

ITO 증착용 인라인 챔버 온도 분포해석에 의한 캐리어장치의 설계

이상재*, 최주란**, 최성대***, #

*금오공과대학교 전자공학부, **금오공과대학교 대학원 지능기계공학과, ***금오공과대학교 지능기계공학과

Carrier Design by Temperature Distribution Analysis in Chamber of ITO Deposition Inline Sputter

Sang-Jae Lee*, Ju-Ran Choi** and Seong-Dae Choi***, #

* Department of Electronic Engineering, Kumoh National Institute of Technology, ** Department of intelligent Mechanical Engineering, Graduated School of Kumoh National Institute of Technology, *** Department of intelligent Mechanical Engineering, Kumoh National Institute of Technology

(Received 1 February 2015; received in revised form 23 February 2015; accepted 25 February 2015)

ABSTRACT

The design of the glass-carrier was studied using simulations of the temperature distribution of an ITO deposition inline-sputter process. The temperature distribution was simulated in Heating Chamber 7, and in the ITO Deposition Chambers 8 and 9. The temperature distribution of the glass sheets was low in both the lower and upper lines. Moreover, it was observed that the temperature in Chamber 8 significantly affected the temperature in Chamber 9, and that the latter was hotter. The rear of the chambers were subjected to more heating than the fronts, so the temperature range at the back was wider. Redesigning the shape of the carrier made it possible to load more glass sheets on the glass carrier, and to make deposits on the ITO glass at higher temperature, over a wider area.

Key Words : Temperature Distribution Analysis(온도분포해석), ITO Deposition(산화인듐주석증착), Sputtering(스퍼터링), Chamber(챔버), Carrier(캐리어), Phone Glass(휴대폰 유리)

1. 서 론

스마트 시대 핵심 부품산업으로 떠오른 TSP (Touch Screen Panel) 시장에서 최근 ITO(Indium Tin Oxide) 증착 기술 개발 경쟁이 활발하게 이루어지고 있다. 일체형 TSP가 주목받으면서 ITO 증착은 생산 수율을 좌우하는 핵심 공정 기술로 주

목받고 있다.

양산 수율이 높은 투명 전도막 증착 기술을 개발함에 따라 다양한 터치스크린 시장 수요에 대응 할 수 있고 스마트폰과 태블릿 분야뿐만 아니라 태양전지 분야에서도 활용이 가능 할 것으로 기대된다. 투명 전도성 박막은 가시광선 영역에서의 높은 광투과도(85%이상)와 낮은 비저항($1 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ 이하)을 동시에 갖는 산화물계 축퇴형(Degenerate) 반도체 전극을 총칭한다. 투명 전도성 박막은 빛의 투과와 전류 주입/추출을 동시에 필

Corresponding Author : sdchoi@kumoh.ac.kr

Tel: 82-54-478-7396, Fax: 82-54-478-7100

요로 하는 평판디스플레이, 태양전지, 터치패널, 투명트랜지스터의 전극으로 사용되는 IT 산업의 핵심 재료로 현재까지 대부분 스퍼터링 공정을 통해 제작된 ITO (SnO_2 -doped In_2O_3)가 주로 사용되고 있다. ITO는 약 3.5~4.3eV 이상의 넓은 밴드갭을 가진 체n-type 반도체로 가시광선 영역에서 높은 광투과도와 근적외선 반사도, 우수한 전기전도성, 상온/상압에서의 화학 안정성 및 우수한 식각 특성을 갖고 있다. 투명 전도성 박막은 디스플레이에서는 LCD, OLED, PDP, 투명 디스플레이의 전극소재로, 터치패널에는 저항막, 정전용량 방식의 터치센서로 활용된다. 그리고 박막형 태양전지에는 a-Si, CIGS, CdTe, 염료감응(DSSC)형에 전극으로 사용된다. 이와 같이 투명 전도성 박막은 적용 가능한 기술 분야가 다양하고 활용도가 높아 수요가 많다. 특히 2007년 애플사가 터치스크린을 채택한 iPhone을 출시하여 크게 성공한 이후 주요 휴대폰 업체들이 터치폰을 전략모델로 채택하면서 터치산업은 빠르게 성장하고 있다. 현재는 터치패널 산업이 소형 모바일 기기 위주로 형성되고 있으나 향후 Notebook, TV 등 중대형 디스플레이 기기, 자동차, 생활가전 등으로 확대될 전망이다. 따라서 인라인 스퍼터의 고품질의 ITO 박막의 생산을 위한 최적화 된 공정 능력을 위해 해석하고자 한다.

