

불소가 첨가된 비정질 탄소 박막을 이용한 수직 액정 배향 효과

안한진 · 김경찬 · 김종복 · 황병하 · 백홍구* · 이세종¹

연세대학교 금속시스템공학과, ¹경성대학교 재료공학과

Homeotropic Liquid Crystal Alignment Effect Using a Fluorinated Diamond-Like Carbon Film

Han Jin Ahn, Kyung Chan Kim, Jong Bok Kim, Byoung Har Hwang, Hong Koo Baik*, and Se Jong Lee¹

Department of Metallurgical Engineering, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

¹Department of Materials Engineering, Kyungsoo University, Busan 608-736, South Korea

Homeotropic orientations of nematic liquid crystal (NLC) are investigated on fluorinated diamond-like carbon (FDLC) films that are exposed to an Ar ion-beam. These novel investigations result in the realization of a completely dry processing technique for both the thin film deposition and alignment steps. FDLC films are selected on the basis of the characteristics of the homeotropic alignment layer with regard to the relationship between surface tension and LC orientation. Extreme hydrophobic property from the C-F bonding on the surface contributed largely to the uniform vertical LC alignment. Ion beam process which was treated after FDLC deposition generates suitable pretilt angle from the surface normal. Selected pretilt angles in the range of 71~90° could be obtained with ion beam irradiation. These pretilt angles had sensitive dependences on the thin film composition and the angle of ion-beam irradiation.

Keywords: FDLC, alignment, liquid crystal, ion beam, hydrophobic

1. 서 론

핸드폰, PDA 등의 소형 화면에서부터, 대형 TV에 이르기까지, 액정표시소자(LCD; Liquid Crystal Display)는 여러 분야에서 폭 넓게 응용되고 있다. 액정을 실제 표시 소자로 사용하기 위해서는 액정 분자의 균일 배향이 필수적이라 할 수 있으며, 현재 양산에 사용되고 있는 것은 폴리이미드 표면에 액정 분자를 배향시키는 러빙(rubbing) 공정이다. 러빙법은 고분자막의 고분자를 배향막으로 사용하여 섬유질 천 등으로 문지르는 기계적인 마찰로 표면 이방성을 유도하는 것을 기본적인 원리로 하고 있다. 그러나 러빙법은 배향막 표면과 러빙 롤러의 섬유질 천이 직접적으로 마찰하는 방법이기 때문에 러빙 천으로부터의 먼지 발생과, 마찰에 의한 정전기의 발생 등이 패널의 제조 불량률을 증가시키는

원인으로 작용한다. 또한 러빙법은 앞으로 기관의 규모가 커질수록 우수한 배향 균일성을 얻기 힘들 것으로 판단되고 있다. 이러한 러빙법의 한계로 최근 비접촉식 배향처리법에 대한 연구가 활발하게 보고되고 있다¹⁻³.

최근 새로운 배향법의 하나로써 이온 빔 배향 공정이 IBM에 의하여 보고되었다. 이온 빔 배향 공정은 비접촉식 배향법으로, 대형 기관에서의 비균일적 배향과 먼지발생과 같은 문제의 원천적인 제거가 가능하고, 다단계 세정 공정을 줄일 수 있으며, 이에 따라 청정실에서 in-line 공정이 가능하다는 장점 등을 앞세워 차세대 대형 디스플레이 공정에 적용될 것으로 기대된다. 하지만 이러한 이온 빔 배향법은 그 가능성 및 효과에 비하여 연구 결과가 아직 미비한 상태이며, 이온 빔에 의하여 액정이 배향되게 되는 원리도 아직 규명된바 없다. 이온 빔 배향법에 적합한 배향막은 IBM에서 제안된 Diamond-like carbon(DLC) 박막이 수평 액정 배향용으로 보고되고 있으나^{4,5}, 수직 배향과 같은 다양한 액

*Corresponding author: thinfilm@yonsei.ac.kr

정 배향에 대한 결과는 아직 보고된 바가 없으며, 이와 같은 여러 무기 박막에서 다양한 형태의 액정 배향에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 이온 빔 공정을 이용하여 수직 액정 배향에 적합한 무기 배향막을 개발하였다. 액정의 수직/수평 배향은 배향막과 액정 분자간의 계면 상태에 의하여 조절될 수 있으며, Fluorinated Diamond-like Carbon(FDLC) 박막은 DLC 박막에 비하여 매우 낮은 표면에너지를 가지는 박막으로서 수직 액정 배향에 적합한 배향막이다. XPS와 접촉각 등을 이용하여 배향막의 표면 결합 구조와 표면 에너지 사이의 관계를 규명하였으며, 구조가 규명된 FDLC 박막에 낮은 에너지를 가진 Ar 이온 빔을 조사한 뒤, 이를 배향막으로 이용하여 액정 셀을 제조하였다. 액정 분자들은 배향막의 표면 성질과 이온 빔 조사조건에 따라 배향 상태가 조절되었으며, 선경사각 측정을 통하여 이러한 관계를 규명하고, 액정 분자의 배향 원리에 대하여 연구하였다.

