

論文 90-27-11-10

이온 주입식 자기 버블 전파 회로에서의 자기 버블의 등방성 전파

(Isotropic Magnetic Bubble Propagation in Ion Implanted Magnetic Bubble Propagation Tracks)

崔 然 奉,* 曹 舜 哲*

(Yeon Bong Choi and Soon Chul Jo)

要 約

자기 응력 계수의 변화에 따른 자기 버블의 등방성 전파 여부를 규명하기 위하여 자기 응력 계수가 거의 등방화($\lambda_{111} \approx \lambda_{100}$) 된 세가지 버블 가넷박막(AK92, AKa8, AKb1)의 바이어스 마진과 버블 소멸 자장을 $2.5\mu\text{m}$ 주기를 갖는 다이아몬드 패턴에서 측정하였다. 측정 결과 바이어스 마진은 각 박막의 경우 우수, 보통, 열등 회로에서 상당히 등방화된 값을 얻을 수 있었다. 버블 소멸 자장으로 부터 회전 자장의 방향에 따른 버블 포텐셜 우물을 구하였다. 버블 포텐셜 우물로부터 자기 응력 이방성 정도를 나타내는 $\Delta (= (\lambda_{111} - \lambda_{100}) / \lambda_{111})$ 값이 0.5인 AK92의 경우 우수, 보통, 열등 회로에서 버블 포텐셜 우물이 상당한 차이가 있는 반면 0.3인 AKa8과 0.1인 AKb1의 경우 각 회로에서 거의 등방화가 이루어진 것을 볼 수 있었다. 위의 두가지 측정 결과에서 Δ 값이 0.1~0.3일때 거의 등방적인 버블 전파가 일어남을 알 수 있었다.

Abstract

To find out whether isotropic magnetic bubble propagation can be achieved by changing magnetostriction coefficients, bias margins and bubble collapse fields of $2.5\mu\text{m}$ period "diamond" bubble propagation tracks were measured which were fabricated on three magnetic garnet thin films with nearly isotropic magnetostriction coefficients ($\lambda_{111} \approx \lambda_{100}$). The results showed substantially isotropic bubble propagation in "super", "good" and "bad" tracks for all three garnet films. From the bubble collapse fields, the bubble potential well depths vs. the direction of the in-plane rotating magnetic fields were plotted. The results showed that substantial differences in the potential well shapes exist for the three "good", "bad" and "super" tracks when $\Delta (= (\lambda_{111} - \lambda_{100}) / \lambda_{100})$ was 0.5 (film AK92). However, the differences were minimal when Δ were 0.3 (film AKa8) or 0.1 (film AKb1). In other words, the bubble potential wells were nearly isotropic. The above two measurements indicate that nearly isotropic bubble propagation can be achieved when B is between 0.1 and 0.3.

*正會員, 崇實大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Soongsil Univ.)
接受日字: 1990年 7月 20日

I. 서 론

자기 버블 보조 기억장치는 디스크나 테이프와는 달리 모터를 사용하지 않는 완전 전자식 보조 기억

장치이며 반도체 기억 장치와는 달리 전원이 제거되어도 기억내용을 보존하는 특성을 가진 영구 기억 장치이다. 이러한 장점 때문에 공장에서의 로봇트 제어, 현대 전자 무기의 기억 장치, 우주선의 기억 장치, 석유 탐사용 기재들의 제어 장치등 고 신뢰도를 요구하는 분야에서 보조 기억 장치로 사용되고 있으며 소용량 장치의 경우 단가가 저렴하고 부피가 작아 휴대용 컴퓨터, 금전 등록기, 고성능 계측 장치의 기억 장치로 사용되며 정보 처리 속도가 디스크나 테이프보다 빨라서 퍼스널 컴퓨터의 플로피 디스크 대체용으로도 사용되고 있다. 현재 시판되는 자기 버블 기억 장치는 퍼멀로이 (Permalloy) 자기 버블 전파 회로^[11]를 이용한 4 메가 비트 칩이며 차세대 16 메가 비트 칩에는 퍼멀로이를 사용한 회로보다 선풍을 사용할 수 있는 이온 주입식 회로^[12]를 사용하여 개발되고 있다.

이온 주입식 회로는 자기 버블 전파에 이방성을 갖기 때문에 기억 장치회로 설계에는 많은 어려움을 동반하고 있다.^[13] 이러한 결점을 보완하는 방법으로 여러 가지가 제안되었다.^[3,4,5,7] A. Hubert^[14], D. Saunders와 M. H. Kryder^[15]는 자기 박막에 이온 주입시 이온 주입된 부분과 이온주입이 안된 부분과의 경계면에서 생기는 응력 이완(Stress relaxation)에 의한 이방성을 자기 응력 계수를 등화화 시킴으로써 제거하면 버블 전파를 등방화 시킬 수 있으리라 제안하였다. 특히, A. Hubert^[16]는 자기 응력계수값을 적당히 취하면 자기 응력 이방성이 결정 자기 이방성을 상쇄시켜 자기 이방성을 거의 제거하리라 예측하였다.

