

고분자/액정 복합 표시소자의 전극 표면처리에 따른 형광 및 전기-광학 특성 변화

이 봉

부경대학교 고분자공학과
(1996년 9월 15일 접수)

Fluorescence and Electro-Optic Behaviors of Liquid Crystal in Photopolymerized Thin Films with Surface-Treatment of Electrode

Bong Lee

Dept. of Polymer Sci. & Eng., Pukyong National University, Pusan 608-739, Korea

(Received September 15, 1996)

요약: 고분자/액정 복합재료에 있어서 전극기판의 silane coupling제에 의한 표면처리 효과와 고분자 매트릭스의 구조에 따른 소자의 물성 변화를 형광 및 전기-광학적 특성에 의해 검토하였다. 소자의 표면과 계면층의 액정분자의 형광거동은 전극기판의 표면처리에 따른 액정분자 배향상태의 변화와 고분자 매트릭스 구조의 차이에 의한 액정분자의 분산과 회합 상태의 변화를 민감하게 반영하였으며, 형광법이 고분자/액정 복합재료의 표면이나 계면층의 미세한 상태를 해명할 수 있는 유효한 방법임이 밝혀졌다. 소자의 전기-광학적 특성은 전극기판을 표면 처리함에 따라 크게 변화하여, 수직배향제로 처리한 경우, 보다 낮은 구동전압을 나타내었으며 SH나 CN과 같이 극성이 큰 수평배향제로 표면을 처리한 경우는 보다 높은 대비비의 표시소자가 얻어졌다. 특히 수평과 수직배향제의 hybrid 표면처리제에 있어서 가장 우수한 전기-광학적 특성을 나타내었다.

ABSTRACT: Fluorescence and electro-optic behaviors of polymer-dispersed liquid crystal (PDLC) thin films comprising of liquid crystal, 4-*n*-pentyl-4'-cyanobiphenyl (5CB) and diacrylates were investigated as a function of surface-treatment of electrode with silane coupling agent and photopolymerization conditions such as temperature and light-intensity. Experimental data indicated different molecular alignments and aggregations of 5CB at the surface-treated electrode and also in bulk polymer matrices depending on the kinds of diacrylates used as well as on polymerization temperature and light-intensity.

Keywords: polymer dispersed liquid crystal, fluorescence, electro-optic property, surface-treatment, photopolymerization.

서론

최근 고분자/액정 복합재료의 표시소자인 PNLCD (polymer network liquid crystal display) 또는 PDLCD (polymer dispersed liquid crystal display)에 대하여 많은 관심과 함께 활발한 연구가 행하여지고 있다.¹ 예를 들면, 표시소자의 대비비를 높

이기 위하여 2색성 색소를 이용하는 방법,² 구동전압을 낮추기 위한 목적으로 강유전성액정을 사용하는 방법,³ 또 컬러화를 위한 콜레스테릭 액정을 이용하는 방법⁴ 등이 시도되고 있다. 그러나 고분자/액정 표시소자의 특성은 소자를 구성하는 액정 및 고분자 소재의 물성만이 아니고 소자를 구성하는 전극과 고분자 매트릭스의 표면이나 계면의 물성도 중요한 인자라

생각된다. 고분자/액정 복합재료에서는 액정이 고분자 매트릭스 중에 3차원적으로 분산하고 있기 때문에 고분자 매트릭스나 전극표면이 직접 액정과 접하는 면적이 크고, 또 액정이 넓은 범위에 걸쳐서 연속상을 이루고 있기 때문에 전극표면의 액정 배향 능력이 액정 전체에 미칠 것으로 예상된다. 따라서 고분자 매트릭스의 구조와 전극기판의 물성은 표시소자의 기능에 큰 영향을 끼칠 것으로 추정된다. 바꾸어 말하면 고분자 매트릭스의 구조와 전극표면의 성질을 바꿈으로써 표시소자의 특성을 제어할 수 있는 가능성이 있다. 이와 같은 관점으로부터 본 연구에서는 전극기판의 표면을 여러 종류의 silane coupling제로 처리함으로써 전극표면을 개질하여, 액정분자의 배향과 분산상태를 제어함을 목적으로 하였다. 이와 같이 표면 처리한 고분자/액정 소자의 전극표면 혹은 계면층에 있어서의 액정분자의 미세한 분산과 회합상태를 형광법에 의해 해석하여 표시소자의 표면처리 효과를 평가하였다. 또 고분자 매트릭스가 복합재료의 물성에 미치는 효과와 고분자 매트릭스를 형성시킬 때의 중합온도와 광강도 등이 소자의 물성에 미치는 효과에 대하여도 검토하였다. 이렇게 하여 얻어진 소자의 전기-광학 특성의 측정 결과를 형광 특성과 관련지어 고찰하였다.

