



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년01월04일

(11) 등록번호 10-1581814

(24) 등록일자 2015년12월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G02C 7/04 (2006.01) H02N 11/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0174392

(22) 출원일자 2014년12월05일

심사청구일자 2014년12월05일

(56) 선행기술조사문헌

WO2014004839 A1

김상우 등, 고효율 플렉시블 압전 에너지 하베스터 개발

US20120242953 A1

US20120218508 A1

(73) 특허권자

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

박정열

서울특별시 성동구 독서당로62길 43 (응봉동, 래미안아파트) 10동 1003호

김정욱

서울특별시 동작구 상도동 상도로53길 8 래미안상도3차아파트 303동 1101호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

지현조

전체 청구항 수 : 총 7 항

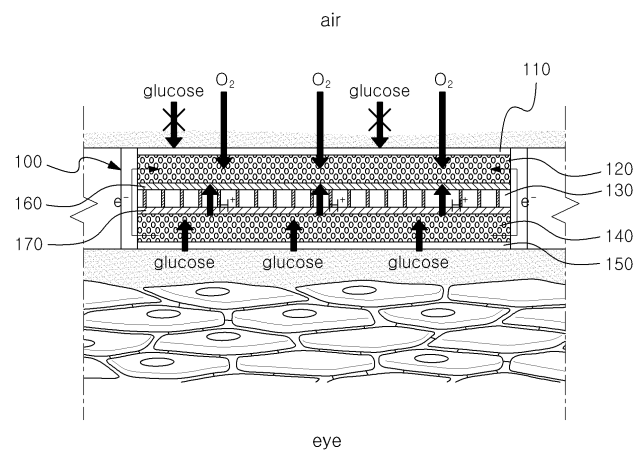
심사관 : 이별섭

(54) 발명의 명칭 눈물로 작동하는 스마트 콘택트 렌즈

(57) 요약

스마트 콘택트 렌즈를 위한 에너지원의 문제점을 극복할 수 있는 스마트 콘택트 렌즈가 개시된다. 광학 구성요소 및 전자 구성요소를 포함하며, 눈의 각막 상에서 외면으로 산소와 접하고 내면으로 각막을 마주하는 스마트 콘택트 렌즈는, 전자 구성요소를 위한 에너지 하베스터(harvester)를 포함하되, 에너지 하베스터는, 산소는 통과하되 눈물 내의 글루코스(glucose)의 통과를 방해하는 외막, 외막의 내면에 제공되는 제1다공성 전극막, 제1다공성 전극막의 내면에 제공되는 이온 선택성 멤브레인(ion selective membrane), 이온 선택성 멤브레인의 내면에 제공되는 제2다공성 전극막, 및 제2 다공성 전극막의 내면에 제공되며 눈물 내의 글루코스를 통과시키는 내막을 포함한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

맹보희

경기도 용인시 기흥구 용구대로 1842 109동 804호
(보라동, 현대모닝사이드2차아파트)

강동원

경기 고양시 덕양구 백양로 8, 1704동 2004호 (화정동, 옥빛마을17단지아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 201331052, NRF-2013R1A1A2073271

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 일반연구자지원사업

연구과제명 비선형 나노스케일 동전기에 기반한 생체모방형 인공 전기뱀장어 개발

기 여 율 1/1

주관기관 서강대학교

연구기간 2013.12.01 ~ 2016.11.30

명세서

청구범위

청구항 1

광학 구성요소 및 전자 구성요소를 포함하며, 눈의 각막 상에서 외면으로 산소와 접하고 내면으로 각막을 마주하는 스마트 콘택트 렌즈에 있어서,

상기 전자 구성요소를 위한 에너지 하베스터(harvester)를 포함하되,

상기 에너지 하베스터는,

산소는 통과하되 눈물 내의 글루코스(glucose)의 통과를 방해하는 외막;

상기 외막의 내면에 제공되는 제1다공성 전극막;

상기 제1다공성 전극막의 내면에 제공되는 이온 선택성 멤브레인(ion selective membrane);

