

제조 조건 및 열처리 조건에 따른 CoNbZr 합금 박막의 구조 및 자기적 성질에 관한 연구

양준석 · 이성래

고려대학교 재료금속공학부
서울특별시 성북구 안암동 5가 1번지 136-701

(2000년 1월 12일 받음, 2000년 4월 5일 최종수정본 받음)

마그네트론 스퍼터를 사용하여 증착한 CoNbZr 합금박막의 제조 조건 및 열처리에 따른 구조 및 자기적 성질의 변화를 연구하였다. Ar 분압 2 mTorr, RF 인가전력 130 W에서 증착되어진 $\text{Co}_{87.0}\text{Nb}_{8.5}\text{Zr}_{4.5}$ 막은 최대 비저항 $3000 \mu\Omega\cdot\text{cm}$ 을 나타냄으로써 가장 안정한 비정질상을 형성하였으며 100 MHz에서 1095의 최대투자율, 1.75 Oe의 최소 보자력을 나타내었다. Ar 분압이 2 mTorr 이상으로 증가할 경우 그리고 RF 인가전력이 130 W 이상으로 증가할 경우 주상정 구조의 발달과 불안정한 비정질상의 형성으로 투자율은 감소하고 보자력은 증가하는 것을 확인하였다. 1 mTorr에서 증착되어진 막과 190 W에서 증착되어진 막은 결정질 상을 형성하여 100 이하의 낮은 투자율과 60 Oe의 높은 보자력을 나타내었다. 회전자장중 열처리에 의해 이방성을 제어할 수 있음을 확인하였으며, 증착상태에서 보였던 1095의 투자율은 1345로 증가하였다.

I. 서 론

CoNbZr 3원계 비정질 합금박막은 70년대부터 퍼멀로이와 함께 대표적인 연자성체 재료로 연구되어왔다. 본 재료는 헤드 flux guide(magnetic head flux guide) 재료와 자기소자 코어재료로 연구되었으나 각각이 전문적으로 발전하지 못하고 수 kHz~수 MHz의 주파수 영역에서의 1000 이상의 투자율과 1.0 T 이상의 포화자속밀도 그리고 $10^{-7}\sim 10^{-6}$ 대의 자왜값을 요구하였다[1-3]. 그러나, 90년대 이후 저장매체의 고밀도화와 전자통신분야의 발달로 인하여 각각의 재료들은 다른 방향으로 독자적으로 발전하고 있다. 헤드에 사용되어지는 재료는 저장매체의 고밀도화에서 발생할 수 있는 낮은 flux를 효율적으로 감지하기 위하여 1.5 T 이상의 포화자속밀도와 2000~4000의 투자율을 갖는 연자성 특성이 요구되어진다[4-6]. 그러나, 자기소자 코어재료는 전자통신의 발달로 그 사용 주파수대가 수 백 MHz~수 GHz로 증가함에 따라 투자율 자체의 크기보다는 투자율이 급격하게 감소하는 공진주파수의 증가를 요구함으로써 200~500 정도의 투자율과 수 백 MHz 이상의 공진주파수가 요구된다[7,8]. 최근 일본에서는 400의 투자율을 2 GHz까지 유지하는 인덕터가 연구되고 있다[7]. 수 백 MHz 이상의 고주파수대에서는 와전류에 의한 손실이 극대화되어 투자율이 급격히 감소하므로 와전류에 의한 손실을 감소시키는 것이 주요과제가 되고 있다. 이러

한 와전류 손실을 줄이기 위하여 재료는 수천 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 의 높은 비저항이 요구된다. 비저항이 높은 Co계 비정질 연자성 막 중에 500 °C 이상의 높은 결정화 온도를 갖는 CoNbZr 합금박막은 내열성이 우수하여 고주파수대에서 작동 중 발생할 수 있는 고온에 견딜 수 있기 때문에 이러한 자기소자 코어재료로 활발히 연구되고 있다.

본 연구에서는 이러한 CoNbZr 합금박막을 고주파 마그네트론 스퍼터 방법으로 제조하고, 스퍼터 제조조건이 자기적 특성에 미치는 영향을 조사하여 수천 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 의 높은 비저항 등의 우수한 특성을 갖는 연자성 박막 제조 조건을 찾고, 회전자장 중 열처리 방법이 증착된 막의 이방성과 자기적 특성에 미치는 영향에 대해 연구하였다.

II. 실험방법

2.1. 시편제작 및 열처리

시편은 상향 RF 마그네트론 스퍼터를 사용하여 제작되었다. 복합 타겟트는 순도 99.95 %인 Co 타겟트 위에 가로, 세로가 각각 5 mm이고 두께가 1 mm인 순도 99.95 %의 Nb 및 Zr 칩들의 수를 달리하여 붙임으로 제작되었다. CoNbZr 3원계 합금박막은 비정질 상태에서만 연자성 성질을 얻을 수 있기 때문에 적은 양을 첨가하여 비정질을 형성할 수 있는 Zr을 비정질 형성 원소로 첨가하고 Zr에 의한 '+'의 자왜(자기변형)값을 상쇄하기 위하여 '-'의

자왜값을 갖는 Nb을 첨가시킨다. 본 실험에서 자왜값을 측정하지는 않았지만 자왜값은 막 내에 미소 스트레스 및 원치 않는 자장 변화를 일으켜 고주파수대에서의 투자율의 안정성을 악화시킨다[9]. 따라서, Zr의 함량을 최소 비정질 형성 첨가량인 4 at % 이상으로 제어하고 자왜값의 변화를 주기 위하여 Nb의 함량을 칩의 개수를 조절하여 제어하였다. 초기 진공도는 9×10^{-7} Torr 이하로 유지되었고, 막은 Ar 유량을 10 sccm으로 유지한 상태에서 스퍼터 분압을 1, 2, 3, 5, 10 mTorr으로 변화시켜가며 제조되었다. 기판은 coming glass 2948을 사용하였으며, RF 인가 전력은 100~190 W로 제어하였다.

