a-C:H 박막을 이용한 액정 배향 효과 및 TN-LCD의 전기광학 특성

황정연, 조용민, 노순준, 백홍구, 서대식
연세대학교

Liquid Crystal Alignment Effect and Electro-Optical Characteristics of TN-LCD on a-C:H Thin Films

Jeoung-Yeon Hwang, Yong-Min Jo, Soon-Jun Rho, Hong-Koo Baik, and Dae-Shik Seo
Yonsei Univ.

Abstract

LC aligning capabilities and the variation of pretilt angles with ion beam irradiation on the a-C:H thin films, and electro-optical (EO) performances of the ion beam aligned twisted nematic (TN)-liquid crystal display (LCD) with oblique ion beam exposure on the a-C:H thin film were studied. A high pretilt angle of 3.5° via ion beam irradiation on the a-C:H thin film was measured. Also, the LC pretilt angle decreased due to the increase in surface roughness at over 2 min of IB exposure time. It is considered that this roughness increase due to increasing IB exposure time that generated destroy of oriented rings of atoms related to LC alignment. An excellent voltage-transmittance (V-T) curve of the ion beam aligned TN-LCD was observed with oblique ion beam exposure on the a-C:H thin film for 1 min. Also, a faster response time for the ion beam aligned TN-LCD with oblique ion beam exposure on the a-C:H thin film for 1 min can be achieved. Finally, the residual DC property of the ion beam aligned TN-LCD with ion beam exposure of 1 min on the a-C:H thin film is almost same as that of the rubbing aligned TN-LCD on a PI surface.

Key Words : a-C:H thin films, ion beam(IB), pretilt angle, electro-optical (EO), performance

1. 서 론

노트북, 액정모니터, 소형 액정 TV, 디지털카메라, 의료기기 등의 여러 분야에 액정표시소자(LCD)가 폭 넓게 응용되고 있다. 액정을 실제 표시소자로 사용하기 위해서는 액정분자의 균일 배향이 필수적이라 할 수 있으며, 현재 양산에 사용되고 있는 것은 폴리이미드 표면에 액정분자를 배향시키는 러빙(rubbing)법[1]이다. 이러한 러빙법은 공정이 단순하여 대량생산에 적합하나 러빙천에 의한 정전기 및 먼지등의 문제점을 안고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 최근 비접촉식 배향법[2]으로 a-C:H 박막에 ion beam(IB)을 조사한 액정 배향법이 연구보고 되었다[3]. 하지만 LCD에 사용되는 a-C:H 박막의 형성조건과 배향원리 등에 관한 자세한 보고는 아직 보고 되고 있지 않다.

본 연구에서는 a-C:H 박막에 IB 조사를 이용한 프리틸트각 제어 및 액정배향과 a-C:H 박막에 경사된 이온빔을 조사한 ion beam 배향 TN-LCD의 전기 광학 특성에 대하여 검토하였다.

2. 실 험

DLC 박막은 remote plasma enhanced chemical vapor deposition (RPECVD) 방법을 이용하여 ITO(indium-tin-oxide)가 코팅된 유리 기판 위에 증착 하였다. a-C:H 박막은 C_2H_2/He 가스를 이용하여 상온에서 10분간 증착 하였다. 증착에 사용된

C_2H_2과 He 가스는 각각 3sccm과 30sccm을 흘려 주었으며, 제작한 a-C:H 박막의 두께는 3~15nm 이다. 그림 1에 실험에 사용한 IB(kaufman type Ar ion gun) 조사 시스템을 나타내었으며, 사용한 IB의 에너지는 200eV이다. 프리틸트각를 측정하기 위하여 액정셀은 샌드위치 형태로 제작하였으며, 두께는 60 μm로 조절하였다. 그리고, 전기광학 특성을 측정하기 위하여 제작한 ion beam 배향 TN-LCD의 두께는 5μm으로 조절하였다. 배향의 신뢰성을 평가하기 위하여 러빙셀을 제작하였으며, 사용한 네마틱 액정은 Merck사의 MJ97359 ($\Delta\varepsilon$ =8.4) 이다. 액정 배향 상태를 평가하기 위하여 편광 현미경을 이용하였으며, 프리틸트각은 결정 회전법을 이용하여 실온에서 측정하였다. 또한 Ion beam 배향 TN-LCD의 전기 광학 특성을 평가하기 위하여 전압-투과율 (V-T) 특성, 응답특성 등을 DMS (Display Measurement System) (Autronic Co., Ltd.)장비를 이용하여 실온에서 측정하였다.

