

스크린 프린팅 적용을 위한 패널 평탄도와 BM 일치성의 공정능력 분석

이도경* · 장성호* · 고남제**

* 금오공과대학교 신소재-시스템공학부
** LG.Philips 디스플레이 디바이스 연구소

Capability Analysis of Consistency with Panel Flatness & Black Matrix for Screen Printing

Do-Kyung Lee* · Sung-Ho Chang* · Nam-Je Koh**

*School of Material & System Eng., KUMOH National Institute of Tech.

**Device Laboratory, LG.Philips Displays

A new display device is required, which has concepts of flatness and slimness. FED can be one of the solutions. When we use flat panel, we can save the raw material and reduce the production time by eliminating the printing process, drying process, and washing process. In this case, good panel flatness and consistency with panel flatness and black matrix is the precondition. Therefore, we analyzed process capability of panel flatness and regression between panel flatness and BM position by experiments.

Keywords : process capability, regression, FED, screen printing

1. 연구의 배경 및 목적

디스플레이 디바이스 산업은 한국에 있어 차세대 성장 엔진 산업이다. TV와 모니터 등 Display Device 분야에서, 소비자들의 선호는 점차 평면화, 슬림화, 대형화하는 추세에 있다. 그러나 현재 CRT(cathode ray tube)방식으로는 35인치 이상의 제조가 기술적인 어려움으로 인해, LCD(liquid crystal display), PDP(plasma display panel) 등을 비롯, 위의 추세를 반영하는 다양한 형태의 Display Device들이 개발되고 있다.

CRT 및 CDT(color display tube) 시장은 5년에서 10년 사이에 중국을 포함한 후발 개도국이 대부분을 차지할

것으로 예상된다. 그러므로 현재 한국 기업들이 점유하고 있는 Display Device 시장을 유지하기 위해서는 이 기간 내에 CRT 및 CDT를 대체할 고품질 고부가가치의 새로운 Display Device 개발이 필요하다.

모든 형태의 Display Device에서 시각적 정보를 인간에게 제시하는 최종 부품은 패널이다.

패널이 갖추어야 할 여러 특성 중, 평면 패널은 LCD 방식과 PDP 방식의 소비자 선호도에 의해 이미 정착화 단계에 들어섰다.

기존 CRT나 CDT에서는 상판 패널의 내부 면이 곡면이기 때문에 노광방식으로 형광체를 도포해 왔다. 그러나 상판 내부가 평면 패널 도입 시, 프린팅 방식을 고려

본 연구는 2002년도 전자부품산업 고품질화 및 공정자동화 연구센터의 지원에 의하여 연구되었음.

* 금오공과대학교 신소재·시스템공학부

** LG.Philips Display 연구소

할 수 있다.

형광체 도포에 있어 스크린 프린팅 방식의 적용은 기존 노광방식에 의한 Bus Patterning PH 공정의 프린팅공정과 건조공정 및 세정공정의 세 공정을 제거할 수 있다. 이에 의한 장점으로서, 보다 작은 공장 면적, 설비투자비용의 감소, 제조시간의 단축 및 고가의 형광체 재료의 절감 등을 들 수 있다. 정밀 스크린 프린팅 방식은 이미 디스플레이 디바이스 산업 중 PDP에서 패널 내부의 격벽(rib) 축조에 적용하고 있다.

스크린 프린팅 방식의 경우, 그 특성상 인쇄 전 유리 패널의 평탄도가 기존 노광방식에 비해 높은 수준의 공정능력을 요구하게 된다. 노광방식에서는 패널과 마스크가 쌍으로 구성되어 마지막 공정까지 같이 움직인다. 그러므로 유리 패널 평탄도의 산포가 크더라도 BM(black matrix)공정 -BM전면 인쇄, 건조, 노광, 현상, 소성)-과 형광체 도포공정이 자체적으로 이를 반영할 수 있는 시스템이다.