상기 이온 선택성 멤브레인의 내면에 제공되는 제2다공성 전극막; 및

상기 제2 다공성 전극막의 내면에 제공되며, 눈물 내의 글루코스를 통과시키는 내막;을 포함하는 스마트 콘택트 렌즈.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 이온 선택성 멤브레인은 이온 트랙 에칭 폴리머(ion-track etched polymer) 나노 멤브레인인 것을 특징으로 하는 스마트 콘택트 렌즈.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 이온 선택성 멤브레인은 두께 방향을 따라 균일한 크기를 갖는 복수개의 기공이 관통 형성된 다공성 구조로 제공되는 것을 특징으로 하는 스마트 콘택트 렌즈.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1다공성 전극막과 상기 이온 선택성 멤브레인의 사이, 및 상기 제2다공성 전극막과 상기 이온 선택성 멤브레인의 사이 중 적어도 어느 일측에는 매트릭스층(matrix layer)이 형성된 것을 특징으로 하는 스마트 콘택트 렌즈.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 매트릭스층은 하이드로젤로 형성된 것을 특징으로 하는 스마트 콘택트 렌즈.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 매트릭스층은 상기 제1다공성 전극막 및 상기 제2다공성 전극막 중 적어도 어느 하나와 물리적으로 고정되며,

상기 제1다공성 전극막 및 상기 제2다공성 전극막은 상기 매트릭스층을 기반으로 굽힘 변형(bending deformation) 가능한 것 특징으로 하는 스마트 콘택트 렌즈.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 외막 및 상기 내막 중 적어도 어느 하나는 PDMS(polydimethylsiloxane)로 형성된 것을 특징으로 하는 스마트 콘택트 렌즈.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 스마트 콘택트 렌즈에 관한 것으로서, 보다 자세하게는, 눈의 환경적 특이성을 이용하여 스마트 콘택트 렌즈에서 전력을 지속적으로 공급할 수 있는 에너지 하베스트(harvest) 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전자 장치가 소형화됨에 따라, 다양한 용도를 위해 신체에 착용 가능한 또는 매립 가능한 마이크로 전자 장치도 같이 개발되고 있다. 이러한 마이크로 전자 장치는 몸의 물리적인 변화 및 조절, 화학적 변화 및 조절, 몸과 외부와의 통신, 그리고 신체의 기능 개선 등의 목적에 사용될 수 있다.

[0003] 그러한 장치의 예로, 포도당 주입 펌프, 심장 박동기(pacemaker), 제세동기(defibrillator), 심실 보조 장치(ventricular assist device) 및 경피신경 자극기(neurostimulator)를 포함한다. 이와 추가로, 새로운 분야가 안과용으로 착용가능한 렌즈 및 콘택트 렌즈이다. 예를 들어, 착용가능한 렌즈는 눈의 수행 능력을 증대 또는 향상시키기 위해 전자적으로 조절 가능한 초점을 갖는 렌즈 조립체를 포함할 수 있다. 다른 예에서, 전자 콘택트 렌즈는 각막의 특정 변화를 검출하기 위한 전자 센서를 포함할 수 있다.

[0004] 전자 콘택트 렌즈와 관련하여, 미국 가특허 출원 제61/564922호를 참조하면, 시력 교정 또는 기타 안과용 기능을 위한 전자 콘택트 렌즈를 개시하고 있다. 상기 전자 콘택트 렌즈는 전기적 및 기계적 구조물을 통해서 서로 연관된 작동을 하는 광학 구성요소와 전자 구성요소를 포함하며, 목적된 기능을 수행하기 위해서 다양한 회로 및 구성요소가 하나의 구조물 내로 통합될 수 있다. 일 예로, 전자 콘택트 렌즈에는 제어 회로, 마이크로프로세서, 통신 장치, 전원 장치, 센서, 액추에이터, 발광 다이오드, 광 센서, 에너지 하베스터(energy harvester) 및 소형 안테나가 포함될 수 있다.

[0005] 일반적으로 렌즈 내에 배치되는 구성요소는 눈 상의 액체 환경으로부터 구성요소를 보호하면서 대략 1.5 제곱센티미터의 투명 중합체 상으로 소형화 및 통합되어야 한다. 특히, 전자 콘택트 렌즈는 외부로부터 전원을 공급받을 수 없기 때문에, 자체적으로 에너지를 생성할 수 있는 에너지 하베스터가 필요하지만 이를 구체화할 수 있는 기술이 제시되지는 않고 있다.

[0006] 스마트 콘택트 렌즈는 증강현실 기술뿐만 아니라 눈을 통한 헬스 모니터링 및 궁극적으로는 치료기능까지 갖추 수 있을 것으로 예상되므로 이에 대한 관련 기술을 확보하려는 노력이 최근 급속히 진행되고 있다.

