(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0096210
(43) 공개일자 2020년08월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 27/327 (2006.01) *G01N 33/48* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 27/3273 (2013.01)
G01N 33/48 (2019.01)
(21) 출원번호 10-2020-7012950
(22) 출원일자(국제) 2018년12월13일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2020년05월06일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2018/084750
(87) 국제공개번호 WO 2019/115687
국제공개일자 2019년06월20일
(30) 우선권주장
17207345.4 2017년12월14일
유럽특허청(EPO)(EP)

(71) 출원인
에프. 호프만-라 로슈 아게
스위스 체하-4070 바젤 그렌짜체스트라쎄 124
(72) 발명자
램버트슨 마이클
독일 68305 만하임 잔트호퍼 슈트라쎄 116 로셰 디아그노스틱스 게엠베하 씨/오
바우어-에스핀돌라 클라우스 안드레아스
독일 68305 만하임 잔트호퍼 슈트라쎄 116 로셰 디아그노스틱스 게엠베하 씨/오
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인코리아나

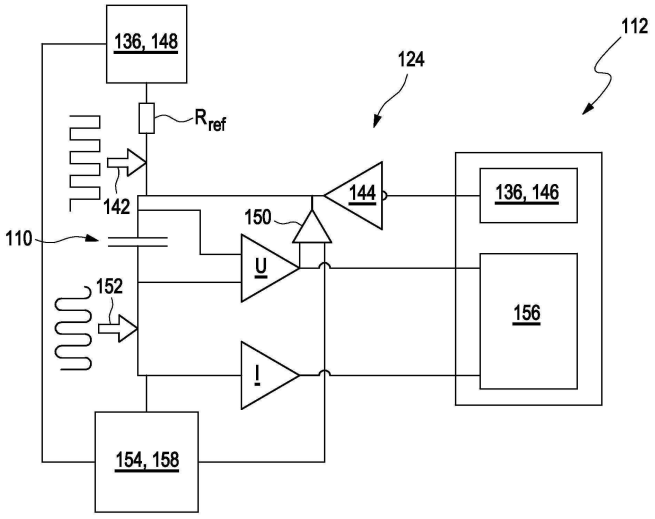
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 **등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법 및 디바이스**

(57) 요 약

등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법이 개시된다. 방법은 다음의 단계들: - 적어도 하나의 여기 전압 신호를 생성하고 여기 전압을 적어도 2 개의 측정 전극들 (116) 에 인가하는 단계; - 응답 신호를 측정하는 단계; - 응답 신호로부터 신호 플랭크를 결정하고 신호 플랭크의 형상 및 높이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분을 결정하는 단계; - 옴성 신호 부분으로부터 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도3



(72) 발명자

에프긴 자무엘

독일 68305 만하임 잔트호퍼 슈트라쎄 116 로셰 디아그노스틱스 게엠베하 씨/오

호른 카리나

독일 68305 만하임 잔트호퍼 슈트라쎄 116 로셰 디아그노스틱스 게엠베하 씨/오

마르쿠안트 미하엘

독일 68305 만하임 잔트호퍼 슈트라쎄 116 로셰 디아그노스틱스 게엠베하 씨/오

명 세 서

청구범위

청구항 1

등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법으로서,

다음의 단계들:

- 적어도 하나의 여기 전압 신호 (U_{target}) 를 생성하고 여기 전압을 기준 저항 (R_{ref}) 과 직렬의 적어도 2 개의 측정 전극들 (116) 에 인가하는 단계;

- 응답 신호를 측정하는 단계;

- 상기 응답 신호로부터 신호 플랭크를 결정하고 상기 신호 플랭크의 형상 및 높이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분 ($U_{measured}$) 을 결정하는 단계;

- 관계식 $ESR = \frac{U_{measured} * R_{ref}}{U_{target} - U_{measured}}$ 에 따라 상기 옴성 신호 부분으로부터 상기 등가 직렬 저항 (ESR) 에 대한 정보를 결정하는 단계를 포함하는, 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 여기 전압 신호는 구형파 신호 또는 사인파 신호를 포함하는, 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 여기 전압 신호는 펄스와 같은 비연속적인 신호를 포함하는, 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법.

청구항 4

체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 방법으로서,

상기 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 방법은, 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법을 언급하는 제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 기재된 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법을 포함하고, 상기 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법은,

- 적어도 하나의 여기 전압 신호를 생성하고 여기 전압을 적어도 2 개의 측정 전극들 (116) 에 인가하는 단계;

- 응답 신호를 측정하는 단계;

- 상기 응답 신호로부터 신호 플랭크를 결정하고 상기 신호 플랭크의 형상 및 높이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분을 결정하는 단계;

- 상기 옴성 신호 부분으로부터 상기 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하는 단계를 포함하고;

상기 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 방법은 적어도 하나의 분석물 측정 단계를 포함하고, 상기 적어도 하나의 분석물 측정 단계에서, 적어도 하나의 전류 응답이 측정되고 적어도 하나의 복소 임피던스 정보가 상기 전류 응답으로부터 결정되고,

상기 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 방법은 적어도 하나의 보정 단계를 포함하고, 상기 적어도 하나의 보정 단계에서, 상기 복소 임피던스 정보가 상기 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 보정

되는, 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 방법.

청구항 5

적어도 하나의 측정 회로를 통한 전압 강하를 보상하기 위한 방법으로서,

상기 적어도 하나의 측정 회로를 통한 전압 강하를 보상하기 위한 방법은, 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법을 언급하는 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 기재된 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법을 포함하고, 상기 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법은,

- 적어도 하나의 여기 전압 신호를 생성하고 여기 전압을 적어도 2 개의 측정 전극들 (116) 에 인가하는 단계;

- 응답 신호를 측정하는 단계;

- 상기 응답 신호로부터 신호 플랭크를 결정하고 상기 신호 플랭크의 형상 및 높이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분을 결정하는 단계;

- 상기 옴성 신호 부분으로부터 등가 직렬 저항에 대한 적어도 하나의 정보를 결정하는 단계를 포함하고;

상기 적어도 하나의 측정 회로를 통한 전압 강하를 보상하기 위한 방법은 상기 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 상기 여기 전압 신호를 조정하는 단계를 포함하는, 적어도 하나의 측정 회로를 통한 전압 강하를 보상하기 위한 방법.

청구항 6

체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 방법으로서,

상기 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 방법은, 제 5 항에 기재된 적어도 하나의 측정 회로를 통한 전압 강하를 보상하기 위한 방법을 포함하고, 상기 보상하기 위한 방법은, 다음의 단계들:

- 적어도 하나의 여기 전압 신호를 생성하고 여기 전압을 적어도 2 개의 측정 전극들 (116) 에 인가하는 단계;

- 응답 신호를 측정하는 단계;

- 제 1 전류 응답으로부터 신호 플랭크를 결정하고 상기 신호 플랭크의 형상 및 높이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분을 결정하는 단계;

- 상기 옴성 신호 부분으로부터 등가 직렬 저항에 대한 적어도 하나의 정보를 결정하는 단계;

- 상기 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 상기 여기 전압을 조정하는 단계를 포함하고;

상기 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 방법은 적어도 하나의 분석물 측정 단계를 포함하고, 상기 적어도 하나의 분석물 측정 단계에서, 조정된 상기 여기 전압이 상기 측정 전극들 (116) 에 인가되고, 제 2 전류 응답이 측정되고, 적어도 하나의 복소 임피던스 정보가 상기 제 2 전류 응답으로부터 결정되는, 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 방법.

청구항 7

체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 방법으로서,

d) 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 적어도 하나의 단계로서,

a1) 적어도 하나의 제 1 여기 전압 신호를 생성하고 제 1 여기 전압을 적어도 2 개의 측정 전극들 (116) 에 인가하는 단계;

a2) 응답 신호를 측정하는 단계;

a3) 상기 응답 신호로부터 신호 플랭크를 결정하고 상기 신호 플랭크의 형상 및 높이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분을 결정하는 단계;

a4) 상기 옴성 신호 부분으로부터 등가 직렬 저항에 대한 적어도 하나의 정보를 결정하는 단계를 포함하는, 상기 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 적어도 하나의 단계;

e) 적어도 하나의 분석물 측정 단계로서,

b1) 적어도 하나의 제 2 여기 전압을 생성하고 상기 제 2 여기 전압을 상기 측정 전극들 (116) 에 인가하는 단계;

b2) 제 2 전류 응답을 측정하는 단계;

b3) 상기 제 2 전류 응답으로부터 적어도 하나의 복소 임피던스 정보를 결정하는 단계를 포함하는, 상기 적어도 하나의 분석물 측정 단계;

f) 적어도 하나의 보정 단계로서,

- 상기 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 상기 제 2 여기 전압을 조정하는 단계;

- 상기 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 상기 복소 임피던스 정보 중 일방 또는 양방을 보정하는 단계 중 하나 이상을 포함하는, 상기 적어도 하나의 보정 단계를 포함하는, 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 방법.

청구항 8

체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 분석적 디바이스 (124) 로서,

상기 분석적 디바이스 (124) 는 적어도 하나의 여기 전압 신호 (U_{target}) 를 생성하도록 구성된 적어도 하나의 신호 생성기 디바이스 (136) 를 포함하고, 상기 분석적 디바이스 (124) 는 적어도 하나의 기준 저항 (R_{ref}) 을 포함하고, 상기 신호 생성기 디바이스 (136) 는 상기 기준 저항 (R_{ref}) 과 직렬의 적어도 2 개의 측정 전극들에 상기 여기 전압 신호를 인가하도록 구성되고, 상기 분석적 디바이스 (124) 는 적어도 하나의 응답 신호를 수신하도록 구성된 적어도 하나의 측정 유닛 (152) 을 포함하고, 상기 분석적 디바이스 (124) 는 적어도 하나의 평가 디바이스 (154) 를 포함하고, 상기 평가 디바이스 (154) 는 상기 응답 신호로부터 신호 플랭크를 결정하고 상기 신호 플랭크의 형상 및 높이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분 ($U_{measured}$) 을 결정하도록 구성되고, 상기 평가 디바이스 (154) 는 관계식 $ESR = \frac{U_{measured} * R_{ref}}{U_{target} - U_{measured}}$ 에 따라 상기 옴성 신호 부분으로부터 등가 직렬 저항 (ESR) 에 대한 적어도 하나의 정보를 생성하도록 구성되는, 분석적 디바이스 (124).

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 분석적 디바이스 (124) 는 상기 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 여기 전압을 조정하도록 구성된 적어도 하나의 제어 디바이스 (158) 를 더 포함하는, 분석적 디바이스 (124).

청구항 10

분석적 디바이스를 언급하는 제 8 항 또는 제 9 항에 있어서,

상기 분석적 디바이스 (124) 는 적어도 2 개의 동작 모드들에서 동작하도록 구성되고, 제 1 동작 모드에서, 상기 분석적 디바이스 (124) 는 상기 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하도록 구성되고 제 2 동작 모드에서, 상기 분석적 디바이스 (124) 는 상기 분석물의 농도를 측정하도록 구성되는, 분석적 디바이스 (124).

청구항 11

체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 테스트 엘리먼트 분석 시스템 (112) 으로서,

분석적 디바이스를 언급하는 제 8 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 기재된 적어도 하나의 분석적 디바이스 (124);

상기 분석물에 대한 특성인 적어도 하나의 변경을 수행 가능한 적어도 하나의 측정 구역 (114) 을 갖는 적어도 하나의 테스트 엘리먼트 (110) 로서, 상기 테스트 엘리먼트 (110) 는 적어도 2 개의 측정 전극들 (116) 을 포함하는, 상기 적어도 하나의 테스트 엘리먼트 (110) 를 포함하는, 테스트 엘리먼트 분석 시스템 (112).

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 테스트 엘리먼트 (110) 는 테스트 스트립인, 테스트 엘리먼트 분석 시스템 (112).

청구항 13

등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법을 언급하는 제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 기재된 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법의 페일 세이프 (fail-safe) 를 위한 사용.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법 및 디바이스들을 개시한다. 본 발명에 따른 방법 및 디바이스들은 체조직 (body tissue) 또는 체액 (body fluid) 중 일방 또는 양방에 존재하는 적어도 하나의 분석물 (analyte) 을 검출하기 위해 사용될 수도 있고, 특히 그 방법 및 디바이스들은, 전문 진단 분야 및 가정 모니터링 분야 양자 모두에서, 체액들, 이를 테면 혈액, 바람직하게는 전혈 (whole blood), 혈장 (plasma), 혈청 (serum), 뇨 (urine), 타액 (saliva), 간질액 (interstitial fluid) 또는 다른 체액들에서의, 하나 이상의 분석물들, 이를 테면 글루코오스, 락테이트, 트리글리세라이드들, 콜레스테롤 또는 다른 분석물들, 바람직하게는 대사물들 (metabolites) 을 검출하는 분야에 적용된다. 그러나, 다른 적용 분야들이 가능하다.

배 경 기 술

[0002] 의학 기술 및 진단 분야에서, 체액에서의 적어도 하나의 분석물을 검출하기 위한 다수의 디바이스들 및 방법들이 알려져 있다. 그 방법 및 디바이스들은, 체조직 또는 체액 중 일방 또는 양방에 존재하는 적어도 하나의 분석물, 특히 체액들, 이를 테면 혈액, 바람직하게는 전혈, 혈장, 혈청, 뇨, 타액, 간질액 또는 다른 체액들에서의, 하나 이상의 분석물들, 이를 테면 글루코오스, 락테이트, 트리글리세라이드들, 콜레스테롤 또는 다른 분석물들, 바람직하게는 대사물들을 검출하기 위해 사용될 수도 있다. 활성화 시간들을 측정하기 위한, 예를 들어 응고 모니터링을 위한 트롬빈 활성화 시간 측정을 위한 추가의 디바이스들이 알려져 있다. 본 발명의 범위를 제한하지 않고, 다음에서는 예시적이고 선호된 분석물로서의 글루코오스의 결정을 주로 참조한다.

[0003] 예를 들어, 혈당 (blood glucose) 뿐만 아니라 대응하는 약물의 분석물 농도의 결정은 많은 당뇨병 환자에게 일상의 필수적인 부분이다. 편의성을 증가시키기 위해 그리고 허용가능한 정도보다 많이 일상을 제한하는 것을 회피하기 위해, 이를 테면 근무, 여가 또는 집을 떠난 다른 활동들 동안 혈당 농도를 측정하기 위한 휴대용 디바이스들 및 테스트 엘리먼트들이 당업계에 알려져 있다. 그 동안에, 많은 테스트 디바이스들이 상업적으로 입수가능하다. 테스트 스트립들의 형태의 테스트 엘리먼트들의 사용에 기초하는 다수의 테스트 디바이스들 및 테스트 시스템들이 알려져 있다. 다수의 테스트 스트립들이 매거진에 의해 제공되고, 매거진으로부터의 테스트 스트립이 자동으로 테스팅 디바이스에 제공될 수도 있는 애플리케이션들이 알려져 있다. 그러나, 사용자에 의해 수동으로 테스팅 디바이스 안으로 삽입되는, 단일의 테스트 스트립들이 사용되는 다른 애플리케이션들이 알려져 있다. 통상적으로, 테스트 스트립의 단부가 테스팅 디바이스 안으로 삽입되고 분석물을 검출하도록 적응되고, 테스트 스트립의 대향 단부는 사용자가 테스트 스트립을 테스팅 디바이스 안으로 밀거나 또는 테스팅 디바이스로부터 테스트 스트립을 제거할 수 있게 하는 핸들로서의 역할을 한다. 샘플을 테스트 엘리먼트에 적용하기 위해, 통상적인 테스트 엘리먼트들은 모세관 테스트 엘리먼트들 내의 모세공 (capillary opening), 또는 상부 도징 시스템 (top dosing system) 을 갖는 광학 테스트 스트립들 내의 스프라이트 네트 (sprite net) 와 같은 적어도 하나의 샘플 적용 사이트를 제공한다. 이 타입의 테스트 스트립들은, 예를 들어 상품명 Accu-Chek Active® 하에서 상업적으로 입수가능하다. 홈 케어 애플리케이션들 대신에, 그러한 테스트 엘리먼트들은 병원 애플리케이션들에서와 같은 전문 진단들에 사용될 수도 있다.

[0004] 많은 경우들에서, 분석물을 검출하기 위해, 하나 이상의 테스트 케미스트리들을 갖는 하나 이상의 테스트 필드들을 포함하는, 테스트 스트립들과 같은 테스트 엘리먼트들이 사용된다. 테스트 케미스트리들은 검출될 분석물의 존재 시에 하나 이상의 검출가능한 특성들을 변화시키도록 적응된다. 따라서, 테스트 케미스트리의 전기화학적으로 검출가능한 특성들 및/또는 테스트 케미스트리의 광학적으로 검출가능한 특성들은 분석물의 존재의 영향으로 인해 변화될 수도 있다. 본 발명 내에서 사용될 수도 있는 잠재적인 테스트 케미스트리들에 대해서는, J. Hönes 등: Diabetes Technology and Therapeutics, Vol. 10, Supplement 1, 2008, S-10 내지

S-26 을 참조할 수도 있다. 그러나, 다른 타입들의 테스트 케미스트리들이 본 발명 내에서 사용될 수도 있다.

[0005] 일반적으로, 적어도 하나의 분석물의 검출은 전기화학 바이오센서를 사용하는 것에 의해 수행될 수 있다. 전기화학 바이오센서들, 예를 들어, 혈액 샘플에서의 글루코오스의 농도를 결정하기 위한 전기화학 바이오센서는 분석물과의 특정 반응을 제공하기 위해 효소들을 사용한다. 글루코오스는 영구적으로 또는 일시적으로 효소에 구속되는 효소 보조인자 (co-factor) 에 의해 특정적으로 산화되게 된다. 영구적으로 구속된 보조인자와 함께, 전자 수용체로서 그 효소 보조인자와의 반응에 의해 환원되게 되는 제 2 산화환원 활성 물질이 요구된다. 확산 프로세스에 의해, 환원된 물질은 전극으로 이동되고, 여기서, 적절한 산화환원 전위를 인가하는 것에 의해, 그것은 재산화되게 된다. 전달된 전자들은 글루코오스 농도에 대한 측정으로서 결과적인 전류에 의해 측정될 수 있다. 추가의 예들은 활성화 시간들을 측정하기 위한 전기화학 바이오센서들이고, 여기서, 테스트 샘플에서의 자극된 생물학적 프로세스의 소정의 상태가 도달된다. 일 예는 응고 시간 바이오센서 테스트 스트립이고, 여기서, 프로테아제 트롬빈의 활성화는 활성화된 트롬빈이 인공 펩티드 기질로부터 산화환원 태그를 컷 오프할 때 검출된다. 감소된 산화환원 태그는 적어도 2 개의 전극들 사이에 적절한 전압을 인가하고 전류법적 응답 (amperometric response) 을 모니터링하는 것에 의해 검출될 수 있다.

[0006] 전기화학적 테스트 스트립들에서, 금 또는 팔라듐 또는 이들 귀금속들의 혼합물들은 전기화학적 측정을 위해 그리고 측정 기기에 접촉하기 위해 사용된다. 일반적으로, 이들 금속들은, 전기화학적 반응이 일어나는 전기화학 측정 셀에 인가된 전압이 존재하고 알려져 있기 때문에 전기화학적 반응의 정확한 전류 측정들을 야기하는 우수한 전도도를 보인다. 그러나, 이들 금속들은 매우 비싸기 때문에 테스트 스트립 당 높은 제품 비용을 초래하는 경향이 있다. 이러한 이유로, 그러한 전기화학적 테스트 스트립들에 가능한 한 얇게 금 층들을 생성하도록 시도되지만, 층 두께의 감소로 전류 경로들의 저항률이 증가한다. 다른 가능성은 귀금속들을 다른 재료들로, 예를 들어 탄소로 대체하는 것이다. 그러나, 이들 재료들은 층 두께의 감소로 전류 경로들의 저항률의 증가를 나타낸다. 전기화학 셀에 사용되는 다른 가능한 재료들은 또한 생산 로트에서 블균일한 더 높은 저항을 나타낼 수도 있다. 예를 들어, 탄소와 같은 재료를 통한 전류 흐름은 생산 로트의 스트립마다 불균일하여 스트립마다 상이한 저항 값들을 야기할 수 있다.

[0007] 따라서, 탄소 또는 매우 얇은 금 층들을 사용하면, 전기화학 측정 셀에서 회로 경로 저항률은 증가할 것이고 인가된 전압은 감소될 것이다. 이는 알려지지 않은 분석물의 농도가 신뢰가능하게 측정될 수 없도록 전기화학 측정 셀에서 알려지지 않은 전압 상태를 야기할 수도 있다. 이 효과는 일반적으로 "IR-강화-효과 (IR-drop-effect)" 로서 설명된다. IR-강하의 문제는 전극 구성에 따른 카운터 전극과 작업 전극 사이의 전압의 손실, 또는 작업 전극과 기준 전극 사이의 전압의 손실이다. 이 전위차는 미싱 (missig) 이며, 따라서 작업 전극에 실제로 인가되는 전위는 일정하게 유지되어야 하는 전압과는 상이하다.

[0008] 특히, 테스트 스트립의 전기 콘택들 사이의 전류를 정확히 결정하는 것이 가능할 수도 있지만, 샘플에 인가된 전위는 높은 옴성 공급 라인들의 iR 강하 때문에 테스트 스트립의 전기 콘택들 사이의 인가된 전위보다 더 낮을 수도 있다. 그 효과는 테스트 스트립의 기하학적 설계에 강하게 의존하고, 샘플과 전기 콘택들 사이의 거리가 증가하고 공급 라인들의 전도도가 감소하는 경우에 더욱 악화되고 있다.

[0009] 또한, IR-강하는 저항기에서의 에너지 손실들로 인한 전압 강하로서 설명될 수 있다. 필요한 두께를 가진 매우 우수한 도체 이외의 다른 재료들이 구현될 때 저항기 및 그 저항기의 전기화학적 테스트 스트립들에 대한 관계에 있어서의 에너지 손실이 존재한다. 임피던스 분광법이 샘플에 관한 데이터를 수집하는데 사용되는 경우에, 불량 도체들로부터의 지나치게 높은 저항은 측정되는 위상 값들은 물론 어드미턴스에 직접적인 영향을 줄 수도 있다. 이들 저항들은 알려지지 않으며, 이는 더 높은 측정된 저항들 및 열악한 측정 정확도로 인해 어드미턴스 및 위상 계산들이 잘못되는 것은 물론, 회로의 잡음이 문제가 되는 신호의 상당한 약화를 의미할 수도 있다.

[0010] IR-강화의 임계성은 3 개의 전극 구성을 사용하는 정전위 (potentiostatic) 회로들에서 검출되었다. 정전위기 (potentiostat) 의 인스트루먼트 및 작업 원리는 예를 들어, A. Hicking, Trans. Faraday Soc. 38, 27, 1942 에 의해 설명된다. IR-강하의 영향은, 예를 들어, D. Macdonald, "Transient Techniques in Electrochemistry", 1977, Plenum Press, New York, pages 30-33 에 의해 설명된다. 다수의 방법들, 예를 들어, 정전류 (galvanostatic) 인터럽트 기법들 (J.D. E. McIntyre 및 W.F. Peck, Jr., "An Interrupter Technique for Measuring the Uncompensated Resistance of Electrode Reactions under Potentiostatic Control, J. Electrochem. Soc. 1970, 117(6): 747-751 참조) 및 포지티브 피드백 회로들에 의한 직접 보상

(D.T. Sawyer 및 J.L. Roberts, Jr., Experimental Electrochemistry for Chemists, Wiley (Interscience), New York (1974) 참조) 이 IR-강하의 영향에 대해 보정하도록 개발되었다. 셀 파라미터들이 정전위 성능 요건들에서 경험되는 IR 강하의 감소를 허용하지 않을 때마다, 포지티브 피드백의 기법이 목표를 달성하도록 구현될 수 있다. 매우 다양한 결과들을 가진 다양한 방식들로 적용될 수 있다. 안정성은 끊임없이 반복되는 문제일 수 있다.

[0011] US 2006/231424 A1 은 테스트 스트립의 품질에 있어서 다중 변화들에 대한 에러 검출을 제공하는 전기화학적 테스트 스트립 내의 작업 및 카운터 전극 쌍의 직렬 저항의 측정 뿐만 아니라 테스트 미터에서의 스트립의 동작을 설명한다. US 2008/093230 A1 은 초기 분석물 농도를 전기화학적으로 결정하는 것, 복수의 전류법적/전위차법적 (potentiometric) 스위칭 사이클들을 수행하는 것, 복수의 스위칭 사이클들의 각각 동안 신호의 특성을 관측하는 것, 신호의 특성에 대한 평균 값을 결정하는 것, 및 신호의 특성의 평균 값에 따라 분석물 농도의 최종 측정 값에 도달하도록 초기 측정 값을 보정하거나 또는 초기 측정 값을 거부하는 것에 의한 분석물의 결정을 설명한다. H. Schweiger 등: "Comparison of Several Methods for Determining the Internal Resistance of Lithium I on Cells", SENSORS, vol. 10, no. 6, 3 June 2010, pages 5604-5625, XP055244934, DOI: 10.3390/s100605604 는, 리튬 이온 셀의 내부 저항을 결정하는 것을 설명한다. W. Oelssner 등: "The iR drop-well-known but often underestimated in electrochemical polarization measurements and corrosion testing", MATERIALS AND CORROSION/WERKSTOFFE UND KORROSION, vol. 57, no. 6, 1 June 2006, pages 455-466, XP055064318, ISSN: 0947-5117, DOI: 10.1 002/maco.200603982 는 전기화학적 분극 (polarization) 측정들에서의 iR 강하의 보상을 설명한다. 저항은 Luggin 모세관과 작업 전극 사이의 전해질의 저항에 의해 결정될 수 있다.

[0012] 상기 언급된 전개들에 의해 달성된 이점들 및 진전에도 불구하고, 일부 상당한 기술적 도전과제들이 남아 있다. 특히, 알려진 보상 방법들은 배터리들의 기술 분야에서 그리고 오직 대형 기기들에서 사용된다. 따라서, 테스트 스트립들의 원하지 않는 저항을 특성화하기 위한 적절한 보상 방법들의 전개 및 구현은 여전히 기술적 도전과제로 남아 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 따라서, 본 발명의 목적은, 체액에서의 적어도 하나의 분석물을 결정하기 위한 방법 및 디바이스를 제공하는 것이며, 이는 이러한 종류의 알려진 디바이스들 및 방법들의 단점들을 적어도 부분적으로 회피하고 상기 언급된 도전과제들을 적어도 부분적으로 해결한다. 구체적으로, 얇은 전도성 경로들을 사용한 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도의 측정 결과들의 신뢰도가 개선될 것이다.

