



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0138480
(43) 공개일자 2019년12월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H05H 1/24 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H05H 1/24 (2013.01)

H05H 2245/122 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0064981

(22) 출원일자 2018년06월05일

심사청구일자 2018년06월05일

(71) 출원인

한국기계연구원

대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)

(72) 발명자

강우석

대전광역시 유성구 은구비로 31, 501동 901호 (지족동, 열매마을 아파트 5단지)

김대웅

서울특별시 서초구 서초중앙로24길 43, 102동 1406호 (서초동, 유원서초아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

팬코리아특허법인

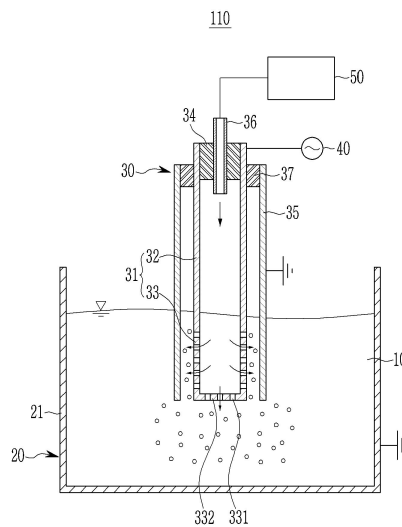
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 플라즈마 발생기

(57) 요약

플라즈마 발생기는 액상 매질을 수용하며 접지된 매질 수용부와, 적어도 일부가 액상 매질에 잠기는 플라즈마 전극부를 포함한다. 플라즈마 전극부는 제1 전극과 제2 전극을 포함한다. 제1 전극은 기체 공급부로부터 기체를 공급받아 이송하는 기체 이송관과, 기체 이송관의 단부에 연결되며 기체를 미세한 기포 형태로 쪼개어 액상 매질로 분출하는 다공성 튜브를 포함한다. 제2 전극은 제1 전극과 거리를 두고 제1 전극의 외주면을 둘러싸며, 내부 공간에 액상 매질이 침투하도록 일단이 개방된 관형으로 이루어진다. 제1 전극과 제2 전극 중 어느 하나는 접지되고 다른 하나는 전원부에 연결된다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

이대훈

대전광역시 유성구 반석서로 98, 609동 1703호 (반석동, 반석마을6단지아파트)

허민

대전광역시 유성구 엑스포로 448, 403동 1601호(전민동, 엑스포아파트)

이진영

서울특별시 관악구 서림11길 6, 203호 (신림동)

명세서

청구범위

청구항 1

액상 매질을 수용하며 접지된 매질 수용부; 및

적어도 일부가 상기 액상 매질에 잠기는 플라즈마 전극부를 포함하며,

상기 플라즈마 전극부는,

기체 공급부로부터 기체를 공급받아 이송하는 기체 이송관과, 상기 기체 이송관의 단부에 연결되며 기체를 미세한 기포 형태로 쪼개어 상기 액상 매질로 분출하는 다공성 튜브를 포함하는 제1 전극; 및

상기 제1 전극과 거리를 두고 상기 제1 전극의 외주면을 둘러싸며, 내부 공간에 상기 액상 매질이 침투하도록 일단이 개방된 관형의 제2 전극을 포함하고,

상기 제1 전극과 상기 제2 전극 중 어느 하나는 접지되고 다른 하나는 전원부에 연결되며, 상기 다공성 튜브와 상기 제2 전극의 사이 공간은 플라즈마 방전 기체와 유동하는 액상 매질이 공존하는 혼합 영역을 이루는 플라즈마 발생기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 다공성 튜브는 바닥부를 포함하고, 복수의 관통홀이 형성된 금속의 타공판과, 모양이 일정하지 않은 미세 기공들이 서로 통해 있는 금속 발포체 중 어느 하나로 구성되는 플라즈마 발생기.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 플라즈마 전극부는, 상기 제1 전극과 거리를 두고 상기 제2 전극의 내주면과 접촉하는 유전체관을 더 포함하는 플라즈마 발생기.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 매질 수용부는 금속 용기로 구성되고,

상기 플라즈마 전극부는 상기 다공성 튜브와 상기 다공성 튜브를 둘러싸는 상기 제2 전극의 일부가 상기 액상 매질에 잠기도록 상기 액상 매질의 수면 근처에 설치되는 플라즈마 발생기.

청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 매질 수용부는 측벽을 가지는 금속 용기로 구성되고,

상기 플라즈마 전극부는 수평 방향으로 상기 측벽을 관통하며, 상기 다공성 튜브와 상기 다공성 튜브를 둘러싸는 상기 제2 전극의 일부가 상기 액상 매질에 잠기는 플라즈마 발생기.

청구항 6

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 매질 수용부는 금속관으로 구성되고,

상기 플라즈마 전극부는 상기 금속관의 길이 방향과 수직한 방향으로 상기 금속관을 관통하며, 상기 다공성 튜브와 상기 다공성 튜브를 둘러싸는 상기 제2 전극의 일부가 상기 액상 매질에 잠기는 플라즈마 발생기.

청구항 7

액상 매질을 수용하며 접지된 매질 수용부; 및

적어도 일부가 상기 액상 매질에 잠기는 플라즈마 전극부를 포함하며,

상기 플라즈마 전극부는,

기체 공급부로부터 기체를 공급받아 이송하는 기체 이송관과, 상기 기체 이송관의 단부에 연결되며 제공받은 기체를 미세한 기포 형태로 쪼개어 상기 액상 매질로 분출하는 다공성 튜브를 포함하는 제1 전극;

상기 제1 전극의 내측에서 상기 제1 전극과 거리를 두고 상기 제1 전극의 길이 방향과 나란하게 위치하는 제2 전극; 및

상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 위치하는 유전체를 포함하고,

상기 제1 전극과 상기 제2 전극 중 어느 하나는 접지되고 다른 하나는 전원부에 연결되며, 상기 다공성 튜브의 내부 공간은 상기 플라즈마 방전 기체와 유동하는 액상 매질이 공존하는 혼합 영역을 이루는 플라즈마 발생기.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 다공성 튜브는 바닥부를 포함하고, 복수의 관통홀이 형성된 금속의 타공판과, 모양이 일정하지 않은 미세 기공들이 서로 통해 있는 금속 발포체 중 어느 하나로 구성되는 플라즈마 발생기.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제2 전극은 상기 제1 전극의 중심에 위치하는 금속봉으로 구성되고, 상기 기체 이송관의 내측에 위치하는 부분과, 상기 다공성 튜브의 내측에 위치하는 부분을 포함하며,

상기 유전체는 상기 제2 전극의 표면을 덮는 유전층으로 구성되는 플라즈마 발생기.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 제2 전극은 상기 제1 전극의 중심에 위치하면서 내부에 기체 통로를 구비한 금속관으로 구성되고, 상기 기체 이송관의 내측에 위치하는 부분과, 상기 다공성 튜브의 내측에 위치하는 부분을 포함하며,

상기 유전체는 상기 제2 전극의 외주면을 덮는 유전층으로 구성되는 플라즈마 발생기.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 기체 공급부는 상기 기체 이송관으로 기체를 공급하는 제1 공급부와, 상기 기체 통로의 입구로 기체를 공급하는 제2 공급부를 포함하며,

상기 제1 공급부와 상기 제2 공급부는 서로 다른 종류의 기체를 공급하는 플라즈마 발생기.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 제2 전극은 상기 제1 전극의 중심에 위치하는 금속봉으로 구성되고, 상기 기체 이송관의 내측에 위치하는 부분과, 상기 다공성 튜브의 내측에 위치하는 부분을 포함하며,

상기 유전체는 상기 제1 전극의 내부에 위치하는 복수의 유전체볼로 구성되는 플라즈마 발생기.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 복수의 유전체볼 각각은 표면에 코팅된 촉매층으로 둘러싸이는 플라즈마 발생기.

청구항 14

제7항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 매질 수용부는 금속 용기로 구성되고,

상기 플라즈마 전극부는 상기 다공성 튜브가 상기 액상 매질에 잠기도록 상기 액상 매질의 수면 근처에 설치되는 플라즈마 발생기.

청구항 15

제7항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 매질 수용부는 측벽을 가지는 금속 용기로 구성되고,

상기 플라즈마 전극부는 수평 방향으로 상기 측벽을 관통하며, 상기 다공성 튜브가 상기 액상 매질에 잠기는 플라즈마 발생기.

