

CMP 공정변수에 따른 ITO박막의 전기적광학적 특성

최권우*, 김남훈**, 서용진***, 이우선*

조선대학교 전기공학과*, 조선대학교 에너지자원신기술연구소**, 대불대학교 전기공학과***

Electrical and Optical of Properties ITO Thin Film by CMP Process Parameter

Gwon-Woo Choi*, Nam-Hoon Kim*, Yong-Jin Seo**, Woo-Sun Lee*

Chosun University*, Daebul University**

Abstract - Indium tin oxide (ITO) thin film was polished by chemical mechanical polishing (CMP) by the change of process parameters for the improvement of electrical and optical properties of ITO thin film. Light transparent efficiency of ITO thin film was improved after CMP process at the optimized process parameters compared to that before CMP process.

1. 서 론

산화물 반도체는 모두 N-Type 반도체의 도전성을 나타내고, 재료에는 ITO, SnO₂, ZnO, 등이 있으나 SnO₂는 식각이 어렵고 상당히 큰 전기저항을 나타내어 특수 패터닝 기술을 이용해야 하므로 현재 ITO가 널리 이용되고 있다. ITO(Indium Tin Oxide)박막은 자외선 영역에서 반사율이 높은 반면 가시광영역에서 80%이상의 뛰어난 투과율을 가지고 있고, 낮은 전기저항($\sim 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$)과 넓은 광학적 밴드갭($\sim 3.4 \text{ eV}$) 때문에 가장 유용한 투과전도성 재료 중에 하나로서 이미 태양전지, 평면 디스플레이, 투명열선, LED등의 여러 분야에 그 활용 분야가 매우 폭 넓다. 일반적으로 박막의 제작에는 저항 가열법(thermal evaporation)과 전자선 가열법(electron beam evaporation) 그리고 스퍼터링(sputtering)법의 물리적 증착(physical evaporation)과 화학적 증착(chemical deposition)으로 나뉜다. 지금까지의 연구는 열처리를 통한 ITO박막의 물성과 전기적인 특성과 더불어 광학적인 특성을 연구를 한 것이 주류를 보이며 활발한 연구가 진행중이다.[1-6] 본 연구에서 연마공정에 사용되어진 CMP는 고분자 물질계열의 패드(pad) 위에 슬러리(slurry)입자를 공급하고, 웨이퍼 캐리어에 하중을 가하며 웨이퍼의 표면을 연마하는 방법으로 가공물을 탄성패드 에 누르면서 상대 운동시켜 가공물과 친화력이 우수한 부식액으로 화학적 제거를 함과 동시에 초미립자로 기계적 제거를 하는 것이다.[7,8] 본 논문에서는 DC magnetron sputtering을 이용하여 ITO박막을 제작한 후 광역평탄화공정인 CMP를 통하여 균일한 박막의 확보와 연마를 통한 박막의 연마특성을 연구 하였으며 또한 공정변수에 따른 전기적·광학적 특성을 연구하였다.

2. 본 론

2.1 실험

본 실험에서는 사용되어진 시편은 ITO/SiO₂/Glass구조의 웨이퍼형의 4 inch glass를 사용하였다. 이때 ITO박막의 두께는 1800Å이였으며 SiO₂의 두께는 200Å이였다.

이때 SiO₂는 확산방지막의 역할을 하며 ITO박막의 면저항은 $10 \Omega/\square$ 이였다. 평탄화 공정을 진행할 시 공정조건은 슬러리 유속 100ml/min, 슬러리 주입온도 30℃, Polisher pressure 300 g/cm²로 하고 공정변수는 플레이트의 회전속도를 20, 40, 60, 80rpm의 조건으로 하고, 공정시간은 60, 90, 90, 120, 150 sec로 하여 각각의 공정을 진행 후 각 변수에 따른 연마특성, 광학적 특성, 전기적 특성을 측정하였다. CMP 후 ITO의 연마율은 four-point probe(Chang Min사)를 이용하여 면저항과 두께의 반비례 관계에 의해 구하였다. 전기적인 특성은 Hall effect measurement(HL5500PC, Accent Technologies)를 이용하여 상온에서 캐리어농도와 캐리어이동도를 구하였다. 이때 홀 측정용 시편은 박막을 1Cm×1Cm 크기의 정사각형으로 자르고 네 귀퉁이에 Indium을 부착하여 Ohmic성 접촉을 행한 후 측정하였다. 표 1은 CMP에 적용된 공정조건을 요약한 것이며 CMP 후의 세정공정은 SC1 용액을 이용하여 세정 후, 4분 동안 초음파세척을 하는 시퀀스를 적용하였다.



