



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년12월30일

(11) 등록번호 10-1477472

(24) 등록일자 2014년12월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H05G 2/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-7007465

(22) 출원일자(국제) 2008년09월03일

심사청구일자 2013년09월03일

(85) 번역출제출일자 2010년04월06일

(65) 공개번호 10-2010-0057897

(43) 공개일자 2010년06월01일

(86) 국제출원번호 PCT/IB2008/053560

(87) 국제공개번호 WO 2009/031104

국제공개일자 2009년03월12일

(30) 우선권주장

07115920.6 2007년09월07일

유럽특허청(EPO)(EP)

(56) 선행기술조사문헌

WO2007051537 A1

WO2006134513 A1

WO2006092518 A1

전체 청구항 수 : 총 15 항

(73) 특허권자

코닌클리케 필립스 엔.브이.

네덜란드, 아인트호벤 5656 에이이, 하이 테크 캠퍼스 5

(72) 발명자

조카베츠, 올라드지미르

네덜란드 엔엘-5656 아에 아인트호벤 하이테크 캠퍼스 44 내

크루켄, 토마스

네덜란드 엔엘-5656 아에 아인트호벤 하이테크 캠퍼스 44 내

데라, 권터

네덜란드 엔엘-5656 아에 아인트호벤 하이테크 캠퍼스 44 내

(74) 대리인

양영준, 백만기

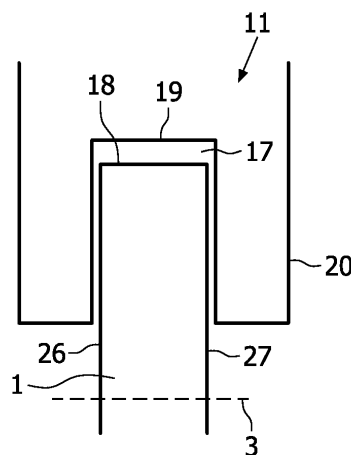
심사관 : 권영학

(54) 발명의 명칭 가스 방전 소스를 위한 전극 장치 및 이 전극 장치를 갖는 가스 방전 소스를 동작시키는 방법

(57) 요약

본 발명은 가스 방전 소스를 위한 전극 장치, 그러한 전극 장치를 포함하는 가스 방전 소스 및 가스 방전 소스를 동작시키는 방법에 관한 것이다. 상기 전극 장치는 회전축(3)의 주위로 회전 가능한 전극 휠(1) 및 상기 전극 휠(1)의 회전 동안에 상기 전극 휠(1)의 바깥 주위 표면(18)의 적어도 일부분에 도포된 액체 재료 막의 두께를 제한하도록 배열된 와이퍼 유닛(11)을 포함한다. 상기 와이퍼 유닛(11)은 상기 바깥 주위 표면(18)과 상기 와이퍼 유닛(11)의 와이핑 에지(19) 사이에 간격(17)을 형성하고 회전 동안에 상기 전극 휠(1)의 측면 표면들로부터 상기 바깥 주위 표면(18)으로의 액체 재료의 이동을 억제하거나 적어도 감소시키도록 배열 및 설계된다. 제안된 전극 장치에 의해 전극 휠(1)은 방울들의 형성 없이 보다 높은 회전 속도들에서 회전될 수 있고 그 결과 그러한 전극 장치를 갖는 가스 방전 소스의 출력 및 펄스 주파수가 더 높아진다.

대 표 도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

가스 방전 소스를 위한 전극 장치로서,

회전축(3)의 주위로 회전 가능한 전극 휠(1) - 상기 전극 휠(1)은 2개의 측면 표면들(26, 27) 사이에 바깥 주위 표면(outer circumferential surface)(18)을 가짐 -, 및

상기 전극 휠(1)의 회전 동안에 상기 측면 표면들(26, 27) 및 상기 바깥 주위 표면(18)의 적어도 일부분에 도포된 액체 재료 막의 두께를 제한하도록 배열된 와이퍼 유닛(11)을 적어도 포함하고,

상기 와이퍼 유닛(11)은 상기 바깥 주위 표면(18)과 상기 와이퍼 유닛(11)의 와이핑 에지(19) 사이에 간격(17)을 형성하고 상기 전극 휠(1)의 회전 동안에 상기 측면 표면들(26, 27)로부터 상기 바깥 주위 표면(18)으로의 액체 재료의 이동을 억제하거나 적어도 감소시키도록 배열 및 구성되는 전극 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 와이퍼 유닛(11)은 상기 전극 휠(1)의 회전 동안에 상기 바깥 주위 표면(18)에 인접한 상기 측면 표면들(26, 27)의 부분들에서 액체 재료를 벗기도록(strip off) 배열 및 구성되는 전극 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 와이퍼 유닛(11)은 포크 같은 모양(fork-like shape)을 갖는 와이퍼 엘리먼트를 포함하는 전극 장치.

청구항 4

제2항 또는 제3항에 있어서, 상기 와이퍼 유닛(11)은 함께 작용하는 몇 개의 와이퍼 엘리먼트들(22, 23, 24)을 포함하는 전극 장치.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 와이퍼 엘리먼트들(22, 23, 24) 중 하나의 와이퍼 엘리먼트는 상기 간격(17)을 형성하도록 구성 및 배열되고 상기 와이퍼 엘리먼트들(22, 23, 24) 중 하나의 또는 몇 개의 다른 와이퍼 엘리먼트는 상기 전극 휠(1)의 상기 측면 표면들(26, 27)의 부분들에서 액체 재료를 벗기도록 배열 및 구성되는 전극 장치.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 전극 휠(1)은 상기 바깥 주위 표면(18)에서 T 모양의 단면을 갖는 전극 장치.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 바깥 주위 표면(18)은 주위 방향(circumferential direction)으로 연장하는 홈(21)을 형성하는 전극 장치.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 와이퍼 유닛(11)은 상기 바깥 주위 표면(18)의 폭에 걸쳐서 일정한 두께의 상기 간격(17)을 형성하도록 구성되는 전극 장치.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 측면 표면들(26, 27)은 젖지 않는(non-wetting) 재료 또는 코팅(25)으로 피복되는 전극 장치.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 와이퍼 유닛(11)은 상기 전극 휠(1)의 상이한 회전 주파수들에 대하여, 상기 바깥 주위

표면(18)과 상기 와이퍼 예지(19) 사이의 거리에 의해 정의되는, 상기 간격(17)의 폭의 조정을 허용하도록 구성되는 전극 장치.

