

NDLC 박막을 이용한 네마틱 액정의 고프리틸트 제어

Control of High Pretilt Angle in NLC using a NDLC Thin Film

박창준¹, 황정연¹, 서대식^{1,a}, 안한진², 김경찬², 백홍구²

(Chang-Joon Park¹, Jeong-Yeon Hwang¹, Dae-Shik Seo^{1,a}, Han-Jin Ahn²,
Kyung-Chan Kim², and Hong-Koo Baik²)

Abstract

We studied the nematic liquid crystal(NLC) aligning capabilities using the new alignment material of a nitrogenated diamond-like carbon(NDLC) thin film. The NDLC thin film exhibits high electrical resistivity and thermal conductivity that are similar to the properties shown by diamond-like carbon (DLC) thin films. The diamond-like properties and nondiamond-like bonding make NDLC an attractive candidate for applications. A high pretilt angle of about 9.9° by ion beam(IB) exposure on the NDLC thin film surface was measured. A good LC alignment is achieved by the IB alignment method on the NDLC thin films surface at annealing temperature of 200 °C. The alignment defect of the NLC was observed above annealing temperature of 250 °C. Consequently, the high pretilt angle and the good LC alignment by the IB alignment method on the NDLC thin film surface can be achieved.

Key Words : Nitrogenated diamond-like carbon (NDLC), Ion beam (IB), Pretilt angle, Annealing Nematic liquid crystal (NLC),

1. 서론

노트북, 액정 모니터, 소형 액정 TV, 디지털 카메라, 의료기기 등의 여러 분야에 액정 표시소자(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[1,2]이다. 이러한 러빙법은 공정이 단순하여 대량생산에 적합하나 러빙천에 의한 정전기 및 먼지발생 등의 문제점을 안고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 최근 비접촉식 배향법[3-6]으로 diamond-like carbon(DLC) 박

막에 이온빔을 조사한 액정 배향법이 연구보고 되었다[7]. 일반적으로 DLC 박막은 액정배향에 요구되는 투명성, 저항성, 고착성, 이온빔에 의한 표면 균일성 등의 특성들이 액정 표시소자에 적용되는데 적합하다고 보고되고 있다. 특히 DLC 박막의 투명도와 표면의 균일성은 폴리이미드 표면과 동등하다고 보고되고 있다[7]. NDLC는 DLC와 유사한 정도의 높은 전기 저항성과 열전도성을 보인다. 특히 NDLC는 낮은 온도에서도 제조가 용이하며 다이아몬드성 탄소박막(DLC)과 물성이 비슷하면서도 열적안정성이 보다 우수하며 잔류응력이 낮으므로 현재 다이아몬드성 탄소박막의 대체재료로 부각되고 있다[9]. 하지만 LCD에 사용되는 DLC나 NDLC 박막의 배향원리 등에 관한 자세한 보고는 아직 되지 않고 있다.

본 연구에서는 NDLC 박막을 제조하고 제조된 NDLC 박막에 이온빔 조사를 이용한 프리틸트각 제어 및 액정 배향에 대하여 검토하였다.

1. 연세대학교 전기전자공학과
(서울시 서대문구 신촌동 134)
2. 연세대학교 금속공학과
a. Corresponding Autho : dsseo@yonsei.ac.kr
접수일자 : 2004. 2. 23
1차 심사 : 2004. 5. 19
심사완료 : 2004. 6. 3

