



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0120581
(43) 공개일자 2016년10월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 21/29 (2006.01) C08J 3/075 (2006.01)
G01N 21/31 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 21/29 (2013.01)
C08J 3/075 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0049832
(22) 출원일자 2015년04월08일
심사청구일자 2015년04월08일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
이원목
서울특별시 광진구 능동로 209, 415호 (군자동, 세종대학교 영실관)
김슬기
서울특별시 광진구 능동로 209, 402호 (군자동, 세종대학교 영실관)
(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

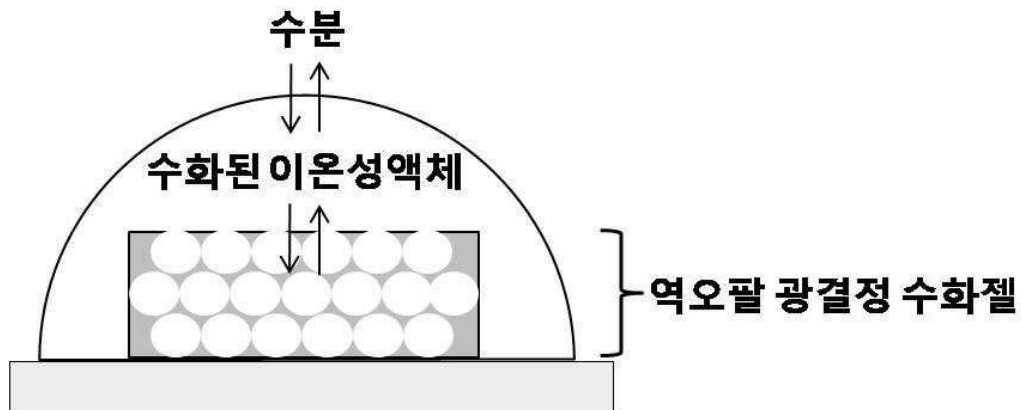
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 광결정 습도 센서 및 이의 제조 방법

(57) 요약

광결정 습도 센서 및 상기 광결정 습도 센서의 제조 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01N 21/31 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345225676

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 일반 연구자 지원

연구과제명 자기조립 오팔 템플레이팅을 이용한 광결정 감응소자 개발

기 여 율 1/1

주관기관 세종대학교 산학협력단

연구기간 2014.06.01 ~ 2015.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

기체에 형성된 역오팔 구조인 광결정 수화젤; 및,
상기 광결정 수화젤에 형성된 이온성 액체를 함유하는 매질
을 포함하는, 광결정 습도 센서.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 수화젤은 하이드록시에틸메타크릴레이트, 하이드록시프로필메타크릴레이트, 아크릴아마이드, 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 광결정 습도 센서.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
상기 이온성 액체는 1-부틸-3-메틸이미다졸륨 테트라플루오로보레이트(BmimBF₄), 1-부틸-3-메틸이미다졸륨헥사플루오로인(BmimPF₆), 에틸구아니딘퍼클로레이트(ethylguanidineperchlorate), 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 광결정 습도 센서.

청구항 4

기체에 고분자 콜로이드 입자를 포함하는 광결정 템플레이트를 형성하는 단계;
상기 광결정 템플레이트 사이에 수화젤을 광중합시키는 단계;
상기 광결정 템플레이트를 제거하여 역오팔 광결정 수화젤 구조를 형성하는 단계; 및,
상기 역오팔 광결정 수화젤 구조에 이온성 액체를 함유하는 매질을 형성하는 단계
를 포함하는, 광결정 습도 센서의 제조 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,
상기 고분자 콜로이드 입자는, 폴리스타이렌(PS), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리스타이렌/디비닐벤젠(PS/DVB), 폴리아미드, 폴리(부틸메타크릴레이트)(PBMA), 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 광결정 습도 센서의 제조 방법.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 고분자 콜로이드 입자의 크기는 250 nm 이하인 것인, 광결정 습도 센서의 제조 방법.

청구항 7

제 4 항에 있어서,

상기 수화젤은 하이드록시에틸메타크릴레이트, 하이드록시프로필메타크릴레이트, 아크릴아마이드, 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 광결정 습도 센서의 제조 방법.

청구항 8

제 4 항에 있어서,

상기 이온성 액체는 1-부틸-3-메틸이미다졸륨 테트라플루오로보레이트(BmimBF₄), 1-부틸-3-메틸이미다졸륨헥사플루오로인(BmimPF₆), 에틸구아니딘퍼클로레이트(ethylguanidineperchlorate), 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 광결정 습도 센서의 제조 방법.

