

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2014년 9월 18일 (18.09.2014)



(10) 국제공개번호
WO 2014/142483 A1

(51) 국제특허분류:
G01N 1/28 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2014/001929

(22) 국제출원일: 2014년 3월 10일 (10.03.2014)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2013-0026525 2013년 3월 13일 (13.03.2013) KR
10-2013-0026531 2013년 3월 13일 (13.03.2013) KR

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

(72) 발명자: 이근우 (LEE, Geun-Woo); 305-315 대전시 유성구 봉명로 48, 801-1303, Daejeon (KR). 전상호 (JEON, Sangho); 302-819 대전시 서구 도마로 37번길 14, 3-406, Daejeon (KR). 강동희 (KANG, Dong-Hee); 305-804 대전시 유성구 신성남로 111번길 12, 304, Daejeon (KR).

(74) 대리인: 이평우 (LEE, Pyung-Woo); 135-754 서울시 강남구 강남대로 310, 1613, Seoul (KR).

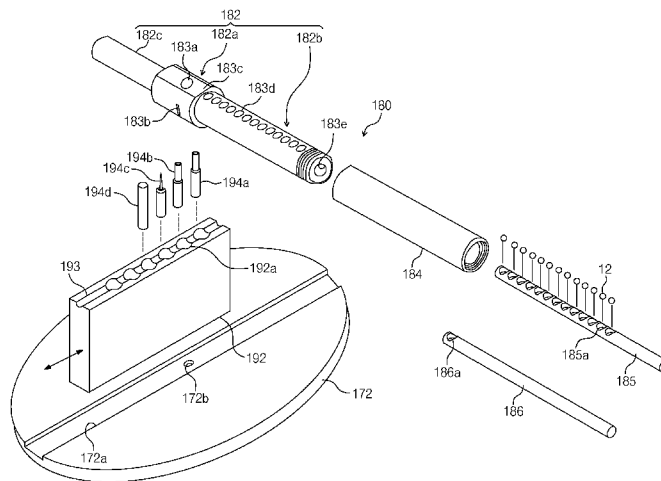
(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY,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

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, 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).

[다음 쪽 계속]

(54) Title: ELECTROSTATIC LEVITATION APPARATUS AND METHOD THEREFOR, SPECIMEN LOADING DEVICE FOR ELECTROSTATIC LEVITATION APPARATUS AND METHOD THEREFOR, LEVITATION APPARATUS AND METHOD THEREFOR

(54) 발명의 명칭: 정전기 부양 장치 및 그 동작 방법, 정전기 부양장치용 시료 로딩 장치 및 그 동작 방법, 부양 장치 및 그 동작 방법



(57) Abstract: The present invention provides a specimen loading device and an electrostatic levitation apparatus. The electrostatic levitation apparatus includes: a specimen standby part shaped like a rod; a specimen reserve part connected continuously in the extending direction of the specimen standby part and having a specimen loading part shaped like a rod; and a specimen cover part for covering the specimen standby part. The specimen reserve part includes a loading bar insertion hole formed longitudinally in the center thereof, which loading bar insertion hole penetrates the specimen standby part up to a part of the specimen loading part. The specimen standby part includes specimen reserve vertical through-holes penetrating it vertically in the longitudinal direction with a given interval. The specimen loading part includes a specimen transfer vertical through-hole vertically penetrating it in the surface thereof facing the specimen reserve vertical through-holes and connected to the loading insertion hole.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]



WO 2014/142483 A1

**공개:**

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

본 발명은 시료 로딩 장치 및 정전기 부양 장치를 제공한다. 이 정전기 부양 장치는 봉 형상의 시료 대기부, 시료 대기부의 연장 방향으로 연속적으로 연결되고 봉 형상의 시료 로딩부를 포함하는 시료 보관부, 및 시료 대기부를 감싸는 시료 덮개부를 포함한다. 시료 보관부는 중심에 길이 방향으로 형성된 로딩 바(**loading bar**) 삽입 홀을 포함하고, 로딩 바 삽입 홀은 시료 대기부를 관통하여 형성되고 시료 로딩부의 일부에 연속적으로 관통하여 형성되고, 시료 대기부는 길이 방향으로 일정한 제 1 간격을 가지고 길이 방향에 수직한 방향으로 관통하는 시료 보관 수직 관통홀들을 포함하고, 시료 로딩부는 하나의 시료 이송 수직 관통홀을 포함하고, 시료 이송 수직 관통홀은 시료 보관 수직 관통홀이 보이는 면에 형성되고 시료 로딩부를 수직으로 관통하고 로딩 바 삽입 홀과 연결된다.

발명의 명칭: 정전기 부양 장치 및 그 동작 방법, 정전기 부양장치용 시료 로딩 장치 및 그 동작 방법, 부양 장치 및 그 동작 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 시료 로딩 장치에 관한 것으로, 더 구체적으로, 정전기 부양 장치에 사용되는 시료 로딩 장치에 관한 것이다.
- [2] 본 발명은 정전기 부양 장치에 관한 것으로, 더 구체적으로, 로딩 팁 수납부를 가지는 정전기 부양 장치에 관한 것이다.

배경기술

- [3] 정전기 부양 장치는 정전기장을 이용하여 하전된 시료를 부양하는 장치이다. 상기 정전기 부양 장치는 부양된 시료를 용융시켜 물질 특성 연구에 사용될 수 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [4] 본 발명의 일 실시예에 따른 시료 로딩 장치는 연속적으로 시료를 공급할 수 있는 시료 로딩 장치를 제공하는 것이다.
- [5] 본 발명의 일 실시예에 따른 정전기 부양 장치는 다양한 실험을 수행할 수 있는 팁을 가지는 정전기 부양 장치를 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

- [6] 본 발명의 일 실시예에 따른 시료 로딩 장치는 제1 지름의 외경을 가지는 원통형상의 시료 대기부 및 상기 제1 지름보다 큰 제2 지름의 외경을 가지는 원통형상의 시료 로딩부를 포함하는 시료 보관부; 및 상기 제2 지름의 외경을 가지고 상기 시료 대기부를 감싸는 원통형상의 시료 덮개부를 포함한다. 상기 시료 보관부는 중심에 길이 방향으로 형성된 로딩 바/loading bar 삽입 홀을 포함한다. 상기 로딩 바 삽입 홀은 상기 시료 대기부를 관통하여 형성되고 상기 시료 로딩부의 일부에 연속적으로 관통하여 형성된다. 상기 시료 대기부는 길이 방향으로 일정한 제1 간격을 가지고 상기 길이 방향에 수직한 방향으로 관통하는 시료 보관 수직 관통홀들을 포함하고, 상기 시료 로딩부는 하나의 시료 이송 수직 관통홀을 포함하고, 상기 시료 이송 수직 관통홀은 상기 시료 보관 수직 관통홀이 보이는 면에 형성되고 상기 시료 로딩부를 수직으로 관통하고 상기 로딩 바 삽입 홀과 연결된다.
- [7] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 시료 이송 수직 관통홀이 노출된 일면은 평면으로 형성될 수 있다.
- [8] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 시료 이송 수직 관통홀이 형성된 방향에 수직하게 상기 시료 로딩부의 양 측면에 형성된 슬릿을 더 포함하고, 상기 슬릿은 상기 시료 이송 수직 관통홀과 연결될 수 있다.
- [9] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 원기둥 형상을 가지고 길이 방향으로 상기 제1

간격으로 형성된 시료 홈들을 포함하고, 상기 로딩 바(load bar) 삽입 홀에 삽입되는 시료 로딩 바를 더 포함하고, 상기 시료는 상기 시료 홈들에 장착될 수 있다.

[10] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 원기둥 형상을 가지고 외주면에 하나의 이송 홈을 포함하고, 상기 로딩 바(load bar) 삽입 홀에 삽입되는 시료 이송 바를 더 포함하고, 상기 시료는 상기 이송 홈에 장착되어 이송될 수 있다.

[11] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 시료 이송 바는 상기 이송 홈에 장착된 시료를 상기 이송 수직 관통홀에 위치시키고, 상기 이송 수직 관통홀의 하부에 배치되고 상기 시료를 이송하기 위한 끝이 함몰된 홈을 가지는 표준 로딩 팁(load tip)을 수납하는 로딩 팁 수납부를 더 포함할 수 있다. 상기 시료는 상기 이송 수직 관통홀을 통하여 상기 표준 로딩 팁에 장착되고, 상기 표준 로딩 팁은 수직으로 상승하여 상기 시료를 정전기 부양을 위한 상부 전극과 하부 전극 사이에 배치할 수 있다.

[12] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 로딩 팁 수납부는 일렬로 정렬된 복수의 팁 수납 관통홀들; 및 상기 팁 수납 관통홀에 장착되는 상기 표준 로딩 팁과 다른 구조의 실험용 팁을 포함할 수 있다.

[13] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 실험용 팁은 과냉각된 액체 용융 액체 시료로부터 발생 가능한 불안정 결정상을 유도하기 위한 뾰족한 바늘 형태의 바늘 팁, 상기 시료를 공기 부양하기 위하여 중심에 기체를 토출하는 노즐을 포함하고 끝이 함몰된 홈을 가지는 기체 부양 로딩 팁, 및 끝이 평면인 급랭용 팁 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[14] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상부 전극; 상기 상부 전극에 수직으로 이격되어 배치되고 그 중심에 하부 전극 관통홀을 포함하는 하부 전극; 상기 상부 전극의 중심과 상기 하부 전극의 중심을 연결하는 축에 수직인 평면에 서로 대칭적으로 배치되는 제1 내지 제4 보조 전극들; 상기 하부 전극의 상기 하부 전극 관통홀에 연결되고 유전체 물질로 형성된 원통 형상을 포함하는 하부 전극 지지부; 상기 하부 전극 지지부가 장착되고 상기 보조 전극들을 지지하는 보조 전극 지지봉이 장착되고 중심에 전극 지지판 관통홀을 포함하는 전극 지지판; 상기 전극 지지판의 하부에 배치되고 그 중심에 회수 접시 관통홀을 포함하는 콘 형상의 회수 접시; 상기 회수 접시와 상기 전극 지지판을 연결하는 전극 지지판 지지봉; 상기 회수 접시와 상기 전극 지지판 사이에 배치되고 중심에 담금질판 관통홀을 포함하는 담금질판; 상기 담금질판과 상기 회수 접시를 연결하는 담금질판 지지봉; 상기 회수 접시의 하부면에 장착되고, 수평 방향의 시료통 관통홀을 포함하는 시료통 지지대; 상부면 상에서 상기 시료 덮개부가 연장되는 방향에 수직인 방향으로 연장되는 트렌치를 포함하고 상기 시료 덮개부의 하부에 배치되는 접시 하부판; 및 상기 트렌치에 삽입되고 중심에 관통홀을 포함하고 상기 접시 하부판과 상기 시료통 사이에 배치되는 상기 로딩 팁 수납부 중에서 적어도 하나를 더 포함할 수 있다.

- [15] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 시료 보관부는 상기 시료 대기부에 연속적으로 연결되는 시료통 지지부를 더 포함하고, 상기 시료통 지지부는 일단에 연장 방향으로 그 중심에 형성된 지지 홈을 포함하고, 상기 지지 홈을 통하여 진공 용기에 고정될 수 있다.
- [16] 본 발명의 일 실시예에 따른 시료 로딩 장치는 제1 지름의 외경을 가지는 원통 형상의 시료 대기부 및 상기 제1 지름보다 큰 제2 지름의 외경을 가지는 원통 형상의 시료 로딩부를 포함하는 시료 보관부; 및 상기 제2 지름의 외경을 가지고 상기 시료 대기부를 감싸는 원통 형상의 덮개부를 포함하고 상기 시료 보관통은 중심에 길이 방향으로 형성된 로딩 바(**loading bar**) 삽입 홀을 포함한다. 상기 로딩 바 삽입 홀은 상기 시료 대기부를 관통하여 형성되고 상기 시료 로딩부의 일부에 연속적으로 관통하여 형성되고, 상기 시료 대기부는 길이 방향으로 일정한 제1 간격을 가지고 상기 길이 방향에 수직한 방향으로 관통하는 시료 보관 수직 관통홀들을 포함하고, 상기 시료 로딩부는 상기 시료 보관 수직 관통홀이 보이는 면에 형성되고 상기 시료 로딩부를 수직으로 관통하고 상기 로딩 바 삽입 홀과 연결되는 하나의 시료 이송 수직 관통홀을 포함하고, 시료 로딩 바는 원기둥 형상을 가지고 길이 방향으로 상기 제1 간격으로 형성된 시료 홈들을 포함하고 상기 로딩 바(**loading bar**) 삽입 홀에 삽입되고, 시료 이송 바는 원기둥 형상을 가지고 외주면에 하나의 이송 홈을 포함하고 상기 로딩 바(**loading bar**) 삽입 홀에 삽입된다. 상기 시료 로딩 장치의 동작 방법은 상기 시료 로딩 바를 이용하여 시료를 상기 시료 보관 수직 관통홀들에 수납하는 단계; 상기 시료 로딩 바를 제거하고 상기 시료 이송 바를 상기 로딩 바(**loading bar**) 삽입 홀에 삽입하는 단계; 및 상기 시료 이송 바를 이용하여 상기 시료 보관 수직 관통홀들에 수납된 시료들 중에서 하나를 상기 시료 이송 수직 관통홀에 위치시키는 단계를 포함한다.
- [17] 본 발명의 일 실시예에 따른 시료 로딩 장치는 봉 형상의 시료 대기부; 상기 시료 대기부의 연장 방향으로 연속적으로 연결되고 봉 형상의 시료 로딩부를 포함하는 시료 보관부; 및 상기 시료 대기부를 감싸는 시료 덮개부를 포함한다. 상기 시료 보관부는 중심에 길이 방향으로 형성된 로딩 바(**loading bar**) 삽입 홀을 포함하고, 상기 로딩 바 삽입 홀은 상기 시료 대기부를 관통하여 형성되고 상기 시료 로딩부의 일부에 연속적으로 관통하여 형성되고, 상기 시료 대기부는 길이 방향으로 일정한 제1 간격을 가지고 상기 길이 방향에 수직한 방향으로 관통하는 시료 보관 수직 관통홀들을 포함하고, 상기 시료 로딩부는 하나의 시료 이송 수직 관통홀을 포함하고, 상기 시료 이송 수직 관통홀은 상기 시료 보관 수직 관통홀이 보이는 면에 형성되고 상기 시료 로딩부를 수직으로 관통하고 상기 로딩 바 삽입 홀과 연결된다.
- [18] 본 발명의 일 실시예에 따른 시료 로딩 장치의 동작 방법은 하나의 시료 이송 수직 관통홀 및 상기 시료 이송 수직 관통홀과 이격되고 일정한 간격으로 형성된 시료 보관 수직 관통홀들을 포함하고, 연장되는 방향으로 그 중심에 형성된 로딩

바/loading bar) 삽입 홀을 포함하고, 외주면은 덮개로 싸여있는 시료통에 시료 로딩 바를 이용하여 시료들을 상기 시료 보관 수직 관통홀들에 수납하는 단계; 상기 시료 로딩 바를 제거하고 상기 시료 이송 바를 상기 로딩 바/loading bar) 삽입 홀에 삽입하는 단계; 및 상기 시료 이송 바를 이용하여 상기 시료 보관 수직 관통홀들에 수납된 시료들 중에서 하나를 상기 시료 이송 수직 관통홀에 위치시키는 단계를 포함한다.

