

2차원 배열 자기저항소자를 이용한 공간 맥진파형의 전산모사 분석

김미선

상지대학교 대학원 기능성전자소재학과, 강원도 원주시 우산동, 220-702

김선욱

상지대학교 한의과대학 한방의학연구소, 강원도 원주시 우산동, 220-702

김기왕 · 이수진 · 이선구

상지대학교 한의과대학 한의학과, 강원도 원주시 우산동, 220-702

이현숙

상지대학교 한방의용공학과, 강원도 원주시 우산동, 220-702

박달호 · 황도근 · 이상석*

상지대학교 응용물리전자학과, 강원도 원주시 우산동, 220-702

(2005년 10월 21일 받음, 2005년 12월 5일 최종수정본 받음)

요골동맥의 운동에 대한 공간적 맥진파형 특징을 얻기 위해 2차원 배열 자기터널접합(magnetic tunnel junction; MTJ) 센서를 이용하여 공간 맥진파형 진단장치(spatial pulse diagnostic apparatus; SPDA)를 설계 하였다. 자극배열의 위치변동에 대한 자장 분포의 변화는 2차원 자기장 유한요소해석 소프트웨어(finite element method magnetics; FEMM)를 사용하여 모의실험을 하였다. 그 결과 평행한 자극배열에서 높은 감도와 균일한 자기장 분포를 얻을 수 있다. 또한 자석배열의 공간 변위 변화는 MTJ 센서의 출력신호 변화와 비례하였다.

주제어 : 맥진파형, 자기터널접합, 공간 맥진파형 진단장치, 유한요소법

I. 서 론

전통중국의학(traditional Chinese medicine; TCM)은 극동 지역에서 폭넓게 사용되는 의료 방법이지만, 서양에서는 대체 또는 보완의학으로 인용되고 있다. 하지만, TCM에서 가장 중요한 진단 방법의 하나인 맥진은 여전히 그 객관성 결함으로 인한 문제점을 극복하는 하나의 방법인 임상데이터의 정보화 및 표준화가 사급히 요구되는 실정이다. 맥진파형 진단장치는 TCM의 과학적 진단 용어와 교육의 표준화에 기여할 수 있는 필요 불가결한 의료기기 장치이다[1-3].

현재 맥진 파형의 기록방식은 단지 펄스의 시간형태를 기록할 수 있었다[4, 5]. 맥진에 있어서 Fig. 1(a)처럼 의사의 손가락 끝에 대한 주관적인 느낌을 양적인 방법으로 기술할 수 있는 객관적인 신호로 변환하기 위해서 시간형태보다 더 중요한 적절한 공간 특성이 측정되어야 한다. 이러한 특징은 Fig. 1(b)에서 보이는 것과 같이 동맥 맥박의 길이 및 폭과

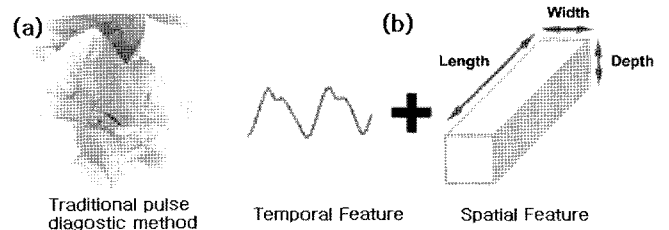


Fig. 1. (a) Traditional pulse diagnostic method, (b) temporal and spatial features of artery pulse.

깊이 정보가 하나의 공간특성을 나타내는 맥진파형에 포함되어 있다.

요골동맥 맥박은 시간과 압력을 측정하기 위해서 일반적으로 기존의 압전 소자를 이용하는 방식을 택하게 된다. 하지만 이것은 진단부위를 누르는 강한 압력으로 인한 피험자의 불편함과 신호의 획득 과정과 처리과정에서 정보의 손실을 피할 수 없다.

