



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년12월21일

(11) 등록번호 10-1575693

(24) 등록일자 2015년12월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C02F 1/46 (2006.01) *H05H 1/24* (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2014-0011027
 (22) 출원일자 2014년01월29일
 심사청구일자 2014년01월29일
 (65) 공개번호 10-2015-0090409
 (43) 공개일자 2015년08월06일
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2006130410 A*
 KR1020120133454 A*
 KR200415153 Y1*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 한국기초과학지원연구원
 대전광역시 유성구 과학로 169-148 (어은동)
 (72) 발명자
 홍용철
 경기도 고양시 일산동구 위시티4로 80 위시티일산
 자이1단지아파트 103동 502호
 신용욱
 경상북도 포항시 북구 천마로46번길 28-29 골든빌
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 남건필, 차상윤

전체 청구항 수 : 총 2 항

심사관 : 박지형

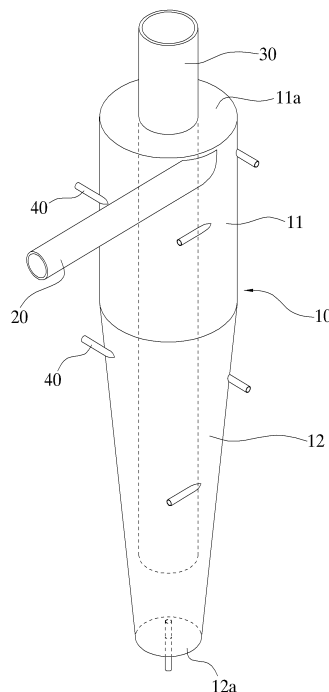
(54) 발명의 명칭 플라즈마 수처리 장치

(57) 요약

플라즈마 수처리 장치가 개시된다. 상기 플라즈마 수처리 장치는, 원통부분 및 상기 원통부분으로부터 아래 방향으로 테이퍼진 원뿔부분을 포함하는 반응기; 상기 반응기의 축방향에 수직하도록 상기 반응기에 관통되어 있고 상기 반응기 내부공간으로 유체를 공급하는 주입관; 상기 원통부분의 상면을 수직으로 관통하여 일부분이 상기

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



반응기 내부공간에 삽입되어 있고 상기 반응기의 내부공간으로 공급된 유체를 상기 반응기의 축방향으로 배출시키는 배출관; 상기 반응기의 주변에 관통되어 있는 복수의 플라즈마 발생 장치를 포함하고, 상기 원뿔부분의 아랫면은 막혀 있고, 상기 배출관의 길이는 상기 반응기 내부공간으로 삽입된 상기 배출관의 일부가 상기 원통부분 및 상기 원뿔부분에 위치하는 길이이고, 상기 주입관은 상기 유체가 상기 반응기의 내면을 따라 선회하며 주입되도록 상기 원통부분의 내면의 접선방향을 향해 상기 반응기에 관통되어 있고, 상기 복수의 플라즈마 발생 장치 중 일부는 상기 반응기의 내면의 접선 방향을 향해 상기 반응기에 관통되어 있다.

(72) 발명자

최대현

대전광역시 유성구 엑스포로 448 엑스포아파트 405동 403호

김예진

대전광역시 유성구 과학로 169-148 국가핵융합연구소

마속활

대전광역시 유성구 과학로 169-148 국가핵융합연구소

명세서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

상면을 가지는 원통부분 및 상기 원통부분으로부터 아래 방향으로 테이퍼(tapered)지고 아랫면을 가지는 원뿔부분을 포함하는 원통형 반응기;

상기 원통부분의 외면에서 내부로 상기 원통부분의 단면의 접선방향으로 관통되어 있는 액체를 공급하기 위한 주입관으로서, 상기 주입관은 상기 액체가 상기 반응기의 내면을 따라 선회하도록 주입하기 위한, 주입관;

상기 원통부분의 상면을 수직으로 관통하여 상기 반응기 내부공간에 삽입되어 있고 상기 주입관으로부터 공급된 액체를 배출시키기 위한 배출관;

상기 원통부분의 외면에서 내부로 상기 원통부분의 단면의 접선방향으로 관통되어 있는 상기 선회하는 액체와 평행하도록 배치된 제1 모세관 플라즈마 장치; 및

상기 배출관의 축방향과 평행하도록 상기 원뿔부분의 아랫면에 관통하여 있는 제2 모세관 플라즈마 장치를 포함하며,

상기 배출관의 길이는 상기 원통부분의 상면으로부터 삽입된 상기 배출관의 일부분이 상기 원뿔부분에 위치하는 길이인,

플라즈마 수처리 장치.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

제3항에 있어서,

상기 모세관 플라즈마 장치는,

전원을 공급하는 전원 공급부;

상기 전원 공급부에서 공급된 전원을 인가 받아 액체 내부에 모세관 플라즈마 방전을 일으키는 방전 전극; 및

상기 방전 전극에 보조 가스를 주입하는 가스 공급부를 포함하고,

상기 방전 전극은, 상기 전원 공급부의 출력단과 전기적으로 연결되는 금속 팁; 및

상기 금속 팁을 둘러싸며, 상기 금속 팁의 끝 단 보다 일정 길이만큼 돌출되는 원통형의 유전체 튜브를 포함하는,

플라즈마 수처리 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 플라즈마 수처리 장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 유체의 처리 효율을 증대시킬 수 있는 플라즈마 수처리 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 오염수의 정화 및 박테리아 제거 등을 위한 목적으로 다양한 방법들이 연구되고 있다. 이러한 방법들로는, 예를 들어 오존을 이용하는 방법, 오염수에 차아염소산(HClO) 등의 화학물질을 첨가하는 방법, 자외선을 이용하는 방법, 열처리를 이용하는 방법 등이 있다.

