



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0023006
(43) 공개일자 2017년03월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02J 50/00 (2016.01)

(52) CPC특허분류

H02J 50/00 (2016.02)

(21) 출원번호 10-2016-7035980

(22) 출원일자(국제) 2015년05월22일

심사청구일자 2017년01월17일

(85) 번역문제출일자 2016년12월22일

(86) 국제출원번호 PCT/US2015/032148

(87) 국제공개번호 WO 2015/179745

국제공개일자 2015년11월26일

(30) 우선권주장

62/002,122 2014년05월22일 미국(US)

62/024,305 2014년07월14일 미국(US)

(71) 출원인

솔라 큐브드 디벨롭먼트, 엘엘씨

미국 89148 네바다주 라스 베가스 스위트 100 웨
스트 포스트 로드 9120

(72) 발명자

호홀린, 스코트

미국 92595 캘리포니아주 월도마 아네트 로드
35841

(74) 대리인

양영준, 백만기, 정은진

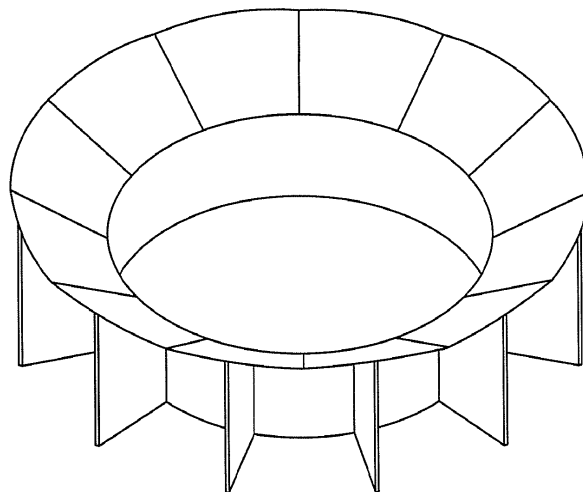
전체 청구항 수 : 총 22 항

(54) 발명의 명칭 전체 스펙트럼 전자기 에너지 시스템

(57) 요약

층들에서, 3차원에서 수집된 전자기(EM) 에너지는 다수의 평면들이 최적화된 밴드갭 구조들에 의해 작용적으로 기능하는 것을 허용하고, 그에 따라, 통합된 변형 및 오버랩 3차원 전자기 막들은 시스템들이 전체 전자기 스펙트럼에 걸쳐 에너지를 수집하는 것을 허가하며, 직접 및 간접 광 모드를 이용하는 본 시스템들이 활용될 것이다. EM-CS는 글로벌 에너지 요구를 다루는 종래의 시스템들보다 EMR로부터 더 많은 에너지를 캡처 및 함유한다.

대표도 - 도8a



명세서

청구범위

청구항 1

개선된 고효율의 전자기 에너지 캡처 시스템(EM-CS)으로서,

적어도 상부 표면층 및 하부 표면층을 포함하는 재료의 바디를 조합하여 포함하고, 상기 상부 표면층은 전자기 방사선(EMR)을 상기 재료 내로 수신하고;

상기 상부 표면층 및 하부 표면층은 내부 EMR을 상기 재료 내로 다시 반사하고;

상기 재료는 실질적으로 상기 상부 표면층과 하부 표면층 사이의 공간의 3차원에 걸쳐 있고(span), 상기 내부 EMR은 3차원 내의 상기 재료와 상호작용하고;

상기 재료는 복수의 밴드갭에 의해 정의된 밀집 패킹된 리본 기술(dense packed ribbon technology)에 의하여 내부에서 이동(traveling)하는 EMR을 캡처하고, 상기 내부 EMR은 전자들을 가전자대(valence band)로부터 전도대(conduction band)로 여기시키고;

적어도 하나의 전극이 상기 재료와 접촉하여 전기 에너지를 제공하여, EV 범위로부터 흡수된 에너지에 대해 50 보다 큰 효율이 달성되는 전자기 에너지 캡처 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

하부 표면은 상기 재료 내에 초점을 갖는 포물선형 곡선(parabolic curve)을 정의하고, 상기 재료는 복수의 반도체를 포함하는 다수의 막을 포함하는 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 막들은 아르곤 가스를 이용하는 프로세스에 의해 형성된 생성물(product)이고, 상기 막들은 박리(delamination)에 저항하는, 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

재료와 접촉하고, 전지(cell)의 외부로부터 접근가능한 제1 전기 콘택 및 제2 전기 콘택을 정의하는 제1 전극 및 제2 전극을 추가로 포함하는 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상부 표면은 곡선형 표면이고, 상기 곡선형 표면은 구름이 없는 날 전지가 옥외에 있을 때, 직사 일광(direct sunlight)이 일출에서 일몰까지 상기 곡선형 표면에 대해 법선을 정의하도록 형상화되는 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

적외선 EMR에 대한 상기 상부 표면의 노출은 제1 전기 콘택과 제2 전기 콘택에 걸쳐 전압을 생성하는 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

전지는 적어도 약 200-5000eV의 스펙트럼에 걸쳐 상기 EMR로부터 에너지를 캡처하는 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 EMR에 대한 상부 표면의 노출은 적어도 2kW/m^3 을 생성하는 시스템.

청구항 9

제1항에 있어서,

전력을 생성하기 위해 UV, 가시 및 비가시 EMR을 사용하도록 동작가능하고, 인산염, MgF 및 사파이어의 강화유리를 포함하며, 간접 EM 방사선 에너지를 흡수하기 위한 각진 실버형-에피컬 프리즘(angled silvered-apical prism)을 추가로 포함하는 시스템.

청구항 10

제1항에 있어서,

적어도 약 3개의 EM 아르곤 막을 포함하는 시스템.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 EM 아르곤 막들은 투명하고, 안정적이며, 적어도 약 200eV 내지 5000eV를 흡수할 수 있는 시스템.

청구항 12

제1항에 있어서,

전체 EMR 스펙트럼을 흡수하도록 동작가능하고, 상기 EMR의 6-8% 미만이 굴절되는 시스템.

청구항 13

제1항에 있어서,

이중 포물선형 반사 베이스들(double parabolic reflecting bases)을 추가로 포함하는 시스템.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 EMR을 분산(break up)시키고, 방사선의 입사는 허용하지만 출사는 억제하는 반투과성 멤브레인(semi-permeable membrane)으로서 작용함으로써 흡수를 증가시키는 내부 라이닝(internal lining)을 추가로 포함하는 시스템.

청구항 15

제1항에 있어서,

프리즘 포커싱(prismatic focusing)은 표면적을 두 배로 증가시키는 시스템.

청구항 16

제1항에 있어서,

EMR의 광자들이 평균적으로 적어도 약 7회 상기 재료를 통과하고, EMR의 상기 광자들 중 적어도 일부가 대략 37회 상기 재료를 통과하도록, EMR이 상기 재료를 다시 통과하는 것을 강제하는 포물선형 미러 표면을 하부 표면에 포함하는 시스템.

청구항 17

전력을 발생시키기 위한 프로세스로서,

복수의 밴드갭에 의해 정의된 밀집 패킹된 재료 리본이 내부에 구성된 3차원 공간을 정의하는 상부 표면 및 하부 표면을 갖는 재료의 바디, 및 전기 에너지를 생성하기 위해 접촉하는 적어도 하나의 전극을 제공하는 단계;

EM 방사선을 수신하는 단계; 및

꽃잎형 기하학적 구성(flower-petal like geometric configuration)을 갖는 전자기 캡처 시스템(EM-CS) 내에서 상기 EM 방사선에서의 55%보다 많은 에너지를 전기 에너지로 변환하는 단계

를 포함하는 프로세스.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 EM-CS는 일광을 지향시키고 캡처하는 이중 포물선형 반사 베이스들을 추가로 포함하여 상기 시스템의 효율이 최대화되게 하고, 프리즘 집중기(prism concentrator)가 추가될 때, 다중 변형(multiple variation)을 부가하여, 2배의 에너지 영역과 동등한 노출을 제공하는 프로세스.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 EM-CS는 지점(Solstice) 및 구역(zone)에 따라 최대 적어도 약 500퍼센트 더 많은 EM 방사선을 캡처하는 능력을 가져, 더 많은 전체 kW/day가 흡수되게 하는 시스템을 추가로 포함하는 프로세스.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 EM-CS는 캡처 면(capture aspect)을 갖는 표준 EM 패널 및 어셈블리를 추가로 포함하고, 내부 라이닝이 EM 방사선을 분산시키고, 방사선의 입사는 허용하지만 출사는 억제하는 반투과성 멤브레인으로서 작용하여 흡수를 증가시키는 프로세스.

청구항 21

제19항에 있어서,

종래의 광발전 패널들(conventional photovoltaic panels) 또는 막들 단독보다 전체 방사선을 최대 66% 더 많이 증가시키는 데 효율적인 EM-CS를 추가로 포함하는 프로세스.

청구항 22

제21항의 프로세스 또는 임의의 다른 항들에 의한 제품으로서,

직접, 간접, 반사, 프리즘 및 확산 에너지를 흡수하는 능력을 갖고, 정기 유지보수(routine maintenance)만에 대한 시간에 걸쳐 동작적으로 기능하는 시스템을 추가로 포함하는 제품.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 관련 출원들에 대한 상호 참조

[0002] 본 출원은 2014년 5월 22일자로 출원된 미국 가출원 제62/002,122호, 및 2014년 7월 14일자로 출원된 미국 가출원 제62/024,305호의 우선권 및 그 이익을 주장하며, 이들 각각의 내용은 참고로 포함된다.

[0003] 기술분야

[0004] 본 발명은 전자기 방사선(electromagnetic radiation)으로부터 에너지를 캡처하고 그 에너지를 소비를 위해 제공하는 방법들 및 디바이스들에 관한 것이다.

배경 기술

- [0005] 인간의 고난은 에너지에 대한 지배적이지만 구식인 접근법의 결과이다. 사람들이 자동차를 운전하거나, 밤에 책을 읽거나, 공장에 전력을 공급하기를 원할 때, 그 수요에 대한 에너지를 공급하는 데 있어 우세한 테마는 지구에서 일정 형태의 환원된 탄소를 취하여 그것을 연소시키는 것이다. 석유 및 석탄과 같은 탄화수소들은 고르게 분포되어 있지 않기 때문에, 이러한 접근법은 지정학적 불안과 폭력을 초래한다. 탄화수소는 제한적으로 공급되기 때문에, 대안들이 발견되지 않는다면 그러한 긴장들은 악화될 것이다. 그러한 지정학적 긴장들이 해결될 수 있을지라도, 그 기본적인 에너지 공급 패러다임은 탄화수소를 연소시켜 이산화탄소를 생성하는 일방적인 화학량론을 전제로 한다. 미국 환경 보호국(U.S. Environmental Protection Agency)으로부터의 보고서에 따르면, 매년 9조 메트릭 톤을 초과하는 탄소가 대기 중으로 방출되고 있다.
- [0006] 태양(solar)과 같은 대체 에너지가 수요를 충족시킬 수 있다면, 그러한 대체 에너지 소스들이 도움이 될 수 있다. 광발전(photovoltaic; PV) 태양 전력 산업의 수익이 연간 1,000억 달러에 달하지만, PV 기술은 막대한 자본 투자를 요구하면서 기껏해야 느리게 성과를 올린다. 기존의 PV 전지들은 기껏해야 약 0.200kW/m^2 를 생성하는 재료의 평평한 패널들로서 배치된다. 맑은 날에, 태양이 비치는 동안에는, 카드 테이블 크기의 태양 전지가 6개의 백열 전구를 켜 놓을 수 있다. PV 전지에 대한 일부 배경에 대해서는, Hering의 미국 특허증 제 8,093,492호 및 Ortabasi의 미국 특허증 제 6,689,949호를 참조하자.

발명의 내용

- [0007] 본 발명은 전자기 방사선(electromagnetic radiation; EMR)으로부터 에너지를 캡처하고 그 에너지를 전기로서 제공할 수 있는 전지(cell)를 제공한다. 이 전지는 종래의 시스템들보다 광역 스펙트럼의 EMR, 즉, 자외선에서 적외선 너머까지 확장되는 EV 범위로부터 에너지를 캡처한다. EMR은 3개의 독립적인 차원, 즉, 자기장 B의 변화 방향에 의해 정의되는 제1 차원, 변화하는 전기장 E의 제2 차원, 및 EMR의 전파 방향인 제3 차원에 걸쳐 에너지를 가한다는 통찰력을 활용하여, 전지는 공간의 3차원에 걸쳐 EMR과 상호작용하는 재료의 구성을 포함한다. 내향 반사체들을 사용함으로써, 전지는 내부에서 EMR을 캡처한다. 3D 매체를 사용함으로써, 전지는 EMR과의 잠재적인 상호작용 및 EMR으로부터 에너지를 캡처할 가능성을 최대화한다. 전지는 다수의 밴드갭을 특징으로 하는 재료들의 구성을 포함한다. 광역 전자기 스펙트럼으로부터의 내부 EMR은 그러한 재료들의 전자들을 가전자 대들로부터 전도대들로 에너지이전하며, 이는 포함된 전극들을 사용하여 전류로서 수확될 수 있다.
- [0008] 흡수성 표면과 프리즘 포커싱(prismatic focusing)을 갖는 곡선형 상부 표면 기하학적 구조(curved upper surface geometry)를 포함함으로써, 전지는 매일 엄청난 지속기간 동안 EMR 에너지를 캡처하는데, 사실상, 엄밀히 말해서 일광이 아닐 때조차, 전지는 간접, 반사, 확산, 굴절 및 프리즘과 같은 모든 형태의 광을 캡처한다. 설명된 특징들 및 현상들에 의해, 본 발명의 전지들은 그로부터 에너지가 캡처되는 EMR 스펙트럼, 및 그 에너지의 캡처 효율, 및 하루당 캡처의 지속기간을 최대화한다. 적어도 그러한 이유들 때문에, 본 발명의 전지들은 매우 높은 효율을 나타내며 사실상 적어도 약 2.9kWh/m^2 이상의 전력을 제공할 수 있다.
- [0009] 본 발명의 전지들에 의해 제공되는 높은 효율 및 전력 생성으로 인해, 화학량론적 이산화탄소의 양을 생성하지 않고 탄화수소 연료의 불균형 분포를 둘러싼 지정학적 긴장들을 악화시키지 않으면서 에너지에 대한 사람들의 수요가 충족될 수 있다. 따라서, 본 발명의 시스템들 및 방법들은 인간의 고난을 증가시키지 않으면서 글로벌 에너지 수요를 충족시키는 도구를 제공한다. 본 발명의 시스템들 및 방법들을 사용하여, 사람들은 밤에 책을 읽고, 여행하고, 그들의 사업을 운영하고, 즐겁고 지속가능한 방식으로 그들의 삶을 계속 영위할 수 있다.
- [0010] PV 태양 전력 이슈를 다루기 위한 모듈식 기술은 지금까지 2차원(유클리드) 접근법에 의해 제한되었고, 이는 이용가능한 에너지의 전체 전자기 스펙트럼의 활용을 배제한다는 것이 정중히 제안된다. 요컨대, x축과 y축을 사용하여 PV 태양 에너지 수집의 한계와 경계를 정의하는 것은 본질적으로 제한적이다.
- [0011] 따라서, 본 발명의 목적은 큰 Kw/hr 및 m^2 당 최대 에너지 수확을 용이하게 하는 밀집 패킹(리본 기술)을 활용하는 방법론들, 시스템들 및 프로세스들을 제공하는 것이다.
- [0012] 간단히 말해서, 층들에서, 3차원에서 수집된 전자기(EM) 에너지는 다수의 평면들이 최적화된 밴드갭 구조들에 의해 작용적으로 기능하는 것을 허용하고, 그에 따라, 통합된 변형 및 오버랩 3차원 전자기 막들은 시스템들이 전체 전자기 스펙트럼에 걸쳐 에너지를 수집하는 것을 허락하고, 직접 및 간접 광 모두를 이용하는 본 시스템들이 활용되는 것을 허락한다.

