



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0079892  
(43) 공개일자 2017년07월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G06F 3/01 (2006.01) G02F 1/1333 (2006.01)  
G06F 3/041 (2006.01) H01L 27/32 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
G06F 3/016 (2013.01)  
G02F 1/13338 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2015-0190921  
(22) 출원일자 2015년12월31일  
심사청구일자 없음

(71) 출원인  
엘지디스플레이 주식회사  
서울특별시 영등포구 여의대로 128(여의도동)  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
(72) 발명자  
이용우  
경기도 고양시 일산서구 가좌2로 53 가좌마을3단지아파트 벽산아파트 304동 903호  
함용수  
서울특별시 도봉구 방학로3길 74-7  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
특허법인인벤투스

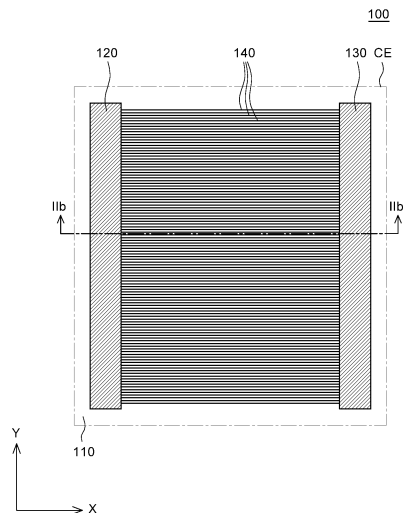
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 접촉 감응 소자 및 접촉 감응 소자를 포함하는 표시 장치

### (57) 요약

접촉 감응 소자 및 접촉 감응 소자를 포함하는 표시 장치가 제공된다. 접촉 감응 소자는 기관, 기관의 일 면 상에 배치된 하나 이상의 제1 전극 및 제1 전극과 이격된 하나 이상의 제2 전극, 및 제1 전극 및 제2 전극과 접하는 하나 이상의 압전 나노 섬유(nano fiber)를 포함한다.

대표도 - 도2a



(52) CPC특허분류

**G06F 3/041** (2013.01)

**H01L 27/323** (2013.01)

**G02F 2202/28** (2013.01)

(72) 발명자

**김태현**

서울특별시 금천구 금하로9길 24-3 3층

**고유선**

서울특별시 송파구 올림픽로33길 17 미성아파트 7  
동 407호

**임명진**

경기도 고양시 일산서구 호수로 710 강선마을17단  
지아파트 1706동 203호

**최슬기**

인천광역시 연수구 해송로30번길 19(송도동, 송도  
웰카운티3단지아파트) 306동 2901호

**지송목**

대전광역시 서구 청사로 65 황실타운아파트 118동  
1402호

**이수봉**

대구광역시 달서구 상화로8길 23 삼성1차래미안아  
파트 101동 105호

**여종석**

인천광역시 연수구 송도과학로51번길 136 (송도동,  
캐슬 앤드 해모로) 204동 1903호

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

기관;

상기 기관의 일 면 상에 배치된 하나 이상의 제1 전극 및 상기 제1 전극과 이격된 하나 이상의 제2 전극; 및  
상기 제1 전극 및 상기 제2 전극과 접하는 하나 이상의 압전 나노 섬유(nano fiber)를 포함하는, 접촉 감응 소자.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 기관은 복수의 셀을 갖고,

상기 제1 전극, 상기 제2 전극 및 상기 압전 나노 섬유는 상기 복수의 셀 각각에 배치된, 접촉 감응 소자.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 복수의 셀 중 하나의 셀에 배치된 상기 제1 전극의 개수 및 상기 제2 전극의 개수 각각은 1개이고,

상기 압전 나노 섬유의 개수는 복수인, 접촉 감응 소자.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 복수의 압전 나노 섬유는 서로 평행하도록 배치된, 접촉 감응 소자.

#### 청구항 5

제2항에 있어서,

상기 제1 전극은 복수의 제1 서브 전극을 포함하고,

상기 제2 전극은 상기 복수의 제1 서브 전극과 이격된 복수의 제2 서브 전극을 포함하고,

상기 복수의 제1 서브 전극 각각은 상기 압전 나노 섬유에 의해 상기 복수의 제2 서브 전극 각각과 연결된, 접촉 감응 소자.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 복수의 제1 서브 전극 중 하나는 서로 연결된 상기 제2 서브 전극과 제1 간격으로 이격되고,

상기 복수의 제1 서브 전극 중 다른 하나는 서로 연결된 제2 서브 전극과 상기 제1 간격과는 상이한 제2 간격으로 이격된, 접촉 감응 소자.

#### 청구항 7

제5항에 있어서,

상기 복수의 제1 서브 전극과 상기 복수의 제2 서브 전극은 모두 하나의 상기 압전 나노 섬유에 의해 연결된, 접촉 감응 소자.

#### 청구항 8

제2항에 있어서,

상기 복수의 셀 중 제1 셀에 배치된 상기 제1 전극과 상기 제2 전극은 제1 간격으로 이격되고,

상기 복수의 셀 중 제2 셀에 배치된 상기 제1 전극과 상기 제2 전극은 상기 제1 간격과는 상이한 제2 간격으로 이격된, 접촉 감응 소자.

#### 청구항 9

제2항에 있어서,

상기 복수의 셀 각각은 제1 영역 및 제2 영역을 포함하고,

상기 제1 전극, 상기 제2 전극 및 상기 압전 나노 섬유는 상기 제1 영역에만 배치된, 접촉 감응 소자.

#### 청구항 10

제1항에 있어서,

상기 압전 나노 섬유는 길이 방향으로 분극되어, 상기 제1 전극과 접하는 부분과 상기 제2 전극과 접하는 부분의 극성이 서로 상이한, 접촉 감응 소자.

#### 청구항 11

제1항에 있어서,

상기 기판은 상기 압전 나노 섬유와 중첩한 리세스부를 포함하고,

상기 압전 나노 섬유는 상기 리세스부 상에서 상기 기판과 서로 이격된, 접촉 감응 소자.

#### 청구항 12

제11항에 있어서,

상기 리세스부와 상기 압전 나노 섬유 사이에 배치되어 상기 압전 나노 섬유에 접촉하는 지지 노드를 더 포함하는, 접촉 감응 소자.

#### 청구항 13

제1항에 있어서,

상기 제1 전극 및 상기 제2 전극은 투명 도전성 물질로 이루어지고,

상기 기판은 투명한 절연 물질로 이루어지는, 접촉 감응 소자.

#### 청구항 14

터치 패널; 및

상기 터치 패널 상에 또는 상기 터치 패널 아래에 배치되고, 기판, 상기 기판의 일 면 상에 배치된 하나 이상의 제1 전극 및 하나 이상의 제2 전극 및 상기 제1 전극과 상기 제2 전극을 연결하는 하나 이상의 압전 나노 섬유를 갖는 접촉 감응 소자를 포함하는, 표시 장치.

#### 청구항 15

제14항에 있어서,

상기 접촉 감응 소자 하부에 배치된 표시 패널을 더 포함하고,

상기 기판의 일 면의 반대면이 상기 표시 패널과 대향하는, 표시 장치.

#### 청구항 16

제15항에 있어서,

상기 터치 패널은 상기 접촉 감응 소자 상에 배치된 스페이서 또는 접착층에 의해 상기 접촉 감응 소자에 고정

되는, 표시 장치.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 접촉 감응 소자 및 접촉 감응 소자를 포함하는 표시 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 압전 나노 섬유(nano fiber)를 사용하여 촉각 피드백(feedback)을 전달하는 접촉 감응 소자 및 접촉 감응 소자를 포함하는 표시 장치에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 터치 패널은 표시 장치에 대한 화면 터치나 제스처(gesture) 등과 같은 사용자의 터치 입력을 감지하는 장치로서, 스마트폰, 태블릿 PC 등의 휴대용 표시 장치를 비롯하여 공공 시설의 표시 장치와 스마트 TV 등의 대형 표시 장치에 널리 활용되고 있다. 이러한 터치 패널은 동작 방식에 따라 저항막 방식, 정전 용량 방식, 초음파 방식, 적외선 방식 등으로 분류된다.

[0003] 그러나, 최근에는 사용자의 터치 입력을 감지하는 것에 그치지 않고, 사용자의 터치 입력에 대한 피드백으로 사용자의 손가락 또는 사용자의 스타일러스 펜으로 느낄 수 있는 촉각 피드백을 전달하는 햅틱(haptic) 장치에 대한 연구가 진행되고 있다.

[0004] 이러한 햅틱 장치로 ERM(Eccentric Rotating Mass)이 적용된 햅틱 장치, LRA(Linear Resonant Actuator)가 적용된 햅틱 장치, 압전 세라믹 액츄에이터 (Piezo Ceramic Actuator)가 적용된 햅틱 장치 등이 사용되었다. 그러나, 상술한 햅틱 장치들은 불투명한 재료로 구성되고, 표시 장치의 특정 부분이 아닌 표시 장치 전체를 진동시키고, 다양한 진동감을 제공하지 못하며, 내구성이 낮아 외부 충격에 의해 쉽게 깨질 수 있다는 문제점을 갖는다.

[0005] [관련기술문헌]

[0006] 1. ERM 액츄에이터를 이용한 햅틱 효과 발생 방법 및 햅틱 지원 시스템 (한국특허출원번호 제10-2013-0011958호)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0007] 이에, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 압전 나노 섬유를 사용하며, 압전 나노 섬유의 길이를 조절하거나 배음(harmonics) 현상을 활용하여 다양한 느낌의 촉각 피드백을 구현할 수 있는 접촉 감응 소자 및 접촉 감응 소자를 포함하는 표시 장치를 제공하는 것이다.

[0008] 또한, 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 과제는 일 방향으로 정렬된 압전 나노 섬유를 사용하여 고투과 특성을 갖는 접촉 감응 소자 및 접촉 감응 소자를 포함하는 표시 장치를 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명의 과제들은 이상에서 언급한 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0010] 전술한 바와 같은 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 일 실시예에 따른 접촉 감응 소자는 기관, 기관의 일 면 상에 배치된 하나 이상의 제1 전극 및 제1 전극과 이격된 하나 이상의 제2 전극, 및 제1 전극 및 제2 전극과 접하는 하나 이상의 압전 나노 섬유(nano fiber)를 포함한다.

[0011] 전술한 바와 같은 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치는 터치 패널, 및 터치 패널 상에 또는 터치 패널 아래에 배치되고, 기관, 기관의 일 면 상에 배치된 하나 이상의 제1 전극 및 하나 이상의 제2 전극 및 제1 전극과 제2 전극을 연결하는 하나 이상의 압전 나노 섬유를 갖는 접촉 감응 소자를 포함한다.

[0012] 기타 실시예의 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

## 발명의 효과

- [0013] 본 발명은 압전 나노 섬유를 진동원으로 사용하고, 압전 나노 섬유를 일 방향으로 정렬되도록 형성하여 접촉 감응 소자의 투과율을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.
- [0014] 또한, 본 발명은 압전 나노 섬유의 길이 및 배음 차수를 조절하여 사용자에게 다양한 느낌의 촉각 피드백을 제공할 수 있는 효과가 있다.
- [0015] 본 발명에 따른 효과는 이상에서 예시된 내용에 의해 제한되지 않으며, 더욱 다양한 효과들이 본 명세서 내에 포함되어 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 접촉 감응 소자를 설명하기 위한 개략적인 평면도이다.
- 도 2a는 본 발명의 일 실시예에 따른 접촉 감응 소자의 셀을 설명하기 위한 개략적인 확대 평면도이다.
- 도 2b는 도 2a의 IIb-IIb'에 따른 접촉 감응 소자의 개략적인 단면도이다.
- 도 3a 및 도 3b는 본 발명의 다른 실시예에 따른 접촉 감응 소자를 설명하기 위한 개략적인 확대 평면도들이다.
- 도 4a 및 도 4b는 압전 나노 섬유의 길이에 대한 진동 주파수 측정 결과를 설명하기 위한 개략적인 확대 평면도들이다.
- 도 5는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 접촉 감응 소자를 설명하기 위한 개략적인 확대 평면도이다.
- 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 다양한 실시예들에 따른 접촉 감응 소자를 설명하기 위한 개략적인 확대 평면도들이다.
- 도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 접촉 감응 소자를 설명하기 위한 개략적인 확대 평면도이다.
- 도 8a는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 접촉 감응 소자를 설명하기 위한 개략적인 확대 평면도이다.
- 도 8b는 도 8a의 VIIIb-VIIIb'에 따른 접촉 감응 소자의 개략적인 단면도이다.
- 도 9a 및 도 9b는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 접촉 감응 소자를 설명하기 위한 개략적인 단면도들이다.
- 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치를 설명하기 위한 개략적인 단면도이다.
- 도 11은 본 발명의 다른 실시예에 따른 표시 장치를 설명하기 위한 개략적인 단면도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [0018] 본 발명의 실시예를 설명하기 위한 도면에 개시된 형상, 크기, 비율, 각도, 개수 등은 예시적인 것이므로 본 발명이 도시된 사항에 한정되는 것은 아니다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명은 생략한다. 본 명세서 상에서 언급된 '포함한다', '갖는다', '이루어진다' 등이 사용되는 경우 '~만'이 사용되지 않는 이상 다른 부분이 추가될 수 있다. 구성 요소를 단수로 표현한 경우에 특별히 명시적인 기재 사항이 없는 한 복수를 포함하는 경우를 포함한다.
- [0019] 구성 요소를 해석함에 있어서, 별도의 명시적 기재가 없더라도 오차 범위를 포함하는 것으로 해석한다.
- [0020] 위치 관계에 대한 설명일 경우, 예를 들어, '~상에', '~상부에', '~하부에', '~옆에' 등으로 두 부분의 위치 관계가 설명되는 경우, '바로' 또는 '직접'이 사용되지 않는 이상 두 부분 사이에 하나 이상의 다른 부분이 위치할 수도 있다.
- [0021] 소자 또는 층이 다른 소자 또는 층 "위 (on)"로 지칭되는 것은 다른 소자 바로 위에 또는 중간에 다른 층 또는 다른 소자를 개재한 경우를 모두 포함한다.