본 연구는 동맥의 맥박에 대한 공간적 특징을 얻기 위해서 자기저항소자들 중 하나인 자기터널링접합(magnetic tunnel

*Tel: (033) 730-0415, E-mail: sslee@sangji.ac.kr

junction; MTJ)의 2차원 배열(5×8) 센서 방식을 제안하였다 [6, 7]. 이러한 시도는 Fig. 1(b)에 나타내었듯이 해석영역인 xy 평면의 각 길이인 약 0.05 mm 보다 최대 5 mm 정도로 길이방향이 더 길다는 2차원 계산의 유용성을 확보하기 위함이다. 맥의 파형에 의해 변하는 위치를 감지하기 위해 피부상의 영구자석 층의 자기장세기 변위와 함께 변화시켰으며, 2차원 자기장 유한요소해석 소프트웨어(finite element method magnetics; FEMM)를 이용하여 영구자석의 최적화 배열을 얻는 모의실험 결과를 논의하였다[8].

II. 실험 방법

Fig. 2는 요동하는 요골동맥이 만드는 펄스 상태를 측정하기 위해 설계된 공간 맥진 파형 진단 장치(spatial pulse diagnostic apparatus; SPDA)의 개요도를 보여준다. SPDA의 감지 부분은 자기터널접합 센서와 패드 형 영구자석의 배열로 구성되어있다. TCM에서 의사의 3개의 손가락이 동맥관을 누르는 것처럼 센서와 자석 사이의 공기가 있는 빈 공간에서는 동맥관에 인가 압력을 제어할 수 있도록 설계되었다. 배열의 각 요소 사이의 거리는 3 mm 이고 모든 자석은 센서가 놓이는 위치에서 100 Oe의 세기를 가진다.

MTJ 센서는 1 mm×1 mm 의 크기로 만들었고, 센서의 자기장 감응도는 50 Oe 이내에서 0.35 %/Oe이다. 맥박 검출방식은 여과기와 A/D 변환기, 신호 예비 증폭기와 함께 Lee et al. 연구그룹에 의해 이전에 개발되어 보고된 MTJ 센서로

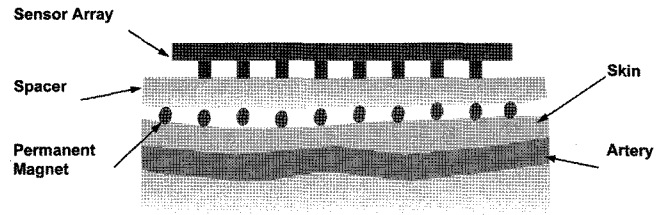


Fig. 2. Schematic diagram of spatial pulse diagnostic apparatus.

구성되어있다[9]. SPDA의 공간분석을 위한 전산모시는 5×8 배열의 2차원 센서를 부착하기 전에 1차원 영구자석 배열의 유한요소해석에 의해 실행되었다. 이로써 MTJ 센서가 영구자석의 진동에 일치하고 있다는 개념에 기반하여 같은 위치에 있는 1개의 센서와 하나의 자석은 맥박신호의 하나의 요소를 만든다.

각 센서에 기본적으로 사용되는 MTJ 구조는 터널링 자기저항비(tunneling magnetoresistance; TMR)=17.5 %를 가진 Ta(50 Å)/NiFe(120 Å)/FeMn(200 Å)/NiFe(40 Å)/CoFe(30 Å)/Al₂O₃(20 Å)/NiFe(40 Å)/CoFe(30 Å)/Si(100 Å) 다층박막을 적용하였다[9].

