

## STN 액정 표시소자의 기술과 전망

李承洙

三成電管 綜合研究所

### I. 개 요

오늘날 액정표시소자(LCD : Liquid Crystal Display)는 단지, 그 동안 영상표시소자의 독보적인 존재로 군림해 왔던 브라운관(CRT : Cathode Ray Tube)을 대체할 수 있는 또 하나의 다른 표시소자이기 보다는 21세기의 고도로 진보된 정보화 사회에서 요구하는 새로운 정보제품을 창출하는데 필수적인 표시소자로 인식되고 있다.

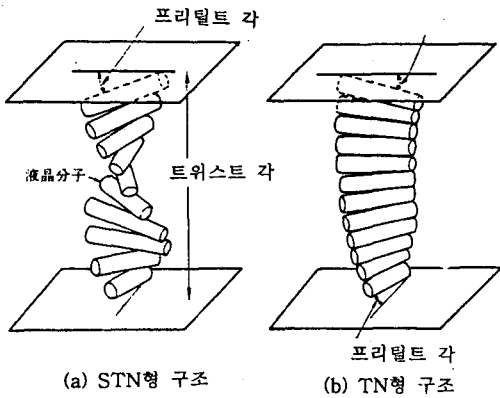
액정표시소자는 소비전력이 적게 들고 구동전압이 낮으며, 경박단소(輕薄短小)화가 가능하다. 이러한 장점 때문에, TN(Twisted Nematic)형 액정표시소자가 1973년 포켓용 전자계산기와 손목시계에 채용되어 처음으로 양산된 이래로, 액정표시소자는 그 응용범위가 날로 확대되어 왔다. 정보표시소자로서 액정표시소자는 이제 컴퓨터 게임기, 측정장비, 워드 프로세서, 개인용 컴퓨터 등의 화면으로 널리 사용되고 있다.

또한 능동 매트릭스 액정표시소자(AM LCD : Active Matrix Liquid Crystal Display)를 채용한 텔레비전이 1983년 개발된 이후로, 액정표시소자는 동화상 화면 시장에서도 중요한 표시화면으로 주목을 받아왔다.

본 장에서는 여러 액정표시소자 중 STN 액정표시소자를 중심으로 현재까지 발달과정을 언급하고 향후의 기술개발전망과 시장전망에 관해 논의하고자 한다.

### II. STN 액정표시소자 등장

1980년대에 들어서면서 TN형 액정표시소자는 대용량 표시소자로 사용하기 곤란하다는 것이 분명해지기 시작했다.<sup>[1]</sup> 이는 TN 방식으로는 대용량의 시분할구동 방식에 필요한 전압대비 광투과율 특성을 얻을 수 없기 때문이다.<sup>[2]</sup> 대용량 표시소자의 요구에 부응하기 위해, 많은 노력으로 부품과 재료를 최적화하여 TN형 랩톱 컴퓨터(Lap-top



〈그림 1〉 TN과 STN의 액정분자 비틀림 구조 비교

Computer)가 등장하였지만 명암대비(Contrast)나 시야각등의 화질 특성은 소비자들의 기대를 만족시키지 못하였다. 그러나 1985년 Scheffer가 제안한 슈퍼트위스트 복굴절 효과(SBE : Supertwisted Birefringence Effect)에 의해 위와 같은 TN형의 단점을 극복한 STN(Supertwisted Nematic) 액정표시소자가 등장하였다.<sup>[3]</sup> STN 액정표시소자는 TN형보다 더 큰 비틀림 각의 구조로 이루어져 전압대비 광투과율 곡선의 기울기 특성이 급준하기 때문에 고화질과 대용량 화면의 시분할 구동 방식의 실현이 가능하였다. 그림 1에 TN과 STN의 액정분자 비틀림 상태를 나타내었다.

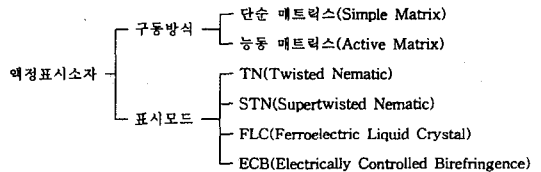
1972년 Fisher가 제안한 능동형 TFT(Thin Film Transistor) 액정표시소자<sup>[4]</sup>는 TFT 같은 능동형 소자를 화소마다 배치하여 시분할 구동방식은 근본적으로 상이한 능동구동 방식을 채용함으로써 TN 액정표시소자의 단점을 극복했을 뿐 아니라 차후에 논의될 STN 액정표시소자의 단점까지도 보완할 수 있었지만, 높은 생산단가와 낮은 생산수율 및 공정의 난이성 때문에 동화상용의 소형 화면이나 고급기종의 대형화면으로 발전되어 왔다.

STN 액정표시소자는 기본적으로 TN형과 동일한 재료와 공정을 이용하기 때문에, 생산라인의 큰 변동 없이 낮은 생산 비용으로 대량생산이 가능하였다. 1985년 SBE 원리의 발견 이후로 STN 액정표시소자는 랩톱 컴퓨터와 워드프로세서의 화면

으로 폭발적으로 채용되어 왔다.

