



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2019년06월04일  
 (11) 등록번호 10-1985920  
 (24) 등록일자 2019년05월29일

- |   |  |
|---|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br/> <i>G11C 13/04</i> (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류<br/> <i>G11C 13/041</i> (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2017-0067881</p> <p>(22) 출원일자 2017년05월31일<br/>             심사청구일자 2017년05월31일</p> <p>(65) 공개번호 10-2018-0131198</p> <p>(43) 공개일자 2018년12월10일</p> <p>(56) 선행기술조사문헌<br/>             Britta Walowski et al., 'Generation of a miniaturized free-flow electrophoresis chip based on a multi-lamination technique', <i>Analytical and Bioanalytical Chemistry</i>, Vol.401, Issue 8, pp 2465-2471, 2011.</p> | <p>(73) 특허권자<br/>             건국대학교 산학협력단<br/>             서울특별시 광진구 능동로 120, 건국대학교내 (화양동)</p> <p>명지대학교 산학협력단<br/>             경기도 용인시 처인구 명지로 116 (남동, 명지대학교)</p> <p>홍익대학교 산학협력단<br/>             서울특별시 마포구 와우산로 94 (상수동)</p> <p>(72) 발명자<br/>             김도현<br/>             경기도 용인시 처인구 명지로 116, 216호 (남동, 기계공학과 제1공학관)</p> <p>송진<br/>             경기도 용인시 처인구 명지로 116, 433호(남동, 기계공학과 제1공학관)<br/>             (뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인<br/>             팬코리아특허법인</p> |
|---|--|

전체 청구항 수 : 총 18 항

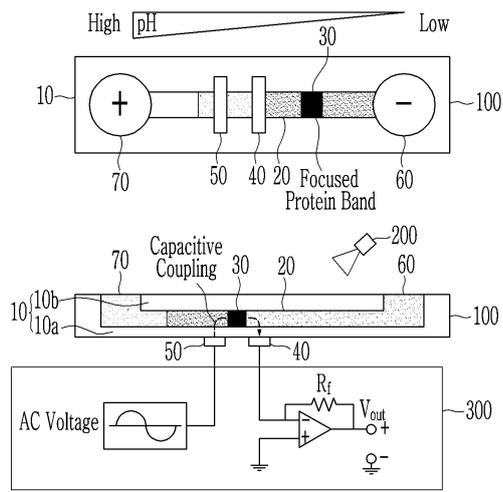
심사관 : 손윤식

(54) 발명의 명칭 **광학적 쓰기/지우기와 전기적 읽기가 가능한 비휘발성 단백질 메모리 시스템**

**(57) 요약**

광학적 쓰기/지우기와 전기적 읽기가 가능한 비휘발성 단백질 메모리 시스템이 제공된다. 비휘발성 단백질 메모리 시스템은 pH 구배를 가지는 미소 유체 채널을 포함하는 기관, 미소 유체 채널 내의 광감응성 단백질, 및 미소 유체 채널 상에 서로 이격되어 배치되고 미소 유체 채널 내의 광감응성 단백질의 위치 변화를 검출하는 제1 전극 및 제2 전극을 포함한다.

**대표도 - 도1**



(72) 발명자

**김진태**

서울특별시 강남구 학동로 432, 102동 407호(삼성  
동, 삼성동롯데아파트)

**정민섭**

서울특별시 마포구 와우산로 94(상수동)

**송경주**

서울특별시 마포구 와우산로 94(상수동)

**김예지**

서울특별시 마포구 와우산로 94(상수동)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

적어도 하나 이상의 메모리 셀을 포함하는 비휘발성 단백질 메모리 시스템으로,

상기 메모리 셀은

pH 구배를 가지는 미소 유체 채널을 포함하는 기관;

상기 미소 유체 채널 내의 광감응성 단백질; 및

상기 미소 유체 채널 상에 서로 이격되어 배치되고 상기 미소 유체 채널 내의 상기 광감응성 단백질의 위치 변화를 검출하는 제1 전극 및 제2 전극을 포함하는 비휘발성 단백질 메모리 시스템

#### 청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 미소 유체 채널 내의 광감응성 단백질은 등전점 전기영동에 의해 초기 디지털 상태에 위치하는 비휘발성 단백질 메모리 시스템.

#### 청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 등전점 전기영동은 담체 양성전해질 등전점 전기영동 또는 고정 pH 구배 등전점 전기영동인 비휘발성 단백질 메모리 시스템.

#### 청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 광감응성 단백질은 야생 GFP, 야생 RFP, 유전자 변형된 GFP, 유전자 변형된 RFP, 야생의 박테리옥신, 유전자 변형된 박테리옥신, 야생의 사이토크롬C, 또는 유전자 변형된 사이토크롬C인 비휘발성 단백질 메모리 시스템.