과제의 해결 수단

[0014] 이 문제는 독립 청구항들의 특징들을 가진, 등가 직렬 저항 (ESR) 에 대한 정보를 결정하기 위한 방법, 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 방법들, 적어도 하나의 측정 회로를 통한 전압 강하를 보상하기 위한 방법, 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 분석적 디바이스 및 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 테스트 엘리먼트 분석 시스템에 의해 해결된다. 격리된 방식으로 또는 어떠한 임의의 조합으로 실현될 수도 있는 선호된 실시형태들은 종속 청구항들에 열거된다.

[0015] 이하에서 사용된 바와 같이, 용어들 “갖는다 (have)", "포함한다 (comprise)" 또는 "포함한다 (include)", 또는 이들의 어떠한 임의의 문법적 변형들이 비배타적 방식으로 사용된다. 따라서, 이들 용어들은, 이들 용어들에 의해 도입된 특징들 이외에, 이 컨텍스트에서 설명된 엔티티에 어떠한 추가의 특징들도 존재하지 않는 상황, 및 하나 이상의 추가의 특징들이 존재하는 상황 양자 모두를 지칭할 수도 있다. 일 예로서, 표현들 "A 는 B 를 갖는다", "A 는 B 를 포함한다" 및 "A 는 B 를 포함한다" 는, B 이외에, A 에 어떠한 다른 엘리먼트도 존재하지 않는 상황 (즉, A 가 단독으로 및 배타적으로 B 로 구성되는 상황), 및 B 이외에, 엔티티 A 에 엘리먼트 C, 엘리먼트들 C 및 D 또는 더 추가적인 엘리먼트들과 같은 하나 이상의 추가의 엘리먼트들이 존재하는 상황 양자 모두를 지칭할 수도 있다.

[0016] 또한, 1 회 또는 2 회 이상 특징 또는 엘리먼트가 존재할 수도 있음을 표시하는 용어들 "적어도 하나", "하나 이상" 또는 유사한 표현들은 개별의 특징 또는 엘리먼트를 도입할 때 통상적으로 오직 1 회만 사용될 것임이 주목될 것이다. 이하에서, 대부분의 경우들에서, 개별의 특징 또는 엘리먼트를 지칭할 때, 개별의 특징 또는

엘리먼트가 1 회 또는 2 회 이상 존재할 수도 있다는 사실에도 불구하고 표현들 "적어도 하나" 또는 "하나 이상" 은 반복되지 않을 것이다.

[0017] 또한, 이하에서 사용된 바와 같이, 용어들 "바람직하게", "더 바람직하게", "특히", "더 특히", "구체적으로", "더 구체적으로" 또는 유사한 용어들은 대안적인 가능성들을 제한하지 않고도 선택적 특징들과 함께 사용된다. 따라서, 이들 용어들에 의해 도입된 특징들은 선택적 특징들이고 어떠한 방식으로든 청구항들의 범위를 제한하도록 의도되지 않는다. 본 발명은, 당업자가 인식할 바와 같이, 대안적인 특징들을 사용하는 것에 의해 수행될 수도 있다. 유사하게, "본 발명의 일 실시형태에서" 또는 유사한 표현들에 의해 도입된 특징들은, 본 발명의 대안적인 실시형태들에 관한 어떠한 제한 없이, 본 발명의 범위에 관한 어떠한 제한들 없이, 그리고 본 발명의 다른 선택적 또는 비선택적 특징들과 그러한 방식으로 도입된 특징들을 결합할 가능성에 관한 어떠한 제한 없이, 선택적 특징들인 것으로 의도된다.

[0018] 본 발명의 제 1 양태에서, 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법이 개시된다. 방법은 대응하는 독립 청구항에서 주어진 바와 같은 그리고 하기에 열거된 바와 같은 방법 단계들을 포함한다. 방법 단계들은 주어진 순서로 수행될 수도 있다. 그러나, 방법 단계들의 다른 순서들이 가능하다. 또한, 방법 단계들 중 하나 이상은 병렬로 및/또는 시간 오버랩 방식으로 수행될 수도 있다. 또한, 방법 단계들 중 하나 이상은 반복적으로 수행될 수도 있다. 또한, 열거되지 않은 추가적인 방법 단계들이 존재할 수도 있다.

[0019] 방법은 다음의 단계들을 포함한다:

[0020] - 적어도 하나의 여기 전압 신호 (U_{target}) 를 생성하고 여기 전압을 기준 저항 (R_{ref}) 과 직렬의 적어도 2 개의 측정 전극들에 인가하는 단계;

[0021] - 응답 신호를 측정하는 단계;

[0022] - 응답 신호로부터 신호 플랭크 (signal flank) 를 결정하고 신호 플랭크의 형상 및 높이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분 (ohmic signal portion) ($U_{measured}$) 을 결정하는 단계;

[0023] - 관계식 $ESR = \frac{U_{measured} * R_{ref}}{U_{target} - U_{measured}}$ 에 따라 옴성 신호 부분으로부터 등가 직렬 저항 (ESR) 에 대한 정보를 결정하는 단계.

[0024] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "관계식 $ESR = \frac{U_{measured} * R_{ref}}{U_{target} - U_{measured}}$ 에 따라 옴성 신호 부분으로부터 등가 직렬 저항 (ESR) 에 대한 정보를 결정하는 것" 은 또한 이 식의 등가 재공식화들 및 대체 표현들 뿐만 아니라 파생물들을 지칭한다.

[0025] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "측정 전극" 은 일반적으로, 전해액과, 특히 체액과 접촉하고 그리고 전기적으로 또는 전기화학적으로 분석물 및/또는 분석물 농도를 결정하도록 적응되는, 예를 들어, 적어도 하나의 테스트 엘리먼트의 전극들을 지칭한다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "전극" 은 일반적으로, 분석물을 전기적으로 또는 전기화학적으로 검출하도록 구성되거나 또는 분석물을 전기적으로 또는 전기화학적으로 검출하기 위해 사용가능한 임의의 엘리먼트를 지칭할 수도 있다. 하나 이상의 작업 전극들과 같은 전극들 중 하나 이상에서 전기화학적 반응이 일어날 수도 있도록 적어도 2 개의 측정 전극들이 구현될 수도 있다. 따라서, 전극들은, 전극들 중 하나 이상에서 산화 반응 및/또는 환원 반응이 일어날 수도 있도록 구현될 수도 있다. 전기화학적 검출 반응은 작업 전극의 정전기 전위와 같은 하나 이상의 전극 전위들을 카운터 전극 또는 기준 전극과 같은 하나 이상의 추가의 전극들의 정전기 전위와 비교하는 것에 의해 검출될 수도 있다.

[0026] 적어도 2 개의 측정 전극들은 적어도 하나의 작업 전극을 포함할 수도 있다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "작업 전극" 은 체액에서의 적어도 하나의 분석물을 검출하기 위해 적어도 하나의 전기화학적 검출 반응을 수행하기 위해 적응되거나 또는 사용가능한 전극을 지칭한다. 작업 전극은 검출될 분석물에 민감한 적어도 하나의 테스트 화학물질을 가질 수도 있거나 또는 그 테스트 화학물질과 접촉하게 될 수도 있다. 적어도 하나의 테스트 화학물질은 적어도 하나의 체액과 접촉할 수도 있는 적어도 하나의 테스트 화학물질 표면을 형성할 수도 있다. 적어도 2 개의 전극들은 적어도 하나의 카운터 전극을 더 포함할 수도 있다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 대향 전극으로 또한 나타내는 용어 "카운터 전극" 은, 적어도 하나의 전기화학적 카운터 반응을 수행하기 위해 적응되고 작업 전극에서의 검출 반응에 의해 요구된 전류 흐름을 밸런싱하기 위해

적응된 전극을 지칭한다. 추가적으로, 또는 대안적으로, 적어도 2 개의 전극들은 적어도 하나의 기준 전극을 더 포함할 수도 있다. 기준 전극은 안정적인 그리고 잘 알려진 전극 전위를 가질 수도 있다. 기준 전극의 전극 전위는 바람직하게는 고도로 안정적일 수도 있다. 카운터 전극 및 기준 전극은 공통 전극 또는 2 개의 분리 전극들 중 하나일 수도 있다.

[0027] 전해질, 예를 들어 체액의 샘플과 접촉하는 측정 전극들은 전기화학 셀을 형성할 수도 있다. 테스트 엘리먼트의 전기화학 셀은 전해질 저항, 전하 이동 저항, 및 예를 들어, 대면 (face-to-face) 전극들 또는 대향 전극들을 갖는 샌드위치 테스트 스트립의 경우에, 이중 층 커패시턴스를 포함하는 등가 회로에 의해 근사화될 수 있다.

[0028] 측정 전극들 및/또는 다른 전도성 엘리먼트들, 이를 테면 전도성 경로들은, 오직 커패시턴스 및 저항을 가진 이상적인 컴포넌트들이 아닐 수도 있다. 그러나, 대략적으로, 전기화학 셀은 등가 직렬 저항 (ESR) 과 직렬의 이상적인 커패시터들 및 저항기들로 간주될 수 있다. 공급 라인들에서의 등가 직렬 저항의 존재는 ESR 에서 관측가능한 전압 강하를 초래할 수도 있다. 전압 강하는 적어도 하나의 분석물의 농도의 결정에 영향을 미칠 수도 있고, 구체적으로, 잘못된 측정 결과들을 초래할 수도 있다. ESR 에 대한 정보는 ESR 값 및/또는 작업 전극 및 카운터 전극의 금속 코팅에 의해 형성된 리드 저항에 대한 적어도 하나의 정보, 및/또는 전자 회로의 라인 저항 측정에 대한 적어도 하나의 정보 및/또는 콘택 핀들과 테스트 엘리먼트 사이의 콘택 저항들에 대한 적어도 하나의 정보를 포함할 수도 있다.

[0029] 샌드위치 테스트 엘리먼트의 임피던스 (Z) 는 다음에 의해 결정될 수 있으며

$$Z = R_0 + R_1 + \frac{R_3+R_2(1+i\omega R_3)}{1+i\omega C_3R_3+i\omega C_2[R_3+R_2(1+i\omega C_3R_3)]},$$

[0030]

[0031] 여기서 R_0 은 등가 직렬 저항이고, R_1 은 전해질 저항이고 C_2 및 C_3 은 이중 층 커패시턴스를 설명한다. R_2 및 R_3, 특히 R_3 과 직렬의 R_2 는 전하 이동 저항을 설명하고; 여기서 i 는 허수이고 $i\omega=2\pi f$ 이다. 용어 "샌드위치 테스트 엘리먼트" 는 측정 전극들이 테스트 엘리먼트의 층 셋업에서 서로의 위에 배열되는 테스트 엘리먼트들을 지칭한다. 테스트 엘리먼트는 추가적인 층들, 이를 테면 적어도 하나의 스페이서 층 및/또는 적어도 하나의 시약 층 및/또는 적어도 하나의 캐리어 층을 포함할 수도 있다. 임피던스는 실수부 Re(Z) 및 허수부 -Im(Z), Z = Re(Z) - Im(Z) 에 의해 설명될 수 있으며, 여기서

[0032] $$Re(Z) = R_0 + R_1 + \frac{ad+\omega^2be}{a^2+(\omega b)^2}$$ 및

[0033] $$Im(Z) = i\omega\frac{ae-bd}{a^2+(\omega b)^2}$$ 이고,

[0034] 여기서 $a = 1 - \omega^2C_2R_2C_3R_3$, $b = C_3R_3 + C_2R_2 + C_2R_3$, $d = R_3 + R_2$, $e = C_3R_3R_2$ 이다. 따라서, ESR 은 임피던스 (Z) 의 실수부를 사용하여 결정될 수 있다. 더욱이, 허수부는 주파수에 강하게 의존할 수도 있는 반면, 실수부는 주파수 ω 로부터 독립적일 수도 있다.

[0035] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "적어도 하나의 여기 전압 신호" 는 일반적으로 예를 들어, 적어도 2 개의 전극들을 사용하는 것에 의해, 체액에 인가가능한 적어도 하나의 임의의 전압 신호를 지칭한다. 여기 전압 신호는 적어도 하나의 테스트 시퀀스, 예를 들어 시간 시퀀스 동안 인가될 수도 있다. 여기 전압 신호는 구형파 신호 및/또는 사인파 신호를 포함할 수도 있다. 예를 들어, 여기 전압 신호는 사인파 신호일 수도 있고, 여기서 여기 전압 신호의 주파수는 20 kHz 내지 300 kHz 일 수도 있다. 여기 전압 신호는 펄스와 같은 비연속적인 신호를 포함할 수도 있다. 구체적으로, 여기 전압 신호는 고속 트랜지션 (fast transition) 구형파를 포함할 수도 있다.

[0036] 여기 전압 신호는 적어도 하나의 신호 생성기 디바이스에 의해 생성될 수도 있다. 용어 "신호 생성기 디바이스" 는 일반적으로, 전압 신호를 생성하도록 구성되는 디바이스, 예를 들어, 전압 소스를 지칭한다. 신호 생성기 디바이스는 적어도 하나의 전압 소스를 포함할 수도 있다. 신호 생성기 디바이스는 적어도 하나의 구형파 생성기 및 적어도 하나의 사인파 생성기로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 함수 생성기를 포

함할 수도 있다. ESR 을 결정하기 위해, 여기 전압 신호는 테스트 엘리먼트의 양단의 전압이 낮은 레벨로 유지되도록 생성될 수도 있다. 예를 들어, 신호 생성기 디바이스는 1000 mV pkpk 및 100 kHz 까지의 주파수를 가진 함수를 생성하도록 적응될 수도 있다. 이렇게 하여, ESR 에 걸쳐 거의 전체 전압이 강하될 수도 있다.

[0037] 신호 생성기 디바이스는 측정 전자장치의 일부일 수도 있고 및/또는 측정 전자장치에 연결될 수도 있다. 신호 생성기 디바이스는 측정 전자장치의, 이를 테면 평가 디바이스의 일부일 수도 있거나, 또는 별도의 디바이스로서 설계될 수도 있다. 신호 생성기 디바이스는 여기 전압 신호를 측정 전극들에 인가하도록 적응될 수도 있다. 여기 전압 신호는 적어도 하나의 신호 인가 단계에서 적어도 2 개의 측정 전극들에 인가될 수도 있다. 테스트 엘리먼트는 신호 생성기 디바이스의 적어도 하나의 출력 단자에 연결될 수도 있다.

[0038] 여기 전압 신호는 반복가능한 사이클을 포함할 수도 있고, 여기서 반복가능한 사이클은 적어도 하나의 여기 신호 플랭크를 포함한다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "신호 플랭크" 는 낮은 신호 값에서 높은 신호 값 또는 높은 신호 값에서 낮은 신호 값으로의 여기의 트랜지션을 지칭한다. 여기 신호 플랭크는 상승 신호 플랭크 또는 하강 신호 플랭크일 수도 있다. 여기 전압 신호의 여기 신호 플랭크는 마이크로초 내지 나노초 범위에서 여기 신호 플랭크의 제 1 포인트로부터 여기 신호 플랭크의 제 2 포인트로의 신호의 변화를 가질 수도 있다. 용어들 제 1 및 제 2 "포인트" 는 신호의 지역들 또는 포인트들을 지칭한다. 제 1 포인트는 여기 신호의 로컬 및/또는 전체 최소일 수도 있다. 제 1 포인트는 여기 신호의 제 1 안정기 (plateau) 일 수도 있다. 제 1 포인트는 전극들에 인가된 전압이 없는 시간 포인트를 지칭할 수도 있다. 제 1 포인트는 신호의 스루 (through) 또는 낮은 (low) 값일 수도 있다. 제 2 포인트는 여기 신호의 로컬 및/또는 전체 최대일 수도 있다. 제 2 포인트는, 여기 신호의 인가 동안 도달될 수도 있는 여기 신호의 제 2 안정기일 수도 있다. 제 2 포인트는 신호의 피크 (peak) 또는 높은 (high) 값일 수도 있다. 여기 전압 신호는 고속 트랜지션 구형파일 수도 있거나 또는 이를 포함할 수도 있다. 고속 트랜지션 구형파는 상기 설명된 바와 같이 상승 신호 플랭크를 가질 수도 있다. 구체적으로, 고속 트랜지션 구형파는 50 ns 이하에서, 바람직하게는 20 ns 이하에서 여기 신호 플랭크의 제 1 포인트로부터 여기 신호 플랭크의 제 2 포인트로의 신호의 변화를 가질 수도 있다.

[0039] 여기 전압은 기준 저항 (R_{ref}) 과 직렬의 적어도 2 개의 측정 전극들에 인가된다. R_{ref} 는 미리결정된 기준 저항과 같은 알려진 기준 저항일 수도 있다. 기준 저항은 복수의 기준 측정들로부터 결정된, 구체적으로 미리결정된 평균 값일 수도 있다. 예를 들어, 기준 저항은 복수의 기준 측정들로부터 결정된 평균 Hct 값에 대응할 수도 있다. 옴성 신호 부분과 같은 측정될 값을 결정하기에 적합한 기준 저항이 선택될 수도 있다.

[0040] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "응답 신호" 는 일반적으로 인가된 여기 전압 신호에 응답하여 측정 전극들에서 결정된 전압 변화를 지칭한다. 응답의 스티프니스 (Steepness) 는 응답의 옴성 부분들의 식별을 허용할 수도 있다. 응답 신호는 적어도 하나의 응답 신호 검출기, 예를 들어, 적어도 하나의 신호 분석기 및/또는 적어도 하나의 오실로스코프를 사용하는 것에 의해 측정될 수도 있다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, "옴성 신호 부분 (ohmic signal portion)" 은 임피던스 (Z) 의 실수부를 지칭한다. 응답 신호는 복소 임피던스에서의 옴성 신호 부분을 포함할 수도 있다. 응답 신호는 테스트 엘리먼트의 용량성 부분들로 인해 옴성 신호 부분 및 비옴성 (non-ohmic) 신호 부분을 포함할 수도 있다. 응답 신호의 신호 형상 및 신호 높이 중 일방 또는 양방을 분석하는 것에 의해, 옴성 신호 부분이 결정될 수 있다. 응답 신호는 적어도 하나의 신호 플랭크, 특히 적어도 하나의 상승 신호 플랭크를 포함할 수도 있다. 유도된 구형파 또는 사인 전압 신호의 특성화를 통해, 옴성 신호 부분은 응답 신호의 신호 플랭크로부터 결정될 수 있다. 특히, 유도된 신호 형상으로부터의 편차들 및/또는 차이가 결정될 수도 있다. 응답 신호는 ESR 에서의 전압 강하로 인한 수직 강하 및 테스트 엘리먼트의 용량성 부분들로부터의 충전 집적 (charging integration) 으로 인한 후속 상승 신호 플랭크를 나타내는 것으로 확인되었다.

[0041] 등가 직렬 저항 (ESR) 에 대한 정보는 관계식 $ESR = \frac{U_{measured} * R_{ref}}{U_{target} - U_{measured}}$ 에 따라 옴성 신호 부분으로부터 결정되며,

[0042] 여기서 U_{target} 은 여기 전압 신호이고, R_{ref} 는 기준 저항이고 $U_{measured}$ 는 옴성 신호 부분이다. 여기 전압 신호 (U_{target}) 는 미리알려지거나 또는 미리결정된 값일 수도 있다. 여기 전압 신호 (U_{target}) 는 이를 테면, 신호 생성기 디바이스와 기준 저항기 사이에 그리고 직렬로 배치될 수도 있는 적어도 하나의 아날로그-디지털-컨

버터를 사용하는 것에 의해 결정될 수도 있다.

[0043] 구체적으로, 응답 신호의 높은 값 (U_1) 및 강하 값 (U_2), 즉 상승 신호 플랭크의 시작에서의 전압 값이 결정될 수도 있다. 등가 직렬 저항 (ESR) 에 대한 정보는 다음에 의해 결정될 수도 있으며

[0044] $$ESR = \frac{U_2 \cdot (R_{ref} + R_{coax})}{U_1 - U_2} - R_1,$$

[0045] 여기서 R_{coax} 는 테스트 엘리먼트와 응답 신호 검출기를 연결하는 전자 케이블의 저항이다. R_{ref} 는 알려진 기준 저항이다. 기준 저항은 복수의 기준 측정들로부터 결정된, 구체적으로 미리결정된 평균 값일 수도 있다. 예를 들어, 기준 저항은 복수의 기준 측정들로부터 결정된 평균 Hct 값에 대응할 수도 있다.

[0046] 방법은 더욱이 적어도 하나의 감산 단계를 포함할 수도 있고, 여기서 ESR 에 대한 결정된 정보로부터, 특히 ESR 값으로부터, 체액의 샘플의 전해질 저항 (R_1) 의 미리결정된 또는 알려진 값이 감산된다.

[0047] 방법은 테스트 엘리먼트의 건조 상태에서, 즉 전해질에 대한 접촉 없이 수행될 수도 있다. 이 경우에, 임피던스 (Z) 는 다음에 의해 결정될 수도 있다

[0048] $$Z = R_0 + i\frac{-1}{\omega C_1}.$$

[0049] 따라서, 순수 리드 저항은 임피던스 (Z) 의 실수부일 수도 있고 ESR 은 직접 결정될 수 있다. 또한, 2 개의 측정 전극들 사이의 재료의 유전 특성들이 z 의 허수부에 있기 때문에, 접착제의 품질, 접착제의 종류, 측정 전극들 사이의 거리, 다른 종류와 호일들, 코팅 효과들, 습식 코팅들, 또는 습도와 같은 재료 또는 기하학적 구조의 임의의 변화를 결정하는 것이 가능할 수도 있다. 이는 신뢰가능한 품질 제어 및/또는 페일 세이프 (fail safe) 를 결정하는 것을 허용할 수도 있다.

[0050] iR 강하를 결정하기 위한 알려진 방법들은 예를 들어, 문헌들 US 2006/231424 A1 및 US 2008/093230 A1 에 설명된 바와 같이, 셀을 개방하는 것으로부터의 결과적인 방전 곡선을 사용한다. 본 발명에 따른 방법에서, 여기 전압 신호의 신호 플랭크는 특성화될 수도 있고 등가 직렬 저항은 그로부터 도출될 수도 있다. 따라서, 본 발명에 따른 방법에서, 여기 전압 신호로부터의 트랜지언트는 분석될 수도 있지만 셀의 방전으로부터의 결과적인 응답은 아니다. 이것은 구체적으로는 결과적인 방전 곡선을 사용하고 따라서 그 방전 곡선을 대기하는 방법들과 비교하여 더 빠른, iR 강하의 고속 결정을 허용할 수도 있다.

[0051] 추가의 양태에서, 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 방법이 개시된다. 방법은 대응하는 독립 청구항들에서 주어진 바와 같은 그리고 하기에 열거된 바와 같은 방법 단계들을 포함한다. 방법 단계들은 주어진 순서로 수행될 수도 있다. 그러나, 방법 단계들의 다른 순서들이 가능하다. 또한, 방법 단계들 중 하나 이상은 병렬로 및/또는 시간 오버랩 방식으로 수행될 수도 있다. 또한, 방법 단계들 중 하나 이상은 반복적으로 수행될 수도 있다. 또한, 열거되지 않은 추가적인 방법 단계들이 존재할 수도 있다.

[0052] 방법은 상기 개시된 바와 같은 또는 이하에 더 상세히 개시된 바와 같은 방법의 실시형태들 중 하나 이상에 따른 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법을 포함한다. 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법은 다음을 포함한다:

[0053] - 적어도 하나의 여기 전압 신호를 생성하고 여기 전압을 적어도 2 개의 측정 전극들에 인가하는 단계;

[0054] - 응답 신호를 측정하는 단계;

[0055] - 응답 신호로부터 신호 플랭크를 결정하고 신호 플랭크의 형상 및 높이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분을 결정하는 단계;

[0056] - 옴성 신호 부분으로부터 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하는 단계.

[0057] 방법의 특징들의 정의들을 위해 그리고 방법의 선택적 상세들을 위해, 상기 개시된 바와 같은 또는 이하에 더 상세히 개시된 바와 같은 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법의 실시형태들 중 하나 이상을 참조할 수도 있다.

[0058] 방법은 적어도 하나의 분석물 측정 단계를 포함하고, 여기서 적어도 하나의 전류 응답이 측정되고 적어도 하나의 복소 임피던스 정보가 전류 응답으로부터 결정된다. 방법은 적어도 하나의 보정 단계를 포함하고, 여기서 복소 임피던스 정보가 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 보정된다.

[0059] 방법은 적어도 하나의 샘플 적용 단계를 포함할 수도 있다. 샘플 적용 단계에서, 체액의 샘플은 적어도 2개의 측정 전극들에 적용될 수도 있다. 측정 전극들은 체액의 샘플과 접촉할 수도 있다. 측정 전극들은 적어도 하나의 테스트 엘리먼트에 의해 구성될 수도 있다. 테스트 엘리먼트는 샘플을 수용하도록 적응되는 적어도 하나의 샘플 적용 영역을 포함할 수도 있다. 샘플은 예를 들어, 모세관 힘들에 의해, 샘플 적용 영역으로부터 측정 전극들로 이동될 수도 있다.

[0060] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "체액" 은, 통상적으로 사용자 또는 환자의 신체 또는 체조직에 존재하고 및/또는 사용자 또는 환자의 신체에 의해 생성될 수도 있는 유체를 일반적으로 지칭한다. 특히, 체액은 체액의 샘플일 수도 있다. 체조직의 일 예로서, 간질 조직 (interstitial tissue) 이 명명될 수도 있다. 따라서, 일 예로서, 체액은 혈액 및 간질액으로 구성된 그룹으로부터 선택될 수도 있다. 예를 들어, 체액은 전혈일 수도 있다. 그러나, 추가적으로 또는 대안적으로, 타액, 누액, 뇨 또는 다른 체액들과 같은 하나 이상의 다른 타입들의 체액들이 사용될 수도 있다. 일반적으로, 임의의 타입의 체액이 사용될 수도 있다.

[0061] 특히, 적어도 하나의 분석물의 농도는 체액의 샘플에서 결정될 수도 있다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "샘플" 은 분석, 테스팅 또는 조사를 위해 취해진 임의의 재료 또는 재료들의 조합을 지칭할 수도 있다. 샘플은 더 많은 양과 유사하고 더 많은 양을 표현하도록 의도되는 제한된 양의 무언가일 수도 있다. 그러나, 샘플은 또한, 전체 표본을 포함할 수도 있다. 샘플은 고체 샘플, 액체 샘플 또는 기체 샘플 또는 이들의 조합일 수도 있다. 구체적으로, 샘플은 유체 샘플, 즉 완전히 또는 부분적으로 액체 상태 및/또는 기체 상태에 있는 샘플일 수도 있다. 샘플의 양은 그 부피, 질량 또는 사이즈의 면에서 설명가능할 수도 있다. 그러나, 다른 치수들도 가능하다. 샘플은 오직 하나의 재료 또는 오직 하나의 화합물을 포함할 수도 있다. 대안적으로, 샘플은 여러 재료들 또는 화합물들을 포함할 수도 있다.

