

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. A61B 5/04 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년05월16일 10-0580629 2006년05월09일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호	10-2003-0081101	(65) 공개번호	10-2005-0047295
(22) 출원일자	2003년11월17일	(43) 공개일자	2005년05월20일

(73) 특허권자 삼성전자주식회사
 경기도 수원시 영통구 매탄동 416

(72) 발명자 장우영
 서울특별시강남구일원동666-8401호

 조진호
 대구광역시북구산격동1370경북대학교전자컴퓨터학부

 신상훈
 경기도성남시분당구야탑동탑마을선경아파트112동302호

 이정우
 대구광역시북구산격동1370경북대학교전자컴퓨터학부

(74) 대리인 리엔목특허법인
 이해영

심사관 : 김태훈

(54) 고주파 대역의 피부 임피던스 응답을 표현하는 피부임피던스 모델

요약

고주파 대역의 피부 임피던스 응답을 표현하는 피부 임피던스 모델이 개시된다. 본 발명의 피부 임피던스 모델은 측정 대상 신체 부위의 양단으로 전류를 흐르게 하여 측정 대상 신체 부위 양단 사이의 전압을 측정함으로써 추정되는 데, 측정 대상 신체 부위를 3 전극법을 이용하여 측정되는 데이터들로부터 얻어진다. 피부 임피던스 모델은 제1 저항과 병렬 연결되는 제1 일정 위상 소자(CPE)를 갖는 제1 영역과, 제2 저항과 병렬 연결된 제2 일정 위상 소자와 직렬 연결되는 제3 저항을 갖는 제2 영역과, 그리고 제4 저항과 병렬 연결되는 제3 일정 위상 소자를 갖는 제3 영역을 구비하고, 병렬 연결되는 제2 영역과 제3 영역이 제5 저항을 통하여 제1 영역과 직렬 연결되는 것으로 구성된다. 따라서, 본 발명에 의해 제안되는 피부 임피던스 모델은 수백 kHz 대역에서 수 MHz 대역까지의 생체 임피던스를 잘 표현하여 EIT(Electrical Impedance Tomography)나 체지방계 등에서 체성분 측정이나 약물의 침투 정도나 피부 경혈의 특성 조사, 자극에 대한 피부의 반응 조사 등 여러 임상 분야에 적용될 수 있다.

대표도

도 11

색인어

신체 조성 성분 분석, 생체 임피던스, 피부 임피던스 모델, 고주파 대역, 저항, 일정 위상 소자(CPE), 복소 임피던스 궤적, 복소 어드미턴스 궤적, EIT(Electrical Impedance Tomography)

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 생체의 세포 구조를 설명하는 도면이다.

도 2는 콜(Cole)에 의해 제안된 피부 임피던스 모델을 나타내는 도면이다.

도 3은 콜 임피던스 모델에 의하여 복소 임피던스 궤적에 표현되는 생체 임피던스 궤적을 보여주는 도면이다.

도 4는 콜 임피던스 모델을 이용하여 1Hz에서부터 10kHz 사이의 임피던스 값에 대한 시뮬레이션 결과를 복소 임피던스 평면에 표현한 도면이다.

도 5는 콜 임피던스 모델을 이용하여 1Hz에서 10kHz 사이의 데이터를 복소 어드미턴스 평면에 표현한 도면이다.

도 6은 콜 임피던스 모델을 이용하여 2MHz 영역까지 시뮬레이션을 수행하여 복소 어드미턴스 평면에 표현한 도면이다.

도 7은 콘투리(Kontturi)에 의해 제안된 피부 임피던스를 전기적 소자로 모델링한 피부 임피던스 모델을 나타내는 도면이다.

도 8은 콘투리의 피부 임피던스 모델을 시뮬레이션 한 결과를 복소 임피던스 평면에 표현한 도면이다.

도 9는 콘투리의 피부 임피던스 모델을 이용하여 1Hz에서 2MHz 까지 시뮬레이션한 결과를 복소 어드미턴스 평면에 표현한 도면이다.

도 10은 피부의 주파수 응답을 알아보기 위하여 1Hz에서 2MHz까지의 피부 임피던스 데이터를 측정하여 복소 어드미턴스 평면에 표현한 도면이다.

도 11은 본 발명의 제1 실시예에 따른 피부 임피던스 모델을 설명하는 도면이다.

도 12는 피부 임피던스 측정을 위한 3 전극법을 설명하는 도면이다.

도 13은 도 12의 3 전극법에 의해 측정된 피부 임피던스 데이터들을 보여주는 도면이다.

도 14는 본 발명의 제2 실시예에 따른 피부 임피던스 모델을 설명하는 도면이다.

도 15는 본 발명의 제3 실시예에 따른 피부 임피던스 모델을 설명하는 도면이다.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 신체 조성 성분 분석에 관한 것으로, 특히 고주파 대역의 피부 임피던스 응답을 표현하는 피부 임피던스 모델에 관한 것이다.

신체 내의 생체 전기 임피던스(이하, 간단히 "임피던스"라고 칭한다)를 측정하여 피부의 상태를 추정하거나 체지방량을 측정하거나 피부의 약물 침투 정도를 조사하거나 자극에 대한 피부의 반응 등을 조사한다. 도 1은 생체의 세포 구조를 설명하는 도면이다. 이를 참조하면, 각 세포는 그 모양과 크기가 조금씩 다르기 때문에 각 세포를 RC 등가 회로로 표현할 때 시상수(RC)는 조금씩 차이가 있음을 볼 수 있다. 이러한 세포의 특성을 표현하기 위하여 일정 위상 소자(Constant Phase Element, 이하 "CPE"라고 칭한다)를 사용한다

도 2는 콜(Cole)에 의해 제안된 피부 임피던스 모델을 나타내고, 도 3은 콜 임피던스 모델에 의하여 복소 임피던스 궤적에 표현되는 생체 임피던스 궤적을 보여주는 도면이다. 주파수가 낮은 경우 임피던스는 복소 임피던스 평면상에서 R_0 에 위치하게 되고, 주파수(ω)가 증가함에 따라서 반원 궤적을 따라서 움직인다. 그리고 최종적으로 높은 주파수에서는 R_∞ 로 수렴하게 된다.

