

새로운 이온빔장치를 사용한 Twisted Nematic-LCD의 전기광학특성

Electro-optical Characteristics of Twisted Nematic(TN)-LCD using New Ion Beam Equipment

김상훈¹, 황정연¹, 장미혜¹, 김귀열², 서대식^{1,a}

(Sang-Hoon Kim¹, Jeoung-Yeon Hwang¹, Mi-Hye Jang¹, Gwi-Yeol Kim², and Dae-Shik Seo^{1,a})

Abstract

We studied liquid crystal (LC) alignment with ion beam (IB) on polyimide and electro-optical characteristics of twisted nematic (TN)-liquid crystal display (LCD) on the polyimide surface using obliquely ion beam (IB) exposure with new IB type equipment. A good uniform alignment of the nematic liquid crystal (NLC) alignment with the ion beam exposure on the polyimide surface was observed. In addition, it can be achieved the good EO properties of the ion-beam-aligned TN-LCD on polyimide surface. Also, the EO characteristics of the ion-beam-aligned TN-LCD on a polyimide (PI) surface with ion beam exposure using new type IB equipment is same or more superior than ion-beam-aligned TN-LCD on a polyimide (PI) surface with ion beam exposure using Kaufman-type Ar ion gun.

Key Words : Ion beam alignment, DuoPIGatron, Nematic liquid crystal, Response time, Polyimide surface

1. 서 론

TV, 노트북, 모니터, 디지털 카메라, 의료기기 등의 여러 분야에 액정표시소자(LCD)가 널리 쓰이고 있다. 액정을 실제 표시소자로 사용하기 위해서는 액정분자의 균일한 배향이 필수적이라고 할 수 있으며 현재 양산에 사용되는 방법은 폴리이미드 표면에 러빙법으로 액정을 배향시키는 방법이다[1,2]. 이러한 러빙법은 균일한 배향과 단순한 공정, 높은 pre-tilt를 얻을 수 있어서 많이 사용되고 있으나 러빙천에 의한 정전기 및 먼지 등의 문제점을 갖고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 여러 가

지 비접촉식배향법이 연구보고되었다[3-6]. 그중의 하나인 ion beam배향법은 박막표면에 낮은에너지의 ion beam을 조사하여 액정을 배향시키는 방법인데 대형면적에 적용시키기 어렵다는 단점이 있다. 본 연구에서는 그러한 문제점을 해결하기 위해 기존의 Kaufman type Ar ion gun이 아닌 DuoPIGatron type Ar ion gun을 제안하였다[7,8]. DuoPIGatron type Ar ion gun은 이온의 가속에 의해 고밀도의 균일한 플라즈마를 넓은 범위에 걸쳐 발생시킬 수 있다는 장점을 가지고 있다. DuoPIGatron type Ar ion gun의 방출부는 이온과 전자의 double layer에 의해 분리된 cathode plasma와 penning ion gauge(PIG) plasma로 구성되어 있고 기본원리는 duoplasmatron type Ar ion gun[9]과 같다. 본 연구에서는 폴리이미드 박막에 Kaufman type과 DuoPIGatron type의 이온빔을 조사하여 프리틸트각 제어 및 액정 배향에 대해 검토하고 TN-LCD를 제작하여 전기 광학 특성에 대해 기존 rubbing cell과 비교 검토하였다.

1. 연세대학교 전기전자공학과
(서울시 서대문구 신촌동 134)
2. 한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부
a. Corresponding Author : dsseo@yonsei.ac.kr
접수일자 : 2006. 3. 16
1차 심사 : 2006. 4. 6
심사완료 : 2006. 5. 2

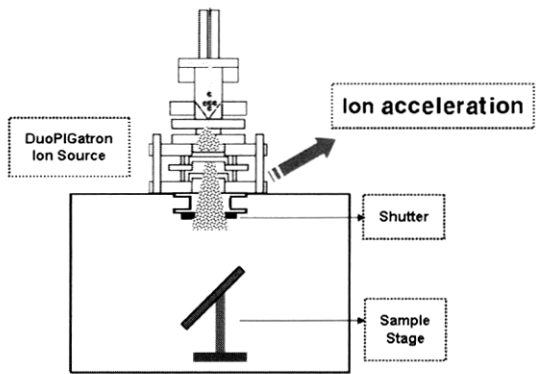
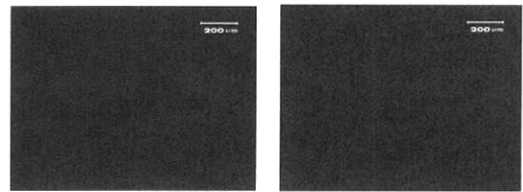


그림 1. DuoPIGatron type 이온빔장치의 개략도.
Fig. 1. The outline drawing of the DuoPIGatron type Ion Beam equipment.

