



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

(45) 공고일자 2013년04월19일  
 (11) 등록번호 10-1256577  
 (24) 등록일자 2013년04월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*C02F 1/46* (2006.01) *H05H 1/34* (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2011-0085134  
 (22) 출원일자 2011년08월25일  
 심사청구일자 2011년08월25일  
 (65) 공개번호 10-2013-0022246  
 (43) 공개일자 2013년03월06일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 JP2007149590 A  
 KR100924649 B1  
 KR1020060091868 A  
 KR1020110109111 A

(73) 특허권자  
 한국기초과학지원연구원  
 대전광역시 유성구 과학로 169-148 (어은동)  
 (72) 발명자  
 홍용철  
 대전광역시 유성구 과학로 125, 국가핵융합연구소 (어은동)  
 김예진  
 대전광역시 유성구 과학로 125, 국가핵융합연구소 (어은동)  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
 노준태, 박국진, 장영태

전체 청구항 수 : 총 11 항

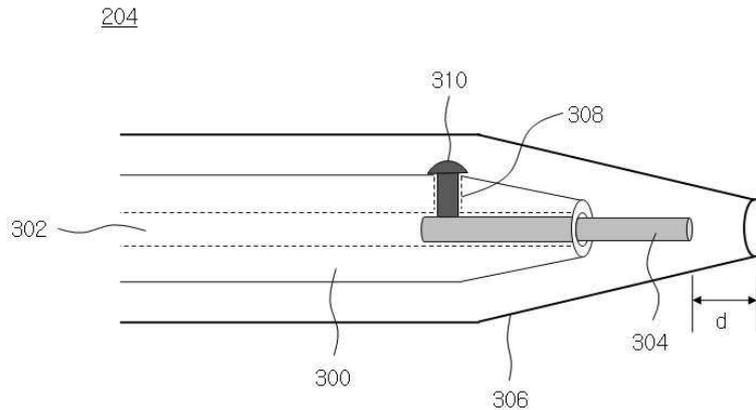
심사관 : 이진용

**(54) 발명의 명칭 수중 방전 전극 및 이를 포함하는 수중 모세관 플라즈마 방전 장치**

**(57) 요약**

수중 방전 전극 및 이를 포함하는 수중 모세관 플라즈마 방전 장치가 개시된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 수중 방전 전극은, 오염된 유체의 내부로 삽입되어 상기 오염된 유체 내부에 플라즈마 방전을 일으키는 수중 방전 전극으로서, 원통형의 전극 바디; 상기 전극 바디의 내부를 길이 방향으로 관통하며, 상기 유체 내부로 보조 가스를 주입하는 가스 공급관; 상기 가스 공급관의 끝단에 삽입되며 상기 전극 바디 보다 일정 길이만큼 돌출되도록 형성되는 전극 팁; 및 상기 전극 팁이 삽입된 상기 전극 바디를 감싸는 원통형의 유전체 튜브를 포함한다.

**대표도 - 도3**



(72) 발명자

**이상주**

대전광역시 유성구 과학로 125, 국가핵융합연구소  
(어은동)

**이봉주**

대전광역시 유성구 과학로 125, 국가핵융합연구소  
(어은동)

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

오염된 유체의 내부로 삽입되어 상기 오염된 유체 내부에 플라즈마 방전을 일으키는 수중 방전 전극으로서, 원통형의 전극 바디;

상기 전극 바디의 내부를 길이 방향으로 관통하며, 상기 유체 내부로 보조 가스를 주입하는 가스 공급관; 상기 가스 공급관의 끝단에 삽입되며 상기 전극 바디 보다 일정 길이만큼 돌출되도록 형성되는 전극 팁; 및 상기 전극 팁이 삽입된 상기 전극 바디를 감싸는 원통형의 유전체 튜브를 포함하는 수중 방전 전극.