본 연구에서는 경사진 수직형 인라인 스퍼터 장비를 이용하여 TSP에 적용되는 고품위 결정성 ITO 증착 기술에서 저저항, 고투과율 결정성 투명 전도막을 제조 할 수 있는 최적의 공정 조건 중 ITO 증착부 Chamber의 온도분포에 대해 분석하고 이에 따라 최적 제조공정을 나타내는 최적 캐리어 설계와 제작을 통하여 증착효율제고에 기여하고자 한다.

2. ITO 증착용 인라인 스퍼터

2.1 인라인 스퍼터

Fig. 1은 스퍼터링에 대한 진행 원리 및 개략도이다. 스퍼터링 가스(Ar)을 진공 Chamber 내로 주입하여 타겟과 충돌시켜 플라즈마를 생성시킨 후 유

리판에 코팅하는 물리적인 박막 증착 방법이다^[1]. 타겟은 음극을 띄고, 유리판은 양극이다. 전원을 인가하면 주입된 Ar은 음극 쪽에서 방출된 전자와 충돌하고 여기되어 Ar+로 되고 타겟쪽으로 끌려가 충돌하게 된다. 여기된 가스는 $h\nu$ (복사의 최소 에너지) 만큼 에너지를 가지고 있으며 충돌시 에너지는 타겟쪽으로 전이되고 이때 타겟을 이루고 있는 원소의 결합력과 전자의 일함수를 극복할 수 있을 때 플라즈마가 방출된다. 발생한 플라즈마는 전자의 자유행정 거리만큼 부상하고 타겟과 유리판의 거리가 자유행정거리 이하일 때 형성된다. 스퍼터링시 챔버 내부의 온도는 투명전극의 특성을 결정하는 주요한 인자가 된다.

Fig. 2는 인라인 스퍼터 공정을 나타낸 개략도이다^[2]. ITO 증착부는 3개의 Chamber로 ITO 증착 직전 열을 가하는 Chamber 7, 타겟이 있어 ITO를 증착하는 Chamber 8, Chamber 9 구성되어 있다.

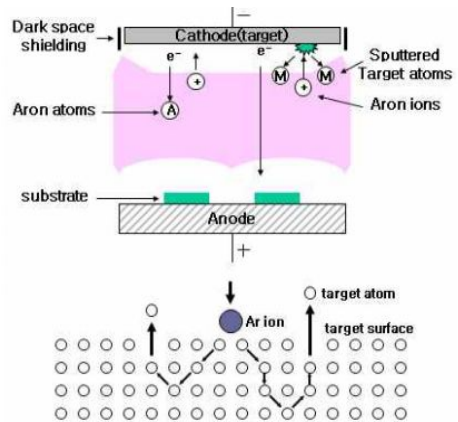


Fig. 1 Principle of sputtering

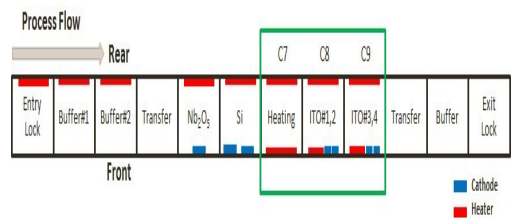
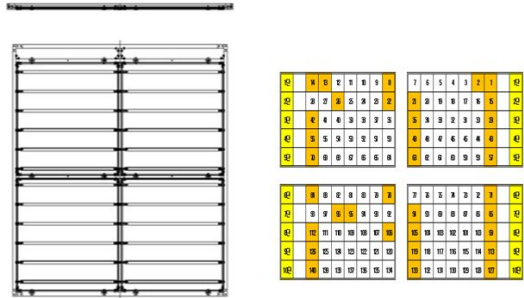


