



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0121449  
(43) 공개일자 2020년10월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H02N 1/04 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
H02N 1/04 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0044010

(22) 출원일자 2019년04월16일

심사청구일자 2019년04월16일

(71) 출원인

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

김중백

경기도 고양시 일산동구 노루목로 79 호수마을4단지아파트 403동 201호

고희진

서울특별시 은평구 진흥로16길 7-9, 201호

권대성

서울특별시 양천구 월정로 8, 101동 203호 (신월동, 목동M타운)

(74) 대리인

특허법인 플러스

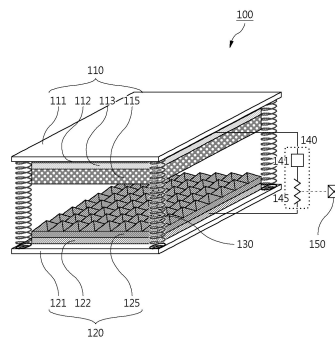
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 고내구성 자가구동 환경센서

(57) 요약

본 발명은 고내구성 자가구동 환경센서에 관한 것으로, 본 발명의 목적은, 에너지 하베스터의 구조를 이용하여 작동하는 자가구동 환경센서에 있어서, 센싱재가 형성되는 표면 외측에 내구성을 강화하면서도 센싱을 방해하지 않도록 다공성 또는 투명 재질로 형성되는 내구관을 포함함으로써, 종래보다 내구성을 더욱 향상하는 고내구성 자가구동 환경센서를 제공함에 있다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	NRF-2018R1A2A1A05023070
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	중견연구자지원사업
연구과제명	(후속)접촉 기반 MEMS의 장수명 고신뢰성 확보를 위한 나노소재 응용 연구(2/3)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2019.03.01 ~ 2020.02.29

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

환경조건의 변화에 따라 미리 알려진 만큼 물성이 변화하는 물성변화특성을 가지는 센싱재 재질로 형성되는 상부측센싱판(113), 상기 상부측센싱판(113) 하면에 구비되며 다공성 또는 투명 재질로 형성되는 상부측내구판(115)을 포함하는 상부부재(110);

상기 상부측내구판(115) 하측에 이격 배치되며 상기 상부측내구판(115)과 접촉 및 마찰 가능하게 형성되는 하부측내구판(125)을 포함하는 하부부재(120);

를 포함하는 것을 특징으로 하는 자가구동 환경센서.

#### 청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 자가구동 환경센서(100)는,

상기 상부부재(110)가, 전도체 재질로 형성되며 상기 상부측센싱판(113) 상면에 구비되는 상부측전극판(112)을 포함하며, 상기 상부측내구판(115)이 유전체 재질로 형성되고,

상기 하부부재(120)가, 전도체 재질로 형성되는 하부측전극판(122)을 포함하며, 상기 하부측내구판(115)이 상기 상부측내구판(115)과 대전열이 다른 유전체 재질 또는 전도체 재질로 형성되는 것을 특징으로 하는 자가구동 환경센서.

#### 청구항 3

제 2항에 있어서, 상기 자가구동 환경센서(100)는,

상기 상부부재(110) 및 상기 하부부재(120) 간 접촉면적이 변화됨에 따라 발생하는 마찰대전에 의한 전기에너지를 생성하는 것을 특징으로 하는 자가구동 환경센서.

#### 청구항 4

제 3항에 있어서, 상기 자가구동 환경센서(100)는,

환경조건이 변화되어 상기 상부측센싱판(113)의 물성변화특성이 변화됨에 따라 마찰대전에 의한 전기에너지 수확량이 변화되는 정도를 이용하여 환경조건이 변화되는 정도를 측정하는 것을 특징으로 하는 자가구동 환경센서.

#### 청구항 5

제 4항에 있어서, 상기 자가구동 환경센서(100)는,

상기 상부측센싱판(113)을 형성하는 센싱재가 유전체인 경우, 환경조건 변화에 의하여 유전율이 변화하는 물성변화특성을 가지며,

상기 상부측센싱판(113)을 형성하는 센싱재가 반도체 또는 전도체인 경우, 환경조건 변화에 의하여 전기전도도가 변화하는 물성변화특성을 가지는 것을 특징으로 하는 자가구동 환경센서.

## 청구항 6

제 4항에 있어서, 상기 자가구동 환경센서(100)는,  
가스센서 또는 습도센서일 경우, 상기 상부측내구관(115)이 다공성 재질로 형성되며,  
광센서일 경우, 상기 상부측내구관(115)이 투명 재질로 형성되는 것을 특징으로 하는 자가구동 환경센서.

## 청구항 7

제 1항에 있어서, 상기 자가구동 환경센서(100)는,  
상기 하부측내구관(125)의 상면에 요철이 형성되어,  
상기 상부측내구관(115) 및 상기 하부측내구관(125) 접촉 시 상기 하부측내구관(125) 상의 요철이 상기 상부측내구관(115) 외면보다 더 내측으로 진입되어 접촉면적을 증가시키는 것을 특징으로 하는 자가구동 환경센서.

## 청구항 8

제 1항에 있어서, 상기 자가구동 환경센서(100)는,  
상기 상부부재(110) 및 상기 하부부재(120) 사이의 이격을 확보하도록, 상기 상부부재(110) 및 상기 하부부재(120) 사이에 개재 구비되는 탄성부재(130);  
를 포함하는 것을 특징으로 하는 자가구동 환경센서.

## 청구항 9

제 2항에 있어서, 상기 자가구동 환경센서(100)는,  
상기 상부측전극관(112) 및 상기 하부측전극관(122) 사이에 전기적으로 연결되어 전기에너지를 축적하는 충전부(140);  
를 포함하는 것을 특징으로 하는 자가구동 환경센서.

## 청구항 10

제 9항에 있어서, 상기 충전부(140)는,  
부하(145),  
상기 부하(145)의 전단 또는 후단에 구비되어 전류를 정류하는 정류자(141)  
를 포함하는 것을 특징으로 하는 자가구동 환경센서.

## 청구항 11

제 3항에 있어서, 상기 자가구동 환경센서(100)는,  
미리 알려진 환경조건 변화 정도에 따른 물성변화특성 변화량 및 측정된 전기에너지 수확량 변화 정도를 이용하여 환경조건 변화 정도를 산출하는 분석부(150);  
를 포함하는 것을 특징으로 하는 자가구동 환경센서.

