(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2015 년 6 월 11 일 (11.06.2015)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2015/083973 A1

(51) 국제특허분류:
H01J 37/147 (2006.01) *H01J 37/317* (2006.01)
H01J 37/21 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2014/011388

(22) 국제출원일: 2014 년 11 월 26 일 (26.11.2014)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2013-0148855 2013 년 12 월 2 일 (02.12.2013) KR

(71) 출원인: **한국표준과학연구원 (KOREA RESEARCH INSTITUTE OF STANDARDS AND SCIENCE)** [KR/KR]; 305-340 대전시 유성구 가정로 267, Daejeon (KR).

(72) 발명자: **조복래 (CHO, Boklae)**; 350-370 대전시 유성구 엑스포로 339 번길 320 싸이언스빌 1-402, Daejeon (KR). **배문섭 (BAE, Moon Seob)**; 305-770 대전시 유성구 은구비로 31, Daejeon (KR). **한철수 (HAN, Cheolsu)**; 442-151 경기도 수원시 팔달구 팔달로 165 번길 39 벽산아파트 3-1409, Gyeonggi-do (KR). **안상정 (AHN, Sang Jung)**; 305-340 대전시 유성구 가정로 306-6, 9-102, Daejeon (KR). **김주황 (KIM, Ju Hwang)**; 302-775 대전시 서구 청사로 282, 16-105, Daejeon (KR). **박인용 (PARK, In Yong)**; 305-723 대전시 유성구 진잠로 42 번길 30, Daejeon (KR).

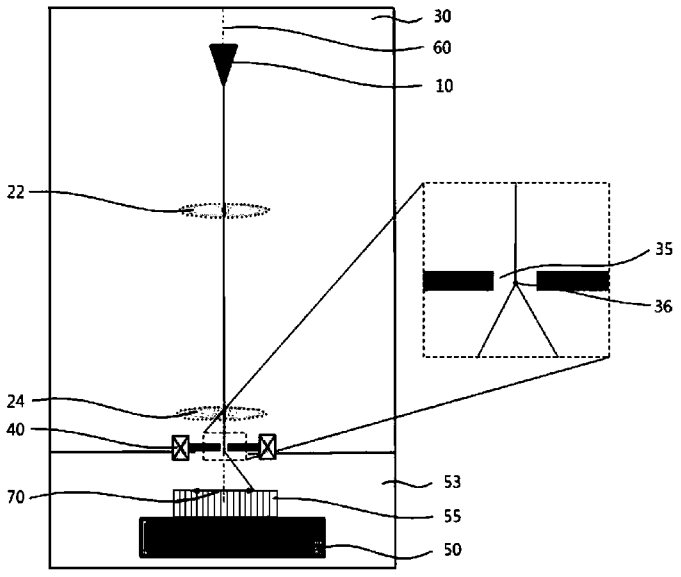
(74) 대리인: **특허법인 공간 (GHONG-GAN INTERNATIONAL PATENT LAW FIRM)**; 135-921 서울시 강남구 논현로 412 (역삼동, 평화빌딩) 402 호, Seoul (KR).

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

[다음 쪽 계속]

(54) **Title**: CHARGED PARTICLE BEAM PROBE FORMING DEVICE AND METHOD FOR USING SAME

(54) **발명의 명칭** : 하전입자 빔 프로브 형성 장치 및 이의 이용방법



(57) **Abstract**: The present invention relates to a charged particle beam probe forming device and a method for observing or processing a sample using the same, the device comprising: a charged particle source for emitting a charged particle beam; a focusing lens group comprising at least one intermediate focusing lens, which is provided adjacent to the charged particle source to focus the charged particle beam by means of an electric field or a magnetic field, and an objective lens provided adjacent to a sample as a final focusing lens to form a charged particle beam probe, which is a beam spot focused on a sample; a vacuum chamber containing the charged particle source and the focusing lens group therein and having an aperture that serves as a passage, through which a charged particle beam emitted from the charged particle source is aimed at a sample via the objective lens; at least one deflector for controlling and changing the aiming direction of the charged particle beam; and a sample stage which supports a sample to be observed or processed, and which can move the sample.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]

WO 2015/083973 A1

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

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

본 발명은 하전입자 빔을 방출하는 하전입자 소스, 상기 하전입자 소스쪽에 구비되며, 전기장 또는 자기장에 의해 상기 하전입자 빔을 집속하여 주는 하나이상의 중간 집속렌즈, 및 최종 집속렌즈로서 시료쪽에 구비되며, 시료위에 집속되는 빔 스폿인 하전입자 빔 프로브를 형성시키는 대물렌즈를 포함하는 집속렌즈군, 상기 하전입자 소스 및 집속렌즈군을 내부에 구비하며, 상기 하전입자 소스로부터 방출된 하전입자 빔이 대물렌즈를 거쳐 시료에 조사되는 통로인 어퍼처를 구비하는 진공챔버, 상기 하전입자 빔의 조사 방향을 제어하여 바꾸어 주는 하나 이상의 편향기, 및 관찰 또는 가공하려는 시료를 지지하며, 상기 시료를 이동할 수 있는 시료 스테이지를 포함하는 하전입자 빔 프로브 형성 장치 및 이를 이용하여 시료를 관찰 또는 가공하는 방법에 관한 것이다.

명세서

발명의 명칭: 하전입자 빔 프로브 형성 장치 및 이의 이용방법

기술분야

[1] 본 발명은 전자빔 또는 이온빔 등의 하전입자빔 프로브 형성 장치 및 이의 이용방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 대기압하에서 또는 감압된 분위기하에서 하전입자빔 소스로부터 방출되는 하전입자빔이 시료상에 집속되는 빔 스폿인 하전입자빔 프로브의 형성위치를 조절할 수 있는 장치 및 이를 이용하여 시료를 관찰하거나 또는 가공하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

[2] 대기압하에서, 또는 저진공 분위기하에서 재료의 표면형태 또는 구조를 나노스케일 또는 원자스케일로 관찰하거나 또는 상기 재료를 가공하기 위한 방법으로서, 전자빔 또는 이온빔과 같은 하전입자빔을 이용할 수 있다.

[3] 상기 전자빔 또는 이온빔과 같은 하전입자빔을 이용하게 되면 광학현미경에 의한 분해능(分解能, resolution)의 한계를 넘게 확대가 가능하여 관찰하고자 하는 재료를 나노 또는 원자 수준에서 정보를 획득할 수 있는 고분해능의 현미경을 제작할 수 있고, 또한, 상기 재료에 관한 정보의 획득 뿐 만 아니라, 상기 재료의 표면 일부를 제거하거나 추가적인 구조를 제공함으로써, 차세대 반도체 재료 등에 응용할 수 있다.

[4] 이 경우에 상기와 같이 대기압하에서 또는 저진공 분위기하에서 하전입자빔을 이용하는 경우에는 일반적인 고진공 환경에서 관찰할 수 없는 비전도성 시료, 또는 휘발성 성분을 포함하고 있는 시료를 금속 코팅없이 이미지를 용이하게 얻거나 또는 시료의 표면을 가공할 수 있다.

[5] 상기와 같이 대기압하에서, 또는 저진공 분위기하에서 재료의 표면형태 또는 구조를 관찰하거나 또는 가공하기 위해서는 진공챔버내의 전자빔 또는 이온빔 등의 하전입자빔 소스로부터 방출되는 하전입자빔을 상기 진공챔버내의 압력보다는 저진공 상태이거나 대기압의 환경에 놓여있는 시료상에 집속시켜 빔 스폿인 하전입자빔 프로브를 형성시켜야 한다.

[6] 상기와 같이 대기압하에서, 또는 저진공 분위기하에서 시료의 표면형태 또는 구조를 관찰하거나 또는 가공하기 위한 하전입자빔 프로브의 형성 장치는 예컨대, 환경주사전자현미경(Environmental Scanning Electron Microscope : E-SEM), 에어 주사전자현미경(Air Scanning Electron Microscope : Air-SEM), 집속이온빔 장치, 입자빔을 이용한 시료가공장치 등에 응용될 수 있다.

[7] 도 1에서는 종래 기술에 따른 하전입자빔 프로브의 형성 장치를 도시하였다. 이를 보다 구체적으로 살펴보면, 상기 하전입자빔 프로브의 형성 장치는 진공챔버내의 하전입자 소스(10), 상기 진공챔버 내에 하전입자 소스쪽에 구비되는 중간 집속렌즈(22)와 시료쪽에 구비되는 최종 집속렌즈인

대물렌즈(24)를 포함하는 집속렌즈군(20), 상기 하전입자 소스로부터 방출된 하전입자 빔이 대물렌즈를 거쳐 시료에 조사되는 통로인 어퍼처(35)를 구비한 진공챔버(30)와 상기 중간 집속렌즈와 대물렌즈 사이에 구비되며, 하전입자 빔의 조사 방향을 제어하여 바꾸어 주는 편향기(40) 및 진공챔버 외부에 위치하는 시료(55)를 지지하고 이동할 수 있는 시료 스테이지(50)를 포함할 수 있다.

[8] 여기서, 상기 도 1에서의 하전입자빔 프로브의 형성 장치는 진공챔버안의 하전입자소스에서 방출되는 하전입자빔을 복수의 집속렌즈군로 집속시켜 시료상에 집속되는 빔 스폿, 즉 프로브를 형성하되, 하나 또는 복수의 편향기를 이용하여 빔 궤도를 조절하여 상기 프로브의 위치를 이동시키는 방식으로 시료위에 빔을 주사시켜 시료의 형상을 관찰하거나 형상을 가공한다. 이때, 상기 하전입자빔은 공기분자와 충돌하여 산란될 수 있기 때문에, 상기 하전입자 소스와, 집속렌즈군과 어퍼처 사이의 빔 주사영역을 포함하는 진공챔버내 공간은 진공펌프를 사용하여 고진공 환경으로 유지하도록 배기하여야 한다.

[9] 이때 상기 하전입자 소스와, 집속렌즈군을 포함하는 진공챔버내 압력을 고진공으로 유지하기 위해서 통상적으로 10^{-4} mbar 이하, 바람직하게는10^{-5} mbar 이하의 압력을 갖도록 진공펌프를 구비할 수 있다.

[10] 이때 하전입자 소스에서 방출되는 하전입자빔은 도 1에서 점선으로 표시되는 광축을 중심으로 집속렌즈군으로부터 유도되는 회전 대칭하는 전기장 또는 자기장에 의해 집속된다. 이때, 하전입자빔의 경우 광학계와는 달리 아닌 전극에 의해 형성되는 전기장 또는 전기코일에 의해 형성되는 자기장이 집속렌즈군의 역할을 한다.

[11] 여기서 상기 집속렌즈군에 의해 집속되어 시료의 표면에 형성되는 빔 스폿인 상기 프로브의 크기는 시료 형상 관찰시 분해능을, 시료 가공시 그 정밀도를 결정한다. 일반적으로 프로브의 크기가 작아질수록 분해능과 정밀도는 향상된다.