본 논문의 목적은 자기 응력 계수가 거의 등방화 된 AK92, AKa8, AKb1 등 세가지 박막을 사용하여 이방성 버블 전파의 등방화 여부를 판단하는 방법으로 바이어스 마진과 버블 소멸 자장을 측정하여 자기 버블 전파를 등방화 시킬 수 있는 조건을 실험적으로 추출하는데 있다.

II. 이온 주입식 자기 버블 기억소자에서의 자기 버블 전파

1. 이온 주입식 자기 버블 전파 회로

자기 버블(Magnetic bubble)은 원통형의 자구(Magnetic domain)로서 비 자성체인 GCG(Gadolinium Gallium Garnet) 기판위에 액상 에피택시(LPE: Liquid Phase Epitaxy) 방법으로 제조된 박막내에 존재한다. 자성박막은 기판면에 수직 방향으로 자기 이방성을 가져 자화가 박막면에 수직으로 존재한다.

그림 1은 이온 주입식 자기 버블 소자의 단면도^[10]

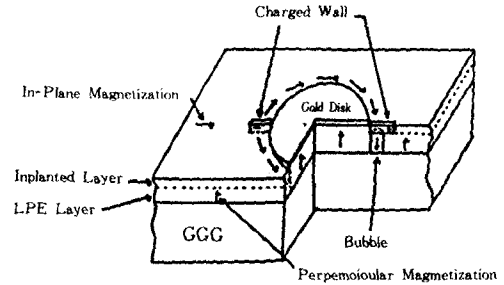


그림 1. 이온 주입 자기 버블 소자의 단면도

Fig 1. Perspective view of an ion-implanted magnetic bubble devices

이다.

그림 1은 디스크형 이온 주입 차폐 패턴을 사용하였으므로 디스크외부만이 이온 주입이 된다. 박막면에 적당한 이온 주입(수소 이온 또는 중수소 이온)을 할 경우 박막의 수직 이방성에 따른 수직 자화를 박막면에 평행하게 할 수 있으며 이때 이온 주입된 부분과 이온 주입이 안된 부분과 경계면에서의 자화 방향은 경계면에 평행하게 되고 그림 1에서 볼 수 있듯이 디스크 왼쪽에는 음대전자벽(Magnetically negatively charged wall)이 디스크 오른쪽에는 양대전 자벽(Magnetically positively charged wall)이 존재한다. 그림 1에서 버블의 자화 방향은 자기 박막의 내부를 향하므로 윗 부분은 음으로 대전되어 양으로 대전된 양대전 자벽에 끌리게 된다. 이 소자에 박막면과 평행인 회전 자장(Rotating in-plane field)을 인가하면 자벽은 회전 자장에 따라 회전하게 되고 자기 버블은 자벽에 부착되어 같이 회전하게 된다. 이러한 원리로 버블 전파가 이루어 지는데 버블 전파회로는 그림 1과 같은 전파 요소가 여러개 연결된 형태이며 그 모양에 따라 다이아몬드형(Diamond pattern), 뱀 형(Snake pattern), 원 형(Circle pattern), 삼각형 형(Triangle pattern)으로 나눈다. 이 네가지 패턴에 대한 실험 결과 다이아몬드 패턴의 경우가 가장 양호하였다.^[11] 그림 2는 이들 전파 회로 중 다이아몬드 패턴에서 회전 자장의 방향에 따라 버블이 전파되는 과정을 설명한 것이다.

그림 2의 왼쪽에 있는 화살표 방향으로 회전 자장이 인가 되었을 경우 전파 회로 경계면에는 대전 자벽이 존재하며 자기 버블은 양대전 자벽에 부착되어 회전 자장이 그림 2에서와 같이 시계 방향으로 회전할 경우 대전자벽과 함께 전파 회로를 따라 회전하게 된다. 이때 버블은 회전자장의 약 1/3주기 동안

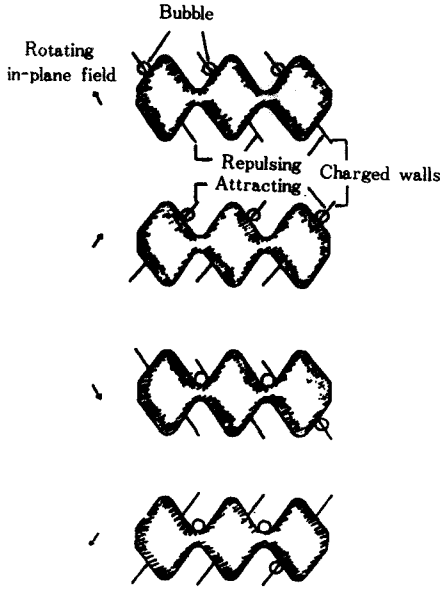


그림 2. 이온 주입 회로에서의 자기 버블 전파 회로
Fig. 2. Bubble propagation along ion-implanted tracks

은 실제로 전파되고 약 2/3 주기 동안은 전파 회로 접합 부분인 커스프(Cusp)에 존재한다.