청구항 16

제7항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 매질 수용부는 금속관으로 구성되고,

상기 플라즈마 전극부는 상기 금속관의 길이 방향과 수직한 방향으로 상기 금속관을 관통하며, 상기 다공성 튜브가 상기 액상 매질에 잠기는 플라즈마 발생기.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 플라즈마 발생기에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 액상 매질을 플라즈마 처리하는 플라즈마 발생기에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전자와 이온 및 화학적 활성종을 포함하는 플라즈마는 높은 반응성으로 인해 첨단 전자 소재의 제조 공정, 신소재 합성, 유해 물질 분해, 질소계 비료 대체 물질 생산 등 다양한 분야에 활용되고 있다. 최근에는 액상 매질, 기체-액체 혼합 매질 등 다양한 매질에서 플라즈마를 생성하기 위한 다양한 기술들이 연구되고 있다.

[0003] 특히 기체 상태의 물질을 플라즈마 상태를 거쳐 액상으로 전환시키는 플라즈마 처리 기술인 PAM(plasma activated media)은 의료, 보건, 농업 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. PAM은 기체와 운전 조건에 따라 활성 질소종(reactive nitrogen species)과 활성 산소종(reactive oxygen species)의 생성으로 제어되는데, 이러한 활성종들을 안정적으로 발생시키면서 액상으로 용존시키는 플라즈마 발생기 기술이 필수적이다.

[0004] 플라즈마 발생기에서 고전압 전극과 접지 전극이 액상 물질에 걸쳐 위치하는 경우, 액상 물질의 전기적 특성(전기 전도도와 유전율 등)에 따라 플라즈마 발생 특성이 영향을 받기 때문에, 이러한 영향을 최소화하는 구조가 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 플라즈마를 용이하게 생성하고, 플라즈마 기체와 액상 매질의 반응성을 높이며, 아크 발생을 억제할 수 있는 플라즈마 발생기를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 발생기는 액상 매질을 수용하며 접지된 매질 수용부와, 적어도 일부가 액

상 매질에 잠기는 플라즈마 전극부를 포함한다. 플라즈마 전극부는 제1 전극과 제2 전극을 포함한다. 제1 전극은 기체 공급부로부터 기체를 공급받아 이송하는 기체 이송관과, 기체 이송관의 단부에 연결되며 기체를 미세한 기포 형태로 쪼개어 액상 매질로 분출하는 다공성 튜브를 포함한다. 제2 전극은 제1 전극과 거리를 두고 제1 전극의 외주면을 둘러싸며, 내부 공간에 액상 매질이 침투하도록 일단이 개방된 관형으로 이루어진다. 제1 전극과 제2 전극 중 어느 하나는 접지되고 다른 하나는 전원부에 연결되며, 다공성 튜브와 제2 전극의 사이 공간은 플라즈마 방전 기체와 유동하는 액상 매질이 공존하는 혼합 영역이다.

[0007] 다공성 튜브는 바닥부를 포함할 수 있고, 복수의 관통홀이 형성된 금속의 타공판과, 모양이 일정하지 않은 미세 기공들이 서로 통해 있는 금속 발포체 중 어느 하나로 구성될 수 있다. 플라즈마 전극부는, 제1 전극과 거리를 두고 제2 전극의 내주면과 접촉하는 유전체관을 더 포함할 수 있다.

[0008] 매질 수용부는 금속 용기로 구성될 수 있다. 플라즈마 전극부는 다공성 튜브와 다공성 튜브를 둘러싸는 제2 전극의 일부가 액상 매질에 잠기도록 액상 매질의 수면 근처에 설치될 수 있다.

[0009] 다른 한편으로, 매질 수용부는 측벽을 가지는 금속 용기로 구성될 수 있다. 플라즈마 전극부는 수평 방향으로 측벽을 관통할 수 있고, 다공성 튜브와 다공성 튜브를 둘러싸는 제2 전극의 일부가 액상 매질에 잠길 수 있다.

[0010] 다른 한편으로, 매질 수용부는 금속관으로 구성될 수 있다. 플라즈마 전극부는 금속관의 길이 방향과 수직인 방향으로 금속관을 관통할 수 있고, 다공성 튜브와 다공성 튜브를 둘러싸는 제2 전극의 일부가 액상 매질에 잠길 수 있다.

[0011] 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 플라즈마 발생기는 액상 매질을 수용하며 접지된 매질 수용부와, 적어도 일부가 액상 매질에 잠기는 플라즈마 전극부를 포함한다. 플라즈마 전극부는 제1 전극과 제2 전극 및 유전체를 포함한다. 제1 전극은 기체 공급부로부터 기체를 공급받아 이송하는 기체 이송관과, 기체 이송관의 단부에 연결되며 제공받은 기체를 미세한 기포 형태로 쪼개어 액상 매질로 분출하는 다공성 튜브를 포함한다. 제2 전극은 제1 전극의 내측에서 제1 전극과 거리를 두고 제1 전극의 길이 방향과 나란하게 위치한다. 유전체는 제1 전극과 제2 전극 사이에 위치한다. 제1 전극과 제2 전극 중 어느 하나는 접지되고 다른 하나는 전원부에 연결되며, 다공성 튜브의 내부 공간은 플라즈마 방전 기체와 유동하는 액상 매질이 공존하는 혼합 영역이다.

[0012] 다공성 튜브는 바닥부를 포함할 수 있고, 복수의 관통홀이 형성된 금속의 타공판과, 모양이 일정하지 않은 미세 기공들이 서로 통해 있는 금속 발포체 중 어느 하나로 구성될 수 있다.

[0013] 제2 전극은 제1 전극의 중심에 위치하는 금속봉으로 구성될 수 있고, 기체 이송관의 내측에 위치하는 부분과, 다공성 튜브의 내측에 위치하는 부분을 포함할 수 있다. 유전체는 제2 전극의 표면을 덮는 유전층으로 구성될 수 있다.

[0014] 다른 한편으로, 제2 전극은 제1 전극의 중심에 위치하면서 내부에 기체 통로를 구비한 금속관으로 구성될 수 있고, 기체 이송관의 내측에 위치하는 부분과, 다공성 튜브의 내측에 위치하는 부분을 포함할 수 있다. 유전체는 제2 전극의 외주면을 덮는 유전층으로 구성될 수 있다.

[0015] 기체 공급부는 기체 이송관으로 기체를 공급하는 제1 공급부와, 기체 통로의 입구로 기체를 공급하는 제2 공급부를 포함할 수 있다. 제1 공급부와 제2 공급부는 서로 다른 종류의 기체를 공급할 수 있다.

[0016] 다른 한편으로, 제2 전극은 제1 전극의 중심에 위치하는 금속봉으로 구성될 수 있고, 기체 이송관의 내측에 위치하는 부분과, 다공성 튜브의 내측에 위치하는 부분을 포함할 수 있다. 유전체는 제1 전극의 내부에 위치하는 복수의 유전체볼로 구성될 수 있다. 복수의 유전체볼 각각은 표면에 코팅된 촉매층으로 둘러싸일 수 있다.

[0017] 매질 수용부는 금속 용기로 구성될 수 있다. 플라즈마 전극부는 다공성 튜브가 액상 매질에 잠기도록 액상 매질의 수면 근처에 설치될 수 있다.

[0018] 다른 한편으로, 매질 수용부는 측벽을 가지는 금속 용기로 구성될 수 있다. 플라즈마 전극부는 수평 방향으로 측벽을 관통할 수 있으며, 다공성 튜브가 액상 매질에 잠길 수 있다.

[0019] 다른 한편으로, 매질 수용부는 금속관으로 구성될 수 있다. 플라즈마 전극부는 금속관의 길이 방향과 수직인 방향으로 금속관을 관통할 수 있으며, 다공성 튜브가 액상 매질에 잠길 수 있다.

발명의 효과

[0020] 본 발명에 따르면, 고전압 펄스 전원의 사용을 배제하여 장치 가격을 낮출 수 있고, 전체 구성을 간소화할 수

있으며, 대용량화에 유리하다. 특히 액상 매질에 인가하는 전압을 수 많은 미세 기포들로 분산하여 인가하므로 플라즈마 생성이 용이하며, 아크 발생을 억제할 수 있으며, 기체와 액상 매질간 반응성을 높여 플라즈마 처리 효율을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021]

도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 플라즈마 발생기의 단면도이다.

