



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0072573
(43) 공개일자 2022년06월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61N 1/40 (2006.01) A61N 1/36 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61N 1/40 (2013.01)
A61N 1/36002 (2017.08)
(21) 출원번호 10-2020-0160333
(22) 출원일자 2020년11월25일
심사청구일자 2020년11월25일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암
동5가)
주식회사 필드큐어
서울특별시 성북구 안암로 145 ,B동472호(안암
동5가,고려대학교)
(72) 발명자
김종현
서울특별시 성북구 보국문로37길 14-5, 101동 40
1호 (정릉동, 정릉한일유엔아이아파트)
오건
서울특별시 동대문구 왕산로 72, 204호 (용두동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 다해

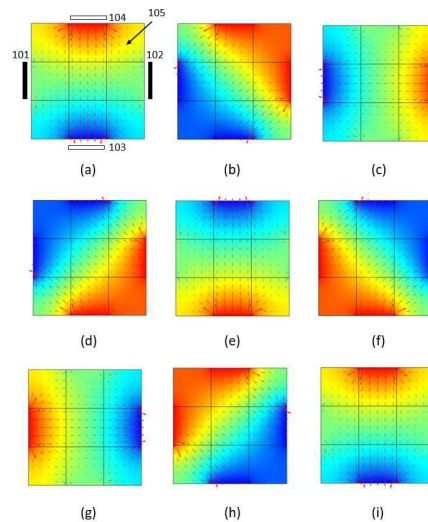
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 회전하는 교류 전기장을 이용한 전기장 압 치료 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 회전하는 교류 전기장을 이용한 전기장 압 치료 장치는, 체내의 타겟 영역에 교류 전기장을 전달하는 복수의 전극쌍; 상기 복수의 전극쌍에 각각 연결되며, 상기 복수의 전극쌍에 인가할 교류 전기장을 발생하는 복수의 교류 전기장 발생기; 및 상기 복수의 교류 전기장 발생기에 의한 교류 전기장 발생을 제어하는 제어기를 포함하고, 각각의 교류 전기장 발생기는 이에 연결된 각각의 전극쌍에 동시에 교류 전류를 인가하여 복수의 교류 전기장이 동시에 전달되도록 하고, 상기 복수의 교류 전기장에 의해 형성되어 상기 타겟 영역에 전달되는 전기장의 방향이 시간에 따라 회전하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

A61N 1/3603 (2017.08)

(72) 발명자

성희훈

서울특별시 동대문구 안암로22길 44, 101호 (제기
동)

윤명근

경기도 가평군 가평읍 동연재로 20-10

명세서

청구범위

청구항 1

체내의 타겟 영역에 교류 전기장을 전달하는 복수의 전극쌍;

상기 복수의 전극쌍에 각각 연결되며, 상기 복수의 전극쌍에 인가할 교류 전기장을 발생하는 복수의 교류 전기장 발생기; 및

상기 복수의 교류 전기장 발생기에 의한 교류 전기장 발생을 제어하는 제어기를 포함하고,

각각의 교류 전기장 발생기는 이에 연결된 각각의 전극쌍에 동시에 교류 전류를 인가하여 복수의 교류 전기장이 동시에 전달되도록 하고, 상기 복수의 교류 전기장에 의해 형성되어 상기 타겟 영역에 전달되는 전기장의 방향이 시간에 따라 회전하는 것을 특징으로 하는 회전하는 교류 전기장을 이용한 전기장 암 치료 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 전극쌍은, 상기 복수의 전극쌍 각각에 의해 상기 타겟 영역에 가해지는 전기장 방향 사이의 각도가 기 설정된 각도 범위에 포함되도록 상기 타겟 영역에 상응하는 부위에 배치되는 것을 특징으로 하는 회전하는 교류 전기장을 이용한 전기장 암 치료 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서

상기 복수의 전극쌍은 제1 전극쌍 및 제2 전극쌍을 포함하고,

상기 제1 전극쌍에 의해 제1 교류 전기장이 제1 방향으로 타겟 영역에 인가되고, 상기 제2 전극쌍에 의해 제2 교류 전기장이 제2 방향으로 타겟 영역에 인가되며,

상기 제1 방향과 제2 방향이 이루는 각도는 60도 내지 90도 범위에 포함되는 것을 특징으로 하는 회전하는 교류 전기장을 이용한 전기장 암 치료 장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 제1 교류 전기장은 제1 주파수와 제1 엔벨로프를 가지고, 상기 제2 교류 전기장은 제2 주파수와 제2 엔벨로프를 가지며,

상기 제1 주파수 및 제2 주파수는 상기 타겟 영역의 세포의 유사 분열을 방해하도록 50kHz 내지 500kHz 범위에서 선택되고,

상기 제1 엔벨로프 및 제2 엔벨로프는 상기 타겟 영역의 세포에 전달되는 전기장의 방향이 회전하도록 위상 및 세기가 선택되는 것을 특징으로 하는 회전하는 교류 전기장을 이용한 전기장 암 치료 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 제1 엔벨로프와 제2 엔벨로프의 위상 차는 60도 내지 120도 범위에 포함되는 것을 특징으로 하는 회전하는 교류 전기장을 이용한 전기장 압 치료 장치.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 제1 방향과 제2 방향이 이루는 각도는 90도이고,

