(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0046400
(43) 공개일자 2023년04월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61N 1/04 (2006.01) *A61N 1/08* (2006.01)
A61N 1/36 (2006.01) *A61N 1/40* (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61N 1/0496 (2013.01)
A61N 1/0476 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0129338
(22) 출원일자 2021년09월30일
심사청구일자 2021년09월30일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
주식회사 필드큐어
서울특별시 성북구 안암로 145 ,B동472호(안암동5가,고려대학교)
(72) 발명자
윤명근
경기도 가평군 가평읍 동연재로 20-10, B103-1호
성희훈
서울특별시 동대문구 안암로22길 44, 101호 (제기동)
(74) 대리인
특허법인 다해

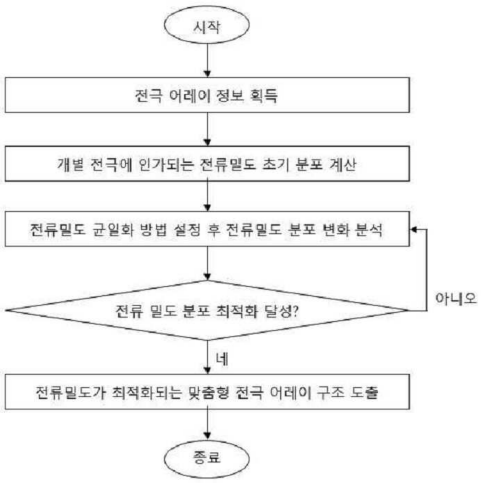
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **전기 치료를 위한 전극 시스템, 이를 포함하는 전기치료기 및 전기 치료를 위한 전극 시스템의 최적화 방법**

(57) 요 약

전기 치료를 위한 전극 시스템으로, 전극; 피부와 전극 사이의 하이드로겔; 및 상기 전극과 하이드로겔 사이에 삽입되는 절연체를 포함하는 것을 특징으로 하는 전기 치료를 위한 전극 시스템이 제공된다.

대 표 도 - 도9



(52) CPC특허분류
A61N 1/08 (2013.01)
A61N 1/36002 (2017.08)
A61N 1/3603 (2017.08)
A61N 1/403 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 9991006812
과제번호 202012E01
부처명 다부처
과제관리(전문)기관명 (재단)범부처전주기의료기기연구개발사업단
연구사업명 범부처전주기의료기기연구개발사업
연구과제명 웨어러블 전극기반 인공지능 융합 RF 종양 치료시스템 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 고려대학교 산학협력단
연구기간 2021.03.01 ~ 2022.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711132409
과제번호 2021R1A2C2008695
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 중견연구자지원
연구과제명 심부종양 치료용 3차원 영상유도 고전계 정밀종양치료시스템 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 고려대학교 산학협력단
연구기간 2021.03.01 ~ 2022.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

전기 치료를 위한 전극 시스템으로,

전극; 및

피부와 전극 사이의 하이드로겔;을 포함하고,

상기 전극과 피부사이에는 상기 하이드로겔과 상이한 절연 특성의 절연체가 구비되며, 이로써 상기 전극의 가장자리에서 밀집되는 전류밀도를 저감시키는 것을 특징으로 하는 전기 치료를 위한 전극 시스템.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 절연체의 전도율은 0.1S/m 이하의 값인 것을 특징으로 하는 전기 치료를 위한 전극 시스템.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 절연체는 상기 전극의 중심부를 제외한 가장자리(edge)에 대응하는 위치에 구비되는 것을 특징으로 하는 전기 치료를 위한 전극 시스템.

청구항 4

전기 치료를 위한 전극 시스템으로,

전극; 및

피부와 전극 사이의 하이드로겔;을 포함하고, 여기에서 상기 전극은 도체전극과 절연물질층을 포함하며, 상기 절연물질층의 두께는 불균일하며, 이로써 상기 전극의 가장자리에서 밀집되는 전류밀도를 저감 시키는 것을 특징으로 하는 전기 치료를 위한 전극 시스템.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 절연물질층은 상기 전극 가장자리에서의 두께가 상기 전극의 중심보다 더 두꺼운 것을 특징으로 하는 전기 치료를 위한 전극 시스템.

청구항 6

전기 치료를 위한 전극 시스템으로,

전극; 및

피부와 전극 사이의 하이드로겔;을 포함하고, 여기에서 상기 전극은 도체전극과 절연물질층을 포함하며 , 상기 도체전극의 반지름은 상기 절연물질층보다 작은 반지름을 갖는 것을 특징으로 하는 전기 치료를 위한 전극 시스템.

청구항 7

제 1항 내지 제 6항 중 어느 한 항에 따른 전기 치료를 위한 전극 시스템을 포함하는 전기 치료기.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 전기치료기는 전기장을 이용한 암 치료기인 것을 특징으로 하는 전기 치료기.

청구항 9

전기 치료를 위한 전극 시스템의 최적화 방법으로,

전극 어레이를 포함하는 전극 시스템에서 상기 전극 어레이를 구성하는 개별전극의 전류밀도 분포를 계산하는 단계;

상기 계산된 전류밀도 분포에 따라 개별전극의 전류밀도 분포를 조절할 수 있는 변수를 설정하는 단계;

상기 설정된 변수에 따라 상기 전극 어레이를 구성하는 개별전극의 전류밀도를 계산하는 단계; 및

상기 계산된 개별전극의 전류밀도가 균일하게 될 때까지 상기 변수를 반복적으로 조절하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 전기 치료를 위한 전극 시스템의 최적화 방법.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 변수는 상기 개별전극 가장자리의 전류밀도를 감소시키는 변수로, 상기 변수는 제 1항 내지 제 6항 중 어느 한 항에 따른 전극시스템에 따라 설정되는 것을 특징으로 하는 전기 치료를 위한 전극 시스템의 최적화 방법.

