(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0073286
(43) 공개일자 2020년06월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 21/954 (2006.01) *G01N 21/88* (2006.01)
G01N 21/95 (2006.01) *G01N 29/26* (2006.01)
G01N 29/265 (2006.01) *G02B 23/24* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 21/954 (2013.01)
G01N 21/88 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-7015969(분할)
(22) 출원일자(국제) 2018년12월15일
심사청구일자 2020년06월03일
(62) 원출원 특허 10-2020-7015911
원출원일자(국제) 2018년12월15일
심사청구일자 2020년06월03일
(85) 번역문제출일자 2020년06월03일
(86) 국제출원번호 PCT/US2018/065888
(87) 국제공개번호 WO 2019/118950
국제공개일자 2019년06월20일
(30) 우선권주장
PCT/US2017/066758 2017년12월15일 미국(US)

(71) 출원인
탱크보트 인코포레이티드
미국 텍사스주 77057 휴스턴 스위트 1000 우드웨이 6363
(72) 발명자
메이어스 존 더블유.
미국 텍사스주 77005 휴스턴 레밍턴 레인 12
데일리 조셉 에이.
미국 텍사스주 77054 휴스턴 넘버 307 홀리 홀 2626
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인태평양

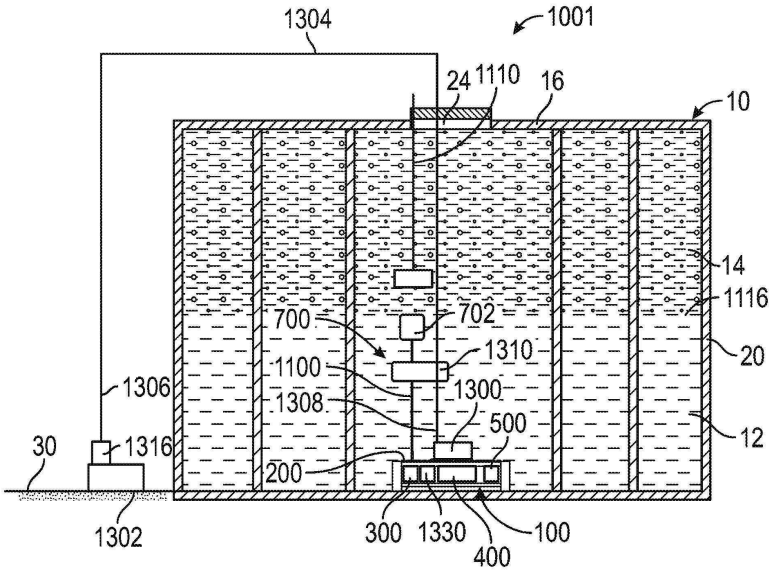
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **유해한 비전도성 물질을 포함하는 탱크로부터 이동식 플랫폼을 회수하면서 사용되는 전압 차이 감소 방법**

(57) 요 약

이동식 플랫폼은 이동식 플랫폼이 탱크 내에 있는 동안 전하 축적을 제어하기 위해 전하 축적 제어 시스템을 사용한다. 대안적으로 또는 추가적으로, 이동식 플랫폼은 부력 몸체, 일차 테더, 및 이차 테더를 갖는 회수 시스템을 포함한다. 대안적으로 또는 추가적으로, 이동식 플랫폼 상의 전기 전도성 부재에 전기적으로 연결함으로써 이동식 플랫폼과 탱크 또는 다른 구조물 사이의 전압 차이를 감소시키기 위해 전기 케이블이 사용된다.

대 표 도 - 도22



(52) CPC특허분류
G01N 21/9515 (2013.01)
G01N 29/262 (2013.01)
G01N 29/265 (2013.01)
G02B 23/2492 (2013.01)
G01N 2021/9544 (2013.01)
G01N 2291/044 (2013.01)
G01N 2291/2636 (2013.01)
G01N 2291/2695 (2013.01)

(72) 발명자
에핑거 로버트 티. 4세
미국 텍사스주 77042 휴스턴 캔들우드 드라이브 10806
폰트렐리 도날드 에이.
미국 텍사스주 77054 휴스턴 아파트 507 엘 문도 스트리트 8300
슈브롱 데이비드 엘.
미국 텍사스주 77059 휴스턴 오차드 마운틴 드라이브 11611
러브레이스 제임스 토드
미국 플로리다주 32217 잭슨빌 비아 드 라 레이나 3751
길로리 로날드
미국 텍사스주 77022 휴스턴 반 몰란 스트리트 597
카시마티스 데이비드 존
미국 텍사스주 75040 갈랜드 러셀 드라이브 1706

명 세 서

청구범위

청구항 1

비전도성 에너지 물질(12, 14)로 적어도 부분적으로 충전된 탱크(10)로부터 이동식 플랫폼(100)을 회수하는 방법으로서,

- 적어도 하기를 포함하도록 상기 이동식 플랫폼(100)을 구성하는 단계:

- 인클로저(200),

- 상기 인클로저(200) 내측에 위치되는 적어도 하나의 제어 유닛(300),

- 적어도 부분적으로 상기 인클로저(200) 내측에 위치되는 적어도 하나의 추진 시스템(400),

- 상기 인클로저(200) 내측에 위치되는 적어도 하나의 전력 공급부(500), 및

- 적어도 부분적으로 상기 인클로저(200) 상에 배치되는 적어도 하나의 회수 시스템(700) - 상기 적어도 하나의 회수 시스템(700)은 적어도 하나의 부력 몸체(702), 전기 전도성 부재(1130), 및 적어도 하나의 테더(1100)를 포함하고, 상기 적어도 하나의 테더(1100)는 전도성이 아닌 적어도 일부분을 갖고, 상기 적어도 하나의 테더(1100)는 상기 적어도 하나의 부력 몸체(702)를 상기 인클로저(200)로부터 전기적으로 격리시킴 -;

- 배치 캐리어(50, 764, 780)를 사용하여 상기 이동식 플랫폼(100)을 상기 탱크(10) 내로 하강시키는 단계;

- 상기 인클로저(200)를 비전도성 액체 에너지 물질(12) 내에 침지시키는 단계;

- 상기 적어도 하나의 추진 시스템(400)을 사용하여 상기 이동식 플랫폼(100)을 이동시켜 상기 탱크(10) 내에서 적어도 하나의 작업을 수행하는 단계;

- 상기 부력 몸체(702)를 해제하여 상기 비전도성 액체 에너지 물질(12)의 표면(1116)을 향해 상기 적어도 하나의 테더(1100)를 전달하는 단계;

- 상기 적어도 하나의 테더(1100)를 사용하여 상기 이동식 플랫폼(100)의 전기 전도성 부재(1130)로 전기 전도성 케이블(1304)을 전달하는 단계;

- 스파크 억제 주위 조건에서 상기 전기 전도성 케이블(1304)의 전압 상쇄화 단부(voltage neutralizing end)(1306)를 전압 차이 상쇄화 몸체(1302)에 전기적으로 연결하는 단계;

- 상기 전기 전도성 부재(1300)가 상기 비전도성 액체 에너지 물질(12)의 표면(1116) 아래에 있는 동안, 상기 전기 전도성 케이블(1304)의 이동식 플랫폼 단부(1308)를 상기 이동식 플랫폼(100)의 전기 전도성 부재(1300)에 전기적으로 연결하는 단계; 및

- 상기 탱크(10)의 내측으로부터 외측으로 상기 이동식 플랫폼(100)을 회수하는 단계를 특징으로 하는, 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 스파크 억제 주위 조건은 (i) 에너지 물질 부족, 및 (ii) 산소 부족 중 적어도 하나인 것을 추가로 특징으로 하는, 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 전압 차이 상쇄화 몸체(1302)는 상기 탱크(10)인 것을 추가로 특징으로 하는, 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 전기 전도성 케이블(1304)은 상기 이동식 플랫폼 단부(1308)에 배치되는 전기 커넥터(1314)를 갖고,

- 상기 적어도 하나의 테더(1100)를 사용하여 상기 전기 커넥터(1314)를 상기 이동식 플랫폼(100)으로 전달하고

상기 전기 커넥터(1314)를 상기 전기 전도성 부재(1300)에 전기적으로 연결하는 단계를 추가로 특징으로 하는, 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 이동식 플랫폼(100)과 상기 탱크(10) 사이의 전압 차이가 미리결정된 값 미만일 때를 추정하는 단계, 및 상기 추정된 전압 차이가 상기 미리결정된 값 미만인 후에만 상기 이동식 플랫폼(100)을 상기 탱크(10)의 내측으로부터 외측으로 회수하는 단계를 추가로 특징으로 하는, 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

- 상기 부력 몸체(702)를 회수 부재(1110)로 회수하는 단계;

- 상기 전기 전도성 케이블(1304)의 이동식 플랫폼 단부(1308)를 상기 적어도 하나의 테더(1100)에 부착하는 단계; 및

- 상기 이동식 플랫폼 단부(1308)를 상기 적어도 하나의 테더(1100)를 따라서 상기 이동식 플랫폼(100)으로 활주시키는 단계 - 상기 이동식 플랫폼 단부(1308)는 상기 전기 전도성 부재(1300)에 전기적으로 연결됨 - 를 추가로 특징으로 하는, 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 전기 전도성 케이블(1304)의 이동식 플랫폼 단부(1308)는 상기 전기 전도성 케이블(1304)의 상쇄화 몸체 단부(1306)가 상기 전압 차이 상쇄화 몸체(1302)에 전기적으로 연결되기 전에 상기 전기 전도성 부재(1300)에 전기적으로 연결되는 것을 추가로 특징으로 하는, 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 전기 전도성 케이블(1304)의 이동식 플랫폼 단부(1308)는 상기 전기 전도성 케이블(1304)의 상쇄화 몸체 단부(1306)가 상기 전압 차이 상쇄화 몸체(1302)에 전기적으로 연결된 후에 상기 전기 전도성 부재(1300)에 전기적으로 연결되는 것을 추가로 특징으로 하는, 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 전기 전도성 케이블(1304)은 상기 전기 전도성 케이블(1304)의 상쇄화 몸체 단부(1306)가 상기 전압 차이 상쇄화 몸체(1302)에 전기적으로 연결되기 전에 상기 적어도 하나의 테더(1100)를 사용하여 전달되는 것을 추가로 특징으로 하는, 방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 인클로저(200)는 복수의 별개의 인클로저들을 포함하고, 상기 복수의 별개의 인클로저들 중 적어도 하나의 인클로저(200)는 상기 비전도성 액체 에너지 물질(12) 내에 침지되는 것을 추가로 특징으로 하는, 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 대체적으로, 본 발명은 비전도성일 수 있는 유해 물질을 포함하는 탱크 내에서 이동식 플랫폼을 취급하기 위한 장치 및 관련 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 달리 일상적인 작업은, 주위 조건이 그러한 작업을 수행하는 데 필요한 사람 및/또는 기계에 대한 잠재적 위험을 제기하는 경우, 과도하게 힘들어질 수 있다. 하나의 그러한 작업은 액체 또는 가스 탄화수소와 같은 화염성 물질을 포함하는 데 사용되는 탱크의 구조적 완전성(structural integrity)을 검사하는 것이다. 탱크 검사는 전형적으로 탱크 구조물의 다수의 위치에서 벽 두께를 측정하는 것을 포함한다. 비표준(out-of-norm) 두께는 부식, 또는 일부 다른 유형의 손상의 존재를 나타내며, 이는 검사되지 않은 채로 두면 내재하는 유체에 대한 누

출 경로를 생성할 수 있다. 불행하게도, 탱크의 저부 또는 바닥을 구성하는 벽의 검사는 이러한 벽의 상태를 정확하게 평가하기 위해 탱크의 내부로부터 실시되어야 한다.

[0003] 탱크 검사를 수행하는 통상의 접근법은 탱크 내부로 진입하고 자기 및 초음파 센서를 사용하여 탱크의 바닥을 스캐닝하는 인간 작업반(human work crew)을 이용하는 것이다. 탱크는 먼저 액체 내용물이 비워지고 모든 화염성 물질을 충분히 낮은 농도로 퍼지되어, 작업반이 사용하는 장비에 의해 야기되는 어떠한 스파크도 폭발을 야기하지 않도록 하여야 한다. 탱크를 퍼지하는 예비 단계는 시간 소모적이다. 더욱이, 탱크는 전체 검사 공정 동안 사용이 중지되고 운영되지 않아야 한다. 따라서, 수동(manual) 탱크 검사는 탱크 소유자의 현재 운영에 비용이 많이 들게 하고 지장을 줄 수 있다.

[0004] PETROBOT에 의해 제안된 탱크를 검사하는 최근에 개발된 방법은 탱크의 저부를 스캐닝할 수 있는 원격 작동식 검사 장치를 이용한다. 가요성 공급선(umbilical)은 검사 장치를 탱크의 외측에 위치되는 제어 유닛에 물리적으로 그리고 작동식으로 연결한다. 검사 장치가 탱크 내에 있기 전에 그리고 그 동안에, 질소와 같은 불활성 가스가 공급선을 통해 검사 장치 내로 펌핑된다. 검사 장치 내측에서 산소를 축출하는 불활성 가스는 화염성 물질을 점화시키는 스파크의 가능성을 최소화하는 것으로 여겨진다. 공급선은 또한 양방향 통신을 위해 사용된다. 검사 장치에 의해 수집된 데이터는 공급선을 통해 외부 제어 유닛으로 전송될 수 있다. 외부 제어 유닛에서 인간 작업자는 공급선을 통해 제어 신호를 전송하여 검사 장치를 조향한다. 가스 및 신호에 더하여, 전력이 공급선에 의해 전달된다. 이러한 시스템은 탱크 내측의 인간 작업반에 대한 필요성을 없앨 수 있다.

[0005] 그러나, PETROBOT 장치와 같은 원격 작동식 검사 장치는, 예를 들어, 검사 작업 동안 조향의 인간 제어로 인해 작업하는 데 노동 집약적인 것으로 보인다. 더욱이, 작업 동안 공급선을 수용하기 위한 개구의 필요성은 아마도 탱크 내측의 유해 물질에 외측 환경을 노출시킨다. 따라서, 화염성 물질을 포함하는 데 사용되는 탱크의 검사를 더욱 효율적이고 안전하게 수행해야 할 필요성이 남아 있다.

[0006] 일부 태양에서, 본 발명은 화염성 또는 가연성 물질을 갖는 환경에서 탱크 검사를 수행하기 위한 시스템 및 방법의 이러한 그리고 다른 단점을 처리한다. 그러나, 화염성 물질을 포함하는 탱크의 벽 두께의 검사는 인간 및/또는 기계에 유해할 수 있는 환경에서 작업을 수행하는 일반적인 문제를 단지 예시할 뿐이다. 예를 들어, 유독성 물질이, 반드시 화염성인 것은 아니지만, 제조 또는 처리 작업을 수행할 때 어려움을 겪을 수 있다. 따라서, 추가 태양에서, 본 발명은 유해 환경 내에서 하나 이상의 작업을 더 효율적이고 안전하게 수행할 필요성을 다룬다.

[0007] 일부 주위 조건은 에너지 물질을 포함할 수 있고, 이는 또한 비전도성일 수 있다. 기계가 사용될 환경의 비전도성은 그러한 기계의 취급 및 작동 시 추가의 고려사항을 제기할 수 있다. 예를 들어, 비전도성 환경은 작동 동안 기계 상에 축적되는 전하가 회수 전에 소산되는 것을 허용하지 않을 수 있다. 이러한 축적된 전하는, 기계가 그와 전압 차이를 갖는 물체에 충분히 가까운 경우 스파크를 야기할 수 있다. 그러한 스파크는, 존재하는 경우, 에너지 물질을 점화시킬 수 있다.

[0008] 태양에서, 본 발명은 비전도성일 수 있는 에너지 물질을 갖는 환경에서 기계를 활용하는 시스템 및 방법의 이들 및 다른 단점을 처리한다. 일부 태양에서, 본 발명은 그러한 기계 상의 전하 축적을 제어함으로써 그러한 단점을 처리한다. 일부 태양에서, 본 발명은 회수 전에 또는 그 동안에 그러한 기계 상의 축적된 전하를 감소시킴으로써 그러한 단점을 처리한다.

[0009] 탱크는 때때로 그러한 물질의 밀폐되거나 격리된 환경을 제공하기 위해 물질이 저장되는 내부로의 접근을 제한하도록 구체적으로 설계된다. 예를 들어, 탱크는 작업원이 탱크 내부에 접근하게 하는 용이하게 밀폐되는 비교적 작은 해치(hatch)를 포함할 수 있다. 작업원은 그 해치 바로 부근에 있지 않은 위치에 도달하는 데 어려움을 접할 수 있다.

[0010] 일부 태양에서, 본 발명은 탱크와 같은 컨테이너에 사용되는 장비를 배치 및 회수하기 위한 시스템 및 방법의, 컨테이너 내의 내부 위치에 대한 제한된 접근을 가진다는 단점을 처리한다. 일부 태양에서, 본 발명은 비전도성 물질을 저장하는 컨테이너 내에서의 사용으로 인해 축적된 전하를 갖는 기계를 취급 및 회수하기 위한 시스템 및 방법의 단점을 처리한다.

발명의 내용

[0011] 본 발명은, 부분적으로, 비전도성 유해 물질을 포함하는 탱크 내에서 이동식 플랫폼을 취급하기 위한 방법 및 관련 시스템에 관한 것이다. "비전도성" 또는 "전기 비전도성"은, 미터당 1,000 피코지멘스(1,000 pS/m) 미만

의 전기 전도도를 의미한다. 비교해 보면, 통상의 음용수는 본 발명에서 비전도성으로 정의되는 물질보다 천 배 초과의 전도성을 갖는다.

[0012] 또 다른 태양에서, 본 발명은 비전도성 유해 물질을 포함하는 탱크로부터 이동식 플랫폼을 회수하기 위한 방법을 제공한다. 해치를 갖고 비전도성 에너지 물질로 적어도 부분적으로 충전된 탱크로부터 이동식 플랫폼을 회수하는 예시적인 방법은 적어도 하기를 포함하도록 이동식 플랫폼을 구성하는 단계를 포함할 수 있다: 인클로저, 인클로저 내측에 위치되는 적어도 하나의 제어 유닛, 적어도 부분적으로 인클로저 내측에 위치되는 적어도 하나의 추진 시스템, 인클로저 내측에 위치되는 적어도 하나의 전력 공급부, 및 적어도 부분적으로 인클로저 상에 배치되고 적어도 하기를 포함하는 적어도 하나의 회수 시스템: 적어도 하나의 부력 몸체, 적어도 하나의 부력 몸체에 그리고 인클로저에 연결되는 적어도 하나의 일차 테더(tether), 및 적어도 하나의 부력 몸체에 그리고 인클로저에 연결되는 적어도 하나의 이차 테더.

[0013] 본 방법은 탱크 내에서 부력 몸체 회수 구역을 미리결정하는 단계 - 부력 몸체 회수 구역은 해치 아래에 있음 -; 배치 캐리어를 사용하여 이동식 플랫폼을 탱크 내로 하강시키는 단계; 인클로저를 비전도성 액체 에너지 물질 내에 침지시키는 단계; 추진 시스템을 사용하여 이동식 플랫폼을 이동시켜 탱크 내에서 적어도 하나의 작업을 수행하는 단계; 적어도 하나의 부력 몸체 및 적어도 하나의 일차 테더를 인클로저로부터 해제하는 단계; 적어도 하나의 일차 테더를 사용함으로써 해제된 적어도 하나의 부력 몸체를 부력 몸체 회수 구역 내에 위치시키는 단계; 해치를 통해 적어도 하나의 부력 몸체에 접근하는 단계; 적어도 하나의 부력 몸체를 사용함으로써 적어도 하나의 일차 테더를 회수하는 단계; 적어도 하나의 일차 테더를 사용하여 적어도 하나의 이차 테더를 해제하는 단계; 및 회수 부재를 해치를 통해 삽입하여, (i) 적어도 하나의 부력 몸체, (ii) 적어도 하나의 일차 테더, 및 (iii) 적어도 하나의 이차 테더 중 적어도 하나를 회수하는 단계를 추가로 포함할 수 있다.

[0014] 추가 태양에서, 본 발명은 비전도성 유해 물질을 포함하는 탱크 내의 이동식 플랫폼 상의 전하 축적을 상쇄시키기 위한 방법을 제공한다. 비전도성 에너지 물질로 적어도 부분적으로 충전된 탱크로부터 이동식 플랫폼을 회수하는 예시적인 방법은, 적어도 하기를 포함하도록 이동식 플랫폼을 구성하는 단계: 인클로저, 인클로저 내측에 위치되는 적어도 하나의 제어 유닛, 적어도 부분적으로 인클로저 내측에 위치되는 적어도 하나의 추진 시스템, 인클로저 내측에 위치되는 적어도 하나의 전력 공급부, 및 적어도 부분적으로 인클로저 상에 배치되는 적어도 하나의 회수 시스템 - 적어도 하나의 회수 시스템은 적어도 하나의 부력 몸체, 전기 전도성 부재, 및 적어도 하나의 테더를 포함하고, 적어도 하나의 테더는 전도성이 아닌 일부분을 갖고, 적어도 하나의 테더는 적어도 하나의 부력 몸체를 인클로저로부터 전기적으로 격리시킴 -; 배치 캐리어를 사용하여 이동식 플랫폼을 탱크 내로 하강시키는 단계; 인클로저를 비전도성 액체 에너지 물질 내에 침지시키는 단계; 및 추진 시스템을 사용하여 이동식 플랫폼을 이동시켜 탱크 내에서 적어도 하나의 작업을 수행하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 본 방법은 부력 몸체를 해제하여 비전도성 액체 에너지 물질의 표면을 향해 적어도 하나의 테더를 전달하는 단계; 적어도 하나의 테더를 사용하여 이동식 플랫폼의 전기 전도성 부재로 전기 전도성 케이블을 전달하는 단계; 스파크 억제 주위 조건에서 전기 전도성 케이블의 전압 상쇄화 단부(voltage neutralizing end)를 전압 차이 상쇄화 몸체에 전기적으로 연결하는 단계; 전기 전도성 부재가 비전도성 액체 에너지 물질의 표면 아래에 있는 동안, 전기 전도성 케이블의 이동식 플랫폼 단부를 이동식 플랫폼의 전기 전도성 부재에 전기적으로 연결하는 단계; 및 탱크의 내측으로부터 외측으로 이동식 플랫폼을 회수하는 단계를 추가로 포함할 수 있다.

[0016] 태양에서, 본 발명은 비전도성 유해 물질을 포함하는 탱크 내의 이동식 플랫폼 상의 전하 축적을 제어하기 위한 방법을 제공한다. 비전도성 에너지 물질로 적어도 부분적으로 충전된 탱크 내에서 이동식 플랫폼을 작동시키는 예시적인 방법은, 적어도 하기를 포함하도록 이동식 플랫폼을 구성하는 단계: 인클로저, 인클로저 내에 위치되는 적어도 하나의 제어 유닛, 인클로저 내에 적어도 부분적으로 위치되는 적어도 하나의 추진 시스템, 인클로저 내에 위치된 적어도 하나의 전력 공급부 - 적어도 하나의 전력 공급부로부터 이동식 플랫폼과 연관된 적어도 하나의 전력 소비자로 공급되는 전력은 이동식 플랫폼에 전하를 부가함-, 적어도 부분적으로 인클로저 상에 배치되고 적어도 하나의 부력 몸체를 포함하는 적어도 하나의 회수 시스템, 및 적어도 부분적으로 인클로저 상에 배치되는 적어도 하나의 전하 축적 제어 시스템 - 적어도 하나의 전하 축적 제어 시스템은 (i) 이동식 플랫폼이 탱크 내측에 있는 동안 공급된 전력을 감소시키고 이후에 이러한 공급된 전력의 증가를 방지하는 것, 및 (ii) 이동식 플랫폼이 탱크 내측에 있는 동안 공급된 전력으로부터 적어도 하나의 전력 소비자를 결합해제하고 이후에 적어도 하나의 전력 소비자와 공급된 전력의 재결합을 방지하는 것 중 하나에 의해 이동식 플랫폼 상의 전하의 축적을 제어하도록 구성됨 -; 배치 캐리어를 사용하여 이동식 플랫폼을 탱크 내로 하강시키는 단계; 인클로저를 비전도성 액체 에너지 물질 내에 침지시키는 단계; 및 추진 시스템을 사용하여 이동식 플랫폼을 이동시켜

탱크 내에서 적어도 하나의 작업을 수행하는 단계를 포함할 수 있다.

[0017] 본 방법은, 적어도 하나의 전하 축적 제어 시스템을 사용하여 이동식 플랫폼 상의 전하 축적을 제어하고, 인클로저로부터 적어도 하나의 부력 몸체를 해제함으로써 전하 축적 제어 시스템의 활성화 상태를 나타내는 단계 - 활성화 상태는 (i) 전하 축적 제어 시스템의 이전 활성화, 및 (ii) 미리결정된 시간 지연 후 전하 축적 제어 시스템의 활성화 중 하나임 -; 및 탱크의 내측으로부터 외측으로 이동식 플랫폼을 회수하는 단계를 추가로 포함할 수 있다.

[0018] 본 발명의 특징부의 전술된 예는, 후속하는 그의 상세한 설명이 더 잘 이해될 수 있도록 그리고 본 기술에 대한 기여가 인식될 수 있도록 다소 광범위하게 요약되었다. 물론, 본 발명의 추가 특징부가 이후에 기술되고 여기에 첨부된 청구범위의 주제를 형성할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0019] 본 발명의 상세한 이해를 위해, 동일한 요소가 동일한 도면 부호로 주어진 첨부 도면과 관련하여 취해진 본 발명의 하기의 상세한 설명에 대한 참조가 이루어져야 한다.

도 1은 본 발명에 따른 이동식 플랫폼을 사용함으로써 검사될 수 있는 탱크를 단면도로 도시한다.

도 2는 본 발명에 따른 이동식 플랫폼의 일 실시예의 기능 블록도이다.

도 3a 내지 도 3c는 본 발명에 따른 이동식 플랫폼을 위한 인클로저의 일 실시예를 도시한다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른, 이동식 플랫폼을 위한 제어 유닛 및 소정의 관련 요소의 기능 블록도이다.

도 5a 내지 도 5e는 본 발명에 따른, 마커를 검출하는 마커 검출기의 실시예를 도시한다.

도 6a는 본 발명의 일 실시예에 따른, 이동식 플랫폼을 제어하기 위한 예시적인 방법을 예시하는 흐름도이다.

도 6b는 본 발명의 일 실시예에 따른, 이동식 플랫폼에 의해 검출되는 불연속부를 갖는 탱크의 저부 벽을 도시한다.

도 7은 가압된 내부를 사용하는 본 발명의 일 실시예에 따른 추진 시스템을 개략적으로 도시한다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 공급부를 등각도로 도시한다.

도 9a 및 도 9b는 본 발명의 일 실시예에 따른, 센서가 적응된 작업 모듈을 개략적으로 도시한다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 스위치 조립체를 개략적으로 도시한다.

도 11a 및 도 11b는 본 발명의 실시예에 따른 회수 모듈을 개략적으로 도시한다.

도 11c 및 도 11d는 본 발명의 실시예에 따른, 이동식 플랫폼의 배치 및/또는 회수를 용이하게 하기 위해 사용될 수 있는 장치를 개략적으로 도시한다.

도 12a 및 도 12b는 본 발명에 따른 이동식 플랫폼의 다른 실시예를 등각도로 도시한다.

도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른, 플랫폼을 위한 다른 제어 유닛의 기능 블록도이다.

도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른, 탱크의 저부 벽 - 그를 따라서 도 13의 실시예가 이동식 플랫폼을 조향함 - 을 도시한다.

도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른, 작업을 수행하기 위해 이동식 플랫폼을 사용하기 위한 예시적인 방법을 예시하는 흐름도이다.

도 16a 및 도 16b는 본 발명의 실시예에 따른, 도 15의 방법의 수행 동안 이동식 플랫폼의 배치, 해제, 및 회수를 단면도로 도시한다.

도 17은 본 발명의 실시예에 따른, 능동형 마커를 갖는 탱크의 부분 단면도이다.

도 18a 및 도 18b는 본 발명에 따른, 이동식 플랫폼을 조향하기 위한 대안적인 방법을 예시하는 흐름도이다.

도 19는 본 발명의 일 실시예에 따른, 일차 및 이차 테더를 사용하여 이동식 플랫폼을 회수하기 위한 시스템을 도시한다.

도 20a 및 도 20b는 본 발명에 따른 부력 몸체에 일차 및 이차 테더가 연결된 실시예를 개략적으로 도시한다.

도 20c는 테더가 본 발명에 따른 부력 몸체에 저장되고 그로부터 해제되는 실시예를 개략적으로 도시한다.

도 21은 도 19 및 도 20a 내지 도 20c의 시스템 및 장치를 사용하는 본 발명에 따른 회수 방법의 일 실시예를 예시하는 흐름도이다.

도 22는 본 발명의 일 실시예에 따른, 이동식 플랫폼 상의 전하를 감소시키는 이동식 플랫폼을 회수하기 위한 시스템을 도시한다.

도 23은 본 발명의 실시예에 따른, 이동식 플랫폼의 인클로저 상에서 전기 전도성 케이블과 전기 전도성 부재 사이의 전기적 연결을 도시한다.

도 24는 도 22의 시스템을 사용하는 본 발명의 일 실시예에 따른 회수 방법을 예시하는 흐름도이다.

도 25a 및 도 25b는 도 24의 방법을 사용하는 경우 전기적 연결을 이루기 위한 대안적인 단계를 예시하는 흐름도이다.

도 26은 본 발명의 일 실시예에 따른, 이동식 플랫폼을 위한 전하 축적 제어 시스템을 도시한다.

도 27은 도 26의 시스템을 사용하는 본 발명의 일 실시예에 따른 회수 방법을 예시하는 흐름도이다.

도 28은 본 발명의 일 실시예에 따른 전하 축적 제어 시스템을 활성화하기 위한 대안적인 단계를 예시하는 흐름도이다.

도 29는 본 발명의 일 실시예에 따른, 이동식 플랫폼 상의 전하 축적을 제어하기 위한 예시적인 단계를 예시하는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 본 발명은 유해 환경 내에서 작업을 수행하기 위한 장치, 시스템, 및 방법을 제공한다. 간결함 및 명료성을 위해, 하기의 설명은 주로 탄화수소 유체와 같은 에너지 물질이 존재하는 내부를 갖는 탱크 구조물을 검사하기 위한 시스템 및 관련 방법에 관한 것이다. 본 발명은 또한 비전도성 에너지 물질에 사용되는 이동식 플랫폼을 취급하기 위한 장치, 시스템 및 방법을 제공한다. 간결함 및 명료함을 위해, 하기의 설명은 주로, 일정 부류의 탄화수소 액체 및 가스와 같은 비전도성 에너지 물질이 존재하는 내부를 갖는 탱크 구조물 내의 이동식 플랫폼을 취급하기 위한 시스템 및 관련 방법에 관한 것이다. 그러나, 본 교시내용은 다른 산업 및 용도에 용이하게 적용될 수 있다는 것을 강조한다.

