



등록특허 10-2092264



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년03월24일  
(11) 등록번호 10-2092264  
(24) 등록일자 2020년03월17일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*G02F 1/01* (2006.01) *G02F 1/1343* (2006.01)  
*G02F 1/29* (2006.01) *G09G 3/18* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*G02F 1/0121* (2013.01)  
*G02F 1/134336* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-7010815
- (22) 출원일자(국제) 2013년09월30일  
심사청구일자 2018년07월23일
- (85) 번역문제출일자 2015년04월24일
- (65) 공개번호 10-2015-0066546
- (43) 공개일자 2015년06월16일
- (86) 국제출원번호 PCT/IB2013/058989
- (87) 국제공개번호 WO 2014/049577  
국제공개일자 2014년04월03일

(30) 우선권주장  
61/707,962 2012년09월30일 미국(US)

(56) 선행기술조사문현  
JP2012141552 A\*  
(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 69 항

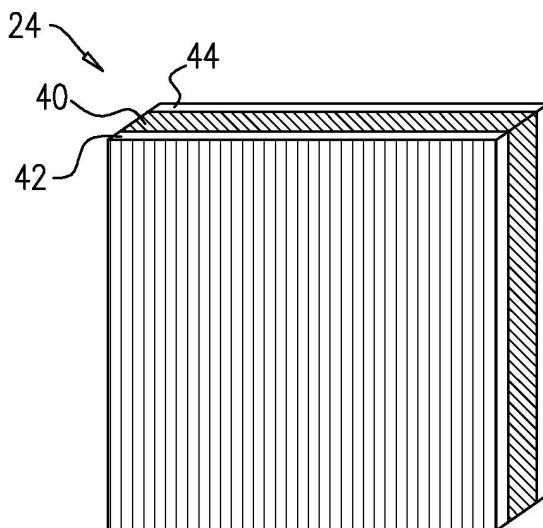
심사관 : 박정근

(54) 발명의 명칭 **파워 및 정렬을 전기적으로 조정가능한 렌즈**

**(57) 요 약**

광학 장치(24, 60)는 임의의 주어진 위치에서 전기 광학 층을 가로질러 인가되는 전압 파형에 의해 결정되는 전기 광학 층의 활성 영역 내에서의 상기 주어진 위치에서 국부적 유효 굴절률을 갖는 전기 광학층(40, 62)을 포함한다. 활성 영역 위로 뻗어있는 평행 도전성 스트립을 포함하는 여진 전극(46, 68, 72)의 어레이는 전기 광학층의 하나 또는 양 측면 위로 배치된다. 제어 회로(48, 70, 74)가 여진 전극으로 각각의 제어 전압 파형을 인가하도록 결합되고, 전기 광학층에서 특정 위상 변조 프로파일을 생성하도록 여진 전극에 인가된 각각의 제어 전압 파형을 동시에 변조하도록 구성된다.

**대 표 도**



(52) CPC특허분류

*G02F 1/29* (2013.01)  
*G09G 3/18* (2013.01)  
*G02F 2001/291* (2013.01)  
*G02F 2203/28* (2013.01)

(56) 선행기술조사문현

JP62209412 A\*  
JP2010517082 A\*  
JP2004264549 A\*  
WO2011114076 A1\*  
JP03006518  
JP2010170068 A\*  
JP03006518 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문현

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

임의의 주어진 위치에서 전기 광학 층을 가로질러 인가되는 전압 파형에 의해 결정되는 상기 전기 광학 층의 활성 영역 내에서의 상기 주어진 위치에서 국부적 유효 굴절률을 갖는 전기 광학층;

상기 전기 광학 층의 제1 측면 상의 활성 영역 위에 위치되는 공통 전극;

상기 제1 측면에 대향하는 상기 전기 광학 층의 제2 측면 상의 활성 영역 위로 뻗어있는 평행 도전성 스트립을 포함하는 여진 전극(excitation electrode)의 어레이; 및

여진 전극으로 각각의 제어 전압 파형을 인가하도록 결합되고 동시에 복수의 여진 전극에 인가되는 각각의 제어 전압 파형을 변조하여 상기 전기 광학층의 위상 변조 프로파일을 변조하도록 구성되는 제어 회로;

를 포함하고,

상기 전기 광학층은 상기 제1 및 제2 측면 사이의 거리와 동일한 층 두께를 가지고, 상기 여진 전극은 상기 전기 광학층의 층 두께의 4배 이하인 전극간(inter-electrode) 피치를 가지는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

#### 청구항 2

제1 항에 있어서, 상기 제어 회로는, 상기 장치가 상기 위상 변조 프로파일에 의해 결정되는 초점 속성을 가지는 원통형 렌즈로서 기능하도록 하기 위해, 상기 제어 전압 파형을 상기 여진 전극으로 인가하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

#### 청구항 3

제2 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 장치가 원통형 프레넬 렌즈로 기능하도록 하기 위해 상기 제어 전압 파형을 상기 여진 전극으로 인가하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

#### 청구항 4

제2 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 원통형 렌즈의 초점 거리를 변화시키기 위해 상기 여진 전극에 인가된 상기 제어 전압 파형을 변조하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

#### 청구항 5

제2 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 장치에 대해 횡단 방향으로 상기 원통형 렌즈의 초점 라인을 시프트시키도록 상기 여진 전극에 인가된 상기 제어 전압 파형을 변조하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

#### 청구항 6

제1 항에 있어서, 상기 전기 광학 층은 액정을 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

#### 청구항 7

제6 항에 있어서, 상기 액정은 편광 독립적인 층으로서 구성되는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

#### 청구항 8

삭제

#### 청구항 9

제1 항 내지 제7 항 중 어느 한 항에 따른 제1 및 제2 광학 장치를 포함하는 장비에 있어서, 상기 제1 및 제2 광학 장치는 직렬로 배열되는 것을 특징으로 하는 장비.

**청구항 10**

제9 항에 있어서, 상기 제2 광학 장치 내의 상기 여진 전극은 상기 제1 광학 장치 내의 상기 여진 전극에 직교하는 방향으로 배향되는 것을 특징으로 하는 장비.

**청구항 11**

제9 항에 있어서, 상기 제1 및 제2 광학 장치의 전극은 공통 기판을 공유하는 것을 특징으로 하는 장비.

**청구항 12**

제9 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 장비가 구면 렌즈를 애뮬레이팅하도록 상기 제1 및 제2 광학 장치 내의 상기 여진 전극으로 상기 제어 전압을 인가하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 장비.

**청구항 13**

제12 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 구면 렌즈의 광축을 시프트하도록 상기 여진 전극에 인가된 상기 제어 전압을 변조하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 장비.

**청구항 14**

제9 항에 있어서, 상기 제1 광학 장치 내의 상기 전기 광학층은 제1 복굴절 축을 가지고, 상기 제2 광학 장치 내의 상기 전기 광학 층은 상기 제1 복굴절 축에 직교하는 제2 복굴절 축을 가지는 것을 특징으로 하는 장비.

**청구항 15**

임의의 주어진 위치에서 전기 광학 층을 가로질러 인가되는 전압 파형에 의해 결정되는 상기 전기 광학 층의 활성 영역 내에서의 상기 주어진 위치에서 국부적 유효 굴절률을 갖는 전기 광학층;

상기 전기 광학 층의 제1 측면 상의 활성 영역 위에서 제1 방향으로 뻗어있는 제1 평행 도전성 스트립을 포함하는 제1 여진 전극의 제1 어레이;

상기 제1 측면에 대향하는 상기 전기 광학 층의 제2 측면 상의 활성 영역 위에서 상기 제1 방향에 직교하는 제2 방향으로 뻗어있는 제2 평행 도전성 스트립을 포함하는 제2 여진 전극의 제2 어레이;

상기 여진 전극들로 각각의 제어 전압 파형을 인가하도록 결합되고 상기 전기 광학층에서의 특정한 위상 변조 프로파일을 생성하도록 상기 제1 여진 전극 및 제2 여진 전극 모두에 인가되는 각각의 제어 전압 파형을 동시에 그리고 독립적으로 변조하도록 구성되는 제어 회로;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 16**

제15 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 여진 전극들 중에서 상이한 하나로 상이한 각각의 진폭에서 상기 제어 전압 파형을 인가하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 17**

제15 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 여진 전극들 중에서 상이한 하나로 상이한 각각의 듀티 사이클을 가지고 상기 제어 전압 파형을 인가하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 18**

제15 항에 있어서, 상기 제어 회로는, 상기 장치가 상기 위상 변조 프로파일에 의해 결정되는 초점 속성을 가지는 렌즈로서 기능하도록 하기 위해, 상기 제어 전압 파형을 상기 여진 전극으로 인가하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 19**

제18 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 장치가 프레넬 렌즈로 기능하도록 하기 위해 상기 제어 전압 파형을 상기 여진 전극으로 인가하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 20**

제18 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 렌즈의 초점 거리를 변화시키기 위해 상기 여진 전극에 인가된 상기 제어 전압 파형을 변조하도록 구성하는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 21**

제18 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 렌즈의 광축을 시프트시키도록 상기 여진 전극에 인가된 상기 제어 전압 파형을 변조하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 22**

제18 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 장치가 비점수차 구면 렌즈로서 기능하도록 상기 여진 전극에 상기 제어 전압 파형을 인가하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 23**

제18 항에 있어서, 상기 전기 광학 층은 액정을 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 24**

제23 항에 있어서, 상기 액정은 편광 독립적인 층으로서 구성되는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 25**

제15 항 내지 제24 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 전기 광학 층을 가로질러 인가된 전압은 상기 국부적 유효 굴절률이 상기 인가된 전압의 근사 선형(quasi-linear) 함수로서 변하는 범위 내에 한정되게 하기 위해 상기 제어 전압 파형을 인가하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 26**

제15 항 내지 제24 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 위상 변조 프로파일은 각각 상기 제2 및 제1 방향으로 정렬된 제1 및 제2 축을 따라서 변하는 제1 및 제2 컴포넌트 함수로 분리가능한 함수로서 정의되고, 상기 제1 및 제2 여진 전극으로 인가된 상기 제어 전압 파형은 각각 상기 제1 및 제2 컴포넌트 함수에 따라 규정되는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 27**

제26 항에 있어서, 상기 제1 및 제2 컴포넌트 함수는 상기 위상 변조 프로파일이 상기 활성 영역 내의 각각의 위치에서 상기 제1 및 제2 컴포넌트 함수에 기인한 각각의 위상 천이의 합을 포함하도록 상기 전기 광학 층에서의 상이한 각각의 위상 천이에 대응하도록 선택된 일 세트의 컴포넌트 파형의 측면에서 정의되는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 28**

제15 항 내지 제24 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 전기 광학 층은 상기 제1 및 제2 측면 사이의 거리와 동일한 층 두께를 가지고, 상기 여진 전극은 상기 전기 광학 층의 층 두께의 4배 이하인 전극간(inter-electrode) 피치를 가지는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 29**

제15 항 내지 제24 항 중 어느 한 항에 따른 제1 및 제2 광학 장치를 포함하는 장비에 있어서, 상기 제1 및 제2 광학 장치는 직렬로 배열되는 것을 특징으로 하는 장비.

**청구항 30**

제29 항에 있어서, 상기 제1 광학 장치에서의 상기 전기 광학 층은 제1 복굴절축을 갖고, 상기 제2 광학 장치에서의 상기 전기 광학 층은 상기 제1 복굴절축에 직교하는 제2 복굴절 축을 갖는 것을 특징으로 하는 장비.