2. 실험

NDLC 박막은 Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition (PECVD) 방법을 이용하여 ITO (Indium-Tin-Oxide)가 코팅된 유리 기판 위에 증착하였다. ITO 기판의 세척공정은 다음과 같다. ITO가 코팅된 유리 기판을 챔버에 장입하기 전에 TCE (trichloroethylene), 아세톤 및 알콜 용액에서 초음파 세척을 각각 10분간 행하였다. 챔버 장입 후에는 아르곤 플라즈마를 이용하여 기판 표면을 10분간 pre-sputtering 시켰다. NDLC 박막은 $C_2H_2/He/N_2$ 가스를 이용하여 상온에서 30초간 증착하였다. 증착에 사용된 C_2H_2 , He와 N_2 가스는 각각 3 sccm, 0 sccm과 30 sccm을 흘려 주었으며, 제작한 NDLC 박막의 두께는 15 nm이다. 그림 1에 실험에 사용한 이온빔(kaufman type) 조사 시스템을 나타내었으며, 사용한 이온빔의 에너지는 200 eV이다. 프리틸트 각을 측정하기 위하여 액정 셀은 샌드위치 형태로 제작하였으며 두께는 $60\mu m$ 로 조절하였다. 배향 신뢰성을 비교하기 위하여 러빙셀을 제작하였으며, 사용한 액정은 Merck사의 액정($\Delta\epsilon=8.2$)이다. 액정 배향상태를 평가하기 위하여 편광 현미경을 이용하였으며, 프리틸트 각은 결정 회전법을 이용하여 실온에서 측정하였다.

그림 1. IB 조사 시스템.

Fig. 1. IB exposure system.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 PECVD 환경에서 $C_2H_2/He/N_2$ 을 구성 비율에 따라 30초간 증착된 NDLC 박막 표면에 이온빔을 1분간 조사한 액정 셀들의 편광 현미경 사

진을 나타낸다. 그림 2(a)에 $C_2H_2/He/N_2$ 을 3/30/0의 비율로 PECVD 환경에서 10분간 증착된 NDLC 박막 표면에 IB를 1분간 조사한 액정 셀의 편광 현미경사진을 나타내었다. 그림 2(d)는 $C_2H_2/He/N_2$ 을 3/0/30의 비율로 PECVD 환경에서 10분간 증착된 NDLC 박막 표면에 이온빔을 1분간 조사한 액정 셀의 편광 현미경 사진을 나타내었다. 그림 2에서 나타낸 바와 같이, NDLC 박막을 형성하기 위한 4가지 조건 중에서 C_2H_2 , He와 N_2 가스는 각각 3sccm, 0sccm 과 30sccm을 흘려준 상태에서 증착된 NDLC 박막의 액정 배향성이 가장 우수하였다.

그림 2. 4종류의 NDLC 박막을 이용한 IB 배향 액정 셀의 편광 현미경 사진 (편광자는 직교 상태).

Fig. 2. Microphotographs of IB-aligned LC cell on the four kinds of NDLC thin film (in crossed Nicols).

그림 3에 $C_2H_2/He/N_2$ 을 3/0/30의 비율로 PECVD 환경에서 30초간 증착된 NDLC 박막 표면에 이온빔을 1분간 조사시의 입사각도에 따른 프리틸트 각의 발생을 나타내었다. IB 조사시 45° 의 입사각도에서 약 9.9° 의 프리틸트 각을 나타내었으며, 입사각도가 더욱 증가할수록 프리틸트가 감소하는 경향성을 나타내었다. 즉, 45° 의 입사각도가 고프리틸트 각을 발생시키는 최적 조건임을 알 수 있다.

으며, 이온빔 조사시간이 증가하면 프리틸트 각이 감소하는 경향을 나타내었다. 이것은 2분 이상 이온빔을 조사하면 이온빔에 의한 NDLC 박막의 표면 roughness가 크게 증가하기 때문에 액정 배향성이 떨어짐을 알 수 있다. 따라서, NDLC 박막에 이온빔 배향법을 이용하면 프리틸트 제어가 가능함을 알 수 있다.

그림 3. NDLC 박막 표면에 편광된 이온빔을 1분간 조사시의 입사각도에 따른 네마틱 액정의 프리틸트 각의 발생.

Fig. 3. Generation of pretilt angles in NLC with IB exposure on the NDLC thin film surfaces for 1min as a function of incident angle.

그림 4. NDLC 박막 표면에 IB을 45°의 입사각도에서 조사시의 조사시간에 따른 네마틱 액정의 프리틸트 각의 발생.

