

금속표면처리

Journal of the Metal Finishing Society of Korea

Vol. 20, No. 2, June 1987

〈연구논문〉

증착 입사각에 따른 금속박막의 물성 변화

진희창 · 조현춘 · 백수현

한양대학교 공과대학 재료공학과

The Change of Physical Properties of Thin Metal Film with the Evaporating Incident Angles.

H. C. Jin, H. C. Cho and S. H. Paek

Dep't of Materials Eng. HanYang Univ.

ABSTRACT

Chromium and Aluminum films were deposited by evaporation technique in 3×10^{-6} mbar vacuum level at the incident angles ranging from 0° to 60° with various evaporation rates.

We measured the sheet resistances and light transmittances, and observed diffraction patterns by TEM of these films. Relations among diffraction patterns, sheet resistances and light transmittances were discussed. The sheet resistances and light transmittances were shown the lowest values at 25° of incident angle for all kinds of evaporation rates.

I. 서론

지난 여러해 동안 증착시 금속박막의 성장 단계에서 영향을 미치는 요인들에 관한 많은 연구가 이루어졌다.

L. Holland는 80° 로 Al증기원자들을 입사시켰을때가 수직으로 입사시켰을때 보다 더 큰 흡착과 광투과율을 얻을 수 있었고, D. O. Smith, M. S. Cohen과 G. P. Weiss²⁾는 Permalloy 박막에서 경사 입사각을 쬐었을때 자기이방성이 발견된다고 했으며 이 현상을 "Self-shadowing" 모델로 Chain growth를 설명하였다.³⁾ 또한, K. L. Chopra와, M. R. Randlett는 Au박막 증착시 증착속도, 기판온도와 입사각의 증가는 agglomeration의 증가를 가져온다고 보고하였다.⁴⁾ 그러나 금속박막 형성때 입사각에 따른 여러가

지 물리적-성질들의 요인을 명확히 설명하고 있지는 않다. 따라서 본 연구에서는 MIS - 태양전지에 널리 이용되는 Cr과 Al^{5), 6)}을 선택하여 진공도(3×10^{-6} mbar), 기판온도(실온), 박막두께(100 \AA)을 고정시킨 상태에서 증착속도와 입사각을 변화시키기에 따르는 Cr과 Al박막의 광투과율 및 박막저항을 결정구조와 비교하여 태양전지의 효율증대를 위한 박막제작기술의 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 실험 방법

1. 시편제작

(1) 기판(Substrate)

기판은 독일 Menzel-Glaser사의 Artikel-Nr 02

1102 slide glass를 사용했으며, 회절무늬용으로는 탄소가 증착된 Cu-grid를 썼다. slide glass의 크기는 $1.2 \times 7.2 \times 0.095$ cm이며 세척 과정은 왕수에서 25분간 처리해서 유기물을 제거하고 다시 증류수에 10분정도 담갔다가 꺼낸 다음 초음파 세척기를 사용하여 상온과 70°C 인 증류수로 10분간씩 세척하고 알콜에 담갔다가 건조하여 사용했다.

(2) 증착

제어부가 부착되어 있는 Balzers사의 Bal-370형 증착기를 사용하여 Cr박막은 99.9% 순도의 입자형을 W-boat(텅스텐 도가니)를 열원으로 하여 세척 건조된 기판위에 증착하였고 Al은 막대형 시료를 W-wire를 열원으로 하였다. 두께 조절장치로는 QSG 301 모델로 석영 결정체의 박막으로 된 Sensor가 부착되어 있다. 물질에 따라 밀도가 다르므로 미리 모니터에 기록하여 두께 보정을 하였고, 증착속도는 $\text{\AA}/\text{sec}$ 의 평균속도로 결정했다.