2. 실험

FDLC 무기 배향막은 remote-PECVD법을 이용하여 제조하였다. remote PECVD법은 일반적인 화학증착법과는 달리 플라즈마 형성 지역과 증착할 기관이 있는 지역이 서로 떨어져 있어 가속된 이온에 의한 박막 손상을 막을 수 있고, 반응 경로를 결정할 수 있어 일반적인 PECVD법의 단점을 보완할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 remote-PECVD법을 이용하여 증착된 FDLC 무기 배향막의 이온 damage를 최소화 하였다. FDLC 무기 배향막 증착을 위한 기관으로 ITO가 코팅된 유리 기관을 사용했으며, 증착 전 TCE, 아세톤, 알코올용액에서 각각 5분씩 초음파 세척을 한 후 증착 챔버에 장입하였다. 챔버에 장입된 기관은 아르곤 플라즈마를 이용하여 10분간 pre-sputtering 공정을 행하였다. 이때 사용된 Ar 플라즈마는 100W rf power를 사용하였다. 이와 같은 물리적, 화학적 기관 세척 후 DLC layer를 Buffer layer로서 증착하였다. 증착에 사용된 가스는 C_2H_2 와 He이며, 30W rf power를 인가하였다. 최종 단계로서, FDLC 무기 배향막의 증착은 탄소가스 소스로 C_2H_2 가스와 CF_4 가스를, 플라즈마 발생을 위하여 He가스를 사용하여 증착하였다. 이때 C_2H_2 가스는 3 sccm로 고정된 후, CF_4 가스와 He가스의 총합을 30 sccm을 고정하며, 혼합 비율을 조정하였다. rf power는 30W로 고정되었다.

한편, 선경사각 증가와, 배향력 향상을 위하여 증착된 FDLC 박막에 Kaufman 이온 건을 이용하여 표면에 낮은 에너지 레벨의 이온 빔이 조사되었다. 이온 빔 조사 장비는 그림 1에 나타나 있다. 이온 빔 처리에 사용된 가스는 Ar 가스였으며, 100~300eV 에너지 영역에서 0~5분 동안 조사하

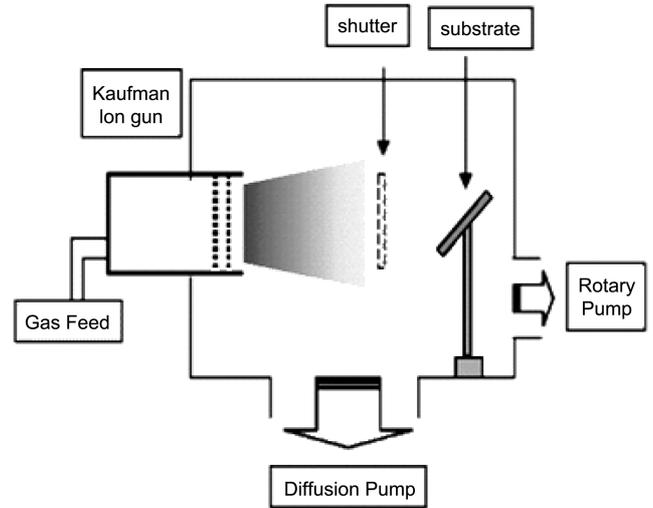


Fig. 1. Ion beam irradiation system.

였다. 이온 빔이 기관에 조사되는 각도는 50~80도까지 변화시켰다.

증착된 박막을 이용하여 액정 배향 평가를 수행하였다. 액정 셀에 사용된 액정은 Merck 사의 MJ00443이었으며, 상온에서 모세관 현상을 이용하여 주입하였으며, 셀 갭은 30 μm 로 고정하였다. 박막의 증착 조건과 이온 빔 조사 조건 변화에 따른 액정 배향성의 변화를 관찰하기 위하여 결정 회전법(crystal rotation method)을 이용하여 선경사각을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. PECVD로 증착된 FDLC 박막의 결합구조