[0062] 본 명세서에서 추가로 사용된 바와 같이, 용어 "분석물" 은 체액에 존재할 수도 있고 그 농도가 사용자 또는 환자에게 관심대상일 수도 있는 임의의 요소, 성분 또는 화합물을 지칭할 수도 있다. 바람직하게는, 분석물은 적어도 하나의 대사물과 같은 환자의 신진대사의 일부일 수도 있는 임의의 화학 물질 또는 화학적 화합물일 수도 있거나 또는 이를 포함할 수도 있다. 일 예로서, 적어도 하나의 분석물은 글루코오스, 콜레스테롤, 트리글리세라이드들 및 락테이트로 구성된 그룹으로부터 선택될 수도 있다. 그러나, 추가적으로, 또는 대안적으로, 다른 타입들의 분석물들이 사용될 수도 있고 및/또는 분석물들의 임의의 조합이 결정될 수도 있다.

[0063] 본 발명 내에서 일반적으로 사용된 바와 같이, 용어들 "사용자" 및 "환자" 는, 각각 인간 또는 동물이 건강한 상태에 있을 수도 있거나 또는 하나 이상의 질병들에 걸릴 수도 있다는 사실과는 독립적으로, 인간 또는 동물을 지칭할 수도 있다. 일 예로서, 환자는 당뇨병에 걸린 인간 또는 동물일 수도 있다. 그러나, 추가적으로 또는 대안적으로, 본 발명은 다른 타입들의 사용자들 또는 환자들에게 적용될 수도 있다.

[0064] 용어 "체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하는 것" 은 일반적으로 적어도 하나의 분석물의 정량적 검출을 지칭한다. 그 결정의 결과로서, 결정의 결과를 특성화하는 적어도 하나의 신호, 이를 테면 적어도 하나의 측정 신호, 및/또는 적어도 하나의 측정 값이 생성 및/또는 제공될 수도 있다. 신호는 구체적으로 적어도 하나의 전압 및/또는 적어도 하나의 전류와 같은 적어도 하나의 전자 신호일 수도 있거나 또는 이를 포함할 수도 있다. 적어도 하나의 신호는 적어도 하나의 아날로그 신호일 수도 있거나 또는 이를 포함할 수도 있고 및/또는 적어도 하나의 디지털 신호일 수도 있거나 또는 이를 포함할 수도 있다.

[0065] 여기 전압 신호는 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하는데 사용될 수 있고 그 결정에 적합한 제 1 여기 전압 신호를 포함할 수도 있다. 여기 전압 신호는 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 구형파 신호 또는 사인파 신호를 포함할 수도 있다.

[0066] 여기 전압 신호는 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하는데 사용되고 그 결정에 적합한 제 2 여기 전압 신호를 포함할 수도 있다. 여기 전압 신호는 복소 임피던스 정보를 결정하기 위한 적어도 하나의 측정 사인파 신호를 포함할 수도 있다. 여기 전압 신호는 적어도 하나의 다주파수 (poly frequent) 교류 (AC) 전압 및 적어도 하나의 직류 (DC) 프로파일을 포함할 수도 있다. 제 1 및 제 2 여기 전압 신호들은 측정 전극들에 동시에 또는 비동시에 인가될 수도 있다. 제 1 여기 전압 신호는 분석물의 농도의 결정을 방해하지 않도록 선택될 수도 있다. 제 2 여기 전압 신호는 ESR 의 결정을 방해하지 않도록 선택될 수도 있다.

[0067] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, AC 여기로도 또한 나타내는, 용어 "AC 전압" 은 주기적인 신호 파형, 예를 들어 사인 또는 삼각 파형을 갖는 교류 전압을 지칭한다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "다주파수" 는 일반적으로, 적어도 제 1 주파수 및 적어도 하나의 제 2 주파수를 포함하는 적어도 하나의 AC 전압을 지칭하고, 여기서, 제 1 및 제 2 주파수들은 상이하다. 다주파수 AC 전압은 적어도 2 개의 주파수들을 포함한다.

AC 전압은 사인 또는 삼각 파형을 가질 수도 있다. 다른 파형들이 가능하다. 예를 들어, AC 전압은 상이한 주파수들을 갖는 적어도 2 개의 AC 사인파들을 포함할 수도 있다. AC 전압은 상이한 주파수들을 갖는 적어도 2 개의 AC 사인파들을 포함할 수도 있고, 여기서, 2 개의 AC 신호들은 중첩된다. 다주파수 AC 전압은 3 개, 4 개 또는 그보다 많은 주파수들을 포함할 수도 있다. 그 주파수들은 500 Hz 내지 20 kHz 의 범위에 있을 수도 있다. 다주파수 AC 전압은 4 개의 중첩된 주파수들, 예를 들어, 1 kHz, 2 kHz, 10 kHz 및 20 kHz 를 포함할 수도 있다.

[0068] AC 전압은 어떠한 감응 전류 응답 (faradic current response) 도 생성되지 않도록 하는 크기 또는 진폭을 가질 수도 있다. 예를 들어, AC 전압의 크기는 30 mV rms (root mean square) 미만일 수도 있다.

[0069] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "DC 전압 프로파일 (DC voltage profile)" 은 일반적으로, 시간 프로파일을 갖는 임의의 DC 전압을 지칭한다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "DC 전압" 은 본질적인 일정한 전압의 연속적인 위상들 및/또는 램프 섹션들을 갖는 직류 전압을 지칭한다. 그러한 위상들 또는 램프 섹션들의 기간 (time span) 은 1/10 초 초과일 수도 있다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, "본질적인 일정한 (essential constant)" 은 일반적으로, 1 V/s 까지의 증가율을 가진 램프들을 갖는 DC 전압 프로파일을 지칭한다. DC 전압 프로파일은 시간 프로파일을 포함할 수도 있다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "시간 프로파일" 은 측정 사이클 또는 테스트 사이클, 측정 간격 또는 테스트 간격, 측정 시퀀스 또는 테스트 시퀀스, 전체 또는 총 측정 또는 테스트 시간 중 하나 이상 동안 DC 전압의 변화를 지칭한다. DC 전압은 연속적으로 또는 단계적으로 변화될 수도 있고 및/또는 가변될 수도 있다. 예를 들어, DC 전압은 적어도 하나의 스텝 시퀀스를 포함할 수도 있다. 예를 들어, DC 전압 프로파일은 적어도 2 개의 전압 스텝들을 포함할 수도 있다. 예를 들어, DC 전압 프로파일은 3 개, 4 개 또는 5 개의 전압 스텝들을 포함할 수도 있다.

훨씬 더 많은 전압 스텝들이 가능하다. DC 전압 프로파일의 스텝들은 분석적 반응과 다양한 간섭 반응들 사이의 구별을 허용하도록 선택될 수도 있다. DC 전압은 직사각형 파형을 가질 수도 있다. 다른 파형들이 가능하다.

[0070] DC 전압 프로파일은 전압전류법적 전압 프로파일 (voltammetric voltage profile); 전류법적 전압 프로파일 (amperometric voltage profile) 로 구성된 그룹으로부터 선택될 수도 있다.

[0071] DC 전압 프로파일들로서, 전압전류법적 방법들의 모든 종류들의 전압전류법적 프로파일들, 예를 들어, 사이클릭 전압전류법 또는 차동 펄스 전압전류법이 사용될 수도 있다. 예를 들어, 사이클릭 전압전류법에서, 예를 들어, 작업 전극과 카운터 또는 기준 전극 사이에 인가된 DC 전압은 시간에 대해 선형적으로 램프될 수도 있다.

사이클릭 전압전류법의 하나의 실시형태에서, DC 전압 프로파일은, DC 전압을 시작 값으로부터 제 1 터닝 포인트까지 예를 들어 스텝들로 증가시키는 것, 후속하여 제 1 터닝 포인트로부터 제 2 터닝 포인트까지 감소시키는 것, 및 후속하여 제 2 터닝 포인트로부터 시작 값까지 증가시키는 것을 포함할 수도 있다. 사이클릭 전압전류법 또는 차동 펄스 전압전류법과 같은 전압전류법적 방법들을 사용하는 것은, 전자 매개체 또는 측정 전극들과 반응하는 산화환원 활성 물질들의 간섭 효과들을 적어도 부분적으로 보상하기 위해 사용될 수 있는 정보를 획득하는 것을 허용한다. 전압전류법을 사용하는 것에 의해, 간섭 물질들은 분석적 검출을 표시하기 위해 사용되는 산화환원 매개체와 비교하여 상이한 전위들에서 환원되거나 또는 산화되게 될 것이다. 전압전류법적 방법들은 간섭 효과를 식별 및 보상하기 위해 사용될 수 있는 정보를 획득하는 것을 허용할 수도 있다.

구체적으로, 사이클릭 전압전류법 또는 차동 펄스 전압전류법과 같은 전압전류법적 방법들은 혈액에서의 물질들의 영향을 보상하는 것을 허용할 수도 있고, 이는 기질- 또는 효소-시스템에 대해 경쟁하여 산화환원 매개체를 감소시키고, 포지티브 바이어싱된 테스트 결과를 야기할 수도 있다. 예를 들어, 전압 프로파일은 그러한 간섭들을 구별하도록 구성된 적어도 하나의 시퀀스, 예를 들어 상이한 극성을 갖는 DC-측정을 포함할 수도 있다. 이 시퀀스 동안의 동시적 임피던스 측정은 젖은 시약 층의 점성 및/또는 샘플의 온도로 인한 영향들을 보상하기 위해 사용될 수 있다.

[0072] DC 전압 프로파일은 전류법적 전압 프로파일일 수도 있거나 또는 이를 포함할 수도 있다. 전류법적 전압 프로파일은 상이한 전압 스텝들, 예를 들어, 상이한 전압들에서의 일련의 전류법적 스텝들을 포함할 수도 있다.

DC 전압 프로파일은 적어도 2 개의 상이한 전압 스텝들을 포함하는 적어도 하나의 전류법적 DC 전압 스텝 시퀀스일 수도 있거나 또는 이를 포함할 수도 있다. 예를 들어, DC 전압 프로파일은 3 개의 전압 스텝들을 포

함할 수도 있고, 여기서, 제 1 전압 스텝에서 DC 전압은 500 mV 에 이르고, 제 2 전압 스텝에서 DC 전압은 200 mV 에 이르고, 제 3 전압 스텝에서 DC 전압은 -400 mV 에 이른다. 그러나, 다른 전압 스텝들이 가능하다.

전류법적 응답의 시간 프로파일로부터의 정보를 사용하는 것은, 간섭하는 물질과의 산화환원 매개체의 원하지 않는 부 반응 및/또는 실제 검출 반응과 비교하여 상이한 반응 속도 및/또는 전극들을 직접 간섭하는 샘플에서의 물질들 중 하나 이상의 보상을 허용한다. 더욱이, 전류법적 응답의 시간 프로파일을 사용하는 것은 주 테스트 엘리먼트 패키징을 개방하는 것과 실제 측정 사이의 노출 시간들 또는 저장 시간들로부터의 에이징 (aging) 효과들을 보상하는 것을 허용한다. 에이징 효과들은 검출 시약에서의 특정 에이전트로서 효소들의 활동성의 손실들로 인해 발생할 수도 있다. 다른 에이징 또는 노출 시간 효과는 매개체 열화 (mediator degradation) 일 수도 있고, 이는 증가하는 블랭크 전류들 또는 신호 손실을 야기할 수 있다. 전류법적 응답 시간 프로파일들을 사용하는 것에 의해, 에이징 효과들 및/또는 에이징 효과들의 영향들이 결정될 수 있다.

전류법적 응답 시간 프로파일들을 사용하는 것에 의해, 산화환원 활성 간섭 물질들에 의해 야기되는 바이어스들, 효소 활동성 손실 또는 산화환원 매개체 열화 및 주위 온도 효과들의 대부분이 보상될 수도 있다. 특히, 전류법적 응답 시간 진행을 이용한 간섭 물질들의 효과들 및/또는 온도 효과들의 보상은, 경쟁하는 반응의 반응 속도들이 현저하게 상이한 경우에 그리고 임피던스 측정이 동시에, 즉, 반응의 완료 후 뿐만 아니라 반응의 전개 동안, 특히 선행하는 화학 반응들 동안 수행되는 경우에, 가능할 수도 있다.

[0073] 신호 생성기 디바이스는 적어도 하나의 다주파수 AC 전압을 생성하도록 적응될 수도 있다. 예를 들어, 신호 생성기 디바이스는 상이한 주파수들을 각각 갖는 다수의 AC 전압 신호들을 생성하고 그 다수의 AC 신호들을 합산하도록 적응될 수도 있다. 신호 생성기 디바이스는 적어도 하나의 DC 프로파일을 생성하도록 적응될 수도 있다.

[0074] AC 전압 및 DC 프로파일은 여기 전압 신호를 형성하도록 중첩될 수도 있다. 신호 생성기 디바이스는 체액에 AC 전압 및 DC 프로파일을 동시에 인가하도록 적응될 수도 있다. 신호 생성기 디바이스는 체액에 중첩된 다주파수 AC 전압 및 DC 프로파일을 포함하는 여기 전압 신호를 인가하도록 적응될 수도 있다. 다주파수 AC 전압 및 DC 프로파일은 오프셋 시간 및/또는 시간 지연 없이 측정 전극들에 인가될 수도 있다.

[0075] 상기 약술한 바와 같이, 방법은 적어도 하나의 분석물 측정 단계를 포함한다. 측정 단계에서, 전류 응답이 측정되고 적어도 하나의 복소 임피던스 정보가 전류 응답으로부터 결정된다. 전류 응답은 상이한 측정 시간 포인트들에서 측정될 수도 있다. 전류 응답은 연속적으로 또는 선택가능한 및/또는 조정가능한 측정 시간 포인트들에서 측정될 수도 있다. 시간에 걸친 전류 응답은 선택가능한 및/또는 조정가능한 시간 단위들을 사용하여 측정될 수도 있다. 예를 들어, 전류 응답은 10 분의 1 초마다 또는 심지어 더 자주 측정될 수도 있다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "전류 응답" 은 일반적으로 인가된 여기 전압 신호에 응답하여 적어도 2 개의 측정 전극들에 의해 생성된 전류 응답 신호를 지칭한다. 전류 응답은 다수의 신호들을 포함할 수도 있다. 전류 응답은 AC 및 DC 응답을 포함할 수도 있다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "측정" 은 일반적으로, 응답, 예를 들어, 전류 신호의 정량적 및/또는 정성적 결정을 지칭한다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, "측정 시간 포인트" 는 일반적으로, 응답이 결정되는, 분석물의 농도의 결정 동안, 즉, 측정 사이클 또는 테스트 사이클, 측정 간격 또는 테스트 간격, 측정 시퀀스 또는 테스트 시퀀스, 전체 또는 총 측정 또는 테스트 시간 중 하나 이상 동안, 임의의 시점 및/또는 임의의 시간 주기, 특히 시간 간격을 지칭한다. 측정 시간 포인트들은, 예를 들어 DC 프로파일의 상이한 여기 전압들에서, 테스트 시퀀스 동안 상이한 시간 포인트들에 있을 수도 있다.

[0076] 방법은 더욱이 적어도 하나의 평가 단계를 포함할 수도 있고, 여기서, 각각의 주파수에 대한 AC 전류 응답 및 DC 전류 응답이 적어도 하나의 평가 디바이스에 의해 전류 응답으로부터 평가되고, 각각의 주파수에 대해, 적어도 하나의 복소 임피던스 정보가 평가 디바이스에 의해 AC 전류 응답으로부터 평가된다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "평가 디바이스" 는 일반적으로 데이터로부터 적어도 하나의 정보 아이템을 도출하도록 구성되는 임의의 디바이스를 지칭한다. 평가 디바이스는 적어도 하나의 신호로부터 체액에서의 분석물의 존재 및/또는 농도 또는 체액의 파라미터에 관한 적어도 하나의 정보 아이템을 도출하도록 구성될 수도 있다. 평가 디바이스는 응답을 평가하도록 구성될 수도 있다. 일 예로서, 평가 디바이스는, 하나 이상의 주문형 집적 회로들 (ASIC들) 과 같은 하나 이상의 집적 회로들, 및/또는, 하나 이상의 컴퓨터들, 바람직하게는 하나 이상의 마이크로컴퓨터들 및/또는 마이크로제어기들과 같은 하나 이상의 데이터 프로세싱 디바이스들일 수도 있거나 또는 이들을 포함할 수도 있다. 하나 이상의 컨버터들 및/또는 하나 이상의 필터들과 같은, 전극 신호들의 수신 및/또는 프리프로세싱을 위한 하나 이상의 디바이스들과 같은, 하나 이상의 프리프로세싱 디바이스들 및/또는 데이터 수집 디바이스들과 같은 추가적인 컴포넌트들이 포함될 수도 있다. 또한, 평가 디바이스는

하나 이상의 데이터 저장 디바이스들을 포함할 수도 있다. 또한, 상기 약술한 바와 같이, 평가 디바이스는 하나 이상의 무선 인터페이스들 및/또는 하나 이상의 유선-결합 인터페이스들과 같은 하나 이상의 인터페이스들을 포함할 수도 있다. 평가 디바이스는 혈당 미터, 예를 들어, 테스트 스트립 기반 미터, 인슐린 펌프, 마이크로프로세서, 셀룰러 폰, 스마트 폰, 개인 디지털 보조기, 개인 컴퓨터, 또는 컴퓨터 서버를 포함할 수도 있다.

[0077] 평가 디바이스는 전류 응답을 AC 전류 응답 및 대응하는 DC 전류 응답의 각각의 주파수에 대해 위상 정보 및 임피던스, 즉, 허수 및 실수 성분들, 정보로 분할 및/또는 분리하도록 적응될 수도 있다.

[0078] 방법은 각각의 주파수에 대해, 평가 디바이스에 의해 AC 전류 응답으로부터 어드미턴스의 적어도 하나의 실수 및 허수부를 평가하는 것을 포함할 수도 있다. 특히, 평가 디바이스는 각각의 주파수에 대해 AC 전류 응답으로부터 어드미턴스의 적어도 하나의 실수 및 허수부를 평가하도록 적응될 수도 있다.

[0079] 복소 임피던스 (Z) 는 Z = R + iX 로서 설명될 수도 있고, 여기서 R 은 복소 임피던스의 실수부이고 X 는 복소 임피던스의 허수부이다. 극 형식에서, 복소 임피던스는 $Z = |Z|\, e^{i\theta}$ 로서 설명될 수도 있고, 여기서 Θ 는 전압과 전류 사이의 위상 차이이다. 어드미턴스 (Y) 는 $Y = \frac{1}{Z}$ 로서 정의될 수도 있다. 따라서, 복소 임피던스 정보는 어드미턴스에 관한 정보, 특히 어드미턴스 값, 위상 정보, 실수부 및/또는 허수부에 관한 정보 중 하나 이상을 지칭한다.

[0080] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, "AC 전류 응답" 및 "DC 전류 응답" 은 일반적으로, 응답의 AC 및 DC 부분들 또는 부들을 지칭한다. AC 전류 응답 및 DC 전류 응답은 주파수 범위에 대해 분리될 수도 있다. 평가 디바이스는 전류 응답의 부분을 미리결정된 주파수 범위에 대해 AC 로서 또는 DC 로서 분류하도록 적응될 수도 있다. 평가 디바이스는, 응답을 약 100 Hz 와 500 Hz 사이에서 AC 전류 응답 및 대응하는 DC 전류 응답으로 분리하도록 적응된, 적어도 하나의 전자 필터, 예를 들어, 양방향 아날로그 전자 필터를 포함할 수도 있다. 평가 디바이스는 응답을 느린 DC 전류 응답 및 빠르게 변하는 AC 전류 응답으로 분리하도록 적응될 수도 있다. 예를 들어, 평가 디바이스는 주파수에 따라 응답 신호들을 증폭하도록 적응된 적어도 하나의 트랜스임피던스 증폭기를 포함할 수도 있다. 후속하여, 응답 신호들은 크로스오버에 의해 분리될 수도 있다. 500 Hz 를 넘는, 특히 500 에서부터 20 kHz 까지의 주파수 범위에서의 AC 전류 응답은 주기적으로 평가될 수도 있고, 1 V/s 미만의 증가율을 갖는 DC 전류 응답은 시간 진행에 따라 평가된다. 100 Hz 미만에서 응답은 DC 전류 응답으로서 분류될 수도 있고, 500 Hz 이상에서 응답은 AC 전류 응답으로서 분류될 수도 있다. 평가 단계에서, AC 전류 응답 및 DC 전류 응답은 약 100 Hz 와 500 Hz 사이에서 신호들을 분할하는 적어도 하나의 양방향 아날로그 전자 필터를 사용하여 분리될 수도 있고, 여기서, 100Hz 미만에서 응답은 DC 로서 분석되고 500Hz 이상에서는 AC 로서 분석된다. 평가 디바이스는 적어도 하나의 주파수 분석기를 포함할 수도 있다. 따라서, DC 전류 응답 및 AC 전류 응답은, 동시에, 특히 하나의 응답으로서, 결정될 수도 있다. 따라서, DC 전류 응답 및 AC 전류 응답은 오프셋 시간 및/또는 시간 지연 없이 결정 및/또는 측정될 수도 있다.

[0081] ESR 은 임피던스 또는 어드미턴스의 계산 및/또는 결정에서의 큰 에러 뿐만 아니라 위상 값의 계산 및/또는 결정에서의 큰 에러에 기여할 수도 있다. 상기 약술한 바와 같이, 방법은 적어도 하나의 보정 단계를 포함하고, 여기서 복소 임피던스 정보가 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 보정된다. ESR 이 결정된 경우에, 계산으로부터 ESR 을 제거하고 정확히 위상 및 임피던스 값들을 결정하는 것이 가능할 수도 있다.

[0082] 방법은 적어도 하나의 결정 단계를 포함할 수도 있고, 여기서 분석물의 농도는 적어도 하나의 미리결정된 관계를 사용하는 것에 의해 DC 전류 응답으로부터 그리고 복소 임피던스 정보로부터 결정된다. 분석물의 농도는 평가 디바이스에 의해, 예를 들어, 평가 디바이스의 적어도 하나의 컴퓨팅 디바이스에 의해 결정될 수도 있다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "미리결정된 관계 (predetermined relationship)" 는 분석물의 농도와 DC 전류 응답과 복소 임피던스 정보 간의 알려진 또는 결정가능한 관계를 지칭한다. 그 관계는 경험적으로, 분석적으로 또는 그렇지 않으면 반경험적으로 결정되거나 또는 결정가능할 수 있다. 관계는 적어도 하나의 교정 곡선, 교정 곡선들의 적어도 하나의 세트, 적어도 하나의 함수 또는 언급된 가능성들의 조합을 포함할 수도 있다. 하나 또는 복수의 교정 곡선들은 예를 들어 데이터 저장 디바이스 및/또는 테이블에, 예를 들어 값들의 세트 및 그의 연관된 함수 값들의 형태로 저장될 수 있다. 그러나, 대안적으로, 또는 추가적으로, 적어도 하나의 교정 곡선은 또한, 예를 들어, 파라미터화된 형태로 및/또는 함수 방정식으로서 저장될 수 있다. 다양한 가능성들이 생각가능하고, 또한 결합될 수 있다. 미리결정된 관계는 적어도 하나의 룩업

테이블의 형태로 및/또는 적어도 하나의 수학식들의 형태로 제공될 수도 있다. 미리결정된 관계는 예를 들어 평가 디바이스의 스토리지에 보관 및/또는 저장될 수도 있다. 방법은 분석물의 농도와 DC 전류 응답과 복소 임피던스 정보 사이의 미리결정된 관계를 결정하는 것을 포함할 수도 있다.

[0083] 평가 디바이스는 미리결정된 관계를 결정하도록 적응될 수도 있다. 평가 디바이스는, 예를 들어 평가 디바이스의 데이터 스토리지 및/또는 룩업 테이블에 저장될 수도 있는 수학 함수들 및 가중 계수들을 제공하도록 적응될 수도 있다. 방법은 적어도 하나의 트레이닝 단계 (training step) 를 포함할 수도 있고, 여기서 미리결정된 관계가 결정된다. 미리결정된 관계, 특히 미리결정된 관계의 가중 계수들은, 적어도 하나의 트레이닝 데이터 세트에 대해, 다변량 분석 (multivariate analysis), 다중선형 주 성분 분석 (multilinear principal component analysis), 신경망 (neuronal nets), 무빙 메쉬 (moving mesh), 라소 메소드 (lasso method), 부스티드 랜덤 포레스트 (boosted random forest) 및 부트스트랩핑 (bootstrapping) 으로 구성된 그룹으로부터 선택된 수학적 방법들에 의해 선택되는 것, 결정되는 것 및 검증되는 것 중 하나 이상일 수도 있다.

트레이닝 데이터 세트는 공분산 연구들을 수행함으로써 수집될 수도 있다. 트레이닝 데이터 세트는 예를 들어 균일 생산된 테스트 엘리먼트들에 의한 및/또는 예를 들어, 미터와 같은 측정 디바이스의 연결된 전자 회로로 선택된 테스트 시퀀스를 적용하는 것에 의한, 적합한 수의 반복된 측정들을 포함할 수도 있다. 트레이닝 데이터 세트를 획득하기 위해, 각각의 테스트 샘플의 분석물 농도는 레퍼런스 방법, 예를 들어 글루코오스 농도의 경우에 헥소키나아제 방법으로 결정될 수도 있다. 트레이닝 데이터 세트를 획득하기 위해, 관련 결합된 간섭 효과들의 각각의 조합은 각각의 테스트 조합 및 테스트 샘플에 대한 충분한 양의 반복으로 분석물의 관련 농도 범위에 걸쳐 테스트될 수도 있다. 예를 들어, 혈액 샘플에서의 글루코오스 농도를 결정하는 경우에, 주요 간섭 효과들은 주위 온도들, 헤마토크릿 레벨, 이온 강도, 혈장 농도들, 지질 농도 또는 투여된 간섭 물질들, 특히 항산화제들일 수도 있다. 별도의 충전 충분한 검출 전극들을 포함하지 않을 수도 있는 구조화되지 않은 대면 전극들을 갖는 테스트 엘리먼트들의 경우에, 모세관의 충전 (fill) 레벨은 트레이닝 데이터 세트 생성을 위해 테스트될 수도 있다. 다른 간섭 효과는, 테스트 엘리먼트가 측정을 실행하기 전에 패키지에서 꺼내질 때 테스트 엘리먼트, 예를 들어 테스트 스트립의 노출 시간 및 환경 조건의 영향 또는 주 테스트 엘리먼트 패키지에서의 저장 시간일 수도 있다. 테스트 엘리먼트가 이들 영향들에 대해 충분히 강건하지 않은 경우에, 또한 이들 팩터들은 트레이닝 데이터 세트를 획득할 때 고려될 수도 있다.