[0003] 그러나 이러한 방법들의 경우 필요로 하는 충분한 정화 성능을 얻을 수 없거나, 오염수 처리를 위하여 과도한 비용이 필요하거나 또는 예상치 못한 부작용이 나타나는 등의 문제가 있었다. 이에 따라, 효율적으로 오염수를 정화하고 박테리아 등의 미생물을 제거하기 위한 방법으로서 오염수 내에 플라즈마 방전을 일으켜 오염수를 정화하는 방법이 개발되었다.

[0004] 도 1은 종래의 플라즈마를 이용한 수처리 장치를 도시한다.

[0005] 도 1을 참조하면, 종래의 플라즈마를 이용한 수처리 장치는, 내부에 유체가 흐를 수 있도록 속이 빈 원통형으로 구성된 반응기(1)와, 반응기(1)의 원통형 몸체를 관통하여 반응기(1)의 내부 면으로 돌출되도록 구비되며 반응기(1) 내부로 유입된 유체에 플라즈마 방전을 일으키는 방전 전극(2)으로 구성된다.

[0006] 이러한 종래의 플라즈마를 이용한 수처리 장치는 유체가 반응기(1)의 일단(1a)으로 유입되어 타단(1b)으로 유출되며, 유체가 반응기(1)의 내부를 흐르는 도중 플라즈마 방전에 의해 정화된다.

[0007] 그러나 도 1에 잘 나타나 있듯이 유체는 반응기의 축방향을 따라 공급 및 배출되므로 유체가 반응기(1) 내에 체류하는 시간이 길지 않고 이에 의해 유체가 플라즈마와 접촉하는 시간이 길지 않게 되므로 유체의 효율적인 플라즈마 처리가 이루어지지 못하였다.

[0008] 또한 방전 전극(2)은 유체의 흐름방향(반응기(1)의 축방향)에 수직한 방향으로 플라즈마 방전이 이루어지므로 효율적인 플라즈마의 방전이 어렵고, 따라서 소비전력이 증가하고 유체의 플라즈마 처리 효과 역시 감소하는 문제가 있었다.

[0009] 이에, 본 발명자는, 연구 끝에, 아래와 같은 구성을 도입하여, 반응기 내에서의 유체의 체류 시간을 증가될 뿐 아니라 효율적인 플라즈마 공급이 이루어지고, 플라즈마 공급에 따른 소비전력이 감소하며, 이에 의해 유체의 플라즈마 처리의 효율이 증대되는 플라즈마 수처리 장치를 개발하기에 이르렀다.

발명의 내용

[0010] 본 발명은, 유체를 수용하고 원통형이고 수용된 유체가 회전하도록 구성된, 원통형 반응기; 및 상기 반응기의 유체에서 수중 방전이 가능한 플라즈마 발생수단을 포함하는, 플라즈마 수처리 장치를 제공한다.

[0011] 본 발명의 플라즈마 수처리 장치는 사이클론 방식으로 유체가 회전되도록 하며, 이러한 회전하는 유체에 수중 방전을 일으켜, 반응기 내의 유체 체류시간의 증가 및 플라즈마의 접촉시간의 증가 등 수중 방전의 효율을 극대화 하도록 한다.

[0012] 상기 원통형 반응기는 원통부분 및 상기 원통부분으로부터 아래 방향으로 테이퍼진(tapered) 원뿔부분을 포함하며, 상기 플라즈마 수처리 장치는 상기 반응기 내로 유체를 주입하기 위한 주입수단 및 상기 반응기로부터 유체를 배출하기 위한 배출수단을 포함하며, 상기 주입수단은 상기 주입수단을 통해 주입되는 유체가 상기 원통형 반응기 내부에서 회전되도록 구성되며, 상기 배출수단은 상기 원통형 반응기 내부를 회전한 유체가 상기 반응기 밖으로 배출되도록 구성된다.

[0013] 상기 주입수단은 상기 반응기의 원통부분의 축방향에 수직하도록 유체를 공급하기 위한 주입관을 포함하고 상기 배출수단은 상기 원통부분의 상면을 수직으로 관통하여 상기 반응기 내부공간에 삽입되어 있고 공급된 유체를 상기 반응기의 축방향으로 배출시키기 위한 배출관을 포함하며 상기 원뿔부분의 아랫면 및 상기 원통부분의 상

면은 막혀 있고, 상기 배출관의 길이는 상기 원통부분의 상면으로부터 삽입된 상기 배출관의 일부분이 상기 원뿔부분에 위치하는 길이이고, 상기 주입관은 상기 유체가 상기 반응기의 내면을 따라 선회하며 주입되도록 구성되어 있다.

[0014] 상기 배출관은 원통형 관형태일 수 있고, 상기 배출관의 직경은 상기 원뿔부분의 최하단의 직경 또는 그 보다 약간 큰 직경일 수 있다.

[0015] 특히 본 발명에서 상기 플라즈마 발생 장치는 모세관 플라즈마 장치며, 상기 모세관 플라즈마 장치는 상기 반응기의 내면의 접선 방향을 향하도록 관통되도록 배치되거나, 상기 모세관 플라즈마 장치는, 상기 원뿔부분의 아랫면을 상기 배출관의 축방향과 평행하도록 관통되도록 배치될 수 있다.

[0016] 이러한 모세관 플라즈마 장치의 관통 배치는 회전 유체 및 배출 유체와 수평한 배치이며, 이는 플라즈마 발생 전력의 효율 등 수중 방전의 효율을 극대화하도록 한다.