- [0022] 비록 제1, 제2 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않는다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 구성요소는 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 구성요소일 수도 있다.
- [0023] 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.
- [0024] 도면에서 나타난 각 구성의 크기 및 두께는 설명의 편의를 위해 도시된 것이며, 본 발명이 도시된 구성의 크기 및 두께에 반드시 한정되는 것은 아니다.
- [0025] 본 발명의 여러 실시예들의 각각 특징들이 부분적으로 또는 전체적으로 서로 결합 또는 조합 가능하며, 당업자가 충분히 이해할 수 있듯이 기술적으로 다양한 연동 및 구동이 가능하며, 각 실시예들이 서로에 대하여 독립적으로 실시 가능할 수도 있고 연관 관계로 함께 실시 가능할 수도 있다.
- [0026] 본 명세서에서 접촉 감응 소자는 접촉 감응 소자에 대한 사용자의 접촉에 대응하여 사용자에게 촉각 피드백을 전달할 수 있는 소자를 의미한다.
- [0027] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 다양한 실시예들을 상세히 설명한다.
- [0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 접촉 감응 소자를 설명하기 위한 개략적인 평면도이다. 도 1을 참조하면, 접촉 감응 소자(100)는, 기관(110), 복수의 셀(CE), 제1 배선(161), 제2배선(162) 및 FPCB(151)를 포함한다.
- [0029] 기관(110)은 접촉 감응 소자(100)의 다양한 구성요소들을 지지하기 위한 기관이다. 기관(110)은 절연 물질로 이루어진다. 구체적으로, 기관(110)은 투명한 절연 물질로 이루어질 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따른 접촉 감응 소자(100)는 표시 패널의 전면(front surface)에 배치되는 방식으로 표시 장치에 채용될 수 있으므로, 기관(110)은 투명한 절연 물질로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 기관(110)은 유리, 폴리이미드(PI) 또는 아크릴 계열의 플라스틱 물질로 이루어질 수 있다.
- [0030] 기관(110)은 액티브 영역(AA)을 갖도록 구성된다. 기관(110)의 액티브 영역(AA)은 사용자에게 촉각 피드백을 전달하기 위한 영역으로서, 제1 전극(120), 제2 전극(130) 및 압전 나노 섬유(140)가 배치된 복수의 셀(CE)을 포함한다. 여기서, 셀(CE)은 사용자에게 촉각 피드백을 전달할 수 있는 최소 단위 영역으로서, 각각의 셀(CE)은 독립적으로 촉각 피드백을 전달할 수 있다.
- [0031] 기관(110)의 각각의 셀(CE)의 면적은 일반적인 사람의 손가락의 크기를 고려하여 결정될 수 있다. 접촉 감응 소자(100)는 사용자의 터치 입력에 대한 촉각 피드백을 전달하는 것이므로, 사용자에게 촉각 피드백을 전달할 수 있는 최소 단위 영역인 셀(CE)은 사용자의 터치 입력이 발생하는 면적을 고려하여 결정될 수 있다. 이 경우, 사용자의 터치 입력이 발생하는 면적은 일반적인 사람의 손가락의 크기에 따라 결정되므로, 기관(110)의 셀(CE)의 면적 또한 일반적인 사람의 손가락의 크기에 기초하여 결정될 수 있다.
- [0032] 이하에서는, 각각의 셀(CE) 및 셀(CE)에 배치된 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)에 대한 보다 상세한 설명을 위해 도 2a 및 도 2b를 함께 참조한다.
- [0033] 도 2a는 본 발명의 일 실시예에 따른 접촉 감응 소자의 셀(CE)을 설명하기 위한 개략적인 확대 평면도이다. 도 2b는 도 2a의 IIb-IIb'에 따른 접촉 감응 소자의 개략적인 단면도이다. 도 2a 및 도 2b에서는 접촉 감응 소자(100)의 복수의 셀(CE) 중 하나의 셀(CE)만을 도시하였으며, 접촉 감응 소자(100)의 복수의 셀(CE) 모두는 도 2a 및 도 2b에 도시된 셀(CE)과 동일하게 구성될 수 있다.
- [0034] 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)은 압전 나노 섬유(140)에 전압을 인가하기 위한 전극으로서, 도전성 물질로 이루어진다. 또한, 접촉 감응 소자(100)의 투과율을 확보하기 위해, 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)은 투명 도전성 물질로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)은 ITO(Indium Tin Oxide), PEDOT:PSS, 은-나노와이어 등과 같은 투명 도전성 물질로 이루어질 수 있다. 다만, 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)의 구성 물질은 상술한 예에 제한되지 않고, 다양한 투명 도전성 물질이 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)의 구성 물질로 사용될 수 있다. 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)은 동일한 물질로 이루어질 수도 있고, 서로 상이한 물질로 이루어질 수도 있다.
- [0035] 도 2a 및 도 2b를 참조하면, 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)은 하나의 셀(CE) 내에서 기관(110)의 일 면 상에 배치된다. 즉, 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)은 기관(110)의 동일한 면에 형성되고, 복수의 셀(CE) 각각에 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)이 모두 배치된다. 예를 들어, 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)은 도 2b에 도시된 바와 같이 기관(110)의 상면에 형성되고 서로 이격되도록 배치될 수 있다.



- [0036] 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)은 다양한 방식으로 기판(110)의 일 면에 형성될 수 있다. 예를 들어, 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)은 스퍼터링, 프린팅, 슬릿 코팅 등과 같은 방식으로 기판(110)의 상면에 형성될 수 있다. 특히, 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)이 동일한 물질로 형성되는 경우, 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)은 동시에 형성될 수도 있다.
- [0037] 도 2a 및 도 2b를 참조하면, 복수의 압전 나노 섬유(140)는 복수의 셀(CE) 각각에서 기판(110) 상에 배치된다. 압전 나노 섬유(140)는 압전성 및 가용성(soluble)을 갖고, 직경이 수십 내지 수백 nm인 섬유를 의미한다. 예를 들어, 압전 나노 섬유(140)는 PVDF(polyvinylidene fluoride), P(VDF-TrFE)(poly(vinylidene fluoride-trifluoroethylene)), P(VDF-TrFE-CFE)(poly(vinylidene fluoride-trifluoroethylene-chlorofluoroethylene)), P(VDF-TrFE-CTFE)(poly(vinylidene fluoride-trifluoroethylene-chlorotrifluoroethylene)), ZnO 등의 다양한 물질로 이루어질 수 있다.
- [0038] 도 2a 및 도 2b를 참조하면, 복수의 압전 나노 섬유(140)는 제1 전극(120)과 제2 전극(130)과 접촉하여 제1 전극(120)과 제2 전극(130)을 전기적으로 연결한다. 구체적으로, 복수의 압전 나노 섬유(140)의 일단은 제1 전극(120)과 기판(110) 사이에 배치되어 제1 전극(120)과 접촉하고, 타단은 제2 전극(130)과 기판(110) 사이에 배치되어 제2 전극(130)과 접촉한다. 이에, 복수의 압전 나노 섬유(140)는 제1 전극(120)과 제2 전극(130)을 전기적으로 연결할 수 있다. 다만, 이에 제한되지 않고, 하나의 셀(CE)에 하나의 압전 나노 섬유(140)만 배치되고, 제1 전극(120)과 제2 전극(130)은 하나의 압전 나노 섬유(140)에 의해서만 전기적으로 연결될 수 있다. 또한, 압전 나노 섬유(140)와 기판(110) 사이에도 전극이 추가적으로 배치되어, 압전 나노 섬유(140)의 상부 및 하부 모두에 전극이 배치될 수도 있다. 제1 전극(120)과 제2 전극(130) 사이에 하나의 압전 나노 섬유(140)가 배치될 수도 있으나, 진동 강도를 높이기 위해 복수의 압전 나노 섬유(140)가 배치될 수 있다.
- [0039] 도 2a에 도시된 바와 같이, 복수의 압전 나노 섬유(140)는 제1 방향(X축 방향)으로 연장하고, 서로 평행하도록 배치된다. 복수의 압전 나노 섬유(140)가 일방향으로 정렬되는 것에 대한 보다 상세한 설명을 위해 복수의 압전 나노 섬유(140)의 제조 방법에 대해 먼저 살펴본다.
- [0040] 압전 나노 섬유(140)는 전기 방사(electrospinning) 방법을 통해 제조된다. 먼저, 전기 방사를 위한 노즐에 압전성 물질이 충전된다. 압전성 물질은 상술한 압전 나노 섬유(140)를 구성할 수 있는 물질로서, 용매에 용해된 상태로 노즐에 충전될 수 있으며, 예를 들어, 펌프 등을 통해 노즐에 충전될 수 있다. 이후, 노즐에 제1 전압이 인가되고, 기판(110)이 접지되거나, 제1 전압과 반대 극성의 제2 전압이 인가될 수 있다. 예를 들어, 기판(110)이 접지되는 경우, 노즐에 인가되는 제1 전압은 400V 정도의 고전압일 수 있다. 여기서, 기판(110)을 접지시킨다는 것은, 기판(110)을 직접 접지시키는 것뿐만 아니라 제조 공정 중 기판(110)을 지지하는 기판 지지부를 접지시키는 것을 의미할 수 있다.
- [0041] 노즐에 제1 전압이 인가됨에 따라, 이 때, 용액 상태의 압전성 물질이 가진 전기 쌍극자가 정렬하여 전하에 치우침이 생긴다. 즉, 용액이 고전압이 인가된 노즐을 통과하면서, 양극으로 작용하는 노즐 표면으로 음이온들이 인력을 받아 이동하고, 용액에 용해되어 있던 양이온들은 노즐 팁(tip)에 형성되는 액체 곡면으로 반발력을 받아 이동한다. 이러한 현상은 전하 분리 현상이라 지칭된다. 노즐에 인가되는 제1 전압이 고전압인 경우에는 전기력 및 양이온들의 상호 반발력이 용액의 표면 장력보다 커지게 되고, 액적들이 분열되어 노즐 팁으로부터 방사된다. 이 때, 노즐을 통해 방사되는 압전성 물질은 제1 전압과 동일한 극성을 갖는 전하로 대전될 수 있다. 여기서, 노즐 팁에 큰 모양의 액체 곡면이 생기는데, 이는 테일러 콘(Taylor cone)이라 지칭된다. 방사된 압전성 물질은 제1 전압과 반대 극성의 제2 전압이 인가되거나 접지된 기판(110) 방향으로 이동한다. 전기 방사 공정 중 액상의 압전성 물질은 기판(110)에 도달하기 전에 용매의 휘발이 함께 수반되면서 나노 섬유 형태로 기판(110) 상에 배열된다.
- [0042] 본 발명의 일 실시예에 따른 접촉 감응 소자(100)를 제조하는 경우, 노즐과 기판(110) 사이의 거리를 짧게 하여 복수의 압전 나노 섬유(140)가 서로 평행하게 형성될 수 있다. 예를 들어, 노즐과 기판(110) 사이의 거리를 50 내지 500 $\mu$ m로 설정하고 전기 방사 공정을 수행하는 경우, 복수의 압전 나노 섬유(140)가 일방향으로 정렬되도록 기판(110) 상에 형성될 수 있다. 이에 따라, 복수의 압전 나노 섬유(140) 사이의 공간을 충분히 확보할 수 있어 압전 나노 섬유(140)를 포함하는 접촉 감응 소자(100)가 90%이상의 고투과율을 갖도록 구현될 수 있다. 즉, 노즐과 기판(110) 사이의 거리가 500 $\mu$ m보다 큰 경우, 압전 나노 섬유(140)가 랜덤(random)한 방향으로 정렬되어 접촉 감응 소자(100)의 투과율이 매우 낮을 수 있고, 노즐과 기판(110) 사이의 거리가 50 $\mu$ m 보다 작은 경우, 압전 나노 섬유(140)를 원하는 위치 및 방향으로 정렬되도록 제어하는 것이 매우 어려울 수 있다.
- [0043] 또한, 압전 나노 섬유(140)는 고결정성의  $\beta$ -상( $\beta$ -phase)을 갖는 섬유로 형성된다. 상술한 바와 같이, 전기 방



사 방법을 통해 압전 나노 섬유(140)를 제조하는 경우, 제조 과정에서 노즐에 고전압을 인가시키며 방사가 이루어진다. 따라서, 압전 나노 섬유(140)는 제조 공정 중에 자동적으로 고결정성의  $\beta$ -상을 갖게 되므로, 통상적으로 널리 사용되는 PVDF 재료에 압전성을 주기 위한 공정인 압출 공정, 연신 공정, 폴링(poling) 공정 등이 불필요하다.

[0044] 압전 나노 섬유(140)는 길이 방향으로 분극되어 배치된다. 즉, 전기 방사 방법을 통한 압전 나노 섬유(140)의 제조 과정에서 노즐에 고전압이 인가되므로, 제조 공정 중에 자동적으로 압전 나노 섬유(140)의 일측은 양전하로, 타측은 음전하로 셀프 얼라인(self align)될 수 있다. 이에, 압전 나노 섬유(140)는 길이 방향으로 분극되어 배치되고, 압전 나노 섬유(140) 중 제1 전극(120)과 접하는 부분과 제2 전극(130)과 접하는 부분의 극성이 서로 상이할 수 있다.

[0045] 접촉 감응 소자(100)의 구동 방법을 보다 상세히 설명하기 위해 다시 도 1을 참조하면, 복수의 셀(CE) 내의 제1 전극(120) 및 제2 전극(130) 각각과 전기적으로 연결되도록 제1 배선(161) 및 제2 배선(162)이 기판(110) 상에 형성된다. 구체적으로, 제1 배선(161)은 복수의 셀(CE) 내의 제1 전극(120)과 전기적으로 연결되고, 제2 배선(162)은 복수의 셀(CE) 내의 제2 전극(130)과 전기적으로 연결된다. 제1 배선(161) 및 제2 배선(162)은 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)과 동일한 물질로 이루어질 수도 있고, 상이한 물질로 이루어질 수도 있다. 제1 배선(161) 및 제2 배선(162)이 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)과 동일한 물질로 이루어지는 경우, 제1 배선(161) 및 제2 배선(162)은 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)과 동시에 형성될 수도 있다.

[0046] 기판(110)의 일 측에 FPCB(Flexible Printed Circuit Board; 151)가 배치된다. FPCB(151)는 제1 배선(161) 및 제2 배선(162)과 전기적으로 연결되며, FPCB(151)에는 제1 배선(161) 및 제2 배선(162)을 통해 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)에 전압을 인가하기 위한 배선이 형성될 수 있다. FPCB(151)는 별도의 PCB(Printed Circuit Board; 152)와 전기적으로 연결된다. 즉, FPCB(151)의 배선은 PCB(152)에 형성된 배선과 전기적으로 연결되고, PCB(152) 상에 내장된 구동 IC 등과 같은 회로부(153)를 통해 접촉 감응 소자(100)의 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)에 전압이 인가될 수 있다. 도 1에서는 회로부(153)가 PCB(152)에 내장되는 것으로 도시되었으나, 이에 제한되지 않고, 회로부(153)는 COF(Chip on Film) 등의 방식으로 FPCB(151)에 내장될 수도 있다.

[0047] 본 발명의 일 실시예에 따른 접촉 감응 소자(100)는 다음과 같이 구동될 수 있다. 예를 들어, 기판(110)의 하나의 셀(CE)을 통해 촉각 피드백을 전달하고자 하는 경우, 해당 셀(CE)의 제1 전극(120)에는 제1 전극(120)과 전기적으로 연결된 제1 배선(161)을 통해 제1 전압이 인가되고, 해당 셀(CE)의 제2 전극(130)에는 제2 전극(130)과 전기적으로 연결된 제2 배선(162)을 통해 제2 전압이 인가된다. 예를 들어, 제1 전극(120) 및 제2 전극(130) 중 하나의 전극에는 특정 주파수를 갖는 교류 전압이 인가되고 다른 하나의 전극은 접지되어, 제1 전극(120)과 제2 전극(130) 사이의 전위차가 발생될 수 있다. 이러한 전위차에 의해 접촉 감응 소자(100) 중 해당 셀(CE)에 배치된 압전 나노 섬유(140)에 전기장이 인가되어, 압전 나노 섬유(140)가 진동하게 되고, 사용자는 촉각 피드백을 느낄 수 있다. 앞에서는 제1 배선(161) 및 제2 배선(162) 각각이 직접 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)에 연결되는 것으로 설명하였으나, 이에 제한되지 않고, 각각의 셀(CE)에는 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)과 전기적으로 연결된 복수의 박막 트랜지스터가 배치될 수도 있고, 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)은 박막 트랜지스터로부터의 전압을 인가받는 방법으로 구동될 수도 있다.

[0048] 사용자에게 촉각 피드백을 전달하기 위해 종래에 사용되었던 ERM 이나 LRA의 경우, 불투명한 재료로 이루어진다는 점에서 표시 패널의 전면에 배치될 수 없는 문제가 존재하였다. 이에, 투명한 전기 활성층 상부 및 하부에 전극을 형성하고, 전극에 전압을 인가하여 전기 활성층에 전기장을 발생시키는 방법으로 사용자에게 촉각 피드백을 전달하는 접촉 감응 소자 또한 연구되었다. 그러나, 전기 활성층과 전극들이 투명한 물질로 이루어지더라도 접촉 감응 소자에 입사하는 빛은 전기 활성층, 전기 활성층 상부에 배치된 전극 및 전기 활성층 하부에 배치된 전극 모두를 투과하여야 하므로, 투과도가 낮아지는 문제가 존재하였다.

[0049] 본 발명의 일 실시예에 따른 접촉 감응 소자(100)는 기판(110) 상에서 양 측에 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)이 배치되고, 제1 전극(120)과 제2 전극(130) 사이에 압전 나노 섬유(140)가 배치되어, 접촉 감응 소자(100)의 투과율이 개선될 수 있다. 즉, 접촉 감응 소자(100)에 입사하는 빛은 기판(110) 및 압전 나노 섬유(140)만 투과하면 되고, 특히, 압전 나노 섬유(140)는 수십 내지 수백 nm의 직경을 갖는 매우 얇은 섬유이므로, 빛이 전극을 투과하는 경우보다 많은 빛이 압전 나노 섬유(140)를 투과할 수 있다. 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 접촉 감응 소자(100)에서는 압전 나노 섬유(140)가 일방향으로 정렬되어 서로 평행하게 배치될 수 있으므로, 접촉 감응 소자(100)에 의한 투과도 손실이 최소화될 수 있다.