### III. 액정표시소자의 구분

액정표시소자는 일반적으로 구동방식과 표시모드로 분류된다.<sup>[5]</sup> 구동방식에서는 단순 매트릭스(Simple Matrix) 구동과 능동 매트릭스(Active Matrix) 구동 두 종류로 분류된다. 표시모드에서는 선광효과(旋光效果)를 이용한 TN 모드와 복굴절효과를 이용한 STN 모드 두 종류가 있다. 또 액정분자의 평행배열을 기초로 선광효과를 이용한 강유전성(FLC : Ferroelectric LC) 모드, 복굴절효과를 이용한 ECB(Electrically Controlled Birefringence) 모드 등이 있다. 그림 2은 이에 따른 액정표시소자의 구분을 보여준다. 이들의 구동방식과 각 표시모드가 조합되어 액정표시소자가 만들어지는데, 단순 매트릭스 구동에서는 TN이나 STN과 조합되어 사용되고, 능동 매트릭스 구동에서는 TN과의 조합이 일반화 되어 있다.



〈그림 2〉 액정표시소자의 구분

### IV. STN 액정표시소자의 특징

STN 액정표시소자의 등장으로 TN형으로는 불가능했던 액정표시소자의 대용량화가 가능케 되었지만, 이에 따른 특성상의 단점도 수반되었다. 본절에서는 STN 액정표시소자의 대표적인 단점들을 TN 액정표시소자와 비교하고 이러한 단점들을 극복키 위한 기술개발 추이를 설명하기로 한다. 표 1은

〈표 1〉 TN형과 STN의 비교

항 목	TN	STN
비틀림 각	90°	180~270°
프리틸트 각	1~2°	4~7°
액정층의 두께	7~9 $\mu$ m	5~7 $\mu$ m
두께의 오차범위	$\pm 0.5\mu$ m	$\pm 0.1\mu$ m
응답속도	~100ms	300~400ms
표시색 (On/Off)	흑/백 백/흑	황록색/진청색 진청색/백황식

TN형과 STN형의 대표적인 차이점을 보여 준다.

### 1. 착색 현상

TN 액정표시소자는 입사한 편광 빛이 액정분자의 비틀림을 따라서 함께 회전하게 되는 선광효과를 이용하여 문자를 표시하기 때문에 자연적으로 흑·백표시가 가능하다. 그러나 STN 액정표시소자는 선광효과를 이용하는 TN형과는 달리, 큰 비틀림 각 구조를 기초로 한 복굴절 현상을 이용하기 때문에 기본적으로 착색현상이 발생한다. 이는, 앞쪽 편광판으로 입사된 빛은 큰 비틀림 각을 가진 액정층을 통과한 후에 파란색과 녹색과 빨간색의 파장에 대하여 각각 타원으로 편광된 빛의 장축 방향이 서로 달라지기 때문에 뒷쪽 편광판을 통과할 때 파장별 투과율의 차이가 발생하여 특정한 색조를 띄게 되는 것을 말한다. 그 결과 선택 전압을 인가한 부분과 비선택 전압을 인가한 부분 모두 어떤 색을 띄게 되는데, 포지티브형(Positive Type)인 경우에는 황록색 배경에 진청색 문자가 표시되고, 네가티브형(Negative Type)인 경우에는 진청색 배경에 밝은 백황색(흰색에 가까움) 문자가 표시된다. 이러한 착색 현상은 TN형의 흑·백 표시에 익숙한 사용자들에게 거부감을 일으킬 수 있다. 더욱이 배경착색 현상은 마이크로 칼라필터를 이용한 풀 칼라의 구현을 불가능케하므로 이를 위해서 STN이 액정표시소자는 흑·백 표시가 되어야 한다.

### 2. 응답속도

STN은 액정 분자층이 더 큰 비틀림 각을 갖도

록 함으로 전압 대비 광투과율 곡선의 기울기를 TN보다 더 급준하게 할 수 있었으며, 그 결과 시분할구동의 대용량의 화면을 가능케 하였으나, 이로 인하여 응답속도의 저하를 초래하였다. TN 모드의 TFT인 경우 응답속도가 액정분자의 상승시간(Rising Time)과 하강시간(Falling Time)을 포함하여 100ms이하지만, STN의 경우는 보통 400ms 정도이다. 느린 응답속도는 착색현상과 함께 STN의 치명적인 단점으로 작용하여 STN 액정표시소자는 동화상용 화면으로 사용될 수가 없었다.

### 3. 기타 취약한 특성들

TN에서 STN으로의 변환은 액정표시소자의 대용량화의 길을 열어 놓았지만, 위에서 언급한 단점들 외에도 TN에서는 문제가 되지 않던 것들이 STN에서는 민감하게 특성에 영향을 주는 공정 조건 및 현상들이 발생하게 되었다. 본 절에서는 STN에서 특성에 민감하게 영향을 주는 기타 항목들을 간단히 열거한다. 구체적인 현상 및 원인 파악은 별첨한 참고서적이나 관련서적에서 상세히 설명된다.