**청구항 2**

제1항에 있어서,

상기 전극 바디는 텅스텐, 몰리브덴, 티타늄 또는 스테인레스(SUS) 중 하나 이상의 재질로 구성되는, 수중 방전 전극.

**청구항 3**

제1항에 있어서,

상기 가스 공급관은, 상기 전극 팁이 삽입되는 상기 전극 바디의 끝 단에서 직경이 좁아지도록 형성되는, 수중 방전 전극.

**청구항 4**

제1항에 있어서,

상기 가스 공급부는 오존, 산소, 질소, 아르곤, 헬륨 또는 공기 중 하나 이상을 포함하는 가스를 상기 유체 내부로 공급하는, 수중 방전 전극.

**청구항 5**

제1항에 있어서,

상기 가스 공급부는 액체 상태의 과산화수소수를 상기 유체 내부로 분사하는, 수중 방전 전극.

**청구항 6**

제1항에 있어서,

상기 전극 팁의 재질은 백금(Pb)인, 수중 방전 전극.

**청구항 7**

제1항에 있어서,

상기 전극 팁은, 상기 보조 가스가 상기 가스 공급관에 삽입된 전극 팁 및 상기 가스 공급관의 내벽 사이의 공

간으로 빠져나올 수 있도록, 그 직경이 상기 가스 공급관의 내경보다 일정 길이만큼 작게 형성되는, 수중 방전 전극.

**청구항 8**

제7항에 있어서,

상기 전극 바디의 끝단에서 상기 전극 바디의 일측면을 관통하는 삽입 홀; 및

상기 삽입 홀에 삽입되어 상기 전극 팁을 고정하는 팁 고정 수단을 더 포함하는, 수중 방전 전극.

**청구항 9**

제1항에 있어서,

상기 유전체 튜브의 끝단은 상기 전극 팁의 끝단보다 일정 길이만큼 돌출되도록 형성되는, 수중 방전 전극.

**청구항 10**

제1항에 있어서,

상기 유전체 튜브는 알루미늄이나 또는 석영(Quartz) 중 하나 이상의 재질로 구성되는, 수중 방전 전극.

**청구항 11**

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 기재된 수중 방전 전극을 포함하는 수중 모세관 플라즈마 방전 장치.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 수중 방전 전극 및 이를 포함하는 수중 모세관 플라즈마 방전 장치에 관한 것으로, 전극의 마모를 최소화하는 동시에 오염된 물의 정화 효과를 극대화하기 위한 기술과 관련된다.

**배경기술**

[0002] 최근 들어, 오염수의 정화 및 박테리아 제거 등을 위한 목적으로 다양한 방법들이 연구되고 있다. 이러한 방법 들로는, 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] 그러나 종래의 플라즈마 방전을 이용하는 방식의 경우, 방전이 계속됨에 따라 전극의 마모가 발생되어 전극을 자주 교체해야 하는 등의 문제가 있었다. 특히 도 1의 그래프에서 알 수 있는 바와 같이, 전도도( $\sigma$ )가 높은 해수의 경우 음전압(negative biased voltage)을 인가한 경우에 비해 양전압(positive biased voltage)을 인가한 경우 방전 효율이 2배 이상 높아지며 그에 따른 살균력 또한 높아지게 되나, 종래의 전극 구조를 따를 경우 특히 positive biased voltage 인가 시 전극의 마모가 너무 심하여 사용이 불가능한 문제가 있었다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0005] 본 발명은 플라즈마 방전을 이용한 오염수 정화 효과를 극대화하는 동시에 전극의 마모를 최소화하기 위한 수중 방전 전극 및 이를 포함하는 수중 모세관 플라즈마 방전 장치를 제공하는 데 그 목적이 있다.

