



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0090544  
(43) 공개일자 2010년08월16일

(51) Int. Cl.

G02F 1/1337 (2006.01) G02F 1/13 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0009890

(22) 출원일자 2009년02월06일

심사청구일자 2009년02월06일

(71) 출원인

연세대학교 산학협력단

서울 서대문구 신촌동 134 연세대학교

(72) 발명자

서대식

서울특별시 강남구 청담동 134-21 삼익아파트  
11-505

오병윤

서울특별시 서대문구 신촌동 연세대학교 제3공학  
관 729호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 씨엔에스·로고스

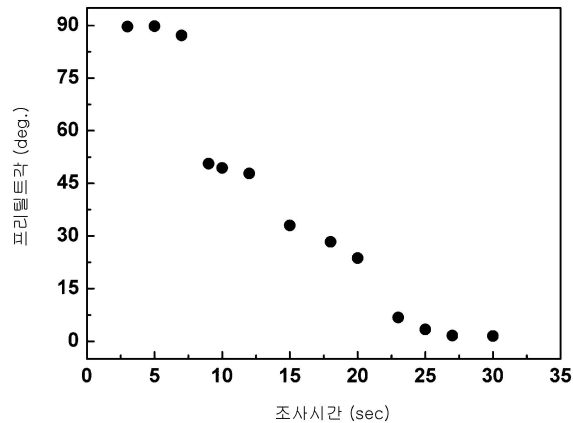
전체 청구항 수 : 총 11 항

#### (54) 이온빔 배향법을 이용한 액정의 프리틸트각 제어 방법

##### (57) 요약

본 발명의 일 측면에 따른 액정의 프리틸트각 제어 방법은, 기판 상에 배향 처리를 될 물질막을 형성하는 단계와, 상기 물질막에 이온빔을 조사하는 단계를 포함하되, 상기 이온빔 조사 시간의 조절을 통해 상기 물질막 상의 프리틸트각을 제어하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

**박홍규**

서울특별시 서대문구 신촌동 연세대학교 제3공학관  
729호

**임지훈**

서울특별시 서대문구 신촌동 연세대학교 제3공학관  
729호

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

기관 상에 배향 처리를 될 물질막을 형성하는 단계와, 상기 물질막에 이온빔을 조사하는 단계를 포함하되, 상기 이온빔 조사 시간의 조절을 통해 상기 물질막 상의 프리틸트각을 제어하는 것을 특징으로 하는 액정의 프리틸트각 제어 방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 물질막은 수직 배향막인 것을 특징으로 하는 액정의 프리틸트각 제어 방법.

### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 물질막은 수직 폴리이미드막인 것을 특징으로 하는 액정의 프리틸트각 제어 방법.

### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 물질막 형성 단계는, 수직 배향막용 폴리머를 상기 기관 상에 스핀-코팅하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 액정의 프리틸트각 제어 방법.

### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 물질막 형성 단계는, 상기 스핀-코팅 단계 후에, 상기 스핀-코팅된 폴리머를 프리베이크하는 단계와, 그 후, 상기 프리베이크된 폴리머를 포스트베이크하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 액정의 프리틸트각 제어 방법.

### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 기관 상에 형성되는 물질막은 수직 배향막이고,

상기 이온빔 조사 시간의 조절에 의해, 상기 수직 배향막은 수평 배향막으로 전이되는 것을 특징으로 하는 액정의 프리틸트각 제어 방법.

### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 이온빔 조사 단계에서, 10~80°의 입사각으로 상기 물질막에 이온빔이 조사되는 것을 특징으로 하는 액정의 프리틸트각 제어 방법.

## 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 이온빔의 조사 시간의 조절에 의해 상기 물질막에 대해 프리틸트각을 1~89° 범위로 제어하는 것을 특징으로 하는 액정의 프리틸트각 제어 방법.

## 청구항 9

제1항에 있어서,

상기 이온빔의 조사 시간의 조절에 의해, 상기 물질막에 40~60°의 중간 프리틸트각이 얻어지는 것을 특징으로 하는 액정의 프리틸트각 제어 방법.

## 청구항 10

제1항에 있어서,

상기 이온빔의 조사 시간의 조절에 의해, 상기 물질막에 노바이어스 파이 셀이 구현되는 프리틸트각이 얻어지는 것을 특징으로 하는 액정의 프리틸트각 제어 방법.

## 청구항 11

제1항에 있어서,

상기 이온빔 조사 시간이 증가할 수록 상기 물질막에서의 프리틸트각은 감소하는 것을 특징으로 하는 액정의 프리틸트각 제어 방법.

## 명세서

### 발명의 상세한 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 액정 표시 장치에 사용되는 배향막의 형성과 관련하여 액정의 프리틸트각을 제어하는 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 이온빔 배향법을 이용하여 액정의 프리틸트각을 중간 프리틸트각을 포함한 넓은 범위에서 용이하게 제어할 수 있는 방법에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 액정 표시 장치(liquid crystal display; LCD)는 종래의 CRT(cathode ray tube)와 비교하여 소형, 경량화 및 대화면의 장점을 갖고 있어, 이의 연구 개발이 활발히 진행되고 있으며, 현재 TV, 컴퓨터 모니터, 휴대폰 등의 표시 장치로서 널리 사용되고 있고 다양한 응용 제품으로 그 용도가 확대되고 있다.