[0017] 상기 모세관 플라즈마 장치는, 전원을 공급하는 전원 공급부; 상기 전원 공급부에서 공급된 전원을 인가 받아 유체 내부에 모세관 플라즈마 방전을 일으키는 방전 전극; 및 상기 방전 전극에 보조 가스를 주입하는 가스 공급부를 포함하고, 상기 방전 전극은, 상기 전원 공급부의 출력단과 전기적으로 연결되는 금속 팁; 및 상기 금속 팁을 둘러싸며, 상기 금속 팁의 끝 단 보다 일정 길이만큼 돌출되는 원통형의 유전체 튜브를 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 종래의 플라즈마를 이용한 수처리 장치를 도시한다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 수처리 장치의 구성을 나타낸 사시도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 수처리 장치의 플라즈마 발생 장치를 예시하는 도면이다.

도 4는 도 3에 도시된 모세관 플라즈마 발생 장치의 방전 전극 및 가스 공급부의 실시예를 나타낸 도면이다.

도 5a 내지 도 5b는 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 수처리 장치의 반응기 내에서 유체가 체류되는 시간을 측정하는 실험에 1을 설명하기 위한 도면이다.

도 6a 내지 도 6c는 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 수처리 장치의 플라즈마 발생 장치가 반응기의 접선 방향으로 관통되는 경우 소비되는 전력을 측정하는 실험에 2를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 플라즈마 수처리 장치에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 첨부된 도면에 있어서, 구조물들의 치수는 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대하여 도시한 것이다.

[0020] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.

[0021] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0022] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적

인 의미로 해석되지 않는다.

- [0023] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 수처리 장치의 구성을 나타낸 사시도이다.
- [0024] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 수처리 장치는 반응기(10); 주입관(20); 배출관(30); 복수의 플라즈마 발생 장치플라즈마 발생 장치(40)을 포함한다.
- [0025] 반응기(10)는 유체가 플라즈마 처리될 수 있는 내부공간을 제공한다. 이러한 반응기(10)는 원통부분(11) 및 원뿔부분(12)을 포함한다. 원통부분(11)은 원통 형상을 갖는 부분이고, 원뿔부분(12)의 위에 위치한다. 원뿔부분(12)은 원뿔형상을 갖는 부분이고, 원통부분(11)의 아래에 위치한다. 즉, 원뿔부분(12)은 원통부분(11)의 하단 부로부터 아래 방향으로 테이퍼지고 이에 의해 직경이 점차 감소하여 형성된다. 이러한 원뿔부분(12)의 아랫면(12a)은 막혀있다. 이러한 반응기(10)의 각각의 원통부분(11) 및 원뿔부분(12)의 길이에는 특별한 제한은 없다.
- [0026] 주입관(20)은 반응기(10)의 내부공간으로 유체를 주입한다. 이러한 주입관(20)은 반응기(10)의 원통부분(11)의 상단부에 위치함이 바람직하다. 이때, 주입관(20)은 원통부분(11)의 내면의 접선 방향을 향하도록 원통부분(11)에 관통된다. 이에 의해 주입관(20)을 통해 주입되는 유체는 원통부분(11)의 내면을 타고 선회하는 형태로 주입되고 유체는 반응기 내에서 회전하게 된다. 이러한 주입관(20)이 원통부분(11)으로부터 연장된 길이에는 특별한 제한은 없다. 또한 이러한 주입관(20)은 원통형상일 수 있고, 특별히 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0027] 배출관(30)은 반응기(10)의 내부공간으로 주입된 유체가 반응기(10) 내에서 플라즈마 처리된 후 반응기(10) 외부로 배출되도록 한다. 이를 위해, 배출관(30)은 반응기(10)의 원통부분(11)의 상면(11a)을 수직으로 관통하여 반응기(10)의 축 방향과 평행하게 배치된다. 배출관의 길이는 상기 원통부분의 상면으로부터 삽입된 상기 배출관의 일부분이 상기 원뿔부분에 위치하는 길이가 바람직하며, 상기 원뿔부분의 하면 근처까지의 길이를 가짐이 배출의 효율 및 배출 유체의 선형 흐름에 바람직하다.
- [0028] 하나 이상의 플라즈마 발생 장치(40)는 반응기(10)의 내부공간에 공급된 유체에 플라즈마 방전을 일으킨다. 플라즈마 발생 장치(40)는 모세관 플라즈마 발생 장치일 수 있다.
- [0029] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 수처리 장치의 플라즈마 발생 장치를 예시하는 도면이고, 도 4는 도 3에 도시된 모세관 플라즈마 발생 장치의 방전 전극 및 가스 공급부의 실시예를 나타낸 도면이다.
- [0030] 도 3 및 도 4를 참조하면, 모세관 플라즈마 발생 장치(100)는, 전원 공급부(102), 방전 전극(104) 및 가스 공급부를 포함하며, 방전 전극(104)은 금속 텍(200) 및 유전체 튜브(202)를 포함한다. 이에 대한 자세한 설명은 대한민국 출원번호 제10-2011-0052089호가 참조되면 이 특허 출원은 본원에 그대로 통합되어 있다.
- [0031] 전원 공급부(102)는 외부 전원(예를 들어 상용 AC 전원)을 인가 받아 이를 소정 크기의 전압을 가지는 직류 또는 교류 전원으로 변환하여 출력한다. 전원 공급부(102)는 입력되는 전원의 전압을 증폭하는 트랜스포머(108) 및 정류기(110) 등을 포함하여 구성될 수 있다.
- [0032] 방전 전극(104)은 전원 공급부(102)에서 공급된 전원을 인가 받아 오염된 유체(112) 내부에 모세관 플라즈마 방전(114, capillary plasma discharge)을 일으킴으로써 오염수 등의 유체(112)를 정화한다. 이와 같은 모세관 플라즈마 방전으로 발생된 플라즈마는 유체(112) 내부의 물 분자를 분해시켜 OH⁻, O, H, H₂O₂, HO₂, HClO, Cl₂, HCl 등의 활성종을 생성하며, 생성된 활성종들은 유체 내부의 오염물질(휘발성유기화합물, 미생물, 조류 등)을 제거하게 된다.
- [0033] 가스 공급부는 방전 전극(104)에 의하여 모세관 플라즈마 방전이 일어나는 유체(112)의 내부로 보조 가스를 주입한다. 이와 같은 보조 가스의 예로는, 오존(O₃), 산소(O₂), 질소(N₂), 아르곤(Ar), 헬륨(He), 공기(Air) 또는 이들의 혼합물이 될 수 있으며, 또는 가스 공급부에서 액체 상태의 과산화수소수(H₂O₂)를 분사하는 것 또한 가능하다. 이와 같이 주입되는 보조 가스는 방전 전극(104)으로부터 발생되는 플라즈마로 공급되며, 이에 따라 상기 플라즈마의 발생 및 이를 통한 유체(112) 정화를 보조하게 된다.
- [0034] 금속 텍(200)은 전원 공급부(102)의 출력단과 전기적으로 연결되며, 금속 재질, 예를 들어 텅스텐, 몰리브덴, 티타늄 또는 스테인레스(SUS) 중 하나의 재질로 구성될 수 있다. 이러한 금속 텍(200)을 구성하는 재질은 금속 텍(200)의 형태, 크기, 금속 재료의 가공성 또는 가격 등을 고려하여 결정될 수 있다. 예를 들어, 금속 텍(200)을 가공성이 좋은 스테인레스로 구성하고, 플라즈마가 발생하는 끝 부분은 내마모성이 큰 텅스텐 등으로 형성할 수 있다.
- [0035] 유전체 튜브(202)는 금속 텍(200)을 둘러싸는 원통형으로 구성되며, 금속 텍(200)의 끝 단 보다 일정 길이(d)만

