

기술 특 집

동영상 대응가능 LCD mode 기술동향

김 파, 사공동식, 정규하(삼성전자 AMLCD사업부 연구팀)

고화질의 정지화상을 구현하는 TFT LCD는 현재 CRT의 아성인 Monitor시장을 급속하게 잠식하고 있다. 디지털 방송이 개시되면서 progressive 방식에 의한 고화질의 동영상을 감상할 수 있는 지금, TFT LCD는 바야흐로 산업규모의 확대를 실현할 수 있는 절호의 기회를 맞이하고 있다. 본 고에서는 동영상을 구현 가능한 LCD mode의 최근 기술동향을 review해보고자 한다.

I. 서 론

급격한 생산성의 제고로 인한 가격경쟁력의 강화로 LCD는 Note PC라는 한정된 application으로부터 탈피하여 현재 Monitor, 휴대용기기 등으로 확산되고 있으며 소량이나마 TV영역으로의 진입을 시도 하고 있다. TV시장은 규모가 매우 거대하므로 LCD산업이 새로운 도약을 위해서는 TV시장으로 진입을 하지 않을 수 없다. 그러나 동영상을 주로 표시하는 TV특성을 감안 시, 정지화상표시에서 우수한 시인성을 인정받고 있는 TFT LCD가 동화상표시에서도 CRT 수준의 시인성을 확립할 수 있을지는 현재의 TN mode로서는 아직 미지수이다.

LCD가 TV시장에서 CRT와 경쟁하려면 다음과 같은 특성개선이 절대적으로 필요하다.

- 1) 계조간응답속도 < 3ms
- 2) Holding방식을 quasi-impulsive방식으로 개량¹⁾

- 3) 광시야각(좌우상하 80도 이상, 계조반전free)
- 4) 색재현성(NTSC 대비 100%), 고휘도(500 Cd/m² 이상), 고대비비(500 이상)

현재 가장 광범하게 사용되고 있는 LCD mode는 TN LCD mode이다. 지금까지 문제가 되어왔던 협시야각문제는 광학필름의 획기적인 최적화로 거의 문제가 되지 않고 있다. 색재현성, 휘도 및 대비비는 TFT LCD에서 모두 해결가능한 사양이다. Panel의 cellgap(1.5 μm 이하)을 줄이고 액정재료(굴절율이방성 증가)를 최적화하고 과전압인가방법을 적용하면 3ms는 달성가능한 목표일수도 있다. 하지만 특성 2)를 실현하기 위해서는 액정의 응답속도가 빨라야 panel의 휘도가 높아지므로 실제로 액정의 응답 속도는 1ms 이하가 필요하다. [표 1]에 지금까지 알려진 주요한 LCD mode의 특성을 정리하였는데 IPS, VA mode에서 1ms 달성은 불가능하고 Low cellgap TN, OCB는 구동방법개선을 병행하면 3ms 정도는 가능할 것으로 보여진다.

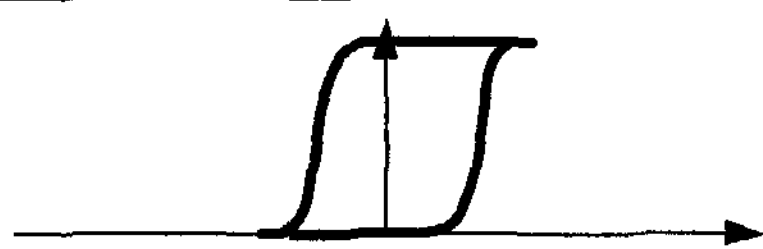

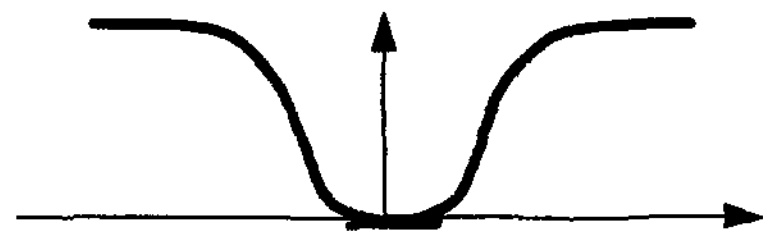

LCD에서 1ms 이하를 달성하려면 자발분극을 이용하는 FLC를 사용하는 방법이 유일한 solution이다. FLC를 사용하면 상술한 특성 1)2)3)을 동시에 만족할 수 있다. FLC는 1.5 μm 정도의 low cellgap 공정이 필요하지만 Low cellgap TN mode 대비하여 특성 2), 3)을 만족시킬 수 있는 장점이 있다.

