

명세서

발명의 명칭: 액상 매질 플라즈마 방전 발생장치

기술분야

- [1] 본 발명은 액상 매질 플라즈마 방전 발생장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 액상 매질이 충전된 본체 내부의 일측에 구비된 파워 전극과 상기 본체 내에 구비되고 적어도 하나 이상의 구멍이나 슬릿이 형성된 유전체 격막 부재를 포함함으로써, 전도 전류량을 최소화하여 적은 전력량으로도 높은 전기장을 인가시킬 수 있는 미세관 액상 매질 플라즈마 방전 발생장치에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 일반적으로, 플라즈마 발생 전극은 미생물 살균, 휘발성유기화합물(VOCs: Volatile Organic Compounds) 등의 유기 무기 오염물 제거 등의 폐수 및 식수 수처리, 수중 음파 발생원으로 사용된다.
- [3] 도 1은 일반적인 액상 매질 상에서의 플라즈마 발생장치를 나타낸 도면이다. 도면에 나타낸 바와 같이, 일반적인 액상 매질 상에서의 플라즈마 발생장치는 액체(액상매질)가 채워지는 장치 본체(1); 상기 장치 본체 내의 일측에 구비되는 평판형 접지 전극(2); 상기 장치 본체 내에서 평판형 접지 전극(2)과 대향하게 배치되는 니들 또는 로드형 파워전극(3); 및 상기 파워전극(3)으로 전력을 공급하기 위한 고전압 전원장치(4)를 포함한다. 상기 파워전극(3)은 절연체(5)로 피복되어 있다. 도 1에서 점선의 원은 코로나, 스파크 또는 아크 방전이 일어나는 영역이다.
- [4] 이러한 플라즈마 발생장치는 대형화가 어렵고, 효율이 떨어지며, 영구적인 전원 장치를 제작하기 어렵다. 또한, 이러한 플라즈마 발생장치는 전극 수명이 짧으며, 해당 액체의 전도도가 매우 낮은 경우(초순수 수준)에만 적용할 수 있는 한계가 있다.
- [5] 도 2는 일반적인 전극 구조에서 액체 상에서의 플라즈마 발생 전력량을 설명하기 위한 도면이다. 일반적인 전극 구조를 갖는 플라즈마 발생장치에서 액체 상에서의 플라즈마 발생전력량에 대하여 도 2를 참조하여 설명한다.
- [6] 도 2에서 플라즈마 발생전력량을 구하기 위한 기본 수식은 다음과 같다.
- [7] 전기장 E 는 수식 $E=V/d$ 에 의해 구할 수 있다. 여기서, V 는 전압, d 는 전도체적의 길이이다.
- [8] 전압 V 는 수식 $V=I \times R$ 에 의해 구할 수 있다. 여기서, I 는 전도전류, R 은 전극간 저항이다. 전도전류 I 는 수식 $I=V/R$ 에 의해 구할 수 있다.
- [9] 전극간 저항 R 은 수식 $R=d/A \times S$ 에 의해 구할 수 있다. 여기서, A 는 전도체적의 단면적, S 는 액상 매질의 전기전도도이다.
- [10] 플라즈마 발생 전력량 W 는 수식 $W=V \times I$ 에 의해 구할 수 있다.
- [11] 액상 매질은 초순수이고, 전도체적의 길이(d)가 1cm이고, 전도체적의

단면적(A)이 $2 \times 2 = 4 \text{cm}^2$ 인 경우에, 초순수의 전도도는 $50 \times 10^{-6} (\text{S/cm})$ 이면, 전도저항(R)은 수식 $R = d/A \times S$ 에 의해 구할 수 있으므로, 전도저항(R)은 $1/(50 \times 10^{-6} \times 4) = 5000 (\Omega)$ 이 된다. 이때, 초순수 중 플라스마 방전이 일어나기 위한 전기장 E가 5kV/cm 라면, 필요한 전압 V는 $V = E \times d = 5 \text{kV/cm} \times 1 \text{cm} = 5 \text{kV}$ 가 된다. 하지만 초순수를 통하여 전도전류가 발생하는 경우, 이때 흐르는 전도 전류(I)는 $I = 5000 (\text{V}) / 5000 (\Omega) = 1 (\text{A})$ 이며, 전력량(W)은 $W = 5000 (\text{V}) \times 1 (\text{A}) = 5 (\text{kW})$ 이다.