- [19] 본 발명의 일 실시예에 따른 정전기 부양 장치는 하나의 시료 이송 수직 관통홀 및 상기 시료 이송 수직 관통홀과 이격되고 일정한 간격으로 형성된 시료 보관 수직 관통홀들을 포함하고, 연장되는 방향으로 그 중심에 형성된 로딩 바/loading bar) 삽입 홀을 포함하고, 외주면은 덮개로 싸여있는 시료통; 및 시료를 이송하기 위한 표준 로딩 팁/loading tip)을 수납하는 로딩 팁 수납부를 포함한다. 상기 표준 로딩 팁은 상기 이송 수직 관통홀에 배치된 시료를 수직으로 상승시켜 상기 시료를 정전기 부양을 위한 상부 전극과 하부 전극 사이에 배치한다.
- [20] 본 발명의 일 실시예에 따른 정전기 부양 장치는 상부 전극; 그 중심에 하부 전극 관통홀을 포함하고 상기 상부 전극에 수직으로 이격되어 배치된 하부 전극; 및 상기 상부 전극과 상기 하부 전극 사이에 시료를 이송하기 위한 표준 로딩 팁과 실험용 팁을 수납하고 일렬로 정렬된 복수의 로딩 팁 수납 관통홀들을 가지는 로딩 팁 수납부를 포함한다. 상기 로딩 팁 수납부는 로딩 팁 수납 관통홀들이 정렬된 방향으로 선형 운동을 수행한다.
- [21] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 실험용 팁은 준안정 상태의 과냉각된 용융 액체 시료로부터 발생 가능한 소정의 결정 구조를 유도하기 위한 뾰족한 바늘 형태의 바늘 팁일 수 있다.
- [22] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 실험용 팁은 과냉각된 용융 액체 시료로부터 단결정 또는 단결정 시드(seed)를 만들 수 있다.
- [23] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 실험용 팁은 끝이 평면인 급랭용 팁일 수 있다.
- [24] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 하나의 시료 이송 수직 관통홀 및 상기 시료 이송 수직 관통홀과 이격되고 일정한 간격으로 형성된 시료 보관 수직 관통홀들을 포함하고, 연장되는 방향으로 그 중심에 형성된 로딩 바/loading bar) 삽입 홀을 포함하고, 외주면은 덮개로 싸여있는 시료통을 더 포함할 수 있다.
- [25] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 로딩 팁 수납부가 장착되는 접시 하부판을 더 포함하고, 상기 접시 하부판은 일면에 형성된 트렌치를 포함하고, 상기 로딩 팁 수납부는 상기 트렌치에 삽입되어 직선 운동을 수행할 수 있다.
- [26] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 상부 전극의 중심과 상기 하부 전극의 중심을 연결하는 축에 수직한 평면에 서로 대칭적으로 배치되는 제1 내지 제4 보조 전극들; 상기 하부 전극의 상기 하부 전극 관통홀에 연결되고 원통 형상을 가지는 하부 전극 지지부; 상기 하부 전극 지지부가 장착되고 상기 보조 전극들을 지지하는 보조 전극 지지봉이 장착되고 중심에 전극 지지판 관통홀을

포함하는 전극 지지판; 상기 전극 지지판의 하부에 배치되고 중심에 회수 접시 관통홀을 포함하는 콘 형상의 회수 접시; 상기 회수 접시의 하부면에 장착되고, 수평 방향의 시료통 관통홀을 포함하는 시료통 지지대; 상기 시료통 관통홀에 삽입되는 시료통; 및 상부면에서 상기 시료통이 연장되는 방향에 수직한 방향으로 연장되는 트렌치를 포함하고 상기 시료통의 하부에 배치되는 접시 하부판; 중에서 적어도 하나를 더 포함할 수 있다.

- [27] 본 발명의 일 실시예에 따른 정전기 부양 장치의 동작 방법은 시료를 이송하기 위한 끝이 함몰된 홈을 가지는 표준 로딩 팁을 이용하여 시료를 상부 전극과 하부 전극 사이에 위치시키는 단계; 상기 상부 전극과 상기 하부 전극 사이에 전기장을 인가하여 상기 시료를 정전기 부양시키는 단계; 정전기 부양된 시료에 가열 레이저를 이용하여 가열하고 용융시키는 단계; 상기 가열 레이저를 제거하여 상기 시료를 복사 냉각시키는 단계; 및 과냉각된 용융 액체 시료로부터 소정의 결정 구조를 유도하기 위한 뾰족한 바늘 형태의 바늘 팁을 상기 과냉각된 용융 액체 시료에 접촉시키는 단계를 포함할 수 있다.
- [28] 본 발명의 일 실시예에 따른 정전기 부양 장치의 동작 방법은 시료를 이송하기 위한 끝이 함몰된 홈을 가지는 표준 로딩 팁을 이용하여 시료를 상부 전극과 하부 전극 사이에 위치시키는 단계; 상기 상부 전극과 상기 하부 전극 사이에 전기장을 인가하여 상기 시료를 정전기 부양하는 단계; 정전기 부양된 시료를 가열 레이저를 이용하여 가열하여 용융시키는 단계; 및 과냉각된 용융 액체 시료로부터 결정화 속도를 조절하기 위한 뾰족한 바늘 형태의 바늘 팁을 부양된 과냉각된 용융 액체 시료에 접촉시키는 단계를 포함할 수 있다.
- [29] 본 발명의 일 실시예에 따른 정전기 부양 장치의 동작 방법은 시료를 이송하기 위한 끝이 함몰된 홈을 가지는 표준 로딩 팁을 이용하여 시료를 상부 전극과 하부 전극 사이에 위치시키는 단계; 상기 상부 전극과 상기 하부 전극 사이에 전기장을 인가하여 상기 시료를 정전기 부양하는 단계; 정전기 부양된 시료를 가열 레이저를 이용하여 가열하여 용융시키는 단계; 끝이 평면인 급랭용 로딩 팁을 상기 시료의 하부에 배치시키는 단계; 및 상기 상부 전극과 상기 하부 전극 사이에 인가된 전기장을 제거하여 상기 시료를 상기 급랭용 팁 상에 떨어트리는 단계를 포함한다.
- [30] 본 발명의 일 실시예에 따른 단결정 제조 방법은 정전기 부양 장치에서 시료를 상부 전극과 하부 전극 사이에 위치시키는 단계; 상기 상부 전극과 상기 하부 전극 사이에 전기장을 인가하여 상기 시료를 정전기 부양하는 단계; 정전기 부양된 시료를 가열 레이저를 이용하여 가열하여 용융시키는 단계; 상기 가열 레이저를 제거하여 상기 시료를 복사 냉각시키는 단계; 과냉각된 용융 액체 시료로부터 소정의 결정 구조를 유도하기 위한 뾰족한 바늘 형태의 바늘 팁을 상기 과냉각된 용융 액체 시료에 접촉시키는 단계; 및 상기 과냉각된 용융 액체 시료가 상전이(phase transition)하여 결정화되는 단계를 포함할 수 있다.
- [31] 본 발명의 일 실시예에 따른 부양 장치는 회수 접시 관통홀을 포함하는 콘

형상의 회수 접시; 상기 회수 접시의 하부면에 장착되고, 수평 방향의 시료통 관통홀을 포함하는 시료통 지지대; 상기 시료통 관통홀에 삽입되는 시료통; 상부면에서 상기 시료통이 연장되는 방향에 수직한 방향으로 연장되는 트렌치를 포함하고 상기 시료통의 하부에 배치되는 접시 하부판; 및 상기 회수 접시 상부에 시료를 이송하기 위한 노즐을 포함하는 기체 부양 로딩 팁을 수납하고 상기 트렌치에 삽입되는 로딩 팁 수납부를 포함한다.

- [32] 본 발명의 일 실시예에 따른 부양 장치는 회수 접시 관통홀을 포함하는 콘 형상의 회수 접시; 상기 회수 접시의 하부면에 장착되고, 수평 방향의 시료통 관통홀을 포함하는 시료통 지지대; 상기 시료통 관통홀에 삽입되는 시료통; 상부면에서 상기 시료통이 연장되는 방향에 수직한 방향으로 연장되는 트렌치를 포함하고 상기 시료통의 하부에 배치되는 접시 하부판; 및 상기 회수 접시 상부에 시료를 이송하기 위한 노즐을 포함하는 기체 부양 로딩 팁을 수납하고 상기 트렌치에 삽입되는 로딩 팁 수납부를 포함한다. 이 부양 장치의 동작 방법은 상기 기체 부양 로딩 팁을 사용하여 시료를 부양시키는 단계; 기체 부양된 시료를 가열 레이저를 이용하여 가열하여 용융시키는 단계; 및 상기 가열 레이저를 제거하여 상기 시료를 복사 냉각시키는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [33] 본 발명의 일 실시예에 따른 시료 로딩 장치는 표준 로딩 팁으로 연속적으로 시료를 로딩할 수 있으며, 실험용 팁은 정전기 부양된 상태의 시료에 접촉하여 다양한 실험을 제공할 수 있다.
- [34] 바늘 팁은 과냉각 액체상태에서의 준안정 결정상을 유도하고 단결정 성장 및 단결정 시드를 생성할 수 있다. 상기 바늘 팁은 과냉각 정도에 따른 액체 시료와 상기 바늘 팁의 접촉에 따라 결정화 속도를 조절하여 미세구조를 조절할 수 있다.
- [35] 급랭용 팁은 과냉각 액체를 평탄한 팁에 떨어뜨려 급랭하여 준안정적 결정상을 제공할 수 있다. 급랭용 팁은 형성된 고체상을 평탄한 팁에 떨어뜨려 급랭할 수 있다. 가스 부양 로딩 팁은 시료를 기체로 부양할 수 있다.
- [36] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 실험 목적에 따라 다양한 실험을 수행할 수 있는 다양한 팁이 제공될 수 있다.
- [37] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 시료를 로딩하는 카트리지의 크기가 감소됨에 따라 진공 챔버의 크기가 감소된다. 이에 따라, 진공을 보다 짧은 시간에 확보할 수 있어, 실험에 필요한 시간을 줄일 수 있다. 또한, 실험 후 원래 시료가 있던 카트리지로 회수 가능하다. 따라서, 깔대기 구조의 회수 접시를 이용하여 시료의 손실이 방지될 수 있다.
- [38] 본 발명의 일 실시예에 따른 정전기 부양 장치에서, 실험용 팁은 정전기 부양된 상태의 시료에 접촉하여 다양한 실험을 제공할 수 있다. 이에 따라, 과냉각 액체 시료로부터 새로운 물성이 유도될 수 있다. 또한, 초고순도의 단결정 및 단결정

시드(seed)가 성장될 수 있다.

[39] 바늘 팁은 과냉각 액체상태에서의 준안정 결정상을 유도하고 단결정 성장 및 단결정 시드를 생성할 수 있다. 상기 바늘 팁은 과냉각 정도에 따른 액체 시료와 상기 바늘 팁의 접촉에 따라 결정화 속도를 조절하여 미세구조를 조절할 수 있다.

[40] 급랭용 팁은 과냉각 액체를 평탄한 팁에 떨어뜨려 급랭하여 준안정적 결정상을 제공할 수 있다. 급냉용 팁은 형성된 고체상을 평탄한 팁에 떨어뜨려 급랭할 수 있다. 가스 부양 로딩 팁은 시료를 기체로 부양할 수 있다.

[41] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 실험 목적에 따라 단일 환경에서 다양한 실험을 수행할 수 있는 다양한 팁이 제공될 수 있다.

[42] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 시료를 로딩하는 카트리지의 크기가 감소됨에 따라 진공 챔버의 크기가 감소된다. 이에 따라, 진공을 보다 짧은 시간에 확보할 수 있어, 실험에 필요한 시간을 줄일 수 있다. 또한, 실험 후 원래 시료가 있던 카트리지로 회수 가능하다. 따라서, 깔대기 구조의 회수 접시를 이용하여 시료의 손실이 방지될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[43] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 정전기 부양 장치를 설명하는 사시도이다.

[44] 도 1b는 도 1a의 정전기 부양 장치의 평면도이다.

[45] 도 1c는 도 1b의 I-I'선을 따라 자른 단면도이다.

[46] 도 1d는 도 1b의 II-II'선을 따라 자른 단면도이다.

[47] 도 2a는 본 발명의 일 실시예에 따른 시료통과 로딩 팁 수납부를 설명하는 사시도이다.

[48] 도 2b는 도 2a의 시료통의 단면도이다.

[49] 도 3a 내지 도 3q는 본 발명의 일 실시예에 따른 시료 로딩 장치의 동작 방법을 설명하는 도면들이다.

발명의 실시를 위한 형태

[50] 이하, 첨부된 도면을 참조로 본 발명의 바람직한 실시예들에 대하여 보다 상세히 설명한다. 이하의 도면들에서 동일한 참조부호는 동일한 구성요소를 지칭하며, 도면상에서 각 구성요소의 크기는 설명의 명료성과 편의상 과장되어 있을 수 있다.

[51] 고진공 하에서 대전된 시료는 두 개의 전극 사이에 정전계(electrostatic electric field intensity)에 의하여 공중 부양될 수 있다.

[52] 부양된 시료를 정해진 위치에 안정적으로 부양하기 위해서, 시료의 위치변화에 따라 X, Y, Z 방향으로 전기장 또는 전압이 제어된다.

[53] 복수의 시료들에서 다양한 실험을 수행하기 위하여, 복수의 시료를 장착할 수 있는 시료통과 상기 시료통에서 이송된 시료에 다양한 실험을 수행할 수 있는 다양한 팁이 요구된다.

- [54] 본 발명의 일 실시예에 따른 시료 로딩 장치는 정전기 부양 장치에 복수의 시료를 순차적으로 정전기 부양시키고, 각 시료에 다양한 실험을 수행할 수 있는 팁을 구비할 수 있다.
- [55] 도 1a은 본 발명의 일 실시예에 따른 정전기 부양 장치를 설명하는 사시도이다.
- [56] 도 1b는 도 1a의 정전기 부양 장치의 평면도이다.
- [57] 도 1c는 도 1b의 I-I'선을 따라 자른 단면도이다.
- [58] 도 1d는 도 1b의 II-II'선을 따라 자른 단면도이다.
- [59] 도 2a는 본 발명의 일 실시예에 따른 시료통과 로딩 팁 수납부를 설명하는 사시도이다.
- [60] 도 2b는 도 2a의 시료통의 단면도이다.
- [61] 도 1 및 도 2를 참조하면, 상기 정전기 부양 장치(100)는 상부 전극(112), 상기 상부 전극(112)에 수직으로 이격되어 배치된 하부 전극(122), 상기 상부 전극(112)의 중심과 상기 하부 전극(122)의 중심을 연결하는 z 축에 수직인 xy 평면에 서로 대칭적으로 배치되는 제1 내지 제4 보조 전극들(132a~132d)을 포함한다. 시료(12)는 상기 상부 전극(112)과 상기 하부 전극(122) 사이에 부양된다.
- [62] 상기 정전기 부양 장치(100)는 원통형의 진공 챔버(14)의 내부에 배치될 수 있다. 상기 진공 챔버(14)는 밀리토르(mTorr) 이하의 극진공으로 배기될 수 있다. 상기 진공 챔버(14)는 복수의 창문을 포함할 수 있다. 상기 진공 챔버(14)의 창문의 외부에는 상기 시료를 가열하기 위하여 가열 레이저(23)가 배치될 수 있다. 상기 가열 레이저(23)는 120도 간격으로 배치된 이산화탄소 레이저(CO₂ laser)일 수 있다.
- [63] 상기 시료(12)는 양의 전하로 대전될 수 있다. 상기 시료(12)가 상기 가열 레이저에 의하여 가열됨에 따라, 상기 시료(12)는 전하를 손실할 수 있다. 이에 따라, 상기 손실된 전하를 공급하기 위하여, UV 광원(24)은 상기 시료(12)에 조사될 수 있다. UV 광은 광전 효과에 의하여 전자를 방출시켜, 상기 시료(12)를 양의 전하로 대전시킬 수 있다. UV 광원의 반대 측에는 카메라(25)가 상기 진공 챔버(14)에 장착될 수 있다.
- [64] 상기 시료(12)는 상기 상부 전극(112)과 상기 하부 전극(122) 사이에 부양되고, 상기 시료(12)의 x축 위치는 x축 위치 감지부(position sensitive detector; PSD)에 의하여 측정될 수 있다. 상기 x축 위치 감지부(287)는 일차원 또는 2차원에서 광의 위치를 측정하는 장치일 수 있다. 상기 x축 위치 감지부(287)와 x축 프로브 광원(22)은 상기 시료(12)를 중심으로 대각선 상에 서로 마주보도록 배치될 수 있다. 상기 x축 프로브 광원(22)은 He-Ne 레이저일 수 있다.
- [65] 또한, y축 위치 및 z축 위치를 측정하기 위하여, Y-Z 위치 감지부(283)와 제2 프로브 광원(21)은 상기 시료(12)를 중심으로 대각선 상에 서로 마주보도록 배치될 수 있다. 상기 제2 프로브 광원(21)은 He-Ne 레이저일 수 있다. 상기 제1 프로브 광원(22)과 상기 제2 프로브 광원(21)은 상기 시료(12)를 중심으로 90도 간격으로

배치될 수 있다. 위치 감지부는 프로브 광원의 그림자 영상을 통하여 상기 시료의 위치를 측정할 수 있다.

