



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년05월11일
 (11) 등록번호 10-1729685
 (24) 등록일자 2017년04월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 27/414 (2006.01) **G01N 27/333** (2006.01)

(52) CPC특허분류
G01N 27/414 (2013.01)
G01N 27/333 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0071087
 (22) 출원일자 2015년05월21일
 심사청구일자 2015년05월21일

(65) 공개번호 10-2016-0136888
 (43) 공개일자 2016년11월30일

(56) 선행기술조사문헌
 JP20141115125 A*
 JP20111099877 A
 JP2012047761 A
 S. W. Wan Zain et al. 2010 Biomedical
 Circuits and Systems Conference. pp.
 134-137.*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국기계연구원
 대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)

(72) 발명자
이강호
 대구광역시 달성군 다사읍 죽곡1길 42, 102동
 1102호 (대실역e편한세상아파트)

권오원
 대구광역시 달서구 조암남로 132, 104동 403호 (대천동, 월배힐스테이트아파트)
 (뒷면에 계속)

(74) 대리인
팬코리아특허법인

전체 청구항 수 : 총 14 항

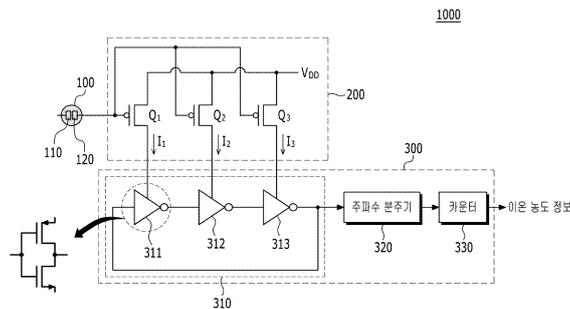
심사관 : 정승두

(54) 발명의 명칭 **이온 농도 검출 방법 및 장치**

(57) 요약

이온 농도 측정 방법 및 장치가 개시된다. 이온 농도 측정 장치는 용액과 접촉하는 이온 감응막, 이온 감응막과 게이트 전극이 각각 연결되는 복수의 트랜지스터, 그리고 복수의 트랜지스터의 드레인 전류를 이용하여 주파수 정보를 변경하고 주파수 정보를 이용하여 이온 농도 정보를 생성하는 판독부를 포함할 수 있다.

대표도



(72) 발명자
박봉섭
 대구광역시 달성군 유가면 테크노순환로 330

이동규
 대구광역시 달서구 성서서로69길 26

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
 과제고유번호 SC1060
 부처명 미래창조과학부
 연구관리전문기관 산업기술연구회
 연구사업명 주요사업
 연구과제명 의료소외계층 맞춤형 로봇틱 현장 클리닉 기술혁신 기반구축 (2/5)
 기 여 율 1/2
 주관기관 기계연구원
 연구기간 2015.01.01 ~ 2015.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
 과제고유번호 M05440
 부처명 산업통상자원부
 연구관리전문기관 한국산업기술진흥원
 연구사업명 산업부-국가연구개발사업
 연구과제명 소형 분자 유전 진단 자동화검사 기기의 개발 및 사업화 (2/2)
 기 여 율 1/2
 주관기관 랩지노믹스
 연구기간 2014.11.01 ~ 2015.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

용액 속의 이온 농도를 측정하는 이온 농도 측정 장치로서,

상기 용액과 접촉하는 하나의 이온 감응막,

상기 하나의 이온 감응막에 게이트 전극이 각각 연결되는 복수의 트랜지스터, 그리고

상기 복수의 트랜지스터의 드레인 전류를 각각 입력 받고, 상기 드레인 전류를 주파수 정보로 변경하며, 상기 주파수 정보를 이용하여 상기 이온 농도에 대한 정보를 생성하는 판독부를 포함하는 이온 농도 측정 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복수의 트랜지스터의 게이트 전극은 각각 게이트 금속을 통해 상기 하나의 이온 감응막에 연결되며,

상기 게이트 금속에서 상기 게이트 전극과 접촉하는 영역을 제외한 나머지 영역 중 적어도 일부가 상기 하나의 이온 감응막과 접촉하는 이온 농도 측정 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 판독부는,

상기 드레인 전류를 각각 입력 받아 구형파 전압을 생성하는 링 발진기,

상기 구형파 전압의 주파수를 낮은 주파수로 변경하는 주파수 분주기, 그리고

상기 낮은 주파수로 변경된 상기 구형파 전압에 대해서 펄스를 카운터하여, 상기 이온 농도 정보를 생성하는 카운터를 포함하는 이온 농도 측정 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 링 발진기는 상기 드레인 전류를 각각 바이어스 단자로 입력 받는 복수의 인버터를 포함하며,

상기 복수의 인버터는 서로 출력 단자와 입력 단자가 연결되어 있는 이온 농도 측정 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 복수의 트랜지스터는 MOSFET(metal oxide semiconductor field effect transistor)인 이온 농도 측정 장치.

