



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0132227  
(43) 공개일자 2020년11월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01N 23/227 (2018.01) C08L 101/00 (2006.01)  
G01L 9/00 (2006.01) H01L 29/84 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
G01N 23/227 (2013.01)  
C08L 101/00 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2019-0057393  
(22) 출원일자 2019년05월16일  
심사청구일자 2019년05월16일

(71) 출원인  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
(72) 발명자  
박장웅  
서울특별시 마포구 마포대로 33  
지상윤  
충청북도 충주시 충열2길 17  
(74) 대리인  
김권석

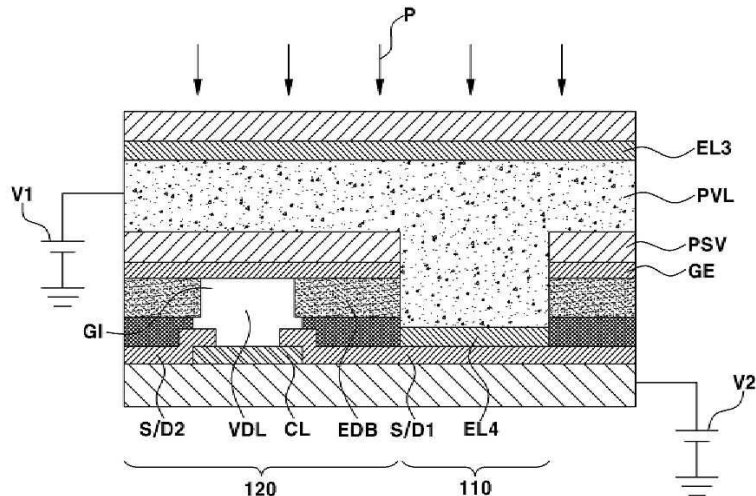
전체 청구항 수 : 총 23 항

(54) 발명의 명칭 복합 스캐너 및 이의 구동 방법

### (57) 요약

본 발명은 광 에너지의 분포와 압력의 분포를 동시에 감시하는 복합 스캐너에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시예에 따른 복합 스캐너는 어레이 형태의 복수의 픽셀 유닛들을 가지며, 각 픽셀 유닛은 광 에너지를 전기 에너지로 변환하여 광-전류 신호를 생성하는 광전 센서 및 상기 광전 센서와 전기적으로 연결되고, 압력에 의해 컨덕턴스가 가변됨으로써 상기 광-전류 신호를 변화시켜 출력 전류 신호를 생성하는 압력 센서를 포함하고, 상기 출력 전류 신호를 측정하는 감지부에 의하여 상기 광 에너지의 분포와 상기 압력의 분포를 동시에 감지할 수 있다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

**G01L 9/0076** (2013.01)

**H01L 29/84** (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711071602(2018M3A9F1021649)
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	바이오·의료기술개발(R&D)
연구과제명	바이오의료기술개발사업, 질병 진단용 모바일 스마트 콘택트렌즈 기술 개발과제
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2018.04.01 ~ 2018.12.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

광 에너지를 전기 에너지로 변환하여 광-전류 신호를 생성하는 광전 센서; 및

상기 광전 센서와 전기적으로 연결되고, 압력에 의해 컨덕턴스가 가변됨으로써 상기 광-전류 신호를 변화시켜 출력 전류 신호를 생성하는 압력 센서를 포함하고,

상기 출력 전류 신호를 측정하는 감지부에 의하여 상기 광 에너지의 분포와 상기 압력의 분포를 동시에 감지하는 복합 스캐너.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 압력 센서와 상기 광전 센서는 직렬 연결되고, 상기 광전 센서에 의하여 생성된 상기 광-전류 신호가 상기 압력 센서를 통해 흐름으로써 상기 출력 전류 신호로서 출력되는 복합 스캐너.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 복합 스캐너는 복수의 단위 픽셀 유닛을 갖는 어레이를 포함하며, 각 단위 픽셀 유닛은 1 개의 상기 광전 센서 및 1 개의 상기 압력 센서로 이루어지는 복합 스캐너.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 복합 스캐너는 복수의 단위 픽셀 유닛을 갖는 어레이를 포함하며,

각 단위 픽셀 유닛은 상기 광전 센서 및 상기 압력 센서 중 어느 하나를 이웃하는 단위 픽셀 유닛과 공유하는 복합 스캐너.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 광전 센서는,

제 3 전극;

상기 제 3 전극에 대향하는 제 4 전극; 및

상기 제 3 전극과 제 4 전극 사이에 형성된 광전 변환 층을 포함하며, 제 3 전극 또는 제 4 전극의 적어도 어느 일부는 투명 도전막을 포함하는 복합 스캐너.

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 광전 센서는, 적어도 하나 이상의 광전 변환 층을 포함하며,

상기 광전 변환 층은, 전하 블로킹 층, 광 흡수 층, 전하 전달 층 또는 이들의 조합을 포함하는 복합 스캐너.

#### 청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 광 흡수 층은 페로브스카이트(perovskite), 게르마늄(Ge) 단결정, 갈륨비소(GaAs), 텔루화카드뮴(CdTe),

탄화 규소(SiC) 또는 요오드화수은(HgI<sub>2</sub>) 중 적어도 하나 이상을 포함하는 복합 스캐너.

#### 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 압력 센서는,

제 1 전극;

상기 제 1 전극에 대향하는 제 2 전극; 및

상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 배치되고, 상기 압력은 상기 제 1 전극 또는 상기 제 2 전극 중 어느 하나에 인가되어 변형되어 전기 용량이 변화하는 가변 유전 층을 갖는 캐패시터를 포함하는 복합 스캐너.

#### 청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 압력은 상기 제 1 전극 또는 상기 제 2 전극 중 어느 하나의 전극에 대하여 수직 방향으로 인가되어 상기 가변 유전 층의 두께가 감소함으로써 상기 전기 용량이 증가하는 복합 스캐너.

#### 청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 가변 유전 층은 공기층을 포함하며, 상기 공기층의 주변에 탄성 보강체가 배치된 복합 스캐너.

#### 청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 탄성 보강체는 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane; PDMS), 폴리우레탄(polyurethane; PU), 폴리부타디엔(polybutadiene) 또는 고무(rubber) 중 적어도 어느 하나 이상을 포함하는 복합 스캐너.

#### 청구항 12

제 8 항에 있어서,

상기 제 1 전극 또는 상기 제 2 전극의 적어도 어느 일부는 상기 압력에 의하여 변위되거나 변형됨으로써 상기 가변 유전 층을 변형시키는 복합 스캐너.

#### 청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 압력 센서는,

상기 광전 센서의 일 단에 전기적으로 연결되는 제 1 소오스/드레인 전극;

상기 감지부에 전기적으로 연결되는 제 2 소오스/드레인 전극;

상기 제 1 소오스/드레인 전극과 상기 제 2 소오스/드레인 전극을 연결하는 반도체 채널 층;

상기 반도체 채널 상에 가변 유전 층을 포함하는 게이트 절연막; 및

상기 게이트 절연막 상의 게이트 전극을 포함하는 복합 스캐너.

#### 청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 가변 유전 층은 공기층을 포함하며, 상기 공기층의 주변에 탄성 보강체가 배치된 복합 스캐너.

#### 청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 탄성 보강체는 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane; PDMS), 폴리우레탄(polyurethane; PU), 폴리부타디엔(polybutadiene) 또는 고무(rubber) 중 적어도 어느 하나 이상을 포함하는 복합 스캐너.

#### 청구항 16

제 13 항에 있어서,

상기 제 1 소오스/드레인 전극, 제 2 소오스/드레인 전극, 반도체 채널 층, 게이트 절연막 또는 게이트 전극 중 적어도 어느 일부는 상기 압력에 의하여 변위되거나 변형됨으로써 상기 가변 유전 층을 변형시키는 복합 스캐너.

#### 청구항 17

제 1 항에 있어서,

상기 각각의 픽셀 유닛은, 상기 압력 센서 및 상기 광전 센서를 외부로부터 보호하는 패시베이션 층을 더 포함하는 복합 스캐너.

#### 청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 패시베이션 층은 폴리아세틸렌, 폴리 아닐린, 폴리에틸렌 디옥시타이오펜 폴리스티렌 설포네이트(poly(3,4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate; PEDOT:PSS), 폴리이미드(polyimide; PI), 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane; PDMS), 폴리올레핀(polyolefin), 폴리아미드(polyamide; PA) 또는 폴리에틸렌 테레프탈레이트(Polyethylene terephthalate) 중 적어도 어느 하나 이상을 포함하는 복합 스캐너.

#### 청구항 19

스캔 대상 물체로부터 가해지는 압력에 의하여 각 픽셀 유닛으로부터 발생한 제 1 출력 전류 신호를 종합하여 압력 스캔 정보를 얻는 단계;

상기 스캔 대상 물체에 광 에너지를 가하여 상기 각 픽셀 유닛으로부터 발생한 제 2 출력 전류 신호를 종합하여 압력-광 스캔 정보를 얻는 단계; 및

상기 압력 스캔 정보를 이용하여 상기 압력-광 스캔 정보를 캘리브레이션하여 광 스캔 정보를 얻는 단계를 포함하는 복합 스캐너의 구동 방법.

#### 청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 제 1 출력 전류 신호의 크기는 상기 압력의 크기에 선형적으로 비례하는 복합 스캐너의 구동 방법.

#### 청구항 21

제 19 항에 있어서,

상기 제 2 출력 전류 신호의 크기와 상기 제 1 출력 전류 신호의 크기의 차이는 상기 광 에너지의 크기에 선형적으로 비례하는 복합 스캐너의 구동 방법.

#### 청구항 22

제 19 항에 있어서,

상기 압력 스캔 정보에 제 1 가중치의  $x$  ( $0 < x < 1$ ) 값을 부여하고, 상기 광 스캔 정보에 제 2 가중치의  $1-x$  ( $0 < x < 1$ ) 값을 부여하며, 상기 압력 스캔 정보 및 상기 광 스캔 정보에 각각 상기 제 1 및 제 2 가중치를 곱하여 보정 스캔 정보를 얻는 단계를 더 포함하는 복합 스캐너의 구동 방법.