를 돌출된다. 즉, 금속 팁(200)의 끝 부분은 유전체 튜브(202)의 안쪽으로 d 만큼 들어간 상태로 형성된다. 상기 d는 유전체 튜브(202) 내부에 형성되는 미세 거품 및 상기 미세 거품에서 발생하는 방전 효과를 고려하여 적절하게 정해질 수 있으며, 2mm 내지 4mm 정도의 값을 가질 수 있다. 이와 같은 유전체 튜브(202)는 예를 들어 알루미늄이나 또는 석영(Quartz)등으로 구성될 수 있다. 유전체 튜브(202)의 지름(a)은 약 2mm 내지 4mm 정도로 형성될 수 있다.

[0036] 한편, 본 발명에서 가스 공급부는 보조 가스를 유체 내로 공급하는 가스 공급관(204)을 포함한다. 본 실시예에서 가스 공급관(304)은 금속 팁(200)을 길이 방향으로 관통하여 형성되며, 이에 따라 금속 팁(200)의 끝 부분에서 발생하는 플라즈마에 직접 상기 보조 가스를 공급하도록 구성된다. 가스 공급관(204)의 지름(b)은 0.7mm 내지 1.2mm 정도로 형성될 수 있다.

[0037] 본 발명의 반응기(10) 내에 플라즈마 방전을 일으키기 위해, 이러한 모세관 플라즈마 발생 장치(100)가 이용되는 경우, 반응기(10)에 관통되는 부분은 유전체 튜브(202) 및 금속 팁(200)의 끝단이다. 따라서 반응기(10)의 내부공간에서 유전체 튜브(202) 및 금속 팁(200)은 플라즈마 방전을 일으키게 된다.

[0038] 한편, 도 2에 도시된 플라즈마 발생 장치들(40)은 효율적인 플라즈마 방전을 위해 반응기(10)의 내부공간에서 선회하는 유체의 유동 방향에 수직하지 않게 배치된다.

[0039] 즉, 반응기(10)의 원통부분(11) 및 원뿔부분(12)에 관통되는 플라즈마 발생 장치(40)는 반응기(10)의 내면의 접선 방향을 향하도록 반응기(10)에 관통된다. 반응기(10)의 원뿔부분(12)의 아랫면(12a)에 관통되는 플라즈마 발생 장치(40)는 반응기(10)의 축방향에 평행하도록 반응기(10)에 관통된다.

[0040] 이에 의해, 원통부분(11) 및 원뿔부분(12)에 관통된 모세관 플라즈마 발생 장치(100)의 방전 전극(104)에서 공급되는 플라즈마는 반응기(10)의 내면을 따라 선회하는 유체의 유동 방향과 같게 되고, 원뿔부분(12)의 아랫면(12a)에 관통된 플라즈마 발생 장치(40)는 원뿔부분(12)의 아랫면(12a)으로부터 반응기(10)의 축방향으로 상승되는 유체의 유동 방향과 같게 된다.

[0041] 아래에서는 본 발명의 플라즈마 수처리 장치를 통해 유체가 플라즈마 처리되는 과정을 예시적인 실시예로서 설명한다.

[0042] **실시예**

[0043] 본 실시예에서 아래와 같은 규격으로 본 발명의 플라즈마 수처리 장치를 제작하였다.(도 5 참조)

[0044] a) 반응기(10)의 원통부분(11)은, 길이는 75mm로 하고, 직경은 50mm로 하였다.

[0045] b) 반응기(10)의 원뿔부분(12)은, 길이를 180mm로 하고, 아랫면(12a)의 직경은 28mm로 하였다.

[0046] c) 배출관(30)은, 반응기(10) 내로 삽입된 길이는 200mm로 하고, 직경은 25mm로 하였다.

[0047] d) 주입관(20)은, 직경을 12mm로 하였다.

[0048] 이러한 규격으로 제작된 플라즈마 수처리 장치 내의 유체 흐름을 확인하기 위해, 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였고 그 결과를 도 6에 도시하였다.