[0007] 미국의 워싱턴대학(University of Washington)의 연구진은 single pixel LED 소자를 렌즈 형태에 집적화시킨 증강현실용 스마트 콘택트 렌즈 디스플레이 기술을 2010년 최초로 선보였으며 최근에는 8 pixel 소자 집적화까지 발전시켰다.

[0008] 구글에서는 2014년 1월 Google X project를 통해 눈물을 통한 혈당을 실시간으로 체크할 수 있는 스마트 콘택트 렌즈를 개발하였다고 발표하였고, Micro LED 조명을 스마트 콘택트 렌즈에 융합시킴으로써 사용자들이 혈당 수준을 실시간으로 확인할 수 있도록 개발하고 있다.

[0009] 또한, 스위스 벤처기업 Sensimed는 녹내장 환자의 안압을 실시간으로 측정할 수 있는 콘택트 렌즈 형태의 비침습적 의료기기인 'Triggerfish'를 개발하였는데, 'Triggerfish'는 렌즈 내부에 장착된 센서와 안테나를 통해 안압을 측정하고, 측정된 데이터를 동반 기기에 전송, 기록한 후 블루투스를 통해 의사의 컴퓨터에 저장하는 기능을 가진다. 따라서 녹내장의 진행에 영향을 미치는 것으로 알려져 있는 안압을 실시간으로 모니터링함으로써 녹내장을 진단하고 진행을 늦추는 핵심적인 역할을 할 것으로 기대된다.

[0010] 이러한 스마트 콘택트 렌즈를 구동하기 위한 에너지원으로서 현재까지 채택되고 있는 기술은 무선 RF 기술이 유일하다. 전기 배터리를 비롯한 다른 에너지원은 유연성(flexibility) 및 생체적합성의 한계, 사용 수명의 한계 등의 이유로 배제되고 있으며, 현재 채택되고 있는 무선 RF 기반 에너지 하베스팅 기술은 인체 내 안전성 측면

및 에너지 전달 효율에서 문제가 되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명은 기존의 스마트 콘택트 렌즈를 위한 에너지원의 문제점을 극복할 수 있는 것으로서, 눈에 장착된 상태에서 적용되어 지속적으로 전력을 공급할 수 있고, 신체에 악영향을 최소화 하여 안전성을 유지할 수 있는 에너지 하베스팅 기능을 포함하는 스마트 콘택트 렌즈를 제공한다.

[0012] 구체적으로, 사람의 눈물은 각종 이온 및 단백질뿐만 아니라 글루코스를 포함하고 있으며, 각막 상의 눈물은 상시 공기에 노출되어있으므로 인체 내에서 글루코스의 산화가 자연스럽게 이루어질 수 있는 최적의 환경을 갖추고 있다는 점을 착안하여, 이러한 사람 눈의 환경적 특이성을 적극 활용하여 스마트 콘택트 렌즈에 지속적으로 전력을 공급할 수 있는 글루코스 연료전지(glucose fuel cells) 기반의 에너지 하베스트 장치를 포함하는 스마트 콘택트 렌즈를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0013] 상술한 본 발명의 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 광학 구성요소 및 전자 구성요소를 포함하며, 눈의 각막 상에서 외면으로 산소와 접하고 내면으로 각막을 마주하는 스마트 콘택트 렌즈는, 전자 구성요소를 위한 에너지 하베스터(harvester)를 포함하되, 에너지 하베스터는, 산소는 통과하되 눈물 내의 글루코스(glucose)의 통과를 방해하는 외막, 외막의 내면에 제공되는 제1다공성 전극막, 제1다공성 전극막의 내면에 제공되는 이온 선택성 멤브레인(ion selective membrane), 이온 선택성 멤브레인의 내면에 제공되는 제2다공성 전극막, 및 제2 다공성 전극막의 내면에 제공되며 눈물 내의 글루코스를 통과시키는 내막을 포함한다.

[0014] 본 발명의 에너지 하베스터는 눈의 구조적 특징, 즉 콘택트 렌즈의 착용시 콘택트 렌즈의 한쪽면에서만 공기 노출이 이루어지는 특징을 활용하여, 콘택트 렌즈의 내면 및 외면에서 글루코스와 산소의 농도 구배를 유도함으로써 에너지를 생성할 수 있도록 구성된다.