2. 자기 버블 전파의 이방성

자기 버블은 전파 회로의 방향에 따라 전파 용이도에 차이가 있는데 이것은 자기 박막으로 사용되는 가넷(Garnet)의 입방 결정 구조에 따른 입방 자기 이방성 때문이다. 버블 전파의 용이도가 버블 전파 회로의 방향에 따라 차이가 있는 것을 자기 버블의 전파가 이방성을 갖는다고 하며 그림 3과 같은 바이어스 마진(Bias margin) 곡선^[10]에 의해 나타내어 진다.

그림 3에서 보면 X축에는 버블을 움직이는데 필요한 회전 자장, Y축에는 버블이 존재하는데 필요한 수직 바이어스자장의 크기가 나타내어져 있다. 이 두 자장의 크기가 곡선의 내부에 있으면 버블이 존재하고 전파될 수 있음을 나타낸다. 또한 두 자장이 곡선의 위 쪽에 있으면 버블이 소멸(Collapse) 되고 아래쪽에 있으면 버블이 띠자구(Stripe domain) 형태로 되어 버리는 스트라이프 아우트(Stripe out)이 된다.

그림 3에서 3개의 곡선은 전파 회로 방향에 따라 서로 다른 세가지의 바이어스 마진을 나타낸 것으로 버블 전파가 가장 용이한 회로를 우수 회로(Super track)라 하여 전파 회로 방향이 그림 3의 윗쪽에 있

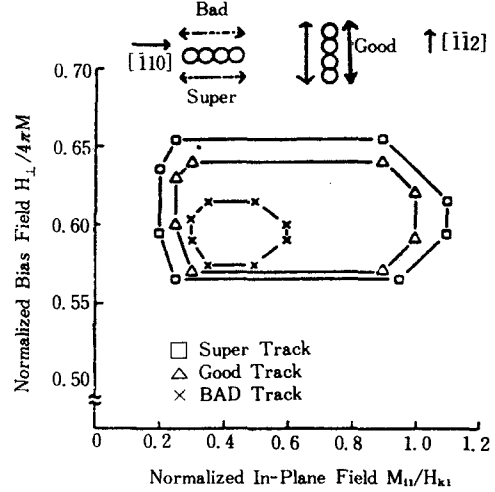


그림 3. 전형적인 바이어스 마진
Fig. 3. Typical bias margins.

는 것과 같이 $[1\bar{1}0]$ 결정축과 평행인 경우 그림에서 아래쪽이고 버블 전파가 가장 곤란한 회로를 열등 회로(Bad track)라 하여 $[1\bar{1}0]$ 결정축과 평행인 경우 그림에서 윗쪽이며, 그 중간을 보통 회로(Good track)라 하여 전파 회로방향이 $[1\bar{1}2]$ 결정축에 평행인 경우를 말한다. 버블 전파가 용이한 회로란 넓은 바이어스 자장 범위에서 버블이 존재하고 작은 회전 자장으로 버블 구동이 가능한 회로를 말한다.

3. 자기의 버블의 등방화

자기 버블 전파의 이방성은 자기 가넷 입방 결정의 자기 이방성뿐 아니라 이온 주입된 영역과 이온 주입이 안된 영역 사이에 존재하는 응력(Stress)으로부터 생기는 자기 응력 이방성 때문이라는 것을 Y. Hidaka^[10] 등이 실험적으로 설명하였다. 이로부터 A. Hubert^[8], D. A. Saunders와 M. H. Kryder^[9]는 자기 응력 이방성이 자기 가넷 입방결정 이방성과 같은 효과를 나타낸다는 것과 이 자기 응력 이방성은 가넷의 두가지 응력 계수인 λ_{111} 과 λ_{100} 이 같으면 존재하지 않는다는 것을 이론적으로 설명하였다. 특히, A. Hubert^[8]는 자기 응력 계수를 적당히 취하면 자기 응력 이방성이 결정 자기 이방성을 상쇄하여 자기 이방성을 거의 제거 하리라고 제안하였다.

자기 응력 이방성 정도를 Δ 라 하여

$$\Delta = (\lambda_{111} - \lambda_{100}) / \lambda_{111}$$

와 같이 정의 한다.