한편, 콜 임피던스 모델에서는 저항과 더불어 일정 위상 소자(Constant Phase Element, 이하 "CPE"라고 칭한다)라는 소자를 사용하는 데, 이는 저항과 커패시터의 중간적 성질을 갖는 소자으로써 다음과 같이 표현된다.

수학식 1

$$Z_{CPE} = k (j\omega)^{-\alpha}$$

여기에서, CPE의 k는 각주파수(ω)가 1 일때의 크기이고, α 는 복소 임피던스 평면에서 반원의 중심이 실수축으로부터 얼마나 아래로 내려갔는가를 평가하는 척도로 생체의 경우 0.5에서 1사이의 값을 갖는다. 이 콜 임피던스 모델은 생체 임피던스의 주파수 응답 특성을 잘 표현하기 때문에 주파수 변화에 따른 생체 임피던스에 대한 기초적인 모델로 사용되고 있다.

CPE 소자를 포함하는 콜 모델에 관한 수식은 다음과 같이 정리된다.

수학식 2

$$Z = R_\infty + \frac{R_0 - R_\infty}{1 + R_0 - R_\infty (Z_{CPE})^{-1}} = R_\infty + \frac{R_0 - R_\infty}{1 + \frac{R_0 - R_\infty}{k} (j\omega)^\alpha}$$

수학식 2는 생체 임피던스의 기초적인 모델로 사용되고 있다.

콜 임피던스 모델에 적절한 파라미터를 설정한 후, 1Hz에서부터 10kHz 사이의 임피던스 값에 대한 시뮬레이션 결과를 복소 임피던스 평면에 표현하면 도 4와 같은 임피던스 궤적을 이룬다.

주파수가 10kHz 이상에서는 임피던스가 R_∞ 로 수렴하기 때문에 임피던스 데이터를 복소 임피던스 평면에 표현하기가 어렵다. 수십 kHz 이상의 고주파 대역의 피부 임피던스 특성을 관찰하기 위해서 데이터를 복소 어드미턴스 평면에 표현할 수 있다. 1Hz에서 10kHz 사이의 데이터를 복소 어드미턴스 평면에 표현하면, 도 5와 같이 완전한 원 궤적을 이루지 못하고 직선과 유사한 그래프 형태를 보여준다.

콜 임피던스 모델을 이용하여 2MHz 영역까지 시뮬레이션을 수행하여 복소 어드미턴스 평면에 표현하면 도 6과 같이 반원 궤적을 이룬다. 그러므로 고주파 영역의 피부 임피던스 특성을 관찰하기 위해서는 측정된 데이터나 시뮬레이션 결과를 복소 어드미턴스 평면에 표현할 필요가 있다.

생체 임피던스에 관한 연구 중에서 생체의 특정 부분인 피부 임피던스 특성에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다. 그 중에서 콘투리(Kontturi)에 의해 제안된 피부 임피던스를 전기적 소자로 모델링한 피부 임피던스 모델이 도 7에 도시되어 있다. 도 7의 피부 임피던스 모델을 수식으로 나타내면 다음과 같다.

수학식 3

$$Z_{Kontturi} = \frac{k R_1 R_2 (j\omega)^{-\alpha} + kL (R_1 + R_2) (j\omega)^{1-\alpha}}{R_1 R_2 + j\omega L (R_1 + R_2) + k R_2 j\omega^{-\alpha} + kL (j\omega)^{1-\alpha}}$$

앞서 설명한 바와 같이, 측정된 피부 임피던스 데이터를 복소 임피던스 평면상에서 표현할 때, 저주파 영역에서 완전한 반원 궤적을 이루지 못하고 약간 펼쳐진 듯한 원 궤적이 나타난다. 콘투리는 이러한 현상을 기존의 콜러 임피던스 모델에 저항과 인덕턴스를 추가함으로써 피부의 임피던스 응답 특성을 개선하였다.

콘투리의 피부 임피던스 모델에서 사용되어진 측정 주파수의 최대 값이 10kHz이기 때문에, 이보다 높은 주파수의 피부 임피던스 특성에 대해서는 고려하지 않았다.

콘투리의 피부 임피던스 모델을 시뮬레이션 한 결과를 복소 임피던스 평면에 표현하면 도 8과 같다. 도 8은 완전한 궤적이 아니라 저주파 영역에서 약간 펼쳐진 듯한 모양을 보여준다. 이는 콘투리 피부 임피던스 모델은 저주파 영역에서 표현되는 피부 임피던스 응답을 잘 표현함을 의미한다.

그러나, 2MHz 까지의 응답을 시뮬레이션을 통하여 구하면, 복소 임피던스 평면에서는 도 8과 같이 고주파 대역의 응답이 한점에 수렴하기 때문에 고주파 영역의 특성을 파악할 수 없다. 고주파 대역의 응답 특성을 보기 위하여 시뮬레이션 결과를 복소 어드미턴스 평면에 표현하면 도 9와 같이 직선과 유사한 궤적을 나타낸다.

실제적으로, 피부의 주파수 응답을 알아보기 위하여 2MHz까지의 피부 임피던스 데이터를 측정하여 이를 복소 어드미턴스 평면에 표현하면, 도 10에 도시된 바와 같이, 낮은 주파수 영역에서는 반원 궤적을 이루고 수 MHz의 고주파 대역에서는 어드미턴스가 증가하는 현상을 보여준다.