- [66] 상기 x축 위치 감지부(287)의 측정 결과는 제1 되먹임 제어부(286)에 제공될 수 있다. 또한, 상기 Y-Z 위치 감지부(283)의 측정 결과는 제2 되먹임 제어부(282)에 제공될 수 있다. 상기 제1 되먹임 제어부(286)는 PID(비례적분미분) 제어를 통하여 상기 시료의 x 축 위치를 제어하기 제1 제어 신호를 x축 고전압 발생기(288)에 제공할 수 있다. 또한, 상기 제2 되먹임 제어부(282)는 PID 제어를 통하여 상기 시료의 y 축 위치를 제어하기 위한 제2 제어 신호를 y축 고전압 발생기(284)에 제공할 수 있다. 또한, 상기 제2 되먹임 제어부(282)는 PID 제어를 통하여 상기 시료(12)의 z 축 위치를 제어하기 위한 제3 제어 신호를 z축 고전압 발생기(285)에 제공할 수 있다.
- [67] 상기 시료(12)가 도전체인 경우, 유도 기전력에 의한 회전 운동을 상기 시료(12)에 제공하기 위하여, 유도 코일부(154a~154d)가 상기 보조 전극들(132a~132d) 사이에 배치될 수 있다. 상기 유도 코일부(154a~154d)는 상기 시료(12)를 중심으로 서로 마주 보도록 배치될 수 있다.
- [68] 서로 마주보는 제1 유도 코일부(154a) 및 제3 유도 코일부(154c)은 전기적으로 서로 직렬 연결될 수 있다. 서로 마주 보는 제2 유도 코일부(154b) 및 제4 유도 코일부(154d)은 전기적으로 서로 직렬 연결될 수 있다. 교류 전원(289)은 상기 제1 내지 제4 유도 코일에 교류 전류를 인가하여, 상기 시료(12)에 유도 기전력을 제공할 수 있다. 이에 따라, 도전성 시료는 회전할 수 있다.
- [69] 상기 보조 전극(132a~132d)은 수평 운동 및 수직 운동을 수행할 수 있다. 제1 내지 제4 보조 전극(132a~132d)은 시계 방향으로 배열될 수 있다. 상기 보조 전극(132a~132d)의 수평 운동은 수평 액츄에이터(136)에 의하여 제공될 수 있다. 상기 보조 전극(132a~132d)의 수직 운동은 수직 액츄에이터(138)에 의하여 제공될 수 있다. x축 수평 액츄에이터 구동부(292)는 x 축 수평 액츄에이터(136)를 제어할 수 있으며, y축 수평 액츄에이터 구동부(291)는 y축 수평 액츄에이터(136)를 제어할 수 있다. x축 수평 액츄에이터(136)는 상기 제1 보조 전극(132a) 및 제 3 보조 전극(132c)의 x축 방향의 위치를 조절할 수 있다. y축 수평 액츄에이터(136)는 상기 제2 보조 전극(132b) 및 제4 보조 전극(132d)의 y축 위치를 조절할 수 있다.
- [70] 제어부(281)는 상기 제1 되먹임 제어부(285), 제2 되먹임 제어부(282), x축 수평 액츄에이터 구동부(292), y축 수평 액츄에이터 구동부(291), 및 교류 전원(289)을 제어할 수 있다. 이에 따라, 상기 시료(12)는 소정의 위치에서 떨어지지 않고 안정적으로 정전기 부양될 수 있다.
- [71] 상부 전극(112)은 디스크 형태의 평판 형태이고, 상기 상부 전극(112)의 모서리는 곡면처리될 수 있다. 상기 상부 전극(112)은 z 축 고전압 발생기(285)에 연결될 수 있다. 상기 상부 전극(112)은 구리 재질일 수 있다. 상기 상부 전극(112)은 상부 전극 지지부(114)에 의하여 지지될 수 있다.

- [72] 상기 상부 전극 지지부(114)는 유전체일 수 있다. 상기 상부 전극(112)의 중심에는 상부 전극 관통홀(112a)이 중심에 형성될 수 있다. 상기 상부 전극 관통홀은 상기 상부 전극(112)과 상기 하부 전극(122)의 정렬을 위하여 사용될 수 있다. 상기 상부 전극 지지부(114)를 통하여 z축 고전압 발생기(285)의 고전압이 상기 상부 전극(112)에 인가될 수 있다. 이에 따라, 전기장은 중력 방향의 반대 방향으로 형성될 수 있다.
- [73] 상기 하부 전극(122)은 상기 상부 전극(112)과 정렬되고 상기 상부 전극(112)과 z축을 따라 수직으로 이격되어 배치될 수 있다. 상기 하부 전극(122)은 중심에 하부 전극 관통홀(122a)을 포함할 수 있다. 상기 하부 전극 관통홀(122a)을 통하여 시료(12)가 공급될 수 있다. 상기 하부 전극(122)은 구리 재질일 수 있다. 상기 하부 전극(122)은 디스크 형태이고, 상기 하부 전극(122)의 모서리는 곡면 처리될 수 있다. 상기 하부 전극(122)은 z축 방향으로 연장되는 원통 형상의 연장부(122b)를 포함할 수 있다. 상기 연장부(122b)의 내부 표면에는 나사 홈이 형성될 수 있다.
- [74] 하부 전극 지지부(124)는 유전체 재질로 형성되고, 그 중심에 하부 전극 지지부 관통홀을 포함할 수 있다. 상기 하부 전극 지지부(124)는 상기 하부 전극(122)의 상기 하부 전극 관통홀(122a)에 연결되고 원통 형상일 수 있다. 상기 하부 전극 지지부(124)의 일단의 외측 표면에는 나사 산이 형성될 수 있다. 상기 하부 전극 지지부(124)의 타단의 주위에는 와셔 형태의 와셔부(124a)를 포함할 수 있다. 이에 따라, 상기 하부 전극 지지부(124)의 일단의 나사산은 상기 연장부(122b)의 나사 홈에 결합할 수 있다. 상기 하부 전극 지지부(124)의 와셔부(124a)는 상기 전극 지지판(142)의 하부면에 고정 결합할 수 있다. 상기 하부 전극 지지부(124)는 세라믹 재질 또는 알루미늄으로 형성될 수 있다.
- [75] 전극 지지판(142)은 상기 하부 전극 지지부(124)를 장착하고, 상기 보조 전극들(132a~132d)을 지지하는 보조 전극 지지봉(134)을 장착할 수 있다. 상기 전극 지지판(142)은 그 중심에 전극 지지판 관통홀(142a)을 포함할 수 있다. 상기 하부 전극 지지부(124)의 일단은 상기 전극 지지판 관통홀(142a)을 통과하여 상기 하부 전극(122)에 결합할 수 있다. 상기 전극 지지판(142)의 상부면은 일정한 경사를 가진 절두된 콘(truncated cone) 형태일 수 있다. 상기 전극 지지판(142)의 하부면은 평면일 수 있다. 상기 전극 지지판(142)의 상부 중심부위는 평면일 수 있다. 상기 상부 중심 부위의 지름은 상기 하부 전극의 지름과 실질적으로 동일할 수 있다. 또한, 상기 전극 지지판(142)은 십자 형태의 돌출부(146)를 포함할 수 있다. 상기 돌출부(146)의 상부면은 수평 평면을 이룰 수 있다.
- [76] 상기 전극 지지판(142) 상에는 4 개의 보조 전극 지지부(134)가 상기 시료를 중심으로 대칭적으로 x축 방향 및 y축 방향으로 장착될 수 있다. 상기 보조 전극 지지부(134)는 상기 전극 지지판(142)을 관통하여 배치될 수 있다. 상기 보조 전극 지지부(134)는 상기 전극 지지판(142)의 하부면에 고정될 수 있다. 상기

전극 지지판(142)의 하부면에는 수직 액츄에이터(138)가 장착될 수 있다. 상기 수직 액츄에이터(138)는 상기 보조 전극 지지부(134)에 수직 운동을 제공할 수 있다.

- [77] 수평 지지부(135)는 보조 전극 지지부(134)의 상단 부위를 관통하여 보조 전극(132a)에 연결될 수 있다. 상기 수평 지지부(135)는 상기 수평 액츄에이터(138)에 연결될 수 있다. 상기 수평 액츄에이터(138)는 상기 보조 전극(132a)에 수평 운동을 제공할 수 있다. 상기 수평 액츄에이터(138)는 압전 소자 또는 압전 모터일 수 있다. 제1 보조 전극(132a) 및 제3 보조 전극(132c)은 상기 시료(12)를 중심으로 x 축을 따라서 서로 대향하여 배치될 수 있다. 제2 보조 전극(132b) 및 제4 보조 전극(132d)은 상기 시료(12)를 중심으로 y 축을 따라 서로 대향하여 배치될 수 있다.
- [78] 상기 보조 전극(132a~132d)은 4 분할된 원 원통(4 split circular cylindrical shell) 형상일 수 있다. 상기 보조 전극(132a~132d)의 내측면과 외측면은 각각 일정한 곡률을 가질 수 있다. 상기 곡률은 상기 하부 전극(122)의 중심을 기준으로 한 상기 보조 전극의 배치된 위치의 반경과 동일할 수 있다. 상기 보조 전극(132a~132d)은 구리로 형성될 수 있다. 한 쌍의 보조 전극은 전기력선을 상기 시료에 집중시킬 수 있다. 이에 따라, 시료의 안정적인 위치 제어가 구현될 수 있다. 또한, 상기 보조 전극의 수직 위치는 상기 시료의 수직 위치에 따라 조절될 수 있다. 구체적으로, 상기 시료가 용융되는 과정에서 전하를 포함한 가스가 분출함에 따라, 순간적으로 상기 시료의 수직 위치가 변경될 수 있다. 이 경우, 상기 보조 전극은 상기 시료의 수직 위치에 따라 이동할 수 있다. 따라서, 상기 시료의 안정적인 수직 위치 제어가 가능하다.
- [79] 또한, 상기 가열 레이저의 빔과 상기 하부 전극의 중심은 오정렬될 수 있다. 이 경우, 한 쌍의 보조 전극은 일정한 간격을 유지하면서, x 축 또는 y 축 방향으로 이동할 수 있다. 상기 시료는 상부 전극의 중심에서 부양되지 않고 다양한 수평 위치에서 부양될 수 있다. 따라서, 가열 레이저의 정렬에 따른 시간이 감소될 수 있다.
- [80] 한편, x 축 고전압 발생기 및 y 축 고전압 발생기의 출력은 미세조절이 어렵다. 따라서, 한 쌍의 보조 전극 사이의 전기장의 세기는 미세조절되기 어렵다. 이를 극복하기 위하여, 한 쌍의 보조 전극 사이의 간격이 조절될 수 있다. 이에 따라, 한 쌍의 보조 전극 사이의 전기장의 세기는 미세 조절될 수 있다. 따라서, 상기 시료의 안정적인 수평 위치 제어가 가능하다.
- [81] 상기 전극 지지판(142)의 십자 형태의 돌출부(146)에는 유도 코일부(154a~154d)가 배치될 수 있다. 상기 유도 코일부(154a~154d)는 유도 코일(157d), 유도 코일이 감기는 코일 보빈(155d), 및 상기 코일 보빈을 감싸는 코일 보빈 덮개(156d)를 포함할 수 있다. 유도 코일부(154a~154d)는 제1 내지 제4 유도 코일부를 포함할 수 있다.
- [82] 제1 유도 코일부(154a)는 상기 제1 보조 전극(132a)과 제2 보조 전극(132b)

사이에 배치되고, 제2 유도 코일부(154b)는 상기 제2 보조 전극(132b)과 제3 보조 전극(152c) 사이에 배치되고, 제3 유도 코일부(154c)는 상기 제3 보조 전극(132c)과 상기 제4 보조 전극(132d) 사이에 배치되고, 제4 유도 코일부(154d)는 상기 제4 보조 전극(132d)과 제1 보조 전극(132a) 사이에 배치될 수 있다. 코일 보빈(155d)은 상기 하부 전극(122)을 향하도록 기울어질 수 있다. 상기 유도 코일부(154a~154d)는 도전성 시료에 회전력을 제공할 수 있다.

[83] 회수 접시(162)는 상기 전극 지지판(142)의 하부에 배치되고 중심에 회수 접시 관통홀(162a)을 포함하고, 콘 형상을 포함할 수 있다. 상기 회수 접시(162)와 상기 전극 지지판(142)은 전극 지지판 지지봉(165)에 의하여 고정될 수 있다. 상기 회수 접시(162)의 상부면은 콘 형상을 가질 수 있다. 상기 회수 접시(162)의 중심 하부면은 평면이고, 상기 회수 접시(162)의 외곽 하부면은 콘 형상일 수 있다. 상기 회수 접시(162)의 외곽은 일정한 두께를 가질 접시 형태일 수 있다. 상기 회수 접시(162)는 떨어진 시료를 다시 회수할 수 있다. 떨어진 시료는 상기 회수 접시 관통홀(152a)을 통하여 시료통(180)으로 회수될 수 있다.

[84] 시료통 지지대(166)는 상기 회수 접시의 하부면에 장착되고, 수평 방향의 시료통 관통홀(166a)을 포함할 수 있다.

[85] 담금질판(148)은 상기 회수 접시(162)와 상기 전극 지지판(142) 사이에 배치되고 중심에 담금질판 관통홀(148a)을 포함할 수 있다. 상기 담금질판(148)의 상부면은 곡면 처리될 수 있다. 구체적으로, 상기 담금질판(148)의 상부면은 절두된 콘 형상일 수 있다. 담금질판 지지봉(164)은 상기 담금질판(148)과 상기 회수 접시(162)를 연결하고 고정할 수 있다.

[86] 시료통(180)은 상기 시료통 관통홀(166a)에 삽입될 수 있다. 시료통(180)은 상기 시료 보관부(182) 및 시료 덮개부(184)를 포함한다. 상기 시료 보관부(182)는 연속적으로 연결된 시료 대기부(182b), 시료 로딩부(182a), 및 시료통 지지부(182c)를 포함할 수 있다. 상기 시료통(180)은 시료를 보관하고 상기 상부 전극(112)과 상기 하부 전극(122) 사이에 시료를 제공할 수 있다. 정전기 부양된 시료는 가열 레이저를 통하여 가열되어 용융될 수 있다.

[87] 상기 시료 대기부(182b)는 봉 형상일 수 있다. 상기 시료 로딩부(182a)는 상기 시료 대기부(182b)의 연장 방향으로 연속적으로 연결되고 봉 형상일 수 있다. 시료 덮개부(194)는 상기 시료 대기부(182b)를 감싸는 형상을 가질 수 있다.

[88] 상기 시료 보관부(182)는 중심에 길이 방향으로 형성된 로딩 바/loading bar) 삽입 홀(183e)을 포함할 수 있다. 상기 로딩 바 삽입 홀(183e)은 상기 시료 대기부(182b)의 길이 방향으로 형성되고, 상기 시료 로딩부(182a)의 일부에 연속적으로 관통하여 형성될 수 있다. 상기 로딩 바 삽입 홀(183e)의 직경은 상기 시료 덮개부의 내경과 실질적으로 동일할 수 있다.

[89] 상기 시료 대기부(182b)는 길이 방향으로 일정한 제1 간격을 가지고 상기 길이 방향에 수직인 방향으로 관통하는 시료 보관 수직 관통홀들(183d)을 포함할 수 있다. 시료 대기부(182b)는 제1 지름의 외경을 가지는 원통 형상일 수 있다. 시료

보관 수직 관통홀들(183d)의 직경은 시료(12)의 직경보다 클 수 있다. 시료 대기부(182b)의 일단의 외주면에는 나사산이 형성될 수 있다.

- [90] 시료 로딩부(182a)는 상기 제1 지름보다 큰 제2 지름의 외경을 가지는 원통형상일 수 있다. 상기 시료 로딩부(182a)는 하나의 시료 이송 수직 관통홀(183a)을 포함할 수 있다. 상기 시료 이송 수직 관통홀(183a)은 상기 시료 보관 수직 관통홀(183d)이 보이는 면에 형성되고 상기 시료 로딩부(182a)를 수직으로 관통하고 상기 로딩 바 삽입 홀(183e)과 연결될 수 있다. 시료 로딩부(182a)의 상기 시료 이송 수직 관통홀(183a)이 노출된 일면은 평면으로 처리된 평면부(183c)를 포함할 수 있다. 상기 평면부(183c)는 아래 방향 또는 위 방향으로 향하도록, 상기 시료통(180)은 회전 운동할 수 있다.
- [91] 상기 시료 이송 수직 관통홀(183a)이 형성된 방향에 수직하게 상기 시료 로딩부(182a)의 양 측면에 슬릿(183b)이 형성될 수 있다. 상기 슬릿(183b)은 상기 시료 이송 수직 관통홀(183a)과 연결될 수 있다. 상기 슬릿(183b)은 시료가 장착되었는지 여부를 육안 또는 레이저 빔을 사용하여 확인하기 위하여 사용될 수 있다.
- [92] 상기 시료통 지지부(182c)는 일단에 연장 방향으로 그 중심에 형성된 지지 홈(183f)을 포함할 수 있다. 연결부(187)는 상기 지지 홈(183f)에 삽입되고 진공 챔버에 고정될 수 있다.
- [93] 시료 덮개부(184)는 상기 시료 대기부(182b)를 감싸는 형상을 가질 수 있다. 상기 시료 덮개부(184)는 원통형상일 수 있다. 상기 시료 덮개부(184)의 내경은 상기 시료 대기부(182b)의 외경과 동일할 수 있다. 상기 시료 덮개부(184)의 일단의 내주면에는 나사 홈이 형성될 수 있다. 상기 나사 홈은 상기 시료 대기부(182b)의 나사산과 결합하여 고정될 수 있다. 시료 덮개부(184)의 외경은 상기 시료 로딩부(182a)의 외경과 실질적으로 동일할 수 있다.
- [94] 시료 로딩 바(185)는 원기둥 형상을 가지고 길이 방향으로 상기 제1 간격으로 형성된 시료 홈들(185a)을 포함하고, 상기 로딩 바(loading bar) 삽입 홀(183e)에 삽입될 수 있다. 상기 시료(12)는 상기 시료 홈들(185a)에 장착될 수 있다.
- [95] 시료 이송 바(186)는 원기둥 형상을 가지고 외주면에 하나의 이송 홈(186a)을 포함하고, 상기 로딩 바(loading bar) 삽입 홀(183e)에 삽입될 수 있고, 직선 운동 및 회전 운동을 수행할 수 있다. 상기 시료(12)는 상기 이송 홈(186a)에 장착되어 이송될 수 있다. 상기 시료 이송 바(186)는 상기 이송 홈(186a)에 장착된 시료(12)를 상기 시료 이송 수직 관통홀(183a)에 위치시킬 수 있다.
- [96] 로딩 팁 수납부(192)는 상기 시료 이송 수직 관통홀(183a)의 하부에 배치된 표준 로딩 팁(standard loading tip)을 수납할 수 있다. 상기 표준 로딩 팁(194a)은 상기 시료를 이송하기 위한 끝이 함몰된 홈을 가질 수 있다. 상기 시료(12)는 상기 시료 이송 수직 관통홀(183a)을 통하여 상기 표준 로딩 팁(194a)에 장착될 수 있다. 상기 표준 로딩 팁(194a)은 수직 이송부(174)에 의하여 수직으로 상승하여 상기 시료를 정전기 부양을 위한 상부 전극(112)과 하부 전극(122) 사이에 배치할

수 있다.