청구항 11

제 9항에 있어서,

상기 변수는 상기 전극 어레이의 크기, 모양, 전극 어레이를 구성하는 개별 전극의 개수, 개별 전극의 크기, 개별 전극의 모양 및 개별 전극의 종류 중 적어도 어느 하나를 더 포함하며,

상기 전기 치료를 위한 전극 시스템의 최적화 방법은 상기 전극 시스템의 전극 가장자리의 전류밀집을 감소시키도록 상기 변수를 설정하는 것을 특징으로 하는 전극 시스템의 최적화 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 전기 치료를 위한 전극 시스템, 이를 포함하는 전기치료기 및 전기 치료를 위한 전극 시스템의 최적화 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 전기요법에서 단일 전극 또는 전극 어레이(Electrode Array)를 이용하여 인체 내 관심영역에 전기장(또는 이에 기인한 전류)을 인가할 때 전극의 가장자리(Edge)에 전류가 밀집되는 현상을 감소시켜 피부에 인가되는 전류밀도 분포를 균일하게 만들어 가장자리 전류 밀집에 의한 화상 등의 부작용을 미연에 방지하고 치료 효과를 극대화 할 수 있는 전기 치료를 위한 전극 시스템, 이를 포함하는 전기치료기 및 전기 치료를 위한 전극 시스템의 최적화 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 전기요법은 전기 에너지를 치료의 용도로 사용하는 것으로 전극을 이용하여 인체 내에 전기장을 부여하며 각종의 신경마비에 대한 전기자극요법 외에, 전광욕(열기욕), 초단파치료법 등의 온열효과를 사용하는 것, 교류전압을 이용한 암치료 등이 있다(비특허문헌 1-6 참조).

[0003] 일반적으로 피부에 전극을 부착한 후 인체 내에 전압을 인가하는 방식의 전기요법은 인가된 전압에 의해 인체 내에 발생되는 전기장(또는 전기장에 의해 발생되는 전류)을 이용하는 것으로, 전기요법을 효과적으로 하기 위해서는 전기장이 최대한 관심영역(즉, 치료부위)에만 부여되고 관심영역이 아닌 정상조직에는 불필요하게 전달되는 전기장을 최소화하는 것이 필요하다.

[0004] 일 예로, 암 세포에 대한 전기장 치료의 효과는 종양 조직에 인가된 전기장의 세기에 따라 차이를 나타낸다. 구체적으로, 전기장의 세기가 크면 클수록 암세포에 대한 사멸 및 분열 억제 효과가 커서 전기장의 세기와 암세포 사멸 효과와 비례 관계에 있다고 할 수 있다(비특허문헌 7 및 8 참조). 현재 상용화된 전기장 치료시스템의 경우, 사용하는 전기장의 세기는 피부에 발생하는 부작용인 화상을 발생시키지 않는 범위에서 최대한의 전기장을

인가하여 치료하고 있다. 일반적으로 전기요법에서는 피부에 발생하는 화상을 예방하기 위해서 전류 밀도를 일정 한계값 (한계 전류 밀도) 이하로 유지하여야 하며 문헌에 의하면 실효치(Root Mean Square, RMS) 기준으로 한계 전류 밀도는 100mA/cm^2 이하로 유지할 것을 권고하고 있다(비특허문헌 7).

[0005] 문제는 전기적으로 도체인 전극의 특성으로 인해 도 1과 같이 전극의 전류 밀도가 공간적으로 동일한 분포를 가지는 것이 아니라 중앙에서 가장자리로 갈수록 전류 밀도가 증가하는 현상이 나타난다는 점이다. 이러한 불균일한 전류 밀도 분포는 동일한 출력 전압에 대해 전극의 가장자리를 제외한 대부분의 영역에는 상대적으로 낮은 전류 밀도를 인가하는 반면, 가장자리의 전류 밀도는 매우 높은 전류 밀도를 야기하게 된다. 이러한 전극의 전류 밀도 불균일 현상은 작은 인가전압에도 불구하고 전극의 가장자리 부근에 높은 전류 밀도를 야기하고 이로 인해 가장자리 부분에 인접한 피부에 화상의 위험성을 크게 하는 요인이 된다. 이를 예방하기 위해 전체 입력 전압을 감소시키면 대부분의 영역에 너무 낮은 전기장 (또는 전류)이 인가되어 치료효과의 감소로 이어지게 된다. 따라서 가장자리 부분의 전류 밀도 밀집 현상은 부작용을 야기시킴과 동시에 전기요법의 치료효과를 저해하는 요인이 된다.

[0006] 따라서, 전극을 이용한 전기요법에서 피부에 발생하는 화상과 같은 부작용을 최소화함과 동시에 치료 효과를 극대화시키기 위해서는 전극의 가장자리에 발생하는 전류밀도 밀집 현상을 감소시키는 전극이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) KR 10-2016-0134469

(특허문헌 0002) US7715921B2

(특허문헌 0003) US8764675B2

비특허문헌

[0008] (비특허문헌 0001) K. Heimrath et al, Transcranial direct current stimulation (tDCS) over the auditory cortex modulates GABA and glutamate: a 7 T MR-spectroscopy study, Scientific Report, 10, 20111 (2020).

(비특허문헌 0002) Eilon D. Kirson et al, Disruption of cancer cell replication by alternating electric fields, Cancer Research, 64, 3288-3295 (2004)

(비특허문헌 0003) Miklos Pless, Uri Weinberg, Tumor treating fields: concept, evidence, future, Expert Opinion, 20(8), 1099-1106 (2011)

(비특허문헌 0004) Stupp et al, Effect of Tumor-Treating Fields Plus Maintenance Temozolomide vs Maintenance Temozolomide Alone on Survival in Patients With Glioblastoma: A Randomized Clinical Trial, Journal of the American Medical Association, 318(23), 2306-2316 (2017)

(비특허문헌 0005) Eilon D. Kirson et al. Alternating electric fields (TTFields) inhibit metastatic spread of solid tumors to the lungs, Clin Exp Metastasis 26, 633-640 (2009)

(비특허문헌 0006) Novocure Corporate Presentation (https://3sj0u94bgxp33grbz1fkt62h-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2019/05/201905_NVCR_Corporate_Presentation_vFF.pdf)

(비특허문헌 0007) Eilon D. Kirson et al, Alternating electric fields arrest cell proliferation in animal tumor models and human brain tumors, PNAS, 104(24), 10152-10157 (2007)

(비특허문헌 0008) Yunhui Jo et al, Effectiveness of a Fractionated Therapy Scheme in Tumor Treating Fields Therapy, Technology in Cancer Research & Treatment,18, 1-10 (2019)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 따라서, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 전기 치료 목적으로 전기장을 이용하여 환자를 치료하는 과정에서 부착되는 전극의 가장자리에 밀집되는 전류 밀도를 감소시킴으로써 전류 밀도 분포를 균일하게 만들어 피부에 발생하는 화상의 위험성은 최소화함과 동시에 전달되는 전기장의 세기를 최대화 할 수 있도록 하는 전극 시스템과, 이를 포함하는 전기치료기, 그리고 최적화 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 전기 치료를 위한 전극 시스템으로, 전극; 및 피부와 전극 사이의 하이드로겔;을 포함하고, 상기 전극과 피부사이에는 상기 하이드로겔과 상이한 절연 특성의 절연체가 구비되며, 이로써 상기 전극의 가장자리에서 밀집되는 전류밀도를 저감시키는 것을 특징으로 하는 전기 치료를 위한 전극 시스템을 제공한다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 절연체의 전도율은 0.1S/m 이하이며, 상기 절연체는 상기 전극의 중심부를 제외한 가장자리(edge)에 대응하는 위치에 구비된다.