[12] 한편, 전자빔 렌즈는 수차를 가지고 있으며, 상기 수차에 의해 프로브의 사이즈가 결정되고, 상기 수차가 커지면 프로브 사이즈가 커져서 관찰 분해능과 가공 정밀도가 저하된다.

[13] 또한, 상기 하전입자빔의 궤도가 대물렌즈의 중심에서 벗어나면 수차가 급속히 증가하여 스폿사이즈가 커지게 된다. 따라서, 이를 방지하기 위해 일반적으로 대물렌즈 상부에 편향기를 구비할 수 있다. 도 2 및 도 3은 상기 편향기를 구비한 하전입자빔 프로브 형성 시스템을 도시한 것으로, 도 2에서는 저진공 환경에서의 시료에 사용되는 하전입자빔 프로브 형성 장치를 도시하였고, 도 3에서는 대기압하에 놓인 시료에 사용되는 하전입자빔 프로브 형성 장치를 도시하였다. 상기 도 2 또는 도 3에서는 빔을 시료위에 주사시킬 때 수차를 줄이기 위해 대물렌즈와 중간 집속렌즈의 사이에 상-하단으로 편향기를 구성하여 빔의 궤도가 렌즈의 중심을 통과하도록 빔 궤도를 제어하고 있다.

[14] 일반적으로 도 2에서와 같이 저진공 환경에서 상기 시료상에 하전입자빔

프로브를 형성하는 경우, 상기 시료를 포함하는 시료실내 영역의 압력을 $1x10^{-2}$ mbar 이상의 저진공 상태를 유지할 수 있고, 상기 시료실내 영역의 저진공을 유지하기 위해 별도의 진공펌프를 두어, 상기 하전입자 소스 및 집속렌즈군을 포함하는 고진공 영역의 진공챔버와는 압력차이를 유지할 수 있도록 한다. 이 경우에 상기 어퍼처는 상기 진공챔버내 개구부 형태로 개방되도록 형성될 수 있고, 상기 어퍼처의 지름 또는 표면적의 크기, 각각의 진공펌프의 용량 등에 따라 상기 시료영역과 하전입자 소스를 포함하는 진공챔버의 내부영역 사이의 압력차이가 조절될 수 있다.

[15] 또한 도 3에서와 같이, 생물 시료 등의 관찰이나 가공을 수행하게 하기 위해서는 시료를 포함하는 시료실내 영역을 진공챔버를 사용하지 않고 대기압하에서 시료를 놓게 된다. 이 경우에 상기 어퍼처는 도 3에서와 같이 개구부가 아닌, 일정 두께를 갖는 격막을 형성하게 된다. 상기 격막은 예컨대, SiN과 같은 재료를 에칭하여 제작하거나 그라핀 같은 박막재료 자체를 사용할 수 있고, 두께는 1 내지 2000 nm, 바람직하게는 2 내지 500 nm의 범위를 가질 수 있다.

[16] 한편, 상기 어퍼처의 크기와 어퍼처와 대물렌즈사이의 거리에 의해 시료상에 형성되는 프로브의 최대 형성영역이 결정될 수 있다.

[17] 즉, 상기 어퍼처의 크기가 크거나 또는 어퍼처와 대물렌즈사이의 거리가 짧은 경우에는 상기 편향기를 이용하여 시료를 이동시키지 않고 고정된 상태에서 프로브를 형성할 수 있는 영역인 주사 범위를 넓게 가져갈 수 있다.

[18] 일반적으로, 상기 시료를 고정하고 집속렌즈군 및 편향기 등의 제어를 통해 시료를 관찰하거나 가공하는 것이, 집속렌즈군 및 편향기 등의 제어조건을 고정하고 시료를 움직이는 것보다 관찰영역의 확대 및 축소에 있어 사용자에게 편리함을 주며, 또한 특정영역을 신속하고도 용이하게 찾을 수 있는 장점이 있다

[19] 그러나, 상기 어퍼처의 크기가 커지는 경우에는 시료를 포함하는 영역과 하전입자 소스를 포함하는 진공챔버의 내부영역 사이의 압력차이를 유지하기 어려워 상기 하전입자빔이 공기분자와 충돌하여 산란될 수 있고, 심지어 시스템에 무리한 영향을 줄 수 있는 한계가 있다.

[20] 이와 같은 하전입자 빔 프로브 형성 장치에 관한 종래 기술로서, 유럽특허공개공보 EP 0786145 B1에서는 시료가 시료실의 기체 환경 안에 수용되고 있는 경우에서도 우수한 공간분해능을 주는 환경 주사전자현미경(E-SEM)에 관해 기재되어 있고, 또한, J. Vac. Sci. Technol. B 9, 1557 (1991)에서는 실리콘 나이트라이드 박막을 이용하여 대기압하에서 시료를 관찰할 수 있는 에어 주사전자현미경(Air SEM)에 관해 기재되어 있다.

[21] 상기 도 2에 나타난 바와 같은 환경 주사전자현미경(E-SEM)에 응용될 수 있는 종래기술에서의 하전입자 빔 프로브 형성 장치에서는 상기 시료실내 영역의 압력을 $1x10^{-2}$ mbar 이상의 저진공 상태로 유지하며, 또한 상기 하전입자 소스를 포함하는 진공챔버에서의 $1x10^{-4}$ mbar 이하의 고진공상태를 유지하는데 영향이

미지치 않도록 상기 고진공 영역의 진공챔버내부와 저진공 영역의 시료실 영역을 연통하는 어퍼처의 지름을 매우 작도록(< 1mm)하여 구비해야 한다.

[22] 또한, 상기 도 3에 나타난 바와 같은 에어 주사전자현미경(Air-SEM)에 응용될 수 있는 종래기술에서의 하전입자 빔 프로브 형성 장치에서는 시료 주위의 압력을 대기압 상태로 유지하며, 또한 상기 하전입자 소스를 포함하는 진공챔버에서의 $1x10^{-4}$ mbar 이하의 고진공상태를 유지하는데 영향이 미지치 않도록 어퍼처의 지름을 매우 작고(< 1mm) 일정한 두께이하(< 수백nm)를 갖는 박막을 구비해야 한다.

[23] 그러나, 상기 선행기술을 포함하는 종래기술들에서는 최종집속렌즈인 대물렌즈에서의 수차를 줄이기 위해 상기 도 1 내지 3에서 도시된 바와 같이 하전입자빔 궤도가 반드시 대물렌즈의 중심을 지나도록 하전입자빔 궤도를 편향기를 통해 제어해야 하며, 상기 하전입자빔이 대물렌즈의 중심을 지나면서도, 도 2 및 도 3에서의 애퍼쳐를 지나기 위해서는 결국 주사범위를 좁혀야 되며, 이는 주사전자현미경의 경우 시료를 이동하지 않고 관측할 수 있는 시야가 좁아지며, 시료 가공장치의 경우에는 시료를 이동하지 않고 가공가능한 영역이 좁아지는 결과를 야기 시키는 문제점을 가지게 된다.

[24] 따라서, 시료를 이동하지 않고 관측할 수 있는 넓은 시야를 확보하며, 또한 시료를 이동하지 않고 가공가능한 넓은 영역을 가질 수 있는 하전입자 빔 프로브 형성 장치의 개발에 대한 필요성은 지속적으로 요구되고 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[25] 따라서 상기 문제점을 해결하기 위하여 본 발명은 시료를 이동하지 않고도 넓은 시야를 확보하여 관측할 수 있는 관찰 장치에 응용될 수 있는 하전입자 빔 하전입자 빔 프로브 형성 장치를 제공하는 것을 본 발명의 목적으로 한다.

[26] 또한, 본 발명은 시료를 이동하지 않고 넓은 영역의 가공범위를 확보할 수 있는 하전입자 빔 프로브 형성 장치를 제공하는 것을 본 발명의 또 다른 목적으로 한다.

[27] 또한 본 발명은 상기 하전입자 빔 프로브 형성 장치를 포함하는 주사 전자 현미경, 시료 가공장치 또는 집속 이온 빔 장치를 제공할 수 있다.

[28] 또한 본 발명은 상기 하전입자 빔 프로브 형성 장치를 이용하여 시료를 이동하지 않고도 넓은 시야 또는 넓은 가공영역을 확보할 수 있는 시료의 관찰방법 또는 가공방법을 제공할 수 있다.

과제 해결 수단

[29] 본 발명은 하전입자 빔을 방출하는 하전입자 소스, 상기 하전입자 소스쪽에 구비되며, 전기장 또는 자기장에 의해 상기 하전입자 빔을 집속하여 주는 하나이상의 중간 집속렌즈, 및 최종 집속렌즈로서 시료쪽에 구비되며, 시료위에 집속되는 빔 스폿인 하전입자 빔 프로브를 형성시키는 대물렌즈를 포함하는

집속렌즈군, 상기 하전입자 소스 및 집속렌즈군을 내부에 구비하며, 상기 하전입자 소스로부터 방출된 하전입자 빔이 대물렌즈를 거쳐 시료에 조사되는 통로인 어퍼처를 구비하는 진공챔버, 상기 하전입자 빔의 조사 방향을 제어하여 바꾸어 주는 하나 이상의 편향기, 및 관찰 또는 가공하려는 시료를 지지하며, 상기 시료를 이동할 수 있는 시료 스테이지;를 포함하는 하전입자 빔 프로브 형성 장치로서, 상기 하전입자 빔 프로브 형성 장치는 진공챔버 내부의 제1 영역과, 상기 제1 영역보다 상대적으로 높은 압력을 가지며 상기 시료를 포함하는 제2 영역으로 구분되고, 상기 편향기는 대물렌즈와 시료 사이에 위치하는 것을 특징으로 하는 하전입자 빔 프로브 형성 장치를 제공한다.

[30] 또한 본 발명은 상기 하전입자 빔 프로브 형성 장치를 포함하는 주사 전자 현미경, 집속 이온 빔(FIB) 장치, 또는 시료 가공 장치를 제공한다.

[31] 또한 본 발명은 하전입자 소스; 및 상기 하전입자 소스쪽에 구비되며, 전기장 또는 자기장에 의해 상기 하전입자 빔을 집속하여 주는 하나이상의 중간 집속렌즈와 최종 집속렌즈로서 시료쪽에 구비되며, 시료위에 집속되는 빔 스폿인 하전입자 빔 프로브를 형성시키는 대물렌즈를 포함하는 집속렌즈군;을 내부에 구비하며, 상기 하전입자 소스로부터 방출된 하전입자 빔이 상기 대물렌즈를 거쳐 시료에 조사되는 통로인 어퍼처를 구비하는 진공챔버;의 내부영역인 제1 영역의 압력이 상기 시료를 포함하는 제2 영역의 압력보다 상대적으로 낮은 압력을 가지도록 각각의 영역의 압력을 설정하여 유지하는 단계, 상기 하전입자 소스로부터 하전입자 빔을 방출시키는 단계, 상기 방출된 하전입자 빔을 집속렌즈군에 의해 집속시켜 어퍼처를 통과시키는 단계, 상기 대물렌즈와 시료 사이에 위치하며, 하전입자 빔의 조사 방향을 바꾸어 주는 하나 이상의 편향기를 제어하여 하전입자 빔의 조사 방향을 바꾸는 단계, 및 조사 방향이 바뀐 하전입자 빔이 상기 시료 스테이지 상의 시료에 조사되는 단계를 포함하는, 하전입자 빔을 이용하여 시료를 관찰하거나 또는 가공하는 방법을 제공한다.