청구항 9

제 4 항에 있어서,

상기 광결정 템플레이트를 제거하는 것은 용매를 주입하는 것에 의해 수행되는 것인, 광결정 습도 센서의 제조 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 용매는 클로로포름, 톨루엔, 벤젠, 디메틸포름아마이드, 디메틸아세트아마이드, 테트라하이드로퓨란, 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 광결정 습도 센서의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본원은, 광결정 습도 센서 및 상기 광결정 습도 센서의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 광결정 연구가 본격적으로 시작된 1990 년대 말, 광결정을 응용한 디바이스로서 레이저, 광도파로, 광스위치 등의 광학회로(photonic circuit) 소자들이 주로 연구되었다. 최근 들어 보다 실용화에 근접한 광결정 소자로서, 광결정의 구조색(structural color) 변화를 이용하는 디스플레이, 센서 등의 연구가 활발해졌다.

[0003] 자극 반응형 센서는 진단의학, 환경, 식품, 생물 등 다양한 분야에서 응용될 수 있으므로 파급효과가 클 것으로 기대된다. 외부 자극 센싱을 광결정으로 구현할 경우, 고가이거나 복잡한 검출기가 필요 없이 센서의 색 변화를 눈으로 직접 관찰할 수 있으므로 비교적 낮은 단가로 제조할 수 있다. 특히 자기조립 기반 광결정을 이용하게 되면 대면적화 및 제조비 절감에 더욱 유리하다. 대표적인 자기조립 광결정으로서 미세상-분리(microphase-separation)된 블록공중합체(block copolymer), 콜로이드 결정(colloidal crystal) 템플레이팅, 또는 카이랄 액정(chiral liquid crystal) 등을 들 수 있다. 상기 콜로이드 결정은 100 nm 내지 300 nm 크기의 단분산 콜로이드 입자를 물 또는 알코올에 분산시킨 후 용매를 서서히 증발시키면서, 이때 발생하는 모세관힘(capillary

force)에 의해 콜로이드의 최대 조밀 구조인 면심입방(face centered cubic, FCC) 결정상을 얻는다.

[0004] 콜로이드 결정은 보석의 일종인 오팔(opal)과 구조 및 생성원리가 동일하므로 인공 오팔로 불린다. 용매 증발법 외에도, 분산액 내에서 정전기적 척력으로 콜로이드 결정을 자기조립 하거나 침강법(sedimentation)을 이용하기도 한다. 콜로이드 자체가 자극 반응성을 보일 경우 콜로이드 결정을 직접 센서로서 활용할 수도 있으며, 미리 형성된 콜로이드 결정을 템플레이트로 하여 결정 내부의 빈 공간에 자극 반응성 고분자나 수화젤(hydrogel)을 채우게 되면 템플레이트의 광결정 효과와 수화젤의 자극 반응성이 결합된 광결정 센서로서 사용할 수 있다. 콜로이드 결정 이외에도, 자기조립 블록 공중합체를 응용한 센서도 연구되고 있다.

[0005] 이와 관련하여, 광결정 오팔 템플레이트에 하이드록시에틸 메타크릴레이트(hydroxyethyl methacrylate, HEMA) 수화젤과 이온성 액체를 사용하여 습도 센서로서 이용한 연구가 있으나[Natasha L. Smith, Zhenmin Hong and Sanford A. Asher, Analyst, 2014, 139, 6379], 상기 연구는 오팔 템플레이트를 사용하여 감응 속도가 느리다는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본원은, 광결정 습도 센서 및 상기 광결정 습도 센서의 제조 방법을 제공하고자 한다.

[0007] 그러나, 본원이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본원의 제 1 측면은, 기체에 형성된 역오팔 구조인 광결정 수화젤; 및, 상기 광결정 수화젤에 형성된 이온성 액체를 함유하는 매질을 포함하는, 광결정 습도 센서를 제공한다.

[0009] 본원의 제 2 측면은, 기체에 고분자 콜로이드 입자를 포함하는 광결정 템플레이트를 형성하는 단계; 상기 광결정 템플레이트 사이에 수화젤을 광중합시키는 단계; 상기 광결정 템플레이트를 제거하여 역오팔 광결정 수화젤 구조를 형성하는 단계; 및, 상기 역오팔 광결정 수화젤 구조에 이온성 액체를 함유하는 매질을 형성하는 단계를 포함하는, 광결정 습도 센서의 제조 방법을 제공한다.