## 청구항 12

제 1항에 있어서, 상기 자가구동 환경센서(100)는,

상기 상부부재(110)가, 상기 상부측전극판(112)의 상면에 구비되는 상부측지지판(111)을 포함하며,

상기 하부부재(120)가, 상기 하부측전극판(122)의 하면에 구비되는 하부측지지판(121)을 포함하는 것을 특징으로 하는 자가구동 환경센서.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 자가구동 환경센서에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 에너지 하베스터의 구조를 이용하여 작동하는 자가구동 환경센서에 있어서 종래보다 내구성을 더욱 향상하는 고내구성 자가구동 환경센서에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 최근 세계적으로 신재생 에너지 연구에 대한 관심이 높아져 가고 있는 이 때, 자연계에 존재하는 다양한 에너지 원을 사람이 사용할 수 있는 유용한 에너지로 바꾸어 사용하고자 하는 연구가 매우 활발하게 이루어지고 있다. 이러한 연구의 일환인 기술의 하나로서, 진동, 음파, 열, 운동, 위치에너지 등 일상생활에서 쉽게 버려지거나 사용하지 않는 작은 에너지를 수확하여 사용가능한 전기에너지로 변환하는 기술을 에너지 하베스팅(energy haverting)이라 하며, 이러한 장치를 에너지 하베스터(energy harvester)라고 한다.

[0003] 에너지 하베스터는 수확하고자 하는 에너지의 종류에 따라 장치 구성 역시 다양하게 달라진다. 광전효과를 이용하여 태양광 발전을 하거나, 압전효과를 이용하여 가스레인지나 라이터에서 스파크를 발생시키거나, 열전효과를 이용하여 신체에 착용하는 스마트밴드의 전원을 사람의 체온으로부터 얻는 등과 같이, 현재 다양한 형태의 에너지 하베스터들이 개시되어 사용되고 있다.

[0004] 이처럼 다양한 에너지 하베스팅 기술의 하나로, 마찰대전을 이용한 에너지 하베스팅 기술이 있다. 마찰대전(triboelectrification)이란 서로 다른 재료의 물체를 마찰 시 접촉면에서의 상호 간섭에 의해 각각의 물체에 반대 부호의 전하가 기계적으로 나뉘는 것을 말한다. 이 때 각각의 물체가 양극 또는 음극 중 어느 극으로 대전되는가는 대전(서)열에 의해 결정된다. 일반적으로 잘 알려진 물체들의 대전열의 예를 들자면, 털가죽 - 상아 - 유리 - 명주 - 나무 - 고무 - 플라스틱 --보나이트 순으로, 앞쪽에 있을수록 양(+)으로 대전되기 쉽다. 즉 동일한 유리라 할지라도, 유리가 털가죽과 마찰되면 유리는 음(-)으로 대전되고, 유리가 나무와 마찰되면 유리는 양(+)으로 대전되는 것이다.

[0005] 이러한 물체들의 접촉면의 반대쪽에 전극을 부착하고 이들을 서로 연결하거나 또는 접지(ground)에 연결하여 두면 다음과 같은 원리로 전류를 얻을 수 있다. 접촉된 상태에서 물체 내 평형이 이루어지면, 마찰면에는 어떠한 극성의 전하가 대전되어 있는 상태가 되고, 전극에는 마찰면에 대전된 극성에 대한 보상전하가 대전되어 있는 상태가 된다. 이 때 마찰에 의해 대전된 물체들이 서로 분리되는 순간, 전극을 통해 전하가 이동하면서 전류를 발생시키게 된다(잘 알려진 바와 같이 전하의 이동 방향과 전류 방향은 반대이다). 이러한 원리를 이용한 것이 바로 마찰대전 에너지 하베스터이다.

[0006] 마찰대전 에너지 하베스터는 대전열이 다른 한 쌍의 물체가 접촉 및 분리되는 형태로만 이루어진다면 어떤 형태이든 가능하기 때문에, 상당히 다양한 형태의 기술이 활발히 연구되고 있다. 그 중 한 분야로서, 마찰대전 에너지 하베스터의 원리를 그대로 응용하여 자가구동 환경센서로 활용하는 기술이 있다. 한국특허등록 제1870278호 ("주파수 상향식 마찰 전기 에너지 하베스터 및 이를 활용한 자가 구동 능동 환경 센서", 2018.06.18., 특허문헌 1)에는 마찰대전 에너지 하베스팅을 이용하여 전기에너지를 수확하되, 마찰대전이 발생하는 두 부재 사이의 공간에 존재하는 습도, 가스 농도 등의 변화에 따라 출력 전압 크기가 변화하는 것을 이용하여 환경센서로 활용하는 기술이 개시된다. 상기 선행문헌의 장치는 에너지 하베스터로서의 기능, 즉 마찰대전을 이용하여 전기에너지를 수확하는 기능을 충실히 함과 동시에, 이 과정에서 발생하는 출력 전압의 크기 변화를 이용하여 환경조건(가스 농도, 습도, 광 등)의 변화까지 획득할 수 있다는 큰 장점이 있다.

[0007] 한편 마찰대전 에너지 하베스터는, 두 부재의 접촉 및 마찰을 이용해서 에너지를 발생시킨다는 근본적인 원리에 의하여, 부재들 간 지속적인 접촉 및 상대운동이 발생하게 된다. 단지 에너지 하베스터만으로도만 기능하는 경우라면, 이러한 빈번한 접촉에 의하여 표면이 일부 손상된다 하여도 큰 문제는 없다. 그런데 상술한 바와 같이 에

너지 하베스터 겸 환경센서로까지 기능하는 경우, 환경조건의 변화를 획득하기 위하여 표면에 센싱물질이 형성되게 되는데, 빈번한 접촉에 의하여 표면의 센싱물질이 손상됨으로써 센서로서의 기능이 약화될 우려가 있다. 즉, 마찰대전 에너지 하베스터의 원리를 이용한 환경센서의 경우, 기존에 비해 내구성을 강화할 필요가 있는 것이다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 1. 한국특허등록 제1870278호("주파수 상향식 마찰 전기 에너지 하베스터 및 이를 활용한 자가구동 능동 환경 센서", 2018.06.18.)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0009] 따라서, 본 발명은 상기한 바와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은, 에너지 하베스터의 구조를 이용하여 작동하는 자가구동 환경센서에 있어서, 센싱재가 형성되는 표면 외측에 내구성을 강화하면서도 센싱을 방해하지 않도록 다공성 또는 투명 재질로 형성되는 내구판을 포함함으로써, 종래보다 내구성을 더욱 향상하는 고내구성 자가구동 환경센서를 제공함에 있다.