[0012] 본 발명은 또한 전기치료를 위한 전극 시스템으로, 전극; 및 부와 전극 사이의 하이드로겔;을 포함하고, 여기에서 상기 전극은 도체전극과 절연물질층을 포함하며, 상기 절연물질층의 두께는 불균일하며, 이로써 상기 전극의 가장자리에서 밀집되는 전류밀도를 감소시키며, 상기 절연물질층은 상기 전극 가장자리에서의 두께가 상기 전극의 중심보다 더 두껍다.

[0013] 본 발명은 또한 전기료를 위한 전극 시스템으로, 전극; 및 부와 전극 사이의 하이드로겔;을 포함하고, 여기에서 상기 전극은 도체전극과 절연물질층을 포함하며 , 상기 도체전극의 반지름은 상기 절연물질층보다 작은 반지름을 갖는다.

[0014] 본 발명은 또한 전기 치료를 위한 전극 시스템을 포함하는 전기 치료기를 제공하며, 전기치료기는 전기장을 이용한 암 치료기일 수 있다.

[0015] 본 발명은 전기 치료를 위한 전극 시스템의 최적화 방법으로, 전극 어레이를 포함하는 전극 시스템에서 상기 전극 어레이를 구성하는 개별전극의 전류밀도 분포를 계산하는 단계;

[0016] 상기 계산된 전류밀도 분포에 따라 개별전극의 전류밀도 분포를 조절할 수 있는 변수를 설정하는 단계; 상기 설정된 변수에 따라 상기 전극 어레이를 구성하는 개별전극의 전류밀도를 계산하는 단계; 및 상기 계산된 개별전극의 전류밀도가 균일하게 될 때까지 상기 변수를 반복적으로 조절하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 전기 치료를 위한 전극 시스템의 최적화 방법을 제공하며, 상기 변수는 상기 개별전극 가장자리의 전류밀도를 감소시키는 변수로, 상기 변수는 상술한 전극시스템에 따라 설정될 수 있으며, 상기 변수는 상기 전극 어레이의 크기, 모양, 전극 어레이를 구성하는 개별 전극의 개수, 개별 전극의 크기, 개별 전극의 모양 및 개별 전극의 종류 중 적어도 어느 하나를 더 포함하며, 상기 전기 치료를 위한 전극 시스템의 최적화 방법은 상기 전극 시스템의 전극 가장자리의 전류밀집을 감소시키도록 상기 변수를 설정한다.

발명의 효과

[0017] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 피부에 부착되는 전극의 종류, 크기, 모양 및 개수를 기반으로 전극의 가장자리에서 발생하는 전류 밀도 증가를 효과적으로 감소시키는 전극 구조를 적용하여 균일한 전류 밀도를 피부에 인가함으로써, 전기 치료에 필요한 충분한 전기장(또는 이로 인한 전류)을 관심영역에 최대한 전달함과 동시에 전극의 가장 자리 부근에 발생하는 화상의 위험을 최대한 줄여서 치료를 수행할 수 있게 된다. 이에 따라, 가장자리 전류 밀도를 감소시키는 수단이 포함되지 않은 일률적인 전극 구조를 이용한 기존의 비효율적인 치료 방식이 가지는 문제점들을 해결하고, 보다 실용적이고 효과적인 임상적 결과를 기대할 수 있다.

[0019] 본 발명의 효과는 이상에서 언급한 효과로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 통상의 지식을 가진 자에게 명확히 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 원형 전극을 이용한 전기 요법의 구성도와 전극 종류(도체 전극 및 절연 전극)에 따른 전류밀도 분포의

예를 도시하는 도면이다.

도 2는 사각형 전극을 이용한 전기 요법에서 전극 종류에 따른 전류밀도 분포의 예를 도시하는 도면이다.

도 3은 원형 전극에 절연체(Insulator block)를 삽입하고 전극 종류에 따른 전류밀도 분포를 도시하는 도면이다.

도 4는 사각형 전극에 절연체(Insulator block)를 삽입하고 전극 종류에 따른 전류밀도 분포를 도시하는 도면이다.

도 5는 원형의 절연 전극에서 세라믹의 두께를 일정하게 적용한 경우와 세라믹의 두께를 공간적으로 조절한 경우에 대해 전류밀도 분포 변화를 도시하는 도면이다.

도 6은 원형의 절연 전극에서 도체(Conductor)의 반지름이 세라믹의 반지름과 일치하는 경우와 세라믹의 반경보다 작은 경우에 대해 전류밀도 분포 변화를 도시하는 도면이다.

도 7은 전극 어레이에서 균일한 전류밀도 분포를 위해 전극 종류에 따라 절연체(Insulator block)를 삽입한 예를 도시하는 도면이다.

도 8은 전극 어레이에서 균일한 전류밀도 분포를 위해 전극 종류에 따라 절연체(Insulator block)를 삽입하기 전과 후의 전류밀도 분포를 도시하는 도면이다.

도 9는 전류 밀도 최적화를 위한 전극 제작 방법을 도시하는 도면이다.

도 10은 본 발명의 실시예 1 내지 3을 고려하여 전기 치료를 위한 전극 시스템의 최적화 방법의 단계도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0022] 본 발명을 상세하게 설명하기 전에, 본 명세서에서 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 무조건 한정하여 해석되어서는 아니 되며, 본 발명의 발명자가 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해서 각종 용어의 개념을 적절하게 정의하여 사용할 수 있다.

[0023] 더 나아가 이들 용어나 단어는 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야 함을 알아야 한다.

[0024] 즉, 본 명세서에서 사용된 용어는 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하기 위해서 사용되는 것일 뿐이고, 본 발명의 내용을 구체적으로 한정하려는 의도로 사용된 것이 아니다.

