(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0120845
(43) 공개일자 2024년08월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61N 1/36 (2006.01) *A61N 1/378* (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61N 1/3605 (2013.01)
A61N 1/36125 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0013375
(22) 출원일자 2023년02월01일
심사청구일자 2023년02월01일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이형민
서울특별시 성북구 길음로 74, 508동 1304호(길음동, 길음뉴타운)
박민주
서울특별시 성북구 보국문로 116, 307동 202호(정릉동, 정릉힐스테이트3차)
(74) 대리인
송인호, 윤형근, 최관락

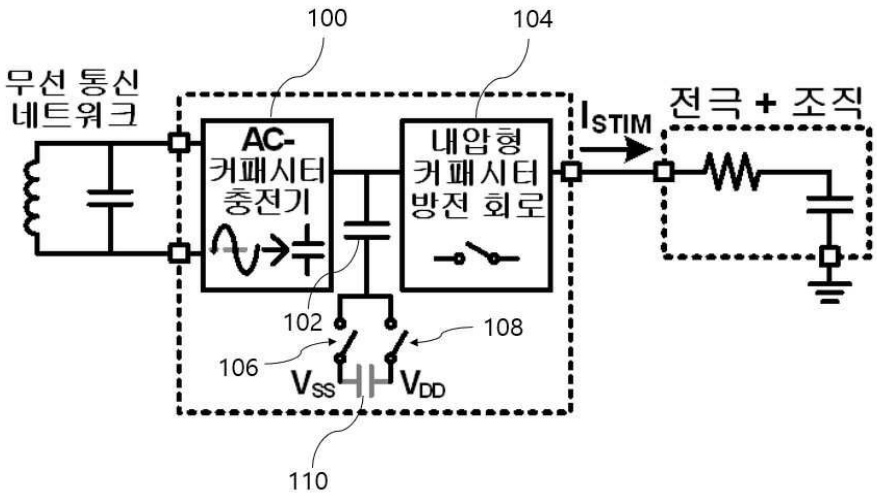
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 **저전압 소자를 이용한 고전압 내압형 스택 스위치드 커패시터 기반 전기 자극기**

(57) 요 약

본 발명은 저전압 소자를 이용한 고전압 내압형 스택 스위치드 커패시터 기반 전기 자극기를 개시한다. 본 발명에 따르면, 무선 통신 네트워크를 통해 전력을 공급받아 충전하는 AC-커패시터 충전기; 밑판(bottom plate)이 제1 스위치를 통해 접지전압(V_{SS})과 연결되고, 제2 스위치를 통해 입력전압(V_{DD})으로 충전된 커패시터와 연결되는 자극 커패시터; 및 상기 자극 커패시터의 방전에 의해 외부 자극 데이터를 기반으로 그에 상응하는 자극파형을 생성하는 내압형 커패시터 방전 회로를 포함하는 이식형 신경 전기 자극기가 제공된다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
A61N 1/36128 (2013.01)
A61N 1/3787 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415181687
과제번호	00154983
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	시장주도형 K-센서기술개발/시장선도를 위한 한국 주도형 K-Sensor 기술개발(R&D)
연구과제명	저전력 센서와 구동을 위한 자립형전원 센서 플랫폼 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	고려대학교 산학협력단
연구기간	2022.04.01 ~ 2024.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

이식형 신경 전기 자극기로서,

무선 통신 네트워크를 통해 전력을 공급받아 충전하는 AC-커패시터 충전기;

밑판(bottom plate)이 제1 스위치를 통해 접지전압(V_{SS})과 연결되고, 제2 스위치를 통해 입력전압(V_{DD})으로 충전된 커패시터와 연결되는 자극 커패시터; 및

상기 자극 커패시터의 방전에 의해 외부 자극 데이터를 기반으로 그에 상응하는 자극파형을 생성하는 내압형 커패시터 방전 회로를 포함하는 이식형 신경 전기 자극기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 내압형 커패시터 방전 회로는,

