

## 구리와 은 금속박막의 열전도도에 미치는 미세구조의 영향 Effect of Microstructure on Thermal Conductivity of Cu and Ag Thin Films

류 상\*, 정우남<sup>2</sup>, 김영만  
(1\*) 전남대학교, 신소재공학과  
(2) 전남대학교, 기계공학과

**초 록:** 본 연구에서는 박막의 미세구조, 특히 결정립의 크기에 따라 박막 열전도도를 측정하여 실제 박막 응용제품의 제조 공정에 피드백 하여 부품의 안정성을 제고하고자 한다. 우리는 온도 분포법을 사용하여, 구리와 은 박막의 열전도도를 박막의 미세구조를 변화시키면서 측정하였다. 박막제조과정 중 기판온도를 변화시켜서 박막의 미세구조를 변화시켰다. 두께의 영향을 최소화하기 위해서 증착 시간을 조절하여 500nm정도로 두께를 일정하게 하였다. 4-point probe를 이용하여 코팅된 박막의 비저항을 측정하였다. 이로부터 박막의 Lorenz number를 계산하였다.

### 1. 서론

최근에 첨단산업에 응용되는 소재 중에 기판 위의 박막의 형태로(실제로 다층박막의 형태로) 제작되고 있는 경우가 늘어가고 있다. 예를 들면, 초경 다이아몬드 박막, 실리콘 기판 위의 GaAs, CoSi<sub>2</sub> 등의 반도체 박막, 열전사 프린터 헤드의 금속박막으로부터 YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7</sub> 초전도 박막에까지 박막의 산업적 응용이 더욱 넓어지고 있다. 이러한 박막형태의 신소재를 부품에 적용하는데 있어 박막의 열물성 값들이 측정되어야할 경우가 종종 있다. 특히, 열전도도는 박막형태로 개발된 전자부품의 열적해석, 수명예측 등에 있어서 필요한 박막의 물리적 성질 가운데 하나이며 그 측정방법이 일반화 되어 있지 못하여 비교적 측정이 어려운 편이다. 따라서 기판 위에 입혀진 박막의 열전도도 측정법은 많은 관심을 끌고 있지만 소수의 방법이 개발되어 있을 뿐이며 아직 개발 중에 있다. 본 연구에서는 비교적 간단하고 비접촉식으로 열전도도를 측정할 수 있는 온도 분포법을 사용하여 구리와 은 박막의 미세구조에 따른 열전도도를 측정하였다.

