

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2020년 2월 13일 (13.02.2020)



(10) 국제공개번호
WO 2020/032352 A1

(51) 국제특허분류:
H05H 1/24 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2019/005871

(22) 국제출원일: 2019년 5월 16일 (16.05.2019)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2018-0093899 2018년 8월 10일 (10.08.2018) KR

(71) 출원인: 아주대학교산학협력단 (AJOU UNIVERSITY
INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION) [KR/KR]; 16499 경기도 수원시 영통구 월드컵로 206 (원천동), Gyeonggi-do (KR).

(72) 발명자: 김창구 (KIM, Chang-Koo); 05649 서울시 송파구 양재대로 1218, Seoul (KR). 박창진 (PARK, Chang Jin); 18107 경기도 오산시 수목원로 615, 102동 1503호, Gyeonggi-do (KR). 김준현 (KIM, Jun-Hyun); 13190 경기도 성남시 중원구 광명로 324번길 28, 201호, Gyeonggi-do (KR). 김가연 (KIM, Gayeon); 16531 경기도 수원시 영통구 매여울로 57번길 34, 307호, Gyeonggi-do (KR).

(74) 대리인: 남건필 등 (NAM, Gun Pil et al.); 07299 서울시 영등포구 경인로 775, 에이스하이테크시티2동 508호, Seoul (KR).

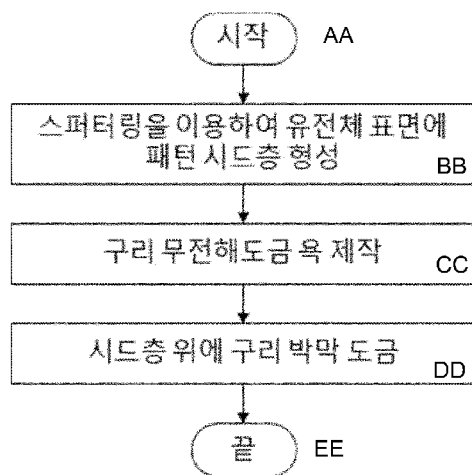
(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(54) Title: DIELECTRIC BARRIER DISCHARGE SYSTEM

(54) 발명의 명칭: 유전체 장벽 방전 시스템

[도1]



AA ... Start

BB ... Form pattern seed layer on surface of dielectric by using sputtering

CC ... Manufacture electroless copper plating bath

DD ... Plate copper thin film on seed layer

EE ... End

(57) Abstract: The present invention provides a dielectric barrier discharge (DBD) system, which is manufactured using electroless plating for controlling the discharge intensity of DBD plasma.

(57) 요약서: 본 발명은 유전체 장벽 방전(dielectric barrier discharge, DBD) 플라즈마의 방전 세기를 조절하기 위한 무전해 도금을 이용하여 제조된 유전체 장벽 방전 시스템을 제공한다.

[다음 쪽 계속]

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

명세서

발명의 명칭: 유전체 장벽 방전 시스템

기술분야

- [1] 본 발명은 유전체 장벽 방전 플라즈마에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 유전체 장벽 방전 시스템에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 유전체 장벽 방전(DBD) (Dielectric Barrier Discharge) 시스템은 간격이 있는 두 개의 전극에 높은 전압이 공급될 때 방전에 의해 두 개의 전극 사이에 생성되는 플라즈마를 이용하기 위한 장치이다.
- [3] 유전체 장벽 방전 시스템은 두 개의 평행한 금속 전극으로 구성되어 있고, 전극 중 최소 한 개는 유전체층으로 덮여있다. 유전체 장벽 방전 시스템의 전극을 제조하기 위해서 원자층 증착(atomic layer deposition, ALD), 전자빔 증착(E-beam evaporation), 스퍼터(sputter), 리소그래피(lithography) 기술들이 이용될 수 있다. 또한 금속선(metal wire)과 금속필름(metal film)을 구부리거나 잘라내어서 전극을 제조할 수도 있다.
- [4] 원자층 증착, 전자빔 증착, 스퍼터링, 리소그래피 등의 기술은 미세 전극 제조가 가능하다는 장점이 있지만, 고가의 장비가 필요하며, 전극 형성 속도가 느리다는 문제점들이 있다. 그리고 금속선 및 금속 필름을 이용하는 경우에는, 제조 방법이 간단하여 전극을 쉽게 제조할 수 있지만, 미세 전극 구조의 제조가 어렵다는 문제점이 있다. 결과적으로 이러한 문제점들을 해결할 수 있는 새로운 패턴 전극 제조 기술이 필요한 실정이다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [5] 본 발명의 일 목적은 유전체 장벽 방전 플라즈마 방전 세기 조절되고, 보다 낮은 전압을 인가하여도 플라즈마 방전 세기가 우수하게 나타나는 유전체 장벽 방전 시스템을 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

- [6] 본 발명의 일 목적을 위한 유전체 장벽 방전 시스템은 제2 전극 상에 형성된 유전체층; 상기 유전체층 상에 형성되고 패턴을 갖는 패턴 시드층; 및 상기 패턴 시드층 상에 형성되고, 패턴을 갖는 패턴 금속층;을 포함한다.
- [7] 일 실시예에서 상기 패턴 금속층의 패턴은 윤곽길이(Contour length)/면적(Area) 비율(C/A)이 1.3cm^{-1} 내지 500cm^{-1} 일 수 있다.
- [8] 일 실시예에서 상기 패턴 금속층은 지그재그(zigzag) 패턴으로 형성된 것일 수 있다.
- [9] 일 실시예에서 상기 패턴 시드층의 두께는 1nm 내지 10nm일 수 있다.
- [10] 일 실시예에서 상기 유전체 장벽 방전 시스템은 소형 플라즈마 장치 및

플라즈마 의학 분야에서 사용될 수 있다.

발명의 효과

- [11] 본 발명의 유전체 장벽 방전 시스템은 종래 기술보다 공정 비용이 저렴하여 경제적이고, 생산성이 높으며, 패턴의 윤곽길이가 증가하여, 상대적으로 낮은 전압을 인가하여도, 플라즈마 방전 세기를 증가시킬 수 있다. 이러한 본 발명의 유전체 장벽 방전 시스템은 플라즈마 의학(plasma medicine), 플라즈마 액추에이터(plasma actuator), 마이크로 반응기(micro reactor) 등 다양한 분야에서 응용성을 나타낼 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [12] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 유전체 장벽 방전 시스템의 제조 방법 일부를 나타낸 개략도이다.
- [13] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 시드층 패턴을 나타낸 도면이다.
- [14] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 무전해 도금 시간별 패턴 금속층 표면을 나타낸 도면이다.
- [15] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 유전체 장벽 방전 시스템의 개략도를 나타낸 도면이다.
- [16] 도 5 내지 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 유전체 장벽 방전 시스템의 플라즈마 특성을 나타낸 도면들이다.
- [17] 도 8은 일 실시예에 따라 제조된 전극 패턴을 나타낸 도면이다.
- [18] 도 9 및 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 형태에 따른 효과를 나타낸 도면들이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [19] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로서 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [20] 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 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [21] 본 발명은 플라즈마의 방전 세기가 증가된 유전체 장벽 방전(dielectric barrier discharge, DBD) 시스템에 관한 것이다. 전극의 가장자리(윤곽)에서 보다 더 강한

전기장이 형성되는데, 본 발명의 유전체 장벽 방전 시스템은 상기 시스템에 포함된 전극에 패턴을 형성함으로써 전극의 윤곽길이(Contour length)를 증가시키고, 이로 인해 상대적으로 낮은 전압을 인가하여도 보다 높은 세기의 플라즈마를 얻을 수 있다. 다시말해서 본 발명의 유전체 장벽 방전 시스템은 전극의 패턴 형태를 조절함으로써 플라즈마 세기를 조절할 수 있다.