상기 제1 엔벨로프와 제2 엔벨로프의 세기는 각각 하기의 수학적식,

$$A_1 = A_0 \sin \left(\frac{2\pi}{T_{env}} t \right)$$

$$A_2 = A_0 \sin \left(\frac{2\pi}{T_{env}} t + \phi \right)$$

과 같으며, A_1 및 A_2 는 각각 제1 엔벨로프 및 제2 엔벨로프의 세기이고,

T_{env} 은 엔벨로프의 주기이고,

는 A_1 와 A_2 의 위상 차인 것을 특징으로 하는 회전하는 교류 전기장을 이용한 전기장 압 치료 장치.

청구항 7

제 4 항에 있어서,

상기 회전하는 전기장의 회전 주기가 0.1 초 이상인 것을 특징으로 하는 회전하는 교류 전기장을 이용한 전기장 압 치료 장치.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 각각의 교류 전기장 발생기는 전기적으로 독립적으로 전류가 흐르도록 부동 접지(floating ground)를 가지고, 서로 절연(isolation)되는 것을 특징으로 하는 회전하는 교류 전기장을 이용한 전기장 압 치료 장치.

청구항 9

제1 전극쌍에 의해 체내의 타겟 영역에 전달할 제1 교류 전기장의 주파수 및 엔벨로프를 선택하는 단계;

제2 전극쌍에 의해 상기 타겟 영역에 전달할 제2 교류 전기장의 주파수 및 엔벨로프를 선택하는 단계;

상기 제1 전극쌍 및 제2 전극쌍에 의해 각각 제1 교류 전기장 및 제2 교류 전기장을 동시에 인가하는 단계; 및

상기 제1 교류 전기장 및 제2 교류 전기장에 의해 상기 타겟 영역에 전달되는 전기장이 회전하는 단계를 포함하는 회전하는 교류 전기장을 이용한 전기장 압 치료 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 회전하는 교류 전기장을 이용한 전기장 암 치료 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 인체 내 종양 세포에 전달되는 전기장이 회전하도록 하여 치료 효과를 극대화시킬 수 있는 전기장 암 치료 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전자기파를 이용한 암 치료 기법은 치료 주파수 대역에 따라 각각 다른 원리로 종양을 제거하여 치료한다. 예를 들어, 10^{10} MHz 근방의 X-선 주파수 대역은 암세포의 DNA 이중나선을 끊어 사멸시키는 원리를 이용하며, 10 MHz 영역의 전자기파는 종양 내에 열을 발생시켜 제거하는 원리를 이용한다.

[0003] 2004년 최초로 보고된 전기장 암 치료법(Tumor Treating Fields, TTFields, 또는 종양치료장)은 저강도($1 \sim 3\text{V/cm}$), 중간 주파수 대역($50 \sim 500\text{kHz}$)의 교류 전기장을 분열하는 종양세포에 전달하여 세포분열을 지연시켜 사멸시키는 원리를 이용하여 치료하는 기술이다(비특허문헌 1 [Kirson2004] 및 비특허문헌 2 [Kirson2007] 참조). 2011년 재발한 교모세포종(recurrent glioblastoma multiform brain tumors) 환자에 대한 전기장 암 치료기가 미국 FDA 승인을 받은 이후, 짧은 역사에도 불구하고 2020년 현재 전 세계적으로 1000여 개의 치료 센터에서 치료를 진행하고 있을 정도로 큰 관심을 받고 있다.

[0004] 비특허문헌 1 [Kirson2004], 비특허문헌 2 [Kirson2007] 및 비특허문헌 3 [Hottinger2016]에 따르면 전기장 암 치료법의 작동 메커니즘은 분열하는 세포의 유전영동(dielectrophoresis)으로 설명된다. 유사 분열을 진행하는 세포는 두 개의 딸 세포(daughter cells)가 형성되는 후기(anaphase)와 말기(telophase)에 모세포 중심부에 분열 고랑(cleavage furrow)이 만들어지게 된다. 이 때 세포분열 축(cell division axis)과 평행하게 전기장이 가해지면, 세포 내 전기력선의 분포가 분균일해진다. 즉, 선밀도(line density)가 분열 고랑 쪽으로 증가한다. 극성을 가지는 단백질에 가해진 분균일한 전기장은 선밀도가 더 큰 쪽으로 힘을 받게 된다. 이런 유전영동(dielectrophoresis) 현상이 세포의 분열 능력을 방해하여 세포사(apoptosis)를 유도한다. 이 작동 메커니즘으로부터 치료 효과를 높이기 위해 다음 두 가지 사항을 고려할 필요가 있다.

