

터치스크린패널에서의 BM 기판에 대한 공정기술 개발

국윤부 · 김정식[†]

한국교통대학교 산업경영공학과

Process Development for Fabrication BM Substrate In TSP(Touch Screen Panel)

Youn-Boo Kook · Jung-Sik Kim[†]

Department of Industrial & Management Engineering,
Korea National University of Transportation

Abstract

Glass panel of Touch Screen Panel is thin and light then it is worthy of applying it to make the device more compact, and this structure has superiority in touch sensitivity. Followed tempered glass integrated TSP technology has some difficulty in implement stable ITO pattern soundness by the discrepancy of the height between the screen printed decoration layer and the ITO coated layer. Also, Gravure offset printing replaced with screen printing allows cost reduction but, more fine pitch implementation upon the bezel is not possible. Then here using BM(Black Matrix) to make window glass decoration layer by the process steps of cleaning, coat, vacuum dry, bake has been developed. After all, 300~500Å ITO coated thickness has no dislocation open, cracked area upon the BM after is finally cured thickness of 1.2~1.4 μ m, so as to make 5~10 μ m BUS line pattern upon the BM bezel area. Then, this subject deals with the effective BM glass substrate fabrication process

Keywords : TSP(Touch Screen Panel)Substrate, BM (Black Matrix) Coating, TSP BM Process

1. Introduction

디스플레이 산업은 저 소비 전력으로 단말기의 소형화와 경량화가 이루어지고 있다. 디스플레이 분야에서 선호도는 평면화, 슬림화 및 대형화 경향이며, 화질이 선명하고, 초박막의 디스플레이가 실현되고 있다. 디스

플레이 분야에서 터치 기술을 응용한 다양한 제품이 개발되어 여러 분야에서 사용되고 있다. 특히 Smart Phone과 같은 전자기기의 스마트화와 태블릿 PC와 같은 어플리케이션 개발로 터치스크린패널에 대한 관심과 수요가 관심이 높다. Smart Phone은 터치스크린패널(TSP; Touch Screen Panel)을 사용한 대표적인 제

[†]연락처 : 김정식, 380-702 충청북도 충주시 대학로 50 한국교통대학교 산업경영공학과

Tel : 043-842-5308, E-mail : jskim@ut.ac.kr

논문접수일 : 2012년 8월 30일 / 논문심사일 : 2012년 9월 19일 / 게재확정일 : 2012년 9월 25일

품이다. TSP 제조공정도 기존의 디스플레이 공정과 같이 여러 반복공정을 하는 복합공정이다[6,7].

디스플레이용 터치패널의 구현 방식에는 정전용량, 저항막, 적외선, 초음파 방식 등[1]이 있으며, TSP는 투과율과 내구성이 높고, 경량화와 멀티터치가 가능한 정전용량 방식의 TSP가 시장을 선도하고 있으며, 스마트폰, E-Book, 태블릿 PC 등에 널리 응용되고 있다[4]. 정전용량방식의 터치패널은 두 개의 아이티오(ITO; Indium Tin Oxide) 레이어가 물리적 접촉으로 터치 감응하는 구조가 아닌 손가락 접촉으로 전류의 변화량을 인식하는 방식으로 내구성이 매우 좋다[3].

정전용량 방식을 사용하는 강화유리(Tempered Glass) 일체형 터치패널 제조를 위한 매우 중요한 공정기술은 강화유리에 스크린[5] 인쇄(Black Ink)를 하고, 인쇄된 강화유리에 ITO 박막을 증착(Deposition)하는 방법이다. TSP DPW(Direct Patterned Window)는 제조 공정 수율(Yield)이 높지 않아 세트업체와 터치스크린 모듈(TSM)업체가 적용이 곤란하다. DPW는 강화유리에 스크린 인쇄하고, 그 위에 In-Line Sputter System으로 박막을 증착하고 포토(Photo) 공정과 ITO 에칭(Etching) 공정으로 패턴(Pattern)이 형성된다.