발명의 효과

[32] 본 발명에 의한 하전입자 빔 프로브 형성 장치는 시료를 이동하지 않고도 넓은 시야를 확보하여 관측하거나 또는 시료를 가공할 수 있는, 주사전자현미경, 집속 이온 빔(FIB) 장치, 또는 하전입자 빔을 이용하여 시료를 가공하는 장치에 응용될 수 있는 하전입자 빔 하전입자 빔 프로브 형성 장치를 제공할 수 있다.

[33] 또한, 본 발명의 하전입자 빔 하전입자 빔 프로브 형성 장치는 대물렌즈의 중심을 통과한 후에 시료에 조사되는 하전입자 빔이 하나의 편향기에 의해 빔 궤도의 방향을 제어할 수 있어, 종래기술에서와 같이 대물렌즈와 중간 집속렌즈 사이에 복수의 편향기를 구비할 필요가 없이 간단하게 시료의 조사영역을 제어할 수 있는 장점이 있다.

[34] 또한, 본 발명의 하전입자 빔 하전입자 빔 프로브 형성 장치는 대물렌즈와 시료

사이에 편향기를 구비하고, 상기 편향기와 어퍼처와의 거리를 제어함으로써, 시료의 관찰 또는 가공영역을 넓히거나 좁힐 수 있는 장점이 있다.

[35] 또한 본 발명은 상기 하전입자 빔 프로브 형성 장치를 이용하여 시료를 관찰하거나 또는 가공함에 있어, 시료를 이동하지 않고도 넓은 시야 또는 넓은 가공영역을 확보할 수 있어, 소비적이고, 전문적인 기술이 필요한 프로세스의 진행시간을 단축시킴과 더불어, 보다 편리하고 신속하게 시료를 관찰하거나 또는 가공할 수 있어, 사용자에게 편리함을 제공할 수 있으며, 또한 종래의기술과비교하여 하전입자 소스 등을 포함하는 하전입자 빔 프로브 형성 장치의수명단축을방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[36] 도 1은 종래 기술에 따른 하전입자빔 프로브 형성 장치를 도시한 그림이다.

[37] 도 2는 종래 기술에 따른 하전입자빔 프로브 형성 장치로서, 상기 시료가 저진공의 환경에서 상기 하전입자빔 프로브가 형성되는 장치를 도시한 그림이다.

[38] 도 3은 종래 기술에 따른 하전입자빔 프로브 형성 장치로서, 상기 시료가 대기압의 환경에서 상기 하전입자빔 프로브가 형성되는 장치를 도시한 그림이다.

[39] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른, 시료가 저진공의 환경에서 상기 하전입자빔 프로브가 형성되는 장치를 도시한 그림이다.

[40] 도 5는 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른, 시료가 대기압의 환경에서 상기 하전입자빔 프로브가 형성되는 장치를 도시한 그림이다.

[41] 도 6은 본 발명에서의 하전입자빔 프로브 형성장치의 렌즈부분과 편향기 부분의 상세 이미지를 도시한 그림이다.

[42] 도 7a)는 종래기술에 따른 환경주사현미경에서의 이미지 범위를 도시한 그림이고, 도 7b)는 본 발명의 일실시예에 따라 얻어지는 환경주사현미경에서의 이미지 범위를 도시한 그림이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[43] 도 4 및 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 입자 빔의 방출 이미지 획득 장치를 도시한 그림이다.

[44] 이는 하전입자 빔을 방출하는 하전입자 소스(10), 상기 하전입자 소스쪽에 구비되며, 전기장 또는 자기장에 의해 상기 하전입자 빔을 집속하여 주는 하나이상의 중간 집속렌즈(22), 및 최종 집속렌즈로서 시료쪽에 구비되며, 시료위에 집속되는 빔 스폿인 하전입자 빔 프로브를 형성시키는 대물렌즈(24)를 포함하는 집속렌즈군(20), 상기 하전입자 소스 및 집속렌즈군을 내부에 구비하며, 상기 하전입자 소스로부터 방출된 하전입자 빔이 대물렌즈를 거쳐 시료에 조사되는 통로인 어퍼처(35)를 구비하는 진공챔버(30), 상기 하전입자 빔의 조사 방향을 제어하여 바꾸어 주는 하나 이상의 편향기(40), 및 관찰 또는

가공하려는 시료를 지지하며, 상기 시료를 이동할 수 있는 시료 스테이지(50)를 포함하는 하전입자 빔 프로브 형성 장치를 포함하여 이루어진다.

[45] 여기서, 상기 하전입자 소스, 중간 집속렌즈(22) 및 대물렌즈(24)를 포함하는 집속렌즈군(20), 상기 어퍼처를 포함하는 진공챔버(30) 및 시료스테이지(50)는 도 2 및 도 3에서 기재된 바와 같은, 종래기술에서 사용되는 구성요소를 그대로 사용할 수 있다.

[46] 이를 보다 상세히 설명하면, 본 발명에서 사용되는 하전입자빔은 하전입자 소스로부터 방출되어 상기 집속렌즈군(20)과 편향기(40)에 의해 입자빔의 조사방향이 제어될 수 있는 형태이면 그 종류에 제한되지 않고 사용할 수 있다. 일 실시예로서 상기 하전입자빔은 전자빔 또는 이온빔일 수 있다.

[47] 상기 하전입자빔으로서 이온빔이 사용되는 경우에 그 종류로서는 헬륨 이온빔, 네온 이온빔, 수소 이온빔 등이 사용가능하나, 이에 제한되지 않는다. 또한 집속 이온 빔(FIB) 장치의 용도로서 사용되는 이온빔으로서 Ga, In, Ar, Ne 등의 이온빔이 사용가능하다.

[48] 또한 본 발명에서 사용되는 하전입자빔 소스는 상기 전자빔 또는 이온빔과 같은 하전입자빔을 생성할 수 있는 형태로서, 상기 하전입자빔을 방출할 수 있는, 텅스텐 필라멘트 등의 열전자 방출원, 금속팁(미도시)과 상기 금속팁로부터 방출하는 입자빔을 추출하여 집속렌즈군(20)으로 유도하는 익스트랙션(Extraction) 렌즈(미도시)를 포함할 수 있다.

[49] 또한 상기 입자를 방출할 수 있는 금속팁(11)은 길이가 짧고 뾰족하며 대칭적인 것이 바람직하다.

[50] 이와 같은 조건을 만족하며, 상기 입자 빔의 소스 팁의 재료는 가공이 쉽고 수명이 긴 특징을 가진 금속 팁이 바람직하기 때문에 상기 금속 팁으로서 텅스텐 팁, 몰리브덴, 이리듐, 프라티늄-이리듐 합금 등이 사용될 수 있다.

[51] 또한, 열전자 방출원으로는 융점이 높으면서도 상대적으로 전자방출이 잘되는 텅스텐, 탄탈륨, 이리듐, 이리듐-텅스텐 합금의 필라멘트와, 상기 재료 표면에 전자가 더 낮은 온도에서 방출되도록 이트륨, 바륨, 세슘 및 그 산화물을 코팅한 필라멘트가 사용될 수 있다.

[52] 한편, 상기 집속렌즈군(20)은 전기장 또는 자기장에 의해 상기 하전입자 빔을 집속하여 주는 역할을 하며, 하전입자 소스쪽에 구비되는 하나이상의 중간 집속렌즈(22) 및 최종 집속렌즈로서 시료쪽에 구비되며, 시료위에 집속되는 빔 스폿인 하전입자 빔 프로브를 형성시키는 대물렌즈(24)를 포함한다.

[53] 상기 집속렌즈군내 중간집속렌즈(22)와 대물렌즈를 포함하는 집속렌즈군(20)은 내부에 포함된 전극을 통해, 하전입자 소스로부터 방출된 하전입자빔을 감속 시키거나 가속시키거나 조사방향을 변경시킬 수 있고, 다양한 형태로 감겨있는 다수의 코일 형태로 존재할 수 있다.

[54] 이때, 상기 하전입자빔은 수차를 감소시키기 위해 상기 대물렌즈의 중심을 통과하도록 제어될 수 있다. 즉, 주사를 시킬 때 편향기에 의해 편향되는 빔이

최종 집속렌즈인 대물렌즈의 중심을 지나도록 제어될 수 있다.

[55] 이를 구현하기 위해 본 발명에서는 종래기술과 마찬가지로 중간집속렌즈와 대물렌즈 사이에 종래기술에서 사용되는 편향기를 구비할 수 있으며, 상기 편향기에 의해 하전입자빔의 조사방향을 제어할 수 있다.

[56] 또한 본 발명에서의 하전입자 빔 프로브 형성 장치는 상기 하전입자 소스로부터 방출된 하전입자 빔이 대물렌즈를 거쳐 시료에 조사되는 통로인 어퍼처를 구비하는 진공챔버를 포함할 수 있다.

[57] 본 발명의 하전입자 빔 프로브 형성 장치는 상기 진공챔버에 의해 둘러싸인 진공챔버 내부의 제1 영역과, 상기 시료를 포함하는 제2 영역으로 구획될 수 있고, 상기 제1영역보다 제2 영역이 상대적으로 높은 압력을 가진다.

[58] 상기 제1 영역은 10^{-4} mbar 이하의 범위를 갖는 고진공 영역일 수 있고, 바람직하게는 10^{-5} mbar 이하의 범위를 갖는 고진공 영역일 수 있다.

[59] 이를 위해서 상기 진공챔버 내부를 상기와 같은 압력을 유지할 수 있도록 고진공용 진공펌프를 구비하는 진공 시스템을 구비할 수 있다.

[60] 예시적으로, 상기 진공챔버는 진공펌프에 의해 고진공이 유지되는 진공공간을 형성한다.

[61] 이때 상기 진공펌프는 드라이 펌프, 확산펌프(diffusion pump), 터보 분자펌프(Turbo molecular pump), 이온펌프 (ion pump), 크라이오펌프 (cryopump), 로터리펌프 (rotary pump), 스크롤 또는 다이어프램 펌프등의 드라이 펌프 (dry pump) 로부터 선택되는 하나 이상을 포함하여 구비될 수 있다.

[62] 이때, 상기 제 2영역은 시료를 포함하는 영역으로서, 일반적으로 시료가 위치하는 시료실내부의 영역에 해당될 수 있으며, 상기 시료실은 별도의 저진공용 진공펌프에 의해 감압된 영역에 해당하는 독립적으로 폐쇄된 영역이 될 수도 있고, 대기압 환경에서와 같이 외기와 동일한 압력하의 개방된 영역이 될 수도 있다.

[63] 한편, 본 발명에서 상기 제1 영역과 제2 영역의 압력차이는 100배 이상의 압력차이를 나타낼 수 있고, 바람직하게는 1000배 이상의 압력차이를 나타낼 수 있다.

