

# 이중 타겟의 동시-스퍼터링을 이용한 CuNi 박막 제작시 증착변수가 박막의 물성에 미치는 영향

論 文

50C-1-3

## Effects of Deposition Conditions on Properties of CuNi Thin Films Fabricated by Co-Sputtering of Dual Targets

徐 洙 瑩\* · 李 在 燁\*\* · 朴 昶 均\*\*\* · 朴 珍 奭<sup>§</sup>

(Soo-Hyung Seo · Jae-Yup Lee · Chang-Kyun Park · Jin-Seok Park)

**Abstract** - CuNi alloy films are deposited by co-sputtering of dual targets (Cu and Ni, respectively). Effects of the co-sputtering conditions, such as powers applied to the targets, deposition pressures, and substrate temperatures, on the structural and electrical properties of deposited films are systematically investigated. The composition ratio of Ni/Cu is almost linearly decreased by increasing the DC power applied to the Cu target from 25.6 W to 69.7 W with the RF power applied to the Ni target unchanged(140 W). It is noted that the chamber pressure during deposition and the film thickness give rise to a change of the Ni/Cu ratio within the films deposited. The former may be due to a higher sputtering yield of Cu atom and the latter due to the re-sputtering phenomenon of Cu atoms on the surface of deposited film. The films deposited at higher pressures or at lower substrate temperatures have a smaller crystallite size, a higher electrical resistivity, and much more voids. This may be attributed to a lower surface mobility of sputtered atoms over the substrate.

**Key Words** : CuNi alloy, co-sputtering, dual targets, structural properties, electrical resistivity

### 1. 서 론

스퍼터링(sputtering) 방법은 여타의 박막 증착방법에 비해 장치의 구성이 간단하고 경제적이며 전도성 금속 타겟(target)에 서부터 절연성 재료 및 고융점 재료로 제조된 타겟에 이르기까지 다양한 재료에 대해 적용이 가능하다. 특히 금속 박막의 증착에 대해서 Thornton 등<sup>[1,2]</sup>에 의해 기본적인 증착기술이 제안된 이후에 많은 진보를 이루어 왔다. 기존에 금속합금 박막을 증착하기 위해서는 조성비를 정하여 제조한 합금 타겟을 사용하거나, 조성비를 결정하기 위해 조성을 조절하고자 하는 재료를 칩(chip) 형태로 절단하여 베이스 타겟의 표면 위에 접착하고 칩의 개수와 면적을 조절하여 증착하는 방법이 사용되어 왔다.<sup>[3]</sup> 그러나 합금 타겟을 사용하는 경우에는 조성비의 조절에 있어서 유연성이 없으며, 칩을 부착하여 구성된 타겟을 사용하는 경우에는 접착과정에서의 번거로움과 접착물질에 의한 타겟의 오염 문제가 존재하며, 미세하게 조성을 조절하기 어렵다. 이러한 단점을 극복하기 위한 대안으로 제시된 방법으로서, 2 가지 혹은 그 이상의 서로 다른 종류의 타겟 재료를 장착한 다중캐소드(multi-cathode)에 동시에 전력을 인가하여 복잡한 원자 조성을 가지는 합금 박막을 증착하는 경우에 주로 사용되고 있다.<sup>[4~6]</sup>

또한, 이 방법은 박막 제작시 조성비의 조절 및 타겟 구성상에 유연성이 있으며 제작비용 및 인가전력을 낮출 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서는 현재 박막형 스트레인 게이지(strain gauge)용 압저항체(piezo-resistor) 박막으로 많은 실용화 연구가 진행되고 있고 완전고용체의 물성을 가지는 CuNi 합금 박막을 Cu 및 Ni 이중 타겟의 동시-스퍼터링 방법에 의해 제작하는 경우, 타겟의 인가전력, 증착압력, 기판온도, 조성비 등의 증착변수가 박막의 구조적, 전기적 물성에 미치는 영향을 체계적으로 분석하고, 박막의 두께에 따른 막의 성장상태를 조사하였다.

### 2. 실험 방법

그림1은 이중 타겟을 이용하여 CuNi 박막을 증착하기 위해 제작한 마그네트론(magnetron) 동시-스퍼터링(co-sputtering) 장치에 대한 증착 개념도를 나타낸 것이다. 본 장치는 기판과 타겟이 평행하게 배치된 일반적인 방법과는 달리, 기판과 타겟의 각도를 반응기의 중심축에 대해 약 35° 기울여 4 개의 다중타겟을 구성하였다. 박막 증착 이전의 초기 고진공은 터보분자펌프(turbo molecular pump)를 사용하여 약  $1 \times 10^{-7}$  Torr 정도를 유지하였다. 방전을 위한 가스로는 고순도(99.9999 %)의 Ar을 사용하였고, MFC를 사용하여 증착압력을 2 ~ 7 mTorr의 범위로 조절하여 박막을 증착하였다. 또한, 기판의 하부에 흑연 소재의 가열장치를 부착하여 증착시 기판의 온도를 상온 ~ 200 °C의 범위로 변화시켰으며, 증착시 약 5 rpm 정도의 저속으로 기판을 회전시킴으로써 박막의 균일한 성장을 도모하였다.

