



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년03월22일

(11) 등록번호 10-1605087

(24) 등록일자 2016년03월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H05H 1/24 (2006.01) H05H 1/34 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0129978

(22) 출원일자 2014년09월29일

심사청구일자 2014년09월29일

(56) 선행기술조사문헌

JP2008130343 A*

KR1020010047465 A*

KR1020110096328 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

인하대학교 산학협력단

인천광역시 남구 인화로 100, 인하대학교 (용현동)

(72) 발명자

박동화

서울특별시 서초구 잠원로 88 303동 204호

박현우

인천 남구 매소홀로309번길 32, 103동 1701호 (학익동, 엑슬루타워)

(74) 대리인

이원희

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 이민형

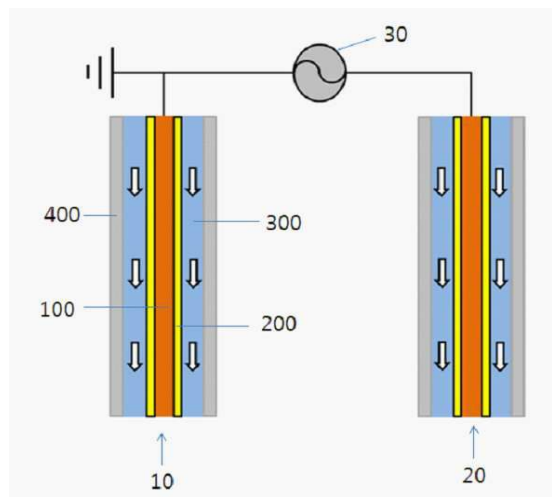
(54) 발명의 명칭 유연성을 가지는 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치

(57) 요약

본 발명은 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치에 관한 것으로 더욱 상세하게는 플라즈마 발생가스를 주입하지 않고 대기상태에서 안정적으로 장시간 방전할 수 있으며, 유연성을 동시에 가지는 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치에 관한 것이다.

본 발명에 따르면, 플라즈마 발생가스를 주입하지 않고 대기상태에서 안정적으로 장시간 방전 가능하며, 유연성 있게 형성되어 다양한 형태로 구성할 수 있으며, 전극의 간극 변화만으로 선형방전과 균일방전을 조절할 수 있어 더욱 안정적이고 효율이 증대될 수 있다.

대표도 - 도3



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 50113-01

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술진흥원

연구사업명 지역혁신센터

연구과제명 질소산화물과 황산화물 동시제거를 위한 플라즈마 공정 개발

기 여 율 1/1

주관기관 인하대학교 산학협력단

연구기간 2014.03.01 ~ 2015.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

도선;

상기 도선의 외측벽에 형성된 절연 튜브;

상기 절연 튜브의 외부에 형성된 테프론 튜브;

상기 절연 튜브 및 상기 테프론 튜브 사이에 주입되는 냉각수;를 포함하는 전극부가 2개 구비되는 것을 특징으로 하는 유연성을 가지는 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 전극부는,

서로 접촉되지 않으며, 서로 평행하게 구성되는 것을 특징으로 하는 유연성을 가지는 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 전극부는,

10mm 이하의 범위에서 서로 이격되어 형성되는 유연성을 가지는 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 전극부는,

이격 거리에 따라 선형방전 및 균일방전을 제어하는 것을 특징으로 하는 유연성을 가지는 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 전극부에 전압을 인가하기 위한 전원부를 더 포함하는 유연성을 가지는 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 전원부는,

펄스 또는 교류의 전원을 공급하며, 상기 펄스 또는 교류전원 전압이 1 KV 내지 15KV 인 것을 특징으로 하는 유연성을 가지는 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치는,