[0084] 하나의 실시형태에서, 미리결정된 관계는 다음일 수도 있으며

$$bG = \sum_{i=1}^{n} a_i \, DC_i e^{\sum_{m=1}^{f} bm_i Ym_i + cm_i Pm_i},$$

[0085]

[0086] 여기서, bG 는 결정된 분석물의 농도이고, i 는 시간 포인트들의 수를 나타내고, 여기서, i, n, f 및 m 은 자연수 정수들이고, m 은 주파수들의 수를 나타내고, a_i, b_i, c_i 는 가중 계수들이며, Y_{mi} 는 시간 포인트들에서의 상이한 주파수들에서의 AC 응답으로부터의 어드미턴스 값들이고, P_{mi} 는 시간 포인트들에서의 상이한 주파수들에서의 AC 응답으로부터의 위상 각도 값들이며, DC_i 는 선택된 DC 응답 시간 포인트들에서의 DC 응답 값들이다. 이 미리결정된 관계는 공면 (coplanar) 전극들을 갖는 테스트 엘리먼트들에 대해 사용될 수도 있고, 여기서 전극들은 전기화학 셀에서 서로 바로 옆에 배열된다. 가중 계수들 (a_i, b_i, c_i) 은 예를 들어 평가 디바이스의 스토리지에 보관 및/또는 저장될 수도 있다. 가중 계수들 (a_i, b_i, c_i) 은, 적어도 하나의 트레이닝 데이터 세트에 대해, 다변량 분석, 다중선형 주 성분 분석, 신경망, 무빙 메쉬, 라소 메소드, 부스티드 랜덤 포레스트 및 부트스트랩핑으로 구성된 그룹으로부터 선택된 수학적 방법들에 의해 선택되는 것, 결정되는 것 및 검증되는 것 중 하나 이상일 수도 있다.

[0087] 하나의 실시형태에서, 미리결정된 관계는 다음일 수도 있으며

$$bG = \sum_{i=1}^{n} \sum_{m=1}^{f} \left(\frac{a_{mi} \, DC_i}{Y_{(imag)mi}} + \frac{b_{mi} \, DC_i}{Y_{(real)mi}}\right),$$

[0088]

[0089] 여기서 bG 는 결정된 분석물의 농도이고, i 는 측정 시간 포인트들의 수를 나타내고, 여기서, i, n, f 및 m 은 자연수 정수들이고, m 은 주파수들의 수를 나타내고, a_i 및 b_i 는 가중 계수들이며, $Y_{(imag)mi}$ 및 $Y_{(real)mi}$ 는 시간 포인트들에서의 상이한 주파수들에서의 AC 응답으로부터의 어드미턴스 값들의 실수 및 허수부들이고, DC_i 는 선

택된 DC 응답 시간 포인트들에서의 DC 응답 값들이다. 이 미리결정된 관계는 대면 전극들을 갖는 테스트 엘리먼트들에 대해 사용될 수도 있다. 이 미리결정된 관계는 대면 전극들을 갖는 테스트 엘리먼트들에 대해 특히 유리할 수도 있고, 여기서 전극들은 전기화학 셀의 대향 면들에 배열되고, 이는 그것이 DC 및 AC 신호들 사이의 모든 관련 효과들의 우수한 상관을 허용하기 때문이다. 특히, 미리결정된 관계는 다음일 수도 있으며

$$bG = \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^{n} \left(\frac{a_i DC_i}{Y_i} + b_i \left(\frac{DC_i}{Y_i} \cdot \frac{DC_j}{Y_j}\right)\right),$$

[0090]

[0091] 여기서 bG 는 결정된 분석물의 농도이고, i 및 j 는 측정 시간 포인트들의 수를 나타내고, 여기서 i, j 및 n 은 자연수 정수들이고, a_i, b_i 및 c_i 는 가중 계수들이며, Y_i, 및 Y_j 는 시간 포인트들 (i 및 j) 에서의 상이한 주파수들에서의 AC 응답으로부터의 어드미턴스 값들의 실수 또는 허수부들 중 어느 하나이다. DC_i, DC_j 는 선택된 DC 응답 시간 포인트들에서의 DC 응답 값들이다.

[0092] 하나의 실시형태에서, 미리결정된 관계는 다음일 수도 있으며

$$bG = \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^{n} \sum_{\substack{m,l=1 \\ m \neq l}}^{f} \left(\frac{a_{mi} DC_i}{Y_{(imag)mi}} + \frac{b_{mi} DC_i}{Y_{(real)mi}} + c_i \left(\frac{DC_i}{Y_{(imag)mj}} \cdot \frac{DC_j}{Y_{(real)li}}\right) + d_i \left(\frac{DC_i}{Y_{(imag)lj}} \cdot \frac{DC_j}{Y_{(real)mi}}\right)\right),$$

[0093]

[0094] 여기서 bG 는 결정된 분석물의 농도이고, i 및 j 는 측정 시간 포인트들의 수를 나타내고, 여기서 i, j, n, f, m 및 l 은 자연수 정수들이고, m 및 l 은 주파수들의 수를 나타내고, a_i, b_i 및 c_i, d_i 는 가중 계수들이고, $Y_{(imag)mi}$, $Y_{(real)mi}$ $Y_{(imag)mj}$ 및 $Y_{(real)mj}$ 는 시간 포인트들 (i 및 j) 에서의 상이한 주파수들에서의 AC 응답으로부터의 어드미턴스 값들의 실수 및 허수부들이고, DC_i, DC_j 는 선택된 DC 응답 시간 포인트들에서의 DC 응답 값들이다. 이 미리결정된 관계는 대면 전극들을 갖는 테스트 엘리먼트들에 대해 사용될 수도 있다.

[0095] 가중 계수들은 무빙 메쉬 방법에 의해 결정될 수도 있다. 대안적으로, 신경망 또는 다중변량 회귀 방법들 또는 이들 방법들의 조합들이 사용될 수도 있다. 독립적 수집된 검증 데이터 세트들에 대한 사용된 트레이닝 데이터로부터의 발견 모델의 간편성을 개선시키고 복잡성을 감소시키기 위해 총 수를 감소시키도록 관련 관측가능치들을 식별 및 선택하기 위해 다른 수학적 방법들, 예를 들어, 라소 메소드가 사용될 수도 있다.

[0096] 상기 약술한 바와 같이, 여기 전압 신호는 적어도 하나의 테스트 시퀀스 동안 인가될 수도 있다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "테스트 시퀀스" 는 일반적으로 여기 전압 신호가 인가되는 임의의 시간 주기를 지칭한다. AC 및 DC 전류 응답은 적어도 하나의 테스트 시퀀스 동안 연속적으로 및/또는 비연속적으로 측정 시간 포인트들에서 결정될 수도 있다.

[0097] 방법은 적어도 하나의 선택 단계를 더 포함할 수도 있고, 이 선택 단계에서, 측정 시간 포인트들로부터, 적어도 하나의 DC 시간 포인트가 선택된다. 측정 시간 포인트들로부터, 분석적 결과의 결정을 위해 사용되는 DC 시간 포인트들이 선택될 수도 있다. 선택 단계에서, 측정 시간 포인트들로부터, 다수의 DC 시간 포인트들이 선택될 수도 있다. 예를 들어, 3 개, 4 개, 5 개, 6 개, 10 개 또는 심지어 12 개의 DC 시간 포인트들이 적어도 하나의 테스트 시퀀스 동안 및/또는 테스트 시퀀스 동안 여기 전압 신호의 적어도 하나의 전압 스텝 동안 선택될 수도 있다. 심지어 더 높은 수의 DC 시간 포인트들이 가능할 수도 있다. 추가적으로, 또는 대안적으로, 시간-회귀로부터 도출된 계수들에 의한 개별 DC 시간 포인트들의 대체가 가능할 수도 있다. DC 시간 포인트는 결정 단계에서 DC 응답 전류가 사용되는 시간 포인트일 수도 있다.

[0098] AC 응답의 측정은 상이한 측정 시간 포인트들에서 수행될 수도 있다. 특히, 어드미턴스 값들 및 위상 각도 값들은 상이한 측정 시간 포인트들에 대해 결정될 수도 있다. AC 응답은 전체 테스트 시퀀스의 적어도 하나의 측정 시간 간격 동안 측정될 수도 있다. 측정 시간 간격에서, AC 응답은 분석적 결과의 계산을 위해 적분될 수도 있다. 예를 들어, 측정 시간 간격에서, 적어도 하나의 측정 벡터가 분석적 결과의 계산을 위해 적분될 수도 있다. 측정 시간 간격 및/또는 측정 벡터는 전류 응답의 시간 전개에 대해 선택될 수도 있다.

추가적으로, 또는 대안적으로, 적어도 2 개의 상이한 측정 시간 포인트들 또는 적어도 하나의 측정 시간 간격이 분석적 결과의 계산을 위해 선택될 수도 있다.

[0099] DC 시간 포인트에서의 DC_i 응답 값은 다양한 간섭 효과들의 구별을 허용하는 시간 포인트들과 같은 소정의 품질 조건들을 충족할 수도 있다.

[0100] 여기 전압 신호가 측정 전극들에 인가될 수도 있고, 응답은 그 시간 포인트에서 AC 전류 응답 및 대응하는 DC 응답의 각각의 주파수에 대해 위상 및 임피던스 정보를 사용하여 측정 및 평가된다. 특히, 복소 임피던스 정보 및 추가로, 위상 정보가 분석될 수도 있다. 다수의 DC 시간 포인트들에 대한 동시에 획득된 DC_i 응답 값들은 전체 테스트 시퀀스로부터 선택될 수도 있고, 저장되고, 측정 후, 농도를 계산하는데 사용될 수도 있다.

방법은 적어도 하나의 저장 단계를 포함할 수도 있고, 이 저장 단계에서, DC 전류 응답은 예를 들어 적어도 하나의 룩업 테이블에, 테스트 시퀀스의 적합한 수의 시간 포인트들에 대해 저장된다. DC 전류 응답은 평가 디바이스에 의해, 예를 들어, 평가 디바이스의 적어도 하나의 데이터 저장 디바이스 및/또는 데이터 캐리어에 저장될 수도 있다. 선택된 DC 시간 포인트들의 수 및/또는 DC 시간 포인트들의 선택은 시간 포인트들의 품질, 프로파일 형상 및/또는 특성들과 같은 DC 프로파일, 테스트 시퀀스의 길이 또는 지속기간, 예상되는 간섭들, 분석물 반응의 시간 전개, 분석물 반응의 동역학 중 하나 이상에 의존할 수도 있다. 예를 들어, DC 시간 포인트들은 특정 주기, 예를 들어 테스트 시퀀스에 걸쳐 고르게 이격될 수도 있거나, 또는 서로로부터 변화하는 간격들로 이격될 수도 있다. DC 시간 포인트들은 적어도 각각의 DC 전압 스텝에서 하나의 DC 시간 포인트가 선택되도록 선택될 수도 있다. 예를 들어, 3 개의 DC 전압 스텝들의 경우에, 각각의 전압 스텝에 대해, 적어도 4 개의 DC 시간 포인트들이 선택될 수도 있다.

[0101] 추가의 양태에서, 적어도 하나의 측정 회로를 통한 전압 강하를 보상하기 위한 방법이 개시된다. 방법은 대응하는 독립 청구항들에서 주어진 바와 같은 그리고 하기에 열거된 바와 같은 방법 단계들을 포함한다. 방법 단계들은 주어진 순서로 수행될 수도 있다. 그러나, 방법 단계들의 다른 순서들이 가능하다. 또한, 방법 단계들 중 하나 이상은 병렬로 및/또는 시간 오버랩 방식으로 수행될 수도 있다. 또한, 방법 단계들 중 하나 이상은 반복적으로 수행될 수도 있다. 또한, 열거되지 않은 추가적인 방법 단계들이 존재할 수도 있다.

[0102] 방법은 상기 개시된 바와 같은 또는 이하에 더 상세히 개시된 바와 같은 방법의 실시형태들 중 하나 이상에 따른 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법을 포함한다. 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법은 다음을 포함한다:

[0103] - 적어도 하나의 여기 전압 신호를 생성하고 여기 전압을 적어도 2 개의 측정 전극들에 인가하는 단계;

[0104] - 응답 신호를 측정하는 단계;

[0105] - 응답 신호로부터 신호 플랭크를 결정하고 신호 플랭크의 형상 및 높이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분을 결정하는 단계;

[0106] - 옴성 신호 부분으로부터 등가 직렬 저항에 대한 적어도 하나의 정보를 결정하는 단계.

[0107] 방법은 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 여기 전압 신호를 조정하는 단계를 포함한다. 예를 들어, 여기 전압 신호의 진폭 또는 펄스 높이는 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 조정될 수도 있다. 예를 들어, 여기 전압 신호의 펄스 높이는 원하는 전압 또는 공칭 전압으로 조정될 수도 있다. 예를 들어, AC 전압 신호는 증가될 수도 있다. 추가적으로, 또는 대안적으로, DC 신호는 조절될 수도 있다. ESR 값이 결정되었다면, 방법은 다음 방정식들을 사용하는 것에 의해 이득을 계산하는 단계를 더 포함할 수도 있다: 상기 약술한 바와 같이, 등가 직렬 저항 (ESR) 은 다음에 의해 결정될 수 있다

[0108] $$ESR = \frac{U_{measured} * R_{ref}}{U_{target} - U_{measured}}.$$

[0109] iR 강하의 존재에서도 체액의 샘플에의 U_{target} 의 인가를 유지 및/또는 보장하기 위하여, 여기 전압 신호는 이득 팩터 (g) 로, 예를 들어, 여기 전압 신호를 이득 팩터 (g) 에 의해 증가시키는 것에 의해, 조정될 수도 있다. 측정 셀에서의 AC 전류 (I_{System}) 는 다음일 수도 있으며

[0110] $$I_{System} = \frac{U_{target}}{ESR},$$

[0111] 여기서 U_{target} 은 AC 타겟 여기 전압이고, 또한 공칭 또는 원하는 여기 전압으로도 나타낸다. 측정 셀에서의 전압 (U_{cell}) 은 다음으로 기입될 수도 있으며

[0112] $$U_{cell} = U_{target} - U_{Drop},$$

[0113] 여기서 ESR 로 인한 전압 강하 (U_{Drop}) 는 다음이고

[0114] $$U_{Drop} = ESR_{adj} * I_{System},$$

[0115] 여기서 ESR_{adj} 는 조정된 라인 저항이고

[0116] $$ESR_{adj} = ESR - Optimal_{ESR},$$

[0117] 그리고 여기서 $Optimal_{ESR}$ 은 체액의 샘플에 대한 타겟 전압을 보장하기 위한 최적의 라인 저항을 나타낸다. 따라서, 이득 팩터 (g) 는 다음에 의해 결정될 수 있다

[0118] $$g = \frac{U_{target}}{U_{cell}}.$$

[0119] 일단 이득 팩터가 결정되었다면, AC 또는 DC 전압 신호 중 일방 또는 양방은 이득 팩터에 따라 증가 또는 감소될 수도 있다. 분석물 측정 및 ESR 의 결정 및 이득 세팅은 동기화될 수도 있다. 예를 들어, 분석물 측정은 50 밀리초마다 수행될 수도 있고 ESR 값 및 이득 세팅은 또한 50 밀리초마다 결정될 수도 있다.

[0120] DC 여기 신호를 조정하기 위해, 분석물 측정이 시작되기 전에 예비 전류 전압 응답 곡선이 결정될 수도 있다. 전류의 증가가 더 이상 전압 이득에 비례하지 않는 안정기가 결정될 수도 있다. 이 포인트는 DC 이득으로서 사용될 수도 있고 전체 분석물 측정을 위해 설정될 수도 있고 및/또는 반복적으로 결정될 수도 있다.

[0121] 방법의 특징들의 정의들을 위해 그리고 방법의 선택적 상세들을 위해, 상기 개시된 바와 같은 또는 이하에 더 상세히 개시된 바와 같은 방법들의 실시형태들 중 하나 이상을 참조할 수도 있다.

[0122] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "측정 회로" 는 적어도 하나의 전자 컴포넌트를 포함하는 전기 회로를 지칭한다. 예를 들어, 측정 회로는 복수의 저항기들 및 커패시터들을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 측정 회로는 적어도 2 개의 전극들 및 복수의 리드들을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 측정 회로는 전기화학 셀을 포함할 수도 있다.

[0123] 용어 "전압 강하" 는 일반적으로 전압의 변화, 예를 들어, 하락 (lowering) 을 지칭한다. 전압 강하는 등가 직렬 저항의 존재로부터 발생할 수도 있다. 전압 강하는 관측가능한 전압 변화일 수도 있다. 예를 들어, 전압은 5 내지 50 % 의 높은 값으로부터의 편차들을 보일 수도 있다. 예를 들어, 금 테스트 스트립들에서, 여기 진폭이 10 mV rms 인 AC 측정 신호들의 전압 강하들은 1 내지 6 mV rms 까지의 강하를 보일 수도 있다. 예를 들어, 탄소 테스트 스트립들은, 원래의 진폭의 90 내지 95 % 또는 9 또는 9.5 mV rms 까지의 IR 강하들을 가질 수도 있다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "전압 강하를 보상하는 것" 은 결정된 ESR 에 따라 여기 전압 신호를 조절하는 것 및/또는 조정하는 것 및/또는 적응시키는 것을 지칭한다. 예를 들어, 전압 강하는 측정 전극들의 분극 전압이 충분한 분극 (sufficient polarization), 예를 들어, 공칭 분극에 대응하도록 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 여기 전압 신호를 조정하는 것에 의해 보상될 수도 있다. 용어 "분극" 은 산화환원 반응들로 인한 전극들과 전해질 사이의 계면을 통한 전류의 경우에 전극들과 전해질 사이의 전위차의 변화를 지칭한다. 분극은 상대적인 변화일 수도 있다. 용어 "충분한 분극" 은 측정가능한 신호를 생성하는데 충분한 분극을 지칭한다. 측정가능한 신호는, 예를 들어, 10 %, 바람직하게 5 %, 및 가장 바람직하게 1 % 의 허용오차 내에서 NAD 에 대해 450 mV 일 수도 있다. 예를 들어, 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따른 여기 전압의 진폭은 조정될 수도 있다. 예를 들어, AC 전압 신호는 증가될 수도 있다. 추가적으로, 또는 대안적으로, DC 신호는 조절될 수도 있다. 예를 들어, 조정가능한 DC 신호는 최대 전류 대 전압 안정기를 확립하기 위해 사용될 수도 있다. DC 전위는 iR 강하를 보상하기 위하여 단계적으로 조정될 수도 있다.

[0124] 추가의 양태에서, 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 방법이 개시된다. 방법은 대응하는 독립 청구항에서 주어진 바와 같은 그리고 하기에 열거된 바와 같은 방법 단계들을 포함한다. 방법 단

계들은 주어진 순서로 수행될 수도 있다. 그러나, 방법 단계들의 다른 순서들이 가능하다. 또한, 방법 단계들 중 하나 이상은 병렬로 및/또는 시간 오버랩 방식으로 수행될 수도 있다. 또한, 방법 단계들 중 하나 이상은 반복적으로 수행될 수도 있다. 또한, 열거되지 않은 추가적인 방법 단계들이 존재할 수도 있다.

[0125] 방법은 상기 개시된 바와 같은 그리고 이하에 더 상세히 개시된 바와 같은 방법의 실시형태들 중 하나 이상에 따른 적어도 하나의 측정 회로를 통한 전압 강하를 보상하기 위한 방법을 포함한다. 보상하기 위한 방법은 다음의 단계들을 포함한다:

[0126] - 적어도 하나의 여기 전압 신호를 생성하고 여기 전압을 적어도 2 개의 측정 전극들에 인가하는 단계;

[0127] - 응답 신호를 측정하는 단계;

[0128] - 응답 신호로부터 신호 플랭크를 결정하고 신호 플랭크의 형상 및 높이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분을 결정하는 단계;

[0129] - 옴성 신호 부분으로부터 등가 직렬 저항에 대한 적어도 하나의 정보를 결정하는 단계;

[0130] - 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 여기 전압을 조정하는 단계.

[0131] 방법은 적어도 하나의 분석물 측정 단계를 포함한다. 분석물 측정 단계에서, 조정된 여기 전압이 측정 전극들에 인가된다. 제 2 전류 응답이 측정되고, 여기서 적어도 하나의 복소 임피던스 정보가 제 2 전류 응답으로부터 결정된다.

[0132] 방법의 특징들의 추가의 정의들을 위해 그리고 방법의 선택적 상세들을 위해, 상기 개시된 바와 같은 또는 이하에 더 상세히 개시된 바와 같은 방법들의 실시형태들 중 하나 이상을 참조할 수도 있다.

[0133] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "보상" 은 여기 전압 신호를 조절 및/또는 조정하는 것, 구체적으로 전압 강하를 통해 영향을 받지 않는 타겟 전압을 유지하는 것을 지칭한다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "제 2 전류 응답" 은 조정된 여기 전압에 응답하여 결정된 전류 응답 신호를 지칭한다.

[0134] 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 단계는 분석물 측정 단계와 동시에 또는 비동시에 수행될 수도 있다. 예를 들어, 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 단계는 분석물 측정 단계 전에 수행될 수도 있다. 예를 들어, 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 단계는 분석물 측정 단계 동안 반복적으로 수행될 수도 있다. 보상하기 위한 방법 및 및 분석물 측정은 서로를 방해하지 않도록 수행될 수도 있다. 예를 들어, 보상하기 위한 방법 동안 분석물 측정은 일시정지될 수도 있다. 그러나, 분석물 측정 및 보상하기 위한 방법이 동시에 수행되는 실시형태들이 가능하다. 예를 들어, ESR 을 측정하기 위해 사인파를 사용하는 경우에, 사인파가 그 파 형상을, 동일한 주파수, 또는 상이한 주파수의 다른 사인파, 및 임의의 위상 및 진폭에 추가할 경우 유지한다는 사실로 인해 일시정지는 요구되지 않을 수도 있다. 따라서, 샘플을 측정할 뿐만 아니라 ESR 과 같은 다른 정보를 측정하기 위한 다수의 사인파들이 가능할 수도 있다.

[0135] 방법은 적어도 하나의 샘플 적용 단계를 포함할 수도 있다. 샘플 적용 단계에서, 체액의 샘플은 적어도 2 개의 측정 전극들에 적용될 수도 있다.

[0136] 추가의 양태에서, 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 방법이 개시된다. 방법은 대응하는 독립 청구항에서 주어진 바와 같은 그리고 하기에 열거된 바와 같은 방법 단계들을 포함한다. 방법 단계들은 주어진 순서로 수행될 수도 있다. 그러나, 방법 단계들의 다른 순서들이 가능하다. 또한, 방법 단계들 중 하나 이상은 병렬로 및/또는 시간 오버랩 방식으로 수행될 수도 있다. 또한, 방법 단계들 중 하나 이상은 반복적으로 수행될 수도 있다. 또한, 열거되지 않은 추가적인 방법 단계들이 존재할 수도 있다.

[0137] 방법은 다음을 포함한다

[0138] a) 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 적어도 하나의 단계로서,

[0139] a1) 적어도 하나의 제 1 여기 전압 신호를 생성하고 제 1 여기 전압을 적어도 2 개의 측정 전극들에 인가하는 단계;

[0140] a2) 응답 신호를 측정하는 단계;

[0141] a3) 응답 신호로부터 신호 플랭크를 결정하고 신호 플랭크의 형상 및 높이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분을 결정하는 단계;

[0142] a4) 옴성 신호 부분으로부터 등가 직렬 저항에 대한 적어도 하나의 정보를 결정하는 단계

[0143] 를 포함하는, 상기 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 적어도 하나의 단계;

[0144] b) 적어도 하나의 분석물 측정 단계로서,

[0145] b1) 적어도 하나의 제 2 여기 전압을 생성하고 제 2 여기 전압을 측정 전극들에 인가하는 단계;

[0146] b2) 제 2 전류 응답을 측정하는 단계;

[0147] b3) 제 2 전류 응답으로부터 적어도 하나의 복소 임피던스 정보를 결정하는 단계

[0148] 를 포함하는, 상기 적어도 하나의 분석물 측정 단계;

[0149] c) 적어도 하나의 보정 단계로서,

[0150] - 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 제 2 여기 전압을 조정하는 단계;

[0151] - 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 복소 임피던스 정보를 보정하는 단계

[0152] 중 하나 이상을 포함하는, 상기 적어도 하나의 보정 단계.

[0153] 방법의 특징들의 정의들을 위해 그리고 방법의 선택적 상세들을 위해, 상기 개시된 바와 같은 그리고 이하에 더 상세히 개시된 바와 같은 방법들의 실시형태들 중 하나 이상을 참조할 수도 있다.

[0154] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "제 1 여기 전압 신호" 는 등가 직렬 저항을 결정하기 위해 구성된 전압 신호를 지칭한다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "제 2 여기 전압" 은 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위해 구성된 전압 신호를 지칭한다. 제 2 여기 전압 신호는 적어도 하나의 다주파수 교류 (AC) 전압, 적어도 하나의 직류 (DC) 프로파일을 포함할 수도 있다. 제 1 및 제 2 여기 전압 신호들은 측정 전극들에 동시에 또는 비동시에 인가될 수도 있다.

[0155] 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 단계는 분석물 측정 단계와 동시에 또는 비동시에 수행될 수도 있다. 예를 들어, 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 단계는 분석물 측정 단계 전에 수행될 수도 있다. 예를 들어, 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 단계는, 분석물 측정 단계 동안, 반복적으로, 예를 들어, 주기적으로 수행될 수도 있다. 보상하기 위한 방법 및 분석물 측정은 서로를 방해하지 않도록 수행될 수도 있다. 예를 들어, 보상하기 위한 방법 동안 분석물 측정은 일시정지될 수도 있다. 그러나, 분석물 측정 및 보상하기 위한 방법이 동시에 수행되는 실시형태들이 가능하다. 예를 들어, ESR 을 측정하기 위해 사인파를 사용하는 경우에, 사인파가 그 파 형상을, 동일한 주파수, 또는 상이한 주파수의 다른 사인 파, 및 임의의 위상 및 진폭에 추가할 경우 유지한다는 사실로 인해 일시정지가 요구되지 않을 수도 있다. 따라서, 샘플을 측정할 뿐만 아니라 ESR 과 같은 다른 정보를 측정하기 위한 다수의 사인파들이 가능할 수도 있다.

[0156] 방법은 적어도 하나의 샘플 적용 단계를 포함할 수도 있고, 여기서 체액의 샘플은 적어도 하나의 테스트 엘리먼트에 적용될 수도 있다.

[0157] 방법은 시스템의 다른 부로부터, 예를 들어, 콘택들, 스트립 전기 커넥션들 등으로부터 생성된 라인 저항에 대한 것과 같이 측정 샘플 자체로부터 발생하지 않는 측정의 임의의 우세한 실수부에 대한 보정을 허용할 수도 있다.