[12] 다음으로, 액상 매질은 바닷물이고, 전도체적의 길이(d)가 1cm 이며,

전도체적의 단면적(A)이 $2 \times 2 = 4 \text{cm}^2$ 인 경우에, 바닷물의 전도도는 $53 \times 10^{-3} (\text{S/cm})$ 이고, 전도저항(R) 수식 $R = d/A \times S$ 에 의해 구할 수 있으므로, 전도저항(R)은 $1/(53 \times 10^{-3} \times 4) = 4.7 (\Omega)$ 이다. 이때, 해수 중 플라스마 방전이 일어나기 위한 전기장이 5kV/cm 라면, 필요한 전압은 5kV 가 된다. 하지만 해수를 통하여 전도 전류가 발생하고, 이때 흐르는 전도 전류(I)는 수식 $I = V/R$ 에 의해 구하면, $I = 5000 (\text{V}) / 4.7 (\Omega) = 1064 (\text{A})$ 이 되며, 전력량(W)은 $W = V \times I = 5000 (\text{V}) \times 1064 (\text{A}) = 5.3 (\text{MW})$ 로, 이 전력량은 조그만 도시 전체에 공급하는 총 전력량에 해당된다. 이러한 전원 장치는 존재하지 않으며 펄스를 사용해도 구현이 불가능하다. 따라서 상기와 같은 전극 구조에서는 해수 중에서 플라스마 방전을 일으킬 수 없다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[13] 따라서 본 발명은 종래의 문제점을 해결하기 위한 제안된 것으로, 본 발명은 파워 전극과 접지 전극의 간극에 액상 매질을 채우고, 간극의 중간에 한 개 또는 다수의 구멍이나 슬릿이 형성된 유전체 격막을 배치함으로써, 전도 전류량을 최소화 하여 적은 전력량으로도 높은 전기장을 인가할 수 있는 미세 관 액상매질 플라스마 방전 발생장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

과제 해결 수단

[14] 본 발명의 일 측면에 따른 액상매질 플라스마 방전 발생장치는, 액상 매질이 충전된 본체; 상기 본체 내부 일측에 구비되고, 전력을 제공받는 파워 전극; 및 상기 본체 내에 구비되고, 적어도 하나 이상의 구멍이나 슬릿(slit)이 형성되는 유전체로 이루어지는 격막 부재를 포함한다.

[15] 본 발명의 액상매질 플라스마 방전 발생장치에서, 격막 부재는 파워 전극에 접하여 배치되거나 파워 전극으로부터 소정 거리 이격되어 배치될 수 있다.

[16] 본 발명의 다른 측면에 따른 액상매질 플라스마 방전 발생장치는, 액상 매질이 충전된 본체; 상기 본체 내부 일측에 구비되고, 전력을 제공받는 파워 전극; 상기 본체 내에 구비되고, 적어도 하나 이상의 구멍이나 슬릿(slit)이 형성되는 유전체로 이루어지는 격막 부재; 및 상기 본체 내에서 상기 격막 부재 사이에 두고 상기 파워 전극과 대향하는 접지 전극을 포함하고, 상기 격막 부재는 상기 접지 전극에 접하여 배치된다.

[17] 본 발명의 액상매질 플라즈마 방전 발생장치에서, 격막 부재는 액상 매질의 유전 상수보다 작은 유전 상수를 가지는 것이 바람직하다.

[18] 본 발명의 액상매질 플라즈마 방전 발생장치에서, 상기 격막 부재에 형성된 구멍이나 슬릿에서의 전기장은 상기 격막 부재의 유전 상수가 작을 수록 커진다.

발명의 효과

[19] 본 발명에 따른 액상매질 플라즈마 방전 발생장치는 미세관 액상매질 플라즈마 방전 발생장치의 제작이 간편하며, 전극의 부식이 적어 고가의 전극을 사용하지 않아도 되는 효과가 있다.