[0025] 이들 용어는 본 발명의 여러 가지 가능성을 고려하여 정의된 용어임을 알아야 한다.

[0026] 또한, 본 명세서에 있어서, 단수의 표현은 문맥상 명확하게 다른 의미로 지시하지 않는 이상, 복수의 표현을 포함할 수 있다.

[0027] 또한, 유사하게 복수로 표현되어 있다고 하더라도 단수의 의미를 포함할 수 있음을 알아야 한다.

[0028] 본 명세서의 전체에 걸쳐서 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소를 "포함"한다고 기재하는 경우에는, 특별히 반대되는 의미의 기재가 없는 한 임의의 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 임의의 다른 구성 요소를 더 포함할 수도 있다는 것을 의미할 수 있다.

[0029] 더 나아가서, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소의 "내부에 존재하거나, 연결되어 설치된다"고 기재한 경우에는, 이 구성 요소가 다른 구성 요소와 직접적으로 연결되어 있거나 접촉하여 설치되어 있을 수 있다.

[0030] 또한, 일정한 거리를 두고 이격되어 설치되어 있을 수도 있으며, 일정한 거리를 두고 이격되어 설치되어 있는 경우에 대해서는 해당 구성 요소를 다른 구성 요소에 고정 내지 연결시키기 위한 제 3의 구성 요소 또는 수단이 존재할 수 있다.

[0031] 한편, 상기 제 3의 구성 요소 또는 수단에 대한 설명은 생략될 수도 있음을 알아야 한다.

[0032] 반면에, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "직접 연결"되어 있다거나, 또는 "직접 접속"되어 있다고 기재되는 경우에는, 제 3의 구성 요소 또는 수단이 존재하지 않는 것으로 이해하여야 한다.

[0033] 마찬가지로, 각 구성 요소 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 " ~ 사이에"와 "바로 ~ 사이에", 또는 " ~ 에

이웃하는"과 " ~ 에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지의 취지를 가지고 있는 것으로 해석되어야 한다.

[0034] 또한, 본 명세서에 있어서 "일면", "타면", "일측", "타측", "제 1", "제 2" 등의 용어는, 하나의 구성 요소에 대해서 이 하나의 구성 요소가 다른 구성 요소로부터 명확하게 구별될 수 있도록 하기 위해서 사용된다.

[0035] 하지만, 이와 같은 용어에 의해서 해당 구성 요소의 의미가 제한적으로 사용되는 것은 아님을 알아야 한다.

[0036] 또한, 본 명세서에서 "상", "하", "좌", "우" 등의 위치와 관련된 용어는, 사용된다면, 해당 구성 요소에 대해서 해당 도면에서의 상대적인 위치를 나타내고 있는 것으로 이해하여야 한다.

[0037] 또한, 이들의 위치에 대해서 절대적인 위치를 특정하지 않는 이상은, 이들 위치 관련 용어가 절대적인 위치를 언급하고 있는 것으로 이해하여서는 아니 된다.

[0038] 더욱이, 본 발명의 명세서에서는, "…부", "…기", "모듈", "장치" 등의 용어는, 사용된다면, 하나 이상의 기능이나 동작을 처리할 수 있는 단위를 의미한다.

[0039] 이는 하드웨어 또는 소프트웨어, 또는 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있음을 알아야 한다.

[0040] 본 명세서에 첨부된 도면에서 본 발명을 구성하는 각 구성 요소의 크기, 위치, 결합 관계 등은 본 발명의 사상을 충분히 명확하게 전달할 수 있도록 하기 위해서 또는 설명의 편의를 위해서 일부 과장 또는 축소되거나 생략되어 기술되어 있을 수 있고, 따라서 그 비례나 축척은 엄밀하지 않을 수 있다.

[0041] 또한, 이하에서, 본 발명을 설명함에 있어서, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 구성, 예를 들어, 종래 기술을 포함하는 공지 기술에 대한 상세한 설명은 생략될 수도 있다.

[0042] 일반적으로 전기 요법은 전극을 인체에 직접 부착하여 인체 내부에 전기장을 형성시켜 치료를 수행한다.

[0043] 일 예로, 현재 상용화된 전기장 암치료 시스템은 1 내지 3 V/cm 정도의 약한 세기의 전기장으로만 치료가 가능하도록 개발되었으며, 이처럼 약한 세기의 전기장으로 가능한 한 최대의 치료효과를 확보하기 위해서는 환자가 수면시간을 제외하고 거의 하루 종일(18-24시간/일) 치료를 받아야 하는 불편함이 있다. 현재까지의 연구 결과에 따르면, 전기장 세기 및 전기장 인가 시간에 따라 암 종별 전기장 치료의 효과는 차이를 나타내며, 전기장 세기 및 인가 시간이 크면 클수록 암세포에 대한 사멸 및 분열억제 효과가 크다(비특허문헌 7 참조).

[0044] 일일 치료시간을 늘리는 것은 이미 한계에 도달했기 때문에 원하는 치료 효과를 달성하기 위해서는 충분한 크기의 전기장 세기가 필수적이다. 단순히 인가된 전압의 크기를 증가시켜서 체내에 전달되는 전기장의 크기를 증가시키는 것은 물리적으로는 가능하다. 하지만, 이러한 전기장의 상승은 피부에 부착된 전극에 의해 피부로 흐르는 전류도 함께 증가시키기 때문에 화상과 같은 심각한 부작용을 야기시킬 수 있다.

[0045] 이러한 이유 때문에 피부에 전달되는 한계전류가 전기장 치료에서 중요한 요소가 되며 현재의 전기장 암치료에서는 피부에 부작용이 생기지 않는 범위 내에서 가능한 최대의 전기장을 인체에 인가하고 있지만 그 크기는 만족할 만한 수준이 아니다(비특허문헌 7 참조).

[0046] 일반적으로 단위면적당 최대한계전류밀도는 실효치(Root Mean Square) 기준으로 100mA/cm^2 이하이지만 전기장 치료에서 권고되는 단위면적당 권고한계전류밀도는 약 31mA/cm^2 이하라고 할 수 있다(비특허문헌 7 참조). 따라서, 치료효과를 극대화시키기 위해서는 피부에 흐르는 전류는 권고한계전류밀도 이하로 유지하면서 체내에 전달되는 전기장의 크기는 증가시킬 수 있는 방법이 필요하다.

[0047] 일반적으로, 특정 전압이 인가된 경우 인체 피부에 부착되어 있는 다양한 전극에 의해 형성되는 전류 밀도의 분포가 도 1과 도 2에 도시되어 있다.