도 9와 도 10을 비교해보면, 콘투리 피부 임피던스 모델도 역시 고주파 대역의 피부 응답을 잘 표현하지 못하는 문제점을 지니고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명의 목적은 수 MHz의 고주파 대역의 피부 응답 특성을 표현할 수 있는 피부 임피던스 모델을 제공하는 데 있다.

발명의 구성 및 작용

상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일면에 따른 피부 임피던스 모델은 측정 대상 신체 부위의 양단으로 전류를 흐르게 하여 측정 대상 신체 부위 양단 사이의 전압을 측정함으로써 추정되는 데, 측정 대상 신체 부위를 3 전극법을 이용하여 측정되는 데이터들로부터 얻어진다. 피부 임피던스 모델은 제1 저항과 병렬 연결되는 제1 일정 위상 소자(CPE)를 갖는 제1 영역; 제2 저항과 병렬 연결된 제2 일정 위상 소자와 직렬 연결되는 제3 저항을 갖는 제2 영역; 및 제4 저항과 병렬 연결되는 제3 일정 위상 소자를 갖는 제3 영역을 구비하고, 병렬 연결되는 제2 영역과 제3 영역이 제5 저항을 통하여 제1 영역과 직렬 연결되는 것으로 구성된다.

제1 영역은 측정 대상 신체 부위의 피부 표피 임피던스를 표현하고, 제2 영역은 측정 대상 신체 부위의 피부 진피 성분 중 세포막과 세포 내액의 임피던스를 표현하고, 그리고 제3 영역은 측정 대상 신체 부위의 피부 진피 성분 중 세포 외액의 임피던스를 표현한다.

상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 다른 면에 따른 피부 임피던스 모델은 제1 저항과 병렬 연결되는 제1 일정 위상 소자를 갖는 제1 영역; 제2 저항과 병렬 연결된 제2 일정 위상 소자와 직렬 연결되는 제3 저항을 갖는 제2 영역; 및 제4 저항과 병렬 연결되는 제3 일정 위상 소자를 갖는 제3 영역을 구비하고, 병렬 연결되는 제2 영역과 제3 영역이 제1 영역과 직렬 연결되는 것으로 구성된다.

상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 또다른 면에 따른 피부 임피던스 모델은 제1 저항과 병렬 연결되는 제1 일정 위상 소자를 갖는 제1 영역; 제2 저항과 병렬 연결된 제2 일정 위상 소자와 직렬 연결되는 제3 저항을 갖는 제2 영역; 및 제3 일정 위상 소자를 갖는 제3 영역을 구비하고, 병렬 연결되는 제2 영역과 제3 영역이 제1 영역과 직렬 연결되는 것으로 구성된다.

따라서, 본 발명에 의해 제안되는 피부 임피던스 모델들은 수백 kHz 대역에서 수 MHz 대역까지의 생체 임피던스를 잘 표현하여 EIT(Electrical Impedance Tomography)나 체지방계 등에서 체성분 측정이나 여러 임상 분야에 적용될 수 있다. 특히 피부 임피던스 모델은 약물의 침투 정도나 피부 경혈의 특성 조사, 자극에 대한 피부의 반응 조사 등에 사용될 수 있다. 그리고 피부의 임피던스 특성을 연구하는 데 있어서 가상의 응답을 제공하는 시뮬레이터의 제작에도 사용될 수 있다.

본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시예에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 예시적인 실시예를 설명하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.

이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다. 각 도면에 제시된 동일한 참조부호는 동일한 부재를 나타낸다.

도 11은 본 발명의 제1 실시예에 따른 피부 임피던스 모델을 설명하는 도면으로, 도 12와 같은 3전극법을 이용하여 측정되는 피부 임피던스 데이터들을 분석하여 도출되었다. 3전극법은 1번 단자와 3번 단자 사이에 전류(I)를 흘리면서 2번 단자와 3번 단자 사이의 전압(V)을 측정하는 방법이다. 도 13은 1kHz에서 2MHz 대역의 201개 주파수 지점에서 팔뚝 부분의 피부 임피던스 데이터들을 보여준다.

도 13의 피부 임피던스 데이터들로부터 얻어지는 도 11의 2번 단자와 3번 단자 사이의 피부 임피던스 모델(110)은 제1 영역(A), 제2 영역(B) 그리고 제3 영역(C)으로 표현된다. 제1 영역(A)은 제1 저항(R1)과 제1 일정 위상 소자(Z_{CPE1})가 병렬 연결되어, 피부 표피의 임피던스를 표현하는 부분이다. 제2 영역(B)은 제2 저항(R2)과 제2 일정 위상 소자(Z_{CPE2})가 병렬 연결되고 병렬 연결된 제2 저항(R2)과 제2 일정 위상 소자(Z_{CPE2})이 제3 저항(R3)과 직렬 연결되어, 피부의 진피 하부의 알파 분산이라고 불리는 유전체 특성을 표현하는 부분이다. 제3 영역(C)은 제4 저항(R4)과 제3 일정 위상 소자(Z_{CPE3})가 병렬 연결되어, 피부의 진피 성분 중 세포 외액을 표현하는 부분이다. 제2 영역(B)과 제3 영역(C)은 병렬 연결되고, 병렬 연결된 제2 영역(B)과 제3 영역(C)은 제5 저항(R5)을 통하여 제1 영역(A)과 직렬 연결된다.

이 피부 임피던스 모델(110)을 수학적식으로 표현하면 다음과 같다.