- [97] 상기 로딩 팁 수납부(192)는 일렬로 정렬된 복수의 로딩 팁 수납 관통홀들(192a), 및 상기 로딩 팁 수납 관통홀(192a)에 장착되는 적어도 하나의 서로 다른 구조의 실험용 팁(194b~194d)을 포함할 수 있다. 상기 로딩 팁 수납부(192)는 직육면체 형태를 가질 수 있다. 상기 로딩 팁 수납 관통홀들(192a)은 상기 로딩 팁 수납부(192)의 길이 방향으로 정렬되어 형성될 수 있다. 상기 로딩 팁 수납 관통홀(192a)은 제1 직경을 가진 상부 관통홀과 제1 직경보다 작은 제2 직경을 가진 하부 관통홀을 포함할 수 있다. 상기 상부 관통홀과 상기 하부 관통홀은 수직으로 서로 정렬되어 연속적으로 배치될 수 있다.
- [98] 접시 하부판(172)은 상부면에 상기 시료통(180)이 연장되는 방향에 수직인 방향으로 연장되는 트렌치(172a)를 포함한다. 상기 트렌치(172a)의 중심에는 접시 하부판 관통홀(172b)이 배치된다. 상기 로딩 팁 수납부(192)는 상기 접시 하부판(172)의 상기 트렌치(172a)를 따라 이동할 수 있다. 상기 로딩 팁 수납부(192)를 이동시키기 위하여, 진공 챔버(14)에 장착된 수평 이동부는 상기 로딩 팁 수납부(192)의 측면에 결합할 수 있다. 상기 로딩 팁 수납부(192)가 상기 트렌치를 따라 이동함에 따라, 다양한 실험용 팁이 선택될 수 있다. 회수 접시(162)는 회수 접시 지지봉을 통하여 상기 하부 접시판(172)에 고정될 수 있다. 상기 하부 접시판(172)은 진공 챔버(14)에 고정될 수 있다.
- [99] 수직 이송부(174)는 상기 접시 하부판(172)의 중심에 형성된 접시 하부판 관통홀(172b)을 통하여 상기 표준 로딩 팁(194a) 또는 실험용 팁을 수직으로 이송시킬 수 있다.
- [100] 상기 실험용 팁(194b~194d)은 과냉각된 액체 용융 액체 시료로부터 발생 가능한 준안정 결정상을 유도하기 위한 뾰족한 바늘 형태의 바늘 팁(194c), 상기 시료를 공기 부양하기 위하여 중심에 기체를 토출하는 노즐을 포함하고 끝이 함몰된 홈을 가지는 기체 부양 로딩 팁(194b), 또는 끝이 평면인 급랭용 팁(194d) 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [101] 표준 로딩 팁(194a)은 제1 직경을 가진 원기둥 형상의 제1 부위와 제1 직경보다 큰 제2 직경을 가진 원기둥 형상의 제2 부위를 포함할 수 있다. 제1 부위의 끝은 함몰되어 시료(12)가 장착될 수 있다. 상기 제2 부위의 끝에 홈이 형성되고, 상기 홈에 수직 이송부의 끝이 삽입되어, 상기 수직 이송부는 상기 표준 로딩 팁 및 시료를 수직으로 이송할 수 있다.
- [102] 정전기 부양된 시료는 가열 레이저를 이용하여 용융된 후, 상기 가열레이저를 제거함으로써, 용융된 시료는 과냉각 (액체가 고체의 온도 영역에서 액체 상태로 유지하는 것) 상태가 될 수 있다. 이 과냉각 상태는 준안정 액체 상태로써, 새로운 구조 및 특성을 가지는 물질이 발견될 수 있다.
- [103] 기존의 접촉식 용기를 쓰는 결정 성장 장치에서는, 용융 액체를 담기 위한 도가니가 오염과 불순물 유입을 유발할 수 있다. 또한, 도가니 자체가

이종핵생성(heterogeneous nucleation)을 일으킬 수 있다. 따라서, 고순도의 단결성 성장 또는 과냉각을 통한 새로운 특성의 물질의 발견이 어렵다. 따라서 접촉을 제거한 부양상태에서, 이 준안정 상태의 과냉각 액체는 새로운 구조 및 특성을 가진 물질 개발을 위해서 활용될 수 있다.

- [104] 정전기 부양된 용융된 액체 시료로부터 새로운 결정상을 발견하거나 단결정을 성장하기 위한 기법이 제안된다.
- [105] 과냉각된 용융 액체 시료로부터 발생 가능한 준안정 결정을 유도하기 위해서, 서로 다른 결정 종류의 탐침을 설치한다. 상기 바늘 팁(194c)은 소정의 결정 구조를 가질 수 있다. 예를 들어, 상기 바늘 팁(194c)은 body-centered cubic(BCC) lattice, face-centered cubic(FCC) lattice, Hexagonal Closed-Packed(HCP) structure를 가질 수 있다. 소정의 결정 구조를 가진 상기 바늘 팁(194c)은 과냉각된 용융 액체 시료에 접촉되고, 상기 과냉각된 용융 액체 시료는 상기 바늘 팁(194c)이 유도하는 결정 구조를 가지도록 결정화될 수 있다. 상기 시료를 BCC 구조를 가진 결정으로 유도하기 위하여, BCC 구조의 바늘 팁(194c)이 사용될 수 있다. 또한, 상기 시료를 FCC 구조를 가진 결정으로 유도하기 위하여, FCC 구조의 바늘 팁(194c)이 사용될 수 있다.
- [106] 상기 바늘 팁(194c)은 제1 직경을 가진 원기둥 형상의 제1 부위와 원뿔 형태의 제2 부위를 포함할 수 있다. 상기 원뿔 형태의 제2 부위는 소정의 결정 구조를 가질 수 있다.
- [107] 상기 바늘 팁(194c)은 상기 시료의 하전 상태와 동일한 양의 전하로 대전될 수 있다. 또한, 상기 바늘 팁(194c)은 소정의 결정 성장을 유도하기 위하여 회전하면서 아래로 이동할 수 있다. 수직 이송부(174)는 상기 바늘 팁(194c)의 회전 운동을 추가적으로 제공할 수 있다. 상기 바늘 팁(194c)은 과냉각 액체 상태에서의 준안정 결정상의 유도, 단결정 성장 및 단결정 시드를 생성할 수 있다. 과냉각 정도에 따라 과냉각 액체에 상기 바늘 팁을 접촉시킴으로써, 결정화 속도가 조절될 수 있고, 결정의 미세 구조가 조절될 수 있다.
- [108] 급랭용 팁(194d)은 일정한 직경을 가진 원기둥 형상일 수 있다. 상기 급랭용 팁(194d)의 일단은 평면이고, 상기 급랭용 팁(194d)의 타단에는 수직 이송부(174)가 결합하기 위한 홈이 형성될 수 있다. 상기 급랭용 팁(194d)은 정전기 부양된 시료를 급랭시키기 위하여 사용될 수 있다. 구체적으로, 상기 급랭용 팁은 상기 담금질판(148)과 같은 높이로 상기 수직 이송부(174)에 의하여 수직 상승할 수 있다. 이어서, 상기 정전기 부양 장치의 상부 전극(112)과 상기 하부 전극(122) 사이의 전압을 제거하여, 상기 시료가 상기 급랭용 팁(194d) 상에 떨어질 수 있다. 상기 담금질판(148)의 주위에 배치된 열량계는 상기 급랭용 팁(194d)에 의한 상기 시료(12)의 급랭 과정을 측정할 수 있다. 상기 시료가 상기 급랭용 팁(194d) 상에 떨어지기 전에, 상기 시료는 고체 상태로 냉각될 수 있다. 상기 급랭용 팁은 시료를 급랭하여 준안정 결정상을 제공할 수 있다. 형성된 고체 상태의 상기 시료는 상기 급랭용 팁에 의하여 급랭될 수 있다.

- [109] 기체 부양 로딩 팁(194b)은 표준 로딩 팁(194a)과 유사한 구조를 가지고 있다. 그러나, 기체 부양 로딩 팁(194b)은 그 중심에 노즐을 포함한다. 이에 따라, 상기 노즐을 통하여 기체가 제공되고, 상기 기체는 상기 시료를 기체 부양할 수 있다. 상기 기체는 파이프 형상의 수직 이송부(174)를 통하여 제공될 수 있다.
- [110] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 시료를 로딩하는 카트리지의 크기가 감소될 수 있다. 이에 따라, 진공 챔버의 크기가 감소되고, 상기 진공 챔버의 진공 상태는 빠른 시간에 확보될 수 있다. 이에 따라, 실험에 필요한 시간이 감소될 수 있다.
- [111] 또한, 실험 후 시료는 원래 있던 카트리지로 회수될 수 있다. 이에 따라, 시료의 손실이 방지될 수 있다. 또한, 회수 접수로 인해 항상 원래 위치로 시료가 회수 될 수 있다.
- [112] 이하, 시료 로딩 장치의 동작 방법이 설명된다.
- [113] 도 3a 내지 도 3q는 본 발명의 일 실시예에 따른 시료 로딩 장치의 동작 방법을 설명하는 도면들이다.
- [114] 도 3a를 참조하면, 시료 로딩 바(185)는 원기둥 형상을 가지고 길이 방향으로 상기 제1 간격으로 형성된 시료 홈들(185a)을 포함하고, 상기 시료 로딩 바(185)의 시료 홈들(185a)에 시료들(12)이 각각 장착된다.
- [115] 이어서, 상기 시료 로딩 바(185)는 상기 시료통의 상기 로딩 바(loading bar) 삽입 홀(183e)에 삽입된다. 이 경우, 상기 시료통의 평면부(183c)는 아래를 향하도록 배치될 수 있다.
- [116] 도 3b를 참조하면, 상기 시료통(180) 및 상기 시료 로딩 바(185)는 같이 180도 회전한다. 이에 따라, 상기 시료(12)는 상기 시료통(180)의 하부면에 모두 수납될 수 있다. 이 경우, 상기 시료통의 평면부(183c)는 위를 향하도록 배치될 수 있다.
- [117] 도 3c를 참조하면, 상기 시료 로딩 바(185)는 제거된다.
- [118] 도 3d를 참조하면, 시료 이송 바(186)는 상기 로딩 바(loading bar) 삽입 홀(183e)에 삽입된다. 상기 시료 이송 바(186)는 원기둥 형상을 가지고 외주면에 하나의 이송 홈(186a)을 포함할 수 있다. 상기 이송 홈(186a)은 첫 번째 시료의 위치와 일치할 수 있다. 상기 이송 홈(186a)은 시료를 바라보기 위하여, 상기 시료 이송바는 상기 이송 홈(186a)이 아래를 바라보도록 삽입될 수 있다. 이 경우, 상기 시료통의 평면부(183c)는 위를 향하도록 배치될 수 있다. 또한, 상기 시료 이송 바(186)는 회전 및 직선 운동부에 연결될 수 있다.
- [119] 도 3e를 참조하면, 상기 시료통(180) 및 상기 시료 이송 바(186)는 180도 회전할 수 있다. 이 경우, 상기 시료통의 평면부(183c)는 아래를 바라보도록 배치될 수 있고, 상기 이송 홈(186a)은 위를 바라보도록 배치될 수 있다. 제1 시료는 상기 이송 홈(186a)에 장착될 수 있다.
- [120] 이어서, 연결부(187)는 상기 시료통(180)의 지지 홈에 삽입되고 진공 챔버(14)에 고정될 수 있다.
- [121] 이어서, 진공 챔버는 배기되어 진공 상태를 유지한다.
- [122] 도 3f를 참조하면, 제1 시료는 상기 시료 이송 바(186)에 의하여 시료 이송 수직

- 관통홀(183a) 상에 배치될 수 있다.
- [123] 도 3g를 참조하면, 로딩 팁 수납부(192)는 이동하고, 표준 로딩 팁(194a)은 상기 제1 시료의 하부에 정렬될 수 있다.
- [124] 도 3h를 참조하면, 상기 시료 이송 바(186)는 180도 회전하여 상기 시료를 떨어트리므로, 상기 제1 시료는 상기 표준 로딩 팁(194a) 상에 장착될 수 있다.
- [125] 도 3i를 참조하면, 상기 시료 이송 바(185)는 뒤로 후진할 수 있다.
- [126] 상기 표준 로딩 팁(194a)은 수직 이송부(174)의 수직 운동에 의하여 상부 전극과 하부 전극의 사이에 배치될 수 있다. 이에 따라, 상기 표준 로딩 팁(194a) 상의 제1 시료(12)는 상기 상부 전극과 상기 하부 전극의 사이에 인가된 고전압에 의하여 정전기 부양될 수 있다. 상기 표준 로딩 팁(194a)은 하강하여, 상기 로딩 팁 수납부(192)에 수납될 수 있다.
- [127] 이어서, 상기 제1 시료는 가열 레이저에 의하여 용융될 수 있다. 소정의 실험이 끝나면, 상기 제1 시료는 복사에 의하여 냉각될 수 있다. 상기 제1 시료는 부양된 상태에서 결정화 단계를 거칠 수 있다. 이를 위하여, 소정의 결정 구조를 가진 바늘 팁은 상기 로딩 팁 수납부(192)의 이동에 의하여 선택된다. 선택된 바늘 팁은 상기 수직 이송부에 의하여 정전기 부양된 시료의 하부면에 접촉될 수 있다.
- [128] 이어서, 상기 표준 로딩 팁(194a)은 수직 이동부(174)에 의하여 수직 상승하여, 상기 제1 시료의 하부에 배치될 수 있다. 이어서, 상기 상부 전극과 상기 하부 전극 사이에 인가된 고전압이 제거되고, 상기 제1 시료는 상기 표준 로딩 팁(194a)에 장착될 수 있다.
- [129] 도 3j를 참조하면, 상기 표준 로딩 팁(194a)은 하강하여, 제1 시료는 상기 시료 이송 수직 관통홀의 하부에 배치될 수 있다.
- [130] 도 3k를 참조하면, 상기 시료 이송 바의 이송 홈(186a)은 아래면을 바라보도록 배치되고, 상기 시료 이송 바의 상기 이송 홈(186a)은 상기 시료 이송 수직 관통홀(183a) 상에 배치될 수 있다.
- [131] 도 3l을 참조하면, 상기 수직 이송부(174)는 상기 표준 로딩 팁(194a)을 상승시키며, 상기 표준 로딩 팁(194a) 상에 배치된 제1 시료를 상기 이송 홈(186a)에 배치시킬 수 있다.
- [132] 도 3m를 참조하면, 상기 시료 이송 바(186)는 180도 회전함에 따라, 상기 제1 시료는 상기 이송 홈(186a)에 장착될 수 있다.
- [133] 도 3n를 참조하면, 상기 표준 로딩 팁(194a)은 로딩 팁 수납부(192)에 배치될 수 있다.
- [134] 도 3o를 참조하면, 상기 시료 이송 바(186)가 후진함에 따라, 상기 제1 시료는 비어있는 시료 보관 수직 관통홀(183d) 상에 배치될 수 있다.
- [135] 도 3p를 참조하면, 상기 시료 이송 바(186)가 180도 회전함에 따라, 상기 제1 시료는 빈 시료 보관 수직 관통홀(183d)의 하부에 수납될 수 있다.
- [136] 도 3q를 참조하면, 상기 시료 이송 바(186)는 180도 회전하고, 뒤로 후진하여,

상기 이송 홈(186a)에 제2 시료가 장착될 수 있다. 모든 시료에 대한 실험이 완료될 때까지, 위에서 설명한 동작이 반복될 수 있다.

[137]

[138] 초고순도의 단결정 및 단결정 시드(seed)는 다양한 실험을 위하여 사용될 수 있다. 상기 단결정은 결정을 성장시키기 위한 시드(seed)로 사용될 수 있다. 따라서, 상기 단결정을 형성하기 위하여, 본 발명의 정전기 부양 장치가 사용될 수 있다. 정전기 부양된 용융된 액체 시료는 과냉각 상태의 준안정(meta-stable) 상태로 존재할 수 있다.

