

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0035126

(43) 공개일자 2020년04월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C12M 1/00 (2006.01) C12M 1/34 (2006.01)

C12M 3/00 (2006.01) C12N 1/12 (2006.01)

C12N 1/20 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C12M 21/02 (2013.01)

C12M 23/02 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-7006650

(22) 출원일자(국제) 2018년08월08일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2020년03월06일

(86) 국제출원번호 PCT/US2018/045842

(87) 국제공개번호 WO 2019/032725

국제공개일자 2019년02월14일

(30) 우선권주장

62/542,544 2017년08월08일 미국(US)

(71) 출원인

포어라이트, 인크.

미국 02141 매사추세츠주 케임브리지 케임브리지 스트리트 501

(72) 발명자

폴린, 애덤

미국 02139 매사추세츠주 케임브리지 브로드웨이 210 스위트 201 엔취아이엔 워크플레이스 내

도팻, 줄리

미국 02139 매사추세츠주 케임브리지 브로드웨이 210 스위트 201 엔취아이엔 워크플레이스 내

(74) 대리인

양영준, 김영

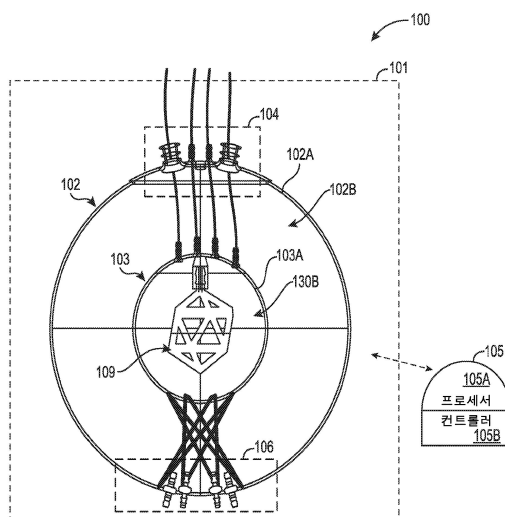
전체 청구항 수 : 총 59 항

(54) 발명의 명칭 바이오매스로의 전기 및 비료의 변환을 위한 광합성 생물 반응기

(57) 요약

광합성 유기체의 배양 및/또는 증식을 위한 광 생물 반응기 및 관련 시스템들/방법들이 본원에 개시된다. 광 생물 반응기는 (1) 내부 용기 체적을 정의하는 벽을 갖는 실질적으로 구형 용기; (2) 전기 에너지를 전자기 방사선으로 변환하는 수중 잠수식 시스템; (3) 수중 잠수식 시스템의 안팎으로 열 분산액을 순환시키는 온도 관리 시스템; 및 (4) 프로세서 및 컨트롤러를 포함하는 광 생물 반응기 제어 시스템을 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C12M 23/20 (2013.01)

C12M 23/44 (2013.01)

C12M 31/10 (2013.01)

C12M 41/12 (2013.01)

C12N 1/12 (2019.02)

C12N 1/20 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

광합성 유기체의 배양 및/또는 증식을 위한 광 생물 반응기에 있어서,

- a. 내부 용기 체적을 정의하는 벽을 갖는 실질적으로 구형 용기;
- b. 전기 에너지를 전자기 방사선으로 변환하는 수중 잠수식 시스템;
- c. 상기 수중 잠수식 시스템 안팎으로 열 분산액을 순환시키는 온도 관리 시스템; 및
- d. 프로세서 및 컨트롤러를 포함하는 광 생물 반응기 제어 시스템을 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 광 생물 반응기 제어 시스템과 동작 가능하게 통신하는 하나 이상의 센서들을 더 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 하나 이상의 센서들은 온도 센서, 가스 센서, 산성 또는 pH 센서, 단백질 분화 검출기 (protein differentiation detector), 분광 광도계(spectrophotometer) 또는 사이토미터(cytometer)를 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 4

제2항에 있어서, 상기 하나 이상의 센서들 중 적어도 하나는 상기 광 생물 반응기의 반응기 하우징 또는 구조체에 통합되는, 광 생물 반응기.

청구항 5

제4항에 있어서, 적층 제조가 상기 하나 이상의 센서들 중 적어도 하나를 상기 반응기 하우징 또는 구조체에 통합하는데 사용되는, 광 생물 반응기.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 광 생물 반응기 제어 시스템은 상기 수중 잠수식 시스템을 관리하도록 구성되는, 광 생물 반응기.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 수중 잠수식 시스템은 실질적으로 광원 조작을 통해 관리되는, 광 생물 반응기.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 광원 조작은 펄스 폭 변조를 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 9

제1항에 있어서, 하나 이상의 전원 공급 장치들을 더 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 하나 이상의 전원 공급 장치들 중 적어도 하나는 상기 내부 용기 체적 내에 위치되는, 광 생물 반응기.

청구항 11

제9항에 있어서, 상기 하나 이상의 전원 공급 장치들 중 적어도 하나는 상기 수중 잠수식 시스템 내에 위치되는, 광 생물 반응기.

청구항 12

제9항에 있어서, 상기 하나 이상의 전원 공급 장치들 중 적어도 하나는 하드 와이어드(hard-wired) 또는 무선 연결부를 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 하드 와이어드 또는 무선 연결부는 적층 제조를 통해 상기 광 생물 반응기의 상기 반응기 하우징 또는 구조체에 통합된 전도성 물질을 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 14

제1항에 있어서, 상기 실질적으로 구형 용기의 안팎으로 유체, 폐기물 또는 영양분들을 조작, 추출 또는 순환시키는 순환 시스템을 더 포함하며, 상기 순환 시스템은 상기 광 생물 반응기 제어 시스템과 동작 가능하게 통신되는, 광 생물 반응기.

청구항 15

제1항에 있어서, 상기 실질적으로 구형 용기로의 가스들의 추가 또는 분산을 위한 환기 시스템을 더 포함하며, 상기 환기 시스템은 하나 이상의 가스 확산 장치들을 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 하나 이상의 가스 확산 장치들 중 적어도 하나는 실질적으로 링형(ring-shaped) 또는 디스크형(disc-shaped)인, 광 생물 반응기.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 환기 시스템은 상기 내부 용기 체적 내의 상이한 높이들에 위치된 둘 이상의 링형 또는 디스크형 가스 확산 장치들을 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 18

제15항에 있어서, 상기 하나 이상의 가스 확산 장치들 중 적어도 하나는 실질적으로 원통형 또는 구형인, 광 생물 반응기.

청구항 19

제15항에 있어서, 상기 환기 시스템은 하나 이상의 링들 또는 디스크들을 형성하기 위해 상기 내부 용기 체적 내에 실질적으로 원형 형태로 배열된 복수의 가스 확산 장치들을 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 20

제19항에 있어서, 상기 복수의 가스 확산 장치들 중 적어도 둘은 상기 내부 용기 체적 내의 상이한 위치들에 위치되는, 광 생물 반응기.

청구항 21

제15항에 있어서, 상기 하나 이상의 가스 확산 장치들 중 적어도 하나는 상기 광 생물 반응기의 상기 반응기 하우징 또는 구조체에 통합되는, 광 생물 반응기.

청구항 22

제21항에 있어서, 적층 제조가 상기 하나 이상의 가스 확산 장치들 중 적어도 하나를 상기 반응기 하우징 또는 구조체에 통합하는데 사용되는, 광 생물 반응기.

청구항 23

제1항에 있어서, 상기 내부 용기 체적을 정의하는 상기 벽은 내부 층 및 외부 층을 가지는 이중 벽을 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 24

제23항에 있어서, 상기 내부 층은 다공성 또는 반투과성인, 광 생물 반응기.

청구항 25

제24항에 있어서, 상기 내부 층의 다공성 또는 투과성은 가변적인, 광 생물 반응기.

청구항 26

제25항에 있어서, 상기 내부 층의 상기 다공성 또는 투과성은 상기 광 생물 반응기 제어 시스템으로부터의 신호에 응답하여 또는 온도, pH 또는 특정 유형들 또는 파장들 또는 방사선과 같은 환경 조건들에 응답하여 달라지는, 광 생물 반응기.

청구항 27

제1항에 있어서, 상기 수중 잠수식 시스템은 내부 공간을 정의하는 내벽을 갖는 구형 또는 실질적으로 구형 내부 용기를 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 28

제27항에 있어서, 상기 구형 또는 실질적으로 내부 용기는 토러스형(torus-shaped)인, 광 생물 반응기.

청구항 29

제1항에 있어서, 상기 전자기 방사선의 조작을 가능하게 하고/하거나 상기 전자기 방사선의 동작에 영향을 주는 속성들을 갖는 물질들 또는 메타 물질들을 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 30

제29항에 있어서, 상기 물질들 또는 메타 물질들은 반사성 또는 굴절성 표면 코팅들을 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 31

제29항에 있어서, 상기 물질들 또는 메타 물질들은 본질적으로 반사성 또는 굴절성 물질들을 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 32

제1항에 있어서, 소수성, 초소수성, 친수성 또는 소수성 속성들을 갖는 하나 이상의 표면들을 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 33

제32항에 있어서, 상기 속성들은 고분해능 적층 제조를 통해 실질적으로 달성되는, 광 생물 반응기.

청구항 34

제33항에 있어서, 상기 반응기 하우징 및/또는 구조체는 예들 들어, 바인더 분사, 지향성 에너지 증착, 재료 압출, 재료 분사, 파우더 베드 융합, 시트 적층 또는 베트(vat) 광중합을 포함하는 적층 제조 공정들을 사용하여 제조되는, 광 생물 반응기.

청구항 35

제34항에 있어서, 상기 반응기 하우징 및/또는 구조체는 적층 제조 공정들을 사용하여 조립된 둘 이상의 물질들을 포함하여, 상기 둘 이상의 물질들이 상기 적층 제조 공정 동안 수밀(watertight) 또는 실질적으로 수밀 배리어를 형성하도록 융합하는, 광 생물 반응기.

청구항 36

제34항에 있어서, 하나 이상의 유입구들, 배출구들, 펌프들, 밸브들, 모터들 또는 팬들이 실질적으로 상기 반응기 하우징 또는 구조체에 통합되는, 광 생물 반응기.

청구항 37

제34항에 있어서, 전력, 데이터 또는 제어 경로들이 실질적으로 상기 반응기 하우징 또는 구조체에 통합되는, 광 생물 반응기.

청구항 38

제34항에 있어서, 상기 반응기 하우징 및/또는 구조체는 폴리머 공급 원료 및 실리카 입자들을 포함하며, 상기 폴리머 공급 원료 및 실리카 입자들은 미생물의 실리카 나노입자들 또는 생물기원 실리카 잔여물들을 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 39

제1항에 있어서, 전기 에너지를 전자기 방사선으로 변환하는 것은 하나 이상의 조명원들을 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 40

제39항에 있어서, 상기 하나 이상의 조명원들은 하나 이상의 발광 다이오드(LED)들, 및/또는 하나 이상의 유기 발광 다이오드(OLED)들을 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 41

제39항에 있어서, 상기 하나 이상의 조명원들은 가시 스펙트럼 내의 방사선의 소스들을 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 42

제39항에 있어서, 상기 하나 이상의 조명원들은 가시 스펙트럼 밖의 방사선의 소스들을 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 43

제1항에 있어서, 상기 온도는 실질적으로 광원 조작을 통해 관리되는, 광 생물 반응기.

청구항 44

제1항에 있어서, 상기 온도 관리 시스템은 상기 광 생물 반응기 제어 시스템과 동작 가능하게 통신하는, 광 생물 반응기.

청구항 45

제44항에 있어서, 상기 온도 관리 시스템은 하나 이상의 모터들, 펌프들, 밸브들 또는 팬들을 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 46

제1항에 있어서, 하나 이상의 세정 유닛들을 더 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 47

제1항에 있어서, 하나 이상의 추가 광 생물 반응기들에 대한 물리적 연결부를 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 48

제47항에 있어서, 상기 물리적 연결부는 강성 랙(rack) 또는 스캐폴딩(scaffolding)을 포함하는, 광 생물 반응

기.

청구항 49

제47항에 있어서, 상기 물리적 연결부는 기존 구조체를 포함하며, 상기 기존 구조체는 사일로(silo)를 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 50

제47항에 있어서, 상기 물리적 연결부는 하나 이상의 도관들, 튜브들 또는 파이프들을 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 51

제47항에 있어서, 상기 광 생물 반응기 제어 시스템은 연결된 광 생물 반응기들 사이의 가스 또는 액체의 흐름을 관리하도록 구성되는, 광 생물 반응기.

청구항 52

제1항에 있어서, 중심 컬럼, 파이프, 튜브, 스캐폴드 또는 유사 폴(pole)에 대한 연결부를 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 53

제52항에 있어서, 상기 중심 컬럼은 하나 이상의 추가 광 생물 반응기들에 대한 연결부들을 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 54

제52항에 있어서, 상기 중심 컬럼은 복수의 광 생물 반응기들이 둘레에 배열되는 중심 축을 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 55

제1항에 있어서, 상기 광 생물 반응기 제어 시스템은 상기 하나 이상의 추가 광 생물 반응기들의 추가 광 생물 반응기 제어 시스템 또는 시스템들과 동작 가능하게 통신되는, 광 생물 반응기.

청구항 56

제55항에 있어서, 하나 이상의 추가 광 생물 반응기들과 동작 가능하게 통신되는 중앙 제어 시스템에 대한 연결부를 더 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 57

제56항에 있어서, 하나 이상의 센서들과 동작 가능하게 통신하는 하나 이상의 저전력 컴퓨터들을 더 포함하는, 광 생물 반응기.

청구항 58

제57항에 있어서, 상기 저전력 컴퓨터들은 하나 이상의 연결된 광 생물 반응기들로부터의 데이터에 응답하여 관련 광 생물 반응기의 주어진 기능을 제어하도록 구성되는, 광 생물 반응기.

청구항 59

제57항에 있어서, 상기 중앙 제어 시스템은 실질적으로 위치 또는 동작 결정 인공 지능 구조에 기반하여 동작하도록 구성되며, 상기 구조는 플록킹(flocking) 알고리즘과 같은 멀티-휴리스틱(multi-heuristic) 알고리즘인, 광 생물 반응기.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 관련 출원들에 대한 상호 참조

[0002] 본 출원은 2017년 8월 8일자로 출원된 미국 임시 출원 번호 제62/542,544호에 대한 우선권을 주장하며, 그 전체 내용은 본원에 참조로서 통합된다.

배경 기술

[0003] 광생물반응기들은 조류를 배양하는 용도로 기술되어 있으며, 일반적으로 하나 이상의 패들 휠(paddle wheel)들로 교반되고 실질적으로 또는 독점적으로 천연 광원들 또는 인공 광원을 사용하여 실질적으로 둘러싸인 유닛을 사용하는 얇은 라군(lagoon) 또는 폰드(pond)를 사용한다. 조류 연못은 계절 및 일간 기후 변화 및 오염으로 인한 조류의 생산 부진을 포함하는 문제들로 골머리를 앓고 있다. 이러한 생물 반응기들이 일반적으로 태양의 일조 광을 받도록 구성된다는 점을 고려하면, 생산성은 다른 요인들 중에서도 광주기와 계절에 따라 태양의 강도에 의해 제한된다. 인공 광 생물 반응기들은 이러한 문제들 중 일부를 극복하지만 효과적으로 확장할 수 없어 더 어려움을 겪는다. 따라서, 광합성 유기체를 보다 효과적이고 효율적으로 배양 및/또는 증식시킬 수 있는 향상된 시스템 및 방법을 갖는 것이 유리하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 개시는 광생물반응기를 사용하여 시아노박테리아(cyanobacteria) 또는 미세조류(microalgae)와 같은 광합성 또는 감광성 유기체의 배양 및/또는 전파를 위한 시스템들 및 방법들을 제공한다. 보다 구체적으로, 본 개시는 광합성 또는 감광성 유기체의 배양 및/또는 전파를 위한 광생물반응기를 제공한다. 광 생물 반응기는 그 중에서도 (1) 내부 용기 체적을 정의하는 벽을 갖는 실질적으로 구형 용기; (2) 전기 에너지를 전자기 방사선으로 변환하는 수중 잠수식 시스템; (3) 수중 잠수식 시스템 내외로 열 분산액을 순환시키는 온도 관리 시스템; 및 (4) 프로세서 및 제어기를 포함하는 광 생물 반응기 제어 시스템을 포함한다. 실질적으로 구형 용기(또는 외부 용기)의 내부 용기 체적은 광합성 유기체가 배양되는 작동 유체(working fluid)를 함유하도록 구성되며, 본원에서는 생산적 배양물(productive culture)이라고도 한다. 수중 잠수식 시스템은 내부 용기(내부 공간을 정의하는 내부 벽을 가짐)를 포함할 수 있다. 수중 잠수식 시스템은 내부 공간에 위치되고 전기 에너지를 전자기 방사선(광합성 유기체의 성장을 도울 수 있음)으로 변환하도록 구성된 광원을 포함한다. 수중 잠수식 시스템은 광 생물 반응기 제어 시스템에 결합되고 광 생물 반응기 제어 시스템에 의해 제어된다. 온도 관리 시스템은 광원의 온도가 조정 및/또는 제어될 수 있도록 내부 공간 안팎으로 열 분산액을 순환시킬 수 있다. 이러한 배열에 의해, 광 생물 반응기는 실질적으로 구형 용기 내의 환경 조건들을 제어함으로써 광합성 유기체를 효과적으로 배양 또는 증식시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0005] 상술한 개요뿐만 아니라 본 개시의 다음의 상세한 설명은 첨부 도면과 함께 읽을 때 더 잘 이해될 것이다. 본 개시는 도시된 정확한 배열들, 예시들 및 수단들로 제한되지 않는다는 것을 이해해야 한다.

도 1은 본 개시의 실시예들에 따른 구형 광 생물 반응기를 도시한다.

도 2는 본 개시의 실시예들에 따른 구형 광 생물 반응기를 도시한다.

도 3은 본 개시의 실시예들에 따른 복수의 구형 광 생물 반응기들을 갖는 시스템을 도시한다.

도 4는 본 개시의 실시예들에 따른 복수의 구형 광 생물 반응기들을 갖는 시스템의 구성을 도시한다.

도 5는 본 개시의 실시예들에 따른 복수의 구형 광 생물 반응기들을 갖는 시스템의 구성을 도시한다.

도 6은 본 개시의 실시예들에 따른 복수의 구형 광 생물 반응기들을 갖는 시스템의 구성을 도시한다.

도 7은 본 개시의 실시예들에 따른 복수의 광 생물 반응기들을 관리하는 중앙 제어 시스템을 나타내는 개략도이다.

도 8은 본 개시의 실시예들에 따른 복수의 광 생물 반응기들을 관리하는 인공 지능(AI) 방법(예를 들어, "하향식(top-down)" 접근 방법)을 사용하기 위한 제어 시스템을 나타내는 개략도이다.

도 9a 및 9b는 본 개시의 실시예들에 따른 복수의 광 생물 반응기들을 갖는 제어 시스템에 의해 수행된 "내부

피드백" 컨셉에 기초한 최적화 프로세스를 나타내는 개략도들이다.

도 10은 "내부 피드백" 최적화 프로세스 및 "하향식" AI 접근 방법 둘 다를 사용하는 복수의 광 생물 반응기들을 위한 제어 시스템을 나타내는 개략도이다.

도 11은 본 개시의 실시예들에 따른 구형 광 생물 반응기를 도시한다.

도 12는 본 개시의 실시예들에 따른 구형 광 생물 반응기를 도시한다.

도 13은 본 개시의 실시예들에 따른 이중 벽 설계를 갖는 광 생물 반응기를 도시한다.

도 14는 본 개시의 실시예들에 따른 광 생물 반응기 및 배지/화학(media/chemical) 시스템을 도시한다.

도 15는 본 개시의 실시예들에 따른 광 생물 반응기 및 하나 이상의 세정 유닛들을 도시한다.

도 16은 본 개시의 실시예들에 따른 구형 광원을 갖는 광 생물 반응기를 도시한다.

도 17은 본 개시의 실시예들에 따른 광 생물 반응기를 도시한다.

도 18은 본 개시의 실시예들에 따른 가스 확산 장치/시스템을 갖는 광 생물 반응기를 도시한다.

도 19는 본 개시의 실시예들에 따른 가스 확산 시스템(예로서 에어 스톤들을 사용함)의 다양한 구성들을 설명한다.

도 20은 본 개시의 실시예들에 따른 가스 확산 장치/시스템을 갖는 광 생물 반응기를 도시한다.

도 21은 본 개시의 실시예들에 따른 온도 관리 시스템을 갖는 광 생물 반응기를 도시한다.

도 22는 본 개시의 실시예들에 따른 온도 관리 시스템을 갖는 광 생물 반응기를 도시한다.

도 23은 본 개시의 실시예들에 따른 구형 광 생물 반응기를 도시한다.

도 24는 본 개시의 실시예들에 따른 구형 광 생물 반응기를 도시한다.

도 25는 본 개시의 실시예들에 따른 두 개의 모듈식 광 생물 반응기들을 도시한다.

도 26은 본 개시의 실시예들에 따른 모듈식 광 생물 반응기를 도시한다.

도 27은 본 개시의 실시예들에 따른 모듈식 광 생물 반응기를 도시한다.

도 28은 본 개시의 실시예들에 따른 광 생물 반응기와 관련된 전원 공급 장치를 도시한다.

도 29a는 본 개시의 실시예들에 따른 복수의 토로이드(toroid) 모듈식 광 생물 반응기들의 예시적인 고밀도 구성의 개략적인 표현을 도시한다.

도 29b는 본 개시의 실시예들에 따른 링형(ring shaped) 광 생물 반응기의 상면도이다.

도 30 및 31은 본 개시의 실시예들에 따른 광 생물 반응기에 위치된 가스 확산 장치들을 도시한다.

도 32는 본 개시의 실시예들에 따른 이중 벽 설계를 갖는 광 생물 반응기를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0006] 본 개시의 다음의 상세한 설명은 첨부 도면들과 함께 읽을 때 더 잘 이해될 것이다. 본 개시는 도시된 정확한 배열들, 예시들 및 수단들로 제한되지 않는다는 점이 이해되어야 한다. "예시적인(exemplary)"이라는 단어는 본원에서 "예, 실례 또는 예시로서 제공하는"을 의미하는데 사용된다는 것을 이해해야 한다. 본원에서 "예시적인" 것으로 설명된 임의의 실시예는 반드시 다른 실시예들보다 바람직하거나 유리한 것으로 해석될 필요는 없다.

[0007] 본 개시는 광생물반응기를 사용하여 시아노박테리아 또는 미세조류와 같은 광합성 또는 감광성 유기체의 배양 및/또는 증식을 위한 방법들 및 물질들을 제공한다. 다양한 실시예들에서, 본 발명의 광 생물 반응기는 모든 종류의 조류 및 시아노박테리아와 같은 광합성 유기체, 해초, 식물 세포와 같은 다세포 유기체들, 또는 유도된 자연 선택을 통한 주어진 환경에 실질적으로 적응된 유기체들을 포함하는 다른 자연 발생 및/또는 변형되지 않은 유기체들의 배양에 적합하다. 본원에 사용된 바와 같이, "광합성 유기체"라는 용어는 또한 각각의 당업자에게 잘 알려진 기술들에 의해 유전자 변형되거나 유전자 편집된 유기체들을 포함한다. 본원에 사용된 바와 같이, "광합성 유기체"라는 용어는 당업자에게 잘 알려진 기술들을 사용하여 합성적으로 조립된 유기체들을 더 포함한다.

다. 본원에 기재된 광합성 유기체는 그 중에서도, 지방산, 피코빌리프로테인(phycobiliprotein), 바이오 연료 및 다른 가솔린 대체물 등과 같은 화합물들 또는 생체 분자들을 생성하는 것으로 알려진 것들을 포함한다. 본원에 사용된 바와 같이, "광합성 유기체"라는 용어는 특정 유형의 박테리아 및 식물 세포와 같은 광합성 이외의 방식 또는 광합성에 부가하여 광 자극에 반응하여, 광 자극을 추가 제어 방법으로서 사용할 수 있게 하는 광합성 유기체들을 더 포함한다.

[0008] 일 실시예에서, 본원에 설명된 광 생물 반응기는 내부 용기 체적("외부 용기 벽" 또는 "외벽"이라고도 함)을 정의하는 벽, 전기 에너지를 전자기 방사선(예를 들어, 일부 실시예들에서는, 그 내부의 "광원"에 의한)으로 변환하는 수중 잠수식 시스템, 내부 용기 체적의 온도를 조절하는 온도 관리 시스템, 및 내부 용기 체적 내외로 유체, 가스, 폐기물 및/또는 영양분들을 순환시키는 순환 시스템을 갖는 실질적으로 구형 용기를 포함한다. 일부 실시예들에서, 전기 에너지를 전자기 방사선으로 변환하는 수중 잠수식 시스템은 내부 용기 내부 체적 또는 내부 공간을 정의하는 실질적으로 구형 벽(본원에서는 "내부 용기 벽" 또는 "내벽"이라고도 함)을 포함한다. 일부 실시예들에서, 본원에 설명된 광 생물 반응기는 하우스징, 내부 구조, 외부 구조, 또는 이들의 조합을 포함하며, 본원에서는 총칭하여 반응기 하우스징 및/또는 구조로 지칭된다.

[0009] 도 1은 본 개시의 실시예들에 따른 광 생물 반응기(100)를 도시한다. 도시된 바와 같이, 광 생물 반응기(100)는 실질적으로 구형 또는 구형 용기(102), 수중 잠수식 시스템(103), 온도 또는 열 관리 시스템(104), 광 생물 반응기 제어 시스템(105) 및 순환 시스템 (106)을 포함한다. 광반응기 제어 시스템(105)은 (1) 광 생물 반응기(100)의 다른 구성 요소들에 관한 인스트럭션들을 처리하도록 구성된 프로세서(105A) 및 (2) 광 생물 반응기(100)의 다른 구성 요소들과 통신하거나 제어하도록 구성된 컨트롤러(105B)를 포함한다. 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기 제어 시스템(105)은 유선 또는 무선 연결을 통해 다른 구성 요소들과 통신할 수 있다.

[0010] 구형 용기(102)는 내부 용기 체적(102B)을 정의하는 벽(또는 외벽)(102A)을 포함한다. 수중 잠수식 시스템(103)은 내부 공간(103B)을 정의하는 내부 용기 벽(103A)을 포함한다. 도시된 바와 같이, 광원(109)은 내부 공간(103B)에 위치된다. 도 1에 예시된 실시예들에서, 광원(109)은 내부 벽(103A)보다 더 작게 사이징된다. 그러나, 다른 실시예들에서, 광원(109)은 상이한 크기 및 형태를 가질 수 있다. 예를 들어, 광원(109)은 표면 광원, 라인 광원 및/또는 점 광원일 수 있다. 용기 벽들(예를 들어, 엘리먼트들(102A, 103A))은 리칭(leaching)에 내성이 있고, 내열 및 내부식성이며, 적당한 가압을 견딜 수 있는 다양한 물질들로 구성될 수 있다. 적절한 물질들로는, 제한하는 것은 아니나, 플라스틱(예컨대, 고밀도 폴리에틸렌, 저밀도 폴리에틸렌, 폴리프로필렌), 스테인리스 스틸, 유리, 탄소 섬유, 실리카 복합재, 봉구산업, 세라믹 및/또는 바이오 플라스틱을 포함한다. 일부 실시예들에서, 용기 벽들은 이중 또는 이중 설계(예를 들어, 도 13 및 32 참조)를 가질 수 있다. 예를 들어, 벽(102A)은 (1) 하우스징(101) 쪽으로 외향으로 향하는 외부 층 및 (2) 내벽(103A) 쪽으로 내향으로 향하는 내부 층을 포함할 수 있다. 외부/내부 층은 설계 목적에 적합한 다른 특성들/코팅들/표면 처리들을 가질 수 있다. 예를 들어, 내부 층은 (벽(102)이 내부 용기 체적(102B)에 위치한 작동 유체에 의해 침식되는 것을 방지하거나 또는 벽(102) 상의 작동 유체(예컨대, 배양물)의 응집을 방지하기 위해) 방수 코팅을 가질 수 있는 반면, 외부 층은 외부로부터의 우발적, 물리적 충격으로 인한 손상을 방지하기 위해 더 강한 강성을 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 내벽(103A)은 또한 벽(102A)과 같은 이중 설계를 가질 수 있다.

[0011] 도 1에 도시된 바와 같이, 수중 잠수식 시스템(103)은 복수의 지지 구조체들 또는 스트러트(strut)들에 의해 지지될 수 있다. 지지 구조체들은 수중 잠수식 시스템(103)을 용기(102)에 결합시킨다. 일부 실시예들에서, 수중 잠수식 시스템(103) 및 용기(102)는 다른 적절한 수단에 의해 결합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 수중 잠수식 시스템(103)은 내부 용기 체적(102B) 내에 플로팅될 수 있다. 일부 실시예들에서, 전기 에너지를 전자기 방사선으로 변환하는 수중 잠수식 시스템(103)은 배리어가 내부 수중 잠수식 시스템(103)을 내부 용기 체적(102B)에 위치한 작동 유체(예컨대, 배양물)로부터 분리시킬 수 있도록 구형 또는 토로이드 배리어와 같은 실질적으로 구형 배리어에 의해 둘러싸일 수 있다. 배리어는 다양한 불활성 투명 또는 반투명 물질들 및/또는 극한 온도들에 견딜 수 있는 물질들로 구성될 수 있다. 적절한 물질들로는, 제한하는 것은 아니나, 플라스틱 및 유리를 포함한다. 배리어는 또한 광자들(예를 들어, 광자 감응성 또는 광자 응답성 물질들)의 조작을 허용하는 물질들 또는 메타 물질들로 구성될 수 있다. 예를 들어, 광자들은 렌즈화, 감쇠의 변화, 파장의 이동 등을 사용하여 조작될 수 있다. 일부 실시예들에서, 전기 에너지를 전자기 방사선으로 변환하는 복수의 수중 잠수식 시스템(103)은 내부 용기 체적 내에 위치될 수 있다.

[0012] 온도 관리 시스템(104)은 열 분산액(heat dispersal fluid) 또는 냉매를 수중 잠수식 시스템(103) 내외로 순환시키도록 구성된다. 이 배열에 의해, 온도 관리 시스템(104)은 내부 용기 체적(102B) 내의 작동 유체의 온도뿐만 아니라 광원(109)의 온도를 조정 또는 관리할 수 있다. 일부 실시예들에서, 온도 관리 시스템(104)은 광 생

물 반응기 제어 시스템(105)에 의해 제어된다. 일부 실시예들에서, 온도 관리 시스템(104)은 환경 온도, 습도, 외부 또는 주변 광의 존재 또는 정도 등과 같은 환경 조건들에 기초하여 수중 잠수식 시스템(103) 내의 온도를 조정할 수 있다. 온도 관리 시스템(104)은 열 분산액을 전달 및 수신하도록 구성된 하나 이상의 유입구들 및 하나 이상의 배출구들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 온도 관리 시스템(104)은 하나 이상의 모터들, 펌프들, 밸브들, 프로펠러들 및/또는 팬(fan)들을 포함한다. 이러한 구성 요소들은 전자 제어식 또는 열역학식(열/온도 제어식)일 수 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 모터들, 펌프들, 밸브들, 프로펠러 및/또는 팬들은 용기 벽(예컨대, 102A), 하우징 또는 광 생물 반응기(100)의 다른 구조적 구성 요소로 통합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이들 모터들, 펌프들, 밸브들, 프로펠러들 및/또는 팬들은 내벽(103A) 또는 벽(102A)으로 통합될 수 있다.

[0013] 순환 시스템(106)은 구형 용기(102) 내외로 유체, 폐기물 또는 영양분들을 조작, 추출 또는 순환시키도록 구성된다. 순환 시스템(106)은 광 생물 반응기 제어 시스템(105)과 동작 가능하게 통신한다. 일부 실시예들에서, 순환 시스템(106)은 하나 이상의 모터들, 펌프들, 밸브들, 프로펠러들 및/또는 팬들을 포함한다. 이러한 구성 요소들은 전자 제어식 또는 열역학식(열/온도 제어식)일 수 있다. 일부 실시예들에서, 이들 모터들, 펌프들, 밸브들, 프로펠러들 및/또는 팬들은 광 생물 반응기(100)의 구조적 구성 요소로 통합될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 이들 모터들, 펌프들, 밸브들, 프로펠러들 및/또는 팬들은 벽(102A) 또는 수중 잠수 시스템(103)으로 통합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 순환 시스템(106)은 순환 시스템 내 흐름을 제어하도록 구성된 스피곳(spigot)을 포함할 수 있다. 순환 시스템(106)은 내부 용기 체적(102B)에서 작동 유체를 전달 및 수용하도록 구성된 하나 이상의 유입구들 및 하나 이상의 배출구들을 포함할 수 있다.

[0014] 도 2는 본 개시의 실시예들에 따른 또 다른 광 생물 반응기(200)를 도시한다. 광 생물 반응기(200)는 광 생물 반응기(100)와 유사한 구조를 갖는다(예를 들어, 동일한 참조 번호를 갖는 구성 요소들은 동일하거나 유사한 구조적 특징 및 기능들을 갖는다). 광 생물 반응기(200)는 소수성 표면(예를 들어, 소수성 또는 방수 물질들에 의해 코팅됨)을 갖는 토로이드 형태를 가지는 수중 잠수식 시스템(103)을 포함한다. 도시된 바와 같이, 광 생물 반응기(200)는 수중 잠수식 시스템(103) 내부에 위치한 제어 시스템(205)을 갖는다. 예시된 실시예들에서, 제어 시스템(205)은 광 생물 반응기(200)의 다른 구성 요소들을 제어하고 그들과 통신할 수 있다. 이 배열에 의해, 광 생물 반응기(200)는 외부로부터의 인스트럭션들을 요구하지 않고 제어 시스템(205)에 저장된 인스트럭션들에 기초하여 동작할 수 있다. 일부 실시예들에서, 제어 시스템(205)은 마이크로프로세서(205A) 및 마이크로컨트롤러(205B)를 포함할 수 있다.

[0015] 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기(예컨대, 광 생물 반응기(100 또는 200))의 하나 이상의 구성 요소들은 예를 들어 스테레오리소그래피(stereolithography; SLA), 융합 필라멘트 제조(fused filament fabrication; FFF), 융합 증착 모델링(fused deposition modeling; FDM), 선택적 레이저 소결, 직접 금속 레이저 소결, 바인더 분사(binder jetting), 지향성 에너지 증착, 재료 압출, 재료 분사, 파우더 베드 융합, 시트 적층, 배트 광중합(vat photopolymerization), 또는 각각의 당업자에게 잘 알려진 하나 이상의 공정들 또는 기술들의 조합을 포함하는 적층 제조 공정들을 사용하여 제조될 수 있다. 적층 제조에 사용된 재료들은 다공성 또는 반투과성 물질들, 유리, 플라스틱, 바이오 플라스틱, 재생 플라스틱, 전도성 재료들 또는 적층 제조 공정들에 사용하기 위한 일반적으로 이용 가능한 다른 재료들을 포함할 수 있다. 적층 제조에 사용되는 재료들은 또한 예를 들어 셀룰로오스, 트리 수지 또는 유기체의 생체 잔여물과 같은 유기 또는 생물학적 물질들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 재료들은 실리카 나노 입자들이나 마이크로 입자들 또는 미생물의 생물기원 실리카 잔여물로서 작용하는 비교적 낮은 용점을 갖는 폴리머 공급 원료(polymer feedstock)를 포함할 수 있다. 이 예에서, 부가적으로 제조된 성분이 충분한 시간 동안 섭씨 140도보다 큰 온도에 노출될 때, 폴리머 공급 원료는 연소되고 실리카 나노 입자들은 실질적으로 유리 융합 구조를 형성하도록 융합된다. 적층 제조에 사용된 재료들은 또한 불침투성(water-impermeable) 또는 실질적으로 불침투성 배리어를 형성하도록 제조 공정 동안 융합되는 둘 이상의 재료들을 포함할 수 있다.

