



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년11월23일
(11) 등록번호 10-2469975
(24) 등록일자 2022년11월18일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 1/304 (2006.01) H01J 3/02 (2006.01)
H01J 37/06 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01J 1/3044 (2013.01)
H01J 3/022 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7022430
- (22) 출원일자(국제) 2018년12월27일
심사청구일자 2020년08월03일
- (85) 번역문제출일자 2020년08월03일
- (65) 공개번호 10-2020-0105891
- (43) 공개일자 2020년09월09일
- (86) 국제출원번호 PCT/CN2018/124331
- (87) 국제공개번호 WO 2020/073512
국제공개일자 2020년04월16일
- (30) 우선권주장
201811190748.7 2018년10월12일 중국(CN)
- (56) 선행기술조사문헌
JP2011065790 A*
US06573642 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
38번 리서치 인스티튜트, 차이나 일렉트로닉스 테크놀로지 그룹 코포레이션
중국 안후이 230088 허페이 하이테크존 상장 애버뉴 199번
- (72) 발명자
류, 후아롱
중국 230088 안후이 헤페이 하이테크 존 시양짱 애버뉴 넘버199
진, 슈에밍
중국 230088 안후이 헤페이 하이테크 존 시양짱 애버뉴 넘버199
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 19 항

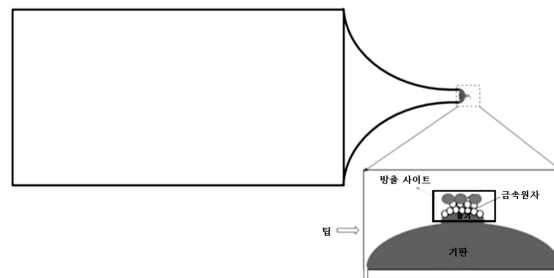
심사관 : 장성진

(54) 발명의 명칭 전자 소스 동작 방법

(57) 요약

본 개시에서는 전자 소스 동작 방법을 제공하는데, 상기 전자 소스는 팁 상에 고정된 적어도 하나의 방출 사이트를 포함하고, 상기 방출 사이트는 팁 표면의 금속 원자와 기체 분자가 전기장 하에서 형성한 반응 산물이며, 상기 동작 방법은, 상기 전자 소스의 동작 파라미터를 제어하여 전자를 방출하는 것을 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01J 37/06 (2013.01)

(72) 발명자

치, 유슈안

중국 230088 안후이 헤페이 하이테크 존 시양짱 애
버뉴 넘버199

왕, 슈에후이

중국 230088 안후이 헤페이 하이테크 존 시양짱 애
버뉴 넘버199

리, 이징

중국 230088 안후이 헤페이 하이테크 존 시양짱 애
버뉴 넘버199

왕, 준팅

중국 230088 안후이 헤페이 하이테크 존 시양짱 애
버뉴 넘버199

쟡, 춘닝

중국 230088 안후이 헤페이 하이테크 존 시양짱 애
버뉴 넘버199

치안, 칭

중국 230088 안후이 헤페이 하이테크 존 시양짱 애
버뉴 넘버199

루오, 텡팅

중국 230088 안후이 헤페이 하이테크 존 시양짱 애
버뉴 넘버199

동, 쯡린

중국 230088 안후이 헤페이 하이테크 존 시양짱 애
버뉴 넘버199

명세서

청구범위

청구항 1

전자 소스에 사용되는 전자 소스 동작 방법에 있어서,

상기 전자 소스는 팁 표면에 심어져 고정된 적어도 하나의 방출 사이트를 포함하고, 상기 방출 사이트는 팁 표면의 금속 원자와 기체 분자가 전기장 하에서 형성한 반응 산물이며, 상기 전자 소스 동작 방법은,

상기 전자 소스의 동작 파라미터를 제어하여 전자를 방출하는 것을 포함하는

전자 소스 동작 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 전자 소스의 동작 파라미터는, 동작 온도 또는 상기 전자 소스가 위치하는 환경의 동작 압력의 세기 중의 어느 하나 또는 복수와, 동작 바이어스를 포함하는

전자 소스 동작 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 전자 소스가 전자를 방출하기 전 또는 방출한 후, 상기 전자 소스에 대하여 열처리를 행하고; 및/또는

상기 전자 소스가 전자를 방출할 때 열처리를 행하는 것을 더 포함하는

전자 소스 동작 방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 동작 온도는, 전자 소스 팁 구조가 손상되는 온도 및 상기 방출 사이트의 소멸 온도 중의 작은 값보다 낮은

전자 소스 동작 방법.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 전자 소스가 전자를 방출할 시 인가되는 동작 바이어스는, 연속적인 바이어스 또는 펄스 바이어스 중의 어느 하나 또는 복수를 포함하는

전자 소스 동작 방법.

청구항 6

제2항에 있어서,

상기 동작 온도 $\leq 1000\text{K}$ 일 때, 상기 동작 압력의 세기 $\leq 10^{-3}\text{Pa}$ 이고; 또는

상기 동작 온도 $\leq 150\text{K}$ 일 때, 상기 동작 압력의 세기 $\leq 1\text{E}^{-6}\text{Pa}$ 이며; 또는

$500\text{K} \leq$ 상기 동작 온도 $\leq 800\text{K}$ 일 때, 상기 동작 압력의 세기 $\leq 1\text{E}^{-6}\text{Pa}$ 인

전자 소스 동작 방법.

청구항 7

제3항에 있어서,

상기 전자 소스가 전자를 방출하기 전 또는 방출한 후, 상기 전자 소스에 대하여 열처리를 행하는 것은, 연속적인 가열처리 또는 펄스 가열처리 중의 어느 하나 또는 복수를 포함하는

전자 소스 동작 방법.

청구항 8

제3항에 있어서,

상기 전자 소스가 전자를 방출할 때 열처리를 행하는 것은, 연속적인 가열처리 또는 펄스 가열처리 중의 어느 하나 또는 복수를 포함하는

전자 소스 동작 방법.

청구항 9

제7항 또는 제8항에 있어서,

상기 연속적인 가열처리는,

상기 전자 소스를 지속적으로 가열하고, 여기서,

가열 온도는, 전자 소스 팁 구조가 손상되는 온도 및 상기 방출 사이트의 소멸 온도 중의 작은 값보다 낮고, 및

상기 전자 소스의 온도를 제1 소정의 기간 t_c 만큼 유지하는 것을 포함하는

전자 소스 동작 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 전자 소스의 온도 $\leq 800K$, 상기 제1 소정의 기간 $t_c \leq 20min$ 인

전자 소스 동작 방법.

청구항 11

제7항 또는 제8항에 있어서,

상기 펄스 가열처리는,

펄스 방식으로 상기 전자 소스를 가열하고, 여기서, 펄스 폭 $t_1 \leq$ 펄스 폭 문턱값, 펄스 사이의 시간 간격 $t_2 \geq$

시간 간격 문턱값이며, 여기서,

가열 온도는, 전자 소스 팁 구조가 손상되는 온도 및 상기 방출 사이트의 소멸 온도 중의 작은 값보다 낮은

전자 소스 동작 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

$500K \leq$ 상기 전자 소스의 온도 $\leq 1000K$, 상기 펄스 폭 문턱값 $\leq 10s$, 상기 시간 간격 문턱값 $\geq 3s$ 이거나, 또는

$800K \leq$ 상기 전자 소스의 온도 $\leq 1000K$, $2s \leq$ 상기 펄스 폭 문턱값 $\leq 3s$, 상기 시간 간격 문턱값 $\geq 3s$ 인

전자 소스 동작 방법.

청구항 13

제7항에 있어서,

연속적인 가열처리 또는 펄스 가열처리에서, 전자 소스에 바이어스를 부가적으로 인가하는 것을 더 포함하는 전자 소스 동작 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

전자 소스에 바이어스를 부가적으로 인가하는 것은, 정 바이어스를 부가적으로 인가, 부 바이어스를 부가적으로 인가 또는 정 바이어스와 부 바이어스를 부가적으로 인가하는 것을 서로 결합하는 것 중의 어느 하나 또는 복수를 포함하는

전자 소스 동작 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

정 바이어스를 부가적으로 인가하는 경우, 상기 정 바이어스의 값은 상기 방출 사이트의 전계 증발에 대응되는 전압값보다 작고; 또는

부 바이어스를 부가적으로 인가하는 경우, 상기 부 바이어스의 절대값은 상기 전자 소스의 제1 방출 전류 문턱값에 대응되는 전압값보다 작은

전자 소스 동작 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

$0.5KV \leq$ 상기 정 바이어스의 값 $\leq 2KV$ 거나, 또는

$-1KV \leq$ 상기 부 바이어스의 값 $\leq -0.5KV$ 인

전자 소스 동작 방법.

청구항 17

제7항 또는 제8항에 있어서,

상기 전자 소스에 대하여 방출 사이트의 복원을 행하는 것을 더 포함하고;

상기 전자 소스에 대하여 방출 사이트의 복원을 행하는 것은,

상기 전자 소스의 팁 표면의 적어도 하나의 방출 사이트를 제거하는 것; 및

상기 팁 표면 상에 새로운 방출 사이트를 형성하는 것; 을 더 포함하며,

상기 새로운 방출 사이트는 팁 표면의 금속 원자와 기체 분자가 전기장 하에서 형성한 반응 산물인

전자 소스 동작 방법.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 전자 소스의 팁 표면의 적어도 하나의 방출 사이트를 제거하는 것은,

가열 또는 전계 증발을 통하여 상기 전자 소스 표면의 적어도 하나의 방출 사이트를 제거하는 것은 포함하며, 여기서,

가열을 통하여 상기 전자 소스 표면의 적어도 하나의 방출 사이트를 제거할 시,

가열 온도는 전자 소스 팁 구조가 손상되는 온도보다 낮고,

여기서, 가열 과정에서, 전자 소스에 바이어스를 부가적으로 인가할 수 있으며, 전자 소스에 바이어스를 인가하는 것은, 정 바이어스를 부가적으로 인가, 부 바이어스를 부가적으로 인가 또는 정 바이어스와 부 바이어스를 부가적으로 인가하는 것을 서로 결합하는 것 중의 어느 하나 또는 복수를 포함하고;

전계 증발을 통하여 상기 전자 소스 표면의 적어도 하나의 방출 사이트를 제거할 시,

상기 전계 증발에서 인가하는 정 바이어스의 값은 전자 소스 팁 구조의 손상과 대응되는 정 바이어스보다 낮은 전자 소스 동작 방법.

청구항 19

제1항에 있어서,

상기 방출 사이트는 수소 텅스텐 화합물인

전자 소스 동작 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 전자 소스(electron source) 기술 분야에 관한 것으로, 더욱 구체적으로, 전자 소스 동작 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 금속 중의 자유 전자는 특정한 조건하에서 방출될 수 있는 것으로, 금속으로 음극을 극히 가는 팁(tip) 형상으로 형성한 후 진공 상태에서 수천 볼트의 전압을 인가하면, 금속 중의 전자는 음극 냉각 금속으로부터 방출될 수 있다. 전자를 방출하는 이런 방법을 전계 방출(field emission)이라 하는데, 이는 냉음극 방출에 속한다.

[0003] 전자 소스에 있어서, 가장 중요한 지표는 명도(brightness)로, 이는 빔 품질을 직접 결정한다. 추출전압이 V0인 경우, 명도는 수학적 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 1

$$B = \frac{I}{S \times \Omega} \propto \frac{I}{d^2 \times \alpha^2}$$

[0004]

[0005] 여기서, B는 명도이고, I는 방출 전류이며, S는 등가 방출면적(equivalent emission area)이고, d는 등가 지름이며, Ω는 공간 방출각이고, α는 방출 반각이다. 또한, 명도(B)는 가속 전압(Va)에 정비례하는 바, 수학적 2에 나타내는 바와 같다.

수학적 2

$$B \propto V_a$$

[0006]

[0007] 수학적 1에서 알 수 있듯이, 높은 명도를 얻기 위해서는, I를 되도록 크게 하고, 또한 α와 d를 감소시켜야 한다. 또한, 일정한 방출 전류를 얻는데 필요한 추출전압(V0)은 작을수록 좋으나, 이는 팁의 방출면이 비교적 낮

은 일함수 및 비교적 첨예한 헤드 구조를 가질 것을 요구한다. 또한, 단색성은 전자 소스의 또 다른 관건적인 지표로, 에너지 분산(δE)으로 나타낼 수 있다.

[0008] 상술한 경우를 종합하여 고려하면, 가장 이상적인 전자 소스는 냉음극 전계 방출 전자 소스(cold field emission electron sources, CFE라 약칭함)로, CFE의 명도는 기타 종류의 전자 소스보다 약 1단위 이상 높고, 아주 작은 에너지 분산($\sim 0.3eV$)을 가진다. 또한, 필수록 한계지를 요구를 충족시키기 위하여, 최근에는 낮은 일함수를 가지는 원자 크기의 전자 소스가 연구의 핫이슈로 부각되었는데, 방출 사이트(emission site)는 하나의 원자 만으로 구성되거나 복수의 원자로 구성된다.

[0009] 본 개시의 기술 사상을 실현하는 과정에서, 발명자들은 종래 기술에서의 CFE에는 적어도 아래와 같은 문제점들이 존재함을 발견하였다. 첫 째로, CFE는 안정성이 일반적으로 아주 열악한 바, 아주 높은 진공($10^{-9} \sim 10^{-8}$ Pa) 하에서만 동작할 수 있는데, 이는 그 사용 범위를 크게 제한하고 있다. 또한, 이러한 환경하에서도, 비교적 안정적인 동작 상태를 얻도록, 정기적으로 처리를 행하여야 했다. 둘 째로는, 이온 충격(ion bombardment)의 영향을 받아, CFE가 비교적 쉽게 타버린다. 셋 째로는, 상술한 문제점들은 방출 전류가 비교적 큰 경우 더욱 선명해 지는데, 일반적으로 종래의 CFE가 장기간 안정적으로 동작할 수 있는 총 방출 전류는 $\sim 10 \mu A$ 이며 그 이용률이 아주 낮다. 상술한 문제점들을 감안하여, 명도가 높은 전자 소스 분야에서 주도적 위치를 차지하는 것은 쇼트키 전계 방출 전자 소스(Schottky thermal-field emission source)이다.

발명의 내용

[0010] 본 개시의 일 측면에서는 CFE를 비교적 낮은 진공 환경 하에서 안정적으로 동작시킬 수 있고, 또한 비교적 큰 전계 방출 전류를 가지는 전자 소스 동작 방법을 제공한다. 이 동작 방법은 팁 상에 고정된 적어도 하나의, 팁 표면의 금속 원자와 기체 분자가 전기장 하에서 형성한 반응 산물인 방출 사이트를 포함하는 전자 소스에 적용된다. 상기 전자 소스 동작 방법은, 상기 전자 소스의 동작 파라미터를 제어하여 전자를 방출하는 것을 포함한다. 이 방출 사이트는 팁 표면에 고정된 금속 원자와 기체 분자가 형성한 반응 산물로서, 팁 표면에 심어지는 것으로, 팁 표면에 유리된 기체 분자 또는 유리 입자 등이 아니므로, 유리 상태의 물질이 집결되어 새로운 방출 사이트를 형성함으로써 인한 과전류 번아웃(burn out)을 초래하지 않는바, 안정성을 효과적으로 향상시킬 수 있다. 또한, 이 방출 사이트는 팁 표면의 금속 원자와 기체 분자가 형성한 반응 산물을 포함하고, 금속 원자 또는 기타 금속 화합물(예를 들면, 금속 붕화물 등) 자체에 비하여, 동작 환경(기체 분자가 존재)에서 더욱 양호한 안정성을 가지며, 예를 들면, 동작 환경의 수소 기체 등과 작용 또는 반응하기 더욱 어려운 바, 전자 소스의 안정성을 더욱 향상시킬 수 있다. 또한, 본 개시에서 제공하는 전자 소스의 방출 사이트는 하나 또는 복수의 금속 원자와 기체 분자가 형성한 반응 산물일 수 있는 바, 낮은 일함수를 가지는 원자 크기의 전자 소스를 형성할 수 있다. 또한, 이 반응 산물은 표면 일함수를 크게 저하시킨다. 또한, 표면 방출 사이트의 배열의 형성도 방출 능력을 대폭 향상시킨다. 또한 방출 사이트의 양을 증가하여 전계 방출 전류의 값을 증가시킬 수 있다. 이로써 상기 전자 소스의 동작 파라미터를 제어함으로써 CFE가 비교적 낮은 진공 환경 하에서 안정적으로 동작할 수 있도록 할 수 있고, 비교적 큰 전계 방출 전류를 가지도록 할 수 있다.