그림 1. Hall effect measurement system

표 1. CMP 장비의 공정 조건

Pad	IC 1300/SUBA IV
Slurry flow rate	100 ml/min
Head speed	60 rpm
Table speed	20, 40, 60, 89 rpm
Polisher pressure	300 g/cm ²
Pad width	16 inch
Polishing time	30, 60, 90, 120, 150 sec
Post-CMP cleaning	SC1 → Ultrasonic

2.2 결과 및 고찰

그림 1은 공정시간에 따른 연마제거율의 결과로서 공정시간이 증가함에 따라 연마율은 증가하였으며, 최초 30초인 경우의 연마율이 274Å이고 60초인 경우가 660Å으로

서 시간에 비례하는 결과를 갖지 못하였다. 이러한 결과는 공정이 시작되어 슬러리와 ITO박막이 활성화가 되는 시간이 충분하지 못하여 공정시작점에서 어느 정도의 시간까지는 슬러리의 화학적인 작용 없이 패드에 의한 기계적인 연마만이 이루어진 것으로 해석할 수 있다.

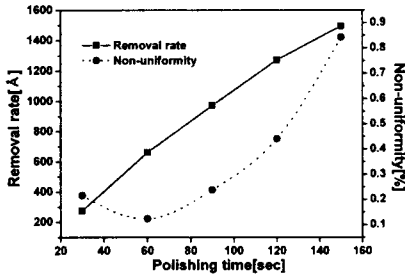


그림 2. 연마시간에 따른 ITO박막의 연마제거율 및 비균일도

그림 2는 회전속도에 따른 연마제거율을 나타낸 결과이다. 회전속도가 2배씩 증가 할 경우 연마율은 대략적으로 1.5배정도로 증가하는 선형적인 결과를 보였다. 이는 회전속도가 증가할수록 시편과 패드의 groove가 접촉하는 횟수가 증가함에 따른 것이다.

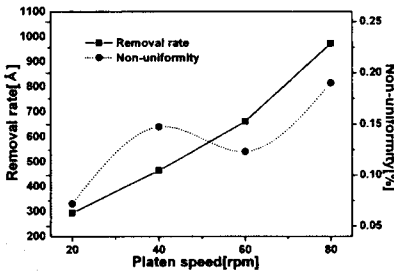


그림 3. 회전속도에 따른 ITO박막의 연마제거율 및 비균일도

2.2.2 전기적인 특성

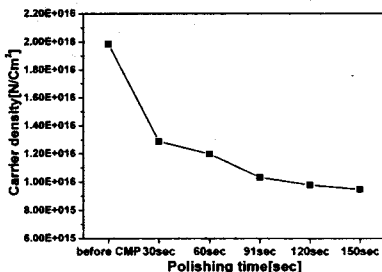


그림 4. 연마시간에 따른 캐리어 농도

그림 4와 5는 공정시간, 회전속도와 박막의 캐리어농도를 나타내는 결과로서 공정시간과 회전속도가 증가함에 따라 캐리어 농도는 감소함을 보이고 있다. ITO박막에서는 doping원소인 Sn과 함께 산소결손이 Carrier 전자 밀도를 결정하는 중요한 인자인데 이는 CMP공정 중 사용되어지는 슬리카 슬러리의 화학적 성분과 공정시간, 회전속도의 증가에 의해 발생하는 열로 인해 박막표면에서의 산소의 화학적 흡수가 됨에 따라 Carrier의 전자

밀도가 감소하는 것으로 보인다.[9] 그림 6은 공정시간에 따른 투과율을 나타낸 결과로서 공정시간이 증가함에 따라 투과도는 증가함을 알 수 있었으며 공정 전에 비해서 투과율은 증가를 하나 각 조건에서의 투과도는 큰 향상을 보이지 않았다. 이는 투과율의 향상 원인이 두께의 감소에 의존하지 않음을 나타내는 결과이다.