### 과제의 해결 수단

- [0010] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 고내구성 자가구동 환경센서(100)는, 환경조건의 변화에 따라 미리 알려진 만큼 물성이 변화하는 물성변화특성을 가지는 센싱재 재질로 형성되는 상부측센싱판(113), 상기 상부측센싱판(113) 하면에 구비되며 다공성 또는 투명 재질로 형성되는 상부측내구판(115)을 포함하는 상부부재(110); 상기 상부측내구판(115) 하측에 이격 배치되며 상기 상부측내구판(115)과 접촉 및 마찰 가능하게 형성되는 하부측내구판(125)을 포함하는 하부부재(120); 를 포함할 수 있다.
- [0011] 이 때 상기 자가구동 환경센서(100)는, 상기 상부부재(110)가, 전도체 재질로 형성되며 상기 상부측센싱판(113) 상면에 구비되는 상부측전극판(112)을 포함하며, 상기 상부측내구판(115)이 유전체 재질로 형성되고, 상기 하부부재(120)가, 전도체 재질로 형성되는 하부측전극판(122)을 포함하며, 상기 하부측내구판(115)이 상기 상부측내구판(115)과 대전열이 다른 유전체 재질 또는 전도체 재질로 형성될 수 있다.
- [0012] 또한 상기 자가구동 환경센서(100)는, 상기 상부부재(110) 및 상기 하부부재(120) 간 접촉면적이 변화됨에 따라 발생하는 마찰대전에 의한 전기에너지를 생성할 수 있다.
- [0013] 또한 상기 자가구동 환경센서(100)는, 환경조건이 변화되어 상기 상부측센싱판(113)의 물성변화특성이 변화됨에 따라 마찰대전에 의한 전기에너지 수확량이 변화되는 정도를 이용하여 환경조건이 변화되는 정도를 측정할 수 있다.
- [0014] 이 때 상기 자가구동 환경센서(100)는, 상기 상부측센싱판(113)을 형성하는 센싱재가 유전체인 경우, 환경조건 변화에 의하여 유전율이 변화하는 물성변화특성을 가지며, 상기 상부측센싱판(113)을 형성하는 센싱재가 반도체 또는 전도체인 경우, 환경조건 변화에 의하여 전기전도도가 변화하는 물성변화특성을 가질 수 있다.
- [0015] 또한 상기 자가구동 환경센서(100)는, 가스센서 또는 습도센서일 경우, 상기 상부측내구판(115)이 다공성 재질로 형성되며, 광센서일 경우, 상기 상부측내구판(115)이 투명 재질로 형성될 수 있다.
- [0016] 또한 상기 자가구동 환경센서(100)는, 상기 하부측내구판(125)의 상면에 요철이 형성되어, 상기 상부측내구판(115) 및 상기 하부측내구판(125) 접촉 시 상기 하부측내구판(125) 상의 요철이 상기 상부측내구판(115) 외면보다 더 내측으로 진입되어 접촉면적을 증가시킬 수 있다.
- [0017] 또한 상기 자가구동 환경센서(100)는, 상기 상부부재(110) 및 상기 하부부재(120) 사이의 이격을 확보하도록, 상기 상부부재(110) 및 상기 하부부재(120) 사이에 개재 구비되는 탄성부재(130); 를 포함할 수 있다.
- [0018] 또한 상기 자가구동 환경센서(100)는, 상기 상부측전극판(112) 및 상기 하부측전극판(122) 사이에 전기적으로 연결되어 전기에너지를 축적하는 충전부(140); 를 포함할 수 있다. 이 때 상기 충전부(140)는, 부하(145), 상기

부하(145)의 전단 또는 후단에 구비되어 전류를 정류하는 정류자(141)를 포함할 수 있다.

[0019] 또한 상기 자가구동 환경센서(100)는, 미리 알려진 환경조건 변화 정도에 따른 물성변화특성 변화량 및 측정된 전기에너지 수확량 변화 정도를 이용하여 환경조건 변화 정도를 산출하는 분석부(150); 를 포함할 수 있다.

[0020] 또한 상기 자가구동 환경센서(100)는, 상기 상부부재(110)가, 상기 상부측전극판(112)의 상면에 구비되는 상부측지지판(111)을 포함하며, 상기 하부부재(120)가, 상기 하부측전극판(122)의 하면에 구비되는 하부측지지판(121)을 포함할 수 있다.

### 발명의 효과

[0021] 본 발명에 의하면, 마찰대전을 이용하여 에너지를 수확하는 마찰대전 에너지 하베스터로서의 기능 및 가스 농도, 습도, 광 등과 같은 환경조건을 효과적으로 센싱하는 환경센서로서의 기능을 동시에 수행할 수 있다는 효과가 있다. 특히 본 발명에 의하면, 센싱재가 형성되는 표면 외측에 내구성을 강화하면서도 센싱을 방해하지 않도록 다공성 또는 투명 재질로 형성되는 내구판을 포함함으로써, 종래보다 내구성이 훨씬 향상되는 큰 효과가 있다. 또한 이처럼 센싱을 담당하는 센싱재와 내구성을 강화하는 내구판이 별도의 구성으로 이루어짐에 따라, 종래에 내구성을 강화하기 위해 센싱재의 선택이 제한되어 고감도의 센싱재를 사용하지 못했던 문제를 원천적으로 해결하여, 훨씬 고감도의 환경센서 성능을 획득할 수 있는 효과가 있다. 더불어 이처럼 내구성이 향상됨에 따라, 센서의 장기간 구동 시에도 훨씬 균일하고 정확한 측정값을 얻을 수 있는 효과가 있음은 물론이다.

[0022] 또한 본 발명에 의하면, 장치의 구조가 상당히 간단하여 대면적으로의 제작이 매우 용이하다는 장점이 있다. 이에 따라 실생활에 응용할 경우 작업 현장 건물 내벽이나, 외부 환경에 노출된 건물 외벽 등과 같은 다양한 위치에 적용하는 등과 같이 다양한 활용이 가능하다.

### 도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 마찰대전 에너지 하베스터의 원리.

도 2는 본 발명의 자가구동 환경센서의 조립사시도.

도 3은 본 발명의 자가구동 환경센서의 분해사시도.

도 4는 본 발명의 자가구동 환경센서의 단면도.

도 5는 환경조건 변화에 따른 센싱재의 물성변화특성 변화 설명도.

도 6은 본 발명의 자가구동 환경센서의 작동원리 설명도.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 이하, 상기한 바와 같은 구성을 가지는 본 발명에 의한 고내구성 자가구동 환경센서를 첨부된 도면을 참고하여 상세하게 설명한다.

#### [1] 마찰대전 에너지 하베스터의 원리

[0026] 도 1은 마찰대전 에너지 하베스터의 원리를 설명하기 위한 도면이다. 도 1 좌측에는 마찰대전 에너지 하베스터의 개념적인 구성이 도시되어 있다. 도시된 바와 같이, 마찰대전 에너지 하베스터는 제1전극, 상기 제1전극 상면에 배치되는 제1유전체, 상기 유전체 상측으로 이격 배치되는 제2전극, 상기 제2전극 하면에 배치되는 제2유전체, 제1전극 및 제2전극 사이에 연결되는 부하를 포함한다. 제1유전체 및 제2유전체는 물론 당연히 대전열이 다른 재질로 형성된다.