[0011] 선택 가능하게, 상기 전자 소스의 동작 파라미터는, 동작 온도 또는 상기 전자 소스가 위치하는 환경의 동작 압력의 세기 중의 어느 하나 또는 복수와, 동작 바이어스를 포함한다. 본 개시의 전자 소스는 동작 과정에서, 상이한 동작 바이어스, 동작 온도 또는 환경의 동작 압력의 세기에 대하여 상이한 동작 방식을 가지며, 동작 바이어스, 동작 온도 또는 환경의 동작 압력의 세기를 제어함으로써 방출 상태에 대한 사용자의 수요를 만족시킬 수 있다.

[0012] 선택 가능하게, 상기 방법은, 상기 전자 소스가 전자를 방출하기 전 또는 방출한 후, 상기 전자 소스에 대하여 열처리를 행하고, 및/또는, 상기 전자 소스가 전자를 방출할 때 열처리를 행하는 것을 더 포함할 수 있다. 열처리를 이용하여 전자 소스 표면이 청결한 상태를 유지하도록 하여, 방출 효율을 향상시킬 수 있다.

[0013] 선택 가능하게, 상기 동작 온도는, 전자 소스 기판, 상기 팁 표면의 금속 원자와 상기 방출 사이트의 소멸 온도 중의 작은 값보다 낮고, 또는, 상기 방출 사이트가 상기 전자 소스 기판의 고전계강도구조 상에 위치하는 경우, 상기 동작 온도는, 전자 소스 기판, 상기 팁 표면의 금속 원자, 상기 방출 사이트와 상기 고전계강도구조의 소멸 온도 중의 작은 값보다 낮다. 이로써 방출 사이트 및/또는 방출 사이트가 위치하는 금속 원자층을 효과적으로 보호하여, 동작 온도가 너무 높음으로 인한 전자 소스의 손상을 피할 수 있다.

[0014] 선택 가능하게, 상기 전자 소스가 전자를 방출할 때 인가되는 동작 바이어스는, 연속적인 바이어스 또는 펄스 바이어스 중의 어느 하나 또는 복수를 포함한다. 구체적으로는, 사용자의 수요에 따라 전자 소스에 연속적인 바

이어서 또는 펄스 바이어스를 인가하여 사용자의 요구를 만족시킬 수 있다.

- [0015] 선택 가능하게, 상기 동작 온도 $\leq 1000\text{K}$, 상기 동작 압력의 세기 $\leq 10^{-3}\text{Pa}$ 이고, 또는, 상기 동작 온도 $\leq 150\text{K}$, 상기 동작 압력의 세기 $\leq 1\text{E}^{-6}\text{Pa}$ 이고, 또는, $500\text{K} \leq$ 상기 동작 온도 $\leq 800\text{K}$, 상기 동작 압력의 세기 $\leq 1\text{E}^{-6}\text{Pa}$ 이다. 여기서, 본 개시에서 제공하는 전자 소스는 비교적 낮은 진공도 하에서 비교적 긴 시간 동안 동작할 수 있으며, 전자 소스가 저온에 있거나 또는 비교적 높은 동작 온도 범위에 있을 경우, 유리물질(이온 충격을 통하여 생성된 것인지 아니면 표면 해리를 통하여 생성된 것인지 지를 막론)이 방출 영역을 향하여 이동하는 것을 효과적으로 지연시킬 수 있으며, 또한 냉각은 팁 부근의 국부적인 진공도를 개선하는데 유리하며, 이는 사용 수명을 연장시키는데 유리하다. 전자 소스가 비교적 높은 동작 온도 범위에 있을 경우, 표면 해리물의 형성을 효과적으로 피할 수 있으며, 유리물질이 집결되어 번아웃 되는 것을 개선할 수 있는데, 이는 전자 소스의 사용 수명을 연장시키는데 유리하다. 방출 사이트의 형성 및 동작 온도가 비교적 낮으므로, 동작 시 전자 소스의 구조가 변하지 않고, 인가되는 전압 값이 변하지 않으며, 전압값의 안정은 전자총의 설계가 더욱 콤팩트해지도록 한다.
- [0016] 선택 가능하게, 상기 전자 소스가 전자를 방출하기 전 또는 방출한 후, 상기 전자 소스에 대하여 열처리를 행하는 것은, 연속적인 가열처리 또는 펄스 가열처리 중의 어느 하나 또는 복수를 포함한다. 열처리를 이용하여, 팁 표면에 흡착된 기체 분자 등을 이탈시키는 것은, 팁 표면의 청결도를 향상시키고, 방출 능력을 향상시키는데 유리하며, 또한 유리물질이 쉽게 집결되어 방출 사이트를 형성하고 나아가서 번아웃 되는 경우를 개선하여, 사용 수명을 연장할 수 있다.
- [0017] 선택 가능하게, 상기 전자 소스가 전자를 방출할 때 열처리를 행하는 것은, 연속적인 가열처리 또는 펄스 가열처리 중의 어느 하나 또는 복수를 포함한다.
- [0018] 선택 가능하게, 상기 연속적인 가열처리는, 아래의 조작들을 포함할 수 있다. 우선, 상기 전자 소스를 지속적으로 가열하는데, 여기서, 가열 온도는, 전자 소스 기관, 상기 팁 표면의 금속 원자와 상기 방출 사이트의 소멸 온도 중의 작은 값보다 낮고, 또는 상기 방출 사이트가 상기 전자 소스 기관의 고전계강도구조 상에 위치하는 경우, 가열 온도는 상기 전자 소스 기관, 상기 팁 표면의 금속 원자, 상기 방출 사이트와 상기 고전계강도구조의 소멸 온도 중의 작은 값보다 낮다. 그 후, 상기 전자 소스의 온도를 제1 소정의 기간 만큼 유지한다. 제1 소정의 기간은 지속적으로 가열하는 소정의 기간이다. 이로써 방출 사이트, 방출 사이트가 위치하는 금속 원자층, 고전계강도구조를 효과적으로 보호할 수 있어, 온도가 너무 높아 전자 소스가 손상되는 것을 피할 수 있다.
- [0019] 선택 가능하게, 연속적인 가열처리에서, 상기 전자 소스의 온도는 $\leq 800\text{K}$ 일 수 있고, 상기 제1 소정의 기간은 $\leq 20\text{min}$ 일 수 있다.
- [0020] 선택 가능하게, 상기 펄스 가열처리는, 펄스 방식으로 상기 전자 소스를 가열하는 것을 포함할 수 있으며, 여기서, 펄스의 폭 \leq 펄스 폭 문턱값, 펄스 사이의 시간 간격 \geq 시간 간격 문턱값이며, 또한, 가열 온도는, 전자 소스 기관, 상기 팁 표면의 금속 원자와 상기 방출 사이트의 소멸 온도 중의 작은 값보다 낮고, 또는, 상기 방출 사이트가 상기 전자 소스 기관의 고전계강도구조 상에 위치하는 경우, 가열 온도는 상기 전자 소스 기관, 상기 팁 표면의 금속 원자, 상기 방출 사이트와 상기 고전계강도구조의 소멸 온도 중의 작은 값보다 낮다. 이로써 방출 사이트, 방출 사이트가 위치하는 금속 원자층, 고전계강도구조를 보호할 수 있어, 온도가 너무 높아 전자 소스가 손상되는 것을 피할 수 있다.
- [0021] 선택 가능하게, $500\text{K} \leq$ 상기 전자 소스의 온도 $\leq 1000\text{K}$, 상기 펄스 폭 문턱값 $\leq 10\text{s}$, 상기 시간 간격 문턱값 $\geq 3\text{s}$ 이고, 또는, $800\text{K} \leq$ 상기 전자 소스의 온도 $\leq 1000\text{K}$, $2\text{s} \leq$ 상기 펄스 폭 문턱값 $\leq 3\text{s}$, 상기 시간 간격 문턱값 $\geq 3\text{s}$ 이다.
- [0022] 선택 가능하게, 상기 방법은, 연속적인 가열처리 또는 펄스 가열처리의 과정에서, 전자 소스에 바이어스를 부가적으로 인가하여, 팁, 예를 들면, 고전계강도구조 등이 변형하는 것을 피하도록 하는 것을 더 포함할 수 있다.
- [0023] 선택 가능하게, 전자 소스에 바이어스를 인가하는 것은, 정 바이어스를 부가적으로 인가, 부 바이어스를 부가적으로 인가 또는 정 바이어스와 부 바이어스를 부가적으로 인가하는 것을 서로 결합하는 것 중의 어느 하나 또는 복수를 포함할 수 있다.
- [0024] 선택 가능하게, 정 바이어스를 부가적으로 인가하는 경우, 상기 정 바이어스의 값은 상기 방출 사이트의 전계 증발에 대응되는 전압값보다 작고, 또는, 부 바이어스를 부가적으로 인가하는 경우, 상기 부 바이어스의 값은 상기 전자 소스의 제1 방출 전류 문턱값에 대응되는 전압값보다 작아, 팁이 전계 방출로 인하여 전자가 여기되어 기체를 방출하는 것을 피하며, 나아가서 이온화된 기체의 충격을 적어도 일부 피한다.

[0025] 선택 가능하게, 하나의 실시예에 있어서, $0.5\text{KV} \leq$ 상기 정 바이어스의 값 $\leq 2\text{KV}$ 이고, 또는, $-1\text{KV} \leq$ 상기 부 바이어스의 값 $\leq -0.5\text{KV}$ 이다.

[0026] 선택 가능하게, 상기 방법은, 상기 전자 소스에 대하여 방출 사이트의 복원을 행하는 것을 더 포함할 수 있다. 여기서, 상기 전자 소스에 대하여 방출 사이트의 복원을 행하는 것은, 우선, 상기 전자 소스의 팁 표면의 적어도 하나의 방출 사이트를 제거하는 것, 그 후, 상기 팁 표면 상에 새로운 방출 사이트를 형성하는 것을 더 포함할 수 있으며, 상기 새로운 방출 사이트는 팁 표면의 금속 원자와 기체 분자가 전기장 하에서 형성한 반응 산물이다.

[0027] 선택 가능하게, 상기 전자 소스의 팁 표면의 적어도 하나의 방출 사이트를 제거하는 것은, 아래의 조작들을 포함할 수 있다. 우선, 가열 또는 전계 증발을 통하여 상기 전자 소스 표면의 적어도 하나의 방출 사이트를 제거하는데, 여기서, 가열을 통하여 상기 전자 소스 표면의 적어도 하나의 방출 사이트를 제거할 시, 가열 온도는 전자 소스 기관과 상기 팁 표면의 금속 원자의 소멸 온도 중의 작은 값보다 낮고, 또는, 상기 방출 사이트가 상기 전자 소스 기관의 고전계강도구조 상에 위치하는 경우, 상기 가열 온도는 전자 소스 기관, 상기 팁 표면의 금속 원자와 상기 고전계강도구조의 소멸 온도 중의 작은 값보다 낮다. 또한, 가열 과정에서, 전자 소스에 바이어스를 부가적으로 인가할 수 있다. 전자 소스에 바이어스를 인가하는 것은, 정 바이어스를 부가적으로 인가, 부 바이어스를 부가적으로 인가 또는 정 바이어스와 부 바이어스를 부가적으로 인가하는 것을 서로 결합하는 것 중의 어느 하나 또는 복수를 포함한다. 또한, 전계 증발을 통하여 상기 전자 소스 표면의 적어도 하나의 방출 사이트를 제거할 시, 상기 전계 증발에서 인가하는 정 바이어스의 값은 전자 소스 기관과 상기 팁 표면의 금속 원자의 소멸과 대응되는 정 바이어스의 작은 값보다 낮고, 또는, 상기 방출 사이트가 상기 전자 소스 기관의 고전계강도구조 상에 위치하는 경우, 상기 전계 증발에서 인가하는 정 바이어스의 값은 전자 소스 기관, 상기 팁 표면의 금속 원자와 상기 고전계강도구조의 소멸과 대응되는 정 바이어스의 작은 값보다 낮다. 이로써 방출 사이트를 제거할 때 방출 사이트 하부의 금속 원자, 고전계강도구조, 팁 등을 손상키는 것을 피할 수 있으며, 방출 사이트를 제거한 후, 팁 표면의 금속 원자와 기체 분자가 방출 사이트로서의 반응 산물을 다시 형성하도록 할 수 있다.

[0028] 선택 가능하게, 상기 방출 사이트는 수소 텅스텐 화합물이다.

[0029] 선택 가능하게, 상기 기관 재료는 도전 재료이고, 또는, 상기 고전계강도구조 재료는 도전 재료이고, 또는, 상기 기관 및/또는 고전계강도구조 표면은 금속 원자이고, 또는, 상기 고전계강도구조 재료와 기관 재료는 동일하거나 상이하고, 또는, 상기 기관 및/또는 고전계강도구조 표면의 금속 원자 재료와 고전계강도구조 재료는 동일하거나 상이하며, 상이한 경우, 상기 기관 및/또는 고전계강도구조 표면의 금속 원자는 증착 또는 전기 도금 등 방식을 통하여 형성되고, 또는, 상기 기관 및/또는 고전계강도구조 표면의 금속 원자 재료와 기관 재료는 동일하거나 상이하며, 상이한 경우, 상기 기관 및/또는 고전계강도구조 표면의 금속 원자는 증착 또는 전기 도금 등 방식을 통하여 형성된다.

[0030] 선택 가능하게, 상기 기관 재료는 도전 재료이고 녹는점이 1000K보다 높으며, 또는 상기 고전계강도구조 재료는 도전 재료이고 녹는점이 1000K보다 높으며, 또는 상기 기관 및/또는 고전계강도구조 표면의 금속 원자의 재료는 녹는점이 1000K보다 높은 금속 재료이고, 및 상기 금속 원자와 기체 분자의 반응 산물은, 진공 조건 하에서 녹는점이 1000K보다 높은 금속 원자와 기체 분자의 반응 산물을 포함한다.

[0031] 본 개시에서 제공하는 전자 소스 동작 방법은 CFE를 비교적 낮은 진공 환경 하에서 안정적으로 동작시킬 수 있고, 또한 비교적 큰 전계 방출 전류를 가지도록 하며, 여기서, 이 CFE는, 팁 상에 고정된 적어도 하나의 방출 사이트를 포함할 수 있으며, 상기 방출 사이트는 팁 표면의 금속 원자와 기체 분자가 전기장 하에서 형성한 반응 산물이다.

도면의 간단한 설명

[0032] 본 개시 및 그 이점들을 더욱 잘 이해하도록, 아래에서는 도면과 결합하여 설명하기로 한다.

도 1은 본 개시의 실시예에 따른 전자 소스를 예시적으로 나타내는 구조도이다.

도 2는 본 개시의 실시예에 따른 전자 소스 동작 방법에 응용되는 설비를 예시적으로 나타내는 구조도이다.

도 3a는 본 개시의 실시예에 따른 고진공도 환경에서 저온 또는 실온에서의 전자 소스의 전류 방출 능력을 예시적으로 나타내는 모식도이다.

도 3b는 본 개시의 실시예에 따른 고진공도 환경에서 저온 또는 실온에서의 전자 소스의 번아웃 과정을 예시적으로 나타내는 모식도이다.

도 3c는 본 개시의 실시예에 따른 중진공도 환경에서 저온 또는 실온에서의 전자 소스의 전류 방출 능력을 예시적으로 나타내는 모식도이다.

도 3d는 본 개시의 실시예에 따른 진공도 환경에서 고온 하에서의 전자 소스의 전류 방출 능력을 예시적으로 나타내는 모식도이다.