[0003] 이러한 액정 표시 장치를 제작하기 위해서는 액정 배향 기술이 필요하다. 예를 들어, 두명 전극이 부착된 두 기관의 마주보는 면에 액정 배향막을 배치하고, 배향막이 배치된 두 기관 사이에 양의 유전 이방성(positive dielectric anisotropy)을 갖는 네마틱(nematic)형 액정을 넣어 샌드위치 구조의 액정 셀을 형성할 수 있다. 필요에 따라, 액정 분자의 장축이 기관 사이에서 0 내지 360도 연속적으로 비틀어지도록 하여 이루어진, TN(Twisted Nematic)형, STN(Super Twisted Nematic)형, IPS(In-Plane Switching)형 등의 액정 셀을 갖는 액정 표시 소자가 알려져 있다.

- [0004] 이러한 액정 셀에 있어서, 액정을 기판면에 대하여 소정 방향으로 초기 배향시키기 위해, 기판 표면에 배향막을 설치할 필요가 있다. 이 액정 배향막은, 통상적으로, 기판 표면에 형성된 유기막 표면을 레이온 등의 천 또는 포제로 한 방향으로 문지르는 방법(러빙법; rubbing method)에 의해 형성될 수 있다. 그러나, 액정 배향막의 형성(배향 처리)을 러빙법에 의해 행하면, 공정 내에서 먼지나 부스러기가 발생하거나 정전기가 쉽게 발생하기 때문에 국부적인 결함과 줄이 발생되어 디스플레이의 해상도를 열화시키고 표시 불량률을 초래한다. 특히, TFT(Thin Film Transistor) 소자를 갖는 기판의 경우에는, 발생한 정전기에 의해 TFT 소자의 회로 파괴가 발생하여 수율 저하의 원인이 된다.
- [0005] 액정을 배향시키는 다른 수단으로서, 기판 표면에 형성된 폴리비닐신나메이트, 폴리이미드, 아조벤젠 유도체 등의 감광성 박막에 편광 또는 비편광의 자외선(Ultra Violet; UV)을 조사함으로써 액정 배향능을 부여하는 광 배향법이 알려져 있다. 또한 유기 또는 무기 배향막 표면에 아르곤 이온을 조사하여 배향하는 이온빔 배향법이 알려져 있다.
- [0006] 광 배향법 또는 이온빔 배향법은 러빙법과 달리 비접촉 방식의 배향법으로서, 정전기나 먼지를 발생시키지 않고, 균일한 액정 배향을 실현할 수 있다. 그러나, 기존의 광 배향법 또는 이온빔 배향법을 이용하더라도 동일 물질막에 대한 이러한 비접촉식 배향처리로서 수평 배향막에서 수직 배향막에 이르는 광범위한 프리틸트각을 얻을 수 없으며, 특히 40~60°의 중간 프리틸트각(mid-pretilt angle)을 얻기가 어렵다.
- [0007] 액정의 표시 성능을 향상시키기 위해 여러가지 액정 셀 동작 모드가 개발 중이다. 시야각과 콘트라스트비를 높이기 위해 IPS와 VA(Vertical Alignment: 수직 배향) 모드가 개발되어 사용되고, 이러한 모드의 성능을 더 향상시킨 S-IPS, PVA 등의 새로운 모드들이 계속해서 연구가 진행되고 있다. 특히, LCD의 응답속도를 향상시키기 위해 OCB(Optically Compensated Bend) 모드의 액정 셀(동의를로서 파이( $\pi$ )셀이라고도 함)이 많이 연구되고 있는데, LCD에 있어서 빠른 응답시간(response time)은 많은 적용에서 요구되며 특히, 대면적의 충전연색 디스플레이로 고품질 화상을 이루는데에 요구된다. OCB 셀 혹은 파이 셀은 LCD 구동에 있어서 액정의 움직임에 따른 블러링 현상을 줄이는데 기여할 수 있는 매우 빠른 디스플레이 응답을 위한 장래성 있는 후보이다. 통상적으로 OCB 셀은 스플레이(splay) 상태에서 안정적이고 응답시간은 보통 10ms보다 작다. 따라서, 종래기술에서는 액정(LC) 모드를 스플레이(splay) 상태에서 벤드(bend) 상태로 전환하기 위해 약 2.0 V의 바이어스 전압이 요구되고, 액정을 벤드 상태로 유지하기 위해 유지 전압(holding voltage)이 요구된다. 이것은 구동회로를 복잡하게 하고 전력 소모 특성을 열화시키는 요인으로 작용한다.
- [0008] 상술한 OCB 모드의 문제점을 극복하기 위해, 초기 임계전압이 없는 노-바이어스 벤드(No-Bias-Bend: NBB)가 이용되는 파이 셀, 즉 노바이어스 파이 셀(No Bias  $\pi$  cell)이 고속의 응답속도와 전력 소모 특성의 개선을 위한 방안으로 연구되고 있다. 이러한 노바이어스 파이 셀은 중간값의 프리틸트각(예컨대, 40~60°)을 나타내는 배향막이 필요하다. 그러나, 상술한 바와 같이, 종래의 러빙법에 의한 배향 처리는 먼지나 정전기와 같은 여러가지 단점을 많이 갖고 있고, 광배향이나 이온빔 배향도 중간 프리틸트각을 구현하기가 쉽지 않다.