[0050] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 접촉 감응 소자(100)는 저전력 구동이 가능하도록 구현될 수 있다. 먼저, 접

촉 감응 소자(100)에서 진동을 발생시키는 압전 나노 섬유(140)는 매우 얇은 직경을 가지므로, 전기 활성층을 사용하여 진동을 발생시키는 경우보다 낮은 구동 전압으로도 보다 강한 진동을 발생시킬 수 있다. 또한, 압전 나노 섬유(140)가 전기 방사 방법으로 형성되는 과정에서 고전압이 인가되므로, 압전 나노 섬유(140)는 고결정성의  $\beta$ -상을 가질 수 있다. 또한, 제조 공정 중에 자동적으로 압전 나노 섬유(140)의 일 단은 양전하로, 타 단은 음전하로 셀프 얼라인될 수 있다. 이에, 압전 나노 섬유(140)는 길이 방향으로 분극되어 배치된다. 따라서, 상술한 바와 같은 압전 나노 섬유(140)의 특성에 의해 저전력 구동으로도 원하는 진동 세기가 획득될 수 있다. 특히, 압전 나노 섬유(140)의 셀프 얼라인된 쌍극자 방향에 따라 제1 전극(120)이 압전 나노 섬유(140)의 일단과 전기적으로 연결되고, 제2 전극(130)이 압전 나노 섬유(140)의 타단과 전기적으로 연결될 수 있다. 이 경우, 압전 나노 섬유(140)의 양 끝단의 극성을 고려하여 제1 전극(120)과 제2 전극(130) 각각에 상이한 극성의 전압을 인가하는 경우 접촉 감응 소자(100)가 보다 개선된 전력 특성을 가질 수 있다.

[0051] 한편, 상술한 바와 같은 전기 활성층을 사용하여 사용자에게 촉각 피드백을 전달하는 접촉 감응 소자를 제조하기 위해서는 전기 활성층에 압전성을 부여하기 위한 공정인 압출 공정, 연신 공정 및 폴링 공정이 요구되고, 이러한 공정들에 이어 라미네이션(lamination) 공정 등의 다양한 후공정들이 수반될 수 있다. 그러나, 본 발명의 일 실시예에 따른 접촉 감응 소자(100)의 경우, 압전 나노 섬유(140)가, 예를 들어, 전기 방사 방법으로 기판(110) 상에 직접 방사되어 형성될 수 있다. 따라서, 전기 방사 공정만으로 압전 나노 섬유(140)를 형성할 수 있으므로, 제조 공정에서의 편의성이 개선될 수 있다.

[0052] 도 3a 및 도 3b는 본 발명의 다른 실시예에 따른 접촉 감응 소자를 설명하기 위한 개략적인 확대 평면도들이다. 도 3a 및 도 3b 각각은 접촉 감응 소자(300A, 300B)에 적용될 수 있는 제1 셀(CE1) 및 제2 셀(CE2)만을 도시하였다. 또한, 도 3a 및 도 3b에 도시된 접촉 감응 소자(300A, 300B)는 도 1 내지 도 2b에 도시된 접촉 감응 소자(100)와 비교하여 제1 전극(320A, 320B)과 제2 전극(330A, 330B)의 형상 및 배치와 압전 나노 섬유(340A, 340B)의 길이만이 상이할 뿐, 다른 구성요소들은 실질적으로 동일하므로 중복 설명을 생략한다.

[0053] 먼저, 도 3a를 참조하면, 제1 셀(CE1)에서, 제1 전극(320A)은 복수의 제1 서브 전극(321A, 322A, 323A, 324A, 325A, 326A)을 포함하고, 제2 전극(330A)은 복수의 제2 서브 전극(331A, 332A, 333A, 334A, 335A, 336A)을 포함한다. 복수의 제1 서브 전극(321A, 322A, 323A, 324A, 325A, 326A)과 복수의 제2 서브 전극(331A, 332A, 333A, 334A, 335A, 336A)은 서로 이격되어 배치된다. 또한, 복수의 제1 서브 전극(321A, 322A, 323A, 324A, 325A, 326A) 각각은 압전 나노 섬유(340A)에 의해 복수의 제2 서브 전극(331A, 332A, 333A, 334A, 335A, 336A) 각각과 전기적으로 연결된다. 이 때, 복수의 압전 나노 섬유(340A)는 서로 평행하도록 배치된다.

[0054] 제1 서브 전극(321A, 322A, 323A, 324A, 325A, 326A), 제2 서브 전극(331A, 332A, 333A, 334A, 335A, 336A) 및 제1 서브 전극(321A, 322A, 323A, 324A, 325A, 326A)과 제2 서브 전극(331A, 332A, 333A, 334A, 335A, 336A)과 접촉하는 압전 나노 섬유(340A)는 하나의 진동 유닛으로 정의될 수 있다. 예를 들어, 제1 셀(CE1)에서 최상단에 배치된 제1 서브 전극(321A), 최상단에 배치된 제2 서브 전극(331A), 및 제1 서브 전극(321A) 및 제2 서브 전극(331A)과 접촉하는 압전 나노 섬유(340A)는 제1 서브 전극(321A)과 제2 서브 전극(331A)에 전압이 인가됨에 따라 독립적으로 진동을 발생시킬 수 있다.

[0055] 본 발명의 다른 실시예에 따른 접촉 감응 소자(300)는 복수의 셀 중 하나의 셀, 예를 들어, 제1 셀(CE1)에서 다양한 레벨의 촉각 피드백을 제공할 수 있다. 예를 들어, 제1 셀(CE1)에 배치된 6개의 진동 유닛 중 일부만이 구동되는 경우에는 낮은 레벨의 진동이 제공될 수 있고, 제1 셀(CE1)에 배치된 6개의 진동 유닛 모두가 구동되는 경우에는 높은 레벨의 진동이 제공될 수 있다. 즉, 제1 셀(CE1)에서 사용자에게 n개의 진동 강도 레벨을 전달하고자 하는 경우, 접촉 감응 소자(300)의 제1 셀(CE1)에 n개의 제1 서브 전극과 n개의 제2 서브 전극을 형성하고, 각각의 제1 서브 전극과 제2 서브 전극을 전기적으로 연결하는 압전 나노 섬유(340A)를 형성하는 방법으로 접촉 감응 소자(300)가 제조될 수 있다. 따라서, 원하는 개수의 제1 서브 전극 및 제2 서브 전극에 전압을 인가하여 원하는 레벨의 진동이 사용자에게 전달될 수 있다.

[0056] 다음으로, 도 3b를 참조하면, 제2 셀(CE2)에서, 제1 전극(320B)은 복수의 제1 서브 전극(321B, 322B, 323B, 324B, 325B, 326B)을 포함하고, 제2 전극(330B)은 복수의 제2 서브 전극(331B, 332B, 333B, 334B, 335B, 336B)을 포함한다. 복수의 제1 서브 전극(321B, 322B, 323B, 324B, 325B, 326B)과 복수의 제2 서브 전극(331B, 332B, 333B, 334B, 335B, 336B)은 서로 이격되어 배치되고, 압전 나노 섬유(340B)에 의해 전기적으로 연결된다. 여기서, 제1 셀(CE1)과 제2 셀(CE2)의 전극의 배치 구조를 비교하면, 제1 셀(CE1)에 배치된 제1 전극(320A)과 제2 전극(330A)은 제1 간격(L1)으로 이격되고, 제2 셀(CE2)에 배치된 제1 전극(320B)과 제2 전극(330B)은 제2 간격(L2)으로 이격되고, 제1 간격(L1)이 제2 간격(L2)보다 크다. 즉, 제1 셀(CE1)에서의 제1 서브

전극(321A, 322A, 323A, 324A, 325A, 326A)과 제2 서브 전극(331A, 332A, 333A, 334A, 335A, 336A) 사이의 압전 나노 섬유(340A)의 길이가 제2 셀(CE2)에서의 제1 서브 전극(321B, 322B, 323B, 324B, 325B, 326B)과 제2 서브 전극(331B, 332B, 333B, 334B, 335B, 336B) 사이의 압전 나노 섬유(340B)의 길이보다 길다. 여기서, 제1 서브 전극과 제2 서브 전극 사이의 압전 나노 섬유의 길이는 압전 나노 섬유 중 제1 서브 전극 및 제2 서브 전극과 중첩하는 부분을 제외한 나머지 부분의 길이를 의미한다.

[0057] 상술한 바와 같이, 본 발명의 다른 실시예에 따른 접촉 감응 소자(300)에서는 복수의 셀(CE1, CE2)마다 배치된 제1 전극(320A, 320B)과 제2 전극(330A, 330B) 사이의 거리가 상이할 수 있다. 즉, 제1 전극(320A, 320B)과 제2 전극(330A, 330B) 사이의 압전 나노 섬유(340AB)의 길이가 각각의 셀(CE1, CE2)마다 상이할 수 있다. 이에 따라, 본 발명의 다른 실시예에 따른 접촉 감응 소자(300)는 셀(CE1, CE2)마다 다른 느낌의 촉각 피드백을 전달할 수 있다. 구체적으로, 접촉 감응 소자(300)는 제1 전극(320A, 320B)과 제2 전극(330A, 330B)을 연결하는 압전 나노 섬유(340AB)의 길이를 조절하여 각각의 셀(CE1, CE2)마다 상이한 진동 주파수의 출력 진동이 획득될 수 있다.

[0058] 압전 나노 섬유의 진동 주파수(f)는 압전 나노 섬유의 무게(M), 길이(L) 및 장력(F)에 의해 영향을 받으며, 이를 수식적으로 표현하면 아래의 수학적 식 1과 같다.

[0059] [수학적 식 1]

$$f = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{F}{LM}}$$

[0060] 상기 수학적 식 1을 참조하면, 압전 나노 섬유의 길이(L)가 증가할수록 진동 주파수가 감소하여 보다 느린 진동이 발생하고, 압전 나노 섬유의 길이(L)가 감소할수록 진동 주파수가 증가하여 보다 빠른 진동이 발생한다. 이론적으로, 압전 나노 섬유의 길이(L)를 1/2로 감소시키면, 압전 나노 섬유의 무게(M) 또한 1/2로 감소하게 된다. 따라서, 압전 나노 섬유의 길이(L)를 1/2로 감소시키면, 진동 주파수(f)는 2배가 된다. 또한, 압전 나노 섬유의 길이(L)가 2배가 되면 압전 나노 섬유의 무게(M) 또한 2배가 되므로, 진동 주파수는 1/2이 된다.

[0062] 상술한 수학적 식 1을 참조하면, 도 3a 및 도 3b에 도시된 제1 셀(CE1) 및 제2 셀(CE2) 각각에서는 상이한 크기의 진동 주파수가 출력될 수 있다. 즉, 제1 셀(CE1)에서의 제1 전극(320A)과 제2 전극(330A) 사이의 압전 나노 섬유(340A)의 길이(L1)가 제2 셀(CE2)에서의 제1 전극(320B)과 제2 전극(330B) 사이의 압전 나노 섬유(340B)의 길이(L2)보다 길다. 따라서, 접촉 감응 소자(300) 구동 시 제1 셀(CE1)과 제2 셀(CE2)에 입력되는 전압의 입력 주파수는 동일하지만, 제1 셀(CE1)에서의 진동 주파수는 제2 셀(CE2)에서의 진동 주파수보다 작다. 이에, 본 발명의 다른 실시예에 따른 접촉 감응 소자(300)는 고주파수에서의 강한 진동력을 발생시키기 위해 제2 셀(CE2)에 배치된 압전 나노 섬유(340B)를 진동시키고, 저주파수에서의 강한 진동력을 발생시키기 위해 제1 셀(CE1)에 배치된 압전 나노 섬유(340A)를 진동시키는 방식으로 구동될 수 있고, 따라서, 사용자에게 상이한 느낌의 촉각 피드백을 전달할 수 있다. 예를 들어, 사용자가 자갈, 구슬을 만지는 것과 같은 거친 느낌의 촉각 피드백을 전달하기 위해서는 진동 주파수가 작은 제1 셀(CE1)에 배치된 압전 나노 섬유(340A)를 진동시키고, 사용자가 실크(silk)를 만지는 것과 같은 부드러운 느낌의 촉각 피드백을 전달하기 위해서는 진동 주파수가 큰 제2 셀(CE2)에 배치된 압전 나노 섬유(340B)를 진동시키는 방식으로 접촉 감응 소자(300)가 구동될 수 있다.

[0063] 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따른 접촉 감응 소자(300)에서는 동일한 주파수의 교류 전압이 인가되었을 때 압전 나노 섬유(340A, 340B)의 길이에 의해 다양한 진동 주파수를 획득할 수 있으므로, 다양한 진동 주파수를 획득하기 위한 가변 주파수 회로가 불필요하다. 종래의 접촉 감응 소자(300)에서는 사용자에게 상이한 느낌의 촉각 피드백을 전달하기 위해, 각각의 주파수를 출력할 수 있는 가변 주파수 회로를 사용하였다. 다만, 이러한 가변 주파수 회로는 매우 복잡하고, 접촉 감응 소자(300)에서 차지하는 면적이 넓다는 문제가 존재하였다. 그러나, 본 발명의 다른 실시예에 따른 접촉 감응 소자(300)에서는 동일한 전압원을 사용하더라도 압전 나노 섬유(340A, 340B)의 길이를 다양하게 하는 방식으로 다양한 진동 주파수를 획득할 수 있으므로, 가변 주파수 회로 없이도 용이하게 접촉 감응 소자(300)의 구동 회로가 설계될 수 있다.

[0064] 도 3a 및 도 3b에서는 접촉 감응 소자(300)가 복수의 셀(CE1, CE2)을 포함하고 각각의 셀(CE1, CE2)에서의 제1 전극(320A, 320B)과 제2 전극(330A, 330B) 사이의 간격이 서로 상이한 것으로 설명하였으나, 이에 제한되지 않고, 복수의 셀(CE1, CE2) 모두에서의 제1 전극(320A, 320B)과 제2 전극(330A, 330B) 사이의 간격이 동일할 수도 있다.

[0065] 이하에서는, 상술한 바와 같은 압전 나노 섬유의 길이에 대한 진동 주파수에 대한 측정 결과를 설명하기 위해 도 4a 및 도 4b를 함께 참조한다.

[0066] 도 4a 및 도 4b는 압전 나노 섬유의 길이에 대한 진동 주파수 측정 결과를 설명하기 위한 개략적인 확대 평면도들이다.

[0067] 도 4a는 실시예 1에 따른 접촉 감응 소자(400A)에 대한 평면도로서, 압전 나노 섬유(140)의 길이(L)는 6cm이다. 도 4b는 실시예 2에 따른 접촉 감응 소자(400B)에 대한 평면도로서, 압전 나노 섬유(140)의 길이(L/2)가 3cm이다. 도 4a 및 도 4b에서 압전 나노 섬유(140)가 배치된 영역의 폭(W1)은 6cm로 동일하다. 실시예 1 및 실시예 2에서는 유리로 이루어지고, 두께가 1.5mm인 제1 기판(110)이 사용되었다. 또한, 실시예 1 및 실시예 2에서는 압전 나노 섬유(140)의 일단에 배치되는 제1 전극(120)이 압전 나노 섬유(140)의 상단 및 하단 모두에 배치되고, 압전 나노 섬유(140)의 타단에 배치되는 제2 전극(130)이 압전 나노 섬유(140)의 상단 및 하단 모두에 배치되도록 구성되었다. 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)은 모두 ITO로 이루어지고, 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)의 두께는 50nm이다.

[0068] 상술한 바와 같은 실시예 1 및 실시예 2에 따른 접촉 감응 소자(400A, 400B)의 제1 전극(120)에 AC 1000V의 sin 파형의 입력 전압을 인가하였으며, 제2 전극(130)은 접지되었다. 입력 전압의 주파수는 100Hz이다. 상술한 바와 같은 입력 전압을 인가한 경우 실시예 1 및 실시예 2에서의 진동 주파수 및 진동 가속도는 다음 [표 1]과 같다.

