

무기 박막을 이용한 이온빔 배향 FFS 셀의 전기광학특성에 관한 연구

A Study on Electro-optical Characteristics of the Ion Beam Aligned FFS Cell on a Inorganic Thin Film

황정연¹, 박창준¹, 정연학², 김경찬³, 안한진³, 백홍구³, 서대식^{1,a}

(Jeoung-Yeon Hwang¹, Chang-Joon Park¹, Youn-Hak Jeong², Kyung-Chan Kim³, Han-Jin Ahn³,
Hong-Koo Baik³, and Dae-Shik Seo^{1,a})

Abstract

In this paper, we intend to make fringe-field switching (FFS) mode cell by the ion beam (IB) alignment method on the a-C:H thin film, to analyze electro-optical characteristics in this cell. We studied on the suitable inorganic thin film for fringe-field switching (FFS) cell and the aligning capabilities of nematic liquid crystal (NLC) using the alignment material of a-C:H thin film as working gas at 30 W rf bias condition. A high pretilt angle of about 5 ° by ion beam (IB) exposure on the a-C:H thin film surface was measured. Consequently, the high pretilt angle and the good thermal stability of LC alignment by the IB alignment method on the a-C:H thin film surface as working gas at 30 W rf bias condition can be achieved. An excellent voltage-transmittance (V-T) and response time curve of the IB-aligned FFS-LCD was observed with oblique IB exposure on the a-C:H thin films. Also, AC V-T hysteresis characteristics of the IB-aligned FFS-LCD with IB exposure on the a-C:H thin films is almost the same as that of the rubbing-aligned FFS cell on a polyimide (PI) surface.

Key Words : Fringe-field switching, Diamond-like carbon(a-C:H), Ion beam alignment, V-T curve, Response time, V-T hysteresis

1. 서론

액정 표시 소자에 있어서 액정 분자를 균일하게 배향시키기 위해서 현재 폴리이미드 (PI) 표면을 러빙천으로 문질러서 액정분자를 배향시키는 러빙처리법이 사용되고 있다. 그러나 이러한 러빙법

[1,2]은 공정이 단순하여 대량생산에 적합하나 러빙천에 의한 정전기 및 먼지 등의 문제점을 안고 있다. 또한, 현재 LCD에 사용되는 기판 크기는 계속 커지고 있으며, 차후 2 m × 2 m에 육박할 것으로 예상된다. 이러한 대형 크기의 기판표면에 배향막을 균일하게 형성시키고, 형성된 배향막에 균일한 러빙공정을 형성에 큰 어려움을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 최근 rubbing-free 배향법[3-7]으로 diamond-like carbon (DLC) 박막에 ion beam (IB) 을 조사한 액정 배향법이 보고되었다[8]. 일반적으로 DLC 박막은 디스크 표면의 보호층으로 쓰이고 있으며, 액정배향에 요구되는 투명성, 저항성, 고착성 등의 특성들이 PI와

1. 연세대학교 전기전자공학과
(서울시 서대문구 신촌동 134)

2. BOE-Hydis

3. 연세대학교 금속공학과

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

접수일자 : 2004. 4. 26

1차 심사 : 2004. 5. 29

심사완료 : 2004. 8. 23

유사하다는 장점을 가지고 있다. 특히 DLC와 같은 무기물 박막에 낮은 이온화 에너지의 이온빔을 충돌시키는 배향법은 러빙법과 동등한 액정배향 특성을 나타낸다고 보고하고 있다[8]. 하지만 twisted nematic(TN)모드 이외의 액정구동모드에 적용한 무기박막 표면에 이온빔을 조사한 액정 셀의 전기광학 특성에 관한 자세한 연구 결과는 아직 보고되고 있지 않다.