**청구항 31**

임의의 주어진 위치에서 전기 광학 층을 가로질러 인가되는 전압에 의해 결정되는 상기 전기 광학 층의 활성 영역 내에서의 상기 주어진 위치에서 국부적 유효 굴절률을 갖고, 제1 및 제2 측면, 상기 제1 및 제2 측면 사이의 거리와 동일한 층 두께를 가지는 상기 전기 광학층;

상기 전기 광학층의 층 두께의 4배 이하인 전극간(inter-electrode) 피치를 가진 적어도 하나의 여진 전극의 어레이를 포함하고, 상기 전기 광학층의 상기 제1 및 제2 측면 위로 뻗어있는 도전성 전극; 및

상기 전기 광학층의 위상 변조 프로파일을 변조하도록 상기 여진 전극에 제어 전압 파형을 인가하도록 결합된 제어 회로;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

### 청구항 32

제31 항에 있어서, 상기 전극들은 상기 전기 광학층의 층 두께 보다 작은 갭 폭의 스트립 사이에서의 갭을 가지는 투명 도전성 재료의 평행한 스트립을 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

### 청구항 33

제31 항에 있어서, 상기 전극들은 상기 전기 광학 층의 상기 제1 측면 상의 상기 활성 영역 위에서 제1 방향으로 뻗어있는 제1 평행 도전성 스트립 및 상기 전기 광학층의 상기 제2 측면 상의 상기 활성 영역 위에서 상기 제1 방향에 직교하는 제2 방향으로 뻗어있는 제2 평행 도전성 스트립을 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

### 청구항 34

제31 항 내지 제33 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 회로는, 상기 장치가 상기 위상 변조 프로파일에 의해 결정되는 초점 속성을 가지는 렌즈로서 기능하도록 하기 위해, 상기 제어 전압 파형을 상기 전극으로 인가하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

### 청구항 35

제31 항 내지 제33 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 전기 광학 층은 액정을 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

### 청구항 36

제35 항에 있어서, 상기 액정은 편광 독립적인 층으로서 구성되는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

### 청구항 37

제1항 내지 제7 항, 제15 항 내지 제24 항, 또는 제31 항 내지 제33 항 중 어느 한 항에 따른 장치를 구비하는 안과 렌즈(ophthalmic lens) 시스템.

### 청구항 38

광학 장치를 생산하는 방법으로서,

임의의 주어진 위치에서 전기 광학층을 가로질러 인가된 전압 파형에 의해 결정된 상기 전기 광학층의 활성 영역내의 상기 주어진 위치에서 국부적 유효 굴절률을 가진 상기 전기 광학층을 제공하는 단계;

상기 활성 영역을 덮도록 상기 전기 광학층의 제1 측면 상에 공통 전극을 위치시키는 단계;

상기 제1 측면에 대향하는 상기 전기 광학 층의 제2 측면 상의 활성 영역 위로 뻗어있도록 평행 도전성 스트립을 포함하는 여진 전극(excitation electrode)의 어레이를 위치시키는 단계;

여진 전극으로 각각의 제어 전압 파형을 인가하고 동시에 복수의 여진 전극에 인가되는 제어 전압 파형을 변조하여 상기 전기 광학층의 위상 변조 프로파일을 변조하도록 제어 회로를 결합하는 단계;

를 포함하고,

상기 전기 광학층은 상기 제1 및 제2 측면 사이의 거리와 동일한 층 두께를 가지고, 상기 여진 전극은 상기 전

기 광학층의 총 두께의 4배 이하인 전극간(inter-electrode) 피치를 가지는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

#### 청구항 39

제38 항에 있어서, 상기 제어 회로를 결합하는 단계는, 상기 장치가 상기 위상 변조 프로파일에 의해 결정되는 초점 속성을 가지는 원통형 렌즈로서 기능하도록 하기 위해, 상기 제어 전압 파형을 상기 여진 전극으로 인가하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

#### 청구항 40

제39 항에 있어서, 상기 제어 전압 파형을 인가하는 단계는 상기 장치가 원통형 프레넬 렌즈로 기능하도록 하기 위해 상기 제어 전압 파형을 선택하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

#### 청구항 41

제39 항에 있어서, 상기 제어 전압 파형을 인가하는 단계는 상기 원통형 렌즈의 초점 거리를 변화시키기 위해 상기 여진 전극에 인가된 상기 제어 전압 파형을 변조하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

#### 청구항 42

제39 항에 있어서, 상기 제어 전압 파형을 인가하는 단계는 상기 장치에 대해 횡단 방향으로 상기 원통형 렌즈의 초점 라인을 시프트시키도록 상기 여진 전극에 인가된 상기 제어 전압 파형을 변조하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

#### 청구항 43

제38 항에 있어서, 상기 전기 광학 층은 액정을 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

#### 청구항 44

제43 항에 있어서, 상기 액정은 편광 독립적인 층으로서 구성되는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

#### 청구항 45

삭제

#### 청구항 46

제38 항 내지 제44 항 중 어느 한 항의 방법에 따라 생산된 제1 및 제2 광학 장치를 포개놓는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 47

제46 항에 있어서, 상기 제2 광학 장치 내의 상기 여진 전극은 상기 제1 광학 장치 내의 상기 여진 전극에 직교하는 방향으로 배향되는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 48

제46 항에 있어서, 상기 제1 및 제2 광학 장치의 전극은 공통 기판을 공유하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 49

제46 항에 있어서, 상기 제어 회로를 결합하는 단계는 상기 장치가 구면 렌즈를 함께 애뮬레이팅하도록 상기 제1 및 제2 광학 장치 내의 상기 여진 전극으로 상기 제어 전압 파형을 인가하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 50

제49 항에 있어서, 상기 제어 전압 파형을 인가하는 단계는 상기 구면 렌즈의 광축을 시프트하도록 상기 여진 전극에 인가된 상기 제어 전압 파형을 변조하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 51

제46 항에 있어서, 상기 제1 광학 장치 내의 상기 전기 광학 층은 제1 복굴절 층을 가지고, 상기 제2 광학 장치 내의 상기 전기 광학 층은 상기 제1 복굴절 층에 직교하는 제2 복굴절 층을 가지는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 52

임의의 주어진 위치에서 전기 광학 층을 가로질러 인가되는 전압 파형에 의해 결정되는 전기 광학 층의 활성 영역 내에서의 상기 주어진 위치에서 국부적 유효 굴절률을 갖는 상기 전기 광학층을 제공하는 단계;

상기 전기 광학 층의 제1 측면 상의 활성 영역 위에서 제1 방향으로 뻗어있도록 제1 평행 도전성 스트립을 포함하는 제1 여진 전극의 제1 어레이를 위치시키는 단계;

상기 제1 측면에 대향하는 상기 전기 광학 층의 제2 측면 상의 활성 영역 위에서 상기 제1 방향에 직교하는 제2 방향으로 뻗어있도록 제2 평행 도전성 스트립을 포함하는 제2 여진 전극의 제2 어레이를 위치시키는 단계;

상기 여진 전극으로 각각의 제어 전압 파형을 인가하고 상기 전기 광학층에서의 특정한 위상 변조 프로파일을 생성하도록 상기 제1 여진 전극 및 제2 여진 전극 모두에 인가되는 상기 제어 전압 파형을 동시에 그리고 독립적으로 변조하도록 제어 회로를 결합시키는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

#### 청구항 53

제52 항에 있어서, 상기 제어 회로를 결합하는 단계는 상기 여진 전극들 중에서 상이한 하나로 상이한 각각의 진폭에서 상기 제어 전압 파형을 인가하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

#### 청구항 54

제52 항에 있어서, 상기 제어 회로를 결합하는 단계는 상기 여진 전극들 중에서 상이한 하나로 상이한 각각의 듀티 사이클을 가지고 상기 제어 전압 파형을 인가하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

#### 청구항 55

제52 항에 있어서, 상기 제어 회로를 결합하는 단계는, 상기 장치가 상기 위상 변조 프로파일에 의해 결정되는 초점 속성을 가지는 렌즈로서 기능하도록 하기 위해, 상기 제어 전압 파형을 상기 여진 전극으로 인가하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

#### 청구항 56

제55 항에 있어서, 상기 제어 전압 파형을 인가하는 단계는 상기 장치가 프레넬 렌즈로 기능하도록 하기 위해 상기 제어 전압 파형을 선택하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

#### 청구항 57

제55 항에 있어서, 상기 제어 전압 파형을 인가하는 단계는 상기 렌즈의 초점 거리를 변화시키기 위해 상기 여진 전극에 인가된 상기 제어 전압 파형을 변조하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

#### 청구항 58

제55 항에 있어서, 상기 제어 전압 파형을 인가하는 단계는 상기 렌즈의 광축을 시프트시키도록 상기 여진 전극에 인가된 상기 제어 전압 파형을 변조하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

#### 청구항 59

제55 항에 있어서, 상기 제어 전압 파형을 인가하는 단계는 상기 장치가 비점수차 구면 렌즈로서 기능하도록 상

기 여진 전극에 인가된 상기 제어 전압 파형을 선택하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

#### 청구항 60

제52 항에 있어서, 상기 전기 광학 층은 액정을 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

#### 청구항 61

제60 항에 있어서, 상기 액정은 편광 독립적인 층으로서 구성되는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

#### 청구항 62

제52 항 내지 제61 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 회로를 결합하는 단계는 상기 전기 광학 층을 가로질러 인가된 전압이 상기 국부적 유효 굴절률이 상기 인가된 전압의 근사 선형(quasi-linear) 함수로서 변하는 범위 내에 한정되게 하기 위해 상기 제어 전압 파형을 인가하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

#### 청구항 63

제52 항 내지 제61 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 위상 변조 프로파일은 각각 상기 제2 및 제1 방향으로 정렬된 제1 및 제2 축을 따라서 변하는 제1 및 제2 컴포넌트 함수로 분리가능한 함수로서 정의되고, 상기 제1 및 제2 여진 전극으로 인가된 상기 제어 전압 파형은 각각 상기 제1 및 제2 컴포넌트 함수에 따라 규정되는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

#### 청구항 64

제63 항에 있어서, 상기 제1 및 제2 컴포넌트 함수는 상기 위상 변조 프로파일이 상기 활성 영역 내의 각각의 위치에서 상기 제1 및 제2 컴포넌트 함수에 기인한 각각의 위상 천이의 합을 포함하도록 상기 전기 광학 층에서의 상이한 각각의 위상 천이에 대응하도록 선택된 일 세트의 컴포넌트 파형의 측면에서 정의되는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

#### 청구항 65

제52 항 내지 제61 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 전기 광학층은 상기 제1 및 제2 측면 사이의 거리와 동일한 층 두께를 가지고, 상기 여진 전극은 상기 전기 광학층의 층 두께의 4배 이하인 전극간(inter-electrode) 피치를 가지는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

#### 청구항 66

임의의 주어진 위치에서 전기 광학 층을 가로질러 인가되는 전압에 의해 결정되는 상기 전기 광학 층의 활성 영역 내에서의 상기 주어진 위치에서 국부적 유효 굴절률을 갖고, 제1 및 제2 측면, 상기 제1 및 제2 측면 사이의 거리와 동일한 층 두께를 가진 상기 전기 광학층을 제공하는 단계;

상기 전기 광학층의 층 두께의 4배 이하인 전극간(inter-electrode) 피치를 가진 적어도 하나의 여진 전극의 어레이를 포함하는 도전성 전극을 상기 전기 광학층의 상기 제1 및 제2 측면 위로 뻗어있도록 위치시키는 단계; 및

상기 전기 광학층의 위상 변조 프로파일을 변조하도록 상기 여진 전극에 제어 전압 파형을 인가하도록 제어 회로를 결합하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

#### 청구항 67

제66 항에 있어서, 상기 전극을 위치시키는 단계는 상기 전기 광학층의 층 두께 보다 작은 캡 폭의 스트립 사이에서의 캡을 가지는 투명 도전성 재료의 평행한 스트립을 상기 전기 광학층 위로 배치하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

## 청구항 68

제66 항에 있어서, 상기 전극을 위치시키는 단계는 상기 전기 광학 층의 상기 제1 측면 상의 상기 활성 영역 위에서 제1 방향으로 뻗어있도록 제1 평행 도전성 스트립을 배치하는 단계 및 상기 전기 광학층의 상기 제2 측면 상의 상기 활성 영역 위에서 상기 제1 방향에 직교하는 제2 방향으로 뻗어있도록 제2 평행 도전성 스트립을 배치하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

## 청구항 69

제66 항 내지 제68 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 회로를 결합하는 단계는, 상기 장치가 상기 위상 변조 프로파일에 의해 결정되는 초점 속성을 가지는 렌즈로서 기능하도록 하기 위해, 상기 제어 전압 파형을 상기 전극으로 인가하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

## 청구항 70

제66 항 내지 제68 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 전기 광학 층은 액정을 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

## 청구항 71

제70 항에 있어서, 상기 액정은 편광 독립적인 층으로서 구성되는 것을 특징으로 하는 광학 장치를 생산하는 방법.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001]

(관련 출원의 상호 참조)

[0002]

본 출원은 본원에 참조에 의해 통합된 2012년 9월 30일 출원된 미국가특허출원 제61/707,962의 우선권을 주장한다.

