

플라스틱 필름 LCD용 연성 박막 다이오드 소자 제작

Fabrication of Flexible Thin Film Diode Devices for Plastic film LCD

이찬재, 홍성제, 한정인, 김원근

(Chan-Jae Lee, Sung-Je Hong, Jeong-In Han, Won-Kuen Kim)

Abstract

We have successfully developed the high performance flexible thin film diode device for flexible plastic film LCD. For flexible LCD, TFD device must be normally operated under any deformation state. Two type devices, $Ti/Ta_2O_5/Ta$ and $Al/Ta_2O_5/Al$ were fabricated and the symmetry and reliability of those were estimated under various measurement conditions including severely bending states.

Key Words : Flexible display, TFD

1. 서론

최근 각광을 받고 있는 휴대정보기기용 표시장치는 가볍고, 화질이 좋아야 하며, 소비전력이 작아야 한다. 이러한 요구조건들을 모두 만족시켜줄 수 있는 소자로 플라스틱 기판 위에 박막 다이오드(Thin Film Diode; TFD)를 이용한 디스플레이가 제안되고 있다 [1]. TFD 소자는 공정온도가 낮고 제작 공정이 간단하여 제작 단가를 낮출 수 있을 뿐 아니라 능동 구동이 가능하여 그 활용 범위가 커질 것으로 기대되고 있다.

또한 유리 기판을 고분자 기판으로 대체한 플라스틱 필름은 가볍고, 얇으며 쉽게 깨지지 않는 장점으로 휴대용 정보 기기에 적합하다.

입는 디스플레이 등의 연성 디스플레이를 구현하기 위해서는 패널의 변형에 대한 성질이 중요한데 휘거나 접히는 등의 어떤 물리적 변형 상태에

서도 안정적으로 동작할 수 있는 디스플레이가 요구된다. 그러나 유리기판을 사용하는 경우에는 구부린다는 것 자체가 불가능하며 이것은 플라스틱 필름을 기판의 경우에만 가능할 수 있다. 또한 플라스틱 필름 위에 LCD를 제작한 경우에도 액정을 구동하기 위한 능동 구동 소자들이 휨 등의 다양한 변형과 무관하게 그 전기적 특성이 변하지 않고 동작하는 것이 필요하다.

현재 TFD 소자는 유리기판 위에 Ta를 하부전극으로 사용하고 유전체로는 Ta_2O_5 , 상부전극으로는 Cr 혹은 Ti를 적용한 구조가 연구되고 있다 [2, 3]. 그러나 Ta를 이용한 소자의 경우에는 Ta의 특성이 깨지기 쉽고 플라스틱 기판과 열팽창계수나 young's modules의 차이가 크기 때문에 공정시 Ta line이 단락되기 쉬운 단점을 가지고 있다 [4].

이를 극복하기 위하여 본 연구에서는 플라스틱 필름 위에 기존의 Ta를 하부전극으로 이용한 소자와 Al을 상하부 모든 전극 모두로 이용한 소자를 제작하였고 이를 이용하여 평평한 상태 및 휨 상태에서의 전기적 특성을 측정하여 비교하였다. 또한 소자의 특성을 개선하기 위하여 buffer 층을 삽입하여 그 결과를 비교하였다.

전자부품연구원 디스플레이연구센터
평택시 진위면 마산리 455-6
Fax: 031-610-4126
E-mail : chanjael@keti.re.kr

2. 실험

플라스틱 필름은 200 μ m 두께의 폴리카보네이트 재질의 것을 사용하였다. 먼저 플라스틱 필름을 세정한 후 필름 내의 수분의 영향 및 공정간의 열팽창으로 인한 변화를 줄이기 위하여 130 $^{\circ}$ C에서 24시간 동안 건조하였다. Ta 및 Al은 RF magnetron sputter를 이용하여 2000 \AA 을 증착하였다. 절연층은 Ta₂O₅를 사용하였으며 RF magnetron sputter로 350 \AA 을 상온에서 증착하였으나 증착 도중 발열에 의하여 70 $^{\circ}$ C까지 상승되었다. 증착 후 Ta를 하부 전극으로 사용한 시편에는 Ti를 증착 하였다. Al을 증착한 경우에는 상부 전극의 Al의 습식 식각시 하부전극이 식각액에 의해 식각됨에 따라 소자 특성 저하되는 것을 방지하기 위하여 etch free 방법을 이용하여 상부 Al 패턴을 형성하였다 [3].

Ta층의 보호를 위한 buffer 층으로 500 \AA 두께의 SiO₂ 박막을 Ta을 증착하기 전에 E-beam evaporation방법으로 증착하여 제작하였다.