[139] 소정의 결정 구조를 가지는 바늘 팁이 상기 액체 시료에 접촉하면, 상기 액체 시료의 준안정(meta-stable) 상태가 상기 바늘 팁의 결정 구조와 일치하는 경우, 상기 액체 시료는 보통의 안정적 액체(stable liquid) 상태에서는 얻을 수 없는, 상기 바늘 팁의 결정 구조로 결정화될 수 있다. 또한 안정적 액체 상태에서는 상기 바늘 팁을 상기 안정적 액체에 접촉하므로써, 고순도의 단결정이 형성될 수 있다. 또한, 동일한 액체 시료임에도 불구하고, 상기 준안정 상태가 복수의 결정 구조를 가질 경우, 상기 바늘 팁의 결정 구조에 따라 상기 액체 시료는 결정화될 수 있다.

[140] 또한, 과냉각 상태의 액체 시료는 결정화 속도에 따라 서로 다른 미세구조(micro-structure)를 가질 수 있다. 덴드라이트(dendrite)는 용융금속이 응고할 때 작은 핵을 중심으로 하여 금속이 규칙적으로 퇴적되어 수지상의 골격을 형성한 결정이다. 냉각속도가 빠르면 동시에 발생하는 가지가 많고 성장하는 결정립은 작다.

[141] 상기 바늘 팁이 상기 액체 시료에 접촉하는 경우, 상기 액체의 과냉각의 정도에 따라, 결정화가 일어나는 속도가 변경될 수 있다. 이에 따라, 결정의 미세구조가 달라질 수 있다. 따라서, 상기 시료의 결정화 속도에 따른 물질 특성을 연구할 수 있다.

[142] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 정전기 부양 장치를 설명하는 도면이다. 도 1 내지 도 3에서 설명한 것과 중복되는 설명은 생략된다.

[143] 도 4를 참조하면, 정전기 부양 장치는 단결정 성장 장치로 사용될 수 있다. 시료(12)를 이송하기 위한 끝이 함몰된 홈을 가지는 표준 로딩 팁(194a)을 이용하여 시료는 상부 전극(112)과 하부 전극(122) 사이에 위치될 수 있다. 상기 표준 로딩 팁(194a)은 하강하여 로딩 팁 수납부(192)에 수납될 수 있다. 이어서, 상기 로딩 팁 수납부(192)는 트렌치(172a)를 따라 이동하여, 바늘 팁이 상기 접시 하부판 관통홀(172b)과 정렬될 수 있다.

[144] 이어서, 상기 상부 전극과 상기 하부 전극 사이에 인가된 전기장은 상기 시료를 정전기 부양할 수 있다.

[145] 이어서, 상기 가열 레이저(23)는 상기 정전기 부양된 시료를 가열하여 용융시킬 수 있다.

[146] 이어서, 상기 시료가 용융된 후, 상기 가열 레이저(23)가 제거되면, 상기 용융된

- 액체 시료는 정전기 부양된 상태에 복사에 의하여 과냉각 상태로 존재할 수 있다.
- [147] 이어서, 바늘 팁(194c)이 상승하여 상기 과냉각된 용융 액체 시료(12)와 접촉할 수 있다. 뾰족한 바늘 형태의 바늘 팁은 준안정 상태의 과냉각된 용융 액체 시료(12)로부터 발생 가능한 소정의 결정 구조를 유도할 수 있다. 이에 따라, 상기 액체 시료는 상전이(phase transition)을 통하여 결정화될 수 있다. 추가적으로 상기 바늘 팁(194c)은 회전 운동을 수행할 수 있다.
- [148] 예를 들어, 상기 시료가 실리콘인 경우, 상기 시료는 상기 바늘 팁의 접촉에 의하여 단결정으로 상전이(phase transition) 할 수 있다. 상기 바늘 팁은 실리콘 결정 구조를 가질 수 있다. 이에 따라, 액체 시료는 고체 상태로 결정화될 수 있다. 상기 결정화된 시료는 다른 결정 성장 방법에 사용되는 단결정 시드(seed)로 사용될 수 있다. 만약, 과냉각 상태의 액체 시료의 준안정 상태가 복수의 결정 구조를 가질 수 있다면, 상기 바늘 팁의 결정 구조에 따라, 상기 복수의 결정 구조 중에 소정의 결정 구조가 선택될 수 있다.
- [149] 한편, 상기 바늘 팁(194c)은 과냉각된 용융 액체 시료와 접촉하여 결정화 속도를 조절할 수 있다. 이에 따라, 상기 냉각된 고체 시료의 미세 결정 구조가 변경될 수 있다.
- [150] 상기 바늘 팁(194c)은 상기 액체 시료(12)와 접촉 후, 다시 하강하여 상기 로딩 팁 수납부(192)에 수납될 수 있다.
- [151] 이어서, 상기 로딩 팁 수납부(192)는 트렌치를 따라 이동하여, 표준 로딩 팁(194a)이 상기 접시 하부판 관통홀(172b)과 정렬될 수 있다. 상기 표준 로딩 팁(194a)은 상승하여 부양된 시료를 수거할 수 있다.
- [152] 상기 바늘 팁(94c)은 액체 상태에서 준안정 결정상을 유도할 수 있고, 단결정 성장을 유도할 수 있으며, 단결정 시드를 생성할 수 있다. 그리고, 과냉각의 정도에 따라, 과냉각 액체 시료와 상기 바늘 팁의 접촉에 따라, 상기 과냉각 액체 시료의 결정화 속도를 제어할 수 있다. 이에 따라, 다양한 결정화 시료의 미세 구조가 생성될 수 있다.
- [153] 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 정전기 부양 장치를 설명하는 도면이다. 도 1 내지 도 3에서 설명한 것과 중복되는 설명은 생략된다.
- [154] 도 5를 참조하면, 정전기 부양 장치(100)는 담금질판(148)을 포함할 수 있다. 상기 담금질판(148)은 전극 지지부(142)와 회수 접시(162) 사이에 배치될 수 있다. 결정화 속도, 냉각 속도, 및 온도를 확인하기 위하여 진공 챔버에 복사 온도계(149)가 장착될 수 있다.
- [155] 시료는 이송하기 위한 끝이 함몰된 홈을 가지는 표준 로딩 팁(194a)을 이용하여 시료는 상부 전극과 하부 전극 사이에 위치될 수 있다. 상기 표준 로딩 팁(194c)은 하강하여 로딩 팁 수납부(192)에 수납될 수 있다. 이어서, 상기 로딩 팁 수납부(192)는 트렌치(192a)를 따라 이동하여, 냉각용 팁(194d)이 상기 접시 하부판 관통홀(172b)과 정렬될 수 있다.

- [156] 이어서, 상기 상부 전극과 상기 하부 전극 사이에 인가된 전기장은 상기 시료를 정전기 부양할 수 있다.
- [157] 이어서, 가열 레이저(23)는 상기 정전기 부양된 시료(12)를 가열하여 용융시킬 수 있다.
- [158] 이어서, 상기 시료(12)가 용융된 후, 상기 가열 레이저(23)가 제거되면, 상기 용융된 액체 시료는 정전기 부양된 상태에 복사에 의하여 과냉각 상태로 존재할 수 있다.
- [159] 이어서, 냉각용 팁(194d)이 상기 담금질판(142)의 상부면까지 상승할 수 있다. 상부 전극과 하부 전극 사이의 전기장을 제거하면, 상기 과냉각된 용융 액체 시료는 상기 냉각용 팁(194d) 상에 떨어져 급속히 냉각될 수 있다. 상기 복사 온도계(149)는 상기 시료(12)의 결정화 속도, 냉각 속도, 및 온도를 측정할 수 있다.
- [160] 과냉각 액체 시료와 상기 냉각용 팁이 서로 접촉함에 따라, 상기 과냉각 액체 시료는 급랭될 수 있다. 이에 따라, 준안정적 결정상이 얻어질 수 있다.
- [161] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 부양 장치를 설명하는 도면이다. 도 1 내지 도 3에서 설명한 것과 중복되는 설명은 생략된다.
- [162] 도 6을 참조하면, 시료는 이송하기 위한 기체 부양 로딩 팁(194b)을 이용하여 시료는 상부 전극과 하부 전극 사이에 위치될 수 있다. 상기 기체 부양 로딩 팁(194b)은 중심에 노즐을 포함하고, 상기 노즐을 통하여 기체를 제공할 수 있다. 이에 따라, 상기 시료(12)는 공중에 부양될 수 있다.
- [163] 이어서, 가열 레이저(23)는 상기 정전기 부양된 시료를 가열하여 용융시킬 수 있다.
- [164] 이어서, 상기 시료가 용융된 후, 상기 가열 레이저가 제거되면, 상기 용융된 액체 시료는 기체 부양된 상태에 복사에 의하여 과냉각 상태로 존재할 수 있다.
- [165] 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 시료는 표준 로딩 팁(194a)을 이용하여 정전기 부양되고, 기체 부양 로딩 팁(194d)은 소정의 가스를 상기 시료(12)에 제공하기 위하여 사용될 수 있다. 이 경우, 상기 시료의 표면은 새로운 물질로 코팅될 수 있다.
- [166] 본 발명의 변형된 실시예에 기체 부양 방법에 따르면, 정전기 부양에 사용되는 상부 전극 및 하부 전극은 제거될 수 있다. 다만, 상기 보조 전극은 도전체 시료인 경우, 회전운동을 위하여 사용될 수 있다.
- [167] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

청구범위

- [청구항 1] 제1 지름의 외경을 가지는 원통 형상의 시료 대기부 및 상기 제1 지름보다 큰 제2 지름의 외경을 가지는 원통 형상의 시료 로딩부를 포함하는 시료 보관부; 및
상기 제2 지름의 외경을 가지고 상기 시료 대기부를 감싸는 원통 형상의 시료 덮개부를 포함하고,
상기 시료 보관부는 중심에 길이 방향으로 형성된 로딩 바/loading bar) 삽입 홀을 포함하고,
상기 로딩 바 삽입 홀은 상기 시료 대기부를 관통하여 형성되고
상기 시료 로딩부의 일부에 연속적으로 관통하여 형성되고,
상기 시료 대기부는 길이 방향으로 일정한 제1 간격을 가지고 상기 길이 방향에 수직한 방향으로 관통하는 시료 보관 수직 관통홀들을 포함하고,
상기 시료 로딩부는 하나의 시료 이송 수직 관통홀을 포함하고,
상기 시료 이송 수직 관통홀은 상기 시료 보관 수직 관통홀이 보이는 면에 형성되고 상기 시료 로딩부를 수직으로 관통하고
상기 로딩 바 삽입 홀과 연결되는 것을 특징으로 하는 시료 로딩 장치.
- [청구항 2] 제1 항에 있어서,
상기 시료 이송 수직 관통홀이 노출된 일면은 평면으로 형성된 것을 특징으로 하는 시료 로딩 장치.
- [청구항 3] 제1 항에 있어서,
상기 시료 이송 수직 관통홀이 형성된 방향에 수직하게 상기 시료 로딩부의 양 측면에 형성된 슬릿을 더 포함하고,
상기 슬릿은 상기 시료 이송 수직 관통홀과 연결된 것을 특징으로 하는 시료 로딩 장치.
- [청구항 4] 제1 항에 있어서,
원기둥 형상을 가지고 길이 방향으로 상기 제1 간격으로 형성된 시료 홈들을 포함하고, 상기 로딩 바/loading bar) 삽입 홀에 삽입되는 시료 로딩 바를 더 포함하고,
상기 시료는 상기 시료 홈들에 장착되는 것을 특징으로 하는 시료 로딩 장치.
- [청구항 5] 제1 항에 있어서,
원기둥 형상을 가지고 외주면에 하나의 이송 홈을 포함하고, 상기 로딩 바/loading bar) 삽입 홀에 삽입되는 시료 이송 바를 더 포함하고,
상기 시료는 상기 이송 홈에 장착되어 이송되는 것을 특징으로

- 하는 시료 로딩 장치.
- [청구항 6] 제1 항에 있어서,
 상기 시료 이송 바는 상기 이송 홈에 장착된 시료를 상기 이송 수직 관통홀에 위치시키고,
 상기 이송 수직 관통홀의 하부에 배치되고 상기 시료를 이송하기 위한 끝이 함몰된 홈을 가지는 표준 로딩 팁(loading tip)을 수납하는 로딩 팁 수납부를 더 포함하고,
 상기 시료는 상기 이송 수직 관통홀을 통하여 상기 표준 로딩 팁에 장착되고,
 상기 표준 로딩 팁은 수직으로 상승하여 상기 시료를 정전기 부양을 위한 상부 전극과 하부 전극 사이에 배치하는 것을 특징으로 하는 시료 로딩 장치.
- [청구항 7] 제6 항에 있어서,
 상기 로딩 팁 수납부는:
 일렬로 정렬된 복수의 팁 수납 관통홀들; 및
 상기 팁 수납 관통홀에 장착되는 상기 표준 로딩 팁과 다른 구조의 실험용 팁을 포함하는 것을 특징으로 하는 시료 로딩 장치.
- [청구항 8] 제7 항에 있어서,
 상기 실험용 팁은 과냉각된 액체 용융 액체 시료로부터 발생 가능한 불안정 결정상을 유도하기 위한 뾰족한 바늘 형태의 바늘 팁, 상기 시료를 공기 부양하기 위하여 중심에 기체를 토출하는 노즐을 포함하고 끝이 함몰된 홈을 가지는 기체 부양 로딩 팁, 및 끝이 평면인 급랭용 팁 중에서 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 시료 로딩 장치.
- [청구항 9] 제1 항에 있어서,
 상부 전극;
 상기 상부 전극에 수직으로 이격되어 배치되고 그 중심에 하부 전극 관통홀을 포함하는 하부 전극;
 상기 상부 전극의 중심과 상기 하부 전극의 중심을 연결하는 축에 수직한 평면에 서로 대칭적으로 배치되는 제1 내지 제4 보조 전극들;
 상기 하부 전극의 상기 하부 전극 관통홀에 연결되고 유전체 물질로 형성된 원통 형상을 포함하는 하부 전극 지지부;
 상기 하부 전극 지지부가 장착되고 상기 보조 전극들을 지지하는 보조 전극 지지봉이 장착되고 중심에 전극 지지판 관통홀을 포함하는 전극 지지판;
 상기 전극 지지판의 하부에 배치되고 그 중심에 회수 접시 관통홀을 포함하는 콘 형상의 회수 접시;

상기 회수 접시와 상기 전극 지지판을 연결하는 전극 지지판 지지봉;

상기 회수 접시와 상기 전극 지지판 사이에 배치되고 중심에 담금질판 관통홀을 포함하는 담금질판;

상기 담금질판과 상기 회수 접시를 연결하는 담금질판 지지봉;

상기 회수 접시의 하부면에 장착되고, 수평 방향의 시료통 관통홀을 포함하는 시료통 지지대;

상부면에 상기 시료 덮개부가 연장되는 방향에 수직한 방향으로 연장되는 트렌치를 포함하고 상기 시료 덮개부의 하부에 배치되는 접시 하부판; 및

상기 트렌치에 삽입되고 중심에 관통홀을 포함하고 상기 접시 하부판과 상기 시료통 사이에 배치되는 상기 로딩 팁 수납부 중에서 적어도 하나를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 시료 로딩 장치.

[청구항 10]

제1 항에 있어서,

상기 시료 보관부는 상기 시료 대기부에 연속적으로 연결되는 시료통 지지부를 더 포함하고,

상기 시료통 지지부는 일단에 연장 방향으로 그 중심에 형성된 지지 홈을 포함하고,

상기 지지 홈을 통하여 진공 용기에 고정되는 것을 특징으로 하는 시료 로딩 장치.

[청구항 11]

제1 지름의 외경을 가지는 원통 형상의 시료 대기부 및 상기 제1 지름보다 큰 제2 지름의 외경을 가지는 원통 형상의 시료 로딩부를 포함하는 시료 보관부; 및 상기 제2 지름의 외경을 가지고 상기 시료 대기부를 감싸는 원통 형상의 덮개부를 포함하고 상기 시료 보관통은 중심에 길이 방향으로 형성된 로딩 바(loading bar) 삽입 홀을 포함하는 시료 로딩 장치의 동작 방법에 있어서, 상기 로딩 바 삽입 홀은 상기 시료 대기부를 관통하여 형성되고 상기 시료 로딩부의 일부에 연속적으로 관통하여 형성되고, 상기 시료 대기부는 길이 방향으로 일정한 제1 간격을 가지고 상기 길이 방향에 수직한 방향으로 관통하는 시료 보관 수직 관통홀들을 포함하고,

상기 시료 로딩부는 상기 시료 보관 수직 관통홀이 보이는 면에 형성되고 상기 시료 로딩부를 수직으로 관통하고 상기 로딩 바 삽입 홀과 연결되는 하나의 시료 이송 수직 관통홀을 포함하고, 시료 로딩 바는 원기둥 형상을 가지고 길이 방향으로 상기 제1 간격으로 형성된 시료 홈들을 포함하고 상기 로딩 바(loading bar) 삽입 홀에 삽입되고,

시료 이송 바는 원기둥 형상을 가지고 외주면에 하나의 이송 홈을 포함하고 상기 로딩 바(**loading bar**) 삽입 홀에 삽입되고, 상기 시료 로딩 바를 이용하여 시료를 상기 시료 보관 수직 관통홀들에 수납하는 단계;

상기 시료 로딩 바를 제거하고 상기 시료 이송 바를 상기 로딩 바(**loading bar**) 삽입 홀에 삽입하는 단계; 및

상기 시료 이송 바를 이용하여 상기 시료 보관 수직 관통홀들에 수납된 시료들 중에서 하나를 상기 시료 이송 수직 관통홀에 위치시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 시료 로딩 장치의 동작 방법.