(3) 증착조건

진공도 3×10^{-6} mbar에서 Cr은 증착속도를 $1 \text{\AA}/\text{sec}$, $7 \text{\AA}/\text{sec}$ 로 변화시켰고 Al은 $3 \text{\AA}/\text{sec}$, $25 \text{\AA}/\text{sec}$ 로 변화시켰으며 각 속도에서 기판의 경사각을 0° , 10° , 25° , 40° , 60° 로 변화시켜 두께 100\AA 의 박막을 제작하였다. 이때 기판의 각은 그림 1과 같이 substrate holder에 세척된 고무를 부착하여 변화시켰다.

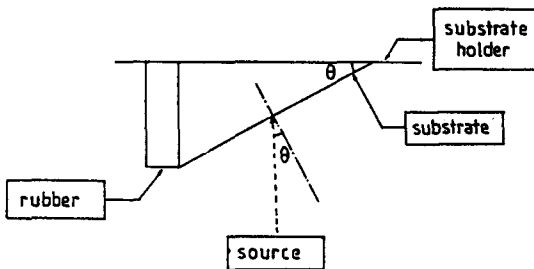


Fig. 1 Substrate holder

2. 측정

(1) 박막저항(Sheet resistance)

측정장비는 KOKUSAI ELECTRIC사의 모델 VR-30B를 사용하여 기판위에 4개의 금속 probe를 접촉

시켜서 바깥 두 probe사이에 흐르는 전류를 측정하고 내부에 두 probe사이에 발생하는 전압강하를 측정하였다. 이때 측정값은 기판 중간 부근에서 3번 측정하여 그 평균값으로 결정하였고 이것을 이용하여 박막저항을 계산했다.

(2) 광투과율

광투과율은 VARIAN사의 CARY2300형인 Spectro photometer로 빛의 파장을 500에서 1,500nm에 걸쳐 측정하였으며 증착되지 않은 기판의 광투과율을 기준으로 하여 증착된 기판 각각의 상대적인 광투과율을 측정하였다.

(3) 회절무늬 관찰

탄소를 입힌 Cu-grid 위에 Cr과 Al박막을 입사각이 앞의 것과 같이 하여 100\AA 두께로 증착하였고 진공상태에서 TEM을 사용하여 회절무늬를 얻어냈다.

III. 결과 및 고찰

1. 박막저항의 변화

그림 2는 진공도 3×10^{-6} mbar에서 입사각을 변화시켰을 때 각 증착속도에서 100\AA Cr박막의 박막저항을 나타낸 것으로서, 입사각이 25° 일 때 최소 저항값을 보였고 0° 와 60° 일 때는 이보다 높게 나타났다. 이는 입사각에 따라 연속적인 박막을 형성하는 임계 두께가 다른데, 본 연구에서는 박막두께를 100\AA 으로 고정시켰기 때문에 입사각 60° 에서는 agglomeration이 큰 반면 박막의 연속성이 저하되고, 또한 증착시 박막은 금속증기 beam의 방향으로 성장하기 때문에 입사각이 커지면 금속원자들이 islands 사이로 들어가지 못하게 되어 이 금속박막의 계속적인 성장은 박막 안에 vacant를 남기게 되는 self-shadowing 모델로 설명할 수 있다.

그림 3은 Al박막의 경우를 나타내고 있으며 증착속도가 $3 \text{\AA}/\text{sec}$ 일 때 Cr박막에서와 동일한 입사각 25° 에서 최소 박막 저항값을 나타내었다. 증착속도가 매우 큰 $25 \text{\AA}/\text{sec}$ 에서도 입사각 25° 에서 최소값이 되었으나 normal(입사각: 0°) 입사시에 비해 큰 감소