[0049] 제작된 플라즈마 수처리 장치에 주입관(20)을 통해 유체를 주입하면, 유체는 도 6a에 나타난 바와 같이 주입관(20)의 축방향을 따라 주입관(20)을 직선 형태로 통과한 후 반응기(10)의 원통부분(11)의 내부로 도달하면 유체는 원통부분(11)의 내면을 타고 원통부분(11)의 원주 방향을 따라 선회하면서 원통부분(11)의 상단부로부터 원통부분(11)의 하단부까지 이동하게 된다.

[0050] 이후 유체는 원통부분(11)의 하단부로부터 원뿔부분(12)의 상단부로 이동하게 된다. 이때, 원뿔부분(12)은 원통부분(11)으로부터 테이퍼져서 직경이 점차 감소하도록 형성되므로 원뿔부분(12)을 통과하는 유체는 도 6b와 같이 선회하는 반경이 점차 감소하는 형태로 원뿔부분(12)의 아랫면(12a)까지 이동하게 된다. 이러한 유체의 반응기(10) 내에서의 이동 시간은 도 5와 같은 플라즈마 수처리 장치로 제작된 경우 2초간 지속되었음을 도 6b를 통해 알 수 있다.

[0051] 이러한 유체의 이동 과정에서 반응기(10)의 원통부분(11) 및 원뿔부분(12)에 관통 설치되어 있는 플라즈마 발생 장치(40)에 의해 반응기(10)의 내부공간에서 일어나는 플라즈마 방전을 통해 유체는 플라즈마와 접촉하게 된다.

[0052] 유체 및 플라즈마 간의 접촉은 플라즈마 발생 장치(40)를 통해 유체 내에서 플라즈마 방전이 일어나는 것에 의해 유체가 반응기(10) 내부에 존재하는 동안에 지속적으로 이루어질 수 있다. 또한 플라즈마 발생 장치(40)는

유전체 튜브(202) 내로 보조 가스가 주입되는 모세관 플라즈마 발생 장치가 이용되므로 유체 내에는 플라즈마가 버블(bubble) 형태로 존재하여 유체 및 플라즈마 간의 접촉이 이루어질 수도 있다.

[0053] 도 6c는 도 6b에 도시되어 있는 마지막 그림을 확대 도시한 도면으로서, 유체가 원뿔부분(12)의 아랫면(12a)에 도달하면 도 6c의 형태와 같이 유체는 수직으로 상승하게 된다. 수직으로 상승하는 유체는 반응기(10)에 수직으로 관통되어 있는 배출관(30)의 내부로 유입되어 배출관(30)을 통해 반응기(10)의 외부로 배출된다.

[0054] 이러한 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 수처리 장치는 반응기(10) 내로 주입되는 유체가 반응기(10)의 원통부분(11) 및 원뿔부분(12)의 내면을 타고 선회하면서 이동하므로 반응기(10)의 내부공간에 머무르는 시간이 증가하게 된다. 따라서 반응기(10) 내로 공급된 유체는 플라즈마 발생 장치(40)를 통해 반응기(10)의 내부공간에 발생된 플라즈마와 접촉되는 시간이 증가된다.

[0055] 한편, 플라즈마 발생 장치(40)는 원통부분(11) 및 원뿔부분(12)에 관통될 때 원통부분(11) 및 원뿔부분(12)의 내면의 접선방향을 향하도록 관통되고, 원뿔부분(12)의 아랫면에 관통될 때 배출관(30)의 축방향에 평행하도록 관통된다.

[0056] 이러한 구조에 의해, 플라즈마 발생 장치(40)를 통해 반응기(10) 내에 발생하는 플라즈마는 유체의 유동 방향, 즉 유체가 선회하여 이동하는 방향 및 유체가 배출관(30)의 축방향을 따라 이동하는 방향에 수직하는 방향을 향하지 않고 유체의 유동 방향과 동일한 방향을 향하게 된다.

[0057] 따라서 반응기(10) 내부공간에 발생하는 플라즈마는 유체에 의한 저항 없이 반응기(10) 내부공간에 효과적으로 공급된다. 또한 앞서 언급된 바와 같이 낮은 전력 공급으로도 플라즈마 발생이 가능한 모세관 플라즈마 발생 장치(100)가 이용되고 반응기(10) 내부에 발생하는 플라즈마가 유체의 저항 없이 발생될 수 있으므로 소비전력도 감소된다.

[0058] 이러한 플라즈마 발생에 대한 소비전력 감소 효과는 아래의 실험예를 통해 증명된다.

[0059] **[실험예]**

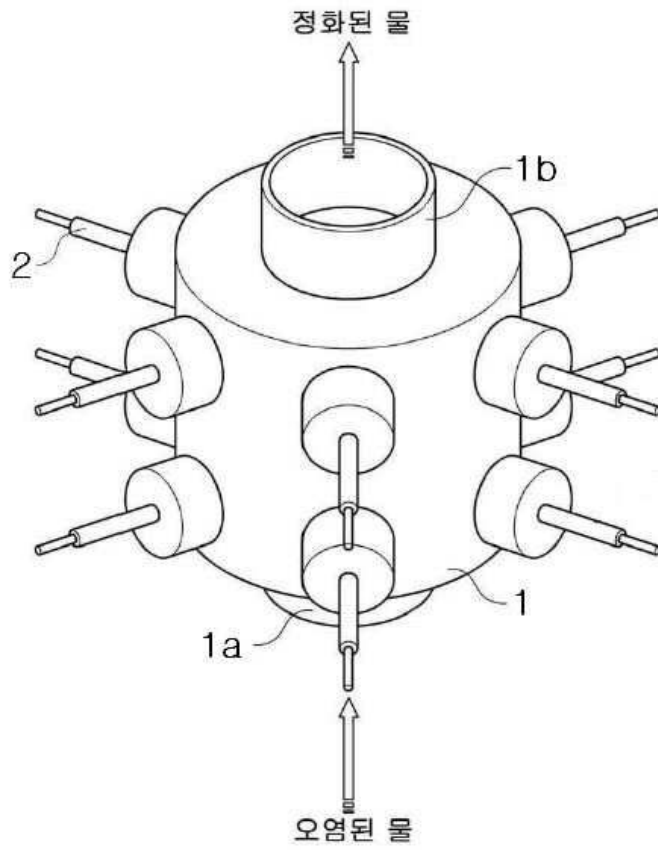
[0060] 플라즈마 발생 장치(40)가 도 7a와 같이 반응기(10)의 축방향에 수직으로 관통하는 경우와, 플라즈마 발생 장치(40')가 도 7b와 같이 반응기(10)의 접선 방향으로 관통하는 경우에, 각각의 플라즈마 발생 장치(40)에서 플라즈마가 발생될 때 소모되는 소비전력량을 측정하였다. 측정 결과는 도 8에 잘 나타나 있다.