강화유리 일체형 TSP는 블랙매트릭스(BM; Black Matrix), 그라비아(Gravure) 등 공정기술 개발을 하여 공정 수율을 높이려 하고 있다. 하지만 강화 유리 일체형 터치패널 구현에 BM 공정 적용은 BM막의 두께, 경사면, 이물, 핀홀 불량 등의 문제로 쉽게 적용을 못하고 있다. 또한 스크린[5] 인쇄는 인쇄 부분의 빛샘을 없애고자 6~7번 인쇄를 한다. 필름타입 TSP 적용에는 문제없었지만, 강화유리 일체형 TSP 기술로 이전되면서 스크린 인쇄가 문제 되었다. 왜냐하면 인쇄된 부분과 화면 부분이 20~30 μm 단차 발생으로 ITO가 증착될 때 두께는 약 300~350Å로 안정적 구현의 어려움으로 인한 패턴 단선이 발생한다. 스크린 인쇄 대체 기술인 그라비아 방식은 2~5 μm 인쇄와, 원가절감이 가능하나, 베젤(Bezel)을 이용한 미세패턴 형성에 단점이 있다. 따라서 BM 방식은 얇은 두께와 균일한 베젤 구

현과 미세패턴 형성의 공정 장점이 있다.

본 연구에서는 기존의 스크린 인쇄로 인하여 발생하는 단차를 줄이고, 공정 수율을 높이기 위하여 강화유리에 BM Pattern을 직접 형성하는 제조공정개발을 연구 하고자 한다.

2. Black Matrix(BM) Pattern 형성

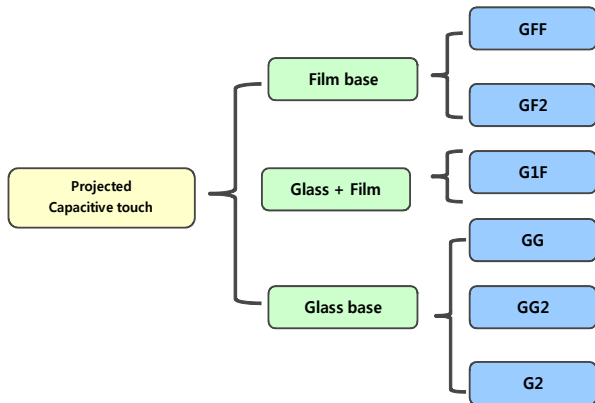
2.1 터치 패널의 종류에 따른 제조방법

초기 터치패널은 대부분 저항막 방식이 대세였고, 현재는 디스플레이 효율성 향상, 내구성 강화, 멀티터치 구현으로 기술을 선도하는 정전용량 방식이다[2]. 최근 스마트 기기의 얇은 두께와 고화질을 경쟁하면서 강화유리 일체형 방식이 기술적인 핵심이 되고 있다. 필름 방식은 베젤에 형성되는 선폭 크기가 60~80 μm 로 베젤 폭을 줄이는데 한계가 있으나, 강화유리 방식은 슬릿 코터 공정과 ITO 형성 공정을 TSP에 응용하면서 5~10 μm 미세 선폭을 좁은 베젤에 형성 할 수 있다.

강화유리 일체형 TSP는 베젤의 높이문제와 표면 균일도를 스크린 방식이 아닌 블랙 매트릭스(BM) 방식을 적용하여 해결하였다. 강화유리 일체형은 14~20 μm 의 인쇄 높이를 줄여야 ITO 공정 불량을 방지할 수 있다. 따라서 LCD 공정에 사용하며 단차를 극복하는 데 효과적인 BM 공정은 블랙 및 화이트 이외에도 다양한 색을 표현할 수 있다.