[0005] 첫째, 분열하는 세포 내의 극성을 가지는 단백질에 가해지는 전기력의 크기는 특정 주파수에서 최대가 되고, 그 최적 주파수(optimal frequency)는 암세포의 크기에 의존한다. 비특허문헌 4 [Wenhger2018]는 유한요소(finite element) 모델링을 통해 셀의 크기가 커질수록 분열 고랑에서의 전기장의 최대값이 더 낮은 주파수에서 발생하는 것을 보여준다. 이 같은 세포의 크기와 최적 주파수의 관계를 이용하여, 특허문헌 4 [US 9,655,669]는 종양 조직의 임피던스(impedance)로부터 세포의 평균 크기를 대략 근사함으로써 일정 시간 간격마다 적절한 치료 주파수(treatment frequency)로 변경하는 방법을 개시한다. 한편, 종양 세포 크기의 분포를 고려하면 치료 주파수가 일정 범위 안에 분포해야 할 필요가 있다. 이와 관련하여, 특허문헌 3 [US 8,244,345]은 치료 주파수를 일정 범위 안에서 시간에 따라 연속적으로 변화시키거나, 복수개의 치료 주파수를 교대로 전달하는 방법을 개시한다.

[0006] 둘째, 전기장 암치료 법의 치료 효과는 전기장의 방향과 분열 축의 방향 사이의 각도와 관련된다. 두 방향이 일치할 때 분열은 최대한으로 방해를 받게 되고, 두 방향이 직각으로 교차할 때 분열은 거의 방해를 받지 않는다. 비특허문헌 4 [Wenhger2018]는 셀의 세포분열 축과 전기장의 방향 사이의 각도에 따라 분열 고랑에서의 전기장의 최대값이 극명하게 바뀌는 것을 보여준다. 그런데, 셀의 분열 축은 임의적(random)이므로, 종래에는 치료 효과를 극대화하기 위해서 90도로 교차하는 두 쌍의 전극 어레이 또는 방향이 다른 복수 개의 전극 어레이를 멀티플렉서(multiplexer)에 연결하고, 일정 시간마다 전극 어레이 쌍을 교대 함으로써 전기장의 방향을 바꿔주는 방식을 사용하였다. 비특허문헌 5 [Berkelmann2019]는 BT4Ca cell line 실험에서, 전기장을 일정 방향으로만 가할 때보다 교대 주기가 60초인 경우에 효과가 가장 좋다는 것을 보여준다. 또한, 비특허문헌 6 [Zhao1999]은 전기장이 없을 때는 분열의 축이 임의(random)적이지만, 전기장 하에서는 특이하게도 분열의 축이 전기장의 방향과 비슷하게 배열하는 현상을 발견하였다. 그러나, 이는 직류 전기장에 한정되는 것이다.

[0007] 다시 말해, 종래 기술들은 멀티플렉서를 사용하여 주기적으로 전기장의 방향을 전환하면서, 부가적으로 주파수를 변경하거나 진폭을 변경하는 방법을 사용한다.

[0008] 예를 들어, 특허문헌 1 [KR 10-2018-0133431]은 암세포의 확산을 방해하기 위해 유사분열을 억제하는 치료 주파수와 이동성을 억제하는 주파수를 교대로 인가하며, 이에 더하여 두 신호의 진폭을 다르게 하고, 전극 어레이의

방향도 시간에 따라 변경하는 방법을 개시한다.

- [0009] 또한, 특허문헌 2 [KR 10-2019-0022861]는 길이 방향 축을 가지는 피검자의 신체 부분에서의 종양을 치료하기 위해 길이 방향으로 전후에 각각 전극 어레이 제 1 및 제 2 세트들을 부착하는 방법을 개시한다.
- [0010] 또한, 특허문헌 3 [US 8,244,345]은 복수 개의 치료 주파수를 교대로 전달하면서, 각 치료 주파수에서 전기장의 방향을 교대로 변경하는 방법을 개시한다.
- [0011] 상술한 종래 기술에 따르면, 치료 효과를 높이기 위해서 전기장 발생 장치와 멀티플렉서를 사용하여 복수 개의 전극 어레이 세트에 일정 시간마다 교대로 교류 전류를 인가함으로써 체내 종양 세포에 전기장의 방향을 교대로 변경하며, 각 전극 어레이 세트에 인가되는 교류 전류의 주파수와 크기는 같게 또는 다르게 정할 수 있다.
- [0012] 그러나, 상술한 바와 같이 세포분열의 축과 전기장의 방향 사이의 각도가 정확히 일치할 때(in-phase electric fields) 가장 좋은 치료 효과를 보이고, 90도로 어긋나면(out-phase electric fields) 치료 효과를 가지지 않음을 고려할 때, 세포분열의 축과 전기장의 방향 사이의 각도가 0° 를 중심으로 일정 범위 안에 있을 때에만 효과적인 치료를 기대할 수 있으므로, 복수 개의 전극 어레이 세트를 교대로 사용하는 종래의 방법은 필연적으로 각 전극 어레이 쌍의 유효 각도 범위 밖에 있는 암세포의 유효한 사멸을 기대하기 어렵다는 한계가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0013] (특허문헌 0001) 노보큐어 리미티드, "TTfield을 이용하는 암 세포의 운동성 감소", 한국공개특허 제10-2018-0133431호, 2018년 12월 14일 공개
- (특허문헌 0002) 노보큐어 리미티드, "신체에 대한 종양 치료장의 길이 방향 전달을 위한 어레이들", 한국공개특허 제10-2019-0022861호, 2019년 03월 06일 공개.
- (특허문헌 0003) (특허문헌 3) Novocure Ltd, St. Helier, "Treating a tumor or the like with electric fields at different frequencies." 미국등록특허 제8,244,345호, 2012년 08월 14일 공고.
- (특허문헌 0004) (특허문헌 4) Novocure Ltd, "Optimizing treatment using TTFields by changing the frequency during the course of long term tumor treatment", 미국등록특허 제9,655,669호, 2017년 05월 23일 공고.

