

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0006482

(43) 공개일자 2025년01월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B29D 11/00 (2006.01) C25D 17/10 (2006.01)

C25D 5/00 (2006.01) C25D 5/56 (2006.01)

C25D 7/00 (2006.01) G02C 7/04 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B29D 11/00317 (2013.01)

B29D 11/00125 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0086316

(22) 출원일자 2023년07월04일

심사청구일자 2023년07월04일

(71) 출원인

울산과학기술원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

정임두

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 울산과학기술원112동 601-5호

박서빈

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 울산과학기술원112동 805호

(74) 대리인

김종선, 이형석

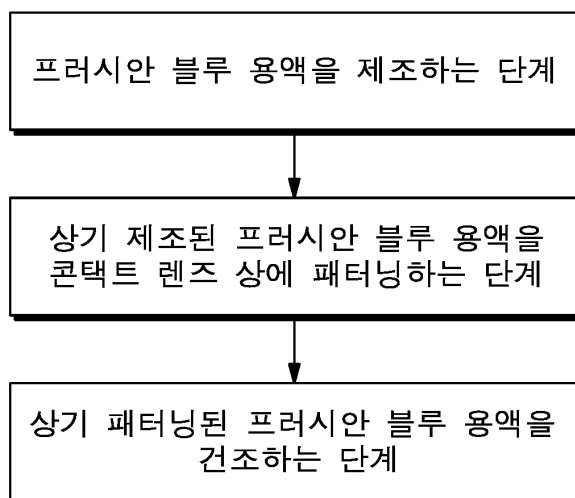
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 스마트 콘택트렌즈 및 이의 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 스마트 콘택트렌즈 및 이의 제조방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로 프러시안 블루 용액을 제조하는 단계; 상기 제조된 프러시안 블루 용액을 콘택트렌즈 상에 패터닝하는 단계; 및 상기 패터닝된 프러시안 블루 용액을 건조하는 단계;를 포함하는, 스마트 콘택트렌즈의 제조 방법 및 이에 따라 제조된 스마트 콘택트렌즈에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B29D 11/00903 (2013.01)

C25D 17/10 (2013.01)

C25D 5/56 (2023.05)

C25D 5/60 (2022.05)

C25D 7/00 (2023.05)

G02C 7/049 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415185290

과제번호 20017502

부처명 산업통상자원부

과제관리(전문)기관명 한국산업기술평가관리원

연구사업명 소재부품기술개발

연구과제명 머신러닝 기반 고경도강 가공용 초경PCBN 절삭공구및 수요자 맞춤형 절삭가공 솔루션 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 울산과학기술원

연구기간 2021.09.01 ~ 2024.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

프러시안 블루 용액을 제조하는 단계;

상기 제조된 프러시안 블루 용액을 콘택트렌즈 상에 패터닝하는 단계; 및

상기 패터닝된 프러시안 블루 용액을 건조하는 단계;를 포함하는, 스마트 콘택트렌즈의 제조 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 프러시안 블루 용액의 농도는 5 내지 10 mM인, 스마트 콘택트렌즈의 제조 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 패터닝하는 단계는 전기도금법에 따라 수행되는 것인, 스마트 콘택트렌즈의 제조 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 패터닝하는 단계에서의 전류밀도는 -5 내지 $-100 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 인, 스마트 콘택트렌즈의 제조 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 패터닝하는 단계에서의 전압은 0.5 내지 0.7 V인, 스마트 콘택트렌즈의 제조 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 프러시안 블루 용액을 콘택트렌즈 상에 패터닝하는 단계는

전류가 인가됨에 따라 금속전극을 구비하는 마이크로피켓으로부터 투명전극을 구비하는 콘택트렌즈 표면으로 프러시안 블루 용액이 패터닝되는 것인, 스마트 콘택트렌즈의 제조 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 콘택트렌즈는 실리콘 하이드로겔(Silicon hydrogel), 폴리(2-하이드록시에틸메타크릴레이트)(PHEMA), 폴리메타크릴산 메틸(PMMA), 폴리(유산-글리콜린산)(PLGA), 폴리비닐피롤리돈(PVP) 및 폴리비닐아세테이트(PVA)로 이루어진 군으로부터 선택된 어느 하나 이상의 물질을 포함하는 것인, 스마트 콘택트렌즈의 제조 방법.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 따라 제조된 스마트 콘택트렌즈.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

-0.2 내지 0.5 V의 전압범위에서 방향 지시를 위한 패턴이 표시되는, 스마트 콘택트렌즈.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 스마트 콘택트렌즈 및 이의 제조 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로 프러시안 블루를 이용한 스마트 콘택트렌즈 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 증강현실(Augmented reality, AR)은 가상현실과 현실을 혼합한 것으로 언택트 문화가 디지털 경제의 핵심으로 부상하면서 빠르게 발전하고 있다. AR은 교육, 게임, 군사, 광고 산업에서 디지털 시각 요소, 사운드 또는 기타 감각을 자극하여 사용자가 실제 세계를 경험할 수 있도록 하는 다양한 유형의 콘텐츠를 제작하는 데 사용된다. 안경 형태의 웨어러블 장비는 일반적으로 AR을 구현하는 시각적 도구로 사용된다. 대표적인 스마트 글래스로는 애플 글래스, 마이크로소프트 홀로렌즈, 구글 글래스, 매직 리프 등이 있으며, 모두 투명 스크린을 통해 증강 현실 또는 가상 현실을 제공한다.

