

Permalloy 다층화와 CoZrNb 중간층이 CoCr/NiFe 매체의 기록특성에 미치는 영향

장평우

청주대학교 이공대학 물리학과
충북 청주시 내덕동 36, 360-764

이택동

한국과학기술연구원 재료연구단
서울시 성북구 하월곡동 39-1, 136-791

박관수

서울대학교 공과대학 전기공학과
서울시 관악구 신림동 산 56-1, 151-742

(1994년 1월 12일 받음)

CoCr/NiFe 이중매체의 기록, 재생특성은 CoCr 기록층뿐만 아니라 NiFe연자성층의 자기적 특성에도 강하게 영향을 받는다. NiFe/Ge의 다층화로 CoCr/NiFe 매체의 기록감도와 재생전압을 증가시킬 수 있었으며 이것은 연자성층의 높은 투자율과 CoCr기록층의 높은 수직이방성에 기인하였다. 그러나 연자성층의 투자율의 향상이 기록감도의 현저한 향상에 비해 재생전압의 현저한 증가를 가져오지 못하였는데 이것은 유한요소수치해석에서도 확인할 수 있었다. 반면에 NiFe/Ge 다층연자성박막을 사용한 CoCr/NiFe 매체의 피크이동(peak shift)특성은 NiFe 단층연자성박막을 사용한 CoCr/NiFe 매체에 비해 악화되었다. 그러나 CoCr층과 NiFe층 사이에 10 nm의 CoZrNb 박막을 삽입시키면 높은 재생전압과 낮은 피크이동을 동시에 얻을 수 있었다. 이 연구에서는 이러한 기록, 재생특성을 미세구조와 연관시켜 검토하였다.

I. 서 론

CoCr 단층매체의 기록, 재생특성은 CoCr층의 미세구조와 자기적 특성에 영향을 받는데 특히 초기 천이층의 영향을 크게 받는다. 따라서 이러한 천이층의 생성을 억제하기 위해서 Ti[1], Ge[2] 등의 씨앗층이 사용되거나 바이아스 스파터방법[3]이 시도되었고 그 성과가 보고되어 있다. 그러나 CoCr/NiFe 이중매체의 경우에는 CoCr 기록층의 미세구조나 자기적 특성은 NiFe 연자성층의 입자크기나 배향성에 크게 영향을 받는다. 따라서 NiFe연자성층의 특성이 재생전압, 기록감도 그리고 노이즈특성에 영향을 미치게 된다. 이러한 연자성층의 특성을 개선시키기 위해서 Ge, $\text{Co}_{73}\text{Cr}_{27}$ 씨앗층과 바이아스 스파터방법이 성공적으로 사용되었다[4]. 또한 CoCr 기록층과 NiFe연자성층사이에 삽입된 비자성의 $\text{Co}_{73}\text{Cr}_{27}$ [5], Ti[6] 그리고 Ge[4]의 중간층 역시 재생전압을 증가시킬 수 있었다. 그러나 이러한 비자성의 중간층을 사용하게 되면 피크이동을 심화시켜 CoCr/NiFe 이중매체의 고밀도영역에서의 기록을 불가능하게 하였다.

따라서 이 연구에서는 NiFe/Ge 다층연자성박막을 사용하여 연자성층의 투자율을 향상시키고자 했을 뿐 아니라 CoCr 기록층의 미세구조와 자기적특성을 향상시키고자 하였다. 또한 높은 재생전압을 유지하면서 낮은 피크이동을 얻기위해 강자성체이면서 비정질형성능이 강한 10 nm의 CoZrNb 중간층을 CoCr 기록층과 NiFe 연자성층사이에 삽입한 매체를 만들어 기록, 재생특성을 조사하였다..

II. 실험방법

직경 150 mm의 타겟 3개가 장착된 rf 마그네트론 스파터기기를 사용해서 박막을 제작하였고 예비진공도가 6×10^{-5} Pa 이하에서 30분이상의 예비스파터를 행한 후 주스파터를 하였다. 사용한 타겟은 진공용해법으로 만들어진 것으로 연자성층에는 순도 99.9% $\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$ 합금타겟과 Ge타겟을, 기록층에는 $\text{Co}_{81}\text{Cr}_{19}$ 합금타겟에 Ta 펠렛을 얻은 복합타겟을, CoZrNb 중간층에는 99.9% Co타겟에 Zr과 Nb 펠렛을 얻은 복합타겟을 사용하였다. 다층연자

