(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0016070
(43) 공개일자 2021년02월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02S 50/00 (2014.01) *H01L 31/02* (2006.01)
H02J 7/35 (2006.01) *H02S 40/30* (2014.01)
(52) CPC특허분류
H02S 50/00 (2013.01)
H01L 31/02021 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-7003174(분할)
(22) 출원일자(국제) 2015년02월21일
심사청구일자 2021년02월01일
(62) 원출원 특허 10-2019-7016714
원출원일자(국제) 2015년02월21일
심사청구일자 2019년06월13일
(85) 번역문제출일자 2021년02월01일
(86) 국제출원번호 PCT/US2015/016981
(87) 국제공개번호 WO 2015/127323
국제공개일자 2015년08월27일
(30) 우선권주장
61/943,127 2014년02월21일 미국(US)
(뒷면에 계속)

(71) 출원인
솔라리틱스, 인크.
미국, 캘리포니아 94551-9512, 리버모어, 린드버그 애비뉴 288
(72) 발명자
먹내머러, 로버트 피.
미국, 95136 캘리포니아, 새너제이, 타트라 코트 836
레이몬드, 더글러스 엠.
미국, 94550 캘리포니아, 리버모어, 베이 메도우스 코트 3144
(74) 대리인
강명구

전체 청구항 수 : 총 28 항

(54) 발명의 명칭 **광전 변환 소자 효율 증가 시스템 및 방법**

(57) 요 약

태양 전지의 효율 및 전력 출력을 증가시키기 위한 태양 전지 관리 시스템 및 그 사용 및 제조 방법. 관리 시스템은 개별 태양 전지, 패널로 구성된 태양 전지 어레이, 또는 솔라 패널 그룹을 가로질러 전계를 제공한다. 부가된 전계는 태양 전지에 입사된 빛에 의해 생성되는 전자 및 정공 모두에 대해 힘을 가하고, 태양 전지의 전극을 향해 전자-정공 쌍을 가속한다. 종래의 태양 전지에 비해, 이들 가속된 전자-정공 쌍은 생성된 이래 더 짧은 거리를 이동하며, 태양 전지 물질 내에서 시간을 덜 소비함에 따라, 전자-정공 쌍이 전지의 반도체 물질 내에서 재결합할 가능성이 더 낮다. 이와 같은 전자-정공 재결합률의 감소로 인하여, 태양 전지의 효율은 전체적으로 증가하고, 전력 출력은 더 커진다.

(52) CPC특허분류
H02J 7/35 (2013.01)
H02S 40/30 (2015.01)
Y02E 10/56 (2020.08)

(30) 우선권주장
61/943,134 2014년02월21일 미국(US)
61/947,326 2014년03월03일 미국(US)
62/022,087 2014년07월08일 미국(US)

명 세 서

청구범위

청구항 1

복수의 종래의 태양 전지에 의해 공급되는 출력 전력을 제어하기 위한 시스템으로서,

전압 소스 수단과 결합하기 위한 제 1 포트와, 태양 전지들의 하나 이상의 출력 전력 전극과 결합하기 위한 제 2 포트를 포함하는 스위칭 수단 - 상기 제 2 포트는, 제 1 스위칭 모드 동안 태양 전지에서 전기장을 생성하도록 전압 소스 수단과 출력 전력 전극 사이의 전류 경로를 닫는 것과, 제 2 스위칭 모드 동안 전류 경로를 개방하는 것을 교번함으로써, 전압 소스 수단으로부터 출력 전력 전극으로 직류(DC) 출력 전압을 각각 양의 크기를 가진 하나 이상의 전압 펄스로 인가하도록 구성됨 - 과,

상기 스위칭 수단과 결합하여, 제 1 스위칭 모드와 제 2 스위칭 모드 사이의 스위칭 주파수, 제 1 스위칭 모드의 제 1 지속시간, 제 2 스위칭 모드의 제 2 지속시간, 제 1 스위칭 모드 및 제 2 스위칭 모드의 듀티 사이클, 제 1 스위칭 모드의 제 1 반복률, 제 2 스위칭 모드의 제 2 반복률, 중 적어도 하나를 조정하기 위한 제어 수단을 포함하는, 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 스위칭 수단은 적어도 하나의 단극(single pole), 쌍투(double throw) 스위치, 적어도 하나의 스위칭 트랜지스터 중 적어도 하나를 포함하는, 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 제어 수단은 상기 스위칭 수단의 제어 포트에 연결된 펄스 생성기를 포함하고, 상기 펄스 생성기는 제 1 스위칭 모드와 제 2 스위칭 모드 사이에서 상기 제어 수단을 전환시키기 위한 제어 펄스 신호를 생성하도록 구성되는, 시스템.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 스위칭 수단은 상기 전압 소스 수단과 적어도 부분적으로 통합되는, 시스템.

청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 수단은 스위칭 주파수를 50 kHz에 중심을 갖는 주파수 범위 내로, 제 1 지속시간을 10 나노초 내지 2000 나노초 사이의 제 1 지속시간 범위 내로, 제 2 지속시간을 10 나노초 내지 2000 나노초 사이의 제 2 지속시간 범위 내로, 그리고 전압 펄스의 듀티 사이클을 0.1% 내지 10% 사이의 듀티 사이클 범위 내로의 네가지 중 적어도 하나로 조정하는, 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 제어 수단은 부하 조건에 적어도 부분적으로 기초하여, 상기 스위칭 주파수, 제 1 지속시간, 제 2 지속시간, 듀티 사이클 중 적어도 하나를 조정하는, 시스템.

청구항 7

제5항에 있어서, 상기 제어 수단은 상기 스위칭 수단 및 상기 전압 소스 수단 중 적어도 하나와 적어도 부분적으로 통합되는, 시스템.

청구항 8

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 전기장은, 태양 전지에 의해 공급되는 출력 전력을 증가시키기 위해 출력 전력 전극의 극성과 동일한 방향인 제 1 방향으로, 또는, 태양 전지에 의해 공급되는 출력 전력을 감소시키기 위해 출력 전력 전극의 극성과 반대의 방향인 제 2 방향으로 생성되는, 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서, 제 1 방향으로 생성되는 전기장은 태양 전지의 적어도 하나의 제 1 전자-정공 쌍의 전자 및 정공의 이동성(mobility)을 가속시키고, 제 2 방향으로 생성되는 전기장은 태양 전지의 적어도 하나의 제 2 전자-정공 쌍의 전자 및 정공의 이동성을 감소시키는, 시스템.

청구항 10

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 복수의 태양 전지가 직렬 구조 또는 병렬 구조 중 적어도 하나의 구조로 배열되는, 시스템.

청구항 11

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 스위칭 수단은 태양 전지의 구조적 변경없이 전압 소스 수단으로부터 출력 전력 전극으로 직류 출력 전압을 인가하도록 구성되는, 시스템.

청구항 12

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 출력 전력 전극은 태양 전지의 하나 이상의 기존 전극을 포함하는, 시스템.

청구항 13

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 태양 전지의 출력 전력 전극은 태양 전지에 의해 출력 전력 전극을 통해 공급되는 출력 전력을 수신하기 위해 부하와 결합되는, 시스템.

청구항 14

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 스위칭 수단의 제 2 포트는 상기 부하와 결합되어, 제 1 스위칭 모드 및 제 2 스위칭 모드 모두에서 태양 전지에 의해 부하에 공급되는 출력 전력을 제공하도록 구성되는, 시스템.

청구항 15

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 스위칭 수단은 제 2 스위칭 모드에서 태양 전지에 의해 부하에 공급되는 출력 전력을 제공하기 위해 부하와 결합되는 제 3 포트를 포함하는, 시스템.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 부하는 태양 전지에 의해 공급되는 출력 전력을 교류 전력 또는 전류로 변환하기 위한 인버터를 포함하는, 시스템.

청구항 17

제15항에 있어서, RF 도메인에서 태양 전지로부터 부하를 전기적으로 단절하기 위한 단절 수단(isolation means)을 더 포함하는, 시스템.

청구항 18

제17항에 있어서, 상기 단절 수단은 RF 초크, 커패시터, 인덕터, 배터리, 중적어도 하나를 포함하는, 시스템.

청구항 19

제13항에 있어서, 상기 스위칭 수단의 제 1 스위칭 모드 중 부하에서 전압 강하(voltage drop-out)를 완화시키기 위한 완화 수단을 더 포함하는, 시스템.

청구항 20

제19항에 있어서, 상기 완화 수단은 커패시터, 인덕터, 배터리 중 적어도 하나를 포함하는, 시스템.

청구항 21

제19항에 있어서, 상기 완화 수단은 상기 스위칭 수단의 제 2 스위칭 모드 동안 태양 전지에 의해 공급되는 출

력 전력을 저장하는, 시스템.

청구항 22

제21항에 있어서, 상기 완화 수단은 상기 스위칭 수단의 제 1 스위칭 모드 동안, 저장된 출력 전력을 부하에 제공하는, 시스템.

청구항 23

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 전기장 생성은 태양 전지에 공급되는 출력 전력을 다음 중 하나에 해당하도록 증가시키는, 시스템.

낮은 광 조건 하에서 50%까지,

낮은 광 조건 하에서 50% 이상으로,

고강도 광 조건 하에서 20%까지,

20 내지 50% 사이로, 또는,

50% 이상.

청구항 24

제1항 내지 제3항에 있어서, 태양 전지에 의해 공급되는 출력 전력은 태양 전지에 입사되는 광의 강도, 태양 전지의 두께, 전압 펄스의 펄스 폭, 전압 펄스의 주파수 중 적어도 하나에 기초하는, 시스템.

청구항 25

복수의 종래의 태양 전지에 의해 공급되는 출력 전력을 제어하기 위한 방법으로서,

스위칭 수단의 제 1 포트를 전압 소스 수단과 결합하는 단계 - 상기 스위칭 수단은 태양 전지들의 하나 이상의 출력 전력 전극과 결합하기 위한 제 2 포트를 포함하고, 상기 제 2 포트는, 제 1 스위칭 모드 동안 태양 전지에서 전기장을 생성하도록 전압 소스 수단과 출력 전력 전극 사이의 전류 경로를 닫는 것과, 제 2 스위칭 모드 동안 전류 경로를 개방하는 것을 교번함으로써, 전압 소스 수단으로부터 출력 전력 전극으로 직류(DC) 출력 전압을 각각 양의 크기를 가진 하나 이상의 전압 펄스로 인가하도록 구성됨 - 를 포함하고,

상기 스위칭 수단은, 태양 전지에 의해 출력 전력 전극을 통해 공급되는 출력 전력을 제어하도록 전기장을 변화시키기 위해, 제 1 스위칭 모드와 제 2 스위칭 모드 사이의 스위칭 주파수, 제 1 스위칭 모드의 제 1 지속시간, 제 2 스위칭 모드의 제 2 지속시간, 제 1 스위칭 모드 및 제 2 스위칭 모드의 듀티 사이클, 제 1 스위칭 모드의 제 1 반복률, 제 2 스위칭 모드의 제 2 반복률, 중 적어도 하나를 조정하기 위한 제어 수단과 결합되는, 방법.

청구항 26

제25항에 있어서, 스위칭 수단의 제 2 포트를 태양 전지의 출력 전력 전극과 결합시키는 단계, 스위칭 수단을 제어 수단과 결합시키는 단계, 태양 전지에 의해 출력 전력 전극을 통해 공급되는 출력 전력을 수신하기 위해 태양 전지의 출력 전력 전극 또는 스위칭 수단의 제 2 포트를 부하와 결합시키는 단계 중 적어도 하나를 더 포함하는, 방법.

청구항 27

복수의 종래의 태양 전지에 의해 공급되는 출력 전력을 제어하기 위한 방법으로서,

스위칭 수단의 제 2 포트를 태양 전지의 하나 이상의 출력 전력 전극과 결합하는 단계 - 상기 스위칭 수단은 전압 소스 수단과 결합하기 위한 제 1 포트를 포함하고, 상기 제 1 포트는, 제 1 스위칭 모드 동안 태양 전지에서 전기장을 생성하도록 전압 소스 수단과 출력 전력 전극 사이의 전류 경로를 닫는 것과, 제 2 스위칭 모드 동안 전류 경로를 개방하는 것을 교번함으로써, 전압 소스 수단으로부터 출력 전력 전극으로 직류(DC) 출력 전압을 각각 양의 크기를 가진 하나 이상의 전압 펄스로 인가하도록 구성됨 - 를 포함하고,

상기 스위칭 수단은, 태양 전지에 의해 출력 전력 전극을 통해 공급되는 출력 전력을 제어하도록 전기장을 변화시키기 위해, 제 1 스위칭 모드와 제 2 스위칭 모드 사이의 스위칭 주파수, 제 1 스위칭 모드의 제 1 지속시간,

제 2 스위칭 모드의 제 2 지속시간, 제 1 스위칭 모드 및 제 2 스위칭 모드의 듀티 사이클, 제 1 스위칭 모드의 제 1 반복률, 제 2 스위칭 모드의 제 2 반복률, 중 적어도 하나를 조정하기 위한 제어 수단과 결합되는, 방법.

청구항 28

제27항에 있어서, 스위칭 수단의 제 1 포트를 전압 소스 수단과 결합시키는 단계, 스위칭 수단을 제어 수단과 결합시키는 단계, 태양 전지에 의해 출력 전력 전극을 통해 공급되는 출력 전력을 수신하기 위해 태양 전지의 출력 전력 전극 또는 스위칭 수단의 제 2 포트를 부하와 결합시키는 단계 중 적어도 하나를 더 포함하는, 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 관련 출원에 대한 상호 참조

[0002] 본 출원은 2014년 2월 21일자로 출원된 미국 가출원 번호 제61/943,127호; 2014년 2월 21일자로 출원된 미국 가출원 번호 제61/943,134호; 2014년 3월 3일자로 출원된 미국 가출원 번호 제61/947,326호; 및 2014년 7월 8일자로 출원된 미국 가출원 번호 제62/022,087호의 우선권을 주장하며, 상기 가출원의 개시 내용은 모든 목적을 위해 그 전체가 참조로서 본원에 인용되어 있다.

[0003] 본 발명은 일반적으로 광전 변환 소자에 관한 것으로, 보다 구체적으로는, 예를 들어, 태양 전지를 가로질러 외부 전계를 인가하고 조정함으로써, 하나 이상의 태양 전지들의 전체적인 효율과 생성되는 전력 또는 에너지를 최대화하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이나, 이에 한정되는 것은 아니다.

배 경 기 술

[0004] (광전지라고도 지칭되는) 태양 전지는 "광전 효과"로 알려진 과정에 의해 빛 에너지를 직접 전기로 변환하는 전기 소자이다. 빛에 노출되었을 때, 태양 전지는 임의의 외부 전압 공급원에 부착되지 않고도 전류를 생성하고 지원할 수 있다.

[0005] 가장 일반적인 태양 전지는, 도 1에 도시된 태양 전지(100)에서와 같이, 반도체 물질(예컨대, 실리콘)로 제조된 p-n 접합(110)으로 구성된다. 예를 들어, p-n 접합(110)은 두꺼운 p형 실리콘 층 위에 극히 얇은 n형 실리콘 층으로 구성된 얇은 웨이퍼를 포함한다. 이들 2개의 층이 접촉한 상태에서, 태양 전지(100)의 상면 부근에 전계(도시되지 않음)가 생성되고, 고 전자 농도 영역(p-n 접합(110)의 n형 측)으로부터 저 전자 농도 영역(p-n 접합(110)의 p형 측)으로 전자의 확산이 발생한다.

[0006] p-n 접합(110)은 2개의 전도성 전극(101a, 101b) 사이에서 캡슐화된다. 상부 전극(101a)은 입사(태양) 방사선에 대해 투명하거나, 태양 전지(100)의 상부를 완전히 덮지 않는다. 전극(101a, 101b)은 직렬로 연결된 외부 부하(30)에 접속되는 저항성 금속-반도체 콘택으로서의 역할을 할 수 있다. 저항성인 것으로만 도시되었으나, 부하(30)는 저항성 성분과 반응성 성분 모두를 포함할 수도 있다.

[0007] 통상적으로, (도 2에 도시된) 솔라 패널(10)을 형성하기 위해 다수의 태양 전지(100)가 함께 (직렬 및/또는 병렬로) 연결될 수 있다. 도 2를 참조하면, 적어도 하나의 솔라 패널(10)을 사용한 전형적인 설치 구조가 도시되어 있다. 솔라 패널(10)은 도 2에 도시된 바와 같이 병렬로, 직렬로, 또는 이들의 조합으로 접속될 수 있으며, 인버터(31)와 같은 부하에 부착될 수 있다. 인버터(31)는 저항성 성분과 반응성 성분 모두를 포함할 수 있다.