[0003] 다만 이러한 스마트 글래스는 장기간 사용하기에 크기가 크고 무거워 그 사용에 있어 불편하다는 단점이 존재했다. 이에 최근에는 다양한 기능을 탑재한 스마트 콘택트렌즈가 안경형 AR 도구의 대안으로 주목받고 있다.

[0004] 다만, 종래의 스마트 콘택트렌즈는 플라스틱 기판을 사용하여 실제로 착용이 불가능하거나 착용시 이질감과 피로가 많이 발생하는 문제점이 존재했다. 또한, 불투명한 금속으로 센서와 안테나를 제작하였기 때문에 시야를 가리는 등의 문제점이 존재했다. 이에 스마트 콘택트렌즈 제작에 있어서, 낮은 전력으로도 구동이 가능한 전기변색 디스플레이, 가격 경쟁력이 높고 색상 간 대비와 전환이 빠른 물질의 도입이 요구되고 있었다.

[0005] Kim 등은 프러시안 블루를 전기도금법을 이용하여 콘택트렌즈에 간단한 감박임 디스플레이를 개발했다. 하지만 상기 방식은 콘택트렌즈 상에 프러시안 블루를 미세 패턴화하기 어렵기 때문에 AR 스마트 콘택트렌즈에 디스플레이에 필요한 단어나 이미지를 표시하는 데 여전히 한계가 존재했다(비특허문헌 1 참조).

선행기술문헌

비특허문헌

[0006] (비특허문헌 0001) 비특허문헌 1 : "An electrochromic alarm system for smart contact lenses " M. Kim, Y. Kim, J. Yun, C. Gao, H.-W. Lee, S. W. Lee, Sens. Actuators, B 2020, 322, 128601.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 낮은 전력으로 구동이 가능한 전기변색 물질을 이용하여 보다 간단한 공정을 통해 제조할 수 있는 스마트 콘택트렌즈 및 이의 제조 방법을 제시하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 상술한 목적을 달성하기 위한 수단으로, 본 발명은 프러시안 블루 용액을 제조하는 단계; 상기 제조된 프러시안 블루 용액을 콘택트렌즈 상에 패턴닝하는 단계; 및 상기 패턴닝된 프러시안 블루 용액을 건조하는 단계;를 포함하는, 스마트 콘택트렌즈의 제조 방법을 제공한다.

[0009] 여기서 상기 프러시안 블루 용액의 농도는 5 내지 10 mM일 수 있다.

[0010] 여기서 상기 패턴닝하는 단계는 전기도금법에 따라 수행될 수 있다.

[0011] 여기서 상기 패턴닝하는 단계에서의 전류밀도는 -100 내지 $-5 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 일 수 있다.

- [0012] 여기서 상기 패터닝하는 단계에서의 전압은 0.5 내지 0.7 V일 수 있다.
- [0013] 여기서 상기 프리시안 블루 용액을 콘택트렌즈 상에 패터닝하는 단계는 전류가 인가됨에 따라 금속전극을 구비하는 마이크로피켓으로부터 투명전극을 구비하는 콘택트렌즈 표면으로 프리시안 블루 용액이 패터닝되는 것일 수 있다.
- [0014] 여기서 상기 콘택트렌즈는 실리콘 하이드로겔(Silicon hydrogel), 폴리(2-하이드록시에틸메타크릴레이트)(PHEMA), 폴리메타크릴산 메틸(PMMA), 폴리(유산-글리콜린산)(PLGA), 폴리비닐피롤리돈(PVP) 및 폴리비닐알세테이트(PVA)로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상의 물질을 포함할 수 있다.
- [0015] 또한, 본 발명은 상술한 어느 하나의 방법에 따라 제조되는 스마트 콘택트렌즈를 제공한다.
- [0016] 여기서 상기 스마트 콘택트렌즈는 -0.2 내지 0.5 V의 전압범위에서 방향 지시를 위한 패턴이 표시될 수 있다.

발명의 효과

- [0017] 본 발명은 전기변색 물질로서 프리시안 블루를 이용함으로써 낮은 전력으로도 구동이 가능한 스마트 콘택트렌즈를 제조할 수 있다.
- [0018] 또한, 본 발명은 프리시안 블루를 이용하여 가격 경쟁력이 높고 친환경적인 스마트 콘택트렌즈를 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 본 발명의 스마트 콘택트렌즈의 제조 과정을 도시한 순서도이다.
- 도 2는 프리시안 블루의 원소 골격을 도시한 모식도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 프리시안 블루 용액을 콘택트렌즈 상에 패터닝하는 모습을 도시한 모식도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 패터닝된 프리시안 블루의 패턴을 촬영한 사진이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 스마트 콘택트렌즈의 모습을 도시한 모식도이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 패터닝된 프리시안 블루의 전압에 따른 전기변색을 나타낸 것이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 스마트 콘택트렌즈의 방향 지시를 위한 패턴을 표시하는 방법을 도시한 것이다.
- 도 8은 본 발명의 스마트 콘택트렌즈를 이용하여 실제 내비게이션을 수행한 모습을 촬영한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 구체적으로 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0021] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기판이 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0022] 본 명세서에서 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. 또한, 본원 명세서 전체에서, "~하는 단계" 또는 "~의 단계"는 "~를 위한 단계"를 의미하지 않는다.
- [0023] 본 발명의 기술분야에 속하는 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 요지를 통하여 다양한 응용을 할 수 있으므로, 본 발명의 권리범위는 이하의 실시예로 한정되지 않는다. 본 발명의 권리범위는 특허청구범위에 기판된 사항을 기초로 하여 본 발명의 기술분야에 속하는 통상의 지식을 가진 자가 종래 기술을 이용하여 용이하게 치환 또는 변경하는 것이 자명한 부분에까지 미친다.

