

## MIM(Metal-Insulator-Metal)구조의 LCD(Liquid Crystal Display)소자 특성 연구

최 광 남, 이 명 재, 곽 성 관, 정 관 수, \*김 동 식  
경희대학교 전자공학과, \*인하공업전문대  
전화 : 031-201-2958 / 핸드폰 : 011-9025-0464

### A Study on the LCD(Liquid Crystal Display) Device which have MIM(Metal-Insulator-Metal) Structure

Kwan Nam Choi, Myung Jae Lee, Sung Kwan Kwak, Kwan Soo Chung, Dong Sik Kim  
Dept. of Electronic Engineering, Kyungwon University  
E-mail : flash517@hanmail.net

#### Abstract

High quality  $Ta_2O_5$  thin films have been obtained from anodizing. The as-deposited amorphous films have excellent physical and electrical properties: refractive indices  $\sim 2.15$ , dielectric constants  $\sim 25$ , and leakage currents  $< 10^{-8} \text{ Acm}^{-2}$  at  $1\text{MV cm}^{-1}$ , 700 Å thickness. We fabricated a MIM element with these  $Ta_2O_5$  films which had perfect current-voltage symmetry characteristics using a new process technology which was post annealing of whole MIM element instead of conventional annealing conditions (top-electrode metals, annealing conditions) on the capacitor performances were extensively discussed throughout this work.

#### I. 서론

액정 디스플레이는 크게 형태와 구동방식에 따라 분류될 수 있다. 이중 디스플레이 형태에 따라서 투사형 LCD와 직시형 LCD로 나눌 수 있다. 투사형은 직시형과 구분되며, 주로 대면적의 화상 디스플레이를 구현하기 위해 사용되며, 광원을 2차원의 화상 정보를 이용하여 제어하여 공간상에 배치된 스크린에 투사하거

나, 고휘도의 영상이나 데이터 화면을 광학 장치를 이용하여 스크린에 확대 투사함으로써 대화면의 화상을 얻는 디스플레이 장치에 사용된다.

LCD에서 나오는 빛을 직접 보는 직시형 LCD는 투과형(transmissive)과 반사형(reflective)으로 나뉜다. 투과형은 백라이트를 이용하여 나온 빛의 세기를 LCD 패널에서 조절하고 반사형은 주로 자연광 및 주변의 빛이 LCD 패널에서 반사되어 화상이 형성된다.

또한, LCD는 구동방식에 따라 전기적 구동(electrically addressed) LCD와 광학적 구동(optically addressed) LCD로 나눌 수 있다. 광학적 구동 LCD는 spatial light modulator가 한가지 예이며 광신호에 의해 LCD를 제어하는 것이다. 전기적 구동방식은 화소 전극의 구동시 능동소자의 유무에 따라 수동행렬(passive matrix) LCD와 능동행렬(active matrix) LCD로 구분될 수 있다. 각 화소를 능동소자에 의해 제어하는 능동행렬 LCD는 단자의 수에 따라 2단자(two terminal)소자 LCD와 3단자(three terminal) 소자 LCD로 구분된다. 2단자 소자는 주로 MIM(Metal Insulator Metal)방식과 다이오드 방식이 사용되고 있다[1][2]. 본 논문은 MIM 구조의 LCD 특성을 연구한 것으로서, MIM구조가 가지는 전기적, 물리적 특성을 조사하였다. 또한 기존의 MIM LCD 소자와 비교하여 전류-전압(I-V)특성을 향상시키고, 그리고 실제 양산

단계에서의 낮은 공정단가를 이루기 위한 방법을 소개한다.

## II. MIM 구조의 LCD

### 2.1 MIM(Metal-Insulator-Metal)구조의 능동행렬소자

이 기술의 주요 아이디어는 MIM기법(Thin Film Diode 기법으로도 불린다)을 사용하여 각 화소 아래에 있는 트랜지스터를 다이오드로 대체하는 것이다. 생산공정은 간단하며 저렴한 유리기판의 사용이 가능하고 300°C 이하의 높은 온도 요구사항이 없기 때문에 생산비용이 TFT와 비슷하거나 낮지만, 비균질성(non-uniform nature)이라는 커다란 문제점을 가지고 있다. 이러한 비균질성을 향상하기 위하여 양극산화법을 이용한 후 열처리공정을 거쳐 소자를 제작하였다.