비특허문헌

- [0014] (비특허문헌 0001) Kirson2004) Kirson, Eilon D., et al. "Disruption of cancer cell replication by alternating electric fields." Cancer research 64.9 (2004): 3288-3295.
- (비특허문헌 0002) Kirson2007) Kirson, Eilon D., et al. "Alternating electric fields arrest cell proliferation in animal tumor models and human brain tumors." Proceedings of the National Academy of Sciences 104.24 (2007): 10152-10157.
- (비특허문헌 0003) Hottinger2016) Hottinger, Andreas F., Patricia Pacheco, and Roger Stupp. "Tumor treating fields: a novel treatment modality and its use in brain tumors." Neuro-oncology 18.10 (2016): 1338-1349.
- (비특허문헌 0004) Wenger2018) Wenger, Cornelia, et al. "A review on tumor-treating fields (TTFields): clinical implications inferred from computational modeling." IEEE reviews in biomedical engineering 11 (2018): 195-207.
- (비특허문헌 0005) Berkelmann2019) Berkelmann, Lukas, et al. "Tumour-treating fields (TTFields): Investigations on the mechanism of action by electromagnetic exposure of cells in telophase/cytokinesis." Scientific reports 9.1 (2019): 1-11.
- (비특허문헌 0006) (비특허문헌 6; Zhao1999) Zhao, Min, John V. Forrester, and Colin D. McCaig. "A small, physiological electric field orients cell division." Proceedings of the National Academy of

Sciences 96.9 (1999): 4942-4946.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 따라서, 당해 기술분야에서는 종래 기술에 따른 전기장 압 치료법에서 필연적인 무효 각도를 원천적으로 배제하여 효과적인 치료를 가능하도록 하기 위한 방안이 요구되고 있다.

[0017] 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 통상의 지식을 가진 자에게 명확히 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0018] 상기 과제를 해결하기 위해서, 본 발명의 일 실시예는 회전하는 교류 전기장을 이용한 전기장 압 치료 장치를 제공한다.

[0019] 상기 회전하는 교류 전기장을 이용한 전기장 압 치료 장치는, 체내의 타겟 영역에 교류 전기장을 전달하는 복수의 전극쌍; 상기 복수의 전극쌍에 각각 연결되며, 상기 복수의 전극쌍에 인가할 교류 전기장을 발생하는 복수의 교류 전기장 발생기; 및 상기 복수의 교류 전기장 발생기에 의한 교류 전기장 발생을 제어하는 제어기를 포함하고, 각각의 교류 전기장 발생기는 이에 연결된 각각의 전극쌍에 동시에 교류 전류를 인가하여 복수의 교류 전기장이 동시에 전달되도록 하고, 상기 복수의 교류 전기장에 의해 형성되어 상기 타겟 영역에 전달되는 전기장의 방향이 시간에 따라 회전하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 또한, 본 발명의 다른 실시예는 회전하는 교류 전기장을 이용한 전기장 압 치료 방법을 제공한다.

[0022] 상기 회전하는 교류 전기장을 이용한 전기장 압 치료 방법은, 제1 전극쌍에 의해 체내의 타겟 영역에 전달할 제1 교류 전기장의 주파수 및 엔벨로프를 선택하는 단계; 제2 전극쌍에 의해 상기 타겟 영역에 전달할 제2 교류 전기장의 주파수 및 엔벨로프를 선택하는 단계; 상기 제1 전극쌍 및 제2 전극쌍에 의해 각각 제1 교류 전기장 및 제2 교류 전기장을 동시에 인가하는 단계; 및 상기 제1 교류 전기장 및 제2 교류 전기장에 의해 상기 타겟 영역에 전달되는 전기장이 회전하는 단계를 포함할 수 있다.

[0024] 덧붙여 상기한 과제의 해결수단은, 본 발명의 특징을 모두 열거한 것이 아니다. 본 발명의 다양한 특징과 그에 따른 장점과 효과는 아래의 구체적인 실시형태를 참조하여 보다 상세하게 이해될 수 있을 것이다.

발명의 효과

[0025] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 치료 전기장을 회전시킴으로써 무효 각도를 원천적으로 배제하여 보다 효과적으로 암세포의 사멸을 유도할 수 있다.

[0027] 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

[0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 회전하는 교류 전기장을 이용한 전기장 압 치료 장치의 구성도이다.