[0016] 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기의 하나 이상의 표면들은, 예를 들어, 바이오매스가 용기, 광원 또는 다른 광 생물 반응기 구성 요소들에 들러붙는 것을 방지하는 보조적 이점들과 함께, 예를 들어 시스템 전체에 걸쳐 마찰 계수를 감소시키고 유체 유동의 용이성을 증가시키는 소수성(hydrophobic), 초소수성(superhydrophobic), 친수성(hydrophilic) 또는 소유성(oleophobic) 속성들을 가질 수 있다. 이러한 소수성, 초소수성, 친수성 또는 소유성 속성들은 예를 들어 표면 코팅의 추가, 기계적 또는 열적 에칭, 전기 화학 공정들을 통한 처리, 고해상도 적층 제조 또는 본질적으로 소수성, 초소수성, 친수성 또는 소유성 재료들의 사용을 포함하여, 당업자에게 잘 알려진 하나 이상의 방법들을 통해 달성될 수 있다.

- [0017] 다양한 실시예들에서, 본 발명의 광 생물 반응기는 독립적으로 기능하는 하나 이상의 독립형 구성 요소들, 둘 이상의 상호 연결식 구성 요소들, 또는 상호 연결식 및 독립형 구성 요소들의 조합을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 예를 들어, 광원(들)은 외부 펌프들 및/또는 전원 공급 장치들에 연결될 수 있지만, 다른 실시예들에서 광원(들)은 독립형 기능성 구성 요소일 수 있다.
- [0018] 일부 실시예들에서, 하나 이상의 광 생물 반응기 구성 요소들은 외부 용기 벽, 내부 용기 벽, 광원 또는 다른 광 생물 반응기 구조로 통합될 수 있다. 예를 들어, 전도성 재료들은 전원을 공급하고, 전자 제어 신호를 중계하고/하거나 센서 데이터를 반환하기 위해 외부 용기 벽 또는 내부 용기 벽으로 임베디드될 수 있다. 일부 실시예들에서, 임베디드된 전도성 재료들은 전원 공급 장치에서 대규모 병렬 리던던시들을 제공하는 방식으로 상호 연결될 수 있다.
- [0019] 일부 실시예들에서, 하나 이상의 구성 요소들은 내부 용기와 외부 용기 벽 사이의 보이드(void)에 위치될 수 있다. 추가 실시예들에서, 하나 이상의 구성 요소들은 광 생물 반응기의 외부 용기 외부에 위치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 예를 들어, 하나 이상의 전원 공급 장치들은 광 생물 반응기 용기의 외부에 위치될 수 있는 반면, 일부 실시예들에서 하나 이상의 전원 공급 장치들은 내부 용기 체적 내부에 위치될 수 있다. 추가 실시예들에서, 외부 전원 공급 장치들은 하나 이상의 내부 구성 요소들로 무선 전력 전송을 제공할 수 있거나, 하나 이상의 구성 요소들은 배양물 또는 열 분산액 또는 배지로의 전력의 직접 도입을 통해 전력을 공급 받을 수 있다.
- [0020] 일부 실시예들에서, 설명된 바와 같은 광 생물 반응기는 독립형 바이오매스 생산 시스템으로서 독립적으로 기능할 수 있다. 하나 이상의 광 생물 반응기들은 또한 통상 근접하게 제어 및/또는 배열되는 복수의 개별 광 생물 반응기들로 구성된 고밀도 광 생물 반응기 어레이로 동작하도록 조합될 수 있다. 예를 들어, 2개 이상의 용기들은 외부 강성 랙(rack) 또는 비계(scaffolding)를 사용하거나, 또는 용기 자체로 구축되거나 추가 제조된 인프라스트럭처를 사용하여 조립될 수 있다. 고밀도 구성의 일 실시예에서, 둘 이상의 개별 용기들은 균일한 체적 및/또는 치수들을 갖는다. 다른 실시예에서, 둘 이상의 용기들은 다양한 체적 및/또는 치수들을 가지고 있다. 고밀도 구성은 주어진 영역에 최대 가용 공간을 활용하는 기하학적 구성으로 조립될 수 있다.
- [0021] 도 3은 본 개시의 실시예들에 따른 복수의 구형 광 생물 반응기들을 갖는 시스템(300)을 도시한다. 도시된 바와 같이, 시스템(300)은 서로에게 결합된 복수의 광 생물 반응기(301)를 포함한다. 예를 들어, 이들 광 생물 반응기들(301) 중 하나의 작동 유체는 인접한 광 생물 반응기들로 흐를 수 있다. 이들 광 생물 반응기들(301)은 바이오매스 또는 배지 처리 시스템(303)에 추가로(예를 들어, 유체 통신하여) 결합된다. 바이오매스 또는 배지 처리 시스템(303)은 복수의 광 생물 반응기들(301)에 공급 원료들을 제공하고, 생산된 바이오매스를 복수의 광 생물 반응기들로부터 수용하도록 구성된다. 시스템(300)은 복수의 광 생물 반응기들(301)을 사용함으로써 바이오매스의 대량 생산에 적합하다. 일부 실시예들에서, 복수의 광 생물 반응기들(301)은 물리적으로 서로 가까이 위치될 필요가 없으며, 유체 연통을 위해 파이프들, 채널들 등에 의해 결합될 수 있다.
- [0022] 도 4는 본 개시의 실시예들에 따른 복수의 구형 광 생물 반응기들을 갖는 시스템(400)의 구성을 도시한다. 예시된 실시예들에서, 시스템(400)은 복수의 (수직) 레벨들에 위치한 복수의 광 생물 반응기들을 가질 수 있다. 복수의 광 생물 반응기들은 다른 크기들, 형태들 또는 체적들을 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 복수의 광 생물 반응기들은 중앙 제어 시스템(405)에 의해 제어될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 광 생물 반응기들은 그 내부에 위치한 개별 컨트롤러들/프로세서들에 의해 제어될 수 있다.
- [0023] 고밀도 구성에서, 하나의 용기를 다른 용기와 연결하도록 개별 광 생물 반응기 용기들 사이에, 또는 용기 그룹들 사이에 공간이 제공될 수 있다. 일부 실시예들에서, 예를 들어, 한 용기는 배지, 가스 및/또는 공통 제어 시스템을 공유하도록 하나 이상의 인접한 용기들과 상호 연결될 수 있다. 추가 실시예들에서, 한 세트 또는 일련의 밸브들(401)은 실질적으로 미리 결정된 방식으로 하나 이상의 광 생물 반응기들 사이에서 및 유체들, 고체들 및/또는 가스들의 흐름을 지시할 수 있다. 다른 실시예들에서, 복수의 광 생물 반응기들 사이의 광 분산 및/또는 전기적 연결을 제공하도록 하나 이상의 중앙 컬럼들(402)을 위한 복수의 광 생물 반응기들 사이에 공간이 제공될 수 있다.
- [0024] 고밀도 광 생물 반응기 구성의 일부 실시예들에서, 둘 이상의 용기들이 예를 들어 사일로(silo)와 같은 기존 구조를 차지하는 방식으로 조립될 수 있다. 다른 실시예들에서, 둘 이상의 용기들은 용기를 수용하기 위한 목적으로 구축된 전용 구조물을 차지하도록, 또는 추가의 바이오매스 및 배지 처리 시스템 또는 다른 관련 장비 또는 작업들뿐만 아니라 용기들을 수용하도록 조립될 수 있다. 추가 실시예들에서, 둘 이상의 용기들은 적층 제조 공

정들을 사용하여 제 위치에서 실질적으로 제조될 수 있다.

- [0025] 도 5는 본 개시의 실시예들에 따른 복수의 구형 광 생물 반응기들을 갖는 시스템(500)의 구성을 도시한다. 도시된 바와 같이, 시스템(500)은 복수의 광 생물 반응기들을 수용하기 위한 하우징 구조(501)를 포함한다. 이러한 구성에 의해, 시스템(500)은 시스템(500)이 도시 영역들에서 구현될 수 있게 하는 고밀도 구성을 갖는다. 예를 들어, 시스템(500)은 하우징의 크롤링 공간 또는 고층 빌딩의 다른 적절한 공간들에 구현될 수 있다.
- [0026] 도 6은 본 개시의 실시예들에 따른 복수의 구형 광 생물 반응기들을 갖는 시스템(600)을 도시하는 상부 개략도이다. 시스템(600) 내 복수의 광 생물 반응기들은 원주 방향으로 위치하고 나타낸 바와 같은 방향(R)으로 회전될 수 있다. 예를 들어, 환경 조건들이 변할 때, 시스템(600)은 모든 광 생물 반응기들이 실질적으로 동일한 양의 외부 태양광 또는 주변광을 수신하는 것과 같은 목표를 달성하도록 광 생물 반응기들을 회전시킬 수 있다.
- [0027] 고밀도 배열의 또 다른 실시예에서, 복수의 개별 광 생물 반응기들 또는 고밀도 광 생물 반응기 시스템들은 중심 축 둘레에 링(ring)으로 배열될 수 있다. 추가 실시예들에서, 광 생물 반응기들의 링은 원심력을 발생시키기 위해 충분한 회전 속도로 중심 축 주위에서 회전될 수 있다. 예를 들어, 생성된 원심력은 주어진 유기체의 수명 주기에 충분한 레벨에서 반응기 용기 내에서 중력을 시뮬레이션 할 수 있다.
- [0028] 일부 실시예들에서, 본 개시에 따른 광 생물 반응기는 개시, 동작, 모니터링, 데이터 관리, 유지 보수 및 기타 집행 또는 해석 기능을 수행하는 하나 이상의 제어 시스템들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 예를 들어, 배열되는 유기체(들)에 대한 최적 환경, 타겟 최종 생성물(들), 생산 효율, 생물학적 정화(bioremediation)(예를 들어, 의 흡수), 시스템 무결성, 또는 시스템 수명을 포함하여 하나 이상의 파라미터들에 최적화될 수 있다. 둘 이상의 광 생물 반응기 제어 시스템들은 실질적으로 분산된 광 생물 반응기의 네트워크를 형성하기 위해 상호 연결될 수 있어, 개별 광 생물 반응기들, 광 생물 반응기 모듈들 및/또는 광 생물 반응기들의 완전 고밀도 어레이들의 제어를 허용한다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 제어 시스템은 그룹(예를 들어, 광 생물 반응기 어레이)에서 복수의 광 생물 반응기들을 제어할 수 있다. 제어 시스템은 외부 제어 시스템(예를 들어, 엘리먼트(405 또는 700)) 또는 복수의 광 생물 반응기들 중 하나에 위치한 내부 제어 시스템(엘리먼트(205))일 수 있다.
- [0029] 도 7은 본 개시의 실시예들에 따른 복수의 광 생물 반응기들을 관리하는 중앙 제어 시스템(700)을 나타내는 개략도이다. 도시된 바와 같이, 중앙 제어 시스템(700)은 다양한 위치들(예를 들어, 그룹들 A-N)에 위치한 복수의 광 생물 반응기 그룹들을 제어할 수 있다. 일부 실시예들에서, 동일한 그룹에 있는 광 생물 반응기들은 동일한 (또는 실질적으로 유사한) 인스트럭션 세트에 의해 동작될 수 있다.
- [0030] 실시예에서, 하나 이상의 제어 시스템들은 실질적으로 당업자에게 잘 알려진 기계 학습 접근 방법 또는 기술의 사용을 특징으로 하는 인공 지능(AI)으로 실질적으로 설계될 수 있다. 예를 들어, 하향식 AI는 개별 광 생물 반응기들 또는 모듈들을 원하는 파라미터(예컨대, 성장 속도, 제품 표현, 전체 반응기 성능)에 대해 최적화하는 솔루션, 프로세스 또는 경로가 식별될 때까지 복수의 최적화 시나리오들이 실행될 수 있는 시스템으로 사용할 수 있다. 일부 실시예들에서, AI는 상호 연결된 반응기들의 대규모 분산 네트워크를 제어하기 위해 최적화 시나리오들을 통해 획득된 정보를 사용한다. 다른 실시예들에서, AI는 예를 들어, 양자 컴퓨터 또는 인터넷 기반 리소스(들)와 같은 문제들을 분석하기 위해 제3자 시스템들의 쿼리들을 만들 수 있는 능력을 가지고 있다.
- [0031] 예를 들어, 도 8은 복수의 광 생물 반응기들(예를 들어, A1a-A4b, B1a-B4b 및 C1a-C4b)을 관리하도록 인공 지능(AI)을 사용하는 제어 시스템(801)을 나타내는 개략도이다. 제어 시스템(801)은 복수의 광 생물 반응기들을 그룹들(예를 들어, A, B 또는 C) 또는 서브 그룹들(A1, A2 또는 A3)로 분할한 다음, 대상(object)을 달성하기 위해(예를 들어, 일정 기간 동안 생산을 최대화하고, 제한된 시간에 특정 양의 바이오매스를 생산하고, 특정 품질/밀도로 바이오매스를 생산하고, 가장 낮은 외부 에너지 소비를 달성하고, 특정 속도로 바이오 매스를 생산하는 등을 하기 위해) 각 그룹 또는 서브 그룹에서 광 생물 반응기들을 조작하는 방법을 결정한다. 제어 시스템(801)은 복수의 광 생물 반응기들 각각을 동작시키는 방법을 결정하기 위해 AI 또는 기계 학습 접근 방법들을 이용할 수 있다. 일부 실시예들에서, 복수의 광 생물 반응기들은 계층에 기초하여 동작될 수 있다(예를 들어, 반응기(A1b)는 그룹 "A", 서브 그룹 "1" 및 서브 그룹 "b"에 대한 인스트럭션들을 따른다).
- [0032] 분산 광 생물 반응기 네트워크의 다른 실시예에서, 하나 이상의 제어 시스템들은, 예를 들어, 개별 광 생물 반응기들 사이의 센서 입력을 비교하는 각각의 광 생물 반응기에 소형 저전력 컴퓨터들의 배치를 특징으로 하는 분봉 방제(swarm control) 방법을 사용하여 실질적으로 설계될 수 있다. 일부 실시예들에서, 소형 저전력 컴퓨터들은 센서 자극 또는 데이터에 대한 고정된 수의 가능한 반응들을 통해 센서 입력에 응답하는 방법에 대한 즉

각적인 결정들을 내릴 수 있다. 분봉 방제 시스템은 센서를 통해 획득된 정보를 중앙 광 생물 반응기 제어 시스템으로 다시 공급할 수 있거나, 인접 광 생물 반응기들 사이의 제한된 상호 연결성을 가능하게 하거나, 또는 인접한 상호 연결성과 중앙 광 생물 반응기 제어 시스템의 조합을 허용할 수 있다. 일부 실시예들에서, 소형 저전력 컴퓨터들은 인접한 광 생물 반응기 제어 시스템들이 결정하는 것과 이러한 동작들의 결과들에 기초하여 결정을 내릴 수 있다. 예를 들어, 플록킹(flocking) 알고리즘에 의해 구동되고 최적화된 분봉 방제 방법을 사용하여, 각 시스템은 단지 인접한 이웃들 및 자체로부터 데이터에 기초하여 결정을 내린다.

[0033] 예를 들어, 도 9a 및 9b는 본 개시의 실시예들에 따른 복수의 광 생물 반응기들을 갖는 제어 시스템에 의해 수행된 "내부 피드백" 컨셉에 기초한 최적화 프로세스를 나타내는 개략도들이다. 도 9b에 도시된 바와 같이, 시스템은 각 서브 그룹에 대한 로컬 최적(예를 들어, 특정 기간에 생산을 최대화)을 결정한 다음, 그 결과를 더 높은 레벨(예를 들어, 도 9에 도시된 글로벌 레벨)로 제공할 수 있다. 시스템은 그런 다음 글로벌 최적을 결정할 수 있다. 이 배열에 의해, 시스템은 다양한 그룹 레벨들에서 다양한 목표들 또는 대상들을 달성(예를 들어, 최대 생산의 글로벌 대상 및 서브 그룹에 대한 최저 에너지 소비의 로컬 최적을 달성)하기 위해 복수의 광 생물 반응기들을 동작시킬 수 있다.

[0034] 광 생물 반응기 시스템의 일부 실시예들은 하향식 AI 및 분봉 방제의 조합으로 구성될 수 있다. 이러한 실시예들에서, 저전력 분봉 방제는 정상적인 작동을 유지하기 위해 개별 광 생물 반응기 동작들에 대한 결정들을 내릴 수 있는 반면, 하향식 AI는 특정 상황들 또는 목표들에 맞게 최적화하거나 더 광범위한 자극에 반응하기 위해 더 넓은 결정들을 내릴 수 있다.

[0035] 예를 들어, 도 10은 "내부 피드백" 최적화 프로세스 및 "하향식" AI 접근 방법 둘 다를 사용하는 복수의 광 생물 반응기들을 위한 제어 시스템(1001)을 나타내는 개략도이다. 도시된 바와 같이, 제어 시스템(1001)은 그룹 A 내에서 로컬 최적화를 수행한 다음, 하향식 접근 방법을 더 높은 레벨(예컨대, 그룹 A 및 B 둘 다에 대해)에 적용할 수 있다. 이 배열에 의해, 시스템은 다양한 목표들 또는 대상들을 달성하기 위해 복수의 광 생물 반응기들을 관리하기 위한 운영자 유연성을 제공한다.

[0036] 분산 광 생물 반응기 네트워크의 실시예에서, 하나 이상의 데이터 처리 및/또는 관리 시스템들은 데이터가 개별적으로, 그룹으로 또는 전체 플랫폼으로부터 집합될 수 있는 실질적으로 분산 광 생물 반응기 네트워크를 형성하도록 상호 연결될 수 있다. 이러한 시스템에서의 데이터 전송은 하나 이상의 광 생물 반응기들 또는 광 생물 반응기 모듈들 사이, 하나 이상의 다운 스트림 제어 시스템들 사이, 또는 광 생물 반응기와 제어 시스템들 사이에서 발생할 수 있으며, 실질적으로 하드 와이어드(hard-wired) 연결들, 실질적으로 무선 연결들 또는 하드 와이어드 및 무선 연결들의 조합을 사용할 수 있다.

[0037] 일부 실시예들에서, 하나 이상의 처리 유닛들은 들어오는(incoming) 데이터를 결합하고, 나가는(outgoing) 데이터를 관리하고, 및/또는 후단 제어 시스템들로 데이터를 전송하는 능력을 제공할 수 있다. 처리 유닛들은 광 생물 반응기 성능에 대한 자율 분석 및/또는 자율 의사 결정에 대한 능력을 더 특징으로 할 수 있다. 일부 실시예들에서, 처리 유닛들은 광원 또는 내부 용기의 구조로 통합될 수 있으며, 이는 추가적인 온도 교정 능력들을 제공할 수 있다.

[0038] 일 실시예에서, 광 생물 반응기 제어 시스템들은 하나 이상의 센서들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 센서들은 반응기 하우징 또는 구조로 통합될 수 있다. 예를 들어, 센서들은 전도성 프린팅 공급 원료의 선택적 증착과 같은 적층 제조를 사용하여 반응기 하우징으로 통합될 수 있다.

[0039] 예를 들어, 도 11은 본 개시의 실시예들에 따른 구형 광 생물 반응기(1100)를 도시한다. 예시된 실시예들에서, 광 생물 반응기(1100)는 외부 용기(102), 내부 수중 잠수식 시스템(103) 및 제어 시스템(105)을 포함한다. 광 생물 반응기(1100)는 외부 용기의 내부 표면에 위치된 광원(1101)을 포함한다. 광도계 센서(photometer sensor)(1109)는 (광도계 센서(1109)는 그 내부의 유체의 상태가 결정되거나 측정될 수 있도록 외부 용기를 통과되는 광을 측정할 수 있도록) 광원(1101)과 대향되는 외부 용기의 내부 표면 상에 위치될 수 있다; 그런 다음, 상기 상태는 유선 연결을 통해 제어 시스템(105)으로 전송될 수 있다. 일부 실시예들에서, 광도계 센서(1110)는 외부 용기로 통합될 수 있다. 또한 도시된 바와 같이, 안테나(1105)가 외부 용기의 내부 표면에 부착될 수 있다. 일부 실시예들에서, 안테나(1106)는 외부 용기(의 벽)에 임베디드될 수 있다 (그리고 유선 연결을 통해 제어 시스템(105)과 통신한다). 음향 센서(1108)는 외부 용기의 내부 표면 상에 위치될 수 있으며, 외부 용기 내의 작동 유체의 상태를 측정하도록 구성될 수 있다(상태는 유/무선 연결을 통해 제어 시스템(105)으로 전송될 수 있다). 초음파 센서는 외부 용기 내의 작동 유체에 플로팅될 수 있으며, 외부 용기 내의 작동 유체의 상태를 측정하도록 구성될 수 있다(상태는 무선 연결을 통해 제어 시스템(105)으로 전송될 수 있다). 도 11에

도시된 바와 같이, 마이크로프로세서(1103)는 내부 수중 잠수식 시스템에 부착되거나 위치될 수 있으며, 생물 반응기(1100)를 제어하도록 구성될 수 있다.

[0040] 일부 실시예들에서, 센서로부터 수집된 데이터는 배양물 또는 배양 배지 자체의 성분들의 유형, 양 및/또는 밀도를 결정하는데 사용될 수 있다. 예를 들어, 광원이 용기의 일측으로부터 배양물을 가로질러 용기의 다른 측으로의 센서들의 방향으로 고정된 수의 광자들을 보낼 수 있도록, 하나 이상의 센서들이 용기의 반대쪽에 제어된 광원과 함께 용기의 일측에 위치될 수 있다. 추가 실시예에서, 하나 이상의 센서들은 용기의 일측으로부터 다른 측으로 배양물을 가로지르는 광자들의 수를 검출할 수 있다. 다른 실시예에서, 하나 이상의 센서들은 배양물에 매달려 있는 유기체(들)의 형광 반응을 검출할 수 있다. 다른 실시예에서, 하나 이상의 센서들은 총 단백질로부터 반응성 단백질을 구별할 수 있다.

[0041] 일부 실시예들에서, 센서들로부터 수집된 데이터는 예를 들어, 독소 스크리닝, 액체 크로마토그래피, 질량 분석, 생체 내 또는 생체 외 생물검정, 실시간 정량적 중합 효소 연쇄 반응(qPCR) 및 기타 분자 프로빙 기술들, 또는 유사한 화학적 또는 생물학적 센서들과 같은 해로운 해조류(HAB)들을 검출할 수 있는 능력을 갖는, 하나 이상의 시스템들, 즉 예를 들어 광 생물 반응기 제어 시스템에 의해 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 센서들로부터 수집된 데이터는 배양물의 성장 및 건강, 광합성 침입자들의 존재 및/또는 세포 용해(cell lysis)의 존재를 유추하는데 사용될 수 있다. 추가 실시예들에서, 센서들로부터 수집된 데이터는 광 성능의 특정치를 유추하는데 사용될 수 있다.

[0042] 일 실시예에서, 본원에 개시된 광 생물 반응기는 시간에 따른 예상 성능과 비교하여 방출된 실제 양의 광자들을 검출하는 능력을 특징으로 하는 통합 광도계를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 통합 광도계는 둘 이상의 지점들 사이의 차이가 반응기 성능의 측정치들을 유추하는데 사용될 수 있도록 둘 이상의 검출 지점들을 포함한다. 예를 들어, 둘 이상의 지점들에서의 물리적 기류 측정치들 간의 차이는 혼합 및 자연 대류를 위해 시스템에 추가된 에너지를 추론하는데 사용되거나; 둘 이상의 지점들에서 흡수 측정치들의 차이는 유기체 성장물을 유추하는데 사용되거나; 둘 이상의 지점들에서 흡수 측정치들의 차이는 유기체 성장물을 유추하는데 사용될 수 있다.

[0043] 일 실시예에서, 본원에 개시된 광 생물 반응기는 하나 이상의 안테나들의 사용을 특징으로 하는 레이더 감지 및/또는 자기장 검출 기술을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 레이더 시스템은 또한 하나 이상의 트랜스미터들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 안테나(들)은 반은기 하우징의 벽에 임베디드될 수 있다. 일부 실시예들에서, 안테나(들)에 의해 수집된 데이터는 예를 들어, 세포 성장, 단백질 함량, 탄수화물 함량, 감염 또는 오염 물질의 존재, 총 용해된 고형물들, 유체 흐름 또는 시스템 무결성을 유추하는데 사용될 수 있다. 다른 실시예들에서, 감지 또는 검출을 위한 방법은 특정 전송 주파수들의 사용을 특징으로 할 수 있다. 다른 실시예에서, 감지 또는 검출 방법은 둘 이상의 주파수들에서 형성하는 파형의 변형을 특징으로 할 수 있다. 다른 실시예에서, 감지 또는 검출 방법은 반응기의 X, Y 및 Z 극에서 송신 지점과 수신 지점 사이의 신호 편향을 사용하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0044] 하나 이상의 광 생물 반응기 제어 시스템들은 전기 에너지를 전자기 방사선 또는 내부 용기의 내부 체적으로 변환하는 수중 잠수식 시스템으로부터 데이터를 수집하기 위한 하나 이상의 센서들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 마이크로프로세서들 및 다른 대응되는 전자장치들은 내부 용기 체적에 위치되거나 연결될 수 있다. 일 실시예에서, 하나 이상의 마이크로프로세서들 및 대응되는 전자장치들은 하나 이상의 광원들의 개별 제어를 제공할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 하나 이상의 프로세서들은 시스템 모니터링을 제어할 수 있다.

[0045] 하나 이상의 광 생물 반응기 제어 시스템들은 질소 함량, 인 함량, 포타슘 함량, 가스 조성물(예를 들어, 용해된 O_2 , 용해된), 당의 존재 또는 폐기물의 존재를 측정하기 위해 예를 들어 프로브들(예를 들어, 화학 물질 또는 가스), 센서들(예를 들어 온도, 광, 압력, 유량, 소리 등), 전도성 테스트 또는 임베디드된 분광측광법의 사용을 특징으로 하는 배양물 모니터링 기능을 수행할 수 있다. 예를 들어, 배양물 제어 시스템 또는 시스템들은 배양 온도, 내부 용기 체적 온도, 가스 유량, 액체 유량 및/또는 액체 레벨들을 모니터링할 수 있다. 일부 실시예들에서, 배양물 제어 시스템(들)은 음향 및/또는 초음파 감지 구성 요소들을 포함할 수 있다.

[0046] 다양한 실시예들에서, 본원에 개시된 광 생물 반응기는 하나 이상의 배양물 추출 및/또는 조작 시스템들을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 광 생물 반응기는 하비스트(harvest) 전 배양물의 농축 및 초기 탈수를 위한 시스템을 포함한다. 일부 실시예들에서, 배양물 추출 및/또는 조작 시스템(들)은 예를 들어 고갈된 배지 및 배양물이 배양 밀도에 영향을 미치지 않으면서 제거될 수 있게 하고/하거나, 배양 밀도에 영향을 미치지 않으면서 배

지 추가를 허용함으로써 정상 상태 연속 생산을 허용할 수 있다.

- [0047] 배양물 추출 및/또는 조작 시스템(들)은 하나 이상의 전기 또는 전자 모터들, 펌프들, 도관 및 밸브들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 배양물 추출 및/또는 조작 시스템(들)은 전자 제어식 밸브들의 사용을 특징으로 할 수 있다. 다른 실시예들에서, 하나 이상의 밸브들은 밸브들이 성숙한 배양물 및/또는 영양분 고갈 배지의 제거를 용이하게 하는데 사용될 수 있도록 유입구 및 배출구를 포함하는 수집 스피곳에 연결될 수 있다.
- [0048] 예를 들어, 도 12는 본 개시의 실시예들에 따른 구형 광 생물 반응기(1200)를 도시한다. 도 12에 도시된 바와 같이, 광 생물 반응기(1200)는 외부 용기(102), 내부 수중 잠수식 광원(103) 및 제어 시스템(105)을 포함한다. 광 생물 반응기(1100)는 외부 용기(102)의 다양한 위치들에 위치한 복수의 분산된 포지티브/네가티브 도체들(1201)을 포함한다. 도체들(1201)은 작업자가 외부 용기(102) 내의 작동 유체를 조작할 수 있도록 상이한 전하들을 수용하도록 구성된다. 예를 들어, 작업자는 하나 이상의 도체들(1201)에 전하들을 인가함으로써 작동 유체의 흐름을 생성/변경할 수 있다. 또한 도시된 바와 같이, 펌프(1203)는 수중 잠수식 광원(103)으로 통합될 수 있다. 또 다른 펌프(1205)는 외부 용기(102)로 통합되거나 임베디드될 수 있다. 수집 스피곳(1207)은 외부 용기(102)로 통합되거나 임베디드될 수 있으며, 작업자가 외부 용기(102) 내의 작동 유체를 수집하게 할 수 있도록 구성된다. 추가로, 광 생물 반응기(1200)는 작동 유체를 전달하도록 구성된 복수의 유입구들 및 배출구들을 포함할 수 있다.
- [0049] 일부 실시예들에서, 실질적으로 구형 용기 벽은 이중 벽 구성을 가지는 내부 벽 및 외부 벽을 포함할 수 있다. 이러한 일 실시예에서, 외벽은 수밀(watertight) 또는 불침투성 벽을 포함할 수 있는 반면, 내벽은 다공성 또는 반투과성 벽일 수 있다. 일 실시예에서, 외벽과 내벽 사이에 보이드(void)가 존재한다. 내벽은 다공성 또는 반투과성 재료들을 사용하는 적층 제조 공정을 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 13은 본 개시의 실시예들에 따른 이중 벽 설계를 갖는 광 생물 반응기(1300)를 도시한다. 광 생물 반응기(1300)는 외부 용기(102) 및 내부 수중 잠수식 토로이드 광원(103)을 포함한다. 광 생물 반응기(1300)는 외부 용기(102)의 다양한 위치들에 위치한 복수의 분산된 전자석들(1301)을 포함한다. 전자석들(1301)은 외부 용기(102) 내의 작동 유체를 조작하도록 구성된다. 또한 도시된 바와 같이, 펌프(1307)는 수중 잠수식 토로이드 광원(103)으로 통합될 수 있다. 외부 용기(102)는 외벽(1302A) 및 내벽(1302B)을 포함한다. 외벽과 내벽 사이에는 외부 용기(102)에 절연을 제공하도록 구성된 보이드(1303)가 있다. 일부 실시예들에서, 외벽은 수밀 구조/층일 수 있으며, 내벽은 반투과성 구조/층일 수 있다.
- [0050] 일부 실시예들에서, 배양물 조작/추출 시스템(들)은 배양물로의 전기 도입을 허용할 수 있다. 예를 들어, 전기 는 실질적으로 분산형 포지티브 및 네가티브 도체들(애노드/캐소드)의 시스템을 사용하여, 분산형 전자석 시스템을 사용하여 또는 무선 전력 전송 시스템을 사용하여 도입될 수 있다.
- [0051] 일부 실시예들에서, 배양물 조작/추출 시스템(들)은 믹싱 시스템을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 이러한 믹싱 시스템은 가스 도입과 관계없이 배양물 혼합 또는 교반을 제공한다. 일부 실시예들에서, 배양물 믹싱 시스템(들)은 광범위한 유입구들의 분포 및/또는 광범위한 배출구들의 분포를 포함한다. 일부 실시예들에서, 배양물 믹싱 시스템(들)은 하나 이상의 펌프들을 포함할 수 있으며, 하나 이상의 펌프들은 용기 벽으로 임베디드된다. 일 실시예에서, 하나 이상의 펌프들은 광원으로 통합될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 하나 이상의 펌프들은 열역학적인 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 펌프들이 토로이드 광원의 내부 링으로 통합될 수 있다.
- [0052] 본원에 설명된 광 생물 반응기들은 배지 및 화학적 추가 또는 제거를 위한, 또는 배양물에 개별 성분들의 추가를 위한 하나 이상의 시스템을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 배지 및/또는 화학적 추가들은 단일 도입 지점에서 발생할 수 있다. 다른 실시예들에서, 둘 이상의 도입 지점들이 사용될 수 있으며, 이는 마이크로 채널들의 네트워크 형성을 더 특징으로 할 수 있다. 추가 실시예에서, 마이크로 채널들의 네트워크는 용기 벽으로 및/또는 광원의 지지 구조체로 임베디드될 수 있다. 일부 실시예들에서, 배지 또는 화학적 추가 또는 분산의 방법은 전자적으로 제어된 밸브들의 사용에 의해 달성될 수 있다. 시스템(들)은 유입 배지의 품질 및/또는 영양분 값을 유추하기 위해 하나 이상의 감지 또는 모니터링 시스템들에 의해 제공된 데이터를 사용할 수 있다.
- [0053] 도 14는 본 개시의 실시예들에 따른 광 생물 반응기(1400) 및 배지/화학 시스템(1401)을 도시한다. 배지 시스템(1401)은 바이오매스를 생성하기 위한 재료들을 광 생물 반응기(1400)에 공급하도록 구성된다. 도시된 바와 같이, 배지 시스템(1401)은 다양한 위치들(예컨대, K1, K2 및/또는 K3)에서 광 생물 반응기(1400)과 유체 통신될 수 있다. 광 생물 반응기(1400)는 광 생물 반응기(1400)에 배지 또는 화학 물질들을 추가하기 위한 "진입점"으로 기능하도록 구성된 마이크로 채널 구성 요소(1403)를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 마이크로 채널들은 또한 배지 또는 화학 물질들의 혼합 또는 에어레이션(aeration)을 허용할 수 있다. 도시된 바와 같이, 마이

크로 채널 구성 요소(1403)는 광 생물 반응기(1400)의 다양한 위치에 위치(예를 들어, L1로 표시되는 용기 벽에 임베디드, L2로 표시되는 내부 용기 벽에 임베디드 및/또는 L3으로 표시되는 지지 구조체에 임베디드)될 수 있다.

[0054] 본원에 설명된 광 생물 반응기는 배지 멸균을 용이하게 하는 하나 이상의 시스템들을 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 배지 멸균은 자외선 또는 근자외선, 마이크로파 방사선 및/또는 열 멸균 방법들을 사용한 인-라인 조사(in-line irradiation)를 사용하여 달성될 수 있다. 다른 실시예들에서, 배지 멸균은 막(membrane) 또는 다공성 여과 방법들의 사용에 의해, 이원자(규조질의) 토양과 같은 생물학적 여과 방법들의 사용을 통해 또는 화학적 멸균 배지의 사용을 통해 달성될 수 있다.

