



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년06월24일  
(11) 등록번호 10-2126287  
(24) 등록일자 2020년06월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01N 21/552 (2014.01) G01N 21/25 (2006.01)  
G01N 21/64 (2006.01) G02B 5/00 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
G01N 21/553 (2013.01)  
G01N 21/25 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2020-0035193(분할)  
(22) 출원일자 2020년03월23일  
심사청구일자 2020년03월23일  
(65) 공개번호 10-2020-0034702  
(43) 공개일자 2020년03월31일  
(62) 원출원 특허 10-2018-0027772  
원출원일자 2018년03월09일  
심사청구일자 2018년03월09일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR101511036 B1  
KR1020160020160 A  
US20110109956 A1  
KR1020160087260 A

(73) 특허권자  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
(72) 발명자  
여종석  
인천광역시 연수구 컨벤시아대로130번길 100,  
1806동 2503호(송도동, 더샵 그린워크3차)  
이지혜  
경기도 광주시 곤지암읍 광여로 336-14  
이수봉  
대구광역시 달서구 상화로8길 23, 101동 105호(대곡동, 삼성래미안1차아파트)  
(74) 대리인  
김연권

전체 청구항 수 : 총 15 항

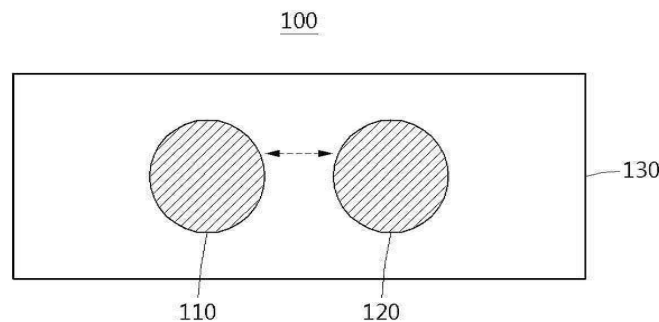
심사관 : 박준영

(54) 발명의 명칭 액추에이터에 기반한 국소 플라즈몬 효과를 이용하는 장치 및 그 제조 방법

(57) 요약

액추에이터에 기반한 플라즈몬 커플링 장치에 관한 것으로, 일실시예에 따른 플라즈몬 커플링 장치의 다이내믹 픽셀은 외부에서 인가되는 전압 또는 열에 의해 수축 또는 팽창되어 크기가 변화하는 액추에이터(Actuator)와, 액추에이터 상에 형성되는 코어 구조체(Core structure) 및 액추에이터 상에 형성되고, 액추에이터의 크기 변화에 의해 코어 구조체와 플라즈몬 커플링(Plasmon coupling)이 되는 위성 구조체(Satellite structure)를 포함하고, 플라즈몬 커플링을 위한 광학 거리(Optical length)는 기설정된 파라미터(Parameter)에 의하여 결정되며, 결정된 광학 거리에 의해 색상이 결정된다.

대표도



(52) CPC특허분류

**G01N 21/648** (2013.01)

**G02B 5/008** (2013.01)

**G01N 2021/258** (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711099545

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 국제화기반조성사업

연구과제명 자체 발광 메타표면의 개발: 온칩 나노포토닉스와 바이오센서로의 응용 (1/4)

기 여 율 1/1

주관기관 연세대학교

연구기간 2019.11.01 ~ 2020.10.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

외부에서 인가되는 전압에 의해 수축 또는 팽창되어 크기가 변화하는 액추에이터(Actuator);

상기 액추에이터 상에 형성되는 싸이올(-SH; thiol)기;

상기 싸이올(-SH; thiol)기가 형성된 액추에이터 상에 형성되는 코어 구조체(Core structure); 및

상기 싸이올(-SH; thiol)기가 형성된 액추에이터상에 형성되고, 상기 액추에이터의 크기 변화에 의해 상기 코어 구조체와 플라즈몬 커플링(Plasmon coupling)이 되는 위성 구조체(Satellite structure);

를 포함하고,

상기 위성 구조체는 상기 코어 구조체와 크기(Size)가 상이하며,

상기 플라즈몬 커플링을 위한 광학 거리(Optical length)는 기설정된 파라미터(Parameter)에 의하여 결정되며, 상기 결정된 광학 거리에 의해 색상이 결정되는 것이며,

상기 파라미터는 상기 코어 구조체 및 상기 위성 구조체 사이의 거리, 상기 코어 구조체 또는 상기 위성 구조체의 크기(Size), 형상(shape) 및 물질(material) 중에서 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는

국소 플라즈몬 공명 현상 기반의 다이나믹 픽셀.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 액추에이터는

압전필름(Piezo film), 압전 와이어(Piezo nano-wire), 유전성 탄성중합체(DEA; Dielectric elastomer) 및 전압반응성 하이드로젤 중에서 적어도 하나를 포함하는

국소 플라즈몬 공명 현상 기반의 다이나믹 픽셀.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 코어 구조체 및 상기 위성 구조체는

나노 파티클(Nano dot), 나노로드(Nano rod) 및 나노와이어(Nano wire) 중에서 적어도 하나를 포함하는

국소 플라즈몬 공명 현상 기반의 다이나믹 픽셀.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 액추에이터를 매립하는 유전체(dielectric)를 더 포함하고,

상기 파라미터는 상기 유전체의 굴절율(refractive index)을 포함하는

국소 플라즈몬 공명 현상 기반의 다이나믹 픽셀.

## 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 외부에서 인가되는 전압은 이합체의 커플링 감쇠길이(Exponential coupling decay length of the dimer)에 코어 구조체의 크기가 반영된 값과 압전계수의 비율, 목표 파장과 현재의 산란 파장에 피팅 인수(Fitting factor)가 반영된 값의 비율에 기초하여 산출되는

국소 플라즈몬 공명 현상 기반의 다이내믹 픽셀.

## 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 외부에서 인가되는 전압은 하기의 수학식1에 의하여 결정되는

[수학식1]

$$V_{\text{(인가전압)}} = - \frac{\tau \cdot D}{\text{Piezocoefficient}} \times \ln \frac{\Delta \lambda}{\lambda \cdot A}$$

여기서,  $\tau$ 는 상기 이합체의 커플링 감쇠 길이, D는 상기 코어 구조체의 크기, Piezocoefficient는 상기 압전계수,  $\Delta \lambda$ 는 상기 목표 파장,  $\lambda$ 는 상기 현재의 산란 파장, A는 상기 피팅 인수인

국소 플라즈몬 공명 현상 기반의 다이내믹 픽셀.

## 청구항 7

인가되는 전압에 의해 수축 또는 팽창되어 크기가 변화하는 적어도 하나 이상의 액추에이터(Actuator);

상기 적어도 하나 이상의 액추에이터 상에 형성되는 적어도 하나 이상의 싸이올(-SH; thiol)기;

상기 적어도 하나 이상의 싸이올(-SH; thiol)기가 형성된 액추에이터 상에 형성되는 적어도 하나 이상의 코어 구조체(Core structure);

상기 적어도 하나 이상의 싸이올(-SH; thiol)기가 형성된 액추에이터 상에 형성되고, 상기 액추에이터의 크기 변화에 의해 상기 적어도 하나 이상의 코어 구조체와 플라즈몬 커플링(Plasmon coupling)이 되는 적어도 하나 이상의 위성 구조체(Satellite structure);

상기 적어도 하나 이상의 액추에이터의 적어도 하나의 끝단에 연결되는 적어도 하나 이상의 전극(Electrode); 및

상기 전극을 통해 상기 적어도 하나 이상의 액추에이터에 인가되는 전압을 제어하여, 상기 플라즈몬 커플링을 위한 광학 거리(Optical length)를 결정하는 제어부

를 포함하고,

상기 위성 구조체는 상기 코어 구조체와 크기(Size)가 상이하며,

상기 플라즈몬 커플링을 위한 광학 거리는 기설정된 파라미터(Parameter)에 의하여 결정되며, 상기 결정된 광학 거리에 의해 색상이 결정되며,

상기 파라미터는 상기 적어도 하나 이상의 코어 구조체 및 상기 적어도 하나 이상의 위성 구조체 사이의 거리, 상기 적어도 하나 이상의 코어 구조체 또는 상기 적어도 하나 이상의 위성 구조체의 크기(Size), 형상(shape) 및 물질(material) 중에서 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는

국소 플라즈몬 공명 현상 기반의 플라즈몬 커플링 장치.

## 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 플라즈몬 커플링 장치는 등방성(Isotropic) 구조를 갖고,

상기 등방성 구조의 플라즈몬 커플링 장치는 상기 적어도 하나 이상의 액추에이터의 일측 끝단에 상기 코어 구조체가 배치되고, 상기 적어도 하나 이상의 액추에이터의 타측 끝단에 상기 적어도 하나 이상의 전극이 연결되어, 상기 적어도 하나 이상의 액추에이터가 상기 코어 구조체를 공유하는

국소 플라즈몬 공명 현상 기반의 플라즈몬 커플링 장치.

## 청구항 9

제7항에 있어서,

상기 플라즈몬 커플링 장치는 그물(Mesh) 구조를 갖고,

상기 그물 구조의 플라즈몬 커플링 장치는 적어도 하나 이상의 액추에이터가 교차하도록 배치되는

국소 플라즈몬 공명 현상 기반의 플라즈몬 커플링 장치.

## 청구항 10

제7항에 있어서,

상기 플라즈몬 커플링 장치는 이방성(Anisotropic) 구조를 갖고,

상기 이방성 구조의 플라즈몬 커플링 장치는 상기 적어도 하나 이상의 액추에이터의 일측 끝단에 상기 코어 구조체가 배치되고, 상기 적어도 하나 이상의 액추에이터의 타측 끝단에 상기 적어도 하나 이상의 위성 구조체가 배치되어, 상기 적어도 하나 이상의 액추에이터가 상기 코어 구조체를 공유하며,

상기 코어 구조체를 공유하는 상기 적어도 하나 이상의 액추에이터에 배치되는 상기 적어도 하나 이상의 위성 구조체는 각각 서로 다른 크기를 갖는

국소 플라즈몬 공명 현상 기반의 플라즈몬 커플링 장치.

## 청구항 11

제10항에 있어서,

상기 적어도 하나 이상의 액추에이터는

상기 코어 구조체를 공통 전극(Common electrode)으로서 공유하는

국소 플라즈몬 공명 현상 기반의 플라즈몬 커플링 장치.

## 청구항 12

제7항에 있어서,

상기 제어부는

상기 적어도 하나의 액추에이터에서 상기 플라즈몬 커플링에 따른 상기 색상의 강도(intensity)비를 계산하고, 상기 계산 결과에 기초하여 상기 적어도 하나 이상의 액추에이터 각각에 인가되는 상기 전압을 제어하는

국소 플라즈몬 공명 현상 기반의 플라즈몬 커플링 장치.

### 청구항 13

외부에서 인가되는 전압에 의해 수축 또는 팽창되어 크기가 변화하는 액추에이터(Actuator)를 형성하는 단계;

상기 액추에이터의 표면에 싸이올(-SH; thiol)기를 형성하는 단계;

상기 싸이올(-SH; thiol)기가 형성된 액추에이터의 표면에 코어 구조체(Core structure)을 형성하는 단계; 및

상기 싸이올(-SH; thiol)기가 형성된 액추에이터의 표면에 위성 구조체(Satellite structure)를 형성하는 단계를 포함하고,

상기 위성 구조체는 상기 코어 구조체와 크기(Size)가 상이하며,

상기 코어 구조체 및 상기 위성 구조체는 플라즈몬 커플링(Plasmon coupling)에 의해 색상이 결정되며,

상기 플라즈몬 커플링을 위한 광학 거리는 기설정된 파라미터(Parameter)에 의하여 결정되며,

상기 파라미터는 상기 코어 구조체 및 상기 위성 구조체 사이의 거리, 상기 코어 구조체 또는 상기 위성 구조체의 크기(Size), 형상(shape) 및 물질(material) 중에서 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는

국소 플라즈몬 공명 현상 기반의 다이내믹 픽셀의 제조방법.

### 청구항 14

제13항에 있어서,

상기 코어 구조체는 상기 위성 구조체보다 밀도가 낮은

국소 플라즈몬 공명 현상 기반의 다이내믹 픽셀의 제조방법.

### 청구항 15

제13항에 있어서,

상기 코어 구조체 및 상기 위성 구조체는

잉크젯 프린팅(Inkjet printing)법 및 롤투롤(Roll-to-Roll) 나노임프린팅법 중에서 적어도 하나를 이용하여 형성되는

국소 플라즈몬 공명 현상 기반의 다이내믹 픽셀의 제조방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 액추에이터에 기반한 국소 플라즈몬 효과를 이용하는 장치 및 그 제조 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 국소 플라즈몬 효과 기반의 나노 구조체를 이용한 색 변화 제어 기술에 관한 것이다.

[0002] 또한, 본 발명은 미래창조과학부 정보통신기술진흥센터의 ICT명품인재양성사업 (IITP-2017-2017-0-01015) 및 개인연구지원사업 (중견연구) (NRF-2016R1A2B2014612)의 연구 결과로부터 도출된 것이다.

### 배경 기술

[0003] 표면 플라즈몬 공명(Surface plasmon resonance) 현상은 금속 표면의 전도대 전자의 운동과 입사하는 광자와의 공명 현상으로 여기(Excitation)된 집단적인 진동 운동으로써 향상된 국소 전자기장을 가지는 유전체와 금속 간

의 계면에서 관찰되는 독특한 광학 특성이다.