도 2는 도 1에 도시한 플라즈마 발생기 중 플라즈마 전극부의 사시도이다.

도 3a와 도 3b는 도 1에 도시한 플라즈마 발생기의 첫 번째 변형예를 나타낸 구성도이다.

도 4a와 도 4b는 도 1에 도시한 플라즈마 발생기의 두 번째 변형예를 나타낸 구성도이다.

도 5는 본 발명의 제2 실시예에 따른 플라즈마 발생기의 단면도이다.

도 6은 도 5에 도시한 플라즈마 발생기 중 플라즈마 전극부의 사시도이다.

도 7은 본 발명의 제3 실시예에 따른 플라즈마 발생기의 단면도이다.

도 8은 도 7에 도시한 플라즈마 발생기 중 플라즈마 전극부의 사시도이다.

도 9는 본 발명의 제4 실시예에 따른 플라즈마 발생기의 단면도이다.

도 10은 도 9에 도시한 플라즈마 발생기 중 플라즈마 전극부의 사시도이다.

도 11은 본 발명의 제5 실시예에 따른 플라즈마 발생기의 단면도이다.

도 12는 도 11에 도시한 플라즈마 발생기 중 복수의 유전체볼의 확대 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022]

이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.

[0023]

도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 플라즈마 발생기의 단면도이고, 도 2는 도 1에 도시한 플라즈마 발생기 중 플라즈마 전극부의 사시도이다.

[0024]

도 1과 도 2를 참고하면, 제1 실시예의 플라즈마 발생기(110)는 액상 매질(10)을 수용하는 매질 수용부(20)와, 적어도 일부가 액상 매질(10)에 잠기도록 위치하는 플라즈마 전극부(30)를 포함한다.

[0025]

액상 매질(10)은 플라즈마 발생기(110)의 구동 온도에서 액상을 유지하는 물질이며, 필요 시 전기 전도도 향상과 pH 조절 등을 위해 전해질을 포함할 수 있다. 매질 수용부(20)는 정해진 용량의 액상 매질을 담는 금속 용기(21)를 포함할 수 있다. 금속 용기(21)는 접지되어 액상 매질(10)을 접지시킨다.

[0026]

플라즈마 전극부(30)는, 기체 이송관(32)과 다공성 튜브(33)를 포함하는 제1 전극(31)과, 제1 전극(31)과 거리를 두고 제1 전극(31)의 외주면을 둘러싸는 제2 전극(35)을 포함한다. 플라즈마 전극부(30)는 다공성 튜브(33)가 액상 매질(10)에 잠기도록 액상 매질(10)의 수면 근처에 설치될 수 있다.

[0027]

제1 전극(31)과 제2 전극(35) 중 어느 하나는 접지되고, 다른 하나는 전원부(40)에 연결되어 구동 전압을 인가받는다. 도 1에서는 제1 전극(31)이 전원부(40)에 접속되고 제2 전극(35)이 접지된 경우를 도시하였으나, 그 반대의 경우도 가능하다.

[0028]

기체 이송관(32)은 금속관으로 구성되며, 기체 공급부(50)로부터 제공받은 기체를 액상 매질(10)을 향해 이송한다. 기체 이송관(32)은 지면에 대해 수직하게 위치할 수 있고, 액상 매질(10)과 접하지 않거나 아래쪽 일부가 액상 매질(10)에 잠길 수 있다. 기체 이송관(32)의 상측 단부는 밀봉부(34)에 의해 밀봉될 수 있고, 기체 주입을 위한 포트(36)가 밀봉부(34)를 관통할 수 있다.

[0029]

기체 공급부(50)는 기체 이송관(32)의 상측 단부에 결합되며, 도시하지 않은 펌프와 유량 조절 밸브 등을 포함할 수 있다. 기체 공급부(50)는 기체 이송관(32)으로 플라즈마 생성 기체와 반응성 기체를 제공할 수 있다.

[0030]

플라즈마 생성 기체는 질소, 헬륨, 및 아르곤과 같은 비활성 기체를 포함하거나 공기를 포함할 수 있다. 반응성

기체는 산소, 수소, 암모니아, 질소산화물, 또는 메탄과 아세틸렌 등의 탄화수소계 물질을 포함할 수 있다. 플라즈마 생성 기체와 반응성 기체의 종류는 플라즈마 발생기(110)의 용도에 따라 다양하게 선택 가능하다.

- [0031] 다공성 튜브(33)는 기체 이송관(32)의 하단에서 기체 이송관(32)과 나란하게 연결되며, 일부 또는 전체가 액상 매질(10)에 잠긴다. 다공성 튜브(33)는 바닥부(332)를 포함할 수 있고, 복수의 관통홀(331)이 형성된 금속의 타공관으로 구성될 수 있다. 복수의 관통홀(331)은 다공성 튜브(33)의 원주 방향 및 길이 방향을 따라 나란하게 정렬될 수 있다.
- [0032] 다른 한편으로, 다공성 튜브(33)는 모양이 일정하지 않은 미세 기공들이 서로 통해 있는 금속 발포체로 구성될 수 있다. 도 1과 도 2에서는 다공성 튜브(33)가 금속의 타공관으로 구성된 경우를 예로 들어 도시하였다. 두 경우 모두, 다공성 튜브(33)는 기체 이송관(32)으로부터 공급받은 기체를 미세한 기포 형태로 잘게 쪼개어 액상 매질(10)로 분출하는 기능을 한다.
- [0033] 제2 전극(35)은 제1 전극(31)과 거리를 두고 제1 전극(31)의 외주면을 둘러싸며, 하단이 개방된 금속관으로 구성되어 내부 공간으로 액상 매질(10)이 침투하도록 한다. 다공성 튜브(33)는 제2 전극(35)으로 완전히 둘러싸일 수 있으며, 이를 위해 제2 전극(35)의 하측 단부는 다공성 튜브(33)의 하측 단부와 나란하거나 이보다 아래에 위치할 수 있다.
- [0034] 제2 전극(35)은 절연링(37)에 의해 제1 전극(31)의 외측에 고정될 수 있다. 절연링(37)은 제2 전극(35)의 상측 단부의 내측에서 제1 전극(31)과 제2 전극(35)을 일체로 고정시킬 수 있다. 제1 전극(31)과 제2 전극(35)의 결합 구조는 도시한 예시로 한정되지 않는다.
- [0035] 플라즈마 전극부(30)는 도시하지 않은 지지체에 고정될 수 있고, 다공성 튜브(33)와 이를 둘러싸는 제2 전극(35)의 일부가 액상 매질(10)에 잠기도록 고정된 위치를 유지할 수 있다. 다른 한편으로, 매질 수용부(20)는 금속 용기(21)의 상측을 덮는 덮개판(도시하지 않음)을 더 포함할 수 있으며, 플라즈마 전극부(30)는 덮개판에 결합되어 고정된 위치를 유지할 수 있다.
- [0036] 제2 전극(35)이 접지되는 경우 덮개판은 금속 재질이어도 무방하나, 제2 전극(35)이 전원부(40)에 접속되어 구동 전압을 인가받는 경우 덮개판은 절연체로 제작될 수 있다.
- [0037] 전원부(40)는 직류(DC), 교류(AC), 또는 고주파 전압(RF)을 제1 전극(31)에 인가하며, 종래 고주파 펄스 전원보다 낮은 전압에서 플라즈마를 발생시킬 수 있다.
- [0038] 기체 공급부(50)에서 기체 이송관(32)으로 기체를 주입함과 동시에 전원부(40)에서 제1 전극(31)에 구동 전압을 인가하면, 기체는 다공성 튜브(33)의 관통홀들(331)을 통과하면서 미세한 기포 형태로 바뀌고, 수 많은 미세 기포들이 액상 매질(10)로 분출된다. 이와 동시에 제1 전극(31)과 제2 전극(35)의 전압 차에 의해 미세 기포들 내부에 플라즈마가 발생한다.
- [0039] 미세 기포 내 플라즈마의 화학적 활성종은 액상 매질(10)과 반응하여 액상 매질(10)을 플라즈마 처리한다. 미세 기포 내 플라즈마는 고온 및 고에너지로서 액상 매질(10)의 분해 및 합성 등에 효과적이며, 밀도가 높은 액상 매질(10)과 반응하므로 반응 속도가 매우 높다.
- [0040] 만일 다공성 튜브(33)와 제2 전극(35) 사이에 기체만 존재하는 경우를 가정하면, 플라즈마 방전이 쉽게 일어나므로 아크 방전으로 전이될 가능성이 높다. 반대로 다공성 튜브(33)와 제2 전극(35) 사이에 액상 매질(10)만 존재하는 경우를 가정하면, 수 kV 정도의 구동 전압에서는 플라즈마 방전이 일어나기 어렵기 때문에 구동 전압을 수십 kV 이상으로 높여야 한다.
- [0041] 제1 실시예의 플라즈마 발생기(110)에서, 다공성 튜브(33)와 제2 전극(35)의 사이 공간은 기포 형태의 플라즈마 방전 기체와 유동하는 액상 매질(10)이 공존하는 혼합 영역이다. 이러한 혼합 영역에 국부적으로 아크 방전이 발생하더라도 액상 매질(10)의 유동에 의해 기체 분율이 지속적으로 변하므로, 혼합 영역의 아크 발생을 효과적으로 억제할 수 있다.
- [0042] 제1 실시예의 플라즈마 발생기(110)는 액상 매질(10)에 인가하는 전압을 수 많은 미세 기포들로 분산하여 인가하는 것이므로 낮은 구동 전압에서 플라즈마 발생이 용이하다. 또한, 미세 기포 하나의 표면적은 작지만 수 많은 미세 기포들이 액상 매질(10)과 접하는 전체 표면적은 매우 크기 때문에 플라즈마 상태의 기체와 액상 매질(10)간 반응을 매우 효과적으로 일으킬 수 있다.
- [0043] 도 3a와 도 3b는 도 1에 도시한 플라즈마 발생기의 첫 번째 변형예를 나타낸 구성도이다.