[0008] 도 1을 다시 참조하면, 광자가 태양 전지(100)에 충돌할 때, 광자는, 태양 전지 물질을 통과하거나 - 이는 저에너지 광자인 경우에 일반적으로 발생한다; 태양 전지의 표면에서 반사되거나; 바람직하게, 태양 전지 물질에 의해 흡수되며 - 광자 에너지가 실리콘 밴드 갭보다 더 높으면, 전자-정공 쌍을 생성한다.

[0009] 광자가 흡수되면, 그 에너지는 태양 전지 물질 내의 전자에게 주어진다. 일반적으로, 이와 같은 전자는 가전자대에 있으며, 인접 원자들 간의 공유 결합으로 긴밀하게 구속됨으로써, 멀리 이동할 수가 없다. 광자에 의해 전자에게 주어진 에너지는 전자를 전도대로 "여기"시키며, 전도대에서 전자는 태양 전지(100) 내에서 자유롭게 이동한다. 그 전자가 이전에 일부분이었던 공유 결합은 이제 하나의 더 적은 전자를 가지며 - 이는 정공으로 알려져 있다. 공유 결합이 빠진 것의 존재는, 인접 원자의 결합되어 있던 전자가 정공으로 이동할 수 있도록 허용하며, 그 뒤에 또 다른 정공을 남긴다. 이와 같은 방식으로, 정공 또한 태양 전지(100)를 통해 효과적으로 이동할 수 있다. 따라서, 태양 전지(100) 내에 흡수된 광자는 이동식 전자-정공 쌍을 생성한다.

[0010] 이동식 전자-정공 쌍은 전극(101a, 101b)을 향해 확산되거나 표류한다. 통상적으로, 전자는 음극을 향해 확산/표류하며, 정공은 양극을 향해 확산/표류하게 된다. 캐리어(예컨대, 전자)의 확산은, 캐리어가 전계에 의해 포획될 때까지, 무작위 열 운동에 기인한다. 캐리어의 표류는 태양 전지(100)의 활성 영역을 가로질러 확립되는 전계에 의해 구동된다. 박막 태양 전지에서, 지배적인 전하 캐리어 분리 모드는 박막 태양 전지의 두께를 가로질러 연장되는 p-n 접합(110)의 정전계에 의해 구동되는 표류이다. 그러나 활성 영역에 사실상 전계가 없는 두꺼운 태양 전지의 경우, 지배적인 전하 캐리어 분리 모드는 확산이다. 두꺼운 태양 전지에서는 보조(minor) 캐리어의 확산 길이(즉, 광생성 캐리어가 재결합되기 전에 이동할 수 있는 길이)가 길어야만 한다.

[0011] 궁극적으로, p-n 접합(110)의 n형 측에 생성되어, p-n 접합(110)에 의해 "수집"되고, n형 측으로 스위핑된 전자는 (전극(101a)을 통해) 외부 부하(30)에 전력을 제공하고 태양 전지(100)의 (전극(101b)을 통해) p형 측으로 복귀할 수 있다. p형 측으로 복귀하면, 전자는 p형 측에 전자-정공 쌍으로서 생성되었거나 n형 측으로부터 p-n 접합(110)을 가로질러 스위핑된 정공과 재결합할 수 있다.

[0012] 도 1에 도시된 바와 같이, 전자-정공 쌍은 전자-정공 쌍이 생성되는 시점으로부터 전극(101a, 101b)에서 전자-정공 쌍이 수집되는 시점까지 우회 경로로 이동한다. 전자-정공 쌍이 이동하는 경로가 길기 때문에, 전자 또는 정공이 다른 정공 또는 전자와 재결합할 충분한 기회가 존재하며, 이러한 재결합은 임의의 외부 부하(30)에 대한 전류의 손실을 초래한다. 달리 말하면, 전자-정공 쌍이 생성될 때, 캐리어들 중 하나가 p-n 접합(110)에 도달하여(수집된 캐리어), 태양 전지(100)에 의해 생성되는 전류에 기여할 수 있다. 대안적으로, 캐리어는 전지 전류에 실질적으로 기여하지 않고 재결합할 수 있다. 전하 재결합은 양자 효율(즉, 태양 전지(100)의 경우, 전류로 변환되는 광자의 백분율)의 강하 및 그에 따른 태양 전지(100)의 전체적인 효율의 강하를 초래한다.

[0013] 태양 전지(100)나 솔라 패널(10)의 비용은 통상적으로 표준화된 조건하에서 생성될 수 있는 피크 전력의 와트당 달러의 단위로 주어진다. 고효율 태양 전지는 태양 에너지의 비용을 감소시킨다. 태양광 발전 시스템 또는 태양광 발전 설비의 많은 비용은 필요한 솔라 패널의 개수뿐만 아니라 패널을 설치하기 위해 필요한 (토지) 면적에 비례한다. 더 높은 효율의 태양 전지는 시스템을 구축하기 위해 필요한 면적과 주어진 에너지 출력을 위해 필요한 솔라 패널의 개수의 감소를 허용할 것이다. 이와 같은 패널의 개수 및 사용 공간의 감소는, 심지어 전지 자체의 비용이 더 많이 드는 경우에도, 전체 설비 비용을 감소시킬 수 있다.

[0014] 궁극적인 목표는 태양광 발전 비용이 전기를 생성하기 위해 천연 가스, 석탄, 및/또는 연료유를 이용하는 종래의 전력 설비보다 더 적거나 그와 비슷하게 만드는 것이다. 대규모의 집중화된 발전 설비가 필요한 대부분의 종래의 발전 수단과 달리, 태양광 발전 시스템은 전력 비용을 상쇄시키는데 도움이 되는 상업용 건물에서, 그리고 심지어 거주지별로, 전기 사업자에 의해 대규모의 집중화된 위치에 구축될 수 있다.

[0015] 비용을 줄이고 태양 전지의 효율을 높이기 위한 최근의 시도에는 태양 전지에 사용되는 상이한 제조 기술과 다양한 물질에 대한 실험을 포함한다. 다른 접근법은 태양 전지(100)를 통한 전하 캐리어의 이동을 향상시키기 위해 p-n 접합(110) 주위에 형성되는 공핍 영역을 향상시키도록 시도한다. 예를 들어, 1991년 5월 3자로 출원되어 힌고라니("Hingorani") 등에게 허여된 미국 특허 번호 제5,215,599호 및 2010년 10월 3일에 대해 우선권을 주장하며 2011년 12월 2일자로 출원되어 포나지("Fornage")에게 허여된 미국 특허 번호 제8,466,582호를 참조하기 바라며, 상기 특허의 개시 내용은 모든 목적을 위해 그 전체가 본원에 참조로 인용된다.

[0016] 그러나 태양 전지(100)를 통한 전하 캐리어의 이동을 향상시키기 위한 이들 종래의 접근법은 태양 전지(100)의 기본 구조의 변경을 필요로 한다. 힌고라니와 포나지는, 예를 들어, 변경된 태양 전지 구조를 이용하여 태양 전지에 외부 전계를 인가하는 것을 개시한다. 외부 전계의 인가를 위해서는, (아래에서, 수학식 2를 참조하여 더 상세하게 설명한) 전계를 유도하는 전극들 사이에 전압이 인가될 필요가 있다. 태양 전지(100)의 기본 구조를 변경하지 않고, 태양 전지(100)의 기존 전극(101a, 101b)에 전압을 인가하면, 외부 부하(30)를 통해 인가된 전압이 단락된다. 달리 말하면, 태양 전지(100)의 전극(101a, 101b)에 전압을 인가하는 것은 외부 전계 생성과 전하 캐리어의 이동을 향상시키는 데 효과가 없다. 따라서, 힌고라니와 포나지에 개시된 바와 같은 종래의 접근법은, 예컨대, 태양 전지(100)의 베이스 상에 외부(및 전기적으로 절연된) 전극 세트를 삽입함으로써, 태양 전지(100)의 기본 구조를 필수적으로 변경한다. 이와 같은 접근법에는 몇 가지 단점이 있다.

[0017] 예를 들어, 외부 전극은 제조 공정 중에 태양 전지(100) 상에 배치되어야만 하며-기존의 태양 전지 또는 전지판에 외부 전극을 새로 장착하는 것이 사실상 불가능하다. 제조 공정에 대한 이와 같은 변경은 제조 비용을 상당히 증가시키고 제조 수율을 감소시킨다. 또한, 태양 전지(100)의 전면 또는 입사면 위에 외부 전극의 배치는, 태양 전지(100)에 도달하는 광 에너지를 감소시킴으로써, 더 낮은 전력 출력을 산출하게 된다.

[0018] 추가의 단점으로서, 태양 전지(100)의 전력 출력을 상당히 향상시키기 위해서는, 태양 전지(100)의 외부 전극에 꽤 많은 전압이 인가되어야만 한다. 예를 들어, 포나지는 인가되는 전계가 유효해지고 태양 전지(100)의 전력 출력을 증가시키기 위해서는 외부 전극에 대략 "1,000V"의 전압이 배치되어야만 한다고 개시한다. 이와 같은 전압 크기는 정비를 위한 특수 훈련뿐만 아니라 기존의 또는 신규한 솔라 패널 구축에 현재 존재하지 않는 추가적인 고전압 장비와 배선을 필요로 한다. 일례로서, 외부 전극과 태양 전지(100) 사이의 절연층이 높은 인가 전압을 견딜 수 있을 정도로 충분해야만 한다. 절연층이 불량한 경우에는, 태양 전지(100)뿐만 아니라, 불량 태양 전지에 직렬 또는 병렬로 접속된 모든 솔라 패널(10)뿐만 아니라 외부 부하(30)(또는 인버터(31))에 대한 상당한 손상 위험이 있다.

[0019] 추가의 단점으로서, (예컨대, 태양이 구름으로 가려지고/또는 정상적인 날씨 변동에 기인하여) 변화하는 조명 조건은 종래의 태양 전지 및 솔라 패널의 전력 출력에서의 불안정을 초래할 수 있다. 예를 들어, 도 2를 참조하면, 인버터(31)는 통상적으로 정적인 불변의 전압 및 전류 입력을 필요로 한다. 도 2에 도시된 바와 같이, 솔라 패널(10)은 인버터(31)에 입력 전압 및 전류를 제공한다. 그러나 시변 조명 조건은 솔라 패널(10)로부터의 출력이 변동되게 할 수 있다(예를 들어 수 초 이내의 순서로). 인버터(31)에 공급되는 전압 및 전류의 변동은 인버터(31)에 의해 출력되는 전력의 품질을, 예를 들어, 주파수, 전압, 고조파 성분 면에서, 손상시킨다. 변화하는 조명 조건에 대처하기 위한 종래의 노력은 인버터(31)의 입력에 배터리 또는 커패시터를 배치하는 것을 포함하지만, 불행하게도, 이들 변화를 최소화할 뿐이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0020] 전술한 관점에서, 종래의 태양 전지 시스템의 전술한 장애와 결함을 극복하기 위한 노력으로, 예컨대, 전자-정공 쌍의 이동성을 증가시킴으로써, 효율과 전력 출력을 증가시키는 개선된 태양 전지 시스템 및 방법에 대한 필요가 존재한다.

과제의 해결 수단

[0021] 본 발명은 광전 변환 소자의 전력 출력을 최적화하기 위한 시스템 및 그 사용 및 제조 방법에 관한 것이다. 본원에 개시된 제1 양태에 따르면, 광전 변환 소자를 관리하기 위한 방법이 제시되어 있으며, 상기 방법은,

[0022] 광전 변환 소자에 전압 신호의 제1 성분을 인가하는 단계이며, 제1 성분은 광전 변환 소자를 가로질러 외부 전계를 생성하기 위한 온 상태를 나타내는, 제1 성분을 인가하는 단계; 및

[0023] 광전 변환 소자에 전압 신호의 제2 성분을 인가하는 단계이며, 제2 성분은 오프 사이클을 나타내는, 제2 성분을 인가하는 단계를 포함한다.

[0024] 개시된 방법의 일부 실시예에서, 1 성분을 인가하는 단계는 전압 펄서 회로로부터의 시변 전압 펄스의 고전압을 인가하는 단계를 포함하며, 제2 성분을 인가하는 단계는 전압 펄서 회로를 차단하는 단계를 포함한다.

[0025] 개시된 방법의 일부 실시예에서, 제1 성분을 인가하는 단계는 전압 공급원과 광전 변환 소자 사이에 배치된 스위치의 제1 위치에서 전압 공급원과 광전 변환 소자를 접속하는 단계를 포함하며, 제2 성분을 인가하는 단계는 스위치의 제2 위치에서 전압 공급원과 광전 변환 소자를 분리하는 단계를 포함한다.

[0026] 개시된 방법의 일부 실시예에서, 상기 방법은, 광전 변환 소자를 가로질러 연결된 전압 프로브를 통해 광전 변환 소자의 출력 전압을 모니터링하는 단계, 및 광전 변환 소자와 광전 변환 소자에 의해 구동되는 부하 사이에 직렬로 연결된 전류 센서를 통해 광전 변환 소자의 출력 전류를 모니터링하는 단계를 추가로 포함한다.

[0027] 개시된 방법의 일부 실시예에서, 상기 방법은, 전압 공급원에 연결된 제어 회로를 통해, 상기 모니터링에 기초하여, 전력 출력을 최대화하기 위해 제1 성분의 크기, 지속 시간 및 주파수 중 적어도 하나를 조정하는 단계를 추가로 포함한다.

[0028] 본원에 개시된 다른 양태에 따르면, 광전 변환 소자를 관리하기 위한 방법이 제시되어 있으며, 상기 방법은,

[0029] 광전 변환 소자에 연결될 수 있도록 전압 공급원을 활성화하는 단계; 및

[0030] 광전 변환 소자에 전압 공급원에 의해 생성된 전압 신호를 인가하는 단계이며, 전압 신호는 광전 변환 소자를 가로질러 외부 전계를 생성하기 위한 제1 상태 및 오프 사이클을 나타내는 제2 상태를 갖는, 전압 신호를 인가

하는 단계를 포함한다.

[0031] 개시된 방법의 일부 실시예에서, 전압 공급원을 활성화하는 단계는,

[0032] 광전 변환 소자를 가로질러 시변 전압 펄스를 제공하기 위해, 광전 변환 소자에 연결될 수 있도록 전압 펄서 회로를 활성화하는 단계이며, 시변 전압 펄스는 제1 상태 및 제2 상태를 제공하는, 전압 펄서 회로를 활성화하는 단계; 및

[0033] 전압 공급원과 광전 변환 소자 사이에 연결될 수 있도록 스위치를 활성화하는 단계이며, 스위치는 제1 상태를 생성하기 위해 제1 위치에서 전압 공급원과 광전 변환 소자를 접속하고 제2 상태를 생성하기 위해 제2 위치에서 전압 공급원과 광전 변환 소자를 분리하는, 스위치를 활성화하는 단계 중 적어도 하나를 포함한다.

[0034] 개시된 방법의 일부 실시예에서, 전압 신호를 인가하는 단계는, 전압 펄서 회로의 스위칭 트랜지스터가 제1 상태를 생성하기 위해 온 위치에 있을 때, 광전 변환 소자 상에 전압 펄서 회로의 고전압 공급원의 출력을 각인하는 단계, 및 전압 펄서 회로의 펄스 생성기가 제2 상태를 생성하기 위해 스위칭 트랜지스터를 오프 위치로 전환할 때까지, 상기 고전압 공급원의 출력을 각인하는 단계를 계속하는 단계를 포함한다.

[0035] 개시된 방법의 일부 실시예에서, 상기 방법은, 스위치와 전압 펄서 회로 중 적어도 하나에 연결될 수 있도록 제어 회로를 활성화하는 단계를 추가로 포함한다.

[0036] 개시된 방법의 일부 실시예에서, 상기 방법은, 광전 변환 소자의 출력 전압을 모니터링하기 위해 광전 변환 소자를 가로질러 연결될 수 있도록 전압 프로브를 활성화하고 광전 변환 소자의 전류 출력을 모니터링하기 위해 광전 변환 소자와 광전 변환 소자의 부하 사이에 직렬로 연결될 수 있도록 전류 센서를 활성화하는 단계를 추가로 포함한다.

[0037] 개시된 방법의 일부 실시예에서, 상기 방법은, 출력 전압 및 출력 전류를 모니터링하는 단계, 및 제어 회로를 통해, 상기 모니터링에 기초하여, 전력 출력을 최대화하기 위해 제1 상태의 크기를 조정하는 단계를 추가로 포함한다.

[0038] 개시된 방법의 일부 실시예에서, 전압 신호를 인가하는 단계는 제1 방향 및 제2 방향 중 적어도 하나를 가진 외부 전계를 생성하는 단계를 포함하며, 제1 방향과 광전 변환 소자의 내부 전극의 극성은 광전 변환 소자의 전력 출력을 증가시키기 위해 동일한 방향이고, 제2 방향은 전력 출력을 감소시키기 위해 내부 전극의 극성의 반대 방향이다.

