



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년01월14일  
(11) 등록번호 10-2352170  
(24) 등록일자 2022년01월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
A61B 5/00 (2021.01) A61C 19/04 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
A61B 5/0088 (2013.01)  
A61B 5/0002 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2019-0143474  
(22) 출원일자 2019년11월11일  
심사청구일자 2019년11월11일  
(65) 공개번호 10-2021-0056711  
(43) 공개일자 2021년05월20일  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2016531640 A\*  
KR1020150004819 A\*  
KR1020170008699 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
한양대학교 산학협력단  
서울특별시 성동구 왕십리로 222(행당동, 한양대학교내)  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
(72) 발명자  
임원빈  
서울 광진구 아차산로 522 현대아파트 801-1306  
김하준  
서울특별시 성동구 왕십리로 222 한양대학교 대학원 신소재공학과  
박장웅  
서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 공과대학 신소재공학과  
(74) 대리인  
특허법인 아이피에스

전체 청구항 수 : 총 13 항

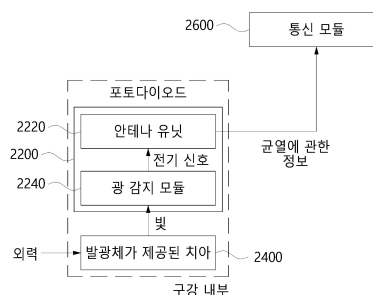
심사관 : 최석규

(54) 발명의 명칭 치아의 균열 검출 방법 및 이를 수행하기 위한 진단 키트

## (57) 요약

본 발명은 치아의 균열 검출 방법 및 이를 수행하기 위한 진단 키트에 관한 것으로서, 치아에 발광체-상기 발광체는 기계 발광 특성을 가짐-를 제공하는 단계, 상기 발광체가 제공된 치아의 적어도 일 면에 신축성(stretchable) 및 자가 치유(self-healing) 특성을 가지는 포토다이오드(photodiode)를 커버하는 단계, 상기 발광체가 소정의 광을 출력하도록, 상기 치아에 대해 외력-상기 외력은 50N 내지 500N임-을 가하는 단계 및 상기 소정의 광을 기초로 상기 치아의 균열에 관한 정보를 획득하는 단계를 포함하되, 상기 균열에 관한 정보는: 상기 포토다이오드가 상기 소정의 광을 감지하여 출력한 전기적 신호를 기초로 한 정보로서, 상기 치아의 균열의 깊이 또는 형태에 관한 정보 중 적어도 어느 하나를 포함하는, 치아의 균열 검출 방법에 관한 기술이다.

대표도 - 도10



(52) CPC특허분류

*A61B 5/4547* (2013.01)

*A61B 5/682* (2013.01)

*A61C 19/04* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

치아에 제공되는 발광체로부터 출력된 광을 기초로 상기 치아에 형성된 균열을 검출하는 방법으로서,

상기 발광체가 제공된 치아 상에 배치되는 포토다이오드(photodiode) - 상기 포토다이오드는 복수의 디바이스칩들을 포함함 - 를 통해, 상기 치아에 가해지는 외력에 의해 상기 발광체로부터 출력되는 광을 감지하는 단계 - 상기 광을 감지 하는 단계는 적어도 하나의 디바이스칩에 의해 감지되는 광학적 신호를 전기적 신호로 출력하는 단계를 포함함 - ; 및

상기 적어도 하나의 디바이스칩에 의해 출력되는 전기적 신호 및 상기 적어도 하나의 디바이스칩의 위치에 기초하여, 치아의 균열의 위치 정보를 결정하는 단계; 를 포함하는

치아의 균열 검출 방법.

#### 청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 발광체는  $\text{ZrO}_2\text{Ti}^{4+}$ ,  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ ,  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Tb}^{3+}$ ,  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$ ,  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ ,  $\text{KMgF}_3:\text{Pr}^{3+}$ ,  $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ ,  $(\text{Ba}, \text{Ca})\text{TiO}_3:\text{Pr}^{3+}$ ,  $\text{CaZr}(\text{PO}_4)_2:\text{Eu}^{2+}$ ,  $\text{ZnS}:\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{ZnS}:\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{CaZnOS}:\text{Mn}^{2+}$  중 적어도 어느 하나인,

치아의 균열 검출 방법.

#### 청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 포토다이오드가 광을 감지하기 전에, 외부로부터 조사된 자외선에 상기 발광체가 제공된 치아가 노출되는 단계; 를 더 포함하는

치아의 균열 검출 방법.

#### 청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 포토다이오드는 상기 복수의 디바이스칩들을 연결하는 복수의 전극들을 포함하고,

상기 포토다이오드에 외력이 작용하는 경우 상기 복수의 전극들이 신축성을 가짐에 따라, 상기 포토다이오드의 길이가 변환되는

치아의 균열 검출 방법.

#### 청구항 5

제4 항에 있어서,

제1 길이를 가지는 상기 포토다이오드는 상기 제1 길이보다 큰 길이 값을 가지는 제2 길이를 가지도록 연장되어

상기 발광체가 제공된 치아 상에 배치되고,  
 상기 치아 상에 배치된 포토다이크드는 상기 제2 길이보다 작거나 같은 길이 값을 가지는 제3 길이를 가지고,  
 상기 제3 길이는 상기 치아와 상기 포토다이크드가 접하는 면의 길이에 의해 정의되는,  
 치아의 균열 검출 방법.

#### 청구항 6

제2 항에 있어서,  
 상기 발광체는 파우더(powder), 졸(sol), 겔(gel), 수용액 중 적어도 어느 하나에 포함되어 상기 치아에 제공되는  
 치아의 균열 검출 방법.

#### 청구항 7

제6 항에 있어서,  
 상기 발광체는 PDMS(polydimethylsiloxane)와 혼합되어 상기 치아에 제공되는,  
 치아의 균열 검출 방법.

#### 청구항 8

제1 항에 있어서,  
 상기 포토다이크드는: 상기 전기적 신호를 구강 외부에 제공하는 안테나 유닛을 포함하는,  
 치아의 균열 검출 방법.

#### 청구항 9

제1 항에 있어서,  
 상기 균열의 위치 정보를 결정하는 단계는,  
 프로세서에 의해 상기 전기적 신호를 디지털 신호로 변환하는 단계, 및  
 상기 디지털 신호를 기초로 상기 균열의 위치 정보를 결정하는 단계  
 를 더 포함하는  
 치아의 균열 검출 방법.

#### 청구항 10

제1 항에 있어서,  
 상기 치아의 균열 검출 방법은 1.0 마이크로미터 이상의 크기를 가지는 균열을 검출하는,  
 치아의 균열 검출 방법.

## 청구항 11

제1 항에 따른 치아의 균열 검출 방법을 수행하기 위한 진단 키트로서,

치아에 제공되고, 외력이 가해지면 광을 출력하는 발광체가 포함된 치아 균열 검출용 발광체; 및

복수의 디바이스칩들을 포함하고, 상기 발광체가 제공된 치아 상에 배치되는 포토다이오드(photodiode) - 상기 포토다이오드는 상기 치아에 가해지는 외력에 의해 상기 발광체로부터 출력되는 광을 감지함 -; 를 포함하고,

상기 포토다이오드는 적어도 하나의 디바이스칩에 의해 감지되는 광학적 신호를 전기적 신호로 출력하고,

상기 적어도 하나의 디바이스칩에 의해 출력되는 전기적 신호 및 상기 적어도 하나의 디바이스칩의 위치에 기초하여, 균열의 위치 정보를 결정하는

진단 키트.

## 청구항 12

제11 항에 있어서,

상기 포토다이오드는: 상기 치아에 커버되는 시점 전후로, 그 길이가 상이한,

진단 키트.

## 청구항 13

제11 항에 있어서,

상기 포토다이오드는: 상기 전기적 신호를 구강 외부에 제공하는 안테나 유닛을 더 포함하는,

진단 키트.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 치아의 균열 검출 방법 및 이를 수행하기 위한 진단 키트에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 기계 발광 특성을 가지는 발광체와 신축성 및 자기 치유 특성을 가지는 포토다이오드를 기초로 치아의 균열에 관한 정보를 획득하는 치아의 균열 검출 방법 및 이를 수행하기 위한 진단 키트에 관련된 것이다.

### 배경 기술

[0003] 최근 현대인의 수명이 연장됨에 따라 치아 건강에 관한 중요성은 증대되고 있다. 이에 따라 치아 건강에 관한 사람들의 관심이 증가되는 추세이며, 치아에 관련된 질병에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다. 특히 치아 조직의 일부가 균열되거나 깨지는 현상인 치아 균열 증후군(cracked-tooth syndrome)에 대한 관심이 높아지고 있다. 치아에 균열이 발생하는 경우, 균열이 발생한 치아가 주변 신경을 자극하여 당사자에게 큰 통증을 줄 수 있음에도 불구하고, 이에 대한 근본적인 치료 및 진단 수단이 확립되지 않은 실정이다.

[0004] 치아의 균열에 대한 진단 방법과 관련하여, 종래 치아의 균열에 대한 진단 방법으로는, 저작 시 통증을 재현하여 균열 여부를 판단하는 교합 검사(bite test), 소정의 염색 용액을 수행하여 균열 여부를 판단하는 염색 검사(Dye test), 치아에 광을 조사하고 조사된 광의 치아에 대한 투과 패턴을 통해 치아의 균열 여부를 판단하는 광선 투사검사(Transillumination) 및 엑스 레이를 통해 치아의 균열을 검출하는 방사선 검사(Radiograph) 등이 있다.

[0005] 하지만 종래 진단 방법은 치아의 균열 여부를 부정확하게 진단하고, 치아 균열의 크기가 일정 규모 이하인 경우 진단이 곤란하다는 단점이 있다. 이에 따라, 치아의 균열을 정확하게 진단하고, 치아의 미세한 균열에 대해서도

진단이 가능한 치아 균열 진단 방법에 대한 요구가 증대되고 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0007] 본 발명의 일 과제는, 구강 내 치아의 균열에 관한 정보를 획득할 수 있는 치아의 균열 검출 방법 및 이를 수행하기 위한 진단 키트를 제공하는 것이다.
- [0008] 본 발명의 또 다른 과제는, 사용자로 하여금 간편하게 치아의 균열 여부를 판단할 수 있는 치아의 균열 검출 방법 및 이를 수행하기 위한 진단 키트를 제공하는 것이다.
- [0009] 본 발명이 해결하고자 하는 과제가 상술한 과제로 제한되는 것은 아니며, 언급되지 아니한 과제들은 본 명세서 및 첨부된 도면으로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 과제의 해결 수단

- [0010] 본 출원의 일 양상에 따르면, 치아에 발광체-상기 발광체는 기계 발광 특성을 가짐-를 제공하는 단계; 상기 발광체가 제공된 치아의 적어도 일부에 신축성(stretchable) 및 자가 치유(self-healing) 특성을 가지는 포토다이오드(photodiode)를 커버하는 단계; 상기 발광체가 소정의 광을 출력하도록, 상기 치아에 대해 외력-상기 외력은 50N 내지 500N임-을 가하는 단계; 및 상기 소정의 광을 기초로 상기 치아의 균열에 관한 정보를 획득하는 단계;를 포함하되, 상기 균열에 관한 정보는: 상기 포토다이오드가 상기 소정의 광을 감지하여 출력한 전기적 신호를 기초로 한 정보로서, 상기 치아의 균열의 깊이 또는 형태에 관한 정보 중 적어도 어느 하나를 포함하는, 치아의 균열 검출 방법이 제공될 수 있다.
- [0011] 본 출원의 또 다른 양상에 따르면, 치아의 균열 검출 방법을 수행하기 위한 진단 키트로서, 치아에 제공되고, 기계 발광 특성을 가지는 발광체가 포함된 치아 균열 검출용 발광체, 신축성 및 자가 치유 특성을 가지고, 상기 균열 검출용 샘플이 제공된 치아에 커버되며, 외력이 제공되는 경우 상기 발광체에 의해 발산된 광을 감지하여, 상기 광을 기초로 전기적 신호를 출력하는 포토다이오드 및 상기 전기적 신호를 기초로 상기 치아의 균열에 관한 정보를 적어도 포함하는 디지털 신호로 변환하여 출력하는 프로세서를 포함하되, 상기 치아의 균열에 관한 정보는 상기 치아의 균열의 깊이 또는 형태에 관한 정보 중 적어도 어느 하나를 포함하는, 진단 키트가 제공될 수 있다.
- [0012] 본 발명의 과제의 해결 수단이 상술한 해결 수단들로 제한되는 것은 아니며, 언급되지 아니한 해결 수단들은 본 명세서 및 첨부된 도면으로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 발명의 효과