FDLC 박막의 조성을 구하기 위하여 X-선 광전자 분광법(X-ray photoelectron spectroscopy: XPS)을 이용하였다. 그림 2는 PECVD를 이용한 FDLC 증착과정에서 CF_4 와 C_2H_2 가스의 혼합 비율에 따른 박막 내부의 불소 양 변화를 나타낸 그림이다. 박막의 조성은 XPS C1s, F1s 피크의 면적 비로부터 구하였다. 그림 2에서 보는 바와 같이, 증착 과정에서 CF_4 가스의 유량이 많아짐에 따라 박막 내부의 불소량은 증가하는 경향을 보인다. 불소량의 증가율은 CF_4 가스 비율이 증가할수록 줄어드는데, 이러한 비선형적 관계는 증착과정 중 발생하는 F_2 , CF_x 등의 휘발성 입자 때문이다. 불소/탄소(F/C)의 값은 0.085에서 1.093까지 증가하였고, 증착 가스 비율 ($CF_4/(CF_4+C_2H_2)$)이 87%가 넘는 범위에서 F/C의 비가 1이 넘는 조성이 얻어졌다.

FDLC 박막은 플라즈마로 형성된 불소 라디칼 종들이 탄화수소 결합의 수소를 치환하는 과정을 통하여 증착되었다. 이 경우, 불소와 탄소원자의 결합은 다양한 형태를 취할 수

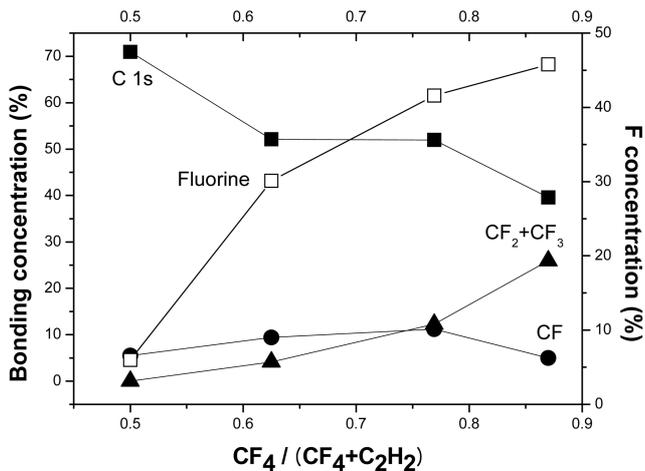


Fig. 2. C 1s bonding concentration and fluorine concentration of FDLC films as a function of the F concentration.

있으며, XPS 분광법에 의하여 얻어진 C 1s peak은 sp^2 C-C(H) 결합 (284.5 eV), C-CF_x 결합 (286 eV), C-F₁ 결합 (289 eV), C-F₂ 결합 (291 eV), C-F₃ 결합 (293 eV)와 같은 5가지의 세부결합으로 이루어져 있다.

위와 같은 세부 결합을 고려하여 가우시안 피크의 형태로서 C 1s 피크를 분리해 낼 수 있다. 그림 2에서는 불소양에 따른 FDLC 박막의 C 1s 피크의 변화를 나타내었다. 불소의 첨가에 따라, C-F₁, C-F₂, C-F₃ 결합 분율이 증가하는 것이 관찰되었다. 증착 가스 분율, ($CF_4/(CF_4+C_2H_2)$)이 낮은 구간에서 불소원자는 탄소원자와 C-F₁ 결합을 우선적으로 하는 것으로 나타났다. 그러나 증착 가스 분율이 증가하여 전체 박막 중 불소원자의 조성이 40%에 가까워 짐에 따라, 결합 구조가 변화되고, 이 영역에서 탄소는 두 개 또는 세 개의 불소와 결합을 하게 된다. Biloiu 등은 FDLC의 박막 내부 구조를 연구하면서 C 1s 결합에서 존재하는 다섯 가지 미세 결합 중 세 가지 결합, 즉 {C-C(H)+C-CF_x+C-F₁}의 분율을 합쳐서 가교반응정도(degree of cross linking)로 정의하였다⁶⁾. 이에 의하면, 박막 내부 불소양이 증가함에 따라, 가교반응 정도는 감소하고, 이는 탄소가 두 개 또는 세 개의 불소와 주로 결합을 한다는 것을 의미하며, 본래 가지고 있는 결합 구조인, sp^2 로 이루어진 클러스터 구조가 해제되고 고분자와 같은 사슬 구조가 형성됨을 의미한다. 100% CF₂ 결합으로 이루어진 고분자인, PTFE (polytetrafluoroethylene)의 경우, 이러한 가교반응 정도가 0의 값을 가지는 완벽한 사슬 구조이다. 따라서 본 연구에서 증착된 FDLC 박막은 불소 양이 30 at.% 이하의 조성영역에서는 첨가된 불소가 말단결합자리를 치환하여 비정질 탄소박막의 구조를 크게 변화시키지 않았다. 그러나 이후 첨가되는 불소의 양이 계속 증가하면서 C-CF_x 및 C-F₁결합에서 C-F₂ 및 C-F₃ 결합으로

의 전이가 일어나면서 고분자와 같은 쇄슬 및 선형구조를 형성하였다.

