



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년12월29일

(11) 등록번호 10-2483190

(24) 등록일자 2022년12월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 5/145 (2006.01) A61B 5/00 (2021.01)

A61B 5/1477 (2006.01) G02C 7/04 (2006.01)

(52) CPC특허분류

A61B 5/14507 (2013.01)

A61B 3/101 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0118940

(22) 출원일자 2021년09월07일

심사청구일자 2021년09월07일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020210064064 A*

KR1020210094481 A*

KR1020210107552 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

박장웅

서울특별시 양천구 목동서로 155(목동파라곤), 108동 701호

신해인

서울특별시 서대문구 연세로 50, 제1공학관 A219호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

노경규

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 이영균

(54) 발명의 명칭 눈물 속 물질의 측정이 가능한 스마트 콘택트렌즈 및 이의 제조방법

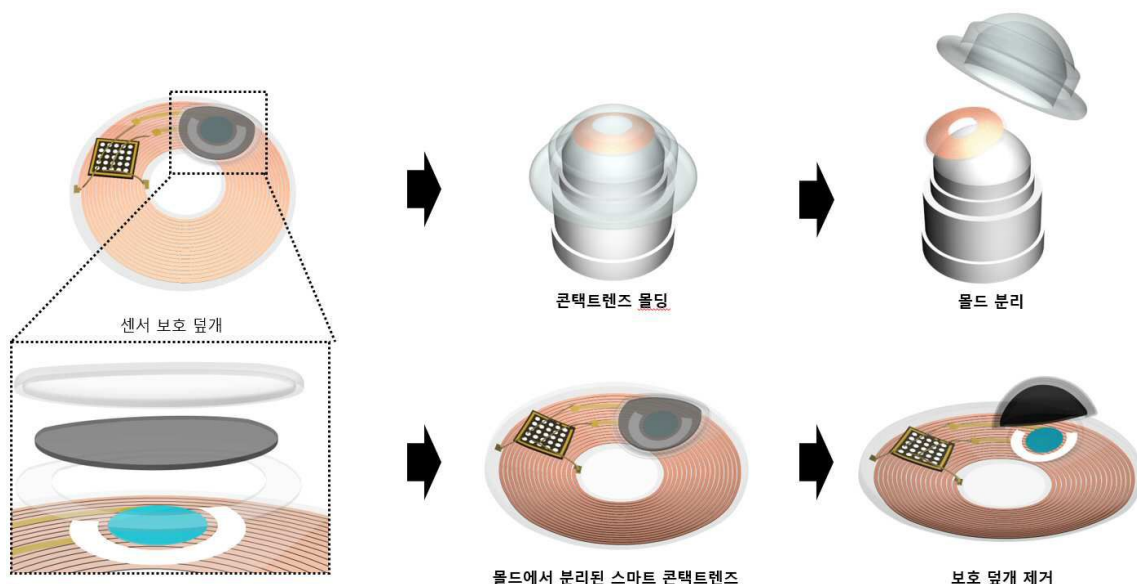
(57) 요약

본 발명은 안테나; NFC 칩; 및 바이오마커 측정을 위한 전기화학 기반 센서;를 포함하고, 상기 전기화학 기반 센서는 외부로 노출되어 있는 스마트 콘택트렌즈를 제공한다.

상기 전기화학 기반 센서는 외부로 노출되어 있으며, 안구에 착용 시 눈물막에 접촉한 상태로 유지될 수 있다.

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



본 발명에 따른 스마트 콘택트렌즈는 눈물과의 접촉을 위한 센서 부분만을 노출하여 사용자가 본 발명에 따른 스마트 콘택트렌즈를 착용하였을 때, 바이오마커를 정밀하게 측정할 수 있으며, 내구성과 안전성이 뛰어나고 신뢰도를 극대화할 수 있다.

또한, 본 발명에 따른 스마트 콘택트렌즈는 사용자가 착용하는 동안에 포도당, 콜레스테롤 등과 같은 바이오마커를 실시간으로 측정하여 스스로 건강 상태를 모니터링할 수 있다.

또한, 본 발명에 따른 스마트 콘택트렌즈는 센서부분만을 노출시키기 위해 간단한 공정으로 가능하고, 센서 이외의 안테나, IC 칩은 노출되지 않도록 제어할 수 있으며, 노출 공정 시 렌즈의 손상을 최소화할 수 있다.

또한, 본 발명에 따른 스마트 콘택트렌즈는 제작 마지막 단계에서 측정에 필수적인 효소를 센서의 작업전극 위에 올리기 때문에, 효소만 바꾸어 다양한 물질을 측정할 수 있다.

(52) CPC특허분류

A61B 5/0015 (2013.01)

A61B 5/14532 (2013.01)

A61B 5/1477 (2013.01)

A61B 5/6821 (2013.01)

G02C 7/049 (2013.01)

A61B 2562/125 (2013.01)

A61B 2562/18 (2013.01)

(72) 발명자

주병준

서울특별시 서대문구 연세로 50, 제1공학관 A219호

박원정

서울특별시 서대문구 연세로 50, 제1공학관 A219호

송하영

서울특별시 서대문구 연세로 50, 제1공학관 A219호

서훈규

서울특별시 서대문구 연세로 50, 제1공학관 A219호

조동연

서울특별시 서대문구 연세로 50, 제1공학관 A219호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711127317

