



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0102095
(43) 공개일자 2023년07월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H05H 1/46 (2006.01) F15D 1/00 (2006.01)
F15D 1/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H05H 1/4615 (2021.05)
F15D 1/0075 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0191971
(22) 출원일자 2021년12월30일
심사청구일자 2021년12월30일

(71) 출원인
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(72) 발명자
신지철
울산광역시 울주군 범서읍 모두박길 9-1, 204호
(74) 대리인
특허법인다나

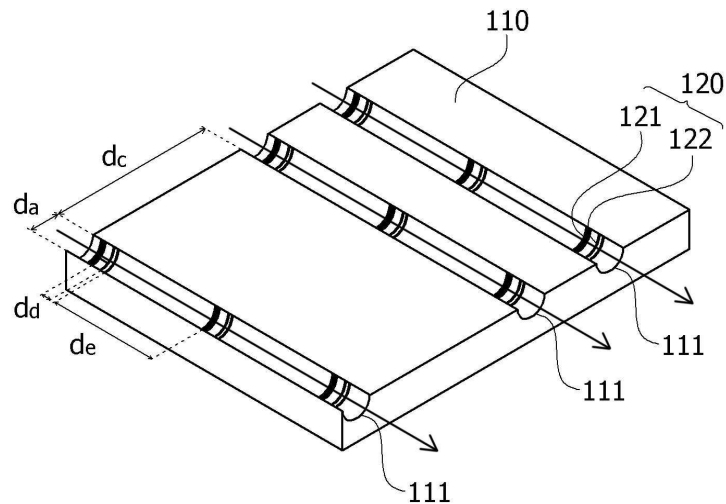
전체 청구항 수 : 총 22 항

(54) 발명의 명칭 표면 유동 발생 소자

(57) 요약

본 출원은 표면 유동 발생 소자 및 이의 용도에 관한 것이다. 본 출원의 표면 유동 발생 소자 및 이의 용도에 의하면, 일반적인 글로우 방전보다 상대적으로 전류 밀도가 높고, 온도 증가가 낮은 마이크로 플라즈마를 발생시킬 수 있으며, 원하는 대로 방향성 있는 유체 입자의 유동을 만들 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류
F15D 1/02 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

홈이 형성된 기관;

상기 기관의 홈에 구비되고, 애노드 및 캐소드로 이루어진 한 쌍 이상을 순차로 포함하는 전극; 및

상기 전극에 전기적으로 연결된 전원부를 포함하는 표면 유동 발생 소자.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 홈은 상기 기관의 상부 표면에 제 1 방향을 따라연장되어 위치하는 표면 유동 발생 소자.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 홈은 제 1 방향과 수직한 방향의 일면이 곡면 또는 다각형 형상을 갖는 표면 유동 발생 소자.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 곡면 형상은 곡률 반경이 0.1 mm 내지 2 mm인 표면 유동 발생 소자.

청구항 5

제 2 항에 있어서, 상기 홈은 단위 길이당 100개 내지 1000개의 복수개로 형성되는 표면 유동 발생 소자.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 홈은 상기 기관의 상부 표면으로부터 제 2 방향을 따라 상기 기관의 내부를 관통하여 위치하는 표면 유동 발생 소자.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 홈은 제 2 방향과 수직한 방향의 일면이 원형 또는 다각형 형상을 갖는 표면 유동 발생 소자.

청구항 8

제 7 항에 있어서, 상기 원형 형상은 0.1 mm 내지 2 mm의 지름을 갖는 표면 유동 발생 소자.

청구항 9

제 6 항에 있어서, 상기 홈은 단위 면적당 10000개 내지 30000개의 복수개로 형성되는 표면 유동 발생 소자.

청구항 10

제 5 항 또는 제 9 항에 있어서, 상기 복수개의 홈 간의 간격(d_c)은 단위 면적당 0.1 mm 내지 5 mm인 표면 유동 발생 소자.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 상기 제 1 방향과 수직한 방향의 일면에 형성된 홈의 길이(d_a) 또는 상기 제 2 방향과 수직한 방향의 일면에 형성된 홈의 길이(d_b)는 복수개의 홈 간의 간격(d_c)과의 비가 1:0.01 내지 50인 표면 유동 발생 소자.

청구항 12

제 1 항에 있어서, 상기 한 쌍의 전극 내 애노드 및 캐소드 간의 간격(d_0)은 단위 면적당 0.1 mm 내지 5 mm인 표면 유동 발생 소자.

청구항 13

제 1 항에 있어서, 상기 한 쌍 이상의 전극 간의 간격(d_c)은 단위 면적당 2 mm 내지 20 mm인 표면 유동 발생 소자.

청구항 14

제 1 항에 있어서, 전압 인가 시 상기 홈 내부에서 마이크로 플라즈마 방전을 발생시키는 표면 유동 발생 소자.

청구항 15

제 14 항에 있어서, 상기 마이크로 플라즈마 방전 시, 전기장이 발생되고, 상기 전기장 내부에서 이온이 움직이는 표면 유동 발생 소자.