[0003]

본 발명은 일반적으로 광학 장치에 관한 것이고, 특히 전기적으로 조정가능한 렌즈에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0004]

조정 가능 렌즈는 초점 거리 및/또는 광축 위치와 같은 광학 특성이 일반적으로 전자 제어 하에서 사용 중에 조정될 수 있는 광학 소자이다. 이러한 렌즈는 폭넓은 애플리케이션에서 사용될 수 있다. 예를 들면, 그 개시 내용이 본 명세서에 참조에 의해 통합된 미국특허 7,475,985는, 시력 교정의 목적으로 전기 활성 렌즈의 이용을 기술한다.

[0005]

전기적으로 조정가능한 렌즈는 일반적으로 적절한 전기 광학 재료, 즉, 국부적 유효 굴절률이 재료 전체에 인가된 전압의 함수로서 변하는 재료의 박막 층을 포함한다. 전극 또는 전극의 어레이는 국부적으로 원하는 값으로 굴절률을 조정하도록 원하는 전압을 인가하기 위해 사용된다. 액정은 가장 일반적으로 이러한 목적(여기서, 인가 전압이 문자를 회전시키고, 이는 복굴절의 측을 변경하고, 따라서 유효 굴절률을 변화시킨다)에 사용되는 전기 광학 재료이지만 폴리머 젤과 같은 유사한 전기 광학 속성을 가진 기타 재료가 대안으로 이 목적에 이용될 수 있다.

[0006]

그의 실제 용도가 한정되어 있을 지라도, 액정에 기초한 렌즈에 대한 다양한 설계가 당 업계에 공지되어 있다. 예를 들면, Naumov 등은 참조에 의해 본 명세서에 통합된, Optics Letter 23, P 992-994(1998)의 "Liquid-Crystal Adaptive Lenses with Modal Control"에서 이러한 목적을 위한 하나의 접근 방식을 기술한다. 저자는 구형 및 원통형 파면을 형성하는 네마틱 액정(LC) 위상 교정기를 사용했다. 분산 반응성 전기 임피던스를 가진 LC 셀은 굴절률의 원하는 공간적 분포를 제공하기 위해 셀 경계에 인가된 AC 전압에 의해 구동되었다.

[0007]

다른 조정가능한 렌즈 설계는 액정 디스플레이에 사용되는 픽셀 그리드와 유사한 액정에서의 픽셀의 그리드를 정의하도록 전극 어레이를 사용한다. 개별 픽셀의 굴절률은 원하는 위상 변조 프로파일을 제공하도록 전기적으로 제어될 수 있다. (용어 "위상 변조 프로파일"은 조정가능한 렌즈의 전기 광학층의 영역에 걸쳐 국부적 가변 유효 굴절률의 결과로서 층을 통과한 광에 적용되는 로컬 위상 천이의 분포를 의미하도록 본 명세서와 청구범위

에서 이용된다.) 이러한 유형의 그리드 어레이를 이용한 렌즈는 예를 들면 상술한 미국특허 7,475,985에서 기술된다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0008] 후술되는 본 발명의 실시예들은 전자적으로 조정가능한 광학 장치를 제공한다.

### 과제의 해결 수단

[0009] 따라서, 본 발명의 하나의 실시예에 따라, 임의의 주어진 위치에서 전기 광학 층을 가로질러 인가되는 전압 과형에 의해 결정되는 전기 광학 층의 활성 영역 내에서의 상기 주어진 위치에서 국부적 유효 굴절률을 갖는 전기 광학층을 포함하는 광학 장치가 제공된다. 공통 전극이 전기 광학 층의 제1 측면 상의 활성 영역 위에 위치된다. 평행 도전성 스트립을 포함하는 여진 전극(excitation electrode)의 어레이이는, 상기 제1 측면에 대향하는 상기 전기 광학 층의 제2 측면 상의 활성 영역 위로 뻗어있다. 제어 회로가 여진 전극으로 각각의 제어 전압 과형을 인가하도록 결합되고 동시에 복수의 여진 전극에 인가되는 각각의 제어 전압 과형을 변조하여 상기 전기 광학층의 위상 변조 프로파일을 변조하도록 구성된다.

[0010] 일부 실시예에서, 제어 회로는 위상 변조 프로파일에 의해 결정되는 초점 속성을 가지는 원통형 렌즈, 가능한 원통형 프레넬 렌즈로서 장치가 기능하도록 상기 제어 전압 과형을 상기 여진 전극으로 인가하도록 구성된다. 일반적으로, 상기 제어 회로는 상기 원통형 렌즈의 초점 거리를 변화시키고 및/또는 상기 장치의 횡단 방향으로 상기 원통형 렌즈의 초점 라인을 시프트시키도록 상기 여진 전극에 인가된 상기 제어 전압 과형을 변조하도록 구성된다.

[0011] 개시된 실시예에서, 상기 전기 광학 층은 편광 독립적인 층으로서 구성될 수 있는 액정을 포함한다.

[0012] 또한 본 발명의 하나의 실시예에 따라, 상술한 바와 같이 제1 및 제2 광학 장치를 포함하는 장비가 제공되고, 여기서 상기 제1 및 제2 광학 장치는 직렬로 배열된다. 상기 제1 및 제2 광학 장치의 전극은 공통 기판을 공유 할 수 있다. 개시된 실시예에서, 상기 제2 광학 장치에서의 여진 전극은 상기 제1 광학 장치 내의 상기 여진 전극에 직교하는 방향으로 배향되고, 상기 제어 회로는 상기 장비가 구면 렌즈를 애뮬레이팅하도록 상기 제1 및 제2 광학 장치 내의 상기 여진 전극으로 상기 제어 전압을 인가하도록 구성될 수 있다. 선택적으로, 상기 제어 회로는 상기 구면 렌즈의 광축을 시프트하도록 상기 여진 전극에 인가된 상기 제어 전압을 변조할 수 있다.

[0013] 대안으로, 상기 제1 광학 장치 내의 상기 전기 광학층은 제1 복굴절 측을 가지고, 상기 제2 광학 장치 내의 상기 전기 광학 층은 상기 제1 복굴절 측에 직교하는 제2 복굴절 측을 가진다.

[0014] 본 발명의 하나의 실시예에 따라 상술한 바와 같은 장치를 포함하는 안과 렌즈(ophthalmic lens) 시스템이 추가로 제공된다.

[0015] 추가로, 본 발명의 하나의 실시예에 따라, 임의의 주어진 위치에서 전기 광학층을 가로질러 인가되는 전압 과형에 의해 결정되는 전기 광학 층의 활성 영역 내에서의 상기 주어진 위치에서 국부적 유효 굴절률을 갖는 전기 광학층을 포함하는 광학 장치가 제공된다. 제1 평행 도전성 스트립을 포함하는 제1 여진 전극의 제1 어레이이는 상기 전기 광학층의 제1 측면 상의 활성 영역 위에서 제1 방향으로 뻗어있다. 제2 평행 도전성 스트립을 포함하는 제2 여진 전극의 제2 어레이이는 상기 제1 측면에 대향하는 상기 전기 광학 층의 제2 측면 상의 활성 영역 위에서 상기 제1 방향에 직교하는 제2 방향으로 뻗어있다. 제어 회로가 여진 전극으로 각각의 제어 전압 과형을 인가하도록 결합되고, 상기 전기 광학층에서 특정한 위상 변조 과일을 생성하도록 상기 제1 여진 전극 및 제2 여진 전극 모두에 인가되는 각각의 제어 전압 과형을 동시에 변조하도록 구성된다.

[0016] 개시된 실시예에서, 상기 제어 회로는 상기 여진 전극들 중에서 상이한 하나로 상이한 각각의 진폭에서 및/또는 상기 여진 전극들 중 다른 하나로 상이한 각각의 듀티 사이클을 가지고 상기 제어 전압 과형을 인가하도록 구성된다.

[0017] 일부 실시예에서, 상기 제어 회로는 장치가 위상 변조 프로파일에 의해 결정되는 초점 속성을 가지는 프레넬 렌즈와 같은 렌즈로서 기능하도록 상기 제어 전압 과형을 상기 여진 전극으로 인가하도록 구성된다. 일반적으로, 제어 회로는 상기 렌즈의 초점 거리를 변화시키고 및/또는 상기 렌즈의 광축을 시프트시키도록 상기 여진 전극에 인가된 상기 제어 전압 과형을 변조하도록 구성된다. 상기 제어 회로는 상기 장치가 비점수차 구면 렌즈로

서 기능하도록 상기 여진 전극에 상기 전압 파형을 인가할 수 있다.

[0018] 하나의 실시예에서, 상기 전기 광학 층을 가로질러 인가된 전압이 상기 국부적 유효 굴절률이 상기 인가 전압의 근사 선형(quasi-linear) 함수로서 변하는 범위 내에 한정되게 하기 위해 상기 제어 회로는 상기 제어 전압 파형을 인가하도록 구성된다.

[0019] 또다른 실시예에서, 상기 위상 변조 프로파일은 각각 상기 제2 및 제1 방향으로 정렬된 제1 및 제2 측을 따라서 변하는 제1 및 제2 컴포넌트 함수로 각각 분리가능한 함수로서 정의되고, 상기 제1 및 제2 여진 전극으로 인가된 상기 제어 전압 파형은 각각 상기 제1 및 제2 컴포넌트 함수에 따라 규정된다. 상기 제1 및 제2 컴포넌트 함수는, 상기 위상 변조 프로파일이 상기 활성 영역 내의 각각의 위치에서의 상기 제1 및 제2 컴포넌트 함수에 기인하여 각각의 위상 천이의 합을 포함하도록 상기 전기 광학 층에서의 상이한 각각의 위상 천이에 대응하도록 선택된 일 세트의 컴포넌트 파형의 면에서 정의될 수 있다.

[0020] 본 발명의 하나의 실시예에 따라, 상술한 바와 같이 제1 및 제2 광학 장치를 포함하는 장비가 더 제공되고, 여기서 상기 제1 및 제2 광학 장치가 수직 복굴절 축들을 가지고 직렬로 배열된다.

[0021] 본 발명의 하나의 실시예에 따라, 임의의 주어진 위치에서 전기 광학층을 가로질러 인가되는 전압에 의해 결정되는 전기 광학 층의 활성 영역 내에서의 상기 주어진 위치에서 국부적 유효 굴절률을 갖는 전기 광학층을 포함하는 광학 장치가 더 제공된다. 전기 광학층은 제1 및 제2 측면, 및 상기 제1 및 제2 측면 사이의 거리와 동일한 층 두께를 가진다. 도전성 전극이 상기 전기 광학층의 상기 제1 및 제2 측면 위로 뻗어있다. 상기 전극들은 상기 전기 광학층의 층 두께의 4배 이하인 전극간(inter-electrode) 피치를 가진 적어도 하나의 여진 전극의 어레이를 포함한다. 제어 회로는 전기 광학층의 위상 변조 프로파일을 변조하도록 상기 여진 전극에 제어 전압 파형을 인가하도록 구성된다.

[0022] 개시된 실시예에서, 상기 전극들은 상기 전기 광학층의 층 두께 보다 작은 캡 폭의 스트립 사이에서 캡을 가지는 투명 도전성 재료의 평행 스트립을 포함한다.