[0039] 개시된 방법의 일부 실시예에서, 전압 공급원을 활성화하는 단계는 태양 전지, 태양 전지 어레이, 솔라 패널 및 솔라 패널 어레이 중 적어도 하나에 연결될 수 있도록 전압 공급원을 활성화하는 단계를 포함한다.

[0040] 본원에 개시된 다른 양태에 따르면, 광전 변환 소자를 관리하기 위한 방법이 제시되어 있으며, 상기 방법은,

[0041] 광전 변환 소자에 연결될 수 있도록 전압 펄서를 활성화하는 단계; 및

[0042] 광전 변환 소자에 전압 펄서에 의해 생성된 전압 신호를 인가하는 단계이며, 전압 신호는 광전 변환 소자를 가로질러 외부 전계를 생성하기 위한 제1 상태 및 오프 사이클을 나타내는 제2 상태를 갖는, 전압 신호를 인가하는 단계를 포함한다.

[0043] 개시된 방법의 일부 실시예에서, 전압 신호를 인가하는 단계는 광전 변환 소자에 조정 가능한 전압을 인가하는 단계를 포함한다.

[0044] 개시된 방법의 일부 실시예에서, 상기 방법은 미리 정해진 주파수보다 큰 전압 신호의 주파수가 부하로 가지 못하도록 차단하기 위해, 광전 변환 소자의 부하와 전압 펄서 사이에 연결될 수 있도록 하나 이상의 직렬 인덕터를 활성화하는 단계를 추가로 포함한다.

[0045] 개시된 방법의 일부 실시예에서, 상기 방법은 전압 펄서에 연결된 제어 회로를 통해 제2 상태와 제1 상태의 주파수 및 지속 시간 중 적어도 하나를 제어하는 단계를 추가로 포함한다.

[0046] 본원에 개시된 다른 양태에 따르면, 광전 변환 소자를 관리하기 위한 방법이 제시되어 있으며, 상기 방법은,

[0047] 광전 변환 소자에 연결될 수 있도록 스위치의 제1 포트를 활성화하는 단계;

[0048] 광전 변환 소자에 의해 구동되는 부하에 연결될 수 있도록 스위치의 제2 포트를 활성화하는 단계;

[0049] 전압 공급원에 연결될 수 있도록 스위치의 제3 포트를 활성화하는 단계이며, 스위치는 광전 변환 소자와 전압

공급원 사이에 전류 경로를 제공하기 위한 제1 위치 및 광전 변환 소자와 부하 사이에 전류 경로를 제공하기 위한 제2 위치에서 작동할 수 있는, 제3 포트를 활성화하는 단계; 및

[0050] 스위치가 제1 위치에 있을 때, 광전 변환 소자에 전압 공급원에 의해 생성된 전압 신호를 인가하는 단계이며, 전압 신호는 스위치가 제1 위치에 있을 때 광전 변환 소자를 가로질러 외부 전계를 생성하기 위한 제1 상태 및 스위치가 제2 위치에 있을 때 전압 공급원과 부하 사이에 전기적 절연을 제공하기 위한 제2 상태를 갖는, 전압 신호를 인가하는 단계를 포함한다.

[0051] 개시된 방법의 일부 실시예에서, 스위치의 제1 포트를 활성화하는 단계는 광전 변환 소자에 연결될 수 있도록 쌍투 스위치의 제1 포트를 활성화하는 단계를 포함한다.

[0052] 개시된 방법의 일부 실시예에서, 상기 방법은 쌍투 스위치에 연결된 스위치 제어기를 통해 제1 위치와 제2 위치 사이의 스위칭의 주파수 및 지속 시간 중 적어도 하나를 제어하는 단계를 추가로 포함한다.

[0053] 개시된 방법의 일부 실시예에서, 상기 방법은 부하와 광전 변환 소자 사이에 연결될 수 있도록 제1 성분의 임의의 전압 드롭-아웃을 완화하기 위한 소자를 활성화하는 단계를 추가로 포함한다.

[0054] 개시된 방법의 일부 실시예에서, 전압 신호를 인가하는 단계는 광전 변환 소자에 조정 가능한 전압을 인가하는 단계를 포함한다.

[0055] 개시된 방법의 일부 실시예에서, 상기 방법은, 광전 변환 소자를 가로질러 연결된 전압 프로브에 의해 측정된 광전 변환 소자의 출력 전압과 광전 변환 소자와 부하 사이에 직렬로 연결된 전류 센서에 의해 측정된 광전 변환 소자의 출력 전류에 기초하여, 스위치와 전압 공급원에 연결된 제어 회로를 통해 제2 상태 및 제1 상태의 주파수, 크기 및 지속 시간 중 적어도 하나를 제어하는 단계를 추가로 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0056] 도 1은 종래 기술의 태양 전지의 일 실시예를 도시한 예시적인 최상위 단면도이다.

도 2는 도 1의 태양 전지를 이용한 종래 기술의 솔라 패널 어레이의 일 실시예를 도시한 예시적인 최상위 블록도이다.

도 3은 태양 전지 관리 시스템의 일 실시예를 도시한 예시적인 최상위 블록도이다.

도 4는 솔라 패널 어레이가 스위치를 통해 전압 공급원에 연결되는, 도 3의 태양 전지 관리 시스템의 대안적인 실시예를 도시한 예시적인 블록도이다.

도 5a 내지 도 5d는 도 4의 솔라 패널 어레이와 함께 사용되는 스위치의 입력 및 출력에서의 인가 전압을 시간의 함수로서 도시한 예시적인 파형이다.

도 6은 솔라 패널 어레이가 전압 펄서 회로에 연결되는, 도 3의 태양 전지 관리 시스템의 다른 대안적인 실시예를 도시한 예시적인 블록도이다.

도 7은 도 6의 솔라 패널 어레이와 함께 사용되는 인가 전압을 시간의 함수로서 도시한 예시적인 파형이다.

도 8은 도 6의 전압 펄서 회로의 일 실시예를 도시한 예시적인 블록도이다.

도 9a는 태양 전지 관리 시스템이 제어 회로를 포함하는, 도 4의 태양 전지 관리 시스템의 대안적인 실시예를 도시한 예시적인 블록도이다.

도 9b는 도 9a에 도시된 제어 회로의 상태도를 도시한 예시적인 흐름도이다.

도 10a는 태양 전지 관리 시스템이 제어 회로를 포함하는, 도 6의 태양 전지 관리 시스템의 대안적인 실시예를 도시한 예시적인 블록도이다.

도 10b는 도 10a에 도시된 제어 회로의 상태도를 도시한 예시적인 흐름도이다.

도 11a 내지 도 11c는 도 3의 광전 변환 소자의 개선된 전류 출력에 대한 인가 전압, 펄스 주파수 및 펄스 폭 간의 관계의 일 실시예를 도시한 예시적인 파형이다.

도면 전체에 걸쳐 예시적인 목적으로 구조 또는 기능이 유사한 요소들은 일반적으로 동일한 참조 번호로 나타나 있으며, 도면은 축적에 따라 도시되지 않았다는 것을 유의하여야 한다. 또한, 도면은 단지 바람직한 실시예의 설명을 용이하게 하도록 의도되어 있다는 것을 유의하여야 한다. 도면은 설명된 실시예의 모든 양태를 도시하지

않으며, 본 개시 내용의 범위를 제한하지 않는다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0057] 현재 이용 가능한 태양 전지 시스템은 광전지의 전력 출력을 최대화하지 못하기 때문에, 반도체 물질 내에서 재결합 전류를 감소시키고 전자-정공 쌍의 이동성을 증가시키는 태양 전지 시스템이 바람직한 것으로 판명될 수 있으며, 예컨대, 솔라 패널로 구성된 태양 전지의 전력 출력과 효율을 증가시키기 위해, 광범위한 태양 전지 시스템에 대한 기초를 제공할 수 있다. 이와 같은 결과는 도 3에 도시된 바와 같은 태양 전지 관리 시스템(300)에 의해, 본원에 개시된 일 실시예에 따라 달성될 수 있다.

[0058] 도 3을 다시 참조하면, 태양 전지 관리 시스템(300)은 광범위한 광전 변환 소자와 함께 사용하기에 적합하다. 일 실시예에서, 태양 전지 관리 시스템(300)은 도 1에 도시된 태양 전지(100)와 함께 사용하기에 적합할 수 있다. 예를 들어, 태양 전지(100)는 웨이퍼 기반 결정질 실리콘 전지(제1 세대), 비정질 실리콘 전지를 포함한 박막 태양 전지(제2 세대), 및/또는 제3 세대 전지와 같은 임의의 적절한 세대의 태양 전지를 대표할 수 있다. 태양 전지 관리 시스템(300)은 유리하게 구조 변경-및 관련된 단점 없이 임의의 세대의 태양 전지(100)와 함께 사용될 수 있다.

[0059] 다른 실시예에서, 태양 전지 관리 시스템(300)은 도 2에 도시된 솔라 패널(10)과 같은 다수의 태양 전지(100)와 함께 사용하기에 적합할 수 있다. 전술한 바와 같이, 솔라 패널(10)을 형성하기 위해 다수의 태양 전지(100)들이 (직렬 및/또는 병렬로) 함께 연결될 수 있다. 솔라 패널(10)은 지상 장착, 지붕 장착, 태양 추적 시스템, 고정형 랙 등을 통해 지지 구조(도시되지 않음) 상에 장착될 수 있으며, 지구 및 우주공간에서의 응용 모두에 이용될 수 있다. 마찬가지로, 태양 전지 관리 시스템(300)은 유리하게 솔라 패널(10)의 구조 변경 및 관련된 단점 없이 임의의 세대의 솔라 패널(10)과 함께 사용될 수 있다.

[0060] 도 3에 도시된 바와 같이, 광전 변환 소자(200)는 전계(250)와 연동한다. 일부 실시예에서, 전계(250)의 극성은 광전 변환 소자(200) 내의 (도 1에 도시된) 전극(101a, 101b)의 극성과 동일한 방향 또는 역방향 중 어느 한 방향으로 인가될 수 있다. 예를 들어, 광전 변환 소자(200) 내의 전극(101a, 101b)의 극성과 동일한 방향으로 전계(250)를 인가하면, 전계(250)가 광전 변환 소자(200) 내의 전자-정공 쌍에 작용하여 전자 또는 정공에 각각 힘, 즉, $e^{-}E$ 또는 $h^{+}E$를 부가함으로써, 각 전극을 향한 전자 및 정공의 이동성을 가속한다. 대안적으로, 전계(250)의 극성이 반전되면, 광전 변환 소자(200) 내의 전자-정공 쌍의 이동성이 감소함으로써, 광전 변환 소자(200) 내의 재결합 전류를 증가시키게 된다. 따라서, 필요하다면, 예컨대, 광전 변환 소자(200)의 전력 출력을 관리하기 위해, 광전 변환 소자(200)의 효율이 감소할 수 있다.

[0061] 또한, 광전 변환 소자(200)에 인가되는 전계(250)는 필요하다면 정적이거나 시변적일 수 있다. 전계(250)가 시변적인 경우, 전계(250)는 제로가 아닌 시간 평균 크기를 갖는다. 달리 말하면, 전자 및 정공 상의 합력은 광전 변환 소자(200)의 전자-정공 쌍 내에 증가된 이동성을 제공하기 위해 제로가 아니다.

[0062] 도 1의 종래의 태양 전지(100)에 인가되면, (도 1에 도시된) 외부 부하(30)가 없는 경우에, 전계(250)를 생성하기 위해 태양 전지(100)의 전극(101a, 101b)을 가로질러 외부 전압이 인가될 수 있다. 일 실시예에서, (예컨대, 전극(101a, 101b)들 사이의) 전계(250)는 수학식 1에 의해 정의된다:

[0063] $$E = \frac{(V_{App} - V_P)}{t} \quad (\text{수학식 } 1)$$

[0064] 수학식 1에서, E는 전계(250)를 나타내며, V_{App}는 광전 변환 소자(200)에 외부적으로 인가되는 전압이고, V_p는 (예컨대, 30V 이하인) 광전 변환 소자(200)의 전압 출력이며, t는 전극(101a)에서 전극(101b)까지 광전 변환 소자(200) 내의 반도체 물질의 두께이다. 예를 들어, (명목상으로) V_{App} - V_p = 200V이고 두께(t)가 약 0.02 ㎝라고 가정하면, 전계(250)는 약 10 K V/㎝가 된다. 광전 변환 소자(200)의 두께(t)가 (예컨대, 0.01㎝ 미만으로) 감소할수록, 동일하거나 더 낮은 전압을 사용하여 더 높은 전계(250)를 생성할 수 있다는 것을 수학식 1로부터 알 수 있다.

[0065] 전술한 바와 같이, 광전 변환 소자(200)는 통상적으로 태양 전지(100)의 부하(30)와 같은 외부 부하를 구동한다. 수학식 1을 참조하면, 외부 부하(30)를 구동하는 광전 변환 소자(200)에 외부 전압(V_{App})을 직접 인가하면, 외부 부하(30)는 인가 전압(V_{App})의 공급원으로부터 전류를 인출하는 저항 부품을 포함할 수 있다. 달리

말하면, 광전 변환 소자(200)에 외부 전압(V_{App})을 인가하면, 수학식 2로 나타나는 전력을 전체 회로에 효과적으로 전달할 수 있다:

[0066] $$Power_{Input} = \frac{(V_{App})^2}{R_L}$$ (수학식 2)

[0067] 수학식 2에서, R_L은 외부 부하(30)의 임피던스를 나타낸다. 일부 경우에서, 입력 전력은 광전 변환 소자(200)의 전력 출력보다 실질적으로 더 클 수 있다. 따라서, 태양 전지 관리 시스템(300)은, 광전 변환 소자(200)가 생성할 수 있는 것보다 더 많은 에너지 또는 광전 변환 소자(200)를 가로질러 전계를 인가함으로써 얻어지는 것보다 많은 에너지를 주입하지 않고, 광전 변환 소자(200)를 가로질러 전계(250)를 인가하도록 구성된다.

[0068] 태양 전지 관리 시스템(300)은, 도 4에 도시된 바와 같은 스위치(55)를 사용하는 것을 포함하여, 본원에 개시된 임의의 적절한 수단을 사용하여 광전 변환 소자(200)에 외부 전압(V_{App})을 인가할 수 있다. 도 4를 다시 참조하면, 광전 변환 소자(200)는 도시된 바와 같이 태양 전지(100) 및/또는 솔라 패널(10)과 같은 임의의 수의 광전 변환 소자를 나타낼 수 있다. 솔라 패널(10)은 도시된 바와 같이 단극, 쌍투(또는 3방향) 스위치와 같은 스위치(55)에 접속된다. 일 실시예에서, 스위치(55) 또한 전압 공급원(50) 및 (예컨대, 인버터(31)로서 도시된) 외부 부하(R_L)에 연결된다. 인버터(31)는 DC 전압 및 전류를, 종래의 AC 전력망과 전압 및 주파수 면에서 통상적으로 호환 가능한 AC 전압 및 전류로 변환할 수 있다. 인버터(31)의 출력 주파수 및 AC 전류/전압의 진폭은 국가, 위치 및 지역망 요건에 기초할 수 있다.

[0069] 전압 공급원(50)은, 이상적인 전압 공급원, 제어된 전압 공급원 등을 포함하여, 일정한 전압을 유지하기 위한 임의의 적절한 수단을 포함할 수 있다. 그러나 도 9a를 참조하여 아래에 나타낸 실시예와 같은 일부 실시예에서, 전압 공급원(50)은 가변적인 조정 가능한 출력(예컨대, 시변 전압)을 가질 수 있다. 예컨대, 솔라 패널(10)에 대한 인버터(31)와 전압 공급원(50) 간의 접속 지속 시간 및/또는 스위칭 주파수를 제어하기 위해 스위치(55)에 스위치 제어부(또는 제어기)(45)가 연결된다. 스위치 제어기(45)는 (도 5a 내지 도 5c에서 도시된) 고정된 스위칭 지속 시간(D) 및 스위칭 주파수(f)로 작동하도록 미리 설정될 수 있다. 스위치(55)의 제1 위치에서 인가되는 전압은 고정될 수 있으며, 전압 공급원(50)에 기초할 수 있다. 일부 실시예에서, 전압 공급원(50)에 의해 인가되는 전압의 크기, 접속 지속 시간(D) 및/또는 스위칭 주파수(f)는 미리 설정될 수 있으며/또는 부하 조건에 기초하여 변할 수 있다.