대기 중에서 방전되어 플라즈마를 발생시키는 것을 특징으로 하는 유연성을 가지는 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치에 관한 것으로 더욱 상세하게는 플라즈마 발생가스를 주입하지 않고 대기상태에서 안정적으로 장시간 방전할 수 있으며, 유연성을 동시에 가지는 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 유전체 장벽 방전 (Dielectric barrier discharge)는 일반적으로 두개 이상의 전극과 유전체로 구성되어 있다. 또한 유전체 장벽은 전극 사이에 존재하여 플라즈마 발생 시 전자가 유전체를 통과하여 반대쪽 전극으로 이동하는 형태로 구성되어있다. 따라서 유전체가 존재함으로써 일반적인 저온 플라즈마인 코로나 방전 (Corona discharge), 펄스 코로나 방전 (Pulsed corona discharge), 글로우 방전 (Glow discharge)과 비교하여 높은 전압과 전류를 이용하여 플라즈마를 발생시킬 수 있다. 일반적으로 비평형 유전체 장벽 방전에서는 대기압 상태에서 전자 온도가 약 10^4 - 10^5 K 이다.

[0003] 유전체 장벽 방전(DBD: Dielectric Barrier Discharge)에서 유전체 장벽은 대기압에서 고출력 방전을 발생시킬 수 있으며, 또한 복잡한 펄스 전력 공급기가 없어도 되기 때문에 산업체에서 널리 이용되고 있으며, 특히 오존 발생, CO₂ 레이저, 자외선 광원, 오염물질 처리 등에 널리 응용되고 있다.

[0004] 도 1은 전형적인 유전체 장벽 플라즈마 전극 구조를 나타내는 그림이다. 도 1에 나타난 바와 같이, 유전체 장벽 방전(DBD: dielectric barrier discharge) 장치는 두 개의 평행한 금속 전극으로 구성되어 있다. 최소한 전극 중 하나는 유전체층으로 덮여있다. 절연체를 사용하게 되면 직류 전력의 경우 전극을 통한 전류의 흐름이 불가능하므로 교류(AC) 전력을 이용하여 플라즈마를 발생시킨다. 안정적인 플라즈마 발생을 위하여 전극간 간격은 수 밀리미터로 제한되며 플라즈마 가스는 이 간격 사이로 흘러간다.

[0005] 이러한 유전체 장벽 방전은 국부적으로 파동이나 잡음을 일으키는 방전이 존재하지 않기 때문에 조용한 방전 (Silence Discharge)이라고 부르기도 한다. 방전은 사인함수 혹은 펄스 형의 전원으로 점화된다. 작동 가스의 조성, 전압 및 주파수에 따라 방전은 필라멘트 형태 혹은 글로우 형태가 된다. 필라멘트 형태의 방전은 유전체 층의 표면에서 발달하는 마이크로 방전 또는 스트리머(Streamer)에 의해 만들어진다.

[0006] 이때 유전체 층의 역할은 반전 전류를 차단하고 아크로의 전이를 피할 수 있게 하여 연속되는 펄스 모드에서 작업을 가능하게 하고, 유전체 표면에 전자가 축적되어 표면에 무작위로 스트리머를 배분하여 균일한 방전을 유도하는 것이다.

[0007] 상기 유전체 장벽 방전(DBD: Dielectric Barrier Discharge)은 아래와 같이 여러 가지 변형이 존재한다.

[0008] 연면방전(Surface Discharge)은 세라믹 판의 표면에 은 등의 금속전극을 설치하고, 세라믹 판 내부에 판상의 대응전극을 설치하여 두 전극 사이에 교류전압을 인가하면, 세라믹 판 위의 줄무늬 모양의 전극 주위에 불꽃 방전

(Glow Discharge)이 발생된다. 이 방전은 방전시 소음이 발생 되어 후술하는 무성방전(Silence Discharge)과 구별된다.

[0009] 무성방전(Silence Discharge, Volume Discharge)은, 전형적인 유전체 장벽의 전극 구조로서 평행한 전극 사이에 한 쪽 또는 양쪽 전극에 유리 등의 절연물을 끼워 간격을 수 mm 로 하고, 교류전압을 인가하면 불꽃 방전(glow discharge)을 일으키지 않고 펄스상의 작은 방전이 무수히 발생한다. 이를 무성방전이라 하고 활성이온 발생으로 인한 유해가스 제거 등 산업분야에 많이 응용되고 있다.