[0158] 본 발명은 프로그램이 컴퓨터 또는 컴퓨터 네트워크 상에서 실행될 경우, 본 명세서에서 개시된 실시형태들 중 하나 이상에서의 본 발명에 따른 방법을 수행하기 위한 컴퓨터 실행가능 명령들을 포함하는 컴퓨터 프로그램을 추가로 개시 및 제안한다. 구체적으로, 컴퓨터 프로그램은 컴퓨터 판독가능한 데이터 캐리어에 저장될 수도 있다. 따라서, 구체적으로, 상기 나타낸 바와 같은 방법 단계들 중 하나, 하나 초과 또는 심지어 모두가 컴퓨터 또는 컴퓨터 네트워크를 사용하는 것에 의해, 바람직하게는 컴퓨터 프로그램을 사용하는 것에 의해 수행될 수도 있다.

[0159] 본 발명은 프로그램이 컴퓨터 또는 컴퓨터 네트워크 상에서 실행될 경우, 본 명세서에서 개시된 실시형태들 중 하나 이상에서의 본 발명에 따른, 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법 및/또는 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 방법들 중 적어도 하나 및/또는 적어도 하나의 측정 회로를 통한 전압 강하를 보상하기 위한 방법을 수행하기 위하여, 프로그램 코드 수단을 갖는 컴퓨터 프로그램 제품을 추가로

개시 및 제안한다. 구체적으로, 프로그램 코드 수단은 컴퓨터 판독가능 데이터 캐리어에 저장될 수도 있다.

[0160] 또한, 본 발명은, 컴퓨터 또는 컴퓨터 네트워크로의, 이를 테면 컴퓨터 또는 컴퓨터 네트워크의 작업 메모리 또는 메인 메모리로의 로딩 후, 본 명세서에서 개시된 실시형태들 중 하나 이상에 따른 방법들을 실행할 수도 있는 데이터 구조를 저장하고 있는 데이터 캐리어를 개시 및 제안한다.

[0161] 본 발명은 프로그램이 컴퓨터 또는 컴퓨터 네트워크 상에서 실행될 경우, 본 명세서에서 개시된 실시형태들 중 하나 이상에 따른 방법들 중 적어도 하나를 수행하기 위하여, 머신 판독가능 캐리어에 저장된 프로그램 코드 수단을 가진 컴퓨터 프로그램 제품을 추가로 제안 및 개시한다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 컴퓨터 프로그램 제품은 거래가능한 제품으로서의 프로그램을 지칭한다. 제품은 일반적으로 종이 형식과 같은 임의의 형식으로 또는 컴퓨터 판독가능 데이터 캐리어 상에 존재할 수도 있다. 구체적으로, 컴퓨터 프로그램 제품은 데이터 네트워크에 걸쳐 분포될 수도 있다.

[0162] 마지막으로, 본 발명은 본 명세서에서 개시된 실시형태들 중 하나 이상에 따른 방법들을 수행하기 위해, 컴퓨터 시스템 또는 컴퓨터 네트워크에 의해 판독가능한 명령들을 포함하는 변조된 데이터 신호를 제안 및 개시한다.

[0163] 바람직하게는, 본 발명의 컴퓨터 구현 양태들을 참조하여, 본 명세서에서 개시된 실시형태들 중 하나 이상에 따른 방법들 중 적어도 하나의 방법의 방법 단계들 중 하나 이상 또는 심지어 모든 방법 단계들이 컴퓨터 또는 컴퓨터 네트워크를 사용하는 것에 의해 수행될 수도 있다. 따라서, 일반적으로, 데이터의 제공 및/또는 조작을 포함하는 방법 단계들 중 임의의 것은 컴퓨터 또는 컴퓨터 네트워크를 사용하는 것에 의해 수행될 수도 있다. 일반적으로, 이들 방법 단계들은, 통상적으로 실제 측정들을 수행하는 소정의 양태들 및/또는 샘플들을 제공하는 것과 같은 수작업을 요구하는 방법 단계들을 제외한, 임의의 방법 단계들을 포함할 수도 있다.

[0164] 구체적으로, 본 발명은 다음을 추가로 개시한다:

[0165] - 적어도 하나의 프로세서를 포함하는 컴퓨터 또는 컴퓨터 네트워크로서, 프로세서는 본 설명에서 설명된 실시형태들 중 하나에 따른 방법들 중 적어도 하나를 수행하도록 적응되는, 상기 적어도 하나의 프로세서를 포함하는 컴퓨터 또는 컴퓨터 네트워크,

[0166] - 데이터 구조가 컴퓨터 상에서 실행되고 있는 동안에 본 설명에서 설명된 실시형태들 중 하나에 따른 방법들 중 적어도 하나를 수행하도록 적응되는 컴퓨터 로딩가능한 데이터 구조,

[0167] - 컴퓨터 프로그램으로서, 컴퓨터 프로그램은, 프로그램이 컴퓨터 상에서 실행되고 있는 동안에 본 설명에서 설명된 실시형태들 중 하나에 따른 방법들 중 적어도 하나를 수행하도록 적응되는, 상기 컴퓨터 프로그램,

[0168] - 컴퓨터 프로그램이 컴퓨터 또는 컴퓨터 네트워크 상에서 실행되고 있는 동안에 본 설명에서 설명된 실시형태들 중 하나에 따른 방법들 중 적어도 하나를 수행하기 위한 프로그램 수단을 포함하는 컴퓨터 프로그램,

[0169] - 선행하는 실시형태에 따른 프로그램 수단을 포함하는 컴퓨터 프로그램으로서, 프로그램 수단은 컴퓨터로 판독가능한 저장 매체 상에 저장되는, 상기 프로그램 수단을 포함하는 컴퓨터 프로그램,

[0170] - 저장 매체로서, 데이터 구조는 저장 매체 상에 저장되고 데이터 구조는 컴퓨터 또는 컴퓨터 네트워크의 메인 및/또는 작업 스토리지로 로딩된 후 본 설명에서 설명된 실시형태들 중 하나에 따른 방법들 중 적어도 하나를 수행하도록 적응되는, 상기 저장 매체, 및

[0171] - 프로그램 코드 수단을 갖는 컴퓨터 프로그램 제품으로서, 프로그램 코드 수단은, 프로그램 코드 수단이 컴퓨터 또는 컴퓨터 네트워크 상에서 실행되는 경우에, 본 명세서에 설명된 실시형태들 중 하나에 따른 방법들 중 적어도 하나를 수행하기 위해, 저장 매체 상에 저장될 수 있거나 또는 저장 매체 상에 저장되는, 상기 프로그램 코드 수단을 갖는 컴퓨터 프로그램 제품.

[0172] 본 발명의 추가의 양태에서, 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 분석적 디바이스가 개시된다.

[0173] 분석적 디바이스는 적어도 하나의 여기 전압 신호를 생성하도록 적응된 적어도 하나의 신호 생성기 디바이스를 포함한다. 분석적 디바이스는 적어도 하나의 기준 저항 (R_{ref}) 을 포함한다. 신호 생성기 디바이스는 여기 전압 신호 (U_{target}) 를 기준 저항 (R_{ref}) 과 직렬의, 예를 들어 적어도 하나의 테스트 엘리먼트의, 적어도 2개의 측정 전극들에 인가하도록 적응된다. 분석적 디바이스는 적어도 하나의 응답 신호를 수신하도록 적응된 적어도 하나의 측정 유닛을 포함한다. 분석적 디바이스는 적어도 하나의 평가 디바이스를 포함한다.

평가 디바이스는 응답 신호로부터 신호 플랭크를 결정하고 신호 플랭크의 형상 및 높이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분 ($U_{measured}$) 을 결정하도록 적응된다. 평가 디바이스는 관계식 $ESR = \frac{U_{measured} * R_{ref}}{U_{target} - U_{measured}}$ 에 따라 옴성 신호 부분으로부터 등가 직렬 저항 (ESR) 에 대한 적어도 하나의 정보를 생성하도록 적응된다.

[0174] 분석적 디바이스는 본 발명에 따른 방법의 실시형태들 중 하나 이상에 따른 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 방법을 수행하도록 적응될 수도 있다. 분석적 디바이스의 특징들의 정의들을 위해 그리고 분석적 디바이스의 선택적 상세들을 위해, 상기 개시된 바와 같은 또는 이하에 더 상세히 개시된 바와 같은 방법의 실시형태들 중 하나 이상을 참조할 수도 있다.

[0175] 용어 "측정 유닛" 은 일반적으로, 적어도 하나의 신호, 특히 응답을 검출하도록 구성될 수도 있는 임의의 디바이스, 바람직하게는 전자 디바이스를 지칭할 수도 있다. 측정 유닛은 전류 응답 및/또는 제 1 여기 전압 신호에 응답하여 생성된 응답 신호를 검출하도록 적응될 수도 있다. 측정 유닛은 적어도 2 개의 상이한 측정 시간 포인트들에서 전류 응답 및/또는 제 1 여기 전압 신호에 응답하여 생성된 응답 신호 중 일방 또는 양방을 수신하도록 적응될 수도 있다.

[0176] 신호 생성기 디바이스는 적어도 하나의 테스트 엘리먼트의 적어도 2 개의 측정 전극들에 여기 전압 신호를 인가하도록 적응될 수도 있다. 분석적 디바이스는 테스트 엘리먼트로부터 독립적으로 핸들링될 수도 있고 적어도 하나의 응답을 검출하는 것에 의해서와 같이, 분석을 수행하기 위하여 테스트 엘리먼트와 상호작용하도록 적응될 수도 있다. 따라서, 용어 "분석적 디바이스" 는 종종 측정 디바이스, 분석적 디바이스, 미터 또는 테스트 디바이스로도 또한 지칭될 수도 있다.

[0177] 분석적 디바이스는 적어도 하나의 기준 저항을 포함할 수도 있다. 기준 저항은 측정 전극들과 직렬로 있다. 기준 저항은 복수의 기준 측정들로부터 결정된, 구체적으로 미리결정된 평균 값일 수도 있다. 예를 들어, 기준 저항은 복수의 기준 측정들로부터 결정된 평균 Hct 값에 대응할 수도 있다.

[0178] 분석적 디바이스는 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 여기 전압을 조정하도록 적응된 적어도 하나의 제어 디바이스를 더 포함할 수도 있다. 평가 디바이스는 적어도 하나의 전기화학 셀을 통한 전압 강하를 계산하도록 적응될 수도 있다. 제어 디바이스는 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 여기 전압의 진폭을 조정하도록 적응될 수도 있다. 제어 디바이스는 평가 디바이스의 일부일 수도 있거나 또는 별도의 디바이스로서 설계될 수도 있다. 신호 생성기 디바이스는 측정 전극들에 조정된 여기 전압 신호를 인가하도록 적응된다.

[0179] 평가 디바이스는 여기 전압 신호에 응답하여 측정 전극들에 의해 생성된 전류 응답을 결정하고 전류 응답으로부터 적어도 하나의 복소 임피던스 정보를 평가하도록 적응될 수도 있다. 평가 디바이스는 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 복소 임피던스 정보를 보정하도록 적응될 수도 있다. 예를 들어, 평가 디바이스는 어드미턴스 또는 임피던스 값 및/또는 위상 정보를 보정하도록 적응될 수도 있다.

[0180] 분석적 디바이스는 적어도 2 개의 동작 모드들에서 동작하도록 적응될 수도 있다. 제 1 동작 모드에서, 분석적 디바이스는 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하도록 적응될 수도 있고 제 2 동작 모드에서, 분석적 디바이스는 분석물 농도를 측정하도록 적응될 수도 있다. 분석적 디바이스는 동작 모드들 사이에서 스위칭하도록 적응될 수도 있다.

[0181] 신호 생성기 디바이스는 적어도 하나의 테스트 엘리먼트의 적어도 2 개의 측정 전극들에 여기 전압 신호를 인가하도록 적응될 수도 있다. 신호 생성기 디바이스는 적어도 하나의 구형파 신호 및/또는 적어도 하나의 사인파 신호를 생성하도록 적응될 수도 있다.

[0182] 평가 디바이스는 적어도 하나의 미리결정된 관계를 사용하는 것에 의해 복소 임피던스 정보로부터 분석물의 농도를 결정하도록 적응될 수도 있다. 미리결정된 관계의 정의 및 실시형태들에 대해, 상기 설명된 바와 같은 그리고 이하에 상세히 설명된 바와 같은 방법들의 설명을 참조한다.

[0183] 본 발명의 추가의 양태에서, 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 테스트 엘리먼트 분석 시스템이 개시된다. 테스트 엘리먼트 분석 시스템은 다음을 포함한다:

[0184] - 상기 개시된 바와 같은 또는 이하에 더 상세히 개시된 바와 같은 적어도 하나의 분석적 디바이스;

[0185] - 분석물에 대한 특성인 적어도 하나의 변경을 수행 가능한 적어도 하나의 측정 구역을 갖는 적어도 하나의 테스트 엘리먼트로서, 테스트 엘리먼트는 적어도 2 개의 측정 전극들을 포함하는, 상기 적어도 하나의 테스트 엘

리먼트.

[0186] 테스트 엘리먼트 분석 시스템의 특징들의 정의들을 위해 그리고 테스트 엘리먼트 분석 시스템의 선택적 상세들을 위해, 상기 개시된 바와 같은 또는 이하에 더 상세히 개시된 바와 같은 분석적 디바이스 및 방법들의 실시형태들 중 하나 이상을 참조할 수도 있다. 구체적으로, 분석적 디바이스의 실시형태들 중 하나 이상에 따른 분석적 디바이스를 언급하는 특징들을 갖는 테스트 엘리먼트 분석 시스템이 구현될 수도 있다.

[0187] 본 명세서에서 추가로 사용된 바와 같이, 용어 "시스템" 은 전체를 형성하는 상호작용하는 또는 상호의존적 컴포넌트부들의 임의의 세트를 지칭한다. 구체적으로, 컴포넌트들은 적어도 하나의 공통 기능을 수행하기 위하여 서로 상호작용할 수도 있다. 적어도 2 개의 컴포넌트들은 독립적으로 핸들링될 수도 있거나 또는 커플링되거나 또는 연결가능할 수도 있다. 따라서, 용어 "테스트 엘리먼트 분석 시스템" 은 일반적으로, 임의의 테스트 엘리먼트와 상호작용하는 것에 의한 적어도 하나의 분석적 검출, 구체적으로 샘플의 적어도 하나의 분석물의 적어도 하나의 분석적 검출을 수행하기 위하여 상호작용 가능한 적어도 2 개의 엘리먼트들 또는 컴포넌트들의 그룹을 지칭한다. 테스트 엘리먼트 분석 시스템은 일반적으로 분석적 시스템, 분석적 키트, 센서 시스템 또는 측정 시스템으로도 또한 지칭될 수도 있다. 테스트 엘리먼트 분석 시스템은 구체적으로 적어도 2 개의 컴포넌트들을 포함하는 장치일 수도 있다.

[0188] 용어 "테스트 엘리먼트" 는 일반적으로 샘플에서의 분석물을 검출 또는 샘플의 파라미터를 결정 가능한 임의의 디바이스를 지칭할 수도 있다. 테스트 엘리먼트는 구체적으로 스트립 형상의 테스트 엘리먼트일 수도 있다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "스트립 형상 (strip-shaped)" 은 신장된 형상 및 두께를 갖는 엘리먼트를 지칭하며, 여기서 측방향 치수에 있어서의 엘리먼트의 연장은 엘리먼트의 두께를 이를 테면, 적어도 2 배까지, 바람직하게 적어도 5 배까지, 더 바람직하게 적어도 10 배까지, 그리고 가장 바람직하게 적어도 20 배 또는 심지어 적어도 30 배까지 초과한다. 따라서, 테스트 엘리먼트는 테스트 스트립으로도 또한 지칭될 수도 있다.

[0189] 테스트 엘리먼트는 테스트 케미스트리와 같은 샘플에 분석물이 존재할 때 적어도 하나의 검출가능한 특성을 변화시키는 적어도 하나의 컴포넌트 또는 적어도 하나의 시약을 포함할 수도 있다. 테스트 화학물질로도 지칭되는 용어 "테스트 케미스트리" 는 분석물의 존재 시 적어도 하나의 검출가능한 특성을 변화시키도록 적응된 임의의 재료 또는 재료들의 조성물을 지칭할 수도 있다. 일반적으로, 이 특성은 전기화학적으로 검출가능한 특성 및/또는 광학적으로 검출가능한 특성, 이를 테면 컬러 변화 및/또는 경감하는 특성들에서의 변화로부터 선택될 수도 있다. 구체적으로, 테스트 케미스트리는 분석물이 테스트 엘리먼트에 적용된 체액의 샘플에 존재하는 경우에만 특성을 변화시키는 반면에, 분석물이 존재하지 않는 경우에는 어떠한 변화도 발생하지 않는, 고도 선택성 테스트 케미스트리일 수도 있다. 보다 바람직하게는, 특성의 정도 또는 변화는 분석물의 정량적 검출을 허용하기 위해, 체액에서의 분석물의 농도에 의존할 수도 있다.

[0190] 구체적으로, 테스트 엘리먼트는 체액의 성분들의 응고를 활성화시키도록 구성된 적어도 하나의 시약을 포함할 수도 있다. 시약은 펩티드 기질 및 트롬보플라스틴의 반응성 성분들을 포함할 수도 있다. 따라서, 시약이 샘플에 노출되는 경우에, 트롬보플라스틴은 응고를 활성화시킬 수도 있고, 트롬빈이 생성될 수도 있다. 트롬빈은 펩티드 기질을 쪼갤 수도 있고, 전기화학적 신호가 생성될 수도 있다. 전기화학적 신호는 그의 발생의 시간에 대하여 평가될 수도 있다. 그러나, 다른 시약들 및/또는 측정 원리들이 가능할 수도 있다.

[0191] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "전기화학적 검출 (electrochemical detection)" 은 전기화학적 검출 반응과 같은, 전기화학적 수단에 의한 분석물의 전기화학적으로 검출가능한 특성의 검출을 지칭한다. 따라서, 예를 들어, 전기화학적 검출 반응은 작업 전극의 전위와 같은 하나 이상의 전극 전위들을 카운터 전극 또는 기준 전극과 같은 하나 이상의 추가의 전극들의 전위와 비교하는 것에 의해 검출될 수도 있다. 검출은 분석물 특정적일 수도 있다. 검출은 정성적 및/또는 정량적 검출일 수도 있다.

[0192] 테스트 엘리먼트는 분석물에 대한 특성 또는 파라미터인 적어도 하나의 변경을 수행 가능한 적어도 하나의 측정 구역을 가질 수도 있다. 본 명세서에서 추가로 사용된 바와 같이, 용어 "측정 구역 (measuring zone)" 은 임의의 측정, 구체적으로 분석적 측정이 수행되는 오브젝트의 임의의 영역 또는 지역을 지칭할 수도 있다. 구체적으로, 상기 설명된 바와 같은 테스크 케미스트리는 측정 구역 내에, 특히 측정 구역의 표면 상에 위치될 수도 있다. 테스트 엘리먼트는 전기화학적 테스트 엘리먼트일 수도 있다.

[0193] 용어 "전기화학적 테스트 엘리먼트 (electrochemical test element)" 는 적어도 하나의 전기화학적 검출을 수행하도록 구성된 임의의 테스트 엘리먼트를 지칭할 수도 있다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "전기

화학적 검출" 은 전기화학적 검출 반응과 같은, 적어도 하나의 임의의 분석물의 전기화학적으로 검출가능한 특성의 검출을 지칭한다. 따라서, 예를 들어, 전기화학적 검출 반응은 작업 전극의 정전기 전위와 같은 하나 이상의 전극 전위들을 카운터 전극 또는 기준 전극과 같은 하나 이상의 추가의 전극들의 정전기 전위와 비교하는 것에 의해 검출될 수도 있다. 검출은 분석물 특정적일 수도 있다. 검출은 정성적 및/또는 정량적 검출일 수도 있다. 예를 들어, 테스트 엘리먼트는 테스트 스트립일 수도 있다.

[0194] 테스트 엘리먼트는 샘플을 수용하도록 구성된 적어도 하나의 모세관을 포함할 수도 있다. 용어 "모세관(capillary)" 은 일반적으로 소형 튜브와 같은 임의의 소형의 긴 공극 용적을 지칭한다. 일반적으로, 모세관은 밀리미터 또는 서브-밀리미터 범위의 치수들을 포함할 수도 있다. 보통, 유체 매질은 모세관 작용에 의해 모세관을 통해 이동할 수도 있으며, 여기서 유체 매질은 유체 매질과 유체 매질을 대면하는 모세관의 표면 사이의 분자간 힘으로 인해 중력과 같은 외부 힘의 도움 없이 모세관의 좁은 공간들에서 흐를 수도 있다. 예를 들어, 테스트 엘리먼트는 적어도 하나의 대면 전극 구성을 가질 수도 있다. 테스트 엘리먼트는 3 개의 측면들에서 개방된 적어도 하나의 모세관을 가질 수도 있다. 대면 전극 표면들은 흡수성 시약 층으로 코팅될 수도 있어서, 샘플은 시약 코팅을 통해 흡수되고 확산된다. 대면 전극 표면들은 액체 층을 사용하는 것에 의해 전도성으로 연결될 수도 있다.

[0195] 분석적 디바이스는 테스트 엘리먼트 홀더를 포함할 수도 있다. 용어 "테스트 엘리먼트 홀더" 는 일반적으로 임의의 테스트 엘리먼트를 수용하거나 또는 유지하도록 구성되는 임의의 오브젝트를 지칭할 수도 있다. 구체적으로, 테스트 엘리먼트는 적어도 하나의 방향으로의 테스트 엘리먼트의 이동이 적어도 상당히 억제될 수도 있도록, 테스트 엘리먼트 홀더 내의 특정 포지션에 포지셔닝될 수도 있다. 따라서, 테스트 엘리먼트의 측정 구역은 측정 유닛에 대해 미리결정된 포지션에 위치될 수도 있다. 테스트 엘리먼트는 구체적으로, 테스트 엘리먼트 홀더 내로 가역적으로 배치되도록 구성될 수도 있다. 따라서, 테스트 엘리먼트는 더 이상의 어려움 없이 테스트 엘리먼트 홀더로부터 제거가능할 수도 있다. 여전히, 다른 실시형태들이 가능하다. 테스트 엘리먼트는 테스트 엘리먼트 홀더 내에 적어도 부분적으로 수용될 수도 있다. 용어 "수용되는" 은 일반적으로, 리셉터클 내로 또는 다른 엘리먼트의 개구 내로 완전히 또는 적어도 부분적으로 삽입되거나 또는 위치되는 것으로서의 오브젝트의 상태를 지칭할 수도 있다. 따라서, 오브젝트의 일부는 다른 엘리먼트의 외부에 위치될 수도 있다. 예시적으로, 테스트 엘리먼트 홀더는 테스트 엘리먼트를 수용하도록 구성된 적어도 하나의 리셉터클을 포함할 수도 있다. 따라서, 리셉터클은 테스트 엘리먼트에 대해 상보적으로 성형될 수도 있다. 따라서, 리셉터클 및 테스트 엘리먼트는 형태-맞춤 연결을 확립하도록 구성될 수도 있다. 테스트 엘리먼트 홀더는, 테스트 엘리먼트와 테스트 엘리먼트 홀더 사이의 전기적 접촉을 허용하는 적어도 하나의 콘택 엘리먼트를 포함할 수도 있다.

[0196] 테스트 엘리먼트는 전도성 지지체들 및/또는 전도성 경로들과 같은 전도성 영역들을 포함할 수도 있고, 전해질과 접촉하는 전도성 영역들의 일부는 전극으로서 나타낼 수도 있다. 전도성 영역들 중 적어도 하나는 얇은 층, 예를 들어, 얇은 전극 층을 포함할 수도 있다. 얇은 층은 50 nm 이하의 층 두께를 가질 수도 있다.

[0197] 예를 들어, 얇은 층은 금을 포함할 수도 있거나 또는 금 층일 수도 있다. 예를 들어, 얇은 층은 20 nm 의 층 두께를 갖는 스퍼터링된 금 층일 수도 있다.

[0198] 예를 들어, 얇은 층은 탄소를 포함할 수도 있다. 탄소는 예를 들어 적어도 하나의 캐리어 호일에, 페이스트의 형태로 및/는 두꺼운 막으로서 적용될 수도 있다. 전도성 영역은 임의의 추가적인 금속 층 없이 탄소를 포함하는 얇은 층을 포함할 수도 있다.

[0199] 측정 전극들은 비구조화된 전극들일 수도 있다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "비구조화된" 은 예를 들어, 인쇄로 인해, 전극들이 형성된 구조들을 보이지 않는다는 사실을 지칭한다. 예를 들어, 측정 전극들의 각각은 적어도 하나의 캐리어 층, 예를 들어, 적어도 하나의 호일 상에 재료 층들을 스퍼터링하는 것 및/또는 증기 증착하는 것 및/또는 슬롯 다이 코팅하는 것 및/또는 인쇄하는 것 및/또는 어블레이팅하는 것 및/또는 블레이드 코팅하는 것에 의해 제작될 수도 있다. 측정 전극들은 대면 전극들로서 설계될 수도 있다.

[0200] 추가의 양태에서, 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법의 페일 세이프를 위한 사용이 개시된다. 제 1 단계에서, 본 발명에 따른 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법을 사용하는 등가 직렬 저항에 대한 정보가 결정될 수도 있다. 적어도 하나의 페일 세이프 단계에서, 예를 들어, 적어도 하나의 평가 디바이스를 사용하는 것에 의해, 등가 직렬 저항에 대한 정보는 적어도 하나의 미리결정된 및/또는 미리정의된 저항 한계와 비교될 수도 있다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "페일 세이프 단계" 는 신뢰가능하지 않은 또는 잘못된 측정 값들을 생성하는 것 및/또는 결정하는 것 및/또는 디스플레이하는 것을 방지하는 것

을 보장하는 적어도 하나의 단계를 지칭한다. 예를 들어, 저항 한계는 적어도 하나의 상한일 수도 있다. 예를 들어, 저항 한계는 100 Ω, 바람직하게 150 Ω, 가장 바람직하게 180 Ω 일 수도 있다. 페일 세이프 단계는 복수의 저항 값들과 ESR 에 대한 정보를 비교하는 것을 포함할 수도 있다. 페일 세이프 단계는, 미리결정된 및/또는 미리정의된 저항 한계를, 예를 들어, 평가 디바이스의, 예를 들어, 측정 엔진 전자장치 내에 저장하는 것을 포함할 수도 있다,

[0201] 페일 세이프 단계는 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 결정 전에 및/또는 그 동안 수행될 수도 있다. 페일 세이프 단계는, 반복적으로, 예를 들어, 미리정의된 간격으로, 이를 테면 50 ms 마다 수행될 수도 있다. 그러나, 다른 실시형태들 및 시간 간격들이 가능하다.

