



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2011년11월30일  
(11) 등록번호 10-1087061  
(24) 등록일자 2011년11월21일

(51) Int. Cl.  
H05H 1/24 (2006.01) H05H 1/42 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2008-0131954  
(22) 출원일자 2008년12월23일  
심사청구일자 2008년12월23일  
(65) 공개번호 10-2010-0073320  
(43) 공개일자 2010년07월01일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR100499917 B1\*  
KR1020030095282 A  
KR1020080073412 A  
KR1020050097412 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
한국기초과학지원연구원  
대전광역시 유성구 어은동 52-9번지  
(72) 발명자  
이봉주  
대전광역시 유성구 도룡동 현대아파트 103동 403호  
석동찬  
대전광역시 서구 만년동 초원아파트 102동 403호  
(74) 대리인  
장한특허법인

전체 청구항 수 : 총 4 항

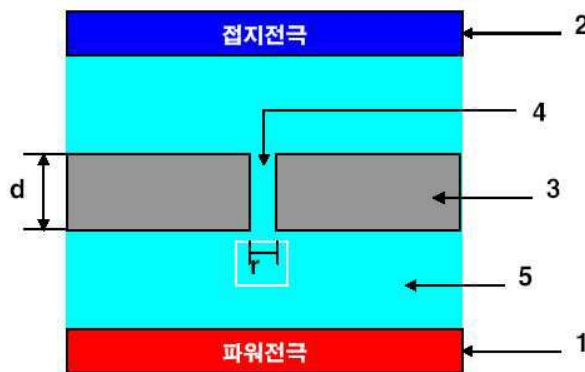
심사관 : 김기완

**(54) 액체상에서의 플라즈마 방전장치**

**(57) 요약**

본 발명은 액체상에서의 플라즈마 방전장치에 관한 것이다. 본 발명에 따른 액체상에서의 플라즈마 방전장치는 매질로서 액체를 사용하고 플라즈마 방전을 통해 액체를 처리하는 액체상에서의 플라즈마 방전장치로서, a) 전압이 인가되는 파워전극과, b) 상기 파워전극에 대향하는 접지전극과, c) 상기 파워전극과 상기 접지전극의 사이에 배치되는 유전체 격벽(dielectric barrier)을 포함하되, 상기 유전체 격벽은 하나 이상의 관통구멍(penetrating pore)을 갖고, 플라즈마 방전을 수행할 때, 상기 관통구멍에는 액체가 충전되는 것을 특징으로 한다. 이때, 상기 액체가 충전된 상기 관통구멍은 방전 채널을 형성한다. 상기 관통구멍에 충전된 액체는 고체 유전체의 유전상수보다 매우 높으므로 관통구멍 내에서의 전기장을 극대화할 수 있다. 따라서, 상기 액체상에서의 플라즈마 방전장치는 적은 파워로서 액체상의 플라즈마 방전을 유도할 수 있다는 장점을 갖는다.

**대표도 - 도2**



(72) 발명자

**노태협**

경기도 성남시 분당구 정자동 한진아파트 809동  
1401호

**유승열**

대전광역시 서구 삼천동 보라아파트 201동 1510호

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

매질로서 액체를 사용하고 플라즈마 방전을 통해 액체를 처리하는 액체상에서의 플라즈마 방전장치로서, 상기 플라즈마 방전장치가 a) 전압이 인가되는 파워전극과, b) 상기 파워전극에 대향하는 접지전극과, c) 상기 파워전극과 상기 접지전극의 사이에 배치되는 유전체 격벽(dielectric barrier)을 포함하되, 상기 유전체 격벽은 하나 이상의 관통구멍(penetrating pore)을 갖고, 플라즈마 방전을 수행할 때, 상기 관통구멍에는 액체가 충전되고,

상기 관통구멍을 갖는 유전체 격벽의 배치는 파워전극에 밀착된 형태, 매질인 액체의 중간에 위치한 형태 및 접지전극에 밀착된 형태 중에서 어느 하나인, 액체상에서의 플라즈마 방전장치.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 상기 액체가 충전된 관통구멍이 방전 채널을 형성하는, 액체상에서의 플라즈마 방전장치.

**청구항 3**

제1항에 있어서, 유전체 격벽의 두께와 관통구멍의 크기의 비가 4:1 - 200:1의 범위 내인, 액체상에서의 플라즈마 방전장치.