[0010] 상기와 같이 유전체 장벽 방전은 산업적으로 다양하게 응용되고 있으며, 주로 오존 발생기, 표면처리, 수처리 등등에 이용되고 있다. 하지만 현재 사용되는 일반적인 유전체 장벽은 유리, 쿼츠, 세라믹 등이 이용되고 있으며, 이러한 이유는 유전체 장벽 방전 시 열적 안정성이 우수하기 때문이다. 이처럼 유전체 장벽 방전은 전하온도가 높기 때문에 유전체 장벽에 열적 안정성이 우수하여야만 방전을 안정적으로 유지시킬 수 있으며, 반응기 내구성이 향상될 수 있다. 하지만, 앞에서 언급한 유전체 물질들은 열적 안정성은 높지만 열충격에 약해 쉽게 파괴될 수 있으며, 냉각하기 어렵기 때문에 이러한 유전체 물질로는 아직까지 반응기 내구성에서 한계점을 가지고 있다. 따라서 이러한 유전체 물질을 냉각하기 위해서는 현재 많은 양의 플라즈마 발생 가스를 반응기 내부로 주입하고 있으며, 이러한 조건 때문에 산업적으로 응용하는데 있어서 한계점을 나타내고 있다. 또한 반응기 구조를 설계하는데 있어서 유리, 쿼츠, 세라믹에 경우 다양한 모양을 설계하는데 어려움을 가지고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 플라즈마 발생가스를 주입하지 않고 대기상태에서 안정적으로 장시간 방전 가능한 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치를 제공하는데 목적이 있다.

[0012] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 기술적 과제는 대기상태에서 안정적으로 장시간 방전이 가능함과 동시에 유연성을 가지는 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치를 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0013] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 본 발명은,

[0014] 도선, 상기 도선의 외측벽에 형성된 절연 튜브, 상기 절연 튜브의 외부에 형성된 고분자 튜브, 상기 절연 튜브 및 상기 고분자 튜브 사이에 주입되는 냉각수를 포함하는 두 개의 전극부가 구비되는 것을 특징으로 하는 유연성을 가지는 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치를 제공한다.

[0015] 상기 고분자 튜브는, 테프론으로 형성될 수 있다.

[0016] 상기 전극부는, 서로 접촉되지 않으며, 서로 평행하게 구성될 수 있다.

[0017] 상기 전극부는, 10mm 이하의 범위에서 서로 이격되어 형성될 수 있다.

[0018] 상기 전극부에 전압을 인가하기 위한 전원부를 더 포함할 수 있다.

[0019] 상기 전원부는, 펄스 또는 교류의 전원을 공급하며, 상기 펄스 또는 교류전원 전압이 1 kV 내지 15kV 일 수 있다.

[0020] 상기 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치는, 대기 중에서 방전되어 플라즈마를 발생시킬 수 있다.

[0021] 상기 전극부는, 이격 거리에 따라 선형방전 및 균일방전을 제어할 수 있다.

발명의 효과

[0022] 본 발명에 따르면, 플라즈마 발생가스를 주입하지 않고 대기상태에서 안정적으로 장시간 방전 가능하며, 유연성

있게 형성되어 다양한 형태로 구성할 수 있으며, 전극의 간극 변화만으로 선형방전과 균일 방전을 조절할 수 있어 더욱 안정적이고 효율이 증대될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0023]

도 1은 전형적인 유전체 장벽 플라즈마 전극 구조를 나타내는 그림이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 유연성을 가지는 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치를 도시한 수평단면도이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 유연성을 가지는 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치를 도시한 수직 단면도이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 유연성을 가지는 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치의 정면도이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 유연성을 가지는 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치의 선형방전을 도시한 도면이다.

도 6는 본 발명의 일실시예에 따른 유연성을 가지는 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치의 균일방전을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024]

이하에서 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 유연성을 가지는 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치에 대해 상세하게 설명한다. 이때 도면에 도시되고 또 이것에 의해서 설명되는 본 발명의 구성과 작용은 적어도 하나의 실시예로서 설명되는 것이며, 이것에 의해서 본 발명의 기술적 사상과 그 핵심 구성 및 작용이 제한되지는 않는다.