수학식 4

$$Z = \frac{R_1 k_1 (j\omega)^{-a_1}}{R_1 + k_1 (j\omega)^{-a_1}} + R_5 + \frac{R_2 R_3 R_4 k_2 (j\omega)^{-a_2} + R_2 (R_3 + R_4) k_2 k_3 (j\omega)^{-(a_2+a_3)}}{R_2 R_3 R_4 + (R_2 R_3 + R_3 R_4) k_2 (j\omega)^{-a_2} + R_2 (R_3 + R_4) k_3 (j\omega)^{-a_3} + (R_2 + R_3 + R_4) k_2 k_3 (j\omega)^{-(a_2+a_3)}}$$

피부 임피던스 모델(110)에 적용되는 각 파라미터들과 오차는 표 1과 같이 정리된다.

[표 1]

		파라미터
R4		444.1
Z_{CPE3}	T	5.0357E-10
	p	0.94037
R2		2700
Z_{CPE2}	T	9.2921E-08
	P	0.74856
R3		610.5
R5		3E-07
R1		22397
Z_{CPE1}	T	7.0978E-08
	P	0.94386
χ^2 오차		3.954E-6

여기에서, T, P는 CPE의 두가지 주파수에 따른 이산 유전율 특성(알파, 베타 유전율)에 따른 두 가지 모델링을 의미한다. χ^2 은 두 범주형 변수가 서로 상관성이 있는지 독립인지를 판단하는 통계적 검정 방법인 카이제곱 검정(Chi-Square Tests)을 나타낸다.

도 14는 본 발명의 제2 실시예에 따른 피부 임피던스 모델을 보여주는 도면이다. 이를 참조하면, 피부 임피던스 모델(140)은 제1 저항(R1)과 병렬 연결되는 제1 일정 위상 소자(Z_{CPE1})를 갖는 제1 영역(A)과, 제2 저항(R2)과 제2 일정 위상 소자(Z_{CPE2})가 병렬 연결되고 이와 직렬 연결되는 제3 저항(R3)을 갖는 제2 영역(B)과, 그리고 제4 저항(R4)과 병렬 연결되는 제3 일정 위상 소자(Z_{CPE3})를 갖는 제3 영역(C)을 포함한다. 제2 영역(B)과 제3 영역(C)이 병렬 연결되고 병렬 연결된 제2 영역(B)과 제3 영역(C)은 제1 영역(A)과 직렬 연결된다. 피부 임피던스 모델(140)은 도 11의 피부 임피던스 모델(110)에서 제5 저항(R5)을 제거한 단순화된 모델이다.

이 피부 임피던스 모델(140)에 적용되는 파라미터들과 오차는 표 2와 같이 정리된다.

[표 2]

		파라미터
R4		445
Z_{CPE3}	T	5.0357E-10
	p	0.94037
R2		2651
Z_{CPE2}	T	9.3456E-08
	P	0.74856
R3		608.7
R1		22397
Z_{CPE1}	T	7.0978E-08
	P	0.94386
χ^2 오차		3.9438E-6

도 15는 본 발명의 제3 실시예에 따른 피부 임피던스 모델을 보여주는 도면이다. 이를 참조하면, 피부 임피던스 모델(150)은 제1 저항(R1)과 병렬 연결되는 제1 일정 위상 소자(Z_{CPE1})를 갖는 제1 영역(A)과, 제2 저항(R2)과 병렬 연결된 제2 일정 위상 소자(Z_{CPE2})와 직렬 연결되는 제3 저항(R3)을 갖는 제2 영역(B)과, 그리고 제3 일정 위상 소자(Z_{CPE3})를 갖는 제3 영역(C)을 포함한다. 그리고 병렬 연결되는 제2 영역(B)과 제3 영역(C)이 제1 영역(A)과 직렬 연결된다. 이 피부 임피던스 모델(150)은 도 14의 피부 임피던스 모델(140)과 비교하여 제4 저항(R4) 특성이 제2 저항(R2) 및 제3 저항(R3)에 포함되어 가장 단순화된 모델이다.

이 피부 임피던스 모델(150)에 적용되는 파라미터들과 오차는 표 3와 같이 정리된다.

[표 3]

		파라미터
Z_{CPE3}	T	5.0357E-10
	p	0.94037
R2		134.5
Z_{CPE2}	T	5.2404E-07
	P	0.74856
R3		257.1

R1		22397
Z_{CPE1}	T	7.0978E-08
	P	0.94386
χ^2 오차		3.9338E-6

따라서, 본 발명의 실시예들에 따른 피부 임피던스 모델들은 χ^2 오차가 3E-6 정도로 작게 나타나고 도 13의 측정된 피부 임피던스 데이터들을 잘 표현하고 있음을 알 수 있다.

본 발명은 도면에 도시된 일 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

발명의 효과

상술한 본 발명에 의해 제안되는 피부 임피던스 모델들은 수백 kHz 대역에서 수 MHz 대역까지의 생체 임피던스를 잘 표현하여 EIT(Electrical Impedance Tomography)나 체지방계 등에서 체성분 측정이나 여러 임상 분야에 적용될 수 있다. 특히 피부 임피던스 모델은 약물의 침투 정도나 피부 경혈의 특성 조사, 자극에 대한 피부의 반응 조사 등에 사용될 수 있다. 그리고 피부의 임피던스 특성을 연구하는 데 있어서 가상의 응답을 제공하는 시뮬레이터의 제작에도 사용될 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

측정 대상 신체 부위의 양단으로 전류를 흐르게 하여 상기 측정 대상 신체 부위 양단 사이의 전압을 측정함으로써 추정되는 상기 측정 대상 신체 부위의 피부 임피던스 모델은

제1 저항과 병렬 연결되는 제1 일정 위상 소자(CPE)를 갖는 제1 영역;

제2 저항과 병렬 연결된 제2 일정 위상 소자와 직렬 연결되는 제3 저항을 갖는 제2 영역; 및

제4 저항과 병렬 연결되는 제3 일정 위상 소자를 갖는 제3 영역을 구비하고,

병렬 연결되는 상기 제2 영역과 상기 제3 영역이 제5 저항을 통하여 상기 제1 영역과 직렬 연결되는 것을 특징으로 하는 피부 임피던스 모델.