- [0013] 본 발명에 의하면, 기계 발광 특성을 가지는 발광체 및 신축성과 자가치유 특성을 가지는 포토다이오드를 이용하여 구강 내의 치아에 발생한 균열에 관한 정보를 획득할 수 있다.
- [0014] 또한, 본 발명에 의하면, 치아의 균열을 검출하기 위해 요구되는 개별 구성이 하나의 진단 키트로 구비되어, 사용자로 하여금 간편하게 치아의 균열 여부를 판단할 수 있다.
- [0015] 본 발명의 효과가 상술한 효과들로 제한되는 것은 아니며, 언급되지 아니한 효과들은 본 명세서 및 첨부된 도면으로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 진단 키트의 구성도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 발광체의 광발광 여기(PLE) 및 광발광(PL) 스펙트럼을 나타낸 그래프이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 발광체의 입자 크기 분포를 나타낸 그래프이다.
- 도 4은 본 발명의 실시예에 따른 포토다이오드를 나타낸 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 포토다이오드가 도포된 치아를 나타낸 도면이다.

도 6 및 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 치아의 균열 검출 방법을 나타낸 순서도이다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 발광체가 제공된 치아를 나타낸 도면이다.

도 9은 본 발명의 실시예에 따른 치아의 균열 검출 방법 중 커버하는 단계에 관한 순서도이다.

도 10는 본 발명의 실시예에 따른 진단 키트의 구성도에 관한 일 예이다.

도 11은 본 발명의 실시예에 따른 발광체가 제공된 치아에 압축 하중에 따른 발광 세기를 나타낸 그래프이다.

도 12은 본 발명의 실시예에 따른 발광체가 제공된 치아의 발광 세기를 나타낸 도면이다.

도 13는 본 발명의 실시예에 따른 치아의 균열의 유형 별 응력 증폭비를 나타낸 그래프이다.

도 14 내지 도 16는 본 발명의 실시예에 따른 치아의 발광 모습을 나타낸 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 본 명세서에 기재된 실시예는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 사상을 명확히 설명하기 위한 것이므로, 본 발명이 본 명세서에 기재된 실시예에 의해 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 범위는 본 발명의 사상을 벗어나지 아니하는 수정에 또는 변형예를 포함하는 것으로 해석되어야 한다.
- [0019] 본 명세서에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하여 가능한 현재 널리 사용되고 있는 일반적인 용어를 선택하였으나 이는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자의 의도, 관례 또는 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 다만, 이와 달리 특정한 용어를 임의의 의미로 정의하여 사용하는 경우에는 그 용어의 의미에 관하여 별도로 기재할 것이다. 따라서 본 명세서에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌 그 용어가 가진 실질적인 의미와 본 명세서의 전반에 걸친 내용을 토대로 해석되어야 한다.
- [0020] 본 명세서에 첨부된 도면은 본 발명을 용이하게 설명하기 위한 것으로 도면에 도시된 형상은 본 발명의 이해를 돕기 위하여 필요에 따라 과장되어 표시된 것일 수 있으므로 본 발명이 도면에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [0021] 본 명세서에서 본 발명에 관련된 공지의 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에 이에 관한 자세한 설명은 필요에 따라 생략하기로 한다.
- [0022] 본 출원의 일 양상에 따르면, 치아에 발광체-상기 발광체는 기계 발광 특성을 가짐-를 제공하는 단계 상기 발광체가 제공된 치아의 적어도 일부에 신축성(stretchable) 및 자가 치유(self-healing) 특성을 가지는 포토다이오드(photodiode)를 커버하는 단계, 상기 발광체가 소정의 광을 출력하도록, 상기 치아에 대해 외력-상기 외력은 50N 내지 500N임-을 가하는 단계 및 상기 소정의 광을 기초로 상기 치아의 균열에 관한 정보를 획득하는 단계를 포함하되, 상기 균열에 관한 정보는: 상기 포토다이오드가 상기 소정의 광을 감지하여 출력한 전기적 신호를 기초로 한 정보로서, 상기 치아의 균열의 깊이 또는 형태에 관한 정보 중 적어도 어느 하나를 포함하는, 치아의 균열 검출 방법이 제공될 수 있다.
- [0023] 상기 발광체는  $ZrO_2Ti^{4+}$ ,  $SrAl_2O_4:Eu^{2+}, Dy^{3+}$ ,  $SrAl_2O_4:Tb^{3+}$ ,  $CaMgSi_2O_7:Eu^{2+}$ ,  $CaMgSi_2O_7:Eu^{2+}, Dy^{3+}$ ,  $KMgF_3:Pr^{3+}$ ,  $Ca_2MgSi_2O_7:Eu^{2+}, Dy^{3+}$ ,  $(Ba,Ca)TiO_3:Pr^{3+}$ ,  $CaZr(PO_4)_2:Eu^{2+}$ ,  $ZnS:Cu^{2+}$ ,  $ZnS:Mn^{2+}$ ,  $CaZnOS:Mn^{2+}$  중 적어도 어느 하나인 치아의 균열 검출 방법이 제공될 수 있다.
- [0024] 상기 치아의 균열 검출 방법은: 상기 커버하는 단계 이전의 시점에 수행되고, 상기 발광체에 대해 자외선을 조사하는 단계를 더 포함하되, 상기 조사하는 단계는 상기 발광체를 제공하는 단계 이전 혹은 이후에 수행되는, 치아의 균열 검출 방법이 제공될 수 있다.
- [0025] 상기 커버하는 단계는: 제1 길이를 가지는 상기 포토다이오드를 준비하는 단계, 상기 포토다이오드가 상기 제1 길이보다 큰 길이 값을 가지는 제2 길이를 가지도록 연장하는 단계, 및 상기 연장되는 단계를 통해 길이가 연장된 포토다이오드를 상기 치아의 적어도 일 측에 부착하는 단계를 포함하되, 상기 치아에 부착된 포토다이오드는 상기 제2 길이보다 적어도 작은 길이 값을 가지는 제3 길이를 가지도록 수축되는, 치아의 균열 검출 방법이 제공될 수 있다.
- [0026] 상기 제3 길이는: 상기 커버하는 단계 이후, 상기 치아와 상기 포토다이오드가 접하는 면의 길이에 의해 정의되는, 치아의 균열 검출 방법이 제공될 수 있다.
- [0027] 상기 발광체는 파우더(powder), 졸(sol), 겔(gel), 수용액 중 적어도 어느 하나에 포함되어 상기 치아에 제공되

는, 치아의 균열 검출 방법이 제공될 수 있다.

- [0028] 상기 발광체는 PDMS(polydimethylsiloxane)와 혼합되어 상기 치아에 제공되는, 치아의 균열 검출 방법 이 제공될 수 있다.
- [0029] 상기 포토다이오드는: 상기 전기적 신호를 구강 외부에 제공하는 안테나 유닛을 포함하는, 치아의 균열 검출 방법이 제공될 수 있다.
- [0030] 상기 제공하는 단계 이후에는, 상기 치아의 외부 표면에 위치한 발광체의 적어도 일부를 제거하는 단계가 더 수행되는, 치아의 균열 검출 방법이 제공될 수 있다.
- [0031] 상기 치아의 균열 검출 방법은 1.0 마이크로미터 이상의 크기를 가지는 균열을 검출하는, 치아의 균열 검출 방법이 제공될 수 있다.
- [0032] 본 출원의 또 다른 양상에 따르면, 치아의 균열 검출 방법을 수행하기 위한 진단 키트로서, 치아에 제공되고, 기계 발광 특성을 가지는 발광체가 포함된 치아 균열 검출용 발광체, 신축성 및 자기 치유 특성을 가지고, 상기 균열 검출용 샘플이 제공된 치아에 커버되며, 외력이 제공되는 경우 상기 발광체에 의해 발산된 광을 감지하여, 상기 광을 기초로 전기적 신호를 출력하는 포토다이오드 및 상기 전기적 신호를 기초로 상기 치아의 균열에 관한 정보를 적어도 포함하는 디지털 신호로 변환하여 출력하는 프로세서; 를 포함하되, 상기 치아의 균열에 관한 정보는 상기 치아의 균열의 깊이 또는 형태에 관한 정보 중 적어도 어느 하나를 포함하는, 진단 키트가 제공될 수 있다.
- [0033] 상기 포토다이오드는: 상기 치아에 커버되는 시점 전후로, 그 길이가 상이한, 진단 키트가 제공될 수 있다.
- [0034] 상기 포토다이오드는: 상기 전기적 신호를 구강 외부에 제공하는 안테나 유닛을 더 포함하는, 진단 키트가 제공될 수 있다.
- [0035] 이하에서는 본 명세서의 일 실시예에 따른, 치아의 균열 검출 방법 및 이를 수행하기 위한 진단 키트에 대해 설명한다.
- [0037] 1. 진단 키트
- [0038] 1-1 개괄
- [0039] 본 발명은 치아의 균열 검출 방법 및 이를 수행하기 위한 진단 키트에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 기계 발광 특성을 가지는 발광체와 신축성 및 자기 치유 특성을 가지는 포토다이오드를 기초로 치아의 균열에 관한 정보를 획득하는 치아의 균열 검출 방법 및 이를 수행하기 위한 진단 키트에 관련된 것이다.
- [0040] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 진단 키트의 구성도이다.
- [0041] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 진단 키트(1000)는 치아 균열 검출용 발광체(1200) 및 포토다이오드(1400)를 포함할 수 있다.
- [0042] 진단 키트란, 특정 물질의 물리적 및/또는 화학적 특성을 이용하여 인간의 질병 또는 상태에 대한 진단을 목적으로 제공된 검사 기구일 수 있다. 즉 본 명세서에 따른 진단 키트는 소정의 진단 목적을 달성하기 위한 구성요소를 구비한 전체로서 검사 기구를 의미할 수 있다. 다만, 본 명세서에 따른 진단 키트는 치아의 균열을 검출하기 위한 것으로서, 인간의 신체를 직접적인 구성요소로 하지 않고, 이에 따라 인간의 신체에 대해 간접적인 영향이 되, 지속적이지 않은 영향을 준다.
- [0043] 치아의 균열이란 치아의 내부 및/또는 외부면에 발생한 균열을 의미할 수 있다. 즉 본 명세서에 따른 치아의 균열은 특정 형태 또는 특정 수치 범위의 크기에 한정되지 않는다.
- [0044] 예를 들어 치아 균열에 관한 정보는 치아의 횡방향, 종방향 및 이에 한정되지 않는 균열 방향에 관한 정보를 의미할 수 있다. 혹은 치아 균열에 관한 정보는 치아의 신경에 인접한 뿌리 위치에 대한 균열을 의미하거나, 저작 운동시 대향하는 치아의 일 측면에 인접한 위치에서의 치아 균열 위치에 관한 정보를 의미할 수 있다.
- [0045] 이하에서는 치아 균열 검출용 발광체(1200), 포토다이오드(1400)에 관하여 상세하게 후술하도록 한다.
- [0047] 1-2 치아 균열 검출용 발광체
- [0048] 치아 균열 검출용 발광체(1200)는 기계 발광(Mechanoluminescence, ML) 특성을 가지는 발광체를 적어도 포함한 검출용 테스터(tester)일 수 있다.