- [0013] 본 발명의 양태들은 상부 표면층 및 하부 표면층을 갖는 재료의 바디를 포함하는 전자기 에너지 캡처 전지를 제공한다. 상부 표면층은 전자기 방사선(EMR)을 재료 내에 수신하고, 상부 및 하부 표면층들은 내부 (EMR)을 다시 재료 내로 반사하며, 재료는 실질적으로 상부 표면과 하부 표면 사이에서 공간의 3차원에 걸쳐 있어 내부 EMR이 3차원에서 재료와 상호작용하게 한다. 재료의 조성은 가시 스펙트럼 외측의 내부 EMR의 파장들이 전자들을 가전자대로부터 전도대로 여기시키도록 복수의 밴드갭을 정의한다.
- [0014] 전지는 재료와 접촉하는 적어도 하나의 전극을 포함한다. 바람직한 실시예에서, 하부 표면층은 재료 내에 초점을 갖는 포물선형 곡선(parabolic curve)을 정의한다. 상부 표면층은, 예를 들어, 전지가 구름이 없는 날 옥외에 있을 때, 직사 일광이 일출에서 일몰까지 곡선형 표면(curved surface)에 대해 법선(normal)을 정의하도록 곡선을 이룰 수 있다. 재료는 복수의 반도체를 포함하는 다수의 막을 포함할 수 있다. 바람직하게는, 막들은 비평면 기하학적 구조를 정의한다. 막들은 막들이 박리에 저항하도록 아르곤 가스를 사용하는 프로세스에 의해 형성될 수 있다. 통상의 기술자들은 두꺼운/얇은(thick/thin)이라는 용어에 관련된 의미론이 기술적 구별들이 아니라 이력 아티팩트들임을 이해한다.
- [0015] 전지는 재료와 접촉하고 전지의 외부로부터 접근가능한 제1 전기 콘택 및 제2 전기 콘택을 정의하는 제1 전극 및 제2 전극을 추가로 포함할 수 있다. 적외선 파장들을 포함하는 EMR에 대한 상부 표면의 노출은 제1 전기 콘택과 제2 전기 콘택에 걸쳐 전압을 생성한다.
- [0016] 실시예들에 따르면, 전지는 광역 스펙트럼의 EMR을 전기로 변환하며, EMR은 자외선 내지 적외선 너머의 형태들을 포함한다. 전지는 자외선(UV), 가시, 및 비가시 EMR을 사용하여 전력을 생성하도록 동작가능할 수 있다. 본 발명의 전지들은 200 내지 5000EV의 스펙트럼을 커버한다. EMR에 대한 상부 표면의 노출은 적어도 2kW/m²를 생성한다는 것을 알 수 있다.
- [0017] 특정 실시예들에서, 전지는 간접 EM 방사선 에너지를 흡수하기 위한 각진 실버형-에피컬 프리즘(angled silvered-apical prism)을 포함한다. 전지는 투명하고 안정적이며 200EV 내지 5000EV를 흡수할 수 있는 다수의 EM 아르곤 막을 포함할 수 있다. 바람직하게는, 각진 실버형-에피컬 프리즘이 간접 EM 방사선 에너지를 흡수한다. 전지는 전체 EMR 스펙트럼을 흡수할 수 있고, EMR의 10% 미만이 굴절된다. 프리즘 포커싱은 표면적을 두 배로 증가시킬 수 있다.
- [0018] 전지는 하나 이상의 내부 미러링된 포물선형 반사체를 포함하는 어셈블리들을 포함할 수 있다. 전지는 이중 포물선형 반사 베이스들을 포함할 수 있다(예를 들어, 재료를 통한 EMR의 광자들의 다수의 패스 및 내부 반사를 촉구하기 위해). 전지는 EMR을 분산시키고 방사선의 입사는 허용하지만 출사는 억제하는 반투과성 멤브레인으로서 작용함으로써 흡수를 증가시키는 내부 라이닝을 또한 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 내부 EMR의 임의의 주어진 광자는 적어도 7회 전자들과 상호작용한다. 특정 실시예들에서, 내부 EMR의 광자들은 평균적으로 30회보다 많이 전자들과 상호작용한다. 전지는 EMR의 광자들이 평균적으로 적어도 7회 재료를 통과하고, EMR의 광자들 중 적어도 일부가 적어도 37회 재료를 통과하도록 EMR가 재료를 다시 통과하도록 강제하는 포물선형 미러 표면을 하부 표면에 구성하는 것을 포함할 수 있다.
- [0019] 전술한 특징들, 화학 및 구조에 의해, 본 발명의 전지들은 UV로부터 IR 너머까지 EMR의 완전한 스펙트럼으로부터 에너지를 수확한다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 본 발명의 전지(101)를 도시한다.
- 도 2a 내지 도 2c는 전지(101)의 코어 부재(201)를 도시한다.
- 도 3은 전지(101)의 단부 부재(301)를 도시한다.
- 도 4a 내지 도 4c는 본 발명의 교시에 따른 예시적인 외부 어셈블리 하드웨어 섹션(401)의 도면들을 도시한다.
- 도 5a 내지 도 5c는 본 발명의 교시에 따른 예시적인 외부 베이스 어셈블리 하드웨어 섹션(501)의 도면들을 도시한다.
- 도 6a 내지 도 6c는 본 발명의 전지의 단부 부재(601)를 도시한다.
- 도 7은 본 발명의 효율에 대한 그래픽 묘사를 도시한다.
- 도 8a는 꽃잎형의 실시예의 사시도를 제공한다.

도 8b는 꽃잎형의 실시예의 측면도를 제공한다.

도 8c는 꽃잎형의 실시예의 상면도를 제공한다.

도 8d는 도 8c의 AA 선을 따르는 단면도이다.

도 9는 본 발명의 교시에 따른 실시예들에서 증가된 캡처가 어떻게 드라이브되는지를 도시하는 알고리즘이다.

도 10은 전자기 스펙트럼으로부터 에너지의 수확을 최적화하는 프로세스에 따른 단계들의 개략적인 흐름도이다.

도 11은 본 교시에 의해 입증된 바와 같은, 전지의 재료를 통과하는 다수의 패스에 대한 내부 EMR의 재순환을 개략적으로 예시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 본 명세서에는 상부 표면 및 하부 표면을 갖는 재료의 바디를 포함하는 전자기 에너지 캡처 전지가 제시된다. 재료는 유리 또는 인공된 속성을 보이는 화학 및 내부 형상을 갖는 다른 재료를 포함할 수 있다. 적어도 하부 표면은 설명된 바와 같이 포물선형 포커싱(parabolic focusing)을 제공할 수 있다. 전지는 바람직하게는 전자기 방사선(EMR)을 재료 내에 수신하는 상부 표면을 가지며, 상부 및 하부 표면들은 내부 (EMR)을 다시 재료 내로 반사하며, 재료는 실질적으로 상부 표면과 하부 표면 사이에서 공간의 3차원에 걸쳐 있어 내부 EMR이 3차원에서 재료와 상호작용하게 한다. 예를 들어, 본 발명의 프로세스에 따른 막 형태의 재료의 조성(예를 들어, 아르곤 퍼징 프로세스를 통해 제조됨)은 가시 스펙트럼 외측의 내부 EMR의 파장들이 전자들을 가전자대로부터 전도대로 여기시키도록 복수의 밴드갭을 정의한다. 전지는 오버랩 형성, 즉, 본 명세서에서 데이터에 의해 제시된 바와 같이 종래의 PV 어레이들보다 많은 전력을 발생시키는 리본 기술 또는 배치 에너지 밀도를 갖는 내부 구조 또는 기하학적 구조를 갖는다.
- [0022] 본 발명은 이러한 방사 에너지의 전체 스펙트럼을 활용하여 전력을 발생시키는 전자기 캡처 시스템(Electro-Magnetic Capture System)을 구성하였다.
- [0023] 도시된 전자기 캡처 시스템(EM-CS)은 200-5000EV의 광역 스펙트럼을 커버하는 반면 오늘날의 표준 PV는 800-1100EV의 더 작은 범위를 커버한다. EM-CS는 오늘날의 표준 막막과 달리 더 동적인 아르곤 막을 이용한다.
- [0024] EM 캡처 시스템(EM-CS)은 자외선의 형태들 내지 열 캡처 영역에 있는 적외선(C)을 넘는 형태들의 광을 포함하는 광역 스펙트럼의 전자기 방사선을 캡처 및 변환하는 새로운 기술이다.
- [0025] 이와 같이 매일 더 넓은 범위의 전자기 방사선을 캡처하는 기술 능력은 "태양(solar)"과 동일하지 않다. 이러한 증가된 범위는 증가된 시스템 효율과 결합되어, 더 긴 시간 기간 동안 더 큰 패널 용량을 제공하며, 이로 인해 와트당 비용이 낮아지고 전체 출력은 커진다.
- [0026] 증가된 패널 용량은 상당히 적은 표면 면적을 요구하므로 공간이 제한되고 및 제한되거나 값비싼 곳에서도 패널이 설치되는 것을 허용한다.
- [0027] (본 출원에 함께 널리 사용되는) "함유(containing)" 또는 "캡처(capturing)" 기술은 현재의 주거용/상업용/유틸리티 등급 설치들에 비해, 구성 풋프린트(construction footprint)가 작고 패널 카운트가 감소되어 상당히 적은 용적(real estate), 설치 노동력, 및 보조 장비를 요구함으로 인해 상당한 비용 절감을 발생시킨다.
- [0028] EM-CS 기술은 배터리 스토리지와 조합되어, 처음 적당한 '베이스 로드(base load)' 재생가능 에너지 솔루션으로서 기능할 수 있다.
- [0029] 계통-연계형(grid-tied) 및 오프-그리드(off-grid) 시스템 모두에 적절하게, 본 시스템들은 EM 전체 스펙트럼 에너지의 제한 없는 사용(de-limited usage)을 제공한다.
- [0030] 실시예들에 따르면, 본 발명의 "패널들"은 시장의 다른 모든 패널들과는 달리, 최대 2.9kW/m²의 더 광범위의 방사선을 함유/캡처 및 변환하도록 설계된다. 따라서, 본 발명에 따르면, 패널들은 UV, 가시, 및 비가시 광 스펙트럼들을 사용한다.
- [0031] 실시예들에 따르면, 다수의 EM "아르곤 막"(투명하고 안정되며 200ev 내지 5000ev를 흡수할 수 있음)이 개시되어 있다. 마찬가지로, 독점적인 유리 배합들은 전체 EM 방사선 스펙트럼(임의의 타입의, 최소 6-8% 굴절된 광을 가짐)을 흡수하도록 설계되며, 각진 실버형-에피컬 프리즘들이 추가되어 간접 EM 방사선 에너지를 흡수하는 능력을 더욱 증가시킨다.