[0070] 예를 들어, 스위치(55)는 (도 4의 스위치(55)에 화살표로 도시된 바와 같이) 제1 위치에서 전압 공급원(50)과 솔라 패널(10)을 접속한다. 제1 위치에서 접속되면, 전압 공급원(50)은 솔라 패널(10)의 (도 1에 도시된) 전극(101a, 101b)을 가로질러 전압(V_{App})을 인가하며, 각 솔라 패널(10)을 가로질러 (도 3에 도시된) 전계(250)를 유도한다. 솔라 패널(10)을 가로질러 전계(250)가 확립되면, 스위치(55)는 제2 위치에서 솔라 패널(10)을 인버터(31)(즉, 부하(R_L))에 접속하도록 스위칭된다. 따라서, 전압 공급원(50)은 솔라 패널(10)과 인버터(31)에 동시에 접속되지 않고 전계(250)를 제공할 수 있다. 따라서, 수학식 2를 다시 참조하면, 외부 전압(V_{App})의 인가는 부하(R_L)(예컨대, 인버터(31))가 전압 공급원(50)으로부터 전류를 직접 인출하도록 허용하지 않는다.

[0071] 솔라 패널(10)에 대한 전계(250)의 인가는, 그 후에 솔라 패널(10)이 제2 위치에서 인버터(31)에 접속될 때, 솔라 패널(10)의 전류 및 전력 출력을 미리 정해진 양만큼 증가시킬 수 있다. 미리 정해진 양은 솔라 패널(10)에 입사되는 빛의 강도, 전압 공급원(50)에 의해 솔라 패널(10)에 인가되는 전압(V_{App}), 솔라 패널(10)의 두께, 솔라 패널(10)에 접속되는 전압 공급원(50)의 주파수(f), 및 제1 위치와 제2 위치 간의 스위칭 프로세스의 듀티 사이클에 의존하며, 듀티 사이클은 $1/f$ 스위칭 시간으로 나눈(즉, 주파수(f)를 곱하거나 신호의 전체 기간으로 나눈) 솔라 패널(10)이 전압 공급원(50)에 접속되는 시간의 양으로서 정의된다. 스위치 지속 시간(D), 스위칭 주파수(f) 및 듀티 사이클은 모두 서로 밀접하게 연관된 양이므로, 임의의 2개의 양을 정량화하면, 제3의 양을 결정할 수 있다는 것에 유의하여야 한다. 예를 들어, 스위칭 주파수와 듀티 사이클을 특정하면, 스위치 지속 시간(D)을 결정할 수 있게 된다. 예를 들어, 고강도의 광 조건하에서는, 전력 출력이 약 20% 향상될 수 있고; 저강도의 광 조건하에서는, 50+% 향상될 수 있다.

[0072] 도 4에 도시된 실시예는, 유리하게, 추가적인 외부 전극을 포함하기 위해 솔라 패널(10) 및/또는 태양 전지(100)를 변경할 필요 없이, 광전 변환 소자(200)에 전계(250)를 제공한다.

[0073] 일부 실시예에서, 스위치(55)가 제1 위치에 있는 동안, 인버터(31)에 의해 나타나는 임의의 전압 드롭-아웃을 완화하기 위해 커패시터(41), 인덕터(42) 및/또는 배터리(43)와 같은 에너지 저장 소자가 인버터(31) 전에 배치될 수 있다. 따라서, 스위치(55)가 제1 위치에 있고 솔라 패널(10)을 가로질러 전계(250)가 확립되어 있을 때 (즉, 도 5a 내지 도 5d에 도시된 스위칭 시간(D)에), 솔라 패널(10)로부터 인버터(31)(즉, 부하)가 분리되어 있는 동안, 에너지 저장 소자는 인버터(31)에 에너지를 공급하여 이 스위칭 기간 동안 전류가 계속 흐르도록 한다. 달리 말하면, 에너지 저장 소자는 솔라 패널(10)이 인버터(31)로부터 분리되어 있는 동안 방전할 수 있다.

[0074] 따라서, 솔라 패널(10)의 전력 출력 향상을 보기 위해, 결국 전계(250)를 생성하는 전압 공급원(50)으로부터의 일정한 전압이 연속적으로 인가될 필요가 없다. 예를 들어, 스위칭 지속 시간(D)이 명목상으로 10 내지 2000 ns이고, V_{App}가 명목상으로 100 내지 500+ V이며, 스위칭 주파수(f)가 20 μs (즉, 50 kHz)이면, 명목상으로 0.1 내지 10%의 듀티 사이클이 사용될 수 있다. 인덕터(42), 커패시터(41) 및/또는 배터리(43)는 인버터(31)의 출력 드롭-아웃을 초래하지 하지 않도록 솔라 패널(10)을 가로질러 전계(250)가 배치되어 있을 때 솔라 패널(10)이 분리되어 있는 동안 충분한 방전을 제공하기에 충분한 크기로 선택된다.

[0075] 예를 들어, 부하(예컨대, 인버터(31))를 가로질러 배치되는 커패시터(41)의 크기는 스위칭 시간(D) 동안 인버터(31)가 견딜 수 있는 허용 가능한 전압 드롭(voltage droop)에 의해 결정된다. 예를 들어, 스위칭 시간(D) 동안 전압 드롭이 광전 변환 소자(200)에 의해 생성되는 최대 전압의 90% 미만이 되지 않으면, 커패시터는 수학식 3에 따른 크기로 될 필요가 있다:

[0076] $$C_{41} = \frac{-D}{R_L \ln(MaxV)}$$ (수학식 3)

[0077] 수학식 3에서, D는 스위치가 전압 공급원(50)에 접속되는 지속 시간이며, MaxV는 필요한 최대 전압의 백분율이다(예컨대, 위의 예에서는 90%). 유사한 방식으로, 인덕턴스 및/또는 배터리가 계산될 수 있다.

[0078] 도 5a는 도 4의 태양 전지 관리 시스템(300)을 이용하여 스위치(55)를 활성화 및 제어하기 위해 스위치 제어기(45)로부터의 제어 전압을 시간의 함수로서 도시하고 있다. 이와 같은 예에서, 솔라 패널(10)은 지속 시간(D) 동안 스위치(55)의 제1 위치에서 인버터(31)로부터 분리되어 전압 공급원(50)에 접속되며, 이는 1/f 초마다 반복된다. 도 5b는 제1 위치에서 스위치(55)에 제공되는 전압 공급원(50)으로부터의 전압을 시간의 함수로서 도시하고 있다. 도 5c는 제2 위치에서 인버터(31)에 연결된 스위치(55)의 출력에서 (병렬로 배선되었을 때) 솔라 패널(10)로부터의 스위치(55)의 출력 전압을 시간의 함수로서 도시하고 있다. 마찬가지로, 도 5d는 커패시터(41)가 사이에 연결되어 있는 인버터(31)에 연결된 스위치(55)의 출력에서의 전압을 시간의 함수로서 도시하고 있다.

[0079] 스위칭 지속 시간(d)의 끝에서 도 5d에 도시된 인버터(31)에 의해 나타나는 전압 강하는 전술한 전압 드롭이라 지칭된다. 전압 드롭은 커패시터(41), 인덕터(42), 및/또는 배터리(43)의 크기에 의존한다. 커패시터(41), 인덕터(42) 또는 배터리(43)를 포함하지 않는 시스템(300)의 일례에서, 인버터(31)의 입력을 가로질러 인가되는 전압은 도 5c에 도시된 출력 전압으로서 나타난다.

[0080] 도 6은 도 3의 태양 전지 관리 시스템(300)의 대안적인 실시예를 도시하고 있다. 도 6을 다시 참조하면, 광전 변환 소자(200)는 도시된 바와 같이 태양 전지(100) 및/또는 솔라 패널(10)과 같은 임의의 수의 광전 변환 소자를 나타낼 수 있다. 도시된 바와 같이, 솔라 패널(10)은 병렬로 배선되지만, 직렬 및 이들의 임의의 조합으로 또한 배선될 수도 있다.

[0081] 고전압 펄스 생성기와 같은 전압 펄서(60)는 솔라 패널(10)들 중 하나 이상을 가로질러 (도 7에 도시된) 시변 전압 펄스(71)를 인가할 수 있다. 일 실시예에서, 전압 펄스(71)의 지속 시간(D_P)은 짧을 수 있으며 - 명목상으로 10 내지 2000 ns - 및 크기는 높을 수 있다 - 명목상으로 100 내지 500+ V. 도 6에 도시된 실시예에서, 선택된 작동 조건하에서 최적의 성능을 제공하기 위해, 인가 전압, 펄스 폭 및 펄스 반복률은 미리 정해진 레벨로 고정된다. 예를 들어, 도 6 및 도 7을 참조하면, 전압 펄스(71)는 약 1000 ns의 지속 시간(D_P)을 갖고, 전압 펄스(71)는 1/f의 주기로 반복된다. 전압 펄스(71)의 지속 시간(D_P)과 전압 펄스(71)의 주파수(f)는 전압 인버터(31) 내의 인덕터의 리액턴스가 전압 펄서(60)에 높은 임피던스를 제공하도록 선택되며, 높은 임피던스는 고전압이 솔라 패널(10)의 (도 1에 도시된) 전극(101a, 101b)을 가로질러 발현되어 인버터(31)에 의해 단락되지 않

도록 허용한다.

[0082] 또한, 직렬 인덕터(도시되지 않음)가 인버터(31)의 입력에 배치될 수 있으며, 직렬 인덕터는 인버터(31)에 입력되는 전류를 처리할 수 있으며, 인버터(31)의 저항 부품에 의해 전압 펄스(71)가 감쇠되지(또는 효과적으로 단락되지) 않도록 RF 초크 역할을 한다. 듀티 사이클(펄스 온 시간/펄스 오프 시간)은 명목상으로 0.1 내지 10%일 수 있다.

[0083] 광전 변환 소자(200)에 부가되는 전계(250)의 강도는 광전 변환 소자(200)의 두께, 광전 변환 소자(200)의 물질 및 유전 상수, 광전 변환 소자(200)의 최대 붕괴 전압 등과 같은, 광전 변환 소자(200)의 구조의 함수이다.

[0084] 도 7에 도시된 전압 펄스(71)에 대하여, 이와 같은 파형의 푸리에 분석은, 주파수($\omega = n\omega_o$)를 가진 일련의 펄스를 초래하며, 여기서, $\omega_o = 2\pi f$이고, 펄스의 강도는 수학식 4에 의해 주어진다:

[0085] $$V(\omega) = 2\pi\tau V_{App} \sum_{n=-\infty} \frac{\quad}{n\pi\tau}$$ (수학식 4)

[0086] 수학식 4에서, n은 -∞에서 +∞까지의 일련의 정수이다. 따라서, 0차 펄스(즉, n = 0)는 저항성 부하(R_L)를 통해 단락되는 DC 성분을 갖는다. 솔라 패널(10) 을 가로질러 인가되는 1차 전압 펄스(71)는 $V_{App}(1 - D_P/f)$이며, 여기서, D_P/f는 펄스의 듀티 사이클이고, D_P는 펄스 지속 시간이며, f는 펄스의 반복률이다. 인버터(31)의 인덕턴스가 도 6의 실시예에 의해 생성되는 전압 펄스(71)에 대해 높은 임피던스(Z)로서의 역할을 하기 때문에, 각 솔라 패널(10)을 가로질러 고전압 펄스(71)가 발현되고, 이는 다시 솔라 패널(10)을 가로질러 높은 전계(250)를 생성한다.

[0087] 도 6에 도시된 바와 같이, 전압 인버터(31)는 외부 부하(R_L)를 나타낸다. 그러나 외부 부하(R_L)는, 인덕터의 세트가 RF 초크 역할을 하도록 부하(R_L)와 직렬로 배치될 수 있음으로써, 전압 펄스(71)(및 전계(250))가 솔라 패널(10)을 가로질러 인가되도록, 순수하게 저항성인 부품을 포함할 수 있다.

[0088] 필요하다면 전압 펄스(71)를 인가하기 위해, 임의의 수의 회로가 전압 펄서(60)에 사용될 수 있다. 전압 펄서(60)에 사용되는 하나의 이와 같은 예시적인 회로가 도 8에 도시되어 있다. 도시된 바와 같이, 전압 펄서(60)는 펄스 생성기(61)(도시되지 않음), 고전압 공급원(69)(도시되지 않음) 및 도 6에 도시된 솔라 패널(10)에 (솔라 패널(10)로 고전압 공급원(69)의 출력을 스위칭함으로써) 고전압 펄스(71)를 각인하기 위한 스위칭 트랜지스터(68)를 포함한다. 도 8의 전압 펄서(60)는, 고전압 스위칭 트랜지스터(68)로부터 펄스 생성기(61)를 절연하기 위해, 옵토-아이솔레이터(62)와 같이, 빛을 이용하여 2개의 전기적으로 절연된 회로들 사이에 전기 신호를 전달하는 소자를 포함한다. 유리하게, 옵토-아이솔레이터(62)는 (예컨대, 고전압 공급원(69)으로부터의) 고전압이 펄스 신호(71)에 영향을 미치는 것을 방지한다. 옵토-아이솔레이터 회로(62)는 핀(1 내지 8)과 함께 도시되어 있으며, 전압 펄서(60)에 대한 입력 회로의 일부로서 도시되어 있다.

[0089] 바이어스 전압 공급부(63)(도시되지 않음)는 옵토-아이솔레이터(62)에 필요한 바이어스를 공급하기 위해 옵토-아이솔레이터(62)에 전압(예컨대, 15 VDC)을 제공한다. 커패시터(64)는 바이어스 전압 공급부(63)를 절연하여, 바이어스 공급부를 왜곡하여 나온 임의의 신호를 위한 옵토-아이솔레이터(62)로의 AC 경로를 생성한다. 옵토-아이솔레이터(62)의 핀(6, 7)은 고전압 스위칭 트랜지스터(68)를 구동하기 위해 사용되는 옵토-아이솔레이터(62)의 스위칭 신호 출력이다. 제너 다이오드와 같은 다이오드(66)는 다이오드(66)의 설정치를 초과하도록 스위칭 트랜지스터(68)의 스위칭 임계값을 유지하기 위해 사용됨으로써, 임의의 노이즈가 스위칭 트랜지스터(68)를 우연히 격발하는 것을 제거한다. 레지스터(67)는 스위칭 트랜지스터(68)의 게이트(G)와 이미터(E)에 대한 바이어스 포인트를 설정한다. 옵토-아이솔레이터(62)의 핀(6, 7)을 가로질러 인가되는 전압이 레지스터(67)에 의해 설정된 임계값을 초과하는 경우, 스위칭 트랜지스터(68)가 턴 "온"되며, 고전압 스위칭 트랜지스터(68)의 컬렉터(C)와 이미터(E) 사이로 전류가 흐른다. 따라서, 펄스 제너레이터(61)로부터의 제어 펄스(IN)가 고전압 스위칭 트랜지스터(68)의 게이트(G) 상에 설정된 임계값 아래로 강하할 때까지, 고전압 스위칭 트랜지스터(68)는 솔라 패널(10)에 주입된 고전압 공급원을 제공하며, 이는 스위칭 트랜지스터(68)를 "차단"하며 C-G를 가로지르는 전류 흐름을 정지시킨다.

[0090] 전술한 이전의 실시예에서와 같이, 솔라 패널(10)에 대한 전계(250)의 인가는 그 후에 인버터(31)에 접속될 경우 솔라 패널(10)의 전류 및 전력 출력을 (예컨대, 솔라 패널(10)에 입사되는 빛의 강도, 전압 공급원(50)에 의

해 솔라 패널(10)에 인가되는 전압(V_{App}), 솔라 패널(10)의 두께, 펄스 폭(D_P) 및 솔라 패널(10)에 전압 펄스(71)가 인가되는 주파수(f) 등에 의존하여) 미리 정해진 양만큼 증가시킬 수 있다. 마찬가지로, 고강도의 광 조건 하에서는, 솔라 패널(10)의 전력 출력이 약 20% 향상될 수 있고; 저강도의 광 조건 하에서는, 50+% 향상될 수 있다.

