

## Evanohm박막저항소자의 전기 및 자기적 특성연구

한국표준과학연구원

이규원, 유광민, 김완섭, 김동진

## 1. 서 론

현대 전자공학 기술은 집적회로를 이용하기 때문에 소형화, 일체화 등을 요구하고 있다. 이들 회로를 구성하는 소자중 저항체는 가장 기본적인 소자중에 하나이고 저항자체로써 뿐만 아니라 IC칩 등 다른 전자소자들과 일체형을 이루기도 한다. 저항은 전류의 흐름을 제어하는 중요소자이므로 온도변화와 시간이 경과하여도 안정된 저항값을 유지해야 한다.  $Ni_{72}Cr_{20}Al_3Mn_4Si$ 으로 구성된 Evanohm은 온도계수가 매우 작고, 시간이 경과하여도 초기의 저항값을 잘 유지하는 물질로 오래전 부터 알려져 왔다. 본 연구에서는 이러한 특성을 지닌 Evanohm을 박막형 표준저항으로 개발하기 위하여 박막제작 기술을 개발하고 두께에 따른 전기 및 자기적특성을 조사하였다.

## 2. 실험방법

Evanohm박막은 Si웨이퍼 위에 5000 Å 두께의  $SiO_2$  절연막을 입힌후 dc magnetron sputtering 장치를 이용하여 여러 두께의 Ni-Cr합금 박막을 제작하였다. 제작된 박막은  $Ni_{72}Cr_{20}Al_3Mn_4Si$ 성분이 되도록 400 °C에서 1시간 열처리하였고 구성박막의 성분을 확인하기 위하여 Auger electron spectroscopy등으로 분석하였다. 제작완료된 Evanohm박막에 spot welding으로 Al도선을 붙였고, 자장특성은 Transport Property Measurement System(Quantum Design, PPMS)을 이용하여 10~300 K의 온도에서 magnetoresistance, Hall효과, I-V특성 등을 조사하였다.

## 3. 결과 및 논의

Fig. 1은 두께 1000 Å과 3000 Å 박막의 온도에 따른 정규화된 저항곡선을 보여준다. 두 박막의 저항곡선은 온도가 내려감에 따라 저항값이 증가하는 경향을 보인다. 이것은 마치 반도체특성처럼 보이지만, Fig. 1의 삽입그림에서 보는바와 같이 I-V특성을 조사한 결과 Ohmic특성을 보인다. 또한 10~300 K에서 저항변화는 0.6%(1000 Å), 0.85%(3000 Å)이었으며, 1000 Å박막저항(약 30.9 Ω)이 3000 Å 박막의 저항 약 11.8 Ω 보다 약 3배를 보이는 등 금속합금임을 알 수 있다.

Fig. 2는 5 T의 자장을 가하고 측정한 magnetoresistance(MR)의 결과이다. 그림의 y축은 5 T의 자장을 가하고 측정한 MR과 자장을 가하지 않고 측정한 저항의 차이를  $R(0)$ 로 정규화한 값을 나타낸다. 3000 Å박막은 MR이 거의 없지만 (+0.01 %), 1000 Å 박막은 70~180 K 구간에서 MR이 거의 없지만 60 K 이하에서는 -값으로 급격히 증가한다. 일반적으로 +의 MR은 금속의 반강자성 또는 상자성 상태에서 보여지며, -의 MR은 강자성상태에서 관찰되어지는 것으로 보아 localized된 강자성 성분에 의한 효과로 추측된다.

일반적으로 자화된 금속의 온도( $T$ ) 의존성은  $\rho(T) = \rho_0 + \rho_{ph}(T) + \rho_{mag}(T)$ 로 표시할 수 있다. 온도가 내려감에 따라  $\rho_{ph}(T)$ 의 기여도는 격자의 떨림 폭의 감소로 작아지게 되는데, 두 박막에서 저항의 증가는 시료의 자화 즉,  $\rho_{mag}(T)$ 의 영향 때문으로 해석되어 진다. 즉, 3000 Å 박막의 경우 반강자성에 의한 기여도 때문에 온도가 내려가도 저항이 증가하게 되고, +의 MR을 갖게 된다. 그러나 1000 Å 박막의 경우 강자성의 영향으로 저항의 온도의존성 기울기가 작게 되고 -의 MR값을 보여준다. 그밖에 박막시료의 온도감소에 따른 저항의 증가는 impurity에 의한 효과도 포함되어 있을 것으로 추정한다.