[0025]

본 발명에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어를 선택하였으나, 이는 당해 기술분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 관례 또는 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 발명의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 발명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌 그 용어가 가지는 의미와 본 발명의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 함을 밝혀두고자 한다.

[0026]

본 발명은, 도선, 상기 도선의 외측벽에 형성된 절연 튜브, 상기 절연 튜브의 외부에 형성된 고분자 튜브, 상기 절연 튜브 및 상기 고분자 튜브 사이에 주입되는 냉각수;를 포함하는 두 개의 전극부가 구비되는 것을 특징으로 하는 유연성을 가지는 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치를 제공한다.

[0027]

이하, 도면을 참조하여 본 발명의 일실시예에 따른 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치를 더욱 상세하게 설명한다.

[0028]

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 유연성을 가지는 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치를 도시한 수평단면도이며, 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 유연성을 가지는 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치를 도시한 수직 단면도이고, 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 유연성을 가지는 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치의 정면도이다.

[0029]

도 2 내지 도 4를 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 유연성을 가지는 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치는 두 개의 전극부(10, 20) 및 전원부(30)를 포함할 수 있다.

[0030]

상기 전극부(10, 20)는 서로 동일한 구조를 가지는 구성요소일 수 있다. 전극부(10)는 도선(100), 절연 튜브(200), 냉각수(300) 및 고분자 튜브(400)를 포함할 수 있다.

[0031]

도선(100)은 전도성 금속물질로 전원부(30)와 전기적으로 연결되어 상기 전원부(30)에서 인가된 전압에 의해 방

전되어 플라스마를 발생시킬 수 있다. 상기 도선(100)은 전기 전도성이 높은 물질로 구성될 수 있으며, 구리(Cu), 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 알루미늄(Al) 중 어느 하나일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0032] 절연 튜브(200)는 상기 도선(100)의 외측면을 감싸도록 형성되며, 이때 상기 절연 튜브(200)는 절연체로 구성되며, 이때 상기 절연 튜브(200)는 우레탄으로 형성되는 것이 바람직하다. 상기 전극부(10, 20)는 유연성(flexible)을 가지기 위하여 우레탄으로 형성되며, 상기 우레탄은 폴리에스테르, 폴리에테르와 이소시아네이트와의 반응에 의해 생긴 고무 모양의 탄성체(彈性體)로, 일반적으로 내마모성(耐磨耗性)이 뛰어나고, 타이어, 고무 롤, 패킹, 구두창, 인공 피혁 등에 널리 사용되는 물질로 도선(100)과 고분자 튜브(400)가 직접적으로 접촉되지 않도록 구성된다. 상기 도선(100)과 고분자 튜브(400)가 직접적으로 접촉될 경우 상기 접촉된 부분에서 플라스마 방전이 집중될 수 있으며, 이로 인해 발생된 열에 의해 고분자 튜브(400)가 손상될 수 있으므로 도선(100)과 고분자 튜브(400)가 직접적으로 접촉되지 않도록 구성된다.

[0033] 냉각수(300)는 절연 튜브(200)와 고분자 튜브(400) 사이에 위치하며, 외부에서 냉각된 냉각수가 유입될 수 있다. 상기 냉각수(300)는 비열이 높은 액체로 구성되며, 바람직하게는 물일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 냉각수(300)는 절연 튜브(200)와 고분자 튜브(400) 사이를 순환하여 플라스마 방전 시 발생하는 열을 냉각시키는 역할을 한다. 상기 냉각수(300)가 구비되지 않을 경우, 고온의 열에 의해 도선(100), 절연 튜브(200) 및 고분자 튜브(400)가 손상될 수 있다.