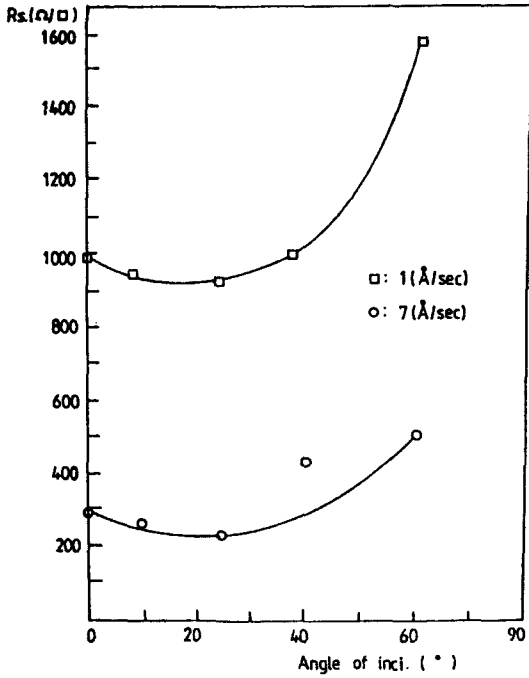


Fig. 2 Resistances of Cr film with angle of incidence

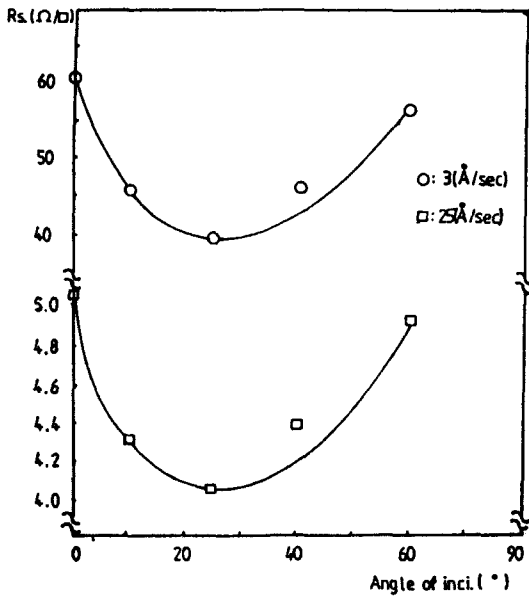


Fig. 3 Resistances of Al film with angle of incidence

도 하지 않았고 약 $1\Omega/\square$ 정도이며 입사각 60° 일때도 0° 와 거의 유사한 값이 되었는데 그 박막저항값이 모두 작았다. 이는 증착속도가 아주 커지면 금속증기원자들은 큰 운동에너지를 갖게되고 흡착된 원자들과 충돌해서 기판에 평행한 방향으로 확산거리가 증가됨에 따라 self-shadowing 효과에 의한 영향이 작아져서 입사각의 변화에 따라 저항값의 큰 차이가 없게된 것으로 생각된다.

2. 광투과율의 변화

그림 4와 5는 $500\sim 1500\text{nm}$ 사이의 빛의 파장 영역에서 광투과율을 각 증착속도에서 입사각에 따라 나타낸 것이며 증착되지 않은 기판의 광투과율은 모든 파장 영역에서 약 92%로 나타났고, 이에 대한 상대값으로 광투과율을 측정하였다.

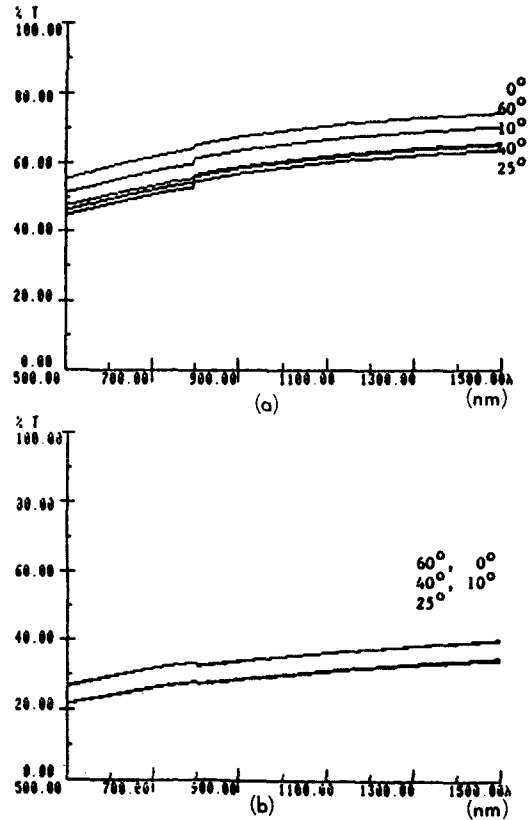


Fig. 4 Transmittances of Cr film with angle of incidence (a) 1 $\text{\AA}/\text{sec}$ (b) 7 $\text{\AA}/\text{sec}$