Fig. 2 Process line of Inline Sputter

2.2 캐리어 형상



(a) Carrier form (b) Location of good product
Fig. 3 Before improvement Carrier

Table 1 Failure rate (%)

line number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Transmissivity	100	0	0	0	0	0	0	0	50	100
Sheet resistance	100	70	60	40	50	45	50	70	100	100

Carrier에 유리판이 로딩 되는 위치에 따라 ITO 증착 특성이 다르게 나타난다. Fig. 3에서 (a)는 기존 공정에서 사용하는 Carrier의 도면이고, (b)는 Carrier에 로딩 되는 유리판의 위치를 나타낸 것이다. 기존 Carrier는 140개의 유리판을 핀을 이용하여 고정하고, 인라인 스퍼터 장치를 통과시켜 유리판에 ITO를 증착한다.

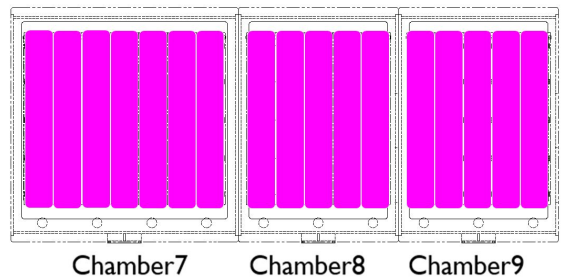
Table 1은 Carrier 단별 유리판의 불량률을 나타내는 것이다³⁾. 상(1단)·하부(9, 10단)에서 유리판의 투과도와 면저항이 높아 ITO 증착 불량률이 된다.

3. 해석방법

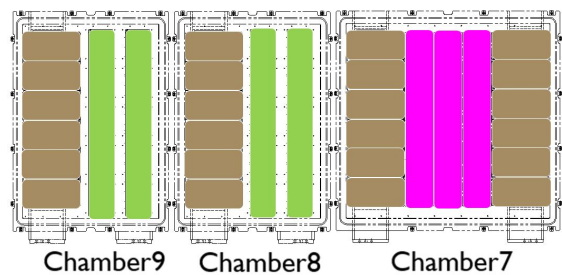
ITO 증착용 인라인 스퍼터의 온도분포에 대한 해석을 하였다. 시뮬레이션 프로그램 ANSYS Release 14.5 를 사용하여 ITO 증착부 Chamber 7, Chamber 8, Chamber 9의 히터 온도조건에 따른 Chamber 내부 온도 분포와 Carrier 온도 분포를 해석하였다. ITO 증착용 인라인 스퍼터 설비의 해석 조건으로 압력은 대기압 (760torr), Working Gas는 Air와 Chamber 외부 Air를 자연대류상태로 경계조

건을 설정하였다⁴⁾. 기존 공정 조건과 온도를 변경하며 다양한 조건으로 시뮬레이션을 진행 하였다. Chamber의 히터의 온도는 히터마다 정해진 값을 정온으로 주었고 Chamber는 Air의 자연대류를 통하여 냉각되어진다. Chamber의 모든 재질은 Structural Steel로 Thermal Conductivity 60.5(W m⁻¹ C⁻¹)이다.

Fig. 4는 ITO 증착부 Chambers의 도면이다⁵⁾. 붉은색으로 나타낸 것이 세로히터이고, 갈색으로 나타낸 것이 가로 히터이고, 녹색부분은 ITO 타겟이다. Chamber 7은 ITO 증착을 위해 열을 가해주는 Chamber이며 Front와 Rear 모두 히터가 존재하고 사이즈는 2370*2225mm 이다. 그리고 Chamber 8, Chamber 9는 동일하게 설계된 1670*2225mm 사이즈의 ITO 증착 Chamber이며 동시에 증착하지 않고 순차적으로 사용 된다. Chamber 8의 타겟을 사용하여 증착할 때에는 Chamber 9을 히터로 사용하고, Chamber 8의 타겟을 다 사용하고 난 후 Chamber 9의 타겟을 사용하여 증착하며 Chamber 8은 히터로 사용한다.



