

CMP 패드 컨디셔닝 온도조절시 ITO박막의 전기적·광학적 특성 거동

최권우¹, 김남훈², 서용진³, 이우선¹

¹조선대학교 전기공학과, ²조선대학교 신기술 에너지 자원 연구소, ³대불대학교 전기공학과

Electrical and Optical of Properties ITO Thin Film with a Control of Temperature in Pad Conditioning Process

Gwon-Woo Choi¹, Nam-Hoon Kim², Yong-Jin Seo³, Woo-Sun Lee¹
Chosun University¹, Daebul University²

Abstract - Indium tin oxide (ITO) thin film was polished by chemical mechanical polishing (CMP) immediately after pad conditioning with the various conditioning temperatures by control of de-ionized water (DIW). Light transparent efficiency of ITO thin film was improved after CMP process after pad conditioning at the high temperature because the surface morphology was smoother by soften polishing pad and decreased particle size.

1. 서 론

가시광(약 380~760nm의 파장영역)에 대해 광투과도가 크고, 투명하며 더욱이 전기 전도도가 큰 박막을 투명전도박막이라고 부르고 있다. 구체적으로는 투과율이 약 80%이상이고, 저항율이 $1 \times 10^{-2} \Omega\text{-cm}$ 이하의 박막을 투명전도박막이라고 할 수 있다. 일반적으로 투명하기 위해서는 전도전자가 적어야 할 필요가 있으며, 한편, 전기전도도가 크기 위해서는 전도전자가 많아야 한다. 투명전도막은 이와 같이 서로 상반되는 조건을 동시에 만족해야 할 필요가 있다. 이들 재료로서 초기에는 SnO₂ 박막이 이용되었다. 이 박막은 자외선 영역까지 투과시키는 우수한 광학적 특성을 나타내었지만, 상당히 큰 전기저항을 나타내어서 현재는 인듐을 첨가한 ITO박막을 중심으로 하여 개발이 주로 진행되고 있다. 투명전도막은 지금까지 대전방지막, 열반사막, 면발열체, 광전변환소자 및 각종 flat panel display의 투명전극 등으로 사용되어 왔다. 이와 같이 LCD에 사용되는 투명전극 재료는 전기적 특성 및 에칭 특성이 우수하고 광투과도가 우수한 재료가 필요한데 현재는 지금까지 개발된 재료중 가장 우수한 물성을 나타내는 것은 ITO(Indium Tin Oxide)가 사용되고 있다. ITO는 In₂O₃에 5-10% 정도의 SnO₂가 포함된 화합물 반도체로서 LCD 패널의 대형화, 칼라화, 고해상도화에 발맞춰 ITO막에 요구되는 제반 특성도 현재 하게 엄격해지고 있다.[1-5]

따라서 본 연구에서는 DC magnetron sputtering을 이용하여 ITO박막을 제작한 후 광역평탄화공정인 CMP를 통하여 균일한 박막의 확보와 연마를 통한 박막두께의 변화와 함께 광학적인 특성 및 전기적인 특성을 연구 하였다. 본 논문에서는 CMP공정의 변수중 하나인 패드컨디셔닝시에 주입되어지는 DIW의 온도를 증가시켜 온도의 변화가 광역평탄화에 미치는 영향과 CMP공정을 수행한 후 ITO 박막에 미치는 전기적·광학적 특성을 연구 하였다.