FLC는 자발분극을 갖고 있으므로 응답속도가 100s 정도로 빠르다. 또한 quasi-impulsive 방식에서의 개량이 용이

[표 1] 대표적인 LCD mode의 특성한계

	휘도(상대비교)	응답속도(ms)	시야각(°)	구동전압(V)
TN	1	3~30	50/35/80/80	3.3
OCB	0.9	3~10	80/80/80/80	6.0
IPS	0.4	15~60	80/80/80/80	7.5
VA	0.5	15~100	80/80/80/80	6.0
FLCD	0.7	<1	80/80/80/80	4.0

[표 2] 대표적인 FLC mode의 특성

Smectic LCD modes	특 성	V-T curve	Remarks
SSFLCD	Ps : 10 nC/cm ² 응답속도 : 수십 μs 시야각 : 80/80/80/80		Passive
AFLCD	Ps : 100 nC/cm ² 응답속도 : 수백 μs 시야각 : 80/80/80/80		Passive
V-shaped FLC	Ps : 30~300 nC/cm ² 응답속도 : 수백 μs 시야각 : 70/70/70/70		Active DHF, TLAFLCD, PSFLCD
Half V-shaped FLC	Ps : 1.0~100 nC/cm ² 응답속도 : 수백 μs 시야각 : 70/70/70/70		Active CDR FLC, Monostable FLC

하며 액정분자가 전극평면에 평행인 면내에서 Switching하므로 광학보상 없이 광시야각을 실현할 수 있다. [표 2]에 상용화 가능성이 높은 FLC mode를 정리하였는데 성능측면에서 TFT 구동이 가능한 half V-shaped FLC가 가능성이 가장 높을 것으로 사료된다. Mode자체가 quasi-impulsive 방식이기 때문이다.

TV시장으로의 진입은 대형 panel을 제작하여야 한다는 의미인데 FLC 개발의 문제점은 대형 panel 개발시의 panel의 low cellgap 확립, 액정주입, 배향 및 배향안정성 확보 등 공정 process의 개발이다. FLC가 우수한 특성이 있음에도 양산화가 지연되고 있는 가장 큰 원인은 공정 Process개발이 아직 확립되지 않은 데 있다. 특히 외부충격 하에서 액정 배향이 변화하고 외부충격제거후에 배향복원이 이루어지지 않아 광학매질로서의 액정층의 광학특성이 변화하여 화질의 저하를 초래하는 문제점이 발생한다¹²⁾. FLC는 액정자체가 층구조를 형성하고 있는데 외부충격하에서 층구조가 변형되면 원상태로 회복이 되지 않는다. 따라서 광학특

성이 변화하게 된다. 실제로 LCD panel은 제조과정 및 유통, 사용과정에서 여러 형태의 외부충격이 인가되므로 이와 같은 광학특성의 변화는 치명적이다.

II. 본 론

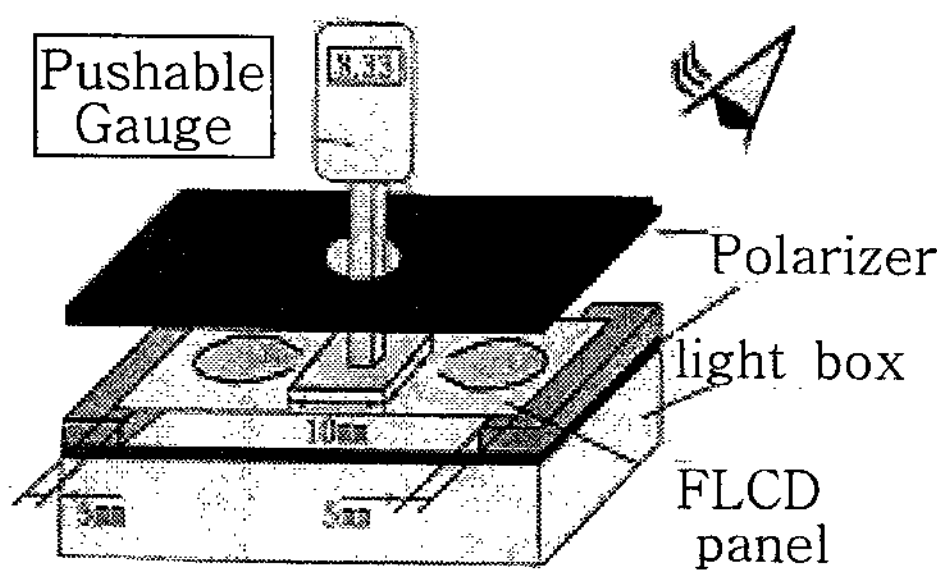
FLC panel에서의 배향안정성을 확보하기 위하여 사용되고 있는 방법을 [표 3]에 정리하였다. Spacer spray 방식을 사용하는 방식, 열경화성접착성 Spacer를 접착하는 방식¹³⁾, column spacer를 사용하여 상하기판 사이의 spacer 면적을 증가하는 방식¹⁴⁾ 등이 사용되고 있는데 Spacer숫자를 증가시키면 외부충격시에 배향안정성은 증가하나 spacer 숫자가 증가함에 따라 배향결함이 증가하여 빛샘이 발생한다. 열경화성 spacer를 spray하는 방식은 배향안정성은 크게 증가하지만 공정상 어려움이 많으며 배향결함의 증가에 의한 빛샘이 발생한다. Column spacer를 사용하면 spacer

