

기술 특 집

TFT LCD용 최신 액정 혼합물 개발 동향

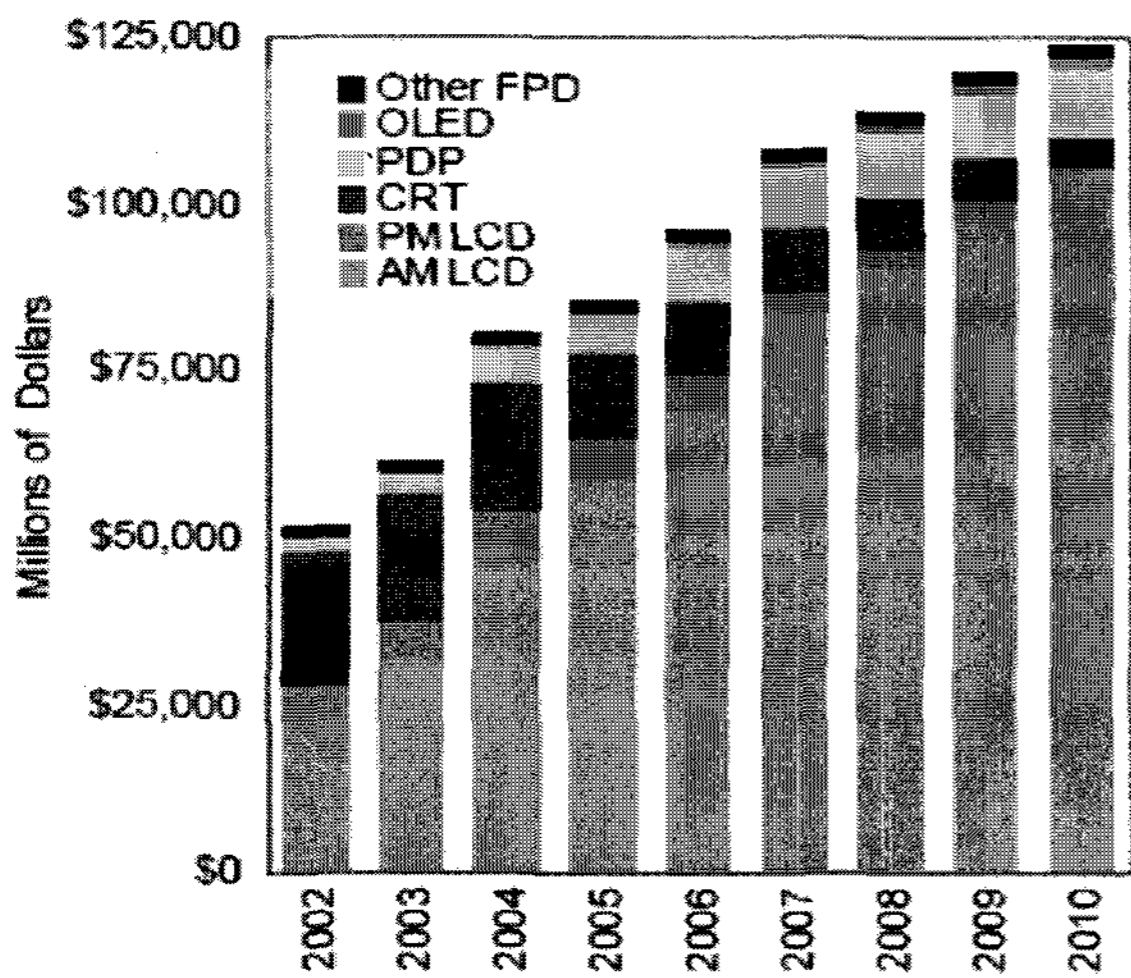
이승은, 이희규 (Merck Advanced Technologies Ltd. 액정 연구소)

I. 서 론

현재 LCD는 여러 가지 평판 디스플레이 가운데 주도적인 역할을 하고 있으며 지금까지 기술적인 면에서 고해상도, 광시야각, 고속응답특성, 고휘도, 대면적화를 통해 많은 발전을 이루어왔다. 이로 인해 향후에도 LCD 시장은 빠르고 지속적인 성장이 가능할 것으로 보인다[그림 1].

그러나 LCD 시장에서의 경쟁은 점점 더 치열해지고 있고 성능에 대한 기대수준도 또한 높아져 계속해서 더 나은 고품질 제품의 필요성이 대두되고 있다. LCD 시장으로부터의 이런 요구 수준을 만족시키기 위해서 보상필름을 채용한 TN(Twist Nematic), IPS(In-Plane Switching), VA (Vertical Alignment)와 같은 다양한 TFT-LCD mode들이 고안되어져 왔고 액정 기술 또한 진보를 거듭하고 있다.

본 논문에서는 최근의 TFT LCD 개발 동향과 시장에서 요구되는 액정 혼합물의 특성을 살펴본 후 향상된 응답속도 특성과 신뢰성을 가진 새로운 물질을 소개함으로써 TFT LCD용 최신 액정 혼합물 개발 동향을 다루어보고자 한다.^[1,2]

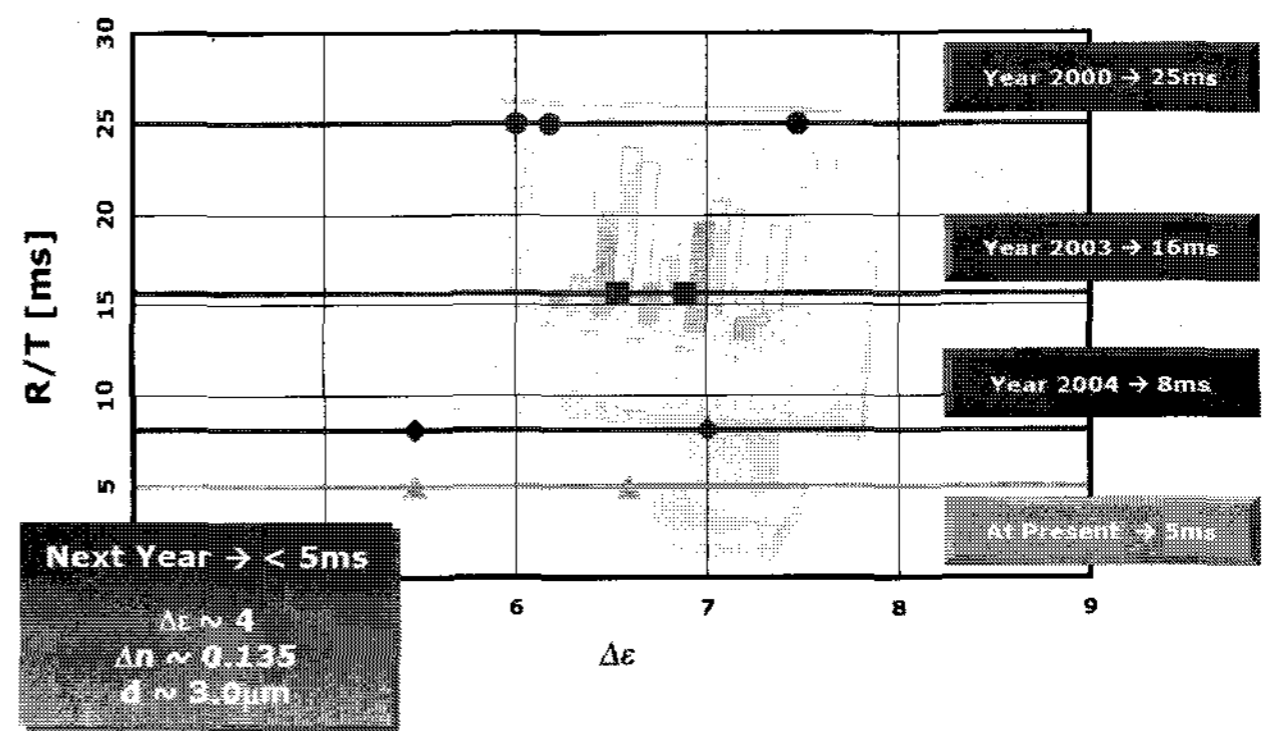


(자료 iSuppli, Nov, 2006)