소스 또는 드레인 단자가 상기 자극 커패시터의 상판(top plate)에 연결되며, 스택 구조로 연결되는 두 개의 트랜지스터 스위치; 및

상기 두 개의 트랜지스터 스위치의 게이트 전압을 제어하는 전압 적응형 스위치 드라이버를 포함하는 이식형 신경 전기 자극기.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 트랜지스터 스위치는 P-타입 MOSFET 및 N 타입 MOSFET을 포함하고,

상기 전압 적응형 스위치 드라이버는 상기 두 개의 트랜지스터 스위치의 게이트 전압을 제어하기 위한 제1 내지 제4 전압 적응형 스위치 드라이버를 포함하는 이식형 신경 전기 자극기.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 전압 적응형 스위치 드라이버는,

상기 접지전압, 입력전압 및 2비트 디지털 신호를 입력으로 하여 $-V_{DD}$, V_{SS}, V_{DD}, $2V_{DD}$ 중 적어도 3개 이상의 전압 레벨을 출력하는 이식형 신경 전기 자극기.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 전압 적응형 스위치 드라이버는,

상기 접지전압 및 입력전압을 입력으로 하는 양전하 레벨 시프터를 구비하여 V_{SS}, V_{DD}, $2V_{DD}$ 중 하나의 전압 레벨을 출력하는 제1 드라이버 회로; 및

상기 접지전압 및 입력전압을 입력으로 하는 음전하 레벨 시프터를 구비하여 $-V_{DD}$, V_{SS}, V_{DD} 중 하나의 전압 레벨을 출력하는 제2 드라이버 회로를 포함하는 이식형 신경 전기 자극기.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 자극 커패시터는 제1 자극 커패시터 및 제2 자극 커패시터를 포함하며,

상기 내압형 커패시터 방전 회로는 상기 제1 자극 커패시터에 연결되는 제1 내압형 커패시터 방전 회로 및 상기 제2 자극 커패시터에 연결되는 제2 내압형 커패시터 방전 회로를 포함하는 이식형 신경 전기 자극기.

청구항 7

제6항에 있어서,

유사 사각형 자극 파형 생성을 위해, 상기 제1 자극 커패시터와 상기 제2 자극 커패시터가 미리 설정된 시간 간격으로 충방전되는 이식형 신경 전기 자극기.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 저전압 소자를 이용한 고전압 내압형 스택 스위치드 커패시터 기반 전기 자극기에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 신체에 이식되어 자극을 제공하는 이식형 신경 전기 자극기에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 이식형 의료기기는 인체에 이식되어 신경 신호를 측정 및 자극함으로써 질병치료와 뇌과학 연구를 위한 중요한 기술이다.

[0003] 이러한 이식형 의료기기는 집적회로 기술이 접목되어 고성능, 초소형, 저전력으로 구현이 가능하다. 이식형 의료기기에는 신경 신호 측정, 신경 전기 자극, 무선 전력 전송 등의 기능을 포함한다.

[0004] 그 중, 효과적인 자극을 전달하기 위한 전기 자극기는 자극을 전달하는 이식 부위에 따라 다른 전달 자극 범위와 전극의 종류 및 임피던스 값을 고려하여 설계될 필요가 있다.

[0005] 전기 자극기는 전극을 통해 신체 조직으로 전하를 전달하여 신경의 포텐셜 변화를 불러일으킨다.

[0006] 이식형 신경 전기 자극기는 다양한 질병 치료의 목적으로 사용되며 그 예로 심방 조율기(페이스메이커), 인공와우, 인공 망막, 신경근 자극기, 방광 자극기, 심부 뇌 자극기 등이 있다.

[0007] 이식형 신경 전기 자극기는 신체에 이식되기 때문에 발열이 적도록 높은 전력 효율을 가지고 수명이 길어야 하며, 초소형으로 제작되어야 한다. 또한, 인위적으로 전하를 외부에서 전달하기 때문에 세포에 전하가 지속해서 쌓일 경우 신체 조직을 손상시킬 수 있다. 따라서 전하가 쌓이지 않도록 그 안전성이 보장되어야 한다.