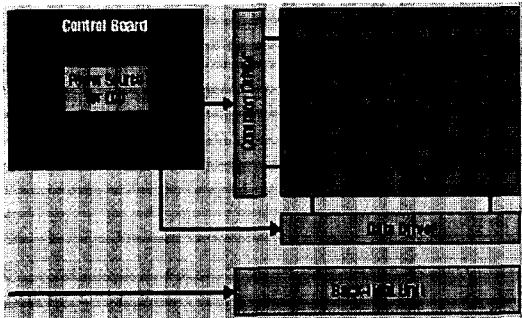


그림 1 일반적인 MIM소자 LCD의 개요도

### 2.2 MIM구조의 제작방법

MIM 기판의 제조 기술에서 MIM-Array를 형성하는 공정은 Silicon 반도체 제조공정과 유사하다. 즉, 박막 증착(Thin Film Deposition), Photo lithography, 식각(Etching) 등의 공정으로 이루어져 있으며, 개개의 공정 전후에 결과 및 이상 여부를 확인하기 위한 검사와 청정도를 유지하기 위한 세정을 포함한다.

기판은 일반 coming glass(1737)를 사용하였고 DC power를 가진 sputter로 Ar가스를 50SCCM 흘려주면서 200W에서 10분간 Ta를 증착하였다. 이렇게 증착된 Ta film을 PR코팅후 soft baking(90°C)후 노광하였다.

이후 110°C에서 hard bake한 후, 양극산화를 하여 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>를 200Å 성장시켰다. 최적의 조건은 아래 표1과

같다.

제작변수	범위
DC power Sputter	200W
Ar gas 유량	50 SCCM
양극산화(Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 두께)	48V, 1mA (750Å)
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 열처리온도	350°C

표 1 MIM제작 중 각 변수별 최적조건

Top electrode로는 Ti를 사용하였고 각 mask의 선 폭은 50µm로 일정하다. 또한 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>막은 누설전류가 큰 것이 문제가 되고 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 최적의 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>막을 제조하는 몇 가지 방법이 시도되고 있다. Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>막의 제조방법으로는 전자선 가열 증착법, 양극산화법[1], RF 반응성 스퍼터링법, 열산화법 및 CVD(chemical vapor deposition)법 등이 있다. 본 실험에서는 비교적 정확하고 간단한 실험을 하기위해 양극산화법을 사용하였다.

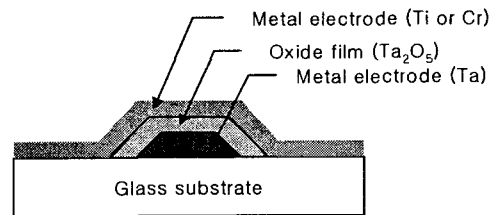


그림 2 MIM 구조의 단면그림

### 2.3 MIM구조 소자의 전기적 특성

MIM LCD(metal insulator metal liquid crystal displays) 소자의 I-V특성은 식1의 Poole-Frenkel 식을 따른다.

$$j = \alpha V \exp(\beta \sqrt{V})$$

$$\alpha = \frac{n \mu q}{d} \exp\left(-\frac{\Phi}{kT}\right)$$

$$\beta = \frac{1}{kT} \sqrt{\frac{q^3}{\pi \epsilon_0 \epsilon_{op} d}} \quad (1)$$

여기서, j는 전류밀도(A/m<sup>2</sup>), V는 인가전압(V), n은 전하밀도, μ는 자유전자의 이동도, q는 전자의 전하, d는 절연막(Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>막)두께(m)이며, Φ 도너 레벨의 깊이, k는 볼츠만 상수이다[2][3].

이 경우는 전하들이 insulator band gap 내의 불순물 level에 의하여 갇히게 되어 전도대로 전송 될 수

## MIM(Metal-Insulator-Metal)구조의 LCD(Liquid Crystal Display)소자 특성 연구

없다. Poole-Frenkel emission에서 불순물은 이온화된 donor로 간주된다. 이것이 전자들로 채워지면 defect center는 중성화 되며, 전계가 걸리면 potential이 낮아지며 갇힌 전자들은 thermal activation 되어 탈출할 수 있다. 이때의 전류는 트랩사이로의 전자들의 도핑에 의한 것이다.