청구항 6

용액과 접촉하는 이온 감응막을 이용하여 이온 농도를 측정하는 방법으로서,

하나의 이온 감응막과 게이트 전극이 각각 연결되는 복수의 트랜지스터를 이용하여, 상기 하나의 이온 감응막의 계면 전위를 복수의 전류로 변환하는 단계,

상기 복수의 전류를 각각 이용하여, 주파수 정보로 변환하는 단계, 그리고

상기 주파수 정보를 카운팅하여, 상기 이온 농도에 대한 정보를 생성하는 단계를 포함하는 이온 농도 측정 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,
 상기 주파수 정보로 변환하는 단계는,
 상기 복수의 전류를 구형파 전압으로 변경하는 단계, 그리고
 상기 구형파 전압의 주파수를 낮은 주파수로 변경하는 단계를 포함하는 이온 농도 측정 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,
 상기 복수의 전류는 각각 상기 복수의 트랜지스터의 드레인 전류인 이온 농도 측정 방법.

청구항 9

제6항에 있어서,
 상기 복수의 트랜지스터의 게이트 전극은 각각 게이트 금속을 통해 상기 하나의 이온 감응막과 연결되며,
 상기 게이트 금속에서 상기 게이트 전극과 접촉하는 영역을 제외한 나머지 영역 중 적어도 일부가 상기 하나의 이온 감응막과 접촉하는 이온 농도 측정 방법.

청구항 10

하나의 이온 감응막과 게이트 전극이 연결되는 제1 트랜지스터,
 상기 하나의 이온 감응막과 게이트 전극이 연결되는 제2 트랜지스터,
 상기 제1 트랜지스터의 드레인 전류를 바이어스 단자를 통해 입력 받는 제1 인버터,
 상기 제2 트랜지스터의 드레인 전류를 바이어스 단자를 통해 입력 받고, 입력 단자가 상기 제1 인버터의 출력 단자와 연결되는 제2 인버터,
 입력 단자가 상기 제2 인버터의 출력 단자에 연결되고 출력 단자가 상기 제1 인버터의 입력 단자에 연결되는 제3 인버터, 그리고
 상기 제3 인버터의 출력 단자로부터 출력되는 펄스에 대한 주파수 정보를 카운팅하는 카운터를 포함하는 이온 농도 측정 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,
 상기 제1 트랜지스터의 게이트 전극 및 상기 제2 트랜지스터의 게이트 전극은 게이트 금속을 통해 상기 하나의 이온 감응막에 연결되며,
 상기 게이트 금속에서 상기 제1 트랜지스터의 게이트 전극 및 상기 제2 트랜지스터의 게이트 전극과 접촉하는 영역을 제외한 나머지 영역 중 적어도 일부가 상기 하나의 이온 감응막과 접촉하는 이온 농도 측정 장치.

청구항 12

제10항에 있어서,
 상기 제3 인버터의 출력 단자로부터 상기 펄스를 입력 받고, 상기 펄스의 주파수를 낮은 주파수로 변경하여 상기 주파수 정보를 생성하는 주파수 분주기를 더 포함하는 이온 농도 측정 장치.

청구항 13

제10항에 있어서,
 상기 주파수 정보는 상기 제1 트랜지스터의 드레인 전류 및 상기 제2 트랜지스터의 드레인 전류에 따라 변동되는 이온 농도 측정 장치.

청구항 14

제10항에 있어서,

상기 하나의 이온 감응막과 게이트 전극이 연결되는 제3 트랜지스터를 더 포함하며,

상기 제3 인버터의 바이어스 단자는 상기 제3 트랜지스터의 드레인 전류를 입력 받는 이온 농도 측정 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 액체 용액 중에 존재하는 이온에 대한 농도를 전기적으로 검출하는 이온 농도 검출 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이온 농도 검출 장치는 용액과 접촉하는 이온 감응막(ion sensing layer)에 발생하는 막전위를 측정하여 표시하며, 최근에는 바이오 센서와 가스 센서 등으로 적용이 확대되고 있다. 예를 들어, 대표적인 이온 농도 검출 장치는 수소 이온을 검출하여 pH 정도를 표시하는 장치이다.

[0003] 이온 농도 검출 장치로서, 반도체 트랜지스터를 이용하여 이온 농도를 검출하는 반도체 검출법이 있다. 종래의 반도체 검출법에서, 감이온 전계효과 트랜지스터(ISFET, Ion Sensitive FET)가 사용된다. ISFET는 MOSFET의 게이트 부분의 금속 전극 대신에 이온 감응막을 대체함으로써, 이온 선택성을 가지도록 하는 FET를 말한다. 이온 감응막 상의 전위(즉, 계면 전위)에 대해 반응하는 FET 특성을 이용하여, 계면 전위를 간접적으로 측정함으로써 이온 농도가 측정될 수 있다. 이러한 반도체 검출법은 응답 시간이 빠르고 소형화하여 직접화할 수 있으며, 대량 생산이 가능한 장점을 가지고 있다.