[20] 또한, 본 발명은 액상매질의 전도도에 관계없이 적용할 수 있어 응용 분야가 무한하며, 사용 전력량이 매우 적어 기존의 도금공정 등의 공정원가를 최소화할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[21] 도 1은 일반적인 액상매질 상에서의 플라즈마 발생장치에 대한 도면이다.

[22] 도 2는 일반적인 전극 구조에서 액상매질 상에서의 플라즈마 발생 전력량을 설명하기 위한 도면이다.

[23] 도 3은 본 발명에 따른 미세관 액상매질 플라즈마 방전 발생장치에 대한 도면으로서, (a)는 유전체 격막 부재가 파워 전극에 접하여 배치되는 구성이고, (b)는 유전체 격막 부재가 파워 전극으로부터 소정 거리 이격되어 배치되는 구성을 나타내는 도면이다.

[24] 도 4는 본 발명에 따른 미세관 액상매질 플라즈마 방전 발생장치의 변형 예를 나타내는 도면이다.

[25] 도 5는 본 발명의 미세관 액상매질 플라즈마 방전의 전극구조에서 액상매질 상에서의 플라즈마 발생 전력량을 설명하는 설명도이다.

[26] 도 6 내지 도 8은 본 발명에서 유전체 격막 부재에 하나의 미세관이 구비된 액상매질 플라즈마 방전 전극의 물리량을 테스트한 결과를 나타낸 도면으로서, 도 6은 전기 포텐셜 및 필드 라인(potential and field lines)을 나타내는 그래프이고, 도 7은 액상 매질에서의 전기장 분포를 나타내는 그래프이고, 도 8은 유전체 격막 부재의 구멍 내에서의 전기장 분포를 나타내는 그래프이다.

[27] 도 9 내지 도 11은 본 발명에서 유전체 격막 부재에 두개의 미세관이 구비된 액상매질 플라즈마 방전 전극의 물리량을 테스트한 결과를 나타낸 도면으로서, 도 9는 전기 포텐셜 및 필드 라인(potential and field lines)을 나타내는 그래프이고, 도 10은 액상 매질에서의 전기장 분포를 나타내는 그래프이고, 도 11은 유전체 격막 부재의 구멍 내에서의 전기장 분포를 나타내는 그래프이다.

[28] 도 12 내지 도 14는 테스트용 미세관 액상매질 방전 플라즈마 발생장치에 대한 도면으로서, 도 12는 테스트용 플라즈마 발생장치의 외형을 나타낸 도면이고, 도 13은 테스트용 플라즈마 발생장치의 내부 구성을 나타내는 도면이며, 도 14는 테스트용 플라즈마 발생장치의 단면도이다.

- [29] 도 15는 도 12 내지 도 14의 테스트용 플라즈마 발생장치에 의한 방전 메커니즘을 설명하기 위한 기본 구성도이다.
- [30] 도 16은 테스트용 플라즈마 발생장치에 의한 방전 메커니즘을 나타내는 순서도이다.
- [31] 도 17은 이온들의 이동 속도를 나타내는 표이다.
- [32] **발명의 실시를 위한 최선의 형태**
 특정한 구조 내지 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예를 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본 명세서 또는 출원에 설명된 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 아니된다.
- [33] 본 발명의 개념에 따른 실시예는 다양한 변형을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있으므로 특정 실시예들은 도면에 예시하고 본 명세서 또는 출원에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 특정한 개시 형태에 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변형, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [34] 제1 및/또는 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소들로부터 구별하는 목적으로만, 예컨대 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 이탈되지 않은 채, 제1 구성 요소는 제2 구성 요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성 요소는 제1 구성 요소로도 명명될 수 있다.
- [35] 어떠한 구성 요소가 다른 구성 요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성 요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성 요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떠한 구성 요소가 다른 구성 요소에 "직접 연결되어" 있다거나 또는 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성 요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성 요소들 간의 관계를 설명하기 위한 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 인접하는"과 "~에 직접 인접하는" 등의 표현도 마찬가지로 해석되어야 한다.
- [36] 본 명세서에서 사용하는 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로서, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서 "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [37] 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 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