한편 C-F₂ 및 C-F₃결합은 불소의 큰 전기음성도 값 때문에 유전상수와 표면 에너지 등과 같은 박막의 물성을 변화시킨다. C-F₂ 및 C-F₃이 가지는 높은 소수성 성질은 FDLC 박막의 표면 에너지를 변화시키는 데 중요한 역할을 수행한다⁷⁾. 100% 고분자 사슬 구조를 가지고 있는 PTFE의 경우 110도의 높은 접촉각을 가지며, 이는 낮은 표면 에너지 성질을 가짐을 의미한다. 본 실험에서는 불소 함량 증가에 따른 접촉각과 표면 에너지를 초순수와 디오드메탄(Diiodomethane)용액을 이용하여 구하였다. 표면에너지는 Owens-wendt Geometric Mean을 이용하여 극성 에너지와 분산 에너지와 같은 두 가지 요소로 구분할 수 있다. 그림 3에 나타난 바와 같이 불소 함량이 증가함에 따라 표면 에너지는 감소하는 경향성을 보이며, 극성과 분산 성분 중 분산 에너지가 전체 표면 에너지에서 우세적인 기여를 하고 있다. C-F₂와 C-F₃ 결합이 비극성 결합이기 때문에 우수한 소수성을 보임을 고려할 때, 불소 성분이 증가함에 따라, 비극성 결합들에 의하여 이루어진 분산 에너지가 증가한 것은 박막 내부에서 C-CF_x 및 C-F₁결합에서 C-F₂ 및 C-F₃ 결합으로의 전이가 일어났음을 의미한다. 이는 앞서 FDLC 박막의 미세구조 분석을 위하여 얻은 XPS 결과와 일치함을 알 수 있다.

3.2. FDLC 박막의 액정 배향막 특성 평가

그림 4는 FDLC 박막을 무기 배향막으로 이용하여 제작된 액정 셀의 편광 현미경배향사진과, 선경사각 측정 결과이다. 완충층으로 증착된 DLC 박막은 30W의 RF 파워를 (a) 30초와 (b) 60초 동안 인가하였고, FDLC 박막은 30W

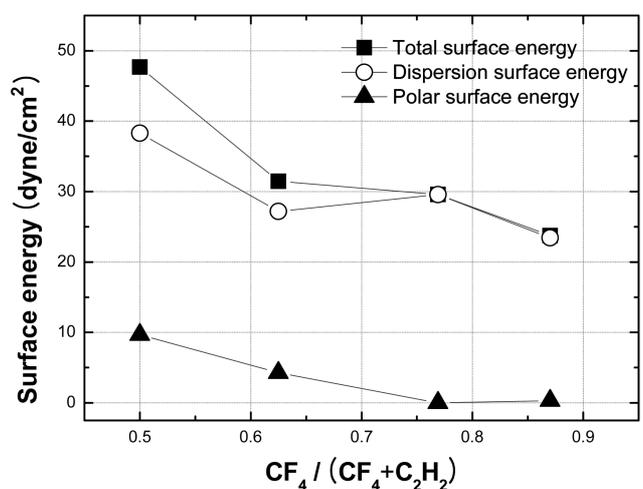


Fig. 3. Dispersion and polar surface energy of FDLC layer as a function of fluorine concentration.