[0034] 고분자 튜브(400)는 테프론 튜브일 수 있다. 테프론은 미국 듀폰사가 개발한 불소수지이며, 불소와 탄소의 강력한 화학적 결합으로 인해 매우 안정된 화합물을 형성한다. 거의 완벽한 화학적 비활성 및 내열성, 비점착성, 우수한 절연 안정성, 낮은 마찰계수 등의 특징을 가지고 있다. 이러한 특성 때문에 절연체로서 우수한 성질을 가지고 있으며, 화학적 비활성으로 인해 유전체 방전에서 발생하는 오존과 활성종들과의 화학반응을 방지하여 안정적이고 내구성이 우수한 플라스마 발생 장치를 구현할 수 있다. 이러한 우수한 특성 때문에 현재 주방용기에서부터 기계, 자동차, 반도체, 우주 항공산업 부품에 이르기까지 매우 다양한 분야에 응용되고 있다. 이 뿐만 아니라 테프론 튜브를 이용할 경우 유연성을 가질 수 있어 플라스마 반응기를 다양한 형태로 구현할 수 있는 장점이 있다.

[0035] 상기 전극부(10, 20)는 도 3에 도시된 바와 같이 소정의 간격을 가지며 서로 평행하게 이격되어 형성된다. 상기 각각의 전극부(10, 20)는 전원부(30)와 연결되어 전압이 공급될 수 있는 구조로, 전원부(30)는 플라스마 방전을 발생시키기 위한 전압을 인가하게 된다. 상기 전원부(30)는 펄스 또는 교류의 전원을 공급하며, 상기 펄스 또는 교류전원의 전압은 1 KV 내지 15KV 일 수 있다. 상기 전압이 1KV 미만일 경우 낮은 전압으로 인해 플라스마 방전이 일어나지 않을 수 있으며, 상기 전압이 15KV를 초과할 경우 높은 전압으로 인해 많은 열이 발생되어 구성요소들의 손상을 초래할 수 있으므로 상기 전압은 1 KV 내지 15KV의 범위에서 수행되는 것이 바람직하다. 또한, 전극부(10, 20)는 서로 접촉되지 않되, 10mm 이하의 범위로 이격되어 형성되는 것이 바람직하다. 상기 전극부(10, 20)가 서로 접촉될 경우, 전류가 바로 흐르게 되어 플라스마 방전이 발생되지 않으며, 상기 전극부(10, 20)가 10mm를 초과한 거리만큼 이격될 경우, 너무 먼 거리로 인해 플라스마 방전이 발생되기 어려우므로 상기 전극부(10, 20)는 서로 접촉되지 않되, 10mm 이하의 범위로 이격되어 형성되는 것이 바람직하다.

[0036] 상기와 같은 구성은 도선(100), 절연 튜브(200), 냉각수(300) 및 고분자 튜브(400)가 전부 유연한(Flexible) 물질로 형성되어 도 4와 같이 U자형 형상으로 휘어지는 것이 가능하다. 이는 U자형 형상뿐만 아니라 다양한 형상으로 휘어지는 것 또한 가능하며, 이에 따라 다양한 산업에서 원하는 부분에 국부적으로 플라스마 처리를 수행하는 플라스마 발생장치를 설계할 수 있다. 일반적으로 기존의 유전체 장벽 플라스마 발생 장치는 균일방전(Homogeneous discharge)을 수행하기 위해 플라스마 발생 공간에 다량의 불활성가스를 주입하여야 하며, 플라스마 방전 압력을 100Pa 이하로 유지하여야 한다. 본 발명은 전극간격을 변화시킴에 따라 선형방전과 균일방전을 조절할 수 있으며, U자 형태에 플라스마 반응기 구조에서도 균일하게 안정적으로 플라스마를 방전시킬 수 있다. 또한, 유전체 물질을 유체를 이용하여 냉각하기 때문에 많은 양에 플라스마 발생 가스를 투입하지 않아도 되며, 플라스마 발생가스 없이 대기상태에서 안정적으로 장시간 방전할 수 있다.

[0037] 상기 전극부(10, 20)는 이격 거리에 따라 선형방전(Filamentary discharge)을 및 균일방전(Homogeneous

discharge)으로 바뀔 수 있으며, 이하 도 5 및 도 6을 참조하여 더욱 상세하게 설명한다.