[0091] 전계(250)와 연동하는 광전 변환 소자(200)의 성능 향상은 수학식 5에 나타낸 바와 같이 태양 전지의 단락 전류(I_{SC})의 증가로서 측정될 수 있다:

[0092] $$I_{SC} = I_{Base}\,[1 + c(V(\tau, f), t, \varepsilon) * (p_{max} - p)]$$ (수학식 5)

[0093] 여기서, I_{Base}는 외부 전계(250)가 인가되지 않을 때의 단락 전류이며, p_{max}는 임의의 추가 전력이 추가 전자-정공 쌍을 생성하지 않는 최대 광학 전력이다. 태양 전지의 전류 출력 향상이 전계(250)에 의해 구동되므로, $c(V(\tau, f), t, \varepsilon)$ 의 형태는 수학식 6에 의해 설명될 수 있다:

[0094] $$c(V(\tau, f), t, \varepsilon) = m(t, \varepsilon) V_{App} * (1 - \exp(\tau/\tau_o)) * \exp(-f_{decay}/f)$$ (수학식 6)

[0095] 수학식 6에서, m(t, ε)은 광전 변환 소자(200)에 의존한다. 전계(250)로 인한 단락 전류(I_{SC})의 향상은 인가 전압(V_{App})에 대해 선형적일 수 있다. 펄스 반복률에 대해 관찰된 향상은 ($1/f_{decay}$)의 특성 붕괴율을 가지며, 펄스율(f)에 대해 지수함수적으로 거동한다. 펄스 폭(τ)에 대해 관찰된 향상도 지수함수적으로 거동할 수 있으며, 인가 전압(V_{App})이 최대 크기에 얼마나 신속하게 도달하는지를 설명할 수 있다. 펄스 폭(τ)에 대해 관찰된 향상은 전압 펄서(60)의 세부 사항에 의존한다. 인가 전압(V_{App}), 펄스 반복률(f) 및 펄스 폭(τ)의 함수로서, 단락 전류(I_{SC})의 증가가 도 11a 내지 도 11c에 각각 도시되어 있다.

[0096] 도 11a는 인가 전압 펄스(V_{App})의 크기의 함수로서 (도 2에 도시된) 솔라 패널(10)에 대해 예상되는 단락 전류(I_{SC})의 향상을 도시한다. 도시된 바와 같이, 펄스 폭과 펄스 반복률은 고정되며, 펄스 전압의 크기는 50 내지 250 V로 변화된다. 단락 전류의 향상(ΔI_{SC})은 명목상 0.1에서 2 A로 증가한다. 인가 전압 펄스(V_{App})의 함수로서 단락 전류의 변화(ΔI_{SC})는 1차적으로 대략 선형이다. 도 11b는 고정된 펄스 폭과 고정된 전압 펄스에 대해 펄스 반복률의 함수로서 단락 전류의 향상 변화(ΔI_{SC})를 도시한다. 도 11b에 도시된 바와 같이, 펄스 반복률이 임의의 시간 단위로 10에서 100으로 증가하는 동안, 단락 전류의 향상(ΔI_{SC})은 대략 1.7 A에서 약 0.45 A로 감소한다. 이와 같은 거동은 대략 지수함수적이다. 도 11c는 고정된 펄스 반복률과 고정된 전압 펄스에 대해 펄스 폭의 함수로서 단락 전류의 향상 변화(ΔI_{SC})를 도시한다. 이와 같은 예의 경우, 펄스 폭이 시간에 따라 0에서 2000으로 증가하는 동안, 단락 전류의 향상(ΔI_{SC})은 0에서 1.2 A로 증가한다.

[0097] 전술한 각 실시예에서, 태양 전지(100) 또는 솔라 패널(10)의 전극(101a, 101b)을 가로질러 전계(250)의 강도를 증가시키면, 태양 전지(100) 또는 솔라 패널(10)의 효율을, 예를 들어, E_{max}인 최대 전계 강도까지 증가시킨다. 달리 말하면, 전계(250)의 강도가 최대 강도에 도달하면, 전자-정공 재결합률이 최소화되었다. 따라서, 다양한 작동 조건하에서 출력 전류 및 전압을 최대화하도록 광전 변환 소자(200)의 제어 회로를 구성하는 것이 유리할 수 있다.

[0098] 예를 들어, 도 9a를 다시 참조하면, 전류 센서(33)와 전압 프로브(32)가 도 4의 태양 전지 관리 시스템(300)에 연결된 것으로 도시되어 있다. 도시된 바와 같이, 전류 센서(33)는 솔라 패널(10)과 인버터(31) 사이에 직렬로 연결된다. 전류 센서(33)는 솔라 패널(10)의 전류 출력을 모니터링할 수 있다. 마찬가지로, 전압 프로브(32)는 솔라 패널(10) 및 인버터(31)를 가로질러 접속되어 솔라 패널(10)의 출력 전압을 모니터링한다.

[0099] 제어 회로(35)는 제어 리드(33a)를 통해 전류 센서(33)에 연결될 뿐만 아니라 제어 리드(32a)를 통해 전압 프로브(32)에도 연결된다. 전류 센서(33)는 인라인 또는 유도 측정 유닛일 수 있으며, 솔라 패널(10)의 전류 출력을 측정한다. 마찬가지로, 전압 센서(32)는 솔라 패널(10)의 전압 출력을 측정하기 위해 사용된다. 전류 센서(33)로부터 측정된 전류와 전압 프로브(32)로부터 측정된 전압의 곱이 솔라 패널(10)로부터 인버터(31)로 출력되는 전력이다.

[0100] 일부 실시예에서, 전압 프로브(32)는 또한 제어 회로(35)에 대한 전력 공급원으로서의 역할을 할 수도 있으며, 솔라 패널(10)이 조명되는 동안에만 활성화되어, 제어 회로(35)를 활성화하기에 충분한 전력을 제공한다. 제어 회로(35)는 도 4를 참조하여 설명된 스위칭 시간 및 주파수를 결정하기 위해 스위치(55)에 추가로 연결된다. 태양 전지(100) 내에 생성되어 전류 센서(33) 및 전압 프로브(32)에 의해 측정되는 전류 모두가 다양한 작동 조건하에서, 예컨대 상이한 또는 가변적인 조명 조건하에서 최대화되도록, 솔라 패널(10)을 가로질러 전압(V_{App})을 인가하기 위해, 스위칭 시간의 지속 시간 및 주파수가 제어될 수 있다.

[0101] 전계(250)를 인가하기 위한 일 실시예에서, 솔라 패널(10)은 처음에는, 예를 들어, 야간이나 짙은 구름이 덮여 있는 동안, 전력을 생성하지 않는다. (예컨대, 아침 동안) 솔라 패널(10)이 조명됨에 따라, 전압 및 전류가 솔라 패널(10)에 의해 생성되며, 리드(32a)는 전압 및 전류 모두를 제어 회로(35)에 전달하기 시작한다. 제어 회로(35)는 제어 회로(35) 내의 제어 로직을 구동하기 위한 저전압 로직 전력 공급부(도시되지 않음)를 포함한다. 제어 회로(35)는 고전압 전력 공급부를 제공하기 위한 전력 공급원(50)을 또한 포함한다. 전압 공급원(50)은, 제어 회로(35)에 의해 조정될 수 있으며 리드(38) 상에 V_{App}의 배치를 담당하는 가변 출력을 갖는다. 제어 회로(35)로부터의 고전압 출력(V_{App})은 리드(38)를 구동하며, 스위치(55)에 접속된다. 리드(38)는 스위치(55)를 통해 솔라 패널(10)에 전압(V_{App})을 인가하기 위해 사용된다. 이와 같은 예에서, 제어 회로(35)는, 저전압 로직 전력 공급부와 고전압 전력 공급부 모두를 활성화하기에 충분한 전력이 솔라 패널(10)에 의해 생성될 때까지, 솔라 패널(10)에 어떠한 전압(V_{App})도 인가하지 않도록 구성된다.

[0102] 대안적인 실시예에서, 제어 회로(35)는 주간에 조명이 증가 및 감소하는 동안 전계(250)를 인가하여 전력 출력을 최대화하도록 구성될 수 있다. 제어 회로(35)는 도 9b에 도시된 프로세스(9000)를 포함하여 전술한 임의의 방법에 따라 전계(250)를 제공하며 솔라 패널(10)의 전력 출력을 안정화할 수 있다.

[0103] 도 9b를 다시 참조하면, 프로세스(9000)는 단계 900에서 전력을 초기화하는 단계를 포함한다. 제어 회로(35) 내의 제어 로직을 작동하는 저전압 로직 전력 공급부와 스위치(55)를 통해 리드(38) 상에 고전압을 배치하기 위해 필요한 고전압 전력 공급부 모두를 활성화하기 위해서는 솔라 패널(10)의 출력으로부터 충분한 전력이 제공되어야만 한다. 대안적으로, 솔라 패널(10)이 자신의 전력 출력을 증대시키기 위해 솔라 패널(10)에 대한 전계(250)의 인가를 보장하기에 충분한 전력 출력을 생성할 때까지, 제어 회로(35)는, 저전압 로직 전력 공급부가 작동할 수 있도록 허용하고 제어 회로(35)가 솔라 패널(10)의 전력 출력을 모니터링할 수 있도록 허용하는, 예를 들어, 배터리, 대형 커패시터, 외부 AC 전력 공급부와 같은 외부 공급원(도시되지 않음)으로부터 전력을 공급받을 수 있다. 제어 회로(35)가 가동된 후, 모든 매개 변수(예컨대, 인가된 고전압(V_{App}), 스위치 지속 시간(D) 및 스위칭 주파수(f))가 초기화된다. 일 실시예에서, 인가된 고전압(V_{App})은 제로로 설정되는 반면, 스위치 지속 시간(D) 및 스위칭 주파수(f)는 $D = \tau_o$ 및 $f = f_o$의 공칭값으로 설정된다. 모든 제어 지수(n, i 및 j)는 제로로 초기화된다.

[0104] 그 다음, 제어 회로(35)는, 단계 901에서, 전압 프로브(32)에서 측정되는 전압이 미리 정해진 최소값(v_{min})보다 높거나 낮은지의 여부 및 전류 센서(33)에서 측정되는 전류가 미리 정해진 최소값(i_{min})보다 높은지의 여부를 결정한다. 솔라 패널(10)이 조명되어 그 평균 정격 출력의 약간의 공칭 백분율, 예를 들어, 5%를 발생시키도록 결정되고, 솔라 패널(10)의 출력을 증대시키기 위해 제어 회로(35) 내의 전력 공급원(50)에 공급하기에 충분한 전력이 발생하도록, v_{min} 및 i_{min}의 조합이 선택되었다. 제어 회로(35)가 측정된 전압 및 전류 모두가 각각의 미리 정해진 최소값보다 높다고 결정하면, 제어 회로(35)는 이제 가동 준비가 갖춰졌으며, 프로세스(9000)는 단계 903으로 이동하고; 그렇지 않으면, 프로세스(9000)는 단계 902의 대기 상태로 가서 단계 900으로 되돌아간다.

[0105] 단계 903에서, 제어 회로(35)는 전류 센서(33)를 통해 인버터(31)에 유입되는 전류를 측정하고, 전압 센서(32)를 통해 인버터(31)를 가로지르는 전압을 측정하며, 인버터(31)를 통해 흐르는 전력(명목상으로, 전류 X 전압)을 계산한다. 제어 지수(n)는 n + 1로 증가된다.

[0106] 단계 904에서, 제어 회로(35)는 V_{App}를 V_{max}와 비교한다. V_{max}는 미리 설정된 값일 수 있으며 솔라 패널(10) 또는 인버터(31)를 손상시키지 않고 솔라 패널(10) 상에 배치될 수 있는 최대 전압을 나타낸다. 솔라 패널(10)의 유형에 따라, V_{max}는 통상적으로 600 V 내지 1,000 V이다. V_{App}가 V_{max}보다 낮으면, 프로세스(9000)는 단계 906으로 진행하고; 그렇지 않으면, 프로세스(9000)는 단계 905에서 대기한다.

[0107] 단계 906에서, 제어 회로(35)는 인가되는 고전압(V_{App})을 양(nΔV)만큼 증가시키며, 스위치(55)를 활성화한다. 스위치(55)를 활성화하면, 인버터(31)로부터 솔라 패널(10)이 분리되고 리드(38) 상의 제어 회로(35)로부터의 V_{App}에 솔라 패널(10)이 접속된다. 이와 같은 예에 있어서, 더 크거나 더 작은 전압 스텝이 사용될 수도 있지만, ΔV는 25 V의 고정된 전압 스텝일 수 있다. 전계(250)의 강도가 인가 전압(V_{App})에 비례하도록, 전압(V_{App})은 솔라 패널(10)에 전계(250)를 부가한다. 제어 회로(35) 내의 V_{App}에 대한 솔라 패널(10)의 접속 지속 시간은 인버터(31)의 작동을 방해하지 않도록 선택된다. 이와 같은 예에 있어서, 듀티 사이클은 5%가 되도록 선택되며(솔라 패널(10)은 제어 회로(35) 내의 V_{App}에 그 시간의 5% 동안 접속된다), 스위칭 시간의 기본 지속 시간은 명목상으로 1000 ns가 되도록 선택된다. 필요하다면 대안적인 스위칭 시간이 사용될 수 있다. 제어 회로(35)는 다시 전류 센서(33)를 통해 인버터(31)에 유입되는 전류의 측정값을 수신하고, 전압 센서(32)를 통해 인버터(31)를 가로지르는 전압의 측정값을 수신하며, 인버터(31)를 통해 흐르는 전력을 재계산한다.

[0108] 단계 908에서, 제어 회로(35)는 솔라 패널(10) 상에 V_{App}가 배치되기 전의 솔라 패널(10)의 전력 출력을 가장 최근의 측정값에 대해 비교한다. 전력이 증가하였으면, 프로세스(9000)는 단계 901로 되돌아가서 반복된다. 인가되는 고전압(V_{App})이 V_{max}보다 클 때까지 또는 인가되는 고전압(V_{App})에서의 증가가 솔라 패널(10)의 출력 전력에서의 증가를 산출하지 않을 때까지, 리드(38)에 인가되는 전압은 ΔV만큼 증가하게 된다. 여기서, V_{max}는 솔라 패널에 어떠한 손상도 초래하지 않고 솔라 패널에 배치될 수 있는 최대 전압으로서 정의된다. 솔라 패널(10)의 유형에 따라, V_{max}는 통상적으로 대략 600 V 내지 1,000 V이다. 두 가지 경우에 모두, 프로세스(9000)는 단계 905에서 대기한다. 대기 상태의 지속 시간은 수 초 내지 수 분이 될 수 있다.

[0109] 대기 단계 905 후에, 프로세스(9000)는 단계 907로 계속된다. 리드(32a, 33a)를 통해 측정되는 전력이 변하지 않은 경우, 지수(n)는 감소되며(n = n-1), 솔라 패널(들)(10)로 가는 리드(38)에 인가되는 전압(V_{App})은 양(ΔV)만큼 감소하고, 제어 회로(35)는 스위치(55)를 활성화한다. 프로세스(9000)는 전류 센서(33) 및 전압 프로브(32)에 의해 전력 출력이 측정되는 단계 909에서 계속된다. 전력 출력이 강하를 나타내면, 프로세스(9000)는 단계 910으로 계속된다. 전력 출력이 증가하였으면, 프로세스(9000)는 단계 907로 되돌아가고, 솔라 패널(10)의 전력 출력의 감소가 멈출 때까지 인가 전압(V_{App})은 계속 감소한다. 프로세스(9000)는 단계 910으로 진행한다.

[0110] 단계 910에서, 제어 회로(35)는 전술한 제1 위치에서 스위치(55)가 리드(38) 상의 솔라 패널(10)에 접속되는 지속 시간을 증가시킨다. 스위치(55)가 전압 공급원(50)에 접속되는 시간의 양이 $i\Delta\tau_o$만큼 증가하게 된다. 스위치(55)가 활성화되고, 솔라 패널(10)의 전력 출력이 다시 전류 센서(33) 및 전압 프로브(34)에 의해 모니터링된다. 프로세스(9000)는 상태 912로 진행하여, 솔라 패널(10)의 전력 출력이 증가하는지의 여부를 결정한다. 증가한다면, 프로세스(9000)는 단계 910으로 이동하고, 솔라 패널(10)이 전압 공급원(50)에 접속되는 지속 시간이 다시 증가한다. 제어 회로(35)에 의해 구동되는 스위치 지속 시간 변화가 정지하는 시점인 최대값에 솔라 패널(10)의 출력 전력이 도달할 때까지(또는 고정된 지속 시간 한계, 예를 들어, 3 내지 5 μs에 도달될 때까지), 스위칭 지속 시간은 증가할 것이다. 그러나 단계 912에서, 제어 회로(35)가 스위치 지속 시간(D)의 증가가 전류 센서(33) 및 전압 프로브(32)에 의해 측정되는 전력 출력의 감소를 초래하는 것으로 결정한다면, 프로세스(9000)는 단계 911로 계속되며, 솔라 패널(10)의 전력 출력이 다시 최대화될 때까지 단계 911 내지 단계 913을 반복함으로써 스위치 지속 시간(D)은 감소하게 된다. 단계 910 내지 단계 913을 반복함으로써 스위칭 지속 시간이 솔라 패널(10)의 최대 출력 전력에 최적화되었다는 것을 제어 회로(35)가 결정한 후, 프로세스(9000)는 단계 914로 계속된다.

