

유리표면에 진공증착된 Al박막의 전기전도성

김동호*·박현수·정창주·최석진
전남대학교 공과대학 무기재료공학과
* 오리온 전기 개발부
(1986년 5월 1일 접수)

Electrical Conductivity of Vacuum Evaporated Al Films on Glass

D. H. Kim*, H. S. Park, C. J. Jung and S. J. Choi
Dept. of Inorganic Materials Eng., Chon Nam Univ.
* R & D Center, Orion Electric Co.
(Received May 1, 1986)

요 약

상대습도, 온도와 박막의 두께를 변화시키면서 soda lime(2947) 및 aluminoborosilicate(7809) 유리위에 진공증착된 알루미늄 박막의 전기전도성을 측정하였고, 이때 변화되는 조직과 미세조직을 X-선 회절기와 주사전자현미경으로 실험 관찰하였다.

알루미늄 박막의 전기전도도는 상대습도가 증가할수록 감소하였고, 전도도는 기관의 종류에 의하여 영향을 받으며 soda lime 유리에서보다 aluminoborosilicate 유리에서 높았다.

전기전도도 감소현상은 수증기와 Al 박막이 서로 반응하여 알루미늄 수산화물을 형성하기 때문이다.

ABSTRACT

The relative electrical conductivity of vacuum deposited Al films on a soda-lime (2947) and an aluminoborosilicate(7809) glass was investigated with the variation of the relative humidity, temperature and film thickness.

The structure and microstructure of Al films before and after exposure to the humidity were examined by the X-ray Diffractometer (XRD) and Scanning Electron Microscope (SEM).

As the relative humidity increased, the electrical conductivity of Al films on both glasses was decreased. However, the Al films on 7809 glass showed higher conductivity than that of 2947 glass under the same testing conditions.

The decreasing of electrical conductivity was caused by the formation of Aluminum hydroxide which was made by the reaction between the aluminum films and water vapor.

I. 서 론

최근 박막기술은 optical wave guidance, LS I, Laser, Magnetic memory chip, 반도체, 거울등 각종 신소재 개발의 첨단기술로 관심이 높아지고 있다.¹⁻⁶⁾ 그러나 이들 박막의 특성은 제조방법, 증착조건, 기판의 종류, 기판의 표면상태 및 처리, 열처리등에 의하여 달라지며 박막의 성질에도 크게 영향을 준다. 지금까지 Al 박막은 주로 거울, heliostat 등에 널리 사용되어 왔으나 최근에는 광학적 목적 이외도 반도체를 연결시키는 interconnector 등의 전자재료, wave guidance 및 반사경등의 광학재료로 많이 이용되고 있다. 이러한 이유 때문에 Al 박막의 전기적, 열적, 광학적 특성에 관하여 연구가 활발히 진행되어 왔으며, 이러한 성질을 지배하는 불순물(defects)이나 미세공(microvoid) 등에 관한 연구도 수행되어 왔다. 지금까지 여러 연구자에⁶⁻⁹⁾ 의하여 Al 박막의 전기전도성에 관한 연구가 있었으나 상대습도와 온도, 기판의 조성에 대한 전도현상에 관한 연구는 미흡한 단계이며 Al 박막이 공기속에 노출될때 수증기에 의한 오염으로 특성이 현저히 저하되는 현상에 대한 규명도 미진한 상태이다. 따라서 본 실험에서는 상대습도, 온도, 유리의 조성 및 박막의 두께를 변화시켜 시간에 대한 전도도 값의 변화가 Al 박막에 주는 영향을 검토하였으며 이 결과를 주사 전자현미경 및 X-선 회절분석으로 검토하였다.

II. 실험

II-1. 재료 및 시편의 제작

본 실험에서는 미국 Corning 사의 2947 과 7809 유리를 기판재료로 하였으며 조성과 물리적 특성은 Table 1 과 같다.

2947 유리와 7809 유리를 25 × 35 × 1 (mm)의 크기로 절단하고 5% NaOH 수용액에 5분간 침적시킨후 이를 꺼내어 이온교환수(deionized water)로 여러번 세척하였다. 이렇게 처리된 유리를 110°C의 건조로에서 3시간 동안 건조시켰다. 위와같이 처리된 유리를 알루미늄합금으로 만든 시편 고정대를 사용하여 Fig. 1과 같이 유리위에 Al 박막을 진공 증착시켰다. 이때 증착은 순도 99.99%인 Al 선을 발열체인 tungsten metal helix에 걸어 Denton사 DV-502 type의 증착기로 5 × 10⁻⁵ torr 이하의 진공도로 유지시킨후 발열체에 전원을 가하여 17 mA의 전류가 흐르도록 하였으며 균일한 박막의 두께를 얻기 위하여 시편과 발열체간의 거리는 11 cm로 항상 일정하게 유지시켰다.

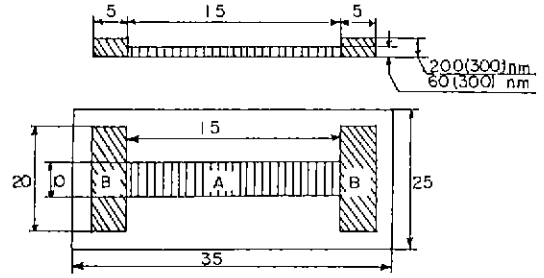


Fig. 1. Dimension of the test specimen for the evaporated Al films on glasses. (unit ; mm)

Table 1. Composition and Property of 7809 and 2947 Glasses.*

Composition	7809	2947
Oxide	wt. %	wt. %
SiO ₂	66	72
Al ₂ O ₃	9	2
B ₂ O ₃	8	-
CaO	2	8
MgO	-	4
Na ₂ O	9	14
K ₂ O	5	-
TiO ₂	0.5	-
As ₂ O ₃	0.2	-
Fe ₂ O ₃	0.02	-
Property		
Softening Point (°C)	750	724
Annealing Point (°C)	569	545
Strain Point (°C)	529	511
Expansion (°C) ⁻¹ (0-300 °C)	77 × 10 ⁻⁷	89.4 × 10 ⁻⁷
Density (g/cm ³)	2.44	2.402
Refractive Index	1.509	1.515
Transmittance (%) (450-750 mm) (1mm thick)	91.	91.8

* Corning Glass Works, Corning, New York 14830, U. S. A

시편의 박막의 측정부분인 A부분을 60 nm 또는 300 nm로 증착하였으며 전극인 B부분은 각각 200 nm와 300 nm의 두께로 증착하였다. 증착된 박막의 두께는 미국 Varian 사의 9802-4000/4006 모델의 광간섭계로 측정하였으며 광원으로 Na-D ray를 사용하였다.