도 2는 두 개의 전극쌍에 소정 주기의 전류를 90도 위상 차이가 나도록 각각 흘려줄 때 시간에 따라 바디 내부로 전달되는 교류 전기장의 방향과 크기를 도시하는 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 회전하는 교류 전기장을 이용한 전기장 압 치료 장치에 포함된 교류 전기장

발생기의 일 구현예를 도시하는 도면이다.

도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 회전하는 교류 전기장을 이용한 전기장 압 치료 방법의 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 다만, 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명함에 있어, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 유사한 기능 및 작용을 하는 부분에 대해서는 도면 전체에 걸쳐 동일한 부호를 사용한다.
- [0030] 덧붙여, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 '연결'되어 있다고 할 때, 이는 '직접적으로 연결'되어 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 '간접적으로 연결'되어 있는 경우도 포함한다. 또한, 어떤 구성요소를 '포함'한다는 것은, 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.
- [0032] 상술한 바와 같이 본 발명에서는 i) 임의적인 압세포의 분열의 축과 전기장의 방향 사이에서 발생 가능한 무효 각도를 원천적으로 배제하고 ii) 각 방향에서의 전기장의 세기를 일정하게 최대가 되도록 하여 치료 효과를 극대화하기 위한 전기장 압 치료 장치 및 방법을 제안한다.
- [0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 회전하는 교류 전기장을 이용한 전기장 압 치료 장치의 구성도이다.
- [0035] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 회전하는 교류 전기장을 이용한 전기장 압 치료 장치는 복수의 전극쌍(10), 복수의 교류 전기장 발생기(20) 및 제어기(30)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0036] 복수의 전극쌍(10)은 체내의 타겟 영역(예를 들어, 암세포, 종양 세포)에 교류 전기장을 전달하기 위한 것으로, 각각의 전극쌍(11, 12, 13)에 의해 타겟 영역에 가해지는 전기장 방향 사이의 각도가 기 설정된 각도 범위에 포함되도록 신체의 타겟 영역에 상응하는 부위에 배치될 수 있다.
- [0037] 일 실시예에 따라, 전기장 압 치료 장치가 제1 전극쌍(11) 및 제2 전극쌍(12)를 포함하는 경우, 제1 전극쌍(11)에 의해 제1 교류 전기장이 제1 방향으로 타겟 영역에 인가되고, 제2 전극쌍(12)에 의해 제2 교류 전기장이 제2 방향으로 타겟 영역에 인가될 수 있다.
- [0038] 이 경우, 제1 방향과 제2 방향이 이루는 각도는 60도 내지 90도 범위에 포함될 수 있으며, 바람직하게는 제1 방향과 제2 방향이 서로 직각을 이룰 수 있다.
- [0039] 또한, 제1 교류 전기장은 제1 주파수와 제1 엔벨로프를 가지고, 제2 교류 전기장은 제2 주파수와 제2 엔벨로프를 가질 수 있다.
- [0040] 여기서, 제1 주파수 및 제2 주파수는 타겟 영역의 세포의 유사 분열을 방해하도록 선택될 수 있으며, 예를 들어 50kHz 내지 500kHz 범위에서 선택될 수 있다.
- [0041] 또한, 제1 엔벨로프 및 제2 엔벨로프는 타겟 영역의 세포에 전달되는 전기장의 방향이 회전하도록 위상 및 세기가 선택될 수 있다. 이 경우, 회전하는 전기장의 회전 주기가 0.1 초 이상이 되도록 선택될 수 있다. 또한, 제1 엔벨로프와 제2 엔벨로프의 위상 차는 60도 내지 120도 범위에 포함될 수 있으며, 바람직하게는 위상 차는 90도 일 수 있다.
- [0043] 복수의 교류 전기장 발생기(20)는 복수의 전극쌍(10)에 인가할 교류 전기장을 발생하기 위한 것으로, 각각의 교류 전기장 발생기(21, 22, 23)가 각각의 전극쌍(11, 12, 13)에 연결될 수 있다.
- [0044] 여기서, 각각의 교류 전기장 발생기(21, 22, 23)는 전기적으로 독립적으로 전류가 흐르도록 구성, 즉, 부동 접지(floating ground)를 가져야 하고, 서로 절연(isolation)되어 있어야 한다.
- [0045] 또한, 각각의 교류 전기장 발생기(21, 22, 23)는 이에 연결된 각각의 전극쌍(11, 12, 13)에 동시에 교류 전류를

인가하여 복수의 교류 전기장이 동시에 전달되도록 하고, 복수의 교류 전기장에 의해 형성되어 타겟 영역에 전달되는 전기장의 방향이 시간에 따라 회전하도록 할 수 있다.

[0047] 제어기(30)는 각각의 교류 전기장 발생기(21, 22, 23)에 의한 교류 전기장 발생을 제어하여 타겟 영역에 전달되는 전기장의 방향이 시간에 따라 회전하도록 하기 위한 것이다.

[0048] 일 실시예에 따르면, 직교하는 두 개의 전극쌍에 의해 체내의 타겟 영역 내의 암세포에 하기의 수학식 1 및 2와 같은 교류 전기장 E_1 과 E_2 를 동시에 전달할 수 있다.