[표 3] 배향안정성을 강화하는 방법

	세부내역	내충격능력	비고
Spacer spray	단위면적당 Spacer개수 기존의 7~8 배(1000개/mm ²)	1.5±0.05 m 내충격정도 Data무	Casio사
접착성 Spacer	Epoxy수지 Spacer+기존spacer 열경화 후 상하기판접착	접착면적화소 0.2%시 내충격능력 2.0 kg/cm ² 1.35±0.02 m	Fujitsu사
Photolithography	Polyimide 재료사용 Bake 150°C/200°C Stripe구조	접착력 양호 접착면적화소 10% 내충격능력 15 kg/cm ²	Sharp사
	UV sealant를 액정과 혼합주입 UV조사하여 상하기판 접착	접착력양호 UV sealant 1wt %시~2 kg/cm ²	Kyocera사

[표 4] 접착면적과 내충격성관계

접착면적/ 전체면적 (%)	접착성	배향	내충격성 (atm)
20	양호	Edge부분 불량	25~28
10	양호	양호	15~25
3.3	양호	양호	10~20
1.1	부분박리	양호	~5
0.22	박리	배향파괴	2~4
0.11	박리	배향파괴	~1



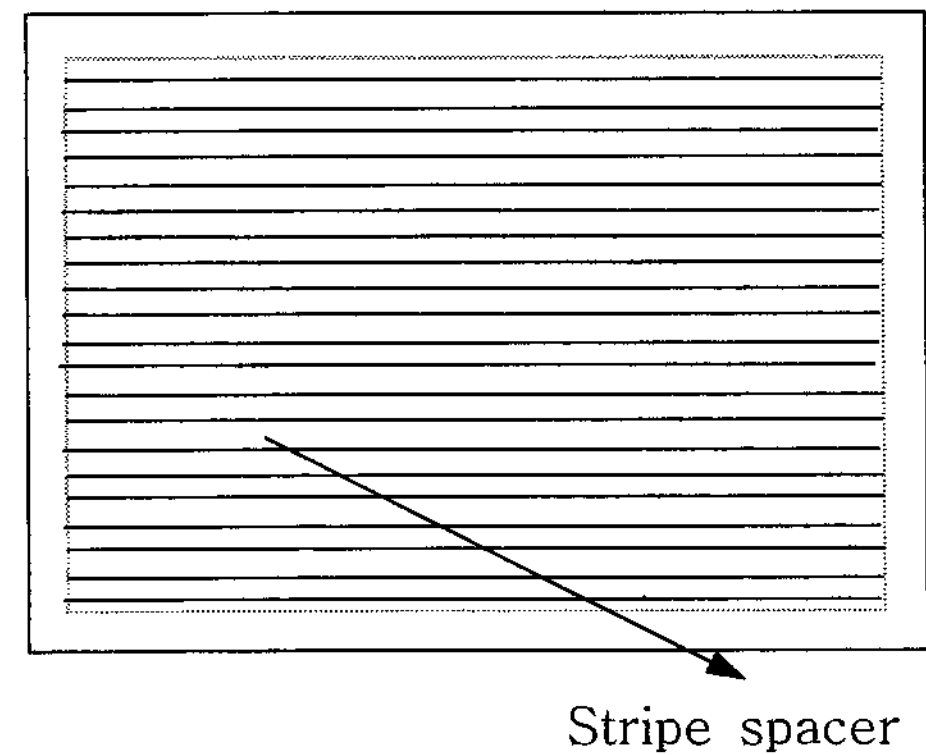
[그림 1] 내충격성평가system

의 모양과 위치를 자유자재로 설정할수 있어 배향안정성을 확보하는 유효한 방법으로 광범위하게 사용되고 있다. 성인이 엄지손가락으로 힘껏 누를 때, 압력이 약 1기압이다. LCD panel의 취급상, 그 이상의 충격을 받을 기회는 별로 없다. 따라서 5기압 정도의 내충격성을 가지면 실용상 문제가 없을것으로 판단된다. 이 방식의 단점은 photo 공정이 추가된다는 점이다.