[0021] 먼저 도 1을 참조하면, 탱크(10)는 액체(12) 및 증기(14) 형태의 탄화수소와 같은 에너지 물질을 저장하는 데 사용될 수 있다. 유체 밀폐 탱크는 돔형 상부 벽(16), 대체로 평면인 저부 벽(18), 및 원통형 수직 벽(20)을 포함할 수 있다. 탱크(10)의 내부(22)는 해치(24)를 통해 접근될 수 있다. 일부 탱크에서, 기둥(26)은 구조적 지지 또는 다른 용도를 위해 사용될 수 있다. 또한, 탱크(10)는 또한 기름통, 배관, 지지체 등과 같은 의도적으로 배치될 수 있는 물체(27), 또는 쓰레기, 낙하된 도구, 사슬, 와이어 등과 같은 이물질을 포함하는 것이 일반적이다. 탱크(10)는 고정된 지상 탱크 또는 지하 탱크일 수 있다. 탱크(10)는 또한 바지선, 배, 지상차량 등과 같은 운송수단 또는 선박 상에 위치될 수 있다. 더욱이, 탱크(10)는 상이한 구성들을 채용할 수 있는데, 예를 들어, 상부 벽(16)은 평평할 수 있고/있거나 내부 플로팅 루프(floating roof)가 사용될 수 있다. 이하의 논의로부터 명백한 바와 같이, 본 발명의 시스템 및 방법은, 종래의 탱크 검사 장치 및 방법보다 더 큰 효율 및 안전성을 갖고서, 탱크(10) 및 다른 유사한 구조물의 검사를, 그의 사용, 위치, 또는 설계에 관계없이, 수행할 수 있다.

[0022] 이제 도 2를 참조하면, 도 1의 탱크(10) 내에서 하나 이상의 작업을 수행하기 위한 지능형 이동식 플랫폼(100)의 비제한적인 실시예가 기능 블록도 형태로 도시되어 있다. 이동식 플랫폼(100)은 인클로저(200), 제어 유닛(300), 추진 시스템(400), 및 전력 공급부(500)를 포함할 수 있다. 선택적으로, 작업 모듈(600)은 또한 이동식 플랫폼(100)에 의해 운반될 수 있다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "~에 의해 운반되는"은 물체가 이동식 플랫폼(100) 내측에 있거나, 그에 부착되거나, 또는 그 상에 있음을 의미한다. 이하에서, 이러한 구조물 및 온보드(on-board) 장비는 집합적으로 "서브시스템"으로 지칭될 것이다. 일부 실시예에서, 제어 유닛(300)은 통신 네트워크(360)를 통해 하나 이상의 서브시스템과 양방향 통신을 한다. 다른 실시예에서, 통신은 하나 이상의 서브시스템에 대해 일 방향으로 이루어질 수 있다. 또 다른 실시예에서, 서브시스템들 중 일부로의 또는

그로부터의 통신은 제공되지 않는다. 전력 공급부(500)는 통신 네트워크(360)와 회로부를 공유할 수 있는 배전망(power distribution network)(362)을 통해 하나 이상의 시스템에 전력을 공급한다. 이동식 플랫폼(100)은 "지능형"으로 간주될 수 있는데, 그 이유는 제어 유닛(300)이 단지 이전에 프로그래밍된 명령어 및 온보드 감지 기구를 통해 "실시간" 또는 "거의 실시간"으로 획득된 정보만을 사용함으로써 이동식 플랫폼(100)의 서브시스템을 제어하도록 구성되기 때문이다. 즉, 이동식 플랫폼(100)은 할당된 작업과 관련된 정보를 획득할 수 있고, 인간의 개입 없이 그 작업의 완료를 촉진하기 위한 결정을 할 수 있다. 따라서, 유리하게는, 이동식 플랫폼(100)은, 전력 또는 커맨드 신호를 수신하게 하는, 탱크 외측의 위치로, 물리적이든 또는 다른 것이든, 어떠한 공급선도 갖지 않을 수 있고 요구하지 않을 수 있다. 이동식 플랫폼(100)의 서브시스템은 아래에서 더 상세히 논의된다.

[0023] 대체적으로, 이동식 플랫폼(200)은 본질적으로 안전하도록 구성된다. "본질적으로 안전한(inherently safe)"은 탱크(10)(도 1) 내에서의 작업 동안 한 순간도 이동식 플랫폼(200)으로부터의 스파크가 이동식 플랫폼(200) 외측의 에너지 물질과 접촉하지 않도록 이동식 플랫폼(200)이 설계된다는 것을 의미한다. "본질적으로 안전한" 설계의 요소는, 인클로저(200)가 정상 작동 및 표준 대기 조건(즉, 20℃(68°F) 및 1.01325 바(bar)) 하에서 인클로저(200) 내측에서 일어나는 스파크, 또는 에너지 물질(12, 14)의 폭발로부터의 스파크, 또는 에너지 물질(12, 14)과 유사한 다른 에너지 물질의 폭발로부터의 스파크가 인클로저(200)의 외부로 지나가는 것을 방지하는 구조적 특징부를 포함한다는 것이다. 다른 에너지 물질이 에너지 물질(12, 14)과 "유사한" 것으로 간주되는 것은, 그러한 다른 에너지 물질이 에너지 물질(12, 14)과 동일한 등급(그러한 등급은: i. 0.45 mm(17.72 밀) 이하, ii. 0.45 mm(17.72 밀) 초과 그리고 0.75 mm(29.53 밀) 이하, 또는 iii. 0.75 mm(29.53 밀) 초과로서 특정됨)으로 최대 실험 안전 갭(Maximum Experimental Safe Gap, MESG)을 갖고 그리고/또는 에너지 물질(12, 14)과 동일한 등급(그러한 등급은: i. 0.4 이하, ii. 0.4 초과 그리고 0.8 이하, 또는 iii. 0.8 초과로서 특정됨)으로 최소 점화 전류비(Minimum Igniting Current Ratio, MICR)를 갖는 경우이다.

[0024] "본질적으로 안전한" 구성요소는 구성요소가 설계되었던 목적에 따라 의도된 바와 같이 사용될 때 스파크를 발생시킬 수 없는 구성요소이다. "비-본질적으로 안전한" 또는 "스파크 발생" 구성요소는 의도된 바와 같이 작업될 때 스파크를 발생시킬 수 있다. 인클로저(200)의 내부는 본질적으로 안전하지 않은 장치, 조립체, 또는 서브조립체의 모든 구성요소; 즉, 모든 "스파크 발생" 구성요소를 수용한다. 따라서, 인클로저(200)는 "본질적으로 안전한" 구조물로 간주될 수 있다.

[0025] 대체적으로, "스파크 발생 구성요소"는 스파크를 야기하기에 충분히 빠르게 이동하는 기계적 구조물 및 스파크 형성을 야기하기에 충분히 높은 에너지 상태에서 작동하는 전기 구성요소를 포함한다. 대체적으로, "비-스파크 발생 구성요소"는 스파크를 야기하기에 충분히 빠르게 이동하지 않는 기계적 구조물 및 스파크 형성을 배제하기에 충분히 낮은 에너지 상태에서 작동하는 전기 구성요소를 포함한다. 일부 서브시스템이 스파크 발생 구성요소 및 비-스파크 발생 구성요소를 포함할 수 있다는 것에 유의해야 한다. 이동식 플랫폼(100)은 그러한 서브시스템의 스파크 발생 구성요소가 인클로저(200) 내측에 위치되도록 설계된다. 그러한 서브시스템의 비-스파크 발생 구성요소는 인클로저(200)의 내부 또는 외부에 위치될 수 있다. 예로서, 추진 시스템(400)은 인클로저(200) 내측에 격리된 스파크 발생 구성요소 및 인클로저(200) 외부의 본질적으로 안전한 외부 구성요소를 갖는다.

[0026] 후술되는 바와 같이, 인클로저(200)는 스파크 발생 구성요소로부터의 스파크, 또는 그러한 스파크에 의해 야기되는 폭발로부터의 스파크가 인클로저(200) 외부로 지나가지 않아서 임의의 주위 에너지 물질을 점화시키지 않는 것을 보장하는 구성 기법 및 재료를 사용한다.

[0027] 도 3a를 참조하면, 본 발명에 따른 하나의 인클로저(200)가 도시되어 있다. 인클로저(200)가 단일의 일체형 몸체로서 도시되어 있지만, 인클로저(200)는 둘 이상의 별개의 완전히 자급식(self-contained) 몸체를 가질 수 있다. 인클로저(200)는 쉘(shell)(202) 및 상부 뚜껑(204)을 포함한다. 쉘(202)은, 집합적으로 내부(208)를 한정하는 측벽(220) 및 저부(206)에 의해 한정된다. 수직 벽(220) 및 저부(206)는 일체형 몸체 또는 개별 벽들의 조립체로서 형성될 수 있다. 외부 쉘(200)은 긴 박스로서 형성될 수 있다. 그러나, 구형, 절두원추형, 또는 원통형과 같은 다른 형상 및 형상들의 조합이 사용될 수 있다. 더욱이, 인클로저(200)는 평면형, 곡선형, 및/또는 비대칭 기하학적 형상을 포함할 수 있다. 인클로저(200)에 적합한 재료는 금속, 합금, 중합체, 유리, 복합재, 및 이들의 조합을 포함한다. 더욱이, 인클로저(200)는 이동식 플랫폼(100)(도 2)이 탱크(10)(도 1) 내측의 액체(12)(도 1) 내에 부분적으로 또는 완전히 침지될 수 있도록 액체 밀폐될 수 있다.

[0028] 도 3b를 참조하면, 인클로저(200)의 벽(220) 및 내부 구조물은 일정 범위의 두께를 사용할 수 있다. 벽은 플레

이트, 리브, 메시(mesh) 등으로서 형성될 수 있다. 선택된 영역은 강철 링(도시되지 않음)과 같은 보강 부재를 사용하여 강화될 수 있다. 일부 상황에서, 인클로저(200)는 인클로저(200) 내의 응력 집중을 관리 또는 제어하기 위해 필릿(fillet) 및 대칭 배열과 같은 특징부를 사용하는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들어, 내부(208)는 종축 및 횡축으로 대칭으로 배열된다. 응용예에 따라, 대칭은 1개, 2개, 또는 3개의 축을 따를 수 있다. 본 발명의 목적을 위해, 대칭은 축의 각각의 측부에서 동일한 특징부(예컨대, 체적 또는 치수)를 요구하지 않는다. 오히려, 내부(208)는 축의 양 측부는 스파크 또는 관련 폭발이 대체로 동일한 방식(예컨대, 전파/소산의 속도, 이동 방향 등)으로 소산하도록 야기하는 경우 대칭으로 간주될 수 있다.

[0029] 인클로저(200)는 또한 인클로저(200)의 외부로 이어지는 비교적 약한 벽 섹션 및/또는 입구(portal) 또는 다른 통로의 전방에 내부 배플(baffle), 직교 코너, 및 차폐부와 같은 기폭(detonation) 경로를 차단하는 구조물을 사용할 수 있다. 예를 들어, 내부(208)를 한정하는 쉘(202)의 대부분의 코너는 90도 각도를 가질 수 있다. 다른 배열체는 그러한 코너의 60% 또는 80% 초과가 90도 각도를 가질 수 있다. 더욱이, 하나 이상의 내부 플레이트(222)는 압력파가 내부(208)를 가로질러 방해받지 않고 이동할 수 있는 경로의 길이를 감소시키기 위해 내부(208)의 체적을 분할하도록 위치될 수 있다. 배플 또는 파열 차폐부(blast shield)로 지칭될 수 있는 이러한 내부 플레이트(222)는 충격파를 소산시킬 수 있는 우회적인 경로를 생성한다.

[0030] 도 3a 내지 도 3c를 참조하면, 실시예에서, 뚜껑(204)은 복수의 체결 요소(226)에 의해 수직 벽(220)의 상부 표면(224)에 제거가능하게 부착될 수 있다. 체결 요소(226)는 뚜껑(204)을 쉘(202)에 고정시키는 거의 균일한 압축/클램핑력을 제공하도록 뚜껑(204)의 주연부를 따라서 연속적으로 분포될 수 있다. 일부 배열체에서, 체결 요소(226)들은, 간극 길이가 체결 요소(226)가 분포되는 길이의 한정된 최대 분수값(fraction)을 갖도록 이격된다. 예를 들어, 한정된 최대 분수값이 1/20이고 체결 요소(226)가 분포되는 주연부의 길이가 1 미터이면, 체결 요소(226)는 체결 요소(226)가 하나의 다른 체결 요소(226)로부터 5 센티미터를 초과하지 않도록 분포된다. 실시예에서, 한정된 최대 분수값은 체결구가 분포되는 길이의 1/2, 1/4, 1/5, 1/8, 또는 1/10일 수 있다. 체결 요소(226)는, 쉘(202)에 연결되고 뚜껑(204)을 쉘(202)에 대항하여 가압하는 압축력을 인가하는 임의의 부재일 수 있다. 체결 요소(226)는 나사, 볼트, 클램프, 리벳 등을 포함한다.

[0031] 일 실시예에서, 인클로저(200)는 인클로저(200)의 내부(208)에서 특정 시간 동안 특정 압력에 직면할 때 영구적인 구조적 변형을 방지하기 위해, 전술된 구조적 특징부 및/또는 다른 공지된 구조적 특징부 중 하나 이상을 포함한다. 특정 압력 및 지속기간은 이동식 플랫폼(100)에 대한 예상되는 용도에 기초할 수 있고, 작업 동안 폭발이 발생한다면 인클로저(200) 상에 부과되는 최대 응력을 시뮬레이션하도록 선택될 수 있다. 일부 응용예에서, "영구적인 구조적 변형"은 인클로저(200)의 외부와 내부(208) 사이에 경로를 형성하는 소성 변형이다. 조인트(joint)의 느슨함 또는 인클로저(200)의 파열에 의해 야기될 수 있는 경로는 인클로저(200)의 외부로 스파크가 전달되게 허용할 수 있다. 실시예에서, 특정 압력 및 지속시간은 적어도 10 초 동안 적어도 10 바, 적어도 8 초 동안 적어도 8 바의 압력, 적어도 6 초 동안 적어도 6 바의 압력, 적어도 10 초 동안 3과 1/2 바의 압력, 또는 적어도 4 초 동안 적어도 4 바의 압력일 수 있다.

[0032] 압력 저항에 더하여, 인클로저(200)는 특정 유형의 탱크 내에서의 작동을 허용하는 추가 특징부를 포함할 수 있다. 도 1을 참조하면, 이동식 플랫폼(100)은 상이한 형상 및 비교적 제한된 크기의 개구 및 관련 해치(24)를 갖는 탱크(10) 내외로 진입하도록 크기설정될 수 있다. 개구 및 관련 보강 구조물의 치수는 낙하 보호, 고정, 승강, 또는 작업원 회수를 고려한다. 숙련된 엔지니어는 특정 응용예에 적합한 개구를 크기설정할 수 있다. 그럼에도 불구하고, 일부 표준화된 개구가 사용된다. 예를 들어, 일부 평행사변형 형상의 개구는 36 인치(914.4 ㎜) x 72 인치(1,828.8 ㎜)의 최대 치수를 가질 수 있다. 다른 평행사변형 형상의 개구는 36 인치(914.4 ㎜) x 36 인치(914.4 ㎜)의 최대 치수를 가질 수 있다. 또한, 일부 원형 개구는 23.62 인치(600 ㎜), 24 인치(609.4 ㎜), 또는 36 인치(914.4 ㎜)의 최대 직경을 가질 수 있다. 따라서, 실시예에서, 본 발명의 이동식 플랫폼(100)은 폭이 36 인치(914.4 ㎜) 이하이고 길이가 72 인치(1,828.8 ㎜) 이하이거나, 또는 폭이 36 인치(914.4 ㎜) 이하이고 길이가 36 인치(914.4 ㎜) 이하인 평행사변형 개구를 통과하도록 크기설정될 수 있다. 다른 실시예에서, 본 발명의 이동식 플랫폼(100)은 직경이 36 인치(914.4 ㎜) 이하인 원형 개구, 직경이 24 인치(609.6 ㎜) 이하인 원형 개구, 또는 직경이 600 ㎜(23.62 인치) 이하인 원형 개구를 통과하도록 크기설정될 수 있다.

[0033] 추가로, 실시예에서, 이동식 플랫폼(200)의 전체 중량은 탱크(10)의 저부 벽(18)을 취급하거나 손상시키는 동안 어려움을 부과할 수 있는 값 이하로 유지될 수 있다. 실시예에서, 이동식 플랫폼(100)의 전체 중량은 10,000 파운드(4,536 ㎏) 미만일 수 있다. 다른 실시예에서, 이동식 플랫폼(100)의 전체 중량은 6,000 파운드(2,722

kg) 미만일 수 있다.

[0034] 따라서, 인클로저(200)의 구성은 압력 저항 요건, 최대 크기 요건, 및 최대 중량에 의해 한계가 정해질 수 있다. 압력의 신속한 증가에 저항하는 인클로저를 제조하기 위한 구성 기법이 당업계에; 예를 들어, 미국 특허 제2,801,768호, Explosion-proof Enclosure; 미국 특허 제6,452,163호, Armored Detector Having Explosion Proof Enclosure; 미국 특허 제8,227,692호, Explosion-Proof Enclosure; WO 2017003758호, Improved Explosive-Proof Thermal Imaging System; 및 EP 2418926호, Sheet Metal Explosion-Proof, and Flame-Proof Enclosures에 알려져 있다. 따라서, 간결함을 위해, 그러한 구성 특징부의 상세사항은 더 상세히 논의되지 않을 것이다. 전술된 구성 기법은 인클로저(200)를 본질적으로 안전하게 구성하기 위한 공지된 기법을 단지 예시하는 것임이 강조된다. 본 발명에 의해 내포되는 인클로저(200)는 상기 특징부의 일부 또는 전부를 포함하거나 다른 공지된 구성 기법만을 포함할 수 있다.

[0035] 더욱이, 인클로저(200)는 둘 이상의 별개의 하우징 구조물을 포함할 수 있다. 이들 구조물은 동일하거나 유사한 특징부를 가지며 스파크 발생 구성요소를 수용할 수 있다. 예를 들어, 하나 이상의 별개의 추가 인클로저가 카메라 이미지, 센서, 도구 등을 보조하기 위해 조명 및 관련 배터리를 수용할 수 있다. 추가 인클로저(들)는 인클로저(200) 상에 볼트체결되거나, 테더로 부착되거나, 왜건형(wagon type) 배열체로 별개로 견인되거나, 달리 물리적으로 연결될 수 있다.

[0036] 도 4를 참조하면, 이동식 플랫폼(100)(도 2)의 하나 이상의 기능을 제어하도록 프로그래밍되는 지능형 제어 유닛(300)의 하나의 비제한적인 실시예가 도시되어 있다. 제어 유닛(300)은 프로세서 모듈(302) 및 내비게이션 모듈(304)을 포함할 수 있다. 제어 유닛(300)이 단수형으로 논의될 수 있지만, 제어 유닛(300)은 독립적으로 또는 집합적으로 작용하는 둘 이상의 분리된 프로그래밍된 처리 장치들의 그룹으로서 구성될 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 더욱이, 이들 분리된 처리 장치는 인클로저(200) 전체에 걸쳐 또는 별개의 인클로저 내에 분포되거나, 또는 하나의 위치에 집중될 수 있다.

[0037] 프로세서 모듈(302)은 이동식 플랫폼(100)의 일부 또는 전부를 제어하기 위한 사전프로그래밍된 알고리즘(303)을 포함할 수 있다. 예로서 그리고 제한없이, 이러한 알고리즘(303)은 추진 시스템(400)을 작동시키기 위한 제어 신호(308), 전력 공급부(500)를 관리하기 위한 제어 신호(310), 및 하나 이상의 작업 모듈(600)을 작동시키기 위한 제어 신호(312)를 내보내도록 실행될 수 있다. 예를 들어, 전력 공급부(500)에 관한 정보(309)는 배전을 관리하는 데 사용될 수 있다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 알고리즘은 프로세서-기반 기계에 의해 접근될 수 있고 구현될 수 있는 메모리 모듈에 저장된 명령어를 의미한다. 프로세서 모듈(302)은 종래의 마이크로프로세서, 하나 이상의 데이터베이스(303a, 303b)를 저장하는 메모리 모듈, 및 정보 처리 장치의 다른 공지된 구성요소를 사용할 수 있다.

[0038] 내비게이션 모듈(304)은 이동식 플랫폼(100)의 위치 및/또는 탱크(10)(도 1)와 연관된 특징부에 대한 위치 및/또는 이동식 플랫폼(100)의 배향을 결정하는 데 사용될 수 있는 정보를 획득하도록 구성될 수 있다. 간결함을 위해, 용어 "위치"는 배향(예컨대, 진행 방향(heading), 틸트(tilt), 방위각 등) 및 지점(즉, 직교 좌표계 또는 극좌표계와 같은 외부 기준 좌표에 대한 점)을 포함한다. "상대" 위치는 이전 위치를 참조함으로써 식별된 위치이다. 일 실시예에서, 내비게이션 모듈(304)은 탱크(10)(도 1)와 연관된 검출된 특징부에 응답하여 신호를 생성하는 마커 검출기 액체를 포함할 수 있다. 마커 검출기(306)는 도 5a 내지 도 5e와 연관되어 아래에 논의된 바와 같이 수동형(passive) 또는 능동형(active)일 수 있다. 특징부는 구조적일 수 있거나, 탱크(10)(도 1)에 추가될 수 있다. 그러한 특징부의 비제한적인 일례는 탱크 벽, 예를 들어, 도 1에 도시된 저부 벽(18)을 형성하는 둘 이상의 강철 플레이트의 접합부에서 발견되는 불연속부(discontinuity)이다. 본 명세서에서 아래에 논의되는 마커 검출기 실시예는 불연속부를 검출하기 위해 상이한 기법을 사용하는데, 이는 재료 특성, 조성, 및/또는 치수의 변화로서 자체적으로 나타난다.

[0039] 도 5a 내지 도 5e를 참조하면, 불연속부와 같은 특징부를 검출하기 위한 5개의 비제한적인 검출기 배열체가 도시되어 있다. 도 5a는 탱크(10)(도 1)의 내부 표면(322) 상의 불연속부(320)와 접촉 동안의 이동식 플랫폼(100)을 도시한다. 불연속부(320)와 접하기 전의 이동식 플랫폼(100)은 파선으로 도시되어 있다. 불연속부(320)는 2개의 중첩 플레이트(324, 326)의 접합부에 있는 용접 시임(weld seam)(325)을 포함할 수 있다. 이동식 플랫폼(100)은 경사계(328)와 같은 배향을 감지하는 마커 검출기(306)(도 4)를 가질 수 있다. 다른 배향 감지 장치는 가속도계 및 자이로스코프를 포함할 수 있다. 불연속부(320)와의 접촉 동안, 경사계(328)는 경사의 변화를 감지하여 응답 신호를 생성할 것이다. 제어 유닛(300)(도 4)은 검출된 신호가 2개의 플레이트 또는 일부 다른 불연속부 사이의 접합부를 나타내는지 여부를 결정하기 위해 신호를 처리할 수 있다. 도 5a의 배열체

는 불연속부(320)를 검출하기 위해 에너지가 방출되지 않기 때문에 수동형 시스템으로 간주될 수 있다.

[0040] 도 5b에서, 이동식 플랫폼(100)은 불연속부(320)와 상호작용하는 에너지파(332)를 방출하는 신호 방출기(330)를 포함한다. 불연속부(320)로부터의 복귀파(333)는 트랜스듀서의 경우에 신호 방출기(330), 또는 별개의 검출 장치에 의해 검출될 수 있다. 상이한 불연속부(320)들은 각각 방출된 신호에 고유하게 영향을 미칠 수 있다. 즉, 재료 두께 또는 재료 조성의 변화는 표면(예컨대, 돌출부, 리세스, 공동 등)을 따른 변동으로부터 방출된 신호에 상이하게 영향을 미칠 수 있다. 검출된 복귀파(333)는 검출된 신호가 2개의 플레이트 또는 일부 다른 불연속부 사이의 접합부를 나타내는지 여부를 결정하도록 처리될 수 있다. 도 5b의 배열체는 불연속부(320)를 검출하기 위해 에너지가 방출되기 때문에 능동형 시스템으로 간주될 수 있다.

[0041] 도 5c에서, 이동식 플랫폼(100)은 표면(322)과 물리적으로 접촉하여, 불연속부(320)를 나타내는 경사, 간격, 또는 조도의 변화와 같은 특성을 검출하는 촉각 검출기(335)를 포함한다. 일 실시예에서, 촉각 센서(335)는 표면(322)을 추적하기 위해, 중력에 의해 아래로 밀리는 볼 휠(ball wheel)(336)을 사용함으로써 또는 바이어싱(biasing) 부재를 사용함으로써 윤곽을 "느낄" 수 있다. 지지 수직 튜브(338) 내측의 홀(Hall) 센서와 같은 센서(337)가 지지 샤프트(339)의 상하 이동을 감지할 수 있다. 다른 촉각 검출기(335)는 표면(322)과 접촉하는 부재(도시되지 않음)의 편향, 굽힘, 또는 다른 변형을 측정할 수 있다.

[0042] 도 5d에서, 이동식 플랫폼(100)은 표면(322)을 광학적으로 스캐닝하여 불연속부(320)를 나타내는 시각적 특징을 검출하는 광학 검출기(340)를 포함한다. 일 실시예에서, 하나 이상의 외부 인클로저(도시되지 않음) 내에 위치될 수 있는 광원(341)은 표면(322)을 조명하는 광(343)을 방출한다. 광학 검출기(340)는 처리 및 분석을 위해 반사된 광(347)을 기록할 수 있다.

[0043] 도 5e는 이동식 플랫폼(100)이 표면(322)을 광학적으로 스캐닝하여 불연속부(도시되지 않음)를 나타내는 시각적 특징을 검출하는 광학 검출기(340)를 포함하는 다른 실시예를 도시한다. 이러한 실시예에서, 광학 검출기(340) 및 광원(341)은 이동식 플랫폼(100)의 하나 이상의 수직 면(345) 상에 위치된다. 수직 면(345)은 이동식 플랫폼(100)의 전방 또는 후방일 수 있다. 논의된 다른 센서 및 검출기 중 임의의 것이 또한 하나 이상의 수직 면(345) 또는 수직 이외의 면(도시되지 않음) 상에 장착될 수 있다는 것을 인식하여야 한다. 즉, 본 발명은 단지 하향으로 지향되는 감지 장치만으로 제한되지 않는다. 더욱이, 불연속부를 검출하기 위해 구성된 것으로 설명되었지만, 전술된 센서 배열체는 일반적인 조향, 장애물 회피, 또는 다른 목적을 위해 펌프, 장비, 기둥 등과 같은 다른 특징부를 위치설정, 식별, 및 특성화하는 데 사용될 수 있다.

[0044] 불연속부(320)는 임의의 수의 재료 또는 구조적 특징부; 예를 들어, 벽 두께, 재료 조성, 조도, 밀도, 색상 등의 변화를 측정함으로써 검출될 수 있다는 것에 유의하여야 한다. 다수 유형의 수동형 및 능동형 감지 장치가 불연속부를 검출하는 데 사용될 수 있다. 예시적인, 그러나 총망라하지는 않는 감지 장치는, LIDAR 또는 다른 관련 레이저 기반 센서, 카메라 또는 다른 이미지 센서, 레이더 센서와 같은 전자기파의 반사를 사용하는 장치; 초음파 센서 및 음파 센서와 같은 기계적 파의 반사를 사용하는 장치; 관성 측정 유닛(inertial measurement unit, IMU), 가속도계, 자이로스코프, 및 경사계와 같은 중력 벡터에 대한 배향의 변화를 검출하는 장치; 불연속부(320)를 횡단함으로써 야기되는 추진 시스템(400)(도 2) 내의 속도, 전압, 전류, 및/또는 전력 사용의 변동을 검출하는 장치; 불연속부를 "느끼도록" 구성된 촉각 장치; 및 자속 누설 센서 및 와전류 센서와 같은 자기장의 전송의 변화를 검출하는 장치를 포함한다.

[0045] 따라서, 마커 검출기(306)가 배향 센서, 예컨대, 경사계(328), 에너지파(332)를 방출하는 신호 방출기(330), 표면(322)과 접촉하는 촉각 검출기(335), 및/또는 표면(322)을 광학적으로 스캐닝하는 광학 검출기(340)일 수 있다는 것을 인식하여야 한다. 그러나, 마커 검출기(306)는 능동형 및/또는 수동형 마커의 존재를 검출하도록 구성되는 임의의 장치일 수 있다.

[0046] 도 6a 및 도 6b는 도 6b에 도시된 불연속부(320)를 검출하는 내비게이션 모듈(304)을 사용하여 제어 유닛(300)이 탱크(10)의 내부를 지능적으로 횡단할 수 있게 하는 방법을 예시한다. 도 6b는 용접 구조물의 형태인 불연속부(320)를 포함하는 탱크 저부 벽(18)의 평면도이다. 일부 불연속부(320)는 교차하는 수직선들에 의해 형성된 용접선과 같은 격자형 패턴을 따른다. 다른 불연속부(320)는 벽(20) 옆의 용접선과 같이 특정 순서 또는 기하학적 패턴에 순응하지 않는다.

[0047] 이제 도 1, 도 2, 도 4 및 도 6a를 참조하면, 제어 유닛(300)은 도 6a의 방법에 따라 이동식 유닛(100)을 조향하기 위해 불연속부(320)를 사용하는 하나 이상의 내비게이션 알고리즘을 포함할 수 있다. 단계(800)는 이동식 플랫폼(100)이 탱크(10) 내에 위치된 후에 시작된다. 제어 유닛(300)은 제어 신호(308)를 추진 시스템(400)에

내보내는 내비게이션 알고리즘을 실행시킴으로써 작동을 개시할 수 있다. 추진 시스템(400)은 시스템 작동(예컨대, 커맨드의 확인, 시스템 상태, 작동 설정점 등)과 관련된 정보(313)를 제어 유닛(300)으로 전송할 수 있다. 내비게이션 알고리즘은 이동식 플랫폼(100)을 랜덤하게 또는 미리설정된 초기 코스에 따라 이동시킬 수 있다.