프리틸트(Pre-tilt) 각, p/d(액정층의 나선피치/두께), 액정층의 두께의 오차범위, 배향막의 상태, 이물관리 등과 같은 공정조건이 TN보다는 훨씬 더 전체 특성에 아주 민감하게 반응하여 제조상에 어려움을 가져다 주었고, 더 큰 비틀림 각으로 인하여 스트라이프 도메인(Striped Domain) 불량 이 쉽게 발생하며,<sup>[6]</sup> 시분할 구동과 액정패널에 의해 크로스토크(Cross-talk)와 플리커(Flicker) 불량도 발생한다.

이러한 모든 것들은 STN의 취약한 특성들이다. STN-등장 이후 이러한 단점들이 밝혀져 왔고, 이에 따라 액정물질과 액정패널과 구동회로가 계속해서 개선되어 왔다.

### 4. STN 액정표시소자의 흑·백 표시화

STN의 칼라화를 위해서는 흑·백 표시가 필수적이기 때문에 STN 개발 초기부터 기술자들은 흑·백 표시가 가능한 STN 개발에 심혈을 기울여 왔

다. 본 절에서는 STN 등장 이후 개발되어 온 주요 흑·백 표시 모드를 소개한다.

- 칼라편광관을 이용한 회색(Gray) 모드 방식

STN의 착색현상을 없애기 위한 최초의 시도는 보라색 칼라 편광관을 사용하여 전압 무인가시의 황록색의 배경 착색현상을 없애는 것이었다. 이 방식은 보라색 편광관이 기존의 STN 황록색의 배경색을 주로 흡수하고 파란색과 붉은색 파장을 통과시키는 원리를 이용하여 전체적인 색이 회색이 나오도록 하는 것이다. 하지만 똑같은 원리로 전압인가시에 흑색표시는 불가능하게 되어, 결국 회색(백색) 배경에 청보라 문자를 얻게 되었다.

이 방식은 현재도 주로 반사 포지티브형으로 중·소형 그래픽 STN 액정표시소자에 적용되어 널리 사용되고 있다.

- OMI(Optical Mode Interference) 방식

기존의 STN 방식은 명암대비 특성을 최적화 하기 위하여 액정의 굴절율과 액정층의 두께와의 곱( $\Delta n \cdot d$ : 위상지연 값)을 약 0.9 정도로 설정하였다. 그러나 이 값을 0.6 이하로 낮춰 흑·백 표시를 구현하는 OMI 방식이 Schadt와 Leenhouts에 의해 제안되었다.<sup>[7]</sup>

이 방식은 기본적으로 위상지연 값을 작게 하여 흑백표시를 얻기 때문에 전체적으로 투과율이 저하되고 따라서 명암대비 특성이 나쁘다. 이러한 이유로 이 방식은 아직 양산제품에 적용되지 못했다.

- G/H(Guest Host) 방식

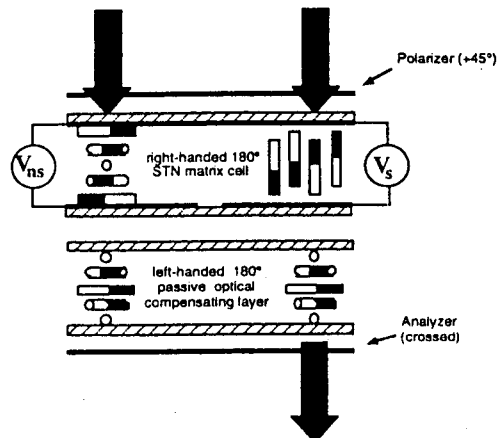
앞서 설명한 바와 같이 네가티브 STN 방식은 비선택과 선택 화소에서 각각 진청색과 백황색을 나타낸다. 그러나 400~500nm와 600~700nm 파장 범위에서 최대 흡수 특성을 지닌 이색성 염료(Dichroic Dye)를 액정에 함께 섞으면 액정표시소자의 비선택과 선택 화소의 칼라가 거의 흑·백에 가깝게 된다.<sup>[8]</sup>

이 방식은 염료를 사용하기 때문에 명암대비 특성을 월등히 개선시킬 수 있는 반면, 선택 화소의 투과율을 저하시키기 때문에 밝은 배면 조명을 필요로 한다. 또한 염료 분자의 첨가로 응답속도가 현저히 저하되어 STN의 단점 중의 큰 항목인 느린 응답속도 특성을 더욱 악화시킨다.