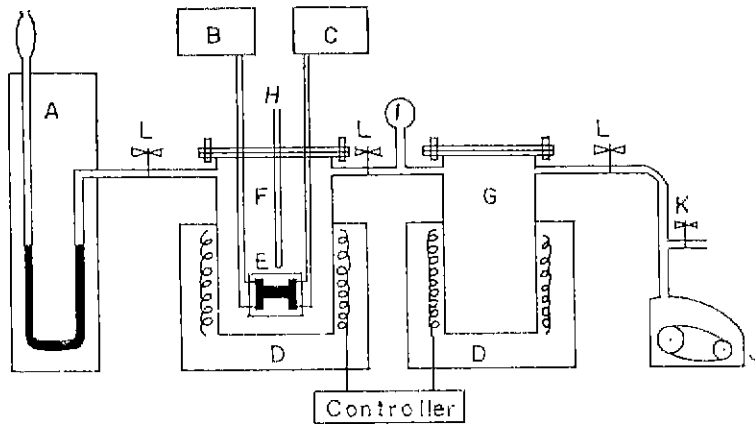


Fig. 2. Experimental apparatus for measuring the electrical conductivity of Al films on glasses.

- | | |
|------------------------------|---------------------|
| A : Manometer | G : Humidity Source |
| B : Power Source | H : Thermocouple |
| C : Digital Multimeter | I : Vacuum Gauge |
| D : Furnace | J : Rotary Pump |
| E : Specimen | K : Vent Valve |
| F : Reaction Chamber (Brass) | L : Valve |

II - 2. 전기전도도 측정

전기 전도도를 측정하기 위한 장치는 Fig. 2와 같이 반응로 및 humidity source tank는 4ℓ되는 황동관 (내경 102 mm)을 사용하였다. 반응로의 온도 측정은 Chromel-Alumel 열전대를 사용하였으며 온도 측정 및 조절의 오차는 ± 3°C였다. 전극 및 측정용 전선으로는 순도 99.99% Ag를 사용하였으며 박막시편의 전극과 Ag 전극의 접촉저항을 줄이기 위하여 alligator clip으로 밀착시켰다. 상대습도는 source tank내의 2차 증류수의 수증기를 반응로중의 진공공기에 공급시켜 원하는 상대습도가 되도록 하였다. 수증기의 압력은 수은압계로 측정하였으며 상대습도 0%인 경우는 진공펌프를 이용하여 반응로의 압력을 10⁻² torr 이하로 유지될때를 가정하여 시편의 전도도를 측정하였다. 시편의 전도도 측정은 4-probe⁶⁾ 방법으로 하였으며 Trio AG-202 모델로 AC 4-60 Hz의 입력전원을 시편에 공급하고 온도를 50, 70, 90°C로 일정하게 유지하여 각각의 온도에 대하여 상대습도를 0, 30, 60, 90%로 유지시키면서 3시간 간격으로 24시간동안 시편에 흐르는 전압과 저항을 측정하였다. 또 상대습도를 0%로 일정하게 유지하고 온도를 4°C/min의 속도로 상승시키고 측정하였으며 온도와 습도를 동시에 변화시키면서 전압과 저항을 측정하여 전도도 값을 구하였다.

시편의 전압과 저항은 digital multimeter로서 측정하였다.

이들 시편의 전도도 값은 다음과 같은 식에 의하여 구하였다.

$$\sigma = \frac{L}{A} \frac{I}{V} (\Omega \text{ cm})^{-1} \quad (1)$$

여기서 A는 증착된 Al 박막의 단면적, L은 시편의 길이, V는 시편에 걸어진 전압, I는 시편에 흐르는 전류이다. 60 nm로 증착된 시편의 초기저항값은 4~6 Ω/cm²였으며 300 nm로 증착된 시편의 초기저항값은 1.5~2 Ω/cm²였다. 이처럼 Al 박막의 초기저항값은 차이가 있으므로 계산에 의하여 초기전도도 값에 대한 측정된 전도도 값의 비율인 상대전도도값 (σ/σ_{in})을 사용하였다.

II - 3. 미구조와 결정분석

일본 JEOL사의 JSM-35C type의 주사전자 현미경 (SEM)을 사용하여 가속전압 15 KV로 반응전과 후의 시편을 3000~60000 배로 관찰하였다. 또 일본 Rigaku 사 X-선 회절장치를 사용하여 Al 박막의 결정구조를 특정 CuKα X-선으로 35 KV, 15 mA, 주사 속도 20 /mm 로 시험하였다.

