구두발표 II-2

자기 임피던스 현상을 이용한 선형 응답성 자기센서의 개발

김도헌*, 박선희, 박창빈, 이우영, 정원용
한국과학기술 연구원 재료연구부

1. 서론

자기 임피던스 현상은 1990년대 L.V. Panina 와 M.Mohri 에 의한 발견 이후 높은 민감도와 낮은 전력소모특성으로 센서, 자기 액추에이터 등 전자소자로의 응용 가능성이 높은 분야로 많은 실험적, 이론적 연구가 진행되어 왔다.[1,2,3] 그러나 고주파 교류 전류를 인가한 상태에서 DC 외부 자기장의 유무에 따라 시편의 임피던스가 급격히 변하는 자기 임피던스 현상은 기본적으로 비선형적인 응답특성을 가지고 있으며 소자구조의 특성상 외부 자기장의 방향에 대해 대칭적인 특성을 보이기 때문에 센서로서의 응용을 위해서는 비대칭성과 선형성의 특성 확보가 불가피하다[3,4]. 본 연구에서는 전기도금법과 MEMS 공정을 이용하여 제작된 CoFeNi 결정질 자기 임피던스 소자를 사용하여 센서 회로상에서 임피던스 특성을 보정하여 선형적인 출력을 얻는 센서를 개발하였다.

2. 실험방법

도전성 기판을 이용하여 폭100~150um, 길이500~750um 의 패턴을 포토 리소그라피 공정으로 제작하였으며 CoFeNi 연자성 합금밥막을 전기도금법으로 두께1~3um 로 증착하였다. 교류 전압원으로서 Agilent 33220A 함수발생기를 이용하였으며 헬름홀츠 코일과 Tektronix TDS754A 오실로스코프를 이용하여 외부자기장에 따른 임피던스 변화특성을 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

제작된 자기 임피던스 소자는 약 ±80Oe의 외부자기장 범위에서 교류전류의 주파수에 따라 40~110%의 임피던스 변화를 보였으며 통상의 임피던스 소자와 마찬가지로 외부자기장에 따라 대칭적이며 비선형적인 출력특성을 보였다. 그림1에는 이러한 특성을 보이는 자기 임피던스 소자와 외부 영구자석에 의한 바이어스를 이용하여 개발된 선형적이며 원점에 대해 반대칭적인 센서출력을 나타내고 있다. (주파수 20MHz, 진폭10mA) 영구 자석에 의한 반대방향의 바이어스에 의해 각각의 소자는 약 +10Oe, -10Oe로 원점이 이동하는 것으로 관측되었으며 두 소자의 출력을 차등 증폭하여 각각의 소자의 비성형성을 상쇄시키는 방법으로 출력을 보정하였다. 최종출력은 ±25Oe의 외부자기장에 대해 반대칭의 출력 특성을 보였으며 수치적 fitting결과 선형성의 오차는 0.9%FS로 높은 선형성을 보였다.

두 개의 소자를 사용하여 비대칭성과 선형성이 유도되는 원리는 정성적으로 다음과 같이 설명할 수 있다. 초기 소자의 임피던스 특성은 원점에 대하여 우함수의 성질을 보이며 수학적으로 sigmoidal 함수의 성질을 갖는 것으로 관찰되었다. 이 함수는 원점에 대하여 선형적인 특성을 보이지만 최대 또는 최소점에 근접함에 따라 비선형성이 증가하는 함수이다.

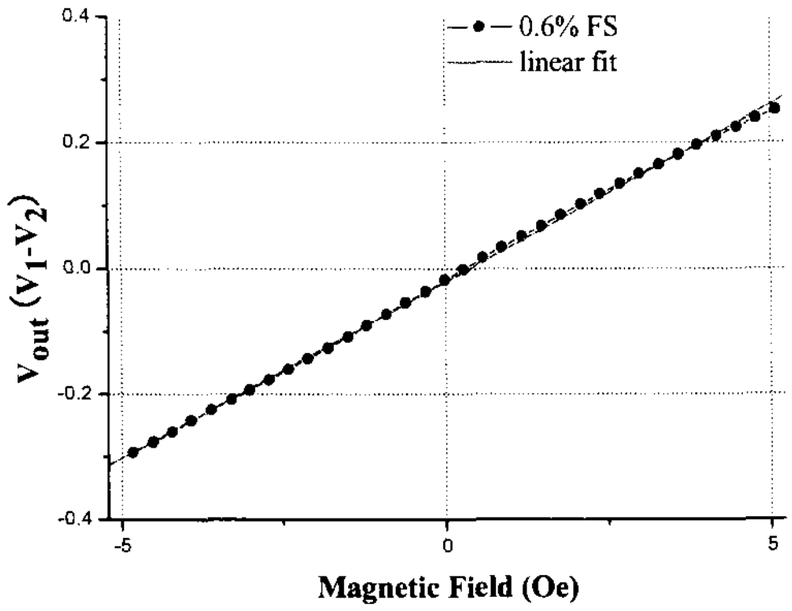

그림 1. 두 자기 임피던스 소자를 사용하여
보정된 최종 센서 출력 특성.

따라서 이러한 임피던스 특성을 보이는 2개의 소자를 각각 $+\frac{1}{2}H_{max}$, $-\frac{1}{2}H_{max}$만큼 바이어스를 가하여 (H_{max}: 임피던스값이 최대가 될때의 자기장) 두 임피던스변화의 차이를 구하면 최대, 최소 부근의 비선형성이 제거 되어 원점에 대한 기함수 특성을 보이며 선형적인 임피던스 변화를 얻을 수 있다.

4. 결론

자기 임피던스 특성을 보이는 소자를 이용하여 원래 소자의 비선형성과 대칭성을 상쇄시켜 선형적인 출력 전압 특성을 보이는 센서를 개발하였다. 영구자석을 이용하여 2개의 소자를 약 +10e, -10e로 원점이동 하였으며 두신호의 차이를 통해 0.6%FS의 오차를 가지는 우수한 특성의 선형출력을 얻을 수 있었다. 이러한 센서는 바이어스코일이나 피드백코일의 필요성을 제거하여 최종 센서회로를 단순화할 수 있다는 장점이 있어 민감한 자기센서로의 응용이 가능하다. 또한 제작된 소자에 대해 sigmoidal 함수를 기반으로 마이크로 프로세서를 사용하여 신호를 처리하면 1개의 소자만으로 선형적인 출력을 얻을 수 있는 장점을 가지고 있다.

5. 참고문헌

[1] "Magneto-impedance effect in amorphous wires" L. V. Panina and K. Mohri Appl. Phys. Lett. 65, 1189 (1994).

[2] "Giant magneto-impedance effect in nanostructured magnetic wires" M. Knobel, M. L. Sánchez, C. Gómez-Polo, P. Marín, M. Vázquez, and A. Hernando J. Appl. Phys. 79, 1646 (1996).

[3] "Giant magneto-impedance effect in nanocrystalline glass-covered wires" H. Chiriac, T. A. Óvári, and C. S. Marinescu J. Appl. Phys. 83, 6584 (1998).

[4] "Asymmetrical magneto-impedance effect in Fe-rich amorphous wires" C. Garcia, J. Gonzalez, A. Chizhik, A. Zhukov, and J. M. Blanco J. Appl. Phys. 95, 6756 (2004).