



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0138041  
(43) 공개일자 2023년10월05일

- |  |   |
|--|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br/>H01J 37/09 (2006.01) H01J 37/18 (2006.01)<br/>H01J 37/28 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류<br/>H01J 37/09 (2013.01)<br/>H01J 37/18 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2023-7031244</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2022년01월17일<br/>심사청구일자 2023년09월13일</p> <p>(85) 번역문제출일자 2023년09월13일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/EP2022/050900</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2022/175000<br/>국제공개일자 2022년08월25일</p> <p>(30) 우선권주장<br/>17/177,926 2021년02월17일 미국(US)</p> | <p>(71) 출원인<br/>아이씨티 인티그레이티드 씨킷 테스트링 게젤샤프트<br/>쾨어 할프라이터프뤼프테크닉 엠베하<br/>독일 하임슈테텐 암메르탈슈트라쎄 20 (우:85551)</p> <p>(72) 발명자<br/>아다텍, 파벨<br/>독일 85540 하르 암 시 29</p> <p>(74) 대리인<br/>양영준, 이호연, 백만기</p> |
|--|---|

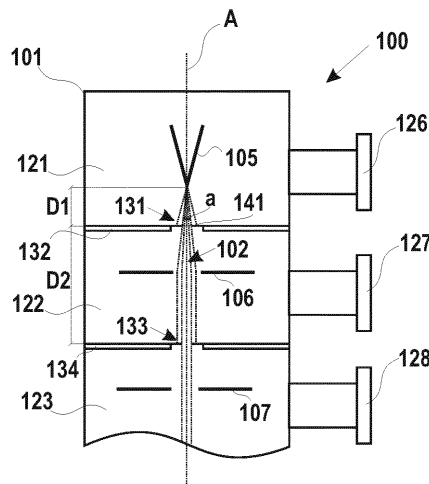
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 하전 입자 빔 장치, 주사 전자 현미경, 및 하전 입자 빔 장치를 작동시키는 방법

(57) 요약

하전 입자 빔 장치(100)가 설명된다. 하전 입자 빔 장치는, 광학 축(A)을 따라 하전 입자 빔(102)을 방출하기 위한 하전 입자 빔 방출기(105)가 배열되는 제1 진공 영역(121), 제1 진공 영역의 하류에 있고, 제1 차동 펌핑 애퍼처(131)를 갖는 제1 가스 분리 벽(132)에 의해 제1 진공 영역으로부터 분리되는 제2 진공 영역(122) - 제1 차동 펌핑 애퍼처(131)는 하전 입자 빔(102)을 위한 제1 빔 제한 애퍼처로서 구성됨 -; 및 제2 진공 영역의 하류에 있고, 제2 차동 펌핑 애퍼처(133)를 갖는 제2 가스 분리 벽(134)에 의해 제2 진공 영역으로부터 분리되는 제3 진공 영역(123) - 제2 차동 펌핑 애퍼처(133)는 하전 입자 빔(102)을 위한 제2 빔 제한 애퍼처로서 구성됨 - 을 포함한다. 주사 전자 현미경 및 하전 입자 빔 장치를 작동시키는 방법이 더 설명된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**H01J 37/28** (2020.05)

H01J 2237/188 (2013.01)

H01J 2237/28 (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

하전 입자 빔 장치로서,

광학 축(A)을 따라 하전 입자 빔을 방출하기 위한 하전 입자 빔 방출기가 배열되는 제1 진공 영역;

상기 제1 진공 영역의 하류에 있고, 제1 차동 펌핑 애퍼처를 갖는 제1 가스 분리 벽에 의해 상기 제1 진공 영역으로부터 분리되는 제2 진공 영역 - 상기 제1 차동 펌핑 애퍼처는 하전 입자 빔을 위한 제1 빔 제한 애퍼처로서 구성됨 -; 및

상기 제2 진공 영역의 하류에 있고, 제2 차동 펌핑 애퍼처를 갖는 제2 가스 분리 벽에 의해 상기 제2 진공 영역으로부터 분리되는 제3 진공 영역 - 상기 제2 차동 펌핑 애퍼처는 하전 입자 빔을 위한 제2 빔 제한 애퍼처로서 구성됨 -

을 포함하는, 하전 입자 빔 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

제1 집속 렌즈가 상기 제2 진공 영역에 배열되고, 상기 제1 집속 렌즈는 상기 제2 차동 펌핑 애퍼처의 하류의 상기 하전 입자 빔의 빔 전류를 조정하도록 구성되는, 하전 입자 빔 장치.

#### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

제2 집속 렌즈가 상기 제3 진공 영역에 배열되는, 하전 입자 빔 장치.

#### 청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 차동 펌핑 애퍼처 및 상기 제2 차동 펌핑 애퍼처 중 적어도 하나는 5  $\mu\text{m}$  이상 및 250  $\mu\text{m}$  이하의 개구부 직경을 갖는, 하전 입자 빔 장치.

#### 청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 하전 입자 빔 방출기와 상기 제1 차동 펌핑 애퍼처 사이의 제1 거리는 1 cm 이하, 특히, 1 mm 이하이고;

상기 제1 차동 펌핑 애퍼처와 상기 제2 차동 펌핑 애퍼처 사이의 제2 거리는 3 cm 이상 및 10 cm 이하인, 하전 입자 빔 장치.

#### 청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

적어도 상기 제1 진공 영역, 상기 제2 진공 영역 및 상기 제3 진공 영역을 포함하는 건 하우징을 포함하고, 상기 건 하우징은 적어도 제4 진공 영역을 포함하는 컬럼 하우징에 부착가능하거나 부착되는, 하전 입자 빔 장치.

#### 청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제3 진공 영역의 하류에 있고, 상기 하전 입자 빔을 위한 제3 차동 펌핑 애퍼처를 갖는 제3 가스 분리 벽

에 의해 상기 제3 진공 영역으로부터 분리되는 제4 진공 영역을 더 포함하는, 하전 입자 빔 장치.

**청구항 8**

제7항에 있어서,

상기 제3 차동 펌핑 애퍼처는 빔 제한 애퍼처가 아닌, 하전 입자 빔 장치.

**청구항 9**

제7항 또는 제8항에 있어서,

상기 제4 진공 영역은: 수차 보정기, 상기 하전 입자 빔을 시편 상에 집속하기 위한 대물 렌즈, 주사 편향기, 상기 하전 입자 빔으로부터 신호 하전 입자들을 분리하기 위한 빔 분리기, 및 하전 입자 검출기로 구성된 그룹 중 적어도 하나 이상을 하우징하는, 하전 입자 빔 장치.

**청구항 10**

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 진공 영역, 상기 제2 진공 영역, 상기 제3 진공 영역, 및 선택적으로 제4 진공 영역은 각각 진공 플랜지 및 상기 진공 플랜지에 연결된 각각의 진공 펌프를 갖는, 하전 입자 빔 장치.

**청구항 11**

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 하전 입자 빔 방출기는 전자 빔을 방출하기 위한 냉전계 방출기인, 하전 입자 빔 장치.

**청구항 12**

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 가스 분리 벽은 추출 전위로 설정되도록 구성된 전극 섹션을 포함하고, 상기 제1 차동 펌핑 애퍼처는 상기 전극 섹션에 제공되는, 하전 입자 빔 장치.

**청구항 13**

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서,

빔 정렬 배열이 상기 제2 진공 영역 및 상기 제3 진공 영역 중 적어도 하나에 제공되는, 하전 입자 빔 장치.

**청구항 14**

시편을 검사하기 위한 주사 전자 현미경으로서,

광학 축(A)을 따라 전자 빔을 방출하기 위한 냉전계 방출기가 배열되는 제1 진공 영역;

상기 제1 진공 영역의 하류에 있고, 제1 차동 펌핑 애퍼처를 갖는 제1 가스 분리 벽에 의해 상기 제1 진공 영역으로부터 분리되는 제2 진공 영역 - 상기 제1 차동 펌핑 애퍼처는 전자 빔을 위한 제1 빔 제한 애퍼처로서 구성됨 -;

상기 제2 진공 영역의 하류에 있고, 제2 차동 펌핑 애퍼처를 갖는 제2 가스 분리 벽에 의해 상기 제2 진공 영역으로부터 분리되는 제3 진공 영역 - 상기 제2 차동 펌핑 애퍼처는 전자 빔을 위한 제2 빔 제한 애퍼처로서 구성됨 -;

상기 제2 진공 영역 및 상기 제3 진공 영역 중 적어도 하나에 배열된 렌즈 배열;

상기 제3 진공 영역의 하류에 있고, 상기 전자 빔을 위한 제3 차동 펌핑 애퍼처를 갖는 제3 가스 분리 벽에 의해 상기 제3 진공 영역으로부터 분리되는 제4 진공 영역; 및

상기 제4 진공 영역에 배열된, 주사 편향기, 대물 렌즈 및 하전 입자 검출기 중 적어도 하나를 포함하는, 주사 전자 현미경.

**청구항 15**

하전 입자 빔 장치를 작동시키는 방법으로서,

제1 진공 영역, 상기 제1 진공 영역의 하류에 있고 제1 차동 펌핑 애퍼처를 갖는 제1 가스 분리 벽에 의해 상기 제1 진공 영역으로부터 분리된 제2 진공 영역, 및 상기 제2 진공 영역의 하류에 있고 제2 차동 펌핑 애퍼처를 갖는 제2 가스 분리 벽에 의해 상기 제2 진공 영역으로부터 분리된 제3 진공 영역을 배기하는 단계;

상기 제1 진공 영역에 하전 입자 빔을 생성하는 단계;

상기 하전 입자 빔의 외측 부분이 차단되도록, 상기 하전 입자 빔을 상기 제1 가스 분리 벽의 상기 제1 차동 펌핑 애퍼처를 통해 지향시키는 단계; 및

상기 하전 입자 빔의 외측 부분이 차단되도록, 상기 하전 입자 빔을 상기 제2 가스 분리 벽의 상기 제2 차동 펌핑 애퍼처를 통해 지향시키는 단계

를 포함하는, 방법.