미세관점에서 볼 때, 금속의 전자수송에 영향을 주는 요인은 전자농도와 전자의 산란-이완 시간이다. 일반적으로 잘 알려진 것처럼 금속의 전자농도는 측정온도 영역에서 변하지 않는다. 기대한 것 처럼, Fig. 2의 삽입그림에서 보는 바와 같이 1000 Å 박막의 130 K, 187 K, 225 K에서 측정한 자기장의

세기에 따른 Hall 계수가 모두 일치 하였다. 따라서 박막에서 보여준 전기·자기적인 저항의 온도 의존성은 수송전자와 스핀 사이의 산란에 의한 것으로 설명할 수가 있다.

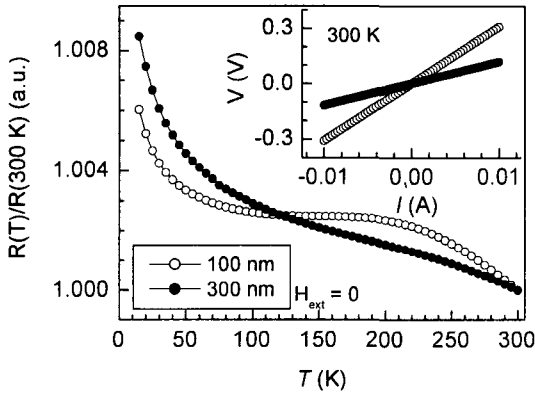


Fig. 1. Resistance-temperature relation of 1000 Å and 3000 Å thin films. The data were normalized with their resistances at 300 K. I-V curves of two thin films at T=300 K were inserted in Fig. 1. Both films show metallic behavior.

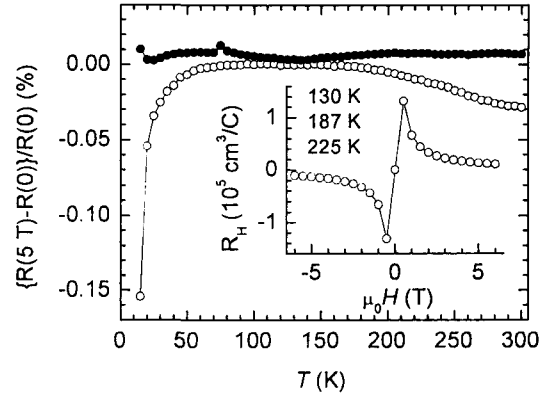


Fig. 2. Magnetoconductance-temperature curves of two films in the range of 10 K to 300 K. The open and solid circles the results of 1000 Å and 3000 Å, respectively. Hall coefficients of two films in the range from -5 T to +5 T were inserted in Fig. 2. All data at T=130 K, T=187 K, and T=225 K have the same values.

#### 4. 결론

박막형 표준저항을 개발하기 위하여  $Ni_{72}Cr_{20}Al_3Mn_4Si$ 으로 구성된 두께 1000 Å과 3000 Å의 Evanohm 박막을 제작하고 전기 및 자기적 특성조사를 하였다. 두 박막시료의 10~300 K에서 저항변화는 0.6%(1000 Å), 0.85%(3000 Å)이었다. 그러나 본 연구에서 측정된 Evanohm 박막저항은 I-V 특성을 조사한 결과, 금속성임에도 불구하고, 온도가 내려감에 따라 저항값이 증가하는 현상을 보였다.

이 현상을 규명하기 위하여 온도에 따른 magnetoconductance를 측정하였는데, 3000 Å 박막의 경우 거의 0 인데, 1000 Å 박막의 경우 60 K 이하에서 -값으로 급격히 증가하였다. 이 현상은 localized 강자성 성분에 의한 효과로 추측되었다.

전체적으로 요약하면, 시료들의 특징적인 저항의 온도 의존성은 금속임에도 불구하고 -의 온도계수를 갖는 저항의 변화는 자화의 상전이와 격자의 떨림에 의한 두 저항성분의 경쟁적인 상관관계에 기인 한 것이었다.

Evanohm박막의 표준박막 개발을 위하여 자기적인, 그리고 구조적인 상전이와 스핀정렬 또한 온도에 따른 격자상수의 변화와 박막의 두께와의 연관성에 대한 연구가 좀더 수행되어야 할 것으로 판단된다.