수학식 1

$$E_1 = A_1(t) \sin(\omega t)$$

[0049]

수학식 2

$$E_2 = A_2(t) \sin(\omega t)$$

[0050]

[0051] 여기서, ω 는 유전영동 현상에 의한 세포사를 유도하는 최적 주파수를 의미하는 것으로, 50kHz 내지 500kHz이다. 또한, $A_1(t)$ 와 $A_2(t)$ 는 각각 교류 전기장 E_1 과 E_2 의 엔벨로프 세기를 의미한다.

[0052] 이 경우, 두 개의 전극쌍에 의해 암세포에 전달되는 전기장은 교류 전기장 E_1 과 E_2 의 벡터 합이 된다.

[0053] 또한, 두 전기장이 직교 방향으로 전달되는 경우, 전기장의 세기를 일정하게 유지하기 위해서는 $A_1(t)$ 와 $A_2(t)$ 가 하기의 수학식 3의 관계를 만족하여야 한다. 따라서, $A_1(t)$ 와 $A_2(t)$ 는 각각 수학식 4와 5를 만족한다. 여기서, T_{env} 는 엔벨로프의 주기를 의미하고, ϕ 는 $A_1(t)$ 와 $A_2(t)$ 의 위상 차이(phase shift)를 의미한다. 또한, A_0 는 암세포에 전달되는 전기장의 세기를 의미한다.

[0054]

수학식 3

$$A_1^2 + A_2^2 = A_0^2$$

[0055]

수학식 4

$$A_1 = A_0 \sin\left(\frac{2\pi}{T_{env}} t\right)$$

[0056]

수학식 5

$$A_2 = A_0 \sin\left(\frac{2\pi}{T_{env}} t + \phi\right)$$

[0057]

[0059] 다른 실시예에 따르면, 3차원 공간에서 서로 직교하는 세 개의 전극쌍에 의해 타겟 영역에 교류 전기장을 동시에 전달하여 3차원 공간에서 전기장이 회전하도록 할 수도 있다.

[0060] 이 경우, 각 전극쌍에 인가되는 교류 전기장의 엔벨로프는 하기의 수학식 6 내지 9를 만족하여야 한다.

수학식 6

$$A_x^2 + A_y^2 + A_z^2 = A_0^2$$

[0061]

수학식 7

$$A_x = A_0 \sin(\theta) \cos(\phi)$$

[0062]

수학식 8

$$A_y = A_0 \sin(\theta) \sin(\phi)$$

[0063]

수학식 9

$$A_z = A_0 \cos(\theta)$$

[0064]

[0065] 여기서, θ 및 ϕ 는 각각 $\theta \in [0, \pi]$, $\phi \in [0, 2\pi]$ 의 범위에 들어오는 시간의 함수이다.

[0067] 도 2는 두 개의 전극쌍에 소정 주기의 전류를 90도 위상 차이가 나도록 각각 흘려줄 때 시간에 따라 바디 내부로 전달되는 교류 전기장의 방향과 크기를 도시하는 도면이다.

[0068] 일 실시예에 따라, 바디(105)에 부착된 두 개의 전극쌍(101 및 102, 103 및 104)에 엔벨로프의 주기(T_{env})가 240초인 엔벨로프 전류를 90도 위상 차이가 나도록 각각 흘려줄 수 있다. 이 경우, 바디(105) 내부에 전달되는 교류 전기장의 방향과 크기를 시간에 따라 시뮬레이션한 결과를 나타내면 도 2와 같다.

[0069] 구체적으로, 도 2의 (a) 내지 (i)는 각각 엔벨로프의 주기 동안 30초 간격으로, 즉 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240초에서의 바디(105)의 내부 전기장을 도시한 것이다.

[0070] 도 2를 참조하면, 상술한 바와 같이 두 개의 전극쌍에 소정 주기의 전류를 90도 위상 차이가 나도록 각각 흘려 줄 때, 시간에 따라 일정한 크기의 전기장이 회전함을 알 수 있다.

[0072] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 회전하는 교류 전기장을 이용한 전기장 압 치료 장치에 포함된 교류 전기장 발생기의 일 구현예를 도시하는 도면으로, 교류 전기장 발생기는 폐회로(closed-loop) 피드백 시스템을 구성하도록 구현될 수 있다.

[0073] 구체적으로, 각각의 교류 전기장 발생기의 입력신호(201A, 201B)로는 하기의 수학식 10 및 11과 같은 전류가 입력될 수 있다. 즉, 각각의 교류 전기장 발생기의 입력신호는 수학식 4 및 5와 같은 엔벨로프를 가지는 전류일 수 있다.

수학식 10

$$I_1 = I_0 \sin\left(\frac{2\pi}{T_{env}} t\right) \sin(\omega t)$$

[0074]

수학식 11

$$I_2 = I_0 \sin\left(\frac{2\pi}{T_{env}} t + \phi\right) \sin(\omega t)$$

[0075]

[0077] 이와 같은 입력신호(201A, 201B)와 피드백 신호(208A, 208B)의 차이가 제어 앰프(Control amp)(203A, 203B)를 통해 출력될 수 있다.