표1은 CuNi 박막의 증착에 사용된 주요 증착변수의 범위를 요약한 것으로서, 타겟재료는 모두 4 inch 크기와 99.99 %의 순도를 가지고 있으며, Cu 타겟은 DC 캐소드에 장착하여 25.6 ~

\* 正 會 員 : 漢陽大 電子材料 및 部品 연구센터 博士後 研究員 · 工博

\*\* 正 會 員 : 漢陽大 電子材料 및 部品 연구센터 研究員

\*\*\* 準 會 員 : 漢陽大 電氣工學科 碩士課程

§ 正 會 員 : 漢陽大 電氣工學科 副教授 · 工博

接受日字 : 2000年 8月 25日

最終完了 : 2000年 12月 27日

69.7 W의 범위로 인가전력을 변화시키고, Ni 타겟은 RF 캐소드에 장착하여 130 혹은 140 W로 고정하여 다양한 Ni/Cu 조성비를 가지는 박막을 증착하였다. 기판재료로는 표면 및 단면형상 관찰, 조성비의 분석 등을 수행하기 위해 p-type Si(100)을 사용하였고, 박막의 결정성 및 합금화 특성 등을 분석하기 위해 borosilicate 유리기판을 병용하였다.

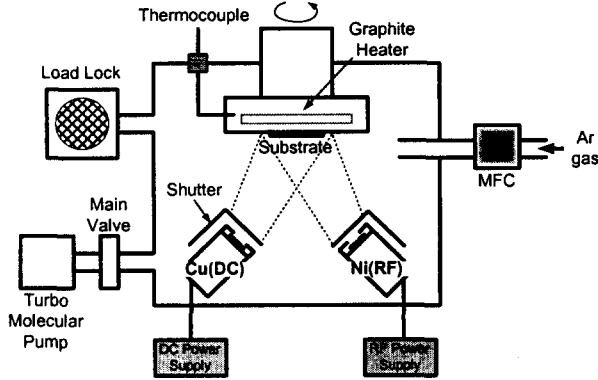


그림1 CuNi 박막의 증착을 위해 사용된 마그네트론 동시-스퍼터링 장치의 개념도

Fig.1 Schematic diagram of magnetron co-sputtering system used to deposit CuNi thin films

표1 이중타겟의 동시-스퍼터링에서 Cu-Ni 박막의 증착변수  
Table1 Deposition conditions of Cu-Ni thin films in co-sputtering of dual targets

실험종류	인가전력(W)		증착 압력 (mTorr)	기판 온도 (°C)	박막두께 (Å)
	Ni (RF)	Cu (DC)			
조성비 변화	140	25.7	5	R.T	-
		30.1			
		40.7			
		48.6			
		60.7			
		69.6			
증착압력 변화	140	30.1	2	R.T	11000
			4		9800
			5		8700
			7		10200
기판온도 변화	140	30.1	5	R.T	8700
				100	8450
				200	9600
박막두께 변화	130	37.0	5	R.T	4200
					7330
					11200
					14100

증착된 박막내의 Ni/Cu 원자 조성비의 분석을 위해 FE-SEM (field-emission scanning electron microscope, JEOL, Japan)에 장착되어 있는 EDXS (energy dispersive x-ray spectrometer,

Oxford, UK)를 이용하였으며, 캐소드 인가전력, 증착압력 및 박막의 두께 등에 따른 조성비의 변화를 분석하였다. 박막의 두께, 표면형상 및 단면의 미세구조를 FE-SEM을 이용하여 관찰하였고, 합금화 및 배향 특성은 XRD(x-ray diffraction, Rigaku, Japan)를 사용하여  $\theta$ - $2\theta$  scan 방식으로 30 kV / 40 mA, 40 ~ 80 °의 범위에서 2 °/min의 scan 속도로 측정하였다. 또한, 증착변수에 따른 박막의 전기적 비저항의 변화를 4점접형 프로브(4-point probe)방법을 이용하여 측정하였고 이 결과를 박막의 구조적 물성 결과와 비교하여 상호간의 상관관계를 해석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 Ni/Cu 조성비에 따른 물성

Ni 타겟의 인가전력을 140W(RF)로 고정하고 Cu 타겟의 인가전력을 25.7 ~ 69.6W(DC)로 조절하면서 박막을 증착하였다. 제시된 그림2와 같이, 증착된 CuNi 박막내의 Ni/Cu 조성비는 Cu 타겟의 인가전력이 증가함에 따라 거의 선형적으로 감소하는 경향을 나타내었으며, 이 결과는 이중 타겟에 의한 동시 스퍼터링 방법에 의해 박막내 조성비의 조절이 용이하고 비교적 미세한 범위까지 조성비조절이 가능함을 나타낸다. 이후 다른 증착변수(증착압력, 기판온도)에 관한 실험들은 인가전력을 Ni 140W(RF) 및 Cu 30.1W(DC)로 고정하여 시행하였다.