**청구항 4**

제1항에 있어서, 파워전극에 인가되는 전압이 펄스 형태인, 액체상에서의 플라즈마 방전장치.

**청구항 5**

삭제

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 액체상에서의 플라즈마 방전장치에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 액체상에서의 플라즈마 방전장치는 매질로서 액체를 사용하는 플라즈마 방전장치를 의미하며, 이것은 액체의 처리에 사용된다. 예를 들면, 액체 내에 존재하는 미생물 살균, 휘발성 유기 오염물(VOC) 등의 오염물 제거 등에 사용되고, 폐수 정화, 식수 수처리, 수중 음파 발생원 등에 이용된다.

[0003] 도 1은 종래의 일반적인 액체상에서의 플라즈마 방전장치를 보여준다. 액체상에서의 플라즈마 방전장치는 플라즈마 방전이 일어나는 매질로서 액체를 사용하고, 전압이 인가되고 절연체에 의해 절연된 하나의 파워전극과, 접지전극을 포함한다. 파워전극에 전압이 인가되면, 방전영역에서 방전이 수행된다. 그러나, 도 1에 도시된 일반적인 액체상에서의 플라즈마 방전장치는 그 응용성이 현저히 제한된다. 구체적으로, 액체가 초순수이고, 파워전극과 접지전극 사이의 거리(d)가 1 cm이고, 전도체적의 단면적(A)이  $2 \times 2 = 4 \text{ cm}^2$  인 경우를 가정할 때, 플라즈마 방전에 필요한 전력량은 다음과 같다.

[0004] 1) 초순수의 전도도 =  $50 \times 10^{-6} \text{ (S/cm)}$

[0005] 2) 전도저항  $R = 1 / (50 \times 10^{-6} \times 4) = 5000 \text{ (}\Omega\text{)}$

[0006] ∴ 초순수 중 플라즈마 방전이 일어나기 위한 전기장이 5 kV/cm라면 필요한 전압은 5 kV가 된다. 여기서, 초순수를 통하여 전도전류가 발생하면, 이때 흐르는 전도 전류(I) 및 전력량(W)는,

[0007] 3) 전도전류  $I = 5000 (V)/5000 (\Omega) = 1 (A)$  이며,

[0008] 4) 전력량  $W = 5000 (V) \times 1 (A) = 5 (kW)$  이다.

[0009] 이에 반해, 액체가 해수이고 파워전극과 접지전극 사이의 거리(d)가 1 cm이고, 전도체적의 단면적(A)이  $2 \times 2 = 4 \text{ cm}^2$  인 경우를 가정할 때, 플라즈마 방전에 필요한 전력량은 다음과 같다.

[0010] 1) 바닷물의 전도도 :  $53 \times 10^{-3} (S/cm)$

[0011] 2) 전도저항  $R = 1/(53 \times 10^{-3} \times 4) = 4.7 (\Omega)$

[0012] ∴ 해수 중 플라즈마 방전이 일어나기 위한 전기장이 5 kV/cm라면 필요한 전압은 5 kV가 된다. 여기서, 해수를 통하여 전도전류가 발생하면, 이때 흐르는 전도 전류(I) 및 전력량(W)은,

[0013] 3) 전도전류  $I = 5000 (V)/4.7 (\Omega) = 1064 (A)$ 이며,

[0014] 4) 전력량  $W = 5000 (V) \times 1064 (A) = 5.3 (MW)$ 이다.

[0015] 따라서, 해수를 처리하기 위해서는 5.3 MW에 달하는 전력량이 요구되고, 이러한 전력량은 조그만 도시 전체에 공급하는 총 전력량과 맞먹는다. 더 나아가, 통상의 액체상에서의 플라즈마 방전장치는 대형화가 어렵고, 효율이 좋지 않으며, 영구적인 전원장치의 제작이 곤란하다는 문제점을 갖는다. 또한, 전극수명이 짧고, 액체의 전도도가 매우 낮은 경우에만, 예를 들면 초순수의 경우에만 적용이 가능하다.