**과제의 해결 수단**

[0006] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 수중 방전 전극은, 오염된 유체의 내부로 삽입되어 상기 오염된 유체 내부에 플라즈마 방전을 일으키는 수중 방전 전극으로서, 원통형의 전극 바디; 상기 전극 바디의 내부를 길이 방향으로 관통하며, 상기 유체 내부로 보조 가스를 주입하는 가스 공급관; 상기 가스 공급관의 끝단에 삽입되며 상기 전극 바디 보다 일정 길이만큼 돌출되도록 형성되는 전극 팁; 및 상기 전극 팁이 삽입된 상기 전극 바디를 감싸는 원통형의 유전체 튜브를 포함한다.

**발명의 효과**

[0007] 본 발명의 실시예들에 따른 경우 수중 모세관 플라즈마 수중 방전 전극에 가스 채널(Gas Channel)을 구비함으로써 플라즈마 방전으로 인한 물 분해로부터 생성되는 플라즈마 종들 뿐만 아니라, 주입한 가스에 따라 다양한 화학적 활성종(reactive species)를 생성함으로써 수중 오염물질을 효과적으로 제거할 수 있다.

[0008] 또한, 본 발명에 따른 경우 공급되는 전원의 종류의 관계 없이 전극의 마모를 최소화할 수 있는 장점이 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0009] 도 1은 본 발명에 있어 오염수의 전도도와 입력되는 전압의 종류에 따른 방전 효율을 설명하기 위한 그래프이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 수중 모세관 플라즈마 장치(200)를 설명하기 위한 블록 구성도이다.

도 3은 본 발명에 따른 수중 모세관 플라즈마 방전 장치(200)의 수중 방전 전극(204)의 제 1 실시예를 나타낸 도면이다.

도 4는 본 발명에 따른 전극 바디(300), 전극 팁(304) 및 팁 고정 수단(310)의 연결 관계를 설명하기 위한 수직 단면도이다.

도 5는 본 발명에 따른 수중 모세관 플라즈마 방전 장치(200)의 수중 방전 전극(204)의 제 2 실시예를 나타낸 도면이다.

도 6 및 도 7은 본 발명에 따른 수중 모세관 플라즈마 방전 장치(200)의 효과를 설명하기 위한 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0010] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시형태를 설명하기로 한다. 그러나 이는 예시에 불과하며 본 발명은 이에 제한되지 않는다.

[0011] 본 발명을 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0012] 본 발명의 기술적 사상은 청구범위에 의해 결정되며, 이하의 실시예는 본 발명의 기술적 사상을 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 효율적으로 설명하기 위한 일 수단일 뿐이다.