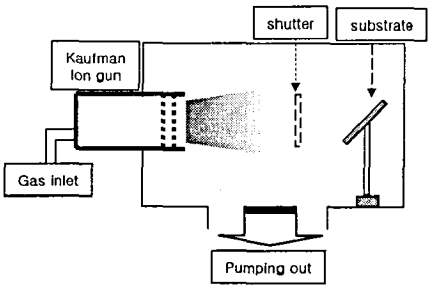


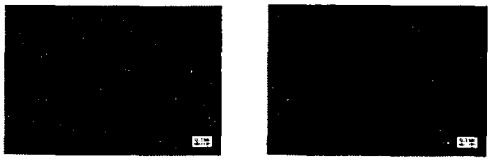
그림 1. IB 조사 시스템.

Fig. 1. IB exposure system.

3. 결과 및 고찰

그림 2에 a-C:H 박막 표면에 IB을 1분 조사한 액정셀의 편광 편미경 사진을 나타내었다. 그림 2와 같이 러빙과 동등한 매우 우수한 배향상태를 나타내었다. 이러한 a-C:H 박막의 광투과도를 UV-VIS- NIR spectro-meter를 이용하여 측정하였으며, 측정된 투과도를 Tauc equation을 이용하여 DLC 박막의 광역적 대역폭을 계산하였다. 계산된 광학적 대역폭 (Eg)은 약 2eV 정도의 값을 나타내었다. 따라서 증착된 박막은 sp^3 결합이 매우 높은 구조임을 알 수 있다 [4].

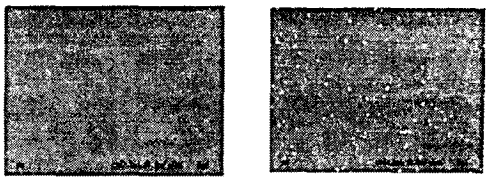
그림 3은 a-C:H 표면에 IB 조사시간별 SEM 사진을 나타낸다. 그림 3에서와 같이 IB 조사시간이 증가할수록 a-C:H 표면에 particle들이 많이 생기고, a-C:H 박막 표면의 roughness가 크게 증가하는 경향을 나타내었다.



(a) Rubbing (b) IB

그림 2. a-C:H 박막을 이용한 IB배향 및 폴리이미드 표면을 이용한 러빙배향 액정셀의 편광현미경 사진 (편광자는 직교상태).

Fig. 2. Microphotographs of IB-aligned LC cell on a-C:H thin film and rubbing-aligned LC cell on PI surface (in crossed Nicols).



(a) IB (1 min) (b) IB (5 min)

그림 3. DLC 박막을 이용한 IB배향 액정셀의 SEM 사진.

Fig. 3. SEM photographs of IB-aligned LC cell on the DLC thin film.

그림 4에 a-C:H 박막 표면에 IB을 조사시 네마틱 액정의 프리틸트각의 IB 조사시간 의존성을 나타내었다. IB을 1분간 조사시가 가장 높은 프리틸트각을 나타내었으며, IB 조사시간이 증가하면 프리틸트각이 감소하는 경향을 나타내었다. 이것은 2분이상 IB을 조사하면 IB에 의한 a-C:H 박막의 roughness가 크게 증가하기 때문에 액정 배향성이 떨어짐을 알 수 있다. 따라서, a-C:H 박막에 IB배향법을 이용하면 프리틸트 제어가 가능함을 알 수 있다.

그림 5에 a-C:H 박막 표면에 1분간 이온빔을 조사한 ion beam 배향 TN-LCD의 편광현미경 사진을 나타내었다. 여기서 보면, 1분간 이온빔이 조사된 ion beam 배향 TN-LCD는 인가 전압에 대한 on-off 특성이 매우 우수함을 알 수 있었다.