## 발명의 내용

### 해결 하고자하는 과제

[0016] 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 간단한 구조를 갖고 있으면서도 효율적인 액체 처리를 수행할 수 있는 액체상에서의 플라즈마 방전장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

### 과제 해결수단

[0017] 본 발명에 따르면, 매질로서 액체를 사용하고 플라즈마 방전을 통해 액체를 처리하는 액체상에서의 플라즈마 방전장치로서, 상기 플라즈마 방전장치가 a) 전압이 인가되는 파워전극과, b) 상기 파워전극에 대향하는 접지전극과, c) 상기 파워전극과 상기 접지전극의 사이에 배치되는 유전체 격벽(dielectric barrier)을 포함하되, 상기 유전체 격벽은 하나 이상의 관통구멍(penetrating pore)을 갖고, 플라즈마 방전을 수행할 때, 상기 관통구멍에는 액체가 충전되는 것을 특징으로 하는 액체상에서의 플라즈마 방전장치가 제공된다. 여기서, 상기 액체가 충전된 관통구멍은 방전 채널을 형성한다.

### 효과

[0018] 본 발명에 따른 액체상에서의 플라즈마 방전장치는 적은 파워로서 액체상에서의 플라즈마 방전을 유도할 수 있다는 장점을 갖는다. 구체적으로, 상기 관통구멍에 충전된 액체는 고체 유전체의 유전상수보다 매우 높으므로 관통구멍내에서의 전기장을 극대화할 수 있다. 이것은 액체상에서의 플라즈마 방전에 요구되는 전원장치의 파워를 감소시키고, 현재 시판되고 있는 전원장치를 사용한 액체상에서의 플라즈마 방전장치의 실용화를 가능하게 한다.

## 발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0019] 본 발명에 따르면, 매질로서 액체를 사용하고 플라즈마 방전을 통해 액체를 처리하는 액체상에서의 플라즈마 방전장치로서, 상기 플라즈마 방전장치가 a) 전압이 인가되는 파워전극과, b) 상기 파워전극에 대항하는 접지전극과, c) 상기 파워전극과 상기 접지전극의 사이에 배치되는 유전체 격벽(dielectric barrier)을 포함하되, 상기 유전체 격벽은 하나 이상의 관통구멍(penetrating pore)을 갖고, 플라즈마 방전을 수행할 때, 상기 관통구멍에는 액체가 충전되는 것을 특징으로 하는 액체상에서의 플라즈마 방전장치가 제공된다.

[0020] 도 2는 본 발명에 따른 액체상에서의 플라즈마 방전장치에 사용되는 전극구조의 바람직한 구현예를 보여주는 개념도이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 액체상에서의 플라즈마 방전장치는 전압이 인가되는 파워전극(1)과, 상기 파워전극(1)에 대항하는 접지전극(2)과, 유전체 격벽(3)을 포함하여 이루어진다. 상기 액체상에서의 플라즈마 방전장치는 매질로서 액체(5)를 사용하고, 플라즈마 방전에 의해 액체 내의 미생물 살균, 휘발성 유기 오염물(VOC)을 제거한다.

[0021] 상기 유전체 격벽(3)은 파워전극(1)과 접지전극(2)의 사이에 배치되고, 파워전극(1)과 접지전극(2)을 절연시킨다. 여기서, 본 발명에 따른 가장 중요한 특징으로서, 상기 유전체 격벽(3)은 적어도 하나 이상의 관통구멍(penetrating hole)(4)을 갖는다. 액체 처리를 위해 플라즈마 방전을 수행할 때, 매질인 액체(5)가 상기 관통구멍(4)내에 충전된다. 상기 관통구멍(4)의 형태는 원통홀, 사각홀, 삼각홀 등과 같은 다양한 홀 형태이거나, 슬릿 slit 형태를 취할 수 있다. 상기 액체가 충전된 관통구멍(4)은 방전 채널을 형성한다. 이에 대한 상세한 설명은 후술한다.

[0022] 파워전극(1)에 전압이 인가되면, 액체(5)와 유전체 격벽(3)을 통해 접지전극(2) 방향으로 전기장이 인가된다. 도 3은 파워전극(1)에 전압이 인가될 때, 액체(5)와 유전체 격벽(3)에 인가되는 전기장의 세기를 도시한 그림이다. 이 때, 액체(5) 보다 낮은 유전상수를 갖는 유전체 격벽(3)에 액체(5) 보다 높은 전기장이 인가된다. 그리고, 관통구멍(4)에서의 전기장은 유전체 격벽(3)에서의 전기장과 실질적으로 같으며, 액체의 전도성에 의한 전도 전류량은 구멍의 단면적에 비례하며 길이에 반비례한다. 또한 대부분의 극성액체의 유전상수는 고체유전체의 유전상수보다 매우 높으므로 관통구멍(4) 내에서의 전기장을 극대화할 수 있다. 따라서 전도 전류량을 최소화하여 적은 전력량으로도 높은 전기장을 인가할 수 있다. 도 2에 도시된 액체상에서의 플라즈마 방전장치를 사용할 때 플라즈마 방전에 필요한 전력량은 다음과 같다.