[0015] 참고로, 본 발명에서 전자 요소라 함은, 제어 회로, 마이크로프로세서, 통신 장치, 전원 장치, 센서, 액추에이터, 발광 다이오드, 광센서, 및 소형 안테나 등을 포함하는 개념으로 이해될 수 있으며, 전자 요소의 종류 및 특성에 따라 본 발명이 제한되거나 한정되는 것은 아니다.

[0016] 한편, 다공성 전극막은 콘택트 렌즈의 탈착용시 발생하는 반복적인 높은 굽힘 변형(bending deformation)에 대해 기계적인 안정성을 유지할 수 있어야 하며, 산소 및 글루코스 분자가 외부에서 에너지 하베스터 내부로 확산될 수 있도록 다공성 구조를 가져야 한다. 본 발명에서는 이러한 조건을 동시에 만족시킬 수 있도록, 유연성 또는 탄성이 부족한 다공성 전극막이 상대적으로 높은 유연성 및 탄성을 갖는 매트릭스층을 기반으로 변형될 수 있다. 참고로, 본 발명에서 다공성 전극막이 매트릭스층을 기반으로 굽힘 변형된다 함은, 매트릭스층의 유연성 및 탄성에 따른 매트릭스층의 굽힘 변형 특성 만큼 다공성 전극막이 굽힘 변형될 수 있는 것으로 이해될 수 있다. 보다 구체적으로, 제1다공성 전극막과 이온 선택성 멤브레인의 사이, 및 제2다공성 전극막과 이온 선택성 멤브레인의 사이 중 적어도 어느 일측에는 매트릭스층(matrix layer)이 형성될 수 있으며, 바람직하게 매트릭스층은 하이드로젤로 형성될 수 있다.

[0017] 이온 선택성 멤브레인으로서의 요구되는 조건 및 설계에 따라 이온 선택성 특성을 갖는 다양한 멤브레인이 사용될 수 있다. 바람직하게, 이온 선택성 멤브레인으로서의 이온 트랙 에칭 폴리머(ion-track etched polymer) 나노 멤브레인이 사용될 수 있으며, 이온 트랙 에칭 폴리머 나노 멤브레인으로 이루어진 이온 선택성 멤브레인은 두께 방향(수직 방향)을 따라 균일한 크기를 갖는 복수개의 기공이 관통 형성된 다공성 구조로 제공될 수 있다.

발명의 효과

[0018] 본 발명에 따른 스마트 콘택트 렌즈에 따르면, 눈에 장착된 상태에서 적용되어 스마트 콘택트 렌즈에 지속적으로 전력을 공급할 수 있고, 신체에 악영향을 최소화 하여 안전성을 유지할 수 있다.

[0019] 특히, 본 발명에 따르면 사람 눈의 환경적 특이성을 적극 활용하여 스마트 콘택트 렌즈에 지속적으로 전력을 공급할 수 있기 때문에 인체 내 안전성을 향상시킬 수 있고, 에너지 전달 효율을 향상시킬 수 있다.

[0020] 한편, 인체의 눈에 장착되는 콘택트 렌즈의 경우 탈착용 시 높은 수준의 굽힘 변형이 발생하기 때문에 실리콘

기관 등과 같이 단단한 물질을 이용하여 형성된 전지의 경우에는 콘택트 렌즈용 에너지원으로는 사용되기 어렵다. 하지만, 본 발명에 따른 에너지 하베스터는 굽힘 변형에 의해 파손이나 성능 저하가 발생하지 않도록 유연성, 탄성 및 생체적합성을 갖기 때문에 콘택트 렌즈용 에너지원으로는 자유롭게 사용될 수 있다.

[0021] 특히, 본 발명에 따르면 각 다공성 전극막이 유연성 및 탄성을 가질 수 있고, 이온 선택성 멤브레인으로써 유연성 및 탄성을 갖는 동시에 높은 이온 선택성, 높은 전도성 및 낮은 유체저항을 갖는 이온 트랙 에칭 폴리머(ion-track etched polymer) 나노 멤브레인을 사용하기 때문에, 굽힘 변형에 의한 파손이나 성능 저하를 방지할 수 있고, 출력밀도(power density)를 향상시킬 수 있다. 일 예로, 본 발명에 따른 에너지 하베스터는 최소 $20 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 이상의 출력밀도를 보장할 수 있다.