[0055] 본원에 설명된 광 생물 반응기들은 또한 용기, 광원 또는 다른 광 생물 반응기 구성 요소들로부터 배양 및/또는 증식된 광합성 유기체들을 제거(세정)하기 위한 세정 시스템을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 세정 시스템은 전기 에너지를 전자기 방사선으로 변환하는 수중 잠수식 시스템의 내부 용기 체적 내에 또는 외부 표면 상에 장착될 수 있는 하나 이상의 세정 유닛들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 세정 시스템은 내부 용기 체적으로부터 미디어를 취입하고, 미디어를 여과시키며, 세정된 미디어를 내부 용기 체적으로 다시 방출하기 위한 흡입 구성 요소, 여과 구성 요소 및 방출 구성 요소를 갖는 장치를 포함한다. 일부 실시예들에서, 세정 유닛 또는 유닛들은 예를 들어 로봇 본체를 통해 배양물을 재순환시키는 것과 같은 흡입 및 방출 둘 다를 갖는 능력을 갖는 로봇을 포함할 수 있다. 추가 실시예들에서, 하나 이상의 세정 로봇들은 비-강체(non-rigid bodies)를 가질 수 있고/있거나 가스 동작될 수 있다. 다른 실시예에서, 세정 시스템은 하나 이상의 세정 유닛 액추에이터들을 포함할 수 있다.

[0056] 예를 들어, 도 15는 본 개시의 실시예들에 따른 광 생물 반응기(1500) 및 하나 이상의 세정 유닛들을 도시한다. 일부 실시예들에서, 세정 유닛(1501)은 광 생물 반응기(1500)의 용기 벽에 부착되거나 임베디드될 수 있다. 일부 실시예들에서, 세정 유닛은 광 생물 반응기(1500)의 용기 벽에 부착되거나 임베디드될 수 있는 세정 액추에이터(1503)를 포함한다. 일부 실시예들에서, 세정 유닛(1505)은 광 생물 반응기(1500)의 내벽에 부착되거나 임베디드될 수 있다. 일부 실시예들에서, 세정 유닛은 광 생물 반응기(1500) 내의 작동 유체에 플로팅되는 플로팅 세정 유닛(1507)일 수 있다.

[0057] 본 개시는 전기 에너지를 전자기 방사선(광원)으로 변환하는 방법을 포함하는 것으로, 전기 에너지를 전자기 방사선으로 변환하는 수중 잠수식 시스템은 전자기 방사선이 실질적으로 구형 용기 내의 실질적으로 임의의 위치로 지향되도록 실질적으로 구형일 수 있으며, 전기 에너지를 전자기 방사선으로 변환하는 수중 잠수식 시스템은 예를 들어, 광합성 유기체들이 배양 및/또는 증식되는 배양물과 같은 액체에 침지될 때 확실하게 기능할 수 있다. 일부 실시예들에서, 전기 에너지를 전자기 방사선으로 변환하는 수중 잠수식 시스템은 실질적으로 토로이드 형태를 갖는 배리어를 포함한다.

[0058] 도 16은 본 개시의 실시예들에 따른 구형 광원(1603)을 갖는 광 생물 반응기(1600)를 도시한다. 전원 공급 장치 또는 제어 장치(1601)가 구형 광원(1603)에 전기를 공급한 다음, 구형 광원(1603)이 광 생물 반응기(1600) 내부의 임의의 위치들을 향해 광을 방출할 수 있다. 구형 광원(1603)은 내부 체적을 정의하고 구형 광원(1603)의 내구성을 향상시키는 강성 스캐폴딩 구조체를 포함한다.

[0059] 일부 실시예들에서, 본원에 설명된 광원은 각각이 적어도 3개의 엽지들을 포함하고 내부 광원 체적을 정의하는 구형 또는 토로이드 형태로 배열된 복수의 회로 기관들을 포함할 수 있으며, 복수의 회로 보드들은 내부 광원 체적과 접촉하는 제1 표면 및 발광 다이오드(LED)를 포함하는 대향되는 제 2 표면을 포함한다. 일부 실시예들에서, 회로 보드들은 플렉서블 할 수 있다. 하나 이상의 플렉서블 회로 보드들 중 하나가 실질적으로 구형 광원을 형성하도록 벤딩되거나, 만곡되고/되거나 조립될 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 회로 보드들은 예를 들어, 플라스틱 스캐폴딩과 같은, 강성, 반 강성 또는 플렉서블 스캐폴딩을 사용하여 조립될 수 있다. 추가 실시예들에서, 이 스캐폴딩은 적층 제조 공정들을 사용하여 실질적으로 생산될 수 있다. 본원에 설명된 광원은 또한 하나 이상의 유기 발광 다이오드(OLED)들, 탄소 나노 튜브들, 규조류(diatom)들, 또는 전기 에너지를 전자기 방사선으로 변환할 수 있는 구성 요소들의 조합을 포함할 수 있다.

[0060] 본원에 설명된 광원은 전기 에너지를 가시 스펙트럼 내의 전자기 방사선인, 예를 들어 광합성유효방사선(photosynthetically active radiation; PAR)으로 변환하는데 사용될 수 있다. 본원에 설명된 광원은 또한 전기 에너지를 가시 스펙트럼 외부의 전자기 방사선인, 예를 들어 자외선(UV) 또는 적외선(IR) 광으로 변환하는데 사용될 수 있다. UV 또는 IR 광원을 사용하는 일부 실시예들에서, UV 또는 IR 방사선은 정상적인 PAR 스펙트럼 외부에서 광합성하도록 설계된 유기체들을 성장시키기 위해 사용될 수 있다. UV 또는 IR 광원을 사용하는 다른

실시예들에서, UV 또는 IR 방사선은 용기 내 액체 배치 또는 내부 구성 요소들을 멸균하거나 용기 내 액체 매질을 가열하는 것과 같은 살균 목적으로 사용될 수 있다.

[0061] 일부 실시예들에서, 방사선은 유기체 또는 유기체들에 의한 광자 흡수의 가능성을 증가시키도록 최적화될 수 있다. 예를 들어, 방사선 조작은 펄스 폭 변조(PWM)의 사용을 특징으로 할 수 있다. 다른 예에서, 방사선 조작은 거시적, 입자 및/또는 양자 레벨에서 광을 광원 배리어의 외부 표면으로 조작할 수 있는 능력을 갖는 물질들 또는 메타 물질들의 통합을 특징으로 할 수 있다. 다른 예에서, 방사선 조작은 예컨대, 하나 이상의 렌즈들 또는 반사기들의 통합을 통해 또는 적층 제조 물질들 및 공정들의 사용을 통해, 빛을 트위스트시킬 수 있는 능력이 있는 광학 구조체들의 사용을 특징으로 할 수 있다.

[0062] 일부 실시예들에서, 방사선 조작은 예를 들어, 반사 또는 굴절 표면 코팅들, 본질적으로 반사성 물질들, 또는 알루미늄 나노 입자들이나 양자점들과 같은 임베디드된 미립자들과 같은 배양물에 광자들을 바운스(bounce)시킬 수 있는 능력이 있는 물질들 또는 메타 물질들의 통합을 특징으로 할 수 있다. 이러한 물질들 또는 메타 물질들은 예를 들어 적층 제조 공정을 통해, 하나 이상의 생물 반응기 구성 요소들로 통합되거나 하나 이상의 배양물-대향 표면들에 적용될 수 있다. 다양한 실시예들에서, 물질들 또는 메타 물질들은 광원 방출의 교각(direct angle)에 대해 비스듬한 각도들에 있는 배양물로 광자를 유도하는 능력을 가질 수 있고/있거나 광자들의 개별 조작이 가능할 수 있다.

[0063] 도 17은 본 개시의 실시예들에 따른 토로이드 광원(1701) 및 반사 표면 코팅(1703)을 갖는 광 생물 반응기(1700)를 도시한다. 토로이드 광원(1701)은 작동 유체를 향해 외부로 광선들 또는 광자들을 방출하도록 구성된다. 광선들이 작동 유체를 통과한 후, 이들 광선들 또는 광자들은 반사 표면 코팅(1703)에 의해 작동 유체로 다시 반사/지향될 수 있다. 광 생물 반응기(1700)는 또한 지지 구조체 상에 코팅된 반사 물질(1705) 및 토로이드 광원(1701)에 임베디드된 입자들(1709)을 포함한다. 입자들(1709) 및 반사 물질(1705)는 또한 광선들을 반사/지향시킬 수 있다. 이 배열에 의해, 광 생물 반응기(1700)는 광선들 또는 광자들을 광 생물 반응기(1700)에 가능한 한 오랫동안 유지함으로써 광선들 또는 광자들을 충분히 이용할 수 있고, 또한 각각의 광선 또는 광자와 접촉하는 작동 유체에서의 유기체들의 수를 최대화할 수 있다.

[0064] 본원에 설명된 광원은 하나 이상의 디지털 제어 장치들에 대한 연결을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 디지털 제어장치들은 코어 용기 체적으로 통합될 수 있다.

[0065] 본원에 설명된 광 생물 반응기는 가스 추가 및/또는 분산을 위한 하나 이상의 시스템들을 포함할 수 있으며, 가스 또는 가스들은 O_2 , , 메탄, 바이오가스, 합성 가스, 인간 또는 동물 호기(exhalant) 등을 포함할 수 있다. 이러한 가스들의 소스는 주위 대기, 비율 조정 공기 또는 소스들의 조합을 포함할 수 있다. 예를 들어, 비율-조정 공기는 CO_2 의 증가 또는 감소, 또는 O_2 의 증가 또는 감소를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 가스 추가 시스템은 배양물로 직접 가스를 도입하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0066] 본원에 설명된 가스 추가 및/또는 분산 시스템(들)은 예를 들어, O_2 가 배양물을 빠져 나가게 하는 한편 CO_2 가 배양물로 들어가도록 하는 것과 같은 가스 교환 방법을 제공하기 위한 목적으로 하나 이상의 공기 매니폴드들을 포함할 수 있다. 매니폴드들은 예를 들어 적층 제조를 통해 또는 일부 다른 제조 또는 어셈블리 공정을 통해, 반응기 용기 벽 또는 벽들과 독립적일 수 있거나, 반응기 벽 또는 벽들에 통합될 수 있다.

[0067] 도 18은 본 개시의 실시예들에 따른 가스 확산 장치/시스템(1801)을 갖는 광 생물 반응기(1800)를 도시한다. 가스 확산 장치/시스템(1801)은 공기/가스를 광 생물 반응기(1800) 내로 전달하도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 가스 확산 장치(1801)는 다수의 튜브들(1802)을 통해 공기를 광 생물 반응기(1800) 내로 전달하도록 구성된 외부 공기 매니폴드(1803)를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 가스 확산 장치(1801)는 공기 챔버 또는 보이드(1805)를 통해 공기를 광 생물 반응기(1800) 내로 전달할 수 있다. 일부 실시예들에서, 공기/가스는 코어 지지 구조체로 통합될 수 있는 에어 스톤(air stone)들(1807)과 같은 하나 이상의 가스 확산 장치들을 통해 광 생물 반응기(1800) 내로 전달될 수 있다. 일부 실시예들에서, 공기 매니폴드(1809)는 광 생물 반응기(1800)의 외부 용기 벽으로 통합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 공기/가스는 다공성/반투과성 물질들을 포함하는 하나 이상의 구형 에어 스톤들(1811)을 통해 광 생물 반응기(1800)로 전달될 수 있다. 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기(1800)는 공기/가스의 흐름을 조절하기 위한 하나 이상의 밸브들(1813)을 포함할 수 있다.

[0068] 본원에 설명된 가스 추가 및/또는 분산 시스템(들)은 에어 스톤들과 같은 배양물로의 가스들의 분산을 위한 하나 이상의 구성 요소들을 포함할 수 있다. 에어 스톤들은 실질적으로 원통형, 실질적으로 구형, 실질적으로 디스크형(disc-shaped) 또는 실질적으로 링형(ring-shaped)일 수 있다. 에어 스톤들은 실질적으로 다공성 또는 반

투과성 물질로 구성되거나 코팅될 수 있거나, 적층 제조를 통해 또는 일부 다른 제조 또는 어셈블리 공정을 통해 반응기 하우징으로 통합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 에어 스톤들은 전자 밸브들을 사용하여, 밸브들이 독립적으로 또는 그룹으로 개방 또는 폐쇄될 수 있도록 제어될 수 있다.

[0069] 본원에 개시되고 설명된 임의의 요소들의 다공성 또는 투과성은: (예를 들어, 다공성 또는 반투과성 층으로 통합되는 전도성 물질들을 사용하여) 내부 층으로 보내지거나 내부 층에 걸쳐 분산된 전기 신호들; 기공들에 통합된 단방향 밸브들이 개방되거나 폐쇄되게 하는 압력 변화와 같은 기압의 제어된 변경들; 온도, 화학적 일관성 또는 특정 파장의 광에 반응하는 물질의 수축, 구부림 또는 이완에 의해 제어될 수 있다.

[0070] 일부 실시예들에서, 복수의 에어 스톤들이 다양한 직경의 하나 이상의 링들 또는 디스크들을 형성하도록 실질적으로 원형 형태로 배열될 수 있거나, 개별 스톤들이 다양한 직경들을 갖는 실질적으로 원형 또는 디스크형일 수 있다. 추가 실시예들에서, 하나 이상의 링들 또는 디스크들은 공기 챔버에 연결될 수 있어서, 챔버들 사이의 압력을 재유도하는 것이 공기 도입을 이동되게 하거나 필스화되게 한다.

[0071] 도 19는 본 개시의 실시예들에 따른 가스 확산 시스템(1901)(예로서 에어 스톤들을 사용함)의 다양한 구성들을 설명한다. 예를 들어, 가스 확산 시스템(1901)은 (1) 다양한 높이들에 위치한 구형 에어 스톤들(A 열에 도시됨), (2) 다양한 높이들에 위치한 디스크형 에어 스톤들(B 열에 도시됨); 및/또는 (3) 다양한 높이들에 위치한 링형 에어 스톤들(C 열에 도시됨)을 포함할 수 있다.

[0072] 도 20은 본 개시의 실시예들에 따른 에어 스톤 시스템(2001)을 갖는 광 생물 반응기(2000)를 도시한다. 도시된 바와 같이, 에어 스톤 시스템(2001)은 광 생물 반응기(2000)에서 다양한 높이들에 위치한 링형 또는 디스크형 에어 스톤들의 복수의 층들을 포함한다. 에어 스톤들은 다양한 공기 연결부들(예를 들어, 덕트들, 파이프들 등)을 통해 공기 챔버 또는 공기 소스에 더 결합된다.

[0073] 일부 실시예들에서, 가스 도입 및/또는 분산 방법은 하나 이상의 지지 구조체들 또는 스트러트들의 사용을 포함할 수 있으며, 이는 또한 광 생물 반응기 체적 내의 수중 잠수식 광원을 지지하는데 사용될 수 있다. 지지 구조체들 또는 스트러트들은 배양물에 추가하기 위한 가스들을 저장하는데 사용될 수 있는 내부 보이드로 구성될 수 있으며, 이들은 배양물로오의 가스들의 추가 및/또는 확산을 용이하게 하기 위해 하나 이상의 공기 매니폴드들 및/또는 하나 이상의 에어 스톤들을 포함할 수 있다.

[0074] 일부 실시예들에서, 가스 도입 및/또는 분산 방법은 실질적으로 구형 용기의 외부 배리어가 방수 외벽, 내벽 및 외벽과 내벽 사이의 보이드를 포함하도록 이중 벽 외부 하우징의 사용을 포함할 수 있다. 내벽은 예를 들어, 유기체들의 농축 및 여과를 포함하여 배양물 추출 및/또는 조작을 허용하는 다공성 또는 반투과성 물질로 구성될 수 있다. 예를 들어, 다공성 물질은 액체가 두 벽들 사이의 보이드를 통과하면서 반응기 내부의 개별 셀들을 유지하기에 충분히 작은 기공 직경(pore diameter)을 가질 수 있다. 두 벽들 사이의 보이드는 또한 배양물로의 가스의 도입을 허용할 수 있다. 일부 실시예들에서, 내벽의 투과성은 실질적으로 공기 압력을 사용하여 제어될 수 있다.

[0075] 본원에 설명된 광 생물 반응기는 온도 관리를 위한 하나 이상의 시스템들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 주위 온도 제어, 강제 공기 냉각, 또는 하나 이상의 전기 가열 요소들을 포함하는 다양한 온도 관리 방법들이 이용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 온도 관리는 실질적으로 광원 조작을 통해, 예를 들어 주파수의 제어된 변동들의 사용을 통해, 또는 전력 또는 강도의 제어된 변동들을 통해 달성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 온도 관리는 실질적으로 냉각 재킷(cooling jacket)과 같은 냉각 장치의 사용을 통해 달성될 수 있다.

[0076] 일부 실시예들에서, 온도 관리 시스템은 열 분산액(heat dispersal fluid)을 포함할 수 있다. 열 분산액은 광학적으로 투명할 수 있으며, 예를 들어 미네랄 오일과 같은 비전도성 액체 또는 비전도성 겔을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 열 분산액은 양자점들 또는 반사 입자들을 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 열 분산액은 열에 노출될 때 광을 방출하는 능력을 특징으로 할 수 있다.

[0077] 도 21은 본 개시의 실시예들에 따른 온도 관리 시스템(2101)을 갖는 광 생물 반응기(2100)를 도시한다. 온도 관리 시스템(2101)은 광 생물 반응기(2100)의 온도를 관리하도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 온도 관리 시스템(2101)은 (예를 들어, 열 분산액의 순환을 공급 및/또는 유도하거나, 냉각제 또는 냉매를 전달하기 위한) 외부 펌프(2103) 및 광 생물 반응기(2100) 내부에 위치되고 광 생물 반응기(2100) 내부의 작동 유체로 열을 전달하거나, 해당 작동 유체로부터 열을 흡수하도록 구성된 전기 가열 요소(2105)를 포함할 수 있다. 온도 관리 시스템(2101)은 또한 광 생물 반응기(2100)의 온도를 감소시키도록 위치한 냉각 재킷(2107)을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 온도 관리 시스템(2101)은 광 생물 반응기(2100) 내부의 유체의 흐름/순환/환기를 향상시키도록

구성된 팬(fan)(2109)(예를 들어, 회전식 팬)을 포함할 수 있다.

[0078] 도 22는 본 개시의 실시예들에 따른 온도 관리 시스템(2201)을 갖는 광 생물 반응기(2200)를 도시한다. 온도 관리 시스템(2201)은 광 생물 반응기(2200)의 온도를 관리하도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 온도 관리 시스템(2201)은 광 생물 반응기(2200)의 내부 용기에 위치한 양자점들(2203) 또는 반사 입자들(2204)을 포함하는 열 분산액을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 온도 관리 시스템(2201)은 광 생물 반응기(2200)의 내부 용기에 위치되거나 통합된 유체 펌프(2205)를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 온도 관리 시스템(2201)은 광 생물 반응기(2200)의 내부 용기에 위치되거나 통합된 회전식 팬(2207)을 포함할 수 있다.

[0079] 일부 실시예들에서, 온도 관리는 내부 용기 체적 내부의 열 분산액의 재순환을 통해 실질적으로 달성될 수 있다. 재순환은 예를 들어 자연 대류를 포함하는 하나 이상의 방법들을 사용하여 달성될 수 있다. 재순환을 위한 다른 방법은 하나 이상의 유체 펌프들 또는 마이크로 펌프들의 사용을 특징으로 할 수 있으며, 여기서 온도 관리는 하나 이상의 펌프들의 유량 변화들을 통해 달성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 유체 펌프들은 반응기 용기 외부에 위치될 수 있으며, 하나 이상의 유입구들 및/또는 하나 이상의 배출구들을 통해 광원에 연결될 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 유체 펌프들은 코어 용기 체적에 통합될 수 있다. 재순환을 위한 추가 방법은 하나 이상의 회전식 팬들의 사용을 특징으로 할 수 있다. 일부 실시예들에서, 회전식 팬 또는 팬들은 코어 용기 체적에 통합될 수 있다.

[0080] 본원에 설명된 광 생물 반응기는 하나 이상의 광합성 또는 감광성 유기체들이 생산 배양물을 포함하도록 하나 이상의 광합성 유기체들 또는 미생물들, 또는 하나 이상의 감광성 유기체들 또는 미생물들을 배양 및/또는 증식 시키는데 사용될 수 있다. 일 실시예에서, 광 자극은 에너지원으로서가 아닌 제어 방법으로 사용되거나, 재생산 또는 성장의 원동력으로 사용된다. 생산 배양물에 사용될 수 있는 유기체들은, 제한하는 것은 아니나, 자연적으로 발생하는(변형되지 않은) 유기체들, 적절한 환경에 인공적으로 적응된 유기체들, 유전자 변형되거나 재조합된 유기체들, 예컨대 징크 핑거 뉴클레아제(zinc finger nucleases), CRISPR(예를 들어, CRISPR/Cas9), TALEN 또는 메가 뉴클레아제와 같은 유전자 편집 기술들을 사용하여 유전자 편집된 유기체들, 또는 합성 DNA로 구성될 수 있는 유기체들을 포함하여, 실질적으로 자연 발생 환경에서는 존재하지 않는 유기체들 형성하기 위해 생물학적 구성 요소들 및 시스템들이 조립되도록 한다. 개시된 광 생물 반응기를 사용하여 배양 및/또는 증식될 수 있는 다른 유기체들은 예를 들어 지방산, 피코빌리프로테인, 바이오 연료 및 기타 가솔린 대체물 등과 같은 화합물들, 또는 생체 분자들을 생산할 수 있다.

[0081] 본원에 설명된 광 생물 반응기는 원하는 유기체 성장, 생성물 발현 및 다른 타겟 결과들을 달성하기 위해 조작 및/또는 최적화될 수 있다. 조작 및/또는 최적화는 입력들을 조정 또는 변경하고/하거나 출력들을 모니터링하는 능력을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기는 특정 유기체 또는 유기체들에 대한 높은 성장 및/또는 밀도를 촉진하도록 최적화될 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 조정들은, 예를 들어 생산 배양물의 최종 영양 또는 제품 성분들을 변경하는 것과 같이, 고유한 관심 또는 특정 값의 생체 분자들의 발현 속도를 제어하는 능력을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 조정들은 유기체 생명 주기를 변경하는 능력을 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 하나 이상의 조정들은 세포 파괴 또는 용해를 유도하거나, 또는 핵심 분자들의 생산을 장려하기 위해 세포가 보호 동작을 취하게 하는 능력을 포함할 수 있다.

[0082] 본원에 설명된 광 생물 반응기는 예를 들어 연구 및 개발, 상업 및 산업용 어플리케이션들과 같은 하나 이상의 특정 어플리케이션들에 최적화될 수 있다. 예를 들어, 개시된 발명에 대한 하나의 잠재적인 어플리케이션은 인간 소비 및 식품들에 적합한 식품들, 기능성 성분들, 추가제 및/또는 보충제, 또는 애완 동물들 또는 가축들에 의한 소비에 적합한 추가제 및/또는 보충제의 생산과 같은 세포 농업일 수 있다. 개시된 광 생물 반응기에 대한 잠재적인 어플리케이션은 바이오제조(biomanufacturing)를 포함할 수 있다. 개시된 광 생물 반응기에 대한 추가의 잠재적인 어플리케이션은 에너지 저장, 광화학, 광분해(광파괴), 바이오 연료의 생산 등을 포함할 수 있다.

[0083] 본원에 설명된 광 생물 반응기에 대한 또 다른 잠재적인 어플리케이션은 폐수, 과량의 이산화탄소 및 유사한 폐기물의 생물학적 정화를 포함할 수 있다. 이러한 생물학적 정화는 예를 들어 동물로부터의 폐기물 이산화탄소 및 폐기물 영양분들은 실질적으로 광 생물 반응기에서 동물을 위한 산소 및 영양분으로 전환될 수 있도록, 하나 이상의 광 생물 반응기들과 하나 이상의 살아있는 동물들 사이의 협동 또는 공생 시스템으로서 구현될 수 있다. 예를 들어, 하나 이상의 광 생물 반응기는 하나 이상의 인간들 위한 폐기물의 생물학적 정화 및 전환을 제공할 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 광 생물 반응기들은 우주선 또는 비-테라 지형 서식지와 같은 다른 비-테라 서식지에서 하나 이상의 인간들을 위한 폐기물들의 생물학적 정화 및 전환을 제공할 수 있다.

[0084] 도 23은 본 개시의 실시예들에 따른 광 생물 반응기(2300)를 도시한다. 도시된 바와 같이, 광 생물 반응기

(2300)는 반응기 하우징 또는 구조체(101), 실질적으로 구형 또는 구형 용기(102), 수중 잠수식 시스템(103), 온도 또는 열 관리 시스템(104), 광 생물 반응기 제어 시스템(105), 순환 시스템(106), 하나 이상의 센서들(107), 하나 이상의 제어된 전자기 에너지원들(108) 및 세정 유닛(111)을 포함한다. 반응기 하우징(101)은 광 생물 반응기(2300)의 다른 구성 요소들을 보호하거나 수용하도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 반응기 하우징(101)은 구형 용기(102)의 형태와 유사한 형태를 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 반응기 하우징(101)은 광 생물 반응기(2300)가 추가적인 또는 다른 광 생물 반응기들에 쉽게 결합될 수 있도록 형성되거나 모듈화될 수 있다. 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기(2300)는 반응기 하우징(101) 없이 구현될 수 있다. 광반응기 제어 시스템(105)은 (1) 광 생물 반응기(2300)의 다른 구성 요소들에 관한 인스트럭션들을 처리하도록 구성된 프로세서(105A) 및 (2) 광 생물 반응기(2300)의 다른 구성 요소들과 통신하거나 제어하도록 구성된 컨트롤러(105B)를 포함한다. 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기 제어 시스템(105)은 유선 또는 무선 연결을 통해 다른 구성 요소들과 통신할 수 있다.

[0085] 구형 용기(102)는 내부 용기 체적(102B)을 정의하는 벽(또는 외벽)(102A)을 포함한다. 수중 잠수식 시스템(103)은 내부 공간(103B)을 정의하는 내벽(103A)을 포함한다. 도시된 바와 같이, 광원(109)은 내부 공간(103B)에 위치된다. 도 23에 예시된 실시예들에서, 광원(109)은 내부 벽(103A)보다 더 작게 사이징된다. 그러나, 다른 실시예들에서, 광원(109)은 내벽(103A)의 크기/모양에 따라 사이징/형성될 수 있다. (예를 들어, 도 1에서 대안적인 광원(109'))으로 도시됨). 용기 벽들(예를 들어, 엘리먼트들(102A, 103A))은 리칭(leaching)에 내성이 있고, 내열 및 내부식성이며, 적당한 가압을 견딜 수 있는 다양한 물질들로 구성될 수 있다. 적절한 물질들로는, 제한하는 것은 아니나, 플라스틱(예컨대, 고밀도 폴리에틸렌, 저밀도 폴리에틸렌, 폴리프로필렌), 스테인리스 스틸, 유리, 탄소 섬유, 실리카 복합재, 붕규산염, 세라믹 및/또는 바이오 플라스틱을 포함한다. 일부 실시예들에서, 용기 벽들은 이중 또는 이중 설계를 가질 수 있다. 예를 들어, 벽(102A)은 (1) 하우징(101) 쪽으로 외향으로 향하는 외부 층 및 (2) 내벽(103A) 쪽으로 내향으로 향하는 내부 층을 포함할 수 있다. 외부/내부 층은 설계 목적에 적합한 다른 특성들/코팅들/표면 처리들을 가질 수 있다. 예를 들어, 내부 층은 (내부 용기 체적(102B) 내에 위치한 작동 유체에 의해 벽(102)이 침식되는 것을 방지하기 위한) 방수 코팅을 가질 수 있는 반면, 외부 층은 외부로부터의 우발적, 물리적 충격들로 인한 손상들을 방지하기 위해 더 강한 강성을 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 내벽(103A)은 또한 벽(102A)과 같은 이중 설계를 가질 수 있다.

[0086] 도 32는 본 개시의 실시예들에 따른 이중 벽 설계를 갖는 광 생물 반응기(3200)의 등각 개략도이다. 광 생물 반응기(3200)는 내부 용기 공간(102B)을 정의하는 외벽(102A)을 갖는 외부 용기(102)를 포함한다. 광 생물 반응기(3200)는 외부 용기(102) 내부에 내부 용기 또는 수중 잠수식 시스템(103)을 포함한다. 내부 용기(103)는 내부 공간(103B)을 정의하는 내벽(103A)을 포함한다. 내부 공간(103B)은 내부 용기 공간(102B)에 위치한 작동 유체 내로 광을 방출하도록 구성된 광원을 수용하도록 구성된다. 도 32에 도시된 바와 같이, 외벽(102A)은 외부 층(102AA) 및 내부 층(120AB)을 포함한다. 외부 층(102AA) 및 내부 층(120AB)은 다른 물질들로 이루어질 수 있다. 도 32에 도시된 바와 같이, 외부 층(102AA) 및 내부 층(120AB)은 그들 사이에 공간(102AC)을 함께 정의할 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 스페이서들(3201)은 외부 용기(102)의 구조적 강성을 향상시키도록 공간(102AC)에 위치될 수 있다.

[0087] 센서들(107)(도 23에 도시된 것)은 내부 용기 체적(102B)에 위치한 작동 유체의 상태를 측정하도록 구성된다. 도 23에 도시된 예시된 실시예들에서, 센서(107)는 벽(102A)의 내부 표면 상에 위치된다. 다른 실시예들에서, 센서(107)는 다른 위치들에 위치되거나 내부 용기 체적(102B)에 플로팅될 수 있다. 제어된 전자기 에너지원(108)은 전자기 에너지(예를 들어, 광, 조명 등)를 작동 유체(및 그 내부의 유기체들 또는 바이오매스)에 제공하도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 제어된 전자기 에너지원들(108)은 하나 이상의 대응하는 센서들(107)과 쌍을 이룰 수 있으며, 대응하는 센서들(107)과 반대쪽에 위치된다(예를 들어, 하나는 용기(102)의 일측에 위치되는 반면, 다른 하나는 용기(102)의 반대쪽에 위치된다). 이 배열에 의해, 센서(107)는 제어된 소스(108)로부터 센서(107)로 얼마나 많은 광/에너지가 흡수되는지에 기초하여 그들 사이의 바이오매스의 상태를 감지할 수 있다. 도 23의 예시된 실시예들에서, 제어된 소스(108)는 용기(102)의 외부 표면 상에 위치될 수 있다. 그러나, 다른 실시예들에서, 제어된 소스(108)는 다양한 위치들에 위치될 수 있다.

[0088] 도 23에 도시된 바와 같이, 수중 잠수식 시스템(103)은 복수의 지지 구조체들 또는 스트러트들(113)에 의해 지지된다. 지지 구조체들(113)은 수중 잠수식 시스템(103)을 용기(102)에 결합시킨다. 일부 실시예들에서, 수중 잠수식 시스템(103) 및 용기(102)는 다른 적절한 수단에 의해 결합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 수중 잠수식 시스템(103)은 내부 용기 체적(102B) 내에 플로팅될 수 있다. 일부 실시예들에서, 전기 에너지를 전자기 방사선으로 변환하는 수중 잠수식 시스템(103)은 배리어가 내부 수중 잠수식 시스템(103)을 내부 용기 체적(102B)에

위치된 작동 유체(예컨대, 배양물)로부터 분리시킬 수 있도록 구형 또는 토로이드 배리어와 같은 실질적으로 구형 배리어에 의해 둘러싸일 수 있다. 배리어는 다양한 불활성 투명 또는 반투명 물질들 및/또는 극한 온도들에 견딜 수 있는 물질들로 구성될 수 있다. 적절한 물질들로는, 제한하는 것은 아니나, 플라스틱 및 유리를 포함한다. 배리어는 또한 광자들(예를 들어, 광자 감응성 또는 광자 응답성 물질들)의 조작을 허용하는 물질들 또는 메타 물질들로 구성될 수 있다. 예를 들어, 광자들은 렌즈화, 감쇠의 변화, 파장의 이동 등을 사용하여 조작될 수 있다.

[0089] 온도 관리 시스템(104)은 열 분산액 또는 냉각제/냉매를 수중 잠수식 시스템(103) 내외로 순환시키도록 구성된다. 이 배열에 의해, 온도 관리 시스템(104)은 내부 용기 체적(102B) 내의 작동 유체의 온도뿐만 아니라 광원(109)의 온도를 조정 또는 관리할 수 있다. 일부 실시예들에서, 온도 관리 시스템(104)은 광 생물 반응기 제어 시스템(105)에 의해 제어된다. 일부 실시예들에서, 온도 관리 시스템(104)은 환경 온도, 풍속, 습도, 태양 각도 등과 같은 환경 조건들에 기초하여 수중 잠수식 시스템(103)의 온도를 조정할 수 있다. 온도 관리 시스템(104)은 열 분산액을 전달 및 수신하도록 구성된 하나 이상의 유입구들 및 하나 이상의 배출구들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 온도 관리 시스템(104)은 하나 이상의 모터들, 펌프들, 밸브들, 프로펠러들 및/또는 팬들을 포함한다. 이러한 구성 요소들은 전자 제어식 또는 열역학식(열/온도 제어식)일 수 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 모터들, 펌프들, 밸브들, 프로펠러들 및/또는 팬들은 광 생물 반응기(2300)의 반응기 하우징 또는 구조체(101)에 통합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 모터들, 펌프들, 밸브들, 프로펠러들 및/또는 팬들은 내벽(103A) 또는 벽(102A)에 통합될 수 있다.

[0090] 순환 시스템(106)은 구형 용기(102) 내외로 유체, 폐기물 또는 영양분들을 조작, 추출 또는 순환시키도록 구성된다. 순환 시스템(106)은 광 생물 반응기 제어 시스템(105)과 동작 가능하게 통신한다. 일부 실시예들에서, 순환 시스템(106)은 하나 이상의 모터들, 펌프들, 밸브들, 프로펠러들 및/또는 팬들을 포함한다. 이러한 구성 요소들은 전자 제어식 또는 열역학식(열/온도 제어식)일 수 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 모터들, 펌프들, 밸브들, 프로펠러들 및/또는 팬들은 광 생물 반응기(2300)의 반응기 하우징 또는 구조체(101)에 통합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 모터들, 펌프들, 밸브들, 프로펠러들 및/또는 팬들은 벽(102A) 또는 수중 잠수 시스템(103)에 통합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 순환 시스템(106)은 순환 시스템 내 흐름을 제어하도록 구성된 스피곳을 포함할 수 있다. 순환 시스템(106)은 내부 용기 체적(102B)에서 작동 유체를 전달 및 수용하도록 구성된 하나 이상의 유입구들 및 하나 이상의 배출구들을 포함할 수 있다.