발명의 효과

[0010] 본원의 일 구현예에 따른 광결정 습도 센서는, 역오팔 구조의 광결정 수화젤 상에 형성된 이온성 액체를 이용하여 제조함으로써, 상기 광결정 수화젤과 상기 이온성 액체의 친화성이 수분 흡수에 따라 더욱 증가하여 역오팔 광결정 수화젤 구조의 팽윤을 유도하고, 반사파장을 증가시킴으로써 나타나는 색변화에 따라 습도를 확인할 수 있다.

[0011] 본원의 일 구현예에 따른 광결정 습도 센서는, 상기 이온성 액체의 다공성 구조로 인해 흡습성이 우수하기 때문에 수분을 흡수하는 속도가 빨라 습도 센서의 응답속도를 향상시킬 수 있다. 또한, 상기 역오팔 광결정 수화젤 구조가 직접 수분을 흡수하지 않고 상기 이온성 액체가 공기 중의 수분을 가역적으로 흡수 및 방출함으로써 광결정 수화젤과의 상용성이 조절되어 상기 광결정 수화젤의 팽윤 및 수축을 일으키는 구조이기 때문에 안정성 및 재현성을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은, 본원의 일 구현예에 있어서, 수분에 의해 팽윤된 수화젤을 나타낸 모식도이다.

도 2의 (a) 및 (b)는, 본원의 일 구현예에 있어서, 습도 차이에 따른 역오팔 수화젤의 팽윤 정도를 나타낸 모식도이다.

도 3은, 본원의 일 구현예에 있어서, 역오팔 수화젤의 팽윤 정도에 따른 반사색 변화를 나타낸 모식도이다.

도 4는, 본원의 일 실시예에 있어서, 습도에 따른 반사색 변화를 나타낸 그래프이다.

도 5는, 본원의 일 실시예에 있어서, 가교제 함량이 상이한 역오팔 수화젤의 습도에 따른 반사색 변화를 나타낸 것이다.

도 6의 (a) 내지 (c)는, 본원의 일 실시예에 있어서, 가교제 함량이 상이한 역오팔 수화젤의 습도에 따른 반사색 변화의 재현성을 나타낸 그래프이다.

도 7의 (a) 및 (b)는, 본원의 일 실시예에 있어서, 가교제 함량이 5%인 역오팔 수화젤의 습도 센싱 동력학을 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0014] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 “연결”되어 있다고 할 때, 이는 “직접적으로 연결”되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 “전기적으로 연결”되어 있는 경우도 포함한다.
- [0015] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 “상에” 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.
- [0016] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 “포함”한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 “약”, “실질적으로” 등은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로 사용되고, 본원의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 “~(하는) 단계” 또는 “~의 단계”는 “~를 위한 단계”를 의미하지 않는다.
- [0017] 본원 명세서 전체에서, 마쿠시 형식의 표현에 포함된 “이들의 조합(들)”의 용어는 마쿠시 형식의 표현에 기재된 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 혼합 또는 조합을 의미하는 것으로서, 상기 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것을 의미한다.
- [0018] 본원 명세서 전체에서, “A 및/또는 B”의 기재는 “A 또는 B, 또는 A 및 B”를 의미한다.
- [0019] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본원의 구현예 및 실시예를 상세히 설명한다. 그러나, 본원이 이러한 구현예 및 실시예와 도면에 제한되지 않을 수 있다.
- [0020] 본원의 제 1 측면은, 기재에 형성된 역오팔 구조인 광결정 수화젤; 및, 상기 광결정 수화젤에 형성된 이온성 액체를 함유하는 매질을 포함하는, 광결정 습도 센서를 제공한다.
- [0021] 상기 광결정 습도 센서는 상기 이온성 액체의 가역적인 수분 흡수와 이로 인한 광결정 수화젤의 팽윤을 이용하여 습도에 따라 가시광선 영역의 색변화가 일어나는 습도 센서에 관한 것이다.
- [0022] 도 1은, 본원의 일 구현예에 있어서, 수분에 의해 팽윤된 수화젤을 나타낸 모식도이다.
- [0023] 도 1에 나타난 바와 같이, 본원의 일 구현예에 따른 광결정 습도 센서는, 기재에 형성된 역오팔 구조인 광결정 수화젤에 형성된 이온성 액체를 함유하는 매질을 포함하고, 구체적으로, 상기 기재에 형성된 역오팔 구조인 광결정 수화젤을 점도가 높은 이온성 액체가 포함된 매질이 막 형태로 감싸고 있어, 공기 중의 수분을 흡수하여 수화된 이온성 액체가 되고, 상기 수화된 이온성 액체는 상기 광결정 수화젤과의 친화성이 증가하여 상기 광결정 수화젤의 팽윤을 유도하여 팽윤 정도에 따른 가시광선 영역의 색변화에 따라 습도를 측정할 수 있다.