[0048] 단계(802)에서, 마커 검출기(306)는 불연속부(320)에 대해 탱크(10)의 내부를 수동형으로 또는 능동형으로 스캐닝한다. 마커 검출기(306)가 작업 모듈(600)의 구성요소인 경우, 제어 유닛(312)은 작업 모듈(600)을 제어하기 위해 제어 신호(312)를 전송할 수 있고, 작업 모듈(600)은 검출된 불연속부(320)를 나타내는 정보(311)를 전송할 수 있다. 불연속부(320)는 구조적이거나 증강될 수 있으며, 탱크(10)의 벽 또는 탱크의 다른 구조물, 예컨대, 기둥(26) 또는 장비(예를 들어, 섬프(sump)) 중 임의의 것에 존재할 수 있다. 신호가 수신됨에 따라, 제어 유닛(300)은 이러한 신호를 분석하여, 이동식 플랫폼(100)을 조향하기 위한 불연속부가 검출되었는지 여부를 결정할 수 있다. 단계(804)에서, 그러한 불연속부가 발견되었다면, 제어 유닛(300)은 디지털 데이터베이스(예컨대, 데이터베이스(303a)(도 4))인 맵(map)에 접근한다. 일부 배열체에서, 맵 데이터베이스 내의 데이터는 이동식 플랫폼(100)의 위치 또는 배향을 추정하기 위해 참조된다. 다른 배열체에서, 제어 유닛(300)은 검출된 불연속부의 위치 또는 상대 위치 및/또는 이동식 플랫폼(100)의 위치/상대 위치를 기록하기 위해 맵을 생성하거나, 이미 존재하는 경우, 맵을 업데이트한다. 이러한 경우에, 상대 위치는 다른 특징부로부터 이동되는 거리, 다른 특징부로부터 취해진 진행 방향, 및/또는 다른 특징부에 대한 배향과 같은 위치의 요소를 포함할 수 있다.

[0049] 단계(806)에서, 제어 유닛(300)은 불연속부와 같은 수동형 마커일 수 있는 하나 이상의 검출된 마커에 기초하여 코스를 설정할 수 있다. 코스는 검출된 불연속부 또는 검출된 불연속부에 의해 식별된 특징부, 예컨대, 코너와 평행하거나, 그에 수직이거나, 그에 대해 다른 진행 방향일 수 있다. 설정된 코스를 따라가는 동안, 이동식 플랫폼(100)은 부식 또는 다른 형태의 손상에 대해 탱크 저부 벽(18)을 스캐닝하는 것과 같은 작업 모듈(600)을 사용한 할당된 작업들 중 하나 이상을 수행할 수 있다. 또한, 하나 이상의 데이터베이스(예컨대, 303b(도 4))가 검출된 불연속부의 위치, 상대 위치 및/또는 배향으로 연속적으로 업데이트될 수 있다. 제어 유닛(300)은 원하는 대로 단계(802) 내지 단계(806)를 반복할 수 있다. 선택적으로, 제어 유닛(300)은 현재 검출된 불연속부와 관련된 정보와 함께, 맵 내의 정보, 예컨대 이전에 검출된 불연속부의 위치를 이용하여 진행 방향을 결정할 수 있다. 하나 이상의 능동형 마커를 검출할 때 유사한 방법이 사용될 수 있다.

[0050] 단계(808)에서, 제어 유닛(300)은 하나 이상의 미리설정된 종료 기준이 충족되었다는 것을 결정할 수 있다. 종료 기준은 할당된 작업(들)의 완료에 기초할 수 있다. 종료 기준은 또한 지속시간(예컨대, 탱크(10) 내에서 최대 36시간), 배터리 수명(예컨대, 10%의 용량으로 소모된 배터리), 시스템 안정성, 작동 조건, 또는 다른 미리설정된 파라미터에 기초할 수 있다. 종료 기준이 만족되었다고 결정할 때, 제어 유닛(300)은 이동식 플랫폼(100)의 전력 차단을 개시할 수 있다. 선택적으로, 단계(810)에서, 제어 유닛(300)은 이동식 플랫폼(100)에게 미리결정된 회수 위치로 이동하라고 지시할 수 있다.

[0051] 도 6a의 방법은 이동식 플랫폼(100)이 어떠한 "실시간" 또는 "거의 실시간"의 인간의 입력도 없이 탱크(10)의 내부를 횡단하도록 허용한다는 것을 인식하여야 한다. 즉, 이동식 플랫폼(100)과 인간의 상호작용은 이동식 플랫폼(100)이 탱크(10) 내측으로 방출된 후에 종료될 수 있다. 따라서, 이동식 플랫폼(100)은 탱크(10)의 내부를 체계적으로 횡단하기 위해 환경에 관한 정보가 자율적으로 수집되고 처리된다는 점에서 지능적인 것으로 간주될 수 있다. 기술된 단계가 반드시 기술된 순서로 이루어져야 할 필요는 없다는 것을 이해하여야 한다. 예를 들어, 단계(802)는 단계(800) 전에, 그와 동시에, 또는 그 후에 일어날 수 있다. 또한, 도 6a의 방법은 이동식 플랫폼(100)에 지능형 제어를 심어 넣기 위해 사용될 수 있는 다수의 제어 방식들 중 단지 하나인 것이 강조된다. 다른 제어 방식이 나중에 상세히 논의된다.

[0052] 도 7을 참조하면, 본 발명에 따른 추진 시스템(400)의 비제한적인 일 실시예가 도시되어 있다. 추진 시스템(400)은 다수의 이동 자유도를 이동식 플랫폼(100)에 제공하도록 구성될 수 있다. 즉, 이동식 플랫폼(100)은 탱크(10)(도 1) 내의 위치를 이동 유형들 중 적어도 둘 이상만큼 변화시킬 수 있다. 이러한 이동은 서지(surge)(전방/후방), 히브(heave)(상방/하방), 및 스웨이(sway)(좌측/우측)와 같은 선형 이동, 및 피치(횡축), 요(yaw)(법선 축), 및 롤(roll)(종축)과 같은 축을 중심으로 하는 회전 이동을 포함한다. 추진 시스템(400)은 전기 동력식 내부 회전력 장치(402) 및 외부 구동 조립체(404)를 포함할 수 있다. 회전력 장치(402)는 적합한 모터를 포함할 수 있다. 구동 샤프트(412)가 개구(440)를 통해 인클로저 벽(220)을 통과하여 연장되고, 내부 회전력 장치(402)를 외부 구동 조립체(404)에 물리적으로 연결한다. 인클로저 벽(220) 내에 배치된 시일(414)이 구동 샤프트(412)를 둘러싼다. 시일(414)은 인클로저 내부(208)(도 3) 내로 누출되는 탱크 유체에 대해 적절한 밀봉 보호를 독립적으로 제공할 수 있다. 일부 실시예에서, 가압기(430)는 인클로저(200)(도 3) 외측의

유체의 압력과 동일하거나 그보다 높게; 즉, 중립 내지 양의 압력 차이로 인클로저(200)(도 3) 내의 유체의 압력을 유지하거나 또는 증가시키는 가압 가스를 방출할 수 있다. 다른 유형의 추진 시스템이 또한 사용될 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0053] 본 발명의 이동식 플랫폼(100)은 임의의 특정 유형 또는 개수의 외부 구동 조립체로 제한되지 않는다. 이동식 플랫폼(100)은 단일 외부 구동 조립체(404) 또는 둘 이상의 외부 구동 조립체(404)를 활용할 수 있다. 또한, 외부 구동 조립체(404)는 도 7b에 도시된 바와 같은 휠(450) 또는 도 5a에 도시된 바와 같은 트랙(442)과 같은 하나 이상의 추진력 부재를 구동하기 위한 기어링(405)을 포함할 수 있다. 다른 배열체는 추진력 부재를 위한 추진제 또는 임펠러를 사용할 수 있다. 따라서, 이동식 플랫폼(100)을 이동시키기 위한 추진력을 제공하기 위해 회전력을 사용할 수 있는 임의의 구조물이 사용될 수 있다. 본 명세서에서, 그러한 사용을 위해 구성된 임의의 구조물 또는 몸체는 추진력 부재로 지칭될 수 있다. 일부 실시예에서, 추진력 부재(들)는, 이동식 플랫폼(100)이 수직 벽을 타고 이동할 수 있게 하거나 또는 천장에 매달 수 있게 하는 자기(magnetic) 요소 또는 다른 장치를 포함할 수 있다.

[0054] 본 발명의 이동식 플랫폼(100)은 또한 전술된 내부 구동 및 외부 구동 조립체 구성들로 제한되지 않는다. 도 7은 전용 내부 회전력 장치(402)를 갖는 추진력 부재를 도시한다. 그러나, 변형예에서, 추진 시스템(400)은 둘 이상의 외부 구동 조립체(404)를 구동하는 하나의 내부 회전력 장치(402)를 포함할 수 있다. 따라서, 추진 시스템(400)을 위한 배열체는 내부 회전력 장치(402)와 외부 구동 조립체(404) 사이의 일대일 대응을 가질 수 있거나 그렇지 않을 수 있다.

[0055] 도 8을 참조하면, 이동식 플랫폼(100)의 서브시스템을 위한 전력이 전력 공급부(500)에 의해 공급될 수 있다. 전력 공급부(500)는 적합한 케이싱(504) 내에 수용된 배터리 뱅크(bank)(502)를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 하나의 전력 공급부(500)는 서브시스템 모두에 에너지공급한다. 다른 실시예에서, 둘 이상의 별개의 전력 공급부(500)가 사용될 수 있다. 추가로, 전력 방출을 위한 전자 및 컴퓨터 구현 제어부가 적합한 처리 회로부(도시되지 않음)에 의해 수행될 수 있다. 대체적으로, 전력 공급부(500)는 이동식 플랫폼(100)이 작동 동안 전력을 공급하는 능동형 라인을 갖지 않기 때문에 이동식 플랫폼(100)의 모든 서브시스템에 완전히 에너지공급하는 레벨로 전력을 공급한다. "완전히(fully)" 에너지공급되는 것은 서브시스템에 모든 의도된 기능을 실행하기에 충분한 에너지가 공급된다는 것을 의미한다.

[0056] 도 9a 및 도 9b를 참조하면, 탱크 벽(16,18, 20)(도 1)의 검사를 수행하기 위해 이동식 플랫폼(100)에 의해 운반될 수 있는 작업 모듈(600)의 일 실시예가 도시되어 있다. 작업 모듈(600)은 탱크를 구성하는 벽의 섹션 또는 세그먼트의 두께가 결정될 수 있게 하는 정보를 수집하는 하나 이상의 기구를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 작업 모듈(600)은 윈도우(232)를 통해 인클로저(200)의 저부(206)로부터 외부로 음향 신호를 지향시키도록 구성된 트랜스듀서 어레이(602)를 포함한다. 윈도우(232)는 음향 에너지에 전도성인 중합체와 같은 재료(도시되지 않음)로 밀봉될 수 있다. 따라서, 윈도우(232)는 인클로저(200)의 액체 밀폐 성질을 손상시키지 않는다. 하나의 배열체에서, 트랜스듀서 어레이(602)는 탱크 벽(16,18, 20)(도 1) 내로 신호를 방출하고 이러한 신호의 반사를 검출하는 복수의 센서를 포함할 수 있다. 예시적인 센서에는 음파 센서, 초음파 센서, 자기장 및 플럭스 검출기가 포함되지만 이것으로 제한되지 않는다. 검출된 신호는 적절한 회로부를 사용하여 디지털화될 수 있고, 통신 링크(604)를 통해 제어 유닛(300)(도 2)으로 전송될 수 있다. 제어 유닛(300)(도 2)은 나중의 회수를 위해 적합한 메모리 모듈에 정보를 저장할 수 있다. 트랜스듀서 어레이(602)가 또한 내비게이션/안내 목적을 위한 불연속부를 식별하는 데 사용될 수 있다는 것에 유의하여야 한다. 작업 모듈(600)은 인클로저(200)(도 3b, 도 3c)에 고정된 적합한 베이스(230)(도 3b, 도 3c)에 의해 지지될 수 있다.

[0057] 작업 모듈(600)은 또한 탱크(10)의 하나 이상의 특징부의 조건 또는 상태를 추정하기 위해 다른 장치를 포함할 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 특징부는 탱크(10)를 구성하는 하나 이상의 구조물 또는 탱크(10) 내의 주위 조건일 수 있다. 도 2 및 도 5a 내지 도 5e를 참조하면, 비제한적인 예로서, 작업 모듈(600)은 배향 센서, 예컨대, 경사계(328), 에너지파(332)를 방출하는 신호 방출기(330), 표면(322)과 접촉하는 촉각 검출기(335), 및/또는 표면(322)을 광학적으로 스캐닝하는 광학 검출기(340)를 포함할 수 있다. 이들 기구는 부식, 손상, 구조적 완전성 등과 같은 탱크(10)의 벽 또는 다른 구조물의 상태에 관련된 정보를 제공할 수 있다. 작업 모듈(600)은 또한 탱크(10)의 내측으로부터 재료의 회수를 위한 또는 탱크(10)의 내측으로의 재료의 전달을 위한 장치를 포함할 수 있다.

[0058] 이동식 플랫폼은 추가 기능을 가능하게 하는 다른 메커니즘을 선택적으로 포함할 수 있다. 그러한 장치의 다른 예가 하기의 도 10 및 도 11a 내지 도 11d와 관련하여 기술된다.

[0059] 도 10을 참조하면, 이동식 플랫폼(100)(도 2)과 통신하기 위한 스위치 조립체(250)가 도시되어 있다. 예를 들어, 스위치 조립체(250)는 전력 상태들 사이를 시프트(shift)하는 것, 서브시스템을 활성화 또는 비활성화하는 것, 사전프로그래밍된 명령어를 개시하는 것 등에 사용될 수 있다. 스위치 조립체(250)는 인클로저(200)의 내부(208)로의 통과를 필요로 하지 않는 비-순간(non-momentary) 유형이다. "순간(momentary) 스위치"는 작용되는 동안에만 결합된다. "비-순간 스위치"는 설정된 위치에서 래치(latch)되어 유지된다. 비제한적인 일 실시예에서, 스위치 조립체(250)는 인클로저(200)의 외부 표면 상에 또는 그 근처에 위치된 레버 부재(251)를 가질 수 있다. 레버 부재(251)는 외부 자기 요소(252), 또는 철과 같은 자기 재료를 가질 수 있으며, 이는 2개의 위치들, 예컨대 "오프(off)" 위치(254)와 "온(on)" 위치(256)(은선으로 도시됨) 사이에서 이동가능하다. 이동은 회전 및/또는 병진일 수 있다. 홀 효과 유형 센서 또는 리드(reed) 스위치와 같이 자기장을 검출할 수 있는 센서(258)가 인클로저(200) 내측에 밀봉되어 있다. 스위치 조립체(250)를 "오프" 위치(254)로부터 "온" 위치(256)로 시프트하면 센서(258)가 신호(260)를 제어 유닛(300)(도 2)으로 전송하게 된다. 다른 비-순간 스위치는 압력 활성화 또는 커맨드 신호(예컨대, 음파)를 활용할 수 있다.

[0060] 도 1, 도 2 및 도 10을 참조하면, 하나의 비제한적인 작동 방법에서, 스위치 조립체(250)는 이동식 플랫폼(100)이 탱크(10)(도 1)의 외측에 있는 동안 "온" 위치로 이동된다. 스위치 조립체(250)로부터 제어 유닛(300)에 의해 수신된 신호(260)는 제어 유닛(300)에게 무전력, 저전력 또는 슬립 모드로부터 "작동 시작" 모드와 같은 더 높은 전력 소비 모드로 시프트하도록 명령한다. "작동 시작" 모드는 시스템 검사와 함께 시작할 수 있고, 그의 성공적인 완료는 청각적, 시각적, 기계적(예컨대, 쇼크, 진동, 충격, 압력, 물리적 이동 등), 또는 전자기(EM) 신호에 의해 표시될 수 있다. 다음으로, 제어 유닛(300)은 소위 30 분의 정숙 모드(quiet mode)를 위해 미리설정된 지속기간을 시작할 수 있다. 정숙 모드에서, 제어 유닛(300)은 이동식 플랫폼(100)이 탱크(10) 내에 위치해 있는 동안 기능적으로 활동중단(dormant)을 유지한다. 정숙 모드의 종료 시, 제어 유닛(300)은 정지(quiescence)가 모니터링되는 기간에 진입할 수 있다. 예를 들어, 이동식 플랫폼(100)이 이동하고 있는지 아닌지 여부를 검출하기 위해, 가속도계와 같은 온보드 모션 센서가 사용될 수 있다. 이동식 플랫폼(100)이 미리설정된 지속기간, 예컨대 30 분 동안 부동(motionless)인 것으로 결정되었으면, 제어 유닛(300)은 최고 전력 소비 모드일 수 있는 작동을 시작할 수 있다. 기술된 스위치 조립체 및 작동 개시 방법은 이동식 플랫폼(100)(도 2)을 작동 준비로 가져오는 데 사용될 수 있는 다양한 장치 및 방법 중 단지 하나라는 것을 강조한다.

[0061] 이제 도 11a를 참조하면, 작동의 종료 시 탱크(10)로부터 이동식 플랫폼(100)을 회수하는 데 사용될 수 있는 회수 모듈(700)의 비제한적인 일 실시예가 도시되어 있다. 앞서 언급된 바와 같이, 이동식 플랫폼(100)은 탱크(10) 내에 포함된 액체(도 1) 내에, 아마도 수 피트만큼, 완전히 침지될 수 있다. 회수 모듈(700)은 위치설정 및 회수를 용이하게 하기 위해 액체 표면에서 또는 그 아래에서 부유할 수 있는 부표를 방출할 수 있다. 일 실시예에서, 회수 모듈(700)은 테더(706)가 저장되어 있는 내부 구획(704)을 갖는 부력 몸체(702)를 포함한다. 몸체(702)는, 원통형으로 도시되어 있지만, 임의의 형상 또는 크기를 가질 수 있다. 몸체(702)는 몸체(702)가 주변 액체 내에서 부력이 있을 수 있게 하는 하나 이상의 재료로 형성될 수 있다. 선택적으로, 몸체(702)는 가스에 의해 팽창가능할 수 있다. 예를 들어, 몸체(702)는 가압 가스를 사용하여 체적이 증가할 수 있는 팽창가능한 백(bag) 또는 블래더(bladder)로서 형성될 수 있다. 손잡이(708) 또는 아일릿(eyelet)과 같은 다른 적합한 돌출부가 몸체(702)의 외부 표면에 고정될 수 있다. 몸체(702)는 또한 인클로저(200)의 하부 부분 상에 그리고 외부 표면에 매우 근접하게 배치된 하나 이상의 자기 요소(710)를 포함할 수 있다. 실시예에서, 자석 강(magnetic steel)이 또한 적합할 수 있다. 인클로저(200) 내측에는 하나 이상의 전자석(712)이 밀봉될 수 있다. 전자석(712)은 하나 이상의 라인(214)을 통해 제어 유닛(300)(도 2) 및 전력 공급부(500)(도 2)에 전기적으로 연결될 수 있다. 자기 요소(710), 전자석(712), 및 제어 유닛(300)은 부력 몸체(702)를 선택적으로 해제하기 위한 자력을 사용하는 래치 조립체(715)를 형성한다.

[0062] 작동 동안, 래치 조립체(715)는, 자기 연결이 자기 요소(710)에 의해 유지되도록 전자석(712)이 에너지공급 상태로 유지되는 잠금 위치에 있다. 따라서, 부력 몸체(702)는 인클로저(200)에 고정된다. 적절한 시간에, 제어 유닛(300)은, 전력을 중단함으로써 전자석(712)이 에너지공급이 해제되어 자기 연결을 제거하는 해제 위치로, 래치 조립체(715)를 시프트한다. 이어서 부력 몸체(702)는 탱크(10)(도 1) 내의 액체의 표면으로 또는 그 근처로 부유한다. 테더(706)는 몸체(702)를 이동식 플랫폼(100)에 연결한다. 따라서, 이동식 플랫폼(100)은, 침지된 이동식 플랫폼(100)을 물리적으로 위치설정하기 위해 테더(706)를 당김으로써 또는 가이드로서 테더(706)를 이용함으로써 회수될 수 있다. 테더(706)가 회수 캐리어로서 사용될 때, 테더(706)는 이동식 플랫폼(100)을 지지하기에 적합한 적재 용량을 제공하는 재료 및 구성을 사용할 수 있다.

[0063] 이제 도 11b를 참조하면, 작동의 종료 시 탱크(10)로부터 이동식 플랫폼(100)을 회수하는 데 사용될 수 있는 회

수 모듈(700)의 다른 비제한적인 실시예가 개략적인 형태로 도시되어 있다. 이 실시예에서, 회수 모듈(700)은 부력 몸체(702), 손잡이 또는 다른 유사한 조작 부재(708), 및 하나 이상의 전자기 작동식 래치(724)를 포함한다. 래치(724)는 부력 몸체(702)의 립(lip)(730)과 확실하게 맞물릴 수 있고, 그에 의해 몸체(702)를 인클로저(200)에 맞대어 고정시킬 수 있다. 래치(724)는 전자기형 액추에이터(726)를 사용하여 잠금 위치와 잠금해제 위치 사이에서 시프트될 수 있다. 도시된 실시예에서, 래치(724)는 전자기 액추에이터(726)가 에너지공급될 때 화살표(728)로 도시된 방향으로 립(730)으로부터 멀리 활주한다. 다른 모드의 이동 또는 시프트; 예를 들어, 회전, 선회 등이 사용될 수 있다. 선택적으로, 스위치 조립체(250)가 래치(724)들 중 하나에 고정될 수 있다. 스위치 조립체(250)는 도 10에 도시된 것과 유사할 수 있다. 하나의 배열체에서, 래치(724)가 도시된 바와 같이 폐쇄 위치에 있을 때, 스위치 조립체(250)는 "온" 위치에 있다. 래치(724)가 부력 몸체(702)를 해제시키기 위해 개방 위치로 활주될 때, 스위치 조립체(250)는 은선으로 도시된 "오프" 위치로 시프트한다. 하나 이상의 래치 및 전자기 액추에이터를 갖는 래치 조립체가 또한 도 11a의 실시예에 사용될 수 있다는 것에 유의하여야 한다.

[0064] 도 11b의 회수 모듈(700)은 비교적 약한 제1 스테이지 테더(738) 및 비교적 강한 제2 스테이지 테더(740)를 포함하는 2-스테이지 외부 테더(736)를 사용한다. 제1 스테이지 테더(738)는 와이어와 같은 가요성 부재(742)에 의해 몸체(702)에 연결될 수 있다. 제1 스테이지 테더(738)의 재료는 몸체(702)의 부력을 손상시키지 않을 정도로 충분히 약하지만 제2 스테이지 테더(740)가 권취해제되고 회수됨에 따라 제2 스테이지 테더(740)의 중량을 지지하기에 충분히 강하도록 선택된다. 제2 스테이지 테더(740)의 재료는 회수 동안 이동식 플랫폼(100)의 중량을 지지하기에 충분히 강하도록 선택된다. 제2 스테이지 테더(740)는 또한 회수 캐리어로 지칭될 수 있다. 따라서, 각각의 테더(738, 740)는 상이한 하중 용량(예를 들어, 인장 하중)을 가질 수 있다. 결과적으로, 중합체 케이블이 제1 스테이지 테더(738)에 적합할 수 있는 반면, 금속 케이블이 제2 스테이지 테더(740)에 대해 더 적절할 수 있다. 그러나, 각각의 하중 요건이 만족되는 한, 임의의 재료 유형이 어느 스테이지 테더(738, 740)에도 사용될 수 있다.

[0065] 도 11b는 또한 이동식 플랫폼(100)의 정지를 회수 모듈(700)의 작동과 통합시킨다. 인클로저(200) 내측에는 하나 이상의 전자석(726)이 밀봉될 수 있다. 전자석(726)은 하나 이상의 라인(214)을 통해 제어 유닛(300) 및 전력 공급부(500)에 전기적으로 연결될 수 있다. 이동식 플랫폼(100)이 작동하고 있는 동안, 전자석(726)은 래치(724)를 잠금 위치에 유지한다. 따라서, 부력 몸체(720)는 인클로저(200)에 고정된다. 적절한 시간에, 전자석(726)은 전력을 중단함으로써 에너지공급이 해제될 수 있으며, 이는 자기 연결을 제거한다. 이어서 부력 몸체(702)는 탱크(10)(도 1) 내의 액체의 표면을 향하여 부유한다. 동시에, 래치(724)는 잠금해제 위치로 이동하고, 스위치 조립체(250)는 "오프" 위치로 시프트하고, 이는 이동식 플랫폼(100)을 정지시킨다. 그 후, 이동식 플랫폼(100)은 제2 스테이지 테더(740)를 회수하기 위해 먼저 제1 스테이지 테더(738)를 당기고 이어서 제2 스테이지 테더(740)를 사용하여 침지된 이동식 플랫폼(100)을 당김으로써 회수될 수 있다. 스위치 조립체(250)가 또한 도 11a의 실시예의 회수 모듈과 통합될 수 있다는 것에 유의하여야 한다.

[0066] 이제 도 11c 및 도 11d를 참조하면, 이동식 플랫폼(100)의 배치 및/또는 회수를 용이하게 하기 위해 사용될 수 있는 장치가 도시되어 있다. 도 11c는 캐리어(764)에 연결된 도크(dock)(762)를 포함하는 배치 조립체(760)를 개략적으로 도시한다. 이동식 플랫폼(100)은 기계적 및/또는 자기적 커플링(763)을 사용하여 도크(762)에 연결될 수 있다. 선택적으로, 배치 조립체(760)는 전자기파 또는 음향파와 같은 파(768)를 방출하는 신호 방출 비컨(beacon)(766)을 포함할 수 있다. 캐리어(764)는 케이블, 와이어 또는 로프와 같은 수동형 물리적 라인일 수 있다. "수동형"은 캐리어(764)가 신호, 가압 유체 또는 전력을 전달하지 않는다는 것을 의미한다. 캐리어(764)는 배치 조립체(760) 및 이동식 플랫폼(100)을 탱크(10) 내로 전달하기에 충분한 인장 강도를 갖는다. 하나의 사용 모드에서, 배치 조립체(760) 및 이동식 플랫폼(100)은 탱크(10) 내로 함께 하강될 수 있다. 그 후, 이동식 플랫폼(100)은 도크(762)로부터 결합해제되고, 은선으로 도시된 바와 같이 자유롭게 이동한다. 배치 조립체(760)는 작동 동안 탱크(10)로부터 추출되거나 탱크(10) 내에 남아 있을 수 있다. 배치 조립체(760)가 작동 동안 탱크(10) 내에 남아 있는 경우, 캐리어(764)는 도크(762)와 탱크(10)의 내측 또는 외측에 있는 물체(도시되지 않음) 사이에 물리적 수동형 연결을 제공할 수 있다. 작동의 완료 시, 이동식 플랫폼(100)은 회수를 위해 도크(762)에 복귀하여 재연결될 수 있거나, 다른 방식으로 회수될 수 있다. 일부 실시예에서, 캐리어(764)는 이동식 플랫폼(100)을 배치 및/또는 회수하기 위해 도크(762) 없이 사용될 수 있다. 즉, 캐리어(764)는 배치 캐리어 및/또는 회수 캐리어로서 기능하도록 구성될 수 있다.

[0067] 존재하는 경우, 비컨(766)은 이동식 플랫폼(100)이 내비게이션 또는 다른 목적을 위해 사용할 수 있는 신호를 방출할 수 있다. 비컨(766)은 도크(762)에 의해 운반될 수 있는 임의의 수의 장치를 단순히 나타낸다는 것을

이해하여야 한다. 예를 들어, 제어 유닛(도시되지 않음)은 도크(762)에 의해 운반될 수 있고 이동식 플랫폼(100)과 통신할 수 있다.

[0068] 도 11d는 탱크(10) 내에서 작동 동안 이동식 플랫폼(100)에 연결된 상태로 남아있는 수동형 캐리어(780)를 개략적으로 도시한다. 수동형 캐리어(780)는 이동식 플랫폼(100)을 이동시키거나 단순히 위치설정하기 위해 사용될 수 있는 로프, 와이어, 케이블, 또는 다른 텐션 지지(tension-bearing) 부재일 수 있다. 위에 언급된 바와 같이, 수동형 캐리어는 이동식 플랫폼(100)으로 또는 그로부터 어떠한 전력, 신호 또는 재료(예컨대, 가압 가스)도 전달하지 않는다. 오히려, 캐리어(780)는 탱크(10)의 내측 또는 외측의 물체에 대한 물리적 수동형 연결을 제공할 수 있다. 따라서, 캐리어(780)는 이동식 플랫폼(100)이 위치설정될 수 있게 허용하는 배치 및/또는 회수 메커니즘 또는 라인으로서 작용할 수 있다.

[0069] 이제 도 12a 및 도 12b를 참조하면, 본 발명에 따른 지능형 이동식 플랫폼(100)의 다른 실시예가 도시되어 있다. 도 2의 실시예와 유사하게, 이동식 플랫폼(100)은 인클로저(200), 제어 유닛(300), 추진 시스템(400), 전력 공급부(500), 및 작업 모듈(600)을 포함한다. 인클로저(200)의 뚜껑(204)은 도 12a의 내부(208)를 더 잘 예시하기 위해 도 12b에만 도시되어 있다. 인클로저(200), 추진 시스템(400), 전력 공급부(500), 및 작업 모듈(600)의 상세사항 및 변형예는 위에서 상세히 설명되었다. 도 12a의 실시예는 도 10과 관련하여 기술된 바와 같은 비-순간 스위치(250) 및 도 11a 및 도 11b와 관련하여 기술된 바와 같은 회수 모듈(700)을 포함한다. 아일릿(240)이 뚜껑(204)에 고정될 수 있다. 아일릿(240)은 리프팅/취급 장치가 해제가능하게 연결될 수 있는 임의의 루프, 후크 또는 다른 몸체일 수 있다. 도 12a 및 도 12b의 실시예의 제어 유닛(300)은 아래에서 논의된다.

[0070] 도 13을 참조하면, 도 12a 및 도 12b의 이동식 플랫폼의 제어 유닛(300)은 둘 이상의 별개 유형의 감지 기구를 갖는 내비게이션 모듈(304)을 포함한다. 제1 감지 기구는 도 4 내지 도 5e와 관련하여 전술된 바와 같이 불연속부를 검출하는 마커 검출기(306)이다. 제2 감지 기구는 하나 이상의 내비게이션 파라미터를 추정하는 동적 센서(380)일 수 있다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 내비게이션 파라미터는 원하는 좌표계(예컨대, x/y 공간, 극좌표 한정 공간) 및/또는 배향(예를 들어, 대면 방향, 경사도 등)에서 이동식 플랫폼(100)의 절대 및/또는 상대 위치를 특징짓는다. 예를 들어, 동적 센서(380)는 이동 거리, 회전 정도, 가속도, 틸트, 및/또는 이동 방향의 상대적 변화와 같은 파라미터를 추정할 수 있다. 단수로 언급되지만, 동적 센서(380)는 둘 이상의 분리된 상이한 센서들의 세트를 포함할 수 있으며, 이들 각각은 상이한 정보를 제공한다는 것을 이해하여야 한다. 적합한 동적 센서에는 주행계, RPM 센서, 경사계, 자이로스코프, 및 가속도계를 포함하지만 이들로 제한되지 않는다. 또 다른 동적 센서는 모터, 트랜스미션, 및 모터 제어기(도시되지 않음)의 작동 파라미터를 감지할 수 있다. 동적 센서(380)로부터의 정보는 원하는 방향으로 조향하는 데, 이동식 플랫폼(100)(도 12a 및 도 12b)의 잘못된 이동을 감소시키는 데, 장애물을 지나서 조향하는 데, 그리고/또는 관심 위치(예컨대, 회수 지점)를 식별하는 데 사용될 수 있다.