[청구항 12]

봉 형상의 시료 대기부;

상기 시료 대기부의 연장 방향으로 연속적으로 연결되고 봉 형상의 시료 로딩부를 포함하는 시료 보관부; 및

상기 시료 대기부를 감싸는 시료 덮개부를 포함하고,

상기 시료 보관부는 중심에 길이 방향으로 형성된 로딩 바(**loading bar**) 삽입 홀을 포함하고,

상기 로딩 바 삽입 홀은 상기 시료 대기부를 관통하여 형성되고

상기 시료 로딩부의 일부에 연속적으로 관통하여 형성되고,

상기 시료 대기부는 길이 방향으로 일정한 제1 간격을 가지고 상기 길이 방향에 수직인 방향으로 관통하는 시료 보관 수직

관통홀들을 포함하고,

상기 시료 로딩부는 하나의 시료 이송 수직 관통홀을 포함하고,

상기 시료 이송 수직 관통홀은 상기 시료 보관 수직 관통홀이

보이는 면에 형성되고 상기 시료 로딩부를 수직으로 관통하고

상기 로딩 바 삽입 홀과 연결되는 것을 특징으로 하는 시료 로딩 장치.

[청구항 13]

하나의 시료 이송 수직 관통홀 및 상기 시료 이송 수직 관통홀과 이격되고 일정한 간격으로 형성된 시료 보관 수직 관통홀들을

포함하고, 연장되는 방향으로 그 중심에 형성된 로딩 바(**loading bar**) 삽입 홀을 포함하고, 외주면은 덮개로 싸여있는 시료통에

시료 로딩 바를 이용하여 시료들을 상기 시료 보관 수직 관통홀들에 수납하는 단계;

상기 시료 로딩 바를 제거하고 상기 시료 이송 바를 상기 로딩

바(**loading bar**) 삽입 홀에 삽입하는 단계; 및

상기 시료 이송 바를 이용하여 상기 시료 보관 수직 관통홀들에 수납된 시료들 중에서 하나를 상기 시료 이송 수직 관통홀에 위치시키는 단계를 포함하는 시료 로딩 장치의 동작 방법.

[청구항 14]

하나의 시료 이송 수직 관통홀 및 상기 시료 이송 수직 관통홀과

- 이격되고 일정한 간격으로 형성된 시료 보관 수직 관통홀들을 포함하고, 연장되는 방향으로 그 중심에 형성된 로딩 바(**loading bar**) 삽입 홀을 포함하고, 외주면은 덮개로 싸여있는 시료통; 및 시료를 이송하기 위한 표준 로딩 팁(**loading tip**)을 수납하는 로딩 팁 수납부를 포함하고,
- 상기 표준 로딩 팁은 상기 이송 수직 관통홀에 배치된 시료를 수직으로 상승시켜 상기 시료를 정전기 부양을 위한 상부 전극과 하부 전극 사이에 배치하는 것을 특징으로 하는 정전기 부양 장치.
- [청구항 15] 상부 전극;
- 그 중심에 하부 전극 관통홀을 포함하고 상기 상부 전극에 수직으로 이격되어 배치된 하부 전극; 및
- 상기 상부 전극과 상기 하부 전극 사이에 시료를 이송하기 위한 표준 로딩 팁과 실험용 팁을 수납하고 일렬로 정렬된 복수의 로딩 팁 수납 관통홀들을 가지는 로딩 팁 수납부를 포함하고,
- 상기 로딩 팁 수납부는 로딩 팁 수납 관통홀들이 정렬된 방향으로 선형 운동을 수행하는 것을 특징으로 하는 정전기 부양 장치.
- [청구항 16] 제 15 항에 있어서,
- 상기 실험용 팁은 준안정 상태의 과냉각된 용융 액체 시료로부터 발생 가능한 소정의 결정 구조를 유도하기 위한 뾰족한 바늘 형태의 바늘 팁인 것을 특징으로 하는 정전기 부양 장치.
- [청구항 17] 제 15 항에 있어서,
- 상기 실험용 팁은 과냉각된 용융 액체 시료의 결정화 속도를 조절하는 것을 특징으로 하는 정전기 부양 장치.
- [청구항 18] 제 15 항에 있어서,
- 상기 실험용 팁은 끝이 평면인 급랭용 팁인 것을 특징으로 하는 정전기 부양 장치.
- [청구항 19] 제 15 항에 있어서,
- 하나의 시료 이송 수직 관통홀 및 상기 시료 이송 수직 관통홀과 이격되고 일정한 간격으로 형성된 시료 보관 수직 관통홀들을 포함하고, 연장되는 방향으로 그 중심에 형성된 로딩 바(**loading bar**) 삽입 홀을 포함하고, 외주면은 덮개로 싸여있는 시료통을 더 포함하는 정전기 부양 장치.
- [청구항 20] 제 15 항에 있어서,
- 상기 로딩 팁 수납부가 장착되는 접시 하부판을 더 포함하고,
- 상기 접시 하부판은 일면에 형성된 트렌치를 포함하고,
- 상기 로딩 팁 수납부는 상기 트렌치에 삽입되어 직선 운동을 수행하는 것을 특징으로 하는 정전기 부양 장치.
- [청구항 21] 제 15 항에 있어서,

상기 상부 전극의 중심과 상기 하부 전극의 중심을 연결하는 축에 수직한 평면에 서로 대칭적으로 배치되는 제1 내지 제4 보조 전극들;

상기 하부 전극의 상기 하부 전극 관통홀에 연결되고 원통 형상을 가지는 하부 전극 지지부;

상기 하부 전극 지지부가 장착되고 상기 보조 전극들을 지지하는 보조 전극 지지봉이 장착되고 중심에 전극 지지판 관통홀을 포함하는 전극 지지판;

상기 전극 지지판의 하부에 배치되고 중심에 회수 접시 관통홀을 포함하는 콘 형상의 회수 접시;

상기 회수 접시의 하부면에 장착되고, 수평 방향의 시료통 관통홀을 포함하는 시료통 지지대;

상기 시료통 관통홀에 삽입되는 시료통; 및

상부면에서 상기 시료통이 연장되는 방향에 수직한 방향으로 연장되는 트렌치를 포함하고 상기 시료통의 하부에 배치되는 접시 하부판; 중에서 적어도 하나를 더 포함하는 정전기 부양 장치.

[청구항 22]

정전기 부양 장치의 동작 방법에 있어서,

시료를 이송하기 위한 끝이 함몰된 홈을 가지는 표준 로딩 팁을 이용하여 시료를 상부 전극과 하부 전극 사이에 위치시키는 단계; 상기 상부 전극과 상기 하부 전극 사이에 전기장을 인가하여 상기 시료를 정전기 부양시키는 단계;

정전기 부양된 시료에 가열 레이저를 이용하여 가열하고 용융시키는 단계;

상기 가열 레이저를 제거하여 상기 시료를 복사 냉각시키는 단계; 및

과냉각된 용융 액체 시료로부터 소정의 결정 구조를 유도하기 위한 뾰족한 바늘 형태의 바늘 팁을 상기 과냉각된 용융 액체 시료에 접촉시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 정전기 부양 장치의 동작 방법.

[청구항 23]

정전기 부양 장치의 동작 방법에 있어서,

시료를 이송하기 위한 끝이 함몰된 홈을 가지는 표준 로딩 팁을 이용하여 시료를 상부 전극과 하부 전극 사이에 위치시키는 단계; 상기 상부 전극과 상기 하부 전극 사이에 전기장을 인가하여 상기 시료를 정전기 부양하는 단계;

정전기 부양된 시료를 가열 레이저를 이용하여 가열하여 용융시키는 단계; 및

과냉각된 용융 액체 시료로부터 결정화 속도를 조절하기 위한 뾰족한 바늘 형태의 바늘 팁을 부양된 과냉각된 용융 액체 시료에

접촉시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 정전기 부양 장치의 동작 방법.

[청구항 24]

정전기 부양 장치의 동작 방법에 있어서,
시료를 이송하기 위한 끝이 함몰된 홈을 가지는 표준 로딩 팁을 이용하여 시료를 상부 전극과 하부 전극 사이에 위치시키는 단계;
상기 상부 전극과 상기 하부 전극 사이에 전기장을 인가하여 상기 시료를 정전기 부양하는 단계;
정전기 부양된 시료를 가열 레이저를 이용하여 가열하여 용융시키는 단계;
끝이 평면인 급랭용 로딩 팁을 상기 시료의 하부에 배치시키는 단계; 및

[청구항 25]

상기 상부 전극과 상기 하부 전극 사이에 인가된 전기장을 제거하여 상기 시료를 상기 급랭용 팁 상에 떨어트리는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 정전기 부양 장치의 동작 방법.
정전기 부양 장치에서 상부 전극과 하부 전극 사이에 시료를 위치시키는 단계;
상기 상부 전극과 상기 하부 전극 사이에 전기장을 인가하여 상기 시료를 정전기 부양하는 단계;
정전기 부양된 시료를 가열 레이저를 이용하여 가열하여 용융시키는 단계;
상기 가열 레이저를 제거하여 상기 시료를 복사 냉각시키는 단계;
과냉각된 용융 액체 시료로부터 소정의 결정 구조를 유도하기 위한 뾰족한 바늘 형태의 바늘 팁을 상기 과냉각된 용융 액체 시료에 접촉시키는 단계; 및
상기 과냉각된 용융 액체 시료가 상전이(phase transition)하여 결정화되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 단결정의 제조 방법.

[청구항 26]

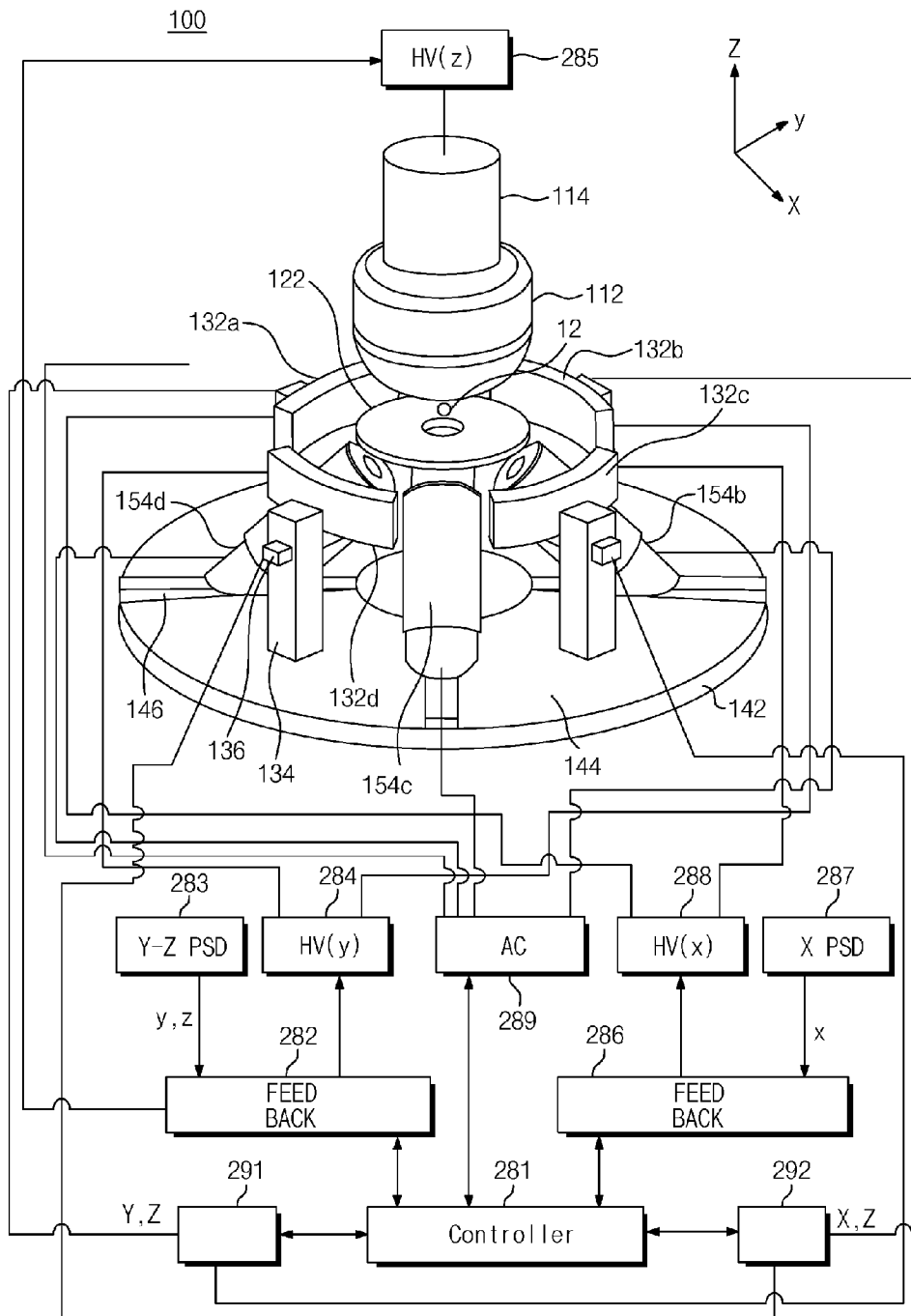
회수 접시 관통홀을 포함하는 콘 형상의 회수 접시;
상기 회수 접시의 하부면에 장착되고, 수평 방향의 시료통 관통홀을 포함하는 시료통 지지대;
상기 시료통 관통홀에 삽입되는 시료통;
상부면에서 상기 시료통이 연장되는 방향으로 수직한 방향으로 연장되는 트렌치를 포함하고 상기 시료통의 하부에 배치되는 접시 하부판; 및
상기 회수 접시 상부에 시료를 이송하기 위한 노즐을 포함하는 기체 부양 로딩 팁을 수납하고 상기 트렌치에 삽입되는 로딩 팁 수납부를 포함하는 것을 특징으로 하는 부양 장치.

[청구항 27]

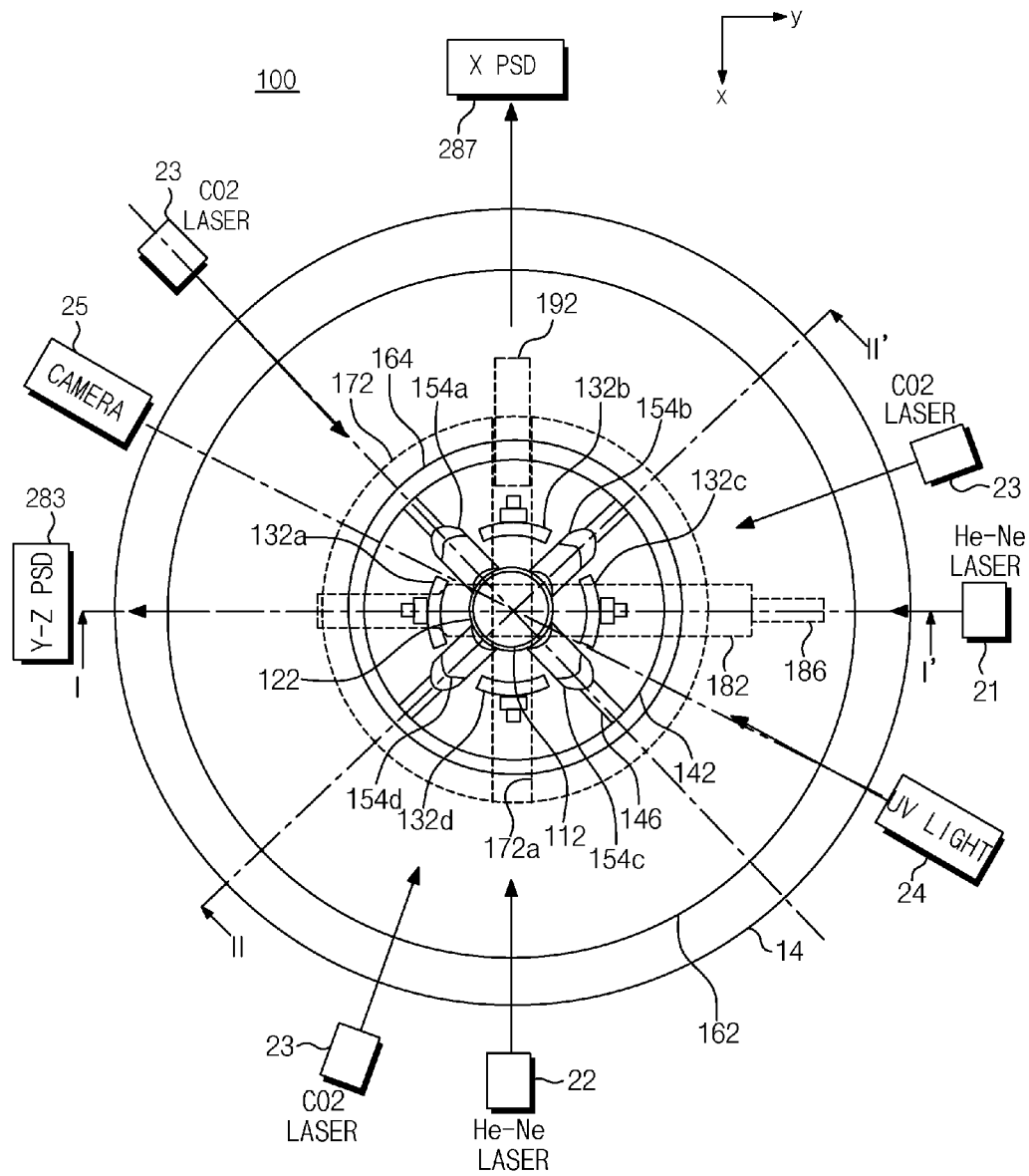
회수 접시 관통홀을 포함하는 콘 형상의 회수 접시; 상기 회수

접시의 하부면에 장착되고, 수평 방향의 시료통 관통홀을 포함하는 시료통 지지대; 상기 시료통 관통홀에 삽입되는 시료통; 상부면에서 상기 시료통이 연장되는 방향에 수직한 방향으로 연장되는 트렌치를 포함하고 상기 시료통의 하부에 배치되는 접시 하부판; 및 상기 회수 접시 상부에 시료를 이송하기 위한 노즐을 포함하는 기체 부양 로딩 팁을 수납하고 상기 트렌치에 삽입되는 로딩 팁 수납부를 포함하는 부양 장치의 동작 방법에 있어서, 상기 기체 부양 로딩 팁을 사용하여 시료를 부양시키는 단계; 기체 부양된 시료를 가열 레이저를 이용하여 가열하여 용융시키는 단계; 및 상기 가열 레이저를 제거하여 상기 시료를 복사 냉각시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 부양 장치의 동작 방법.