[0004] ISFET를 이용한 종래의 이온 농도 검출 장치는 이온 감응막을 포함하는 단일의 트랜지스터를 이용하며, 계면 전위가 ISFET의 소스 또는 드레인의 전압 또는 전류로 유도되어, 간접적으로 계면 전위를 측정한다. 이러한 종래의 방법은 소스 또는 드레인의 전압 또는 전류로 유도되는 과정에서 손실이 발생하게 되며, 이로 인해 미세한 계면 전위(이온 감응막 상의 전위)를 측정하는데 어려움이 있다. 그리고, 종래에는 단일의 이온 감응막이 포함된 단일의 트랜지스터를 이용하므로, 막전위에 대한 측정 크기는 단일 트랜지스터 특성으로 제한된다. 반도체를 이용하여 이온 농도를 검출하는 방법의 경우는 용액이 트랜지스터 또는 회로부의 동작에 영향을 미치지 않도록 보호하는 실딩(passivation)이 중요하다. 종래의 ISFET는 이온 감응막과 트랜지스터가 상하로 가깝게 위치하므로, 실딩(passivation) 작업이 어려울 뿐만 아니라 안정성이 떨어지는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 미세한 계면 전위를 측정할 수 있는 이온농도 검출 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는 안정성을 높이는 이온 농도 검출 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 실시예에 따르면, 용액 속의 이온 농도를 측정하는 이온 농도 측정 장치가 제공된다. 상기 이온 농도 측정 장치는, 상기 용액과 접촉하는 이온 감응막, 상기 이온 감응막에 게이트 전극이 각각 연결되는 복수의 트랜지스터, 그리고 상기 복수의 트랜지스터의 드레인 전류를 각각 입력 받고, 상기 드레인 전류를 주파수 정보로 변경하며, 주파수 정보를 이용하여 상기 이온 농도에 대한 정보를 생성하는 판독부를 포함할 수 있다.

[0008] 상기 복수의 트랜지스터의 게이트 전극은 각각 게이트 금속을 통해 상기 이온 감응막에 연결될 수 있으며, 상기 게이트 금속에서 상기 게이트 전극과 접촉하는 영역을 제외한 나머지 영역 중 적어도 일부가 상기 이온 감응막과 접촉할 수 있다.

[0009] 상기 판독부는, 상기 드레인 전류를 각각 입력 받아 구형파 전압을 생성하는 링 발진기, 상기 구형파 전압의 주파수를 낮은 주파수로 변경하는 주파수 분주기, 그리고 상기 낮은 주파수로 변경된 상기 구형파 전압에 대해서

펄스를 카운터하여, 상기 이온 농도 정보를 생성하는 카운터를 포함할 수 있다.

- [0010] 상기 링 발진기는 상기 드레인 전류를 각각 바이어스 단자로 입력 받는 복수의 인버터를 포함할 수 있으며, 상기 복수의 인버터는 서로 출력 단자와 입력 단자가 연결되어 있을 수 있다.
- [0011] 상기 복수의 트랜지스터는 MOSFET(metal oxide semiconductor field effect transistor)일 수 있다.
- [0012] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 용액과 접촉하는 이온 감응막을 이용하여 이온 농도를 측정하는 방법이 제공된다. 상기 이온 농도 측정 방법은, 상기 이온 감응막과 게이트 전극이 각각 연결되는 복수의 트랜지스터를 이용하여, 상기 이온 감응막의 계면 전위를 복수의 전류로 변환하는 단계, 상기 복수의 전류를 각각 이용하여, 주파수 정보로 변환하는 단계, 그리고 상기 주파수 정보를 카운팅하여, 상기 이온 농도에 대한 정보를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0013] 상기 주파수 정보로 변환하는 단계는, 상기 복수의 전류를 구형파 전압으로 변경하는 단계, 그리고 상기 구형파 전압의 주파수를 낮은 주파수로 변경하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0014] 상기 복수의 전류는 각각 상기 복수의 트랜지스터의 드레인 전류일 수 있다.
- [0015] 상기 복수의 트랜지스터의 게이트 전극은 각각 게이트 금속을 통해 상기 이온 감응막과 연결될 수 있으며, 상기 게이트 금속에서 상기 게이트 전극과 접촉하는 영역을 제외한 나머지 영역 중 적어도 일부가 상기 이온 감응막과 접촉할 수 있다.
- [0016] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 이온 농도 측정 장치가 제공된다. 상기 이온 농도 측정 장치는, 이온 감응막과 게이트 전극이 연결되는 제1 트랜지스터, 상기 이온 감응막과 게이트 전극이 연결되는 제2 트랜지스터, 상기 제1 트랜지스터의 드레인 전류를 바이어스 단자를 통해 입력 받는 제1 인버터, 상기 제2 트랜지스터의 드레인 전류를 바이어스 단자를 통해 입력 받고, 입력 단자가 상기 제1 인버터의 출력 단자와 연결되는 제2 인버터, 입력 단자가 상기 제2 인버터의 출력 단자에 연결되고 출력 단자가 상기 제1 인버터의 입력 단자에 연결되는 제3 인버터, 그리고 상기 제3 인버터의 출력 단자로부터 출력되는 펄스에 대한 주파수 정보를 카운팅하는 카운터를 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 제1 트랜지스터의 게이트 전극 및 상기 제2 트랜지스터의 게이트 전극은 게이트 금속을 통해 상기 이온 감응막에 연결될 수 있으며, 상기 게이트 금속에서 상기 제1 트랜지스터의 게이트 전극 및 상기 제2 트랜지스터의 게이트 전극과 접촉하는 영역을 제외한 나머지 영역 중 적어도 일부가 상기 이온 감응막과 접촉할 수 있다.
- [0018] 상기 이온 농도 측정 장치는, 상기 제3 인버터의 출력 단자로부터 상기 펄스를 입력 받고, 상기 펄스의 주파수를 낮은 주파수로 변경하여 상기 주파수 정보를 생성하는 주파수 분주기를 더 포함할 수 있다.
- [0019] 상기 주파수 정보는 상기 제1 트랜지스터의 드레인 전류 및 상기 제2 트랜지스터의 드레인 전류에 따라 변동될 수 있다.
- [0020] 상기 이온 농도 측정 장치는, 상기 이온 감응막과 게이트 전극이 연결되는 제3 트랜지스터를 더 포함할 수 있으며, 상기 제3 인버터의 바이어스 단자는 상기 제3 트랜지스터의 드레인 전류를 입력 받을 수 있다.