III. 실험결과 및 고찰

III - 1. 상대습도의 영향

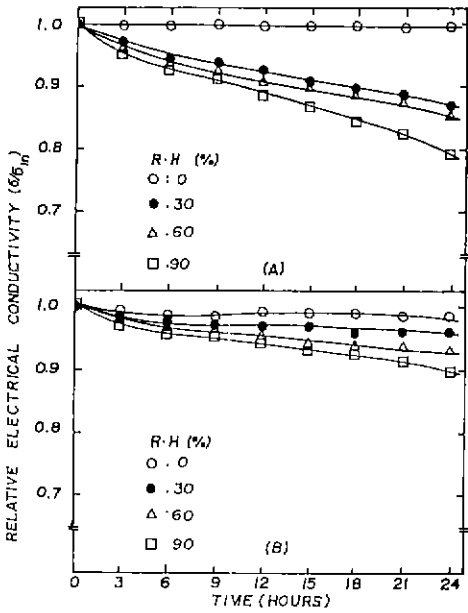


Fig. 3. Time dependence of the relative electrical conductivity of Al films as a function on relative humidity on (A) 2947 and (B) 7809 glass at 50°C.

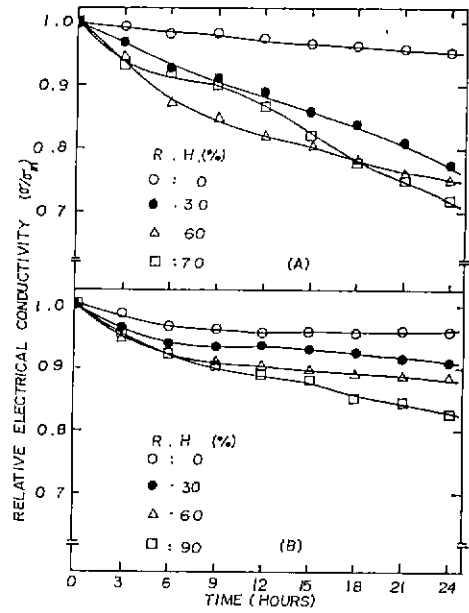


Fig. 5. Time dependence of the relative electrical conductivity of Al films as a function of relative humidity on (A) 2947 and (B) 7809 glass at 90°C.

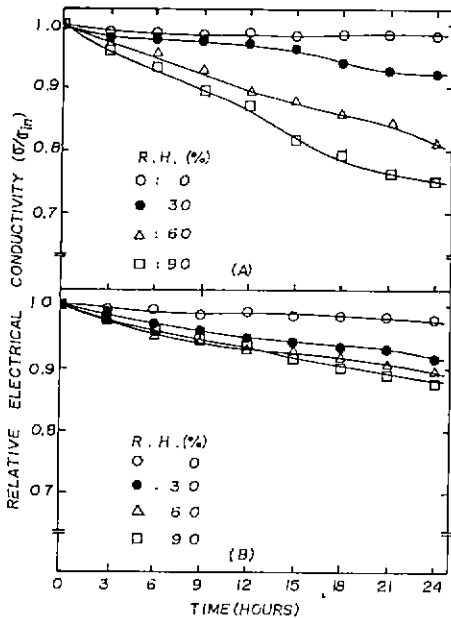
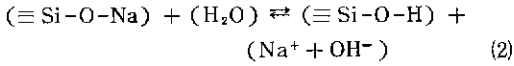


Fig. 4. Time dependence of the relative electrical conductivity of Al films as a function of relative humidity on (A) 2947 and (B) 7809 glass at 70°C.

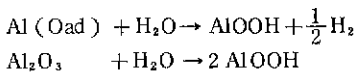
상대습도가 일정할때 2947 유리와 7809 유리위의 Al 박막의 온도와 시간에 따른 전도도 변화를 Fig. 3, 4, 5에 나타냈다. 2947 유리와 7809 유리위의 Al 박막의 전도도는 시간이 증가함에 따라서 감소하였다. 상대습도가 0% 인 경우 2947 유리의 상대전도도는 시간에 따라 0.4 ~ 0.7% 감소하였으며 (Fig. 3, 4, 5), 7809 유리는 2.3 ~ 4.2% (Fig. 3, 4, 5) 감소하였다. 상대습도가 30 ~ 90%로 증가하면 2947 유리는 7.6 ~ 27.2% 감소하고, 7809 유리는 3.7 ~ 16.2%로 저하되었다. 일반적으로 상대전도도는 2947 유리에서보다 7809 유리에서 높게 나타났다.

Fig. 3, 4, 5에서 알 수 있듯이 2947과 7809 유리위의 Al 박막의 전도도가 다른 이유는 기판의 조성 및 Al 박막과 수증기의 반응에 의한 결과로 생각된다. Al 박막이 7809 유리 위에서 보다 안정한 것은 유리의 부식효과로 생각할 수 있다. 즉 물과 유리와의 반응은 Lind와 Buckwalter¹⁰⁾의 실험결과 soda lime 유리(2947)는 alumino boro silicate (7809)보다 화학적 내구성이 저하된다는 사실과 잘 일치하고 있다. 또 Clark¹¹⁾와 Doremus¹²⁾ 등에 의하면 soda lime 유리는 물과 반응하여 표면에서 hydronium (H₃O⁺)과 알카리 이온의

교환반응이 이루어지고 siloxane bond 등의 가수분해에 의하여 silica 망목구조가 분해된다고 하였으므로 다음과 같이 화학반응이 진행되어 부식이 진행된다.