- [0032] 실시예들에 따르면, 이중 포물선형 반사 베이스들은 일광을 지향 및 캡처하여 시스템의 효율이 최대화되게 한다.
- [0033] 이 기술은 지점(Solstice) 및 구역(zone)에 따라, 최대 800퍼센트 더 많은 EM 방사선을 허용하여, 더 많은 전체 kW/day가 흡수되게 한다.
- [0034] 실시예들에 따르면, 내부 라이닝은 EM 방사선을 분산시켜, 방사선의 입사는 허용하지만 출사는 억제하는 반투과성 멤브레인으로서 작용함으로써 흡수를 증가시킨다.
- [0035] 이 새로운 기술은 막 단독보다 전체 방사선을 최대 66% 더 많이 증가시킨다. 그 이유는, 이것이 단지 종래 기술이 개시한 바와 같은 태양 패널의 또 다른 것이 아니라 EM "시스템"이기 때문이다.
- [0036] 직접, 간접, 반사, 프리즘 및 심지어 확산된 에너지를 흡수하는 능력도 마찬가지로 특징이 된다.
- [0037] 내부 설계는 전자 통과를 적어도 약 7-37회 증가시키는 것이 정중히 제안된다.
- [0038] EM 패널들이 단지 EM 스펙트럼의 일부만을 사용하는 종래의 시스템과 대조적이다. (현재 패널들은 가시 스펙트럼의 최대 20%인 0.6kW/m2만을 사용한다).
- [0039] 본 시스템은 평균 태양 패널의 작은 범위를 훨씬 초과하고 심지어 UV 내지 IR의 방대한 이용가능한 범위들을 초과하는 이용가능한 전자기 방사선 에너지 모두를 사용한 시스템을 설계한 결과로 얻어진다. 이 시스템은 훨씬 더 많은 방사선 스펙트럼들을 흡수하도록 설계된다.
- [0040] 기존 태양 패널들은 단지 800 내지 1100 파장을 사용하는 데 반해, 본 교시는 훨씬 더 많은 200 내지 5000 파장을 사용하는 광역 스펙트럼 기술을 사용한다.
- [0041] 현재의 패널들은 일광을 "바운스(bounce)"하는 데 반해, 새로운 EM 패널들은 태양의 에너지를 "캡처"하고/하거나 그 에너지의 훨씬 더 많은 엘리퀴트를 "함유(contain)"한다.
- [0042] 방사선 회전 설계는 방사선 노출을 전통적인 모델들보다 최대 거의 70% 더 많이 증가시킨다.
- [0043] 이 설계는 일광의 각도, 지구의 회전, 직선 증가 시간과 더 큰 흡수 사이의 관계를 이용하여 반사/굴절 광을 감소시키고 캡처 전지에 진입하는 광 방사선의 양을 증가시킨다(스넬의 법칙).
- [0044] 또한, 유리 조성은 간접 광을 흡수하는 것을 가능하게 한다.
- [0045] 추가의 유용한 배경은 Takamoto, 2009, Status of multijunction solar cells and future development, CS MANTECH CONFERENCE, 5월 18일-21일, Tampa, FL, USA(4 페이지); Hering의 미국 특허 제8,093,492호; Bach의 미국 특허 제6,335,480호; 및 Ortabasi의 미국 특허 제6,689,949호에서 발견될 수 있으며, 그 각각은 모든 면에서, 본 명세서에 완전히 진술된 것처럼, 참고로 명시적으로 포함된다.
- [0046] 본 명세서에 개시된 기술은 태양과 같은 소스로부터 에너지를 발생시키는 시스템 및 방법에 관한 것이다. 개시된 기술의 실시예들은 광역 스펙트럼의 전자기 에너지를 캡처하고 다양한 사용을 위해 그 에너지를 전기로 효율적으로 변환할 수 있도록 구성된다. 태양 전력 발생 시스템의 효율을 증가시키기 위해 전자기 에너지의 효율적인 캡처를 가능하게 하는 다양한 특징들이 포함될 수 있다. 예를 들어, 유리의 고유한 형상과 조성을 사용하여 시스템에서 광의 진입 및 캡처를 향상시킬 수 있고, 포물선형 또는 다른 유사 반사체를 사용하여 다양한 각도에서 태양(또는 다른 전자기 에너지 소스)으로부터 태양 에너지와 같은 에너지를 캡처할 수 있고, 다양한 상이한 밴드갭들에서 광발전 재료의 다수의 층을 조합하여 가시 광 스펙트럼 내의 그리고 그 너머의 광역 스펙트럼의 전자기 에너지를 캡처할 수 있다.
- [0047] 시스템의 초기 프로토타입은 유리 또는 다른 투명 인클로저, 상이한 밴드갭(밴드갭 재료)을 갖는 하나 이상의 태양 변환 재료(즉, 광발전 재료)를 사용하여 생성된 에너지 변환 스택, 및 그렇지 않았다면 인클로저에 입사할 수 없는 햇빛(또는 태양으로부터의 다른 전자기 에너지)을 유리 인클로저로 재지향시키도록 구성될 수 있는 반사체를 포함하여, 반사된 광이 유리 인클로저에 의해 캡처되어 광발전 재료를 향해 지향될 수 있게 한다. 개시된 기술의 이들 및 다른 특징들 및 양태들은 다양한 조합으로 이용 및 조합되어 효율적인 에너지 발생 시스템을 생성할 수 있다. 이러한 특징의 다양한 양태는 본 문서에서 예로서 설명된다. 다양한 실시예에서, 광발전 재료를 감싸는데(encase) 사용되는 유리는 광발전 재료에 도달하고 그 광발전 재료에 의해 캡처될 수 있는 전자기 방사선 스펙트럼의 전체 양을 증가시키거나 최대화하도록 만들어질 수 있다.
- [0048] 우리는 파손에 대한 내성을 향상시키기 위해 단련(temper)되고, 광역 파장 송신 스펙트럼에 바람직하다. 예를

들어, 다양한 실시예에서, 인산염 MgF 및 사파이어의 강화유리에는 대략 400 내지 2750nm의 파장에 걸쳐 대략 80 내지 90% 송신을 전달하는 송신 스펙트럼이 제공될 수 있다. 일부 실시예에서, 유리는 대략 200 내지 5000nm의 스펙트럼에 걸쳐 높은 송신 퍼센트를 달성할 수 있다. 유리는 전자기 에너지의 흡수뿐만 아니라 유리의 굴절률을 변경하기 위해 인 화학물질(phosphorus chemical)로 도핑될 수 있다(예컨대, 다른 도핑 퍼센트가 사용될 수도 있지만, 20% 이하). 도핑은 태양으로부터의 더 많은 에너지가 유리 내로 수용되고 도핑되지 않은 유리에 비해 유리의 표면으로부터 덜 반사되도록 유리의 유효 수용 각도를 증가시키는 관점에서 행해진다.

[0049] 추가로, 그 중에서도, 유리의 외부 표면상의 반사방지(AR) 코팅 및 유리의 내부 표면상의 산화물 코팅을 포함하는 유리 용기(encasement)가 관리된다. 코팅되지 않은 유리에 비해 외부 표면으로부터의 반사량을 감소시키기 위해 반사방지 코팅이 추가될 수 있다. 내부 표면상의 산화물 코팅은 다양한 기능을 수행하기 위해 제공될 수 있다. 예를 들어, 산화물 코팅은 광을 그것의 구성 스펙트럼 성분으로 프리즘 분해하기 위해 제공될 수 있다. 이는 입사 광이 스펙트럼 성분으로 분리되고 스펙트럼 성분이 유리의 내부 표면으로부터 상이한 방향으로 지향되는 것을 허용한다.

[0050] 산화물 코팅은 또한 방사선의 입사는 허용하지만 그의 출사는 억제하는 반투과성 멤브레인으로서의 역할을 할 수 있다. 이는 재료를 통과하는 그들의 첫 번째 패스시에 흡수 및 변환되지 않은 광자들의 재사용을 용이하게 할 수 있다. 설명된 바와 같은 적절한 도핑 및 다른 특성에 의해, 유리에 입사하는 직접 광의 58.86%의 밴드갭 재료로의 전달, 및 유리에 입사하는 간접 광의 최대 30%의 밴드갭 재료로의 전달을 달성하는 실시예가 구현될 수 있다. 이는, 완전한 각도(shallow angle)로 유리에 입사하는 광은 반사되기보다는 캡처될 수 있고, 그 다음, 유리 용기의 중앙 영역 내에 위치한 광발전 밴드갭 재료를 향해 굴절될 수 있기 때문에 달성될 수 있다.

[0051] 본 교시에 따르면, 완전한 각도로 유리에 입사하는 광은 반사되기보다는 캡처될 수 있다. 이에 대한 간단한 예가 도 2에 예시되는데, 여기서, 완전한 각도로 입사하는 광선은 광발전 에너지 변환 재료의 스택에 의해 수용되고 그 스택을 향해 굴절된다. 유리 하우징의 형상은 시스템의 효율과 시스템에 의해 캡처될 수 있는 전자기 스펙트럼의 범위를 증가시키는 데 중요하다. 형상은 도면에 도시된 형상으로 제한되지 않는다. 다양한 형상의 유리 인클로저가 사용될 수 있지만, 일부 실시예에서, 전자기 에너지의 소스(예컨대, 태양, 램프 또는 다른 에너지 소스)로의 더 직접적인 각도를 제시하고, 광발전 재료를 향한 광의 굴절을 용이하게 하기 위해 둥근 형상(rounded shape)이 사용된다.

[0052] 하나의 양태에서, 본 발명은 개선된 고효율의 전자기 에너지 캡처 시스템(EM-CS)을 제공한다. EM-CS는 전지(101)를 포함한다.

[0053] 도 1은 본 발명의 전지(101)를 도시한다. 전지(101)는 코어 부재(201) 및 하나 이상의 단부 부재(301)를 포함한다.

[0054] 도 2a 내지 도 2c는 전지(101)의 코어 부재(201)를 도시한다. 도 2a는 코어 부재(201)의 사시도를 제공한다. 도 2b는 부재(201)의 절단 측면도(cut-away profile view)를 제공한다. 도 2c는 코어 부재(201)에서 전극들의 네트워크를 도시한다. 코어 부재(201)는, 적어도, 상부 및 하부 표면층과 재료 바디를 조합하여 포함하고, 그에 따라 상부 표면층은 전자기 방사선(EMR)을 재료 내에 수신하고 상부 및 하부 표면층은 내부 EMR을 재료 내로 다시 반사한다. 표면층은 바람직하게는, 예를 들어, MgF₂ 또는 다른 적합한 금속 할로겐화물 또는 그러한 재료("독점적 유리(proprietary glass)")로 도핑된 유리를 포함한다. 바디는 상부 표면층과 하부 표면층 사이에서 공간의 3차원에 걸쳐 있고, 그에 따라 내부 EMR은 이러한 차원들에서 재료와 상호작용한다. 바디는 복수의 밴드갭에 의해 정의된 밀집 패킹된 리본 기술(dense packed ribbon technology)에 의하여 그 안에서 이동하는 EMR을 캡처하고, 그에 따라 내부 EMR의 파장은 전자들을 가전자대(valence band)로부터 전도대(conduction band)로 여기시킨다. 밀집 패킹된 리본 기술은 최내측 막(205), 제2 막(206), 제3 막(207), 및 최외측 막(208)을 포함한다. 바람직한 실시예에서, 그 사이에는 적어도 약 3개 내지 7개의 막이 포함된다. 하나의 실시예에서, 각각의 막은 GaAs, Ge, Si 및 GaInP₂로부터 개별적으로 선택된 것을 포함한다. 각각의 막은 표 1에 리스트된 재료를 개별적으로 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, GaS, GIP, GIA, InGa, CdTe, CIGS, CdTe/CdS, CuInSe₂, GIN, ZMT 및/또는 CdS와 같은 재료가 사용될 수 있다. 도 2c는 바디의 막과 접촉하는 전극을 예시한다. 본 명세서에서 재료 바디의 "독점적 유리(proprietary glass)"로 불리는 상부 표면은 금속 할로겐화물, 바람직하게는 MgF₂로 도핑된 유리에 의해 제공되어 전지(101)에서 EM 방사선의 보유를 최대화할 수 있다. 도핑된 상부 표면은 최외측 막(208)일 수 있거나 바람직하게는 재료 바디의 상부에 있는 피복 층(covering layer)이다.

[0055] 도 3은 전지(101)의 단부 부재(301)를 도시한다. 단부 부재(301)는 단부 부재(601)에 접하고 베이스 섹션(501)에 의해 지지되는 하드웨어 섹션(401)을 포함한다. 도 4a는 하드웨어 섹션(401)의 사시도를 제공한다. 도

4b는 하드웨어 섹션(401)의 단면도를 제공한다. 도 4c는 하드웨어 섹션(401)의 상면도를 제공한다. 도 5a는 베이스 섹션(501)의 사시도를 제공한다. 도 5b는 베이스 섹션(501)의 단면도를 제공한다. 도 5c는 베이스 섹션(501)의 상면도를 제공한다. 도 6a는 단부 부재(601)의 사시도를 제공한다. 도 6b는 단부 부재(601)의 단면도를 제공한다. 도 6c는 단부 부재(601)의 상면도를 제공한다.

[0056] 도 7은 전지(101)와 같은 EM-CS 캡처 모듈의 효율을 도시한다. 본 발명의 캡처 모듈은, 양쪽 모두 하나의 단부에서 다른 단부로 연장하는, 하부 표면 및 곡선형 상부 표면을 갖는 바디와 함께 캡처 전지를 포함하며, 여기서, 곡선형 상부표면은 태양이 일출에서 일몰까지 하늘을 횡단할 때 태양의 광선에 대략 법선인 표면을 제공하도록 윤곽이 형성될 수 있다. 이와 같은 기하학적 구조는 종래의 편평한 또는 박스-타입 태양 전지에 비해 태양 노출에 있어 최대 약 66%의 증가를 제공할 수 있다. 인클로저의 크기는 지구에 비해 매우 작기 때문에, 태양은 일반적으로 인클로저에 대해 일정한 호를 그리며 이동하지 않는다는 점에 유의한다. 일부 실시예에서, 유리 하우징은 유리 하우징의 상부를 가로지르는 것에 비해 2개의 측면(side)에 대해 더 작은 곡률 반경을 갖도록 구성될 수 있다. 다시 말해, 하우징은 거의 꽃 형상의 구성을 갖도록 구성된다.

[0057] 이는, 태양으로부터의 에너지가 지구에 낮은 경사 각도로 유리에 입사할 때 일출과 일몰의 시간동안 직접 광의 캡처를 제공하는데 유용할 수 있다. 다른 실시예에서, 유리 하우징은 태양이 하루 동안 하늘을 가로 질러 이동할 때 태양 광선에 법선 표면을 제시하기 위해 꽃잎형 형상(flower-petal like shape)으로 구성된다.

[0058] 도 8a 내지 도 8d는 특정 실시예에 따라 후막(thick film)/다중 막(multi film) 전지 내에서 사용하기 위한 "꽃잎형(flower petal)" 부재에 대한 복잡한 형상을 예시한다. 도 8a는 꽃잎형 실시예의 사시도를 제공한다. 도 8b는 꽃잎형 실시예의 측면도를 제공한다. 도 8c는 꽃잎형 실시예의 상면도를 제공한다. 도 8d는 도 8c에서 AA 선을 따르는 단면도이다. 도 8a에 도시된 형태학은 하루 동안 다수의 상이한 시간에 입사하는 넓은 스펙트럼의 EM의 백터를 스퍼터링, 셀렌화, 어닐링 및 라미네이션에 의해 생성된 후막 유사 층들에 대한 방향으로 변환하기 위해 도 9에 의해 예시된 알고리즘의 적용을 통해 도출될 수 있다. 하나 또는 다수의 꽃잎형 요소들은 서로 조합하거나 광역 스펙트럼 EM-CS 전지와 함께 본 명세서에 개시된 다른 요소와 조합하여 사용될 수 있다. 하나의 실시예에서, 본 발명은 도 8에 도시된 바와 같이 적어도 하나, 바람직하게는, 적어도 약 3개 내지 7개의 부재를 포함하는 EM 캡처 전지를 제공하며, 각각의 부재는 본 명세서의 다른 곳에 리스트된 바와 같은 반도체 재료를 포함함으로써 적어도 약 1개 내지 많은 밴드갭을 정의하는 후막을 포함한다.