표 1

	진동 주파수	진동 가속도
실시예 1	100Hz	0.45G
실시예 2	212Hz	0.21G

[0070] 실시예 2에 따른 접촉 감응 소자(400B)에서의 압전 나노 섬유(140)의 길이(L/2)는 실시예 1에 따른 접촉 감응 소자(400A)에서의 압전 나노 섬유(140)의 길이(L)의 절반이다. 따라서, 실시예 2에 따른 접촉 감응 소자(400B)에서의 압전 나노 섬유(140)의 무게 또한 실시예 1에 따른 접촉 감응 소자(400A)에서의 압전 나노 섬유(140)의 무게의 절반이다. 이에, 상기 수학식 1에 기초하면, 이론적으로 실시예 2에 따른 접촉 감응 소자(400B)에서의 진동 주파수는 실시예 1에 따른 접촉 감응 소자(400A)에서의 진동 주파수의 2배이다. 다만, 상기 [표 1]을 참조하면, 실시예 2에 따른 접촉 감응 소자(400B)에서의 진동 주파수가 실시예 1에 따른 접촉 감응 소자(400A)에서의 진동 주파수의 2.12배인 것으로 측정되었다. 이에, 이론적인 결과와 실험적인 결과 사이에서 일부 차이가 있으나, 이는 접촉 감응 소자(400A, 400B) 제작 과정에서 발생할 수 있는 오차 등에 기인한 것으로서, 접촉 감응 소자(400A, 400B)에서의 진동 주파수는 압전 나노 섬유(140)의 길이에 반비례한다는 것을 확인할 수 있다.

[0071] 한편, 상기 [표 1]을 참조하면, 실시예 2에서의 진동 가속도가 실시예 1에서의 진동 가속도의 약 47% 정도인 것으로 측정되었다. 이는 압전 나노 섬유(140)의 길이가 1/2가 됨에 따라 진동 가속도도 이에 비례하게 감소된 것이다. 이에, 접촉 감응 소자(400A, 400B)의 압전 나노 섬유(140)의 길이를 감소시킴과 동시에 접촉 감응 소자(400A, 400B)에 배치되는 진동 유닛, 즉, 제1 전극(120), 제2 전극(130) 및 압전 나노 섬유(140)로 이루어지는 그룹의 개수를 증가시켜, 고주파수의 진동 주파수를 획득함과 동시에 진동 가속도의 값도 유지시킬 수 있다.

[0072] 도 5는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 접촉 감응 소자를 설명하기 위한 개략적인 확대 평면도이다. 도 5에 도시된 접촉 감응 소자(500)는 도 3a 및 도 3b에 도시된 접촉 감응 소자(300)와 비교하여 제1 전극(520)과 제2 전극(530)의 배치 및 압전 나노 섬유(540)의 길이만이 상이할 뿐, 다른 구성요소들은 실질적으로 동일하므로 중복 설명을 생략한다. 도 5에서는 설명의 편의 상 복수의 셀(CE) 중 하나의 셀(CE)만을 도시하였다.

[0073] 도 5를 참조하면, 하나의 셀(CE)에서 제1 전극(120)의 복수의 제1 서브 전극(521, 522, 523, 524, 525, 526)과 제2 전극(530)의 복수의 제2 서브 전극(531, 532, 533, 534, 535, 536) 사이의 간격(L1, L2, L3, L4, L5, L6)은 다양할 수 있다. 즉, 제1 서브 전극(521)은 제1 압전 나노 섬유(541)에 의해 전기적으로 연결된 제2 서브 전극(531)과 제1 간격(L1)으로 이격되고, 제1 서브 전극(522)은 제2 압전 나노 섬유(542)에 의해 전기적으로 연결된 제2 서브 전극(532)과 제2 간격(L2)으로 이격된다. 또한, 제1 서브 전극(523)은 제3 압전 나노 섬유(543)에 의해 전기적으로 연결된 제2 서브 전극(533)과 제3 간격(L3)으로 이격되고, 제1 서브 전극(524)은 제4 압전 나노 섬유(544)에 의해 전기적으로 연결된 제2 서브 전극(534)과 제4 간격(L4)으로 이격되고, 제1 서브 전극(525)은 제5 압전 나노 섬유(545)에 의해 전기적으로 연결된 제2 서브 전극(535)과 제5 간격(L5)으로 이격되고, 제



1 서브 전극(526)은 제6 압전 나노 섬유(546)에 의해 전기적으로 연결된 제2 서브 전극(536)과 제6 간격(L6)으로 이격된다. 따라서, 서로 전기적으로 연결된 제1 서브 전극(521, 522, 523, 524, 525, 526)과 제2 서브 전극(531, 532, 533, 534, 535, 536) 사이의 거리는 각각의 서브 전극 쌍마다 서로 상이할 수 있다. 또한, 제1 서브 전극(521, 522, 523, 524, 525, 526)과 제2 서브 전극(531, 532, 533, 534, 535, 536) 사이의 압전 나노 섬유(541, 542, 543, 544, 545, 546)의 길이는 각각의 압전 나노 섬유(541, 542, 543, 544, 545, 546)가 전기적으로 연결된 각각의 서브 전극 쌍마다 상이할 수 있다.

[0074] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 접촉 감응 소자(500)에서는 하나의 셀(CE)에서 다양한 느낌의 촉각 피드백을 전달할 수 있다. 예를 들어, 접촉 감응 소자(500)의 하나의 셀(CE)에서 사용자에게 높은 진동 주파수에 대응하는 촉각 피드백을 전달하기 위해서는 상대적으로 길이가 짧은 압전 나노 섬유에 전기적으로 연결된 제1 서브 전극과 제2 서브 전극에 전압을 인가하여 높은 진동 주파수를 발생시키고, 사용자에게 낮은 진동 주파수에 대응하는 촉각 피드백을 전달하기 위해서는 상대적으로 길이가 긴 압전 나노 섬유에 전기적으로 연결된 제1 서브 전극과 제2 서브 전극에 전압을 인가하여 낮은 진동 주파수를 발생시킬 수 있다. 이에, 하나의 셀(CE)에 배치된 복수의 제1 서브 전극(521, 522, 523, 524, 525, 526)과 복수의 제2 서브 전극(531, 532, 533, 534, 535, 536)에 선택적으로 전압을 인가함에 따라, 하나의 셀(CE)에서 다양한 느낌의 촉각 피드백이 사용자에게 제공될 수 있다.

[0075] 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 다양한 실시예들에 따른 접촉 감응 소자를 설명하기 위한 개략적인 확대 평면도들이다. 도 6a 및 도 6b에 도시된 접촉 감응 소자(600A, 600B)는 도 3a에 도시된 접촉 감응 소자(300)와 비교하여 압전 나노 섬유(640A, 640B)만이 상이할 뿐, 다른 구성요소들은 실질적으로 동일하므로 중복 설명을 생략한다. 설명의 편의상, 도 6a에서는 복수의 셀(CE) 중 하나의 셀(CE)만을 도시하였고, 도 6b에서는 제1 셀(CE1) 및 제2 셀(CE2)을 도시하였다.

[0076] 먼저, 도 6a를 참조하면, 하나의 셀(CE)에서 제1 전극(620) 및 제2 전극(630)을 각각 구성하는 복수의 제1 서브 전극(621, 622, 623, 624, 625, 626)과 복수의 제2 서브 전극(631, 632, 633, 634, 635, 636)은 모두 하나의 압전 나노 섬유(640A)에 의해 전기적으로 연결될 수 있다.

[0077] 상술한 바와 같은 압전 나노 섬유(640A)를 형성하기 위해, 전기 방사 방법에서 사용되는 노즐이 제1 전극(620)과 제2 전극(630)이 배치될 위치 사이를 왕복 운동하면서 압전 나노 섬유(640A)를 방사할 수 있다. 예를 들어, 제1 서브 전극(621)과 제2 서브 전극(631)이 배치될 위치 사이를 왕복 운동하면서 노즐이 압전 나노 섬유(640A)를 방사한다. 제1 서브 전극(621)과 제2 서브 전극(631)이 배치될 위치 사이에서 압전 나노 섬유(640A)의 방사가 완료되면, 노즐은 이웃하는 제1 서브 전극(622)과 제2 서브 전극(632) 측으로 이동하여 계속하여 압전 나노 섬유(640A)를 방사한다. 이 때, 노즐은 방사를 중지하지 않고 계속하여 압전 나노 섬유(640A)를 방사하므로, 서로 이웃하는 제1 서브 전극(621, 622) 사이와 제2 서브 전극(631, 632) 사이에도 압전 나노 섬유(640A)가 배치될 수 있다. 상술한 바와 같은 방식으로 노즐이 왕복 운동 및 이동을 하면서 압전 나노 섬유(640A)를 방사하면, 도 6a에 도시된 바와 같이 하나의 셀(CE)에서 복수의 제1 서브 전극(621, 622, 623, 624, 625, 626)과 복수의 제2 서브 전극(631, 632, 633, 634, 635, 636)은 모두 하나의 압전 나노 섬유(640A)에 의해 전기적으로 연결될 수 있다. 상술한 바와 같은 구조를 갖는 압전 나노 섬유(640A)를 전기 방사 방법을 사용하여 형성하는 경우, 하나의 셀(CE)에 배치되는 압전 나노 섬유(640A)를 한 번의 전기 방사 공정을 통해 간편하고 용이하게 형성할 수 있다.

[0078] 도 6b를 참조하면, 서로 이웃하는 셀(CE1, CE2)들에 배치된 제1 전극(620) 및 제2 전극(630)을 각각 구성하는 복수의 제1 서브 전극(621, 622, 623, 624, 625, 626)과 복수의 제2 서브 전극(631, 632, 633, 634, 635, 636)은 모두 하나의 압전 나노 섬유(640B)에 의해 전기적으로 연결될 수 있다. 예를 들어, 도 6b에 도시된 바와 같이 열 방향으로 서로 이웃하는 제1 셀(CE1) 및 제2 셀(CE2)에 배치된 복수의 제1 서브 전극(621, 622, 623, 624, 625, 626)과 복수의 제2 서브 전극(631, 632, 633, 634, 635, 636)은 모두 하나의 압전 나노 섬유(640B)에 의해 전기적으로 연결될 수 있다. 도 6a를 참조하여 설명한 바와 같은 방식으로 제1 셀(CE1)에 대한 압전 나노 섬유(640B)의 전기 방사 공정이 완료되면, 노즐을 통한 방사를 중지하지 않고, 제1 셀(CE1)과 열 방향으로 인접한 제2 셀(CE2)에 대한 전기 방사가 연속적으로 수행될 수 있다. 따라서, 열 방향으로 서로 이웃하는 제1 셀(CE1) 및 제2 셀(CE2)에 배치된 복수의 제1 서브 전극(621, 622, 623, 624, 625, 626)과 복수의 제2 서브 전극(631, 632, 633, 634, 635, 636)은 모두 하나의 압전 나노 섬유(640B)에 의해 전기적으로 연결될 수 있다. 따라서, 복수의 셀(CE1, CE2)에 배치되는 압전 나노 섬유(640B)를 한 번의 전기 방사 공정을 통해 간편하고 용이하게 형성할 수 있다. 또한, 압전 나노 섬유(640B)가 복수의 셀(CE1, CE2)에 걸쳐서 연속적으로 형성되나, 제1 셀(CE1)에 배치된 제1 전극(620) 및 제2 전극(630)에만 전압을 인가하고 제2 셀(CE2)에 배치된 제1 전극(620)

및 제2 전극(630)에는 전압을 인가하지 않는 경우, 제1 셀(CE1)에 배치된 압전 나노 섬유(640B)에만 전기장이 인가되므로, 압전 나노 섬유(640B)가 복수의 셀(CE1, CE2)에 걸쳐서 형성되지만 각각의 셀(CE1, CE2)에 대한 독립 구동에는 문제가 없다.

[0079] 도 6a 및 도 6b에 도시되지는 않았으나, 몇몇 실시예에서, 행 방향으로 서로 이웃하는 복수의 셀에 배치된 복수의 제1 서브 전극과 복수의 제2 서브 전극은 동일한 압전 나노 섬유에 의해 전기적으로 연결될 수 있다. 즉, 노즐이 행 방향으로 계속하여 이동하며 압전 나노 섬유를 전기 방사하는 방법으로 압전 나노 섬유가 형성되는 경우, 행 방향으로 서로 이웃하는 복수의 제1 서브 전극과 복수의 제2 서브 전극은 동일한 압전 나노 섬유에 의해 전기적으로 연결될 수도 있다.

[0080] 도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 접촉 감응 소자를 설명하기 위한 개략적인 확대 평면도이다. 도 7에 도시된 접촉 감응 소자(700)는 도 3a에 도시된 접촉 감응 소자(300)와 비교하여 제1 전극(720) 및 제2 전극(730)의 형상과 배치가 상이하고, 압전 나노 섬유(740)의 길이가 상이할 뿐, 다른 구성요소들은 실질적으로 동일하므로 중복 설명을 생략한다. 설명의 편의상, 도 7에서는 복수의 셀(CE) 중 하나의 셀(CE)만을 도시하였다.

[0081] 도 7을 참조하면, 셀(CE)은 제1 영역(A1) 및 제2 영역(A2)을 포함한다. 제1 영역(A1)은 사용자에게 촉각 피드백을 전달하기 위한 영역으로서, 복수의 제1 서브 전극(721, 722, 723, 724)을 포함하는 제1 전극(720), 복수의 제2 서브 전극(731, 732, 733, 734)을 포함하는 제2 전극(730) 및 제1 전극(720)과 제2 전극(730)을 전기적으로 연결하는 압전 나노 섬유(740)가 제1 영역(A1)에 배치된다. 제2 영역(A2)은 접촉 감응 소자(700)의 투과율을 확보하기 위한 영역으로서, 제2 영역(A2)에서는 기관(110) 상에 제1 전극(720), 제2 전극(730) 및 압전 나노 섬유(740)가 배치되지 않는다.

[0082] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 접촉 감응 소자(700)에서는 각각의 셀(CE)의 제1 영역(A1)에 배치된 제1 전극(720) 및 제2 전극(730)에 전압을 인가하는 방식으로 압전 나노 섬유(740)를 진동시켜 사용자에게 촉각 피드백이 전달될 수 있다. 또한, 복수의 제1 서브 전극(721, 722, 723, 724) 및 복수의 제2 서브 전극(731, 732, 733, 734) 중 전압이 인가되는 쌍의 개수를 조절하여 다양한 강도의 촉각 피드백이 제공될 수 있다. 또한, 셀(CE)의 전체 영역이 아닌 제1 영역(A1)에만 제1 전극(720), 제2 전극(730) 및 압전 나노 섬유(740)가 배치되고, 제2 영역(A2)에는 기관(110)만이 존재하므로, 제2 영역(A2)으로 입사하는 빛은 기관(110)만을 투과하면 되므로, 접촉 감응 소자(700)의 투과율이 향상될 수 있다.

[0083] 도 8a는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 접촉 감응 소자를 설명하기 위한 개략적인 확대 평면도이다. 도 8b는 도 8a의 VIIIb-VIIIb'에 따른 접촉 감응 소자의 개략적인 단면도이다. 도 8a 및 도 8b에 도시된 접촉 감응 소자(800)는 도 3a에 도시된 접촉 감응 소자(300)와 비교하여 기관(810)의 형상만이 상이할 뿐, 다른 구성요소들은 실질적으로 동일하므로 중복 설명을 생략한다. 설명의 편의상, 도 8a 및 도 8b에서는 복수의 셀(CE) 중 하나의 셀(CE)만을 도시하였다.

[0084] 도 8a 및 도 8b를 참조하면, 기관(810)은 하나의 셀(CE) 내에서 리세스부(811)를 포함한다. 즉, 기관(810)은 하나의 셀(CE)에서 상면이 파인 트렌치 구조를 갖는다. 기관(810)의 리세스부(811)는 압전 나노 섬유(840)와 중첩하도록 형성된다. 즉, 복수의 제1 서브 전극(821, 822, 823, 824, 825, 826)을 포함하는 제1 전극(820) 및 복수의 제2 서브 전극(831, 832, 833, 834, 835, 836)을 포함하는 제2 전극(830)은 기관(810)에서 리세스부(811)의 양 측 각각에 형성되고, 압전 나노 섬유(840)는 리세스부(811)와 중첩하도록 배치되어 제1 전극(820)과 제2 전극(830)을 전기적으로 연결한다. 따라서, 압전 나노 섬유(840)는 리세스부(811) 상에서 기관(810)과 서로 이격된다.