- [0013] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 수중 모세관 플라즈마 장치(200)를 설명하기 위한 블록 구성도이다.
- [0014] 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 수중 모세관 플라즈마 장치(200)는 전원 공급부(202), 수중 방전 전극(204) 및 가스 공급부(206)를 포함한다.
- [0015] 전원 공급부(202)는 외부 전원(예를 들어 상용 AC 전원)을 인가받아 이를 소정 크기의 전압을 가지는 직류 또는 교류 전원으로 변환하여 출력한다. 예를 들어, 전원 공급부(202)는 음(-)의 전압 성분만을 포함하는 교류 전원, 양(+)의 전압 성분만을 포함하는 교류 전원, 또는 이 둘을 모두 포함하는 사인파 형태의 교류 전원 중 하나를 출력하도록 구성될 수 있다.
- [0016] 수중 방전 전극(204)은 전원 공급부(202)에서 공급된 전원을 인가받아 오염된 유체(208) 내부에 모세관 플라즈마 방전(capillary plasma discharge)을 일으킴으로써 오염수 등의 유체(208)를 정화한다. 이와 같은 모세관 플라즈마 방전으로 발생된 플라즈마는 유체(208) 내부의 물 분자를 분해시켜  $\text{OH}^-$ , O, H,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{HO}_2$ , HClO,  $\text{Cl}_2$ , HCl 등의 활성종을 생성하며, 생성된 활성종들은 유체 내부의 오염물질(휘발성유기화합물, 미생물, 조류 등)을 제거하게 된다.
- [0017] 가스 공급부(206)는 수중 방전 전극(204)에 의하여 모세관 플라즈마 방전이 일어나는 유체(208)의 내부로 보조 가스를 주입한다. 이와 같은 보조 가스의 예로는, 오존( $\text{O}_3$ ), 산소( $\text{O}_2$ ), 질소( $\text{N}_2$ ), 아르곤(Ar), 헬륨(He), 공기(Air) 또는 이들의 혼합물이 될 수 있으며, 또는 가스 공급부(206)에서 액체 상태의 과산화수소수( $\text{H}_2\text{O}_2$ )를 분사하는 것 또한 가능하다. 이와 같이 주입되는 보조 가스는 수중 방전 전극(204)으로부터 발생되는 플라즈마로 공급되며, 이에 따라 상기 플라즈마의 발생 및 이를 통한 유체(208) 정화를 보조하게 된다. 즉, 상기와 같이 보조 가스를 주입할 경우, 보조 가스를 주입하지 않을 경우와 비교하여 유체(208) 내의 상기 활성종들의 농도 및 유체 내 체류 시간(Lifetime)을 증가시키게 되므로, 플라즈마에 의한 유체(208) 정화 효과가 극대화될 수 있다.
- [0018] 또한, 이와 같이 보조 가스를 공급할 경우 수중 모세관 방전으로 인해 발생하는 활성종들 뿐만 아니라, 주입된 가스로부터 다양한 종류의 화학적 활성종(reactive species)들이 발생하게 되며, 이와 같은 화학적 활성종들이 수중 오염물질(휘발성유기화합물, 미생물, 조류 등)을 제거할 수 있다. 따라서 보조 가스를 공급하지 않은 경우에 비해 오염된 유체의 정화 효과가 훨씬 커지게 된다.
- [0019] 또한, 이와 같이 보조 가스를 공급할 경우 가스를 주입하지 않을 경우와 비교하여 더 낮은 전력 공급으로도 플라즈마 발생이 가능하므로, 유체 정화를 위한 에너지 소비를 감소시킬 수 있다.
- [0020] 도 3은 본 발명에 따른 수중 모세관 플라즈마 방전 장치(200)의 수중 방전 전극(204)의 제 1 실시예를 나타낸 도면이다. 본 발명에 따른 수중 방전 전극(204)은 오염된 유체(208)의 내부로 삽입되어, 오염된 유체(208) 내부에 플라즈마 방전을 일으키기 위한 것으로서, 도시된 바와 같이 전극 바디(300), 가스 공급관(302), 전극 팁(304) 및 유전체 튜브(306)를 포함하여 구성된다.
- [0021] 전극 바디(300)는 전원 공급부(202)의 출력단과 전기적으로 연결되어 플라즈마 방전을 위한 전원을 공급받는다. 전극 바디(300)는 원통형으로 구성되며, 필요에 따라 도시된 바와 같이 유체(208)와 맞닿는 끝 부분의 직경이 점차적으로 감소하는 원뿔과 유사한 형태로 구성될 수 있다. 전극 바디(300)는 금속 재질, 예를 들어 텅스텐, 몰리브덴, 티타늄 또는 스테인레스(SUS) 중 하나의 재질로 구성될 수 있다.
- [0022] 가스 공급관(302)은 전극 바디(300)의 내부를 길이 방향으로 관통하며, 유체 내부에 형성된 플라즈마에 보조 가스를 공급한다. 상기 보조 가스는 오존, 산소, 질소, 아르곤, 헬륨 또는 공기(Air) 중 하나 이상을 포함하여 구성될 수 있으며, 필요에 따라 액체 상태의 과산화수소수( $\text{H}_2\text{O}_2$ )를 직접 분사하는 것 또한 가능하다.
- [0023] 전극 팁(304)은 가스 공급관(302)의 끝단에 삽입되며 전극 바디(300) 보다 일정 길이만큼 돌출되도록 형성된다. 본 발명에서 플라즈마는 전극 팁(304)의 끝단에서 발생하게 된다. 전극 팁(304)의 재질은 백금(Pb)으로 구성된다. 이와 같이 전극 팁(304)이 백금(Pb)으로 형성될 경우, 전원 공급부(102)에서 Positive biased voltage가 공급되더라도 전극 팁(304)의 마모가 거의 일어나지 않으므로 수중 방전 전극(204)을 교체하거나 할 필요가 없어진다는 장점이 있다. 또한 백금(Pb)은 플라즈마에 의한 활성종 생성 과정에서 일종의 촉매 역할을 하므로, 다른 금속을 사용할 때 보다 플라즈마에 의한 살균 및 정화 효과를 높일 수 있다.