[0008] 자극의 효율 및 효과를 높이기 위해서는 적절한 파형 및 자극 파라미터가 선택되어야 한다. 출력 파형의 모양, 자극 지속 시간, 자극 세기, 주파수, 펄스 폭 등 조절 해상도가 높을수록 다양하게 활용되며, 다채널 자극기가 선호된다. 또한 전류 세기, 주파수, 펄스 폭 조절 해상도가 높아야 한다.

[0009] 전극 및 조직에 전하가 축적되어 영구적 손해가 발생하는 것을 방지하기 위해서는 넣어준 전하량만큼 빼주는 것이 중요하다.

[0010] 따라서 이식형 신경 전기 자극기는 각 자극 주기마다 흐르는 전하의 방향을 양극 방향과 음극 방향을 1번씩 교번하여 전하를 흘려주는 Biphasic 방식을 이용한다. 정확한 Biphasic 자극을 사용하더라도 회로의 mismatch 등에 의해 두 위상이 정확히 일치하지 않으면 전하가 쌓일 수 있다. 따라서 일반적으로 양극, 음극 방향 자극 이후 전극의 양단을 접지시켜 남아있는 전하를 모두 제거해주는 방식이 기본적으로 사용된다.

[0011] 이식형 의료기기가 다양한 전극 및 질병 치료에 적용되기 위해서는 자극 부위에 넓은 범위의 자극 범위, 즉 고전압 범위까지 전달이 가능해야 한다. 고전압 소자를 사용하여 자극기를 구현하는 방법은 비용 및 면적 측면에서 불리한 점을 가지고 있으며, 이식형 의료기기의 다른 기능회로들과 집적되기 위해서는 저전압 소자를 사용하면서 고전압을 전달할 수 있는 내압형 자극기가 설계될 필요가 있다.

[0012] 기존의 정 전류형 자극기는 전류원에서 소모되는 전력으로 인하여 자극 효율이 매우 떨어진다. 기존의 스위치드 커패시터형 자극기는 효율적으로 커패시터를 충전할 수 있다면 커패시터에 저장된 전하량을 자극부위에 그대로 전달이 가능하기 때문에 높은 자극 효율을 가진다.

[0013] 정 전압원 및 정 정류원을 이용한 이식형 신경 전기 자극기가 사각파 형의 자극 파형을 가지는 반면, 이 외에도 자극 효율을 높일 수 있는 파형의 모양에 대한 연구가 진행되고 있다. 정규분포 형태의 파형, 지수적으로 감소/증가(Exponentially Decaying/Increasing) 하는 파형 등의 새로운 형태의 파형도 에너지 효율이 높다고 연구되었다. 그 중, Exponentially Decaying 하는 파형은 동일 에너지 대비 자극 효율이 높기에, 이를 활용할 수 있는 전기 자극기 회로의 필요성이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0014] (특허문헌 0001) US 등록특허 5782880

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 상기한 종래기술의 문제점을 해결하기 위해, 본 발명은 저전압 소자 및 허용 입력 전압을 이용하여 고전압 출력을 가능한 저전압 소자를 이용한 고전압 내압형 스택 스위치드 커패시터 기반 전기 자극기를 제안하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0016] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 이식형 신경 전기 자극기로서, 무선 통신 네트워크를 통해 전력을 공급받아 충전하는 AC-커패시터 충전기; 밑판(bottom plate)이 제1 스위치를 통해 접지전압(V_{SS})과 연결되고, 제2 스위치를 통해 입력전압(V_{DD})으로 충전된 커패시터와 연결되는 자극 커패시터; 및 상기 자극 커패시터의 방전에 의해 외부 자극 데이터를 기반으로 그에 상응하는 자극 파형을 생성하는 내압형 커패시터 방전 회로를 포함하는 이식형 신경 전기 자극기가 제공된다.

[0017] 상기 내압형 커패시터 방전 회로는, 소스 또는 드레인 단자가 상기 자극 커패시터의 상판(top plate)에 연결되며, 스택 구조로 연결되는 두 개의 트랜지스터 스위치; 및 상기 두 개의 트랜지스터 스위치의 게이트 전압을 제어하는 전압 적응형 스위치 드라이버를 포함할 수 있다.

