

論文2002-39TE-2-2

# 고분자 플라스틱 기판과 유리 기판위에 증착한 알루미늄 박막 특성 분석

## (Characteristic Analysis of Al Films Grown on Plastic Substrates and Glass Substrates)

李明宰\*, 郭聖官\*, 金東滉\*\*, 金長權\*\*\*, 丁寬秀\*

(Myoung-Jae Lee, Sung-Kwan Kwak, Dong-Sik Kim, and Jang-Kwon Kim, and Kwan-Soo Chung)

### 요 약

플라스틱 기반 평판디스플레이 장치를 위한 Al 박막(1000~4000 Å)을 직류-마그네트론 스퍼터링으로 유리 기판과 고분자 플라스틱 기판위에 증착하였다. 고분자 플라스틱 기판위에 증착된 Al박막의 전기적 특성을 향상시키고, 열 팽창을 줄이기 위하여 단계적 열 처리법을 사용하였다. 이러한 공정을 사용함으로써, 고분자 기판위에 증착된 박막의 크랙과 기판의 휨현상이 없는 Al 박막을 성공적으로 증착하였다. 또한, Al 박막의 열처리와 증착공정은 모두 200°C 이하에서 이루어 졌기 때문에, 이러한 저온 공정은 고분자 플라스틱 기판에 적용이 가능하다. Al 박막의 특성과 신뢰성을 조사하기 위하여 주사 전자 현미경(SEM), 원자력 현미경(AFM), X-선 회절 분석법(XRD)과 비저항등의 전기적 특성을 측정하였다.

### Abstract

Al films (1000~4000 Å) were deposited on glass and polymer (polyethersulfine) plastic substrates by DC-magnetron sputtering for plastic-based flat-panel displays. A stepped heating process was used both to improve the electrical characteristics and to diminish the thermal expansion of the polymer substrates. Following this procedure, we could succeed in sputtering Al films without any cracking or shrinkage of the polymer substrates. The treatment temperatures and deposited process of Al films were under 200°C. Also, this low temperature fabrication process allows the application of plastic substrates. Scanning Electron Microscopy, Atomic Force Microscopy, X-ray Diffractometry, and electrical measurements such as resistivity measurements were performed to investigate the properties of deposited the Al films and their reliability.

**Keyword:** Al, polymer substrates, plastic substrates, flat-panel displays.

\* 正會員, 慶熙大學校 電子工學科

(Dept. of Electronics Engineering, Kyung Hee University)

\*\* 正會員, 仁荷工業專門大學 電子計算機果

(Dept. of Computer Engineering, Inha Technical College)

\*\*\* 正會員, 大林大學 電子情報通信科

(Dept. of Electronics, Information & Communication Engineers, Daelim College)

接受日字: 2002年1月22日, 수정완료일: 2002年4月5日

### I. 서 론

현재 평판디스플레이 시장의 주류를 이루고 있는 박막 트랜지스터 액정 표시장치(TFT-LCD)는 노트북용 모니터, 데스크탑 모니터, 및 개인용 휴대 단말기(PDA) 등으로 널리 사용되고 있으며 정보량의 증대와 고속화 및 소프트웨어와 하드웨어의 발전과 더불어 고정세화(XGA→VXGA→SXGA→UXGA) 추세에 있으며 화면