실 험

시 료. 본 실험에 사용한 고분자/액정 복합표시소자는 액정 4-*n*-pentyl-4'-cyanobiphenyl (5CB)과 diacrylate계 monomer, 광개시제 (Irgacure 184)의 혼합물을 간격 11 μm 의 ITO 유리기판 혹은 표면 처리한 ITO 유리기판 사이에 주입하여, 500 W의 초고압수은등으로 2분간 조사하여 제작하였다. 이때 광중합 온도는 25 $^{\circ}\text{C}$ 와 50 $^{\circ}\text{C}$ 였으며, 광의 강도는 10 mW/cm^2 및 40 mW/cm^2 로 하였다. 고분자 매트릭스를 만들기 위하여 사용한 diacrylate계 monomer 화합물의 구조식과 약호를 Table 1에 나타내었다.

전극 기판의 표면 처리. 유리 및 ITO 유리기판의 표면처리에 사용한 silane coupling제의 구조식과 약호를 Table 2에 나타내었다. 전극기판의 표면처리는⁵ 1 wt%의 silane coupling제를 포함하는 methyl alcohol용액에 초음파 세척기로 깨끗이 세척한 ITO 유리를 30분간 침적시킨 후, 실온에서 건조한 후에 120 $^{\circ}\text{C}$ 에서 1시간 열처리하는 과정을 2회 반복하였다. 표면처리에 의한 기판표면의 특성 평가는 물과의 접촉각도⁶ 측정에 의하여 실행하였다. 무처리 ITO 유리 및 표면 처리한 ITO 유리의 물과의 접촉각도 측정 결과를 Table 3에 정리하여 나타내었다.

형광 측정. 고분자/액정 복합재료의 표면이나 계면층에 있어서 액정분자의 형광거동은 sapphire cell을 이용한 전반사 여기법과⁷ 흡광도가 큰 (투과율 0.1%

Table 1. Diacrylate Monomers and Their Abbreviations Used in This Study

diacrylate monomers	abbr.
$\text{CH}_2=\text{CHCOO}(\text{CH}_2)_6\text{OCOCH}=\text{CH}_2$	diacrylate-A
$\text{CH}_2=\text{CHCO}(\text{OC}_2\text{H}_4)_9\text{OCOCH}=\text{CH}_2$	diacrylate-B
$\text{CH}_2=\text{CHCO}(\text{OC}_2\text{H}_4)_{14}\text{OCOCH}=\text{CH}_2$	diacrylate-C
$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{CH} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{O}-\text{O}(\text{CH}_2)_5\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-(\text{CH}_2)_5\text{O}-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \\ \text{CH}_3 \qquad \qquad \qquad \text{CH}_3 \qquad \qquad \qquad \text{CH}_3 \qquad \qquad \qquad \text{CH}=\text{CH}_2 \end{array}$	diacrylate-D
$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{CH} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{O}[\text{O}(\text{CH}_2)_5\text{C}(=\text{O})]_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{CH}_2-\text{O}-[\text{C}(=\text{O})(\text{CH}_2)_5\text{O}]_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \\ \text{CH}_3 \qquad \qquad \qquad \text{CH}_3 \qquad \qquad \qquad \text{CH}=\text{CH}_2 \end{array}$	diacrylate-E

Table 2. Silane Coupling Reagents and Their Abbreviations Used in This Study

silanes	abbrev.
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{OCH}_3)_3$ (<i>n</i> -Butyltrimethoxysilane)	C_4H
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{17}\text{Si}(\text{OCH}_3)_3$ (<i>n</i> -Octadecyltrimethoxysilane)	C_{18}H
$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_7(\text{CH}_2)_2\text{Si}(\text{OCH}_3)_3$ (<i>Heptadecafluorodecyltrimethoxysilane</i>)	CF
$\text{HN}(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{OCH}_3)_3$ (<i>3-Aminopropyltrimethoxysilane</i>)	NH
$\text{HS}(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{OCH}_3)_3$ (<i>3-Mercaptopropyltrimethoxysilane</i>)	SH
$\text{NC}(\text{CH}_2)_2\text{Si}(\text{OCH}_3)_3$ (<i>2-Cyanoethyltrimethoxysilane</i>)	CN

Table 3. Contact Angles for Untreated and Silane-Treated ITO Substrates^a

untreated	C_4H -ITO	C_{18}H -ITO	CF-ITO	NH-ITO	CN-ITO	SH-ITO
35°	91°	110°	108°	61°	68°	80°

^a Measured by sessile drop method at room temperature with water.