청구항 11

제1항에 있어서, 추가 와이퍼 유닛(16)이 회전 방향으로 상기 와이퍼 유닛(11)의 앞에 배열되고, 상기 추가 와이퍼 유닛(16)은 상기 바깥 주위 표면(18) 상의 상기 액체 재료 막의 두께를 제한하도록 구성되는 전극 장치.

청구항 12

제1항에 따른 전극 장치를 포함하는 가스 방전 소스로서, 상기 전극 장치의 상기 전극 휠(1)은, 방전 영역에서 최소 거리를 갖도록 배열되는, 상기 가스 방전 소스의 2개의 전극들(1, 2) 중 제1 전극을 형성하고, 상기 가스 방전 소스는, 상기 전극 휠(1)의 상기 바깥 주위 표면(18)의 적어도 일부분 상에 액체 재료 막을 도포하거나 생성하기 위한 장치(4, 5)를 더 포함하는 가스 방전 소스.

청구항 13

제12항에 있어서, 양쪽 전극들(1, 2)은 제1항에 따른 전극 장치로 형성되는 가스 방전 소스.

청구항 14

제12항에 따른 가스 방전 소스를 동작시키는 방법으로서, 상기 전극 휠(1)은 각도 회전 주파수 $\omega = 2\pi \cdot f_r$ 로 구동되고, 상기 와이퍼 유닛(11)은 $A_{\max} = 8\sigma / (\rho\omega^2 R)$ 의 최대 간격 면적을 초과하지 않는 간격 면적 A를 갖는 상기 간격(17)을 형성하도록 상기 전극 휠(1)의 상기 바깥 주위 표면(18)까지의 거리가 조정되고, 여기서, σ 는 상기 도포된 액체 재료의 표면 장력이고, ρ 는 상기 도포된 액체 재료의 밀도이고, R 은, 상기 휠의 상기 회전축(3)까지의 상기 바깥 주위 표면(18)의 거리로서 정의되는, 상기 전극 휠(1)의 휠 반경인 방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 전극 휠(1)은 그것의 바깥 주위 표면(18)에서 폭 D를 갖는 치수로 만들어지고, 여기서 $D^* < D < 10 \cdot D^*$ 이고 $D^* = \pi \sqrt{\sigma / (\rho\omega^2 R)}$ 인 방법.

명세서

기술분야

[0001]

본 발명은 회전축의 주위로 회전 가능한 전극 휠(electrode wheel) - 상기 전극 휠은 2개의 측면 표면들 사이에 바깥 주위 표면(outer circumferential surface)을 가짐 -, 및 상기 전극 휠의 회전 동안에 상기 바깥 주위 표면의 적어도 일부분에 도포된 액체 재료 막의 두께를 제한하도록 배열된 와이퍼 유닛을 적어도 포함하는 가스 방전 소스를 위한 전극 장치에 관한 것이다. 본 발명은 또한 그러한 전극 장치를 포함하는 가스 방전 소스 및 이 전극 장치를 갖는 가스 방전 소스를 동작시키는 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002]

가스 방전 소스는, 예를 들면, EUV 방사(EUV: extreme ultra violet) 또는 소프트 x선을 위한 광원으로 이용된다. EUV 방사 및/또는 소프트 x선을 방출하는 방사 소스들은 특히 EUV 리소그래피의 분야에서 요구된다. 방사는 펄스 전류(pulsed current)에 의해 생성된 핫 플라스마(hot plasma)로부터 방출된다. 지금까지 알려진 가장 강력한 EUV 방사 소스들은 요구되는 플라스마를 생성하기 위해 금속 증기와 함께 작동된다. 그러한 EUV 방사의 예는 WO 2005/025280 A2에 제시되어 있다. 이 공지된 방사 소스에서 금속 증기는 방전 공간 내의 표면에 도포되고 적어도 부분적으로 에너지 빔에 의해 특히 레이저 빔에 의해 증발되는 금속 용해물로부터 생성된다. 이 방사 소스의 바람직한 실시예에서는 2개의 전극들이 회전 가능하게 설치되어 방사 소스의 동작 동안에 회전되는 전극 휠들을 형성한다. 전극 휠들은 회전 동안에 금속 용해물을 갖는 컨테이너들 안에 잠긴다. 부착된 금속 용해물로부터 금속 증기를 생성하고 전기 방전을 점화하기 위하여 방전 영역 내의 전극들 중 하나의 표면으로 직접 펄스 레이저 빔이 유도된다. 금속 증기는 소망의 이온화 단계들이 여기되고 소망의 파장의 광이 방

출되도록 몇 kA에서 몇 10 kA까지의 전류에 의해 가열된다. 전극 휠들의 바깥 주위 표면들 상에 형성된 액체 금속 막은 방전에서 방사 매체로서 기능하고 재생막으로서 휠을 부식으로부터 보호한다.

[0003] 그러한 EUV 방전 램프의 안정된 EUV 방사 출력을 위해서는, 연속적인 방전 펄스들이 전극 표면들의 새로운 매끄러운 부분에 줄곧 부딪치는 것이 요구된다. 움직이는 전극 표면 상의 연속적인 방전 펄스들의 거리는 대략 수십 밀리미터에서 수 밀리미터까지이다. 램프의 출력을 증가시키는 것은 주로 방전의 반복률을 증가시키는 것에 의해 가능하다. 그러므로, 전극 회전 속도는 그에 따라서 증가되어야 한다.