#### 청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 미소 유체 채널 내의 상기 광감응성 단백질의 위치 변화를 통해 상기 메모리 셀의 쓰기 및 지우기를 수행하는 비휘발성 단백질 메모리 시스템.

#### 청구항 6

제5 항에 있어서,

상기 쓰기 및 지우기는 서로 다른 파장의 광원 쌍에 의해 일어나는 비휘발성 단백질 메모리 시스템.

#### 청구항 7

제6 항에 있어서

상기 광원 쌍은 UV-청색광 조합, 녹색광-적색광 조합 또는 UV-녹색광 조합을 포함하는 비휘발성 단백질 메모리 시스템.

#### 청구항 8

제1 항에 있어서

상기 기관은 광투과성의 생체친화적인플라스틱 소재를 포함하는 비휘발성 단백질 메모리 시스템.

**청구항 9**

제1 항에 있어서,

상기 광감응성 단백질의 위치 변화로 저장된 정보를 전기적 방법으로 읽어내기를 수행하는 비휘발성 단백질 메모리 시스템.

**청구항 10**

제9 항에 있어서,

상기 전기적 방법은 비접촉식 독출회로를 사용하여 수행하는 비휘발성 단백질 메모리 시스템.

**청구항 11**

제10 항에 있어서,

상기 비접촉식 독출회로는 상기 제1 및 제2 전극 사이의 임피던스를 비접촉식으로 측정하는 독출회로인 비휘발성 단백질 메모리 시스템.

**청구항 12**

제1 항에 있어서,

상기 pH 구배는 3~10인 비휘발성 단백질 메모리 시스템.

**청구항 13**

제1 항에 있어서,

상기 기관 및 상기 제1 전극과 제2전극은 생체친화적인 물질을 포함하는 비휘발성 단백질 메모리 시스템.

**청구항 14**

pH 구배를 가지는 미소 유체 채널을 포함하는 기관, 상기 미소 유체 채널 내의 광감응성 단백질, 및 상기 미소 유체 채널 상에 서로 이격되어 배치되고 상기 미소 유체 채널 내의 상기 광감응성 단백질의 위치 변화를 검출하는 제1 전극 및 제2 전극을 포함하는 메모리 셀;

상기 광감응성 단백질의 위치 변화를 일으키는 광원; 및

상기 제1 전극 및 제2 전극 사이의 임피던스를 측정하되 비접촉식으로 측정하는 독출회로를 포함하는 비휘발성 단백질 메모리 시스템.

**청구항 15**

제14 항에 있어서,

상기 광감응성 단백질은 담체 양성전해질 등전점 전기영동 또는 고정 pH 구배 등전점 전기영동에 의해 초기 디지털 상태에 위치하는 비휘발성 단백질 메모리 시스템.

**청구항 16**

제14 항에 있어서,

상기 광원은 UV-청색광 조합, 녹색광-적색광 조합 또는 UV-녹색광 조합을 포함하는 비휘발성 단백질 메모리 시스템.

**청구항 17**

제14 항에 있어서,

상기 메모리 셀은 생체 내에 상기 광원 및 독출회로는 생체 외에 설치하는 비휘발성 단백질 메모리 시스템.

**청구항 18**

제16 항에 있어서,

상기 메모리 셀은 생체 내장형 ID 카드 또는 생체 내장형 신용 카드인 비휘발성 단백질 메모리 시스템.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 기재는 비휘발성 단백질 메모리 시스템에 관한 것으로, 특히 광학적 쓰기/지우기와 전기적 읽기가 가능한 비휘발성 단백질 메모리 시스템에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 반도체 소자의 장점과 생물유래물질이 가진 장점을 결합한 바이오전자(bioelectronics)는 빠른 정보 정보전달 속도, 높은 에너지효율, 고밀도의 집적 가능성, 낮은 발열, 병렬 정보처리 가능성, 생체친화성으로 인해 기존의 실리콘 기반 반도체를 상호보완할 수 있는 기술로 대두되고 있다.

[0003] 그러나 기존의 바이오전자소자들은 (1) 자가조립을 통한 바텀-업(bottom-up) 공정 방법의 한계, (2) 외부 기기와의 인터페이싱(interfacing)의 어려움, (3) 소형화의 어려움(광학기반 메모리소자)과 같은 근본적인 문제점이 있다.

[0004] 박테리옥신을 이용한 광색성 단백질을 이용한 메모리 소자는 광학적으로 쓰기, 지우기, 읽기 동작을 수행하므로 부가적인 광학계의 크기와 복잡성으로 인해서 상용화에 한계가 있다.

[0005] 유전공학적으로 개질된 형광단백질 rsEGFP의 광스위칭 특성을 이용한 메모리 소자 또한 복잡한 광학계를 이용하여 하는 단점이 있으며 여전히 아이디어 검증 단계에 머물러 있다.