[0024] 이하, 필요한 경우에 첨부하는 도면을 참조하면서 본 발명을 보다 상세하게 설명한다.

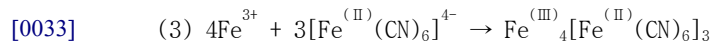
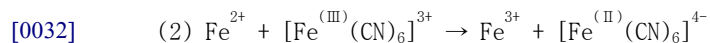
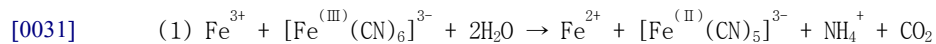
[0026] <스마트 콘택트렌즈의 제조 방법>

[0027] 상술한 목적을 달성하기 위한 수단으로, 스마트 콘택트렌즈의 제조 방법을 제공한다.

[0028] 도 1은 본 발명의 스마트 콘택트렌즈의 제조 과정을 도시한 순서도이다. 도 1을 참조하면, 본 발명의 스마트 콘택트렌즈의 제조 방법은 프리시안 블루 용액을 제조하는 단계; 상기 제조된 프리시안 블루 용액을 콘택트렌즈 상에 패터닝하는 단계; 및 상기 패터닝된 프리시안 블루 용액을 건조하는 단계;를 포함하는 것을 확인할 수 있다.

[0029] 즉 본 발명은, 전기변색이 가능한 물질인 프리시안 블루를 콘택트렌즈 표면에 패터닝한 후, 상기 콘택트렌즈에 특정 범위의 전압을 인가하였을 때, 패터닝된 무늬가 나타나는 스마트 콘택트렌즈를 제조하고자 한다.

[0030] 상기 전기변색은 전극물질에 전압을 가했을 때 전기화학적 산화 또는 환원반응에 의해 가역적으로 색이 변화하는 현상으로서, 전기변색 재료는 고분자화합물, 금속산화물 등 다양하며 산화 상태에 따라 다른 색을 나타낸다. 전기변색성을 나타내는 재료에는 산화발색형과 환원발색형으로 구분할 수 있으며, 환원발색형이란 전자를 얻어 환원된 화합물이 착색종이 되는 경우를 말하고, 산화발색형은 전자를 잃어 산화된 화합물이 착색종이 되는 경우를 말한다. 본 발명에서 사용되는 프리시안 블루는 산화발색형 전기변색 물질로서, 발색 시(산화 시) 진한 파란색을, 소색 시(환원 시) 투명함을 나타낸다. 상기 프리시안 블루는 하기의 반응식에 따라 산화되며, 최종 산화된 산물에서 진한 파란색을 발색할 수 있다.



[0034] 도 2는 프리시안 블루의 원소 골격을 도시한 모식도이다. 본 발명의 프리시안 블루는 도 2에 나타난 원소 골격을 가짐에 따라, 산화산물에서 파란색을 발색하며, 환원산물에서 소색되는 특징을 가질 수 있다.

[0035] 여기서 상기 프리시안 블루 용액의 농도는 5 내지 10 mM일 수 있다. 상기 프리시안 블루 용액의 농도가 5 mM 미만일 경우, 충분한 두께의 프리시안 블루 패턴을 형성하지 못하는 문제가 발생할 수 있다. 반면에 상기 프리시안 블루 용액의 농도가 10 mM을 초과하는 경우, 두껍게 형성된 패턴으로 인해 전기변색이 일어나지 않거나 불균일한 표면 조도가 형성되는 문제가 발생할 수 있다. 이에 따라 본 발명에 있어서, 상기 프리시안 블루의 농도는 5 내지 10 mM인 것이 바람직하다.

[0036] 여기서 상기 패터닝하는 단계는 전기도금법에 따라 수행될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 상기 프리시안 블루 용액을 콘택트렌즈 표면에 패터닝할 수 있는 방법이면 그 어떠한 것이어도 무방하다.

[0037] 여기서 상기 패터닝하는 단계에서의 전류밀도는 -5 내지 $-100 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 일 수 있다. 상기 전류밀도란 전류를 면적으로 나눈 값이며, 벡터값이다. 상기 전류밀도 값은 패터닝하는 속도에 따라 적절히 조절할 수 있다. 즉, 패터닝 속도를 빠르게 할 경우 전류밀도를 높게 설정할 수 있고, 패터닝 속도를 느리게 할 경우 전류밀도를 상대적으로 낮게 인가함으로써 조건을 최적화할 수 있다. 다만, 상기 전류밀도가 $-5 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 미만인 경우, 매우 낮은 패터닝 속도로 인해, 공정시간이 증가하여 경제적이지 못하다. 반면에 상기 전류밀도가 $-100 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 를 초과하는 경우, 너무 빠른 패터닝 속도로 인해 목적으로 하는 형태를 충분히 패터닝하지 못하는 문제가 발생할 수 있다. 따라서 상기 패터닝하는 단계에서의 전류밀도는 -5 내지 $-100 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 범위내에서 조절하는 것이 바람직하다.

[0038] 여기서 상기 패터닝하는 단계에서의 전압은 0.5 내지 0.7 V일 수 있다. 상기 전압이 0.5 V 미만 또는 0.7 V를 초과하는 경우, 상기 프리시안 블루 용액의 패터닝의 제어가 어려운 문제가 발생할 수 있다.