청구항 16

제 15 항에 있어서, 상기 마이크로 플라즈마 방전 시, 상기 이온은 애노드로부터 캐소드로 이동하는 표면 유동 발생 소자.

청구항 17

제 14 항에 있어서, 상기 마이크로 플라즈마 방전 시, 전류 밀도가 0.1 A/cm^2 내지 100 A/cm^2 인 표면 유동 발생 소자.

청구항 18

제 14 항에 있어서, 상기 마이크로 플라즈마 방전 시, 온도 증가율이 50% 이하인 표면 유동 발생 소자.

청구항 19

제 1 항에 있어서, 상기 전원부는 직류(DC) 전원, 펄스 직류 전원, 교류(AC) 전원 또는 무선 주파수(RF) 전원을 사용하는 표면 유동 발생 소자.

청구항 20

제 1 항에 따른 표면 유동 발생 소자를 포함하는 가스 이동 파이프.

청구항 21

제 1 항에 따른 표면 유동 발생 소자를 포함하는 날개를 포함하는 항공기.

청구항 22

제 1 항에 따른 표면 유동 발생 소자를 포함하는 연속 배기 가스 개질기.

발명의 설명

기술 분야

본 출원은 표면 유동 발생 소자 및 이의 용도에 관한 것이다.

배경 기술

일반적으로 표면 유동 발생 소자는 고전압을 인가 받도록 한 쌍의 전극을 포함하여 구성되며, 한 쌍의 전극들 사이를 유동하는 공기가 글로우 및 방전될 수 있도록 동작하여 플라즈마를 발생한다.

[0003] 일반적으로 플라즈마가 만들어지는 저압환경이 아닌 대기압과 같은 상대적인 고압환경에서 안정적인 글로우 방전을 만들 수 있다. 글로우 방전이 아닌 아크 방전과 같은 고전류 방전의 경우 전류 밀도가 높은 장점이 있으나 동시에 발생하는 가열효과가 상대적으로 증가하므로 원하는 방향성 있는 유동을 만드는 것이 어렵다는 단점이 있다.

[0004] 또한, 일반적으로 원형의 실린더 내부에서 방전이 작동하기 때문에 유동을 만들어 내는 영역이 실린더 내부로 제한되는 단점이 있다.

[0005] 따라서, 이러한 단점을 극복하기 위하여, 대기압에서 안정적인 글로우 방전을 발생시키는 마이크로 플라즈마 방전을 이용하여 기관 표면에 유동을 만들 수 있는 표면 유동 발생 소자가 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 출원의 과제는 일반적인 글로우 방전보다 상대적으로 전류 밀도가 높고, 온도 증가가 낮은 마이크로 플라즈마를 발생시킬 수 있으며, 원하는 대로 방향성 있는 유체 입자의 유동을 만들 수 있는 표면 유동 발생 소자 및 이의 용도를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 과제를 해결하기 위하여, 본 출원의 표면 유동 발생 소자는 홈이 형성된 기관; 상기 기관의 홈에 구비되고, 애노드 및 캐소드로 이루어진 한 쌍 이상을 순차로 포함하는 전극; 및 상기 전극에 전기적으로 연결된 전원부를 포함한다.

[0008] 상기 홈은 상기 기관의 상부 표면에 제 1 방향을 따라 연장되어 위치할 수 있다.

[0009] 또한, 상기 홈은 제 1 방향과 수직한 방향의 일면이 곡면 또는 다각형 형상을 가질 수 있다.

[0010] 또한, 상기 곡면 형상은 곡률 반경이 0.1 mm 내지 2 mm일 수 있다.

[0011] 또한, 상기 홈은 단위 길이당 100개 내지 1000개의 복수개로 형성될 수 있다.

[0012] 또한, 상기 홈은 상기 기관의 상부 표면으로부터 제 2 방향을 따라 상기 기관의 내부를 관통하여 위치할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 홈은 제 2 방향과 수직한 방향의 일면이 원형 또는 다각형 형상을 가질 수 있다.

[0014] 또한, 상기 원형 형상은 0.1 mm 내지 2 mm의 지름을 가질 수 있다.

[0015] 또한, 상기 홈은 단위 면적당 10000개 내지 30000개의 복수개로 형성될 수 있다.

[0016] 또한, 상기 복수개의 홈 간의 간격(d_c)은 단위 면적당 0.1 mm 내지 5 mm일 수 있다.

[0017] 또한, 상기 제 1 방향과 수직한 방향의 일면에 형성된 홈의 길이(d_a)또는 상기 제 2 방향과 수직한 방향의 일면에 형성된 홈의 길이(d_b)는 복수개의 홈 간의 간격(d_c)과의 비가 1:0.01 내지 50일 수 있다.

[0018] 또한, 상기 한 쌍의 전극 내 애노드 및 캐소드 간의 간격(d_d)은 단위 면적당 0.1 mm 내지 5 mm일 수 있다.

[0019] 또한, 상기 한 쌍 이상의 전극 간의 간격(d_e)은 단위 면적당 2 mm 내지 20 mm일 수 있다.

