

스핀밸브를 이용한 양극 출력형 선형 아이솔레이터 모델링

송실대학교 박승영*, 최연봉, 김지원, 조순철

Bipolar output linear isolator utilizing spin valves

Soongsil University S. Park*, Y. Choi, J. Kim, and S. Jo

1. 서론

전기적 아이솔레이터는 서로 다른 시스템 사이에 전기적으로 상호 간섭 없이 정보를 전달할 수 있도록 하는 것으로, 시스템 분야에서는 전기적인 충격이나 신호원의 과도한 잡음으로부터 시스템을 보호할 수 있고, 의료 분야에서는 환자를 보호하기 위해 사용된다 [1]. 최근 기존의 광결합형 아이솔레이터보다 집적성 및 동작속도가 월등히 우수한 스핀밸브 아이솔레이터에 관한 연구가 진행중에 있으며, 디지털 자료 전송에 적합한 250 Mbps 이상의 고속 아이솔레이터 [1]와 계측분야에 응용하기에 적합한 높은 선형성을 보이는 선형 아이솔레이터 [2-4]의 전기적 자기적 합성 모델링 [1-3]이 보고되었다. 본 연구는 스핀밸브를 이용한 자기 결합형 아이솔레이터 가운데 계측 분야에 적합한 선형 아이솔레이터에 관한 것이며, 제조된 시편을 이용하여 합성 모델링을 수행하고 선형성을 해석하였다.

2. 모델링

Fig. 1(a)는 스핀밸브를 이용한 선형 아이솔레이터의 회로도이다. 스핀밸브 소자들은 휘트스톤 브리지 형태로 결선되어있으며, 그 위에는 절연박막과 평판코일(planar coil)이 차례로 위치하고 있다. 기존에 보고된 회로 [4]와 다른 점은 양극성 출력을 위해 차동증폭기 출력단에 다이오드가 없다는 것이다. 또한 거대자기저항소가 대신에 스핀밸브 거대자기저항 소자를 채용하였다. 이를 위하여 2,000 Å의 산화막이 존재하는 Si 웨이퍼위에 Ta(28 Å)/NiFe(22 Å)/CoFe(25 Å)/Cu(22 Å)/CoFe (20 Å)/IrMn(75 Å)/Ta(34 Å) 구조의 spin valve 시료를 제조하였고, 자기저항비 곡선을 Fig. 1(b)와 같이 나타내었다. Fig. 2 내부 우측 상단에 있는 곡선은 제조된 스핀밸브 시료의 주 MR 곡선 (major loop)이고, 중앙에 나타낸 곡선은 부 MR 곡선 (minor loop, -O-)을 Fig. 1(a)에 보인 입력코일에 흐르는 전류의 함수로 나타낸 것이다. 이때 자기 코어가 있는 평판코일의 턴수는 4.75 턴이고, 스핀밸브와 평판코일간의 간격은 10 μm이며, 코일의 효율은 0.7 Oe/mA로 계산되었다. 이와 같은 구조에서 절연전압은 스핀밸브와 평판코일들 사이에 있는 유전체의 종류에 따라서 500 V에서 6000 V까지인 것으로 보고 [4]되고 있다. 그리고 제시된 모델에 사용된 차동증폭기의 이득은 500과 1000으로 변화시켜 사용하였고, slew rate는 0.2 V/μs였다. 모델링 방법과 순서는 기존에 보고된 방법 [1-3]을 따랐다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1(b)의 중앙에 나타낸 MR 곡선 가운데 검은색 점으로 표시한 것이 케환 코일에 흐르는 전류에 따라 동도 (a)의 R_2 와 R_3 에 위치한 스핀밸브 소자의 자기저항비 거동을 나타낸 것이다. 입력 코일 전류는 R_1 과 R_4 에 위치한 스핀밸브 소자의 자기저항을 변화시키며, 이때 휘트스톤 브리지의 A와 B 절점 사이에 전위차를 발생시킨다. 이를 차동증폭기가 감지하여 증폭기가 가진 이득에 비례하는 만큼 ($I_{out} = V_{out}/R_{FB} = A_v(V_A - V_B)/R_{FB}$) 증폭시켜 케환코일에 전류를 흘려보낸다. 따라서 R_2 와 R_3 의 값이 R_1 과 R_4 의 거동과 유사하게 변화되어 휘트스톤 브리지의 평형이 유지되며, 입력 코일전류가 케환코일에 복사되는 효과를 얻을 수 있다.

Fig. 2(a)는 입력 코일전류에 따른 케환코일에 흐르는 전류를 나타낸 그림이다. 이때 증폭기의 이득을 500과 1000으로 변화시켰으며, 이득이 1000으로 높은 경우에 선형 출력 특성이 보다 좋게 나타나는 계산 결과를 얻을 수 있었다. Fig. 2(b)는 동도 (a)로부터 입력 코일전류의 변화량에 대하여 케환코일전류 변화량의 비율을 계산한 결과를 출력한 그림으로 기울기를 의미한다. 기울기가 0.8 이상인 입력 코일전류 영역은 차동증폭기의 이득이 500과 1000인 경우 각각 -15 mA부터 +5 mA 그리고 -18 mA부터 +15 mA 로 예측되었다.