도 3e는 본 개시의 실시예에 따른 팁 표면에 기체 분자가 흡착된 것을 예시적으로 나타내는 모식도이다.

도 4a는 본 개시의 실시예에 따른 연속적인 가열처리 모드를 예시적으로 나타내는 모식도이다.

도 4b는 본 개시의 실시예에 따른 펄스 가열처리 모드를 예시적으로 나타내는 모식도이다.

도 4c는 본 개시의 실시예에 따른 전자 소스에 대하여 열처리를 행하여 방출 능력을 회복시키는 것을 예시적으로 나타내는 모식도이다.

도 4d는 본 개시의 실시예에 따른 팁 운행 모드를 예시적으로 나타내는 흐름도이다.

도 5는 본 개시의 실시예에 따른 팁이 장기간 운행된 후 방출 능력에 열화가 나타나는 것을 예시적으로 나타내는 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 이하 첨부 도면을 참조하면서 본 발명의 실시예들을 상세히 설명하기로 한다. 여기에서 설명하는 실시예는 예시적인 것일 뿐, 본 발명을 제한하기 위한 것은 아니다. 아래의 설명에 있어서, 본 개시의 실시예에 대한 이해를 돕기 위하여 많은 부분에 대해 특징적으로 설명하나, 하나 또는 복수의 실시예들은 이러한 특징적인 부분을 사용하지 않아도 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 아래의 설명에 있어서, 본 발명의 취지를 흐리지 않도록, 공지 구조, 기술에 대해서는 구체적인 설명을 생략하기로 한다.

[0034] 여기에서 사용되는 용어들은 단지 구체적인 실시예를 설명하기 위한 것으로, 본 개시를 한정하기 위한 것은 아니다. 여기에서 사용하는 용어 “포함”, “구비” 등은 상기 특징, 단계, 조작 및/또는 구성의 존재를 의미하나, 하나 또는 복수의 기타 특징, 단계, 조작 또는 부재가 더 존재하는 것을 배제하는 것은 아니다.

[0035] 여기에서 사용되는 모든 용어(기술 용어 및 학계 용어를 포함)들은 별도로 정의되지 않는 한 당업자들이 통상적으로 이해하는 의미를 가진다. 여기에서 사용되는 용어들은 본 명세서 전체에서 동일한 의미를 가지는 바, 이상적인 방식 또는 과도하게 틀에 박힌 방식으로 해석하지 말아야 한다.

[0036] “A, B 및 C 등 중의 적어도 하나”와 같은 표현을 사용하는 경우, 일반적으로 이 표현의 의미에 대한 당업자들의 통상적인 이해에 따라 해석하여야 한다(예를 들면, “A, B 및 C 중의 적어도 하나를 가지는 시스템”은, A만 단독으로 가지는 시스템, B만 단독으로 가지는 시스템, C만 단독으로 가지는 시스템, A와 B를 가지는 시스템, A와 C를 가지는 시스템, B와 C를 가지는 시스템, 및/또는 A, B, C를 가지는 시스템 등을 포함하나 이에 한정되지는 않는다). “A, B 또는 C 등 중의 적어도 하나”와 같은 표현을 사용하는 경우, 일반적으로 이 표현의 의미에 대한 당업자들의 통상적인 이해에 따라 해석하여야 한다(예를 들면, “A, B 또는 C 중의 적어도 하나를 가지는 시스템”은, A만 단독으로 가지는 시스템, B만 단독으로 가지는 시스템, C만 단독으로 가지는 시스템, A와 B를 가지는 시스템, A와 C를 가지는 시스템, B와 C를 가지는 시스템, 및/또는 A, B, C를 가지는 시스템 등을 포함하나 이에 한정되지는 않는다).

[0037] 첨부 도면에서는 일부 블록도 및/또는 흐름도를 도시한다. 블록도 및/또는 흐름도 중의 일부 블록 또는 그 조합은 컴퓨터 프로그램 명령에 의하여 실현될 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 이러한 컴퓨터 프로그램 명령은 통상의 컴퓨터, 전용 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 처리 장치의 프로세서로 제공될 수 있으며, 이로써 이러한 명령은 프로세서에 의하여 실행될 때 이러한 블록도 및/또는 흐름도에서 설명한 기능/조작을 실현하기 위한 장치를 생성할 수 있다.

[0038] 아래, 본 개시의 기술 수단을 더욱 잘 이해하도록, 우선 종래 기술의 전계 방출 동작을 설명하기로 한다.

[0039] 종래의 전자 소스, 예를 들면, 텅스텐(310) 단결정 팁의 전자 소스는, 사용 과정에서 아래와 같은 세 개의 단계를 거친다. 우선, 비교적 청결한 전자 소스는, 기체가 흡착됨에 따라 안정기(Stability)로 진입하고, 기체가 진일보로 흡착됨에 따라 전류 노이즈가 점차 나타나게 되어 불안정기(Instability)로 진입하며, 이로 인해 전자

소스의 안정성이 저하되기에, 동작 시간이 길어짐에 따라 표면에 점차적으로 오염물이 나타나게 되어, 방출 전류가 크게 과동되기 시작하며, 최종적으로는 번 아웃(burnout)을 초래하게 된다.

[0040] 상술한 번 아웃에 관하여, 발명자들은 끊임없는 연구를 통하여 이는 이온 충격과 밀접하게 연관된다는 것을 발견하였다. 이는 전자가 방출된 후 주위의 기체 분자를 전리시키며, 나아가서 팁을 충격할 수 있기 때문이다. 또한, 팁 표면이 충격되어 복수의 돌기가 형성되고, 복수의 돌기가 각각 방출 사이트로 작용하여, 최종적으로 너무 많은 전류를 초래하여, 번 아웃을 초래하는 것이 일 가능성이다. 또한, 또 다른 메커니즘으로는, 팁 표면에 흡착된 기체 분자 또는 기체 분자와 기타 물질의 결합물이 전기장의 작용 하에 끊임없이 이동하여, 최종적으로 표면의 점결함(defect point, 예를 들면, 이온 충격으로 인하여 생성)들이 방출 사이트로서의 나노미터 크기 돌기로 집결되는데, 방출 사이트의 신속한 증대는 과전류를 초래하여 최종적으로 팁의 번 아웃을 초래하게 되는 것이다.

[0041] 나아가서, 상술한 문제점들은 방출 전류가 비교적 큰 경우에 더욱 엄중하게 된다. 일반적으로 장시간동안 안정적으로 동작할 수 있는 총 방출 전류는 $\sim 10 \mu A$ 이며, 그 이용률이 아주 낮다. 상술한 문제점들을 감안하여, 명도가 높은 전자 소스 분야에서 주도적 지위를 차지하는 것은 쇼트키식 전계 방출 전자 소스(Schottky thermal-field emission source)이다.

[0042] 본질적으로, CFE에 있어서, 어떠한 재료도 기체 흡착과 이온 충격의 영향을 피할 수 없다. 하지만, 예를 들면, 큰 전류 하에서 동작하는 경우($>10 \mu A$), 전자는 여기되어 탈기되는데(특히 전자 충격은 전극을 생성), 이는 진공도를 더욱 저하시켜, 팁의 방출 안정성이 많이 낮아지게 되어, 과동 범위가 극히 크며, 나아가서 장기적으로 안정적인 동작을 할 수 없게 된다. 따라서, 어떻게 하면 안정적이고, 비교적 큰 전계 방출 전류를 제공할 것인가는, 줄곧 냉음극 전계 방출 전자 소스의 발전 과정에 있어서 가장 중요한 도전으로 부각되었다.

[0043] 상술한 기체 흡착과 이온 충격의 영향을 피하기 위하여, 현재 전계 방출 전자 소스(일반적으로 금속 팁을 가르킴)는 초고 진공 하에서만 동작할 수 있는데($<10^{-8}$ Pa), 이는 CFE의 적용 범위를 크게 제한한다. 발명자들은 이에 대한 더욱 깊은 연구를 통하여, 아래의 특징들을 발견하였다. 진공속에 잔류하는 기체 성분에는 H_2 , CO, CO_2 가 있는데, 그 중 주요 성분은 H_2 이다. H_2 의 흡착은 청결한 표면의 방출 능력이 점차적으로 차해지도록 한다. 이 진공속에서, H_2 의 영향은 팁의 전계 방출 성능을 근본적으로 결정한다고 볼 수 있다. 따라서, 어떤 수단으로 H_2 의 영향을 대비할 것인가는, 안정도가 높은 팁을 실현하는 관건이다. 종래의 기술에도 기체 흡착 문제를 완화할 수 있는 일부 기술 수단이 존재하는 바, 예를 들면, 캐비티의 진공도를 진일보로 향상시켜 1×10^{-9} Pa 크기까지 도달하게 하는 기술이 있다.

[0044] 또한, 일부 팁 표면의 유리(遊離) 상태의 입자를 직접 방출 사이트로 사용하는 기술 수단도 있는데, 이도 시험 중인 해결 방식이다. 이런 유리상태의 입자 물질은, 비교적 낮은 진공도 하에서 긴 시간 놓아두어 형성된 오염물일 수 있으며, 전기장의 작용하에 팁의 어느 한 곳까지 이동할 수 있다. 이러한 방출 사이트의 방출각은 아주 작고($\sim 5^\circ$), 추출전압이 극히 낮으며, 명도는 종래 W(310)의 10배 이상까지 도달할 수 있다. 비록 비교적 큰 방출 전류(일반적으로 ~ 10 nA까지 안정적으로 출력 가능)를 형성할 수는 없지만, 아주 양호한 안정성($<1 \times 10^{-7}$ Pa)을 나타낸다. 가능한 추론으로는, 극히 작은 빔앵글(beam angle)과 방출면적은 이온 충격의 영향을 효과적으로 저하시킬 수 있다는 것이다. 하지만, 상술한 바와 같이, 이러한 유리 상태의 입자 물질은 고정적인 것이 아닌 바, 전류가 비교적 클 경우($>1 \mu A$), 이런 전자 소스는 쉽게 번 아웃되며, 또한 동작 과정에서, 이러한 물질이 끊임없이 나타나게 되어, 점차적으로 그 방출 상태를 변화시켜, 긴 시간 유지하기가 아주 어렵다는 것을 발견하였다. 또한, 대기속에 노출되는 경우, 이런 물질의 사이즈는 기체 분자와 유사하게 보여질 수 있으므로, 극히 쉽게 기체의 간섭을 받을 수 있다는 것도 문제가 된다.

[0045] 이상의 여러 가지 분석, 추리 및 실험에 기초하여, 발명자들은 본 개시를 통하여 장기간 안정적으로 동작할 수 있고, 비교적 큰 전계 방출 전류를 제공할 수 있으며, 비교적 낮은 진공도 하에서도 동작할 수 있는 전자 소스의 동작 방법을 제공한다.

[0046] 본 개시의 실시예에서는 전자 소스 동작 방법을 제공하는데, 상기 전자 소스 동작 방법은 아래와 같은 전자 소스에 사용될 수 있다. 이 전자 소스는, 팁에 고정된 적어도 하나의 방출 사이트를 포함하고, 상기 방출 사이트는 팁 표면의 금속 원자와 기체 분자가 전기장 하에서 형성한 반응 산물이다. 이 방법은, 상기 전자 소스의 동작 파라미터를 제어함으로써 전자를 방출하는 것을 포함한다. 여기서, 이 전자 소스는 아래와 같은 이점을 가진다. 우선, 방출 사이트는 직접 기체 분자와 표면의 금속 원자가 전기장 하에서 반응하여 생성되어, 팁 표면에

심어지는 것으로, 표면에서 이동하지 않는다. 그리고, 방출 사이트는 그 자신이 아주 강한 환경 적응성을 가지는 바, 비교적 차한 진공도($<10^{-5}$ Pa) 하에서 동작할 수 있다. 또한, 전형적인 전계 방출 동작을 가지고, 추출전압이 극히 낮으며, 일반적인 팁과 비교하여 추출전압은 약 30% 저하되고, 최대 방출 전류는 10mA 크기까지 도달할 수 있다. 하지만, 이 전자 소스를 사용하는 과정에서는 또한 아래와 같은 문제가 존재할 수도 있다. 기체 흡착의 영향을 쉽게 받으며, 기체 분자가 끊임없이 전자 소스의 표면에 흡착됨에 따라, 예를 들면, 방출 사이트가 기체 분자에 피복되어, 방출 능력이 저하될 수 있다. 또한, 이온 충격 요소의 영향을 쉽게 받는바, 전자는 방출된 후 공간 내의 기체 분자를 전리시킬 수 있으며, 전리로 인하여 생성된 이온은 팁 표면을 충격할 수 있다. 일 매커니즘으로는, 이로써 팁 표면이 충격을 받아 돌기 (이 돌기는 새로운 방출 사이트로서 전류를 방출할 수 있다)가 형성될 수 있다. 팁 표면은 충격을 받아 복수의 돌기가 형성될 수 있으며, 복수의 돌기는 각각 방출 사이트로 작용하여, 최종적으로 너무 많은 전류를 초래하므로, 전자 소스를 번아웃(burn out) 시킬 수 있다. 다른 일 매커니즘으로는, 팁 표면에 흡착된 기체 분자 또는 기체 분자와 기타 기타 물질의 결합물은, 전기장의 작용하에 끊임없이 이동하여, 최종적으로 표면의 점결함(예를 들면, 이온 충격으로 인하여 생성)에서 방출 사이트로서의 나노미터 크기의 돌기로 집결되는데, 방출 사이트로서의 나노미터 크기 돌기의 신속한 증대는 과전류를 초래하여, 최종적으로 팁의 번아웃을 초래하게 된다. 또한, 표면 해리의 영향을 받을 수 있는 바, 예를 들면, 팁이 긴 시간 동작하거나 또는 방치될 경우, 그 표면에서는 일부 해리가 발생, 즉 이동 가능한 원자 크기의 입자 물질이 일부 생성되는데, 이러한 물질은 일부 위치에서 집결될 수 있다. 이런 이동 가능한 원자 크기의 입자 물질의 명도는 비록 아주 높으나, 큰 방출 전류(예를 들면, 1 μ A)에 견디기 아주 어려워, 팁이 갑자기 번아웃 되기가 극히 쉬운 바, 이온 충격과 아주 유사하다. 본 개시에서 제공하는 방법은 상술한 바와 같은 전자 소스의 동작을 제어할 수 있으며, 일부 기술 수단을 진일보로 제공하여 상술한 바와 같은 문제점들을 해결한다.