과제번호 2018M3A9F1021649

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 원천기술개발사업

연구과제명 질병 진단용 모바일 스마트 콘택트렌즈 기술 개발

기 여 율 70/100

과제수행기관명 연세대학교

연구기간 2021.01.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415179709

과제번호 20013621

부처명 산업통상자원부

과제관리(전문)기관명 한국산업기술평가관리원

연구사업명 산업기술거점센터육성시범사업

연구과제명 초임계 소재 산업기술거점센터

기 여 율 30/100

과제수행기관명 연세대학교

연구기간 2020.09.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

안테나를 제작하는 제1단계;

전기화학 기반 센서를 제작하는 제2단계;

상기 제1단계에서 제작된 안테나 위에 NFC 칩과 상기 제2단계에서 제작된 전기화학 기반 센서를 올려 전기적으로 연결시키는 제3단계;

상기 전기화학 기반 센서 위에 보호 덮개를 올려 경화시킨 후, 실리콘계 물질로 몰딩하여 콘택트렌즈 형태로 제조하는 제4단계; 및

상기 제4단계에서 제조된 콘택트렌즈에서 보호 덮개를 제거하여 전기화학 기반 센서를 노출시키는 제5단계를 포함하고

상기 보호 덮개는,

실리콘계 폴리머를 스핀코팅하여 열처리한 후 경화시켜 실리콘계 필름을 제조하는 제1단계;

상기 제1단계에서 제조된 필름을 센서보다 크게 자른 후 중앙에 센서크기의 구멍을 뚫는 제2단계;

폴리이미드 필름을 센서 크기로 잘라 준비하는 제3단계; 및

상기 제2단계에서 제조된 구멍이 뚫린 실리콘계 필름에 제3단계에서 제조된 폴리이미드 필름을 올린 후 열처리하여 경화시키는 제4단계;를 포함하여 제조되는 것을 특징으로 하는 스마트 콘택트렌즈 제조방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제1단계에서 안테나는 12.5 ~ 14.5 MHz의 공진주파수를 갖는 것을 특징으로 하는 스마트 콘택트렌즈 제조방법.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 제2단계에서 전기화학 기반 센서는 작업 전극과 상대 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 스마트 콘택트렌즈 제조방법.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 제2단계에서 전기화학 기반 센서는 포토리소그래피 공정 및 전해도금 공정을 통해 제작되는 것을 특징으로

하는 스마트 콘택트렌즈 제조방법.

청구항 7

제3항에 있어서,

상기 제3단계에서 금 와이어를 이용하여 전기적으로 연결시키는 것을 특징으로 하는 스마트 콘택트렌즈 제조방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

제3항에 있어서,

상기 실리콘계 폴리머는 디메티콘 (Polydimethylsiloxane, PDMS)인 것을 특징으로 하는 스마트 콘택트렌즈 제조방법.

청구항 10

제3항에 있어서,

상기 제1단계는 500 ~ 2000 rpm으로 30 ~ 40초간 스핀 코팅하고, 100 ~ 150 ℃에서 10분 ~ 2시간 동안 열처리하여 경화시키는 것을 특징으로 하는 스마트 콘택트렌즈 제조방법.

청구항 11

제3항에 있어서,

상기 제4단계는 구멍이 뚫린 실리콘계 필름에 제3단계에서 제조된 폴리이미드 필름을 올린 후 주변부에 디메티콘 (Polydimethylsiloxane, PDMS)를 바르고 100 ~ 150 ℃에서 10분 ~ 2시간 동안 열처리하여 경화시키는 것을 특징으로 하는 스마트 콘택트렌즈 제조방법.

청구항 12

제3항에 있어서,

상기 제4단계에서 상기 전기화학 기반 센서 위에 보호 덮개를 올린 후 상기 보호 덮개의 경계부에 디메티콘 (Polydimethylsiloxane, PDMS)를 발라 150℃에서 10분간 경화시키는 것을 특징으로 하는 스마트 콘택트렌즈 제조방법.

청구항 13

제3항에 있어서,

상기 제4단계에서 몰딩은 70 ~ 100 ℃도 오븐에서 4 ~ 8 시간 동안 경화시켜 이루어지는 것을 특징으로 하는 스마트 콘택트렌즈 제조방법.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 스마트 콘택트렌즈에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 눈물 속 물질의 측정이 가능한 스마트 콘택트렌즈 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

[0003] 바이오마커란 신체의 상태를 측정할 수 있는 생물학적 지표를 의미하며, 혈압, 체온, 심박수 등도 이에 속한다. 물리적인 요소 외에 체내에 존재하는 물질들도 바이오마커로 사용되는데, 대표적으로 당뇨병의 바이오마커인 혈당이 있다. 바이오마커의 측정은 질병의 진단이나 관리에 유용하며 필수적이다. 혈압이나, 체온, 심박수의 경우 현재 다양한 헬스케어 디바이스 개발되어 측정이 가능하다. 하지만 혈액 속에 존재하는 바이오마커의 경우 침습적 측정이 불가피하며, 반복 측정시 고통을 수반할 수 있다. 그렇기 때문에 비침습적인 방법으로 혈액이 아닌 다른 눈물이나 땀, 타액과 같은 체액에서 바이오마커를 측정할 수 있는 헬스케어 기기가 연구되고 있다.

[0004] 안구의 바이오마커와 눈물 속 물질을 측정하는 헬스케어 기기인 스마트 콘택트렌즈는 비침습적인 방법으로 질병 진단 및 관리가 가능하다. 현재 전 세계에서 승인을 받아 판매 가능한 유일한 스마트 콘택트렌즈는 안압측정용 콘택트렌즈(Triggerfish, Sensimed)이다. 그러나 안압을 측정하는 스마트 콘택트렌즈는 눈물과 접촉이 필요하지 않고, 물리적으로 압력을 측정하는 방법을 이용하고 있어 센서가 눈물에 노출될 필요가 없다. 눈물 속 물질을 탐지하고 측정하기 위하여 스마트 콘택트렌즈의 센서는 눈물과의 접촉이 필수적이다.