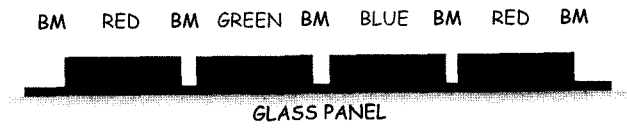
본 연구의 대상은 패널 하판이 아주 작은 크기의 수많은 전자총들에서 방출된 전자가 전면면에 있는 각각의 형광체를 발광시킴으로써 영상표시를 하는 차세대 디스플레이 방식인 FED(Field Emission Display)로서, 개발하고자 하는 스크린 프린팅 방식에서는 마스크를 사용하지 않는다. 또한, 소비자의 요구와 기술력의 증진으로 인해 디스플레이 디바이스에 고해상도가 요구되고 있다. 그러므로 허용 공차의 마진이 작아서 형광체가 상판 패널의 BM위에 정확히 인쇄되어야 한다

그러므로 새로운 디스플레이 디바이스 방식을 구현하기 위해서는 패널을 구성하는 상판 패널(Red, Green, 그리고 Blue의 형광체가 인쇄되는), 전극, 하판 패널(FED)의 부품도 개발되어야 하지만, 또한 개별적으로 제조되는 이들 세 가지 부품사이의 조립후 일치성이 유지되어야 하는 문제가 발생한다.

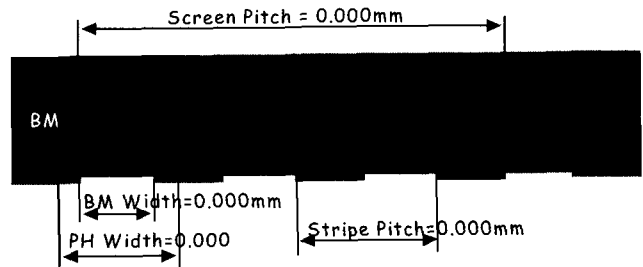
본 연구에서는 위의 이유에 의해 현재 국내에서 생산되고 있는 유리 패널의 평탄도에 대해, 고해상도와 스크린 프린팅 방식에서 요구하는 공정능력을 충족하는가를 분석하고, 평탄도에 따른 스크린 프린팅에 의한 R, G, B 형광체의 인쇄 위치와 BM과의 일치성에 대해 그 관계성을 회귀분석을 통해 연구하였다.

2. 상판 패널 제조 공정

상판 패널이란 우리가 눈으로 그림을 접하는 형광체가 도포된 유리 패널이다. 상판 패널의 측면도와 평면도는 아래 [그림1, 2]와 같으며, 설계상의 수치는 생략하였다.



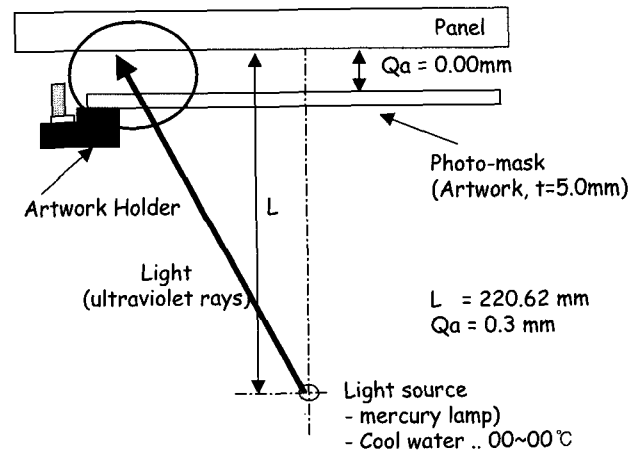
<그림 1> 상판 패널의 측면도



<그림 2> 상판 패널의 내면 평면도

2.1 BM 형성공정

BM은 흑연이 주성분으로서 Red, Green, Blue의 3가지 형광체를 구분하여 빛의 혼색을 막는 역할을 한다. 각 형광체들은 이들 BM 사이에 인쇄하게 된다. 공정순서는 BM 코팅, 노광, 현상, 에칭, 스트립, 세정 및 건조 공정이다. BM의 형성의 원리를 아래 <그림 3>에 나타내었다.