- [0044] 도 3a와 도 3b를 참고하면, 플라즈마 전극부(30)는 금속 용기(21)의 측벽을 수평 방향으로 관통하여 금속 용기(21)에 설치되며, 그 일부가 액상 매질(10)에 잠긴다. 금속 용기(21)의 내부에서 액상 매질(10)에 잠기는 부분은 다공성 튜브(33)와, 다공성 튜브(33)를 둘러싸는 제2 전극(35)의 일부이며, 플라즈마 전극부(30)의 나머지는 금속 용기(21)의 외측에 위치한다.
- [0045] 도 3a에서는 제2 전극(35)이 접지되고, 제1 전극(31)이 전원부(40)에 연결되어 구동 전압을 인가받는 경우를 도시하였다. 도 3b에서는 제1 전극(31)이 접지되고, 제2 전극(35)이 전원부(40)에 연결되어 구동 전압을 인가받는 경우를 도시하였다.
- [0046] 플라즈마 전극부(30)가 관통하는 금속 용기(21)의 측벽 일부는 절연판(22)으로 구성될 수 있다. 이 경우 접지된 금속 용기(21)와 전원부(40)에 연결된 제1 전극(31) 또는 제2 전극(35)의 단락을 방지할 수 있다.
- [0047] 도 4a와 도 4b는 도 1에 도시한 플라즈마 발생기의 두 번째 변형예를 나타낸 구성도이다.
- [0048] 도 4a와 도 4b를 참고하면, 매질 수용부(20)는 내부 공간으로 액상 매질(10)이 흐르는 금속관(23)으로 구성되며, 금속관(23)은 접지되어 내부의 액상 매질(10)을 접지시킨다. 플라즈마 전극부(30)는 금속관(23)의 길이 방향과 직교하는 방향으로 금속관(23)을 관통하여 금속관(23)에 설치되며, 그 일부가 흐르는 액상 매질(10)에 잠긴다.
- [0049] 금속관(23) 내부에서 액상 매질(10)에 잠기는 부분은 다공성 튜브(33)와, 다공성 튜브(33)를 둘러싸는 제2 전극(35)의 일부이고, 플라즈마 전극부(30)의 나머지는 금속관(23)의 외측에 위치한다.
- [0050] 도 4a에서는 제2 전극(35)이 접지되고, 제1 전극(31)이 전원부(40)에 연결되어 구동 전압을 인가받는 경우를 도시하였다. 도 4b에서는 제1 전극(31)이 접지되고, 제2 전극(35)이 전원부(40)에 연결되어 구동 전압을 인가받는 경우를 도시하였다. 도 4b의 경우, 금속관(23)과 제2 전극(35) 사이에 절연체(24)가 위치하여 금속관(23)과 제2 전극(35)의 단락을 방지할 수 있다.
- [0051] 도 5는 본 발명의 제2 실시예에 따른 플라즈마 발생기의 단면도이고, 도 6은 도 5에 도시한 플라즈마 발생기 중 플라즈마 전극부의 사시도이다.
- [0052] 도 5와 도 6을 참고하면, 제2 실시예의 플라즈마 발생기(120)에서 플라즈마 전극부(301)는 제2 전극(35)의 내주면과 접촉하는 유전체관(38)을 포함한다. 유전체관(38)은 제1 전극(31)과 거리를 두고 제1 전극(31)의 외주면을 둘러싸며, 하단이 개방되어 내부 공간으로 액상 매질(10)이 침투하도록 한다.
- [0053] 유전체관(38)은 절연링(37)에 의해 제1 전극(31)의 외측에 결합될 수 있고, 유전체관(38)의 하측 단부는 다공성 튜브(33)의 하측 단부 및 제2 전극(35)의 하측 단부보다 아래에 위치할 수 있다. 제2 실시예에서 제1 전극(31)과 제2 전극(35)은 직접 마주하지 않고 유전체관(38)을 사이에 두고 위치한다.
- [0054] 제1 전극(31)과 제2 전극(35) 중 어느 하나는 접지되고, 다른 하나는 전원부(40)에 연결되어 구동 전압을 인가받는다. 도 5에서는 제1 전극(31)이 전원부(40)에 접속되고 제2 전극(35)이 접지된 경우를 도시하였으나, 그 반대의 경우도 가능하다.
- [0055] 기체 공급부(50)에서 기체 이송관(32)으로 기체를 주입함과 동시에 전원부(40)에서 제1 전극(31)에 구동 전압을 인가하면, 제1 전극(31)과 유전체관(38) 사이에서 수 많은 미세 기포들이 액상 매질(10)로 분출되면서 제1 전극(31)과 제2 전극(35)의 전압 차에 의해 미세 기포들 내부에 플라즈마가 발생한다.
- [0056] 다공성 튜브(33)와 유전체관(38)의 사이 공간은 기포 형태의 플라즈마 방전 기체와 유동하는 액상 매질(10)이 공존하는 혼합 영역으로서, 아크 발생을 효과적으로 억제한다. 제2 실시예의 플라즈마 발생기(120)는 다공성 튜브(33)와 유전체관(38) 사이에 위치하는 혼합 영역을 제공하며, 제1 실시예보다 안정된 방전을 구현할 수 있다.
- [0057] 제2 실시예의 플라즈마 발생기(120)는 유전체관(38)을 더 포함하는 것을 제외하고 전술한 제1 실시예와 동일 또는 유사한 구성으로 이루어지며, 중복되는 설명은 생략한다. 제2 실시예의 플라즈마 발생기(120)는 도 3a 내지 도 4b에 도시한 것과 같이 금속 용기(21)의 측벽에 수평 방향으로 설치되거나, 금속관(23)을 관통하도록 설치될 수 있다.
- [0058] 도 7은 본 발명의 제3 실시예에 따른 플라즈마 발생기의 단면도이고, 도 8은 도 7에 도시한 플라즈마 발생기 중 플라즈마 전극부의 사시도이다.
- [0059] 도 7과 도 8을 참고하면, 제3 실시예의 플라즈마 발생기(130)에서 플라즈마 전극부(302)는 기체 이송관(32)과

다공성 튜브(33)를 포함하는 제1 전극(31)과, 제1 전극(31)과 거리를 두고 제1 전극(31)의 내부에 위치하는 제2 전극(35)과, 제2 전극(35)의 표면을 덮는 유전층(39)을 포함한다.