[0006] 스탠포드 대학의 Quake 그룹에서 제안한 공압기반 PDMS 밸브와 펌프 네트워크를 이용한 미세유체 대규모 집적회로(microfluidic LSI)의 경우 공압시스템의 복잡성과 느린 스위칭 속도 등이 해결해야 할 과제로 남아 있다.

[0007] 국내에서는 금전극에 고정된 아주린(azurin) 구리 단백질의 산화/환원 상태의 변화를 기반으로 하는 메모리 소자를 개발하였다. 그러나 이 메모리 소자의 경우에는 단백질에 저장된 전하가 새는 단점이 있고, 읽기 동작에서도 전하가 새므로 지속적으로 메모리 상태를 리프레쉬해야 하는 단점이 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0008] 본 개시는 설계가 용이한 비휘발성 단백질 메모리 시스템을 제공하고자 한다.

[0009] 본 개시는 또한 읽기 동작시 메모리 상태가 유지될 수 있어서 지속적인 쓰기와 지우기가 가능한 비휘발성 단백질 메모리 시스템을 제공하고자 한다.

[0010] 본 개시는 또한 시스템이 단순하고 소형화가 가능한 비휘발성 단백질 메모리 시스템을 제공하고자 한다.

[0011] 본 개시는 또한 생체 친화적이어서 생체에 응용이 가능한 비휘발성 단백질 메모리 시스템을 제공하고자 한다.

[0012] 상기 과제 이외에도 구체적으로 언급되지 않은 다른 과제를 달성하는 데 본 발명에 따른 실시예가 사용될 수 있다.

**과제의 해결 수단**

[0013] 일 실시예에 따른 비휘발성 단백질 메모리 시스템은 적어도 하나 이상의 메모리 셀을 포함하고, 상기 메모리 셀은 pH 구배를 가지는 미소 유체 채널을 포함하는 기관, 상기 미소 유체 채널 내의 광감응성 단백질, 및 상기 미소 유체 채널 상에 서로 이격되어 배치되고 상기 미소 유체 채널 내의 상기 광감응성 단백질의 위치 변화를 감출하는 제1 전극 및 제2 전극을 포함한다.

[0014] 다른 실시예에 따른 비휘발성 단백질 메모리 시스템은 pH 구배를 가지는 미소 유체 채널을 포함하는 기관, 상기 미소 유체 채널 내의 광감응성 단백질, 및 상기 미소 유체 채널 상에 서로 이격되어 배치되고 상기 미소 유체

채널 내의 상기 광감응성 단백질의 위치 변화를 검출하는 제1 전극 및 제2 전극을 포함하는 메모리 셀과 상기 광감응성 단백질의 위치 변화를 일으키는 광원과 상기 제1 전극 및 제2 전극 사이의 임피던스를 측정하되 비접촉식으로 측정하는 독출회로를 포함한다.

**발명의 효과**

- [0015] 비휘발성 단백질 메모리 시스템은 CAD나 파운드리서비스 등을 이용해서 제작이 용이한 미세유체 맵스 기술을 적용하여 구현하기 때문에 제작이 용이하다.
- [0016] 쓰기와 지우기는 광학적으로 읽기는 전기적으로 수행하기 때문에 읽기 동작시 메모리 셀의 상태에 영향을 미치지 않는다. 따라서, 리프래쉬 등의 추가 동작 없이 지속적인 쓰기와 지우기가 가능하다.
- [0017] 전기적 읽기는 CMOS 집적회로 기술에 기초한 비접촉식 전도도 측정법을 사용하기 때문에 시스템의 저전력화 및 소형화가 가능하고 웨어러블 기기나 스마트 기기와의 통합에 유리하다. 생체친화적인 칩의 재료, 단백질 및 전극 물질을 사용하므로 생체 이식 등의 응용이 가능하다.