막 증착 중 방향성을 주기 위하여 면내로 1 kOe의 자장을 가한 자장스퍼터를 행하였다. 증착된 막의 이방성을 제어하기 위하여 10^{-3} Torr대의 진공상태에서 1.2 kOe의 자장을 걸어준 자장열처리를 행하였다. 증착상태에서 형성되어진 방향성을 제어하기 위하여 30 rpm의 속도로 시편을 회전시키며 회전자장 중 열처리를 행하였다. 열처리는 300, 400 °C 온도에서 30, 60, 120분 동안 행하였다.

2.2. 구조 및 자기적 특성분석

복합 타게트를 사용하여 제작되어진 박막의 조성은 ICP, EDS를 사용하여 분석하였고, 박막의 비정질상은 XRD를 사용하여 확인하였다. 막의 표면거칠기는 AFM을, 과단면 미세구조는 SEM을 사용하여 확인하였으며 비저항은 4 탐침법을 사용하여 측정하였다. 자기적 성질은 VSM을, 투자율은 8자 코일법을 사용하여 1~100 MHz에서 측정하였으며 막 증착 시 가하여준 자장과 평행한 방향(parallel)과 수직인 방향(perpendicular)으로 각각 측정되었다.

III. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 100 W의 RF power와 2, 5, 10 mTorr의 Ar 분압에서 증착되어진 $\text{Co}_{77.8}\text{Nb}_{14.8}\text{Zr}_{7.4}$, $\text{Co}_{87.0}\text{Nb}_{8.5}\text{Zr}_{4.5}$ 그리고 $\text{Co}_{89.5}\text{Nb}_{6.8}\text{Zr}_{3.7}$ 조성의 합금박막에 대한 X선 회절 패턴이다. 모든 조건에서 특정한 결정 피이크 없이 $44^\circ(2\theta)$ 근처에서 넓은 하나의 피이크만을 보이고 있다. 이는 전형적인 비정질상의 X선 회절 패턴이며, Co-M-Nb막은 Nb 8~33 at.%, Zr 4~22 at.% 범위에서 비정질을 형성하는 것으로 알려져 있다[9]. 제작된 시편의 조성은 비정질 형성 범위에 속하지만 수 나노미터의 작은 결정립이 존재할 경우에도 XRD 회절상으로는 확인이 어려우므로 일부 나노 크기의 결정립의 존재 가능성도 배제할 수 없다. Ar 분압

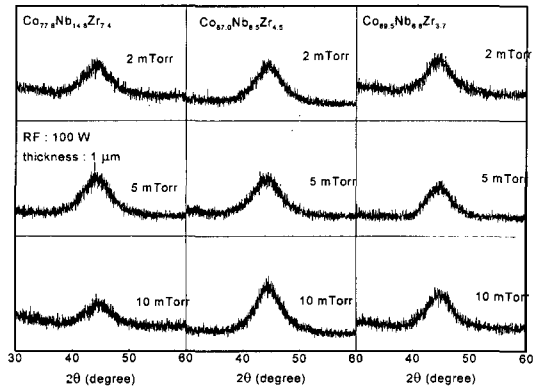


Fig. 1. XRD patterns for (a) $\text{Co}_{77.8}\text{Nb}_{14.8}\text{Zr}_{7.4}$, (b) $\text{Co}_{87.0}\text{Nb}_{8.5}\text{Zr}_{4.5}$, (c) $\text{Co}_{89.5}\text{Nb}_{6.8}\text{Zr}_{3.7}$ thin films deposited at various gas pressure (P_{Ar}).

변화에 대해서도 특별한 변화는 없지만 5 mTorr에서 세 가지 조성으로 증착되어진 막의 경우가 피이크의 강도가 가장 낮은 형태를 보인다.

Fig. 2는 동일 시편에서 Ar 분압에 따르는 비저항의 변화를 보여준다. 2 mTorr에서 증착되어진 막의 비저항이 다른 막들에 비하여 높다. 일반적으로 결정질 박막의 경우 Ar 분압이 증가할수록 치밀하지 못한 주상정 막구조 형성으로 결합이 증가하여 비저항이 증가한다. 그러나 비정질 연자성 막의 경우 원자들의 불규칙적인 배열로 인하여 전자의 산란 회수가 많아져서 비저항이 증가한다[10]. 따라서, XRD 회절 패턴에서는 큰 변화가 나타나지 않았지만 비저항변화에 의하면 2 mTorr에서 증착되어진 $\text{Co}_{87.0}\text{Nb}_{8.5}\text{Zr}_{4.5}$ 막의 경우가 상대적으로 안정된 비정질상을 형성하고 있는 것으로 보인다. 동일 조성의 막이 1 mTorr에서 증착되어진 경우 비저항 값을 보면 100 이하의 낮은 비저항 값을 갖는 것을 확인할 수 있으며 Fig. 1에 실지는 않았지만