[0059] 복잡한 부분적 구형 형상이 사용될 수도 있지만 반드시 사용될 필요는 없으며, 실제로 다양한 실시예에서, 인클로저는 적용의 지리적 영역 또는 주어진 위도 및 경도에 대한 태양의 천체력에 기초하여 태양에 더 직접적인 각도를 제시하도록 형상화될 수 있다. 유리 인클로저의 형상 및 윤곽을 최적화하여 최대 에너지량을 캡처하기 위해 일광 모델(daylighting model) 및 다른 기법이 사용될 수 있다.

[0060] 도 9는 렌즈 제작자 방정식과 스넬의 법칙을 조합한 결과를 도시하여, 하단 패널에 예시된 백터에 의해 도시된 바와 같이 광을 개략적으로 지향시키는 외부 층에 의해, EM-CS 내로 3.5sun의 에너지를 굴절시키고, 포커싱할 수 있다(멀리 반사하지 않음)는 것을 도시한다.

[0061] 도 9는 본 발명의 전지를 갖는 표면 기하학적 구조의 설계를 안내하기 위한 변환 공식의 사용을 예시한다. 여기서, (X, Y, Z)는 월드 좌표 공간에서 3D 포인트의 좌표이고, (u, v)는 픽셀에서 투영 포인트의 좌표이다. A는 내적 파라미터(intrinsic parameter)들의 매트릭스로 불린다. (cx, cy)는 주요 포인트(즉, 보통은 이미지 센터에 있음)이고, fx, fy는 픽셀 관련 유닛에서 표현된 초점 거리이다. 따라서, 유닛 내부로부터의 이미지가 일부 팩터에 의해 스케일링되는 경우, 이러한 파라미터들 모두는 동일한 팩터에 의해 스케일링(각각, 승산/제산)되어야 한다. 내적 파라미터들의 매트릭스는 입사 광에 의존하지 않으며, 일단 추정되면, 재사용될 수 있다(초점 거리가 고정되는 한). 조인트 회전-변환 매트릭스 [R|t]는 외적 파라미터(extrinsic parameter)들의 매트릭스로 불린다. 이것은 전지에 대한 광원의 움직임을 설명하는데 사용된다. 즉, [R|t]는 포인트의 좌표(X, Y, Z)를 전지에 대하여 고정된 일부 좌표계로 변환한다. 전지의 표면에는 일부 왜곡, 대부분의 방사상 왜곡 및 약간의 접선 왜곡이 있을 수 있다. 따라서, 상기 모델은 도 9에 도시된 바와 같이 확장된다. 도 9에서, k₁, k₂, k₃, k₄, k₅, k₆은 방사상 왜곡 계수이고, p₁, p₂는 접선 왜곡 계수이다. 고차 계수는 고려하지 않는다. 도시된 함수에서, 계수는 패스되거나 (k₁, k₂, p₁, p₂, k₃, k₄, k₅, k₆) 벡터로서 리턴된다. 즉, 벡터가 4개의 요소를 포함하면, k₃=0을 의미한다. 왜곡 계수는 외측 광에 의존하지 않으므로, 그들은 또한 내적 전지 파라미터에도 속한다. 도 9에 도시된 확장형 모델은, 내적 및 외적 파라미터를 고려하여 3D 포인트를 이미지 평면에 투영하는 데 사용될 수 있고; 내적 파라미터, 몇 개의 3D 포인트 및 그들의 투영을 고려하여 외적 파라미터를 산출하는데 사용될 수 있고; (즉, 전지 표면 형태학의 설계에 대한) 공지된

교정 패턴의 여러 개의 뷰로부터 내적 및 외적 전지 광학 파라미터를 추정하는데 사용될 수 있고; 후막의 상대적 위치와 방향을 추정하고 EM 캡처를 최적화하는 정류 변환을 산출하는데 사용될 수 있다.

[0062] 캡처 전지는 하부 표면 및 상부 표면의 적어도 일부, 예를 들어 상부 표면의 측면들을 따라 내부 미러링 또는 실버링 또는 다른 반사성 코팅을 추가로 포함할 수 있다. 다양한 예시적인 실시예에서, 전체 하부 표면은 측면들의 표면의 대략 2/3뿐만 아니라 반사성 코팅 또는 미러링을 포함할 수 있다. 내부 미러링은 광자(이온 또는 전자) 반사 챔버를 생성하며, 여기서 캡처 전지에 진입하는 전자기 방사선이 미러링에서 반사되고 캡처 전지 내측에서 바운스되어 전반사 또는 거의 전반사 또는 다수의 반사를 생성하여 시스템에 진입한 광자들을 포함한다. 이것은 캡처 광자들이 캡처 전지 내측에 분포된 광발전 재료에 영향을 미칠 가능성을 높이는 효과를 갖는다.

[0063] 이러한 예에서 미러링은 인클로저의 하부 표면 및 측면 표면의 하부 부분에 국한되므로, 외광 침투, 회절, 굴절 또는 반사에 영향을 미치지 않고; 그것의 유일한 효력은 일단 전지에 침투한 광자들의 "캡처(capturing)"이다. 광자가 캡처되지 않은 상태로 남아있을 때, 그것은 궁극적으로 열로 변환되어 광발전 재료를 가열한다. 이것은 광자들로부터 수집된 전자들의 흐름을 증가시킨다(때로는 입자 범위를 증가시킴으로써 델타-케이(Delta-K) 효과로 불림).

[0064] 캡처 전지는 광학적으로 활성이고 비-반사성 외부(예컨대, 소다-석회, 봉규산업 또는 인산염 유리 조합의 특정 배합을 사용함)를 구비하여, 지구의/태양의 태양 곡률 또는/의 침투의 각도에서 발생할 수 있는 회절, 굴절 또는 반사를 최소화하면서 높은 레벨의 광자 침투를 허용할 수 있다. 이러한 설계는 대기 산란으로 인한 태양 방사선의 감쇠를 허용하고 주어진 위치에서 이용가능한 태양 방사선의 흡수를 증가시킨다. 현재 광발전 시스템은 전형적으로 매우 낮은 효율을 갖고, 이용가능한 전체 광자의 일부만 이용하고, 박리 현상을 겪는 박막(thin film) 광발전 전지를 사용한다. 본 명세서에 설명된 기술의 다양한 실시예는 일부 실시예에서 광발전 재료에 대해 후막 유사 기술을 이용하며, 이러한 후막은 0.03 nm만큼 얇거나 5.0 마이크론만큼 두꺼울 수 있다.

[0065] 더욱이, 논의된 바와 같이, 박막 또는 후막의 의미론은, 본 명세서에서 설명된 바와 같이 필요에 따라 하나 이상의 패스에서 다수의 층 또는 다수의 밴드갭 재료의 적용을 허용하도록 해당 버전들이 구현될 수 있다는 것을 통상의 기술자(artisan)가 이해하게 한다. 예를 들어, 투명한 캡톤(Kapton)/몰리브덴(또는 UPILEX와 같은 미국 델라웨어주 월링턴의 뒤퐁에서 필요에 따라 입수할 수 있는 다른 폴리이미드). 반투명, 다중-레벨, 다중-밴드갭형 재료, 바람직하게는 후막 유사 재료(또는 막들(205, 206,...)과 같은 다수의 후막 밴드갭 격자(MTFBG))가 광발전 재료로서 제공될 수 있다. 다양한 실시예에서, 재료는 상이한 밴드갭을 각각 갖는 상이한 반도체 재료로 만들어진 다수의 p-n 접합을 갖는 통합된 다중-접합 광발전 전지일 수 있다. 다른 실시예에서, 다중-밴드갭 재료는 복수의 개별 후막으로 만들어질 수 있으며, 각각은 지정된 밴드갭을 갖는 광발전 재료를 구비한다. 이상적으로, 스택은 각각의 p-n 접합이 상이한 밴드갭 에너지를 갖도록 만들어지고, 디바이스에 입사하는 전자기 스펙트럼의 상이한 파장에 응답하여 전류를 생성한다. 이는 이용가능한 전자기 스펙트럼 중 더 많은 스펙트럼을 이용함으로써 디바이스의 변환 효율을 증가시킨다.

[0066] 다수의 밴드갭을 갖는 다수의 재료를 제공함으로써 유닛이 다수의 상이한 파장의 스펙트럼에 응답하는 것을 허용한다. 일부 실시예에서, 광발전 스택은 각각 상이한 밴드갭 에너지를 갖는 밴드갭 재료의 2개 내지 4개 층을 포함한다. 다른 실시예에서, 단일 층 스택 또는 4개보다 많은 층을 포함하는 다른 수의 밴드갭 재료 층이 제공될 수 있다. 예를 들어, 이용가능한 전자기 에너지의 스펙트럼, 스택 내의 다양한 재료의 투명성 및 흡수 효율, 캡처한 광자들을 포함하기 위해 달성될 수 있는 내부 반사의 양 등을 포함하는 다수의 팩터에 따라, 층들의 수가 증가함에 따라 한계 효율이 감소할 수 있다. 동작시, 광발전 스택의 외부 밴드갭 재료는 밴드갭 에너지와 연관된 파장에서 그것이 할 수 있는 광자들을 캡처하여 이들을 전류로 변환시킨다.

[0067] 제1 층에 의해 캡처되지 않은 광자들은 그들의 캡처, 흡수, 후속 층의 표면에서의 반사 또는 스택을 통과할 때까지 후속 층을 통과하고 유리 인클로저의 반사성 표면에서 반사된다. 반사된 광자들의 일부가 다시 광발전 스택에 도달하여 그렇지 않았다면 손실되었을 광자들이 캡처되어 전류로 변환될 기회를 제공한다. 다중-레벨, 다중-밴드갭 후막은 구부릴 수 있으며, 백색광(예를 들어, 자외선 및 적외선 광을 포함함)에 존재하는 상이한 파장의 광에 대해 그리고 상이한 시간에 발생하는 상이한 파장의 광에 대해 최적화된 상이한 밴드갭을 갖는 상이한 재료를 포함할 수 있다. 예를 들어, 일출 및 일몰동안, 광의 스펙트럼은 정오의 스펙트럼과 상이하므로, 상이한 타입의 광의 에너지를 가능한 한 많이 캡처하기 위해 상이한 밴드갭을 가진 상이한 재료가 제공될 수 있다. 하나의 예시적인 실시예에서, 상이한 재료는, 예를 들어, GaAs, Ge, Si 및 GaInP2를 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, GaS, GIP, GIA, InGa, CdTe, CIGS, CdTe/CdS, CuInSe2, GIN, ZMT 및/또는 CdS와 같은 재료가 사용될 수 있다. 일부 실시예에서, 재료의 밴드갭은 스펙트럼의 가장 고밀도 영역으로부터의 에너지 변환을

달성하기 위해 오버랩 밴드가 존재하도록 선택된다. 일부 실시예에서, 재료의 화학적 조성을 변경하여 접합의 밴드갭을 조정할 수 있다.

[0068] 표 1은 2개 이상의 층을 사용하여 연관된 밴드갭 및 추정된 변환 효율과 함께 사용될 수 있는 상이한 재료의 또 다른 예를 예시한다. 통상의 기술자는, 본 예에서 오버랩으로 인해 예시적인 수치가 작아진다는 것을 이해한다.

[0069] 표 1

InN (ZnS; ZnSe)	3.6 eV	8.00%
CIGS (CdS; InGaAs)	2.4 eV	19.01%
InGaAsP (GaP; InGaP)	1.84 eV	15.02%
CdTe (GaAs)	1.44 eV	16.06%
c-Si (GaAs; InGaAs)	1.12 eV	18.78%
InGaAs (a-Si:H; GaInP)	0.92 eV	9.05%
Ge (InAs; GaSb; InSb)	0.70 eV	6.02%

[0070]

[0071] 다양한 예시적인 실시예에서, 막의 양쪽 측면에 광자들을 수집할 수 있는 고유 후막(300)의 2, 3, 4 또는 5개의 층이 제공될 수 있으며, 각각은 특정 실시예에서 두께가 약 0.03에서 5.0 미크론까지 다양할 수 있다(도 2b에서 막들(205, 206,...)과 같이 도시됨). 막의 길이 및 폭은 인클로저의 이용가능한 치수 및 부피에 따라 적합한 치수가 될 수 있다. 길이 및 폭은 또한 막이 인클로저 내에서 계층화되는 방식에 기초하여 선택될 수도 있다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 막은 인클로저 내에서 평면 또는 편평한(또는 실질적으로 편평한) 구성으로 계층화될 수 있다. 다른 실시예에서, 막은 곡선을 이루거나(curved) 둥글게 감기거나(curling) 포장될(wrapped) 수 있고, 동축 또는 실질적으로 동축 방식으로 인클로저 내에서 계층화될 수 있다. 예를 들어, 인클로저에 삽입될 때, 인클로저의 내부 윤곽에 순응하도록 충분한 복원력을 갖는 가요성 층이 사용될 수 있다. 따라서, 막은 인클로저의 형상을 취하도록 구성될 수 있다. 설계 이슈가 전통적으로 막의 폭을 제한하는 것으로 관측된 경우, 막의 리본-유사 길이는 인클로저 내측에서 서로의 내에 (예컨대, 나선 방식으로) 감길(wound) 수 있다. 다수의 층인 반투명 광발전 스택은 이온 수집을 위해 양 전하와 전기적으로 접속될 수 있다. 다수의 층인 반투명 광발전 스택은 도 1, 도 2 및 도 3와 관련하여 상술한 바와 같이 내부 미러링에 의해 적어도 부분적으로 둘러싸일 수 있다. 이러한 고유 막 기술은 양방향 광발전 경로(즉, 하향식(top down) 및 상향식(bottom up)의 에너지 변환)를 허용한다.

[0072] 위에서 언급한 바와 같이, 다양한 실시예에서, 밴드갭 재료의 다수의 층은 후막 기술을 사용하여 통합된 디바이스로서 또는 개별 시트로서 제조될 수 있다. 예들에서, 폴리아미드, 마일러(Mylar), 캡톤(KAPTON) 또는 임의의 다른 폴리이미드 막(미국 델라웨어주 윌밍턴의 뒤퐁에서 입수할 수 있음)과 같은 후막 기관, 또는 다른 막이 기관으로서 사용될 수 있고, 그러한 재료는 다양한 투명도로 이용가능하다. 기관 시트는 증착 디바이스(예컨대, 화학 기상 증착 또는 CVD를 사용함) 또는 디바이스의 층들이 기관상에 퇴적되는 다른 유사 디바이스를 통과하여 진행될 수 있다. 화학 기상 증착에 더해, 예를 들어, 압출 포지티브 프린팅(Extrusion Positive Printing), VPD, 스퍼터링(Sputtering) 등과 같은 다른 기법을 사용하여 다양한 층을 배치할 수 있다.