[0023] 또한, 본 발명의 하나의 실시예에 따라 광학 장치를 생산하는 방법이 제공된다. 상기 방법은 임의의 주어진 위치에서 상기 전기 광학층을 가로질러 인가된 전압 파형에 의해 결정된 상기 전기 광학층의 활성 영역내의 상기 주어진 위치에서 국부적 유효 굴절률을 가진 전기 광학층을 제공하는 단계를 포함한다. 공통 전극이 상기 활성 영역을 덮도록 상기 전기 광학층의 제1 측면 상에 위치된다. 평행한 도전성 스트립을 포함하는 여진 전극(excitation electrode)의 어레이에는, 상기 제1 측면에 대향하는 상기 전기 광학 층의 제2 측면 상의 활성 영역 위로 뻗어있도록 위치된다. 제어 회로가 여진 전극으로 각각의 제어 전압 파형을 적용하고, 동시에 복수의 여진 전극에 인가되는 제어 전압 파형을 변조하여 상기 전기 광학층의 위상 변조 프로파일을 변조하도록 결합된다.

[0024] 추가로, 본 발명의 하나의 실시예에 따라, 임의의 주어진 위치에서 전기 광학 층을 가로질러 인가되는 전압 파형에 의해 결정되는 전기 광학 층의 활성 영역 내에서 상기 주어진 위치에서 국부적 유효 굴절률을 갖는 전기 광학층을 제공하는 단계를 포함하는 광학 장치를 생산하는 방법이 제공된다. 제1 평행 도전성 스트립을 포함하는 제1 여진 전극의 제1 어레이에는 상기 전기 광학 층의 제1 측면 상의 활성 영역 위에서 제1 방향으로 뻗어있도록 위치된다. 제2 평행 도전성 스트립을 포함하는 제2 여진 전극의 제2 어레이에는 상기 제1 측면에 대향하는 상기 전기 광학층의 제2 측면 상의 활성 영역 위에서 상기 제1 방향에 직교하는 제2 방향으로 뻗어있도록 위치된다. 제어 회로가 여진 전극으로 각각의 제어 전압 파형을 인가하고 상기 전기 광학층에서 특정한 위상 변조 파일을 생성하도록 상기 제1 여진 전극 및 제2 여진 전극 모두에 인가되는 제어 전압 파형을 동시에 변조하도록 결합된다.

[0025] 본 발명의 하나의 실시예에 따라, 광학 장치를 제공하는 방법이 더 제공된다. 상기 방법은 임의의 주어진 위치에서 전기 광학층을 가로질러 인가되는 전압에 의해 결정되는 전기 광학 층의 활성 영역 내에서 상기 주어진 위치에서 국부적 유효 굴절률을 갖는 전기 광학층을 제공하는 단계를 포함하고, 상기 전기 광학층은 제1 및 제2 측면, 및 상기 제1 및 제2 측면 사이의 거리와 동일한 층 두께를 가진다. 도전성 전극이 상기 전기 광학층의 상기 제1 및 제2 측면 위로 뻗어있도록 위치되고, 상기 전극들은 상기 전기 광학층의 층 두께의 4배 이하인 전극간(inter-electrode) 피치를 가진 적어도 하나의 여진 전극의 어레이를 포함한다. 제어 회로는 상기 전기 광학층의 위상 변조 프로파일을 변조하도록 상기 여진 전극에 제어 전압 파형을 인가하도록 결합된다.

## 도면의 간단한 설명

[0026]

본 발명은 도면과 함께 그의 실시예의 하기의 설명으로부터 보다 완전하게 이해될 것이다:

도 1은 본 발명의 하나의 실시예에 따른 광학 시스템의 개략적 측면도이고;

도 2a는 본 발명의 하나의 실시예에 따른 광학 장치의 개략적 묘사도이고;

도 2b 및 2c는 본 발명의 하나의 실시예에 따른 도 2a의 장치의 대향 측면에 배치된 전극의 개략 측면도이고;

도 3a는 본 발명의 다른 실시예에 따른 광학 장치의 개략적 묘사도이고;

도 3b 및 도 3c는 본 발명의 하나의 실시예에 따른 도 3a의 장치의 대향하는 측면에 형성된 전극의 개략 측면도이고;

3d는 본 발명의 하나의 실시예에 따른 장치의 대향 측면 상의 전극의 중첩을 도시하는, 도 3a의 장치의 개략적 측면도이고; 및

도 4는 본 발명의 하나의 실시예에 따른 광학 장치를 제어하는 데에 이용되는 인가 전압의 함수로서 광학 장치에서 액정 층의 유효 굴절률의 종속성을 나타내는 개략적 플롯이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027]

(개요)

[0028]

픽셀 그리드를 가진 전기 광학 재료를 이용한 전기적으로 조정가능한 렌즈는, 이론적으로는, 국부적 굴절률과 픽셀의 피치의 달성가능한 범위의 제한 내에서 원하는 위상 변조 프로파일을 생성한다. 그러나, 안과용과 같은 다수의 애플리케이션을 위한 실제 렌즈의 구현은 예를 들면  $50\mu\text{m}$  이하의 피치를 가진 적어도  $400 \times 400$  픽셀의 어레이와 같은 매우 작은 픽셀의 대량의 어드레스 가능한(addressable) 그리드를 필요로 한다.

[0029]

액정 디스플레이(LCD) 패널에서, 픽셀은 일반적으로  $N$  행 및  $M$  열의 매트릭스로 배열된다.  $N \times M$  픽셀의 각각은 모든 다른 픽셀에 독립적인 일세트의 가능한 값(그레이 레벨)을 수용할 수 있다. 상이한 픽셀 값들이 액정(LC) 층에 인가된 로컬 전압을 변경함으로써 얻어진다. 일반적으로, LC 응답 시간보다 더 빠른 속도로 시간에 따라 변하고(time-varying) 부호가 교대로 변하고, LC는 평균 전압이 특정한 임계치 이상인 한은 유효 평균 인가 전압에 반응한다.

[0030]

LCD 패널 픽셀에 인가된 유효 전압은 회로 구동에 의해 제어된다. 큰 픽셀 수에 기인하여, 구동 회로는 일반적으로 행 및 열의 전극의 전압을 제어하고, 각 픽셀에 대한 전압을 직접 제어하지 않는다. 이러한 스킴은 드라이버로 하여금  $N \times M$  전압 값 대신에  $N+M$  만을 제어할 수 있도록 한다. 각 픽셀에 대한 유효 전압을 독립적으로 제어하는 것이 필요하기 때문에, 시분할(time-sharing) 기술이 픽셀의 값을 연속적으로 업데이트하기 위해 드라이버에서 이용된다. 열(row) 전극은 일반적으로 전압을 제어하고, 활성 열을 선택하는데에 이용되는 반면, 행(column) 전극은 일반적으로 열 제어 전압에 의해 선택되는 현재 활성 열에서 픽셀의 요구되는 값에 대응하여 데이터 종속적인 전압을 인가하는 데에 이용된다. 따라서 특정한 행의 요구되는 픽셀값은 열의 전압 파형에 대해 멀티플렉싱된다.

[0031]

이러한 유형의 시분할은 예를 들면 모든 픽셀 옆에 트랜지스터를 배치함으로써 달성될 수 있다. 트랜지스터는 행 전극을 픽셀 전극에 연결하고, 자신의 도전성은 대응하는 열 전극에 의해 제어된다. 열은 따라서 한번에 한 열씩 연속하여 처리된다. 예를 들면, 특정한 열, 열 번호  $k$ 가 업데이트되면,  $k$  열 전극의 전압은 그 열의 픽셀의 트랜지스터를 오픈하도록 설정되는 반면, 모든 다른 열 전압은 트랜지스터를 폐하도록 설정된다. 행 전극 전압은 그런 다음 열  $k$ 에 디스플레이되는 데이터에 따라 업데이트된다. 이러한 유형의 패널이 렌즈를 구현할 수 있을지라도, 트랜지스터에 기인하여, 상대적으로 낮은 픽셀 충전 팩터(fill factor)가 렌즈 품질을 제한하는 회절 효과를 산출한다.

[0032]

시분할은 또한 트랜지스터에 다시 의존(resorting) 필요없이 구현될 수 있다. 이러한 스킴에서, 시분할 멀티플렉싱으로서 공지된 LC 층이 직교하여 배향된 평행 전극의 2개의 어레이 사이에 배치된다. X 축 전극은 LC의 하나의 측면 상에 배치되고, X 축 전극에 직교하는 Y 축 전극은 LC의 다른 측면 상에 위치된다. 각 픽셀에 대한 전압은 따라서 자신의 열 전극과 행 전극의 전압 파형 사이에서 차이가 있다. 원하는 위상 변조 프로파일을 달성하기 위해, 업데이트될 열에 대한 것을 제외한 모든 열 전극의 전압은  $V_{bias}$ 와 행 전극 전압 사이의 전압 차이가 LC 응답 임계 전압 이하인 것을 보장하도록 선택되는 값  $V_{bias}$ 으로 설정된다. 업데이트될 열에서의 픽셀만이 LC 임계 전압보다 더 큰 전압을 받고, 따라서 업데이트된다. 이러한 스킴은, 그러나, 큰 픽셀 수를 지

원할 수 없고, 따라서 고 품질 렌즈를 구현하는 데에 이용될 수 없다.

[0033] 본 명세서에 기술된 본 발명의 실시예는 당업계에 공지된 장치보다 더 미세한 피치와 보다 유연한 처리가능성 (addressability)을 달성할 수 있는 신규한 전기적으로 조정가능한 광학 장치를 제공함으로써 상기의 제한을 극복한다. 예를 들면, 개시된 장치는 원통형 렌즈(스트립 전극의 어레이를 이용하여, 하나의 축을 따라서 포커싱 하면서)로서 동작하거나, 또는 이중 축 포커싱을 하는 구면 렌즈를 애뮬레이팅하도록 구성될 수 있다. 초점 파워와 광축의 위치, 즉, 이러한 방식으로 정의된 렌즈의 유효 중심 포인트 또는 축은 적절한 제어 전압의 인가에 의해 자유롭고 빠르게 변경될 수 있다.

[0034] 일반적으로, 개시된 장치는 분리가능한 임의의 위상 변조 프로파일을 적용하도록 구성될 수 있다. 2차원 위상 변조 프로파일,  $e^{i\phi(x,y)}$  은 2개의 1차원 함수의 곱으로 분해될 수 있는 경우,  $e^{i\phi(x,y)} = e^{i\phi_x(x)} \cdot e^{i\phi_y(y)}$  로 분리가능하다. 즉, 이들 장치는 각각 상호 직교하는 축을 따라서 변하는 2개의 컴포넌트의 함수로 분리가능한 함수로서 정의된 임의의 위상 변조 프로파일을 적용할 수 있고, 위상 변조 프로파일은 그런다음 제1 및 제2 컴포넌트 함수에 기인하여 각각의 위상 천이의 합을 포함한다.(위상이 주기  $2\pi$ 를 가진 주기 함수이기 때문에, 용어 "합"은 모듈로(modulo)  $2\pi$ 인 모듈로 써매이션(modular summation)을 포함하는 것으로서 이 문맥에서 이해되어야 한다)

[0035] 개시된 실시예의 일부에서, 광학 장치는, 상술한 바와 같이, 전기 광학총의 활성 영역 내의 임의의 주어진 위치에서의 국부적 유효 굴절률이 상기 위치의 근방에서의 층에 가로질러 인가되는 전압에 의해 결정되는 것을 의미하는 전기 광학총을 포함한다. 일반적으로, 전기 광학총은, 다른 유형의 전기 광학 재료가 대안으로 이용될 수 있을지라도, 액정, 가능하면 편광 독립적인(polarization-independent) 액정총(콜레스테릭 LC총과 같은)을 포함한다. 공통 전극이 전기 광학총의 하나의 측면 상의 활성 영역 위에 위치된다. 도전성 재료의 평행 스트립을 포함하는, 여진 전극(excitation electrode)의 어레이가 전기 광학총의 대향하는 측면 상의 활성 영역 위로 뻗어있다.