이하) 290 nm 이하의 단파장광을 여기광으로 하는 표면층 여기법에 의하여 검토하였다. Sapphire cell에 입사광 각도(θ)가 58° 이상의 전반사 조건(Fig. 1 참조)으로 조사하면 여기광은 시료와 sapphire cell 계면에서 전반사하여 시료의 계면 근방만을 선택적으로 여기시키는 것이 가능하다. 이때 여기광의 유효 침투 깊이는 약 72 nm (여기 파장 300 nm)이다. 그러나 $\theta < 58^\circ$ 인 경우와 흡광도가 작은 장파장 여기의 경우, 입사광은 시료를 투과하여 시료의 내부로부터의 형광이 지배적으로 된다. 한편, sapphire cell이 아닌 유리 혹은 ITO 유리 cell인 경우의 시료 표면과 내부에서의 액정분자의 형광거동은 여기파장에 따라 시료에 대한 여기광의 침투 깊이가 다른 점을 이용하여, 표면 형광은 흡광도가 큰 단파장 여기광을, 시료 내부의 형광은 여기광이 시료를 투과 혹은 시료의 심부까지 도달할 수 있는 310 nm 이상의 장파장 여기광을 이용하여 검토하였다. 형광 측정에 사용한 기기는 Hitachi 형광분광기 F-4500이다.

입도분포 측정. 시료 중에 분산하고 있는 액정방울의 입도분포는 광산란법에 의하여 검토하였으며, 측정은 Shimatz SALD-2000을 사용하여 실온에서

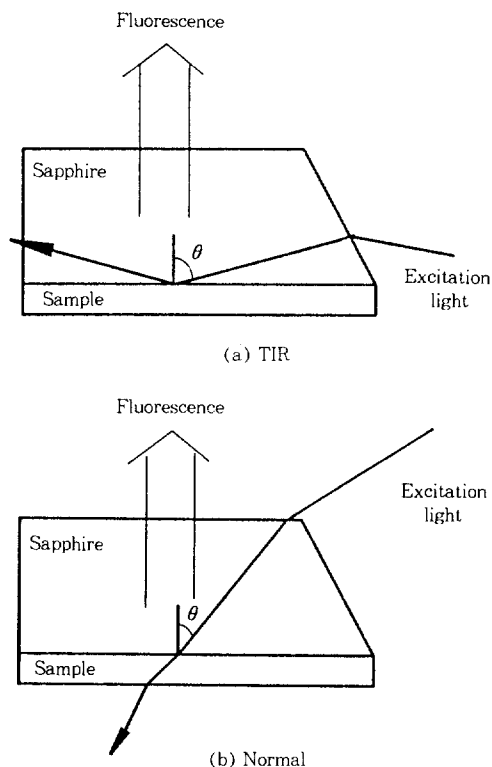


Figure 1. Schematic diagram of fluorescence measurements for photopolymerized 5CB/diacrylate films using a sapphire cell (a) under total internal reflection (TIR) conditions with high incident angle or θ larger than 58° and (b) under normal excitation conditions ($\theta < 58^\circ$).

실행하였다.

전기-광학 측정. 전기-광학 (V-T) 특성은 시료에 0~45 V, 1 kHz의 정현파를 가하였을 때의 직진광의 투과광 강도 변화에 의해 평가하였다. 각 특성치의 정의는 T_0 =최소 투명도(%), T_{100} =최대투명도(%), V_{10} =문턱전압, V_{90} =포화전압, CR=최대대비비 (T_{100}/T_0), K =경사도이다. 전기-광학 측정에 사용한 시료의 액정 농도는 76 wt%이다.