#### 청구항 23

제 19 항에 있어서,

상기 광 에너지는 엑스 선(x-ray)으로부터 얻어지는 복합 스캐너의 구동 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 센서 기술에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 복합 스캐너 및 이의 구동 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 산업이 고도화되고 복잡해지면서 이들의 안정성을 검사하는 검사 장치에 대한 필요성이 점차 증가하고 있다. 고전적인 재료 검사는 주로 절단 검사나 외형 검사로 이루어졌으나, 절단한 재료는 제품으로서의 이용 가치가 상실되고, 의료 진단용 검사의 경우 신체 훼손이 발생하므로 이용이 불가능하다. 반면 외형 검사의 경우 내부 결함을 알 수 없다는 단점이 있었다.

[0003] 상기 절단 검사 및 외형 검사를 대체하기 위한 방안으로 검사 대상물의 변형 없이 수행되는 비파괴 검사가 도입되었다. 초음파 탐상 검사, 와전류 탐상 검사, 자분 탐상 검사, 음향 방출 검사, 및 침투 탐상 검사와 같은 다양한 종류의 비파괴 검사가 개발되고 있으며, 높은 기술 성장률을 보이고 있다. 상기 비파괴 검사는 절단 또는 파괴와 같은 검사 대상의 손상을 수반하지 않는다는 장점으로 인하여 고가의 부품 검사, 발전소, 석유/가스 분야, 건축 분야, 자동차와 같은 안전 진단, 의료 진단 및 수술적 치료와 같은 다양한 기술 분야에 응용 가능성이 높다.

[0004] 그러나 전술한 것과 같은 장점에도 불구하고 가시광선 또는 적외선과 같은 직접 촬영 방식에 비하여 고해상도의 촬영이 불가하며 및 정확도가 낮다는 문제가 있다. 또한, 안전 진단 및 의료 분야와 같이 고도의 정확도가 요구되는 검사에 적용하기 위하여 신뢰성이 향상된 기술 개발이 요구된다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0005] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 기존의 비파괴 검사보다 향상된 해상도를 가지는 이미지 스캐닝이 가능하며 높은 신뢰도 및 정확도를 가지는 검사 결과 획득이 가능한 복합 스캐너를 제공하는 것이다.

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는, 전술한 이점을 갖는 복합 스캐너를 통하여 신뢰도 및 정확도 높은 검사 결과를 산출하기 위한 구동 방법을 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0007] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 복합 스캐너는 광 에너지를 전기 에너지로 변환하여 광-전류 신호를 생성하는 광전 센서 및 상기 광전 센서와 전기적으로 연결되고, 압력에 의해 컨덕턴스가 가변됨으로써 상기 광-전류 신호를 변화시켜 출력 전류 신호를 생성하는 압력 센서를 포함할 수 있고, 상기 출력 전류 신호를 측정하는 감지부에 의하여 상기 광 에너지의 분포와 상기 압력의 분포를 동시에 감지할 수 있다. 다른 실시예에서, 상기 압력 센서와 상기 광전 센서는 직렬 연결되고, 상기 광전 센서에 의하여 생성된 상기 전류 신호가 상기 압력 센서를 통해 흐름으로써 상기 출력 전류 신호로서 출력될 수 있다.

[0008] 다른 실시예에서, 복합 스캐너(100)는 복수의 단위 픽셀 유닛을 갖는 어레이를 포함하며, 각 단위 픽셀 유닛은 1 개의 상기 광전 센서 및 1 개의 상기 압력 센서로 이루어질 수 있으며, 선택적으로, 복합 스캐너는 복수의 단위 픽셀 유닛을 갖는 어레이를 포함하며, 각 단위 픽셀 유닛은 상기 광전 센서 및 상기 압력 센서 중 어느 하나를 이웃하는 단위 픽셀 유닛과 공유할 수 있다.

[0009] 일 실시예에서, 상기 광전 센서는, 제 3 전극, 상기 제 3 전극에 대향하는 제 4 전극 및 상기 제 3 전극과 제 4 전극 사이에 형성된 광전 변환 층을 포함하며, 제 3 전극 또는 제 4 전극의 적어도 어느 일부는 투명 도전막을 포함할 수 있고, 다른 실시예에서, 상기 광전 센서는, 적어도 하나 이상의 광전 변환 층을 포함하며, 상기 광전 변환 층은, 전하 블로킹 층, 광 흡수 층, 전하 전달 층 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 상기 광 흡수 층은 페로브스카이트(perovskite), 게르마늄(Ge) 단결정, 갈륨비소(GaAs), 텔루화카드뮴

(CdTe), 탄화 규소(SiC) 또는 요오드화수은(HgI<sub>2</sub>) 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0010] 일 실시예에서, 상기 압력 센서는, 제 1 전극, 상기 제 1 전극에 대향하는 제 2 전극 및 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 배치되고, 상기 압력은 상기 제 1 전극 또는 상기 제 2 전극 중 어느 하나에 인가되어 변형되어 전기 용량이 변화하는 가변 유전 층을 갖는 캐패시터를 포함할 수 있고, 다른 실시예에서, 상기 압력은 상기 제 1 전극 또는 상기 제 2 전극 중 어느 하나의 전극에 대하여 수직 방향으로 인가되어 상기 가변 유전 층의 두께가 감소함으로써 상기 전기 용량이 증가할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 상기 가변 유전 층은 공기층을 포함하며, 상기 공기층의 주변에 탄성 보강체가 배치될 수 있으며, 선택적으로, 상기 탄성 보강체는 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane; PDMS), 폴리우레탄(polyurethane; PU), 폴리부타디엔(polybutadiene) 또는 고무(rubber) 중 적어도 어느 하나 이상을 포함할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 상기 제 1 전극 또는 상기 제 2 전극의 적어도 어느 일부는 상기 압력에 의하여 변위되거나 변형됨으로써 상기 가변 유전 층을 변형시킬 수 있다.

[0011] 일 실시예에 따른 상기 압력 센서는, 상기 광전 센서의 일 단에 전기적으로 연결되는 제 1 소오스/드레인 전극, 상기 감지부에 전기적으로 연결되는 제 2 소오스/드레인 전극, 상기 제 1 소오스/드레인 전극과 상기 제 2 소오스/드레인 전극을 연결하는 반도체 채널 층, 상기 반도체 채널 상에 가변 유전 층을 포함하는 게이트 절연막 및 상기 게이트 절연막 상의 게이트 전극을 포함할 수 있으며, 상기 가변 유전 층은 공기층을 포함하며, 상기 공기층의 주변에 탄성 보강체가 배치될 수 있고, 다른 실시예에서, 상기 탄성 보강체는 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane; PDMS), 폴리우레탄(polyurethane; PU), 폴리부타디엔(polybutadiene) 또는 고무(rubber) 중 적어도 어느 하나 이상을 포함할 수 있으며, 또 다른 실시예에서, 상기 제 1 소오스/드레인 전극, 제 2 소오스/드레인 전극, 반도체 채널 층, 게이트 절연막 또는 게이트 전극 중 적어도 어느 일부는 상기 압력에 의하여 변위되거나 변형됨으로써 상기 가변 유전 층을 변형시킬 수 있다.

[0012] 일 실시예에서, 상기 각각의 픽셀 유닛은, 상기 압력 센서 및 상기 광전 센서를 외부로부터 보호하는 패시베이션 층을 더 포함할 수 있고, 다른 실시예에서

[0013] 상기 패시베이션 층은 폴리아세틸렌, 폴리 아닐린, 폴리에틸렌 디옥시타이오펜 폴리스티렌 설포네이트(poly(3,4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate; PEDOT:PSS), 폴리이미드(polyimide; PI), 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane; PDMS), 폴리올레핀(polyolefin), 폴리아미드(polyamide; PA) 또는 폴리에틸렌 테레프탈레이트(Polyethylene terephthalate) 중 적어도 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0014] 상기의 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 복합 스캐너의 구동 방법은, 스캔 대상 물체로부터 가해지는 압력에 의하여 각 픽셀 유닛으로부터 발생한 제 1 출력 전류 신호를 종합하여 압력 스캔 정보를 얻는 단계, 상기 스캔 대상 물체에 광 에너지를 가하여 상기 각 픽셀 유닛으로부터 발생한 제 2 출력 전류 신호를 종합하여 압력-광 스캔 정보를 얻는 단계 및 상기 압력 스캔 정보를 이용하여 상기 압력-광 스캔 정보를 캘리브레이션하여 광 스캔 정보를 얻는 단계를 포함할 수 있으며, 다른 실시예에서, 상기 제 1 출력 전류 신호의 크기는 상기 압력의 크기에 선형적으로 비례할 수 있고, 또 다른 실시예에서, 상기 제 2 출력 전류 신호의 크기와 상기 제 1 출력 전류 신호 크기의 차이는 상기 광 에너지의 크기에 선형적으로 비례할 수 있다.

[0015] 일 실시예에서, 복합 스캐너의 구동 방법은 상기 압력 스캔 정보에 제 1 가중치의  $x$  ( $0 < x < 1$ ) 값을 부여하고, 상기 광 스캔 정보에 제 2 가중치의  $1-x$  ( $0 < x < 1$ ) 값을 부여하며, 상기 압력 스캔 정보 및 상기 광 스캔 정보에 각각 상기 제 1 및 제 2 가중치를 곱하여 보정 스캔 정보를 얻는 단계를 더 포함할 수 있고, 다른 실시예에서, 상기 광 에너지는 엑스 선(x-ray)으로부터 얻어질 수 있다.

## 발명의 효과

[0016] 본 발명의 일 실시예에 따른 복합 스캐너에 따르면, 방사선 에너지를 감지하여 전류를 생성하는 광전 센서 및 외부로부터 가해지는 압력에 의하여 전류의 크기를 변화시키는 압력 센서를 전기적으로 연결함으로써 상기 방사선의 분포와 상기 압력의 분포를 동시에 감지할 수 있다.