[0073] 예를 들어, 이러한 프로세스에서, 전극 층 및 반도체 층은 기관상에 퇴적되어 후막 광발전 재료를 생성할 수 있다. 제조 디바이스는, 예를 들어, 아르곤과 같은 불활성 가스를 사용하여 정압(positive pressure)으로 유지되어, 챔버가 산소에서 비교적 자유롭게나 완전히 자유롭게 유지할 수 있다. 이는 재료에 대한 산화의 악영향을 피할 수 있다. 밴드갭 재료가 개별 시트 상에 제조되는 경우, 주어진 기관상에 단일 접합 디바이스가 제조될 수 있다.

[0074] 이에 반해, 이중 접합 디바이스가 요구되는 경우, 다수의 밴드갭 재료가 단일 기관 상에 퇴적될 수 있다. 필요할 경우, 투명 전극을 생성하기 위해 인듐 주석 산화물, 그래핑 또는 다른 유사 재료가 사용될 수 있다. 개시된 기술의 다양한 양태는 캡처 전지(광자들이 보다 완전하게 유지되어 더 큰 에너지 흡수 및 변환율을 발생시킬 수 있음); 다층 광발전 시스템, 고유 후막 처리 기술; 광 스펙트럼에 대한 더 많은 접근(따라서 광자들의 더 큰 노출 및 더 큰 흡수)을 위한 멀티갭 재료의 이용을 포함하는 완전한 에너지 변환 시스템을 포함하여 개별적으로 또는 다양한 조합으로 사용될 수 있으며, 나노 기술과 함께 사용하기 위한 다차원 코어는 (도트, 격자) GPS 및 다양한 센서, 저장 용도 및 오존 생성이다. 또한, 유리 배합의 각도 및 타입으로부터 간접 조명을 캡처하는 능력은 시스템의 전체 에너지 와트수를 증가시킨다. 다수 레벨의 수집막(collecting film; 300)을 갖는 캡처 전

지의 사용은 다층, 멀티밴드갭, 양방향 광발전 막 코어를 생성하기 위해 상기 기술 모두를 통합할 수 있다. 캡처 전지는 광자 흡수를 제공할 수 있는 노광량을 증가시키고, 밴드갭 재료를 통과하는 광자 패스의 수를 증가시킴으로써 후막과 함께 작용할 수 있다.

[0075] 후막은 박막 기술에서의 문제점을 피하며; 그것은 더 안정적이고, 광자들이 다수의 밴드갭 재료를 갖는 다수의 흡수층을 통과하도록 여전히 투명성을 허용한다. 본 광발전 시스템은 일광 또는 다른 전자기 방사선 또는 파동 소스가 존재하는 경우에 전자들의 흐름(전류)을 발생시키는 데 사용될 수 있다. 본 광발전 시스템은 가정, 상업용 건물, 산업 응용, 자동차 또는 임의의 다른 형태의 운송 수단에서 사용될 수 있다. 시스템은 휴대용일 수 있어, 매우 효율적이고 에너지가 필요한 어디에서나 사용할 수 있다. 재료의 밴드갭은 낮은 에너지 상태 또는 밴드에서 더 높은 에너지 상태 또는 밴드로 그의 전자들 중 하나를 이동시키기에 충분하게 그 재료의 원자를 여기시키는 데 요구되는 에너지이다.

[0076] 밴드갭보다 큰 에너지 레벨을 갖는 광자들만이 전자들을 여기시켜 가전자대로부터 전도대로 이동시킬 수 있으며, 이들은 흘러서 전기를 생성할 수 있다. 밴드갭이 낮은 재료의 경우, 더 넓은 범위의 광 주파수는 가전자대로부터 전도대로 이동하도록 그러한 재료에서의 전자들을 여기시키기에 충분히 높은 에너지를 가질 것이다 (이것은 가전자대 재료를 결정하는 데 도움이 된다). 더욱이, InGap 또는 CIGS와 같은 다양한 "조정가능한 (tunable)" 재료가 존재한다. 따라서, 재료의 밴드갭이 작을수록 그러한 재료에 충돌하는 광이 더 쉽게 전기로 변환될 수 있다. 그러나 밴드갭이 너무 작으면, 전도대에서 음으로 대전된 전자들은 그들이 남기고 떠난 양으로 대전된 원자(즉, "정공")과 너무 쉽게 재조합하며, 따라서 전자들의 흐름(즉, 전류)을 유지하기가 어려워진다.

[0077] 광의 상이한 주파수는 상이한 레벨의 에너지를 운반하기 때문에, 상이한 밴드갭을 갖는 재료를 제공하여, 스펙트럼 내의 상이한 광의 주파수를 캡처함으로써 스펙트럼으로부터 획득가능한 전체 에너지 양을 최적화할 수 있다. 더 높은 주파수의 광이 더 많은 에너지를 운반한다는 사실을 염두에 두고, 밴드갭은 특정 파장에서 효율적일 뿐만 아니라 가장 많은 전체 전자를 수집하도록 선택된다. 밴드갭의 일부 예는 다음과 같은데: 실리콘의 밴드갭은 1.11-1.12eV이고; 셀레늄의 밴드갭은 1.5-1.6eV이고; GaAs 갈륨/비소의 밴드갭은 1.3-1.4eV이고; CuO 구리/산화물의 밴드갭은 2.0eV이고; GaTe의 밴드갭은 1.4eV이고; AlAs 알루미늄/비소의 밴드갭은 2.3eV이다. 광은 또한 특정 고유 파장을 갖는다.

[0078] 예를 들어, 적색은 622-780 nm이고; 오렌지색은 622-597 nm이고; 적외선 A는 700-1400 nm이고; 적외선 B는 1400-3000 nm이고; 적외선 C는 3000-10000 nm이다. 따라서, 실리콘은 이론적으로 그의 1.11-1.12eV 밴드갭에 해당하는 파장을 갖는 광자들의 100%를 변환할 수 있는 한편, 또한 파장이 더 짧고 에너지가 더 높은 광자들의 더 낮은 비율을 변환할 수 있다. 그러나 1.12eV를 넘는 파장을 갖는 광의 광자들은 실리콘에서 전기를 발생시키지 못하는데, 이는 이러한 더 긴 파장의 광자들이 실리콘의 1.11-1.12eV 밴드갭을 극복하는 데 필요한 최소 레벨의 에너지보다 적은 에너지를 갖기 때문이다.

[0079] 실제로, 실리콘을 사용하는 종래의 태양 전지는 실제 변환 효율이 약 12% 내지 14% 범위 내에 있다. 즉, 종래의 실리콘 태양 전지와 충돌하는 광자들의 에너지 중 약 12% 내지 약 14%만이 전기로 변환된다(1960년에 또는 54년 전에 산출된 호프만과 같은 범위). 조정가능한 PV 재료, 즉 InGS(N)(P), CIGS, GaAs, AlGeN의 사용은 이것을 변화시킨다. 화학식에서 Se를 더 높임으로써 밴드갭과 "정공"에 대한 조절 양쪽 모두를 조작할 수 있다. 따라서, Si의 사용이 적어도 약 1,112-800eV의 범위를 제공하는 경우(후자는 더 많은 정공을 제공함), 다른 개별 층을 조정하여 850-600 및 650-315를 커버하고, 따라서 (IRc-UVb에서) 가장 높은 에너지 기울기를 커버할 수 있다.

[0080] 실제 효율은 커버되는 에너지의 범위; 변환되는 상기 범위의 효율; 및 포커싱되는 에너지의 지속기간을 고려한다. 이에 작용하는 것은 각도 내부 미러링(캡처) 감소 반사/굴절이다. 프로토타입은 인듐, 갈륨 및 질소(In_{1-x}GaxN)의 조합을 사용하여 테스트되었으며, 이들은 함께 자외선, 적외선 및 일부 제한된 X선 스펙트럼 부분을 포함하는 일광(sunlight)의 사실상 전체 스펙트럼을 변환한다. 이 재료들은 카드뮴 텔루라이드(CdTe) 및 구리 인듐 갈륨 셀레나이드(CIGS), CdTe/CdS, CuInSe₂(구리 인듐 셀레나이드-CIS), 갈륨 인듐 질화물(GIN); 아연 망간 텔루라이드(ZMT); 카드뮴 황화물(CdS)로 도핑되었다.

[0081] 도 10은 본 발명의 방법을 도시한다. 단계 흐름도는 전자기 스펙트럼으로부터 에너지 수확을 최적화하는 프로세스를 도시한다.

[0082] 도 11은 본 EM-CS에 따른, 전지의 재료를 통과하는 다수의 패스에 대한 내부 EMR의 재순환을 예시하며, 또한 직

접, 간접, 반사, 프리즘 및 확산 에너지로부터 유래된 광자들이 하우징되고 그로부터 에너지가 도출된다.

- [0083] 더욱이, 본 발명의 설명된 특징들, 구조들, 또는 특성들은 하나 이상의 실시예들에서 임의의 적합한 방식으로 조합될 수 있다. 다음의 설명에서, 본 발명의 실시예들에 대한 완전한 이해를 제공하기 위해 다수의 특정 상세들이 제공된다. 그러나, 관련있는 기술의 기술자는 본 발명이 특정 상세 중 하나 이상을 사용하지 않거나 다른 방법, 구성요소, 재료 등을 사용하여 실시될 수 있다는 것을 인식할 것이다. 다른 경우들에서, 잘 알려진 구조들, 재료들, 또는 동작들은 본 발명의 양태들을 모호하게 하는 것을 피하기 위해 도시되지 않거나 상세히 설명되지 않는다.
- [0084] 본 명세서에 포함된 단계들의 구두 설명과 함께 임의의 개략도 및/또는 흐름도는 일반적으로 언어 또는 그림 논리 흐름도로서 진술된다. 따라서, 도시된 순서 및 라벨링된 단계들은 제시되는 방법의 하나의 실시예를 나타낸다. 예시된 시스템, 프로세스 또는 방법의 하나 이상의 단계, 또는 그 일부와 기능, 논리 또는 효과에 있어서 동등한 다른 단계들 및 방법들을 생각해 볼 수도 있다.
- [0085] 추가적으로, 채용되는 임의의 포맷 및/또는 심볼들은, 관련 시스템, 프로세스 및 방법의 논리 단계들을 설명하기 위해 제공되며, 본 방법의 범위를 제한하지 않는 것으로 이해된다. 흐름도에서 다양한 화살표 타입과 선 타입들이 채용될 수 있지만, 이들은 대응하는 방법의 범위를 제한하지 않는 것으로 이해된다. 사실상, 일부 화살표 또는 다른 커넥터들은 본 방법의 논리적 흐름만을 나타내기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 화살표는, 도시된 방법의 나열된 단계들 간의 명시되지 않은 지속기간의 대기 또는 모니터링 기간을 나타낼 수도 있다. 추가로, 단계가 제안되는 순서는 명시적으로 진술되지 않는 한 그것이 다른 단계 전에 또는 후에 수행되어야 한다는 것을 나타내지 않는다.
- [0086] 다음의 미국 특허증 및 공보, 그리고 외국 특허는 본 명세서에서 충분히 진술되는 바와 같이 명확히 참고로 포함되며, 이들 각각은 본 교시로부터 검토 및 구별되었다. 그들은 본 명세서에서 본 기술의 상태를 정의하기 위해 제공될 뿐이며, 정보 개시 보고서로서 동시에 제출된다. 미국 특허증 제8,093,492호; 제6,335,480호; 및 제6,898,949호.
- [0087] 이러한 이슈를 다루기 위한 레거시 또는 역사적 시도들은 또한 본 기술의 상태, 및 과학을 극복하기 위한 개선된 응용의 부족을 정의하는데 있어서 일부 가치를 갖는다.
- [0088] 방법, 디바이스, 조성 등이 현재 가장 실질적이고 바람직한 구현인 것으로 간주된다는 견지에서 설명되었지만, 본 개시내용은 개시된 구현으로 제한될 필요는 없음을 이해하여야 한다. 본 개시내용은 청구항들의 사상 및 범위 내에 포함되는 다양한 수정들 및 유사한 배열들을 커버하도록 의도되며, 그의 범위는 모든 그러한 수정들 및 유사한 구조들을 포괄하도록 가장 넓게 해석되어야 한다. 본 개시내용은 아래의 청구항의 임의의 그리고 모든 구현예들을 포함한다. 개시내용의 하나의 특정한 실시예의 구성요소, 특성 또는 단계에 대한 설명의 맥락에서 본 개시내용이라는 용어는 개시내용의 모든 실시예가 해당 특정한 구성요소, 특성 또는 단계를 포함한다는 것을 암시하거나 의미하지 않는다는 것을 이해한다.
- [0089] 다양한 변화가 본 개시내용의 본질로부터 벗어남이 없이 이루어질 수 있음을 또한 이해하여야 한다. 그러한 변화는 또한 본 설명에 함축적으로 포함된다. 그들은 여전히 본 개시내용의 범주 내에 든다. 본 개시내용은 독립적으로 그리고 전체 시스템으로서 그리고 방법 및 장치 모드 모두에서의 본 개시내용의 많은 양태를 커버하는 특허를 산출하도록 의도됨을 이해하여야 한다.
- [0090] 아울러, 본 개시내용 및 청구항들의 다양한 요소들 각각은 또한 다양한 방식으로 달성될 수 있다. 본 개시내용은 각각의 그러한 변형, 예로서 임의의 장치 구현, 방법 및 프로세스 구현에 대한 구현의 변형, 또는 심지어 단지 이들 중 임의의 요소의 변형을 포괄하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0091] 특히, 본 개시내용이 본 개시내용의 요소에 관련되므로, 각각의 요소에 대한 단어들은 기능 또는 결과만이 동일하더라도, 등가의 장치 용어 또는 방법 용어에 의해 표현될 수 있음을 이해하여야 한다.
- [0092] 그러한 등가적이거나 더 넓거나 심지어 더 일반적인 용어는 각각의 요소 또는 액션의 설명에 포괄되는 것으로 간주되어야 한다. 그러한 용어는 본 개시내용에 자격이 주어지는 함축적으로 넓은 커버리지를 명확히 하는 데 바람직한 경우에 대체될 수 있다.
- [0093] 모든 액션은 해당 액션을 취하기 위한 수단으로서 또는 해당 액션을 야기하는 요소로서 표현될 수 있음을 이해하여야 한다.
- [0094] 유사하게, 개시되는 각각의 물리적 요소는 해당 물리적 요소가 용이하게 하는 액션의 개시내용을 포괄하는 것으

로 이해되어야 한다.