[0004] 회전하는 전극 상의 액체 금속 막의 막 두께는 보다 높은 원심력으로 인해 증가하는 회전 주파수와 함께 증가한다는 것이 실험적으로 밝혀졌다. 높은 회전 주파수들에서, 막 두께는 수백 마이크로에 도달할 수 있고, 그 결과 전극 표면으로부터 떨어져 스프레이(spraying)하는 액체 금속 방울들(liquid metal droplets)이 형성된다. 이러한 방울들은 램프에서의 단락을 일으키고 그에 따라 램프 고장을 일으킬 수 있다. 또한, 액체 금속 막의 변화하는 막 두께는 전극들 사이의 유효 거리에 영향을 미친다. 이것은 각 회전 주파수에 대하여 램프의 동작 파라미터들의 최적화를 요구한다. WO 2005/025280 A2는 전극 휠들의 바깥 주위 표면에 도포된 액체 금속 막의 제한된 두께를 보증하기 위하여 스트리퍼(stripper) 또는 와이퍼(wiper)를 이용하는 것을 개시하고 있다. 그럼에도 불구하고, 전극 휠들의 회전 주파수는 보다 높은 회전 속도들에서의 액체 금속 막의 불안정성 또는 방울들의 형성으로 인해 제한된다.

[0005] [발명의 개요]

[0006] 본 발명의 목적은, 보다 높은 출력을 달성하기 위해 보다 높은 주파수들에서 안정된 동작을 허용하는, 가스 방전 소스에서 이용하기 위한 전극 장치 및 그러한 전극 장치를 갖는 가스 방전 소스를 동작시키는 방법을 제공하는 것이다.

[0007] 상기 목적은 청구항 1, 14 및 16에 따른 전극 장치, 가스 방전 소스 및 가스 방전 소스를 동작시키는 방법으로 달성된다. 그 전극 장치, 가스 방전 소스 및 방법의 유리한 실시예들은 종속 청구항들의 요지이고 또는 본 설명의 후속 부분에서 개시된다.

[0008] 제안된 전극 장치는 회전축의 주위로 회전 가능한 전극 휠 - 상기 전극 휠은 2개의 측면 표면들 사이에 바깥 주위 표면을 가짐 -, 및 상기 전극 휠의 회전 동안에 상기 바깥 주위 표면의 적어도 일부분에 도포된 액체 재료 막의 두께를 제한하도록 배열된 와이퍼 유닛을 적어도 포함한다. 상기 와이퍼 유닛은 상기 바깥 주위 표면과 상기 와이퍼 유닛의 와이핑 에지 사이에 간격을 형성하고 상기 전극 휠의 회전 동안에 상기 측면 표면들로부터 상기 주위 표면으로 액체 재료가 이동하는 것을 억제하거나 적어도 감소시키도록 배열 및 설계된다.

[0009] 그러한 전극 장치의 전극 휠은, WO 2005/025280 A2에 개시된 공지된 전극 장치에 비하여, 휠의 측면 표면들로부터 바깥 주위 표면으로의 액체 재료의 흐름을 억제하거나 적어도 감소시키는 와이퍼 유닛으로 인해 보다 높은 회전 속도들에서 회전될 수 있다는 것이 밝혀졌다. 그러한 수단(measure)은, 바깥 주위 표면 상의 막 두께만을 제어하는, WO 2005/025280 A2의 와이퍼로는 실현되지 않는다. 이러한 흐름 또는 이동의 감소는 휠의 바깥 주위 표면 상의 액체 재료의 총량 및 이 표면 상의 그것의 분포의 개선된 제어를 허용한다. 그러므로, 회전하는 전극 휠 상의 액체 재료 막의 두께는 보다 높은 회전 속도들에서도 효과적으로 제한될 수 있어 방전 영역에서 충분한 두께로 유지되는 안정된 막을 형성한다. 이러한 수단으로써 측면 표면들로부터 바깥 주위 표면으로의 액체 재료의 이동을 억제하거나 감소시키고 주위 표면 상의 액체 재료의 양을 감소시키는 그러한 와이퍼 유닛을 갖지 않는 전극 장치들에 비하여 보다 높은 회전 속도들이 달성된다.

[0010] 전극들 중 적어도 하나의 전극으로서 가스 방전 소스에서 그러한 전극 장치를 이용하여, 전극 휠의 보다 높은 회전 속도는 액체 재료를 증발시키기 위한 2개의 연속적인 펄스들이 전극 표면 상에서 겹치지 않는 한, 펄스 가스 방전을 형성하기 위한 펄스 주파수들을 올리는 것을 허용한다. 그러한 가스 방전 소스는 바람직하게는 방전 영역에서 최소 거리를 갖도록 배열되어 있는 2개의 전극들, 상기 2개의 전극들 사이에 고전압을 인가하기 위한 전원 및 상기 전극 휠의 바깥 주위 표면의 적어도 일부분 상에 액체 재료 막을 도포하기 위한 장치를 포함한다. 다르게는 상기 재료는 상기 전극 휠의 바깥 주위 표면 상에 고체 재료로서 도포되고 그 후 이 바깥 주위 표면의 적어도 일부분 상에 액체 재료 막을 형성하도록 가열될 수 있다. 바람직한 실시예에서 양쪽 전극들은 제안된 전극 장치에 따른 대응하는 와이퍼 유닛들을 갖는 전극 휠들이다.