[0005] 스마트 콘택트렌즈의 개발에서는 센서와 눈물과의 접촉 가능 여부와 센서 이외의 다른 부분의 수분 노출 차단을 고려하여야 한다. 산소나 이산화탄소 등의 기체는 콘택트렌즈에 사용되는 실리콘 계열 물질로의 투과가 가능하다. 그러나 바이오마커로 이용되는 단백질은 이와 비교했을 때 매우 큰 분자량을 가지며 콘택트렌즈 내로 투과가 어렵다. 또한 스마트 콘택트렌즈는 물질을 측정할 수 있는 센서 이외에도 무선으로 정보를 주고받을 수 있도록 안테나, 데이터 처리 칩, 배터리 등의 무선통신 기능을 하는 소자를 포함한다. 센서는 눈물에 노출되어야 하나 나머지 부분은 수분이 침투하였을 때 누전이 될 수 있는 문제가 있다.

[0006] 따라서, 센서 부분은 눈물에 노출되면서 사용자의 안전이 보장된 스마트 콘택트렌즈 개발이 요구되고 있는 실정이다.

[0008] [선행기술문헌]

[0009] 한국등록특허 제2265827호

[0010] 한국공개특허 제2021-0094481호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명은 눈물에 존재하는 바이오마커를 측정함으로써, 스스로 건강 상태를 진단할 수 있는 스마트 콘택트렌즈를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0013] 또한, 본 발명은 스마트 콘택트렌즈의 센서 부분만을 노출하여 눈물과 센서가 직접 접촉할 수 있으며, 누전 등과 같은 문제가 발생하지 않도록 제조된 스마트 콘택트렌즈 제조방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0015] 본 발명은 안테나; NFC 칩; 및 바이오마커 측정을 위한 전기화학 기반 센서;를 포함하고, 상기 전기화학 기반 센서는 외부로 노출되어 있는 스마트 콘택트렌즈를 제공한다.

[0016] 상기 전기화학 기반 센서는 외부로 노출되어 있으며, 안구에 착용 시 눈물막에 접촉한 상태로 유지될 수 있다.

[0017] 또한, 본 발명은 안테나를 제작하는 제1단계; 전기화학 기반 센서를 제작하는 제2단계; 상기 제1단계에서 제작된 안테나 위에 NFC 칩과 상기 제2단계에서 제작된 전기화학 기반 센서를 올려 전기적으로 연결시키는 제3단계; 상기 전기화학 기반 센서 위에 보호 덮개를 올려 경화시킨 후, 실리콘계 물질로 몰딩하여 콘택트렌즈 형태로 제조하는 제4단계; 및 상기 제4단계에서 제조된 콘택트렌즈에서 보호 덮개를 제거하여 전기화학 기반 센서를 노출시키는 제5단계를 포함하는 스마트 콘택트렌즈 제조방법을 제공한다.

- [0018] 상기 제1단계에서 안테나는 12.5 ~14.5 MHz의 공진주파수를 갖는 것이 바람직하다.
- [0019] 상기 제2단계에서 전기화학 기반 센서는 작업 전극과 상대 전극을 포함할 수 있다.
- [0020] 상기 제2단계에서 전기화학 기반 센서는 포토리소그래피 공정 및 전해도금 공정을 통해 제작될 수 있다.
- [0021] 상기 제3단계에서 금 와이어를 이용하여 전기적으로 연결시키는 것이 바람직하다.
- [0022] 상기 보호 덮개는, 실리콘계 폴리머를 스핀코팅하여 열처리한 후 경화시켜 실리콘계 필름을 제조하는 제1단계; 상기 제1단계에서 제조된 필름을 센서보다 크게 자른 후 중앙에 센서크기의 구멍을 뚫는 제2단계; 폴리이미드 필름을 센서 크기로 잘라 준비하는 제3단계; 및 상기 제2단계에서 제조된 구멍이 뚫린 실리콘계 필름에 제3단계에서 제조된 폴리이미드 필름을 올린 후 열처리하여 경화시키는 제4단계;를 포함하여 제조될 수 있다.
- [0023] 상기 실리콘계 폴리머는 디메티콘 (Polydimethylsiloxane, PDMS)이 사용될 수 있다.
- [0024] 상기 제1단계는 500 ~ 2000rpm으로 30 ~ 40초간 스핀 코팅하고, 100 ~ 150℃에서 10분 ~ 2시간 동안 열처리하여 경화시키는 것이 바람직하다.
- [0025] 상기 제4단계는 구멍이 뚫린 실리콘계 필름에 제3단계에서 제조된 폴리이미드 필름을 올린 후 주변부에 디메티콘 (Polydimethylsiloxane, PDMS)를 바르고 100 ~ 150℃에서 10분 ~ 2시간 동안 열처리하여 경화시키는 것이 바람직하다.
- [0026] 상기 제4단계에서 상기 전기화학 기반 센서 위에 보호 덮개를 올린 후 상기 보호 덮개의 경계부에 디메티콘 (Polydimethylsiloxane, PDMS)를 발라 100 ~ 150℃에서 10분 ~ 2시간 동안 경화시키는 것이 바람직하다.
- [0027] 상기 제4단계에서 몰딩은 70 ~ 100 ℃도 오븐에서 4 ~ 8시간 동안 경화시키는 것이 바람직하다.