- DSTN(Double-layered STN) 방식

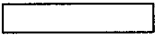
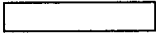

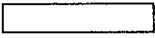
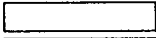
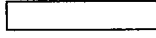



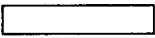
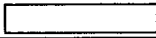
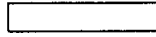

DSTN은 STN 패널을 두 장 겹쳐 놓은 구조로 되어 있는데, 한쪽 패널은 구동용으로 다른쪽 패널은 착색 현상의 보상용으로 사용된다.<sup>[9]</sup> 보상용 패널이 구동용 패널에서 발생한 착색 현상을 제거하여 거의 완벽한 흑·백 표시를 실현할 수 있다. 이렇게 또 하나의 패널을 겹쳐 놓음으로 STN의 단점인 착색 현상을 제거할 수 있는 원인은 보상용으로서 사용된 액정 패널이 구동용 패널과 동일한 액정물질을 사용하고 액정분자가 구동용과 동일한 각도로 반대방향으로 비틀려져 있고, 또한 두 패널의 인접한 액정분자축이 서로 직교하도록 배치하였기 때문이다. 구동용 패널을 통과한 각 파장성분은 서로 다른 모양과 장축각도를 지닌 타원편광이 되지만, 역으로 비틀려져 있는 보상판(구동패널과 동일한 비틀림각, 거의 동일한  $\Delta n \cdot d$ )을 통과하면서 동일한 각도의 직선편광으로 환원되어 흑이나 백색 배경이 가능하게 되며 또한 양 패널의  $\Delta n \cdot d$  값을 조정하여 구동용 패널에 선택전압이 인가되었을 때에도 백이나 흑색 문자가 표시되도록 하고 있다. 그림 3은 비틀림각이 180°인 경우 DSTN의 구조를 나타낸다.

이 방식은 기본적으로 두 장의 액정 패널을 필요로 하기 때문에 액정표시소자의 장점인 경박단소의 장점이 퇴색되며, 가격상승도 발생한다. OMI



(그림 3) 비틀림각이 180°인 경우 DSTN의 구조

〈표 2〉 세 종류의 FSTN 방식

	종류 1	종류 2	종류 3
패널의 단면도	 편광판	 편광판	 편광판
	 위상차판	 위상차판	 위상차판
	 액정	 액정	 액정
	 편광판	 편광판	 위상차판  편광판
색재현성	○	○	○
명암대비	△	○	◎
시야각	◎	○	△
비용	◎	○	○

나 G/H 방식에 비하여 흑·백 구현, 명암대비 및 기타 특성이 우수하여 초기에는 흑·백형이나 마이크로 칼라필터를 적용한 칼라형으로 양산되어 주로 랩톱 컴퓨터나 워드프로세서에 일부 채용되었으나 다음 절에서 설명될 흑·백 FSTN이 등장한 이후로는 시장에서 거의 사라졌다.

- FSTN(Film STN) 방식

FSTN 방식은 광학적 복굴절 이방성 특성을 지닌 위상차(위상지연) 필름을 DSTN의 보상용 패널 대용으로 사용하는 구조이다. 이 위상차 필름은 복굴절 이방성의 특성을 지니고 있지만, DSTN의 보상패널과는 달리 나선 피치가 존재하지 않아서 STN의 착색현상을 DSTN 방식만큼 완벽하게 제거해 주지는 못한다. 만일, 위상차 필름을 나선형 피치를 갖도록 적층하여 쌓는다면 DSTN의 보상패널과 동일하게 되겠지만 경제적이지 못할 뿐 아니라 투과율도 크게 저하될 것이다. 따라서 위상차 필름을 액정층 위에 한장 또는 두 장을 붙이거나 앞뒤에 한장씩 붙이는 구조가 고안되었고 그에 따른 특성차이도 연구되어 왔으나 현재는 액정층 앞뒤 한장씩 붙이는 구조가 가장 널리 사용되고 있다. 표 2에 각 구조에 대한 비교를 나타내었다.<sup>[10]</sup> FSTN 방식은 위에서 언급한 DSTN의 단점을 모두 극복하면서 거의 동일 수준의 흑·백 구현이 가능하다는 점에서 지금까지 가장 널리 사용되고 있는 흑·백 STN 방식이다.

1983년 폴리머 위상차 필름과 액정층이 조합된 액정표시소자가 처음 제시되었고,<sup>[11]</sup> 1989년 양산이 시작된 이후로 초기에는 노트북 컴퓨터나 워드프로세스 등의 대형 화면으로 흑·백 FSTN이 사용되었으나 최근에는 점차 칼라 FSTN으로 변화하는 추세이다.

5. STN 액정표시소자의 고속화

STN의 느린 응답속도는 마우스를 움직일 때 컴퓨터 화면에서 마우스 커서(Mouse Cursor)가 사라지게 하고 화면이 스크롤(Scroll)될 때 화면전체가 흐려지게 한다. 이러한 느린 응답속도를 개선하기 위하여 액정물질 생산업체와 액정패널 제조 기술자들은 STN 등장 초기부터 협력하여 그 특성을 개선시켜 왔다.