- [0024] 상기 광결정 수화젤의 습도 차이에 따른 팽윤 정도를 도 2의 (a) 및 (b)에 나타내었다. 도 2의 (a) 및 (b)를 참조하면, 습도가 높아질수록 상기 이온성 액체와 상기 광결정 수화젤의 친화성이 증가하여 상기 광결정 수화젤의 높이(두께) 방향으로 팽윤 정도가 증가한다.
- [0025] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 광결정 습도 센서는 상기 이온성 액체의 다공성 구조로 인해 흡습성이 우수하기 때문에 수분을 흡수하는 속도가 빨라 습도 센서의 응답속도를 향상시킬 수 있다. 또한, 상기 역오팔 수화젤 구조가 직접 수분을 흡수하지 않고 상기 이온성 액체가 공기 중의 수분을 가역적으로 흡수 및 방출함으로써 수화젤과의 상용성이 조절되어 상기 수화젤의 팽윤 및 수축을 일으키는 구조이기 때문에 안정성 및 재현성을 향상시킬 수 있다.
- [0026] 도 3은, 본원의 일 구현예에 있어서, 역오팔 수화젤의 팽윤 정도에 따른 반사색 변화를 나타낸 모식도이다.
- [0027] 도 3을 참조하면, 상기 역오팔 구조의 광결정 수화젤의 팽윤 정도에 따라 가시광선 영역의 반사파장이 변화하며, 팽윤 정도가 증가할수록 상기 역오팔 구조의 광결정 수화젤의 반사파장이 증가함으로써 붉은 색의 파장을 나타낸다.
- [0028] 상기 반사파장은 다음과 같이 나타낼 수 있다.
- [0029] $2nD\sin\theta = \lambda$
- [0030] 상기 식에서, n 은 굴절률, D 는 (111) 평면 사이의 거리, θ 는 반사각, λ 는 최대 반사파장을 의미한다.
- [0031] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 수화젤은 하이드록시에틸메타크릴레이트(hydroxyethylmethacrylate), 하이드록시프로필메타크릴레이트(hydroxypropylmethacrylate), 아크릴아마이드(acrylamide), 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0032] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 이온성 액체는 1-부틸-3-메틸이미다졸륨 테트라플루오로보레이트(1-butyl-3-methylimidazolium tetrafluoroborate, BmimBF₄), 1-부틸-3-메틸이미다졸륨 헥사플루오로포스페이트(1-butyl-3-methylimidazolium hexafluorophosphate, BmimPF₆), 에틸구아니딘퍼클로레이트(ethylguanidineperchlorate), 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0033] 본원의 제 2 측면은, 기재에 고분자 콜로이드 입자를 포함하는 광결정 템플레이트를 형성하는 단계; 상기 광결정 템플레이트 사이에 수화젤을 광중합시키는 단계; 상기 광결정 템플레이트를 제거하여 역오팔 광결정 수화젤 구조를 형성하는 단계; 및, 상기 역오팔 광결정 수화젤 구조에 이온성 액체를 함유하는 매질을 형성하는 단계를 포함하는, 광결정 습도 센서의 제조 방법을 제공한다.
- [0034] 본원의 제 2 측면은 본원의 제 1 측면에 따른 광결정 습도 센서를 제조하는 방법에 관한 것으로서, 본원의 제 1 측면과 중복되는 부분들에 대해서는 상세한 설명을 생략하였으나, 본원의 제 1 측면에 대해 설명한 내용은 제 2 측면에서 그 설명이 생략되었더라도 동일하게 적용될 수 있다.
- [0035] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 광결정 템플레이트 사이에 수화젤을 광중합시키는 단계는, 상기 광결정 템플레이트 사이에 수화젤을 주입하고, UV 램프에 의해 상기 수화젤을 광중합시키는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0036] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 광결정 템플레이트를 제거하는 것은, 용매를 주입하는 것에 의해 수행되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0037] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 용매는 클로로포름(chloroform), 톨루엔(toluene), 벤젠(benzene), 디메틸포름아마이드(dimethylformamide), 디메틸아세트아마이드(dimethylacetamide), 테트라하이드로퓨란(tetrahydrofuran), 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0038] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 역오팔 광결정 수화젤 구조에 이온성 액체를 함유하는 매질을 형성하는 단계는, 상기 역오팔 광결정 수화젤을 1 종 이상의 용매에 각각 단계적으로 침지시켜 교체한 후, 최종적으로 이온성 액체 또는 물과 이온성 액체를 포함하는 매질 또는 용매로 교체하는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 상기 이온성 액체를 포함하는 용매 또는 매질은 점도가 높아 상기 역오팔 광결정 수화젤을