[0071] 동적 센서(380)에 의해 제공되는 정보에 대한 용도 중 일부는 강철 플레이트로 형성된 탱크 저부 벽(18)의 일부분, 기둥(26)과 같은 장애물, 및 회수 지점(382)을 도시하는 도 14를 참조하여 예시될 수 있다. 도 12a, 도 12b 및 도 13을 참조하면, 작동 동안, 이동식 플랫폼(100)은 레그(384)를 갖는 경로를 따를 수 있다. 이동식 플랫폼(100)은 마커 검출기(306)가 불연속부(320)를 검출할 때 레그(384) 상에서 시작할 수 있었다. 그 후, 동적 센서(380)는 레그(384)를 따라서 이동식 플랫폼(100)을 조향하기 위해 조향 명령을 내보내는 데 사용될 수 있는 정보를 제공할 수 있다. 따라서, 예를 들어, 동적 센서(380)는 이동식 유닛(100)이 원하는 진행 방향으로부터 좌측 또는 우측으로 드리프트되었는지 검출할 수 있고 원하는 진행 방향으로부터의 변동량을 정량화할 수 있다. 교정 조향 커맨드는 이러한 정보에 기초하여 내보내질 수 있다.

[0072] 작동 동안, 이동식 플랫폼(100)은 다수의 장애물을 접할 수 있다. 하나의 일반적인 장애물은 기둥(26)이다. 다른 장애물은 섬프, 벽, 브레이싱(bracing) 구조물, 잔해, 조인트 등을 포함한다. 앞서 언급된 바와 같이, 일부는 알려져 있는 반면, 다른 것들은 탱크(10)에 의도하지 않게 진입했었다. 이동식 플랫폼(100)은 다양한 기법을 사용하여 그러한 장애물을 취급하도록 프로그래밍될 수 있다. 예를 들어, 장애물(26)을 접할 때, 조향 알고리즘은 이동식 플랫폼(100)이 이전 레그(384)의 진행 방향으로 복귀될 때까지 이동식 플랫폼(100)이 장애물(26) 둘레에서 조종되도록 점진적으로 방향을 변경하도록 지향할 수 있다. 그 후, 이동식 플랫폼(100)은 다음 레그(386)를 시작한다.

[0073] 이전 레그(384)의 진행 방향으로의 복귀는 동적 센서(380)에 의해 제공되는 정보에 의해 가능하게 된다. 예를 들어, 동적 센서(380)는 조종 동안 회전 정도 및 이동된 거리를 결정할 수 있다. 더욱이, 작업의 종료와 같은

미리설정된 기준이 충족될 때, 동적 센서(380)는 이동식 플랫폼(100)을 회수 지점(382)으로 조향하기 위한 정보를 제공할 수 있다. 예를 들어, 동적 센서(380)는 회수 지점(382)을 향해 진행하는 데 필요한 회전 정도 및 회수 지점(382)으로 진행하면서 이동된 거리를 결정할 수 있다.

[0074] 이동식 플랫폼(100)은 단일 인클로저 내에서 전술된 특징부 및 구성요소 모두를 반드시 운반하는 것은 아니라는 것을 이해하여야 한다. 오히려, 일부 실시예에서, 전술된 구성요소는 서로 물리적으로 부착될 수 있는 둘 이상의 별개의 인클로저 내에 분산될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 전력 공급부(500)만을 갖는 인클로저, 추진 시스템(400), 및 작업 모듈(600)이 하나의 이동식 인클로저 내에 있고, 제어 유닛(300)과 같은 구성요소들의 나머지는 별개의 인클로저 내에 있다.

[0075] 도 12a 및 도 12b의 이동식 플랫폼의 예시적인 사용 모드는 도 15, 도 16a, 및 도 16b를 참조하여 논의될 것이다. 도 15는 이동식 플랫폼(100)이 탱크(10) 내에서 하나 이상의 기능을 수행하는 데 사용되게 하는 몇몇 단계를 식별하는 흐름도이다. 도 16a는 탱크(10) 내로의 삽입 동안 그리고 작동 동안의 이동식 플랫폼(100)을 개략적으로 도시하고, 도 16b는 작동 후 회수를 위해 준비된 이동식 플랫폼(100)을 개략적으로 도시한다. 항상 그렇지는 않지만, 탱크(10)는 이동식 플랫폼(100)을 완전히 침지시키는 수준으로 탄화수소와 같은 액체(12)로 충전된 상태로 도시되어 있다. 액체(12) 위에는 기체(14)가 있으며, 이는 또한 탄화수소일 수 있다. 먼지 및 잔해와 같은 다른 물질이 또한 탱크(10) 내에 있을 수 있다.

[0076] 단계(850)에서, 이동식 플랫폼(100)은, 예비작동 모드에 진입하기 위해, 예를 들어 스위치(250)를 사용함으로써, 탱크(10)의 외측에 있는 동안 활성화된다. 이때, 제어 유닛(300)은 하나 이상의 진단 스윕(sweep)을 개시할 수 있고, 온보드 시스템이 가동되고 있다는 표시를 작업반에게 제공할 수 있다. 그 후, 단계(852)에서, 제어 유닛(300)은 작업반이 이동식 플랫폼(100)을 해치(24)를 통해 탱크 내로 삽입하는 동안 정숙 모드에 진입할 수 있다. 도 16a에서 은선으로 도시된 이동식 플랫폼(100)은 적합한 배치 캐리어(50) 및 브레이싱 구조물(도시되지 않음)을 사용하여 탱크 내로 하강될 수 있다. 배치 캐리어는 로프, 케이블, 체인 등을 포함할 수 있는 테더와 같은 비강성 캐리어일 수 있다. 다른 실시예에서, 배치 캐리어는 파이프, 폴(pole), 또는 튜브와 같은 강성일 수 있다. 단계(854)에서, 이동식 플랫폼(100)이 탱크 저부 벽(18) 상에 안착된 후, 배치 캐리어(50)는 결합해제 및 회수되고, 해치(24)는 폐쇄될 수 있다.

[0077] 단계(856)에서, 이동식 플랫폼(100)은 "카운트다운" 단계를 실행할 수 있는데, 그 동안 이동식 플랫폼(100)은 예컨대 시간 및/또는 이동과 같은 하나 이상의 입력을 모니터링하여 완전 작동 모드에 진입할지 여부를 결정할 수 있다.

[0078] 완전 작동 모드로 진입하기로 결정한 경우, 제어 유닛(300)은 필요한 서브시스템에 에너지공급하고 사전할당된 작업(들)의 실행을 시작할 수 있다. 이동식 플랫폼(100)은 탱크(10)의 외측에 있는 작업자, 인간 또는 다른 것과의 통신 링크를 필요로 하지 않았다는 것에 유의해야 한다. 따라서, 작동 동안 이루어질 모든 결정은 사전프로그래밍된 명령어를 사용하여 제어 유닛(300)에 의해 그리고 관련 정보를 즉 지능적으로 획득함으로써 행해질 수 있다. 그러나, 일부 변형예에서, 탱크 외부에 위치된 인간 또는 기계는 이동식 플랫폼(100)과 상호작용할 수 있다. 예를 들어, 탱크(10)의 벽을 타격하는 것은, 이동식 플랫폼(100)에 음향 커맨드 신호(예를 들어, "턴 온", "턴 오프", "회수 위치로 복귀", "스위치 작동 모드", "신호 전송" 등)를 부여하는 데 사용될 수 있다.

[0079] 단계(858)에서 이동식 플랫폼(100)을 조향하는 단계는, 도 4 내지 도 6a를 참조하여 기술된 바와 같이 마커 검출기(306)를 사용하여 하나 이상의 불연속부를 위치시키는 단계, 및 도 13 및 도 14와 관련하여 기술된 바와 같이 능동형 센서를 사용하여 하나 이상의 내비게이션 파라미터를 추정하는 단계를 포함할 수 있다. 제어 유닛(300)은 소정의 방법을 사용하여 탱크 내부(22)를 횡단하도록 이러한 정보를 처리한다. 이동식 플랫폼(100)은 도 16a 및 도 16b에 도시된 바와 같이 배치 후에 능동형 물리적 연결을 갖지 않는다는 것에 유의하여야 한다. 구체적으로, 에너지(예를 들어, 전기), 데이터 신호, 또는 가압 가스와 같은 물질은 탱크(10) 외부의 위치로부터 와이어, 코드, 케이블, 폴, 튜브, 파이프, 또는 임의의 다른 강성 또는 비강성 전달 캐리어를 통해 이동식 플랫폼(100)으로 전달되지 않는다. 따라서, 본 명세서에 사용되는 바와 같이, "능동형" 라인 또는 캐리어는 이동식 플랫폼(100)이 탱크(10) 내에 있는 동안 전력, 물질, 또는 데이터 신호를 전달하거나 전송하는 것이다. 전술된 바와 같이, 이동식 플랫폼(100)은 도 11c 및 도 11d와 관련하여 논의된 바와 같이 수동형 캐리어를 가질 수 있다. "수동형" 라인 또는 캐리어는 이동식 플랫폼(100)이 탱크(10) 내에 있는 동안 전력, 물질, 또는 데이터 신호를 전달하거나 전송하지 않는 것이다.

[0080] 탱크 검사를 수반하는 작업에 대해 구현될 수 있는 단계(860)는 단계(858)와 동시에 수행될 수 있다. 도 13과 관련하여 기술된 바와 같은 감지 장치를 사용하여, 이동식 플랫폼(100)은 도 9a 및 도 9b에 도시된 작업 모듈

(600)과 같은 검사 모듈을 사용하여 탱크(10)의 하나 이상의 벽을 스캐닝한다. 작업 모듈(600) 및 제어 유닛(300)은 탱크(10)의 스캐닝된 영역에 대한 벽 두께의 데이터베이스를 생성하는 데 필요한 정보를 수집, 조직, 및 처리할 수 있다. 데이터베이스는 탱크 저부 벽(18)의 모든 섹션의 두께, 또는 "비표준"(즉, 특정 값 또는 범위와는 상이함)인 바로 그 위치/섹션의 두께를 포함할 수 있다. 검사된 벽은 전형적으로 탱크 저부 벽(18)을 포함한다. 검사를 위해, 초음파 센서와 같은 탱크(10)의 벽을 검사하는 데 사용되는 감지 장치가 또한 마커 검출기(306)로서 사용될 수 있다는 것에 유의하여야 한다.

[0081] 하나의 비제한적인 방법에서, 이동식 플랫폼(100)은 먼저 플레이트의 주연부를 한정하는 에지 또는 측면을 위치설정함으로써 스캐닝 활동을 수행한다. 예를 들어, 이동식 플랫폼(100)은 먼저, 코너를 식별하는, 다른 에지가 발견될 때까지 에지를 추적함으로써 플레이트의 코너를 위치설정할 수 있다. 추적은 검출된 에지를 따라 반전 경로(예컨대, 지그재그)를 따르는 것을 포함하는 임의의 수의 방법으로 수행될 수 있다. 다음으로, 이동식 플랫폼(100)은 반대편 코너를 위치설정하기 위해 그 코너의 에지들 중 하나에 평행하게 조향할 수 있다. 이어서, 다른 코너를 위치설정하는 것은 플레이트의 2개의 평행한 에지들 및 하나의 수직 에지의 위치를 확립한다. 이동식 플랫폼(100)은 플레이트의 나머지 코너를 위치설정하기 위해 평행한 에지들을 따라서 점진적으로 이동할 수 있다. 그 후, 이동식 플랫폼(100)은 그 플레이트의 벽 두께 스캐닝을 개시할 수 있다. 일단 완료되면, 공정은 다른 플레이트에 대해 반복될 수 있다. 다른 비제한적인 방법에서, 이동식 플랫폼(100)은 탱크(10)의 탱크 저부 벽(18)을 구성하는 모든 플레이트의 에지를 먼저 식별할 수 있다. 그 후, 이동식 플랫폼(100)은 플레이트 각각을 스캐닝할 수 있다. 추진 시스템(100)이 이동식 플랫폼(100)을 이동시킬 수 있는 다수의 자유도는 상기 작업뿐만 아니라 다른 작업의 효율적인 실행을 가능하게 한다는 것에 유의해야 한다.

[0082] 단계(862)에서, 이동식 플랫폼(100)은 작업의 종료를 시작한다. 종료는 임의의 수의 조건을 사용하여 트리거될 수 있다. 이러한 조건은 검사 동안 획득된 정보의 품질 및/또는 양, 할당된 작업의 완료, 남은 전력 레벨, 가능한 고장과 같은 작동 고려사항 등과 관련될 수 있다. 하나의 예시적인 종료 시퀀스는 미리결정된 회수 위치로 내비게이팅하는 것을 포함할 수 있다. 이러한 위치는 해치(24) 아래에 있을 수 있다. 대안적으로, 이동식 플랫폼(100)이 자기형 외부 구동 유닛을 갖는 경우, 이동식 플랫폼(100)은 해치(24)에 근접한 위치로 구동할 수 있다. 자기형 외부 구동 유닛(도시되지 않음)은 이동식 플랫폼(100)이 상하 전도된 상태로 상부 벽(16)에 효과적으로 매달려 있게 할 것이다. 또 다른 시퀀스는 단순히 제자리에 유지하는 단계 및 이동식 플랫폼(100)의 위치를 식별하는 신호를 전송하는 단계를 포함할 수 있다. 이동식 플랫폼(100)은 이동식 플랫폼(100)을 적합한 캐리어, 예컨대, 배치 캐리어(50)에 후크결합 또는 달리 연결함으로써 회수될 수 있다. 따라서, 배치 캐리어(50)는 또한 이동식 플랫폼(100)을 회수하기 위해 사용될 수 있다. 이동식 플랫폼(100)은 또한 이동식 플랫폼(100)에 연결될 수 있는 별개의 회수 이동식 플랫폼(예컨대, 도 11c의 배치 조립체(760))을 사용함으로써 회수될 수 있다.

[0083] 단계(864)는 도 11a 및 도 11b에 도시된 것과 같은 회수 모듈(700)을 포함하는 이동식 플랫폼에 대해 사용될 수 있다. 회수 위치로 이동하거나 또는 제자리에 유지한 후, 이동식 플랫폼(100)은 부력 몸체(702)를 해제한다. 부력 몸체(702)는 액체의 표면으로 또는 그 표면 아래의 깊이로 부유한다. 선택적으로, 부력 몸체(702)는 신호를 방출하고/하거나, 형광을 내고/내거나, 조명될 수 있다. 마지막으로, 이동식 플랫폼(100)은 신호를 방출하는 부력 몸체(702) 상의 임의의 장치를 제외하고, 모든 서브시스템의 전력을 차단할 수 있다. 단계(866)에서, 작업반은 케이블 또는 폴과 같은 회수 캐리어를 부유 몸체(702) 또는 이동식 플랫폼(100)의 다른 부분에 연결함으로써 이동식 플랫폼(100)을 추출할 수 있다. 대안적으로, 이동식 플랫폼(100)은 도 11 및 도 11b와 관련하여 논의된 바와 같이 해제된 테더를 사용함으로써 회수될 수 있다.

[0084] 단계(864)에서 이동식 플랫폼(100)의 전체적인 "전원 차단" 또는 정지가 제어 유닛(300)에 의해 개시될 수 있다. 대안적으로, 도 11b에 도시된 바와 같은 회수 모듈(700)이 동시에 회수 몸체(702)를 해제시키고 이동식 플랫폼(100)을 정지시키는 데 사용될 수 있다. "전원 차단" 또는 "정지"는, 이동식 플랫폼(100)이 어떠한 전력도 어떠한 서브시스템으로 전달되지 않는 상태에 있고 어떠한 서브시스템도 전력을 소비하지 않거나 어떠한 서브시스템도 잠재적으로 스파크를 발생시킬 수 있는 레벨로 전력을 소비하지 않는 상태에 있다는 것을 의미한다.

[0085] 일부 실시예에서, 이동식 플랫폼(100)의 하나 이상의 요소 또는 구성요소는 회수 후에 탱크(10) 내에 남아 있을 수 있다. 예를 들어, 이동식 플랫폼(100)은 회수 지점을 식별하기 위해 능동형 또는 수동형 마커로서 기능하는 물체를 내려놓을 수 있다. 남겨진 물체는 또한 사용된 작업 모듈, 배치 또는 회수 캐리어의 나머지, 또는 회수를 요구하지 않는 다른 구성요소일 수 있다.

[0086] 본 발명의 교시내용의 많은 이점들 중에서, 적어도 하기에 유의하여야 한다. 하나는, 이동식 플랫폼(100)을 작

동시키기 위해 탱크(10)의 내측 또는 외측에 인간 존재가 필요하지 않았다는 것이다. 다른 이점은 탱크(10)가 액체를 포함했을 동안 이동식 플랫폼(100)이 검사를 수행하였다는 것이다. 따라서, 탱크 자체는 서비스 중단 없이 정상적으로 계속 사용될 수 있다. 또 다른 이점은 탱크(10)가 작동 중에 해치(24)에 의해 밀봉되며, 이는 에너지 물질(14)이 주위 환경으로 이탈하는 것을 방지한다. 따라서, 탱크(10) 외부에서, 예컨대 해치(24) 근처에서 일어나는 스파크는 탱크(10) 내측의 에너지 물질(12, 14)을 점화시킬 수 없다.

[0087] 도 16a 및 도 16b를 참조하면, 액체가 이동식 플랫폼(100)과 탱크(10)의 하나 이상의 표면 사이에서 연장되도록 이동식 플랫폼(100)이 침지되기 때문에, 초음파 감지 장치를 사용하는 본 발명의 실시예가 더 양호한 해결책으로 작동할 것임을 인식하여야 한다. 초음파 센서와 탱크의 벽 사이의 액체는 음향 에너지가 전송될 수 있게 하는 매우 효율적인 파 전송 매체를 제공한다. 특히, 그러한 액체 또는 액체 층은 인간 작업원에 의해 공기 중에서 검사가 수행될 때 존재하지 않는다. 추가적으로, 이동식 플랫폼(100)이 완전히 침지되어 있는 동안 작동할 수 있는 능력은 또한 추가 활동을 가능하게 할 수 있다. 예를 들어, 이동식 플랫폼(100)은 유체 누출과 연관된 소리를 검출하기 위해 음향 수신기를 활용할 수 있다. 음향 검출을 위해, 이동식 플랫폼(100)은 반정숙(semi-quiet) 모드에 진입할 수 있으며, 여기서 이동이 중단되고 잡음을 생성시키는 어떠한 서브시스템도 정지된다. 이러한 반정숙 모드에서, 음향 수신기는 탱크(10)로부터 누출되는 유체에 의해 야기되는 음향 신호를 위해 주변 액체를 모니터링한다.

[0088] 크기 제한과 중량 제한의 전술된 조합을 사용하는 본 발명의 실시예는 이동식 플랫폼(100)의 취급 및 배치를 용이하게 하면서 또한 작업이 수행되는 탱크에 대한 손상의 위험을 감소시킬 수 있다는 것을 인식하여야 한다.

[0089] 도 15의 방법의 단계(860)가 두께를 결정하기 위해 탱크(10)의 벽을 스캐닝하는 것과 관련되어 있지만, 도 15의 방법은 또한 검사와 관련된 작업 및 관련되지 않은 작업을 실행하는 데 사용될 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 예를 들어, 시각 스캐닝과 같은 다른 검사 방법이 수행될 수 있다. 예를 들어, 카메라는 측면(20) 및/또는 저부(18)와 같은 탱크 벽의 시각적 이미지를 수집하기 위해 사용될 수 있다.

[0090] 전술된 시스템 및 관련 방법은 이동을 제어하기 위해 탱크(10)(도 1)와 연관된 불연속부를 내비게이션 마커로서, 또는 단순히 '마커'로서 사용하였다. 이러한 불연속부를 나타내는 용접부 및 플레이트 중첩부는 강철 패널들을 정합하는 동안 형성되었고, 따라서 탱크(10)의 구조적 요소로 간주될 수 있다. 따라서, 전술된 실시예는 구조적 마커를 사용하여 탱크(10)의 내부를 지능적으로 횡단하는 것으로 간주될 수 있다. 그러나, 본 발명의 다른 실시예는 다른 유형의 마커를 활용할 수 있다.

[0091] 이제 도 17을 참조하면, 탱크(10) 내에서의 이동식 플랫폼(100)의 이동을 제어하기 위해 사용될 수 있는 몇몇 유형의 마커가 도시되어 있다. 이러한 마커와 상호작용함으로써, 제어 유닛(300)(도 2)은 탱크(10) 내의 주어진 위치에 대한 이동식 플랫폼(100)의 위치 및/또는 배향의 인식을 획득한다.

[0092] 불연속부와 같은 구조적 마커는 수동형 마커로 간주될 수 있다. 수동형은 마커가 불활성이고 이동식 플랫폼(100)에 의해 검출된 신호를 생성시키지 않는 것을 의미한다. 다른 유형의 마커는 자기, 전자기, 음향, 및/또는 광 신호를 방출하는 에너지 방출 객체(902a, 902b, 902c, 902d) 또는 '능동형 마커'이다. 능동형 마커는 탱크(10)의 내측 및/또는 외측에 위치될 수 있다. 예를 들어, 도 17은 내부 능동형 마커(902a, 902b) 및 외부 능동형 마커(902c, 902d)를 도시한다. 능동형 마커가 다양한 방법으로 활용될 수 있다. 예를 들어, 중심 내부 능동형 마커는 탱크(10) 내의 특정 위치를 식별하기 위해 호밍 비컨(homing beacon)으로서 이동식 플랫폼(100)에 의해 사용하고 있을 수 있다. 둘 이상의 이격된 능동형 마커들이 탱크(10) 내에서 이동식 플랫폼 자신을 위치시키고/거나 방향을 정하기 위해 이동식 플랫폼(100)에 의해 사용될 수 있다.

[0093] 일부 실시예에서, 마커는 탱크(10)에 견고하게 고정되지 않는다. 예를 들어, 마커(910)는 액체(12) 내에서 부유할 수 있다. 마커(910)는 표면에서 부유할 수 있거나 표면 아래의 선택된 깊이에 침지될 수 있다. 선택적으로, 테더(912)가 마커(910)를 탱크(10)에 연결할 수 있다. 마커(910)는 능동형일 수 있는데; 예를 들어, 음향파와 같은 에너지 신호를 전송할 수 있다. 마커(910)는 또한 수동형일 수 있는데; 예를 들어, 이동식 플랫폼(100)과의 접촉을 허용하기에 충분히 낮은 깊이로 매달릴 수 있다.

[0094] 도 18a 및 도 18b는 전술된 마커를 사용할 수 있는 다양한 안내 및 내비게이션 방법의 흐름도이다.

[0095] 도 12a, 도 12b, 도 13, 도 17 및 도 18a를 참조하면, 제어 유닛(300)은 이동식 플랫폼(100)을 작동시키기 위한 커맨드 신호를 생성하기 위해 능동형 마커로부터의 신호를 처리한다. 예를 들어, 단계(1100)에서, 마커 검출기(306)는 복수의 내부 및/또는 외부 마커(902a 내지 902d)에 의해 방출된 별개 신호를 검출할 수 있다. 단계(1102)에서, 제어 유닛(300)은 이동식 플랫폼(100)의 현재 위치를 추정하기 위해 신호를 처리할 수 있다. 선택

적으로, 제어 유닛(300)은 또한 탱크(10)의 치수, 능동형 마커(902a 내지 902d)의 상대 위치와 같은 사전프로그래밍된 정보뿐만 아니라, 동적 센서(380)에 의해 획득된 이동의 방향 및 배향에 관한 실시간 정보와 같은 내비게이션 파라미터를 사용할 수 있다. 단계(1104)에서, 제어 유닛(300)은 추진 시스템(400) 또는 작업 모듈(600)과 같은 서브시스템에 커맨드 신호를 내보낸다.

[0096] 여전히 도 12a, 도 12b, 도 13, 및 도 17을 참조하면, 도 18a 및 도 18b의 방법에서, 제어 유닛(300)은 하나 이상의 메모리 모듈(390, 392)을 가질 수 있다. 메모리 모듈(390)은 작동 동안 수집된 정보를 저장한다. 이러한 정보는 동적으로 업데이트될 수 있고, 마커의 위치 및 이동식 플랫폼(100)의 현재 위치/진행 방향/배향과 같은 정보를 포함할 수 있다. 메모리 모듈(390)은 또한 탱크(10)의 벽(16, 18, 20)의 두께를 나타내는 측정된 데이터를 저장할 수 있다. 메모리 모듈(392)은 이동식 플랫폼(100)이 작동하고 있는 동안 접근될 수 있는 사전프로그래밍된 데이터를 포함할 수 있다. 사전프로그래밍된 데이터는 탱크(10)의 하나 이상의 벽의 불연속 패턴의 디지털 표현(또는 맵)일 수 있다. 불연속부는 탱크(10)의 하나 이상의 벽(26, 18, 20)의 용접/중첩 패턴일 수 있다. 이러한 정보는 탱크 내의 이전 작동 동안 획득되었을 수 있다. 단계(1200)에서, 마커 검출기(306)는 불연속부를 검출할 수 있고 응답 신호를 생성할 수 있다. 단계(1202)에서, 제어 유닛(300)은 이동식 플랫폼(100)의 현재 위치 및/또는 배향을 추정하기 위해 저장된 맵 내의 정보와 함께 마커 검출기 신호를 처리할 수 있다. 단계(1204)에서, 제어 유닛(300)은 추진 시스템(400) 또는 작업 모듈(600)과 같은 서브시스템에 커맨드 신호를 내보낸다.

[0097] 다른 내비게이션 및 안내 방식은 지점, 및 탱크 벽으로 이어지는 에지 또는 임의의 2개의 지점에 의한 것과 같은 라인을 한정할 수 있다. 그러한 방식을 사용하는 이동식 플랫폼(100)은 (예를 들어, 휠 회전수를 카운팅함으로써) "추측에 의한 계산(dead reckoning)"을 사용하여 이동된 거리를 추정하도록 프로그래밍된 제어 유닛(300)을 가질 수 있다. 추진 시스템(400) 내의 적합한 센서는 진행이 장애물(예컨대, 전력 변동)에 의해 방해된 때를 감지하고/하거나 외부 참조(예컨대, 추진 시스템의 휠, 구동 샤프트, 로터, 또는 다른 회전 요소 상의 RPM 센서) 없이 합리적으로 직선으로 이동하기 위해 사용될 수 있다. 선택적으로, 내부 내비게이션 유닛이 내비게이션을 보완하기 위해 사용될 수 있다. 제어 유닛(300)은 "맵"을 생성하고, 맵을 참조하여 추측에 의한 계산을 수행함으로써 탱크(10)를 통해 체계적으로 진행하도록 프로그래밍될 수 있다. 맵, 및 벽 두께 데이터와 같은 수집된 임의의 정보는 공통 패턴 매핑 기법을 사용하여 탱크의 실제 레이아웃과 상관될 수 있다.

[0098] 또 다른 내비게이션 방법은 감지/검출 마커를 사용하지 않을 수 있거나 관성 내비게이션 유닛을 사용할 수 있다. 그 대신, 이동식 플랫폼(100)은 탱크(10)를 횡단하도록 그리고 장애물을 접할 때 사전할당된 액션을 취하도록 (예를 들어, 이동이 방해받지 않을 때까지 회전하도록) 프로그래밍될 수 있다 벽 두께 데이터와 같은 수집된 임의의 정보는 공통 패턴 매핑 기법을 사용하여 탱크의 실제 레이아웃과 상관될 수 있다.

[0099] 상기에 논의된 방법들은 상호 배타적이지 않다. 즉, 기술된 방법 각각의 일부분들이 혼합될 수 있거나 또는 별개의 방법들이 동시에 사용될 수 있다. 일부 내비게이션 방법은 하나 이상의 할당된 기능을 수행하는 동안 '맵'을 생성하는 단계를 수반한다. 다른 방법은 하나 이상의 미리결정된 위치로 내비게이팅하기 위해 이전에 생성된 맵을 사용하는 단계를 수반한다.

[0100] 상기로부터, 개시된 것은 에너지 물질로 적어도 부분적으로 충전된 탱크 내에서 선택된 작업을 수행하기 위한 장치를, 부분적으로, 포함한다는 것을 인식하여야 한다. 장치는 적어도 하나의 제어 유닛, 적어도 하나의 마커 검출기, 적어도 하나의 추진 시스템, 적어도 하나의 전력 공급부, 및 적어도 하나의 본질적으로 안전한 인클로저를 포함하는 본질적으로 안전한 이동식 플랫폼을 포함할 수 있다.

[0101] 적어도 하나의 본질적으로 안전한 인클로저는, 적어도 하나의 본질적으로 안전한 인클로저 내측에서 일어나는 스파크가 적어도 하나의 본질적으로 안전한 인클로저의 외부로 지나가는 것을 방지하도록 구성되며, 스파크는 에너지 물질을 점화시킬 수 있다. 이동식 플랫폼의 모든 스파크 발생 구성요소는 적어도 하나의 본질적으로 안전한 인클로저 내측에 위치된다.

[0102] 적어도 하나의 마커 검출기는 탱크와 연관된 적어도 하나의 마커를 검출하도록 구성된다. 적어도 하나의 제어 유닛은 적어도 하나의 검출된 마커에 기초하여 적어도 하나의 제어 신호를 생성하도록 구성된다. 추진 시스템은 적어도 하나의 생성된 제어 신호에 응답하여 이동식 플랫폼을 이동시킨다. 추진 시스템은 적어도 하나의 본질적으로 안전한 인클로저 내측에 위치된 회전력 장치를 갖고, 회전력 장치는 적어도 하나의 본질적으로 안전한 인클로저 외측에 위치된 구동 조립체에 동력을 공급한다. 전력 공급부는 적어도, 적어도 하나의 마커 검출기, 적어도 하나의 제어 유닛, 및 적어도 하나의 회전력 장치에 에너지공급한다. 이동식 플랫폼이 탱크 내에 있는 동안 어떠한 능동형 물리적 캐리어도 이동식 플랫폼을 탱크 외부의 물체에 연결하지 않는다.

[0103] 이동식 플랫폼의 변형예는, 적어도 하나의 본질적으로 안전한 인클로저가, 적어도 하나의 본질적으로 안전한 인클로저의 내부가 적어도 10 초 동안 적어도 3과 1/2 바의 압력을 받은 후에, 적어도 하나의 본질적으로 안전한 인클로저의 내측에서 일어나는 스파크가 적어도 하나의 본질적으로 안전한 인클로저의 외부로 지나가는 것으로부터 허용하는 경로를 형성하는 소성 변형을 나타내지 않도록 구성되고; 이동식 플랫폼이 탱크 내에서 적어도 2개의 상이한 자유도를 갖도록 그리고 추진 시스템을 사용하여 적어도 2개의 상이한 자유도를 따라서 이동하도록 구성되고; 이동식 플랫폼이 10,000 파운드(4,536 kg) 미만의 중량을 갖고; 적어도 하나의 제어 유닛이 적어도 하나의 검출된 마커에 기초하여 이동식 플랫폼에 대한 진행 방향을 결정하도록 프로그래밍되고, 진행 방향이 적어도 하나의 제어 신호를 생성하는 데 사용되고; 이동식 플랫폼을 탱크 외측의 물체에 연결하는 어떠한 물리적 캐리어도 없고; 그리고/또는 적어도 하나의 전력 공급부가 적어도, 적어도 하나의 제어 유닛, 적어도 하나의 마커 검출기, 및 적어도 하나의 추진 시스템에 완전히 에너지공급하기에 충분한 전력을 공급하는, 배열체를 포함할 수 있다. 또한, 변형예에서, 장치는 이동식 플랫폼이 탱크 내에서 이동하는 동안 이동식 플랫폼에 연결된 수동형 캐리어를 포함할 수 있다.