- [0049] 기계 발광 특성이란 발광체가 빛을 발산하는 원리 중 하나로, 발광체에 대하여 기계적 응력이 작용하는 경우 빛을 발산하는 특성을 의미할 수 있다. 예를 들어, 기계 발광 특성을 가지는 발광체는 외력이 가해지는 경우 빛을 발산할 수 있다. 혹은 기계 발광 특성을 가지는 발광체는 외부로부터 여기원이 제공된 이후, 외력이 가해지는 경우 빛을 발산할 수 있다.
- [0050] 본 명세서에서 정의되는 외력은 응력(stress)을 의미할 수 있다. 본 명세서의 실시예에 따른 발광체는 자외선이 조사되고, 이후에 외력이 가해지는 경우, 빛을 발산할 수 있다.
- [0051] 본 명세서에서 정의되는 발광은 빛을 발산하는 성질, 모습 등을 의미할 수 있다.
- [0052] 본 명세서에서 정의되는 치아 균열 검출용 발광체(1200)는 상술한 기계 발광 특성을 가지는 발광체를 적어도 포함하는 개념을 의미할 수 있다. 예를 들어 본 발명의 일 실시예에 따르면, 치아 균열 검출용 발광체(1200)은 상술한 기계 발광 특성을 가지는 발광체 자체를 의미하는 것일 수 있다.
- [0053] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 발광체의 광발광 여기(PLE) 및 광발광(PL) 스펙트럼을 나타낸 그래프이다.
- [0054] 본 발명에 따른 발광체는 발광체는  $\text{ZrO}_2\text{Ti}^{4+}$ ,  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ ,  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Tb}^{3+}$ ,  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$ ,  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ ,  $\text{KMgF}_3:\text{Pr}^{3+}$ ,  $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ ,  $(\text{Ba}, \text{Ca})\text{TiO}_3:\text{Pr}^{3+}$ ,  $\text{CaZr}(\text{PO}_4)_2:\text{Eu}^{2+}$ ,  $\text{ZnS}:\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{ZnS}:\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{CaZnOS}:\text{Mn}^{2+}$  중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0055] 본 발명의 실시예에 따른 발광체는  $\text{ZrO}_2\text{Ti}^{4+}$ 의 화학식을 가지되,  $\text{Ti}^{4+}$ 는  $\text{ZrO}_2$ 에 대한 도펀트로서, 화학양론 비율을 기준으로 할 때  $\text{ZrO}_2$ 에 대하여 0.001의 비율로 제공될 수 있다. 혹은  $\text{Ti}^{4+}$ 는  $\text{ZrO}_2$ 에 대하여 0.0005 내지는 0.002 비율로 제공될 수 있다.
- [0056] 여기서  $\text{ZrO}_2\text{Ti}^{4+}$ 는 인체에 무해한 특성을 가질 수 있다.
- [0057] 도 3은 본 명세서의 실시예에 따른 발광체의 입자 크기 분포를 나타낸 그래프이다. 도 3은 총 100개의  $\text{ZrO}_2\text{Ti}^{4+}$ 에 대하여 입도 분포 측정기(Particle size analysis, PSA)를 통해 획득한 입자 크기 분포에 관한 데이터이다.
- [0058] 도 3의 그래프를 참조할 때, 본 발명의 실시예에 따른 발광체의 대부분은 1.0 내지 1.5 마이크로미터의 직경을 가짐을 알 수 있다. 즉 본 발명의 치아 균열 검출 방법을 위해 치아에 제공되는 발광체는 1.0 내지 1.5 마이크로미터의 직경을 가질 수 있다.
- [0059] 도 2를 참조할 때, 제1-1 그래프(120)는 상기 발광체에 제공된 여기원에 관한 스펙트럼을 도시한 그래프이다. 상기 제1-1 그래프(120)는 상기 발광체의 477nm 발광에 따른 여기 스펙트럼이다. 상기 제1-1 그래프(120) 상에 도시된 스펙트럼은 200nm 내지는 360nm의 범위에 대해서 넓게 분포함을 알 수 있다.
- [0060] 제1-2 그래프(140)는 상기 발광체에 대한 광발광(photoluminescence) 스펙트럼을 도시한 그래프이다. 상기 제1-2 그래프(140)는 290nm의 파장을 가지는 여기원에 의한 여기에 따른 발광 스펙트럼이다. 상기 제1-2 그래프(140) 상에 도시된 스펙트럼은 477nm영역에 대해 최대 세기인 피크 파장을 가지고, 최대 세기인 피크 파장을 기준으로 할 때 비대칭적이고 넓은 스펙트럼 그래프를 형성한다. 일 실시예에 따르면 본 발명에 따른 발광체는 근 자외선 대역의 여기원이 제공되는 경우, 최대 피크파장이 420nm 내지는 500nm의 범위에 포함된 빛을 발산할 수 있다.
- [0061] 본 발명의 실시예에 따른 발광체는 치아에 제공되기 이전 혹은 치아에 제공된 이후의 시점에 소정의 광이 제공될 수 있다. 상기 소정의 광은 자외선 영역 또는 근자외선 영역의 광일 수 있다.
- [0062] 치아 균열 검출용 발광체(1200)는 다양한 형태로 제공될 수 있다.
- [0063] 일 실시예에 따르면 치아 균열 검출용 발광체는 졸(sol), 겔(gel), 수용액 또는 파우더(powder)의 형태로 제공될 수 있다. 졸은 둘 이상의 상이 복합적으로 구성된 액체로서, 고체 입자들이 콜로이드 형태로 분포된 액을 의미할 수 있다. 겔은 둘 이상의 물질이 혼합된 물질로서, 고체 또는 반고체 형태를 가진 물질을 의미할 수 있다. 수용액은 발광체가 물을 포함한 용매에 제공된 형태를 의미할 수 있다. 파우더는 발광체를 포함한 치아 균열 검출용 발광체(1200)가 분말 형태로 제공된 것일 의미할 수 있다. 치아 균열 검출용 발광체(1200)가 제공되는 형태는 상술된 예시에 한정되지 않는다.

- [0064] 치아 균열 검출용 발광체(1200)는 PDMS(Polydimethylsiloxane)와 혼합되어 제공될 수 있다.
- [0065] 치아 균열 검출용 발광체(1200)은 다양한 방식으로 제공될 수 있다.
- [0066] 일 예에 따르면, 치아 균열 검출용 발광체(1200)는 스프레이 혹은 분무기를 이용하여 치아에 제공되도록 구성될 수 있다. 치아 균열 검출용 발광체(1200)가 스프레이 혹은 분무기를 이용하여 제공되는 경우, 상기 치아 균열 검출용 발광체(1200)에 포함된 발광체는 수용액 혹은 소정의 액상 물질와의 혼합물 형태로 제공될 수 있다. 이 경우, 치아의 균열을 검출하기 위한 사용자는 치아에 상기 치아 균열 검출용 발광체(1200)를 제공하기 위해 소정의 거리가 이격된 위치에서 스프레이 혹은 분무기를 분사할 수 있다. 상기 소정의 거리는 5cm이하 일 수 있으며, 7cm이하일 수 있고, 3cm이하일 수 있다. 혹은 치아 균열 검출용 발광체(1200)를 제공하기 위한 대상 치아와 스프레이 혹은 분무기의 분사 지점과 접하거나 1cm이하의 매우 인접한 거리에서 분사되거나, 분사지점이 치아에 접하여 치아 균열 검출용 발광체(1200)가 분사되어 치아에 제공될 수 있다.
- [0067] 또 다른 예에 따르면, 치아 균열 검출용 발광체(1200)는 파우더(powder) 형태로 제공될 수 있다. 치아 균열 검출용 발광체(1200)가 파우더 형태로 제공되는 경우, 치아의 균열을 검출하기 위한 사용자는 소정의 도포 수단을 이용하여 치아 균열 검출용 발광체(1200)를 치아에 제공할 수 있다. 상기 소정의 도포 수단은 붓 또는 면직물일 수 있다.
- [0068] 예시적인 실시 형태에 따르면, 사용자는 파우더로 제공된 치아 균열 검출용 발광체(1200)를 상기 면직물에 소량 제공하고, 치아 균열 검출용 발광체(1200)가 치아에 제공되도록 치아 균열 검출용 발광체(1200)가 묻은 면직물을 치아에 대해 닦아낼 수 있다. 치아 균열 검출용 발광체(1200)가 제공되는 방법 및 양상은 상술한 예시에 한정되지 않으며, 다양한 실시 형태가 적용될 수 있다.
- [0070] 1-3 포토다이오드
- [0071] 포토다이오드(1400)는 빛을 감지하여 감지한 빛을 기초로 전기적 신호를 출력하는 광검출기(photodetector)를 의미할 수 있다. 본 발명의 실시예에 따른 포토다이오드는 일반적인 광검출기가 아닌 신축성(stretchable) 및 자기 치유 특성(self-healing)을 가지는 포토다이오드를 의미할 수 있다.
- [0072] 본 명세서에서 정의된, "신축성"은 대상의 모양 또는 크기가 변경될 수 있는 특성을 의미할 수 있으며, "자기 치유 특성"은 대상의 일부에 대해 물리적 손상이 발생하는 경우에도 인위적인 개입없이 자동적으로 손상을 복구하는 특성을 의미할 수 있다.
- [0073] 도 4은 본 발명의 실시예에 따른 포토다이오드를 나타낸 도면이다.
- [0074] 도 4을 참조할 때, 포토다이오드(1400)는 하이브리드 기관(1420), 디바이스 칩(1440) 및 신축성 전극(1460)을 포함할 수 있다.
- [0075] 하이브리드 기관(1420)은 신축부(1422)와 강성부(1424)를 구비할 수 있다. 이 때, 상기 강성부(1424)는: 높은 강성(rigidity)을 가지고 취성에 강한 재질이 포함되고, 디바이스 칩(1440)의 하부에 대응되는 위치에 배치될 수 있다. 상기 강성부(1424)는 유연성을 갖지 않는 열경화성 수지 등의 고강도 고분자 물질이 포함될 수 있다. 상기 신축부(1422)는 그 내부에 분산되어 인베디드 된 액체 캡슐(도면에 도시되지 않음)을 포함할 수 있다. 상기 액체 캡슐은 내부에 액체 금속이 포함되고, 외부가 산화막으로 둘러싸인 것일 수 있다. 상기 신축부는 PDMS, Ecoflex, Nusil, silicone elastomers, Polyimide, PEI(Polyethylene Isophthalate), PEN(Polyethylene Naphthalate), PET(Polyethylene Terephthalate), Cellulose, Styrene-Isoprene-Styrene copolymer, 형상기억 고분자 및 Hydrogels 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0076] 상기 액체 금속은 섭씨 20도 내지 30도 범위의 온도에서, 액상을 나타내는 금속을 포함할 수 있고, 전기 전도성을 가질 수 있다.
- [0077] 상기 액체 금속은, 갈륨, 인듐, 갈리스탄, EGaln, 금, 은, 주석, 수은, 납, 비스무트, 카드뮴 및 이들의 합금 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0078] 하이브리드 기관(1420)이 손상되는 경우 손상된 영역과 인접한 액체 캡슐에 대해서도 변형이 가해지고, 이로 인해 상기 액체 캡슐의 외부 산화막이 깨지게 되어 액체 금속이 누출될 수 있다. 그리고 누출된 액체 금속은 손상된 영역을 채우게 된다. 액체 금속은 전기 전도성을 가지기 때문에 하이브리드 기관(1420) 상에 손상 영역이 발생하는 경우에도, 하이브리드 기관(1420) 상에서의 전기적 연결은 유지될 수 있다. 상기 액체 금속은 인체에 무해한 특성을 가진다.