## 발명의 내용

### 해결 하고자하는 과제

- [0009] 본 발명의 일 과제는 이온빔 배향법에 의한 배향 처리에 있어서 노바이어스 파이 셀 구현을 위한 중간 프리틸트각을 포함하여 1~89° 이르는 매우 넓은 범위의 액정 프리틸트각을 용이하게 구현할 수 있는 프리틸트각 제어 방법을 제공하는 것이다.

### 과제 해결수단

- [0010] 본 발명의 일 측면에 따른 액정의 프리틸트각 제어 방법은, 기판 상에 배향 처리를 될 물질막을 형성하는 단계와, 상기 물질막에 이온빔을 조사하는 단계를 포함하되, 상기 이온빔 조사 시간의 조절을 통해 상기 물질막 상

의 프리틸트각을 제어하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 본 발명의 실시형태에 따르면, 상기 물질막은 수직 배향막(homeotropic alignment film)일 수 있다. 특히, 상기 물질막은 수직 폴리이미드(homeotropic polyimide 또는 homeotropic PI)막일 수 있다. 상기 물질막 형성 단계는, 수직 배향막용 폴리머를 상기 기판 상에 스핀-코팅하는 단계를 포함할 수 있다. 또한, 상기 물질막 형성 단계는, 상기 스핀-코팅 단계 후에, 상기 스핀-코팅된 폴리머를 프리베이크(prebake)하는 단계와, 상기 프리베이크된 폴리머를 포스트베이크하는 단계를 더 포함할 수 있다. 상기 이온빔 조사 시간의 조절에 의해, 상기 수직 배향막은 수평 배향막으로 전이될 수 있다.

[0012] 본 발명의 실시형태에 따르면, 상기 물질막에 이온빔을 조사할 때, 10~80°의 입사각으로 상기 물질막에 이온빔이 조사될 수 있다.

[0013] 본 발명의 실시형태에 따르면, 상기 이온빔의 조사 시간의 조절에 의해 상기 물질막에 대해 1~89° 범위로 프리틸트각을 제어할 수 있다. 또한, 상기 이온빔의 조사 시간의 조절에 의해, 상기 물질막에 40~60°의 중간 프리틸트각이 얻어질 수 있다. 상기 이온빔의 조사 시간의 조절에 의해, 상기 물질막에는 노바이어스 파이 셀이 구현되는 프리틸트각이 얻어질 수 있다. 상기 이온빔 조사 시간이 증가할수록 상기 물질막에서의 프리틸트각은 감소할 수 있다.

## 효 과

[0014] 본 발명에 따르면, 배향 처리될 물질막에 소정의 입사각으로 이온빔을 조사하되 그 조사 시간을 조절함으로써, 프리틸트각을 매우 넓은 범위로 쉽게 제어할 수 있게 된다. 특히, 짧은 조사 시간의 제어를 통해 고속응답 특성과 전력 소모의 절감 특성이 우수한 노바이어스 파이 셀을 구현하기 위한 중간 프리틸트각을 기존의 수직 배향막 물질로부터 용이하게 얻을 수 있다.

## 발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0015] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시형태를 설명한다. 그러나, 본 발명의 실시형태는 여러 가지의 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 이하 설명하는 실시형태로만 한정되는 것은 아니다. 도면에서의 요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있으며, 도면상의 동일한 부호로 표시되는 요소는 동일한 요소이다.

[0016] 본 발명의 실시형태에서는 배향막 상의 프리틸트각을 매우 넓은 범위에서 쉽게 제어하기 위해, 기판 상에 도포된 물질막에 대한 이온빔 조사에 의해 배향 처리를 하되 그 이온빔 조사의 시간을 조절한다. 이온빔 조사시 노출시간(조사 시간)의 조절에 의해 배향 물질에 중간 프리틸트각(mid-pretilt angle)을 포함하여, 액정의 다양한 프리틸트각을 달성할 수 있다. 이온빔 조사 전에 기판 상에 배향 처리될 물질막, 예컨대 JALS-696 또는 JALS2021 등의 수직 배향 폴리머막을 스핀-코팅 등의 방법으로 기판 상에 도포한다. 기판 상에 도포된 수직 배향 폴리머막은 이온빔 조사 전에 프리베이크(prebake; 예비 열처리)와 이미드화 과정을 거친 후 포스트베이크(postbake)하여 경화시킬 수 있다. 기판 상에 도포되어 배향 처리될 물질막으로는 유기물질이 아닌 무기 배향막 물질이 사용될 수도 있다.

[0017] 기판 상에 도포된 배향 물질에 대한 이온빔 조사(Ion Beam Bombardment)는 이온빔 배향 장비로서, 예를 들어, 도 1에 도시된 바와 같은 듀오피가트론(DuoPIGatron)형 이온소스를 갖는 이온빔 시스템을 사용하여 수행될 수 있다. Ar 등의 불활성 가스(10)가 듀오피가트론 이온 소스의 마그넷 방전 영역(magnet discharge area)(20)으로 투입되어 이온화되고 이온 가속기(ion accelerator)(30)에서 에너지를 얻어 가속된다. 가속된 이온들은 플라스

마 플렉스의 형태로 이온빔(40)을 형성하고, 이온빔(40)은 챔버 내의 스테이지(60) 상에 탑재된 기관(100) 상으로 조사된다. 셔터(50)는 이온빔의 차단과 통과를 허용하는 개폐 동작을 통해 기관(100)으로의 이온빔 조사 시간을 조절할 수 있다.