성박막을 사용한 매체는 두께 40 μm 의 폴리이미드기판위에 20 nm의 Ge층을 증착한 후 연자성층의 두께가 500 nm가 되도록 125 nm NiFe/5 nm Ge 4층을 증착시키고 계속해서 100 nm의 CoCr기록층을 증착시켜 만들었고, CoCr/NiFe 매체와 CoCr/CoZrNb/NiFe 매체에서는 기록층과 연자성층의 두께를 각각 100, 500 nm로 하였다. 자기적 특성은 진동시료형자력계(VSM)로 측정하였고 연자성층의 투자율은 임피던스분석기(HP4192A)를 사용해 임피던스의 변화를 측정해서 조사하였다. 분석에 사용된 슬레노이드의 직경은 3.8 mm, 길이는 10 mm이고 시편의 길이는 20 mm, 폭은 2 mm이었다. 기록, 재생 특성은 주자극의 두께가 0.2 μm 인 CoZrNb 단자극헤드를 이용해서 측정하였고 매체의 선속도는 2 m/s로 하였다.

III. 실험결과 및 고찰

이전의 연구에서 Ge층이 NiFe (111)면의 기판과의 수평배향을 크게 증대시키고 연자기특성을 향상시켰으므로 NiFe다층막의 중간층으로 Ge층을 선택하였다[4].

그림 1은 여러가지 방법으로 제작된 이중매체의 기록,

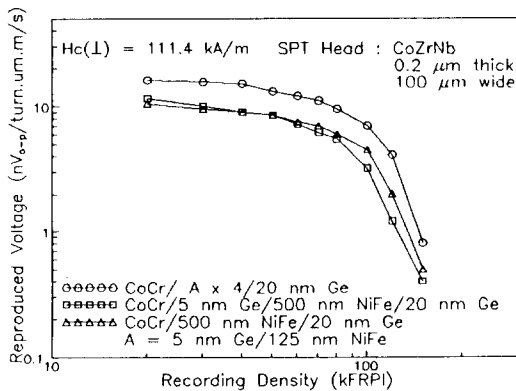


Fig. 1. Bit density response curves of various types of CoCr/NiFe double layered media.

재생특성을 나타낸 것으로 160 kFRPI까지 측정하였다. 기록층의 보자력을 높이기위해 약 2%의 Ta를 첨가하였고 이때의 보자력은 111.4 kA/m였다. 다층연자성박막을 사용한 경우에는 20 kFRPI에서 재생전압이 16 nV_{0-p}이고, 5 nm Ge의 중간층을 삽입시킨 CoCr/Ge/NiFe는 11.5 nV_{0-p}, 중간층이 없고 단층을 사용한 CoCr/NiFe는 10 nV_{0-p} 정도의 값을 나타낸다. 그러나

기록밀도가 증가함에 따라 Ge 중간층을 삽입시킨 CoCr/Ge/NiFe매체의 재생전압이 CoCr/NiFe매체에 비해 급격히 감소하여 고밀도영역에서는 오히려 낮은 값을 나타낸다. 이러한 경향은 중간층을 삽입시킨 경우 저밀도영역에서 약간 낮은 재생전압을 나타낸 것을 제외하고는 앞선 연구에서와 같은 결과이다[4].

그림 2는 그림 1에 표시된 매체의 기록감도를 나타낸

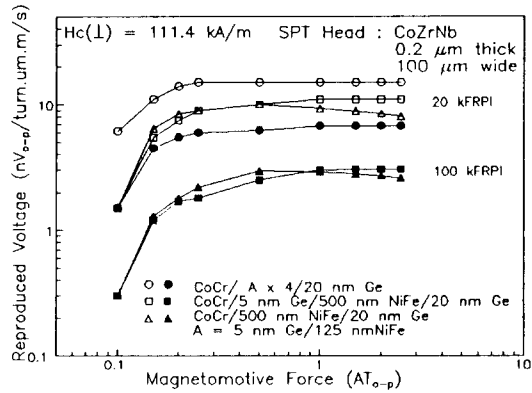


Fig. 2. Recording sensitivity curves of various types of CoCr/NiFe double layered media.

것으로 최대재생전압의 90%에 해당하는 여자력(magnetomotive force, mmf)인 NI₉₀은 다층을 사용한 경우에는 20, 100 kFRPI에서 각각 0.25와 0.5 AT이다. 그러나 단층을 사용한 경우에는 각각 0.5, 0.8 AT으로 상당히 큰 값을 가진다. 따라서 다층연자성층을 사용한 경우가 그렇지 않은 경우에 비해 기록감도가 월등히 우수함을 알 수 있다. 특히 그림 2에서 보편적인 CoCr/NiFe매체는 0.5 AT의 여자력에서 최대재생전압을 나타내다가 그 이후 감소하는 경향을 보인다.