강화유리 일체형 TSP는 시트(Sheet) 방식과 셀(Cell) 방식으로 분류된다. 시트는 원장에 공정을 진행한 후 디스플레이 크기로 절단하고, 셀은 유리 원장을 디스플레이 크기로 절단 후 강화시킨 후 공정을 진행하는 방식이다. 시트는 원장을 진행하여 셀 방식보다 대량 생산에 이점이 있고, 절단시 곡면 가공이 어렵고, 절단면의 강화층이 사라져 강도가 약한 단점이 있다. 절단면은 강화되지 않은 단면으로, 쉽게 깨져 스마트폰 제조사는 시트 방식을 고수하지 못하고 있다. 그러나 셀은 강도가 뛰어나고 여러 색으로 표현 할 수 있는 있지만,

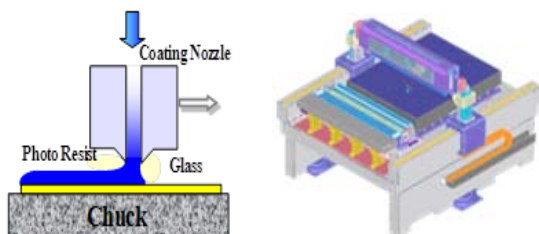
모델 변경이 쉽지 않은 단점도 있다. [그림 1]은 정전 용량 방식의 강화유리 일체형 방식으로 종류를 확인할 수 있다.



[그림 1] Projected Capacitive Touch Panel

2.2 Slit Coating 방법

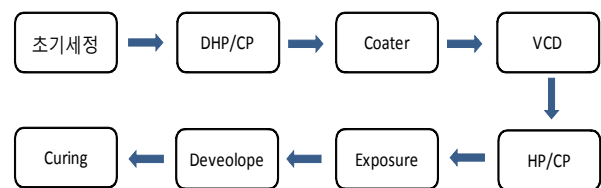
스핀코터는 글라스 기판 위에 감광액을 도포한 후 기판을 회전하는 방식이지만, 슬릿코터는 슬릿 노즐을 이용하여 약액을 토출 하면서 젠트리를 이동시켜 코팅을 하는 방식으로 [그림 2]와 같다. 코팅 방법은 Bottle에 있는 약액을 실린지 노즐에 모터로 공급하고, 정반 위의 글라스 기판위에 간격을 $500\mu\text{m}$ 유지 한다. 젠트리는 $30\sim 50\text{mm/s}$ 속도로 이동을 하면서 BM용액의 슬릿 코팅을 한다. 또한 노즐은 감광액(PR; Photo Resist)을 토출할 때 기판과의 높이는 $80\sim 150\mu\text{m}$ 이고, 젠트리의 이동 속도는 코팅 정도와 밀접한 연관이 있다.



[그림 2] Slit Coat Method

글라스는 유기물질과 파티클 제거를 위해 초기세정기(Initial Cleaner)에서 세정 공정을 한다. 세정은 순수

한 물(DI; Deionized Water) 또는 세정제로 세정을 하며, 자외선(UV; Ultraviolet Ray)도 이용한다. 물기제거를 위해서는 에어 나이프(Air Knife) 후 가열장치(Infrared)로 세정공정을 마무리하며, 가열장치(IR)는 세정된 글라스에 잔존하는 수분(Moisture)을 완전히 제거한다. 수분 존재 여부가 공정 품질에 매우 중요하며, TSP에서 BM 공정 In-Line 공정으로 순서는 [그림 3]과 같다.



[그림 3] BM Process Flow

글라스 코팅은 제조공정에 사용하는 글라스를 석정반(stage)에 진공흡착으로 고정한 후, 슬릿 노즐을 이용하여 액을 도포하고 글라스를 진공건조기(VCD; Vacuum Dry)로 이동하여 진공 건조 시킨 후 하류 공정에 글라스 배출을 한다. BM은 글라스의 차광막 역할을 하여 터치패널 구현 및 빛샘을 방지하고 명암의 차이(Contrast)를 높여주는 역할을 한다. BM은 높은 감도와 넓은 현상 마진과 높은 광학 밀도 특성을 가진다. 약액은 국내업체 S社 & J社 BM이고, 내용구성 물질은 Pigment 40~55% and PGMEA(Propylene Glycol Methyl Ether Acetate) 30%, Acrylate 5~10%, Additive 2~3.5% 이다. BM점도는 $2\sim 5\text{cp}$ 코팅 후 가열 전 액상(wet)의 두께는 $10\sim 20\mu\text{m}$ 이며, BM의 고형물질은 10%이다.