[0036] 전기 광학총의 위상 변조 프로파일을 구동하고 변조시키기 위해, 제어 회로는 각각의 제어 전압을 여진 전극에 인가한다. 일반적으로, 각각의 스트립(즉, 각각의 여진 전극)은 개별적으로 제어 회로에 연결되고 제어 회로에 의해 제어되어 여진 전극의 다수 또는 심지어 모두에게 인가된 전압 파형이 동시에 변조될 수 있도록 한다. 이러한 구성은 전기 광학총의 스트립과 두께 사이의 거리만큼만으로 제한된 해상도를 임의의 조정가능한 1차원 프로파일의 광학 소자(원통형 렌즈와 같은)에 제공한다. 장치의 위상 변조 속성은 제어 회로의 속도 및 전기 광학총의 응답시간에 의해서만 제한되는 비율로 변조될 수 있다.

[0037] 이러한 유형의 2개의 장치가 직각으로 덧붙여 있을 수 있고, 근축 근사(paraxial approximation) 하의 구면 렌즈를 애뮬레이팅할 수 있는 장비를 제공하기 위해 하나의 장치 내에서의 여진 전극은 다른 장치에서의 여진 전극에 직교하는 방향으로 배향된다.

[0038] 다른 실시예에서, 광학 장치는 층의 대향하는 측면 상에 여진 전극의 제1 및 제2 어레이를 가지는 전기 광학총을 구비한다. 각각의 어레이는 활성 영역 위로 뻗어있는 도전성 재료의 평행 스트립을 구비하고, 제2 어레이는 제1 어레이에 직교하는 방향으로 배향된다. 제어 회로는 양 어레이에서의 여진 전극에 각각의 제어 전압 파형을 인가하고 전기 광학총의 양 측면들 상의 다중 여진 전극(그리고 가능한 모든 여진 전극)에 인가된 제어 전압을 변조할 수 있다. 제어 회로는 전기 광학총에서 특정한 위상 변조 프로파일을 생성하기 위해 제1 및 제2 어레이 모두의 여진 전극으로 인가된 각각의 제어 전압 파형을 동시에 변조할 수 있다.

[0039] 이들 실시예에서, 시분할 멀티플렉싱 스킴이 요구되지 않고, 열 및 행 전압 파형 모두가 데이터-종속적이다. 전기 광학 재료에서의 선형 위상 응답을 생성하도록 전압 파형이 선택된다. 공식적으로 언급된 바와 같이, LC

에 인가되는 전압 파형에 관련하여 사용된 "선형 위상 응답"이라는 용어는 일 세트의 전압 파형,  $\{V_{X,i}(t)\}_{i=1}^N$

이 제1 미리정해진 세트의 위상 값  $\{\emptyset_{X,i}\}_{i=1}^N$ 에 대응하는 제1 세트의 전극에 인가되고, 일 세트의 전압 파형

$\{V_{Y,j}(t)\}_{j=1}^M$  이 제2 미리정해진 세트의 위상 값  $\{\emptyset_{Y,j}\}_{j=1}^M$ 에 대응하는 제1 세트의 전극에 직교하여 배치된 제2 세트의 전극에 인가될 때, 그런다음 각각의  $i=1..N$ 이고,  $j=1..M$ 에 대해, 전압 파형( $V(t)$ )이 그 것에 인가될

때 전기 광학층을 통과하는 광에 대한 위상 변조 프로파일  $T_{LC}\{V(t)\}$ 은  $T_{LC}\{V_{X,i}(t) - V_{Y,j}(t)\} = e^{i(\phi_{X,i} + \phi_{Y,j})}$  이 될 것이다. 실제 실시예에서, 본 발명자들은 16개 이상의 위상 값들의 세트(즉,  $N, M \geq 16$ )가 광학 성능에 관하여 양호한 결과를 가져온다는 것을 발견하였다.

[0040] 예를 들면, 구면 렌즈는 변환 함수  $T(x, y) = e^{i\frac{\pi}{\lambda f}(x^2 + y^2)}$  를 가진 광학 소자이고, 여기서  $f$ 와  $\lambda$ 는 각각 렌즈 초점 거리와 파장이다.  $T(x, y)$ 는 분리 가능한,  $T(x, y) = e^{i\frac{\pi}{\lambda f}x^2} \cdot e^{i\frac{\pi}{\lambda f}y^2}$  이고, 총 위상 응답은 x 축에서의 위상 기여분과 y축에서의 위상 기여분의 합으로써 표현될 수 있다. 어퍼처 반경  $R$ 을 가진 렌즈의 최대 위상 지연(maximal phase retardation)은  $\frac{\pi}{\lambda f}R^2$  이다. 위상 변조 범위는  $N$ 개의 양자 레벨,  $\phi_i = \frac{i}{N} \cdot \frac{\pi}{\lambda f}R^2$  로 분할될 수 있다.

[0041] 본 발명의 일부 실시예에서, 선형-위상-응답 전압 파형은 이들 위상 값들에 대응하는 것으로 정의된다. 요구되는 위상 변조 값은 그런 다음 각각의 전극에 대해 연산된다. 예를 들면,  $x = x_{\text{hi}}$  위치된 전극은 위상  $\frac{\pi}{\lambda f}(x_1 - x_o)^2$  을 요구하고, 여기서,  $x_o$  은 렌즈의 중심 포인트이다. 이 위상 값은 가장 근접한 미리 정해진 양자 레벨로 양자화된다.

면서,  $x = x_1$ 에서의 전극에 인가된 전압 파형은  $V_{X,l}(t)$ 이 될 것이다. 선형 위상 응답 전압 파형의 적절한 선택에 의해, 각각의 픽셀에서의 위상 변조는 X 및 Y 축 상에서의 전극 전압 파형에 대응하는 위상 변조의 합이 될 것이고, 렌즈를 형성한다.

[0042] 따라서, 당업계에 공지된 LCD 패널과 구별하여, X 및 Y축 전극 모두는 데이터 종속적인 전압 파형을 가지고 구동되고, 모든 전극은 동시에 그리고 독립적으로 구동될 수 있다. 본 문맥에서 사용된 "동시에"라는 용어는 구동 파형(driving waveform)이 시분할 멀티플렉싱 없이 동시에 전극에 의해 정의된 어레이의 상이한 열과 행에서의 다중 픽셀에 인가되는 것을 의미한다. "독립적으로"라는 용어는 상이하고 데이터 종속적인 파형이 X 축 및 Y축을 따라서 각각의 전극에 인가될 수 있다는 것을 의미한다. 제어 회로는 상이한 진폭에서 및/또는 일반적으로 상이한 듀티 사이클을 가지는 시간 파형을 가진 전극들 중 상이한 하나로 각각의 전압을 인가할 수 있다.

[0043] 공지된 LCD 장치에서, 픽셀의 피치는 픽셀을 자신들의 이웃과 상이하게 유지하고 혼선(crosstalk)을 최소화 하도록 액정층의 두께에 비해 크다. 인접 전극들 사이의 거리는 유사하게 액정층 두께에 비해 크다. 반대로, 본 발명의 일부 실시예에서, 전극간(inter-electrode) 피치(상수일 수도 있고 변수일 수도 있음)는 전기 광학층의 층 두께의 4배 이하이거나, 또는 층 두께의 2배 이하, 또는 층 두께 자체보다 작다. 전극 스트립 사이의 거리는 유사하게 전기 광학층의 층 두께 이하일 수 있다. 작은 전극 피치와 전극 사이의 협소한 캡은 조정가능한 광학 장치의 원하는 미세한 분해능을 개선한다. 추가로, 이러한 미세한 전극 지오메트리로부터 야기된 인접한 픽셀들 사이의 혼선은 실질적으로 광학 장치의 영역 위에서 생성되는 위상 프로파일을 평탄화할 때 유익할 수 있다.

[0044] (시스템 설명)

[0045] 도 1은 본 발명의 하나의 실시예에 따른 광학 시스템(20)의 개략적 측면도이다. 도시된 실시예에서, 시스템(20)은 사용자의 눈(22)의 시력을 위한 동적 교정을 제공하는 안과 렌즈로서 기능하도록 구성된다. 그러나 이러한 실시예는 단지 본 발명의 원리의 가능한 애플리케이션의 하나의 비제한적인 예시이다.

[0046] 시스템(20)은 직렬로 배열되고 조정가능한 원통형 렌즈로서 기능하도록 구성된 2개의 전기적으로 조정가능한 광학 장치(24 및 26)를 포함한다. 이러한 유형의 장치는 도 2a-2c에 도시된다. 장치(24 및 26)에서의 여진 전극의 배향을 위해, 2개의 장치의 각각의 원통 축이 상호 직교하여 예를 들면 장치(24)는 수직 초점 선을 가지는

반면, 장치(26)는 수평 초점 선을 가진다. 명료화를 위해 개별 유닛으로서 장치(24, 26)가 도시되었지만, 2개의 장치는 선택적으로 공통 기판을 공유할 수 있다.

[0047] 도 1에 도시된 추가적인 선택사항으로서, 장치(24, 26)는 종래 렌즈(28)와 함께 이용될 수 있다. 이 렌즈는 장치(24, 26)의 동작에 의해 동적으로 조정되는 시스템(20)의 기선(baseline) 굴절력(refractive power)을 제공한다.

[0048] 제어 유닛(도시되지 않음)은 자신의 각각의 광학 파워 및 정렬을 조정하기 위해 광학 장치(24, 26)를 제어한다. 예를 들면, 각각의 광학 파워는 눈(22)이 초점을 맞추려고 시도하고 있는 거리를 수용하기 위해 증가 또는 감소될 수 있다. 장치(24, 26)는 비구면 컴포넌트를 추가하면서 구면 렌즈를 애뮬레이팅 하기 위해 동일한 광학 파워를 가지도록 설정될 수 있다. 대안으로, 장치(24, 26)는 비점수차 렌즈로서 기능하도록 상이한 광학 파워를 가질 수 있다.

[0049] 도 1에 도시된 또 다른 예시로서, 장치(24, 26)의 광학 중심 선이 횡단 방향으로 시프트되어, 시스템(20)의 광축이 기선 축(30)으로부터 벗어난(deviated) 축(32)으로 이동하도록 한다. 이러한 축 이동은 사용자의 주시각(gaze angle)과 시스템의 광축을 동적으로 정렬시키기 위해 눈의 추적과 함께 적용될 수 있다.

[0050] 보다 일반적으로, 시스템(20)은, 프로파일에서의 위상 천이의 범위가 장치(24, 26)에서의 전기 광학층의 굴절률 변화 및 두께의 범위까지 달성가능한 한은 수직 및 수평 컴포넌트로 분리가능한 실질적으로 임의의 원하는 위상 프로파일을 구현하기 위해 장치(24, 26)에 적절한 제어 전압을 인가하는 것에 의해 제어될 수 있다. 원하는 범위의 위상 천이를 감소시키기 위해, 장치(24, 26)에 인가된 전압은 장치가 원통형 프레넬 렌즈로서 동작하도록 선택될 수 있다.

[0051] 다른 실시예에서, 원통형 장치(24, 26)는 2차원 위상 프로파일을 생성하도록 배열된 전극을 가진 단일 광학 장치에 의해 대체될 수 있다. 이러한 장치는 도 3a-d를 참조하여 하기에 기술된다.

[0052] (조정가능한 원통형 렌즈)

[0053] 본 발명의 하나의 실시예에 따라 광학 장치(24)의 상세를 개략적으로 도시하는 도 2a-c를 참조하라. 도 2a는 장치의 묘사도이고, 도 2b 및 2c는 장치의 대향하는 측면들의 측면도이다. 시스템(20)(도 1)에서, 장치(26)는 장치(24)와 동일한 설계이지만, 도 2b에 도시된 바와 같이 수직이 아니라 수평 방향의 여진 전극(46)을 가진다.