[0018] 상기 트랜지스터 스위치는 P-타입 MOSFET 및 N 타입 MOSFET을 포함하고, 상기 전압 적응형 스위치 드라이버는 상기 두 개의 트랜지스터 스위치의 게이트 전압을 제어하기 위한 제1 내지 제4 전압 적응형 스위치 드라이버를 포함할 수 있다.

[0019] 상기 전압 적응형 스위치 드라이버는, 상기 접지전압, 입력전압 및 2비트 디지털 신호를 입력으로 하여 $-V_{DD}$, V_{SS}, V_{DD}, $2V_{DD}$ 중 적어도 3개 이상의 전압 레벨을 출력할 수 있다.

[0020] 상기 전압 적응형 스위치 드라이버는, 상기 접지전압 및 입력전압을 입력으로 하는 양전하 레벨 시프터를 구비하여 V_{SS}, V_{DD}, $2V_{DD}$ 중 하나의 전압 레벨을 출력하는 제1 드라이버 회로; 및 상기 접지전압 및 입력전압을 입력으로 하는 음전하 레벨 시프터를 구비하여 $-V_{DD}$, V_{SS}, V_{DD} 중 하나의 전압 레벨을 출력하는 제2 드라이버 회로를 포함할 수 있다.

[0021] 상기 자극 커패시터는 제1 자극 커패시터 및 제2 자극 커패시터를 포함하며, 상기 내압형 커패시터 방전 회로는 상기 제1 자극 커패시터에 연결되는 제1 내압형 커패시터 방전 회로 및 상기 제2 자극 커패시터에 연결되는 제2 내압형 커패시터 방전 회로를 포함할 수 있다.

[0022] 유사 사각형 자극 파형 생성을 위해, 상기 제1 자극 커패시터와 상기 제2 자극 커패시터가 미리 설정된 시간 간격으로 충방전될 수 있다.

발명의 효과

[0023] 본 발명에 따르면, 저전압 소자 및 허용 입력 전압을 이용하여 고전압 출력을 가능하여 더 많은 전극과 연결 및 질병 치료에 적용될 수 있다.

[0024] 또한, 본 발명에 따르면, 입력 전압까지 충전 가능한 자극 커패시터를 입력 전압으로 충전되어 있는 또 다른 큰

커패시터 위에 쌓음으로써 입력 전압 두 배의 전압 범위까지 출력 가능하다.

[0025] 나아가, 자극 전달 전력원이 고전압의 전력원이 아닌 커패시터를 쌓아서 생성하는 고전압이기 때문에 전하 펌프 및 외부 고전압 없이 효율적으로 고전압을 생성하고 전달하는 것이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 내압형 스택 스위치드 커패시터 기반 전기 자극기의 구성을 도시한 도면이다.

도 2는 본 실시예에 따른 내압형 커패시터 방전 회로의 상세 구성을 도시한 도면이다.

도 3은 본 실시예에 따른 전압 적응형 스위치 드라이버의 상세 구성을 도시한 도면이다.

도 4는 본 실시예에 따른 지수적으로 감소하는 자극 파형 및 유사 사각형 자극 파형 생성 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 실시예에 따른 내압형 스택 스위치드 커패시터 기반 전기 자극기를 이용한 측정 파형 결과를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0028] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0029] 또한, 각 도면을 참조하여 설명하는 실시예의 구성 요소가 해당 실시예에만 제한적으로 적용되는 것은 아니며, 본 발명의 기술적 사상이 유지되는 범위 내에서 다른 실시예에 포함되도록 구현될 수 있으며, 또한 별도의 설명이 생략될지라도 복수의 실시예가 통합된 하나의 실시예로 다시 구현될 수도 있음은 당연하다.

[0030] 또한, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일하거나 관련된 참조 부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0032] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 내압형 스택 스위치드 커패시터 기반 전기 자극기의 구성을 도시한 도면이다.