- [0024] 한편, 전극 팁(304)은 가스 공급관(302)의 끝단에 삽입되는 바, 가스 공급관(302)으로 주입되는 보조 가스가 삽입된 전극 팁(304) 및 가스 공급관(302)의 내벽 사이의 공간으로 빠져나올 수 있도록, 그 직경이 가스 공급관의 내경보다 일정 길이만큼 작게 형성된다. 또한, 전극 바디(300)의 전극 팁(304)이 삽입되는 끝단에는 전극 바디(300)의 일측면을 관통하여 가스 공급관(302)과 연결되는 삽입 홀(308)이 형성되며, 삽입 홀(308)에 팁 고정 수단(310)이 삽입됨으로써 전극 팁(304)을 고정하게 된다. 팁 고정 수단(310)은 예를 들어, 금속 재질의 나사 등이 될 수 있으나, 전극 팁(304)을 고정할 수 있는 것이라면 특별히 한정되지 않는다.
- [0025] 도 4는 본 발명에 따른 전극 바디(300), 전극 팁(304) 및 팁 고정 수단(310)의 연결 관계를 설명하기 위한 수직 단면도이다. 도시된 바와 같이, 전극 팁(304) 및 가스 공급관(302)과의 직경 차이에 의하여 공간이 발생하며, 보조 가스는 상기 공간을 통과하여 유체 내부로 공급된다. 또한 이 경우 전극 팁(304)이 가스 공급관(302)의 내부에서 고정되지 않으므로 별도의 팁 고정 수단(310)을 삽입하여 전극 팁(304)을 고정하게 된다.
- [0026] 유전체 튜브(306)는 전극 팁(304)이 삽입된 전극 바디(300)와 소정 거리 이격되어 전극 바디(300)를 둘러싸도록 원통형으로 구성된다. 유전체 튜브(306)의 끝 부분은 전극 팁(304)의 끝 부분 보다 일정 길이(d)만큼 돌출된다. 즉, 금속 팁(200)의 끝 부분은 유전체 튜브(306)의 안쪽으로 d 만큼 들어간 상태로 형성된다. 상기 d는 유체의 특성 및 플라즈마의 방전 특성 등을 고려하여 적절하게 정해질 수 있으며, 1mm 내지 5mm 사이의 값을 가질 수 있다. 유전체 튜브(306)는 예를 들어 알루미늄이나 또는 석영(Quartz)등으로 구성될 수 있다.
- [0027] 도 5는 본 발명에 따른 수중 모세관 플라즈마 방전 장치(200)의 수중 방전 전극(204)의 제 2 실시예를 나타낸 도면이다.
- [0028] 본 실시예 또한 실시예 1과 마찬가지로 전극 바디(300), 가스 공급관(500), 전극 팁(304) 및 유전체 튜브(306)를 포함하여 구성되나, 실시예 1과 비교하여 볼 때, 가스 공급관(500)의 형상이 상이하다. 즉, 본 실시예에서 가스 공급관(500)은 유체와 접촉되는 전극 팁(304)이 삽입되는 전극 바디(300)의 끝 부분에서 그 직경이 좁아지도록 형성된다. 이와 같이 가스 공급관(500)의 끝 부분에서 직경이 좁아지도록 형성될 경우 해당 부분에서 보조 가스의 이동 속도가 빨라지게 되므로, 보조 가스를 좀 더 원활하게 플라즈마로 공급할 수 있다.
- [0029] 도 6 및 도 7은 본 발명에 따른 수중 모세관 플라즈마 방전 장치(200)의 효과를 설명하기 위한 도면이다.
- [0030] 먼저, 도 6은 전원 공급부(202)에서 각각 음(-)의 전압 및 양(+)의 전압을 공급할 경우 보조 가스로 공급되는 질소의 양에 따른 오염수 내 대장균(E.Coli)의 양을 나타낸 것이다. 도시된 바와 같이, 양(+)의 전압을 공급할 경우 음(-)의 전압을 공급할 경우와 비교하여 현저하게 빠른 속도로 대장균이 사멸됨을 알 수 있다.
- [0031] 다음으로, 도 7은 전원 공급부(202)에서 각각 음(-)의 전압 및 양(+)의 전압을 공급할 경우 보조 가스로 공급되는 질소의 양에 따른 오염수 내 살모넬라균(Salmonella)의 양을 나타낸 것이다. 대장균의 경우에서와 마찬가지로, 양(+)의 전압을 공급할 경우 음(-)의 전압을 공급할 경우와 비교하여 현저하게 빠른 속도로 대장균이 사멸됨을 알 수 있다.
- [0032] 또한, 공급되는 전압의 종류와 관계 없이 상기 도 6 및 도 7의 모든 실험에 있어 전극 팁(304)의 마모는 관찰되지 않았는 바, 본 발명의 경우 전극의 내마모성에 있어서도 매우 우수한 특성을 보임을 알 수 있다.
- [0033] 이상에서 대표적인 실시예를 통하여 본 발명에 대하여 상세하게 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상술한 실시예에 대하여 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 변형이 가능함을 이해할 것이다.
- [0034] 그러므로 본 발명의 권리범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