**도면의 간단한 설명**

- [0018] 도 1은 일 실시예에 따른 광학적 쓰기/지우기와 전기적 읽기 기능을 가지는 비휘발성 단백질 메모리 시스템의 평면도와 단면도를 함께 나타낸 개념도이다.  
 도 2는 광감응성 단백질인 GFP(Green Fluorescent Protein)의 CA-IEF (carrier ampholyte IsoElectric Focusing)과정을 나타내는 이미지(a)와 형광 강도 측정 그래프(b)이다.  
 도 3은 IPG(immobilized pH gradient)-IEF 를 형성한 후의 이미지이다.  
 도 4는 일 실시예에 따른 비휘발성 단백질 메모리 시스템의 광학적 쓰기 동작을 나타내는 개념도이다.  
 도 5는 일 실시예에 따른 비휘발성 단백질 메모리 시스템의 전기적 읽기 동작을 나타내는 개념도이다.  
 도 6은 일 실시예에 따른 비휘발성 단백질 메모리 시스템의 광학적 지우기 동작을 나타내는 개념도이다.  
 도 7은 일 실시예에 따른 비휘발성 단백질 메모리 시스템을 생체에 응용한 경우를 나타내는 개념도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0019] 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대해 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.
- [0020] 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 도면부호가 사용되었다. 또한 널리 알려져 있는 공지기술의 경우 그 구체적인 설명은 생략한다.
- [0021] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0022] 도 1은 일 실시예에 따른 광학적 쓰기/지우기와 전기적 읽기 기능을 가지는 비휘발성 단백질 메모리 시스템의 평면도와 단면도를 함께 나타낸 개념도이다.
- [0023] 비휘발성 단백질 메모리 시스템은 메모리 셀(100), 광원(200) 및 독출회로(300)로 구성된다.
- [0024] 메모리 셀(100)은 기관(10), 미소유체 채널(20), 광감응성 단백질(30), 및 적어도 한 쌍의 전극(30, 40)을 포함한다.
- [0025] 기관(10)은 미소유체 채널(20)을 형성하기에 적합한 물성을 가지고 있는 소재라면 무엇이든 적용가능하다. 다만, 비휘발성 단백질 메모리 시스템이 추후 생체 생화학 정보를 기록하는 메모리 시스템으로 사용되기 위해서는 기관(10)은 생체적합성이 있는 물질로 형성되는 것이 바람직하다. 또한, 메모리 셀(100)에 데이터를 쓰고 지우기 위한 광원(200)을 잘 투과시킬 수 있는 광투과성 물질로 형성되는 것이 바람직하다. 따라서, 기관(10)은 COC(Cyclic olefin co-polymer), PDMS(Polydimethylsiloxane), PMMA(Polymethyl methacrylate), PC(Polycarbonate) 등으로 형성될 수 있다. 전극(40, 50) 형성면(10a)은 제1 및 제2 전극(40, 50)과의 사이에

축전 결합(capacitive coupling)이 되어야 하기 때문에 그 두께를 수 백  $\mu\text{m}$  이하, 바람직하기로는  $100\mu\text{m}$  이하로 형성해야 한다. 따라서 전극(40, 50) 형성면(10a)은 COC, PDMS, PMMA, PC 등의 생체친화적이고 투명한 플라스틱으로 형성되는 것이 바람직할 수 있다.

