

## RF 바이어스 조건 하에서 증착된 a-C:H 박막을 이용한 네마틱 액정의 배향 효과

### Alignment Effects for Nematic Liquid Crystal using a-C:H Thin Films Deposited at RF Bias Condition

황정연<sup>1</sup>, 박창준<sup>1</sup>, 서대식<sup>1,a</sup>, 안한진<sup>2</sup>, 백홍구<sup>2</sup>

(Jeoung-Yeon Hwang<sup>1</sup>, Chang-Joon Park<sup>1</sup>, Dae-Shik Seo<sup>1,a</sup>, Han-Jin Ahn<sup>2</sup>, and Hong Koo Baik<sup>2</sup>)

#### Abstract

The nematic liquid crystal(NLC) aligning capabilities using a-C:H thin film deposited at the three kinds of rf bias condition were investigated. A high pretilt angle of NLC on low substrate rf bias applied a-C:H thin films was observed and the low pretilt angle of the NLC on high substrate rf bias applied a-C:H thin films was observed. Consequently, the high NLC pretilt angle and the good aligning capabilities of LC alignment by the IB alignment method on the a-C:H thin film deposited at 1W rf bias condition can be achieved. It is considered that pretilt angle of the NLC may be attributed to substrate rf bias condition and IB energy time. Therefore, LC alignment is affected by topographical structure forming strong IB energy.

**Key Words** : a-C:H, Ion beam (IB), Rf bias condition, Pretilt angle, Nematic liquid crystal

#### 1. 서론

액정 디스플레이는 휴대폰, 캠코더 등의 소형 디스플레이에서 노트북, 모니터, TV등의 대형 디스플레이에까지 폭넓게 사용됨으로써 대표적인 평판디스플레이로 자리잡고 있다. 이러한 액정 디스플레이에서 액정분자의 균일 배향은 고품위 액정 디스플레이를 생산하는데 필수적이라 할 수 있으며, 현재 양산에 사용되고 있는 것은 폴리이미드 표면에 액정분자를 배향시키는 러빙(rubbing)법 [1,2]이다. 이러한 러빙법은 공정이 단순하여 대량 생산에 적합하나 러빙천에 의한 정전기 및 먼지

발생등을 유발하여 수율이 저하되는 단점이 있다. 이러한 러빙법의 문제점을 해결하기 위해 Langmuir-Blodgett(LB), 광배향 등의 러빙 배향법[3-7]이 개발되었으나, 아직 러빙처리된 액정 디스플레이의 성능에 못 미치고 있다.

그러나 최근 러빙 방법으로 diamond-like carbon(DLC : a-C:H) 박막에 ion beam(IB)을 조사한 액정 배향법이 연구보고 되었다[8]. 이러한 무기박막 표면에 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 a-C:H 박막의 성능을 개선하기 위해 바이어스 조건에서 증착한 새로운 a-C:H 박막을 제조하고 제조된 a-C:H 박막에 IB 조사를 이용한 프리틸트각 제어 및 액정배향에 대하여 검토하였다.

1. 연세대학교 전기전자공학과

(서울시 서대문구 신촌동 134)

2. 연세대학교 재료공학부

a. Corresponding Author : dsseo@yonsei.ac.kr

접수일자 : 2003. 9. 25

1차 심사 : 2003. 10. 29

심사완료 : 2004. 2. 9

## 2. 실험

a-C:H 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 초음파 세척을 각각 5분간 행하였다. 챔버 장입 후에는 아르곤 플라즈마를 이용하여 기판 표면을 10분간 pre-sputtering 시켰다.

새로운 a-C:H 박막은 a-C:H 박막은 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>/He 가스를 이용하여 상온에서 1 W, 30 W, 60 W rf 바이어스 조건에서 증착하였다. 증착에 사용된 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 과 He 가스는 각각 3 sccm과 30 sccm을 흘려주었으며, 제작한 DLC 박막의 두께는 3~15 nm이다.

그림 1에 실험에 사용한 IB(kaufman type Ar ion gun) 조사 시스템을 나타내었으며, 사용한 IB의 에너지는 300 eV이다. 프리틸트각을 측정하기 위하여 액정셀은 샌드위치 형태로 제작하였으며, 두께는 60 μm로 조절하였다. 배향의 신뢰성을 평가하기 위하여 러빙셀을 제작하였다. 또한, 액정의 전기광학특성을 측정하기 위하여, 액정을 90° 비틀린 twisted nematic(TN) 셀을 제작하였다. 제작한 셀의 두께는 5 μm로 조절하였다. 제작된 각각의 셀은 유전율 이방성이 양인 네마틱 액정(Δε=8.4, for Merck Co.)을 사용하였다. 액정 배향 상태를 평가하기 위하여 편광 현미경을 이용하였으며, 프리틸트각은 결정 회전법을 이용하여 실온에서 측정하였다. 그리고, 액정셀의 전기광학 특성을 측정하였다.