[22] 본 발명의 유전체 장벽 방전 시스템은 제2 전극 상에 형성된 유전체층; 상기 유전체층 상에 형성되고 패턴을 갖는 패턴 시드층; 및 상기 패턴 시드층 상에 형성되고, 패턴을 갖는 패턴 금속층;을 포함한다.

[23] 일 실시예에서 상기 유전체 장벽 방전 시스템은 상기 제2 전극, 상기 유전체층, 상기 패턴 시드층, 상기 패턴 금속층이 순서대로 적층된 구조를 포함할 수 있다. 이때, 상기 패턴 금속층은 패턴을 갖는 제1 전극을 의미한다.

[24] 일 실시예에서 상기 제2 전극은 상기 패턴 금속층과 동일한 금속을 포함할 수 있고, 서로 다른 금속을 포함할 수 있다. 예를 들어 상기 패턴 금속층은 구리를 포함하고, 상기 제2 전극은 철을 포함할 수 있으며, 상기 제2 전극은 철망이 사용될 수 있다.

[25]

[26] *일 실시예에서 상기 유전체층은 유전상수가 높은 물질을 포함할 수 있고, 상기 패턴 시드층 및 패턴 금속층은 금속을 포함할 수 있다. 예를 들어 상기 유전체층은 석영, 유리, 알루미나(산화알루미늄), 티타니아(산화티타늄), 지르코니아(산화지르코늄), 산화아연, 산화철, 카본나노튜브 등을 포함할 수 있고 상기 금속은 금, 은, 백금, 구리, 알루미늄, 텅스텐 및 이들의 합금등을 포함할 수 있다. 일 실시예에서 상기 패턴 시드층 및 상기 패턴 금속층은 동일한 금속을 포함할 수 있고, 서로 다른 금속을 포함할 수 있다. 예를 들어 상기 패턴 시드층은 금을 포함하고, 상기 패턴 금속층은 구리를 포함할 수 있다. 상기 패턴 시드층은 백금 또는 팔라듐을 이용하여 형성할 수 있다. 이때 백금 또는 팔라듐은 불소가 포함된 용액에서 시드층을 형성하게 되어 위험성이 높고 재료의 가격이 높아 비용이 크게 사용되는 단점이 있다. 스퍼터링으로 금을 이용하여 상기 패턴 시드층을 형성하게 되면, 백금 또는 팔라듐을 이용하는 것보다는 상대적으로 공정이 간단하며 비교적 저렴한 비용으로 제조가 가능하다. 또한 상기 패턴층은 구리, 금, 은, 백금 등 전도성이 큰 금속으로 형성될 수 있으나, 이 중에서 구리를 이용하여 상기 패턴 금속층을 형성하는 경우에는, 전도성이 크면서도 제조 비용이 저렴하다는 장점이 있다.

[27] 일 실시예에서 상기 패턴 금속층의 패턴은 윤곽길이(Contour length)/면적(Area) 비율(C/A)이 1.3cm^{-1} 내지 500cm^{-1} 일 수 있다. 예를 들어 상기 패턴의 윤곽길이/면적 비율은 6.5cm^{-1} 내지 500cm^{-1} 일 수 있다. 상기 윤곽길이/면적 비율인, C/A 가 1.3cm^{-1} 미만인 경우, 플라즈마 세기가 증가하는 효과가 크게 나타나지 않을 수 있으며, C/A 가 500cm^{-1} 이 넘는 경우에는 플라즈마 세기가 증가하는 효과에 비해 제조 비용이 크게 증가하고 공정이 상대적으로 어려운

문제점이 발생할 수 있다.

- [28] 일 실시예에서 상기 패턴 금속층의 패턴은 이에 제한하는 것이 아니라, 사각(Square)형, 덤벨(Dumbbell)형, 톱(Saw)형, 별(Star)형, 지그재그(zigzag)형 등 다양한 패턴으로 형성될 수 있다. 예를 들어 상기 패턴 금속층은 지그재그형 패턴일 수 있다.
- [29] 일 실시예에서 상기 패턴 금속층의 두께는 100nm 내지 50 μ m 일 수 있다.
- [30] 일 실시예에서 상기 패턴 시드층의 두께는 1nm 내지 10nm 일 수 있다. 예를 들어 상기 패턴 시드층의 두께가 1nm 미만인 경우, 상기 패턴 시드층이 안정적으로 유지되기 어려울 수 있고, 상기 패턴 시드층 상에 상기 패턴 금속층이 적층되기 어려울 수 있으며, 또한, 상기 패턴 시드층의 두께가 10nm보다 두꺼운 경우에는 제조 공정 상에서 다양한 문제점이 발생할 수 있고, 플라즈마 세기 증가 효과가 상대적으로 미미하게 나타나는 문제점이 발생할 수 있다.
- [31] 본 발명의 유전체 장벽 방전 시스템에 포함되는 패턴 전극 구조체의 제조 방법은 유전체층 상에 패턴 시드(seed)층을 형성하는 제1 단계; 및 무전해 도금을 통해 상기 패턴 시드층 상에 패턴 금속층을 형성하는 제2 단계;를 포함한다.
- [32] 일 실시예에서 상기 제1 단계는 유전체 박막 또는 유전체 층 표면에 시드층을 형성하는 단계일 수 있다. 일 실시예에서 상기 시드층은 일정한 패턴을 갖는 상기 패턴 시드층일 수 있다. 일 실시예에서 상기 유전체는 유전상수가 높은 세라믹, 고분자 일 수 있으며, 이에 제한하지 않고 사용할 수 있다.
- [33] 일 실시예에서 상기 제1 단계는 스퍼터링을 통해 상기 유전체 표면에 상기 패턴 시드층을 형성하는 것 일 수 있다. 일 실시예에서 상기 패턴 시드층을 형성하기 위해서 유전체층 상에 패턴 마스크를 위치시킨 다음, 시드층 물질을 증착시켜 상기 패턴 시드층을 형성할 수 있다. 일 실시예에서 스퍼터링을 통해 상기 패턴 마스크의 열린 공간에만 상기 시드층 물질이 증착될 수 있다.
- [34] 일 실시예에서 상기 시드층 물질은 금, 은, 백금, 구리, 아연, 니켈, 코발트, 인, 망간 등이 사용될 수 있으며, 이에 제한하지 않고, 무전해 도금의 시드층 역할이 가능한 다양한 물질들이 사용될 수 있다.
- [35] 일 실시예에서 상기 패턴 마스크는 3D 프린터를 이용하여 간단하게 제조될 수 있다. 일 실시예에서 상기 패턴 시드층의 패턴 크기는 상기 패턴 마스크의 크기 및 형태에 따라 다양하게 조절할 수 있고 상기 패턴 마스크는 스퍼터링 공정 후 제거될 수 있고, 재사용 될 수 있다.
- [36] 일 실시예에서 스퍼터링의 시간 및/또는 전류량을 조절함으로써 상기 시드층의 두께를 조절할 수 있다. 일 예로 상기 패턴 시드층의 두께가 1nm 내지 10nm 가 되도록 스퍼터링 조건을 조절할 수 있다.
- [37] 일 실시예에서 상기 제2 단계는 무전해 도금을 통해서 상기 패턴 시드층 상에 금속을 증착시켜 상기 패턴 금속층을 형성하는 것일 수 있다.
- [38] 일 실시예에서 상기 무전해 도금을 하기 위해 무전해 도금 욕을 제조할 수

있으며, 무전해 도금에 사용되는 물질을 제한하지 않고 사용할 수 있다. 예를 들어 구리 무전해 도금 욕을 제조하기 위해서는 구리를 포함하는 물질이 사용될 수 있다. 예를 들어 상기 제2 단계의 무전해 도금은 구리를 포함하는 물질을 이용한 무전해 도금일 수 있다.