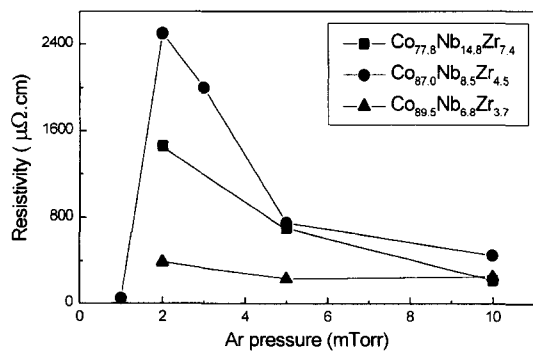


Fig. 2. Resistivity changes for CoNbZr thin films as a function of composition and Ar pressure.

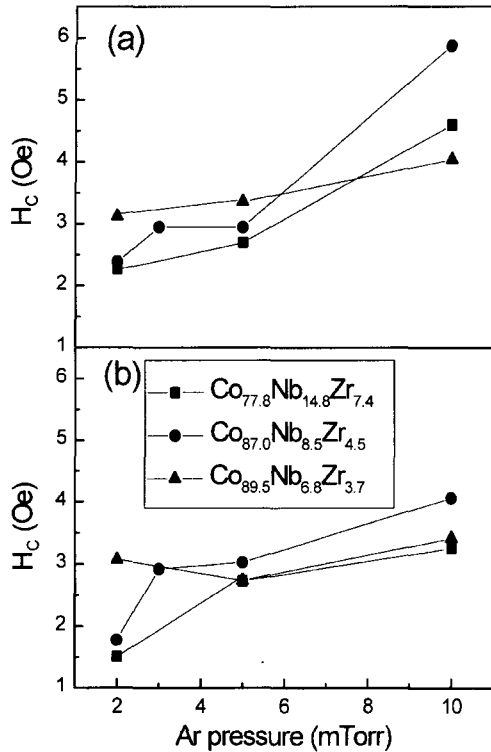


Fig. 3. H_c changes for CoNbZr thin films as a function of composition and sputtering gas pressure along (a) parallel, (b) perpendicular.

결정화가 되는 것을 확인할 수 있었다. 결정화의 원인에 대해서는 뒤에서 언급하겠다.

Fig. 3은 Ar 분압의 변화에 따른 동일 시편의 보자력을 나타낸다. a)는 자장스퍼터의 자장 방향과 평행한 방향, b)는 수직 방향으로 측정된 것이다. 모든 조성에 대해서 Ar 분압이 증가함에 따라 보자력이 증가하고 있다. 이의 원인을 분석하기 위하여 박막의 파단면 미세구조와 표면 거칠기를 측정하였다.

Fig. 4와 Fig. 5는 각각 100 W의 RF 전력과 2, 5, 10 mTorr의 Ar 분압의 조건에서 증착된 $\text{Co}_{87.0}\text{Nb}_{8.5}\text{Zr}_{4.5}$ 박막의 파단면 미세 구조와 표면거칠기이다. Ar 분압 2 mTorr에서 증착된 막은 치밀한 구조를 가지고 있지만 10 mTorr로 증가하면 미세구조는 치밀하지 않은 주상정형 구조로 변한다. 이러한 경향은 Thornton이 제시한 스퍼터 분압 변화에 대한 박막의 구조 모델에서 분압이 증가할수록 주상정 구조가 발달하는 것과 일치하는 경향을 보이고 있다[11]. Fig. 5는 Ar 분압이 증가함에 따라 표면거칠기가 증가하고 있음을 보여준다. 표면거칠기가 증가하게 되