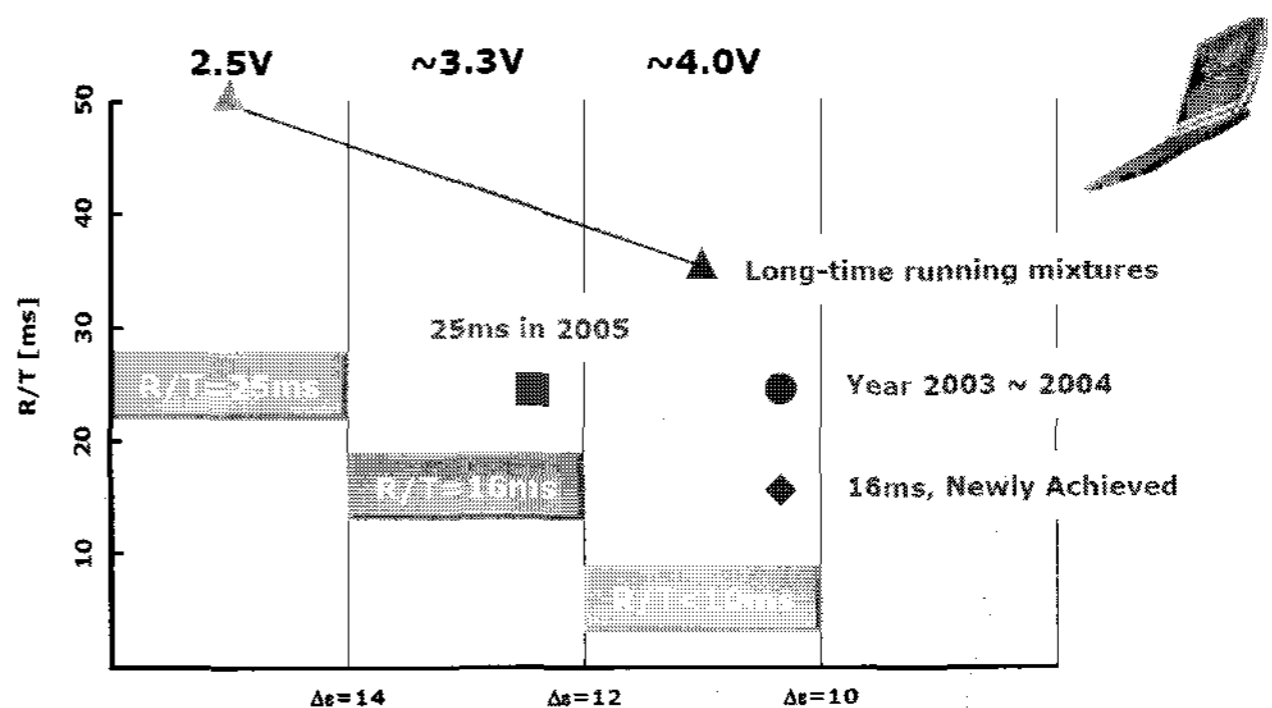
[그림 1] 각 디스플레이별 예상 시장 규모

II. 본 론

[그림 2](a)에서 보이는 바와 같이 TN 모니터에 있어 응답속도는 매우 중요한 특성 중의 하나로 현재까지도 더 빠른 응답속도를 얻기 위한 노력들이 계속되고 있다. 2000 년도에 25ms이던 응답속도는 현재 on/off 응답속도를 기준으로 5ms가 달성되었다. 이와 같은 응답속도의 개선은 액정 혼합물 자체의 회전 점도의 향상과 더불어 점차 셀 갭을 낮춤에 따라 가능하게 되었다. 셀 갭을 낮춘다는 것은 액정 혼



(a)



(b)

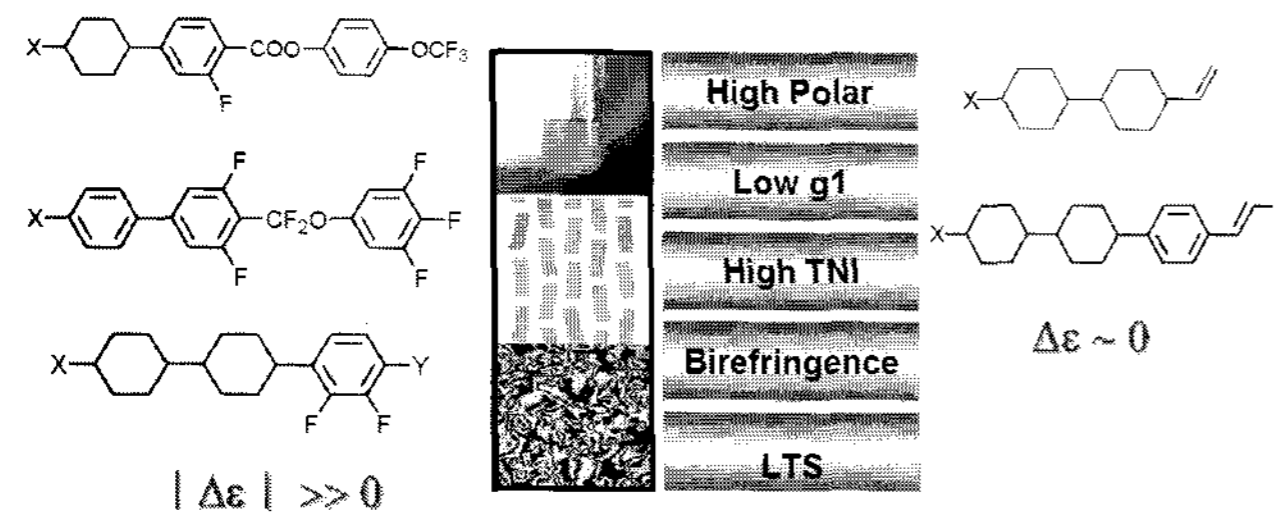
[그림 2] TN 모니터 (a) 및 TN 노트북 (b)의 개발 동향

합물의 높은 광학적 이방성을 요구하는 것으로 이를 위해 상대적으로 높은 Δn 을 가지면서 회전 점도에 유리한 물질들의 개발에 중점을 두어왔다.