[0020] 또한, 상기 표면 유동 발생 소자는 전압 인가 시 상기 홈 내부에서 마이크로 플라즈마 방전을 발생시킬 수 있다.

[0021] 또한, 상기 표면 유동 발생 소자는 상기 마이크로 플라즈마 방전 시, 전기장이 발생되고, 상기 전기장 내부에서 이온이 움직일 수 있다.

[0022] 또한, 상기 표면 유동 발생 소자는 상기 마이크로 플라즈마 방전 시, 상기 이온은 애노드로부터 캐소드로 이동할 수 있다.

[0023] 또한, 상기 표면 유동 발생 소자는 상기 마이크로 플라즈마 방전 시, 전류 밀도가 0.1 A/cm^2 내지 100 A/cm^2 일

수 있다.

[0024] 또한, 상기 표면 유동 발생 소자는 상기 마이크로 플라즈마 방전 시, 온도 증가율이 50% 이하일 수 있다.

[0025] 또한, 상기 전원부는 직류(DC) 전원, 펄스 직류 전원, 교류(AC) 전원 또는 무선 주파수(RF) 전원을 사용할 수 있다.

[0026] 또한, 본 출원의 가스 이동 파이프는 상기 표면 유동 발생 소자를 포함한다.

[0027] 또한, 본 출원의 항공기는 상기 표면 유동 발생 소자를 포함하는 날개를 포함한다.

[0028] 또한, 본 출원의 연속 배기 가스 개질기는 상기 표면 유동 발생 소자를 포함한다.

발명의 효과

[0029] 본 출원의 표면 유동 발생 소자 및 이의 용도에 의하면, 일반적인 글로우 방전보다 상대적으로 전류 밀도가 높고, 온도 증가가 낮은 마이크로 플라즈마를 발생시킬 수 있으며, 원하는 대로 방향성 있는 유체 입자의 유동을 만들 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1은 본 출원의 일 실시예에 따른 표면 유동 발생 소자를 나타낸 사시도이다.

도 2는 본 출원의 다른 일 실시예에 따른 표면 유동 발생 소자를 예시적으로 나타낸 사시도이다.

도 3은 본 출원의 다른 일 실시예에 따른 표면 유동 발생 소자를 예시적으로 나타낸 상면도이다.

도 4는 본 출원의 일 실시예 및 다른 일 실시예에 따른 표면 유동 발생 소자의 전원부로 직류 전원 또는 펄스 직류 전원을 사용하는 경우를 예시적으로 나타낸 도면이다.

도 5는 본 출원의 일 실시예 및 다른 일 실시예에 따른 표면 유동 발생 소자의 전원부로 교류 전원 또는 무선 주파수 전원을 사용하는 경우를 예시적으로 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 이하, 첨부된 도면을 참조로 본 출원의 표면 유동 발생 소자를 설명하며, 첨부된 도면은 예시적인 것으로, 본 출원의 표면 유동 발생 소자가 첨부된 도면에 제한되는 것은 아니다.

[0032] 본 출원은 표면 유동 발생 소자에 관한 것이다. 도 1은 본 출원의 일 실시예에 따른 표면 유동 발생 소자를 나타낸 사시도이다. 도 1에 나타난 바와 같이, 상기 표면 유동 발생 소자는 기관(110), 전극(120) 및 전원부(미도시)를 포함한다. 본 출원의 표면 유동 발생 소자는 일반적인 글로우 방전보다 상대적으로 전류 밀도가 높고, 온도 증가가 낮은 마이크로 플라즈마를 발생시킬 수 있으며, 이로 인해, 원하는 대로 방향성 있는 유체 입자의 유동을 만들 수 있다.

[0033] 본 명세서에서 「표면 유동 발생 소자」는 표면에 유동을 발생시키는 소자를 의미하며, 구체적으로 기관의 표면에 유체 입자, 즉, 공기의 유동을 발생시키는 소자를 의미할 수 있다. 또한, 본 명세서에서 「글로우 방전」은 음극의 온도가 높지 않아 열전자의 방출이 활발하지 않은 방전으로 아크방전보다 낮은 전류밀도에서의 방전을 의미한다. 또한, 본 명세서에서 「마이크로 플라즈마(microplasma)」는 대기압 저온 플라즈마로서, 직경이 수십 내지 수천 마이크로미터 수준의 크기를 갖는 플라즈마이다. 이러한 마이크로 플라즈마는 주입 기체의 플라즈마 발생을 위하여 높은 전압이 요구되지 않고 약 1000 V 미만에서 우수한 저온 플라즈마(cold plasma)를 발생시킬 수 있다.

[0034] 상기 기관은 상기 전극이 형성되는 판으로서, 홈(111)이 형성된다.