여기서, λ_{111} 은 $[111]$ 방향의 자기 응력 계수,

λ_{100} 은 $[100]$ 방향의 자기 응력 계수이며

Δ 를 적당히 변화시키면 자기 응력 이방성이 자기 결정 이방성을 상쇄하는 값에 도달한다는 것이다. 기존의 자기 가넬 박막을 보면 λ_{111} 은 음수값을 λ_{100} 은 양수값을 가져 Δ 는 양수값을 갖는 반면 본 실험에 사용한 자기 가넬 박막은 표 1에서와 같이 λ_{100} 가 음수값을 가져 Δ 값이 0에 가깝다.

본 논문은 $\Delta = 0.5$ 인 AK92, $\Delta = 0.3$ 인 AKa8, $\Delta = 0.1$ 인 AKb1의 가넬 박막을 사용하여 버블 전파의 등방화여부를 결정하기 위하여 바이어스 마진 (Bias margin)과 버블 소멸자장 (Bubble collapse field)을 측정하여 비교하였다.

본 연구에 사용한 버블 전파회로는 미국 Carnegie Mellon 대학교에서 제조 되었으며, 그 제조과정에는 참고문헌 [6]과 [11]에 기술된 방법이 사용되었다.

위의 세가지 가넬 박막의 성분과 특성⁽¹⁾은 표 1과 같다. 이들 가넬 박막 특성들의 측정방법은 참고문헌 [13][14]등에 기술되어 있다.

표 1. 가넬 박막의 특성

Table 1. Garnet film characteristics

Composition : $\{BiDySmLuY\}_3[FeGa]_5O_{12}$

	AK92	AKa8	AKb1
Thickness (t)	0.64 μm	0.81 μm	0.70 μm
Material length (l)	0.056 μm	0.069 μm	0.074 μm
Magnetization ($4\pi M$)	990G	970G	830G
Bubble diameter (d)	0.50 μm	0.62 μm	0.67 μm
Magnetostriction coef. λ_{111}	-3.1×10^{-6}	-3.5×10^{-6}	-3.8×10^{-6}
Magnetostriction coef. λ_{100}	-1.5×10^{-6}	-2.5×10^{-6}	-3.4×10^{-6}

III. 실험 장치 및 방법

1. 실험 장치

소자 특성 측정 장치는 그림 4와 같다. 현미경 (Leitz Orthoplan)은 100Watt 수은 아크등 (mercury arc lamp)과 편광 장치가 부착되어 있으며 버블 유무는 페러데이 (faraday) 자기 광학 효과를 이용하여 두 편광자 (polarizer P와 analyzer A)에 의해 반사광의 유무로 바뀌어져 TV 카메라 (MTI 66 TV camera)를 통하여 TV 화면으로 볼 수 있다. 이때 사용되는 대물 렌즈는 버블 소자 특성 측정용으로 특별히 제작된 배율 50인 Leitz 렌즈이다. TV 카메라를 현미경위에 약 35cm 길이의 구리관위에 장치하므로써 TV 화면에는 약 3500배의 배율로 나타낼 수 있어서 0.5 μm 직경의 버블을 쉽게 관찰할 수 있다. 바이어스 자장

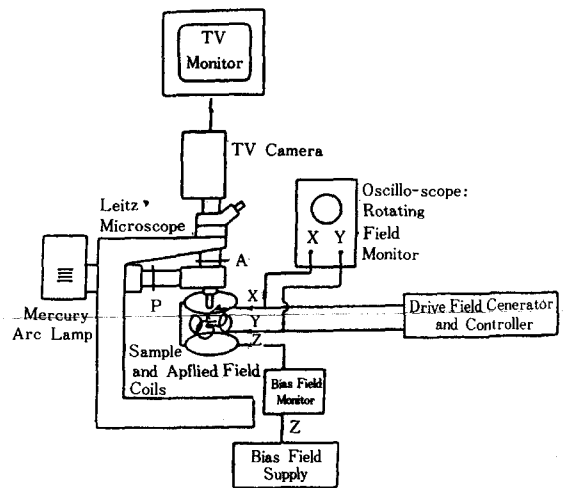


그림 4. 테스트 장치⁽¹⁾

Fig 4. Testing set-up.

은 1.5 KOe까지 생산할 수 있으며, 바이어스 자장용 전원 (TCR 30 T 100 : Electronic Measurements 사 제품)은 100A 25V 까지 공급할 수 있다. 또한 회전 자장은 최고 200 Oe까지 생산할 수 있으며 스테레오 증폭기 (crown DC-300)에 의해 공급 된다. 바이어스 자장의 크기는 디지털 전압계로 측정되고 회전 자장의 회전 방향과 크기는 오실로스코프로 측정할 수 있다.