- [0060] 기체 공급부(50)와 기체 이송관(32)을 연결하는 포트(36)는 기체 이송관(32)의 측벽에 위치하거나, 밀봉부(34)를 관통할 수 있다. 제2 전극(35)은 제1 전극(31)의 길이 방향과 나란한 금속봉으로 구성되며, 기체 이송관(32) 상단의 밀봉부(34)를 관통하여 제1 전극(31)의 중심에 위치할 수 있다. 제2 전극(35)은 유전층(39)으로 덮여 그 표면이 제1 전극(31)으로 노출되지 않는다.
- [0061] 제2 전극(35)은 기체 이송관(32)의 내측에 위치하는 부분과 다공성 튜브(33)의 내측에 위치하는 부분을 포함하며, 제2 전극(35)의 하측 단부는 다공성 튜브(33)의 바닥면보다 높게 위치한다. 유전층(39)은 수평 방향과 수직 방향 모두에서 제1 전극(31)의 내면과 이격되어 제1 전극(31) 내부에서 기체 흐름을 방해하지 않는다.
- [0062] 제1 전극(31)의 다공성 튜브(33)와 제2 전극(35)의 아래 부분은 액상 매질(10)에 잠긴다. 제1 전극(31)과 제2 전극(35) 중 어느 하나는 접지되고, 다른 하나는 전원부(40)에 연결되어 구동 전압을 인가받는다. 도 7에서는 제2 전극(35)이 전원부(40)에 접속되고 제1 전극(31)이 접지된 경우를 도시하였으나, 그 반대의 경우도 가능하다.
- [0063] 기체 공급부(50)에서 기체 이송관(32)으로 기체를 주입함과 동시에 전원부(40)에서 제2 전극(35)에 구동 전압을 인가하면, 포트(36)로부터 다공성 튜브(33)를 향해 밀려 나가는 제1 전극(31) 내부의 기체에 플라즈마가 발생한다. 이와 동시에 플라즈마 발생 기체는 다공성 튜브(33)의 관통홀들(331)을 통과하면서 미세한 기포 형태로 잘 개 쪼개어 액상 매질(10)로 분출된다.
- [0064] 제2 전극(35)을 둘러싸는 다공성 튜브(33)의 내부 공간은 플라즈마 발생 기체와 유동하는 액상 매질이 공존하는 혼합 영역이며, 전술한 제1 실시예와 마찬가지로 혼합 영역에 국부적으로 아크 방전이 생기더라도 액상 매질(10)의 유동에 의해 기체 분율이 지속적으로 변하므로, 혼합 영역의 아크 발생을 효과적으로 억제할 수 있다.
- [0065] 제3 실시예의 플라즈마 발생기(130)는 제2 전극(35)이 금속봉의 형태로 제1 전극(31)의 내부에 위치하면서 그 표면이 유전층(39)으로 덮인 것을 제외하고 전술한 제1 실시예와 동일 또는 유사한 구성으로 이루어지며, 중복되는 설명은 생략한다.
- [0066] 제3 실시예의 플라즈마 발생기(130)는 도 3a 내지 도 4b에 도시한 것과 같이 금속 용기(21)의 측벽에 수평 방향으로 설치되거나, 금속관(23)을 관통하도록 설치될 수 있다.
- [0067] 도 9는 본 발명의 제4 실시예에 따른 플라즈마 발생기의 단면도이고, 도 10은 도 9에 도시한 플라즈마 발생기 중 플라즈마 전극부의 사시도이다.
- [0068] 도 9와 도 10을 참고하면, 제4 실시예의 플라즈마 발생기(140)에서 제2 전극(35)은 상단과 하단이 개방된 금속관으로 구성되며, 내부에 기체 통로(351)를 구비한다. 유전층(39)은 기체 통로(351)를 막지 않도록 제2 전극(35)의 외주면에 위치한다. 도면에서 부호 303은 플라즈마 전극부를 나타낸다.
- [0069] 기체 공급부(50)는 제1 전극(31)의 포트(36) 및 제2 전극(35)에 구비된 기체 통로(351)의 입구와 연결되어 이들에 같은 기체를 공급할 수 있다. 다른 한편으로, 기체 공급부(50)는 제1 전극(31)의 포트(36)에 연결된 제1 공급부(51)와, 제2 전극(35)에 구비된 기체 통로(351)의 입구에 연결된 제2 공급부(52)를 포함할 수 있다.
- [0070] 후자의 경우, 기체 공급부(50)는 제1 전극(31)의 포트(36)와 제2 전극(35)의 기체 통로(351)에 서로 다른 종류의 기체를 공급할 수 있다. 두 종류의 기체는 다공성 튜브(33)로 둘러싸인 제2 전극(35)의 하부(기체 통로(351)의 출구 바깥)에서 서로 섞이면서 플라즈마 반응을 유도한다.
- [0071] 제4 실시예의 플라즈마 발생기(140)는 제2 전극(35)이 기체 통로(351)를 구비한 금속관으로 구성된 것을 제외하고 전술한 제3 실시예와 동일한 구성으로 이루어지며, 제3 실시예와 동일한 작용을 행한다. 제4 실시예의 플라즈마 발생기(140)는 도 3a 내지 도 4b에 도시한 것과 같이 금속 용기(21)의 측벽에 수평 방향으로 설치되거나, 금속관(23)을 관통하도록 설치될 수 있다.
- [0072] 도 11은 본 발명의 제5 실시예에 따른 플라즈마 발생기의 단면도이고, 도 12는 도 11에 도시한 플라즈마 발생기 중 복수의 유전체봉의 확대 단면도이다.
- [0073] 도 11과 도 12를 참고하면, 제5 실시예의 플라즈마 발생기(150)에서 플라즈마 전극부(304)는 기체 이송관(32)과 다공성 튜브(33)를 포함하는 제1 전극(31)과, 제1 전극(31)과 거리를 두고 제1 전극(31)의 내부에 위치하는 제2 전극(35)과, 제1 전극(31)의 내부에 위치하는 복수의 유전체봉(60)을 포함한다.