[0091] 세정 유닛(111)은 내부 용기 체적(102B) 내에 위치될 수 있고 내부의 작동 유체의 상태를 조정하도록 구성된다. 예를 들어, 세정 유닛(111)은 작동 유체로부터 원하지 않는 입자들을 여과 또는 제거하도록 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 세정 유닛(111)은 수중 잠수식 시스템(103)의 외부 표면 상에 위치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 세정 유닛(111)은 벽(102A)의 내부 표면 상에 위치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 세정 유닛(111)은 내부 용기 체적(102B) 내에 플로팅될 수 있다.

[0092] 도 24는 본 개시의 실시예들에 따른 또 다른 광 생물 반응기(2400)를 도시한다. 광 생물 반응기(2400)는 광 생물 반응기(2300)와 유사한 구조를 갖는다(예를 들어, 동일한 참조 번호를 갖는 구성 요소들은 동일하거나 유사한 구조적 특징 및 기능들을 갖는다). 광 생물 반응기(2400)는 (1) 벽(102A)의 내부 표면 상에 위치된 작동 유체 센서(2401) 및 (2) 작동 유체 센서(2401)와 반대되는 벽(102A)의 내부 표면 상에 위치된(또는 그에 임베디드된) 조명원(2402)을 포함한다. 조명원(2402)은 내부 용기 체적(102B) 내 작동 유체에 광을 제공한다. 작동 유체 센서(2401)는 작동 유체를 통과하는 조명원(2402)으로부터 광을 수신하고 그에 따라 작동 유체 내의 바이오매스의 상태(예를 들어, 계획대로 성장하고 있는지의 여부)를 결정한다. 작동 유체 센서(2401)는 상태에 관한 유선 연결을 통해 제어 시스템(105)과 통신할 수 있다. 제어 시스템(105)은 그 상태에 기초하여 다른 시스템들(예를 들어, 시스템들(103, 104 및/또는 105))에 인스트럭션들을 전송할 수 있다. 예를 들어, 상태는 바이오매스가 저온으로 인해 성장하지 않음을 나타낼 수 있다. 그런 다음, 제어 시스템(105)은 내부 용기 체적(102B)의 온도를 증가시키기 위해 광원(109)에 그의 광 레벨을 증가시키도록 지시할 수 있다. 일부 실시예들에서, 벽(102A)의 내부 표면은 그 표면 상에 바이오매스의 축적을 방지하거나 적어도 완화시키도록 소수성일 수 있다.

[0093] 도 24에 도시된 바와 같이, 광 생물 반응기(2400)는 내벽(103A)의 내부 표면 상에 위치된 제1 센서(2403) 및 제2 센서(2404)를 포함한다. 제1 및 제2 센서들(2403, 2404)은 제어 시스템(105)이 내부 공간(103B)에서의 열 분산액의 분포에 대해 더 나은 이해를 가질 수 있도록 두 검출 지점들을 제공하도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기(2400)는 둘 이상의 센서들을 포함할 수 있다.

[0094] 도 25는 본 개시의 실시예들에 따른 두 개의 모듈식 광 생물 반응기들(2500A, 2500B)을 도시한다. 광 생물 반응

기들(2500A, 2500B)은 상기에 설명된 광 생물 반응기(예를 들어, 광 생물 반응기(2300 또는 2400))와 유사한 구조를 갖는다. 광 생물 반응기(2500A)는 광 생물 반응기(2500A)의 벽(102AA) 상에 위치되거나 그에 임베디드된 안테나(2501A)를 포함한다. 마찬가지로, 광 생물 반응기(2500B)는 광 생물 반응기(2500B)의 벽(102AB) 상에 위치되거나 그 벽에 임베디드된 안테나(2501B)를 포함한다. 안테나들(2501A 및 2501B)은 서로 통신하고 서버(2502)와 통신하도록 구성된다. 이 배열에 의해, 서버(2502)는 광 생물 반응기들(2500A, 2500B)의 바이오매스 생산물을 제어 또는 조정할 수 있다. 일부 실시예들에서, 안테나들(2501A 또는 2501B)은 광 생물 반응기(2500A 또는 2500B)의 하우징 상에 위치되거나 그 하우징에 임베디드될 수 있다. 일부 실시예들에서, 강성 랙(rack)에 또는 스캐폴딩에 의해 적층된/위치된 두 개 이상의 모듈식 광 생물 반응기들이 있다. 일부 실시예들에서, 둘 이상의 모듈식 광 생물 반응기들은 어레이로 위치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 둘 이상의 모듈식 광 생물 반응기들에 결합되도록 구성된 도관들/파이프들 또는 다른 적합한 연결부들이 있다. 이러한 도관들은 모듈식 광 생물 반응기들 간에/사이에 유체(예를 들어, 열 분산액, 작동 유체 등)를 전달하는데 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 서버(2502)는 모듈식 광 생물 반응기들 간에/사이에 유체 전달(예를 들어, 흐름 방향, 속도 등)을 제어하도록 구성될 수 있다.

[0095] 도 25에 도시된 바와 같이, 광 생물 반응기(2500A)는 벽(102AA) 상에 위치되거나 그 벽에 임베디드된 음향/초음파 센서(2503A)를 포함하는 반면, 광 생물 반응기(2500B)는 벽(102AB) 상에 위치되거나 그 벽에 임베디드된 음향/초음파 센서(2503B)를 포함한다. 음향 센서들(2503A, 2503B)은 광 생물 반응기(2500A 또는 2500B) 내의 작동 유체의 상태를 결정하도록 구성될 수 있다.

[0096] 도 26은 본 개시의 실시예들에 따른 또 다른 모듈식 광 생물 반응기(2600)를 도시한다. 모듈식 광 생물 반응기(2600)는 수중 잠수식 시스템(103)에 위치한 마이크로 프로세서(2601) 및 마이크로 컨트롤러(2602)를 포함한다. 마이크로 프로세서(2601)는 프로세서(105A)의 기능들과 유사한 기능들을 가지며, 마이크로 컨트롤러(2602)는 컨트롤러(105B)의 기능들과 유사한 기능들을 갖는다. 이 배열에 의해, 모듈식 광 생물 반응기(2600)는 외부 제어 시스템이 필요하지 않으므로 모듈식 구성들/배열들에 적합하다.

[0097] 도 27은 본 개시의 실시예들에 따른 모듈식 광 생물 반응기(2700)를 도시한다. 모듈식 광 생물 반응기(2700)는 포지티브 도체들(501), 네거티브 도체들(502) 및 전원 공급 장치로부터 광 생물 반응기(500)로 전기를 제공하도록 구성된 분산 전자석 세트(503)를 포함한다. 예를 들어, 포지티브 도체들(501), 네거티브 도체들(502) 및 분산 전자석들(503)의 위치들은 상이한 유형의 전원 공급 장치들에 대한 요구들을 수용하도록 변할 수 있다. 예를 들어, 복수의 모듈식 광 생물 반응기들이 적층되고 위치될 때, 하부에 있는 모듈식 광 생물 반응기는 하부 표면에 위치한 도체를 통해 전력을 수신할 수 있다. 다른 예로서, 상부에 있는 모듈식 광 생물 반응기는 상부 표면에 위치한 도체를 통해 전력을 수신할 수 있다. 이 배열은 모듈식 설계들/구성들에 유연성을 제공한다.

[0098] 도 28은 본 개시의 실시예들에 따른 광 생물 반응기(2800)와 관련된 전원 공급 장치를 도시한다. 일부 실시예들에서, 전원 공급 장치(601)는 광 생물 반응기(2800) 외부에 위치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 전원 공급 장치(602)는 내부 용기 체적(102B)(예를 들어, 도 1 참조) 내에 위치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 전원 공급 장치(603)는 수중 잠수식 시스템(103)(예를 들어, 도 1 참조)에 위치되고 하드 와이어드 연결부(603A)를 통해 외부 전원 공급 장치에 결합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 전기는 벽(102A)(예를 들어, 도 1 참조) 상에 임베디드/코팅/위치된 전도성 물질들(604)을 통해 광 생물 반응기(600)에 공급될 수 있다. 일부 실시예들에서, 전원 공급 장치(603) 및 전도성 물질들(604)은 광 생물 반응기(2800)에 전력을 제공하기 위해 함께 사용될 수 있다.

[0099] 도 29A는 고밀도 광 생물 반응기 시스템(2900)을 도시한다. 광 생물 반응기 시스템은 중심 축(CA) 주위에 적층 및 위치한 3 개의 링형 광 생물 반응기들(291, 292 및 293)을 포함한다. 일부 실시예들에서, 고밀도 광 생물 반응기 시스템(290)은 상이한 수의 모듈식 광 생물 반응기들을 가질 수 있으며 상이한 구성들을 가질 수 있다.

[0100] 도 29b는 도 29a를 참조하여 상기에 설명된 링형 광 생물 반응기(2900)의 상면도이다. 도시된 바와 같이, 링형 광 생물 반응기(2900)는 토로이드 용기(2902) 및 내부 공간(2903B)을 정의하는 수중 잠수식 시스템(2903)을 포함한다. 토로이드 광원(2909)은 내부 공간(2903B)에 위치된다. 수중 잠수식 시스템(2903)은 중앙 통로(2904)를 정의한다. 토로이드 용기(2902)에 위치한 작동 유체는 방향(A1 또는 A2)으로 중앙 통로(2904)를 통해 유동할 수 있다. 수중 잠수식 시스템(2903)은 그 안에 통합되고 토로이드 용기(2902)에서 작동 유체의 흐름을 용이하게 하도록 구성된 펌프들(2905A, 2905B)을 포함한다. 광 생물 반응기(2900)는 또한 작동 유체의 유입 또는 유출을 용이하게 하기 위해 토로이드 용기(2902) 상에 위치되거나 그 용기에 임베디드된 펌프(2907)를 포함한다. 도시된 바와 같이, 광 생물 반응기(2900)는 작동 유체의 흐름을 제어하도록 구성된 스피곳, 탭(tap) 또는 파우셋(faucet)(2908)을 포함할 수 있다.

[0101] 도 30 및 31은 본 개시의 실시예들에 따른 광 생물 반응기에 위치된 가스 확산 장치들을 도시한다. 가스 확산 장치는 광 생물 반응기에 가스를 추가하거나 분산시키도록 구성된 환기 시스템에 포함될 수 있다. 환기 시스템은 복수의 가스 확산 장치들을 포함할 수 있다. 도 30에 도시된 바와 같이, 가스 확산 장치는 링형 가스 확산 장치(801)일 수 있다. 또한, 도 30에 도시된 바와 같이, 가스 확산 장치는 디스크형 가스 확산 장치(802)일 수 있다. 도 30에 도시된 바와 같이, 두 가스 확산 장치들(3003A, 3003B)은 광 생물 반응기의 다른 "높이들" 또는 위치들에 위치될 수 있다. 도 31에 도시된 바와 같이, 원통형 가스 확산 장치(901)는 광 생물 반응기의 가스 유입구에 위치 또는 결합될 수 있다. 또한, 도 31에 도시된 바와 같이, 구형 가스 확산 장치(902)는 광 생물 반응기의 또 다른 가스 유입구에 위치 또는 결합될 수 있다. 도 31에 도시된 바와 같이, 복수의 가스 확산 장치들은 링 또는 디스크로 배열될 수 있다. 일부 실시예들에서, 가스 확산은 다공성일 수 있거나 반투과성 물질을 포함할 수 있다.

[0102] 제어 시스템들

[0103] 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기의 제어 시스템 또는 시스템들은, 예를 들어 최적 환경, 타겟 최종 생성물 또는 생성물들, 생산 효율, 생물학적 정화(예를 들어, 이산화탄소의 흡입), 시스템 무결성 및/또는 시스템 수명을 포함하여, 하나 이상의 파라미터들에 최적화된다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 제어 시스템들은 실질적으로 광 생물 반응기들의 분산 네트워크를 형성하기 위해 상호 연결되어서, 네트워크가 예를 들어 개별적으로 또는 다양한 조합들로 모니터링 및/또는 제어된다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 제어 시스템들은 실질적으로 예를 들어 복수의 최적화 시나리오들이 실행되는 시스템으로서 광 생물 반응기들의 사용을 포함하는 기계 학습 접근 방법의 사용을 특징으로 하는 하향식 인공 지능으로서 설계된다.

[0104] 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기들은 원하는 파라미터(예를 들어, 성장 속도, 생성물 발현, 전체 반응기 성능)를 최적화하는 용액, 공정 또는 경로를 식별하는 제어 시스템 또는 시스템들의 능력을 특징으로 한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 제어 시스템들은 상호 연결된 반응기들의 대규모 분산 네트워크를 제어하기 위해 최적화 시나리오들 통해 얻은 정보를 이용한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 제어 시스템은, 예를 들어, 양자 컴퓨터들을 포함하여, 당면한 문제에 적합한 제3자 시스템들의 쿼리들을 작성할 수 있는 능력을 포함한다. 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기들의 하나 이상의 제어 시스템들은 실질적으로 예를 들어 개별 광 생물 반응기들에 대한 센서 입력을 집합하는 작은 저전력 컴퓨터들의 사용을 특징으로 하는 어그리게이트 분봉 방식을 사용하여 기능한다. 일부 실시예들에서, 제어 시스템 또는 시스템들은 센서 자극 또는 데이터에 대한 고정된 수의 가능한 반응들을 통해 주어진 시나리오에 응답하는 방법에 대한 즉각적인 결정들을 할 수 있는 능력을 더 특징으로 한다. 일부 실시예들에서, 제어 시스템 또는 시스템들은 센서들을 통해 획득된 정보를 하나 이상의 중앙 제어 시스템들로 피드백한다.

[0105] 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기의 제어 시스템 또는 시스템들은 예를 들어, 각 시스템이 인접한 이웃들 및 자체로부터의 데이터에만 기초하여 결정을 내리도록 하는 플록킹 알고리즘에 의해 구동되고 그 알고리즘으로부터 최적화된 분봉 방법을 이용하여, 인접한 광 생물 반응기 제어 시스템들이 수행하는 것 및 이러한 동작들의 결과들에 기초하여 저전력 컴퓨터가 결정하는 것을 허용한다. 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기의 하나 이상의 제어 시스템들은 하향식 인공 지능 및 어그리게이트 분봉 제어를 포함하므로, 저전력 분봉 제어는 정상 작동을 유지하기 위해 개별 광 생물 반응기 동작들에 대해 결정을 내리면 반면 하향식 인공 지능은 특정 상황들이나 목적들에 맞게 최적화하거나 더 큰 자극에 반응하도록 더 많은 결정을 내린다.

[0106] 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기의 하나 이상의 제어 시스템들은 실질적으로 데이터 처리 및 관리에 사용된다. 일부 실시예들에서, 데이터 처리 및 관리를 위한 시스템 또는 시스템들은, 예를 들어 최적 환경, 타겟 최종 생성물 또는 생성물들, 생산 효율, 생물학적 정화(예를 들어, 이산화탄소의 흡입), 시스템 무결성 및/또는 시스템 수명을 포함하여, 하나 이상의 파라미터들의 제어를 위해 최적화된다. 일부 실시예들에서, 데이터 처리 및 관리를 위한 둘 이상의 시스템들이 실질적으로 광 생물 반응기들의 분산 네트워크를 형성하도록 상호 연결되어서, 예를 들어 둘 이상의 광 생물 반응기들로부터 데이터가 집합된다. 일부 실시예들에서, 데이터 전송은 하나 이상의 광 생물 반응기들 또는 광 생물 반응기 모듈들 사이에서, 하나 이상의 다운스트림 제어 시스템들 사이에서, 광 생물 반응기들과 제어 시스템들 사이에서, 또는 구성 요소들의 임의의 조합 사이에서 발생한다. 일부 실시예들에서, 데이터는 실질적으로 하드 와이어드 연결부들, 실질적으로 무선 연결부들, 또는 하드 와이어드 연결부와 무선 연결부의 조합을 사용하여 수신 및/또는 전달된다. 일부 실시예들에서, 시스템 또는 시스템들은 하나 이상의 센서 연결부들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 센서 연결부드러 하나 이상은 반응기 하우징 또는 구조체에 통합된다. 일부 실시예들에서, 센서 연결부 또는 연결부들을 반응기 구조체에 통합하는 방법은 적층 제조의 사용을 특징으로 한다. 일부 실시예들에서, 센서 결합부 또는 결합부들을 반응기 구조체에 통합하는 방

법은 예를 들어, 선택 증작과 같은 도정성 프린팅 공급 원료의 사용을 더 특징으로 한다. 일부 실시예들에서, 데이터 처리 및/또는 관리를 위한 하나 이상의 시스템들은 들어오는 데이터를 조합하고, 나가는 데이터를 관리하고, 및/또는 데이터를 후단 제어 시스템들로 전송하는 능력을 특징으로 하는 하나 이상의 처리 유닛들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 처리 유닛들 중 하나 이상은 하나 이상의 감지 또는 모니터링 시스템들로부터 데이터를 수신한다. 일부 실시예들에서, 처리 유닛들 중 하나 이상은 광 생물 반응기 성능의 자율 분석 및/또는 광 생물 반응기 성능에 대한 자율 결정에 대한 능력을 더 특징으로 한다. 일부 실시예들에서, 처리 유닛들 중 하나 이상은 조명 시스템의 구조체에 통합되어, 예를 들어, 조명 시스템이 추가 온도 조정 능력을 제공하도록 구성된다.

[0107] **배양물 및 배지**

[0108] 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기들은 예를 들어, 배양물 또는 배지와 같은 작동 유체의 추출 및/또는 조작을 위한 하나 이상의 시스템들을 포함한다. 배양물 및 배지의 비제한 예들로는, 액체들, 영양분들 및 생물학적 유기체들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 시스템들 중 하나 이상은 하비스트 전에 배양물의 농축 및 초기 탈수를 허용한다. 일부 실시예들에서, 시스템 또는 시스템들은 하나 이상의 전자 모터들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 시스템 또는 시스템들은 예를 들어 폐기물 배지가 제거되고 및/또는 새로운 배지가 배양물 밀도에 영향을 미치지 않으면서 추가되도록 내부 용기와 외부 용기 벽 사이의 보이드로부터 액체 또는 작동 유체(예를 들어, 조류 배양물 및 현탁된 영양분들)의 제거 및/또는 추가를 허용한다. 일부 실시예들에서, 시스템 또는 시스템들은 정상 상태, 연속 또는 거의 연속 생산을 허용한다.

[0109] 일부 실시예들에서, 작동 유체 조작 방법은 전자 제어식 밸브들의 사용을 특징으로 한다. 일부 실시예들에서, 전자 제어식 밸브들 중 하나 이상은 유입구, 배출구 또는 둘 다를 포함하는 스피곳에 연결된다. 일부 실시예들에서, 전자 제어식 밸브들 중 하나 이상은 예를 들어 성숙한 배양물 및/또는 영양분 고갈 배지와 같은 용기로부터 액체 및 다른 물질들의 제거를 용이하게 하도록 구성된다.

[0110] 일부 실시예들에서, 작동 유체 조작 방법은 광 생물 반응기의 외부 배리어가 방수 외벽, 내벽 및 외벽과 내벽 사이의 보이드를 포함하도록 이중 벽 외부 하우징의 사용을 특징으로 한다. 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기는 다공성 물질들이 예를 들어 배양물 또는 배지와 같은 액체들 및 다른 물질들의 추출 및/또는 조작을 허용하도록 내벽을 구성하기 위해 다공성 또는 반투과성 물질을 포함한다.

[0111] 일부 실시예들에서, 시스템 또는 시스템들은 작동 유체의 혼합 또는 교반을 용이하게 한다. 일부 실시예들에서, 작동 유체 방법은 가스 도입과 관계없이 혼합하는 능력을 특징으로 한다. 일부 실시예들에서, 믹싱 시스템 또는 시스템들은 하나 이상의 유입구들 및 하나 이상의 배출구들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 믹싱 시스템 또는 시스템들은 하나 이상의 펌프들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 펌프들은 용기 하우징으로 임베드된다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 펌프들은 광 통합의 사용을 특징으로 한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 펌프들은 열역학적이다.

[0112] 일부 실시예들에서, 전기는 작동 유체 내로 도입된다. 일부 실시예들에서, 전기의 도입은 실질적으로 분산된 포지티브 및 네가티브 도체들(애노드/캐소드)의 시스템을 사용하여 달성된다. 일부 실시예들에서, 전기의 도입은 실질적으로 분산된 전자석들의 시스템을 사용하여 달성된다.

[0113] 일부 실시예들에서, 하나 이상의 시스템들은 작동 유체에 배지 및 화학 물질들의 추가 및/또는 분산을 제공한다. 일부 실시예들에서, 배지는 사전 혼합되어 있다. 일부 실시예들에서, 배지는 미디어는 개별 구성 요소들로 추가된다. 일부 실시예들에서, 시스템 또는 시스템들은 유입 배지의 품질 및/또는 영양분 값을 유추하기 위해 하나 이상의 감지 또는 모니터링 시스템들에 의해 제공된 데이터를 사용한다. 일부 실시예들에서, 배지 및/또는 화학적 추가들은 단일 도입 지점에서, 두 개의 도입 지점들에서 또는 3개 이상의 도입 지점들에서 발생한다. 일부 실시예들에서, 둘 이상의 도입 지점들은 실질적으로 마이크로 채널들의 네트워크를 형성한다. 일부 실시예들에서, 마이크로 채널들의 네트워크는 반응기 하우징에 임베드되고/되거나 용기 내부 내의 내부 지지 구조체들에 임베드된다. 일부 실시예들에서, 배지 추가 또는 분산 방법은 실질적으로 전자 제어식 밸브들의 사용을 특징으로 한다.

[0114] 광 생물 반응기, 광 생물 반응기는 배지 멸균을 용이하게 하는 하나 이상의 시스템들을 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 배지 멸균 방법은 인라인 조사, 자외선 또는 근자외선 조사, 마이크로파 방사선, 열 멸균, 막 또는 다공성 여과 방법들, 이원자(규조질의) 토양 또는 이들의 임의의 조합을 이용한다.

[0115] 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기는 램프 어셈블리의 외부 표면을 제거 또는 세정하기 위한 목적으로 하나 이

상의 시스템들을 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 시스템 또는 시스템들은 하나 이상의 세정 유닛들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 세정 유닛들은 내부 용기 체적 내에 장착된다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 세정 유닛들은 램프 어셈블리의 외부 표면에 장착된다. 일부 실시예들에서, 세정 유닛 또는 유닛들은 예를 들어, 하나 이상의 세정 유닛들이 무선, 전자 또는 다른 통신 방법들을 사용하여 제어되도록 하나 이상의 로봇식 장치들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 세정 유닛들은 예를 들어 로봇 장치를 통해 배양물을 재순환시키기 위한 것과 같은 흡입, 배출 또는 흡입 및 배출 둘 다를 제공한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 로봇식 세정 유닛들은 실질적으로 플렉서블하거나 유연한 바디를 포함한다. 일부 실시예들에서, 로봇식 세정 유닛들은 힌지 또는 소켓과 같은 하나 이상의 이동식 연결부들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 로봇식 세정 유닛들은 연성 또는 가용성 물질들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 로봇식 세정 유닛들은 가스로 동작한다. 일부 실시예들에서, 시스템 또는 시스템들은 하나 이상의 세정 유닛 액추에이터들을 포함한다.

가스

일부 실시예들에서, 광 생물 반응기는 하나 이상의 가스 추가 및/또는 분산 시스템들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 가스 또는 가스들은 산소, 이산화탄소, 메탄, 바이오가스, 합성 가스, 인간 또는 동물의 호기 등 중 하나 이상을 포함한다. 일부 실시예들에서, 가스 또는 가스들은 주변 대기로부터 공급되거나 실질적으로 공급된다. 일부 실시예들에서, 가스 또는 가스들의 예를 들어 이산화탄소의 비율에 비해 더 적은 비율의 산소를 갖는 산소와 이산화탄소의 혼합물과 같은 비율 조정된 가스들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 가스 추가 및/또는 분산을 위한 하나 이상의 시스템들은 하나 이상의 공기 매니폴드들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 매니폴드들 중 하나 이상은 반응기 용기의 외부에 위치된다. 일부 실시예들에서, 매니폴드들 중 하나 이상은 예를 들어, 제조 공정인 예를 들어 적층 제조 공정들을 통해 반응기 하우징에 통합된다. 일부 실시예들에서, 매니폴드들은 예를 들어 산소가 작동 유체를 나가게 하고 이산화탄소가 작동 유체로 들어오게 하는 것과 같은 가스 교환 방법을 제공한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 가스들이 동시에 교환된다.

일부 실시예들에서, 가스 추가 및/또는 분산을 위한 하나 이상의 시스템들은 하나 이상의 가스 확산 시스템들을 포함한다. 가스 확산 장치의 비제한 예로는 에어 스톤이 있다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 가스 확산 시스템들(예를 들어, 에어 스톤들)은 원통형, 실질적으로 원통형, 디스크형, 실질적으로 디스크형, 링형, 실질적으로 링형 또는 이들의 임의의 조합이다. 일부 실시예들에서, 가스 확산 시스템들(예를 들어, 에어 스톤들)은 다공성, 실질적으로 다공성 또는 반투과성 물질로 구성되고/되거나 코팅된다. 일부 실시예들에서, 가스 확산 시스템들(예를 들어, 에어 스톤들)은 예를 들어 제조 또는 어셈블리 공정을 통해 반응기 하우징에 통합된다. 일부 실시예들에서, 제조 공정은 적층 제조 공정들이다. 일부 실시예들에서, 가스 확산 시스템들(예를 들어, 에어 스톤들)은 예를 들어 전자 밸브들과 같은 하나 이상의 밸브들의 사용을 통해 제어된다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 밸브들은 독립적으로 제어된다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 밸브들은 둘 상의 그룹들로 제어된다.

일부 실시예들에서, 복수의 가스 확산 시스템들(예를 들어, 에어 스톤들)은 다양한 직경의 하나 이상의 링들 또는 디스크들을 형성하도록 원형 또는 실질적으로 원형 형태로 배열된다. 일부 실시예들에서, 둘 이상의 링들, 디스크들 및/또는 원형 가스 확산 시스템들(예를 들어, 에어 스톤들)은 생물 반응기 용기에 대해 다양한 높이들로 배열된다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 링들, 디스크들 및/또는 원형 가스 확산 시스템들(예를 들어, 에어 스톤들)은 하나 이상의 공기 챔버들에 연결된다. 일부 실시예들에서, 둘 이상의 챔버들 사이의 압력은 예를 들어, 챔버들 사이의 압력을 리다이렉팅하는 것이 가스 추가 및/또는 분산을 이동 또는 펄스화를 제공하도록 제어된다.

일부 실시예들에서, 가스 추가 및/또는 분산을 위한 하나 이상의 시스템들은 실질적으로 작동 유체 내로 가스들의 직접 도입을 특징으로 한다. 일부 실시예들에서, 직접 가스 도입 방법은 하나 이상의 생물 반응기 지지 구조체들을 포함하고, 이의 추가 목적은 용기 체적 내에서 수중 잠수식 코어에 지지를 제공하는 것을 포함한다. 일부 실시예들에서, 지지 구조체들은 가스들을 저장하는 능력을 제공하는 보이드를 포함한다. 일부 실시예들에서, 지지 구조체들은 예를 들어 작동 유체 내로 가스의 추가 및/또는 확산을 용이하게 하는 하나 이상의 공기 매니폴드들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 지지 구조체들은 예를 들어 작동 유체 내로 가스의 추가 및/또는 확산을 용이하게 하는 하나 이상의 가스 확산 시스템들(예를 들어, 에어 스톤들)을 포함한다. 일부 실시예들에서, 가스 추가 및/또는 분산을 위한 하나 이상의 시스템들은 예를 들어, 광 생물 반응기의 외부 배리어가 방수 외벽, 내벽 및 외벽과 내벽 사이의 보이드를 포함하도록, 이중 벽 외부 하우징을 포함한다. 일부 실시예들에서, 외부 및 내부 용기 벽들 사이의 보이드는 작동 유체로의 가스의 도입을 제공한다. 일부 실시예들에서, 내벽은 다공성 및/또는 반투과성 물질을 포함한다. 일부 실시예들에서, 다공성 및/또는 반투과성 물질은 반응기 내부의 개별 세포들 내벽을 통해 보이드로 통과하는 것을 방지하면서, 보이드와 용기 내부 사이에 배지 및 다른 작동

유체가 통과하기에 충분히 작은 기공 직경을 갖는다. 일부 실시예들에서, 다공성 및/또는 반투과성 물질은 예를 들어 유기체들의 농도 및/또는 여과를 포함하여, 작동 유체의 추출 및/또는 조작을 허용한다. 일부 실시예들에서, 내벽의 투과성은 예를 들어 공기압을 사용하여 제어되거나 실질적으로 제어된다.

[0121] **물질들 및 제조**

[0122] 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기는 예를 들어, 고밀도 플라스틱, 저밀도 폴리에틸렌, 및 폴리프로필렌, 스테인리스 스틸, 유리, 탄소 섬유, 실리카 복합재, 봉규산염, 세라믹, 바이오 플라스틱 등과 같은 플라스틱들을 포함하여, 침출되지 않고, 내부식성, 내열성, 및/또는 가벼운 가압을 견딜 수 있는 다양한 식품 등급 또는 고도로 불활성인 물질들 중 하나 이상으로 구성된다. 일부 실시예들에서, 수중 잠수식 광원은 구형 또는 실질적으로 구형 배리어로 둘러싸여 있다. 일부 실시예들에서, 구형 또는 실질적으로 구형 배리어는 토로이드 배리어이다. 일부 실시예들에서, 구형 또는 실질적으로 구형 배리어는 광원을 둘러싸고, 예를 들어 플라스틱 및 유리를 포함하는, 투명 물질들 및 극한 온도들에 견딜 수 있는 물질들과 같은 다양한 불활성 물질들; 또는 광자들의 조작을 허용하는 물질들 또는 메타 물질들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 표면들은 소수성, 초소수성, 친수성 및/또는 소유성 속성들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 소수성, 초소수성, 친수성 및/또는 소유성 속성들은 예를 들어 표면 코팅들의 추가, 기계적 또는 열적 에칭, 본질적으로 소수성 물질들의 사용, 고분해능 적층 제조 등을 포함하여, 당업자에게 달성될 수 있는 하나 이상의 방법들을 통해 달성되거나 실질적으로 달성된다. 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기는, 예를 들어, 전기 에너지를 전자기 방사선(광원)으로 변환하는 수중 잠수식 실질적 구형 방법, 광원, 펌프들, 공기 추가 및 분산 구성 요소 등의 내외로 열 분산액을 순환시키는 시스템을 포함하여, 복수의 개별 및 상호 연결된 구성 요소들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 구성 요소들은 광 생물 반응기와 관련하여 독립형 구성 요소들로 기능한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 구성 요소들은 내부 용기와 외부 벽 사이의 보이드에 위치되거나, 광 생물 반응기의 외부 용기 외부에 위치된, 수중 잠수식 내부 용기에 통합된다. 일부 실시예들에서, 둘 이상의 구성 요소들은 광 생물 반응기에 대해 이러한 위치들 중 둘 이상에 위치된다.

[0123] 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기의 하나 이상의 구성 요소들은 예를 들어 바인더 분사, 지향성 에너지 증착, 재료 압출, 재료 분사, 파우더 베드 융합, 시트 적층, 매트 광중합 또는 이들의 임의의 조합을 포함하는 적층 제조 공정들을 사용하여 제조된다. 일부 실시예들에서, 적층 제조를 위한 물질들은 다공성의 반투과성 물질들, 유리, 플라스틱, 바이오 플라스틱 또는 재생 플라스틱, 또는 이들의 임의의 조합을 포함한다. 일부 실시예들에서, 적층 제조를 위한 물질들은 전도성 물질들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 전도성 물질들은 용기 벽들 또는 다른 광 생물 반응기 구조체에 임베디드된다. 일부 실시예들에서, 전도성 물질들은 예를 들어 하나 이상의 광 생물 반응기 구성 요소들에 전력을 공급하고, 전자 제어 신호들을 중계하고, 및/또는 센서 데이터를 반환하기 위해 전력 및/또는 데이터를 전송한다. 일부 실시예들에서, 적층 제조를 위한 물질들은 비교적 낮은 용점을 갖는 폴리머 공급 원료를 포함한다. 이러한 물질들은 실리카 나노 입자들을 위한 캐리어, 미생물의 생물기원 실리카 잔여물 등으로 작용하는 것으로 고려된다. 일부 실시예들에서, 프린트된 구성 요소는 1400 °C보다 높은 온도와 같은 충분한 온도에 노출되고, 폴리머 공급 원료가 연소되고 융합된 또는 실질적으로 융합된 유리 구조체를 형성하기 위해 실리카 나노 입자들이 융합되도록 충분한 시간 동안 노출된다.

[0124] 일부 실시예들에서, 둘 이상의 광 생물 반응기들은 대규모 또는 산업적 광 생물 반응기를 형성하기 위해 결합되거나, 부착되거나, 적층되거나 또는 아니면 물리적으로 상호 연결되어, 광 생물 반응기 용기들의 집합체가 실질적으로 단일 고밀도 광 생물 반응기로서 작동하도록 한다. 일부 실시예들에서, 용기들의 기하학적 구성은 이용 가능한 공간의 활용이 최대화되도록 하는 것이다. 일부 실시예들에서, 둘 이상의 용기들은 균일한 체적 및 치수들 또는 다양한 체적 및 치수들을 가지고 있다. 일부 실시예들에서, 하나의 용기를 다른 용기에 연결하기 위해 둘 이상의 광 생물 반응기들 사이에 예를 들어 광 생물 반응기들을 하나 이상의 인접한 광 생물 반응기들과 연결하는 공기 및 수로들과 같은 영역이 제공된다. 일부 실시예들에서, 상호 연결된 용기들 사이의 일련의 밸브들 또는 밸브 세트는 실질적으로 미리 결정된 방식으로 공기 및/또는 물의 흐름을 지시한다. 일부 실시예들에서, 고밀도 광 생물 반응기 구성은 예를 들어 배광(light distribution), 전기 연결, 용기들 사이의 공기 및/또는 액체의 조작 등과 같은 중앙 컬럼(column) 또는 컬럼들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 둘 이상의 용기들은 강성 랙(rack) 또는 비계(scaffolding)를 사용하여 조립된다. 일부 실시예들에서, 둘 이상의 용기들은 예를 들어 사일로(silo)와 같은 기존 구조체를 차지하도록 조립된다. 일부 실시예들에서, 둘 이상의 광 생물 반응기는 광 생물 반응기를 수용하기 위해 구축된 전용 구조체를 차지하도록 조립된다. 일부 실시예들에서, 둘 이상의 광 생물 반응기는 광 생물 반응기 자체에 구축되거나 부가적으로 제조된 인프라스트럭처를 사용하여 조립된다. 일부 실시예들에서, 둘 이상의 광 생물 반응기들은 적층 제조 공정들을 사용하여 제자리에 프린트되거나 실질적으로

프린트된다. 일부 실시예들에서, 둘 이상의 광 생물 반응기들 또는 고밀도 광 생물 반응기 시스템들은 중심 축 주변에 링으로 배열된다. 일부 실시예들에서, 둘 이상의 광 생물 반응기들 또는 광 생물 반응기 시스템들은 원심력을 발생시키기에 충분한 회전 속도로 중심 축을 중심으로 회전된다. 일부 실시예들에서, 생성된 원심력은 반응기 용기 내에서 중력(gravitational pull)을 시뮬레이션하기에 충분하다.