[0078] 이 경우, 전체 폐회로 피드백 시스템의 밴드위스(bandwidth)는 피드백 캐패시터(Feedback capacitor)(204A, 204B)에 의해 제어될 수 있다.

[0079] 제어 앰프(203A, 203B)의 출력단은 파워 앰프(Power amp)(205A, 205B)를 구성하는 내부 FET의 Gate 신호로 연결되어 파워 앰프(205A, 205B)로 입력되는 파워 소스의 크기를 제어할 수 있다.

[0080] 파워 앰프(205A, 205B)의 출력단은 각각의 전극쌍(Electrode 1, Electrode 2)에 연결되어 인체 내에 전기장을 전달한다.

[0081] 한편, 각 전극에 흐르는 전류는 센싱 저항(Sensing resistor)(206A, 206B) 양단에 걸리는 전압에 비례하고, 이 전압은 전류/전압 변환기(I/E Converter)(207A, 207B)에 의해 피드백 신호(Feedback signal)(208A, 208B)로 변환되어 가산기(Adder circuit)(202A, 202B)를 통해 다시 제어 앰프(203A, 203B)로 입력된다.

[0082] 또한, 파워 앰프(205A, 205B)로 입력되는 파워 소스는 서로 절연(isolation)되어 있어야 하며, 각각의 신호 접지(Signal ground)(209A, 209B)는 부동 접지로 구성된다.

[0084] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 회전하는 교류 전기장을 이용한 전기장 압 치료 방법의 흐름도로, 두 개의 전극쌍을 이용하여 교류 전기장이 회전하도록 하여 전기장 압 치료를 수행하는 방법에 대해 설명한다.

[0085] 도 4를 참조하면, 우선 제1 교류 전기장의 주파수 및 엔벨로프를 선택하고(S41), 제2 교류 전기장의 주파수 및 엔벨로프를 선택할 수 있다(S42). 여기서, 제1 교류 전기장 및 제2 교류 전기장의 주파수는 타겟 영역의 세포의 유사 분열을 방해하도록 형성되고, 제1 교류 전기장 및 제2 교류 전기장의 엔벨로프는 타겟 영역의 세포에 전달

되는 전기장의 방향이 회전하도록 위상 및 진폭이 선택될 수 있다.

[0086] 이후, 제1 전극쌍 및 제2 전극쌍에 의해 각각 제1 교류 전기장 및 제2 교류 전기장을 동시에 인가할 수 있으며 (S43-1, S43-2), 제1 교류 전기장 및 제2 교류 전기장에 의해 타겟 영역에 전달되는 전기장이 회전하도록 하여 전기장 치료를 수행할 수 있다(S44).

[0087] 도 4를 참조하여 상술한 전기장 압 치료 방법은 도 1을 참조하여 상술한 전기장 압 치료 장치에 의해 수행될 수 있으며, 각 단계에 대한 구체적인 방법은 도 1 내지 도 3을 참조하여 상술한 바와 동일하므로 이에 대한 중복적인 설명은 생략한다.

[0089] 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.