[0039] 여기서 상기 프리시안 블루 용액을 콘택트렌즈 상에 패터닝하는 단계는 전류가 인가됨에 따라 금속전극을 구비하는 마이크로피펫으로부터 투명전극을 구비하는 콘택트렌즈 표면으로 프리시안 블루 용액이 패터닝되는 것일 수 있다.

- [0040] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 프러시안 블루 용액을 콘택트렌즈 상에 패터닝하는 모습을 도시한 모식도이다. 도 3을 참조하면, 프러시안 블루 용액(141)가 들어있는 마이크로피펫(120) 내부에는 금속전극으로서 백금 전극이 삽입되어 있으며, 콘택트렌즈(110)는 투명전극을 포함할 수 있다. 또한, 각각의 마이크로피펫(120)과 콘택트렌즈(110)는 공급전원(150)에 연결되고, 기관(130)과 공급전원(150)은 컨트롤 모듈(160)에 연결될 수 있다. 상기 컨트롤 모듈(160)은 기관(130)과 공급전원(150)에 흐르는 전류밀도 및 전압을 제어하며, 금속전극(120)을 포함하는 마이크로피펫(120)과 기관(130)사이에 전류가 흐르게 함으로써, 상기 마이크로피펫(120)으로부터 상기 콘택트렌즈(110) 표면으로 프러시안 블루 용액 전기적으로 토출되어 콘택트렌즈 표면에 패터닝될 수 있다.
- [0041] 상술한 바와 같이, 본 발명은 금속전극을 구비하는 마이크로피펫을 이용하여 프러시안 블루를 패터닝함에 따라, 콘택트렌즈 상에 패터닝되는 화살표, 글자 등을 미세하게 제어하는 효과를 기대할 수 있다.
- [0042] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 패터닝된 프러시안 블루의 패턴을 촬영한 사진이다. 보다 구체적으로, 도 4a는 본 발명의 제조 방법에 따라, "UST" 및 "UNIST"로 프린트된 패턴을 촬영한 것이고, 도 4b는 본 발명의 제조 방법에 따라 각 나라의 랜드마크로 프린트된 패턴과 1센트 주화를 비교한 사진이고, 도 4c는 상기 도 4b에서 프린트된 랜드마크 패턴을 확대한 사진이다. 도 4를 참조하면, 본 발명에 개시된 방법에 따라 프러시안 블루를 패터닝할 경우, 1센트 주화와 비교했을 때 약 20배 더 작은 수준으로 패터닝되는 것을 확인할 수 있다.
- [0043] 여기서 상기 콘택트렌즈는 실리콘 하이드로겔(Silicon hydrogel), 폴리(2-하이드록시에틸메타크릴레이트)(PHEMA), 폴리메타크릴산메틸(PMMA), 폴리(유산-글리콜린산)(PLGA), 폴리비닐피롤리돈(PVP) 및 폴리비닐아세테이트(PVA)로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상의 물질을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0045] <스마트 콘택트렌즈>
- [0046] 또한, 본 발명은 상술한 어느 하나의 방법에 따라 제조되는 스마트 콘택트렌즈를 제공한다.
- [0047] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 스마트 콘택트렌즈의 모습을 도시한 모식도이다. 도 5를 참조하면, 본 발명의 스마트 콘택트렌즈는 1개의 작업전극(counter electrode) 및 5개의 작업전극(working electrode)를 포함하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 본 발명의 스마트 콘택트렌즈는 GPS 수신기 모듈(GPS receiver module)에서 GPS 데이터를 수신받아 내비게이션 기능을 수행할 수 있다. 상기 각각의 작업전극에는 방향 화살표(직진, 좌측, 우측)와 주행표지(GO, STOP)가 상술한 스마트 콘택트렌즈 제조 방법에 따라 패터닝되며, 상기 패터닝된 방향 화살표 및 주행표지는 GPS의 위도 및 경도 정보를 기반으로 카운터 전극과 5개의 작동 전극 사이의 인가 전압을 제어하는 프로그래밍된 로직에 의해 나타날 수 있다. 이에 따라, 본 발명의 스마트 콘택트렌즈는 GPS 좌표를 실시간으로 수신하여 사용자에게 목적지까지의 경로를 표시하는 것이 가능해진다.
- [0048] 여기서 상기 스마트 콘택트렌즈는 -0.2 내지 0.5 V의 전압범위에서 방향 지시를 위한 패턴이 표시될 수 있다.
- [0049] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 패터닝된 프러시안 블루의 전압에 따른 전기변색을 나타낸 것이다. 보다 구체적으로, 도 6a는 전압 범위에 따른 프러시안 블루의 전기변색 특성을 나타내는 그래프이고, 도 6b는 프러시안 블루의 실제 전기변색 특성을 촬영한 사진이다. 도 6에 기재된 번호(①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥ 및 ⑦)는 CV 테스트의 스캔 순서를 나타낸다. 번호가 매겨진 광학 이미지는 동일한 번호 조건에서 인쇄된 패턴의 색상 변화를 나타낸다.
- [0050] 도 6을 참조하면, 인쇄된 프러시안 블루 라인은 1M KCl(pH 2) 전해질에서 Ag/AgCl 대비 -0.2 및 0.5V의 전위 범위에서 프러시안 화이트로 가역적으로 변환되는 것을 확인할 수 있으며, 여기에 양전위를 추가로 적용하면 프러시안 블루에서 용해성 및 불안정한 상인 프러시안 그린으로 산화되는 결과를 보이는 것을 확인할 수 있다. -0.2V에서 라인 색상은 완전한 흰색(프러시안 화이트)으로 나타나며(①) 전위가 0.5V로 증가함에 따라 색상이 점차 파란색으로 바뀌어 프러시안 화이트에서 프러시안 블루로 전환(④)되는 것을 확인할 수 있다. 전위를 -0.2V로 되돌리면 프러시안 블루(④)가 프러시안 화이트(⑦)로 성공적으로 전환되는 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 인쇄된 프러시안 블루 라인의 전기변색 착색이 우수하다는 것을 시사하는 것이다.
- [0051] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 스마트 콘택트렌즈의 방향 지시를 위한 패턴을 표시하는 방법을 도시한 것이다. 보다 구체적으로 도 7a는 "직진 GO"의 패턴, 도 7b는 "좌측 GO"의 패턴, 도 7c는 "우측 GO"의 패턴, 도 7d는 "STOP"의 패턴을 표시하는 방법을 도시한 것이다. 공통 편에 인가된 0.2V를 기준으로 5개의 작업전극에서 0V(오프 상태)와 0.7V(온 상태)를 번갈아 인가하며, 상대 전압이 -0.2V와 0.5V인 작동 전압을 구했다.