[0018] 기관 상으로 조사되는 이온빔의 입사각도( $\alpha$ )는 스테이지(60) 상에 탑재된 기관(100)과 스페이지 상면 간의 각도를 조절함으로써 원하는 소정의 입사각으로 설정될 수 있다. 스테이지 상면(수평면)에 대해 기관(100)이 기울어진 각도를 선택함으로써,  $10\sim 80^\circ$ 의 입사각으로 기관(100) 상의 물질막에 이온빔을 조사할 수 있다. 특히, 일 실시예로서,  $45^\circ$ 의 입사각으로 이온빔이 조사될 수 있도록 기관(100)을 수평면에 대해  $45^\circ$ 로 기울여 배치시킬 수 있다. 이온빔의 입사각도( $\alpha$ )에 따라 특정 이온빔 조사시간에 대응되는 프리틸트각이 달라질 수 있다. 그러나, 프리틸트각의 제어는 이온빔의 조사 시간의 조절에 의해 수행된다.

[0019] 상술한 바와 같이, 기관(예컨대, ITO 등의 투명 전극이 도포된 기관) 상에 형성된 배향처리용 물질막에 조사되는 이온빔의 조사 시간을 조절함으로써, 도 2의 그래프에 나타난 바와 같이 그 물질막에  $0$ 에서  $90^\circ$ (특히,  $1\sim 89^\circ$ )에 이르는 다양한 프리틸트각을 형성시킬 수 있다. 도 2를 참조하면, 이온빔 조사 시간이 증가할수록 프리틸트각은 감소함을 볼 수 있다. 이러한 넓은 범위의 프리틸트각 제어는 이온빔 조사시간을 단지 5초 내지 40초 내에서 조절함으로써 얻어지기 때문에, 본 실시형태에 따라 원하는 각도로 프리틸트각을 제어하는 것은 매우 용이하다.

[0020] 본 실시형태에 따른 제어된 프리틸트각의 정도에 따라 배향막은 다양한 액정셀 모드에 적용될 수 있다. 예를 들어, 수평 배향의 경우(예컨대,  $10^\circ$  이하의 프리틸트각을 갖는 경우), TN, STN, IPS 등의 모드가 사용될 수 있고, 수직 배향의 경우(예컨대,  $88^\circ$  이상의 프리틸트각을 갖는 경우), VA 모드가 적용될 수 있다. 특히,  $40\sim 60^\circ$ 의 범위 또는  $45^\circ$  근방의 중간 프리틸트각을 용이하게 구현함으로써 초기 임계 전압(initial critical voltage)이 없는 OCB 모드(파이 셀), 즉 노바이어스 파이 셀(노바이어스 파이 셀을 적용한 LCD를 NBB(no-bias-bend)-LCD라 함)을 제작할 수 있다.

[0021] 도 3은 중간 프리틸트각을 갖도록 배향처리된 수직 배향막(예컨대, 수직 PI막)에 기반한 노바이어스 파이 셀의 주요부 구조를 개략적으로 나타낸 도면이다. 도 3을 참조하면, 2개의 편광판(101a, 101b) 사이의 마주보는 면에 배향막(102a, 102b)이 배치되고, 두 배향막(102a, 102b) 사이에 예컨대, 네마틱 액정(105)이 삽입되어 있다. 이러한 노바이어스 파이 셀 구조에서는, 배향막(102a, 102b) 상에 중간 프리틸트각(예컨대  $40\sim 60^\circ$ )이 형성되어 벤드 상태로의 전이를 위한 초기 임계전압이 필요하지 않다.

[0022] 종래에는 OCB 모드의 구현에 있어서  $40\sim 60^\circ$ 의 중간 프리틸트각 형성의 어려움으로 인해 벤드 상태로의 전환 및 유지를 위해 기본적으로 액정 셀에 전압을 걸어주어야 하는 전력 소모 특성 상의 문제점이 있다. 그러나, 본 발명의 실시형태에서는 수직 배향막에 대한 이온빔 조사 시간의 조절을 통해 중간 프리틸트각을 용이하게 구현함으로써 종래 OCB 모드의 문제점을 쉽게 제거한다. 본 발명자들에 의해 제안된 프리틸트각 제어 방법을 통해 얻어진 프리틸트각을 사용하여 노바이어스 파이 셀의 액정 디스플레이를 제작하여 그 응답 특성을 조사한 결과, 6.6 ms의 짧은 응답 시간(response time)을 얻었다. 따라서, 본 실시형태에 따른 액정의 프리틸트각 제어 방법은 액정의 블러링 현상을 줄이고 대면적 풀컬러 디스플레이의 고품질 화상을 구현하는데 기여할 수 있다. 또한, 러빙 공정이 아닌 이온빔 조사의 비접촉식 배향 처리를 이용하므로 정전기에 취약하지 않으며 세척 작업 등을 절약할 수 있고 공정비를 낮출 수 있다.

[0023] (실시예)

[0024] 본 발명자들은 수직 폴리이미드막에 대해 논러빙(nonrubbing) 이온빔(IB) 방법을 사용하여 이온빔 조사 시간(노출 시간)의 조절에 따라  $1\sim 89^\circ$ 의 범위에서 다양한 프리틸트각을 쉽게 얻었다. 실시예에 따라 이온빔 조사된 수직 폴리이미드막에 대한 화학적 구조 분석을 통해, C=O 이중 결합의 가장 약한  $\pi$ 결합을 선택적으로 끊음으로써



탄소망의 우선적 재배향이 형성되었음을 확인하였다. 또한, 이온빔 조사 시간의 조절에 의해 제어된 프리틸트각을 사용하여 초기 임계전압이 없는 노바이어스 파이 셀을 제작하고, 그 액정 디스플레이의 문턱 전압과 응답시간을 측정하였다.