[0048] 도 1 및 2를 참조하면, 도 1(b)와 도 2(a)는 일반적인 도체와 하이드로겔로 이루어진 도체 전극을 나타내고 도 1(c)와 도 2(b)는 도체와 하이드로겔 사이에 세라믹을 포함하는 절연전극을 나타내고 있다(비특허문헌 7 참조).

[0049] 도 1과 2에서 볼 수 있듯이 전극의 중앙에 위치하는 대부분의 영역에 권고한계전류밀도인 31mA/cm^2 가 유지되도록 설정하여도 도체의 특성상 전극의 가장자리 부분에는 전류 밀도가 크게 증가하여 권고한계전류밀도를 벗어나는 영역이 있음을 알 수 있다. 따라서, 가장자리 부분의 전류 밀도가 권고한계전류밀도 이하로 되기 위해서는 전체 인가 전압을 낮추어야 하고 이는 인체 내부 전기장 세기의 감소로 이어져 임상 효과를 낮추게 된다.

[0050] 이러한 문제를 효과적으로 해결하기 위해서는 본 발명은 이러한 전극 가장자리에 집중되는 전류 밀도를 감소시

키기 위하여, 상기 전극 시스템의 전극 가장자리의 전류밀집을 감소시키도록 전극 어레이의 크기, 모양, 전극 어레이를 구성하는 개별 전극의 개수, 개별 전극의 크기, 개별 전극의 모양, 개별 전극의 종류를 조절하는 최적화 방법과, 이를 위한 전극 시스템을 제공한다.

[0051] 본 발명의 일 실시예에서 상기 최적화 방법은 도체 전극의 크기(반지름) 조절, 절연체 사용, 그리고 세라믹과 같은 절연물질층의 형태와 구성을 조절하여 전극 가장자리에 집중되는 전류밀도를 감소시킨다. 본 발명의 일 실시예에서는 1) 절연체 사용 2) 절연물질층 두께 3) 도체판 크기 조절 이 3가지 설계변수 단독 또는 이들의 조합에 따라 개별전극에서의 가장자리 전류밀집을 감소시킨다. 또한 복수의 개별전극의 어레이 구조에서는 전체적인 전류밀도를, 개별전극 형태뿐만 아니라 어레이에서의 전극 구성, 크기 등을 조절하여 전류밀도를 전체적으로 균일하게 하는 최적화를 진행한다.

[0052] 즉, 본 발명은 인가 전압은 유지하고 따라서 전극의 중앙부분에 흐르는 전류 밀도는 권고한계전류밀도 이하로 유지하고 필요 이상으로 발생되는 가장자리의 전류 밀도만 권고한계전류밀도 이하로 줄이는 최적화 방법과 전극 시스템을 제공한다. 이하 본 발명에 따른 실시예에 따른 전극 시스템을 보다 상세히 설명한다.

[0054] 실시예 1

[0055] 절연체 사용

[0056] 본 발명의 일 실시예에서는, 전극 가장자리에 집중되는 전류 밀도를 줄이기 위하여 본 발명의 일 실시예는 절연체로 구성된 블럭(Insulator block)을 삽입하고 이로 인한 가장자리의 전류밀도를 감소시킨다. 즉, 본 발명의 일 실시예에서는 전극; 및 피부와 전극 사이의 하이드로겔;을 포함하고, 상기 전극과 피부사이에는 상기 하이드로겔과 상이한 전기적 특성, 바람직하게는 상이한 절연 특성의 절연체가 구비되며, 상기 절연체의 전도율은 0.1S/m 이하로 높은 절연 특성을 갖는다. 절연체의 전도율이 이보다 높은 경우, 전극의 가장자리 위치에 대응되도록 위치하는 절연체에 의한 전류밀도 집중을 감소시키는 효과가 떨어진다.

[0057] 도 3은 각각 원형 전극에 절연체(Insulator block)를 삽입하고 전극 종류에 따른 전류밀도 분포를 도시하는 도면이고, 도 4는 사각형 전극에 절연체(Insulator block)를 삽입하고 전극 종류에 따른 전류밀도 분포를 도시하는 도면이다.

[0058] 도 3과 도 4를 참조하면, 도 3(a)와 (b)는 원형의 도체 전극과 절연 전극에 대하여 절연체 삽입에 의한 전류밀도 균일화 효과를 각각 도시하고 있으며 도 4(a)와 (b)는 사각의 도체 전극과 절연 전극에 대하여 절연체의 삽입에 의한 전류밀도 균일화 효과를 각각 도시하고 있다.

[0059] 즉, 본 발명의 일 실시예는 절연지, 절연필름, 절연 플라스틱 등과 같은 절연 물질로 구성된 절연체 블록(Insulator block)은 전극의 가장자리에 발생하는 전기장을 감소시킴으로써 가장자리로부터 발생하는 전류 밀도를 효과적으로 감소시켜 전극 전반에 분포하는 전류 밀도를 균일하게 조절한다. 따라서, 본 발명에 따른 이러한 방법을 사용하면 일정한 전압을 인가하여 인체에 충분한 전기장을 유지하면서도 가장자리에 집중되는 전류 밀도를 효과적으로 낮출 수 있어서 가장자리에 발생할 수 있는 화상을 방지할 수 있다.

[0061] 실시예 2

[0062] 전극 형태 조정

[0063] 본 실시예서는 도체전극의 크기, 도체전극과 하이드로겔 사이의 절연물질층의 두께 등과 같이 전극 자체의 물리적 치수(physical dimension)를 조절하여 전극 가장자리의 전류밀도를 조절한다.

[0064] 도 5는 도체와 하이드로겔의 사이에 절연물질층인 세라믹 두께가 일정할 때(t=t')와 공간적으로 세라믹의 두께를 변화했을 때 (t>t')의 전류밀도 분포를 도시하고 있다.

[0065] 도 5를 참조하면, 전극의 가장자리 부근의 세라믹의 두께를 두껍게 하면 그 부분의 전기저항을 높이게 되고 따라서 가장자리 부근의 전기장을 차폐하는 효과를 야기하여 전극의 가장자리에서 발생되는 전류 밀도를 줄일 수 있다.

[0066] 또한, 전극 도체판(conductor)의 크기를 조절하여 전류밀도 분포를 조절하는 방법이 있는데, 도 6은 절연물질층 대비 도체판 반지름 크기를 일정 수준으로 줄였을 때 가장자리의 전류 밀도가 감소하여 전극에 의해 발생되는

전류 밀도가 균일하게 되는 결과를 보여준다.