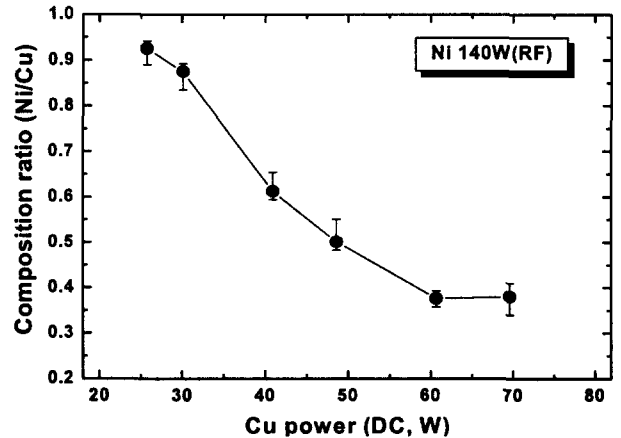


그림2 Cu 인가전력의 증가에 따른 Ni/Cu 조성비의 변화  
Fig.2 Variations of Ni/Cu composition ratio vs. Cu applied power

그림3은 각기 다른 Ni/Cu 조성비를 가지는 Cu-Ni 박막들에 대한 XRD 분석결과로부터 면간거리(interplanar spacing or d-spacing)를 산출하여 이중 Ni/Cu 조성비에 따라 나타낸 결과로서, 전술고용체에서 일반적으로 나타나는 Vegard 법칙에 의한 이론적 결과와 비교하였다. 또한, XRD 피크의 반가폭(FWHM, rad)을 아래의 Scherrer 식<sup>[7]</sup>에 적용하여 결정립(crystallite)의 크기(D)를 산출하고 조성비 변화에 따른 경향을 살펴보았다.

$$D = \frac{0.9\lambda}{B \cos \theta}$$

여기서 B는 회절 피크의 반가폭(FWHM, rad)이며,  $\lambda$ 는 사용된 X선의 파장( $\text{CuK}\alpha = 1.5406 \text{ \AA}$ )이다.

박막내 Ni/Cu의 비율이 증가할수록 CuNi(111) 배향에 해당하는 반가폭이 증가하고 결정립의 크기는 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 Cu 및 Ni 각각의 원자들이 기판에 도달하여 표면이동을 할 때, Ni의 자성특성이 스퍼터링된 입자의 가속을 방해하여 Ni 원자의 에너지가 Cu 원자의 에너지에 비해 상대적으로 낮은 상태로 존재하게 된다. 따라서, 기판표면에서의 이동도가 낮은 Ni 원자의 영향으로 박막의 결정성을 저하시키기 때문에 이러한 현상은 Ni 조성비가 높은 박막일수록 더 심각하게 나타나는 것으로 사료된다. 또한, 그림3에 제시한 바와 같이 Ni/Cu의 조성 변화에 따라 면간거리가 전체적으로 Vegard 법칙에 의한 이론적 면간거리보다 큰 값을 가지는 결과를 나타내었다. 이러한 차이에 대한 주요 이유로서 박막 내부에 압축응력(compressive stress)의 형성을 생각할 수 있는데, 이러한 내부 응력의 형성을 확인하기 위하여 Cu<sub>53</sub>Ni<sub>47</sub> 조성의 박막을 200°C에서 3시간 동안 열처리한 결과, 그림 3의 별모양(★) 표시로 나타낸 것과 같이 면간거리의 값이 Vegard 법칙에 보다 근접하는 것으로 나타난 바, 박막의 내부응력 형성이 면간거리의 증가를 야기하는 이유가 될 수 있음을 알 수 있었다.

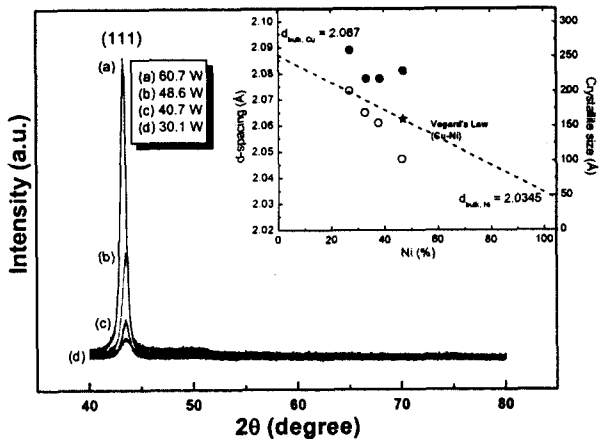


그림3 조성비에 따른 XRD 패턴, 면간거리 및 결정립 크기의 변화 (● : 면간거리, ○ : 결정립의 크기, ★ : 열처리된 박막의 면간거리)