[0011] 상기 와이퍼 유닛은 단일 와이퍼 엘리먼트로 또는 함께 작용하는 몇 개의 와이퍼 엘리먼트들로 형성될 수 있다. 단일 와이퍼 엘리먼트 또는 와이퍼 엘리먼트들은 바람직하게는 상기 전극 휠의 회전 동안에 상기 주위 표면에 인접한 상기 측면 표면들의 부분들에서 액체 재료를 벗기도록(strip off) 배열 및 설계된다. 이 때문에 대응하

는 와이퍼 엘리먼트는 상기 전극 휠의 주위 표면에 면하는 부분에서 포크 같은 모양을 갖도록 형성될 수 있다. 상기 와이퍼 엘리먼트는 상기 주위 표면과 상기 와이퍼 엘리먼트의 와이핑 에지 사이에 간격을 정의하고 그 간격은 상기 전극 휠의 측면 표면들에 접촉하거나 거의 접촉하는 상기 와이퍼 엘리먼트들의 사이드 피스들(side pieces)에 의해 양쪽에서 폐쇄된다. 상기 주위 표면과 상기 와이퍼 엘리먼트의 와이핑 에지 사이의 이 간격은 상기 액체 재료 막의 두께를 소망의 높이로 제한하기 위하여 필요하다. 이 간격에 접하는 상기 전극 휠 및/또는 상기 와이퍼 엘리먼트의 와이핑 에지를 특별히 셰이핑(shaping)함으로써, 상기 액체 재료 막의 소망의 모양이 달성될 수 있다. 예를 들면, 상기 전극 휠의 바깥 주위 표면은 그의 폭에 걸쳐서 평면 모양 또는 곡면 모양을 가질 수 있다. 또한, 상기 바깥 주위 표면은 또한 상기 전극 휠의 주위 방향(circumferential direction)으로 연장하는 홈을 포함할 수도 있다. 바람직한 실시예들 중 하나에서, 상기 바깥 주위 표면은 그의 폭에 걸쳐서 평면 모양을 갖고 상기 와이퍼 유닛은 동시에 상기 바깥 주위 표면의 이 폭에 걸쳐서 일정한 두께의 간격을 형성하도록 설계된다.

[0012]

상기 예들 또는 바람직한 실시예들에서는 상기 와이퍼 엘리먼트들 중 하나가 간격을 형성하고 동시에 상기 전극 휠의 측면 표면들로부터 액체 재료를 벗기도록 설계되지만, 상기 와이퍼 엘리먼트들 중 하나를 이용하여 상기 간격을 형성하고 하나 또는 몇 개의 추가 와이퍼 엘리먼트들을 이용하여 상기 전극 휠의 측면 표면들의 부분들에서 액체 재료를 벗기는 것도 가능하다. 또한, 상기 주위 표면 상의 상기 액체 재료 막의 셰이핑을 더욱 개선하기 위하여 몇 개의 와이퍼 유닛들이 회전 방향에 관하여 상기 주위 표면의 상이한 위치들에 배열될 수 있다. 바람직하게는 그러한 추가 와이퍼 유닛은, 상기 휠의 표면들 상의 액체 재료 막의 두께를 제한하는 하나 또는 몇 개의 와이퍼 엘리먼트들을 갖는, 주요 와이퍼 유닛과 유사하게 설계된다. 상기 추가 와이퍼 유닛은 그 후 회전 방향으로 상기 주요 와이퍼 유닛의 앞에 배열된다.

[0013]

바람직하게는 상기 측면 표면들로부터 상기 주위 표면으로 상기 전극 휠의 회전 동안에 이동할 수 있는 액체 재료의 양을 감소시키기 위해 추가적인 수단들이 취해진다. 이러한 수단들 중 하나는 상기 바깥 주위 표면에서 T 모양의 단면을 갖는 전극 휠을 이용하는 것이다. 이 T 모양의 형상으로 인해 액체 재료는 일직선 길로 상기 바깥 주위 표면에 접근할 수 없고 돌출부(protrusion)를 돌아서 움직여야 한다. 추가적인 바람직한 수단은 상기 전극 휠의 측면 표면들 상에 젖지 않는(non-wetting) 층 또는 코팅을 도포하는 것이다. 한편 상기 바깥 주위 표면은 젖는 재료로 이루어지거나 그러한 재료로 코팅되어야 하는 것은 말할 나위도 없다.

[0014]

상기 와이퍼 유닛과 상기 방전 영역 사이에서 상기 액체 재료 막은 원심의, 점성의 표면 장력들(centrifugal, viscous and surface tension forces)의 영향을 받고 이러한 표면 장력들은 막 두께 옆모습(profile)에 동적으로 영향을 미치고 액체 재료 방울들의 형성을 야기시킬 수 있다. 액체 재료 막 전개를 최대한 제어하고 및/또는 방울들의 형성 없이 가장 높은 가능한 회전 주파수들을 달성하기 위하여 이 특허 출원에서 개시된 모든 수단들이 동시에 적용될 수 있다. 상이한 수단들이 개별적으로 조합될 수도 있다.

[0015]

바깥 주위 표면 상의 액체 재료의 막 두께를 제어하기 위한 상기 간격의 최적의 조정을 허용하기 위하여, 이 간격을 정의하는 와이핑 에지와 전극 휠의 바깥 주위 표면의 거리는 바람직하게는 조정 가능한 와이퍼 엘리먼트를 이용함으로써 조절할 수 있다. 이것은 가스 방전 소스를 동작시킬 때 이용되는 액체 재료의 특성 및 회전 주파수에 의존하는 상기 간격의 적당한 설정을 허용한다.

[0016]

회전 방향에 수직인 평면에서의 상기 간격의 단면 면적이 최대 면적 A_{max} 를 초과하지 않는다면 안정된 액체 재료 막들로 가장 높은 회전 주파수들이 달성된다는 것이 밝혀졌다.