청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 제1 영역은

상기 측정 대상 신체 부위의 피부 표피 임피던스를 표현하는 것을 특징으로 하는 피부 임피던스 모델.

청구항 3.

제1항에 있어서, 상기 제2 영역은

상기 측정 대상 신체 부위의 피부 진피 성분 중 세포막과 세포 내액의 임피던스를 표현하는 것을 특징으로 하는 피부 임피던스 모델.

청구항 4.

제1항에 있어서, 상기 제3 영역은

상기 측정 대상 신체 부위의 피부 진피 성분 중 세포 외액의 임피던스를 표현하는 것을 특징으로 하는 피부 임피던스 모델.

청구항 5.

제1항에 있어서, 상기 피부 임피던스 모델은

상기 측정 대상 신체 부위를 3 전극법을 이용하여 측정되는 데이터들로부터 얻어지는 것을 특징으로 하는 피부 임피던스 모델.

청구항 6.

측정 대상 신체 부위의 양단으로 전류를 흐르게 하여 상기 측정 대상 신체 부위 양단 사이의 전압을 측정함으로써 추정되는 상기 측정 대상 신체 부위의 피부 임피던스 모델은

제1 저항과 병렬 연결되는 제1 일정 위상 소자(CPE)를 갖는 제1 영역;

제2 저항과 병렬 연결된 제2 일정 위상 소자와 직렬 연결되는 제3 저항을 갖는 제2 영역; 및

제4 저항과 병렬 연결되는 제3 일정 위상 소자를 갖는 제3 영역을 구비하고,

병렬 연결되는 상기 제2 영역과 상기 제3 영역이 상기 제1 영역과 직렬 연결되는 것을 특징으로 하는 피부 임피던스 모델.

청구항 7.

제6항에 있어서, 상기 피부 임피던스 모델은

상기 측정 대상 신체 부위를 3 전극법을 이용하여 측정되는 데이터들로부터 얻어지는 것을 특징으로 하는 피부 임피던스 모델.

청구항 8.

측정 대상 신체 부위의 양단으로 전류를 흐르게 하여 상기 측정 대상 신체 부위 양단 사이의 전압을 측정함으로써 추정되는 상기 측정 대상 신체 부위의 피부 임피던스 모델은

제1 저항과 병렬 연결되는 제1 일정 위상 소자(CPE)를 갖는 제1 영역;

제2 저항과 병렬 연결된 제2 일정 위상 소자와 직렬 연결되는 제3 저항을 갖는 제2 영역; 및

제3 일정 위상 소자를 갖는 제3 영역을 구비하고,

병렬 연결되는 상기 제2 영역과 상기 제3 영역이 상기 제1 영역과 직렬 연결되는 것을 특징으로 하는 피부 임피던스 모델.

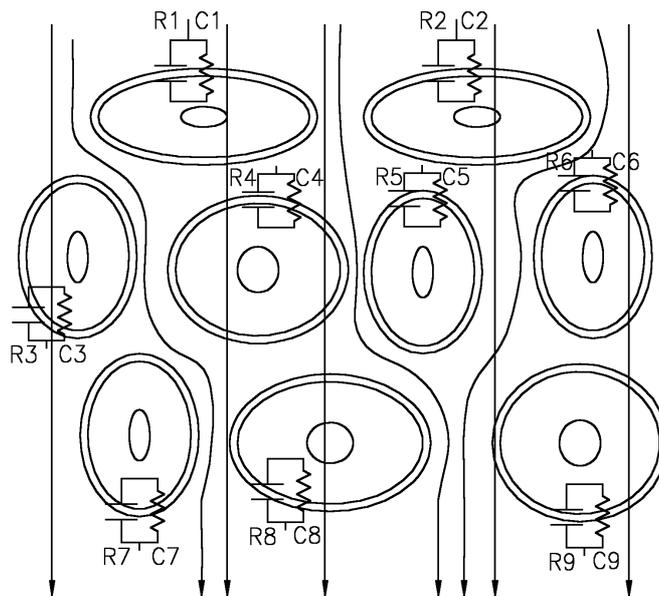
청구항 9.

제8항에 있어서, 상기 피부 임피던스 모델은

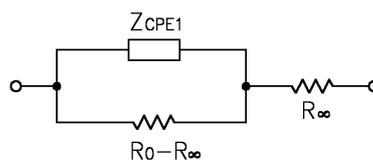
상기 측정 대상 신체 부위를 3 전극법을 이용하여 측정되는 데이터들로부터 얻어지는 것을 특징으로 하는 피부 임피던스 모델.