[0068] 실시예 3

[0069] 전극 어레이 적용

[0070] 이상 설명한 전극 시스템의 전류밀도 균일화 방법은 단일 전극을 사용하는 경우뿐만 아니라 전극을 어레이(array) 형태로 사용하는 경우에도 적용할 수 있다.

[0071] 도 7은 어레이 형태의 도체 전극과 절연 전극을 도시하고 있다. 도 7에서 도시한 전극 어레이를 구성하고 있는 단일 전극의 가장 자리에 절연체를 삽입했을 때 전류밀도 분포의 변화가 도 8에 도시되어 있다.

[0072] 실시예 1과 같은 절연체가 사용되지 않은 경우, 도체 전극과 절연 전극의 가장자리에 전류 밀도가 밀집되어 있는 것이 도 8(a)와 (d)에 각각 도시되어 있다.

[0073] 특이한 점은 단일 전극과는 다르게 전극 어레이의 경우, 개별 전극이 어디에 위치하는 지에 따라 가장자리의 전류 밀도분포가 각각 다르다는 것을 알 수 있다. 즉, 전극 어레이의 중심에 위치하는 개별 전극의 경우, 전류 밀도의 분포가 대칭적(symmetric)인 반면, 다른 곳에 위치한 개별 전극의 전류밀도 분포는 그 위치에 따라 각각 다른 형태로 비대칭적임을 알 수 있다.

[0074] 이러한 차이점을 무시하고 같은 두께의 절연체를 삽입했을 때의 전류밀도 분포를 도 8(b)와 (e)가 보여주고 있다. 도 8(b)와 (e)에서 볼 수 있듯이 일정한 두께의 절연체를 사용한 경우, 가장자리의 전류밀도 감소를 일정하게 감소시키기 때문에 가장자리의 밀도가 예외적으로 높은 영역의 경우 효과적으로 전류밀도 감소를 할 수 없을 경우가 있다.

[0075] 따라서 각 개별 전극의 전류 밀도의 분포를 미리 계산하여 그 값에 따라 공간적으로 다르게 적용하는 최적화 방법이 필요하다고 할 수 있다. 도 8의 (c), (f)는 전극 어레이에서 각 개별 전극의 비대칭적 전류 밀도를 고려하여 각 개별 전극의 가장자리에서 발생하는 전류밀도 밀집현상을 위치에 따라 다른 두께의 절연체를 삽입하여 맞춤형으로 차단하는 경우에 대한 전류밀도 균일화 결과를 보여주고 있다.

[0076] 도 9는 전류 밀도 최적화를 위한 전극 제작 방법 및 시스템의 전체 과정을 도시하고 있다. 먼저, 전기 치료를 위한 전극 어레이의 크기, 모양, 전극 어레이를 구성하는 개별 전극의 개수, 개별 전극의 크기, 개별 전극의 모양, 개별 전극의 종류에 대한 전극 어레이 정보를 획득하고 이를 이용하여 전류 밀도의 초기 분포를 계산한다. 계산된 결과를 토대로 전류밀도 분포 균일화 방법을 선택 또는 설정하여 분포가 최적화될 때까지 반복하여 수행한 후 최종적으로 맞춤형 전극 어레이 구조를 도출하는 과정이다.

[0077] 도 10은 본 발명의 실시예 1 내지 3을 고려하여 전기 치료를 위한 전극 시스템의 최적화 방법의 단계도이다.

[0078] 도 10을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 최적화 방법은, 전체 전극 어레이에서 각 개별 전극의 전류밀도를 개별적으로 계산하는 단계를 포함한다.

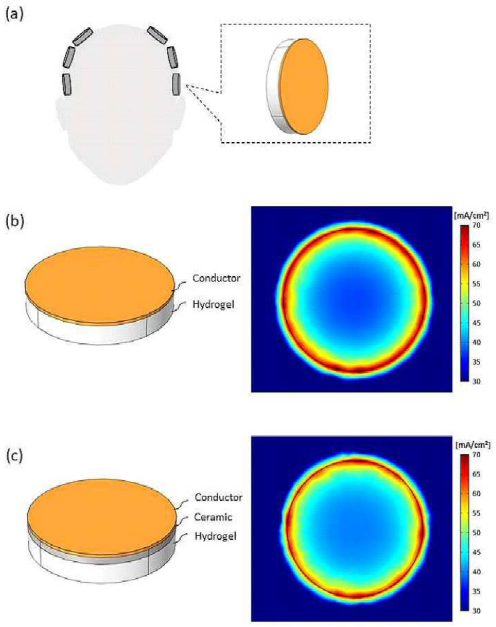
[0079] 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 최적화 방법은, 전극 어레이를 포함하는 전극 시스템에서 상기 전극 어레이를 구성하는 개별전극의 전류밀도 분포를 계산하는 단계; 상기 계산된 전류밀도 분포에 따라 개별전극의 전류밀도 분포를 조절할 수 있는 변수를 설정하는 단계; 상기 설정된 변수에 따라 상기 전극 어레이를 구성하는 개별전극의 전류밀도를 계산하는 단계; 및 상기 계산된 개별전극의 전류밀도가 균일하게 될 때까지 상기 변수를 반복적으로 조절하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 전기 치료를 위한 전극 시스템의 최적화 방법을 포함한다.

[0080] 본 발명에서 전극 어레이의 전류밀도 분포를 균일하게 만드는 변수는 상술한 바와 같이 실시예 1 또는 2와 같은 개별전극의 물리적 변수(절연체 사용, 절연물질층 두께, 도전판 반지름 등) 뿐만 아니라 개별 전극의 개수, 개별 전극의 크기, 개별 전극의 모양, 개별 전극의 종류 중 적어도 어느 하나 이상을 포함할 수 있으며, 적어도 개별전극별 전류분포를 고려하여 전체적인 전류밀도 분포를 균일하게 하는 최적화 변수가 모두 본 발명의 범위에 속한다.