발명의 효과

- [0029] 본 발명에 따른 스마트 콘택트렌즈는 눈물막의 접촉을 위한 센서 부분만을 노출하여 사용자가 본 발명에 따른 스마트 콘택트렌즈를 착용하였을 때, 바이오마커를 정밀하게 측정할 수 있으며, 내구성과 안전성이 뛰어나고 신뢰도를 극대화할 수 있다.
- [0030] 특히, 안구에 착용 시 노출된 센서부분은 눈물막에 접촉한 상태로 유지되어 안구에 손상 또는 이물감이 거의 없다.
- [0031] 또한, 본 발명에 따른 스마트 콘택트렌즈는 사용자가 착용하는 동안에 포도당, 콜레스테롤 등과 같은 바이오마커를 실시간으로 측정하여 스스로 건강 상태를 모니터링할 수 있다.
- [0032] 또한, 본 발명에 따른 스마트 콘택트렌즈는 센서부분만을 노출시키기 위해 간단한 공정으로 가능하고, 센서 이외의 안테나, IC 칩은 노출되지 않도록 제어할 수 있으며, 노출 공정 시 렌즈의 손상을 최소화할 수 있다.
- [0033] 또한, 본 발명에 따른 스마트 콘택트렌즈는 제작 마지막 단계에서 측정에 필수적인 효소를 센서의 작업전극 위에 올리기 때문에, 효소만 바꾸어 다양한 물질을 측정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0035] 도 1은 본 발명에 따른 스마트 콘택트렌즈의 제조방법을 나타낸 개략도이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 스마트 콘택트렌즈에 채용되는 안테나의 수치를 나타낸 그림이다.
- 도 3은 본 발명에 따른 스마트 콘택트렌즈에 채용되는 안테나의 공진주파수를 보여주는 그래프이다.
- 도 4는 본 발명에 따른 스마트 콘택트렌즈에 채용되는 안테나와 NFC 칩, 센서가 전기적으로 연결된 모습을 보여주는 개략도이다.
- 도 5는 눈에 본 발명에 따라 제조된 스마트 콘택트렌즈가 착용된 모습과 안구의 눈물막 구조를 보여주는 그림이다.
- 도 6은 토끼가 본 발명에 따라 제조된 스마트 콘택트렌즈를 착용한 사진이다.
- 도 7은 본 발명에 따른 스마트 콘택트렌즈로 포도당 및 콜레스테롤의 농도를 측정한 그래프이다.
- 도 8은 본 발명에 따라 제조된 스마트 콘택트렌즈의 사진과 센서 부분이 노출된 모습을 광학현미경으로 촬영한

사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0036] 이하, 본 발명을 상세하게 설명한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 상세한 설명은 생략할 수 있다.
- [0037] 본 명세서 및 특허청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적 의미로 한정되어 해석되지 아니하며, 본 발명의 기술적 사항에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야 한다.
- [0038] 본 명세서에 기재된 실시 예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 바람직한 실시예이며, 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것이 아니므로, 본 출원 시점에서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있다.
- [0039] 또한 본 발명에서 사용되는 기술 용어 및 과학 용어에 있어서 다른 정의가 없다면, 이 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 통상적으로 이해하고 있는 의미를 가지며, 하기의 설명 및 첨부 도면에서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 설명은 생략한다.
- [0040] 또한 본 발명에서 사용되는 용어의 단수 형태는 특별한 지시가 없는 한 복수 형태도 포함하는 것으로 해석될 수 있다.
- [0041] 또한 본 발명에서 특별한 언급 없이 불분명하게 사용된 %의 단위는 중량%를 의미한다.
- [0043] 본 발명은 눈물에 존재하는 바이오마커를 측정함으로써, 스스로 건강 상태를 진단할 수 있는 스마트 콘택트렌즈를 제공한다.
- [0044] 본 발명은 안테나; NFC 칩; 및 바이오마커 측정을 위한 전기화학 기반 센서;를 포함하고, 상기 전기화학 기반 센서는 외부로 노출되어 있는 스마트 콘택트렌즈를 제공한다.
- [0045] 상기 전기화학 기반 센서는 외부로 노출되어 있으며, 안구에 착용 시 눈물막에 접촉한 상태로 유지될 수 있어 착용자가 이물감을 거의 느낄 수 없으며, 안구에 손상 또한 거의 발생하지 않는다.
- [0046] 또한, 안테나, NFC 칩과 같이 누전을 일으킬 수 있는 부분은 모두 캡슐화(밀봉)되어 있어 안전하다.
- [0048] 본 발명은 스마트 콘택트렌즈의 센서 부분만을 노출하여 눈물과 센서가 직접 접촉할 수 있으며, 누전 등과 같은 문제가 발생하지 않도록 제조된 스마트 콘택트렌즈 제조방법을 제공한다.
- [0049] 본 발명에 따른 스마트 콘택트렌즈 제조방법은 안테나를 제작하는 제1단계; 전기화학 기반 센서를 제작하는 제2단계; 상기 제1단계에서 제작된 안테나 위에 NFC 칩과 상기 제2단계에서 제작된 전기화학 기반 센서를 올려 전기적으로 연결시키는 제3단계; 상기 전기화학 기반 센서 위에 보호 덮개를 올려 경화시킨 후, 실리콘계 물질로 몰딩하여 콘택트렌즈 형태로 제조하는 제4단계; 및 상기 제4단계에서 제조된 콘택트렌즈에서 보호 덮개를 제거하여 전기화학 기반 센서를 노출시키는 제5단계를 포함한다.
- [0050] 상기 제1단계에서 안테나는 12.5 ~14.5 MHz의 공진주파수를 갖는 것이 바람직하며, 가장 바람직하게는 13.56 MHz이다.
- [0051] 상기 공진주파수의 상한을 초과거나, 하한 미만일 경우 NFC 통신이 가능한 영역을 벗어나게 되어 무선 통신이 불가능해지는 문제가 생길 수 있다.
- [0052] Near-field communication (NFC)는 13.56 MHz의 주파수를 사용하는 근거리 무선 통신 방법으로, 무선으로 데이터를 송수신하는 기술이다.
- [0053] 스마트폰, 스마트워치와 같은 NFC 기술을 사용할 수 있는 기기를 이용하여 스마트 콘택트렌즈에 전력을 공급하고, 측정된 데이터를 주고받을 수 있다.
- [0054] 상기 제2단계에서 전기화학 기반 센서는 작업 전극과 상대 전극을 포함할 수 있다. 상기 작업 전극과 상대 전극은 당업계에서 통상적으로 사용되는 것을 채용할 수 있다.
- [0055] 상기 제2단계에서 전기화학 기반 센서는 포토리소그래피 공정 및 전해도금 공정을 통해 제작될 수 있으며, 당업계에서 통상적으로 사용되는 방법을 통해 제조될 수 있다.
- [0056] 상기 제3단계에서 금 와이어를 이용하여 전기적으로 연결시키는 것이 바람직하다.