Fig. 4. Generation of pretilt angle in NLC by IB exposure at 45° of incident angle on the NDLC thin film surfaces as a function of exposure time.

그림 4에 $C_2H_2/He/N_2$ 을 3/30/0의 비율로 PECVD 환경에서 30초간 증착된 NDLC 박막 표면에 이온빔을 조사시 네마틱 액정의 프리틸트 각의 이온빔 조사시간 의존성을 나타내었다. 이온빔을 1분간 조사시가 가장 높은 프리틸트 각을 나타내었

그림 5. NDLC 박막 표면에 1분간 이온빔 조사시의 어닐링 온도에 따른 네마틱 액정의 편광 현미경 사진 (편광자는 직교 상태).

Fig. 5. Microphotographs of aligned NLC with IB exposure on the NDLC thin film surfaces for 1min as a function of annealing temperature (in cross Nicols).

그림 5에 $C_2H_2/He/N_2$ 을 3/0/30의 비율로 PECVD환경에서 10분간 증착된 NDLC 박막 표면에 이온빔을 1분간 조사한 후 100 °C, 150 °C, 200 °C, 250 °C에서 10분간 어닐링(annealing)한 후 서냉한 액정셀의 배향 사진을 나타내었다. 그림 5에서 나타낸 바와 같이, 100 ~ 200 °C까지 배향상태가 안정하나 250 °C에서는 배향성이 파괴되는 것을 알 수 있다.

그 이유는 250 °C에서는 NDLC 박막의 C:N bonding이 불안정해지기 때문이다. 따라서 220°C에서 배향이 깨지는 DLC 박막에 비해 NDLC 박막은 열적 안정성이 뛰어나다. 왜냐하면 DLC 박막의 C:H bonding에 비해 NDLC 박막의 C:N bonding이 더 열적 안정성이 우수하기 때문이다. 결국 NDLC 박막 표면에 이온빔 배향법은 200 °C까지 열적 안정성이 있다는 것을 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 새로운 배향 물질인 NDLC 박막에 이온빔 배향법을 이용한 액정 배향 효과와 프리틸트 제어에 대하여 검토하였다. C₂H₂/He/N₂을 3/0/30의 비율로 PECVD 환경에서 30초간 증착된 NDLC 박막 표면에 IB 배향법을 이용하여 우수한 액정배향특성을 얻을 수 있었으며, 특히 이온빔이 45°의 입사각도에서 1분간 조사시 약 9.9°의 고프리틸트를 얻을 수 있었다. 또한 NDLC 박막 표면을 이용한 이온빔 배향법은 어닐링 온도가 200 °C 까지 열적으로 안정한 배향성을 나타내었다. 따라서 NDLC 박막을 이용한 이온빔 배향법은 프리틸트 제어와 열적 배향 안정성이 우수함을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 국가지정연구실사업(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] 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, p. L1174, 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 cinnamate)", *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*, p. 131, 1998.

[5] 황정연, 서대식, 이상렬, 김재형, "광중합가능한 폴리이미드계 폴리머의 광중합법을 이용한 고프리틸트각의 제어", *전기전자재료학회논문지*, 14권, 4호, p. 341, 2001.

[6] 황정연, 박경순, 서대식, 남상희, 서동학, "Poly-nobornene 유도체 표면을 이용한 광배향 VA-LCD의 전기 광학 특성에 관한 연구", *전기전자재료학회논문지*, 15권, 3호, p. 253, 2002.

[7] P. Chaudharl, 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.

[8] Z. John Zhang, Shoushan Fan, Jinlin Huang, and Charles M. Lieber, "Diamondlike properties in a single phase carbon nitride solid" *Appl. Phys. Lett.*, 68, 19, 1996.

[9] E. J. Choi, J. Y. Shim, D. J. Choi, and H. K. Baik, "Effects of heat treatment on the field emission property of amorphous carbon nitride", *J. Vac. Sci. Technol. B* Vol. 16(3), p. 1219, 1998.