**청구항 16**

제15항에 있어서,

상기 제2 진공 영역에 배열된 제1 집속 렌즈의 집속 강도를 조정함으로써 상기 제2 차동 펌핑 애퍼처의 하류의 상기 하전 입자 빔의 빔 전류를 조정하는 단계를 더 포함하는, 방법.

**청구항 17**

제15항 또는 제16항에 있어서,

상기 제3 진공 영역의 하류에 있고, 제3 차동 펌핑 애퍼처를 갖는 제3 가스 분리 벽에 의해 상기 제3 진공 영역 으로부터 분리되는 제4 진공 영역을 배기하는 단계, 및

특히, 본질적으로 상기 하전 입자 빔의 부분을 차단하지 않고, 상기 하전 입자 빔을 상기 제3 차동 펌핑 애퍼처 를 통해 상기 제4 진공 영역 내로 지향시키는 단계를 더 포함하는, 방법.

**청구항 18**

제17항에 있어서,

상기 제3 차동 펌핑 애퍼처는 300 μm 이상의 직경을 갖고, 상기 제3 차동 펌핑 애퍼처에서의 상기 하전 입자 빔 의 빔 직경은 150 μm 이하인, 방법.

**청구항 19**

제17항 또는 제18항에 있어서,

상기 하전 입자 빔은 상기 제4 진공 영역에 배열된 대물 렌즈에 의해 집속되고, 시편으로부터 방출된 신호 하전 입자들은 상기 제4 진공 영역에 배열된 하전 입자 검출기에 의해 검출되는, 방법.

**청구항 20**

제15항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 진공 영역이 10<sup>-11</sup> mbar의 최대 압력으로 배기되는 것,

상기 제2 진공 영역이 10<sup>-9</sup> mbar의 최대 압력으로 배기되는 것,

상기 제3 진공 영역이 10<sup>-8</sup> mbar의 최대 압력으로 배기되는 것 중 하나 이상이 적용되는, 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본원에 설명된 실시예들은 하전 입자 빔 장치에 관한 것으로, 특히, 검사 또는 이미징 시스템 응용들, 시험 시스템 응용들, 리소그래피 시스템 응용들, 전자 현미경들 등을 위한 전자 빔 장치에 관한 것이다. 구체적으로, 상이한 응용들에 사용가능한 하전 입자 빔을 제공하도록 구성된 하전 입자 빔 장치가 설명된다. 본원에 설명된 실시예들은 또한, 하전 입자 빔 장치를 작동시키는 방법들, 전자 빔을 제공하기 위한 건 하우징(gun housing) 배열 및 주사 전자 현미경에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 하전 입자 빔 장치들은 임계 치수, 결함 검토, 반도체 기관들의 검사, 웨이퍼들 및 다른 시편들, 리소그래피를 위한 노출 시스템들, 검출기 배열들, 이미징 시스템들 및 시험 시스템들을 포함하지만 이에 제한되지 않는 복수의 산업 분야들에서 많은 기능들을 갖는다. 따라서, 마이크로미터 및 나노미터 규모의 시편들을 구조화, 시험 및 검사하는 것에 대한 요구가 높다.

[0003] 마이크로미터 및 나노미터 규모의 프로세스 제어, 검사 또는 구조화는 종종, 하전 입자 빔 장치들, 예컨대, 전자 현미경들에서 생성되고 집속되는 하전 입자 빔들, 예를 들어, 전자 빔들을 이용하여 행해진다. 하전 입자 빔들은, 예를 들어, 광자 빔들과 비교하여 우수한 공간 해상도를 제공하고, 고해상도 이미징 및 검사를 가능하게 한다.

[0004] 일반적으로, 하전 입자 빔 장치들은 진공 조건들 하에서, 구체적으로 초고진공 조건들 하에서 작동된다. 특히, 하전 입자 빔 방출기는 전형적으로, 초고진공 조건들 하에서 배기식(evacuated) 건 하우징에 배열된다. 여전히, 원하지 않는 이온들, 이온화된 분자들 또는 다른 오염 입자들이 배기식 건 하우징에 존재할 수 있다. 오염 입자들이, 방출기에 의해 방출된 하전 입자들의 진하에 반대되는 진하를 갖는 경우, 입자들은 방출기를 향해 가속된다. 결과적으로, 방출기는 기계적으로 변형될 수 있거나, 그렇지 않으면, 예를 들어, 잡음 및 다른 빔 불안정성들을 도입할 수 있는, 방출기 표면 상의 입자들의 축적에 의해 부정적인 영향을 받을 수 있다.

[0005] 구체적으로, 하전 입자 빔 방출기의 영역에서의 오염 입자들은 불안정하거나 잡음있는 하전 입자 빔, 예를 들어, 가변 빔 전류 또는 가변 빔 프로파일로 이어질 수 있다. 그러므로, 하전 입자 빔 장치 내의, 구체적으로, 하전 입자 빔 방출기를 하우징하는 건 하우징 내의 진공 조건들이 중요하다.

[0006] 상기 내용을 고려하여, 하전 입자 빔 장치들에서 하전 입자 빔의 빔 안정성을 개선하고 건 하우징 내의 오염 입자들의 양을 감소시키는 것이 유익할 것이다. 구체적으로, 개선된 안정성을 갖고 하전 입자 빔을 방출하는 소형 하전 입자 빔 장치 및 주사 전자 현미경을 제공하는 것이 유익할 것이다. 또한, 예컨대, 개선된 빔 안정성을 갖는 하전 입자 빔을 제공하도록 하전 입자 빔 장치를 작동시키는 방법을 제공하는 것이 유익할 것이다.

**발명의 내용**

[0007] 상기 내용을 고려하여, 독립 청구항들에 따른, 하전 입자 빔 장치, 주사 전자 현미경, 및 하전 입자 빔 장치를 작동시키는 방법이 제공된다. 추가의 양상들, 장점들, 및 특징들은 종속 청구항들, 상세한 설명 및 첨부 도면들로부터 명백하다.

[0008] 일 양상에 따르면, 하전 입자 빔 장치가 제공된다. 하전 입자 빔 장치는, 광학 축을 따라 하전 입자 빔을 방출하기 위한 하전 입자 빔 방출기가 배열되는 제1 진공 영역; 제1 진공 영역의 하류에 있고, 제1 차동 펌핑 애퍼처를 갖는 제1 가스 분리 벽에 의해 제1 진공 영역으로부터 분리되는 제2 진공 영역 - 제1 차동 펌핑 애퍼처는 하전 입자 빔을 위한 제1 빔 제한 애퍼처로서 구성됨 -; 및 제2 진공 영역의 하류에 있고, 제2 차동 펌핑 애퍼처를 갖는 제2 가스 분리 벽에 의해 제2 진공 영역으로부터 분리되는 제3 진공 영역 - 제2 차동 펌핑 애퍼처는 하전 입자 빔을 위한 제2 빔 제한 애퍼처로서 구성됨 - 을 포함한다.

[0009] 일부 실시예들에서, 제1 진공 영역, 제2 진공 영역 및 제3 진공 영역은 적어도 제4 진공 영역을 포함하는 컬럼 하우징에 부착되거나 부착가능한 건 하우징에 의해 에워싸인다.

[0010] 다른 양상에 따르면, 시편을 검사하기 위한 주사 전자 현미경이 제공된다. 주사 전자 현미경은, 광학 축을 따라 전자 빔을 방출하기 위한 냉진계 방출기가 배열되는 제1 진공 영역; 제1 진공 영역의 하류에 있고, 제1 차동 펌핑 애퍼처를 갖는 제1 가스 분리 벽에 의해 제1 진공 영역으로부터 분리되는 제2 진공 영역 - 제1 차동 펌핑 애퍼처는 전자 빔을 위한 제1 빔 제한 애퍼처로서 구성됨 -; 제2 진공 영역의 하류에 있고, 제2 차동 펌핑 애퍼처를 갖는 제2 가스 분리 벽에 의해 제2 진공 영역으로부터 분리되는 제3 진공 영역 - 제2 차동 펌핑 애퍼처는 전자 빔을 위한 제2 빔 제한 애퍼처로서 구성됨 -; 제2 진공 영역 및 제3 진공 영역 중 적어도 하나에 제공되는

렌즈 배열; 제3 진공 영역의 하류에 있고, 전자 빔을 위한 제3 차동 펌핑 애퍼처를 갖는 제3 가스 분리 벽에 의해 제3 진공 영역으로부터 분리되는 제4 진공 영역; 제4 진공 영역에 배열된, 주사 편향기, 대물 렌즈 및 하전 입자 검출기 중 적어도 하나; 및 검사될 시편을 시편 스테이지 상에 배치하기 위한 시편 스테이지를 포함한다.

[0011] 다른 양상에 따르면, 하전 입자 빔 장치를 작동시키는 방법이 제공된다. 방법은 제1 진공 영역, 제1 진공 영역의 하류에 있고, 제1 차동 펌핑 애퍼처를 갖는 제1 가스 분리 벽에 의해 제1 진공 영역으로부터 분리된 제2 진공 영역, 및 제2 진공 영역의 하류에 있고, 제2 차동 펌핑 애퍼처를 갖는 제2 가스 분리 벽에 의해 제2 진공 영역으로부터 분리된 제3 진공 영역을 배기하는 단계; 제1 진공 영역에서 하전 입자 빔을 생성하는 단계; 제1 가스 분리 벽의 제1 차동 펌핑 애퍼처를 통해 하전 입자 빔을 지향시키는 단계 - 하전 입자 빔의 외측 부분은 차단됨 -; 및 제2 가스 분리 벽의 제2 차동 펌핑 애퍼처를 통해 하전 입자 빔을 지향시키는 단계 - 하전 입자 빔의 외측 부분은 차단됨 - 를 포함한다.