[0111] 단계 914에서, 제어 회로(35)는 스위치(55)가 제어 회로(35)에 접속되는 접속 주파수(f)를 증가시키기 시작한다. $f = f_o + j\Delta f$ 가 되도록, 스위치(55)가 전압 공급원(50)에 접속되는 주파수(f)가 원래의 스위칭 주파수(f_o)에서 $j\Delta f$만큼 증가하게 된다. 단계 914에서, 스위치(55)는 새로운 주파수(f)로 리드(38) 및 솔라 패널(10) 사이에 접속되며, 솔라 패널(10)의 전력 출력이 다시 전류 센서(33) 및 전압 프로브(34)에 의해 모니터링된다. 프로세스(9000)는 단계 916으로 계속된다. 솔라 패널(10)의 전력 출력이 증가하였으면, 프로세스(9000)는 단계 914로 되돌아가고, 솔라 패널(10)이 전압 공급원(50)에 접속되는 속도가 다시 증가한다. 솔라 패널(10)의 출력 전력이 최대값에 도달할 때까지 또는 프로세스(9000)가 단계 915로 이동하는 시점인 최대 주파수(f_{max})까지, 접속 속도는 증가할 것이다. 단계 914에서, 스위치(55)가 리드(38) 상의 고전압(50)에 접속되는 주파수는 이제 양($j\Delta f$)만큼 감소되며, 스위치(55)가 다시 활성화되고, 솔라 패널(10)의 전력 출력이 다시

전류 센서(33) 및 전압 프로브(32)에 의해 모니터링된다. 그 시점에, 제어 회로(35)는 단계 917에서 접속 속도의 감소가 솔라 패널(10)의 전력 출력을 증가시키는지의 여부를 결정한다. 증가시킨다면, 프로세스(9000)는 단계 915로 되돌아간다. 대안적으로, 스위칭 주파수가 일부 최소 주파수(f_{min})에 도달하면, 프로세스(9000)는 단계 918로 이동하여 대기한다.

[0112] 단계 918에서, 솔라 패널(10)의 전력 출력이 최대화되었으면, 제어 회로(35)는 일정 기간 동안 대기 상태로 진행한다. 대기 시간의 기간은 수 초 또는 수 분일 수 있다. 단계 918에서 대기한 후, 프로세스(9000)는 단계 901로 이동하며, 여기서, 프로세스(9000)는, 솔라 패널(10)이 여전히 자신들의 최대 출력 레벨로 작동하고 있는지를 확인하기 위해, 이전의 최적화된 값으로부터 전압, 스위치 접속 시간 및 스위칭 속도를 다시 변경하기 시작한다. 솔라 패널(10)이 그 특정한 날의 작동 조건하에서 최대 출력 전력하에서 작동하고 있는지를 확인하기 위해, 제어 회로(35)로부터 인가되는 전압(50), 스위칭 지속 시간 및 스위칭 속도가 하루 동안 작동하고 있는 도중에 모두 변경된다.

[0113] 단계 901에서, 전압 센서(32)에서 측정되는 전압이 미리 정해진 최소값(v_{min}) 아래로 강하하고 전류 센서(33)에서 측정되는 전류가 미리 정해진 최소값(i_{min}) 아래로 강하하면, 제어 회로(35)는 라인(38) 상의 임의의 전압을 제거할 것이고, 제어 회로(35)는 단계 900(여기서, 시스템은 모든 매개 변수 및 지수를 다시 초기화할 것이다)으로 되돌아가기 전에 단계 902로 이동하여 대기할 것이다. 프로세스(9000)가 단계 901에서 단계 903으로 이동하게 될 시점인, 전압 프로브(32)에서 측정되는 전압과 전류 센서(33)에서 측정되는 전류가 각각 v_{min} 및 i_{min} 모두를 초과할 때까지, 프로세스(9000)는 단계 900에서 단계 901로 그리고 단계 902로 그리고 단계 900으로의 반복을 계속할 것이다.

[0114] 유사한 결과를 산출하기 위해 제어 회로(35) 내에 상이한 상태 기계가 구현될 수 있으며, 본 개시에 포함된다. 그러나 전술한 프로세스(9000)는 유리하게 인가 전압(V_{App})의 크기를 가능한 최저값으로 최소화함으로써, 전류 프로브(33)에 의해 측정되는 전류와 전압 프로브(32)에 의해 측정되는 전압의 곱이 최대화되도록 한다. 인가 전압(V_{App})이 디더링됨으로써, 즉, 하루 동안 태양 전지(100), 솔라 패널(10) 또는 복수의 솔라 패널(10)에 입사되는 광학 전력(p)의 변화를 고려하여 하루 동안 작동하고 있는 도중에 상하로 소량 변화됨으로써, 최대 전력 출력이 항상 유지될 수 있다.

[0115] 상기 프로세스(9000)에 설명된 대부분의 단계들은 수 분 또는 수 시간의 기간 동안 서서히 발생하는 단열 조명 변화를 해결하도록 설계되었다. 대안적인 실시예에서, 조명 변동이 더 높은 변화 속도로 발생한다면, DC 출력 전력이 너무 높은 변화 속도로 변하는 것을 유지하기 위해 시도하여 인버터의 품질을 더 고급화함으로써, 인버터로 출력되는 DC 전력에서의 높은 주파수 변화를 최소화하도록 프로세스(9000)가 구성될 수 있다.

[0116] 다른 예에서, 도 10a를 참조하면, 전류 센서(33)와 전압 프로브(32)가 도 6의 태양 전지 관리 시스템(300)에 연결된 것으로 도시되어 있다. 도시된 바와 같이, 전류 센서(33)는 솔라 패널(10)과 인버터(31) 사이에 직렬로 연결된다. 전류 센서(33)는 솔라 패널(10)의 전류 출력을 모니터링할 수 있다. 마찬가지로, 전압 프로브(32)는 솔라 패널(10) 및 인버터(31)를 가로질러 접속되어 솔라 패널(10)의 출력 전압을 모니터링한다.

[0117] 제어 회로(36)는 제어 리드(33a)를 통해 전류 센서(33)에 연결되며 제어 리드(32a)를 통해 전압 프로브(32) 모두에 연결된다. 전류 센서(33)는 인라인 또는 유도 측정 유닛일 수 있으며, 솔라 패널(10)의 전류 출력을 측정한다. 마찬가지로, 전압 센서(32)는 솔라 패널(10)의 전압 출력을 측정하기 위해 사용된다. 전류 센서(33)로부터 측정된 전류와 전압 프로브(32)로부터 측정된 전압의 곱이 솔라 패널(10)로부터 인버터(31)로 출력되는 전력의 계산을 허용한다.

[0118] 일부 실시예에서, 전압 프로브(32)는 제어 회로(36)에 대한 전력 공급원으로서의 역할을 할 수도 있으며, 솔라 패널(10)이 조명되는 동안에만 활성화되어, 제어 회로(36)를 활성화하기에 충분한 전력을 제공한다. 제어 회로(36)는 도 6을 참조하여 설명된 전압 펄스(V_{App})의 진폭, 펄스 지속 시간(D_p) 및 펄스 주파수(f)를 제어하기 위해 전압 펄서(60)에 추가로 연결된다. 솔라 패널(10) 내에 생성되어 전류 센서(33) 및 전압 프로브(32)에 의해 측정되는 전류 모두가 다양한 작동 조건하에서, 예컨대, 상이한 또는 가변적인 조명 조건하에서, 최대화되도록, 펄스 지속 시간(D_p), 펄스 주파수(f) 및 솔라 패널(10)을 가로질러 인가되는 전압 펄스(V_{App})는 제어 및 조정될 수 있다.

[0119] 전계(250)를 인가하기 위한 일 실시예에서, 솔라 패널(10)은 처음에는, 예를 들어, 야간이나 짙은 구름이 덮여

있는 동안, 전력을 생성하지 않는다. (예컨대, 아침 동안) 솔라 패널이 조명됨에 따라, 전압 및 전류가 솔라 패널(10)에 의해 생성되며, 리드(32a)는 전압 및 전류 모두를 제어 회로(36)에 전달하기 시작한다. 제어 회로(36)는 제어 회로(36) 내의 제어 로직을 구동하기 위한 저전압 로직 전력 공급부(도시되지 않음)를 포함한다. 펄서 회로(60)는 저전압 공급부(도시되지 않음) 및 고전압 전력 공급부(도시되지 않음) 모두를 포함한다. 전압 펄서(60) 내의 고전압 전력 공급부는, 제어 회로(36)에 의해 조정될 수 있으며 솔라 패널(10) 상에 V_{App}의 배치를 담당하는 가변 출력을 갖는다. 이와 같은 예에서, 제어 회로(36)는, 펄서(60) 내의 저전압 로직 전력 공급부와 고전압 전력 공급부 모두를 활성화하기에 충분한 전력이 솔라 패널(10)에 의해 생성될 때까지, 솔라 패널(10)에 어떠한 전압도 인가하지 않도록 구성된다.

[0120] 대안적인 실시예에서, 제어 회로(36)는 주간에 조명이 증가 및 감소하는 동안 전계(250)를 제어하여 전력 출력을 최대화하도록 구성된다. 제어 회로(36)는 도 10b에 도시된 프로세스(10000)를 포함하여 전술한 임의의 방법에 따라 전압 펄서(60)에 의해 인가되는 전계(250)를 제어하여 솔라 패널(10)의 전력 출력을 안정화할 수 있다.

[0121] 도 10b를 참조하면, 프로세스(10000)는 단계 1000에서 전력을 초기화하는 단계를 포함한다. 제어 회로(36) 내의 제어 로직을 구동하는 저전압 로직 전력 공급부와 전압 펄서(60) 내의 저전압 및 고전압 전력 공급부 모두를 활성화하기 위해서는 솔라 패널(10)의 출력으로부터 충분한 전력이 제공되어야만 한다. 대안적으로, 솔라 패널(10)이 자신의 전력 출력을 증대시키기 위해 솔라 패널(10)에 대한 전계(250)의 인가를 보장하기에 충분한 전력 출력을 가질 때까지, 제어 회로(36)는, 저전압 로직 전력 공급부가 작동할 수 있도록 허용하고 제어 회로(36)가 솔라 패널(10)의 전력 출력을 모니터링할 수 있도록 허용하는, 예를 들어, 배터리, 대형 커패시터, 외부 AC 전력 공급부와 같은 외부 공급원(도시되지 않음)으로부터 전력을 공급받을 수 있다. 제어 회로(36)가 가동된 후, 모든 매개 변수(예컨대, 인가된 고전압(V_{App}), 펄스 지속 시간(D_p) 및 펄스 반복 주파수(f))가 초기화된다. 일 실시예에서, 인가된 고전압(V_{App})은 제로로 설정되는 반면, 펄스 지속 시간(D_p) 및 펄스 반복 주파수(f)는 $D_p = \tau_o$ 및 $f = f_o$의 공칭값으로 설정된다. 모든 제어 지수(n, i 및 j)는 제로로 초기화된다.

[0122] 그 다음, 제어 회로(36)는, 단계 1001에서, 전압 프로브(32)에서 측정되는 전압이 미리 정해진 최소값(v_{min})보다 높거나 낮은지의 여부 및 전류 센서(33)에서 측정되는 전류가 미리 정해진 최소값(i_{min})보다 높은지의 여부를 결정한다. 솔라 패널(10)이 조명되어 그 평균 정격 출력의 일부 공칭 백분율, 예를 들어, 5%를 발생시키도록 결정되고, 솔라 패널(10)의 출력을 증대시키기 위해 고전압 전력 공급부에 공급하기에 충분한 전력이 발생하도록, v_{min} 및 i_{min}의 조합이 선택되었다. 제어 회로(36)가 측정된 전압 및 전류 모두가 각각의 미리 정해진 최소값보다 높다고 결정하면, 프로세스(10000)는 이제 가동 준비가 갖춰졌으며, 단계 1003으로 이동하고; 그렇지 않으면, 프로세스(10000)는 단계 1002의 대기 상태로 가서 단계 1000으로 되돌아간다.

[0123] 단계 1003에서, 제어 회로(36)는 전류 센서(33)를 통해 인버터(31)에 유입되는 전류를 측정하고, 전압 센서(32)를 통해 인버터(31)를 가로지르는 전압을 측정하며, 인버터(31)를 통해 흐르는 전력(명목상으로, I X V)을 계산한다. 제어 지수(n)는 n + 1로 증가한다.

[0124] 단계 1004에서, 프로세스(10000)는 V_{App}를 V_{max}와 비교한다. V_{max}는 미리 설정된 값이며 패널(10) 또는 인버터(31)를 손상시키지 않고 패널 상에 배치될 수 있는 최대 전압을 나타낸다. V_{App}가 V_{max}보다 낮으면, 그 다음에 프로세스(10000)는 단계 1006으로 진행하고; 그렇지 않으면, 프로세스(10000)는 단계 1005에서 대기한다.

[0125] 단계 1006에서, 제어 회로(36)는 인가되는 고전압(V_{App})을 양($n\Delta V$)만큼 증가시키도록 전압 펄서(60)에게 신호를 보내며, 솔라 패널(10)에 전압 펄스를 인가하도록 전압 펄서(60)에게 신호를 보낸다. 이와 같은 예에 있어서, 더 크거나 더 작은 전압 스텝이 사용될 수도 있지만, ΔV는 25 V의 고정된 전압 스텝일 수 있다. 전압(V_{App})은 솔라 패널(10)에 전계(250)를 부가하고, 전계(250)의 강도는 인가 전압($\mathbf{V}_{App}$)에 비례한다. 이와 같은 예에 있어서, 펄스 폭(D_p)은 1000 ns가 되도록 선택되며, 펄스 반복률은 20 μs가 되도록 선택된다. 다른 펄스 폭 및 펄스 반복률이 선택될 수도 있다. 제어 회로(36)는 다시 전류 센서(33)를 통해 인버터(31)에 유입되는 전류의 측정값을 수신하고, 전압 센서(32)를 통해 인버터(31)를 가로지르는 전압의 측정값을 수신하며, 인버터(31)를 통해 흐르는 전력을 재계산한다.

[0126] 단계 1008에서, 제어 회로(36)는 솔라 패널(10) 상에 V_{App}가 배치되기 전의 솔라 패널(10)의 전력 출력을 가장 최근의 측정값에 대해 비교한다. 전력이 증가하였으면, 프로세스(10000)는 단계 1001로 되돌아가서 반복된다.

인가되는 고전압(V_{App})이 V_{max}보다 클 때까지 또는 인가되는 고전압(V_{App})에서의 증가가 솔라 패널(10)의 출력 전력에서의 증가를 산출하지 않을 때까지, 인가되는 전압(V_{App})은 ΔV만큼 증가하게 된다. 다시, 여기서 V_{max}는 솔라 패널에 어떠한 손상도 초래하지 않고 솔라 패널(10)에 배치될 수 있는 최대 전압으로서 정의되며, 솔라 패널의 유형에 따라, 통상적으로 대략 600 내지 1,000 V이다. 두 가지 경우에 모두, 프로세스(10000)는 단계 1005에서 대기한다. 대기 상태의 지속 시간은 수 초 내지 수 분이 될 수 있다.

[0127] 대기 단계 1005 후에, 프로세스(10000)는 단계 1007로 진입한다. 리드(32a, 33a)를 통해 측정되는 전력이 변하지 않은 경우, 지수(n)는 감소되며(n = n-1), 인가되는 전압 펄스(V_{App})는 양(ΔV)만큼 감소되고, 제어 회로(36)는 펄서(60)를 활성화한다. 프로세스(10000)는 전류 센서(33) 및 전압 프로브(32)에 의해 전력 출력이 측정되는 단계 1009에서 계속된다. 전력 출력이 강하를 나타내면, 프로세스(10000)는 단계 1010으로 계속된다. 전력 출력이 증가하였으면, 프로세스(10000)는 단계 1007로 되돌아가고, 솔라 패널(10)의 전력 출력의 감소가 멈출 때까지 인가 전압(V_{App})은 계속 감소한다. 프로세스(10000)는 단계 1010으로 진행한다.