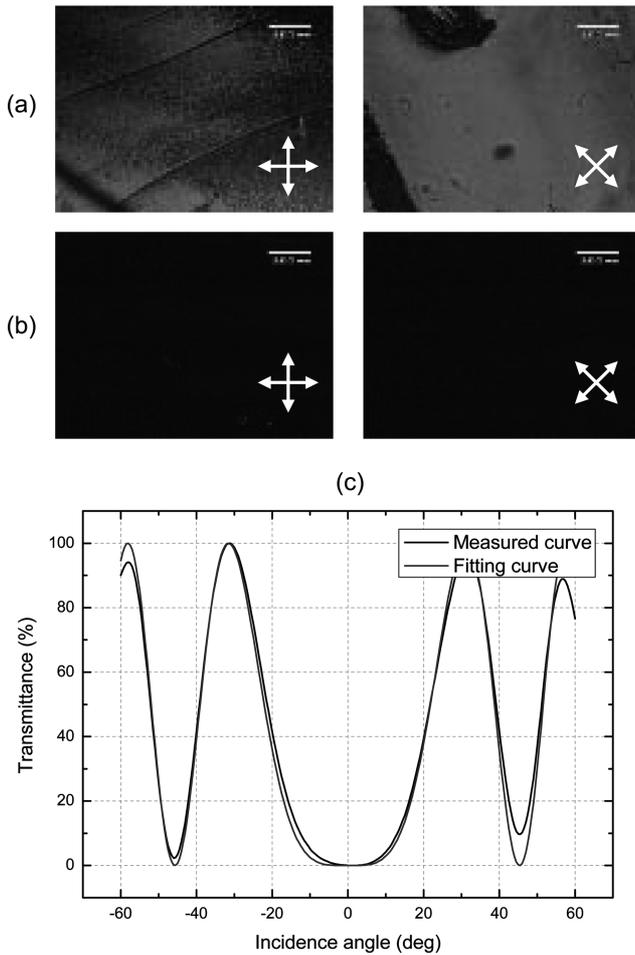


Fig. 4. (a) Microphotographs of aligned on the FDLC layer with DLC buffer layer (30sec deposition) (b) with DLC buffer layer (60 sec deposition), (c) Transmittance versus angle of incidence in the NLC on FDLC layer. The arrows indicate a polarizer and an analyzer.

RF 파워를 30초 동안 인가하여 증착하였다. 이 경우 증착 가스의 유입 비율은 $(CF_4/(CF_4+C_2H_2))=0.86$ 으로 조정되었다. 그림 4에서 보는 바와 같이, DLC 완충층의 증착 시간은 액정 배향성에 영향을 주는 인자로 판단된다. 이 경우, 증착 시간이 60초 동안 증가하는 샘플의 경우, 수직 편광판을 액정 셀과 45도로 회전한 경우에도 빛의 누설이 없음을 알 수 있다. 액정 분자가 기판과 수직 방향으로 배향된 경우, 기판과 평행한 방향으로 수직하게 위치하고 있는 편광판을 통과한 빛에 대하여 액정 분자는 어떠한 편광효과도 가지지 않기 때문에, 편광판의 위치에 따른 빛의 누설 차이를 보이지 않는다. 즉, 그림 4의 (b)의 경우, 균일한 액정 배향이 이루어 졌음을 알 수 있다. 일반적으로 FDLC의 증착 과정에서 완충층으로서 증착되는 DLC 박막은 FDLC 박막과 기판간의 접착성을 높여줌으로써 막의 안정성을 증가시켜준다. 동일한 FDLC의 증착 조건 하에서도 이러한 완충층이 없는 경우, FDLC 박막은 기판에서 쉽게 박리가 된다.

한편 완충층으로서 존재하는 DLC 박막의 두께가 증가할수록, 박막 전체의 투과도가 낮아지는 경향성을 나타낸다. 따라서 균일한 액정 배향성과, 높은 투과율을 보이는 액정 셀의 제조를 위해서는 적정 조건 하의 DLC 층이 완충층으로써 FDLC 증착 이전에 존재하여야 한다. 적정 두께의 완충층의 조건 하에서 액정 배향은 그림 4 (c)에서와 같이 89.89도의 선경사각을 가진다. 그러나, FDLC 박막의 형성 과정에서 본 실험보다 불소기가 적게 함유된 샘플의 경우 수직 액정 배향 특성은 관찰되지 않았다. 즉, 액정의 수직 배향은 DLC 완충층의 두께와, FDLC의 조성에 영향을 받으며, 이는 기판과의 접착성과, 배향막 표면에 존재하는 C-F_x 결합의 분포 차이 때문인 것으로 판단된다.