III. 실험결과 및 토의

Fig. 3(a)는 맥진파형에 대응하는 임의의 영구자석 배치에 따른 자장분포의 유한요소해석에 의해 전산 모사실험 결과를

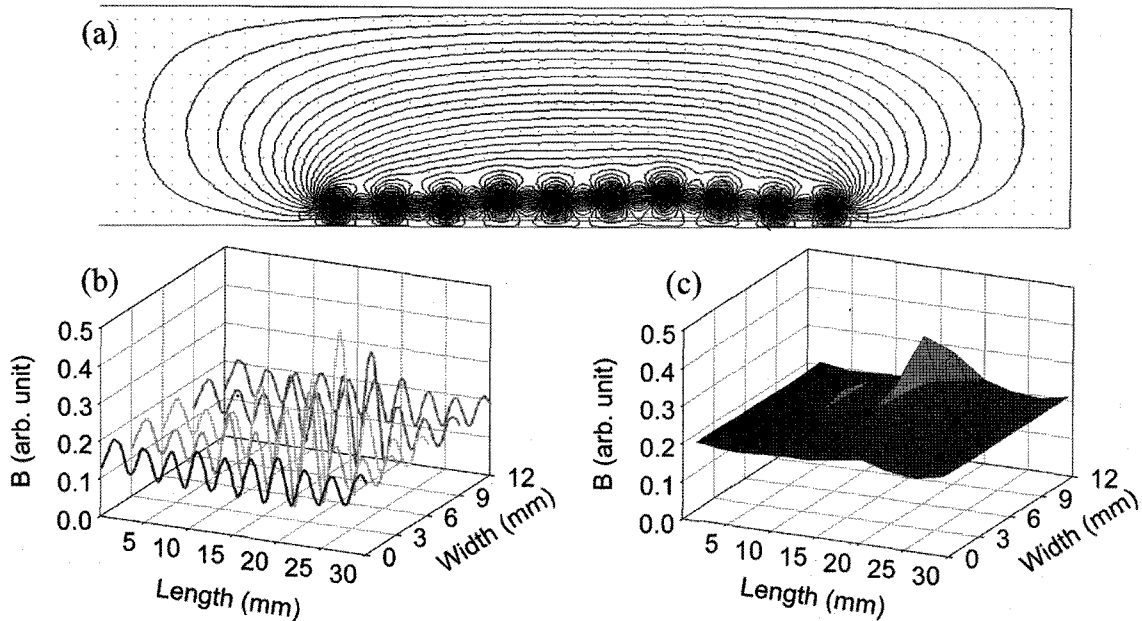


Fig. 3. (a) Magnetic field distribution for permanent magnet array simulated by finite element method magnetics (FEMM), (b) magnetic field intensities for the 5 columns permanent magnet array, and (c) 3-dimensional distribution surface.

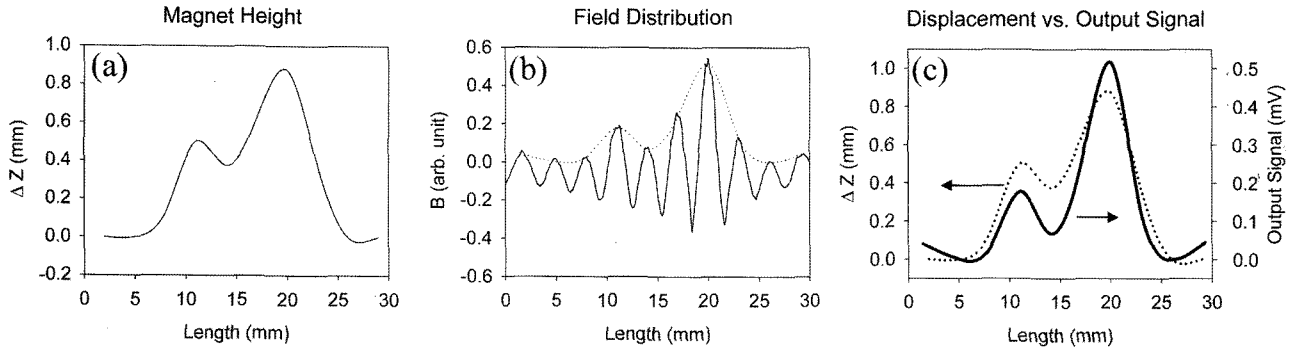


Fig. 4. (a) The height of permanent magnets, (b) the magnetic field intensity distribution, and (c) the displacement of magnets/TMR sensing voltages along a spatial length.