[0125] **모니터링**

[0126] 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기는 하나 이상의 모니터링 시스템들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 모니터링 시스템 또는 시스템들은 하나 이상의 센서들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 센서들 중 하나 이상은 예를 들어, 광 생물 반응기의 내벽과 같은, 광 생물 반응기의 일측 상에 위치된다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 제어된 광원들은 예를 들어 주어진 광원이 광 생물 반응기의 내부 전체에 걸쳐 센서 또는 센서들을 향하도록 광 생물 반응기의 반대쪽에 위치된다. 일부 실시예들에서, 제어된 광원 또는 광원들은 예를 들어 하나 이상의 센서들의 방향으로 광 생물 반응기 전체에 걸쳐 고정된 수의 광자들을 전송하는 것과 같은, 하나 이상의 센서들과 상호 작용한다. 일부 실시예들에서, 제어된 광원 또는 광원들은 예를 들어 하나 이상의 센서들의 방향으로 광 생물 반응기 전체에 걸쳐 고정된 수의 광자들을 전송하는 것과 같은, 하나 이상의 센서들과 상호 작용한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 센서들은 광 생물 반응기의 일 측에서 다른 측으로 작동 유체를 가로지르는 광자들의 수를 검출하도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 센서들은 작동 유체에 매달려 있는 하나 이상의 유기체들의 형광 반응을 검출한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 센서들은 반응성 단백질을 총 단백질과 구별하도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 센서들로부터 수집된 데이터는 예를 들어 작동 유체 내의 자유 성분들의 유형, 양 및/또는 밀도와 같은 작동 유체의 특성들을 유추한다. 일부 실시예들에서, 센서들로부터 수집된 데이터는 예를 들어 고상 흡착 독소 추적(solid-phase adsorption toxin tracking; SPATT), 조류 독소 스크리닝을 위한 ELISA 기반 방법들, 액체 크로마토그래피 매스 분석법(liquid chromatography-mass spectrometry), 생체 내 또는 생체 외 생물검정, 실시간 정량적 중합 효소 연쇄 반응 (qPCR) 및 기타 분자 프로빙 기술, 또는 유사한 화학적 또는 생물학적 센서들과 같은 해로운 해조류(HAB)들을 검출할 수 있는 능력을 갖는 하나 이상의 시스템들에 의해 사용된다. 일부 실시예들에서, 센서들로부터 수집된 데이터는 예를 들어 광합성 침입자의 존재 및 세포 용해의 존재와 같은 배양물의 성장 및/또는 건강을 추론하는데 사용된다. 일부 실시예들에서, 센서들로부터 수집된 데이터는 광 성능의 특정치를 추론하는데 사용된다. 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기는 음향 및/또는 초음파 감지 구성 요소들을 포함한다.

[0127] 일부 실시예들에서, 하나 이상의 모니터링 및/또는 인식 시스템들은 예를 들어 시간에 따른 예상 성능과 비교하여 방출된 실제 광자들의 양을 검출하기 위한 통합 광도계와 같은 통합 광도계를 포함한다. 일부 실시예들에서, 통합 광도계는 둘 이상의 지점들 사이의 차이가 반응기 성능의 측정치들을 추론하는데 사용될 수 있도록 둘 이상의 검출 지점들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 측정된 파라미터는 물리적 기류이므로, 둘 이상의 지점들에서의 물리적 기류 측정치들 간 차이가, 예를 들어 혼합 및 자연 대류를 위해 시스템에 추가된 에너지를 추론하도록 한다. 일부 실시예들에서, 측정된 파라미터는 이산화탄소(CO_2) 흡수량이므로, 둘 이상의 지점들에서의 CO_2 흡수량의 측정치들 간 차이는 예를 들어 유기체 성장 속도를 추론하도록 한다. 일부 실시예들에서, 측정된 파라미터는 산소(O_2) 흡수량이므로, 둘 이상의 지점들에서의 O_2 흡수량의 측정치들 간 차이는 예를 들어 유기체 성장 속도를 추론하도록 한다.

[0128] 일부 실시예들에서, 하나 이상의 모니터링 및/또는 인식 시스템들은 레이더 감지 및/또는 자체 검출 기술을 포함한다. 일부 실시예들에서, 레이더 감지 및/또는 자체 검출 기술은 반응기 하우징의 벽에 임베디드된 하나, 둘 이상의 안테나들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 레이더 감지 및/또는 자체 검출 기술로부터 수집된 데이터는 예를 들어 세포 성장, 단백질 함량, 탄수화물 함량, 감염 또는 오염 물질의 존재, 총 용해된 고체, 유체 흐름, 시스템 무결성 등을 추론한다. 일부 실시예들에서, 감지 및/또는 검출 방법은 특정 전송 주파수들의 사용을 포함한다. 일부 실시예들에서, 감지 및/또는 검출 방법은 둘 이상의 주파수들에서 파형들의 변형을 포함한다. 일부 실시예들에서, 감지 및/또는 검출 방법은 예를 들어 X, Y 및 Z 극(pole)들과 같은 반응기의 둘 이상의 극들에 있는 송신 및 수신 지점들 사이의 신호 편향을 포함한다.

[0129] 일부 실시예들에서, 하나 이상의 센서들은 광원 광 생물 반응기의 내부로부터 데이터를 수집한다. 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기는 내부 용기 체적에 위치되거나 그에 연결된 하나 이상의 마이크로프로세서들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 마이크로프로세서들 중 하나 이상은 하나 이상의 광원들의 제어를 제공한다. 일부 실시예들에서, 마이크로프로세서들 중 하나 이상은 피드백 모니터링을 제공한다.

[0130] 일부 실시예들에서, 하나 이상의 모니터링 및/또는 인식 시스템들은 예를 들어 이미지 분석, 유전자 분석 또는

단백질 검출의 사용을 특징으로 하는 배양 모니터링 기능을 수행한다. 일부 실시예들에서, 측정된 파라미터 또는 파라미터들은 예를 들어 질소 함량, 인 함량, 포타슘 함량, 가스 조성물(예를 들어, 용해된 O_2 , 용해된 CO_2), 당의 존재, 폐기물의 존재 등을 포함한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 시스템들은 배양 온도 모니터링, 내부 용기 체적 온도 모니터링, 가스 유량 모니터링, 액체 유량 및/또는 액체 레벨 모니터링, 또는 이들의 임의의 조합의 기능을 수행한다.

[0131] **방사선**

[0132] 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기는 전기 에너지를 전자기 방사선으로 변환하고, 광이 실질적으로 광 생물 반응기 내의 임의의 위치로 향하도록 (예를 들어, 수중 잠수식 시스템의) 구형 또는 실질적으로 구형 광원을 포함한다. 일부 실시예들에서, 광원은 구형인 수밀 배리어(water-tight barrier)를 포함하여, 배리어가 내부 용기 보이드를 작동 유체 및/또는 배양물로부터 분리시키도록 한다. 일부 실시예들에서, 광원 배리어는 실질적으로 토로이드 형태이다. 일부 실시예들에서, 실질적으로 예를 들어 투명 물질들, 극한 온도들에 견딜 수 있는 물질들, 광자들 조작용 허용하는 물질들 등과 같은 다양한 불활성 물질들로 구성된다.

[0133] 일부 실시예들에서, (예를 들어, 수중 잠수식 시스템의) 광원은 각각이 적어도 3개의 예지들을 포함하고, 내부 광원 체적을 정의하는 실질적으로 구형으로 배열된, 복수의 회로 기관들을 포함하며, 복수의 회로 기관들은 내부 광원 체적과 접촉하는 제1 표면 및 예를 들어, 발광 다이오드(LED)들과 같은 조명원을 포함하는 대향하는 제2 표면을 포함하는 것을 더 특징으로 한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 회로 기관들은 옵션으로서 벤딩되거나, 라운드되거나 아니면 조작되는 플렉서블한 물질들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 회로 기관들은 예를 들어, 플라스틱 비계와 같은 지지 구조체 또는 프레임워크의 보조로 조립된다. 일부 실시예들에서, 지지 구조체는 전체 중 둘 이상의 섹션들로부터 조립된다. 일부 실시예들에서, 지지 구조체는 실질적으로 적층 제조 공정들을 사용하여 생산된다.

[0134] 일부 실시예들에서, (예를 들어, 수중 잠수식 시스템의) 광원은 유기 발광 다이오드(OLED)들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 광원은 탄소 나노튜브들을 포함한다.

[0135] 일부 실시예들에서, 전자기 방사선은 예를 들어 광합성 유효 방사(photosynthetically active radiation; PAR)와 같은 가시 스펙트럼 내에 있다. 다른 실시예들에서, 전자기 방사선은 예를 들어, 자외선(UV) 또는 적외선(IR) 광과 같은 가시 스펙트럼 외부에 있다. 일부 실시예들에서, UV 및/또는 IR 방사선은 광 생물 반응기 내의 액체 배지를 멸균한다. 일부 실시예들에서, UV 및/또는 IR 방사선은 부분적으로 또는 전체적으로 광 생물 반응기의 내부 구성 요소들을 멸균한다. 일부 실시예들에서, UV 및/또는 IR 방사선은 광 생물 반응기 내의 액체 배지를 가열한다.

[0136] 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기는 하나 이상의 전력원들에 의해 공급된 하나 이상의 구성 요소들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 전력원들 중 하나 이상은 광 생물 반응기 외측 외부에 위치된다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 외부 전원 공급 장치들은 실질적으로 무선 기술로 전력을 공급한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 외부 전원 공급 장치들은 실질적으로 전도성 물질들인, 예를 들어 반응기 하우징에 물리적으로 통합된 전도성 물질을 통해 전력을 제공한다. 일부 실시예들에서, 전도성 물질들은 전원 공급 장치에서 병렬 리던던시들을 제공하는 방식으로 상호 연결된다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 전력원들은 내부 용기 체적 내에 위치된다. 일부 실시예들에서, 하나 이상이 구성 요소들은 예를 들어 전기와 같은 전력을 작동 유체로의 직접 도입을 통해 전력을 공급받는다.

[0137] 일부 실시예들에서, 광원은 하나 이상의 센서들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 광원은 하나 이상의 마이크로프로세서들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 마이크로프로세서들 중 하나 이상은 내부 용기 체적 내에 위치된다. 일부 실시예들에서, 마이크로프로세서들 중 하나 이상은 하나 이상의 광원들의 제어를 제공한다. 일부 실시예들에서, 마이크로프로세서들 중 하나 이상은 피드백 모니터링을 제공한다. 일부 실시예들에서, 광원은 하나 이상의 제어 시스템들인, 예를 들어 디지털 제어 시스템에 대한 연결부를 포함한다. 일부 실시예들에서, 제어 장치들은 광원 코어 용기 체적에 통합된다.

[0138] 일부 실시예들에서, 방사선은 하나 이상의 파라미터들을 최적화 및/또는 제어하도록 조작되었다. 일부 실시예들에서, 방사선은 유기체 또는 유기체들에 의한 광자 흡수의 가능성을 증가시키도록 최적화될 수 있다. 일부 실시예들에서, 방사선 조작 방법은 실질적으로 펄스 폭 변조를 사용하는 것이다. 일부 실시예들에서, 방사선 조작 방법은 실질적으로 광의 동작을 조작하고/하거나 그에 영향을 줄 수 있는 능력을 가진 물질들 및/또는 메타 물질들의 통합에 의한 것이다. 일부 실시예들에서, 물질들 및/또는 메타 물질들은 예를 들어 거시적, 입자 또는

양자 레벨에서 광의 조작을 제공한다. 일부 실시예들에서, 물질들 및/또는 메타 물질들이 광원의 외부 표면에 통합되는 생물 반응기 구성 요소. 일부 실시예들에서, 물질들 및/또는 메타 물질들은 하나 이상의 광자들을 작동 유체 내로 바운싱 또는 반사시킴으로써 광의 조작을 제공한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 광자들은 광원 방출의 교각에 대해 비스듬한 각도들에 있는 작동 유체로 유도된다. 일부 실시예들에서, 물질들 및/또는 메타 물질들은 방사성 및/또는 굴절성 표면 코팅들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 물질들 및/또는 메타 물질들은 본질적으로 반사성 및/또는 굴절성 물질들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 물질들 및/또는 메타 물질들은 예를 들어, 나노입자들, 양자점들 등과 같은 임베디드된 미립자들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 미립자들은 적층 제조 공정들을 통해 물질들 및/또는 메타 물질들에 임베디드된다. 일부 실시예들에서, 물질들 및/또는 메타 물질들은 광자의 개별 조작을 제공한다. 일부 실시예들에서, 물질들 및/또는 메타 물질들은 하나 이상의 배양 대향 표면들에 적용된다. 일부 실시예들에서, 물질들 및/또는 메타 물질들은 적층 제조 공정들을 통해 하나 이상의 배양 대향 표면들에 통합된다. 일부 실시예들에서, 방사선 조작 방법은 예를 들어, 광을 트위스트시키는 능력과 같이 광을 왜곡(distort) 및/또는 벤딩하는 능력을 갖는 광학 구조체들의 사용을 특징으로 한다. 일부 실시예들에서, 광학 구조체들은 실질적으로 적층 제조 공정들을 사용하여 구성된다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 렌즈들은 광을 왜곡, 벤딩 및/또는 트위스팅시키는 능력을 갖는다. 일부 실시예들에서, 광을 왜곡, 벤딩 및/또는 트위스팅시키는 능력을 갖는 하나 이상의 반사성 표면들.

[0139] 온도

[0140] 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기는 온도 제어 및/또는 관리 시스템을 포함한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 시스템들은 실질적으로 주위 온도 제어의 사용을 통해 온도를 관리한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 시스템들은 실질적으로 광원 조작을 통해 온도 관리를 달성한다. 일부 실시예들에서, 광원 조작은 광 주파수에서의 제어된 변화들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 광원 조작은 전력, 세기 또는 전력과 세기 둘 다에서의 제어된 변화들을 포함한다.

[0141] 일부 실시예들에서, 하나 이상의 시스템들은 실질적으로 예를 들어, 전기 가열 요소들과 같은 전기 요소들을 통해 온도 관리를 달성한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 시스템들은 강제 냉각의 사용을 통해 온도 관리를 달성한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 시스템들은 냉각 장치의 사용을 통해 온도 관리를 달성한다. 일부 실시예들에서, 냉각 장치는 냉각 재킷을 포함한다.

[0142] 일부 실시예들에서, 온도 관리 및/또는 제어를 위한 하나 이상의 시스템들은 예를 들어, 유체 펌프들과 같은 하나 이상의 펌프들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 시스템들은 실질적으로 열 분산액의 사용을 통해 온도 관리를 달성한다. 일부 실시예들에서, 열 분산액은 광학적으로 투명하거나 실질적으로 광학적으로 투명하다. 일부 실시예들에서, 열 분산액은 비전도성 액체 또는 예를 들어, 미네랄 오일과 같은 실질적으로 비전도성 액체이다. 일부 실시예들에서, 열 분산액은 비전도성 겔(gel) 또는 실질적으로 비전도성 겔이다. 일부 실시예들에서, 열 분산액은 양자점들, 반사 입자들 등을 포함한다. 일부 실시예들에서, 열 분산액은 열에 노출될 때 광을 방출한다. 일부 실시예들에서, 열 분산액은 내부 용기 체적 내부에서 재순환된다. 일부 실시예들에서, 순환은 하나 이상의 펌프들의 유량의 자연 대류 또는 변화들을 사용하거나 실질적으로 사용하여 달성된다. 일부 실시예들에서, 펌프들 중 하나 이상은 반응기 용기의 외부에 위치된다. 일부 실시예들에서, 펌프들 중 하나 이상은 하나 이상의 유입구들 및/또는 하나 이상의 배출구들을 통해 광원에 연결된다. 일부 실시예들에서, 펌프들 중 하나 이상은 실질적으로 광원 용기 체적에 통합된다. 일부 실시예들에서, 펌프들 중 하나 이상은 실질적으로 마이크로 펌프들로 특징지어진다. 일부 실시예들에서, 열 분산액을 순환시키기 위한 시스템 또는 시스템들은 예를 들어, 회전식(gyrosopic) 팬들과 같은 하나 이상의 팬들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 팬들 중 하나 이상은 광원 용기 체적에 통합된다.

[0143] 어플리케이션들

[0144] 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기는 광합성 및/또는 감광성 미생물들의 배양에 적합하다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 광합성 및/또는 감광성 유기체들은 생산적 배양물을 포함한다. 일부 실시예들에서, 유기체들 중 하나 이상은 실질적으로 변형되지 않거나 자연적으로 발생한다. 일부 실시예들에서, 유기체들 중 하나 이상의 실질적으로 적절한 환경에 적응된다. 일부 실시예들에서, 유기체들 중 하나 이상은 실질적으로 유전자 변형 또는 재조합으로 특징 지워진다. 일부 실시예들에서, 유기체들 중 하나 이상은 합성 DNA를 포함하여, 예를 들어 실질적으로 임의의 자연 발생 환경에 존재하지 않는 유기체를 형성하도록 DNA가 조립되도록 한다. 일부 실시예들에서, 유기체들 중 하나 이상은 광합성보다는 감광성이므로, 예를 들어, 광 자극은, 에너지 원, 재생 또는 성장의 원동력 등으로 이용하기 보다는 또는 그 외에, 하나 이상의 파라미터들에 대한 제어 방법으로 사용될 수 있다.

- [0145] 일부 실시예들에서, 유기체들 중 하나 이상은, 예를 들어 지방산, 피코빌리프로테인, 바이오 연료 및 다른 가솔린 대체물 등을 포함하는 화합물들 또는 생체 분자들을 생성한다. 일부 실시예들에서, 광 생물 반응기들은 예를 들어, 개별 유기체들에 대한 환경을 최적화하기 위한 조정과 같은, 하나 이상의 제어 장치들, 구성 요소들 또는 다른 반응기 파라미터들을 조작 및/또는 최적화하는 능력을 더 특징으로 한다. 일부 실시예들에서, 조작 및/또는 최적화는 하나 이상의 입력들을 조정 또는 변경하고, 하나 이상의 출력들을 모니터링하고, 특정 유기체 또는 유기체들에 대한 고성장 및/또는 고밀도를 촉진하고, 예를 들어, 고유 한 관심 또는 특정 값의 분자들과 같은 생체 분자들의 표현 속도를 제어하고, 유기체 수명 주기를 변경하고, 최종 영양분 또는 제품 성분들을 변경하고, 세포 파괴 또는 용해를 유발하고, 세포가 보호 동작을 취하게 하여, 예를 들어, 파괴, 용해 또는 보호 동작이 하나 이상의 핵심 분자들의 보호 또는 이들의 임의의 조합을 장려하도록 한다. 일부 실시예들에서, 조작 및/또는 최적화는 예를 들어, 연구 및 개발 어플리케이션들, 상업용 어플리케이션들 및 산업용 어플리케이션들과 같은 특정 어플리케이션 또는 어플리케이션들을 대상으로 한다. 일부 실시예들에서, 어플리케이션들은 예를 들어 인간 소비용 식품들, 기능성 성분들, 추가제들 및/또는 보충제들; 애완동물, 가축 및 다른 동물 소비를 위한 식품들, 기능성 성분들, 추가제들 및/또는 보충제들; 피코빌리프로테인; 바이오 연료; 의료, 생의학 및/또는 제약 용도를 위한 공급 원료; 등의 생산과 같은 세포 농업을 포함한다. 일부 실시예들에서, 어플리케이션들은 바이오제조, 에너지 저장, 광화학, 광분해 또는 광 파괴, 예를 들어, 바이오 연료, 폐수의 생물학적 정화, 과량의 이산화탄소 등과 같은 화합물들 또는 분자들의 생산, 또는 이들의 임의의 조합이 있다. 일부 실시예들에서, 생물학적 정화는 예를 들어 동물 또는 동물들로부터의 폐기물 이산화탄소 및 폐기물 영양분들이 실질적으로 광 생물 반응기 생물학적 정화 공정을 통해 동물 또는 동물들을 위한 산소 및 영양분으로 전환될 수 있도록, 하나 이상의 광 생물 반응기들과 하나 이상의 살아있는 동물들 사이의 협동 또는 공생 시스템을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 광 생물 반응기들은 하나 이상의 인간들 위한 폐기물들의 생물학적 정화 및 변환을 제공할 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 광 생물 반응기들은 우주선 또는 비-테라 표면 서식지와 같은 다른 비-테라 서식지에서 폐기물들의 생물학적 정화 및 변환을 제공할 수 있다.
- [0146] 단락 A. 광합성 유기체의 배양 및/또는 증식을 위한 광 생물 반응기는, 내부 용기 체적을 정의하는 벽을 갖는 실질적으로 구형 용기; 전기 에너지를 전자기 방사선으로 변환하는 수중 잠수식 시스템; 수중 잠수식 시스템의 안팎으로 열 분산액을 순환시키는 온도 관리 시스템; 및 프로세서 및 컨트롤러를 포함하는 광 생물 반응기 제어 시스템을 포함한다.
- [0147] 단락 B. 단락 A의 광 생물 반응기에 있어서, 광 생물 반응기 제어 시스템과 동작 가능하게 통신하는 하나 이상의 센서들을 더 포함한다.
- [0148] 단락 C. 단락 A 내지 B 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 센서들은 하드 와이어드 또는 무선 연결부를 포함한다.
- [0149] 단락 D. 단락 A 내지 C 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 센서들은 온도 세서, 가스 센서, 산 또는 pH 센서, 단백질 분화 검출기(protein differentiation detector), 분광 광도계(spectrophotometer) 또는 사이토미터(cytometer)를 포함한다.
- [0150] 단락 E. 단락 A 내지 D 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 센서들은 실질적으로 구형 용기의 벽의 내부 표면 상에 위치된다.
- [0151] 단락 F. 단락 A 내지 E 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 제어된 전자기 에너지원들은 하나 이상의 센서들에 대해 실질적으로 구형 용기의 반대쪽에 위치된다.
- [0152] 단락 G. 단락 A 내지 F 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 센서들은 수중 잠수식 시스템 내에 위치된다.
- [0153] 단락 H. 단락 A 내지 G 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 센서들은 광자들, 형광들 또는 반응성 단백질에 민감한 구성 요소를 포함한다.
- [0154] 단락 I. 단락 A 내지 H 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 센서들은 통합 광도계를 포함한다.
- [0155] 단락 J. 단락 A 내지 I 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 통합 광도계는 둘 이상의 검출 지점들을 포함한다.

- [0156] 단락 K. 단락 A 내지 J 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 센서들은 레이더 또는 자기장 검출 센서들을 포함한다.
- [0157] 단락 L. 단락 A 내지 K 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 레이더 또는 자기장 검출 센서는 하나 이상의 안테나들을 포함한다.
- [0158] 단락 M. 단락 A 내지 L 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 안테나들은 광 생물 반응기의 반응기 하우징 또는 구조체에 통합된다.
- [0159] 단락 N. 단락 A 내지 M 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 센서들은 음향 또는 초음파 센서를 포함한다.
- [0160] 단락 O. 단락 A 내지 N 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 센서들 중 적어도 하나는 광 생물 반응기의 반응기 하우징 또는 구조체에 통합된다.
- [0161] 단락 P. 단락 A 내지 O 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 적층 제조가 하나 이상의 센서들 중 적어도 하나를 반응기 하우징 또는 구조체에 통합하는데 사용된다.
- [0162] 단락 Q. 단락 A 내지 P 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 적층 제조는 전도성 프린팅 공급 원료를 사용하는 공정을 포함한다.
- [0163] 단락 R. 단락 A 내지 Q 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 프로세서는 마이크로프로세서를 포함한다.
- [0164] 단락 S. 단락 A 내지 R 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 마이크로프로세서는 수중 잠수식 시스템 내에 위치된다.
- [0165] 단락 T. 단락 A 내지 S 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 컨트롤러는 마이크로컨트롤러를 포함한다.
- [0166] 단락 U. 단락 A 내지 T 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 마이크로컨트롤러는 수중 잠수식 시스템 내에 위치된다.
- [0167] 단락 V. 단락 A 내지 U 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 광 생물 반응기 제어 시스템은 수중 잠수식 시스템을 관리하도록 구성된다.
- [0168] 단락 W. 단락 A 내지 V 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 수중 잠수식 시스템은 실질적으로 광원 조작을 통해 관리된다.
- [0169] 단락 X. 단락 A 내지 W 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 광원 조작은 광 주파수에서의 제어된 변화들을 포함한다.
- [0170] 단락 Y. 단락 A 내지 X 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 광원 조작은 전력, 광 세기 또는 둘 다에서의 제어된 변화들을 포함한다.
- [0171] 단락 Z. 단락 A 내지 Y 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 상기 광원 조작은 펄스 폭 변조를 포함한다.
- [0172] 단락 AA. 단락 A 내지 Z 중 어느 하나의 광 생물 반응기는, 광 생물 반응기에 전기를 제공하도록 구성된 분산된 포지티브(애노드) 및 네거티브(캐소드) 도체들의 시스템; 또는 광 생물 반응기에 전기를 제공하도록 구성된 분산된 전자석들의 시스템을 더 포함한다.
- [0173] 단락 AB. 단락 A 내지 AA 중 어느 하나의 광 생물 반응기는, 하나 이상의 전원 공급 장치들을 더 포함한다.
- [0174] 단락 AC. 단락 A 내지 AB 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 전원 공급 장치들 중 적어도 하나는 실질적으로 구형 용기의 외부에 위치된다.
- [0175] 단락 AD. 단락 A 내지 AC 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 전원 공급 장치들 중 적어도 하나는 내부 용기 체적 내에 위치된다.
- [0176] 단락 AE. 단락 A 내지 AD 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 전원 공급 장치들 중 적어도 하나는 수중 잠수식 시스템 내에 위치된다.
- [0177] 단락 AF. 단락 A 내지 AE 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 전원 공급 장치들 중 적어도 하나는 하드 와이어드 또는 무선 연결부를 포함한다.

- [0178] 단락 AG. 단락 A 내지 AF 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하드 와이어드 또는 무선 연결부는 적층 제조를 통해 광 생물 반응기의 반응기 하우징 또는 구조체에 통합된 전도성 물질을 포함한다.
- [0179] 단락 AH. 단락 A 내지 AG 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 전원 공급 장치들 중 적어도 하나는 내부 용기 체적에 위치한 작동 유체로 전기를 도입한다.
- [0180] 단락 AI. 단락 A 내지 AH 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 실질적으로 구형 용기의 안팎으로 유체, 폐기물 또는 영양분들을 조작, 추출 또는 순환시키는 순환 시스템을 더 포함하며, 순환 시스템은 광 생물 반응기 제어 시스템과 동작 가능하게 통신된다.
- [0181] 단락 AJ. 단락 A 내지 AI 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 순환 시스템은 하나 이상의 모터들, 펌프들, 밸브들 또는 팬들을 포함한다.
- [0182] 단락 AK. 단락 A 내지 AJ 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 밸브들은 전자 제어식 밸브를 포함한다.
- [0183] 단락 AL. 단락 A 내지 AK 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 모터들은 전자 제어식 모터를 포함한다.
- [0184] 단락 AM. 단락 A 내지 AL 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 펌프들은 전자 제어식 펌프를 포함한다.
- [0185] 단락 AN. 단락 A 내지 AM 중 어느 하나의 적어도 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 펌프들 중 적어도 하나는 열역학적이다.
- [0186] 단락 AO. 단락 A 내지 AN 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 모터들, 펌프들, 밸브들 또는 팬들 중 적어도 하나는 광 생물 반응기의 반응기 하우징 또는 구조체에 통합된다.
- [0187] 단락 AP. 단락 A 내지 AO 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 모터들, 펌프들, 밸브들 또는 팬들 중 적어도 하나는 수중 잠수식 시스템에 통합된다.
- [0188] 단락 AQ. 단락 A 내지 AP 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 순환 시스템은 하나 이상의 유입구들 및 하나 이상의 배출구들을 포함한다.
- [0189] 단락 AR. 단락 A 내지 AQ 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 순환 시스템은 순환 시스템 내에서 흐름을 제어하도록 구성된 스피곳을 포함한다.
- [0190] 단락 AS. 단락 A 내지 AR 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 유입구들 및 배출구들은 광 생물 반응기의 반응기 하우징 또는 구조체에 통합된다.
- [0191] 단락 AT. 단락 A 내지 AS 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 실질적으로 구형 용기로의 가스들의 추가 또는 분산을 위한 환기 시스템을 더 포함하며, 환기 시스템은 하나 이상의 가스 확산 장치들을 포함한다.
- [0192] 단락 AU. 단락 A 내지 AT 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 가스 확산 장치들 중 적어도 하나는 실질적으로 링형 또는 디스크형이다.
- [0193] 단락 AV. 단락 A 내지 AU 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 환기 시스템은 내부 용기 체적 내의 상이한 높이들에 위치한 둘 이상의 링형 또는 디스크형 가스 확산 장치들을 포함한다.
- [0194] 단락 AW. 단락 A 내지 AV 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 가스 확산 장치들 중 적어도 하나는 실질적으로 원통형 또는 구형이다.
- [0195] 단락 AX. 단락 A 내지 AW 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 환기 시스템은 하나 이상의 링들 또는 디스크들을 형성하기 위해 내부 용기 체적 내에서 실질적으로 원형 형태로 배열된 복수의 가스 확산 장치들을 포함한다.
- [0196] 단락 AY. 단락 A 내지 AX 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 복수의 가스 확산 장치들 중 적어도 둘은 내부 용기 체적 내의 상이한 위치들에 위치된다.
- [0197] 단락 AZ. 단락 A 내지 AY 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 가스 확산 장치들 중 적어도 하나는 다공성 또는 반투과성 물질을 포함한다.

- [0198] 단락 BA. 단락 A 내지 AZ 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 가스 확산 장치들 중 적어도 하나는 광 생물 반응기의 반응기 하우징 또는 구조체에 통합된다.
- [0199] 단락 BB. 단락 A 내지 BA 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 적층 제조가 하나 이상의 가스 확산 장치들 중 적어도 하나를 반응기 하우징 또는 구조체에 통합하는데 사용된다.
- [0200] 단락 BC. 단락 A 내지 BB 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 환기 시스템은 하나 이상의 가스 챔버들을 포함한다.
- [0201] 단락 BD. 단락 A 내지 BC 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 가스 챔버들 중 적어도 하나는 광 생물 반응기의 반응기 하우징 또는 구조체에 통합된 보이드 또는 내부 체적을 포함한다.
- [0202] 단락 BE. 단락 A 내지 BD 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 적층 제조가 하나 이상의 가스 챔버들 중 적어도 하나를 반응기 하우징 또는 구조체에 통합하는데 사용된다.
- [0203] 단락 BF. 단락 A 내지 BE 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 환기 시스템은 하나 이상의 가스 챔버들 중 적어도 하나를 하나 이상의 가스 확산 장치들 중 적어도 하나에 연결하는 둘 이상의 채널들 또는 튜브들의 매니폴드 또는 네트워크를 포함한다.
- [0204] 단락 BG. 단락 A 내지 BF 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 상기 매니폴드 또는 네트워크는 광 생물 반응기의 반응기 하우징 또는 구조체에 통합된다.
- [0205] 단락 BH. 단락 A 내지 BG 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 적층 제조가 상기 매니폴드들 또는 네트워크들 중 적어도 하나를 반응기 하우징 또는 구조체에 통합하는데 사용된다.
- [0206] 단락 BI. 단락 A 내지 BH 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 환기 시스템은 하나 이상의 밸브들, 펌프들, 모터들 또는 팬들을 포함한다.
- [0207] 단락 BJ. 단락 A 내지 BI 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 밸브들은 전자 제어식 밸브들을 포함한다.
- [0208] 단락 BK. 단락 A 내지 BJ 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 모터들은 전자 제어식 모터들을 포함한다.
- [0209] 단락 BL. 단락 A 내지 BK 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 펌프들은 전자 제어식 펌프들을 포함한다.
- [0210] 단락 BM. 단락 A 내지 BL 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 환기 시스템은 광 생물 반응기 제어 시스템과 동작 가능하게 통신된다.
- [0211] 단락 BN. 단락 A 내지 BM 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 가스 추가 또는 분산 속도는 실질적으로 가스 또는 공기 압력에서의 제어된 변화들을 사용하여 관리된다.
- [0212] 단락 BO. 단락 A 내지 BN 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 내부 용기 체적을 정의하는 벽은 내부 층 및 외부 층을 갖는 이중 벽을 포함한다.
- [0213] 단락 BP. 단락 A 내지 BO 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 벽은 내부 층과 외부 층 사이의 보이드를 포함한다.
- [0214] 단락 BQ. 단락 A 내지 BP 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 외부 층은 불투수성(water impermeable)이다.
- [0215] 단락 BR. 단락 A 내지 BQ 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 내부 층은 다공성 또는 반투과성이다.
- [0216] 단락 BS. 단락 A 내지 BR 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 내부 층의 다공성 또는 투과성은 가변적이다.
- [0217] 단락 BT. 단락 A 내지 BS 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 내부 층의 다공성 또는 투과성은 광 생물 반응기 제어 시스템으로부터의 신호에 응답하여 또는 온도, pH 또는 특정 유형들 또는 파장들 또는 방사선과 같은 환경 조건들에 응답하여 달라진다.
- [0218] 단락 BU. 단락 A 내지 BT 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 실질적으로 구형 용기는 침출되지 않고, 내

부식성, 내열성 및/또는 가벼운 가압을 견딜 수 있는 다양한 식품 등급 또는 고도로 불활성인 물질들 중 하나 이상으로 구성된다.