[0061] 도 8을 통해 잘 알 수 있듯이, 도 7a의 플라즈마 발생 장치(40)의 배치 형태보다 도 7b의 플라즈마 발생 장치(40')의 배치 형태일 때 소비전력이 감소하였다.

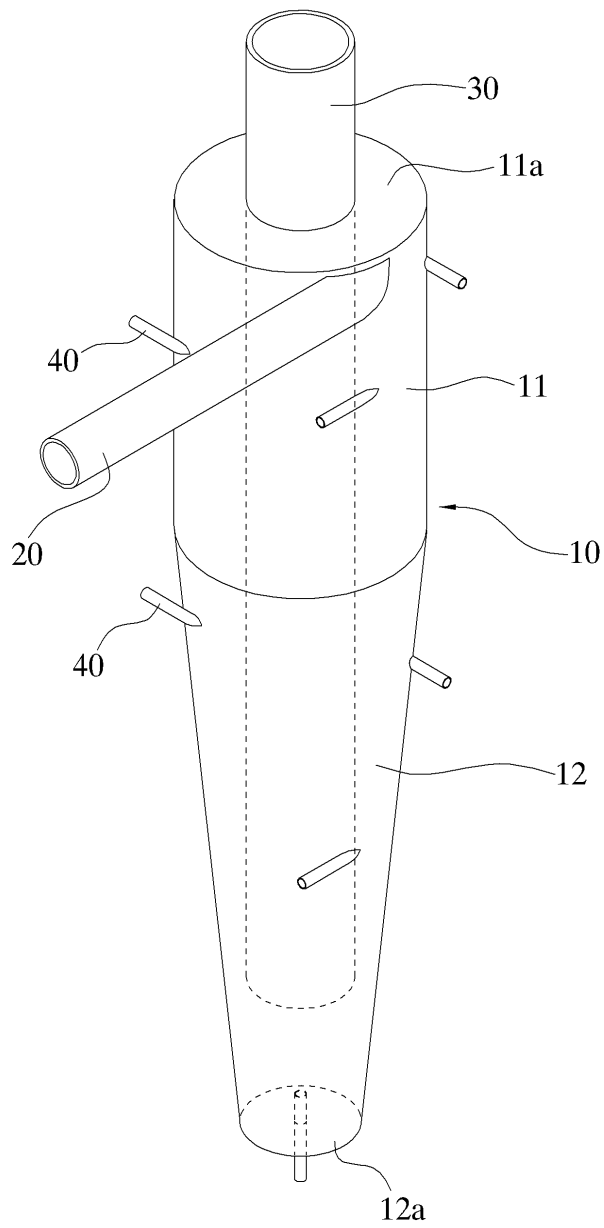
[0062] 본 발명의 플라즈마 수처리 장치가 플라즈마 발생 효율이 우수함이 입증된다.