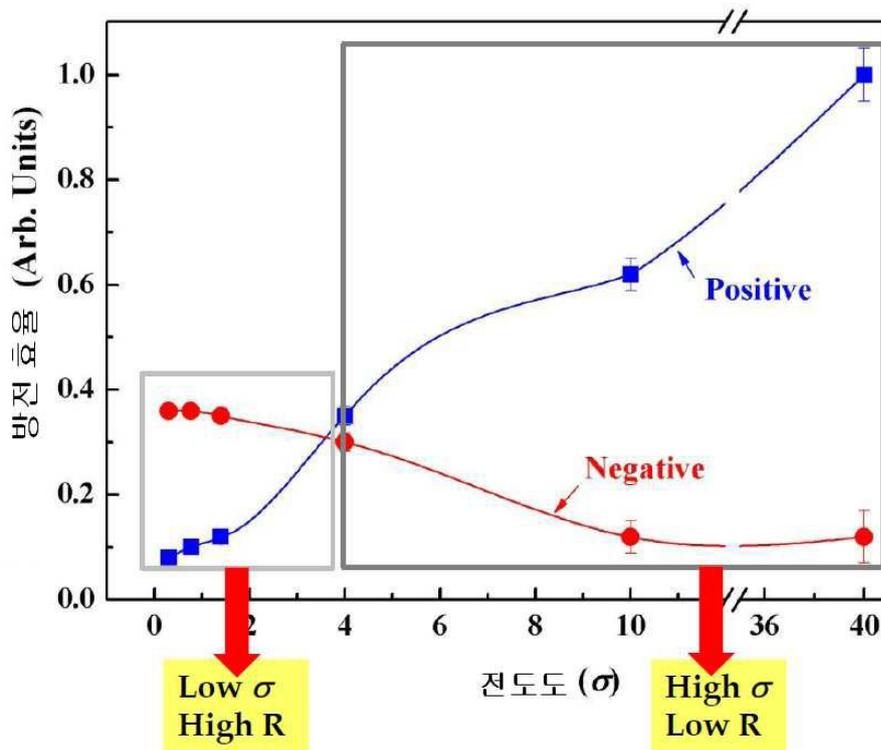
**부호의 설명**

- [0035] 200: 수중 모세관 플라즈마 장치

- 202: 전원 공급부
- 204: 수중 방전 전극
- 206: 가스 공급부
- 300: 전극 바디
- 302: 가스 공급관
- 304: 전극 텃
- 306, 500: 유전체 튜브
- 308: 삽입 홀
- 310: 전극 텃 고정 수단