[0017] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 복합 스캐너의 구동 방법에 따르면, 상기 광전 센서의 스캔 정보와 상기 광전 센서의 스캔 정보를 이용하여 스캔 정보 보정을 수행함으로써 정확도 및 신뢰도가 향상되고, 의료 분야에서의 질병의 진단 및 치료, 스마트 장치 및 스마트 시스템의 불량 및 안정성 검사와 같이 다양한 분야에 활용 가능한 스캔 정보를 얻을 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 복합 스캐너에 포함된 구성 요소들의 전기적 동작을 나타내는 전기 회로도이고, 도 1b는 다른 실시예에 따른 복합 스캐너에 포함된 구성 요소들의 전기적 동작을 나타내는 전기 회로도이며, 도 1c는 또 다른 실시예에 따른 복합 스캐너에 포함된 구성 요소들의 전기적 동작을 나타내는 전기 회로도이다.
- 도 2a는 일 실시예에 따른 압력 센서의 캐패시터의 구성을 나타낸 단면도이고, 도 2b 및 도 2c는 일 실시예에 따른 압력 센서에 외부 압력이 가해짐으로써 캐패시터가 변형되는 과정을 나타내는 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 복합 스캐너의 구성을 나타내는 단면도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 복합 스캐너의 구동 방법을 나타낸 순서도이다.
- 도 5a는 외부 압력의 변화에 따른 복합 스캐너의 출력 전류 신호의 변화를 나타낸 그래프이며, 도 5b는 광 에너지의 변화에 따른 복합 스캐너의 출력 전류 신호의 변화를 나타낸 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- [0020] 본 발명의 실시예들은 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것이며, 하기 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다. 오히려, 이들 실시예는, 당업자에게 본 발명의 사상을 완전하게 전달하기 위하여 제공되는 것이다.
- [0021] 도면에서 동일 부호는 동일한 요소를 지칭한다. 또한, 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "및/또는"은 해당 열거된 항목 중 어느 하나 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다.
- [0022] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예를 설명하기 위하여 사용되며, 본 발명의 범위를 제한하기 위한 것이 아니다. 또한, 본 명세서에서 단수로 기재되어 있다 하더라도, 문맥상 단수를 분명히 지적하는 것이 아니라면, 복수의 형태를 포함할 수 있다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprise)" 및/또는 "포함하는(comprising)"이란 용어는 언급한 형상들, 숫자, 단계, 동작, 부재, 요소
- [0023] 및/또는 이들 그룹의 존재를 특정하는 것이며, 다른 형상, 숫자, 동작, 부재, 요소 및/또는 그룹들의 존재 또는 부가를 배제하는 것이 아니다.
- [0024] 본 명세서에서 기관 또는 다른 층 "상에(on)" 형성된 층에 대한 언급은 상기 기관 또는 다른 층의 바로 위에 형성된 층을 지칭하거나, 상기 기관 또는 다른 층 상에 형성된 중간 층 또는 중간 층들 상에 형성된 층을 지칭할 수도 있다. 또한, 당해 기술 분야에서 숙련된 자들에게 있어서, 다른 형상에 "인접하여(adjacent)" 배치된 구조 또는 형상은 상기 인접하는 형상에 중첩되거나 하부에 배치되는 부분을 가질 수도 있다.
- [0025] 본 명세서에서, "아래로(below)", "위로(above)", "상부의(upper)", "하부의(lower)", "수평의(horizontal)" 또는 "수직의(vertical)"와 같은 상대적용어들은, 도면들 상에 도시된 바와 같이, 일 구성 부재, 층 또는 영역들이 다른 구성 부재, 층 또는 영역과 갖는 관계를 기술하기 위하여 사용될 수 있다. 이들 용어들은 도면들에 표시된 방향뿐만 아니라 소자의 다른 방향들도 포괄하는 것임을 이해하여야 한다.
- [0026] 이하에서, 본 발명의 실시예들은 본 발명의 이상적인 실시예들(및 중간 구조들)을 개략적으로 도시하는 단면도들을 참조하여 설명될 것이다. 이들 도면들에 있어서, 예를 들면, 부재들의 크기와 형상은 설명의 편의와 명확성을 위하여 과장될 수 있으며, 실제 구현시, 도시된 형상의 변형들이 예상될 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시예는 본 명세서에 도시된 영역의 특정 형상에 제한된 것으로 해석되어서는 아니 된다. 또한, 도면의 부재들의 참조 부호는 도면 전체에 걸쳐 동일한 부재를 지칭한다.
- [0027] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 복합 스캐너(100a)에 포함된 구성 요소들의 전기적 동작을 나타내는 전기 회로도이고, 도 1b는 다른 실시예에 따른 복합 스캐너(100b)에 포함된 구성 요소들의 전기적 동작을 나타내는 전기 회로도이며, 도 1c는 또 다른 실시예에 따른 복합 스캐너(100c)에 포함된 구성 요소들의 전기적 동작을 나타내는 전기 회로도이다.
- [0028] 도 1a를 참조하면, 일 실시예에 따른 복합 스캐너(100a)는 광전 센서(110) 및 압력 센서(120)를 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, 복합 스캐너(100a)는 복수의 단위 픽셀 유닛을 갖는 어레이를 포함하며, 각 단위 픽셀 유닛은 1 개의 광전 센서(110) 및 1 개의 압력 센서(120)로 이루어질 수 있다. 또 다른 실시예에서, 복합 스캐

너(100a)는 어레이(미도시) 형태의 복수의 픽셀 유닛들을 가질 수 있다. 예를 들면, 복합 스캐너(100a)는 x축 및 y축 방향으로 신장되어 수평 방향으로 확장되는 복수의 픽셀 유닛 어레이로 구성될 수 있다. 상기 x축과 y축 사이의 각도는  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  또는  $90^\circ$  일 수 있고, 상기 각도는 다양한 값을 가질 수 있으며 전술한 값에 제한되지 않는다.

[0029] 일 실시예에서, 복합 스캐너(100b, 100c)는 복수의 단위 픽셀 유닛을 갖는 어레이를 포함하며, 각 단위 픽셀 유닛은 광전 센서(110) 및 압력 센서(120) 중 어느 하나를 이웃하는 단위 픽셀 유닛과 공유할 수 있다. 도 1b를 참조하면, 각 단위 픽셀 유닛은 1 개의 광전 센서(110) 및 1 개의 압력 센서(120)로 이루어진 경우, 상기 이웃하는 단위 픽셀 유닛들이 압력 센서(120)를 공유할 수 있고, 이 경우, 상기 이웃하는 단위 픽셀 유닛들의 광전 센서들(110)은 병렬 연결될 수 있다. 광전 센서들(110a, 110b)이 광 에너지를 전기 에너지로 변환하여 광-전류 신호들(CS1, CS2)을 생성하는 경우 광-전류 신호들(CS1, CS2)은 공유되는 압력 센서(120)에 의하여 변화될 수 있다. 다른 실시예에서, 도 1c를 참조하면, 이웃하는 단위 픽셀 유닛들이 광전 센서(110)를 공유할 수 있고, 상기 이웃하는 단위 픽셀 유닛들의 압력 센서들(120a, 120b)은 병렬 연결될 수 있다. 공유되는 광전 센서(110)가 광 에너지를 전기 에너지로 변환하여 광-전류 신호(CS)를 생성하는 경우, 광-전류 신호(CS)는 상기 이웃하는 단위 픽셀 유닛들의 압력 센서(120a, 110b)에 의하여 변화됨으로써 출력 전류 신호들(OCS1, OCS2)을 생성할 수 있다.

[0030] 또 다른 실시예에서, 압력 센서(120) 또는 광전 센서(110)를 공유하는 상기 이웃하는 단위 픽셀 유닛들은 도 1b 또는 도 1c와 같이 2 개일 수 있고, 3 개 이상의 단위 픽셀 유닛일 수 있다. 예를 들어, n 개(n은 2 이상)의 단위 픽셀 유닛들이 압력 센서(120)를 공유하는 경우 압력 센서(120)와 공유된 광전 센서들(110a, 110b, 110c, ?)은 병렬 연결될 수 있다. 상기 n 값은 복합 스캐너(100b, 100c)의 이용 분야, 이용되는 광 에너지의 종류 또는 스캔 대상 물체의 형태와 같은 요인들에 의하여 결정될 수 있다. 예를 들어, 인체 내부를 스캔하는 의료적 용도로 사용되는 경우, 광전 센서(110)의 개수가 많은 것이 바람직할 수 있으며, 건설 현장의 안전성 검사와 같은 경우 중량의 스캔 대상 물체의 무게 분포를 측정하기 위하여 압력 센서(120)의 개수가 많은 것이 바람직할 수 있다. 광전 센서 바이어스(V1), 압력 센서 바이어스(V2), 게이트 전압(GV)의 전기적 구동에 대한 설명은 후술하도록 한다.

[0031] 또 다른 실시예에서, 상기 단위 픽셀 유닛들은 1 개의 광전 센서(110) 및 1 개의 압력 센서(120)로 이루어질 수 있고, 복수 개의 광전 센서(110) 및 복수 개의 압력 센서(120)로 이루어질 수 있다. 예시적으로는, 광전 센서(110)로만 이루어진 단위 픽셀 유닛들이 적어도 하나 이상의 압력 센서(120)로 이루어진 상기 단위 픽셀 유닛들의 어레이 상에 전기적으로 연결되어 배치될 수 있다. 상기 단위 픽셀 유닛의 정의는 특정 구성으로 제한되지 않으며, 다양한 조합을 가질 수 있다.

[0032] 일 실시예에서, 복합 스캐너(100a)는 연속적인 곡면 또는 적어도 하나 이상의 모서리에서 꺾이는 곡면이거나 복수의 평면일 수 있다. 예를 들면, 복합 스캐너(100a)가 유연성을 가지고 변형 가능한 곡면을 형성함으로써 상기 곡면에 따라 픽셀 유닛 어레이들의 배열이 변화되는 경우, 스캔 대상 물체의 형태에 따라 변형되어 적용 가능한 복합 스캐너(100a)의 구현이 가능하다. 복합 스캐너(100a)가 픽셀 유닛들을 기본 단위로 구성됨에 따라 빛의 퍼짐 또는 산란을 방지하여 광 에너지를 전환하는 경우의 양자 효율 및 공간 분해능을 향상시킬 수 있다.

[0033] 광전 센서(110)는 광 에너지를 전기 에너지로 변환하여 광-전류 신호(CS)를 생성할 수 있다. 예를 들어, 광전 센서(110)는 광전 효과를 일으키는 광전도체를 포함할 수 있고, 상기 광전도체는 광 에너지를 받아 전하를 이동 시킴으로써 전기 에너지로 변환시킬 수 있다. 다른 실시예에서, 상기 광 에너지는 가시광선, 적외선, 자외선, 감마선, 알파선 또는 엑스선(x-ray) 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있으며, 상기 광 에너지로는 모든 종류의 전자기파가 포함될 수 있으며 특정 파장의 광선으로 제한되지 않는다.