도면

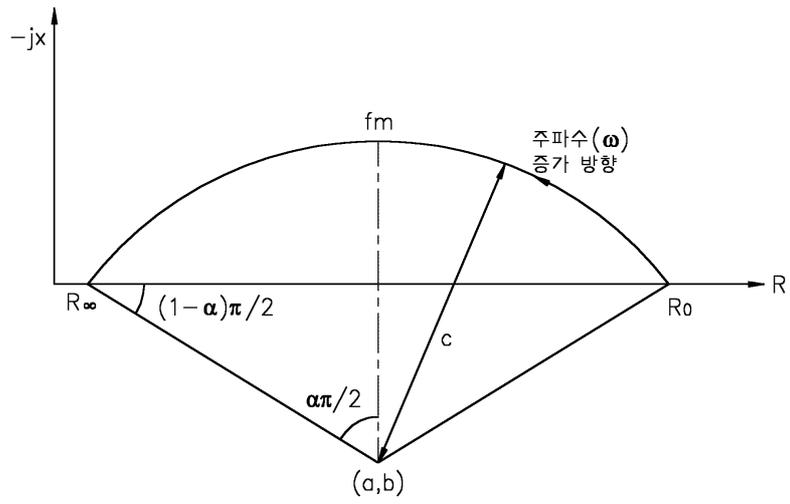
도면1



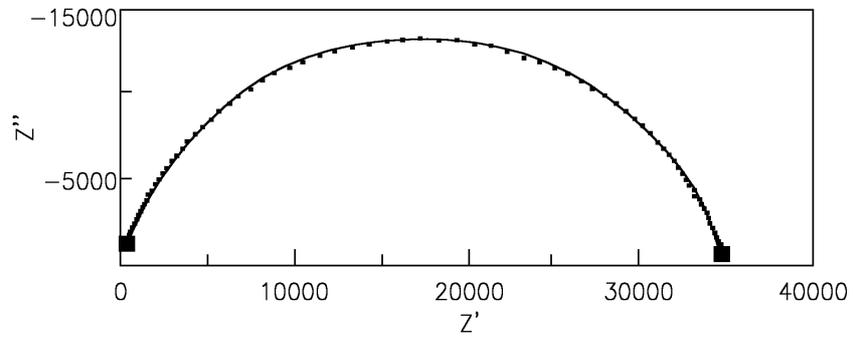
도면2



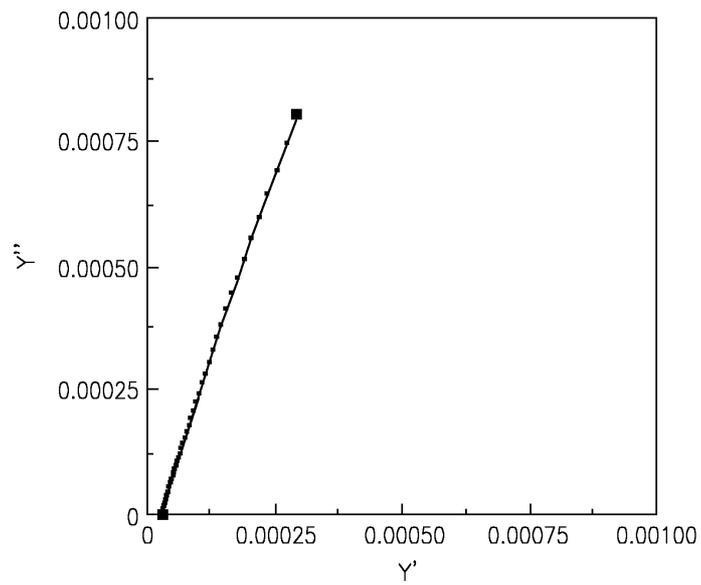
도면3



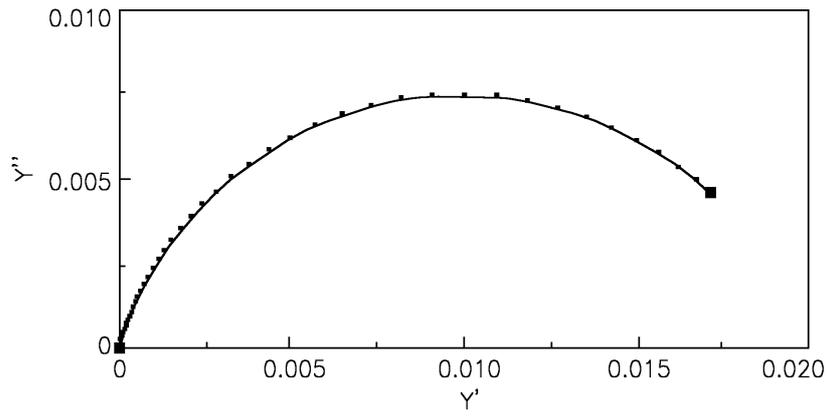
도면4



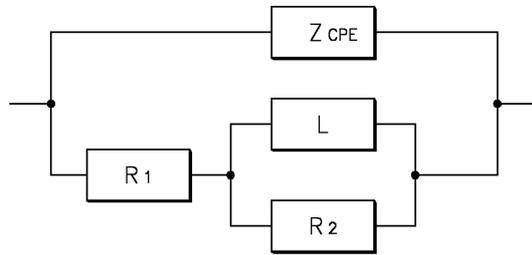
도면5



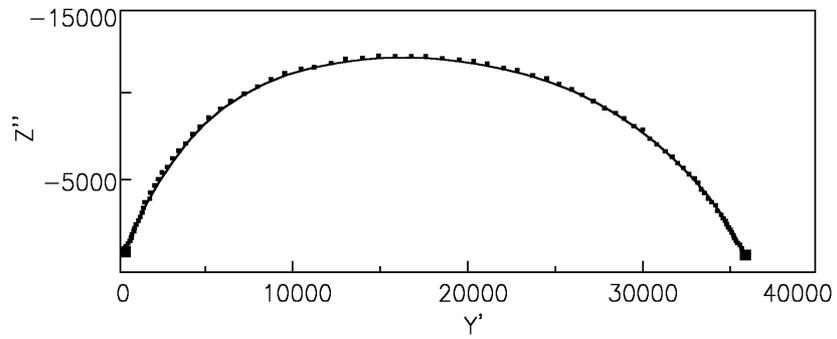
도면6



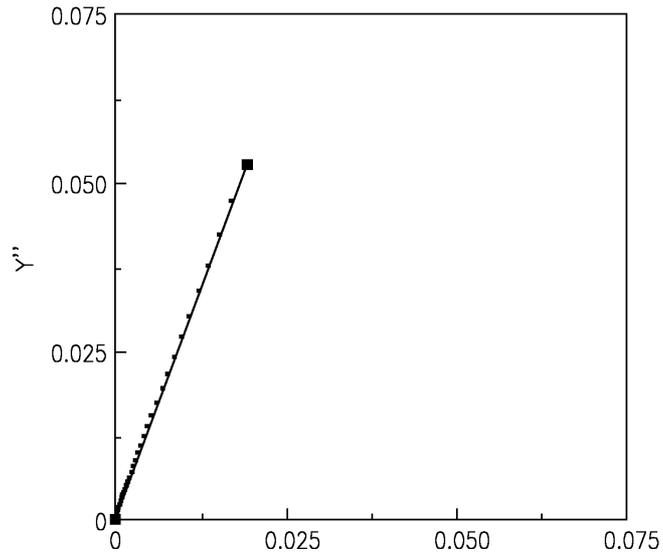
도면7



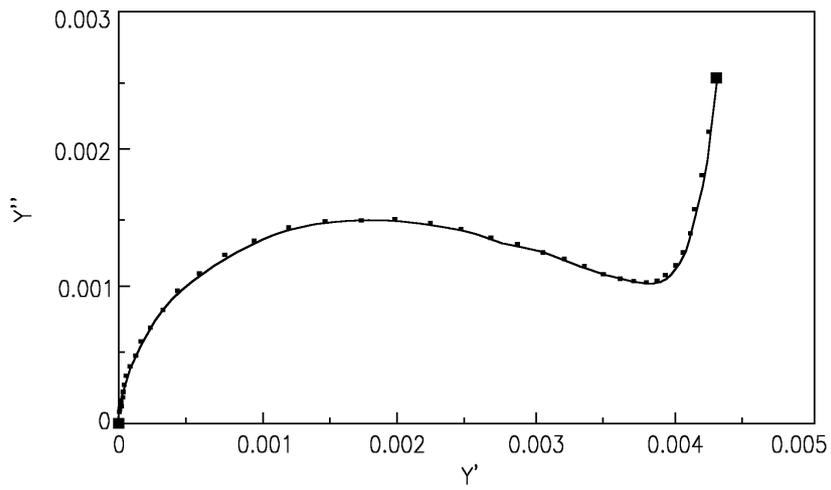
도면8



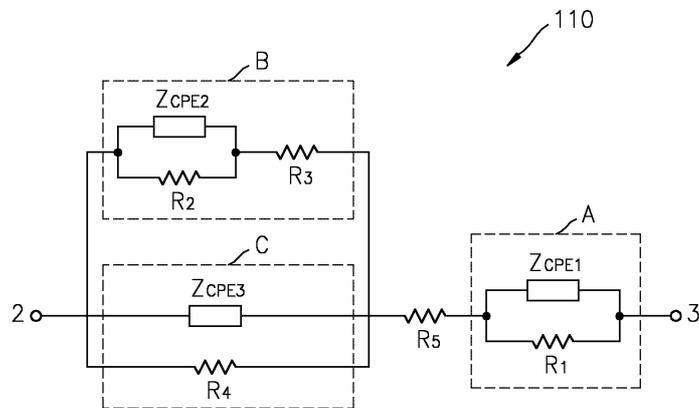
도면9



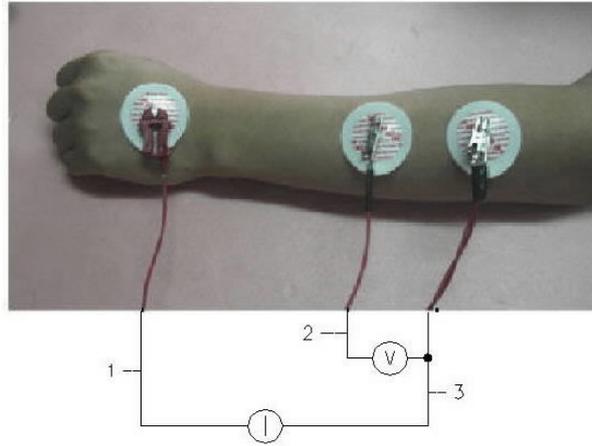
도면10



도면11



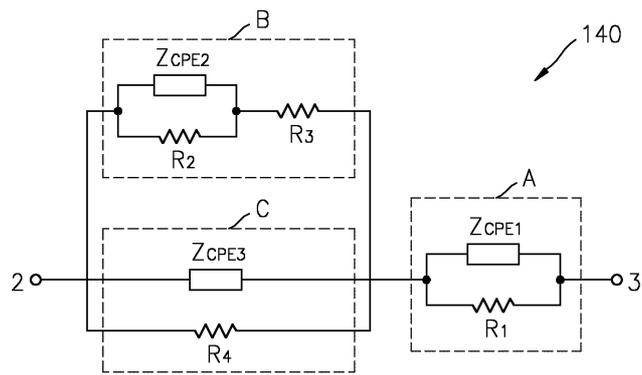
도면12



도면13

주파수	저항값	리액턴스값	주파수	저항값	리액턴스값	주파수	저항값	리액턴스값	주파수	저항값	리액턴스값
1000	1259.3	-3452.99	6946	443.2	-605.90	46454	337.2	-149.53	310654	265.9	-71.68
1039	1213.1	-3340.99	7216	439.8	-585.94	48253	335.5	-146.46	322688	264.8	-71.44
1079	1167.8	-3233.88	7495	436.6	-566.71	50122	333.6	-143.35	335188	263.8	-71.33
1121	1128.2	-3128.62	7785	433.6	-548.27	52064	331.9	-140.53	348171	262.8	-71.17
1164	1085.8	-3025.66	8087	430.5	-530.29	54081	330.1	-137.53	361658	261.7	-71.11
1209	1048.0	-2926.52	8400	427.6	-513.17	56175	328.2	-134.77	375667	260.6	-71.13
1256	1012.8	-2832.15	8726	424.8	-496.61	58351	326.5	-132.09	390219	259.6	-71.15
1305	979.5	-2737.56	9064	422.0	-480.68	60612	324.7	-129.48	405335	258.6	-71.28
1355	948.8	-2646.95	9415	419.4	-465.21	62960	323.0	-126.86	421036	257.5	-71.37
1408	916.9	-2558.81	9779	416.5	-450.35	65398	321.2	-124.47	437345	256.4	-71.62
1462	889.8	-2473.54	10158	414.0	-436.08	67932	319.6	-122.02	454286	255.3	-71.85
1519	862.2	-2391.66	10552	411.7	-422.39	70563	317.8	-119.74	471883	254.2	-72.19