- [0058] 본 발명에 따른 스마트 콘택트렌즈의 보호 덮개 제조방법은 다음과 같다.
- [0059] 본 발명에 따른 보호 덮개는 실리콘계 폴리머를 스핀코팅하여 열처리한 후 경화시켜 실리콘계 필름을 제조하는 제1단계; 상기 제1단계에서 제조된 필름을 센서보다 크게 자른 후 중앙에 센서크기의 구멍을 뚫는 제2단계; 폴리이미드 필름을 센서 크기로 잘라 준비하는 제3단계; 및 상기 제2단계에서 제조된 구멍이 뚫린 실리콘계 필름에 제3단계에서 제조된 폴리이미드 필름을 올린 후 열처리하여 경화시키는 제4단계;를 포함하여 제조될 수 있다.
- [0060] 상기 실리콘계 폴리머는 디메티콘 (Polydimethylsiloxane, PDMS)이 가장 바람직하게 사용될 수 있으며, 폴리우레탄(polyurethane)도 사용될 수 있으며, 에코플렉스(Ecoflex), 누실(Nusil), MED-6015 제품을 사용할 수도 있다.
- [0061] 상기 제1단계는 500 ~ 2000rpm으로 30 ~ 40초간 스핀 코팅하고, 100 ~ 150℃에서 10분 ~ 2시간 동안 열처리하여 경화시키는 것이 바람직하다. 더욱 바람직하게는, 100℃의 경우에는 2시간, 150℃의 경우에는 10분 동안 열처리할 수 있으며, 1000rpm으로 40초간 스핀코팅하고 150℃에서 10분간 열처리하는 것이 가장 바람직하다.
- [0062] 여기서, 스핀 코팅의 상한을 초과할 경우 PDMS의 두께가 너무 얇아져 취급이 어려운 문제가 생길 수 있으며, 하한 미만일 경우 두께가 너무 두꺼워져 렌즈의 두께를 증가시키는 문제가 생길 수 있다.
- [0063] 상기 제4단계는 구멍이 뚫린 실리콘계 필름에 제3단계에서 제조된 폴리이미드 필름을 올린 후 주변부에 디메티콘 (Polydimethylsiloxane, PDMS)를 바르고 100 ~ 150℃에서 10분 ~ 2시간 동안 열처리하여 경화시키는 것이 바람직하다. 더욱 바람직하게는, 100℃의 경우에는 2시간, 150℃의 경우에는 10분 동안 열처리할 수 있다.
- [0064] 상기 열처리의 시간과 온도가 상한을 초과할 경우 과도한 경화에 의해 단단해져 보호덮개로 적합하지 않으며, 하한 미만일 경우 PDMS의 경화가 되지 않는 문제가 생길 수 있다.
- [0065] 상기 제4단계에서 상기 전기화학 기반 센서 위에 보호 덮개를 올린 후 상기 보호 덮개의 경계부에 디메티콘 (Polydimethylsiloxane, PDMS)를 발라 100 ~ 150℃에서 10분 ~ 2시간 동안 경화시키는 것이 바람직하다. 더욱 바람직하게는, 100℃의 경우에는 2시간, 150℃의 경우에는 10분 동안 열처리할 수 있다.
- [0066] 상기 경화 온도의 상한을 초과할 경우 PDMS가 과도한 경화에 의해 단단해져 보호덮개로 적합하지 않으며, 하한 미만일 경우 PDMS의 경화가 되지 않는 문제가 생길 수 있다.
- [0067] 상기 제4단계에서 몰딩은 70 ~ 100 ℃도 오븐에서 4 ~ 8시간 동안 경화시키는 것이 바람직하다.
- [0068] 여기서, 실리콘계 폴리머가 몰딩시 천천히 흘러내리며 경화가 이루어져야 하는데, 상한을 초과할 경우 경화가 빠르게 이루어져 몰드에 실리콘계 폴리머가 과하게 남아 렌즈가 두꺼워지는 문제가 생길 수 있으며, 하한 미만일 경우 경화가 제대로 이루어지지 않거나 실리콘계 폴리머가 과도하게 흘러내려 렌즈 형태를 이루지 못하는 문제가 생길 수 있다.
- [0070] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 보다 상세히 설명하기로 한다. 이들 실시예는 오로지 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 요지에 따라 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되지 않는다는 것은 당 업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명한 것이다.
- [0072] **실시예**
- [0073] [스마트 콘택트렌즈의 제작]
- [0074] 먼저, 공진주파수 13.56 MHz를 갖는 안테나를 열증착기로 구리를 5 μ m 증착한 후 포토리소그래피 공정으로 제작한다(선폭: 170 μ m, 안테나 사이거리: 40 μ m, 회전수: 17, 내부반지름: 2.16mm).
- [0075] 작업 전극과 기준/상대 전극이 있는 전자화학 기반 센서를 포토리소그래피 공정, 전해도금 공정으로 제작하며, 전기화학 기반 센서는 통상의 방법으로 제조하였다.
- [0076] 제작한 안테나 위에 NFC 칩(NHS 3152, NXP 사)와 제작한 센서를 올려 금 와이어로 전기적으로 모든 요소를 연결한다.
- [0077] 실리콘 계열 물질인 polydimethylsiloxane을 사용하여 콘택트렌즈 형태로 제작한다.
- [0079] [보호 덮개 제작]
- [0080] PDMS를 1000 rpm으로 40초간 스핀 코팅하여 120℃에서 2시간 동안 경화시킨다. 경화된 PDMS 필름을 센서 크기보