발명의 효과

- [0021] 본 발명의 실시예에 따르면, 복수의 트랜지스터를 사용하므로 민감도를 높일 수 있다.
- [0022] 그리고 본 발명의 실시예에 따르면, 복수의 트랜지스터의 게이트 전극을 길게 연장된 게이트 금속을 통해 이온 감응막과 연결시킴으로써, 설딩을 용이하게 하여 안정성을 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 이온 농도 측정 장치를 개략적으로 나타내는 블록도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 이온 농도 측정 장치를 상세하게 나타내는 회로도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 센싱 및 변환부를 나타내는 단면도이다.
- 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 이온 농도 측정 장치를 나타내는 회로도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 명세서에 개시된 실시 예를 상세히 설명하되, 동일하거나 유사한 구성요소에
는 동일, 유사한 도면 부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 이하의 설명에서 사용되는
구성요소에 대한 접미사 "모듈" 및 "부"는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서,
그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다. 또한, 본 명세서에 개시된 실시 예를 설명함에
있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개시된 실시 예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되
는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시 예를 쉽게 이해할 수 있도
록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사
상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0025] 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소
들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는
목적으로만 사용된다.
- [0026] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에
직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이
해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있
다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.
- [0027] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.
- [0028] 도면에서 여러 층 및 영역을 명확하게 표현하기 위하여 두께를 확대하여 나타내었다. 명세서 전체를 통하여 유
사한 부분에 대해서는 동일한 도면 부호를 붙였다. 층, 막, 영역, 판 등의 부분이 다른 부분 "위에" 있다고 할
때, 이는 다른 부분 "바로 위에" 있는 경우 뿐만 아니라 그 중간에 또 다른 부분이 있는 경우도 포함한다. 반대
로 어떤 부분이 다른 부분 "바로 위에" 있다고 할 때에는 중간에 다른 부분이 없는 것을 뜻한다.
- [0029] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을
가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수
있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다.
- [0030] 본 발명의 실시예에 따른 이온 농도 측정 방법 및 장치는 이온 농도를 측정하기 위해 복수의 트랜지스터를 사용
하며, 복수의 트랜지스터의 게이트 전극들이 연장되어 이온 감응막과 연결된다. 그리고 본 발명의 실시예에 따
른 이온 농도 측정 방법 및 장치는 복수의 트랜지스터의 특성을 이용하기 위해 막전위를 독립된 다수의 전류로
변화하고 링 발진기를 통해 이온 농도를 판독한다. 이하에서는 이러한 본 발명의 실시예에 따른 이온 농도 측
정 방법 및 장치에 대하여, 도 1 내지 도 3을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0031] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 이온 농도 측정 장치를 개략적으로 나타내는 블록도이며, 도 2는 본 발명의 실
시예에 따른 이온 농도 측정 장치를 상세하게 나타내는 회로도이다.
- [0032] 도 1에 나타난 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 이온 농도 측정 장치(100)는 반응부(100), 센싱 및 변환부
(200) 및 판독부(300)를 포함한다.
- [0033] 도 2를 참조하면, 반응부(100)는 기준 전극(110) 및 이온 감응막(120)을 포함한다. 기준 전극(110) 및 이온 감
응막(120)은 이온 농도를 측정하고자 하는 용액과 접촉한다. 기준 전극(100)에는 소정의 기준 전압(Vref)이 인
가되며, 용액의 이온 농도에 따라 이온 감응막(120)의 전위(즉, 계면 전위)가 변동된다. 아래의 도 3에서 설명
하는 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 이온 감응막(120)은 게이트 전극들(210-1 ~ 210-3)을 연장시키는 게
이트 금속(220)과 연결된다. 이온 감응막(120)의 구체적인 재료 및 반응 특성에 대해서는 본 발명이 속하는 기
술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 알 수 있는바 이하 구체적인 설명은 생략한다.
- [0034] 센싱 및 변환부(200)는 이온 농도에 대응하여 계면 전위(이온 감응막(120)의 전위)를 센싱하고 센싱된 계면 전위
를 전류로 변환한다. 도 2에 나타난 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 센싱 및 변환부(200)는 복수의 트랜
지스터를 포함한다. 도 2에서 설명의 편의상 3개의 트랜지스터(Q1~Q3)를 나타내었으나, 트랜지스터의 개수는
적어도 2개일 수 있다. 그리고 도 2에서는 트랜지스터(Q1~Q3)를 MOSFET(metal oxide semiconductor field
effect transistor)로 나타내었으나 J-FET 등 다른 FET(전계효과트랜지스터)로 대체될 수 있다.
- [0035] 센싱 및 변환부(200)의 구체적인 구성에 대해서는 도 2 및 도 3을 참조하여 더욱 상세하게 설명한다.
- [0036] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 센싱 및 변환부(200)를 나타내는 단면도이다. 도 3에서는 편의상 복수의 트랜