- [38] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써 본 발명을 상세히 설명하도록 한다. 각 도면에 제시된 동일한 참조부호는 동일한 구성요소를 나타낸다.
- [39] 도 3의 (a)는 유전체 격막 부재(30)가 파워 전극(20)에 접하여 구성되는 본 발명에 따른 미세관 액상 매질 플라즈마 방전 발생장치의 일 실시예이고, 도 3의 (b)는 유전체 격막 부재(30)가 파워 전극(20)으로부터 소정 거리 이격되어 배치된 본 발명에 따른 미세관 액상 매질 플라즈마 방전 발생장치의 일 실시예이다.
- [40] 본 발명에 따른 미세관 액상 매질 플라즈마 방전 발생장치는, 액상 매질이 충전된 본체(10); 상기 본체 내부 일측에 구비되고, 전력을 공급받는 파워 전극(20); 및 상기 본체 내에 구비되고, 적어도 하나 이상의 구멍이나 슬릿(slit)이 형성되는 유전체로 이루어지는 격막 부재(30)를 포함한다. 상기 파워전극(20)은 전력공급장치(미도시)로부터 전력을 공급받는다. 도 3의 (a)에 도시된 바와 같이, 상기 격막부재(30)는 상기 파워 전극(20)에 접하여 배치될 수도 있고, 도 3의 (b)에 도시된 바와 같이, 상기 격막 부재(30)는 상기 파워 전극(20)으로부터 소정 거리 이격되어 배치될 수도 있다.
- [41] 한편, 도 4는 본 발명의 액상매질 플라즈마 방전 발생장치의 변형예의 구성을 나타내는 도면이다. 도 4에 나타난 바와 같이, 본 발명의 액상매질 플라즈마 방전 발생장치의 변형 예로서, 액상 매질이 충전된 본체(10); 상기 본체 내부 일측에 구비되고, 전력을 공급받는 파워 전극(20); 상기 본체 내에 구비되고, 적어도 하나 이상의 구멍이나 슬릿(slit)이 형성되는 유전체로 이루어지는 격막 부재(30); 및 상기 본체 내에서 상기 격막 부재를 사이에 두고 상기 파워 전극과 대향하는 접지 전극(50)을 포함하며, 상기 격막 부재(30)는 상기 접지 전극(50)에 접하여 배치된다. 다시 말해서, 도 4에 나타난 본 발명의 플라즈마 방전 발생장치의 변형 예는 상기 본체(10) 내에서 상기 격막 부재(30)를 사이에 두고 상기 파워 전극(20)과 대향하는 접지 전극(50)을 더 포함하는데, 이 경우 상기 격막 부재(30)는 상기 접지 전극(50)에 접하여 배치되는 구성이다.
- [42] 상기 실시예 및 변형예에서, 상기 유전체 격막 부재(30)의 구멍이나 슬릿(31)에서의 전기장은 유전체 격막 부재(30)에서의 전기장과 같으며, 액상 매질(40)의 전도성에 의한 전도 전류량은 구멍이나 슬릿(31)의 단면적에 비례하며 길이(d)(도 5 참조)에 반비례한다.
- [43] 또한, 대부분의 극성 액상 매질의 유전 상수는 유전체 격막 부재(30)의 유전상수보다 매우 높으므로, 구멍이나 슬릿(31) 내에서의 전기장을 극대화할 수 있다. 즉, 상기 유전체 격막 부재(30)의 유전 상수는 액상 매질(40)의 유전

상수보다 작다.