본 연구에서는 기존의 TN모드의 좁은 시야각을 극복하기 위해 개발된 광시야각을 이루는 액정 모드 가운데 시야각특성과 광투과도 특성이 우수한 fringe-field switching (FFS) 모드[10]를 액정 구동모드로 채택하였다. 그러므로, 본 연구에서는 a-C:H 박막을 제작하고 이 a-C:H 박막에 경사된 이온빔을 조사한 ion beam(이온빔) 배향 FFS 셀의 전기 광학 특성에 대하여 검토하였다.

2. 실험

a-C:H 박막은 remote plasma enhanced chemical vapor deposition (RPECVD) 방법을 이용하여 ITO(indium-tin-oxide)가 코팅된 유리 기판 위에 증착하였다. 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.

본 실험에 사용된 a-C:H 박막은 바이어스가 있는 환경에서 증착하였다. 즉, a-C:H 박막을 C₂H₂/He 가스를 이용하여 상온에서 30W rf 바이어스 조건에서 증착하였다. 증착에 사용된 C₂H₂과 He 가스는 각각 3sccm과 30sccm을 흘려주었으며, 제작한 a-C:H 박막의 두께는 100~120nm이다.

그림 1에 실험에 사용한 이온빔(kaufman type Ar ion gun) 조사 시스템을 나타내었으며, 사용한 이온빔의 에너지는 200eV이다. 프리틸트각을 측정하기 위하여 액정셀은 샌드위치 형태로 제작하였으며, 두께는 60 μm로 조절하였다. 전기광학 특성을 측정하기 위하여 제작한 이온빔 배향 FFS 셀의 두께는 5 μm으로 조절하였다. 배향의 신뢰성을 평가하기 위하여 러빙셀을 제작하였으며, 셀갭은 4.0 μm로 조절하였다. Merck사의 네마틱 액정(Δε=8.1)을 사용하였다. 액정 배향 상태를 평가하기 위하여 편광 현미경을 이용하였으며, 프리틸트각은 결정 회전법을 이용하여 실온에서 측정하였다. 또

한, OTSUKA사의 LCD-7000장비를 이용하여 FFS-LCD의 전기 광학 특성을 평가하기 위하여 전압-투과율 (V-T) 특성, C-V 특성, 그리고 응답 특성 등을 측정하였다.

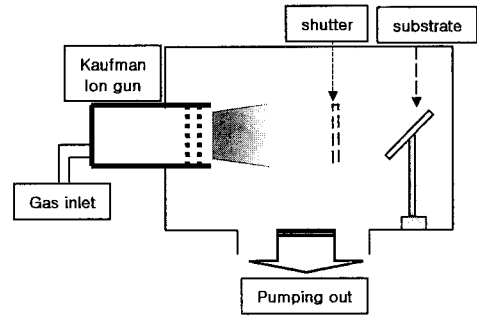
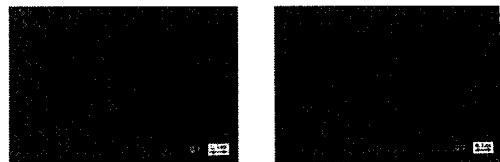


그림 1. 이온빔 조사 시스템.

Fig. 1. Ion beam exposure system.

3. 결과 및 고찰

그림 2에 rf 바이어스 조건에서 증착한 a-C:H 박막 표면에 1분간 이온빔을 조사한 이온빔 배향의 편광 현미경 사진을 나타내었다. 그림에서와 같이 a-C:H 박막 표면에 이온빔 배향을 이용한 액정 셀의 배향성은 러빙처리를 한 액정셀이 배향성과 동등하게 우수한 특성을 나타내었다.



(a) IB 배향

(b) 러빙셀

그림 2. 두가지 배향방법을 이용한 액정셀의 편광 현미경 사진: (a) a-C:H박을 이용한 이온빔 배향방법, (b) PI표면을 이용한 러빙배향 방법.

Fig. 2. Microphotographs of LC cell with two kinds of alignment method (in crossed Nicols); (a) IB-alignment method on the a-C:H thin film (b) rubbing-alignment method on the PI surface.