결과 및 고찰

형광 스펙트럼. Fig. 2에 액정 농도가 58.9 mol% 인 5CB/diacrylate-D 시료의 무처리 기판에서 전반사여기 (A)와 투과여기 (B) 때의 형광스펙트럼을

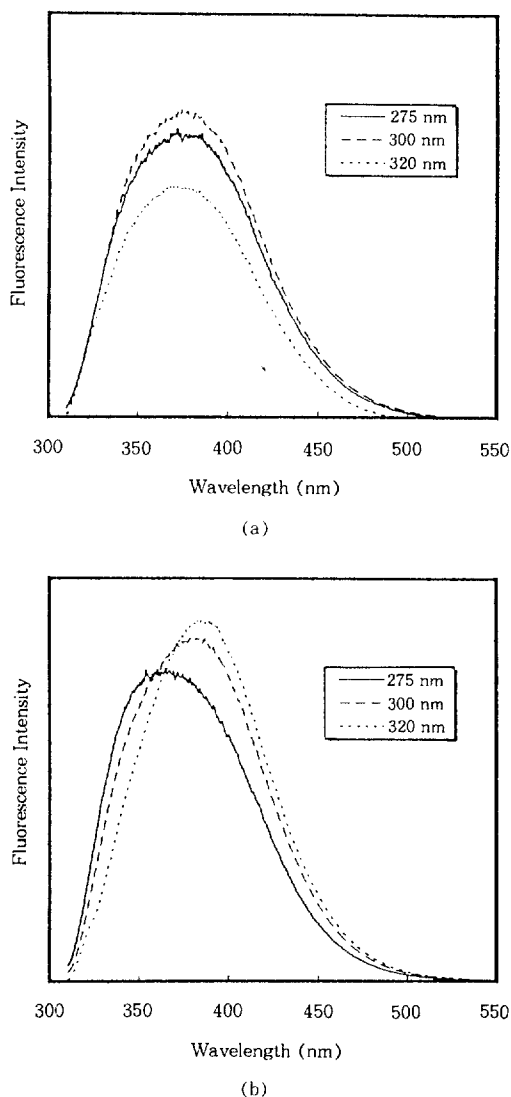


Figure 2. Fluorescence spectra of a photopolymerized 58.9 mol% 5CB/diacrylate-D film under (A) total internal reflection and (B) normal conditions using a sapphire cell with excitation wavelength of 275 nm, 300 nm, and 320 nm. Photopolymerization was carried out at 25°C with a light intensity of 40 mW/cm².

나타내었으며, 이때의 측정 조건은 sapphire기판에서 여기파장은 275, 300, 320 nm이다. 양쪽 모두에서 발광극대가 340 nm 부근인 액정 5CB의 monomer 형광과⁸ 390 nm 부근의 excimer 형광이 관측되었으

나, 그 형광거동은 여기파장에 따라 다름을 나타내었다. 전반사여기에 의한 시료의 표면 형광의 경우, 투과여기에 의한 막 내부의 형광에 비하여 단량체 형광이 보다 강하게 관측되었다. 이 결과는 시료 중의 액정분자의 배향이 표면 근방과 내부에서 다르다는 것 즉, 시료의 표면 근방의 액정분자는 기판의 영향을 받아 내부에 비하여 excimer를 형성하기 어려운 흐트러진 배향을 하고 있음을 시사하고 있다. 다음에 silane coupling제 C₁₈H로 표면 처리한 유리cell 중에서 액정 농도가 50 mol%인 5CB/diacrylate-D 광중합막의 여기파장 의존성을 Fig. 3에 나타내었다. 여기파장이 길어짐에 따라 발광의 극대치가 장파장 측으로 이동하여 excimer 발광의 증가가 관측되었다. 이것은 여기광의 시료에 대한 침투 깊이가 다름에 따른 것으로, 290 nm의 단파장 여기 광의 막 투과율은 0.1% 이하로 막의 표면 근방만이 여기되어 시료의 표면 근방 액정분자의 형광거동을, 310 nm의 장파장 여기광은 막 내부에 도달하거나 혹은 투과하여 시료 내부의 형광거동을 나타내는 것으로 판단된다. 이와 같은 여기광의 파장 의존성은 sapphire cell을 이용한 전반사여기 및 투과여기에 의한 형광거동의 결과와 잘 일치함을 나타낸다.