BM 코팅 후 공정은 VCD or VP(Vacuum Dry)이고, 이곳에서 유기용매(PGMEA) 증발 후 실질적인 코팅두께가 결정되며, 온도는 상온이고 진공압력은(Vacuum leak) $\leq 13.3\text{pa}(0.1\text{torr})$ 까지 진행하며, 시간은 10분이다. 베이킹 공정은 핀의 높이, 오븐 온도, 진행 시간이 공정불량과 연관성이 매우 높다. 핀과 글라스 높이는 $1\sim 1.5\text{mm}$ 이고, 온도는 $90\sim 120^\circ\text{C}$ 이며, 공정 진행시간은 $100\sim 120\text{sec}$ 이다. 오븐 공정은 온도 균일성을 요구하는

데 온도 편차로 인한 공정 불량인 무라(색조불균형)가 발생하기 때문이다. 베이크 공정 후 쿨링(Cooling)에서는 글라스 온도를 상온으로 유지하면 노광 공정에서 유리한 공정을 할 수 있다. [그림 4]는 코팅과 노광 진행다음 현상 공정 후의 모습이다.

BM막을 형성하는 공정은 빛을 차단하는 특성을 가

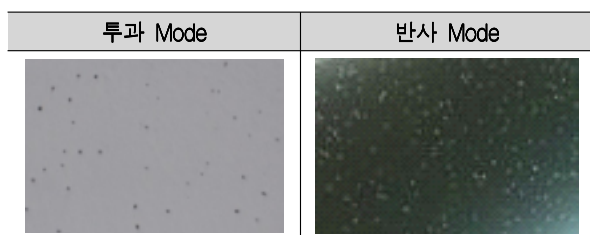
진 블랙매트릭스(Black Matrix)를 사용하여 슬릿코팅을 하였다. 코팅 후 유기용매(Solvent) 및 이물을 제거시키기 위해서는 진공건조기 공정이 중요하며, 90~120℃에서 베이크를 하며 노광(Exposure) 후 현상(Develop)을 마치고, 200~230℃에서 마지막 소성공정(Curing)으로 글라스에 BM막이 형성된다.

Coating	After Develop	Coating 조건	
		BM	Negative PR
		Cp	2~5cp
		THK	1.5~2.5μm
		OD	4
		Coat	Cell Coat or Sheet
		Exposure	I-Line

[그림 4] BM Slit Coating After Develop Image

2.3 BM 패턴 제조 공정시의 불량 원인

BM막이 형성된 글라스를 검사하면 다양한 모양의 불량이 나타난다. 저점도의 BM 재료를 사용하면 코팅 표면에 나타나는 핀홀(Pin Hole)성 불량이 대표적이다. TSP(Touch Screen Panel) 기판으로 제작된 BM 글라스에 공정에서 발생된 핀홀 불량은 [그림 5]와 같다. 이와 같은 핀홀 불량은 베젤 부분에 위치할 경우 빗셈 불량 등이 발생하여 공정수율 저하 요인으로 작용을 한다. 핀홀 불량 크기는 10μm 이하 크기로 나타나며, 불량 예방을 위해 필터(Filter)의 포아(Pore) 크기를 2~4.5μm 사용했다. 약액에 카본이 섞여 있기에 포아가 작은 필터는 사용이 어려워 BM 토출량을 고려하여 필터를 사용하였다.