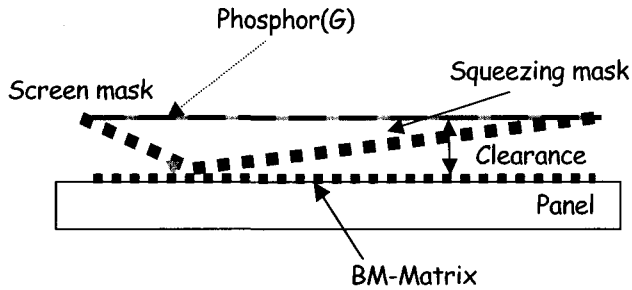


<그림 3> BM 공정의 원리

2.2 형광체 형성공정

BM위에 Red, Green, Blue의 3가지 형광체를 인쇄하는 공정이다. 각 형광체는 스크린에 의해 각자의 정해진

BM 사이에 인쇄된다. 인쇄에 영향을 미치는 인자들은 매우 많으며 적지 않은 항목들이 기술적 노하우에 속한다. 이들 인자 중 관리하고 있는 인자들로서 개별 형광액 점도, 스크린 탄성, 인쇄 속도, 수평도 Clearance 등이 있다.



<그림 4> 형광체 인쇄공정

3. 패널 평탄도 분석

형광체는 유리 패널 위에 있는 BM 사이에 인쇄되어야 한다. 위의 <그림 4>에서 알 수 있듯이, 유리 패널의 평탄도가 나쁘다면, 형광체는 원 위치를 벗어난 곳에 인

쇄된다. 이 경우, 인쇄가 되지 않아 고휘도의 백색광이 나오는 '결색'이라고 하는 불량과 다른 색상의 형광체와 혼합되는 '타색타'의 불량이 발생하게 된다.

3.1 패널 평탄도 Spec.과 측정 위치

본 연구에서는 먼저 국내 A사에서 제조되고 있는 14inch 평면유리 패널 상판에 대해 조사했다. 측정한 패널은 40본이며, 각 패널 당 20 포인트씩 800 포인트를 측정하였다. 포인트의 측정 위치와 공차는 다음과 같다.

- Spec. : 1)단변(세로) - (Left : 6~10, Right : 16~20)
 : () ± 5 um
 2)장변(가로) - (Top : 1~5, Bottom : 11~15)
 : () ± 10 um

측정위치

		5	4	3	2	1	
6							20
7							19
8							18
9							17
10							16
		11	12	13	14	15	