[0027] 먼저 도 1①에 도시된 바와 같이, 외부에서 힘을 인가하여 제1유전체 및 제2유전체가 접촉 및 마찰하면, 대전열에 따라 전자의 이동이 일어나는데, 도 1에서는 편의상 제2유전체에서 제1유전체로 전자가 이동하는 예시를 도시하였다. 그러면 마찰면 부근에서 제1유전체에 (+) / 제2유전체에 (-)가 대전된다. 이 때에는 제1유전체 및 제2유전체의 마찰면에서 직접 전자의 이동이 일어나기 때문에 부하에는 전류가 흐르지 않는다.

[0028] 다음으로 도 1②에 도시된 바와 같이, 제1유전체와 제2유전체가 점점 멀어지면, 제1전극-제1유전체 결합체 및 제2전극-제2유전체 결합체 내에서 평형상태를 이루기 위해 제1전극에서 제2전극으로 자유전자가 이동한다. 즉 이 때 전류는 제1전극에서 제2전극으로 흐르게 된다.

[0029] 다음으로 도 1③에 도시된 바와 같이, 제1유전체와 제2유전체가 아주 멀어져 서로에 대한 영향범위에서 벗어나



면, 제1전극-제1유전체 결합체 및 제2전극-제2유전체 결합체 내에서 평형상태가 이뤄진 상태가 되며, 이 때에는 부하에 전류가 흐르지 않는다.

[0030] 다음으로 도 1④에 도시된 바와 같이, 다시 제1유전체와 제2유전체가 접근하면, 정전기 유도 현상에 의하여 제2유전체에 (-) / 제1유전체에 (+)가 더 대전됨에 따라 제2전극에서 제1전극으로 자유전자가 이동한다. 즉 이 때 전류는 제1전극에서 제2전극으로 흐르게 된다.

[0031] 제1전극-제1유전체 결합체와 제2전극-제2유전체 결합체가 지속적으로 접촉(마찰) 및 분리를 반복하면, 상술한 바와 같은 도 1①~④와 같은 과정이 순환 반복되면서 지속적인 전류를 생산할 수 있다.

[0032] 부연하자면, 마찰대전 에너지 하베스터는 이외에도 다양한 형태로 이루어질 수 있으며, 다른 예시로서 제1유전체 또는 제2유전체가 없는 형태로 구성될 수도 있다. 이 경우에는 [제1전극 및 제2전극-제2유전체 결합체] 또는 [제1전극-제1유전체 결합체 및 제2전극]이 접촉(마찰) 및 분리를 반복하면서, 유전체와 전극 간의 마찰대전에 의하여 전류 생산이 이루어진다.

[0033] [2] 본 발명의 자가구동 환경센서의 구성

[0034] 2-1. 전체구성

[0035] 도 2는 본 발명의 자가구동 환경센서의 조립사시도를, 도 3은 본 발명의 자가구동 환경센서의 분해사시도를, 도 4는 본 발명의 자가구동 환경센서의 단면도를 각각 도시하고 있다. 도 3 내지 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명의 자가구동 환경센서(100)는, 상부부재(110) 및 하부부재(120)를 포함할 수 있다. 이하에서 각부에 대하여 보다 상세히 설명한다.

[0036] 상기 상부부재(110)는 상부측센싱판(113) 및 상부측내구판(115)을 포함한다. 상기 상부측센싱판(113)은 환경조건의 변화에 따라 미리 알려진 만큼 물성이 변화하는 물성변화특성을 가지는 센소재 재질로 형성된다. 상기 상부측내구판(115)은 상기 상부측센싱판(113) 하면에 구비되며 다공성 또는 투명 재질로 형성되며, 또한 유전체 재질로 형성되는 것이 바람직하다. 더불어 상기 상부부재(110)는, 전도체 재질로 형성되며 상기 상부측센싱판(113) 상면에 구비되는 상부측전극판(112)을 포함할 수 있다. 여기에 더하여 상기 상부부재(110)는, 상술한 여러 부품들을 모아 지지하도록, 상기 상부측전극판(112)의 상면에 구비되는 상부측지지판(111)을 더 포함할 수 있다.

[0037] 상기 하부부재(120)는 하부측내구판(125)을 포함한다. 상기 하부측내구판(125)은 상기 상부측내구판(115) 하측에 이격 배치되며 상기 상부측내구판(115)과 접촉 및 마찰 가능하게 형성되며, 또한 상기 상부측내구판(115)과 대전열이 다른 유전체 재질 또는 전도체 재질로 형성되는 것이 바람직하다. 상기 상부측내구판(115)이 유전체 재질인 경우 도 1의 설명과 같은 원리로 작동하며, 상기 상부측내구판(115)이 전도체 재질인 경우 도 1 부연설명과 같은 원리로 작동하게 된다.

[0038] 더불어 상기 하부부재(120)는, 상기 하부부재(120)가, 전도체 재질로 형성되는 하부측전극판(122)을 포함할 수 있다. 여기에 더하여 상기 하부부재(120)는, 역시 상술한 여러 부품들을 모아 지지하도록, 상기 하부측전극판(122)의 하면에 구비되는 하부측지지판(121)을 더 포함할 수 있다.

[0039] 부연하자면, 여기에서 "상부" 및 "하부"라는 용어는 이해를 편리하게 하기 위하여 임의로 부여한 표현일 뿐으로 절대적인 것이 아니다. 예를 들어 상기 자가구동 환경센서(100)가 지면에 대하여 수직하게 배치될 경우에는 지면을 기준으로 할 때 상부/하부의 구분이 되지 않겠으나, 상부/하부를 전방/후방 등으로 쉽게 바꾸어 이해될 수 있다. 또한 앞서의 설명에서는 상기 상부부재(110)에 상기 상부측센싱판(113)이 형성되는 것으로 설명하였으나, 상술한 바와 같이 상기 자가구동 환경센서(100)의 배치 방향에 따라 상하가 바뀌어도 전혀 무방하다.

[0040] 더불어 상기 자가구동 환경센서(100)는, 탄성부재(130), 충전부(140), 분석부(150) 등을 더 포함할 수 있는데, 이에 대해서는 이후 부가구성 부분에서 상세히 설명하기로 한다.