Fig.3 Variations of XRD pattern, d-spacing, and crystallite size vs. composition ratio (● : d-spacing, ○ : crystallite size, and ★ : d-spacing of annealed film)

### 3.2 반응기내 증착압력에 따른 물성

반응기내 증착압력의 변화에 따른 박막의 물성 변화를 알아보기 위하여, 고정된 인가전력조건(Ni 140W RF, Cu 30.1W DC)에서 증착압력을 2, 4, 5 및 7 mTorr로 각각 변화시켜 박막을 증착하였다. 그림4는 상기 박막들에 대한 XRD pattern을 비교하여 나타난 결과로서, 증착압력이 높을수록 박막결정의 반가폭이 넓어지고 결정립의 크기가 감소하고 있음을 알 수 있다. 이는 증착압력이 높아짐에 따라 sputtering 된 금속 이온들 상호간의 충돌확률이 증가하여 평균자유행로가 짧아지고, 기판에 도달하는 금속이온들의 에너지가 감소하여 이동도가 낮은 상태로 증착이 이루어지기 때문이라 사료된다.

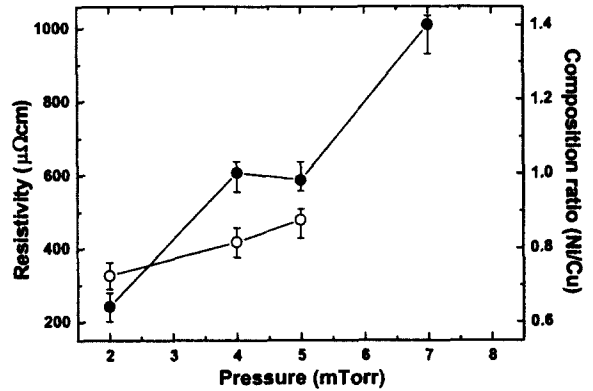
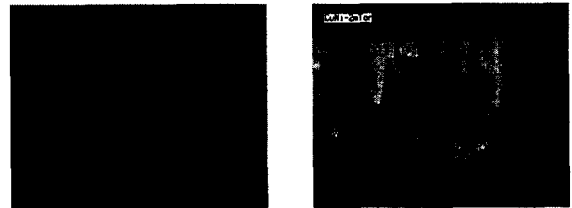
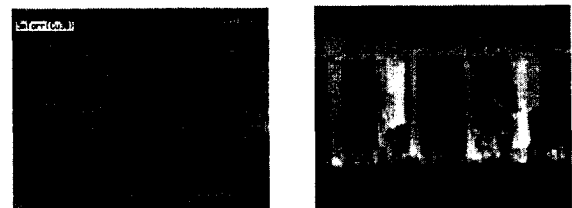


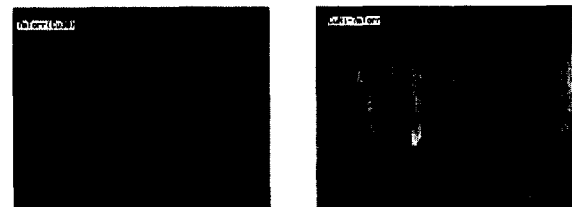
그림4 증착압력의 변화에 따른 XRD 패턴, 면간거리 및 결정립 크기의 변화 (● : 면간거리, ○ : 결정립의 크기)  
Fig.4 Variations of XRD pattern, d-spacing, and crystallite size vs. deposition pressure (● : d-spacing, ○ : crystallite size)



(a) 2mTorr @ R.T



(b) 5mTorr @ R.T



(c) 7mTorr @ R.T

그림5 증착압력에 따른 박막표면 및 단면의 미세구조 : (a) 2 mTorr, (b) 5 mTorr, (c) 7 mTorr

Fig.5 Surface and cross-sectional morphologies vs. deposition pressure : (a) 2 mTorr, (b) 5 mTorr, (c) 7 mTorr

따라서, 기판표면에서 높은 이동도를 가진 이온들에 의해 증착이 이루어지기 때문에 박막의 치밀화가 기대되는 바, 그림5에 상기 박막들에 대한 SEM 표면형상 및 단면구조를 나타내었다. 증착압력이 낮을수록 기판 표면에서의 원자이동도가 증가하여 박막의 치밀도가 증가되었음을 알 수 있었으며, 단면사진에서 알 수 있듯이 증착압력이 높은 경우에는 주상결정간의 조직이 매우 엉성한 상태로 구성됨을 확인할 수 있다.