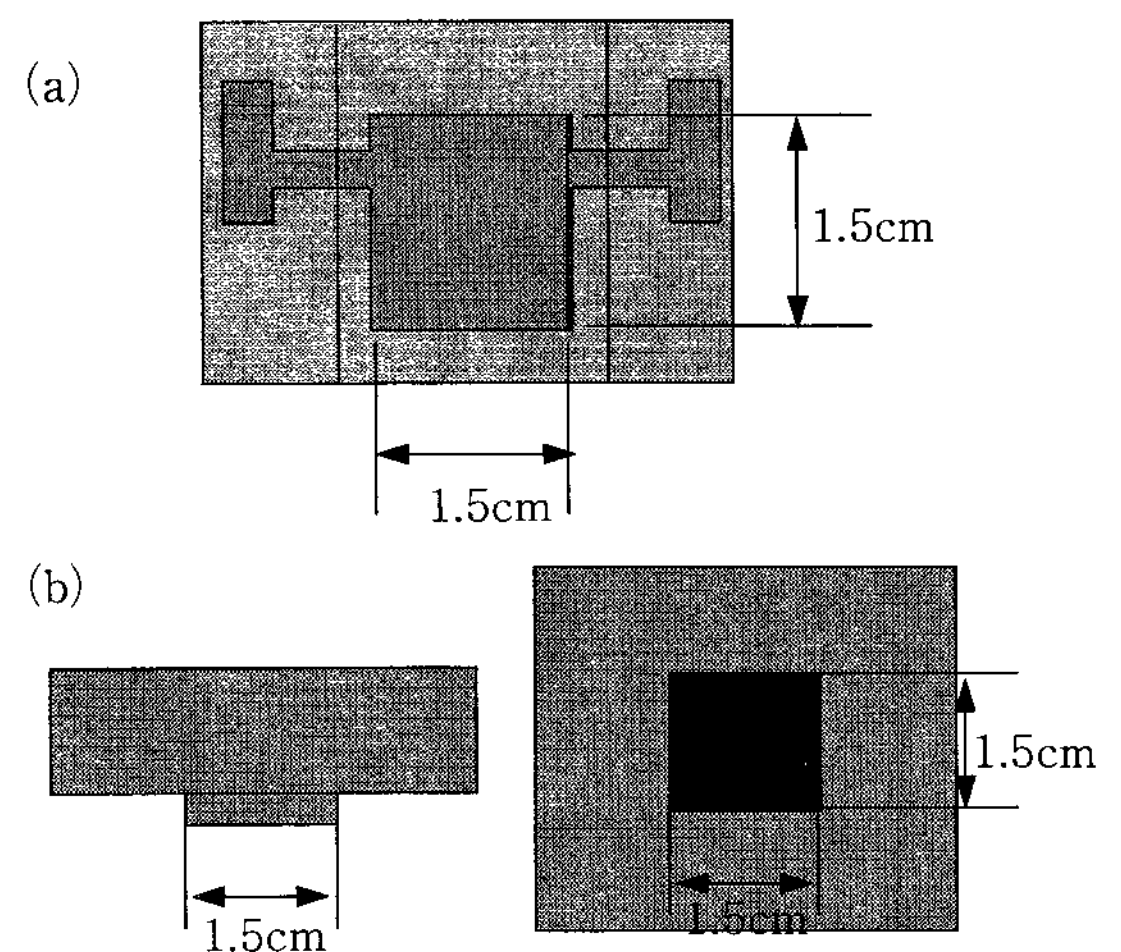
액정주입시, 액정이 panel로 주입되면서 내부압력이 발생하면서 cellgap이 증가한다. End seal 공정에서 cellgap을 완전히 spacer 두께로 확보할 수 있지만 상하기판이 접착되어 있지 않으면 외부충격시에 spacer의 탄성에 의해 cellgap변화가 발생하여 배향이 파괴될 수 있다. 따라서 column spacer를 형성시, 상하기판은 반드시 접착시켜야 한다. [표 4]에 sharp사의 방식에 대한 상세한 설명을 나타냈는데 상하접착면적이 증가할수록 접착력이 증가하고 내충격성이 강화됨을 알수 있다. 상하접착면적이 너무 크면 개구율이 감소하며 액정주입이 어려워진다.

내충격성평가는 일반적으로 [그림 1]에 표시한 유형의 설비로 평가를 한다^[5]. 즉 FLC가 주입된 panel에 국부적으로 외부에서 압력을 인가한 후 액정배향상태의 변화여부를 check한다. 또는 압력을 인가하면서 액정 panel의 전기용량 변화를 detect하여 cellgap변화를 check한다.

본 실험에서는 photolithography 방식을 이용하여 stripe spacer 구조를 적용한 test cell, real panel을 제작하고 그 내충격성을 정량적으로 평가하였다. 지금까지의 photolithography방식에는 감광성 polyimide, UV curable polymer 등을 사용하여 spacer를 형성하였는데 신뢰성이나 공정상 문제점이 많다. 본 실험에서는 photolithography에 많이



[그림 2] Stripe spacer 형성용 mask



[그림 3] (a) test cell구조 (b) 내충격평가용하중

사용되고 있는 positive photo resist를 사용하였다. spacer 형성 후, hardbake를 진행하면 액정과 화학적인 상호작용도 매우 작아 신뢰성문제가 없고 가격이 저렴함으로 생산적인 측면에서 유리하다.