(a) Heater in the rear



(b) Heater in the front

Fig. 4 Heater layout in the chambers

4. 해석 결과 및 고찰

4.1 단일 Chamber

Chamber의 일반적인 온도분포를 알아보기 위해서 ITO 증착부 Chamber의 Front와 Rear의 모든 히터의 온도를 400℃로 하여 시뮬레이션 하였다.

Fig. 5는 Chamber 7의 모델링이다. (a)는 Rear, (b)는 Front (c)는 Side이다. 파이프형 히터를 판형으로 모델링 하였고, 세로히터는 보라색으로, 가로히터는 갈색으로 나타내었다. (c)는 Front부의 히터와 Rear부의 히터간격을 나타낸다.

Fig. 6은 Chamber 7의 온도 분포로 mesh의 nodes : 68348개, elements : 34936개 이다. 히터가 존재하는 부분의 온도는 거의 비슷하게 나타나고 히터가 없는 상하부의 온도는 낮게 나타난다. 특히 Chamber 하부의 온도가 상부보다 더 낮게 나타난다. 상·중·하에서 Carrier가 지나가는 위치를 나타내었다.

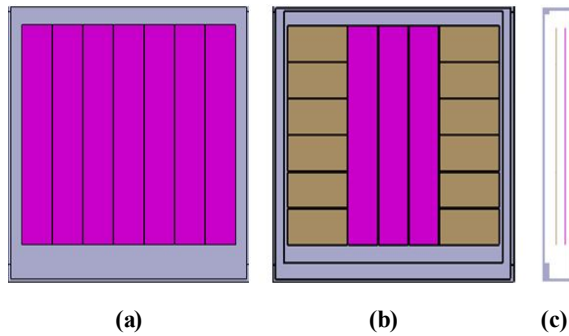


Fig. 5 Modeling of chamber 7

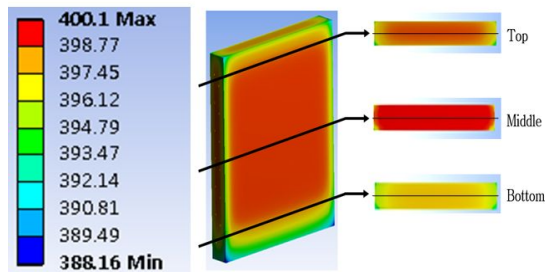


Fig. 6 Temperature distribution in the chamber 7

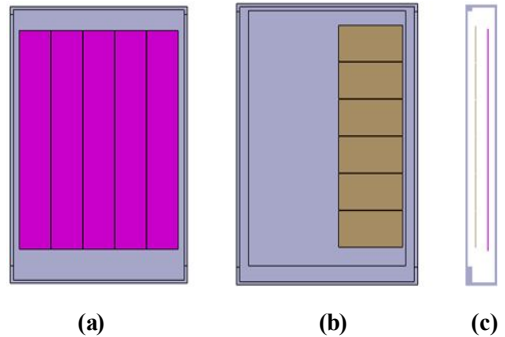


Fig. 7 Modeling of chambers 8/9

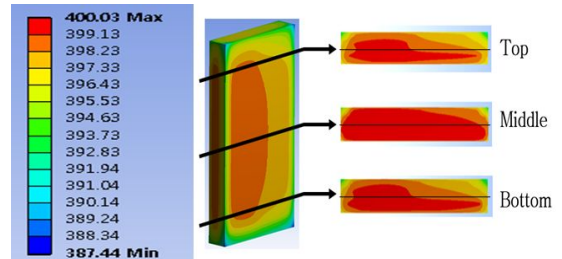


Fig. 8 Temperature distribution in the Chamber 8/9

Chamber 8과 Chamber 9는 동일하게 설계된 ITO를 증착하는 Chamber이기 때문에 Fig. 7의 한 가지 모델링으로 해석하였다. (a)인 Rear부에는 세로히터만 존재하고, (b)인 Front부에는 한쪽에만 가로히터가 존재하고 비어있는 부분에는 ITO 타켓이 존재한다.

Fig. 8의 Chamber 8/9의 온도 분포는 Front부의 히터가 한쪽에만 있기 때문에 히터가 존재하는 부분의 온도만 높게 나타나 한쪽으로 치우친 형상의 온도분포가 나타난다. mesh는 nodes : 57843개, elements : 26555개이다.