1578	837.7	-2311.08	10960	409.3	-409.04	73296	316.0	-117.46	490162	253.2	-72.51
1639	813.9	-2233.85	11385	407.1	-396.20	76135	314.4	-115.29	509149	252.0	-72.95
1702	791.3	-2158.38	11826	404.8	-383.92	79085	312.7	-113.13	528871	250.9	-73.40
1768	770.1	-2085.83	12284	402.6	-372.15	82148	311.1	-111.10	549357	249.7	-73.96
1837	750.1	-2015.72	12760	400.5	-360.81	85330	309.5	-109.08	570637	248.5	-74.47
1908	731.3	-1947.22	13254	398.3	-349.84	88636	307.8	-107.17	592741	247.3	-75.12
1982	713.0	-1881.69	13768	396.1	-339.25	92069	306.2	-105.26	615702	246.0	-75.82
2059	696.7	-1817.67	14301	394.1	-329.06	95635	304.6	-103.46	639551	244.9	-76.47
2138	680.2	-1756.48	14855	392.1	-319.35	99340	303.1	-101.60	664325	243.5	-77.24
2221	665.4	-1696.25	15430	390.3	-309.99	103188	301.5	-99.88	690058	242.2	-78.12
2307	650.7	-1639.18	16028	388.3	-300.95	107185	300.0	-98.18	716788	240.8	-78.98
2397	637.6	-1583.53	16649	386.5	-292.22	111337	298.5	-96.63	744554	239.4	-79.91
2490	624.7	-1529.50	17294	385.2	-286.85	115649	297.0	-95.05	773395	237.9	-80.84
2586	612.5	-1477.43	17964	383.3	-278.66	120129	295.6	-93.54	803353	236.4	-81.91
2686	601.0	-1427.23	18659	381.4	-270.79	124783	294.2	-92.05	834472	234.9	-82.95
2790	589.9	-1378.70	19382	379.6	-263.29	129616	292.8	-90.63	866796	233.2	-84.03
2898	580.1	-1331.82	20133	377.7	-256.04	134637	291.5	-89.27	900372	231.6	-85.17
3011	570.5	-1286.59	20913	375.7	-249.10	139852	290.1	-87.91	935248	229.9	-86.36
3127	561.4	-1242.86	21723	373.9	-242.42	145270	288.7	-86.63	971476	228.2	-87.55