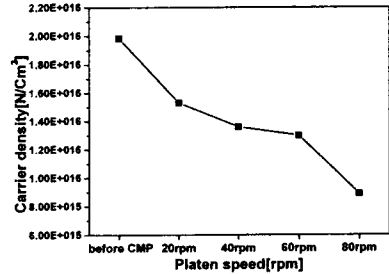


그림 5. 회전속도에 따른 캐리어 농도

2.2.2 광학적인 특성

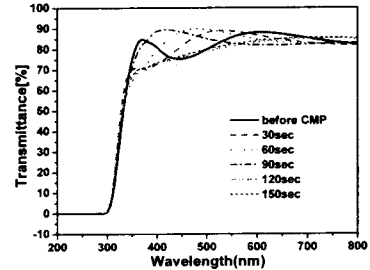


그림 6. 공정시간에 따른 ITO박막의 투과율

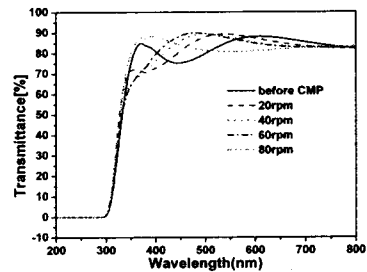


그림 7. 회전속도에 따른 ITO박막의 투과율

그림 7은 공정시간을 증가시키면서 CMP공정을 행한 후 각 박막의 광투과율을 측정된 결과로서 CMP전 박막의 투과율에 비하여 향상이 되었음을 보이고 있다. 이는 전자밀도와 투과도의 반비례관계에 의해 전자의 농도의 감소함에 따라 분산효과의 저하로 인해서 투과도가 증가하는 것이다.[9]

3. 결 론

본 논문에서는 CMP공정변수에 따른 ITO박막의 전기적, 광학적특성을 연구하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다. 공정시간이 증가함에 따라 연마율은 선형적으로 증가를 하였으며 캐리어 농도는 감소함을 보였다. 투과율은 캐리어의 농도 감소에 따라 분산효과의 저하로 인해

증가함을 보였다. 회전속도가 증가함에 따라 연마율은 증가를 하였고 캐리어 농도는 감소하였으며 투과율은 향상됨을 보였다.

[참 고 문 헌]

- [1] A. Kulkarni, T. Lim, M. Khan, and K. Schulz, "Electrical, optical, and structural properties of indium-tin-oxide thin films deposited on PET substrates by rf sputtering", J. Vac. Sci. Technol., Vol. A16, p. 1636, 1998.
- [2] T. Karasawa and Y. Miyata, "Electrical and optical properties of ITO thin films deposited on unheated substrates by dc reactive sputtering", Thin Solid Films, Vol. 223, p. 135, 1997.
- [3] H. H. Kim, M.J. Cho, W. J. Choi, J.G.Lee, and K. J. Lim, "Figure of merit for deposition conditions in ITO films", Trans. EEM, Vol.3, No 2, p.6, 2002.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 박강일, 김병섭, 임동건, 이수호, 광동주, "Bias 전압에 따른 ZnO : Al 투명 전도막의 전기적 특성", 전기전자재료학회논문지, Vol. 17, No. 7, p738, 2004.
- [7] J. Huang, H. C. Chen, J. Y. Wu, and W. Lur, "Investigation of CMP Micro-Scratch in the Fabrication of Sub-quarter Micron VLSI circuit". Proceeding of Chemical Mechanical Polishing-Multilevel Interconnection Conference (CMP-MIC), pp .77-79, 1999.
- [8] Woo-Sun Lee, Sang-Yong Kim, Yong-Jin Seo, Jong-Kook Lee, " An Optimization of Tungsten Plug Chemical Mechanical Polishing (CMP) using Different Consumables, Journal of Materials Science : Materials in Electronics, Kluwer Academic Publishers, Vol. 12, pp. 63-68. 2001.
- [9] 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.