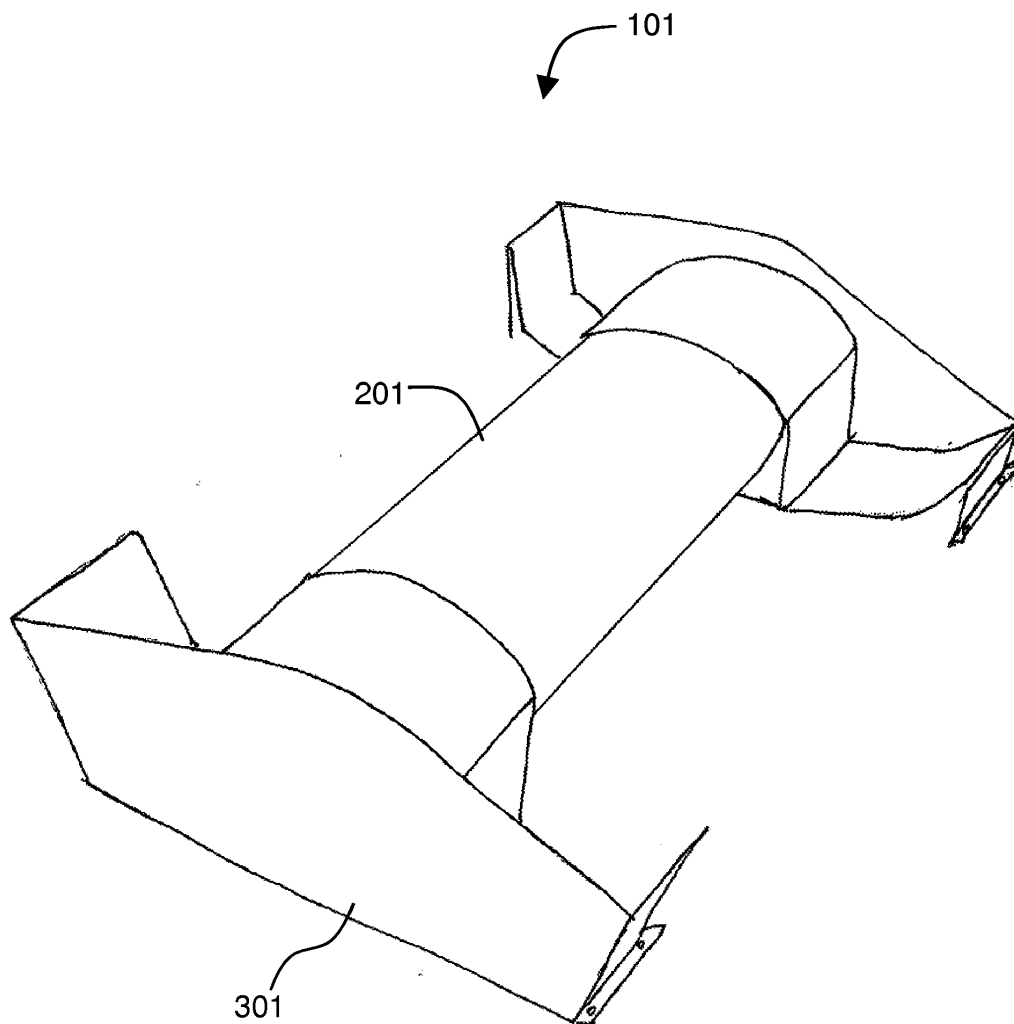
[0095] 이로써, 특허에 대해 본 출원에서 언급된 임의의 특허, 공보 또는 다른 참조문헌은 참고로 포함된다.

[0096] 실질적이지 않은 교체가 이루어질 정도로, 본 출원인이 사실 임의의 특정한 구현예를 문자 그대로 포괄하도록 임의의 청구항을 작성하지 않을 정도로, 그리고 달리 적용 가능할 정도로, 본 출원인은 단순히 모든 사태를 예상할 수 없을 수도 있으므로, 본 출원인은 그러한 커버리지를 임의의 방식으로든 의도하거나 실제로 포기하는 것으로 이해되어서는 안 되고; 본 기술의 기술자는 그러한 대안적인 구현예를 문자 그대로 포괄하는 청구항을 작성하는 것으로 합리적으로 예상되어서는 안 된다.

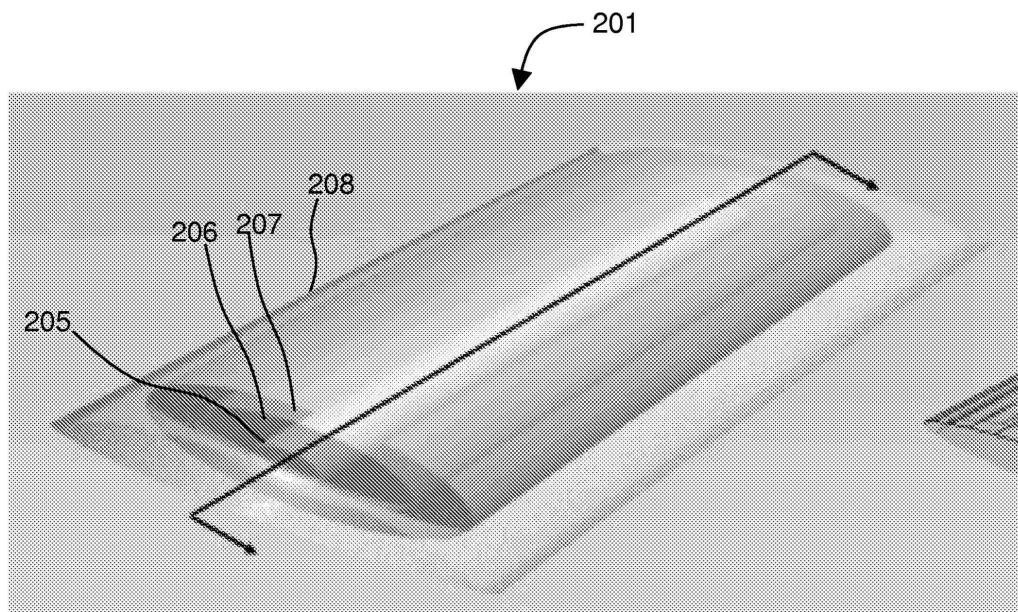
[0097] 아울러, "포함하는(comprising)"이라는 연결구의 사용은 전통적인 청구항 해석에 따라, 본 명세서에서 "개방형(open-end)" 청구항을 유지하기 위해 사용된다. 따라서, 문맥이 달리 요구하지 않으면, "포함하다(comprise)"라는 용어 또는 "포함하다(comprises)" 또는 "포함하는(comprising)"과 같은 변형이 진술된 요소 또는 단계, 또는 요소 또는 단계들의 그룹의 포함을 암시하지만 임의의 다른 요소 또는 단계, 또는 요소들 또는 단계들의 그룹의 배제를 암시하지 않도록 의도된다. 그러한 용어는 법적으로 허용가능한 가장 넓은 커버리지를 출원인에게 제공하기 위해 가장 포괄적인 형태로 해석되어야 한다.