- [0004] 금속 나노 구조는 국소 플라즈몬 공명(Localized surface plasmon resonance) 현상에 따른 예민한 광전자 특성(Optoelectronic properties)을 가지며, 전자공학, 자기학, 광학, 및 감지(Sensing)에 있어서 그들의 잠재적 기능을 입증하였다.
- [0005] 최근에는, 인접한 나노 규모의 금속 물체 간의 표면 플라즈몬 커플링(Coupling)의 역할을 이해하기 위하여 큰 관심이 기울어져 왔으며, 이론적 및 실험적 수단에 기초하여 커플링에 대한 많은 선구자적 업적들이 보고되어 왔다.
- [0006] 전형적으로, 플라즈몬 나노 구조체는, 표면 증강 라만 산란(Surface enhancing Raman scattering : SERS)에 대해 활발히 이용되는 핫스팟(Hot spot)의 발생을 초래하는, 표면 플라즈몬의 근접장(Near field) 커플링을 유도할 수 있다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제2012-0000048호, "표면 플라즈몬 공명 센서"

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 액추에이터 및 복수의 플라즈모닉 나노 구조체를 통해 광학 거리를 나노 단위로 조절함으로써, 단일 픽셀에서 다양한 색변환을 구현하는 것을 목적으로 한다.
- [0009] 또한, 본 발명은 복수의 액추에이터를 등방성 구조, 그물 구조, 및 이방성 구조 중에서 적어도 하나의 구조로 배열함으로써, 색재현성을 향상 시키는 것을 목적으로 한다.
- [0010] 또한, 본 발명은 색상의 강도비의 계산 결과에 기초하여 각각의 다이내믹 픽셀의 전압을 제어함으로써, 색 강도의 균일성을 향상 시키는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명의 일실시예에 따른 국소 플라즈몬 공명 현상 기반의 다이내믹 픽셀은 외부에서 인가되는 전압 또는 열에 의해 수축 또는 팽창되어 크기가 변화하는 액추에이터(Actuator)와, 액추에이터 상에 형성되는 코어 구조체(Core structure) 및 액추에이터 상에 형성되고, 액추에이터의 크기 변화에 의해 코어 구조체와 플라즈몬 커플링(Plasmon coupling)이 되는 위성 구조체(Satellite structure)를 포함하고, 플라즈몬 커플링을 위한 광학 거리(Optical length)는 기설정된 파라미터(Parameter)에 의하여 결정되며, 결정된 광학 거리에 의해 색상이 결정된다.
- [0012] 일측에 따르면, 액추에이터는 압전필름(Piezo film), 압전 와이어(Piezo nano-wire), 유전성 탄성중합체(DEA; Dielectric elastomer), 전압반응성 하이드로겔 및 열반응성 하이드로겔(PNIPAM; Poly(N-isopropylacrylamide)) 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0013] 일측에 따르면, 코어 구조체 및 위성 구조체는 나노 파티클(Nano dot), 나노로드(Nano rod) 및 나노와이어(Nano wire) 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0014] 일측에 따르면, 위성 구조체는 코어 구조체와 크기(Size), 형상(Shape), 물질(Material) 및 밀도(Density) 중에서 적어도 하나가 상이할 수 있다.
- [0015] 일측에 따르면, 파라미터는 코어 구조체 및 위성 구조체 사이의 거리, 코어 구조체 또는 위성 구조체의 크기(Size), 형상(shape) 및 물질(material) 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0016] 일측에 따르면, 액추에이터를 매립하는 유전체(dielectric)를 더 포함하고, 파라미터는 유전체의 굴절율(refractive index)을 포함할 수 있다.
- [0017] 일측에 따르면, 외부에서 인가되는 전압은 이합체의 커플링 감쇠길이(Exponential coupling decay length of

the dimer)에 코어 구조체의 크기가 반영된 값과 압전계수의 비율, 목표 파장과 현재의 산란 파장에 피팅 인수(Fitting factor)가 반영된 값의 비율에 기초하여 산출될 수 있다.

일측에 따르면, 외부에서 인가되는 전압은 하기의 수학식1에 의하여 결정될 수 있다.

[수학식1]

$$V_{\text{(인가전압)}} = - \frac{\tau * D}{\text{Piezocoefficient}} * \ln \frac{\Delta \lambda}{\lambda * A}$$

여기서,  $\tau$ 는 이합체의 커플링 감쇠 길이, D는 코어 구조체의 크기, Piezocoefficient는 압전계수,  $\Delta \lambda$ 는 목표 파장,  $\lambda$ 는 현재의 산란 파장, A는 피팅 인수일 수 있다.

본 발명의 일실시예에 따른 국소 플라즈몬 공명 현상 기반의 플라즈몬 커플링 장치는 인가되는 전압에 의해 수축 또는 팽창되어 크기가 변화하는 적어도 하나 이상의 액추에이터(Actuator)와 적어도 하나 이상의 액추에이터 상에 형성되는 적어도 하나 이상의 코어 구조체(Core structure)와 적어도 하나 이상의 액추에이터 상에 형성되고, 액추에이터의 크기 변화에 의해 적어도 하나 이상의 코어 구조체와 플라즈몬 커플링(Plasmon coupling)이 되는 적어도 하나 이상의 위성 구조체(Satellite structure)와 적어도 하나 이상의 액추에이터의 적어도 하나의 끝단에 연결되는 적어도 하나 이상의 전극(Electrode) 및 전극을 통해 적어도 하나 이상의 액추에이터에 인가되는 전압을 제어하여, 플라즈몬 커플링을 위한 광학 거리(Optical length)를 결정하는 제어부를 포함하고, 플라즈몬 커플링을 위한 광학 거리는 기설정된 파라미터(Parameter)에 의하여 결정되며, 결정된 광학 거리에 의해 색상이 결정될 수 있다.

일측에 따르면, 파라미터는 적어도 하나 이상의 코어 구조체 및 적어도 하나 이상의 위성 구조체 사이의 거리, 적어도 하나 이상의 코어 구조체 또는 적어도 하나 이상의 위성 구조체의 크기(Size), 형상(shape) 및 물질(material) 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.

일측에 따르면, 플라즈몬 커플링 장치는 등방성(Isotropic) 구조를 갖고, 등방성 구조의 플라즈몬 커플링 장치는 적어도 하나 이상의 액추에이터의 일측 끝단에 코어 구조체가 배치되고, 적어도 하나 이상의 액추에이터의 타측 끝단에 적어도 하나 이상의 전극이 연결되어, 적어도 하나 이상의 액추에이터가 코어 구조체를 공유할 수 있다.

일측에 따르면, 플라즈몬 커플링 장치는 그물(Mesh) 구조를 갖고, 그물 구조의 플라즈몬 커플링 장치는 적어도 하나 이상의 액추에이터가 교차하도록 배치될 수 있다.

일측에 따르면, 플라즈몬 커플링 장치는 이방성(Anisotropic) 구조를 갖고, 이방성 구조의 플라즈몬 커플링 장치는 적어도 하나 이상의 액추에이터의 일측 끝단에 코어 구조체가 배치되고, 적어도 하나 이상의 액추에이터의 타측 끝단에 적어도 하나 이상의 위성 구조체가 배치되어, 적어도 하나 이상의 액추에이터가 코어 구조체를 공유하며, 코어 구조체를 공유하는 적어도 하나 이상의 액추에이터에 배치되는 적어도 하나 이상의 위성 구조체는 각각 서로 다른 크기를 가질 수 있다.

일측에 따르면, 적어도 하나 이상의 액추에이터는 코어 구조체를 공통 전극(Common electrode)으로서 공유할 수 있다.

일측에 따르면, 제어부는 적어도 하나의 액추에이터에서 플라즈몬 커플링에 따른 색상의 강도(intensity)비를 계산하고, 계산 결과에 기초하여 적어도 하나 이상의 액추에이터 각각에 인가되는 전압을 제어할 수 있다.

본 발명의 일실시예에 따른 국소 플라즈몬 공명 현상 기반의 플라즈몬 커플링 구조체의 제조방법은 외부에서 인가되는 전압 또는 열에 의해 수축 또는 팽창되어 크기가 변화하는 액추에이터(Actuator)를 형성하는 단계와 액추에이터의 표면에 싸이올(-SH; thiol)기를 형성하는 단계와 싸이올(-SH; thiol)기가 형성된 액추에이터의 표면에 코어 구조체(Core structure)를 형성하는 단계 및 싸이올(-SH; thiol)기가 형성된 액추에이터의 표면에 위성 구조체(Satellite structure)를 형성하는 단계를 포함하고, 코어 구조체 및 위성 구조체는 플라즈몬 커플링(Plasmon coupling)에 의해 색상이 결정될 수 있다.

일측에 따르면, 위성 구조체는 코어 구조체와 크기(Size), 형상(Shape), 물질(Material) 및 밀도(Density) 중에서 적어도 하나가 상이할 수 있다.

- [0031] 일측에 따르면, 코어 구조체는 위성 구조체보다 밀도가 낮을 수 있다.
- [0032] 일측에 따르면, 코어 구조체 및 위성 구조체는 잉크젯 프린팅(Inkjet printing)법 및 롤투롤(Roll-to-Roll) 나노임프린팅법 중에서 적어도 하나를 이용하여 형성할 수 있다.

### 발명의 효과

- [0033] 일실시예에 따르면, 액추에이터 및 복수의 플라즈모닉 나노 구조체의 융합을 통해 광학 거리를 나노 단위로 조절함으로써, 단일 픽셀에서 다양한 색변환을 구현할 수 있다.
- [0034] 일실시예에 따르면, 복수의 액추에이터를 등방성 구조, 그물 구조, 및 이방성 구조 중에서 적어도 하나의 구조로 배열함으로써, 색재현성을 향상시킬 수 있다.
- [0035] 일실시예에 따르면, 색상의 강도비의 계산 결과에 기초하여 각각의 다이내믹 픽셀의 전압을 제어함으로써, 색 강도의 균일성을 향상시킬 수 있다.
- [0036] 일실시예에 따르면, 인쇄공정 및 화학 공정을 통하여 다이내믹 픽셀을 제조하여 제조 단가를 절감할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0037] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 다이내믹 픽셀을 도시하는 도면이다.
- 도 2a는 본 발명의 일실시예에 따른 다이내믹 픽셀에서 구조체 사이의 거리에 의해 광학 거리를 결정하는 실시예를 설명하는 도면이다.
- 도 2b는 본 발명의 일실시예에 따른 다이내믹 픽셀에서 구조체의 크기에 의해 광학 거리를 결정하는 실시예를 설명하는 도면이다.
- 도 2c는 본 발명의 일실시예에 따른 다이내믹 픽셀에서 유전체의 굴절율에 의해 광학 거리를 결정하는 실시예를 설명하는 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 플라즈몬 커플링 장치를 도시하는 도면이다.
- 도 4a 내지 도 4f는 본 발명의 일실시예에 따른 플라즈몬 커플링 장치에서 액추에이터를 등방성 구조로 배열하는 실시예를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 플라즈몬 커플링 장치에서 액추에이터를 그물 구조로 배열하는 실시예를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 6a 내지 도 6c는 본 발명의 일실시예에 따른 플라즈몬 커플링 장치에서 액추에이터를 이방성 구조로 배열하는 실시예를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 7a 내지 도 7b는 본 발명의 일실시예에 따른 플라즈몬 커플링 장치에서 색상 강도를 균일하게 제어하는 실시예를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 8a 내지 도 8b는 본 발명의 일실시예에 따른 다이내믹 픽셀의 제조방법을 설명하기 위한 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0038] 이하, 본 문서의 다양한 실시 예들이 첨부된 도면을 참조하여 기재된다.
- [0039] 실시 예 및 이에 사용된 용어들은 본 문서에 기재된 기술을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 해당 실시 예의 다양한 변경, 균등물, 및/또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0040] 하기에서 다양한 실시 예들을 설명에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.
- [0041] 그리고 후술되는 용어들은 다양한 실시 예들에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0042] 도면의 설명과 관련하여, 유사한 구성요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다.