다층연자성층을 사용한 매체의 우수한 기록감도와 높은 재생전압은 연자성층의 높은 투자율에 기인한 것으로 판단된다. 따라서 이것을 확인하기 위해서 임피던스분석기로 매체의 투자율을 측정하였다. 이때 기록층의 수평보자력이 수십 kA/m이고 여자전류가 매우 작기때문에 기록층이 임피던스의 변화에 영향을 주지 않으므로 연자성박막만의 투자율을 측정하는 것이 가능하다. 또한 마그네트론 스파터를 할 경우 타겟으로부터의 누설자계에 의해 매체의 반지름방향으로 이방성이 쉽게 유도되므로 투자율은 매체의 원주방향으로 측정하였다. 그림 3에 이러한 결과를 나타내었다. 다층연자성박막의 투자율은 단층에 비해 53에서 110 배까지 높다. 이러한 결과로부터 다층연

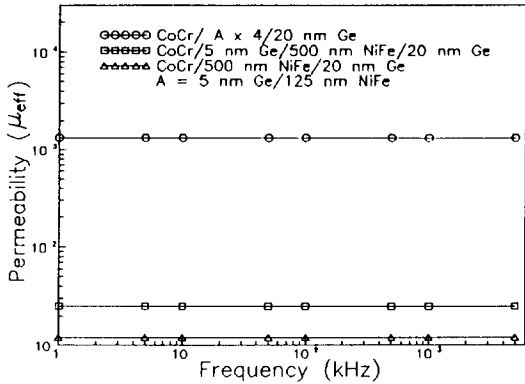


Fig. 3. Permeability versus frequency curves of various types of CoCr/NiFe double layered media.

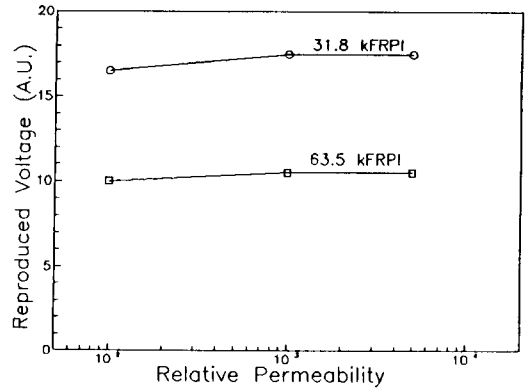


Fig. 4. Dependency of permeability of back layer on the reproduced voltage calculated by FEM Method.

자성박막을 사용한 매체의 우수한 기록, 재생특성은 연자성층의 높은 투자율에 기인한다고 판단된다. 그러나 이 연구에서 제작된 투자율 1300인 또 다른 매체의 경우 다른 시편에 비해 월등히 높은 재생전압을 나타내지 못했고 또한 투자율이 12인 매체에서도 비교적 높은 재생전압을 나타내었다. 이러한 결과는 이중매체에서의 연자성층의 투자율이 재생전압에 크게 영향을 주지않음을 암시한다. 즉 연자성박막의 다층화와 중간층의 삽입 등은 계속해서 성장하는 CoCr기록층의 입자크기나 c-축의 배향에 더 영향을 주는 것으로 판단된다. 따라서 재생전압은 이러한 두 가지 인자의 복합적인 영향을 받는 것으로 생각되며 이러한 결과는 이전의 연구와 Yamamoto에 의해 잘 보고되어 있다[4], [7].

CoCr/NiFe 이중매체에서의 연자성층의 높은 투자율이 재생전압을 크게 증가시키지 못함을 유한요소해석에서도 확인할 수 있었다. 그림 4는 유한요소법으로 해석한 연자성층의 투자율이 재생전압에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 유한요소해석에서 자기이력현상은 Preisach 모델을 사용해 해석했으며 계산에 사용한 헤드의 폭, CoCr 기록층의 두께, NiFe 연자성의 두께, 헤드와 매체의 간격은 각각 400, 100, 500, 50 nm였다. 그림 4에서 31.8, 63.5 kFRPI의 기록밀도에서 연자성층의 투자율이 50배 증가하더라도 재생전압의 증가는 매우 작음을 알 수 있다. 그림 1과 3에서는 투자율이 50배증가할 경우 재생전압은 약 60%증가하나 그림 4에서는 약 6%의 증가만 있다. 따라서 그림 1, 2에서의 다층연자성박막을 사용한 매체의 높은 재생전압은 위에서 언급한 바와 같이 연자성층의 높은 투자율에만 기인하지 않음을 확인할 수 있고,

그림 1에서의 높은 재생전압은 다층화에 따른 또 다른 영향이 있음을 예상할 수 있다. 즉 이중매체의 기록, 재생특성을 향상 시키기 위해서는 기록층의 수직이방성의 향상이 더 중요함을 예상할 수 있다.