- [0074] 제1 전극(31) 및 제2 전극(35)의 형상은 전술한 제3 실시예와 동일하므로 중복되는 설명은 생략한다. 제1 전극(31)과 제2 전극(35) 중 어느 하나는 접지되고, 다른 하나는 전원부(40)에 연결되어 구동 전압을 인가받는다. 도 10에서는 제2 전극(35)이 전원부(40)에 접속되고 제1 전극(31)이 접지된 경우를 도시하였으나, 그 반대의 경우도 가능하다.
- [0075] 복수의 유전체볼(60)은 알루미늄(Al_2O_3), 티타니아(TiO_2) 등의 금속산화물로 제작될 수 있으며, 구형으로 제작되어 제1 전극(31)의 내부 공간을 채우되 틈새 공간을 통해 제1 전극(31) 내부에서 기체와 액상 매질(10)의 흐름을 허용한다.
- [0076] 복수의 유전체볼(60)은 표면에 코팅된 촉매층(61)으로 둘러싸일 수 있다. 촉매층(61)은 백금(Pt), 철(Fe), 루테튬(Ru), 세슘(Cs), 및 산화계열 물질로 이루어진 군에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있으나, 이러한 예시로 한정되지 않는다. 촉매층(61)이 형성된 복수의 유전체볼(60)은 1차 플라즈마 반응에 이어서 2차 촉매 반응을 유발한다.
- [0077] 기체 공급부(50)에서 기체 이송관(32)으로 기체를 주입함과 동시에 전원부(40)에서 제2 전극(35)에 구동 전압을 인가하면, 복수의 유전체볼(60)의 표면을 타고 주입 기체에 플라즈마가 발생하고, 플라즈마 발생 기체는 다공성 튜브(33)를 통과하면서 미세한 기포 형태로 잘게 쪼개어 액상 매질(10)로 분출된다. 이때 제1 전극(31) 내부에서는 기체 흐름에 의해 플라즈마 특성이 변하면서 아크 발생이 억제된다.
- [0078] 제5 실시예에서는 복수의 유전체볼(60)의 표면을 따라 플라즈마가 발생하는 특성을 가진다. 제5 실시예의 플라즈마 발생기(150)는 제2 전극(35)에 유전체가 설치된 앞선 실시예들보다 구동 전압을 낮추면서 매우 안정된 플라즈마를 발생시킬 수 있다. 그리고 제1 전극(31)의 직경을 확대하여도 복수의 유전체볼(60)에 의해 안정된 플라즈마를 발생시킬 수 있으므로 대용량화에 유리하다.
- [0079] 또한, 복수의 유전체볼(60)이 촉매층(61)을 포함하는 경우, 촉매층(61)은 기체 플라즈마에 의해 활성화되어 촉매 반응을 일으킨다. 통상 촉매가 작용하기 위해서는 활성개시 온도(light-off temperature) 이상의 고온이 필요한데, 플라즈마 상태의 높은 반응성으로 인해 활성개시 온도 이하에서도 촉매 반응을 기대할 수 있다.
- [0080] 예를 들어, 알루미늄(Al_2O_3) 유전체볼(60)에 코팅된 백금(Pt) 촉매층(61)은 공기 방전 중 발생된 질소계 화합물을 산화 또는 환원할 수 있고, 루테튬(Ru) 계열의 촉매층(61)은 질소계 화합물의 생성을 촉진할 수 있다.
- [0081] 제5 실시예의 플라즈마 발생기(150)는 유전층이 복수의 유전체볼(60)로 대체된 것을 제외하고 전술한 제3 실시예와 동일 또는 유사한 구성으로 이루어지며, 중복되는 설명은 생략한다. 제5 실시예의 플라즈마 발생기(150)는 도 3a 내지 도 4b에 도시한 것과 같이 금속 용기(21)의 측벽에 수평 방향으로 설치되거나, 금속관(23)을 관통하도록 설치될 수 있다.
- [0082] 전술한 구성의 플라즈마 발생기(110, 120, 130, 140, 150)는 고전압 펄스 전원의 사용을 배제하여 장치 가격을 낮출 수 있고, 전체 구성을 간소화할 수 있으며, 대용량화에 유리하다. 특히 액상 매질(10)에 인가하는 전압을 수 많은 미세 기포들로 분산하여 인가하므로 플라즈마 생성이 용이하고, 아크 발생을 억제할 수 있으며, 기체와 액상 매질(10)간 반응성을 높여 플라즈마 처리 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0083] 또한, 전술한 구성의 플라즈마 발생기(110, 120, 130, 140, 150)는 기존의 액상 화학반응에서 복잡한 공정을 거쳐야 했던 기상 기체의 고정화와 기능화기 생성, 예를 들어 질소 고정화, 수산기 및 아민기 형성 등에 활용할 수 있으며, 화학적 활성종을 이용한 분해 및 합성에 적용될 수 있다. 산업적으로는 나노 물질의 기능화 처리 및 합성, 식수 정화 및 살균, 산업용 및 의료용 수처리, 유화(emulsifying) 처리 등에 적용될 수 있다.
- [0084] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 이에 한정되는 것이 아니고 특허청구 범위와 발명의 상세한 설명 및 첨부한 도면의 범위 안에서 여러 가지로 변형하여 실시하는 것이 가능하고 이 또한 본 발명의 범위에 속하는 것은 당연하다.

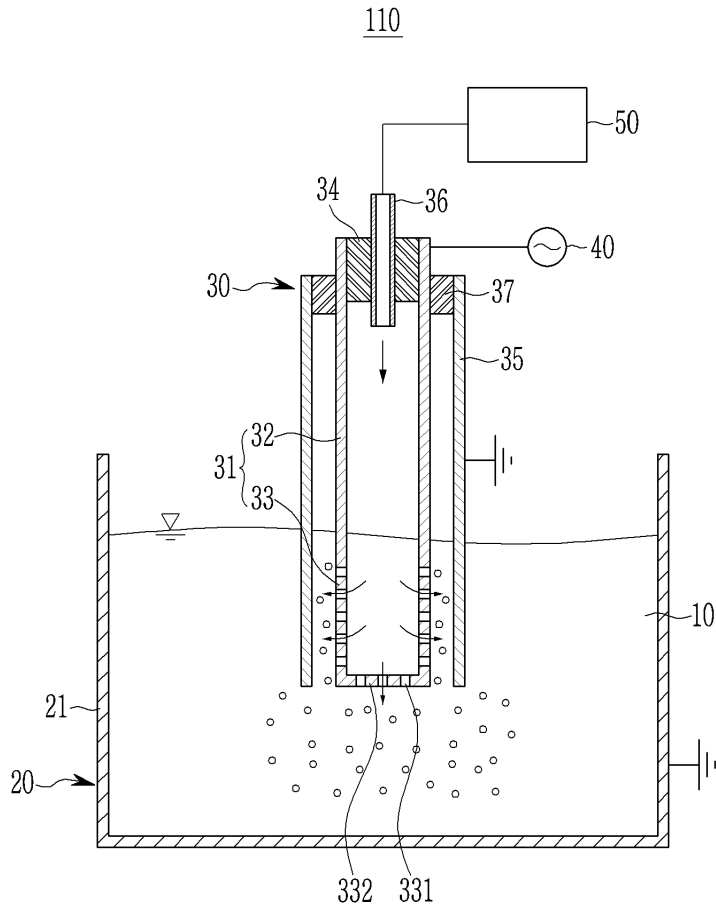
부호의 설명

- [0085] 110, 120, 130, 140, 150: 플라즈마 발생기
10: 액상 매질 20: 매질 수용부
30: 플라즈마 전극부 31: 제1 전극

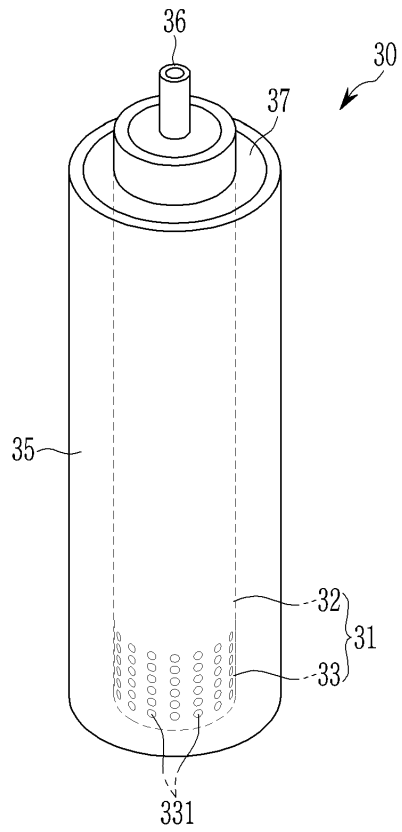
- 32: 기체 이송관 33: 다공성 튜브
 35: 제2 전극 38: 유전체관
 39: 유전층 40: 전원부
 50: 기체 공급부 60: 유전체볼
 61: 촉매층