- [0043] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다.
- [0044] 본 문서에서, "A 또는 B" 또는 "A 및/또는 B 중 적어도 하나" 등의 표현은 함께 나열된 항목들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다.
- [0045] "제1," "제2," "첫째," 또는 "둘째," 등의 표현들은 해당 구성요소들을, 순서 또는 중요도에 상관없이 수식할 수 있고, 한 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위해 사용될 뿐 해당 구성요소들을 한정하지 않는다.
- [0046] 어떤(예: 제1) 구성요소가 다른(예: 제2) 구성요소에 "(기능적으로 또는 통신적으로) 연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 어떤 구성요소가 상기 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나, 다른 구성요소(예: 제3 구성요소)를 통하여 연결될 수 있다.
- [0047] 본 명세서에서, "~하도록 구성된(또는 설정된)(configured to)"은 상황에 따라, 예를 들면, 하드웨어적 또는 소프트웨어적으로 "~에 적합한," "~하는 능력을 가지는," "~하도록 변경된," "~하도록 만들어진," "~를 할 수 있는," 또는 "~하도록 설계된"과 상호 호환적으로(interchangeably) 사용될 수 있다.
- [0048] 어떤 상황에서는, "~하도록 구성된 장치"라는 표현은, 그 장치가 다른 장치 또는 부품들과 함께 "~할 수 있는" 것을 의미할 수 있다.
- [0049] 예를 들면, 문구 "A, B, 및 C를 수행하도록 구성된(또는 설정된) 프로세서"는 해당 동작을 수행하기 위한 전용 프로세서(예: 임베디드 프로세서), 또는 메모리 장치에 저장된 하나 이상의 소프트웨어 프로그램들을 실행함으로써, 해당 동작들을 수행할 수 있는 범용 프로세서(예: CPU 또는 application processor)를 의미할 수 있다.
- [0050] 또한, '또는'이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or' 이기보다는 포함적인 논리합 'inclusive or' 를 의미한다.
- [0051] 즉, 달리 언급되지 않는 한 또는 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 'x가 a 또는 b를 이용한다'라는 표현은 포함적인 자연 순열들(natural inclusive permutations) 중 어느 하나를 의미한다.
- [0053] 상술한 구체적인 실시 예들에서, 발명에 포함되는 구성 요소는 제시된 구체적인 실시 예에 따라 단수 또는 복수로 표현되었다.
- [0054] 그러나, 단수 또는 복수의 표현은 설명의 편의를 위해 제시한 상황에 적합하게 선택된 것으로서, 상술한 실시 예들이 단수 또는 복수의 구성 요소에 제한되는 것은 아니며, 복수로 표현된 구성 요소라 하더라도 단수로 구성되거나, 단수로 표현된 구성 요소라 하더라도 복수로 구성될 수 있다.
- [0055] 한편 발명의 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 다양한 실시 예들이 내포하는 기술적 사상의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다.
- [0056] 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니되며 후술하는 청구범위뿐만 아니라 이 청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.
- [0058] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 다이нам픽 픽셀을 도시하는 도면이다.
- [0059] 도 1을 참조하면, 일실시예에 따른 다이нам픽 픽셀(100)은 물리적인 움직임이 가능한 물질 및 복수의 플라즈모닉 나노 구조체를 통해 광학 거리를 나노 단위로 조절하여 다양한 색변환을 구현 할 수 있다.
- [0060] 이를 위해, 다이нам픽 픽셀(100)은 코어 구조체(Core structure; 110), 위성 구조체(Satellite structure; 120) 및 액추에이터(Actuator; 130)를 포함할 수 있다.
- [0061] 예를 들어, 다이нам픽 픽셀(100)은 컬러 센서 또는 디스플레이 장치에 구비될 수 있다.
- [0062] 또한, 복수의 플라즈모닉 나노 구조체는 코어 구조체(110) 및 위성 구조체(120)를 포함할 수 있다.
- [0063] 일실시예에 따른 코어 구조체(110) 및 위성 구조체(120)는 액추에이터(130) 상에 형성될 수 있다.
- [0064] 예를 들어, 다이нам픽 픽셀(100)은 적어도 하나 이상의 코어 구조체(110) 및 위성 구조체(120)를 액추에이터(130) 상에 포함할 수 있다.
- [0065] 일측에 따르면, 코어 구조체(110) 및 위성 구조체(120)는 나노 파티클(Nano dot), 나노로드(Nano rod) 및 나노 와이어(Nano wire) 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0066] 또한, 위성 구조체(120)는 코어 구조체(110)와 크기(Size), 형상(Shape), 물질(Material) 및 밀도(Density) 중

에서 적어도 하나가 상이할 수 있다.

- [0067] 한편, 코어 구조체(110)와 위성 구조체(120)는 크기, 형상, 물질 및 밀도가 동일한 나노 구조체일 수도 있다.
- [0068] 다음으로, 일실시예에 따른 액추에이터(130)는 외부에서 인가되는 전압 또는 열에 의해 수축 또는 팽창되어 크기가 변화할 수 있다. 또한, 코어 구조체(110)와 위성 구조체(120)는 액추에이터(130)의 크기 변화에 의해 플라즈몬 커플링(Plasmon coupling)이 될 수 있다.
- [0069] 구체적으로, 코어 구조체(110) 및 위성 구조체(120)의 플라즈몬 커플링을 위한 광학 거리(Optical length)는 액추에이터(130)의 크기 변화에 의해 조절될 수 있다.
- [0070] 예를 들어, 액추에이터(130)는 외부에 구비된 전극과 연결되어 특정 크기의 전압을 인가 받을 수 있고, 외부에 구비된 발열 수단과 연결되어 특정 온도의 열을 인가 받을 수도 있다.
- [0071] 한편, 광학 거리는 사용자가 원하는 색상이 다이내믹 픽셀(100)에서 발현되기 위한 코어 구조체(110) 및 위성 구조체(120) 사이의 거리일 수 있다.
- [0072] 일측에 따르면, 액추에이터(130)는 압전필름(Piezo film), 압전 와이어(Piezo nano-wire), 유전성 탄성중합체(DEA; Dielectric elastomer), 전압반응성 하이드로겔 및 열반응성 하이드로겔(PNIPAM; Poly(N-isopropylacrylamide)) 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0073] 구체적으로, 액추에이터(130)는 압전필름 및 압전와이어와 같은 압전 물질 중에서 적어도 하나로 구현되어 외부에서 인가되는 전압에 의해 수축 또는 팽창될 수 있다.
- [0074] 보다 구체적으로, 액추에이터(130)는 소재의 변위가 1-10nm가 되는 압전 물질을 사용할 수 있고, 코어 구조체(110) 및 나노 구조체(120) 사이의 플라즈몬 커플링을 위한 광학 거리를 1-10nm 범위 이내로 조절할 수 있으며, 광학 거리의 변화에 따라 색변환을 유도하여 다이내믹 픽셀(100)의 색상을 결정할 수 있다.
- [0075] 예를 들어, 짧은 광학 거리의 플라즈몬 커플링은 에너지의 이동(Shift)이 크게 일어나 장파장으로 이동하며, 광학 거리가 길어지면 길어질수록 코어 구조체(110)의 기본 색 대비 에너지의 이동(Shift)이 적게 일어날 수 있다.
- [0076] 즉, 액추에이터(130)는 외부에서 인가되는 전압의 크기에 따라 수축 또는 팽창되어 크기가 변화하며, 액추에이터의 크기 변화에 의해 코어 구조체(110) 및 위성 구조체(120) 사이의 광학 거리가 변화할 수 있다.
- [0077] 따라서, 코어 구조체(110) 및 위성 구조체(120) 사이의 광학 거리의 변화에 따른 파장 변화로 색변환이 발생하고, 발생한 색변환에 의해 다이내믹 픽셀(100)의 색상이 최종적으로 결정될 수 있다.
- [0078] 일측에 따르면, 외부에서 액추에이터(130)로 인가되는 전압은 이합체의 커플링 감쇠길이(Exponential coupling decay length of the dimer)에 코어 구조체(110)의 크기가 반영된 값과 압전계수의 비율, 목표 파장과 현재의 산란 파장에 피팅 인수(Fitting factor)가 반영된 값의 비율에 기초하여 산출될 수 있다.
- [0079] 일측에 따르면, 외부에서 액추에이터(130)로 인가되는 전압은 하기의 수학적식1에 의하여 결정되어, 다이내믹 픽셀(100)의 색상이 결정될 수 있다.

[0080] [수학적식1]

$$V_{\text{(인가전압)}} = - \frac{\tau * D}{\text{Piezocoefficient}} * \ln \frac{\Delta \lambda}{\lambda * A}$$

[0082] 여기서,  $\tau$ 는 이합체의 커플링 감쇠 길이, D는 코어 구조체(110)의 크기, Piezocoefficient는 압전계수,  $\Delta \lambda$ 는 목표 파장,  $\lambda$ 는 현재의 산란 파장, A는 피팅 인수일 수 있다.

[0083] 예를 들어, D는 위성 구조체(120)의 크기일 수도 있다.

[0084] 즉, 외부에서 액추에이터(130)로 인가되는 전압은 원하는 색상을 구현하기 위한 목표 파장( $\Delta \lambda$ )을 알고, 코어 구조체(110)의 크기(D) 및 현재의 산란 파장( $\lambda$ )에 대한 정보만 있으면 액추에이터(130)로 인가되어야 하는 전압의 크기를 결정할 수 있다.

[0085] 구체적으로, 수학식1은 목표 파장 및 현재의 산란 파장의 비율과 압전 계수에 따라 인가되는 전압에 따른 크기 변화량의 계산 결과에 의해 도출될 수 있다.

[0086] 예를 들어, 목표 파장 및 현재의 산란 파장의 비율을 하기의 수학식2에 의하여 결정될 수 있다.

[0087] [수학식2]

$$\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = A \times e^{\frac{-s/D}{\tau}}$$

[0088]

[0089] 여기서,  $\Delta \lambda$ 는 목표 파장,  $\lambda$ 는 현재의 산란 파장, A는 피팅 인수, S는 코어 구조체(110) 및 위성 구조체(120) 사이의 거리, D는 코어 구조체(110)의 크기,  $\tau$ 는 이합체의 커플링 감쇠 길이일 수 있다.

[0090] 예를 들어, 코어 구조체(110) 및 위성 구조체(120)는 동형(Isomorphic) 구조체일 수 있다. 또한, D는 동형(Isomorphic) 구조체의 크기일 수 있다.

[0091] 전술한 수학식2은 코어 구조체(110) 및 위성 구조체(120) 사이의 거리(S)가 커질수록 파장의 변화는 작아지는 것을 확인할 수 있다. 즉, 거리(S)가 매우 근접할수록 현재의 산란 파장 대비 목표 파장의 변화가 큰 것을 알 수 있다.

[0092] 또한, 수학식2에서는 플라즈몬 커플링이 일어날 수 있는 최대거리를 200nm 내로 정의하고, 최대거리 이상이 되면 플라즈몬 커플링이 일어나지 않고 코어 구조체(110) 및 위성 구조체(120)의 색 발현이 모두 일어난다.

[0093] 하지만, 코어 구조체(110) 및 위성 구조체(120) 중에서 횡-단면 산란(Cross-sectional scattering)이 큰 구조체의 색이 강하게 보이게 된다.

[0094] 한편, 외부에서 액추에이터(130)로 인가되는 전압에 의한 액추에이터(130)의 크기 변화는 액추에이터(130)의 압전계수에 의하여 달라질 수 있다.

[0095] 예를 들어, 액추에이터(130)를 PVDF 물질로 사용하고 1V의 전압을 인가하면 액추에이터(130)의 크기는 0.033 nm 변화하는 것으로 나타났다.

[0096] 또한, 액추에이터(130)의 크기는 액추에이터(130)의 물질이 PZT인 경우는 0.374 nm / 1 V, ZnO인 경우는 0.012 nm / 1V, BaTiO3인 경우는 0.1 nm / 1V, PLZT인 경우는 0.545 nm / 1V의 크기로 변화하는 것으로 나타났다.

[0097] 즉, 미소 단위로 변하는 액추에이터(130)에 15V의 전압을 인가하면 PVDF= 0.495 nm, PZT = 5.61 nm, ZnO = 0.18 nm, BaTiO3 = 1.5 nm, PLZT = 8.175 nm의 크기 변화가 발생한다.

[0098] 한편, 하기의 압전 물질을 사용하는 액추에이터(130)의 최소 응답 시간(Minimum response time)은 하기의 수학식3에 의하여 결정될 수 있다.

[0099] [수학식3]

$$T_{min} \approx \frac{1}{3f_0}$$

[0100]

[0101] 여기서,  $T_{min}$ 은 최소 응답 시간,  $f_0$ 는 공진 주파수(Resonant frequency)일 수 있으며, 공진 주파수( $f_0$ )는 하기의 수학식4에 의하여 결정될 수 있다.

[0102] [수학식4]

$$f_0 = \left(\frac{1}{2\pi}\right) \sqrt{\frac{k_T}{m_{eff}}}$$

[0103]

[0104] 여기서,  $m_{eff}$ 는 유효질량(Effective mass),  $k_T$ 는 액추에이터(130)의 강성(Stiffness) 일 수 있으며, 액추

에이터(130)의 강성( $k_T$ )은 하기의 수학식5에 의하여 결정될 수 있다.

[수학식5]

$$k_T = \frac{E \times A}{l}$$

여기서 E는 탄성계수(Elastic modulus), A는 액추에이터(130)의 면적(Area),  $l$ 은 액추에이터(130)의 길이(Length)일 수 있다. 예를 들어, 액추에이터(130)는 나노 섬유(Nanofiber)일 수 있다.

일측에 따르면, 액추에이터(130)는 유전성 탄성중합체 및 전압반응성 하이드로젤 중에서 적어도 하나로 구현되어 외부에서 인가되는 전압에 의해 수축 또는 팽창될 수 있다.

구체적으로, 다이내믹 픽셀(100)에서 코어 구조체(110), 위성 구조체(120)는 유전성 탄성중합체 및 전압반응성 하이드로젤 중에서 적어도 하나로 구현되어 변형률(strain)이 조절될 수 있는 액추에이터(130)를 결합하여 투명 기관 위에 구현될 수 있다.

보다 구체적으로, 유전성 탄성중합체 및 전압반응성 하이드로젤은 외부에서 전압을 인가하면, 전기화학반응(Electrochemical reaction) 없이 전기기계식의 변환(Electromechanical transduction)이 발생할 수 있다.

따라서, 다이내믹 픽셀(100)은 유전성 탄성중합체 및 전압반응성 하이드로젤 중에서 적어도 하나로 구현되는 액추에이터(130)를 통해 코어 구조체(110) 및 위성 구조체(120) 사이의 간격을 조절하여 색변환을 발생시킬 수 있다.

일측에 따르면, 액추에이터(130)는 열반응성 하이드로젤 물질로 구현되어 외부에서 인가되는 열에 의해 수축 또는 팽창될 수 있다.

구체적으로, 열반응성 하이드로젤은 열을 가하게 되면 음의 팽창계수를 갖게 되어 수축하는 물질로서, 이물질에 LCST(Lower critical solution temperature)을 가하게 되면 폴리머들이 수축을 하게 되고 이로 인해 이미 붙어 있던 파티클들이 엉겨 붙으면서 플라즈몬 커플링이 만들어지는 효과를 볼 수 있다.

따라서, 다이내믹 픽셀(100)은 열반응성 하이드로젤로 구현되는 액추에이터(130)를 통해 코어 구조체(110) 및 위성 구조체(120) 사이의 간격을 조절하여 색변환을 발생시킬 수 있다.

즉, 본 발명은 외부에서 인가되는 전압 또는 열에 반응하여 수축 또는 팽창되는 액추에이터(130)와, 코어 구조체(110) 및 위성 구조체(120)를 통하여 단일의 다이내믹 픽셀(100)에서 다양한 색변환을 구현할 수 있다.