부호의 설명

[0090] 10, 11, 12, 13: 전극쌍

20, 21, 22, 23: 교류 전기장 발생기

30: 제어기

101, 102: 제1 전극쌍

103, 104: 제2 전극쌍

105: 바디

201: 입력 신호

202: 가산기

203: 제어 앰프

204: 피드백 캐패시터

205: 파워 앰프

206: 센싱 저항

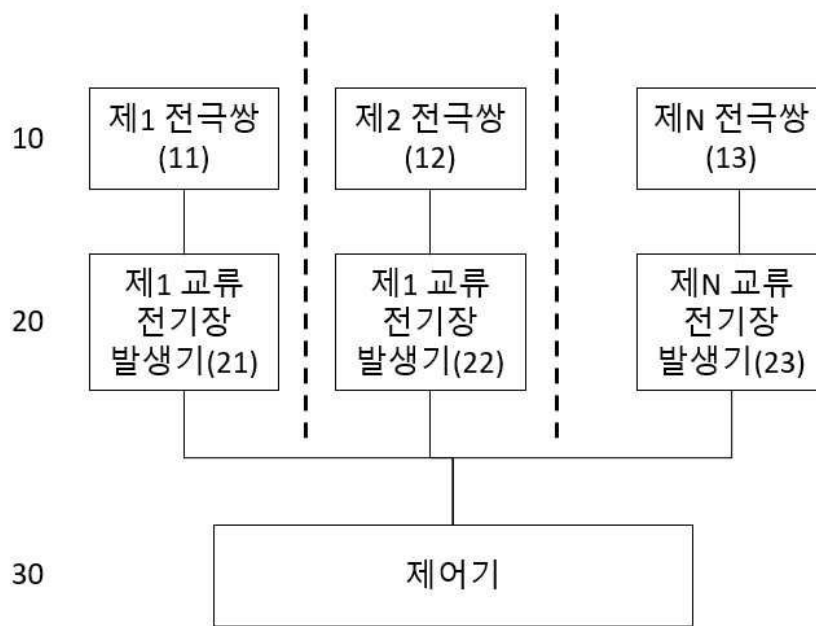
207: 전류/전압 변환기

208: 피드백 전압 신호

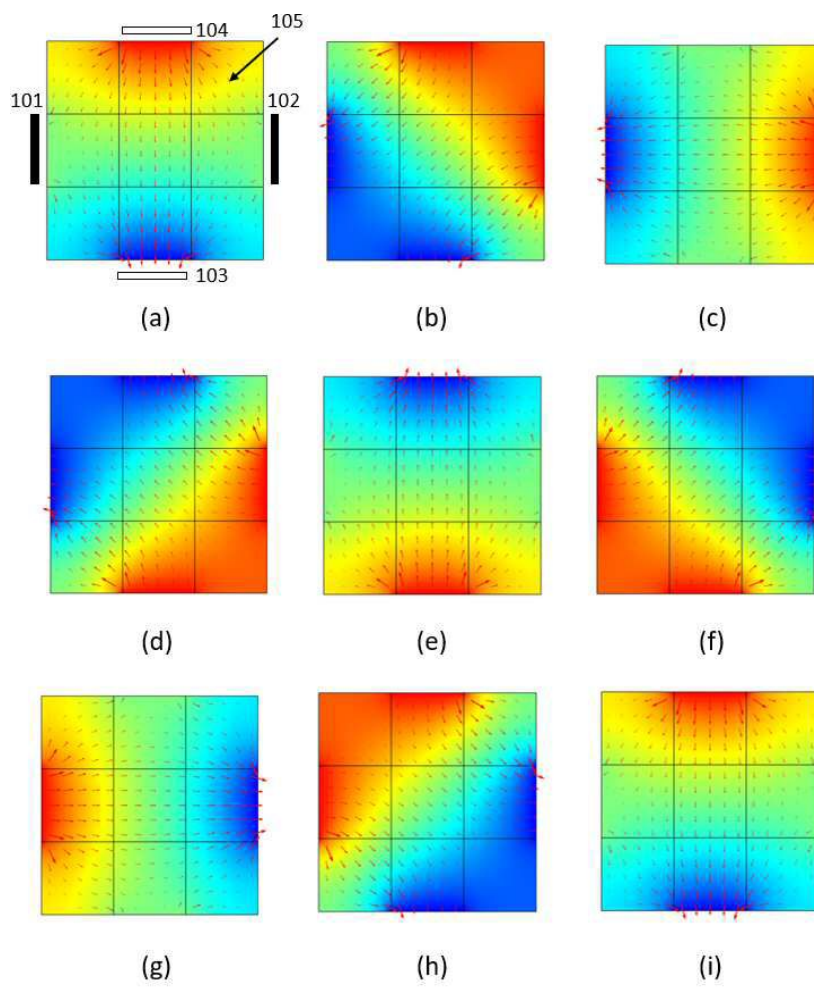
209: 신호 접지

도면

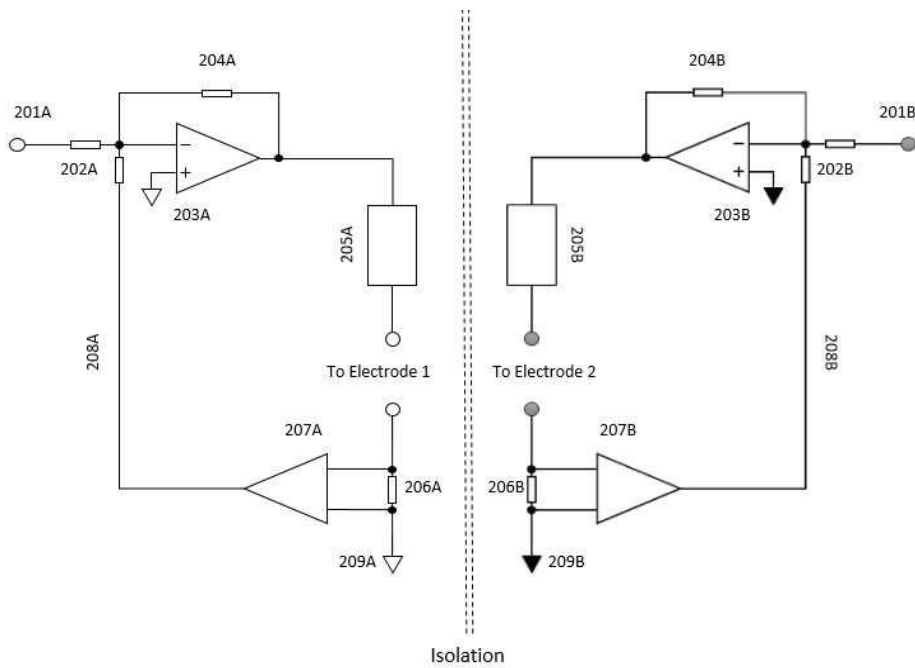
도면1



도면2



도면3



도면4