3248	552.7	-1200.59	22564	372.1	-235.89	150897	287.4	-85.44	1009107	226.3	-88.82
3374	544.3	-1159.63	23438	370.3	-229.72	156742	286.1	-84.28	1048196	224.4	-90.07
3505	536.3	-1120.23	24346	368.4	-223.72	162813	284.9	-83.10	1088799	222.4	-91.38
3641	529.1	-1082.20	25289	366.6	-217.91	169120	283.6	-82.07	1130974	220.4	-92.72
3782	522.2	-1045.54	26269	364.7	-212.30	175671	282.4	-81.01	1174784	218.3	-94.07
3928	515.5	-1010.19	27287	363.0	-207.11	182476	281.2	-80.07	1220290	216.1	-95.46
4080	508.8	-975.81	28343	361.1	-201.98	189544	280.0	-79.12	1267559	213.8	-96.92
4238	502.3	-942.80	29441	359.4	-196.90	196886	278.9	-78.33	1316659	211.5	-98.37
4403	496.4	-911.01	30582	357.5	-192.22	204513	277.7	-77.43	1367661	209.0	-99.83
4573	491.1	-880.16	31766	355.6	-187.54	212435	276.7	-76.66	1420639	206.5	-101.20
4750	485.8	-850.46	32997	353.8	-183.18	220664	275.6	-75.91	1475668	203.9	-102.54
4934	480.8	-821.83	34275	352.0	-178.91	229212	274.4	-75.22	1532830	201.3	-103.93
5125	475.8	-794.28	35603	350.3	-174.90	238090	273.3	-74.66	1592205	198.5	-105.28
5324	471.1	-767.64	36982	348.2	-170.84	247313	272.2	-74.06	1653881	195.6	-106.64
5530	466.6	-741.98	38414	346.6	-166.96	256893	270.9	-73.60	1717946	192.8	-107.93
5744	462.3	-717.13	39902	344.8	-163.34	266844	269.9	-73.07	1784492	189.8	-109.23
5967	457.9	-693.25	41448	343.0	-159.59	277180	269.0	-72.70	1853616	186.9	-110.55
6198	454.0	-670.25	43054	341.1	-156.19	287917	267.9	-72.27	1925417	183.8	-111.93
6438	450.3	-648.01	44721	339.2	-152.70	299070	266.9	-71.97	2000000	180.4	-113.25
6687	446.7	-626.53									

도면14



도면15