[0012] 다른 양상에 따르면, 하전 입자 빔 장치가 제공되고, 하전 입자 빔 장치는: 광학 축을 따라 하전 입자 빔을 방출하기 위한 하전 입자 빔 방출기가 배열되는 제1 진공 영역; 제1 진공 영역의 하류에 있고, 제1 차동 펌핑 애퍼처를 갖는 제1 가스 분리 벽에 의해 제1 진공 영역으로부터 분리되는 제2 진공 영역; 제2 진공 영역의 하류에 있고, 제2 차동 펌핑 애퍼처를 갖는 제2 가스 분리 벽에 의해 제2 진공 영역으로부터 분리되는 제3 진공 영역; 및 제3 진공 영역의 하류에 있고, 제3 가스 분리 벽에 의해 제3 진공 영역으로부터 분리되는 제4 진공 영역을 포함한다. 제3 가스 분리 벽은 하전 입자 빔을 위한 제3 차동 펌핑 애퍼처를 갖는다. 제4 진공 영역은 대물 렌즈 및 하전 입자 검출기 중 적어도 하나를 하우징한다. 본 실시예에서, 제1 차동 펌핑 애퍼처는 하전 입자 빔을 위한 제1 빔 제한 애퍼처로서 광학적으로 구성되고/거나, 제2 차동 펌핑 애퍼처는 하전 입자 빔을 위한 제2 빔 제한 애퍼처로서 선택적으로 구성된다.

[0013] 실시예들은 또한, 개시된 방법들을 수행하기 위한 장치들에 관한 것이고, 각각의 설명된 방법 특징을 수행하기 위한 장치 부분들을 포함한다. 방법 특징들은 하드웨어 구성요소들에 의해, 적절한 소프트웨어에 의해 프로그래밍된 컴퓨터에 의해, 그 둘의 임의의 조합에 의해, 또는 임의의 다른 방식으로 수행될 수 있다. 게다가, 실시예들은 또한, 설명된 장치들을 제조하는 방법들 및 설명된 장치들을 작동시키는 방법들에 관한 것이다. 이는 장치의 모든 기능을 수행하기 위한 방법 특징들을 포함한다.

**도면의 간단한 설명**

[0014] 본 개시내용의 위에서 언급된 특징들이 상세히 이해될 수 있도록, 위에 간략히 요약된 더 구체적인 설명이 실시예들을 참조하여 이루어질 수 있다. 첨부 도면들은 본 개시내용의 실시예들에 관한 것이고 이하에 설명된다:

- 도 1은 본원에 설명된 실시예들에 따른 하전 입자 빔 장치의 개략적인 단면도이고;
- 도 2는 상이한 상태의 도 1의 하전 입자 빔 장치를 도시하고;
- 도 3은 본원에 설명된 실시예들에 따른 하전 입자 빔 장치의 개략적인 단면도이고;
- 도 4는 본원에 설명된 실시예들에 따른 주사 전자 현미경의 개략적인 단면도이고;
- 도 5는 본원에 설명된 실시예들에 따른 하전 입자 빔 장치를 작동시키는 방법을 예시하는 흐름도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0015] 다양한 실시예에 대한 참조가 이제부터 상세히 이루어질 것이고, 그의 하나 이상의 예가 도면들에 예시된다. 이하의 설명 내에서, 동일한 참조 번호들은 동일한 구성요소들을 지칭한다. 일반적으로, 개별 실시예들에 대한 차이점들만이 설명된다. 각각의 예는 설명으로서 제공되며, 제한을 의미하지 않는다. 또한, 일 실시예의 일부로서 예시 또는 설명된 특징들은, 더 추가의 실시예를 생성하기 위해, 다른 실시예들에 또는 다른 실시예들과 함께 사용될 수 있다. 본 설명이 그러한 수정들 및 변형들을 포함하는 것이 의도된다.

[0016] 본 출원의 범위를 제한하지 않고, 이하에서, 하전 입자 빔 장치 또는 그의 부분들은 예시적으로, 신호 전자들의 검출을 위해 구성된 전자 빔 장치로 지칭될 것이다. 신호 하전 입자들은 특히, 2차 전자들 및/또는 후방산란된 전자들, 특히, 2차 및 후방산란된 전자들(SE들 및 BSE들) 양쪽 모두를 포괄한다. 그러나, 본원에 설명된 실시예들은 샘플 이미지 또는 검사 또는 처리 결과를 획득하기 위해 이온들의 형태의 2차 및/또는 후방산란된 하전 입자들과 같은 다른 미립자들을 검출하는 장치들에 대해 적용될 수 있음을 이해해야 한다. 이에 따라, 본원에 설명된 실시예들에서, 하전 입자들은 전자들로 제한되지 않는다.

- [0017] 도 1은 본원에 설명된 실시예들에 따른 하전 입자 빔 장치(100)의 개략적인 단면도이다. 하전 입자 빔 장치(100)는, 예를 들어, 전자 현미경에서, 예를 들어, 검사 또는 이미징 응용들에 사용될 수 있는 하전 입자 빔(102)을 제공하도록 구성된다.
- [0018] 하전 입자 빔 장치(100)는, 하나 이상의 진공 펌프를 이용하여, 특히, 초고진공으로 배기될 수 있는 건 하우징(101)을 포함한다. 하전 입자 빔 방출기(105), 특히, 전자 빔을 생성하기 위한 전자 방출기는 건 하우징(101)에 배열된다. 하전 입자 빔 방출기(105)를 갖는 건 하우징(101)은 하전 입자 빔 장치(도 1에 도시되지 않음)의 컬럼의 상류에 배치될 수 있다. 특히, 건 하우징(101)에서 생성되는 하전 입자 빔(102)은 검사 또는 이미징을 목적으로 대물 렌즈를 이용하여 시편 상에 집속될 수 있다.
- [0019] 하전 입자 빔 방출기들, 특히, 전자 방출기들은 건 챔버의 진공의 청정도에 매우 민감하다. 예를 들어, 방출기 표면 상에 축적될 수 있는 이온들 또는 다른 오염 입자들은 전자 공급원의 안정성을 손상시킬 수 있고, 빔 전류 및/또는 빔 형상의 변동들로 이어질 수 있다. 특히, 냉전계 방출에 기초하는 전자 방출기들은 진공의 청정도에 극도로 민감하다.
- [0020] 일부 하전 입자 빔 장치들은 건 챔버의 진공 조건들을 개선하기 위해 각각의 차동 펌핑 애퍼처에 의해 분리되는 수 개의 소위 차동 펌핑 섹션들을 사용한다. 차동 펌핑 섹션들은, 각각의 진공 펌프에 의해 개별적으로 펌핑될 수 있고 가장 상류의 진공 영역에서의 진공 조건들을 개선하기 위해 각각의 가스 분리 벽에 의해 분리되는 진공 영역들로서 이해될 수 있다. 하전 입자 빔이 광학 축을 따라 상류의 차동 펌핑 섹션으로부터 하류의 차동 펌핑 섹션으로 전파될 수 있도록, 차동 펌핑 애퍼처, 즉, 하전 입자 빔을 위한 작은 개구부가 가스 분리 벽에 제공될 수 있다. 본원에서 사용되는 바와 같은 "하류"는 광학 축(A)을 따른 하전 입자 빔의 전파 방향에서의 하류로서 이해될 수 있다.
- [0021] 그러나, 하전 입자 빔 장치 내의 가스 분리 벽들 및 각각의 차동 펌핑 애퍼처들은 전형적으로, 하전 입자 빔 장치의 복잡도를 증가시키고 소형화를 감소시킨다. 한편으로는 양호한 진공 조건들을 위한 그리고 다른 한편으로는 빔 광학 구성요소들에 의해 제공되는 소형화를 위한 모순되는 요건들은 충족시키기가 어렵다.
- [0022] 본원에 설명된 실시예들은, 하전 입자 빔 방출기(105)의 영역에서 우수한 진공 조건들, 및 그에 따른 양호한 빔 안정성을 또한 제공하는 소형 하전 입자 빔 장치를 제공한다. 도 1에 도시된 바와 같이, 하전 입자 빔 장치의 건 하우징(101)은, 각각의 가스 분리 벽들에 의해 분리되는 적어도 3개의 진공 영역들로 분할되고, 그에 의해, 적어도 3개의 차동 펌핑 섹션들이 건 하우징에 제공된다.
- [0023] 제1 진공 영역(121)(가장 상류의 진공 영역)은 광학 축(A)을 따라 지향될 하전 입자 빔(102)을 방출하도록 구성되는 하전 입자 빔 방출기(105)를 하우징한다. 제2 진공 영역(122)은 광학 축(A)의 방향으로 제1 진공 영역(121)의 하류에 배열되고, 제1 가스 분리 벽(132)에 의해 제1 진공 영역(121)으로부터 분리된다. 제1 차동 펌핑 애퍼처(131)는 제1 가스 분리 벽(132)에 제공되고, 그에 의해, 하전 입자 빔(102)은 광학 축(A)을 따라 제1 진공 영역(121)으로부터 제2 진공 영역(122) 내로 전파될 수 있다. 제3 진공 영역(123)은 광학 축(A)의 방향으로 제2 진공 영역(122)의 하류에 배열되고, 제2 가스 분리 벽(134)에 의해 제2 진공 영역(122)으로부터 분리된다. 제2 차동 펌핑 애퍼처(133)는 제2 가스 분리 벽(134)에 제공되고, 그에 의해, 하전 입자 빔은 제2 차동 펌핑 애퍼처(133)를 통해 광학 축(A)을 따라 제2 진공 영역(122)으로부터 제3 진공 영역(123) 내로 전파될 수 있다.
- [0024] 각각의 진공 영역은 각각의 진공 플랜지를 가질 수 있고, 그에 의해, 각각의 진공 영역은 적어도 하나의 각각의 진공 펌프에 의해 개별적으로 펌핑될 수 있다. 이는, 하전 입자 빔을 하우징하는 제1 진공 영역(121)에 대해 더 높은 배경 압력을 갖는 시편 챔버에 더 가깝게 배열되는 제3 진공 영역(123)으로부터의 진공 조건들의 단계적 개선을 가능하게 한다. 예를 들어, 제1 진공 영역(121)은 제1 진공 펌프를 부착하기 위한 제1 진공 플랜지(126)를 가질 수 있고, 제2 진공 영역(122)은 제2 진공 펌프를 부착하기 위한 제2 진공 플랜지(127)를 가질 수 있고, 제3 진공 영역(123)은 제3 진공 펌프를 부착하기 위한 제3 진공 플랜지(128)를 가질 수 있다.
- [0025] 본원에 설명된 실시예들에 따르면, 제1 차동 펌핑 애퍼처(131) 및 제2 차동 펌핑 애퍼처(133) 양쪽 모두는 빔 광학 애퍼처들인데, 즉, 제1 및 제2 차동 펌핑 애퍼처들 양쪽 모두는 하전 입자 빔(102)의 형상 및/또는 치수에 영향을 미친다. 다시 말해서, 제1 및 제2 차동 펌핑 애퍼처들은 하전 입자 빔 방출기가 배열되는 제1 진공 영역에서의 진공 조건들을 개선하기 위한 것일 뿐만 아니라, 제1 및 제2 차동 펌핑 애퍼처들은 또한, 하전 입자 빔에 영향을 미치는 빔 광학 시스템의 일부이다. 그러므로, 제1 및 제2 차동 펌핑 애퍼처들은 또한, "빔 광학 압력 스테이지 애퍼처들" 또는 "빔 한정 압력 스테이지 애퍼처들"로 지칭될 수 있다. 구체적으로, 제1 차동 펌