[0017]

여기서, $A_{max} = 8\sigma / (\rho\omega^2 R)$ 이고,

[0018]

σ 및 ρ 는 각각 액체 재료의 표면 장력 및 밀도이고, $\omega = 2\pi f$ 는 각도 회전 주파수이고 R 은 휠 반경이다. 이 간격은 와이퍼 위치에서의 액체 재료 막 옆모습을 정의하고 방전 위치에서의 액체 재료 막 옆모습 및 전체 액체 재료 양을 제어한다. 높은 회전 속도들에서의 막의 높은 안정성을 위하여 작은 간격이 요구된다. 한편, 방전 위치에서 대략 수십 마이크로미터의 요구되는 막 두께를 보증하기 위해 충분한 액체 재료가 이용 가능하도록 간격은 충분히 크게 선택되어야 한다. 제안된 전극 장치를 갖는 가스 방전 소스를 동작시키는 제안된 방법에서, 간격의 면적은 따라서 상기 등식을 만족시키도록 제어된다. 제안된 가스 방전 소스의 실시예들 중 하나에서, 상기 간격의 일정한 두께는 가스 방전 소스의 동작 동안에 적절한 센서 및 적절한 제어 유닛에 의해 자동으로 제어된다.

[0019]

그러한 가스 방전 소스를 동작시키는 제안된 방법에서, 바람직하게는 바깥 주위 표면을 갖는 전극 휠이 이용되

고, 그것은 직사각형 모양의 단면을 갖거나 또는 적어도 단면 옆모습의 일부분에서 직사각형 모양을 갖는다. 상기 전극 휠 또는 그것의 단면의 직사각형 부분의 폭 D 는 $D^* < D < 10 \cdot D^*$ 의 범위에 있도록 선택되고, 여기서 $D^* = \pi \sqrt{\sigma / (\rho \omega^2 R)}$ 이다. 상기 등식을 만족시키는 전극 휠에 의해, 일부 또는 모든 상기 추가적인 수단들과 조합하여 방울들의 형성이 없는 최대 회전 주파수들이 달성된다는 것이 확인되었다.

[0020]

상기 와이퍼 엘리먼트와 상기 휠의 바깥 주위 표면 사이에 정의된 간격 두께를 유지하기 위해, 상기 와이퍼는 스프링과 같은 탄성 엘리먼트에 의해 휠 표면에 압박될 수 있고 그 결과 동압 유체 베어링(hydrodynamic bearing)에 의한 것과 같은 효과가 생긴다. 그러한 경우에, 표면에 대하여 와이퍼 엘리먼트를 압박하는 탄성력 및 회전 속도에 의존하는 명확한 막 두께가 달성된다. 다르게는, 상기 간격 두께 및 따라서 액체 재료 층의 두께는, 예를 들면, 상기 전극 휠의 바깥 주위 표면까지의 상기 와이퍼 엘리먼트의 거리를 정의하는, 상기 와이퍼 유닛 상의 롤링 엘리먼트들(rolling elements)에 의해 제어될 수 있다.

[0021]

방전 영역 또는 위치에서의 상기 액체 재료 막의 두께의 최대 제어를 달성하기 위하여, 상기 와이퍼 유닛은 이 방전 위치에 가능한 한 근접하여 배열되어야 한다. 또한, 와이퍼 재료는 기계적으로 안정되고 뜨거운 액체 재료에 대하여 화학적으로 및 열적으로 내성이 있어야 한다. 액체 주석(Sn)의 경우에 적절한 재료에 대한 예는 텅스텐 또는 몰리브덴이다. 또한, 가장 높은 가능한 원주 속도들 $v = \omega R$ 및 그에 따라 가장 높은 방전 반복 주파수들을 달성하기 위하여, 휠 반경은, 다른 요건들과 양립할 수 있으면서, 가능한 한 크게 선택되어야 한다.

[0022]

본 발명의 이들 및 다른 양태들은 이하에 설명되는 실시예들로부터 명백할 것이고 그 실시예들에 관련하여 명료하게 될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0023]

제안된 전극 장치, 가스 방전 소스 및 동작 방법은 청구항들에 의해 정의되는 보호 범위를 제한하지 않고 첨부 도면들과 관련하여 예로서 이하에 설명된다.

도 1은 본 발명에 따른 전극 장치를 갖는 가스 방전 소스의 개략도이다.

도 2는 와이퍼 유닛 및 프리-와이퍼(pre-wiper)로서 기능하는 추가 와이퍼 엘리먼트를 갖는 전극 휠의 개략 측면도.

도 3은 제안된 장치의 와이퍼 유닛의 제1 예의 단면을 나타내는 개략도.

도 4는 제안된 장치의 와이퍼 유닛의 제2 예의 단면을 나타내는 개략도.

도 5는 제안된 장치의 와이퍼 유닛의 제3 예의 단면을 나타내는 개략도.

도 6은 제안된 장치의 와이퍼 유닛의 제4 예의 단면을 나타내는 개략도.

도 7은 제안된 장치의 와이퍼 유닛의 제5 예의 단면을 나타내는 개략도.

도 8은 종래 기술에 따른 전극 휠의 회전 속도로부터 전극 휠에 대한 막 두께의 의존성을 나타내는 측정도.