의 크기도 현재에는 13-15"가 주축을 이루고 있으나 최근에는 Sharp 사에서 40"급 TFT-LCD를 발표하였다. TFT-LCD는 금속층으로 구성된 게이트(gate)선과 데이터(data)선을 통하여 신호전달이 이루어지게 되는데 패널이 대면적화, 고세정화 되면서 화면의 크기와 화소수가 증가하게 되고, 화소 크기(pixel size)가 작아지게 된다. 이에 따라 배선의 길이가 길어지고, 게이트·소오스 중첩수가 증가하게 되어 배선 저항과 배선 부하용량이 증가하는 현상이 일어나게 되고, 이에 따른 RC 시정수(time constant)의 증가에 따른 신호의 왜곡에 의하여 화질이 저하되는 문제를 일으키게 된다. 이러한 화질저하의 문제점들을 해결하고 저소비 전력과 고휘도를 얻기 위한 고개구율(high aperture ratio)을 얻기 위해서는 신호전달을 위한 금속 배선으로써 저항 막재료의 개발이 필수적이다. 이러한 저저항 막재료로써 현재 개발이 되었거나 진행되고 있는 물질들은 단일 물질로써 Al, Ta, Cu, Cr, Ti, Mo등이 있으며 합금 물질로써 AlW, AlZr, AlTa, AlTi, AlNd, AlNi, MoTa, MoW등이 있다[1-4]. 이중 합금 물질들은 주로 Al 합금이 주축을 이루고 있으며 어떤 물질들은 비저항(resistivity)값이  $5\mu\Omega\text{cm}$ - $20\mu\Omega\text{cm}$  정도의 값을 갖고 있으므로 대면적 디스플레이에 적용할 수 있을 것으로 예상된다. 고분자 플라스틱 기판을 LCD용 기판으로 사용하려는 노력은 이미 1990년대 초반부터 시도되었으며, 수동 소자에서 출발하여 이제는 저온으로 제조 가능한 MIM(metal-insulator-metal), TFD(thin-film-diode)등의 능동 소자에까지 적용을 시작하고 있으며 일부에서는 TFT 소자의 응용 또한 활발히 연구하고 있다<sup>[5-8]</sup>. 특히, Sharp사는 1994년에 4.9"급 플라스틱을 기반으로한 STN(supertwist nematic)-LCD를 발표한 후, 휴대 전화 단말기의 주력 제품으로 2"급 이하 플라스틱 필름을 이용한 STN-LCD를 집중 육성 연구하고 있다. 현재, STN-LCD는 휴대폰용 액정표시 장치로 가장 많이 쓰이고 있는 패시브 매트릭스 기술방식의 보급형 LCD이다. 개인단말기의 멀티미디어 전송이 가능한 IMT-2000 서비스가 본격화되면 IMT-2000 단말기뿐만 아니라 휴대 전화 디스플레이의 칼라 플라스틱 LCD 수요 또한 크게 증가 할 것으로 예상된다<sup>[9]</sup>. 특히, 동영상 구현을 위해서는 고화질화, 저소비전력, 장수명, 저가격의 새로운 정보 표시 장치의 개발이 요구되는데, 기존의 TFT-LCD는 높은 가격, 높은 소비전력과 공급의 어려움 등으로 당장 적용이 어려울 것

으로 예상되기때문에 외부 충격에 강하여 휴대가 용이한 플라스틱 기술을 적용한 IMT-2000 정보표시용 디스플레이 개발에 주력하고 있다. 휴대 전화뿐만 아니라 중소형 전자 및 정보통신기기에서도 TFT-LCD의 고가격과 소비전력의 과다 사용으로 인하여 현재는 STN-LCD가 폭넓게 적용되고 있지만, IMT-2000, PDA, 디지털 카메라 등과 같은 휴대 제품에서는 초경량이며 고화질의 칼라 디스플레이가 요구되고 있어, 앞으로 정보가전용 디스플레이로서 능동 구동형 방식의 TFT소자를 적용한 칼라 플라스틱 LCD의 전망은 매우 밝다고 볼 수 있다<sup>[10-11]</sup>.

본 실험에서는 고분자 플라스틱 기판위에 증착된 Al 박막의 두께에 따른 비저항과 면저항 값을 조사하였으며, 고분자 플라스틱 기판과 유리 기판위에 증착된 막의 특성 비교를 위해 광학현미경과 SEM(Scanning Electron Microscopy), AFM(Atomic Force Microscopy)와 XRD(X-ray Difractometry)로 조사하였다.