- [0079] 하이브리드 기관(1420)은 상기 포토다이오드(1400)에 외력 -상기 외력은 상기 포토다이오드가 굴곡진 영역에 제공되거나 인장되는 경우를 의미할 수 있음- 이 가해지는 경우 기계적 변화가 발생될 수 있으나, 강성부(1424)를 구비하여 하이브리드 기관(1420) 상에 위치한 디바이스 칩(1440)의 동작 성능을 유지시킬 수 있다.
- [0080] 디바이스 칩(1440)은 광감지 동작을 구현하기 위한 회로가 구현된 반도체 디바이스를 의미할 수 있다. 디바이스 칩(1440)은 하이브리드 기관(1420) 상에 위치하여, 고정될 수 있다. 더욱 상세하게는 디바이스 칩(1440)은 상술한 바와 같이 기계적 변형이 최소화되는 강성부(1424)에 위치하여 안정성이 확보될 수 있다.
- [0081] 신축성 전극(1460)은 복수의 디바이스 칩(1440) 사이를 물리적으로 연결하되, 전기적으로 연결할 수 있다. 즉 신축성 전극(1460)은 디바이스 칩(1440) 간에 전기적 신호가 흐르기 위한 경로일 수 있다. 상기 신축성 전극(1460)은 상기 신축성 전극(40)은, 금속 나노와이어(Metal nanowire), 금속 나노화이버(Metal nanofiber), 금속 나노트롭프(Metal nanotrough), 금속 나노메쉬, 금속 잉크, 액체 금속(liquid metal) 및 그래핀을 포함하여 전기 전도성을 가지는 물질을 적어도 포함할 수 있다.
- [0082] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 포토다이오드가 도포된 치아를 나타낸 도면이다. 본 발명의 실시예에 따른 포토다이오드가 치아의 표면에 제공되는 과정에서 신축성으로 인해 굴곡진 치아의 표면에 인접하여 제공될 수 있으며, 그 일부가 손상된 경우에도 자기 치유 특성으로 인해 포토다이오드 상에서 전기적 연결이 유지될 수 있다.
- [0083] 도 5를 참조할 때, 본 발명의 실시예에 따른 포토다이오드는 신축성 및 자기 치유 특성으로 인해, 치아의 굴곡진 표면 상에 적응하여 인접하여 부착되었음을 알 수 있다.
- [0085] 1-4 기타
- [0086] 치아에 제공된 발광체로부터 발산된 빛을 기초로 상기 포토다이오드가 출력한 전기 신호는 프로세서에 의해 디지털 신호로 변환될 수 있다. 상기 프로세서는 포토다이오드(1400)가 출력한 전기 신호를 획득할 수 있다. 상기 프로세서는 하드웨어나 소프트웨어 또는 이들의 조합에 따라 CPU나 이와 유사한 장치로 구현될 수 있다. 상기 프로세서는 하드웨어적으로는 전기적인 신호를 처리하여 제어 기능을 수행하는 전자 회로 형태로 제공될 수 있다. 또 상기 프로세서는 소프트웨어적으로는 하드웨어적인 프로세서에 의해 처리되는 프로그램이나, 어플리케이션, 펌웨어 등의 형태로 제공될 수 있다.
- [0087] 상기 프로세서는 포토다이오드(1400)가 출력한 전기 신호를 기초로 치아의 균열에 관한 정보를 획득할 수 있다. 상기 전기 신호는 상기 치아의 균열에 관한 정보를 포함할 수 있다. 상기 프로세서는 미리 마련된 데이터 -상기 미리 마련된 데이터는 치아의 균열에 관한 백데이터를 포함함 - 와 상기 전기 신호를 기초로, 상기 치아의 균열에 관한 정보를 획득할 수 있다.
- [0088] 예를 들어 상기 프로세서는 치아에 제공된 발광체를 통해 획득한 광 데이터가 소정의 치아 균열 정보에 대응된다는 백데이터를 미리 확보할 수 있다. 이후에 사용자는 치아에 발광체를 제공하고, 외력을 가함으로써 출력된 광을 통해 상기 사용자의 치아의 균열에 관한 정보를 획득할 수 있다.
- [0089] 상기 치아의 균열에 관한 정보는 디스플레이 장치를 통해 사용자에게 시각 데이터로 제공할 수 있다.
- [0090] 이하에서는, 본 발명에 따른 치아의 균열 검출 방법에 관하여 후술하도록 한다.
- [0092] 2. 검출 방법
- [0093] 2-1 개괄
- [0094] 도 6 는 본 발명의 실시예에 따른 치아의 균열 검출 방법을 나타낸 순서도이다.
- [0095] 도 6를 참조할 때, 본 발명에 따른 치아의 균열 검출 방법은 발광체를 치아에 제공하는 단계(S1200)를 포함할 수 있다. 상기 발광체는 도 1을 참조하여 기술한 기계 발광 특성을 가지는 발광체를 의미할 수 있으며, 다양한 형태 및 방법으로 치아에 제공될 수 있다.
- [0096] 상기 발광체는 상기 치아의 외부 표면에 제공되되, 상기 치아에 균열이 존재하는 경우 상기 치아의 균열의 틈에 제공될 수 있다. 일 예에 따르면, 상기 치아의 균열의 크기는 상기 발광체의 크기보다 적어도 큰 크기를 가질 수 있다. 따라서, 상기 치아의 균열의 크기는 1.0 마이크로미터 이상일 수 있다.
- [0097] 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 발광체가 제공된 치아를 나타낸 도면이다.

- [0098] 도 8을 참조할 때, 발광체는 균열이 존재하는 치아의 틈 사이에 침투하였음을 확인할 수 있다. 상기 발광체가 상기 치아의 균열 사이에 침투하여 제공되는 경우, 상기 발광체 간에 서로 인접하거나 상기 발광체와 상기 치아의 표면은 서로 인접할 수 있다. 이에 따라, 상기 치아에 직접 혹은 간접적으로 외력이 가해지는 경우 상기 발광체에는 상기 외력에 의한 응력이 발생할 수 있다.
- [0099] 본 발명에 따른 치아의 균열 검출 방법은 치아에 포토다이오드를 커버하는 단계(S1400)를 포함할 수 있다. 본 명세서에서 "커버 (cover)"는 대상 외면의 적어도 일부를 덮는 것을 의미할 수 있다. 상기 치아에 포토다이오드를 커버하는 단계(S1400)에서는, 상기 치아의 전면, 윗면, 후면 중 적어도 어느 하나를 포함하는 외면에 상기 포토다이오드를 커버할 수 있다.
- [0100] 일 실시예에 따르면, 상기 포토다이오드를 균열 여부를 판단하기 위한 치아의 윗면, 상기 윗면과 인접한 전면의 일부 및 상기 윗면과 인접한 후면의 일부에 커버할 수 있다.
- [0101] 본 발명에 따른 치아의 균열 검출 방법은 치아에 외력을 가하는 단계(S1600)를 포함할 수 있다. 상기 외력은 치아 균열 검출을 위한 사용자의 저작 운동에 의한 것일 수 있다. 혹은 상기 외력은 외부에서 제공되는 도구에 의해 가해지는 압력일 수 있다. 상기 외력은 50N보다 크되, 500N보다 작을 수 있다. 상술한 수치 범위는 사람에게 의한 저작 운동의 세기에 관한 수치 범위일 수 있다.
- [0102] 상기 외력이 치아에 제공되는 경우, 상기 발광체는 빛을 발산할 수 있다. 상기 외력은 상기 발광체가 발광하기 위한 최소 힘의 세기를 의미할 수 있다. 상술한 바와 같이, 상기 발광체는 각각의 발광체 간 혹은 발광체와 치아의 외부 표면이 서로 적어도 일부가 접할 수 있다. 이에 따라, 상기 치아에 외력이 제공되는 경우, 상기 발광체에 대해서 응력을 발생시킬 수 있고, 발생한 응력에 의해 상기 발광체는 빛을 발산시킬 수 있다.
- [0103] 상기 발광체가 발산한 빛은 상기 외력의 세기에 따라 상이할 수 있다. 또한 상기 발광체가 발산한 빛은 상기 발광체의 상기 치아에서의 위치에 따라 상이할 수 있다. 예를 들어 외력이 제공됨에 따라, 3mm의 깊이에 위치하는 발광체가 제1 광 세기를 가지는 빛을 발산할 때, 1mm의 깊이에 위치하는 발광체는 상기 제1 광 세기와는 상이한 제2 광 세기를 가지는 빛을 발산할 수 있다.
- [0104] 본 발명에 따른 치아의 균열 검출 방법은 치아의 균열에 관한 정보를 획득하는 단계(S1800)를 포함할 수 있다. 본 명세서에서 정의하는 치아의 균열에 관한 정보는: 치아의 균열에 관한 크기, 깊이 또는 형태에 관한 정보 중 적어도 어느 하나에 관한 정보를 의미할 수 있다. 혹은 상기 치아의 균열에 관한 정보는 상기 치아에 균열이 발생했는지 여부에 관한 정보일 수 있다.
- [0105] 이 때, 상기 치아의 균열에 관한 깊이에 관한 정보는 균열의 길이 방향의 길이 수치를 의미할 수 있다.
- [0106] 치아 균열을 검출하고자 하는 사용자는 본 발명에 따른 치아 균열 검출 방법을 이용하여 미세한 크기를 가진 치아 균열을 검출할 수 있다. 본 발명에 따른 치아 균열 검출 방법에 의하면, 치아에 제공되는 발광체보다 적어도 큰 크기를 가지는 치아 균열에 대해서 검출할 수 있다.
- [0107] 상기 치아의 균열의 형태에 관한 정보는 균열의 모양을 의미할 수 있다. 예를 들어, 상기 치아의 균열이 아래로 볼록한 형태로 굽어 있는 경우, 이러한 모양이 상기 치아의 균열에 관한 형태에 관한 정보를 의미할 수 있다.
- [0108] 상기 치아의 균열에 관한 정보는: 상기 치아에 커버된 포토다이오드가 출력한 전기적 신호를 기초로 한 정보가 되, 도 1을 참조하여 상술한 프로세서가 상기 전기적 신호를 기초로 출력한 정보일 수 있다. 결국 상기 포토다이오드를 통해 상기 치아의 균열에 관한 정보를 획득할 수 있다.
- [0109] 즉 상기 치아의 균열에 관한 정보는 상기 치아에 제공된 발광체가 외력이 가해짐에 따라 발산한 빛을 기초로 한 정보일 수 있다. 상기 발산한 빛은 상기 치아 균열 내부의 위치 등에 따라 상이하게 발산된 빛일 수 있다. 따라서, 상기 발산한 빛은 치아의 균열 내부에 관한 위치 정보를 포함할 수 있다. 상기 위치 정보는 치아 균열의 깊이, 형태에 관한 정보를 포함한 의미일 수 있다.
- [0110] 치아의 균열의 크기는 매우 미세하여 조기 진단이 매우 곤란할 수 있다. 다만, 본 발명에 따른 치아의 균열 검출 방법에 의하면 미세한 크기의 발광체가 제공되므로 작은 크기를 가지는 치아 균열에 대해서도 검출 대상으로 하고, 상기 발광체에 외력이 제공되어 발산되는 빛을 치아에 인접하여 커버되는 포토다이오드를 통해 높은 정확도로 감지할 수 있다. 즉, 본 발명에 따른 치아의 균열 검출 방법은 작은 치아 균열에 대해 높은 정확도로 검출할 수 있다.
- [0111] 이하에서는 본 발명에 따른 치아의 균열 검출 방법에 관한 부가적인 단계에 관한 내용을 후술하도록 한다.