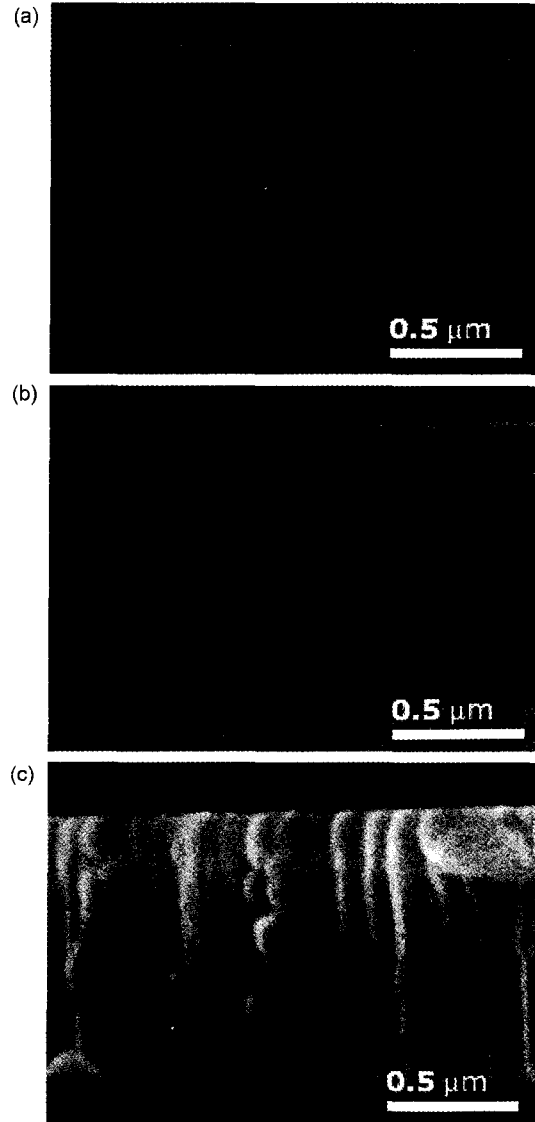


Fig. 4. SEM micrographs of a $\text{Co}_{87.0}\text{Nb}_{8.5}\text{Zr}_{4.5}$ thin films deposited at Ar pressures of (a) 2 mTorr (b) 5 mTorr and (c) 10 mTorr.

면 자구의 성장 시 자구벽이 표면에 강하게 고착되어 자화가 억제된다[12]. 따라서 Ar 분압을 변화시켜가며 증착시킨 CoNbZr 합금박막의 경우는 안정적인 비정질상의 형성과 표면거칠기 감소에 의하여 2 mTorr에서 가장 좋은 연자성 성질을 나타내었으며, 분압이 증가할수록 주상정 구조의 발달로 인하여 표면이 거칠게 되어 연자성 성질은 감소하여 Ar 분압이 2 mTorr에서 10 mTorr로 증가함에 따라 보자력은 1.78 Oe에서 4.06 Oe로 증가한다.

Fig. 6은 동일 시편에 대해 측정된 100 MHz에서의 투

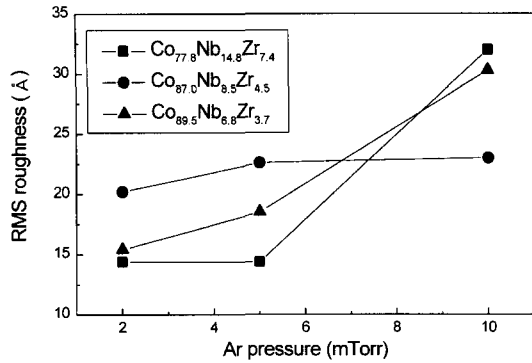


Fig. 5. RMS roughness of CoNbZr thin films as a function of Ar pressure.

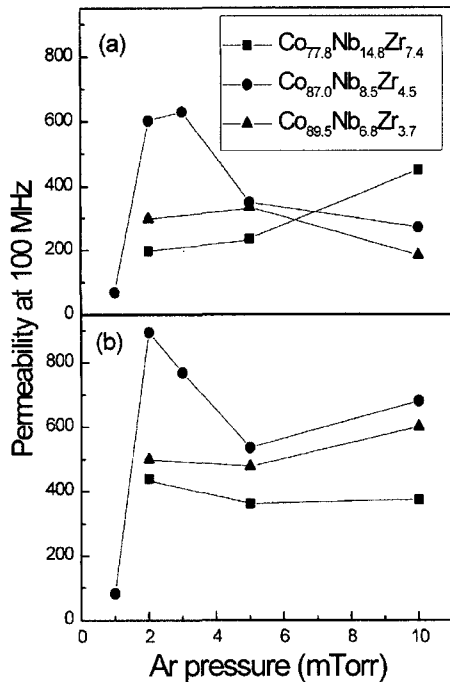


Fig. 6. Permeability at 100 MHz for CoNbZr thin films as a function of composition and sputtering gas pressure measured along (a) parallel, (b) perpendicular direction. R.F. power was 100 W.

자율을 Ar 분압에 대해서 나타내었다. a)는 자장스퍼터의 자장 방향과 평행한 방향, b)는 수직인 방향에서 측정된 것이다. 자장 방향과 수직인 방향으로 측정된 경우가 평행한 방향으로 측정된 경우보다 더 큰 투자율을 나타내는 것을 알 수 있다. 이는 자장 방향에 평행한 방향으로 ac field가 작용할 경우 자화과정은 자구벽 이동의 기구로 이루어지기 때문에 고주파수대로 갈수록 자구벽이 이동할

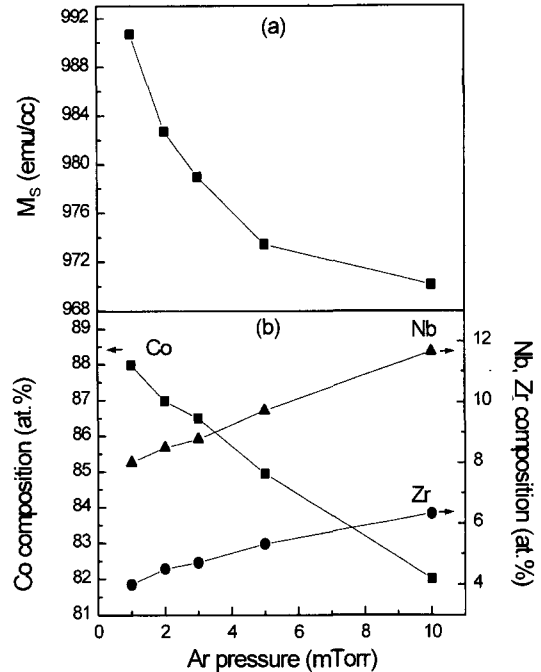


Fig. 7. Saturation magnetization and Composition variation for CoNbZr films deposited at different deposition pressure. (a) Saturation magnetization. (b) Composition.