[64] 또한 본 발명에서, 상기 어퍼처는 제1 영역과 제2 영역을 구분하는 경계부가 될 수 있다. 즉, 상기 어퍼처는 제1 영역인 진공챔버 내부영역과 시료를 포함하는 제2 영역 사이를 연통시키며, 단면이 원형, 다각형, 타원 또는 임의의 형태를 가지는 개구부일 수 있고, 또한 시료영역인 제2 영역의 진공도에 따라 상기 개구부의 개구부분이 얇은 두께의 격막에 의해 밀봉된 형태를 가질 수 있다.

[65] 상기 어퍼처의 크기는 직경 3000 um 이하일 수 있고, 바람직하게는 2000 um이하일 수 있으며, 더욱 바람직하게는 1000 um이하일 수 있다.

[66] 따라서, 상기 진공챔버는 개구부를 가진 어퍼처에 의해 부분적으로 밀봉되거나 또는 격막을 포함하는 어퍼처에 의해 밀봉되어 진공챔버내 하전입자 소스로부터 방출되는 하전입자가 산란되지 않고 시료에 조사될 수 있도록 한다.

[67] 본 발명에서 상기 시료를 포함하는 시료실내의 압력이 10^{-3} mbar 이상의 압력 범위, 바람직하게는 10^{-2} mbar 이상의 압력 범위를 갖는 저진공인 경우에는 상기 어퍼처가 개구형태만으로 이루어지도록 서로 개방됨으로써, 시료영역인 제2영역의 대기가 상기 진공챔버내부의 제1 영역으로 자유롭게 유입될 수 있다.

[68] 상기 어퍼처가 개구형태로 개방된 경우에, 상기 제1 영역과 제2 영역에서의 압력은 압력의 측정지점에 따라 달라질 수 있는 바, 상기 각각의 영역의 압력측정의 기준이 되는 위치로서, 제1 영역은 하전입자 소스원 부근이 될 수 있고, 제2 영역은 시료스테이지 상의 시료부근이 될 수 있다.

[69] 한편, 상기 시료를 포함하는 제2 영역내의 압력이 대기압 환경인 경우에는 상기 어퍼처가 개구형태만으로 이루어지는 경우에는 상기 하전입자 소스를 포함하는 진공챔버내 제1 영역의 압력조절이 용이하지 않을 수 있고, 또한 하전입자 빔의 방출이 대기압내 존재하는 공기 입자들에 의해 산란되거나 방해받을 수 있어, 어퍼처가 얇은 두께의 격막에 의해 밀봉된 개구형태일 수 있다.

[70] 따라서, 상기와 같이 어퍼처가 격막에 의해 밀봉되는 경우에 상기 제1 영역은 제2 영역으로부터 격리될 수 있다.

[71] 이때 상기 격막의 두께는 10 nm 내지 3000 nm 일 수 있고, 바람직하게는 20 nm 내지 2000 nm 일 수 있고, 더욱 바람직하게는 20 nm 내지 500 nm 일 수 있다.

[72] 또한 상기 격막 재료로서는 질화 실리콘(SiN), 그래핀 등에서 선택되는 어느 하나 또는 이들의 복합층일 수 있다.

[73] 본 발명에서 상기 시료는 대물렌즈 아래의 시료실에 위치하게 된다. 이때 상기 시료실내 압력은 앞서 살펴본 바와 같이, 대기압 또는 저진공 압력하의 환경으로 유지되며, 상기 시료의 표면을 하전입자 빔에 노출될 수 있게 할 수 있다.

[74] 또한 상기 시료실은 시료가 놓여질 시료스테이지를 구비할 수 있으며, 상기 시료스테이지는 상기 어퍼처의 0.1 내지 100 mm 아래에서, 바람직하게는 1 내지 30 mm 아래에서 시료를 지지하며, 지면에 평행인 x방향 및 y방향과 지면에 수직방향인 z방향으로 위치이동이 가능하도록 구비될 수 있다.

[75] 또한, 본 발명에서 상기 편향기는 하전 입자 빔을 편향시키는데 사용되는 자기장을 생성하는 적어도 하나의 코일 장치를 포함할 수 있다.

[76] 상기 편향기는 종래 기술에 있어, 통상적으로 중간 집속렌즈(22)와 대물렌즈(24) 사이에 구비되는 것이 일반적이다. 따라서 도 2 및 도 3에서 도시된 바와 같이, 중간 집속렌즈(22)와 대물렌즈(24)사이에 상단(41) 및 하단(42)으로 편향기를 복수로 구비하여 하전입자 빔의 궤도가 대물렌즈의 중심을 통과하도록 빔 궤도가 설정될 수 있게 제어된다.

[77] 이때, 상기 어퍼처의 크기에 따라, 광축을 기준으로 시료에 조사되는 하전입자빔의 최대 각도가 제한될 수 있다. 예컨대, 도 2를 참조하면, 상기 시료에 조사되는 하전입자빔은 어퍼처의 최외각부분에 해당하는 부분보다 안쪽의 개구부를 통과하도록 상기 최대각도보다 작은 각도를 갖는 공간범위내로 제한되어 시료에 조사될 수 있고, 이보다 각도가 더 벌어져서

조사되는 경우는 경우에는 어퍼처를 통과할 수 없게된다.

[78] 그러나 본 발명에서는 상기 편향기가 대물렌즈와 시료 사이에 위치하도록 구비됨으로써, 상기 하전입자빔이 조사되는 영역을 자유롭게 확장가능한 것을 특징으로 한다.

[79] 즉, 본 발명의 하전입자 빔 하전입자 빔 프로브 형성 장치는 대물렌즈와 시료 사이에 편향기를 구비하고, 상기 편향기와 어퍼처와의 거리를 제어함으로써, 시료의 관찰 또는 가공영역을 넓히거나 좁힐 수 있는 장점이 있다.

[80] 상기 편향기는 상기 광축방향인 Z방향에 대하여 높이 조절이 가능하게 구비될 수 있다.

[81] 상기와 같이 편향기를 대물렌즈와 시료 사이의 위치에 구비하게 되는 경우에 하전입자빔은 대물렌즈의 중심을 통과한 후 상기 편향기에 의해 빔 궤도의 방향이 제어되어 원하는 조사방향으로 종래기술에 의해 제어되는 영역보다 훨씬 넓은 영역의 빔 조사를 수행할 수 있다.

[82] 예컨대, 상기 편향기를 대물렌즈와 시료 사이에 놓으면 편향기에 의해 빔 조사방향이 변경되는 위치에 해당하는 편향점이 상기 대물렌즈에서 시료쪽으로 가까워질수록 관찰되거나 가공될 수 있는 시료의 영역 범위는 넓어지며, 또한 빔 조사범위도 넓어지게 된다.

[83] 즉, 도 4에서와 같이 시료 영역인 제2 영역이 저진공인 경우, 상기 대물렌즈와 시료 사이에 편향기를 놓으면 대물렌즈의 중심을 통과한 하전입자빔이 상기 편향기에 의해 진행방향이 변경됨으로써 형성되는 편향점이 대물렌즈에서 시료쪽으로 가까워질수록 편향점에서 관찰되거나 가공될 수 있는 시료의 영역범위와 조사범위가 넓어지게 되며, 도 5에서도 시료 영역인 제2 영역이 대기압인 경우, 앞서 살펴본 바와 마찬가지로 상기 대물렌즈와 시료 사이에 편향기를 놓으면 대물렌즈의 중심을 통과한 하전입자빔이 상기 편향기에 의해 진행방향이 변경됨으로써 형성되는 편향점이 대물렌즈에서 시료쪽으로 가까워질수록 편향점에서 관찰되거나 가공될 수 있는 시료의 영역범위와 조사범위가 넓어지게 된다.

[84] 이를 도 4를 통해 보다 상세히 살펴보면, 상기 도 4에서는 도 2 및 도 3에서와 달리 상기 편향기가 중간 집속렌즈와 대물렌즈 사이에 구비되지 않고, 대물렌즈와 시료사이인 어퍼처 부근에 위치하도록 구비된다. 이에 의해 상기 편향점은 어퍼처 부근에 있는 편향기의 위치와 동일한 위치에 형성되고, 이에 의해 대물렌즈의 중심을 통과한 하전입자빔은 상기 편향기에 의해 조사방향이 원하는 방향으로 변경되어 조사될 수 있다.

[85] 이 경우에 상기 광축을 기준으로 하였을 때 편향기에 의해 변경될 수 있는 하전입자빔의 조사 각도는 종래기술에 따른 도 2 및 도 3에서의 편향기에 의해 조사되는 최대각도보다 훨씬 큰 각도로 시료에 조사될 수 있는 것이다.

[86] 도 6은 본 발명에서의 하전입자빔 프로브 형성장치의 렌즈부분과 편향기 부분의 상세 이미지를 도시한 그림이다.

[87] 이를 보다 구체적으로 살펴보면, 본 발명의 하전입자빔 프로브 형성장치는 광축(60)을 중심으로 집속렌즈군(20)내의 중간 집속렌즈(22)의 역할을 위한, 연자성 재료의 렌즈 자기회로(26)가 대물렌즈(24) 상단에 구비되어 있고, 상기 중간 집속렌즈(22)의 하부위치에 대물렌즈의 역할을 위한, 연자성 재료의 렌즈 자기회로(26)가 구비되어 있는 것을 나타내고 있다.

[88] 이때 상기 대물렌즈 하부의 어퍼처 부분은 도 6의 확대부로서 도시된 사각형 도형내부에 도시된 바와 같이, 소정(1 mm정도)의 폭을 갖는 어퍼처(35) 위치 하부에 편향기(40)이 구비된 것을 볼 수 있다.

[89] 상기 편향기(40)는 본 발명에서 대물렌즈와 시료 사이에 위치하지만, 전술한 바와 같이 대물렌즈와 중간집속렌즈 사이에 추가적으로 구비될 수도 있다.

[90] 한편, 본 발명에서의 하전입자 빔 프로브 형성 장치는 도 5에서 도시된 바와 같이, 시료 영역인 제2 영역이 대기압인 경우에서도 마찬가지로 적용되어 동일한 효과를 나타낼 수 있다.

[91] 또한, 본 발명에서 상기 편향기는 수직 방향으로의 위치가 시료와 어퍼처의 사이에 위치할 수 있다. 바람직하게는 상기 편향기의 위치가 상기 어퍼처와 동일한 높이에 구비될 수 있다.

[92] 한편, 본 발명의 진공챔버는 외부에서 접근가능한 적어도 하나의 커넥터를 포함할 수 있다. 상기 커넥터는 진공챔버와 외부환경과의 전기적 연결을 위한 연결부로서, 진공 챔버내 하전입자 소스 및 집속렌즈군으로의 전원 및 제어신호 공급 (ii) 진공 챔버내 추가적인 편향기가 구비된 경우에 이의 제어 신호 및 전원 공급 및 (iii) 상기 (i) 및 (ii)에서의 하전입자 소스, 집속렌즈군 및 편향기의 이상 유무에 관한 정보를 제공할 수 있는 검출기의 전원공급 및 제어 등을 용이하게 할 수 있다.