[0023] 액체가 해수이고, 유전체 격벽의 두께(d)가 1 cm이고, 관통구멍의 단면적이  $0.1 \times 0.1 = 0.01 \text{ cm}^2$ 인 경우,

[0024] 1) 바닷물의 전도도  $\sigma = 53 \times 10^{-3} \text{ (S/cm)}$

[0025] 2) 전도저항  $R = 1 / (53 \times 10^{-3} \times 0.01) = 1887 \text{ (}\Omega\text{)}$

[0026] ∴ 해수 중 플라즈마 방전이 일어나기 위한 전기장이 5 kV/cm 라면 필요한 전압은 5 kV가 된다. 여기서, 해수를 통하여 전도전류가 발생할 때 흐르는 전도 전류(I)와 전력량(W)은,

[0027] 3) 전도전류  $I = 5000 \text{ (V)} / 1887 \text{ (}\Omega\text{)} = 2.65 \text{ (A)}$ 이며,

[0028] 4) 전력량  $W = 5000 \text{ (V)} \times 2.65 \text{ (A)} = 13.2 \text{ (kW)}$ 이다.

[0029] 따라서, 종래의 액체상에서의 플라즈마 방전장치에서 요구되는 전력량(5.3 MW)보다 현저히 낮은 13.2 kW의 전력만 요구된다. 더 나아가, 관통구멍 내에서의 전해질 중의 이온의 최고 이동속도는 제한되어 있기 때문에 좁은 유체통로를 통하여 플라즈마 방전 없이 옴의 법칙대로 전류가 흐르기 힘들다. 그리고, 관통구멍(4)을 통해 인가되는 전기장은 액체보다 높은 전기장이 인가된다(도 3 참조). 따라서 실제로 요구되는 전력량은 13.2 kW 보다 훨씬 적어지는 이점도 제공한다. 실제로 약 10 - 8 kW의 전력량으로도 방전이 수행될 수 있음을 확인하였다. 플라즈마 방전 형태는 특별히 제한되지 아니한다. 아크 방전, 코로나 방전, 스파크 방전 등이 널리 채용될 수 있다.

[0030] 유전체 격벽(3)의 두께(d)와 관통구멍의 크기(r)의 비는 4:1 이상인 것이 바람직하다. 유전체 격벽(3)의 두께(d)와 관통구멍의 크기(r)의 비가 4:1 미만이면, 관통구멍을 통한 전기장 세기가 불균일하여 본 발명의 효과를 달성하기 미흡하다. 보다 바람직하게는 5:1 이상이다. 상한치는 특별히 제한되지 아니한다. 다만, 200:1 이상이 되면, 관통구멍이 너무 작아져서 방전의 제어가 다소 곤란할 것으로 믿어진다. 인가되는 파워는 펄스 형태를 갖는 것이 좋다.

[0031] 상기 관통구멍을 갖는 유전체 격벽의 배치는, 도 4에 도시된 바와 같이, 유전체 격벽이 파워전극에 밀착된 형태를 갖거나(도 4의 (a) 참조), 매질인 액체의 중간에 위치하거나(도 4의 (b) 참조), 접지전극에 밀착된 형태를 갖는(도 4의 (a) 참조) 구조 중에서 어느 하나를 채용할 수 있다. 이 때, 도 4(a) 및 도 4(b)의 배치를 갖는 경우, 접지 전극은 별도로 구비되지 아니하여도 무방하다. 예를 들면, 해수를 처리할 때, 해수의 바닥면이 접지전극으로서의 역할을 수행하게 된다. 따라서, 본 명세서에서, "접지전극"이라 함은 인위적으로 구비된 접지된 전극뿐만 아니라 해수면의 바닥과 같이 접지전극의 역할을 수행하는 것까지를 모두 포함하는 것으로 해석되어야 한다.