일측에 따르면, 본 발명은 적어도 하나 이상의 액추에이터를 구비하고, 적어도 하나 이상의 액추에이터를 등방성 구조, 그물 구조, 및 이방성 구조 중에서 적어도 하나의 구조로 배열하여 다이내믹 픽셀을 구현할 수도 있다.

적어도 하나의 액추에이터를 등방성 구조, 그물 구조, 및 이방성 구조 중에서 적어도 하나의 구조로 배열하는 실시예는 이후 도 4a 내지 4f, 도 5 및 도 6a 내지 6c를 통해 보다 구체적으로 설명하기로 한다.

일 실시예에 따른 다이내믹 픽셀(100)에서 코어 구조체(110) 및 위성 구조체(120) 사이에서 발생하는 플라즈몬 커플링을 위한 광학 거리(Optical length)는 기설정된 파라미터(Parameter)에 의하여 결정되며, 결정된 광학 거리에 의해 색상이 결정될 수 있다.

즉, 다이내믹 픽셀(100)에서 원하는 색상을 구현하기 위하여 외부에서 액추에이터(130)로 인가되는 전압의 크기 또는 열의 온도값은 기설정된 파라미터에 따라 변화될 수 있다.

일측에 따르면, 기설정된 파라미터는 코어 구조체(110) 및 위성 구조체(120) 사이의 거리, 코어 구조체(110) 또는 위성 구조체(120)의 크기(Size), 형상(shape) 및 물질(material) 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.

구체적으로, 다이내믹 픽셀(100)은 코어 구조체(110) 및 위성 구조체(120) 사이의 거리 및 인가되는 전압이 일정한 실험 조건에서, 코어 구조체(110) 또는 위성 구조체(120)의 크기, 형상 및 물질 중 적어도 하나의 조건을 변경하면, 플라즈몬 커플링에 의한 파장이 다르게 변화하는 것으로 나타났다.

즉, 다이내믹 픽셀(100)은 코어 구조체(110)의 기본색을 유지한 채로, 코어 구조체(110)와 플라즈몬 커플링이 되는 적어도 하나 이상의 위성 구조체(120)의 형상 또는 물질을 다르게 구성하면, 다양한 색변환을 구현할 수

있다.

- [0123] 예를 들어, 기본색은 색상 구현이 어려운 파랑(B)으로 구현할 수 있다.
- [0124] 또한, 코어 구조체(110) 또는 위성 구조체(120)의 형상은 삼각형, 사각형, 오각형, 구체 중에서 적어도 하나의 형상을 포함할 수 있고, 물질은 금, 은, 알루미늄 중에서 적어도 하나의 물질을 포함할 수 있다. 한편, 적어도 하나의 물질 각각은 서로 다른 파장 조절 범위를 가질 수도 있다.
- [0125] 그러나, 본 발명에서 구조체의 형상 및 물질은 전술한 형상들 및 물질들에 한정되지는 않는다.
- [0126] 일측에 따르면, 다이내믹 픽셀(100)은 액추에이터(130)를 매립하는 유전체(dielectric)를 더 포함하고, 기설정된 파라미터는 유전체의 굴절율(refractive index)을 포함할 수 있다.
- [0127] 다시 말해, 광학 거리를 결정할 수 있는 기설정된 파라미터는 코어 구조체(110) 및 위성 구조체(120) 사이의 거리, 코어 구조체(110) 또는 위성 구조체(120)의 크기, 형상 및 물질, 유전체의 굴절율 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0128] 기설정된 파라미터 중에서 구조체 사이의 거리, 구조체의 크기 및 유전체의 굴절율에 의해 광학 거리를 결정하는 실시예는 이후 도 2a 내지 도 2c를 통해 보다 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0130] 도 2a는 본 발명의 일실시예에 따른 다이내믹 픽셀에서 구조체 사이의 거리에 의해 광학 거리를 결정하는 실시예를 설명하는 도면이다.
- [0131] 도 2를 참조하면, 다이내믹 픽셀(210)은 코어 구조체(211), 위성 구조체(212) 및 액추에이터(213)를 포함할 수 있다.
- [0132] 예를 들어, 코어 구조체(211) 및 위성 구조체(212)는 기본색이 파란색(B)인 나노 구조체일 수 있다.
- [0133] 한편, 다이내믹 픽셀(210)은 적어도 하나 이상의 코어 구조체(211) 및 위성 구조체(212)를 포함할 수 있다.
- [0134] 구체적으로, 다이내믹 픽셀(210)은 코어 구조체(211) 및 위성 구조체(212) 사이의 거리에 따라 플라즈몬 커플링에 의한 파장이 변화하게 되며, 색변환이 발생될 수 있다.
- [0135] 예를 들어, 다이내믹 픽셀(210)은 기본색이 파랑(B)인 코어 구조체(211) 및 위성 구조체(212) 사이의 거리가 좁아질수록 빨강(R)에 가까운 색상을 구현할 수 있고, 거리가 중간 거리에 근접 할수록 초록(G)에 가까운 색상을 구현할 수 있으며, 거리가 멀어질수록 파랑(B)에 가까운 색상을 구현할 수도 있다.
- [0136] 즉, 다이내믹 픽셀(210)은 실험을 통하여 코어 구조체(211) 및 위성 구조체(212) 사이의 거리에 따라 원하는 색상을 구현하기 위한 광학 거리를 결정할 수 있다.
- [0137] 한편, 코어 구조체(211) 및 위성 구조체(212) 사이의 거리는 구조체의 크기, 형상 및 물질에 따라 달라질 수도 있다.
- [0139] 도 2b는 본 발명의 일실시예에 따른 다이내믹 픽셀에서 구조체의 크기에 의해 광학 거리를 결정하는 실시예를 설명하는 도면이다.
- [0140] 도 2b를 참조하면, 다이내믹 픽셀(220)은 코어 구조체(221), 위성 구조체(222) 및 액추에이터(223)를 포함할 수 있다. 한편, 다이내믹 픽셀(220)은 적어도 하나 이상의 코어 구조체(221) 및 위성 구조체(222)를 포함할 수 있다.
- [0141] 구체적으로, 나노 구조체의 플라즈몬은 나노 구조체의 크기에 따라 자유전자의 진동(Oscillation)의 강도(Strength)가 변하고, 이에 따라 산란되는 색상의 범위가 변할 수 있다.
- [0142] 즉, 다이내믹 픽셀(220)은 실험을 통하여 위성 구조체(222)의 크기에 따라 원하는 색상을 구현하기 위한 광학 거리를 결정할 수 있다.
- [0143] 따라서, 다이내믹 픽셀(220)은 산란되는 색상이 정해진 서로 다른 크기의 나노 구조체를 위성 구조체(222)로 사용하면, 플라즈몬 커플링을 통하여 다양한 색상을 재현할 수 있다.
- [0145] 도 2c는 본 발명의 일실시예에 따른 다이내믹 픽셀에서 유전체의 굴절율에 의해 광학 거리를 결정하는 실시예를 설명하는 도면이다.
- [0146] 도 2c를 참조하면, 다이내믹 픽셀(230)은 코어 구조체(231), 위성 구조체(232), 액추에이터(233) 및 액추에이터

(233)를 매립하는 유전체(234)를 포함할 수 있다. 한편, 유전체(234)는 적어도 하나 이상의 코어 구조체(231), 위성 구조체(232) 및 액추에이터(233)를 매립할 수 있다.

- [0147] 구체적으로, 다이내믹 픽셀(230)은 유전체(234)의 굴절율을 제어함으로써, 원하는 색상을 구현하기 위한 광학 거리를 결정할 수 있다.
- [0148] 예를 들어, 다이내믹 픽셀(230)은 유전체(234)에 임베딩 LC(Embedding liquid crystal), 전기적 구동에 의한 포토닉 결정(Electrically driven photonic crystal), 감광성 재료(Light sensitive materials) 사용 및 비선형 메타물질(Non-linear metamaterial)을 적용하여 광학적으로 굴절율을 제어할 수 있다.
- [0150] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 플라즈몬 커플링 장치를 도시하는 도면이다.
- [0151] 도 3을 참조하면, 일실시예에 따른 플라즈몬 커플링 장치(300)는 코어 구조체(Core structure; 310), 위성 구조체(Satellite structure; 320), 액추에이터(Actuator; 330), 전극(Electrode; 340), 및 제어부(350)를 포함할 수 있다.
- [0152] 한편, 도 3에 도시된 일실시예에 따른 플라즈몬 커플링 장치(300)의 코어 구조체(310), 위성 구조체(320), 및 액추에이터(330)는 도 1 및 도 2a 내지 2c에 도시된 일실시예에 따른 다이내믹 픽셀의 코어 구조체, 위성 구조체, 및 액추에이터일 수 있다.
- [0153] 따라서, 이후에 도 3을 통하여 설명하는 내용 중에서, 도 1 및 도 2a 내지 2c에 도시된 다이내믹 픽셀을 통하여 설명한 내용과 중복되는 내용은 생략하기로 한다.
- [0154] 일실시예에 따른 적어도 하나 이상의 코어 구조체(310)는 적어도 하나 이상의 액추에이터(330) 상에 형성될 수 있다.
- [0155] 일실시예에 따른 적어도 하나 이상의 위성 구조체(320)는 적어도 하나 이상의 액추에이터(330) 상에 형성될 수 있다. 또한, 적어도 하나 이상의 위성 구조체(320)는 액추에이터(330)의 크기 변화에 의해 적어도 하나 이상의 코어 구조체(310)와 플라즈몬 커플링(Plasmon coupling)이 될 수 있다.
- [0156] 일실시예에 따른 적어도 하나 이상의 전극(340)은 적어도 하나 이상의 액추에이터(330)의 적어도 하나의 끝단에 연결되어, 전압을 인가할 수 있다.
- [0157] 예를 들어, 전극(340)은 상부 전극(Top electrode) 및 하부 전극(Bottom electrode)을 포함할 수 있다. 또한, 상부 전극 및 하부 전극은 복수개로 구성되어 적어도 하나 이상의 액추에이터(330) 각각에 연결될 수도 있다.
- [0158] 일실시예에 따른 액추에이터(330)는 적어도 하나 이상의 전극(340)으로부터 인가되는 전압에 의해 수축 또는 팽창되어 크기가 변화할 수 있다.
- [0159] 일실시예에 따른 제어부(350)는 전극을 통해 적어도 하나 이상의 액추에이터에 인가되는 전압을 제어하여, 플라즈몬 커플링을 위한 광학 거리(Optical length)를 결정할 수 있다.
- [0160] 일실시예에 따른 플라즈몬 커플링 장치(300)에서 플라즈몬 커플링을 위한 광학 거리는 기설정된 파라미터(Parameter)에 의하여 결정되며, 결정된 광학 거리에 의해 색상이 결정될 수 있다.
- [0161] 일측에 따르면, 기설정된 파라미터는 적어도 하나 이상의 코어 구조체 및 적어도 하나 이상의 위성 구조체 사이의 거리, 적어도 하나 이상의 코어 구조체 또는 적어도 하나 이상의 위성 구조체의 크기(Size), 형상(shape) 및 물질(material) 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0162] 한편, 플라즈몬 커플링 장치(300)는 등방성 구조, 그물 구조, 및 이방성 구조 중에서 적어도 하나의 구조를 가질 수 있다.
- [0163] 구체적으로, 플라즈몬 커플링 장치(300)는 적어도 하나 이상의 액추에이터(330)가 등방성 구조, 그물 구조, 및 이방성 구조 중에서 적어도 하나의 구조를 갖도록 배열할 수 있다.
- [0164] 일실시예에 따른 플라즈몬 커플링 장치(300)에서 적어도 하나 이상의 액추에이터를 등방성 구조, 그물 구조, 및 이방성 구조 중에서 적어도 하나의 구조로 배열하는 실시예는 이후 도 4a 내지 4f, 도 5 및 도 6a 내지 6c를 통해 보다 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0166] 도 4a 내지 도 4f는 본 발명의 일실시예에 따른 플라즈몬 커플링 장치에서 액추에이터를 등방성 구조로 배열하는 실시예를 설명하기 위한 도면이다.