펌 에어퍼처(131)는 하전 입자 빔을 위한 제1 빔 제한 에어퍼처로서 구성되고, 제2 차동 펌핑 에어퍼처(133)는 하전 입자 빔을 위한 제2 빔 제한 에어퍼처로서 구성된다.

- [0026] "빔 제한 에어퍼처"는 장치의 작동 동안 하전 입자 빔의 외측 부분을 차단함으로써 빔 치수들에 영향을 미치는 빔 광학 에어퍼처로서 이해될 수 있다. 특히, "빔 제한 에어퍼처"는 빔 크기를 적절하게 제한할 수 있고, 미리 결정된 전류 및/또는 치수를 갖는 하전 입자 빔을 제공한다. "차동 펌핑 에어퍼처" 또는 "압력 스테이지 에어퍼처"는 에어퍼처의 상류 및 하류의 진공 영역들 사이의 차동 펌핑을 용이하게 하는 가스 분리 벽의 에어퍼처로서 이해될 수 있다. 전형적으로, 차동 펌핑 에어퍼처의 2개의 대향 측들 상의 압력들은 장치의 작동 동안 적어도 한 자릿수만큼 상이하다. 이에 따라, 제1 진공 영역에 배열된 하전 입자 빔 방출기는, 그의 하류에 배열된 진공 영역들로부터 그리고 하전 입자 빔 장치의 이러한 "하부" 섹션들로부터, 특히, 검사될 시편이 배열되는 시편 챔버로부터 올 수 있는 잔류 가스들로부터 효율적으로 격리될 수 있다.
- [0027] 제1 차동 펌핑 에어퍼처(131) 및 제2 차동 펌핑 에어퍼처(133)가 또한, 하전 입자 빔 장치에서 빔 광학 구성요소들로서 구성되고 따라서 "다목적 구성요소들"이므로, 하전 입자 빔 장치의 소형화는, 하전 입자 빔 방출기가 차동 펌핑을 통해 배열되는 제1 진공 영역에서의 진공 조건들을 개선하면서 유지될 수 있다. 구체적으로, 제1 진공 영역(121)의 극도로 높은 진공은 검사될 시편이 배열될 시편 챔버의 온건한 진공으로부터 격리될 수 있다. 특히, 제1 차동 펌핑 에어퍼처(131) 및/또는 제2 차동 펌핑 에어퍼처(133)는 선택적으로 추가적으로 또한, 일부 실시예들에서 전극에 통합되거나 전극으로서, 예를 들어, 추출기 전극으로서 그리고/또는 애노드로서 사용될 수 있고, 그러므로, 진공 구성요소들뿐만 아니라 빔 제한 및 빔 형성 구성요소들일 수 있다.
- [0028] 본원에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에서, 적어도 하나의 렌즈가 제2 진공 영역(122)에 배열될 수 있다. 특히, 제1 집속 렌즈(106)는 제2 진공 영역(122)에 배열될 수 있다. 제1 집속 렌즈(106)는 빔 발산을 조정하고 따라서, 그의 하류에 배열된 제2 차동 펌핑 에어퍼처(133)를 통해 전파될 하전 입자 빔(102)의 부분을 조정하도록 구성될 수 있다. 이에 따라, 제1 집속 렌즈(106)는 제2 차동 펌핑 에어퍼처(133)의 하류의 하전 입자 빔(102)의 빔 전류를 조정하도록 구성될 수 있다.
- [0029] 제1 집속 렌즈(106)를 통한 빔 전류 조정이 도 1 및 도 2에 개략적으로 예시된다. 도 1에서, 제1 집속 렌즈(106)는 본질적으로 시준된 빔을 제공하도록 여기되고, 본질적으로 시준된 빔의 내측 부분은, 빔 제한 에어퍼처로서 작용하는 제2 차동 펌핑 에어퍼처(133)를 통해 전파된다. 도 2에서, 제1 집속 렌즈(106)는 약간 발산하는 빔을 제공하기 위해 상이하게 여기되고, 그에 의해, 도 1과 비교하여 동일한 치수를 갖지만 감소된 빔 전류를 갖는 약간 발산하는 빔의 내측 부분이, 제2 빔 제한 에어퍼처로서 작용하는 제2 차동 펌핑 에어퍼처(133)를 통해 전파된다. 이에 따라, 제2 차동 펌핑 에어퍼처(133) 하류의 빔 전류는, 제1 집속 렌즈(106)의 여기를 조정함으로써, 즉, 제1 집속 렌즈(106)와 제2 차동 펌핑 에어퍼처(133)의 협력을 통해 감소되거나 증가될 수 있다.
- [0030] 일부 실시예들에서, 제1 집속 렌즈(106)는, 제2 차동 펌핑 에어퍼처(133)의 하류에서의 빔 전류를 500 pA 이하의 제1 값과 40 nA 이상의 제2 값 사이, 특히, 50 pA 이하의 제1 값과 100 nA 이상의 제2 값 사이의 범위에서 조정하도록 구성된다.
- [0031] 제1 집속 렌즈(106)에는, 광학 축(A)에 대한 제1 집속 렌즈(106)의 중심맞춤을 허용하는 정렬 시스템, 예를 들어, 기계적 정렬 시스템이 제공될 수 있다. 이는, 기생 광학 수차들이 감소된 또는 최소화된 시스템의 작동을 가능하게 한다.
- [0032] 일부 실시예들에서, 빔 정렬 배열, 예를 들어, 빔 편향기는 제2 진공 영역(122)에 배열된다. 빔 편향기는 빔의 전파 방향을 변화시킨다. 예를 들어, 하전 입자 빔의 전파 방향이 하전 입자 빔 장치의 광학 축(A)에 대응하는 것을 보장하기 위해 그리고/또는 하전 입자 빔이 제2 차동 펌핑 에어퍼처(133)에 동축으로 충돌하는 것을 보장하기 위해 빔 편향기가 제2 진공 영역(122)에 제공될 수 있다. 이는 제2 차동 펌핑 에어퍼처의 하류의 본질적으로 회전 대칭인 빔 프로파일을 용이하게 한다. 제2 진공 영역(122) 내에 위치한 빔 정렬 배열은 빔 정렬을 더 용이하게 한다. 일부 실시예들에서, 렌즈(예를 들어, 제1 집속 렌즈(106)) 및 빔 정렬 배열(도면들에 도시되지 않음) 양쪽 모두가 제2 진공 영역(122)에 제공된다.
- [0033] 일부 실시예들에서, 렌즈, 예를 들어, 집속 렌즈는 제3 진공 영역(123)에 배열된다. 특히, 제1 집속 렌즈(106)는 제2 진공 영역(122)에 배열될 수 있고, 제2 집속 렌즈(107)는 제3 진공 영역(123)에 배열될 수 있다. 제2 집속 렌즈(107)는 제2 집속 렌즈(107)의 하류에 미리 결정된 빔 발산(예를 들어, 시준된 빔)을 제공하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제2 집속 렌즈(107)의 여기는 제1 집속 렌즈(106)의 여기에 따라 설정될 수 있고, 그에 의해, 미리 결정된 빔 발산이, 상이한 빔 전류들에 대해 제2 집속 렌즈(107)의 하류에 제공될 수 있다. 제1

및 제2 집속 렌즈들(및 제2 및/또는 제3 진공 영역의 선택적인 추가의 집속 렌즈들)은 하전 입자 빔 장치의 집속 렌즈 배열을 구성할 수 있다.

