

CMP 공정이 ITO 박막의 전기적 · 광학적 특성에 미치는 영향

최권우*, 서용진**, 이우선*

*조선대학교 전기공학과, **대불대학교 전기공학과

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

*Gwon-Woo Choi, **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.

Key Words : ITO, CMP, Planarization, Light transparent efficiency.

1. 서론

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 가시광 영역에서 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 중 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 연구한 것이 주류를 보이며 활발한 연구가 진행 중이다.[1-2] 한편, 반도체 집적회로의 광역평탄화를 위한 연마공정에 사용되는 CMP 공정이 널리 사용되고 있다. CMP는 고분자 물질계열의 패드(pad) 위에 슬러리(slurry)입자를 공급하고, 웨이퍼 캐리어에 하중을 가하며 웨이퍼의 표면을 연마하는 방법으로 가공물을 탄성패드에 누르면서 상대 운동시켜 가공물과 친화력이 우수한 부식액으로 화학적 제거를 함과 동시에 초미립자로 기계적 제거를 하는 것이다. 본 논문에서는 DC magnetron sputtering을 이용하여 ITO박막을 제작한 후, CMP 공정이 ITO 박막의 전기적, 광학적 특성에 미치는 영향을 고찰하였다.[3]

2. 실험

본 실험에서 시편은 ITO/SiO₂/Glass구조의 4inch glass를 사용하였다. 평탄화 공정을 진행할 시 공정조건은 슬러리 유속 100ml/min, 슬러리 주입온도 30°C, Polisher pressure 300g/

cm², 연마테이블의 회전속도를 20, 40, 60, 80rpm의 조건으로 하고, 공정시간은 60, 90, 90, 120, 150 sec로 하여 각각의 공정을 진행 후 각 변수에 따른 전기적 특성 및 광학적 특성을 연구하였다. 표 1은 CMP에 적용된 공정조건을 요약한 것이며 CMP 후의 세정공정은 SC-1 용액을 이용하여 세정 후, 4분 동안 초음파세척을 하는 시퀀스를 적용하였다.

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, 80 rpm
Polisher pressure	300 g/cm ²
Pad width	16 inch
Polishing time	30, 60, 90, 120, 150 sec
Post-CMP cleaning	SC-1 → Ultrasonic

3. 결과 및 고찰

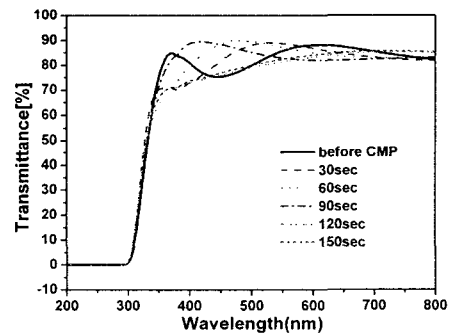


그림 1. 공정시간에 따른 ITO박막의 투과율

그림 1은 연마시간에 따른 투과율을 나타낸 결과로서 연마시간이 증가함에 따라 투과도는 증가함을 알 수 있었으며 공정 전에 비해서 투과율은 증가를 하나 각 조건에서의 투과도는 큰 변화를 보이지 않았다. 이는 투과율의

항상 원인이 두께의 감소에 의존하지 않음을 알 수 있다.

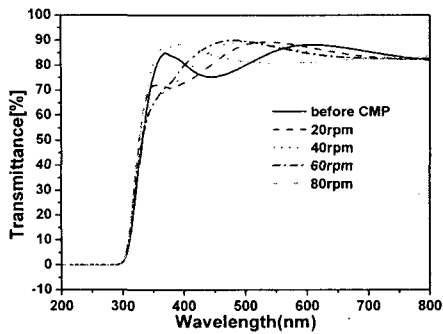


그림 2. 회전속도에 따른 ITO박막의 투과율

그림 2는 테이블의 회전속도를 증가시키면서 CMP 공정을 행한 후 각 박막의 광투과율을 측정된 결과로서 CMP 전 박막의 투과율에 비하여 항상이 되었음을 보이고 있다. 이는 전자밀도와 투과도의 반비례관계에 의해 전자의 농도의 감소함에 따라 분산효과의 저하로 인해서 투과도가 증가 하는 것으로 생각할 수 있다.[4]

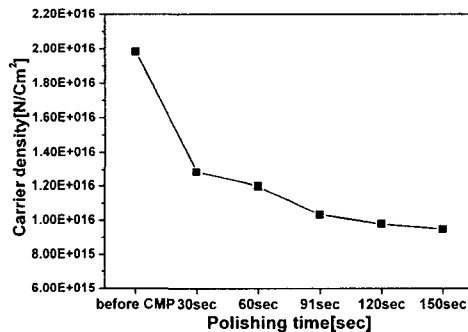


그림 3. 연마시간에 따른 캐리어 농도

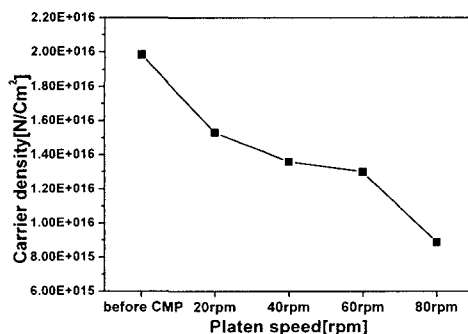


그림 4. 테이블의 회전속도에 따른 캐리어 농도

그림 3과 4는 각각 연마시간 및 연마 테이블의 회전속도에 따른 ITO 박막의 캐리어농도를 나타내는 결과로서 연마시간과 테이블의 회전속도가 증가함에 따라 캐리어 농도는 감소함을 보이고 있다. ITO 박막에서는 doping 원소인 Sn과 함께 산소결손이 Carrier 전자밀도를 결정하는

중요한 인자인데, 이는 CMP 공정 중 사용되어지는 실리카 슬러리의 화학적 성분과 연마시간, 회전속도의 증가에 의해 발생하는 열로 인해 박막표면에서 산소의 화학적 흡수가 이루어짐에 따라 carrier의 전자밀도가 감소하는 것으로 보인다.[4]

결론

본 논문에서는 CMP 공정변수에 따른 ITO 박막의 전기적·광학적 특성을 연구하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다. 연마시간이 증가함에 따라 캐리어 농도는 감소하는 경향을 보였다. 투과율은 캐리어의 농도 감소에 따라 분산효과의 저하로 인해 증가함을 보였다. 테이블의 회전속도가 증가함에 따라 연마율은 증가를 하였고 캐리어 농도는 감소하였으며 투과율은 향상됨을 보였다. 앞으로 ITO 박막의 전기적·광학적 특성 개선을 위한 CMP 공정의 적용이 기대되어진다.

감사의 글

이 논문은 2004년도 학술진흥재단의 중점 연구소 지원에 의해서 연구되었음. (KRF-2004-005-D00007).

참고 문헌

- [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.
- [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.
- [4] 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.