- [0026] 미소유체 채널(20) 내에 광감응성 단백질(30)을 초기 디지털 상태(예., 상태 "0")로 위치시키는 것은 등전점 전기영동(IsoElectric Focusing, IEF)을 이용하여 구현할 수 있다.
- [0027] IEF로는 CA(담체 양성전해질, carrier ampholyte)-IEF를 사용하거나, 폴리아크릴아미드 젤에 pH 구배를 공중합시켜 고정화한 IPG(Immobilized pH gradient)-IEF를 적용할 수 있다.
- [0028] 또한 초기 디지털 상태로 위치시키는 것은 광감응성 단백질(30)을 등전점으로 분리하는 포커싱 단계와 포커싱된 단백질을 분석지점으로 이동시키는 가동화(mobilization) 단계를 추가로 거쳐서 진행할 수도 있으며, 이 때 가동화는 화학적 가동화, 전기삼투유동 가동화, 압력차에 의한 가동화 등을 사용할 수 있다. 그 중에서도 본 출원의 발명자들에 출원된 한국 특허출원 10-2017-0038364에 개시된 펌프를 사용하지 않는 압력차에 의한 가동화 방법을 사용하는 것이 바람직할 수 있다.
- [0029] 도 2는 광감응성 단백질(30)인 GFP(Green Fluorescent Protein)의 CA-IEF 과정을 나타내는 이미지(a)와 형광강도 측정 그래프(b)이다.
- [0030] 도 2를 참조하면, 일차 채널( $50\mu\text{m} \times 10\mu\text{m} \times 10.4 \text{ mm}$ )에 GFP(Green Fluorescent Protein)( $10\mu\text{M}$ )를 CA(carrier ampholyte)(20mM) 버퍼 및 항 대류 매체(anti-convective medium)인 2.5% HEC(Hydroxy-ethyl cellulose)로 이루어진 70 mM 애노드(60) 버퍼, 20 mM 캐소드(70) 버퍼를 넣고 전압 200 V를 가하면, GFP가 1~1.5분 정도에 30~60 배 정도로 포커싱(focusing)되는 것을 확인할 수 있다.
- [0031] CA-IEF는 광감응성 단백질의 포커싱에 1시간 이하, 바람직하게는 30분 이하, 더욱 바람직하게는 10분 이하 정도 소요되며 칩을 재사용할 수 있다.
- [0032] IPG-IEF는 CA-IEF보다 단백질 메모리의 안정성 개선에 보다 효과적일 수 있다. IPG-IEF는 CA 대신 폴리아크릴아미드 젤(polyacrylamide gel)에 pH구배를 공중합시켜 고정화한 IPG(immobilized pH gradient)를 이용하는 것으로, pH의 구배가 안정적이어서 포커싱된 단백질의 위치가 드리프트(drift)하지 않는다.
- [0033] 도 3은 IPG(immobilized pH gradient, 고정 pH 구배)-IEF 를 형성한 후의 이미지이다. 미소유체 칩의 한 쪽에 6%T의 아크릴아미드 젤을 멤브레인 형태로 패터닝한다. 그리고 아크릴 아미도버퍼(acrylamido buffer)와 아크릴아미드 단량체, 광개시제들을 적절히 배합하여 pH 3.8과 7.0 두 가지 용액을 만든 뒤 미소유체 칩의 양 끝 단에 주입하고 빛이 차단된 공간에서 48시간을 기다리면 확산현상에 의해 pH 3.8~7.0의 구배가 미소유체 채널을 통해 형성된다. pH구배가 형성된 뒤 칩에 UV를 전체적으로 조사하면 아크릴 아미도 버퍼들이 젤과 공중합 되면서 고정화된 pH구배(IPG)가 생성된다. 이 IPG에 GFP단백질을 전기영동을 통해 주입하면 그림 3과 같이 20분 후에 GFP가 해당 등전점에 포커싱 되는 것을 볼 수 있다. 도 3에서 pI marker 4.0과 4.5는 GFP의 등전점을 확인하기 위해 첨가한 것이다. 시간이 지남에 따라 농도가 증가하여 점점 픽이 예리해 지는 것을 확인할 수 있었으며, CA-IEF에 비해 픽의 드리프트(drift)가 90분 동안 일어나지 않음을 확인할 수 있었다.
- [0034] IPG-IEF를 이용하면 pH의 구배가 안정적이어서 안정적인 단백질의 포커싱 즉 읽기 동작이 안정적으로 진행될 수 있다.
- [0035] 다시 도 1을 참조하면, 광감응성 단백질(30)로는 광감응성 산화환원 반응(전자출입)을 하는 단백질들은 모두 적용 가능하다. 광감응성 단백질(30)의 대표적인 예로는 야생 또는 유전자 변형된 GFP 또는 RFP(Red Fluorescent Protein), 박테리옥신, 사이토크롬C 등을 들 수 있다. 유전자 변형된 RFP 로는 본 출원의 발명자들에 출원된 한국 특허출원 10-2017-0024793 등을 적용할 수 있다.
- [0036] 전극(40, 50)은 전극으로 기능할 수 있는 어느 물질이라도 사용될 수 있으나 생체 응용을 고려할 경우 생체 친화적인 전극 물질로 형성되는 것이 바람직하다. 생체 친화적인 전극 물질로는 금, 백금, ITO, 전도성 고분자, 탄소 등이 사용될 수 있다.
- [0037] 독출회로(300)는 광감응성 단백질(300)의 위치 변화 형태로 저장된 정보를 읽어낼 수 있는 회로라면 광학적, 전기적, 질량적 방법으로 읽어낼 수 있는 회로 모두 적용가능하다. 그 중에서도 전기적 방법으로는 전압법, 전류법, 전도도법, 비접촉식 전도도법 등을 적용할 수 있다. 비접촉식 전도도법을 적용하면 전극을 채널내에 삽입할 필요가 없으므로 공정이 단순화되고 전기 분해 등의 부작용을 최소화할 수 있으므로 바람직한 독출회로로 고려할 수 있다. 고주파를 사용하기 때문에 비접촉식으로 구현이 가능하며, 비접촉식 전도도법은 커플링 전극(40,

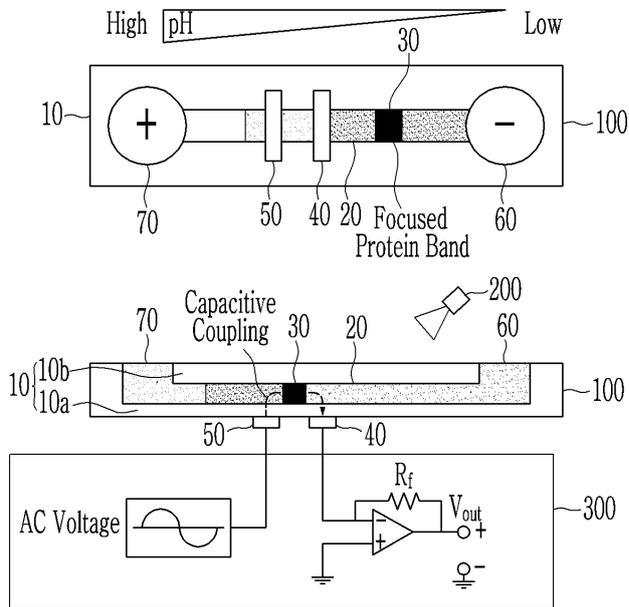
50)과 임피던스 측정회로로 구성할 수 있다. 임피던스 측정회로는 CMOS 집적 회로 기술로 구현할 수 있기 때문에 소형화 및 구현이 용이하다.