<표 1> 평탄도 측정을 위한 각 포인트별 위치

	TOP					Bottom					Left					Right					Flatness				cond.	
	1	2	3	4	5	11	12	13	14	15	6	7	8	9	10	16	17	18	19	20	Top	Bottom	Left	Right		
Panel #1																									3	
Panel #2																					-31	-34	18	19	OK	
Panel #7											16	34	42	36	13	12	34	43	37	17	-12	-13	28	29	NG	
Panel #8											9	22	27	23	8	8	23	27	23	12	-48	-38	19	17	NG	
Panel #9											9	17	19	18	7	7	17	18	18	9	-47	-45	11	10	NG	
Panel #10											0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NG	
Panel #11											16	33	43	36	13	10	28	34	30	15	-37	-31	29	22	OK	
Panel #12											15	30	35	30	11	12	30	36	30	14	-28	-28	22	23	OK	
Panel #14											10	22	25	23	9	7	20	22	21	11	-42	-41	16	13	OK	
Panel #15											9	18	20	18	7	6	19	23	22	13	-19	-21	12	14	NG	
Panel #16											10	18	20	19	8	6	15	16	17	8	-36	-37	11	9	NG	
Panel #17											13	29	33	28	10	13	36	44	36	14	-27	-33	22	31	NG	
Panel #18											10	23	27	23	8	8	22	24	22	9	-24	-23	18	16	NG	
Panel #19											12	22	24	22	9	8	19	20	20	10	-36	-35	14	11	OK	
Panel #20											13	29	34	28	10	10	27	31	27	14	-19	-18	23	19	NG	
Panel #21											14	34	42	35	13	10	26	32	28	12	-33	-29	29	21	OK	
Panel #22											10	26	31	27	10	9	25	29	25	11	-50	-48	21	19	NG	
Panel #23											9	17	19	18	6	7	17	21	22	11	-40	-35	12	12	OK	
Panel #29											10	24	31	25	10	7	22	29	25	12	-19	-19	21	20	NG	
Panel #30											11	26	33	27	11	10	27	35	28	12	-42	-36	22	24	OK	
Panel #31											11	26	32	25	10	11	27	33	27	11	-28	-32	22	22	OK	
Panel #32											10	19	23	20	8	10	28	38	32	13	-26	-31	14	27	OK	
Panel #33											10	21	26	21	8	10	25	33	27	13	-41	-38	17	22	OK	
Panel #34											11	22	27	21	8	5	14	18	16	8	-17	-36	18	12	NG	
Panel #35											7	17	22	19	8	7	17	21	19	9	-40	-38	15	13	OK	
Panel #36											11	24	29	23	9	10	25	31	25	11	-30	-32	19	21	OK	
Panel #37											10	18	18	8	11	4	19	28	24	13	-11	-12	8	20	NG	
Panel #38											13	33	42	34	13	10	26	34	28	14	-32	-24	29	22	NG	
Panel #39											9	25	31	24	9	9	22	26	22	10	-35	-28	22	17	OK	
Panel #40											11	26	32	26	10	9	23	30	25	12	-44	-44	22	20	OK	
																					AVG	-31	-30	18	18	16
																					Max-Min	50	48	29	31	OK

3.2 패널 평탄도 측정 자료

측정값의 일부를 아래 <표 1>에 제시하였다(자료는 일부 기업자료 공개상의 문제로 일부 가공 및 생략한 것이나, 공정능력지수는 실제 모든 측정자료를 사용하여 계산하였음).

3.3 패널 평탄도 공정능력

Panel의 평탄도가 가지는 표준편차와, 양산시 현재 spec으로 관리 가능 여부 및 spec 변경이 필요한지에 대한 판단을 위해 상판 유리패널을 Left, Right, Top, 그리고 Bottom의 네 가지로 구분하여 분석하였다. 각 유리패널 위치에 대한 공정능력값을 <표 2>에 정리하였으며, 상황 A는 실측자료에 대한 것이며, 상황 B는 공정평균을 목표값으로 조정된 경우이다(측정 자료는 기업 정보 공개상의 문제로 미기재).

<표 2> 실제공정과 공정평균 이동의 경우에 대한 상판 유리패널의 평탄도 공정능력

	상 황	표준편차	Cp	Cpk
Top	A	11.3	0.3	0
	B	11.3	0.3	0.29
Bottom	A	11.6	0.29	-0.08
	B	11.6	0.29	0.21
Left	A	6.4	0.26	0.1
	B	6.4	0.26	0.25
Right	A	6.7	0.25	0.07
	B	6.7	0.25	0.21

분석결과는 다음과 같다.

- 1) 패널의 평탄도는 정규성을 만족하고 있음.
- 2) 장변의 평탄도 산포가 단변보다 2배 정도임.
- 3) 장, 단변 내에서의 Top과 Bottom 그리고 Left와 Right는 거의 동일수준의 산포를 보이고 있음.
- 4) Top과 Bottom, Left 그리고 Right의 모두가 공정 평균을 목표값으로 설정한 Cp값이 0.7 이하이므로 원하는 Spec.을 전혀 충족치 못하고 있다.