[그림 5] 핀홀(Pin Hole) 불량

TSP 글라스 제작 중 불량 발생은 TSP공정 수율을 저하시킨다. 코팅 공정에 나타나는 핀홀 불량은 현상(Development)공정 후 [그림 5]의 모양으로 나타나는데

핀홀 불량 크기는 다르다. 버블 모양은 작은 공기가 터지는데, 액에 숨어있어 코팅을 하면 터지는 경우와 이물과 버블로 된 모양이 있으며, 버블발생 방지는 공급라인에 필터를 연결하여 사용한다. BM 용액은 네거티브 용액이며 핀홀과 버블 불량 등은 액의 보관과 해동 시간도 밀접한 관계가 있고, BM용액 보관 온도는 -20℃, 해동은 상온보관 8시간 후 사용을 한다.

2.4 BM 제조 및 결과 분석

2.4.1 현상 시간에 따른 잔사 유무

코팅 설비와 연관되는 불량은 다양하며, 코팅 품질에 영향을 미친다. 글라스를 이동하는 로봇은 진공을 이용하여 이탈하지 않게 잡아주며, 이때 글라스 접촉면의 영향으로 코팅 불량이 발생한다. 설비관련 주요 불량은 가열장치(Hot Plate)의 영향으로 코팅두께(Thickness),

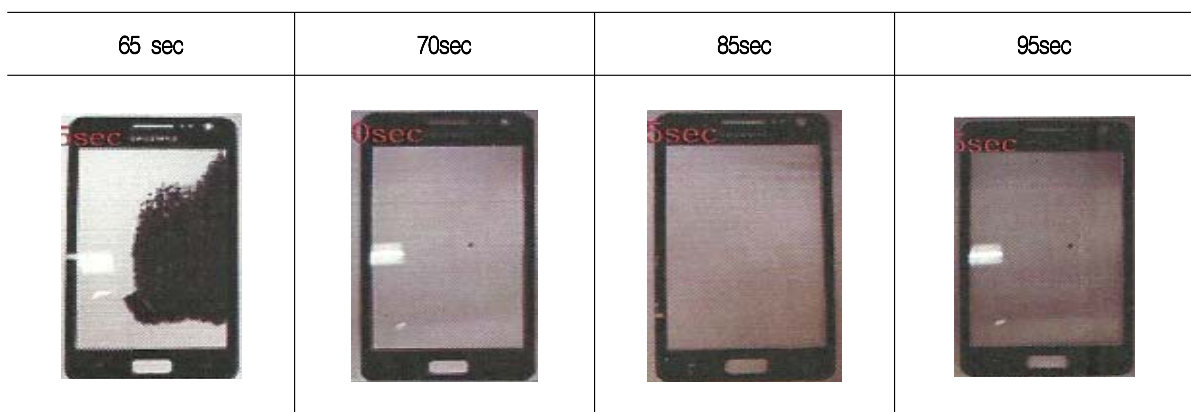
균일도(Uniformity) 불량률 들 수 있다. 코팅의 두께, 균일도는 원장(Sheet) 방식과 Jig를 사용하는 셀(Cell) 방식에는 차이가 있다. 원장 코팅이 균일도에서 유리하며, Jig를 사용하는 셀 방식은 Jig 가공공차, 표면 거칠기, 글라스 공차 등 많은 관리 단점이 있다.

코팅의 접착력은 약액의 반응성, 오븐 진행 시간과 연관성이 높으며 코팅 후에 확인이 어려워 현상 공정을 마치고 확인을 하였다. 노광은 I-Line Contact 노광기, Lamp는 수은 Arc Lamp, 에너지는 150mJ과 Gap은 170 μ m를 사용 하였다. 현상시간에 따른 패턴 폭의 크기 변화는 5 μ m이내로 패턴 스펙(specification) 범위에 들었으며, 패턴이 무너진 현상은 보이지 않았다. 현상시간에 따른 잔사의 유무(View Area) 확인 결과 65sec 이하에서는 미현상이 발생 하였고, 70~95sec 까지는 과현상을 하여도 점 형태의 잔사가 남는 것을 [그림 6]에서 확인 하였다. 이는 코팅 균일도가 균일하지 못하고, 현상액 농도와 노광설비의 노광량이 맞지 않으면 현상

