

FPD 투명 도전막용 타겟 개발 동향
A trend of the target development for transparent electrode
on Flat Panel Display

이상철(1)*, 송풍근(2)
(1) 삼성코닝 연구소
(2) 부산대학교 재료공학과

초 록: FPD 투명 도전막의 제조에 핵심소재로 사용되는 타겟재의 개발동향을 TCO 물질 중에서 현재 가장 널리 사용되고 있는 ITO 타겟 개발의 관점으로 살펴보았다. ITO 투명 도전막은 다른 TCO 물질에 비해 높은 전기 전도도 및 높은 투과율로 인해 지속적인 사용이 예상되며, 이에 대응 가능한 고밀도 및 고효율 ITO 타겟의 개발이 진행 중이다. 또한 ITO 투명도전막의 우수한 특성에 따라 지속적인 인듐 자원의 수요증가와 이에 따른 인듐 자원의 고갈우려로 ITO 타겟을 대체할 수 있는 대체재의 개발이 진행 중에 있다.

1. 서 론

투명전도막(TCO, Transparent Conductive Oxide)은 1907년 Badeker이 스퍼터링 방법으로 CdO를 개발 한 이후 지속적인 연구가 이루어져, ZnO, SnO₂, In₂O₃ 등의 많은 재료가 개발되었다. [1] 이 중에서 ITO(Indium Tin Oxide)박막은 높은 전기전도성과 높은 밴드갭 (band gap: 3.55eV)으로 인해 가시광선 (480~780 nm) 영역에서 높은 투과율을 가지므로 LCD, PDP, OLED 등의 FPD 분야에서 투명전극으로 사용되고 있다. [2] 최근에는 차세대 디스플레이인 flexible 디스플레이에 적용하기 위한 연구도 활발히 진행되고 있다. [3] ITO 박막은 ZnO-base 및 SnO₂-base 등의 다른 TCO 박막의 특성을 뛰어넘는 우수한 특성으로 인해 지속적인 사용증가가 예상되며, FPD 제조 업체 및 타겟 제조업체를 중심으로 사용효율이 향상되고, 특정한 기능을 갖는 ITO 투명 도전막용 ITO 타겟의 개량화 및 인듐자원의 고갈에 대비한 ITO 대체 타겟의 개발이 활발히 진행되고 있다.

2. 본 론

2.1 ITO 타겟의 개발 동향

2.1.1 고밀도 ITO 타겟 개발

현재 FPD용 ITO 투명도전막은 In₂O₃에 Sn을 9~10wt% 함유하고 있는 ITO 세라믹 타겟을 이용하여 DC 마그네트론 스퍼터링 방법으로 성막하고 있으며, 이러한 공정에서는 일반적으로 타겟의 사용률이 증가함에 따라 그림1에 나타낸 것과 같이 타겟 표면에 노즐 (nodule)이라 불리는 작은 돌기 같은 것들이 많이 발생되게 된다. 이러한 노즐의 발생은 particle 생성, Arcing 발생 및 2차 노즐 생성을 초래하여, 박막의 특성 저하 및 막의 불량률 증가와 같은 ITO 투명도전막 제조 공정의 불안정성 요인으로 작용하게 된다.[4] 이러한 노즐 형성 메커니즘에 대해서는 아직 정확히 밝혀진 바는 없지만 이 논문에서는 그림1과 같은 노즐 형성 메커니즘에 근거를 두고 있다. [5]

이러한 노즐 형성을 억제하기 위한 타겟의 개선은 K. Nakashima 등 많은 논문에서 보고된 바 있으며[6], 이에 근거하여 일본 및 국내의 ITO 타겟 제조 업체들에서는 상대밀도 99% 이상의 고밀도 세라믹 ITO 타겟 개발을 통한

노즐 형성 억제에 관한 연구가 진행되고 있다.