지금까지 알려진 바로는 STN의 전압 대비 광투과율 곡선의 급준성은 좋게 유지하면서 응답속도를 개선하기 위해서는 액정물성의  $k_{33}/k_{11}$ 은 크게,  $k_{22}/k_{11}$ 과  $\Delta\epsilon/\epsilon_1$ 와 점도는 작게, 액정패널의 비틀림각과  $\Delta n \cdot d$ 와  $p/d$ (액정층의 나선피치/두께)는 크게, 프리틸트(Pre-tilt) 각과 액정층의 두께  $d$ 는 작을수록 좋다. 여기서  $k_{33}/k_{11}$ 과 비틀림각은 응답속도와 상충관계가 있어서 그 값이 커질수록 응답속도는 저하되는 경향이 있으나, 급준성 특성을 유지하기 위해서는 크게 해 줘야 한다.<sup>[12][13]</sup>

고속응답용으로 최적화된 액정과 패널을 기존의

STN 구동법인 시분할구동 방식으로 구동할 경우, 프레임응답(Frame Response) 특성에 의해 최대 응답속도가 나타나지 않으며 이로 인하여 명암대비 특성도 저하된다는 것이 밝혀지면서서 액티브 어드레싱(Active Addressing)이라는 새로운 구동방식이 1992년 Scheffer에 의해 제안되었다.<sup>[14]</sup> 이 신 구동방식은 STN 향후 기술을 소개할 때 설명하기로 한다.

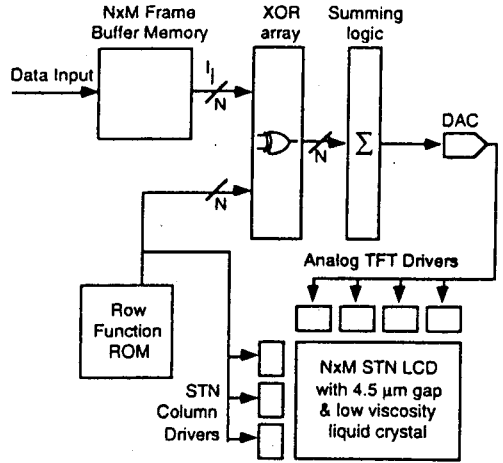
### V. 기술적 관점에서의 향후 STN 액정표시소자의 전망

STN 액정표시소자의 향후 전망을 크게 기술의 개발 진행 관점과 시장규모 및 변화 예측의 관점에서 조명해 보고자 한다. 기술 개발 진행 관점에 있어서는 현재 새롭게 떠오르는 신기술을 소개하면서 향후 시장에서 어떤 제품으로 적용될 것인가를 예측해 본다.

#### 1. 고속 응답화를 위한 액티브 어드레싱 (Active Addressing) 구동법

STN 액정 패널은 액정 재료의 개량이나 패널의 생산기술의 진보 등에 의해 명암대비나 화면의 균일성 등의 면에서 성능향상을 수행해 왔다. 그러나 TFT 액정표시소자의 화질에는 아직 미치지 못한다. 특히 화질을 결정하는 명암대비, 응답속도, 크로스토크(Cross Talk) 등의 특성은 TFT보다 훨씬 뒤떨어져 있다. 그러나 액정재료나 액정 패널의 개량만으로 이들의 특성을 비약적으로 개선하는 것은 불가능하다. STN 액정표시소자의 화질개선, 특히 응답속도 특성의 비약적인 개선을 위해 새로운 구동방법에 대한 연구가 추진되어 왔고 개발제품들이 94년도의 각종 전시회에 등장하기에 이르렀다.

미국의 모티프(Motif)사는 액티브 어드레싱 구동법을 실현하는 IC를 개발해 왔다. 일본의 교세라(京セラ)와 도토리 산요(鳥取三洋) 전기는 모티프사로부터 IC를 공급받아 칼라 STN 액정 패널에 채용했다. 또한 일본의 아사히 그라스(旭硝子)사와 옵트렉스(Optrex)사는 공동으로 모티프사의



〈그림 4〉 액티브 어드레싱의 블록 다이어그램

방식과 유사한 액티브 구동법을 사용한 칼라 STN 액정의 패널 개발을 추진해 왔고 이 구동법을 MLS(Multi Line Selection)방식이라 부른다.

액티브 어드레싱 구동법을 사용하면 STN 액정 패널의 명암대비를 높이고 응답속도를 빠르게 할 수 있다. 종래의 시분할 구동법을 사용한 STN 액정 패널은 명암대비가 20 : 1이고 응답속도는 200 ~ 300ms(그동안 개선된 응답속도) 정도였으나 이 새로운 구동법을 채용한 시제품들은 명암대비가 40 : 1 이상이고 응답속도는 50ms 정도의 놀라운 특성을 보여 주었다. 명암대비 특성이 향상되면 화질이 향상되며 화면을 밝게 할 수 있고 칼라 표시로 하면 표시 색의 색순도가 높아진다. 또한 응답속도가 빨라져 동화상표시가 가능해지며 마우스를 움직일 때 화면에서 커서가 없어져 버리는 현상은 사라진다.

액티브 어드레싱 구동법을 STN에 채용했을 때 가격상승을 고려해야 한다. 액티브 구동법을 사용하기 위해서는 전용 구동 IC와 컨트롤러로부터 출력 데이터를 액티브 구동용으로 가동하는 연산회로와 메모리가 필요하기 때문에 재료비 측면에서 불리하다. 이 경비 상승을 20% 이하로 억제한다면 TFT와의 경쟁에서 승산이 있다고 보고 있다.