- [0167] 먼저, 도 4a를 참조하면, 참조부호 410에 도시된 플라즈몬 커플링 장치는 코어 구조체(411), 적어도 하나 이상의 위성 구조체(412), 적어도 하나 이상의 액추에이터(413, 414) 및 적어도 하나 이상의 전극(415, 416)을 포함할 수 있다.
- [0168] 일측에 따르면, 참조부호 410에서 플라즈몬 커플링 장치는 등방성(Isotropic) 구조를 가질 수 있다.
- [0169] 또한 참조부호 410에서 플라즈몬 커플링 장치는 적어도 하나 이상의 액추에이터(413 내지 414)의 일측 끝단에 코어 구조체(411)가 배치되고, 적어도 하나 이상의 액추에이터(413 내지 414)의 타측 끝단에 적어도 하나 이상의 전극(415 내지 416)이 연결될 수 있다.
- [0170] 즉, 참조부호 410에서 플라즈몬 커플링 장치는 적어도 하나 이상의 액추에이터(413 내지 414)가 하나의 코어 구조체(411)를 공유할 수 있다.
- [0171] 예를 들어, 코어 구조체(411)와 플라즈몬 커플링이 되는 적어도 하나 이상의 위성 구조체(412) 각각은 크기, 형상 및 물질이 서로 동일할 수 있다. 또한, 참조부호 413 및 414는 하나의 액추에이터일 수도 있다.
- [0172] 보다 구체적으로, 적어도 하나 이상의 액추에이터(413 내지 414)가 등방으로 배치되어 있는 플라즈몬 커플링 장치(410)는 코어 구조체(411)가 사방에 배열된 적어도 하나 이상의 위성 구조체(412)와 플라즈몬 커플링이 될 수 있다.
- [0173] 예를들어, 참조부호 410에서 플라즈몬 커플링 장치는 참조부호 413에 대응되는 액추에이터의 일측 끝단에는 양의 전압을 인가하는 전극(415)이 연결될 수 있고, 참조부호 414에 대응되는 액추에이터의 일측 끝단에는 음의 전압을 인가하는 전극(416)이 배치될 수 있다.
- [0174] 따라서, 플라즈몬 커플링 장치(410)에서 코어 구조체(411)를 중심으로 수평 위치에 배치된 복수의 액추에이터에 대응되는 다이내믹 픽셀은 서로 동일한 색상을 출력할 수 있다.
- [0175] 이하에서는 도 4b 내지 도 4f를 참조하여 액추에이터를 등방성 구조로 배열하는 실시예에서 색 변환의 예를 설명하기로 한다.
- [0177] 도 4b 내지 도 4f를 참조하면, 참조부호 420 내지 460에 도시된 플라즈몬 커플링 장치는 코어 구조체(421), 적어도 하나 이상의 위성 구조체(422), 및 제1 액추에이터(423) 내지 제3 액추에이터(425)를 포함할 수 있다.
- [0178] 예를들어, 제1 액추에이터(423) 내지 제3 액추에이터(425) 각각은 도 4a에 도시된 참조부호 413 및 414의 액추에이터와 같이 수평으로 배치된 복수의 액추에이터일 수 있다.
- [0179] 또한, 이하에서 참조부호 420 내지 460에 도시된 플라즈몬 커플링 장치에서 설명하는 내용 중에서 참조부호 410에 도시된 플라즈몬 커플링 장치와 중복되는 설명을 생략하기로 한다.
- [0180] 구체적으로, 참조부호 420에서 플라즈몬 커플링 장치는 제1 액추에이터(423)에는 빨강(R) 색상을 출력하기 위한 전압(V1)을 인가하고, 제2 액추에이터(424)에는 파랑(B) 색상을 출력하기 위한 전압(V3)을 인가하며, 제3 액추에이터(425)에는 초록(G) 색상을 출력하기 위한 전압(V2)을 인가할 수 있다.
- [0181] 즉, 참조부호 420에서 플라즈몬 커플링 장치는 제1 액추에이터(423)에 대응되는 다이내믹 픽셀에서는 빨강(R) 색상이 출력되고, 제2 액추에이터(424)에 대응되는 다이내믹 픽셀에서는 파랑(B) 색상이 출력되며, 제3 액추에이터(425)에 대응되는 다이내믹 픽셀에서는 초록(G) 색상이 출력 될 수 있다.
- [0182] 따라서, 참조부호 420에서 플라즈몬 커플링 장치는 등방성 구조로 배열된 각각의 다이내믹 픽셀에서 출력되는 빨강(R), 파랑(B), 초록(G) 색상의 조합으로 흰색(White) 색상을 최종 출력할 수 있다.
- [0183] 다음으로, 참조부호 430에서 플라즈몬 커플링 장치는 제1 액추에이터(423) 내지 제3 액추에이터(425)에 빨강(R) 색상을 출력하기 위한 전압(V1)을 인가할 수 있다.
- [0184] 즉, 참조부호 430에서 플라즈몬 커플링 장치는 제1 액추에이터(423) 내지 제3 액추에이터(425)에 대응되는 각각의 다이내믹 픽셀에서 빨강(R) 색상이 출력될 수 있다.
- [0185] 따라서, 참조부호 430에서 플라즈몬 커플링 장치는 등방성 구조로 배열된 각각의 다이내믹 픽셀에서 출력되는 빨강(R) 색상을 최종 출력할 수 있다.
- [0186] 다음으로, 참조부호 440에서 플라즈몬 커플링 장치는 제1 액추에이터(423)에는 빨강(R) 색상을 출력하기 위한 전압(V1)을 인가하고, 제2 액추에이터(424) 내지 제3 액추에이터(425)에는 파랑(B) 색상을 출력하기 위한 전압

(V3)을 인가할 수 있다.

- [0187] 즉, 참조부호 440에서 플라즈몬 커플링 장치는 제1 액추에이터(423)에 대응되는 다이내믹 픽셀에서는 빨강(R) 색상이 출력되고, 제2 액추에이터(424) 내지 제3 액추에이터(425)에 대응되는 다이내믹 픽셀에서는 파랑(B) 색상이 출력 될 수 있다.
- [0188] 따라서, 참조부호 440에서 플라즈몬 커플링 장치는 등방성 구조로 배열된 각각의 다이내믹 픽셀에서 출력되는 빨강(R), 파랑(B), 파랑(B) 색상의 조합으로 마젠타(Magenta) 색상을 최종 출력할 수 있다.
- [0189] 참조부호 440에서는 마젠타 색상을 최종 출력하기 위하여 빨강 색상 및 파랑 색상을 '1:2'의 비율로 조합하는 실시예를 설명하고 있으나, 마젠타 색상을 최종 출력하기 위하여 조합하는 빨강 색상 및 파랑 색상의 비율은 빨강 색상 또는 파랑 색상을 출력하는 각각의 다이내믹 픽셀의 색 강도에 의해 변경될 수도 있다.
- [0190] 다음으로, 참조부호 450에서 플라즈몬 커플링 장치는 제1 액추에이터(423)에는 초록(G) 색상을 출력하기 위한 전압(V2)을 인가하고, 제2 액추에이터(424) 내지 제3 액추에이터(425)에는 파랑(B) 색상을 출력하기 위한 전압(V3)을 인가할 수 있다.
- [0191] 즉, 참조부호 450에서 플라즈몬 커플링 장치는 제1 액추에이터(423)에 대응되는 다이내믹 픽셀에서는 초록(G) 색상이 출력되고, 제2 액추에이터(424) 내지 제3 액추에이터(425)에 대응되는 다이내믹 픽셀에서는 파랑(B) 색상이 출력 될 수 있다.
- [0192] 따라서, 참조부호 450에서 플라즈몬 커플링 장치는 등방성 구조로 배열된 각각의 다이내믹 픽셀에서 출력되는 초록(G), 파랑(B), 파랑(B) 색상의 조합으로 시안(Cyan) 색상을 최종 출력할 수 있다.
- [0193] 참조부호 450에서는 시안 색상을 최종 출력하기 위하여 초록 색상 및 파랑 색상을 '1:2'의 비율로 조합하는 실시예를 설명하고 있으나, 시안 색상을 최종 출력하기 위하여 조합하는 초록 색상 및 파랑 색상의 비율은 초록 색상 또는 파랑 색상을 출력하는 각각의 다이내믹 픽셀의 색 강도에 의해 변경될 수도 있다.
- [0194] 다음으로, 참조부호 460에서 플라즈몬 커플링 장치는 제1 액추에이터(423)에는 빨강(R) 색상을 출력하기 위한 전압(V1)을 인가하고, 제2 액추에이터(424) 내지 제3 액추에이터(425)에는 초록(G) 색상을 출력하기 위한 전압(V2)을 인가할 수 있다.
- [0195] 즉, 참조부호 460에서 플라즈몬 커플링 장치는 제1 액추에이터(423)에 대응되는 다이내믹 픽셀에서는 빨강(R) 색상이 출력되고, 제2 액추에이터(424) 내지 제3 액추에이터(425)에 대응되는 다이내믹 픽셀에서는 초록(G) 색상이 출력 될 수 있다.
- [0196] 따라서, 참조부호 460에서 플라즈몬 커플링 장치는 등방성 구조로 배열된 각각의 다이내믹 픽셀에서 출력되는 빨강(R), 초록(G), 초록(G) 색상의 조합으로 노랑(Yellow) 색상을 최종 출력할 수 있다.
- [0197] 참조부호 460에서는 노랑 색상을 최종 출력하기 위하여 빨강 색상 및 초록 색상을 '1:2'의 비율로 조합하는 실시예를 설명하고 있으나, 노랑 색상을 최종 출력하기 위하여 조합하는 빨강 색상 및 초록 색상의 비율은 빨강 색상 또는 초록 색상을 출력하는 각각의 다이내믹 픽셀의 색 강도에 의해 변경될 수도 있다.
- [0199] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 플라즈몬 커플링 장치에서 액추에이터를 그물 구조로 배열하는 실시예를 설명하기 위한 도면이다.
- [0200] 도 5를 참조하면, 참조부호 500에서 플라즈몬 커플링 장치는 적어도 하나 이상의 나노 구조체(510), 적어도 하나 이상의 액추에이터(520) 및 적어도 하나 이상의 전극(530, 540)을 포함할 수 있다.
- [0201] 예를 들어, 적어도 하나 이상의 나노 구조체(510)는 코어 구조체 또는 위성 구조체일 수 있다. 또한, 코어 구조체 및 위성 구조체는 크기, 형상 및 물질이 동일한 구조체일 수 있다.
- [0202] 한편, 적어도 하나 이상의 전극(530, 540)은 적어도 하나 이상의 수직 전극(530) 및 적어도 하나 이상의 수평 전극(540)을 포함할 수 있다.
- [0203] 일측에 따르면, 참조부호 500에서 플라즈몬 커플링 장치는 그물(Mesh) 구조를 갖고, 적어도 하나 이상의 액추에이터(520)가 교차하도록 배치될 수 있다.
- [0204] 구체적으로, 참조부호 500에서 플라즈몬 커플링 장치는 수평 전극(540)에만 전압이 인가되면, 수평 방향으로 배치된 액추에이터의 크기가 변화하게 되고, 그에 맞물려 있는 수직 방향으로 배치된 액추에이터의 변위가 수평의 방향으로 변할 수 있다. 이에 따라 밀집되어 있는 나노 파티클의 수평 변위가 변화하게 되어, 수평 방향으로 나

노 파티클간의 플라즈몬 커플링이 이루어져 색변환을 수행할 수 있다.

- [0205] 한편, 참조부호 500에서 플라즈몬 커플링 장치는 수직 전극(530)에만 전압이 인가되면, 전술한 수평 전극(540)에만 전압이 인가되는 경우와 마찬가지로 동작하되, 움직이는 방향이 수직이므로 나노 파티클 간의 플라즈몬 커플링이 수직 방향으로 이루어져 색변환을 수행할 수 있다.
- [0206] 또한, 참조부호 500에서 플라즈몬 커플링 장치는 수직 전극(530) 및 수평 전극(540)을 통해 전압이 동시에 인가되면, 단일 방향이 아닌 대각선 방향으로 나노 파티클의 플라즈몬 커플링이 이루어져 색변환을 수행할 수 있다.
- [0208] 도 6a 내지 도 6c는 본 발명의 일실시예에 따른 플라즈몬 커플링 장치에서 액추에이터를 이방성 구조로 배열하는 실시예를 설명하기 위한 도면이다.
- [0209] 도 6a 내지 도 6c를 참조하면, 참조부호 610 내지 630에서 일실시예에 따른 플라즈몬 커플링 장치는 코어 구조체(611), 적어도 하나 이상의 위성 구조체(612 내지 632) 및 적어도 하나 이상의 액추에이터(613 내지 633)를 포함할 수 있다.
- [0210] 일측에 따르면, 참조부호 610 내지 630에서 플라즈몬 커플링 장치는 이방성(Anisotropic) 구조를 갖고, 적어도 하나 이상의 액추에이터(613 내지 633)의 일측 끝단에 코어 구조체(611)가 배치되고, 적어도 하나 이상의 액추에이터(613 내지 633)의 타측 끝단에 적어도 하나 이상의 위성 구조체(612 내지 632)가 배치될 수 있다.
- [0211] 즉, 적어도 하나 이상의 액추에이터(613 내지 633)가 코어 구조체(611)를 공유할 수 있다.
- [0212] 또한, 코어 구조체(611)를 중심으로 사방으로 배치된 적어도 하나 이상의 액추에이터(613 내지 633) 상에 형성된 각각의 위성 구조체(612)들은 서로 다른 크기를 갖도록 형성될 수 있다.
- [0213] 일측에 따르면, 참조부호 610 내지 630에서 적어도 하나 이상의 액추에이터(613 내지 633)는 코어 구조체를 공통 전극(Common electrode)으로서 공유할 수 있다.
- [0214] 다시 말해, 참조부호 610 내지 630에서 플라즈몬 커플링 장치는 적어도 하나 이상의 액추에이터(613 내지 633)가 코어 구조체(611)를 공통 전극으로서 공유하고 있다.
- [0215] 즉, 각각의 액추에이터(613 내지 633)의 일측에 배치된 코어 구조체(611)에 0V를 인가하고, 각각의 액추에이터(613 내지 633)의 타측에 플라즈몬 커플링을 위한 전압을 인가하면, 코어 구조체(611) 및 각각의 위성 구조체(612 내지 632)는 서로 플라즈몬 커플링이 될 수 있다.
- [0216] 예를 들어, 각각의 위성 구조체(612 내지 632)는 플라즈몬 커플링을 통해 특정 파장의 색상을 출력할 수 있도록, 각각의 위성 구조체(612 내지 632)의 크기를 설계할 수 있다.
- [0218] 도 7a 내지 도 7b는 본 발명의 일실시예에 따른 플라즈몬 커플링 장치에서 색상 강도를 균일하게 제어하는 실시예를 설명하기 위한 도면이다.
- [0219] 도 7a 내지 도 7b를 통하여 설명하는 실시예는 도 3에서 설명한 본 발명의 일실시예에 따른 플라즈몬 커플링 장치에 의해 수행될 수 있다.
- [0220] 도 7a 내지 도 7b를 참조하면, 참조부호 710에 도시된 것과 같이 나노 구조체간의 플라즈몬 커플링에 의한 색변환이 발생할 때, 빨강(R) 색상의 에너지의 이동(Shift)이 강하게 일어나는 경우에 색상의 강도(Intensity)가 커질 수 있다.
- [0221] 일측에 따르면, 도 3의 제어부(350)는 에너지의 이동에 따른 색상 강도의 균일성(Intensity uniformity)을 이루기 위해 적어도 하나의 액추에이터에서 플라즈몬 커플링에 따른 색상의 강도(intensity)비를 계산하고, 계산 결과에 기초하여 적어도 하나 이상의 액추에이터 각각에 인가되는 전압을 제어할 수 있다.
- [0222] 구체적으로, 제어부(350)는 모든색의 구현에서 균일한 강도의 색상을 구현하기 위해 빨강(R) 색상이 나타날 수 있는 플라즈몬 커플링 결합 대비, 초록(B) 및 파랑(B) 색상의 강도(intensity) 비를 계산할 수 있다.
- [0223] 또한, 제어부(350)는 계산 결과에 따라 참조부호 720에 도시된 것과 같이 초록(B) 및 파랑(B) 색상을 구현하기 위한 다이내믹 픽셀의 수를 증가시켜 색상 강도의 균일성(Intensity uniformity)을 이룰 수 있다.
- [0224] 즉, 본 발명을 이용하면, 색상의 강도비의 계산 결과에 기초하여 각각의 다이내믹 픽셀의 전압을 제어함으로써, 색상 강도의 균일성을 향상시킬 수 있다.
- [0226] 도 8a 내지 도 8b는 본 발명의 일실시예에 따른 다이내믹 픽셀의 제조방법을 설명하기 위한 도면이다.