제작된 TFD 소자는 먼저 일반적인 방법으로 probe station의 평평한 stage에서 HP 4145B를 이용하여 전류 전압 특성을 측정하였으며 그 다음 휨 상태를 만든 후 측정하였다. 휨 상태는 그림 1에서와 같이 직경 15cm, 8cm크기의 원통의 일부에 플라스틱 필름 위에 소자를 제작한 시편을 부착하여 이루어졌다. 측정은 15cm, 8cm의 순으로

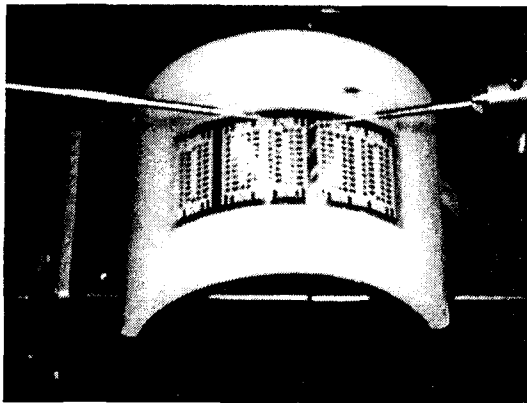


그림 1. 휨 상태에서의 TFD 소자의 전류 전압 특성 측정

Fig. 1. Measurement of I-V characteristics of TFD device on bending state

연속적으로 이루어졌으며 이후 다시 평평한 상태로 복원시킨 후 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 Ti/Ta₂O₅/Ta의 구조를 가진 TFD 소자의 전류전압 특성을 측정한 결과이다. 15cm의 지름의 원통 위에서 측정된 경우에는 평평한 stage에서 측정된 경우와 I-V곡선은 비슷하였으나, 상대적으로 휨 상태가 심한 직경 8cm의 원통 위에서 측정하였을 경우에는 많은 차이를 나타내었다. 특히 순방향 전계영역인 전류가 하부전극에서 상부전극으로 흐르는 경우에 그 변화가 확연하게 나타났다. 전류밀도는 0.8MV부근에서 감소하였다가 1.3MV정도에서 다시 증가하였다. 8cm로 휘어진 상태의 시편을 다시 평평한 상태로 놓고 측정한 경우에는 전류밀도가 더욱 감소하였으며 곡선의 변화도 더욱 크게 나타났다. 평평한 상태에서 측정을 반복하여 실시한 경우 처음에는 전류량이 점차 증가하였으나 측정을 50회 반복한 이후에는 더 이상의 변화는 나타나지 않았으며 처음의 상태로 복원되지 않았다.

반면에 상하부 전극을 알루미늄을 이용하여 TFD 소자를 제작한 경우에는 평평한 상태와 휨 상태에서 측정한 결과를 비교하였을 때 큰 변화는 나타

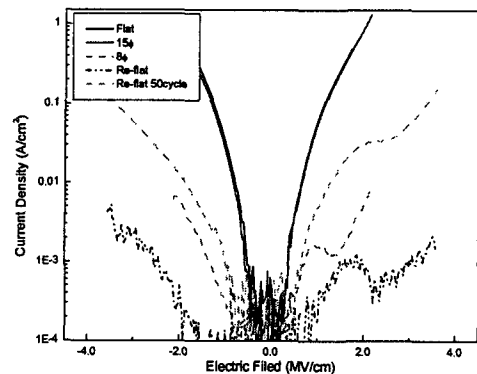


그림 2. 휨 상태에서 Ti/Ta₂O₅/Ta 구조 TFD 소자의 전류 전압곡선

Fig. 2. I-V curves of Ti/Ta₂O₅/Ta device on bending state

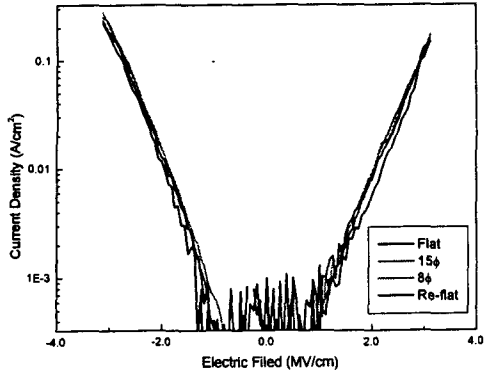


그림 3. 휨 상태에서 Al/Ta₂O₅/Al 구조 TFD 소자의 전류 전압 곡선
 Fig. 3. I-V curves of Al/Ta₂O₅/Al device on bending state

나지 않았다(그림 3). 누설전류 및 I-V 특성 곡선의 대칭성은 Ta와 Ti 전극을 이용하여 제작한 경우에 비하여 그 특성이 비교적 낮게 나타났으나 휨에 대한 성질은 매우 우수한 것으로 나타났다. 특히 휨 상태에서 시편을 다시 폈을 경우에도 큰 변화가 없었다. 그러나 이 경우에도 전류가 상부전극에서 하부전극으로 흐르는 순방향 전계 영역에서의 곡선 변화가 역방향 전계 영역의 곡선 변화에 비하여 크게 나타났다.