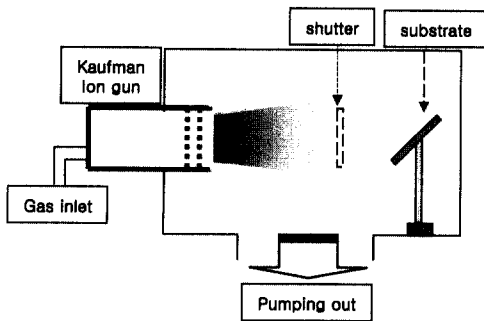


그림 1. IB 조사 시스템.

Fig. 1. IB exposure system.

## 3. 결과 및 고찰

그림 2에 1 W, 30 W, 60 W rf 바이어스 조건에서 증착된 a-C:H 박막의 광학적 대역폭(optical bandgap)의 측정값을 나타내었다. 그림에서와 같이 rf 바이어스가 증가할수록 a-C:H 박막의 광학적 대역폭이 감소함을 알 수 있었다. 이러한 광학적 대역폭의 감소는 a-C:H 박막내에 sp<sup>2</sup>/sp<sup>3</sup> 값이 증가함을 의미한다. 이 결과로부터 증착된 a-C:H 박막의 특성이 polymer-like carbon(PLC)에서 diamond-like carbon(DLC)으로 변화되었고, 수소 함량이 감소함을 알 수 있었다.

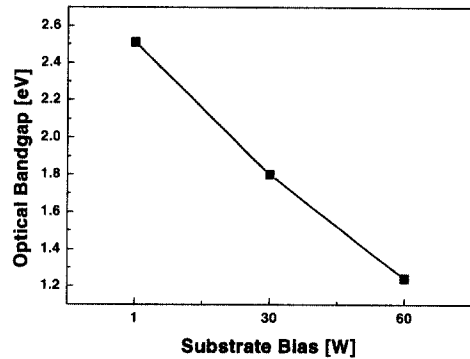


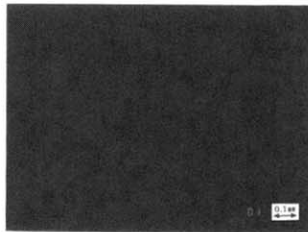
그림 2. 3종류의 rf 바이어스에 따른 광학적 대역폭.

Fig. 2. The optical bandgap of a-C:H as a function of the three kinds of rf bias condition.

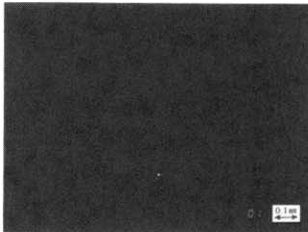
그림 3는 3가지 종류의 rf 바이어스 조건에서 증착된 a-C:H 박막 표면에 IB를 1분 조사한 액정셀의 편광 편미경 사진을 나타내었다. 그림 4에 나타낸바와 같이, 3가지 rf 바이어스 조건에서 증착된 a-C:H 박막 표면에 IB를 조사한 액정셀은 모두 우수한 배향상태를 나타내었다.

그림 4에 3가지 rf 바이어스 조건에서 증착된 a-C:H 박막 표면에 IB를 1분간 조사시의 입사각도에 따른 프리틸트각의 발생을 나타내었다. 그림 5(a)는 1W rf 바이어스 조건에서 증착된 a-C:H 박막 표면을 이용한 액정의 프리틸트각을 나타내었다. IB 조사시 45°의 입사각도에서 약 11°의 프리틸트각을 나타내었으며, 입사각도가 더욱 증가할수록 프리틸트가 감소하였다. 즉, 45°의 입사각도가 IB의 최적 조건임을 알 수 있었다.

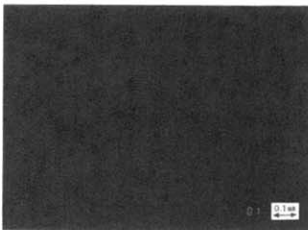
그림 4(b)와 4(c)는 각각 30 W와 60 W의 rf 바이어스 조건에서 증착된 a-C:H 박막 표면을 이용한 액정의 프리틸트각을 나타내었다. 그림에서와 같이 액정의 프리틸트각은 모두 약 5°을 나타내었다. 이것은 a-C:H 박막이 soft한 polymer a-C:H 박막인 경우가 hard한 diamond a-C:H 박막보다 프리틸트 발생에 유리함을 알 수 있었다. 결국, a-C:H 표면에 IB 배향법을 이용할 경우 polymer-like carbon 박막에 많이 포함되어 있는 sp<sup>2</sup> fraction이 배향에 더 큰 기여를 함을 생각할 수 있었다.