수 있는 시간적인 여유가 부족하여 투자율이 낮아지나, 자화방향에 수직인 방향으로 ac field가 작용할 경우에는 스핀 회전기구로 자화가 이루어져 스핀들이 ac field의 변화에 민감하게 움직이기 때문에 고주파수대에서 높은 투자율을 유지하기 때문이다[13].

수직인 방향의 투자율의 경우, 2 mTorr에서 증착되어진 경우가 최고 896의 투자율을 나타내고 있으나 1 mTorr에서 증착되어진 경우는 결정화가 되어 100 이하의 작은 투자율을 나타낸다. Fig. 2의 비저항 값과 비교하여 보면 가장 안정된 비정질상을 형성하는 2 mTorr에서 증착되어진 Co_{87.0}Nb_{8.5}Zr_{4.5}막이 높은 투자율을 나타낸다. 이는 높은 비저항으로 인한 와전류 손실의 감소와 안정한 비정질상의 형성 때문인 것으로 생각된다.

Fig. 7은 Co 타겟 위에 Nb 칩 8개, Zr 칩 3개를 붙여 만든 복합타겟을 사용하여 증착한 막들의 Ar 분압 변화에 따른 막의 포화자화값과 조성변화이다. Ar 분압이 증가함에 따라 Co의 함량은 감소하고, Nb과 Zr의 함량은 증가한다. Ar 분압이 증가함에 따라 포화자화값이 감소하는 이유는 Co의 함량이 감소하기 때문이다. 이러한 조성 변화는 질량효과에 의한 현상이다[14]. 즉, Co, Nb 및 Zr

의 원자량은 각각 58.94, 91.22, 92.9로서 Ar 분압이 증가하면 운동량이 적은 Co 원자들은 Ar 원자들과 충돌에 의하여 산란이 많아져 증착하는 양이 감소한다. 따라서, 더 큰 운동량을 갖는 Nb 및 Zr은 증착되는 양이 상대적으로 증가한다. 본 논문에 실지는 않았지만 1 mTorr에서 증착되어진 막의 경우는 60 Oe의 큰 보자력을 나타내었으며, XRD 회절상을 관찰하여 본 결과 결정화가 되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 결정화가 되는 1 mTorr에서 증착되어진 막의 Co, Nb, Zr의 조성은 각각 87, 8.5 및 4.5 at.%로서 비정질을 형성하는 조성의 범위 안에 있다. 따라서 결정화는 조성의 문제가 아닌 증착되어지는 각 원자들의 운동에너지에 의한 것으로 생각되어진다. 증착되어지는 각 원자들의 운동에너지가 크면 기판과 충돌할 때 그 운동에너지들이 열에너지로 비뚤으로써 기판의 온도가 증가하여 self-annealing의 효과와 ad-atom의 표면 이동도의 증가로 결정화된다. 실제로 10 mTorr에서 1 mTorr로 분압이 감소할 때 증착속도가 0.5 Å/sec에서 1.3 Å/sec로 증가하여 4배 이상의 운동에너지를 갖는 것을 확인할 수 있었다.

위의 내용을 정리하면 100 W의 RF 인가전력, 1~10 mTorr의 Ar 분압에서 증착된 CoNbZr 합금박막의 경우 고주파수대로 감에 따라 방향성이 생성되어 자장을 가하여준 방향과 수직인 방향이 평행인 방향에 비해 높은 투자율을 나타내었다. 2 mTorr에서 제작한 시편은 상대적으로 안정한 비정질상을 형성하여 높은 비저항으로 고주파수대에서의 외전류 손실을 줄임으로써 896의 투자율을 보였다. Ar 분압이 증가하게 되면 치밀하지 않은 주상구조의 발달에 의한 표면거칠기 증가로 표면에서의 자구벽 고착이 증가하여 자구벽 이동에 의한 자화가 억제되어 투자율이 점차 낮아졌다. 반면, 1 mTorr에서는 결정화를 이루어 좋은 연자성 성질을 얻을 수 없었다.

Fig. 8은 Ar 분압을 2 mTorr로 고정시킨 상태에서 RF 인가전력을 100, 130, 160 및 190 W로 변화시켜 증착시킨 막들의 100 MHz에서의 투자율과 보자력의 변화이다. 130 W에서 증착된 막이 최고의 투자율과 최소의 보자력을 보이고 있으며, 190 W에서는 55 Oe의 높은 보자력과 100 이하의 낮은 투자율을 나타낸다. 즉, 130 W에서 가장 좋은 연자성 성질을 보이고 있다. 이의 원인을 분석하기 위하여 X-ray 회절패턴과 비저항을 측정하였다(Fig. 9, Fig. 10).