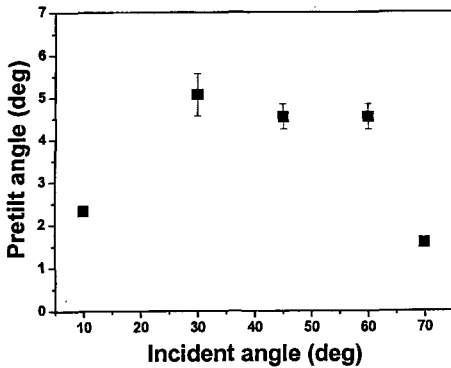


그림 3. a-C:H 박막에 이온빔 조사각도에 따른 액정 셀의 프리틸트각의 발생.

Fig. 3. Generation of pretilt angles in NLC as a function of IB exposure incident angle on the a-C:H thin film.

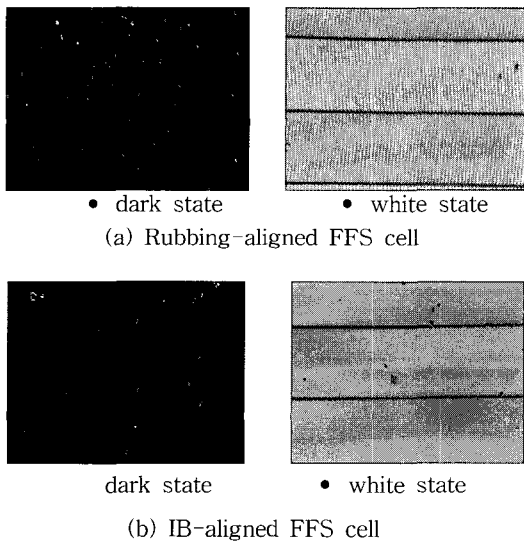


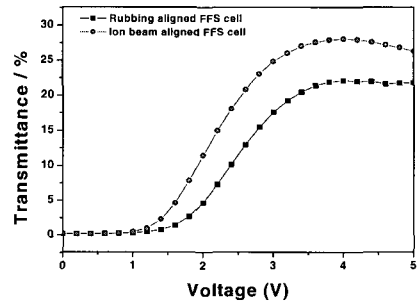
그림 4. a-C:H 박막 표면에 1분간 조사된 이온빔을 조사한 이온빔 배향과 러빙 배향된 FFS 셀의 편광 현미경 사진 (편광자는 직교상태).

Fig. 4. Microphotographs of the ion beam aligned and rubbing-aligned FFS cells (in crossed Nicols).

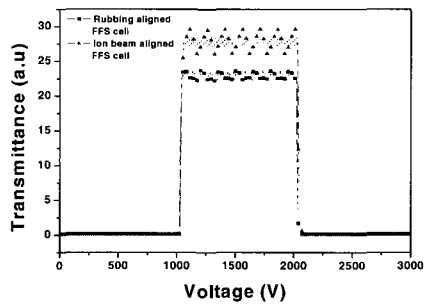
그림 3은 rf 바이어스 조건하에서 증착된 a-C:H 박막 표면에 이온빔 각도에 따라 액정셀의 프리틸트각을 나타내었다. 이때 이온빔 조사시간은 1분이다. 그림에서와 같이 30~60°에서 약 5°의 프리틸트

트각이 발생하였으며, 10°, 70°에서는 약 2° 정도의 낮은 틸트를 발생하였다. 이러한 현상은 이온빔의 에너지가 크기 때문에 기관의 각도가 아주 작은 10°와 70°에서는 기관면에 조사되는 이온빔의 조사 에너지가 30~60°보다 작기 때문에 낮은 틸트가 발생하였다고 생각할 수 있다. 결국 이온빔 배향은 조사에너지가 프리틸트 발생에 큰 영향을 기여함을 알 수 있었다.