- [0047] 도 1은 본 개시의 실시예에 따른 전자 소스를 예시적으로 나타내는 구조도이다.
- [0048] 도 1에 도시된 바와 같이, 팁은 팁 표면에 고정된 하나 또는 복수의 방출 사이트를 포함할 수 있으며, 이 방출 사이트는 팁 표면에 위치한 금속 원자와 기체 분자가 형성한 반응 산물일 수 있다.
- [0049] 일 실시예에 있어서, 전기장을 인가함으로써 팁 표면의 금속 원자와 기체 분자가 반응 산물을 형성하도록 하는 것은, 구체적으로 여러 가지 실현 방식을 사용할 수 있는바, 예를 들면, 직접 팁에 전압을 인가하여 팁 표면에서 비교적 높은 전계강도를 형성함으로써 팁 표면의 금속 원자와 주위의 기체 분자가 반응하도록 촉진하여 반응 산물을 형성하도록 할 수도 있고; 팁 부근의 전계강도 형성 구조(예를 들면, 전극 등)에 전압을 인가하여 전기장을 형성하며, 나아가서 팁 표면에 비교적 높은 전계강도를 형성함으로써, 팁 표면의 금속 원자와 주위의 기체 분자가 반응하여 반응 산물을 형성하도록 할 수도 있다. 종합하면, 팁 표면에 형성되는 전계, 및 그 전계의 형성 방식에 대하여 한정하지 않는 바, 다만 팁 표면에서, 팁 표면의 금속 원자와 그 주위의 기체 분자가 반응하여 반응 산물을 형성하도록 촉진할 수 있는 필드(예를 들면, 전기장)를 형성하기만 하면 된다.
- [0050] 팁에 전압을 인가함으로써 전계를 형성하는 실시예에 있어서, 예시적인 예에서, 상기 전기장은 상기 팁에 정 바이어스, 부 바이어스 또는 정 바이어스와 부 바이어스의 결합을 인가하여 생성된 전기장으로, 정 바이어스를 인가할 경우, 전기장의 전계강도는 1~50V/nm이고, 부 바이어스를 인가할 경우, 전기장의 전계강도는 1~30V/nm 이다.
- [0051] 상기 방출 사이트는 팁의 소정 위치에 형성될 수 있는바, 예를 들면, 축 선과 팁 표면이 사귀는 부분의 일정 범위 내에 형성될 수도 있고, 특정 구조 상에 형성될 수도 있다. 예를 들면, 돌기 등은 전계강도 우위를 가지기에, 금속 원자와 기체 분자의 반응 산물을 우선적으로 형성하는 구조이다. 또한, 반응 활성을 가지는 특정 영역에 형성될 수도 있는바, 예를 들면, 기체 분자와 더욱 용이하게 반응하는 특정 금속 원자를 가지는 영역에 형성될 수도 있다. 물론, 상술한 두 가지 경우를 조합하여 사용할 수도 있는바, 여기서는 이에 대해 한정하지 않는다. 일 구체적인 실시예에서, 팁 구조는, 기관과, 전계강도가 상기 기관의 기타 부위의 전계강도보다 높은 상기 기관 상의 하나 또는 복수의 고(高)전계강도구조를 포함하며, 여기서, 적어도 하나의 상기 고전계강도구조의 외표면은 금속 원자를 포함한다. 이 고전계강도구조 표면의 금속 원자는 전계강도 우위를 이용하여 동일한 환경 하에서 기체 분자와 더욱 용이하게 반응 산물을 형성하는 바, 고전계강도구조에서 우선적으로 방출 사이트를 형성한다. 다른 일 구체적인 실시예에서, 팁은, 기관과, 반응 활성이 상기 기관의 기타 부위보다 큰 상기 기관 상의 하나 또는 복수의 활성 영역을 포함하며, 여기서, 적어도 하나의 상기 활성영역의 외표면은 금속 원자를 포함한다. 이 활성 영역 표면의 금속 원자는 활성우위를 이용하여 동일한 환경 하에서 기체 분자와 더욱 용이하게 반응 산물을 형성하여, 활성 영역에서 우선적으로 방출 사이트를 형성한다. 선택 가능하게, 상기 고전계강도구조는 돌기를 포함한다.

- [0052] 여기서, 상기 금속 원자는 팁 본체 표면의 금속 원자일 수도 있는바, 다시말하면 금속 원자의 종류와 팁 본체의 종류가 동일할 수 있다. 또한, 증착(evaporation), 전기 도금(electroplating) 등 방법을 이용하여 팁 표면에 형성된 상이한 종류의 금속 원자일 수도 있다. 이 금속 원자의 재료는 녹는점이 1000K보다 높은 금속재료로, 안정성이 더욱 양호하며, 상술한 바와 같은 열처리 등 수단을 이용하여 편리하게 팁을 청결하는 것이 바람직하다. 예를 들면, 녹는점이 1000K보다 높은 금속 재료는, 텅스텐(W), 이리듐(Ir), 탄탈럼(Ta), 몰리브덴(Mo), 니오븀(Nb), 하프늄(Hf), 크롬(Cr), 바나듐(V), 지르코늄(Zr), 티타늄(Ti), 레늄(Re), 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 로듐(Rh), 오스뮴(Os), 루테튬(Ru), 금(Au) 또는 금속 헥사보라이드 (metal-hexaboride) 등 중의 하나 또는 복수를 포함할 수 있다. 예를 들면, 여기서 어느 한가지 금속 원자를 단독으로 팁 표면의 금속 원자로 포함하거나, 이 중의 몇가지 금속 원자로 형성된 적층, 예를 들면, 티타늄층#백금층#텅스텐층으로 형성된 적층 등을 포함하거나, 이 중의 몇 가지 금속 원자를 혼합하여 형성한 비 단일형질(non-monoplasmatic)의 금속층을 포함할 수 있으나, 이에 대해 한정하지 않는다.
- [0053] 상기 기체 분자는 가스 도입 장치에 의하여 도입될 수 있다. 예를 들면, 가스 밸브(gas flow valve) 등을 통하여 도입된 특정의 기체 분자, 일부 부재 표면에서 탈착되어 생성된 기체 분자 일 수도 있고, 챔버를 진공으로 만들었을 시 잔류된 기체 분자 동일 수도 있다. 물론 상술한 방식의 결합일 수도 있는바, 여기서는 이에 대해 한정하지 않는다. 여기서, 상기 기체 분자는, 질소 원소를 함유하는 기체 분자, 탄소 원소를 함유하는 기체 분자 또는 산소 원소를 함유하는 기체 분자 중의 어느 하나 또는 복수와, 수소 원소를 함유하는 기체 분자를 포함한다. 상술한 기체 분자는 도입된 기체 분자일 수 있으므로, 가스의 도입량은 동적으로 조절될 수 있다. 일반적으로 가스 도입 시, 진공도는 10^{-4} Pa보다 작다. 진공 챔버 중의 잔여 가스를 직접 이용할 시, 진공 챔버 중의 주요 잔류 가스는 수소 기체이다. 바람직하게, 상기 수소 원소를 함유하는 기체 분자는, 수소 기체를 포함한다.
- [0054] 또한, 방출 사이트가 소멸되는 온도, 예를 들면, 분해되는 온도는, 방출 사이트를 제거하도록 팁 본체가 소멸되는 온도보다 낮을 수 있으며, 방출 사이트의 소멸 온도는 동작 온도 및 흡착된 기체 분자가 탈착되는 온도보다 높을 수 있다. 이로써 간단한 탈착 처리(예를 들면, 열처리)를 행함으로써 전자 소스가 쉽게 안정 상태로 회복 되도록 한다.
- [0055] 상기 전자 소스의 동작 방법은, 상기 전자 소스의 동작 파라미터를 제어하여 전자를 방출하는 것을 포함한다. 예를 들면, 전자 소스의 동작전압, 전압을 인가하는 기간, 가열 전류, 가열 전류를 통과시키는 기간, 동작 온도와 환경 진공도 등을 제어하여 상기 전자 소스를 사용자가 바라는 모드, 예를 들면, 전자 방출 동작 모드(방출 전류 제어 가능), 열처리 모드와 복원 모드 등 동작 모드 하에서 동작시킬 수 있는데, 구체적으로는 아래와 같다. 상기 전자 소스 동작 방법을 이용하여 본 개시에서 제공하는 전자 소스가 비교적 낮은 진공 환경 하에서 안정적으로 동작할 수 있도록 하고, 또한 비교적 큰 전계 방출 전류를 가지도록 할 수 있다. 여기서, 이 전자 소스는, 팁 상에 고정된 적어도 하나의 방출 사이트를 포함하고, 상기 방출 사이트는 팁 표면의 금속 원자와 기체 분자가 전기장 하에서 형성한 반응 산물이다.
- [0056] 구체적으로는, 상기 동작 온도는 전자 소스 기관, 상기 팁 표면의 금속 원자와 상기 방출 사이트의 소멸 온도 중의 작은 값보다 낮아야 한다. 또는, 상기 방출 사이트가 상기 전자 소스 기관의 고전계강도구조 상에 위치하는 경우, 상기 동작 온도는, 전자 소스 기관, 상기 팁 표면의 금속 원자, 상기 방출 사이트와 상기 고전계강도구조의 소멸 온도 중의 작은 값보다 낮다.
- [0057] 상기 전자 소스가 전자를 방출할 때 인가되는 동작 바이어스는, 연속적인 바이어스 또는 펄스 바이어스 중의 어느 하나 또는 복수를 포함한다. 바이어스를 인가하는 방식은 이에 한정되지 않는다. 이로써 전자 소스에 대한 사용자의 각 중 요구를 만족시킬 수 있다.
- [0058] 도 2는 본 개시의 실시예에 따른 전자 소스 동작 방법에 응용되는 설비를 예시적으로 나타내는 구조도이다.
- [0059] 도 2에 도시된 바와 같이, 이 설비는, 고압 전원(V_{Ex}), 직류 전원(V_{Heat}), 인출전극, 진공 챔버, 냉각 헤드, 절연체, 헤어핀, 전자 소스, 기체 도입 장치(미도시) 및 가열 장치(미도시)를 포함할 수 있다.
- [0060] 여기서, 전자 소스(예를 들면, 팁 표면에는 방출 사이트로서의, 텅스텐 원자와 수소 분자의 반응 산물이 존재)는 헤어핀에 용접되어, 진공 챔버(Vacuum Chamber)에 놓여지며, 백그라운드(background) 진공은 10^{-3} Pa보다 양호하다(바람직하게 10^{-6} Pa보다 양호하다).
- [0061] 전자 소스에는 외부로부터 직류 전원(V_{Heat} , ~5A@5V)이 연결된다. 따라서, 뾰족한 끝에 열처리를 행할 수 있다.

열처리하는 연속적인 가열 모드, 및 펄스 가열 모드 등을 포함한다. 상기 가열 방식을 이용하면, 팁의 최고 온도는 3000도 이상에 달할 수 있다. 다시말하면, 조절 가능한 온도 범위는 실온으로부터 3000도 사이이다. 또한, 뾰족한 끝을 가열하는 방법으로는 열복사 등 방식을 이용할 수 있으며, 여기서는 가열 방식을 한정하지 않는다.

[0062] 전자 소스의 앞 부분에는 인출전극이 있는데, 이 인출전극은 접지된다. 인출전극은 그 자신은 도전 형광 패널일 수도 있고, 전체가 금속 구조일 수도 있다. 전자 소스에는 고압 전원($V_{EX}(\pm 30kV)$)이 연결되어 있는데, 전자 소스에 전기장을 인가할 수 있다. V_{EX} 가 마이너스인 경우, 전계 방출로 사용될 수 있다. V_{EX} 가 플러스인 경우, 전계 증발 등 표면 처리에 사용될 수 있다. 또한, 뾰족한 끝에 전기장을 인가하는 방식도 전자 소스를 접지하고, 인출전극에 고압 전원을 연결하는 방식일 수 있는데, 여기서는 전기장을 인가하는 방식에 대하여 한정하지 않는다.

[0063] 열처리 시 외부로부터 전기장을 인가할 수 있으며, 열처리와 전기장의 인가는 동기화로 행할 수도 있고, 비동기화로 행할 수도 있다.

[0064] 전자 소스는 절연체 샘플 홀더(Insulator)에 놓여진 후, 냉각 헤드(Cold head)와 연결된다. 절연체 샘플 홀더에는 가열 장치가 더 설치되어 있으며, 조절 가능한 온도 범위는 10~500K이다.

[0065] 아래, 도 3a 내지 도 3e와 결합하여, 전자 소스에 동작전압을 인가한 후의 전자 소스의 동작 상태와 동작 파라미터 사이의 관계를 설명하기로 한다. 여기서, 상기 전자 소스의 동작 파라미터는, 동작 온도 또는 상기 전자 소스가 존재하는 환경의 동작 압력의 세기 중의 어느 하나 또는 복수와, 동작 바이어스를 포함한다.

[0066] 도 3a는 본 개시의 실시예에 따른 고진공도 환경에서 저온 또는 실온에서의 전자 소스의 전류 방출 능력을 예시적으로 나타내는 모식도이다.

[0067] 도 3a에 도시된 바와 같이, 전자 소스는 일정한 시간 동안 안정적으로 동작한 후 번아웃 된다. 여기서, 저온 또는 실온은 20~500K일 수 있고, 고 진공은 약 10^{-8} Pa일 수 있다. 본 개시에서 제공하는 전자 소스는 전형적인 전계 방출 동작을 나타내는데, 그 방출 전류는 추출전압이 증가함에 따라 현저하게 증가한다. 도 3a에서는 진공도가 10^{-8} Pa 크기인 경우의 전형적인 테스트 결과를 나타내며, 인가되는 전압은 여전히 일정한 음의 고전압(~2 kV)을 유지한다. 초기 단계에서 방출 전류는 비교적 안정적이거나, 일정한 시간이 지난 후, 방출 전류는 불안정해지기 시작하는데, 다시 일정한 시간이 지나면 패턴의 돌발적인 변화 또는 번아웃이 발생한다. 이러한 동작은 온도가 20~500K일 때 모두 관찰할 수 있으며, 저온(<150K) 일 경우 이 과정이 발생하는 시간은 대폭 증가된다.

[0068] 도 3b는 본 개시의 실시예에 따른 고진공도 환경에서 저온 또는 실온에서의 전자 소스의 번아웃 과정을 예시적으로 나타내는 모식도이다.

[0069] 상기 번아웃은 팁 표면에 표면 유리 물질이 나타남으로 인한 것으로 간주할 수 있는바, 도 3b에서는 대응되는 도면을 제공한다. 이런 표면 유리 물질은 아래의 두가지 메커니즘으로 인하여 생성될 수 있다. 하나는 표면 해리에 의한 것이고, 다른 하나는 전계 방출 과정에서의 이온 충격에 의한 것이다. 도 3b에 도시된 바와 같이, 이러한 유리물질은 고정된 것이 아니라, 외부 전기장의 작용 하에서, 고 전계강도 위치로 이동하여, 나중에 일부 영역에 퇴적될 수 있다. 퇴적된 후의 형성물은, 아주 낮은 추출전압 하에서도 전자를 방출할 수 있다. 대량의 실험을 통하여, 안정적으로 전계를 방출할 경우, 이러한 퇴적물은 아주 작은 방출 전류 만을 출력할 수 있으며; 방출 전류가 비교적 큰 경우(예를 들면>1uA), 파동이 비교적 커, 전자 소스의 번아웃을 초래하기 쉽다는 것을 발견하였다.

[0070] 도 3c는 본 개시의 실시예에 따른 중진공도 환경에서 저온 또는 실온에서의 전자 소스의 전류 방출 능력을 예시적으로 나타내는 모식도이다.

[0071] 도 3c에 도시된 바와 같이, 전자 소스의 방출 전류는 동작 시간의 증가에 따라 선명하게 하강하는데, 일정한 시간이 지난 후, 방출 전류는 불안정해지며, 다시 일정한 시간이 지난 후 번아웃 현상이 나타날 수 있다. 여기서, 저온 또는 실온은 20~500K일 수 있으며, 중진공도는 약 10^{-7} ~ 10^{-5} Pa일 수 있다. 도 3c에서는 중진공도(10^{-7} ~ 10^{-5} Pa) 하에서의 팁의 전형적인 테스트 결과를 나타내는데, 인가되는 전압은 여전히 일정한 음의 고전압(~2 kV)이다. 전류는 시간의 흐름에 따라 비교적 선명하게 하강하는데, 일정한 시간이 지난 후, 방출 전류에는 불안정 현상이 일부 나타나며, 다시 일정한 시간이 지나면 번아웃이 발생할 수 있다. 이러한 동작은 실온 및 저온에서 모두 관찰될 수 있다. 하지만, 저온(<150K)에서 이 과정이 발생하는 시간은 대폭 증가된다. 동시에, 저온에서, 전류가 하강 기울기 SL(the slope of degradation)는 대폭 완화되어, 수평에 접근한다. 번아웃은 이온 충격 및

표면 해리물의 영향으로 인한 것으로 간주한다. 또한, 전류의 하강은 기본적으로 기체 흡착의 작용으로 인한 것으로 간주할 수 있다.