[0035] 하나의 예시에서, 도 1에 나타난 바와 같이, 본 출원의 일 실시예에 따른 표면 유동 발생 소자의 홈은 상기 기관의 상부 표면에 제 1 방향(→)을 따라 연장되어 위치할 수 있다. 본 명세서에서 용어 「제 1 방향」은 기관의 두께 방향과 수직한 중 방향을 의미한다. 상기 홈이 전술한 위치에 형성됨으로써, 일반적인 글로우 방전보다 상대적으로 전류 밀도가 높고, 온도 증가가 낮은 마이크로 플라즈마를 발생시킬 수 있으며, 이로 인해, 원하는 대로 방향성 있는 유체 입자의 유동을 만들 수 있다.

[0036] 상기 본 출원의 일 실시예에 따른 표면 유동 발생 소자의 홈은 제 1 방향과 수직한 방향의 일면이 곡면 또는 다

각형 형상을 가질 수 있다. 본 명세서에서 용어 「제 1 방향과 수직한 방향」은 두께 방향을 의미하고, 본 명세서에서 용어 「제 1 방향과 수직한 방향의 일면」은 두께 방향에 위치한 일면, 즉, 제 1 방향에 대해 수직한 방향으로 자른 단면을 의미한다. 상기 홈은 전술한 형상의 일면을 가짐으로써, 일반적인 글로우 방전보다 상대적으로 전류 밀도가 높고, 온도 증가가 낮은 마이크로 플라즈마를 발생할 수 있으며, 이로 인해, 원하는 대로 방향성을 가지는 유체 입자의 유동을 만들 수 있다.

[0037] 상기 곡면 형상은 평평하지 않고 굽은 면을 포함하는 구조일 수 있다. 하나의 예시에서, 상기 곡면 형상은 곡률 반경이 0.1 mm 내지 2 mm일 수 있다. 상기 곡률 반경은 상기 곡면 형상을 원호로 하여, 이 원호의 반지름을 의미한다. 구체적으로, 상기 곡면 형상의 곡률 반경은 0.3 mm 내지 1.8 mm, 0.5 mm 내지 1.5 mm, 0.8 mm 내지 1.3 mm 또는 1.0 mm 내지 1.1 mm일 수 있다. 상기 곡면 형상의 곡률 반경이 전술한 범위를 가짐으로써, 안정적인 마이크로 방전을 발생시킬 수 있고, 이로부터 적절한 유동 제어 성능을 발생시키는 측면에서 유리할 수 있다. 또한, 상기 곡면 형상의 곡률 반경이 전술한 범위를 초과하는 경우, 전력 대비 유동 제어 성능이 우수하지 못할 수 있다.

[0038] 또한, 상기 다각형 형상은 세개 이상의 선분으로 둘러 싸인 평면을 포함하는 구조일 수 있다. 예를 들어, 상기 다각형 형상은 삼각형 형상, 사각형 형상, 오각형 형상, 육각형 형상 또는 칠각형 형상 등일 수 있다. 또한, 본 명세서에서 각도를 정의하면서, 수직, 평행, 직교 또는 수평 등의 용어를 사용하는 경우, 이는 목적하는 효과를 손상시키지 않는 범위에서의 실질적인 수직, 평행, 직교 또는 수평을 의미하는 것으로, 예를 들면, 제조 오차(error) 또는 편차(variation) 등을 감안한 오차를 포함하는 것이다. 예를 들면, 상기 각각의 경우는, 약 $\pm 15^\circ$ 이내의 오차, 약 $\pm 10^\circ$ 이내의 오차 또는 약 $\pm 5^\circ$ 이내의 오차를 포함할 수 있다.

[0039] 또한, 상기 홈은 단위 길이당 100개 내지 1000개의 복수개로 형성될 수 있다. 구체적으로, 상기 복수개의 홈은 단위 길이당 200개 내지 900개, 300개 내지 800개, 400개 내지 700개 또는 500개 내지 600개일 수 있다. 상기 홈이 전술한 범위의 복수개를 가짐으로써, 넓은 면적에 대한 유동 제어 효과를 발생시키는 측면에서 유리할 수 있다. 본 명세서에서 용어 「단위 길이」는 1 cm를 의미할 수 있다.

[0040] 도 2는 본 출원의 다른 일 실시예에 따른 표면 유동 발생 소자를 예시적으로 나타낸 사시도이다. 도 2에 나타낸 바와 같이, 본 출원의 다른 일 실시예에 따른 표면 유동 발생 소자는 홈(211)이 기관(210)의 상부 표면으로부터 제 2 방향(↓)을 따라 상기 기관의 내부를 관통하여 위치할 수 있다. 본 명세서에서 용어 「제 2 방향」은 상기 제 1 방향과 수직한 두께 방향을 의미하고, 구체적으로, 기관의 두께 방향을 의미한다. 상기 홈이 전술한 위치에 형성되는 표면 유동 발생 소자는 합성제트를 형성할 수 있고, 이로 인해 기관 주위에 형성된 유동을 교란하거나 제어할 수 있다. 상기 합성제트는 개구부와 같이 관통하는 구조를 통해 앞뒤로 유동하는 흐름에 의해 형성되는 것을 의미할 수 있다.