- [0227] 따라서, 이후에 도 8a 내지 도 8b를 통하여 설명하는 다이내믹 픽셀의 제조방법 중에서, 도 1 및 도 2a 내지 2c에 도시된 다이내믹 픽셀을 통하여 설명한 내용과 중복되는 내용은 생략하기로 한다.
- [0228] 도 8a 내지 도 8b에 따르면, 참조부호 810에서 일실시예에 따른 다이내믹 픽셀의 제조방법은 외부에서 인가되는 전압 또는 열에 의해 수축 또는 팽창되어 크기가 변화하는 액추에이터(Actuator; 811)를 형성할 수 있다.
- [0229] 다음으로, 참조부호 820에서 일실시예에 따른 다이내믹 픽셀의 제조방법은 액추에이터의 표면에 싸이올(-SH; thiol)기(812)를 형성할 수 있다.
- [0230] 다음으로, 참조부호 830에서 일실시예에 따른 다이내믹 픽셀의 제조방법은 싸이올기(812)가 형성된 액추에이터의 표면에 코어 구조체(Core structure; 813)를 형성할 수 있다.
- [0231] 다음으로, 참조부호 840에서 일실시예에 따른 다이내믹 픽셀의 제조방법은 싸이올기(812)가 형성된 액추에이터의 표면에 위성 구조체(Satellite structure; 814)를 형성할 수 있다.
- [0232] 일측에 따르면, 위성 구조체는 코어 구조체와 크기(Size), 형상(Shape), 물질(Material) 및 밀도(Density) 중에서 적어도 하나가 상이할 수 있다. 또한, 코어 구조체는 위성 구조체보다 밀도가 낮을 수도 있다.
- [0233] 한편, 일실시예에 따른 코어 구조체 및 위성 구조체(Satellite structure)는 플라즈몬 커플링(Plasmon coupling)에 의해 색상이 결정될 수 있다.
- [0234] 또한, 코어 구조체 및 위성 구조체는 잉크젯 프린팅(Inkjet printing)법 및 롤투롤 나노임프린팅법 중에서 적어도 하나를 이용하여 형성될 수 있다.
- [0235] 구체적으로, 다이내믹 픽셀의 제조방법은 용액 혹은 콜로이드 형태의 금속 나노 파티클 잉크를 사용하는 잉크젯 프린팅법을 이용하여 코어 구조체 및 위성 구조체와 같은 나노 구조체의 크기 및 모양을 화학적인 방법으로 용이하게 형성할 수 있다.
- [0236] 예를 들어, 잉크젯 프린팅법은 먼저 희생층(Sacrificial layer)을 패터닝(Patterning)하고, 기판위에 액추에이터 물질을 전기 방사하며, 비교적 큰 크기로 제어된 코어 구조체 잉크 용액을 분사하고, 다음으로, 위성 구조체 잉크 용액을 분사하며, 이후에 희생층을 제거하는 과정으로 진행될 수 있다.
- [0237] 일측에 따르면, 다이내믹 픽셀의 제조방법은 높은 굴절율(High refractive index)을 갖는 기판 또는 굴절율을 제어할 수 있는 기판을 이용한 롤투롤 나노임프린팅법을 이용할 수 있다.
- [0238] 즉, 본 발명은 높은 굴절율을 갖는 기판을 사용하는 롤투롤 나노임프린팅법으로, 플라즈몬의 높은 산란 강도(Scattering intensity)를 통해 광 효율을 향상시킬 수 있다. 또한, 굴절율을 제어할 수 있는 기판을 이용한 롤투롤 나노임프린팅법으로, 플라즈몬의 산란 강도 및 최대 에너지 이동(Peak shift)을 제어할 수도 있다.
- [0239] 다른 실시예에 따르면, 다이내믹 픽셀은 액추에이터와 국소 플라즈몬 공명 현상 기반의 나노 구조체를 혼합한 용액을 제조하고, 제조된 용액을 이용하여 액추에이터와 나노 구조체가 융합된 박막을 형성함으로써, 박막 형태의 다이내믹 픽셀을 형성할 수도 있다.
- [0241] 결국, 본 발명을 이용하면, 액추에이터 및 복수의 플라즈모닉 나노 구조체를 통해 광학 거리를 나노 단위로 조절함으로써, 단일 픽셀에서 다양한 색변환을 구현할 수 있다.
- [0242] 또한, 복수의 액추에이터를 등방성 구조, 그물 구조, 및 이방성 구조 중에서 적어도 하나의 구조로 배열함으로써, 색재현성을 향상시킬 수 있다.
- [0243] 또한, 색상의 강도비의 계산 결과에 기초하여 각각의 다이내믹 픽셀의 전압을 제어함으로써, 색 강도의 균일성을 향상시킬 수 있다.
- [0244] 또한, 인쇄공정 및 화학 공정을 통하여 다이내믹 픽셀을 제조하여, 제조 단가를 절감할 수 있다.
- [0246] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상

의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0247]

[0248] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embodiment)될 수 있다.

[0249] 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0250]

[0251] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

## 부호의 설명

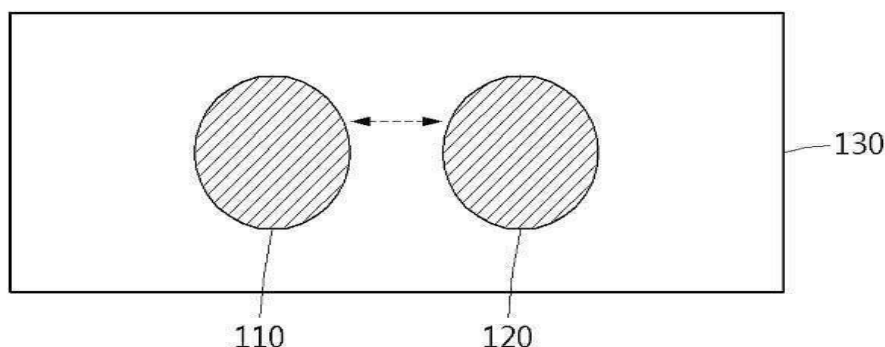
[0252]