[0054] 장치(24)는 일반적으로 종래 기술에 공지된 바와 같이 적절한 캡슐화에 의해 수용되는 액정 층과 같은 전기 광학층(40)을 포함한다. 층(40)은 임의의 주어진 위치에서 층을 가로질러 인가되는 전압에 의해 결정되는 자신의 활성 영역(예를 들면 실제로 액정을 수용하는 층(40)의 영역)내에서의 주어진 위치에서 국부적 유효 굴절률을 가진다. 층(40)에서의 액정은 복굴절일 수 있고, 이 경우 장치(24) 또는 시스템(20)은 층(40)을 통과하고 그에 의해 회절될 광의 편광을 선택하기 위해 종래 기술에 공지된 편광판(간략화를 위해 생략됨)을 구비한다. 대안으로, 편광판에 대한 필요성을 방지하기 위해, 2개의 이러한 렌즈가 복굴절의 직교하는 축들과 연관될 수 있어서, 각각 콜레스테릭 액정 재료의 층과 같은 상이한 직교 편광, 또는 편광 독립적인 액정층들 상에서 동작하도록 한다.

[0055] 유리 블랭크와 같은 투명 기판(42, 44)이 층(40)의 대향하는 측면들 위에 위치되고, 각각의 전극이 도 2b 및 2c에 도시된 바와 같이 기판 상에 배치된다. 전극은 종래기술에 공지된 인듐 주석 산화물(ITO)과 같은 투명 도전성 재료를 포함한다. 대안으로, 전극이 불안정한 광학 효과를 가져오지 않도록 충분히 얇은 한은 불투명 전극이 사용될 수 있다. 기판(44) 상의 공통 전극(50)이 하나의 측면 상의 층(40)의 활성 영역 위에 위치된다. 이 공통 전극이 단일 결정의(monolithic) 장방형으로서 도시되었지만, 대안으로 그것은 충분히 층(40)의 활성 영역을 덮는 임의의 적절한 형상을 가질 수 있다. 기판(42) 상의 투명 도전성 재료의 평행 스트립을 구비하는 여전 전극(46)의 어레이는 층(40)의 대향하는 측면 위의 활성 영역 위로 뻗어있다(본 문맥에서 "평행"은 물론 몇도 만큼 각도가 어긋나는 전극을 포함할 수 있다).

[0056] 예를 들면, 도면에 도시된 전극 패턴은 기판(42, 44) 상에서 리소그래피에 의해 형성될 수 있고, 그 후에 기판은 종래 기술에 공지된 바와 같이 접착제 또는 에칭 스페이서(etched spacer)를 이용하여 일반적으로 수 미크론의 미리정해진 거리로 함께 접착된다. 층(40)은 그런다음 기판 사이의 갭으로 삽입되어 밀봉된다. 시각적 명료화를 위해, 소수의 전극(46)만이 도 2c에 도시되었지만, 실제에 있어서는, 양질의 광학 품질을 위해, 장치(24)는 일반적으로 여기를 위한 적어도 100개의 스트립 전극, 가능한 400개 이상의 스트립 전극을 포함할 것이

다. 이러한 동일한 조건은 도 3b 및 3c에 도시된 스트립 전극에 적용된다.

[0057] 제어 회로(48)는 전극(50)의 공통 전압 레벨에 대해 여진 전극(46)에 각각의 제어 전압을 인가하도록 결합된다. 제어 회로(48)는 일반적으로 종래 기술에 공지된 바와 같은 증폭기 및/스위치를 포함하고, 이는 각각의 전극(46)에 인가되는 전압의 진폭 또는 듀티 사이클, 또는 그 모두를 제어한다. 전극에 인가되는 진폭 및/또는 듀티 사이클의 패턴은 층(40)의 위상 변조 프로파일을 판정한다. 회로(48)에서의 회로 컴포넌트는 일반적으로 실리콘 칩으로서 제조되고, 이는 그런다음 도 2b에 도시된 바와 같이 기판(42) 상으로 접착된다. 대안으로, 회로(48) 컴포넌트의 일부 또는 전부는 개별 칩 상에 형성되고 적절한 본딩 와이어 또는 기타 접속에 의해 기판(42)으로 연결된다. 어느 경우에건, 제어 회로는 도 3c에 도시된 바와 같이 전극의 어레이의 측면에 위치될 수 있고, 제어 회로의 어떠한 부분도 층(40)의 활성 영역 위에 위치될 필요가 없다.

[0058] 회로(48)는 여진 전극(46)의 세트(전극 모두를 포함할 수 있는)의 각각에 동시에 그리고 독립적으로 인가되는 제어 전압을 변조할 수 있다. 예를 들면, 회로(48)는 어레이에서 모든 짹수 전극과 함께 모든 홀수 전극에 교대로 인가된 제어 전압을 업데이트 할 수 있다. 이러한 유형의 접근 방식은 대량의 전극 수를 용이하게 크기 조정할 수 있고, 따라서 높은 픽셀 수와 미세한 분해능을 가진 전기적으로 조정 가능한 광학 시스템을 생성하는데에 이용될 수 있다.

[0059] 상술한 바와 같이, 장치(24)는 이와 같은 방식으로 전극(46)에 인가된 전압에 의해 층(40)에서 유도된 위상 변조 프로파일에 의해 결정된 초점 속성을 가진 원통형 렌즈로서 기능하도록 제어된다. 선택적으로, 이를 전압은 장치(24)가 원통형 프레넬 렌즈로서 기능하도록 설정될 수 있다. 여진 전극(46)에 인가된 제어 전압은 장치에 횡단하는 방향으로(즉, 기판(42, 44)의 표면에 평행한 방향으로) 원통형 렌즈의 초점 선을 시프트할 뿐만 아니라 원통형 렌즈의 초점 거리를 변경하도록 변조될 수 있다.

[0060] (2차원 위상 변조 프로파일을 가진 장치)

[0061] 도 3a-3d는 본 발명의 또다른 실시예에 따라 2차원 위상 변조 프로파일이 단일한 전기 광학층(62)에서 생성되는 광학 장치(60)를 개략적으로 도시한다. 도 3a는 장치(60)의 묘사도인 반면, 도 3b 및 3c는 장치의 대향하는 측면들 상의 투명한 기판(64, 66)을 도시하는 측면도이다. 도 3d는 장치의 대향하는 측면들 상에서 기판(64, 66) 상에 위치된 여진 전극(68, 72)의 중첩을 도시하는 장치(60)의 측면도이다. 장치(60)는 예를 들면 장치(24, 26)의 조합 대신에 시스템(20)(도 1)으로 대체될 수 있다.

[0062] 장치(60)는 상술한 바와 같이 층(40)과 유사하게 액정층과 같은 전기 광학층(62)을 포함한다. 기판(64, 66) 상의 전극(68, 72)은 각각 상호 직교하는 방향으로 층(62)의 활성 영역 위로 뻗어있는 투명한 도전성 재료의 평행 스트립을 포함한다. 전극(68, 72)이 도면에서 균일한 형상 및 간격일지라도, 스트립은 대안으로 가변 크기 및/또는 피치를 가질 수 있다.

[0063] 회로(48)(도 2b)와 유사한 구성 및 설계일 수 있는 제어 회로(70, 74)는 각각 여진 전극(68, 72)에 제어 전압을 인가한다. 장치(24)에서와 같이, 장치(60)의 제어 회로는 여진 전극의 세트(전극 모두를 포함할 수 있는)의 각각에 동시에 그리고 독립적으로 인가되는 제어 전압을 변조할 수 있다. 제어 회로(70, 74)는 그러나 층(62)의 측면들 모두 위에서의 여진 전극의 세트로 인가되는 전압을 변조하여, 2차원으로 층의 위상 변조 프로파일을 변조할 수 있다.

[0064] 제어 전압은 따라서 장치(60)가 위상 변조 프로파일에 의해 결정된 초점 속성을 가지는 렌즈(가능하다면 프레넬 렌즈)로서 기능하도록 여진 전극(68, 72)에 인가될 수 있다. 제어 전압 파형은 상기와 같이 정의 및 설명한 바와 같이, 전기 광학층의 선형 위상 응답을 가져온다. 제어 회로는 렌즈의 초점 거리를 변경하고 및/또는 렌즈의 광축을 시프트하도록 제어 전압을 변조할 수 있다. 순환적으로 대칭적인 위상 변조 프로파일을 제공하도록 전극(68, 72)을 가로지르는 회로(70, 74)에 의해 인가되는 전압 패턴이 선택될 수 있고, 따라서 구면 렌즈를 애뮬레이팅할 수 있다. 대안으로, 상이한 전압 패턴이 인가되어 예를 들면 장치(60)가 하나의 축 또는 다른 축을 따라서 더 강한 원통형 컴포넌트를 가진 비점수차 렌즈로서 기능하도록 한다.

[0065] 도 3d에 도시된 바와 같이, 전극(68, 72)의 중첩은 전극(72)의 수평 스트립과 전극(68)의 수직 스트립의 오버랩 영역에 의해 정의되는 픽셀(76)의 어레이를 생성한다. 스트립 사이의 중심 대 중심의 거리는 픽셀 어레이의 피치(P)를 정의하는 반면, 도전성 스트립의 폭(D) 자체는 픽셀(76)의 크기를 정의한다(이들 파라미터가 장치(60)의 2차원 어레이에 대해 예시되었을 지라도, 유사한 디멘션 및 고려사항이 상술한 바와 같이 장치(24, 26)의 1차원 어레이에 적용한다). 이들 전극 어레이의 차원(dimensional) 파라미터들은 도 3a에 도시된 전기 광학층

(62)의 총 두께(T)에 비교된다.

[0066] 종래 기술에 공지된 대부분의 액정 장치에 반해서, 장치(60)의 전극간 피치(P)는 총(62)의 두께(T)의 4배 이하이고, 두께의 2배 이하일 수 있다. 추가적으로, 또는 대안으로, 전극 스트립 사이의 거리(P-D)는 총 두께(T) 이하이거나 T의 1/2 이하일 수도 있다. 일부 구현에서, 피치(P)는 T 보다 작을 수도 있다. 디멘션의 이러한 선택은 픽셀(76)의 고 충전 팩터와 그에 따른 고 분해능을 가능하게 한다. 추가로, 상대적으로 두꺼운 총(62)은 장치(60)가 큰 범위의 상이한 위상 천이를 생성할 수 있도록 하는 반면, 작은 피치는 굴절률을 변조, 및 그에 따른 고 분해능의 위상 시프트를 보조한다. 이러한 디멘션의 선택으로부터 야기된 인접 픽셀 사이의 혼선은 실제로는 장치의 위상 변조 프로파일을 평탄화할 때에 효익이 있고, 따라서 종래 렌즈의 이차 프로파일(quadratic profile)에 보다 근사할 수 있다.

[0067] 상술한 바와 같이, 시스템(20)에서의 장치(24, 26)의 조합 뿐만 아니라 장치(60)는 특히 X 및 Y 방향으로 분리 가능한 위상 변조 프로파일을 생성하는 데에 이용될 수 있다. 그러나 액정 또는 기타 전기 광학층의 유효 굴절률의 변형은 일반적으로 인가 전압에서 선형이 아니다. 시스템(20)에서, 장치(24, 26)의 각각은 독립적으로 제어되어, 제어 회로(48)에 의해 전극(46)으로 인가된 전압은 비선형성에 대해 조정하기 위해 보상될 수 있다. 한편 장치(60)에서, 각각의 픽셀(76)을 가로지르는 전압은, 비선형성에 대한 보상이 단순하지 않도록 픽셀을 횡단하는 수직 전극(68) 및 수평 전극(72) 모두에 인가되는 전압의 합수이다.

[0068] 본 발명의 실시예에서, 적어도 2개의 상이한 접근 방식이 원하는 위상 응답을 달성하고, 따라서 X 및 Y 방향으로 분리 가능한 위상 변조 프로파일을 구현하기 위해 이용될 수 있다. 하나의 이러한 접근 방식은 도 4를 참조하여 하기에 기술되는 바와 같이 인가 전압의 범위를 제한하는 것이다. 대안으로, 자신의 중첩이 총(62)에서의 선형 응답을 가져오도록 전극(68, 72)에 인가되는 전압 파형이 선택될 수 있다.