지스터(Q1-Q3)가 P형 MOSFET으로 나타내었으나 N형 MOSFET일 수 있다.

- [0037] 도 2에 나타난 바와 같이, 센싱 및 변환부(200)는 복수의 트랜지스터(Q1~Q3)를 포함한다. 복수의 트랜지스터(Q1~Q3)의 소스 전극은 바이어스 전원(V_{DD})에 연결된다. 그리고 복수의 트랜지스터(Q1~Q3)의 게이트 전극은 서로 연결되며 이온 감응막(120)과 연결된다.
- [0038] 도 3을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 복수의 트랜지스터(Q1~Q3)의 게이트 전극(210-1 ~ 210-3)은 이온 감응막(120)과 직접 연결되지 않고 길게 연장된 게이트 금속(220)을 통해 이온 감응막(120)과 연결된다. 즉, 게이트 금속(220)은 복수의 트랜지스터의 게이트 전극(210-1 ~ 210-3)의 상면을 따라 길게 연장되며, 게이트 금속(220)에서 복수의 트랜지스터(Q1~Q3)의 게이트 전극과 접촉하는 영역을 제외한 나머지 영역 중 적어도 일부가 이온 감응막(120)과 접촉한다. 이와 같이 복수의 트랜지스터의 게이트 전극(210-1 ~ 210-3)이 길게 연장된 게이트 금속(220)을 통해 이온 감응막(120)과 연결됨으로써, 복수의 트랜지스터(Q1~Q3) 및 기타 회로부(예를 들면, 300)가 용액에 노출되는 것을 최소화 할 수 있다. 이를 통해, 설당이 용이하며 이온 감응막(120)을 포함하는 반응부(100)만을 일회용으로 제작하여 용이하게 사용할 수 있다.
- [0039] 한편, 복수의 트랜지스터(Q1~Q3)의 드레인 전류(I1, I2, I3)는 각각 독립적으로 계면 전위에 따라 변동되며, 이 드레인 전류(I1, I2, I3)는 판독부(300)로 입력된다.
- [0040] 판독부(300)는 복수의 트랜지스터(Q1~Q3)에 의해 변환된 드레인 전류(I1, I2, I3)를 입력 받으며, 드레인 전류(I1, I2, I3)를 이용하여 이온 농도 정보를 생성한다. 도 2에 나타난 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 판독부(300)는 링 발진기(310), 주파수 분주기(320) 및 카운터(330)를 포함한다.
- [0041] 링 발진기(310)는 복수의 인버터(311 ~ 313)를 포함한다. 링 발진기(310)는 드레인 전류(I1, I2, I3)를 입력 받으며, 드레인 전류(I1, I2, I3)의 크기에 따라 주파수가 변경되는 구형파 전압을 생성한다. 도 2에서는 인버터가 3개인 경우를 나타내었지만 인버터의 개수는 복수의 트랜지스터(Q1~Q3)의 개수에 따라 변경될 수 있다. 즉, 아래의 도 4와 같이 인버터의 개수는 트랜지스터 개수에 비해 같거나 많게 구성될 수 있다. 한편, 복수의 인버터(311 ~ 313)는 각각 P형 FET과 N형 FET가 직렬로 연결된 구조로서, 입력 레벨을 반전하는 기능을 수행한다.
- [0042] 복수의 인버터(311 ~ 313)은 각각 입력 단자, 출력 단자 및 바이어스 단자를 포함한다. 입력 단자는 입력 레벨이 입력되는 단자이며 출력 단자는 입력 레벨이 반전되어 출력되는 단자를 의미한다. 그리고 바이어스 단자는 바이어스 전원이 입력되는 단자로서, P형 FET의 소스 단자에 대응된다. 본 발명의 실시예에 따른 복수의 인버터(311 ~ 313)는 각각 바이어스 단자를 통해 드레인 전류(I1, I2, I3)를 입력 받는다. 즉, 인버터(311)의 바이어스 단자는 트랜지스터(Q1)의 드레인 전극에 연결되고 인버터(312)의 바이어스 단자는 트랜지스터(Q2)의 드레인 전극에 연결되며, 인버터(313)의 바이어스 단자는 트랜지스터(Q3)의 드레인 전극에 연결된다. 그리고 인버터(311)의 출력 단자는 인버터(312)의 입력 단자에 연결되고 인버터(312)의 출력 단자는 인버터(313)의 입력 단자에 연결되며, 인버터(313)의 출력 단자는 인버터(311)의 입력 단자에 연결된다. 이와 같이, 복수의 인버터(311 ~ 313)가 링 형태로 연결되어 발진하며, 구형파 전압을 생성한다. 한편, 링 발진기(310)에 의해 생성되는 구형파 전압은 드레인 전류(I1, I2, I3)에 따라 주파수가 변경된다.
- [0043] 주파수 분주기(320)는 링 발진기(310)로부터 구형파 전압을 입력 받으며, 구형파 전압의 주파수를 낮은 주파수로 변경한다. 주파수 분주기(320, frequency divider)가 주파수를 변경하는 방법은 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 알 수 있는바 구체적인 설명은 생략한다.
- [0044] 카운터(330)는 주파수 분주기(320)에 의해 낮은 주파수로 변경된 구형파 전압에 대해서 펄스의 개수를 카운터한다. 카운터(330)에 의해 출력되는 최종 값이 이온 농도 정보(즉, 계면 전위의 정보)에 대응된다. 카운터(330)가 펄스의 개수를 카운터 하는 방법은 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 알 수 있는바 구체적인 설명은 생략한다.
- [0045] 이하에서는 도 1 내지 도 3을 참조하여, 본 발명의 실시예에 따른 이온 농도 측정 장치의 전체적인 동작에 대해서 설명한다.
- [0046] 복수의 트랜지스터(Q1 ~ Q3)는 게이트 영역의 계면 전위를 서로 독립된 전류로 변환한다. 이때, 복수의 트랜지스터(Q1 ~ Q3)가 FET로 구현되는 경우, 변환된 전류(I1, I2, I3)는 아래의 수학적 식 1과 같이 게이트 전위(V_{GS})의 제공으로 표현된다.