[0025] 먼저, 스핀-코팅을 이용하여 수직 배향막용 폴리머(JSR Co., Ltd로부터 입수)를 ITO(Indium-Tin-Oxide)이 코팅된 유리 기판 상에 균일하게 코팅하였다. 이 폴리머는 80℃에서 프리베이크되고, 이 후 1시간 동안 180℃에서 이미드화되어 폴리이미드(수직 PI)막이 형성되었다. PI막의 두께는 50nm로 설정되었는데, 이는 전계가 인가될 때 누설전류를 방지하기에 충분한 두께이다. 포스트베이크한 후 PI막에 이온빔을 조사하여 다양한 프리틸트각을 얻게 된다.

[0026] 듀오피가트론 타입의 이온소스를 사용한 이온빔 챔버(도 1 참조)는 초기에 약  $10^{-6}$  Torr의 베이스 압력으로 진공 상태로 만들어졌고, 이온빔 조사를 위한 공정 압력(working pressure)이 약  $10^{-4}$  Torr로 유지되고 Ar 가스(10)의 유량은 표준 온도 및 압력에서  $1.4 \text{ cm}^3/\text{min}$ 이었다. Ar 이온빔 플라즈마의 도우즈량(dosage)은 모든 샘플(수직 PI막이 도포된 기판)에 대해  $10^{14} \sim 10^{15}$  이온/ $\text{cm}^2$  이고, 이온빔 입사 에너지와 입사 각도( $\alpha$ )는 각각 0.7 keV와  $45^\circ$  이었다. 패러데이 컵 시스템(Faraday cup system)으로 측정된 이온빔 내의 전류 밀도는  $1.8 \text{ mA}/\text{cm}^2$  이었고, 이중 랑뮈르 프로브 팁(double Langmuir probe tips)에 의해 측정된 플라즈마 이온 밀도는 상온에서 다양한 조사 시간에 대해 약  $10^{11} \text{ cm}^{-3}$  이었다.

[0027] 수직 PI막 표면의 화학적 결합 상태를 X-선 광전자 분광법(XPS)에 의해 이온빔 조사 전과 후에 분석하였다. 또한, 이온빔 조사 시간의 조절에 의해 얻어진 약  $47^\circ$ 의 중간 프리틸트각을 갖는 수직 배향막을 사용하여 NBB-LCD를 제조하여 전기광학적 특성을 조사하였다. 이 때, 액정 셀은 포지티브 네마틱 액정(Tc(확정점)= $72^\circ\text{C}$ ,  $\Delta\epsilon$ (유전율 이방성)=8.2)로 채워졌고, 액정 배향 특성을 현미경 사진기(BXP51, Olympus 사)로 관찰하였다. LCD 평가 시스템(LCD-700, Otsuka Electronics 사)을 사용하여 액정 셀의 전압-투과율(V-T) 특성과 응답시간 특성을 얻었다.

[0028] 이온빔 조사된 수직 PI막 상의 네마틱 액정 프리틸트각을 관찰하기 위해, 반평행 셀(antiparallel cell)을 조립하였고, 이 액정 셀의 프리틸트각을 상온에서 결정 회전법(crystal rotation method)에 의해 측정하였다. 도 2는 이온빔 조사 시간의 함수로서 수직 PI막 상의 프리틸트각을 보여준다. 도 2에 도시된 바와 같이, 프리틸트각은 이온빔 조사 시간이 증가함에 따라 감소하였는데, 이는 이온빔 조사 시간의 조절에 의해 프리틸트각을 제어할 수 있음을 보여주는 것이다. 이온빔 조사 시간의 조절에 따라 0에서  $90^\circ$ 에 이르는 매우 넓은 범위로 프리틸트각을 조절할 수 있고, 특히 8~12초로 이온빔 조사시간을 조절함으로써, 노바이어스 파이 셀을 위한  $45^\circ$  근방의 중간 프리틸트각을 쉽게 얻을 수 있음을 확인할 수 있다. 또한, 도 2에 도시된 바와 같이, 이온빔을 20초 이상 조사함으로써, 원래는 수직 배향막이었던 PI막을 수평 배향막으로 전이시킬 수 있다.

[0029] 배향막의 프리틸트각은 통상 물리적인 그루브(groove), 배향 방향에 따른 폴리머 주쇄 및 알킬기 측쇄의 배향성에 의해 야기되는데, AFM(Atomic Force Microscope; 원자력 현미경)을 사용하여 PI막의 표면 모폴로지를 조사하였다. 도 4의 (a)와 (b)는 12초 동안의 이온빔 조사 전의 PI막의 AFM 이미지와 이온빔 조사 후의 PI막의 AFM 이미지를 각각 나타낸다. 12초는 대량생산에 실용적이라 할 수 있는 상당히 짧은 시간이다. PI막 표면에 대해 측정된 RMS 거칠기(root mean square roughness) 값은 이온빔 조사 전과 후에 각각 5.0nm와 4.8nm이었다. 이것은 Ar 이온이 PI막 표면의 모폴로지를 실질적으로 변경하지 않는다는 것을 나타낸다.