도면

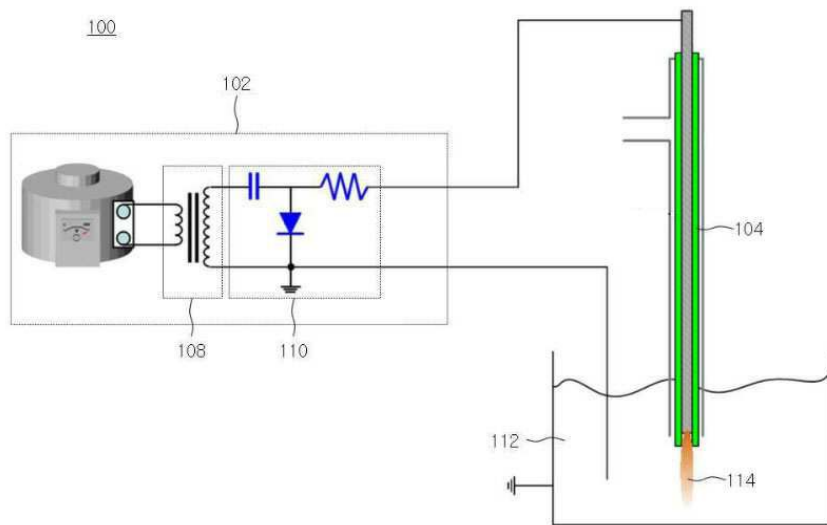
도면1



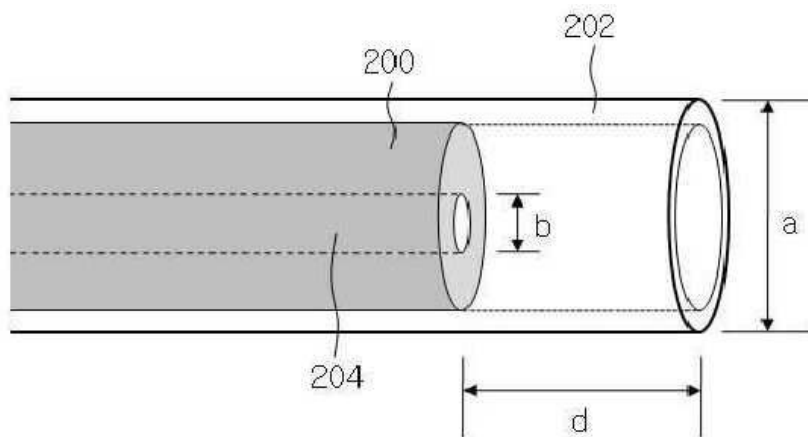
도면2



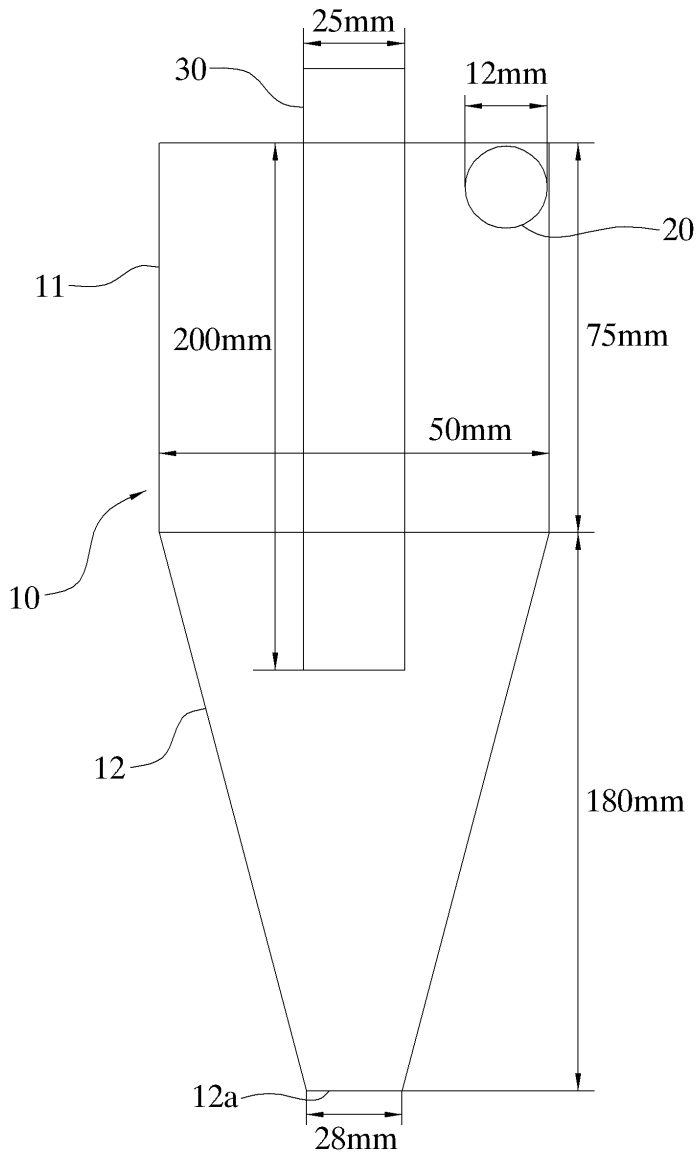
도면3



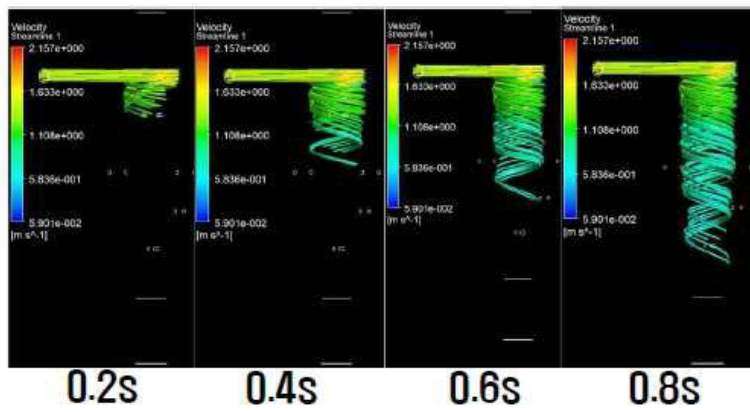
도면4



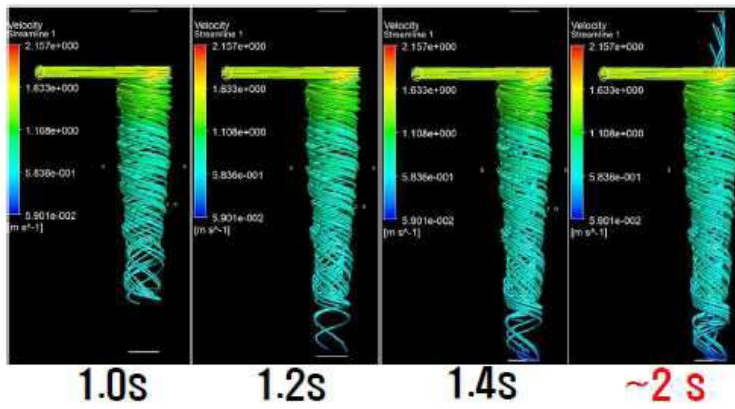
도면5



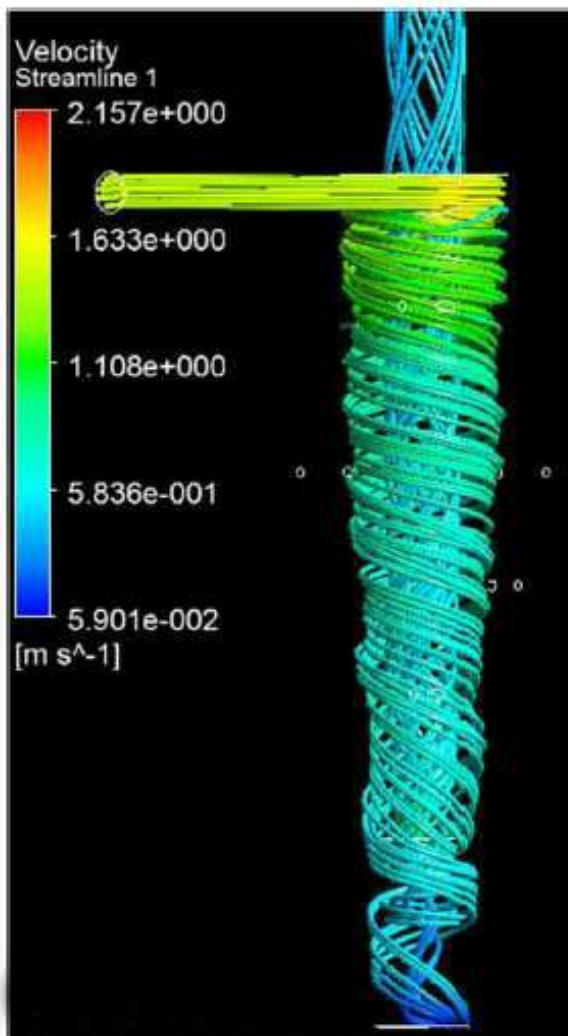