- [0038] 독출 회로(300)를 구성하는 임피던스 측정회로의 예로는 본 출원인에 의해 출원된 한국 특허 출원 10-2015-0067259 "아날로그-디지털 컨버터 교정 방법 및 자가 교정이 가능한 아날로그-디지털 컨버터"를 들 수 있다. 그러나 본 출원 이외에도 비접촉식 전도도법을 구현할 수 있는 다양한 임피던스 측정 방식의 독출 회로(300)가 적용될 수 있음은 물론이다.
- [0039] 도 4는 일실시예에 따른 비휘발성 단백질 메모리 시스템의 광학적 쓰기 동작을 나타내는 개념도이다.
- [0040] 광감응성 단백질(30)은 최초로 IEF 하였을 때에는 제1 pI(등전점)를 가지고 있을 수 있다. 이 상태가 '0'이 된다. 이어서 제1 광원(200a)을 메모리 셀(100)에 조사하면 광감응성 단백질(30)의 전기적 상태가 변화하면서 등전점이 제2 pI로 변화하면서 위치 변화가 일어난다.
- [0041] 광감응성 단백질(30)이 GFP 인 경우에는 제1 pI는 낮은 pH에 대응하고 제2 pI는 높은 pH에 대응할 수 있다. 광감응성 단백질(30)이 제1 pI일 때에는 전극(40, 50)의 밖에 위치하다가 제2 pI 일 때에는 전극(40, 50)의 사이에 위치하게 된다.
- [0042] 한편, 미소 유체 채널(20)의 pH 구배를 3~10보다 작은 범위 예를 들면 4~7 범위로 형성하는 것이 광감응성 단백질(30)의 쉬프트를 최대화할 수 있다.
- [0043] 광원(200a)은 UV가 예시되어 있으나, 사용되는 광감응성 단백질(30)의 종류에 따라 녹색 파장의 광원이 사용될 수도 있다. 특히, 생체 내장형으로의 적용을 고려할 때 피부 투과성을 가지는 광원이 적합할 수 있다.
- [0044] 이렇게 전극(40, 50) 사이의 광감응성 단백질(30) 농도가 상승하면 메모리 셀(100)은 높은 임피던스 상태로 바뀌게 된다. 광원(200a)을 오프(OFF)한 후에도 소자는 계속 높은 임피던스 상태를 유지하게 된다.
- [0045] 도 4에서는 광감응성 단백질(30)의 일부만이 제2 pI로 전환된 것으로 도시되어 있다. 그러나 광감응성 단백질(30)의 구조적 또는 화학적 특성을 변화시킴으로써 전환율을 향상시킬 수 있으며, 가장 바람직하기로는 전환율이 100%가 되도록 할 수 있다.
- [0046] 도 5는 일실시예에 따른 비휘발성 단백질 메모리 시스템의 전기적 읽기 동작을 나타내는 개념도이다.
- [0047] 전극(40, 50) 사이의 광감응성 단백질(30) 농도가 상승하면 메모리 셀(100)은 높은 임피던스 상태로 바뀌게 된다. 따라서, 전극(40, 50) 사이의 임피던스를 측정함으로써 메모리 셀의 상태를 읽을 수 있다. 제1 pI 상태를 '0'으로 설정했다면 제2 pI 상태에 있어서 전극(40, 50) 사이에 광감응성 단백질(30)이 놓여지는 상태를 '1'로 할 수 있다.
- [0048] 도 5에서는 전극(40, 50) 사이에 광감응성 단백질(30)이 놓여질 경우에는 역픽(reversed peak)의 형태로 검출되는 방식을 예시하고 있다. 역픽은 임피던스의 역수를 나타낸다. 즉, 도 5는 등전점전기영동의 특성상 전기전도도의 국부적인 감소 형태로 나타나는 검출 방식을 예시하고 있다.
- [0049] 도 6은 일실시예에 따른 비휘발성 단백질 메모리 시스템의 광학적 지우기 동작을 나타내는 개념도이다.
- [0050] 메모리 셀(100)의 광감응성 단백질(30)에 제2 광원(200b)을 조사하면 역반응이 일어나 광감응성 단백질(30)이 다시 낮은 pI로 복귀하게 된다. 그 결과 낮은 임피던스 상태로 바뀌게 된다. 따라서, 도 5에 도시된 전도성 그래프와 달리 역픽이 없어진 것을 알 수 있다. 제2 광원(200b)으로는 제1 광원(200a)으로 UV를 적용한 경우에는 청색광을 사용할 수 있다. 제2 광원(200b)을 오프한 후에도 메모리 셀(100)은 계속 낮은 임피던스 상태를 유지하게 된다.
- [0051] 제1 광원(200a)과 제2 광원(200b)으로는 UV-청색광 조합 이외에도 녹색광-적색광, UV-녹색광 조합을 사용할 수 있다. 제1 광원(200a)과 제2 광원(200b)은 LED와 같은 특정 파장의 빛을 가진 소자나 광학필터를 이용하여 구현할 수 있다.
- [0052] 일 실시예에 따른 비휘발성 단백질 메모리 시스템은 생체친화성이 높으며, 읽기 동작을 비접촉식 전도도 측정법에 의해 측정할 수 있다. 따라서, 도 7에 예시되어 있는 바와 같이 메모리 셀(100)은 생체 내에 광원(200) 및 독출회로(300)는 생체 외에 설치하여 생체 내장형 ID 카드 또는 생체 내장형 신용 카드 등으로 구현할 수 있다.
- [0053] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태