- [0034] 일부 실시예들에서, 빔 정렬 배열, 예를 들어, 빔 편향기는 제3 진공 영역(123)에 위치된다. 예를 들어, 하전 입자 빔의 전파 방향이 하전 입자 빔 장치의 광학 축(A)에 대응하는 것을 보장하기 위해 그리고/또는 하전 입자 빔이 컬럼 하우징 및/또는 대물 렌즈에 동축으로 진입하는 것을 보장하기 위해 빔 편향기가 제3 진공 영역(123)에 제공될 수 있다. 제3 진공 영역(123) 내에 위치된 빔 정렬 배열은 빔 정렬을 더 용이하게 한다. 일부 실시예들에서, 렌즈(예를 들어, 제2 집속 렌즈(107)) 및 빔 정렬 배열(도면들에 도시되지 않음) 양쪽 모두가 제3 진공 영역(123)에 제공된다.
- [0035] 제2 집속 렌즈(107)에는, 광학 축(A)에 대한 제2 집속 렌즈(107)의 중심맞춤을 허용하는 정렬 시스템, 예를 들어, 기계적 정렬 시스템이 제공될 수 있다. 이는, 기생 광학 수차들이 감소된 또는 최소화된 시스템의 작동을 가능하게 한다.
- [0036] 제1 빔 제한 애퍼처로서 작용하는 제1 차동 펌핑 애퍼처(131)는 제2 진공 영역(122)에 진입하는 하전 입자 빔의 형상 및/또는 크기를 한정할 수 있다. 구체적으로, 하전 입자 빔 방출기(105)에 의해 방출된 하전 입자들은, 예를 들어, 추출기 전극에 의해 또는 추출 전위로 설정된 제1 가스 분리 벽(132)의 전극 섹션에 의해 제1 차동 펌핑 애퍼처(131) 쪽으로 가속될 수 있고, 제2 진공 영역에서의 하전 입자 빔(102)은 제1 차동 펌핑 애퍼처(131)를 통해 전파되는 하전 입자들에 의해 형성된다. 이에 따라, 제1 차동 펌핑 애퍼처(131)의 하류의 하전 입자 빔(102)의 빔 전류는 제1 차동 펌핑 애퍼처(131)의 개구부 크기에 의해 한정된다. 광학 축(A)에 대해 큰 각도로 하전 입자 빔 방출기(105)에 의해 방출된 하전 입자들은 제1 빔 제한 애퍼처의 개구부를 둘러싸는 제1 가스 분리 벽(132)에 의해 차단되고, 광학 축(A)에 대해 작은 각도로 방출된 하전 입자들은 제1 빔 제한 애퍼처를 통과하여 제2 진공 영역에 하전 입자 빔(102)을 형성한다.
- [0037] 일부 실시예들에서, 제1 차동 펌핑 애퍼처(131)는 20 nA 이상 내지 200 nA 이하, 예를 들어, 약 50 nA의 빔 전류를 갖는 하전 입자 빔(102)을 형성하도록 크기가 정해질 수 있다. 하전 입자 빔 장치의 컬럼에 진입하는 빔 전류의 미세 조정은, 위에서 설명된 바와 같이, 제2 차동 펌핑 애퍼처(133)와 협력하여 제1 집속 렌즈(106)를 이용하여 행해질 수 있다. 예를 들어, 제1 차동 펌핑 애퍼처(131)는 미리 결정된 빔 전류를 갖는 하전 입자 빔(102)을 항상 형성하도록 크기가 정해질 수 있고, 그 하류에 배열된 제2 차동 펌핑 애퍼처(133)는 하전 입자 빔 장치의 실제 응용 모드에 따라 시편 상에 집속될 하전 입자 빔(102)의 빔 전류를 조정할 수 있다. 예를 들어, 고처리량 응용들에 대해서는 더 높은 빔 전류가 제공될 수 있고, 고해상도 응용에 대해서는 더 낮은 빔 전류가 제공될 수 있다.
- [0038] 특히, 제1 차동 펌핑 애퍼처(131)는 하전 입자 빔 방출기의 최대 빔 방출 각도에 대응하는 크기보다 작은 개구부 크기를 가질 수 있고, 그에 의해, 하전 입자 빔(102)의 외측 부분은 제1 차동 펌핑 애퍼처(131)에 의해 차단되고, 미리 결정된 치수 및 형상을 갖는 하전 입자 빔(102)이 제1 차동 펌핑 애퍼처(131)에 의해 형성된다. 예를 들어, 제1 차동 펌핑 애퍼처(131)의 개구부 크기는 5 ° 이하의 방출 각도(a)에 대응할 수 있고/거나, 하전 입자 빔 방출기(105)의 최대 방출 각도는 10 ° 이상일 수 있다.
- [0039] 본원에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에서, 제1 차동 펌핑 애퍼처(131)는 10 μm 이상 및 250 μm 이하의 개구부 직경, 특히, 10 μm 이상 및 100 μm 이하의 직경을 갖는다. 제1 차동 펌핑 애퍼처(131)는 둥근 빔 프로파일을 형성하기에 적합한 둥근 또는 원형 빔 개구부를 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 하전 입자 빔 방출기(105)와 제1 차동 펌핑 애퍼처(131) 사이의 거리(D1)는 10 mm 이하, 특히, 2 mm 이하, 더 특히, 1 mm 이하일 수 있다. 하전 입자 빔 방출기(105)로부터의 거리 및 그러한 형상을 갖는 제1 차동 펌핑 애퍼처(131)는, 다양한 응용들에 적합한 양호한 빔 프로파일 및 빔 형상 및 빔 전류를 갖는 하전 입자 빔을 형성하기에 적합하다.
- [0040] 차동 펌핑을 용이하게 하는 차동 펌핑 애퍼처들은 전형적으로, 빔 광학 시스템의 일부가 아니고, 그러므로, 본원에 설명된 실시예들과 상이한, 하전 입자 빔과의 상호작용을 회피하기 위해, 예를 들어, 1 mm 이상의 통상적으로 훨씬 더 큰 직경들을 갖는다는 점을 주목해야 한다.
- [0041] 본원에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에서, 제2 차동 펌핑 애퍼처(133)는 5 μm 이상 및 250 μm 이하의 개구부 직경, 특히, 10 μm 이상 및 100 μm 이하의 직경을 갖는다. 제2 차동 펌핑 애퍼처(133)는 둥근 빔 프로파일을 갖는 빔을 형성하기에 적합한 원형 또는 둥근 빔 개구부를 가질 수 있다. 그러한 개구부를 갖는 제2 차동 펌핑 애퍼처(133)는, 미리 결정된 빔 프로파일을 유지하면서 제1 집속 렌즈(106)와 협력하여 빔

전류를 적절하게 조정하는 데 적합하다. 일부 실시예들에서, 광학 축(A)을 따른 제1 차동 펌핑 애퍼처(131)와 제2 차동 펌핑 애퍼처(133) 사이의 제2 거리(D2)는 3 cm 이상 및 10 cm 이하, 특히, 약 5 cm일 수 있다. 상기 치수를 갖는 2개의 압력 스테이지 애퍼처들 사이의 제2 진공 영역(122)의 연장부는 차동 펌핑을 효율적으로 용이하게 하기에 적합하다. 예를 들어, 제2 진공 영역에서의 제2 압력은 제3 진공 영역에서의 제3 압력보다 적어도 한 자릿수 더 낮을 수 있고, 제1 진공 영역에서의 제1 압력은 제2 진공 영역에서의 제2 압력보다 적어도 한 자릿수 더 낮을 수 있다.

[0042] 본원에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에서, 하전 입자 빔 방출기(105)는 냉전계 방출에 의해 전자 빔을 방출하도록 구성된 냉전계 방출기(CFE)일 수 있다. 냉전계 방출기는 건 하우징의 오염에 특히 민감하고, 그에 의해, 초고진공은 냉전계 방출기들인 하전 입자 빔 방출기들에 특히 유익하다. 냉전계 방출기는 텅스텐 팁을 가질 수 있다.

[0043] 다른 실시예들에서, 하전 입자 빔 방출기(105)는 다른 유형의 전자 방출기, 예를 들어, 쇼트키 유형의 방출기의 고온전계 방출기(TFE)일 수 있다. 일부 실시예들에서, 하전 입자 빔 방출기는 이온 공급원을 포함할 수 있다.

[0044] 쇼트키 또는 TFE 방출기들은 최대  $2 \times 10^8 \text{ Am}^{-2} (\text{SR})^{-1} \text{ V}^{-1}$ 의 측정된 감소된 휘도로 현재 이용가능하고, CFE 방출기들은 최대  $5 \times 10^9 \text{ Am}^{-2} (\text{SR})^{-1} \text{ V}^{-1}$ 의 측정된 감소된 휘도를 갖는다. 적어도  $5 \times 10^7 \text{ Am}^{-2} (\text{SR})^{-1} \text{ V}^{-1}$ 를 갖는 하전 입자 빔이 유익할 수 있다. 본 개시내용의 실시예들에 따르면, 고휘도 방출기가 제공될 수 있다. 이에 따라, 높은 처리량을 허용하는 각각의 빔렛에 대해 신호 대 잡음비가 제공되도록 유익한 전류가 시편 상의 각각의 빔렛에 대해 제공될 수 있다. 예를 들어, 본원에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 방출기는  $1 \times 10^8 \text{ Am}^{-2} (\text{SR})^{-1} \text{ V}^{-1}$  내지  $5 \times 10^8 \text{ Am}^{-2} (\text{SR})^{-1} \text{ V}^{-1}$ 의 휘도, 또는 위에서 설명된 바와 같이 훨씬 더 높은 휘도를 가질 수 있다.