도면

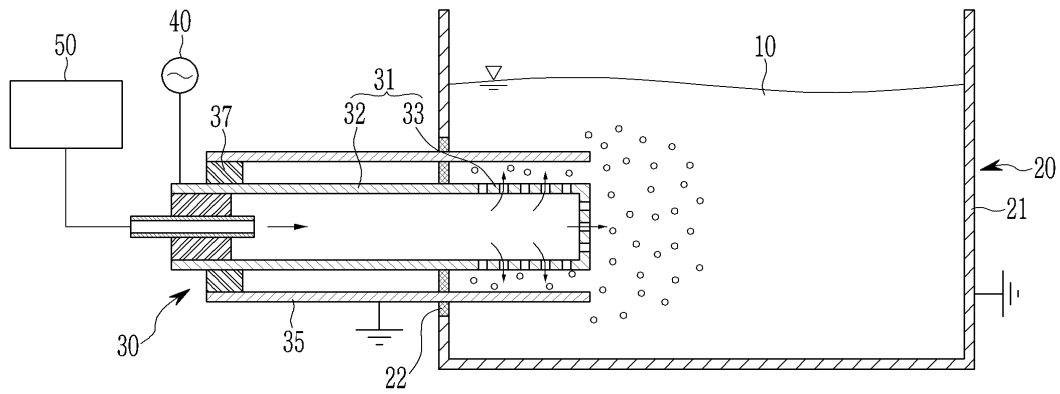
도면1



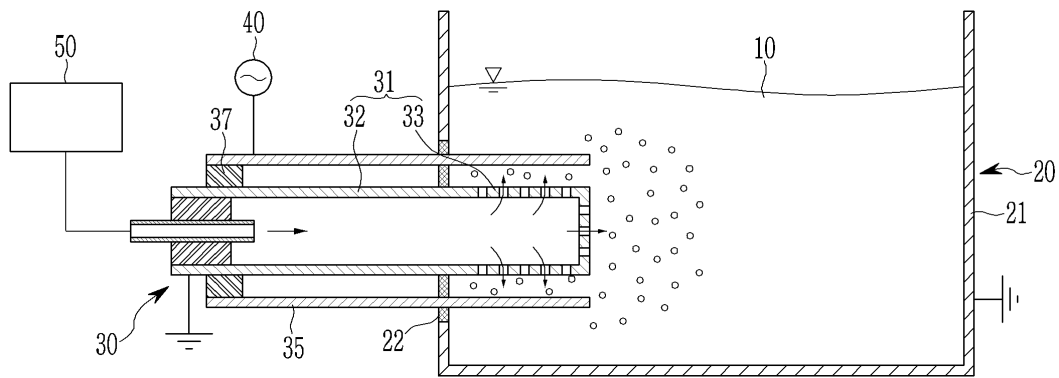
도면2



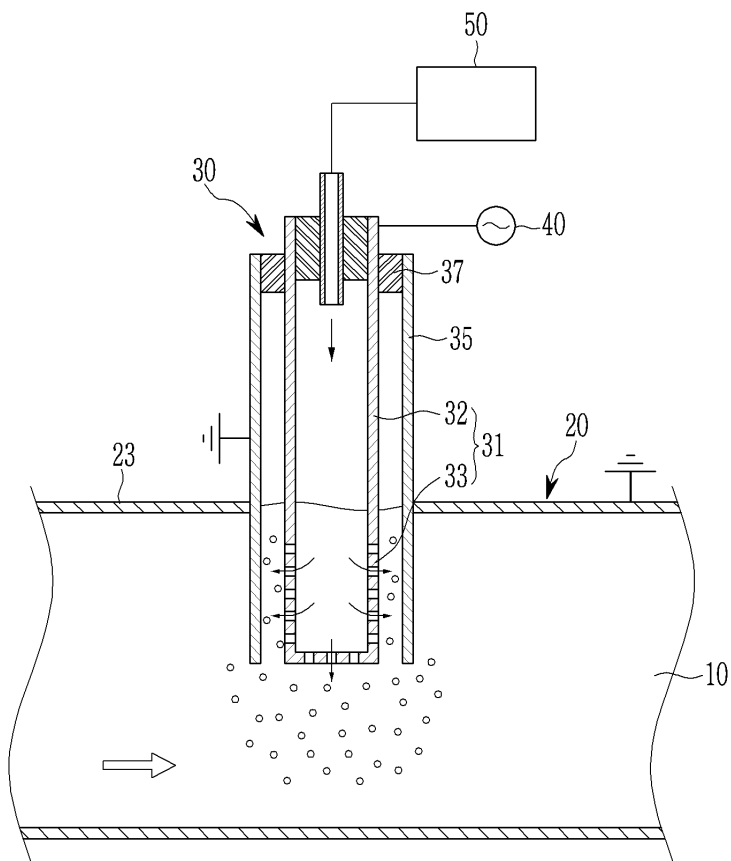
도면3a



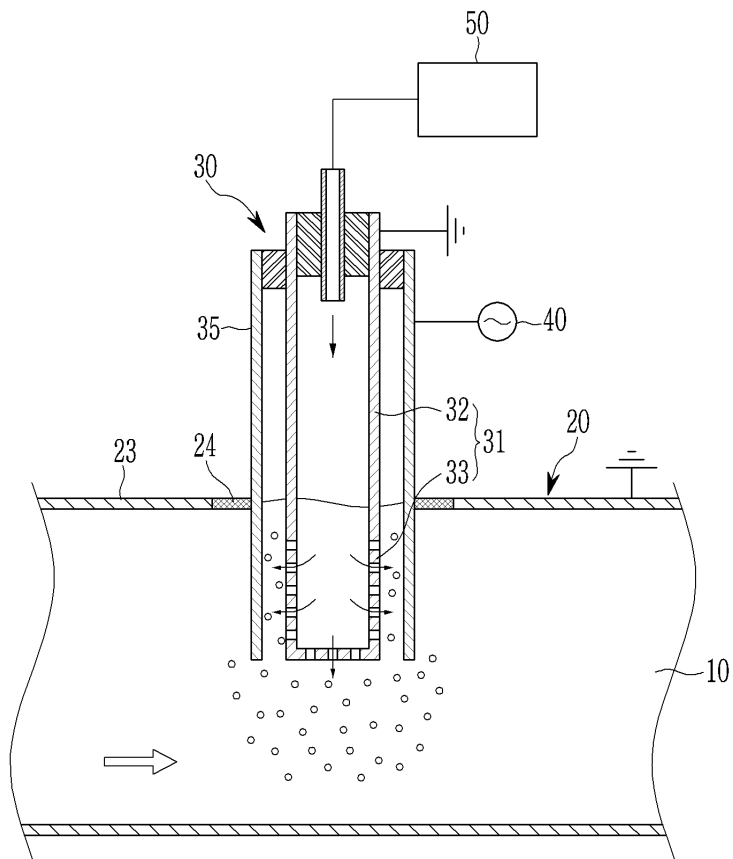
도면3b



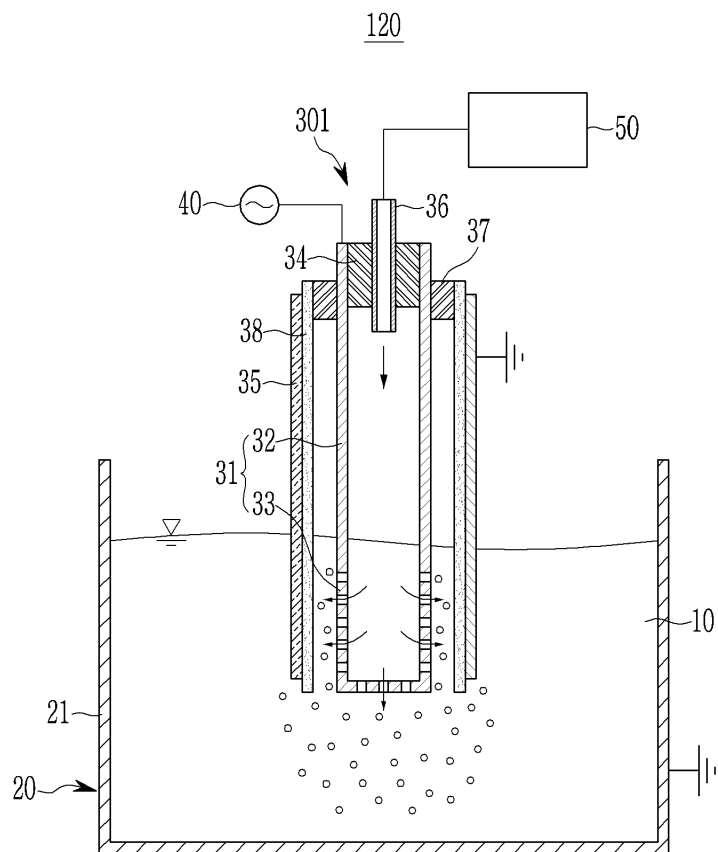
도면4a



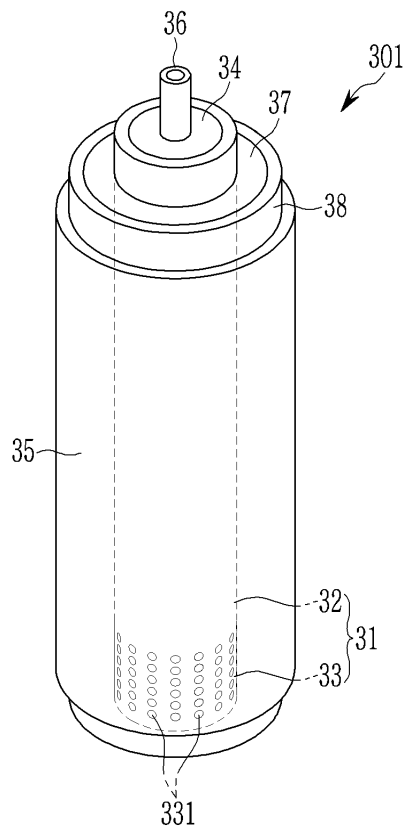