액티브 어드레싱 구동법을 채용한 STN 액정표

시소자는 위에서 언급한 가격과 소비전력 문제만 극복한다면, 기존의 중·저가의 칼라 STN과 고가의 TFT 사이에서 동화상 구현이 가능한 멀티미디어용 칼라 화면으로 자리를 잡을 수 있을 것으로 예측된다.

## 2. 고명암대비 FSTN용 트위스트 위상차 필름

FSTN 방식은 완벽한 흑·백 표시나 명암대비 특성이 DSTN보다는 조금 떨어지지만 그 단점을 해결할 수 있었기 때문에 널리 사용되어 왔다. 앞서 언급한 것처럼 FSTN이 DSTN보다 특성이 약간 떨어지는 이유는 위상차 필름이 DSTN의 보상 패널처럼 트위스트 구조로 되어 있지 않기 때문에 완벽한 보상효과를 줄 수 없었던 것에 기인한다. 최근 이런 단점을 해결한 트위스트 위상차 필름이 소개되었다.<sup>[15]</sup> 이 트위스트 위상차 필름의 성능 개선과 안정된 공급이 이루어진다면, 기존의 FSTN에 사용된 위상차 필름을 대체할 것으로 예측된다.

트위스트 위상차 필름은 고분자 콜레스테릭(Cholestric) 액정의 선광성을 이용한다. 유리 기판 위에 고분자 콜레스테릭 액정을 도포한 후 중합한다. 그 결과의 형상은 플라스틱 필름으로 액정과 같은 광학특성을 얻을 수 있게 된다. 이 트위스트 위상차 필름을 사용한 FSTN 액정표시소자의 특성은 DSTN 방식과 동등하다. 단지 고명암대비의 특성을 얻기 위해서는 액정과 위상차 필름의 굴절률의 파장분산의 최적화 및 온도 의존성의 일치가 필요하다.

트위스트 위상차 필름을 사용하면 완벽한 흑·백 구현과 함께 명암대비 특성을 상당히 개선시킬 수 있게 된다. 즉, 더 선명한 칼라 구현이 가능해지는 것이다. 따라서 노트북 컴퓨터와 같은 대형 화면 분야에서 TFT에 밀려 그 시장을 잃어 가는 STN 액정표시소자가 이 트위스트 위상차 필름으로 화질을 개선시킬 수 있다면 가격적인 장점으로, TFT와 구별되는 저가형 상품으로 자리를 굳힐 수 있을 것으로 보인다.

## 3. 저소비전력화를 위한 반사형 칼라 액정표시소자 액정표시소자의 칼라화는 필수 귀결적인 시장의

요구이다.<sup>[16]</sup> 액정의 칼라화는 색의 감산법을 이용한 칼라필터의 적층 구조이건 가산법을 이용한 마이크로 칼라필터 구조이건 간에, 근본적으로 액정 패널이 투과율이 낮을 뿐 아니라 칼라 필터에 의하여 투과율이 더욱 나빠지기 때문에 배면에 강력한 광원을 이용해야 한다. 이 때문에 큰 전력을 필요로 하게 되고 이를 공급하기 위한 배터리의 무게나 부피가 증대되고 있다. 이 문제를 해결하기 위해서는 배면 조명을 이용하지 않는 반사형 액정표시소자를 실현할 필요가 있다.

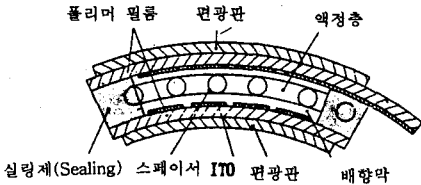
현재까지 발표된 반사형 칼라 액정표시소자는 PCGH(Phase Change Guest Host) 모드<sup>[17]</sup>와 칼라필터를 조합하여 편광판이 없이 칼라를 구현한 방식과 칼라필터가 없이 STN의 복굴절 현상을 이용하여 전압차에 의한 칼라 구현을 한 복굴절 반사 칼라 STN 방식이 있다. 전자의 경우, 전압대비 광 투과율 특성 때문에 액티브 TFT 구동법에 사용되어 지는데 아직까지는 멀티 칼라 구현만 가능하다. 이 방식은 편광판이 없이 칼라 구현이 이루어지므로 반사율과 밝기가 매우 우수하다. 후자의 경우는 액정 패널은 STN과 동일하기 때문에 STN과 같은 용도에 사용될 수 있지만, 전압차에 의하여 칼라를 구현하기 때문에 계조 표시가 불가능하고 또한 편광판을 사용하기 때문에 밝기 특성이 좋지 않고 복굴절 변화에 따른 칼라 구현이기 때문에 시야각에 따른 칼라 변화가 심하다. 그러나 기존의 STN과 동일한 구조의 액정패널을 사용한다는 것이 큰 장점이 되어 95년 초기부터는 계조 표시가 필요치 않은 중소형 그래픽 화면용(320×240dots 정도)으로 양산될 전망이다.