- [39] 일 실시예에서 상기 무전해 도금을 위한 도금 온도는 50°C 내지 90°C일 수 있다. 예를 들어 상기 도금 온도는 70°C일 수 있다. 65°C 이하의 온도에서는 도금 속도가 느려지는 문제점이 발생할 수 있으며, 75°C 이상의 온도에서는 도금 용액이 증발하는 문제점이 발생할 수 있다.
- [40] 일 실시예에서 상기 무전해 도금 욕의 pH 범위는 11 내지 13일 수 있다. 예를 들어 상기 무전해 도금 욕은 pH 12일 수 있다. pH가 11 이하인 경우에는 도금 속도가 현저히 감소하는 문제점이 발생할 수 있다.
- [41] 일 실시예에서 상기 무전해 도금 공정 시간은 0.1분 내지 30분 동안 수행되는 것일 수 있다.
- [42] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 유전체 장벽 방전 시스템의 제조 방법 일부를 나타낸 개략도이다. 일 실시예에서 본 발명의 유전체 장벽 방전 시스템을 제조하기 위해 먼저, 스퍼터링을 통해 유전체 표면에 패턴 시드층을 형성한 다음, 구리 무전해 도금 욕을 제조하고, 제조된 상기 구리 무전해 도금 욕을 이용하여 상기 패턴 시드층 상에 구리 박막을 도금하는 공정을 수행하여 유전체 장벽 방전 시스템에 사용가능한 패턴 전극 구조체를 제조할 수 있다.
- [43] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 패턴 시드층의 패턴을 나타낸 도면이다. 일 실시예에서 상기 패턴 마스크를 통해 다양한 형태의 패턴을 갖는 패턴 시드층을 형성할 수 있고, 형성 가능한 패턴의 예를 도 2에 나타내었다. 예를 들어 상기 패턴 시드층의 패턴은 사각형, 덤벨형, 톱형, 별형, 지그재그형 등이 있다.

[44] 실시예

[45] 무전해 도금 욕 제조

- [46] 본 발명의 실시예에 따라 무전해 도금 욕을 제조하였다. 구리 무전해 도금 욕은 2차 증류수에 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (9g/L), HCHO (8.5g/L), 에틸렌 디아민 테트라 아세트산 테트라 소듐 염 하이드레이트(Ethylenediaminetetraacetic acid tetrasodium salt hydrate) (35g/L)를 용해하여 제조하였다. 상온에서 1M의 NaOH 용액을 이용하여 상기 도금 욕의 pH를 12로 조절하였다.

[47] 유전체 장벽 방전 시스템용 패턴 전극 구조체 제조

- [48] 본 발명의 일 실시예에 따라 유전체 장벽 방전 시스템용 패턴 전극 구조체를 제조하였다. 이때 유전체로는 지르코니아 플레이트(zirconia plate)를 사용하였다.
- [49] 먼저, 지르코니아 플레이트 표면 상에 패턴 마스크를 위치시킨 다음, 이온 스퍼터(ion sputter) 기기에서 20초 동안 4mA를 인가하여 지르코니아 플레이트 표면에 금 시드층을 증착함으로써 패턴 시드층을 형성하였다.
- [50] 그리고 제조된 상기 패턴 시드층 상에 구리 박막을 형성하기 위해서, 구리 무전해 도금을 수행하였다. 이때, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 구리

무전해 도금 욕을 사용하였고, 교반 속도는 150rpm, 도금 온도는 70°C으로 조절하였다. 상기 구리 무전해 도금 욕에 상기 시드층이 형성된 지르코니아 플레이트를 담그고 일정 시간 이후 꺼내어 세척과 건조를 실시하였다. 제조 시, 패턴 형태와 관계없이 구리 박막의 면적은 약 9.5cm²로 비슷하게 제조되어 면적이 플라즈마 세기에 미치는 영향은 최소화하였다. 본 발명의 패턴 전극 구조체는 상기 패턴 시드층 위에 상기 패턴 금속층이 형성되는 것, 예를 들어 패턴을 갖는 금 패턴 시드층 상에 구리 박막이 도금되는 것이므로 구리 박막의 패턴은 금 패턴 시드층의 패턴과 동일하게 나타났다.

[51] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 무전해 도금 시간별 패턴 금속층 표면을 나타낸 도면이다. 구체적으로 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 유전체층이 지르코니아 플레이트, 패턴 시드층이 금 시드층, 패턴 금속층이 구리 박막인 패턴 전극 구조체의 무전해 도금 시간별 패턴 금속층, 다시말해서 무전해 도금 시간별 구리 박막의 표면 변화를 나타낸 것이다. 약 5분 간 무전해 도금을 수행하였을 때, 지르코니아 플레이트 표면에 균일한 형상의 구리 박막이 형성되었으며 약 8 μ m 두께로 표면 전체에 패턴이 형성되었다.

[52] 본 발명의 유전체 장벽 방전 시스템에 따른 플라즈마의 방전 세기를 비교하기 위해서 상기 실시예를 통해 제조된 상기 패턴 전극 구조체를 이용하여 본 발명의 유전체 장벽 방전 시스템을 제조하였다. 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 유전체 장벽 방전 시스템을 개략적으로 나타낸 도면이다. 먼저 도 4의 (a)에 나타낸 유전체 장벽 방전 시스템은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 패턴 전극 구조체를 포함하며, 구체적으로 기판, 패턴 금속층, 유전체층, 제2 전극을 포함한다. 도 4의 (a)에서 상기 패턴 금속층은 본 발명의 패턴 전극 구조체의 패턴 금속층을 나타내는 것으로, 도 4의 (a)의 상기 패턴 금속층 및 유전체층이 본 발명의 패턴 전극 구조체의 일 예이다. 도 4의 (b)에 나타낸 유전체 장벽 방전 시스템은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 패턴 전극 구조체를 포함하며, 구체적으로 테프론 기판, 상기 패턴 금속층으로 패턴을 갖는 구리 박막 그리고 유전체층으로 지르코니아 플레이트를 포함하는 패턴 전극 구조체, 그리고 제2 전극으로 철망(SUS mesh)을 포함하고, 각각의 두께는 도 4에 나타내었다.

[53] 방전 세기를 비교하기 위해서, 일 실시예에 따라 제조된 유전체 장벽 방전 시스템에 25 kHz 주파수의 AC 파워를 15 kV로 인가하였다. 이 때, 방전 가스는 별도의 가스를 사용하지 않고 대기를 이용하여 방전시켰다. 그리고 온도는 25°C로 일정하게 유지하였다. 비교 결과, 다양한 형태의 패턴 전극 구조체에서 안정적인 플라즈마가 방전되었으며, 다양한 형태의 패턴 전극 구조체에 따른 플라즈마의 세기는 광학적 분석 장비인 OES(optical emission spectroscopy)를 이용하여 구체적으로 비교되었다.