### 2. 본론

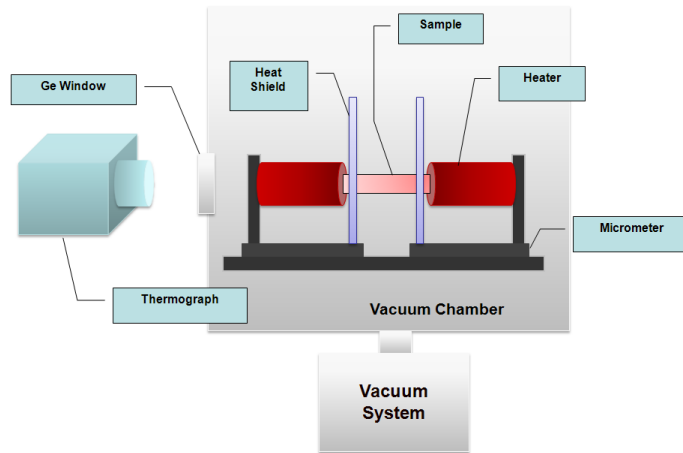
본 연구에서는 Thermal Evaporation방법을 이용하여 보로실리케이트 유리 기판위에 구리와 은 박막을 증착하였다. 실험에 사용된 보로실리케이트 기판의 두께는 150 $\mu$ m이다. 본 연구에서는 박막의 미세구조에 따른 열전도도 변화를 관찰하기 위하여 기판 온도를 각각 상온, 100 $^{\circ}$ C, 200 $^{\circ}$ C로 변화시키면서 박막을 증착하였다. 두께의 영향을 최소화하기 위해서 박막증착시간을 조절하여 박막의 두께를 약 500nm 정도로 일정하게 하였다. 박막 증착 속도는 1.0 $\text{\AA}/\text{sec}$ , 공정압력은  $1 \times 10^{-5}$  torr로 일정하게 하였다. 열전도도 측정을 위해서 같은 실험 조건에서 시료를 2매씩 증착하였다. 열전도도 측정장치는 아래 그림에 나타난 바와 같이 시편양단을 일정한 온도로 가열하는 시편 가열부, 기판표면에서 열전달 형태로서 복사열손실만이 이루어지도록 진공을 유지하는 진공 장치부, 시편의 기판온도분포를 측정하고 열전도도를 계산하는 온도 측정 및 데이터처리부로 구성되어 있다. 온도 측정 장치로 Hg-Cd-Te센서를 갖는 복사온도계를 사용하였다. 복사온도계는 2차원 온도측정이 가능하여 측정된 온도 분포를 화면에 나타내는 열화상 장치형 이다. 본 연구에서 사용한 기판은 보로실리케이트 유리이며 8~13 $\mu$ m의 파장범위에서 불투명하므로, 8~13 $\mu$ m의 파장범위에서 비교적 감도가 좋은 Hg-Cd-Te센서를 이용하는 복사온도계를 선택하였다. 시편은 보로실리케이트 유리 기판위에 thermal evaporation 법에 의해 증착된 2매의 시편을 박막 쪽으로 마주보게 접촉시켜서 설치하였다. 복사 온도계를 이용하여 온도를 측정하기 위해서는 보로실리케이트 유리가 흑체(blackbody)가 아니므로, 복사온도계의 출력전압-온도 관계식에 필요한 보로실리케이트 유리의 단색방사율이 필요하다. 또한 복사열손실을 계산하기 위해 필요한 전반구방사율(hemispherical total emissivity)  $\epsilon_{h.t}$ 를 알아야 한다. 본 연구에서는 보로실리케이트 유리의 단색방사율( $\epsilon=0.866$ , 8~13 $\mu$ m)과 전반구방사율( $\epsilon_{h.t}=0.823$ )을 문헌 값을 이용하였다. 시편의 양끝을 일정한 온도(100 $^{\circ}$ C)로 가열한 후 복사온도계를 이용하여 시편의 중앙 온도를 측정하고 복사온도계 지지대에 설치된 마이크로미터를 이용하여 시편의 길이 방향으로 x만큼 떨어진 곳의 온도를 측정하고 후 금속박막의 열전도도를 측정하였다.

### 3. 결론

온도 분포법을 이용하여 구리 박막의 열전도도를 측정하였다. 약 500 nm 정도로 동일한 두께에서 구리와 은 박막 모두 기판온도가 증가함에 따라 결정립이 커지고 이에 따라 열전도도가 증가하였다. 이는 결정립 크기가 증가에 따라 결정립수와 결정립계 면적이 감소하므로 열저항이 감소하기 때문으로 생각된다.

구리와 은 박막 모두, 열전도도가 벌크상태보다 훨씬 낮게 측정되었다. 이는 박막이 벌크상태보다 결정립계, 공공 등의 결정결함을 다량으로 포함하고 있어 열저항이 크기 때문인 것으로 생각된다.

4-point probe를 이용하여 구리와 은박막의 비저항을 측정한 결과 단위부피 당 결정립 크기가 클수록, 즉, 단위부피당 결정립계 수가 감소할수록 비저항이 감소하는 것으로 나타났다.



Schematic of the thermal conductivity measurement device

본 연구에서 측정된 열전도도와 비저항 값을 이용하여 Lorentz number를 계산한 결과 구리 박막이 약  $2.58\text{W}\Omega/\text{K}^2$ , 은 박막이  $2.2\text{W}/\Omega\text{K}^2$  정도로 이론값과 비교적 잘 일치하였다. 즉, 본 실험과 동일 조건으로 제작된 구리와 은 박막의 경우에도 벌크물질과 같이 Wiedemann-Franz 법칙의 적용이 가능할 듯 하다.

#### 참고문헌

- [1] W. N. Juhng, T. Matsumoto, T. Baba and A. Ono, *14th Japan Symposium on the Thermophys Properties*. 75-78 (1993).
- [2] Y. S. Touloukian, R. W. Powell, C. Y. Ho and P. G. Klemens, "Thermophysical properties of Matter", *Thermal Conductivity*, Vol.1 IFI/Plenum, N.Y. (1970).\
- [3] Y. S. Touloukian and D. P. Dewitt, "Thermophysical Properties of Matter", *Thermal Conductivity*, Vol.8 IFI/Plenum, N.Y. (1970).