[0033] 도 1을 참조하면, 본 실시예에 따른 전기 자극기는 AC-커패시터 충전기(100), 자극 커패시터(102) 및 내압형 커패시터 방전 회로(104)를 포함할 수 있다.

[0034] AC-커패시터 충전기(100)는 무선 통신 네트워크를 통해 전력을 공급받아 충전한다.

[0035] 자극 커패시터(102)는 밑판(bottom plate)이 제1 스위치(106)를 통해 접지전압(V_{SS})과 연결되고, 제2 스위치를 통해 입력전압(V_{DD})으로 충전된 커패시터와 연결된다.

[0036] 내압형 커패시터 방전 회로(104)는 자극 커패시터(102)의 방전에 의해 외부 자극 데이터를 기반으로 그에 상응하는 자극 파형을 생성한다.

[0037] 본 실시예에 따른 이식형 신경 전기 자극기는 목표하는 출력 전압 범위에 따라 방전 시 두 가지 동작으로 나뉜다.

[0038] 저전압 범위인 접지전압(V_{SS})에서 입력전압(V_{DD})까지의 범위일 경우 자극 커패시터(102)의 밑판은 제1 스위치

(106)를 통해 접지에 연결되어 있다.

[0039] 고전압 범위인 입력전압(V_{DD})부터 입력전압 두 배($2V_{DD}$)의 범위일 경우 자극 커패시터(102) 밑판은 입력전압으로 충전되어 있는 커패시터(110)에 연결되어 방전된다. 이에 따라 자극 범위는 접지전압에서 입력전압 두 배의 범위까지 가능하다.

[0040] 도 2는 본 실시예에 따른 내압형 커패시터 방전 회로의 상세 구성을 도시한 도면이다.

[0041] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 실시예에 따른 내압형 커패시터 방전 회로(104)는 고전압을 견디기 위해 트랜지스터 스위치의 스택 구조로 이루어진다.

[0042] 보다 상세하게, 내압형 커패시터 방전 회로(104)는 소스 또는 드레인 단자가 자극 커패시터(102)의 상판(top plate)에 연결되며, 스택 구조로 연결된 두 개의 트랜지스터 스위치(200,202) 및 두 개의 트랜지스터 스위치의 게이트 전압을 제어하는 전압 적응형 스위치 드라이버(204)를 포함할 수 있다.

[0043] 본 실시예에 따르면, 각 트랜지스터 스위치(200,202)의 소스, 드레인 단자가 입력전압의 범위까지 견딜 수 있으므로, 이를 두 개 이어 붙임으로써 입력전압의 두 배까지 견딜 수 있다.

[0044] 또한, 하나의 트랜지스터 스위치는 P-타입 MOSFET 및 N 타입 MOSFET을 포함하고, 전압 적응형 스위치 드라이버(204)는 두 개의 트랜지스터 스위치(200,202)의 게이트 전압을 제어하기 위한 제1 내지 제4 전압 적응형 스위치 드라이버(204-1 내지 204-4)를 포함할 수 있다.

[0045] 상기한 바와 같이, 트랜지스터 스위치(200,202)의 게이트 전압은 적압 적응형 스위치 드라이버(204)에 의해 제어되어 트랜지스터의 브레이크다운(Breakdown)을 방지할 수 있다.

[0046] 도 3은 본 실시예에 따른 전압 적응형 스위치 드라이버의 상세 구성을 도시한 도면이다.

[0047] 도 3을 참조하면, 전압 적응형 스위치 드라이버(204)는 그 종류에 따라 2비트 디지털 신호를 받아, $-V_{DD}$, V_{SS}, V_{DD}, $2V_{DD}$ 중 3개 또는 4개의 전압 레벨이 출력 가능하다.

[0048] 본 실시예에 따른 전압 적응형 스위치 드라이버(204)는 접지전압 및 입력전압을 입력으로 하는 양전하 레벨 시프터(310)를 구비하여 V_{SS}, V_{DD}, $2V_{DD}$ 중 하나의 전압 레벨을 출력하는 제1 드라이버 회로(300)와, 접지전압 및 입력전압을 입력으로 하는 음전하 레벨 시프터(320)를 구비하여 $-V_{DD}$, V_{SS}, V_{DD} 중 하나의 전압 레벨을 출력하는 제2 드라이버 회로(302)를 포함할 수 있다.