[0038] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 유연성을 가지는 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치의 선형 방전(Filamentary discharge)를 을 도시한 도면이고, 도 6는 본 발명의 일실시예에 따른 유연성을 가지는 유전체 장벽 플라즈마 발생 장치의 균일 방전(Homogeneous discharge)을 도시한 도면이다.

[0039] 이하, 본 발명을 구체적인 실시예 및 실험예를 도 5 및 도 6과 함께 더욱 상세히 설명한다. 하기 실시예 및 실험예들은 본 발명을 예시하기 위하여 제시되는 것일 뿐, 본 발명이 하기 실시예 및 실험예들에 의하여 한정되는 것은 아니다.

[0040] <실시예 1>

[0041] 전극부의 간격을 5 mm로 이격시켜 방전을 수행하였으며, 전원부에서 인가된 방전전압은 11 kV이며, 방전전류는 20 mA, 방전 주파수는 20 kHz로 구동시켰다. 도선은 구리도선으로 두께는 1 mm이며, 절연 튜브는 우레탄재질로 두께는 0.8 mm였다. 고분자 튜브는 테프론 재질로 외부직경은 9.5 mm였으며, 두께는 1 mm를 사용하였다. 우레탄 튜브와 테프론 튜브 사이에는 냉각수로 물을 순환시켰으며, 물의 유량은 0.5 L/min으로 고정하였다. 플라즈마 발생가스는 따로 투입하지 않았으며, 대기상태에서 공기 분위기에서 방전을 진행하였다.

[0042] <실시예 2>

[0043] 전극부의 간격을 1 mm로 이격시켜 방전을 수행한 것을 제외하고 실시예 1과 동일한 방법으로 플라즈마 방전을 수행하였다.

[0044] <실험예> 전극부의 간격에 따른 플라즈마 방전

[0045] 도 5는 실시예 1에 의해 플라즈마 방전이 수행되는 상황을 8-bit 그레이스케일 이미지로 처리하여 도시하였으며, 도 6은 실시예 2에 의해 플라즈마 방전이 수행되는 상황을 8-bit 그레이스케일 이미지로 처리하여 도시하였다.

[0046] 실시예 1의 경우, 전극간격을 5 mm로 하였을 때 방전사진에서는 선형방전 (Filamentary discharge)이 발생하는 것을 알 수 있었으며, 실시예 2의 경우 전극간격을 5 mm로 하였을 때 방전사진에서는 균일 방전(Homogeneous discharge)이 발생하는 것을 알 수 있었다.

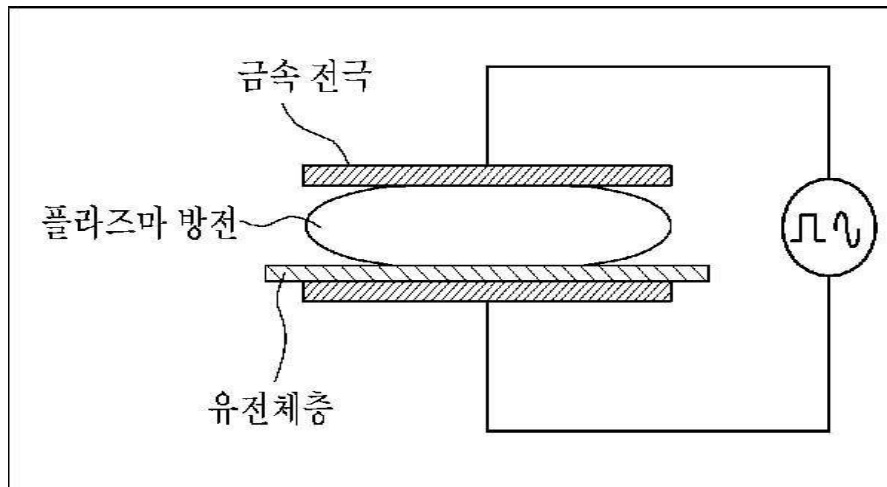
[0047] 상기와 같이 전극부의 이격 거리만을 조절하여 선형방전 (Filamentary discharge) 및 균일 방전(Homogeneous discharge)을 제어하는 것이 가능하여 추가적인 구성요소가 필요하지 않아 효율을 더욱 증대시킬 수 있다.