2. 실험

실험에서는 배향막으로 Nissan chemical사의 폴리머를 사용하였다. ITO전극이 형성된 유리기판위에 스프인코팅기법으로 폴리머를 균일하게 코팅하였고 핫플레이트에서 80 °C로 10분간 열처리한 후 220 °C에서 1시간동안 소성하였다. PI 필름의 두께는 500 nm가 되게 설정하였고 Kaufman type Ar ion gun과 DuoPIGatron type Ar ion gun을 각각 사용하였다. 그림 1은 새로운 방식인 DuoPIGatron type Ar ion gun의 개략도를 보여주고 있다. 최적화된 실험결과에 따라 이온빔 에너지는 Kaufman-type의 경우 200 eV, DuoPIGatron type의 경우 500 eV로 설정하였고 이온빔조사각도는 45°로 맞추었다. 이온빔을 조사한 후 두가지 타입의 샘플을 제작하였는데 pretilt를 측정하기 위한 샘플은 셀을 anti-parallel 방향으로 접합하여 제작하였고 전기광학특성측정을 위해 twisted nematic-LCD셀을 제작하였다. 접합후에 액정은 nematic liquid crystal (NLC) ($T_c = 72\text{ }^\circ\text{C}$, $\epsilon_0=8.2$, MJ001929 from Merck Co.)을 사용하였고 pretilt측정을 위한 샘플의 두께는 60 μm , TN셀은 5 μm 로 제작하였다. 액정배향상태를 평가하기 위하여 편광현미경을 사용하였으며 프리틸트각은 결정회전법을 사용하였고 TN-LCD의 전기광학특성을 측정하기 위해서 LCMS-200(Sesim Photonics Technology) 장비를 이용하여 실온에서 측정하였다. 또 TN-LCD의 잔류DC측정을 위하여 Capacitance-Voltage hysteresis 법을 사용하였다.



(a) Kaufman type (b) DuoPIGatron type

그림 2. 폴리이미드표면에서의 이온빔배향 액정셀의 편광현미경사진(편광자는 직교상태).

Fig. 2. Micrographs of the ion beam aligned LC cell on the polyimide surface(in crossed Nicols).

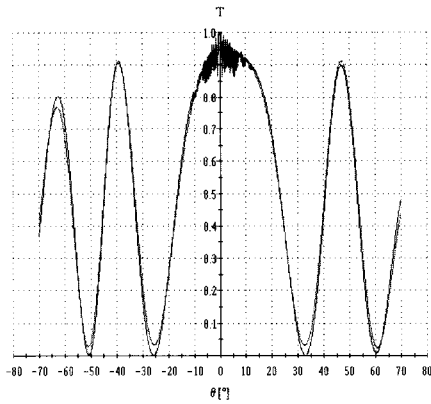
3. 결과 및 고찰

그림 2는 Polyimide(PI)박막표면에 두가지 타입의 이온빔을 조사한 액정셀의 편광현미경사진을 나타내었다. 배향이 완벽히 되었을 경우 액정은 한 방향으로 정렬하므로 편광자가 직교되었을 경우 Black을 나타내게 된다. 그림 2에 보이는 바와 같이 Kaufman type과 DuoPIGatron type 모두 우수한 배향특성을 나타냄을 볼 수 있다