[0032] 도 5는 본 발명에 따른 액체상에서의 플라즈마 방전장치의 방전 메카니즘을 설명하는 개념도이다. 파워전극에 전압( $V_0$ )이 인가되면, 플라즈마 방전이 개시되고, 관통구멍 내에서 캐비티(cavity), 버블(bubble)이 생성된다. 플라즈마 방전이 진행됨에 따라, 상기 관통구멍내에서 방전채널(discharge channel)이 형성되고, 이어서 액체 내로 방전이 전파되어 다양한 활성종(active radical)(예를 들면, Cl, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>의 라디칼들)이 형성되며, 화학물질과 UV를 방출한다. 그 후, 캐비티, 버블의 붕괴가 일어나고, 쇼크웨이브(shockwave)가 발생한다. 이러한 과정을 거쳐, 액체 내부의 미생물이나 휘발성 유기물질(VOC) 등이 처리될 수 있다.

[0033] 도 6은 본 발명에 따른 액체상에서의 플라즈마 방전장치를 이용한 바닷물(해수) 처리의 구체적 구현예를 보여주는 개념도이다. 바닷물이 일측에 구비된 입구(inlet)를 통해 유입되고, 반대측에 구비된 출구(outlet)를 통해 배출된다. 파워전극(1)이 단자 형태로 상부에 구비되고, 관통구멍(4)을 갖는 유전체 격벽(3)이 파워전극(1)에 밀착된 채 배치된다. 접지전극(2)이 파워전극(1)의 반대면에 배치되고, 챔버 내부에는 매질로서 바닷물로 충전되어 있다. 파워전극(1)에 전압이 인가되면, 위에서 설명한 바와 같은 플라즈마 방전에 의해 바닷물 속의 다양한 오염물(미생물, 휘발성 물질 등)을 처리하게 된다.

[0034] 본 발명에 따른 액체상에서의 플라즈마 방전장치는 식수처리, 폐수처리, 선박평형수 살균, 농업용수처리, 농약 대체, 식가공, 조경, 물저장탱크 살균, 가습기살균, 의료기기세척수, 세정용수처리, 담수화설비, 양식장살균, 어항살균, 적조-녹조 방지 등의 환경 분야에 응용될 수 있다. 더 나아가, 상기 플라즈마 방전장치는 단위조작, 반도체 및 평판디스플레이 제조습식공정, 전기전해 도금, 케미칼 제조 등의 산업공정과, 수중충격파 발생, 소나 장비 (수중음파 발생), 수중광원, 수중 제트 등에도 적용이 가능하다.

**도면의 간단한 설명**

[0035] 도 1은 종래의 일반적인 액체상에서의 플라즈마 방전장치를 보여주는 개념도이다.

[0036] 도 2는 본 발명에 따른 액체상에서의 플라즈마 방전장치에 사용되는 전극구조의 바람직한 구현예를 보여주는 개념도이다.

[0037] 도 3은 본 발명에 따른 액체상에서의 플라즈마 방전장치에 전압을 인가할 때 발생하는 전기장의 분포를 보여주는 그림이다.

[0038] 도 4는 본 발명에 따른 액체상에서의 플라즈마 방전장치에서 유전체 격벽의 배치를 보여주는 그림이다.

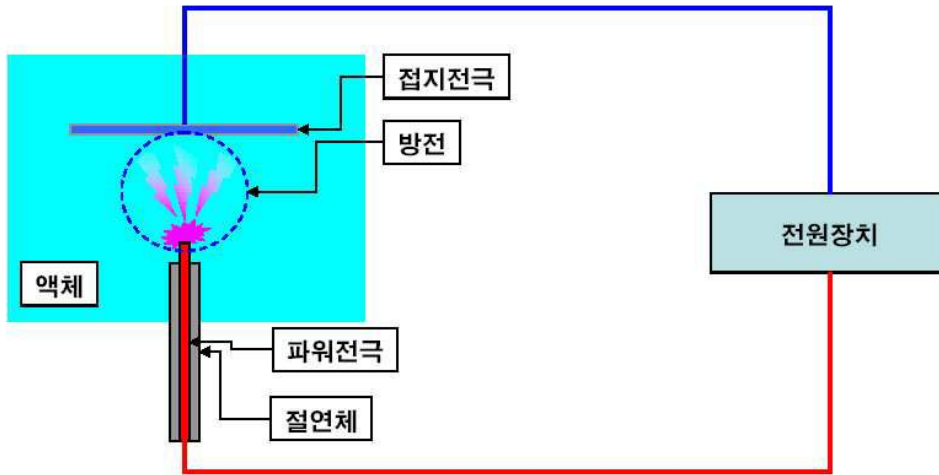
[0039] 도 5는 본 발명에 따른 액체상에서의 플라즈마 방전장치의 방전 메카니즘을 설명하는 개념도이다.