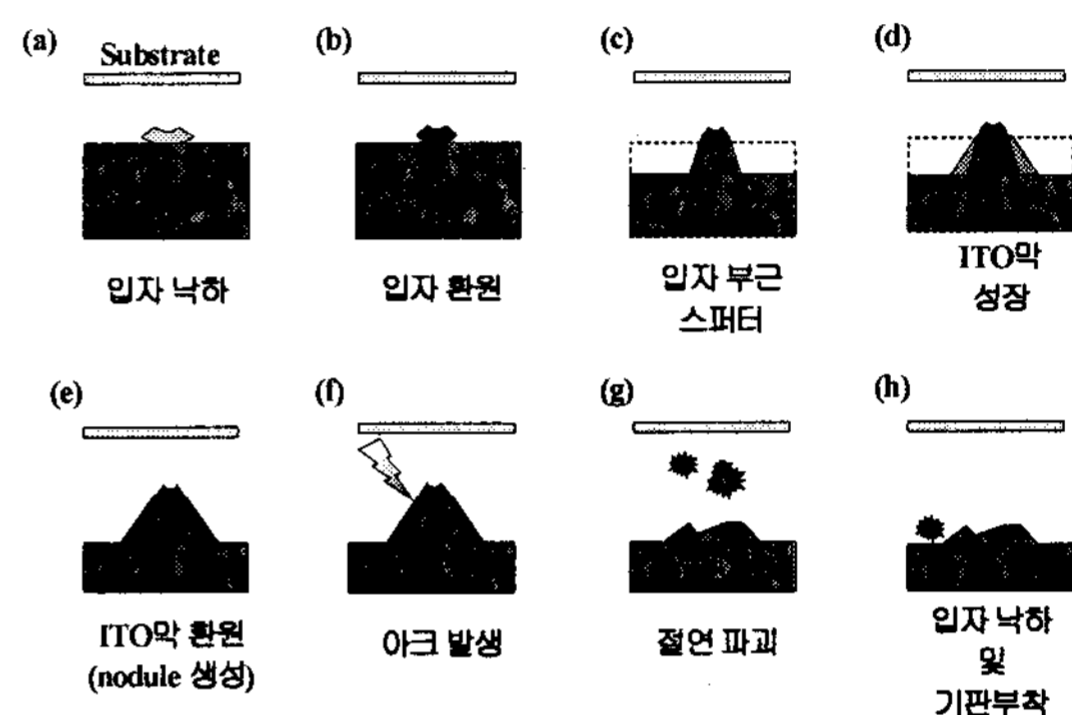


그림.1 DC Magnetron sputtering법에 의한 ITO타겟 표면의 Nodule 형성 기구

2.1.2 고효율 ITO 타겟 개발

최근의 FPD 적용 제품에 대한 가격 하락 추세에 따라 ITO 투명도전막의 생산 비용 절감 요구가 FPD 제조 업체를 중심으로 대두되고 있으며, 이에 대응하는 ITO 투명 도전성막용 ITO 타겟의 개발이 절실히 요구되고 있다.

타겟 사용효율 증가 및 노즐과 같은 투명 도전막 제조 공정의 불안정성 요인을 줄일 수 있는 고효율 ITO 타겟은 크게 다음의 2가지 형태로 개발이 진행되고 있다.

첫째, 일반적인 ITO 타겟의 형상인 평판형 (사용 효율 25% 미만)에서 사용 효율을 70% 이상으로 높일 것으로 예상되는 원통형상 타겟 (Cylindrical type) 및 타겟 Sputter면의 형상을 변경시킨 EP(Enhanced Profile) 타겟 등이 개발 중에 있다.

둘째, In₂O₃에 Sn을 함유한 일반적인 조성의 ITO 세라믹 분말에 다양한 첨가제를 첨가하여 Bulk 타겟 특성 및 박막 특성을 개선시킬 수 있는 Dopant 첨가 고효율 ITO 타겟의 개발 또한 진행 중에 있다.

2.2 ITO 대체 타겟 개발 동향

2.2.1 ITO 대체재 개발 배경

CRT(Cathode Ray Tube)방식의 Display 시장 (모니터, TV)이 1990년대 후반부터 FPD(Flat Panel Display)로 급속히 전환되면서, 핵심 소재인 TCO 물질의 90%를 점유하고 있는 ITO 타겟의 사용량 또한 지속적으로 상승하고 있다. 이에 따라 ITO 타겟 제조 공정상에 90%이상 사용되는 Indium 자원(In₂O₃ 또는 In metal)의 공급 대비 수요의 불균형 상황이 초래되어 그림2와 나타낸 바와 같이 2003년 이후 Indium metal의 가격은 급격히 상승하여 2006년 기준 800\$/kg을 나타내고 있다. 또한 아연(Zn)광의 부산물로 생산되는 희귀 금속인 Indium은 세계적으로 생산량이 제한되어 급격히 증가하는 Indium metal 수요에 대처하지

못함으로 인하여, 2010년 이후 Indium 자원의 고갈에 대한 우려가 제기되고 있다.

따라서 Indium 자원의 급격한 가격 상승 및 자원 고갈에 대한 우려로 Indium을 대체 하면서도 기존 ITO 투명 도전막의 우수한 전기적, 광학적 특성을 구현할 수 있는 ITO 대체 타겟의 개발이 산, 학, 연을 중심으로 활발히 진행되고 있다.