- [0219] 단락 BV. 단락 A 내지 BU 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 실질적으로 구형 용기는 고밀도 폴리에틸렌, 저밀도 폴리에틸렌, 폴리프로필렌 또는 바이오 플라스틱을 포함한다.
- [0220] 단락 BW. 단락 A 내지 BV 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 실질적으로 구형 용기는 유리, 실리카 복합재, 봉규산업 또는 세라믹을 포함한다.
- [0221] 단락 BX. 단락 A 내지 BW 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 실질적으로 구형 용기는 스테인리스 스틸을 포함한다.
- [0222] 단락 BY. 단락 A 내지 BX 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 실질적으로 구형 용기는 탄소 섬유를 포함한다.
- [0223] 단락 BZ. 단락 A 내지 BY 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 수중 잠수식 시스템은 내부 공간을 정의하는 내벽을 갖는 구형 또는 실질적으로 구형 내부 용기를 포함한다.
- [0224] 단락 CA. 단락 A 내지 BZ 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 구형 또는 실질적으로 내부 용기는 토러스형(torus-shaped)이다.
- [0225] 단락 CB. 단락 A 내지 CA 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 구형 또는 실질적으로 구형 내부 용기는 극한 온도들에 견딜 수 있는 다양한 불활성 물질들 중 하나 이상을 포함한다.
- [0226] 단락 CC. 단락 A 내지 CB 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 구형 또는 실질적으로 구형 내부 용기는 플라스틱 또는 유리를 포함한다.
- [0227] 단락 CD. 단락 A 내지 CC 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 구형 또는 실질적으로 내부 용기는 실질적으로 투명하다.
- [0228] 단락 CE. 단락 A 내지 CD 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 구형 또는 실질적으로 구형 내부 용기는 광자들의 조작을 허용하는 물질들 또는 메타 물질들을 포함한다.
- [0229] 단락 CF. 단락 A 내지 CE 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 전자기 방사선의 동작의 조절을 가능하게 하고/하거나 전자기 방사선의 동작에 영향을 줄 수 있는 속성들을 갖는 물질들 또는 메타 물질들을 포함한다.
- [0230] 단락 CG. 단락 A 내지 CF 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 작동 유체 대향 표면들 상에 존재한다.
- [0231] 단락 CH. 단락 A 내지 CG 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 물질들 또는 메타 물질들은 반사성 또는 굴절성 표면 코팅들을 포함한다.
- [0232] 단락 CI. 단락 A 내지 CH 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 물질들 또는 메타 물질들은 본질적으로 반사성 또는 굴절성 표면 물질들을 포함한다.
- [0233] 단락 CJ. 단락 A 내지 CI 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 물질들 또는 메타 물질들은 나노 입자들, 양자점들 또는 유사한 임베디드된 미립자들을 포함한다.
- [0234] 단락 CK. 단락 A 내지 CJ 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 물질들 또는 메타 물질들은 광을 왜곡, 벤딩 또는 트위스트시키는 능력을 갖는 광학 렌즈들 또는 유사 구조체들을 포함한다.
- [0235] 단락 CL. 단락 A 내지 CK 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 물질들 또는 메타 물질들은 적층 공정을 사용하여 수중 잠수식 시스템에 통합된다.
- [0236] 단락 CM. 단락 A 내지 CL 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 소수성, 초소수성, 친수성 또는 소유성 속성들을 갖는 하나 이상의 표면들을 포함한다.
- [0237] 단락 CN. 단락 A 내지 CM 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 속성들은 실질적으로 표면 코팅을 통해 달성된다.
- [0238] 단락 CO. 단락 A 내지 CN 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 속성들은 실질적으로 기계적 또는 열적 에칭을 통해 달성된다.

- [0239] 단락 CP. 단락 A 내지 CO 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 속성들은 실질적으로 본질적으로 소수성, 초소수성, 친수성 및/또는 소유성 속성들을 갖는 물질들의 사용을 통해 달성된다.
- [0240] 단락 CQ. 단락 A 내지 CP 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 속성들은 실질적으로 고분해능 적층 공정을 통해 달성된다.
- [0241] 단락 CR. 단락 A 내지 CQ 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 반응기 하우징 및/또는 구조체는 예를 들어, 바인더 분사, 지향성 에너지 증착, 재료 압출, 재료 분사, 파우더 베드 융합, 시트 적층 또는 매트 광중합을 포함하는 적층 제조 공정들을 사용하여 제조된다.
- [0242] 단락 CS. 단락 A 내지 CR 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 반응기 하우징 및/또는 구조체는 다공성 또는 투과성 물질들을 포함한다.
- [0243] 단락 CT. 단락 A 내지 CS 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 반응기 하우징 및/또는 유리를 포함한다.
- [0244] 단락 CU. 단락 A 내지 CT 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 반응기 하우징 및/또는 구조체는 플라스틱, 바이오 플라스틱 또는 재생 플라스틱을 포함한다.
- [0245] 단락 CV. 단락 A 내지 CU 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 반응기 하우징 및/또는 구조체는 적층 제조 공정들을 사용하여 조립된 둘 이상의 물질들을 포함하여, 둘 이상의 물질들이 적층 제조 공정 동안 수밀 또는 실질적으로 수밀 배리어를 형성하도록 융합한다.
- [0246] 단락 CW. 단락 A 내지 CV 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 실질적으로 구형 외부 용기는 적층 제조 공정들을 사용하여 조립된 둘 이상의 물질들을 포함하여, 둘 이상의 물질들이 적층 제조 공정 동안 수밀 또는 실질적으로 수밀 배리어를 형성하도록 융합한다.
- [0247] 단락 CX. 단락 A 내지 CW 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 실질적으로 구형 내부 용기는 적층 제조 공정들을 사용하여 조립된 둘 이상의 물질들을 포함하여, 둘 이상의 물질들이 적층 제조 공정 동안 수밀 또는 실질적으로 수밀 배리어를 형성하도록 융합한다.
- [0248] 단락 CY. 단락 A 내지 CX 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 유입구들, 배출구들, 펌프들, 밸브들, 모터들, 또는 팬들은 실질적으로 반응기 하우징 또는 구조체에 통합된다.
- [0249] 단락 CZ. 단락 A 내지 CY 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 데이터 또는 제어 통로들은 실질적으로 반응기 하우징 또는 구조체에 통합된다.
- [0250] 단락 DA. 단락 A 내지 CZ 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 전력, 데이터 또는 제어 통로들은 전도성 공급 원료를 포함한다.
- [0251] 단락 DB. 단락 A 내지 DA 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 반응기 하우징 및/또는 구조체는 폴리머 공급 원료 및 실리카 입자들을 포함하며, 폴리머 공급 원료 및 실리카 입자들은 실리카 나노 입자들 또는 미생물의 생물기원 실리카 잔여물들을 포함한다.
- [0252] 단락 DC. 단락 A 내지 DB 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 폴리머 공급 원료는 적어도 부분적으로 제거되고, 실리카 입자들은 실질적으로 융합된 유리 구조체를 형성한다.
- [0253] 단락 DD. 단락 A 내지 DC 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 전기 에너지를 전자기 방사선을 변환하는 것은 하나 이상의 조명원들을 포함한다.
- [0254] 단락 DE. 단락 A-DD 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 조명원들을 하나 이상의 발광 다이오드(LED)들, 및/또는 하나 이상의 유기 발광 다이오드(OLED)들을 포함한다.
- [0255] 단락 DF. 단락 A 내지 DE 중 어느 하나의 광 생물 반응기는, 스캐폴드 또는 프레임워크를 더 포함한다.
- [0256] 단락 DG. 단락 A 내지 DF 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 조명원들은 스캐폴드 또는 프레임워크에 연결된다.
- [0257] 단락 DH. 단락 A 내지 DG 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 스캐폴드는 극한 온도들에 견딜 수 있는 다양한 불활성 물질들 중 하나 이상을 포함한다.
- [0258] 단락 DI. 단락 A 내지 DH 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 스캐폴드는 광 생물 반응기의 반응기 하우

징 또는 구조체에 통합된다.

- [0259] 단락 DJ. 단락 A 내지 DI 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 조명원들은 탄소 나노튜브들을 포함한다.
- [0260] 단락 DK. 단락 A 내지 DJ 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 조명원들은 생물학적 기반의 조명원들을 포함한다.
- [0261] 단락 DL. 단락 A 내지 DK 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 생물학적 기반의 조명원들을 변형된 규조류(diatoms)를 포함한다.
- [0262] 단락 DM. 단락 A 내지 DL 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 조명원들은 가시 스펙트럼 내의 방사선의 소스들을 포함한다.
- [0263] 단락 DN. 단락 A 내지 DM 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 조명원들은 광합성 유효 방사선의 소스들을 포함한다.
- [0264] 단락 DO. 단락 A 내지 DN 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 조명원들은 가시 스펙트럼 밖의 방사선의 소스들을 포함한다.
- [0265] 단락 DP. 단락 A 내지 DO 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 조명원들은 자외선 또는 근자외선 방사선의 소스들을 포함한다.
- [0266] 단락 DQ. 단락 A 내지 DP 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 조명원들은 마이크로파 방사선의 소스들을 포함한다.
- [0267] 단락 DR. 단락 A 내지 DQ 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 광 생물 반응기 제어 시스템은 수중 잠수식 시스템의 온도를 관리하도록 구성된다.
- [0268] 단락 DS. 단락 A 내지 DR 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 온도는 실질적으로 광원 조작을 통해 관리된다.
- [0269] 단락 DT. 단락 A 내지 DS 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 광원 조작은 광 주파수에서의 제어된 변화들을 포함한다.
- [0270] 단락 DU. 단락 A 내지 DT 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 광원 조작은 전력, 광 세기 또는 둘 다에서의 제어된 변화들을 포함한다.
- [0271] 단락 DV. 단락 A 내지 DU 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 온도 관리 시스템은 광 생물 반응기 제어 시스템과 동작 가능하게 통신된다.
- [0272] 단락 DW. 단락 A 내지 DV 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 온도 관리 시스템은 하나 이상의 전기 가열 요소들을 포함한다.
- [0273] 단락 DX. 단락 A 내지 DW 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 온도 관리 시스템은 냉각 장치를 더 포함한다.
- [0274] 단락 DY. 단락 A 내지 DX 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 냉각 장치는 냉각 재킷을 포함한다.
- [0275] 단락 DZ. 단락 A 내지 DY 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 온도 관리 시스템은 주변 오도에 있어서의 제어된 변화들을 포함한다.
- [0276] 단락 EA. 단락 A 내지 DZ 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 온도 관리 시스템은 파이프 또는 튜브와 같은 도관을 통해 수중 잠수식 시스템의 안팎으로 열 분산액을 순환시키도록 구성된다.
- [0277] 단락 EB. 단락 A 내지 EA 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 열 분산액은 실질적으로 광학적으로 투명하다.
- [0278] 단락 EC. 단락 A 내지 EB 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 열 분산액은 비전도성 액체 또는 겔이다.
- [0279] 단락 ED. 단락 A 내지 EC 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 열 분산액은 양자점들 또는 반사성 입자들을 포함한다.

- [0280] 단락 EE. 단락 A 내지 ED 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 열 분산액은 열에 노출될 때 방출한다.
- [0281] 단락 EF. 단락 A 내지 EE 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 열 분산액은 자연 대류에 의해 순환된다.
- [0282] 단락 EG. 단락 A 내지 EF 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 온도 관리 시스템은 하나 이상의 모터들, 펌프들, 밸브들 또는 팬들을 포함한다.
- [0283] 단락 EH. 단락 A 내지 EG 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 광 생물 반응기 제어 시스템은 하나 이상의 펌프들의 유량에 있어서의 변화들을 발생시키도록 구성된다.
- [0284] 단락 EI. 단락 A 내지 EH 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 펌프들은 실질적으로 구형 용기의 외부에 위치된다.
- [0285] 단락 EJ. 단락 A 내지 EI 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 펌프들은 하나 이상의 유입구들 및 하나 이상의 배출구들을 통해 수중 잠수식 시스템에 연결된다.
- [0286] 단락 EK. 단락 A 내지 EJ 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 펌프들 중 적어도 하나는 수중 잠수식 시스템 내에 존재한다.
- [0287] 단락 EL. 단락 A 내지 EK 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 펌프들은 마이크로 펌프들을 포함한다.
- [0288] 단락 EM. 단락 A 내지 EL 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 펌프들 중 적어도 하나는 수중 잠수식 시스템 내에 존재한다.
- [0289] 단락 EN. 단락 A 내지 EM 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 팬들은 회전식 또는 전기 제어식 팬들 포함한다.
- [0290] 단락 EO. 단락 A 내지 EN 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 밸브들은 전기 제어식 밸브들을 포함한다.
- [0291] 단락 EP. 단락 A 내지 EO 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 모터들은 전기 제어식 모터들을 포함한다.
- [0292] 단락 EQ. 단락 A 내지 EP 중 어느 하나의 광 생물 반응기는, 하나 이상의 세정 유닛들을 더 포함한다.
- [0293] 단락 ER. 단락 A 내지 EQ 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 세정 유닛들 중 하나 이상은 내부 용기 체적 내에 위치된다.
- [0294] 단락 ES. 단락 A 내지 ER 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 세정 유닛들 중 하나 이상은 수중 잠수식 시스템의 외부 표면 상에 위치된다.
- [0295] 단락 ET. 단락 A 내지 ES 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 세정 유닛들 중 하나 이상은 내부 용기 체적 내에 자유 플로팅(free-floating)된다.
- [0296] 단락 EU. 단락 A 내지 ET 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 세정 유닛들은 하나 이상의 로봇식 장치들을 포함한다.
- [0297] 단락 EV. 단락 A 내지 EU 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 세정 유닛들은 진공 또는 흡입 구성 요소를 포함한다.
- [0298] 단락 EW. 단락 A 내지 EV 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 세정 유닛들은 여과 구성 요소를 포함한다.
- [0299] 단락 EX. 단락 A 내지 EW 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 세정 유닛들은 하나 이상의 펌프들, 모터들, 밸브들 또는 팬들을 포함한다.
- [0300] 단락 EY. 단락 A 내지 EX 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 세정 유닛들은 실질적으로 플렉서블하거나 유연하다.
- [0301] 단락 EZ. 단락 A 내지 EY 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 세정 유닛들을 가스 동작된다.
- [0302] 단락 FA. 단락 A 내지 EZ 중 어느 하나의 광 생물 반응기는, 하나 이상의 세정 유닛 액추에이터들을 더 포함한다.

- [0303] 단락 FB. 단락 A 내지 FA 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 추가 광 생물 반응기들에 대한 물리적 연결부를 더 포함한다.
- [0304] 단락 FC. 단락 A 내지 FB 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 추가 광 생물 반응기들은 유사한 치수들 또는 체적을 가지고 있다.
- [0305] 단락 FD. 단락 A 내지 FC 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 하나 이상의 추가 광 생물 반응기들은 다양한 치수들 또는 체적을 가지고 있다.
- [0306] 단락 FE. 단락 A 내지 FD 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 물리적 연결부는 강성 랙 또는 스캐폴딩을 포함한다.
- [0307] 단락 FF. 단락 A 내지 FE 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 물리적 연결부는 기존 구조체를 포함하며, 기존 구조체는 사일로를 포함한다.
- [0308] 단락 FG. 단락 A 내지 FF 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 물리적 연결부는 복수의 광 생물 반응기들을 수용하기 위해 설계 및 구축된 구조체를 포함한다.
- [0309] 단락 FH. 단락 A 내지 FG 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 구조체는 배지 조제에 전용된 영역들 및/또는 장비를 더 포함한다.
- [0310] 단락 FI. 단락 A 내지 FH 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 구조체는 바이오매스 처리에 전용된 영역들 및/또는 장비를 더 포함한다.
- [0311] 단락 FJ. 단락 A 내지 FI 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 물리적 연결부는 실질적으로 적층 제조된 구조체를 포함한다.
- [0312] 단락 FK. 단락 A 내지 FJ 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 물리적 연결부는 하나 이상의 도관들, 튜브들 또는 파이프들을 포함한다.
- [0313] 단락 FL. 단락 A 내지 FK 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 도관들은 가스 라인들을 포함한다.
- [0314] 단락 FM. 단락 A 내지 FL 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 도관들을 수로, 배지 또는 배양 라인들을 포함한다.
- [0315] 단락 FN. 단락 A 내지 FM 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 도관들은 전력, 전기 또는 데이터 라인들을 포함한다.
- [0316] 단락 FO. 단락 A 내지 FN 중 어느 하나의 광 생물 반응기는, 하나 이상의 밸브들, 펌프들, 모터들 또는 팬들을 더 포함한다.
- [0317] 단락 FP. 단락 A 내지 FO 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 둘 이상의 상호 연결된 용기들 사이의 밸브 세트 또는 일련의 밸브들은 실질적으로 미리 결정된 방식으로 가스 또는 액체의 흐름을 지시한다.
- [0318] 단락 FQ. 단락 A 내지 FP 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 광 생물 반응기 제어 시스템은 연결된 광 생물 반응기들 사이에서 가스 또는 액체의 흐름을 관리하도록 구성된다.
- [0319] 단락 FR. 단락 A 내지 FQ 중 어느 하나의 광 생물 반응기는, 중심 컬럼, 파이프, 튜브, 스캐폴드 또는 유사 폴에 대한 연결부를 더 포함한다.
- [0320] 단락 FS. 단락 A 내지 FR 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 중심 컬럼은 하나 이상의 추가 광 생물 반응기들에 대한 연결부들을 포함한다.
- [0321] 단락 FT. 단락 A 내지 FS 중 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 중심 컬럼은 복수의 광 생물 반응기들이 둘레에 배열되는 중심 축을 포함한다.
- [0322] 단락 FU. 단락 A 내지 FT 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 복수의 광 생물 반응기들은 실질적으로 원형 또는 링 형태로 배열된다.
- [0323] 단락 FV. 단락 A 내지 FU 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 복수의 광 생물 반응기들은 중심 축을 중심으로 회전 가능하게 위치된다.
- [0324] 단락 FW. 단락 A 내지 FV 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 중심 컬럼은 하나 이상의 공유 가스, 액체,

전력, 데이터 또는 전기 라인들을 포함한다.

- [0325] 단락 FX. 단락 A 내지 FW 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 광 생물 반응기 제어 시스템은 하나 이상의 광 생물 반응기들 중 추가 광 생물 반응기 제어 시스템 또는 시스템들과 동작 가능하게 통신된다.
- [0326] 단락 FY. 단락 A 내지 FX 중 어느 하나의 광 생물 반응기는, 하나 이상의 추가 광 생물 반응기들과 동작 가능하게 통신되는 중앙 제어 시스템에 대한 연결부를 더 포함한다.
- [0327] 단락 FZ. 단락 A 내지 FY 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 둘 이상의 연결된 광 생물 반응기들 및 광 생물 반응기 제어 시스템들은 실질적으로 분산 네트워크를 형성하며, 데이터는 둘 이상의 광 생물 반응기들로부터 집합된다.
- [0328] 단락 GA. 단락 A 내지 FZ 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 중앙 제어 시스템은 실질적으로 전통적인 결정 인공 지능 구조에 기반하여 동작하도록 구성되며, 상기 구조는 하향식 인공 지능 알고리즘이다.
- [0329] 단락 GB. 단락 A 내지 GA 중 어느 하나의 광 생물 반응기는, 하나 이상의 센서들과 동작 가능하게 통신하는 하나 이상의 저전력 컴퓨터들을 더 포함한다.
- [0330] 단락 GC. 단락 A 내지 GB 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 저전력 컴퓨터들은 하나 이상의 연결된 광 생물 반응기들로부터의 데이터에 응답하여 관련 광 생물 반응기의 주어진 기능을 제어하도록 구성된다.
- [0331] 단락 GD. 단락 A 내지 GC 중 어느 하나의 광 생물 반응기에 있어서, 중앙 제어 시스템은 실질적으로 위치 또는 동작 결정 인공 지능 구조에 기반하여 동작하도록 구성되며, 상기 구조는 플룩킹 알고리즘과 같은 멀티-휴리스틱(multi-heuristic) 알고리즘이다.
- [0332] 달리 지시되지 않는 한, 명세서 및 청구 범위에 성분들의 양, 예컨대 사용된 분자 중량, 반응 조건 등과 같은 특성들을 표현하는 모든 수치들은 모든 경우에 "약(about)"이라는 용어에 의해 수정되는 것으로 이해되어야 한다. 따라서, 달리 지시되지 않는 한, 본 명세서 및 첨부된 청구 범위에 제시된 수치 파라미터들은 본 개시에 의해 획득하고자 하는 원하는 속성들에 따라 변할 수 있는 근사치들이다. 최소한 등가물 교리의 적용을 청구항들의 범위로 제한하려는 시도는 아니지만, 적어도 각각의 수치 파라미터는 보고된 유효 자릿수의 수에 비추어 일반적인 반응물 기술을 적용하여 해석되어야 한다.
- [0333] 본 개시의 넓은 범위를 제시하는 수치 범위 및 파라미터들이 근사치들임에도 불구하고, 특정 예들에 제시된 수치 값들은 가능한 정확하게 보고된다. 그러나, 모든 수치에는 본질적으로 각각의 테스트 측정에서 발견된 표준 편차로 인해 발생하는 특정 오류들을 포함한다.
- [0334] 본 개시를 설명하는 맥락에서(특히 다음의 청구 범위의 맥락에서) 사용된 "a", "an", "the" 라는 용어들 및 유사한 참조부호들은 본원에 달리 지시되지 않는 한 또는 문맥상 명백히 모순되지 않는 한 단수 및 복수를 모두 포함하는 것으로 해석되어야 한다. 본 명세서에서 값의 범위의 언급은 단지 그 범위 내에 속하는 각각의 개별 값을 개별적으로 지칭하는 속기 방법으로서 기능하도록 의도된다. 본원에서 달리 지시되지 않는 한, 각각의 개별 값은 마치 본원에서 개별적으로 언급된 것처럼 명세서에 통합된다. 본원에 설명된 모든 방법들은 본원에서 달리 지시되거나 문맥상 명백하게 모순되지 않는 한 임의의 적합한 순서로 수행될 수 있다. 본원에 제공된 임의의 그리고 모든 예들 또는 예시적인 언어(예를 들어, "와 같은(such as)")의 사용은 본 개시를 더 잘 설명하기 위한 것일 뿐이며, 달리 청구된 본 개시의 범위에 제한을 두지 않는다. 본 명세서의 어떤 언어도 본 개시의 실시예에 필수적인 임의의 청구되지 않은 요소를 나타내는 것으로 해석되어서는 안된다.
- [0335] 본원에 개시된 본 개시의 대안적인 요소들 또는 실시예들의 그룹들은 제한으로 해석되지 않아야 한다. 각각의 그룹 멤버는 개별적으로 또는 그룹의 다른 멤버들 본원에서 발견된 다른 요소들과의 임의의 조합으로 언급되고 청구될 수 있다. 편의성 및/또는 특허성의 이유로 그룹의 하나 이상의 멤버들이 그룹에 포함되거나 그룹에서 삭제될 수 있을 것으로 예상된다. 이러한 포함 또는 삭제가 발생하면, 본 명세서는 변형된 그룹을 포함하는 것으로 간주되어 첨부된 청구 범위에 사용된 모든 마쿠쉬(Markush) 그룹들에 대한 서면 설명을 충족시킨다.
- [0336] 본 개시를 수행하기 위해 본 발명자들에게 알려진 최상의 모드를 포함하여, 본 개시의 특정 실시예들이 본원에 설명되어 있다. 물론, 이러한 설명된 실시예들에 대한 변형들은 상술한 설명을 읽을 때 당업자에게 명백해질 것이다. 본 발명자는 당업자들이 이러한 변형들을 적절히 채택할 것을 기대하며, 본 발명자들은 본원에 구체적으로 설명된 것과 다르게 본 개시를 실시하고자 한다. 따라서, 본 개시는 적용 가능한 법률에 의해 허용된 대로 첨부된 청구 범위에 언급된 주제의 모든 수정들 및 등가물들을 포함한다. 또한, 본원에서 달리 지시되거나 문맥상 명백하게 모순되지 않는 한, 모든 가능한 변형들에서 상기 설명된 요소들의 임의의 조합이 본 개시에 포함된다.

다.

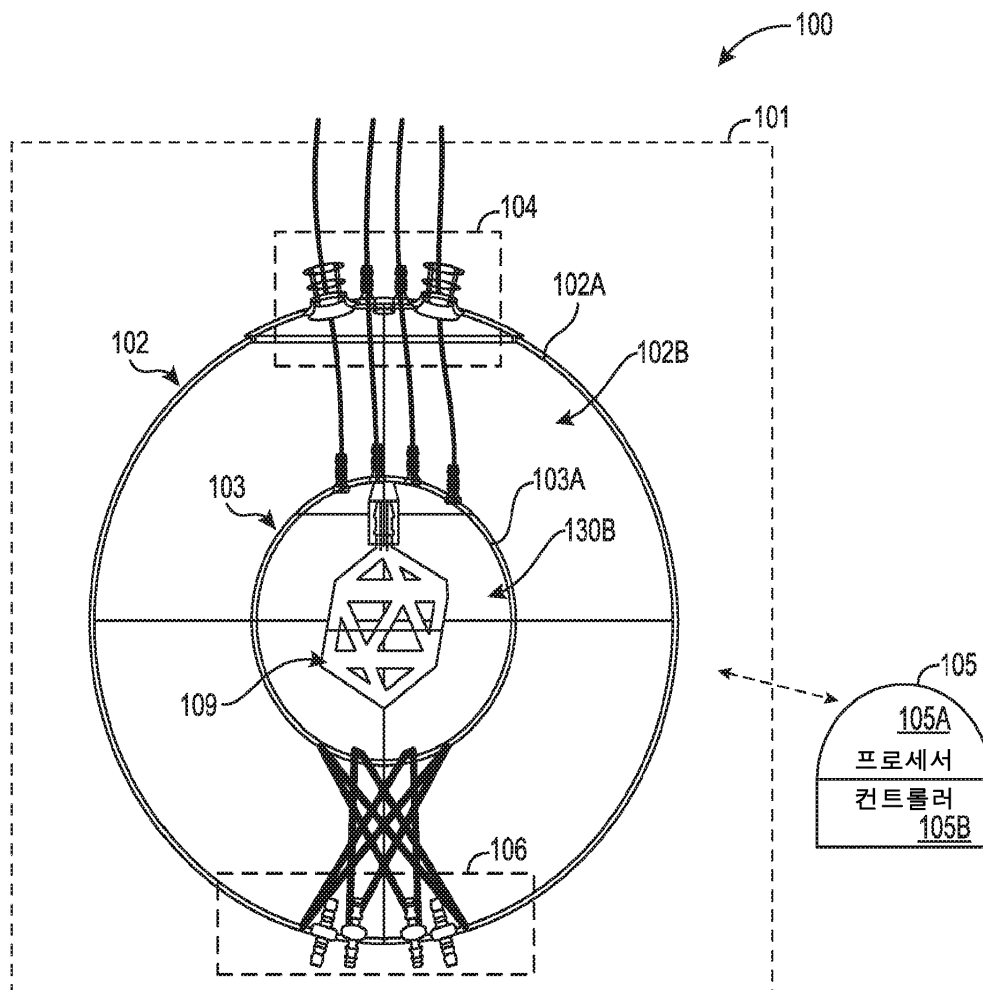
[0337] 본원에 개시된 특정 실시예들은 언어를 사용하거나, 언어로 구성되거나 또는 그리고 본질적으로 언어로 구성된 청구 범위에서 더 제한될 수 있다. 청구 범위에서 사용될 때, 보정서마다 제출되거나 추가된 바와 같이, "구성되는(consisting of)"이라는 용어는 청구 범위에 명시되지 않은 임의의 요소, 단계 또는 성분을 배제한다. "본질적으로 구성되는(consisting essentially of)"이라는 트랜지션 용어는 청구항들의 범위를 특정 물질들 또는 단계들 및 기본 및 신규 특성(들)에 실질적으로 영향을 미치지 않는 범위로 제한한다. 이렇게 청구된 본 개시의 실시예들은 본원에서 본질적으로 또는 명시적으로 설명되고 이네이블된다.

[0338] 본원에 개시된 본 개시의 실시예들은 본 개시의 원리를 예시하는 것으로 이해되어야 한다. 채택될 수 있는 다른 변형들은 본 개시의 범위 내에 있다. 따라서, 제한하는 것이 아니라 예로서, 본 개시의 대안적인 구성들이 본원의 교시에 따라 이용될 수 있다. 따라서, 본 개시는 도시되고 설명된 바와 같이 정확하게 제한되지 않는다.

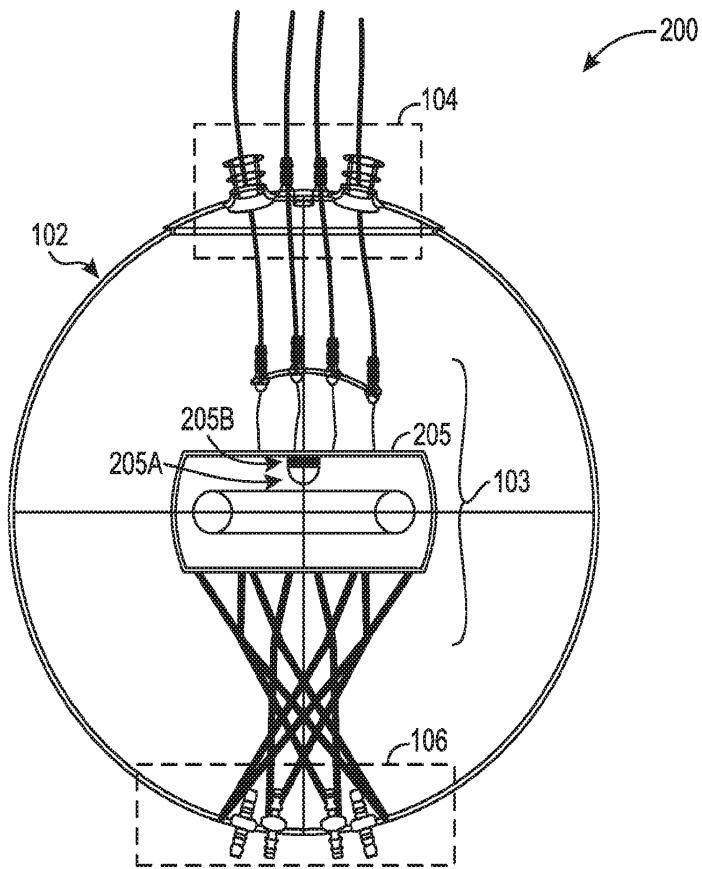
[0339] 본 개시가 다양한 특정 물질들, 절차들 및 예들을 참조하여 본문에서 설명되고 예시되었지만, 본 개시는 그 목적을 위해 선택된 특정 물질들 및 절차들의 조합들로 제한되지 않는 것으로 이해된다. 이러한 세부 사항들 많은 변형들은 당업자들에 의해 이해될 것으로 암시될 수 있다. 본 명세서 및 예들은 단지 예시적인 것으로 간주되며, 본 개시의 진정한 범위 및 사상은 다음의 청구 범위에 의해 표시된다. 본 출원에서 언급된 모든 참고 문헌들, 특허들 및 특허 출원들은 W02013138690A1을 포함하여 그 전체가 본원에 참조로서 통합된다.