다층연자성박막의 또 다른 영향은 CoCr 기록층의 미세조직을 조절하여 기록층의 자기적 특성을 향상시키는 것이다. 이전의 연구에서 500 nm NiFe층위에서 에피택시로 성장한 CoCr층의 입자는 매우 크고 불균일하게 분포하고 있고 수직배향이 완벽하게 되지 못해 좋은 기록, 재생을 위해서는 적당하지 않았다[4]. 그러나 기록층과 연자성층사이에 삽입된 5 nm Ge 중간층은 이러한 헤테로 에피택시성장을 막아 CoCr층의 입자를 균일하게 분포시키고 또한 수직배향을 완벽하게 시켜 수직이방성자제를 2배정도 높였다. 그림 1에서 Ge 층을 사용한 매체의 재생전압이 높은 것은 CoCr층의 자기적 특성의 향상에 기인하는 것으로 판단된다.

우수한 기록매체가 되기 위해서는 낮은 피크이동값을 가져야 하며 특히 고밀도영역에서 이러한 특성은 더욱 중요하다. 피크이동은 인접한 피크의 영향으로 피크의 간격이 늘어나는 현상으로 피크의 이동이 클 경우 오류(error)의 발생요인이 될뿐아니라 심하면 clock 주파수와 동조가 되지않아 기록, 재생을 불가능하게 한다. 따라서 제작된 여러가지 매체의 피크이동특성을 조사하였다. 비자성층의 Ge 중간층을 사용한 경우 높은 재생전압에도 불구하고 보고된 바와 같이[8] 일반적인 CoCr/NiFe매체에 비해 큰 피크이동을 나타내었다. 비자성 중간층은 기록층과 연자성층간의 자기적 상호작용을 줄일뿐아니라 기록층의 밀부분에서 강한 감자제를 발생시키므로 피크

이동을 크게 한다. 이러한 것을 해결하기 위해 중간층으로 비정질 형성능이 강하고 강자성체인 10 nm CoZrNb를 삽입하여 기록, 재생특성과 피크이동특성을 조사하고 결과를 각각 그림 5, 6에 나타내었다. 강자성 CoZrNb 중간

층이방성을 크게 하여 재생전압을 증가시키고, 기록층에서의 감자제를 줄여 피크의 이동을 줄일 수 있다.

IV. 결 론

NiFe/Ge 다층연자성박막과 강자성 CoZrNb 중간층을 사용한 CoCr/NiFe 매체의 기록, 재생특성을 조사한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 다층연자성박막을 사용한 CoCr/NiFe매체는 연자성층의 높은 투자율과 기록층의 수직이방성의 향상으로 높은 재생전압을 나타내었으나 피크이동이 크다. 연자성층의 투자율 향상이 기록감도는 월등히 향상시키나 재생전압을 크게 증대시키지 못하며 우수한 기록, 재생특성을 위해서는 CoCr기록층의 수직이방성을 향상시키는 것이 가장 중요하다.
2. CoZrNb 중간층을 사용한 CoCr/NiFe 매체는 높은 재생전압과 낮은 피크이동을 나타내었는데 높은 재생전압은 기록층의 높은 수직이방성에, 낮은 피크이동은 기록층과 연자성층간의 강한 자기적 상호작용에 기인하는 것으로 판단된다.

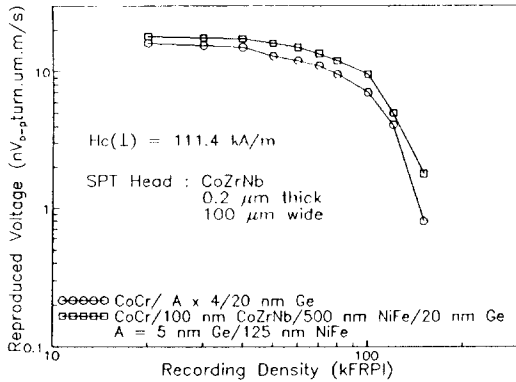


Fig. 5. Bit density response curves of CoCr/NiFe double layered media with CoZrNb intermediate layer or multi back layer.