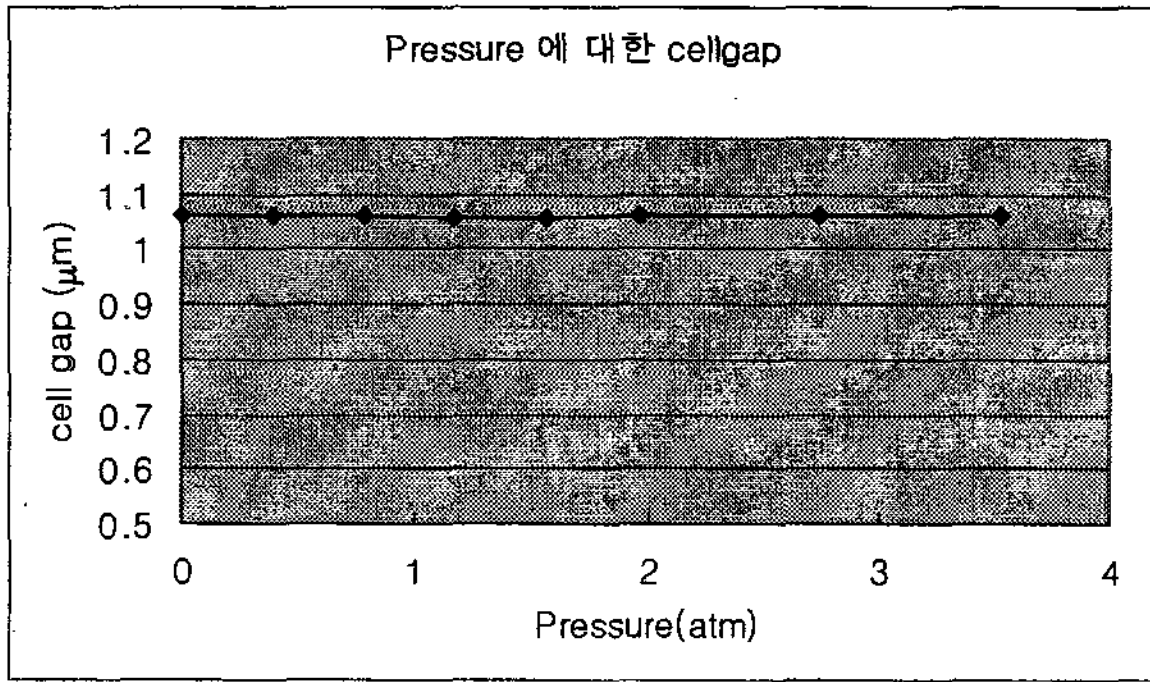
[그림 2]에 test cell과 real panel(10.4")에 적용한 photo mask 구조를 나타내었다. Test cell용으로는 stripe의 폭 18 μm, stripe 간격 180 μm; Real panel용은 stripe의 폭은 20 μm, stripe 간격은 180 μm이다.

[그림 3(a)]과 같이 상하기판의 ITO overlap 면적이 1.5×1.5cm²인 test cell을 사용하여 액정주입후 [그림 3(b)]에 표시한 하중을 인가하면서 액정의 배향상태변화를 check하였다. 하중은 panel 위에 1분 동안 방치후 철거하였다. 다음 식으로부터

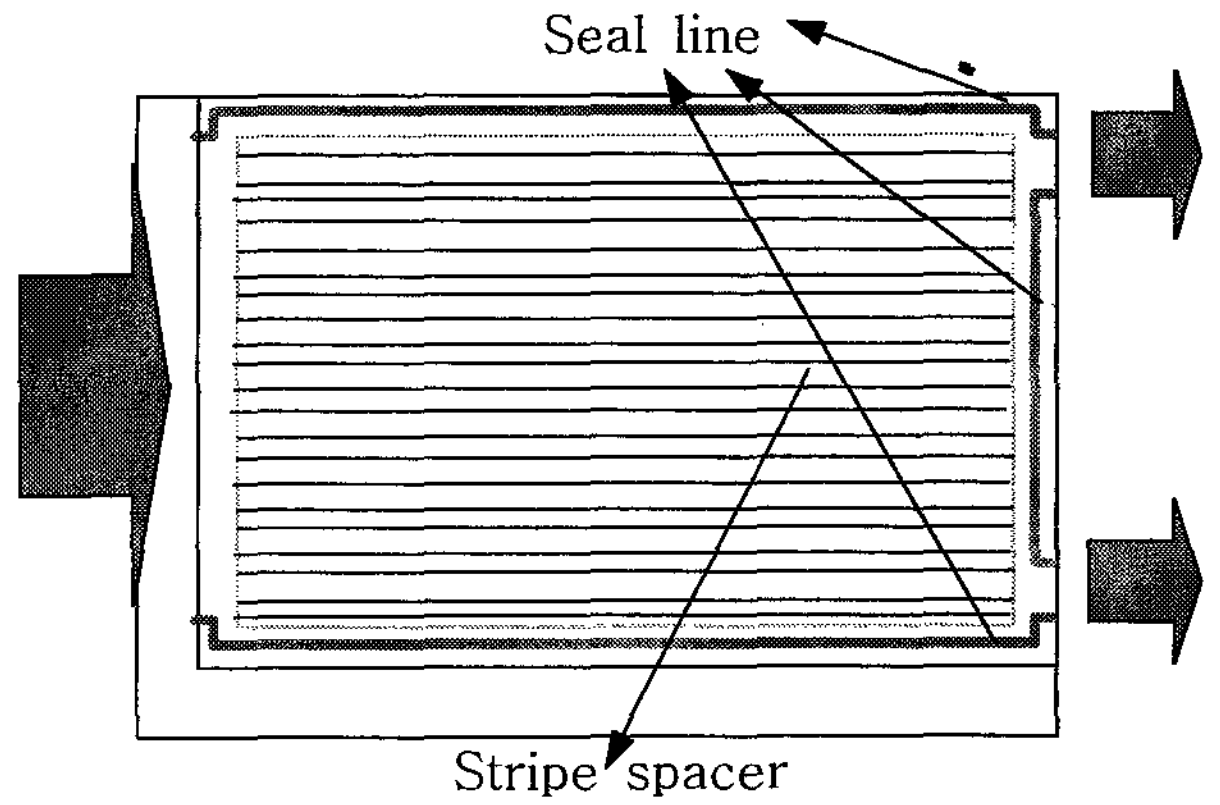
$$C = \epsilon\epsilon_0(A/d) \quad (d = \epsilon\epsilon_0(A/C))$$