[0052] 도 7을 참조하면, "직진" 화살표가 패터닝된 작업전극(이하 "직진 패턴"이라 함) 및 "GO" 주행표지가 패터닝된 작업전극(이하 "GO 패턴"이라 함)에 0.5V의 전압이 인가되면 상기 직진 패턴 및 GO 패턴은 파란색으로 표시되지만, 나머지 작업전극은 -0.2V가 지속적으로 인가되어, 투명으로 표시되는 것을 확인할 수 있다. 도 7a에서 도 7b로 전환할 때 GO 패턴의 인가 전압은 0.5V로 유지하고, 직진 패턴의 경우 인가 전압을 0.5V에서 -0.2V로 변경함에 따라 직진 패턴이 꺼짐 상태 즉, 투명으로 표시되는 것을 확인할 수 있다. 이와 동시에 "좌측" 화살표가 패터닝된 작업전극(이하 "좌측 패턴"이라 함)에 0.5V를 인가하여, 최종적으로 좌측 패턴과 GO 패턴이 표시되는 것을 확인할 수 있다. 도 7c 및 도 7d역시 상술한 방식과 유사한 동작을 통해, 즉 각각의 작업전극에 패터닝된 방향 화살표 및 주행표지를 표시를 ON하기 위해서 0.5V의 작동 전압을 인가하고, 상기 표시를 OFF하기 위해서 -0.2V로 인가 전압을 변경하는 것을 통해, 전기변색 내비게이션 디스플레이를 구현할 수 있다. 나아가, 도 7을 통하여, 프러시안 블루와 프러시안 화이트 사이의 전환이 매우 빠른 시간 안에 수행되는 것을 확인할 수 있으므로, 본 발명의 스마트 콘택트렌즈를 이용한 내비게이션 디스플레이는 그 응답 시간이 매우 우수함을 유추할 수 있다.

[0053] 이하, 첨부한 도면 및 실시예들을 참조하여 본 명세서가 청구하는 바에 대하여 더욱 자세히 설명한다. 다만, 본 명세서에서 제시하고 있는 도면 내지 실시예 등은 통상의 기술자에 의하여 다양한 방식으로 변형되어 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 본 발명에서의 기판사항은 본 발명을 특정 개시 형태에 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 균등물 내지 대체물을 포함하고 있는 것으로 보아야 한다. 또한, 첨부된 도면은 본 발명을 통상의 기술자로 하여금 더욱 정확하게 이해할 수 있도록 돕기 위하여 제시되는 것으로서 실제보다 과장되거나 축소되어 도시될 수 있다.