[0045] 일부 구현들에서, 제1 가스 분리 벽(132)은 추출 전위로 설정되도록 구성된 전극 섹션(141)을 포함할 수 있고, 제1 차동 펌핑 애퍼처(131)는 제1 가스 분리 벽의 전극 섹션에 제공될 수 있다. 이에 따라, 제1 차동 펌핑 애퍼처(131)는, 하전 입자 빔 방출기(105)의 전위에 반대되는 전위로, 예를 들어, 전자 추출을 위한 양의 전위로 설정될 수 있는 애노드로서 그리고/또는 추출 전극으로서 동시에 사용될 수 있다.

[0046] 일부 실시예들에서, 진공 밸브(도 1에 예시되지 않음)가 제3 진공 영역(123)의 하류 단부에 배열되고, 그에 의해, 제1 진공 영역, 제2 진공 영역, 및 제3 진공 영역을 포함하는 건 하우징(101)이 하전 입자 빔 장치(100)의 나머지 내측 공간으로부터 격리될 수 있다. 이에 따라, 예를 들어, 대기압 하에서 하전 입자 빔 장치의 다른 부분들, 예컨대, 시편 챔버 또는 대물 렌즈의 유지보수 또는 서비스 동안 건 하우징(101) 내의 초고진공이 유지될 수 있다.

[0047] 도 3은 본원에 설명된 실시예들에 따른 하전 입자 빔 장치(200)의 개략적인 단면도이다. 하전 입자 빔 장치(200)는 도 1 및 도 2에 도시된 하전 입자 빔 장치(100)의 일부 특징들 또는 모든 특징들을 포함할 수 있고, 그에 의해, 상기 설명들에 대한 참조가 이루어질 수 있으며, 이는 여기서 반복되지 않는다.

[0048] 하전 입자 빔 장치(200)는 3개의 진공 영역들, 즉, 하전 입자 빔 방출기(105)를 하우징하는 제1 진공 영역(121), 제1 진공 영역(121)의 하류의 제2 진공 영역(122), 및 제2 진공 영역(122)의 하류의 제3 진공 영역(123)을 갖는 건 하우징(101)을 포함한다. 진공 영역들은 각각의 가스 분리 벽들에 의해 분리되는 차동 펌핑 섹션들로서 구성되며, 하전 입자 빔을 위한 압력 스테이지 애퍼처가 각각의 가스 분리 벽에 제공된다. 이에 따라, 하전 입자 빔은, 제1 진공 영역에서 양호한 진공 조건들을 유지하면서, 하전 입자 빔 방출기(105)로부터 광학 축(A)을 따라 제1, 제2, 및 제3 진공 영역들을 통해 전파될 수 있다.

[0049] 도 3에 개략적으로 도시된 바와 같이, 제4 진공 영역(124)은 광학 축(A)을 따른 방향으로 제3 진공 영역(123)의 하류에 제공될 수 있다. 제4 진공 영역(124)은 제3 가스 분리 벽(136)에 의해 제3 진공 영역(123)으로부터 분리될 수 있고, 하전 입자 빔(102)을 위한 제3 차동 펌핑 애퍼처(135)가 제3 가스 분리 벽(136)에 제공될 수 있다.

[0050] 제4 진공 영역(124)은 하나 이상의 광학 구성요소(도 3에서 참조 번호 108로 개략적으로 표시됨), 예를 들어: 수차 보정기, 하전 입자 빔을 시편 상에 집속하기 위한 대물 렌즈, 주사 편향기, 하전 입자 빔으로부터 신호 하전 입자들을 분리하기 위한 빔 분리기, 및 하나 이상의 하전 입자 검출기로 구성된 그룹 중 적어도 하나 이상을 하우징할 수 있다. 제4 진공 영역(124)은 빔 광학 구성요소들 중 대부분을 하우징하는 하전 입자 빔 장치의 주 진공 영역을 구성할 수 있고, 그러므로, 제4 진공 영역(124)을 에워싸는 진공 인클로저는 또한, 하전 입자 빔

장치의 컬럼 하우징(111)으로 지칭될 수 있다.

- [0051] 일부 실시예들에서, 건 하우징(101)은 컬럼 하우징에 탈착가능하게 부착된다. 본원에 설명된 일부 실시예들은 또한, 컬럼 하우징(111)에 연결되지 않는 그러한 건 하우징(101)에 관한 것이다.
- [0052] 제3 진공 영역(123)을 제4 진공 영역(124)으로부터 분리하는 제3 가스 분리 벽(136)은 검사될 시편이 배열되는 시편 챔버에 관하여 제1 진공 영역(121)에서의 진공 조건들을 더 개선할 수 있고, 컬럼 하우징(111)에서 제4 진공 영역(124)에 관하여 제1 진공 영역(121)의 효율적인 진공 격리를 가능하게 할 수 있다.
- [0053] 일부 실시예들에서, 건 하우징(101)(제1 진공 영역(121), 제2 진공 영역(122), 및 제3 진공 영역(123)을 포함함)은 컬럼 하우징(111)(대물 렌즈를 포함하는, 컬럼의 광학 구성요소들의 대부분을 하우징하는 제4 진공 영역(124)을 포함함)에 부착되고 컬럼 하우징으로부터 분리될 수 있는 "빔 방출기 모듈"을 형성한다. 건 하우징(101)에는, 차동 펌핑을 가능하게 하는 적어도 3개의 진공 영역들이 제공되므로, 제1 진공 영역에 배열된 하전 입자 빔 방출기(105)의 효율적인 진공 격리가 제공된다.
- [0054] 일부 실시예들에서, 진공 밸브(151)가 제3 진공 영역(123)의 하류 단부에 배열되고, 특히, 제3 가스 분리 벽(136)에 제공되며, 제3 진공 영역의 하류 단부를 개방하고/거나 폐쇄하도록 구성된다. 이에 따라, 건 하우징(101)은, 예를 들어, 컬럼 하우징(111)에 배열된 광학 구성요소들의 서비스 또는 유지보수 동안, 컬럼 하우징(111)으로부터 격리될 수 있고, 그에 의해, 제4 진공 영역(124)(또는 제4 진공 영역의 하류의 진공 영역)이 가스 또는 공기로 범람하더라도, 제1 진공 영역에서의 초고진공이 유지될 수 있다.
- [0055] 제3 차동 펌핑 애퍼처(135)는 일부 실시예들에서 300  $\mu\text{m}$  이상 및 2 mm 이하의 개구부 직경을 가질 수 있다. 이러한 직경은 효율적인 차동 펌핑을 용이하게 하기에 적합하다.
- [0056] 일부 실시예들에서, 제3 차동 펌핑 애퍼처(135)는 빔 광학 애퍼처로서 구성되지 않는다. 구체적으로, 제3 차동 펌핑 애퍼처(135)는 하전 입자 빔의 외측 부분을 차단하도록 구성된 빔 제한 애퍼처가 아닐 수 있다. 다시 말해서, 제3 차동 펌핑 애퍼처(135)의 직경은 제3 차동 펌핑 애퍼처(135)의 위치에서의 빔 직경보다 클 수 있고, 그에 의해, 제3 차동 펌핑 애퍼처(135)는, 본질적으로 전체 하전 입자 빔이 그를 통과하는 것을 허용한다. 일부 실시예들에서, 제3 차동 펌핑 애퍼처(135)에서의 빔 직경은 50  $\mu\text{m}$  이상 및 200  $\mu\text{m}$  이하, 특히, 150  $\mu\text{m}$  이하일 수 있고, 제3 차동 펌핑 애퍼처(135)의 직경은 빔 직경보다 클 수 있는데, 예컨대, 300  $\mu\text{m}$  이상일 수 있다.
- [0057] 그러나, 본원에 설명된 실시예들은 광학 시스템의 일부가 아닌 제3 차동 펌핑 애퍼처로 제한되지 않으며, 다른 실시예들에서, 또한, 제3 차동 펌핑 애퍼처(135)는 광학 애퍼처, 특히, 빔 제한 애퍼처일 수 있다. 후자의 경우에, 제3 차동 펌핑 애퍼처는 더 작은, 예를 들어, 250  $\mu\text{m}$  이하, 또는 심지어 100  $\mu\text{m}$  이하의 개구부 직경을 가질 수 있다.
- [0058] 본원에 설명된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에서, 각각의 진공 영역은 진공 펌프를 부착하기 위한 진공 플랜지를 가질 수 있다. 구체적으로, 제1 진공 영역(121)은 제1 진공 영역을 직접 배기하기 위한 제1 진공 펌프를 부착하기 위한 제1 진공 플랜지(126)를 가질 수 있고, 제2 진공 영역(122)은 제2 진공 영역을 직접 배기하기 위한 제2 진공 펌프를 부착하기 위한 제2 진공 플랜지(127)를 가질 수 있고, 제3 진공 영역(123)은 제3 진공 영역을 직접 배기하기 위한 제3 진공 펌프를 부착하기 위한 제3 진공 플랜지(128)를 가질 수 있고, 제4 진공 영역(124)은 제4 진공 영역을 직접 배기하기 위한 제4 진공 펌프를 부착하기 위한 제4 진공 플랜지(129)를 가질 수 있다.
- [0059] 일부 실시예들에서, 광학 축(A)을 따른 제2 차동 펌핑 애퍼처(133)와 제3 차동 펌핑 애퍼처(135) 사이의 제3 거리(D3)는 3 cm 이상 및 10 cm 이하, 특히, 약 5 cm일 수 있다. 상기 치수를 갖는 2개의 압력 스테이지 애퍼처들 사이의 제3 진공 영역(123)의 연장부는 효율적인 차동 펌핑을 용이하게 하기에 적합하다. 특히, 제3 진공 영역에서의 제3 압력은 제4 진공 영역에서의 제4 압력보다 적어도 한 자릿수 더 낮을 수 있고, 제2 진공 영역에서의 제2 압력은 제3 진공 영역에서의 제3 압력보다 적어도 한 자릿수 더 낮을 수 있고, 제1 진공 영역에서의 제1 압력은 제2 진공 영역에서의 제2 압력보다 적어도 한 자릿수 더 낮을 수 있다. 선택적으로, 검사될 시편을 하우징하는 시편 챔버에서의 제5 압력은 제4 진공 챔버에서의 제4 압력보다 더 높을 수 있다. 이에 따라, 상기 차동 펌핑 개념의 결과로서, 하전 입자 빔 방출기, 특히, 냉전계 방출기가 배치되는 제1 진공 영역에서의 진공 조건들이 더 개선될 수 있고, 예를 들어,  $10^{-11}$  mbar 이하의 극도로 낮은 압력이 제1 진공 영역(121)에 제공될 수 있고 장치의 작동 동안 유지될 수 있다.
- [0060] 특히, 광학 축(A)을 따른 제4 진공 영역(124)(컬럼 하우징(111)에 대응할 수 있음)의 연장부는 전형적으로, 제1

