

論文97-34D-4-16

SHG 기법에 의한 역 러빙 처리된 배향막의 배향 특성 해석

(Analysis of Alignment Characterization of Backward Rubbed Polyimide by Second-Harmonic Generation Technique)

鄭 泰 赫 *, 尹 台 焄 *, 金 在 昌 *, 黃 相 滿 **, 李 兪 相 **

(Tae Hyeog Jung, Tae-Hoon Yoon, Jae Chang Kim, Sang Man Hwang, and Eung-Sang Lee)

요 약

본 논문에서는 매질 표면의 특성을 측정하는 데 유용한 SHG 기법을 이용하여 순방향 러빙과 순방향 러빙 후 역방향 러빙한 측쇄형 배향막 표면분자의 비선형 감수율 텐서 성분을 구하고 분포(극각과 방위각)함수를 구했다. 분포함수는 표면분자의 극각과 방위각이 독립적이라는 가정없이, 엔트로피가 최대가 되는 조건에서 구했다. 러빙하기 전 배향막 표면분자의 분포는 등방성이었고, 배향막을 러빙할 경우 표면분자의 극각은 러빙방향으로 기울어진 이방성 분포였다. 또한, 배향막 표면분자의 분포는 마지막 러빙한 방향에 의해 결정됨을 알 수 있었다.

Abstract

In this paper, we have obtained information about the orientational distribution (polar and azimuthal) of the surface molecules on backward rubbed polyimide. Using the second-harmonic generation technique, the nonlinear susceptibility tensor components were induced. And, the orientational distribution function was estimated without a prior assumptions, using the maximum entropy method. The polar angle of surface molecules before rubbing is isotropic. The polar angle of surface molecules after rubbing is anisotropic along the rubbing direction. The polar angle of surface molecules after several rubbing is determined by the last rubbing direction.

I. 서 론

LCD는 박막, 경량, 저 전압구동, 저 전력소모 등의 특징으로 인해 손목시계에서 휴대용 컴퓨터에 이르기

* 正會員, 釜山大學校 電子工學科, 컴퓨터 및 情報通信 研究所

(Dept. of Electronics Eng., Research Institute of Computer, Information and Communication, Pusan National Univ.)

** 正會員, 三星電管(株)

(Samsung Display Devices Co., Ltd.)

接受日字:1996年11月14日, 수정완료일:1997年4月9日

까지 그 활용 범위는 점차 확대되고 있다. 그러나, LCD는 시야각이 좁은 단점이 큰 문제로 지적되어 왔 으며, 이를 해결하기 위한 여러 방법이 시도되었다. 그 방법으로는 위상차 필름 보상^[1], 화소 분할(multi-domain) LCD^[2,3], OCB(Optically Compensated Bend)^[4] 등을 들 수 있으며, 이들 중 화소 분할 LCD는 시야각이 넓고 계조 표시가 뛰어나 많은 연구가 되고 있다. 화소 분할 LCD 제작 기법 중에 러빙에 의한 방법은 한 픽셀(pixel) 내에서 배향막 표면을 순 방향으로 러빙한 부분과 순방향으로 러빙한 후 다시 역방향으로 러빙한 부분을 만들어, 상호 반대방향으로 러빙된 배향막을 형성시키므로써 시야각에 따른 투과

특성을 보강한 것이다.

지금까지 러빙에 의한 화소 분할 기법의 연구가 많이 진행되어 왔지만, 실제로 역방향 러빙시 배향막 표면 고분자의 분포상태에 관한 정보와 그것이 액정분자의 프리틸트(pretilt) 각과 어떤 관계를 가지는 지에 대해서는 명확하게 밝혀져 있지 않다. 그러므로, 러빙에 따른 배향막 표면분자의 분포에 관한 정보는 러빙에 의한 화소 분할 기법을 연구하는 데 유용한 정보를 제공할 것이다.

표면분자의 분포특성에 관한 연구는 SHG(Second-Harmonic Generation) 기법이 많이 이용되었다.^[5] 초기 SHG 연구자들은 표면분자의 극각이 0° ~ 90° 사이에 존재하고 극각과 방위각이 서로 독립이라는 가정에 의해 방위각에 따른 평균 극각이 같은 값을 얻었다. 그러나, 최대 엔트로피 방법(maximum entropy method)은 SHG 실험에서 얻은 비선형 감수율 텐서 성분을 통해 표면분자가 분포할 수 있는 가장 가능한 상태의 정보를 제공해준다.^[6]

본 논문에서는 매질 표면 분자의 분포특성을 측정하는 데 유용한 SHG 기법을 이용하여 측쇄형(side-chain type) 배향막 표면분자의 분포특성을 구했다.^[7,9] 먼저, 순방향으로 러빙한 배향막과 순방향으로 러빙 후 다시 역방향으로 러빙한 배향막에서 SHG 실험을 통해 제 2 고조파 신호를 얻었다. 제 2 고조파 신호를 계산값과 비교하여 표면분자의 비선형 감수율 텐서 성분을 추출하고, 표면분자의 분포함수는 표면분자의 극각과 방위각이 서로 독립적이라는 가정없이 최대 엔트로피 방법을 통해 얻었다. 이 방법을 통해 표면분자의 평균 극각이 방위각에 따라 비대칭적인 값을 얻었다. 그리고, 그 때 액정분자의 프리틸트 각과의 관계를 조사하였다.