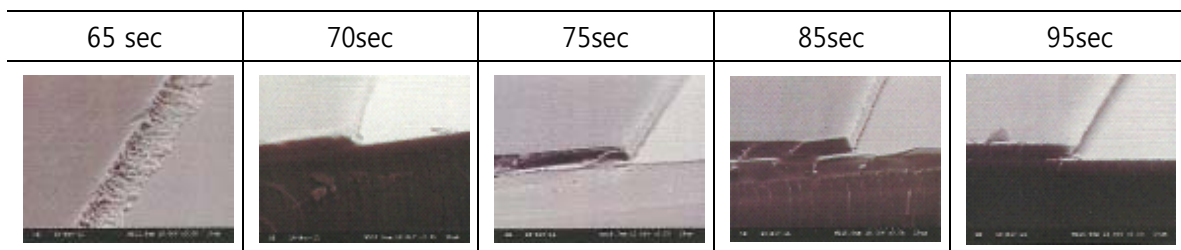
불량인 미현상 및 잔사가 발생된다. 특히 컨베이어 형태는 테스트(DES: Develop, Etching, Strip) 설비를 사용할 경우는 잔사는 현상 시간보다는 농도에 의해서 영향을 많이 받는다.

24.2 현상 시간에 따른 Slope 형상

60sec 이하에서는 미현상이 발생 하였고, 70~75sec에서는 경사면 형상이 가장 좋았으며, 현상시간이 90sec 이상은 언더컷 형상이 나타나는 것을 [그림 7]에서 확인 하였다. [그림 6, 7]에서 사용한 글라스는 국내 강화유리 업체인 협진 제품을 사용하였다. S社 BM을 사용할 경우 전반적으로 Slope 현상이 패인 듯한 형상 상태로 현상상태가 좋지 않았으며, 과현상을 진행 하더라도 잔사는 존재하였다. 잔사의 이유는 건조 온도, 강화 글라스 종류, 현상액 농도, 노광량 등이 연관이 있다.



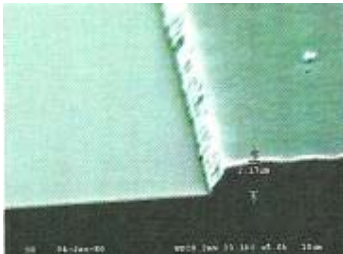
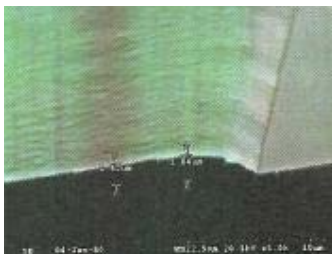
[그림 6] 현상 시간에 따른 잔사 유무



[그림 7] 현상 시간에 따른 Slope 형상

THK	2.3 μm	1.6 μm	1.4 μm
Time	65sec	55sec	55sec
Image			

[그림 8] 두께(THK) 따른 현상 시간

After Develop	After Hard Bake	
		

[그림 9] After Develop & After Hard Bake

2.4.3 두께(THK) 따른 현상 시간

[그림 8]은 중국 강화 유리업체인 Lesone 글라스이며 두께에 따른 현상 시간이다. 두께가 두꺼워질수록 경사면 각도가 직각 형태를 보이는 것을 알 수 있다. BM의 코팅 가능 이용 두께는 얇을수록 장점이 많은데, OD(Optical Density) 4이상 수치가 나와야 차광막 효과를 얻을 수 있다. 사용하는 글라스에 BM의 코팅 두께가 2.5 μm 와 2.3~1.4 μm 정도가 상이하여 현상시간이 차이가 났다.