[0034] 일 실시예에서, 복합 스캐너(100a)에는 광전 센서 바이어스(V1)가 인가될 수 있다. 광전 센서 바이어스(V1)가 인가되는 경우 광전 센서(110)의 양단에는 전위차가 생기게 되고, 상기 전위차에 의하여 전류가 흐르게 된다. 광전 센서(110)에 광 에너지가 가해지는 경우 광전 센서(110)에 의하여 생성된 전류에 의하여 광전 센서(110)를 통하여 흐르는 전류의 크기가 변화함으로써 광-전류 신호(CS)가 생성될 수 있다.

[0035] 압력 센서(120)는 광전 센서(110)와 전기적으로 연결되고, 압력에 의해 컨덕턴스가 가변됨으로써 광-전류 신호(CS)를 변화시켜 출력 전류 신호(OCS)를 생성할 수 있다. 예를 들면, 압력 센서(120)와 광전 센서(110)는 직렬 연결되어 광전 센서(110)에 의하여 생성된 광-전류 신호(CS)가 압력 센서(120)를 통해 흐름으로써 상기 출력 전류 신호(OCS)로서 출력될 수 있다. 상기 컨덕턴스가 증가하는 경우 출력 전류 신호(OCS)가 증가할 것이며, 상기 컨덕턴스가 감소하는 경우 출력 전류 신호(OCS)는 감소할 것이다. 다른 실시예에서, 압력 센서(120)와 광전

센서(110)는 병렬 연결되어 광-전류 신호(CS)와 압력 센서(120)의 전류 신호가 합쳐져 출력 전류 신호(OCS)를 생성할 수도 있다.

[0036] 일 실시예에서, 압력 센서(120)는 적어도 어느 일부에 전도성 경로 또는 전도성 채널을 포함할 수 있으며, 상기 전도성 경로 또는 전도성 채널의 형성 또는 파괴에 의하여 컨덕턴스가 변화될 수 있다. 다른 실시예에서는, 압력 센서(120)가 가변 유전 층(VDL)을 포함할 수 있고, 가변 유전 층(VDL)의 전기 용량에 따라 압력 센서(120)의 컨덕턴스가 변화할 수 있다. 상기 컨덕턴스가 변화하는 원리에 대한 상세한 설명은 후술하기로 한다.

[0037] 복합 스캐너(100a)는 출력 전류 신호(OCS)를 측정하는 감지부(미도시)에 의하여 상기 광 에너지의 분포와 외부 압력(도 2b의 P)의 분포를 동시에 감지할 수 있다. 일 실시예에서, 상기 감지부는 픽셀 유닛마다 각각의 감지부를 포함할 수 있고, 다른 실시예에서는, 복수의 픽셀 유닛들이 직렬 연결된 픽셀 스트링들(미도시)을 포함할 수 있다. 상기 픽셀 스트링들의 일단에는 적어도 하나 이상의 스트링 선택 트랜지스터들이 연결되고, 이의 타단에는 접지 선택 트랜지스터가 연결될 수 있다. 상기 픽셀 스트링의 타단에는 공통 소스 라인이 연결되고, 상기 접지 선택 트랜지스터들의 일 단이 상기 공통 소스 라인에 전기적으로 연결될 수 있다.

[0038] 도 2a는 일 실시예에 따른 압력 센서(120)의 캐패시터(121)의 구성을 나타낸 단면도이고, 도 2b 및 도 2c는 일 실시예에 따른 압력 센서(120)에 외부 압력(P)이 가해짐으로써 캐패시터(121)가 변형되는 과정을 나타내는 도면이다.

[0039] 도 2a를 참조하면, 일 실시예에 따른 압력 센서(120)는 제 1 전극(EL1), 제 1 전극(EL1)에 대향하는 제 2 전극(EL2) 및 가변 유전 층(VDL)을 갖는 캐패시터(121)를 포함할 수 있다. 압력 센서(120)에 외부 압력(P)이 가해지는 경우, 상기 외부 압력(P)은 제 1 전극(EL1) 또는 제 2 전극(EL2) 중 어느 하나에 인가됨으로써 가변 유전 층(VDL)의 전기 용량이 변화할 수 있다. 제 1 전극(EL1) 또는 제 2 전극(EL2)은 백금(Pt), 구리(Cu), 은(Ag), 은-팔라듐(Ag-Pd) 및 구리-니켈(Cu-Ni)과 같은 도전성 금속을 포함할 수 있다.

[0040] 도 2b를 참조하면, 다른 실시예에서, 외부 압력(P)이 제 1 전극(EL1) 또는 제 2 전극(EL2) 중 어느 하나의 전극에 대하여 수직 방향으로 인가되는 경우 가변 유전 층(VDL)의 두께가 감소함으로써 가변 유전 층(VDL)의 전기 용량이 증가할 수 있다. 예를 들면, 가변 유전 층(VDL)은 공기층을 포함하며, 상기 공기층의 주변에 탄성 보강체(EDB)가 배치될 수 있고, 외부 압력(P)이 제 1 전극(EL1) 또는 제 2 전극(EL2)에 수직 방향으로 인가되면, 탄성 보강체(EDB)의 부피가 수직 방향으로 수축함으로써 제 1 전극(EL1), 제 2 전극(EL2) 및 탄성 보강체(EDB)로 둘러싸인 가변 유전 층(VDL)의 부피가 감소할 수 있다. 캐패시터(121)의 전기 용량(C)은 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다. 따라서, 가변 유전 층(VDL)의 두께가 감소함으로써 극간 거리인 d가 감소하면 캐패시터(121)의 전기 용량이 증가할 수 있다.

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$$

[0041]

( $\epsilon_0$  : 공기 유전율,  $\epsilon_r$  : 유전체의 비유전율, A: 전극 간의 대향 면적, d: 극간 거리)

[0042]

[0043] 가변 유전 층(VDL)은 일 실시예에서 공기층일 수 있다. 다른 실시예에서는, 세라믹, 운모(mica), 플라스틱, 금속 산화물, 절연성을 갖는 액체 및 기체들 또는 이들의 조합을 포함할 수 있으며, 전술한 물질들은 예시적이고 유전성을 갖는 물질들은 모두 적용될 수 있다. 예를 들면, PDMS(Sylgard184; 유전상수 3), 폴리이미드(Polyimide; 유전상수: 3.4), 누실(EPM2490; 유전상수 3.4), 아세트산(유전상수: 6.2), 아세톤(유전상수: 20.7), 에탄올(유전상수: 24.3), 메탄올(유전상수 33.1), 피리딘(유전상수 1.12), 물(유전상수 80.4)과 같이 기존에 유전 상수가 알려진 물질들을 이용할 수 있다. 또 다른 실시예에서는 가변 유전 층(VDL)은 서로 다른 유전율을 가지는 복수 개의 층으로 구성된 적층 구조일 수 있다. 가변 유전 층(VDL)의 구성은 압력 센싱의 민감도를 적절히 조정하기 위하여 다양하게 구성될 수 있다.

[0044]

탄성 보강체(EDB)는 일 실시예에서, 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane; PDMS), 폴리우레탄(polyurethane; PU) 또는 고무(rubber) 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다. 다른 실시예에서는 폴리디메틸실록산, 벤조페논(benzophenone), 자일렌(xylene) 또는 이들의 혼합물을 포함할 수 있으며, 다양한 실시예들에서는, 실리콘 고무(RTV, HTV), 프렉세인(Flexane), 테코탄(Tecothane), 나이트릴(Nitrile), 네오프렌(Neoprene), EPDM 고무, SBR, silicone, Viton 사의 플루오로카본(Fluorocarbon), 폴리우레탄(polyurethane), 폴리부타디엔(polybutadiene), NuSil 사의 EcoFlex와 같은 시판되고 있는 탄성 소재들을 이용할 수 있다. 탄성

보강체(EDB)로는 다양한 물리적 성질을 갖는 소재를 사용할 수 있으며 이에 한정되는 것은 아니고 다양한 탄성 계수를 갖는 탄성 중합체를 적용할 수 있다.

[0045] 도 2c를 참조하면, 제 1 전극(EL1) 또는 제 2 전극(EL2)의 적어도 어느 일부는 외부 압력(P)에 의하여 변위되거나 변형됨으로써 상기 가변 유전 층(VDL)을 변형시킬 수 있다. 일 실시예에서, 제 1 전극(EL1)이 유연성을 가지는 도전성 기관이고, 제 1 전극(EL1)에 대하여 수직한 방향으로 외부 압력(P)이 가해지는 경우, 제 1 전극(EL1)이 외부 압력(P)에 의하여 아래쪽으로 구부러지는 곡면 형태로 변형될 수 있으며, 이에 따라 가변 유전 층(VDL)의 두께가 감소하면서 전기 용량이 변화될 수 있다. 다른 실시예에서, 제 1 전극(EL1)은 탄성 보강체(EDB)에 의하여 양단이 지지되거나 탄성 보강체(EDB)를 포함하지 않고 가변 유전 층(VDL)이 부피가 가변적인 고체인 경우 외부 압력(P)에 의하여 가변 유전 층(VDL)의 부피가 감소됨으로써 전기 용량이 변할 수도 있다. 제 1 전극(EL1)이 유연성을 가지기 위해서는, 금속 나노와이어, 그래핀, 금속 메쉬 또는 전도성 고분자와 같은 물질들이 적용될 수 있다. 또 다른 실시예에서는, 캐패시터(121)를 외부의 자극으로부터 보호하는 패시베이션 층(PNV)을 더 포함할 수 있으며, 패시베이션 층(PNV)의 적어도 어느 일부에 도전성을 갖는 전극이 부착될 수 있다. 패시베이션 층(PNV)은, 예를 들면 폴리에틸렌 테레프탈레이트(polyethylene terephthalate; PET)와 같이 유연성을 갖는 고분자막을 포함할 수 있다. 또 다른 실시예에서는, 제 1 전극(EL1) 또는 제 2 전극(EL2)의 적어도 어느 일부는 유연성을 갖는 고분자막일 수 있으며, 상기 고분자막과 제 1 전극(EL1) 또는 제 2 전극(EL2)의 배치는 특정 순서로 제한되지 않는다.

[0046] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 복합 스캐너(100a)의 구성을 나타내는 단면도이다.