변형 Poole-Frenkel emission은 donor potential well 내에 트랩되어 있는 전자의 insulator 진도대로의 양자역학적 tunneling도 포함된다. 이때의 I-V특성은 tunneling emission과 닮았다. Schottky emission과 다른 점은 image charge에 의하여서기 보다는 fixed charge에 의한 것이다[4].

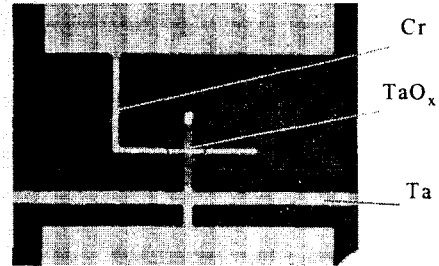


그림 4 실제 제작된 MIM소자의 사진

### III. 실험 및 결과고찰

#### 3.1 양극산화법으로 제작된 MIM소자

그림 3은 양극산화 장치의 구성도이다. 전해용액으로는 1wt%의 Ammonium tartrate solution을 사용하였다. 정전류 1.0A/cm<sup>2</sup>을 인가할 때 1V전압상승시 약 16A가량의 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>가 성장됨을 확인하였다. Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>의 두께는 전압을 15V부터 48V까지 변화를 주면서 제작해 보았다. 그림 4는 시편 제작시 광학현미경으로 시편의 표면과 mask를 PR(Photo resist)도포 후 패턴을 제작한 후 찍은 사진이다. Etchant의 농도에 따라 심각한 표면 손상을 일으킴을 발견하였다. 에칭시 etchant는 HF:H<sub>2</sub>O:HNO<sub>3</sub>의 비율은 2:5:3으로 하였을 때 가장 좋은 조건임을 확인하였다.

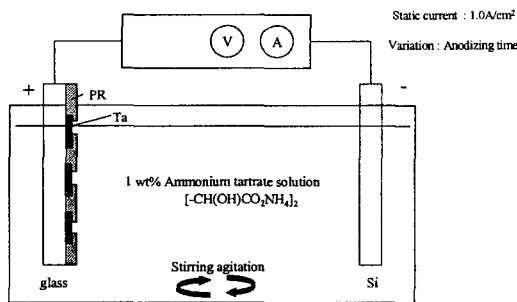


그림 3 양극산화 장치 구성도

Top electrode로 Ti를 사용할 때 etchant는 5%HF 수용액을 사용할 때 가장 좋은 결과를 나타낸다

#### 3.2 제작된 MIM소자의 I-V(Current-Voltage) 특성

그림 5는 MIM소자의 Insulator 층인 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>의 두께에 따른 I-V특성을 나타낸 그래프이다. Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>의 두께가 두꺼울수록 더 좋은 양방향성 다이오드 특성을 가지는 것을 볼 수 있다. Top electrode로는 Ti를 사용하였는데 positive shift가 생김을 알 수 있다. 이것은 Ta와 Ti의 일함수 차이로서 top electrode가 Cr일 때 보다는 asymmetric ratio가 향상된다. 이후의 모든 데이터는 top electrode가 Ti으로 제작된 소자일 때 측정하였다.

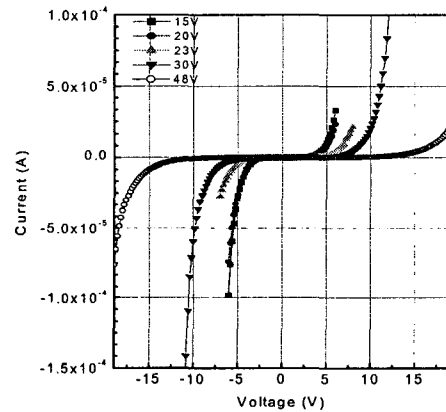


그림 5 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>의 두께에 따른 I-V곡선

그림 6은 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>의 두께에 따른 Asymmetric ratio, turn on voltage와 breakdown voltage값을 비교한 것이다. Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>의 두께가 두꺼울수록 MIM소자의 특성이 향상되는 것을 확인하였다.