그림 4는 두가지 종류 배향방법을 이용한 FFS 셀의 편광현미경 사진을 나타내었다. 그림에서와 같이 1분간 이온빔이 조사된 이온빔 배향된 FFS 셀은 인가 전압에 대한 on-off 특성이 매우 우수함을 알 수 있었다.



(a) V-T curve



(a) Response time curve

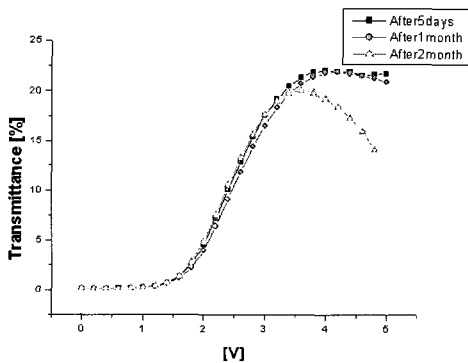
그림 5. a-C:H 박막 표면을 이용한 이온빔 배향된 FFS 셀의 V-T 및 응답곡선.

Fig. 5. V-T curves and response time of the ion beam aligned FFS cells on the a-C:H thin film surface.

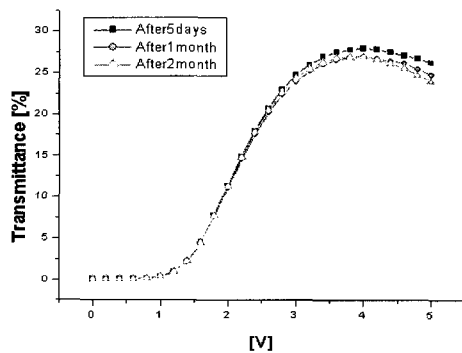
그림 5는 a-C:H 박막 표면에 1분간 이온빔을 조사한 이온빔 배향된 FFS 셀과 러빙처리한 러빙 배향된 FFS 셀의 전압-투과율 곡선 및 응답특성을 나타내었다. 그림 5(a)와 (b)에서와 같이, 이온

빔 배향 FFS 셀이 러빙 배향된 FFS 셀보다 더 높은 투과율을 나타내었다. 이것은 이온빔 배향이 비접촉식 배향처리 방법이기 때문에 접촉식의 러빙 배향처리 방법보다 액정배향이 더 균일하기 배향 되었기 때문에 더 높은 투과율이 발생된다고 생각 할 수 있다.

그림 6은 시간경과에 따른 a-C:H 박막 표면에 1분간 이온하러 제작한 FFS 셀과 러빙처리한 러빙 배향된 FFS 셀의 전압-투과율 곡선을 나타내었다. 이 그림에서와 보는 바와 같이 러빙 및 이온빔 배향된 FFS 셀은 모두 안정적인 V-T 특성을 나타내었다. 특히, 이온빔 배향된 FFS 셀은 2개월이 시간이 지나도 별다른 특이점 없이 안정적인 V-T 특성을 나타내었다. 그러므로 이온빔 배향시간의 경과와 관계없이 안정적인 전기광학 특성을 나타냄을 알 수 있었다.



(a) Rubbing-aligned FFS cell



(b) IB-aligned FFS cell

그림 6. a-C:H 박막 표면을 이용한 이온빔 배향된 FFS 셀의 V-T 곡선.

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

표 1에 a-C:H 박막 표면을 이용한 이온빔 배향된 FFS 셀과 폴리이미드 표면을 이용한 러빙배향된 FFS 셀의 임계치 전압을 나타내었다. 임계치 전압(V_{10})은 1분간 이온빔을 조사한 이온빔 배향된 FFS 셀이 1.46 (V)로 러빙처리된 PI와 거의 동일하며, 매우 우수한 임계치 전압을 나타내었다. 또한, 2개월 간의 시간이 지나도 이온빔 배향 FFS-LCD 셀의 임계치 전압은 동일한 특성을 나타내었다.

표 1. a-C:H 박막 표면을 이용한 이온빔 배향 FFS 셀과 PI 표면을 이용한 러빙처리된 FFS 셀의 임계치 전압.

