

15-5-7

## Diamond-like Carbon 박막을 이용한 액정 배향 효과

### Liquid Crystal Alignment Effects using a Diamond-like Carbon Thin Film

황정연\*, 조용민\*, 서대식\*, 노순준\*\*, 이대규\*\*, 백홍구\*\*

(Jeoung-Yeon Hwang\*, Yong-Min Jo\*, Dae-Shik Seo\*, Soon Joon Rho\*\*

Dae kyu Lee\*\*, and Hong Koo Baik\*\*)

#### Abstract

We studied the nematic liquid crystal (NLC) aligning capabilities using the new alignment material of a diamond like carbon (DLC) thin film. A high pretilt angle of about 3.5° by ion beam (IB) exposure on the DLC thin film surface was measured. A good LC alignment by the IB alignment method on the DLC thin film surface was observed at annealing temperature of 200°C, and the alignment defect of the NLC was observed above annealing temperature of 220°C. Consequently, the high NLC pretilt angle and the good thermal stability of LC alignment by the IB alignment method on the DLC thin film surface can be achieved.

**Key Words** : Diamond-like carbon(DLC), Ion beam (IB), Pretilt angle, Nematic liquid crystal, Annealing

#### 1. 서론

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[1,2]이다. 이러한 러빙법은 공정이 단순하여 대량생산에 적합하나 러빙천에 의한 정전기 및 먼지등의 문제점을 안고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 최근 비접촉식 배향법[3-7]으로 diamond-like carbon(DLC) 박막에 ion beam(IB)을 조사한 액정 배향법이 연구보고 되었다[8]. 일반적으로 DLC 박막은 디스크 표면의 보호층으로 쓰이고 있으며, 액

정배향에 요구되는 투명성, 저항성, 고착성, IB에 의한 표면 불균일성 등의 특성들이 액정표시소자에 적용되는데 적합하다고 보고되고 있다. 특히 DLC 박막의 투명도와 표면의 균일성은 폴리이미드 표면과 동등하다고 보고하고 있다[8]. 하지만 LCD에 사용되는 DLC 박막의 형성조건과 배향원리 등에 관한 자세한 보고는 아직 보고 되고 있지 않다.

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

#### 2. 실험

DLC 박막은 remote plasma enhanced chemical vapor deposition (RPECVD) 방법을 이용하여 ITO(indium-tin-oxide)가 코팅된 유리 기판 위에 증착 하였다. ITO 기판 세척은 다음과 같이 하였다. ITO가 코팅된 유리 기판을 챔버에 장입하기 전에 TCE(trichloroethylene), 아세톤 및 알콜 용액에서 초

\* : 연세대학교 전기전자공학과  
(서울시 서대문구 신촌동 134  
Fax : 02-362-6444  
E-mail : dsseo@yonsei.ac.kr)