[54] 도 5 내지 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 유전체 장벽 방전 플라즈마 특성을 나타낸 도면들로, 다양한 패턴 전극 구조체를 사용하여 제작한 유전체 장벽 방전 시스템에 동일한 전압을 인가하였을 때, 발생하는 플라즈마의 특성을

분석한 결과를 나타낸 것이다. 구체적으로 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 유전체 장벽 방전 플라즈마 특성을 나타낸 도면으로, 도 5의 (a)는 패턴 전극 구조체의 형태에 따른 유전체 장벽 방전 플라즈마의 OES 스펙트럼 결과, 도 5의 (b)는 각 패턴의 윤곽길이와 플라즈마 세기를 나타낸 것이다. 비교 결과, 패턴의 윤곽 길이가 증가함에 따라 OES 스펙트럼의 피크 세기(peak intensity)가 증가하였고, 윤곽길이가 증가할수록 플라즈마 세기가 증가하는 것을 알 수 있었다. 또한 패턴의 형태는 다르지만 면적과 윤곽길이가 동일한 톱형(Saw)와 별형(Star) 패턴의 경우에는 OES 스펙트럼의 피크 세기가 비슷하게 나타났다. 따라서 플라즈마 세기가 패턴의 형태보다는 윤곽길이에 영향을 받는 것을 알 수 있다.

[55] 구체적으로 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 패턴 전극 구조체의 윤곽길이에 따른 플라즈마에서 생성된 가스의 농도를 나타낸 것이다. 패턴 전극 구조체의 패턴의 윤곽길이가 증가할 때, 오존(O_3)과 이산화질소(NO_2)의 농도가 증가한 것을 알 수 있다. 플라즈마 방전 세기가 증가하면, 플라즈마 내 화학종의 농도가 증가하여 가스 생성을 위한 반응속도가 증가할 수 있다. 따라서 패턴 전극 구조체의 윤곽길이 증가는 플라즈마 세기를 향상시키므로 생성되는 반응 가스의 농도를 증가시킬 수 있다.

[56] 그리고 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 패턴 전극 구조체의 윤곽길이에 따른 전자온도의 변화를 나타낸 것이다. 패턴 전극 구조체의 윤곽길이가 증가함에 따라 전자온도가 증가하는 것을 알 수 있다. 전기장의 세기가 강할수록 전자는 더욱 많은 에너지를 축적할 수 있으므로 전자온도가 증가한다. 도 7을 보면 윤곽길이가 증가할수록 전자온도가 증가하므로 윤곽길이가 증가할수록 전기장의 세기가 강해지는 것을 알 수 있다. 결과적으로 본 발명을 통해서 동일한 전압을 인가하더라도 패턴 전극 구조체의 윤곽길이가 증가될 경우, 플라즈마 세기, 발생하는 가스의 농도 및 전자온도가 증가하는 것을 알 수 있다.

[57] 일 실시예를 통해 제조된 각 패턴별 패턴 전극 구조체의 윤곽길이와 면적의 비(C/A)는 사각형(Square)이 1.3cm^{-1} , 덤벨형(Dumbbell)이 1.6cm^{-1} , 톱형(Saw)이 3.9cm^{-1} , 별형(Star)이 3.9cm^{-1} 그리고 지그재그형(Zigzag)이 6.7cm^{-1} 였다. 윤곽길이와 면적의 비가 1.6cm^{-1} 미만인 경우에는 윤곽길이에 따른 플라즈마 특성 변화가 상대적으로 크게 나타났다. 반면 C/A가 1.6cm^{-1} 이상인 경우에는 윤곽길이에 따른 플라즈마 특성의 변화폭이 점차 감소하여, 3.9cm^{-1} 이상인 경우에는 윤곽길이에 따른 특성 변화가 상대적으로 작게 나타났다.

[58] 위에서 확인한 것과 같이, 윤곽길이에 대한 플라즈마 세기 변화를 확인해보기 위해 지그재그형 패턴 전극 구조체와 마이크로 사이즈의 지그재그형(Micro-scale zigzag) 패턴 전극구조체를 제조하여 비교하였다. 아래 표 1에 사각형, 지그재그형 및 마이크로 사이즈 지그재그형(Micro-지그재그)의 면적과 윤곽길이를 나타내었다.

[59] [표1]

구분	사각	지그재그	micro-지그재그
면적(cm ²)	9.00	9.69	8.00
윤곽길이(cm)	12.0	63.2	4000

- [60] 일 실시예에서 Micro-지그재그형 패턴 전극 구조체는 선풍을 마이크로 사이즈로 감소시키기 위해, 고가의 리소그래피(lithography) 기술을 이용하여 패턴 마스크를 형성한 다음, 금을 evaporation-증착하여 제조하였다.
- [61] 도 8은 일 실시예에 따라 제조된 전극 패턴을 나타낸 도면으로, 구체적으로는 Micro-지그재그형 패턴 전극 구조체의 전체 이미지와 SEM 이미지를 나타낸 것이다.
- [62] 도 9 및 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 형태에 따른 효과를 나타낸 도면들이다. 구체적으로 도 9는 윤곽길이에 따른 가스 농도, 도 10은 윤곽길이와 면적의 비(C/A)에 따른 농도를 나타낸 것이다. 도 9 및 도 10을 보면, 리소그래피 기술을 이용하여 제조된 Micro-지그재그형 패턴 전극 구조체의 경우, 윤곽길이가 무전해 도금을 이용하여 제조된 지그재그형 패턴 전극 구조체 보다 63배 이상 증가되었으나, 플라즈마에서 생성되는 오존 및 이산화질소 가스의 농도는 거의 차이가 없는 것을 알 수 있다. 따라서 제작비용이 높은 리소그래피 및 evaporation-증착 방법을 사용하지 않고, 본 발명과 같이 무전해 도금 방법을 이용하여 저렴하고 쉬운 방법을 통해 최적의 플라즈마 특성을 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다.
- [63] 결과적으로 본 발명의 유전체 장벽 방전 시스템의 패턴 전극 구조체는 미세 패턴이 반복되고 패턴의 크기가 작을수록 상기 패턴 전극 구조체의 윤곽길이가 증가되는 것을 알 수 있다. 그리고 패턴 전극 구조체의 윤곽길이가 증가되면 동일한 전압을 인가하더라도 상대적으로 윤곽길이가 짧은 패턴 전극 구조체에 비해서 유전체 장벽 방전 플라즈마의 방전 세기를 더 증가시킬 수 있다. 이를 윤곽길이/면적(C/A)으로 나타내면, C/A가 1.6cm⁻¹ 보다 낮은 경우에는 플라즈마 방전 세기 증가의 효과가 상대적으로 낮게 나타날 수 있으며, C/A가 1.6cm⁻¹ 이상 증가할수록 플라즈마 방전 세기 증가 효과 역시 증가할 수 있다. 6.5cm⁻¹ 정도에서 플라즈마 방전 세기 증가 효과가 우수하게 나타날 수 있다. 또한 C/A가 500cm⁻¹ 이상인 경우, 플라즈마 방전 세기 증가 정도에 비해 제조 공정 비용이 크게 증가하는 문제점이 발생할 수 있다.
- [64] 본 발명의 유전체 장벽 방전 시스템은 소형 플라즈마 장치 또는 바이오 플라즈마 장치에 응용이 가능하다. 일 실시예에서 상기 유전체 장벽 방전 시스템은 플라즈마 칩(Plasma chip), 플라즈마 방출 검출기(Molecular emission detector), 기체 흐름 제어, 플라즈마 반응기(plasma actuator), 모세관 플라즈마 전극(Capillary plasma electrode (CPE) discharge) 방전 등에 응용 가능하다.