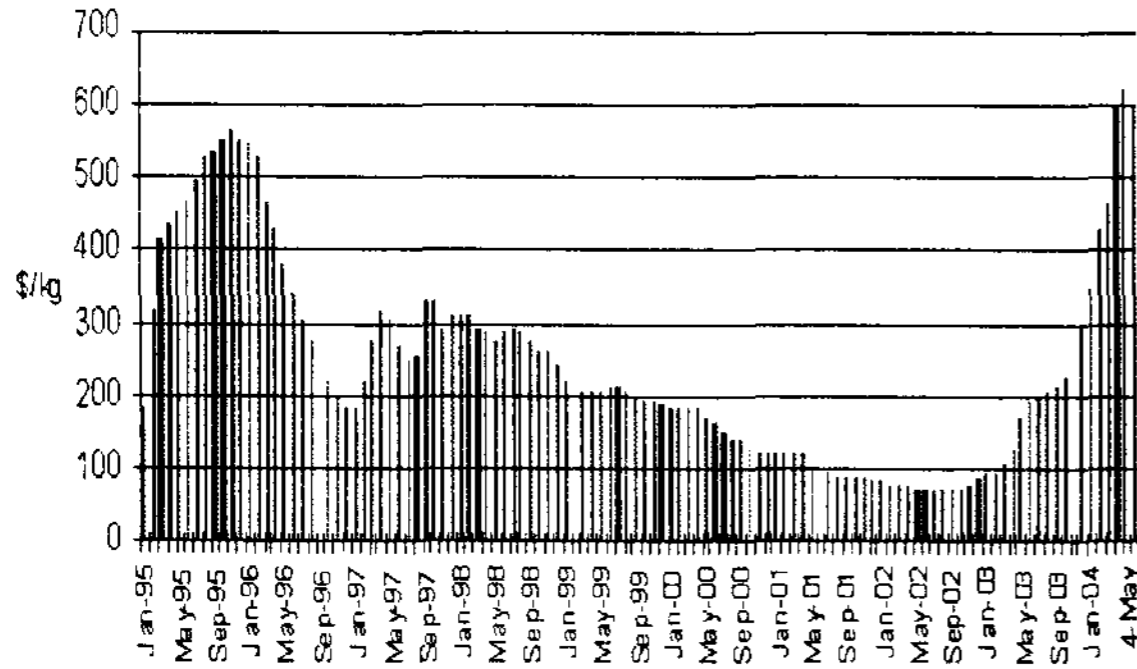


그림.2 세계 Indium metal 공급 가격 현황

2.2.2 ITO 대체제 개발 동향

Indium(In_2O_3)를 대체하는 ITO 대체 타겟 개발 동향은 크게 산화 주석계(SnO_2)와 산화 아연계 (ZnO)로 나눌 수 있다.

산화 주석계는 주로 Sb, F 등의 물질을 첨가제로 사용하며, 박막투과도 및 박막 전도도 등의 저하와 $300^{\circ}C$ 이상의 고온성막이 필요하여, 현재는 주로 고저항용 박막에 적용이 가능할 것으로 판단된다.

산화 아연계는 산·학·연 등의 활발한 연구가 진행 중이며, ZnO 에 Al_2O_3 를 첨가한 AZO계와 ZnO 에 Ga_2O_3 를 첨가한 GZO계가 주류를 이루며, 장파장 영역에서의 우수한 박막 투과도, 박막 공정상의 우수한 내구성 및 풍부한 아연자원 등으로 인해 ITO 투명 전도막의 대체재료로 가장 가능성이 기대되는 재료이다. ITO 대비 높은 박막 비저항으로 인해, 현재의 ITO 타겟을 대체하기 위해서는 더 많은 연구와 개발의 진행이 필요하다.

표.1 Indium 대체제 개발현황

구분	산화인듐계	산화주석계	산화아연계
비저항계	$1.1 \times 10^{-4} \Omega \cdot cm$	$1 \times 10^{-2} \Omega \cdot cm$	GZO $7.2 \times 10^{-4} \Omega \cdot cm$ AZO $1.3 \times 10^{-2} \Omega \cdot cm$
투과도	○	△~○ (고저항용도에 격함)	○ (장파장영역 우수)
내약성	○	◎	△
저항안정성	△~○	◎	△
Cost	×	◎	○
예칭성	○	△	○
첨가물	SnO_2	Sb, F	GZO : Ga_2O_3 AZO : Al_2O_3
문제점	자원 고갈	투명성, 전도성 고온성막 ($\geq 300^{\circ}C$)	경시 안정성 온도에 민감

3. 결 론

- (1) FPD의 핵심소재인 TCO 박막용 타겟 물질 중 가장 우수한 특성을 나타내는 ITO 타겟은 고밀도화 및 고효율화를 통해 지속적인 사용량의 증가가 예상된다
- (2) ITO 타겟의 주원료인 인듐자원의 고갈이 우려됨에 따라 대체재료개발이 시급한 상황임.
- (3) 산화아연계 투명전도막은 ITO 투명전도막의 대체재료로 가장 가능성이 기대되는 재료임.

참 고 문 헌

- [1] S. J. Lee, H. W. Yoon, B. S. Kim, S. U. Lee, M. W. Park and D. J. Kwak., J. Kor. Inst. Met. & Mater. 42, 745 (2004).
- [2] H. Koh, K. Sawada, M. Ogawara, T. Kuwata, M. Akatsuka and M. Matsuhiro, SID Dig. Tech. Pap., Vol 19, 53 (1988).
- [3] J. B. Park, J. Y. Hwang, D. S. Seo, S. K. Park, D. G. Moon and J. I. Han, J. Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers 16, 1115 (2003).
- [4] J. H. Park, S. C. Lee, J. H. Lee and P. K. Song, Solid state Phenomena, Vol. 124-126, 431 (2007)
- [5] T. Maruyama, K. Fukui, Thin Solid Films 203, 297 (1991)
- [6] K. Nakashima and Y. Kumahara, Vacuum, Vol. 66, 221 (2002).