II. SHG 이론

SHG의 이론적인 설명은 이미 다른 논문에서^[5] 상세히 언급되어 있으므로, 본 논문에서는 표면분자의 분포함수를 얻기 위한 식들을 중심으로 설명한다. 매질에 기본파가 입사하여 발생하는 제 2 고조파는 표면분자의 비선형 감수율 텐서 성분과 관계하여 나타난다. 비선형 감수율 텐서 χ^s 는 표면에 있는 분자의 비선형 분극성 $\alpha^{(2)}$ 에 비례하는데, 표면분자들에 있어서 $\alpha^{(2)}$ 텐서는 분자의 장축 성분인 $\alpha^{(2)}_{\xi\xi\xi}$ 가 다른 성분값에

비해 상대적으로 매우 크다고 할 때 χ^s 값은

$$\chi^s_{ijk} = N_s \langle (i \cdot \xi)(j \cdot \xi)(k \cdot \xi) \rangle \alpha^{(2)}_{\xi\xi\xi} \quad (1)$$

형태로 간략하게 표현된다.^[5] 여기서, N_s 는 표면분자의 표면밀도, $\langle \rangle$ 은 평균, i, j, k 는 시료좌표 (x, y, z)를 나타낸다. 그림 1에 시료 좌표에 대한 표면분자 방향 ξ 의 관계를 나타내었다.

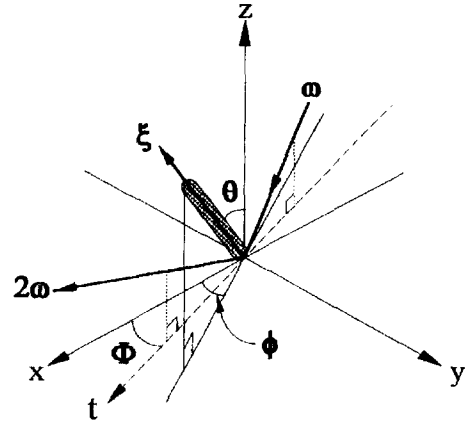


그림 1. 시료 좌표(x, y, z)에 대한 표면분자 방향 ξ
Fig. 1. The surface molecular axis ξ for sample coordinates(x, y, z).

매질 표면(x-y 평면)에서 표면분자의 분포가 등방성일 때 χ^s 는 다음의 2 종류만 0이 아닌 값을 가진다. 즉,

$$\chi^s_{zzz} = N_s \langle \cos^3 \theta \rangle \alpha^{(2)}_{\xi\xi\xi},$$

$$\chi^s_{zii} = \chi^s_{izi} = \chi^s_{izz} = \frac{1}{2} N_s \langle \sin^2 \theta \cos \theta \rangle \alpha^{(2)}_{\xi\xi\xi} \quad (2)$$

이고, 여기서 θ 는 표면분자의 ξ 축과 z 축 사이의 극각이다. 만약 표면분자들이 배향막 표면에서 x 방향으로 배향되었을 때 결과적으로 그 분포상태는 xz 반사면을 가지는 단사정계(monoclinic system)의 C_s 대칭 구조로 분포하게 되고 6개의 독립적인 χ^s 의 텐서 성분들이 존재하게 된다.^[10] 6개의 독립적인 χ^s 텐서 성분들은

$$\chi^s_1 = \chi^s_{zzz} = N_s \langle \cos^3 \theta \rangle \alpha^{(2)}_{\xi\xi\xi},$$

$$\chi^s_2 = \chi^s_{xxx} = N_s \langle \sin^3 \theta \rangle \langle \cos^3 \phi \rangle \alpha^{(2)}_{\xi\xi\xi},$$

$$\chi^s_3 = \chi^s_{xyy} = \chi^s_{yyx} = \chi^s_{yyz} = N_s \langle \cos \theta \rangle \langle -\cos^3 \theta \rangle \langle 1 - \cos^2 \phi \rangle \alpha^{(2)}_{\xi\xi\xi}$$