[0047] 도 3을 참조하면, 일 실시예에 따른 복합 스캐너(100a)는 압력 센서(120) 및 광전 센서(110)를 포함할 수 있고, 압력 센서(120)는 제 1 소오스/드레인 전극(S/D1), 제 2 소오스/드레인 전극(S/D2), 반도체 채널 층, 게이트 절연막(GI) 및 게이트 전극(GE)을 포함할 수 있다. 게이트 절연막(GI)은 그 자체가 가변 유전 층(VDL)이거나, 다른 실시예에서는 게이트 전극(GE) 하부에 게이트 절연막(GI) 및 적어도 하나 이상의 가변 유전 층(VDL)이 별도로 존재할 수 있다. 게이트 절연막(GI)은 게이트 전극(GE)에 인가된 게이트 전압(GV)이 인가되어 형성된 전계에 따라 게이트 전극(GE)과 반도체 채널 층 사이의 전하가 이동하는 것을 막는 역할을 수행한다.

[0048] 또 다른 실시예에서, 압력 센서(120)의 가변 유전 층(VDL)은 공기층을 포함하며, 상기 공기층의 주변에 탄성 보강체(EDB)가 배치될 수 있고, 탄성 보강체(EDB)는 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane; PDMS), 폴리우레탄(polyurethane; PU), 폴리부타디엔(polybutadiene) 또는 고무(rubber) 중 적어도 어느 하나 이상을 포함할 수 있다. 또 다른 실시예에서는, 제 1 소오스/드레인 전극(S/D1), 제 2 소오스/드레인 전극(S/D2), 반도체 채널 층, 게이트 절연막(GI) 또는 게이트 전극(GE) 중 적어도 어느 일부는 외부 압력(P)에 의하여 변위되거나 변형됨으로써 가변 유전 층(VDL)을 변형시킬 수 있다. 중복된 설명을 피하기 위해서 가변 유전 층(VDL), 탄성 보강체(EDB) 및 가변 유전 층(VDL)의 변형 과정에 대한 설명은 도 2a 내지 도 2c에서 전술한 개시 사항을 참조할 수 있다.

[0049] 일 실시예에서 압력 센서(120) 또는 광전 센서(110)는 기관 상에 형성될 수 있다. 상기 기관은 실리콘(Si), 갈륨비소(GaAs), 게르마늄(Ge) 기관을 포함할 수 있으며, 반드시 이에 한정되지 않고, 반도체 공정이 가능한 금속, 세라믹, 폴리머 와 같은 재료의 기관은 모두 해당될 수 있다. 예를 들면, 상기 기관은 폴리이미드(polyimide)를 포함할 수 있으며, 상기 기관이 유연성을 가지는 경우 스캔 대상 물체에 적용하여 변형 가능한 복합 스캐너를 구현할 수 있다.

[0050] 제 1 소오스/드레인 전극(S/D1)은 광전 센서(110)의 일 단에 전기적으로 연결될 수 있으며, 예를 들면 광전 센서(110)에서 생성된 광-전류 신호(CS)가 압력 센서(120)를 통하여 흐르도록 직렬 연결될 수 있다. 또한, 제 2 소오스/드레인 전극(S/D2)은 감지부에 전기적으로 연결되어 복합 스캐너(100a)의 각 픽셀 유닛에 의하여 발생된 출력 전류 신호(OCS)를 감지부에 송신할 수 있다. 상기 감지부에 대한 상세한 설명은 도 1a에서 전술한 개시 사항을 참조할 수 있다.

[0051] 일 실시예에서, 제 1 소오스/드레인 전극(S/D1) 또는 제 2 소오스/드레인 전극(S/D2)은 알루미늄(Al) 또는 알루미늄 합금과 같은 알루미늄 계열 금속, 은(Ag) 또는 은 합금과 같은 은 계열 금속, 구리(Cu) 또는 구리-망간과 같은 구리 계열 금속, 몰리브덴(Mo) 또는 몰리브덴 합금(Mo-Nb 또는 Mo-Ti)과 같은 몰리브덴 계열 금속, 크롬(Cr), 탄탈륨(Ta), 티타늄 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 다양한 실시예에서는, 인듐 주석 산화물(indium tin oxide; ITO), 인듐 아연 산화물(indium zinc oxide; IZO) 및 알루미늄 아연 산화물(aluminum zinc oxide; AZO)와 같은 투명 도전성 물질 또는 Mo/Al/Mo, Mo/Al, Mo/Cu, CuMn/Cu, Ti/Cu와 같은 원소로 이루어진 다층막 구조를 가질 수 있다. 또 다른 실시예에서는, 제 1 소오스/드레인 전극(S/D1) 또는 제 2 소오스/드레인 전극

(S/D2)은 반도체 채널 층을 이루는 산화물 반도체, 환원된 산화물 반도체 또는 이들의 조합을 포함할 수 있으며, 선택적으로, 제 1 소오스/드레인 전극(S/D1) 또는 제 2 소오스/드레인 전극(S/D2)은 반도체 채널 층과 동일한 물질로 구성될 수 있으나 캐리어 농도가 상이하거나 산화물 반도체와 불소(F), 수소(H) 및 황(S) 중 적어도 하나를 더 포함할 수 있다. 상기 반도체 채널 층을 이루는 물질에 대한 설명은 후술하기로 한다.

[0052] 일 실시예에서, 반도체 채널 층은 제 1 소오스/드레인 전극(S/D1)과 상기 제 2 소오스/드레인 전극(S/D2)을 연결하고, 반도체 채널 층 상에 가변 유전 층(VDL)을 포함하는 게이트 절연막(GI)이 형성될 수 있으며, 게이트 절연막(GI) 상에는 압력 센서(120)에 게이트 전압(GV)을 인가하는 게이트 전극(GE)이 형성될 수 있다. 제 1 소오스/드레인 전극(S/D1)과 상기 제 2 소오스/드레인 전극(S/D2) 사이에 압력 센서 바이어스(V2)가 인가되면 전위차에 의하여 반도체 채널 층을 통하여 전류가 흐르게 된다. 반도체 채널 층을 통하여 흐르는 전류의 크기는 아래 식과 같은 상관 관계를 갖는다. 여기서,  $I_{CL}$ 은 반도체 채널 층에 흐르는 전류의 크기,  $C_{tot}$ 은 가변 유전 층(VDL)의 전기 용량,  $V_{GV}$ 는 게이트 전압(GV),  $V_t$ 는 압력 소자의 반도체 채널 층에 전류가 흐르게 하기 위한 게이트 전압(GV)의 크기인 문턱 전압을 나타낸다.

$$I_{CL} \propto C_{tot}(V_{GV} - V_t)^2$$

[0053]

[0054] 상기 식과 같이 반도체 채널 층에 흐르는 전류의 크기는 가변 유전 층(VDL)의 전기 용량( $C_{tot}$ )에 비례하는 것을 알 수 있다. 가변 유전 층(VDL)을 포함한 게이트 절연막(GI)이 다중층으로 구성되는 경우  $C_{tot}$ 은 상기 다중층 전체의 전기 용량을 의미할 수 있다. 또한, 게이트 전압(GV)의 크기는 가변적일 수 있으나, 광전 센서(110)와 직렬 연결되어 있는 경우에는 광전 센서(110)에 의하여 생성된 광-전류 신호(CS)가 압력 센서(120)를 통하여 흐르고, 광-전류 신호(CS)가 압력 센서(120)에 의하여 변화되어 출력된 출력 전류 신호(OCS)를 생성하기 위하여 바람직하게는, 문턱 전압( $V_t$ )보다 큰 읽기 전압을 가지는 것이 바람직하다.

[0055] 또 다른 실시예에서는, 복수의 픽셀 유닛들을 포함하는 픽셀 스트링들의 출력 전류 신호(OCS)를 감지하는 복합 스캐너(100a)에서, 감지부는 초 당 수십 내지 수백 번의 출력 전류 신호(OCS) 감지 동작을 수행할 수 있으며, 상기 감지 동작의 대상이 되는 픽셀 스트링들을 선별하기 위하여 게이트 전압(GV)의 크기를 조절할 수 있다. 예를 들어, 상기 감지 동작의 대상이 되는 픽셀 스트링에는 상기 문턱 전압 이상의 게이트 전압(GV)을 인가하고, 상기 감지 동작이 대상이 아닌 픽셀 스트링들에는 상기 문턱 전압 미만의 게이트 전압(GV)을 인가하는 동작이 수행될 수 있다.

[0056] 다른 실시예에서, 반도체 채널 층은 폴리 실리콘(poly-Si) 또는 산화물 반도체를 포함할 수 있다. 예시적으로, 상기 산화물 반도체는 금속 산화물 반도체로서, 아연(Zn), 인듐(In), 갈륨(Ga), 주석(Sn), 티타늄(Ti) 등의 금속의 산화물 또는 아연(Zn), 인듐(In), 갈륨(Ga), 주석(Sn), 티타늄(Ti) 등의 금속과 이들의 산화물의 조합으로 이루어질 수 있다. 또 다른 실시예에서, 상기 산화물 반도체는 산화 아연(ZnO), 아연-주석 산화물(ZTO), 아연-인듐 산화물(ZIO), 인듐 산화물(InO), 티타늄 산화물(TiO), 인듐-갈륨-아연 산화물(IGZO) 또는 인듐-아연-주석 산화물(IZTO) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0057] 게이트 절연막(GI)은 가변 유전 층(VDL)으로 이루어지거나 가변 유전 층(VDL) 상부 또는 하부에 추가적인 절연막을 포함하는 다층 구조를 가질 수 있다. 상기 절연막으로는 산화 실리콘( $SiO_x$ ), 산화 알루미늄( $Al_2O_3$ ), 산화 하프늄( $HfO_3$ ), 산화 이트륨( $Y_2O_3$ )과 같은 절연성 산화물이 이용될 수 있다.

[0058] 일 실시예에 따른 복합 스캐너(100a)의 픽셀 유닛들은 압력 센서(120) 및 광전 센서(110)를 외부로부터 보호하는 패시베이션 층(PSV)을 더 포함할 수 있다. 패시베이션 층(PSV)은 절연성 물질을 포함함으로써 도 3에서와 같이 광전 센서(110)의 적어도 어느 일부가 압력 센서(120)를 둘러싸고 있는 경우에 광전 센서(110)에 의하여 생성된 광-전류 신호(CS)가 압력 센서(120)로 누설되는 것을 방지할 수 있고, 다른 실시예에서는 패시베이션 층(PSV)이 유연성 있는 물질, 예를 들면 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET) 막으로 구성됨으로써 외부 압력(P)에 의한 가변 유전 층(VDL)의 변형이 용이하게 일어나도록 할 수 있다. 또 다른 실시예에서는 압력 센서(120)를 보호하는 패시베이션 층(PSV)과 광전 센서(110)를 보호하는 패시베이션 층(PSV)이 구분되어 형성될 수 있고, 압력 센서(120)와 광전 센서(110)를 함께 둘러싸는 패시베이션 층(PSV)이 형성될 수 있으며, 이 경우 압력 센서(120)와 광전 센서(110) 사이의 전기적 신호의 간섭 현상을 최소화하기 위하여 압력 센서(120)와 광전 센서(110) 사이에 절연막이 삽입될 수 있다.