[0085] 기관(810)의 리세스부(811)는, 예를 들어, 식각 공정을 통해 형성될 수 있다. 즉, 포토리소그래피(photolithography) 방법 또는 마스크를 이용한 표면 식각 방법을 사용하여 기관(810)에 트렌치 구조를 형성하여, 기관(810)의 상면이 파인 리세스부(811)가 형성될 수 있다. 다만, 이에 제한되지 않고, 기관(810)에 리세스부(811)를 형성할 수 있다면 임의의 공정이 적용가능하다.

[0086] 압전 나노 섬유(840)가 기관(810)의 일면과 접촉된 상태에서 진동을 하는 경우, 압전 나노 섬유(840)의 진폭이 제한될 수 있다. 또한, 압전 나노 섬유(840)의 진동이 상층이 아닌 기관(810) 측에 흡수되어 사용자가 느끼는 촉각 피드백의 강도가 극대화되기 어렵다. 이에, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 접촉 감응 소자(800)에서는 기관(810)이 리세스부(811)를 갖고, 리세스부(811) 상에 압전 나노 섬유(840)가 중첩되도록 배치됨에 따라, 압전 나노 섬유(840)가 보다 자유롭고 큰 진폭으로 진동할 수 있고, 기관(810)에 의해 소실되는 진동 에너지를 저감시켜, 사용자 방향으로의 진동이 더욱 극대화될 수 있다.

[0087] 기판(810)에서의 리세스부(811)의 깊이(d)는 압전 나노 섬유(840)의 진폭을 고려하여 결정될 수 있다. 압전 나노 섬유(840)에 전기장이 인가되는 경우 압전 나노 섬유(840)는 소정의 진폭을 가지고 상하로 진동하는데, 리세스부(811)의 깊이(d)는 압전 나노 섬유(840)의 진폭보다 큰 값을 가질 수 있다. 예를 들어, 리세스부(811)의 깊이(d)는 30 내지 50 $\mu$ m일 수 있다.

[0088] 도 8a에서는 리세스부(811)가 하나의 셀(CE) 내에 한정되어 형성되도록 도시되었으나, 리세스부(811)의 형상에 이에 제한되지 않는다. 예를 들어, 복수의 셀(CE)에서의 리세스부(811)는 서로 연결되어 하나로 형성될 수 있다. 구체적으로, 도 6b에 도시된 바와 같이, 제1 셀(CE1)과 제2 셀(CE2)이 열방향으로 인접한 경우, 제1 셀(CE1)에 형성되는 리세스부(811)와 제2 셀(CE2)에 형성되는 리세스부(811)는 서로 연결되도록 형성되고, 리세스부(811)는 열방향으로 연장하는 형상을 가질 수 있다.

[0089] 또한, 도 8a 및 도 8b에서는 기판(810)이 리세스부(811)를 갖는 것으로 도시되었으나, 기판(810)과 압전 나노 섬유(840) 사이의 이격 공간을 형성하기 위해 별도의 스페이서가 사용될 수도 있다. 즉, 도 8b에서 기판(810)의 돌출부에 대응하는 스페이서를 균일한 두께를 갖는 기판(810) 상에 배치하는 방식으로 트랜치 구조가 구현될 수 있다. 또한, 균일한 두께를 갖는 기판(810) 상에 복수의 스페이서를 배치하고, 복수의 스페이서 상에 압전 나노 섬유(840)를 방사하고 제1 전극(820) 및 제2 전극(830)을 형성하여, 압전 나노 섬유(840)가 기판(810)과 이격되도록 형성될 수 있다.

[0090] 도 9a 및 도 9b는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 접촉 감응 소자를 설명하기 위한 개략적인 단면도들이다. 도 9a 및 도 9b에 도시된 접촉 감응 소자(900)는 도 8a 및 도 8b에 도시된 접촉 감응 소자(800)와 비교하여 지지 노드(915A, 915B)가 추가되었다는 것만이 상이할 뿐, 다른 구성요소들은 실질적으로 동일하므로 중복 설명을 생략한다. 도 9a는 접촉 감응 소자(900)의 복수의 셀 중 제1 셀에 대한 단면도이고, 도 9b는 접촉 감응 소자(900)의 복수의 셀 중 제2 셀에 대한 단면도이다.

[0091] 도 9a 및 도 9b를 참조하면, 기판(810) 상에서 리세스부(811)에 지지 노드(915A, 915B)가 배치된다. 지지 노드(915A, 915B)는 리세스부(811) 상에 배치된 압전 나노 섬유(840)의 일부분을 지지하기 위한 노드로서, 리세스부(811)와 압전 나노 섬유(840) 사이에서 압전 나노 섬유(840)에 접촉하도록 배치된다.

[0092] 지지 노드(915A, 915B)는 절연 물질로 이루어진다. 구체적으로, 지지 노드(915A, 915B)는 투명한 절연 물질로 이루어질 수 있다. 접촉 감응 소자(900)는 표시 패널의 전면에 배치되는 방식으로 표시 장치에 채용될 수 있으므로, 지지 노드(915A, 915B)는 투명한 절연 물질로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 지지 노드(915A, 915B)는 유리, 폴리이미드 또는 아크릴 계열의 플라스틱 물질로 이루어질 수 있다.

[0093] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 접촉 감응 소자(900)에서는 기판(810)의 리세스부(811)에 압전 나노 섬유(840)를 지지하는 지지 노드(915A, 915B)를 배치하는 방식으로 배음(overtone) 현상을 이용하여, 하나의 셀에서 제공되는 진동의 진동 주파수를 다양하게 설정할 수 있다.

[0094] 압전 나노 섬유의 진동 주파수(f)는 배음 차수(n), 압전 나노 섬유의 무게(M), 길이(L) 및 장력(F)에 의해 영향을 받으며, 이를 수식적으로 표현하면 아래의 수학적 식 2와 같다.

[0095] [수학적 식 2]

$$f = \frac{n}{2} \sqrt{\frac{F}{LM}}$$

[0096]

[0097] 상기 수학적 식 2를 참조하면, 배음 차수(n)가 증가할수록 진동 주파수가 증가하여 보다 빠른 진동이 발생하고, 배음 차수(n)가 감소할수록 진동 주파수가 감소하여 보다 느린 진동이 발생한다. 이론적으로, 배음 차수(n)가 2인 경우 진동 주파수는 입력 주파수의 2배가 되고, 배음 차수(n)가 3인 경우 진동 주파수는 입력 주파수의 3배가 된다.

[0098] 상술한 수학적 식 2를 참조하여, 진동 주파수를 변화시키기 위해 지지 노드(915A, 915B)의 위치가 다양하게 설정할 수 있다.

[0099] 먼저, 배음 차수(n)를 2로 설정하기 위해, 즉, 2차 고조파(2<sup>nd</sup> harmonics)를 발생시키기 위해 지지 노드(915A)가 리세스부(811)의 중앙 부분에 배치될 수 있다. 도 9a를 참조하면, 리세스부(811)의 폭(W)의 1/2인 지점에 지



지 노드(915A)가 배치되는 경우, 즉, 도 9a에서 점선으로 도시된 바와 같이 압전 나노 섬유(840)가 진동하게 되고, 2차 고조파를 발생시킬 수 있다. 이 경우, 배음 차수(n)가 2가 되므로, 진동 주파수는 이론적으로 입력 주파수의 2배가 될 수 있다.

[0100] 또한, 배음 차수(n)를 3으로 설정하기 위해, 즉, 3차 고조파(3<sup>rd</sup> harmonics)를 발생시키기 위해 지지 노드(915B)가 리세스부(811)의 폭(W)의 1/3 지점에 배치될 수 있다. 도 9b를 참조하면, 리세스부(811)의 폭(W)의 1/3인 지점에 지지 노드(915B)가 배치되는 경우, 도 9b에서 점선으로 도시된 바와 같이 압전 나노 섬유(840)가 진동하게 되고, 3차 고조파를 발생시킬 수 있다. 이 경우, 배음 차수(n)가 3이 되므로, 진동 주파수는 이론적으로 입력 주파수의 3배가 될 수 있다.

[0101] 상술한 바와 같은 배음 차수(n)에 따른 진동 주파수를 측정하기 위해, 실시예 3에 따른 접촉 감응 소자를 제조하였다. 구체적으로, 3차 고조파를 발생시키도록 구성된 도 9b에 도시된 구조를 갖는 접촉 감응 소자(900)를 제조하였다. 리세스부(811)의 폭(W)은 6cm이고, 이에, 리세스부(811)와 중첩하는 압전 나노 섬유(840)의 길이도 6cm이다. 제1 기판(810) 중 제1 전극(820) 및 제2 전극(830)이 배치된 돌출된 부분의 두께는 1.5mm이고, 리세스부(811)에서의 제1 전극(820)의 두께는 0.5mm이다. 제1 기판(810)은 유리로 이루어진다. 실시예 3에서는 압전 나노 섬유(840)의 일단에 배치되는 제1 전극(820)이 압전 나노 섬유(840)의 상단 및 하단 모두에 배치되고, 압전 나노 섬유(840)의 타단에 배치되는 제2 전극(830)이 압전 나노 섬유(840)의 상단 및 하단 모두에 배치되도록 구성되었다. 제1 전극(820) 및 제2 전극(830)은 모두 IT0로 이루어지고, 제1 전극(820) 및 제2 전극(830)의 두께는 50nm이다. 지지 노드(915B)는 리세스부(811)의 폭(W)의 1/3 부분에 배치되어 3차 고조파가 발생되도록 하였다. 지지 노드(915B)의 상면의 폭은 100 $\mu$ m이다.

[0102] 상술한 바와 같은 실시예 3에 따른 접촉 감응 소자(900)의 제1 전극(820)에 AC 1000V의 sin 파형의 입력 전압을 인가하였으며, 제2 전극(830)은 접지되었다. 입력 전압의 주파수는 100Hz이다. 상술한 바와 같은 입력 전압을 인가한 경우 실시예 3에서의 진동 주파수 및 진동 가속도는 다음 [표 2]와 같다.

표 2

	진동 주파수	진동 가속도
실시예 3	350Hz	0.30G

[0104] 실시예 3에 따른 접촉 감응 소자(900)에서는 지지 노드(915B)가 리세스부(811)의 폭(W)의 1/3인 지점에 배치되었으므로, 배음 차수(n)가 3인 3차 고조파가 발생되었다. 이에, 상기 수학식 2에 기초하면, 이론적으로 실시예 3에 따른 접촉 감응 소자(900)에서의 진동 주파수는 앞서 설명한 실시예 1에 따른 접촉 감응 소자(900)에서의 진동 주파수의 3배이다. 다만, 상기 [표 2]를 참조하면, 실시예 3에 따른 접촉 감응 소자(900)에서의 진동 주파수가 실시예 1에 따른 접촉 감응 소자(900)에서의 진동 주파수의 3.5배인 것으로 측정되었다. 이에, 이론적인 결과와 실험적인 결과 사이에서 일부 차이가 있으나, 이는 접촉 감응 소자(900) 제작 과정에서 발생할 수 있는 오차 등에 기인한 것으로서, 접촉 감응 소자(900)에서의 진동 주파수는 배음 차수(n)와 비례한다는 것을 확인할 수 있다.

[0105] 상술한 내용을 바탕으로, 하나의 셀에 배치되는 지지 노드(915A, 915B)의 위치에 따라 상이한 크기의 진동 주파수가 출력될 수 있다. 즉, 복수의 셀 중 지지 노드(915A)가 2차 고조파를 발생시키도록 배치되는 셀의 경우(도 9a)와 복수의 셀 중 지지 노드(915B)가 3차 고조파를 발생시키도록 배치되는 셀의 경우(도 9b) 서로 다른 크기의 진동 주파수가 출력될 수 있다. 이에 따라 서로 다른 차수의 고조파가 발생하는 셀에서는 상이한 크기의 축 각 피드백이 전달될 수 있다.

[0106] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 접촉 감응 소자(900)는 배음 현상을 이용하여 각각의 셀에서 서로 다른 차수의 고조파를 발생시킬 수 있다. 즉, 복수의 셀 중 제1 셀에서는 2차 고조파를 발생시키고, 복수의 셀 중 제2 셀에서는 3차 고조파를 발생시킬 수 있다. 또한, 복수의 셀(CE)에 배치되는 지지 노드(915A, 915B)의 위치를 변경하여, 원하는 차수의 고조파를 발생시킬 수 있다. 이에, 접촉 감응 소자(900)는 복수의 셀마다 상이한 크기의 진동 주파수를 발생시킬 수 있고, 이에 따라 다양한 크기의 축 각 피드백을 사용자에게 제공할 수 있다. 또한, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 접촉 감응 소자(900)에서는 기판(810)의 리세스 부에 지지 노드(915A, 915B)를 배치하는 단순한 공정으로 용이하게 다양한 진동 주파수를 출력할 수 있다.

[0107] 도 9a 및 도 9b에서는 기판(810)과 물리적으로 분리된 별개의 지지 노드(915A, 915B)를 배치하는 방식이 사용되

었으나, 몇몇 실시예에서 기관(810) 자체가 리세스부(811) 내에서 하나 이상의 돌출부를 가질 수도 있다. 즉, 기관(810)의 리세스부(811) 형성 시, 리세스 부 내에서 기관(810)이 돌출부를 갖도록 포토리소그래피 방법 또는 마스크를 이용한 표면 식각 방법을 수행하여, 기관(810)과 일체로 형성되는 돌출부가 형성될 수 있고, 돌출부가 압전 나노 섬유(840)와 접촉하여 상술한 지지 노드(915A, 915B)의 기능을 수행할 수 있다.

- [0108] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치를 설명하기 위한 개략적인 단면도이다. 도 10을 참조하면, 표시 장치(1000)는 표시 패널(1010), 접촉 감응 소자(800), 터치 패널(1080), 커버(1070) 및 스페이서(1090)를 포함한다.
- [0109] 도 10을 참조하면, 표시 장치(1000)의 하부에 표시 패널(1010)이 배치된다. 표시 패널(1010)은 표시 장치(1000)에서 영상을 표시하기 위한 표시 소자가 배치된 패널을 의미한다. 표시 패널(1010)로서, 예를 들어, 유기 발광 표시 패널, 액정 표시 패널, 전기 영동 표시 패널 등과 같은 다양한 표시 패널이 사용될 수 있다.
- [0110] 표시 패널(1010) 상에는 압전 나노 섬유(840)를 포함하는 접촉 감응 소자(800)가 배치된다. 도 10에서는 접촉 감응 소자(800)가 도 8a 및 도 8b에 도시된 접촉 감응 소자(800)인 것으로 도시되었으나, 이에 제한되지 않고 도 1 내지 도 3b, 도 5 내지 도 9b를 참조하여 설명된 접촉 감응 소자 중 임의의 접촉 감응 소자(800)가 표시 장치(1000)에 적용될 수 있다.
- [0111] 도 10을 참조하면, 제1 전극(820), 제2 전극(830) 및 제1 전극(820)과 제2 전극(830)을 전기적으로 연결하는 압전 나노 섬유(840)가 배치된 기관(810)의 일면의 반대면이 표시 패널(1010)과 대향한다. 즉, 도 10에 도시된 바와 같이 접촉 감응 소자(800)의 기관(810)의 상면에 제1 전극(820), 제2 전극(830) 및 압전 나노 섬유(840)가 배치된 경우, 접촉 감응 소자(800)의 기관(810)의 하면이 표시 패널(1010)과 대향하도록 배치된다.
- [0112] 접촉 감응 소자(800) 상에는 터치 패널(1080)이 배치된다. 터치 패널(1080)은 표시 장치(1000)에 대한 사용자의 터치 입력을 감지하는 패널을 의미한다. 터치 패널(1080)로서, 예를 들어, 정전 용량 방식, 저항막 방식, 초음파 방식, 적외선 방식 등이 사용될 수 있으나, 바람직하게는 정전 용량 방식의 터치 패널(1080)이 터치 패널(1080)로서 사용될 수 있다.
- [0113] 도 10을 참조하면, 접촉 감응 소자(800)와 터치 패널(1080) 사이에는 스페이서(1090)가 배치된다. 스페이서(1090)는, 도 10에 도시된 바와 같이, 접촉 감응 소자(800)의 제1 전극(820) 및 제2 전극(830)과 터치 패널(1080) 사이에 배치될 수도 있고, 접촉 감응 소자(800)의 기관(810)과 터치 패널(1080) 사이에 배치될 수도 있다. 스페이서(1090)는 절연 물질로 구성되고, 접착성 물질을 더 포함할 수도 있다. 이에, 접촉 감응 소자(800)와 터치 패널(1080)은 스페이서(1090)에 의해 고정될 수 있다.
- [0114] 접촉 감응 소자(800)와 터치 패널(1080) 사이에 스페이서(1090)가 배치됨에 따라, 압전 나노 섬유(840)가 보다 자유롭고 큰 진폭으로 진동할 수 있다. 특히, 도 10에 도시된 바와 같이, 기관(810)이 리세스부(811)를 갖는 경우, 기관(810)과 압전 나노 섬유(840) 사이에도 이격 공간이 존재하고, 압전 나노 섬유(840)와 터치 패널(1080) 사이에도 이격 공간이 존재한다. 따라서, 압전 나노 섬유(840)의 진동이 자유롭게 일어날 수 있으므로, 기관(810) 또는 터치 패널(1080)에 의해 소실되는 진동 에너지가 저감되고, 사용자 방향으로의 진동이 더욱 극대화될 수 있다.
- [0115] 접촉 감응 소자(800)의 셀 각각의 면적은 터치 패널(1080)의 화소의 면적을 고려하여 결정될 수도 있다. 예를 들어, 사용자의 터치 입력이 감지된 터치 패널(1080)의 화소와 동일하게 접촉 감응 소자(800)의 셀의 면적이 결정되는 경우, 터치 패널(1080)이 화소와 접촉 감응 소자(800)의 셀이 1:1로 대응될 수 있으므로, 접촉 감응 소자(800)가 보다 용이하게 구동될 수 있다.
- [0116] 터치 패널(1080) 상에는 커버(1070)가 배치된다. 커버(1070)는 표시 장치(1000) 외부로부터의 충격으로부터 표시 장치(1000)를 보호하기 위한 구성이다. 커버(1070)는 투명한 절연성 물질로 이루어질 수 있다.
- [0117] 도 10에 도시되지는 않았으나, 표시 패널(1010)과 접촉 감응 소자(800) 사이 및 터치 패널(1080)과 커버(1070) 사이에 접착층이 배치될 수 있다. 접착층은, 예를 들어, OCA(optical clear adhesive) 또는 OCR(optical clear resin)이 사용될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0118] 도 10을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(1000)에서는 사용자가 터치를 하는 커버(1070)에 상대적으로 인접하는 접촉 감응 소자(800)의 상면에 압전 나노 섬유(840)가 배치된다. 이에, 압전 나노 섬유(840)가 커버(1070)에 상대적으로 먼 접촉 감응 소자(800)의 하면에 배치된 경우와 비교하여, 낮은 구동 전압으로도 보다 강한 진동이 사용자에게 전달될 수 있다.