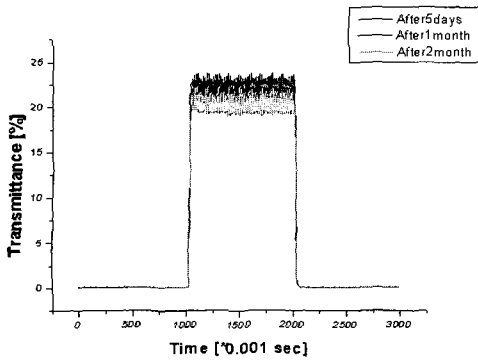
Table 1. Threshold voltage of the ion beam aligned FFS cell on the a-C:H thin film surface and rubbing aligned FFS cell on a PI surface.

Alignment Film Time Rubbed PI	IB-aligned		Rubbed PI	
	V_{10}	V_{90}	V_{10}	V_{90}
After 5 days	1.46	3.07	1.76	3.31
After 1 month	1.45	3.05	1.81	3.40
After 2 months	1.45	3.00	1.71	3.10

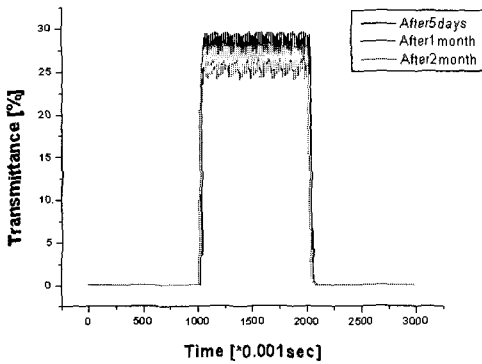
* V_{50} 은 투과율이 90 %일 때의 전압, V_{10} 은 투과율이 10 %일 때의 전압

그림7은 시간경과에 따른 a-C:H 박막 표면에 이온빔을 조사한 이온빔 배향된 FFS 셀의 응답 특성을 나타낸다. 이온빔 배향 FFS 셀은 제작된 시간의 경과와 상관없이 러빙 처리된 FFS 셀과 마찬가지로 안정적인 특성을 나타내었다. 그러므로 이온빔 배향 FFS 셀은 시간이 경과와 별개로 안정적인 셀 특성을 가짐을 알 수 있었다.

표 2에서 a-C:H 박막 표면을 이용한 이온빔 배향된 FFS 셀과 PI 표면을 이용한 러빙배향된 FFS 셀의 응답시간을 나타내었다. 1분간 이온빔을 조사한 이온빔 배향된 FFS 셀의 응답시간은 약 35 ms를 나타내었다. PI 표면을 이용한 러빙배향된 FFS 셀보다 느린 응답속도를 나타내었다. 이러한 현상은 응답속도는 여러 가지 요인중에서도 셀갭의 조건으로 인하여 응답속도가 크게 변하는데, 셀갭이 낮을수록 응답속도는 빨라지게 된다. 본 실험에서는 이온빔 배향된 FFS 셀의 셀갭이 러빙 배향된 FFS 셀보다 셀갭이 크기 때문에 느린 응답속도를 나타내었다. 결국, 이온빔 배향된 FFS 셀의 느린 응답속도는 셀갭의 의한 차이로 인한 현상이므로 러빙배향된 FFS 셀과 비교하여 큰 차이가 없다고 생각 할 수 있다.



(a) Rubbing-aligned FFS cell



(b) IB-aligned FFS cell

그림 7. a-C:H 박막 표면을 이용한 이온빔 배향 FFS 셀의 응답특성.

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

그림 8은 이온빔 배향된 FFS-LCD셀과 러빙배향된 FFS-LCD셀의 시야각 특성을 나타낸다. 그림에 나타낸 바와 같이, 무기박막을 이용한 이온빔 배향된 FFS-LCD셀과 폴리이미드 표면을 이용한 러빙 배향된 FFS-LCD셀은 거의 유사한 시야각 특성을 나타내었다. 따라서 무기배향막을 이용한 이온빔 배향된 FFS-LCD는 multi-domain을 이용하면, 광시야각 그리고 고콘트라스트 등을 쉽게 구현할 수 있다.