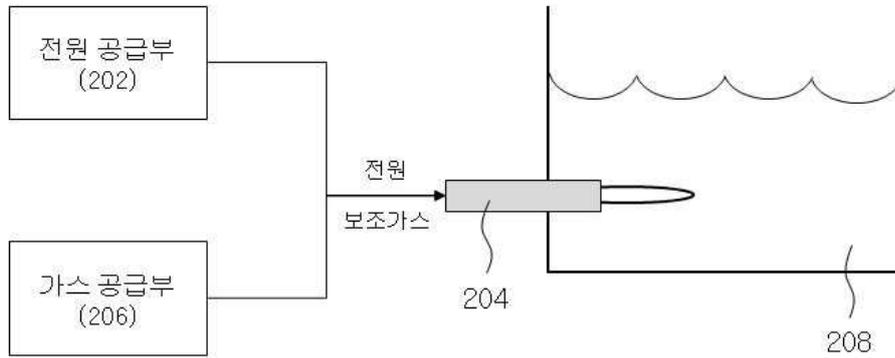
도면

도면1



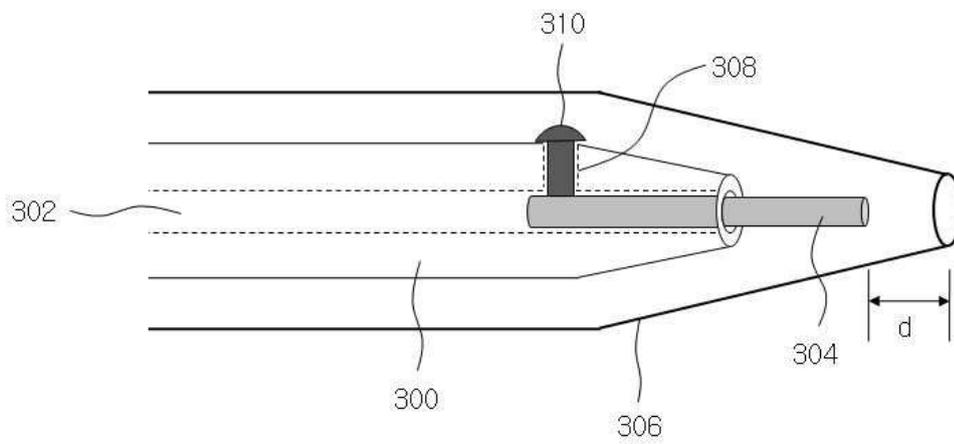
도면2

200

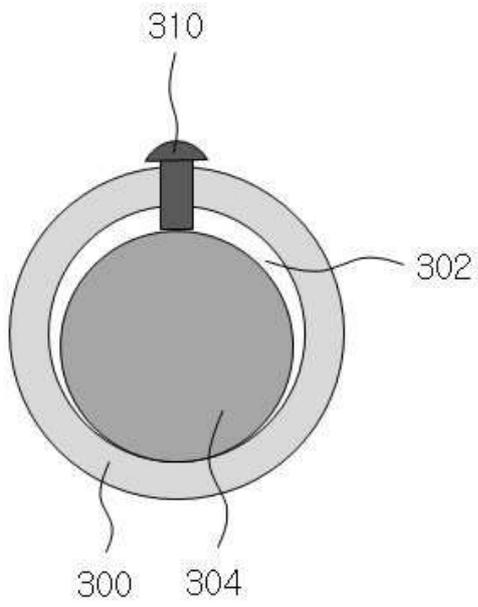