두 결과를 비교하였을 때 소자가 휘어졌을 경우, 이에 따른 물리적 변형에 의해 전류-전압 곡선의 변화가 발생된 것을 알 수 있었다. Ti/Ta₂O₅/Ta 구조의 경우에는 변화의 폭은 크지만 여전히 절연체의 전류전압 특성은 유지하고 있으며 알루미늄을 사용한 경우에는 거의 변화가 없는 것으로 미루어보아 절연체 파괴로는 생각하기 힘들다. 따라서 하부전극 혹은 상부 전극이 손상을 받고 이로 인해서 절연층과의 계면에서의 문제가 생긴 것으로 생각된다.

Ta의 경우에는 이전의 연구 결과에 따르면 필름 위에 증착한 경우 매우 깨지기 쉬운 것으로 보고된 바 있다 [4]. 따라서 플라스틱 필름 위에 물리적 변형에 대한 응력을 완충할 수 있는 buffer 층을 삽입하는 방법으로 Ta의 구조를 개선하였다.

Buffer 층은 Ta를 증착하기 전에 E-beam evaporation 방법을 이용하여 500Å 두께의 SiO₂ 박

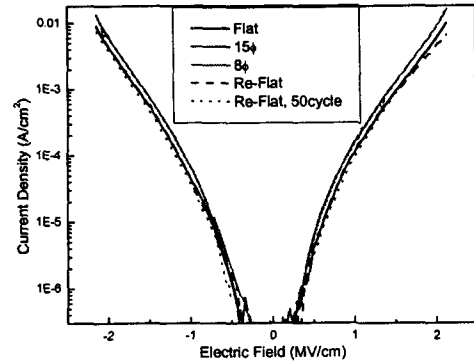


그림 4. Buffer SiO₂를 삽입한 Ti/Ta₂O₅/Ta 구조 TFD 소자의 전류 전압 곡선
 Fig. 4. I-V curves of Ti/Ta₂O₅/Ta device with Buffer SiO₂ layer on bending state

막을 증착하여 형성하였다. 이후에 Ti/Ta₂O₅/Ta 구조의 소자를 제작하였으며 Ta₂O₅는 스퍼터링 중에 손상을 줄이고 저온에서 그 특성이 비교적 우수하다고 알려진 양극산화방법을 이용하여 성막하였다 [5].

제작된 소자는 이전의 소자와 같은 방법으로 연속적으로 측정이 이루어졌다. SiO₂를 buffer 층으로 증착한 경우에는 그림 4에서 보는 것과 같이 휘어진 상태에서도 전류밀도의 변화가 거의 없었으며 다시 평평한 상태로 회복시킨 경우에도 전류밀도는 거의 일정하게 유지되었다. 또한 I-V 특성 곡선의 모양도 Buffer 층을 삽입하지 않았거나 알루미늄을 상하 전극으로 모두 사용한 경우에 비하여 그 특성이 매우 우수한 것으로 나타났다.

4. 결론

연성 디스플레이의 구현을 위하여 플라스틱 필름 위에 상하부 전극을 변화시키고 buffer 층을 삽입하여 TFD 소자를 제작하였으며 평평한 상태와 휘어진 상태에서 전기적 특성을 측정하여 비교하였다. buffer 층이 없이 Ti/Ta₂O₅/Ta 구조로 제작한 TFD 소자는 평평한 상태와 휨 상태에서 전기적 특성의 변화가 매우 심하게 나타났다. 휨의 정도가 커짐에 따라 전류 밀도는 급격하게 감소하였으며 전압에 증가에 따라 증가하지 않고 중간에

오히려 감소하는 구간이 나타났다. 휘었다가 다시 편 상태에서는 오히려 전류전압 곡선이 더욱 나빠졌으며 반복되는 측정동안에 다소의 회복은 이루어졌으나 초기 상태로 돌아가지는 못했다. 알루미늄을 상하판 전극으로 이용한 경우에는 전류-전압 곡선은 거의 변하지 않고 유지되었으나 대칭성 및 전기적 특성이 좋지 못했다. SiO₂ buffer 층을 형성하고 Ti/Ta₂O₅/Ta TFD 소자를 제작한 경우에는 휨 상태나 다시 평평한 상태로 복원시킨 경우에도 여전히 일정한 전류-전압 곡선을 갖는 것으로 나타났으며 전기적 특성도 우수하였다.

참고 문헌

- [1] S. Aomori et al., "Reflective MIM-LCD Using a Plastic Substrate", SID 01 Digest, p 558, 2001
- [2] R. Baeuerle et al, "A MIM driven Display with Colour Filters on 2" diagonal Plastic Substrates", SID 99 Digest, p. 143, 1999.
- [3] S. J Hong et al. "High Performance MIM Device for Low Threshold Voltage and Perfect Symmetry", SID 01 Digest, p.634, 2001
- [4] S. J Hong et al, "Flexible MIM Devices for plastic Film AM-LCD", IDMC2002 p377, 2002
- [5] S. Exhilvalavan et al, "Preparation and properties of tantalum pentoxide thin films for ultra large scale integrated circuits application", J. Mater. Sci. 10, p9, 1999