- [0072] 도 3d는 본 개시의 실시예에 따른 진공 환경에서 고온 하에서의 전자 소스의 전류 방출 능력을 예시적으로 나타내는 모식도이다.
- [0073] 도 3d에 도시된 바와 같이, 전자 소스는 비교적 높은 동작 온도 하(예를 들면, 500~800K)에서 완전 다른 전계 방출 동작을 나타낸다. 구체적으로는, 전자 소스의 방출 전류는 동작 시간이 증가함에 따라 선명하게 하강하나 번아웃 현상은 나타나지 않는다. 여기서, 고온은 500~800K일 수 있고, 진공도는 약 10^{-5} Pa일 수 있다. 도 3d는 일정한 진공 범위 내($<10^{-5}$ Pa)의 고온 하에서의 전형적인 테스트 결과를 나타내는데, 인가되는 전압은 여전히 일정한 음의 고전압(~ 2 kV)이다. 전류는 시간의 흐름에 따라 일정하게 하강하나, 실온(~ 300 K)에서 테스트한 뾰족한 끝에 비하여, 그 하강 기울기 SL(the slope of degradation)는 대폭 완화된다. 기울기와 진공도는 밀접하게 연관되므로, 전류의 하강은 기체의 흡착으로 인한 것으로 간주할 수 있다. 하지만, 번아웃 동작이 다시 나타나지 않았다. 그러나 진공도가 진일보로 하강하면, 고온이라 하더라도 팁은 여전히 번아웃 될 수 있는데, 그 결과는 도 3a, 도 3c와 아주 유사하다. 번아웃 또한 이온 충격 및 표면 해리물의 영향으로 인한 것으로 간주할 수 있다.
- [0074] 다시 말하면, 방출 능력의 하강과 팁의 번아웃은 상술한 바와 같은 전자 소스의 사용 방법을 제한한다.
- [0075] 상기 전자 소스가 진공도가 더욱 낮은 환경에서도 안정적인 동작 상태를 실현할 수 있도록 하여 전자 소스의 보급을 용이하게 하도록 하기 위하여, 상기 실험 결과를 분석하기로 한다.
- [0076] 도 3e는 본 개시의 실시예에 따른 팁 표면에 기체 분자가 흡착된 것을 예시적으로 나타내는 모식도이다.
- [0077] 도 3e에 도시된 바와 같이, 좌측 도면에서 방출 사이트의 표면은 청결한 표면이고, 동작 과정에서, 팁 표면에 흡착된 기체 분자는 전기장의 작용 하에 점차적으로 방출 사이트로 이동(방출 사이트가 고전계강도구조의 표면에 형성되는 경우, 방출 사이트 부분의 전계강도가 가장 높다)하게 되는데, 방출 사이트에 기체 분자가 흡착되어 전자 소스 방출 능력이 저하되거나 심지어 소멸되게 된다. 분석에 의하면, 일정한 동작전압 하에서, 전자 소스의 동작 상태는 주로 진공도 및 동작 온도와 관련된다.
- [0078] 여기서, 진공도에 관한 영향은 아래와 같다. 진공도는 전자 소스의 방출 능력과 직접 밀접하게 연관된다. 진공도가 양호할 수록, 그 안정성이 더욱 양호하며, 지속적으로 동작하는 시간이 길수록, 방출 능력은 하강 또는 열화(degrade)되기 어렵다.
- [0079] 동작 온도에 관한 영향은 아래와 같다. 적합한 동작 온도에서, 방출 전류가 하강 기울기(SL)가 대폭 감소된다. 즉, 연속으로 동작하는 시간은 연장될 수 있는데, 이는 아래의 두개 측면에서 나타난다. 제1 측면으로는, 저온에서 동작(예를 들면, <150 K, 상대적 실온은 약 300K)할 시, 동작 시간은 크게 연장될 수 있다. 제2 측면으로는, 비교적 높은 온도에서 동작(>500 K, 상대적 실온은 약 300K)할 시, 동작 시간은 크게 연장될 수 있다.
- [0080] 상술한 바와 같이, 일 실시예에 있어서, 상기 전자 소스는 상기 동작 온도 ≤ 1000 K, 상기 동작 압력의 세기 $\leq 10^{-3}$ Pa와 같은 환경 하에서 동작할 수 있다.
- [0081] 상기 전자 소스의 사용 수명을 진일보로 연장하기 위하여, 바람직하게는, 상기 전자 소스는, 상기 동작 온도 ≤ 150 K, 상기 동작 압력의 세기 $\leq 1E^{-6}$ Pa, 또는, $500K \leq$ 상기 동작 온도 ≤ 800 K, 상기 동작 압력의 세기 $\leq 1E^{-6}$ Pa와 같은 환경 하에서 동작할 수 있다.
- [0082] 또한, 상술한 분석을 통하여 알 수 있듯이, 기체가 흡착되는 것은 치명적인 것이 아니나, 방출 과정에 보편적으로 존재하는 것으로, 방출 능력의 하강을 초래할 수 있다. 상기 기체 흡착의 문제를 개선하기 위하여, 분석에 의하면, 흡착된 기체 분자를 전자 소스의 표면으로부터 분리시킴으로써, 전자 소스의 방출 능력을 회복시킬 수 있다. 구체적으로는, 일정한 시간 동안 동작시킨 후(예를 들면, 0.1~10 시간), 가열 탈착 처리를 행할 수 있다. 여기서, 온도가 높을 수록, 처리가 더욱 충분하게 이루어진다. 하지만, 본 개시에서 제공하는 방출 사이트는 팁 표면의 금속 원자와 기체 분자의 반응 산물이므로, 긴 시간 동안 고온 처리를 행하면, 방출 사이트의 소멸을 초래할 수 있는바, 예를 들면, 이 반응 산물이 분해될 수 있다. 또한, 방출 사이트는 나노미터 또는 서브 나노미터 크기의 돌기 상에 형성되는 것으로, 이러한 돌기는 고온 하에서도 점차적으로 변형할 수 있어, 방출 능력의

하강을 초래한다. 즉, 더욱 높은 동작전압을 필요로 한다. 따라서, 본 개시에서는 상기 전자 소스에 적합한 열 처리의 관련 방법을 제공한다.

- [0083] 일 실시예에 있어서, 상기 방법은 아래와 같은 조작을 더 포함할 수 있다. 우선, 상기 전자 소스가 전자를 방출하기 전 또는 방출한 후, 상기 전자 소스에 대하여 열처리를 행하고, 및/또는, 상기 전자 소스가 전자를 방출할 때 열처리를 행한다.
- [0084] 여기서, 상기 전자 소스가 전자를 방출하기 전 또는 방출한 후, 상기 전자 소스에 대하여 열처리를 행하는 상기 조작은, 연속적인 가열처리 또는 펄스 가열처리 중의 하나 또는 복수를 포함할 수 있다. 다시 말하면, 전자 소스가 전자를 방출하지 않는 상태에서, 전자 소스에 대하여 연속적인 가열처리 또는 펄스 가열처리를 행할 수 있다.
- [0085] 상기 전자 소스가 전자를 방출할 때 열처리를 행하는 상기 조작은, 연속적인 가열처리 또는 펄스 가열처리 중의 어느 하나 또는 복수를 포함할 수 있다. 다시 말하면, 전자 소스가 전자를 방출하는 상태에서도, 마찬가지로 전자 소스에 대하여 연속적인 가열처리 또는 펄스 가열처리를 행할 수 있다.
- [0086] 일 구체적인 실시예에서, 상기 연속적인 가열처리는, 아래의 조작을 포함할 수 있다. 우선, 상기 전자 소스를 지속적으로 가열(예를 들면, 전자 소스에 전력을 인가하여 가열한다. 예를 들면, 열복사 등 방식을 사용하여 가열할 수도 있는데, 여기서는 가열 방식에 대해서 한정하지 않는다)하는데, 여기서, 가열하는 온도는, 전자 소스 기관, 상기 팁 표면의 금속 원자와 상기 방출 사이트의 소멸 온도 중의 작은 값보다 낮다. 또는, 상기 방출 사이트가 상기 전자 소스 기관의 고전계강도구조 상에 위치하는 경우, 가열 온도는 상기 전자 소스 기관, 상기 팁 표면의 금속 원자, 상기 방출 사이트와 상기 고전계강도구조의 소멸 온도 중의 작은 값보다 낮다. 그 후, 상기 전자 소스의 온도를 제1 소정기간 t_c 동안 유지한다. 바람직하게, 텅스텐 원자와 기체 분자의 반응 산물을 방출 사이트로 하는 경우, 상기 전자 소스의 온도는 $\leq 800K$ 일 수 있으며, 상기 제1 소정기간은 $\leq 20min$ 일 수 있다.
- [0087] 여기서, 가열 온도에 대한 한정은 방출 사이트, 팁 표면의 금속 원자, 고전계강도구조 또는 팁 본체가 손상되는 것을 효과적으로 피할 수 있다. 상기 제1 소정의 기간은 실제 사용 효과에 따라 결정될 수 있다. 또한, 이 제1 소정의 기간도 팁 표면의 금속 원자의 재료 종류, 고전계강도구조의 재료 종류 등과 관련되는데, 예를 들면, 팁 표면의 금속 원자의 재료 종류, 고전계강도구조의 재료 종류 등의 녹는점이 높을 수록, 그와 대응되게 팁 표면의 금속 원자와 고전계강도구조는 열처리의 영향을 받기가 더욱 어렵다. 열처리 시 방출 사이트의 소멸을 초래하지 않기만 하면 된다.
- [0088] 또한, 열처리를 행하는 과정에서, 예를 들면, 연속적으로 가열하는 열처리 과정에서, 팁에 바이어스를 부가적으로 인가할 수도 있는데, 팁 구조(예를 들면, 고전계강도구조)가 변형을 일으켜 방출 능력의 변화를 초래하는 것을 피할 수 있다.
- [0089] 여기서, 전자 소스에 바이어스를 인가하는 것은, 정 바이어스(positive bias)를 부가적으로 인가, 부 바이어스(negative bias)를 부가적으로 인가 또는 정 바이어스와 부 바이어스를 부가적으로 인가하는 것을 서로 결합하는 것 중의 어느 하나 또는 복수를 포함한다.
- [0090] 구체적으로는, 정 바이어스를 부가적으로 인가하는 경우, 상기 정 바이어스의 값은 상기 방출 사이트의 전계 증발에 대응되는 전압값보다 작거나, 또는, 부 바이어스를 부가적으로 인가하는 경우, 상기 부 바이어스의 값은 상기 전자 소스의 제1 방출 전류 문턱값에 대응되는 전압값보다 작다(예를 들면, 해당 전압에서 전자 소스는 방출 전류를 생성하지 않거나 너무 큰 방출 전류를 생성하지 말아야 한다).
- [0091] 도 4a는 본 개시의 실시예에 따른 증온에서의 연속적인 가열처리 모드를 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [0092] 도 4a에 도시된 바와 같이, 연속적인 가열처리 모드에서, 가열 온도는 $< 800K$ 일 수 있다. $< 800K$ 인 온도 구간에서, 예를 들면, 헤어핀(hairpin)에 전류를 통과시킴으로써(전류값은 약 몇 암페어(A)일 수 있다), 팁을 가열한다. 이 설비는 도 2에 도시된 설비를 참고할 수 있다. 이 처리 과정은 일반적으로 몇분(예를 들면, 0.1~20min) 동안 지속되며, 팁의 구체적인 상황에 따라 연장될 수도 있다.
- [0093] 또한, 상술한 연속적으로 가열하는 조작 또한 팁의 돌기를 손상시킬 가능성이 있다. 특히, 긴 시간 동안 처리가 지속될 경우, 최종적으로 팁 돌기의 변형을 초래하여, 방출 능력이 크게 하강된다. 실험 과정에서, 실험 결과에 대한 비교를 통하여, 열처리 시 팁에 일정한 정도의 바이어스(전압)를 인가하면 팁이 변형하는 것을 효과적으로 피할 수 있다는 것을 발견하였다. 이는 두가지 모드가 있는데, 첫번째는 정 바이어스 인가 모드(예를 들면, 그 통상의 값은 0.5~2kV일 수 있다)로, 전계 방출 전류가 존재하지 않으므로, 전자로 인해 여기된 탈착 기체로 인

하여 팁에 지속적으로 흡착되는 것을 피할 수 있다. 하지만, 정 바이어스를 인가할 시 최대 전압의 절대값은 팁 표면의 방출 사이트의 전계 증발 전압보다 작아야 한다. 두번째는 부 바이어스 인가 모드로, 전압 범위를 제어하여, 팁의 전계 방출이 뚜렷하지 않도록 한다. 그렇지 않을 경우, 방출된 전자로 인해 가스가 여기되어, 나아가서 흡착이 지속되도록 한다. 구체적으로는, 부 바이어스를 인가하는 일반적인 통상의 값은 $-0.5 \sim -1\text{kV}$ 일 수 있다.

[0094] 다른 일 구체적인 실시예에서, 상기 펄스 가열처리는, 아래와 같은 조작을 포함할 수 있다. 우선, 펄스 방식으로 상기 전자 소스를 가열하는데, 여기서, 펄스 폭 $t_1 \leq$ 펄스 폭 문턱값, 펄스 사이의 시간 간격 $t_2 \geq$ 시간 간격 문턱값이다. 구체적으로는, 가열하는 온도는, 전자 소스 기관, 상기 팁 표면의 금속 원자와 상기 방출 사이트의 소멸 온도 중의 작은 값보다 낮다. 또는, 상기 방출 사이트가 상기 전자 소스 기관의 고전계강도구조 상에 위치하는 경우, 가열하는 온도가 상기 전자 소스 기관, 상기 팁 표면의 금속 원자, 상기 방출 사이트와 상기 고전계강도구조의 소멸 온도 중의 작은 값보다 낮다.

[0095] 예를 들면, $500\text{K} \leq$ 상기 전자 소스의 온도 $\leq 1000\text{K}$, 상기 펄스 폭 문턱값 $\leq 10\text{s}$, 상기 시간 간격 문턱값 $\geq 3\text{s}$ 이거나, 또는, $800\text{K} \leq$ 상기 전자 소스의 온도 $\leq 1000\text{K}$, $2\text{s} \leq$ 상기 펄스 폭 문턱값 $\leq 3\text{s}$, 상기 시간 간격 문턱값 $\geq 3\text{s}$ 이다.

[0096] 또한, 연속적인 가열 모드에서 전자 소스에 바이어스를 부가적으로 인가할 수 있듯이, 펄스 가열처리에서도 마찬가지로 전자 소스에 대해 바이어스를 부가적으로 인가할 수 있다.

[0097] 구체적으로는, 전자 소스에 바이어스를 부가적으로 인가하는 상기 조작은, 정 바이어스를 부가적으로 인가, 부 바이어스를 부가적으로 인가 또는 정 바이어스와 부 바이어스를 부가적으로 인가하는 것을 서로 결합하는 것 중의 어느 하나 또는 복수를 포함한다. 정 바이어스를 부가적으로 인가하는 경우, 상기 정 바이어스의 값은 상기 방출 사이트의 전계 증발에 대응되는 전압값보다 작다. 또는, 부 바이어스를 부가적으로 인가하는 경우, 상기 부 바이어스의 절대값은 상기 전자 소스의 제1 방출 전류 문턱값에 대응되는 전압값보다 작다. 예를 들면, $0.5\text{KV} \leq$ 상기 정 바이어스의 값 $\leq 2\text{KV}$, 또는, $-1\text{KV} \leq$ 상기 부 바이어스의 값 $\leq -0.5\text{KV}$ 이다.

도 4b는 본 개시의 실시예에 따른 펄스 가열처리 모드를 예시적으로 나타내는 도면이다.

[0098] 도 4b에 도시된 바와 같이, 펄스 가열처리 모드에서, 바이어스를 인가할 수도 있고 인가하지 않을 수도 있다. 여기서, 중온에서의 열 펄스 처리 모드를 사용할 수 있는데, 예를 들면, $500 \sim 1000\text{K}$ (이 가열 온도는 연속적인 가열 온도와 상이할 수 있으며, 펄스 모드에서는 연속으로 가열하는 온도보다 약간 높은 온도를 제공할 수 있다)이다.