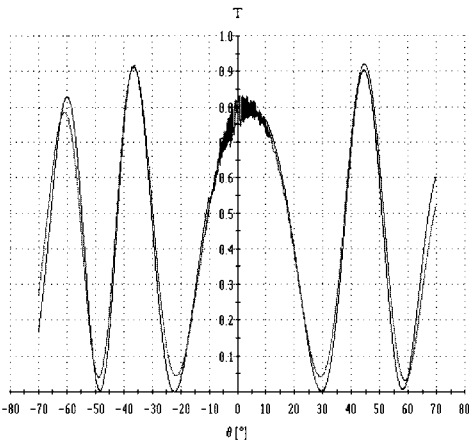
그림 3은 결정회전법을 이용한 프리틸트각 측정으로 PI박막에 두 가지 타입의 이온빔을 사용했을 때 네마틱 액정에서의 투과율과 입사각의 관계를 나타내었다. 결정회전법의 원리는 광학적으로 일축성결정에 대한 유도광의 위상차가 나타나는 것을 이용하는 것이다. 광학적으로 일축성인 물질은 입사광에 대해서 광축이 변화되는 회전상태에서 투과율의 변화가 생기게 되며 이변화를 측정하여 매질속의 일축성 결정의 기울어진 각도를 유도하는 방법이다. 그림에서 대칭축이 중심에서 얼마나 벗어났는지를 측정함으로써 프리틸트각을 알 수 있다.

그림 3(a)는 Kaufman type ion gun을 사용한 결과로서 대칭축을 기준으로 거의 대칭을 이루고 있으며 이를 계산하면 1.5°가량 된다. 그림 3(b)는 DuoPIGatron type ion gun을 사용한 결과로서 1.7°를 나타낸다. 이 결과로서 PI박막에 이온빔을 조사하여 배향 처리를 하는 방법은 기존의 rubbing공정의 결과인 1.5~2.0°와 비슷한 값을 나타내어 수평 배향이 가능하다는 것을 알 수 있다.

그림 4에 PI표면에 두가지 타입의 이온빔을 1분간 조사한 이온빔배향 TN-LCD의 편광현미경사진을 나타내었다. 두가지 다 우수한 on-off특성을 나



(a) Kaufman type



(b) DuoPIGatron type

그림 3. 폴리이미드표면에 이온빔을 조사한 액정 셀의 입사각과 투과도 관계.

Fig. 3. The relationship between transmittance and incidence angle in LC cells on polyimide film with ion beam exposure.

타법을 볼 수 있으나 Kaufman type을 사용했을 경우 등고선처럼 보이는 disclination이 약간 발생하는데 비해 DuoPIGatron type을 사용했을 때는 disclination의 발생이 없는 것을 볼 수 있다.

그림 5에는 PI표면에 두가지 타입의 이온빔을 1분간 조사한 이온빔 배향 TN-LCD의 전압-투과율(V-T)곡선을 나타내었다. 그림에서 보는바와 같이 두가지 타입 모두 높은 투과율과 backflow bounce가 없는 우수한 V-T특성을 나타내었다. 특히 DuoPIGatron type ion gun을 사용했을 경우에는 Kaufman type과 비교하여 보았을때 투과율은 같으

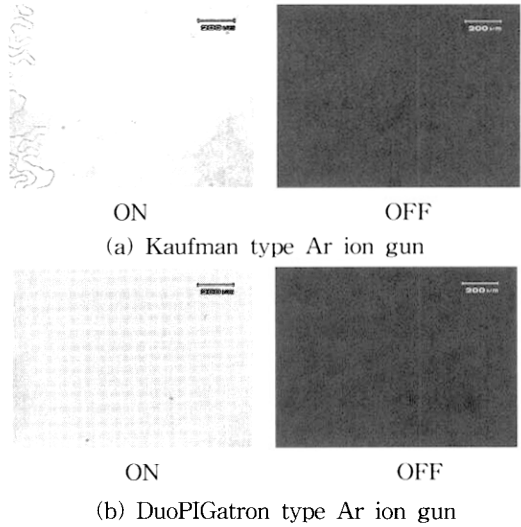


그림 4. 폴리이미드표면에 1분간 이온빔조사시 두가지 이온빔 종류에 따른 TN-LCD의 편광 현미경사진(편광자는 직교상태).

Fig. 4. Micrographs of the two kinds of ion beam aligned TN-LCD with ion beam exposure on the polyimide film for 1 min(in crossed Nicols).