$$\begin{aligned} \chi^s_4 &= \chi^s_{xxx} = \chi^s_{xxz} = \chi^s_{xzz} = N_S \langle \cos \theta \\ &\quad - \cos^3 \theta \rangle \langle \cos^2 \phi \rangle a^{(2)}_{\xi\xi\xi} \\ \chi^s_5 &= \chi^s_{xxz} = \chi^s_{zzx} = \chi^s_{xzz} = N_S \langle \sin \theta \\ &\quad - \sin^3 \theta \rangle \langle \cos \phi \rangle a^{(2)}_{\xi\xi\xi} \\ \chi^s_6 &= \chi^s_{xyy} = \chi^s_{yyx} = \chi^s_{yxx} = N_S \langle \sin^3 \theta \rangle \langle \cos \phi \\ &\quad - \cos^3 \phi \rangle a^{(2)}_{\xi\xi\xi} \end{aligned} \quad (3)$$

이며, 여기서, ϕ 는 표면분자가 러빙방향인 x 축과 이루는 방위각이다. 이 때 제 2 고조파 신호 S는

$$S \propto |\chi^s_{eff}|^2 I_\omega^2 \quad (4)$$

의 관계를 얻을 수 있다.^[5] 여기서, I_ω 는 입사빔의 세기, χ^s_{eff} 는 유효 비선형 감수율(effective nonlinear susceptibility)이다. 유효 비선형 감수율 텐서 χ^s_{eff} 는

$$\chi^s_{eff} = [\hat{e}(2\omega) \cdot L(2\omega)] \chi^s : [L(\omega) \cdot \hat{e}(\omega)] [L(\omega) \cdot \hat{e}(\omega)] \quad (5)$$

로 표현할 수 있다.^[5] 여기서, $\hat{e}(\omega)$ 와 $\hat{e}(2\omega)$ 는 입력빔과 출력빔의 단위 편광 벡터, $L(\omega)$ 와 $L(2\omega)$ 는 국부 장 요소 텐서(local field factor tensor)로써 입력빔과 출력빔(제 2 고조파 신호) 전기장의 Fresnel 계수를 나타낸다. 입출력빔의 편광은 s-입력-s-출력, s-입력-p-출력, p-입력-s-출력, p-입력-p-출력의 4가지 조건을 생각할 수 있다. 이런 4가지 조건에서 시료를 회전시키면서 제 2 고조파를 측정하고 그 값을 식 (4)와 (5)에 의한 계산값과 비교하여 χ^s_{ijk} 값들을 유도한다. 예를 들어, s-입력-s-출력의 조건에 대해 식 (5)는

$$\begin{aligned} \chi^s_{eff} &= \chi^s_{xxx} (\sin^3 \phi) L_s(2\omega) L_s^2(\omega) + 3\chi^s_{xyy} \\ &\quad (\cos^2 \phi) (\sin \phi) L_s(2\omega) L_s^2(\omega) \end{aligned} \quad (6)$$

로 표현되며, 이 식을 식 (4)에 대입하여 실험값과 비교한다. 그 결과 χ^s_{xxx} 와 χ^s_{xyy} 를 추출할 수 있고 나머지 실험 조건에서도 식 (5)에 대한 표현식을 식 (6)과 같은 형태로 구하고 실험값과 비교하여 χ^s_{ijk} 성분을 구하게 된다.

식 (3)은 다시

$$\chi^s_i = N_S \langle f_i(\theta, \phi) \rangle a^{(2)}_{\xi\xi\xi} \quad (7)$$

으로 간략하게 표현할 수 있으며, 여기서, $f_i(\theta, \phi)$ ($i=1\sim 6$)는 식 (3)의 브래킷(bracket) 내의 항이다.

분포함수 $f(\theta, \phi)$ 의 정보 엔트로피(information entropy)는

$$H[f(\theta, \phi)] = - \int_0^\pi \int_0^{2\pi} f(\theta, \phi) \ln[f(\theta, \phi)] \sin \theta \, d\phi \, d\theta \quad (8)$$

로 나타낼 수 있으며, 식 (7)과 함께 정보 엔트로피가 최대가 될 때 표면분자의 분포함수를 얻게 된다.^[6] 이 때 표면분자 분포함수 $f(\theta, \phi)$ 는

$$f(\theta, \phi) = \frac{\exp[\sum_{i=1}^6 \lambda_i f_i(\theta, \phi)]}{\int_0^\pi \int_0^{2\pi} \exp[\sum_{i=1}^6 \lambda_i f_i(\theta, \phi)] \sin \theta \, d\phi \, d\theta} \quad (9)$$

로 표현되며, 여기서, Lagrangian multiplier λ_i ($i=1, 6$)는 다음의 방정식

$$\langle f_i(\theta, \phi) \rangle = \int_0^\pi \int_0^{2\pi} f_i(\theta, \phi) f(\theta, \phi) \sin \theta \, d\phi \, d\theta, \quad (i=1, 6) \quad (10)$$

들을 통해 결정할 수 있다. 식 (10)은 수치적인 방법으로 구하게 되며, 구해진 λ_i ($i=1, 6$)를 식 (9)에 대입하여 표면분자의 분포함수를 얻게 된다.