[0202] ESR 에 대한 정보는 페일 세이프 단계에서, 체액의 샘플로의 충진이 신뢰가능한 측정을 결정하는데 충분한지 및/또는 테스트 엘리먼트와 분석적 디바이스 사이의 충분한 콘택이 존재하는지 및/또는 테스트 엘리먼트의 콘택들이 손상되었는지 또는 온전한지 및/또는 테스트 엘리먼트가 삽입되었고 분석적 디바이스 내에 존재하는지 및/또는 테스트 엘리먼트가 분석적 디바이스로부터 제거되었는지 및/또는 스파이크들과 같은 이상현상들 (anomalies) 이 DC 측정 내에서 발생하는지 중 하나 이상을 결정하는데 사용될 수도 있다.

[0203] 비교에 기초하여, 페일 세이프 단계에서, 적어도 하나의 페일 세이프 판정이 결정될 수도 있고 및/또는 적어도 하나의 페일 세이프 액션이 수행될 수도 있다. 예를 들어, 페일 세이프 단계는 ESR 에 대한 정보가 저항 한계를 초과하는 경우에 에러 메시지를 발행하는 것 및/또는 디스플레이하는 것을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 페일 세이프 단계는 ESR 에 대한 정보가 저항 한계를 초과하는 경우에 분석적 결과를 발행하는 것 및/또는 디스플레이하는 것을 방지하는 것을 포함할 수도 있다. 대신에, 페일 세이프 단계는 ESR 에 대한 정보가 저항 한계를 초과하는 경우에 에러 메시지를 발행하는 것 및/또는 디스플레이하는 것을 포함할 수도 있다. 페일 세이프 단계는 ESR 에 대한 정보가 저항 한계를 초과하는 경우에 경고 메시지를 디스플레이하는 것을 포함할 수도 있다. 페일 세이프 단계는 ESR 에 대한 정보가 저항 한계를 초과하는 경우에 분석적 디바이스로부터 테스트 엘리먼트를 배출하는 것 (ejecting) 을 포함할 수도 있다.

[0204] 예를 들어, 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법은 테스트 엘리먼트 분석 시스템, 혈액 가스 센서, 이온 감응 센서, 신진대사 센서 중 하나 이상에서 페일 세이프로서 사용될 수도 있다.

[0205] 제안된 방법들, 분석적 디바이스 및 테스트 엘리먼트 분석 시스템은 알려진 디바이스들 및 방법들에 비해 많은 이점들을 제공한다. 특히, 제안된 방법들, 분석적 디바이스 및 테스트 엘리먼트 분석 시스템은 개별 테스트 스트립들을 특성화하는 것 및 저항 경로들을 평가하는 것, 뿐만 아니라 더 높은 저항들로부터의 진폭 손실을 보상하는 것, 및 특성화된 저항 데이터를 사용하여 측정으로부터의 위상 결과는 물론 복소 임피던스 결과를 보정하는 것을 허용한다. 유난히 얇은 금 도체들의 제작 또는 귀금속들 이외의 다른 재료들의 사용은 큰 내전도성 (conductance tolerable) 을 야기할 수 있다. 이것은 테스트 스트립 제작 프로세스에서 문제일 수 있고, 제어 가능하지 않을 수도 있다. 제안된 방법들, 분석적 디바이스 및 테스트 엘리먼트 분석은 측정 마다의 특성화 및 동적 보상, 및 따라서 테스트 엘리먼트들의 제작 비용의 감소를 허용한다.

[0206] 본 발명의 발견들을 요약하면, 다음의 실시형태들이 선호된다:

[0207] 실시형태 1: 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법으로서, 그 방법은 다음의 단계들:

[0208] - 적어도 하나의 여기 전압 신호를 생성하고 여기 전압을 적어도 2 개의 측정 전극들에 인가하는 단계;

[0209] - 응답 신호를 측정하는 단계;

[0210] - 응답 신호로부터 신호 플랭크를 결정하고 신호 플랭크의 형상 및 높이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분을 결정하는 단계;

[0211] - 옴성 신호 부분으로부터 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하는 단계를 포함한다.

[0212] 실시형태 2: 선행하는 실시형태에 따른 방법으로서, 신호 플랭크는 상승 신호 플랭크 또는 하강 신호 플랭크이다.

[0213] 실시형태 3: 선행하는 실시형태들 중 어느 하나의 실시형태에 따른 방법으로서, 여기 전압 신호는 구형파 신호 또는 사인파 신호를 포함한다.

[0214] 실시형태 4: 선행하는 실시형태에 따른 방법으로서, 여기 전압 신호는 사인파 신호이고, 여기 전압 신호의 주파수는 20 kHz 내지 300 kHz 이다.

[0215] 실시형태 5: 선행하는 실시형태들 중 어느 하나의 실시형태에 따른 방법으로서, 여기 전압 신호는 펄스와 같은 비연속적인 신호를 포함한다.

[0216] 실시형태 6: 선행하는 실시형태에 따른 방법으로서, 여기 전압 신호는 반복가능한 사이클을 포함하고, 반복가능한 사이클은 적어도 하나의 여기 신호 플랭크를 포함한다.

[0217] 실시형태 7: 선행하는 실시형태에 따른 방법으로서, 여기 전압 신호의 여기 신호 플랭크는 마이크로초 내지 나노초 범위에서 여기 신호 플랭크의 제 1 포인트로부터 여기 신호 플랭크의 제 2 포인트로의 신호의 변화를 갖는다.

[0218] 실시형태 8: 선행하는 실시형태에 따른 방법으로서, 응답 신호는 복소 임피던스에서의 옴성 신호 부분을 포함한다.

[0219] 실시형태 9: 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 방법으로서, 방법은 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법을 언급하는 선행하는 실시형태들 중 어느 하나의 실시형태에 따른 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법을 포함하고, 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법은,

[0220] - 적어도 하나의 여기 전압 신호를 생성하고 여기 전압을 적어도 2 개의 측정 전극들에 인가하는 단계;

[0221] - 응답 신호를 측정하는 단계;

[0222] - 응답 신호로부터 신호 플랭크를 결정하고 신호 플랭크의 형상 및 높이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분을 결정하는 단계;

[0223] - 옴성 신호 부분으로부터 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하는 단계를 포함하고,

[0224] 방법은 적어도 하나의 분석물 측정 단계를 포함하고, 여기서 적어도 하나의 전류 응답이 측정되고 적어도 하나의 복소 임피던스 정보가 전류 응답으로부터 결정되고,

[0225] 방법은 적어도 하나의 보정 단계를 포함하고, 여기서 복소 임피던스 정보가 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 보정된다.

[0226] 실시형태 10: 선행하는 실시형태에 따른 방법으로서, 방법은 적어도 하나의 샘플 적용 단계를 포함하고, 여기서 체액의 샘플이 적어도 2 개의 측정 전극들에 적용된다.

[0227] 실시형태 11: 2 개의 선행하는 실시형태들 중 어느 하나의 실시형태에 따른 방법으로서, 여기 전압 신호는 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 구형파 신호 또는 사인파 신호를 포함하고, 여기 전압 신호는 복소 임피던스 정보를 결정하기 위한 적어도 하나의 측정 사인파 신호를 포함한다.

[0228] 실시형태 12: 선행하는 실시형태에 따른 방법으로서, 여기 전압 신호는 적어도 하나의 다주파수 교류 (AC) 전압 및 적어도 하나의 직류 (DC) 프로파일을 포함한다.

[0229] 실시형태 13: 적어도 하나의 측정 회로를 통한 전압 강하를 보상하기 위한 방법으로서, 방법은 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법을 언급하는 선행하는 실시형태들 중 어느 하나의 실시형태에 따른 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법을 포함하고, 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법은:

[0230] - 적어도 하나의 여기 전압 신호를 생성하고 여기 전압을 적어도 2 개의 측정 전극들에 인가하는 단계;

[0231] - 응답 신호를 측정하는 단계;

[0232] - 응답 신호로부터 신호 플랭크를 결정하고 신호 플랭크의 형상 및 높이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분을 결정하는 단계;

[0233] - 옴성 신호 부분으로부터 등가 직렬 저항에 대한 적어도 하나의 정보를 결정하는 단계를 포함하고,

[0234] 방법은 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 여기 전압 신호를 조정하는 단계를 포함한다.

[0235] 실시형태 14: 선행하는 실시형태에 따른 방법으로서, 전압 강하는, 측정 전극들의 분극 전압이 충분한 분극에 대응하도록 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 여기 전압 신호를 조정하는 것에 의해 보상된다.

[0236] 실시형태 15: 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 방법으로서, 방법은 보상하기 위한 방법을 언급하는 선행하는 실시형태들 중 어느 하나의 실시형태에 따른 적어도 하나의 측정 회로를 통한 전압 강하를 보상하기 위한 방법을 포함하고, 보상하기 위한 방법은 다음의 단계들:

[0237] - 적어도 하나의 여기 전압 신호를 생성하고 여기 전압을 적어도 2 개의 측정 전극들에 인가하는 단계;

[0238] - 응답 신호를 측정하는 단계;

[0239] - 제 1 전류 응답으로부터 신호 플랭크를 결정하고 신호 플랭크의 형상 및 높이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분을 결정하는 단계;

[0240] - 옴성 신호 부분으로부터 등가 직렬 저항에 대한 적어도 하나의 정보를 결정하는 단계;

[0241] - 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 여기 전압을 조정하는 단계를 포함하고;

[0242] 방법은 적어도 하나의 분석물 측정 단계를 포함하고, 여기서 조정된 여기 전압이 측정 전극들에 인가되고, 제 2 전류 응답이 측정되고, 적어도 하나의 복소 임피던스가 제 2 전류 응답으로부터 결정된다.

[0243] 실시형태 16: 선행하는 실시형태에 따른 방법으로서, 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 단계는 분석물 측정 단계와 동시에 또는 비동시에 수행된다.

[0244] 실시형태 17: 선행하는 실시형태에 따른 방법으로서, 보상하기 위한 방법 동안, 분석물 측정은 일시정지된다.

[0245] 실시형태 18: 선행하는 실시형태들 중 어느 하나의 실시형태에 따른 방법으로서, 방법은 적어도 하나의 샘플 적용 단계를 포함하고, 여기서 체액의 샘플이 적어도 2 개의 측정 전극들에 적용된다.

[0246] 실시형태 19: 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 방법으로서, 방법은,

[0247] a) 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 적어도 하나의 단계로서,

[0248] a1) 적어도 하나의 제 1 여기 전압 신호를 생성하고 제 1 여기 전압을 적어도 2 개의 측정 전극들에 인가하는 단계;

[0249] a2) 응답 신호를 측정하는 단계;

[0250] a3) 응답 신호로부터 신호 플랭크를 결정하고 신호 플랭크의 형상 및 높이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분을 결정하는 단계;

[0251] a4) 옴성 신호 부분으로부터 등가 직렬 저항에 대한 적어도 하나의 정보를 결정하는 단계를 포함하는, 상기 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 적어도 하나의 단계;

[0252] b) 적어도 하나의 분석물 측정 단계로서,

[0253] b1) 적어도 하나의 제 2 여기 전압을 생성하고 제 2 여기 전압을 측정 전극들에 인가하는 단계;

[0254] b2) 제 2 전류 응답을 측정하는 단계;

[0255] b3) 제 2 전류 응답으로부터 적어도 하나의 복소 임피던스 정보를 결정하는 단계를 포함하는, 상기 적어도 하나의 분석물 측정 단계;

[0256] c) 적어도 하나의 보정 단계로서,

[0257] - 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 제 2 여기 전압을 조정하는 단계;

[0258] - 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 복소 임피던스 정보를 보정하는 단계 중 하나 이상을 포함하는, 상기 적어도 하나의 보정 단계를 포함한다.

[0259] 실시형태 20: 선행하는 실시형태에 따른 방법으로서, 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 단계는 분석물 측정 단계와 동시에 또는 비동시에 수행된다.

[0260] 실시형태 21: 선행하는 실시형태에 따른 방법으로서, 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 단계 동안, 분석물 측정은 일시정지된다.

[0261] 실시형태 22: 선행하는 실시형태들 중 어느 하나의 실시형태에 따른 방법으로서, 방법은 적어도 하나의 샘플 적용 단계를 포함하고, 여기서 체액의 샘플이 적어도 하나의 테스트 엘리먼트에 적용된다.

[0262] 실시형태 23: 4 개의 선행하는 실시형태들 중 어느 하나의 실시형태에 따른 방법으로서, 제 2 여기 전압 신호는 적어도 하나의 다주파수 교류 (AC) 전압 및 적어도 하나의 직류 (DC) 프로파일을 포함한다.

[0263] 실시형태 24: 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 분석적 디바이스로서, 분석적 디바이스

는 적어도 하나의 여기 전압 신호를 생성하도록 적응된 적어도 하나의 신호 생성기 디바이스를 포함하고, 신호 생성기 디바이스는 적어도 2 개의 측정 전극들에 여기 전압 신호를 인가하도록 적응되고, 분석적 디바이스는 적어도 하나의 응답 신호를 수신하도록 적응된 적어도 하나의 측정 유닛을 포함하고, 분석적 디바이스는 적어도 하나의 평가 디바이스를 포함하고, 평가 디바이스는 응답 신호로부터 신호 플랭크를 결정하고 신호 플랭크의 형상 및 높이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분을 결정하도록 적응되고, 평가 디바이스는 옴성 신호 부분으로부터 등가 직렬 저항에 대한 적어도 하나의 정보를 생성하도록 적응된다.

[0264] 실시형태 25: 선행하는 실시형태에 따른 분석적 디바이스로서, 분석적 디바이스는 적어도 하나의 기준 저항을 포함한다.

[0265] 실시형태 26: 2 개의 선행하는 실시형태 중 어느 하나의 실시형태에 따른 분석적 디바이스로서, 분석적 디바이스는 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 여기 전압을 조정하도록 적응된 적어도 하나의 제어 디바이스를 더 포함한다.

[0266] 실시형태 27: 선행하는 실시형태에 따른 분석적 디바이스로서, 평가 디바이스는 적어도 하나의 테스트 엘리먼트의 적어도 하나의 전기화학 셀을 통한 전압 강하를 계산하도록 적응된다.

[0267] 실시형태 28: 선행하는 실시형태에 따른 분석적 디바이스로서, 제어 디바이스는 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 여기 전압의 진폭을 조정하도록 적응된다.

[0268] 실시형태 29: 선행하는 실시형태에 따른 분석적 디바이스로서, 신호 생성기 디바이스는 측정 전극들에 조정된 여기 전압 신호를 인가하도록 적응된다.

[0269] 실시형태 30: 분석적 디바이스를 언급하는 선행하는 실시형태들 중 어느 하나의 실시형태에 따른 분석적 디바이스로서, 평가 디바이스는 여기 전압 신호에 응답하여 측정 전극들에 의해 생성된 전류 응답을 결정하고 전류 응답으로부터 적어도 하나의 복소 임피던스 정보를 평가하도록 적응된다.

[0270] 실시형태 31: 선행하는 실시형태에 따른 분석적 디바이스로서, 평가 디바이스는 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 복소 임피던스 정보를 보정하도록 적응된다.

[0271] 실시형태 32: 분석적 디바이스를 언급하는 선행하는 실시형태들 중 어느 하나의 실시형태에 따른 분석적 디바이스로서, 분석적 디바이스는 적어도 2 개의 동작 모드들에서 동작하도록 적응되고, 제 1 동작 모드에서, 분석적 디바이스는 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하도록 적응되고 제 2 동작 모드에서, 분석적 디바이스는 분석물 농도를 측정하도록 적응된다.

[0272] 실시형태 33: 선행하는 실시형태에 따른 분석적 디바이스로서, 분석적 디바이스는 동작 모드들 사이에서 스위칭하도록 적응된다.

[0273] 실시형태 34: 분석적 디바이스를 언급하는 선행하는 실시형태들 중 어느 하나의 실시형태에 따른 분석적 디바이스로서, 신호 생성기 디바이스는 적어도 하나의 테스트 엘리먼트의 적어도 2 개의 측정 전극들에 여기 전압 신호를 인가하도록 적응된다.

[0274] 실시형태 35: 분석적 디바이스를 언급하는 선행하는 실시형태들 중 어느 하나의 실시형태에 따른 분석적 디바이스로서, 신호 생성기 디바이스는 적어도 하나의 구형파 신호 및/또는 적어도 하나의 사인파 신호를 생성하도록 적응된다.

[0275] 실시형태 36: 분석적 디바이스를 언급하는 선행하는 실시형태들 중 어느 하나의 실시형태에 따른 분석적 디바이스로서, 평가 디바이스는 적어도 하나의 미리결정된 관계를 사용하는 것에 의해 복소 임피던스 정보로부터 분석물의 농도를 결정하도록 적응된다.

[0276] 실시형태 37: 분석적 디바이스를 언급하는 선행하는 실시형태들 중 어느 하나의 실시형태에 따른 분석적 디바이스로서, 분석적 디바이스는 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 방법을 언급하는 선행하는 실시형태들 중 어느 실시형태에 따른 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 방법을 수행하도록 적응된다.

[0277] 실시형태 38: 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 테스트 엘리먼트 분석 시스템으로서,

[0278] - 분석적 디바이스를 언급하는 선행하는 실시형태들 중 어느 실시형태에 따른 적어도 하나의 분석적 디바이스;

[0279] - 분석물에 대한 특성인 적어도 하나의 변경을 수행 가능한 적어도 하나의 측정 구역을 갖는 적어도 하나의 테

스트 엘리먼트로서, 테스트 엘리먼트는 적어도 2 개의 측정 전극들을 포함하고, 측정 전극들은 비구조화된 전극들인, 상기 적어도 하나의 테스트 엘리먼트를 포함한다.

[0280] 실시형태 39: 선행하는 실시형태에 따른 테스트 엘리먼트 분석 시스템으로서, 테스트 엘리먼트는 전도성 지지체들 및/또는 전도성 경로들과 같은 전도성 영역들을 포함하고, 전도성 영역들 중 적어도 하나는 얇은 층을 포함하고, 얇은 층은 50 nm 이하의 층 두께를 갖는다.

[0281] 실시형태 40: 선행하는 실시형태에 따른 테스트 엘리먼트 분석 시스템으로서, 얇은 층은: 탄소; 금으로 구성된 그룹으로부터 선택된 재료를 포함한다.

[0282] 실시형태 41: 테스트 엘리먼트 분석 시스템을 언급하는 선행하는 실시형태들 중 어느 하나의 실시형태에 따른 테스트 엘리먼트 분석 시스템으로서, 측정 전극들은 대면 (face-to-face) 전극들로서 설계된다.

[0283] 실시형태 42: 테스트 엘리먼트 분석 시스템을 언급하는 선행하는 실시형태들 중 어느 하나의 실시형태에 따른 테스트 엘리먼트 분석 시스템으로서, 테스트 엘리먼트는 테스트 스트립이다.

[0284] 실시형태 43: 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법을 언급하는 선행하는 실시형태들 중 어느 하나의 실시형태에 따른 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법의 페일 세이프를 위한 사용.

[0285] 실시형태 44: 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법으로서, 방법은 다음의 단계들:

[0286] - 적어도 하나의 여기 전압 신호 (U_{target}) 를 생성하고 여기 전압을 기준 저항 (R_{ref}) 과 직렬의 적어도 2 개의 측정 전극들에 인가하는 단계;

[0287] - 응답 신호를 측정하는 단계;

[0288] - 응답 신호로부터 신호 플랭크를 결정하고 신호 플랭크의 형상 및 높이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분 ($U_{measured}$) 을 결정하는 단계;

[0289] - 관계식 $ESR = \frac{U_{measured} * R_{ref}}{U_{target} - U_{measured}}$ 에 따라 옴성 신호 부분으로부터 등가 직렬 저항 (ESR) 에 대한 정보를 결정하는 단계를 포함한다.

[0290] 실시형태 45: 실시형태 44 에 따른 방법으로서, 여기 전압 신호는 구형파 신호 또는 사인파 신호를 포함한다.

[0291] 실시형태 46: 실시형태 44 또는 실시형태 45 에 따른 방법으로서, 여기 전압 신호는 펄스와 같은 비연속적인 신호를 포함한다.

[0292] 실시형태 47: 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 방법으로서, 방법은 실시형태 44 내지 실시형태 46 중 어느 하나의 실시형태에 따른 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법을 포함하고, 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법은,

[0293] - 적어도 하나의 여기 전압 신호를 생성하고 여기 전압을 적어도 2 개의 측정 전극들에 인가하는 단계;

[0294] - 응답 신호를 측정하는 단계;

[0295] - 응답 신호로부터 신호 플랭크를 결정하고 신호 플랭크의 형상 및 높이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분을 결정하는 단계;

[0296] - 옴성 신호 부분으로부터 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하는 단계를 포함하고;

[0297] 방법은 적어도 하나의 분석물 측정 단계를 포함하고, 여기서 적어도 하나의 전류 응답이 측정되고 적어도 하나의 복소 임피던스 정보가 전류 응답으로부터 결정되고,

[0298] 방법은 적어도 하나의 보정 단계를 포함하고, 여기서 복소 임피던스 정보가 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 보정된다.

[0299] 실시형태 48: 적어도 하나의 측정 회로를 통한 전압 강하를 보상하기 위한 방법으로서, 방법은 실시형태 44 내지 실시형태 46 중 어느 하나의 실시형태에 따른 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법을 포함하고, 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법은,

[0300] - 적어도 하나의 여기 전압 신호를 생성하고 여기 전압을 적어도 2 개의 측정 전극들에 인가하는 단계;

[0301] - 응답 신호를 측정하는 단계;

[0302] - 응답 신호로부터 신호 플랭크를 결정하고 신호 플랭크의 형상 및 높이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분을 결정하는 단계;

[0303] - 옴성 신호 부분으로부터 등가 직렬 저항에 대한 적어도 하나의 정보를 결정하는 단계를 포함하고;

[0304] 방법은 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 여기 전압 신호를 조정하는 단계를 포함한다.

[0305] 실시형태 49: 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 방법으로서, 방법은 실시형태 48 에 따른 적어도 하나의 측정 회로를 통한 전압 강하를 보상하기 위한 방법을 포함하고, 보상하기 위한 방법은 다음의 단계들:

[0306] - 적어도 하나의 여기 전압 신호를 생성하고 여기 전압을 적어도 2 개의 측정 전극들에 인가하는 단계;

[0307] - 응답 신호를 측정하는 단계;

[0308] - 제 1 전류 응답으로부터 신호 플랭크를 결정하고 신호 플랭크의 형상 및 높이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분을 결정하는 단계;

[0309] - 옴성 신호 부분으로부터 등가 직렬 저항에 대한 적어도 하나의 정보를 결정하는 단계;

[0310] - 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 여기 전압을 조정하는 단계를 포함하고;

[0311] 방법은 적어도 하나의 분석물 측정 단계를 포함하고, 여기서 조정된 여기 전압이 측정 전극들에 인가되고, 제 2 전류 응답이 측정되고, 적어도 하나의 복소 임피던스 정보가 제 2 전류 응답으로부터 측정된다.

[0312] 실시형태 50: 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 방법으로서, 방법은,

[0313] a) 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 적어도 하나의 단계로서,

[0314] a1) 적어도 하나의 제 1 여기 전압 신호를 생성하고 제 1 여기 전압을 적어도 2 개의 측정 전극들에 인가하는 단계;

[0315] a2) 응답 신호를 측정하는 단계;

[0316] a3) 응답 신호로부터 신호 플랭크를 결정하고 신호 플랭크의 형상 및 높이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분을 결정하는 단계;

[0317] a4) 옴성 신호 부분으로부터 등가 직렬 저항에 대한 적어도 하나의 정보를 결정하는 단계를 포함하는, 상기 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 적어도 하나의 단계;

[0318] b) 적어도 하나의 분석물 측정 단계로서,

[0319] b1) 적어도 하나의 제 2 여기 전압을 생성하고 제 2 여기 전압을 측정 전극에 인가하는 단계;

[0320] b2) 제 2 전류 응답을 측정하는 단계;

[0321] b3) 제 2 전류 응답으로부터 적어도 하나의 복소 임피던스 정보를 결정하는 단계를 포함하는, 상기 적어도 하나의 분석물 측정 단계;

[0322] c) 적어도 하나의 보정 단계로서,

[0323] - 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 제 2 여기 전압을 조정하는 단계;

[0324] - 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 복소 임피던스 정보 중 일방 또는 양방을 보정하는 단계 중 하나 이상을 포함하는, 상기 적어도 하나의 보정 단계를 포함한다.

[0325] 실시형태 51: 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 분석적 디바이스로서, 분석적 디바이스는 적어도 하나의 여기 전압 신호 (U_{target}) 를 생성하도록 적응된 적어도 하나의 신호 생성기 디바이스를 포함하고, 분석적 디바이스는 적어도 하나의 기준 저항 (R_{ref}) 을 포함하고, 신호 생성기 디바이스는 여기 전압 신호를 기준 저항 (R_{ref}) 과 직렬의 적어도 2 개의 측정 전극들에 인가하도록 적응되고, 분석적 디바이스는 적어도 하나의 응답 신호를 수신하도록 적응된 적어도 하나의 측정 유닛을 포함하고, 분석적 디바이스는 적어도 하나의 평가 디바이스를 포함하고, 평가 디바이스는 응답 신호로부터 신호 플랭크를 결정하고 신호 플랭크의 형상 및 높

이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분 ($U_{measured}$) 을 결정하도록 적응되고, 평가 디바이스는 관계식 $ESR = \frac{U_{measured} * R_{ref}}{U_{target} - U_{measured}}$ 에 따라 옴성 신호 부분으로부터 등가 직렬 저항 (ESR) 에 대한 적어도 하나의 정보를 생성하도록 적응된다.

[0326] 실시형태 52 : 실시형태 51 에 따른 분석적 디바이스로서, 분석적 디바이스는 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 여기 전압을 조정하도록 적응된 적어도 하나의 제어 디바이스를 더 포함한다.

[0327] 실시형태 53: 실시형태 51 또는 실시형태 52 중 어느 하나의 실시형태에 따른 분석적 디바이스로서, 분석적 디바이스는 적어도 2 개의 동작 모드들에서 동작하도록 적응되고, 제 1 동작 모드에서, 분석적 디바이스는 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하도록 적응되고 제 2 동작 모드에서, 분석적 디바이스는 분석물 농도를 측정하도록 적응된다.

[0328] 실시형태 54: 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위한 테스트 엘리먼트 분석 시스템으로서,

[0329] - 실시형태 51 내지 실시형태 53 중 어느 실시형태에 따른 적어도 하나의 분석적 디바이스;

[0330] - 분석물에 대한 특성인 적어도 하나의 변경을 수행 가능한 적어도 하나의 측정 구역을 갖는 적어도 하나의 테스트 엘리먼트로서, 테스트 엘리먼트는 적어도 2 개의 측정 전극들을 포함하는, 상기 적어도 하나의 테스트 엘리먼트를 포함한다.

[0331] 실시형태 55: 실시형태 54 에 따른 테스트 엘리먼트 분석 시스템으로서, 테스트 엘리먼트는 테스트 스트립이다.

[0332] 실시형태 56: 실시형태 44 내지 실시형태 46 중 어느 하나의 실시형태에 따른 등가 직렬 저항에 대한 정보를 결정하기 위한 방법의 페일 세이프를 위한 사용.

