

GMR isolator의 자기적 전기적 합성 모델링

승실대학교 김지원*, 박승영, 조순철

Magnetical and electrical composition model for GMR isolator

Soongsil University J. Kim*, S. Park, S. Jo

1. 서론

전기적 isolation 소자는 이종의 시스템 사이에 전기적으로 상호 간섭 없이 정보를 주고 받을 수 있도록 하는 것이다. 이러한 소자는 시스템을 전기적인 충격이나 신호원의 과도한 잡음으로부터 보호할 수 있고, 전기적 신호의 레벨이 다른 시스템 사이에서 교량 역할을 하게된다. 특히 의료 분야에 있어서 환자를 보호하기 위한 대책으로 의료용 전자장비에 isolator를 사용한다[1]. 이러한 isolator는 지금까지 광결합방식을 많이 사용해 왔다. 최근 spin valve를 이용하여 디지털 자료를 전송하기 위한 고속 isolator에 대한 연구가 많이 진행되고 있으며, 동작의 선형성을 높이기 위한 연구가 진행되고 있다[2].

본 연구에서 가정된 GMR(giant magnetoresistance) isolator는 구형과의 디지털 자료를 전송하기에 적합한 구조이며, 동작 방식은 인덕티브 코일에 입력된 전류에 의해 발생하는 자장의 세기를 휘스톤 브리지 형태로 결선된 spin valve 소자가 감지하여 전압으로 출력되는 형태이다. 이러한 모델을 이용하여 isolator를 제조하기 전에 제조된 spin valve의 자기저항비 곡선과 인덕티브 코일에 인가된 전류에 의해 생성된 자장의 세기를 전기적 모델에 대입하여 출력전압을 예측하는 방법과 결과를 보였다.

2. 모델링

Fig. 1은 인덕티브 코일을 3차원으로 그린 모델이다. 이 모델에서 구리를 이용한 코일의 선폭과 선간격은 $5\ \mu\text{m}$, 코일과 spin valve 소자와의 거리는 $1\ \mu\text{m}$, 코일의 두께는 NiFe를 이용한 $0.1\ \mu\text{m}$ 의 자기 코어층을 포함하여 $0.6\ \mu\text{m}$, 턴수는 3.75 턴 그리고 코일의 외곽사이즈 $250\ \mu\text{m} \times 250\ \mu\text{m}$ 이다. 코일에 인가한 전류에 대해 spin valve 소자에서 감지되는 자장의 세기 계산은 FEM(finite element method)을 이용한 프로그램을 사용하였다. Fig. 2는 1 MHz의 동작 주파수에서 isolator에서 출력되는 전압을 계산하기 위한 전기적 모델이다. Spin valve 소자들은 휘스톤 브리지 형태로 결선되어 있으며, 이들의 자화용이축에 수직하게 코일이 배치되어 여기에서 발생하는 자장의 방향에 수평하게 자화용이축이 놓여지도록 하였다. 이때 휘스톤 브리지의 전원전압은 1 V 였고, Fig. 2의 A 지점과 B 지점의 전압은 전압분배법칙에 의해 계산되었으며, 두 지점의 전압차를 계산하기 위한 차동증폭기의 이득은 1이었다. 또한 코일에 인가한 전류곡선은 Fig.1의 계산결과에서 도출된 RLC 값을 이용한 PSPICE 모델링에 의한 것이었다. Fig. 3은 Fig. 2에서 보인 모델에 적용할 자기저항비의 초기 곡선으로 Sub(Si)/Ta/NiFe/CoFe/Cu/CoFe/FeMn/Ta 구조로 제조된 시편의 측정 결과이다. 여기에 Fig. 1을 이용한 계산 결과인 인가전류에 의해 생성된 자장의 세기를 가로축에 대입하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1과 같이 모델링한 코일의 저항과 인덕턴스 그리고 정전용량의 계산값은 각각 $22.5\ \Omega$, $6.2\ \text{nH}$, $12\ \text{pF}$ 이고, 이들을 이용한 시정수는 $0.3\ \mu\text{s}$ 였다. 그리고 인가된 전류에 의해 spin valve 소자에 인가되는 자장의 계산값은 $1.4\ \text{Oe/mA}$ 였다. Fig 2의 모델에 입력되는 전류는 Fig. 4의 전류파형과 같이 PSPICE를 이용한 RLC 회로에서 출력된 파형으로 시정수가 고려된 것이었다. 구형파 전류는 구형파 자기장을 생성시키며, 자장이 spin valve 소자가 도달하여 감지된 전압을 출력하는데 소요되는 지연시간이 없다고 가정할 때 Fig. 4와 같은 출력특성을 얻을 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 GMR isolator를 자기적 부분과 전기적 부분을 나누어 모델링하고 그 특성을 계산하였으며, 이를 조합한 형태의 GMR isolator의 입력전류에 대한 출력전압을 예측하였다. 자장을 발생시키는 인덕티브 코일은 3차원 구조로 모델링하여 RLC와 자장의 세기가 계산되었고, 이러한 정보를 이용하여 PSPICE에서 입력전류의 파형이 계산되었으며, 휘스톤 브리지 계산법에 의해 출력전압과 파형을 관찰할 수 있었다. 이때 실제 제조되고 측정된 spin valve 소자의 자기저항비 곡선을 대입하여 그 신뢰도를 높였다. 본 모델링은 소자제조시 공정이 완료되기 전에 소자의 특성을 예측하고 원하는 성능에 근접하기 위한 방법으로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