[0030] 프리틸트각에 미치는 이온빔 조사 시간의 영향을 명확히 하기 위해 PI막에 대한 XPS 분석이 이용되었다. 도 5의 (a) 및 (b)에는, 12초 동안의 이온빔 조사 전과 후의 수직 PI막으로부터 C 1s 피크에 대한 XPS 스펙트럼이 각각 도시되어 있다. C 1s에 대한 코어-레벨 XPS 스펙트럼은 284.7, 285.5, 286.3, 및  $288.6 \pm 0.1 \text{ eV}$ 에 각각 중심을



은 4개의 성분으로 분해되었는데, 이들 4개의 성분은 2개의 벤젠 고리(C=C 결합), 벤젠 고리 내의 탄소 원자(C-C 결합), C-O 또는 C-N 단일 결합, 및 이미드 고리(C=O 결합)의 전형적인 위치의 특징을 각각 나타낸다. 도 5의 (a)와 (b)에 나타난 바와 같이, C=C와 C-C 결합의 원자 비율(atomic percentage)은 일정하였고, C=O 이중 결합의 원자 비율은 15.73%에서 12.40%로 감소한 반면에, 페닐 고리에 대한 C-O 또는 C-N 단일 결합의 원자 비율은 9.35%에서 11.69%로 증가하였다. 이러한 결과는 C=O 결합기의 가장 약한  $\pi$  결합이 끊어짐을 의미한다. 이온빔 조사 시간의 함수로서 C=O 이중 결합의 원자 비율은 프리틸트각의 거동에 따라가는(프리틸트각이 감소하면 감소) 반면에, C-O 또는 C-N 단일 결합의 원자 비율은 그 반대의 경향을 갖는다는 것을 관찰하였다. 이것은, 이온빔 조사 시간의 증가에 따라 C=O 결합기의 가장 약한  $\pi$  결합의 끊어짐과 함께 수직 PI 상의 액정 프리틸트각이 점점 감소한다는 것을 의미한다.

[0031] 이온빔 조사 시간의 조절을 통해  $47^\circ$ 의 중간 프리틸트각을 갖는 노바이어스 파이 셀(도 3 참조)을 적용한 NBB-LCD(노바이어스 파이 셀 적용)를 제조하여 전기광학적 특성을 조사하였다. 양쪽 기관들(상부 기관 및 하부 기관)에 대한 이온빔 조사 방향은 서로 평행하였다. 도 6은 NBB-LCD의 동작을 나타내는 도면으로서, 인가 전압이 없는(즉, 0V의 인가전압) 오프 상태의 네마틱 액정의 광학 현미경 사진(도 6의 (a))과 10V의 인가 전압을 갖는 온 상태의 네마틱 액정의 광학 현미경 사진(도 6(b))을 나타낸다. 백라이트 유닛으로부터 오는 가시광은, 0V의 인가전압에 대해서는 도 5의 (a)에 나타난 바와 같이 셀을 명확히 투과하는 반면에, 10V의 인가전압에 대해서는 도 5의 (b)에 나타난 바와 같이 광투과가 거의 완벽히 억제되어, 정렬 오류나 국부적인 결함 없이 균일한 스위칭 거동을 가져온다.

[0032] 도 7은 상기 NBB-LCD의 V-T(전압-투과율) 특성의 플롯을 나타낸다. 도 7의 V-T 곡선으로부터 중간 프리틸트각의 문턱 전압(90% 투과율에 해당하는 인가 전압)이 0.7V 미만이었다. 도 8은 상기 NBB-LCD의 응답 시간 특성을 나타내는 그래프이다. 6.6ms의 응답시간(1.1ms의 상승 시간과 5.5ms의 하강 시간)이 얻어졌는데, 이는 낮은 프리틸트각을 갖는 통상의 OCB 모드(별도의 초기 임계전압 필요)와 비교될 수 있다. 또한, 이온빔 조사된 수직 PI막의 극 고정 에너지(polar anchoring energy)를 평가하였는데, 12초 동안의 이온빔 조사 동안 이온빔 조사된 PI 배향막의 극 고정 에너지는  $9.8 \times 10^{-4} \text{ J/m}^2$  인 것으로 나타났다.

[0033] 상술한 실시예에서 설명한 바와 같이, 이온빔 조사 시간의 조절에 의해  $1 \sim 89^\circ$  범위에 이르는 다양한 프리틸트각을 쉽게 달성할 수 있다. 특히, 수직 PI막에의 이온빔 조사 시간의 조절을 통해 초기 임계전압을 극복하는 중간 프리틸트각(mid-pretilt angle)을 쉽게 제어할 수 있다. 7ms 미만의 짧은 응답 시간이 얻어졌는데, 이는 다양한 LCD 디스플레이에 적용될 수 있다.

[0034] 본 발명은 상술한 실시형태 및 첨부된 도면에 의해 한정되지 아니한다. 첨부된 청구범위에 의해 권리범위를 한정하고자 하며, 청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 형태의 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것은 당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에게 자명할 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0035] 도 1은 본 발명의 실시형태에 따른 프리틸트각 제어에 사용되는 듀오피가트론 이온빔 배향 장비를 개략적으로 나타낸 도면이다.

[0036] 도 2는 이온빔 조사에 따른 프리틸트각의 변화를 나타내는 그래프이다.