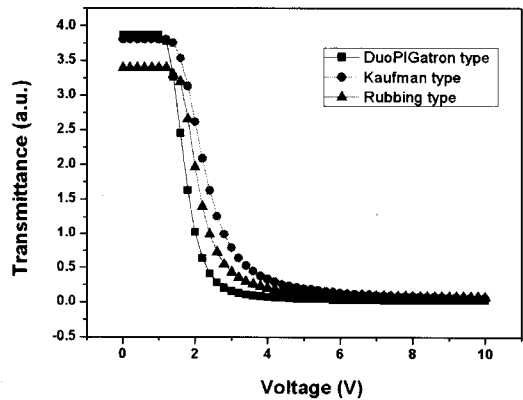


그림 5. 두 종류의 이온빔과 리빙법을 사용한 TN-LCD의 V-T특성.

Fig. 5. V-T characteristics of the two kinds of ion-beam and rubbing aligned TN-LCDs.

면서도 더 급준한 V-T곡선과 낮은 문턱전압을 얻을 수 있었다(DuoPIGatron type 1.85 V, Kaufman type : 2.1 V).

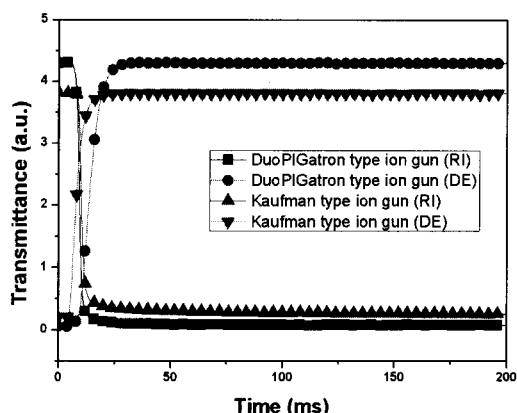


그림 6. 두가지 타입의 이온빔 배향법을 사용한 TN-LCD의 응답특성.

Fig. 6. Response characteristics of the two kinds of ion-beam aligned TN-LCDs with ion beam exposure on the polyimide surface.

그림 6은 PI표면에 두가지 타입의 이온빔을 1분간 조사한 이온빔 배향 TN-LCD의 응답특성을 나타낸다. 그림에서 보는바와 같이 두가지 타입의 이온빔 장치 모두 우수한 응답시간-투과도 특성을 나타내었다. 이는 이온빔 배향법으로 균일한 배향 특성을 얻는 것이 가능하다는 것을 나타내며 특히 DuoPIGatron type ion gun의 경우 기존의 Kaufman type ion gun에 비해 높은 투과율과 빠른 응답속도를 나타내었다(DuoPIGatron type : 16.8 ms, Kaufman type : 18.2 ms, 기존rubbin cell: 15~20 ms).

잔상(Image sticking)은 LCD의 설계에 있어서 중요한 요소 중의 하나로서 전압을 제거했을 때 잔류전하의 축적에 의해 발생하고 시간이 지나 축적전하가 소멸됐을 때 사라진다. 잔류DC측정법은 일본 Nissan chemical사가 개발한 전압-전하량 특성 해석법을 사용한다. 그 원리는 가변하는 DC bias를 걸어 주었을 때 생긴 Capacitance-Voltage 곡선상에서 그 차를 이용하는 방법인데 액정셀에 남아있는 이온들은 반대극성전압을 걸어주어야 소멸되므로 이 방법을 사용하여 정확한 잔류전하량 측정이 가능하다.

그림 7은 PI막에 두가지 타입의 이온빔을 1분간 조사한 이온빔 배향 TN-LCD의 전압-전하량특성을 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 DuoPIGatron type ion gun을 사용한 TN-LCD의 경우 잔류 전

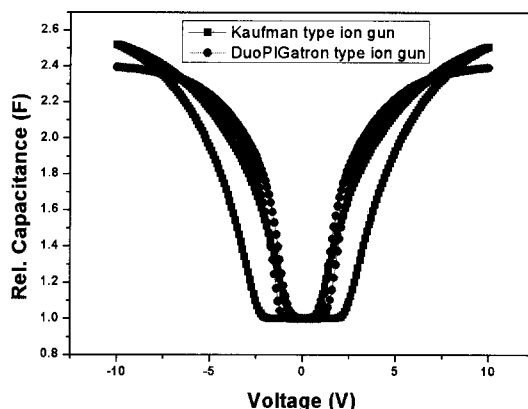


그림 7. 폴리이미드표면에 두종류의 이온빔 배향법을 사용한 TN-LCD의 C-V특성.