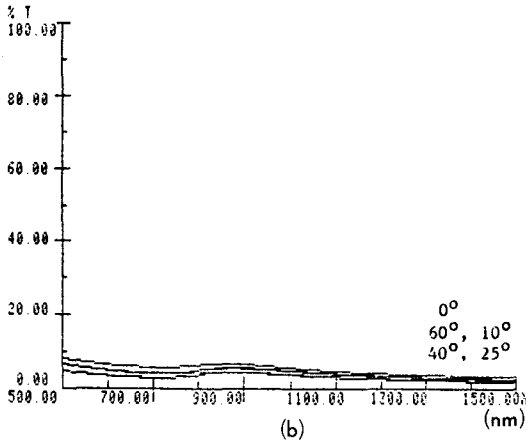
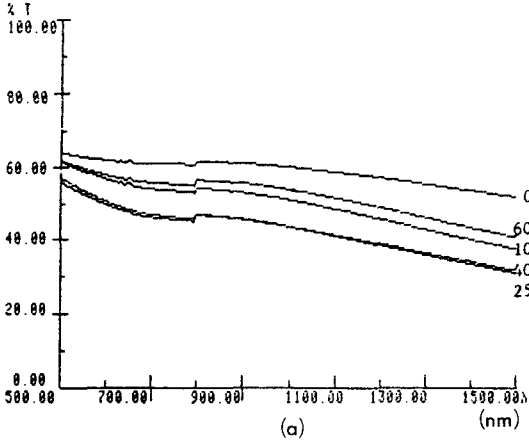


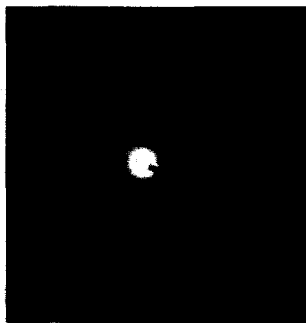
Fig. 5 Transmittances of Al film with angle of incidence
(a) 3 (Å/sec) (b) 25 (Å/sec)

광투과율 역시 앞에서 살펴본 박막저항의 변화에 서처럼 모든 증착속도에서 입사각 25°일때 최소값을 나타냈고 증착속도가 증가함에 따라 광투과율이 감소하는 것은 기존의 연구⁷⁾와 잘 일치하고 있다. 이같이 25°일때 광투과율이 최소값을 갖는 것은 0°일때 보다 agglomeration이 증가되어 면결함이 적고 60°에 비해 self-shadowing 효과가 작아 잔류기체에 의한 영향이 줄어들기 때문이다. 이같은 사실은 사진 1과 2의 TEM에 의한 회절무늬 분석결과 25°일때가 0°와 60°에 비해 회절선이 뚜렷하고 결정화된 영역이 많은 사실과 일치하고 있다.

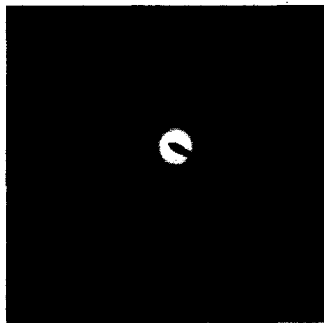
3. 회절무늬의 변화

사진 1은 Cr박막의 다른 증착속도에서 입사각에 대한 회절무늬를 나타낸 것으로서 증착속도가 1Å/sec일때는 기존의 연구⁸⁾에서 살펴보듯이 잔류기체의 영향을 많이 받아 모든 입사각에서 비정질박막을 형성하였는데 25°일때가 0°와 60°에 비해 회절선이 좀더 뚜렷하였다. 증착속도가 7Å/sec일때 역시 산소가 개입된 박막이 형성되었고 입사각 25°일때가 회절선이 많고 비교적 뚜렷하게 나타나고 있어 앞에서 밝혀진 Cr의 박막저항과 광투과율에 있어서 입사각 25°일때 최소값을 갖게된 근거를 제시해 주고 있다.