- [0119] 상술한 바와 같이, 접촉 감응 소자(800)를 구동하기 위해서는, 예를 들어, 400V 정도의 고전압이 접촉 감응 소자(800)의 제1 전극(820) 또는 제2 전극(830)에 인가된다. 따라서, 제1 전극(820) 또는 제2 전극(830)에 인가되는 고전압에 의해 표시 패널(1010)이 비정상적으로 구동될 수 있다. 예를 들어, 표시 패널(1010)이 액정 표시 패널(1010)인 경우, 고전압에 의해 발생하는 제1 전극(820)과 제2 전극(830) 사이의 전기장에 의해 액정 표시 패널(1010)의 액정의 배열이 원하는 방향으로 변경되지 않을 수 있고, 이에 따라 액정 표시 패널(1010)에 간섭이 발생할 수 있다. 이에, 접촉 감응 소자(800)로부터의 노이즈 신호가 표시 패널(1010) 측에 전달되는 것을 방지하기 위해, 투명 도전성 필름과 같은 차폐층이 표시 패널(1010)과 접촉 감응 소자(800) 사이에 배치될 수도 있다.
- [0120] 그러나, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(1000)에 포함되는 접촉 감응 소자(800)에서는 접촉 감응 소자(800)의 제1 전극(820) 및 제2 전극(830)과 표시 패널(1010) 사이에 접촉 감응 소자(800)의 기관(810)이 배치된다. 이에 따라, 접촉 감응 소자(800)의 기관(810)이 차폐층과 동일한 기능을 수행할 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(1000)에서는 제1 전극(820) 또는 제2 전극(830)에 인가되는 전압에 의해 발생할 수 있는 표시 패널(1010)의 비정상적 구동이 억제될 수 있고, 별도의 차폐층이 요구되지 않으므로 표시 장치(1000)의 두께가 최소화될 수 있다.
- [0121] 도 11는 본 발명의 다른 실시예에 따른 표시 장치를 설명하기 위한 개략적인 단면도이다. 도 11에 도시된 표시 장치(1100)는 도 10에 도시된 접촉 표시 장치(1000)와 비교하여 접촉 감응 소자(800)와 터치 패널(1080) 사이의 고정 수단만이 상이할 뿐, 다른 구성요소들은 실질적으로 동일하므로 중복 설명을 생략한다.
- [0122] 도 11를 참조하면, 접촉 감응 소자(800)와 터치 패널(1080) 사이에는 접착층(1190)이 배치된다. 접착층(1190)은, 도 11에 도시된 바와 같이, 접촉 감응 소자(800)의 제1 전극(820) 및 제2 전극(830)과 터치 패널(1080) 사이에 배치될 수도 있고, 접촉 감응 소자(800)의 기관(810)과 터치 패널(1080) 사이에도 배치될 수도 있다. 이에, 접촉 감응 소자(800)와 터치 패널(1080)은 접착층(1190)에 의해 고정될 수 있다. 접착층(1190)은, 예를 들어, OCA가 사용될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0123] 본 발명의 다른 실시예에 따른 표시 장치(1100)에서는 접촉 감응 소자(800)와 터치 패널(1080) 사이에 접착층(1190)이 배치됨에 따라 압전 나노 섬유(840)에서 발생하는 진동이 터치 패널(1080)로 용이하게 전달될 수 있다. 즉, 도 11에 도시된 바와 같이, 압전 나노 섬유(840)가 접착층(1190)과 접하고 접착층(1190)이 터치 패널(1080)과 접함에 따라, 압전 나노 섬유(840)에서의 진동이 터치 패널(1080)로 직접적으로 전달될 수 있다. 따라서, 압전 나노 섬유(840)의 진동이 넓은 전달 경로를 통해 사용자에게 전달될 수 있으므로, 사용자에게 보다 강한 촉각 피드백이 제공될 수 있다.
- [0124] 도 10 및 도 11에서는 터치 패널(1080)이 표시 패널(1100)과 별도로 제조되어 표시 패널(1100) 상에 배치되는 애드온(add-on) 타입의 터치 패널(1080)인 것으로 도시되었으나, 터치 패널(1080)은 인셀(in cell) 타입의 터치 패널(1080)일 수도 있다. 즉, 표시 패널(1100)은 표시 장치(1100)에서 영상을 표시하기 위한 표시 소자를 포함하는 패널임과 동시에 터치 패널(1080)로서 기능할 수도 있다. 이 경우, 접촉 감응 소자(800)는 표시 패널(1100)과 터치 패널(1080) 둘 모두 상에 배치되고 접촉 감응 소자(800) 상에 커버(1070)가 배치될 수도 있고, 표시 패널(1100)과 터치 패널(1080)이 접촉 감응 소자(800) 상에 배치되고, 커버(1070)가 표시 패널(1100)과 터치 패널(1080) 상에 배치될 수도 있다.
- [0125] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 더욱 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 반드시 이러한 실시예로 국한되는 것은 아니고, 본 발명의 기술사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양하게 변형 실시될 수 있다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

## 부호의 설명

- [0126] 110, 810: 기관  
811: 리세스부  
915A, 915B: 지지 노드

120, 320A, 320B, 520, 620, 720, 820: 제1 전극

321A, 322A, 323A, 324A, 325A, 326A, 321B, 322B, 323B, 324B, 325B, 326B, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 721, 722, 723, 724, 821, 822, 823, 824, 825, 826: 제1 전극의 제1 서브 전극

130, 330A, 330B, 530, 630, 730, 830: 제2 전극

331A, 332A, 333A, 334A, 335A, 336A, 331B, 332B, 333B, 334B, 335B, 336B, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 731, 732, 733, 734, 831, 832, 833, 834, 835, 836: 제2 전극의 제2 서브 전극