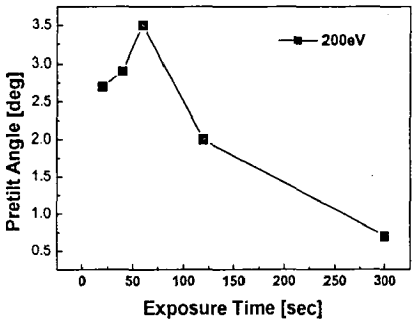
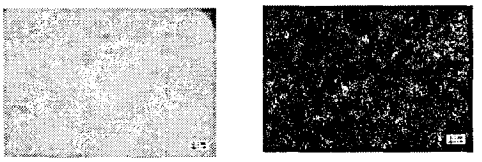


그림 4. a-C:H 박막 표면에 IB 조사시의 조사시간에 따른 네마틱 액정의 프리틸트각의 발생.

Fig. 4. Generation of pretilt angle in NLC by IB exposure on the a-C:H thin film surfaces as a function of exposure time.



(a) off-state (b) on-state

그림 5. a-C:H 박막 표면에 1분간 경사된 이온빔을 조사한 ion beam배향 TN-LCD의 편광현미경 사진 (편광자는 직교상태).

Fig. 5. Microphotographs of the ion beam aligned TN-LCDs with oblique ion beam exposure for 1 min on the a-C:H thin film surface (in crossed Nicols).

그림 6은 a-C:H 박막 표면에 1분간 이온빔을 조사한 ion beam 배향 TN-LCD의 전압-투과율 곡선을 나타내었다. 이 그림에서와 보는 바와 같이 모든 이온빔 조사시간에 있어서 backflow bounce가 없는 안정한 V-T 특성을 나타내었다. 특히, 1분간 이온빔을 조사하여 배향 시킨 TN-LCD가 가장 우수한 V-T 특성을 나타내었다. 그러나 이온빔 조사시간이 증가 할 수록 투과율이 감소하는 경향을 나타내었다.

그림 7는 a-C:H 박막 표면에 이온빔을 조사한 ion beam 배향 TN-LCD의 응답 특성을 나타낸다. 이온빔 조사시간이 감소할수록 응답특성이 개선됨을 알 수 있다. 그러나 2분간 이온빔을 조사할 경우 투과율이 현저하게 감소함을 알 수 있다. 결국, 1분간 이온빔을 조사한 TN-LCD가 시간이 경과됨에 따라 안정적인 응답특성을 얻을 수 있었다.

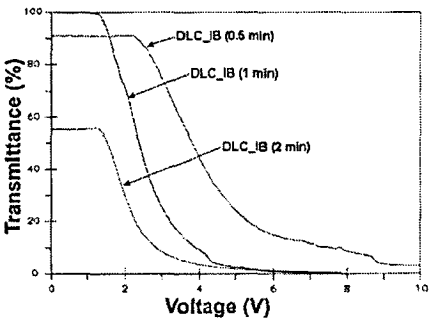


그림 6. a-C:H 박막 표면을 이용한 ion beam 배향 TN-LCD의 V-T 곡선.

Fig. 6. V-T curves of the ion beam aligned TN-LCDs on the a-C:H thin film surface.

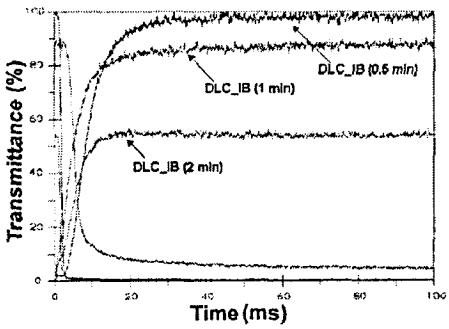
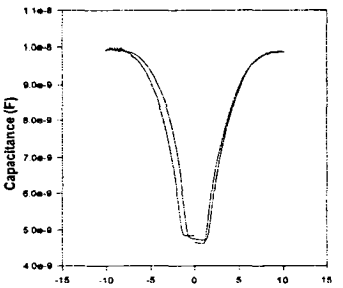


그림 7. a-C:H 박막 표면을 이용한 ion beam 배향 TN-LCD의 응답특성.