[93] 또한 본 발명에서의 상기 하전입자 빔 프로브 형성 장치는 추가적으로 시료의 검출 또는 대조를 강화하기위해 수증기, He, 질소, 아르곤을 포함하는 추가적인 가스를 주입할 수 있는 가스 주입기가 구비될 수도 있다. 이러한 가스 혼합물은 시료에 근접하게 제공될 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[94] 또한 본 발명의 하전입자 빔 프로브 형성 장치는 그 응용분야에 따라 다양한 추가적 구성요소들을 구비할 수 있다. 예컨대, 상기 하전입자 빔 프로브 형성 장치가 환경 주사형 전자 현미경으로 이용되는 경우에, 시료의 표면에서 방사되는 여러 신호들, 즉 저에너지 이차 전자 신호, 고 에너지 후방산란 전자 신호, 작은 각도의 반사 전자신호, 및 큰 각도의 반사 전자 신호를 분리하는 역할을 하는 적당한 기하학적 형태의 전자 검출기를 추가적으로 포함할 수 있다.

[95] 상기 검출기는 시료의 표면의 형태를 나타내주는 디스플레이 장치 등의 표시장치에 연결되어 최종적으로 이미지로 정보가 표시된다.

[96] 또한 본 발명의 하전입자 빔 프로브 형성 장치는 상기 하전입자 소스내 하전입자의 방출강도와 방출시기 등을 조절하며, 집속렌즈군 및 편향기의 제어, 시료 스테이지의 위치조절 등을 위한 제어부를 추가적으로 구비할 수 있다.

[97] 이때, 상기 하전입자 소스를 포함하는 진공챔버의 진공도와 시료실내의 진공도를 조절하기 위한 컨트롤러가 각각 개별적으로, 또는 통합하여 상기 제어부에 포함될 수 있고, 이에 의해 각각의 영역의 압력이 각각 제어될 수 있다.

[98] 상기 제어부에 의해 하전입자 빔 프로브 형성 장치가 전체적으로 제어됨으로써, 하전입자 빔 프로브가 시료에 형성될 수 있다.

[99] 또한 본 발명의 상기 하전입자 빔 프로브 형성 장치는 주사 전자 현미경, 집속 이온 빔(FIB) 장치 또는 시료 가공 장치에 이용될 수 있다.

[100] 본 발명에서의 하전입자 빔 프로브 형성 장치에서 하전입자 빔 프로브가 형성되는 과정을 살펴보면, 우선, 상기 하전입자 소스로부터 방출된다.

[101] 예컨대, 하전입자빔으로서 전자빔이 사용되는 경우, 하전입자 소스는 텅스텐-헤어핀 총, 란탄-헥사보라이드 총, 또는 전계-방출 총 등의 전자총이 사용될 수 있고 상기 전자빔은 전자총으로 공급되는 가속 전압에 의해 가속된다.

[102] 한편, 일반적으로 전자빔 소스에 의해 직접 형성된 빔의 직경은 너무 커서 높은 배율로 날카로운 이미지를 형성할 수 없기 때문에, 전자 빔은 상기 집속렌즈군을 통해 가이드되어, 빔이 축소되어 시료에 조사될 수 있다.

[103] 즉, 상기 가속된 하전입자빔은 상기 진공챔버내의 고진공 상태에서 집속렌즈군내 중간 집속렌즈에 의해 형성된 전기장 또는 자기장에 의해 집속되어 최종 집속렌즈인 대물렌즈를 통과하게 된다.

[104] 이때 수차를 감소시키기 위해 하전입자빔이 대물렌즈의 중심을 통과하면서 상기 어퍼처를 통과하여 시료쪽으로 조사될 수 있다.

[105] 시료표면에 조사된 하전입자빔은 상기 시료 표면과의 다양한 상호작용을 통해 시료로부터 방출되는 다양한 종류의 2차 입자를 발생시키거나, 또는 시료가 가공될 수 있고, 상기 2차 입자를 검출하거나 또는 상기 시료가 가공됨으로써 원하는 용도로 이용될 수 있다.

[106] 또한 본 발명은 하전입자 빔을 이용하여 시료를 관찰 또는 가공하는 방법을 제공한다.

[107] 상기 방법을 상세히 살펴보면, 하전입자 소스(10); 및 상기 하전입자 소스쪽에 구비되며, 전기장 또는 자기장에 의해 상기 하전입자 빔을 집속하여 주는 하나이상의 중간 집속렌즈(22)와 최종 집속렌즈로서 시료쪽에 구비되며, 시료위에 집속되는 빔 스폿인 하전입자 빔 프로브를 형성시키는 대물렌즈(24)를 포함하는 집속렌즈군(20);을 내부에 구비하며, 상기 하전입자 소스(10)로부터 방출된 하전입자 빔이 상기 대물렌즈를 거쳐 시료에 조사되는 통로인 어퍼처(35)를 구비하는 진공챔버(30);의 내부영역인 제1 영역의 압력이 상기 시료를 포함하는 제2 영역의 압력보다 상대적으로 낮은 압력을 가지도록 각각의 영역의 압력을 설정하여 유지하는 단계, 상기 하전입자 소스(10)로부터 하전입자 빔을 방출시키는 단계, 상기 방출된 하전입자 빔을 집속렌즈군(20)에 의해 집속시켜 어퍼처를 통과시키는 단계, 상기 대물렌즈와 시료 사이에 위치하며, 하전입자 빔의 조사 방향을 바꾸어 주는 하나 이상의 편향기(40)를 제어하여

하전입자 빔의 조사 방향을 바꾸는 단계, 및 조사 방향이 바뀐 하전입자 빔이 상기 시료 스테이지(50) 상의 시료(55)에 조사되는 단계를 포함하여 이루어진다.

[108] 이는 앞서 기재된 본 발명의 상기 하전입자 빔 프로브 형성장치를 이용하되, 상기 편향기를 대물렌즈와 시료사이에 위치하도록 구비하여 하전입자 빔 프로브를 형성하는 방법을 기재한 것으로서, 구체적인 방법은 앞서 살펴본 바와 같다.

[109] 도 7은 본 발명에서의 하전입자 빔 프로브 형성 장치를 이용하여 환경 주사전자현미경에 적용한 경우의 이미지를 도시한 결과로서, 도 7a)에서는 종래기술에 따른 환경 주사전자현미경에서 얻을 수 있는 저배율 이미지를 도시한 것이고, 도 7b)에서는 본 발명의 일 실시예에 따른, 광축상에서 대물렌즈 밑의 어퍼처와 동일한 높이의 위치에 편향기를 설치하게 되는 경우에 환경 주사전자현미경에서 얻을 수 있는 저배율 이미지를 도시한 것이다.

[110] 도 7b)에서 나타낸 바와 같이, 본 발명에서의 편향기를 대물렌즈와 시료 사이에 위치하도록 구비하게 되면, 종래기술에서 통상 1mm 어퍼처에 의해 제한되는 시야범위가, 환경 주사전자현미경에서도 일반 주사전자현미경과 보여주는 시야와 동일하게 상기 어퍼처에 의해 제한되지 않는 5mm 정도의 넓은 범위의 저배율 이미지를 얻을 수 있다.

[111] 따라서, 본 발명에서의 하전입자 빔 프로브 형성장치를 주사전자현미경에 사용하게 되는 경우에, 종래 기술에서 어퍼처에 의해 시야각이 제약되던 부분까지 이미지를 얻을 수 있어 관찰을 원하는 시료 위치를 용이하게 찾을 수 있음을 확인할 수 있다.

[112] 이상 본 발명의 구성을 세부적으로 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

산업상 이용가능성

[113] 본 발명에 의하면, 시료를 이동하지 않고도 넓은 시야를 확보하여 관측하거나 또는 시료를 가공하며, 빔 궤도의 방향을 제어할 수 있는 하전입자 빔 하전입자 빔 프로브 형성 장치를 제공할 수 있고, 또한, 본 발명은 간단하게 시료의 조사영역을 제어할 수 있으며, 편향기와 어퍼처와의 거리를 제어함으로써, 시료의 관찰 또는 가공영역을 넓히거나 좁힐 수 있는 하전입자 빔 하전입자 빔 프로브 형성 장치를 제공할 수 있다.

청구범위

[청구항 1] 하전입자 빔을 방출하는 하전입자 소스;
상기 하전입자 소스쪽에 구비되며, 전기장 또는 자기장에 의해 상기 하전입자 빔을 집속하여 주는 하나이상의 중간 집속렌즈, 및 최종 집속렌즈로서 시료쪽에 구비되며, 시료위에 집속되는 빔 스폿인 하전입자 빔 프로브를 형성시키는 대물렌즈를 포함하는 집속렌즈군; .
상기 하전입자 소스 및 집속렌즈군을 내부에 구비하며, 상기 하전입자 소스로부터 방출된 하전입자 빔이 대물렌즈를 거쳐 시료에 조사되는 통로인 어퍼처를 구비하는 진공챔버;
상기 하전입자 빔의 조사 방향을 제어하여 바꾸어 주는 하나 이상의 편향기; 및
관찰 또는 가공하려는 시료를 지지하며, 상기 시료를 이동할 수 있는 시료 스테이지;를 포함하는 하전입자 빔 프로브 형성 장치로서,
상기 하전입자 빔 프로브 형성 장치는 진공챔버 내부의 제1 영역과, 상기 제1 영역보다 상대적으로 높은 압력을 가지며 상기 시료를 포함하는 제2 영역으로 구분되고,
상기 편향기는 대물렌즈와 시료 사이에 위치하는 것을 특징으로 하는 하전입자 빔 프로브 형성 장치.

[청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 어퍼처의 크기는 직경 3000 um 이하인 인 것을 특징으로 하는 하전입자 빔 프로브 형성 장치.

[청구항 3] 제1항에 있어서,
상기 하전 입자빔은 이온빔 또는 전자빔인 것을 특징으로 하는 하전입자 빔 프로브 형성 장치.

[청구항 4] 제1항에 있어서,
상기 하전입자 빔은 대물렌즈의 중심을 통과함으로써, 수차를 감소시키는 것을 특징으로 하는 하전입자 빔 프로브 형성 장치.

[청구항 5] 제1항에 있어서,
상기 제1 영역의 압력은 10^{-3} mbar 이하의 범위를 갖는 고진공 영역인 것을 특징으로 하는 하전입자 빔 프로브 형성 장치.

[청구항 6] 제1항에 있어서,
상기 제2 영역의 압력은 10^{-2} mbar 이상의 범위를 갖는 저진공 영역인 것을 특징으로 하는 하전입자 빔 프로브 형성 장치.

[청구항 7] 제1항에 있어서,
상기 어퍼처는 구멍의 형태의 개구부로서, 상기 제1영역과

제2영역이 상기 어퍼처를 통해 서로 개방된 것을 특징으로 하는 하전입자 빔 프로브 형성 장치.

[청구항 8] 제1항에 있어서,
상기 어퍼처는 두께 2000 nm 이하의 격막으로 형성되어 상기 제1 영역을 제2 영역으로부터 격리되는 것을 특징으로 하는 하전입자 빔 프로브 형성 장치.