생성된 Na^+ 와 OH^- 이온이 Al 박막사이로 확산하여 Al 박막 또는 Al-glass 계면 화학반응을 촉진한다고 생각된다. 그러나 aluminoborosilicate 유리는 Al^{3+} , B^{3+} 등의 이온이 몰과 H_3O^+ 등의 이온을 차단하여¹⁰⁾ Al-glass 계면반응을 억제하여 Al 박막이 안정되어서 전도도는 2947 유리에서보다 7809 유리에서 더 높게 나타나고 시간이 경과해도 전도도 감소비율은 낮아졌다. Takeuchi⁷⁾에 의하면 Al 박막은 상대습도가 17% 이하인 건조공기 상태에서는 전기저항값의 변화가 거의 없었으나 상대습도가 그 이상으로 증가할때 전기저항값이 급격히 증가한다고 보고하였다. 본 실험에서 상대습도가 증가할수록 전도도가 감소하는 경향은 Takeuchi⁷⁾의 Al 박막 전기저항 증가 경향과 잘 일치함을 보이고 있다. Al 박막 표면에서는 공기중에 존재하는 산소나 수분에 의해서 얇은 산화물층이 형성된다는 보고가 있으며^{4, 10)}, Kreuger¹³⁾ 등에 의하면 물분자는 Al 박막의 산화물표면에서 산소보다 빨리 흡착되어 산화물층의 생성과 성장이 일어난다고 보고하였다. 본 실험에서는 수분의 흡착에 의해서 Al 박막이 산화물이나 수산화물로 되고, 이는 Bujor¹⁴⁾ 와 Venables¹⁵⁾에 의해서 보고된바와 같이 다음의 반응식으로 이루어짐을 생각할 수 있고, 이를 X-선 회절분석 결과로 알 수 있었다.(Fig. 8,12,13).



그러므로 상대습도가 증가하면 전도도의 감소는 산화물이나 수산화물 형태의 화합물의 증가때문으로 생각된다.

Al 박막의 전기전도도 감소를 두께의 영향으로 알아보기 위하여 2947 유리위에 60 nm와 300 nm로 증착하여 온도를 50°C로 유지시키면서 3시간 간격으로 24 시간동안 측정된 전도도값을 Fig. 6에 나타냈다. 상대습도가 0% 일때는 두 film 모두 커다란 변화가 없었으나 상대습도가 30, 60, 90%로 증가함에 따라서 60 nm의 상대 전도도값은 3.1~21.58% 감소하였으며 300 nm의 상대전도도 값은 1.7~7.2% 감소하였다. Koleshko⁹⁾의 보고에 의하면 Al 박막의 전도전자의 평균 자유경로는 170~250 Å 이므로 두께가 60

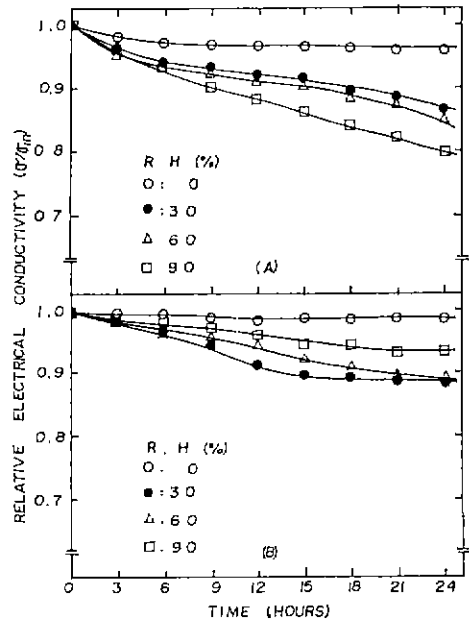


Fig. 6. Change in relative electrical conductivity for exposure time as a function of relative humidity for Al films on 2947 glass in thickness (A) 60 nm and (B) 300 nm at 50°C.

nm와 300 nm인 Al 박막은 연속박막으로 생각되며 이때 박막의 저항값은 주로 두께에 의해서 영향을 받을 것으로 생각된다. Fuchs와 Sondheimer¹⁶⁾ 등에 의하면 박막의 전기전도도는 두께에 의하여 달라지며 즉 연속 박막일 경우는 bulk와 비슷한 값을 가지나 불연속일 경우는 전기전도도는 매우 낮은값을 나타낸다. 본 실험에서 전도도가 300 nm에서 크게 나타난 이유는 표면산란과 결합구조의 효과이며 이는 Mayadas⁵⁾ 및 Koleshko⁹⁾ 등의 실험결과와 잘 일치하고 있다.

Al 박막을 60 nm로 2947 유리와 7809 유리에 증착시킨 시편의 초기박막과 50, 70, 90°C에서 상대습도 90% 분위기로 24시간 처리한 시편을 주사형 전자현미경으로 관찰한 결과를 Fig. 7에 나타냈다. 초기시편에서는 아무런 변화도 관찰할 수 없었고 이는 curran¹⁷⁾ 등의 결과와 일치하였다. 여러 조건으로 처리한 시편에서 하얀반점이 나타나기 시작하였으며 온도가 50, 70, 90°C로 증가함에 따라서 반점의 수는 더욱 증가하였고 반점의 모양도 뚜렷한 형태로 나타났다. 사진에서 보는바와 같이 하얀반점은 Al 박막과 수증기가 반응하여 얇은 수산화물 박막층을¹¹⁾ 형성하고 있는 것으로 생각된다. 이들 국부적으로 형성된 반점은 온도가 증