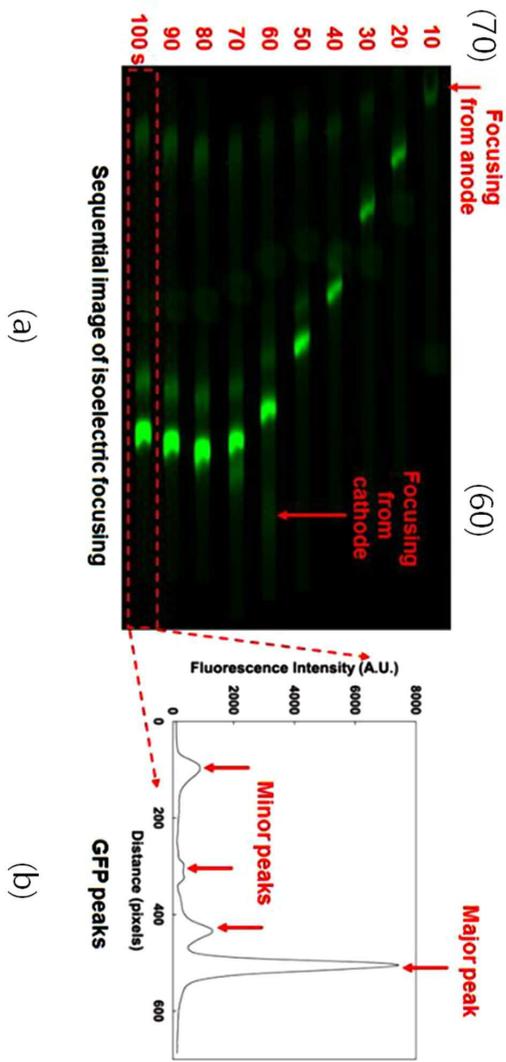
또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