100: 다이내믹 픽셀	110: 코어 구조체
120: 위성 구조체	130: 액추에이터

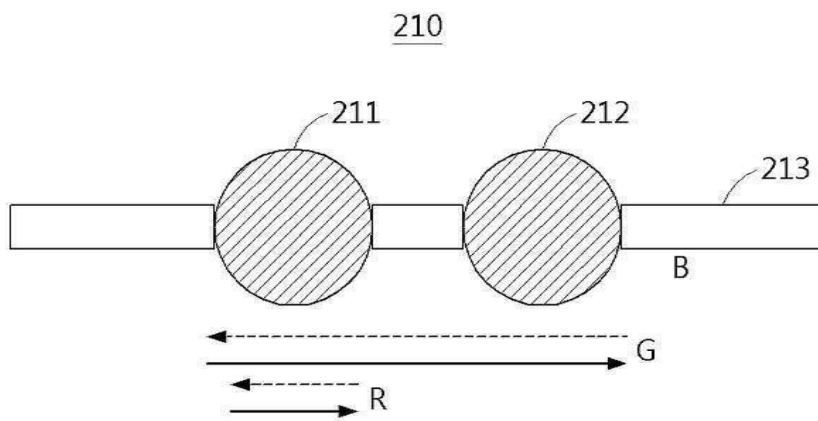
## 도면

### 도면1

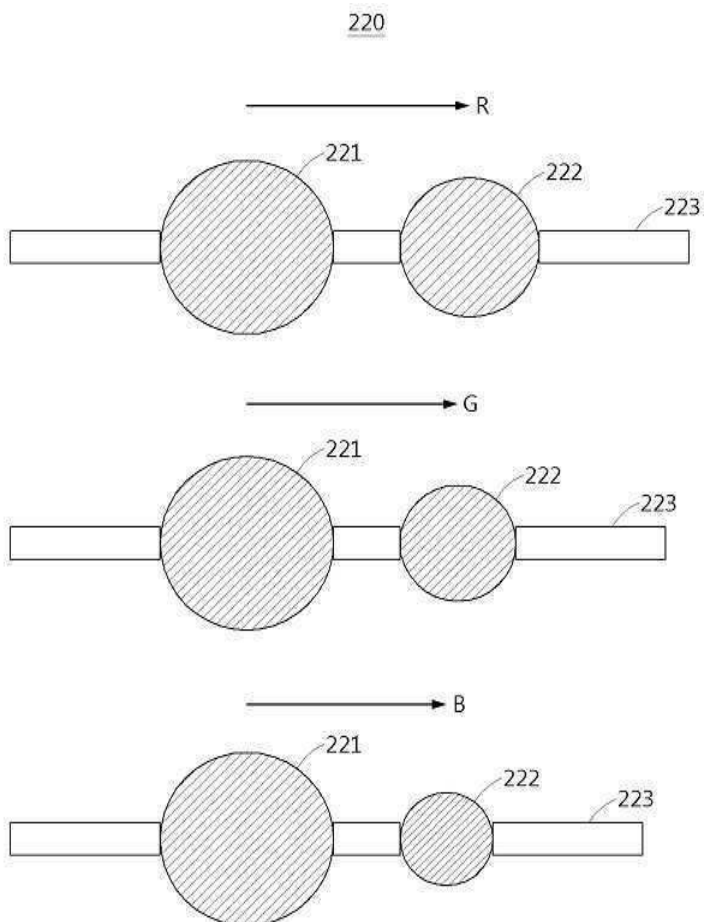
100



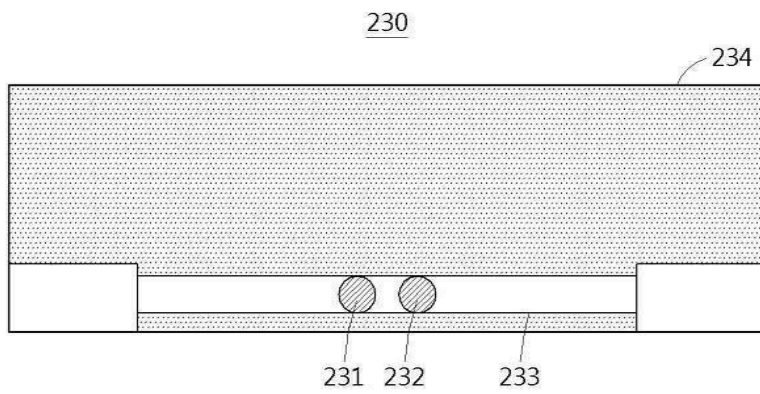
도면2a



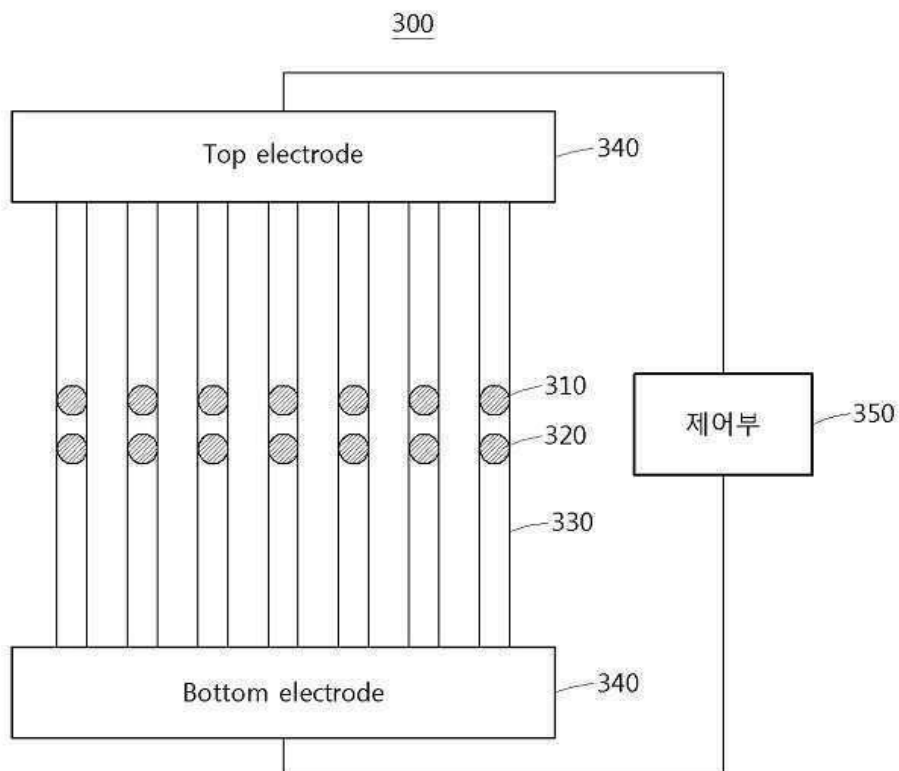
도면2b



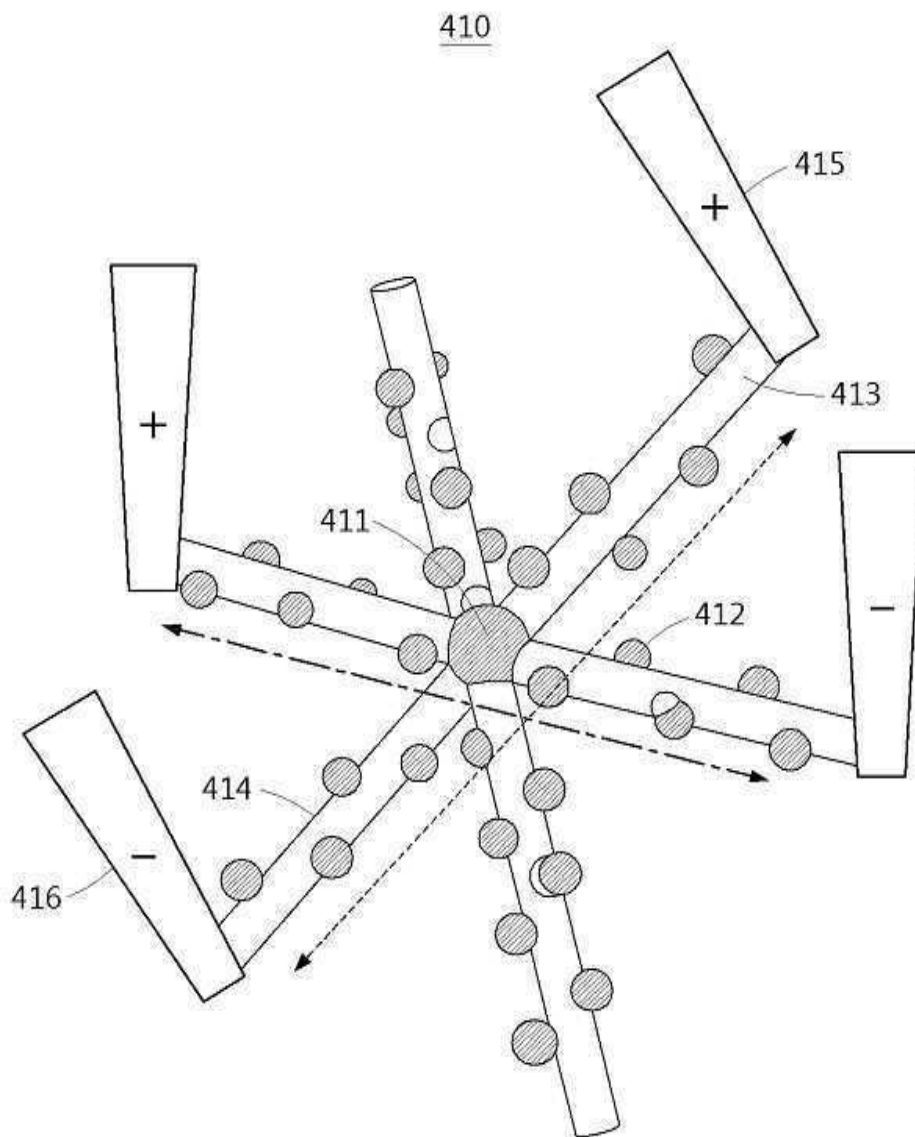
도면2c



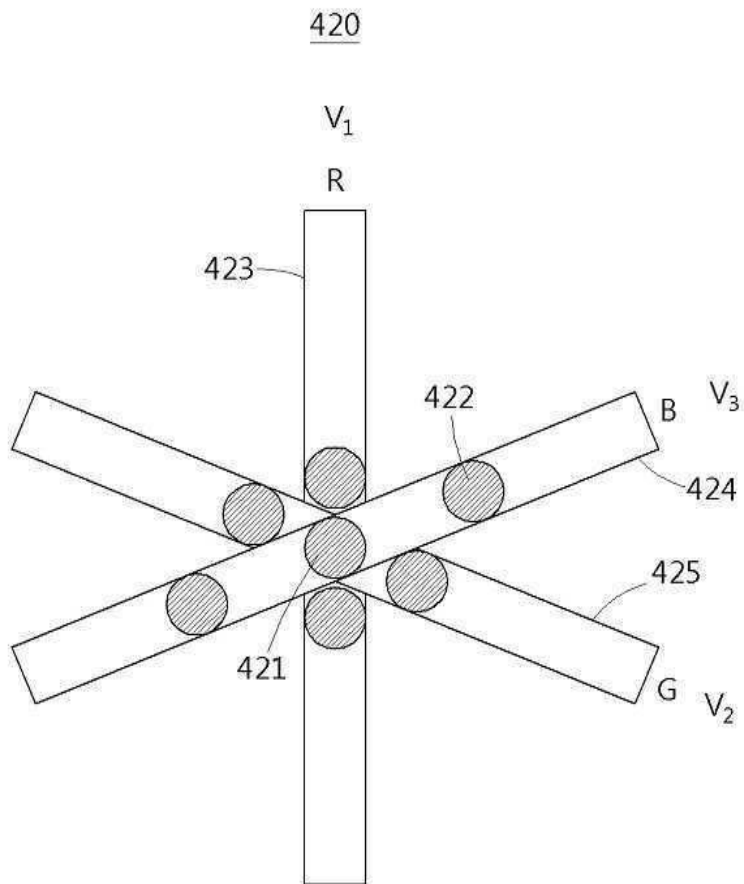
도면3



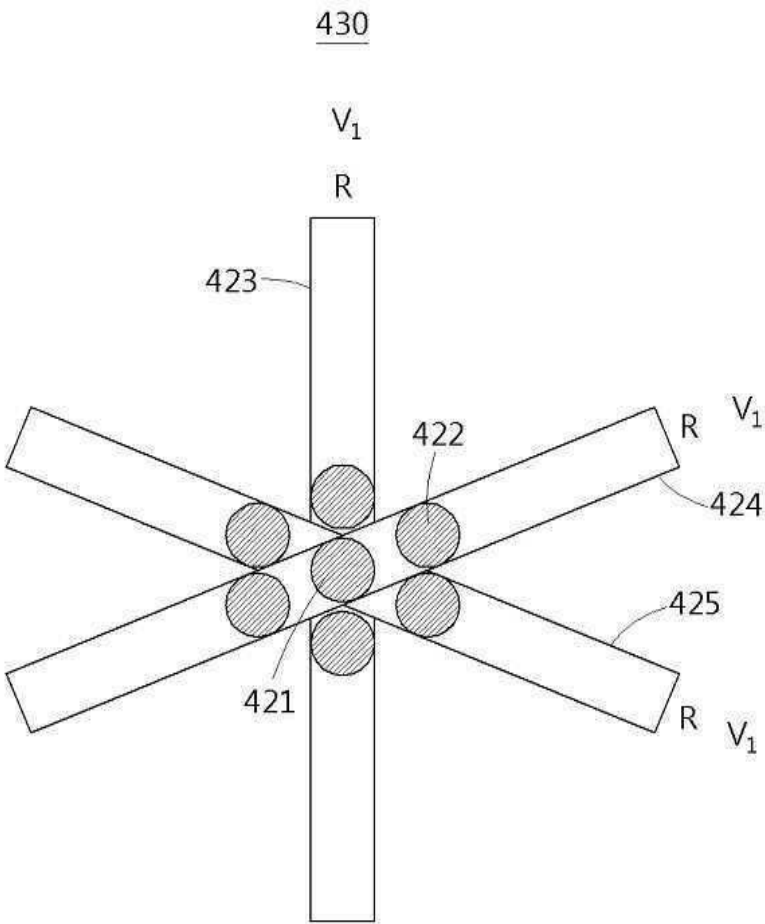
도면4a



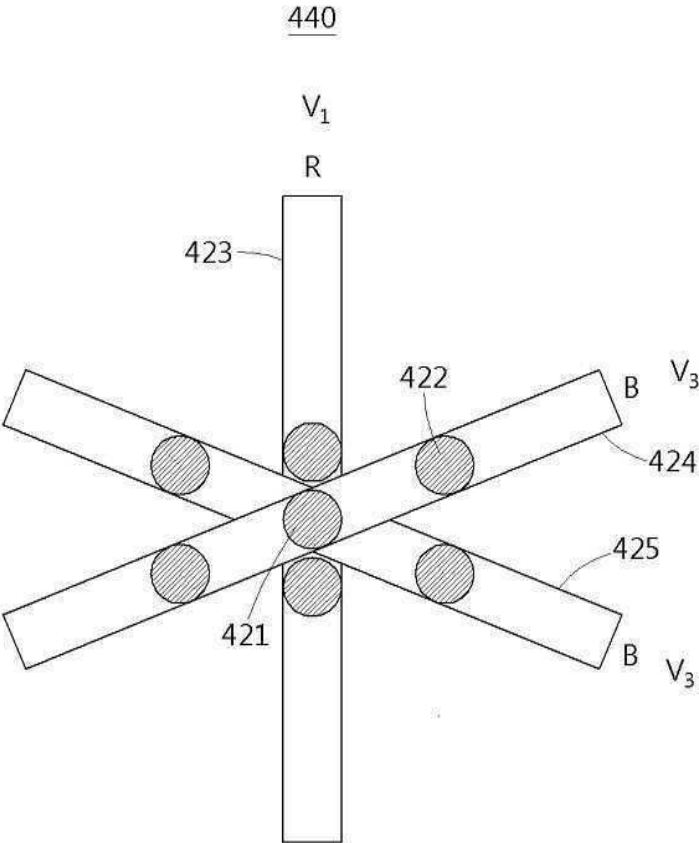
도면4b



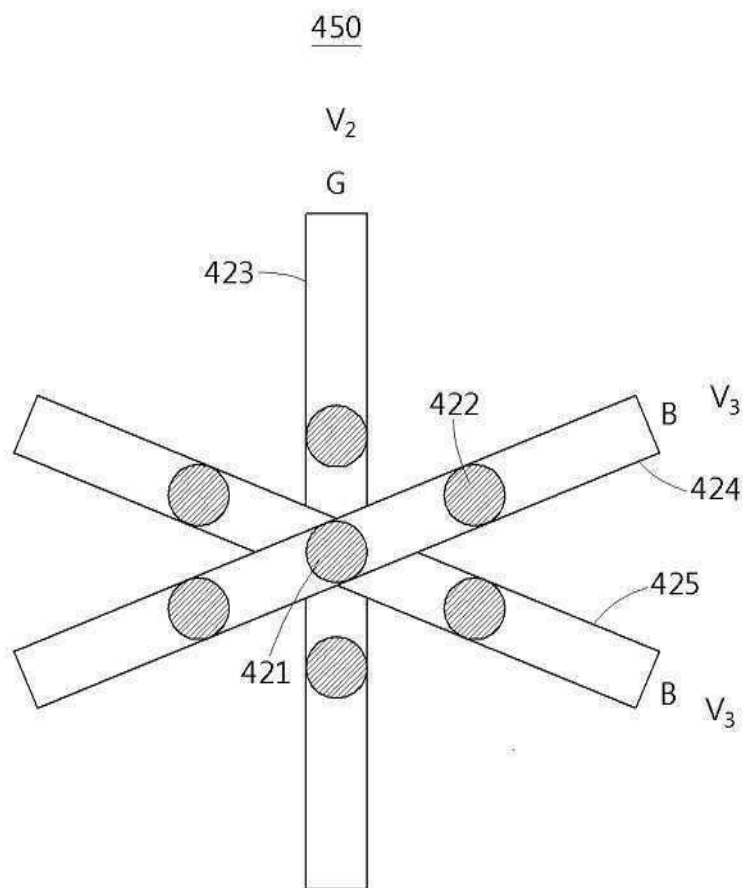
도면4c