부호의 설명

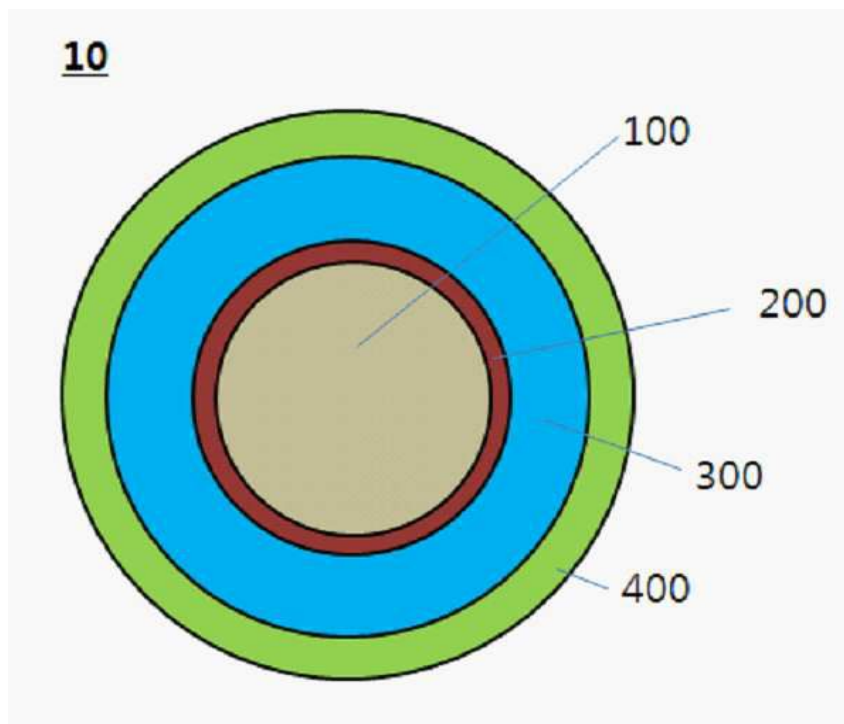
[0048] 10: 전극부
30: 전원부
100: 도선
200: 절연 튜브
300: 냉각수
400: 고분자 튜브