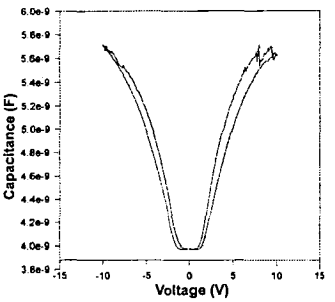
Fig. 7. Response time characteristics of the ion beam aligned TN-LCDs on the a-C:H thin film surface.

그림 8는 a-C:H 박막 표면에 이온빔을 조사한 ion beam 배향 TN-LCD와 PI 표면을 이용한 러빙 TN-LCD의 전압-용량특성을 나타내었다. 그림 8(a)에서와 같이, 1분간 이온빔을 조사한 ion beam 배향 TN-LCD는 작은 잔류 DC 전압을 나타내었다. 그러나 PI 표면을 이용한 러빙 TN-LCD의 전압-용량 특성 (그림 8 (b))과 비교하여 약간 비대칭적인 특성을 나타내었다. 이러한 비대칭적인 전압-용량 특성은 액정셀의 내부 이온이 영향을 미

치는 것으로 생각 할 수 있다. 액정셀 내의 잔류 DC 전압은 배향막 및 액정셀의 조건 등에 크게 의존한다. 그러므로 a-C:H의 조성 및 이온빔 조사 조건을 최적화함으로써 비대칭적인 전압-용량 특성을 개선할 수 있다. 따라서 a-C:H 박막 표면에 이온빔을 조사한 ion beam 배향 TN-LCD는 PI 표면을 이용한 러빙 TN-LCD와 비교하여 동등한 전기 광학 특성을 얻을 수 있었다.



(a) IB-aligned



(b) Rubbing-aligned

그림 8. a-C:H 박막 표면을 이용한 ion beam 배향 TN-LCD와 PI 표면을 이용한 러빙 TN-LCD의 C-V 특성.

Fig. 8. Capacitance-voltage characteristics of the ion beam aligned TN-LCD on the a-C:H thin film surface and rubbing aligned TN-LCD on a PI surface.

4. 결 론

본 연구에서는 새로운 배향 물질인 a-C:H 박막에 IB 배향법을 이용한 액정 배향 효과와 프리틸트 제어에 대하여 검토하였으며, 또한 이온빔 배향법을 이용한 TN-LCD의 전기 광학 특성에 대하여 검토하였다. a-C:H 박막 표면에 IB 배향법을 이용하여 우수한 배향 특성을 얻을 수 있었으며, 특히 IB이 45° 의 입사각도에서 2분간 IB 조사시 약 3.5° 의 프리틸트를 얻을 수 있었다. a-C:H 박막 표면을 이용한 ion beam 배향 TN-LCD는 1분간 이온빔을 조사한 경우, 우수한 V-T 및 응답특성을 나타내었다. 한편, C-V 히스테리시스법을 이용한 ion beam 배향 TN-LCD의 잔류 DC 특성은 PI 표면을 이용한 러빙 TN-LCD와 거의 동등하였다. 따라서 a-C:H 박막 표면을 이용한 ion beam 배향 TN-LCD는 액정 배향 특성이 우수하며 배향막으로써 그 기대가 크다고 할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 국기지정연구실사업 (M1-0203-00-0008)의 일환으로 수행되었습니다.

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] 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, p. 131, 1998.

[3] P. Chaudhari, J. Lacey, J. Doyle, E. Galligan, S. C. Alan, A. Callegarl, G. Hougham, N. D. Lang, P. S. Andry, R. John, K. H. Yang, M. Lu, C. Cal, J. Speidell, S. Purushothaman, J. Ritsko, M. Samnt, J. Stohrt, Y. Nakagawa, Y. Katoh, Y. Saitoh, K. Saka, H. Satoh, S. Odahara, H. Nakano, J. Nskshski, and Y. Shiota, "Atomic-beam alignment of material for liquid-crystal displays" Nature, Vol. 411, p. 56, 2001.

[4] T. W. Choi and S. C. Yoo, "Electrical and mechanical properties of ceramics", J. Mater. Sci., Vol. 15, No. 1, p. 10, 2001.