[청구항 9] 제1항에 있어서,
상기 편향기는 시료와 어퍼처의 사이에 위치하는 것을 특징으로 하는 하전입자 빔 프로브 형성 장치.

[청구항 10] 제1항에 있어서,
상기 편향기는 상기 어퍼처와 동일한 높이에 구비되는 것을 특징으로 하는 하전입자 빔 프로브 형성 장치.

[청구항 11] 제1항에 있어서,
상기 제1 영역과 제2 영역의 압력차이는 100배 이상의 압력차이를 나타내는 것을 특징으로 하는 하전입자 빔 프로브 형성 장치.

[청구항 12] 제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 기재된 하전입자 빔 프로브 형성 장치를 포함하는 주사 전자 현미경.

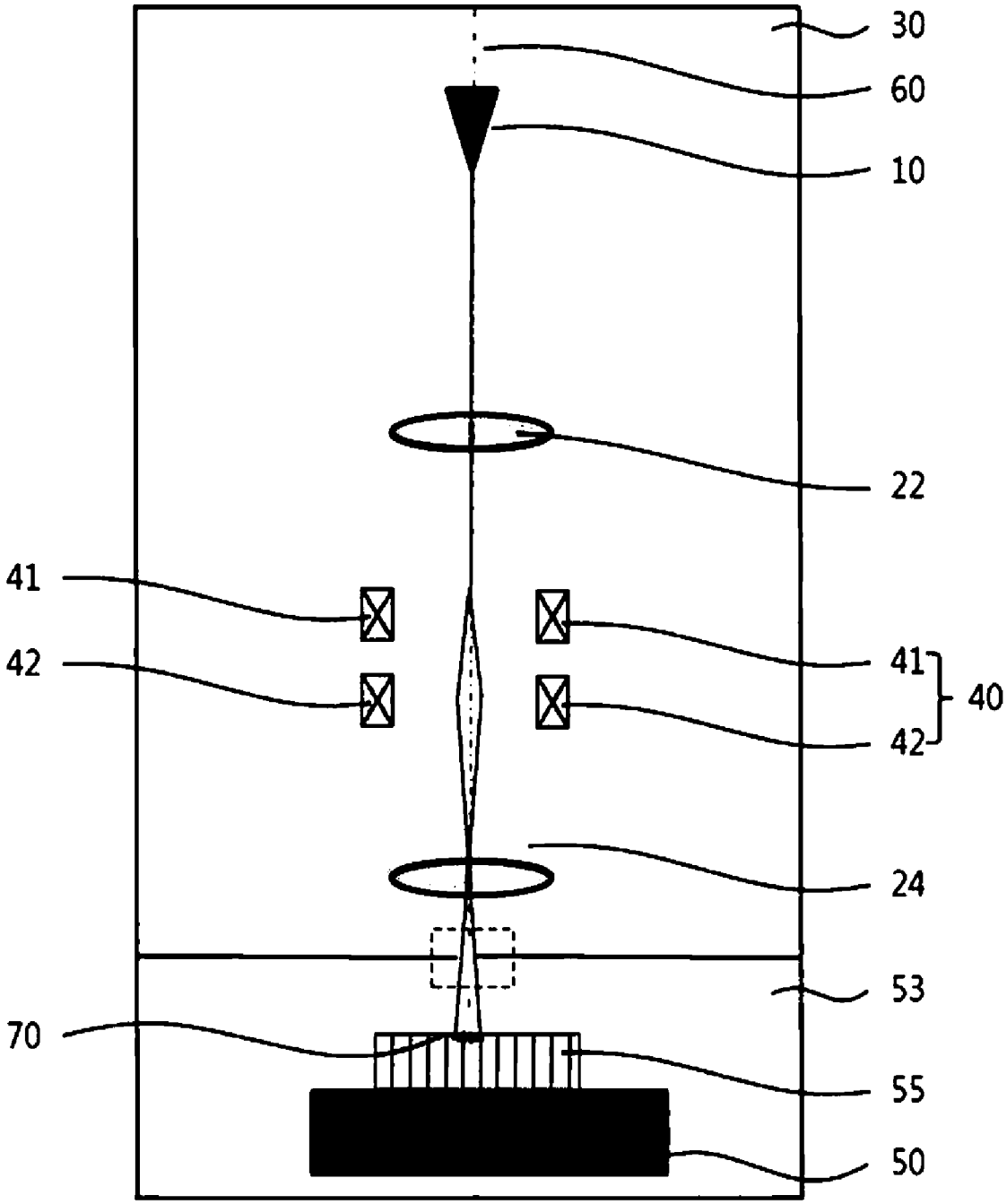
[청구항 13] 제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 기재된 하전입자 빔 프로브 형성 장치를 포함하는 시료 가공 장치.

[청구항 14] 제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 기재된 하전입자 빔 프로브 형성 장치를 포함하는 집속 이온 빔(FIB) 장치.

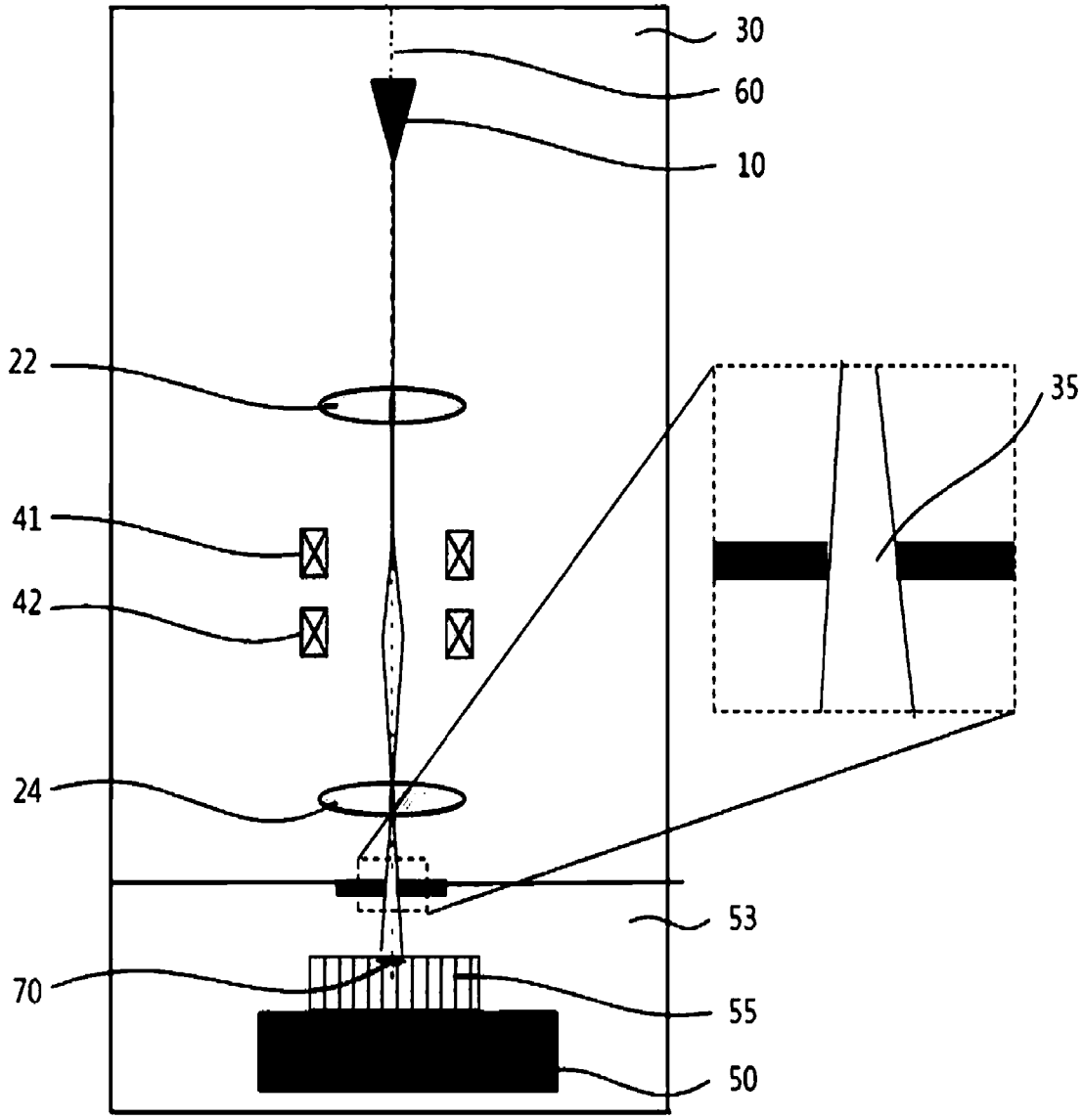
[청구항 15] 하전입자 빔을 이용하여 시료를 관찰 또는 가공하는 방법으로서,
하전입자 소스; 및 상기 하전입자 소스쪽에 구비되며, 전기장 또는 자기장에 의해 상기 하전입자 빔을 집속하여 주는 하나이상의 중간 집속렌즈와 최종 집속렌즈로서 시료쪽에 구비되며, 시료위에 집속되는 빔 스폿인 하전입자 빔 프로브를 형성시키는 대물렌즈를 포함하는 집속렌즈군;을 내부에 구비하며, 상기 하전입자 소스로부터 방출된 하전입자 빔이 상기 대물렌즈를 거쳐 시료에 조사되는 통로인 어퍼처를 구비하는 진공챔버;의 내부영역인 제1 영역의 압력이 상기 시료를 포함하는 제2 영역의 압력보다 상대적으로 낮은 압력을 가지도록 각각의 영역의 압력을 설정하여 유지하는 단계,
상기 하전입자 소스로부터 하전입자 빔을 방출시키는 단계,
상기 방출된 하전입자 빔을 집속렌즈군에 의해 집속시켜 어퍼처를 통과시키는 단계,
상기 대물렌즈와 시료 사이에 위치하며, 하전입자 빔의 조사 방향을 바꾸어 주는 하나 이상의 편향기를 제어하여 하전입자 빔의 조사 방향을 바꾸는 단계, 및

조사 방향이 바뀐 하전입자 빔이 상기 시료 스테이지 상의 시료에 조사되는 단계를 포함하는, 하전입자 빔을 이용하여 시료를 관찰하거나 또는 가공하는 방법.