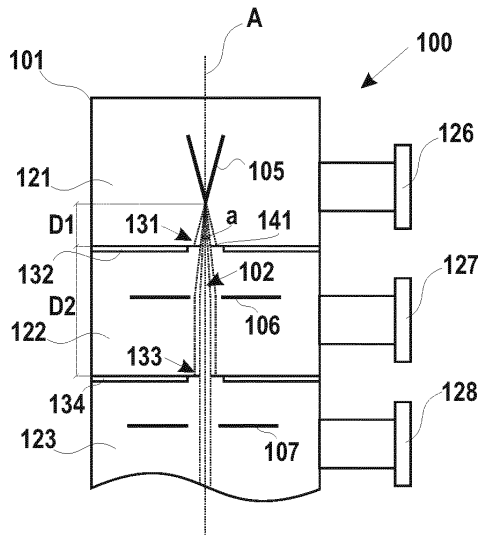
내지 제3 진공 영역들의 연장부보다, 특히, 10 cm 이상, 또는 심지어 30 cm 이상 크다. 제4 진공 영역(124)은 챔부 도면들에 완전히 예시되지 않는다.

- [0061] 도 4는 본원에 설명된 실시예들에 따른, 시편을 검사하기 위한 주사 전자 현미경(300)의 개략적인 단면도이다. 주사 전자 현미경(300)은 본원에 설명된 실시예들 중 임의의 실시예에 따른 하전 입자 빔 장치를 포함할 수 있고, 그에 의해, 위의 설명들이 참조될 수 있고, 이들은 여기서 반복되지 않는다.
- [0062] 주사 전자 현미경(300)은 광학 축(A)을 따라 전자 빔을 방출하기 위한 냉전계 방출기가 배열되는 제1 진공 영역(121)을 갖는 건 하우스(101)를 포함한다. 건 하우스는 제1 진공 영역(121)의 하류의 제2 진공 영역(122) 및 제2 진공 영역(122)의 하류의 제3 진공 영역(123)을 더 포함한다. 제2 진공 영역은 제1 차동 펌핑 애퍼처(131)를 갖는 제1 가스 분리 벽에 의해 제1 진공 영역으로부터 분리되고, 제3 진공 영역은 제2 차동 펌핑 애퍼처(133)를 갖는 제2 가스 분리 벽에 의해 제2 진공 영역으로부터 분리된다. 전자 빔은 냉전계 방출기로부터 제1 및 제2 차동 펌핑 애퍼처들을 통해 광학 축(A)을 따라 제4 진공 영역(124) 내로 전파될 수 있다.
- [0063] 제4 진공 영역(124)은 제3 진공 영역(123)의 하류에 배열되고, 전자 빔을 전파하기 위한 제3 차동 펌핑 애퍼처(135)를 포함하는 제3 가스 분리 벽(136)에 의해 제3 진공 영역(123)으로부터 분리된다. 제4 진공 영역(124)은 건 하우스(101)의 하류에 제공되는 컬럼 하우스(111)의 내부일 수 있다. 선택적으로, 건 하우스(101)는 컬럼 하우스(111)에 탈착가능하게 장착된다.
- [0064] 렌즈 배열, 특히, 집속 렌즈 배열이 제2 진공 영역 및/또는 제3 진공 영역에 제공될 수 있다. 또한, 빔 정렬 또는 편향 배열이 제2 진공 영역 및/또는 제3 진공 영역에 제공될 수 있다.
- [0065] 주사 편향기(208), 대물 렌즈(210) 및 시편으로부터 방출된 신호 입자들을 검출하기 위한 하전 입자 검출기(206) 중 적어도 하나가 제4 진공 영역(124)에 배열될 수 있다. 대물 렌즈(210)는 하전 입자 빔을 시편 스테이지(220) 상에 배치된 시편 상에 집속하도록 구성될 수 있다. 시편 스테이지(220)는 검사될 시편을 시편 스테이지 상에 배치하도록 구성되고, 예를 들어, 2개 또는 3개의 방향으로 선택적으로 이동가능할 수 있다. 선택적으로, 시편 스테이지(220)는 제4 진공 영역(124)의 하류의 제5 진공 영역, 예를 들어, 시편 챔버에 배치될 수 있다.
- [0066] 제1 진공 영역(121)은 제1 진공 영역(121)의 제1 진공 플랜지(126)에 부착된 제1 진공 펌프(311)에 의해 펌핑될 수 있다. 제1 진공 펌프(311)는 이온 게터 펌프 및/또는 비증발성 게터 펌프를 포함할 수 있다. 제2 진공 영역(122)은 제2 진공 영역(122)의 제2 진공 플랜지(127)에 부착된 제2 진공 펌프(312)에 의해 펌핑될 수 있다. 제2 진공 펌프(312)는 이온 게터 펌프를 포함할 수 있다. 제3 진공 영역(123)은 제3 진공 영역(123)의 제3 진공 플랜지(128)에 부착된 제3 진공 펌프(313)에 의해 펌핑될 수 있다. 제3 진공 펌프(313)는 이온 게터 펌프를 포함할 수 있다. 제4 진공 영역(124)은 제4 진공 영역(124)의 제4 진공 플랜지(129)에 부착된 제4 진공 펌프(314)에 의해 펌핑될 수 있다. 제4 진공 펌프(314)는 이온 게터 펌프를 포함할 수 있다.
- [0067] 일부 실시예들에 따르면, 억제기 전극(104)이 제1 진공 영역(121)에 적어도 부분적으로 냉전계 방출기의 팁 위에 배열된다. 냉전계 방출기에 의해 방출된 전자들은, 제1 가스 분리 벽(132)에 통합될 수 있는 추출기에 의해 제1 차동 펌핑 애퍼처(131)를 향해 가속될 수 있다. 예를 들어, 제1 가스 분리 벽(132)은 추출 전위 또는 애노드 전위(V)로 설정되도록 구성된 전극 섹션(141)을 포함할 수 있고, 제1 차동 펌핑 애퍼처(131)는 전극 섹션(141)에 제공될 수 있다. 미리 결정된 형상 및 전류를 갖는 전자 빔이 제1 차동 펌핑 애퍼처(131)에 의해 형성될 수 있고, 제2 진공 영역(122)에 진입할 수 있다.
- [0068] 제2 차동 펌핑 애퍼처(133)의 하류의 전자 빔의 전류는, 제2 진공 영역(122)에 배열된 제1 집속 렌즈(106)의 역기의 변화에 의해 조정될 수 있다.
- [0069] 미리 결정된 빔 발산은 제1 집속 렌즈(106)의 하류에, 예를 들어, 제3 진공 영역(123)에 배열된 선택적인 제2 집속 렌즈(107)에 의해 설정될 수 있다.
- [0070] 따라서, 제3 차동 펌핑 애퍼처(135)를 통해 컬럼 하우스(111)에 진입하는 전자 빔은 미리 결정된 전류, 치수, 및 발산을 갖고, 건 하우스에서의, 특히, 제1 진공 영역에서의 양호한 진공 조건들로 인해 매우 안정적이다.
- [0071] 일부 실시예들에서, 전자 빔의 수차들은 하나 이상의 수차 보정기(205), 예를 들어, 정전 또는 자기 다중극자 배열에 의해 제4 진공 영역에서 보상된다.
- [0072] 전자 빔은 대물 렌즈(210), 예를 들어, 정전-자기 대물 렌즈에 의해 시편 상에 집속될 수 있다.