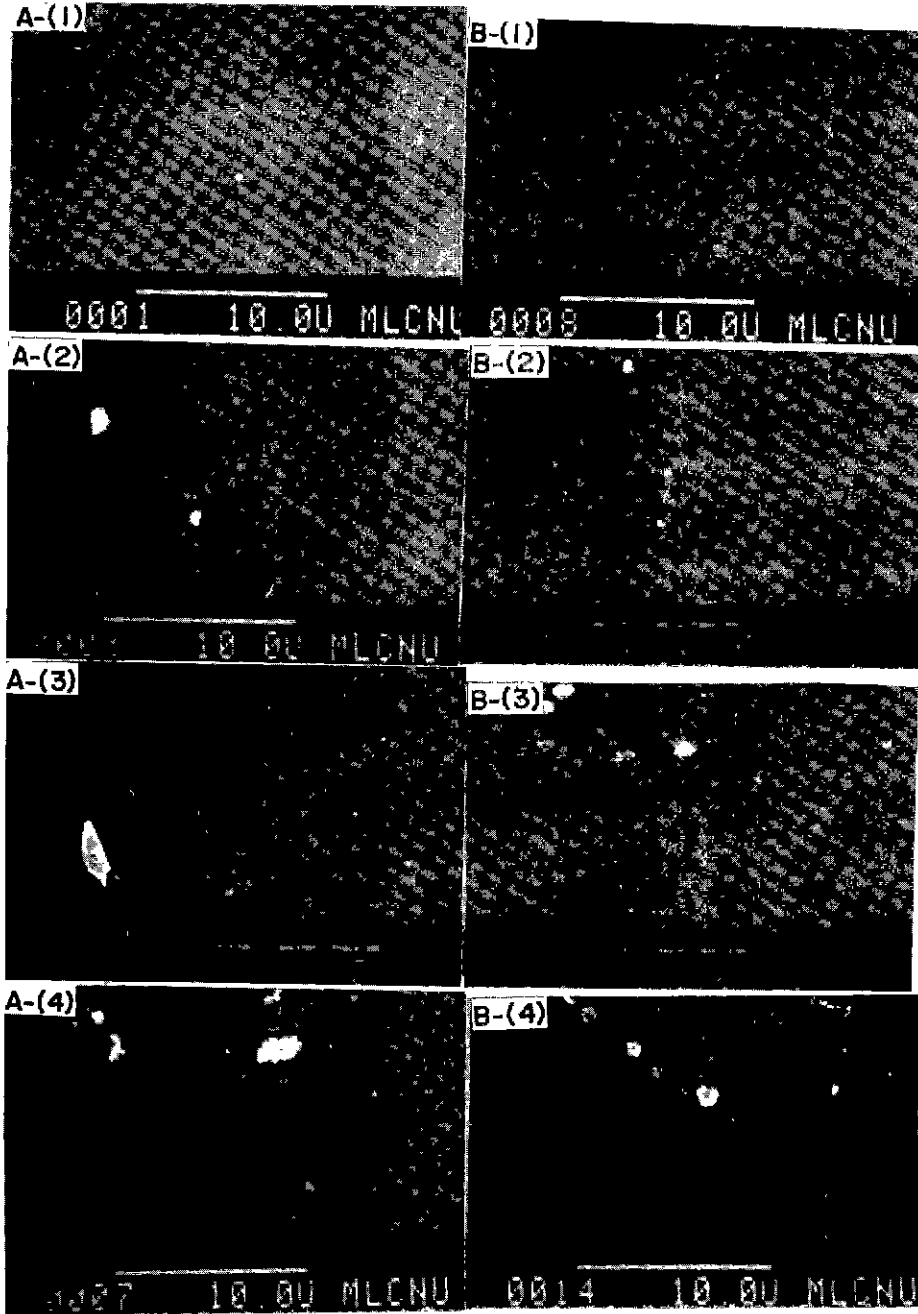


fig. 7. Scanning electron micrographs of vacuum evaporated Al films on (A) 2947 and (B) 7809 glasses ;
 (1) initial films, after 24 hours exposure in 90 % relative humidity at (2) 50°C, (3) 70°C and
 (4) 90°C, respectively.

가함에 따라 더욱 성장하여 결국 알루미늄 수산화물 혹은 알루미늄 산화물을 형성하는 것으로 생각된다.

60 nm와 300 nm로 증착된 시편을 90 % 상대습도에서 24 시간 처리한후의 X-선 회절도를 Fig. 8에 나타

타냈다. 60 nm로 증착된 Al 박막의 초기 시편은 Al (111) 면에서 회절피크 강도는 매우 낮았으나 300 nm로 증착된 Al 초기시편은 Al (111) 면에서 우선배열 (preferred orientation)¹⁰⁾을 잘 나타냈다. 또 일반적으로 2947 유리에서 보다 7809 유리에서 Al (111) 면의 피크 강도가 더 크게 나타났으며, 300 nm로 증착된 시편의 2947 유리 위에서는 Al (200) 면의 피크가 나타났으나 7809 유리위의 Al 박막에서는 나타나지 않았다. 온도와 상대습도가 증가함에 따라 Al (111)면의 피크는 감소하는 반면 Al(OH)₃나 Al(OH)₂ 등의 수화물계 피크가 약하게 나타나기 시작하였다. 수증기압이 높으면 박막내에 존재하는 결합이나 Al 입자 경계면을 통하여 수증기는 쉽게 확산해 들어가 Al과 반응하여 Al 수산화물들을 형성하게 하므로 아마도 현미경사진에서 나타난 바와같이 하얀반점으로 생성되었으리라 생각된다.

III - 2. 온도에 의한 영향

고온영역에서 Al 박막의 안정성을 검토하기 위하여 10⁻² torr의 진공하에서 온도 4°C/min도 상온에서 360°C까지 올리면서 측정된 전도도를 Fig.9에 나타냈다. 증착한 Al 박막 시편에서의 전도도는 2947 유리와

7809 유리에서의 전도도는 360°C까지 거의 일정하게 감소하였으며 300 nm로 증착된 시편에서의 측정치가 60 nm에서의 측정치보다 높은 전도도값을 나타냈다. 온도가 50°C ~ 120°C까지 초기 전도도비가 다소 증가 경향을 나타내다가 더 높은 온도 영역에서는 일정하게 감소 경향을 나타냈다. 이처럼 초기 전도도 값이 증가했던 것은 연구자^{3,16,17)}의 이론에 의하면 박막증착 동안에 생긴 구조적 결함^{2,37)}이 원자의 표면이동이나 불순물의 이동이 일어나 원자의 재배열 현상에 의해 저항값이 감소된다는 사실과 일치하고 있다.