\*\* : 연세대학교 재료공학부  
2001년 11월 5일 접수, 2002년 2월 21일 최종 심사 완료

음과 세척을 각각 5분간 행하였다. 챔버 장입 후에는 아르곤 플라즈마를 이용하여 기판 표면을 10분간 pre-sputtering 시켰다. DLC 박막은 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>/He 가스를 이용하여 상온에서 10분간 증착 하였다. 증착에 사용된 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>과 He 가스는 각각 3sccm과 30sccm을 흘려 주었으며, 제작한 DLC 박막의 두께는 3~15nm이다. 그림 1에 실험에 사용한 IB(Kaufman type Ar ion gun) 조사 시스템을 나타내었으며, 사용한 IB의 에너지는 200eV이다. 프리틸트각을 측정하기 위하여 액정 셀은 샌드위치 형태로 제작하였으며, 두께는 60 μm로 조절하였다. 배향의 신뢰성을 평가하기 위하여 러빙 셀을 제작하였으며, 사용한 네마틱 액정은 Merck사의 MJ97359 (Δε=8.4) 이다. 액정 배향 상태를 평가하기 위하여 편광 현미경을 이용하였으며, 프리틸트각은 결정 회전법을 이용하여 실온에서 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 2 (a)에 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>/He을 1/30의 비율로 RPECVD 환경에서 10분간 증착된 DLC 박막 표면에 IB을 1분 조사한 액정셀의 편광 편미경 사진을 나타내었다. 그림 2(a)에 나타낸바와 같이, 양호한 배향상태를 나타내었다. 그림 2(b)는 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>/He을 3/30의 비율로 RPECVD환경에서 10분간 증착된 DLC 박막표면에 IB을 1분 동안 조사한 액정셀의 편광 편미경 사진을 나타내었다. 그림 2(b)와 같이 매우 우수한 배향상태를 나타내었다. 반면에 그림 2(c)는 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>/He을 5/30의 비율로 RPECVD환경에서 10분간 증착된 DLC 박막 표면에 IB을 1분 조사한 액정셀의 편광 현미경 사진을 나타내었다. 그림 2(c)와 같이 배향성이 현저하게 떨어짐을 알 수 있다. 그러므로 DLC 박막을 형성하기 위한 3가지 조건중에서 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 과 He 가스는 각각 3sccm과 30sccm을 흘려준 상태에서 증착된

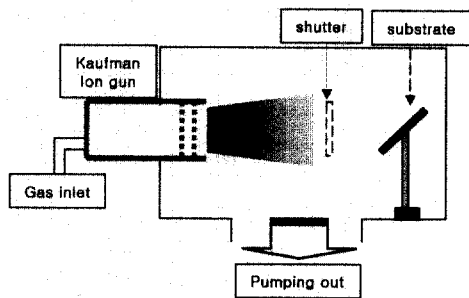


그림 1. IB 조사 시스템.  
Fig. 1. IB exposure system.

DLC 박막의 액정배향성이 가장 우수하였으며, 이러한 DLC 박막의 광투과도를 UV-VIS-NIR spectrometer를 이용하여 측정하였으며, 측정된 투과도를 Tauc equation을 이용하여 DLC 박막의 광학적 대역폭을 계산하였다. 계산된 광학적 대역폭 (E<sub>g</sub>)은 약 2eV 정도의 값을 나타내었다. 따라서 증착된 박막은 sp<sup>3</sup> 결합이 매우 높은 구조임을 알 수 있다.

그림 3은 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>/He을 3/30의 비율로 RPECVD환경에서 10분간 증착된 DLC 표면에 IB 조사시간별

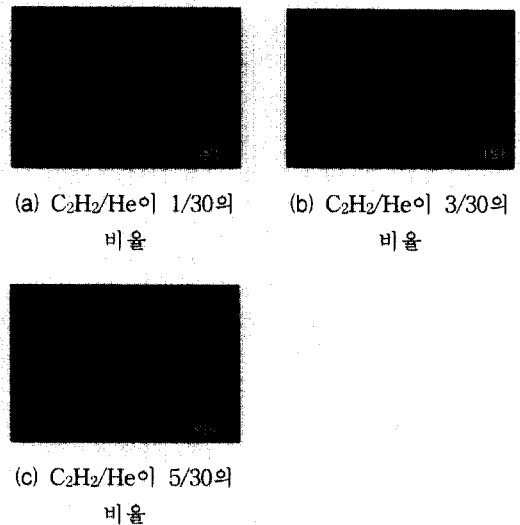


그림 2. 3종류의 DLC 박막을 이용한 IB배향 액정셀의 편광 현미경 사진 (편광자는 직교상태).  
Fig. 2. Microphotographs of IB-aligned LC cell on the three kinds of DLC thin film (in crossed Nicols).