도면4b



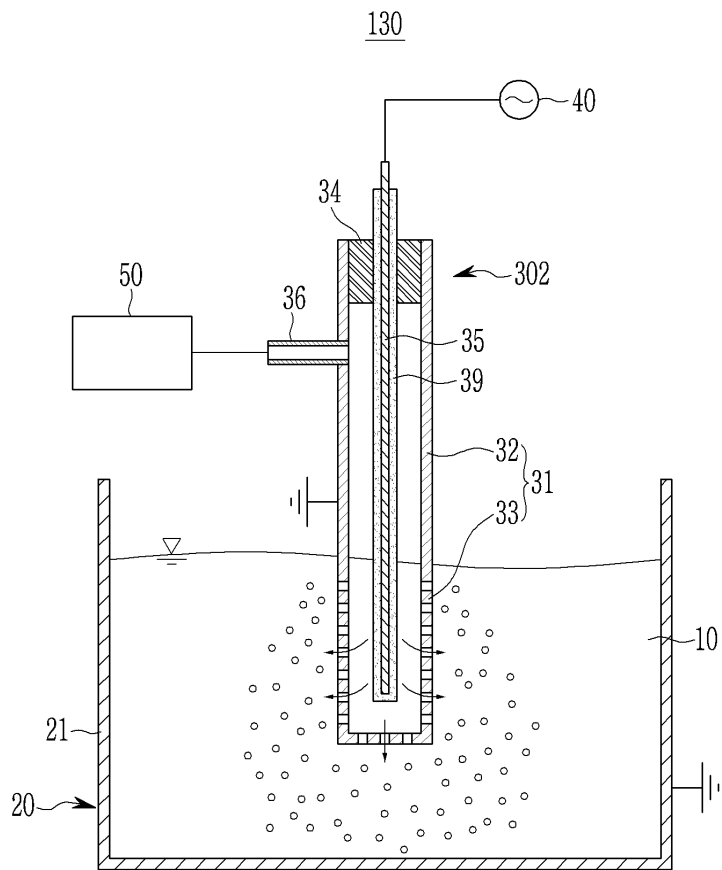
도면5



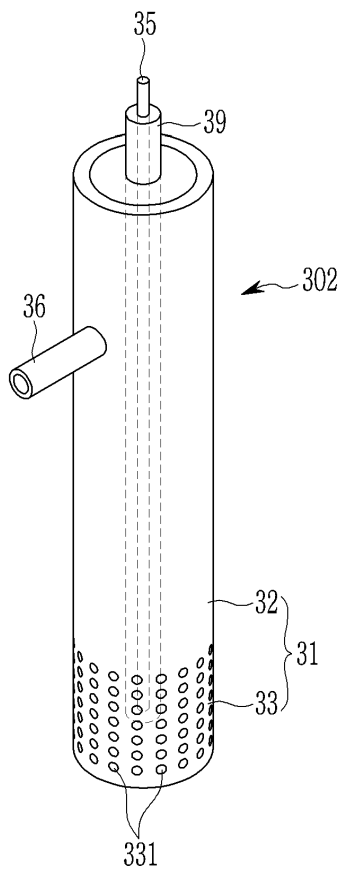
도면6



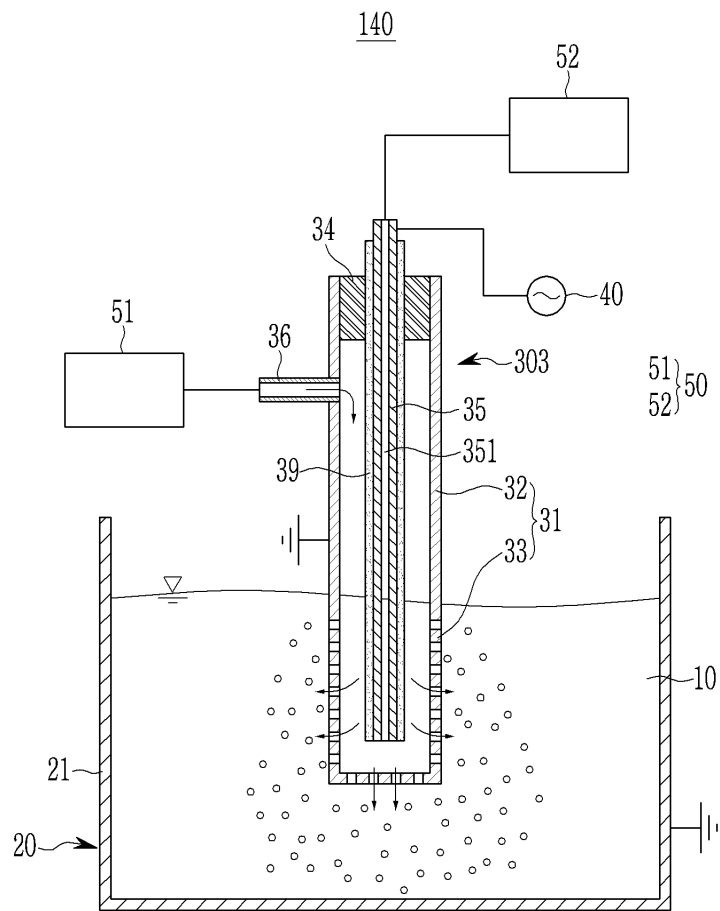
도면7



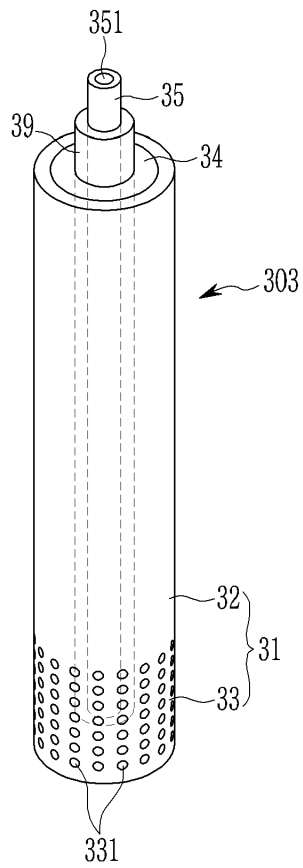
도면8



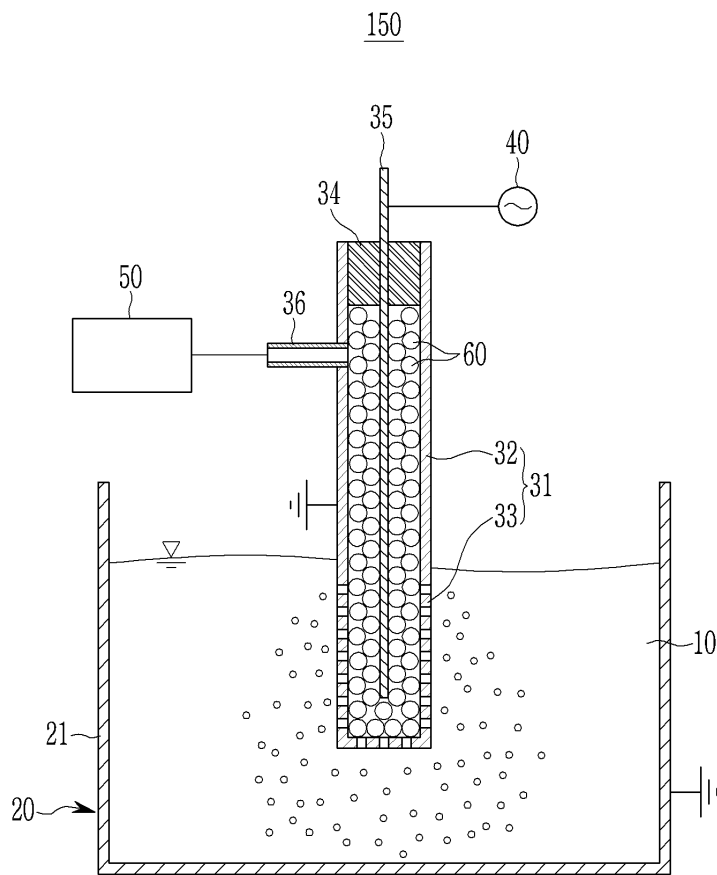
도면9



도면10



도면11



도면12