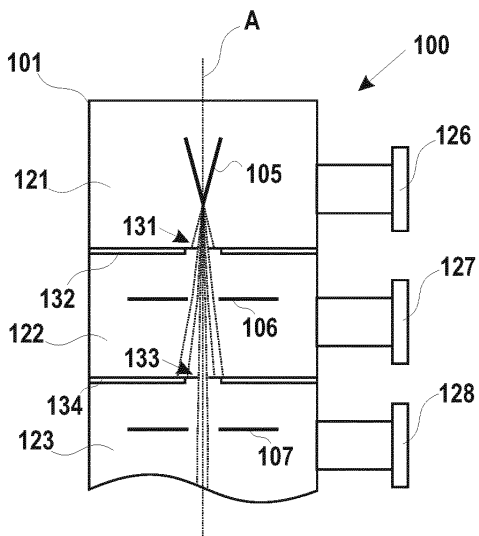
- [0073] 시편에 의해 방출된 신호 전자들, 특히, 2차 전자들(SE) 및/또는 후방산란된 전자들(BSE)은 대물 렌즈를 통해 반대 방향으로 가속될 수 있고, 빔 분리기(207)에 의해 1차 하전 입자 빔으로부터 분리될 수 있다. 신호 전자들은 하전 입자 검출기(206)에 의해 검출될 수 있고, 시편은 하전 입자 검출기(206)에 의해 검출된 신호를 평가함으로써 이미징되고/거나 검사될 수 있다.
- [0074] 하전 입자 빔 방출기(105)가 배열된 제1 진공 영역의 우수한 진공 조건들을 갖는 소형 하전 입자 빔 장치가 제공될 수 있다.
- [0075] 도 5는 본원에 설명된 실시예들에 따른 하전 입자 빔 장치를 작동시키는 방법, 특히, 전자 현미경 또는 전자 빔 검사 장치를 작동시키는 방법의 흐름도를 도시한다.
- [0076] 하전 입자 빔 장치는, 차동 펌핑될 수 있는, 제1 진공 영역, 광학 축을 따라 제1 진공 영역의 하류에 배열된 제2 진공 영역, 및 광학 축을 따라 제2 진공 영역의 하류에 배열된 제3 진공 영역을 갖는 건 하우징을 포함한다. 제1 진공 영역 및 제2 진공 영역은, 벽에 제공되는 제1 차동 펌핑 애퍼처를 갖는 제1 가스 분리 벽에 의해 분리되고, 제2 진공 영역 및 제3 진공 영역은, 벽에 제공되는 제2 차동 펌핑 애퍼처를 갖는 제2 가스 분리 벽에 의해 분리된다.
- [0077] 박스(410)에서, 제1 진공 영역, 제2 진공 영역, 및 제3 진공 영역이 배기된다. 각각의 진공 영역은 각각의 진공 영역을 신뢰가능하게 배기하기 위해 그에 연관된 적어도 하나의 진공 펌프를 가질 수 있다.
- [0078] 박스(420)에서, 특히, 제1 진공 영역에 배열되는 냉전계 방출기에 의해, 제1 진공 영역에서 하전 입자 빔이 생성된다. 하전 입자 빔은 제1 가스 분리 벽의 제1 차동 펌핑 애퍼처를 통해 안내되고, 하전 입자 빔의 외측 부분은, 예컨대, 미리 결정된 크기 및/또는 전류를 갖는 하전 입자 빔을 형성하기 위해 제1 차동 펌핑 애퍼처에 의해 차단된다. 이에 따라, 제1 차동 펌핑 애퍼처는 하전 입자 빔의 크기를 제한하는 광학 애퍼처이다.
- [0079] 박스(430)에서, 하전 입자 빔은 제2 가스 분리 벽의 제2 차동 펌핑 애퍼처를 통해 안내되고, 하전 입자 빔의 외측 부분은, 예컨대, 하전 입자 빔의 크기 및/또는 전류를 조정하기 위해 제2 차동 펌핑 애퍼처에 의해 차단된다. 이에 따라, 또한 제2 차동 펌핑 애퍼처는 하전 입자 빔의 크기를 제한하는 광학 애퍼처이다.
- [0080] 하전 입자 빔 장치는, 광학 축을 따라 제3 진공 영역의 하류에 있고 제3 차동 펌핑 애퍼처에 의해 제3 진공 영역에 의해 분리되는 제4 진공 영역을 선택적으로 포함할 수 있다.
- [0081] 박스(440)에서, 하전 입자 빔은 제3 진공 영역으로부터 제4 진공 영역 내로 제3 차동 펌핑 애퍼처를 통해 안내된다. 일부 실시예들에서, 제3 차동 펌핑 애퍼처는 광학 애퍼처가 아닌데, 즉, 하전 입자 빔은, 본질적으로 하전 입자 빔의 부분의 차단 없이, 특히, 본질적으로 수정되지 않은 빔 프로파일 및 빔 전류로 제3 차동 펌핑 애퍼처를 통해 안내된다. 예를 들어, 제3 차동 펌핑 애퍼처는 300  $\mu\text{m}$  이상의 직경을 갖고, 제3 차동 펌핑 애퍼처에서의 하전 입자 빔의 빔 직경은 150  $\mu\text{m}$  이하일 수 있다. 이에 따라, 제3 차동 펌핑 애퍼처는 하전 입자 빔에 영향을 주지 않거나 다른 방식으로 수정하지 않는다. 그러나, 본원에 설명된 실시예들은 이에 제한되지 않으며, 다른 실시예들은, 또한 빔 제한 애퍼처인 제3 차동 펌핑 애퍼처를 가질 수 있다.
- [0082] 일부 실시예들에서, 제2 차동 펌핑 애퍼처의 하류의 하전 입자 빔의 빔 전류는, 제2 진공 영역에 배열될 수 있는 제1 집속 렌즈의 집속 강도를 조정함으로써 조정된다. 선택적으로, 빔 발산은 제1 집속 렌즈의 하류에, 예를 들어, 제3 진공 영역에 배열된 제2 집속 렌즈에 의해 적절하게 설정될 수 있다.
- [0083] 방법은, 제4 진공 영역에 배열될 수 있는 대물 렌즈에 의해 시편 상에 하전 입자 빔을 집속하는 단계를 더 포함할 수 있다. 시편으로부터 방출된 신호 하전 입자들은, 제4 진공 영역에 배열될 수 있는 하전 입자 검출기에 의해 검출될 수 있다.
- [0084] 본원에 설명된 차동 펌핑 개념은, 하전 입자 빔 장치의 작동 동안 다음의 압력 조건들이 획득되는 것을 허용한다: 일부 실시예들에서, 제1 진공 영역은  $10^{-11}$  mbar 이하의 압력으로 배기되고, 제2 진공 영역은  $10^{-9}$  mbar 이하의 압력으로 배기되고, 제3 진공 영역은  $10^{-8}$  mbar 이하의 압력으로 배기되고/되거나, 제4 진공 영역은  $10^{-5}$  mbar 이하의 압력으로 배기된다.
- [0085] 이하에 따르는 청구항들 각각은 하나 이상의 선행 청구항을 다시 참조할 수 있고, 청구항들의 임의의 하위세트의 특징들을 포함하는 그러한 실시예들은 본 개시내용에 의해 포괄된다는 점이 이해되어야 한다. 전술한 내용은 실시예들에 관한 것이지만, 다른 그리고 추가의 실시예들이 기본 범위로부터 벗어나지 않고 안출될 수 있으며, 그의 범위는 후속하는 청구항들에 의해 결정된다.

도면

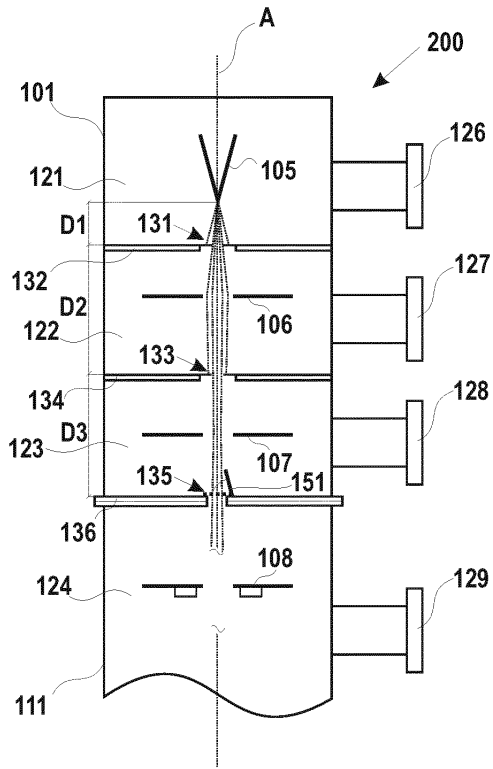
도면1



도면2

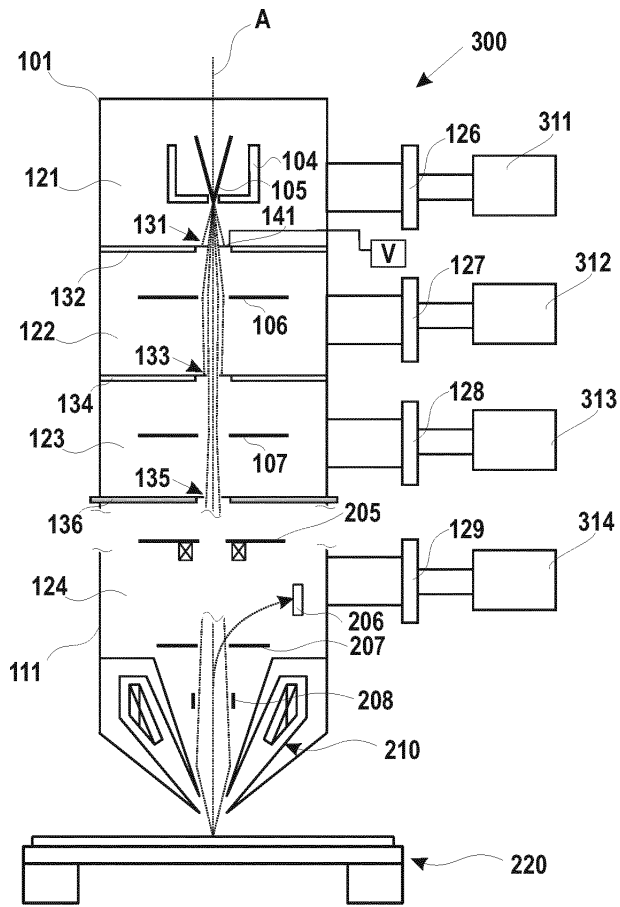


도면3





도면4



도면5