[0049] 전압 적응형 스위치 드라이버(204)는 제1 드라이버 회로(300) 및 제2 드라이버 회로(302) 중 하나를 포함하거나, 또는 이들을 연결하여 $-V_{DD}$, V_{SS}, V_{DD}, $2V_{DD}$ 중 적어도 3개 이상의 전압 레벨을 출력할 수 있다.

[0050] 상기한 바와 같이, 전압 적응형 스위치 드라이버(204)는 양전하 또는 음전하 레벨 시프터를 응용하여 설계된 회로로서, Deep N-Well NMOS 트랜지스터 소자를 이용하여 트랜지스터 Breakdown의 방지가 가능하다.

[0051] 도 4는 본 실시예에 따른 지수적으로 감소하는 자극 파형 및 유사 사각형 자극 파형 생성 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0052] 일반적으로 커패시터 하나를 방전하였을 때 얻는 지수적으로 감소하는(Exponential Decaying) 자극 파형의 초반 피크에서 자극 효과가 강한 것으로 알려져 있다.

[0053] 이에 따라, 도 4와 같이 두 주기의 반복 동작을 통해 피크 부분만 연결시킬 수 있다.

[0054] 제1 커패시터(C_{STM1}, 102-1)가 방전될 동안 제2 커패시터(C_{STM2}, 102-2)는 목표 전압으로 충전되고, 일정 시간 이후 제2 커패시터(102-2)를 방전시키고 제1 커패시터(102-1)는 다시 목표 전압으로 충전한다.

[0055] 또한, 본 실시예에 따른 내압형 커패시터 방전 회로(104)는 제1 자극 커패시터(102-1)에 연결되는 제1 내압형 커패시터 방전 회로(104-1) 및 제2 자극 커패시터(102-2)에 연결되는 제2 내압형 커패시터 방전 회로(104-1)를 포함할 수 있다.

[0056] 두 주기를 반복함으로써 자극 피크들을 연결하여 유사 사각형(Pseudo-Rectangular) 자극 파형을 얻을 수 있으며, 사각파와 비슷하게 일정한 전압 레벨을 유지하면서 높은 자극 효과를 얻을 수 있다.

[0057] 도 5는 본 실시예에 따른 내압형 스택 스위치드 커패시터 기반 전기 자극기를 이용한 측정 파형 결과를 나타낸

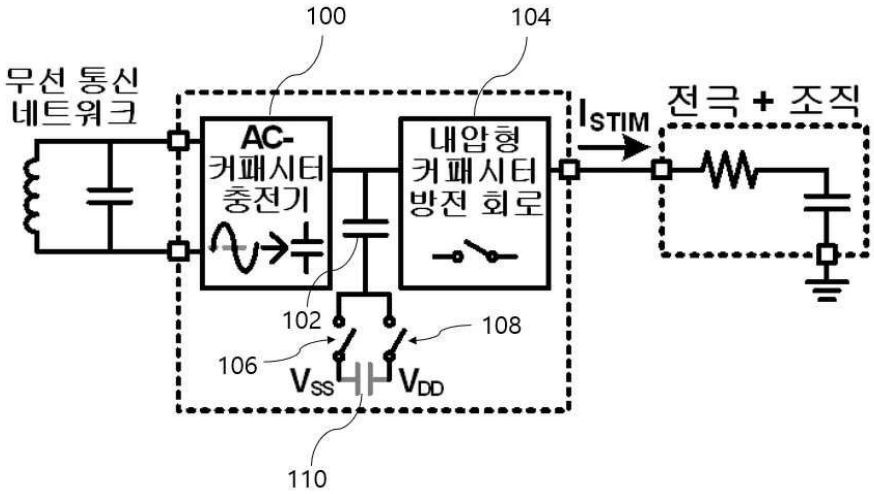
도면이다.