2. 실험 방법

바이어스 마진 측정은 회전 자장을 1Hz로 회전시키면서 30 Oe에서 80 Oe까지 10 Oe 간격으로 회전 자장을 일정하게 유지시킨 후 바이어스 자장을 천천히 증가시켜 띠 자구 (stripe domain)로부터 버블이 생성될 때의 바이어스 자장을 측정 기록하고 다시 천천히 증가시켜 버블이 소멸될 때의 바이어스 자장을 측정 기록하여 Y축을 바이어스 자장의 크기, X축을 회전 자장의 크기로 하여 그래프로 나타낸 것이다. 바이어스 마진은 우수, 보통, 열등 회로에서 측정 기록한 것으로 곡선의 하단은 버블이 형성될 때 자장의 크기이고, 상단은 버블이 소멸될 때 자장의 크기이며 좌단은 버블을 구동하는데 필요한 최소 회전 자장의 크기이다. 버블 소멸 자장 측정은 회전 자장의 크기를 일정하게 유지시키고 회전 자장을 시계방향으로 회전시키면서 10° 또는 20° 간격으로 정지시킨 후 바이어스 자장을 천천히 증가시켜 버블이 소멸될 때의 바이어스 자장의 크기를 0°에서 360°까지 우수, 보통, 열등 회로에서 측정, 기록하였다.

IV. 실험 결과 및 고찰

자기 응력 이방성을 감소시킴에 따른 버블 전파의 이방성 변화를 알아보기 위하여 자기 응력 이방성 정도를 나타내는 Δ 값이 0.5인 AK92 박막, 0.3인 AKa8 박막, 0.1인 AKb1 박막의 다이아몬드 패턴 전파 회로를 사용하여 우수 회로 (super track), 보통 회로 (good track), 열등 회로 (bad track)의 바이어스 마진을 측정하여 그림 5, 6, 7에 나타 내었다.

위의 세 바이어스 마진은 그림 3의 전형적인 바이어스 마진과 비교하면 우수 회로, 보통 회로, 열등 회로의 바이어스 마진이 상당히 비슷함을 알 수 있다. 특히 AKa8와 AKb1의 바이어스 마진은 회전 자장 60 Oe 이상에서는 상당히 비슷함을 알 수 있다. 이는 전형적인 버블 전파 회로는 값이 음수인 자기 박막을 사용한다는 점을 고려하면 이해될 수 있다. 즉 현재 사용된 자기 박막은 모두 상당히 등방화 되

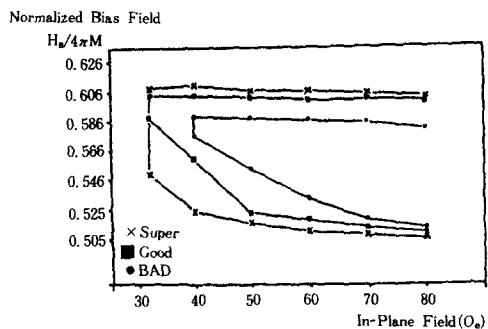


그림 5. 박막 AK92($\Delta=0.5$)의 바이어스 마진
Fig. 5. Bias margins of wafer AK92.

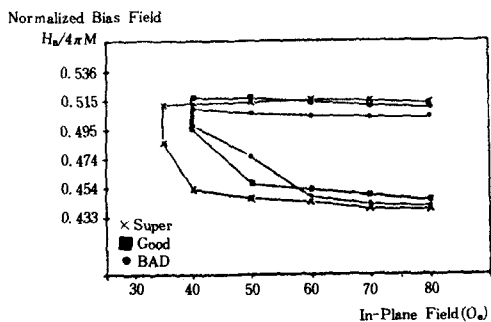


그림 6. 박막 AKa8($\Delta=0.3$)의 바이어스 마진
Fig. 6. Bias margins of wafer AKa8.

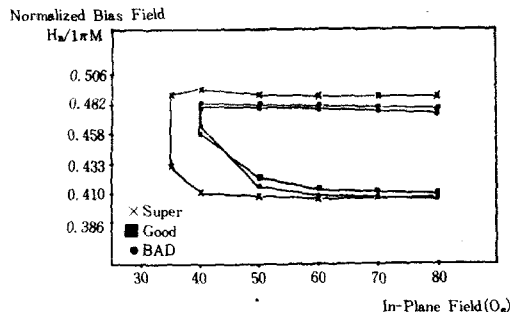


그림 7. 박막 AKb1($\Delta=0.1$)의 바이어스 마진
Fig. 7. Bias margins of wafer AKb1.