2.5 BM 패턴 코팅 및 제조공정

BM 코팅 후 현상 조건은, 현상액은 수산화칼륨(KOH) 0.045%, 속도 40m/min, 압력 1kg/f, 온도 30℃, Ph 12.4 이다. 현상에서 가장 중요한 것은 현상액 농도 관리이며, 농도가 변하면 공정 조건이 바뀌어 불량 발

생이 높다. [그림 9]는 BM 용액을 국내 S社에서 J社로 변경하여 코팅 후 현상과 소성공정 후 형상이다. BM은 녹는 타입(Melting Type)으로 최종소성 공정 후 경사면이 부드러운 형상을 나타내었고, 1.4 μm 에서도 OD 수치가 4이상으로 두께를 얇게 제어하여 코팅을 하였다. 또한 점도가 낮아 1.4 μm 목표로 두께 코팅에서 균일도가 좋았으며, 현상시간, 코팅 두께에 따른 현상 조건이 좋았다.

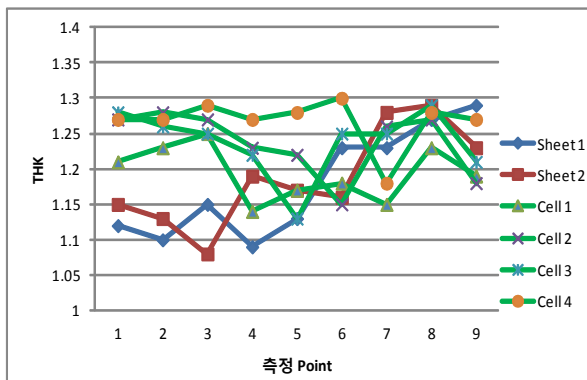
BM 코팅 진행을 위한 공정 조건으로 <표 1>과 같다. 제작된 BM 기판은 큐어링(Curing) 후 두께 측정을 원장과 셀로 나누어 측정 하였다. 측정 포인트는 9 포인트이며 [그림 10]과 같다.

코팅의 측정 결과는 620×720 글라스와 4.3인치 셀 글라스를 9Point 측정 하였으며 [그림 10]과 같다. 코팅 데이터 값은 최대값(Max), 최소값(Min), 평균값(Average), 변동폭 값(Range)으로 표시하였다. 원판 코팅 두께 평균은 1.18 μm 이며, 셀 코팅 두께 평균은 1.23 μm 이다.

<표 1> Coating Condition

Item	Specification	Content
Coating Material	BM(S社 & J社)_2~5cp	Gap : Dispense Gap Nozzle gap : Nozzle Gap Speed : Nozzle Moving VCD : Vacuum Dryer HP : Hot Plate
Glass	Tempered Glass 4.3" * 0.7t 620mm * 720mm * 0.5t	
Target Dry Thickness	1.4 ~ 1.5 μ m	
Coating Condition	Gap:80 μ m, Nozzle gap:180 μ m, Speed 80mm/sec	
Test Process	Coating → VCD → HP1 → HP2	

측정 Point	Sheet 1	Sheet 2	Cell 1	Cell 2	Cell 3	Cell 4
1	1.12	1.15	1.21	1.27	1.28	1.27
2	1.1	1.13	1.23	1.28	1.26	1.27
3	1.15	1.08	1.25	1.27	1.25	1.29
4	1.09	1.19	1.14	1.23	1.22	1.27
5	1.13	1.17	1.17	1.22	1.13	1.28
6	1.23	1.16	1.18	1.15	1.25	1.3
7	1.23	1.28	1.15	1.26	1.25	1.18
8	1.27	1.29	1.23	1.27	1.29	1.28
9	1.29	1.23	1.19	1.18	1.21	1.27
Max	1.29	1.29	1.25	1.28	1.29	1.3
Min	1.09	1.08	1.14	1.15	1.13	1.18
Range	0.2	0.21	0.11	0.13	0.16	0.12
Average	1.18	1.19	1.19	1.24	1.24	1.27



[그림 10] Thickness Inspection & Point

셀 방식 코팅 두께를 비교하면 전체적인 두께 경향성은 원판과 셀 방식이 유사($1.2 \pm 0.2 \mu\text{m}$)하게 나타났으며, 코팅 안정성이 높게 나타났다.