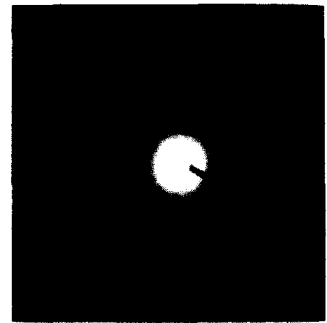
사진 2는 Al박막에서 증착속도 3Å/sec일때 입사각에 따른 회절무늬이며 모든 각에서 산소가 개입



(0°)



(25°)
(a)



(60°)

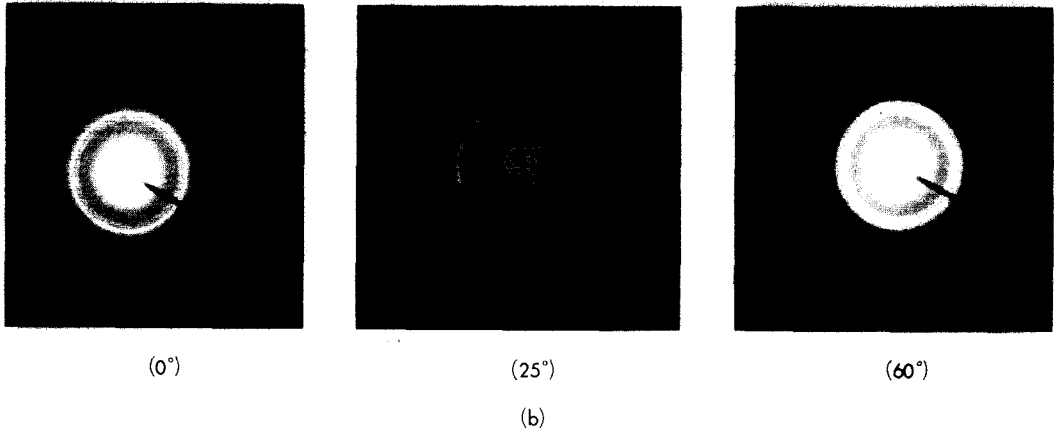


Photo. 1 Diffraction patterns of Cr film with angle of incidence

(a) 1 Å/sec

(b) 7 Å/sec

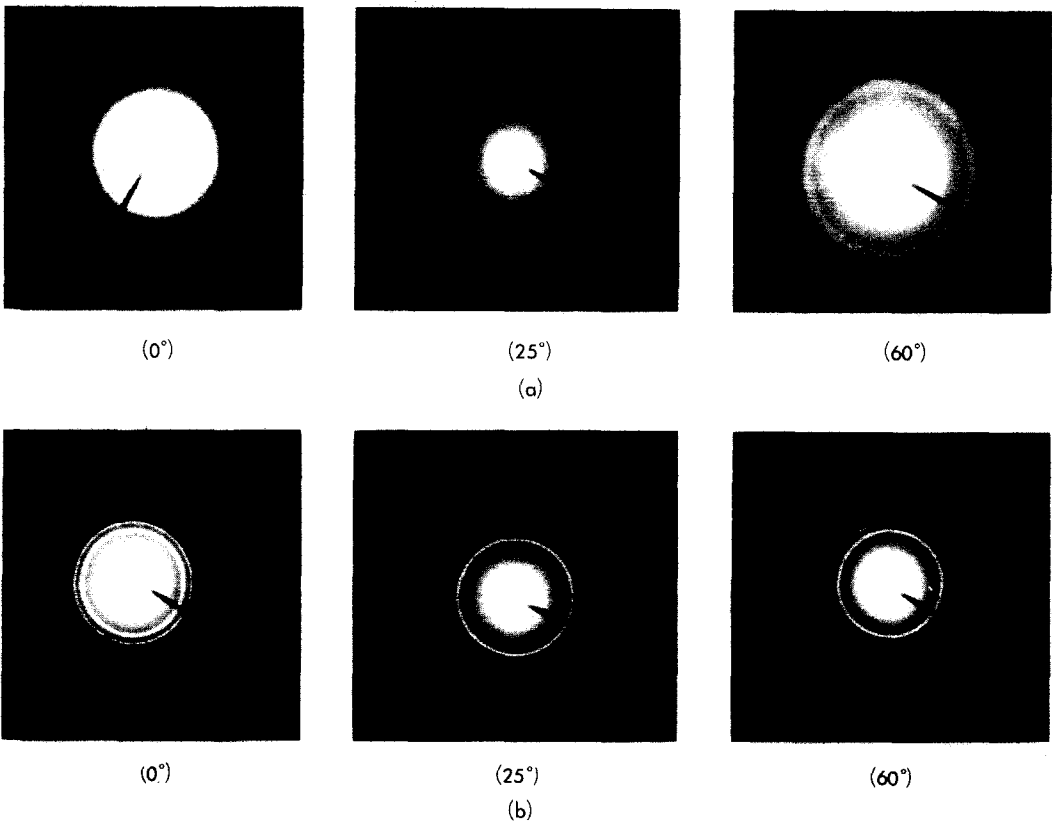


Photo. 2 Diffraction patterns of Al film with angle of incidence

(a) 3 Å/sec

(b) 25 Å/sec

된 박막이 형성되었는데 0°와 60°일때는 회절선이 매우 넓은 것으로 보아 비화학양론적인 산화물이 형성됐음을 알수 있고 25°일때가 역시 회절선이 뚜렷하여 산소의 개입이나 격자의 왜곡이 작음을 알수 있다. 그리고 25Å/sec인 매우 빠른 속도에서는 완전한 결정질박막이 형성되었고 입사각에 따라 거의 차이가 없는 것은 앞에서 살펴본 박막저항과 광투과율의 변화와 잘 일치하고 있다.

IV. 결 론

본 연구에서 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 두께 100Å인 Cr과 Al박막은 모든 증착속도에서 입사각이 25°일때 가장 낮은 박막저항을 갖는다.