4. 결론

본 연구에서는 spin valve를 이용한 양극 출력형 선형 아이솔레이터를 모델링하고, 그것의 선형성과 선형 출력 범위를 고찰하였다. 스핀밸브 소자가 히스테리시스 특성을 가지고 있음에도 불구하고, 제시한 회로를 이용하여 선형 출력을 얻어낼 수 있었다. 또한 차동증폭기의 이득이 1000으로 매우 클 경우 그것이 500이었을 경우에 비해 50% 이상 넓은 선형 동작 영역을 얻을 수 있음을 예측할 수 있었다.

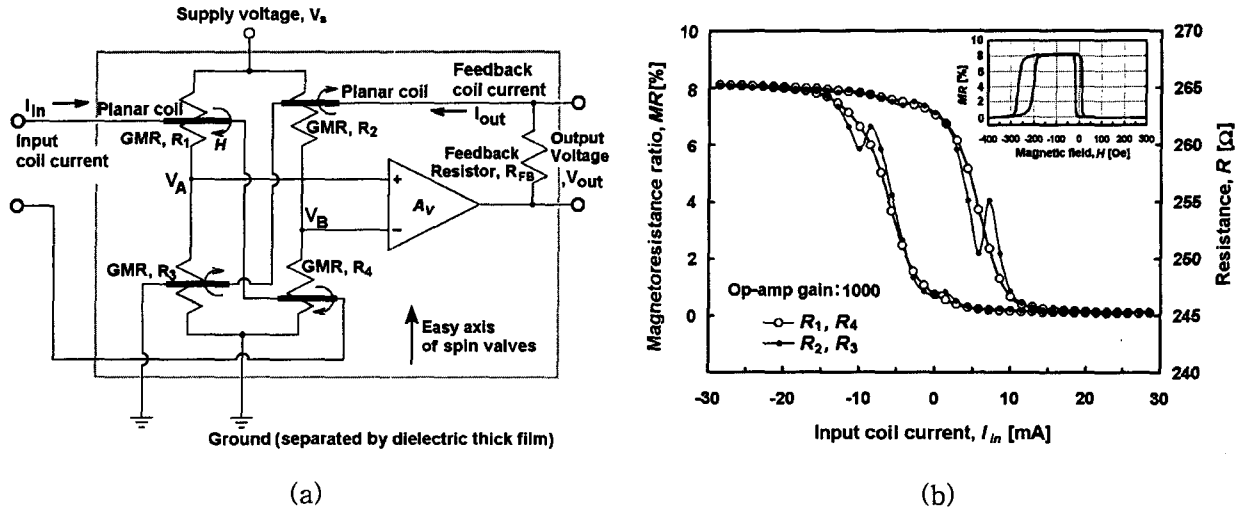


Fig. 1. Schematic diagram (a) of spin valve linear isolator and resistance variations (b) of R_1 and R_4 depending on the input coil current and R_2 and R_3 depending on the feedback coil current.

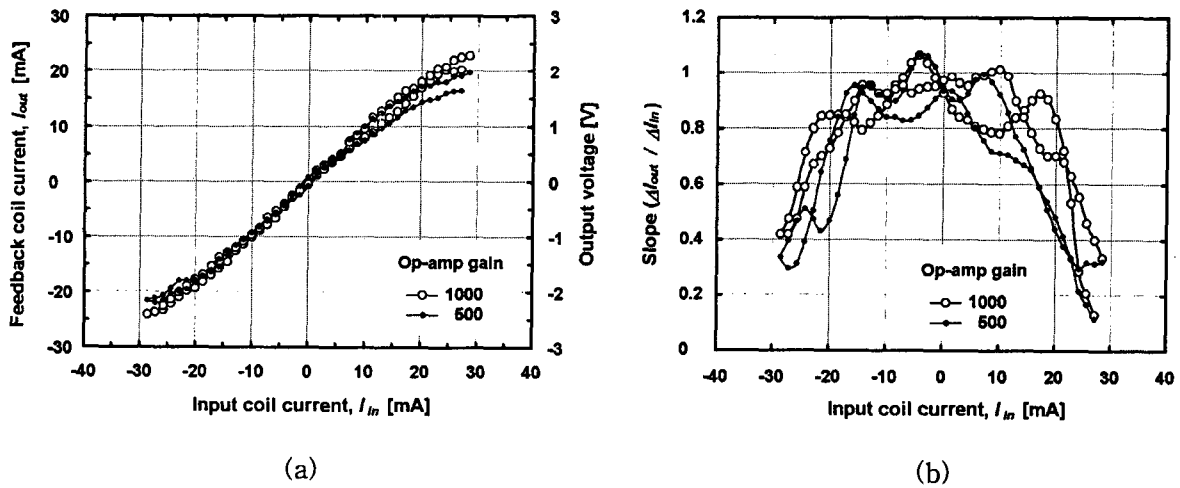


Fig. 2. Feedback coil current as a function of input coil current (a) and a ratio of feedback coil current to the input coil current (b) depending on the voltage gain of the op-amp.

5. 참고문헌

- [1] S. Park, J. Kim, S. Jo, *J. Appl. Phys.*, **97**(10), (2005).
- [2] S. Park, S. Jo, *IEEE Intermag. conference*, FD-04(2005).
- [3] 박승영, 김지원, 조순철, *한국자기학회지*, **14**(6), 232(2004).
- [4] T. M. Hermann, W. C. Black, S. Hui, *IEEE Trans. Magn.* **33**(5), 4029(1997).