- [44] 따라서, 전도 전류량을 최소화하여 적은 전력량으로도 높은 전기장을 인가할 수 있다. 이는 제작이 간편하며, 전극(20, 50)의 부식이 적어 고가의 전극을 사용하지 않아도 된다. 또한 액상매질의 전도도에 관계없이 적용할 수 있어 응용분야가 무한하며, 사용전력량이 매우 적어 기존의 도금공정 등의 공정원가를 최소화할 수 있으며, 영구적인 전원장치의 제작이 간편하다.
- [45] 도 5는 본 발명의 미세관 액상 매질 플라즈마 방전의 전극 구조(도 3의 (b))에서 액상 매질에서의 플라즈마 발생 전력량을 설명하는 설명도이다. 설명에 앞서 플라즈마 발생 전력량을 구하기 위한 기본 수식들은 다음과 같다.
- [46] 전기장 E 는 수식 $E=V/d$ 에 의해 구할 수 있다. 여기서, V 는 전압, d 는 전도체적의 길이이다.
- [47] 전압 V 는 수식 $V=I \times R$ 에 의해 구할 수 있다. 여기서, I 는 전도전류, R 은 전극간 저항이다. 전도전류 I 는 수식 $I=V/R$ 에 의해 구할 수 있다.
- [48] 전극간 저항 R 은 수식 $R=d/A \times S$ 에 의해 구할 수 있다. 여기서, A 는 전도체적의 단면적, S 는 액상 매질의 전기전도도이다.
- [49] 플라즈마 발생 전력량 W 는 수식 $W=V \times I$ 에 의해 구할 수 있다.
- [50] 따라서, 본 발명의 미세관 액상매질 플라즈마 방전의 전극 구조에서 액상매질 상에서의 플라즈마 발생 전력량은 상기 수식들을 이용하여 구할 수 있다.
- [51] 본 발명에서의 액상 매질 상에서의 플라즈마 발생 전력량을 구하기 위한 시험조건은 다음과 같다.
- [52] 본 발명에서는 액상 매질이 바닷물(해수)이고, 전도체적의 길이(d)가 1cm이고, 유전체 격막 부재(30)의 구멍(31)의 면적이 $0.1 \times 0.1 = 0.01 \text{cm}^2$, 바닷물의 전도도는 $53 \times 10^{-3} (\text{S/cm})$ 인 경우로 시험조건을 정하였다.
- [53] 전극간 전도저항 R 은 수식 $R=d/A \times S$ 에 의해 구할 수 있으므로, 전도저항(R)은 $1/(53 \times 10^{-3} \times 0.01) = 1887 (\Omega)$ 이 된다. 여기서, 해수 중 플라즈마 방전이 일어나기 위한 전기장 E 가 5kV/cm 라면, 필요한 전압 V 는 $V=E \times d = 5 \text{kV/cm} \times 1 \text{cm} = 5 \text{kV}$ 가 된다.
- [54] 해수를 통하여 전도 전류가 발생하고, 이때 흐르는 전도 전류 I 는 $I=V/R = 5000 (\text{V})/1887 (\Omega) = 2.65 (\text{A})$ 이 된다. 전력량 W 은 $W=V \times I = 5000 (\text{V}) \times 2.65 (\text{A}) = 13.2 (\text{kW})$ 이 된다. 여기에서, 펄스 전압을 사용하면 효율적으로 방전을 유지할 수 있다.
- [55] 이때, 전해질 중의 이온의 최고 이동 속도는 제한되어 있기 때문에 좁은 유체 통로(구멍이나 슬릿)를 통하여 플라즈마 방전 없이 옴의 법칙대로 전류가 흐르기 힘들다. 따라서 실제로 요구되는 전력량은 13.2kW보다 훨씬 적다.
- [56] 도 6 내지 도 8은 본 발명에서 유전체 격막 부재(30)에 하나의 미세관(31)이 구비된 액상매질 플라즈마 방전 전극의 물리량을 테스트한 결과를 나타낸 도면이고, 도 9 내지 도 11은 본 발명에서 유전체 격막 부재(30)에 2개의 미세관(31)이 구비된 액상매질 플라즈마 방전 전극의 물리량을 테스트한 결과를

나타낸 도면이다. 도 6 및 도 9는 전기 포텐셜 및 필드 라인(potential and field lines)을 나타내는 그래프이다. 도 7 및 도 10은 액상 매질에서의 전기장 분포를 나타내는 그래프이고, 도 8 및 도 11은 유전체 격막 부재의 구멍 내에서의 전기장 분포를 나타내는 그래프로서, 세로축은 전기장의 세기를 나타내고, 가로축은 각 도면의 우측 하단에 도시된 미세관에서의 1 → 2 를 따르는 선의 위치를 나타낸다.