다 1 mm를 크게 자른 후, 필름 중앙을 직경 3 mm의 펀치로 구멍을 뚫어 준비한다. PI 필름을 센서 크기로 잘라 준비한다.

[0081] PDMS 필름의 뚫린 구멍 위에 센서 크기로 자른 PI 필름을 올린 후, 주변부에 PDMS를 발라 150℃에서 10분간 경화시킨다.

[0082] 제작한 보호 덮개를 센서에 올린 후 콘택트렌즈 형태로 몰딩을 진행한다.

[0084] [몰딩]

[0085] 제작된 보호 덮개를 센서 위에 올린 후 덮개의 경계부에 PDMS를 발라 150℃에서 10분간 경화시킨다.

[0086] 안테나와 NFC 칩, 센서, 보호 덮개가 집적된 소자를 몰드에 넣어 실리콘 계열 물질인 polydimethylsiloxane을 넣어 70℃로 설정된 오븐에서 6시간 동안 경화시킨다. 몰드에서 소자를 분리한 후, 보호 덮개를 제거한다.

[0087] 위와 같은 공정을 거쳐 제작한 스마트 콘택트렌즈는 센서 부분만이 외부에 노출되어 눈에 착용시 눈물과 직접적인 접촉이 가능하다.

[0089] **평가예**

[0090] 본 발명에 사용된 안테나는 13.56 MHz의 주파수를 갖도록 디자인 되었으며, 제작 후 주파수를 측정하였을 때, 13.56 MHz의 주파수를 확인하였다(도 3). 또한 안테나의 반사계수를 의미하는 S-파라미터의 값이 30 dB 이상의 값을 가져, 제작된 안테나로 통신을 할때 신호의 손실이 작음을 의미한다.

[0091] 2.5 kg의 New Zealand White Rabbit의 눈은 사람의 안구와 비슷한 크기를 가진다. 이 토끼에게 제작한 스마트 콘택트렌즈 착용시켜, 착용이 가능함을 보였다(도 6).

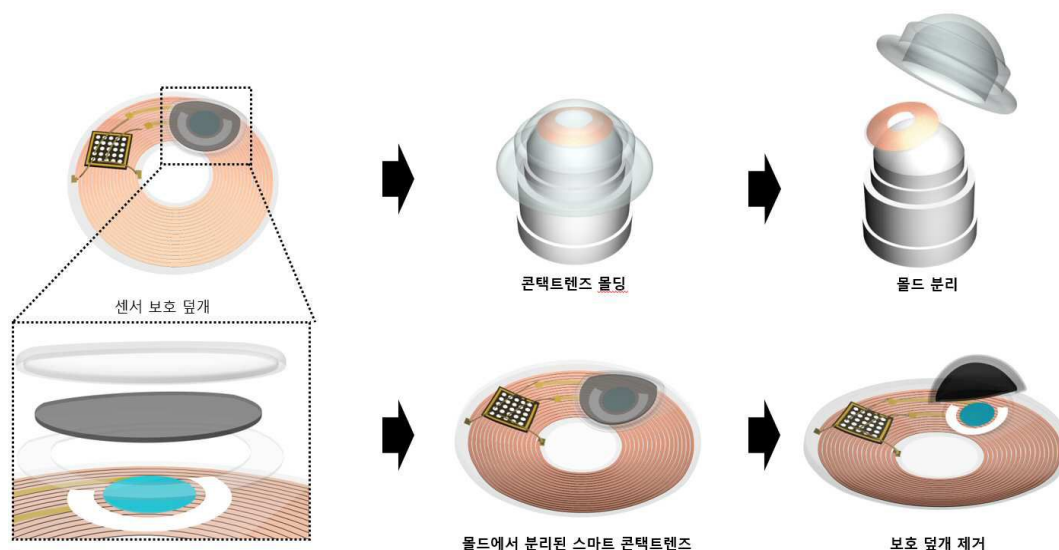
[0092] 본 발명에 따른 전기화학 센서로 포도당 및 콜레스테롤의 농도를 측정하였다. 시간대 전류법으로 각각의 농도에 따른 전류의 변화를 측정하였으며, 센서로 측정 가능한 농도는 눈물 속 바이오마커(포도당 및 콜레스테롤)의 탐지하기에 충분한 범위임을 확인할 수 있었다(도 7).