2. 본 론

2.1 실험

본 실험에서는 DC magnetron sputtering을 이용하여

증착되어진 ITO/SiO₂/Glass구조의 웨이퍼형의 4inch glass를 사용하였다. ITO의 두께는 1800Å이었으며 SiO₂의 두께는 200Å이었다. 이때 SiO₂는 확산방지막의 역할을 하며 ITO박막의 면저항은 12 Ω/\square 이었다. 연마공정에 사용되어진 CMP는 고분자 물질계열의 패드위에 슬러리 입자를 공급하고, 웨이퍼 캐리어에 하중을 가하며 웨이퍼의 표면을 연마하는 방법으로 가공물을 탐성패드에 누르면서 상대 운동시켜 가공물과 친화력이 우수한 부식액을 화학적 제거를 함과 동시에 초미립자로 기계적 제거를 수행하기위해 G&P Technology사의 POLI-380를 사용하여 실험을 진행하였다. 연마공정조건은 플레이트 회전속도 60rpm, 슬러리 유속 100ml/min, 공정시간 60초, 슬러리 주입온도 30℃, pressure 300 g/cm²로 고정하고 패드 컨디셔닝시 주입되어지는 DIW온도를 30, 45, 60, 75 ℃로 하여 각각의 공정을 진행 후 각 변수에 따른 연마율과 비균일도, 광학적 특성과 전기적 특성을 측정하였다. CMP 후 ITO박막의 연마율은 four-point probe(Chang Min사)를 이용하여 면저항과 두께의 반비례 관계에 의해 구하였다. 한편, CMP공정 이후 ITO박막의 광투과율 측정은 그림 1의 UV-Spectrophotometer(Varian Techtron Cary500scan)를 사용하였으며 200~800nm의 범위에서 측정을 하였다. 투과율은 공기에 대한 투과율의 비로서 표시하였다. ITO의 표면분석은 FESEM(S-4700, Hitachi)을 이용하였다. 전기적인 특성은 Hall effect measurement를 이용하여 상온에서의 캐리어농도와 캐리어이동도를 구하였다. 이때 홀 측정용 시편은 박막을 1cm×1cm 크기의 정사각형으로 자르고 Ohmic성 접촉이 되도록 네 귀퉁이에 Indium을 부착하여 측정하였다. 표 1은 CMP에 적용된 공정조건을 요약한 것이며 CMP 후의 세정공정은 SC1용액을 이용하여 세정 후, 4분 동안 초음파세척을 하는 시퀀스를 적용하였다. DHF에 의한 세척은 불산에 의한 ITO박막의 식각을 방지하기 위해 세척공정에서 배제를 하였다.

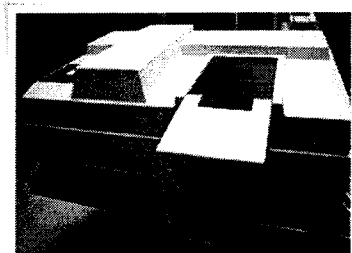


그림 1. 투과도 측정 장비

2.2 결과 및 고찰

그림 2는 컨디셔닝시 사용하는 DIW의 온도에 따른 연마율과 비균일도 결과이다. 컨디셔닝시의 온도가 증가함

에 따라 연마율이 증가하는 경향을 보이는데 이는 컨디셔닝 온도가 증가함에 따라 groove에 있는 슬러리의 잔유물의 제거 또한 원활히 이루어져 연마율이 증가되는 것으로서 저온에서보다 고온에서 컨디셔닝을 하였을 때 높은 온도에 의해 패드표면이 양호한 다공성의 기공의 확보와 함께 groove의 막힘성도 줄어들어 슬러리의 흐름이 원활해짐에 따라 연마율이 증가한 것으로 판단된다. 또한 각 온도에서의 비균일도는 1이하로서 모든 박막이 균일하게 연마가 되었음을 알 수 있었다.[6]

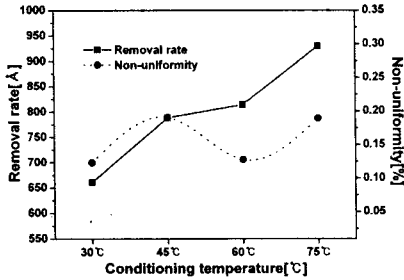


그림 2. 컨디셔닝 온도에 따른 ITO박막의 연마율 및 비균일도

그림 3은 각 공정조건에서의 CMP공정 전·후의 SEM표면 사진으로서 컨디셔닝 온도를 높여가면서 진행할수록 결정구조들이 연마되어 평탄화 되어짐을 확인할 수 있었다.