[57] 한편, 도 12 내지 도 14는 테스트용 미세관 액상매질 방전 플라즈마 발생장치에 대한 도면으로서, 도 12는 테스트용 플라즈마 발생장치의 외형을 나타낸 도면이고, 도 13은 테스트용 플라즈마 발생장치의 내부 구성을 나타내는 도면이며, 도 14는 테스트용 플라즈마 발생장치의 단면도이다.

[58] 도 12 내지 도 14에서, 반응기의 예상 소자 특성은, 반응기 저항이 ~1.92 kΩ이고, 반응기 정전용량이 ~2 pF이다. 요구 전원장치는 예상으로 출력전압이 ~10 kV, 파형이 + 또는 바이폴라(bi polar) 구형파이며, 듀티(duty)가 ~50μsec, Rep f가 ~2kHz, 전류 피크(current peak)가 ~5.2A, 전력 범위(power range)가 ~5.2kW이다. 참고로, 10kV에서 이온들의 이동 속도는 수소(H⁺)의 경우 36.3 cm/sec이고, 히드록시(OH⁻)의 경우 20.7 cm/sec이며, 나트륨(Na⁺)의 경우 5.2 cm/sec이고, 염소(Cl⁻)의 경우 7.9 cm/sec이다.

[59] 일반적으로 수용액을 포함한 극성 용매의 유전상수는 고체 유전체에 비하여 큰 값을 가지고 있다. 예를 들어, 유전상수는 증류수가 80이고, 탄산 에틸렌이 89.6이고, 탄산 프로필렌이 64이고, 알루미늄 세라믹이 10이고, 유리가 5이고, 아크릴이 2.1이다. 도 15에서는 유전체 격막 부재의 재질은 아크릴로 하여 유전상수(ε₁)는 2.1이고, 액상 매질은 해수로 하여 유전상수(ε₂)는 80이상이다.

[60] 액상 매질내의 유전체 격막 부재(30)의 미세관(31)에서의 전기장의 세기 E는 다음 식에 의해 산출될 수 있다.

$$[61] \quad |\vec{E}_1| = \frac{V_0 \cdot \epsilon_2}{d_1 \cdot \epsilon_2 + d_2 \cdot \epsilon_1}$$

$$|\vec{E}_1| : |\vec{E}_2| = \epsilon_2 : \epsilon_1$$

[62] 여기서, E₁은 유전체 격막 부재의 미세관에서의 전기장의 세기이고, E₂는 액상 매질에서의 전기장의 세기이다. d₁은 유전체 격막 부재의 미세관의 길이이고, d₂는 액상 매질 전도체적의 길이이다. ε₁은 유전체 격막 부재의 유전상수이고, ε₂는 액상 매질의 유전상수이다.

[63] 상기 식에서 알 수 있듯이, 고체 유전체에 의해 둘러싸여진 미세관에서의 전기장은 주변의 고체유전체에서의 전기장의 영향을 받아 높은 전기장이 적용될 수 있다. 따라서, 주어진 전압조건에서 고체유전체의 유전상수가 낮을 수록 미세관내에 더 높은 전기장을 인가할 수 있다.