[0104] 소정 응용예에서, 에너지 물질은 파 전송 매체를 형성하기 위해 이동식 플랫폼 및 탱크의 내부 표면과 접촉하는 액체이다. 그러한 응용예에서, 이동식 플랫폼은 파를 전송하고 전송된 파의 반사를 검출하도록 구성된다. 이동식 플랫폼은 검출된 반사를 나타내는 정보를 메모리 모듈에 저장할 수 있다.

[0105] 추가로, 이동식 플랫폼(100)의 전술된 실시예가 전력을 수신하고/하거나 데이터를 전달하기 위해 물리적 공급선을 사용하지 않지만, 이동식 플랫폼(100)이 캐리어를 포함할 수 있다는 것은 본 발명의 범주 내에 있다. 캐리어는 신호 전달 매체, 예를 들어 전도성 케이블, 또는 단순히 이동식 플랫폼(100)을 다른 물체에 효과적으로 "속박할" 수 있는 케이블일 수 있다.

[0106] 도 1을 참조하면, 에너지 물질(12, 14)을 저장하기 위한 구조물, 예컨대, 탱크(10)는 탱크(10)의 내부(22) 내로의 배치 및 그로부터의 회수를 방해할 수 있는 방식으로 구성될 수 있다는 것에 유의하여야 한다. 예를 들어, 내부(22)에 대한 접근은 상부 벽(16) 상에 위치되는 해치(24)를 통해서만 이용가능할 수 있다. 많은 경우에, 내부(22)에 있는 물체에 대한 접근은 해치(24)의 바로 부근의 구역 또는 영역으로 제한된다. 물체의 존재를 검출하고/하거나, 물체를 식별하고/하거나 물체에 수동으로(manually) 도달하고 그와 접촉하는 능력의 한계는 대체적으로 그러한 구역 또는 영역을 한정한다. 예를 들어, 수직 벽(20)에 바로 인접하게 위치된 물체는 작업원에게 검출가능하지 않을 수 있고, 상당한 노력을 들이지 않고서는 그리고 비교적 복잡한 리프팅 및 취급 장비를 채용하지 않고서는 물리적으로 접근가능할 수 없다. 더욱이, 내부(22)는 비전도성일 수 있는 에너지 물질(12, 14)을 포함할 수 있으며, 이는 회수 작용에 대한 추가 제한을 필요로 할 수 있다. 상기에 언급된 바와 같이, 일정 부류의 탄화수소 액체 및 가스는 비전도성이다. 그러나, 본 발명의 교시내용은 에너지 및/또는 비전도성 물질이 존재하지 않는 환경에 용이하게 적용될 수 있다. 본 발명의 소정 교시내용은 그러한 환경에 배치되는 이동식 플랫폼의 회수를 용이하게 하는 것에 관한 것이다.

[0107] 예시적인 회수 장치 및 관련 방법은 도 11a 내지 도 11d, 도 15, 및 도 16b와 관련하여 이미 논의되었다. 이제 도 19를 참조하면, 탱크(10) 내측으로부터 이동식 플랫폼(100)을 위치선정하고 회수하는 것을 단순화하기 위해 구성되고 구현되는 회수 모듈(700)의 다른 비제한적인 실시예가 개략적으로 도시되어 있다.

[0108] 단순화를 위해, 회수될 이동식 플랫폼(100)은 인클로저(200), 제어 유닛(300), 추진 시스템(400), 및 전력 공급부(500)를 포함하도록 구성될 수 있다. 이들 구성요소 및 서브시스템은 이미 앞서 논의되었으며, 더 상세히 설명되지 않을 것이다. 이들 구성요소 및 서브시스템의 구성은 앞서 기술된 임의의 특정 실시예로 제한되지 않는다는 것이 강조된다. 예를 들어, 인클로저(200)가 본질적으로 안전할 필요는 없다. 더욱이, 둘 이상의 인클로저가 인클로저(200)를 형성할 수 있으며, 이때 이들 별개의 인클로저들 각각은 상이한 구성요소에 대한 하우징 구조물로서 작용한다. 더욱이, 선택적으로, 이동식 플랫폼(100)은 수동형 또는 능동형 캐리어일 수 있는 캐리어(1002)와 함께 사용될 수 있다. 그러한 캐리어는 이미 기술되었으며, 더 상세히 설명되지 않을 것이다.

[0109] 이동식 플랫폼은 적어도 부분적으로 인클로저(200) 상에 배치된 회수 모듈(700)을 포함할 수 있다. 즉, 회수 모듈(700)을 이루는 부품들은 인클로저(200)의 내부 및/또는 외부에 있을 수 있다. 또한, 일부 부품들은 인클로저(200)의 벽 또는 몸체 내에 매설될 수 있다. 일 배열체에서, 회수 모듈은 부력 몸체(702), 일차 테더(1100), 및 이차 테더(1102)를 포함할 수 있다. 부력 몸체(702)는 전술된 것과 유사하다. 일차 테더(1100)는 도 11b의 테더(738)와 동일할 수 있다.

[0110] 일 배열체에서, 일차 테더(1100) 및 이차 테더(1102)는 서로 직접 연결되고, 일차 테더(1100)는 부력 몸체(702)에 직접 연결되고, 이차 테더(1102)는 인클로저(200)에 직접 연결된다. 이러한 구성의 예가 도 11b에 도시되

는데, 여기서 일차 테더(1100)는 제1 스테이지 테더(738) 및 가요성 부재(742)에 의해 형성되고, 이차 테더(1102)는 제2 스테이지 테더(740)에 의해 형성된다. 이러한 배열체에서 제1 스테이지 테더(738, 742)가 인클로저(200)에 부착된 것으로 도시되어 있지만, 부착은 그를 통해 장력과 같은 힘이 이동식 플랫폼(100)의 회수 동안 전달되도록 의도되는 것이 아니라는 것에 유의하여야 한다. 따라서, 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "연결"은 단지 하나의 몸체를 다른 몸체에 대해 정지 상태로 유지시키는 것과는 대조적으로 둘 이상의 위치들 사이의 힘(예컨대, 장력) 또는 신호(즉, 전력 또는 데이터)의 전달이 있는 기능적 결합을 지칭한다.

[0111] 도 11b의 배열체에서, 일차 테더(1100)는 이차 테더(1102)를 통해 인클로저(200)에 간접 연결되고, 이차 테더(1102)는 일차 테더(1100)를 통해 부력 몸체(702)에 간접 연결된다. "간접" 연결은, 개재되고 기능적으로 구별되는 장치 또는 구성요소를 통해 물리적 결합이 일어나는 것을 의미한다.

[0112] 이제 도 20a를 참조하면, 다른 배열체에서, 일차 테더(1100) 및 이차 테더 둘 모두는 부력 몸체(702)에 그리고 인클로저(200)에 직접 연결된다. 직접 연결은 체인, 케이블, 또는 버클과 같이, 연결부를 형성하도록 구체적으로 구성된 하나 이상의 요소를 포함할 수 있다는 것에 유의하여야 한다. 예를 들어, 이차 테더(1102)의 일부분이 일차 테더(1100)를 부력 몸체(702)에 연결하는 데 사용될 수 있다. 부력 몸체(702) 내측 또는 외측에 있는 공동, 릴(reel) 또는 스풀(spool)(도시되지 않음)이 이차 테더(1102)의 길이를 저장하기 위해 사용될 수 있다.

[0113] 도 20a의 배열체에서, 일차 테더(1100)는 일정 방식으로 절단함으로써 이차 테더(1102)를 해제하도록 구성된다. 예를 들어, 일차 테더(1100)와 인클로저(200) 사이의 연결은 적합한 파단력을 사용함으로써 또는 신호를 전송함으로써 파단될 수 있다. 도 20a는 부력 몸체(702)가 해제되어 비전도성 액체 에너지 물질(12)의 표면(1116)을 향해 상승한 후의 회수 모듈(700)을 도시한다. 일차 테더(1100)가 부력 몸체(702)를 인클로저(200)에 연결하는 한편, 이차 테더(1102)는 이동식 플랫폼(100)의 회수 동안 일어나는 크기의 장력 하에 있지 않다. 도 20b는 일차 테더(1100)가 인클로저(200)로부터 연결해제되고 부력 몸체(702)가 비전도성 액체 에너지 물질(12)로부터 추출된 후의 도 20a의 회수 모듈(700)을 도시한다. 대안적인 실시예에서, 일차 테더(1100)는 단지 부력 부재(702)만으로부터 결합해제될 수 있거나 인클로저(200) 및 부력 부재(702) 둘 모두로부터 결합해제될 수 있다. 일차 테더(1100)는 또한 중간 위치에서 절단되어, 그에 의해 부력 부재(702)를 인클로저(200)로부터 - 둘 모두에 연결된 절단된 부분을 가지면서 - 해제할 수 있다. 이제, 이차 테더(1102)는 비전도성 액체 에너지 물질(12)의 표면(1116)을 향해 이동식 플랫폼(200)을 끌어올리기 위한 하중 지지 회수 부재로서 작용할 수 있다.

[0114] 도 20c를 참조하면, 일차 테더(1100)가 부력 몸체(702) 내에 수용되는 다른 배열체가 도시되어 있다. 활성화될 때, 부력 몸체(702)는 비전도성 액체 에너지 물질(12)의 표면(1116)을 향해 상승한다. 부력 몸체(702)가 상승함에 따라, 일차 테더(1100)는 부력 몸체(702)에서 권취해제되거나, 떨어지거나, 달리 빠져나간다.

[0115] 단일 통합체로서 도시되어 있지만, 부력 몸체(702), 일차 테더(1100), 및 이차 테더(1102)가 둘 이상의 별개의 부분, 섹션 또는 세그먼트로 형성될 수 있다는 것은 이해되어야 한다.

[0116] 도 21은 본 발명에 따른 회수 방법(1200)의 비제한적인 실시예를 예시한다. 도 19, 도 20a, 및 도 20b를 참조하면, 방법(1200)은 탱크(10)가 비전도성 에너지 물질(12, 14)로 적어도 부분적으로 충전될 때 특히 유용할 수 있다. 단계(1202)에서, 이동식 플랫폼(100)은 도 19에 도시된 바와 같이 구성될 수 있다. 그러나, 방법(1200)은 본 발명에 기술되지 않은 다른 장치를 회수하는 데 사용될 수 있다. 단계(1204)에서, 작업원은 탱크(10) 내의 부력 몸체 회수 구역(1104)을 미리결정할 수 있다. 해치(24)는 해치(24) 바로 아래의 탱크(100)의 소정 내부 영역에 대한 비교적 용이한 접근을 가능하게 한다는 것에 유의하여야 한다. 그러나, 해치(24)가 상부(20)보다 훨씬 더 작기 때문에, 수직 벽(20)에 더 가까운 영역에 대한 접근을 제한한다. 따라서, 부력 몸체 회수 구역(1104)은 해치(24)를 통해 회수를 수행하는 것과 연관된 리프팅, 취급, 및 접근에 있어서의 제한에 기초할 수 있다.

[0117] 단계(1206)에서, 이동식 플랫폼(100)은 배치 캐리어(50)(도 16a)를 사용하여 탱크(10) 내로 하강된다. 다른 실시예는 배치 캐리어(764 또는 780)(각각 도 11c, 도 11d)를 사용할 수 있다. 단계(1208)에서, 인클로저(200)는 비전도성 액체 에너지 물질(12) 내에 침지된다. 둘 이상의 별개의 인클로저가 존재하는 경우, 이들 별개의 인클로저 중 단지 하나는 침지될 필요가 있다. 더욱이, 인클로저(200)는 완전히 침지되지 않아야 하며; 즉, 부분적으로 침지된 상태가 소정의 경우에 적합할 수 있다. 단계(1209)에서, 이동식 플랫폼(100)은 탱크(10)에서 하나 이상의 작업을 수행하기 위해 추진 시스템(400)에 의해 이동될 수 있다.

[0118] 작업의 종료 시에 또는 그 근처에 있을 수 있는 단계(1210)에서, 부력 몸체(702)는 인클로저(200)로부터 해제된다. 부력 몸체(702)와 일차 테더(1100)는 이차 테더(1102)에 의해 인클로저(200)에 여전히 연결된다는 것에 주

목하여야 한다. 단계(1212)에서, 해제된 부력 몸체(702)의 위치설정은 적어도 하나의 일차 테더(1100)를 사용함으로써 부력 몸체 회수 구역(1106) 내에서 일어난다. 단계(1214)에서, 일차 테더(1100)를 회수하는 것은 부력 몸체(702)를 사용함으로써 수행된다. 예를 들어, 부력 몸체(702)를 포획하기 위해 회수 부재(1110)가 해치(24)를 통해 탱크(10) 내로 삽입될 수 있다. 회수 부재(1110)는 폴(pole), 후크, 올가미 밧줄, 네트, 막대 또는 다른 긴 부재일 수 있다. 단계(1216)에서, 일차 테더(1100)는 이차 테더(1102)를 해제하는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, 일차 테더(1100)는 이차 테더(1102)에 힘 또는 신호를 전송하는 데 사용될 수 있다. 적합한 힘 또는 신호는 장력, 비틀림, 진동 등일 수 있다. 단계(1218)에서, 이차 테더(1102)는 탱크(10) 내측으로부터 탱크(10) 외측으로 이동식 플랫폼(100)을 회수하는 데 사용된다. 회수 부재(1110)는 부력 몸체(702), 일차 테더(1100), 및/또는 이차 테더(1102)를 회수하기 위해 해치(24)를 통해 삽입될 수 있다. 다른 장치, 예컨대, 일차 테더(1100) 및/또는 추가의 케이블, 와이어, 또는 다른 회수 부재가 이차 테더(1102)와 함께 사용되어 이동식 플랫폼(100)을 회수할 수 있다는 것에 유의하여야 한다.

[0119] 실시예에서, 일차 테더(1102)는, 탱크(10) 내측의 이동식 플랫폼(100) 위의 비전도성 액체 에너지 물질(12)의 높이를 추정하고 탱크(10) 내측의 이동식 플랫폼(100) 위의 비전도성 액체 에너지 물질(12)의 추정된 높이에 적어도 부분적으로 기초하여 일차 테더(1100)의 길이를 선택함으로써, 부력 몸체(702)를 부력 몸체 회수 구역(1104) 내에 위치시키도록 구성될 수 있다. 일부 방법에서, 일차 테더(1100)의 길이는 또한, 적어도 부분적으로, 이동식 플랫폼(100)의 회수 위치(1112)와 탱크(10)의 벽(20) 사이의 거리를 사용하여 선택된다. 다른 방법에서, 일차 테더(1110)의 길이는 탱크(10) 내측의 이동식 플랫폼(100) 위의 비전도성 액체 에너지 물질(12)의 추정된 높이의 제곱과 이동식 플랫폼(100)의 회수 위치(1112)로부터 회수 위치(1112)의 레벨에서의 탱크(10)의 벽(20) 상의 가장 먼 지점(1114)까지의 거리의 제곱의 합의 제곱근보다 작다.

[0120] 도 19와 관련하여 앞서 논의된 바와 같이, 일차 테더(1100)는 이차 테더(1102)를 해제하는 데 사용될 수 있다. 일 배열체에서, 일차 테더(1100)는 인가된 미리결정된 해제력에 응답하여 이차 테더(1102)를 해제하도록 구성된다. 해제력은 레버를 작동시키도록, 취성 요소를 파단시키도록, 마찰력을 극복하도록, 물체에서 사전 장력을 극복하도록, 물체를 굽히거나, 비틀거나, 또는 달리 변형시키도록, 저장된 장력 또는 스프링력을 극복하도록, 또는 달리 적합한 보유 메커니즘으로부터 이차 테더(1102)를 결합해제하도록 선택될 수 있다. 회수 동안, 적어도 일차 테더(1100)에 대한 미리결정된 해제력만큼 큰 힘을 인가함으로써 이차 테더(1102)를 해제한다. 한 가지 비제한적인 방법에서, 미리결정된 해제력은 비전도성 액체 에너지 물질(12) 내의 부력 몸체(702)의 순 부력보다 크고 비전도성 액체 에너지 물질(12) 내의 이동식 플랫폼(100)의 순 하향력보다 작다.

[0121] 방법(1200)의 추가 변형예는, 이차 테더를 이동식 플랫폼(100)과 탱크(100)의 상부 벽(16)에 근접한 위치 사이의 거리를 횡단하기에 적어도 충분히 길게 크기설정하는 단계, 및 일차 테더(1100) 및 이차 테더(1102)의 조합된 길이가 이동식 플랫폼(100)과 탱크(100)의 상부 벽(16)에 근접한 위치 사이의 거리를 횡단하기에 적어도 충분히 길도록 선택하는 단계를 포함한다. "근접한" 것은 작업원이 해치(24)로부터 부력 몸체(702) 또는 일차 테더(1100)에 도달하여 이를 회수하기에 충분히 가까운 부력 몸체(702)의 위치에 의존할 것이라는 것을 당업자는 이해할 것이다.

[0122] 일부 응용예에서, 이차 테더(1102)는 이동식 플랫폼(100)을 탱크(10)의 외부로 부분적으로 또는 완전히 당기는 데 사용된다. 예를 들어, 이차 테더(1102)는 비전도성 액체 에너지 물질(12)의 표면(1116)에서 이동식 플랫폼(100)을 당겨 올리고 지지하는 데 사용될 수 있다. 대안적으로, 이차 테더(1102)는 이동식 플랫폼(100)을 비전도성 액체 에너지 물질(12)로부터 리프팅하는 데 사용될 수 있다. 플로팅 루프(floating roof)가 존재할 때와 같은 상황에서, 일차 테더(1100)의 길이는 부력 몸체(702)와 탱크(10)의 상부 벽(16) 사이의 미리결정된 갭을 유지하도록 선택될 수 있다.

[0123] 도 1 및 도 2를 참조하면, 소정 상황에서, 이동식 플랫폼(100)의 회수를 완료하기 전에 이동식 플랫폼(100)과 탱크(10) 및/또는 다른 주위의 전기 전도성 구조물 사이의 전압 차이를 감소시키는 것이 바람직할 수 있다. 그러한 전압 차이는 이동식 플랫폼(100)에 탑재된 전기 에너지의 소비자의 작동 및/또는 이동식 플랫폼(100)과 인접 표면과의 접촉부 사이의 상대 이동으로 인한 이동식 플랫폼(100) 상의 전하의 축적으로부터 발생할 수 있다. 인접 표면은 탱크(10)의 벽(16, 18, 20), 탱크(10)의 기둥(26), 및/또는 비전도성 액체 에너지 물질(12)을 한정하는 표면일 수 있다. 예시적인 전력 소비자는 제어 유닛(300), 마커 검출기(306)(도 4), 동적 센서(380)(도 13), 추진 시스템(400), 및 작업 모듈(600)(도 2)을 포함하지만 이에 제한되지 않는다. 전력 소비자들의 유형 및 개수는 이동식 플랫폼(100)의 특정 구성에 의존할 것이다. 단순화를 위해, 용어 "상에"는 본 명세서에서 이동식 플랫폼(100) "상에" 그리고 "내에" 전하 축적을 설명하는 데 사용될 것이다.

[0124] 추가로, 비전도성 액체 에너지 물질(12) 내에 부분적으로 또는 완전히 침지되는 동안, 이동식 플랫폼(100)은 비전도성 액체 에너지 물질(12) 및 가능하게는 다른 비전도성 재료에 의해 탱크(10)로부터 전기적으로 격리될 수 있다. 그러한 다른 비전도성 재료는 페인트, 코팅, 녹(rust), 및/또는 슬러지(sludge)를 포함할 수 있다. 전기적 격리는 또한, 이동식 플랫폼(100)이 탱크(10) 내측의 비전도성 가스 에너지 물질(14) 내에 부분적으로 또는 완전히 침지되는 경우에 발생할 수 있다. 그러한 전기적 격리를 접하는 경우, 이동식 플랫폼(100)으로부터의 전하 소산의 속도는 전하 축적의 속도보다 낮을 수 있고, 이는 이동식 플랫폼(100) 상에 상응하는 양의 전하 축적을 야기할 수 있다.

[0125] 이제 도 22를 참조하면, 비전도성 에너지 물질(12, 14)로 적어도 부분적으로 충전된 탱크(10)로부터 이동식 플랫폼(100)을 회수하기 위한 회수 시스템(1001)의 비제한적인 실시예가 도시되어 있다. 후술되는 바와 같이, 회수 시스템(1001)은 탱크(10) 내측으로부터 탱크(10)의 외측으로 이동식 플랫폼(100)의 회수 전에 또는 그 동안에 이러한 전하 축적을 감소시키고/시키거나 최소화하는 데 사용될 수 있다.

[0126] 회수될 이동식 플랫폼(100)은 인클로저(200), 제어 유닛(300), 추진 시스템(400), 및 전력 공급부(500)를 포함하도록 구성될 수 있다. 이들 구성요소 및 서브시스템은 이미 앞서 논의되었으며, 더 상세히 설명되지 않을 것이다. 일반적인 전력 소비자가 도면부호 1330과 함께 도시되어 있는데, 이는 제어 유닛(300), 마커 검출기(306)(도 4), 동적 센서(380)(도 13), 추진 시스템(400), 작업 모듈(600)(도 2), 및/또는 전력을 소비하는 본 명세서에 기술되지 않은 임의의 장치를 포함하지만 이에 제한되지 않는, 전력을 소비하는 임의의 장치를 나타낸다. 앞서 언급된 바와 같이, 이들 구성요소 및 서브시스템의 구성은 임의의 전술된 실시예로 제한되지 않고, 예컨대 인클로저(200)는 본질적으로 안전할 필요가 없고, 이동식 플랫폼(100)은 수동형 또는 능동형 캐리어일 수 있는 캐리어(도시되지 않음)와 함께 사용될 수 있다. 또한, 둘 이상의 인클로저가 인클로저(200)를 형성할 수 있으며, 이때 이들 별개의 인클로저들 각각은 상이한 구성요소에 대한 하우징 구조물로서 작용한다. 더욱이, 다른 이동식 플랫폼은 추가 구성요소 또는 더 적은 구성요소를 포함할 수 있다.

[0127] 이동식 플랫폼(100)은 또한 적어도 부분적으로 인클로저(200) 상에 배치된 회수 모듈(700)을 포함한다. 즉, 회수 모듈(700)을 이루는 부품들은 인클로저(200)의 내부 및/또는 외부에 있을 수 있다. 또한, 일부 부품들은 인클로저(200)의 벽 또는 몸체 내에 매설될 수 있다. 일 배열체에서, 회수 모듈(700)은 부력 몸체(702), 테더(1100), 및 전기 전도성 부재(1300)를 포함할 수 있다. 회수 시스템(1001)은 전압 차이 상쇄화 몸체(1302) 및 전기 전도성 케이블(1304)을 추가로 포함한다.

[0128] 일 실시예에서, 테더(1100)는 부력 몸체(702)를 인클로저(200)에 연결하며, 테더는 적어도 일부가 전도성이 아니다. 테더(1100)가 인클로저(200)로부터 부력 몸체(702)를 전기적으로 격리시키기 때문에, 부력 몸체(702) 또는 부력 몸체(702) 근처의 테더(1100)와의 근접 또는 접촉은 부력 몸체(702)와 인클로저(200) 사이에 전기적 연결을 형성하지 않을 것이다. 즉, 테더(1100)의 적어도 일부분 또는 섹션은 부력 몸체(702)와 인클로저(200) 사이의 전기 에너지의 전송을 방지하기에 충분히 비전도성이다. 부력 몸체(702)는 전술된 것과 유사하다. 테더(1100)가 비전도성 액체 에너지 물질(12) 내에 완전히 침지된 구성에서, 테더(1100)는 전도성이 아닌 부분을 가질 필요가 없을 수 있다.

[0129] 전기 전도성 부재(1300)는 인클로저(200) 상의 하나 이상의 영역에 전기적으로 연결되는 물체, 몸체, 플레이트, 코팅, 또는 구조물일 수 있다. 전기적 연결은, 적절한 전압 차이가 존재한다고 가정하면, 인클로저(200) 내에 그리고/또는 상에 축적된 전하의 일부, 실질적으로 전부, 또는 전부를 전기 전도성 부재(1300)와 전기 통신하는 임의의 전기 전도성 물체로 전달하기에 충분하다. 전압 차이 상쇄화 몸체(1302)는 전하가 내부로 방전될 수 있는 물체, 장치, 몸체, 플레이트, 코팅, 또는 구조물일 수 있다. 일부 배열체에서, 탱크(10) 또는 접지(30)는 전압 차이 상쇄화 몸체(1302)로서 작용할 수 있다. 전기 전도성 케이블(1304)은 상쇄화 몸체 단부(1306)와 이동식 플랫폼 단부(1308) 사이에 전기 에너지를 전송하도록 구성된 종래의 케이블일 수 있다. 실시예에서, 전기 전도성 케이블(1304)은 절연 외피(도시되지 않음)를 포함할 수 있다.

[0130] 이제 도 23을 참조하면, 전기 전도성 케이블(1304)의 이동식 플랫폼 단부(1308)를 이동식 플랫폼(100)의 인클로저(200) 상의 전기 전도성 부재(1300)로 전달하기 위한 전달 장치(1310)가 도시되어 있다. 전달 장치(1310)는 테더(1100)를 따라서 활주할 수 있는 하니스(harness), 링, 슬리브 또는 다른 적합한 활주 부재일 수 있다. 전달 장치(1310)는 이동식 플랫폼 단부(1308)를 하향으로 전기 전도성 부재(1300)로 당기기에 충분한 질량을 갖는다. 이동식 플랫폼 단부(1308)는 전기 전도성 부재(1300)에 전기적으로 연결되는 적합한 커넥터(1314)를 포함할 수 있다. 커넥터(1314)와 전기 전도성 부재(1300) 사이에 직접적인 물리적 연결, 또는 전기 통신을 허용하는 간접적인 연결이 있을 수 있다. 전기 전도성 부재(1300)는 인클로저(200)의 하나의 국소화된 영역에 전기적

으로 연결된 것으로 도시되어 있다. 그러나, 실시예에서, 전기 전도성 부재(1300)는 전하가 축적될 수 있는 인클로저(200)의 둘 이상의 분리된 영역들과 전기 통신할 수 있다. 도 22를 참조하면, 전기 전도성 케이블(1304)의 상쇄화 몸체 단부(1306)는 전압 차이 상쇄화 몸체(1302)에 전기적으로 연결되는 적합한 커넥터(1316)를 포함할 수 있다. 마찬가지로, 연결은 직접적인 물리적 연결 또는 간접적인 연결일 수 있다.

[0131] 단일 통합체로서 도시되어 있지만, 부력 몸체(702), 테더(1100), 및 전기 전도성 부재(1300)를 포함하지만 이로 제한되지 않는 기술된 장치가 둘 이상의 별개의 부분, 섹션 또는 세그먼트로 형성될 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 추가로, 앞서 논의된 바와 같이, 인클로저(200)와 같은 이동식 플랫폼(100)의 구성요소는 둘 이상의 별개의 인클로저들로 형성될 수 있다.

[0132] 더욱이, 도 11a, 도 11b 및 도 19의 회수 모듈(700)의 일부 변형예는 액체 에너지 물질(12) 내에서 부력을 갖도록 구성된 일차 테더(1100)를 포함한다. 예를 들어, 일차 테더(1100)는 일차 테더(1100)가 액체 에너지 물질(12) 내에서 확실히 부력을 갖게 만드는 하나 이상의 재료를 포함할 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 일차 테더(1100)는 일차 테더(1100)의 길이를 따라서 분포된 부력 몸체들을 포함할 수 있다. 그러한 변형예에서, 부력 몸체(702)는 일차 테더(1100)와 일체로 간주된다.

[0133] 도 24는 도 22 및 도 23의 회수 시스템(1001)을 채용하는 본 발명에 따른 회수 방법(1400)의 비제한적인 실시예를 예시한다. 방법(1400)은 탱크(10)가 비전도성 에너지 물질(12, 14)로 적어도 부분적으로 충전될 때 특히 유용할 수 있다. 단계(1402)에서, 회수될 이동식 플랫폼(100)은 도 22에 도시된 바와 같이 구성될 수 있다. 그러나, 방법(1400)은 본 발명에 기술되지 않은 다른 이동식 장치를 회수하는 데 사용될 수 있다.

[0134] 단계(1404)에서, 이동식 플랫폼(100)은 배치 캐리어(50)(도 16a)를 사용하여 탱크(10) 내로 하강된다. 다른 실시예는 배치 캐리어(764 또는 780)(각각 도 11c, 도 11d) 또는 이동식 플랫폼(100)을 탱크(10) 내로 하강시키기에 적합한 다른 시스템을 사용할 수 있다. 단계(1406)에서, 인클로저(200)는 비전도성 액체 에너지 물질(12) 내에 침지된다. 둘 이상의 별개의 인클로저가 존재하는 경우, 이들 별개의 인클로저 중 단지 하나는 침지될 필요가 있다. 더욱이, 인클로저(200)는 완전히 침지되지 않아야 하며; 즉, 부분적으로 침지된 상태가 소정의 경우에 적합할 수 있다. 단계(1406) 후에, 능동형 또는 수동형 캐리어(도시되지 않음)와 같은, 이동식 플랫폼(100)과 함께 사용되는 일부 구성요소들은 침지되지 않을 수 있다는 것에 유의하여야 한다. 단계(1408)에서, 이동식 플랫폼(100)은 추진 시스템(400)을 사용하여 이동된다. 이동은 할당된 작업 또는 일부 다른 기능을 수행하는 것과 관련될 수 있다. 할당된 작업(들) 및/또는 기능(들)을 완료하는 마지막에 또는 그 부근에 있을 수 있는 단계(1410)에서, 부력 몸체(702)는 해제되어 비전도성 액체 에너지 물질(12)의 표면(1116)을 향해 테더(1100)를 전달한다.

[0135] 단계(1412)에서, 전기 전도성 케이블(1304)은 테더(1100)를 사용하여 이동식 플랫폼(100)의 전기 전도성 부재(1300)로 전달된다. 단계(1414)에서, 전기 전도성 케이블(1304)의 상쇄화 몸체 단부(1306)는 "스파크 억제 주위 조건"에서 전압 차이 상쇄화 몸체(1302)에 연결된다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 스파크 억제 조건은, 연결이 이루어지고 있는 주위 조건에서 산소 및/또는 에너지 물질이 충분히 부족하여 스파크가 에너지 물질을, 그러한 에너지 물질이 존재하는 경우, 점화하는 것을 방지하는 조건이다.