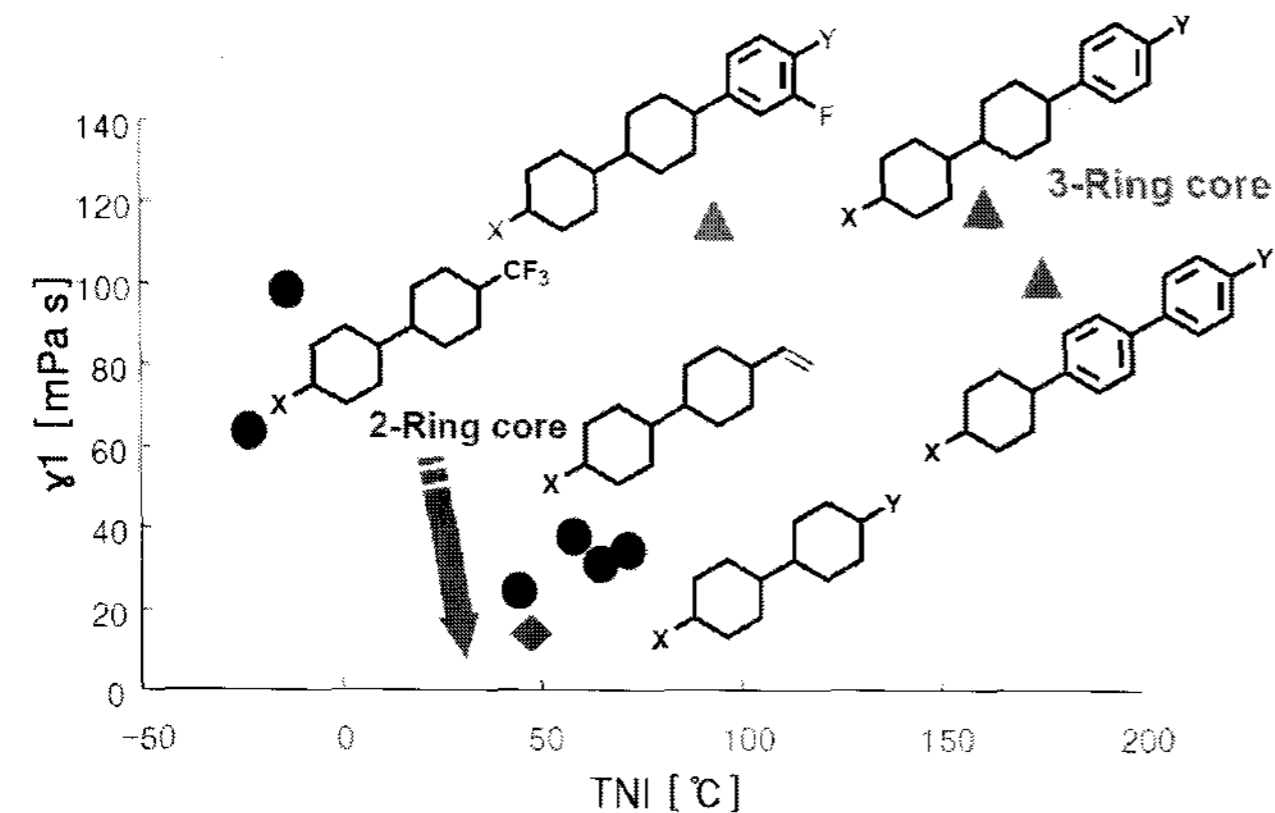
TN 노트북의 경우에는 빠른 응답속도와 함께 낮은 구동 전압 특성이 요구되고 있다. [그림 2] (b)에서 나타나듯이 4V 구동전압 조건하에서 16ms의 달성에 이어 10ms 이하의 응답속도용 개발이, 3.3V에서는 25ms 달성 이후 16ms 개발이 진행중이다. TN 노트북에서 요구되는 빠른 응답 속도와 낮은 구동 전압을 동시에 만족시키기 위해서는 액정 혼합물의 $\Delta\epsilon$ 값이 높으면서 동시에 회전 점도 값이 낮아야 하기 때문에 여러 가지 극성 물질과 neutral diluter 의 효과적인 조합이 많이 연구되고 있다. 이와 함께 최근 잔상과 같은 디스플레이 신뢰성이 점점 더 중요해짐에 따라 액정 혼합물의 신뢰성을 높이는 방향으로 개발이 진행되고 있다.

TN 모드 뿐만 아니라 VA와 IPS 모드의 경우에도, 응답속도가 계속해서 개선되어져 왔다. 액정에서는 이를 위하여 회전 점도는 낮추고 동시에 탄성계수를 높이는 방향으로 개발이 시도되고 있다.^[3, 4, 5] 이러한 응답속도 개선에 대한 노력은 현재는 주로 모니터와 TV에 집중되고 있지만 mobile 혹은 CNS(Car Navigation System) 용도까지 그 적용 범위가 넓어지고 있다. 특히 이러한 out-door application용 개발에 있어서는 보다 넓은 동작 온도의 범위가 요구되어지기 때문에 높은 T_{NI} 를 가진 액정 혼합물이 개발이 중요한 사항이다.

[그림 3]과 같이 액정 혼합물에는 다양한 특성을 만족시키기 위해 여러 가지 종류의 단물질이 함께 사용되고 있다.



[그림 3] 액정 혼합물의 기본 concept



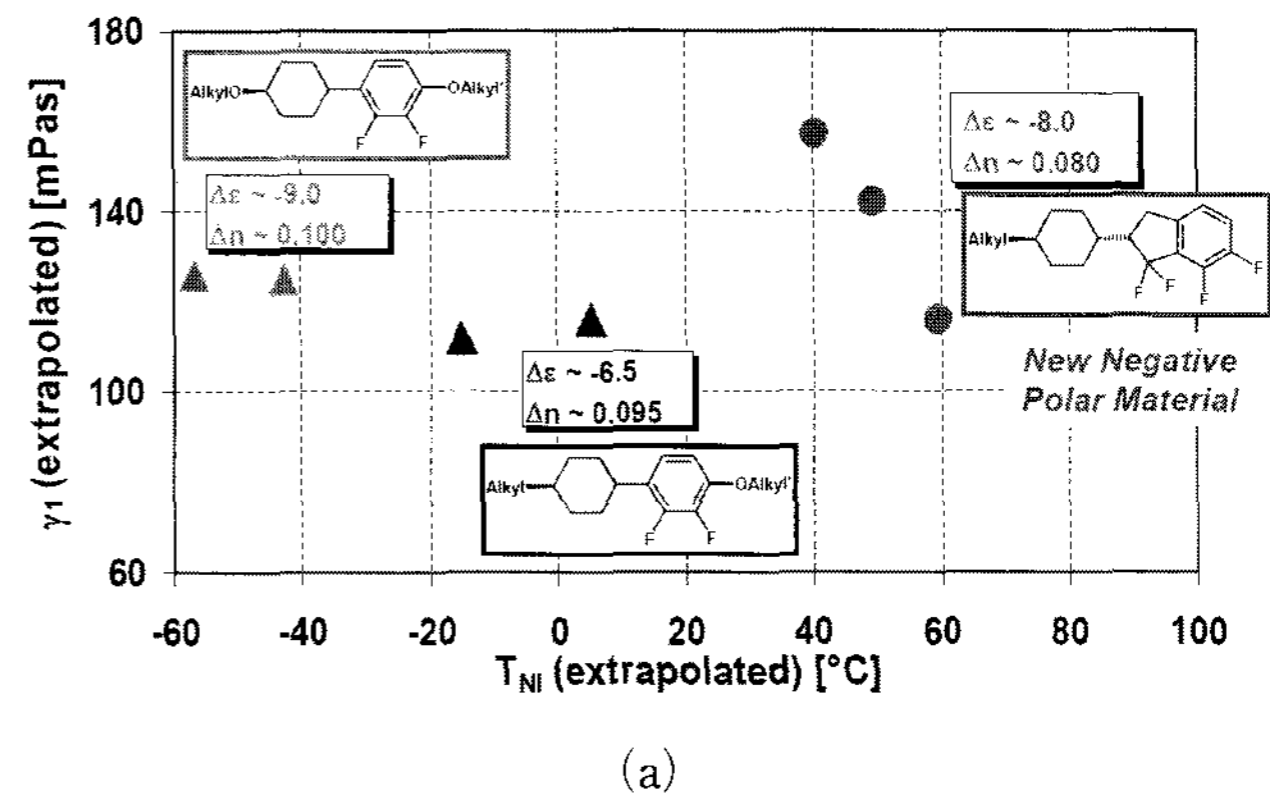
[그림 4] Neutral diluters

특히 고속 응답을 달성하기 위해선 아주 낮은 회전 점도를 가진 neutral diluter와 높은 $\Delta\epsilon$ 값을 가진 효과적인 극성 물질이 모두 필요한데 여기에서 최근 사용되기 시작하는 물질을 neutral diluter, 음의 극성 물질 그리고 양의 극성 물질 순서로 하나씩 그 특성을 소개하고자 한다.