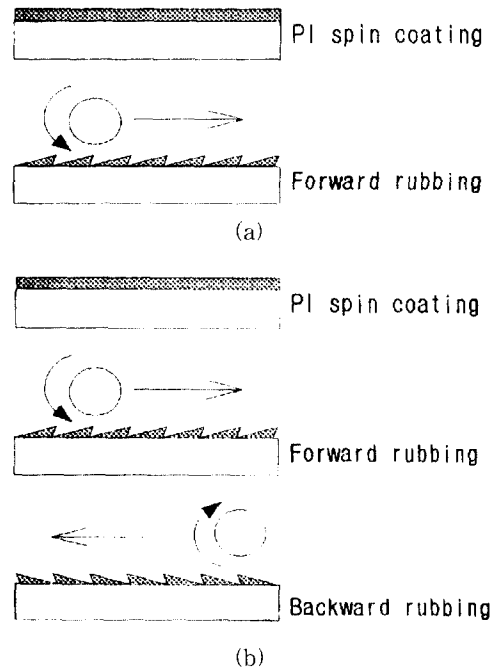


그림 2. 배향막의 러빙처리, (a) 순방향 러빙, (b) 순방향과 역방향 러빙.

Fig. 2. Rubbing process of the polyimide. (a) forward rubbing, (b) forward and backward rubbing

III. SHG 실험

실험에 사용한 시료는 SE-3310(일본 Nissan사) 촉쇄형 배향막으로서 ITO(indium-tin oxide)가 없는 유리기판에 프린팅 기법으로 입혀서 제작하였다. 일반적으로 LCD 제조 공정상에서는 ITO가 있는 유리기판에 배향막을 입히지만, 본 실험의 경우 SHG 실험시 ITO 자체에서 제 2 고조파 신호가 발생하므로 배향막의 제 2 고조파 신호와 구별하기 위해 ITO를 제거하였다. 시료는 순방향으로 러빙한 것(시료 1)과 순방향 러빙후 다시 역방향으로 러빙한 것(시료 2)의 두가지를 준비하였다. 러빙기의 로울러 직경은 130 mm이고 러빙천은 벨벳(velvet)을 사용하였다. 러빙조건은 로울러 회전속도는 1000 rpm, 시료가 놓여 있는 스테이지 속도는 25 mm/s, 러빙깊이는 0.3 mm 등이다. 러빙에 대한 과정을 그림 2에 나타내었다.

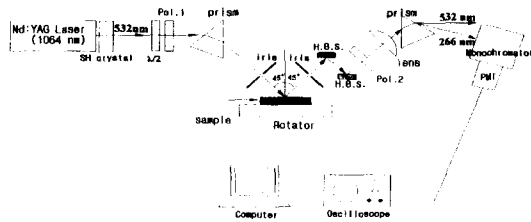


그림 3. SHG 실험 구성도.
Fig. 3. The schematic diagram for the SHG experiment.

이렇게 준비한 시료의 SHG 실험을 위한 구성도를 그림 3에 나타내었다. 레이저는 Q 스위칭 주파수가 10 Hz이고 펄스폭이 5-8 ns 정도이며 펄스당 4 mJ의 에너지를 내는 Nd:YAG 레이저를 사용하였다. 입사빔이 시료의 뒷면 반사에 의해 간섭이 일어나는 것을 없애기 위해 10 mm 두께의 유리기판 위에 굴절률 정합액(index matching fluid)을 두고 그 위에 시료를 두었다. H.B.S(Harmonic Beam Separator)를 거치고 난 다음의 532 nm 빔의 세기는 시료에서 발생하는 266 nm 빔의 세기에 비해 월등히 크며, 강한 세기의 532 nm 빔이 분광기에 들어갈 경우 532 nm 빔이 충분히 차단되지 못할 수 있다. 그러므로, 가급적 532 nm 빔이 분광기에 많이 들어가지 않도록 하기 위해 분광기 앞쪽에 프리즘을 두고 266 nm 빔이 분광기 쪽으로 들어가도록 하였다. 분광기에 의해 선택된 266 nm 빔은 PMT(Photo Multiplier Tube)에 의해 검출되며,

검출된 데이터는 디지털 오실로스코프를 이용하여 600 번 정도 평균하고 그 값을 컴퓨터로 보내어 저장한다.