- [0059] 다른 실시예에서, 패시베이션 층(PSV)은 폴리아세틸렌, 폴리 아닐린, 폴리에틸렌 디옥시타이오펜 폴리스티렌 설페이트(poly(3,4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate; PEDOT:PSS), 폴리이미드(polyimide; PI), 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane; PDMS), 폴리올레핀(polyolefin), 폴리아미드(polyamide; PA) 또는 폴리에틸렌 테레프탈레이트(Polyethylene terephthalate) 중 적어도 어느 하나 이상을 포함할 수 있다. 다만, 전술한 물질들은 예시에 불과하며 다양한 종류의 고분자 중합체 또는 탄성을 가지는 물질들이 모두 적용될 수 있다. 광전 센서(110)를 보호하는 패시베이션 층(PSV)은 광 에너지의 전달 효율을 증가시키기 위하여 투명한 물질을 포함하는 것이 바람직하며, 예를 들면 그래핀 전극과 같은 투명한 도전성 물질을 포함할 수 있다. 가시광선 영역의 파장에서 적어도 110% 이상, 바람직하게는 80% 이상의 투과율을 보이는 석영 또는 유리 등의 투명 무기 물질, 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN), 폴리에틸렌설포네이트(PES), 폴리옥시메틸렌(POM), 아크릴로니트릴-스티렌(AS) 수지, 아크로니트릴-부타디엔-스티렌(ABS) 수지, 트리아세틸 셀룰로오스(TAC)와 같은 플라스틱 투명 물질이 적용될 수 있다.
- [0060] 또 다른 실시예에서, 게이트 전극(GE)은 가변 유전 층(VDL) 또는 게이트 절연막(GI)보다 넓은 면적을 가지도록 구성되어 게이트 전극(GE)의 양 말단의 적어도 어느 일부가 탄성 보강체(EDB)에 의하여 지지되는 오버-행(overhang)구조를 가질 수 있다. 이에 따라, 게이트 전극(GE)이 패시베이션 층(PSV)과 부착되도록 별도의 접착부를 제공하지 않고도 게이트 전극(GE)이 패시베이션 층(PSV)의 변위 또는 변형에 따라 함께 변위됨으로써 가변 유전 층(VDL)의 전기 용량이 변화될 수 있다.
- [0061] 본 발명의 일 실시예에 따른 광전 센서(110)는 제 3 전극(EL3), 제 3 전극(EL3)에 대향하는 제 4 전극(EL4) 및 광전 변환 층(PVL)을 포함할 수 있으며, 제 3 전극(EL3) 또는 제 4 전극(EL4)의 적어도 어느 일부는 투명 도전막을 포함할 수 있다. 예시적으로, 인듐 주석 산화물(indium tin oxide; ITO), 인듐 아연 산화물(indium zinc oxide; IZO) 및 알루미늄 아연 산화물(aluminum zinc oxide; AZO)와 같이 높은 투명도를 갖는 물질들이 이용됨으로써 광 에너지의 전달 효율을 높일 수 있다. 또 다른 실시예에서는, 제 3 전극(EL3) 또는 제 4 전극(EL4)에 인듐 주석 산화물과 같은 박막을 삽입하여 광전 변환 층(PVL)과 제 3 전극(EL3) 또는 제 4 전극(EL4) 사이의 오믹 컨택(ohmic contact)을 형성할 수 있다. 제 3 전극(EL3) 또는 제 4 전극(EL4) 사이에 오믹 컨택이 아닌 쇼트키 컨택(Schottky contact)이 형성되는 경우 상기 전극들과 광전 변환 층(PVL) 간의 전하 이동이 저하되어 광전 센서의 민감도가 떨어질 수 있다.
- [0062] 일 실시예에서 광전 변환 층(PVL)은 전하 블로킹 층, 광 흡수 층, 전하 전달 층 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 상기 광 흡수 층은 광 에너지를 흡수하여 전자와 정공을 분리시키고, 상기 전하 전달 층은 상기 광 흡수 층의 분리 작용에 의하여 형성된 전자 또는 정공을 전극 주변으로 이송시키며, 상기 전하 블로킹 층은 상기 분리 작용에 의하여 형성된 전자 또는 정공이 재결합하는 것을 방지할 수 있다. 다른 실시예에서, 상기 전하 전달 층은 전도성 고분자 물질을 포함할 수 있으며, 예를 들어, 폴리(3,4-에틸렌디옥시타이오펜)(PEDOT), 폴리(스티렌설포네이트)(PSS), 폴리 아닐린, 프탈로시아닌, 펜타센, 폴리디페닐아세틸렌, 폴리(t-부틸)디페닐아세틸렌, 폴리(트리플루오로메틸)디페닐아세틸렌, 폴리(카르바졸)디페닐아세틸렌, 폴리디아세틸렌, 폴리페닐아세틸렌, 폴리피리딘아세틸렌, 폴리메톡시페닐아세틸렌, 폴리메틸페닐아세틸렌, 폴리(t-부틸)페닐아세틸렌, 폴리니트로페닐아세틸렌, 폴리(트리플루오로메틸)페닐아세틸렌, 폴리(트리메틸실릴)페닐아세틸렌 및 이들의 유도체와 같은 전도성 고분자들 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0063] 일 실시예에서, 상기 광 흡수 층은 페로브스카이트(perovskite)를 포함할 수 있고, 예를 들면 메틸암모늄 납 요오드화물(methylammonium lead iodide; MAPbI<sub>3</sub>) 또는 포름아미디늄 납 요오드화물(formamidinium lead iodide; FAPbI<sub>3</sub>)과 같은 무/유기 하이브리드 할로젠화물일 수 있다. 다른 실시예에서는, 실리콘(Si), 게르마늄(Ge) 단결정, 갈륨비소(GaAs), 텔루리화카드뮴(CdTe), 탄화 규소(SiC), 요오드화수은(HgI<sub>2</sub>)과 같이 방사선을 받은 경우 광전 효과를 일으키는 물질들을 포함할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 상기 광 흡수 층은 도너 물질 및 억셉터 물질을 포함할 수 있다. 예를 들면, 도너 물질에는 폴리(3-헥실티오펜)(P3HT), 폴리실록산 카르바졸, 폴리아닐린, 폴리에틸렌 옥사이드와 같은  $\pi$ -전자를 포함하는 전도성 고분자가 포함될 수 있고, 억셉터 물질에는 플러렌 또는 그 유도체가 포함될 수 있다. 상기 광 흡수 층을 구성하는 물질들은 광 에너지의 종류에 따라 광전 센서(110)의 구동 방식이 직접 전리 또는 간접 전리인지 여부에 따라 달라질 수 있으며, 상기 구동 방식에 대한 상세한 설명은 도 4에서 후술하기로 한다.
- [0064] 다른 실시예에서, 상기 전하 블로킹 층은 나프탈렌 테트라카르복실산 무수물(NTCDA), p-비스(트리페닐실릴)벤젠(UGH2), 3,4,9,10-페릴렌테트라카르복실산 이무수물(PTCDA) 및 7,7,8,8-테트라시아노네퀴노디메탄(TCNQ)과 같은 유기 반전도성 물질, 구리(Cu), 알루미늄(Al), 주석(Sn), 니켈(Ni), 텅스텐(W) 또는 이들 조합의 금속 산화물

또는 다양한 종류의 반도체 물질들을 포함할 수 있다.

[0065] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 복합 스캐너(100a)의 구동 방법을 나타낸 순서도이다.

[0066] 도 4를 참조하면, 먼저, 복합 스캐너(100a)는 스캔 대상 물체로부터 가해지는 압력에 의하여 각 픽셀 유닛으로부터 발생한 제 1 출력 전류 신호(OCS)를 종합하여 압력 스캔 정보를 얻을 수 있다(S100). 광 에너지가 가해지기 전에 스캔 대상 물체가 복합 스캐너(100a)의 스캔 영역 상에 제공되는 경우, 스캔 대상 물체의 무게에 의하여 복합 스캐너(100a)의 각 픽셀 유닛들은 상기 무게와 비례하는 크기의 외부 압력(P)을 받을 수 있다. 외부 압력(P)의 크기에 따라 압력 센서(120)의 컨덕턴스가 달라지게 되고, 광전 센서 바이어스(V1)에 의하여 광전 센서(110)에서 생성된 전류가 압력 센서(120)를 통하여 흐르면서 상기 전류의 크기가 달라질 수 있다. 복합 스캐너(100a)의 감지부는 각 픽셀 유닛들의 압력 센서(120)의 제 1 소오스/드레인 전극(S/D1) 또는 제 2 소오스/드레인 전극(S/D2)에 전기적으로 연결되어 상기 압력 센서(120)에서 크기가 변화된 출력 전류 신호(OCS)를 획득할 수 있다. 복합 스캐너(100a)는 상기 출력 전류 신호(OCS)를 종합하여 압력 스캔 정보를 획득할 수 있다.

[0067] 이후, 스캔 대상 물체에 광 에너지를 가하여 상기 각 픽셀 유닛으로부터 발생한 제 2 출력 전류 신호(OCS)를 종합하여 압력-광 스캔 정보를 얻을 수 있다(S200). 스캔 대상 물체가 복합 스캐너(100a)에 제공된 상태에서 광 에너지를 가해주면 광전 센서(110)에서 광-전류 신호(CS)가 생성되고 상기 광-전류 신호(CS)가 압력 센서(120)를 통해 흐르면서 크기가 변화되어 출력 전류 신호(OCS)를 얻을 수 있다. 복합 스캐너(100a)의 감지부는 각 픽셀 유닛들의 출력 전류 신호(OCS)를 종합하여 압력-광 스캔 정보를 얻을 수 있다.