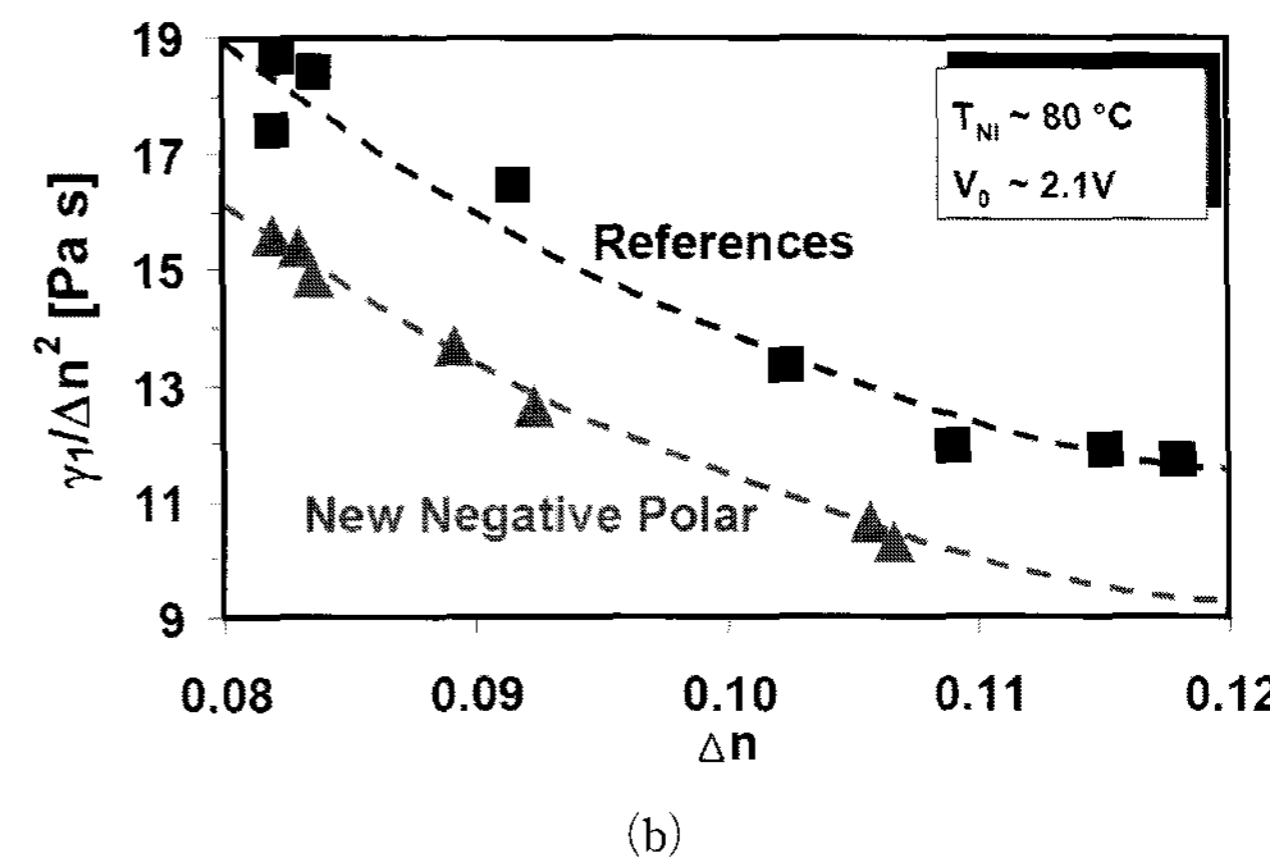
2개 혹은 3개의 고리를 가진 neutral diluter 물질들이 T_{NI} , Δn 과 같은 액정 혼합물의 특성을 만족시키기 위해 사용되고 있는데, 특히 2개의 고리를 가져 상대적으로 작은 분자량을 가진 액정들은 주로 액정 혼합물의 회전 점도 값을 낮추는데 중요한 역할을 한다. 이러한 neutral diluter 중에서도 아주 낮은 회전 점도 특성을 가진 SLV(Super Low Viscosity)라고 불리는 물질이 최근 몇 년간 고속응답을 위한 액정 혼합물 제조에 많이 사용되고 있다.

[그림 5] (a)에서는 현재 주로 사용되고 있는 음의 액정들과 최근 도입되기 시작하는 새로운 극성 물질의 특성을 보여주고 있다. 새로운 음의 극성 물질은 기존의 물질 대비, 매우 높은 극성에 비해 우수한 회전 점도 특성을 지니고 있어 음의 극성 물질을 필요로 하는 VA모드의 특성을 향상시킬 수 있다. 이러한 새로운 극성 물질이 액정 혼합물에 첨가되었을 때, 넓은 Δn 영역대에서 응답속도에 관련한 parameter인 $\gamma_1/\Delta n^2$ 의 감소효과는 [그림 5] (b)에 나타난 바와 같다.

주로 TN과 IPS에서 사용되어지는 대표적인 양의 물질들

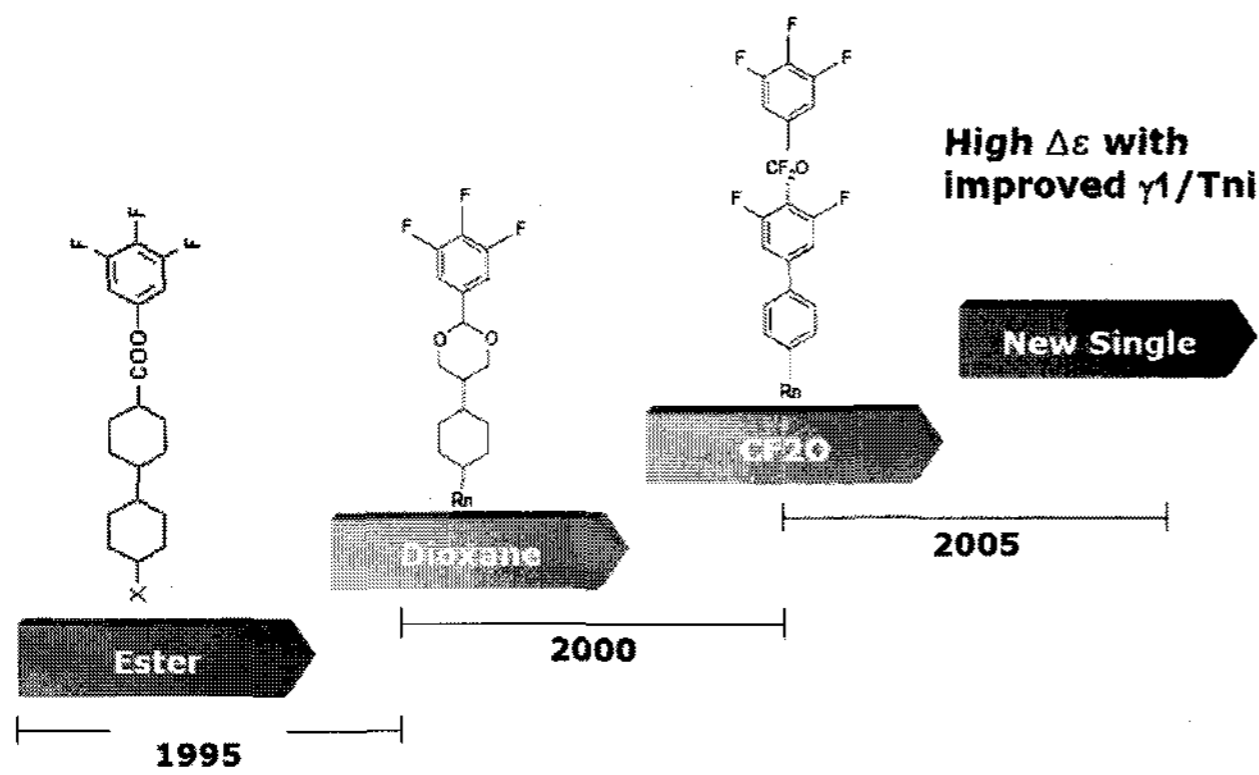


(a)