[0022] 또한, 본 발명에 따르면 다공성 전극막은 하이드로젤로 이루어진 매트릭스층을 기반으로 굽힘 변형될 수 있기 때문에, 기계적인 안정성(반복적인 굽힘 변형에 따른 복원력, 내부구조 및 표면의 변화 등)을 안정적으로 유지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명에 따른 스마트 콘택트 렌즈를 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 발명에 따른 스마트 콘택트 렌즈로서, 에너지 하베스터를 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명에 따른 스마트 콘택트 렌즈로서, 에너지 하베스터를 구성하는 이온 선택성 멤브레인을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 이하 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 참고로, 본 설명에서 동일한 번호는 실질적으로 동일한 요소를 지칭하며, 이러한 규칙 하에서 다른 도면에 기재된 내용을 인용하여 설명할 수 있고, 당업자에게 자명하다고 판단되거나 반복되는 내용은 생략될 수 있다.

[0025] 도 1은 본 발명에 따른 스마트 콘택트 렌즈를 설명하기 위한 도면이고, 도 2는 본 발명에 따른 스마트 콘택트 렌즈로서, 에너지 하베스터(100)를 설명하기 위한 도면이며, 도 3은 본 발명에 따른 스마트 콘택트 렌즈로서, 에너지 하베스터(100)를 구성하는 이온 선택성 멤브레인을 설명하기 위한 도면이다.

[0026] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 스마트 콘택트 렌즈(10)는 전자 구성요소를 위한 에너지 하베스터(harvester)(100)를 포함하되, 에너지 하베스터(100)는 사람 눈의 환경적 특이성을 활용하여 지속적으로 전력을 공급할 수 있도록 구성되며, 외막(110), 제1다공성 전극막(120), 이온 선택성 멤브레인(130), 제2다공성 전극막(140), 및 내막(150)을 포함한다.

[0027] 참고로, 사람의 눈은 다른 인체 기관과는 달리 체액(눈물)이 외부 공기와 항상 접촉하고 있는 유일한 공간이다. 인체 눈물에는 각종 이온 및 단백질을 비롯하여 0.1~0.6 mM 농도의 글루코스(glucose)가 포함되어 있는데, 이로 인해 공기에 노출되어 있는 눈물에서는 효소에 의한 글루코스의 산화가 항시 발생한다.

[0028] 본 발명의 에너지 하베스터(100)는 눈의 구조적 특징, 즉 콘택트 렌즈의 착용시 콘택트 렌즈의 한쪽면에서만 공기 노출이 이루어지는 특징을 활용하여, 콘택트 렌즈의 내면 및 외면에서 글루코스와 산소의 농도 구배를 유도함으로써 에너지를 생성할 수 있도록 구성된다.

[0029] 상기 스마트 콘택트 렌즈(10)는 광학 구성요소 및 전자 구성요소를 포함하여 제공되며, 눈의 각막 상에서 외면으로 산소와 접하고 내면으로 각막을 마주하도록 사용될 수 있다.

[0030] 아울러, 본 발명에서 전자 요소라 함은, 제어 회로, 마이크로프로세서, 통신 장치, 전원 장치, 센서, 액추에이터, 발광 다이오드, 광센서, 및 소형 안테나 등을 포함하는 개념으로 이해될 수 있으며, 전자 요소의 종류 및 특성에 따라 본 발명이 제한되거나 한정되는 것은 아니다.

[0031] 상기 외막(110)은 내면이 각막의 전면을 마주하며 외면이 공기 중 산소와 접하도록 눈의 각막의 전면에 배치된다. 상기 외막(110)으로서는 인체 내 안전성을 가지며, 산소가 통과할 수 있는 다양한 재질로 형성될 수 있다. 일 예로, 상기 외막(110)은 PDMS(polydimethylsiloxane)로 형성될 수 있다.

[0032] 상기 제1다공성 전극막(120)은 외막(110)의 내면에 배치된다. 일 예로, 상기 제1다공성 전극막(120)은 활성 탄

소 기반으로 형성될 수 있다.