[0037] 도 3은 노바이어스 파이 셀의 주요부를 개략적으로 나타낸 도면이다.

[0038] 도 4는 실시예에 따른 이온빔 조사의 전과 후의 폴리이미드막의 AFM(Atomic Force Microscope) 이미지를 나타내는 도면이다.

[0039] 도 5는 실시예에 따른 이온빔 조사의 전과 후의 폴리이미드막에 대한 C 1s의 XPS(X-ray Photoelectron spectroscopy) 스펙트럼을 나타내는 도면이다.

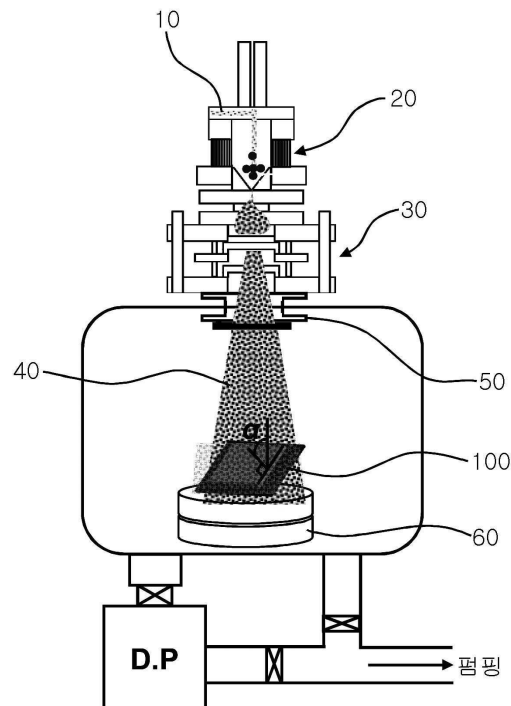
[0040] 도 6은 실시예에 따른 프리틸트각 제어 방법을 통해 구현된 노바이어스 파이 셀의 네마틱 액정의 광학 현미경

사진(Optical Photomicrographs)이다.

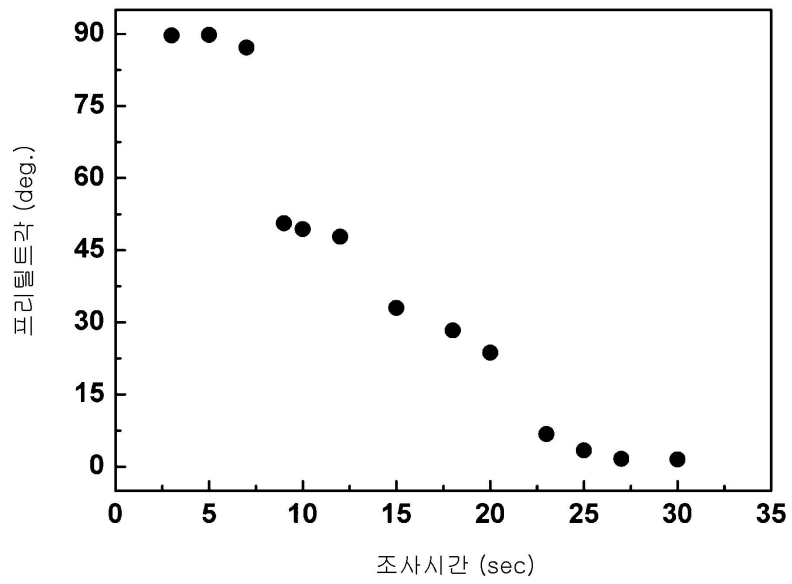
- [0041] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 프리틸트각 제어 방법을 통해 구현된 노바이어스 파이 셀의 V-T(전압-투과율) 특성을 나타내는 그래프이다.
- [0042] 도 8은 실시예에 따른 프리틸트각 제어 방법을 통해 구현된 노바이어스 파이 셀의 응답 시간 특성(response time characteristics)을 나타내는 그래프이다.
- [0043] <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>
- [0044] 10: 불활성 가스                      20: 마그넷 방전 영역
- [0045] 30: 이온 가속기                      40: 이온빔
- [0046] 50: 셔터                              60: 스테이지
- [0047] 100: 기판                            101a, 101b: 평광관
- [0048] 102a, 102b: 배향막              105: 액정