- [0113] 2-2 부가 단계
- [0114] 2-2-1 자외선 조사
- [0115] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 치아의 균열 검출 방법을 나타낸 순서도이다. 도 7은 도 6를 참조하여 상술한 치아의 균열 검출 방법을 기초로 하되, 일부 부가 단계가 더 포함된 순서도이다. 도 6를 참조하여 상술한 치아의 균열 검출 방법에 관한 내용과 중복될 수 있는 내용은 생략하도록 한다.
- [0116] 본 발명의 실시예에 따른 치아의 균열 검출 방법은 발광체에 자외선을 조사하는 단계(S1100), 발광체를 치아에 제공하는 단계(S1200), 발광체의 적어도 일부를 제거하는 단계(S1300), 치아에 포토다이오드를 커버하는 단계(S1400), 치아에 외력을 가하는 단계(S1600) 및 치아의 균열에 관한 정보를 획득하는 단계(S1800)을 포함할 수 있다.
- [0117] 본 발명의 실시예에 따른 발광체는 기계 발광 특성을 가지되, 빛을 발산하기 위해서는 외력이 제공되기 이전에 여기원이 제공되어야 할 수 있다. 상기 여기원은 근자외선 영역 또는 자외선 영역의 빛을 의미할 수 있다. 상기 자외선 영역은 100nm 내지는 400nm 영역을 의미하고, 상기 근자외선 영역은 300nm 내지는 400nm 영역을 의미할 수 있다.
- [0118] 본 발명의 실시예에 따른 치아의 균열 검출 방법은 상기 발광체에 대해 자외선을 조사하는 단계(S1100)가 포함될 수 있다.
- [0119] 자외선이 조사되는 시기는 특정 시점에 한정되지 않는다. 일 실시예에 따르면, 상기 발광체에 자외선을 조사하는 단계는 상기 발광체가 상기 치아에 제공되는 단계 이전에 수행될 수 있다. 혹은 상기 발광체에 자외선을 조사하는 단계는 상기 발광체가 상기 치아에 제공되는 단계 이후에 수행되되, 상기 치아에 포토다이오드를 커버하는 단계 이전에 수행될 수 있다.
- [0120] 도 7에서는 발광체에 자외선을 조사하는 단계가 발광체를 치아에 제공하는 단계 이전에 수행되는 것으로 표현되어 있으나, 상술한 바와 같이 상기 발광체에 자외선을 조사하는 단계가 수행되는 시점은 특정 시점에 한정되지 않는다. 적어도 상기 발광체는 상기 치아에 대해 외력이 가해지는 시점 이전에 수행되면 충분하다.
- [0122] 2-2-2 일부 발광체 제거
- [0123] 본 발명의 실시예에 따른 치아의 균열 검출 방법은 발광체의 적어도 일부를 제거하는 단계(S1300)를 포함할 수 있다. 본 단계에서 제거하고자 하는 발광체는 상기 치아의 외부면에 위치한 발광체를 의미할 수 있다.
- [0124] 상기 치아의 균열에 관한 정보의 정확도를 향상시키기 위해서는, 상기 치아의 균열에 위치한 발광체의 양이 상기 치아의 외부면에 위치한 발광체의 양보다 더 우세할 필요성이 있을 수 있다. 이를 위해, 추후 단계에서 빛을 측정하기 위한 포토다이오드를 커버하기 이전의 시점에 상기 치아의 외부 면에 위치한 발광체의 적어도 일부를 제거하는 단계가 수행될 수 있다.
- [0125] 발광체의 적어도 일부를 제거하는 단계(S1300)는 다양한 방법에 의해 수행될 수 있다. 예를 들어, 상기 치아의 외부 면에 위치한 발광체를 면직물을 이용하여 닦아낼 수 있으며, 혹은 구강 세척액을 이용하여 상기 치아의 외부 면에 위치한 발광체의 적어도 일부를 제거할 수 있다. 상기 구강 세척액은 물을 의미할 수 있다. 발광체의 적어도 일부를 제거하는 방법은 상술된 예시에 한정되지 않는다.
- [0126] 발광체의 적어도 일부를 제거하는 단계(S1300)는 필수적이지는 않을 수 있다. 치아에 외력이 제공되는 경우, 치아의 내부 균열에서 발생하는 응력은 상기 치아의 외부면에서 발생하는 응력에 비해 더 큰 값을 가지기 때문일 수 있다.
- [0127] 이하에서는 치아에 포토다이오드를 커버하는 단계의 상세한 세부 내용에 대하여 서술하도록 한다.
- [0129] 2-3 커버 단계 상세
- [0130] 도 9은 본 발명의 실시예에 따른 치아의 균열 검출 방법 중 커버하는 단계에 관한 순서도이다.
- [0131] 도 9을 참조할 때, 본 발명의 실시예에 따른 치아의 균열 검출 방법은 제1 길이를 가지는 포토다이오드를 준비하는 단계(S1420)를 포함할 수 있다.
- [0132] 상기 포토다이오드는 도 4을 참조하여 상술한 바와 같이, 신축성을 가지고 있어 외부에서 제공되는 인장 응력 혹은 압축 응력에 의해 길이가 변경될 수 있다. 상기 제1 길이는 외부에서 제공되는 인장 응력 혹은 압축 응력

이 없을 때의 상기 포토다이오드의 길이를 의미할 수 있다.

- [0133] 본 발명의 실시예에 따른 치아의 균열 검출 방법은 포토다이오드가 제2 길이를 가지도록 포토다이오드를 연장하는 단계(S1440)를 포함할 수 있다. 상기 제2 길이는 상기 제1 길이보다 큰 길이 값을 가질 수 있다. 즉 상기 포토다이오드는 외부로부터 인장 응력을 포함하는 외력이 제공되어 그 길이가 연장될 수 있다.
- [0134] 상기 포토다이오드는 상기 제2 길이를 가지도록 인장되는 과정에서, 적어도 일부가 훼손될 수 있다. 하지만 상기 포토다이오드는 자기 치유 특성을 가지고, 상기 포토다이오드에 포함된 액체 금속 간의 전기적 연결로 인해 상기 포토다이오드의 전기적 성능을 유지할 수 있다.
- [0135] 본 발명의 실시예에 따른 치아의 균열 검출 방법은 연장된 포토다이오드를 치아의 외부면에 부착하는 단계(S1460)를 포함할 수 있다. 상기 외부면은 상기 치아의 상면, 전면 및 후면 중 적어도 하나이되, 선택된 면 중 적어도 일부를 의미할 수 있다. 본 단계에서 상기 포토다이오드는 상기 제2 길이보다 적어도 작은 길이 값을 가지는 제3 길이를 가질 수 있다. 외력으로 인해 그 일부가 손상된 경우에도 상기 포토다이오드의 자기 치유 특성으로 인해, 손상된 영역이 회복될 수 있다. 자기 치유 특성으로 인한 회복 과정에서 상기 포토다이오드는 수축되어 길이가 감소될 수 있다.
- [0136] 상기 제3 길이는 상기 치아와 상기 포토다이오드가 접하는 면의 길이에 의해 정의 될 수 있다. 치아의 외부 면은 매끄럽지 않고 불규칙적이기 때문에, 단순히 포토다이오드가 커버되기는 곤란할 수 있다. 치아의 외부 표면에 충분히 인접하여 포토다이오드가 커버되지 않는 경우, 상기 치아의 균열에 위치한 발광체가 발산하는 광에 대한 해석이 왜곡될 수 있다. 따라서, 상기 포토다이오드는 불규칙적인 외부 표면을 가지는 치아의 외부 표면에 충분히 인접하여 커버될 필요성이 있다.
- [0137] 상기 포토다이오드는 신축성 및 자기 치유 특성을 가지기 때문에, 인장 응력에 의해 연장된 이후 상기 치아의 외부 표면의 길이에 대응되도록 치유되어 수축될 수 있다. 이에 따라 상기 포토다이오드가 치유되어 길이가 수축되는 과정에서 상기 치아의 외부 면에 충분히 인접하여 커버되기 때문에, 상기 제3 길이는 상기 치아와 상기 포토다이오드가 접하는 면의 길이에 의해 정의 될 수 있다. 이에 따라 상기 포토다이오드는 치아의 균열 여부를 판단하기 위한 위치에 고정되어 커버될 수 있다. 상기 포토다이오드가 상기 치아의 외부 표면에 충분히 인접하여 커버된다는 특징으로 인해, 상기 포토다이오드는 상기 치아에 제공된 발광체가 발산한 빛을 소실 없이 높은 신뢰도로 획득할 수 있다.
- [0139] 2-4 구성도
- [0140] 도 10는 본 발명의 실시예에 따른 진단 키트의 구성도에 관한 일 예이다.
- [0141] 도 10를 참조할 때, 발광체가 제공된 치아(2400)에는 외력이 제공될 수 있다. 상술한 바와 같이 상기 외력은 상기 치아의 균열에 위치한 발광체에 응력을 제공하고, 상기 발광체는 빛을 발산할 수 있다.
- [0142] 본 발명의 실시예에 따른 포토다이오드(2200)는 광 감지 모듈(2240) 및 안테나 유닛(2220)을 포함할 수 있다.
- [0143] 광 감지 모듈(2240)은 외부로부터 제공되는 빛을 감지하여 전기 신호로 출력할 수 있다. 안테나 유닛(2220)은 상기 광 감지 모듈(2240)이 출력한 전기 신호 또는 상기 전기 신호를 기초로 한 통신 신호를 출력하여, 구강 외부에 위치한 통신 모듈(2600)에 제공할 수 있다. 상기 광감지 모듈(2240) 또는 상기 안테나 유닛(2220)은 도 4을 참조하여 상술한 디바이스 칩을 의미할 수 있다. 상기 전기 신호와 상기 통신 신호는 상기 치아의 균열에 관한 정보를 적어도 포함할 수 있다. 상기 통신 신호는 상기 안테나 유닛(2220)이 상기 통신 모듈(2600)이 수신할 수 있는 소정의 주파수를 가진 전기 신호일 수 있다.
- [0144] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 치아의 균열을 검출하기 위한 발광체에 관한 실험 데이터를 서술하도록 한다.
- [0146] 3. 실험 데이터
- [0147] 3-1 발광체 제공 및 외력 관련
- [0148] 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 발광체가 제공된 치아에 압축 하중에 따른 발광 세기를 나타낸 그래프이다.
- [0149] 도 11 및 도 12에 도시된 데이터는 본 발명의 실시예에 따른 발광체에 300N의 힘을 3초간 가하여 획득되는 응력에 관한 데이터이다.
- [0150] 도 11을 참조할 때, 본 발명에 따른 발광체는 압축 하중이 증가함에 따라 정규화 된 ML의 세기가 증가함을 알

수 있다. 도 11의 정규화된 기계 발광의 세기는 기계적 외력이 가해짐에 따라 발광체가 발산하는 빛의 세기이되, 정규화 된 데이터를 의미할 수 있다. 상술한 바와 같이 치아의 균열 내부의 발광체의 위치에 따라 상기 발광체에 가해지는 외력이 상이하고, 이에 따라 상기 발광체가 발산하는 빛의 세기가 상이할 수 있음을 알 수 있다. 결국 상기 발광체가 출력하는 빛의 세기는 상기 치아의 균열에 관한 정보를 포함하는 것으로 해석할 수 있다.

[0151] 도 12은 본 발명의 실시예에 따른 발광체가 제공된 치아의 발광 세기를 나타낸 도면이다.

[0152] 도 12을 참조할 때, 상술한 바와 같이 저작력(Masticatory force)이 제공되는 경우 치아(tooth)의 균열 사이에 침투한 발광체(ZRT-filled crack)에 대해 응력이 발생함을 알 수 있다. 본 도면에서의 실험 데이터는 발광체의 화학식의 일 예인  $ZrO_2Ti^{4+}$  (ZRT)에 대한 실험 데이터이다. 본 도면에서는, 치아의 균열에서 발생한 응력을 폰 미세스 응력(Von mises stress) 정의식을 이용하여 표현하였다. 본 도면의 우측 그림을 참조하면, 우측 그림의 숫자에 대한 단위는 MPa로 표시되었고, 청색 계열로 표현될수록 작은 응력이 발생했음을 의미하며, 적색 계열로 표현될수록 큰 응력이 발생했음을 의미한다. 즉 치아에 제공된 발광체에 대해서 발생한 응력은 증폭된 응력 분포(amplified stress distribution on ZRT)를 가짐을 알 수 있다.