습도와 온도를 동시에 변화시키면서 250°C까지 측

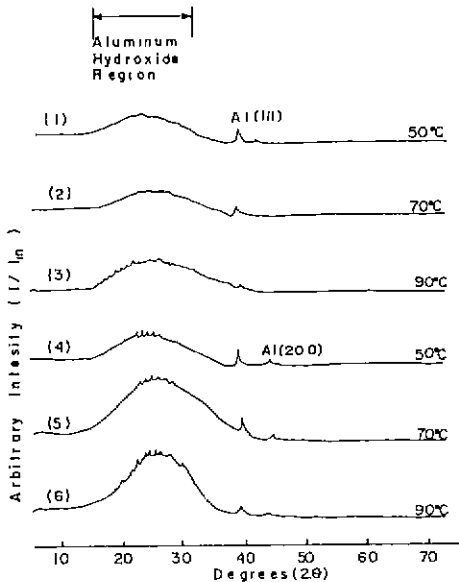


Fig. 8. X-ray diffraction patterns of Al films on 2947 glass; (1, 2, 3) 60 nm and (4, 5, 6) 300 nm thickness after 24 hours exposure in 90% relative humidity at (1, 4) 50°C, (2, 5) 70°C and (3, 6) 90°C.

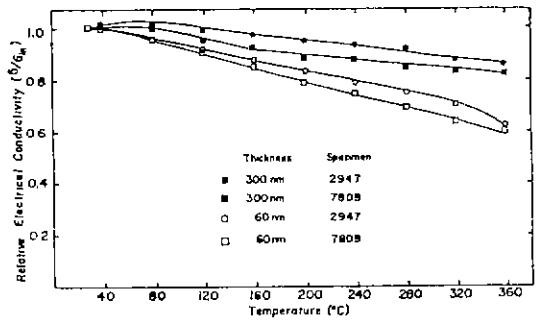


Fig. 9. Temperature dependence of the relative electrical conductivity for Al films in evacuated state (10⁻² torr) with the heating rate of 4°C/min (○, □) 2947 and (□, □) 7809 glass; (○, □) 60 nm and (●, □) 300 nm thickness.

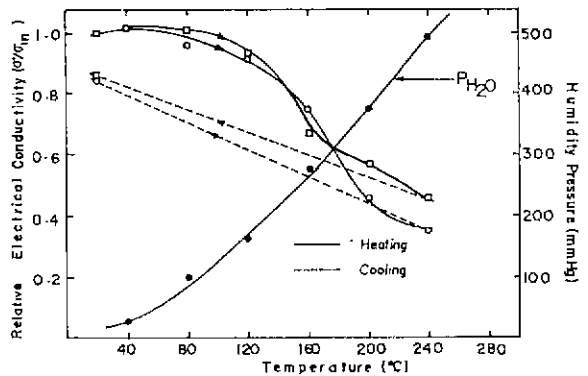


Fig. 10. Temperature and H₂O vapor pressure dependence of the relative electrical conductivity for 300 nm Al films on (○) 2947 and (□) 7809 glass from room temperature to 250°C with the heating rate of 4°C/min.