도면의 간단한 설명

[0333] 본 발명의 추가의 선택적 특징들 및 실시형태들은 선호된 실시형태들의 후속 설명에서, 바람직하게는 종속 청구항들과 함께, 더 상세히 개시될 것이다. 여기서, 개별의 선택적 특징들은 당업자가 인식할 바와 같이, 격리된 방식으로 뿐만 아니라 어떠한 임의의 가능한 조합으로 실현될 수도 있다. 본 발명의 범위는 선호된 실시형태들에 의해 제한되지 않는다. 실시형태들은 도면들에서 개략적으로 도시된다. 여기서, 이들 도면들에서 동일한 참조 부호들은 동일한 또는 기능적으로 비슷한 엘리먼트들을 지칭한다.

도면들에서:

도 1a 내지 도 1d 는 나이퀴스트 플롯에서의 등가 직렬 저항 (도 1a), 테스트 엘리먼트의 축소된 등가 회로 (도 1b) 및 테스트 엘리먼트의 보다 상세한 등가 회로 (도 1c); 테스트 엘리먼트에서의 도 1c 에 도시된 등가 회로의 컴포넌트들의 시각화 (도 1d) 를 도시한다;

도 2a 및 도 2b 는 분해도의 및 조립된 본 발명에 따른 테스트 엘리먼트의 실시형태를 도시한다;

도 3 은 본 발명에 따른 테스트 엘리먼트 분석 시스템의 예시적인 실시형태를 도시한다; 그리고

도 4a 및 도 4b 는 응답 신호의 시간 전개 및 일반적인 등가 회로를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0334] 도 1a 는 개략적 나이퀴스트 플롯, 특히 복소 임피던스의 허수부 Im(z) 대 복소 임피던스의 실수부 Re(z) 를 도시한다. 나이퀴스트 플롯은 옴성의, 등가 직렬 저항 (ESR) 으로 인한 실수부 및 전하 이동 저항 (CTR) 으로 인한 허수부를 도시한다. 복소 임피던스는 적어도 하나의 다주파수 교류 (AC) 전압 및 적어도 하나의 직류 (DC) 프로파일을 포함하는 여기 전압 신호로부터 발생할 수도 있다. 나이퀴스트 플롯에는 AC 측정에 대응하는 반원 부분이 도시된다. 더욱이, 분석물의 확산 제어된 DC 측정에 대응하는 45° 부분이 도시된다. AC 전압의 고 주파수들은 반원 부분의 저 Re(z) 에 존재할 수도 있는 반면, AC 전압의 저 주파수들은 DC 측정과 반응할 수도 있다. AC 전압의 고 주파수들은 Re(z) 의 결정을 허용할 수도 있다. AC 전압의 저 주파수들은 고 레졸루션으로 신뢰가능한 AC 측정을 보장할 수도 있다.

[0335] 도 1b 는 등가 직렬 저항과 직렬의 전기화학 셀 (128) 로서 근사화된 테스트 엘리먼트 (110) 의 축소된 등가 회로를 도시하고, 여기서 R_0 은 등가 직렬 저항이고, R_1 은 전해질 저항이고 C_2 및 C_3 은 이중 층 커패시턴스를 설

명한다. 등가 직렬 저항의 존재는 ESR 에서 관측가능한 전압 강하를 초래할 수도 있다. 전압 강하는 적어도 하나의 분석물의 농도의 결정에 영향을 미칠 수도 있고 구체적으로는 잘못된 측정 결과들을 초래할 수도 있다. R_2 및 R_3, 특히 R_3 과 직렬의 R_2 는 전하 이동 저항을 설명한다. 더욱이, 도 1b 에서, R_3 은, 45° 의 정위상, 주파수에 독립적인 위상을 갖고 제곱근에 반비례하는 크기를 가진 정위상 엘리먼트인 Warburg 확산 엘리먼트 (W) 와 직렬이다

$$W = \frac{A_W}{\sqrt{\omega}} + \frac{A_W}{i\sqrt{\omega}};$$

$$|W| = \sqrt{2}\frac{A_W}{\sqrt{\omega}};$$

$$A_W = \frac{RT}{An^2F^2\sqrt{2}}\left(\frac{1}{D_O^{1/2}C_O^b} + \frac{1}{D_R^{1/2}C_R^b}\right) = \frac{RT}{An^2F^2\Theta C\sqrt{2}},$$

[0336]

[0337] 여기서 A_w 는 Warburg 계수이고, R 은 이상적인 기체 상수이고, T 는 열역학 온도이고, F 는 Faraday 상수이고, n 은 원자가이고, D 는 종들의 확산 계수이고, 아래첨자들 O 및 R 은 각각 산화된 및 환원된 종들을 의미하고, Cb 는 벌크에서의 O 및 R 종들의 농도이고, C 는 전해질의 농도이고, A 는 표면적을 나타내고 Q 는 존재하는 R 및 O 종들의 비율을 나타낸다.

[0338] 도 1c 에서는, 테스트 엘리먼트 분석 시스템 (112) 의 테스트 엘리먼트 (110) 의 보다 상세한 등가 회로를 도시한다. 도 1d 는 테스트 엘리먼트 (110) 에서의 도 1c 에 도시된 등가 회로의 컴포넌트들의 시각화를 도시한다. 도 1d 에 도시된 바와 같이, 테스트 엘리먼트 (110) 는 적어도 2 개의 측정 전극들 (116) 을 포함한다. 테스트 엘리먼트 (110) 는 분석물에 대한 특성인 적어도 하나의 변경을 수행 가능한 적어도 하나의 측정 구역 (114) 을 갖는다. 측정 전극들 (116) 은 비구조화된 전극들일 수도 있다. 측정 전극들 (116) 중 하나는 작업 전극 (118) 으로서 구현될 수도 있고 다른 측정 전극은 카운터 전극 (120) 으로서 구현될 수도 있다. 전해질, 예를 들어, 체액의 샘플과 접촉하는 측정 전극들 (116) 은 전기화학 셀 (128) 을 형성할 수도 있다. 상기 약술한 바와 같이, 측정 전극들 (116) 의 층들은 전극들의 각각에 대한 그리고 전기화학 셀 (128) 에서의 전해질에 대한 등가 직렬 저항 (ESR) 으로서 도 1c 및 도 1d 의 등가 회로에 나타낸 상승하는 회로 경로 저항률을 보인다. 양자의 측정 전극들 (116) 에 대한 전하 이동 저항 (CTW) 및 Warburg 확산 엘리먼트 (W) 는 이중 층 커패시턴스 (C_{DL}) 와 병렬로 도시된다. 더욱이, 도 1d 에는 개략적으로, 전류 흐름 (i) 및 회로 경로 전압 (U_{CP}) 에 대한 전압의 방향을 야기하는 여기 전압 (U_e) 의, 카운터 전극 (U_{CE}) 에의, 작업 전극 (U_{WE}) 에의 그리고 결과의 전압 (U_{sense}) 의 측정 클램프들에의 인가가 도시된다.

[0339] 도 2a 에 도시된 바와 같이, 측정 전극들 (116) 은 대면 전극들로서 설계될 수도 있다. 측정 전극들 (116) 은 예를 들어, 약 20 nm 의 두께를 갖는 스퍼터링된 금 층을 포함할 수도 있다. 도 2a 는 또한, 샌드위치 테스트 엘리먼트의 실시형태를 도시하며, 여기서 측정 전극들 (116) 은 테스트 엘리먼트 (110) 의 층 셋업 시 서로의 위에 배열된다. 테스트 엘리먼트 (110) 는 적어도 하나의 스페이서 층 (130), 예를 들어, 적어도 하나의 접착성 스페이서 호일, 및/또는 적어도 하나의 시약 층 (132) 및/또는 적어도 하나의 캐리어 층 (134), 예를 들어, 펑처링된 PET 호일과 같은 부가 층들을 포함한다. 도 2a 및 도 2b 의 실시형태에서, 테스트 엘리먼트 (110) 는 2 개의 시약 층들 (132) 을 포함하고, 여기서 시약 층들 중 하나는 효소가 없는 슬롯 다이 코팅된 시약을 포함하고 다른 하나는 효소를 가진 슬롯 다이 코팅된 시약을 포함한다. 도 2b 는 조립된 테스트 엘리먼트 (110) 를 도시한다. 측정 전극들 (116) 은 테스트 엘리먼트 (110) 를 추가의 디바이스와 접촉시키기 위한 복수의 전기 콘택들 (122) 을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 테스트 엘리먼트 (110) 는 적어도 하나의 분석적 디바이스 (124) 에 연결될 수도 있다. 테스트 엘리먼트 (110) 는 예를 들어 프론트 도즈 포지션 (125) 및/또는 사이드 도즈 포지션들 (126) 을 사용하는 것에 의해, 체액의 샘플을 수용하도록 적응될 수도 있다. 테스트 엘리먼트 (110) 는 체액의 샘플을 수용 및/또는 저장하도록 적응된 적어도 하나의 모세관 엘리먼트 (127) 를 포함할 수도 있다.

[0340] 분석적 디바이스 (124) 는, 예를 들어 도 3 에 도시된 바와 같이, 적어도 하나의 여기 전압 신호를 생성하도록 적응된 적어도 하나의 신호 생성기 디바이스 (136) 를 포함한다. 신호 생성기 디바이스 (136) 는 예를 들어, 전기 콘택들 (122) 을 통해, 적어도 2 개의 측정 전극들 (116) 에 여기 전압 신호를 인가하도록 적응된다. 여기 전압 신호는 적어도 하나의 테스트 시퀀스, 예를 들어 시간 시퀀스 동안 인가될 수도 있다.

여기 전압 신호는 ESR 을 결정하기 위해 사용될 수 있고 ESR 을 결정하기에 적합한 제 1 여기 전압을 포함할 수도 있다. 여기 전압 신호, 구체적으로 제 1 여기 전압은 구형파 신호 및/또는 사인파 신호를 포함할 수도 있다. 예를 들어, 제 1 여기 전압 신호는 사인파 신호일 수도 있고, 여기서 여기 전압 신호의 주파수는 20 kHz 내지 300 kHz 일 수도 있다. 여기 전압 신호는 펄스와 같은 비연속적인 신호를 포함할 수도 있다. 신호 생성기 디바이스 (136) 는 적어도 하나의 전압 소스를 포함할 수도 있다. 신호 생성기 디바이스 (136) 는 적어도 하나의 구형파 생성기 및 적어도 하나의 사인파 생성기로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 함수 생성기를 포함할 수도 있다.

[0341] 테스트 엘리먼트 (110) 의 전기화학 셀 (128) 은 전해질 저항, 전하 이동 저항, 및 예를 들어 대면 전극들 또는 대향 전극들을 갖는 샌드위치 테스트 스트립의 경우에, 이중 층 커패시턴스를 포함하는 등가 회로에 의해 근사화될 수 있다. 측정 전극들 (116) 및/또는 다른 전도성 엘리먼트들, 이를 테면 전도성 경로들 (126) 은 오직 커패시턴스 및 저항을 가진 이상적인 컴포넌트들이 아닐 수도 있다. 그러나, 대략적으로, 전기화학 셀 (128) 은 도 1b 에 도시된 바와 같이, 등가 직렬 저항과 직렬의 이상적인 커패시터들 및 저항기들로 간주될 수 있다.

[0342] 도 1b 의 등가 회로를 사용하는 것에 의해, 테스트 엘리먼트 (110) 의 임피던스 (Z) 는 다음에 의해 결정될 수 있으며

[0343] $$Z = R_0 + R_1 + \frac{R_3+R_2(1+i\omega R_3)}{1+i\omega C_3R_3+i\omega C_2[R_3+R_2(1+i\omega C_3R_3)]},$$

[0344] 여기서 R_0 은 등가 직렬 저항이고, R_1 은 전해질 저항이고 C_2 및 C_3 은 이중 층 커패시턴스를 설명한다. R_2 및 R_3, 특히 R_3 과 직렬의 R_2 는, 전하 이동 저항을 설명하고; 여기서 i 는 허수이고 $i\omega=2\pi f$ 이다. 임피던스는 실수부 Re(Z) 및 허수부 -Im (Z), Z = Re(Z) - Im(Z) 에 의해 설명될 수 있으며, 여기서

[0345] $$Re(Z) = R_0 + R_1 + \frac{ad+\omega^2be}{a^2+(\omega b)^2}$$ 및

[0346] $$Im(Z) = i\omega\frac{ae-bd}{a^2+(\omega b)^2},$$

[0347] 여기서 $a = 1 - \omega^2C_2R_2C_3R_3$, $b = C_3R_3 + C_2R_2 + C_2R_3$, $d = R_3 + R_2$, $e = C_3R_3R_2$ 이다. 따라서, ESR 은 임피던스 (Z) 의 실수부를 사용하여 결정될 수 있다. 더욱이, 허수부는 주파수에 강하게 의존할 수도 있는 반면, 실수부는 주파수로부터 독립적일 수도 있다.

[0348] 도 3 은 테스트 엘리먼트 분석 시스템 (112) 의 예시적인 실시형태의 블록 다이어그램을 매우 개략적인 방식으로 도시한다. 테스트 엘리먼트 분석 시스템 (112) 은 적어도 하나의 테스트 엘리먼트 (110) 및 분석적 디바이스 (124) 를 포함한다. 분석적 디바이스 (124) 는 체액에서의 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위해 적응된다. 도 3 의 실시형태에서, 분석적 디바이스 (124) 는 아날로그 프론트 엔드 정전위기로서 구현된다. 분석적 디바이스 (124) 는 ESR 을 결정하고 테스트 엘리먼트를 특성화하기 위해 사용된 이득 조절에 적응될 수도 있다. 정전위기는 실시간으로 ESR 을 결정하고 그에 따라 전압 강하를 통해 영향을 받지 않는 타겟 전압을 유지하도록 여기 전압 신호를 보상하도록 적응될 수도 있다. 분석적 디바이스 (124) 는 전기화학 측정으로서 또한 나타내는 적어도 하나의 분석물의 농도의 결정과 동시에 ESR 의 결정을 실행하는 페루프 시스템을 포함할 수도 있다.

[0349] 분석적 디바이스 (124) 는 적어도 하나의 여기 전압 신호를 생성하도록 적응된 적어도 하나의 신호 생성기 디바이스 (136) 를 포함한다. 신호 생성기 디바이스 (136) 는, 특히 전기 콘택들 (122) 을 통해, 적어도 2 개의 측정 전극들 (116) 에 여기 전압 신호를 인가하도록 적응된다. 여기 전압은 기준 저항 (R_{ref}) 과 직렬의 측정 전극들 (116) 에 인가된다. R_{ref} 는 미리결정된 기준 저항과 같은 알려진 기준 저항일 수도 있다. 기준 저항은 복수의 기준 측정들로부터 결정된, 구체적으로 미리결정된 평균 값일 수도 있다. 예를 들어, 기준 저항은 복수의 기준 측정들로부터 결정된 평균 Hct 값에 대응할 수도 있다. 옴성 신호 부분과 같은 측정될 값을 결정하기에 적합한 기준 저항이 선택될 수도 있다. 이 실시형태에서, 신호 생성기 디바이스 (136) 는 적어도 하나의 함수 생성기, 예를 들어, 적어도 하나의 구형파 생성기를 포함할 수도 있다. 제 1 여기

전압 신호는 화살표 (142) 로 심볼로 나타낸 구형파 신호를 포함할 수도 있다. 여기 전압 신호는 미리알려진 전압 값을 갖는 것과 같은 미리알려진 신호일 수도 있거나, 또는 이를 테면 신호 생성기 디바이스 (136) 와 기준 저항기 (R_{ref}) 사이에 그리고 직렬로 배치될 수도 있는 적어도 하나의 아날로그-디지털-컨버터를 사용하는 것에 의해 결정될 수도 있다.

[0350] 여기 전압 신호는 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위해 구성될 수도 있다. 여기 전압 신호는 복소 임피던스 정보를 결정하기 위한 적어도 하나의 측정 사인파 신호를 포함할 수도 있다. 여기 전압 신호는 적어도 하나의 다주파수 교류 (AC) 전압 및 적어도 하나의 직류 (DC) 프로파일을 포함할 수도 있다. 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위해 구성된 여기 전압 신호는 제 2 여기 전압 신호로서 또한 나타낼 수도 있다. 제 1 및 제 2 여기 전압 신호들은 측정 전극들에 동시에 또는 비동시에 인가될 수도 있다. 제 1 여기 전압 신호는 분석물의 농도의 결정을 방해하지 않도록 선택될 수도 있다. 제 2 여기 전압 신호는 ESR 의 결정을 방해하지 않도록 선택될 수도 있다.

[0351] 여기 전압 신호는 적어도 하나의 분석물의 농도를 결정하기 위해 사용되고 그 결정에 적합한 제 2 여기 전압 신호를 포함할 수도 있다. 여기 전압 신호는 복소 임피던스 정보를 결정하기 위한 적어도 하나의 측정 사인파 신호를 포함할 수도 있다. 여기 전압 신호는 적어도 하나의 다주파수 교류 (AC) 전압 및 적어도 하나의 직류 (DC) 프로파일을 포함할 수도 있다. 제 1 및 제 2 여기 전압 신호들은 측정 전극들에 동시에 또는 비동시에 인가될 수도 있다. 제 1 여기 전압 신호는 분석물의 농도의 결정을 방해하지 않도록 선택될 수도 있다. 제 2 여기 전압 신호는 ESR 의 결정을 방해하지 않도록 선택될 수도 있다.

[0352] 신호 생성기 디바이스 (136) 는 적어도 하나의 아날로그 드라이버 (144) 및 적어도 하나의 디지털-아날로그 (DAC) 파 생성기 (146) 를 포함할 수도 있다. 아날로그 드라이버 (144) 는 AC 및 DC 신호들의 진폭들을 DAC 파 생성기 (146) 에 의해 결정된 세팅으로 설정하도록 적응될 수도 있다. 분석적 디바이스 (124) 는 제 1 여기 전압 신호를 생성하도록 적응된, 보충적 구형파 생성기 (148), 예를 들어, 100 kHz 구형파 생성기를 포함할 수도 있다. 구형파 생성기 (148) 는 제 1 여기 전압 신호를 핸들링하고 및/또는 ESR 을 결정하고 및/또는 PID (비례-적분-미분 (proportional-integral-derivative)) 레귤레이터 파라미터들을 결정하고 및/또는 연산 증폭기 (150) 와 아날로그 드라이버 (144) 사이에 발생하는 "타겟 및 실제 (Target and Actual)" 비교를 위한 이득 세팅을 결정하도록 적응된 예를 들어 적어도 하나의 마이크로프로세서와 같은 평가 디바이스 (154) 의 일부일 수도 있다. 평가 디바이스 (154) 는 PID 조절을 위해 적응될 수도 있다. 평가 디바이스 (154) 는 적어도 하나의 PID 제어기를 포함할 수도 있다. PID 조절은 진폭 조절을 안정화하기 위해 사용될 수 있다. PID 조절은 페루프 조절을 안정화하는데 사용될 수 있다. PIR 조절은 제어 루프 피드백 메커니즘일 수도 있다. PID 제어기는 특히 연속적으로, 적어도 하나의 에러 값을 결정하도록 적응될 수도 있다. 예를 들어, 에러 값은 미리결정된 및/또는 미리정의된 세트포인트와 결정된 프로세스 변수 사이의 차이일 수도 있다. PID 제어기는 비례, 적분, 및 미분 항들에 기초하여 적어도 하나의 보정을 적용하도록 적응될 수도 있다. 평가 디바이스 (154) 는 결정된 ESR 값을 고려하여 위상 및 어드미턴스 계산들을 보정하도록 적응될 수도 있다. 그렇지 않으면 ESR 의 전압 강하는 신호 경로들의 고 저항 값들로 인한 큰 계산 에러를 야기할 것이다. 평가 디바이스는 측정 동안 필요한 이득 값들을 저장할 수도 있다. 이들 이득 값들은 또한 알고리즘에 의해 사용될 수 있다.

[0353] 제 2 여기 전압 신호의 AC 신호들은 10 mV RMS 에서 약 1 kHz 내지 20 kHz 일 수도 있다. 제 1 여기 전압 신호는 약 100 kHz 의 주파수를 가질 수도 있다. 대안적으로, 약 5 ns 의 근 (near) DC 고속 트랜지언트가 사용될 수도 있다. ESR 을 결정하기 위해 사용된 적어도 하나의 주파수는 분석물의 농도의 결정에 사용된 주파수들에 영향을 미치거나 또는 영향을 주지 않도록 선택될 수도 있다. 예를 들어, 매우 작은 진폭들이 간섭을 감소시키는데 사용될 수도 있다. 예를 들어, 분석적 디바이스 (124) 는 배경 잡음에서 ESR 주파수를 "빼내기" 위해 ESR 을 결정하기 위한 주파수로 선택된 적어도 하나의 로크 인 증폭기를 포함할 수도 있다. ESR 에 대해 보정하기 위한 신호 증폭 조정의 사용을 통하여, 분석물의 농도를 결정하는데 사용되는 주파수들의 신호 대 잡음비의 개선이 관측가능할 수도 있다. 구체적으로, ESR 은 신호 대 잡음비를 향상시키는데 사용될 수도 있다. ESR 은 신호 대 잡음비를 향상시키는 AC 신호에 대한 감소에 사용될 수도 있다. 약한 신호들은 측정의 이중 층 용량이 오버로드 및 가능한 신호 오버톤들을 야기하는 비선형 영역 안으로 측정된 신호를 밀도록 큰 신호들에 있어서 증폭 및/또는 억제될 수도 있다. ESR 은 측정 시스템이 큰 저항을 나타내고 신호를 약해지게 할 때 AC 신호를 증폭하는데 사용될 수도 있다. 진폭은 그 후 증폭될 수 있다. 더 낮은 저항을 갖고 AC 신호가 너무 큰 시스템들의 경우, ESR 측정은 AC 의 이득 또는 진폭을 감소시킬 수 있다.

[0354] 분석적 디바이스 (124) 는 제 1 여기 전압 신호에 응답하여 생성될 수도 있는 적어도 하나의 응답 신호를 수신하도록 적응된 적어도 하나의 측정 유닛 (152) 을 포함한다. 분석적 디바이스 (124) 는 적어도 하나의 평가 디바이스 (154) 를 포함한다. 평가 디바이스 (154) 는 응답 신호로부터 신호 플랭크를 결정하고 신호 플랭크의 형상 및 높이 중 일방 또는 양방으로부터 옴성 신호 부분을 결정하도록 적응된다. 평가 디바이스 (154) 는 옴성 신호 부분으로부터 등가 직렬 저항에 대한 적어도 하나의 정보를 생성하도록 적응된다. 분석적 디바이스 (124) 는 신호 플랭크를 트리거링 및/또는 샘플링하고 및/또는 전압 강하를 측정하도록 적응된 적어도 하나의 고속 병렬 아날로그-디지털 컨버터 (156) 를 포함할 수도 있다. 고속 병렬 아날로그-디지털 컨버터 (156) 는 높은 레졸루션으로, 용량성 전하로부터 결과의 수직 고속 플랭크를 분리하도록 구성될 수도 있다. 분리는 구별 및 측정될 수도 있다.

[0355] 측정 유닛 (152) 은 전류 응답을 측정하도록 적응될 수도 있다. 평가 디바이스 (154) 는 전류 응답으로부터 적어도 하나의 복소 임피던스 정보를 결정하도록 적응될 수도 있다. 전류 응답은 상이한 측정 시간 포인트들에서 측정될 수도 있다. 전류 응답은 연속적으로 또는 선택가능한 및/또는 조정가능한 측정 시간 포인트들에서 측정될 수도 있다. 시간에 걸친 전류 응답은 선택가능한 및/또는 조정가능한 시간 단위들을 사용하여 측정될 수도 있다. 예를 들어, 전류 응답은 10 분의 1 초마다 또는 심지어 더 자주 측정될 수도 있다. 전류 응답은 다수의 신호들을 포함할 수도 있다. 전류 응답은 AC 및 DC 응답을 포함할 수도 있다. 평가 디바이스 (154) 는 각각의 주파수에 대한 AC 전류 응답 및 DC 전류 응답을 평가하도록 적응될 수도 있다. 각각의 주파수에 대해, 적어도 하나의 복소 임피던스 정보가 평가 디바이스 (154) 에 의해 AC 전류 응답으로부터 평가될 수도 있다. 평가 디바이스는 적어도 하나의 신호로부터, 체액에서의 분석물의 존재 및/또는 농도 또는 체액의 파라미터에 관한 적어도 하나의 정보 아이템을 도출하도록 구성될 수도 있다. 평가 디바이스 (154) 는 응답을 평가하도록 구성될 수도 있다. 일 예로서, 평가 디바이스 (154) 는, 하나 이상의 주문형 집적 회로들 (ASIC들) 과 같은 하나 이상의 집적 회로들, 및/또는 하나 이상의 컴퓨터들, 바람직하게는 하나 이상의 마이크로컴퓨터들 및/또는 마이크로제어기들과 같은 하나 이상의 데이터 프로세싱 디바이스들일 수도 있거나 또는 이들을 포함할 수도 있다. 하나 이상의 컨버터들 및/또는 하나 이상의 필터들과 같은, 전극 신호들의 수신 및/또는 프리프로세싱을 위한 하나 이상의 디바이스들과 같은, 하나 이상의 프리프로세싱 디바이스들 및/또는 데이터 수집 디바이스들과 같은 추가적인 컴포넌트들이 포함될 수도 있다. 또한, 평가 디바이스 (154) 는 하나 이상의 데이터 저장 디바이스들을 포함할 수도 있다. 또한, 상기 약술한 바와 같이, 평가 디바이스 (154) 는 하나 이상의 무선 인터페이스들 및/또는 하나 이상의 유선-결합 인터페이스들과 같은 하나 이상의 인터페이스들을 포함할 수도 있다. 평가 디바이스 (154) 는 혈당 미터, 예를 들어, 테스트 스트립 기반 미터, 인슐린 펌프, 마이크로프로세서, 셀룰러 폰, 스마트 폰, 개인 디지털 보조기, 개인 컴퓨터, 또는 컴퓨터 서버를 포함할 수도 있다.