[0099] 도 4b 중의 각 펄스 사이는 가열을 잠시 정지하는 시간이다. 예를 들면, 헤어핀(hairpin)에 전류를 통과시킴으로써, 전자 소스를 가열할 수 있으며, 그 설비는 도 2를 참고할 수 있다. 이 온도 구간에서, 각 가열 펄스 폭은 $< 10\text{s}$ 동안, 예를 들면, 2~3초 동안 지속될 수 있고, 복수의 펄스를 이용하여 처리할 수 있다. 앞, 뒤 펄스 사이의 상호 간섭을 피하기 위하여, 인접하는 펄스 사이의 시간 간격을 증가할 수 있는데, 일반적으로 3초보다 길다. 펄스 가열 처리 기간에 바이어스를 부가적으로 인가할 수 있다(바이어스는 정 바이어스일 수도 있고 부 바이어스일 수도 있다). 또한, 바이어스의 인가 주기는 펄스 가열처리의 펄스 주기와 동일할 수도 있고, 부분 또는 전체 펄스 처리 기간에서 모두 바이어스를 인가할 수도 있는 바, 여기서는 한정하지 않는다.

[0100] 상술한, 펄스 가열 처리는, 팁 돌기에 손상을 줄 수 있다. 특히, 긴 시간 동안 처리가 지속된 결과, 최종적으로 팁 돌기의 변형을 초래하여, 방출 능력이 크게 하강될 수 있다. 열처리 시 팁에 일정한 정도의 바이어스(전압)를 인가함으로써 팁이 변형하는 것을 효과적으로 피할 수 있다. 구체적으로는, 아래와 같은 두가지 모드를 이용할 수 있다. 첫번째 모드로는, 정 바이어스를 인가할 수 있는데(통상의 값은 $0.5 \sim 2\text{kV}$), 이 때 최대 전압의 절대값은 팁 표면 방출 사이트(예를 들면, H-W 반응 산물)의 전계 증발 전압보다 작아야 한다. 두번째 모드로는, 부 바이어스를 인가할 수 있는데, 마찬가지로 전압 범위를 제어하여, 팁의 전계 방출이 선명하지 않도록 해야 하는바, 그렇지 않을 경우, 방출된 전자로 인해 가스가 여기되고, 나아가서 계속하여 이온 충격을 초래하게 된다. 부 바이어스를 인가할 때, 일반적으로 통상의 값은 $-0.5\text{kV} \sim -1\text{kV}$ 일 수 있다.

[0101] 일반적으로, 이온 충격은 비교적 심각한 문제로, 방출 과정에서 보편적으로 존재하는 것이다. 이 문제는 아주 작은 방출 전류 및 양호한 진공 상태 하에서도 존재하는 것으로, 다만 받는 영향 적을 뿐이며, 근본적으로 피할 수는 없다. 제때에 처리하지 않으면, 수명은 24시간을 초과하기가 아주 어렵다. 실험을 통하여, 이런 유리물질의 생성 초기에, 비교적 높은 온도 하에서의 처리(예를 들면 $\sim 700\text{K}$)를 이용하여 이런 유리물질을 팁 표면으로부터 이탈시킬 수 있다는 것을 발견하였다. 여기서, 온도가 높을 수록, 처리가 더욱 충분하게 이루어진다.

그러나, 긴 시간 고온 처리를 행하면, 방출 사이트의 소멸을 초래할 수 있다. 또한, 방출 사이트는 나노미터 크기의 돌기 상에 형성되므로, 이러한 돌기도 고온 하에서 점차적으로 변형할 수 있어, 방출 능력의 하강을 초래하는바, 더욱 높은 동작전압을 필요로 한다. 하지만, 상술한 바와 같은 열처리 방법을 통하여, 팁 표면에 흡착된 기체 분자와 상술한 유리물질을 효과적으로 제거할 수 있으며, 돌기의 변형을 피할 수 있어, 전자 소스의 방출 능력이 사용 시간의 증가에 따라 하강하는 상황을 개선할 수 있다.

[0102] 도 4c는 본 개시의 실시예에 따른 전자 소스에 대하여 열처리를 행하여 방출 능력을 회복시키는 것을 예시적으로 나타내는 모식도이다. 도 4c에 도시된 바와 같이, 상기 열처리를 통하여 전자 소스의 방출 능력을 효과적으로 회복시킬 수 있다. 또한, 연속적인 열처리 및/또는 펄스 가열 처리 모드 중에서(바이어스를 인가할 수도 있고 인가하지 않을 수도 있다), 일부 경우에는 부분적인 방출 사이트를 처리할 수 있다. 이 때, 방출 사이트가 제거된 영역에 방출 사이트를 다시 형성하여, 초기의 방출 상태로 회복시킬 수 있다.

[0103] 예를 들면, 전자 소스에 정 바이어스 또는 부 바이어스를 인가함으로써, 팁 표면에 전기장을 형성하여, 처리된 방출 사이트 위치의 금속 원자와 기체 분자가 새로운 방출 사이트로서의 반응 산물을 형성하도록 한다. 구체적으로는, 부 바이어스를 인가하여 방출 사이트를 형성하는 경우, 우선, 상기 팁에 부 바이어스를 인가하여, 전류 값이 마이크로 암페어 크기인 방출 전류를 형성하며, 미리 설정한 시간 동안 유지하거나 또는 소정의 값의 방출 전류를 생성할 때 까지 상기 부 바이어스를 조절하고, 그 후, 부 바이어스를 조절하여 상기 전자 소스의 방출 전류가 밀리 암페어 크기보다 작도록 하여, 팁 형상이 변화되거나 빈아웃 되는 것을 피한다. 정 바이어스를 인가하여 방출 사이트를 형성하는 경우, 상기 팁에 정 바이어스를 인가하여 미리 설정한 시간 동안 유지하는데, 상기 정 바이어스의 값은 상기 돌기를 형성하는 전계 증발 바이어스의 값보다 작다.

[0104] 정 바이어스를 인가함에 있어서, 형성되는 전계강도의 범위는 1~50V/nm 이고, 부 바이어스를 인가함에 있어서, 형성되는 전계강도의 범위는 1~30V/nm 이다.

[0105] 도 4d는 본 개시의 실시예에 따른 팁 운행 모드를 예시적으로 나타내는 흐름도이다.

[0106] 도 4d에 도시된 바와 같이, 도 4c에서와 같은 동작 모드를 사용할 수 있다. 전자 소스는 일정한 전압 하에서 동작하며, 한동안의 방출 주기(emission period)가 지난 후(S201), 방출 능력이 하강(즉 동일한 전압 하에서 전계 방출 전류가 감소)되는 바, 전자 소스의 팁에 대하여 회복 처리(Recovering treatment)를 행할 수 있다(회복 처리 주기 S202에 대응). 이는 기체의 흡착과 이온 충격을 제거하는 효과를 가질 수 있다. 상기 회복 처리는 상술한 연속적인 가열처리 모드(바이어스를 인가할 수도 있고 인가하지 않을 수도 있다) 및/또는 펄스 가열 처리 모드(바이어스를 인가할 수도 있고 인가하지 않을 수도 있다)를 포함할 수 있으며, 처리를 행한 후, 방출 능력이 회복되어, 계속하여 동작할 수 있다. 다시 말하면, 상기 방출 주기와 회복 처리 주기를 끊임없이 반복하는데, 이로써 전자 소스가 장기간 안정적으로 동작하도록 할 수 있다.

[0107] 전자 소스의 방출 과정(S201)에서, 방출 안정성을 더 향상시키고 동작 시간을 연장시키기 위하여, 전자 소스가 아래와 같은 온도 범위에서 동작하도록 할 수 있다. 첫번째는, 저온(예를 들면, <150K) 하에서 동작하는 것이고, 두번째는, 비교적 높은 온도(예를 들면, >500K) 하에서 동작하는 것이다. 또한, 방출 주기(Emission period)(S201) 내에서, 연속적인 가열 모드 및/또는 펄스 가열 처리 모드를 실행하여, 기체 흡착과 이온 충격을 동시에 제거할 수도 있다.

[0108] 회복 처리(Recovering treatment)(S202)는, 아래와 같은 처리 방법을 포함할 수 있다. 첫번째로는, 연속적인 가열처리 모드로, 온도<~800K이다. 두번째로는, 펄스 가열 처리 모드로, 500~1000K(pulse mode)이다. 또한, 열처리를 행할 때, 이와 동시에 빠른 끝에 대하여 바이어스를 인가함으로써, 변형을 방지할 수 있다.

[0109] 도 4d에 도시된 바와 같은 팁 운행 모드를 이용하여, 상술한 바와 같은 전자 소스를 1000시간 이상 연속으로 운행시킬 수 있으며, 전자 소스의 사용 수명을 크게 증가시키며, 양호한 방출 상태를 여전히 유지할 수 있다. 예를 들면, 추출전압은 시작 시에 비하여 단 200 볼트 이내로 증가하였다.

[0110] 도 5는 본 개시의 실시예에 따른 팁이 장기간 운행된 후 방출 능력에 열화가 나타나는 것을 예시적으로 나타내는 모식도이다.

[0111] 본 실시예에서, 도 5에 도시된 바와 같이, 전자 소스가 비교적 긴 시간 동안 운행(예를 들면, 제1000번째 사용 주기, 약 1000 시간)하면, 전자 소스의 방출 능력에 일부 열화가 나타나는데, 일정한 추출전압 하에서, 전자 소스의 최대 방출 능력은 첫번째 주기에서의 방출 능력에 비하여 하강하여 회복될 수 없게 된다. 하지만, 전자 소스는 여전히 어느 정도 열처리를 이용하여 복원될 수 있다. 구체적으로는, 연속적인 가열처리 모드(바이어스를 인가할 수도 있고 인가하지 않을 수도 있다), 펄스 가열 처리 모드(바이어스를 인가할 수도 있고 인가하지

않을 수도 있다)를 사용하여 복원을 행한다. 구체적으로는, 복원 시 시간 간격을 두고 연속적으로 가열 또는 펄스 가열 방식을 이용하여 온도를 높이거나, 동작 시 연속적인 가열 또는 펄스 가열 방식을 이용하여 온도를 높일 수 있다. 이 외에도 동작 과정에서 동작 온도를 높일 수 있다. 강조해야 할 것은, 전자 소스가 복원을 행하는 조건은 이에 제한하지 않는바, 사용자의 수요에 따라 정의할 수 있다.

[0112] 구체적으로는, 상기 방법은, 상기 전자 소스에 대하여 방출 사이트의 복원을 행하는 조작을 더 포함할 수 있다.

[0113] 여기서, 상기 전자 소스에 대하여 방출 사이트의 복원을 행하는 것은, 아래의 조작들을 포함할 수 있다. 우선, 상기 전자 소스의 팁 표면의 적어도 하나의 방출 사이트를 제거하고, 그 후, 상기 팁 표면 상에 새로운 방출 사이트를 형성하는데, 상기 새로운 방출 사이트는 팁 표면의 금속 원자와 기체 분자가 전기장 하에서 형성한 반응 산물이다. 새로운 방출 사이트의 형성 방법은 상술한 실시예에서 새로운 방출 사이트를 형성하는 방법을 참조할 수 있는데, 여기서는 더 이상 설명하지 않는다. 복원 시, 시간 간격을 두고 가열하여 온도를 높이거나, 동작 시 가열하여 온도를 높일 수 있다. 이 외에도 동작 과정에서 동작 온도를 높일 수 있다.

[0114] 일 구체적인 실시예에서, 상기 전자 소스의 팁 표면의 적어도 하나의 방출 사이트를 제거하는 것은, 예를 들면, 가열 또는 전계 증발을 통하여 상기 전자 소스 표면의 적어도 하나의 방출 사이트를 제거한다. 여기서, 가열을 통하여 상기 전자 소스 표면의 적어도 하나의 방출 사이트를 제거할 경우, 가열 온도는 전자 소스 기판과 상기 팁 표면의 금속 원자의 소멸 온도 중의 작은 값보다 작다. 또는, 상기 방출 사이트가 상기 전자 소스 기판의 고전계강도구조 상에 위치하는 경우, 상기 가열 온도는 전자 소스 기판, 상기 팁 표면의 금속 원자와 상기 고전계강도구조의 소멸 온도 중의 작은 값보다 낮다.

[0115] 또한, 가열 과정에서, 전자 소스에 바이어스를 부가적으로 인가할 수 있으며, 전자 소스에 바이어스를 인가하는 것은, 정 바이어스를 부가적으로 인가, 부 바이어스를 부가적으로 인가 또는 정 바이어스와 부 바이어스를 부가적으로 인가하는 것을 서로 결합하는 것 중의 어느 하나 또는 복수를 포함한다.

[0116] 전계 증발을 통하여 상기 전자 소스 표면의 적어도 하나의 방출 사이트를 제거할 경우, 상기 전계 증발에서 인가되는 정 바이어스의 값은 전자 소스 기판과 상기 팁 표면의 금속 원자의 소멸과 대응되는 정 바이어스의 작은 값보다 낮다. 또는, 상기 방출 사이트가 상기 전자 소스 기판의 고전계강도구조 상에 위치하는 경우, 상기 전계 증발에서 인가하는 정 바이어스의 값은 전자 소스 기판, 상기 팁 표면의 금속 원자와 상기 고전계강도구조의 소멸과 대응되는 정 바이어스의 작은 값보다 낮다.

[0117] 예를 들면, 우선, 펄스-열처리 할 때마다 온도 및/또는 회수(예를 들면, 수백번)를 향상함으로써 표면의, 방출 능력이 열화된 방출 사이트를 제거하여야 하며, 정 바이어스를 인가함으로써 표면의, 방출 능력이 열화된 방출 사이트(정 바이어스의 값은 돌기를 완전히 증발시키지 말아야 한다)를 제거할 수도 있다. 그 후 다시 성장시키는 방식을 이용하여, 팁 표면에 방출 사이트를 다시 형성할 수 있다. 하지만 주의해야 할 것은, 가열 온도는 1000K를 초과하지 않는 것이 바람직한 바, 그렇지 않을 경우 팁 표면의 돌기의 파손을 초래하기 쉬우므로 새로운 전자 소스를 사용하여야 한다. 주의해야 할 것은, 사용 시간을 연장하기 위하여, 가장 효과적인 방법은 고진공($<10^{-7}$ Pa) 하에서 운행하는 것이다. 진공도가 이보다 열악하다면, 반드시 동작 전류를 감소함으로써 운행 시간을 확보하여야 한다.

[0118] 팁의 번아웃에 관한 해결 방안은 아래와 같다.

[0119] 상기 전자 소스에 대한 대량의 테스트 실험(상술한 바와 같이)에 따르면, 이온 충격과 표면 해리는 모두 팁의 번아웃을 초래하게 된다. 이는 통상적으로 치명적인 것이다. 구체적으로 아래의 기술안을 제공함으로써 번아웃을 피한다.

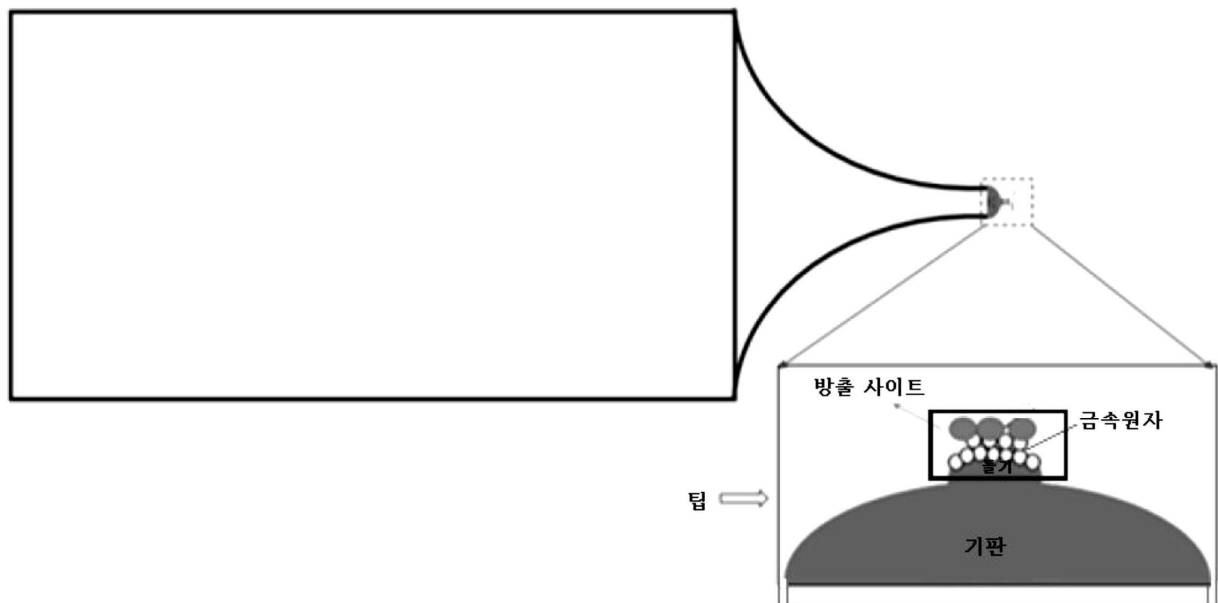
[0120] 우선, 비교적 높은 진공도를 제공한다. 비교적 높은 진공 하에서($P < 10^{-6}$ Pa), 특히 팁 부근(Local pressure)의 진공도가 이 크기보다 작도록 확보하여야 한다. 이 때, 이온 충격의 효과는 그다지 크지 않다. 하지만 여전히 방출 전류(IE)를 제어하여야 한다. 이온이 팁 표면을 충격하여 생성된 유리물질의 양은, $I \times P$ 와 근사하게 정비례한다.