3. 고찰 및 결론

TSP 제조 공정 기술 중의 하나인 BM을 이용한

TSP제조공정을 개발 하였다. 터치패널 제작은 BM약액을 이용하여 코팅 두께, 베이킹(Bake)공정 후 두께를 확인하고, 노광 공정과 현상을 완료 후 최종 소성 공정(curing)을 하여 기판 제작을 하였다. BM 코팅은 글라스 초기세정공정이 먼저 이루어지고, 수분을 제거를 위해서 에어 나이프와 가열장치(IR)를 통해서 수분을 처리하고서 코팅 후 제작을 하였다. 터치패널 글라스 기판은 BM 용액을 코팅 후 진공 건조 공정을 통하여 유기용매 (PGMEA Solvent)를 증발 후 코팅 두께가 결정되며, 마지막 형성은 베이킹 공정이 끝나야 한다. 베이킹 공정이 마무리되면 최종 소성공정인 큐어링 공정으로 BM 기판 제작 공정이 마무리 되고, 다음 공정으로 이송이 된다.

제작된 터치패널 글라스 기판은 베이킹 공정 후 두께는 $14 \sim 16 \mu\text{m}$ 이며, 최종소성 공정 후 $1.2 \sim 1.4 \mu\text{m}$ 에서 ITO 증착 두께 $300 \sim 350 \text{\AA}$ 로 끊어짐 없이 BM 경사면 증착과 BM 코팅 균일도 향상으로 BM 라인 위에 $5 \sim 10 \mu\text{m}$ BUS Line을 형성 할 수 있는 결과를 얻었다. BM 유기 소재를 사용하는 터치패널 글라스 기판은 BM의 단차면의 경사면이 수직이 아니고 다음공정인 ITO 증착과 후속 공정을 위해서 낮은 경사면 형성이 꼭 필요하다. BM 경사면 형성은 ITO 증착후 후속 공정의 크랙, 보이드, 스트레스(Cracks, Voids, Stress)를 완충하는 역할을 한다.

이 논문은 터치패널 글라스 기판 제작과 공정개발을 통하여 차광막 특성을 활용하는 G2 공정 기술을 확보

할 수 있었다. 차후 연구로는 BM 소재를 이용한 터치 패널 기관의 후속 공정의 신뢰성 개선이 필요하며, 이를 위해 BM층 기관에 다층박막의 형성에 필요한 공정의 개발에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

Engineering, Seoul, Korea, 제14권 제4호, pp. 3-12, Dec. 2009.

참고문헌

- [1] 권지인, 임순옥, 터치스크린 패널시장 현황 및 국내 업체에 대한 시사점, 정보통신정책 20(13), pp. 2-3, 2008.
- [2] 고해원, “터치패널의 시장 환경과 국내업체의 경쟁력 제고 방안”, KDBRI 산은경제연구소 2011.
- [3] B. Fowler, M.D. Godfrey, S. Mims, “Reset noise reduction in capacitive sensors”, Circuits and Systems I: Regular Papers, IEEE Transactions, Vol. 53, pp. 1549-8328, 2006.
- [4] Se-Mo Son, Jong-Hyun Shin and Son-Yeop Kwak, 1995, “The Manufacturing of Color Filter for Liquid Crystal Display by Screen Printing Method”, Journal of the Korean Printing Society, Vol. 13, No. 1, pp. 39-55.
- [5] Taik-Min Lee, Yong-Jung Choi, Su-Yong Nam, Choon-Woo You, Dae-Yup Na, Hyeon-Cheol Choi, Dong-Youn Shin, Kwang-Young Kim, Kwang-Il Jung, “Color Filter Patterned by Screen Printing”, Thin Solid Films, Vol. 516, Iss.21, pp. 7875-7880, 2008.
- [6] Youn-Boo Kook and Jung-sik Kim, “A study on the Analysis of Track Alarm in the Display Processes”, Journal of Korean Institute of Plant Engineering, Seoul, Korea, Vol. 14, No 2, pp. 83-93, JUN. 2009.
- [7] Youn-Boo Kook and Jung-sik Kim, “A Study on the Equipment Operating Time Analysis in Photo Process”, Journal of Korean Institute of Plant