[0136] 단계(1416)에서, 전기 전도성 부재(1300)가 비전도성 액체 에너지 물질(12)의 표면(1116) 아래에 있는 동안, 전기 전도성 케이블(1304)의 이동식 플랫폼 단부(1308)는 이동식 플랫폼(100)의 전기 전도성 부재(1300)에 전기적으로 연결된다. 완전히 침지된 조건은 산소의 적합한 부족으로 인해 "스파크 억제 주위 조건"으로 간주된다.

[0137] 단계(1412, 1414, 1416)의 실행과 함께, 커넥터(1314)는 테더(1100)를 사용하여 이동식 플랫폼(100)으로 전달될 수 있고 전기 전도성 부재(1300)에 전기적으로 연결될 수 있다. 사용되는 시스템에 따라, 예시적인 방법은 회수 부재(1110)로 부력 몸체(702)를 회수하는 단계, 전기 전도성 케이블(1304)의 전기 전도성 이동식 플랫폼 단부(1308)를 테더(1100)에 부착하는 단계, 및 전기 전도성 이동식 플랫폼 단부(1308)를 테더(1100)를 따라서 이동식 플랫폼(100)으로 활주시키는 단계를 수반할 수 있다. 그 후, 전기 전도성 이동식 플랫폼 단부(1308)는 전기 전도성 부재(1300)에 전기적으로 연결된다.

[0138] 단계(1418)에서, 이동식 플랫폼(100)은 탱크(10)의 내측으로부터 외측으로 회수된다.

[0139] 변형예에서, 작업원은 먼저 이동식 플랫폼(100)과 탱크(10) 사이의 전압 차이가 미리결정된 값 미만일 때를 추정하고, 그 후에 탱크(10)의 내측으로부터 외측으로 이동식 플랫폼(100)을 회수할 수 있다. 미리결정된 값은 탱크(10) 내의 또는 그 둘레의 하나 이상의 에너지 물질을 점화시킬 수 있는 스파크를 발생시킬 수 없는 전압 차이일 수 있다. 추정치는 측정, 이론적 계산 또는 모델링, 및/또는 이력 정보에 기초할 수 있다.

[0140] 도 25a 및 도 25b는 전기 전도성 케이블(1304)을 전압 차이 상쇄화 몸체(1302) 및 전기 전도성 부재(1200)에 전기적 연결하기 위한 다른 시퀀스를 나타내는 흐름도이다.

[0141] 도 25a에서, 단계(1414, 1416)는 역순으로 수행된다. 즉, 전기 전도성 케이블(1304)의 이동식 플랫폼 단부(1308)가 전기 전도성 부재(1300)에 전기적으로 연결되는 단계(1416)는 전기 전도성 케이블(1304)의 상쇄화 몸체 단부(1306)가 전압 차이 상쇄화 몸체(1302)에 연결되는 단계(1414) 전에 수행될 수 있다.

[0142] 도 25b의 방법에서, 초기 단계는 전기 전도성 케이블(1304)의 상쇄화 몸체 단부(1306)가 전압 차이 상쇄화 몸체(1302)에 연결되는 단계(1414)이다. 다음으로, 전기 전도성 케이블(1304)이 테더(1100)를 사용하여 이동식 플랫폼(100)의 전기 전도성 부재(1300)로 전달되는 단계(1412)가 취해진다. 그 후, 전기 전도성 케이블(1304)의 이동식 플랫폼 단부(1308)가 전기 전도성 부재(1300)에 전기적으로 연결되는 단계(1416)가 취해진다. 마지막으로, 단계(1418)에서, 이동식 플랫폼(100)은 탱크(10)의 내측으로부터 외측으로 회수된다.

[0143] 도 22의 실시예와 관련하여 앞서 논의된 바와 같이, 이동식 플랫폼(100)이 전기적 격리를 생성하는 환경에서 작동될 때, 이동식 플랫폼(100)으로부터의 전하 소산의 속도는 전하 축적의 속도보다 낮을 수 있고, 이는 이동식 플랫폼(100) 상에 상응하는 양의 전하 축적을 야기할 수 있다. 도 10 및 도 26은 이동식 플랫폼(100)의 회수 전에 그리고 그 동안에 이러한 전하 축적 또는 이러한 전하 축적의 증가 속도를 감소시키고/시키거나 최소화하기 위해 전하 축적 제어 시스템(charge accumulation control system, CACS)을 사용하는 이동식 플랫폼(100)의 비제한적인 실시예를 도시한다.

[0144] 도 10의 실시예에서, 이동식 플랫폼(100)과 통신하기 위한 스위치 조립체(250)는 전력 상태들 사이에서 시프트하기, 서브시스템들을 활성화시키거나 비활성화시키기, 사전프로그래밍된 명령어들을 개시하기, 등을 하도록 구성되는 것으로 기술된다. 작동의 종료 근처에서 또는 종료 시, 스위치 조립체(250)는 이동식 플랫폼(100)을 셧다운시키는 "오프" 위치로 시프트된다. 이동식 플랫폼(100)의 셧다운은 이동식 플랫폼(100)이 탱크(10) 내측에 있는 동안 비전도성 액체 에너지 물질(12)과 비전도성 액체 에너지 물질(12)에 접촉하는 이동식 플랫폼(100)의 적어도 일부분 사이의 상대 이동을 효과적으로 정지시키고, 이동식 플랫폼(100)이 탱크(10) 내측에 있는 동안 이후에 어떠한 그러한 상대 이동도 방지하고, 또한, 이동식 플랫폼(100)이 탱크(10) 내측에 있는 동안 공급된 전력을 차단하고 이후에 이러한 공급된 전력의 재결합을 방지한다.

[0145] 도 26은 비전도성 에너지 물질(12, 14)로 적어도 부분적으로 충전된 탱크(10)와 이동식 플랫폼(100) 사이의 전하 축적을 제어하기 위한 다른 CACS(1003)를 도시한다. 이동식 플랫폼(100)은 인클로저(200), 제어 유닛(300), 추진 시스템(400), 및 전력 공급부(500)를 포함하도록 구성될 수 있다. 이들 구성요소 및 서브시스템은 이미 앞서 논의되었으며, 더 상세히 설명되지 않을 것이다. 일반적인 전력 소비자가 도면부호 1330과 함께 도시되어 있는데, 이는 제어 유닛(300), 마커 검출기(306)(도 4), 동적 센서(380)(도 13), 추진 시스템(400), 작업 모듈(600)(도 2), 및/또는 전력을 소비하는 본 명세서에 기술되지 않은 임의의 장치를 포함하지만 이에 제한되지 않는, 전력을 소비하는 임의의 장치를 나타낸다.

[0146] 이동식 플랫폼(100)은 또한 부력 몸체(702)에 연결된 테더(1010)를 갖는 회수 모듈(700)을 포함한다. 테더(1010)는 본 명세서에 기술된 테더들 중 임의의 테더 또는 임의의 다른 연결 케이블, 라인, 로프, 또는 와이어일 수 있다. 이들 구성요소 및 서브시스템의 구성은 임의의 전술된 실시예로 제한되지 않고, 예컨대 인클로저(200)는 본질적으로 안전할 필요가 없고, 이동식 플랫폼(100)은 수동형 또는 능동형 캐리어일 수 있는 캐리어(도시되지 않음)와 함께 사용될 수 있다. 또한, 둘 이상의 인클로저가 인클로저(200)를 형성할 수 있으며, 이때 이들 별개의 인클로저들 각각은 상이한 구성요소에 대한 하우징 구조물로서 작용한다. 더욱이, 다른 이동식 플랫폼은 추가 구성요소 또는 더 적은 구성요소를 포함할 수 있다. 앞서 논의된 바와 같이, 이동식 플랫폼(100)의 구성요소는 둘 이상의 별개의 구조물들로 형성될 수 있다. 따라서, 단일의 분리된 구성요소들로서 예시되지만, 인클로저(200), 제어 유닛(300), 전력 공급부(500), 및 부력 몸체(702)는 둘 이상의 별개의 부분, 구조물, 섹션, 모듈, 또는 세그먼트로 형성될 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

[0147] 전하 축적을 제어하기 위해, 이동식 플랫폼(100)은 이동식 플랫폼(100)에 작동식으로 통합될 수 있는 CACS(1003)를 포함할 수 있다. 작동식으로 통합된다는 것은, CACS(1003)가 제어 유닛(300)과 협동식으로 또는 독립적으로, 추진 시스템(400)과 같은 이동식 플랫폼(100)의 이동을 개시하는 서브시스템의 작동을 제어할 수 있고/있거나, 전력 공급부(500) 및 제어 유닛(300)과 같은 서브시스템에 의해 각각 전력의 전달 또는 이용을 제어할 수 있다는 것을 의미한다. CACS(1003)는 제어 유닛(300)의 구성요소 또는 모듈, 또는 구조적으로 그리고 기능적으로 분리된 장치일 수 있다.

[0148] 일 실시예에서, CACS(1003)는 이동식 플랫폼(100) 상의 전하의 축적을 제어하도록 구성될 수 있다. 전하 축적의 증가 속도를 감소시키거나 축적된 전하의 총량을 감소시키기 위해 제어가 가해질 수 있다. CACS(1003)는 작동 동안 사전프로그래밍될 수 있고/있거나 획득될 수 있는, 처리된 데이터에 기초하여 제어 신호를 전송하기 위해 적합한 알고리즘, 애플리케이션, 또는 프로그램으로 프로그래밍된 마이크로프로세서 및 회로부를 포함할 수 있다. 데이터는 작동 지속시간, 소비된 전력의 양, 이동에 소요된 시간, 획득된 데이터, 작업 완료까지의 추정된 시간 등과 같은 작동 데이터와 관련될 수 있다. 데이터는 또한 전압계와 같은 센서를 사용하여 획득될 수 있다. 사전프로그래밍된 기준에 기초하여, CACS(1003)는 이동식 플랫폼(100)에 탑재된 하나 이상의 전력 소비자 및/또는 이동식 플랫폼(100)의 이동을 제어하는 서브시스템에 제어 신호를 전송한다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "제어 신호"는 물리적 운동(예컨대, 병진, 회전 등)뿐만 아니라 에너지파(예컨대, 전기 신호, 자기 신호, 광파 등)를 포함한다.

[0149] CACS(1003)로부터의 제어 신호에 응답하여, 제어 신호(들)를 수신하는 서브시스템, 또는 "수신 서브시스템"은 더 적은 전력을 사용하는 작동 상태로 시프트된다. 더 낮은 에너지 상태에서 작동함으로써, 이동식 플랫폼(100) 상의 전하 축적의 증가 속도는 정지되거나, 감소되거나, 반전될 수 있다. 제어 신호는 또한 수신 서브시스템이 더 높은 전력 소비를 필요로 하는 작동 상태로 복귀하지 않게 할 수 있다. 예를 들어, 제어 신호는 수신 서브시스템에게 미리결정된 한계를 초과하는 전력을 필요로 하는 작동 상태 또는 이전 작동 상태로 복귀하지 않도록 명령할 수 있다. 도 10의 실시예와 관련하여 언급된 바와 같이, 제어 신호는 이동식 플랫폼(100)이 탱크(10) 내에 있는 동안 신호/전력 전달을 방지하기 위해 전기 회로를 물리적으로 재구성할 수 있다.

[0150] CACS(1003)는 또한 전하 축적 제어가 발생하고 있거나 미리결정된 기간 후에 발생할 것이라는 표시를 제공하도록, 즉 CACS(1003)의 활성화 상태의 표시를 제공하도록 구성될 수 있다. 일 배열체에서, CACS(1003)는 부력 몸체(702)를 해제하여 활성화 상태의 표시를 제공한다. 작업원 및/또는 기계는 시각적으로 또는 청각 신호, 광 신호, 진동 등에 대한 모니터링과 같은 다른 방법에 의해 부력 몸체(702)의 존재를 검출할 수 있다. 도 10의 실시예에서, 스위치 조립체(250)의 작동은 부력 몸체(702)를 해제시키는 동시에 전체 이동식 플랫폼(100)을 비작동 상태로 시프트한다. 따라서, 비전도성 액체 에너지 물질(12)의 표면(1116)에서 또는 그를 향한 부력 몸체(702)의 존재는 이동식 플랫폼(100)이 비작동 상태에 있다는 것을 작업원 및/또는 기계에게 나타낸다. 부착된 테더(1010) 및 부력 몸체(702)의 표면(1116)에 있는 또는 그를 향하는 위치는 은선으로 도시되어 있다. 변형예에서, 부력 몸체(702)는 전하 축적 제어가 일어나기 전에 해제될 수 있다. 그러한 경우에, 부력 몸체(702)의 존재는 미리결정된 시간 지연(예를 들어, 10분, 30분, 1시간 등) 또는 다른 측정가능 파라미터(예를 들어, 정지)의 만료 후에 전하 축적 제어가 일어날 것이라는 것을 나타낸다. 다른 변형예에서, 부력 몸체(702)는 전하 축적 제어가 개시된 후에 해제될 수 있다. 이러한 경우에, 부력 몸체(702)의 존재는 전하 축적 제어가 현재 일어나고 있다는 것을 나타낸다.

[0151] 따라서, 탱크(10) 내측의 해제된 부력 몸체(702)의 존재를 검출함으로써, 작업원은 이동식 플랫폼(100) 상의 전하 축적의 크기를 추정할 수 있고, 전하 축적의 추정된 크기가 미리결정된 값 미만인 후에 이동식 플랫폼을 회수할 수 있다. 상황에 따라, 해제된 부력 몸체(702)의 존재는 전하 축적의 크기가 미리결정된 값 미만이라는 것을, 또는 해제된 부력 몸체(702)의 존재가 검출된 후 미리결정된 지속시간의 만료 후에 전하 축적의 크기가 미리결정된 값 미만일 것이라는 것을 나타낼 수 있다. 미리결정된 값은 탱크(10) 내의 또는 그 둘레의 하나 이상의 에너지 물질을 점화시킬 수 있는 스파크를 발생시킬 수 없는 전압 차이일 수 있다. 추정치는 측정, 실험실 시험, 현장 시험, 이론적 계산 또는 모델링, 및/또는 이력 정보에 기초할 수 있다.

[0152] 도 26을 참조하면, 일부 실시예에서, CACS(1003)는 또한 전하 소산기(dissipater)(1500) 및 액추에이터(1502)를 포함할 수 있다. 전하 소산기(1500)는 이동식 플랫폼(100) 상에 축적된 전하를 전압 차이 상쇄화 몸체(1504)로 방출하도록 구성된다. 전하 소산기(1500)는 인클로저(200)의 하나의 국소화된 영역에 전기적으로 연결된 것으로 도시되어 있다. 그러나, 실시예에서, 전하 소산기(1500)는 전하가 축적될 수 있는 인클로저(200)의 둘 이상의 분리된 영역들과 전기 통신할 수 있다. 전압 차이 상쇄화 몸체(1504)는 탱크(10), 비전도성 액체 에너지 물질(12), 및/또는 탱크(10) 내측에 위치된 물체(1506)일 수 있다. CACS(1003)에 의해 활성화될 때, 액추에이터(1502)는 전하 소산기(1500)를 연장시키거나, 낙하시키거나, 노출시키거나, 달리 전압 차이 상쇄화 몸체(1504)와 전기적으로 결합한다. 이러한 전기적 연결은 이동식 플랫폼(100) 상의 전하 축적을 감소시킬 수 있고, 그에 의해 이동식 플랫폼(100)과 전압 차이 상쇄화 몸체(1504) 사이의 전압 차이를 감소시킬 수 있다.

[0153] 도 27은 CACS(1003)를 채용하는 본 발명에 따른 회수 방법(1600)의 비제한적인 일 실시예의 흐름도를 예시한다. 단계(1602)에서, 회수될 이동식 플랫폼(100)은 도 27에 도시된 바와 같이 구성될 수 있다. 그러나, 방법(160

0)은 본 발명에 기술되지 않은 다른 이동식 장치를 회수하는 데 사용될 수 있다.

[0154] 단계(1604)에서, 이동식 플랫폼(100)은 배치 캐리어(50)(도 16a)를 사용하여 탱크(10) 내로 하강된다. 다른 실시예는 배치 캐리어(764 또는 780)(각각 도 11c, 도 11d) 또는 이동식 플랫폼(100)을 탱크(10) 내로 하강시키기에 적합한 다른 시스템을 사용할 수 있다. 단계(1606)에서, 인클로저(200)는 비전도성 액체 에너지 물질(12) 내에 침지된다. 둘 이상의 별개의 인클로저가 존재하는 경우, 이들 별개의 인클로저 중 단지 하나는 침지될 필요가 있다. 더욱이, 인클로저(200)는 완전히 침지되지 않아야 하며; 즉, 부분적으로 침지된 상태가 소정의 경우에 적합할 수 있다. 인클로저(200)가 비전도성 액체 에너지 물질(12) 내에 완전히 침지될 필요는 없는데; 즉, "침지된"은 전체 인클로저(200)가 비전도성 액체 에너지 물질(12) 내에 잠기는 것을 의미하지 않는다는 것을 이해하여야 한다. 단계(1606) 후에, 능동형 또는 수동형 캐리어(도시되지 않음)와 같은, 이동식 플랫폼(100)과 함께 사용되는 일부 구성요소들은 침지되지 않을 수 있다는 것에 유의하여야 한다. 단계(1608)에서, 이동식 플랫폼(100)은 탱크(10)에서 하나 이상의 작업을 수행하는 데 사용된다. 단계(1610)에서, 비전도성 액체 에너지 물질(12)의 표면(1116)을 향해 부력 몸체(702)를 해제함으로써 CACS(1003)의 활성화 상태가 표시된다. 단계(1612)에서, CACS(1003)는 이동식 플랫폼 상의 전하의 축적을 제어한다. 단계(1614)에서, 이동식 플랫폼(100)은 탱크(10)의 내측으로부터 외측으로 회수된다.

[0155] 도 28은 전하 축적 제어 및 그러한 제어 활동의 표시의 단계들을 반전시키는 방법을 도시한다. 구체적으로, 전하 축적 제어 단계(1612)는 부력 몸체(702)를 해제하는 단계(1610) 전에 일어난다. 앞서 언급된 바와 같이, 두 단계는 또한 동시에 일어날 수 있다.

[0156] 도 29는 전하 축적 제어 단계(1612) 동안 수행될 수 있는 단계들의 상세사항들을 나타내는 흐름도이다. 단계(1616, 1618, 1620)는 전하 축적의 증가 속도를 감소시키거나, 축적된 전하의 레벨을 유지하거나, 축적된 전하량을 감소시키려는 것으로 의도된다. 단계(1616, 1618)는 이들 단계의 수행이 전하 축적에 기여하는 공급원을 제어하지만, 이동식 플랫폼(100) 상에 축적된 전하를 제어하지 않는다는 점에서 "수동형"으로 간주될 수 있다. 단계(1620)는 이러한 단계의 수행이 이동식 플랫폼(100) 상의 축적된 전하의 크기를 변경시킨다는 점에서 "능동형"으로 간주될 수 있다. 이들 단계는 독립적으로 또는 임의의 조합으로 함께 취해질 수 있다. 단계(1616)에서, 제어 신호들 또는 작동의 일부 형태는 전하 축적에 기여하는 이동을 감소시키거나 정지시킨다. 단계(1618)에서, 제어 신호들 또는 작동의 일부 형태는 전하 축적에 기여하는 전력 사용을 감소시키거나 정지시킨다. 단계(1616, 1618) 둘 모두의 경우, 이동식 플랫폼(100) 외부에 있는 입력에 의해 작용되지 않는 한, 이전 크기의 이동 또는 전원 사용으로의 복귀가 방지된다. 즉, 이동식 플랫폼(100) 외부에 있는, 사람 또는 기계이든, 관련자는 조치, 예를 들어, 신호의 전송 또는 일부 형태의 스위치 또는 다른 액추에이터의 조작을 취하여, 이전 크기의 이동 또는 전력 사용으로의 복귀를 허용하여야 한다. 단계(1620)에서, 전하 소산기(1500)는 이동식 플랫폼(100) 상의 축적된 전하의 일부 또는 전부를 전압 차이 상쇄화 몸체(1504) 내로 방출하도록 작동된다.

[0157] 전술된 실시예 및 관련 방법이 본 발명의 일부 실시예의 단지 예시라는 것이 강조된다. 다른 시스템 및 관련 방법은 이동식 플랫폼과 함께 능동형 캐리어를 사용할 수 있고, 본질적으로 안전한 인클로저를 사용하지 않고도 2 내지 도 29와 관련하여 기술된 하나 이상의 특징부를 포함할 수 있다.

[0158] "전도성" 또는 "전기 전도성"은 미터당 100 마이크로지멘스 초과의 전기 전도도를 의미한다.

[0159] 2개의 물체를 "전기적으로 격리시키는 것"은 2개의 물체 사이의 전기 저항이 1 메가옴을 초과하는 것을 의미한다.

[0160] "전하 축적" 또는 "전기 전하 축적"은 2개의 물체 사이에서 증가하는 양의 또는 음의 전압 차이를 야기하는 2개의 물체 사이의 전자의 교환을 의미한다.

[0161] "전하 소산"은 2개의 물체 사이에서 감소하는 양의 또는 음의 전압 차이를 야기하는 2개의 물체 사이의 전자의 교환을 의미한다.

[0162] "전도성이 아닌" 또는 "전기적으로 아닌"은 미터당 100 마이크로지멘스 이하의 전기 전도도를 의미한다.

[0163] "에너지 물질"은 점화 또는 연소(burning)의 위험에 있는 것으로 간주되는 임의의 물질이다. 소정 응용예에서, 에너지 물질은 하기 특성 중 하나 이상을 갖는다: (i) 700℃ 이하의 자동 점화 온도(Autoignition Temperature, AIT), (ii) 150℃ 이하의 인화점, (iii) 1.5 mJ 이하의 최소 점화 에너지(Minimum Ignition Energy, MIE), 및/또는 (iv) 1.5 이하의 최소 점화 전류비(Minimum Ignition Current Ratio, MICR).

[0164] AIT는 가열 또는 피가열 요소와 무관하게 물질의 자가 지속 연소(self-sustained combustion)를 개시하거나 야

기하는 데 요구되는 최소 온도이다. 인화점은 액체가 표준 대기 조건에서 액체의 표면 근처의 공기와 점화가능한 혼합물을 형성하기에 충분한 농도로 증기를 발산하는 최소 온도이다. MIE는 가스 또는 증기의 가장 용이하게 점화가능한 혼합물을 점화시키기 위해 용량성 스파크 방전으로부터 요구되는 최소 에너지이다. MICR은 가스 또는 증기의 가장 용이하게 점화가능한 혼합물을 점화시키기 위해 유도 스파크 방전으로부터 요구되는 최소 전류를, 동일한 시험 조건 하에서 메탄을 점화시키기 위해 유도 스파크 방전으로부터 요구되는 최소 전류로 나눈 비이다. MESG는, 내부 가스 혼합물이 점화될 때 그리고 표준 대기 조건 하에 있을 때, 공기 중의 시험된 가스 또는 증기의 모든 농도에 대해, 25 ㎜(984 밀) 길이의 조인트를 통해 전파되는 화염에 의한 외부 가스 혼합물의 점화를 방지하는 시험 장치의 내부 챔버의 2개의 부분들 사이의 조인트의 최대 갭이다.

[0165] 에너지 물질은 먼지, 미립자, 슬러리, 고체, 액체, 증기, 가스, 및 이들의 조합일 수 있다. 에너지 물질의 예에는 석탄 분진, 탄화수소 액체, 연료 오일, 및 가솔린이 포함되지만 이로 제한되지 않는다.

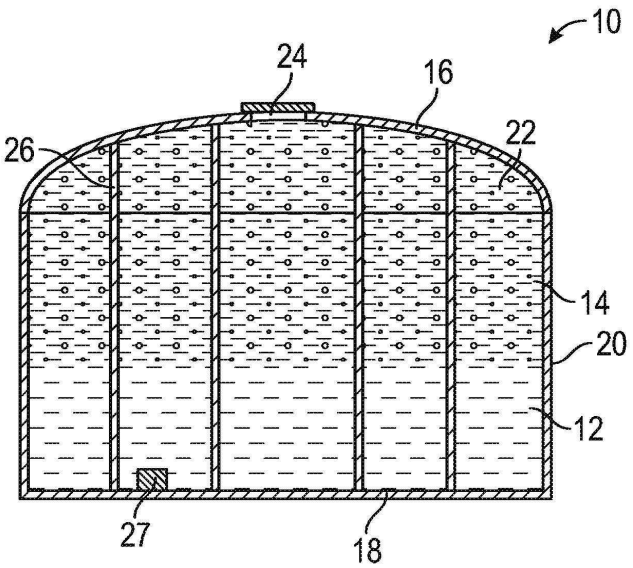
[0166] "연소"는 에너지 물질이 점화될 때 일어나는 화학 반응이다. 연소는 발화(combustion), 폭발(explosion), 기폭(detonations), 및 폭연(deflagrations)을 포함한다. "점화하다", "점화된", 및 "점화하는"은 화학 반응을 시작하기에 충분한 양의 에너지를 에너지 물질에 인가하는 것을 의미한다. "스파크"는 에너지 물질을 점화시키는 데 적어도 충분한 에너지를 갖는 열 이벤트(thermal event)이다. 용어 "열 이벤트"는 스파크, 및 폭발에 의해 야기되는 스파크를 포함한다. "가연성" 물질은 점화될 때 열 및 광을 생성하는 화학적 변화를 겪는 물질이다. "화염성" 물질은, 점화되고 점화된 경우 공기 중에서 계속 연소되는 기체, 액체 또는 고체이다.

[0167] 본 교시내용은 지상 또는 지하 어디든, 탱크 검사 외에 다양한 산업 및 용도에 용이하게 적용될 수 있다는 것을 강조한다. 따라서, 기술된 시스템 및 방법은 단지 본 발명의 발전이 어떻게 구현될 수 있는지의 예시적인 것이다. 예를 들어, 본 발명에 따른 이동식 플랫폼은 바지선, 탱커, 철도 차량, 또는 선박에 의해 운반되는 저장유닛 및 컨테이너와 관련하여 사용될 수 있다.

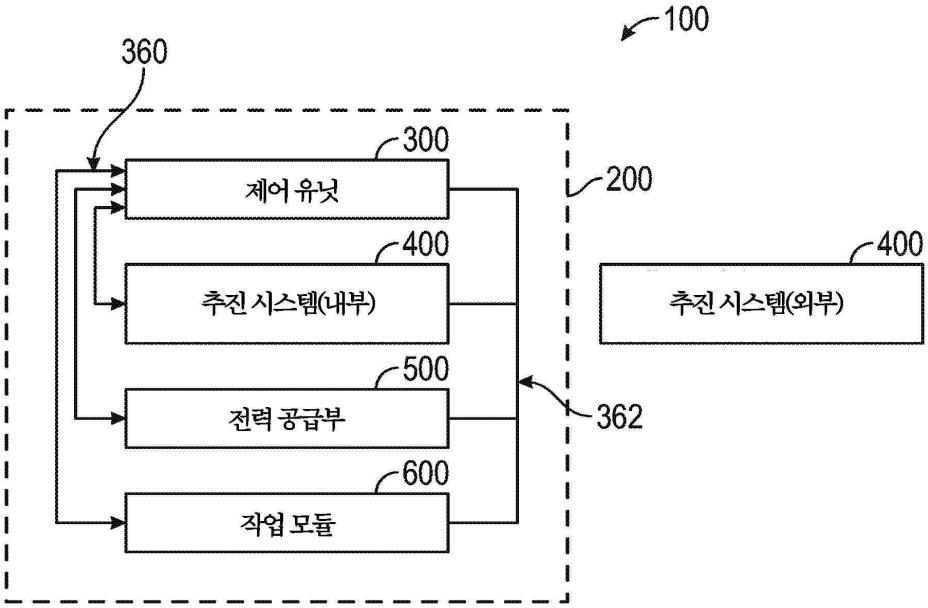
[0168] 전술한 설명은 예시 및 설명을 위한 본 발명의 특정 실시예에 관한 것이다. 그러나, 전술된 실시예에 대한 많은 변형 및 수정이 본 발명의 범주로부터 벗어나지 않고서 가능하다는 것은 당업자에게 명백할 것이다. 따라서, 하기의 청구범위는 모든 그러한 변형 및 수정을 포함하도록 해석되어야 하는 것으로 의도된다.