[0055] {실시예 및 평가}

[0056] <실시예>

[0057] 1. 스마트 콘택트렌즈의 제작

[0058] 아크릴로니트릴부타디엔스티렌(ABS) 수지로 SLA(Stereolithography)를 통해 하이드로겔 콘택트렌즈의 실리콘 몰드를 제조하기 위한 3D 플라스틱 템플릿을 제작하였다. 오목형 및 볼록형 실리콘 몰드는 실리콘 고무(Smooth-on, 전기변색oflex 0030)를 플라스틱 템플릿에 주입하여 제작하였다. 가교제로 2-히드록시에틸메타크릴레이트(HEMA, 99.0%, 시그마알드리치) 5ml에 에틸렌글리콜디메타크릴레이트(EGDMA, 98.0%, 시그마알드리치) 0.085g을 혼합하였다. 이어서 탈이온수(DI) 3ml와 UV 개시제인 2-Hydroxy-2-methylpropiophenone 0.085g(97.0%, Sigma Aldrich)를 첨가한 후 교반하였다. 제조된 HEMA 용액을 HEMA 용액이 담긴 오목형 틀에 볼록형 틀을 밀어 넣어 볼록형 틀의 표면에 코팅하였다. 볼록형에 코팅된 HEMA 용액을 UV 중합하여 곡률 반경이 8.6 mm이고 직경이 12.5 mm인 소프트 하이드로겔 콘택트렌즈를 제작하였다. 1분간의 휴식 시간을 두고 자외선에 1분 노출된 두 세트(400W, DY-max)를 수행했다. 초음파 클리너를 사용하여 하이드로겔 콘택트 렌즈를 몰드에서 제거한 후 렌즈를 직경 12.5 mm로 절단하였다. ITO가 코팅된 유리(직경: 9 mm, 두께: 0.7 mm, 저항: 4~6 Ω/cm^2)를 레이저(AMG t 전기변색h)로 패터닝하여 6개의 세그먼트(상대전극 1개, 2전극 전기화학 셀 내 작업전극 5개)를 형성하였다. ITO 전극은 사람의 동공 평균 크기인 직경 5 mm의 원형 패턴 영역 내에 배치하였다. 전극에서 바깥쪽으로 뻗은 영역은 인간 눈의 홍채 영역에 해당하기 때문에 시야와의 간섭을 피하도록 설계되었다. 5개의 작동 전극 내에서, 3개의 방향 화살표(직진, 좌측, 우측)와 2개의 주행표지(GO, STOP)가 패터닝되었다. 상대전극에 해당하는 원형 영역을 렌즈 중앙에 배치하여 볼 수 있도록 하였다. 전도성을 높이기 위해 ITO 전극의 가장자리에 은 페이스트를 사용하여 에나멜 와이어를 부착하였다. 프러시안 블루 전기변색 디스플레이에는 하이드로겔 렌즈를 일체화하고, 그 사이에 0.1 M KCl(pH 4.0)의 전해액을 주입하였다.

[0060] 2. 내비게이션 시스템의 구현

[0061] 내비게이션 시스템을 구현하기 위해 Arduino UNO와 GPS 모듈(NEO-6M)이 사용되었다. GPS 모듈에서 얻은 실시간 위도 경도 데이터는 Arduino UNO 프로세서를 통해 사용자의 현재 위치를 인식했다. 랩메이드 코드를 사용하여 전기변색 디스플레이에서 원하는 방향을 특정 좌표로 표시하도록 10개의 체크포인트 좌표를 미리 지정했다. GPS 오류를 고려하여 인식 반경을 약 16 m로 설정했다. 10개의 검문소를 각각 통과할 때마다 다음 방향 지시등(직진, 좌측, 우측, GO 및 STOP)으로 바뀌었고, 두 개의 검문소 사이를 이동하면서 이전 검문소의 방향을 계속 표시하도록 설정했다. Arduino의 신호 출력은 전기변색 디스플레이를 구동하는 데 사용되었다. 인가 전압

0.5 V에 대한 프러시안 블루 상태와 CV 테스트에 사용된 프러시안 블루의 색상 변화 전압 범위인 -0.2 V에 대한 프러시안 화이트 상태를 구현하기 위해 Arduino를 사용한 2전극 전기변색 시스템을 사용하였다. 전위차계(200Ω)를 사용하여 Arduino의 6개 디지털 핀의 전압을 COM 핀의 경우 5에서 0.2 V, 나머지 5개 핀의 경우 0.7 V로 감소시켰고, 전기변색 디스플레이의 6개 전극에 각각 연결하였다. COM 핀은 0.2 V 전압을 연속적으로 출력하며, 동시에 작업전극용 디지털 핀 5개의 신호에 따라 0.0 V와 0.7 V를 교대로 출력하였다. 특정 프러시안 블루 패턴을 OFF(투명 상태)하기 위해 작업전극의 출력 전압을 0.0 V로 설정하여 프러시안 블루 패턴에 -0.2 V의 상대 전압을 인가한다. 반대로 특정 프러시안 블루 패턴을 켜기(파란색 상태)하기 위해 작업전극에 0.7 V를 인가하여 프러시안 블루 패턴에 0.5 V의 상대 전압을 인가하였다. 내비게이션의 시연 영상은 갤럭시 S22+에 의해 5.0배 줌으로 촬영되었다. 스마트폰 카메라는 콘택트렌즈 표면을 관찰하여 인쇄된 프러시안 블루의 색 변화를 포착하고, 콘택트렌즈 앞에 외부 매크로 렌즈(APexEL, 10x)를 배치하여 풍경에 동시에 초점을 맞추었다. 차량 대시보드에는 이미지 캡처 모듈과 GPS 모듈이 탑재된 Arduino가 세팅됐다.

[0063] <평가>

[0064] 도 8은 본 발명의 스마트 콘택트렌즈를 이용하여 실제 내비게이션을 수행한 모습을 촬영한 것이다. 도 8에 나타난 빨간 실선은 실제 주행 경로, 10개의 체크포인트, 5개 지점에서의 스마트 콘택트렌즈 방향 표시 이미지를 보여준다. 상기 5개의 지점은 깜박임 모드에서 온 상태 2초, 오프 상태 1초로 작동했을 때 5장의 사진을 캡처한 것이다.

[0065] 도 8을 참조하면, 차량이 이동하는 경로와 스마트 콘택트렌즈에 표시되는 방향 지시 신호가 일치하여 사용자에게 명확하게 표시되는 것을 확인할 수 있었다. 시작점에서 목적지까지 총 83개의 좌표 구간을 통과한 결과, 본 발명의 스마트 콘택트렌즈 전기변색 디스플레이는 눈에 띄는 성능 저하 없이 안정적인 색상 변화 반복성을 보여주었다. 즉 본 발명은 가격 경쟁력이 높은 프러시안 블루를 이용하여 낮은 전력으로도 안정적인 방향 지시 신호를 표시할 수 있는 스마트 콘택트렌즈를 제조할 수 있다.