도 9는 본 발명에 따른 전극 장치를 이용하는 경우의 전극 휠의 회전 속도로부터 전극 휠에 대한 막 두께의 의존성을 나타내는 측정도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024]

도 1은 본 발명에 따른 전극 장치가 구현될 수 있는, 펄스 가스 방전 소스의 개략 측면도를 나타낸다. 이 전극 장치의 상세는 도면에 도시되어 있지 않다. 가스 방전 소스는 미리 정의할 수 있는 가스 압력의 방전 공간에 배열된 2개의 전극들(1, 2)을 포함한다. 휠 모양의 전극들(1, 2)은 회전 가능하게 설치된다. 즉, 그것들은 동작 동안에 회전축(3)의 주위로 회전된다. 회전 동안에 전극들(1, 2)은 대응하는 컨테이너들(4, 5)에 부분적으로 잠긴다. 이 컨테이너들(4, 5) 각각은 금속 용해물(6), 본 경우에 액체 주석을 포함한다. 금속 용해물(6)은 대략 300℃의 온도, 즉, 주석의 녹는점인 230℃보다 약간 높은 온도에서 유지된다. 컨테이너들(4, 5) 내의 금속 용해물은 그 컨테이너들에 연결된 가열 장치 또는 냉각 장치(도면에는 도시되지 않음)에 의해 상기 동작 온도에서 유지된다. 회전 동안에 전극들(1, 2)의 바깥 주위 표면들은 액체 용해물에 의해 젖게 되고 그에 따라 상기 전극들 상에 액체 금속 막이 형성된다. 전극들(1, 2)의 바깥 주위 표면 상의 액체 금속 막의 층 두께는

도 1에 개략적으로만 나타내어진 와이퍼 유닛(11)에 의해 제어된다. 이 와이퍼 유닛(11)의 예들은 도 3 내지 7에 도시되어 있다. 전극들(1, 2)에의 전류는, 절연된 피드 스루(feed through)(8)를 통해 커패시터 뱅크(capacitor bank)(7)에 연결되는, 금속 용해물(6)을 통해 공급된다.

[0025] 2개의 전극들 사이의 가장 좁은 지점에서 전극들(1, 2) 중 하나에 펄스 레이저 빔(9)이 집중된다. 그 결과, 전극들(1, 2) 상에 위치하는 금속 막의 일부가 증발하고 전극 간격을 브리지(bridge)한다. 이것은 이 지점에서의 전기 방전의 점화 및 커패시터 뱅크(7)에 의해 전력이 공급된 매우 빠른 전류 상승을 야기시킨다. 이 높은 전류는 금속 증기 또는 연료를 그 후자가 이온화되어 핀치 플라스마(pinch plasma)(15)에서 소망의 EUV 방사를 방출하게 되는 높은 온도로 가열한다.

[0026] 연료가 가스 방전 소스로부터 새나가는 것을 막기 위하여 가스 방전 소스의 전방에 파편 완화 유닛(debris mitigation unit)(10)이 배열된다. 이 파편 완화 유닛(10)은 가스 방전 소스로부터의 방사의 일직선 통과를 허용하지만 사멸하기 시작하는 많은 양의 파편 입자들을 유지한다. 가스 방전 소스의 하우징의 오염을 피하기 위하여 전극들(1, 2)과 하우징 사이에 스크린(12)이 배열될 수 있다. 또한, 2개의 컨테이너들(4, 5) 사이의 간격 내로 연료가 확산하는 것을 감소시키기 위하여 그 간격 내에 금속 실드(metal shield)(13)가 배열된다.

[0027] 도 2는 도 1의 전극 휠(1)의 개략 측면도를 나타낸다. 회전하는 휠(1)은 도 1의 컨테이너(5)에 의해 형성된 액체 금속 공급원(liquid metal supply)(14)과 접촉하고, 그 안에 휠이 부분적으로 잠긴다. 액체 금속 공급원(14)과, 액체 금속 막의 부분이 각 레이저 펄스에 의해 제거될, 핀치 플라스마(15)에 의해 나타내어진 방전 위치 사이의 도중에, 전극 휠(1)의 바깥 주위 표면 상에 형성하는 액체 금속 막은 도 2에 나타내어진 바와 같이 먼저 옵션의 프리-와이퍼(pre-wiper)(16)에 의해 셰이핑되고 그 후 주요 와이퍼(main wiper)(11)에 의해 셰이핑된다.

[0028] 전극 휠(1)의 주위 표면의 및 와이퍼들(11, 16)의 와이핑 에지들의 모양들은 전극 휠(1)의 요구되는 회전 주파수로 방전 위치에서 최적의 액체 금속 막 두께가 달성되도록 선택된다. 적절히 설계된 전극 휠 표면과 조합하여 와이퍼(들)를 적절히 셰이핑하고 적소에 배치함으로써, 액체 금속 막은 가장 높은 회전 주파수들에서 안정된 상태를 유지하고 및/또는 전극 휠의 바깥 주위 표면 상의 요구되는 위치에 집중하도록 제어될 수 있다. 적절한 모양들에 대한 예들은 도 3 내지 7에 도시되어 있다.

[0029] 본 발명의 주요 특징은 전극 휠(1)의 회전 움직임에 관하여 방전 위치에 가장 가까운 와이퍼 유닛인 와이퍼 유닛(11)의 설계가다. 이 와이퍼 유닛(11)은 전극 휠의 회전 동안에 전극 휠의 측면 표면들로부터 바깥 주위 표면으로의 액체 금속의 흐름을 억제하거나 적어도 감소시키도록 설계된다. 이 때문에, 와이퍼 유닛(11)은 도 3에 도시된 바와 같이 포크 같은 모양을 갖는 하나의 단일 와이퍼 엘리먼트로 형성될 수 있다. 그러한 와이퍼 유닛(11)에 의해 전극 휠(1)의 바깥 주위 표면(18)과 와이퍼 엘리먼트의 마주 보는 와이핑 에지(opposed wiping edge)(19) 사이에 정의된 간격(17)이 형성된다. 동시에 전극 휠(1)의 측면 표면들(26 및 27) 상의 액체 금속은 와이퍼 엘리먼트의 사이드 피스들(20)에 의해 벗겨지고 전극 휠의 바깥 주위 표면(18) 위로 흐르지 않는다.

[0030] 도 4는 와이퍼 유닛(11)의 포크 같은 모양에 더하여, 전극 휠(1)이 그의 바깥 주위 표면의 둘레에 연장하는 홈(21)을 갖도록 형성되는 추가의 예시적인 실시예를 나타낸다. 이 경우, 와이퍼 유닛(11)의 와이핑 에지(19)와 전극 휠(1)의 바깥 주위 표면(18) 사이의 간격(17)은 홈(21)의 깊이에 의해 정의된다.