IV. 실험 결과 및 고찰

먼저, 배향막을 러빙하지 않은 경우의 SHG 실험을 하였다. 그림 4에 보듯이 p-입력-p-출력, s-입력-p-출력의 경우에만 제 2 고조파 신호를 얻었으며, 제 2 고조파 신호의 s-편광 출력은 등방성 표면의 대칭에 의해 나타나지 않았다.¹⁵⁾ 그림 4의 신호를 보면 360° 모든 방향에서 제 2 고조파 신호가 같은 값을 가지는데, 이것은 러빙하지 않은 배향막 표면분자의 분포가 등방성임을 나타낸다.

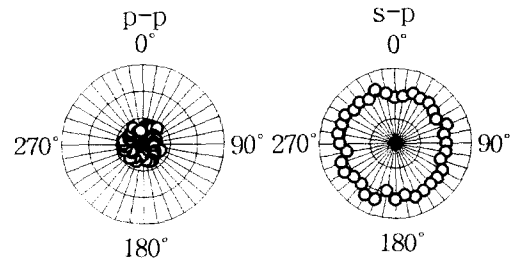


그림 4. 러빙처리 전 배향막의 제 2 고조파 신호
Fig. 4. SH signals of the nonrubbed polyimide.

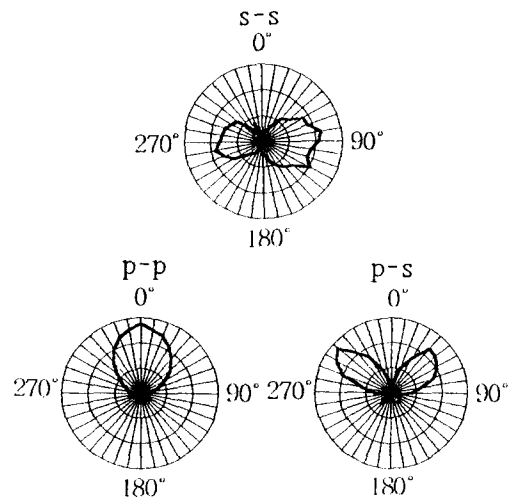


그림 5. 시료 1의 제 2 고조파 신호(러빙방향 : 0°).
Fig. 5. SH signals of the sample 1(rubbing direction : 0°).

시료 1과 2에서의 제 2 고조파 신호를 그림 5와 6에 보여준다. s-입력-p-출력의 경우 신호가 잘 잡히지 않

았지만 나머지 3 개의 실험 결과를 식 (4)와 (5)를 통한 계산값과 비교하여 비선형 감수율 텐서 성분을 얻고, 식 (10)에서 Lagrangian multiplier들을 구하여 표면분자의 분포함수를 구하게 된다. 시료 1의 비선형 감수율 텐서 성분은 $\chi^s_{xxx}=0.923$, $\chi^s_{xyy}=0.279$, $\chi^s_{zxx}=0.631$, $\chi^s_{zyy}=0.280$, $\chi^s_{xzz}=0.051$, $\chi^s_{zzz}=0.035$ 이고, Lagrangian multiplier는 $\lambda_i(i=1,6)$ 는 각각 -0.065 , 0.067 , 0.077 , 0.262 , -0.067 , 0.054 이다. 또한, 시료 2의 비선형 감수율 텐서 성분은 $\chi^s_{xxx}=1.002$, $\chi^s_{xyy}=0.355$, $\chi^s_{zxx}=0.631$, $\chi^s_{zyy}=0.313$, $\chi^s_{xzz}=0.033$, $\chi^s_{zzz}=0.021$ 이고, Lagrangian multiplier는 $\lambda_i(i=1,6)$ 는 각각 -0.069 , 0.070 , 0.093 , 0.262 , -0.086 , 0.084 이다. 이렇게 구해진 표면분자의 분포함수를 그림 7과 8에 보여준다. 방위각 ϕ 는 러빙방향에 대해 미러(mirror) 대칭구조를 가지므로 180° 까지만 나타내었다. 러빙방향(시료 1 : $\phi=0^\circ$, 시료 2 : $\phi=180^\circ$)이 그 반대방향보다 평균 극각의 분포함수값이 더 큼을 알 수 있다. 이런 분포함수에 대해 러빙에 대한 배향막 표면분자 극각의 변화를 그림 9에 보여준다. 시료 1의 경우 표면분자의 평균 극각은 순방향($\phi=0^\circ$)에서 67.2° 이고 역방향($\phi=180^\circ$)에서 50.1° 를 얻었다. 그리고, 시료 2의 경우 표면분자의 평균 극각은 순방향($\phi=0^\circ$)에서 49.5° 이고 역방향($\phi=180^\circ$)에서 68.3° 를 얻었다.