RF 전력 160 W에서 증착한 막까지는 뚜렷한 결정 피크 없이 넓은 피크를 보이고 있지만 190 W에서 증착

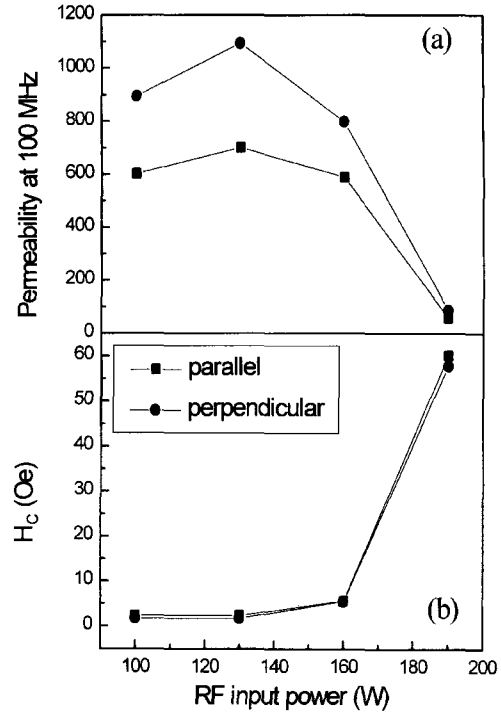


Fig. 8. Magnetic properties for $\text{Co}_{87.0}\text{Nb}_{8.5}\text{Zr}_{4.5}$ thin films deposited at various RF power. (a) permeability at 100 MHz. (b) H_c .

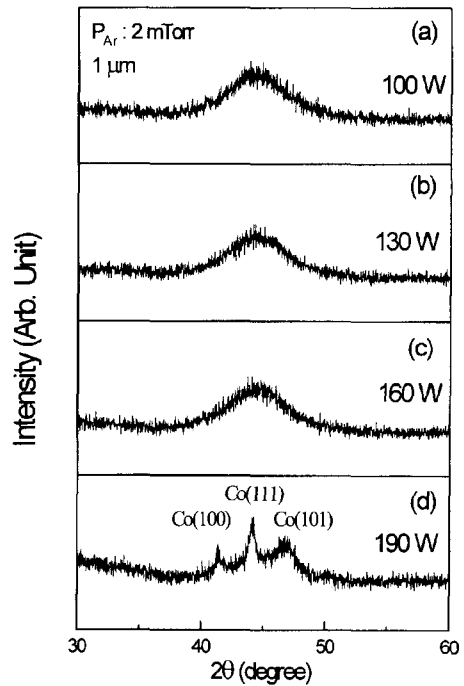


Fig. 9. XRD patterns for CoNbZr thin films deposited at (a) 100 W. (b) 130 W. (c) 160 W. (d) 190 W. Films thickness was 1 μm.

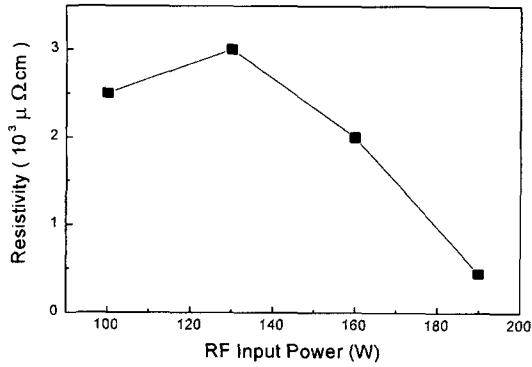


Fig. 10. Resistivity variation of CoNbZr thin films deposited at different RF power.

되어진 막은 44° 근처에서 뚜렷한 결정 피크가 나타나면서 결정화가 이루어진 것을 알 수 있다. 결정질을 이루고 있는 190 W에서 증착되어진 막의 경우 가장 작은 비저항을 나타내고 있으며 130 W에서 최고 비저항을 나타냄으로써 가장 안정적인 비정질상을 형성하고 있는 것을 간접적으로 나타내고 있다. 190 W에서 증착되어진 막이 결정화되는 원인을 분석하기 위하여 막의 조성 변화를 확인하였다(Fig. 11). RF 인가전력이 증가함에 따라 Co의

함량은 증가하며, Nb과 Zr의 함량은 점차 감소하였다. RF 인가전력에 대한 이러한 조성의 변화는 앞서 Ar 압력 변화에 따른 조성변화 현상과 동일하게 질량효과에 기인한다[14]. RF 인가전력이 감소하는 것은 Ar 압력의 증가와 동일한 효과로 원자량이 커서 운동량이 큰 Nb 및 Zr량이 상대적으로 Co보다 많이 증착되어 함량이 증가한다. 결정질을 형성하는 190 W에서 증착되어진 막의 경우 Co, Nb 및 Zr 조성이 각각 89.8, 6.9, 3.3 at.% 정도였다. 이 조성은 비정질을 형성하는 최소 첨가량보다 Nb과 Zr이 각각 많기는 하나 상대적으로 감소하였고 RF 전력이 증가함에 따른 스퍼터 원자의 운동에너지 증가에 의한 ad-atom의 표면 이동도 증가 및 self-annealing 효과 등의 복합적인 원인에 기인된 것으로 보인다. Ar 분압을 2 mTorr로 고정시킨 상태에서 RF 인가전력을 변화시켜가며 증착한 경우 130 W에서 가장 좋은 연자성 성질을 얻었으며 이는 가장 안정적인 비정질상을 형성하였기 때문이다. 190 W에서 증착되어 결정화가 이루어진 막은 수십 Oe의 높은 보자력과 100 이하의 낮은 투자율을 나타내었다.