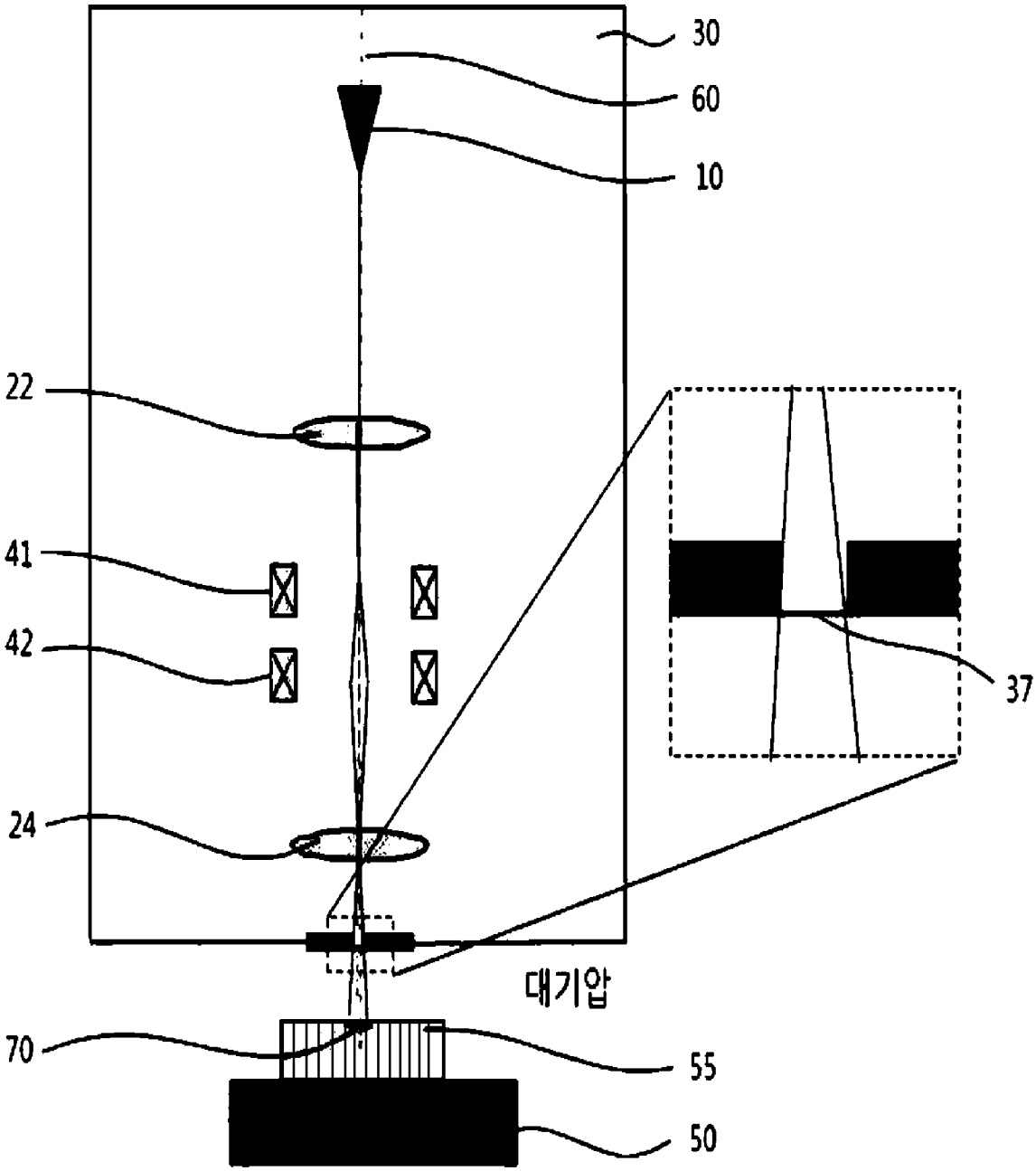
[Fig. 1]



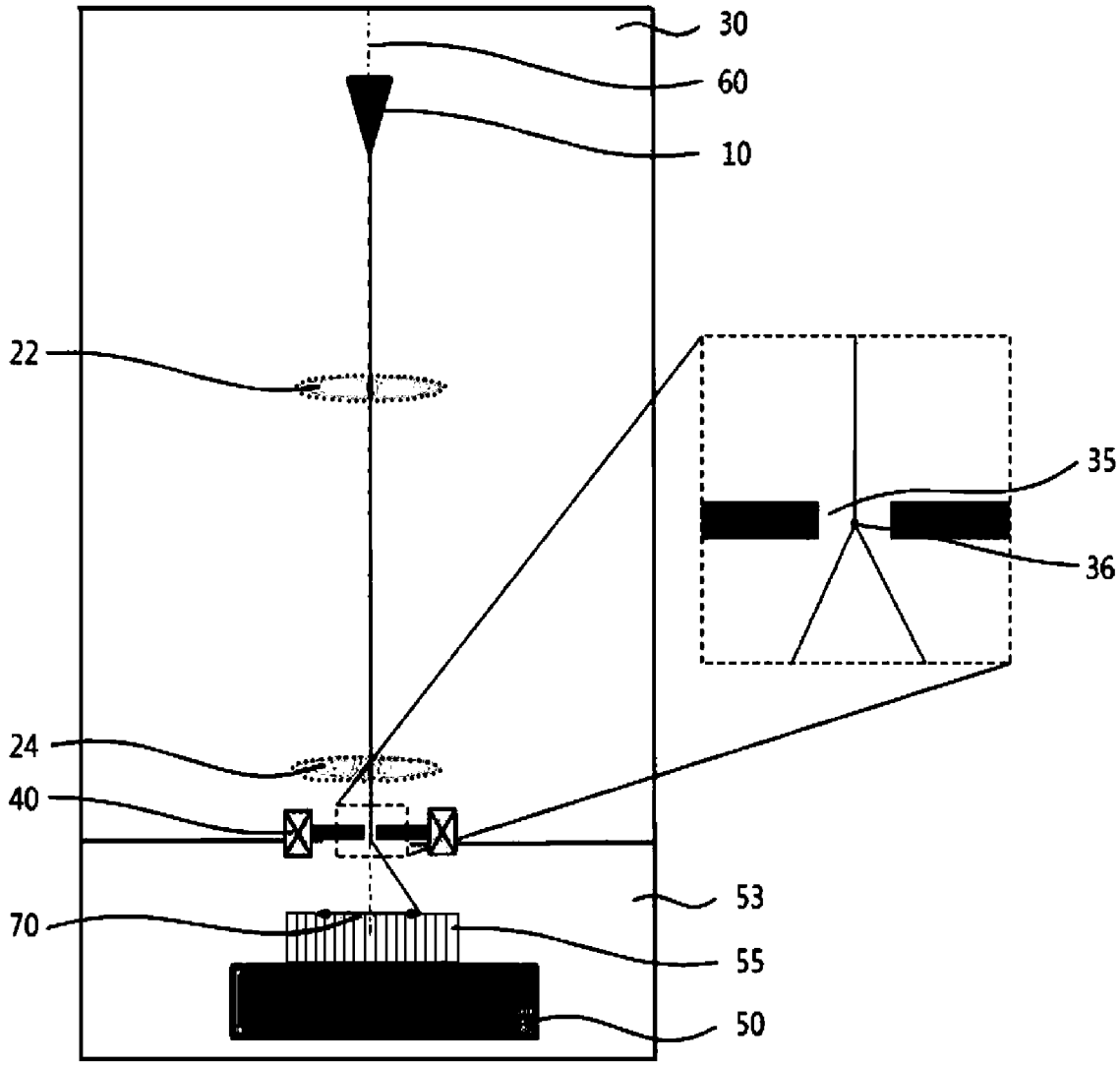
[Fig. 2]



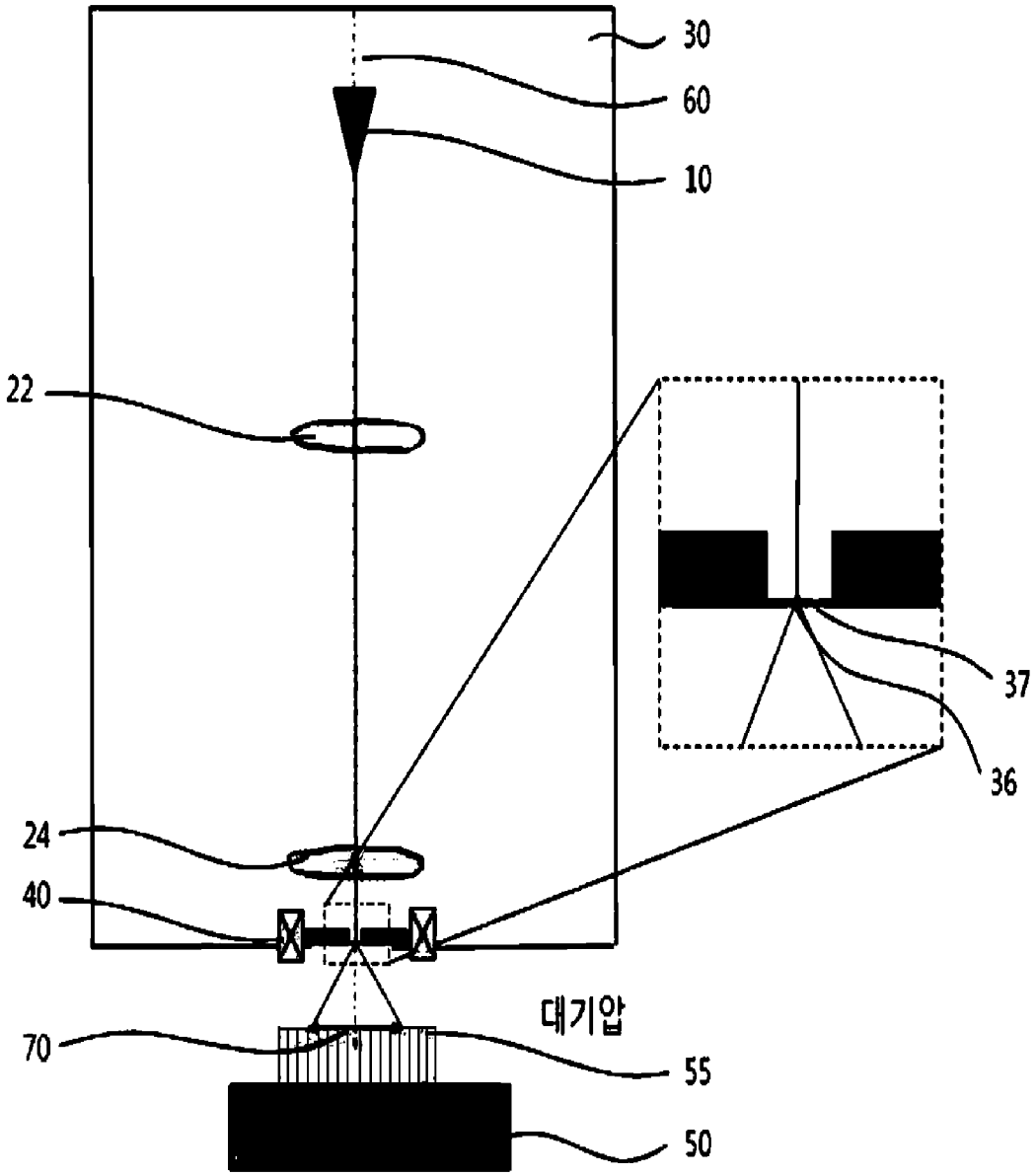
[Fig. 3]