[0041] 상기 본 출원의 다른 일 실시예에 따른 표면 유동 발생 소자의 홈은 제 2 방향과 수직한 방향의 일면이 원형 또는 다각형 형상을 가질 수 있다. 본 명세서에서 용어 「제 2 방향과 수직한 방향」은 기관의 표면을 따르는 일 방향을 의미하고, 본 명세서에서 용어 「제 2 방향과 수직한 방향의 일면」은 기관의 표면을 따르는 일 방향에 위치한 일면, 즉, 제 2 방향에 대해 수직한 방향으로 자른 단면을 의미한다. 상기 홈은 전술한 형상의 일면을 가짐으로써, 합성제트를 형성할 수 있고, 이로 인해 기관 주위에 형성된 유동을 교란하거나 제어할 수 있다.

[0042] 도 3은 본 출원의 다른 일 실시예에 따른 표면 유동 발생 소자를 예시적으로 나타낸 상면도이다. 도 3에 나타낸 바와 같이, 상기 홈(211)이 원형 형상인 경우, 상기 원형 형상의 홈은 단위 면적당 0.1 mm 내지 2 mm의 지름을 가질 수 있다. 구체적으로, 상기 원형 형상의 홈의 지름은 0.3 mm 내지 1.8 mm, 0.5 mm 내지 1.5 mm, 0.8 mm 내지 1.3 mm 또는 1.0 mm 내지 1.1 mm일 수 있다. 상기 원형 형상의 홈이 전술한 지름을 가짐으로써, 합성제트를 형성할 수 있고, 이로 인해 기관 주위에 형성된 유동을 교란하거나 제어할 수 있다.

[0043] 하나의 예시에서, 상기 홈은 단위 면적당 10000개 내지 30000개의 복수개로 형성될 수 있다. 구체적으로, 상기 복수개의 홈은 단위 면적당 13000개 내지 27000개, 15000개 내지 25000개, 18000개 내지 23000개 또는 20000개 내지 21000개일 수 있다. 상기 홈이 전술한 범위의 복수개를 형성함으로써, 넓은 면적에 대한 유동 제어 효과를 발생시키는 측면에서 유리할 수 있다. 본 명세서에서 용어 「단위 면적」은 1 cm^2 을 의미할 수 있다.

[0044] 또한, 본 출원의 일 실시예 또는 다른 일 실시예에 따른 표면 유동 발생 소자는 상기 복수개의 홈 간의 간격(d_c)이 단위 면적당 0.1 mm 내지 5 mm일 수 있다. 구체적으로, 본 출원의 일 실시예 또는 다른 일 실시예에 따른 표면 유동 발생 소자의 복수개의 홈 간의 간격은 단위 면적당 0.3 mm 내지 4 mm, 0.5 mm 내지 3 mm 또는 0.8 mm 내지 2 mm일 수 있다. 본 출원의 일 실시예 또는 다른 일 실시예에 따른 표면 유동 발생 소자의 복수개의 홈

간의 간격이 전술한 범위를 만족함으로써, 각각의 홈에서 발생하는 유동 제어 효과의 상호작용을 유발시켜 넓은 면적에 대한 유동 제어 효과를 향상시키는 측면에서 유리할 수 있다.

[0045] 또한, 본 출원의 일 실시예에 따른 표면 유동 발생 소자의 제 1 방향과 수직인 방향의 일면에 형성된 홈의 길이(d_a) 또는 본 출원의 다른 일 실시예에 따른 표면 유동 발생 소자의 제 2 방향과 수직인 방향의 일면에 형성된 홈의 길이(d_b)는 복수개의 홈 간의 간격(d_c)과의 비가 1:0.01 내지 50일 수 있다. 구체적으로, 본 출원의 일 실시예에 따른 표면 유동 발생 소자의 제 1 방향과 수직인 방향의 일면에 형성된 홈의 길이 또는 본 출원의 다른 일 실시예에 따른 표면 유동 발생 소자의 제 2 방향과 수직인 방향의 일면에 형성된 홈의 길이는 복수개의 홈 간의 간격과의 비가 1:0.015 내지 40, 1:0.02 내지 30 또는 1:0.025 내지 25일 수 있다. 본 출원의 일 실시예 또는 다른 일 실시예에 따른 표면 유동 발생 소자는 각각 전술한 홈의 길이와 홈 간의 간격 비율이 전술한 범위를 가짐으로써, 안정적인 마이크로 방전을 발생시킬 수 있고, 이로부터 적절한 유동 제어 성능을 발생시키는 측면에서 유리할 수 있다.

[0046] 하나의 예시에서, 상기 기판은 평판 또는 에어포일일 수 있다. 상기 기판으로 평판을 사용함으로써, 제조 과정이 보다 간단하며 보다 방향성 있는 유동 제어 효과를 발생시키는 측면에서 유리할 수 있다.