도면

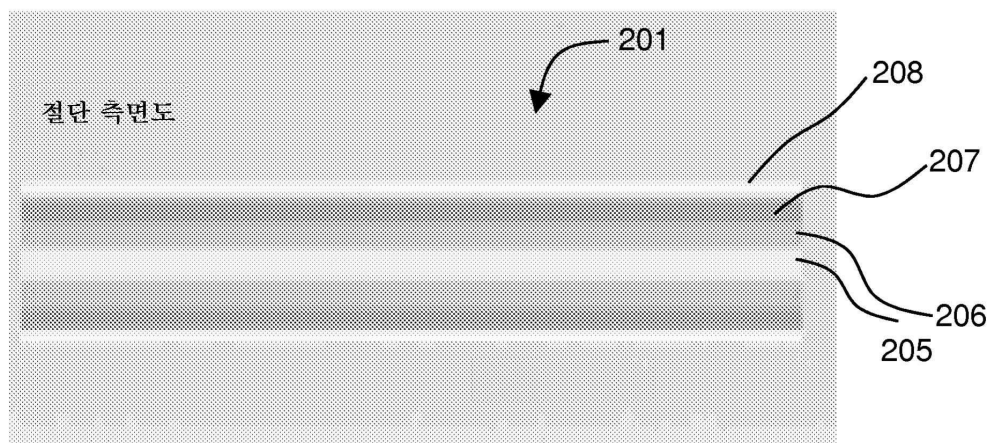
도면1



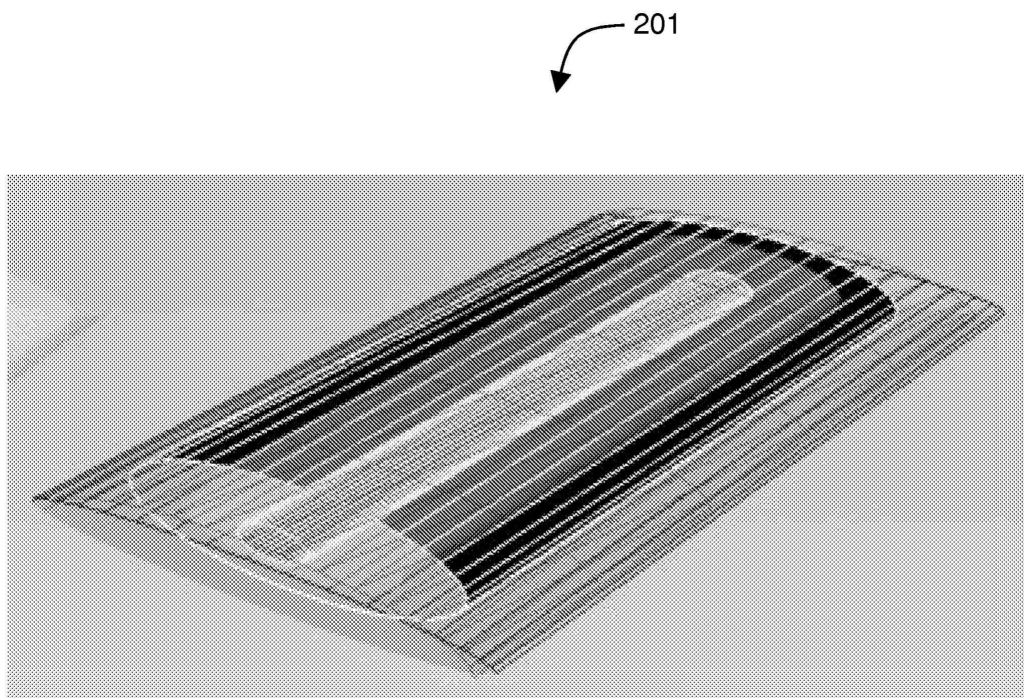
도면2a



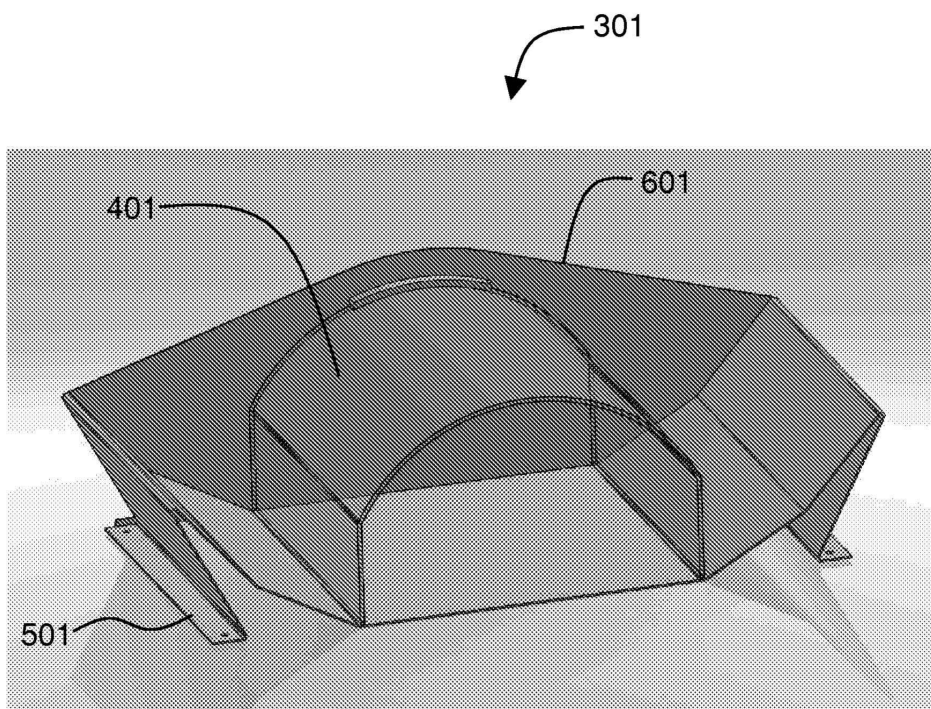
도면2b



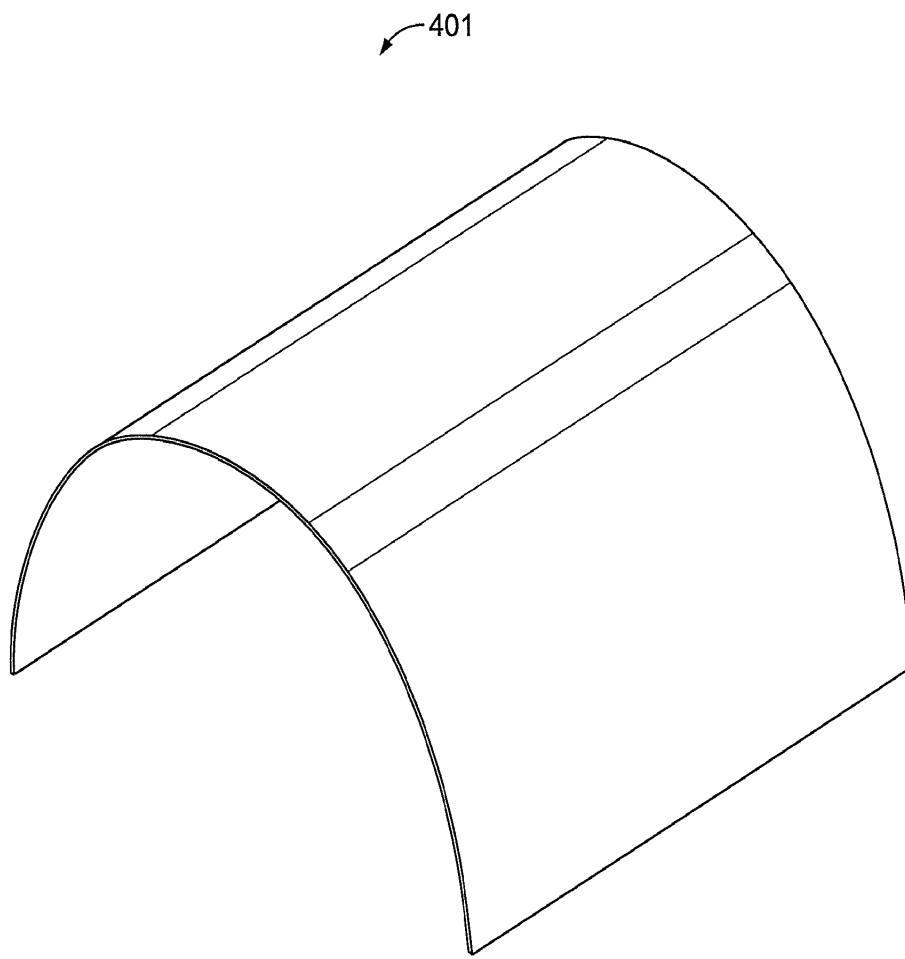
도면2c



도면3

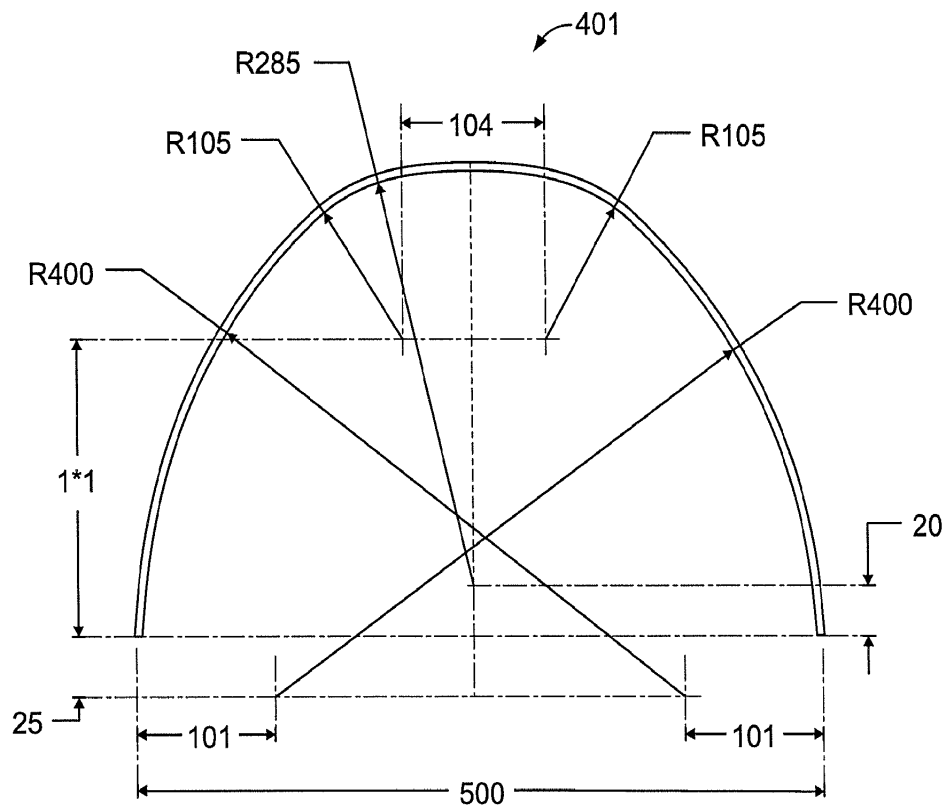


도면4a



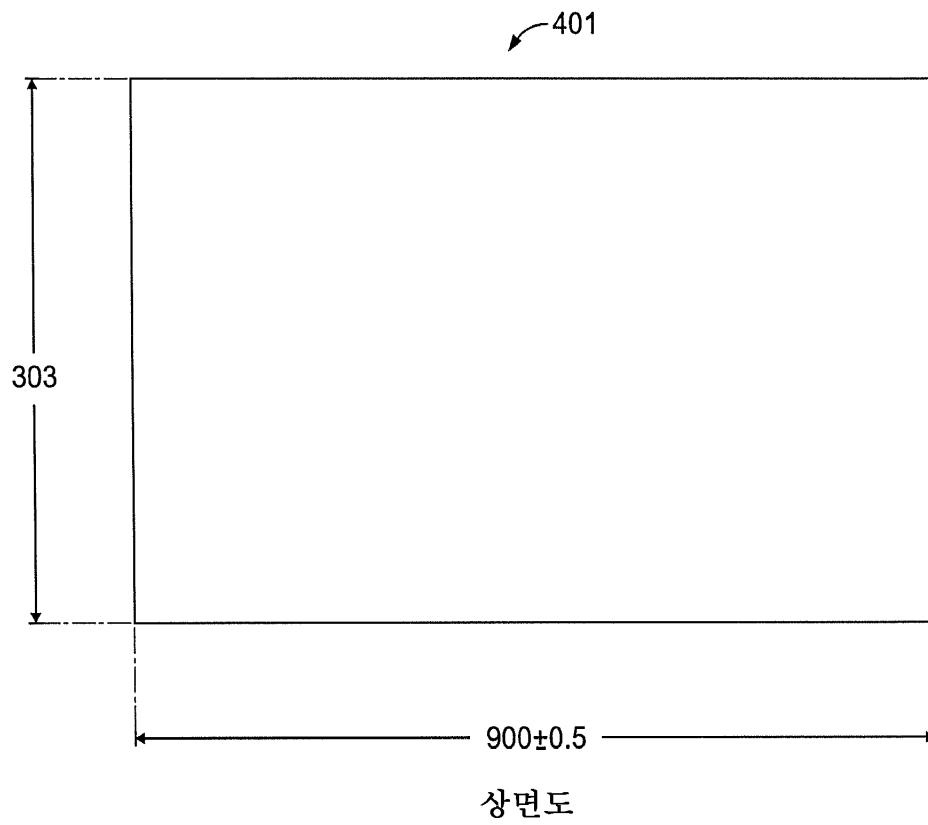
사시도

도면4b

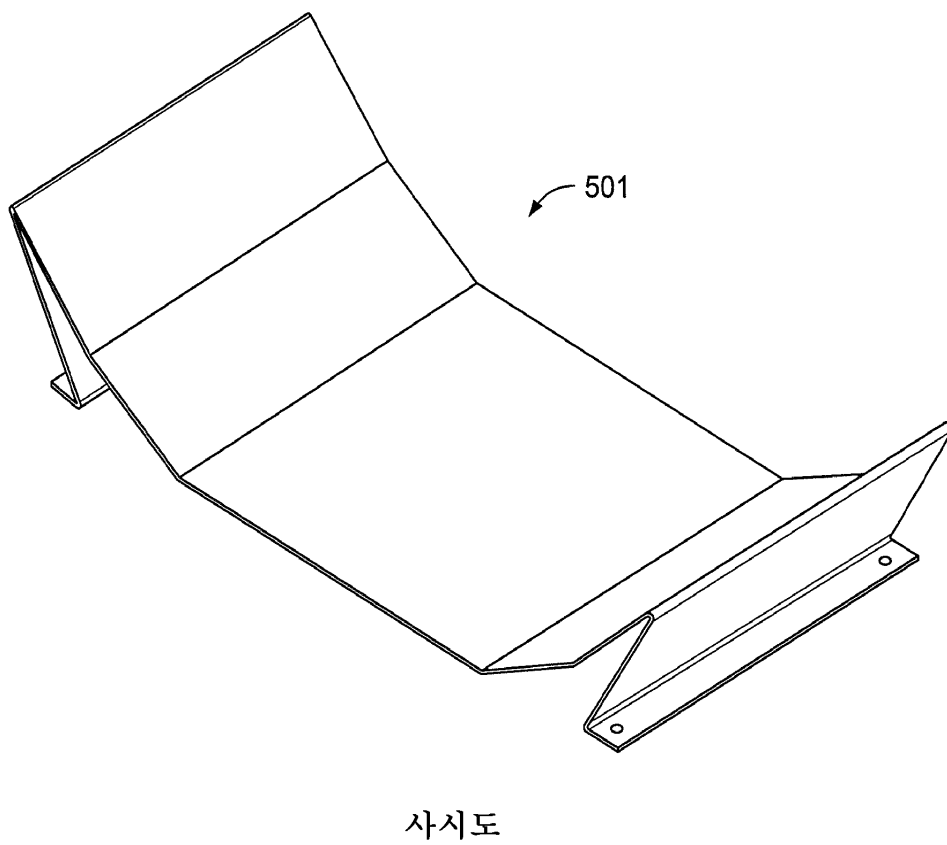


단면도

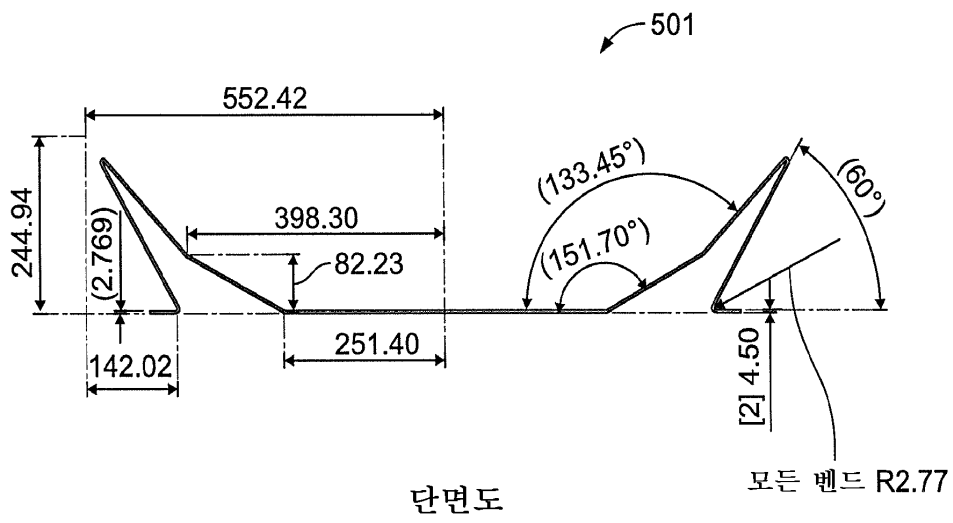
도면4c



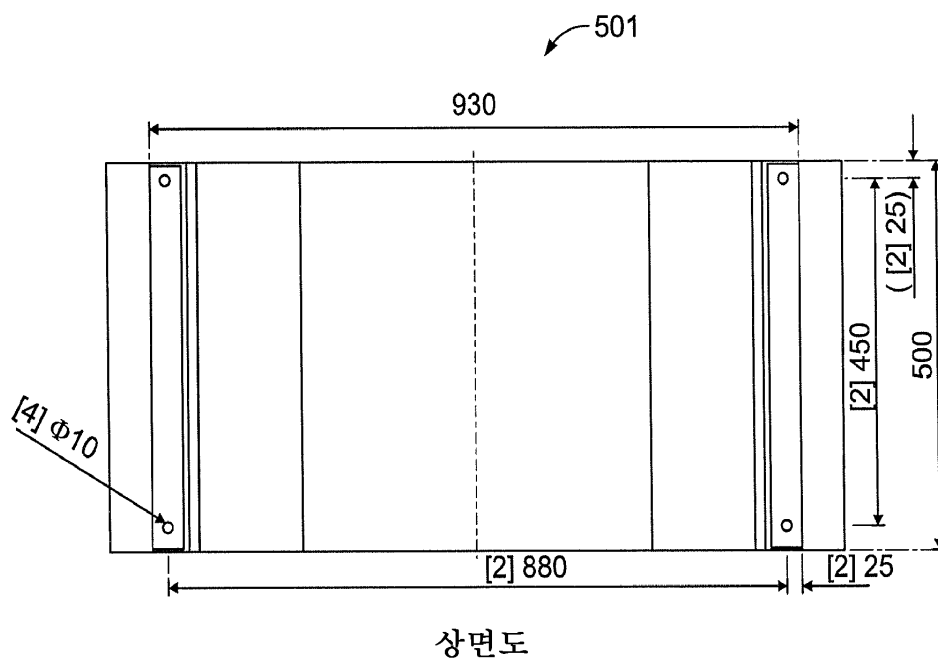
도면5a



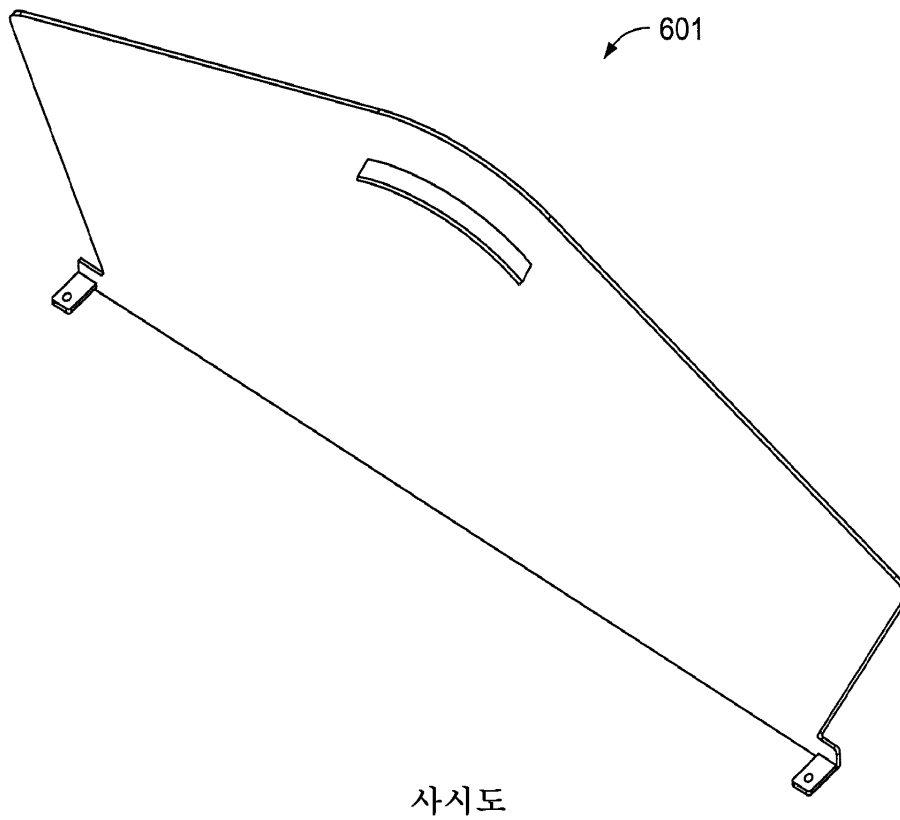
도면5b



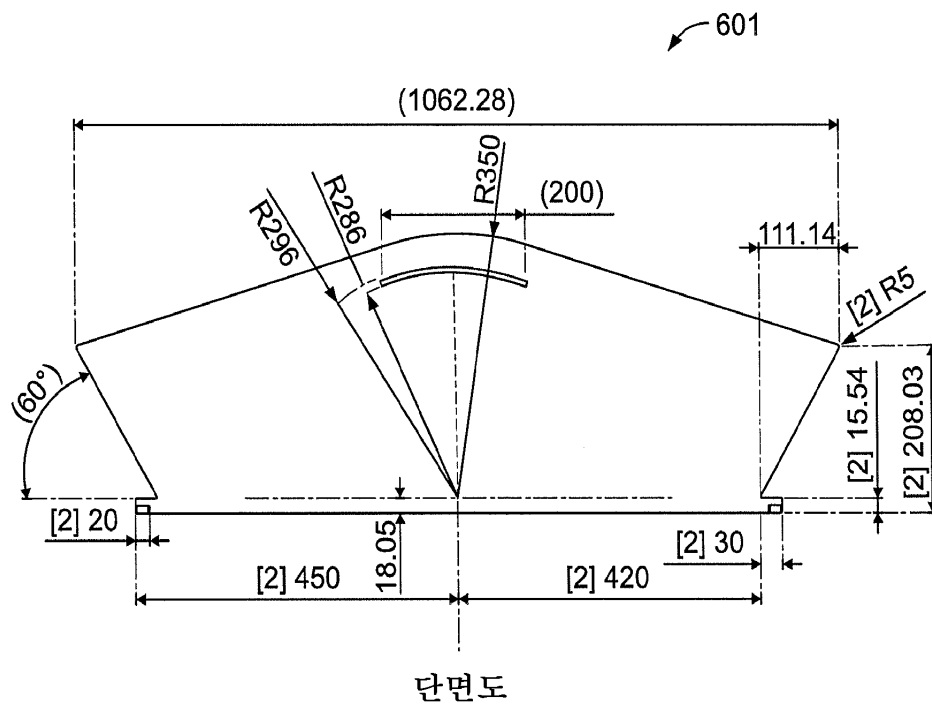
도면5c



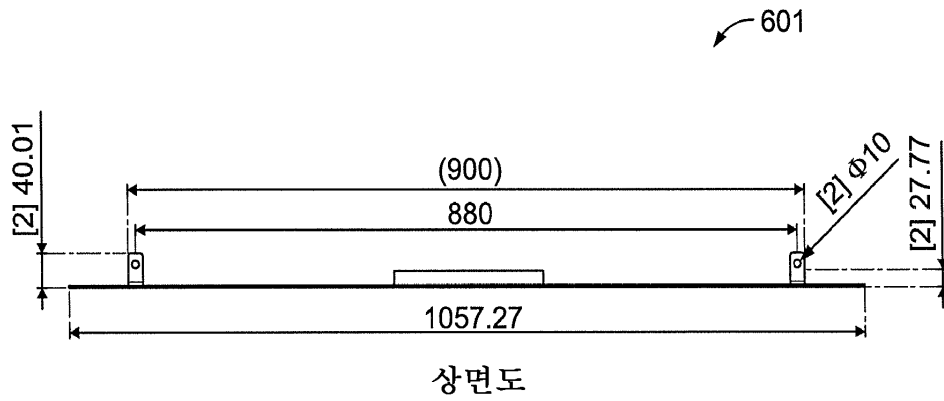
도면6a



도면6b

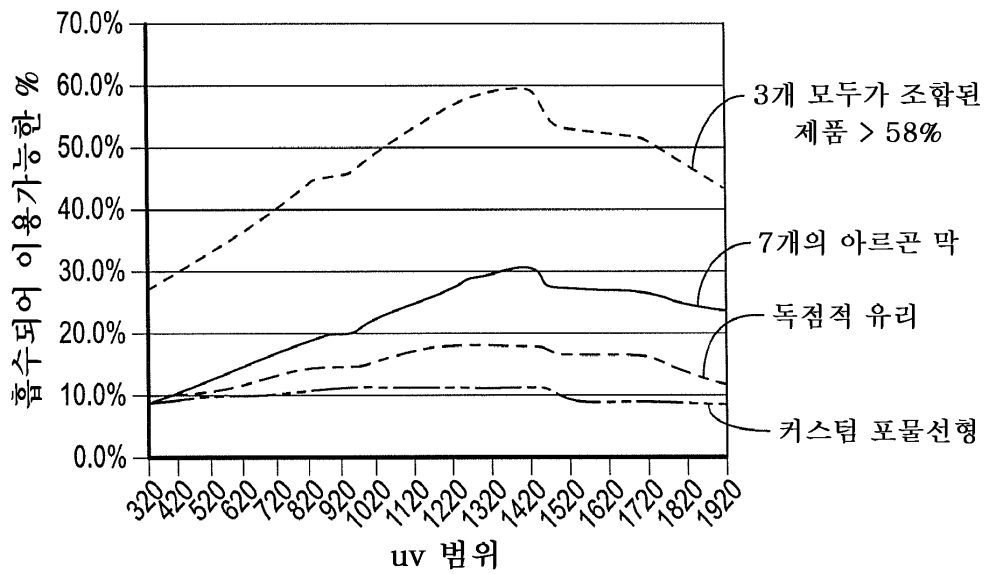


도면6c

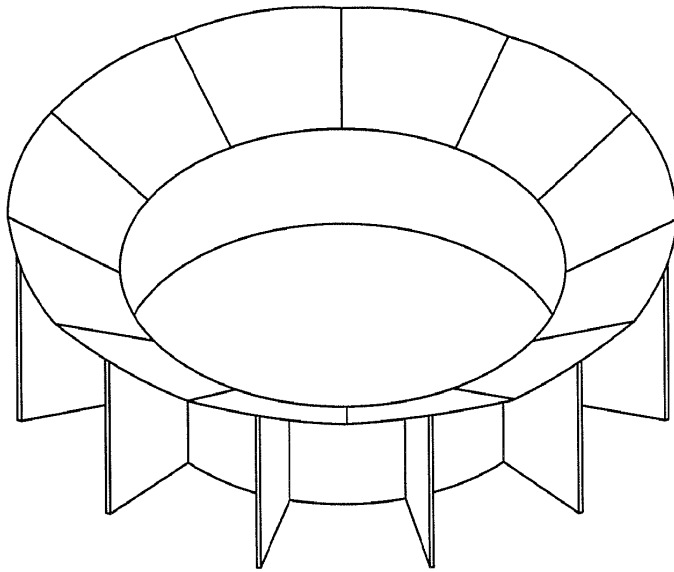