었음을 의미한다. 그래프 왼쪽 하단에서 바이어스 마진 곡선의 차이가 큰 것은 바이어스 자장과 회전 자장이 모두 작을 때의 경우로 이때는 전파 회로 패턴 경계면에서 대전 자력이 길어지게 되고 전파회로 패턴 경계면에서만 존재하는 자기 응력 이방성의 효과가 거의 나타나지 못하기 때문이다.⁽⁶⁾

버블 전파 이방성은 자기 버블 소멸 자장을 나타내는 바이어스 마진곡선 상단의 차이에서 뚜렷이 나타난다. 따라서 등방성 전파의 실험 여부를 측정하는 방법으로 버블 소멸 자장을 측정하게 되는데 이 현상을 좀 더 정확하게 이해하기 위하여 버블 포텐셜 우물 (bubble potential well)로 나타낸다. 버블 전파 회로에 존재하는 버블의 소멸 자장 (H_c)은 식 (1)과 같이 표현된다.⁽¹²⁾

$$H_c = H_f + H_{cw} + H_{ed} + H_{sc} \quad (1)$$

여기에서,

H_f : 자유 버블 소멸 자장

H_{cw} : 대전 자력의 포텐셜 우물

H_{ed} : 패턴 경계면 신호도에 의한 포텐셜 우물

H_{sc} : 패턴 경계면 표면 자극 (Magnetic pole density, Magnetic charge)에 의한 포텐셜 우물이며, 자유 버블은 패턴 경계면에 부착되지 않고 패턴에서 떨어져 있는 버블을 말한다.

버블 포텐셜 우물 (H_w)은 식 (2)로 구할 수 있다.

$$H_w = H_f - H_c \quad (2)$$

그림 8, 9, 10은 AK92, AKa8, AKb1 박막에서 회전 자장의 크기를 60 Oe로 하여 측정된 다이아몬드 전파 회로에서 버블 포텐셜 우물이다.

전술한바와 같이 버블 포텐셜 우물은 버블 소멸자장으로 부터 구해지며 그림에서 우물이 깊은 것은

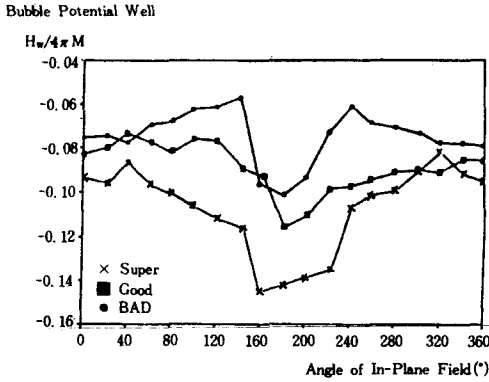


그림 8. AK92($\Delta=0.5$)에서의 버블 포텐셜 우물
Fig. 8. Potential wells in AK92 film.

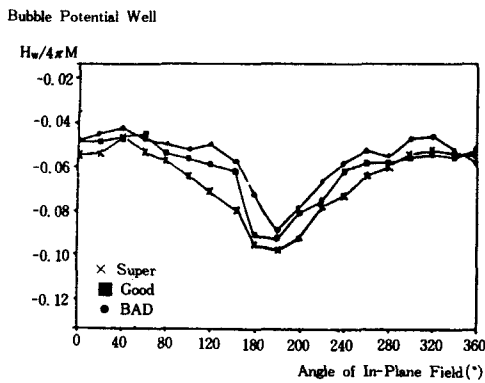


그림 9. AKa8($\Delta=0.3$)에서의 버블 포텐셜 우물
Fig. 9. Potential wells in AKa8 film.

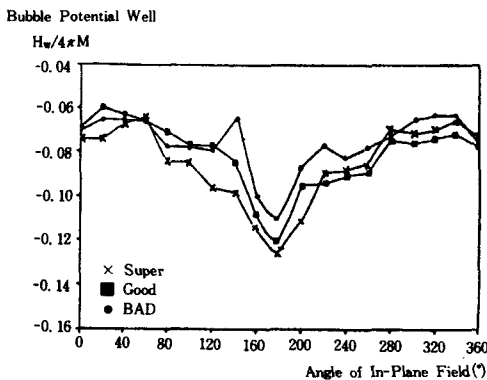


그림 10. AKb1($\Delta=0.1$)에서의 버블 포텐셜 우물
Fig. 10. Potential wells in AKb1 film.

버블 소멸 자장이 큰 것을 나타낸다. 버블 구동자장의 위상은 자장 방향이 커스프 중앙을 향하고 있을 때 180°로 정하여 시계방향으로 10° 또는 20° 간격으로 회전시켜 버블 소멸 자장을 측정하였다. 버블이 커스프에 존재할때 포텐셜 우물이 깊은 이유는 경계면 신호도가 크며 회전자장이 커스프(180° 부근 : 그림 8 하단 그림 참고)를 향하므로 자화(magnetization)가 자장 방향으로 회전해서 양극의 표면 자극이 존재하며 또한 양대전 자벽이 존재하기 때문이다.^[6] 그러나 버블이 커스프에 존재하는 동안 항상 양대전 자벽이 존재하는 것은 아니다. 그림 11에서 보면 회전 자장 위상이 140°와 220° 부근에서는 음대전 자벽이 존재하게 된다. 따라서, 이 부근에서의 버블 포텐셜 우물은 얇게 된다. 특히 열등 회로 경우는 현저하게 나타난다. 그 결과 포텐셜 우물에서 두 피크(140°와 220° 부근)가 나타난다. 그러나 보통 회로와 우수 회로의 경우는 음대전 자벽의 강도가 열등 회로의 경우 보다 훨씬 약해서 피크가 나타나지 않는다. 그 이유는 다음과 같다. 그림 11의 왼쪽 상단 원형 그림은 120° 간격으로 세방향의 자화