Fig. 12는 증착 시 형성된 방향성을 제어하기 위하여 300°C 의 온도에서 회전자장 중 열처리를 행한 시편의 열

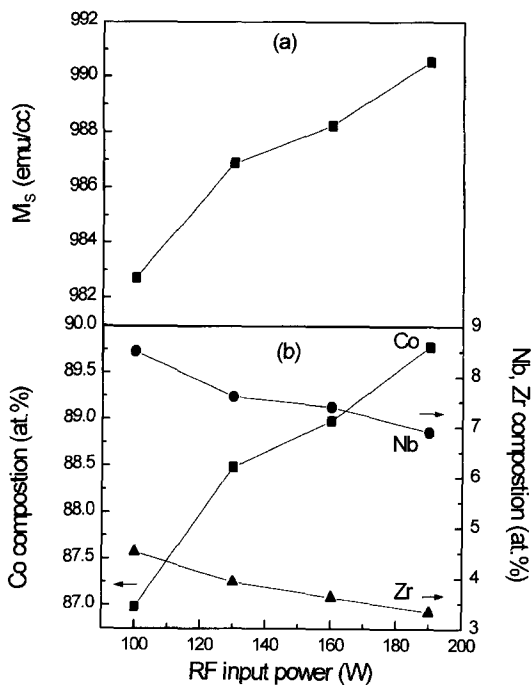


Fig. 11. Saturation magnetization and Composition variation for CoNbZr films deposited at different RF power. (a) saturation magnetization. (b) composition.

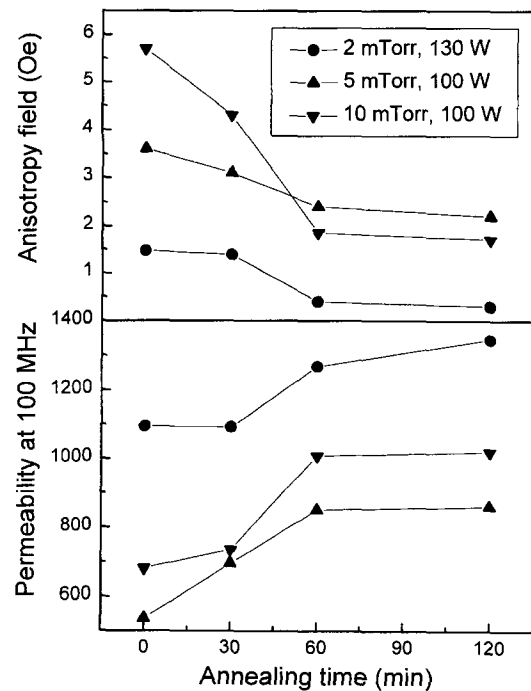


Fig. 12. Anisotropy field and Permeability at 100 MHz for $\text{Co}_{87.0}\text{Nb}_{8.5}\text{Zr}_{4.5}$ films as a function of annealing time: (a) anisotropy field. (b) permeability at 100 MHz.

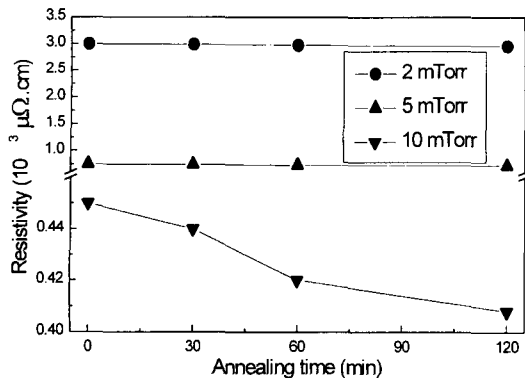


Fig. 13. Resistivity changes for Co_{87.0}Nb_{8.5}Zr_{4.5} thin films as a function of annealing time.

처리 시간에 따른 이방성자장의 변화와 100 MHz에서의 수직방향의 투자율을 나타내었다. 200, 300, 400 °C에서 열처리를 수행한 시료의 XRD 회절패턴을 관찰한 결과 400 °C에서 막이 결정화가 되는 것을 확인하였다. 따라서 열처리는 비정질 상태가 유지되는 300 °C에서 행하였다. 120분 열처리 후 1.43 Oe에서 0.3 Oe로 이방성 자장이 감소하였으며 최고 1345의 투자율을 얻었다.

그림에서 이방성자계가 변화하는 것은 열적 활성화에너지에 의해 박막 구조가 변화하는 것을 뜻한다. 10 mTorr에서 증착되어진 막의 경우가 다른 경우에 비해 열처리 효과가 크게 나타나고 있으며, 이는 앞에서 증착분압 변화에 따른 SEM 단면사진에서 확인하였듯이 10 mTorr에서 증착되어진 막의 경우가 2 mTorr에서 증착되어진 막의 경우에 비해 덜 치밀한 주상정 구조를 갖게되어 열처리 시 일어날 수 있는 구조적 결합의 감소나 구조적 변화가 더 크게 일어나기 때문인 것으로 생각된다[15]. 이러한 구조적 변화를 확인하기 위하여 열처리 시간에 따른 비저항의 변화를 측정하였다(Fig. 13). 열처리 시간이 증가함에 따라 비저항이 감소하는 것을 확인하였다. 일반적으로 막내에 결합이 감소하면 전자의 이동이 용이하게 되어 비저항이 감소하는 것으로 알려져 있다. 따라서, 비저항의 감소는 열처리에 의한 결합의 감소효과에 의한 것으로 볼 수 있다. 60분 이상의 열처리시 비저항이나 100 MHz에서의 투자율을 살펴볼 때 60분까지에 비해 그 열처리 효과가 적어지고 있는 것을 알 수 있다. 이는 60분 열처리 동안 막 내부의 구조변화가 이미 이루어졌기 때문인 것으로 생각되어진다. 즉, 증착 후 회전자장 열처리를 통하여 10 mTorr에서 증착되어진 막의 경우 이방성을 5.7 Oe에서 1.72 Oe로 감소시킬 수 있었으며, 이러한 현상은 증착 중

막내에 형성되었던 미소결합들이 열처리에 의하여 감소하였기 때문이다.