그러므로, 이런 실험결과를 통해 알 수 있는 것은 다음과 같다. 러빙을 하지 않은 경우 표면분자의 분포는 등방성을 나타낸다. 배향막을 순방향으로 러빙할 경우 큰 형태의 극각은 러빙방향으로 기울어진 형태를 가지고, 다시 역방향으로 러빙할 경우 극각은 역방향으로 기울어지게 된다. 그리고, 시료 1 보다 시료 2에서 큰 형태의 극각이 약간 더 기울어짐을 알 수 있다.

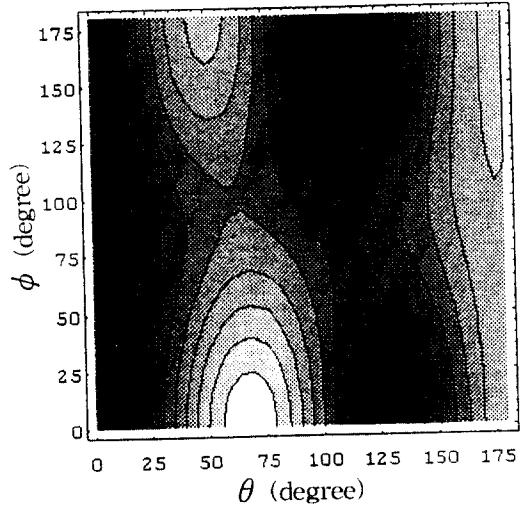
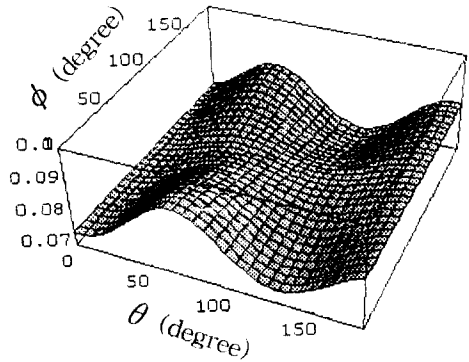


그림 7. 시료 1의 분포함수 ($\phi =$ 방위각, $\theta =$ 극각)
Fig. 7. The distribution function of the sample 1 ($\phi =$ azimuthal angle, $\theta =$ polar angle).

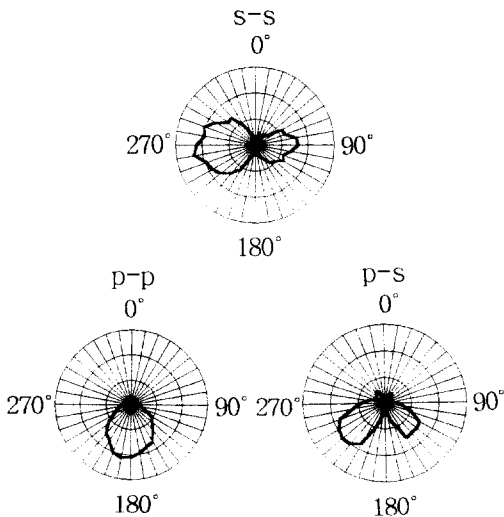


그림 6. 시료 2의 제 2 고조파 신호(역 러빙방향 : 180°).
Fig. 6. SH signals of the sample 2(backward rubbing direction : 180°).

위와 같이 러빙한 배향막에서 배향막 표면분자의 극각과 액정분자의 프리틸트(pretilt) 각과의 관계를 알기 위해 LCD 셀(cell)을 제작하고, 액정분자의 프리틸트 각을 측정하였다. 셀 간격은 $25 \mu\text{m}$ 정도를 유지하고, 액정은 상온에서 네마틱 상을 가지는 5CB(4-cyano-4'-5-alkyl-biphenyls)(독일 Merck사) 액정을 사용하였다. 프리틸트 각은 25°C 에서 결정 회전법(crystal

rotation method)^[11]을 통해 측정하였다. 순방향으로 러빙한 배향막에서 액정 프리틸트 각은 6.8° 이고 순방향 러빙 후에 역방향 러빙한 배향막에서 프리틸트 각은 5.8° 를 얻었다. 프리틸트 각은 배향막 표면과 이루는 각이므로 위에서 얻은 배향막 표면분자의 극각의 변화와 마찬가지로 시료 1 보다 시료 2에서 액정분자의 프리틸트 각이 약간 작은 값을 가졌다. 액정분자의 프리틸트 각은 배향막 표면분자와의 상호작용에 의해 결정되며, 위 실험결과를 통해 볼때액정분자의 프리틸트 각이 배향막 표면분자 극각의 변화에 의존하여 변화됨을 알 수 있다. 그러나, 배향막 표면분자의 극각과 액정의 프리틸트 각은 큰 차이를 보이는데, 이것은 극각의 크기가 직접적으로 액정의 프리틸트 각의 크기를 나타내는 것은 아님을 알 수 있다.