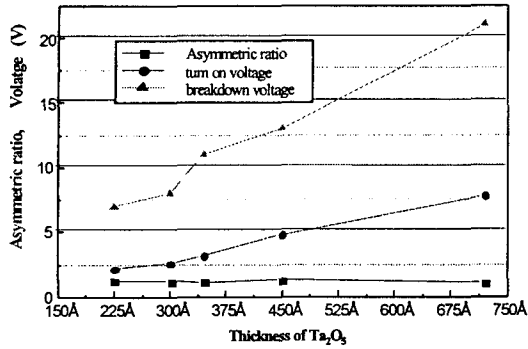


그림 6 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>의 두께에 따른 소자 특성 비교

그림 7은 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>의 두께가 750Å일 때 MIM소자를 제작한 후 열처리를 해주었을 때 I-V특성을 관찰한 그래프이다. 열처리 온도를 150°C부터 450°C까지 다양하게 해주었을 때 350°C일 때 가장 좋은 특성을 가지는 것을 확인하였다. Furnace에서 각 온도에 대하여 30분 열처리를 해주었을 때 나타나는 I-V특성이다.

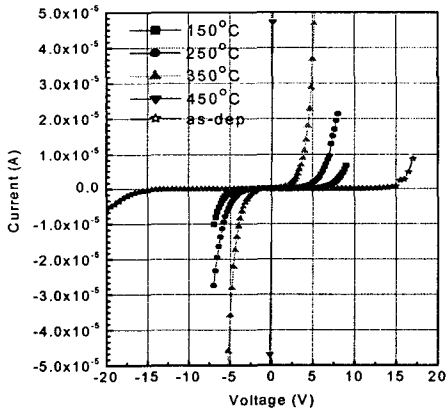


그림 7 열처리후 MIM소자의 I-V특성

그림 8은 열처리 온도별로 나타나는 Asymmetric ratio, turn on voltage 와 breakdown voltage값을 비교한 것이다. 열처리 온도가 350°C일 때 가장 좋은 소자 특성을 가지는 것을 알 수 있다.

#### IV.결 론

본 실험은 MIM구조를 Ta/Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/Ti으로 만든 다음 전기적 특성을 살펴본 것이다. 광학현미경으로 살펴본 결과 표면에서는 양극산화 후 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>가 잘 만들어짐을 알 수 있었다. 전기적 특성은 I-V측정결과 다이오드

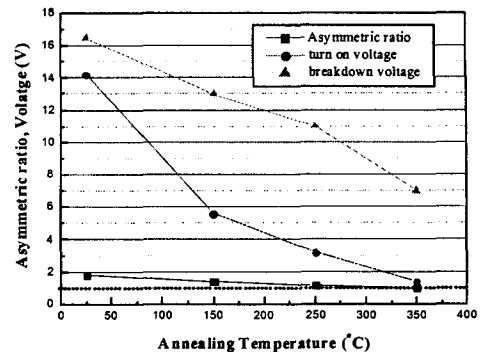


그림 8 열처리 온도에 따른 소자 특성 비교

특성이 잘 나오는 것을 알 수 있었다. 양방향 소자로의 특성도 가지며, 350°C로 MIM소자 전체를 열처리할 경우 소자특성이 더 우수해짐을 알 수 있다. 누설전류가 증가했다는 것은 계면사이의 defect들이 사라짐 말한다. Ta증착과 양극산화과정을 모두 실온에서 했다는 것은 향후 이 소자가 플라스틱 기판에 응용될 수 있다는 가능성을 보여주는 것이다. 현재 이 실험은 아직 진행중인 단계로 여러 조건으로 전기적, 물리적 특성을 조사하여야 하고 현재는 기존의 LCD와 합착하지 않은 단계여서 RC-delay time이 얼마가 될지는 알 수 없다. 그러나 기존의 트랜지스터를 대신할 2단자 소자로 쓰인다면 공정과정을 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 양극산화 과정으로 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>를 성장시킨다면 제작비용을 크게 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

#### 참고문헌

- [1] Yasuhiro Nishioka, Hiroshi shinriki, and Kiichiro Mukai."Influence of SiO<sub>2</sub> at the Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/SiO<sub>2</sub> interface on dielectric characteristics of Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> capacitor", J.Appl.phys., 61. 1988.
- [2] R.B.V, Eindhoven, "Two-Terminal Devices Technologies for AMLCDs", SID 95 Digest, pp.7~10, 1995.
- [3] S. Herminghaus, D. Boese, D. Y. Yoon, and B. A. Smith, Appl. Phys. Lett., 59, p1043, 1991.
- [4] T. Nitta, T. Ohmi, M. Otsuki, and T. Shibata, J. Electrochem. Soc., 139, p922, 1992.