수학식 1

$$I_D = k \frac{W}{L} \cdot (V_{GS} - V_T)^2 (1 + qV_{DS})$$

[0047]

[0048] 수학식 1에서, I_D 는 전류(I_1, I_2, I_3)에 대응된다. k 는 볼츠만 상수이며, q 는 전자의 전하량 즉, $1.6 \cdot 10^{-19}C$ 이다. 그리고 W 와 L 은 트랜지스터 채널의 폭과 길이에 해당한다.

[0049] 계면 전위(V_G)가 전류(I_1, I_2, I_3)로 변환되는 경우, 제곱으로 반영되므로 민감도가 1차로 높아지게 된다. 그리고 서로 다른 복수 개의 전류(I_1, I_2, I_3)가 링 발진기(310)로 입력되고, 링 발진기(310)에 의해 주파수 정보로 변환된다. 주파수 정보는 서로 다른 복수 개의 전류(I_1, I_2, I_3)가 모두 영향을 미치므로, 민감도가 2차로 높아지게 된다.

[0050] 링 발진기(310)는 복수의 인버터(311 ~ 313)을 포함한다. 인버터(311 ~ 313)의 바이어스 단자에 흐르는 전류의 양(즉, I_1, I_2, I_3)에 따라, 링 발진기(310)로부터 출력되는 구형파 전압의 주파수가 변동된다. 구형파 전압은 인버터의 출력 단자에 존재하는 커패시터 성분을 충전 또는 방전하면서 나타나게 된다. 즉, 전류(I_1, I_2, I_3)가 크면 인버터(311 ~ 313) 출력 단자의 커패시터 성분을 빠르게 충전 또는 방전시킬 수 있으므로, 구형파 전압의 주파수가 빨라지게 된다. 그리고, 전류(I_1, I_2, I_3)가 작으면 인버터(311 ~ 313)의 커패시터 성분을 느리게 충전 또는 방전시키므로, 구형파 전압의 주파수가 느려지게 된다.

[0051] 한편, 링 발진기(310)의 출력인 주파수 정보(구형파 전압의 주파수)는 주파수 분주기(320)에 의해 낮은 주파수로 변환된다. 최종적으로 카운터(320)는 주파수 정보를 카운터하여 이온 농도 정보(즉, 계면 전위의 정보) 생성한다.

[0052] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 이온 농도 측정 장치(1000')를 나타내는 회로도이다.

[0053] 도 4에 나타낸 바와 같이 본 발명의 다른 실시예에 따른 센싱 및 변환부(200')는 2개의 트랜지스터(Q_1, Q_2)를 포함하고 인버터(313')의 바이어스 단자가 트랜지스터에 연결되지 않는 것을 제외하고 도 2와 동일하다.