[0058] 도 5를 참조하면, Biphasic 파형 중 첫 번째 위상을 보면 저전압 및 고전압, 지수적 감소 및 유사 사각형 파형 등이 모두 가능하다는 것을 확인할 수 있다.

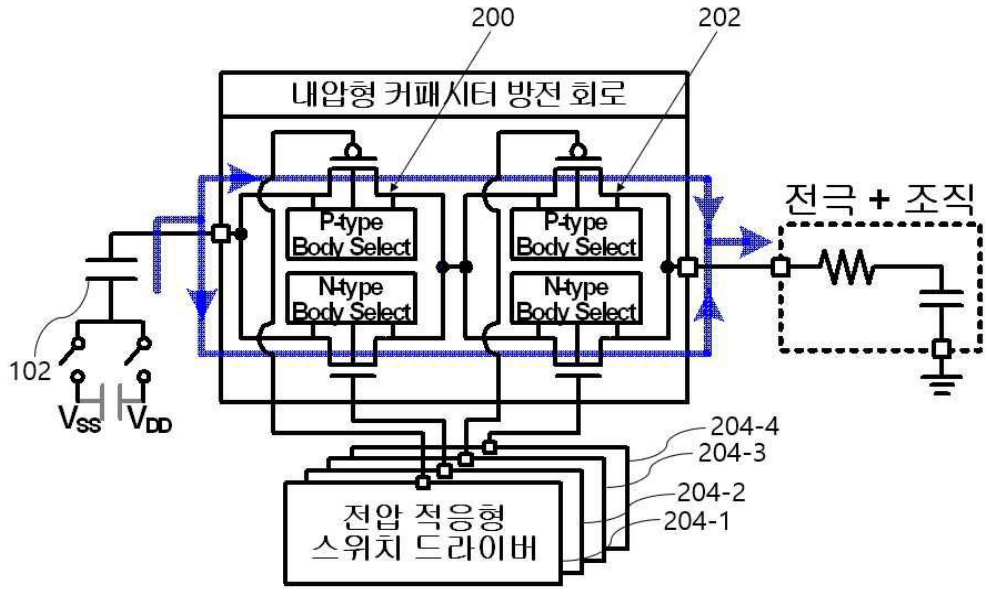
[0059] 상기한 본 발명의 실시예는 예시의 목적을 위해 개시된 것이고, 본 발명에 대한 통상의 지식을 가지는 당업자라면 본 발명의 사상과 범위 안에서 다양한 수정, 변경, 부가가 가능할 것이며, 이러한 수정, 변경 및 부가는 하기의 특허청구범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