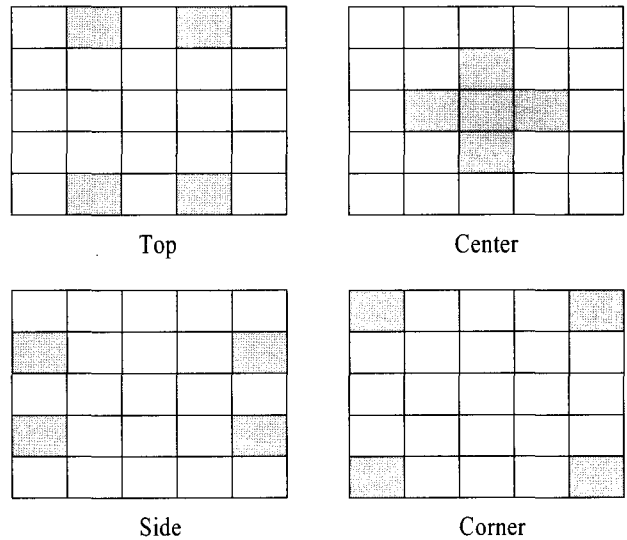
4. BM 쪽 자료 분석

패널 상판 공정에서의 대표적 불량은 앞서 언급하것과 같이 '결색'과 '타색타'이다. 형광체는 유리 상판패널의 BM 위에 인쇄되므로, BM 쪽이 설계(A/W)에서 지정한 정밀도를 유지하여야만 BM과 형광체에 의한 양·

불량이 결정된다. 그러므로 BM 쪽에 대해서도 공정능력을 측정하여야 한다.

4.1 측정 위치

조사한 패널은 20본이며, 개별 패널에서 25포인트를 측정하였다. 25개의 측정 포인트는 다시 [그림 5]와 같이 패널을 Top, Center, Side, 그리고 Coner의 네 부분으로 구분하여 각기 실시하였다. 이는 위치에 따라 Spec.이 다르기 때문이다.



<그림 5> 설계규격에 따른 BM쪽 측정위치

4.2 각 위치별 분석 내용

분석 결과, 각 부위별 정규성 검정에서 예상외로 center 부위를 제외한 나머지 부위에서는 정규성을 만족하고 있다. 또한, BM은 노광방식임에도 불구하고 전체적으로 공정능력이 낮았다. 이는 현재 설비가 파일럿 라인임에 기인하는 것으로 판단된다. 각 위치별 분석 내용은 <표 3>과 같다.

<표 3> 패널 위치별 BM쪽 분석 결과

	정규성검정 p-value	표준편차 (mm)	Cp	Cpk
Center	0.002	0.00031	0.85	0.85
Top	0.226	0.00039	0.70	0.61
Corner	0.049	0.00031	0.72	0.70
Side	0.193	0.00037	0.72	0.70

5. 평탄도와 BM 위치간의 회귀분석

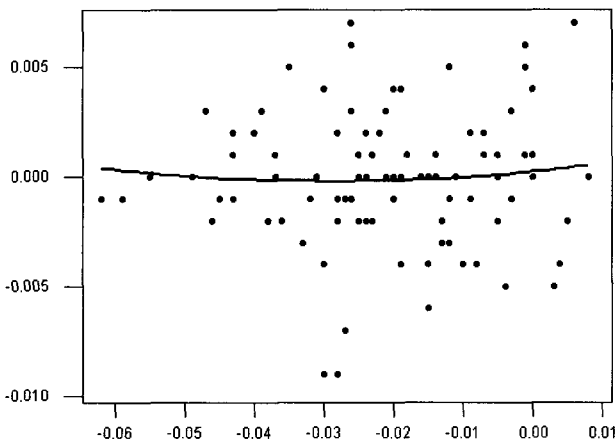
평탄도에 대한 BM의 위치의 관계함수 도출을 위해 2차 회귀분석을 실시하였다. 독립변수는 패널 평탄도이며, 종속변수는 BM위치와 설계값과의 차이이다.