[Fig. 1a]

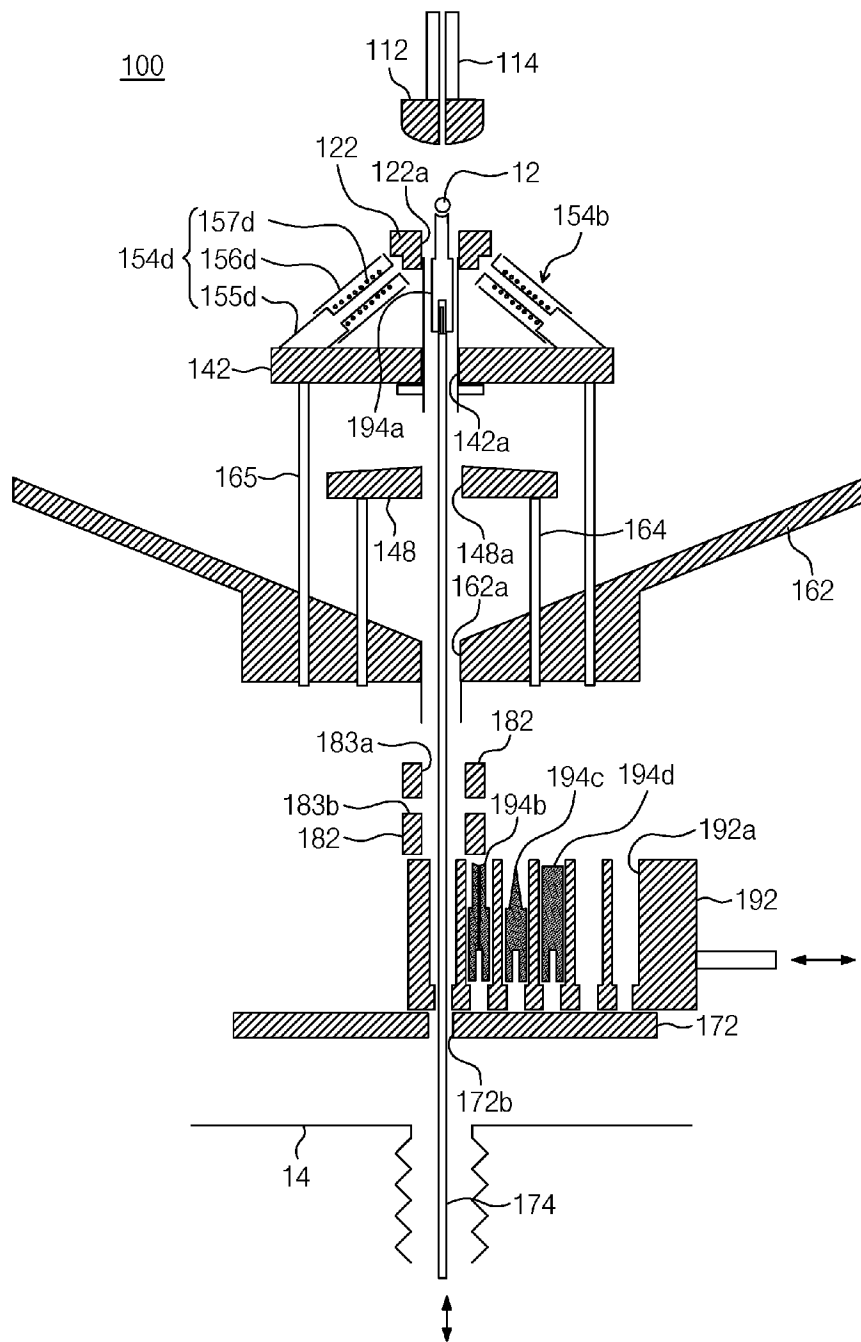


[Fig. 1b]

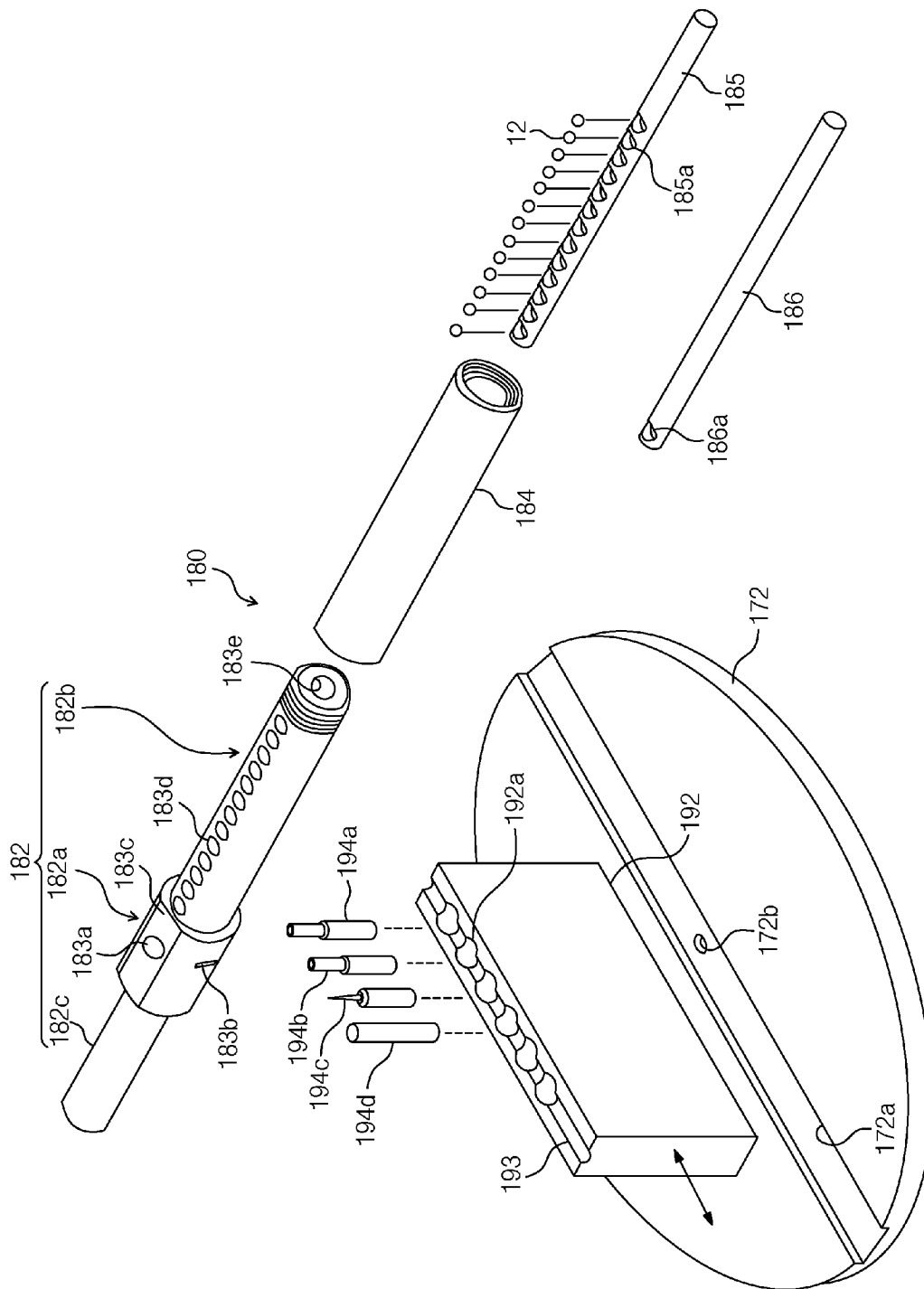


[illegible]

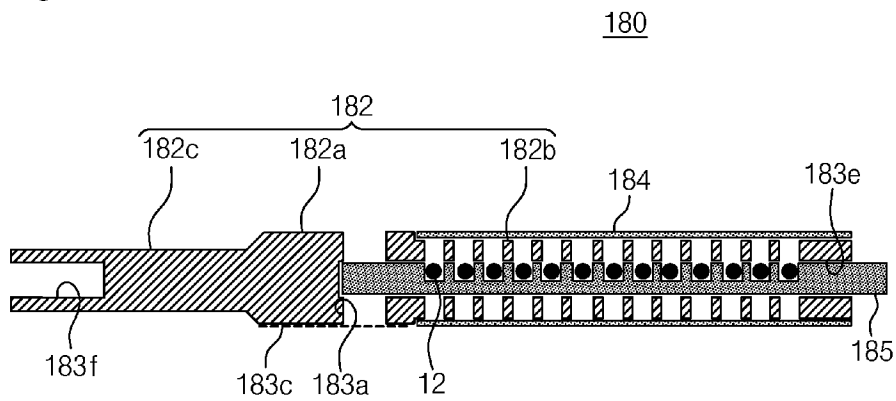
[Fig. 1d]



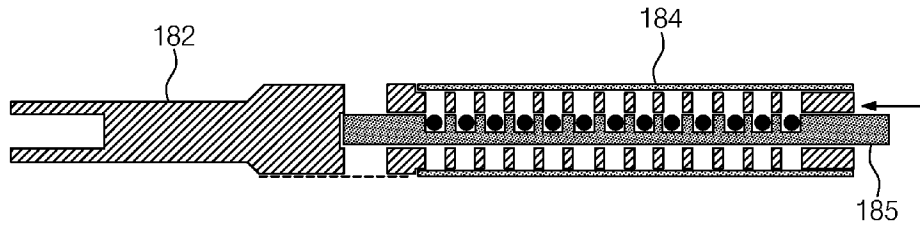
[Fig. 2a]



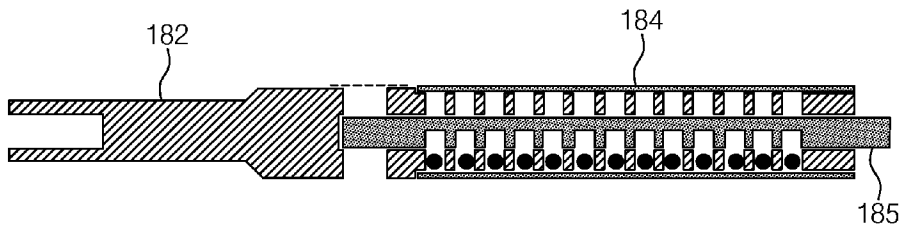
[Fig. 2b]



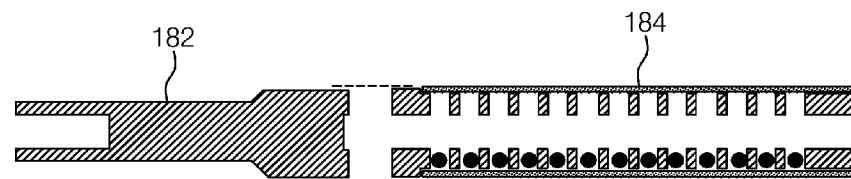
[Fig. 3a]



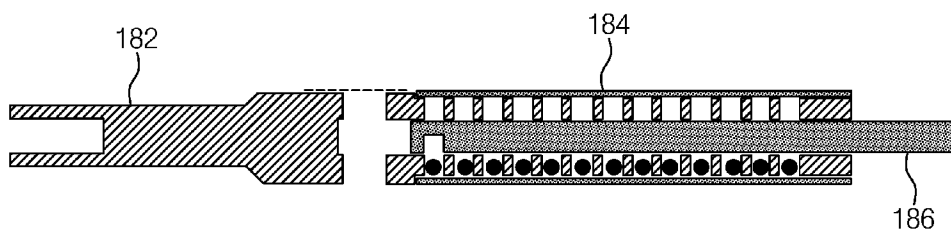
[Fig. 3b]



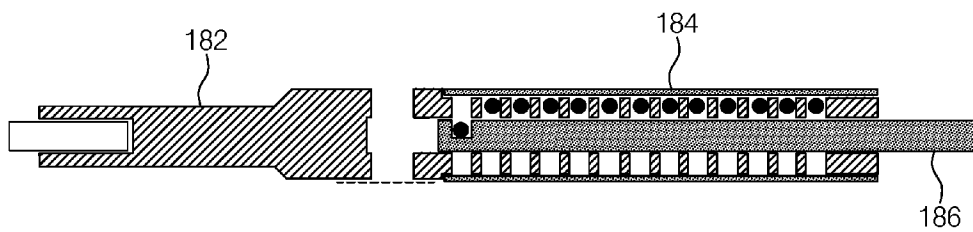
[Fig. 3c]



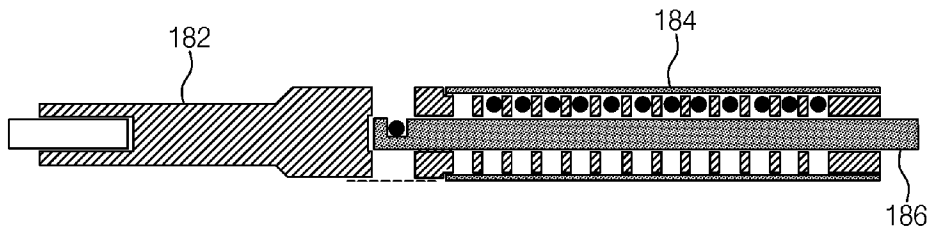
[Fig. 3d]



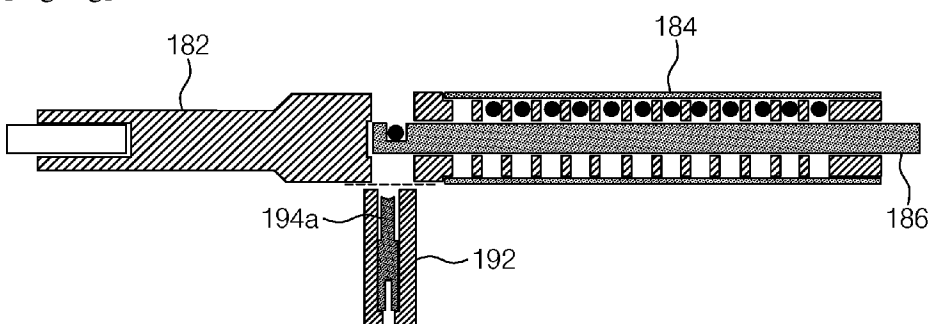
[Fig. 3e]



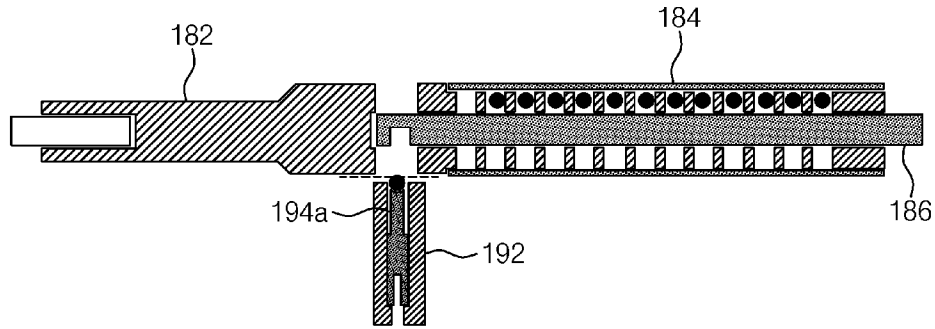
[Fig. 3f]