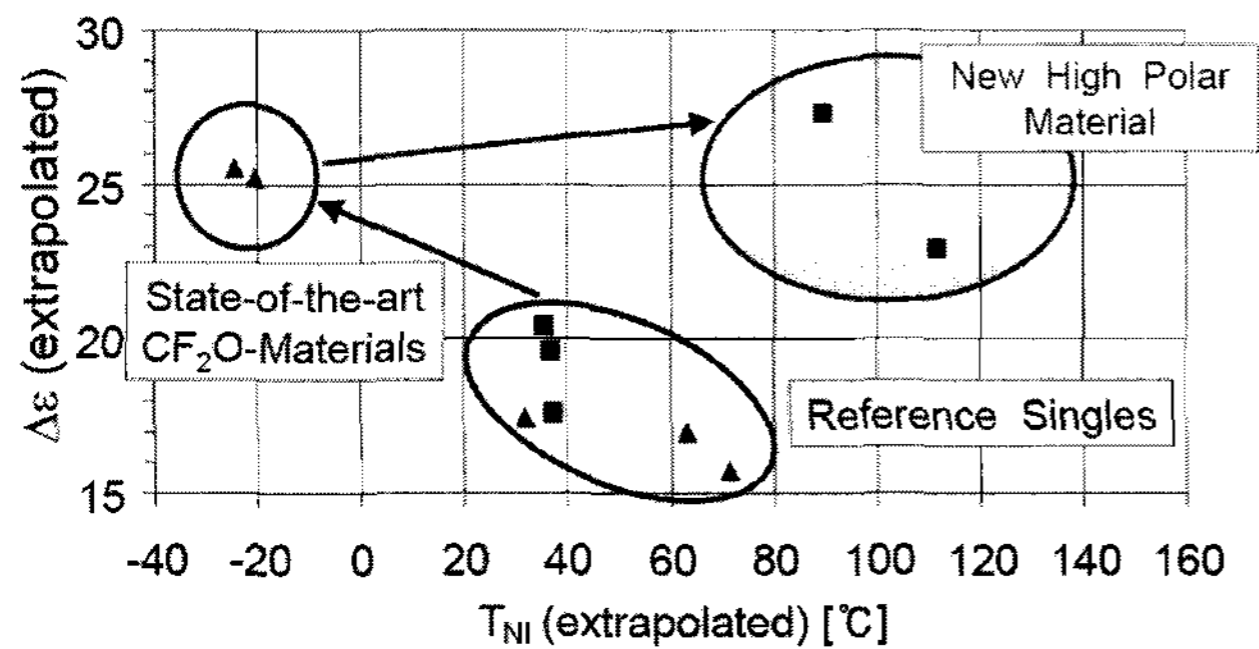
(b)

[그림 5] 새로운 음의 극성 물질 (a) 및 이를 포함한 액정 혼합물의 특성 (b)

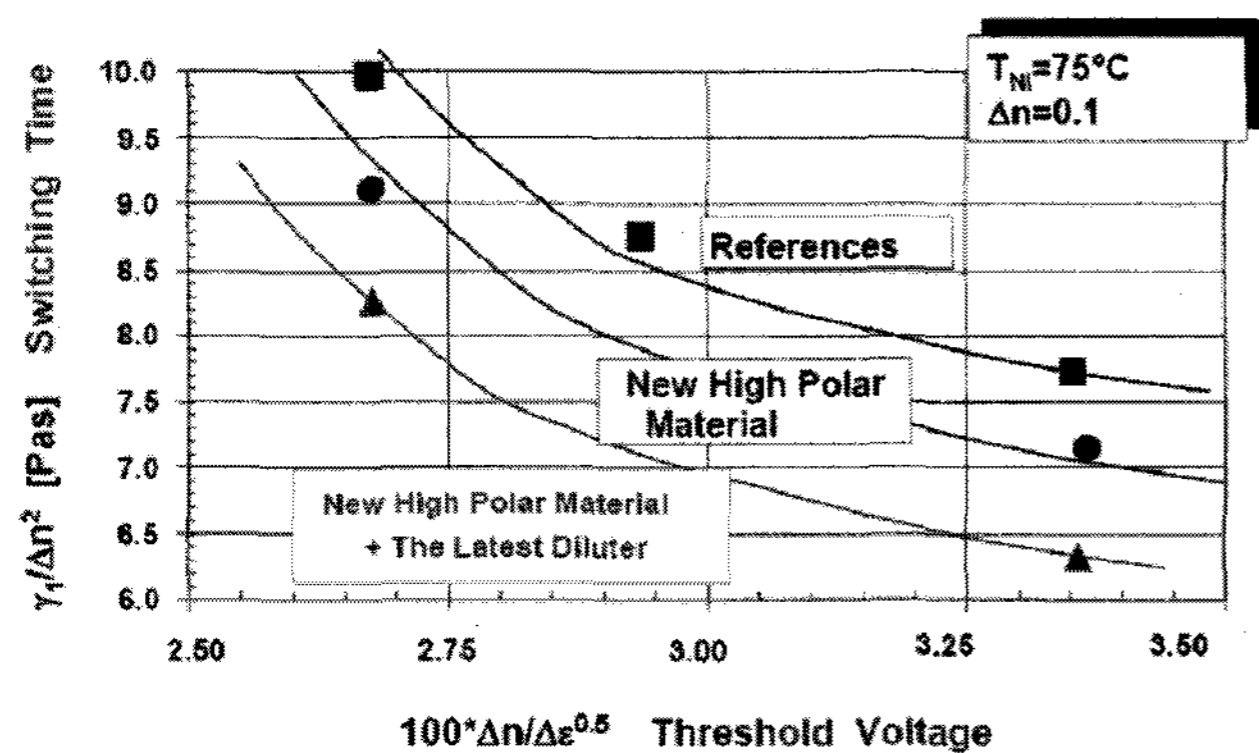


[그림 6] 대표적인 양의 극성 물질들

을 [그림 6]에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 과거에는 중간 연결 그룹으로 ester 등이 사용되었으며, 다이옥신계의 물질들도 도입된 바 있다. 이러한 물질들은 몇 년 전부터 -CF₂O-의 연결 그룹을 갖는 물질들로 대폭 대치되기 시작하였는데, 이는 이전 물질들과 비교하여 액정 혼합물의 극성을 현저하게 높일 수 있는 반면 낮은 회전 점도를 유지할 수 있어 전반적인 액정 혼합물의 특성을 크게 향상시킬 수 있었기 때문이다. 최근 들어 새로운 구조의 극성 물질이 추가로 개발되었는데 이 물질의 특성과 그로 인해 향상되는 액정 혼합물의 특성을 [그림 7]에 나타내었다.