도면

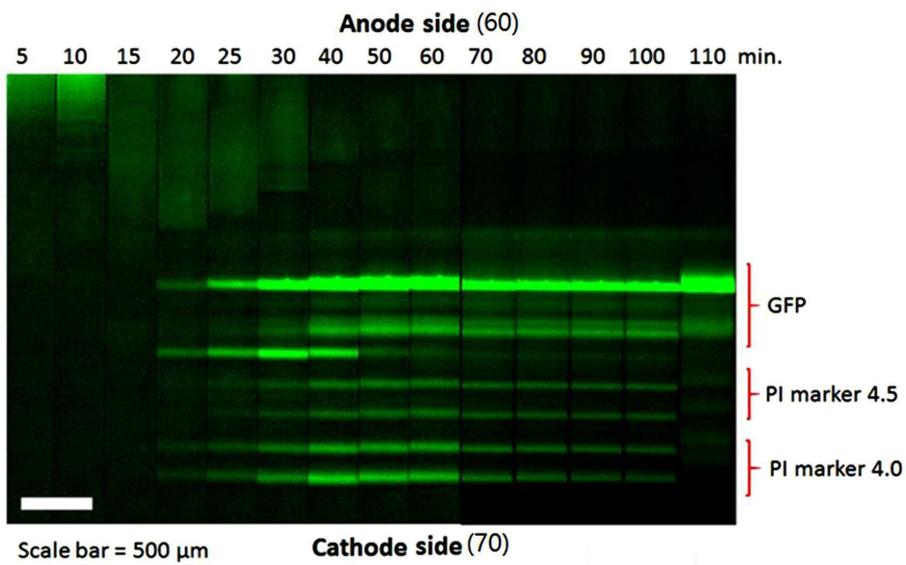
도면1



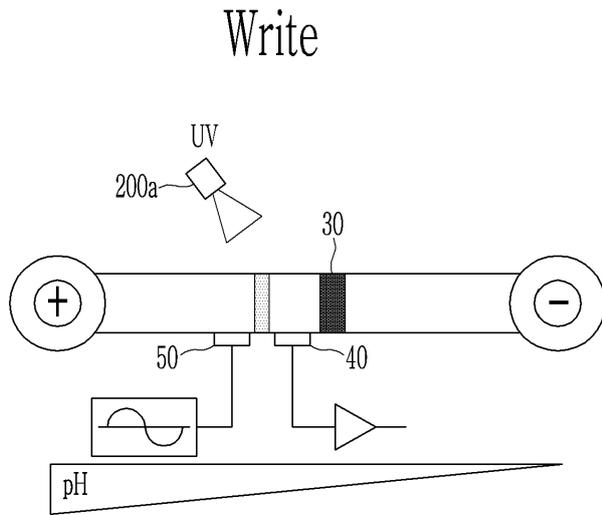
도면2



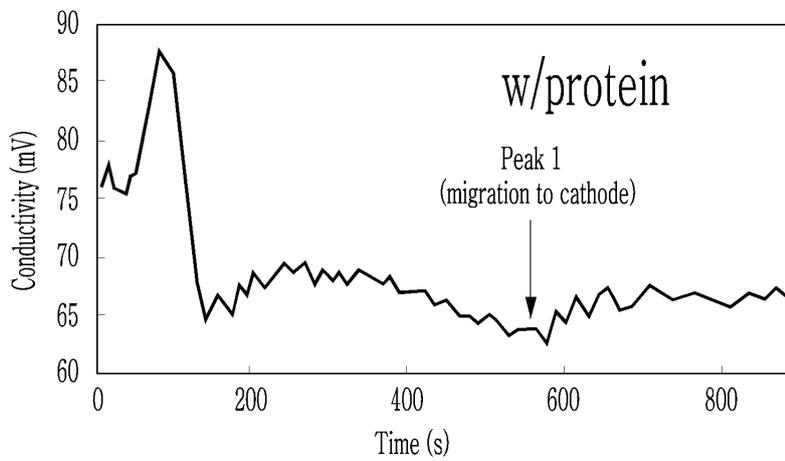
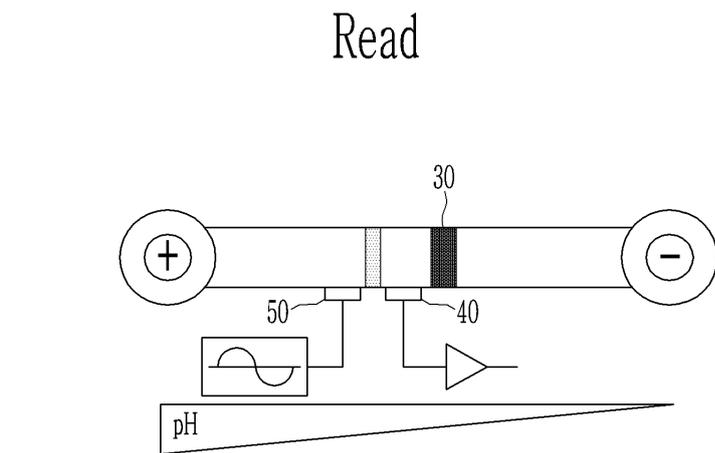
도면3



도면4

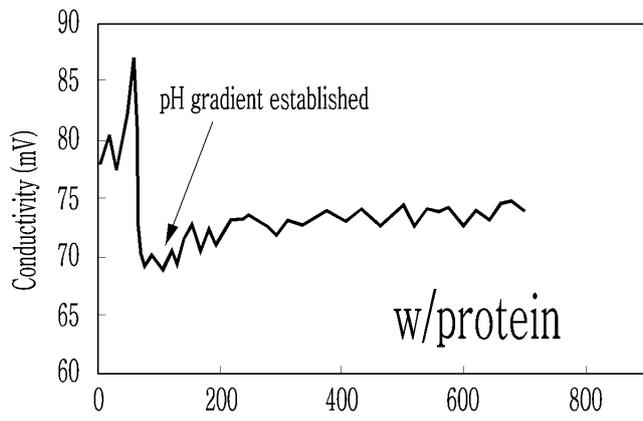
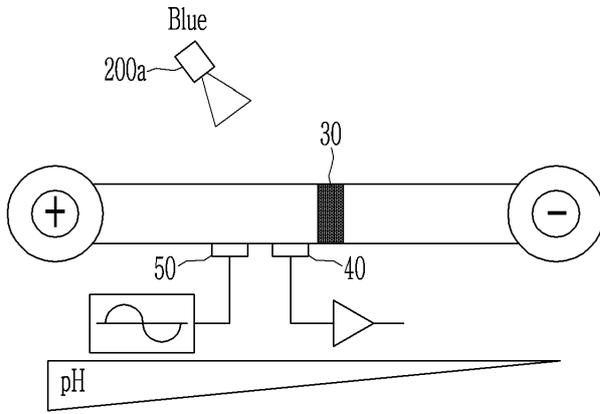


도면5



도면6

# Erase



도면7