도면7

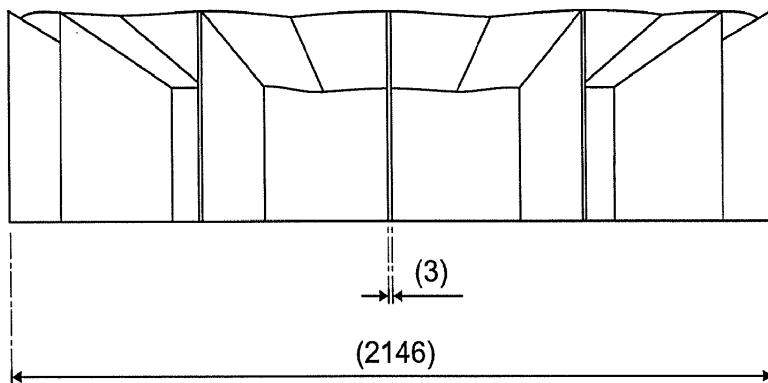
막, 유리 및 반사체 베이스의 조합을 이용하는
EM-CS 모듈의 58.9% 효율



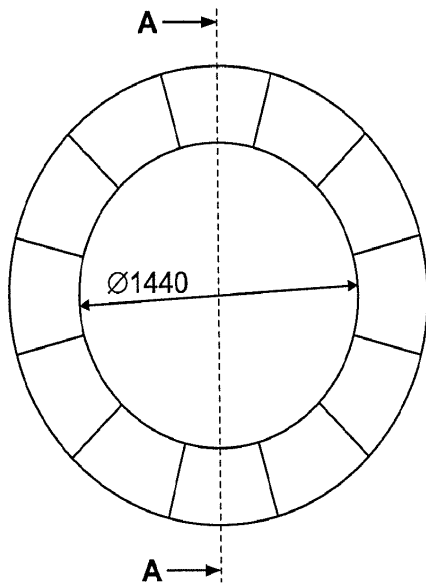
도면8a



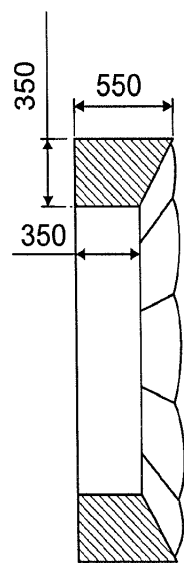
도면8b



도면8c



도면8d



A-A 단면

도면9

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} + t$$

$$x' = x/z$$

$$y' = y/z$$

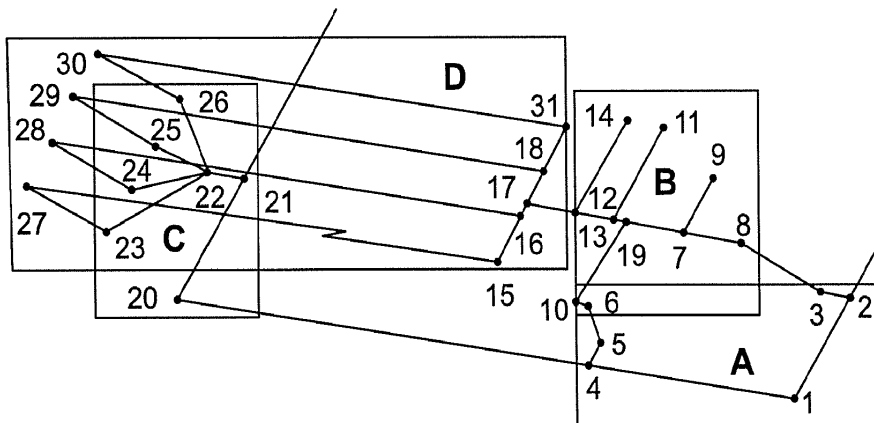
$$x'' = x' \frac{1+k_1r^2+k_2r^4+k_3r^6}{1+k_4r^2+k_5r^4+k_6r^6} + 2p_1x'y' + p_2(r^2+2x'^2)$$

$$y'' = y' \frac{1+k_1r^2+k_2r^4+k_3r^6}{1+k_4r^2+k_5r^4+k_6r^6} + p_1(r^2+2y'^2) + 2p_2x'y'$$

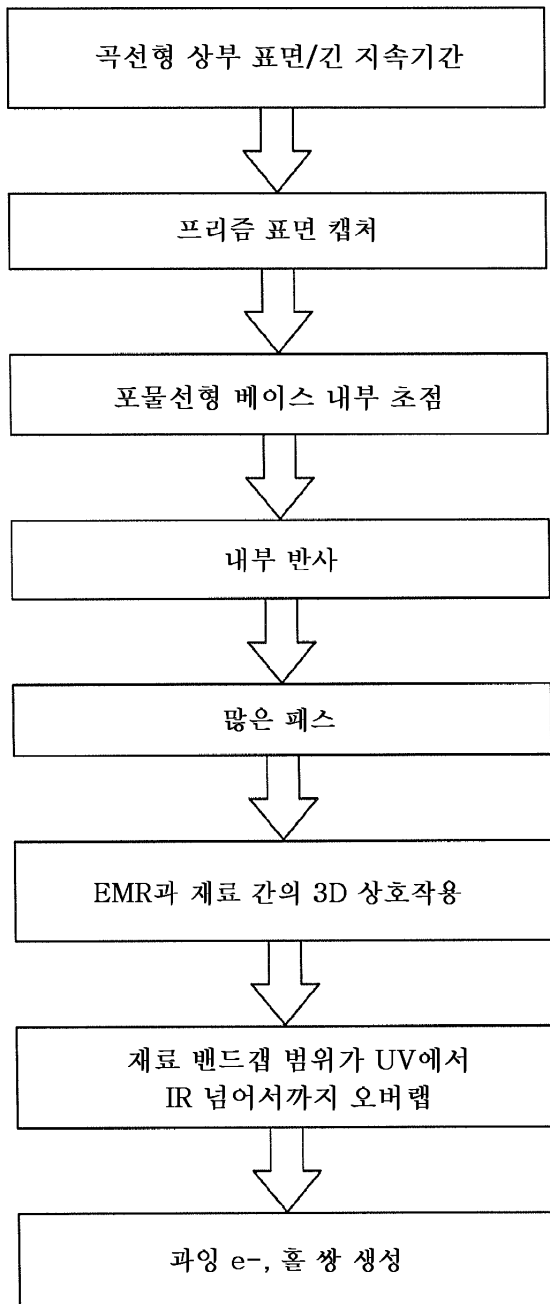
$$\text{여기서 } r^2 = x'^2 + y'^2$$

$$u = f_x * x'' + c_x$$

$$v = f_y * y'' + c_y$$



도면10



도면11