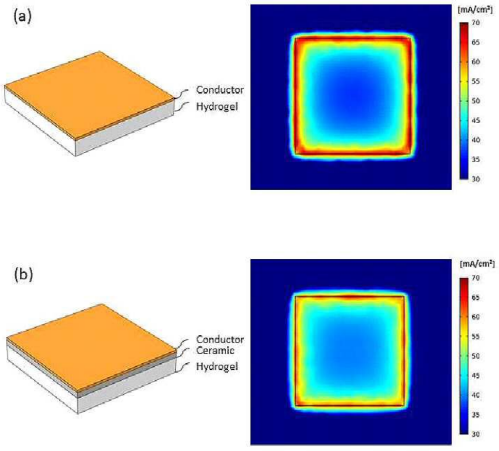
[0081] 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니다. 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명에 따른 구성요소를 치환, 변형 및 변경할 수 있다는 것이 명백할 것이다.

도면

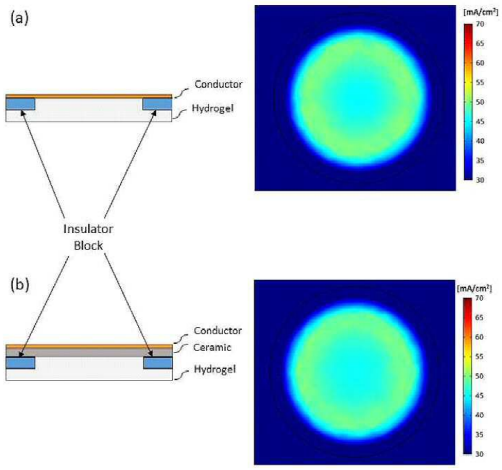
도면1


(a)
(b)
Conductor
Hydrogel
[mA/cm²]
70
65
60
55
50
45
40
35
30
(c)
Conductor
Ceramic
Hydrogel
[mA/cm²]
70
65
60
55
50
45
40
35
30

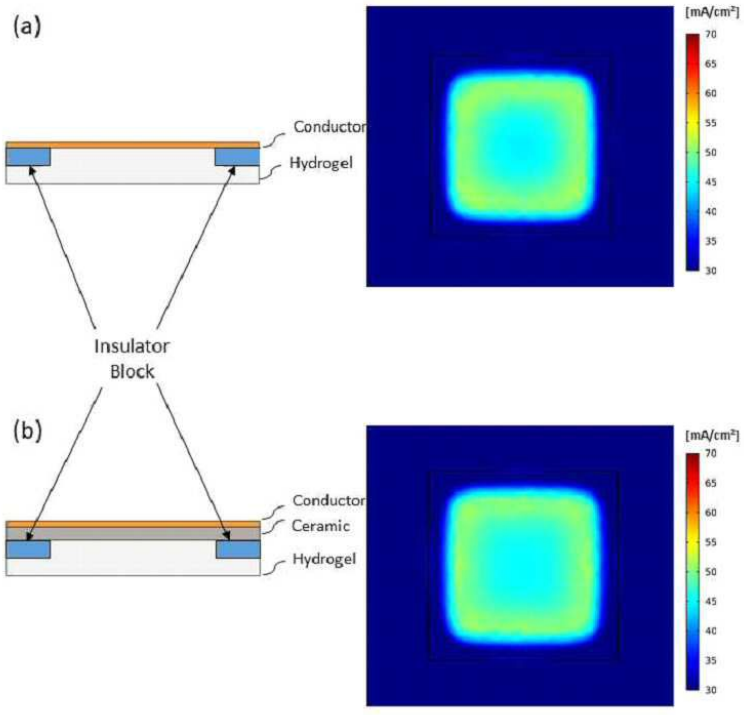
도면2


(a)
Conductor
Hydrogel
[mA/cm²]
70
65
60
55
50
45
40
35
30
(b)
Conductor
Ceramic
Hydrogel
[mA/cm²]
70
65
60
55
50
45
40
35
30

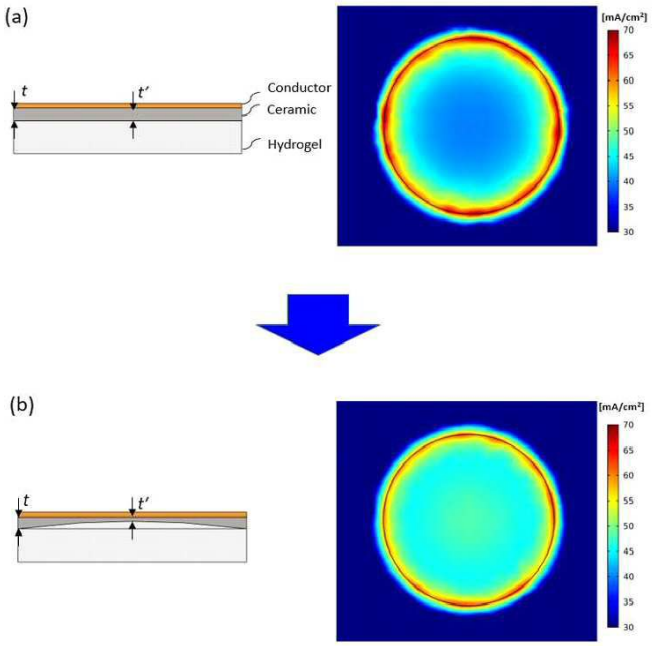
도면3


(a)
Conductor
Hydrogel
Insulator
Block
(b)
Conductor
Ceramic
Hydrogel
[mA/cm²]
70
65
60
55
50
45
40
35
30

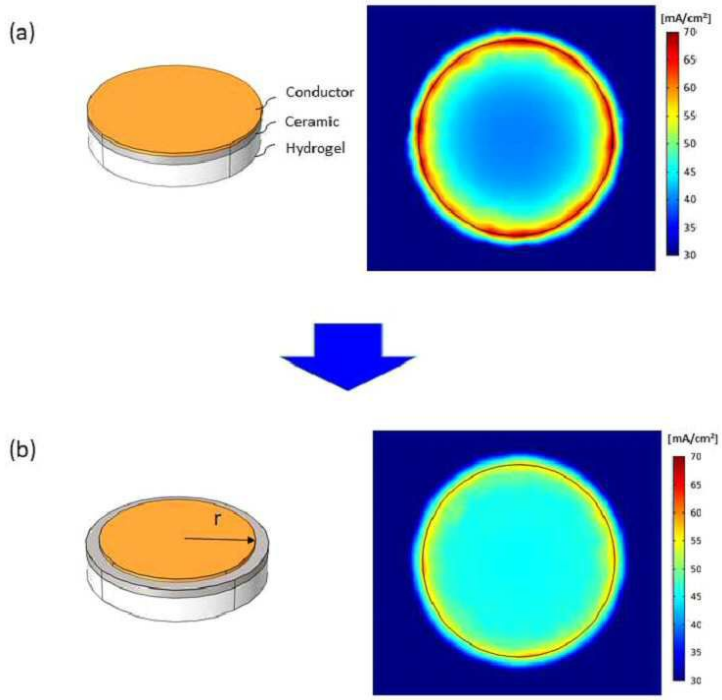
도면4


(a)
Conductor
Hydrogel
Insulator
Block
(b)
Conductor
Ceramic
Hydrogel
[mA/cm²]
70
65
60
55
50
45
40
35
30