상기 이온성 액체가 감싸고 있는 형태의 상기 역오팔 광결정 수화젤 구조를 형성하는 것일 수 있다.

- [0039] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 역오팔 광결정 수화젤 구조는 상기 이온성 액체를 포함하는 매질 또는 용매로 교체한 후, 건조하는 단계를 추가 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0040] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 역오팔 광결정 수화젤을 침지시키는 용매는 클로로포름(chloroform), 톨루엔(toluene), 벤젠(benzene), 디메틸포름아마이드(dimethylformamide), 디메틸아세트아마이드(dimethylacetamide), 테트라하이드로퓨란(tetrahydrofuran), 아세토니트릴(acetonitrile), 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 1 종 이상의 용매를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0041] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 고분자 콜로이드 입자는, 폴리스타이렌(PS), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리스타이렌/디비닐벤젠(PS/DVB), 폴리아미드, 폴리(부틸메타크릴레이트)(PBMA), 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0042] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 고분자 콜로이드 입자의 크기는 약 250 nm 이하인 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 예를 들어, 상기 고분자 콜로이드 입자의 크기는 약 10 nm 내지 약 250 nm, 약 10 nm 내지 약 200 nm, 약 10 nm 내지 약 150 nm, 약 10 nm 내지 약 100 nm, 약 10 nm 내지 약 50 nm, 약 50 nm 내지 약 250 nm, 약 100 nm 내지 약 250 nm, 약 150 nm 내지 약 250 nm, 또는 약 200 nm 내지 약 250 nm인 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0043] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 수화젤은 하이드록시에틸메타크릴레이트(hydroxyethylmethacrylate), 하이드록시프로필메타크릴레이트(hydroxypropylmethacrylate), 아크릴아마이드(acrylamide), 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0044] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 이온성 액체는 1-부틸-3-메틸이미다졸륨 테트라플루오로보레이트(1-butyl-3-methylimidazolium tetrafluoroborate, BmimBF₄), 1-부틸-3-메틸이미다졸륨 헥사플루오로포스페이트(1-butyl-3-methylimidazolium hexafluorophosphate, BmimPF₆), 에틸구아니딘퍼클로레이트(ethylguanidineperchlorate), 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0045] 이하, 본원의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나, 본원이 이에 제한되지 않을 수 있다.

[실시예]

<실시예 1: 역오팔 수화젤의 제조>

- [0048] Xia group의 flow cell 제조 방법을 참고하여 폴리스타이렌(polystyrene, PS) 템플레이트(template)를 제조하였다. 슬라이드 글라스를 반으로 잘라서 하나는 상부 기재, 다른 하나는 하부 기재로서 사용하였다. 상부 기체의 1/3 지점에 드릴을 이용하여 직경 3 mm의 구멍을 뚫고, 글라스 튜브(직경 5 mm, 길이 4 cm)를 잘라서 피라냐(H₂SO₄ : H₂O₂ = 1 : 2) 공정을 통해 친수성 처리를 해준 후, 증류수로 세척하였다. 상기 상부 기재는, 트리클로로옥타데실 실란(trichlorooctadecyl silane) : 이소옥탄(isooctane) = 1 : 1,000 비율의 용액을 만들어 소수성 처리를 해준 뒤 에탄올로 세척하였다. 상기 상부 기체의 구멍 부분에 글라스 튜브를 세우고 에폭시 본드를 이용하여 붙여주었다. 스페이서는 두께가 30 μm 마일라 필름(mylar film)을 사용하였다. 상기 마일라 필름을 25 mm x 35 mm 크기로 자른 뒤 1/3지점에 10 mm x 15 mm 크기의 구멍을 뚫어준 뒤 에탄올에서 초음파 처리를 수행하였다. 그 후 칼을 사용하여 아랫부분에 물이 빠져나갈 수 있는 채널을 만들어 준다. 하부 기재 상에 상기 스페이서를 올리고 상기 상부 기재로 덮은 뒤 가장자리를 클립으로 고정시켰다. 상기 상부 기체의 글라스 튜브 부분에 0.4 wt% PS 콜로이드 용액을 주입한 후 고무 벌브(bulb)를 씌우고 클립으로 압력을 가해주었다. 광결정이 쌓일 때까지 일주일 이상 초음파 처리를 하였다. 광결정이 형성되면 24 시간 동안 건조시킨 후 80℃에서 3 시간 동안 어닐링 하였다.
- [0049] 상기와 같이 수득된 PS 템플레이트에 수화젤 물질인 2-하이드록시에틸 메타크릴레이트(2-hydroxyethyl methacrylate, HEMA)(96%, Junsei) 2.5 g, 이르가큐어-651(irgacure-651)(Ciba specialty chemicals) 0.075 g, 3 차 증류수 0.625 g, 에틸렌 글리콜 디메타크릴레이트(ethylene glycol dimethacrylate, EGDMA)(98%, Sigma Aldrich) 0.025 g를 혼합하여 제조한 모노머 혼합물(monomer mixture)을 주입한 후, 파장 365 nm를 방출하는