금속박막 증착시 이러한 주상구조 형태로의 성장은 주상결정간의 경계에서 산화 및 흡착특성이 나타나고 많은 공극(void)들이 존재하기 때문에 박막의 비저항을 높이는 역할을 한다고 보고된 바 있다.<sup>18)</sup> 증착압력 7 mTorr에서 증착된 박막의 경우, 그림5의 (c)와 같이, 주상결정 사이에 큰 공극들이 형성된 것을 관찰할 수 있는데, 이러한 공극의 형성도 Cu와 Ni 원자의 이동도 저하에 의해 형성된 것으로 사료된다. 이러한 박막내 공극형성에 따른 비저항의 증가현상을 판단하기 위해 4점접형 프로브방법으로 비저항을 측정된 결과, 그림6과 같이 증착압력의 증가에 따라 비저항이 크게 증가하고 있음을 알 수 있었다. 한편 벌크(bulk)의 비저항 값보다 증착된 박막의 비저항이 전체적으로 높은 이유는 기판에 수직으로 잘 정렬되었으나 엉성한 조직을 갖는 작은 직경의 주상결정들간에 경계면이 넓게 존재하여 경계면에서의 결함(void 및 boundary 등)이 다수 형성되었기 때문이라 사료된다. 본 연구에서 이중타겟에 의해 증착된 CuNi 박막들이 주상결정으로의 성장과 더불어 경계면에 결함을 다수 형성하게 된 이유는, 두 개의 타겟으로부터 형성된 플라즈마가 기판근처에서 중첩됨으로써 Cu 및 Ni의 입자들의 충돌로 에너지가 감소하여 발생된 현상이라 판단된다. 이는 본 연구와 별도로 이중 타겟을 사용하지 않고 Cu 타겟에 Ni 칩을 부착한 단일 타겟을 사용하여 유사한 증착속도 및 Cu : Ni = 60 : 40의 조성비를 갖는 CuNi 박막을 증착하고 그 비저항을 측정된 결과, 5 mTorr에서 약 320  $\mu\Omega\text{cm}$ , 2 mTorr에서 약 70  $\mu\Omega\text{cm}$  등으로 그림6의 결과에 비해 현저히 낮은 값을 나타낸 바, 이 경우는 플라즈마의 중첩에 의한 원자간의 충돌 증가 및 이로 인한 표면 이동도의 감소현상이 나타나지 않기 때문이다.

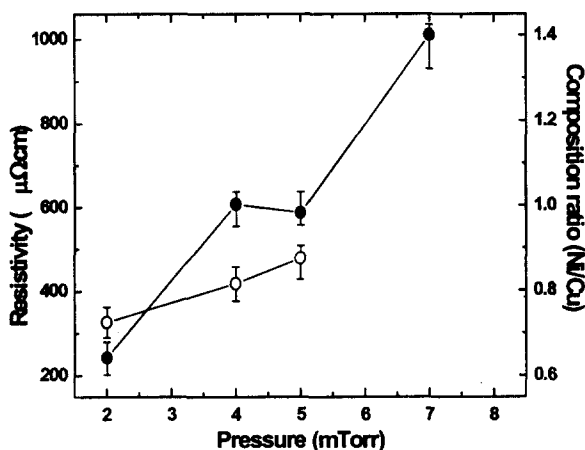


그림6 증착압력의 증가에 따른 비저항 및 조성비의 변화  
Fig.6 Variations of resistivity and composition ratio vs. deposition pressure

또한, EDXS 분석을 통하여 인가전력을 동일하게 고정하고 증착한 박막의 Ni/Cu 조성비를 증착압력에 따라 고찰한 결과,

그림6에 나타낸 바와 같이 증착압력이 낮을수록 Ni의 양이 줄어들고 Cu가 증가되는 조성비의 변화가 발생하는 결과는 주목할 만하다. 이러한 현상은 증착압력이 낮아지면 진공챔버 내의 Ar 가스의 양이 줄어들게 되어 플라즈마의 전체 전류가 감소되고 따라서 플라즈마의 일정전류를 유지하기 위해 각 캐소드에 더 높은 전압이 요구되어<sup>19)</sup>, 상대적으로 스퍼터링 효율(sputtering yield, Cu 1.10 원자/ $\text{Ar}^+$  200eV 및 Ni 0.66 원자/ $\text{Ar}^+$  200eV)이 높은 Cu 원자가 더 많이 공급되었기 때문이라 판단된다.<sup>10)</sup> 이와 같이 박막내 Cu 성분의 증가에 의한 조성비의 변화는 CuNi 박막의 결정립 크기와 비저항 등의 변화에도 영향을 미치는 것으로 나타났다.