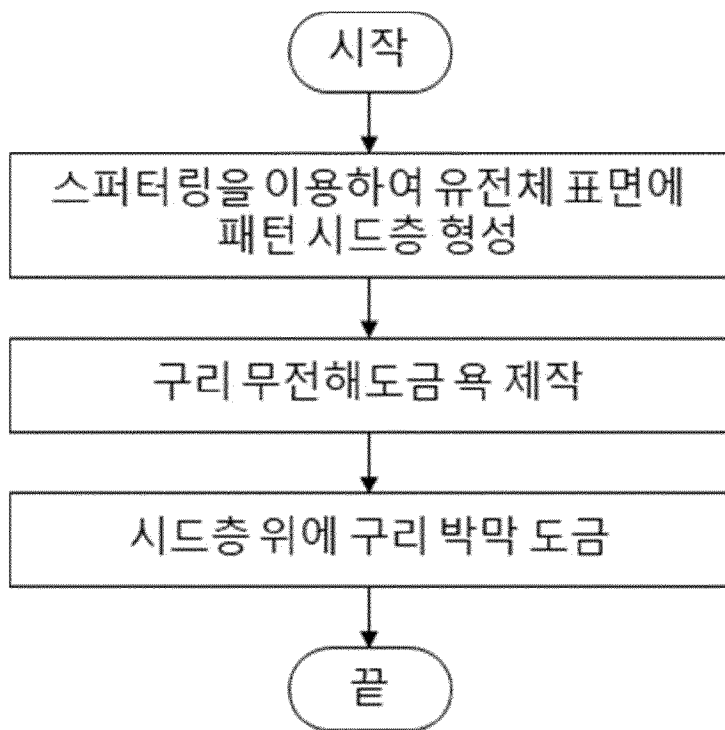
구체적으로 본 발명의 유전체 장벽 방전 시스템을 이용해서, 플라즈마 CVD 방식으로 탄소 박막 생성 및 유기화합물 검출이 가능하며, 공기 흐름이 발생하는 표면에서 마찰에 의한 저항력을 감소시킬 수 있다. 또한 플라즈마 반응기에 사용하여 플라즈마 발생으로 인한 분자 분해 효과로 화학적 변형에 사용될 수 있으며, 휘발성 유기 화합물의 정화에도 사용될 수 있다. 또한 면적에 비해 윤곽길이가 상대적으로 큰 특징을 나타내므로 소형 유전체 장벽 방전 시스템에 사용할 수 있으며, 바이오 분야에서도 사용될 수 있다. 본 발명의 유전체 장벽 방전 시스템을 이용한 플라즈마 의학기기의 경우 세포의 재생, 살균, 지혈 및 암세포 사멸 등을 위해 사용될 수 있다.

- [65] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

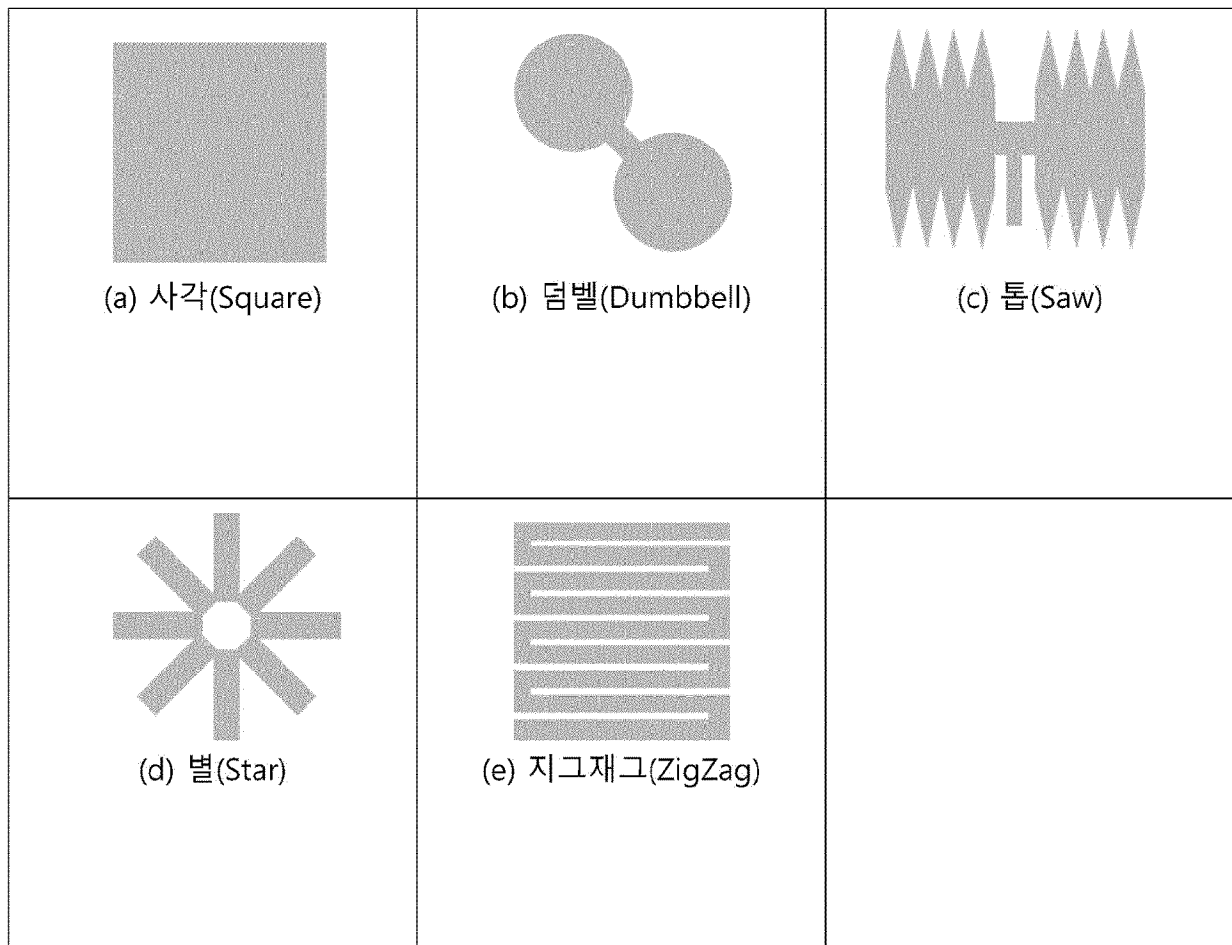
청구범위

- [청구항 1] 제2 전극 상에 형성된 유전체층;
상기 유전체층 상에 형성되고 패턴을 갖는 패턴 시드층; 및
상기 패턴 시드층 상에 형성되고, 패턴을 갖는 패턴 금속층;을 포함하는,
유전체 장벽 방전 시스템.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 패턴 금속층의 패턴은 윤곽길이(Contour length)/면적(Area)
비율(C/A)이 1.3cm^{-1} 내지 500cm^{-1} 인 것을 특징으로 하는,
유전체 장벽 방전 시스템.
- [청구항 3] 제2항에 있어서,
상기 패턴 금속층은 지그재그(zigzag) 패턴으로 형성된 것을 특징으로
하는,
유전체 장벽 방전 시스템.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,
상기 패턴 시드층의 두께는 1nm 내지 10nm인 것을 특징으로 하는,
유전체 장벽 방전 시스템.
- [청구항 5] 제1항에 있어서,
상기 유전체 장벽 방전 시스템은 플라즈마 의학기기에 사용되는 것을
특징으로 하는,
유전체 장벽 방전 시스템.
- [청구항 6] 제1항에 있어서,
상기 유전체 장벽 방전 시스템은 플라즈마 액츄에이터(plasma actuator)에
사용되는 것을 특징으로 하는,
유전체 장벽 방전 시스템.
- [청구항 7] 제1항에 있어서,
상기 유전체 장벽 방전 시스템은 마이크로 반응기에 사용되는 것을
특징으로 하는,
유전체 장벽 방전 시스템.