- [0033] 한편, 상기 제1다공성 전극막(120)은 콘택트 렌즈의 탈착용시 발생하는 반복적인 높은 굽힘 변형(bending deformation)에 대해 기계적인 안정성을 유지할 수 있어야 하며, 산소 및 글루코스 분자가 외부에서 에너지 하베스터(100) 내부로 확산될 수 있도록 다공성 구조를 가져야 한다.
- [0034] 본 발명에서는 이러한 조건을 동시에 만족시킬 수 있도록, 유연성 또는 탄성이 부족한 제1다공성 전극막(120) (활성 탄소)이 상대적으로 높은 유연성 및 탄성을 갖는 후술할 매트릭스층(160,170)을 기반으로 변형될 수 있도록 하였다.
- [0035] 보다 구체적으로, 상기 제1다공성 전극막(120)과 후술할 이온 선택성 멤브레인(130)의 사이에는 제1매트릭스층(160)이 제공될 수 있으며, 상기 제1다공성 전극막(120)은 제1매트릭스층(160)을 기반으로 굽힘 변형될 수 있다.
- [0036] 여기서, 상기 제1다공성 전극막(120)이 제1매트릭스층(160)을 기반으로 굽힘 변형된다 함은, 제1매트릭스층(160)의 유연성 및 탄성에 따른 제1매트릭스층(160)의 굽힘 변형 특성만큼 제1다공성 전극막(120)이 굽힘 변형될 수 있는 것으로 이해될 수 있다.
- [0037] 상기 제1매트릭스층(160)은 분자 및 이온의 확산이 가능한 다공성 구조로 이루어져야 하며, 후술할 이온 선택성 멤브레인(130)과의 결합력을 유지할 수 있어야 한다. 이하에서는 제1매트릭스층(160)이 다공성 구조를 가지며 높은 결합력을 유지할 수 있는 하이드로겔로 형성된 예를 들어 설명하기로 한다.
- [0038] 상기 이온 선택성 멤브레인(130)은 제1다공성 전극막(120)과 후술할 제2다공성 전극막(140)의 사이에 배치되도록 제1다공성 전극막(120)의 내면에 제공되며 이온 선택성 특성을 갖는다. 상기 이온 선택성 멤브레인(130)으로서는 요구되는 조건 및 설계에 따라 이온 선택성 특성을 갖는 다양한 멤브레인이 사용될 수 있다. 바람직하게, 상기 이온 선택성 멤브레인(130)으로서는 이온 트랙 에칭 폴리머(ion-track etched polymer) 나노 멤브레인이 사용될 수 있으며, 상기 이온 트랙 에칭 폴리머 나노 멤브레인으로 이루어진 이온 선택성 멤브레인(130)은 두께 방향(수직 방향)을 따라 균일한 크기를 갖는 복수개의 기공(132)이 관통 형성된 다공성 구조로 제공될 수 있다.
- [0039] 한편, 상기 이온 선택성 멤브레인(130)으로서는 기존 양자 교환막 연료 전지(PEMFCs; proton exchange membrane fuel cells) 등에 사용되는 기존 이온 선택성 멤브레인(130)이 사용될 수도 있다. 그러나, 기존 이온 선택성 멤브레인은 내부 조직이 복잡하고 무질서하게 연결되어 있기 때문에 이온 및 전하의 트랩(trap)이 발생하고 상대적으로 입자의 이동 거리(traveling length)가 증가하게 되는 단점이 있고, 입자의 흐름뿐만 아니라 입자의 흐름에 결정적인 영향을 미치는 미디엄(물)의 흐름 역시 복잡하고 무질서한 구조에 의해 큰 저항을 받게 되는 단점이 있다.
- [0040] 하지만, 본 발명에 따르면 이온 선택성 멤브레인(130)으로서는 사용되는 이온 트랙 에칭 폴리머 나노 멤브레인은 높은 이온 선택비를 가짐과 동시에, 기공(132)의 크기가 일정하고 수직방향으로 배열되어 있기 때문에, 상대적으로 짧은 입자 이동거리로 인해 이온 이동성(ion mobility)의 증대되어 전도도가 향상될 수 있다. 더욱이, 이러한 기공(132)의 수직배열 구조를 통해 기존 멤브레인에 비해 상대적으로 낮은 유체저항을 가질 수 있으며, 고분자 기반이므로 유연한 장점을 갖는다.
- [0041] 더욱이, 본 발명에 따르면 이온 선택성 멤브레인(130)으로서는 유연성을 지니는 동시에 높은 이온 선택성, 높은 전도성 및 낮은 유체저항을 갖는 이온 트랙 에칭 폴리머 나노 멤브레인이 사용되기 때문에 출력밀도(power density)를 보다 향상시키는 것이 가능하다. 특히, 기존 글루코스 연료전지의 경우 출력밀도가 수 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 에 불과하여 응용범위에 한계를 갖는 문제점이 있으나, 본 발명에 따르면 이온 트랙 에칭 폴리머 나노 멤브레인을 사용함으로써 최소 20 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 이상의 출력밀도를 보장할 수 있기 때문에 보다 다양한 사용 영역에서 응용될 수 있다.
- [0042] 상기 제2다공성 전극막(140)은 이온 선택성 멤브레인(130)의 내면에 제공된다. 일 예로, 상기 제2다공성 전극막(140)은 백금 기반으로 형성될 수 있다.
- [0043] 전술한 제1다공성 전극막(120)과 마찬가지로, 상기 제2다공성 전극막(140)은 콘택트 렌즈의 탈착용시 발생하는 반복적인 높은 굽힘 변형(bending deformation)에 대해 기계적인 안정성을 유지할 수 있어야 하며, 산소 및 글루코스 분자가 외부에서 에너지 하베스터(100) 내부로 확산될 수 있도록 다공성 구조를 가져야 한다.
- [0044] 본 발명에서는 이러한 조건을 동시에 만족시킬 수 있도록, 유연성 또는 탄성이 부족한 제2다공성 전극막(140)