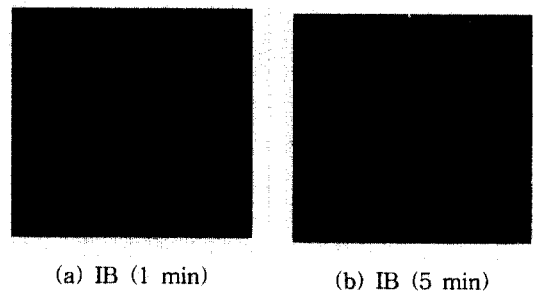


그림 3. DLC 박막을 이용한 IB배향 액정셀의 SEM 사진.  
Fig. 3. SEM photographs of IB-aligned LC cell on the DLC thin film.

SEM 사진을 나타낸다. 그림 3에서와 같이 IB 조사 시간이 증가할수록 DLC 표면에 particle들이 많이 생기고, DLC 박막 표면의 roughness가 크게 증가하는 경향을 나타내었다.

그림 4에 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>/He을 3/30의 비율로 RPECVD환경에서 10분간 증착된 DLC 박막 표면에 IB을 1분간 조사시의 입사각도에 따른 프리틸트각의 발생을 나타내었다. IB 조사시 45°의 입사각도에서 약 3.5°의 프리틸트각을 나타내었으며, 입사각도가 더욱 증가

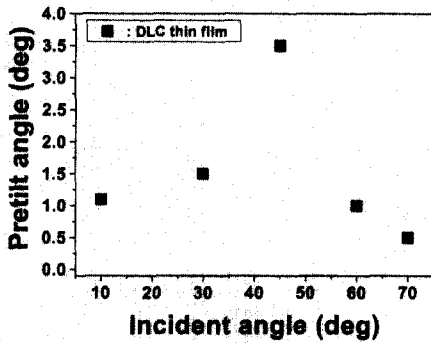


그림 4. DLC 박막 표면에 편광된 IB을 1분간 조사시의 입사각도에 따른 네마틱액정의 프리틸트각의 발생.

Fig. 4. Generation of pretilt angles in NLC with IB exposure on the DLC thin film surfaces for 1 min as a function of incident angle.

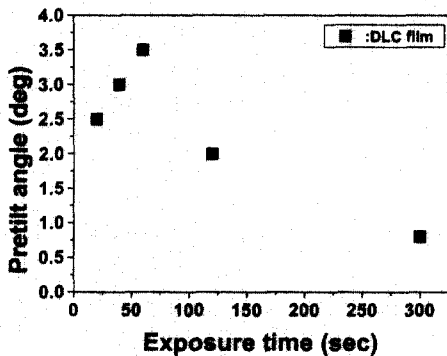
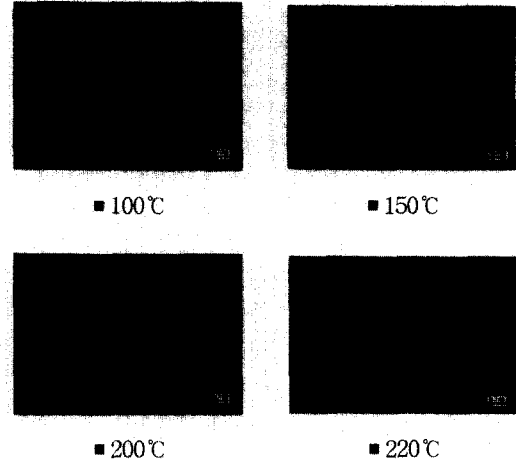


그림 5. DLC 박막 표면에 IB 조사시의 조사시간에 따른 네마틱 액정의 프리틸트각의 발생.

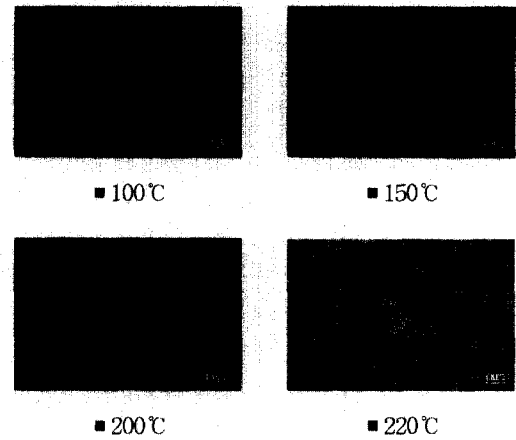
Fig. 5. Generation of pretilt angle in NLC by IB exposure on the DLC thin film surfaces as a function of exposure time.