도면

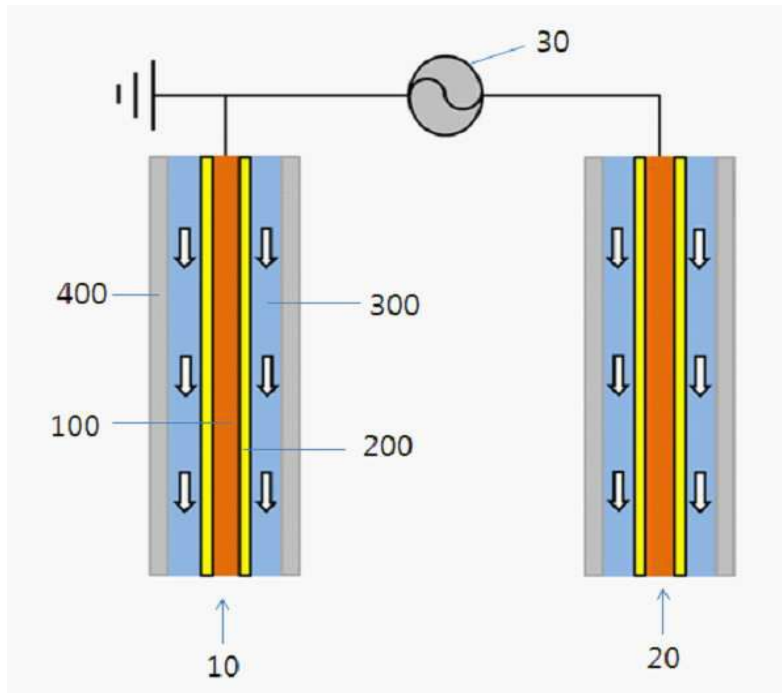
도면1



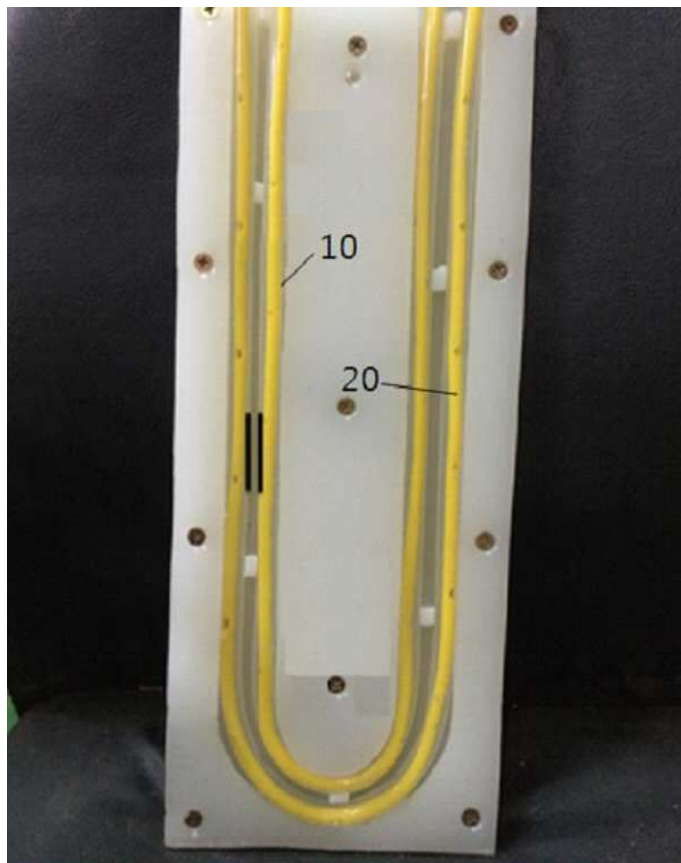
도면2



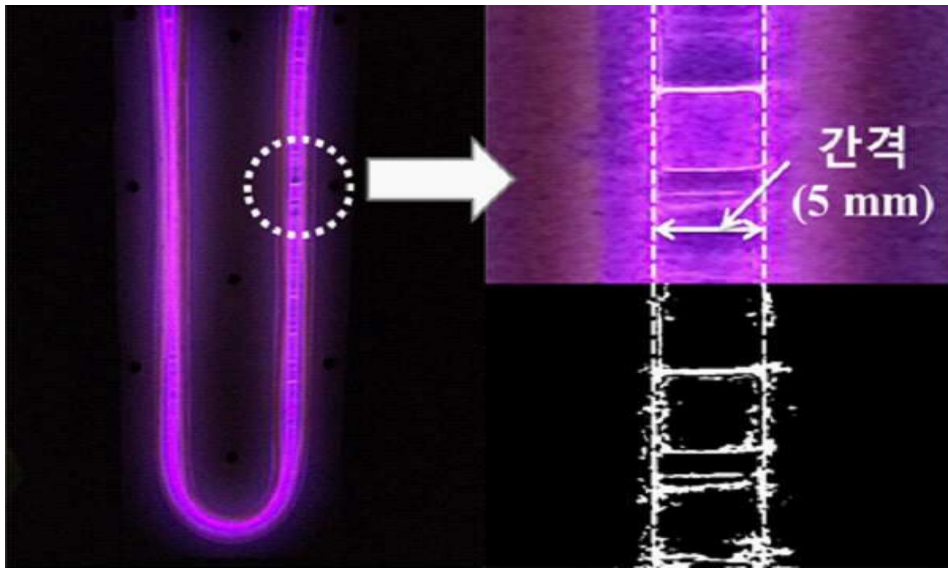
도면3



도면4



도면5



도면6