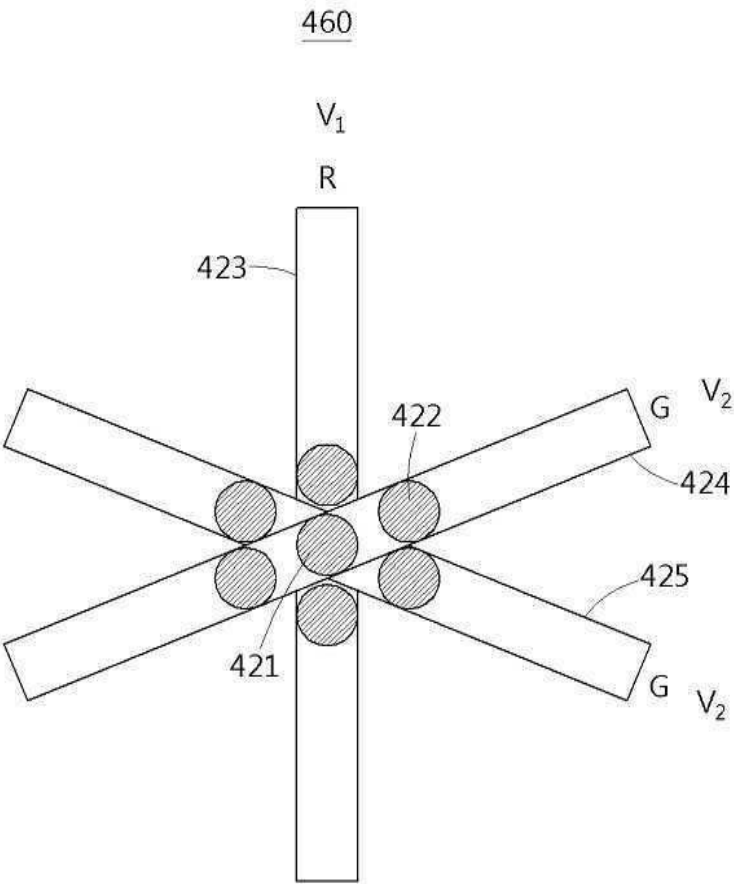
도면4d



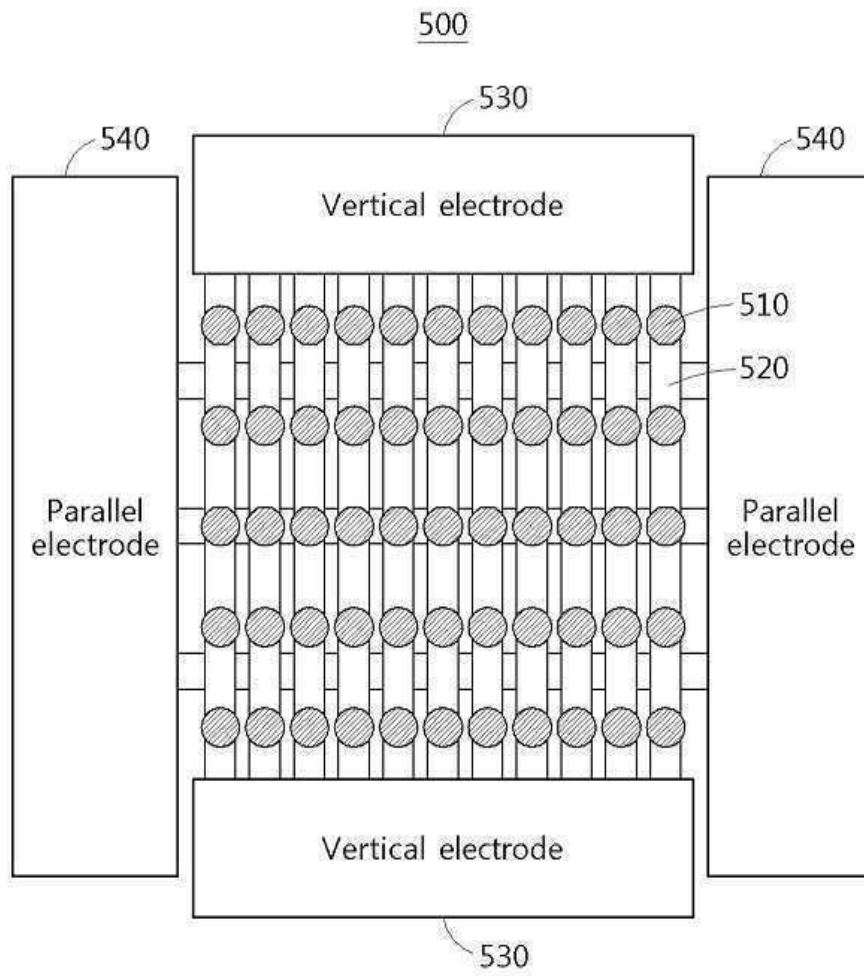
도면4e



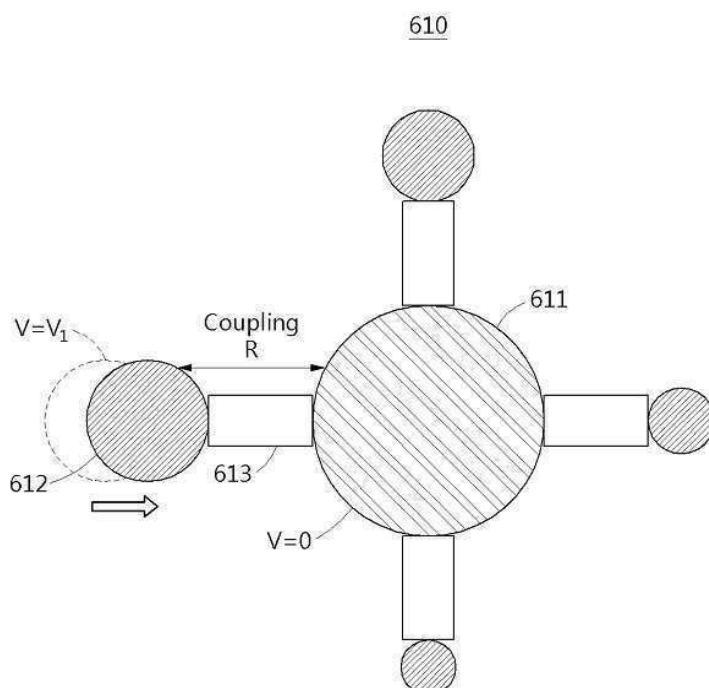
도면4f



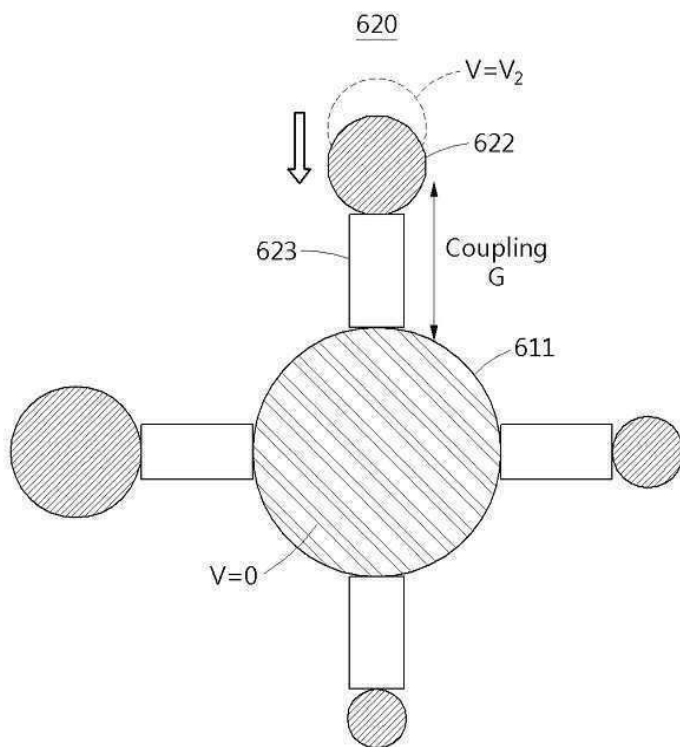
도면5



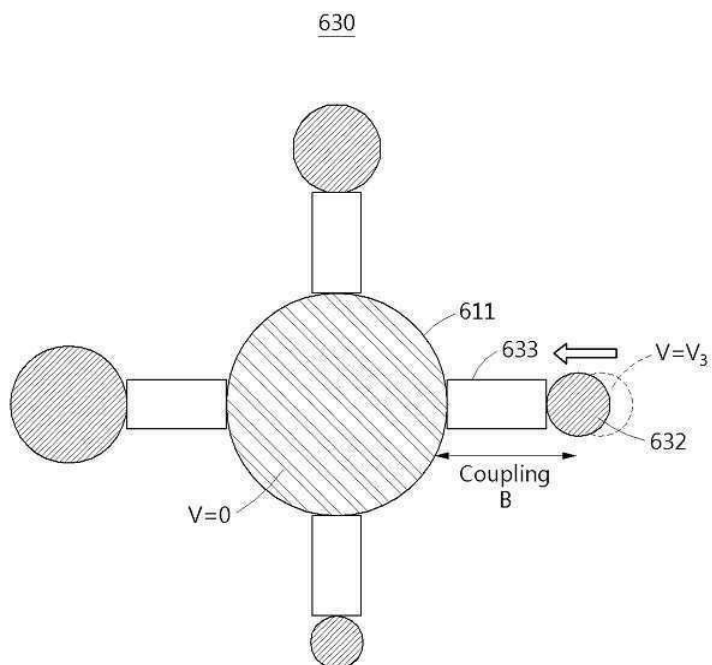
도면 6a



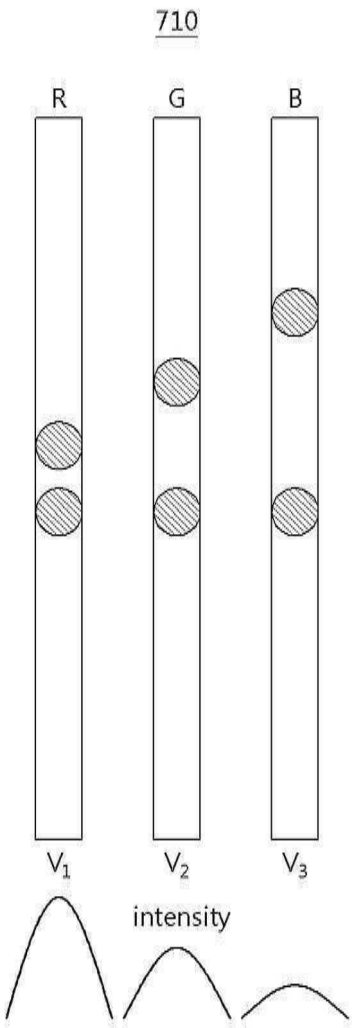
도면6b



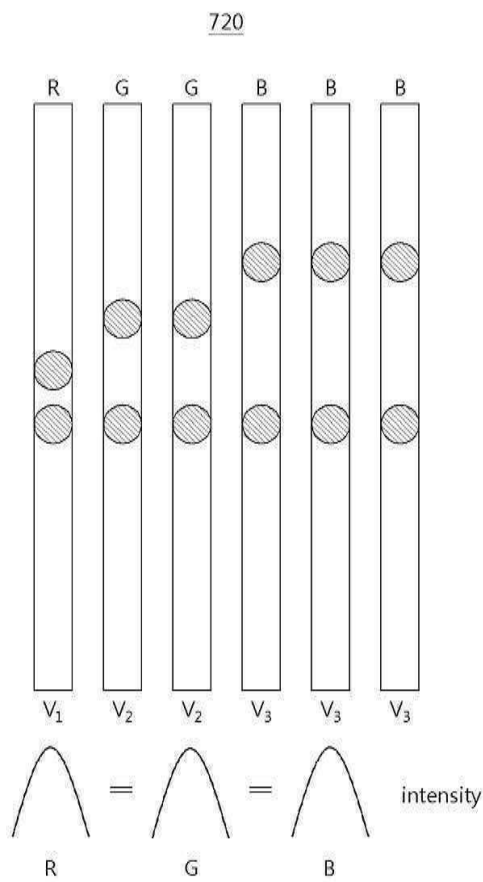
도면6c



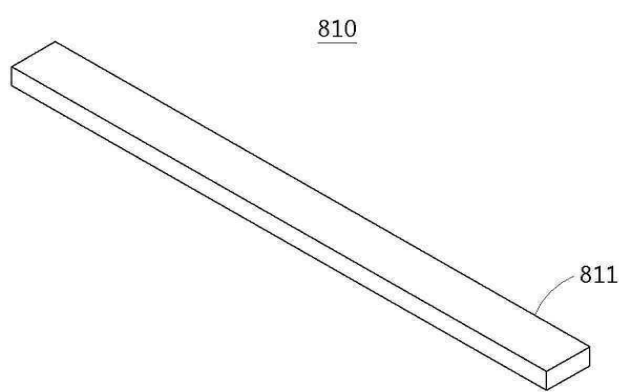
도면7a



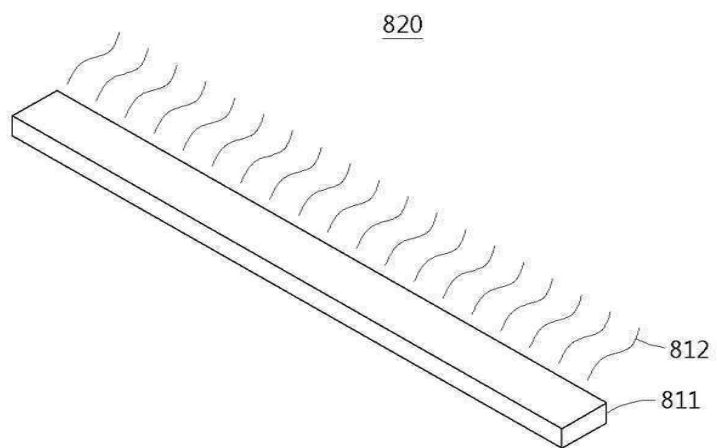
도면7b



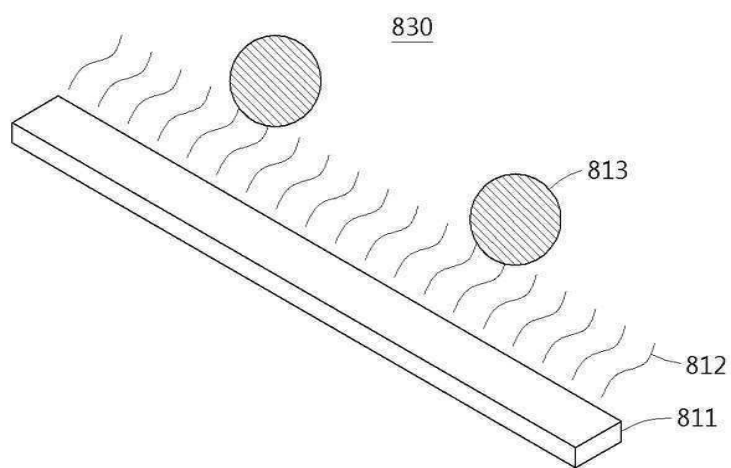
도면8a



도면8b



도면8c



도면8d