[0031] 도 4는 또한 전극 휠(1)의 측면 표면들 상의 젖지 않는 코팅(25)을 나타내고, 이것은 회전 동안에 이 측면 표면들 상에 보다 많은 양의 액체 재료가 형성되는 것을 막는다.

[0032] 전극 휠의 측면 표면들로부터 그것의 바깥 주위 표면으로의 액체 재료의 이동을 더욱 제한하기 위하여, 전극 휠은 도 5에 도시된 바와 같이 바깥 주위 표면에서 T 모양의 단면을 가질 수 있다. 이 T 모양의 형상은 측면 표면들로부터 바깥 주위 표면으로의 액체 금속의 이동을 추가로 제한한다. 도 5의 예에서, 와이퍼 유닛(11)은 3개의 와이퍼 엘리먼트들(22, 23, 24)로 구성된다. 제1 와이퍼 엘리먼트(22)는 바깥 주위 표면(18)과 와이핑 에지(19) 사이의 간격(17)을 정의한다. 제2 및 제3 와이퍼 엘리먼트(23 및 24)는 전극 휠의 측면 표면들로부터 액체 재료를 벗긴다.

[0033] 도 3 내지 5는 직사각형 단면을 갖는 전극 휠의 바깥 주위 표면과 대응하는 와이퍼 유닛(11)의 와이핑 에지 사이의 간격들을 나타내었다. 그럼에도 불구하고, 만약 방전 위치 및 그에 따라 최대 막 두께가 전극 휠의 바깥 주위 표면의 중앙에서 벗어나도록 의도된다면 와이퍼 유닛의 대응하여 적응된 설계들과 관련하여 전극 휠의 바깥 주위 표면에서 다른 휠 모양들이 이용될 수 있다. 그러한 형상들(geometries)에 대한 예들은 도 6 및 7에 도시되어 있다. 전극 휠과 와이퍼 유닛의 양쪽 형상들에 의해 액체 재료는 전극 휠의 회전 평면에 관하여 중심

에서 벗어나서 축적할 것이다. 도 6에서, 와이퍼 유닛(11)은 하나의 단일 와이퍼 엘리먼트로 형성되는 반면, 도 7에서는, 상이한 와이퍼 엘리먼트들(22, 23, 24)이 와이퍼 유닛(11)을 형성한다.

[0034]

도 8 및 9는 어떤 와이퍼도 포함하지 않은 종래 기술에 따른 가스 방전 소스와 본 발명에 따른 방전 가스 소스 사이에 전극 휠의 회전 주파수로부터 방전 위치에서의 막 두께의 의존성을 비교한 것을 나타낸다. 본 발명의 방전 가스 소스는 도 3에 따른 와이퍼 유닛을 이용하였다. 도 8의 도면으로부터 알 수 있는 바와 같이, 종래 기술에 따른 시스템에서의 액체 금속 막의 막 두께는 증가하는 회전 속도와 함께 700 μ m까지 현저히 증가한다. 12 Hz보다 큰 회전 속도들에서 방울들이 형성된다. 동일한 형상의 전극 휠에 의해, 본 발명에 따른 방전 소스의 막 두께는 18 Hz까지의 넓은 범위의 회전 주파수들에 걸쳐서 50 μ m과 100 μ m 사이의 두께 범위에 남아 있다. 방울들의 형성은 18 Hz보다 큰 주파수들에서 시작된다. 이것은 최대 회전 주파수는 본 발명에 따른 적절한 와이퍼 유닛을 갖는 전극 장치를 이용함으로써 12 Hz로부터 18 Hz까지 증가될 수 있다는 것을 의미한다. 따라서, 안정된 램프 동작에서의 방전의 반복률의 현저한 증가가 달성되고, 그 결과 램프의 출력이 더 높아진다.

[0035]

본 발명은 도면들 및 기술한 설명에서 상세히 도시되고 설명되었지만, 그러한 도시 및 설명은 설명적인 또는 예시적인 것으로 간주되어야 하고 제한적인 것으로 간주되지 않아야 하고, 본 발명은 개시된 실시예들에 제한되지 않는다. 위에 및 청구항들에서 설명된 상이한 실시예들은 또한 조합될 수 있다. 도면들, 명세서 및 첨부된 청구항들의 연구로부터, 청구된 발명을 실시할 때 당해 기술 분야의 숙련자들에 의해 개시된 실시예들에 대한 다른 변형들이 이해되고 달성될 수 있다. 예를 들면, 3개 이상의 와이퍼 유닛들을 이용하거나 또는 도면들에 도시된 것들과 다른 설계를 갖는 와이퍼 유닛들을 이용하는 것도 가능하다. 또한, 본 발명에 따른 방전 소스에서는, 하나의 단일 또는 양쪽 전극들이 청구된 전극 장치와 같이 설계될 수 있다.

[0036]

청구항들에서, 단어 "comprising"은 다른 엘리먼트들 또는 단계들을 배제하지 않고, 부정관사 "a" 또는 "an"은 복수를 배제하지 않는다. 서로 다른 종속 청구항들에서 수단들이 열거되는 단순한 사실은 이들 수단들의 조합이 유리하게 이용될 수 없다는 것을 나타내지 않는다. 청구항들에서의 참조 부호들은 이 청구항들의 범위를 제한하는 것으로 해석되지 않아야 한다.