(백금)이 상대적으로 높은 유연성 및 탄성을 갖는 제2매트릭스층(170)을 기반으로 변형될 수 있도록 하였다.

[0045] 보다 구체적으로, 상기 제2다공성 전극막(140)과 이온 선택성 멤브레인(130)의 사이에는 제2매트릭스층(170)이 제공될 수 있으며, 상기 제2다공성 전극막(140)은 제2매트릭스층(170)을 기반으로 굽힘 변형될 수 있다.

[0046] 상기 제2매트릭스층(170)은 분자 및 이온의 확산이 가능한 다공성 구조로 이루어져야 하며, 이온 선택성 멤브레인(130)과의 결합력을 유지할 수 있어야 한다. 이하에서는 제2매트릭스층(170)이 다공성 구조를 가지며 높은 결합력을 유지할 수 있는 하이드로겔로 형성된 예를 들어 설명하기로 한다.

[0047] 아울러, 상기 제2다공성 전극막(140) 및 전술한 제1다공성 전극막(120)은 통상의 나노막대의 네트워크 구조 및 3차원 역오팔(inverse opal) 구조를 이용하여 매트릭스층 상에 형성될 수 있다.

[0048] 상기 내막(150)은 제2 다공성 전극막의 내면에 제공되어 각막의 전면에 형성된 눈물층(Tear film)에 밀착되게 배치된다. 상기 내막(150)은 눈물 내의 글루코스를 통과시킬 수 있으며, 인체 내 안전성을 갖는 다양한 재질로 형성될 수 있다. 일 예로, 상기 내막(150)은 PDMS(polydimethylsiloxane)로 형성될 수 있다.

[0049] 이와 같은 구조에 의해, 제1다공성 전극막(120)을 통해서는 공기 중의 산소가 지속적으로 유입될 수 있는 반면 글루코스는 유입될 수 없고, 반대로 제2다공성 전극막(140)을 통해서 눈물 내의 글루코스가 지속적으로 유입될 수 있는 반면 산소가 유입될 수 없다. 따라서, 제1다공성 전극막(120) 및 제2다공성 전극막(140)에서는 글루코스과 산소의 농도 구배가 발생될 수 있다. 이 농도 구배에 의해 제1다공성 전극막(120) 및 제2다공성 전극막(140)을 이용하여 글루코스로부터 전자를 빼앗을 수 있고, 빼앗긴 전자는 산소와 수소 분자로 이동시켜 물을 만들어내는 과정에서 에너지가 발생할 수 있다.

[0050] 상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만 해당 기술분야의 숙련된 당업자라면 하기의 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

[0051]	100 : 에너지 하베스터	110 : 외막
	120 : 제1다공성 전극막	130 : 이온 선택성 멤브레인
	140 : 제2다공성 전극막	150 : 내막
	160 : 제1매트릭스층	170 : 제2매트릭스층

도면3