[0040] 도 6은 바닷물 처리에 사용되는 본 발명에 따른 다른 액체상에서의 플라즈마 방전장치의 구체적 구현예를 보여

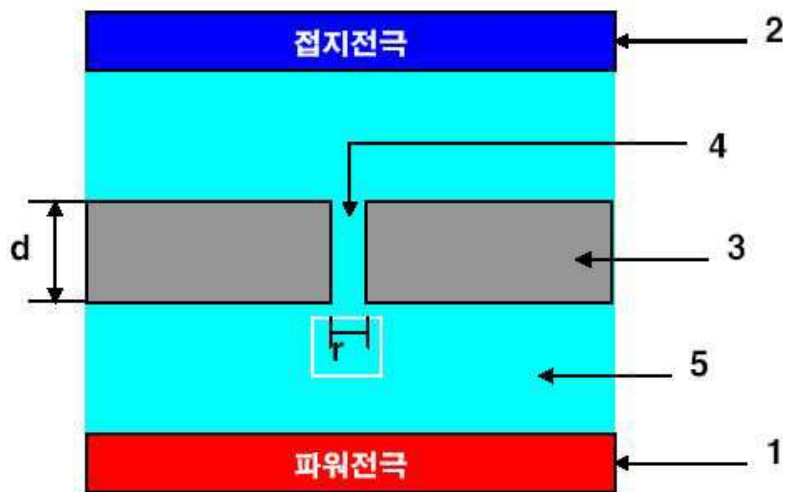
주는 개념도이다.