[0041] 2-2. 작동원리

[0042] 상술한 바와 같이 구성되는 본 발명의 자가구동 환경센서(100)는, 전기에너지를 수확하는 기능 및 환경조건 변화를 측정하는 기능을 동시에 수행한다. 보다 구체적으로 설명하자면, 상기 자가구동 환경센서(100)는, 상기 상부부재(110) 및 상기 하부부재(120) 간 접촉면적이 변화됨에 따라 발생하는 마찰대전에 의한 전기에너지를 생성함으로써, 전기에너지를 수확하는 기능을 수행한다.

[0043] 또한 상기 자가구동 환경센서(100)는, 환경조건이 변화되어 상기 상부측센싱판(113)의 물성변화특성이 변화됨에



따라 마찰대전에 의한 전기에너지 수확량이 변화되는 정도를 이용하여 환경조건이 변화되는 정도를 측정함으로써, 환경조건 변화를 측정하는 기능을 수행한다. 이하에서 본 발명의 자가구동 환경센서(100)의 작동원리에 대하여 보다 상세히 설명한다.

- [0044] 도 5는 환경조건 변화에 따른 센싱재의 물성변화특성 변화를 설명하기 위한 도면이며, 도 6은 본 발명의 자가구동 환경센서의 작동원리를 설명하기 위한 도면이다. 도 5 및 도 6에서는 하나의 예시로서 상기 자가구동 환경센서(100)가 가스센서로 작동하는 경우를 도시한 것이다.
- [0045] 먼저 도 5(A)에 도시된 바와 같이 측정하고자 하는 가스입자가 대기 중에 없는 경우에는 상기 상부측센싱판(113)은 아무 변화가 없으며, 따라서 초기의 물성변화특성을 그대로 가지고 있다. 이 상태에서 상기 자가구동 환경센서(100)가 도 6(A)에 도시된 바와 같이 압축 또는 복원을 하게 되면, 앞서 도 1로 설명한 원리에 따라 전류가 상기 상부측전극판(112) 및 상기 하부측전극판(122) 간에 방향을 바꾸어가며 흐르게 된다. 이 때 출력되는 피크 전압은 원래의 센싱재가 가지고 있는 물성에 따라 결정되며, 즉 설계 시 기댓값에 해당하는 값이 나오게 된다.
- [0046] 한편 도 5(B)에 도시된 바와 같이 측정하고자 하는 가스입자가 대기 중에 어떠한 농도를 가지고 분포되어 있는 경우, 가스입자는 다공성 재질로 된 상기 상부측내구판(115)을 통과하여 센싱재 재질로 된 상기 상부측센싱판(113)까지 도달하게 된다. 이에 따라 상기 상부측센싱판(113)을 형성하는 센싱재의 물성이 변화하게 되는데, 가스센서의 예시에서는 예를 들어 센싱재의 공극층(depletion layer) 두께가 변화되게 된다. 이에 따라 상기 상부측센싱판(113) 표면 전하량이 변화되며, 이는 상기 상부측전극판(112)에 대전되는 전하량에 영향을 미칠 뿐만 아니라, 더 나아가서는 도 6(B)에 도시된 바와 같이 상기 상부측전극판(112) 및 상기 하부측전극판(122) 사이에 흐르는 전류의 크기에도 영향을 미치게 된다.
- [0047] 이 때 출력되는 피크 전압은 가스입자에 의하여 변화된 센싱재 물성에 따라 결정되며, 즉 설계 시 기댓값과 다른 값(도 6(B)의 예시에서는 기댓값보다 작은 값)이 나오게 된다.
- [0048] 이처럼 상기 상부부재(110) 및 상기 하부부재(120) 사이 공간에서 가스, 습도, 광 등과 같은 환경조건이 변화함에 따라, 상기 자가구동 환경센서(100)에서 에너지 하베스팅 원리를 통해 수확되는 전기에너지의 수확량이 변화한다. 또한 이처럼 전기에너지 수확량의 변화를 통해, 환경조건이 얼마나 변화하였는지를 거꾸로 산출해 낼 수 있다.
- [0049] 이와 같이 마찰대전 에너지 하베스팅 원리를 이용하는 경우, 센싱을 위하여 지속적인 접촉 및 상대운동이 필요하다. 따라서 두 접촉면이 높은 내구성을 가져야만, 장시간 구동 시 동일한 상대운동에 의하여 일정한 출력이 유지될 수 있으며, 이는 곧 센서의 신뢰성에 영향을 준다. 그런데 종래의 자가구동 센서들의 경우, 센싱재가 (환경에 노출되어야 하기 때문에) 접촉재 역할까지 동시에 수행하여야 하였다. 이에 따라 센싱재를 선택함에 있어서 내구성이 높음과 동시에 원하는 환경조건 변화의 센싱이 가능한 물질로서 선택하여야만 하였으며, 이는 결과적으로 고감도의 센싱재를 선택하지 못하게 하는 제한을 발생시키는 요인이 되었다.
- [0050] 그러나 본 발명에서는, 접촉을 통해 전압을 출력하는 부품(상기 상부측내구판(115)/상기 하부측내구판(125)) 및 환경조건 변화를 센싱하는 부품(상기 상부측센싱판(113))이 별도의 부품으로 구성된다. 즉 상기 상부측센싱판(113)이 상기 상부측내구판(115) 및 상기 상부측전극판(112) 사이에 배치되어 외부로 노출되지 않기 때문에, 상기 상부측센싱판(113)을 형성하는 센싱재에는 실제로는 직접적인 접촉이 이루어지지 않아, 센싱재 선택 시 내구성을 고려해야 하는 제한이 없어지는 것이다. 이에 따라 본 발명에 의하면, 종래에 비해 훨씬 자유롭게 센싱재를 선택할 수 있으며, 실질적으로는 종래보다 훨씬 고감도의 센싱재를 선택하여 적용할 수 있다. 따라서 본 발명에 의하면, (고내구성의 내구판들을 통해) 고신뢰성을 보장함과 동시에 (고감도의 센싱재가 내구판들로 보호되는 구조를 통해) 고감도 역시 보장할 수 있게 된다.
- [0051] 도 5 및 도 6에서는 상기 자가구동 환경센서(100)가 가스센서인 예시로서 설명하였으나, 물론 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다. 구체적으로는, 상기 자가구동 환경센서(100)의 센싱재를 무엇으로 구성하느냐에 따라 가스, 습도, 광 등 다양한 환경조건을 측정할 수 있다.
- [0052] 먼저 간략히 종래의 환경센서가 가스, 습도, 광 등의 환경조건을 측정하는 원리를 설명하자면 다음과 같다. 종래의 환경센서의 경우 센싱재와 대전재가 동일하였다. 종래의 가스센서의 경우 대전재(=센싱재)에 가스입자가 달라붙게 되면, 대전재의 전기 음성도가 변화하여 표면 전하량이 변화하거나, 또는 (대전재가 센싱재이자 반도체일 때) 대전재의 캐리어 농도가 변화하여(=공핍층의 두께가 변경되어) 전기 출력이 변화한다. 종래의 습도센서의 경우 대전재(=센싱재)에 수증기입자가 달라붙게 되면, 대전재의 표면전도도가 변화하여 표면 전하량이 변

화하거나, 또는 대전재 표면에 달라붙은 수증기입자로 인하여 전압이 스크리닝(screening)되어 전압은 감소하고 전류는 증가한다. 종래의 광센서의 경우 대전재(=센싱재)에 광이 입사되면, 광에너지에 의해 전자 또는 양공이 표면으로 이동함으로써 표면전도도가 변화하여 표면 전하량이 변화하게 된다.