[0068] 이후, 압력 스캔 정보를 이용하여 상기 압력-광 스캔 정보를 캘리브레이션하여 광 스캔 정보를 얻을 수 있다(S300). 상기 압력-광 스캔 정보는 외부 압력(P) 및 광 에너지에 의하여 생성된 전류 신호들을 포함하고 있으므로, 상기 압력-광 스캔 정보 획득 단계(S200)에서 얻어진 각 픽셀 유닛들의 출력 전류 신호(OCS)에서 상기 압력 스캔 정보 획득 단계(S100)에서 얻어진 각 픽셀 유닛들의 출력 전류 신호(OCS)를 빼면 광 에너지에 의하여 생성된 광 스캔 정보를 획득할 수 있다.

[0069] 다른 실시예에서, 상기 압력 스캔 정보 획득 단계(S100) 및 상기 압력-광 스캔 정보 획득 단계(S200)에서 출력 전류 신호(OCS)를 종합하는 구동은 복합 스캐너의 감지부에 의해 수행될 수 있고, 별도의 컴퓨팅 장치 또는 소프트웨어에 의하여 수행될 수도 있다.

[0070] 도 5a는 외부 압력(P)의 변화에 따른 복합 스캐너(100a)의 출력 전류 신호(OCS)의 변화를 나타낸 그래프이며, 도 5b는 광 에너지의 변화에 따른 복합 스캐너(100a)의 출력 전류 신호(OCS)의 변화를 나타낸 그래프이다. 그래프의 y축은 초기 전류에 대한 출력 전류의 증가량의 비를 나타낸다.

[0071] 도 5a를 참조하면, 일 실시예에서, 외부 압력(P)의 크기를 5 kPa 부터 400 kPa까지 증가시키는 경우 출력 전류 신호(OCS)의 증가량이 외부 압력(P)이 인가되지 않은 경우의 출력 전류의 크기에 비하여 0.05 배부터 0.4 배까지 선형적으로 증가하는 것을 볼 수 있고, 도 5b를 참조하면 다른 실시예에서, 광 에너지의 크기를 순차적으로 증가시키는 경우 출력 전류 신호(OCS)의 증가량이 외부 압력(P)이 인가되지 않은 경우의 출력 전류의 크기에 비하여 0.25 배부터 1.25 배까지 선형적으로 증가하는 것을 볼 수 있다. 도 5b의 그래프에 기재된 전류의 크기는 광 에너지의 크기에 비례하며, 구체적으로는 전류가 200  $\mu$ A인 경우 엑스-선(X-ray)의 세기는 2.0 mGy/s일 수 있고, 상기 광 에너지의 발생을 위한 전류의 세기는 50  $\mu$ A 부터 400  $\mu$ A의 범위까지 증가시키면서 측정하였다.

[0072] 다른 실시예에서, 상기 제 1 출력 전류 신호(OCS)의 크기는 상기 압력의 크기에 선형적으로 비례할 수 있으며, 상기 제 2 출력 전류 신호(OCS)의 크기와 상기 제 1 출력 전류 신호(OCS) 크기의 차이는 상기 광 에너지의 크기에 선형적으로 비례할 수 있다. 상기 압력-광 스캔 정보를 캘리브레이션 하는 단계(S300)에서 상기 제 2 출력 전류 신호(OCS)의 크기와 상기 제 1 출력 전류 신호(OCS) 크기의 차이값을 구하면 각 픽셀 유닛당 가해진 광 에너지의 크기에 대한 정보를 얻을 수 있다.

[0073] 또 다른 실시예에 따른 복합 스캐너(100a)는 상기 압력 스캔 정보에 제 1 가중치의  $x$  ( $0 < x < 1$ ) 값을 부여하고, 상기 광 스캔 정보에 제 2 가중치의  $1-x$  ( $0 < x < 1$ ) 값을 부여하며, 상기 압력 스캔 정보 및 상기 광 스캔 정보에 각각 상기 제 1 및 제 2 가중치를 곱하여 보정 스캔 정보를 얻는 단계를 더 포함할 수 있다(S400). 상기 제 1 가중치 및 상기 제 2 가중치를 부여하여 상기 압력 스캔 정보 및 상기 광 스캔 정보를 이용한 보정 스캔 정보를 얻는 경우, 종래의 광 에너지만을 이용한 비파괴 검사의 낮은 신뢰도 및 정확도에서 비롯되는 한계를 극복할 수 있다. 또 다른 실시예에서 상기 제 1 가중치 및 상기 제 2 가중치는 복합 스캐너(100a) 내부의 소프트웨어에 의하여 자동으로 설정되거나 복합 스캐너(100a)에 연결된 클라이언트 단말(미도시)을 통하여 외부로부터 입력 받을 수 있다. 또 다른 실시예에서, 복합 스캐너(100a)는 상기 보정 스캔 정보를 얻기 위한 컴퓨팅 장

치 또는 소프트웨어를 더 포함할 수 있다.

[0074] 일 실시예에서, 복합 스캐너(100a)의 광전 센서(110)가 감지하는 광 에너지는 엑스 선(x-ray)으로부터 얻어질 수 있다. 광 에너지는 전파, 마이크로파, 적외선, 가시광선 또는 자외선과 같이 직접 전하를 발생시킬 수 없는 비전리 방사선 또는 감마선, 엑스선, 알파선, 베타선과 같이 광전 변환 층(PVL)에 포함된 원자들의 전자를 직접 방출시키는 전리 방사선에 의하여 얻어질 수 있다. 다양한 실시예들에서, 광전 변환 층(PVL)의 구성 물질들은 상기 광 에너지가 전리 방사선 또는 비전리 방사선인지에 따라 적절히 선택될 수 있다. 본 발명에 따른 복합 스캐너(100a)는 전자 소자의 안전성 평가 분야, 질병 진단을 위한 의료 분야, 파이프 용접부 검사와 같은 중공업 분야 또는 공항 검색대의 보안 검사 분야와 같은 종래의 비파괴 검사의 적용 영역보다 확장된 다양한 분야에의 적용이 가능하다.

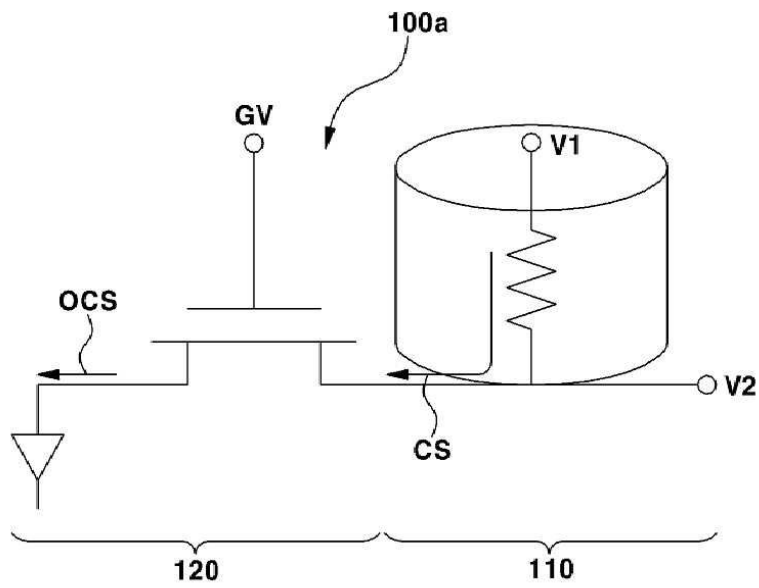
[0075] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

### 부호의 설명

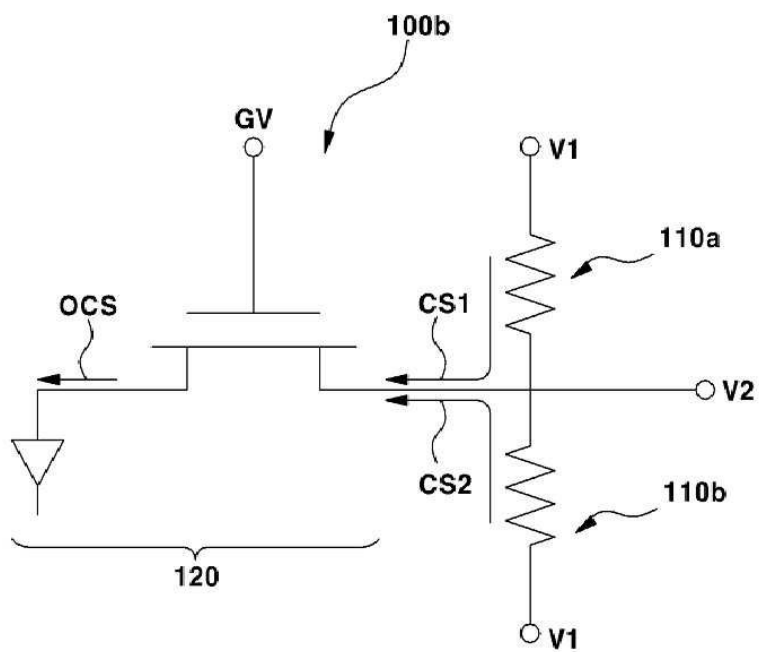
[0076] 100a, 100b, 100c: 복합 스캐너  
 110, 110a, 110b: 광전 센서  
 120, 120a, 120b: 압력 센서  
 CS, CS1, CS2: 광-전류 신호  
 OCS, OCS1, OCS2: 출력 전류 신호  
 V1: 광전 센서 바이어스  
 V2: 압력 센서 바이어스  
 GV: 게이트 전압  
 121: 캐패시터  
 EL1: 제 1 전극  
 EL2: 제 2 전극  
 EL3: 제 3 전극  
 EL4: 제 4 전극  
 VDL: 가변 유전 층  
 P: 외부 압력  
 EDB: 탄성 보강체  
 S/D1: 제 1 소오스/드레인 전극  
 S/D2: 제 2 소오스/드레인 전극  
 GI: 게이트 절연막  
 GE: 게이트 전극  
 PVL: 패시베이션 층  
 CL: 반도체 채널 층