[0121] 그리고, 비교적 높은 동작 온도를 제공하는데, 예를 들면, 500K~800K인 동작 온도를 제공한다. 이로써 번아웃을 효과적으로 피할 수 있다. 이 온도 구간은 표면 해리물의 형성을 피할 수 있다. 하지만 더 높은 온도, 예를 들면, >1000K 하에서 긴 시간 사용하면 상기 전자 소스의 방출 사이트의 소멸을 초래할 수 있는바, 예를 들면, 텅스텐 원자와 기체 분자의 반응 산물의 분해를 초래할 수 있다.

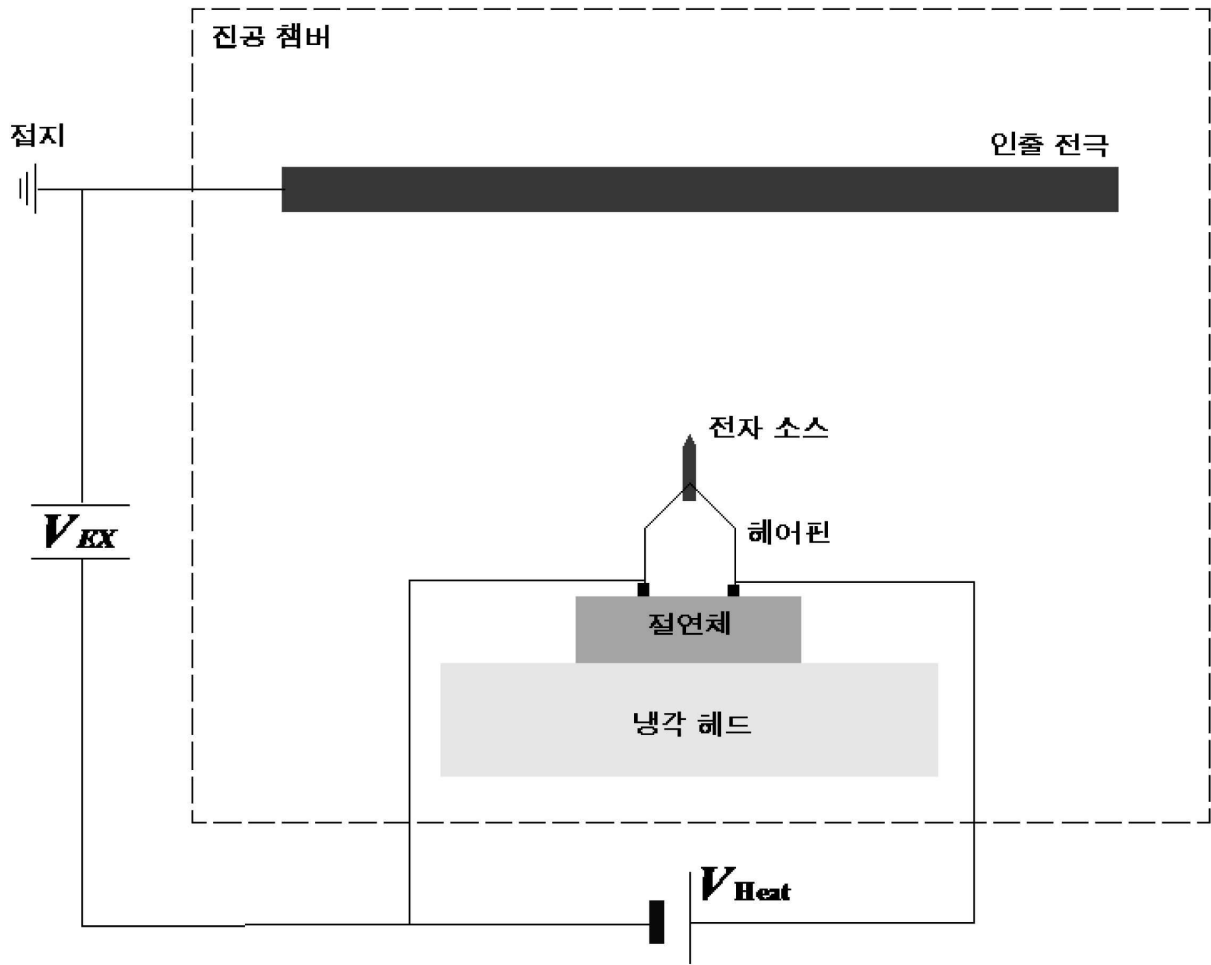
- [0122] 또는, 비교적 낮은 동작 온도를 제공하는데, 예를 들면, <150K인 동작 온도를 제공하는데, 온도를 저하시키면, 유리물질(이온 충격으로 인하여 생성된 것인지 아니면 표면 해리로 인하여 생성된 것인지를 막론)이 방출 영역으로 이동하는 것을 효과적으로 지연시킬 수 있다. 이와 동시에, 냉각을 통해 텃의 국부적인 진공도를 개선할 수도 있으며, 이 또한 번아웃을 지연시키는데 유리하다.
- [0123] 또는, 기체 흡착 문제를 개선하기 위하여 행하는 상술한 열처리(연속적인 가열처리 또는 펄스 가열처리 등을 포함) 등 방법은 기체 흡착 문제를 개선하는 동시에, 이온 충격, 표면 해리로 인한 번아웃 문제들을 효과적으로 개선할 수 있다. 이와 동시에, 비교적 높은 진공도를 제공하는 것도 기체 흡착 확률을 크게 감소함으로써 기체 흡착 문제를 개선할 수 있다. 비교적 높은 동작 온도 또는 비교적 낮은 동작 온도를 제공하는 것도 기체 흡착 문제를 개선할 수 있다.
- [0124] 또한, 바람직하게, 상기 방출 사이트는 수소 텅스텐 화합물이다. 방출 사이트로서의 수소 텅스텐 화합물은 추출 전압이 낮고, 이온 충격으로 인한 유리물질을 생성하는 생산성이 낮으며, 에너지가 낮고, 방출 영역으로 이동하는 속도가 늦는데, 이도 번아웃을 지연시킬 수 있다.
- [0125] 당업자들은, 본 개시의 각 실시예 및/또는 특허 청구의 범위에 기재된 특징들은 여러 가지 방식으로 조합 및/또는 결합될 수 있다는 것을, 이러한 조합 또는 결합이 본 개시 중에 명확히 기재되지 않아도 이해할 수 있을 것이다. 특히, 본 개시의 사상과 취지를 이탈하지 않는 범위에서, 본 개시의 각 실시예 및/또는 특허 청구의 범위에 기재된 특징들은 여러 가지 방식으로 조합 및/또는 결합될 수 있다. 상술한 모든 조합 및/또는 결합도 모두 본 개시의 범위에 포함된다.
- [0126] 비록 본 개시의 예시적인 특정 실시예를 참조하여 본 개시를 예시 및 설명하였으나, 당업자들은, 첨부된 특허 청구의 범위 및 그 균등물에 의하여 한정되는 본 개시의 사상과 취지를 이탈하지 않는 범위에서, 본 개시에 대하여 형식적 및 세부적인 여러 가지 변경을 가할 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 따라서 본 개시의 범위는 상술한 실시예에 한정되는 것이 아니며, 특허 청구의 범위에 의해서만 한정되는 것이 아니라 특허 청구의 범위의 균등물에 의하여도 한정된다.