[0154] 3-2 치아의 균열에 관한 정보 - 모양, 깊이 및 방향

[0155] 도 13는 본 발명의 실시예에 따른 치아의 균열의 유형 별 응력 증폭비를 나타낸 그래프이다. 응력 증폭비(stress amplification ratio)는 치아에 균열이 없는 경우의 응력에 대한 치아에 균열이 존재하는 경우의 응력의 비율로 정의된 파라미터일 수 있다.

[0156] 제3-1 그래프(320)는 치아의 균열이 수평 방향을 향하도록 발생한 경우 발생하는 응력에 관한 데이터를 나타낸 그래프이다. 구체적으로, 도 13의 수평 방향을 향하는 치아 균열에 관한 도면을 참조할 때, 제3-1 그래프(320)는 A1 지점과 B1 지점 사이 영역에 대한 응력 증폭비를 나타낸다. 제3-1 그래프(320)의 A1은 화살표의 출발 지점, B1은 화살표의 끝 지점을 의미한다. 제3-1 그래프(320)를 기준으로 할 때, 도 13의 그래프의 X축의 A는 A1 지점, B는 B1 지점을 의미한다.

[0157] 제3-2 그래프(340)는 치아의 균열이 기울어진 방향을 향하도록 발생한 경우 발생하는 응력에 관한 데이터를 나타낸 그래프이다. 구체적으로, 도 13의 45도 기울어진 방향을 향하는 치아 균열에 관한 도면을 참조할 때, 제3-2 그래프(340)는 A2 지점과 B2 지점 사이 영역에 대한 응력 증폭비를 나타낸다. 제3-2 그래프(340)의 A2은 화살표의 출발 지점, B2은 화살표의 끝 지점을 의미한다. 제3-2 그래프(340)를 기준으로 할 때, 도 13의 그래프의 X축의 A는 A2 지점, B는 B2 지점을 의미한다.

[0158] 제3-3 그래프(360)는 치아의 균열이 수직 방향을 향하도록 발생한 경우 발생하는 응력에 관한 데이터를 나타낸 그래프이다. 구체적으로, 도 13의 수직 방향을 향하는 치아 균열에 관한 도면을 참조할 때, 제3-3 그래프(360)는 A3 지점과 B3 지점 사이 영역에 대한 응력 증폭비를 나타낸다. 제3-3 그래프(360)의 A3은 화살표의 출발 지점, B3은 화살표의 끝 지점을 의미한다. 제3-3 그래프(360)를 기준으로 할 때, 도 13의 그래프의 X축의 A는 A3 지점, B는 B3 지점을 의미할 수 있다.

[0159] 도 13을 참조할 때, 치아에 균열이 존재하는 경우 발생하는 응력이 치아에 균열이 존재하지 않는 경우의 응력과 비교할 때, 더 큰 값을 가짐을 알 수 있다. 특히, 제3-1, 제3-2 및 제3-3 그래프(320, 340, 360)를 참조할 때, 각 치아 균열이 형성된 방향에 따라 응력이 증폭되는 정도가 상이함을 알 수 있다. 따라서 본 발명에 따른 발광체로부터 발산된 빛을 통해 치아 균열의 방향에 관한 정보를 획득할 수 있다.

[0161] 3-3 실험예

[0162] 도 14 내지 도 16는 본 발명의 실시예에 따른 치아의 발광 모습을 나타낸 도면이다.

[0163] 3-3-1 실험예 1

[0164] 도 14은 실험예 1을 나타낸 도면이다.

[0165] 실험예 1에서는: 치아에 본 발명의 실시예에 따른 발광체를 제공하는 단계가 수행되고, 발광체가 제공된 이후 254nm 파장을 가지는 자외선 램프를 20초 간 치아에 조사하는 단계가 수행되었다. 자외선이 조사되는 단계가 수행된 이후 상기 치아에 대해 100N의 외력을 가하였다.

[0166] 도 14a(520)를 참조할 때 상기 자외선 램프에 의한 빛이 조사되는 중에는 상기 발광체가 빛을 발산하지만, 도 14b(540)을 참조할 때 상기 자외선 램프에 의한 빛이 제거된 이후에는 상기 발광체가 빛을 발산하지 않음을 알

수 있다. 그리고 도 14c(560)을 참조할 때 상기 치아에 대해 외력을 가하였을 때, 상기 발광체의 기계 발광 특성으로 인하여 빛을 발산함을 알 수 있다.

[0168] 3-3-2 실험예 2

[0169] 도 15는 실험예 2를 나타낸 도면이다.

[0170] 실험예 2에서는: 소정의 깊이의 균열을 가지는 치아에 본 발명의 실시예에 따른 발광체를 제공하는 단계를 수행하고, 발광체를 제공한 이후 254nm 파장을 가지는 자외선 램프를 20초간 치아에 조사하였다. 자외선 램프를 조사한 이후 상기 치아에 대해 각각 25N, 50N, 100N의 외력을 가하였다.

[0171] 도 15를 참조할 때, 상기 치아에 제공된 외력(25N, 50N, 100N)에 따라 상기 발광체에 의해 발산하는 빛의 세기가 상이함을 알 수 있다. 상술한 바와 같이 치아에 균열이 존재할 때 저작 운동을 하는 경우, 균열의 위치에 따라 발생하는 응력이 상이하므로, 상기 발광체가 제공된 치아에서 발산되는 빛의 세기를 통해 상기 치아의 균열의 깊이에 관한 정보를 획득할 수 있다.

[0172] 상기 발산되는 빛의 세기에 관한 정보는 상기 치아에 제공되는 포토다이오드를 통해 획득될 수 있다.

[0174] 3-3-3 실험예 3

[0175] 도 16는 실험예 3를 나타낸 도면이다.

[0176] 실험예 3에서는: "Y" 형태의 균열을 가진 치아에 본 발명의 실시예에 따른 발광체를 제공하고, 발광체를 제공한 이후 254nm 파장을 가지는 자외선 램프를 20초간 치아에 조사하였다. 자외선 램프를 조사한 이후 상기 치아에 대해 각각 25N, 50N, 100N의 외력을 가하였다.

[0177] 도 16를 참조할 때, 상기 발광체가 제공된 치아의 균열은 "Y" 형태를 가지고, 이에 따라 상기 발광체가 치아에 외력이 제공되는 경우 발산되는 빛의 형태는 "Y" 형태를 가짐을 알 수 있다. 즉 치아 균열의 형태에 따라 발산되는 빛이 형성하는 형태가 상이함을 알 수 있다.

[0178] 상기 발산되는 빛이 형성하는 형태에 관한 정보는 상기 치아에 제공되는 포토다이오드를 통해 획득될 수 있다.

[0180] 이상에서 설명한 본 발명의 실시예에 따른 방법들은 단독으로 또는 서로 조합되어 이용될 수 있다. 본 발명의 실시예에 따른 방법에서 설명된 각 단계들은 모두 필수적인 것은 아니므로 각 방법들이 그 단계들을 전부 포함하는 것은 물론 일부만 포함하여 수행되는 것도 가능하다. 또 각 단계들이 설명된 순서는 설명의 편의를 위한 것에 불과하므로, 본 발명에서 설명된 방법에서 각 단계들이 반드시 설명된 순서대로 진행되어야 하는 것은 아니다.

[0181] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 이상에서 설명한 본 발명의 실시예들은 서로 별개로 또는 조합되어 구현되는 것도 가능하다.

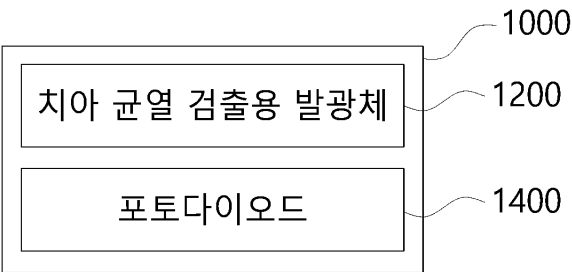
[0182] 따라서, 본 발명에 개시된 실시 예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시 예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.