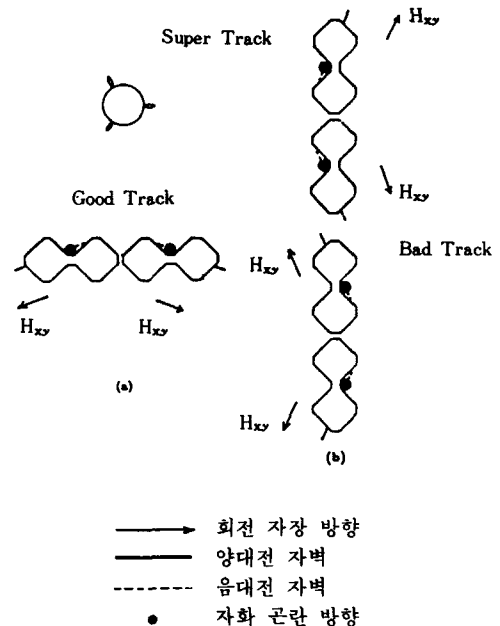


그림 11. 커스프에서 음대전 자벽의 영향을 받는 자기 버블
(a) 보통회로 (b) 열등회로와 우수회로
Fig. 11. Bubbles encountering repulsive charged Walls in cusp in.
(a) a good track, (b) a bad and super track.

곤란 방향을 나타내고 이들과 180° 회전한 반대 방향이 자화 용이 방향을 나타내는데 자화 용이 방향으로 회전자장이 향하면 대전 자벽의 강도가 약하고 자화 곤란 방향으로 향하면 강도가 강하게 된다.^[6] 그림 11 (b) 아래 그림의 열등 회로에서 보면 회전 자장(Hxy)의 방향이 자화 곤란 방향으로 향하고 있어 대전 자벽의 강도는 강하게 되어 버블 포텐셜 우물은 가장 얇게 된다. 또한 우수 회로에서 보면 회전 자장(Hxy)의 방향이 자화 용이 방향으로 향하게 되어 대전자벽의 강도는 약하게 되고 버블 포텐셜 우물은 깊어 진다. 그림 8, 9, 10를 비교하여 보면 AK92의 경우 AKa8과 AKb1과는 달리 열등 회로의 포텐셜 우물이 커스프에서 얇은 것을 알 수 있다. 반면 AKa8과 AKb1은 상당히 깊어진 것을 볼 수 있다. 따라서 거의 등방화된 박막의 경우 가장 낮은 버블 포텐셜 우물의 값이 보통 회로와 열등 회로에서 거의 비슷해짐을 알 수 있다. 완전히 등방화된 경우란 열등, 보통, 우수 회로의 버블 포텐셜 우물이 모두 동일하게 되는 것을 의미한다. AKa8과 AKb1의 열등회로에서는 음 대전 자벽의 강도가 약화되어 버블 포텐셜 우물 두 피크(가장 얇은 버블 포텐셜 우물 값)는 감소되고 결국 열등회로의 향상으로 거의 등방화가 이루어진 것을 볼 수 있다.

V. 결 론

본 논문은 자기 응력 이방성을 갖는 자기 가넬 박막들을 사용하여 이온 주입식 자기 버블 전파 회로의 이방성 버블 전파를 등방화 시킬 수 있는 방법을 실험적으로 구하는데 목적을 두고, 자기 버블 소멸 자장(버블 포텐셜 우물)과 바이어스 마진을 측정, 비교하였다. 바이어스 마진 측정결과 AKa8($\Delta=0.3$), AKb1($\Delta=0.1$), AK92($\Delta=0.5$) 모두 다이아몬드 패턴에서는 버블 전파의 등방화가 거의 이루어진 것을 알 수 있었다. 버블 포텐셜 우물을 살펴보면 자기 응력 이방성의 감소로 열등 회로 버블소멸 자장이 증가되어 AKa8과 AKb1은 거의 등방화가 이루어짐을 알 수 있었으나 AK92는 열등 회로의 포텐셜 우물이 커스프에서 상당히 낮았다. 입방 결정 이방성과 자기 응력 이방성 중에 자기 응력 이방성만을 감소시켰기 때문에 완전 등방성 전파에는 미치지 못함을 알 수 있었다. 따라서, 대전 자벽의 강도를 결정하는데에는 결정 자기 이방성을 무시할 수 없음이 판명되었다. 특히, 바이어스 자장의 크기와 회전 자장의 크기가 작은 경우 대전 자벽이 길어져 자기 응력 이방성의 영향이 크지 못하여 자기 응력 이방성