[0047] 상기 전극은 전류를 흐르게 하기 위한 것으로서, 상기 기판의 홈에 구비되고, 애노드(121, 221) 및 캐소드(122, 222)가 순차적으로 이루어진 한 쌍 이상을 순차로 포함한다. 구체적으로, 상기 전극은 상기 홈 내부에 두 쌍 이상, 세 쌍 이상 및 네 쌍 이상이 포함될 수 있고, 열 쌍 이하가 포함될 수 있다. 상기 하나의 홈 내부에 전술한 범위의 전극을 포함함으로써, 하나의 기판에서 필요로 하는 전력을 효율적으로 관리하고 전력 공급 장치의 크기를 제한하는 측면에서 유리할 수 있다. 또한 대면적으로 구성할 경우 하나의 기판에 전력공급 문제가 발생하더라도 전체 시스템의 유동 제어 성능의 감소를 일정 수준 이상으로 유지할 수 있다는 측면에서 유리할 수 있다.

[0048] 하나의 예시에서, 상기 한 쌍의 전극 내 애노드 및 캐소드 간의 간격(d_d)은 단위 면적당 0.1 mm 내지 5 mm일 수 있다. 구체적으로, 상기 한 쌍의 전극 내 애노드 및 캐소드 간의 간격은 단위 면적당 0.3 mm 내지 4 mm, 0.5 mm 내지 3 mm, 0.8 mm 내지 2 mm 또는 1 mm 내지 2 mm일 수 있다. 상기 한 쌍의 전극 내 애노드 및 캐소드 간의 간격이 전술한 범위를 만족함으로써, 상대적으로 낮은 전력으로 높은 전류밀도를 가진 마이크로 플라즈마를 발생시킬 수 있다.

[0049] 또한, 상기 한 쌍 이상의 전극 간의 간격(d_e)은 단위 면적당 2 mm 내지 20 mm일 수 있다. 구체적으로, 상기 한 쌍 이상의 전극 간의 간격은 단위 면적당 5 mm 내지 18 mm, 8 mm 내지 15 mm 또는 10 mm 내지 13 mm일 수 있다. 상기 한 쌍 이상의 전극 간의 간격이 전술한 범위를 만족함으로써, 축 방향으로의 유동 제어 범위를 연속적으로 증가시키거나 감소시키는 등의 전기적 제어를 가능하게 할 수 있다.

[0050] 상기 전원부는 전극에 전압을 인가하는 부분으로서, 상기 전극에 전기적으로 연결된다.

[0051] 하나의 예시에서, 상기 표면 유동 발생 소자는 전압 인가 시 상기 홈 내부에서 마이크로 플라즈마 방전을 발생시킬 수 있다. 이로 인해, 원하는 대로 방향성 있는 유체 입자의 유동을 만들 수 있다.

[0052] 예를 들어, 상기 마이크로 플라즈마 방전 시, 상기 홈 내부에서 전기장이 발생되고, 상기 전기장 내부에서 이온이 움직일 수 있다. 이로 인해, 방전 주변의 유체 입자에 힘이 전달되어, 유체 입자의 유동을 만들 수 있다.

[0053] 구체적으로, 상기 마이크로 플라즈마 방전 시, 상기 이온은 애노드로부터 캐소드로 이동할 수 있다.

[0054] 상기 마이크로 플라즈마 방전 시, 상기 표면 유동 발생 소자의 전류 밀도는 0.1 A/cm^2 내지 100 A/cm^2 일 수 있다. 구체적으로, 상기 마이크로 플라즈마 방전 시, 상기 표면 유동 발생 소자의 전류 밀도는 0.5 A/cm^2 내지 80 A/cm^2 , 1 A/cm^2 내지 60 A/cm^2 , 5 A/cm^2 내지 40 A/cm^2 또는 10 A/cm^2 내지 20 A/cm^2 일 수 있다. 상기 마이크로 플라즈마 방전 시, 상기 표면 유동 발생 소자의 전류 밀도가 전술한 범위를 만족함으로써, 글로우 방전보다 상대적으로 전류 밀도가 높은 마이크로 플라즈마를 발생할 수 있고, 원하는 대로 방향성 있는 유체 입자의 유동을 만들 수 있다.

[0055] 상기 마이크로 플라즈마 방전 시, 상기 표면 유동 발생 소자의 온도 증가율은 50% 이하일 수 있으며, 상기 범위 내에서 공기의 온도에 따라 상이할 수 있다. 구체적으로, 상기 마이크로 플라즈마 방전 시, 상기 표면 유동 발생 소자의 온도 증가율은 40% 이하, 30% 이하, 20% 이하, 10% 이하 또는 1% 이하일 수 있다. 상기 마이크로 플라즈마 방전 시, 상기 표면 유동 발생 소자의 온도 증가율이 전술한 범위를 만족함으로써, 글로우 방전보다 상

대적으로 온도 증가가 낮은 마이크로 플라즈마를 발생시킬 수 있고, 원하는 대로 방향성 있는 유체 입자의 유동을 만들 수 있다.

[0056] 하나의 예시에서, 상기 전원부는 직류(DC) 전원, 펄스 직류 전원, 교류(AC) 전원 또는 무선 주파수(RF) 전원을 사용할 수 있다.