반사형 칼라 액정표시소자의 실현은 빛의 이용 효율을 극한까지 높여 밝은 화면을 구성할 수 있는가에 달려있다. 반사형 칼라를 구성하는 액정, 마이크로 칼라필터, 반사판에 대하여 그 설계조건을 최적화해야 한다. 반사형 액정표시소자는 위에서 소개되지 않는 다른 구조로도 얼마든지 실현될 수 있어 이에 대한 연구가 각 사별로 활발히 진행중이다.

## 4. 경량화와 슬림화를 위한 플라스틱 액정표시소자 플라스틱 액정표시소자는 유리기판 대신 플라스

틱 판을 사용하는 것이다.<sup>[18]</sup> 그림 5는 플라스틱 액정표시소자의 구조를 나타낸다. 플라스틱 액정표시소자는 유리 기관의 액정표시소자에 비해 얇으며, 가볍고, 파손이 잘되지 않는 특징으로 전자계산기, 삐삐, 휴대전화기 등에 사용되고 있다. 현재는 삐삐용으로 많이 사용되고 있다. 삐삐와 같은 숫자나 문자표시용 화면에는 소형 TN형이 생산되어 왔으나 중형 STN 및 7인치 이상의 대형 STN에도 개발이 진행되고 있다.

플라스틱 액정표시소자는 재료, 가격, 특성 등에서 아직 과제가 많이 남아 있어, 현재 제조되고 있는 제품에서조차 충분히 완성된 것은 없고 아직 개량중이다. 특히 ITO(Indium Tin Oxide) 막을 입힌 도전기관 플라스틱으로서 요구되는 특성들이 ITO 막의 유리보다 훨씬 난이하고 다양하기 때문에 기본 플라스틱 자체의 특성 개선이 계속해서 추진되어 왔으며, 또한 유리보다 6배 이상 되는 가격 문제도 향후 플라스틱 액정표시소자의 보급 가능성의 중요한 과제로 남아 있다.



(그림 5) 플라스틱 액정표시소자의 구조

## VI. 시장 분석에 의한 향후 STN 액정표시소자의 전망

STN의 향후 기술전망을 살펴보려면 우선 현재의 사용자의 요구와 향후 액정표시소자가 채용될 수 있는 적용제품들을 예측해야 한다. 그리고 현상에서의 경쟁 제품들과 비교하여 향후 전개 방향을 예상, 필요 부분을 보강하고 장점들을 부각시켜야 한다.

먼저 액정표시소자의 최선두국인 일본의 경우를

살펴보면, 1989년 日經 Micro지에서는 '95년에는 LCD 시장이 1조원에 육박할 것이라고 예상했는데, '94년 실적 및 '94년 계획으로 보아 그 예상은 적중할 것이다.<sup>[19]</sup> 그리고 2000년의 시장규모를 4조원 목표로 설정하고 정보화시대의 환경적인 배경을 예측하여 거기에 부가되어야 할 신 적용제품들을 설정, 세분화하여 목표달성을 위해 주력할 것이라고 밝혔다. 표 3은 2000년대 4조원 시장을 위한 응용제품들과 예상 패널 가격을 나타낸다.

이러한 견지에서, 액정표시소자의 주요시장인 PC 시장을 보면 고급기종, 보급기종, 소형 등으로 특화할 것이라 예상된다. 멀티미디어의 액정표시소자의 도입은 많은 기능부가와 고기술을 요구할 것이다. 이러한 고급기종은 주로 동화면이 가능한 TFT 액정표시소자가 채용될 것이다. 저가 보급형은 그 시장을 칼라 STN이 주로 점유할 것이라 예상되고, 소형의 경우는 현재 어떤 기능이 필요한지 검토 중인데 대각 길이가 21~24cm 정도가 될 것이다.

워드프로세서 시장은 '95년에는 절반 이상이 칼라화가 될 것이라 예측되는데 정지화면이기 때문에 칼라 STN의 시장이 될 것이다. 한편 '94년부터 일본 내에서 많은 STN 생산 라인을 칼라화했기 때문에 칼라 STN은 과잉공급 및 품질저하가 발생할 것이라는 문제점을 지적받기도 한다.

액정표시소자는 궁극적으로 CRT와 견주어 저소비전력, 적은 공간 차지, 저 발열량, 저 잡음, 사용간편, 유해전과 극소화라는 이점을 가지고 단계적으로 CRT 시장을 잠식할 것이라고 예상된다. 이러한 시장동향으로부터 STN의 위치를 보면, STN은 TFT와의 시장경쟁이 심화될 것이고 FLC(Ferroelectric LC) 등과 같은 새로운 모드의 액정표시소자의 시장 진출로 인한 시장잠식도 예견된다. 그러나 지금까지의 기술발전 추이나 향후 지향하려고 하는 방향을 볼 때 끊임없는 신기술 개발과 재료의 개발을 통해 자구책을 강구할 것이라고 판단된다. 현재 상태로 STN은 92년 이후 흑·백시장의 포화로 쇠퇴 기미를 보였으나 칼라화로의 전환으로 활로를 개척해 나가고 있다.