[0067] 본 발명은 전기변색 물질로서 프러시안 블루를 이용함으로써 낮은 전력으로도 구동이 가능한 스마트 콘택트렌즈를 제조할 수 있다.

[0068] 또한, 본 발명은 프러시안 블루를 이용하여 가격 경쟁력이 높고 친환경적인 스마트 콘택트렌즈를 제조할 수 있다.

[0069] 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.

[0070] 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0071] 110 : 콘택트렌즈

120 : 마이크로피켓

130 : 기판

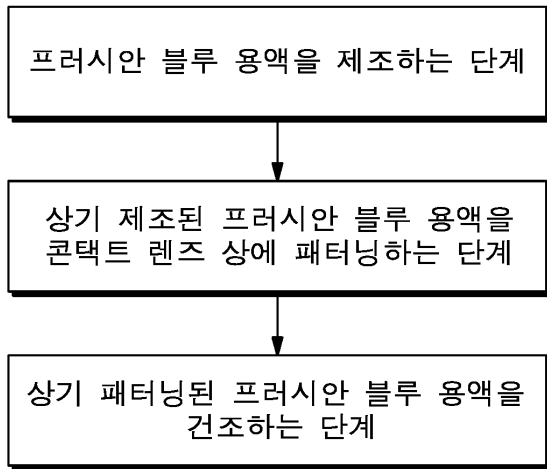
140 : 프러시안 블루 용액

150 : 공급전원

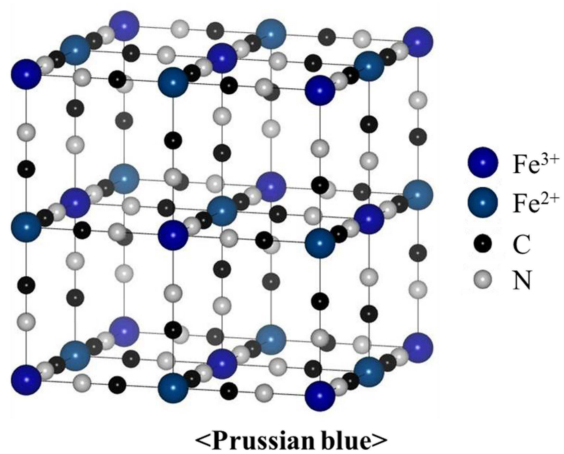
160 : 컨트롤 모듈

도면

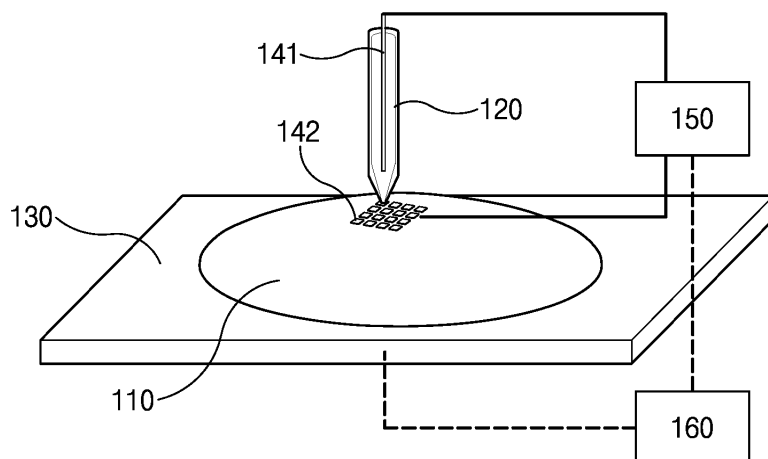
도면1



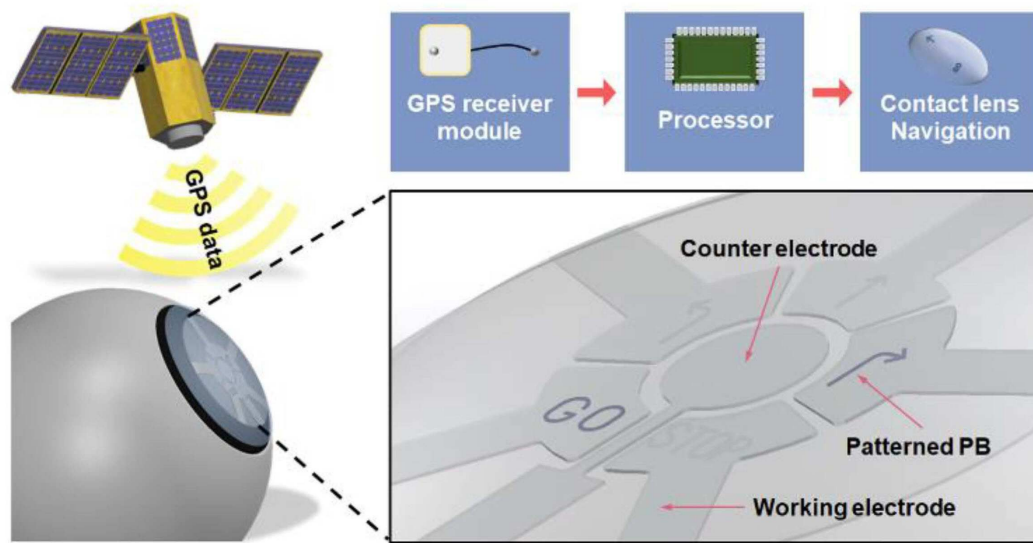
도면2



도면3



도면4



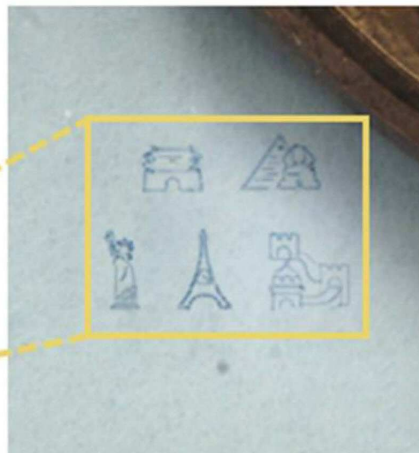
도면5



(a)