140, 340A, 340B, 540, 640A, 640B, 740, 840: 압전 나노 섬유

541: 제1 서브 압전 나노 섬유

542: 제2 서브 압전 나노 섬유

543: 제3 서브 압전 나노 섬유

544: 제4 서브 압전 나노 섬유

545: 제5 서브 압전 나노 섬유

546: 제6 서브 압전 나노 섬유

151: FPCB

152: PCB

153: 회로부

161: 제1 배선

162: 제2 배선

100, 300, 400A, 400B, 500, 600A, 600B, 700, 800, 900: 접촉 감응 소자

1110: 표시 패널

1170: 커버

1180: 터치 패널

1190: 스페이서

1290: 접착층

1100, 1200: 표시 장치

AA: 액티브 영역

A1: 제1 영역

A2: 제2 영역

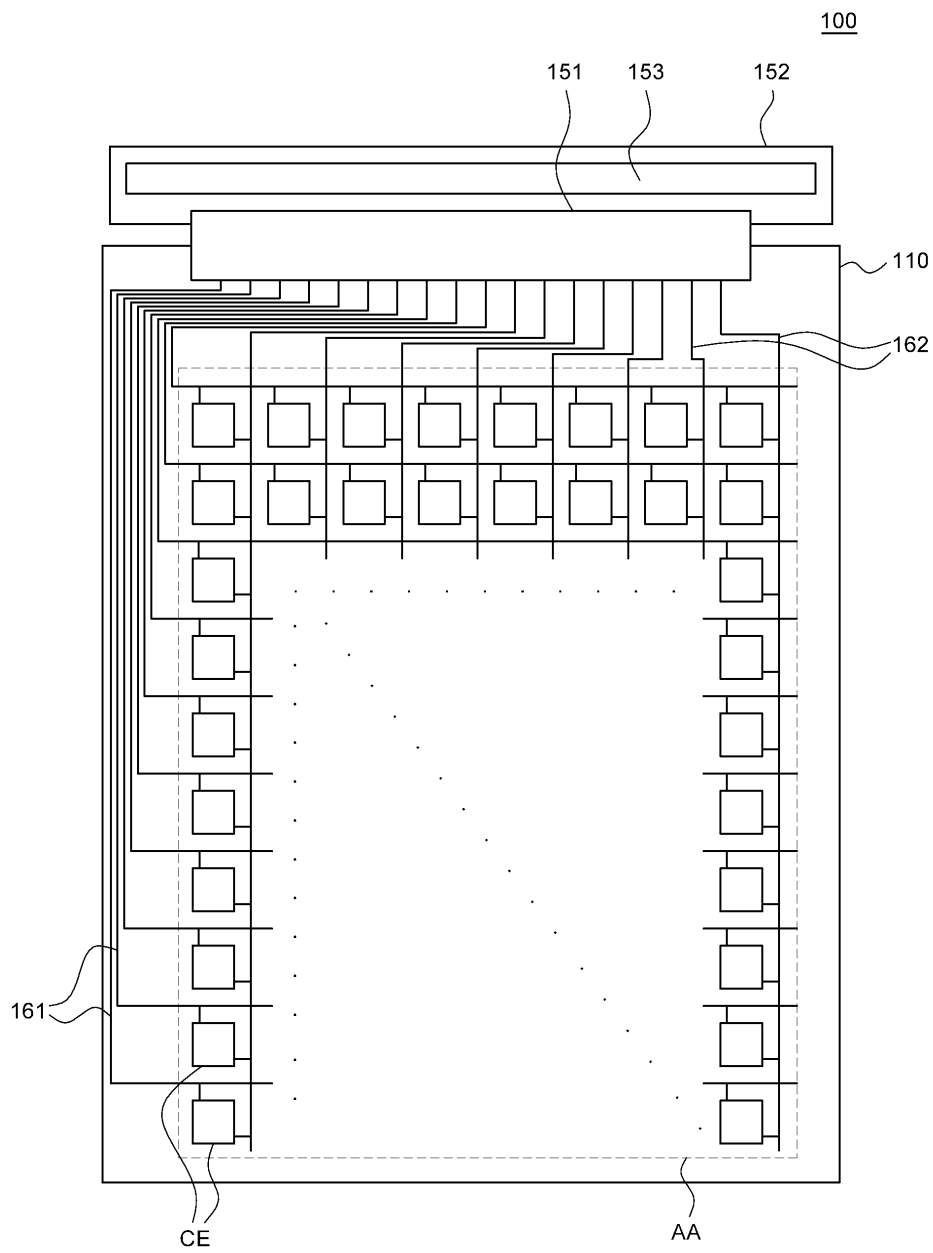
CE: 셀

CE1: 제1 셀

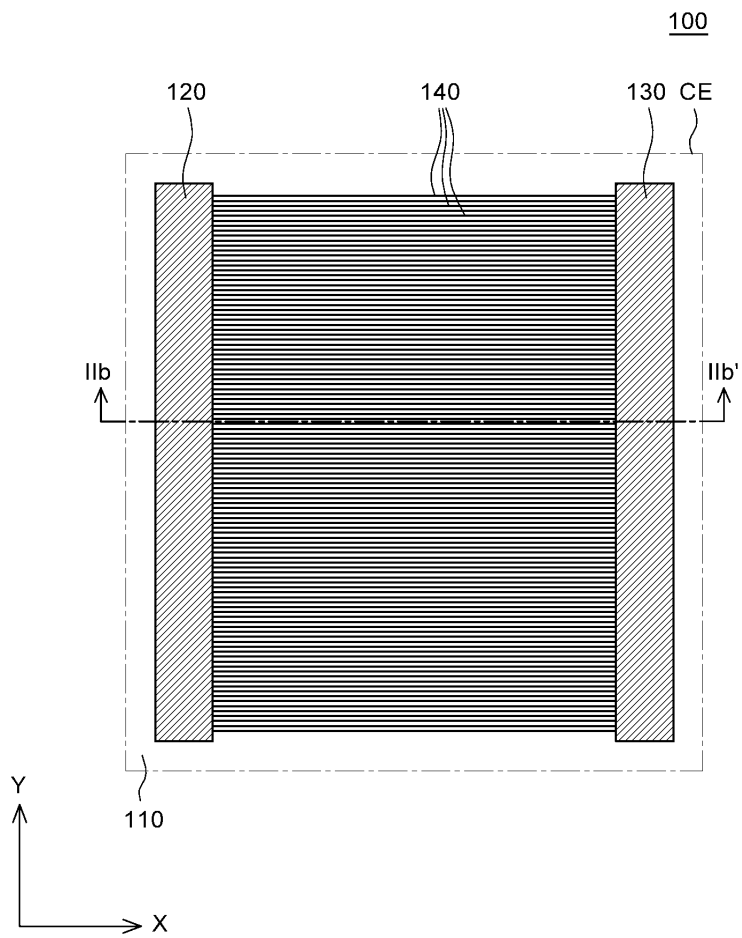
CE2: 제2 셀

도면

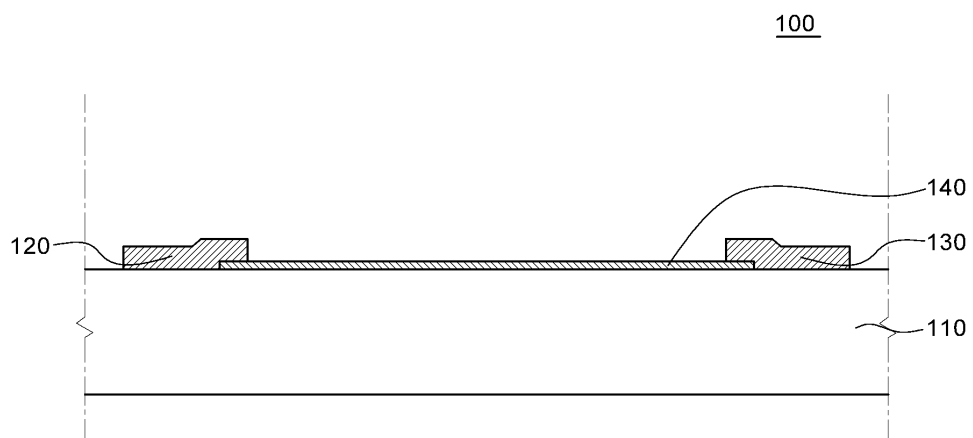
도면1



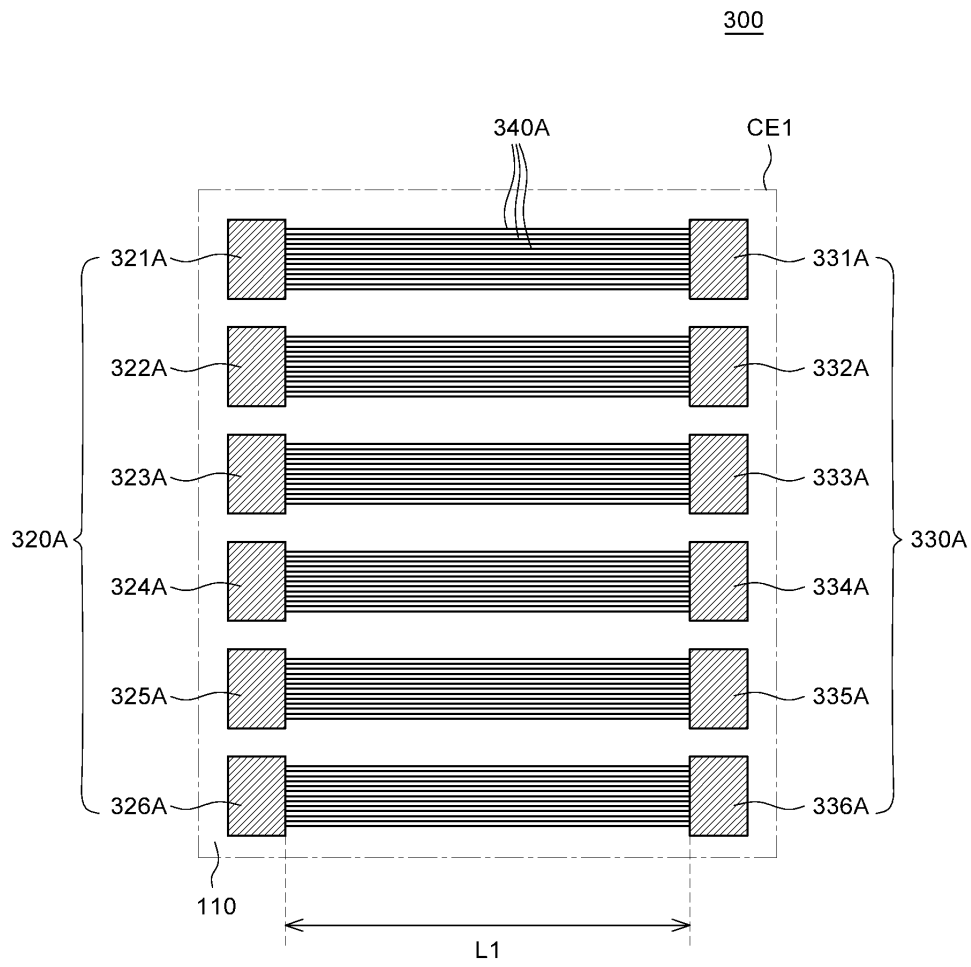
도면2a