도면

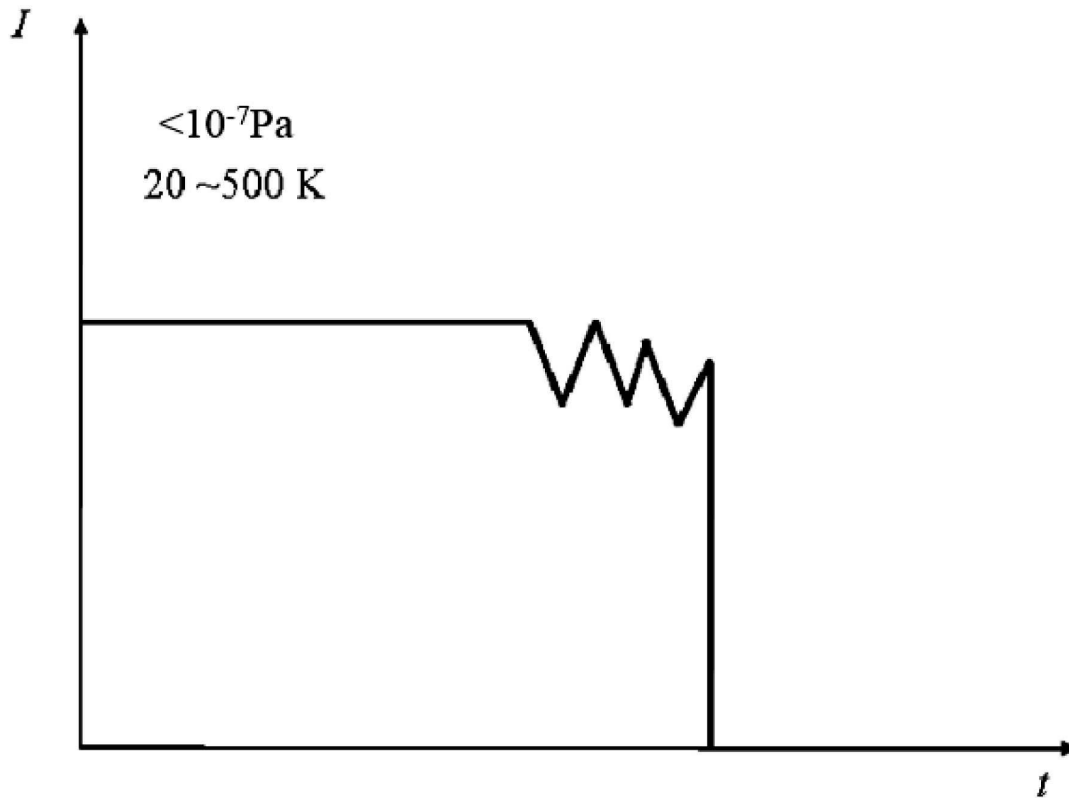
도면1



도면2



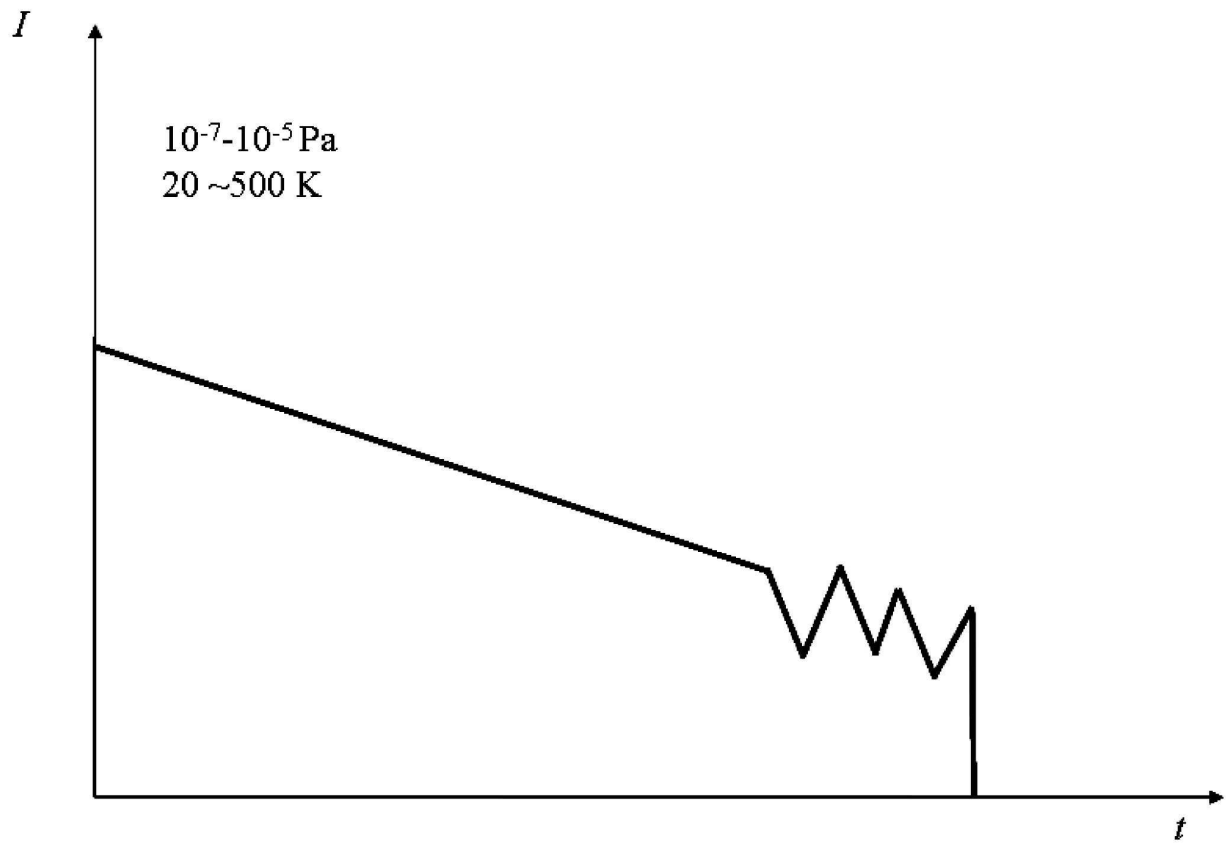
도면3a



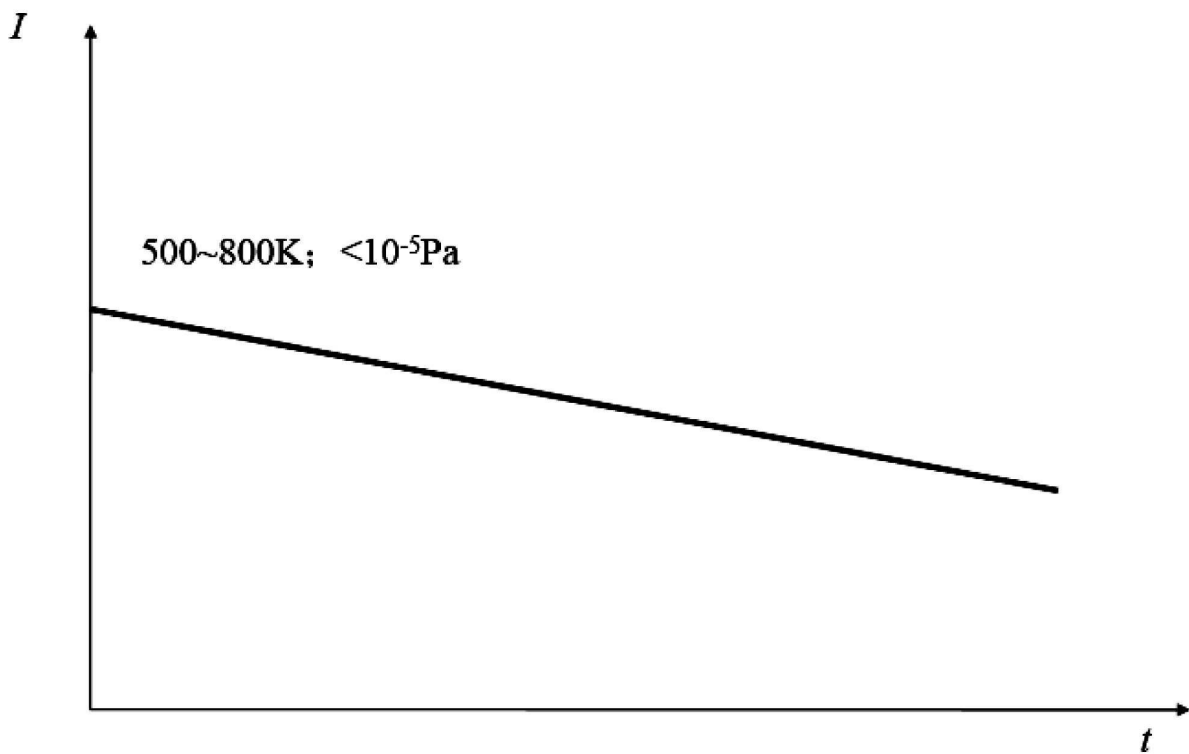
도면3b



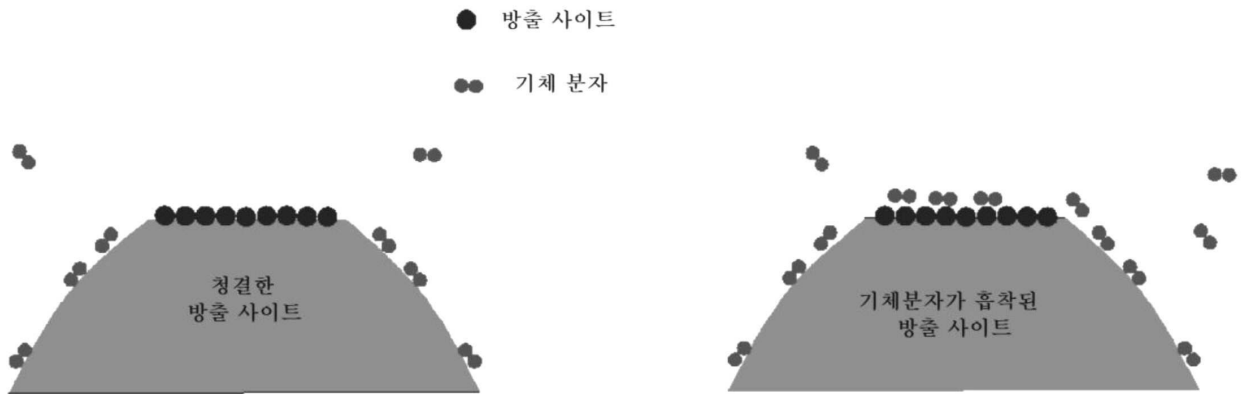
도면3c



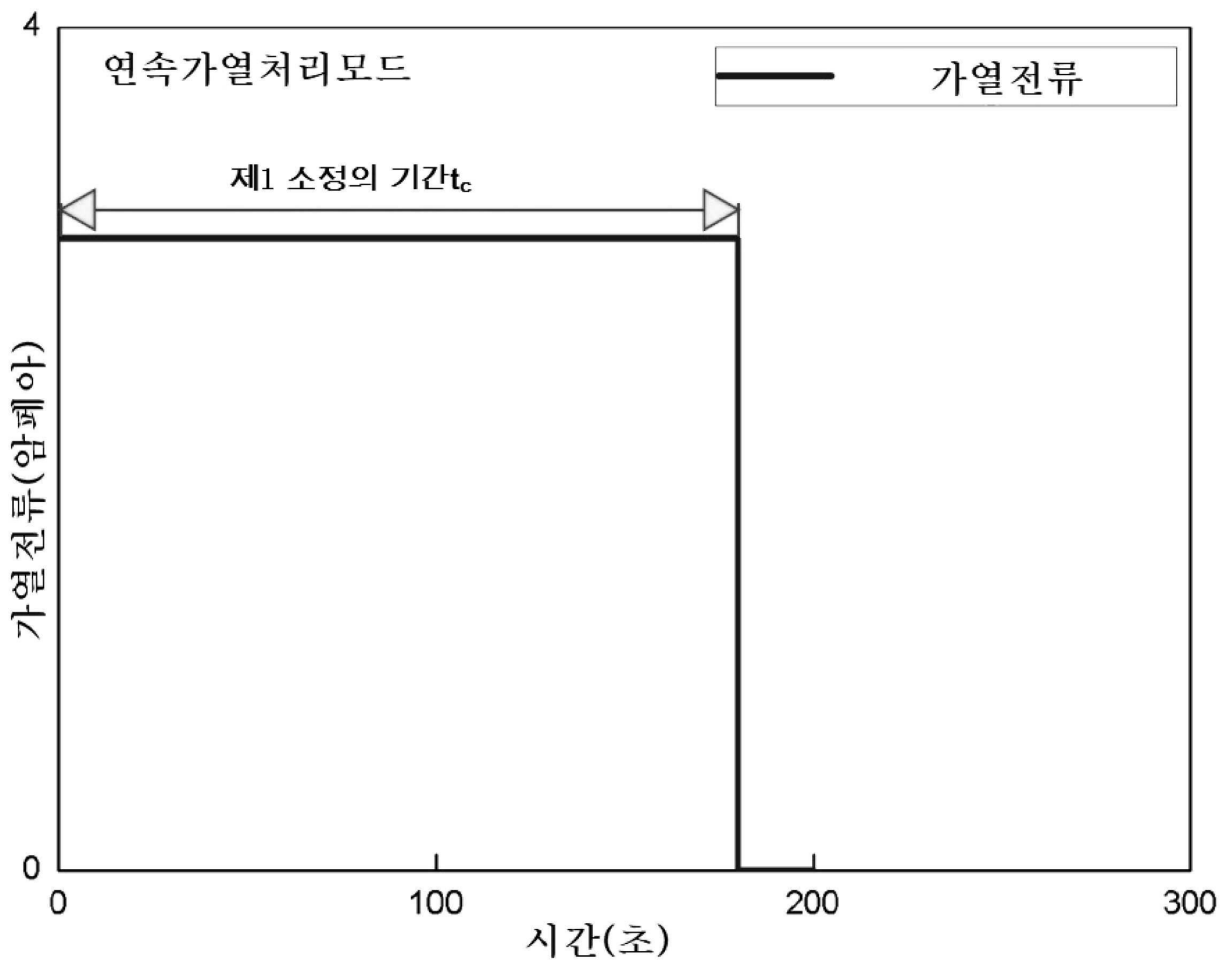
도면3d



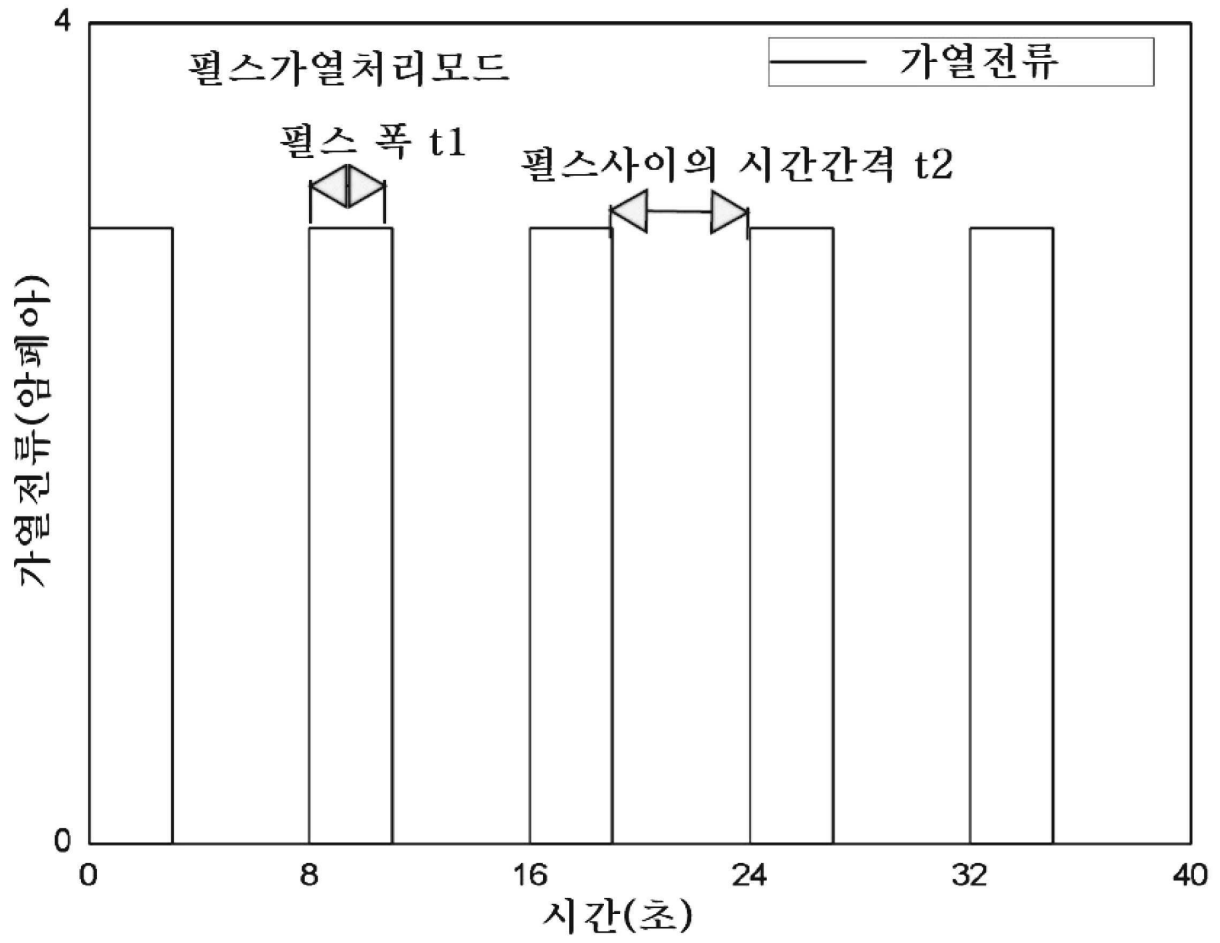
도면3e



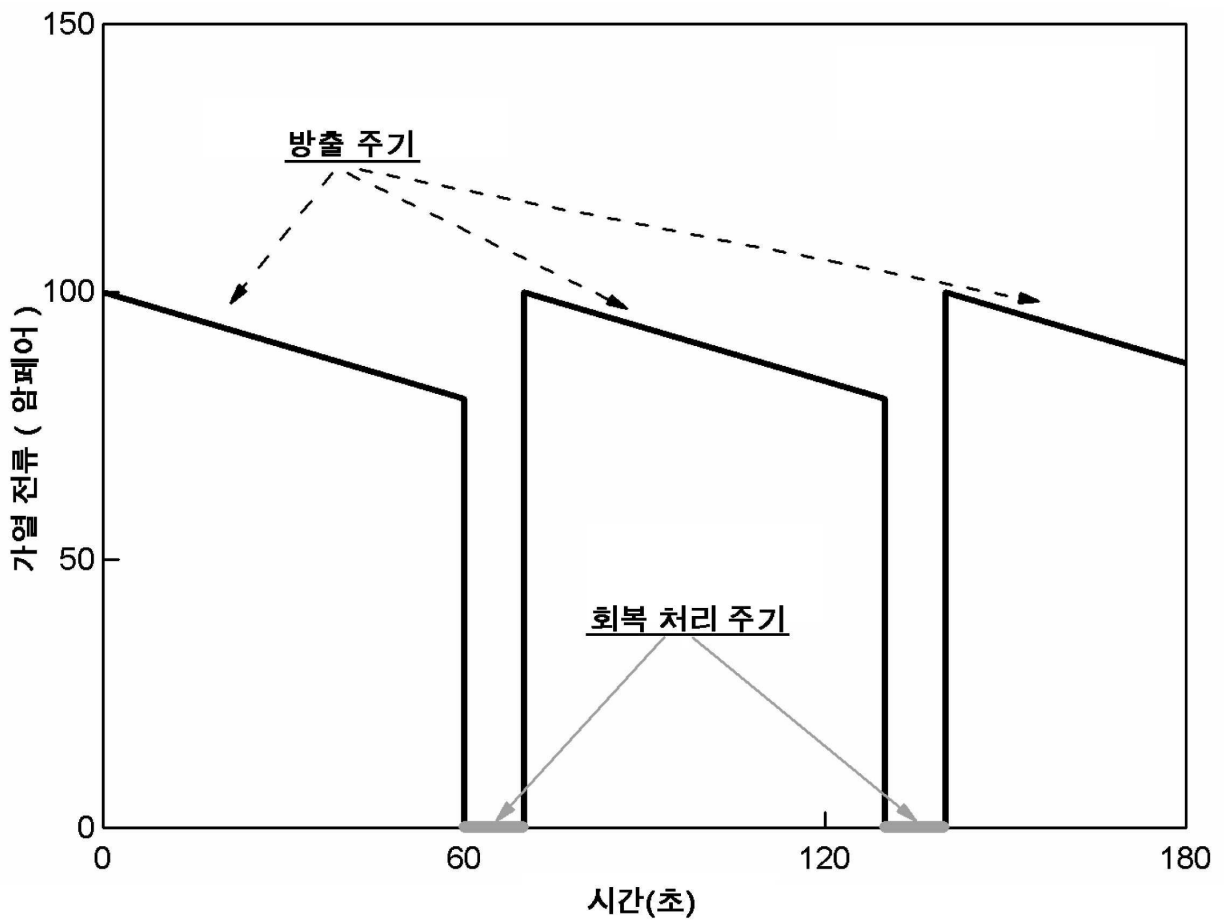
도면4a



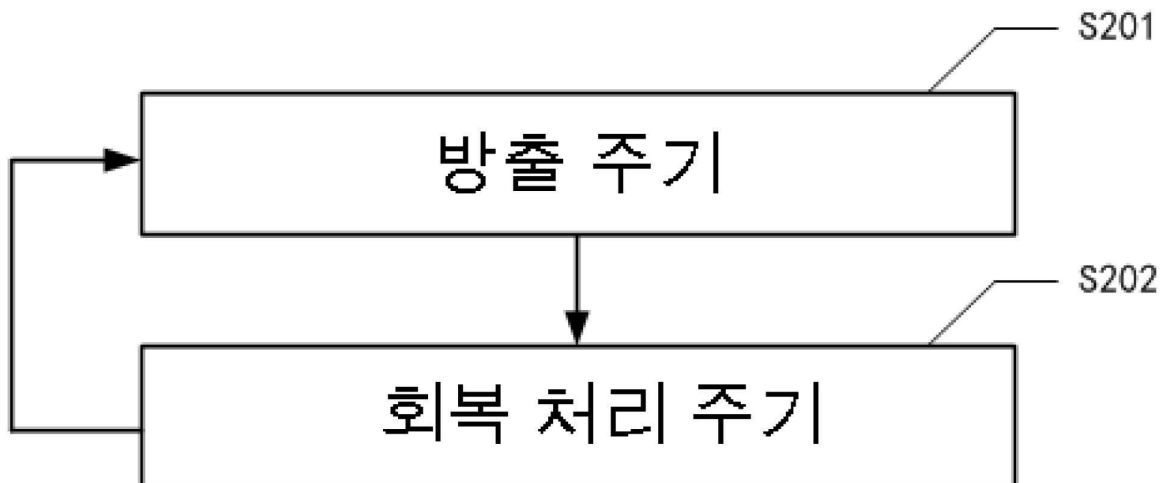
도면4b



도면4c



도면4d



도면5