## II. 실험 방법

기판 종류에 따른 Al 박막의 전기적·기계적 특성을 측정하기 위하여 유리하고 고분자 플라스틱 기판위에 각각 박막의 두께를 1000-4000Å로 하여 증착 온도에 따른 비저항값과 표면 양상을 살펴보았다. Al박막은 직류-마그네트론 스퍼터링법으로 4 인치의 Al(99.99%) 타겟을 사용하여 아르곤 분위기에서 스퍼터링 하였다. 유리 기판은 코닝 유리(1737 Fusion glass)를 고분자 플라스틱 기판은 스미토모사의 두께 200 $\mu\text{m}$ , 내구온도 200°C용을 사용하여 가로 세로 1 인치 크기로 잘라서 사용하였으며 유리 기판의 세정은 전처리 과정으로 유기물을 제거하기 위하여 TCE(trichloroethylene)에 3분간 세정한 후, 무기물인 금속 성분을 제거하기 위하여 아세톤(acetone)에 3분간 세정한 후, 증류수에 세척한 후 같은 방법으로 메탄올(methanol)을 이용해서 최종적으로 표면에 불순물을 제거하였으며, 플라스틱 기판의 세정을 위해서 중성세제로 브러싱한 후, 유기물질의 제거를 위해 아세톤으로 세정하고 증류수로 세정한 후 필름의 평탄화를 유지하기 위하여 오븐에서 90°C, 20min의 조건으로 건조하였다. 플라스틱 기판의 휨현상이 있으므로 유리판을 같이 댐으로서 평탄화를 더욱 좋게 하였다. 터보 펌프(turbo pump)를 이용해서  $5\times 10^{-7}$  torr 까지 진공도를 높인 후 증착압은 Ar을 50sccm으로 흘

려 5mTorr를 유지하였으며, 증착온도는 50-200°C 및 power를 50-300W로 달리하며 증착하였다. 사용한 Ar 가스의 순도는 99.999%이다.

### III. 실험 결과 및 고찰

그림 1은 고분자 플라스틱 기판을 사용하여 상온과 150°C에서 증착한 두께에 따른 비저항과 면저항값을 특정한 값이다. 4000Å 두께의 Al 박막의 비저항값은 상온과 150°C에서 증착한 것 모두  $11\mu\Omega \cdot \text{cm}$  으로 거의 같게 나오는 것과는 달리 4000Å 두께의 면저항값은 상온보다 150°C에서 증착한 것이 조금 낮은 값을 가졌다. 이는 기판에 대한 접착력을 향상시켜준 것으로 보이며

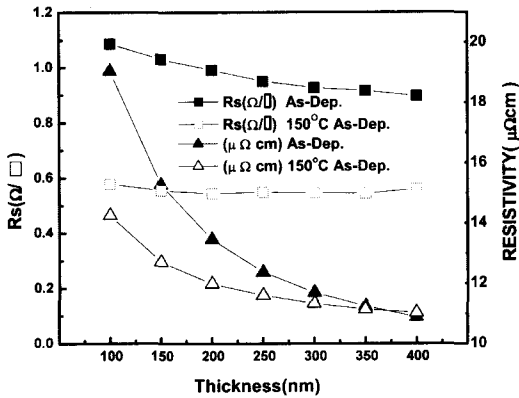


그림 1. 고분자 필름위에 증착된 Al박막의 두께에 따른 비저항과 면저항 변화.

Fig. 1. Resistivity and sheet resistance variation of Al thin films deposited on polymer plastic substrate.

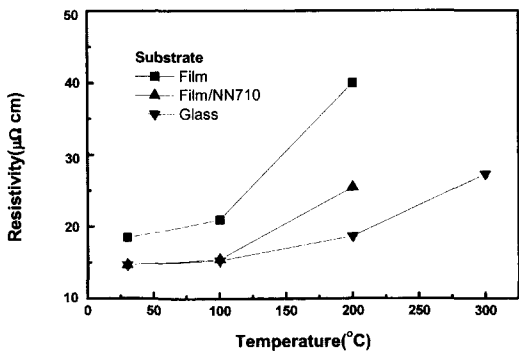


그림 2. 열처리 온도와 기판의 종류에 따른 비저항 값 변화

Fig. 2. Resistivity variation of treatment temperature and substrate type.