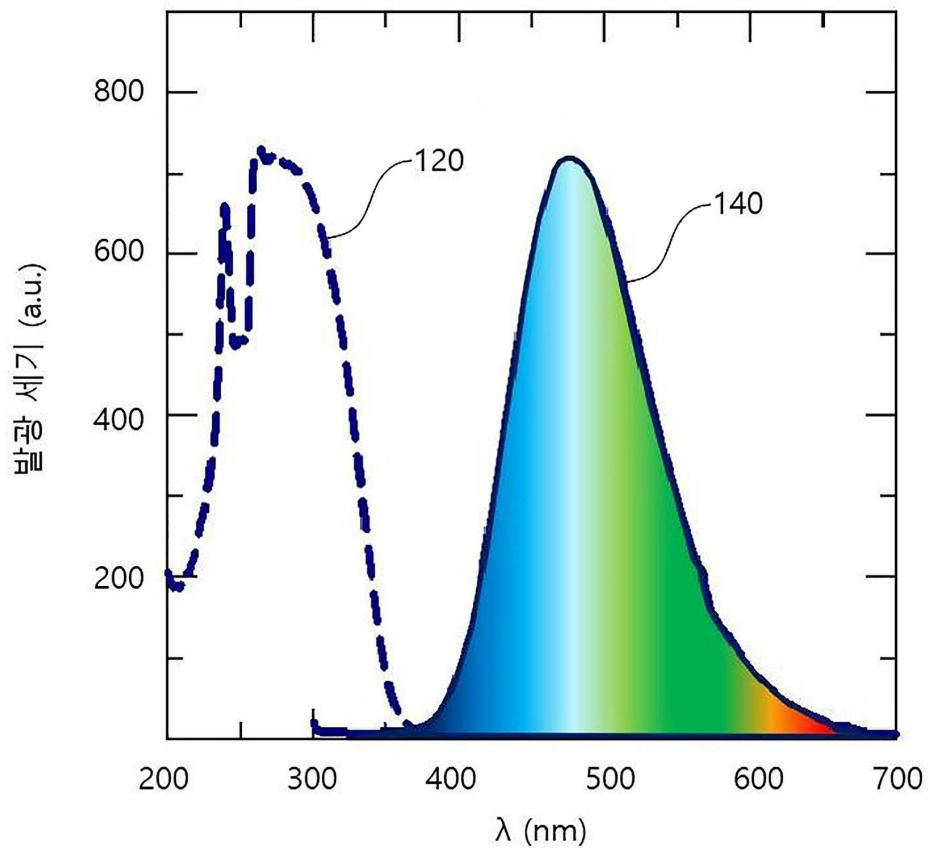
도면

도면1

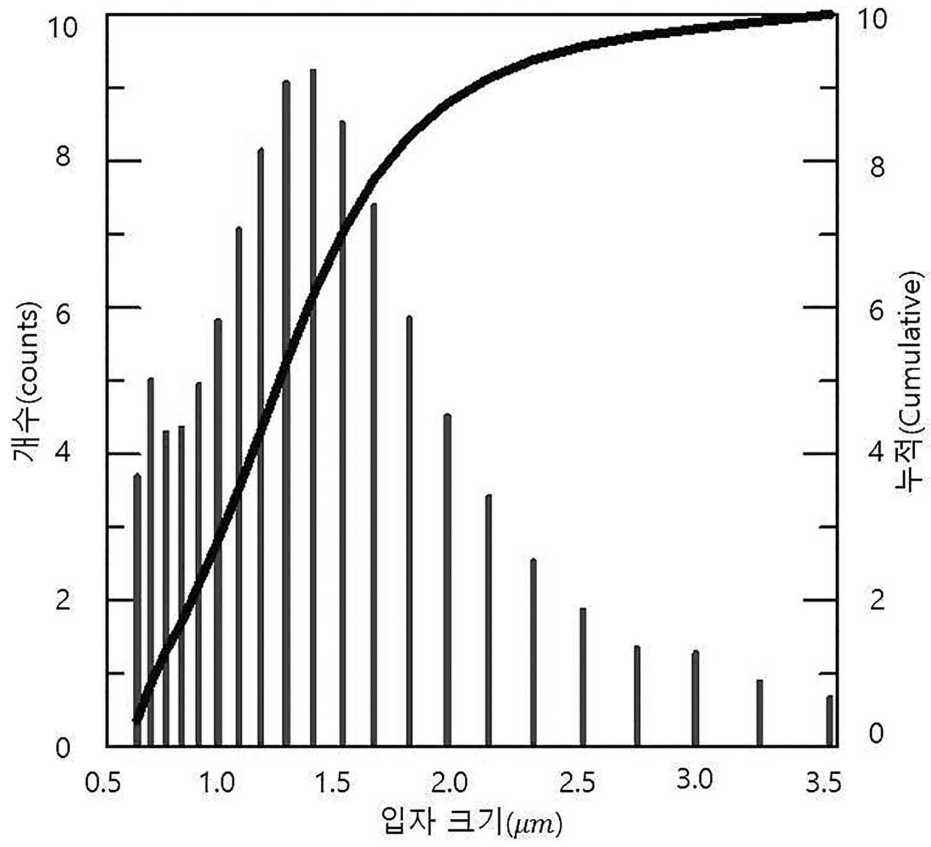
진단 키트



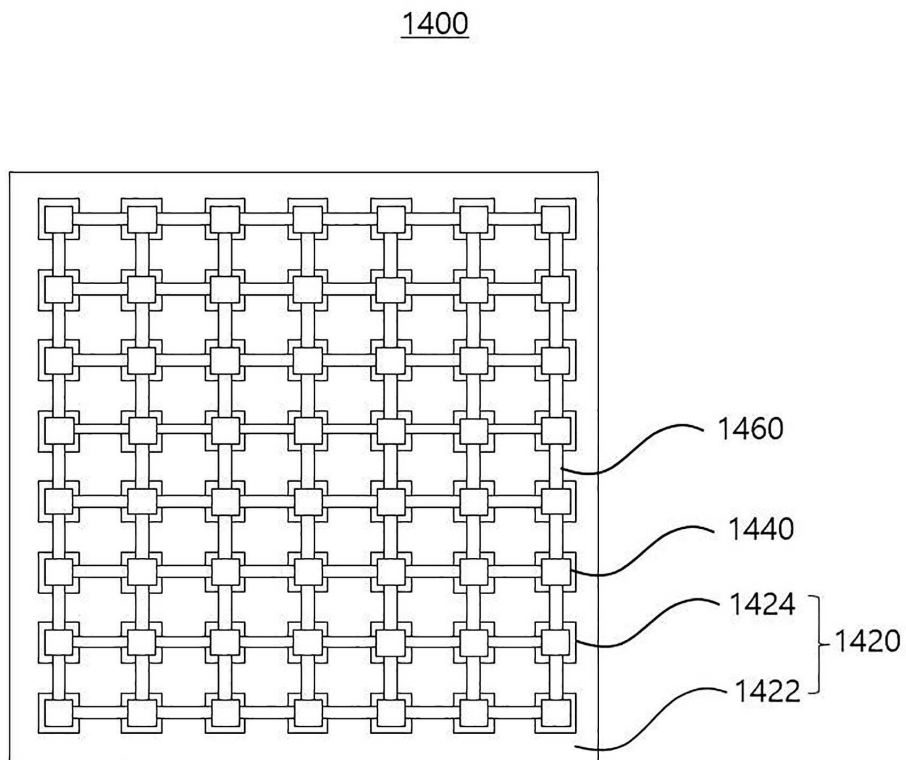
도면2



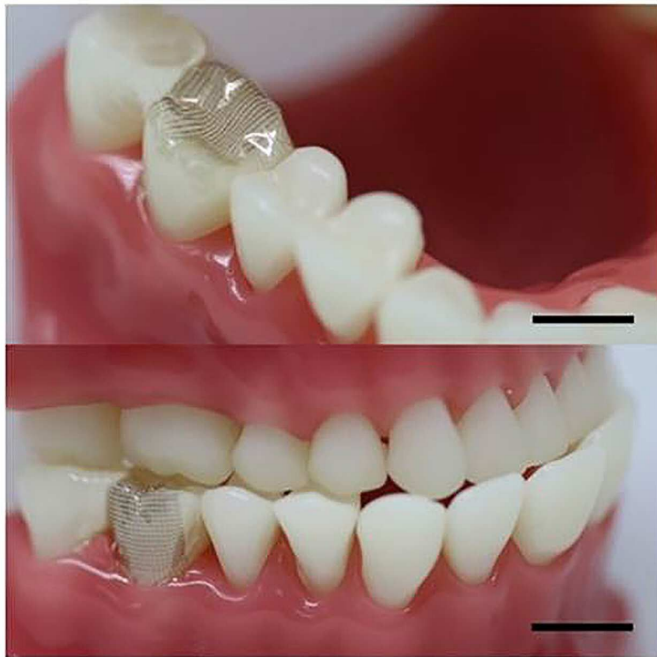
도면3



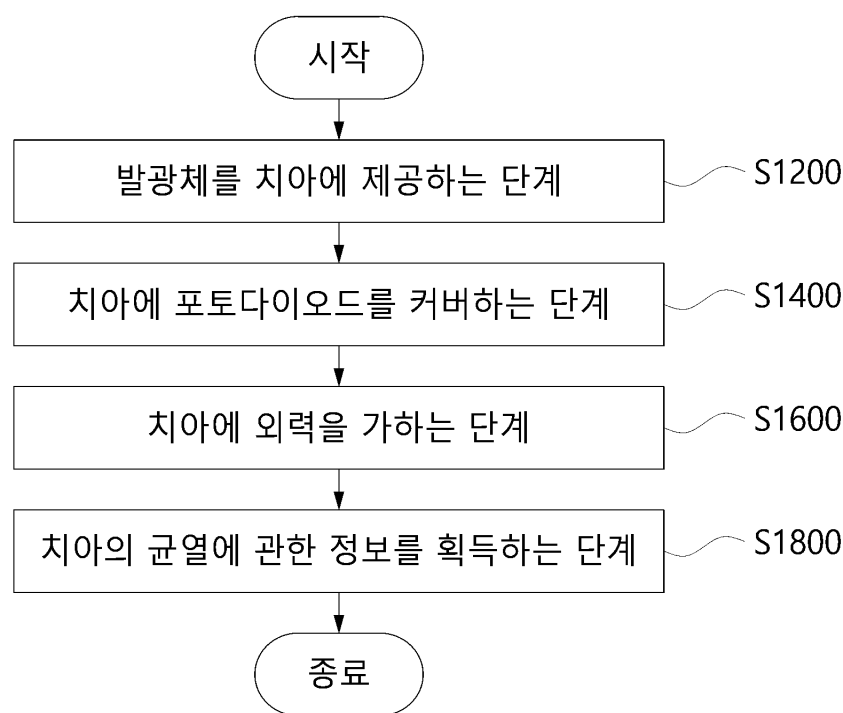
도면4



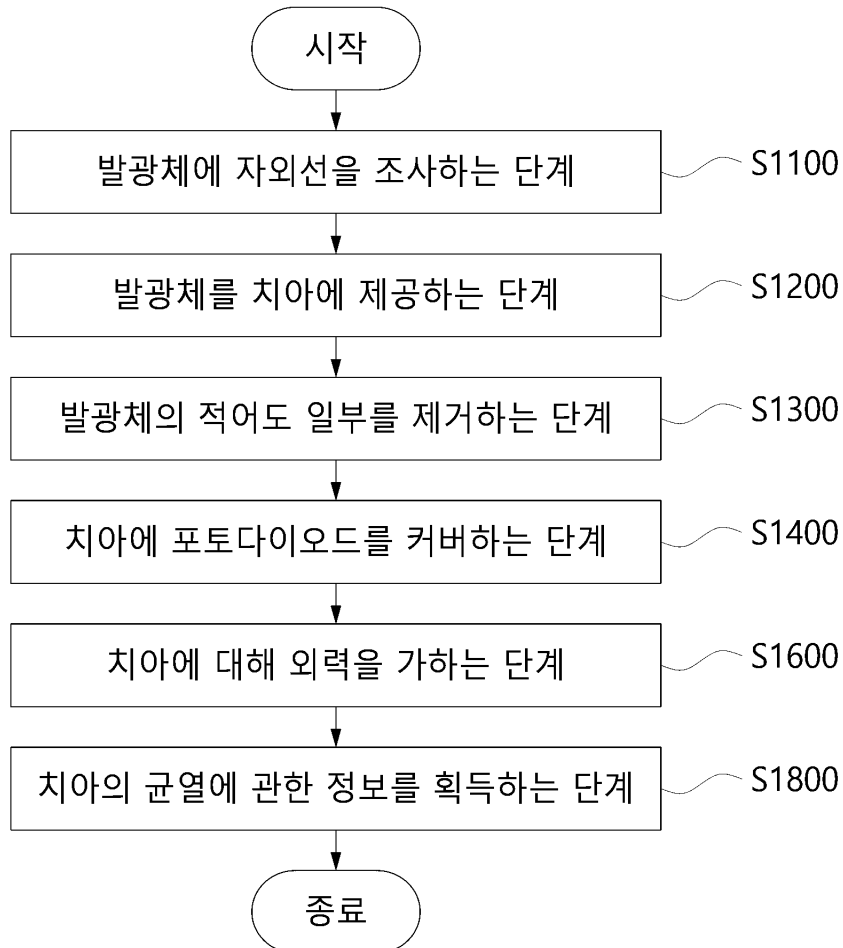
도면5



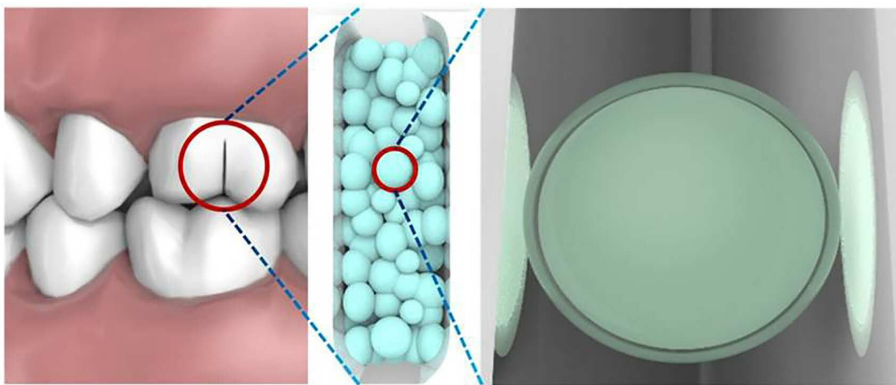
도면6



도면7