IV. 결 론

고주파 마그네트론 스퍼터로 제작한 CoNbZr의 조성, Ar 분압, RF 인가전력 및 열처리 조건 변화에 따르는 고주파 연자성 특성을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 1.0 kOe의 자장을 가한 상태에서 130 W의 RF 인가전력, 2 mTorr의 Ar 분압에서 증착된 Co_{87.0}Nb_{8.5}Zr_{4.5} 합금박막은 비저항 3000 μΩ·cm, 100 MHz에서 1095의 최대 투자율과 1.75 Oe의 최소보자력을 나타내었다. 이는 안정한 비정질상의 형성과 치밀한 막의 구조 때문이다.
- 2) 증착 후 회전자장 중 열처리를 행함으로써 2 mTorr에서 증착되어진 막에서 100 MHz에서의 투자율은 1345의 최대값을 나타내었다. 이러한 열처리의 효과는 증착 시 막내에 있던 미소결합 및 이방성 자기장이 감소되었기 때문이다.

후 기

본 연구는 1997년도 과학재단 특정기초연구 과제(과제 번호 : 973010201)에 의해 지원 받은 연구결과의 일부이며 연구비 지원에 심심한 사의를 표하는 바입니다.

참 고 문 헌

- [1] K. Kawabe, H. Koyama and K. Shirae, IEEE Trans. Magn. **20**, 1804(1984).
- [2] O. Oshiro, H. Tsujimoto and K. Shirae, IEEE Trans. Magn. **23**(5), 3759(1987).
- [3] M. Yamaguchi, M. Matsumoto, H. Ohzeki and K. I. Arai, IEEE Trans. Magn. **26**(5), 2014(1990).
- [4] F. Roozeboom, P. J. H. Bloemen, W. Klaassens, E. G. J. van de Riet and J. J. T. M. Donkers, Philips J. Res. **51**, 59(1998)
- [5] K. Mackay, P. M. Dodd, R. Atkinson and R. J. Pollard, 1999 IEEE International Magnetism conference, GQ-03 (1999).
- [6] J. Hong, A. Furukawa, N. Sun, S. X. Wang, C. A. Crimes and S. Sahn., IEEE Trans. Magn. **35**(5), 2502(1999)
- [7] S. Tanabe, Y. Shiraki, K. Itoh, M. Yamaguchi and K. I. Arai., IEEE Trans. Magn. **35**(5), 3580(1999)
- [8] J. Y. Park and M. G. Allen, IEEE Trans. Magn. **35**(5), 3544(1999).
- [9] N. S. Kazama, H. Fujimori and K. Hirose, IEEE Trans.

- Magn. **18**(6), 1185(1982).
[10] A. Fessant, J. Gieraltowski, J. Loaec, H. Le Gall, and A. Rakii, IEEE Trans. Magn. **29**(1), 82(1993).
[11] J. A. Thornton, J. Vac. Sci. Technol. **11**, 666 (1974).
[12] E. M. Gyorgy, Metallic Glasses, American Society for Metals (1978) p. 275
[13] C. J. Kriessman, J. Appl. Phys. **34**(4), 1054(1983).
[14] M. Yamaguchi, S. Arakawa, H. Ohzeki, Y. Hayashi and K. I. Arai, IEEE Trans. Magn. **28**(5), 3015(1992).
[15] 강남석, 이택동, 이경섭, 대한금속학회지, **29**(4), 389(1991).

Effects of Deposition and Annealing Conditions on Structural and Magnetic Properties of CoNbZr Alloy Films

Jun Seok Yang and Seong-Rae Lee

Division of Materials Science and Engineering, Korea University, Seoul 136-701, Korea

(Received 12 February 2000, in final form 5 April, 2000)

The structural and magnetic properties of sputtered CoNbZr alloy films were investigated. In the as-deposited $\text{Co}_{87.0}\text{Nb}_{8.5}\text{Zr}_{4.5}$ film deposited at 2 mTorr and 130 W, we observed the minimum coercivity of 1.75 Oe, the maximum resistivity of $3000 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ and permeability of 1095 at 100 MHz. As the Ar pressure or the RF input power increased, the permeability of films at 100 MHz decreased and the coercivity increased because of the development of columnar structure and the formation of unstable amorphous phase. Permeability lower than 100 and coercivity of 60 Oe were observed in film deposited at 1 mTorr or 190 W due to the formation of crystalline phase. Magnetic anisotropy field of as-deposited films could be reduced by rotating field annealing for 120 minutes at 300 °C. After the annealing, the anisotropy field (H_K) decreased from 1.43 Oe to 0.3 Oe and the permeability increased from 1095 to 1345 because defects in as-deposited films were eliminated by the annealing.