또한, 상온에서의 증착때보다 열팽창에 의한 차이를 줄여준 것으로 보인다. PES(polyethersulfone) 필름과 PC(polycarbonate) 필름의 경우 각각, 열팽창계수는  $44 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 과  $37 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 로 유리 기판보다 1 order 높다<sup>[12]</sup>. 상온에서 증착한 Al박막은 기판과의 열팽창계수의 차이가 150°C에서 증착한 것보다 크기 때문에 기판의 스트레스에 의한 Al박막의 저항값이 더 크게 나타나는 것으로 보인다.

그림 2는 플라스틱 기판과 유리 위에 NN710(유기박막)을 증착한 각각 다른 종류의 기판에 Al박막을 3000Å 증착하고 증착온도를 달리하였을 때 온도에 따른 비저항 값을 나타낸 것이다. 플라스틱 기판은 그 특성상 200°C까지만 증착온도를 상승시켰다. 플라스틱 기판이 유리보다는 스트레스를 더 많이 받기 때문에 같은 조건의 유리보다는 비저항이 더 높게 나왔으며 200°C에서 비저항이 크게 증가하는것은 180°C를 넘어서면서부터 플라스틱 기판의 열에 의한 휨현상이 커져 스트레스의 증가로 인한 비저항 값이 더해져서 크게 증가한 것으로 보인다. NN710증착은 플라스틱 기판위에 NN710을 3000Å정도 올리고 150°C에서 1시간 동안 열처리를 하고 그위에 Al 박막을 3000Å 증착한 비저항값은 실온과 100°C에서 유리 기판위에 증착한 Al의 비저항값과 비슷한 값이 나왔다. 이는 NN710이 플라스틱 기판으로 부터의 스트레스를 줄여 주는 완충 역할을 해주었기 때문이다. 그림 3은 증착 파워에 따른 Al박막의 증착속도를 나타낸 것이다. 200W에서 120Å/min의 증착속도를 보이고 있다. 그림 4, 5는 기판종류와 증착조건에 따른 AFM 결과를 나타낸 것이다.

그림 4는 유리 기판위에 증착 온도를 상온 및 100°C

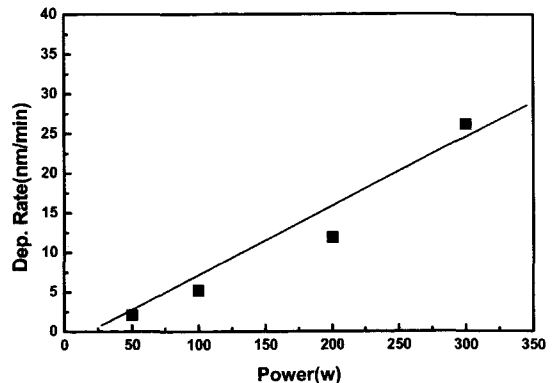
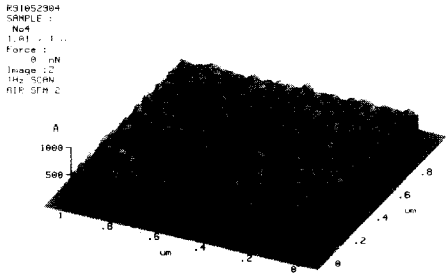
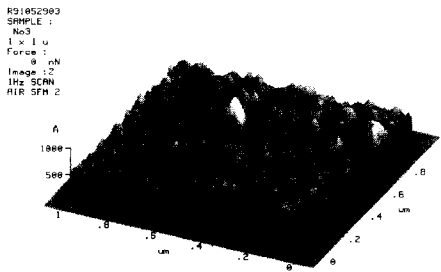


그림 3. 파워에 따른 Al박막의 증착속도.

Fig. 3. Deposition rate of Al thin films as Power.