도면

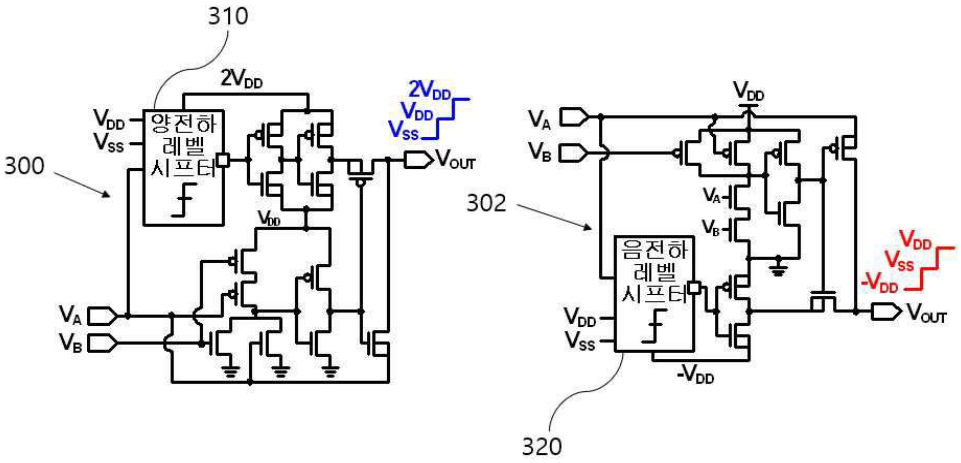
도면1



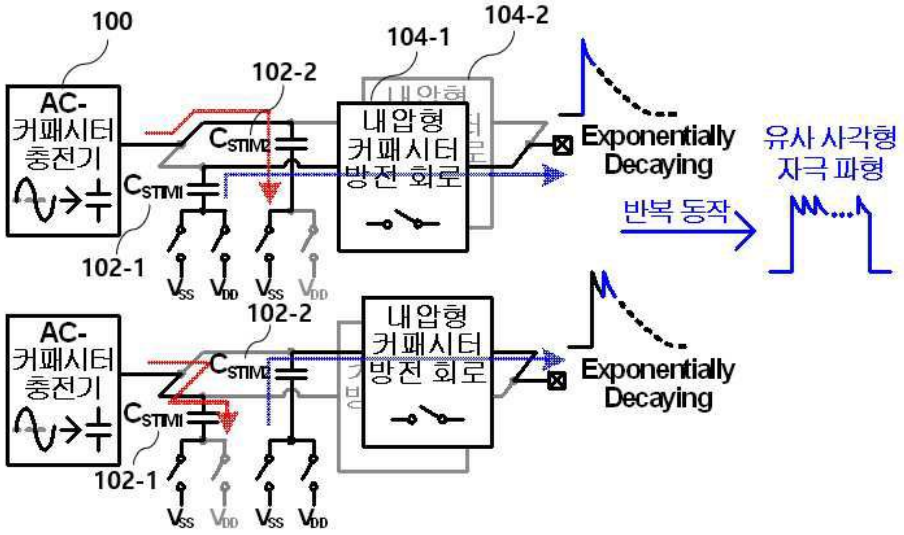
도면2



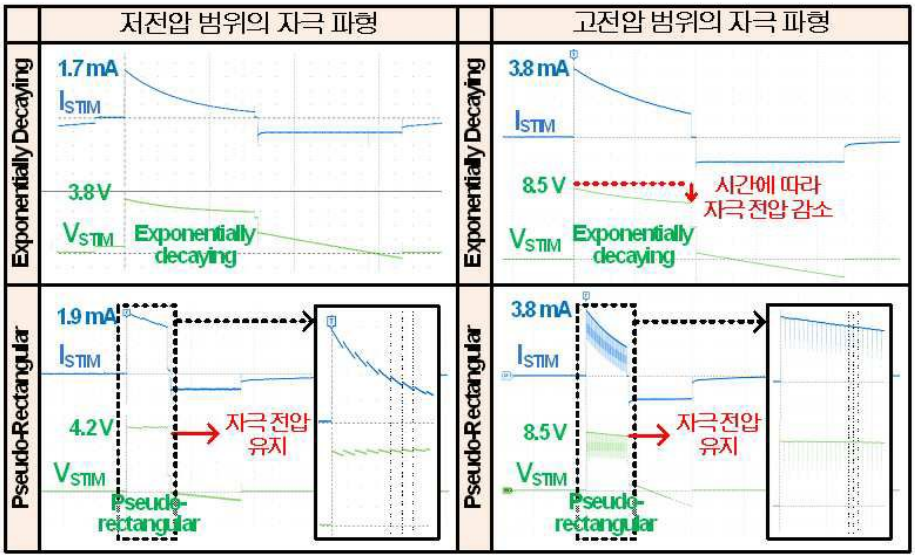
도면3


310
2VDD
양전하
레벨
시프터
300
VDD
VSS
VOUT
VA
VB
302
음전하
레벨
시프터
-VDD
320

도면4


100
AC-
커패시터
충전기
102-2
102-1
104-1
104-2
내압형
커패시터
방전 회로
Exponentially
Decaying
유사 사각형
자극 파형
반복 동작

도면5


저전압 범위의 자극 파형
고전압 범위의 자극 파형
Exponentially Decaying
Pseudo-Rectangular
1.7 mA
ISTIM
3.8 V
VSTIM
Exponentially decaying
3.8 mA
8.5 V
시간에 따라 자극 전압 감소
1.9 mA
4.2 V
자극 전압 유지
Pseudo-rectangular