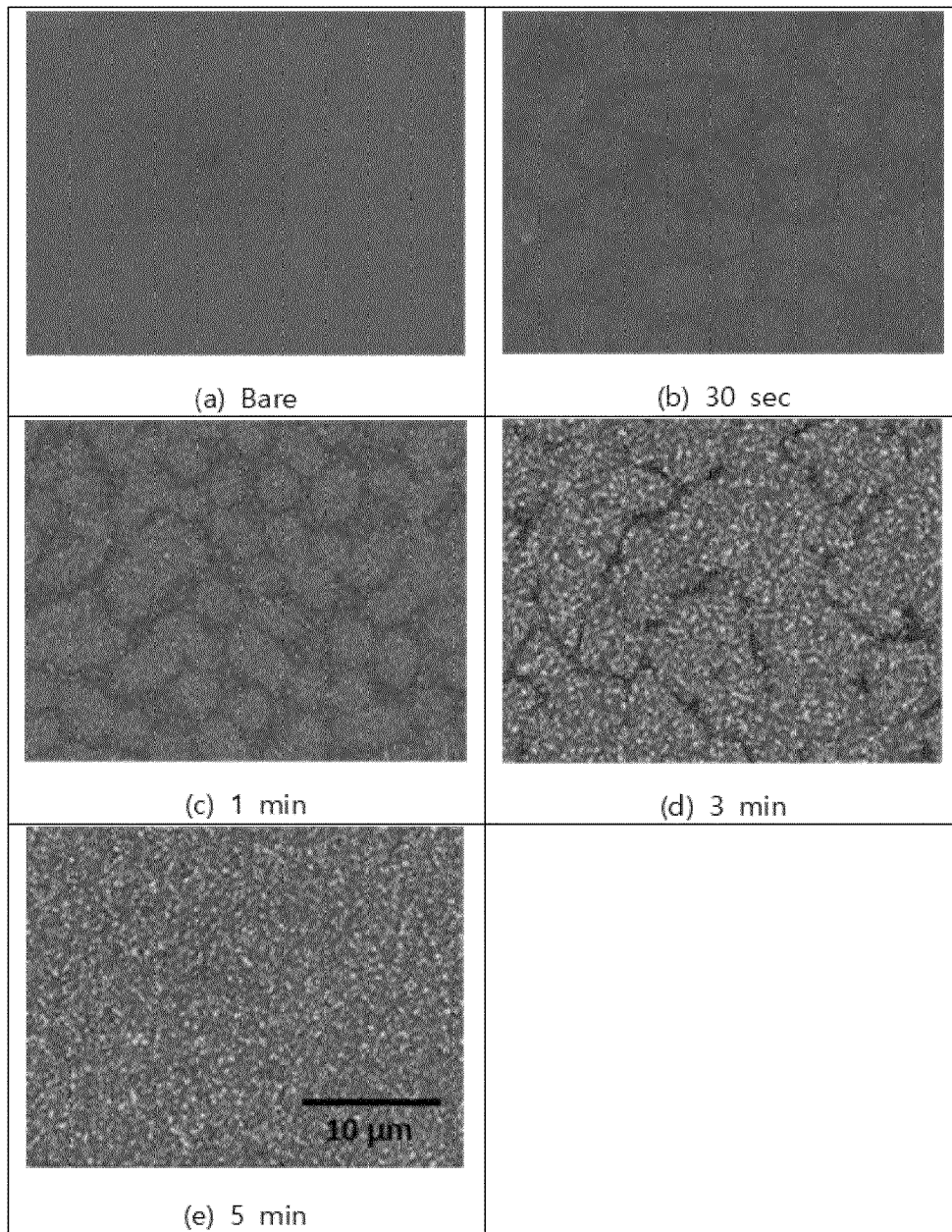
[도1]



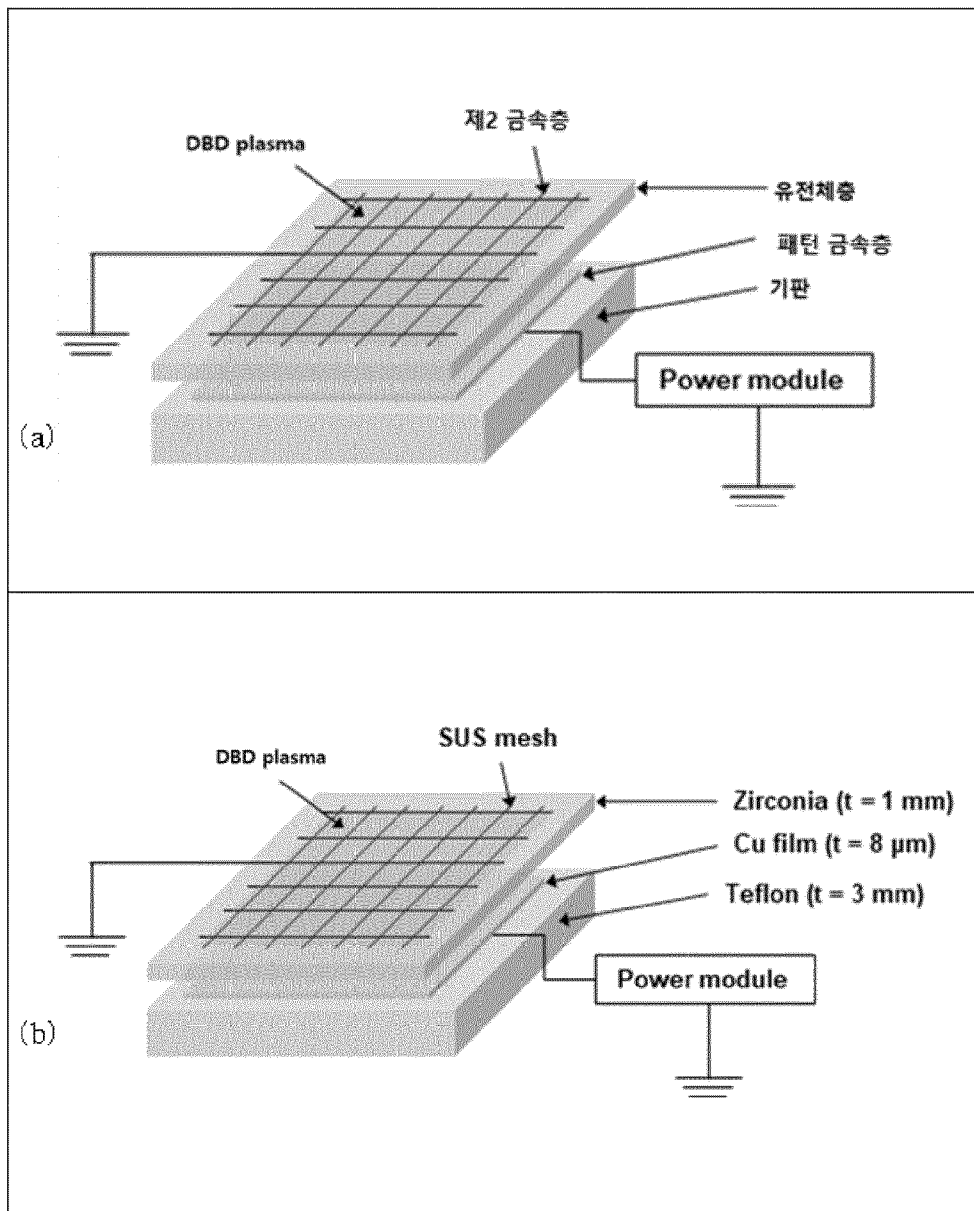
[도2]