UV 램프(Spectroline, MODEL5B-100P/F)를 사용하여 1 시간 동안 광중합 하였다. 상기 광중합 후 클로로포름(Duksan) 용매에 하루 동안 담귀 용매 에칭 과정에 의해 상기 템플레이트의 PS를 제거하여 역오팔 광결정 구조를 제조하였다. 상기 PS를 제거한 후, 클로로포름, 아세토니트릴(acetonitrile, Daejung) 용매에 각각 단계적으로 침지시켜 교체한 후, 이온성 액체인 1-부틸-3-메틸이미다졸륨 테트라플루오로보레이트(BmimBF₄)(Futurechem Co.)로 옮긴 뒤 40℃에서 하루 동안 진공 상태에서 아세토니트릴을 제거하여 이온성 액체가 형성된 역오팔 광결정 수화젤을 포함하는 광결정 습도 센서를 제조하였다.

[0050] <실시예 2: 습도센싱 실험>

[0051] 진공 데시케이터(LK labkorea)를 사용하여 역오팔 수화젤을 외부의 습도로부터 격리시켜 주었다. 젖은 솜이 담긴 페트리 디쉬와 드라이어라이트(drierite)로 습도를 조절하고, 상대습도 확인은 탁상형 온습도계(control company)를 사용하여 측정하였다. 반사형 현미경(bimeince)을 통해 반사파장을 확인하였다.

[0052] 상기 습도센싱 실험의 결과를 도 4 내지 도 7에 나타내었다.

[0053] 도 4는, 상대습도가 각각 2.7%, 41%, 59.3%, 및 79.1% 일 때의 반사색 변화를 정량적으로 나타낸 반사스펙트럼이다. 도 4를 참조하면, 습도가 증가할수록 더 높은 파장대로 이동하는 것을 확인할 수 있었고, 이것으로 보아 습도에 따라 색변화를 나타내는 것을 알 수 있었다.

[0054] 도 5는, 가교제 함량이 각각 1%, 2.5%, 5%인 역오팔 수화젤의 습도변화에 따른 실제 반사색 변화를 나타내었고, 도 6의 (a) 내지 (c)는, 가교제 함량이 상이한 역오팔 수화젤의 습도에 따른 반사색 변화의 재현성을 정규화(normalize)된 파장으로, 즉, 임의 습도의 피크(peak) 파장을 초기 습도의 피크 파장으로 나눈 값을 가교제 함량이 상이한 각각의 수화젤에 대해 세 번의 측정 결과를 도시한 그래프이다.

[0055] 도 5를 참조하면, 가교제 함량에 따라 약간의 색차이가 있으나, 습도가 높아질수록 청색에서 적색을 나타내는 점에서 비슷한 색변화를 나타내었고, 도 6의 (a) 내지 (c)를 참조하면, 가교제 함량이 다른 각각의 수화젤에 대해 세 번씩 측정한 결과, 상기 가교제 함량에 상관없이 거의 일치하는 것을 나타냈다. 이에 따라, 본원의 일 실시예에 따른 광결정 습도 센서의 재현성을 확인할 수 있었다.