5.1 측정 위치

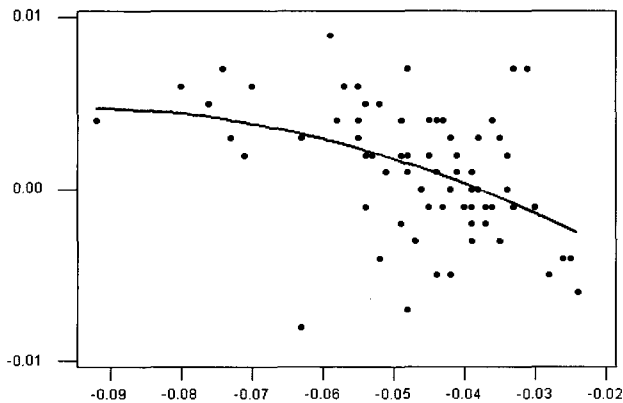
조사한 패널은 20본이며, 개별 패널에서 25포인트를 측정하였다. 그리고 회귀분석에 측정하는 자료는 BM과의 관계이므로 위의 <그림 5>와 같이 Top, Center, Side, 그리고 Coner의 4가지로 구분하여 각기 실시하였다(측정 자료는 기업 정보 공개상의 문제로 미기재).

5.2 평탄도의 변화에 의한 BM 위치 분석

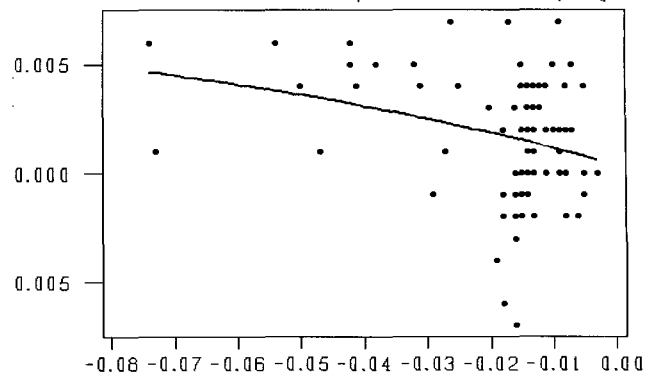
네 위치에 대한 산점도와 회귀곡선은 아래 <그림 6,7,8,9>와 같다.



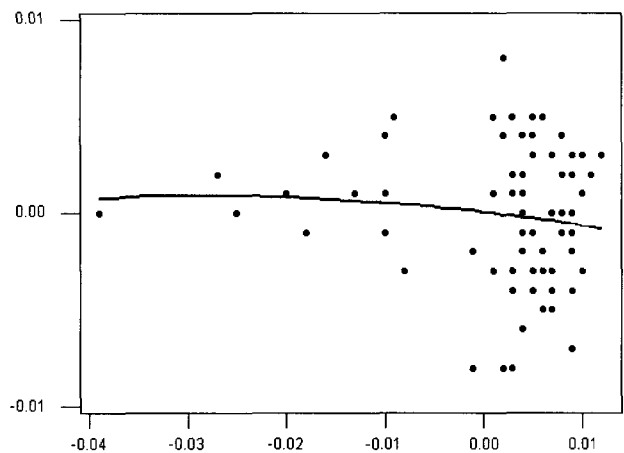
<그림 6> Center 부분의 산점도와 회귀곡선



<그림 7> Top 부분의 산점도와 회귀곡선



<그림 8> Corner 부분의 산점도와 회귀곡선



<그림 9> Side 부분의 산점도와 회귀곡선

위의 그림들에서 확인할 수 있는 것처럼, 관계가 가장 강하게 보이는 Top 부분도 회귀에 의해 설명되는 부분이 매우 취약하였다. 분석 결과는 다음과 같다.