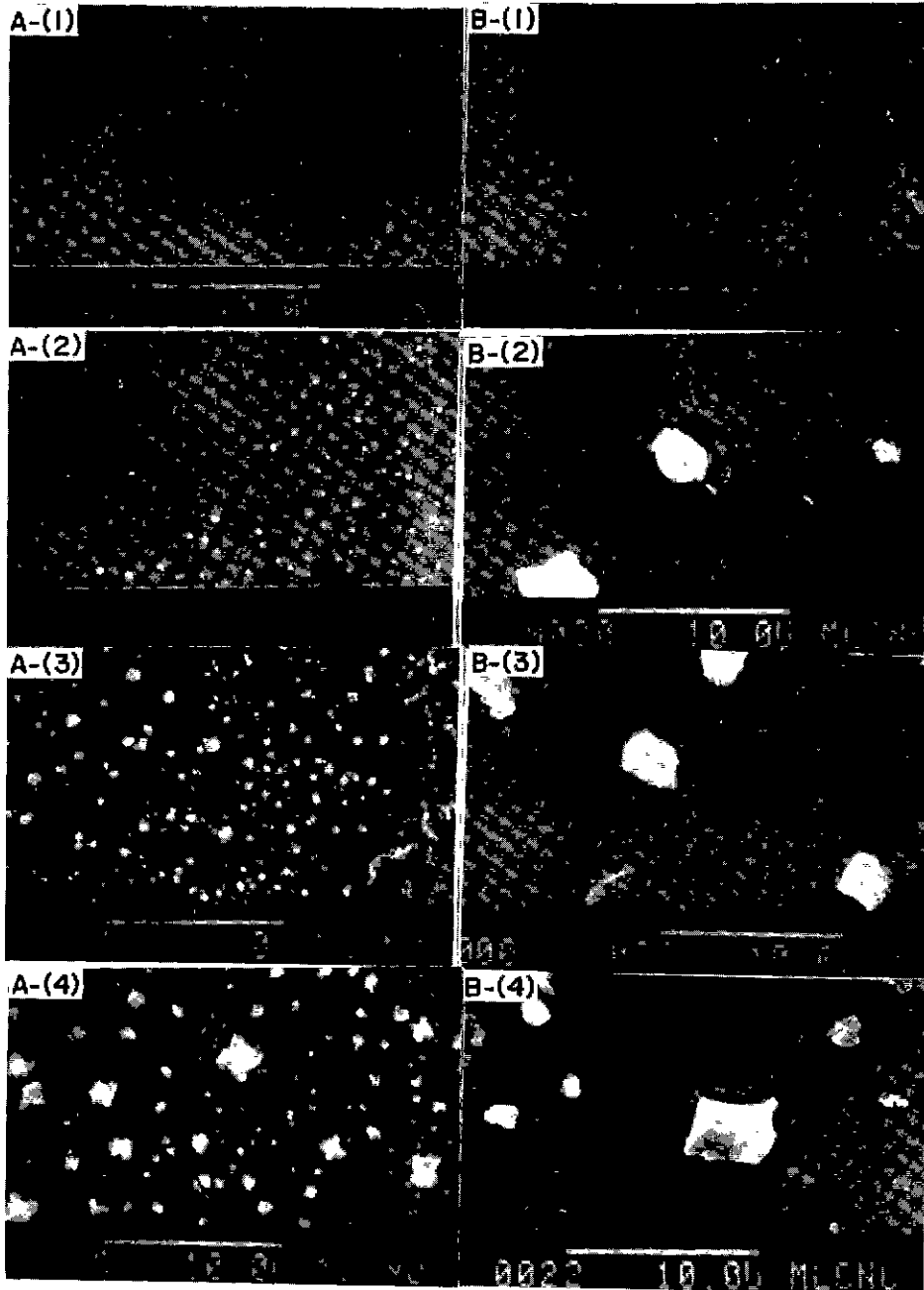


Fig. 11. Scanning electron micrographs of 300 nm thickness Al films on humidity and temperature variations, (A) 2947 and (B) 7809 glass with variations of humidity and temperature. (1) initial films, after exposure humidity at (2) 100 °C - 150 mm Hg, (3) 200 °C - 375 mm Hg and (4) 300 °C - 760 mm Hg respectively.

정한 전도도를 Fig. 10에 나타냈다. Al 박막의 초기 전도도는 습도가 증가함에 따라 약간 증가하였다가 온

도가 80 °C 이상으로 증가함에 따라 전도도는 감소하였다. 상온에서 80 °C 부근까지 초기 전도도 증가현상은

박막에 존재하는 고밀도 기공^{2,3}이 이 원자의 재배열 또는 기공내에 수증기가 침투하여 H₃O⁺와 OH⁻ 이온으로 해리되어 이온 전도도의 증가에 의한 영향으로 생각된다. 온도와 습도가 동시에 증가함에 따라 Al 박막과 수증기가 반응하여 산화물이나 수산화물이 증가하여 Al 박막의 전도도가 감소되는 원인이라고 생각된다. 이 생성물은 알루미늄 수산화물로 되어 있음을 X-선 회절분석으로 확인하였다. 초기 전도도 값과 250°C에서 처리한 시편의 전도도 차이는 Al 박막표면에 생성된 알루미늄 수산화물이 주된 원인으로 생각된다.

2947과 7809 유리표면에 Al 박막을 300 nm로 증착시킨 시편을 초기박막과 100°C~150 mmHg, 200°C~375 mmHg, 300°C~760 mmHg의 온도와 습도 하에서 급속히 냉각하여 조사한 현미경 조적을 Fig. 11에 나타냈다. 300 nm로 증착된 초기시편에서는 60 nm로 증착된 시편에서처럼 (Fig. 7) 어떤형태의 변화도 관찰할 수 없었으나 처리된 시편에서는 하얀반점이 나타나기 시작하였으며 온도가 100, 200, 300°C로 증가함에 따라 반점의 수는 증가하면서 점점 커지기 시작하였다. 2947 유리의 Al 박막이 7809 유리의 것보다 하얀반점의 수는 많았으나 7809 유리 박막에서의 반점은 입체적 형상으로 성장하였고 2947 유리 박막의 반점보다 크게 성장하였다. 이처럼 모양이 다른것은 기판의 영향때문으로 생각된다. 현미경조적에서 하얀반점은 Al 박막이 수증기와 반응하여 알루미늄 수산화물 계열의 화합물을 형성하기 때문이며 이 결과는 kata yama¹⁹의 보고와 잘 일치하고 있다.

2947과 7809 유리표면에 300 nm로 증착한 Al 박막의 X-선 회절실험 결과를 Fig. 12, 13에 나타냈다. 온도와 습도를 증가시키면 Al 피크는 소실되고 AlOOH나 Al(OH)₃의 알루미늄 수산화물과 aluminium silicate인 kaolinite group의 회절 피크가 나타남을 확인할 수 있었다. 10⁻³ torr의 진공 분위기하에서 300°C까지 상승시킨 Al 박막에서는 어떤형태의 알루미늄 수산화물도 발견할 수 없었고 단지 Al 피크만 크게 나타났다. 그러나 온도와 습도가 증가함에 따라 Al 피크는 소실되고 AlOOH나 Al(OH)₃ 형태의 수화물을 나타내고 있다. 습도분위기에서 300°C까지 온도를 상승시켜(Fig. 12, 13) 상온까지 서냉한 후 2주일간 공기중에 방치한 시편의 X-선 회절피크는 2947 유리에서는 AlOOH나 Al(OH)₃인 수화물이 피크의 강세를 나타내고 있으나 7809 유리에서는 Al-Si-H₂O계의 수화물피크가 매우 높게 나타나 기판에 의해 화합물이 다르게 생성됨을 알 수 있다. aluminoborosilicate 유리인 7809 유리에서 생성된 kaolinite 계 광물은 유리표면에

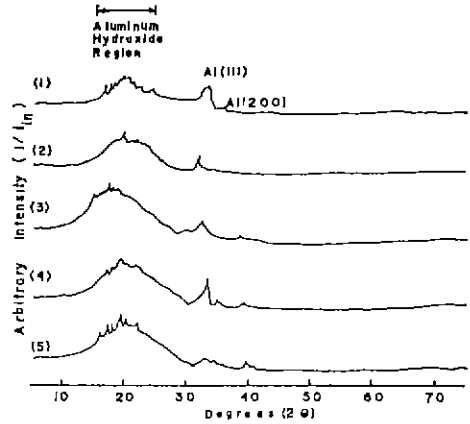


Fig. 12. X-ray diffraction patterns of Al films with 300 nm thickness on 2947 glass after each temperature-humidity exposure; rapid cooling (1) 100°C-150 mm Hg, (2) 200°C-375 mm Hg, (3) 300°C-760 mm Hg; slow cooling (4) 300°C-760 mm Hg, (5) placed in ambient air for 14 days after slow cooling at 300°C-760 mm Hg.