Fig. 7. Capacitance-voltage characteristics of the two kinds of the ion-beam aligned TN-LCDs with ion beam exposure on the polyimide surface.

하량이 아주 적음을 볼수 있다. 그러나 기존의 Kaufman type ion gun을 사용한 TN-LCD의 경우 히스테리시스 곡선이 대칭성을 보이는 하나 잔류전하량의 증가가 상대적으로 큰 것을 볼수 있다.

결과적으로 이온빔 배향 TN-LCD셀에서 DuoPIGatron type ion gun이 Kaufman type ion gun에 비해 우수한 전기광학특성을 보임을 알수 있는데 이는 고밀도의 이온이 균일하게 조사되어지는 장비자체의 특성이 작용하여 균일한 액정배향과 강한 anchoring특성을 얻을 수 있음을 보여준다.

4. 결론

본 연구에서는 폴리이미드 표면에 두가지 타입의 이온빔을 조사하여 액정배향과 프리틸트발생, TN-LCD셀에서의 전기광학특성에 대해서 알아보았다. 두가지 타입의 장치 모두 우수한 액정배향과 수평배향이 가능함을 보였다. 전기광학특성에서는 DuoPIGatron type ion gun이 Kaufman type ion gun에 비해 우수한 Voltage-Transmittance특성과 빠른 응답시간, 적은 잔류DC특성을 나타내었다. 따라서 DuoPIGatron type ion gun은 폴리이미드 표면에 비접촉식배향법으로 적합하다는 것을 알

수 있었고 본래의 특성인 대면적에 균일하게 플라즈마를 발생시킬 수 있는 장점을 적용하여 대화면 디스플레이에서도 응용가능할 것으로 생각된다.

참고 문헌

- [1] D. S. Seo, K. Muroi, and S. Kobayashi, "Generation of pretilt angle in nematic liquid crystal, 5CB, media aligned polyimide films prepared by spin-coating and LB techniques : effect of rubbing", *Mol. Cryst. & Liq. Cryst.*, Vol. 213, p. 223, 1992.
- [2] D. S. Seo, N. Yoshida, S. Kobayashi, M. Nishikawa, and Y. Yabe, "Effects of conjugation of mesogenic core of nematic liquid crystals for polar anchoring energy and surface order parameter on rubbed polyimide films", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 33, No. 8B, p. 1174, 1994.
- [3] Y. Imura, S. Kobayashi, T. Hashimoto, T. Sugiyama, and K. Katoh, "Alignment control of liquid crystal molecules using photo-dimerization reaction of poly(vinyl cinnameter)", *IEICE Trans. Electron.*, Vol. E79-C, No. 8, p. 1040, 1996.
- [4] M. Nishikawa, B. Taheri, and J. L. West, "Polyimide films designed to produce high pretilt angles with a single linearly polarized UV exposure", *SID'98 digest paper*, p. 131, 1998.
- [5] 황정연, 서대식, 이상렬, 김재형, "광중합가능한 폴리이미드계 폴리머의 광중합법을 이용한 고 프리틸트각의 제어", *전기전자재료학회논문지*, 14권, 4호, p. 341, 2001.
- [6] 황정연, 박경순, 서대식, 남상희, 서동학, "Polynobornene 유도체 표면을 이용한 광배향 VA-LCD의 전기 광학 특성에 관한연구", *전기전자재료학회논문지*, 15권, 3호, p. 253, 2002.
- [7] C. C. Tsai, W. L. Stirling, and P. M. Ryan, "Plasma studies on a duoPIGatron ion source", *Rev. Sci. Instrum.*, Vol. 48, No. 6, p. 651, 1977.
- [8] H. Horiike, M. Akiba, Y. Arakawa, S. Matsuda, and J. Sakuraba, "Source plasma characteristics of the coaxial duoPIGatron ion source", *Rev. Sci. Instrum.*, Vol. 52, p. 567, 1981.
- [9] W. L. Stirling, P. M. Ryan, C. C. Tsai, and K. N. Leung, "Magnetic multipole line-cusp plasma generator for neutral beam injectors", *Rev. Sci. Instrum.*, Vol. 50, p. 102, 1979.