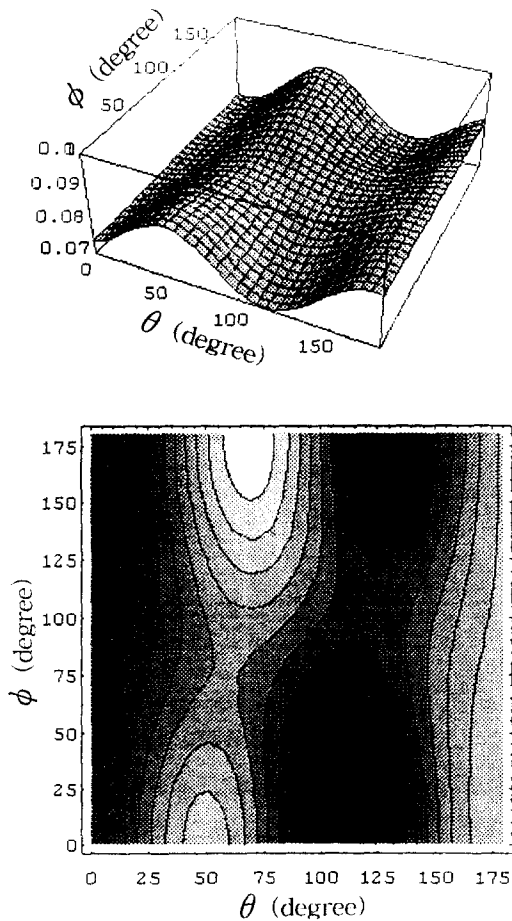


그림 8. 시료 2의 분포함수 (ϕ = 방위각, θ = 극각).
Fig. 8. The distribution function of the sample 2 (ϕ = azimuthal angle, θ = polar angel).

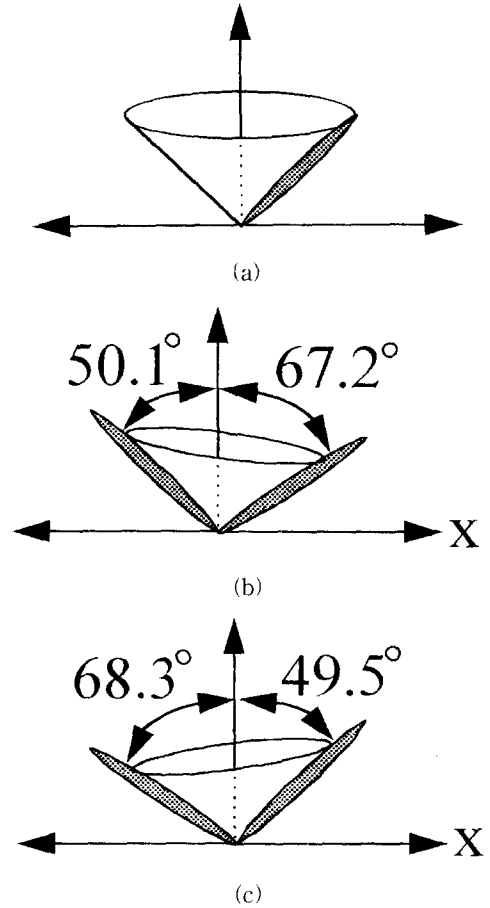


그림 9. 러빙에 따른 배향막 표면분자 극각의 변화, (a) 러빙하기 전, (b) 순방향 러빙(시료 1), (c) 순방향 러빙후 역방향 러빙(시료 2).
Fig. 9. Polar angles of polyimide surface molecules, (a) before rubbing, (b) forward rubbing(sample 1), (c) backward rubbing after forward rubbing(sample 2).

V. 결 론

본 논문에서는 역 러빙 처리된 측쇄형 배향막 표면분자의 분포특성을 SHG 기법을 통해 구했다. 그리고, 최대 엔트로피 방법을 통해 표면분자의 분포함수를 얻었으며, 러빙방향과 그 반대 방향에서 표면분자의 평균 극각이 다음을 알았다.

먼저, 러빙처리 전 배향막에 대한 SHG 실험 결과, 표면분자는 등방성 분포를 함을 알았다. 두번째로 배향막을 어느 한 방향(순방향)으로 러빙할 경우 표면분자는 이방성 분포를 하며, 콘 형태의 극각은 러빙방향으로 치우쳤다. 마지막으로, 어느 한 방향으로 러빙한 후

다시 반대방향(역방향)으로 러빙할 경우 배향막 표면분자의 분포는 마지막 러빙한 방향에 의해 결정되었다. 그리고, 표면분자의 분포는 순방향과 마찬가지로 이방성 분포를 하며, 콘 형태의 극각은 마지막 러빙한 방향으로 치우쳤다. 순방향으로 러빙한 배향막(시료 1)의 평균 극각은 $\phi=0^\circ$ 에서 67.2° , $\phi=180^\circ$ 에서 50.1° 였다. 그리고, 순방향 러빙후 다시 역방향으로 러빙한 배향막(시료 2)의 평균 극각은 $\phi=0^\circ$ 에서 49.5° , $\phi=180^\circ$ 에서 68.3° 를 얻었다. 또한, 액정분자의 프리틸트 각은 시료 1에서 6.8° , 시료 2에서 5.8° 를 얻었다.