[0128] 단계 1010에서, 제어 회로(36)는 전압 펄스의 지속 시간(D_p)을 증가시키기 시작한다. 전압 펄스 지속 시간(D_p)은 양($i\Delta\tau_o$)만큼 증가하게 된다. 전압 펄서(60)가 활성화되고, 솔라 패널(10)의 전력 출력이 다시 전류 센서(33) 및 전압 프로브(34)에 의해 모니터링된다. 프로세스(10000)는 상태 1012로 진행하여, 솔라 패널(10)의 전력 출력이 증가하는지의 여부를 결정한다. 증가한다면, 프로세스(10000)는 단계 1010으로 이동하고, 전압 펄스(71)의 지속 시간(D_p)이 다시 증가하게 된다. 솔라 패널(10)의 출력 전력이 최대값에 도달할 때까지 또는 제어 회로(36)에 의해 구동되는 펄스 폭 변화가 정지하는 시점인 고정된 지속 시간 한계, 예를 들어, 5 μs의 펄스 지속 시간에 도달할 때까지, 펄스 지속 시간(D_p)은 증가할 것이다. 그러나 단계 1012에서, 펄스 폭의 증가가 전류 센서(33) 및 전압 프로브(32)에 의해 측정되는 전력 출력의 감소를 초래하는 것으로 밝혀지면, 프로세스(10000)는 단계 1011로 계속된다. 솔라 패널(10)의 전력 출력이 다시 최대화될 때까지 단계 1011 내지 단계 1013을 반복함으로써 펄스 폭이 감소한다. 단계 1010 내지 단계 1013을 반복함으로써 펄스 지속 시간이 솔라 패널(10)의 최대 출력 전력에 최적화되었다는 것을 제어 회로(36)가 결정한 후, 프로세스는 단계 1014로 계속된다.

[0129] 단계 1014에서, 제어 회로(36)는 전압 펄스의 주파수를 증가시킨다. $f = f_o + j\Delta f$ 가 되도록, 전압 펄스의 주파수가 원래의 스위칭 주파수(f_o)에서 $j\Delta f$만큼 증가한다. 단계 1014에서, 전압 펄서(60)에 의해 새로운 주파수(f)로 전압 펄스가 솔라 패널(10)에 인가되며, 솔라 패널(10)의 전력 출력이 다시 전류 센서(33) 및 전압 프로브(34)에 의해 모니터링된다. 그 다음, 프로세스(10000)는 단계 1016으로 이동한다.

[0130] 솔라 패널(10)의 전력 출력이 증가하였으면, 프로세스(10000)는 단계 1014로 되돌아가고, 전압 펄스가 솔라 패널(10)에 인가되는 속도가 다시 증가한다. 솔라 패널(10)의 출력 전력이 최대값에 도달할 때까지 또는 프로세스(10000)가 단계 1015로 이동하는 시점인 최대 주파수(f_{max})까지, 전압 펄스 속도 증가는 증가할 것이다. 단계 1014에서, 전압 펄스의 주파수는 이제 양($j\Delta f$)만큼 감소되며, 전압 펄서(60) 스위치가 다시 활성화되고, 솔라 패널(10)의 전력 출력이 다시 전류 센서(33) 및 전압 프로브(32)에 의해 모니터링된다. 그 시점에, 제어 회로(36)는 단계 1017에서 전압 펄스 속도의 감소가 솔라 패널(10)의 전력 출력을 증가시키는지의 여부를 결정한다. 증가시킨다면, 프로세스(10000)는 단계 1015로 되돌아간다. 대안적으로, 스위칭 주파수가 일부 최소 주파수(f_{min})에 도달하면, 프로세스(10000)는 대기 상태인 단계 1018로 이동한다.

[0131] 단계 1018에서, 솔라 패널(10)의 전력 출력이 최대화되었으면, 프로세스(10000)는 일정 기간 동안 대기 상태로 진행한다. 대기 시간의 기간은 수 초 또는 수 분일 수 있다. 단계 1018에서 대기한 후, 프로세스(10000)는 단계 1001로 이동하며, 여기서, 제어 회로(36)는, 솔라 패널(10)이 여전히 자신들의 최대 출력 수준으로 작동하고 있는지를 확인하기 위해, 이전의 최적화된 값으로부터 펄스 전압, 펄스 지속 시간 및 펄스 반복률을 다시 변경하기 시작한다. 솔라 패널(10)이 그 특정한 날의 작동 조건하에서 최대 출력 전력하에서 작동하고 있는지를 확인하기 위해, 펄스 진폭(V_{App}), 펄스 지속 시간 및 펄스 반복률이 하루 동안 작동하고 있는 도중에 모두 변경된다.

[0132] 단계 1001에서, 전압 센서(32)에서 측정되는 전압이 미리 정해진 최소값(v_{min}) 아래로 강하하고 전류 센서(33)에서 측정되는 전류가 미리 정해진 최소값(i_{min}) 아래로 강하하면, 제어 회로(36)는 전압 펄서(60)를 정지시킬 것이고, 프로세스(10000)는 단계 1002의 대기 상태로 이동한 다음, 시스템이 모든 매개 변수 및 지수를 다시 초기화하게 되는 단계 1000으로 이동할 것이다. 프로세스(10000)가 단계 1001에서 단계 1003으로 이동하게 될 시점

인, 전압 프로브(32)에서 측정되는 전압과 전류 센서(33)에서 측정되는 전류 모두가 각각 v_{min} 및 i_{min} 모두를 초과할 때까지, 프로세스(10000)는 단계 1000에서 단계 1001로 그리고 단계 1002로 그리고 단계 1000으로 계속 이동할 것이다.

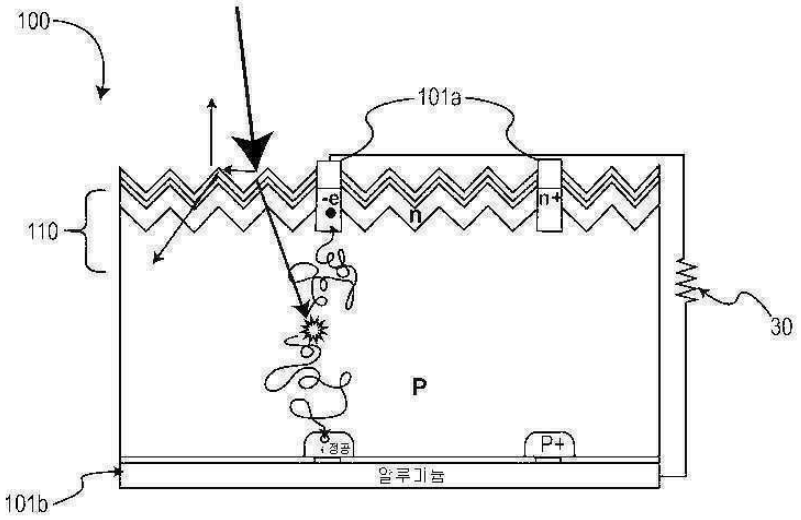
[0133] 유사한 결과를 산출하기 위해 제어 회로(36) 내에 상이한 상태 기계가 구현될 수 있으며, 본 개시 내용에 포함된다. 그러나 전술한 프로세스(10000)는 유리하게 인가 전압 펄스(V_{App})의 크기를 가능한 최저값으로 최소화함으로써, 전류 프로브(33)에 의해 측정되는 전류와 전압 프로브(32)에 의해 측정되는 전압의 곱이 최대화되도록 한다. 인가 전압 펄스(V_{App})가 디더링됨으로써, 즉, 하루 동안 태양 전지(100), 솔라 패널(10) 또는 복수의 솔라 패널(10)에 입사되는 광학 전력(p)의 변화를 고려하여 하루 동안 작동하고 있는 도중에 상하로 소량 변화됨으로써, 최대 전력 출력이 항상 유지될 수 있다.

[0134] 프로세스(10000)에 설명된 단계들은 수 분 또는 수 시간의 기간 동안 서서히 발생하는 단열 조명 변화를 해결할 수 있다. 대안적인 실시예에서, 조명 변동이 더 높은 변화 속도로 발생한다면, DC 출력 전력이 너무 높은 변화 속도로 변하는 것을 억제하기 위해 시도하여 인버터의 품질을 더 고급화함으로써, 인버터로 출력되는 DC 전력에서의 높은 주파수 변동을 최소화하도록 프로세스(10000)가 구성될 수 있다.

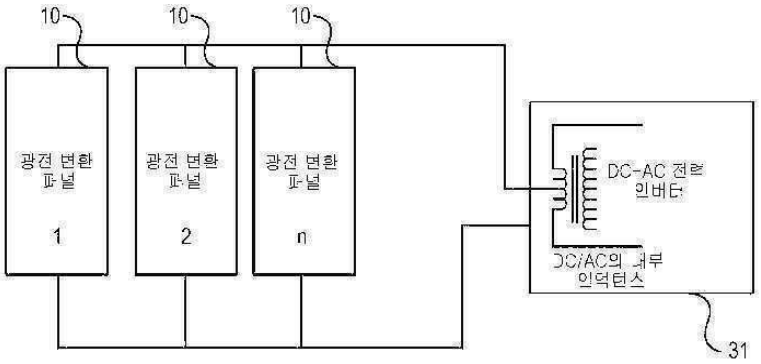
[0135] 설명된 실시예들은 다양한 변형 및 대안적 형태에 영향을 받기 쉽고, 그 구체적인 예가 도면에 예로서 도시되어 있으며 본원에 상세하게 설명되어 있다. 그러나 설명된 실시예들은 개시된 특정 형태 및 방법으로 한정되지 않으며, 역으로, 본 개시 내용은 모든 변형, 등가물 및 대안을 포함한다는 것을 이해하여야 한다.

도면

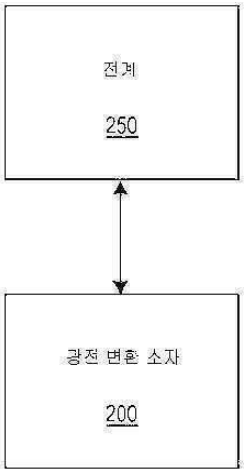
도면1



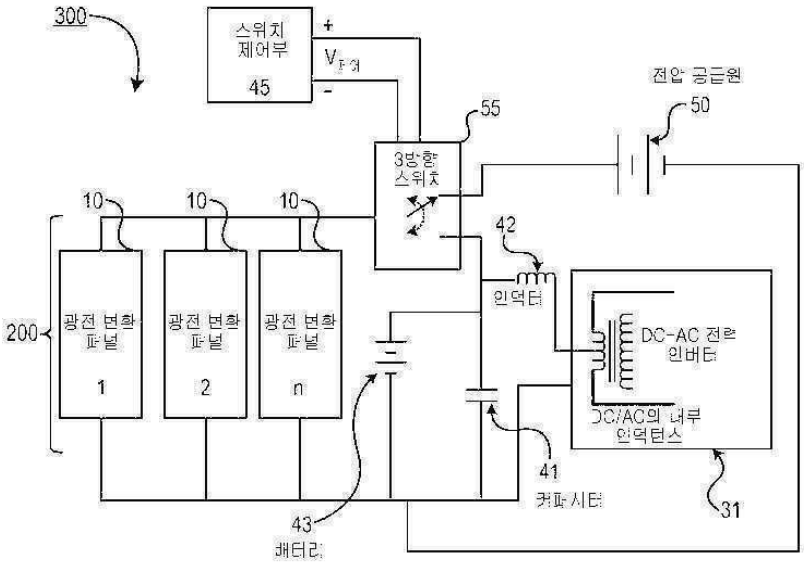
도면2



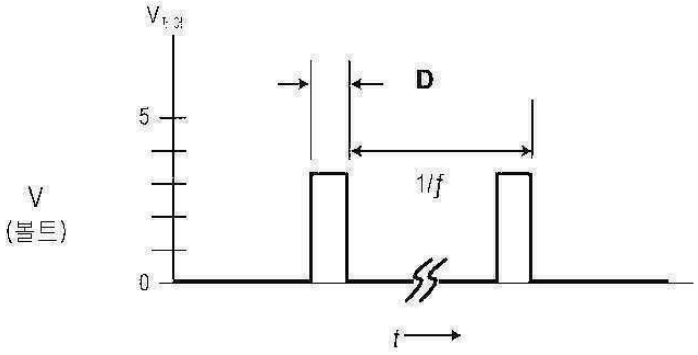
도면3


전계
250
광전 변환 소자
200

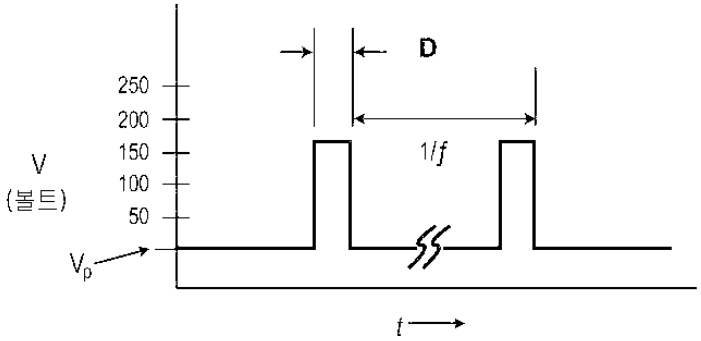
도면4


300
스위치 제어부
45
+
-
55
3방향 스위치
전압 공급원
50
10
10
10
42
인덕터
200
광전 변환 패널
1
광전 변환 패널
2
광전 변환 패널
n
DC-AC 전력 인버터
DC/AC의 내부 인덕턴스
41
커패시터
31
43
배터리