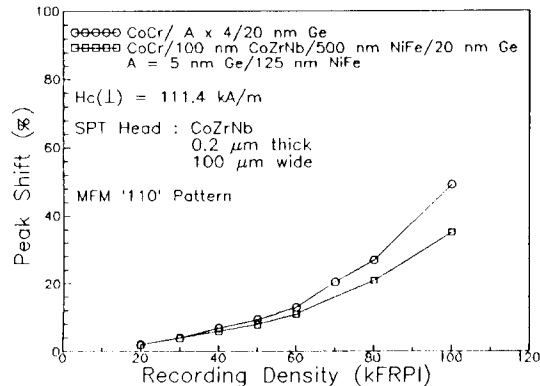


Fig. 6. Peak shift characteristics of CoCr/NiFe double layered media with CoZrNb intermediate layer or multi back layer.

층과 단층의 NiFe박막을 사용한 매체는 다층연자성박막을 사용한 경우에 비해 높은 재생전압과 낮은 피크이동을 나타내 다른 매체에 비해 우수함을 알 수 있다. CoZrNb를 삽입한 매체의 우수한 특성은 다음과 같이 설명가능하다. NiFe층위에서 성장한 10 nm의 CoZrNb층은 강한 비정질 형성능에도 불구하고 에피택시성장으로 인해 c-축이 수직으로 잘 배향된 육방정구조의 부분결정상태나 미세한 결정으로 존재한다면 그 위에서 성장하는 기록층의 수

참고 문헌

- [1] D. J. Mapps, M. A. Akhter and G. Pan, IEEE Trans. Magn., **26**(5), 1614(1990).
- [2] C. P. G. Schrauwen, J. P. C. Bernards, R. W. de Bie, G. J. P. van Engelen, H. H. Stel, V. Zieren and S. B. Luitjens, IEEE Trans. Magn., **24**(2), 1901(1988).
- [3] D. J. Mapps, N. Mahvan and M. A. Akter, IEEE Trans. Magn., **23**(5), 2473(1987).
- [4] P. W. Jang, T. D. Lee and T. Kang, Proceedings of PMRC '91, Iwate, Japan, 1025(1991).
- [5] P. W. Jang, Y. H. Kim, T. D. Lee and T. Kang, IEEE Trans. Magn., **25**(5), 1468(1989).
- [6] M. Shinohara, H. Wakamatsu, I. Kaitsu, I. Tagawa and Y. Nakamura, Proceedings of PMRC '91, Iwate, Japan, 383(1991).
- [7] S. Yamamoto, A. Fujimura, I. Watanabe, K. Ouchi and Y. Nakamura, Proceedings of PMRC '91, Iwate, Japan, 293(1991).
- [8] S. Tadokoro, K. Ouchi, Y. Nakamura and S. Iwasaki, J. Magn. Soc. Jpn., **13**(2), 149 (1989).

Effects of Permalloy Multilayered Schemes and CoZrNb Intermediate Layer on Recording Characteristics of CoCr /NiFe Media

Pyung Woo Jang

Dept. of Physics, Chongju University, Chongju 360-764, Korea

Taek Dong Lee

Div. of Metals, Korea Institute of Science and Technology, Seoul 136-791, Korea

Kwan Soo Park

Dept. of Electrical Eng., Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

(Received 12 January 1994)

The read/write characteristics of CoCr/NiFe double layered media are strongly affected by the magnetic properties of NiFe magnetic soft layer as well as those of CoCr recording layer. Modification of the permalloy layer by NiFe/Ge multilayer scheme resulted in the higher recording sensitivity and the higher reproduced voltage of CoCr/NiFe medium and this is attributed to the higher permeability of the back layer and high perpendicular anisotropy of the CoCr recording layer. Although higher permeability of back layer results in higher recording sensitivity, the increment of the reproduced voltage was not remarkable, which can be confirmed in the FEM numerical analysis. On the contrary, peak shift characteristics of the CoCr/NiFe medium with the NiFe multi back layer was deteriorated compared to that of the CoCr/NiFe medium with NiFe single back layer. Insertion of ferromagnetic thin CoZrNb intermediate layer between CoCr and NiFe layer was effective to ensure large reproduced voltage and low peak shift. These recording characteristics were also discussed in connection with microstructural characteristics.