[0094] 이상과 같이, 본 명세서와 도면에는 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 개시하였으며, 비록 특정 용어들이 사용되었으나, 이는 단지 본 발명의 기술 내용을 쉽게 설명하고 발명의 이해를 돕기 위한 일반적인 의미에서 사용된 것이지, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다.

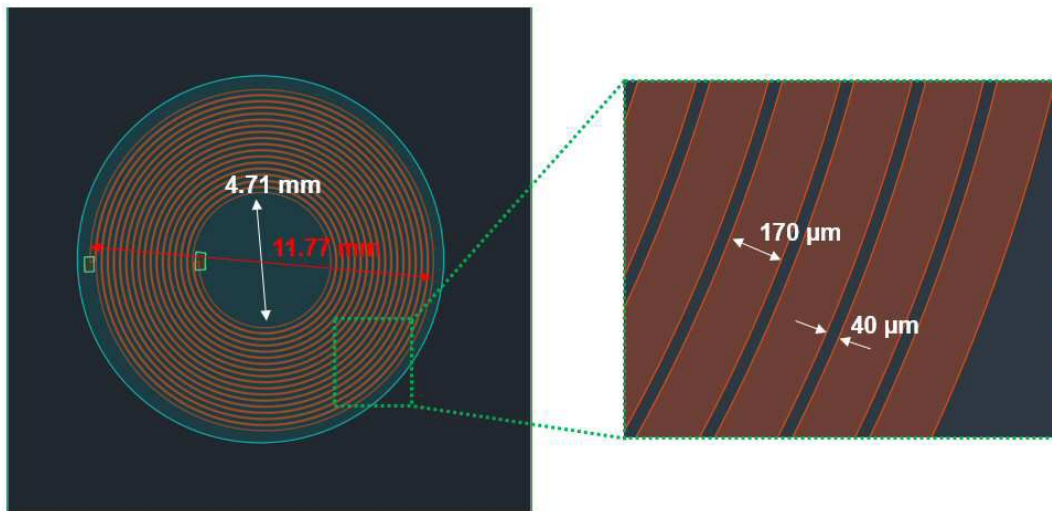
[0095] 여기에 개시된 실시예 외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형 예들이 실시 가능하다는 것은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.