[0069] 도 4는 본 발명에 따라 장치(60)를 제어하는 데에 이용되는 인가 전압(V)에 대한 광학 장치에서의 액정 총의 유효 굴절률(n)의 종속성을 도시하는 개략적인 플롯이다.(이 플롯은 "Liquid Crystal Blazed Grating Beam Deflector," Applied Optics 39, p6545-6555(2000)에서 Wang 등에 의해 제시된 데이터에 기초한다.) 도시된 곡선이 전체가 비선형이지만, 그것은 근사 선형(quasi-linear) 영역이라고 본 문에서 지칭된 1-2V의 근사 영역에서의 대략적인 선형 영역을 가진다. "근사 선형"이라는 용어는 유효 굴절률이 전압, 즉, △10% 이내와 같은 미리 정해진 오차 기준까지  $n(V) = a + bV$ 에서 거의 선형인 영역을 가리키도록 본 상세한 설명과 청구범위에서 이용되고, 여기서 a와 b는 각각 일정한 오프셋 및 기울기 파라미터이다.

[0070] 원통형 렌즈 프로파일( $V_x(x)$ )을 형성하는 전압이 수직 전극(68)에 인가( $n(x) = a + bV_x(x)$ )가 원통형 위상 프로파일을 산출)되고, 유사하지만 역인 프로파일,  $V_y(y) = -V_x(y)$ 가 수평 전극(72)에 인가될 때, 총(62)를 가로지르는 전압 프로파일은  $V(x, y) = V_x(x) V_y(y)$ 이다. 이 전압 프로파일은 전압이 선형(또는 근사 선형) 응답 영역에 있는 동안은 유효 굴절률:

$$n(x, y) = a + b[V_x(x) - V_y(y)] = a + bV_x(x) - bV_y(y)$$

[0071] [0072] 을 가져온다. 수식의 우측 상의 제1 항(a)은 상수이고, 따라서 위상 변조에 기여하지 않는다. 제2 및 제3 항은 수평 및 수직 원통형 렌즈 컴포넌트이고, 이는 함께 2차원 렌즈를 형성한다.

[0073] 총(62)의 근사 선형 응답 영역 내에서, 상이한 픽셀(76)에서의 상이한 위상 변조 값은 수식,  $n(x) = a + bV_x(x) - bV_y(y)$ 가 유지하도록 굴절률 응답이 근사 선형인 한은 상이한 전압을 인가하거나 또는 상이한 듀티 사이클에 대해 동일한 전압을 인가하거나 또는 양 기술의 조합에 의해서 획득될 수 있다.

[0074] 한 편, 전기 광학층(62)의 근사 선형 영역으로 인가 전압을 제한하는 것이 장치(60)의 동작을 단순화시킬지도라도, 이러한 제한은 필수적인 것이 아니다. 근사 선형 영역 외부에서 동작할때라도, 총(62)의 위상 변조는 X 축 및 Y 축에 대해 적용된 변조의 합으로써 표현될 수 있다. 이러한 경우에, 제어 회로(70, 74)는 총(62)에서의 특정한 위상 천이의 세트를 생성하기 위해 선택된 각각의 시간 변형 패턴을 가지는 각각의 파형으로서 전극(68, 72)에 제어 전압을 인가할 수 있다. N개의 상이한 위상 레벨이 프레넬 렌즈에 요구되는 경우, 예를 들면, X 및 Y 방향 전극에 대한 N개의 상이한 전압 파형의 쌍들이 위상 응답의 원하는 레벨을 제공하기 위해 선택된다. 공식적으로, 각각의  $i, j = 0 \dots N-1$ 에 대해 전극 사이의 전압 차이에 대한 총(62)의 위상 응답이

$$\Phi\{V_{x_i}(t) - V_{y_j}(t)\} = \phi_0 + (i + j) \frac{2\pi}{N}$$

가 되도록 X 및 Y 방향 전극에 대하여, 전압 파형이 정의되고

$Vx_i(t)$  및  $Vy_i(t)$  ( $i=0 \dots N-1$ ), 여기서  $t$ 는 시간을 나타내고,  $\phi_0$ 는 기준선 위상이다.

[0075] 적절한 파형의 선택은 임의의 분리 가능한 위상 프로파일이 구현되도록 한다(전기 광학총의 한계 내에서). 이들 전압 파형을 생성하는 방법은 부록에서 하기에 제시된다. 부록에서 기술된 접근 방식에서, 듀티 사이클을 변조가 특정한 고정된 전압에서의 전극에 적용되지만, 특정한(일반적으로 짧은) 시간 기간 동안, 전기 광학총을 가로지르는 전압이 X 및 Y 방향 파형의 오버랩에 기인하여 2배가 되도록 파형이 선택된다. 전압 효과는 액정에 의해 평균화되지만, 선형은 아니고, 즉,  $2T$ 의 기간 동안 전압( $V$ )은 시간( $T$ )에 대해  $2V$ 의 전압과 등가가 아니다. 후자는 더 큰 효과를 가진다. 이러한 추가된 자유도는 문제를 해결하고 원하는 선형 응답을 달성하기 위해 적절한 파형을 선택하는 데에 이용된다.

[0076] 그러나 이러한 파형의 특정한 선택은 단지 이러한 유형의 실시예의 가능한 구현의 예시라는 것이 이러한 유도에 기초하여 명확하게 될 것이다. 다른 세트의 파형이 유사하게 유도될 수 있고, 본 발명의 범위 내에 있다고 간주될 수 있다.

[0077] 따라서, 상술한 실시예는 예시에 의해 인용되었고, 본 발명은 상술하고 특정하게 도시된 것에 한정되지 않는다는 것이 명확하게 될 것이다. 오히려, 본 발명의 범위는 상술한 설명을 읽었을 때 당업자에게 일어날 수 있고 종래기술에 개시되어있지 않은 그의 변형 및 변경뿐 아니라, 상술한 다양한 특징들의 조합 및 하부 조합을 포함한다.

[0078] (부록-전기 광학총의 위상 응답에 대한 전압 파형 구축)

[0079] (문제 진술)

[0080] 각각의  $k, l=0 \dots N-1$ 에 대해 X 및 Y 방향 전극 사이의 전압 차이에 대한 LC 위상 응답이  $T_{LC}\{V_{X,k}(t) - V_{Y,l}(t)\} = e^{i(\phi_0 + (k+l)\frac{2\pi}{N})}$  이 되도록, X 및 Y 방향 전극에 대한 전압 파형,  $\{V_{X,i}(t)\}_{i=0}^{N-1}$  및  $\{V_{Y,i}(t)\}_{i=0}^{N-1}$  을 정의.

[0081] 정의

[0082] 하기의 전압 파형 함수는  $-T/4 < t < T/4$ 에 대해 정의된다. 함수의 나머지는 전압 함수가 주기적이고 부호가 교대로 나타난다고 가정하여 완성될 수 있다:  $V(t+T/2) = -V(t)$ .

[0083]  $t_1$ 과  $t_2$  사이에서 지지를 갖는 계단 함수(step function)는:  $S_{t_1,t_2}(V_0, t) = \begin{cases} V_0 & t_1 < t < t_2 \\ 0 & \text{그렇지 않으면} \end{cases}$ 에 의해 정의되고, 여기서  $D = \frac{t_2 - t_1}{T/2}$  는  $S_{t_1,t_2}(V_0, t)$ 의 듀티 사이클이다. LC 응답은 듀티 사이클에 종속되고,  $t_1$ 과  $t_2$ 에 개별적으로 종속되는 것이 아니다.

[0084] 계단 함수에 대한 일반적인 LC 응답의 위상,  $R(t_2 - t_1, V_0) = T_{LC}\{S_{t_1,t_2}(V_0, t)\}$  은:

[0085] 1.  $V_0$ 의 함수로서 단조 감소하지 않고, 또한  $V_0$ 의 함수로서 오목하지 않다.

[0086] 2.  $D$ 의 함수로서 단조 감소하지 않고, 또한  $D$ 의 함수로서 오목하지 않다.

[0087] 2개의 계단 함수를 제거함으로써, 상이한 시간 영역에 대해  $2V_0, V_0$  및 0을 같게하는 파형을 얻을 수 있다. 예를 들면,  $t_1 < t_2 < t_3$ 에 대해:

[0088]  $S_{t_1, t_3}(V_0, t) - S_{t_1, t_2}(-V_0, t) = \begin{cases} 2V_0 & t_1 < t < t_2 \\ V_0 & t_2 < t < t_3 \\ 0 & \text{그렇지 않으면} \end{cases} \text{이다.}$

[0089] 이러한 과정은 전압  $2V_0$ 에서  $D_1 = \frac{t_2-t_1}{T/2}$  및 전압  $V_0$ 에서  $D_2 = \frac{t_3-t_2}{T/2}$ 의 둘티 사이클을 가진다. LC 응답은 둘티 사이클  $D_1$  및  $D_2$ 에 종속적이고,  $t_1$ ,  $t_2$ , 및  $t_3$ 에 개별적으로 종속적인 것이 아니다.

[0090] (요구되는 과정 구축)

[0091] 가정: 각  $i$ 에 대해,  $V_{X,i}(t) = -V_{Y,i}(-t)$

[0092] 단계 0: 정의  $V_{X,0}(t)$

[0093] 단계 0.0: 조합  $k=0$ ,  $l=0$

[0094] a.  $R(p_0, V_0) = e^{i\phi_0}$  인  $p_0$ 를 구하라.

[0095] b.  $t_0 = \frac{p_0}{2}$  로 정의

[0096]  $V_{X,0}(t) = S_{0,t_0}(V_0, t)$

[0097] 따라서,  $V_{Y,0}(t) = S_{-t_0,0}(-V_0, t)$

[0098]  $V_{X,0}(t) - V_{Y,0}(t) = S_{-t_0,t_0}(V_0, t)$ , 그리고 길이  $p_0$ 의 계단 함수인  $V_{X,0}(t) - V_{Y,0}(t)$ 에 대한 응답은  $R(p_0, V_0) = e^{i\phi_0}$ . 따라서, 이들 과정은  $k=1=0$ 에 대한 문제를 풀이한다.

[0099] 단계 1: 정의  $V_{X,1}(t)$

[0100] 단계 1.0: 조합  $k=1$ ,  $l=0$ (그리고,  $k=0$ ,  $l=1$ )

[0101] a.  $R(p_1, V_0) = e^{i(\phi_0 + \frac{2\pi}{N})}$ 에 대해,  $p_1$ 를 구하라.

[0102] b.  $t_1 = p_1 - t_0$ 로 정의

[0103]  $V_{X,1}(t) = S_{0,t_1}(V_0, t)$

[0104] 따라서, 길이  $t_1 + t_0 = p_1$ 의 단계 함수인  $V_{X,1}(t) - V_{Y,0}(t)$ 에 대한 응답은  $R(p_1, V_0) = e^{i(\phi_0 + \frac{2\pi}{N})}$ 이고, 이들 과정은  $k=1$  및  $l=0$ (그리고, 또한  $k=0$  및  $l=1$ )에 대한 문제 진술을 풀이한다.

[0105] 단계 1.1: 조합  $k=1$ ,  $l=1$

[0106] 조건은:

[0107]  $T_{LC}\{V_{X,1}(t) - V_{Y,1}(t)\} = e^{i(\phi_0 + 2\frac{2\pi}{N})}$  이다.

[0108] a. 단계 1.0에 정의된 바와 같이  $V_{X,1}(t)$ 에 대한  $T_{LC}\{V_{X,1}(t) - V_{Y,1}(t)\}$ 의 위상 응답  $\emptyset$ 을 연산하라.

[0109] b. 그것이 요구되는 값 ( $\emptyset \cong \phi_0 + 2\frac{2\pi}{N}$ )에 충분히(요구되는 허용오차 내) 근접하는 경우, 아무것도 하지 않음.

[0110] c.  $\emptyset$  가 요구되는 값에 충분히 근접하지 않으면, 그런 다음(R의 오목한 속성에 기인하여)

$\emptyset < \phi_0 + 2\frac{2\pi}{N}$  이다. 이 경우, 길이  $t_1$ 의 펄스가 각각  $t_1 - x$  및  $x$ 의 2개의 펄스로 분할되고, 그 형태는:

[0111]  $V_{X,1}(t) = S_{0,t_1-x}(V_0, t) + S_{-t_0-x,-t_0}(V_0, t)$  이다.