PNLCD는 액정상이 연속상으로 넓은 범위에 걸쳐서 전극표면과 접하기 때문에 전극표면의 영향을 받기 쉽고, 기판의 표면처리에 의하여 액정의 배향이 변함으로 그에 따른 형광거동의 변화가 예상된다. Fig. 4에 액정 농도가 50 mol%인 5CB/diacrylate-D 광중합막의 무처리 유리기판과 액정의 수직배향제인 C₁₈H처리 기판 및 수평배향제인 CN처리 기판 위에서, 여기파장이 290 nm일 때 투과여기법으로 측정한 형광스펙트럼을 나타내었다. C₁₈H처리 기판에 있어서는 390 nm 부근에 발광극대치를 가지는 형광스펙트럼이 관측되었으나, 무처리와 CN처리계의 경우에는 340 nm 부근에 발광극대치를 가지는 형광스펙트럼이 관측되어, C₁₈H처리 기판에서 monomer 발광에 대한 excimer발광의 상대강도비 (I_E/I_M)가 보다 크게 나타났다. 이 결과는 수직배향제로 표면 처리함에 따라 기판의 표면 근방에 위치하는 액정분자가 excimer를 형성하기 쉬운 배향 상태에 있음을 나타낸다. 즉, 수직배향제로 처리한 기판 표면 층에서 액정상의 배향도가 보다 크게 된다는 사실이 형광

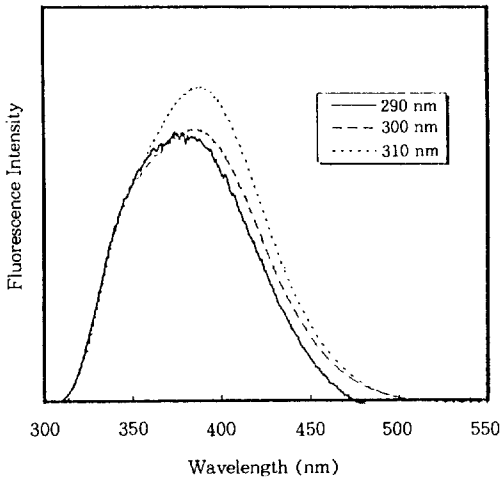


Figure 3. Fluorescence spectra of a photopolymerized 50 mol% 5CB/diacrylate-D film sandwiched between $C_{18}H$ -treated glass substrates under normal conditions with excitation wavelength of 290 nm, 300 nm, and 310 nm. Photopolymerization was carried out at 25 °C with a light intensity of 10 mW/cm².

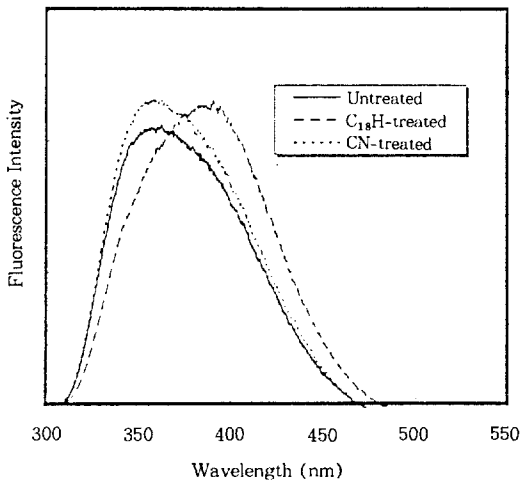


Figure 4. Fluorescence spectra of a photopolymerized 50 mol% 5CB/diacrylate-D film sandwiched between untreated, $C_{18}H$ -treated, and CN-treated glass substrates under normal conditions with excitation wavelength of 290 nm. Photopolymerization was carried out at 25 °C with a light intensity of 10 mW/cm².

측정에 의하여 확인되었다. 반면 수평배향제 처리제인 경우에는 표면처리에 의한 형광스펙트럼의 차이는

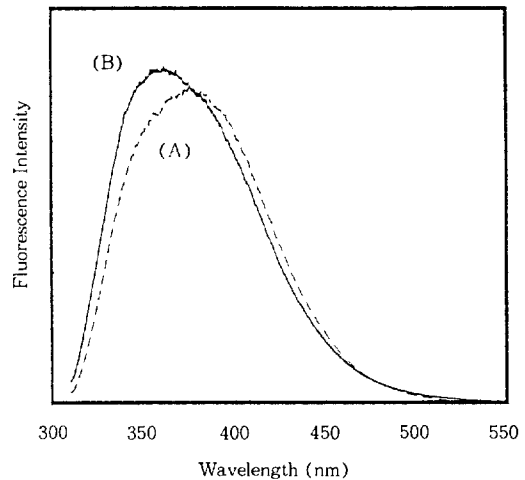


Figure 5. Fluorescence spectra of photopolymerized 66 mol% 5CB/diacrylate-D films prepared at (A) 25 °C and (B) 50 °C with a light intensity of 40 mW/cm²; excitation wavelength, 290 nm.

관측되지 않았다.