도면

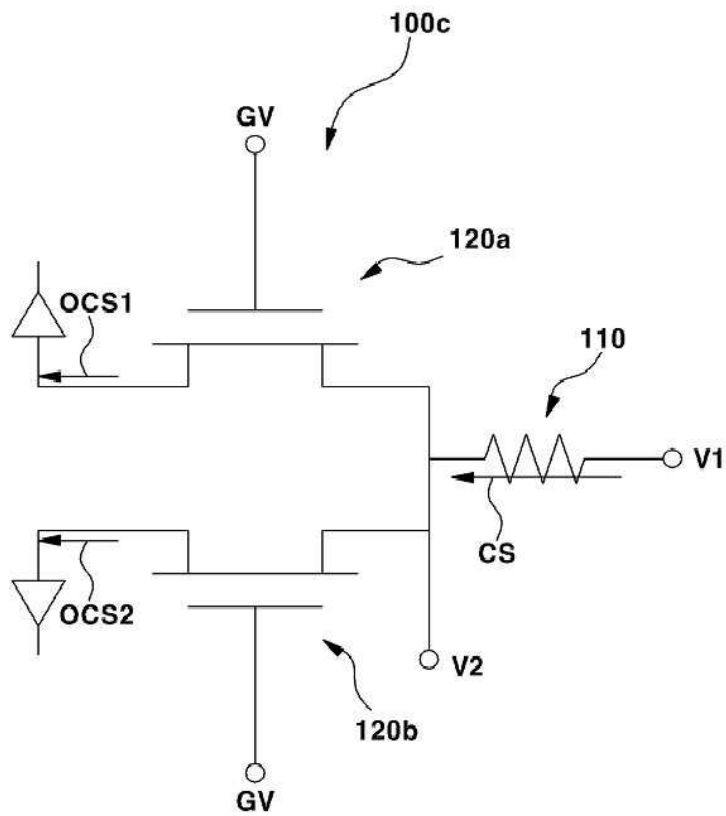
도면1a



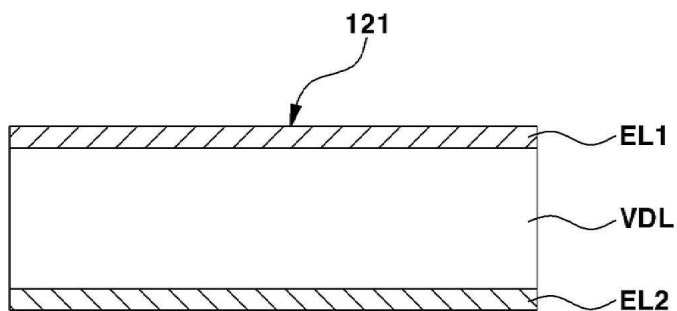
도면1b



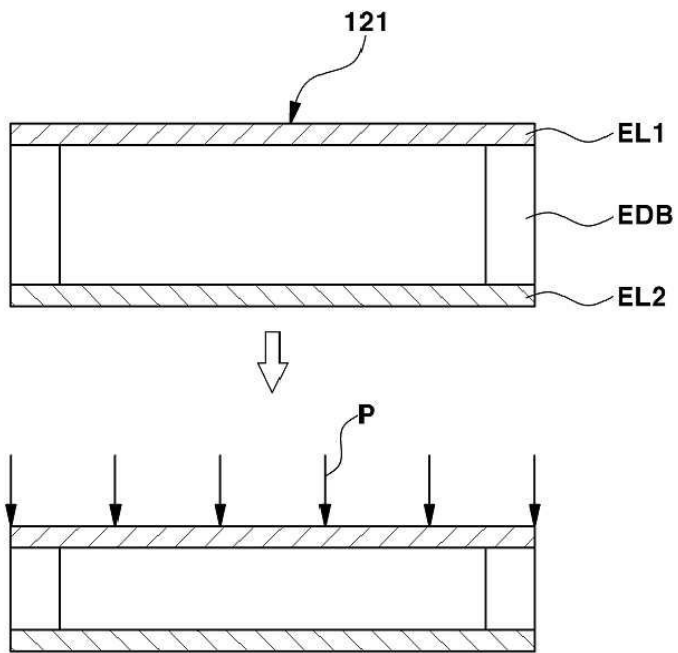
도면1c



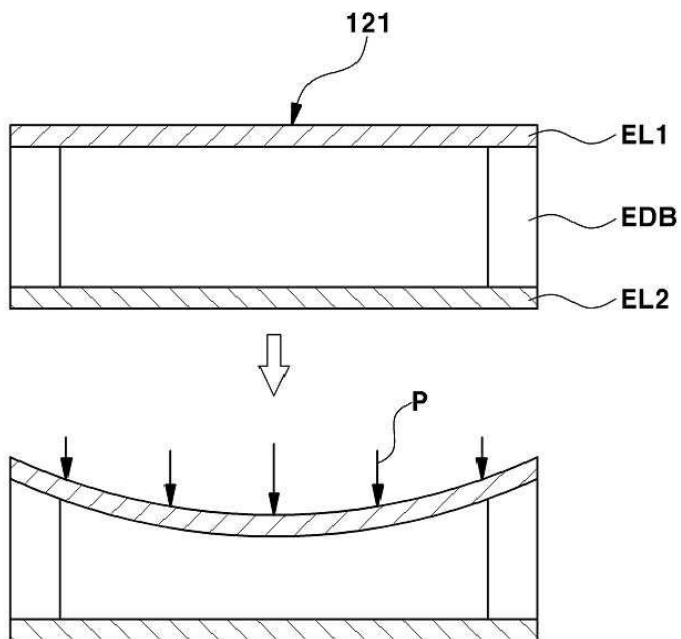
도면2a



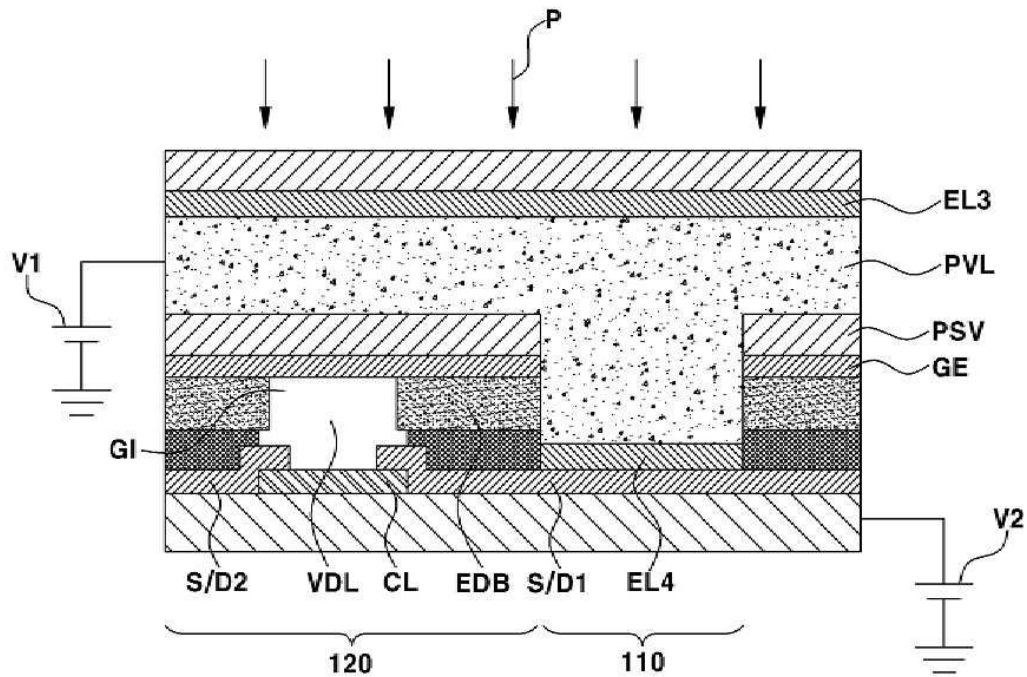
도면2b



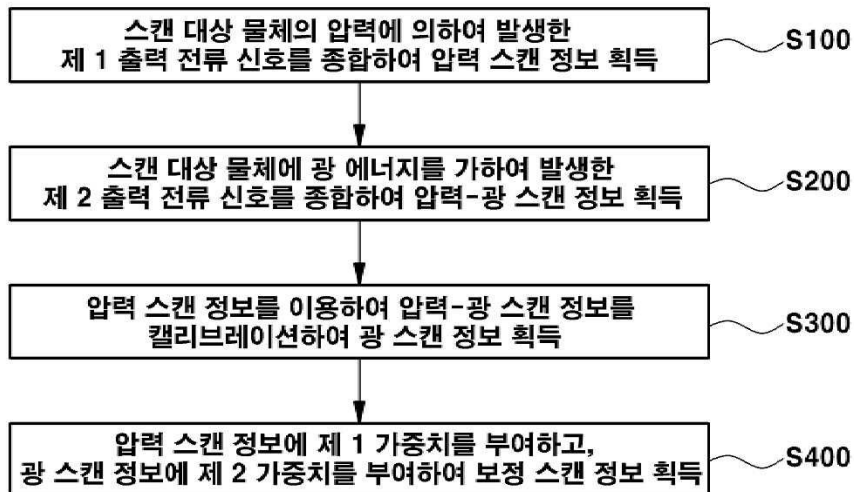
도면2c



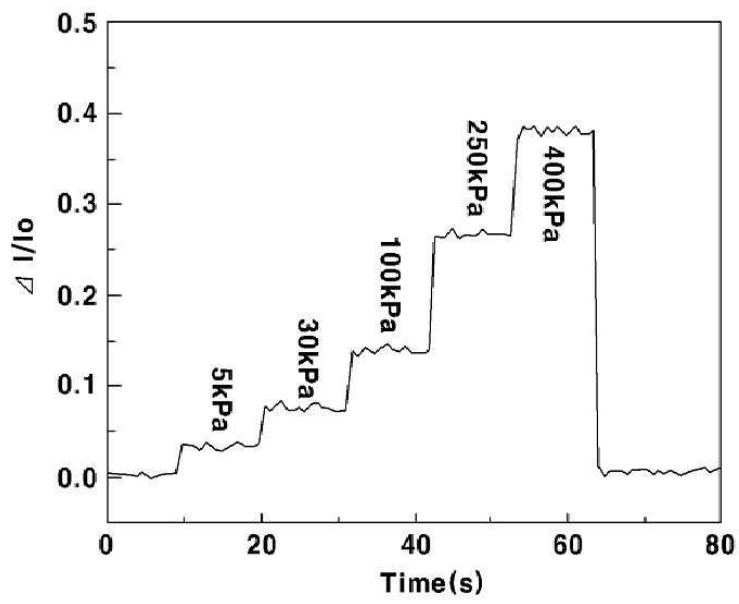
도면3



도면4



도면5a



도면5b