[0053] 반면 본 발명의 상기 자가구동 환경센서(100)의 경우에는, 센싱재와 대전재가 상이하다. 즉 센싱재는 상기 상부측센싱판(113)으로, 대전재는 상기 상부측내구판(115)으로 구현되고 있다. 따라서 종래의 환경센서와는 달리, 대전재의 표면 대전량은 항상 일정하다고 가정할 수 있다. 다만 상기 상부측내구판(115)이 상기 상부측센싱판(113)의 외면에 구비되어 있으므로, 상기 자가구동 환경센서(100)가 가스센서 또는 습도센서일 경우, 가스입자 또는 수증기입자가 센싱재에 원활하게 접근할 수 있도록, 상기 상부측내구판(115)이 다공성 재질로 형성되게 하는 것이 바람직하다. 또는 상기 자가구동 환경센서(100)가 광센서일 경우, 광이 센싱재에 원활하게 조사될 수 있도록, 상기 상부측내구판(115)이 투명 재질로 형성되게 하는 것이 바람직하다.

[0054] 한편 센싱재는 부도체(유전체), 반도체, 전도체 등 다양한 재질로 이루어질 수 있다. 측정하고자 하는 환경조건이 가스, 습도, 광 중 어느 것이든 간에, 상기 상부측센싱판(113)을 형성하는 센싱재가 유전체인 경우, 센싱재는 환경조건 변화에 의하여 유전율이 변화하는 물성변화특성을 가지며, 반도체 또는 전도체인 경우, 센싱재는 환경조건 변화에 의하여 전기전도도가 변화하는 물성변화특성을 가진다. 이에 대하여 보다 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0055] 센싱재가 유전체인 경우, 정전용량은 물질의 두께, 넓이 및 유전율에 의하여 결정된다. 일반적인 가스, 습도 등의 센싱 시에는 두께, 넓이는 거의 변화하지 않고 유전율이 변화하는 것에 의하여 정전용량이 변화한다. 본 발명에서도 이와 유사하게, 가스입자 또는 수증기입자가 센싱재에 달라붙거나 또는 광이 센싱재에 조사되면, 전기전도도 또는 유전율이 변화함으로써 대전재의 전하가 전극에 미치는 영향이 변화하여 출력 전압이 변화하게 된다.

[0056] 센싱재가 반도체, 전도체인 경우, 가스, 습도 등의 센싱 시에는 센싱재 내부에 이온이 생성되거나 표면전도도가 변화하는 등, 전기전도도가 변화하게 된다. 가스 센싱 시에는 공핍층의 두께 등의 변화에 의하여 기전력 크기가 변화할 수 있는데, 이 역시도 내부 저항이 변화하여 발생하는 현상으로 생각할 수 있다. 광 센싱 시에도 광도전 효과 등에 의해 전도도가 변화하게 된다. 본 발명에서도 이와 유사하게, 가스입자 또는 수증기입자가 센싱재에 달라붙거나 또는 광이 센싱재에 조사되면, 센싱재의 전도도가 변화함으로써 대전재의 전하가 전극에 미치는 영향이 변화하여 출력 전압이 변화하게 된다.

[0057] 상술한 내용으로 본 발명이 한정되는 것은 아니며, 이와 같이 상기 자가구동 환경센서(100)가 측정하고자 하는 환경조건이 무엇이냐에 따라 상기 상부측센싱판(113) 및 상기 상부측내구판(115)의 재질이 적절하게 변경 실시될 수 있음은 물론이다. 예를 들어 상기 자가구동 환경센서(100)가 가스센서 또는 습도센서일 경우, 상기 상부측센싱판(113) 자체 또는 상기 상부측전극판(112)이 다공성 재질로 형성되면 가스입자나 수증기입자가 센싱재의 구석구석까지 더욱 잘 침투할 수 있기 때문에 센싱효율이 더욱 향상될 수 있다.

## [0058] 2-3. 부가구성

[0059] 이하에서는 상기 자가구동 환경센서(100)의 여러 부가구성에 대하여 설명한다.

[0060] 먼저 도 2 내지 도 6에 도시된 바와 같이, 상기 하부측내구판(125)의 상면에는 요철이 형성될 수 있다. 이에 따라 상기 상부측내구판(115) 및 상기 하부측내구판(125) 접촉 시 상기 하부측내구판(125) 상의 요철이 상기 상부측내구판(115) 외면보다 더 내측으로 진입되어 접촉면적을 증가시킴으로써, 보다 원활한 전기에너지 수확 및 출력 전압 측정이 가능하다.

[0061] 또한 상기 자가구동 환경센서(100)는, 상기 상부부재(110) 및 상기 하부부재(120) 사이의 이격을 확보하도록, 상기 상부부재(110) 및 상기 하부부재(120) 사이에 개재 구비되는 탄성부재(130)를 포함할 수 있다. 도 2 내지 도 6에서는 상기 탄성부재(130)가 상기 상부부재(110) 및 상기 하부부재(120) 사이의 이격을 확보하는 것으로 도시되어 있다. 그러나 물론 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, 상기 상부부재(110) 및 상기 하부부재(120)가 각각 고정된 외부 구조물들에 별도의 액추에이터가 구비됨으로써 상기 상부부재(110) 및 상기 하부부재(120) 간의 반복적인 상대운동을 실현할 수도 있는 등, 다양한 변경 실시가 가능하다.

[0062] 또한 상기 자가구동 환경센서(100)는, 도 2에 도시된 바와 같이, 상기 상부측전극판(112) 및 상기 하부측전극판(122) 사이에 전기적으로 연결되어 전기에너지를 축적하는 충전부(140)를 더 포함할 수 있다. 이 때 상기 충전부(140)는, 부하(145) 및 상기 부하(145)의 전단 또는 후단에 구비되어 전류를 정류하는 정류자(141)를 포함할

수 있다.