고분자/액정 복합재료의 물성은 광중합 조건에 크게 의존한다는 사실이 보고되어 있어,¹⁰ 본 연구에서는 중합온도와 광강도의 효과에 대하여 검토하였다. 액정 농도 65.9 mol%의 5CB/diacrylate-D를 25 °C와 50 °C에서 광중합한 막의 전반사 여기에 의한 형광스펙트럼을 Fig. 5에 나타내었다. 광중합 온도가 높을 때 I_F/I_M 은 적게 나타나, 액정 단량체 발광의 극대가 명확하게 관측되었다. 이 결과는 온도 변화에 따른 액정과 diacrylate 단량체의 상용성 차이에 유래되는 것으로 사료되며, 광중합할 때의 온도가 높을수록 액정분자가 분산되어 단량체 발광이 증가하는 것이 형광 측정 실험을 통하여 관측되었다. 광중합에 사용한 광강도에 따라서도 형광스펙트럼의 변화가 관측되었는데, 광강도가 강할수록 시료의 형광스펙트럼의 극대치가 장파장 측으로 이동하는 결과를 나타내었다. 이것은 고분자 매트릭스의 형성 속도에 의존하여 중합막의 구조 또는 고분자 매트릭스에 분산되어 있는 액정 방울의 크기가 다른 것으로 생각되며, 고분자 매트릭스의 형성 속도가 빠르면 액정 방울의 크기가 작게 되어 액정분자의 운동이 제한을 받아 excimer의 발광이 증가되는 것으로 생각된다. 이와 같은 해석은 다음에서 언급할 액정 입도 분포 측정 결과에 의하여 잘 뒷받침된다.

Table 4. Mean Values of Droplet Size (μm) for Photopolymerized 5CB/Diacrylate-D Films Sandwiched between Untreated ITO or Surface-Treated ITO Substrates

conditions ^a	untreated		surface-treated ITO			
	ITO	C ₄ H	C ₁₈ H	NH	CN	SH
A	1.731	2.206	2.540	1.757	1.682	1.807
B	1.280	1.325	1.811	1.313	1.334	1.368
C	1.139	1.286	1.305	1.032	1.052	0.893

^a Photopolymerization temperatures and light intensities; (A) 25 °C and 10 mW/cm², (B) 50 °C and 10 mW/cm², and (C) 25 °C and 40 mW/cm².

광 중합막의 액정 입도분포. 그물구조의 고분자 매트릭스에 분산되어 있는 액정 방울의 크기가 기판의 표면처리의 유무, 처리제의 종류 및 광중합의 온도나 광강도에 의존한다는 것이 입도분포의 측정에 의해서도 확인되었다. 중합온도가 낮을수록, 광강도가 약할수록 액정 방울의 크기는 크게 나타났으며, 중합 조건이 같은 조건에서도 C₁₈H로 표면 처리한 경우 액정 방울의 크기는 최대값을 나타내었다. Table 4에 여러 조건하에서의 입도분포 측정 결과를 정리하였다.

전기-광학 특성. 5CB/diacrylate 광중합막의 전기-광학 특성에 대한 전극표면처리 효과를 검토하였다. Fig. 6에 전기-광학 측정의 예로써 5CB/diacrylate-D계 시료의 전극 기판 무처리계, 수직배향제 처리계, 수평배향제 처리계와 한면에 수직배향제 다른 한면에 수평배향제를 처리한 hybrid계의 전기-광학 특성을 나타내었다. 광산란 상태로부터 광투과 상태, 또는 광투과 상태에서 광산란 상태로의 변화에 필요한 구동전압 (V_{10} , V_{90})은 수직배향제 처리계에서 가장 낮은 값을 나타내었으나, 전압을 가하지 않았을 때의 광투과율 (T_0)은 다른 계에 비하여 비교적 높은 결과가 얻어졌다. 이 결과는 수직배향제 처리계에서는 전압을 가하지 않은 상태에서도 액정이 homeotropic 배향을 취하고 있는 부분이 많아 광투과율이 높고, 낮은 전압의 인가에 의해서도 광투과 상태로 변하기 쉽기 때문으로 생각된다. 한편, 액정분자의 배향이 random 상태에서 광산란 능력에 크게 의존하는 대비비는 수평배향제에서 큰 값을 나타내었으며, 특히 hybrid계에서는 무처리계에 비하여 대비비와 경사도 값이 우수한 전기-광학 특성을 나타내었다.