- 1) Panel 평탄도에 의한 효과는 선형적 관계가 주임.
- 2) Panel 평탄도에 의한 영향은 위치에 따라 다름.
(Top - 매우 유의, Corner - 유의, Side와 Center - 유의하지 않음)
- 3) Top의 경우, 평탄도 증가에 대해 BM 위치가 왼쪽으로 치우침.
- 4) Panel 평탄도에 의한 BM 위치 변화량은 예상과 달리 전반적으로 미미함.

위의 결과에 의해 선형모형으로 적합시킨 결과의 정리는 아래와 같다.

	R ²	P-value	회 귀 식
Center	0.1%	0.8000	Y = 0.000064 + 0.0052x
Top	19.7%	0.000	Y = -0.004600 - 0.1220x
Coner	8.0%	0.011	Y = 0.000590 - 0.0595x
Side	1.3%	0.309	Y = -0.000093 - 0.0425x

5. 결 론

본 연구에서는 FED 방식의 평판 디스플레이 패널 개발에 있어, 공정단축과 비용 절감 등 여러 측면에서 장점들로 인해 반드시 고려되어야 할 스크린 프린팅 방식에 의한 형광체 인쇄 기술의 접목의 고려사항에 대해 연구하였다.

고려사항은 상판 유리 패널의 평탄도, BM 폭 및 상판 유리 패널의 평탄도와 BM위치와의 일치성이며, 이들에 대해 많은 실험을 통해 공정능력과 관계함수를 분석하였다.

현재 국내 패널의 평탄도는 그 Cp값이 0.7 이하이므로 원하는 Spec.을 전혀 충족치 못하고 있다. 그러므로 FED 등과 같이 고해상도 평면 패널 시대에 대비하여 유리 패널 제조 공정의 많은 개선이 요구되어진다. 더욱 중요한 것은 평탄도가 좋지 않은 것 보다, 패널의 평탄도의 시그마가 변화되어서는 안 된다는 것이다. 이는 BM 설계 시 기존 패널 평탄도를 고려하기 때문이다. 결론적으로 평탄도에 대해서는 보다 작은 산포와 공정관리를 통한 공정 안정화가 필수 요건이다.

BM 폭에 대한 분석 결과 네 곳의 부위에서 모두 공정능력 Cp가 1 이하여서 기대 수준에 미흡하였다. 그 중에서도 Top 부분의 공정능력이 가장 좋지 않았다. BM 공정은 기존의 노광방식이므로 이 수치는 예상외의 결과이었다. 이는 개발 대상이 고해상도여서 기존보다 스크린 피치가 짧고 마진이 작음과 현재의 파일럿 라인이 초기 유동상태여서 관리 오차가 생각보다 큰 것에 기인한 것으로 해석된다.

평탄도에 의한 BM 위치 분석에서는 Center 부위와 Top 부위 그리고 Corner 부위는 결정계수나 p값 등이 예상과 같았으나, Side 부위가 유의치 않은 것과 유의한 경우에도 R²값이 전반적으로 낮은 것은 의외의 결과였다. 이는 앞서의 설비와 관리로부터의 산포가 큰 것이 원인이라 판단된다.

본 연구를 통해 한국의 성장 엔진으로 부상하는 디스플레이 디바이스 산업 그 중에서도 차세대 산업인 FED 개발을 위해서는 상판 유리패널의 평탄도의 산포 축소와 관리가 필요하며, 고해상도의 성능과 가격 경쟁력을 갖춘 디스플레이 디바이스가 되기 위한 스크린 프린팅 적용에서도 설비의 개선과 관리를 통해 일치성에 대한 공정능력의 향상이 필요한 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] 이도경, 장성호, 김종육, 신종호, "PDP 제조공정의 설비초기관리," 전자부품산업 고품질화 및 공정자동화 연구센터 논문집, 제1권, pp.217~231, 1999