### 3.3. 기판온도에 따른 물성

박막 증착시 기판의 온도를 상온, 100 $^{\circ}\text{C}$  및 200 $^{\circ}\text{C}$ 로 변화시켜 기판온도에 따른 CuNi 박막의 XRD pattern을 분석한 결과, 그림7과 같이 기판온도가 높을수록 반가폭 및 면간거리가 줄어들고 결정립의 크기가 증가하여 박막의 결정성이 향상되는 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 결과는 증착시 기판의 온도가 높을수록 기판표면 위에서 원자의 이동도가 증가하여 보다 규칙적인 원자의 배열이 가능하기 때문으로 기존의 관련 연구보고<sup>11,2)</sup>와 일치한다. 기판온도의 증가에 따라 면간거리가 감소하는 이유는 3.1절에서도 제시된 바와 같이 CuNi 박막의 증착시 기판의 가열에 따른 열처리 효과로 박막 내부의 응력 형성이 다소 억제된 데 기인하는 것으로 판단된다.<sup>11,2)</sup>

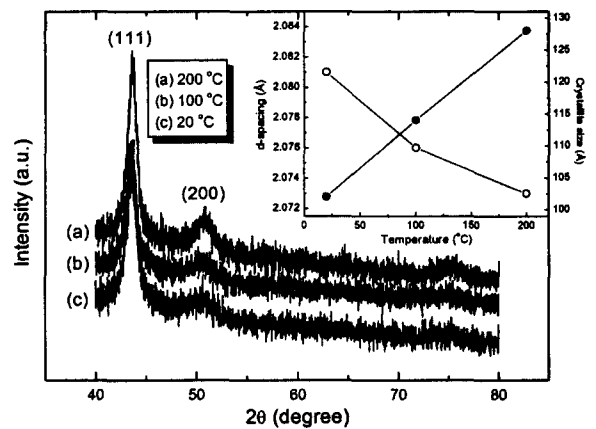
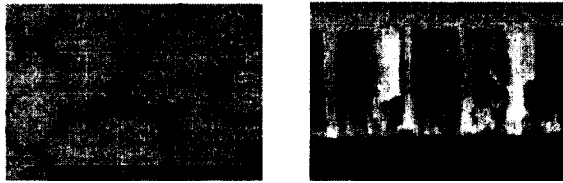


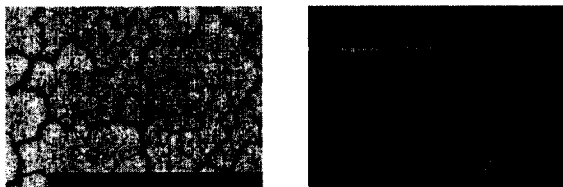
그림7 기판온도에 따른 XRD 패턴, 면간거리 및 결정립 크기의 변화  
Fig.7 Variations of XRD pattern, d-spacing, and crystallite size vs. substrate temperature

또한, 증착시 기판 온도에 따른 박막의 비저항을 측정된 결과, 상온에서 587  $\mu\Omega\text{cm}$ , 100  $^{\circ}\text{C}$ 에서 470  $\mu\Omega\text{cm}$ , 200  $^{\circ}\text{C}$ 에서 356  $\mu\Omega\text{cm}$  등으로 현저하게 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 기판온도의 상승에 따른 원자의 이동도 증가가 박막내의 결함 밀도와 내부응력을 줄어뜨리게 함으로써 전기적 비저항을 낮추는 역할을 한 것으로 판단된다. 그림8은 상온과 100 $^{\circ}\text{C}$ 에서 증착한 박막들에 대한 SEM 사진을 나타낸 것인데, 주상구조의 형태로 성장한 CuNi 박막에서, 상온에서는 주상결정의 평균 직경이 약 1000 $\text{\AA}$  정도이었으나 200 $^{\circ}\text{C}$ 에서는 약 4000 $\text{\AA}$ 으로 증가하여 주상

결정간의 경계가 점차 제거되고 막의 치밀도가 향상되어 전기적 비저항의 감소가 나타난 것이라 설명할 수 있다. 그러나, 박막 내 조성비 및 막의 두께는 기판 온도의 증가에 따라 거의 변화가 없는 것으로 나타났다.



(a) 5mTorr @ R.T



(b) 5mTorr @ 200 °C

그림8 기판온도에 따른 CuNi 박막의 표면형상 및 단면 미세구조 : (a) RT, (b) 200 °C

Fig.8 Surficial and cross-sectional morphologies of CuNi films vs. substrate temperature : (a) RT, (b) 200 °C

### 3.4 박막의 두께에 따른 물성

본 실험에서는 조성비가  $Cu_{61.5}Ni_{38.5}$ 인 박막에 대하여 막의 두께가 증가함에 따른 구조적 물성의 변화를 조사하였다. 먼저 그림9에 제시된 결과와 같이 박막의 두께가 증가함에 따라 Ni/Cu의 조성비가 증가하는 경향을 나타내는 현상은 주목할 만하다. 이와 같이 두께의 증가에 따라 박막 내에 상대적으로 Ni의 함량이 증가되고 Cu의 함량이 감소하는 현상은 앞에서 제시한 바와 같이 Ar에 의한 스퍼터링 효율이 Ni에 비해 Cu가 상대적으로 높기 때문에<sup>[10]</sup> 기판에 이미 도달한 Cu 원자가 다시 스퍼터링되는 과정이 발생하기 때문이라 사료된다.