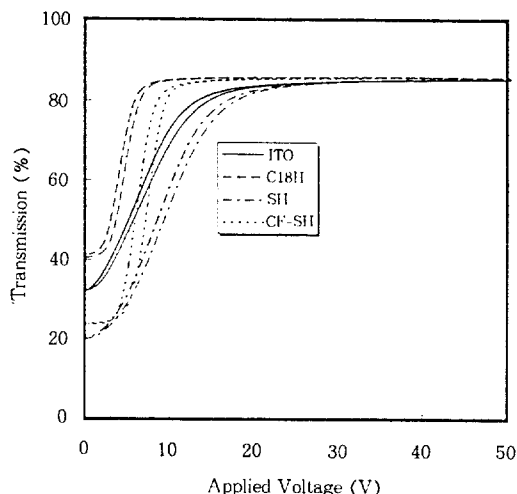


Figure 6. Transmission curves versus applied voltage for photopolymerized 80 wt% 5CB/diacrylate-D films sandwiched between untreated or surface-treated ITO substrates; photopolymerization at 25 °C with a light intensity of 10 mW/cm².

고분자/액정 복합막의 경우, 액정분자가 넓은 범위에 걸쳐서 고분자 매트릭스와 접하고 있어 고분자 매트릭스의 구조가 전기-광학 특성에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 전극기판 표면처리 및 고분자 매트릭스에 따른 고분자/액정 복합 표시소자의 전기-광학 특성치를 Table 5에 정리하여 나타내었다. Diacrylate-A계의 경우, 전압 인가에 따른 광의 투과율 변화는 극히 작아, 액정분자의 배향 변화가 그다지 일어나지 않음을 나타내었으며 diacrylate-B계와 D계의 경우, 전압 인가에 따라 투과율은 크게 변하여 높은 대비비를 나타내었으나, diacrylate-B계에 있어서는 폭 넓은 hysteresis를 가진 전기-광학 특성이 관측되었다. 이 결과는 고분자 매트릭스의 구조에 따라 액정분자와의 상호작용이 다름을 반영하는 것으로, diacrylate-A계에서는 액정 방울의 크기가 작아 고분자 매트릭스와 접하는 부분이 넓기 때문에 액정분자의 운동이 제한받기 때문인 것으로 사료되어, 앞의 형광 측정 결과와 좋은 일치를 나타내었다.

고분자/액정 복합막을 제작할 때의 온도와 광의 강도 변화에 따른 소자의 전기-광학 특성에 대하여 검토하였다. 측정에 사용한 모든 시료에 있어서 중합온도가 높을수록, 또 광강도가 셀수록 구동전압은 높

결 론

Table 5. Electro-Optical Properties of Photopolymerized 5CB/Diacrylate Films Sandwiched between Untreated or Surface-Treated ITO Substrates^a

	$V_{10}(V)$	$V_{90}(V)$	$T_0(\%)$	$T_{100}(\%)$	CR	K
5CB/diacrylate-A						
untreated	0.5	34.4	48.3	59.1	1.22	0.23
C ₁₈ H	3.9	23.9	59.7	86.5	1.45	1.35
CF	1.5	20.3	63.1	87.5	1.39	1.26
CN	0.5	38.7	43.4	52.9	1.22	0.57
SH	0.5	36.7	36.8	42.6	1.16	0.13
5CB/diacrylate-B						
untreated	2.0	23.7	23.7	81.2	3.43	3.83
C ₁₈ H	2.0	21.2	27.8	83.6	3.01	4.76
CF	1.4	19.9	35.2	84.5	2.40	4.39
CN	1.8	19.8	28.7	82.8	2.89	4.81
SH	2.4	24.7	27.0	81.2	3.01	3.74
5CB/diacrylate-C						
untreated	3.4	21.5	31.9	83.6	2.62	4.26
C ₁₈ H	1.4	16.0	44.9	86.1	1.92	4.00
CF	1.2	11.2	55.7	87.8	1.57	5.06
CN	1.9	19.1	40.1	86.1	2.15	4.25
SH	2.5	21.9	40.1	84.5	2.11	3.86
5CB/diacrylate-D						
untreated	2.3	13.4	28.4	81.4	2.87	4.72
C ₁₈ H	2.3	6.1	42.6	88.0	2.07	10.53
CF	1.3	5.9	39.8	91.7	2.30	9.06
CN	4.8	20.8	19.4	81.7	4.21	4.01
SH	3.6	16.2	18.1	83.7	4.63	4.93
5CB/diacrylate-E						
untreated	2.6	17.3	74.2	86.9	1.17	1.08
C ₁₈ H	3.3	21.5	67.3	85.9	1.28	1.20
CF	3.3	26.8	65.5	84.8	1.29	0.97
CN	2.6	21.9	68.7	85.1	1.24	1.06
SH	2.2	15.2	70.6	84.7	1.20	1.35

^a Photopolymerization was carried out at 25 °C with a light intensity of 10 mW/cm².