- [64] 상기 식에 따르면, 고체유전체의 두께가 얇을 수록 미세관내에 높은 전기장을 인가할 수 있지만, 고체유전체의 두께가 과도하게 얇으면 미세관의 전기저항이 낮아져 플라즈마가 발생하지 않고 전기전해전도가 이루어져 전력손실이 증가하게 될 수 있다.
- [65] 해수의 전도도(S)는 53mS/cm이고, 해수의 비저항(Rs)은 18.9Ωcm이다. 유전체 격막 부재의 구멍에서의 전도저항(Rh)는 9.6kΩ 이다.
- [66] 도 15는 도 12 내지 도 14의 테스트용 플라즈마 발생장치에 의한 방전 메커니즘을 설명하기 위한 기본 구성도이고, 도 16은 방전 메커니즘을 나타내는 순서도이다. 도 16에서, (a)는 유전체 격막 부재의 구멍이나 슬릿에서 공동(cavity) 또는 버블이 생성되는 것을 나타내고, (b)는 상기 구멍이나 슬릿에서 방전 채널이 생성되는 것을 나타내고, (c)는 활성기, 자외선 및 화학물질이 방출되는 것을 나타내고, (d)는 공동 및 버블이 붕괴되고 충격파가 발생하는 것을 나타낸다.
- [67] 또한, 도 17은 이온들의 이동 속도를 나타내는 표이다.
- [68] 상기와 같이, 유전체 격막 부재의 구멍이나 슬릿에서의 전기장은 유전체 격막 부재에서의 전기장과 같으며, 액상 매질의 전도성에 의한 전도 전류량은 구멍이나 슬릿의 단면적에 비례하며 길이에 반비례한다. 대부분의 극성 액상 매질의 유전 상수는 유전체 격막 부재의 유전상수보다 매우 크기 때문에, 구멍이나 슬릿 내에서의 전기장을 극대화할 수 있다.
- [69] 따라서, 전도 전류량을 최소화하여 적은 전력량으로도 높은 전기장을 인가할 수 있다.
- [70] 이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능함은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 것이다. 따라서, 그러한 수정예 또는 변형예들은 본 발명의 특허청구범위에 속한다 하여야 할 것이다.

산업상 이용가능성

- [71] 이와 같은 미세관 액상매질 플라즈마 방전의 응용분야는 식수처리, 폐수처리, 선박평형수 살균, 농업용수처리, 농약대체, 식가공, 조경, 물저장탱크 살균, 가습기살균, 의료기기세척수, 세정용수처리, 담수화설비, 양식장살균, 어항살균, 적조/녹조 방지 등의 환경 분야; 단위조작, 반도체 및 평판디스플레이 제조 습식공정, 전기전해 도금, 케미칼 제조 등의 산업 공업 분야; 수중충격파 발생, 소나장비(수중음파 발생), 수중광원, 수중 제트(Jet) 등에 적용될 수 있다.

청구범위

- [청구항 1] 액상 매질이 충전된 본체;
상기 본체 내부 일측에 구비되고, 전력을 제공받는 파워 전극; 및
상기 본체 내에 구비되고, 적어도 하나 이상의 구멍이나
슬릿(slit)이 형성되는 유전체로 이루어지는 격막 부재
를 포함하는 액상매질 플라즈마 방전 발생장치.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 격막 부재는 상기 파워 전극에 접하여 배치되는
액상매질 플라즈마 방전 발생장치.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,
상기 격막 부재는 상기 파워 전극으로부터 소정 거리 이격되어
배치되는
액상매질 플라즈마 방전 발생장치.
- [청구항 4] 제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 격막 부재는
상기 액상 매질의 유전 상수보다 작은 유전 상수를 갖는
액체 플라즈마 방전 발생장치.
- [청구항 5] 제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 격막 부재에 형성된 구멍이나 슬릿에서의 전기장은 상기
격막 부재의 유전 상수가 작을 수록 커지는
액체 플라즈마 방전 발생장치.
- [청구항 6] 제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 본체 내에서 상기 격막 부재를 사이에 두고 상기 파워 전극과
대향하는 접지 전극을 더 포함하고,
상기 격막 부재는 상기 접지 전극에 접하여 배치되는
액상매질 플라즈마 방전 발생장치.
- [청구항 7] 제6항에 있어서,
상기 격막 부재는
상기 액상 매질의 유전 상수보다 작은 유전 상수를 갖는
액체 플라즈마 방전 발생장치.
- [청구항 8] 제6항에 있어서,
상기 격막 부재에 형성된 구멍이나 슬릿에서의 전기장은 상기
격막 부재의 유전 상수가 작을 수록 커지는
액체 플라즈마 방전 발생장치.