[0112] a) 파형의 형태는:

[0113] a.  $V_{X,1}(t)$  및  $V_{Y,0}(t)$ 의 지원이 분해되고, 따라서,  $V_{X,1}(t) - V_{Y,0}(t)$ 는 여전히  $p_1$ 의 기간에 대해 동일하게  $V_0$ 이 되고, 그렇지 않으면 0이 되기 때문에, 조합  $k=1, l=0$ 에 대한 LC 응답이 변하지 않는다.

[0114] b.  $V_{X,1}(t) - V_{Y,1}(t)$ 는  $2x$ 의 기간에 대해  $2V_0$ 와 동일하게 된다.  $2V_0$ 의 전압에 대한 LC 응답이  $V_0$ 의 전압에 대한 응답 보다 더 강하기 때문에,  $x$ 가 증가하면 위상 응답 또한 증가하고, 값  $x$ 가 하기 위해 구해질 수 있다:  $T_{LC}\{V_{X,1}(t) - V_{Y,1}(t)\} = e^{i(\phi_0 + 2\frac{2\pi}{N})}$ .

[0115] 단계 n: 정의  $V_{X,n}(t)$ :

[0116] 단계 n.0: 조합  $k=n, l=0$ (또한  $k=0, l=n$ )

[0117] a.  $R(p_n, V_0) = e^{i(\phi_0 + n\frac{2\pi}{N})}$ 에 대해  $p_n$ 을 구하라.

[0118] b.  $t_n = p_n - t_0$ 로 정의

[0119]  $V_{X,n}(t) = S_{0,t_n}(V_0, t)$

[0120] 따라서, 길이  $t_n + t_0 = p_n$ 의 단계 함수인  $V_{X,n}(t) - V_{Y,0}(t)$ 에 대한 응답은

$R(p_n, V_0) = e^{i(\phi_0 + n\frac{2\pi}{N})}$ 이고, 이들 파형은  $k=n$  및  $l=0$ (그리고 또한  $k=0$  및  $l=n$ )에 대한 문제 진술을 풀이한다.

[0121] 단계  $n, m, m=1$  내지  $n: k=n$  및  $l=m$  조합:

[0122] 조건은:

[0123]  $T_{LC}\{V_{X,n}(t) - V_{Y,m}(t)\} = e^{i(\phi_0 + (n+m)\frac{2\pi}{N})}$

[0124] a.  $T_{LC}\{V_{X,n}(t) - V_{Y,m}(t)\}$  의 위상 응답  $\phi$  을 연산

[0125] b. 그것이 요구되는 값  $(\phi \cong \phi_0 + (n+m)\frac{2\pi}{N})$ 에 대해 충분히(요구되는 허용오차 내) 근접하는 경우, 아무것도 하지 않음.

[0126] c.  $\phi$  가 요구되는 값에 충분히 근접하지 않으면, 그런 다음(R의 오목한 속성에 기인하여)  $\phi < \phi_0 + (n+m)\frac{2\pi}{N}$  이 경우,  $V_{X,n}(t)$  의 펄스가 분할되고:  $x$ 의 기간은 범위

$[t_{n-1}, t_n]$ 로부터 차감되고, 범위  $[-t_{1,m}, -t_{1,m-1}]$ 에 부가된다.

[0127] 이는:

[0128] a. 조합  $k=n$  및  $l=0..m-1$ 에 대한 LC 응답이 변하지 않는다.

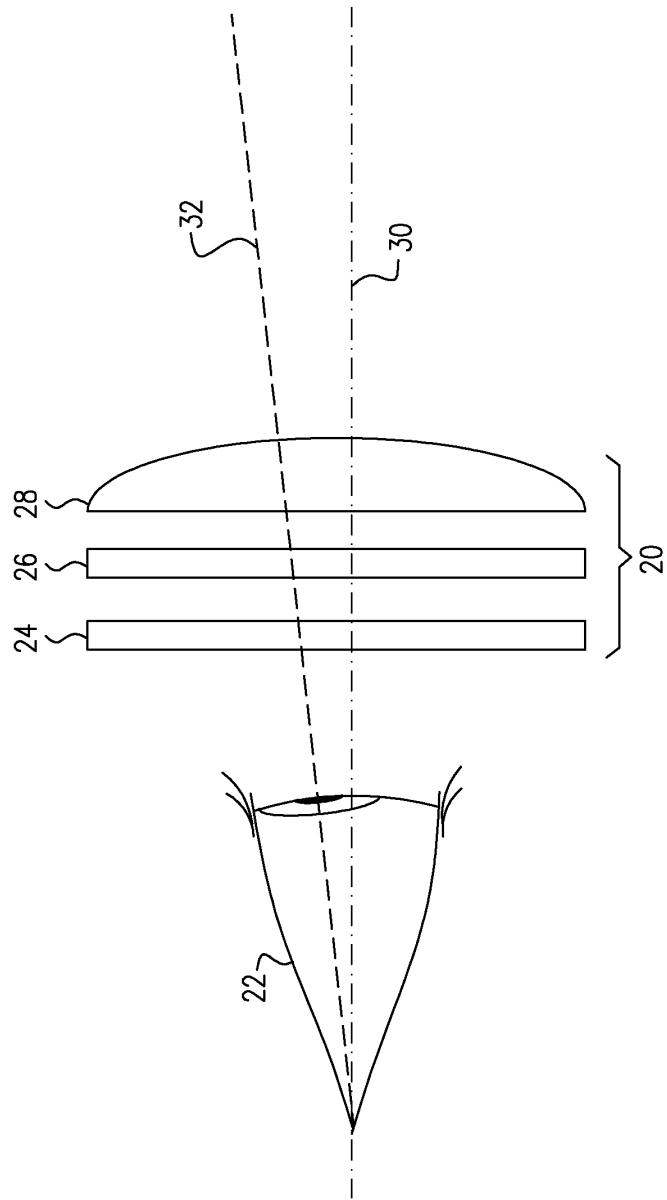
[0129] b. 조합  $k=n$  및  $l=0..m-1$ 에 대한 LC 응답은  $V_{X,n}(t) - V_{Y,m}(t) = 2V_0$ 인 부가된 영역에 기인하여 증가한다.  $x$ 가 증가하면 위상 응답 또한 증가하고, 값  $x$ 가 하기에 대해 구해질 수 있다

$T_{LC}\{V_{X,n}(t) - V_{Y,m}(t)\} = e^{i(\phi_0 + (n+m)\frac{2\pi}{N})}$

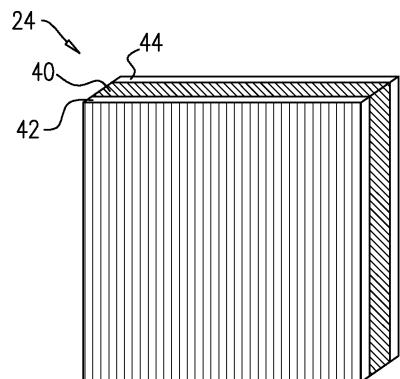
[0130] 는 것을 보장한다.

도면

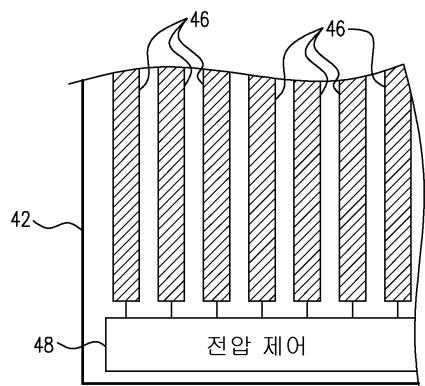
도면1



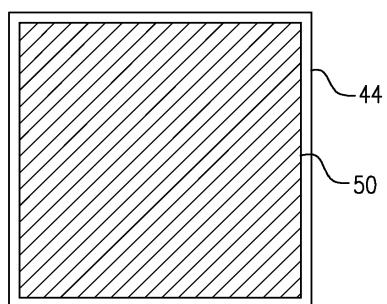
도면2a



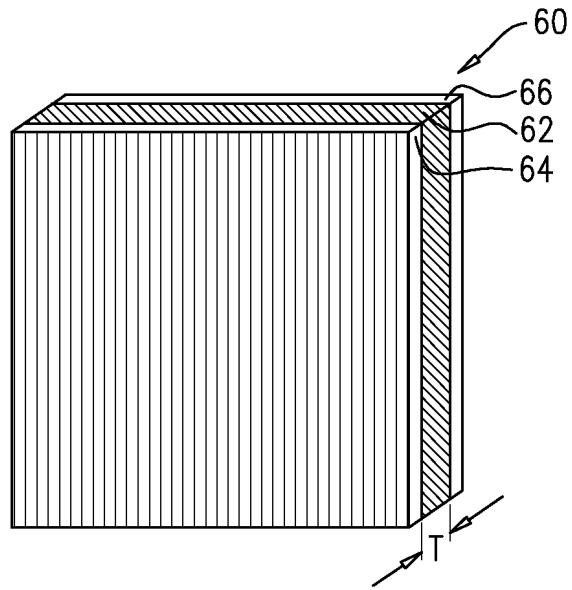
도면2b



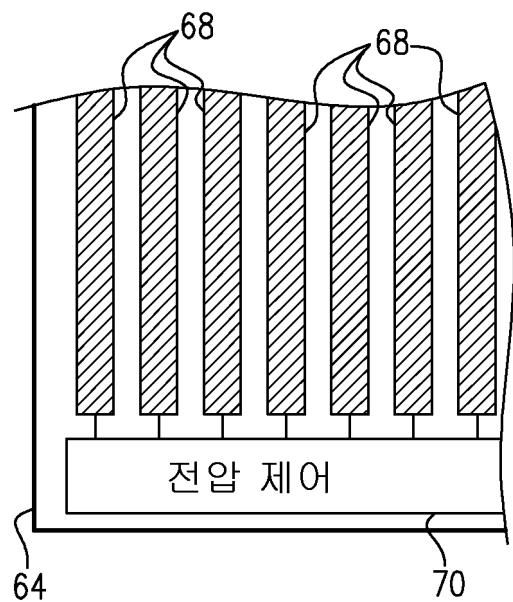
도면2c



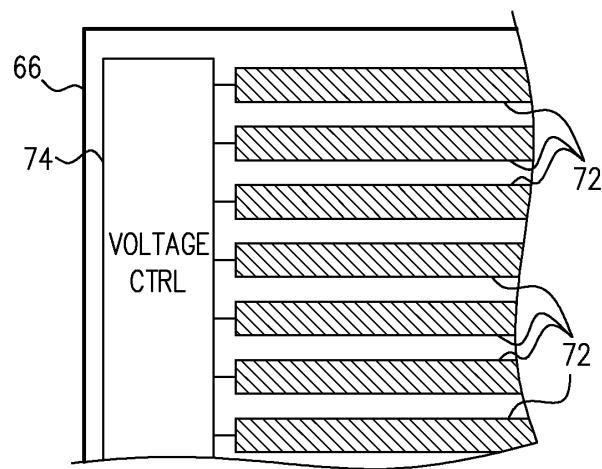
도면3a



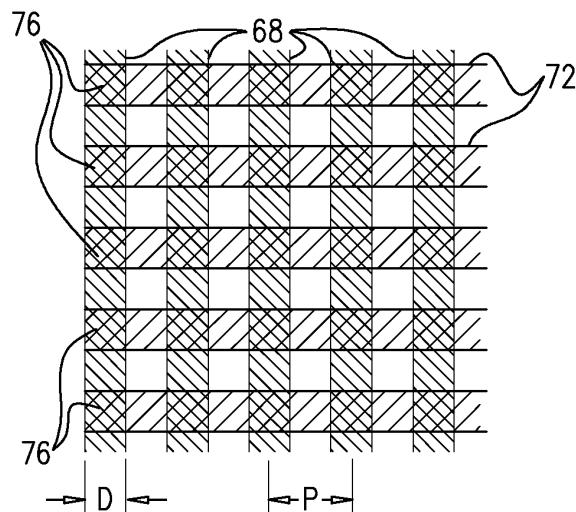
도면3b



도면3c



도면3d



도면4