4.2 Carrier 라인

Carrier가 움직이는 라인을 따라 온도분포를 해석해 보았다. Fig. 9는 ITO 증착부에서 Chamber 9의 온도변화에 따른 Carrier가 지나가는 line 면이 받는 온도분포를 나타낸 것이다.

Table 2는 Fig. 9의 각 경우의 히터의 온도조건을 나타낸 것으로 mesh의 nodes : 290227개,

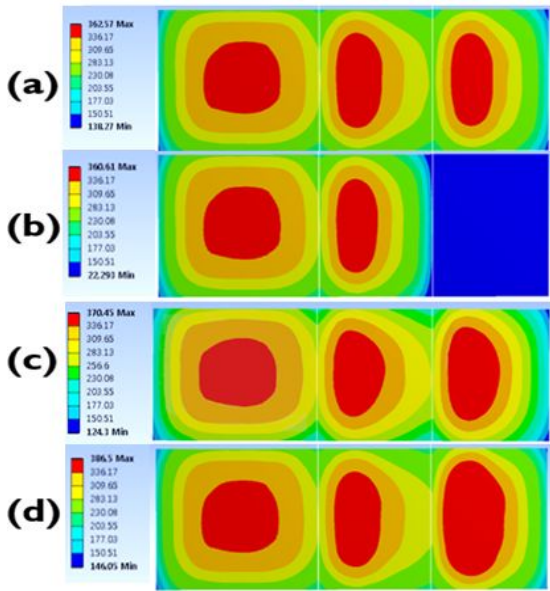


Fig. 9 Temperature distribution in the carrier line

Table 2 Temperature condition

	position	Chamber 7	Chamber 8	Chamber 9
a	REAR	340℃	390℃	390℃
	FRONT	350℃	410℃	410℃
b	REAR	340℃	390℃	0℃
	FRONT	350℃	410℃	0℃
c	REAR	340℃	390℃	390℃
	FRONT	350℃	410℃	450℃
d	REAR	340℃	390℃	420℃
	FRONT	350℃	410℃	440℃

elements : 72129개 이다. (a)는 기존 공정조건으로 온도 조건을 주었을 때 이고, (b)는 Chamber 9의 온도를 낮췄을 때, (c)는 Chamber 9의 Front의 온도만 높혔을 때, (d)는 Chamber 9의 히터온도를 모두 높혔을 때 이다.

Fig. 10은 Fig. 9에서 시뮬레이션한 결과물에서 Chamber 8의 센터라인 온도를 그래프로 나타낸 것이다. 센터라인은 ITO 증착 인라인 스퍼터 장비에서 Carrie 라인 중 ITO 증착이 가장 잘되는 라인이다. Chamber 9의 온도변화에 따라 Chamber 8의 센터라인에서 타겟이 존재하는 부분의 온도 차이가

나타나는 것을 알 수 있다. 기존 공정 조건인 (a)에 비교하여 (b)의 경우 급격히 온도가 낮아지고, (c)는 기존 공정과 비슷한 온도를 나타내고, (d)는 약 20℃ 정도 온도가 높게 나타난다.

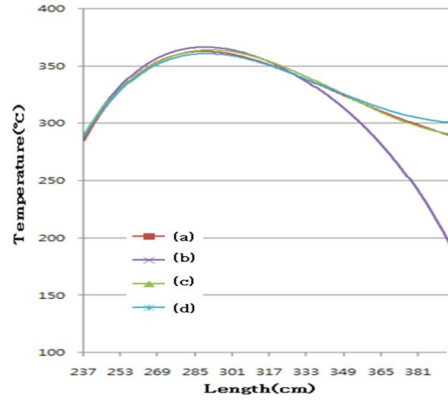
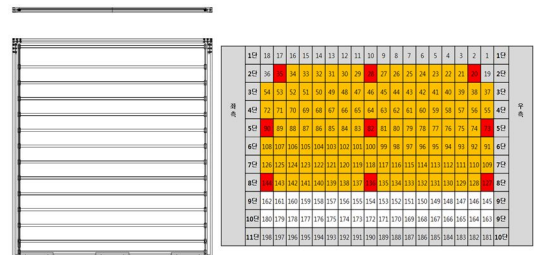


Fig. 10 Temperature graph in the chamber 8



Fig. 11 Tester of After improvement carrier



(a) Carrier form (b) Location of good product
Fig. 12 After improvement carrier

Fig. 11은 개선후의 캐리어를 사용하여 생산한 폰 글라스의 증착정도를 측정하는 시험기이다.