보여준다. Fig. 3(b)는 5단의 영구자석 배열에 의한 자기장의 세기의 분포를 나타내며, Fig. 3(c)는 2차원 자기저항 센서 면에서 얻어지는 자기장의 3차원 분포도를 나타내었다. 임의의 맥진파형에 대한 자석의 수직 위치를 묘사하기 위하여, Fig. 3(a)에서와 같이 5×10 자석 요소 중에 (3, 7)위치의 자석을 최대의 진폭을 갖도록 배치한 후 유한요소해석으로 계산하였다. 기준 상태에서의 자기장세기에 대한 자극 방향에 따른 의존성은 자극이 수직 또는 수평의 배열에 대해서 해석한 결과, 수직의 배열보다 오히려 수평의 자석배열의 자기장세기 분포가 민감하며, 균일 하였다.

따라서 진단부위에 동맥 확장-수축시 맥파의 변화에 따른 영구자석의 수평 배열들의 높이 변화로부터 맥의 공간적 정보를 얻을 수 있는 적절한 방법임을 알 수 있다. 이것은 혈압과 파형 속도에 대해서만 해석을 한 전통적인 맥진과 구분될 것으로 사료된다.

Fig. 4는 (a)자석의 수직 변위와 (b)변위에 따른 자기장 분포 및 (c)자기장 분포에 따른 TMR 감지 전압의 변위를 보여준다. Wang *et al.* 그룹의 연구에 따르면 요골동맥의 단위 파형당 약 1.13 mm의 최대 수직 변위를 나타낸다고 하였다 [3]. 따라서, 영구자석은 최대 1 mm의 공간 변위를 발생시키며, 이것을 기준으로 자기장 분포의 변화에 대한 유한요소해석을 수행하였다. Fig. 4(b)에서 보여주는 것과 같이 영구자석에 따른 자기장의 공간 분포를 계산하였으며, 점선은 2차원 센서 면에서 얻어지는 값을 나타낸다. 센서의 위치에서 측정되는 자기장세기의 변위는 0~50 Oe로 하였다. TMR의 감도가 실온에서 0.35%/Oe 이상이었기 때문에 MTJ센서로부터 큰 출력신호를 얻기에 충분하였다. 위에 서술한 바와 같이 자석의 변위는 0~0.5 mV의 1비트 범위에 있는 출력 전압 신호와 대응되는 것을 알 수 있다. Fig. 4(c)는 Fig. 4(a)의 공간의 신호(점선)와 MTJ 센서(실선)의 출력신호를 비교한 것이다.

MTJ 소자를 사용한 다채널 맥진기의 개발을 위해서는 채

널 코드화 및 에러 수정은 디지털 데이터 베이스를 위해 개발되어야 할 것이다. 3차원 맥진파형 진단장치의 감지소자에 대한 자성소자 적용 가능성을 확인한 첫 번째 연구이다[10]. 그러나 미세한 잠재적인 동맥 펄스에 대한 더 많은 연구와 더불어 집적화된 GMR(giant magnetoresistance) 혹은 TMR 자성소자들을 이용한 실제 측정값들의 비교연구 등이 요구된다. 이를 바탕으로 실제의 공간 데이터의 획득과 분석이 필요 할 것으로 사료된다.

IV. 결 론

2차원 자기저항 센서 배열을 사용하고 있는 공간 맥박 진단장치를 디자인 하여 동맥 맥박의 공간 특징을 연구 하였다. 자석 배열을 위해 자기장세기 분포는 유한요소해석을 사용하여 전사모사 실험을 하였다. 평행한 자석 배열의 자기장세기 분포가 수직인 것 보다는 민감하고 확실적인 것을 얻었다. 10개의 자석배열이 바뀌는 변위에 대한 전사모사 결과는 50 Oe의 자기장세기 변화와 0.5 mV의 출력전압 신호를 변화시켰다. 또한 자석 배열의 공간 변위는 MTJ 센서 배열에서 얻은 출력신호와 매우 잘 일치하였다.