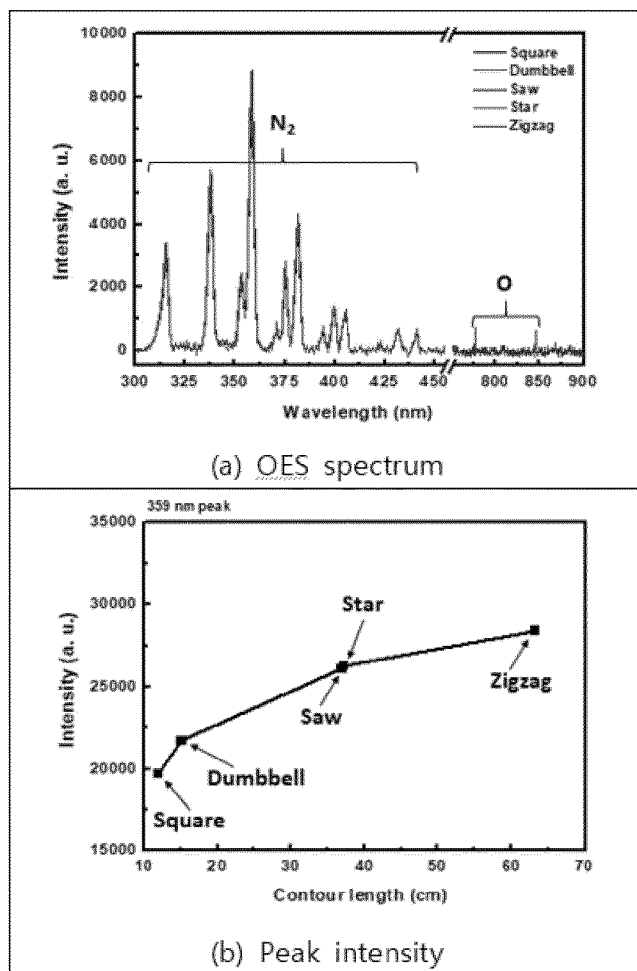
[도3]



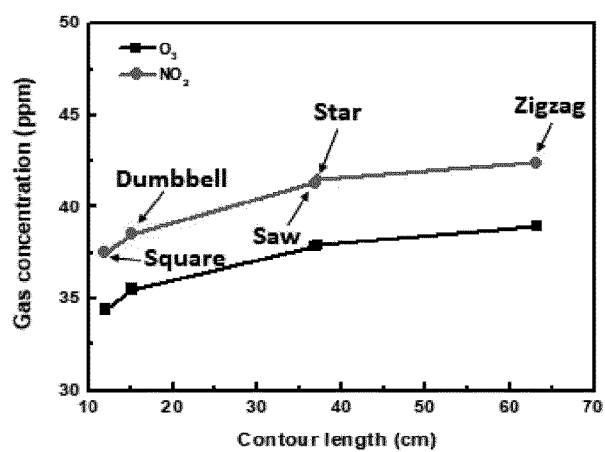
[도4]



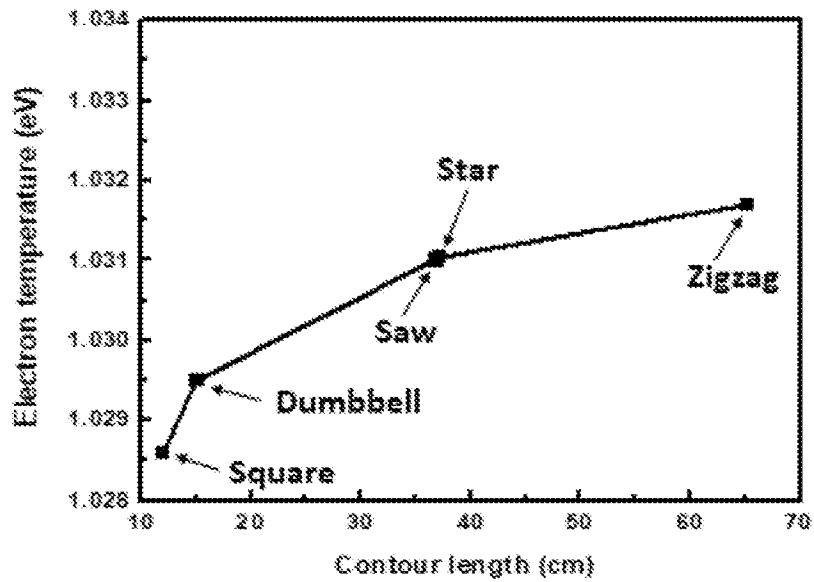
[도5]



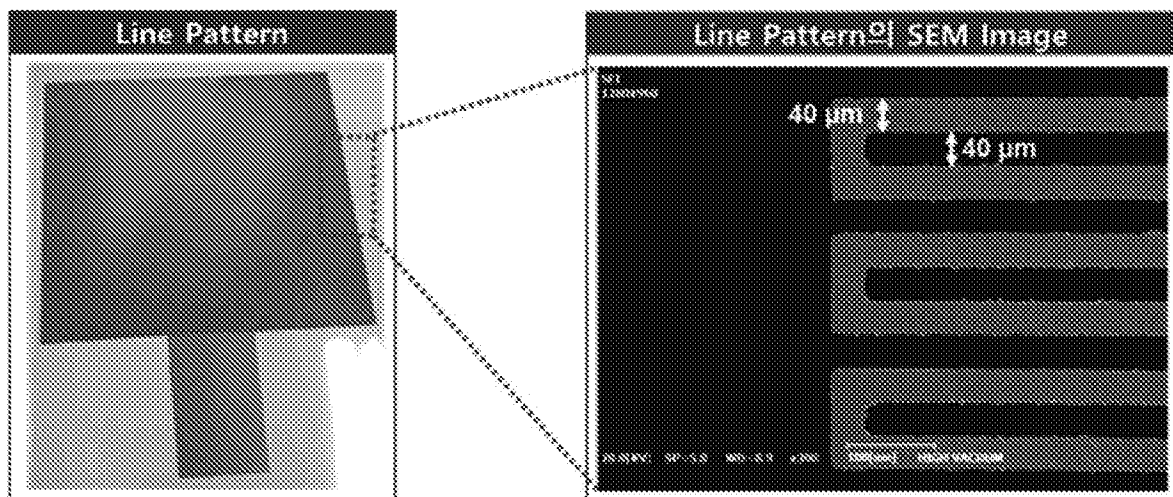
[도6]