도면

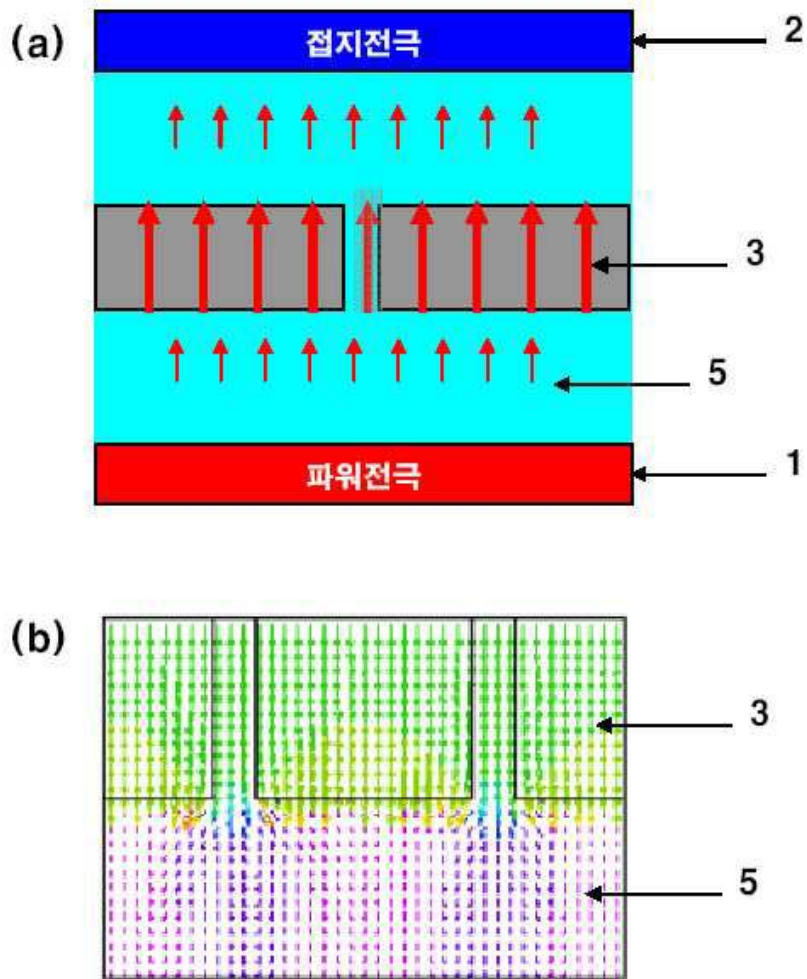
도면1



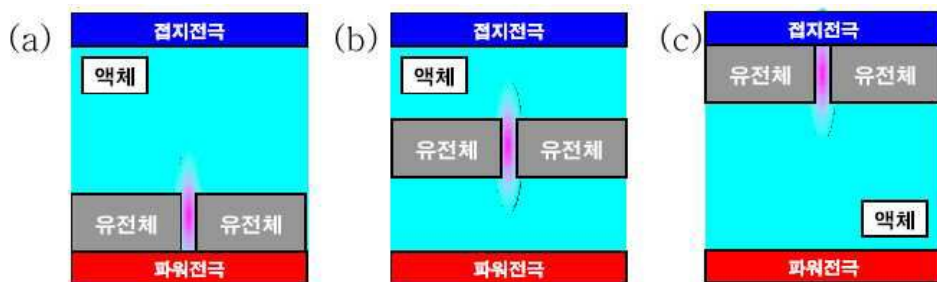
도면2



도면3

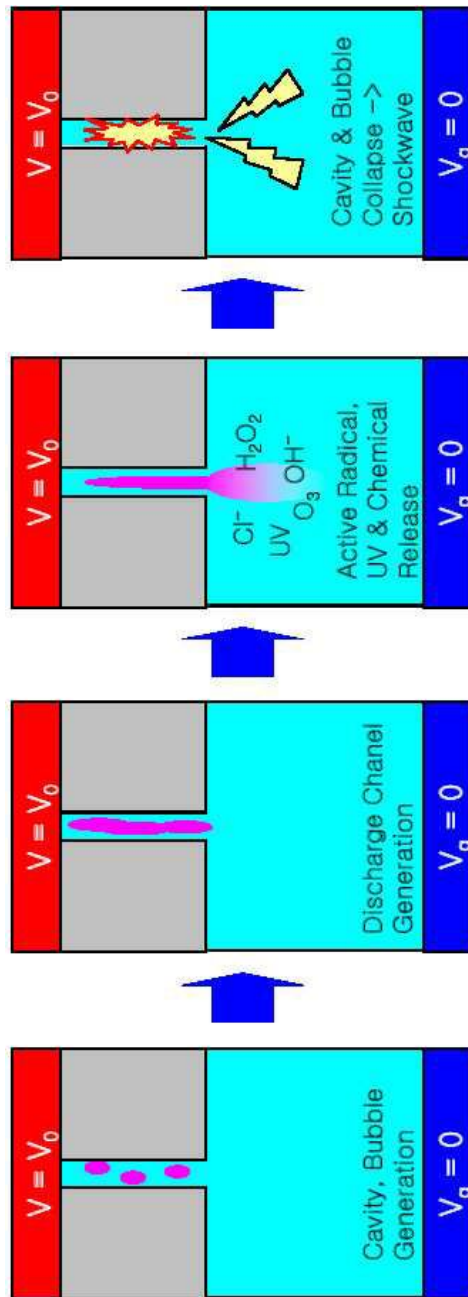


도면4

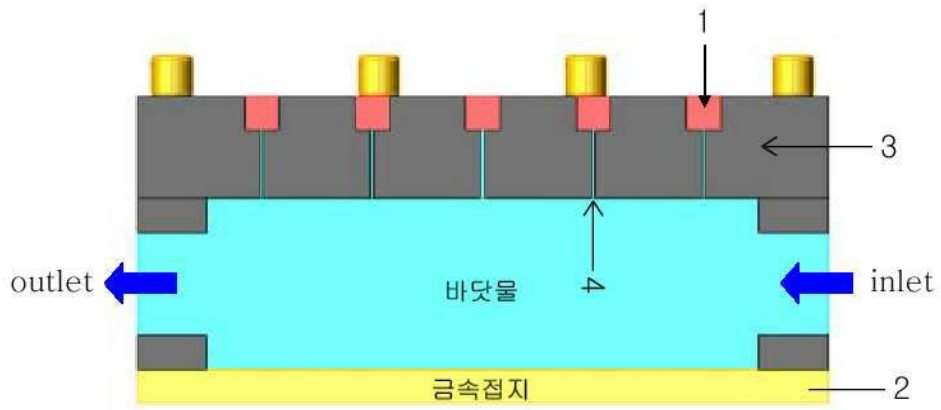




도면5



도면6



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 제1항 7번째 줄

【변경전】

상기 상기

【변경후】

상기