[0356] 평가 디바이스 (154) 는 전류 응답을 AC 전류 응답 및 대응하는 DC 전류 응답의 각각의 주파수에 대해 위상 정보 및 임피던스, 즉, 허수 및 실수 성분들, 정보로 분할 및/또는 분리하도록 적응될 수도 있다. 평가 디바이스 (154) 는 각각의 주파수에 대해, AC 전류 응답으로부터 어드미턴스의 적어도 하나의 실수 및 허수부를 평가하도록 적응될 수도 있다. 평가 디바이스 (154) 는 각각의 주파수에 대해, AC 전류 응답으로부터 어드미턴스의 적어도 하나의 실수 및 허수부를 평가하도록 적응될 수도 있다. AC 전류 응답 및 DC 전류 응답은 주파수 범위에 대해 분리될 수도 있다. 평가 디바이스 (154) 는 전류 응답의 부분을 미리결정된 주파수 범위에 대해 AC 로서 또는 DC 로서 분류하도록 적응될 수도 있다. 평가 디바이스 (154) 는, 전류 응답을 약 100 Hz 와 500 Hz 사이에서 AC 전류 응답 및 대응하는 DC 전류 응답으로 분리하도록 적응된, 적어도 하나의 전자 필터, 예를 들어, 양방향 아날로그 전자 필터를 포함할 수도 있다. 평가 디바이스 (154) 는 전류 응답을 느린 DC 전류 응답 및 빠르게 변하는 AC 전류 응답으로 분리하도록 적응될 수도 있다. 예를 들어, 평가 디바이스는 주파수에 따라 응답 신호들을 증폭하도록 적응된 적어도 하나의 트랜스임피던스 증폭기를 포함할 수도 있다. 후속하여, 응답 신호들은 크로스오버에 의해 분리될 수도 있다. 500 Hz 넘는, 특히 500 에서부터 20kHz 까지의 주파수 범위에서의 AC 전류 응답은 주기적으로 평가될 수도 있고 1 V/s 미만의 증가율을 갖는 DC 전류 응답은 시간 진행에 따라 평가된다. 100 Hz 미만에서 응답은 DC 전류 응답으로서 분류될 수도 있고, 500Hz 이상에서 응답은 AC 전류 응답으로서 분류될 수도 있다. 평가 디바이스 (154) 는 적어도 하나의 주파수 분석기를 포함할 수도 있다. 따라서, DC 전류 응답 및 AC 전류 응답은 동시에, 특히 하나의 응답으로서 결정될 수도 있다. 따라서, DC 전류 응답 및 AC 전류 응답은 오프셋 시간 및/또는 시간 지연 없이 결정 및/또는 측정될 수도 있다.

[0357] ESR 은 임피던스 또는 어드미턴스의 계산 및/또는 결정에서의 큰 에러 뿐만 아니라 위상 값의 계산 및/또는 결

정에서의 큰 에러에 기여할 수도 있다. 평가 디바이스 (154) 는 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 복소 임피던스 정보를 보정하도록 적응될 수도 있다. ESR 이 결정된 경우에, 계산으로부터 ESR 을 제거하고 정확히 위상 및 임피던스 값들을 결정하는 것이 가능할 수도 있다.

[0358] 평가 디바이스 (154) 는, 적어도 하나의 미리결정된 관계를 사용하는 것에 의해 DC 전류 응답으로부터 그리고 복소 임피던스 정보로부터 분석물의 농도를 결정하도록 적응될 수도 있다. 분석물의 농도는 평가 디바이스 (154) 에 의해, 예를 들어, 평가 디바이스 (154) 의 적어도 하나의 컴퓨팅 디바이스에 의해 결정될 수도 있다. 관계는 경험적으로, 분석적으로 또는 그렇지 않으면 반경험적으로 결정되거나 또는 결정가능할 수 있다. 관계는 적어도 하나의 교정 곡선, 교정 곡선들의 적어도 하나의 세트, 적어도 하나의 함수 또는 언급된 가능성들의 조합을 포함할 수도 있다. 하나 또는 복수의 교정 곡선들은 예를 들어 데이터 저장 디바이스 및/또는 테이블에, 예를 들어 값들의 세트 및 그의 연관된 함수 값들의 형태로 저장될 수 있다. 그러나, 대안적으로, 또는 추가적으로, 적어도 하나의 교정 곡선은 또한, 예를 들어, 파라미터화된 형태로 및/또는 함수 방정식으로서 저장될 수 있다. 다양한 가능성들이 생각가능하고, 또한 결합될 수 있다. 미리결정된 관계는 적어도 하나의 룩업 테이블의 형태로 및/또는 적어도 하나의 수학식들의 형태로 제공될 수도 있다. 미리결정된 관계는 예를 들어 평가 디바이스의 스토리지에, 보관 및/또는 저장될 수도 있다. 방법은 분석물의 농도와 DC 전류 응답과 복소 임피던스 정보의 미리결정된 관계를 결정하는 것을 포함할 수도 있다.

[0359] 분석적 디바이스 (124) 는 결정된 ESR 에 따라, 여기 전압 신호, 특히 제 2 여기 전압 신호를 조절 및/또는 조정 및/또는 적응시키도록 적응될 수도 있다. 예를 들어, 전압 강하는, 측정 전극들의 분극 전압이 충분한 분극에 대응하도록 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따라 제 2 여기 전압 신호를 조정하는 것에 의해 보상될 수도 있다. 예를 들어, 등가 직렬 저항에 대한 정보에 따른 여기 전압 신호의 진폭 또는 펄스 높이가 조정될 수도 있다. 예를 들어, 여기 전압 신호의 펄스 높이는 원하는 전압 또는 공칭 전압으로도 또한 나타내는 타겟 전압 (U_{target}) 으로 조정될 수도 있다. 예를 들어, AC 전압 신호는 증가될 수도 있다. 추가적으로, 또는 대안적으로, DC 신호는 조절될 수도 있다. 예를 들어, 분석적 디바이스 (124) 는 여기 전압을 조정하도록 적응된 적어도 하나의 제어 디바이스 (158) 를 포함할 수도 있다. ESR 값이 측정되었다면, 제어 디바이스 (158) 의 이러한 태스크를 담당하는 적어도 하나의 마이크로프로세서가 다음의 방정식들을 사용하여 이득을 계산하도록 적응된다:

[0360] 라인 저항으로도 또한 나타내는 등가 직렬 저항 (ESR) 은 다음으로서 기입될 수 있으며

[0361] $$ESR = \frac{U_{measured} * R_{ref}}{U_{target} - U_{measured}},$$

[0362] 여기서 U_{target} 은 여기 전압 신호의 펄스 높이이고, R_{ref} 는 기준 저항이고 $U_{measured}$ 는 예를 들어 전류 전압 컨버터로 결정된, 측정된 응답 전압의 높이이다. 예를 들어, U_{target} = 1 V, $U_{measured}$ = 572 mV, R_{ref} = 56 Ω 이어서 ESR = 74.841 Ω 이다.

[0363] 예를 들어 IR 강하 후 체액의 샘플에 대해 타겟 전압 (U_{target}) 을 유지하기 위하여, 여기 전압 신호는 이득 팩터 (g) 로, 예를 들어, 여기 전압 신호를 이득 팩터 (g) 에 의해 증가시키는 것에 의해, 조정될 수도 있다. 측정 셀에서의 AC 전류 (I_{System}) 는 다음이며

[0364] $$I_{System} = \frac{U_{target}}{ESR},$$

[0365] 여기서 U_{target} 은 공칭 또는 원하는 여기 전압으로도 또한 나타내는 AC 타겟 여기 전압이다. 측정 셀에서의 전압 (U_{cell}) 은 다음으로 기입될 수도 있으며

[0366] $$U_{cell} = U_{target} - U_{Drop},$$

[0367] ESR 로 인한 전압 강하 (U_{Drop}) 는 다음이고

[0368] $$U_{Drop} = ESR_{adj} * I_{System},$$

[0369] 조정된 라인 저항 (ESR_{adj}) 은 다음이고

[0370] $$ESR_{adj} = ESR - Optimal_{ESR},$$

[0371] 여기서 $Optimal_{ESR}$ 은 체액의 샘플에 대한 타겟 전압을 보장하는 최적의 라인 저항을 나타낸다. 따라서, 이득 (g) 은 다음에 의해 결정될 수 있다

[0372] $$g = \frac{U_{target}}{U_{cell}}.$$

[0373] 예를 들어, U_{target} = 10 mVrsm ac, ESR = 74.841 Ω 및 $Optimal_{ESR}$ = 18 Ω 인 경우에, 이득 (g) 은 4.15 일 것이다.

[0374] 일단 이득이 계산되었다면 평가 디바이스 (154) 는 이득 값에 따라 AC 또는 DC 전압 신호 중 일방 또는 양방을 증가 또는 감소시키도록 적응된다. 분석물 측정의 결정 및 이득 세팅 및 ESR 결정은 동기화될 수도 있다.

예를 들어, 분석적 디바이스 (124) 는 50 밀리초마다 분석물 측정을 샘플링하도록 적응될 수도 있다. 분석적 디바이스 (124) 는 또한 50 밀리초마다 이득 세팅 및 ESR 값을 결정하도록 적응될 수도 있다. 분석적 디바이스 (124) 는 AC 전압 여기 신호의 AC 주파수들에 대한 이득 진폭을 설정하도록 적응된 디지털 8 비트 전위차계 (potentiometer) 를 포함할 수도 있다. 이득 계산은 평가 디바이스 (154) 에 의해 수행될 수도 있고 이득 세팅 커맨드는 직렬 주변기기 인터페이스 버스 (SPI) 통신을 통해 전송될 수도 있다. 256 개의 세팅들을 가진 전위차계는 미세 이득 세팅들을 하도록 적응될 수도 있다. DC 여기 신호를 조정하기 위해, 분석적 디바이스는 분석물 측정이 시작되기 전에 예비 전류 전압 응답 곡선을 결정하도록 적응될 수도 있다. 평가 디바이스 (154) 는, 전류의 증가가 더 이상 전압 이득에 비례하지 않는 안정기를 결정하도록 적응될 수도 있다.

이 포인트는 DC 이득으로서 사용될 수도 있고 전체 분석물 측정을 위해 설정될 수도 있고 및/또는 반복적으로 결정될 수도 있다.

[0375] 도 4a 는 테스트 엘리먼트 (110) 에 연결된 2.5 Gs/S 오실로스코프에 대한 신호 플랭크 측정의 실험 결과들을 도시한다. 응답 신호는 복소 임피던스에서의 옴성 신호 부분을 포함할 수도 있다. 응답 신호는 테스트 엘리먼트의 용량성 부분들로 인한 옴성 신호 부분 및 비옴성 신호 부분을 포함할 수도 있다. 응답 신호의 신호 형상 및 신호 높이 중 일방 또는 양방을 분석하는 것에 의해, 옴성 신호 부분이 결정될 수 있다. 응답 신호는 적어도 하나의 신호 플랭크, 특히 적어도 하나의 상승 신호 플랭크를 포함할 수도 있다. 유도된 구형파 또는 사인 전압 신호의 특성화를 통해, 옴성 신호 부분은 응답 신호의 신호 플랭크로부터 결정될 수 있다.

특히, 유도된 신호 형상으로부터의 편차들 및/또는 차이와 같은 보충 정보가 결정될 수도 있다. 도 4a 에서, 사각형 형상의 여기 전압 신호 (점선) 및 대응하는 응답 신호가 도시된다. 응답 신호는 ESR 에서의 전압 강하로 인한 수직 강하 및 테스트 엘리먼트의 용량성 부분들로부터의 충전 집적으로 인한 후속 상승 신호 플랭크를 나타내는 것으로 확인되었다.

[0376] 원하는 전압 또는 공칭 전압으로 또한 나타내는 타겟 전압 (U_{target}) 에 대응하는 높은 값, 예를 들어, 알려진 타겟 전압, 구체적으로 1 V, 및 강하 값 ($U_{measured}$), 즉 상승 신호 플랭크의 처음의 전압 값이 결정될 수도 있다.

예를 들어, 도 1b 의 시뮬레이팅된 회로를 참조하면, U_{target} 은 1 V 일 수도 있고, $U_{measured}$ 는 572 mV 이고 R_{ref} 는 56 Ω 이어서, 등가 직렬 저항 (ESR) 은 74.841 Ω 일 수도 있다.

[0377] 등가 직렬 저항 (ESR) 에 대한 정보는 다음에 의해 결정될 수도 있으며

[0378] $$ESR = \frac{U_{measured} R_{ref}}{U_{target} - U_{measured}} - R_1,$$

[0379] 여기서 R_{ref} 는 미리알려진 또는 미리결정가능한 내부 기준 저항이다. 평가 디바이스 (154) 는 체액의 샘플의 전해질 저항 (R_1) 의 미리결정된 또는 알려진 값을 ESR 에 대한 결정된 정보로부터 감산하도록 적응될 수도 있다.

[0380] 다른 예에서, 라인 저항으로도 또한 나타내는 ESR 은 유도된 사인 전압 신호를 사용하는 것에 의해 결정될 수도 있다. 사인파를 사용하는 (도 1d 의 체액의 샘플을 가진 글루코오스 테스트 엘리먼트에 대한 시뮬레이팅된

회로의 한쪽을 나타내는) 도 1b 의 시뮬레이팅된 회로로, ESR 이 다음의 계산을 사용하여 결정될 수 있다. R_1 및 R_0 은 완전한 라인 저항 뿐만 아니라 체액의 샘플에 포함된 용액 저항을 나타낼 수도 있다. 테스트 엘리먼트의 임피던스 (Z) 는 다음에 의해 결정될 수 있으며

$$Z = R_1 + R_0 \frac{R_3 + R_2(1 + j\omega * C_2 * R_3 i)}{1 + j\omega + C_3 * R_3 i + j\omega * C_1 i * [R_3 + R_2 * (1 + j\omega * C_2 * R_3 i)]},$$

[0381]

[0382] 여기서 R_0 은 등가 직렬 저항이고, R_1 은 전해질 저항이고 C_2 및 C_3 은 이중 층 커패시턴스를 설명한다. R_2 및 R_3, 특히 R_3 과 직렬의 R_2 는, 전하 이동 저항을 설명하고, 여기서 i 는 허수이고 $i\omega=2\pi f$ 이다. 하나의 예에서, $R_0=23\Omega$, $R_1=52\Omega$, $R_2=169\Omega$, $R_3=620\Omega$, $C_1=820nF$, $C_2=330nF$ 및 $f = 200kHz$ 이어서, $Z = (75.006 - 0.97i)\Omega$ 이고 전체 테스트 엘리먼트 시스템의 저항은 $System_{resistance} = |Z| = 75.012\Omega$ 이고 위상 $arctan = -0.741°$ 이다. 이 예에서, 도 1d 에서의 W 및 C_{DL} 를 나타내는 고 주파수 (C_2 및 C_3) 의 사용을 통하여 전체 테스트 엘리먼트 시스템의 저항에서 제거될 수 있다.

부호의 설명

[0383] 110 : 테스트 엘리먼트

112 : 테스트 엘리먼트 분석 시스템

114 : 측정 구역

116 : 측정 전극들

118 : 작업 전극

120 : 카운터 전극

122 : 전기 콘택들

124 : 분석적 디바이스

125 : 프론트 도즈 포지션

126 : 사이드 도즈 포지션

127 : 모세관 엘리먼트

128 : 전기화학 셀

130 : 스페이서 층

132 : 시약 층

134 : 캐리어 층

136 : 신호 생성기 디바이스

138 : 화살표

140 : 화살표

142 : 화살표

144 : 아날로그 드라이버

146 : 디지털-아날로그 (DAC) 파 생성기

148 : 보충적 구형파 생성기

150 : 연산 증폭기

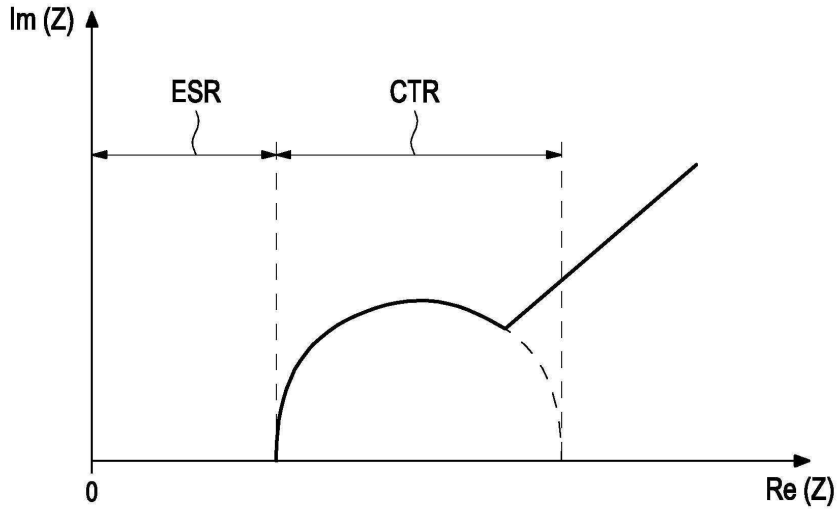
152 : 측정 유닛

154 : 평가 디바이스

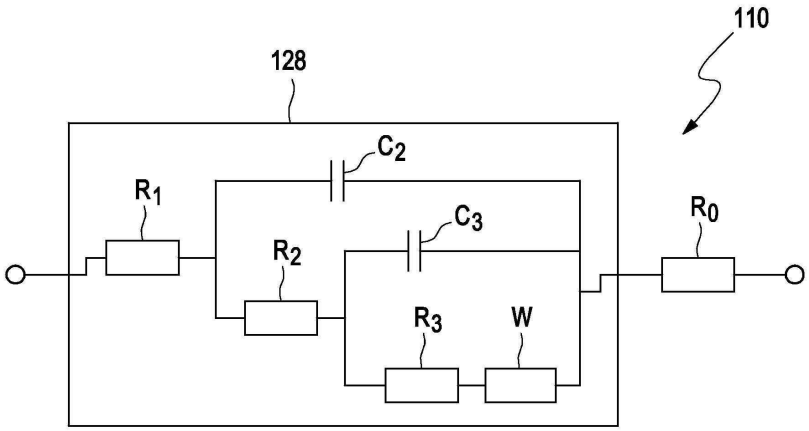
156 : 아날로그-디지털 컨버터

도면

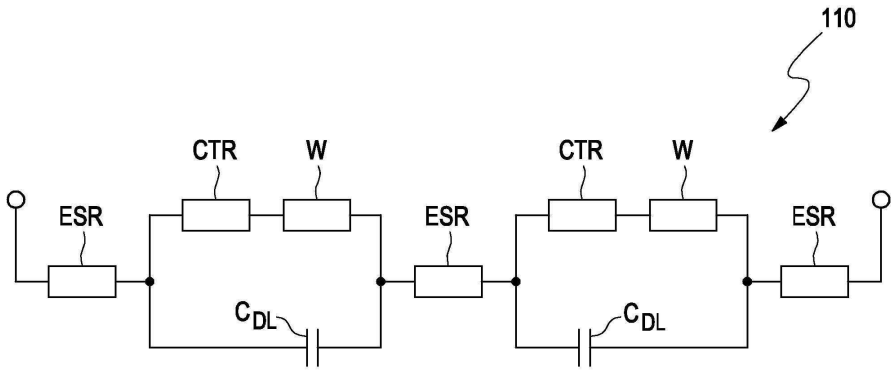
도면1a



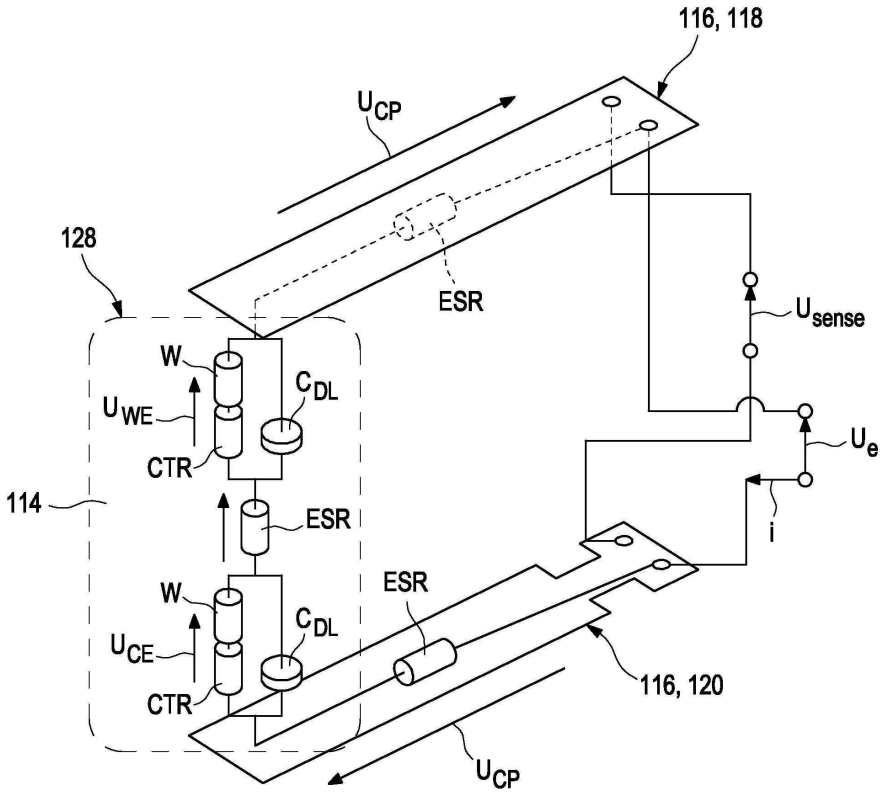
도면1b



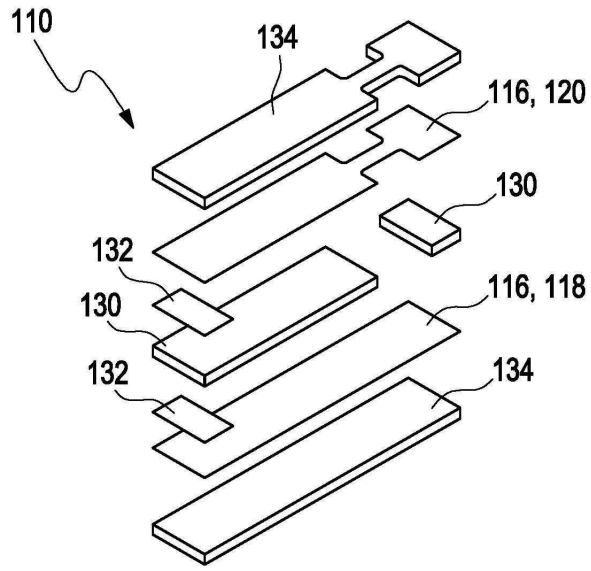
도면1c


110
CTR
W
CTR
W
ESR
ESR
ESR
C_{DL}
C_{DL}

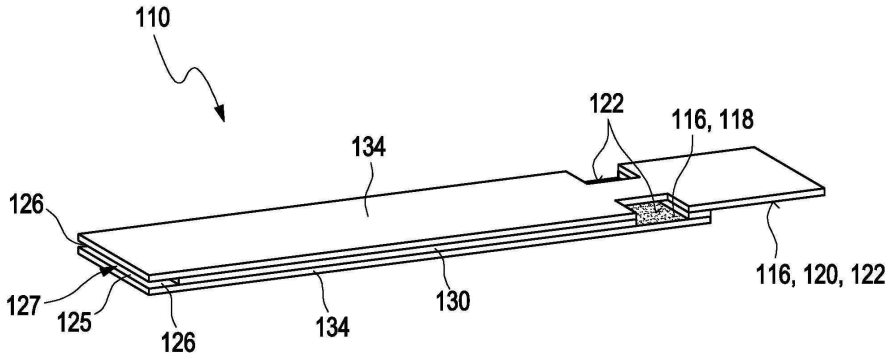
도면1d


116, 118
U_{CP}
128
ESR
U_{sense}
W
C_{DL}
U_{WE}
CTR
U_e
114
ESR
i
W
ESR
C_{DL}
U_{CE}
CTR
116, 120
U_{CP}

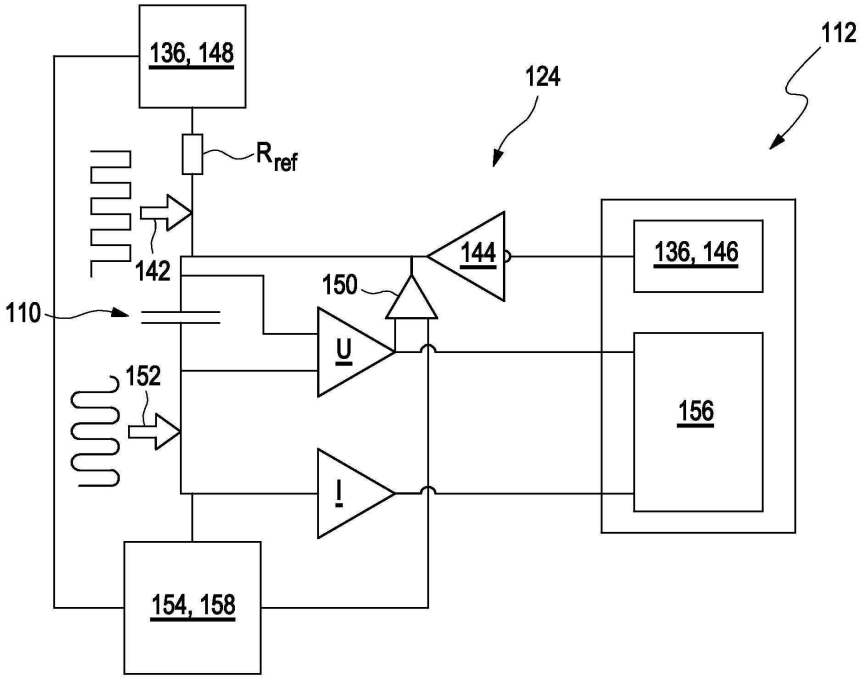
도면2a


110
134
116, 120
130
132
130
116, 118
132
134

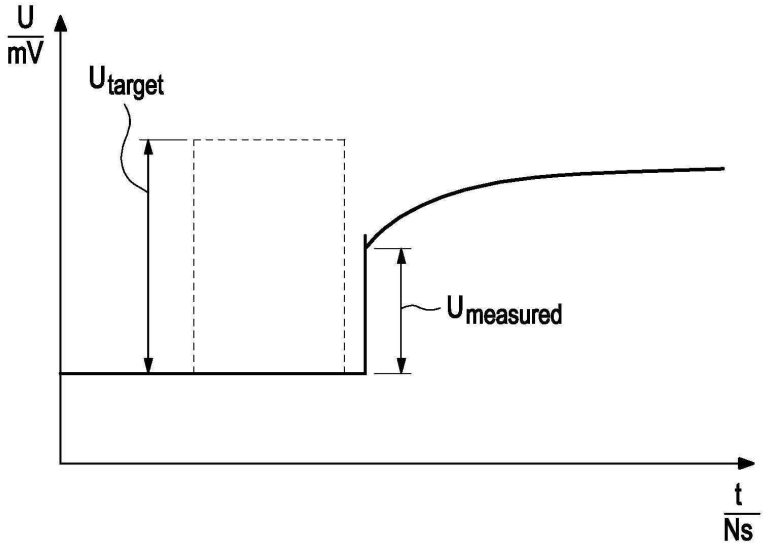
도면2b


110
122
116, 118
134
126
116, 120, 122
127
125
126
134
130

도면3


136, 148
124
112
R_{ref}
142
144
136, 146
150
110
U
152
156
I
154, 158

도면4a


U
mV
U_{target}
$U_{measured}$
t
Ns

도면4b