[0063] 또한 상기 자가구동 환경센서(100)는, 도 2에 도시된 바와 같이, 미리 알려진 환경조건 변화 정도에 따른 물성 변화특성 변화량 및 측정된 전기에너지 수확량 변화 정도를 이용하여 환경조건 변화 정도를 산출하는 분석부(150)를 포함할 수 있다. 상기 분석부(150)는 물론 출력 전압을 측정하는 장치와 일체형으로 이루어질 수 있으며, 분석을 수행하기 위한 알고리즘이 포함된 소프트웨어 형태로 실현될 수도 있다.

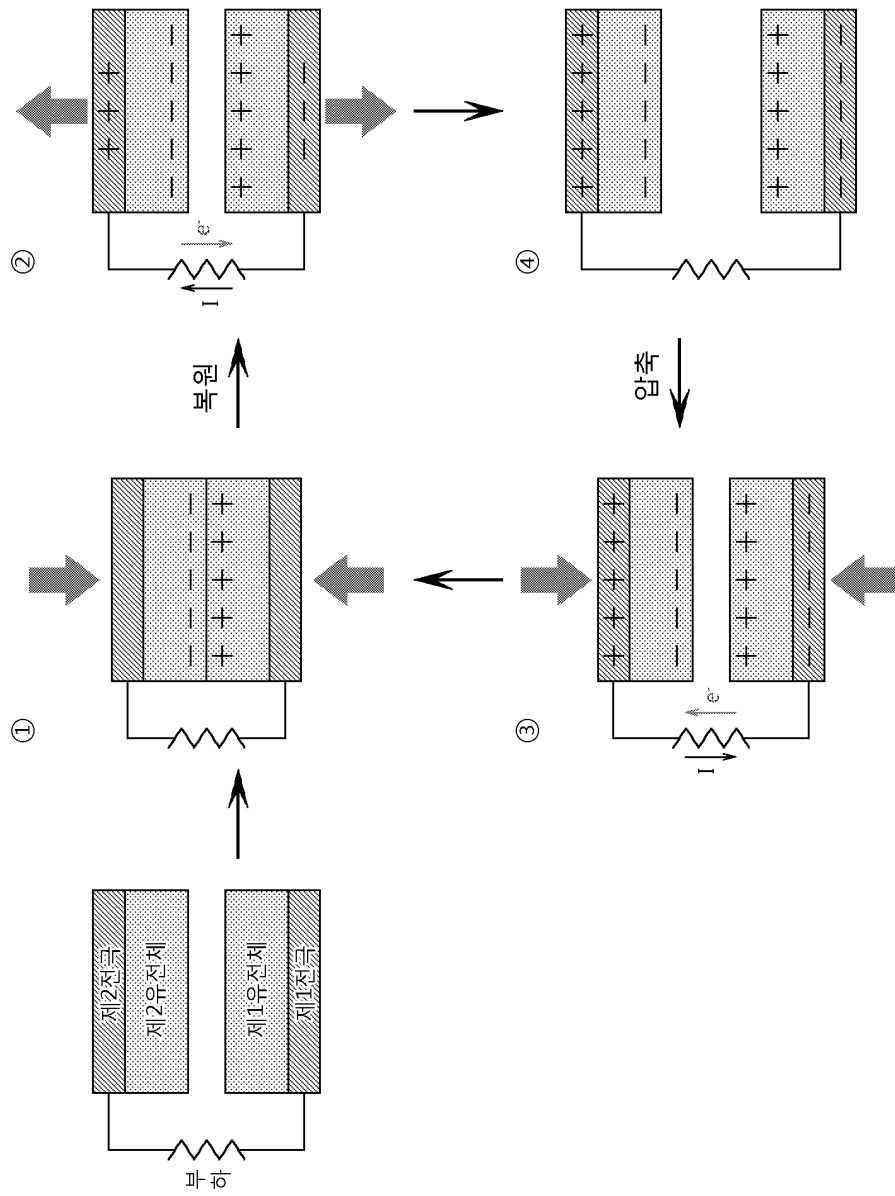
[0064] 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 아니하며, 적용범위가 다양함은 물론이고, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이다.

### 부호의 설명

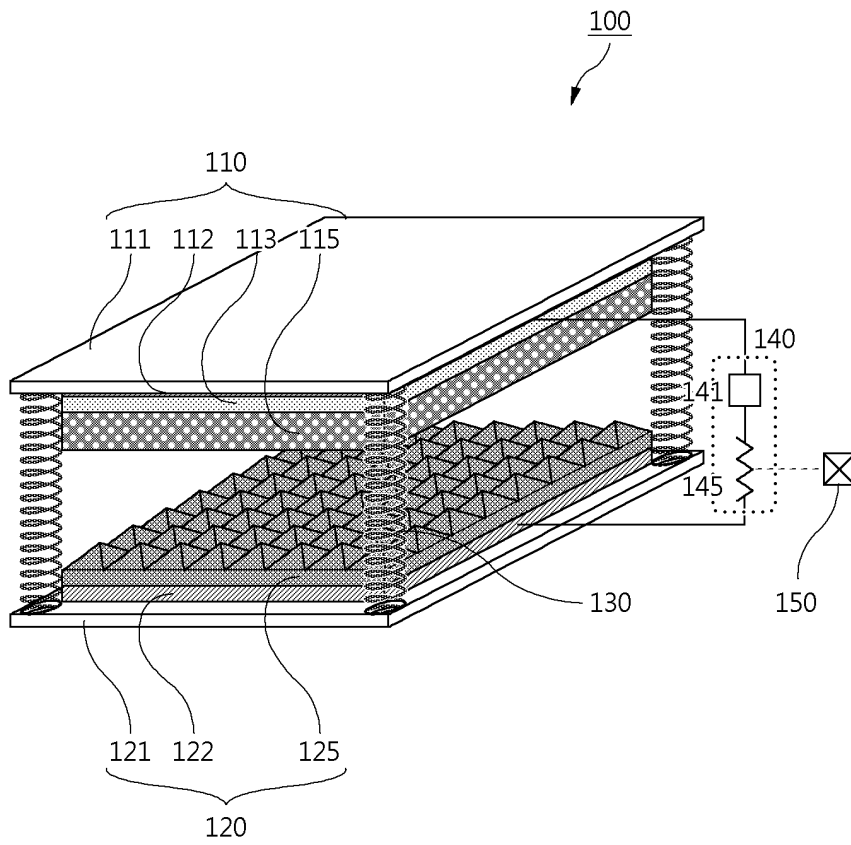
[0065] 100: 자가구동 환경센서  
 110: 상부부재    111: 상부측지지판  
 112: 상부측전극판    113: 상부측센싱판  
 115: 상부측내구판  
 120: 하부부재    121: 하부측지지판  
 122: 하부측전극판  
 125: 하부측내구판  
 130: 탄성부재    140: 충전부  
 141: 정류자    145: 부하  
 150: 분석부