도면6a



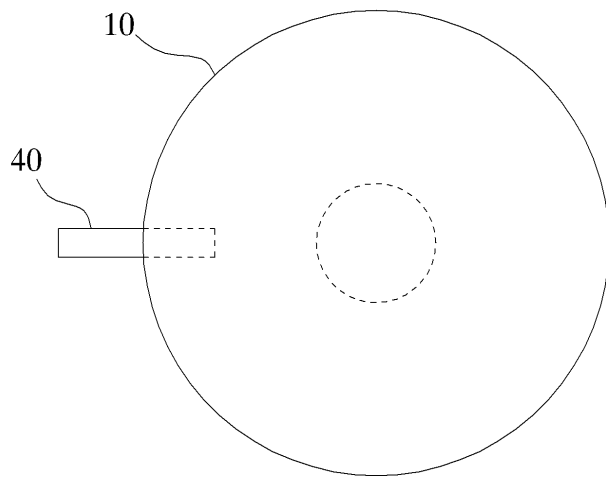
도면6b



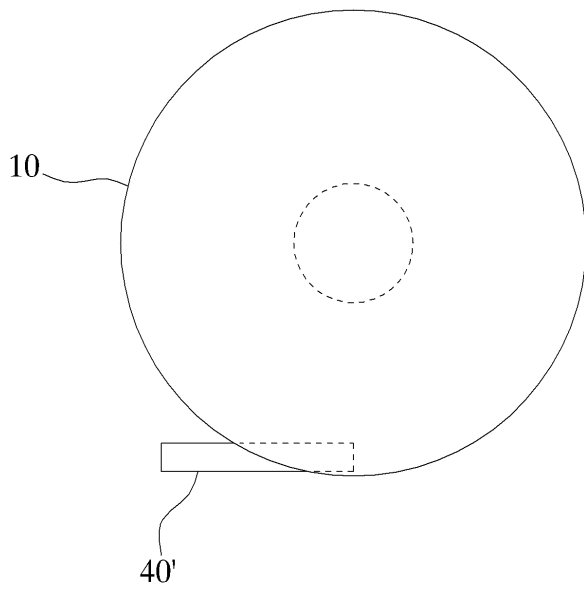
도면6c



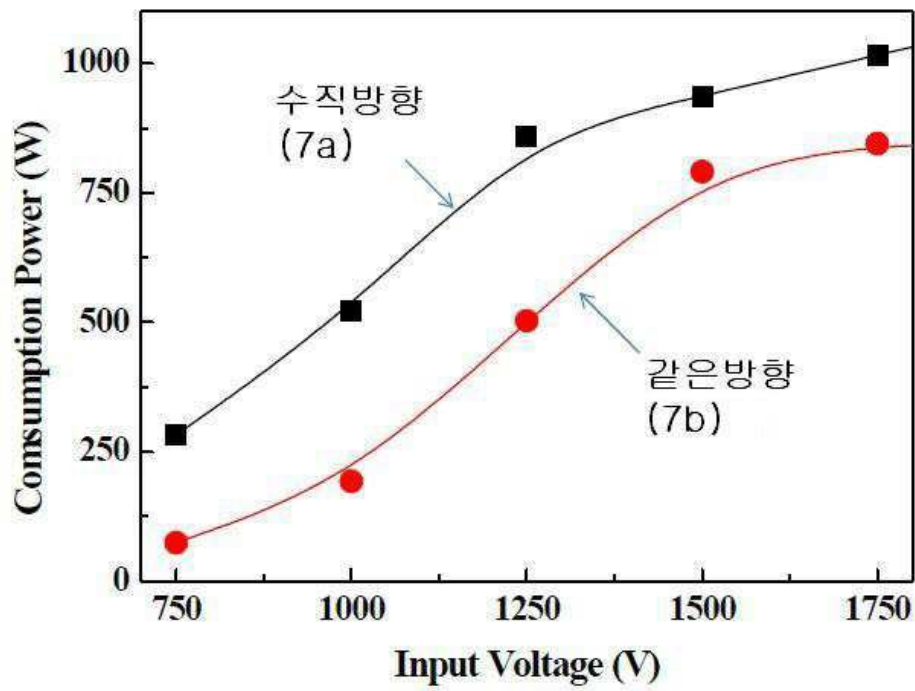
도면7a



도면7b



도면8



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 제7항

【변경전】

상기 모세관 플라즈마 발생 장치

【변경후】

상기 모세관 플라즈마 장치