[0056] 도 7의 (a) 및 (b)는, 가교제 함량이 5%인 역오팔 수화젤의 습도 센싱 동력학을 나타낸 것이다. 도 7의 (a)는 상대 습도 0에서 시작하여 각각의 상대습도로 변할 때의 파장 변화속도를 나타낸 것이며, 도 7의 (b)는 상대습도 80%에서 각각의 상대습도로 변할 때의 파장 변화속도를 나타낸 것이다.

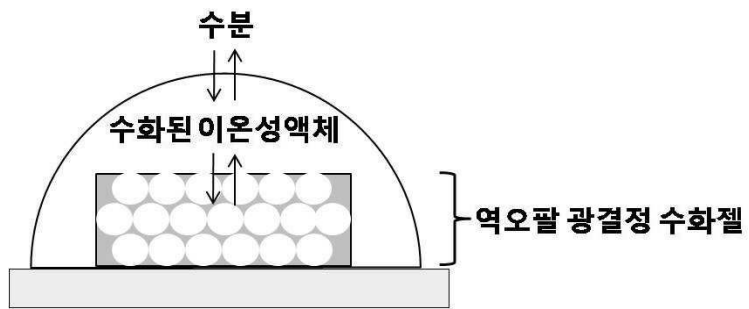
[0057] 도 7의 (a) 및 (b) 에 나타낸 바와 같이, 그래프가 약 10 분까지 급격하게 변화하고, 그 이후부터는 거의 변화 없이 일정한 값을 나타낸 것으로 보아, 습도 변화에 따른 반응속도가 빠른 것을 확인할 수 있었다.

[0058] 전술한 본원의 설명은 예시를 위한 것이며, 본원이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본원의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

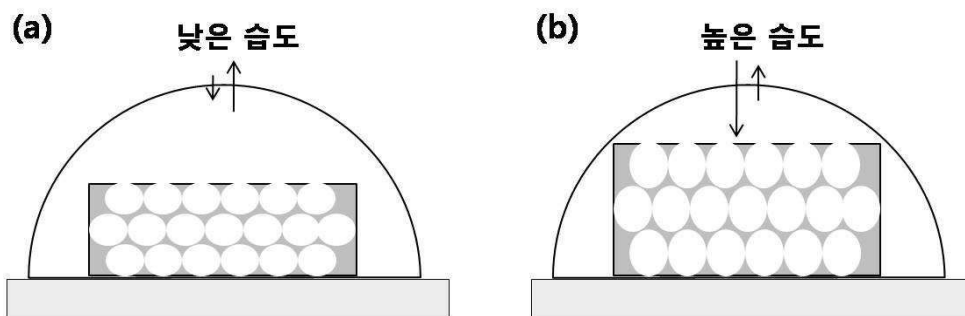
[0059] 본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