도면

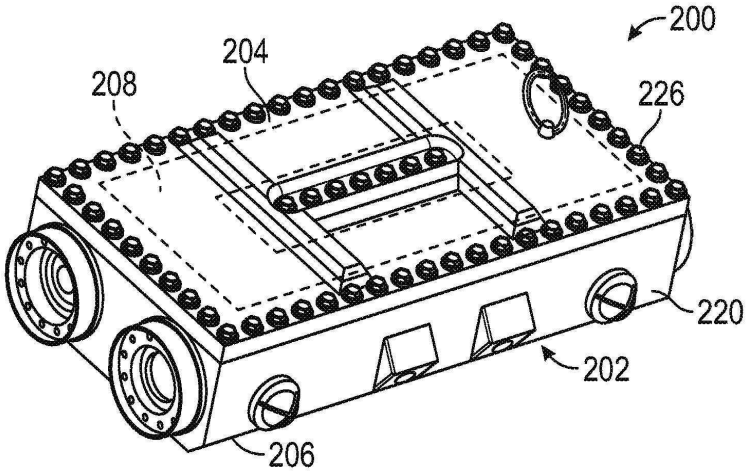
도면1



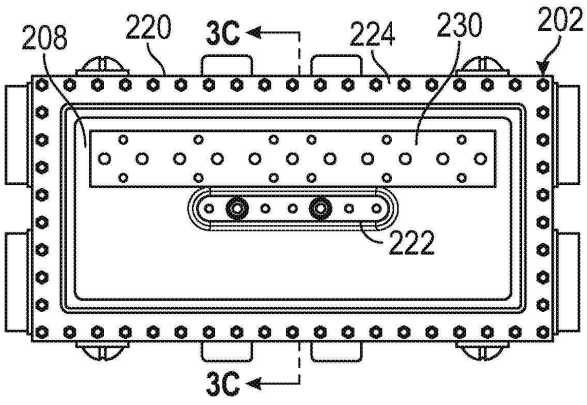
도면2



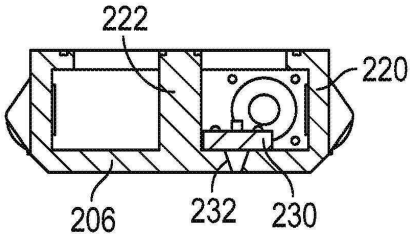
도면3a



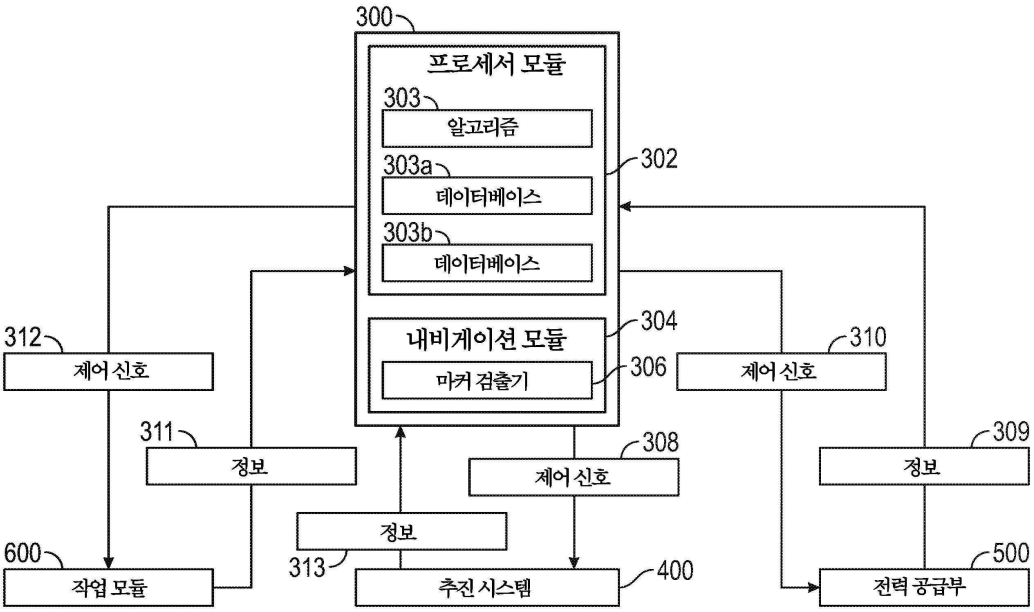
도면3b



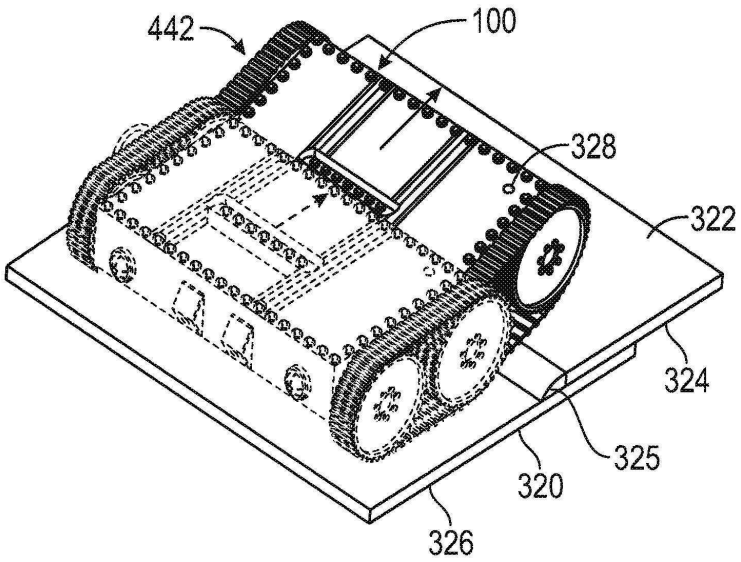
도면3c



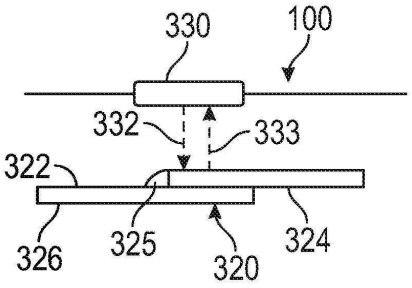
도면4



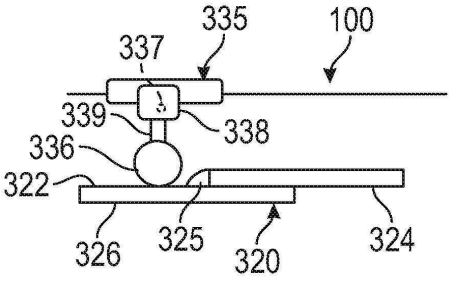
도면5a



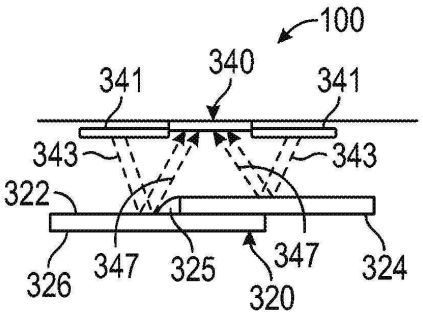
도면5b



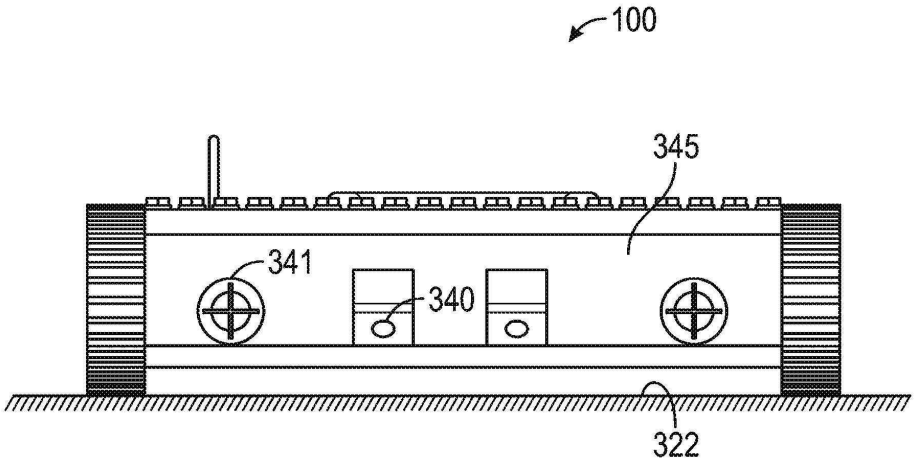
도면5c



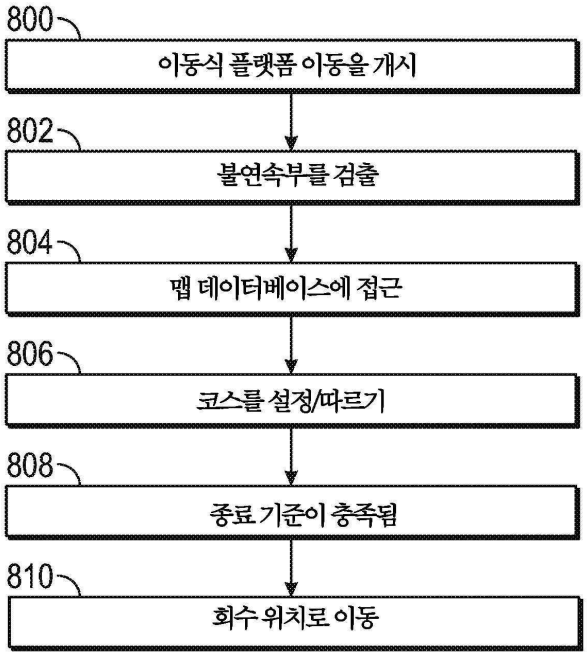
도면5d



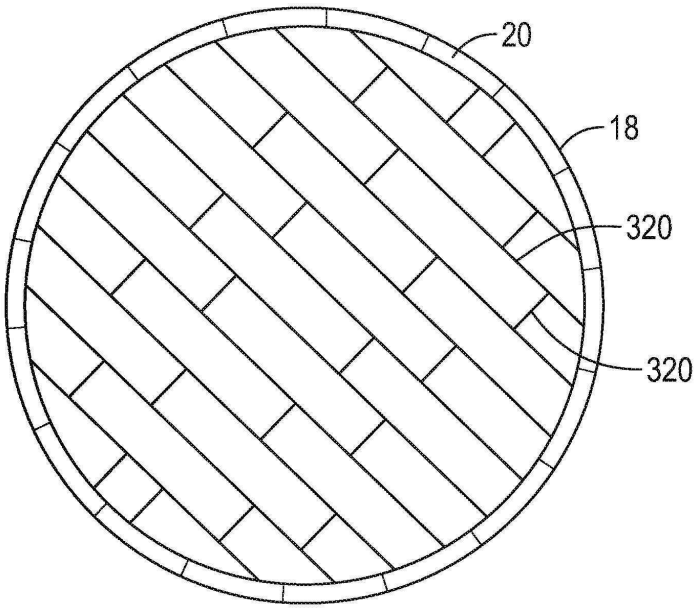
도면5e



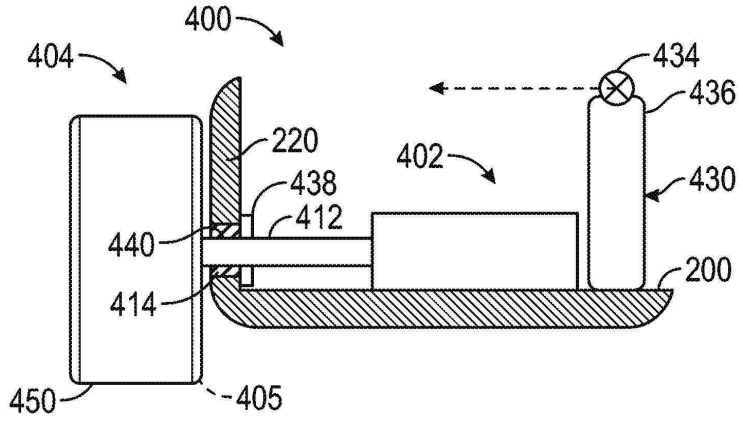
도면6a


800
이동식 플랫폼 이동을 개시
802
불연속부를 검출
804
맵 데이터베이스에 접근
806
코스를 설정/따르기
808
종료 기준이 충족됨
810
회수 위치로 이동

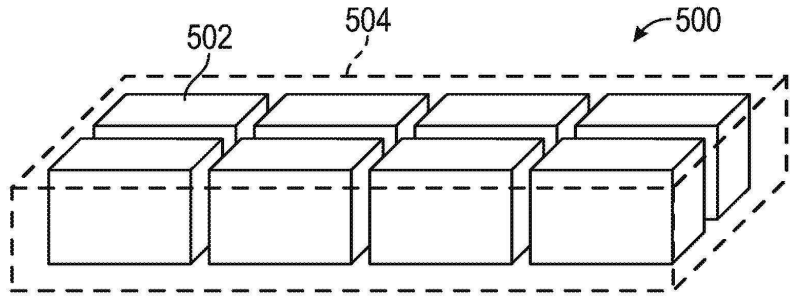
도면6b


20
18
320
320

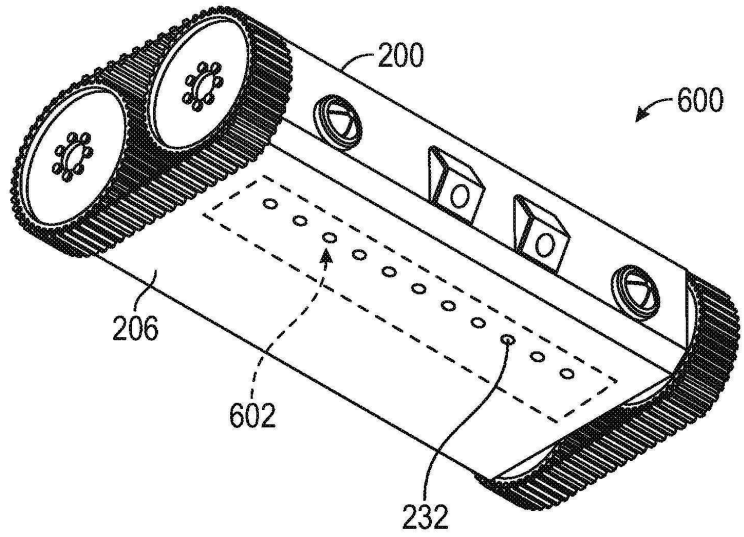
도면7



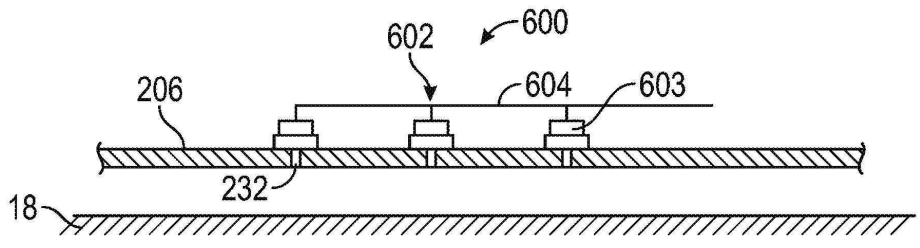
도면8



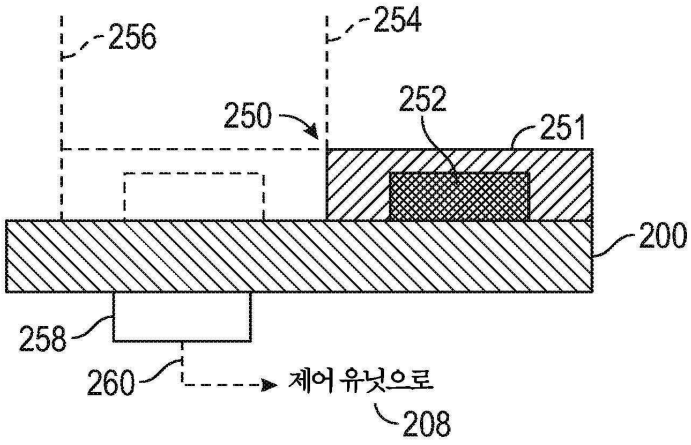
도면9a



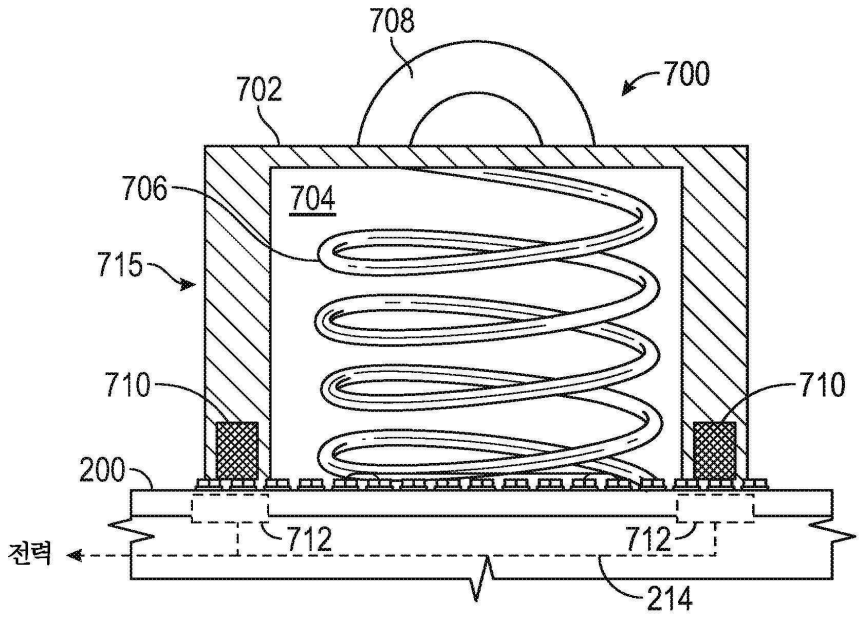
도면9b



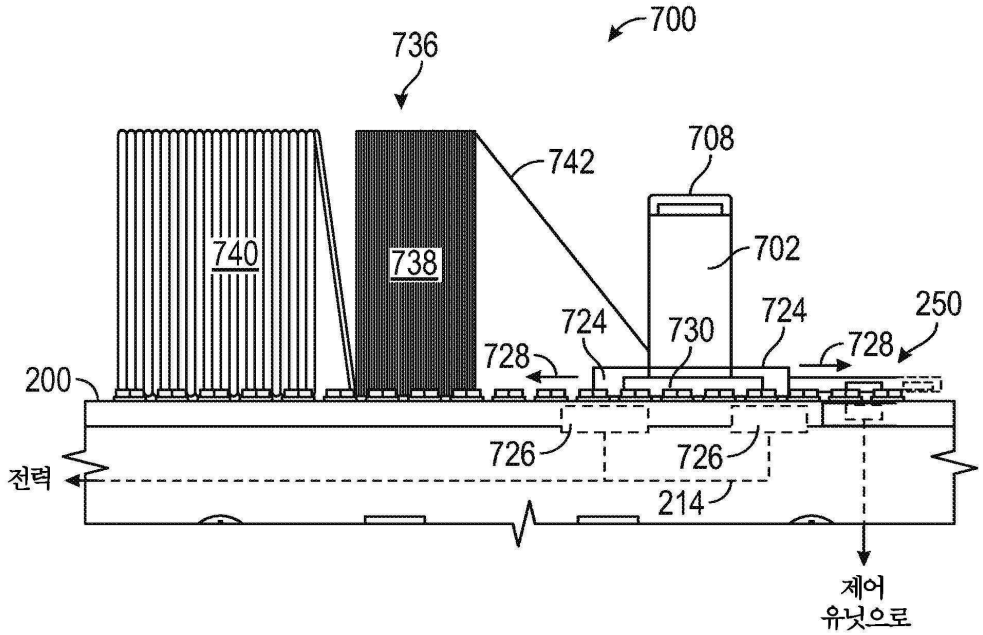
도면10


256
254
250
252
251
200
258
260
제어 유닛으로
208

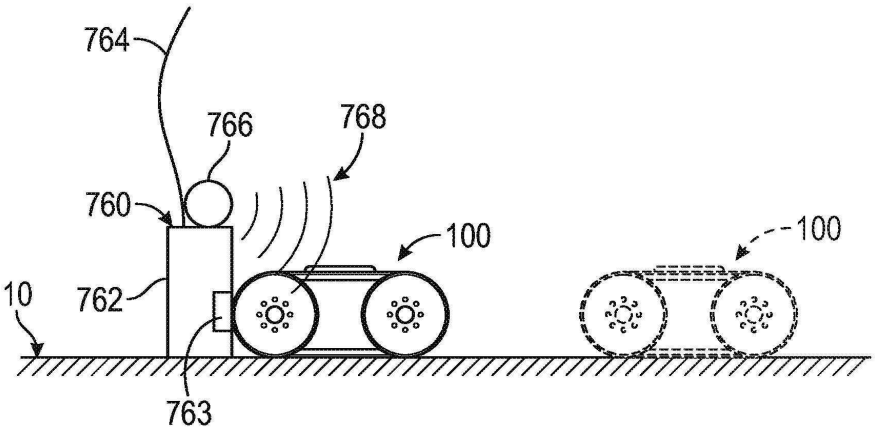
도면11a


708
700
702
706
704
715
710
710
200
712
712
전력
214

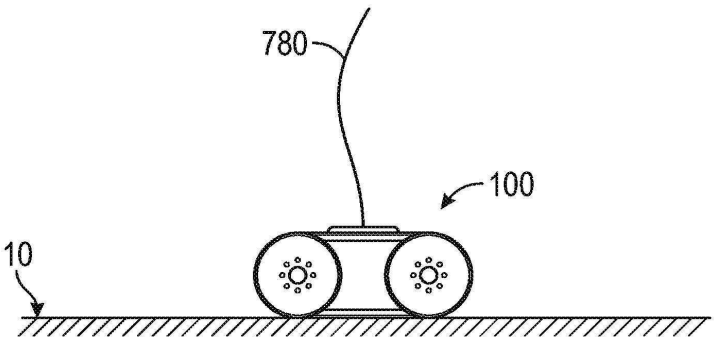
도면11b



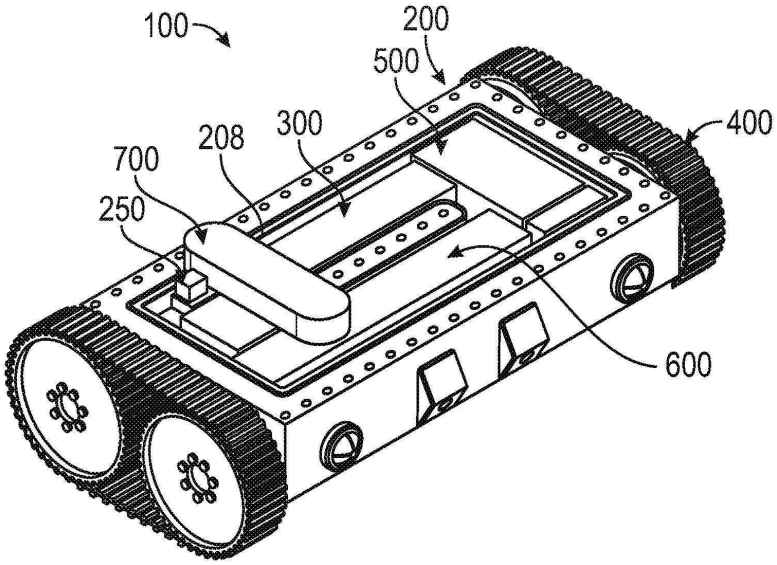
도면11c



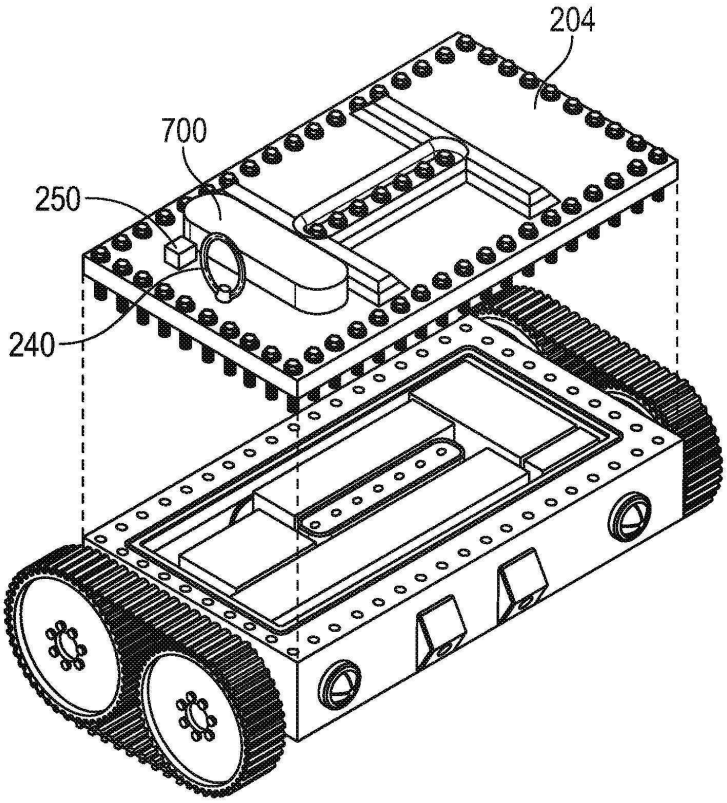
도면11d



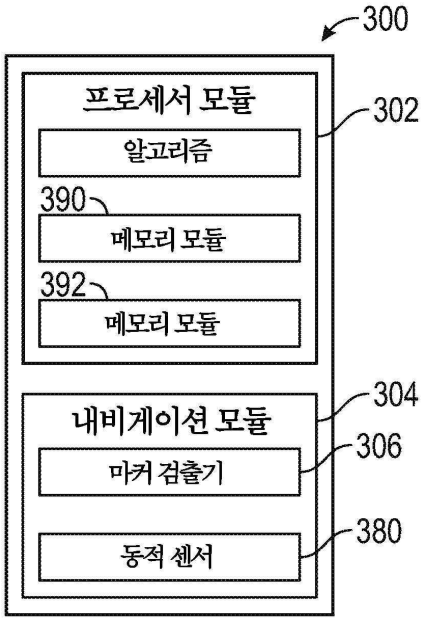
도면12a



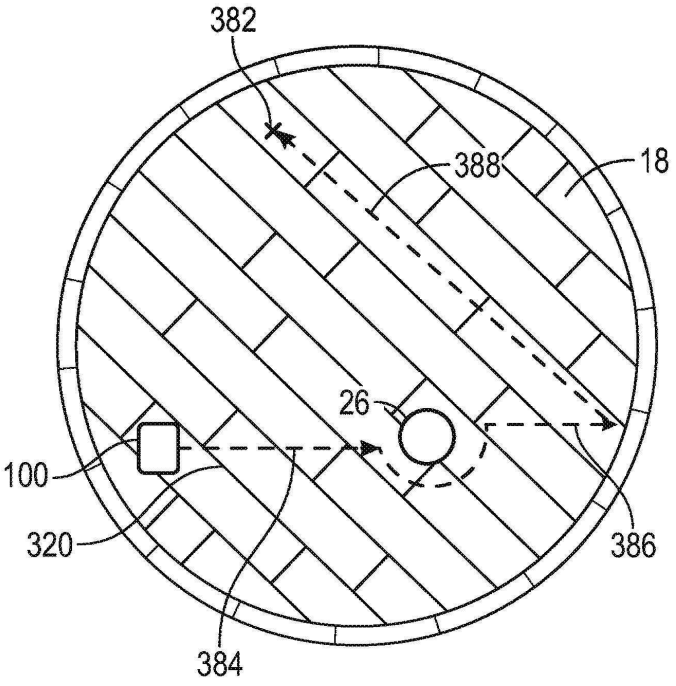
도면12b



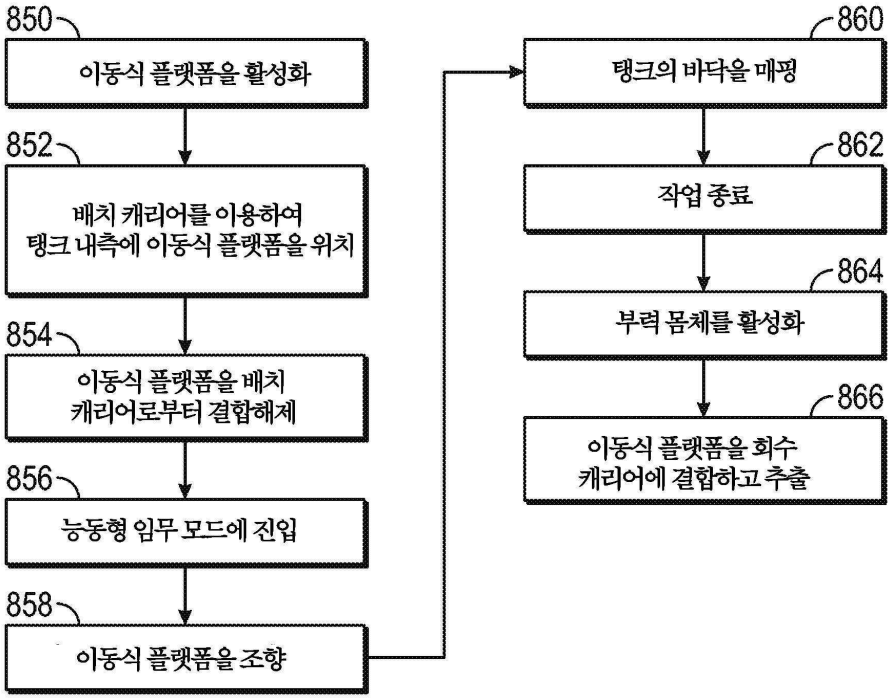
도면13


300
프로세서 모듈
302
알고리즘
390
메모리 모듈
392
메모리 모듈
304
내비게이션 모듈
306
마커 검출기
380
동적 센서

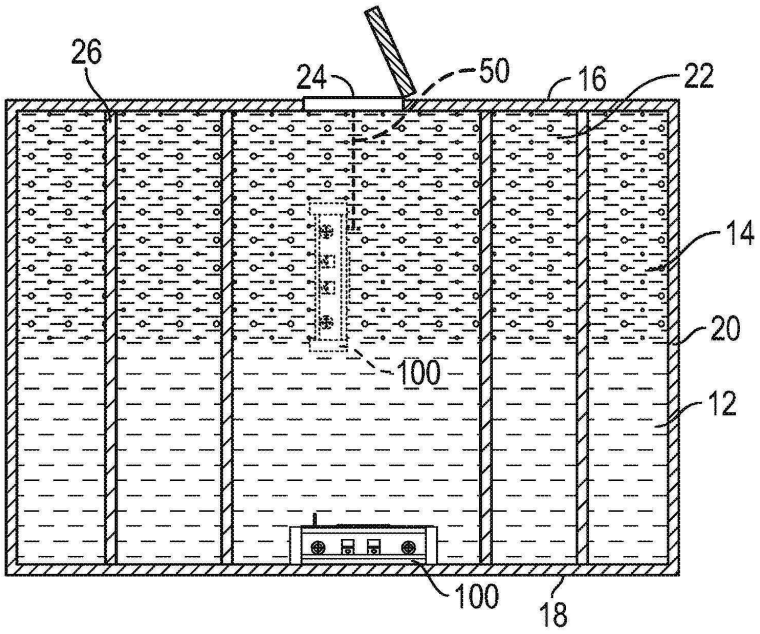
도면14


382
388
18
26
100
320
386
384

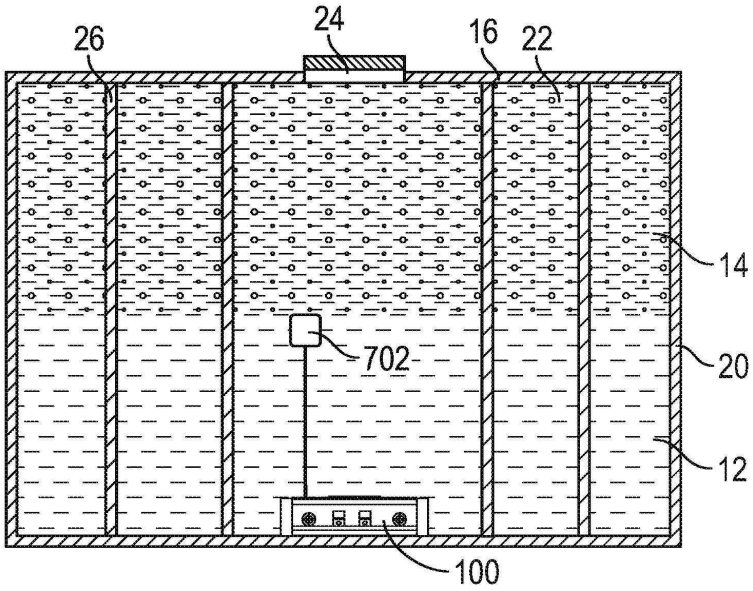
도면15


850
이동식 플랫폼을 활성화
852
배치 캐리어를 이용하여
탱크 내측에 이동식 플랫폼을 위치
854
이동식 플랫폼을 배치
캐리어로부터 결합해제
856
능동형 임무 모드에 진입
858
이동식 플랫폼을 조향
860
탱크의 바닥을 매핑
862
작업 종료
864
부력 몸체를 활성화
866
이동식 플랫폼을 회수
캐리어에 결합하고 추출