알 수 있듯이 액정의 유전율을 알면 전기용량측정을 통하여 cellgap을 알 수 있다. 본 실험에서는 액정의 전기용량변화 측정을 통하여 cellgap변화를 고찰하였다. [그림 4]에 하중 증가시, 액정의 전기용량변화 결과를 나타내었다.

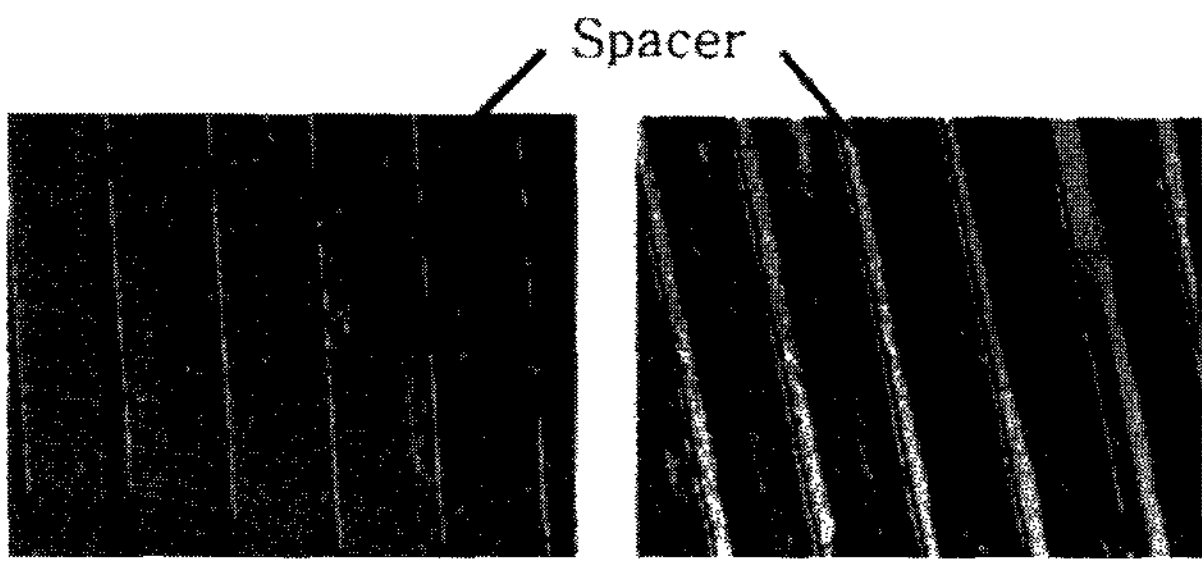
전기용량변화결과로부터 하중이 3.55기압이 되어도 cellgap은 거의 변화하지 않음을 알수 있다. Cellgap변화가 적으면 액정의 배향이 안정하다고 할수 있지만 [그림 5]에 나타냈듯이 실제로 3.55기압의 압력을 인가후 하중을 제거하



[그림 4] 하중증가시 액정의 전기용량변화



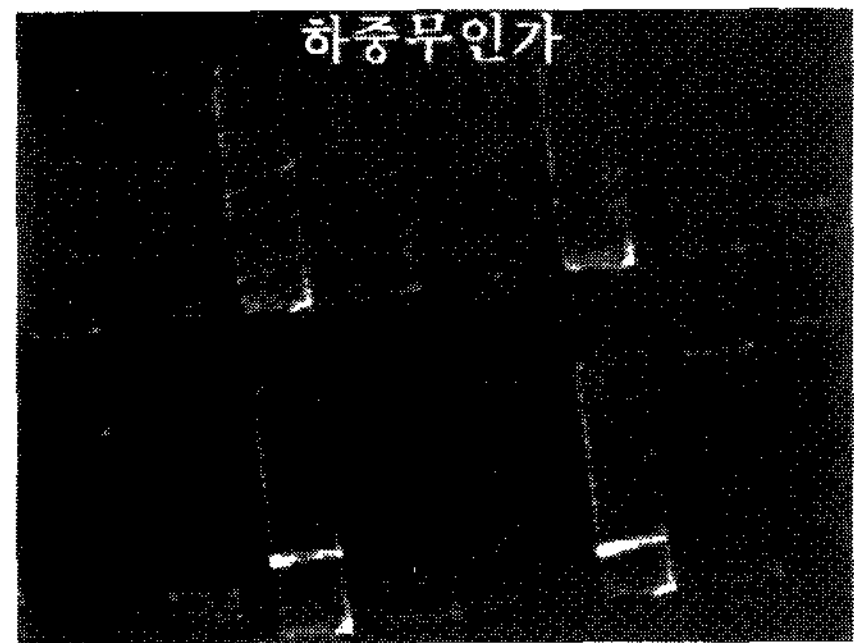
[그림 6] 10.4" panel. 주입구 1개, 배기구 2개이며 Suction 방식을 이용하여 주입진행. 주입방향에 따라 Active 부분에만 Stripe spacer가 Gate line에 대응되는 BM 위에 형성되어 있음