[0057] 도 4는 본 출원의 일 실시예 및 다른 일 실시예에 따른 표면 유동 발생 소자의 전원부로 직류 전원 또는 펄스 직류 전원을 사용하는 경우를 예시적으로 나타낸 도면이다. 도 4에 나타낸 바와 같이, 예를 들어, 상기 전원부(330)로 직류 전원을 사용하는 경우, 애노드(321)로부터 캐소드(322) 방향으로 양의 이온이 움직이기 때문에 이 방향으로 유동이 발생할 수 있다. 하나의 예시에서, 애노드와 캐소드의 극성을 전기적으로 바꾸어주면 유동을 반대 방향으로 제어할 수 있다. 즉, 전원부로 직류 전원을 사용하면 홈(311)의 연장 방향, 즉 채널을 따라 유동을 만들 수 있다.

[0058] 또한, 상기 전원부로 펄스 직류 전원을 사용하는 경우, 유동 발생 방향이 상기 직류 전원과 유사할 수 있다. 그러나, 방전을 만들어내는 전원이 펄스로 공급되기 때문에 발생하는 유동이 연속적이지 않고 간헐적일 수 있다. 이로 인해 펄스의 주파수를 조절하거나 펄스의 지속시간을 조절함으로써 발생하는 유동 현상을 제어할 수 있다. 또한 연속적인 방전에 의해 발생하는 표면의 온도 증가를 제한할 수 있다.

[0059] 또한, 상기 전원부로 교류 전원 또는 무선 주파수 전원을 사용하는 경우, 전원의 극성이 짧은 시간 동안 바뀌기 때문에 짧은 시간에 유동 방향을 180° 바꾸어줄 수 있다. 도 5는 본 출원의 일 실시예 및 다른 일 실시예에 따른 표면 유동 발생 소자의 전원부로 교류 전원 또는 무선 주파수 전원을 사용하는 경우를 예시적으로 나타낸 도면이다. 도 5에 나타낸 바와 같이, 상기 전원부(430)로 교류 전원 또는 무선 주파수 전원을 사용하는 경우, 기관(미도시)을 좌우로 빠르게 흔드는 효과를 발생시키고, 이로 인해 전극(420) 부근에서 난류영역(401)이 형성될 수 있다. 이러한 난류영역이 기관 표면의 일정 영역에 분포하게 되면 마치 골프공 주위의 유동에서와 같이 표면의 성질이 바뀌게 되고 이것으로부터 고체 표면과 맞닿는 부분에서 유동이 만들어내는 경계층의 내부에서의 유동을 제어할 수 있다.

[0060] 본 출원은 또한, 표면 유동 발생 소자의 용도에 관한 것이다. 예시적인 표면 유동 발생 소자는 일반적인 글로우 방전보다 상대적으로 전류 밀도가 높고, 온도 증가가 낮은 마이크로 플라즈마를 발생시킬 수 있으며, 원하는 대로 방향성 있는 유체 입자의 유동을 만들 수 있다.

[0061] 하나의 예시에서, 상기 표면 유동 발생 소자는 가스 이동 파이프에 적용될 수 있다. 상기 가스 이동 파이프는 상기 표면 유동 발생 소자를 포함한다. 이러한 가스 이동 파이프는 상기 표면 유동 발생 소자를 포함하면 그 구조는 특별히 제한되는 것은 아니다. 상기 가스 이동 파이프는 상기 표면 유동 발생 소자를 포함함으로써, 기계적인 유동제어 요소의 설치에 제약이 있는 경우에 상기 표면 유동 발생소자로 대체 가능하다는 측면에서 유리할 수 있다.

[0062] 또 하나의 예시에서, 상기 표면 유동 발생 소자는 항공기에 적용될 수 있다. 구체적으로, 상기 항공기는 상기 표면 유동 발생 소자를 포함하는 날개를 포함한다. 상기 항공기에 포함된 날개에 상기 표면 유동 발생 소자를 포함하면 그 구조는 특별히 제한되는 것은 아니다. 상기 항공기는 상기 표면 유동 발생 소자를 포함하는 날개를 포함함으로써, 기존에 사용되는 유동제어 요소의 설치에 제약이 있는 경우에 상기 표면 유동 발생소자로 대체 가능하다는 측면에서 유리할 수 있다.

[0063] 또 하나의 예시에서, 상기 표면 유동 발생 소자는 연속 배기 가스 개질기에 적용될 수 있다. 구체적으로, 상기 연속 배기 가스 개질기는 상기 표면 유동 발생 소자를 포함한다. 이러한 연속 배기 가스 개질기에 상기 표면 유동 발생 소자를 포함하면 그 구조는 특별히 제한되는 것은 아니다. 상기 연속 배기 가스 개질기는 상기 표면 유동 발생 소자를 포함함으로써, 배기가스의 개질 효과를 능동적으로 제어할 수 있고 보다 높은 방전밀도에 따른 개질 효과의 향상을 가져올 수 있다는 측면에서 유리할 수 있다.