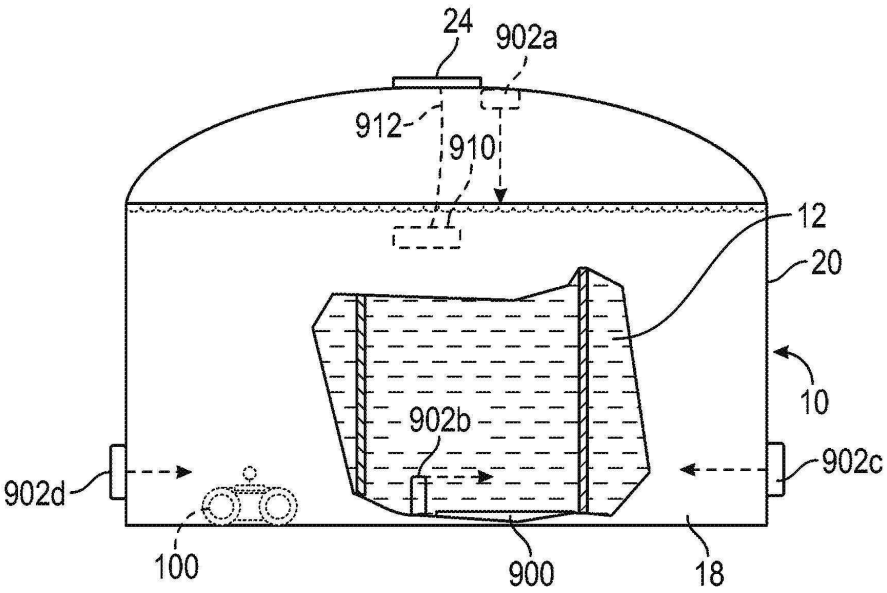
도면16a


26
24
50
16
22
14
20
12
100
100
18

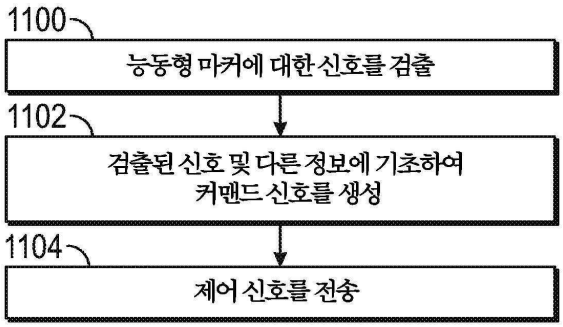
도면16b



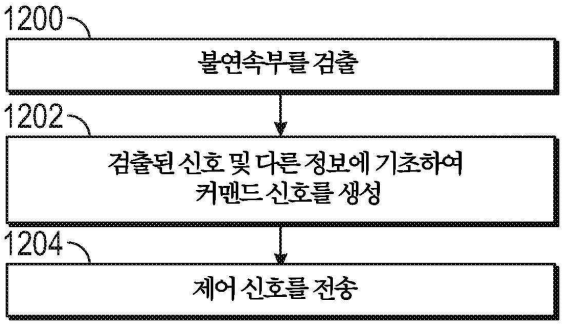
도면17



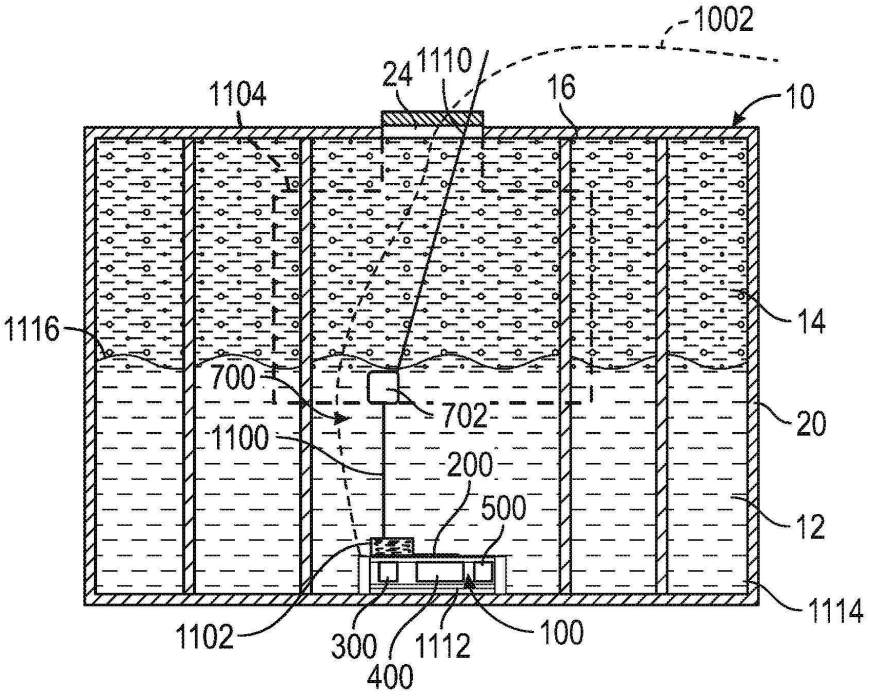
도면18a



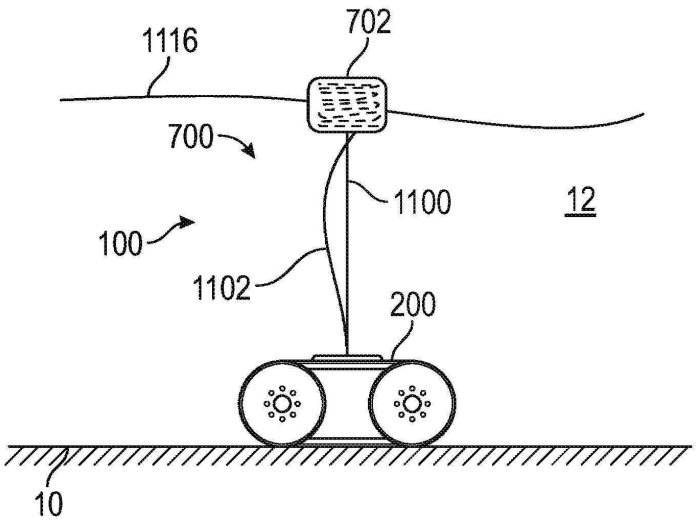
도면18b



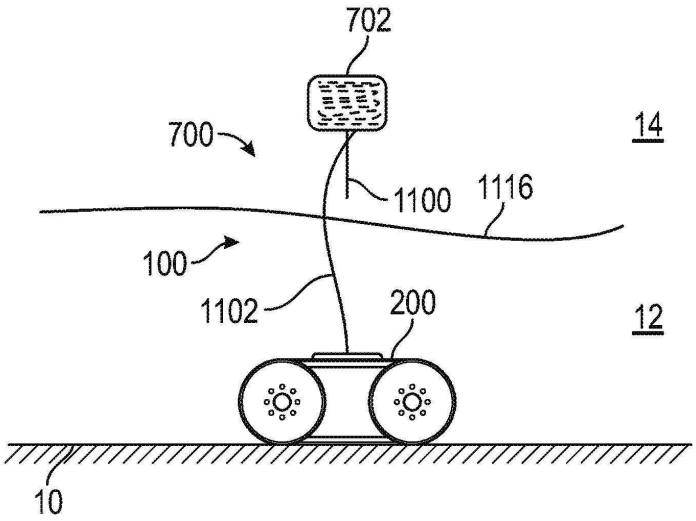
도면19



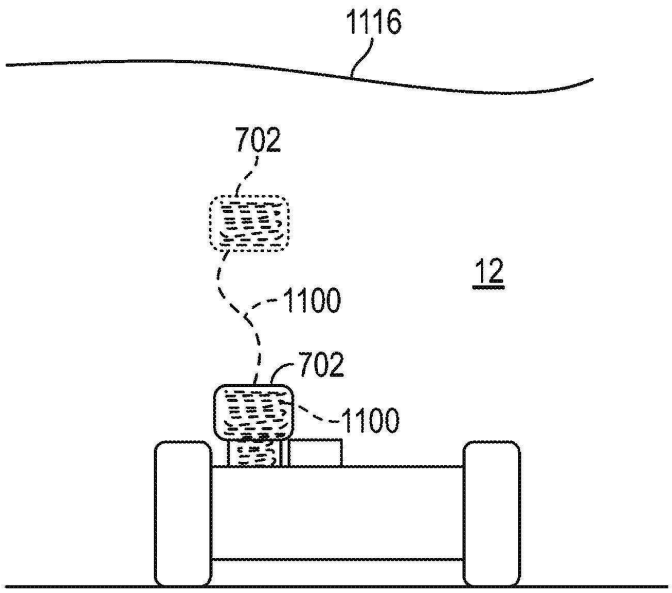
도면20a



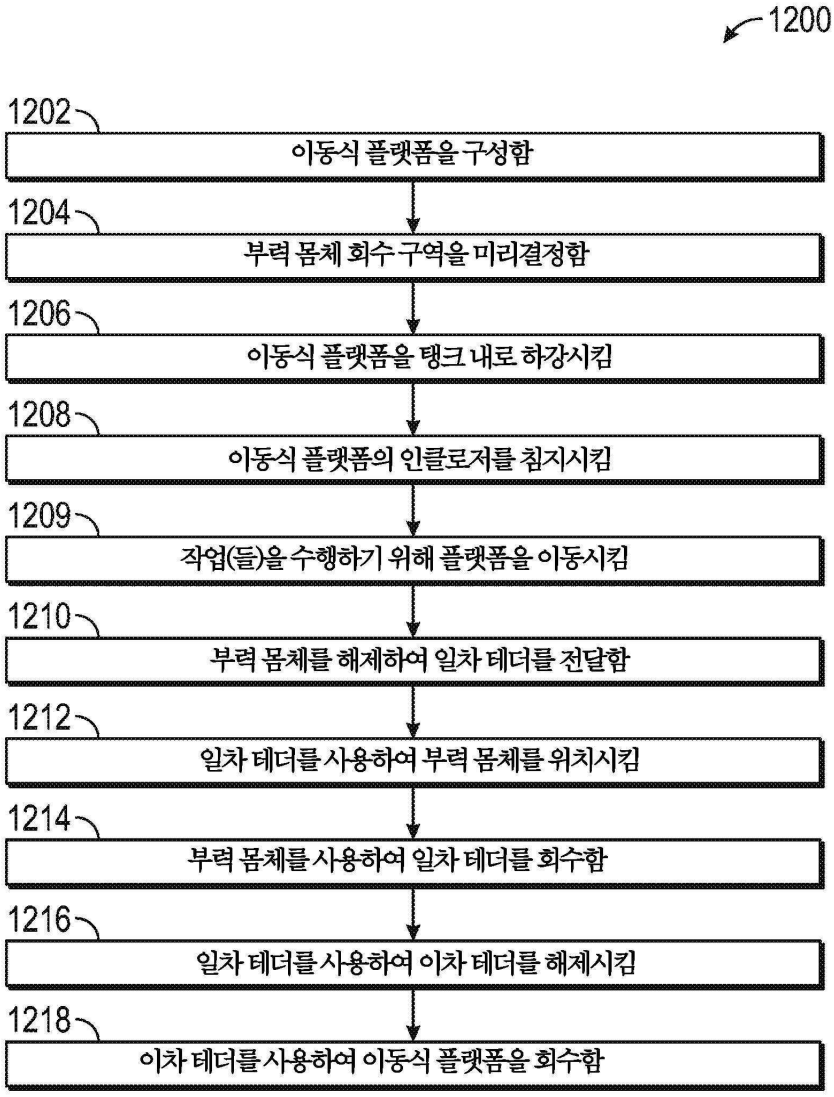
도면20b


702
700
14
1100
1116
100
1102
200
12
10

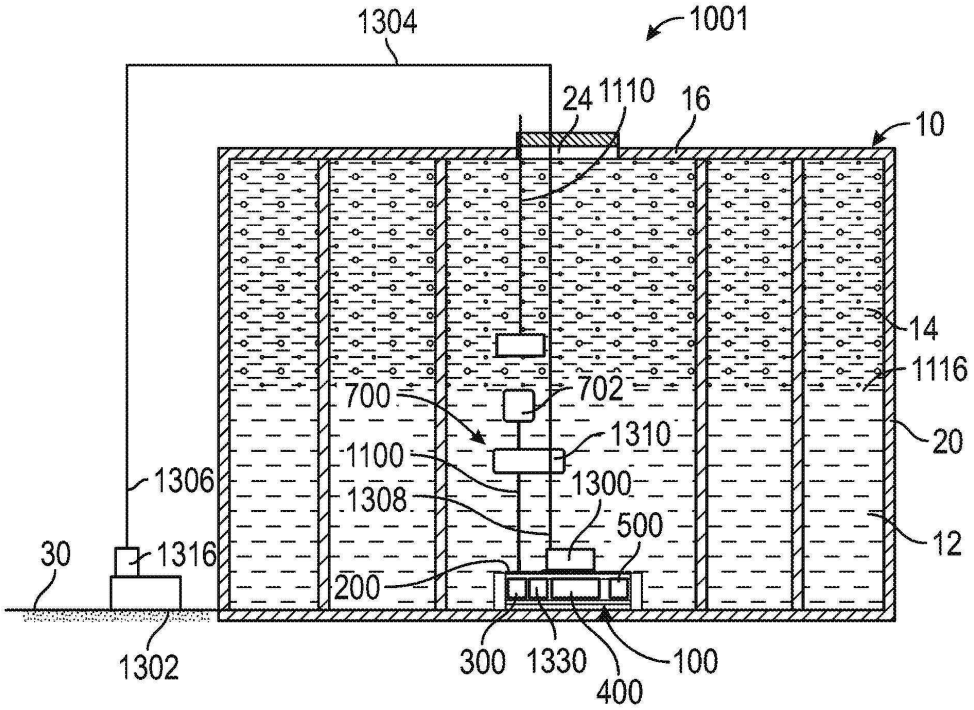
도면20c


1116
702
12
1100
702
1100

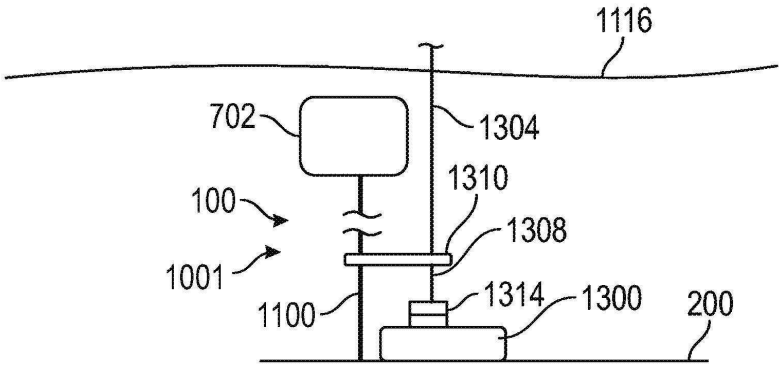
도면21


1200
1202
이동식 플랫폼을 구성함
1204
부력 몸체 회수 구역을 미리결정함
1206
이동식 플랫폼을 탱크 내로 하강시킴
1208
이동식 플랫폼의 인클로저를 침지시킴
1209
작업(들)을 수행하기 위해 플랫폼을 이동시킴
1210
부력 몸체를 해제하여 일차 데더를 전달함
1212
일차 데더를 사용하여 부력 몸체를 위치시킴
1214
부력 몸체를 사용하여 일차 데더를 회수함
1216
일차 데더를 사용하여 이차 데더를 해제시킴
1218
이차 데더를 사용하여 이동식 플랫폼을 회수함

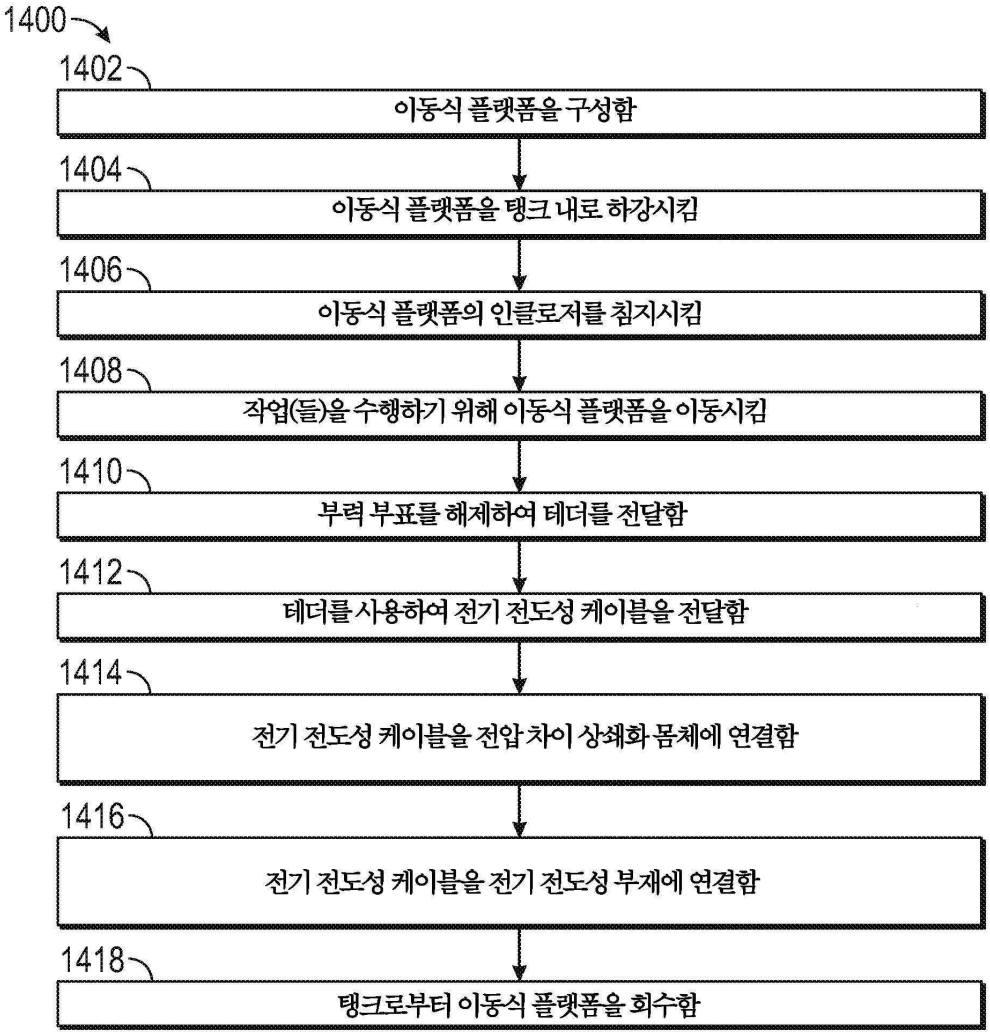
도면22


1304
1001
24
1110
16
10
14
1116
20
12
700
702
1310
1100
1300
1308
500
1306
1316
30
200
1302
300
1330
400
100

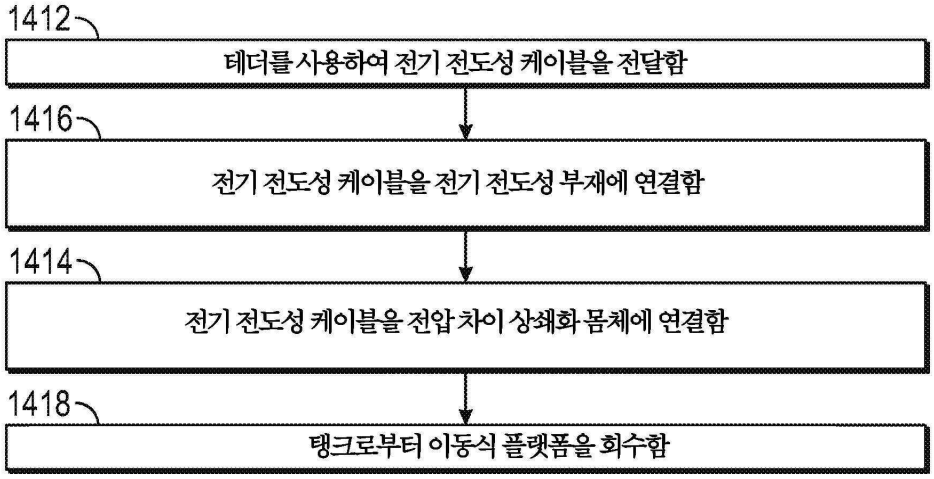
도면23


1116
702
1304
1310
100
1308
1001
1100
1314
1300
200

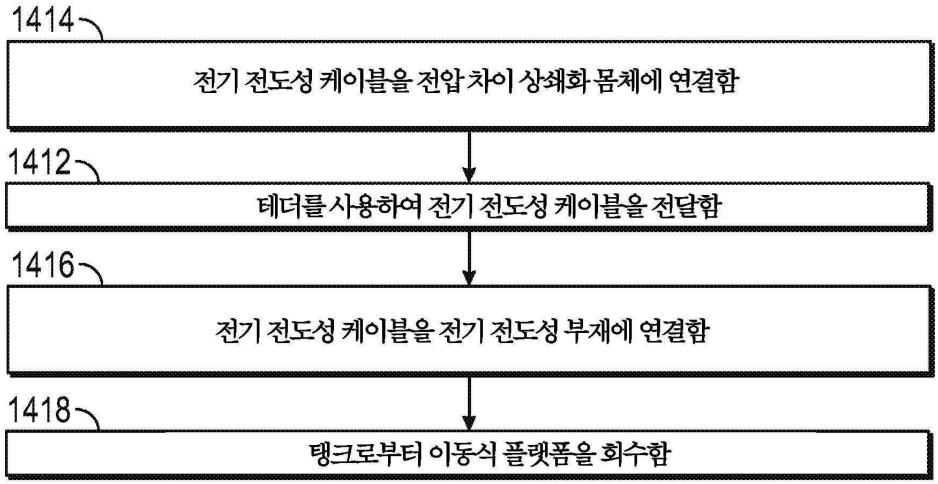
도면24


1400
1402
이동식 플랫폼을 구성함
1404
이동식 플랫폼을 탱크 내로 하강시킴
1406
이동식 플랫폼의 인클로저를 침지시킴
1408
작업(들)을 수행하기 위해 이동식 플랫폼을 이동시킴
1410
부력 부표를 해제하여 테더를 전달함
1412
테더를 사용하여 전기 전도성 케이블을 전달함
1414
전기 전도성 케이블을 전압 차이 상쇄화 몸체에 연결함
1416
전기 전도성 케이블을 전기 전도성 부재에 연결함
1418
탱크로부터 이동식 플랫폼을 회수함

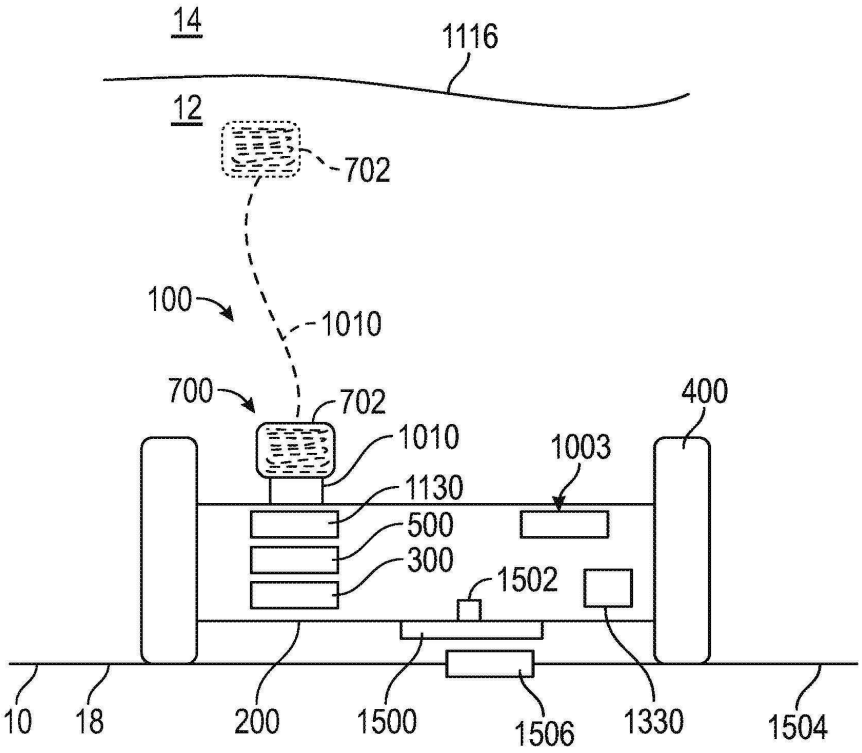
도면25a


1412
테더를 사용하여 전기 전도성 케이블을 전달함
1416
전기 전도성 케이블을 전기 전도성 부재에 연결함
1414
전기 전도성 케이블을 전압 차이 상쇄화 몸체에 연결함
1418
탱크로부터 이동식 플랫폼을 회수함

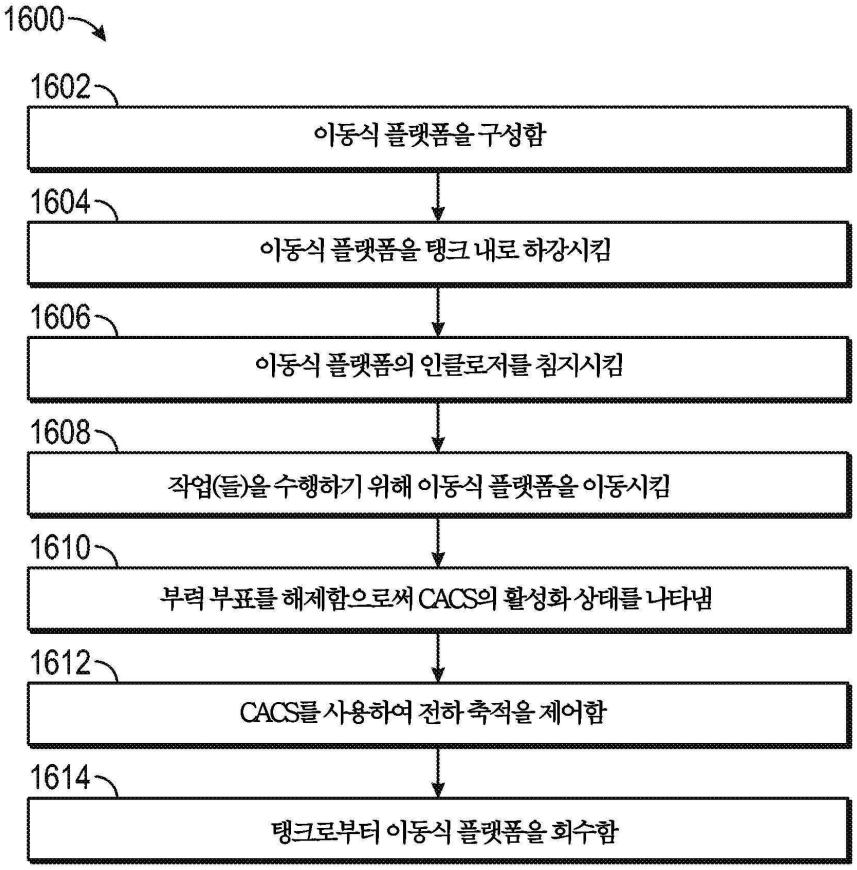
도면25b


1414
전기 전도성 케이블을 전압 차이 상쇄화 몸체에 연결함
1412
테더를 사용하여 전기 전도성 케이블을 전달함
1416
전기 전도성 케이블을 전기 전도성 부재에 연결함
1418
탱크로부터 이동식 플랫폼을 회수함

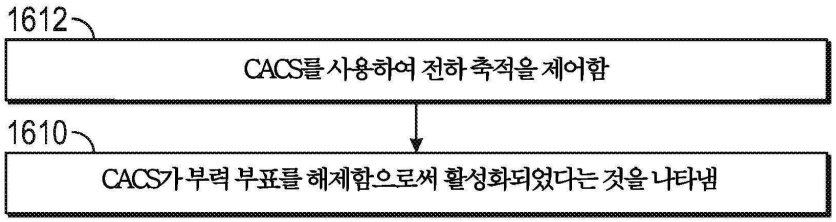
도면26


14
1116
12
702
100
1010
700
702
1010
1003
400
1130
500
300
1502
10
18
200
1500
1506
1330
1504

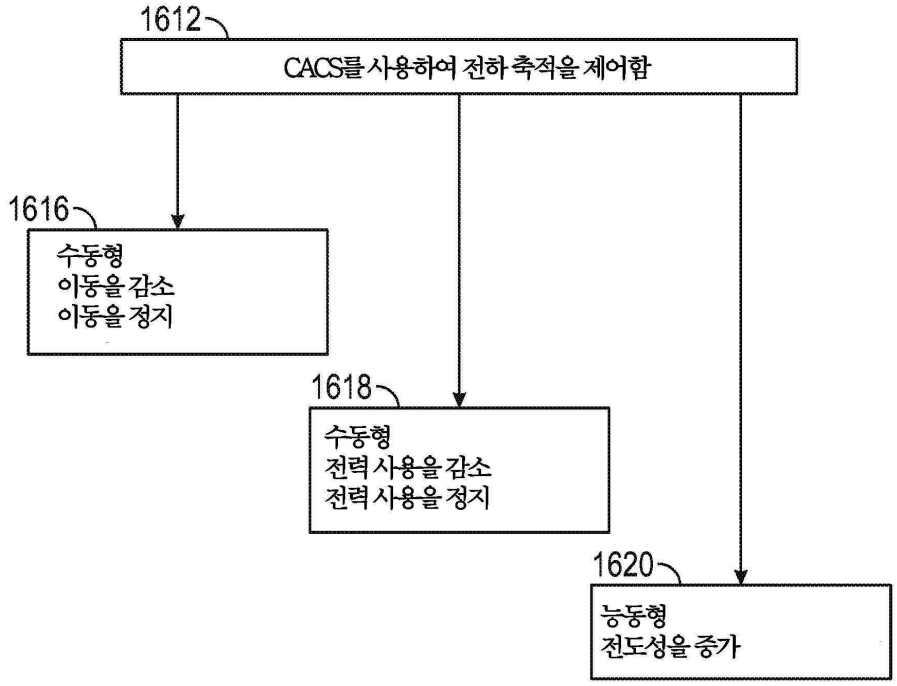
도면27


1600
1602
이동식 플랫폼을 구성함
1604
이동식 플랫폼을 탱크 내로 하강시킴
1606
이동식 플랫폼의 인클로저를 침지시킴
1608
작업(들)을 수행하기 위해 이동식 플랫폼을 이동시킴
1610
부력 부표를 해제함으로써 CACS의 활성화 상태를 나타냄
1612
CACS를 사용하여 전하 축적을 제어함
1614
탱크로부터 이동식 플랫폼을 회수함

도면28


1612
CACS를 사용하여 전하 축적을 제어함
1610
CACS가 부력 부표를 해제함으로써 활성화되었다는 것을 나타냄

도면29


1612
CACS를 사용하여 전하 축적을 제어함
1616
수동형
이동을 감소
이동을 정지
1618
수동형
전력 사용을 감소
전력 사용을 정지
1620
능동형
전도성을 증가