과거 유기 배향막의 연구결과 중 상대적으로 높은 경사각을 유도하는 몇몇 고분자 배향막의 화학 구조가 보고되고 있는데, 폴리이미드의 경우, 알킬 결사슬이나 치환기로 불소기를 가진 구조에서 보다 높은 경사각이 유도되었다⁸⁾. Langmuir 등에 의하면 이는 폴리이미드의 표면 에너지와 액정 배향의 경사각이 상관관계를 갖기 때문으로 보고되었다. 즉, Langmuir는 가장 낮은 표면 에너지를 가질 수 있는 형태로 표면 분자들의 상호 작용이 일어난다고 보고하였는데, 극성기들은 고분자 표면에 대해 보다 낮은 에너지를 가질 수 있는 안쪽 방향으로 folding하려는 작용을 하게 된다. Koberstein 등은 carboxyl, hydroxyl 및 amine기와 같은 극성 말단기들은 대기 상태에서 배향막에 대하여 안쪽 방향으로 배향한다는 것을 보고하였다⁹⁾. 즉, 이러한 경우보다 높은 경사각이 유도되고, 액정의 수직 배향 결과를 얻을 수 있다. 이와 같은 연구 결과를 고려할 때, 본 실험에서 얻어진 액정의 수직 배향은 FDLC의 표면 장력과 깊은 관계를 가지는 것으로 판단된다. 수직 배향의 경우, 우선 방위가 필요하지 않기 때문에, 박막 표면의 이방성은 요구되지 않고, 오직 표면 장력과 같은 배향막 고유의 물성만이 배향성을 결정짓는 중요한 요소로 작용한다. C-F₂, C-F₃ 결합과 같은 비극성 성분이 다량으로 존재하는 경우, FDLC 박막은 낮은 표면 장력을 유지하게 된다. 따라서 동일 샘플에 액정을 배향하였을 경우, C-F₂, C-F₃ 결합들은 유기 배향막의 알킬 체인과 같은 역할을 하여, 액정의 균일한 수직 배향을 유도하게 된다.

3.3. 이온 빔 조사 받은 FDLC 박막의 액정 배향 특성

그림 5는 다양한 조건으로 증착된 FDLC 박막에 이온 빔을 조사한 후 선경사각을 측정된 결과를 보여주고 있다. 본 실험에서는 증착 가스 중 CF₄와 He의 함량을 변화시킴으로써 FDLC의 막 성질을 변화시키었고, 이러한 박막 표면에 이온 빔을 조사한 후의 액정 배향 특성 결과를 관찰하였다. 선경사각은 83.7~88도까지 변화하였으며, 이러한 선경

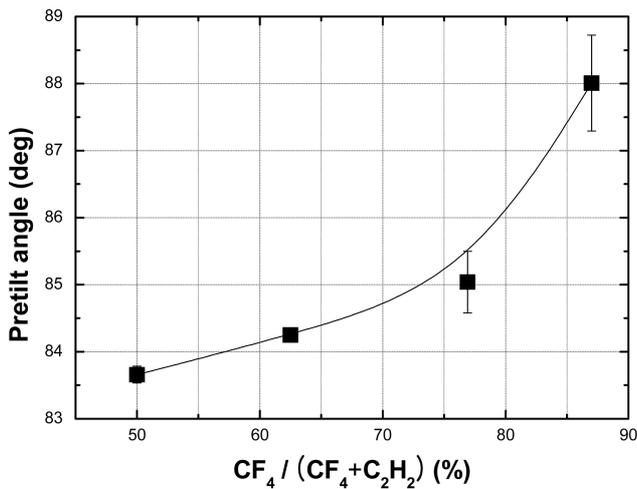


Fig. 5. Observation of the pretilt angles on IB irradiated FDLC layer as a function of fluorine concentration. The IB irradiation condition is constant throughout the range.

사각의 변화는 박막 내부의 불소 함량이 증가함에 따라 비례적으로 증가하였다. 불소함량이 10% 미만인 $CF_4/(CF_4 + He)=0.5$ 인 샘플의 경우, 선경사각이 83.7도로 수직 배향을 유지하기는 하였지만, 국부적인 불균일한 배향성을 보이는 등, 액정 배향성이 불안정한 결과를 얻었다. 한편, 이온 빔 조사 각도 변화에 따른 수직 액정 배향의 선경사각 변화를 측정하였다(그림 7). 이온 빔이 기판에 수직으로 입사되는 조사각을 90도라 정의할 때, 조사각을 낮추게 됨에 따라 액정 배향은 기판에 수직으로부터 점점 멀어지는 결과를 얻었다. 즉, 90도에서 71도까지 점차적인 감소 경향을 보였다.

J. Stohr 등은 이온 빔 조사법을 이용한 DLC(Diamond-Like Carbon) 기판 위의 액정의 수평 배향에 대하여 NEXAFS 분석을 통하여 이온 빔 조사 전후의 배향막 표면에 존재하는 결합들의 reorientation에 대한 보고를 하였다¹⁰⁾. 이에 의하면, 이온 빔 조사를 받은 DLC 박막은 표면에 이온 빔 방향과 관련된 선택적 파괴가 일어난다. DLC 박막 내부에 존재하는 미세 결합은 sp^2 와 sp^3 로 구분된다. 일반적으로, sp^2 결합은 sp^3 가 다량으로 존재하는 박막의 경우, sp^3 matrix 안에서 국부적으로 존재하나, sp^2 분율이 증가함에 따라, π cluster를 형성한다. π cluster들은 ring type의 결합군들로서, sp^3 나 sp 의 linear type 결합 종들에 비하여 가속된 Ar 이온 입사들에 충돌할 확률이 크다. 따라서 이온 빔 조사 후 표면의 선택적 이방성은 이러한 π cluster들에 의하여 주도적으로 일어난다. J. Stohr는 NEXAFS 분석을 토대로 π orbital tilt angle, γ 를 이온 빔 조사 각도에 따라 측정하였다. 이 경우, γ 는 이온 빔이 35도로 조사되는 경우 가장 큰 값을 나타내었으며, 조사 각도가 75로 증가함에 따라 - 이온 빔이 기판에 수직으로 조사됨에 따라 - 0의 값으로 감소하였다. 이러한 결과