도면

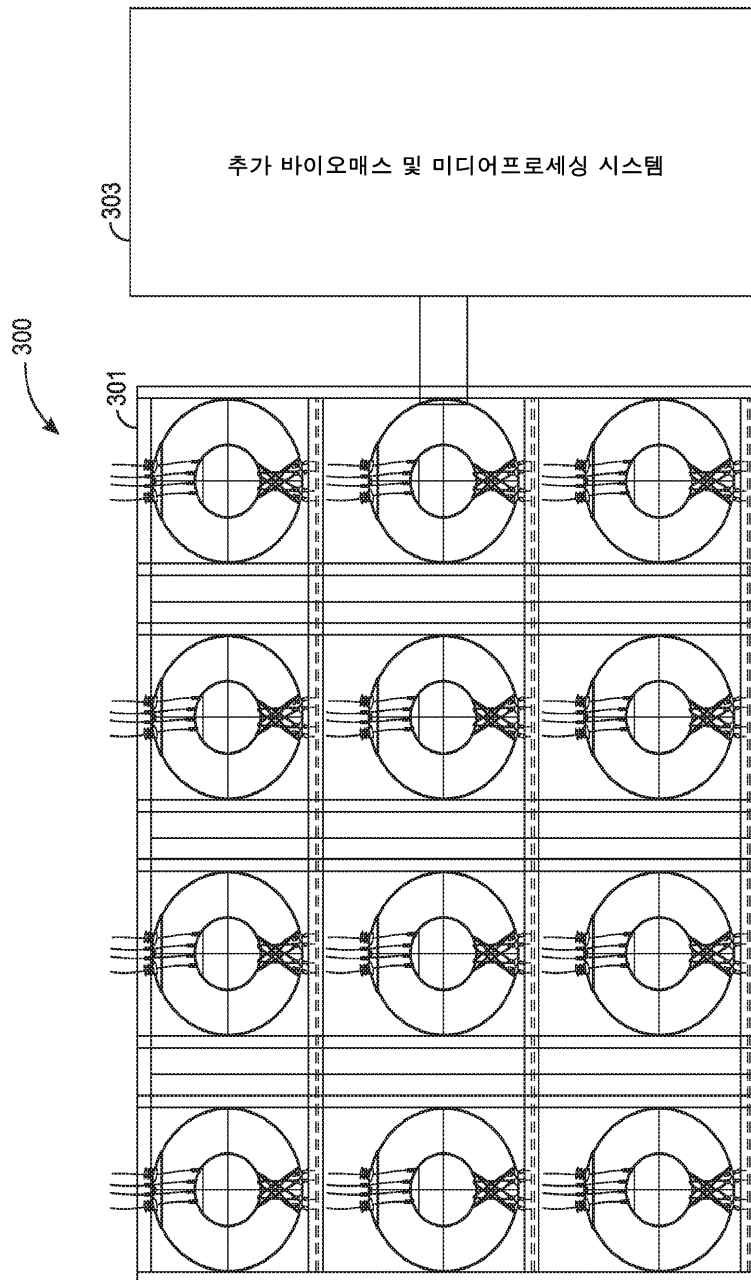
도면1



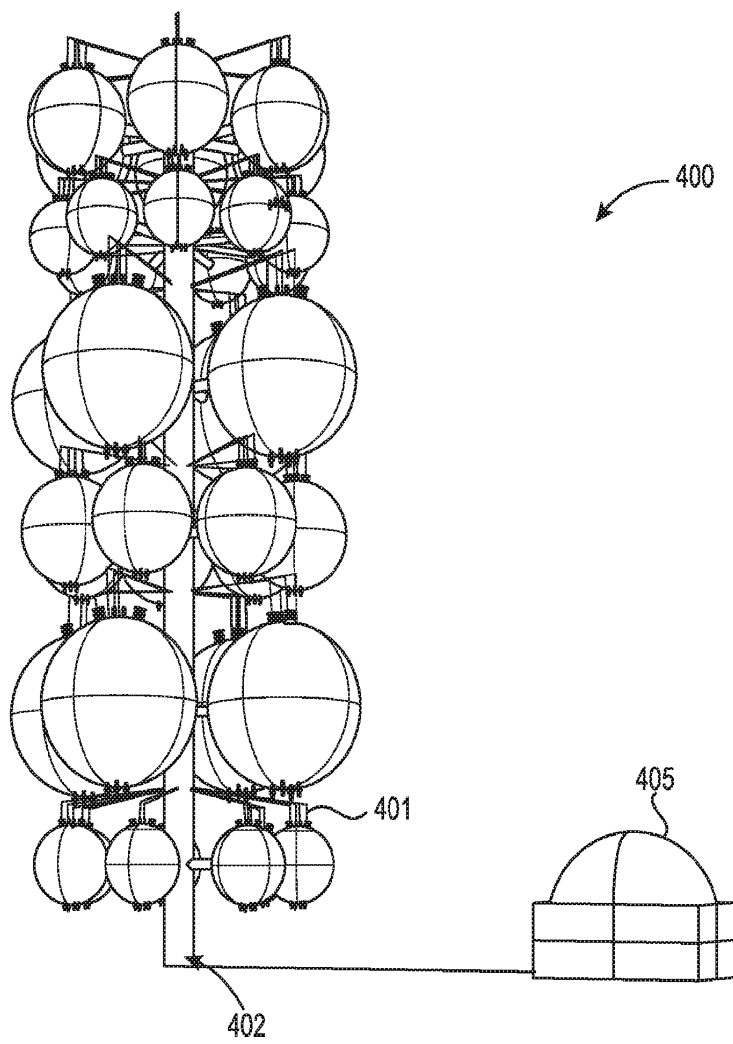
도면2



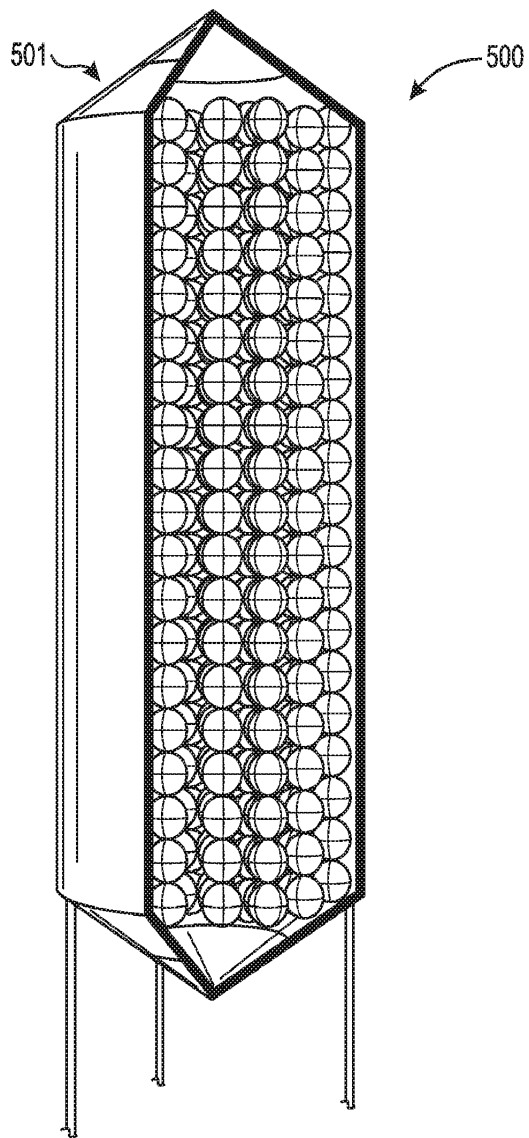
도면3



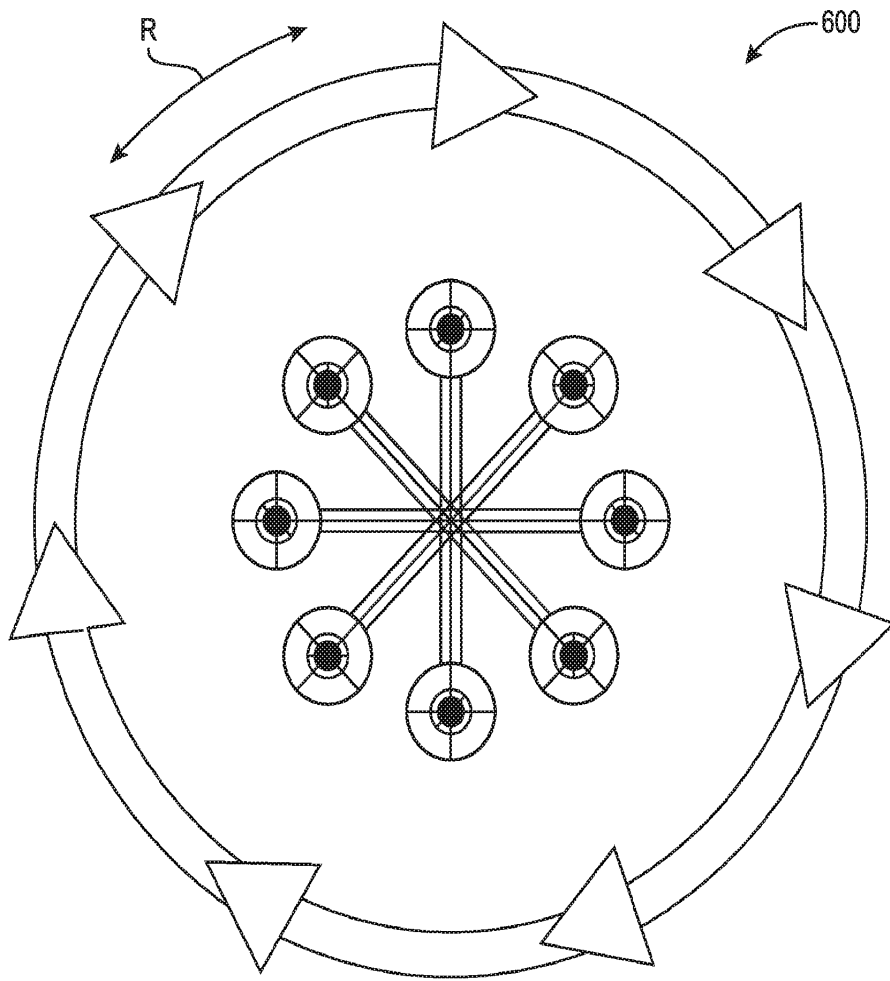
도면4



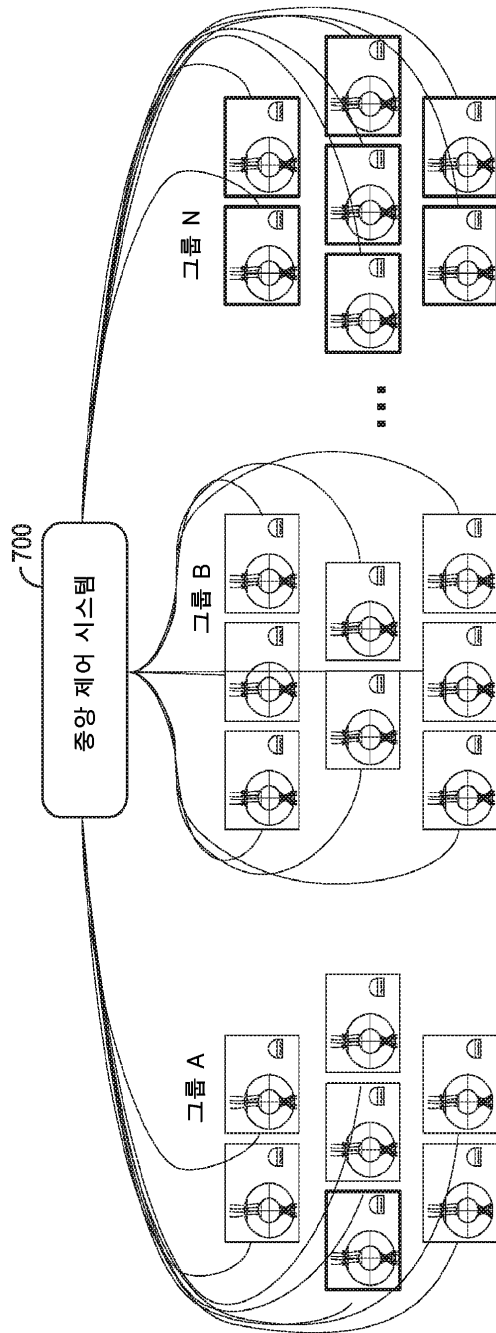
도면5



도면6

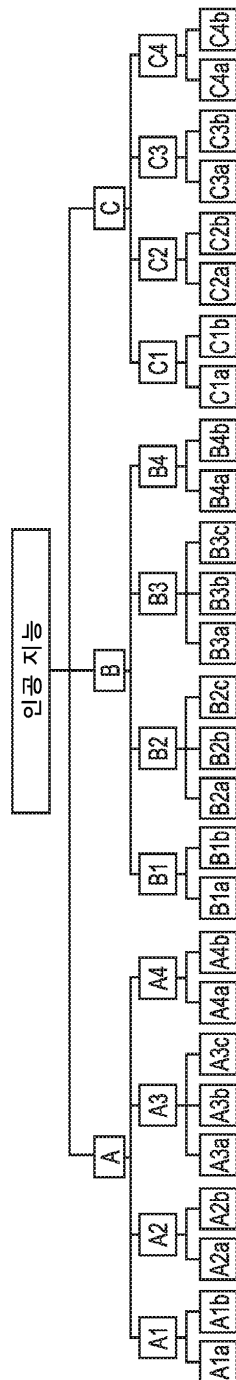


도면7

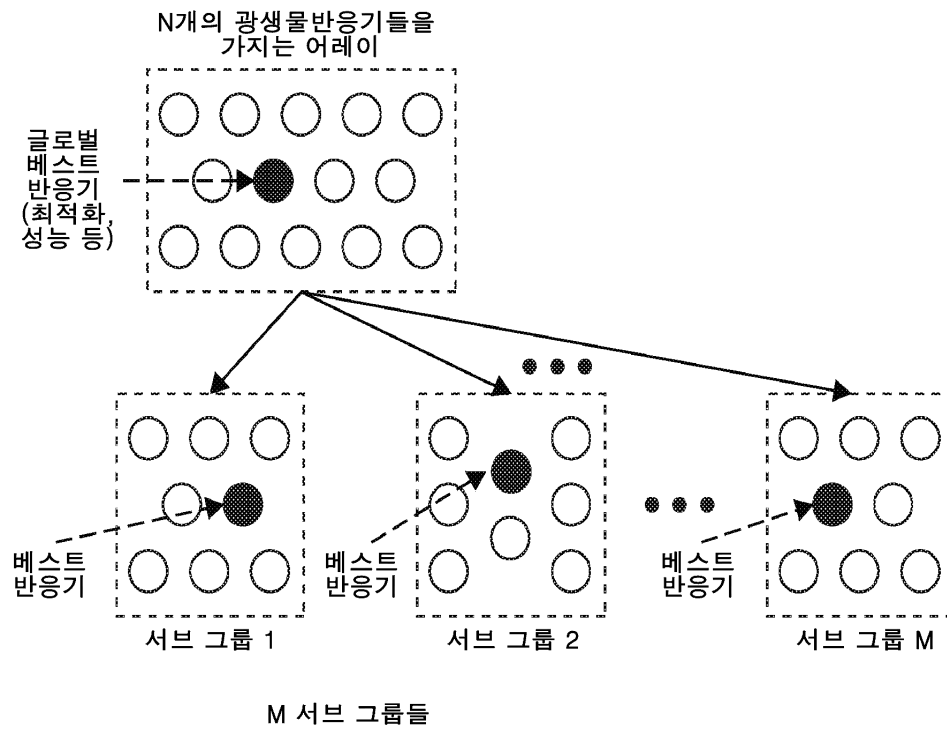


도면8

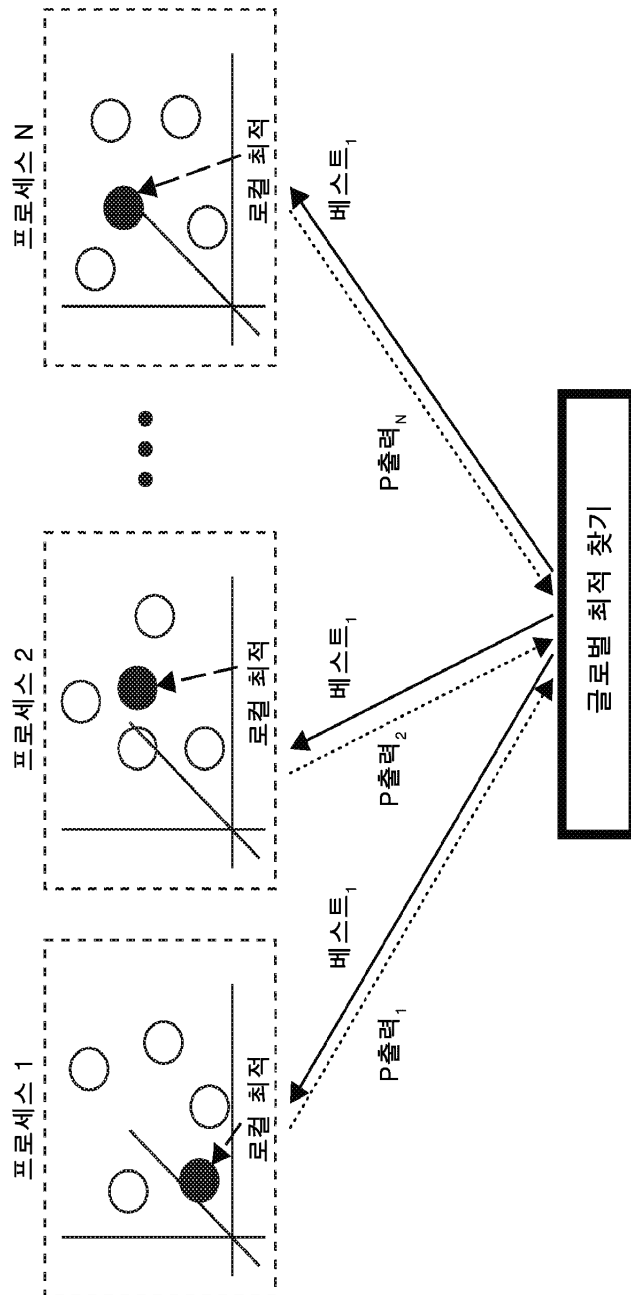
801



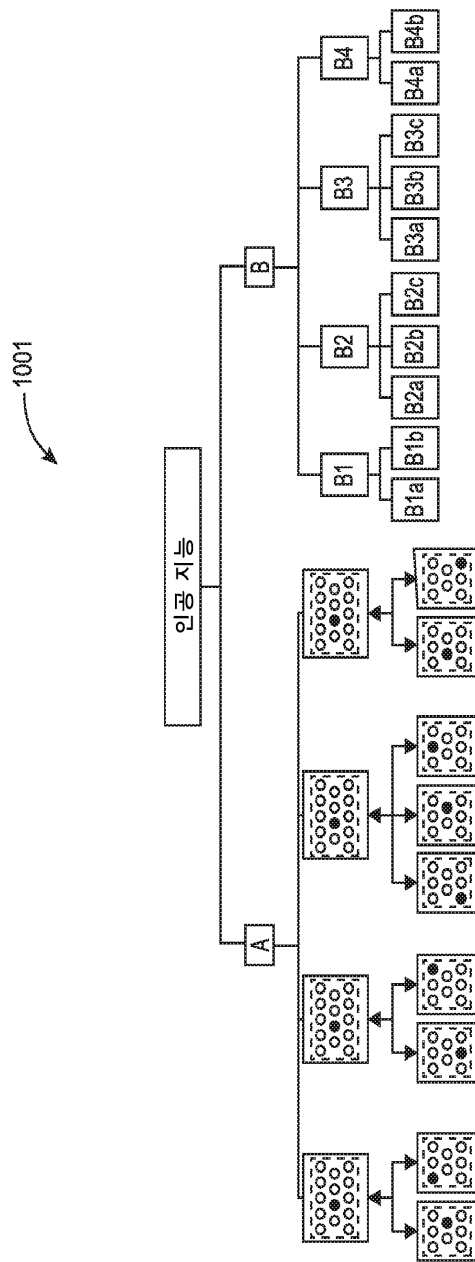
도면9a



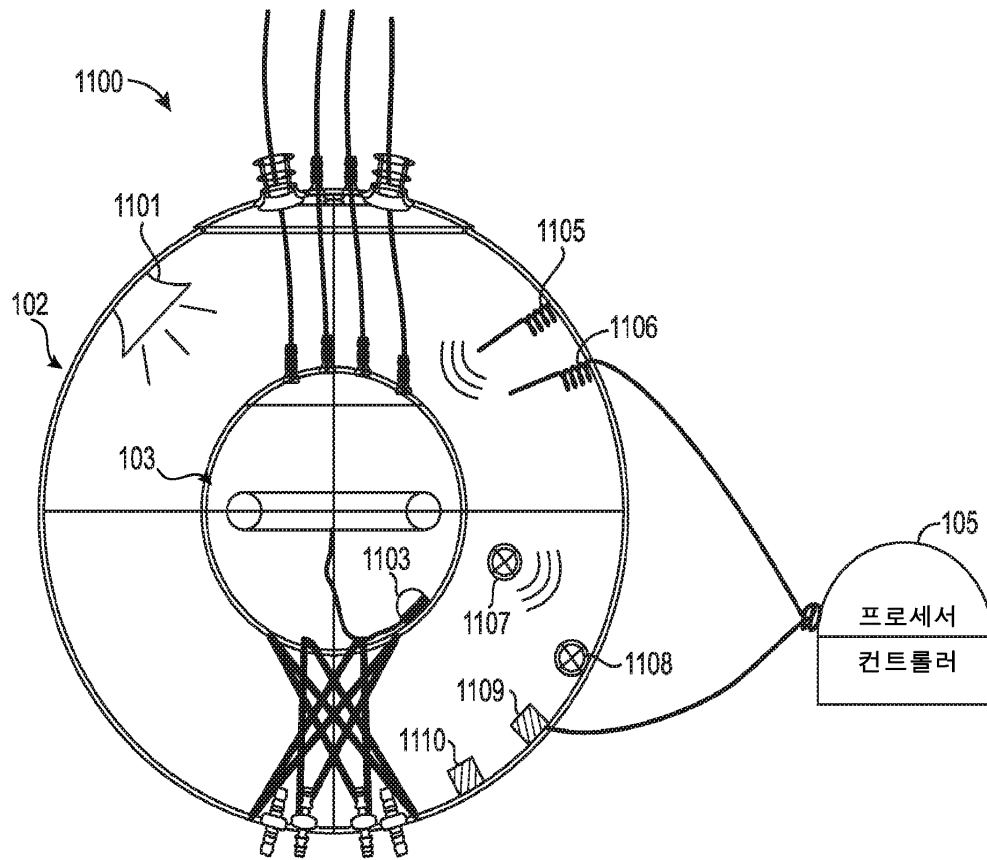
도면9b



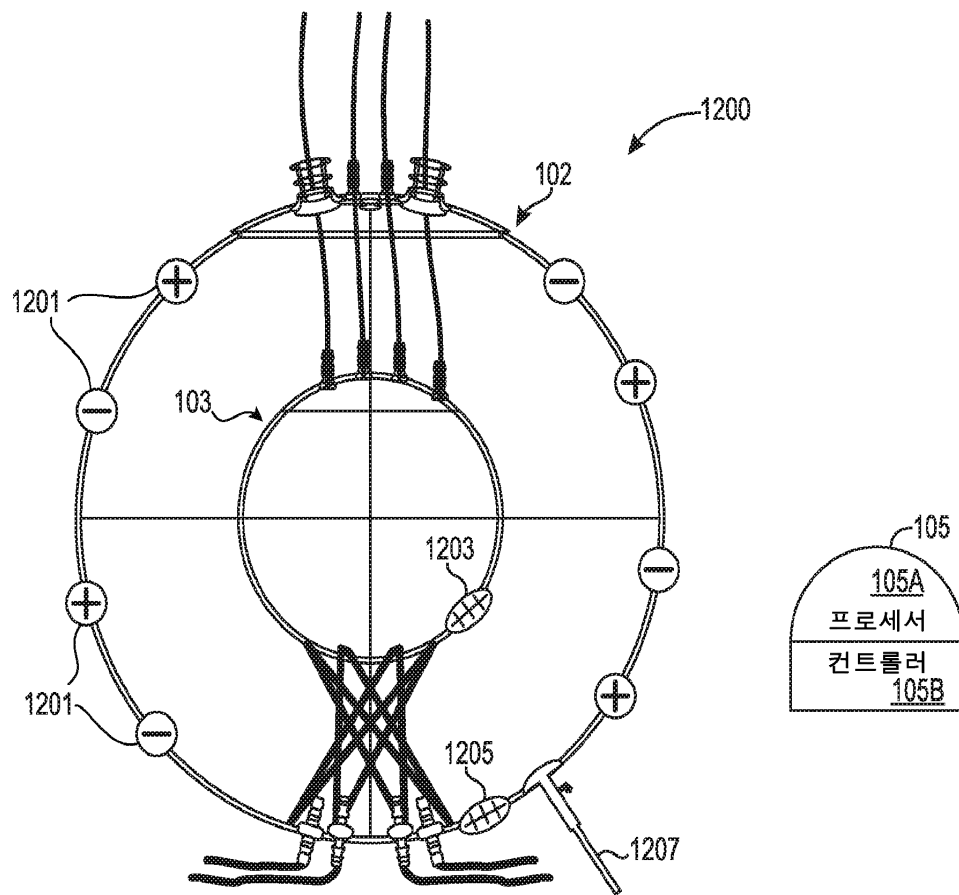
도면10



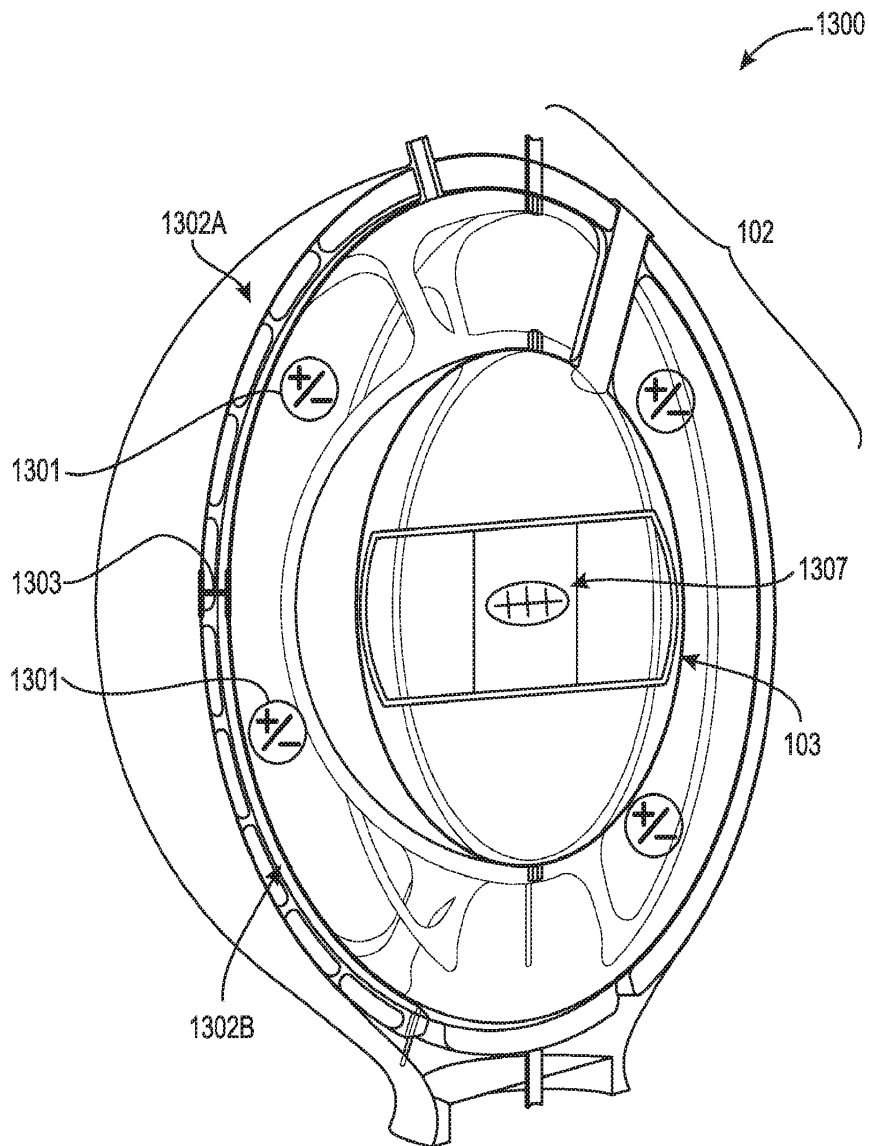
도면11



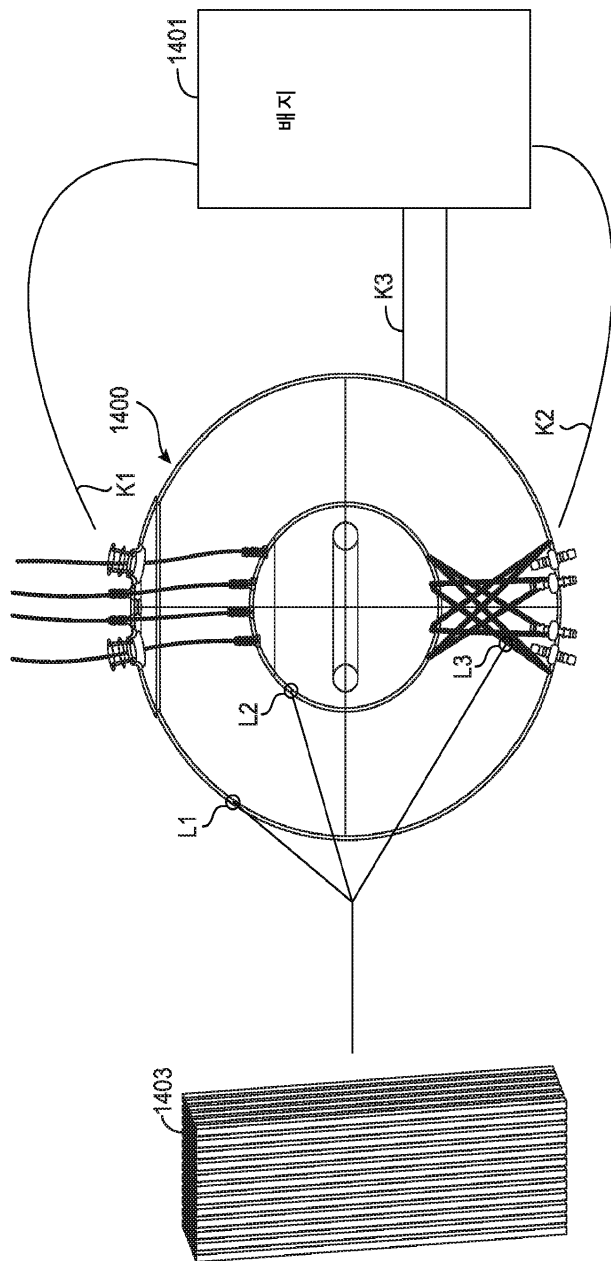
도면12



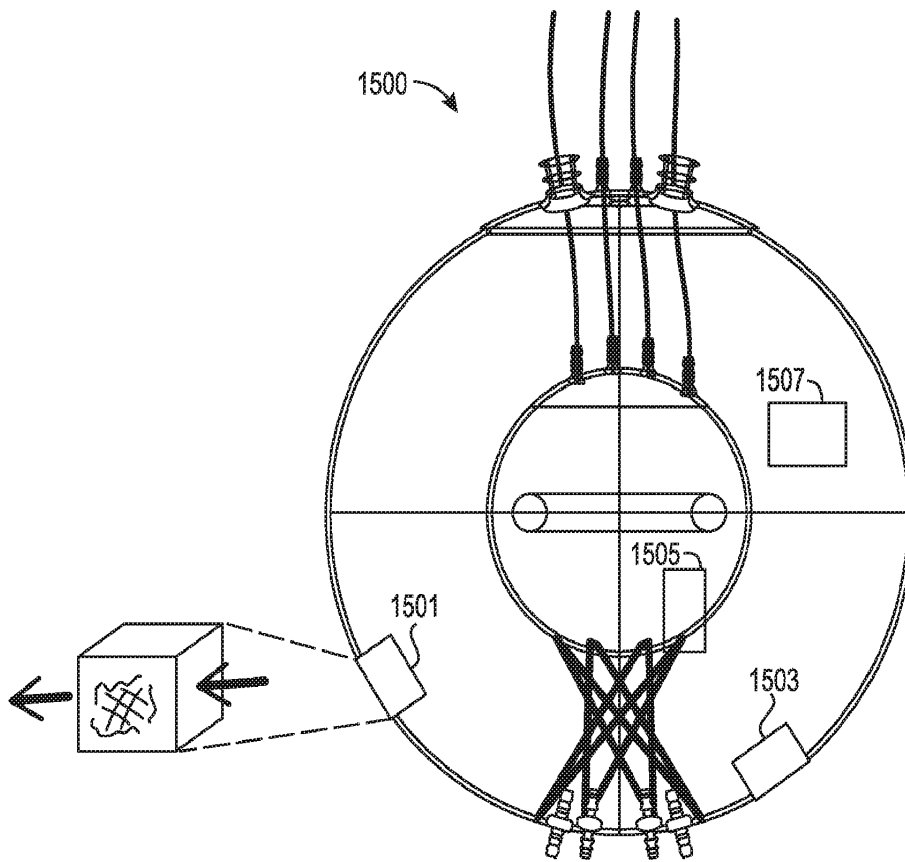
도면13



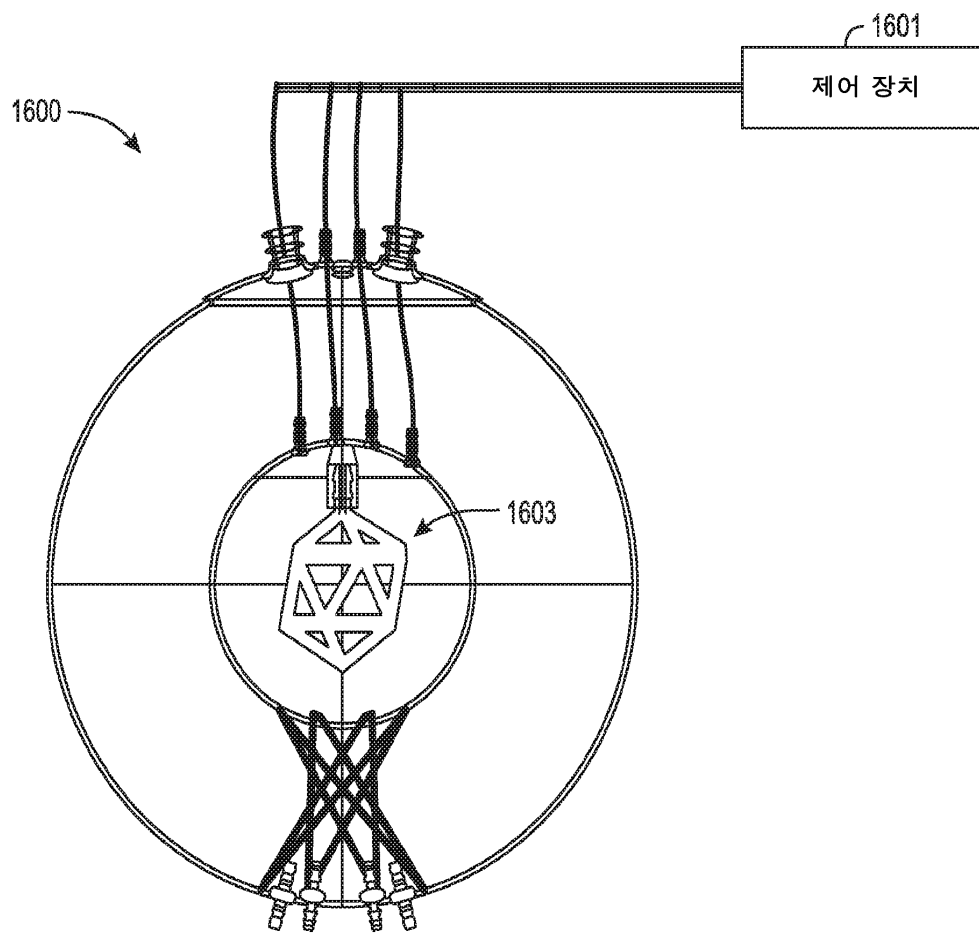
도면14



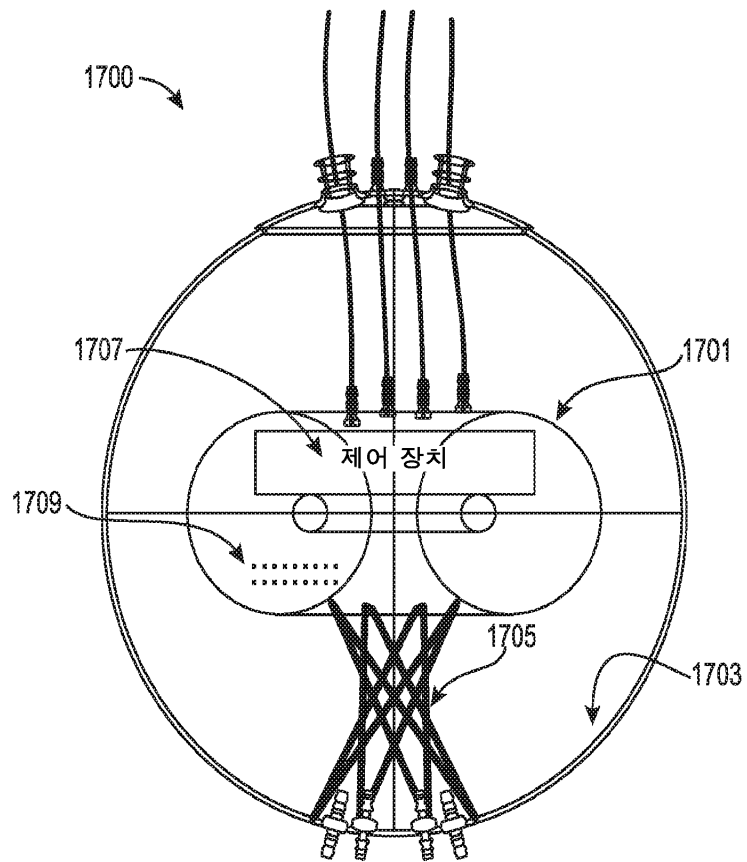