부호의 설명

[0064] 110, 210, 410: 기관

111, 211, 311, 411: 홈

120, 220, 320, 420: 전극

121, 221, 321, 421: 애노드

122, 222, 322, 422: 캐소드

201, 401: 난류영역

330, 430: 전원부

→: 제 1 방향

↑: 제 2 방향

d_a : 제 1 방향과 수직한 방향의 일면에 형성된 홈의 길이

d_b : 제 2 방향과 수직한 방향의 일면에 형성된 홈의 길이

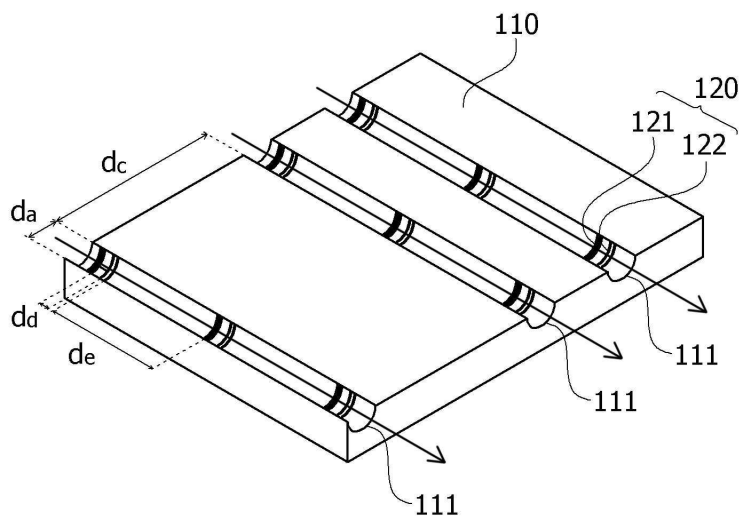
d_c : 복수개의 홈 간의 간격

d_d : 한 쌍의 전극 내 애노드 및 캐소드 간의 간격

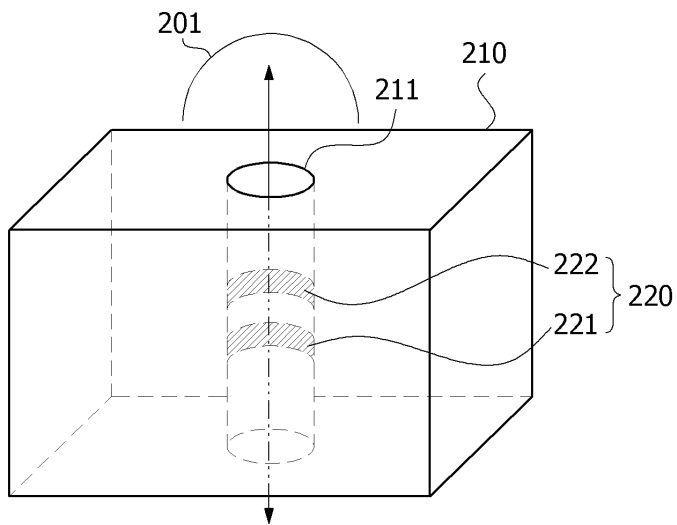
d_e : 한 쌍 이상의 전극 간의 간격

도면

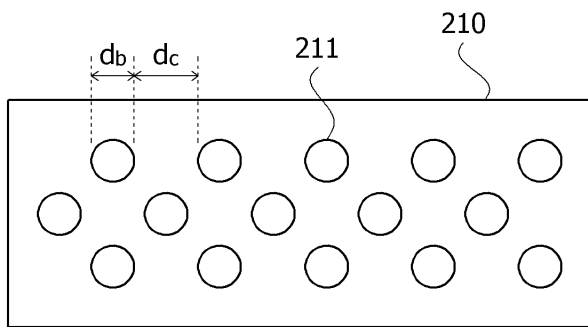
도면1



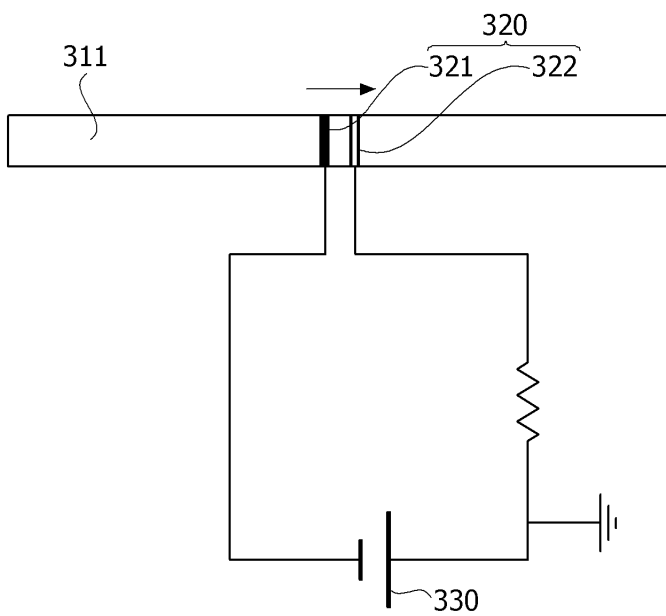
도면2



도면3



도면4



도면5