[0054] 상기에서 설명한 바와 같이 인버터의 개수는 트랜지스터 개수에 비해 같거나 많이 구성될 수 있는데, 도 4의 경우는 인버터의 개수가 3개이고 트랜지스터의 개수가 2개인 경우를 나타내고 있다. 본 발명의 다른 실시예에 따른 이온 농도 측정 장치(1000')는 트랜지스터의 개수가 2개인 경우를 제외하고 도 2의 이온 농도 측정 장치(1000)와 동일하게 동작하므로, 이하 구체적인 설명은 생략한다.

[0055] 이러한 본 발명의 실시예에 따르면 반도체를 기반한 이온 검출법이므로, 소형화 및 직접화에 유리하며, 저가형으로 개발할 수 있다.

[0056] 그리고 본 발명의 실시예에 따르면, 기존의 MOSFET를 그대로 사용하므로, 상용의 CMOS 반도체 공정을 그대로 이용할 수 있다. 이에 따라 제작 단가를 낮출 수 있다. 종래의 ISFET의 경우는 게이트 금속 전극 대신에 이온 감응막을 대체해야 하므로, FET 제작 후 추가 공정이 요구되었다.

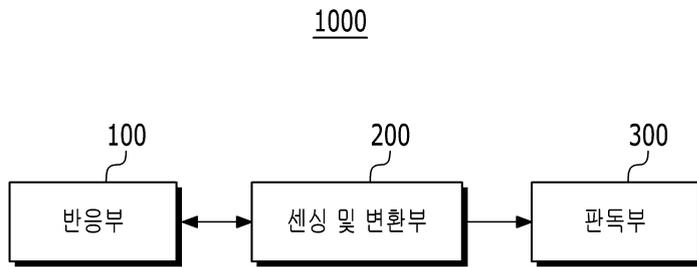
[0057] 본 발명의 실시예에 따르면 복수의 트랜지스터를 이용하여 연결된 구조이고 계면 전위가 독립된 다수의 전류로 변환되므로, 민감도를 높일 수 있다. 이에 따라 미세한 계면 전위(즉, 막전위)를 검출할 수 있다.

[0058] 본 발명의 실시예에 따르면 독립된 복수의 전류가 링 발진기에 입력되어 주파수 정보로 변환되고 주파수 정보를 카운터하므로, 아날로그 정보를 쉽게 디지털 신호로 변환할 수 있다.

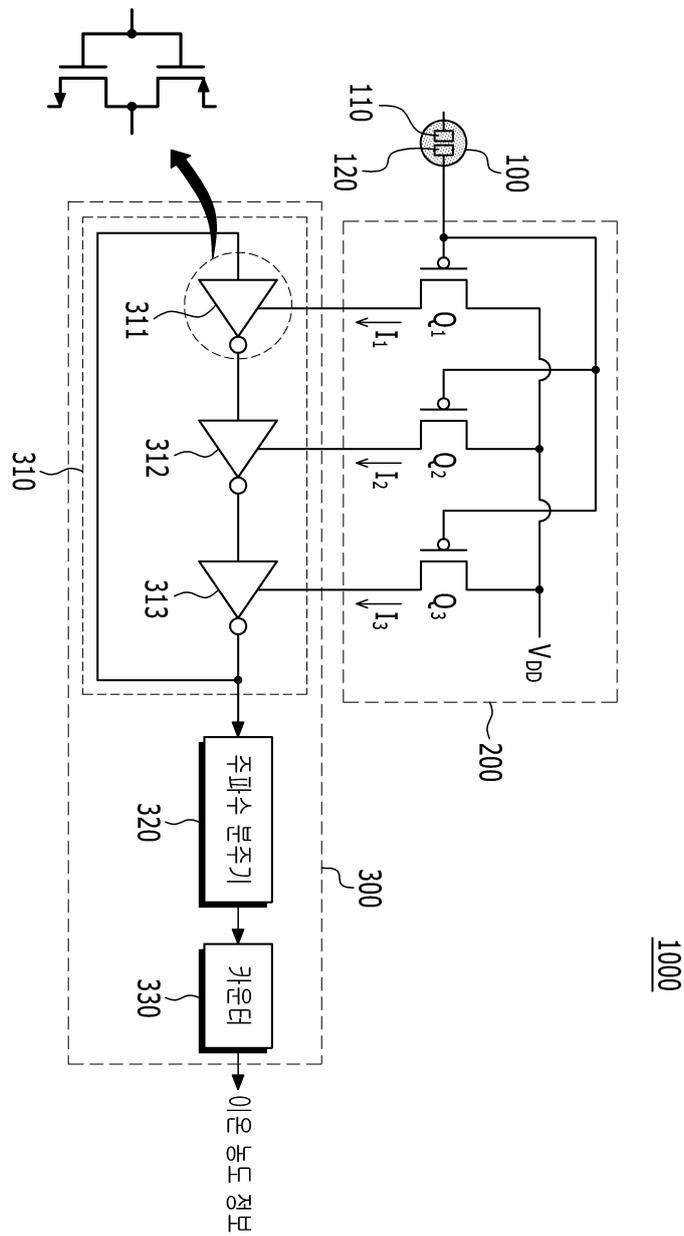
[0059] 이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

