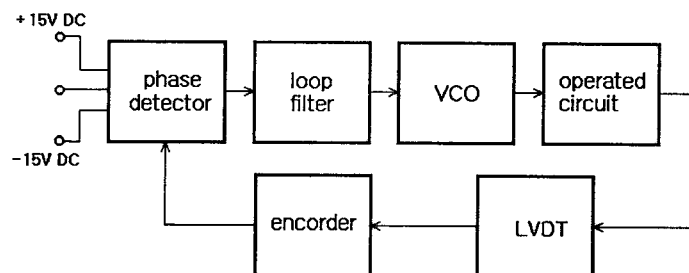


그림 6 DC 구동 LVDT의 블록도
Fig. 6 Schematic representation of DC operated LVDT.

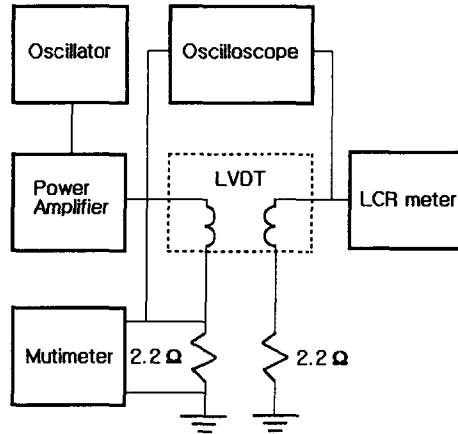


그림 7 LVDT 인터페이스 모듈의 블록도

Fig. 7 Block diagram of LVDT interface module.

3. 결과 및 검토

그림 8은 시료리본의 위치를 영점상태에서 정 \square 부 방향으로 10[μ m]씩 이동시키면서 미소 변위와 유기 전압의 관계를 나타낸 것이다.

그림에 나타낸 바와 같이, 시스템의 센싱기능은 아몰퍼스리본의 미세 위치변화를 감지하여 A/D, D/A변환을 거치면서 μ m까지의 측정이 가능하였다. 변위의 검출은 1차와 2차 유기전압의 신호 사이에서의 상 변화의 측정으로 이루어졌으며, 신호전압과 변위가 선형적인 관계가 있다는 사실을 나타내고 있다.

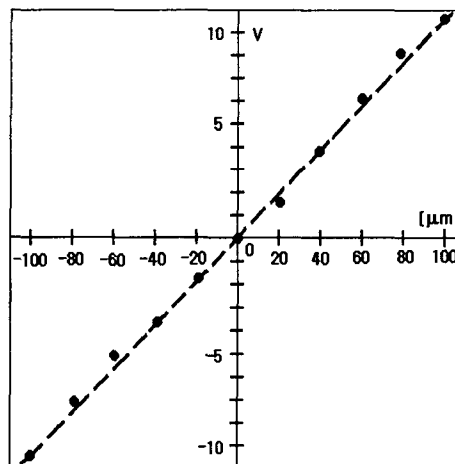


그림 8 시료리본의 위치와 전압의 관계

Fig. 8 Relation of displacement and output voltage of sample ribbon.

그림 9와 10은 측정범위(20~80[μm]) 내에서의 변위에 따른 자기임피던스와 인덕턴스의 변화를 나타낸 것이다. 자기임피던스는 급격히 감소하고, 인덕턴스는 증가하는 추세를 보이고 있다.

이 결과는 미세한 위치변화를 충분히 검지할 수 있는 변위센서로서, 감성기능이 충분한 것으로 생각되며,^{7,8)} 허용공차 범위 내에서 민감히 작동할 수 있는 소재임을 확인할 수 있었다.

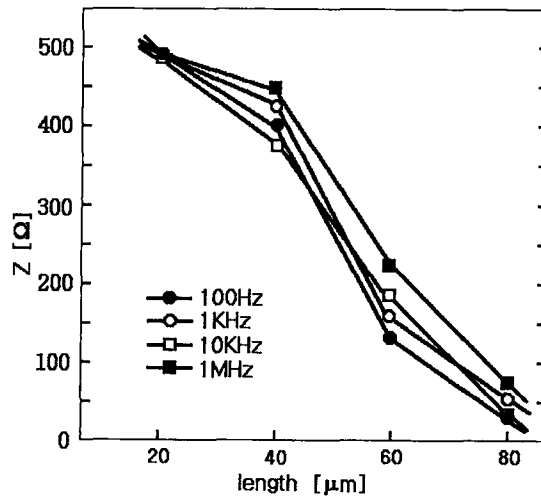


그림 9 임피던스와 변위의 관계

Fig. 9 Relation of impedance and displacement.