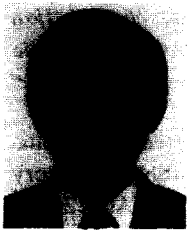
정도를 나타내는 Δ 값의 감소만으로 자기 버블 전파의 완전한 등방화가 어렵고 버블 전파 실패의 원인이 됨을 알 수 있었다. 결론적으로 Δ 가 0.1~0.3까지의 박막을 사용하면 버블 기억 소자 칩 설계에 많은 도움을 주리라 생각한다.

參 考 文 獻

- [1] K. Yamagish et al., "Design and Characterization for A 4 μ m Period Permalloy Bubble Devices," *IEEE Trans. Magn.*, MAG-19, p. 1853, 1983.
- [2] Y.S. Lin, G.S. Almasi and G.E. Keefe, "Contiguous-Disk Bubble Devices," *IEEE Trans. Magn.*, MAG-13, pp. 1744-1764, 1974.
- [3] Y.S. Lin, G.S. Almasi, D.B. Dove, G. E. Keefe and C.C. Shir, "Orientation dependence of propagation margin of 1 μ m bubble contiguous-disk devices-clues and cures," *J. Appl. Phys.*, 50, p. 2258, 1979.
- [4] R. Wolfe, T.J. Nelson, "Crystal symmetry effects in ion-implanted propagation patterns for magnetic bubbles: 'Roof-Top' Design," *IEEE Trans. Magn.*, MAG-15, no. 5, p. 1323, 1979.
- [5] C.C. Shir, "Triangular Propagation Patterns for contiguous-disk magnetic bubble devices," *J. Appl. Phys.*, 52, pp. 2388-2390, 1981.
- [6] Soonchul Jo, Ph. D. Thesis, "Propagation in Submicron Ion-Implanted Magnetic Bubble Computer Memory Devices," Carnegie Mellon Univ. U.S.A. 1987.
- [7] Y. Sugita et al., "Ion-implanted and permalloy hybrid magnetic bubble memory devices," *IEEE Trans. Magn.*, MAG-22, pp. 239, 1986.
- [8] A. Hubert, "Domain Wall Phenomenon in Bubble Propagation Layers," *J. of magnetism and Magnetic Materials*, pp. 249-1983.
- [9] M.H. Kryder, D. Saunders, "The effects of stress relaxation and anisotropic magnetostriction on charged walls in ion-implanted garnets," *IEEE Trans. Magn.*, MAG-19, pp. 1817, 1983.
- [10] Y. Hidaka and H. Matsutera, "Charged wall formation mechanism in ion-implanted contiguous disk bubble devices," *Appl. Phys. Lett.*, 39, pp. 116, 1982.

- [11] Soonchul Jo and M.H. Kryder, "Nearly isotropic propagation of 0.5 micrometer bubbles in contiguous disk devices," *IEEE Trans. Magn.*, MAG-22, pp. 1278, 1986.
- [12] C.C. Shir, I.L. Sanders and Y.S. Lin, "The role of charged walls in contiguous-disk bubble devices-a review," *IEEE Trans. Magn.*, MAG-18, pp. 217, 1981.
- [13] D.C. Fowles, and J.A. Copeland, *Amer. Inst. Phys. Conf. Proc.* 5, p. 240, 1972.
- [14] X. Wang, C.S. Krafft, M.H. Kryder, "Measurement of Magnetocrystalline Anisotropy Field and Magnetostriction Coefficient in Garnet Films," *IEEE Trans. Magn.* MAG-18, pp. 1295, 1982.

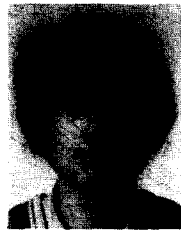
 著 者 紹 介



曹 舜 哲 (正會員)

1947年 2月 19日生. 1969年 서울대학교 물리학과 졸업(이학사)
1972年 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1974年 미국 Rhode Island 대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사).

1987年 미국 Carnegie Mellon 대학교 전기전산기 공학과 대학원 졸업(공학박사). 1974年~1977年 미국 Purdue 대학교 연구원. 1987年~현재 숭실대학교 전자공학과 조교수. 주관심분야는 컴퓨터 자기 및 광자기 기억장치, 광자기 광통신 소자 및 고체전자 소자 제조공정 등임.



崔 然 奉 (正會員)

1965年 4月 12日生. 1987年 원광대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1990年 숭실대학교 전자공학과 대학원 졸업(공학석사). 주관심분야는 컴퓨터 자기 및 자기 소자 제조 공정 등임.