그림10은 두께가 서로 다른 단면구조를 나타낸 것으로서 박막의 두께가 증가함에 따라서 주상결정 사이에 void의 형성이 현저히 증가하는 것을 발견할 수 있다. 이는 앞서 그림8에서 제시한 바와 같이, 기판온도 100 °C에서 증착된 박막에는 void가 거의 발견되지 않은 반면에, 상온에서 증착된 박막의 경우에는 주상결정 사이에 상대적으로 많은 void가 형성된 것을 고려할 때, 이중 타겟을 이용한 합금박막 증착시 두께가 증가함에 따라서 기판에 도달한 원자의 이동도가 저하되었기 때문으로 예상된다. 이러한 void의 형성은 주상결정상태로 성장된 박막에서 응력의 발생에 의한 영향으로 사료되며, 내부응력의 존재는 CuNi 박막을 이용한 압저항체의 온도저항계수를 저하시키는 요인으로 작용할 수 있으며, 본 실험의 결과는 Konishi 등<sup>[11]</sup>이 CuNi 압저항체의 최적 두께를 1500 Å 이하로 제시한 연구결과에 대한 박막 물성적 근거가 될 수 있다고 사료된다.

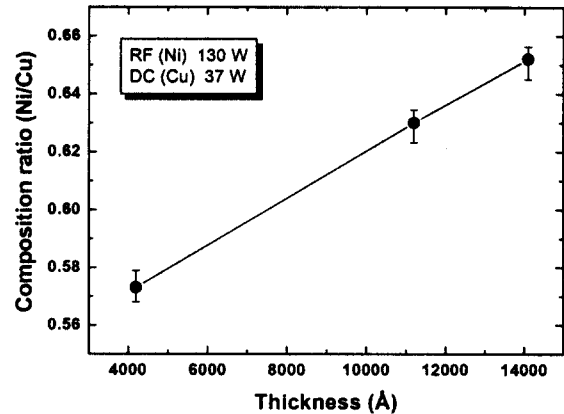


그림9 두께의 증가에 따른 Ni/Cu 조성비의 변화

Fig.9 Variation of Ni/Cu composition ratio vs. film thickness



(a) 4200 Å



(b) 14100 Å

그림10 두께변화에 따른 CuNi 박막의 단면미세구조

Fig.10 Cross-sectional morphology of CuNi films vs. film thickness

## 4. 결 론

이중 타겟을 이용한 마그네트론 동시-스퍼터링 방법으로 Ni 타겟의 RF 인가전력을 고정하고 Cu 타겟의 DC 인가전력을 변화시켜 CuNi 합금박막의 조성비를 용이하게 조절할 수 있었다. 증착된 CuNi 박막은 거의 모두 (111)면으로 배향된 주상결정 형태의 박막이었으며, 비교적 높은 비저항값을 나타내었다. 증착시 반응기내의 압력을 증가시키에 따라 Ni 및 Cu 원자들의 기판표면에서의 이동도가 감소하여 박막의 치밀성이 떨어지고 전기적 비저항이 증가하는 경향이 나타났으며, 인가전력을 변화시키지 않았음에도 불구하고 Ni에 비하여 상대적으로 Ar에 대한 스퍼터링 효율이 높은 Cu의 과잉 공급에 의해 Ni/Cu 조성비가 증가하는 현상이 나타났다. 기판의 증착온도를 변화시킨 경우는 Ni/Cu 조성비의 변화는 거의 발견되지 않았지만, 높은 온도에서 증착된 박막일수록 원자의 표면이동도가 크기 때문에 주상결정의 직경이 증가되고, 전기적 비저항이 낮아지며, 박막내의 응력 형성도 줄어드는 것으로 나타났다. 박막의 두께가 증가함에 따라 박막 표면에 이미 도달된 Cu 원자의 재스퍼터링 (re-sputtering) 현상이 발생하여 박막내의 Cu 함량이 상대적으로 줄어드는 결과가 나타나고, 박막의 두께가 약 5000 Å 이상인 경우 많은 void를 포함하는 박막이 형성됨을 확인하였다.