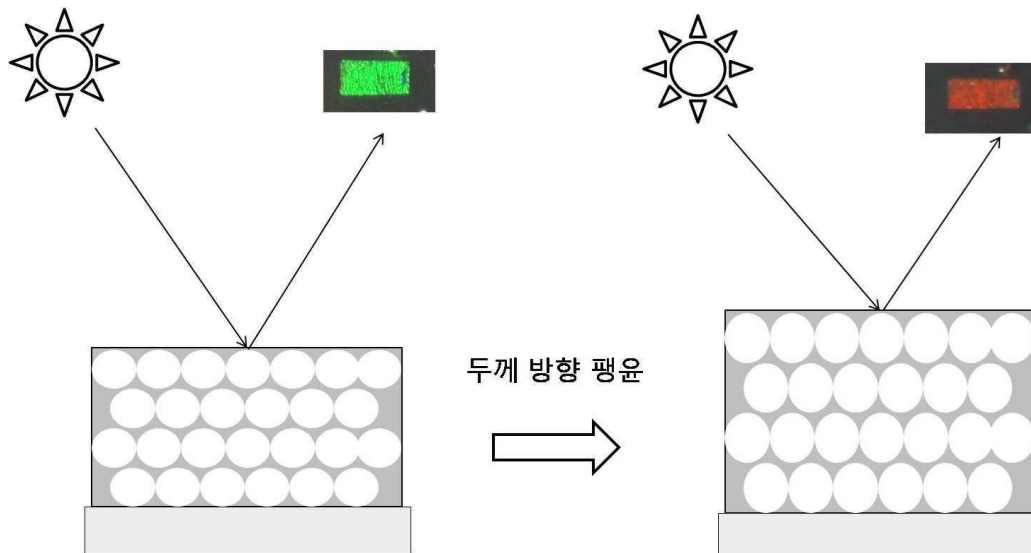
도면1



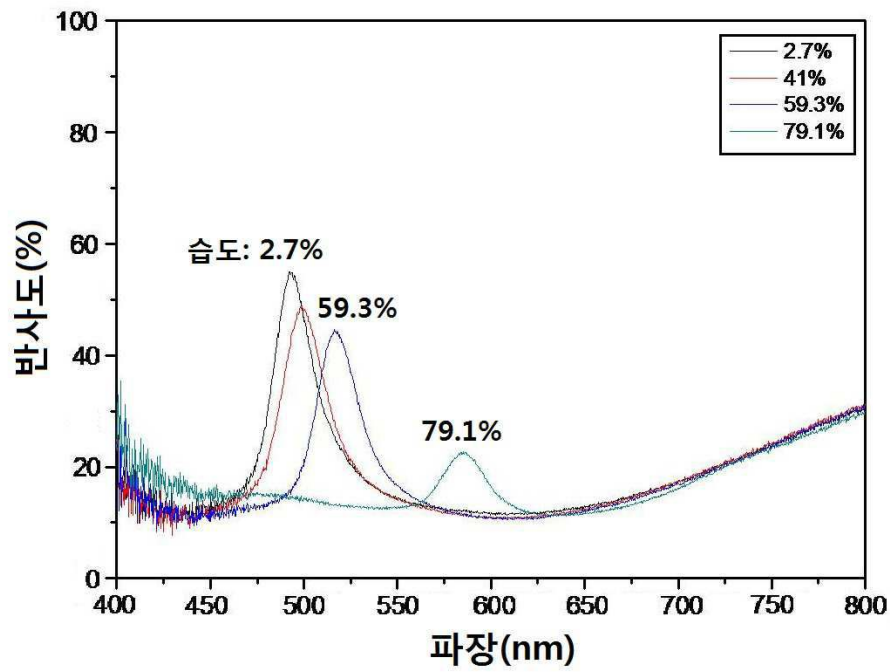
도면2



도면3



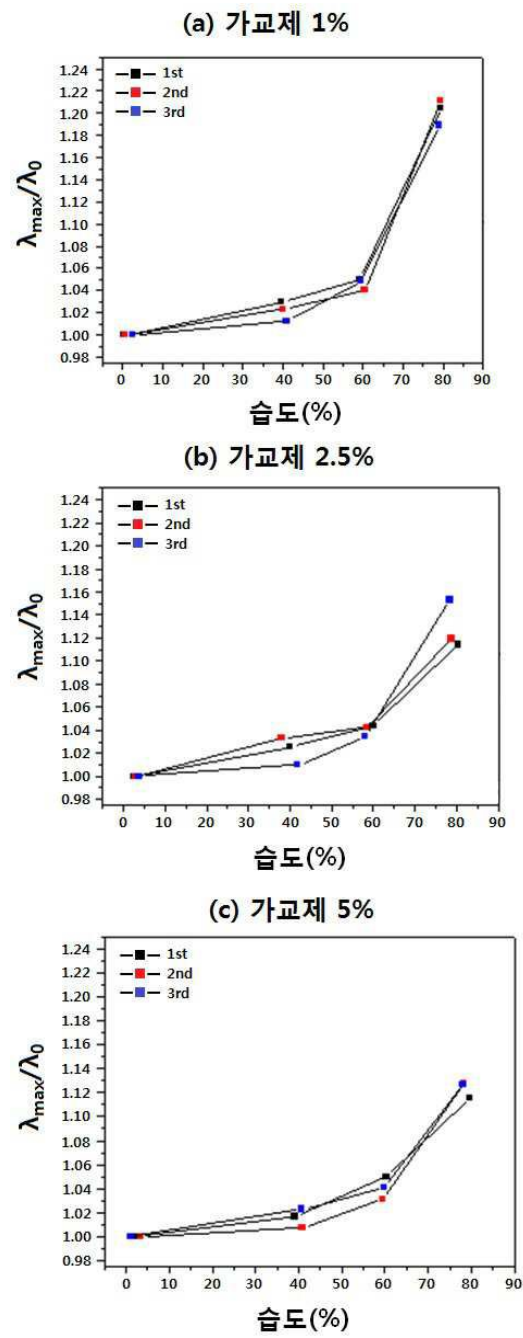
도면4



도면5

습도	HEMA 대비 가교제 함량		
	1%	2.5%	5%
1%			
38%			
49%			
61%			
65%			
69%			
74%			
79%			

도면6



도면7