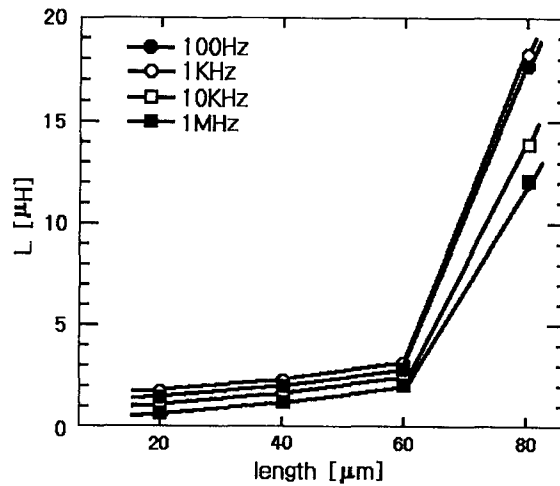


그림 10 인덕턴스와 변위의 관계

Fig. 10 Relation of inductance and displacement.

4. 결 론

본 연구를 통하여 얻은 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 영자와 아몰퍼스리본의 조성은 $(\text{Co}_{0.94} \text{Fe}_{0.06})_{79}\text{Si}_{2}\text{B}_{19}$ 이었으며, 초급냉 단물법으로 아몰퍼스리본을 만들고, 열처리한 것을 시료로 하였다.
- 2) 시료의 통전전류에 대한 임피던스 변화율 $\Delta|Z_{H_e}|/|Z_{H_0}|$ 의 주파수 의존성은 10[MHz]에서 최대치를 나타내었으며, 그 변화율은 약 4.52[%/Oe]이었다.
- 3) 미세변위에 따른 자기임피던스와 인덕턴스는, 20~80[μm] 범위에서 센서로서 민감하게 반응하였다.
- 4) 시제 변위센서(건품)에 대한 실험결과 μm 의 위치변화 검증이 가능하였다.

따라서, 본 연구를 통하여, 고성능의 자기감성소재를 발견했을 뿐만 아니라, 이 소재를 이용한 변위센서(건품)가 허용공차범위($\sim\mu\text{m}$)내에서 인프로세스계측을 제어할 수 있는 우수한 자기센서가 될 수 있음을 확인하였고, 향후 연구를 계속할 경우 초정밀의 변위센서 제작이 가능할 것으로 확신한다.

“이 논문은 1996년도 한국학술진흥재단의 대학부설 연구소지원에 의하여 연구되었음”

참 고 문 헌

- [1] G.E.Fish, Mat. Sci. Eng., B3, p457, 1989
- [2] T.Jagielski, Mat. Sci. Eng., B3, p467, 1989
- [3] 신용진, 강재덕, 소대화, 김현욱, 임재근, “CoFeSiB 아몰퍼스 리본의 열처리에 의한 대바크하우젠 효과”, 한국전기전자재료학회, Vol. 12, No. 10, pp956~962, 1999
- [4] 신용진, 서강수, 임재근, 김대주 : “아몰퍼스 박막의 자기-임피던스효과”, 명지대학교 산업기술연구소, 산업기술연구소 논문집 제 16집, 464~467 (1997)
- [5] “Linear Displacement Transducer”, Lucas Schaevitz, 543 Ipswich Road, Slough, Berks., UK. Catalogue #101 8/90-15m (6) 09/662-8000, p19
- [6] J.Yamasaki, “Sensing Function Amorphous Magnetic Materials”, 日本應用磁氣會誌, Vol. 16, No. 1, pp14~22, 1992
- [7] J.Yamasaki, T.Chuman, M.Yagi and M.Yamaoka, “Magnetization Process in Hard Axis of Fe-Co Based Amorphous Ribbons with Induced Anisotropy”, IEEE Transactions on Magnetics, vol. 33, No. 5, pp3775~3777, 1997
- [8] 강재덕, 임재근, 신용진, “아몰퍼스리본에 의한 변위센서”, 명지대학교 산업기술연구소, Vol. 19, pp7~11, 2000

저자소개

- 신용진 : 공학박사, 현 명지대학교 공과대학 전자정보통신공학부 정교수,
관심분야 ; 마그네틱스, 센서공학, 전자재료
- 소대화 : 공학박사, 현 명지대학교 공과대학 전자정보통신공학부 정교수,
관심분야 ; 초진도재료, 반도체재료, 전자재료
- 김현욱 : 공학박사, 현 명지대학교 공과대학 전자정보통신공학부 정교수,
관심분야 ; 네트워크 관리, 네트워크 보안, 컴퓨터 구조, 멀티미디어 통신,
영상처리, 영상압축, 모바일 컴퓨터, 무선망 관리, 실시간 처리
- 이광배 : 공학박사, 현 명지대학교 공과대학 전자정보통신공학부 정교수,
관심분야 ; 네트워크 관리, 네트워크 보안, 컴퓨터 구조, 멀티미디어 통신,
영상처리, 영상압축, 모바일 컴퓨터, 무선망 관리, 실시간 처리
- 강재덕 : 박사과정 수료, 현 극동정보대학 전자통신과 전임강사,
관심분야 ; 마그네틱스, 센서공학, 전자재료