본 연구에서는 다양한 원자 조성비를 가지는 합금 박막을 제작하는데 널리 사용되고 있는 이중 타겟의 동시-스퍼터링 방법

에 대한 연구와 관련하여, 이중 타겟에 의한 CuNi 박막 증착의 예를 통하여 다양한 증착조건에 따른 박막 물성의 변화를 체계적으로 고찰하고 도출된 실험 결과에 대한 분석적 근거를 제시하고자 하였다. 현재, 본 연구와 병행하여 Cu 타겟 위에 면적조절이 가능한 여러 개의 Ni 칩을 부착하여 동시-스퍼터링 하는 방법과 원자 조성비를 미리 선택하여 만들어진 혼합타겟(Cu + Ni)의 스퍼터링에 의한 방법 등을 이용하여 CuNi 박막을 제작하고, 상기 방법들에 의해 증착된 CuNi 박막의 물성 분석을 수행하고 있는 바, 향후 이러한 연구결과들을 토대로 다양한 스퍼터링 증착 방법에 의한 합금 박막의 제작 및 물성 규명에 관한 비교연구가 필요하다고 사료된다.

Sensor Symposium, pp.149-152, 1990.

저 자 소 개

감사의 글

본 연구는 98 전력기술 기초연구(98-078)의 연구비 지원과 한양대 전자재료 및 부품 연구센터(EM&C)의 연구장비 지원에 의해 수행되었음.

참 고 문 헌

[1] J.A.Thornton, J.Tabock, and D.W.Hoffman, "Internal stresses in metallic films deposited by cylindrical magnetron sputtering", *Thin Solid Films*, Vol.64, pp.111-119, 1979.

[2] J.A.Thornton and D.W.Hoffman, "Stress-related effects in thin films", *Thin Solid Films*, Vol.17, pp.5-13, 1989.

[3] K.Wasa and S.Hayakawa, *Handbook of sputter deposition technology : Principles, Technology and Applications* (Noyes Pub., pp.110-111, 1992).

[4] F.O.Adurodiya, J.S.Song, S.D.Kim, S.K.Kim, and K.H.Yoon, "Characterization of CuInS<sub>2</sub> thin films grown by close-spaced vapor sulfurization of co-sputtered Cu-In alloy precursors", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol.37, pp.4248-4253, 1988.

[5] A.Picos-Vega, M.Becerril, O.Zelaya-Angel, R.Ramirez-Bon, F.J.Espinoza-Beltran, J.G.Hernandez, S.J.Sandoval, and B.Chao, "Cd self-doping of CdTe polycrystalline films by co-sputtering of CdTe-Cd targets", *J. Appl. Phys.*, Vol.83, No.2, pp.760-763, 1998.

[6] J.Dudonis, R.Brucas, and A.Miniotas, "Synthesis of amorphous Zr-Cu alloys by magnetron co-sputtering", *Thin Solid Films*, Vol.275, pp.164-167, 1996.

[7] B.D.Cullity, *Elements of X-ray diffraction* (2nd ed., Addison-Wesley Pub., p.102, 1978).

[8] R.F.Bunshah, *Handbook of deposition technologies for film and coating* (2nd ed., Noyes Pub., p.706, 1994).

[9] 용윤중, "RF reactive sputtering법으로 제조한 탄성표면과 소자용 AlN:H 박막과 ZnO/AlN 이층박막의 특성에 관한 연구", 한국과학기술원 박사학위논문, p.15, 1997.

[10] K.Wasa and S.Hayakawa, *Handbook of sputter deposition technology : Principles, Technology and Applications* (Noyes Pub., p.56, 1992).

[11] H.Konishi, T.Suzuki, and M.Utsunomiya, "Constantan thin film strain gauge load cell", *Technical Digest of the 9th*



서수형 (徐洙瑩)

1971년 1월 1일 생. 1993년 강원대 공대 재료공학과 졸업. 1995년 동 대학원 재료공학과 졸업(석사). 1995년~1997년 영도산업(주) 부설연구소 연구원. 1999년 한양대 대학원 무기재료공학과 졸업(공학박). 현재

한양대 전자재료 및 부품 연구센터(EM&C) 박사후연구원 (Post-Doc)

Tel : 031-400-4088, Fax : 031-419-3042

Email : shseo@emc.hanyang.ac.kr



이재엽 (李在燁)

1973년 12월 12일 생. 1996년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 한양대 전자재료 및 부품 연구센터(EM&C) 연구조교

Tel : 031-400-4088, Fax : 031-419-3042

Email : izzi270@chollian.net



박창균 (朴昶均)

1974년 10월 24일 생. 1999년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 현재 동 대학원 석사과정

Tel : 031-400-4088, Fax : 031-419-3042

Email : ckpark@hymail.hanyang.ac.kr



박진석 (朴珍奭)

1961년 9월 25일 생. 1985년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1993년~1995년 영국

Cambridge 대학 Research Fellow. 현재 한

양대 공대 전자컴퓨터공학부 부교수. 대한전기학회 편집위원 및 국제위원. 한양대 전자재료 및 부품 연구센터(EM&C) 연구교수

Tel : 031-400-4088, Fax : 031-406-2107

Email : jspark@emc.hanyang.ac.kr