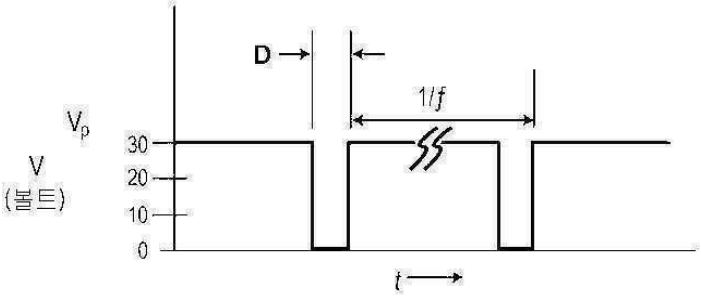
도면5a


5
0
V
(볼트)
D
1/f
t

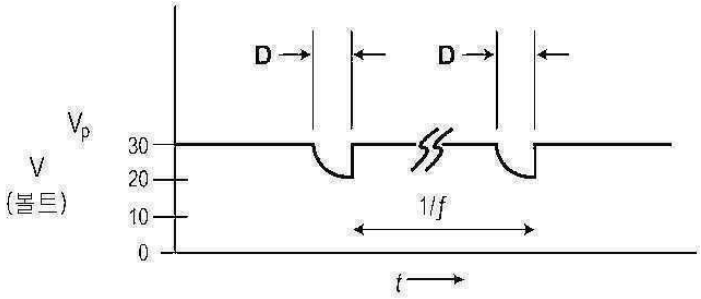
도면5b



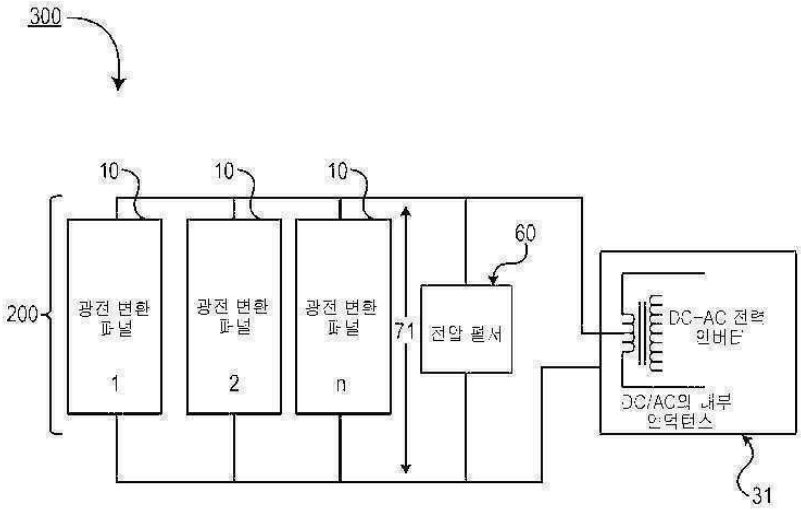
도면5c



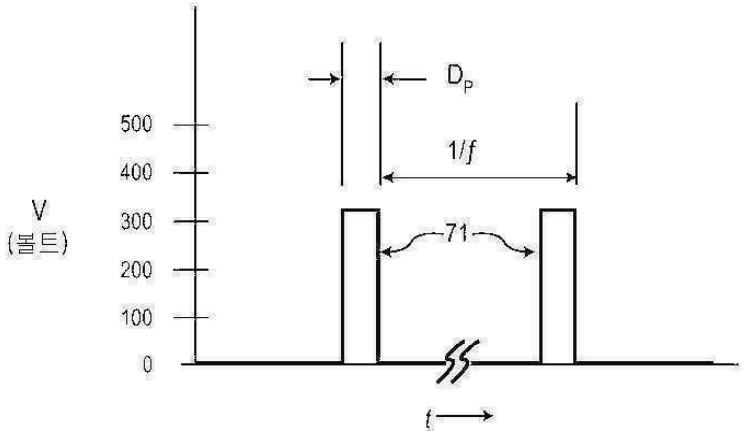
도면5d



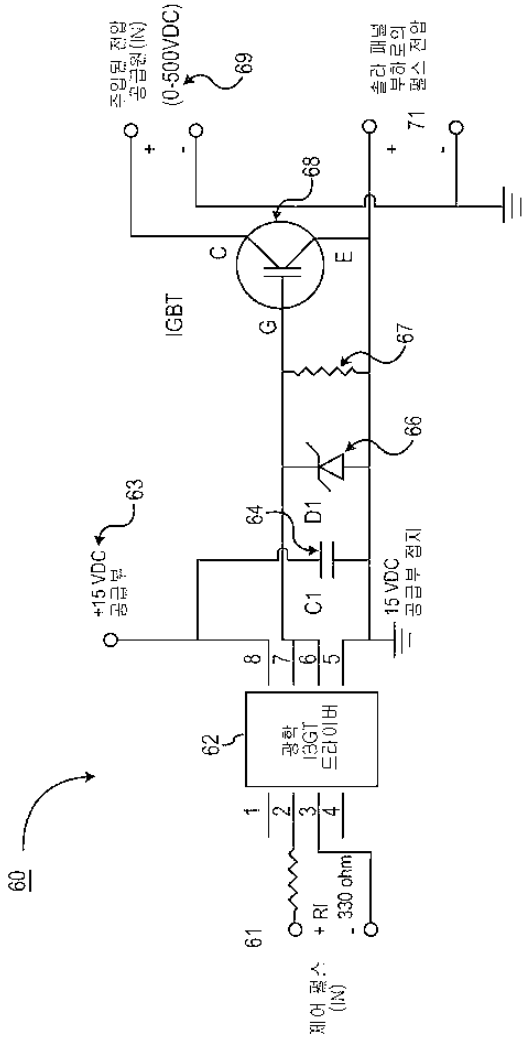
도면6



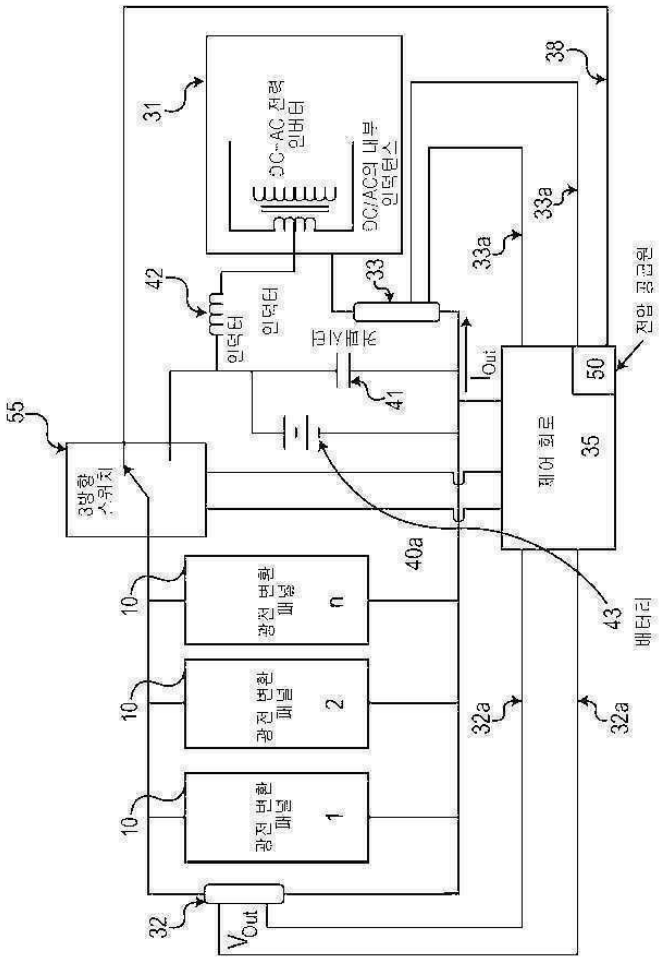
도면7


V
(볼트)
500
400
300
200
100
0
D_P
1/f
71
t

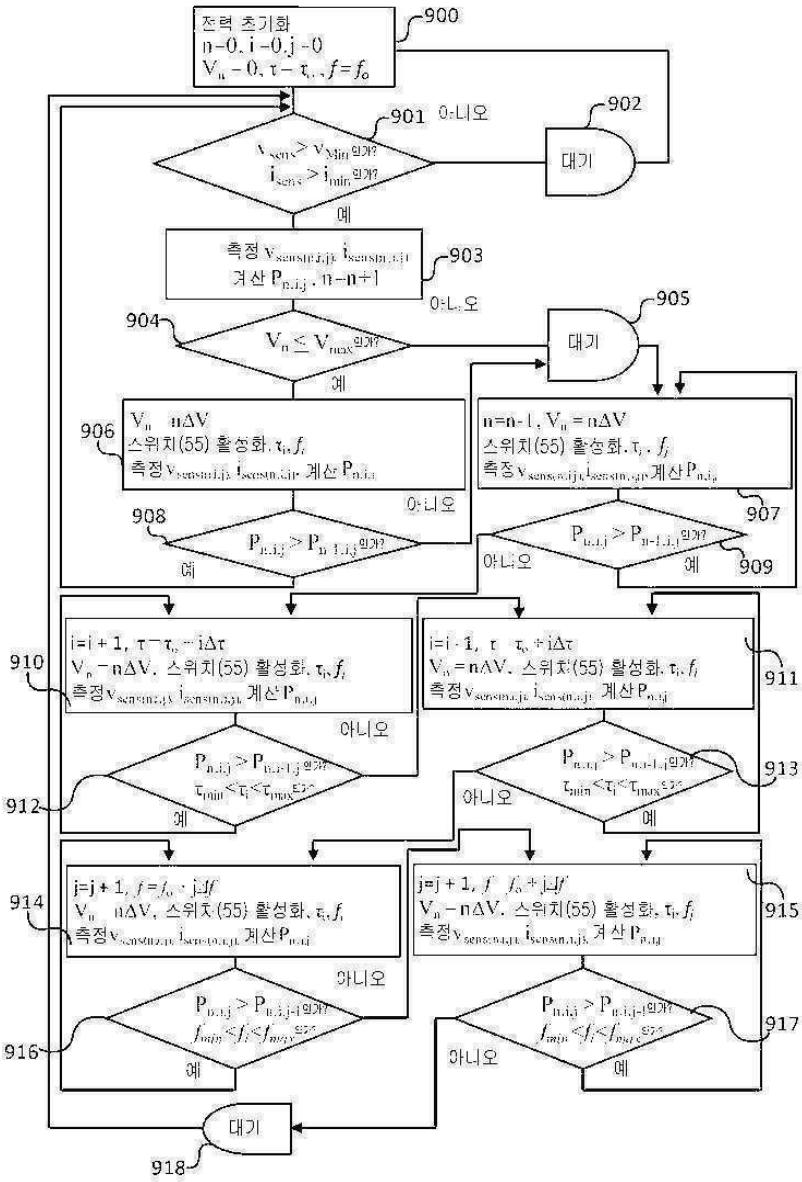
도면8


60
61
제어 펄스 (IN)
+ RI
- 330 ohm
62
광학 IGBT 드라이버
1
2
3
4
8
7
6
5
+15 VDC 공급부
63
64
D1
C1
15 VDC 공급부 접지
66
67
IGBT
G
C
E
68
주입된 전압 공급원 (IN)
(0-500VDC)
69
+
-
출력 펄스 부하로의 펄스전압
71

도면9a

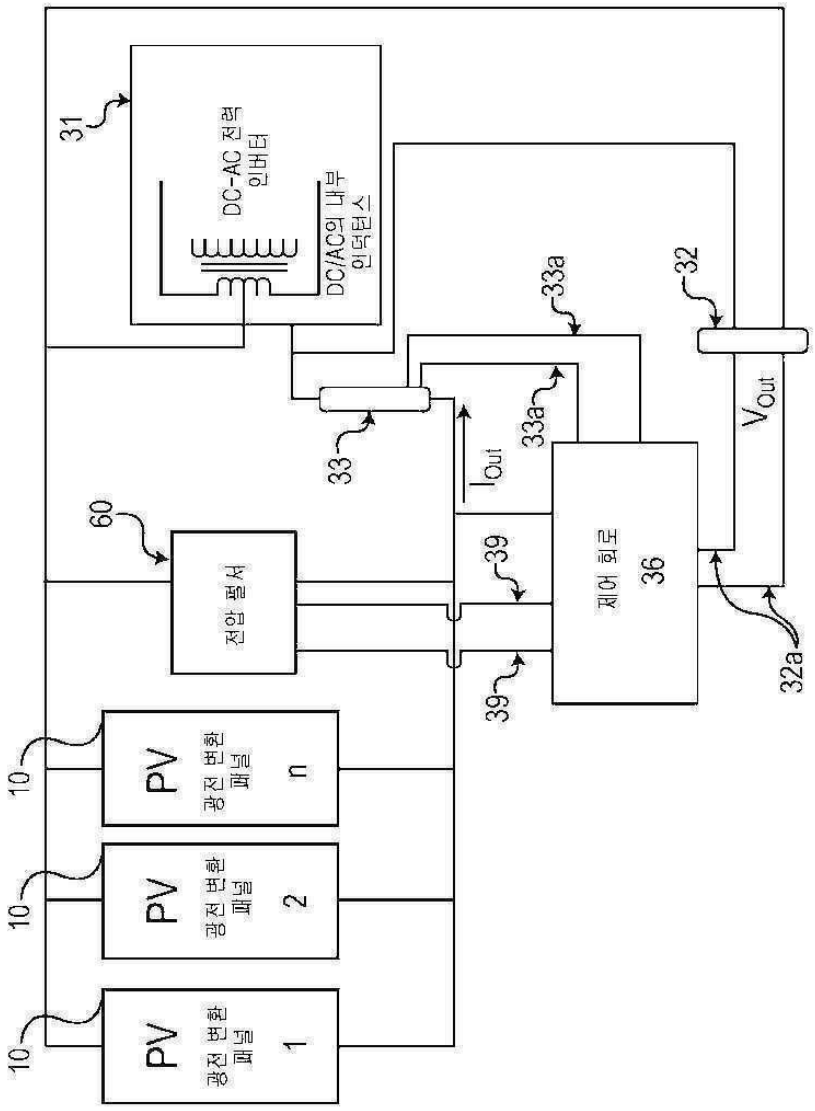

31
DC-AC 전력 인버터
DC/AC의 내부 인덕턴스
38
33a
33a
33
42
인덕터
인덕터
41
I_{Out}
전압 공급원
50
55
3방향 스위치
제어 회로
35
40a
43
배터리
10
10
10
32a
32a
32
V_{Out}

도면9b

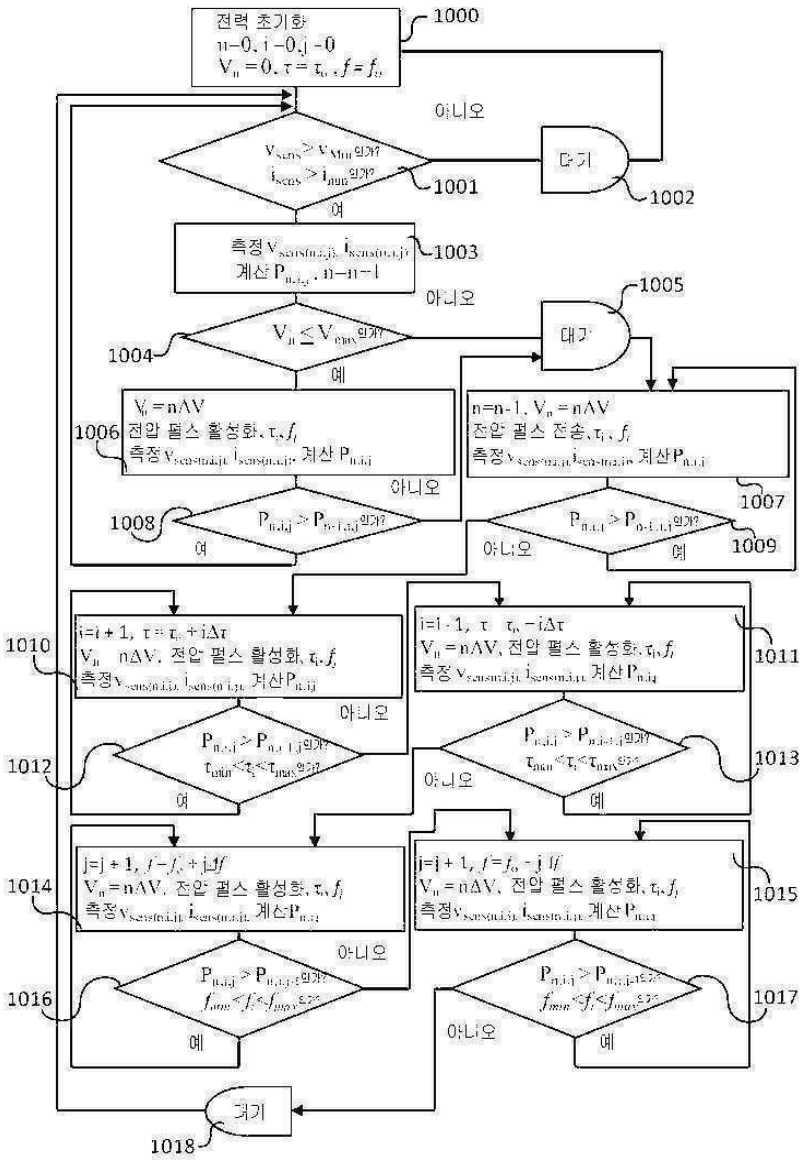


전력 초기화
n=0, i=0, j=0
900
901
아니오
902
대기
예
903
아니오
904
905
대기
예
906
스위치(55) 활성화
아니오
908
예
907
아니오
예
909
910
아니오
911
912
예
913
아니오
예
914
아니오
915
916
예
917
아니오
예
대기
918

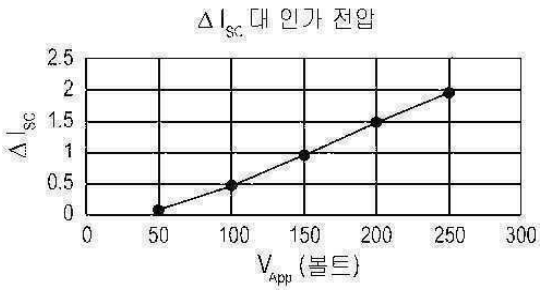
도면10a


31
DC-AC 전력 인버터
DC/AC의 내부 인덕턴스
33
33a
33a
32
V_{Out}
I_{Out}
60
전압 센서
39
39
제어 회로
36
32a
10
PV 광전 변환 패널 n
10
PV 광전 변환 패널 2
10
PV 광전 변환 패널 1

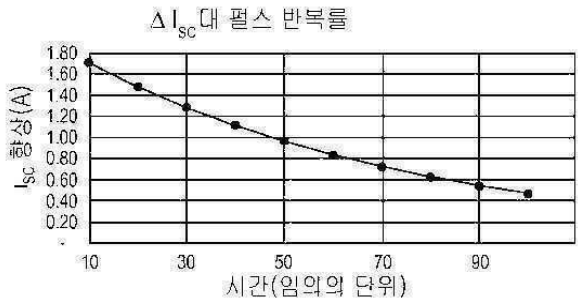
도면10b


전력 초기화
1000
아니오
대기
1001
1002
예
측정
계산
1003
아니오
1005
대기
1004
예
1006
아니오
1008
예
1007
아니오
1009
예
1010
아니오
1012
예
1011
1013
아니오
예
1014
아니오
1016
예
1015
1017
아니오
예
대기
1018

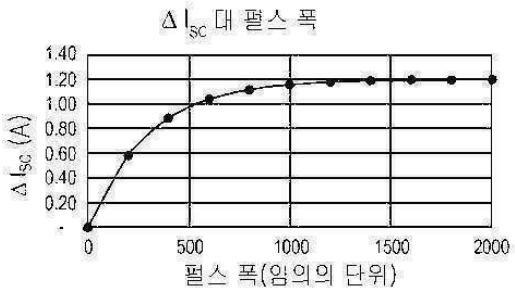
도면11a


ΔI_SC 대 인가 전압
2.5
2
1.5
1
0.5
0
ΔI_SC
0
50
100
150
200
250
300
V_App (볼트)

도면11b


ΔI_SC 대 펄스 반복률
I_SC 향상(A)
1.80
1.60
1.40
1.20
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
10
30
50
70
90
시간(임의의 단위)

도면11c


ΔI_SC 대 펄스 폭
ΔI_SC (A)
1.40
1.20
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0
500
1000
1500
2000
펄스 폭(임의의 단위)