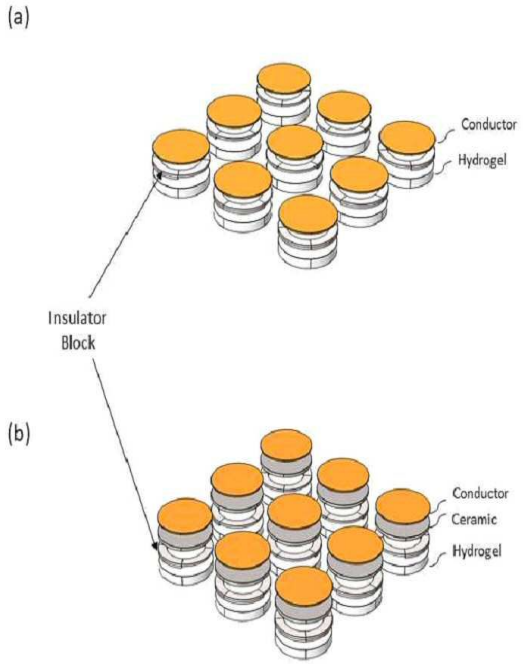
도면5


(a)
t
t′
Conductor
Ceramic
Hydrogel
[mA/cm²]
70
65
60
55
50
45
40
35
30
(b)
t
t′
[mA/cm²]
70
65
60
55
50
45
40
35
30

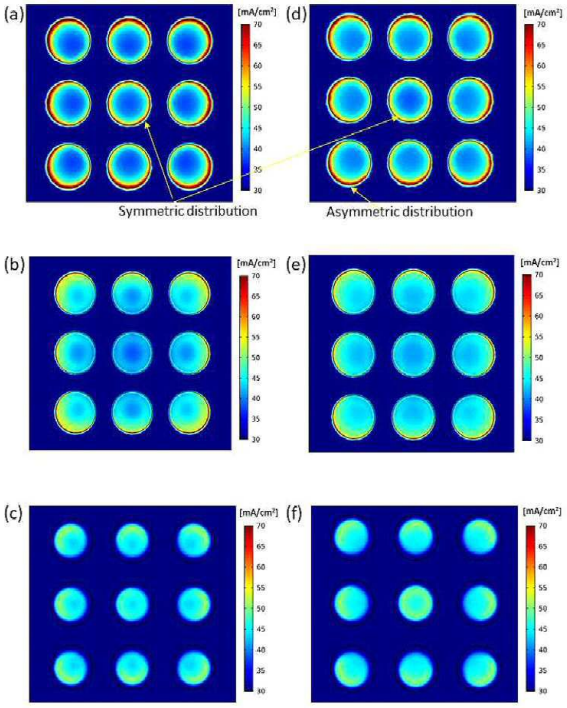
도면6


(a)
Conductor
Ceramic
Hydrogel
[mA/cm²]
70
65
60
55
50
45
40
35
30
(b)
r
[mA/cm²]
70
65
60
55
50
45
40
35
30

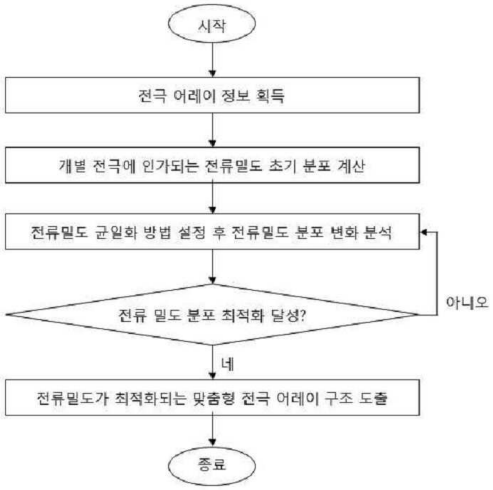
도면7


(a)
Conductor
Hydrogel
Insulator
Block
(b)
Conductor
Ceramic
Hydrogel

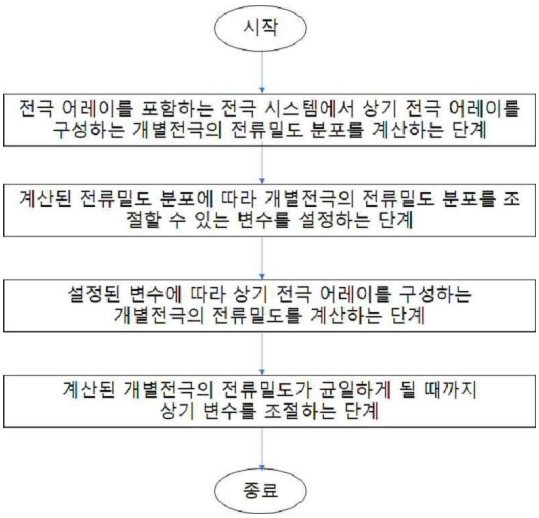
도면8


(a)
(d)
Symmetric distribution
Asymmetric distribution
(b)
(e)
(c)
(f)

도면9


시작
전극 어레이 정보 획득
개별 전극에 인가되는 전류밀도 초기 분포 계산
전류밀도 균일화 방법 설정 후 전류밀도 분포 변화 분석
전류 밀도 분포 최적화 달성?
아니오
네
전류밀도가 최적화되는 맞춤형 전극 어레이 구조 도출
종료

도면10


시작
전극 어레이를 포함하는 전극 시스템에서 상기 전극 어레이를 구성하는 개별전극의 전류밀도 분포를 계산하는 단계
계산된 전류밀도 분포에 따라 개별전극의 전류밀도 분포를 조절할 수 있는 변수를 설정하는 단계
설정된 변수에 따라 상기 전극 어레이를 구성하는 개별전극의 전류밀도를 계산하는 단계
계산된 개별전극의 전류밀도가 균일하게 될 때까지 상기 변수를 조절하는 단계
종료