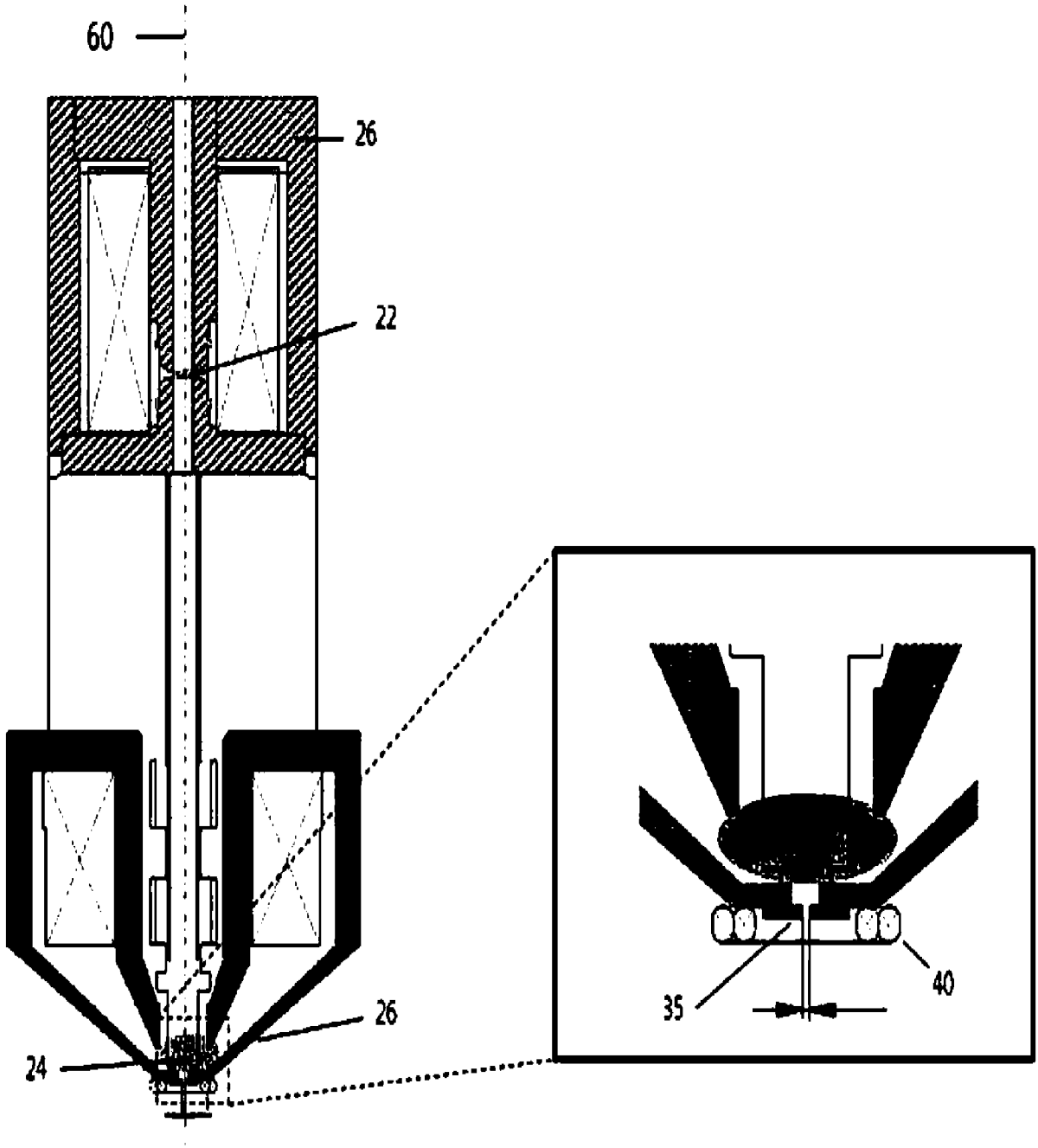
[Fig. 4]



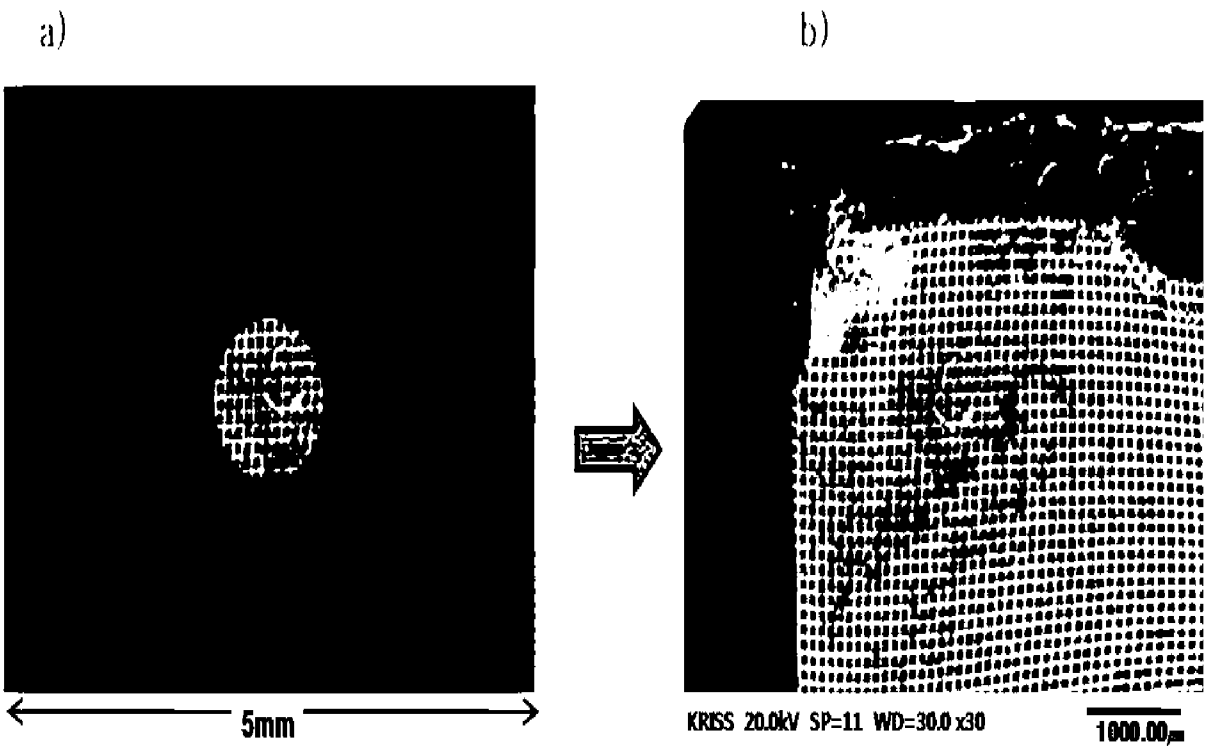
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2014/011388

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J 37/147(2006.01)i, H01J 37/21(2006.01)i, H01J 37/317(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01J 37/147; H01J 37/16; H01J 37/09; H01J 37/18; H01J 37/28; H01J 37/10; H01J 37/21; H01J 37/317

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above
Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

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

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: charged particle, deflector, vacuum, charged particle, deflector, vacuum

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2006-260878 A (HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORP) 28 September 2006 See abstract, paragraphs [0012]-[0062] and figures 1, 7, 8, 10.	1-15
Y	KR 10-2002-0070386 A (ICT INTEGRATED CIRCUIT TESTING GESELLSCHAFT FUER HALBLEITERPRUEFTECHNIK MBH) 06 September 2002 See page 3 lines 30-31 and figures 11, 12.	1-15
Y	JP 2013-175377 A (HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORP) 05 September 2013 See paragraph [0033] and figure 3.	8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
23 FEBRUARY 2015 (23.02.2015)	**23 FEBRUARY 2015 (23.02.2015)**
Name and mailing address of the ISA/KR Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2014/011388

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
JP 2006-260878 A	28/09/2006	JP 04-319636B2	26/08/2009
		US 2006-0219912 A1	05/10/2006
		US 7365323 B2	29/04/2008
KR 10-2002-0070386 A	06/09/2002	AU 2001-37346 A1	07/08/2001
		CN1222011 C0	05/10/2005
		CN1404617 A0	19/03/2003
		EP 1120809 A1	01/08/2001
		EP 1120809 B1	22/02/2012
		JP 03-786875B2	14/06/2006
		JP 2003-521096A	08/07/2003
		JP 2005-276819A	06/10/2005
		US 2003-0089859 A1	15/05/2003
		US 6747279 B2	08/06/2004
		WO 01-56056 A2	02/08/2001
		WO 01-56056 A3	04/01/2001
JP 2013-175377 A	05/09/2013	CN104094373 A	08/10/2014
		DE112013000696 T5	09/10/2014
		KR 10-2014-0119078 A	08/10/2014
		KR20140119078A	08/10/2014
		US 2015-0014530 A1	15/01/2015
		WO 2013-129143 A1	06/09/2013

국제조사보고서

국제출원번호
PCT/KR2014/011388

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H01J 37/147(2006.01)i, H01J 37/21(2006.01)i, H01J 37/317(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)
H01J 37/147; H01J 37/16; H01J 37/09; H01J 37/18; H01J 37/28; H01J 37/10; H01J 37/21; H01J 37/317

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌
한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))
eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 하전입자, 편향기, 진공, charged particle, deflector, vacuum

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	JP 2006-260878 A (주식회사 히타치 하이테크놀로지) 2006.09.28 요약, 문단[0012]~[0062] 및 도면 1, 7, 8, 10 참조.	1-15
Y	KR 10-2002-0070386 A (아이씨티 인티그레이티드 써킷 테스팅 게젤샤프트 퓌어 할프라이터프뤼프테크닉 엠베하) 2002.09.06 페이지 3 라인 30-31 및 도면 11, 12 참조.	1-15
Y	JP 2013-175377 A (HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORP) 2013.09.05 문단 [0033] 및 도면 3 참조.	8

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

"A" 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

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

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

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

"P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

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

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

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

"&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일	국제조사보고서 발송일
2015년 02월 23일 (23.02.2015)	2015년 02월 23일 (23.02.2015)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소
대한민국 특허청
(302-701) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)
팩스 번호 ++82 42 472 3473

심사관
김태영
전화번호 +82-42-481-8596

국제조사보고서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2014/011388

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2006-260878 A	2006/09/28	JP 04-319636B2	2009/08/26
		US 2006-0219912 A1	2006/10/05
		US 7365323 B2	2008/04/29
KR 10-2002-0070386 A	2002/09/06	AU 2001-37346 A1	2001/08/07
		CN1222011 C0	2005/10/05
		CN1404617 A0	2003/03/19
		EP 1120809 A1	2001/08/01
		EP 1120809 B1	2012/02/22
		JP 03-786875B2	2006/06/14
		JP 2003-521096A	2003/07/08
		JP 2005-276819A	2005/10/06
		US 2003-0089859 A1	2003/05/15
		US 6747279 B2	2004/06/08
		WO 01-56056 A2	2001/08/02
		WO 01-56056 A3	2001/01/04
JP 2013-175377 A	2013/09/05	CN104094373 A	2014/10/08
		DE112013000696 T5	2014/10/09
		KR 10-2014-0119078 A	2014/10/08
		KR20140119078A	2014/10/08
		US 2015-0014530 A1	2015/01/15
		WO 2013-129143 A1	2013/09/06