2. 광투과율 역시 Cr과 Al 모두 입사각이 25°일때 최소값을 보였고 normal 입사시와는 약10% 차이를 보였다.
3. 같은 증착속도에서 입사각이 25°일때가 0°와 60°에 비해 회절선이 많고 좀더 뚜렷하게 나타난 것으로

로 보아 결정화된 영역이 많고 산소의 개입에 의한 영향이 적음을 알았다.

참고문헌

1. L. Holland; J. Opti. Soci. Ameri., 43, 5 (1953) 376
2. D. O. Smith, M. S. Cohen, G. P. Weiss; J. Appl. phys., 31, 10 (1960) 1755
3. K. L. Chopra, M. R. Randlett; J. Appl. phys., 39, 3, (1968) 1874
4. David L. Pulfrey; IEEE. Trans. on Elec. Dev., ED-25 (1978) 1308
5. W. A. Anderson, A. E. Delahoy, J. K. Kim; Appl. phys. Letter, 33, 7, (1978) 588
6. J. Shewchun, R. Singh, and M. A. Green; J. Appl. phys., 48 (1977) 765
7. H. C. Cho, S. H. Paek; 대한전자공학회 학술대회 논문집, 8, 2, 3 (1986)
8. S. G. Lee, S. H. Paek; 대한전자공학회 학술대회 논문집, 9, 2, 449 (1986)