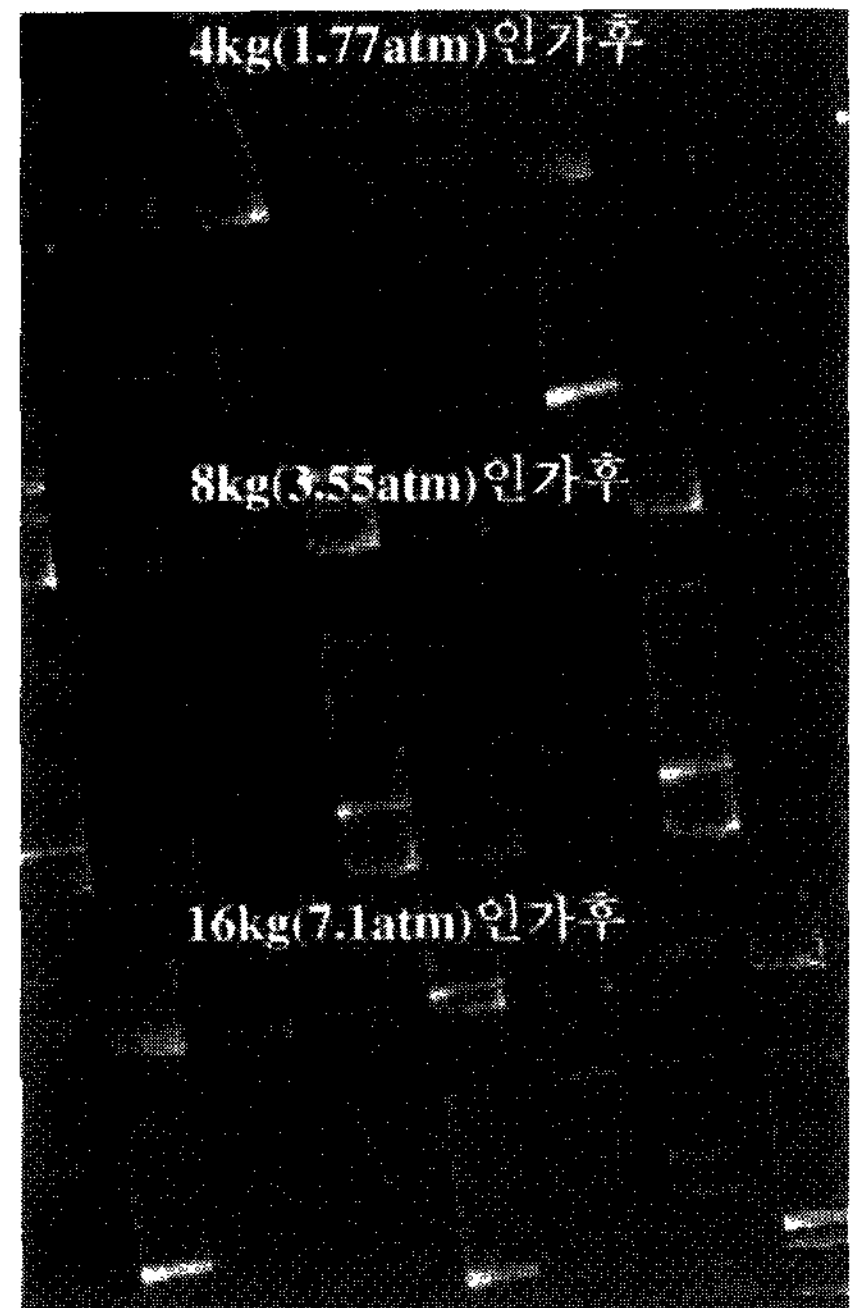
[그림 5] 3.7기압해당 하중인가전(a)과 인가후(b)의 액정 Texture변화

[표 5] spacer형성재료 및 공정조건

재료	Spincoating 조건	1st bake 조건	Hotpress 조건
Positive PR	850 rpm/18 s	150 °C/1h	1.5 atm/180 °C /60 min



[그림 7] 액정의 초기배향상태



[그림 8] 하중 증가시, 액정의 배향상태

면 spacer 주위의 액정배향이 변화되었음을 알 수 있다. 밝게 변화된 부분은 액정의 배향상태가 변화된 부분이다. 따라서 내충격검증시, 액정의 배향상태를 현미경으로 직접 관찰하는 것이 가장 유효한 방법이다.