도면

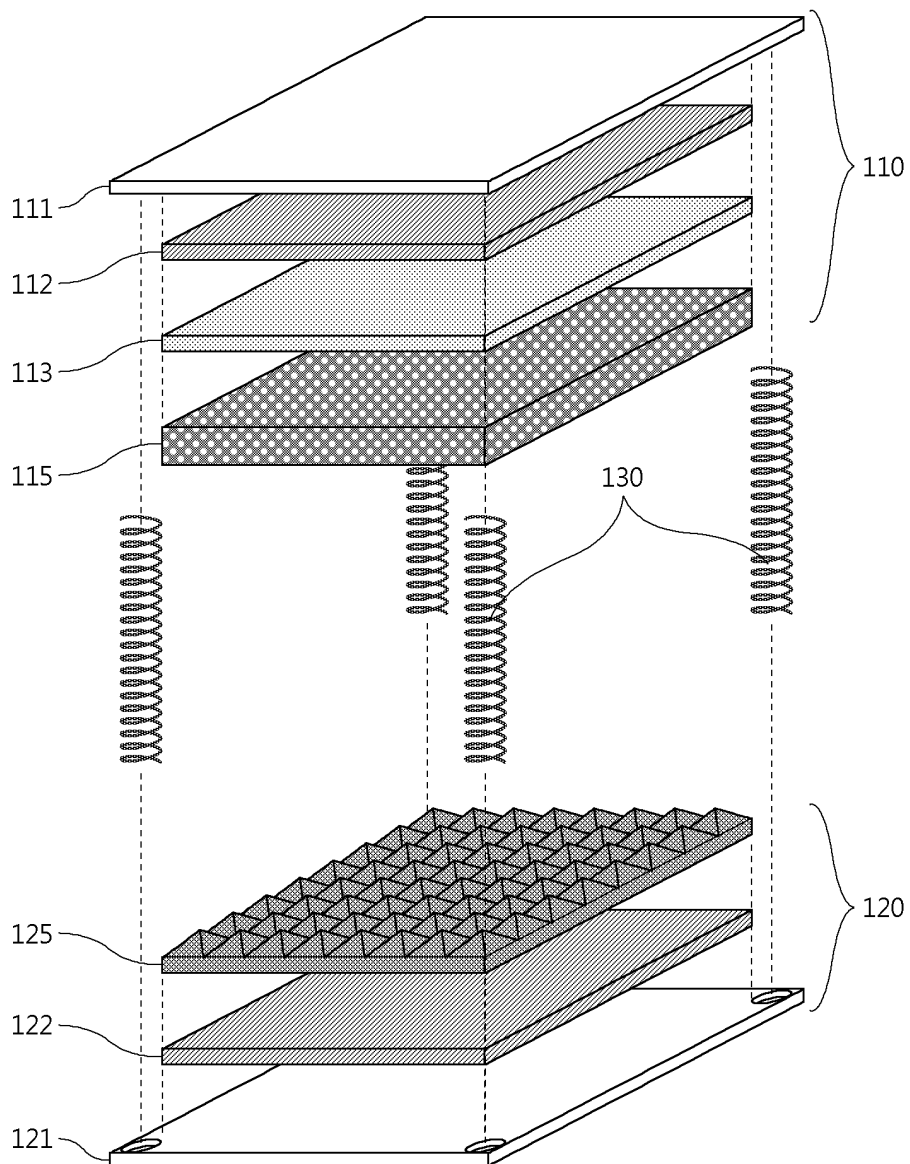
도면1



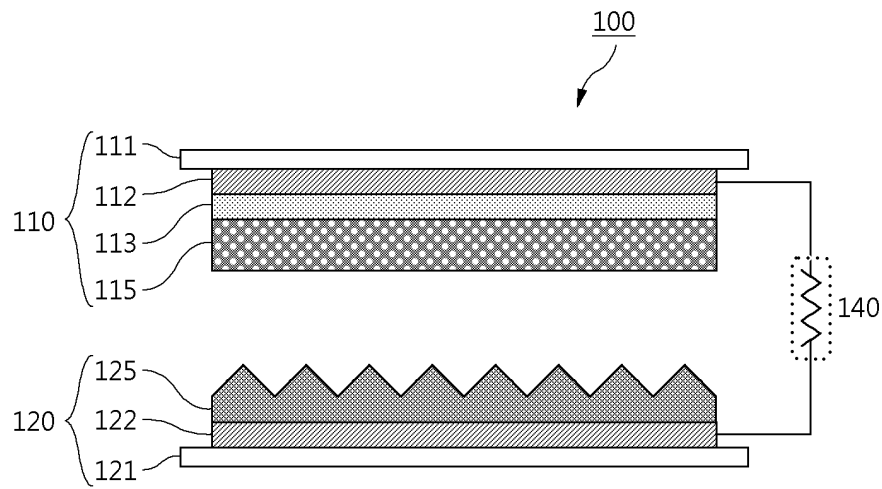
도면2



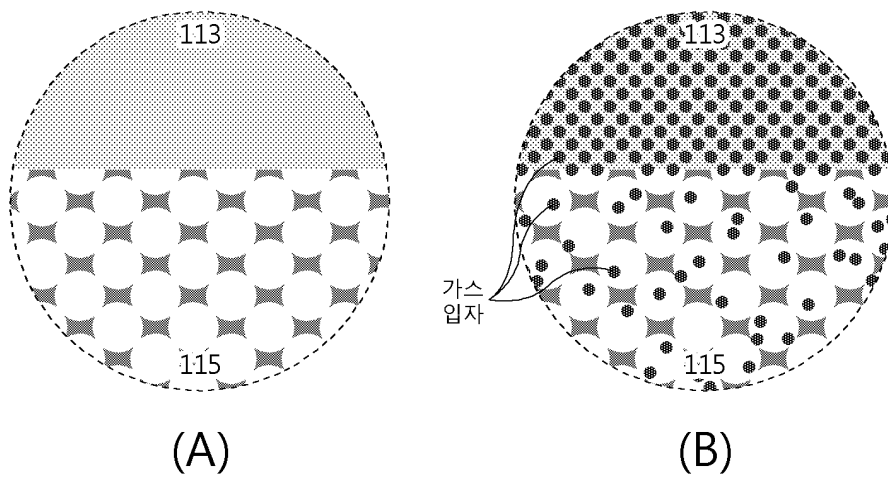
도면3



도면4



도면5





도면6