그림 9는 러빙배향된 FFS-LCD와 이온빔 배향된 FFS-LCD의 AC V-T 히스테리시스 특성을 나타낸다. 그림 9(a)는 러빙배향된 FFS-LCD는 히스테리시스가 거의 발생하지 않았다. 마찬가지로,

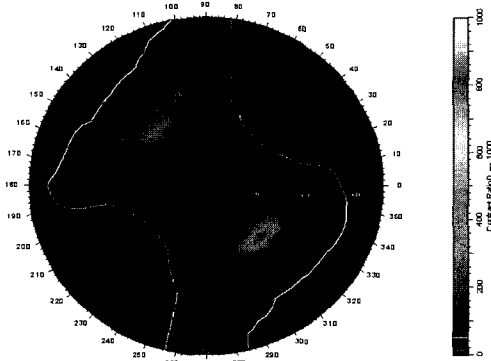
그림 9(b)에 나타낸 이온 배향된 FFS-LCD는 러빙 배향된 FFS cell와 마찬가지로 히스테리시스가 거의 발생하지 않았다. 이것은 무기박막에 이온빔 배향된 FFS cell는 AC 동작시 이온 흡착등이 거의 발생하지 않음을 간접적으로 알 수 있다.

표 2. a-C:H 박막 표면을 이용한 ion beam 배향 FFS-LCD와 PI 표면을 이용한 러빙 TN-LCD의 응답속도.

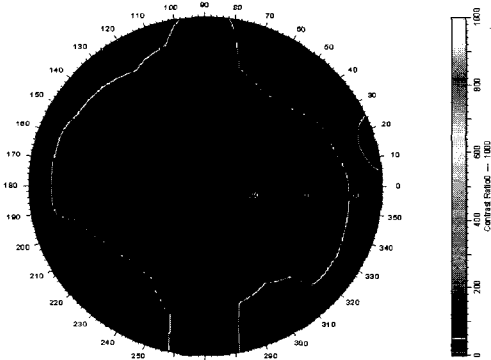
Table 2. Response time for the ion beam aligned FFS-LCD on the a-C:H thin film surface and rubbingaligned FFS-LCD on a PI surface.

Alignment Film		IB-aligned			Rubbed PI		
Time		5 days	1 month	2 months	5days	1month	2 months
80% (ms)	Rising time (τ_r)	13.49	15.85	15.73	13.49	13.82	13.04
	Decay time (τ_f)	21.50	21.25	20.70	12.54	13.51	13.53
	Response time τ (ms)	34.99	37.10	36.43	26.03	27.33	26.57

Alignment Film		IB-aligned			Rubbed PI		
Time		5 days	1 month	2 months	5days	1month	2 months
90% (ms)	Rising time (τ_r)	18.90	17.83	17.82	16.23	16.53	16.33
	Decay time (τ_f)	28.80	24.95	24.50	14.92	16.00	15.54
	Response time τ (ms)	47.70	42.78	42.32	31.15	32.53	31.87