Fig. 12의 (a)는 개선된 Carrier의 도면이고, (b)는 개선된 Carrier의 로딩 되는 유리판의 위치를 나타낸 것이다. 해석결과를 통하여 Carrier의 지나가는 라인을 기존 Carrier 라인과 비교하여 유리판의 로딩 위치가 열을 더 많이 받을 수 있도록 Rear쪽으로 변경하였고 bar를 없애서 로딩 되는 유리판의 개수를 198개로 증가 시켰다. ITO 증착 공정에서 상·하부의 히터의 온도를 높여서 더 넓은 영역에서 높은 온도를 받을 수 있도록 하였다. 따라서 본 연구에 의해 생산수율이 29%에서 68%로 향상됨을 알 수 있었으며, 실질적으로 Chamber 내의 열 분포가 증착하는 생산공정 파라메타로 가장 중요하다는 것을 알았다.

5. 결론

본 연구를 통해 ITO 증착용 인라인 스퍼터 장치의 Chamber 온도 분포 및 Carrier의 온도 분포를 시뮬레이션을 통하여 얻은 결과로 Carrier의 재 설계 제작을 통하여 얻은 결과는 다음과 같다.

1. Chamber에서 온도 분포에 따라 ITO증착특성인 투과도와 면저항이 캐리어의 단별 온도분포가 큰 영향을 미친다. 이것은 Chamber 내부 온도에 가장 큰 영향을 미치는 것이 히터의 존재 유무였다. Chamber 내부 영역보다 히터가 존재하는 영역이 작기 때문에 캐리어의 존재하지 않는 상·하부분에서 온도가 낮게 나타났다.
2. 기존 공정조건과 히터의 온도를 변화시켜 시뮬레이션한 Carrier의 온도분포를 통해 한 면의 히터 온도를 많이 높이는 것 보다 양면의 온도를 조금씩 높이는 것이 기존 공정보다 온도를 높이는 데 더 적합하다는 것을 알 수 있었다.
3. 히터가 더 많이 존재하는 Rear쪽이 더 많은 열을 받을 수 있기 때문에 Carrier에 유리판을 로딩하는 위치를 Rear쪽으로 이동시키면 더 높은 온도로 ITO 증착을 할 수 있기 때문에 Chamber 내의 두께 방향으로의 Carrier의 위치가 매우 중요한 파라메타이다.
4. Chamber의 온도 분포를 고려하여 Carrier를 설

계하여 기존의 Carrier보다 생산수율이 약 29%에서 68%까지 향상되어 ITO 증착 효과를 높이는 계기가 되었다.

후 기

본 연구는 금오공과대학교 학술지원비에 의한 수행 되었습니다. 관계자 여러분께 감사를 드립니다.”

REFERENCES

1. Lee. S. H., "The Study on the Improvement of Mechanical Performance due to Change in Temperature and Sputering by SiO₂/Ag Material of Bonded Disimilar Materials with Cylindrical Shape", J. of KSMPE, Vol. 11 No. 3, pp. 138-145, 2012.
2. Choi. J. R., "Study on Analyze of Thermal Distribution in Inline Sputtering Chambers" J. of KSMPE, Vol. 2013 No. 11, pp. 154, 2013.
3. Choi. J. R., "A Study on ITO Deposition Characteristics according to Temperature Distribution of Vacuum Chamber" J. of KSPE, Vol. 2014 No. 5, pp. 487, 2014.
4. Choi. J. R., "The Characteristic of Optimal Temperature Distribution in Vacuum Chamber for Inline Sputter" J. of KSMTE, Vol. 2014 No. 4, pp. 308, 2014.
5. Choi. J. R., "Carrier Form Design for Temperature Distribution Vacuum Chamber" J. of KSMPE, Vol. 2014 No. 4, pp. 17, 2014.