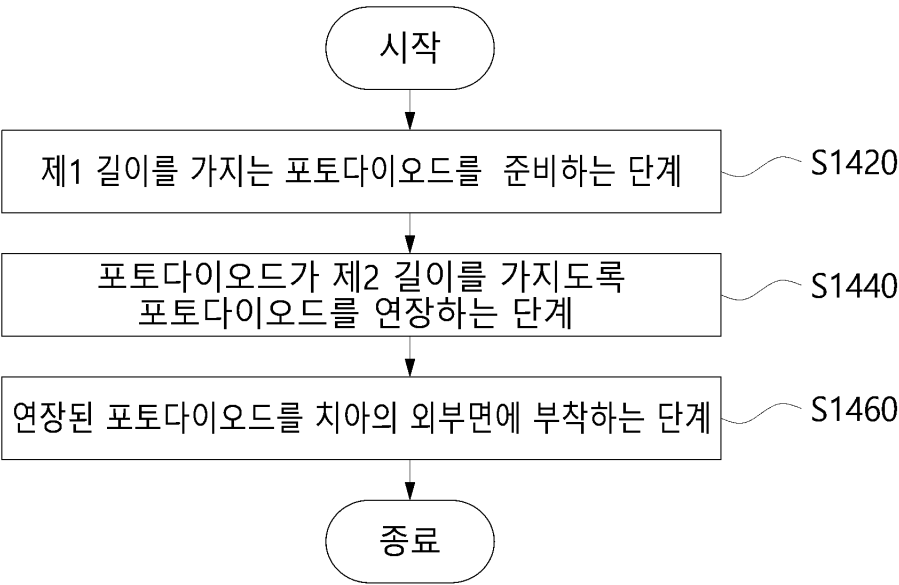


도면8

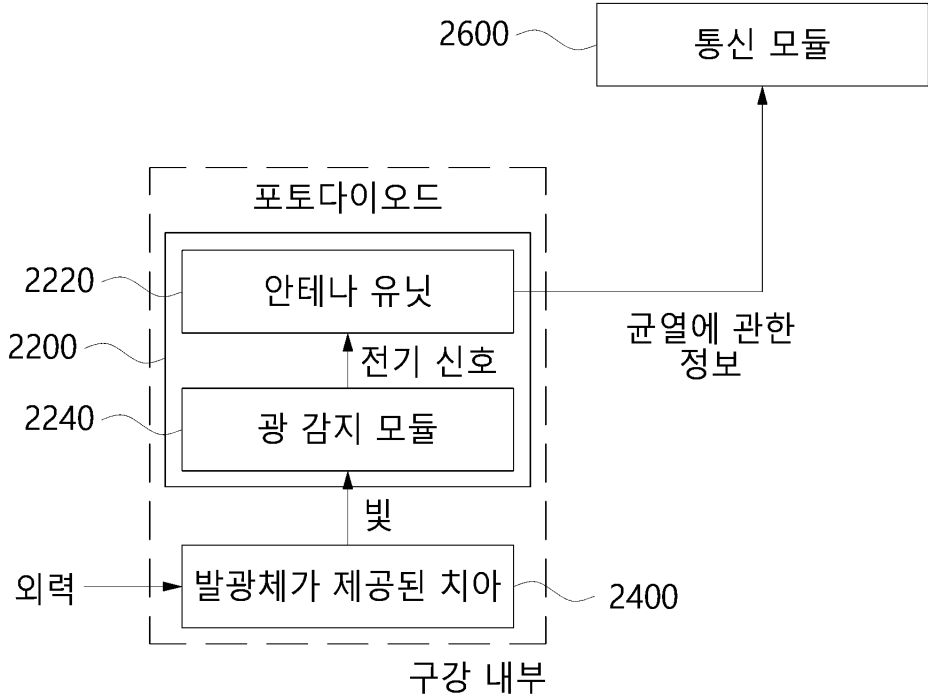




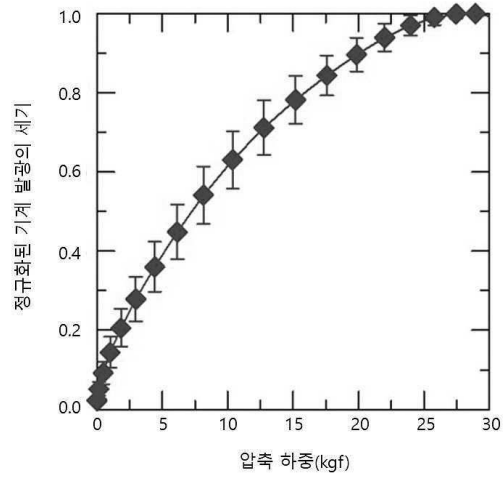
도면9



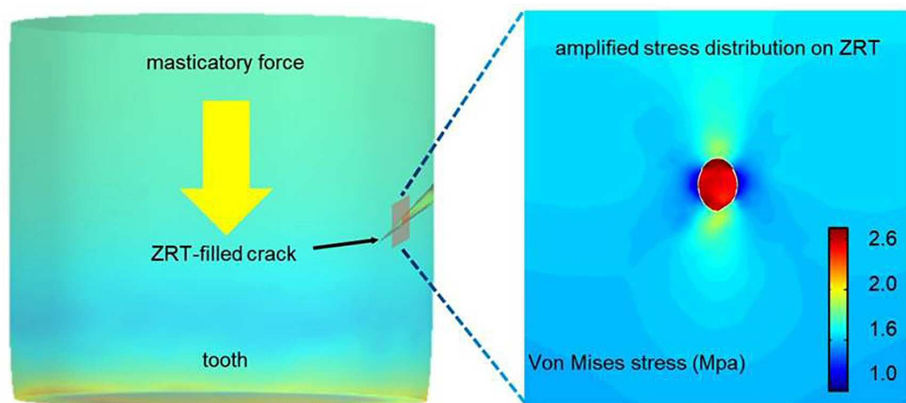
도면10



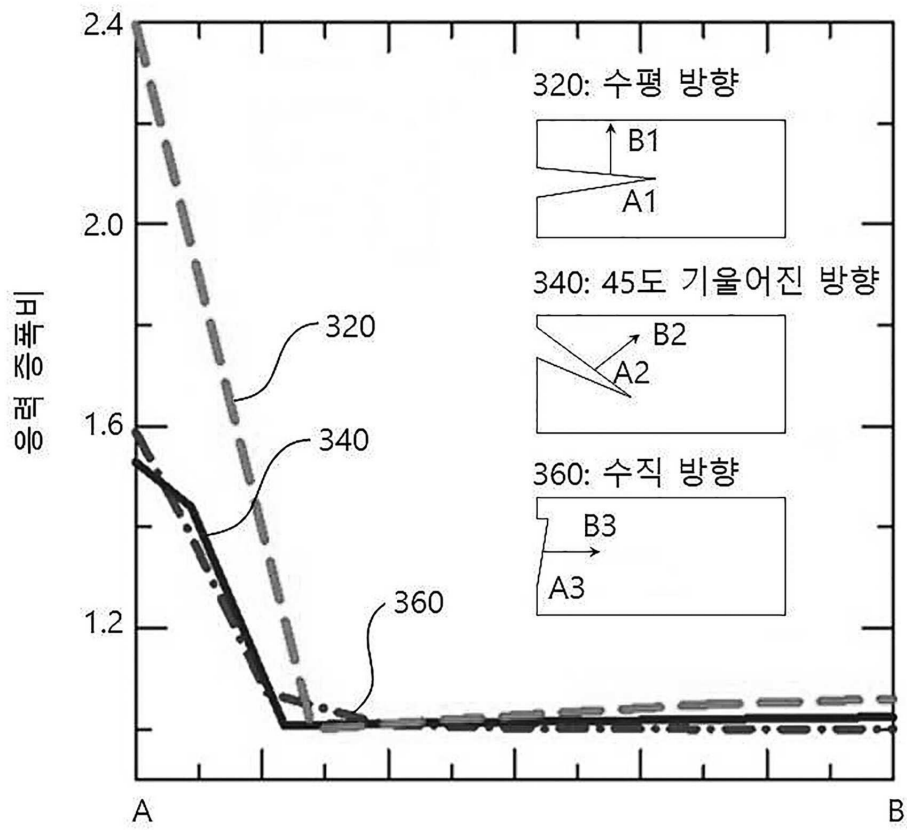
도면11



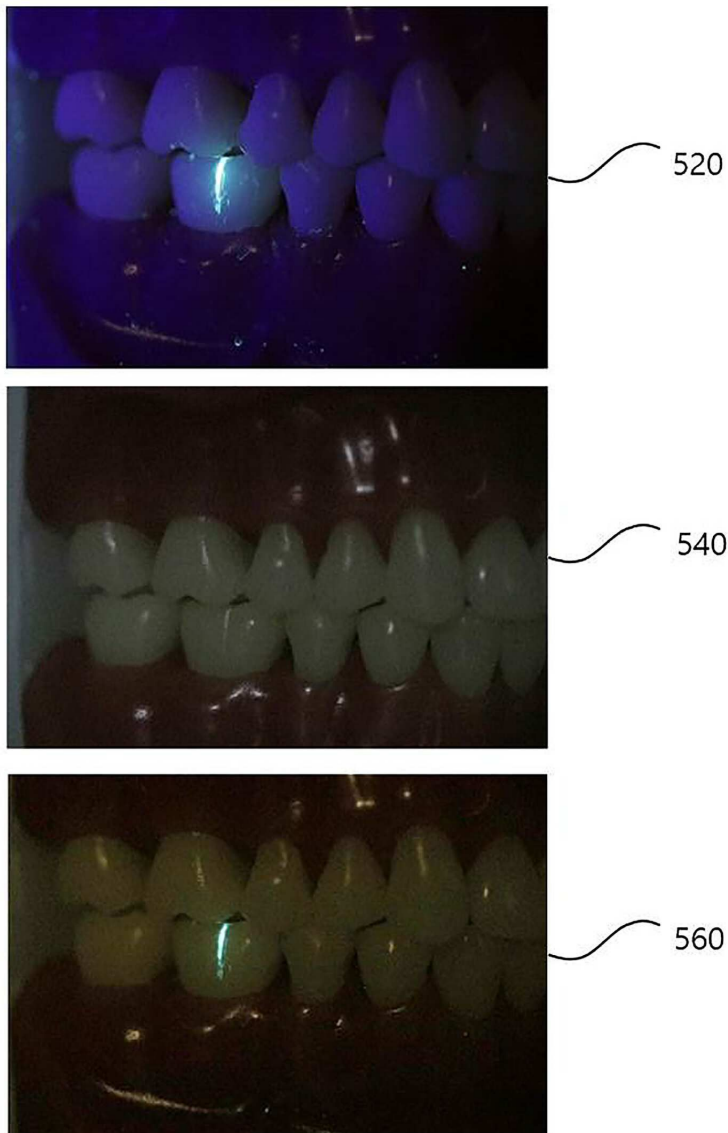
도면12



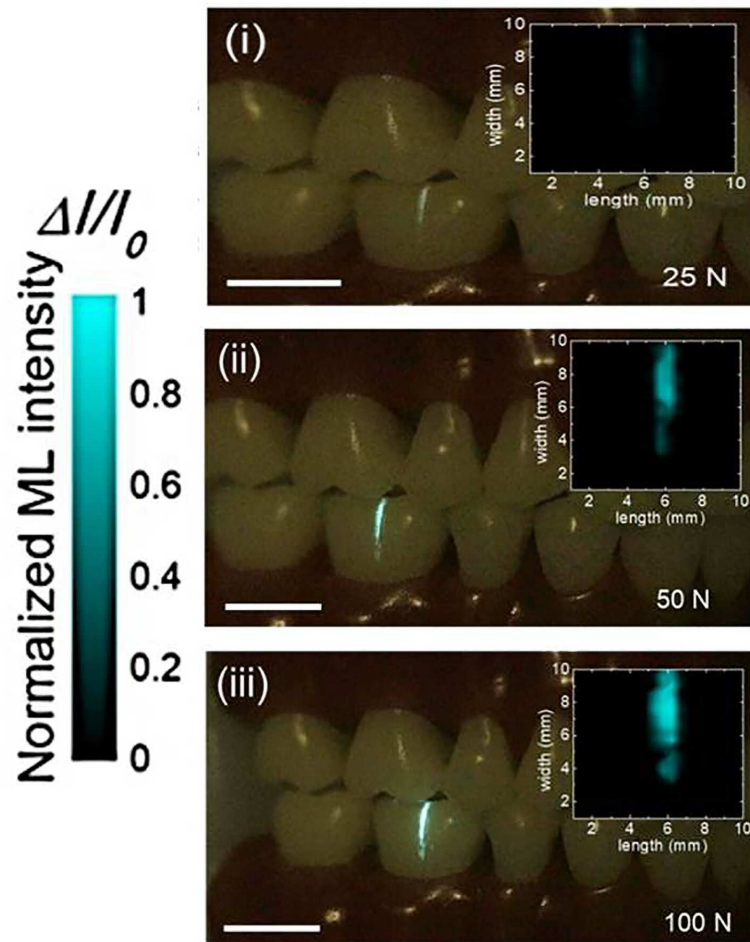
도면13



도면14



도면15



도면16