고 대비비는 낮은 결과가 얻어졌다. 이 결과는 형광 측정과 입도분포 측정에서 알 수 있는 것과 같이, 온도와 광강도 변화에 따른 diacrylate 단량체와 액정과의 상용성과 액정 방울 크기의 차이로 인한 고분자 매트릭스와 액정분자의 상호작용의 차이에 기인되는 것으로 사료된다.

전극의 기판표면을 silane coupling제로 처리한 고분자/액정 복합소자의 특성을 형광 및 전기-광학 특성에 의하여 검토하였다. 표시소자의 전기-광학 특성은 수직배향제로 처리한 시료의 경우, 낮은 구동전압을 나타내었으며, SH나 CN과 같은 극성이 높은 수평배향제로 처리한 시료에서는 높은 대비비를 나타내었다. 또 시료 제작 시의 온도가 높을수록, 광강도가 셀수록 구동전압은 높고 대비비는 낮은 결과가 얻어졌다. 표시소자의 표면 또는 계면층의 액정분자의 형광거동은 전극기판의 표면처리에 따른 액정분자의 배향상태의 변화와 중합온도, 광강도 등의 중합 조건의 변화에 의한 분산/회합 상태의 변화를 민감하게 반영하였다. 이들의 결과로부터 PNLCD의 성능을 높이기 위하여 전극기판의 표면 처리에 의한 액정분자의 배향 제어와 온도, 광강도 등의 중합 조건에 의한 액정의 분산/회합 상태의 제어가 중요한 인자이며, 형광법이 고분자/액정 복합재료의 표면이나 계면층의 미세한 상태를 해명할 수 있는 유효한 수단임이 밝혀졌다.

참 고 문 헌

1. a) H.-S. Kitzerow, *Liq. Cryst.*, **16**, 1 (1994); b) G. P. Crawford and J. W. Doane, *Cond. Mat. News*, **1** (6), 5 (1992); c) J. W. Doane, A. Golemme, J. L. West, J. B. Whitehead, Jr., and B. -G. Wu, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **165**, 511 (1988); d) G. Chidichimo, G. Arabia, A. Golemme, and J. W. Doane, *Liq. Cryst.*, **5**, 1443 (1989).
2. a) J. L. West and R. O.-Crawford, *J. Appl. Phys.*, **70**, 3785 (1991); b) O. Zaplo, J. Stumpe, A. Seeboth, and H. Hermel, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **213**, 153 (1992).
3. a) H.-S. Kitzerow, H. Molsen, and G. Heppke, *Appl. Phys. Lett.*, **57**, 2529 (1990); b) H.-S. Kitzerow, H. Molsen, and G. Heppke, *Appl. Phys. Lett.*, **60**, 3093 (1992); c) J. D. Margerum, A. M. Lackner, E. Ramos, K. -C. Lim, and W. H. Smith, Jr., *Liq. Cryst.*, **5**, 1477 (1989); d) D. K. Yang and P. P. Crooker, *Liq. Cryst.*, **7**, 353 (1990).
4. P. P. Crooker and D. K. Yang, *Appl. Phys. Lett.*, **57**,

- 2529 (1990).
5. C. S. Mullin, P. Guyot-Sionnest, and Y. R. Shen, *Phys. Rev. A*, **39**, 3745 (1989).
6. R. Maoz and J. Sagiv, *J. Colloid Interface Sci.*, **100**, 465 (1984).
7. A. Itaya, T. Yamada, K. Tokuda, and H. Masuhara, *Polymer J.*, **22**, 697 (1990).
8. T. Ikeda, S. Kurihara, and S. Tazuke, *Liq. Cryst.*, **7**, 749 (1990).
9. G. P. Crawford, R. O. Crawford, S. Zumer, and J. W. Doane, *Phys. Rev. Lett.*, **70**, 1838 (1992).
10. a) G. W. Smith and N. A. Vaz, *Liq. Cryst.*, **3**, 543 (1988); b) S. C. Jain and D. K. Rout, *J. Appl. Phys.*, **70**, 6988 (1991); c) G. W. Smith, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **196**, 89 (1991).