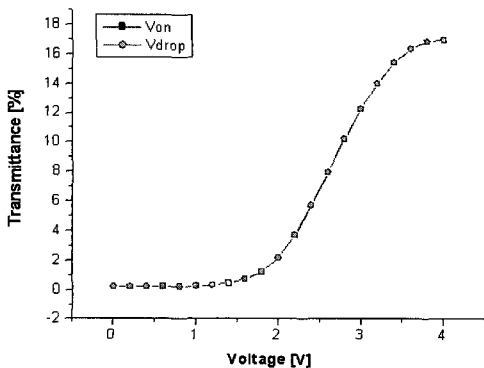
(a) rubbing-aligned FFS cell



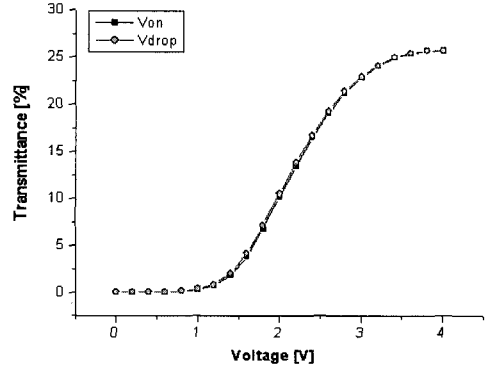
(b) IB-aligned FFS cell

그림 8. 러빙배향된 FFS 셀 및 이온빔 배향된 FFS 셀의 시야각 특성.

Fig. 8. Viewing angle characteristics of the ion beam aligned FFS cell on the a-C:H thin film and rubbing-aligned FFS cell on the PI surface.



(a) Rubbing aligned FFS cell on a PI surface



(b) Ion beam aligned FFS cell on the a-C:H thin film surface

그림 9. 러빙배향된 FFS-LCD 및 이온빔 배향된 FFS-LCD의 AC V-T 히스테리시스 특성.

Fig. 9. AC V-T hysteresis characteristics of the ion beam alignment FFS-LCD on the a-C:H thin film and rubbing-aligned FFS-LCD on the PI surface.

4. 결론

본 연구에서는 새로운 배향 물질인 a-C:H 박막 표면에 이온빔 배향법을 이용한 FFS 셀의 전기 광학 특성에 대하여 검토하였다. a-C:H 박막 표면을 이용한 이온빔 배향 FFS 셀은 backflow bounce가 없는 안정한 V-T 특성을 나타내었으며, 응답시간 또한 안정적인 특성을 나타내었다. 또한 시간의 경과에 관계없이 안정된 전기광학 특성을 나타내었다. 한편, 이온빔 배향 FFS 셀은 AC V-C 히스테리시스가 거의 발생하지 않았다. 따라서 새로운 a-C:H 박막 표면을 이용한 이온빔 배향된 FFS 셀은 액정 배향 특성 및 전기광학 특성이 우수하며 배향막으로써 그 기대가 크다고 할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 국가지정연구실사업 (M1-0412-00-0008)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] K. Ichimura, Y. Akita, H. Akiyama, K. Kudo, and Y. Hayashi “Photoreactivity of polymers with regioisomeric cinnamate side chains and their ability to regulate liquid crystal alignment” *Macromolecules*, Vol. 30, p. 903, 1997.
- [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, 서동학, 김향율, “광중합된 PM4Ch 표면을 이용한 액정 배향 효과”, *전기전자재료학회논문지*, Vol. 12, No. 10, p. 926, 1999.
- [6] 황정연, 서대식, 김재형, 한은주, “광중합법을 이용한 네마틱액정의 배향안정성 및 프리틸트 각의 발생”, *전기전자재료학회논문지*, Vol. 14, No. 4, p. 336, 2001.
- [7] 황정연, 이윤건, 서대식, 김준영, 김태호, “3가지 종류의 치환기를 함유한 N-(phenyl) maleimide계 광폴리머 표면을 이용한 액정 배향 효과에 관한 연구”, *전기전자재료학회논문지*, Vol. 15, No. 3, 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.
- [9] T. Toyooka, E. Yoda, Y. Kobori, T. Yamanashi, and H. Itoh, “Optical design for wide-viewing-angle TN-LCD with hybrid aligned nematic compensation films”, *SID 98 digest*, p. 698, 1998.
- [10] S. H. Lee, S. L. Lee, and H. Y. Kim, “Electro-optic characteristics and switching principle of a nematic liquid crystal cell controlled by fringe-field switching” *Appl. Phys. Lett.* Vol. 71, No. 20, p. 2881, 1998.