(a) 1 W rf 바이어스



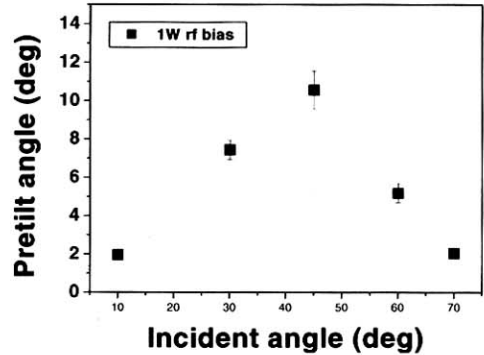
(b) 30 W rf 바이어스



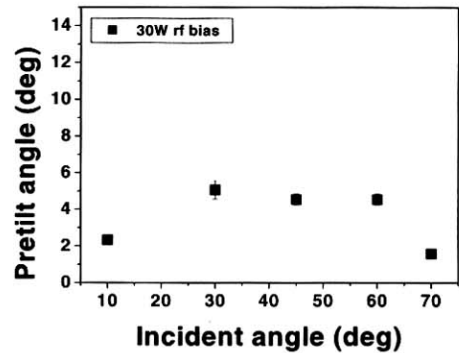
(b) 60 W rf 바이어스

그림 3. 3종류의 a-C:H 박막을 이용한 IB배향 액정셀의 편광 현미경 사진 (편광자는 직교 상태).

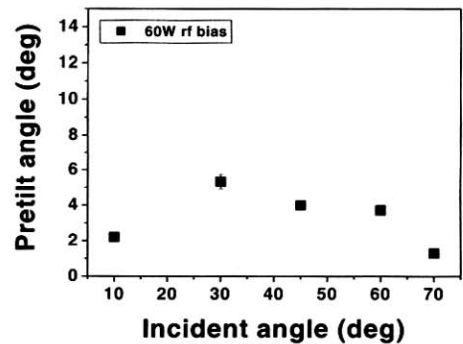
Fig. 3. Microphotographs of IB-aligned LC cell on the three kinds of a-C:H thin film (in crossed Nicols).



(a) 1 W rf 바이어스



(b) 30 W rf 바이어스



(c) 60 W rf 바이어스

그림 4. 3종류의 a-C:H 박막 표면에 편광된 IB을 1분간 조사시의 입사각도에 따른 네마틱 액정의 프리틸트각의 발생.

Fig. 4. Generation of pretilt angles in NLC with IB exposure on the three kinds of a-C:H thin film surfaces for 1 min as a function of incident angle.

그림 5은 3가지 rf 바이어스 조건에서 증착된 a-C:H 박막 표면에 IB을 조사시간에 따른 프리틸트각의 발생을 나타낸다. IB을 1분간 조사시 가장 높은 프리틸트각을 나타내었으며, IB 조사시간이 증가하면 프리틸트각이 감소하는 경향을 나타내었다.

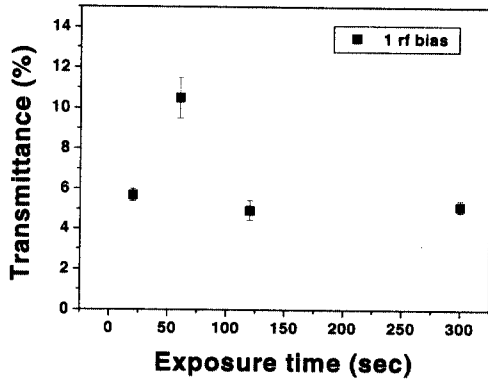


그림 5. DLC 박막 표면에 IB 조사시의 조사시간에 따른 네마틱 액정의 프리틸트각의 발생.

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

#### 4. 결 론

본 연구에서는 3종류의 rf 바이어스 조건에서 증착된 a-C:H 박막에 IB 배향법을 이용한 액정 배향 효과와 프리틸트 제어에 대하여 검토하였다. rf 바이어스 조건에서 증착된 a-C:H 박막 표면에 IB 배향법을 이용하여 우수한 배향 특성을 얻을 수 있었다. 또한, 유연한 a-C:H 박막 표면을 이용하여 높은 프리틸트각을 얻을 수 있었다. 그러나 견고한 a-C:H 박막 표면을 이용한 경우 유연한 a-C:H 박막 표면을 이용한 경우보다 낮은 프리틸트를 나타내었다. 이것은 IB 배향법을 이용할 경우, a-C:H 박막이 유연한 polymer-like carbon 일 경우에 높은 프리틸트가 발생함을 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, No. 8B, 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(vinylcinnamate)", *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 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 관한 연구", *전기전자재료학회논문지*, 15권, 3호, p. 253, 2002.
- [7] 황정연, 이윤진, 서대식, 김준영, 김태호, "3가지 종류의 치환기를 함유한 N-(phenyl)maleimide계 광폴리머 표면을 이용한 액정 배향 효과에 관한 연구", *전기전자재료학회논문지*, 15권, 3호, p. 264, 2002.
- [8] 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.