부호의 설명

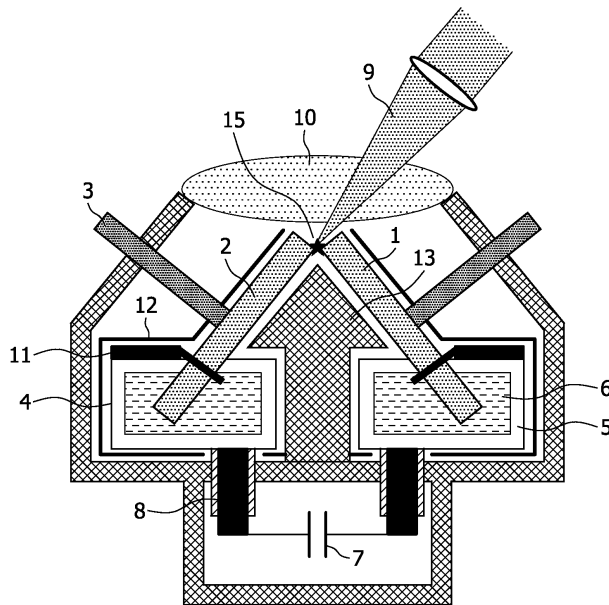
[0037]

- 1 - 전극 휠
- 2 - 전극 휠
- 3 - 회전축
- 4 - 컨테이너
- 5 - 컨테이너
- 6 - 금속 용해물
- 7 - 커패시터 뱅크
- 8 - 피드 스루
- 9 - 레이저 펄스
- 10 - 파편 완화 유닛
- 11 - 와이퍼 유닛
- 12 - 실드
- 13 - 금속 실드
- 14 - 액체 금속 공급원
- 15 - 펀치 플라스마
- 16 - 프리-와이퍼
- 17 - 간격
- 18 - 바깥 주위 표면

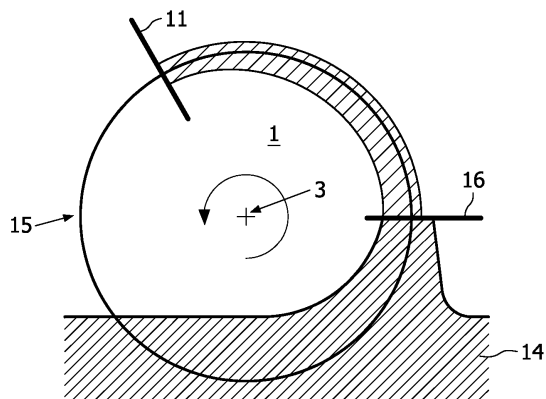
- 19 - 와이핑 에지
- 20 - 사이드 피스들
- 21 - 홈
- 22 - 제1 와이퍼 엘리먼트
- 23 - 제2 와이퍼 엘리먼트
- 24 - 추가 와이퍼 엘리먼트
- 25 - 젖지 않는 코팅
- 26 - 전극 휠의 측면 표면
- 27 - 전극 휠의 측면 표면

도면

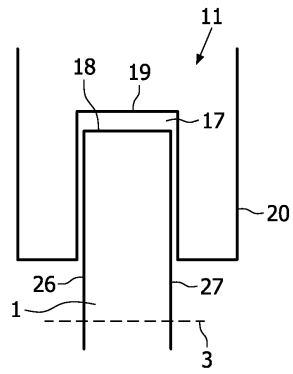
도면1



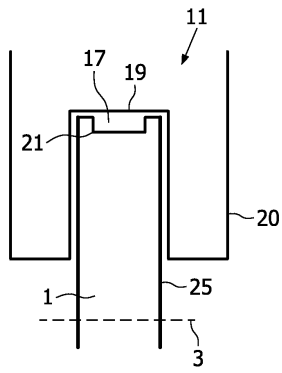
도면2



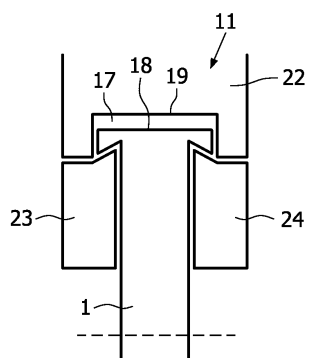
도면3



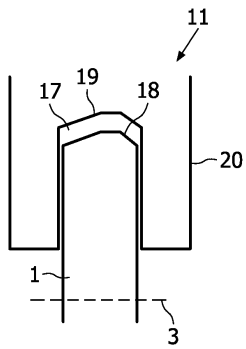
도면4



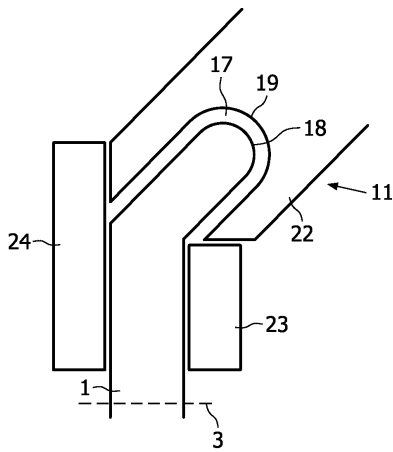
도면5



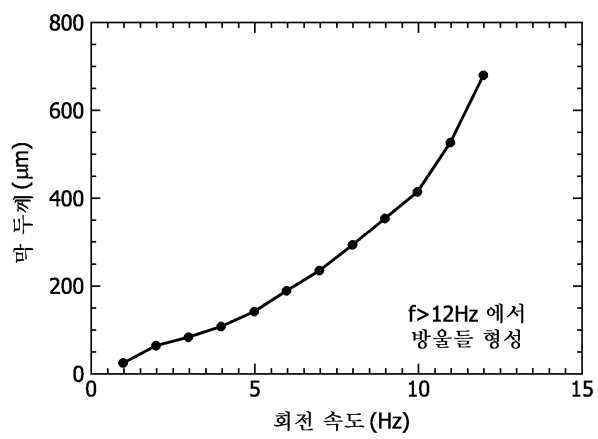
도면6



도면7



도면8



도면9