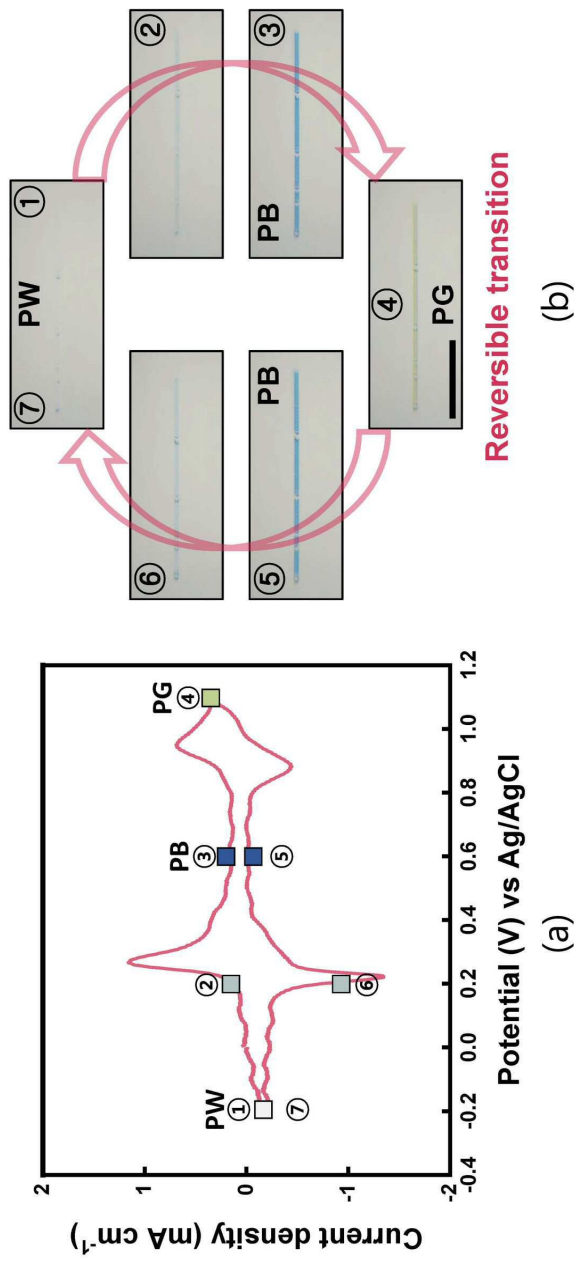


(b)

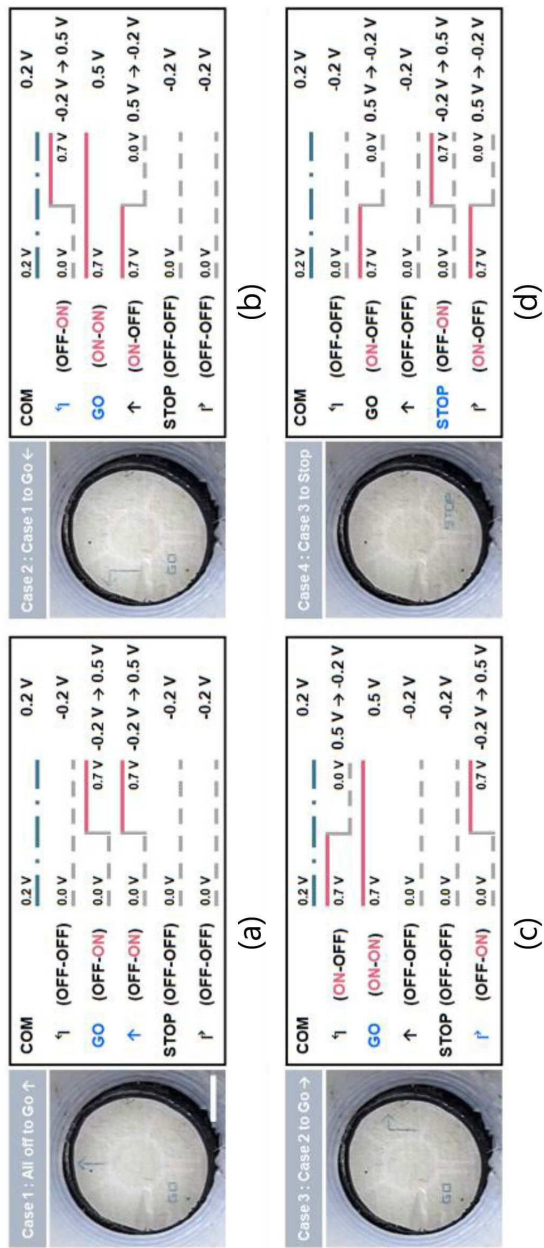


(c)

도면6



도면7



도면8