도면15



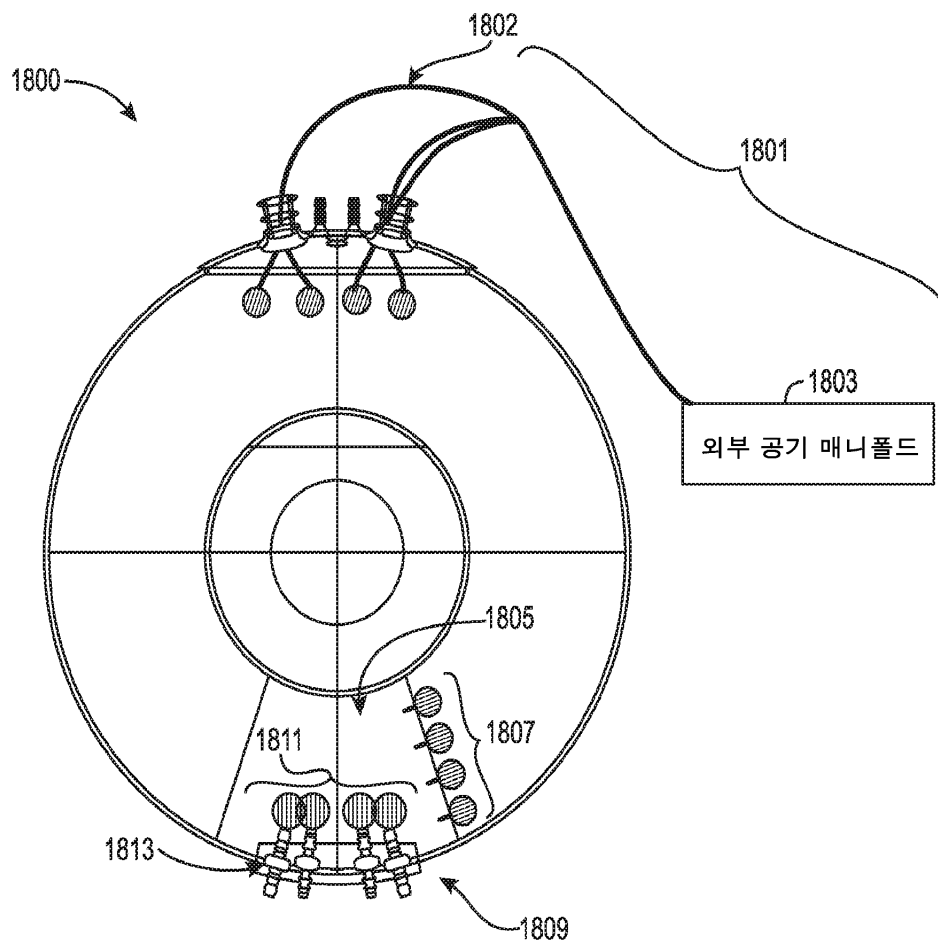
도면16



도면17

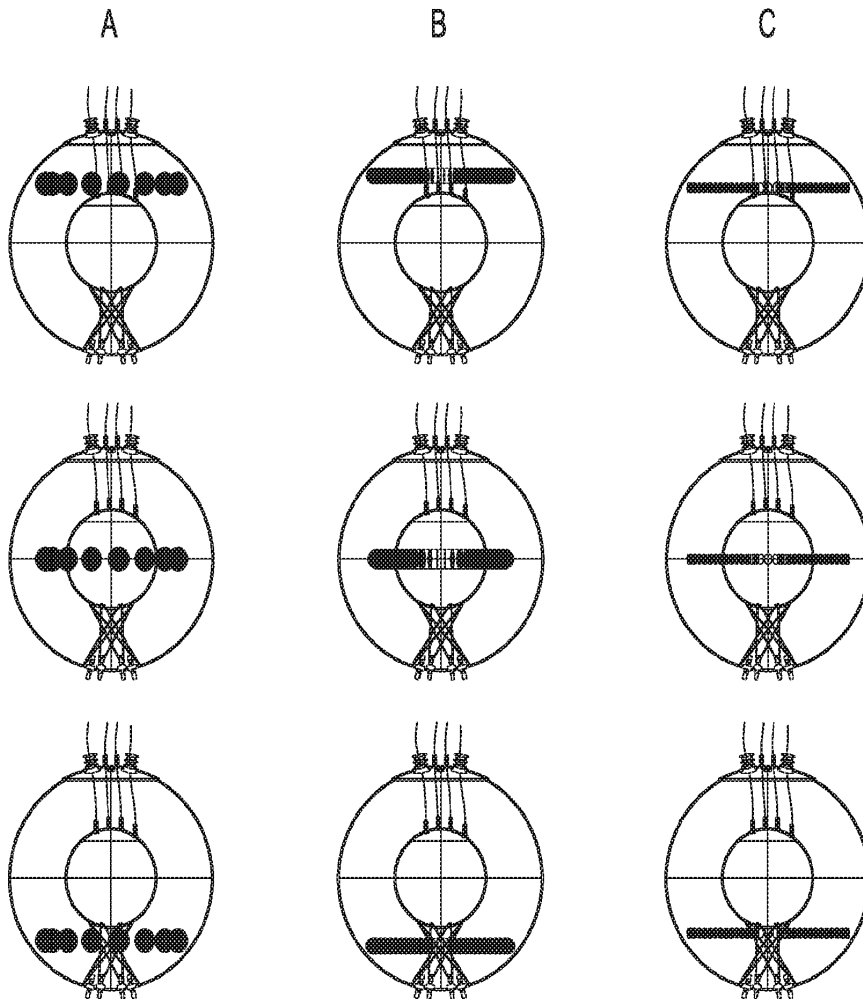


도면18

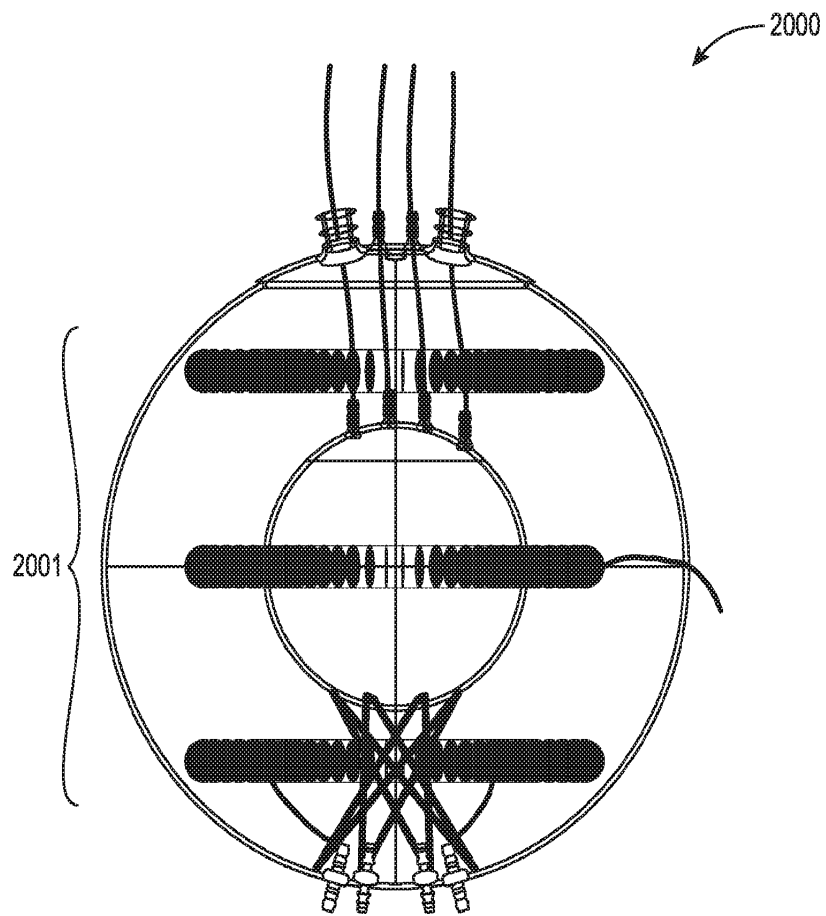


도면19

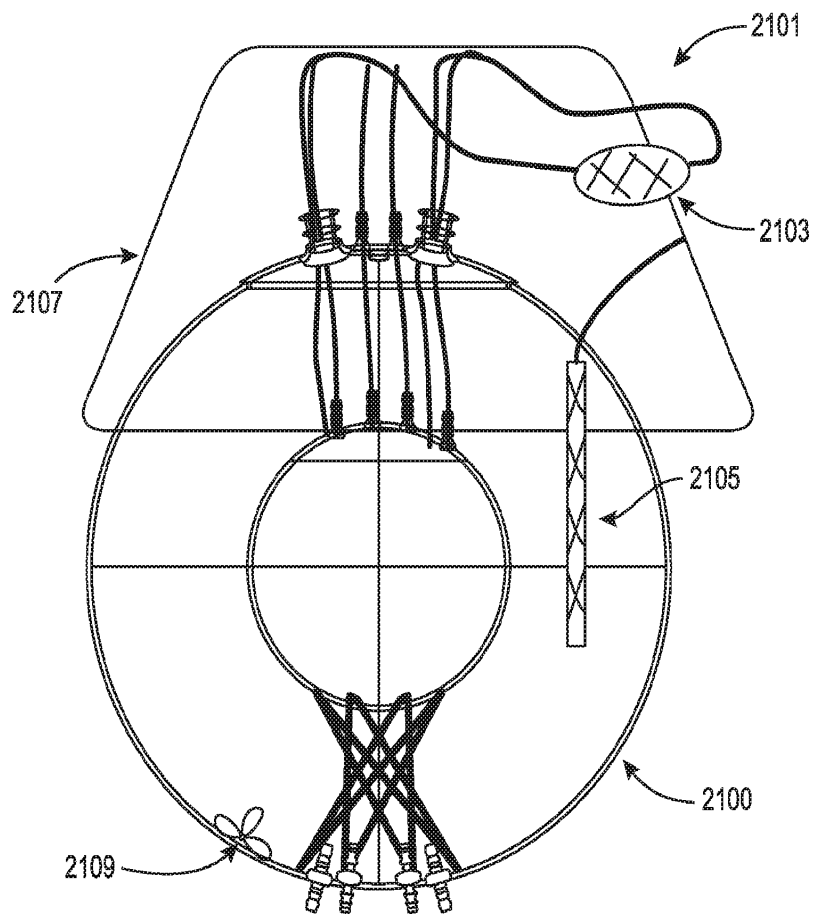
1901



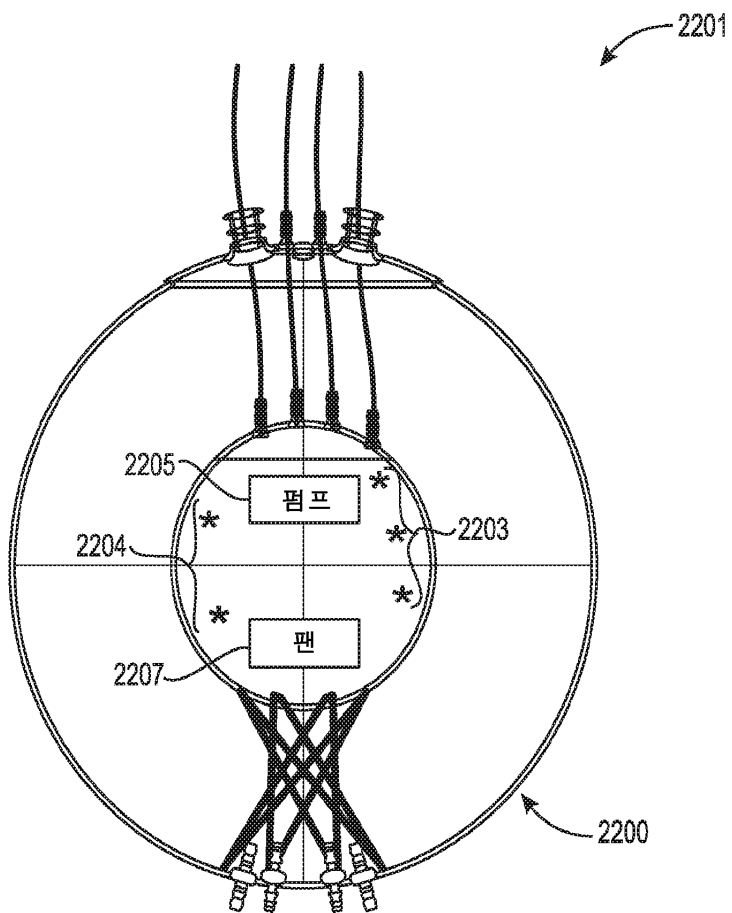
도면20



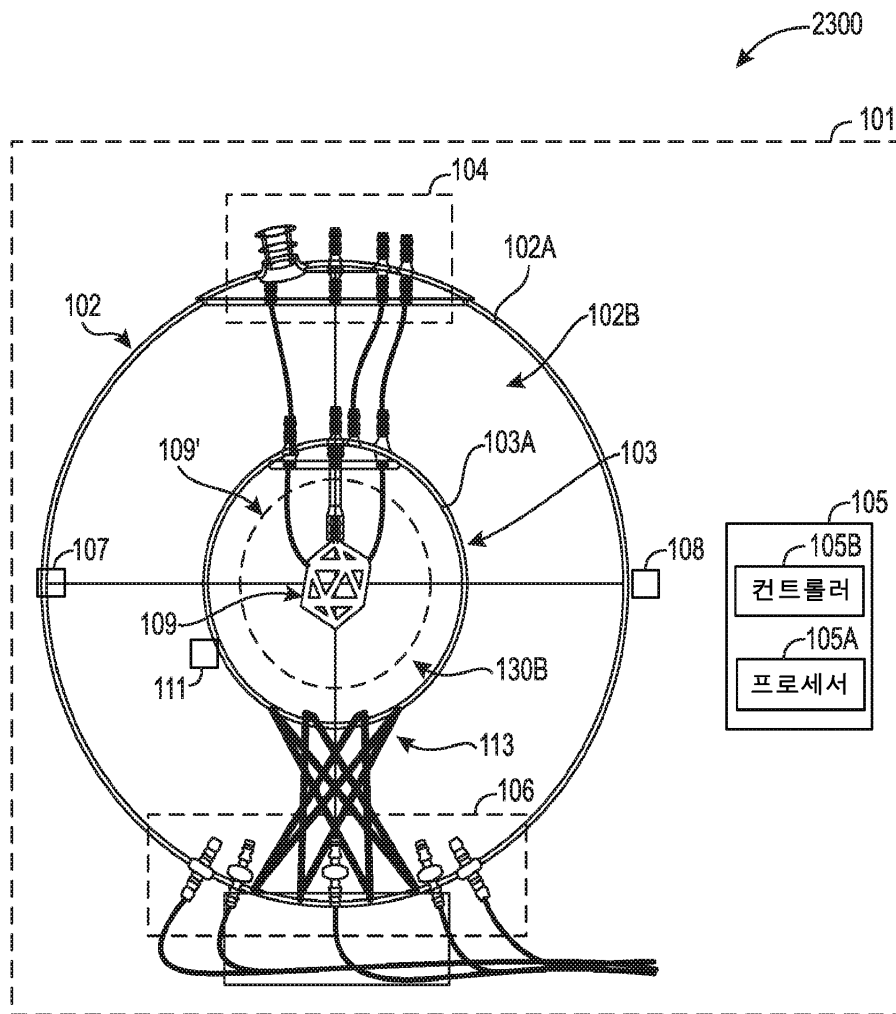
도면21



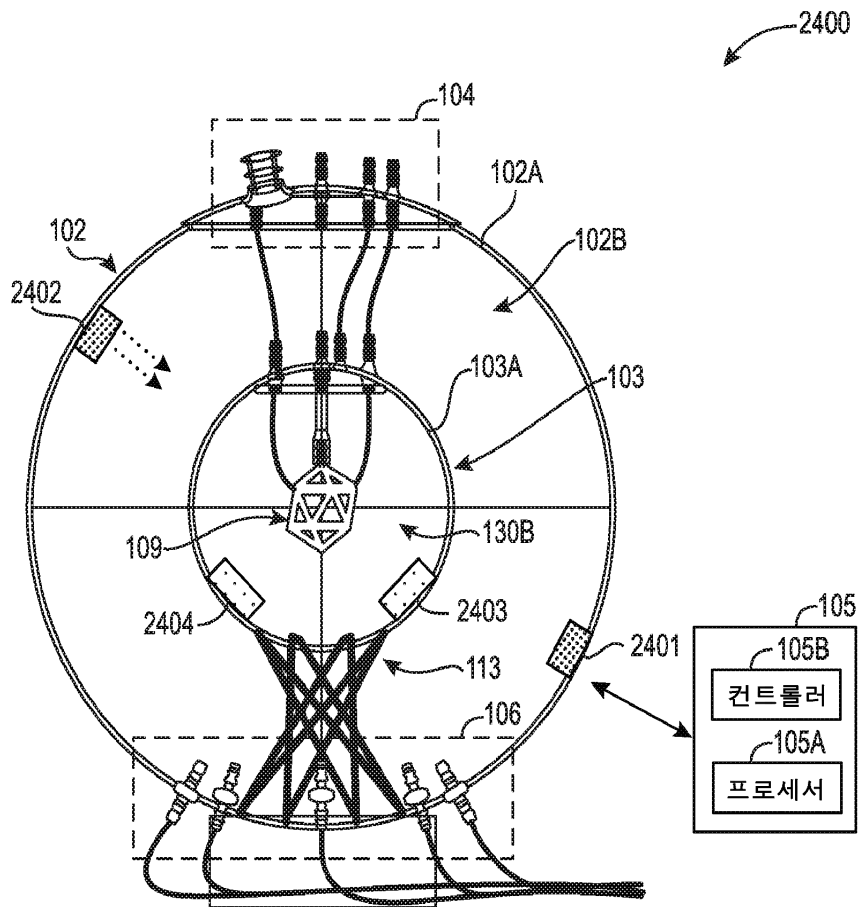
도면22



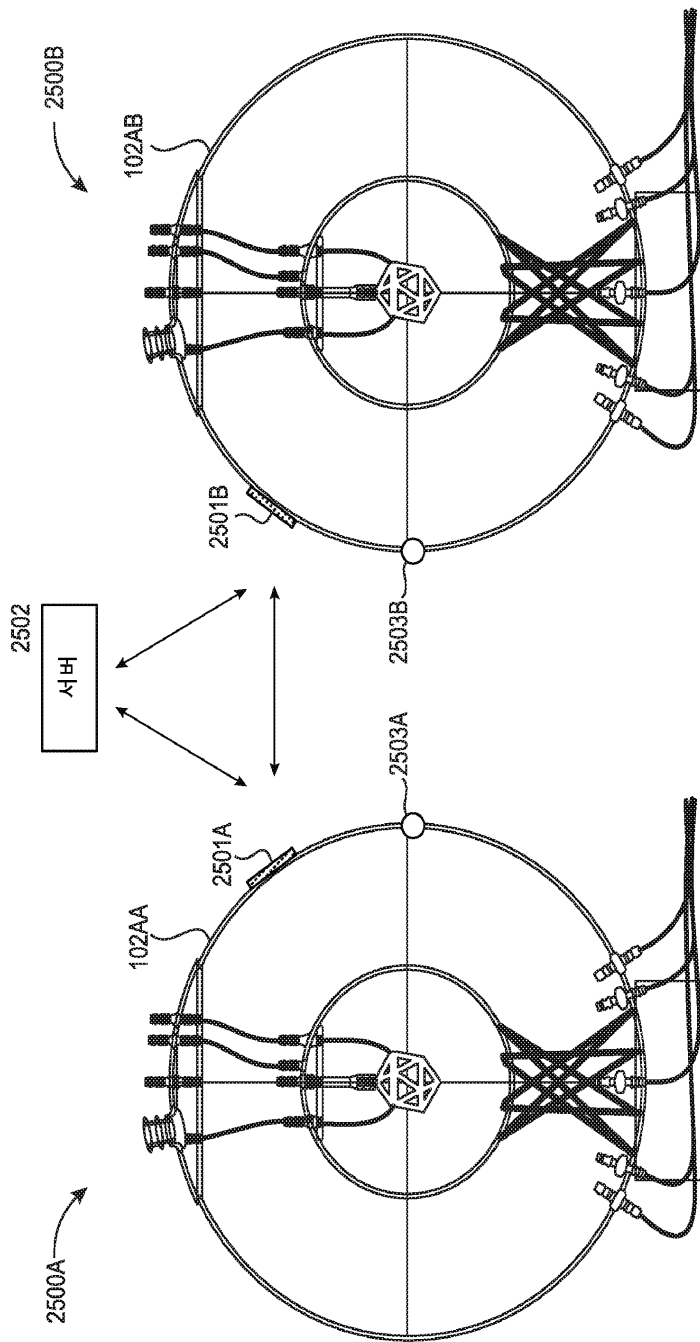
도면23



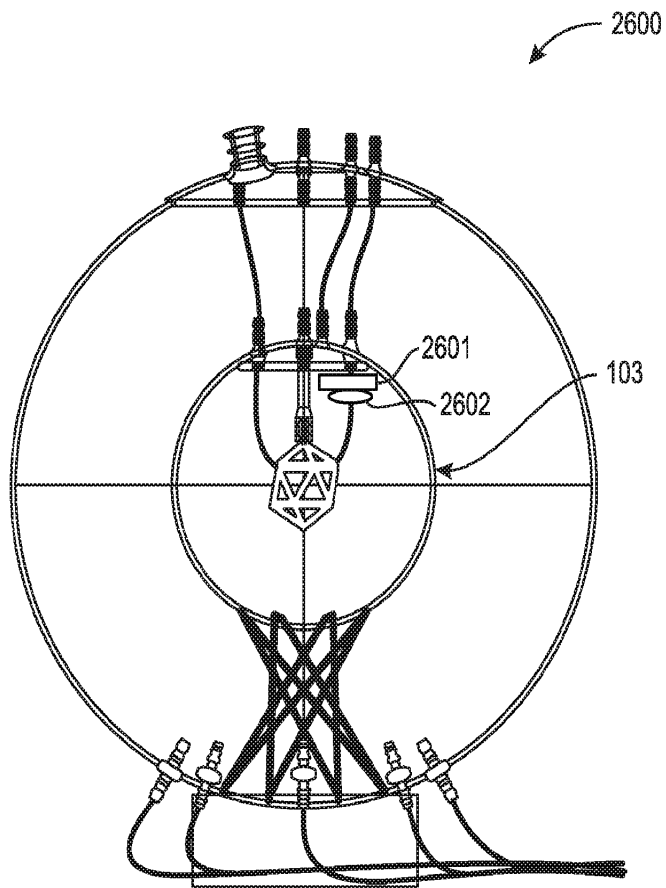
도면24



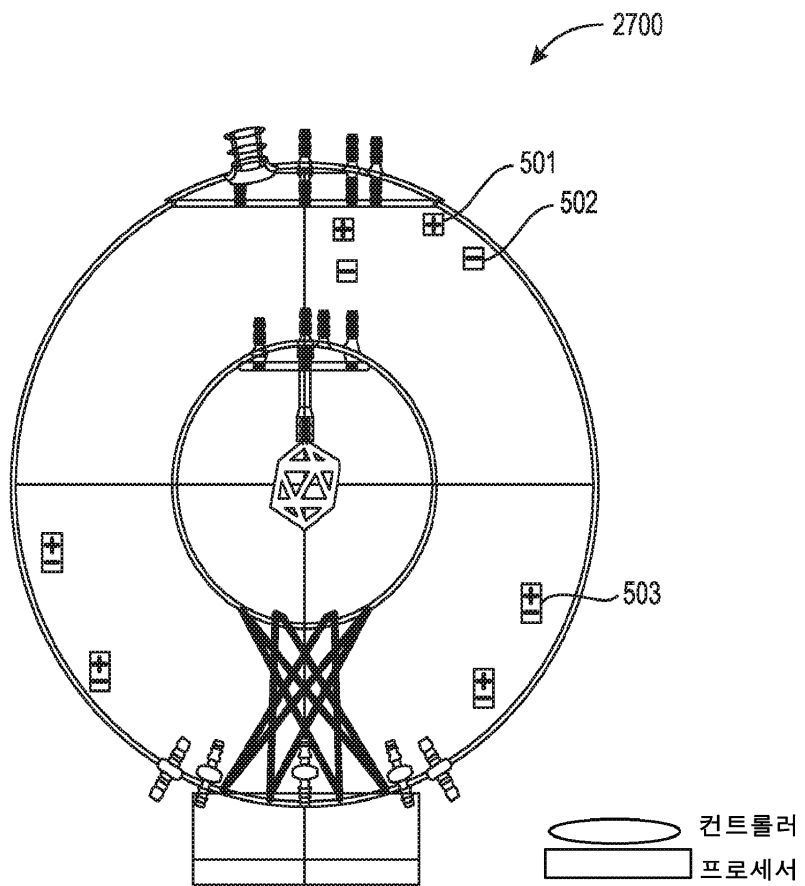
도면25



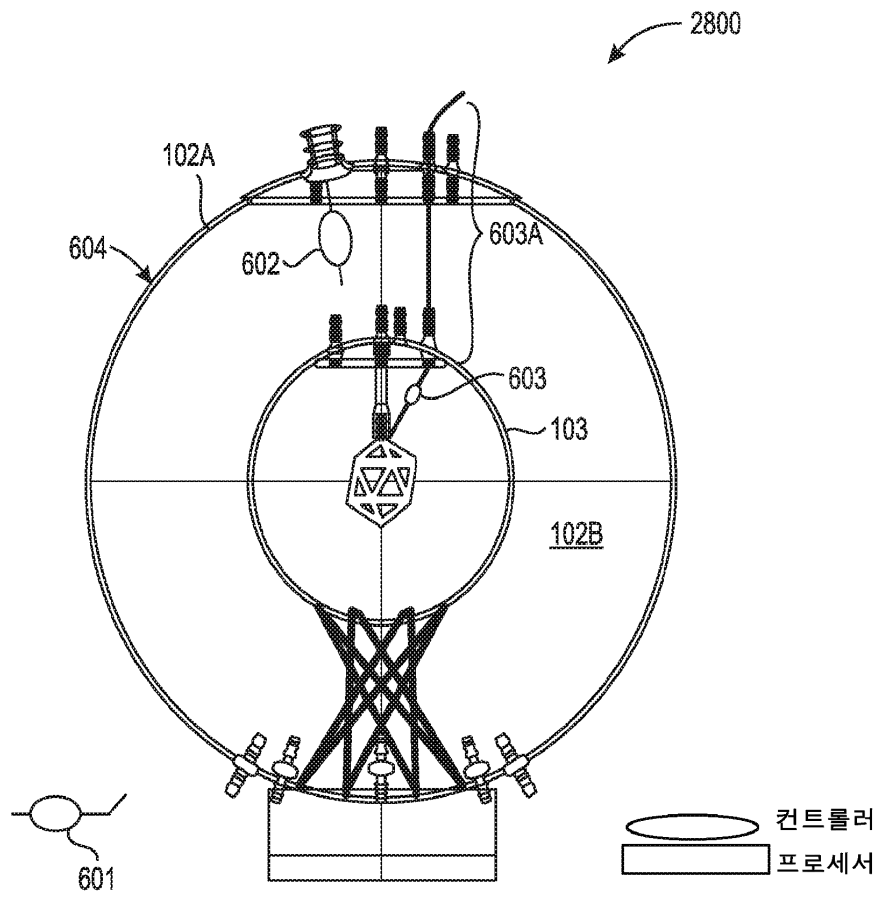
도면26



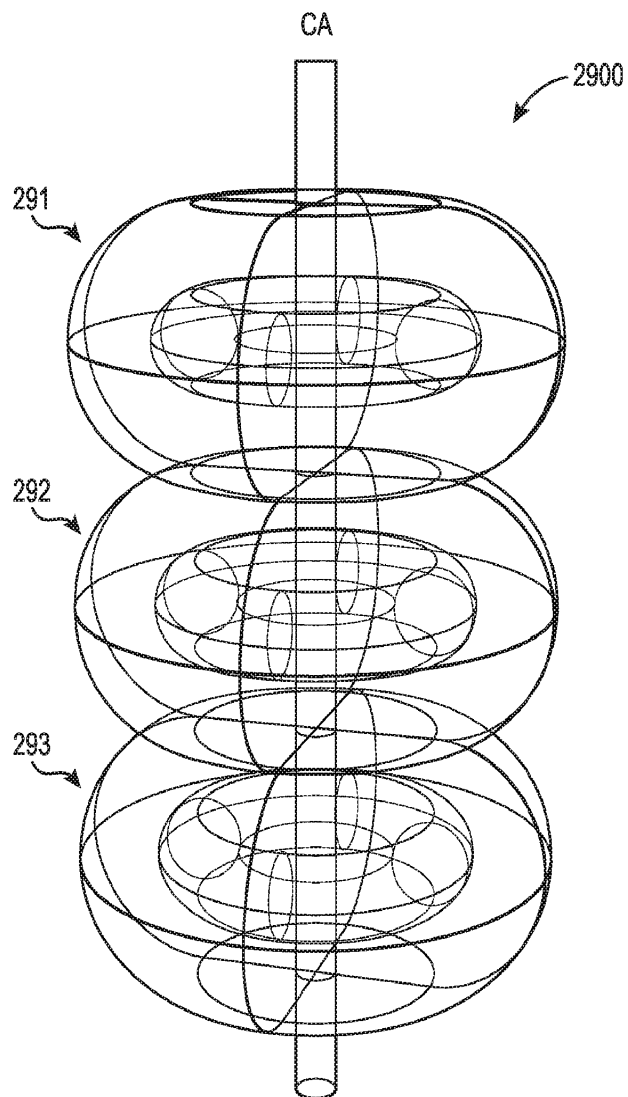
도면27



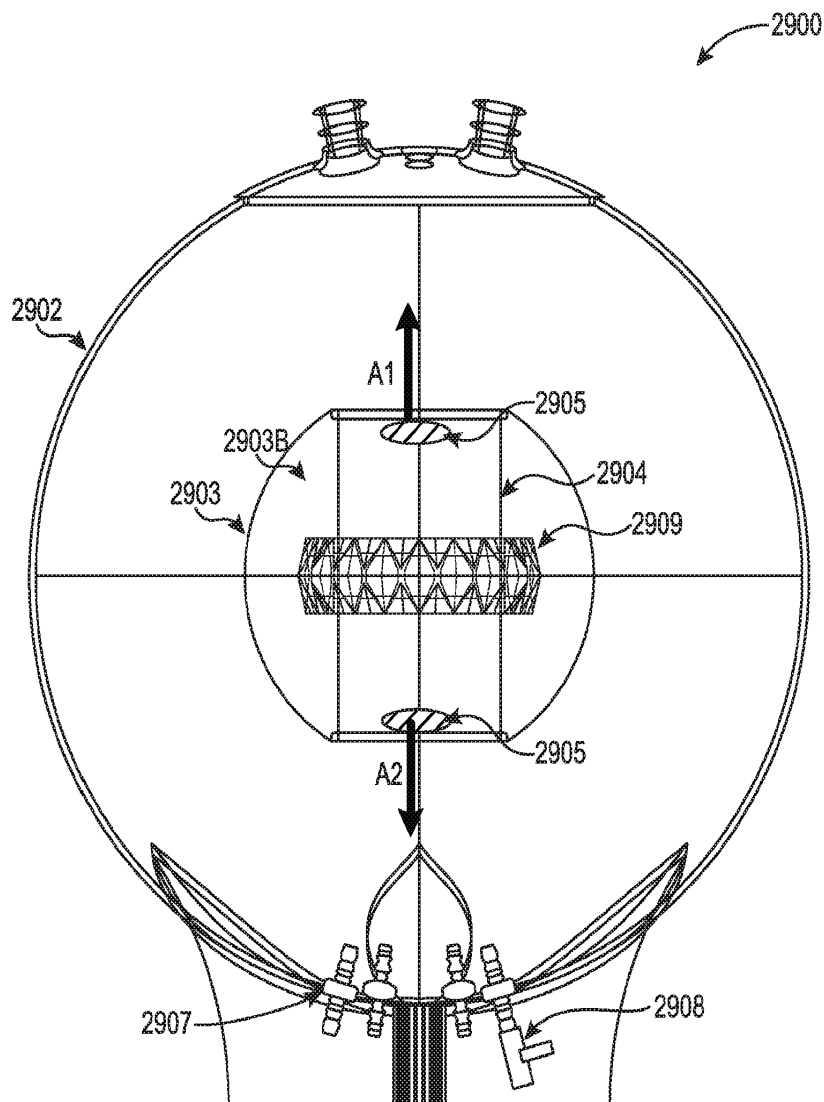
도면28



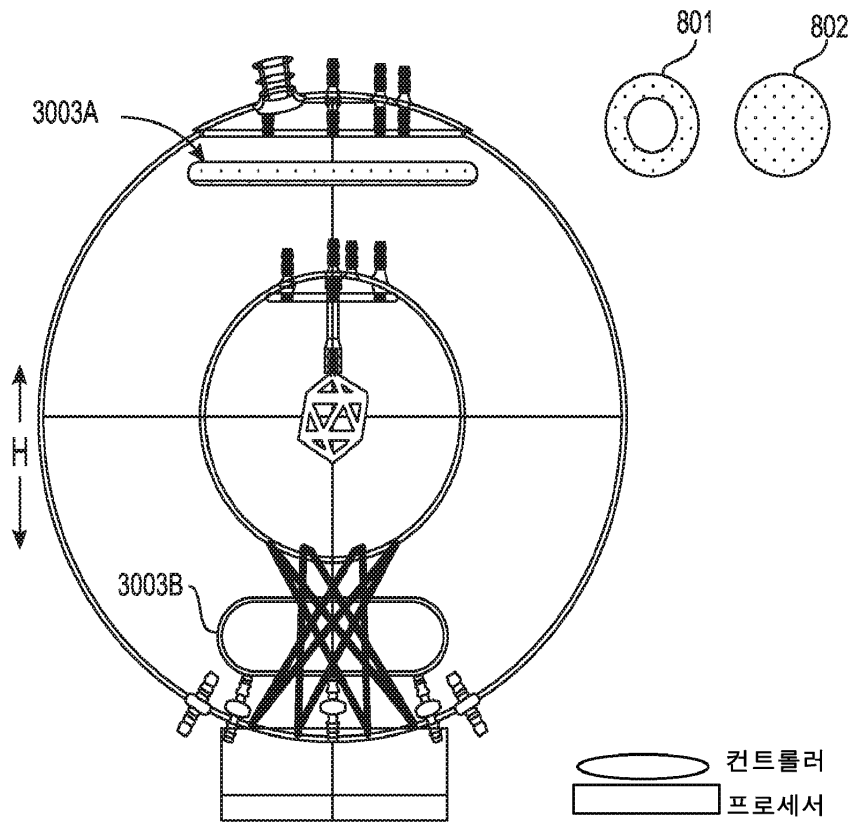
도면29a



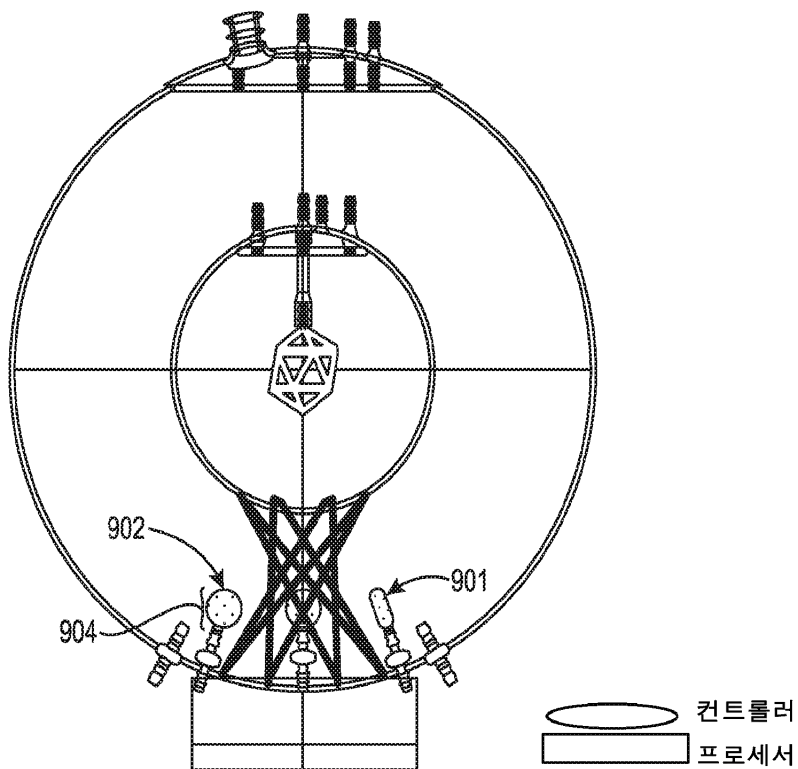
도면29b



도면30



도면31



도면32