## 도면

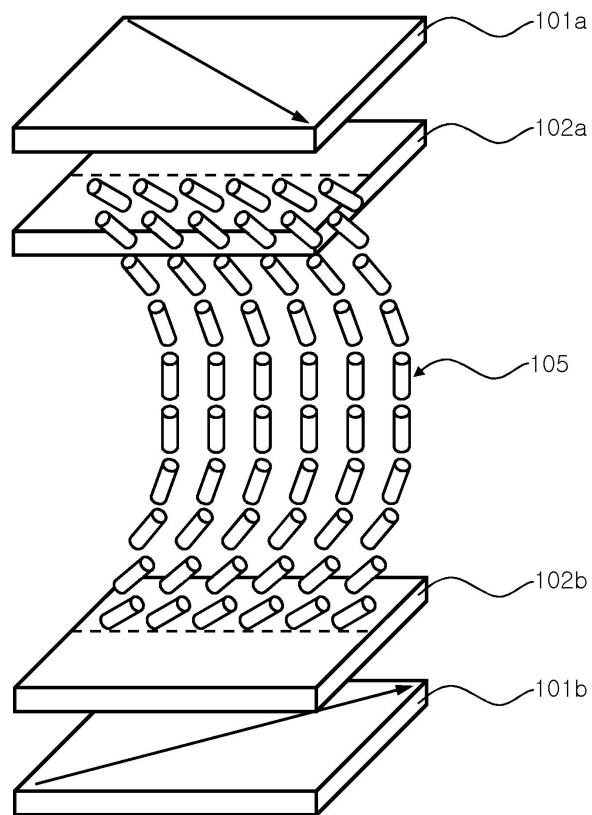
도면1



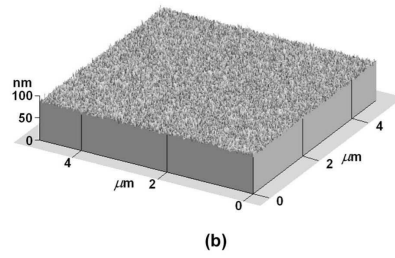
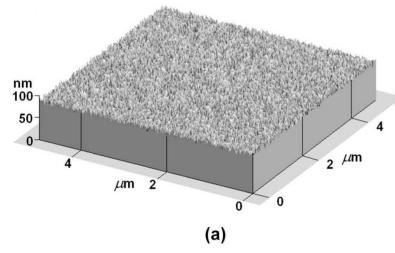
도면2



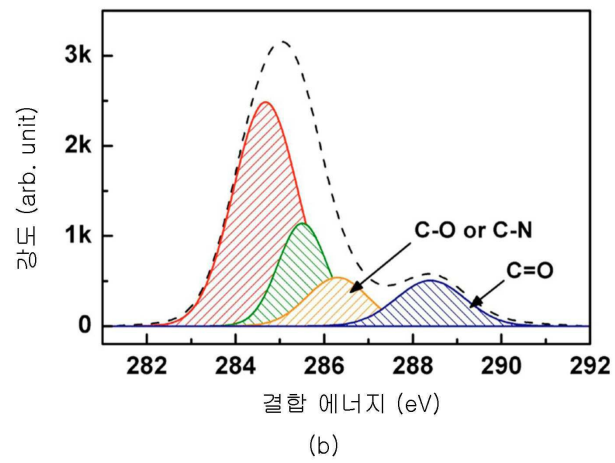
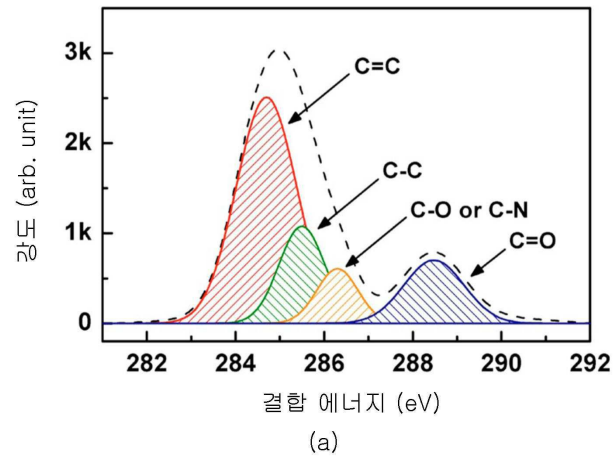
도면3



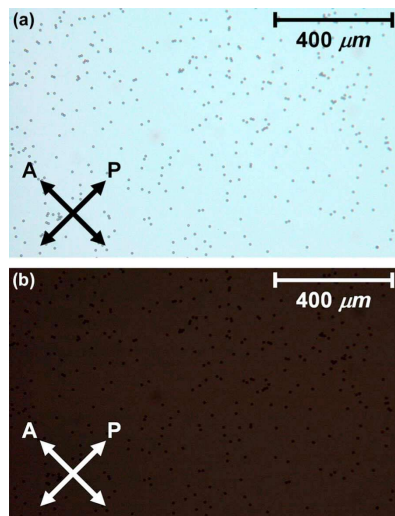
도면4



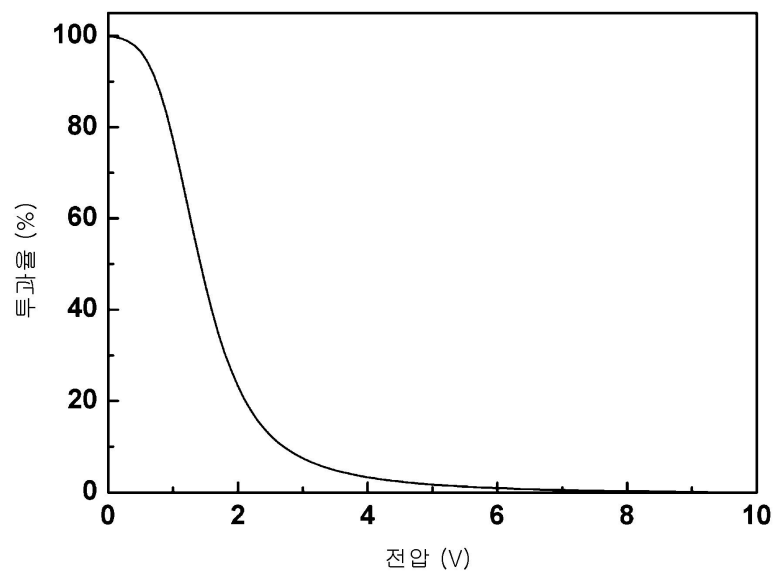
도면5



도면6



도면7



도면8