에 의하여 이온 빔 조사 후 액정의 배향 방향은 이온 빔 조사방향과 일치하며, 이는 액정 분자들이 표면에 선택적 파괴에 의하여 잔존하게 된 π cluster 들과 평행하게 배열하였음을 의미한다.

그러나, 본 실험에서 시행한 FDLC와 같은 수직 배향막의 액정 배향 특성은 앞서 보고된 DLC에서의 배향 기구와 다른 기구가 존재함을 보여주고 있다. 그림 6에서와 같이 FDLC에 이온 빔 조사 각도를 변화하며 조사하였을 경우, 액정 배향의 경사각은 90도를 얻게 되었다. FDLC는 앞서 기술한 바와 같이, 불소 원자가 탄소와 결합하고 있는 수소 원자를 치환하며 증착이 되고, 따라서 DLC와 같은 sp^2/sp^3 혼성 구조를 가지고 있다. 즉, 이온 빔 조사를 받은 FDLC 표면에서는 DLC와 마찬가지로 sp^2 에 의한 π cluster들의 선택적 파괴가 일어나게 된다. 그러나, 이러한 π cluster 들과 함께 표면에서 존재하는 CF_x 결합은 박막의 표면 에너지에 영향을 미치고, 결과적으로 액정의 수직 배향을 유도한다. 따라서 이 경우, 액정 분자는 DLC와 달리 π cluster와 수직된 위치를 취함으로써 가장 안정한 상태를 유지하게 된다. 이는, 그림 5와 6의 결과와 같이 박막 표면의 CF_2 와 CF_3 결합이 증가할수록 표면에너지가 낮아지고, 액정의 배향이 점차 수직 배향(90°)로 옮겨가는 사실에서 확인할 수 있다. 한편 비록 박막의 표면에너지가 충분히 낮아, 수직 배향을 이룰 수 있는 상태에서 기판과 기울어진 각도로 조사된 이온 빔은 액정의 선경사각을 감소시키며, 액정을 bulk방향으로 기울이는 효과를 낼 수 있다. 이는 기울어진 방향과 평행한 방향으로만 남게 된 π cluster의 영향으로 생각된다. 즉, 비록 CF_x 결합들이 액정의 수직 배향을 유지하고 있으나, 이온 빔에 의하여 파괴 혹은 잔류하는 π cluster 들은 액정 분

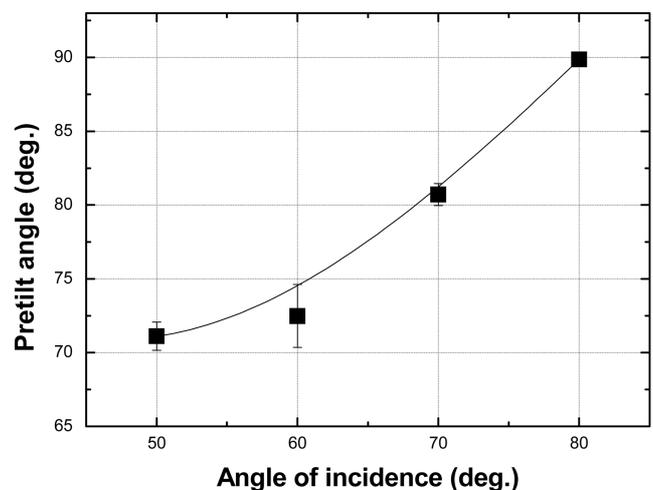


Fig. 6. Observation of the pretilt angles on IB irradiated FDLC layer as IB irradiation angle from the surface parallel. The deposition condition of tested FDLC sample is constant throughout the range.

자에 반데르 발스 힘을 유도하고, 결과적으로 우선 방위를 가지는 선경사각이 형성되는 것이다. 이온 빔 전후의 FDLC 박막의 미세 구조의 변화에 대한 연구가 현재 진행 중이다.