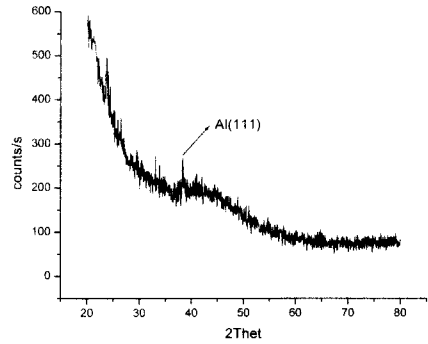


(a) 25°C

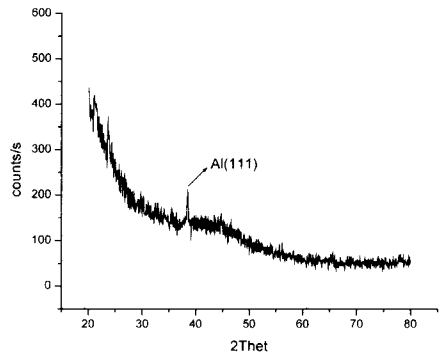


(b) 100°C

그림 4. 유리 기판에 증착한 Al 박막의 AFM 사진  
Fig. 4. AFM morphology of Al thin films deposited on glass substrate.



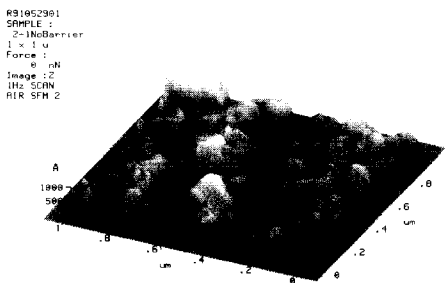
(a) 25°C



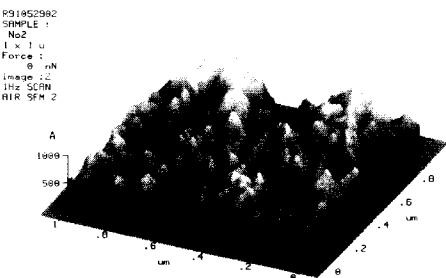
(b) 100°C

그림 6. 고분자 플라스틱 필름 기판위의 Al 박막의 XRD 값

Fig. 6. XRD patterns of Al thin films deposited on polymer plastic substrate.



(a) 25°C



(b) 100°C

그림 5. 고분자 플라스틱 기판위에 증착한 Al박막의 AFM 사진  
Fig. 5. AFM morphology of Al thin films deposited on polymer plastic substrate.

일 때 각각 Al을 증착한 결과이다. (a)의 사진은 난알의 크기나 모양이 일정한 반면 (b)는 100°C로 기판을 가열한 상태에서 증착한 결과이다. 난알의 크기 모양이 (a)보다는 거칠어지고 커진 부분을 볼 수 있다. 그림 5은 플라스틱 기판위에 Al을 증착한 결과이다. (a)는 실온에서 (b)는 기판을 100°C로 온도를 상승시킨 후 증착한 결과이다. (a)는 기판이 플라스틱 기판이어서 유리 기판보다는 많이 거친 것을 볼 수 있다. (b)역시 마찬가지로 난알의 크기 및 높이가 일정하지 않고 들쭉날쭉한 것이 유리보다 심한데 이것은 플라스틱 기판이 유연성에 의한 스트레스를 받는것에 기인한 것으로 보인다. 플라스틱 기판위에 Al을 증착했을 때 Al의 결정 성장 방향을 알아 보기 위해 XRD 측정해 보았다. 그림 6은 각각 플라스틱 기판위에 증착한 Al 박막의 XRD 결과이다. 그림 (a)는 상온에서 그림 (b)는 150°C에서 증착한 결과이다. 38°근방에 있는 것은 Al 피크값으로 방향은 (111) 방향이다. 기판이 플라스틱인 비정질이므로

로 30°까지 피크가 넓게 나오게 된다. Highly oriented Al(111)을 얻기 위한 증착 온도는 150°C일 때가 더 우수한 것으로 나타났다. 이는 거칠기 분석에서도 알 수 있듯이 알루미늄 원자의 편방향성은 증착온도에 의존함을 알 수 있다. Al은 면심입방 격자 구조를 가지고 있으며, 층만된 면인 (111)성장면을 가질 때 몽침에 대한 높은 저항을 가지게 되므로 이 면으로의 성장이 바람직하다고 볼 수 있다.