할수록 프리틸트가 감소하였다. 즉, 45°의 입사각도가 IB의 최적 조건임을 알 수 있다.

그림 5에 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>/He을 3/30의 비율로 RPECVD환경에서 10분간 증착된 DLC 박막 표면에 IB을 조사시 네마틱 액정의 프리틸트각의 IB 조사시간 의존성을



(a) IB alignment method on the DLC thin film surfaces



(b) Rubbing method on the polyimide surface

그림 6. DLC 박막 표면에 1분간 IB 조사시의 어닐링 온도에 따른 네마틱 액정의 편광 현미경 사진 (편광자는 직교상태).

Fig. 6. Microphotographs of aligned NLC with IB exposure on the DLC thin film surfaces for 1 min as a function of annealing temperature (in crossed Nicols).

나타내었다. IB을 1분간 조사시가 가장 높은 프리틸트각을 나타내었으며, IB 조사시간이 증가하면 프리틸트각이 감소하는 경향을 나타내었다. 이것은 2분 이상 IB을 조사하면 IB에 의한 DLC 박막의 roughness가 크게 증가하기 때문에 액정 배향성이 떨어짐을 알 수 있다. 따라서, DLC 박막에 IB배향법을 이용하면 프리틸트 제어가 가능함을 알 수 있다.

그림 6(a)에 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>/He을 3/30의 비율로 RPECVD 환경에서 10분간 증착된 DLC 박막 표면에 IB을 1분 조사한후 100℃, 150℃, 200℃ 그리고 220℃에서 10분간 어닐링(annealing) 한 후 서냉한 액정셀의 배향 사진을 나타내었다. 그림 6(a)에 나타낸 바와 같이, 100℃~200℃까지 배향상태가 안정하나 220℃에서는 배향성이 파괴되는 것을 알 수 있다. 그림 6(b)에 폴리이미드 표면에 러빙처리법을 사용한 액정셀의 어닐링 온도에 따른 배향 특성을 나타내었다. 100℃~200℃까지 모두 양호한 배향 특성을 나타내었으나 220℃에서는 배향성이 파괴되는 현상이 관측되었다. 결국 DLC 박막 표면에 IB 배향법은 러빙셀과 동등한 열적 안정성을 나타내었다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 새로운 배향 물질인 DLC 박막에 IB 배향법을 이용한 액정 배향 효과와 프리틸트 제어에 대하여 검토하였다. C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>/He을 3/30의 비율로 RPECVD 환경에서 10분간 증착된 DLC 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. 또한 DLC 박막 표면을 이용한 IB 배향법은 어닐링 온도가 200℃까지 열적으로 안정한 배향성을 나타내었다. 따라서 DLC 박막을 이용한 IB 배향법은 프리틸트 제어와 열적 배향 안전성이 우수함을 알 수 있었다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국산업기술평가원 스피노프(A00-A1A-3304-03)지원으로 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, No. 8B, p. 1174, 1994.
- [3] Y. Iimura, 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 digest paper*, p. 131, 1998.
- [5] 황정연, 서대식, 이상렬, 김재형, "광증합가능한 폴리이미드계 폴리머의 광증합법을 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] 황정연, 이윤건, 서대식, 김준영, 김태호, "3가지 종류의 치환기를 함유한 N-(phenyl)maleimide계 광폴리머 표면을 이용한 액정 배향 효과에 관한연구", *전기전자재료학회논문지*, 15권, 3호, p. 264, 2002.
- [8] P. Chaudhari, J. Lacey, J. Doyle, E. Galligan, S. C. Alan, A. Callegari, 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.