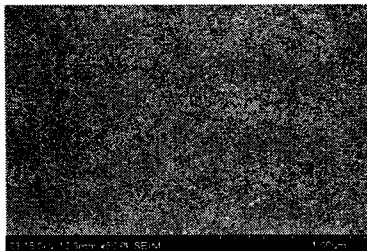
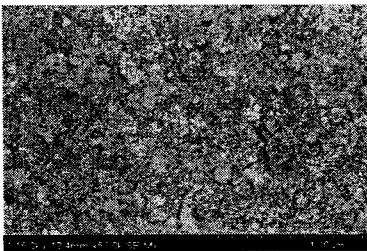


그림 3. 컨디셔닝 온도에 따른 ITO박막의 표면

2.2.1 전기적인 특성

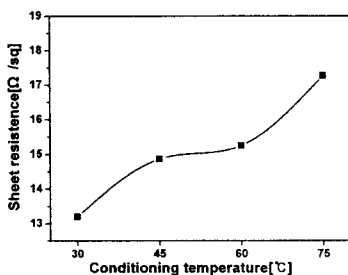


그림 4. 컨디셔닝 온도에 따른 ITO박막의 면저항

그림 4는 컨디셔닝 온도가 증가하였을 때의 면저항의 변화를 나타내는 결과로서 온도가 증가함에 따라 면저항이 증가하는 경향을 보이고 있다. 일반적으로 ITO는 산소 결핍(oxygen deficiency)에 의한 n형 반도체이기 때문에 박막표면에 흡착된 산소에 의하여 전하 운반자의 농도가 감소함에 따라 표면저항이 증가하기도 하나 본 논문에서는 두께의 감소에 때문에 면저항이 증가되는 경향으로 해석된다. 두께가 가장 적은 75°C의 경우가 면저항은 가장 적음을 확인할 수 있었다.

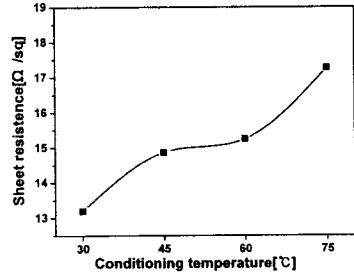


그림 4. 컨디셔닝 온도에 따른 ITO박막의 면저항

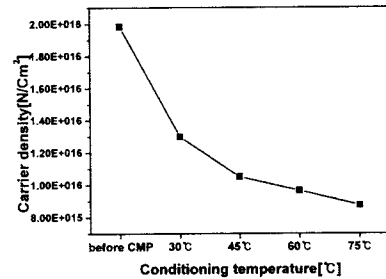


그림 5. 컨디셔닝 온도에 따른 ITO박막의 캐리어 농도

그림 5는 컨디셔닝의 온도와 박막의 캐리어농도를 나타내는 그림으로서 온도가 증가함에 따라 캐리어 농도는 감소함을 보이고 있다. ITO박막에서는 doping원소인 Sn과 함께 산소결손이 Carrier 전자밀도를 결정하는 중요한 원인이 되고 있는데 이는 CMP공정 중 사용되어지는 슬러리가 슬러리의 화학적 성분과 공정시에 발생하는 열에 의해 막표면에서 산소의 화학적 흡수가 일어남에 따라 산소 Carrier의 전자밀도가 감소하는 것으로 판단된다. 이러한 전자밀도의 감소는 박막의 투명성에도 영향을 미친다.[7]

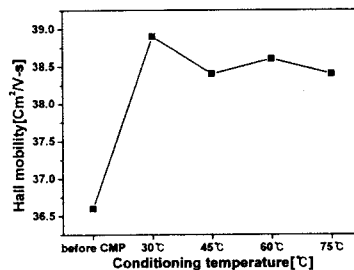


그림 6. 컨디셔닝 온도에 따른 ITO박막의 캐리어 이동도

그림 6은 컨디셔닝 온도에 따른 ITO박막의 캐리어 이동도를 나타낸 그림으로서 CMP전에 비해 CMP공정을 실행한 후의 박막이 캐리어 이동도가 현저히 증가되었음을 알 수 있었다. 이는 연마가 진행됨에 따라 두께의 감소와 함께

표면의 그레인들이 평탄화됨에 따라 캐리어 이동도가 증가한 것으로 판단된다.