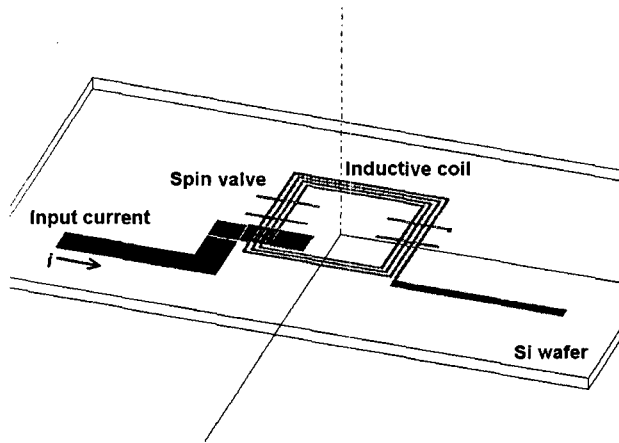


Fig. 1. 3 dimensional model of GMR isolator for calculating magnetic field

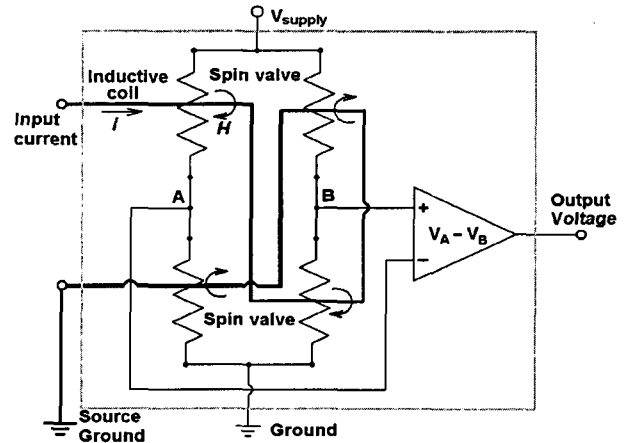


Fig. 2. Electrical model of GMR isolator for calculating output voltage

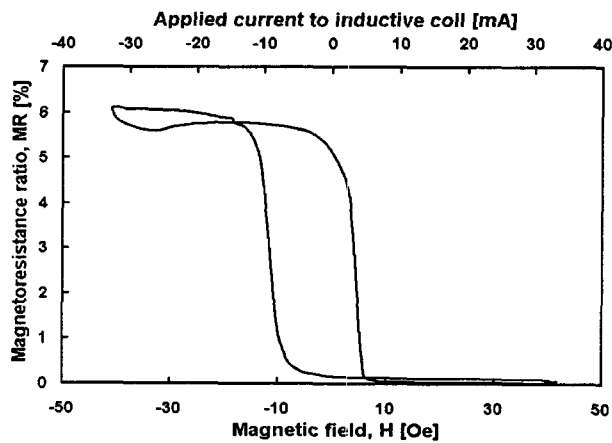


Fig. 3. Initial MR-H curve of spin valve sample to be employed composite model

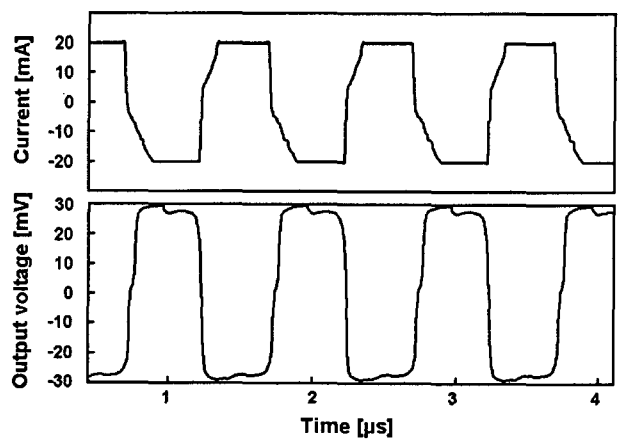


Fig. 4. Output voltage from the GMR isolator by rectangular input current wave

5. 참고문헌

- [1] Daughton, J.M., IEEE Trans. Magn. 36(5), 2773(2000).
- [2] Hermann, T.M., Black, W.C., Hui, S., IEEE Trans. Magn. 33(5), 4029(1997)