감사의 글

본 연구는 보건복지부 한방치료기술연구개발사업 지원에 의하여 이루어진 것임(B050055).

참고문헌

- [1] J. D. Cameron, B. P. Mcgrath, and A. M. Dart, *J. Am. Coll. Cardiol.*, **32**(5), 1214 (1998).
- [2] N. Harada, M. Makijarvi, P. Korhonen, P. Talaka, J. Montonen, Y. Salorinne, L. Oikarinen, M. Viitasalo, and L. Toivonen, *Basic Res. Cardiol.*, **95**, 424 (2000).

- [3] W. K. Wang, T. L. Hsu, H. C. Chang, and Y. Y. Wang, *Am. J. of Chinese Med.*, **24**(3-4), 305 (1996).
- [4] K. W. Mun and K. S. Soh, *J. Korean Phys. Soc.*, **40**(2), 289 (2000).
- [5] Y. Z. Yoon, H. M. Johng, K. S. Shin, K. S. Soh, C. G. Jung, and K. S. Soh, *Sae. Mulli.*, **40**(5) 494 (2000).
- [6] S. S. Lee, J. R. Rhee, C. M. Park, S. X. Wang, D. G. Hwang, M. Y. Kim, and J. Y. Hwang, *Phys. Stat. Sol. (a)*, **189**(3), 659 (2002).
- [7] B. K. Kim, J. Y. Lee, S. S. Kim, D. G. Hwang, S. S. Lee, J. Y. Hwang, M. Y. Kim, and J. R. Rhee, *J. of Korean Magnetism Soc.*, **13**(5), 187 (2003).
- [8] D. S. Burnet, "Finite Element Analysis", Addison Wesley (1987).
- [9] S. S. Lee, J. Y. Lee, and D. G. Hwang, *J. of Magnetism*, **9**(1), 23 (2004).
- [10] S.S. Lee, G. W. Kim, D. G. Hwang, S. W. Kim, and H. Kim, Korean Patent No. 10-20050-098-677 (2005).

Simulation Analysis of Spatially Arterial Pulse Wave using Two-dimensional Array Sensors with Magnetoresistive Device

M. S. Kim

Sangji University, Graduation, Dept. of Functional Electronic Materials, Gangwon-do Wonju-city Woosan-dong 220-702, Korea

S. W. Kim

Oriental Medicine Institute, Gangwon-do Wonju-city Woosan-dong 220-702, Korea

G. W. Kim, S. J. Lee, and S. G. Lee

Dept. of Oriental Medicine, Gangwon-do Wonju-city Woosan-dong 220-702, Korea

H. S. Lee

Dept. of Biomedical Engineering, Gangwon-do Wonju-city Woosan-dong 220-702, Korea

D. H. Park, D. G. Hwang, and S. S. Lee*

Dept. of Applied Physics and Electronics, Gangwon-do Wonju-city Woosan-dong 220-702, Korea

(Received 21 October 2005, in final form 5 December 2005)

To get the spatial feature of arterial pulse, we designed spatial pulse diagnostic apparatus (SPDA) using a 2-dimensional magnetoresistive sensor array. The magnetic field distribution for magnet array was simulated using finite element method. We recognized that the field distribution of parallel magnet arrays was more sensitive and uniformed than that of perpendicular one. Also the spatial displacements of magnet array were agreed with the output signal of magnetic tunnel junction (MTJ) sensor array.

Key words : arterial pulse wave, magnetic tunnel junction (MTJ), spatial pulse diagnostic apparatus (SPDA), finite element method