2.2.2 광학적인 특성

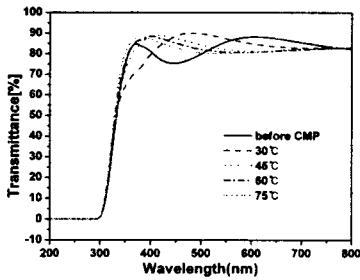


그림 7. 컨디셔닝 온도에 따른 ITO박막의 투과율

그림 7은 컨디셔닝시의 각 온도조건에 따라 CMP공정을 행한 후 각 박막의 광투과율을 측정된 그림으로서 CMP전 박막의 투과율에 비하여 향상이 되었음을 보이고 있다. 연마율이 증가할수록 즉 연마후의 두께가 감소할수록 투과율이 증가할 것이라는 예상과는 달리 각 온도 모두 비슷한 투과율 값을 보였다. 전자밀도와 투과도의 관계에 전자의 농도의 감소함에 따라 분산효과의 저하로 인해서 투과도가 증가 하는 것으로 판단된다.[7]

3. 결 론

본 논문에서는 CMP공정의 변수중 하나인 패드컨디셔닝시에 주입되어지는 DIW의 온도를 증가시켜 온도의 변화에 따른 ITO박막의 CMP특성을 연구하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

DIW의 온도가 증가함에 따라 패드의 표면의 거칠기 확보와 패드의 다공성이 유지되어짐에 따라 연마율은 증가함을 보였으며 두께의 감소에 의해 면저항은 증가를 하였다. 이는 면저항과 두께의 반비례식에 의한 계산수치와 박막의 SEM분석 결과와도 일치함을 보였다. 광투과율의 분석에서는 캐리어 농도의 감소에 의한 분산효과 감소에 의해 광투과율이 증가를 하였으나 각 온도에 대해서는 큰 변화를 보이지 않았다. 캐리어의 이동도는 CMP공정에 의한 표면의 결정구조의 평탄화가 진행됨에 따라 증가함을 확인할 수 있었다.

[참 고 문 헌]

[1] Bi-Shiou Chiou, Shu-Ta Hsieh, and Wen-Fa Wu, "Deposition of indium tin oxide films on acrylic substrates by radio frequency magnetron sputtering", J. Am. Ceram. Soc., Vol. 77, p. 1740, 1994.
 [2] A.K. Kulkarni, K.H. Schulz, T.S. Lim, and M. Khan, "Electrical, optical and structural characteristics of indium-tin-oxide thin films deposited on glass and polymer substrates," Thin Solid Films, Vol. 270, p. 1, 1997.
 [3] E. Terzini, P. Thilakan, and C. Minarini, "Properties of TiO thin films deposited by RF magnetron sputtering at elevated substrate temperature," Mat. Sci. Eng., Vol. B77, p. 110, 2000.
 [4] I. Baia, B. Remandes, P. Nunes, M. Quintela, and R. Martins, "Influence of the process parameters on structural and electrical properties of r.f. magnetron sputtering ITO films", Thin Solid Films, Vol. 383, p. 244, 2001.
 [5] 박강일, 김병섭, 임동진, 이수호, 광동주, "Bias 전압에 따른 ZnO : Al 투명 전도막의 전기적 특성", 전기전자재료학회논문지, Vol. 17, No. 7, p738, 2004.

[6] 최권우, 김남훈, 서용진, 이우선, "CMP 패드 컨디셔닝 온도에 따른 산화막의 연마특성", 한국전기전자재료학회, Vol. 18, No. 4, p.297, April 2005.
 [7] M. Higuchi, S. Uekusa, R. Nakano, and K. Yokogawa, "postdeposition annealing influence on sputtered indium tin oxide film characteristics", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 33, p. 302, 1994.