본 논문의 실험 결과에서는 순방향 러빙과 순방향 러빙 후 다시 역방향 러빙한 배향막 표면분자의 극각이 다른 값을 가졌고, 액정분자의 프리틸트 값도 다른 값을 얻었다. 그러나, LCD 시야각이 대칭성을 가지기 위해서는 순방향 러빙과 순방향 러빙후 역방향 러빙한 액정의 프리틸트 각이 같은 값을 가져야 하며, 앞으로 이런 러빙조건을 찾는 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] S. Zimmerman, K. Beeson, M. McFarland, J. Wilson, T. J. Credelle, K. Bingman, P. Ferm, and J. T. Yardley, "Viewing-angle-enhancement system for LCDs," SID 95 Digest, pp. 793~796, 1995.
- [2] J. Chen, P. J. Bos, D. L. Johnson, D. R. Bryant, J. Li, S. H. Jamal, and J. R. Kelly, "Four-domain twisted nematic liquid crystal display fabricated by reverse rubbed polyimide process," J. Appl. Phys., vol. 80, no. 4, pp. 1985~1990, 1996.
- [3] 李應相, 朴洪植, 金秉熙, 朴浩永, "STN LCD의視野角特性," 第 22 回 日本液晶討論會, pp. 259~260, 1996.
- [4] T. Miyashita, C.-L. Kuo, M. Suzuki, and T. Uchida, "Properties of the OCB mode for active-matrix LCDs with wide viewing angle," SID 95 Digest, pp. 797~800, 1995.
- [5] M. B. Feller, W. Chen, and Y. R. Shen, "Investigation of surface-induced alignment of liquid-crystal molecules by optical second-harmonic generation," Phys. Rev. A, vol. 43, pp. 6778~6792, 1991.
- [6] B. Jérôme and Y. R. Shen, "Anchoring of nematic liquid crystals on mica in the presence of volatile molecules," Phys. Rev. E, vol. 48, no. 6, pp. 4556~4574, 1993.
- [7] K. Shirota, K. Ishikawa, H. Takezoe, A. Fukuda, and T. Shibashi, "Surface orientation of polyimide alignment layer studied by optical second-harmonic generation," Jpn. J. Appl. Phys., vol. 34, pp. 316~319, 1995.
- [8] 정태혁, 윤태훈, 김재창, "SHG를 이용한 배향막의 표면 배향 연구," 제 13 회 광학 및 양자전자학술 발표 논문집, p. 53, 1996
- [9] 정태혁, 윤태훈, 김재창, "표면처리에 따른 LCD 배향막 표면분자의 분포 특성," '96 광자기술 학술회의 발표 논문집, pp. 227~228, 1996
- [10] Y. R. Shen, *The Principles of Nonlinear Optics*, Wiley-Interscience, New York, p. 27, 1984.
- [11] T. Uchida and H. Seki, in *LIQUID CRYSTALS Applications and Uses*, ed. by B. Bahadur, World Scientific, vol. 2, pp. 41~42, 1990.

저 자 소 개



鄭泰赫(正會員)

1967년 9월 10일생. 1991년 2월 부산대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1993년 2월 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1995년 2월 부산대학교 대학원 전자공학과 박사과정 수료. 주관심 분야는 SHG, LCD, 집적광학 등임.

金在昌(正會員) 第33卷 A編 第12號 參照

현재 부산대학교 전자공학과 교수, 컴퓨터 및 정보통신연구소 소장

李應相(正會員) 第33卷 A編 第12號 參照

현재 삼성전관(주) 수원종합연구소 디스플레이 연구실 수석연구원

尹台燾(正會員) 第33卷 A編 第12號 參照

현재 부산대학교 전자공학과 부교수, 컴퓨터 및 정보통신연구원 연구원

黃相滿(正會員)

1958년 10월 26일생. 1981년 9월 울산대학교 재료공학과 졸업(공학사). 1984년 2월 고려대학교 대학원 재료공학과 졸업(공학석사). 1995년 10월 일본 동경공업대학교 전자시스템 전공(공학박사). 현재 삼성전관(주) 부산사업장 평판(본)LCD사업부 기술팀장. 주관심분야는 LCD 제조기술