도면3

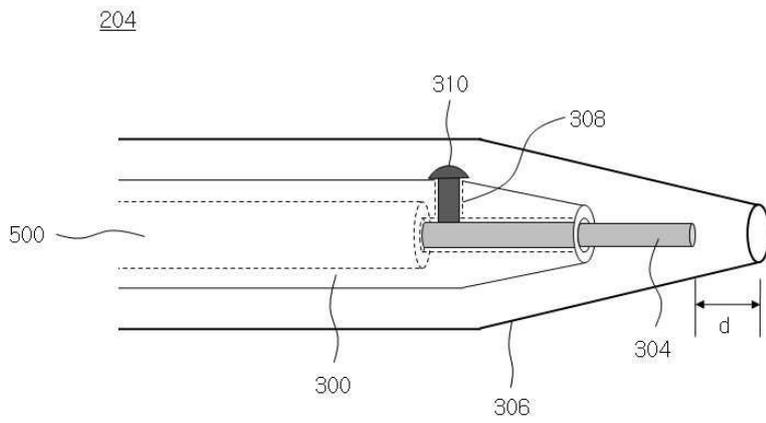
204



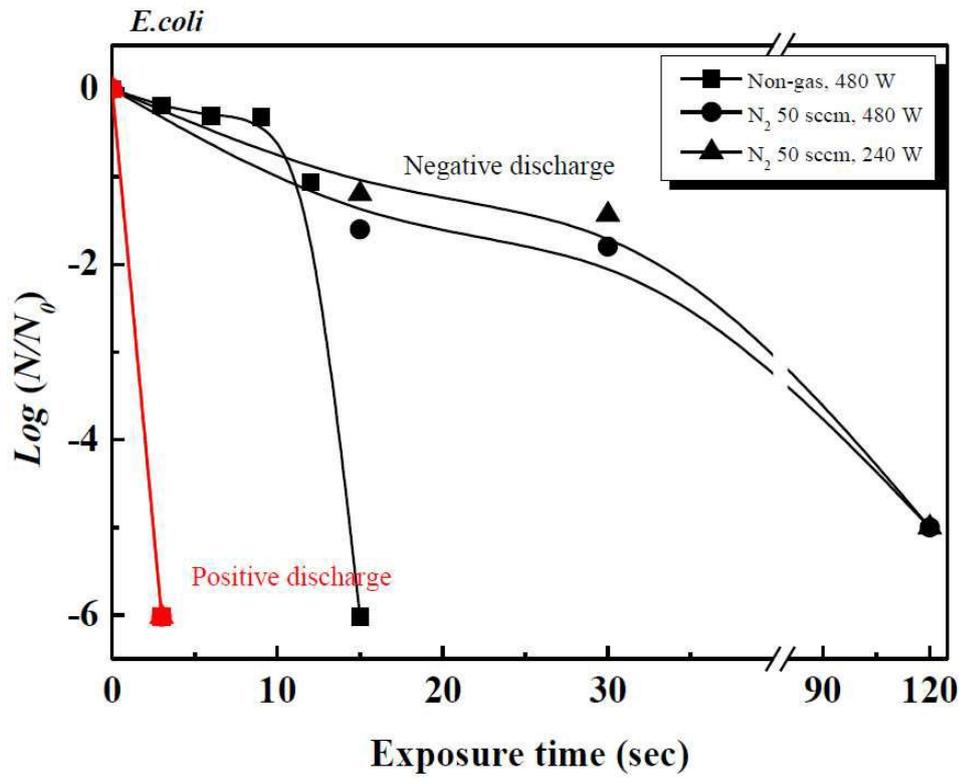
도면4



도면5



도면6



도면7