도면

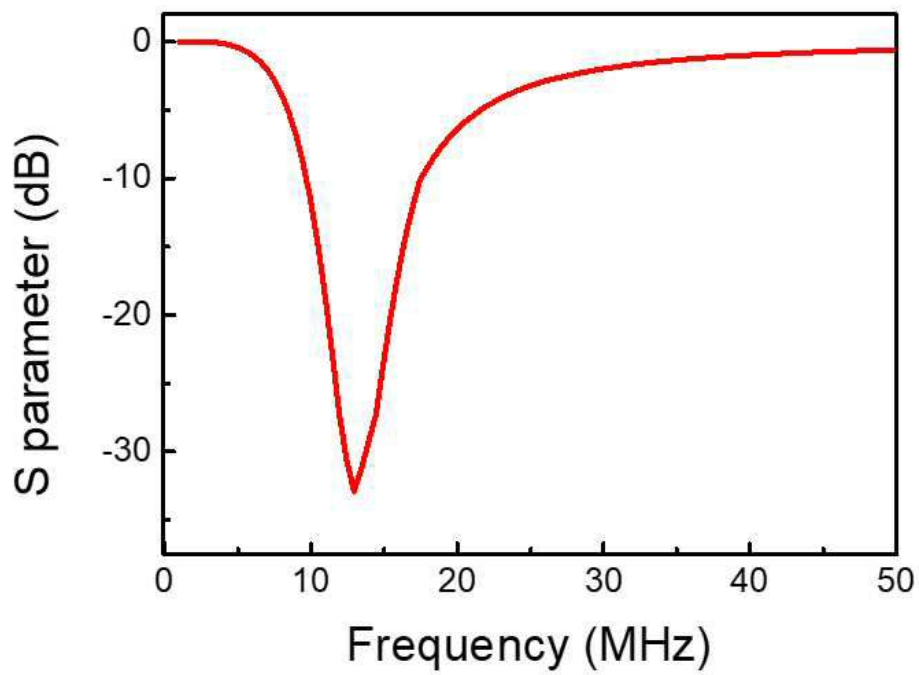
도면1



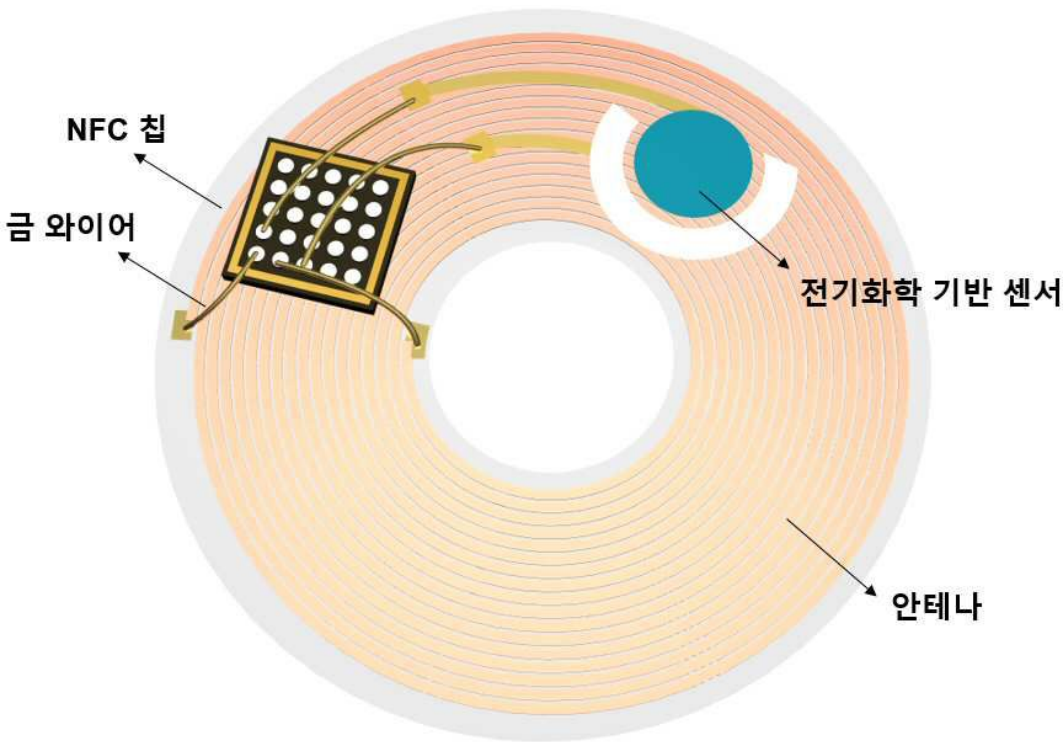
도면2



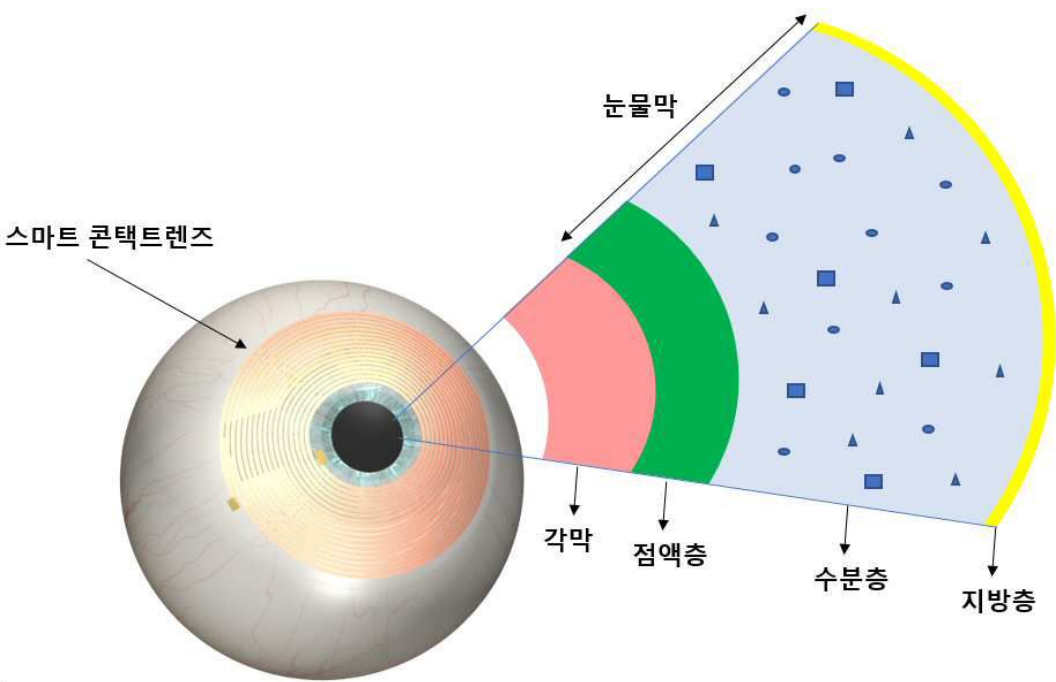
도면3



도면4



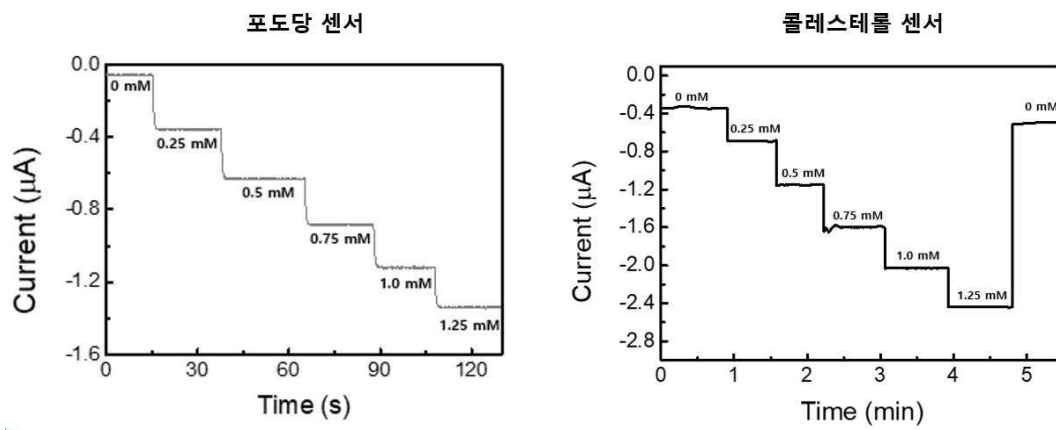
도면5



도면6



도면7



도면8