4. 결 론

본 논문에서는 강한 소수성질을 가지는 FDLC 박막을 이용하여 액정의 수직 배향을 이루어 내었다. 배향 처리 안된 FDLC 배향막의 경우, 액정은 90° 선경사각을 가지며 수직 배향이 되었다. 또한 선경사각의 발생을 위하여 FDLC 박막에 적정 방향으로 이온 빔이 조사되었다. 이온 빔 조사에 의한 액정의 수직 배향과 선경사각의 발생은 두 가지 장점을 가질 수 있다. 첫째로, 이온 빔 조사에 의하여 박막 표면에 선택적 이방성이 형성됨으로써 액정 배향력을 강화시키게 된다. 앞서 기술한 바와 같이 FDLC는 박막의 낮은 표면 에너지가 액정 배향력과 깊은 연관을 맺고 있다. 그러나 이온 빔을 조사할 경우, CF π cluster 들의 선택적 파괴에 의한 표면의 이방성이 형성되고, 이는 CF_x 결합들에 의한 낮은 표면 에너지와는 다른 배향력의 또 다른 구성 요소로 작용하게 된다. 따라서 이온 빔 조사를 받은 FDLC를 이용한 액정의 수직 배향은 이온 빔 조사를 받지 않은 FDLC 박막 위의 액정 배향보다 배향력이 뛰어나며, 우수한 안정성을 얻을 수 있다. 두 번째로, 적정 조건 하의 이온 빔 조사에 의하여 액정의 수직 배향막의 선경사각을 임의로 조절할 수 있다. 따라서 이온 빔 조사 방향을 변화할 경우 간단한 마스크 공정을 통하여 다중 방향으로의 수직 액정 배향 결과를 얻을 수 있다. 이를 통하여 다중 영역을 이루는 수직 액정 배향이 가능해지며, 이는 돌기 형성이나, 측면 전기장의 도움 없이도 넓은 시야각을 가지는 패널을 제조할 수 있음을 의미한다. 앞서 서술한 바와 같이 현재의 다중영역을 이

룬 수직 액정 배향은 측면 전기장 등을 이루기 위한 추가 공정이 매우 복잡하다. 이에 비하여 이온 빔 조사에 의한 다중 영역을 이룬 수직 액정 배향 기법은 단순한 배향 공정을 통하여, 배향력이 강하고, 안정성이 우수한 다중 영역을 얻을 수 있는 장점을 가진다.

REFERENCES

1. K. Ichimura, *Chem. Rev.* **100**, 1847 (2000).
2. O. Yaroshchuk, R. Kravchuk, A. Dobrovolsky, L. Qiu, and O. D. Lavrentovich, *Liq. Cryst.* **31**, 859 (2004).
3. S. Varghese, S. Narayanankutty, C. W. M. Bastiaansen, G. P. Crawford, and D. J. Broer, *Adv. Mater.* **16**, 1600 (2004).
4. P. Chaudhari, J. Lacey, J. Doyle, E. Galligan, S. C. A. Lien, A. Callegari, G. Hougham, N. D. Lang, P. S. Andry, R. John, K. H. Yang, M. H. Lu, C. Cai, J. Speidell, S. Purushothaman, J. Ritsko, M. Samant, J. Stohr, Y. Nakagawa, Y. Katoh, Y. Saitoh, K. Sakai, H. Satoh, S. Odahara, H. Nakano, J. Nakagaki, and Y. Shiota, *Nature* **411**, 56 (2001).
5. K. M. Song, S. J. Rho, H. J. Ahn, K. C. Kim, H. K. Baik, J. Y. Hwang, Y. M. Jo, D. S. Seo, and S. J. Lee, *Jpn. J. Appl. Phys.*, Part 1 **43**, 1577 (2004).
6. C. Biloiu, I. A. Biloiu, Y. Sakai, Y. Suda, and A. Ohta, *J. Vac. Sci. Technol.* **A 22**, 13 (2004).
7. R. S. Butter, D. R. Waterman, A. H. Lettington, R. T. Ramos, and E. J. Fordham, *Thin solid films* **311**, 107 (1997).
8. D. S. Seo, S. Kobayashi, D. Y. Kang, and H. Yokoyama, *Jpn. J. Appl. Phys.*, Part 1 **34**, 3607 (1995).
9. C. Jalbert, J. T. Koberstein, I. Yilgor, P. Gallagher, and V. Krukoni, *Macromolecules* **26**, 3069 (1993).
10. J. Stohr, M. G. Samant, J. Luning, A. C. Callegari, P. Chaudhari, J. P. Doyle, J. A. Lacey, S. A. Lien, S. Purushothaman, and J. L. Speidell, *Science* **292**, 2299 (2001).