#### IV. 결 론

Al(99.99%) 타겟을 사용하여 상온에서 고분자 플라스틱 기판위에 증착한 Al 박막의 비저항값 특성은 유리 기판위에 증착한 박막의 비저항값 보다 약 1 order(17 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ )가 높게 나왔다. 이는 Al 박막이 플라스틱 기판에 증착할 때 열팽창계수가 커 기판의 휨현상이 일어나며 박막에 큰 스트레스를 주어 결합할 때 유리보다 낮은 결합에너지로 결합하는 것을 의미한다. 이를 해결하기 위한 방법으로 저온 열처리법과 Al과 기판 사이에 ~3000Å 두께의 유기박막 완충층을 넣어 더 낮은 비저항값을 가지며 박막의 크랙과 기판의 휨현상이 없는 Al 박막을 성공적으로 증착하였다. 증착된 Al 박막의 성장방향은 pure Al의 결정화가 제일 좋은 (111)방향인 것을 고려한다면 충분히 차세대 평판 디스플레이 소자에 응용될 수 있다고 본다. 아직까지 마스크 패턴을 사용하여 능동소자가 적용된 LCD는 직접 개발하지 않은 단계이나 Al 에칭액에 강한 플라스틱 기판을 사용한다면, 온도에 약한 점을 보완해서 기존의 TFT-LCD 공정과 동일하게 사용할 수 있다는 장점이 있다. 또한 유연한 플라스틱 기판에도 Al 박막은 비저항 및 면저항이 우수한 특성을 나타내며, Al박막 증착 공정이 200°C 이하의 저온 공정에서 이루어져 고분자 플라스틱 기판에 적용이 가능할 것으로 보인다.

#### 참 고 문 헌

- [1] H. Maeda, K. Fujii, N. Yamagishi, H. Fujita, S. Ishihara, K. Adachi and E. Takeda, SID Digest, pp. 47, 1992.
- [2] T. Sakurai, K. Kawi, Y. Kataoka, N. Kondo, K. Hashimoto, M. Katayama, T. Nagayasu, Y. Nakata and Mizushima, "11.8- and 10.4-in. Diagonal Color TFT-LCDs with XGA Compatibility", SID Digest, pp. 463, 1993.
- [3] K. Kawai, T. Sakurai, M. Katayama, T. Nagayasu, N. Kondo, Y. Nakata, S. Mizushima, K. Yano and M. Hikigawa, SID Digest, pp. 743, 1993.
- [4] E. Kaneko, SID Digest, pp. 150, 1993.
- [5] A. G. Revesz and T. D. Kirkendall, J. Electrochem. Soc., pp. 1515, 1976.
- [6] G. S. Oehrlein and A. Reisman, J. Appl. Phys., vol. 54, pp. 6502, 1983.
- [7] K. Ohta, K. Yamada, R. Shmizu, and Y. Tarui, IEEE Trans. Electron. Devices, ED-29, pp. 368, 1982.
- [8] Y. Nishioka, S. Kimura, and K. Mukai, Proceedings of the 165th Electrochemical Society Meeting, pp. 160, 1984.
- [9] H. Shinriki and M. Nakata, IEEE Trans. Electron. Devices, ED-38, pp. 455, 1991.
- [10] R. A. B. Devine, L. Vallier, J. L. Autran, P. Paillet and J. L. Leray, Appl. Phys. Lett., vol. 68, pp. 1775, 1996.
- [11] T. Hirai, H. Morita, and M. Tasaka, Jpn. J. Appl. Phys., vol. 38, pp. 5287, 1999.
- [12] J. Baumbach, H. Baur, E. Lueder, SID Digest, pp. 848, 1999.

#### 저 자 소 개

李明宰(正會員) 第39券 TE編 第1號 參照

현재 : 한국전자부품연구원 연구원

郭聖官(正會員) 第37券 SD編 第3號 參照

현재 : 경희대학교 전자정보학부 강사

金東湜(正會員) 第38券 TE編 第2號 參照

현재 : 인하공업전문대학 컴퓨터정보공학부 교수

金長權(正會員) 第37券 TE編 第4號 參照

현재 : 대림대학 전자정보통신계열 교수

丁寬秀(正會員) 第37券 SD編 第3號 參照

현재 : 경희대학교 전자정보학부 교수