도면2b

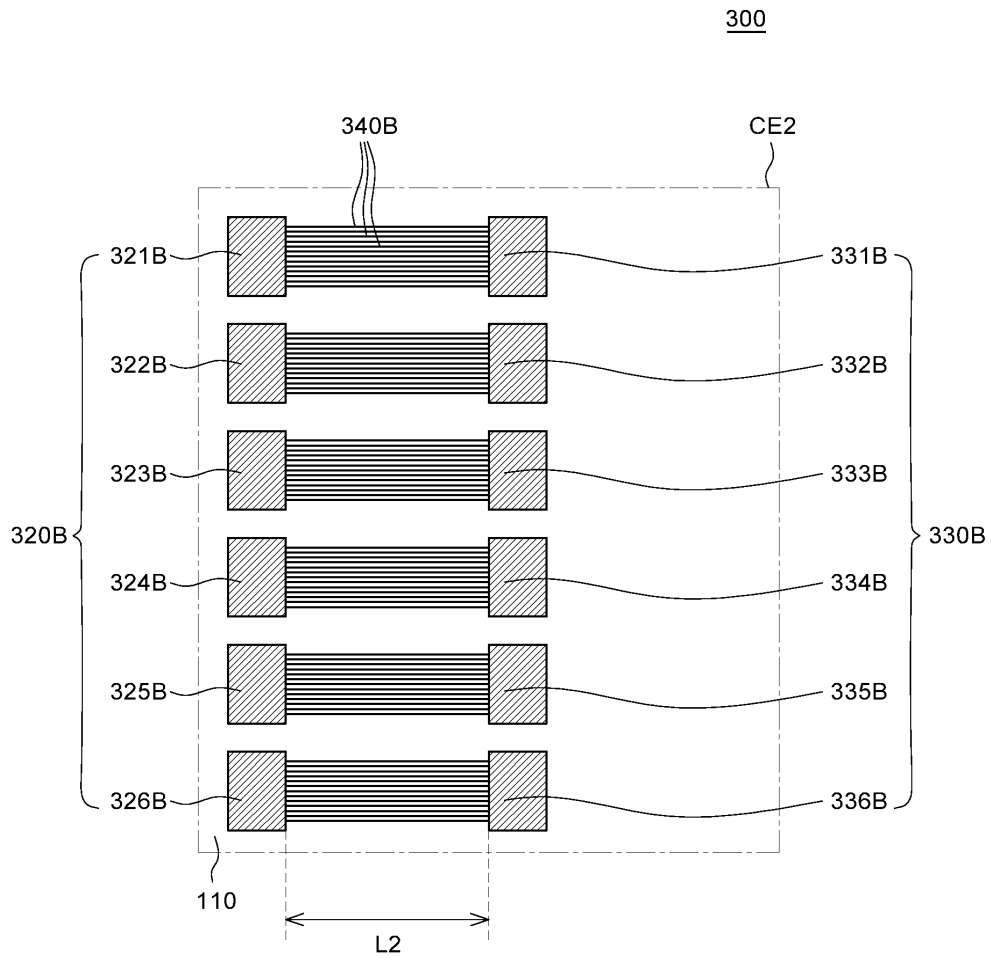


도면3a

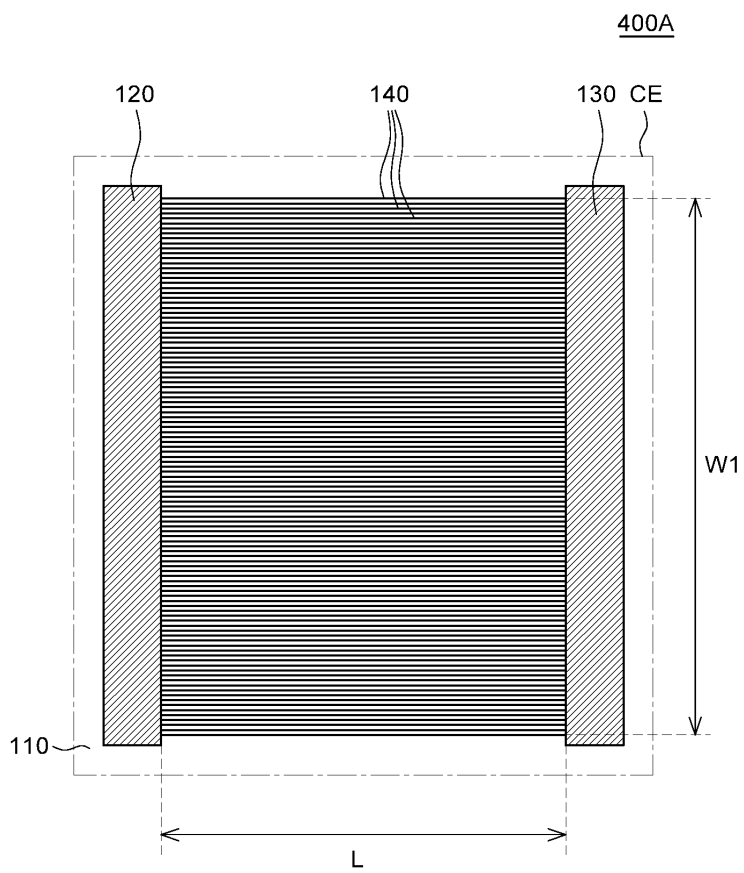




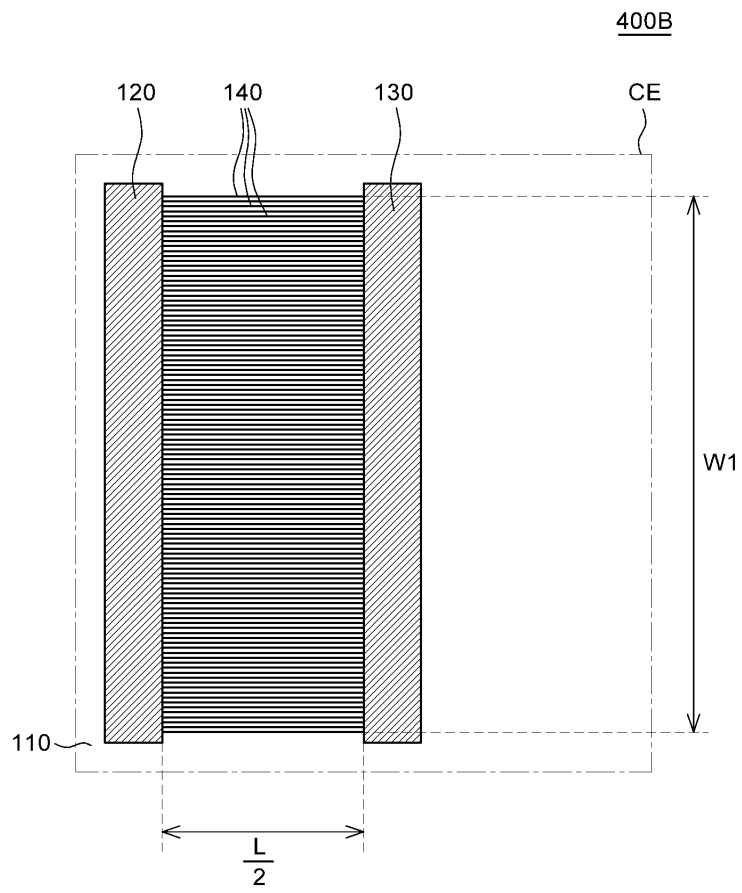
도면3b



도면4a

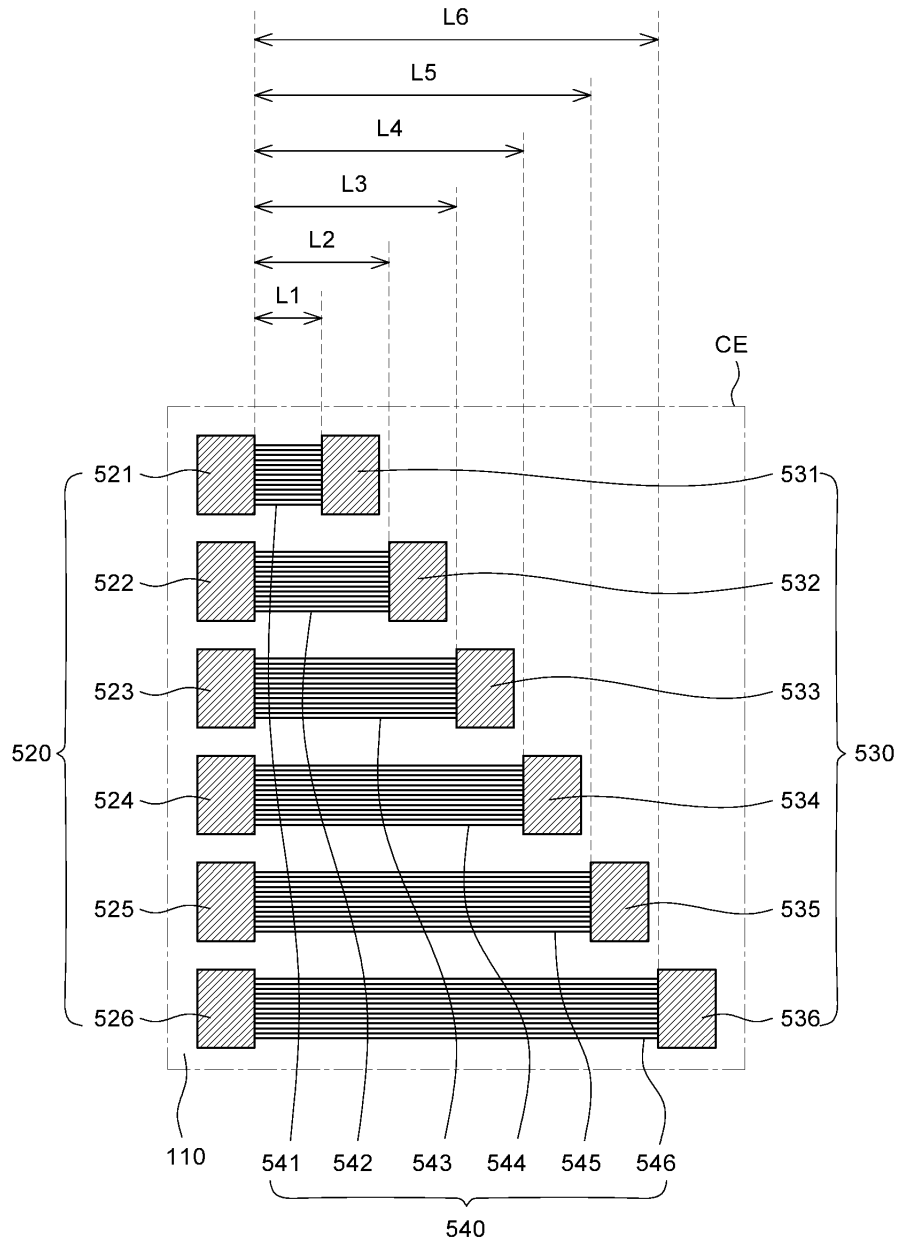


도면4b

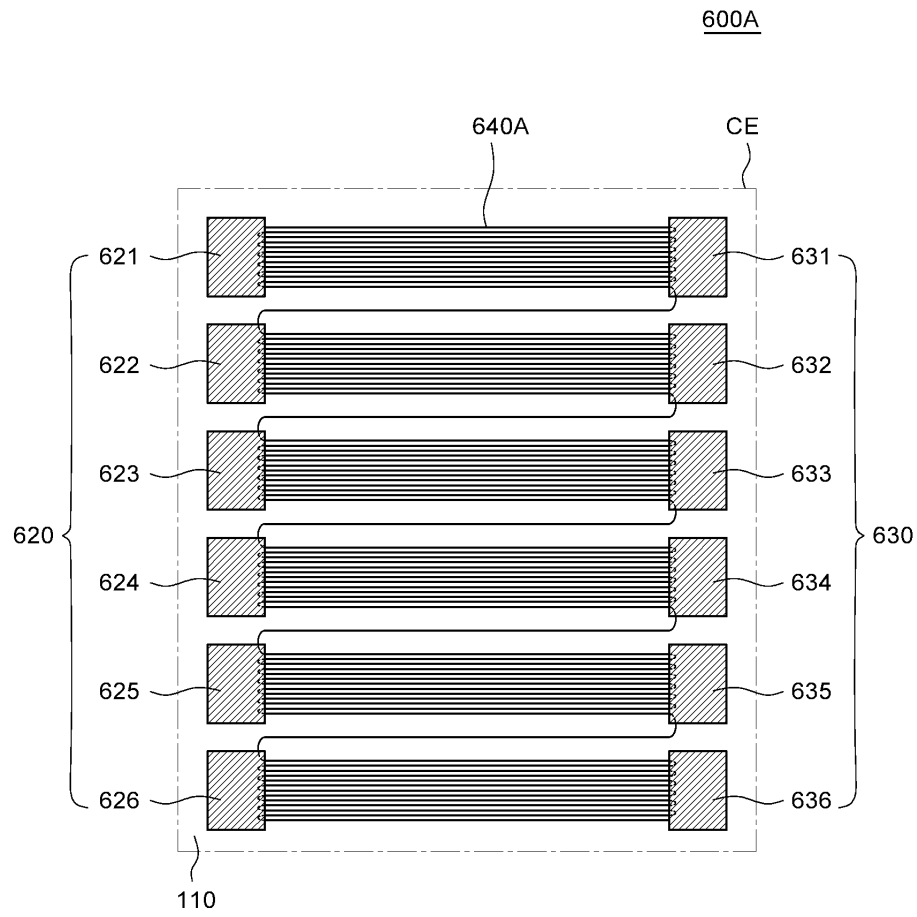


도면5

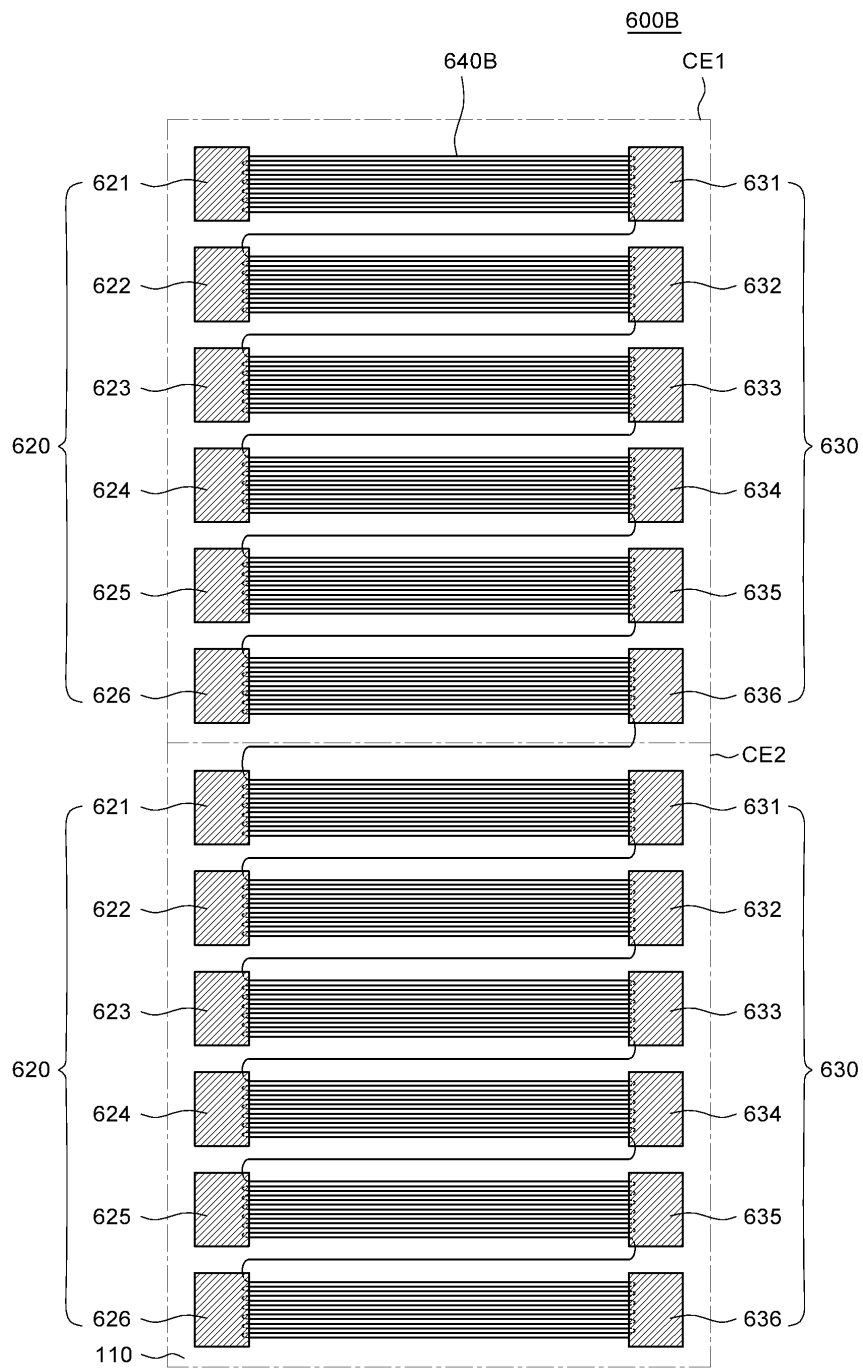
500



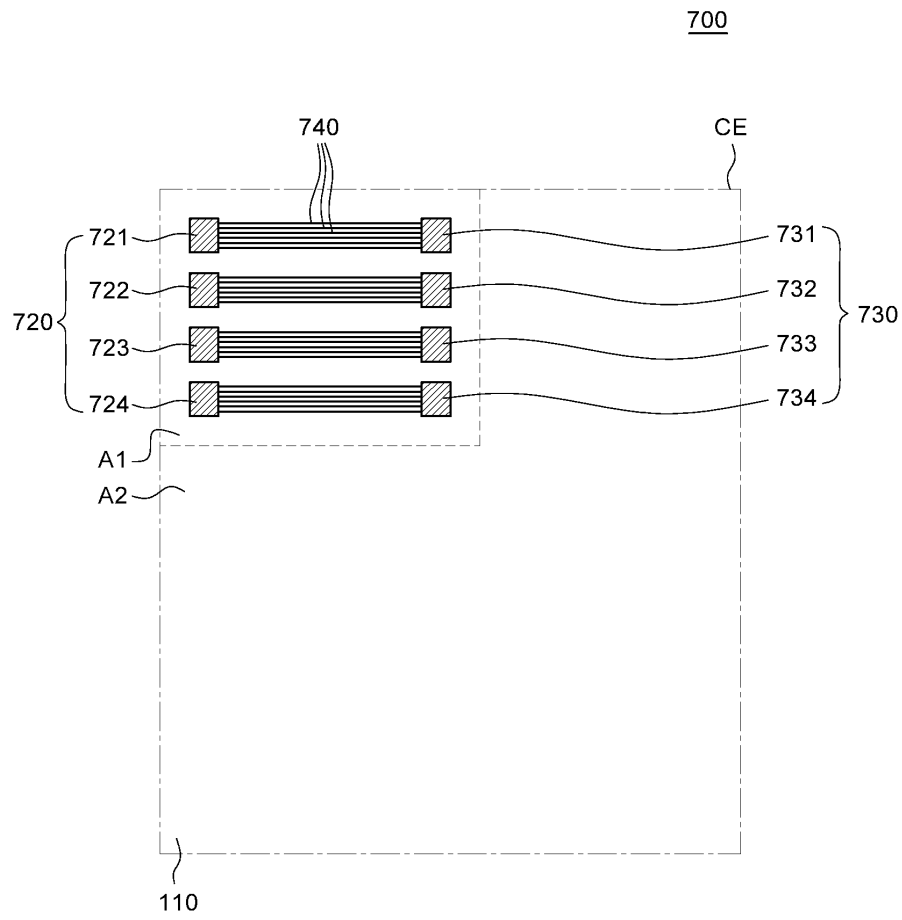
도면6a



도면6b

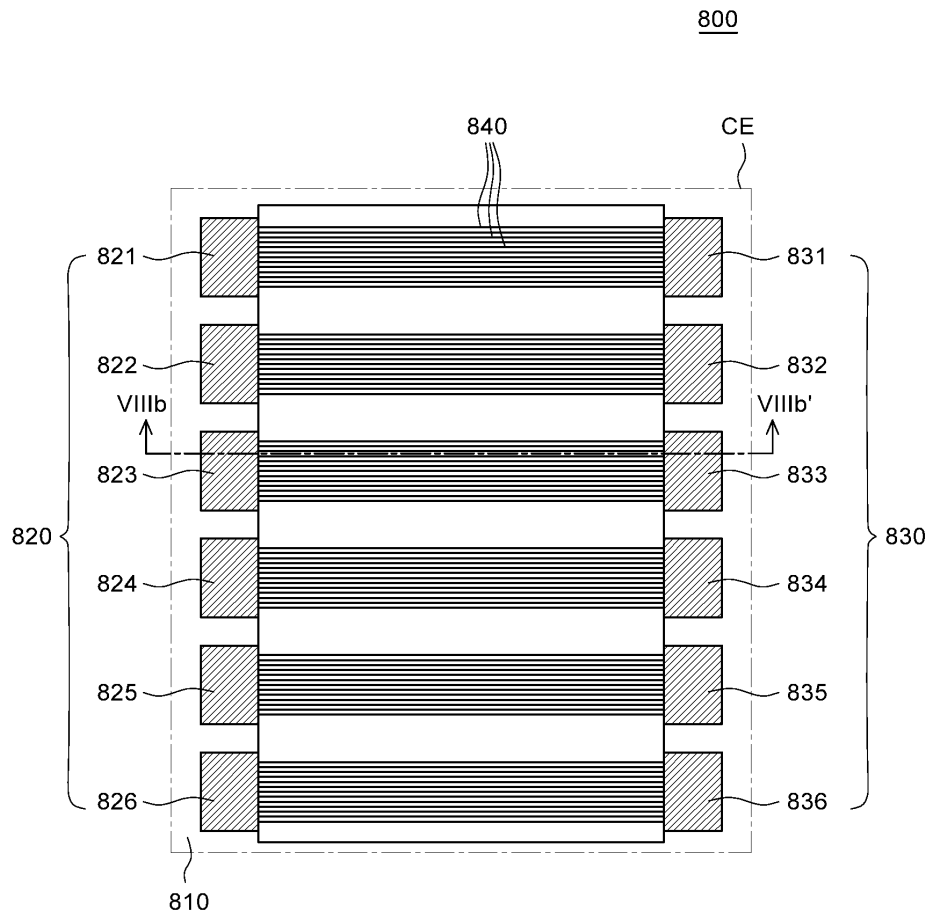


도면7

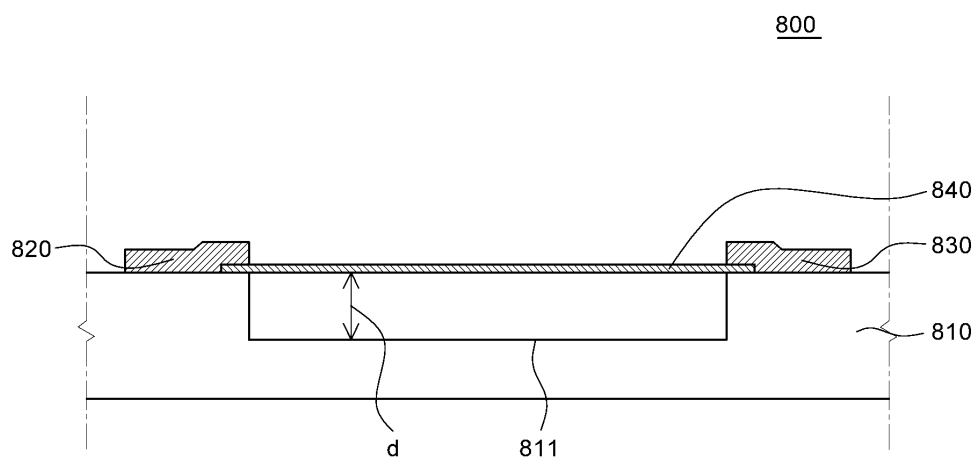




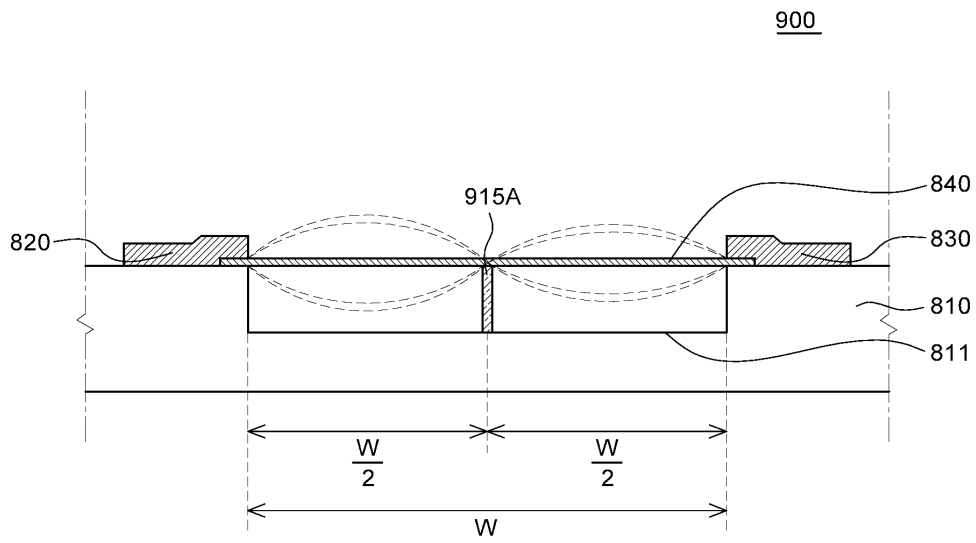
도면8a



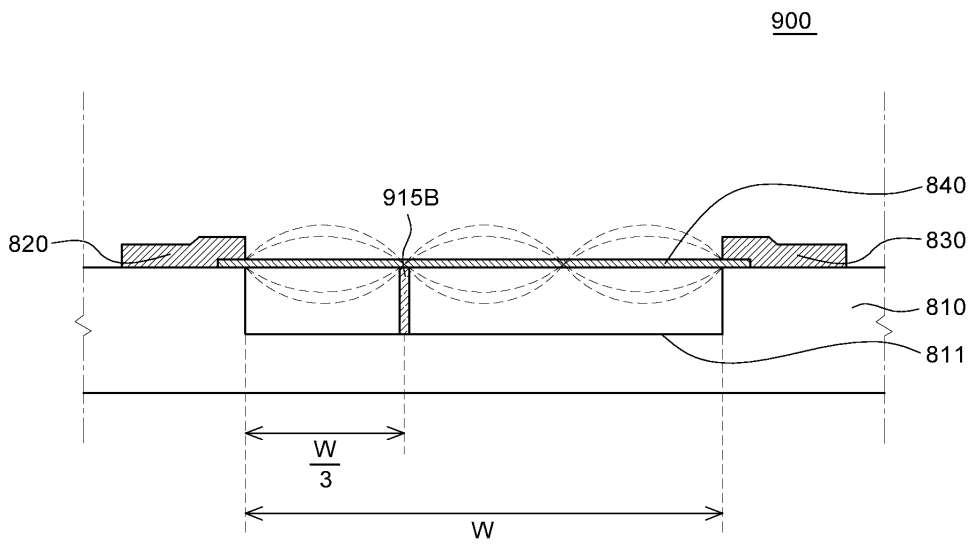
도면8b



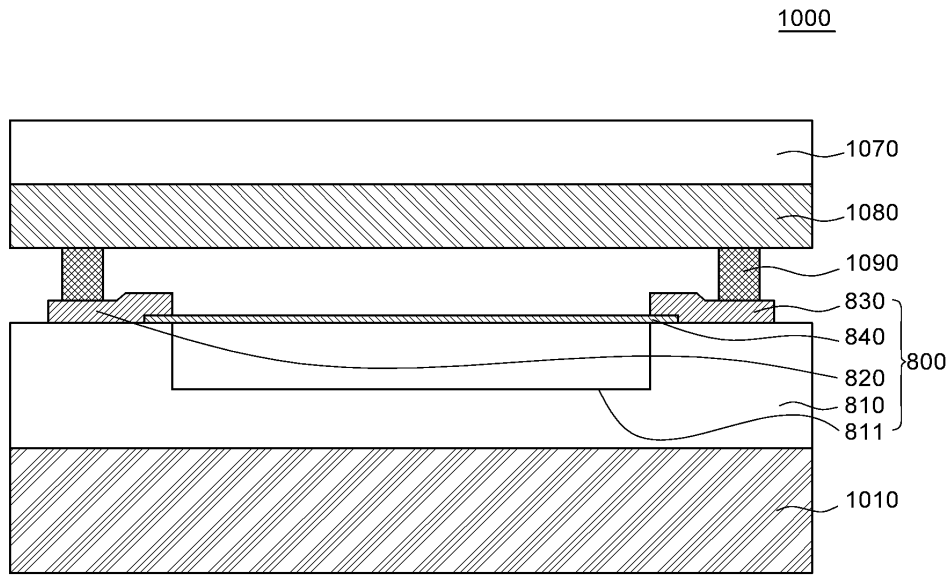
도면9a



도면9b



도면10



도면11