향후 STN은 TFT와는 다른 특화된 시장을 형



〈표 3〉 2000년 4조원 시장을 고려한 응용제품과 패널 가격

응용제품	제품크기	패널 크기	응용제품가격	패널가격	생산수량
노트북, 개인용 컴퓨터	A4 크기	10.4"~12.1"	10만~30만円	2만~5만円	5000만~1억
	랩톱 크기	14"~21"	30만~60만円	5만~15만円	400만~1000만
소형휴대정보단말	포켓 크기	4.7"~6.5"	3만~5만円	0.5만~1만円	5000만~1억
정보공유화면	벽걸이 크기	40"~60"	50만~100만円	20만~40만円	200만~500만

성할 전망이며, 가격 인하와 앞서 언급한 기술개발을 통해 고품위를 달성하여 경쟁력을 향상시켜 나갈 것이다.

## VII. 결 론

TFT의 가격이 인하되어 가고 멀티미디어의 시장요구가 증가하면서 컴퓨터용 대형 화면 부문에서 칼라 STN 액정표시소자는 TFT에 밀려 중·저가용으로 한정되어 사용될 전망이지만 액티브 어드레싱이 그 단점들을 극복하여 더 낮은 화질과 동화상구현이 실현된다면 칼라 STN과 TFT 중간급으로 그 자리를 잡을 수 있을 것으로 예측된다. 흑·백 STN은 저가용이나 칼라가 특별히 요구되지 않는 워드프로세서 등에 주로 채용될 것이다.

중·소형 화면 부문에서는 STN 액정표시소자가 계속해서 주로 사용될 것으로 보이며, 향후 유망한 PDA(Personal Digital Assistant) 분야에서는 플라스틱과 반사형의 조합된 형태가 채용될 것으로 예측된다.

## 참 고 문 헌

- [1] Terry J.Scheffer, "Supertwisted-Nematic (STN) LCDs," SID Seminar Lecture Notes, vol 1, pp.M-1/1~84, June 1994.
- [2] Alt P.M. and Pleshlo, P., "Scanning Limitation of Liquid-Crystal Display," IEEE

Transactions on Electron, vol. ED-21, pp. 146~155, Feb. 1974.

- [3] T.J. Scheffer, J.Nehring, M.Kaufmann, H. Amstutz, D.Heimgartner, and P.Eglin, SID 85 Digest, pp.120~123, 1985.
- [4] Fisher, A.G., Brody, T.P., and Escott, W. S., "Design of a Liquid Crystal Color TV Panel," IEEE Conf. Record on Display Devices, pp.64~66, 1972.
- [5] Television 학회編, 「액정 Display」, 昭晃堂, p.67, 1985년
- [6] M.Akatsuda, K.Katoh, K.Sawada, "Electro-Optical Properties of Supertwisted Nematic Display Obtained by Bubbling Technique" Japan Display, pp.400~403, 1986
- [7] M.Schadt and F.leenhouts, Appl. Phys. Lett., 50(5), 236, 1987.
- [8] Nikkei Micro Device, (10), 79, 1987.
- [9] H.Koh, K.Sawada, M.Ohgawara, T. Kuwata, H.Tsubota, M.Akatuka, K. Matsuhiro, "A 960×240 Pixel Multicolor Supertwisted Nematic Display," SID Digest, pp.53~56, 1988.
- [10] M. Ohgawara, T.Kuwata, H. asebe, M. Akatsuka, H.Koh, K.Matsuhiro, "A Color STN Display with Two Retardation Compensing Films," SID Digest, pp.390~393, 1989.
- [11] H.Amstutz, D.Heimgartner, M.Kaufmann, and T.J.Scheffer, Swiss patent application 3819/83, July 12, 1983.
- [12] K.Asano, K.Arai, S.Nishi, "SBE Liquid

- Crystal Display with Improved Response Time," Japan Display, pp.392~395, 1986.
- [13] Y. Kotani, I.Fukuda S.Yamamoto, T. Uchida, "Effect of Various Parameters on Matrix Display Characteristics of SBE Liquid Crystal Cells," Japan Display, pp.384~387, 1986.
- [14] Scheffer, T.J. and Clifton, B., "Active Addressing Method for High Contrast Video Rate STN Display," Euro Display, pp.228~231, May 1992.
- [15] 太田勳夫, 「액정 Panel 제조 Process 기술」, 1991년 8월
- [16] Press Channel, 「'95년 최신액정 Process 기술」, 1995년 1월
- [17] Nikkei Microdevices, 「반사형액정 Pannel 개발」, p.99~103, 1994년
- [18] 「액정 Display 산업연감」 1994년
- [19] 日經 BP, 「Plat Panel Display」, p.54~57, 1995년 1월

## 저자 소개



李 承 洙

1948年 5月 2日生  
 1966年 2月 경북고  
 1971年 2月 서울대 응용물리  
 1974年 10月 입사

1989年 10月 ~ 현재

연구소장