(a)



(b)

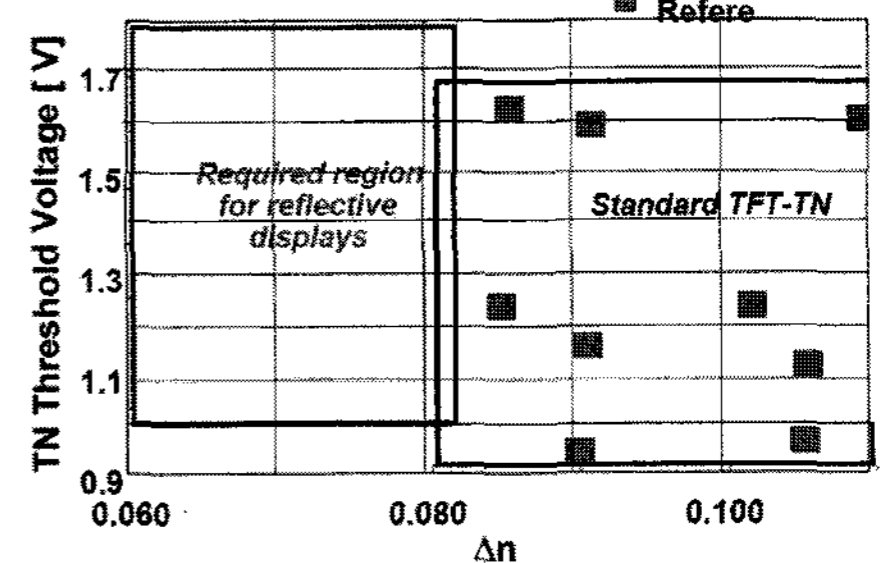
[그림 7] 새로운 양의 극성 물질의 특성 (a) 및 이를 포함한 액정 혼합물의 특성 (b)

[그림 7](a)에서 새로운 극성 물질들의 특성을 이전 -CF₂O- 물질들과 비교해 보면 높은 극성과 동시에 상대적으로 높은 clearing point를 가지고 있음을 알 수 있다. 액정 혼합물의 극성 뿐만 아니라 clearing point를 올릴 수 있는 이 물질이 개발됨으로써 TN과 IPS 모드 특성을 한 번 더 향상시킬 수 있는 계기가 되었다. [그림 7](b)에서는 새로운 극성 물질이 TN 혹은 IPS 모드를 위한 액정 혼합물에 사용되었을 때의 효과를 잘 보여주고 있다. X축을 threshold voltage parameter로 하고 Y축을 switching time parameter를 나타내었을 때 이전 물질 대비 회전 점도 측면에서 큰 향상을 보여 주며, 따라서 switching parameter 값의 감소를 유발하였다. 새로운 극성 물질은 단독으로 쓰였을 때에도 액정 혼합물의 특성을 향상 시키지만 앞서 언급한 SLV라고 불리는 최신 diluter 물질과 함께 사용할 때 회전 점도 값을 더욱 더 효과적으로 낮출 수 있다.

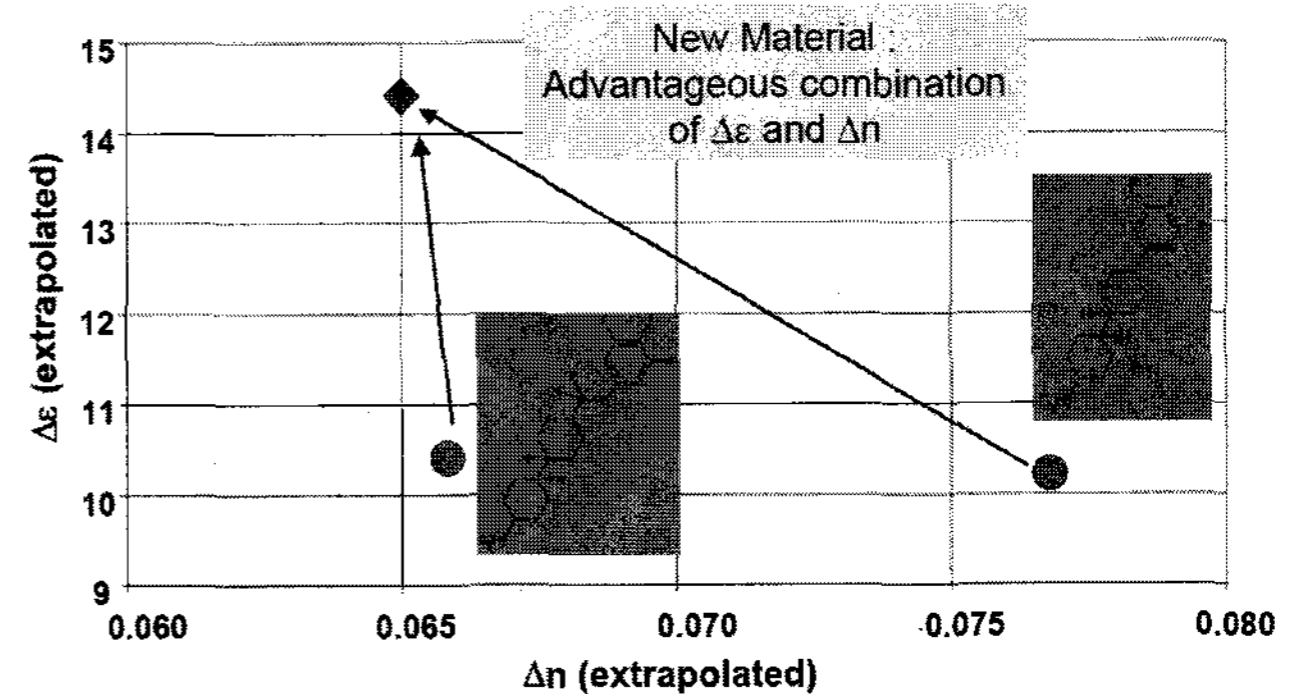
Mobile application 중에 반사형 혹은 반투과형 디스플레이를 위한 액정 혼합물은 일반적인 투과형 디스플레이를 위한 액정 혼합물과 비교했을 때 V_{th}와 Δn 특성 면에서 여러모로 많은 차이가 있다.[그림 8] 일반적으로, 높은 Δε, 낮은 Δn 및 넓은 네마틱 온도 범위가 요구되어지는데 이런 특성은 일반적인 표준 물질들로는 얻어질 수 없다.