도면

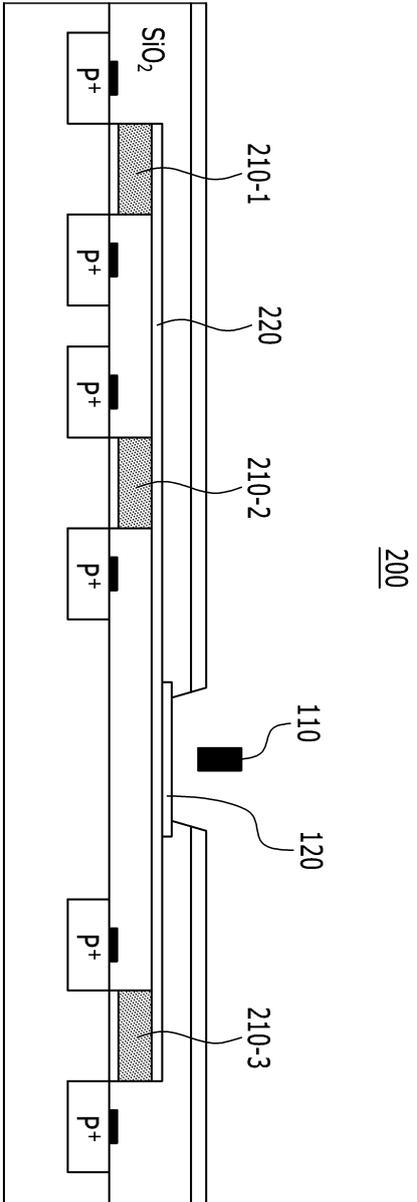
도면1



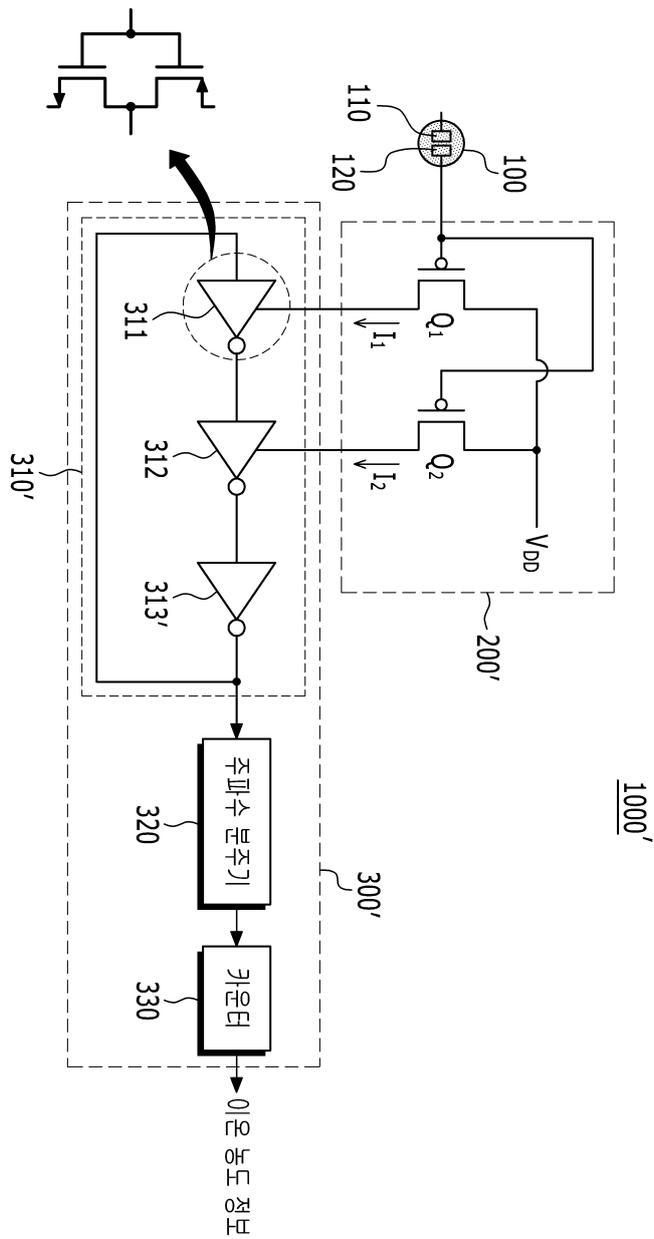
도면2



도면3



도면4



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 6

【변경전】

이온 농도를 측정하는 방법으로서, 상기 하나의 이온 감응막과 게이트 전극이

【변경후】

이온 농도를 측정하는 방법으로서, 하나의 이온 감응막과 게이트 전극이