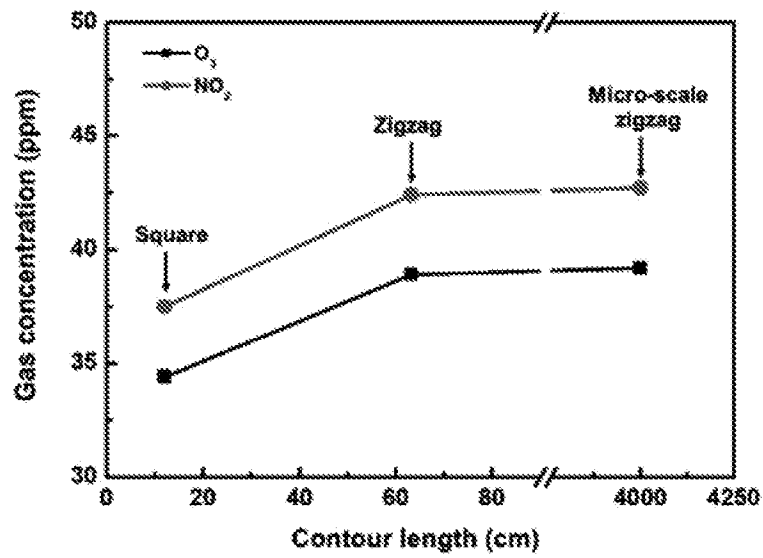
[도 7]



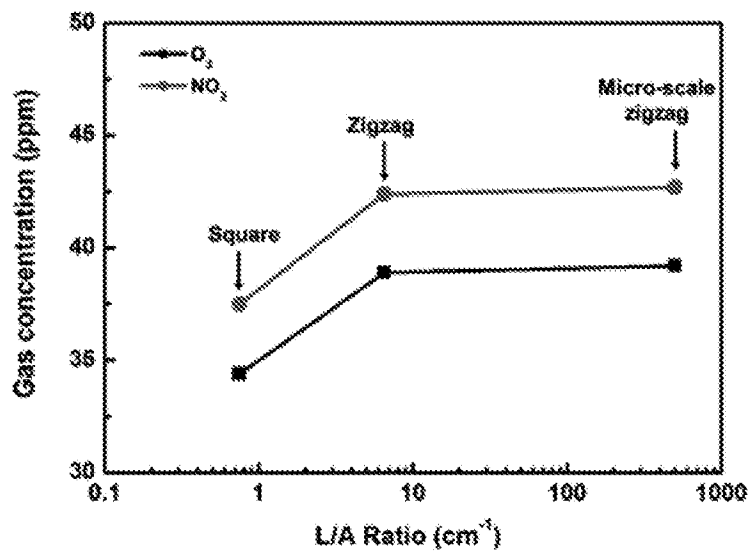
[도 8]



[도 9]



[도 10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2019/005871**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*****H05H 1/24(2006.01)i***

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H05H 1/24; A23B 7/144; A23B 9/14; A61L 2/14; C23C 16/42; H05H 1/34; H05H 1/46

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above

Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: dielectric layer, pattern, seed layer, metal layer, thickness, plasma, dielectric barrier discharge system

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 10-2017-0040654 A (FTNET CO., LTD.) 13 April 2017 See paragraphs [0001], [0072]-[0079] and figure 5.	1-7
A	KR 10-2015-0031763 A (KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS) 25 March 2015 See paragraphs [0016]-[0030] and figures 1-3.	1-7
A	KR 10-2013-0081687 A (PAKR, Jin Ok et al.) 17 July 2013 See paragraphs [0021]-[0026] and figures 1, 2.	1-7
A	JP 2006-253118 A (KONICA MINOLTA HOLDINGS INC.) 21 September 2006 See paragraphs [0028]-[0034] and figure 1.	1-7
A	JP 2012-518256 A (MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FOERDERUNG DER WISSENSCHAFTEN E.V.) 09 August 2012 See paragraphs [0041]-[0044] and figures 1A, 1B.	1-7



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 AUGUST 2019 (27.08.2019)

Date of mailing of the international search report

27 AUGUST 2019 (27.08.2019)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex Daejeon Building 4, 189, Cheongsu-ro, Seo-gu,
Daejeon, 35208, Republic of Korea

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2019/005871

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2017-0040654 A	13/04/2017	WO 2017-061735 A1	13/04/2017
KR 10-2015-0031763 A	25/03/2015	None	
KR 10-2013-0081687 A	17/07/2013	KR 10-2015-0047122 A	04/05/2015
JP 2006-253118 A	21/09/2006	JP 5034245 B2	26/09/2012
JP 2012-518256 A	09/08/2012	CN 102316905 A	11/01/2012
		CN 102318448 A	11/01/2012
		EP 2223704 A1	01/09/2010
		EP 2398507 A1	28/12/2011
		EP 2399432 A1	28/12/2011
		EP 2399432 B1	18/10/2017
		JP 2012-517867 A	09/08/2012
		JP 5746980 B2	08/07/2015
		KR 10-2011-0115593 A	21/10/2011
		KR 10-2011-0120298 A	03/11/2011
		US 2012-0039747 A1	16/02/2012
		US 2012-0046597 A1	23/02/2012
		US 9889218 B2	13/02/2018
		WO 2010-094304 A1	26/08/2010
		WO 2010-094307 A1	26/08/2010

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H05H 1/24(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H05H 1/24; A23B 7/144; A23B 9/14; A61L 2/14; C23C 16/42; H05H 1/34; H05H 1/46

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 유전체층(dielectric layer), 패턴(pattern), 시드층(seed layer), 금속층(metal layer), 두께(thickness), 플라즈마(plasma), 유전체 장벽 방전 시스템(dielectric barrier discharge system)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	KR 10-2017-0040654 A (주식회사 에프티넷) 2017.04.13 단락 [0001], [0072]-[0079] 및 도면 5 참조.	1-7
A	KR 10-2015-0031763 A (한국기계연구원) 2015.03.25 단락 [0016]-[0030] 및 도면 1-3 참조.	1-7
A	KR 10-2013-0081687 A (박진욱 등) 2013.07.17 단락 [0021]-[0026] 및 도면 1, 2 참조.	1-7
A	JP 2006-253118 A (KONICA MINOLTA HOLDINGS INC.) 2006.09.21 단락 [0028]-[0034] 및 도면 1 참조.	1-7
A	JP 2012-518256 A (MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FOERDERUNG DER WISSENSCHAFTEN E.V.) 2012.08.09 단락 [0041]-[0044] 및 도면 1A, 1B 참조.	1-7

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2019년 08월 27일 (27.08.2019)

국제조사보고서 발송일

2019년 08월 27일 (27.08.2019)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소



대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

권성호

전화번호 +82-42-481-3547



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2017-0040654 A	2017/04/13	WO 2017-061735 A1	2017/04/13
KR 10-2015-0031763 A	2015/03/25	없음	
KR 10-2013-0081687 A	2013/07/17	KR 10-2015-0047122 A	2015/05/04
JP 2006-253118 A	2006/09/21	JP 5034245 B2	2012/09/26
JP 2012-518256 A	2012/08/09	CN 102316905 A	2012/01/11
		CN 102318448 A	2012/01/11
		EP 2223704 A1	2010/09/01
		EP 2398507 A1	2011/12/28
		EP 2399432 A1	2011/12/28
		EP 2399432 B1	2017/10/18
		JP 2012-517867 A	2012/08/09
		JP 5746980 B2	2015/07/08
		KR 10-2011-0115593 A	2011/10/21
		KR 10-2011-0120298 A	2011/11/03
		US 2012-0039747 A1	2012/02/16
		US 2012-0046597 A1	2012/02/23
		US 9889218 B2	2018/02/13
		WO 2010-094304 A1	2010/08/26
		WO 2010-094307 A1	2010/08/26