[그림 9]에서 새로운 Δn 극성 물질과 이전에 사용되던 물질의 Δn 대비 Δε 특성을 나타내었다. 새로운 극성 물질

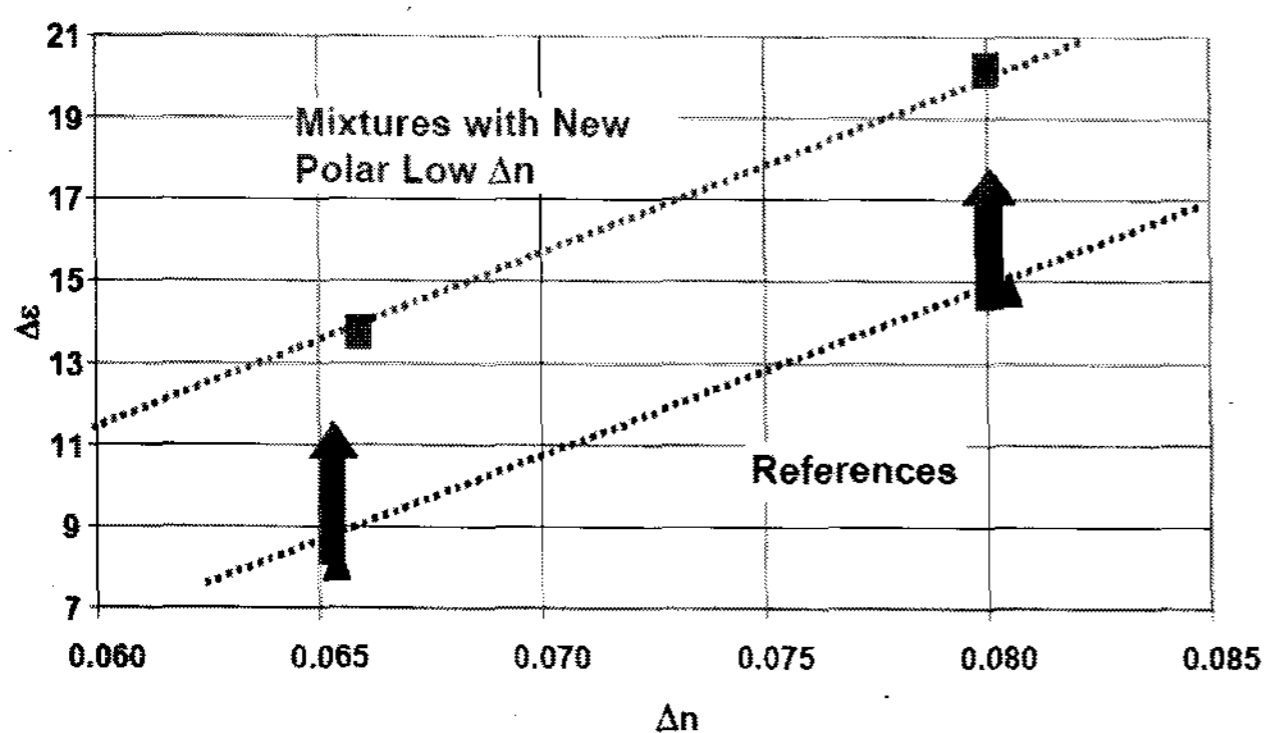
- Low birefringence
- Reduced operating voltage
- High voltage holding ratio
- Broad operating temperature range



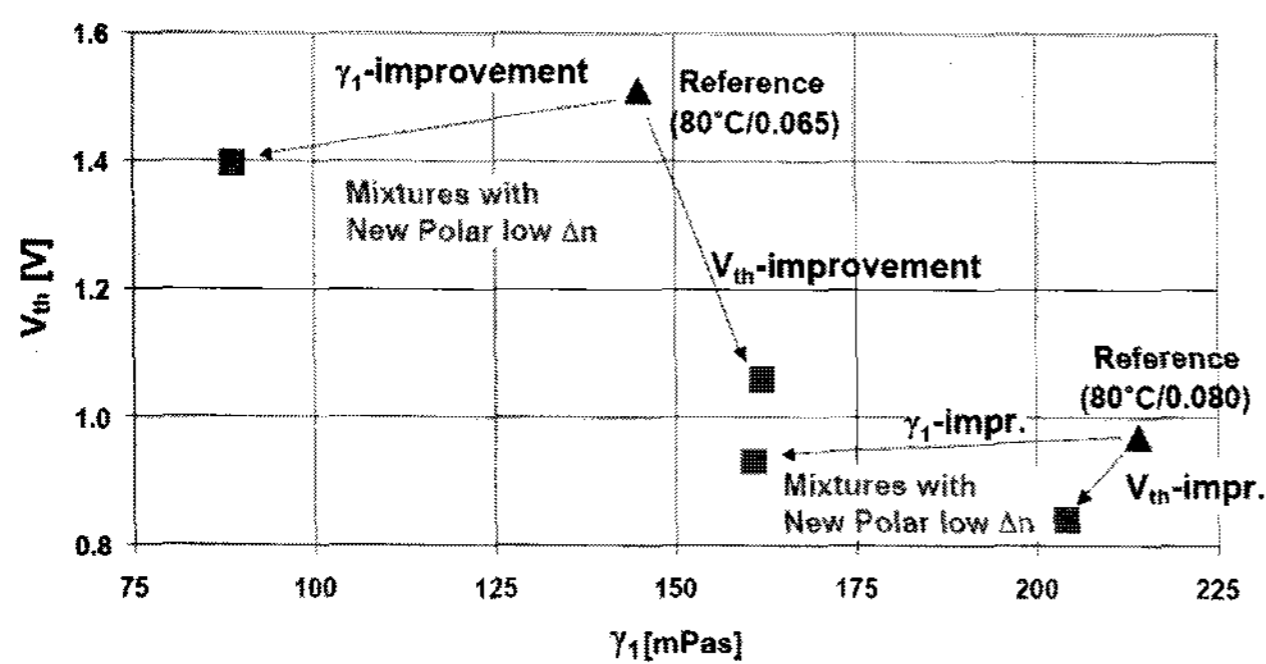
[그림 8] 반사형 혹은 반투과형 디스플레이에 요구되어지는 액정의 특성



[그림 9] 새로운 low Δn 극성 물질의 특성



(a)



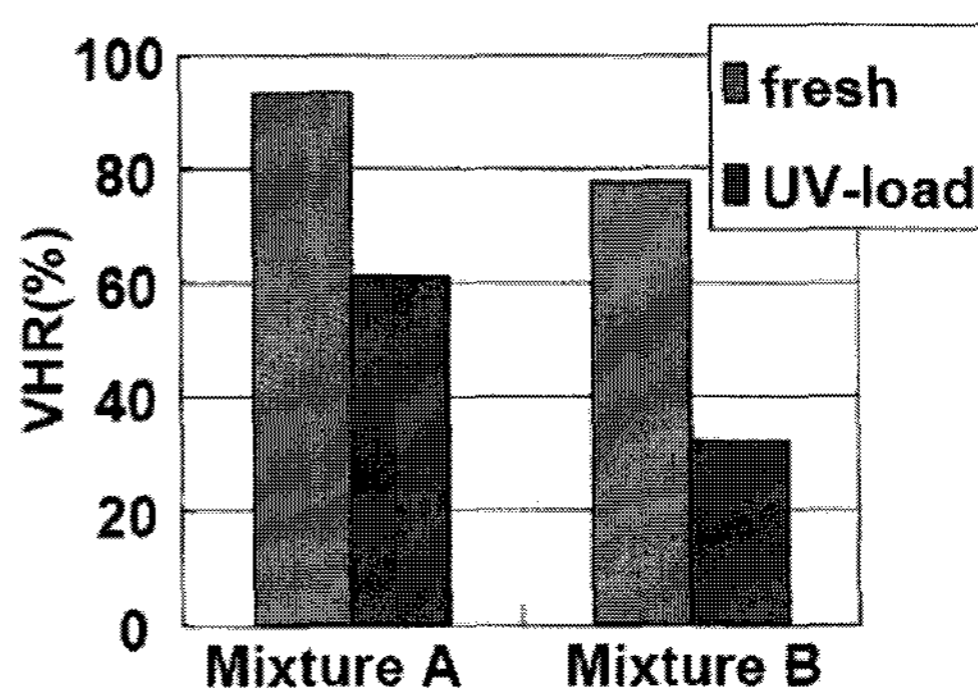
(b)