Real panel은 10.4" XGA를 vehicle로 하였다. Pixel 크기는 약 75μm×200 μm로서 stripe spacer의 폭은 20 μm, stripe의 길이는 active부분의 gate line 길이와 동일하다. 따라서 spacer가 기판과 접촉하는 면적은 10% 정도로 양호한 내충격성을 가질 것으로 예상하였다. [표 5]에 stripe spacer로 사용한 물질명 및 공정조건을 나타내었다. 1st bake는 Rubbing시, spacer 구조가 파괴되는 것을 방지하기 위한 prebake 공정이다. 1st bake 온도가 hotpress 온도보다 낮은 것은 hotpress시에 상하기판을 완전히 접촉하게 하기 위해서이다.

10.4" panel에서 적용한 stripe spacer 구조하에서 상하기판이 접촉되어 액정주입이 매우 어렵다. 또한 FLC는 점도가 매우 커서 액정을 등방성상태에서 주입하여야 한다. 본 실험에서는 [그림 6]에 표시하였듯이 Suction 방식을 적용하여 액정주입을 진행하였다.

배기구로부터 pump를 통하여 panel 내부의 진공도를 일정하게 계속 유지하여 주므로 액정은 panel 내외의 압력차에

의하여 주입된다. Suction 방식은 17"급 panel 주입시간이 5시간 정도인 초고속주입방식이다.

액정주입완료후 test cell 평가시와 동일하게 배향이 양호

한 부분에 국부적으로 하중을 1분간 인가후 배향상태를 관찰하는 방법을 취하였다. [그림 7]에 액정의 초기배향상태를 나타내었다. 하중을 증가시 액정배향상태를 [그림 8]에 나타내었는데 하중이 7.1기압이 되어도 본 10.4" panel에서 적용한 stripe spacer 구조에서는 액정배향의 변화가 발생하지 않았다.

즉 액정의 배향상태는 하중이 증가함에도 불구하고 초기상태를 유지하고 있다. 그 원인으로서 stripe spacer에 의한 상하접착구조가 외부충격하에서 그 간격(cell gap에 해당)이 거의 변화하지 않았기 때문이다. Suction 주입방식으로 액정을 주입시, 접착식구조가 아니면 액정주입시 panel 내부의 압력에 의하여 cellgap이 커지며 cellgap 제어가 어려울뿐만 아니라 내충격성도 현저하게 떨어진다. 본 실험에서는 액정주입후 기존과 같은 endseal 공정은 진행하지 않았다. 즉 액정주입시에도 접착구조는 그대로 유지되었다. 따라서 cellgap은 초기상태를 유지하고 있었고 내충격성도 매우 양호하였다. 실제로 panel에 7기압의 충격이 가해지는 일은 거의 없으므로 이 정도의 내충격성이면 현실적으로 배향파괴에 의한 화질저하문제는 발생하지 않는다.

III. 향 후 전 망

LCD TV에서 CRT수준의 동영상을 구현한다면 현재 성숙상태로 접어들고 있는 a-Si TFT기술을 활용하여 CRT와 동등가격수준의 TV를 제작할 수 있을 것으로 사료된다. 본 고에서 소개한 FLC mode는 바로 그와 같은 LCD TV를 실현할 수 있는 최적의 LCD mode이다. [그림 9]에 Half V-shape FLC mode를 적용한 7" QVGA panel에서의 화상을 표시하였다. 본 고에서는 액정의 배향안정성 확보를 위한 기술개발을 주로 review하였지만 실용화를 위하여 향후 개발되어야 할 기술과 공정도 아직 많다. 특히 다음과 같은 기술개발이 LCD TV실현에 중요할 것으로 사료된다.



[그림 9] Half V-shaped FLC panel

FLCD 실용화에 필요한 기술 :

- 고속액정주입
- 전압강하보상기술

LCD TV실현에 필요한 기술 :

- 고속, 고휘도 Backlight의 개발
- Field Sequential Color 기술
- Dynamic Color 변환기술
- Dyanamic range 제어기술

참 고 문 헌

- [1] 栗田泰市郎, “高畫質液晶テレビに望む條件,” 2000年日本液晶學會講演會講演要旨集, p41
- [2] 福田敦夫 등, “強誘電性液晶の構造と物性”
- [3] 白戸博紀, “接着性スペーサを用いた高機械強度 LCDパネル,” 月刊ディスプレイ 98年 7月號, p38
- [4] Hideki uchida et al, “The orientation and shock stability of ferroelectric liquid crystal with spacer wall,” 24th Japan liquid crystal conference, p206
- [5] P.A.Gass et al, “FLCD mechanical stability : effect of material and panel parameters,” IDW'98, p197