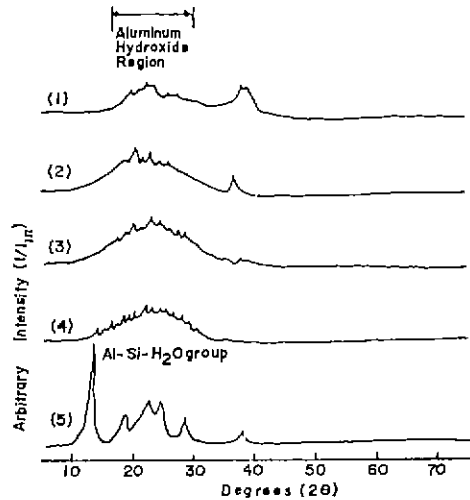


Fig. 13. X-ray diffraction patterns of Al films with 300 nm thickness on 7809 glass after each temperature-humidity exposure; rapid cooling (1) 100°C-150 mm Hg, (2) 200°C-375 mm Hg, (3) 300°C-760 mm Hg; slow cooling (4) 300°C-760 mm Hg, (5) placed in ambient air for 14 days after slow cooling at 300°C-760 mm Hg.

Al-O bond, Si-O bond가 존재함으로 이들이 H₂O와 반응하여 Al-Si-H₂O 형태인 화합물을 생성하기가 soda lime 유리보다 쉽게되기 때문인 것으로 생각된다.

IV. 결 론

상대습도, 온도및 두께를 변화시키면서 2947 유리및 7809 유리위에 진공증착된 Al 박막의 전기전도도 측정 결과는 상대습도와 온도가 증가함에 따라 감소하였으며 Al 박막의 두께가 60 nm 인 경우 0% 상대 습도에서 전도도는 감소경향을 나타냈고 상대습도가 증가함에 따라 전도도는 현저히 감소하였다.

전도도 감소원인은 Al 박막과 수증기의 반응으로 AlOOH 나 Al(OH)₃의 알루미늄 수화물과 aluminum silicate hydroxide를 형성하기 때문인것으로 생각된다.

Al 박막의 전도도는 유리의 화학적 내구성과 밀접한 관계가 있으며 같은 습도 분위기하의 조건에서 내식성이 우수한 7809 유리표면이 이보다 약한 2947 유리표면에서 보다 더 높은 상대 전도도 값을 나타냈다.

「감사」

본 실험에 필요한 재료를 공급해준 D.E.Day와 한국 과학재단에 감사한 사의를 표명한다.

References

1. 日本學術振興會薄膜 第 131 委員會編, “薄膜 핸드ブック”, 오ーム社, 東京, 1983.
2. Ed. by L.I. Maissel and R. Glang, “Handbook of Thin Film Technology”. McGraw-Hill Book Company. 1970.
3. T.J. Coutts, “Electrical Conduction in Thin Metal Films”. Elsevier Sci. Pub. Co. 1974.
4. R.E. Hummel, R.T. Dehoff and H.J. Geier, “Activation Energy for Electrotransport in Thin Aluminum Films by Resistance Measurements”. *J. Phys. Chem. Solids*, **37**, 73-80, 1976.
5. I.A. Blech and E.S. Meieran, “Electromigration in Thin Al Films”. *J. Appl. Phys.* **40**, 485-491. 1969.
6. A.F. Mayadas, “Intrinsic Resistivity and Electron Mean Free Path in Aluminum Films”. *J. Appl. Phys.* **39**, 4241-4245. 1968.
7. 竹内學, 金子富士男, 長坡秀雄, “金屬蒸着膜의 酸化と 電氣抵抗의 變化”, 茨城大學工學部 研究

集報. 95 ~ 99. 25. 1977.

8. G.H. Park, M. Bujor and H. Poppa, “Electron-Stimulated Desorption Study of Hydrogen-Exposed Aluminum Films”. *Thin Solid Films*. 337-344, 113. 1984.
9. V.M. Koleshko, “Influence of the Film-Substrate System Charge State on Electrical Conductivity of Al Thin Films”. *Proc. 7th Intern. Vac. Congr. & 3rd intern. Conf. Solid Surfaces*. 1871-1873. 1977.
10. M.A. Lind and C.Q. Buckwalter, “Barstow Heliostat Mirror Glass Characterization”. PNL-3573 UC-62. Pacific Northwest Lab. Sept. 1980.
11. D.E. Clark, C.G. Panthano. Jr., and L. L. Hinch, “Corrosion of Glass”. Books for Industry. New York. 1979.
12. R.H. Doremus. “Glass Science”. Willey-Interscience Pub. 1973.
13. W.H. Kreuger, “Room Temperature of Water by Aluminum Thin Films”. *Surf Sci*. 280-298. 30. 1972.
14. M. Bujor, L.A. Larson, and H. Poppa, “A Study of the Initial Oxidation of Evaporated Thin Films of Aluminum by AES, ELS and ESD”. *J. Vac. Sci. Technol.* 392-395. Vol. 20. 1982.
15. J.D. Venables, “Review Adhesion and Durability of Metal-Polymer Bonds”. *J. Materials Sci.* 2431-2453, 19, 1984.
16. C.R. Tellier and A.J. Tosser, “Size Effects in Thin Films”. Elsevier Sci. Pub. Co. 1982.
17. J.E. Curran, J.S. Page and U. Pick. “The Influence of Some Evaporation Parameters on the Structure and Properties of Thin Aluminum Films”. *Thin Solid Films*, 259-276. 97. 1982.
18. R.B. Pettit, “Oxide Structure in Evaporated Aluminum Films”. *J. Appl. Phys.* 2858-2866. 45. 1974.
19. Y. Katayama, K. L. I. Kobayashi, and Y. Shiraki, “Interatomic Auger Transition Spectroscopy as a Probe for the Study of O₂ and CO Adsorption on Al”. *Surf. Sci.* 549-554. **86**. 1979.