[그림 10] 새로운 low Δn 극성 물질을 포함한 액정 혼합물의 특성

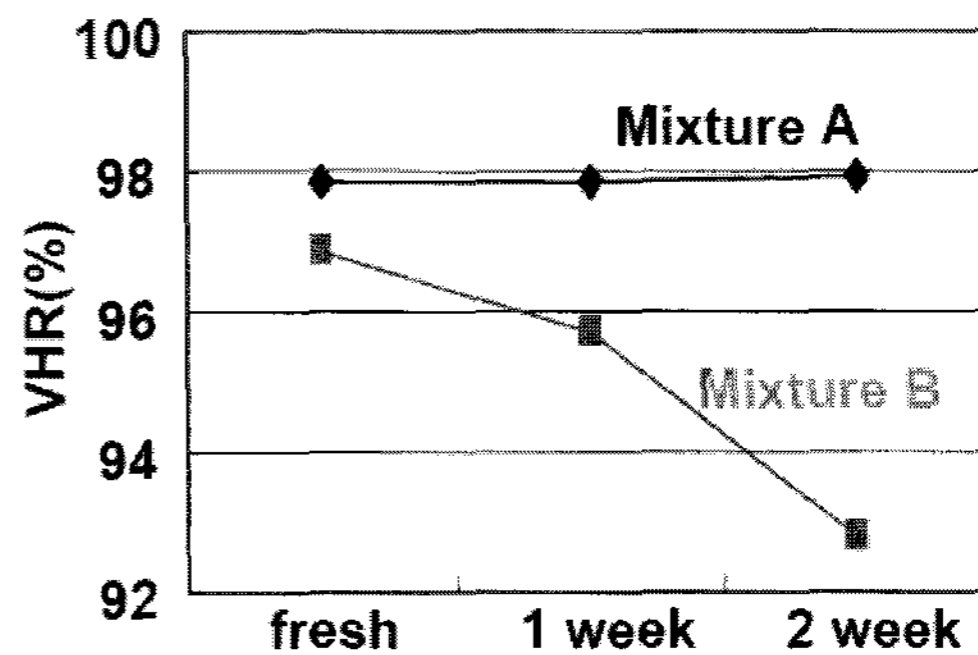
은 매우 낮은 Δn 특성과 함께 아주 높은 Δε를 동시에 구현할 수 있어 이전 물질과 비교할 때 뚜렷한 특성의 향상을 보여 반사형과 반투과형 디스플레이에 사용되어지기에 적합하다고 할 수 있다.

[그림 10] (a)에서는 새로운 low Δn 극성 물질들을 포함한 액정 혼합물을 개발하여 그 이전의 액정혼합물과 특성을 비교해 보았다. 비교에 사용된 액정혼합물은 mobile application을 위한 것으로 Tni (clearing point) = 80°C 및 Δn = 0.065, 0.080 특성을 가진다. 비슷한 다른 특성을 가졌을 때 기존 액정혼합물 대비 Δε 값을 5 unit 정도 증가시킬 수 있다. 그러므로 새로운 low Δn 극성 물질들은 특히 낮은 소비 전력을 필요로 하는 mobile application에 적합하다고 볼 수 있다. [그림 10] (b)에서는 Δn 영역에 따른 threshold voltage, Vth의 감소를 잘 보여주고 있다. 특히 아주 낮은 Δn 영역대 (Δn ~ 0.065)에서 새로운 low Δn 극성 물질을 사용하였을 때, 기존 액정 혼합물과 대비하여, 신규 액정 혼합물의 Vth가 많이 감소되었고, 조금 더 높은 Δn 영역대 (Δn ~ 0.08)에서도 Vth 값을 낮출 수 있었다. 새로운 low Δn 극성 물질들을 이용하면 Vth 값 뿐만 아니라 이를 포함한 액정 혼합물의 회전 점도도 향상시킬 수 있다. [그림 10] (b)에서 보는 바와 같이 넓은 Δn 영역대에서 (Δn 0.065, 0.08), 기존 대비 거의 50 unit 정도에 가까운 회전 점도 값을 줄일 수 있었다.

앞에서 살펴본 여러 새로운 극성 물질들이 액정 혼합물에



(a)



(b)

[그림 11] 액정 혼합물의 신뢰성 평가 테스트 UV stress 이후 VHR 값의 비교 (a) 및 Backlight and electric field load 이후의 VHR 값 (b)의 비교

사용됨에 따라 전반적으로 특성에 있어서 많은 향상을 이루었다. 그런데 최근에는 특성의 향상 뿐만 아니라 고 신뢰성 LCD에 적합한 고 신뢰성 액정 혼합물들이 강력히 요구되고 있다. 이는 LCD TV 시장을 비롯하여 여러 application에서 매우 강화된 신뢰성 기준이 요청되어, 엄격한 신뢰성 테스트의 기준이 적용되고 있기 때문이다. 액정 혼합물에 있어서도 자체적으로 신뢰성과 관련한 여러 측정 방법들을 구축하고 있으며, 그 한 가지 방법이 VHR (Voltage Holding Ratio) 값의 측정이다. 예를 들어 최근 도입되고 있는 극성물질을 포함한 액정혼합물의 신뢰성 평가를 위해 UV 조사 전후에 액정 혼합물의 VHR 값을 측정하거나, 또는 높은 온도에서 VHR 값을 측정하여, 기존의 액정 혼합물과 대비하여 그 값들을 비교한다. 또한 장기 신뢰성에 대한 특성을 보기 위해 backlight 위에서 전기장을 가한 후 주간으로 60도에서 VHR 값을 측정하기도 한다.

[그림 11]에서 나타난 혼합물 A 안에는 주된 극성물질로 최근 도입된 극성 물질들을 사용하였고 혼합물 B에서는 과거에 주로 사용되던 ester 계열의 극성물질들이 사용되었다. 이 두 액정 혼합물은 비슷한 Δε 값을 가지고 있다. 혼합물 A와 혼합물 B의 VHR 값의 비교시 UV-load 전후하여 혼합물 A의 VHR 값의 하락이 더 작음을 알 수 있다. 또한 장시간 backlight 위에서 electric field load test를 하였을 때에도 시간이 지남에 따라 혼합물 A의 VHR 하락이

혼합물 B 보다 현저하게 작게 나타남을 보였다.

III. 결 론

본 논문은 지금까지 LCD 시장에서 요구하고 있는 액정 혼합물의 특성과 이를 만족하기 위해 새롭게 이용되기 시작한 neutral diluter 물질들과 여러 극성 물질들의 특성을 함께 살펴 보았다. 현재 LCD는 여러 평판 디스플레이 시장에서 중심적인 역할을 하고 있지만 점점 더 치열해지고 있는 경쟁으로 인해 TV, 모니터, 휴대 기기와 같은 다양한 application 전반에 걸쳐 성능 개선에 대한 요구는 지속될 전망이다. 이에 새로운 액정의 개발은 응답속도 개선을 위한 저점성 액정의 개발 및 고 신뢰성 구축에 초점을 맞추고 있다.

참 고 문 헌

- [1] S. E. Lee, E. Y. Kim, D. J. Kang, T. Jacob, M. Klasen-Memmer, M. Bremer, K. Tarumi, SPIE'03 Vol. 5003-03.
- [2] D. Pauluth, K. Tarumi, Journal of the SID 13/8, 693-702 (2005).
- [3] S. T. Wu, D. K. Yang, "Reflective Liquid Crystal Displays", JOHN WILEY & SONS, Chichester,

2001.

- [4] M. O. Jin, D. K. Yoon, E. Y. Kim, S. E. Lee, M. Heckmeier, M. Klasen-Memmer, G. Loessem, K. Tarumi, IMID '03 Digest (32.5).
- [5] C. S. Lim, H. C. Choi, C. H. Oh, S. D. Yeo, S. E. Lee, M. O. Jin, D. J. Kang, M. Klasen-Memmer, K. Tarumi, IMID'04 Digest (26.4)

저 자 소 개



이 승 은

1988. 2 Bachelor of Chemistry (학사), Ewha Womans University, Korea, 1990. 2 Master of Organic Chemistry (석사), Ewha Womans University, Korea, 1998 PhD in Chemistry (이학박사), Hull University, UK, 1990~1994 : Researcher in LC Application Lab, Merck Korea, 1998~1999 : Sr. Researcher, Merck KGaA, Germany, 1999~2002 : Sr. Researcher, Merck Japan, 2002.5~Present : R&D Manager, Merck Advanced Technologies Ltd.