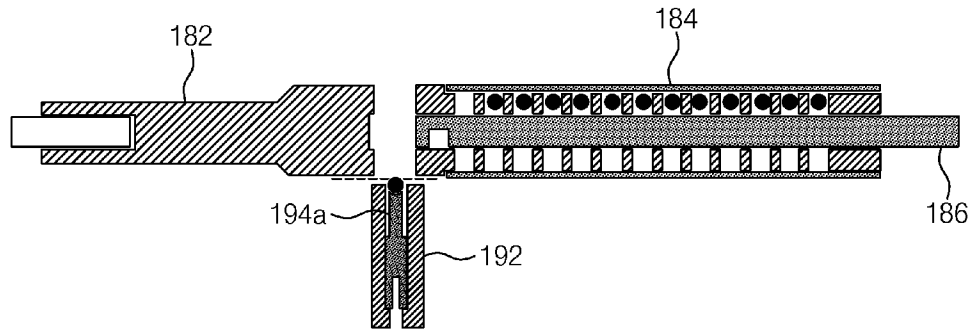
[Fig. 3g]



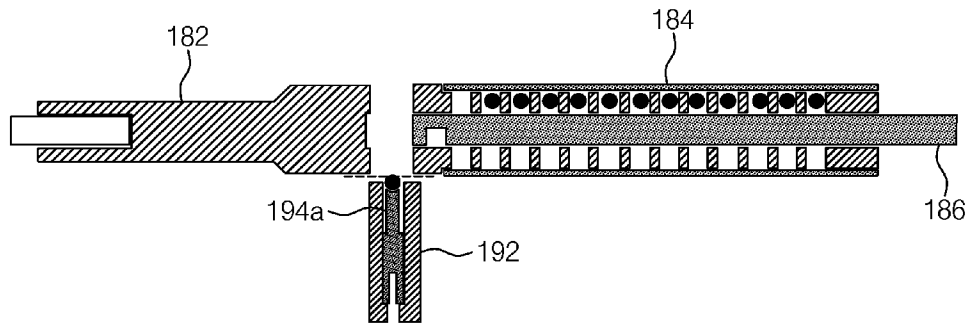
[Fig. 3h]



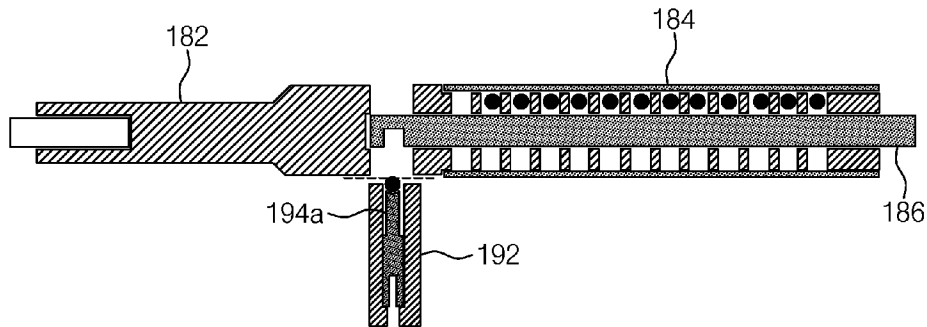
[Fig. 3i]



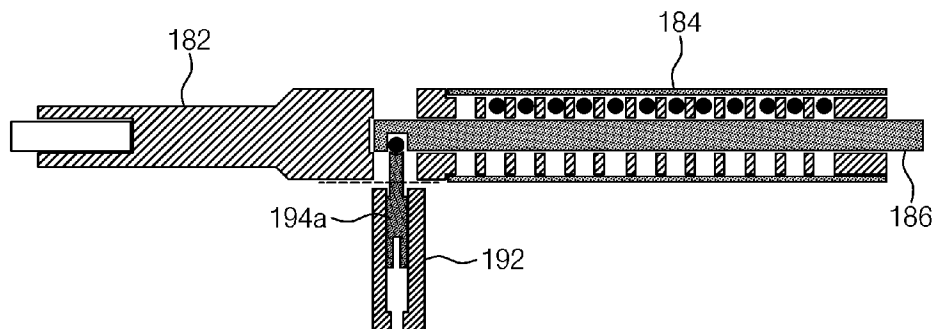
[Fig. 3j]



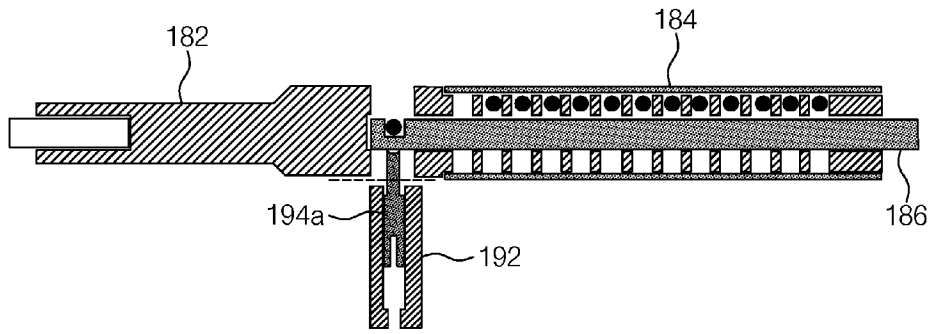
[Fig. 3k]



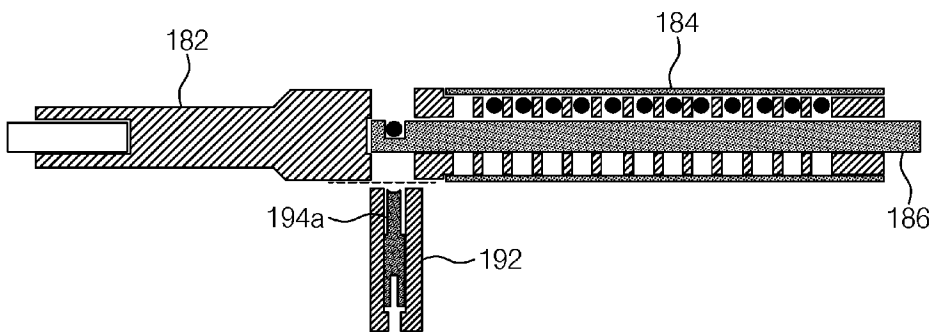
[Fig. 3l]



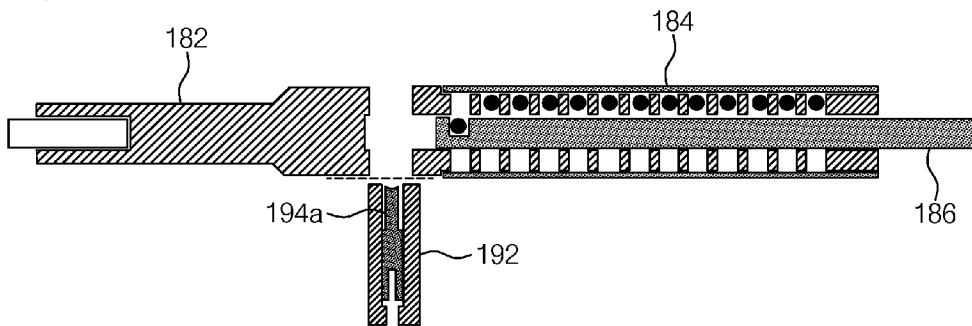
[Fig. 3m]



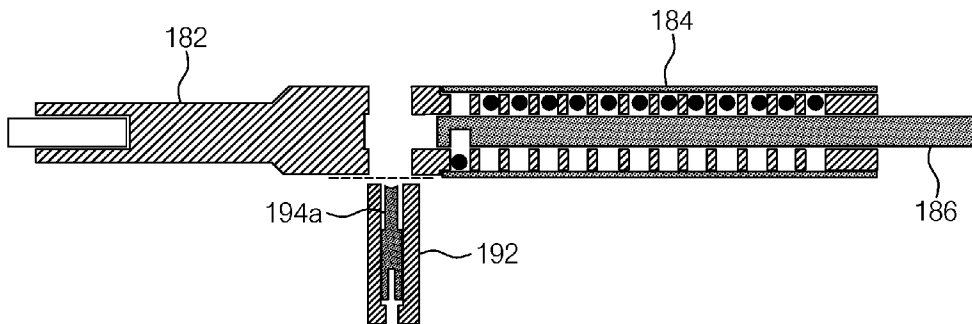
[Fig. 3n]



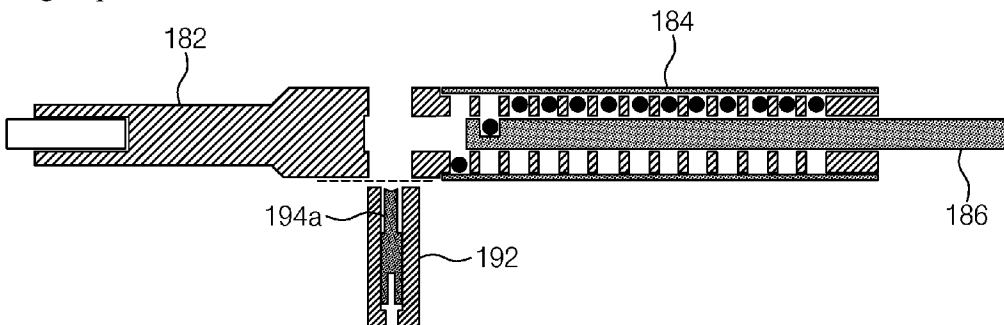
[Fig. 3o]



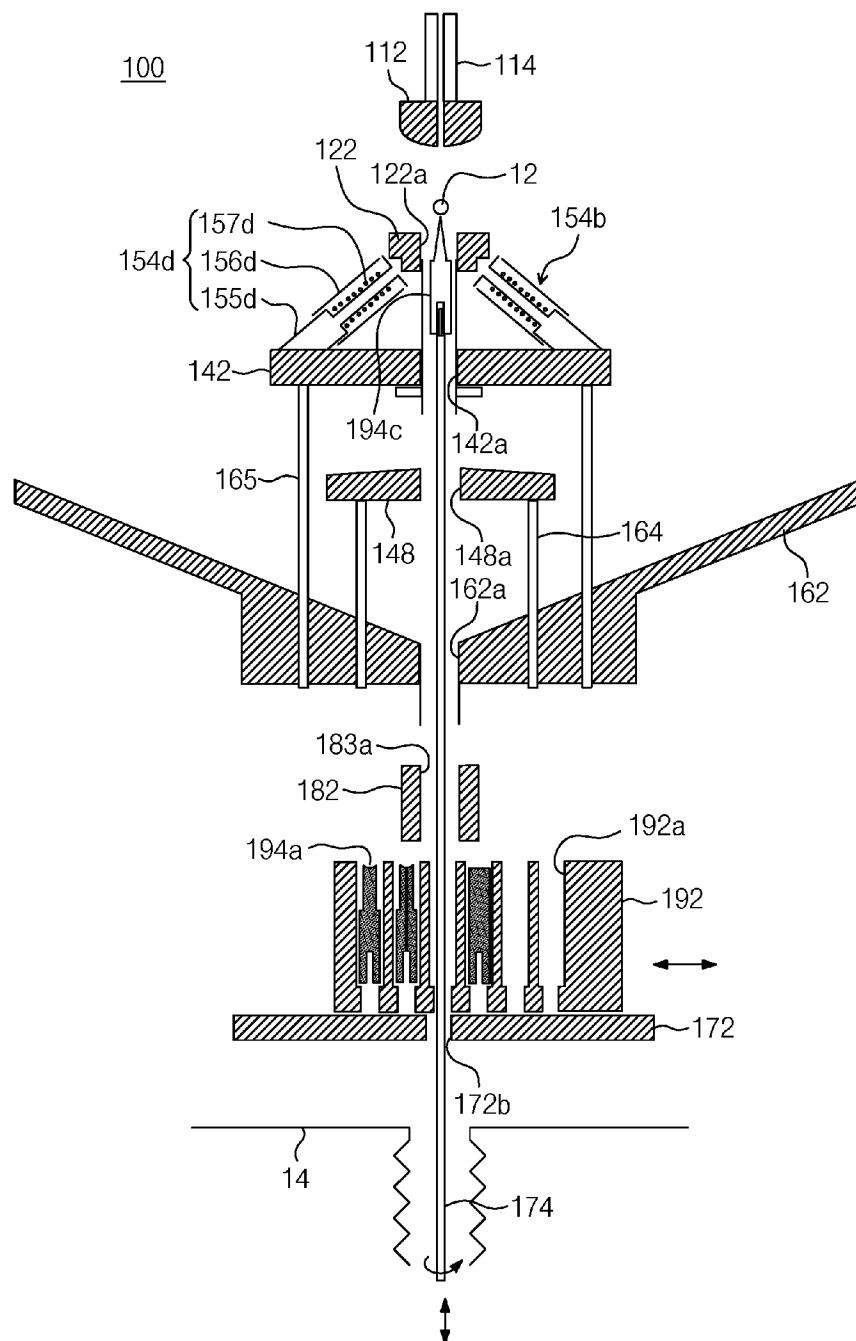
[Fig. 3p]



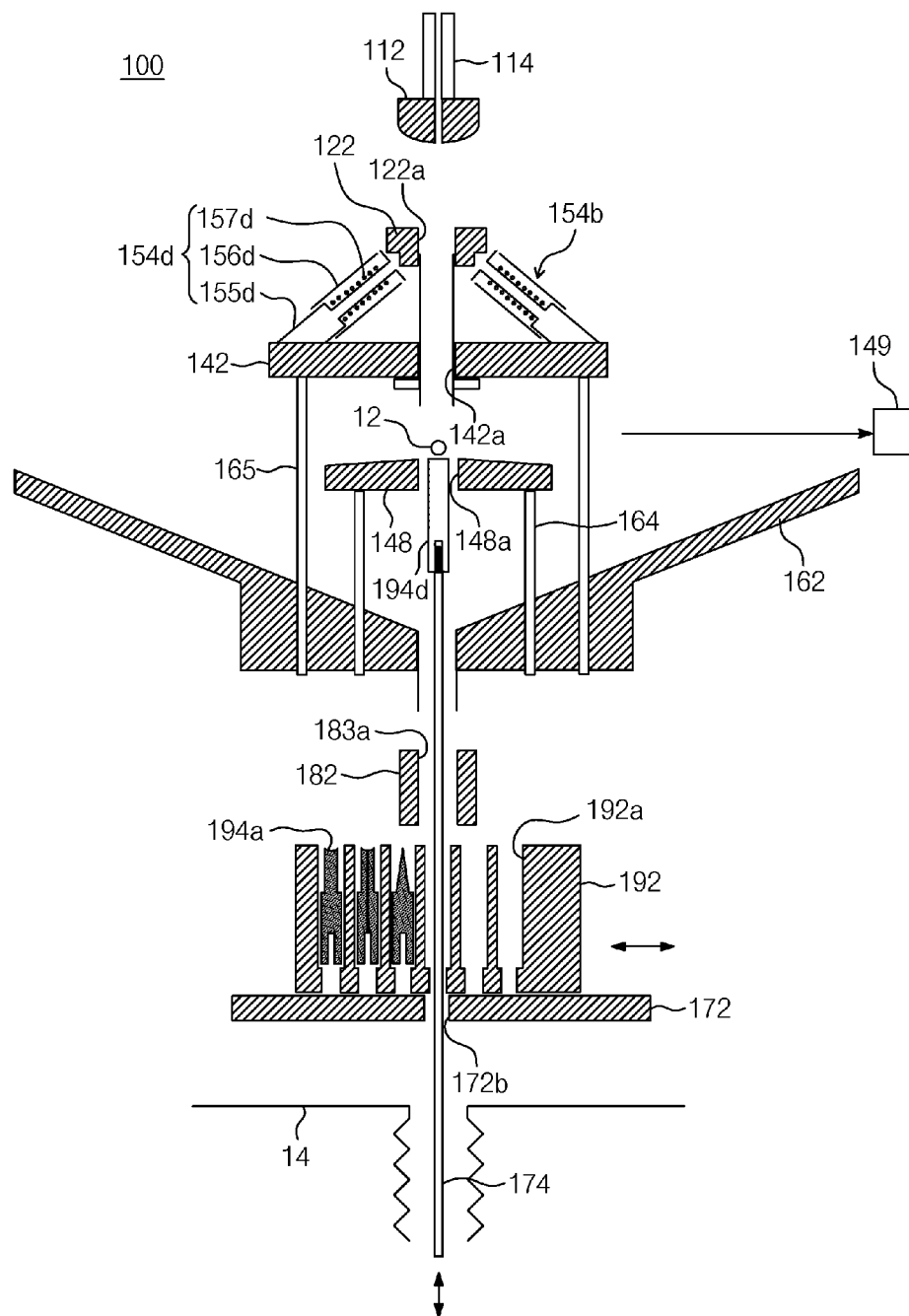
[Fig. 3q]



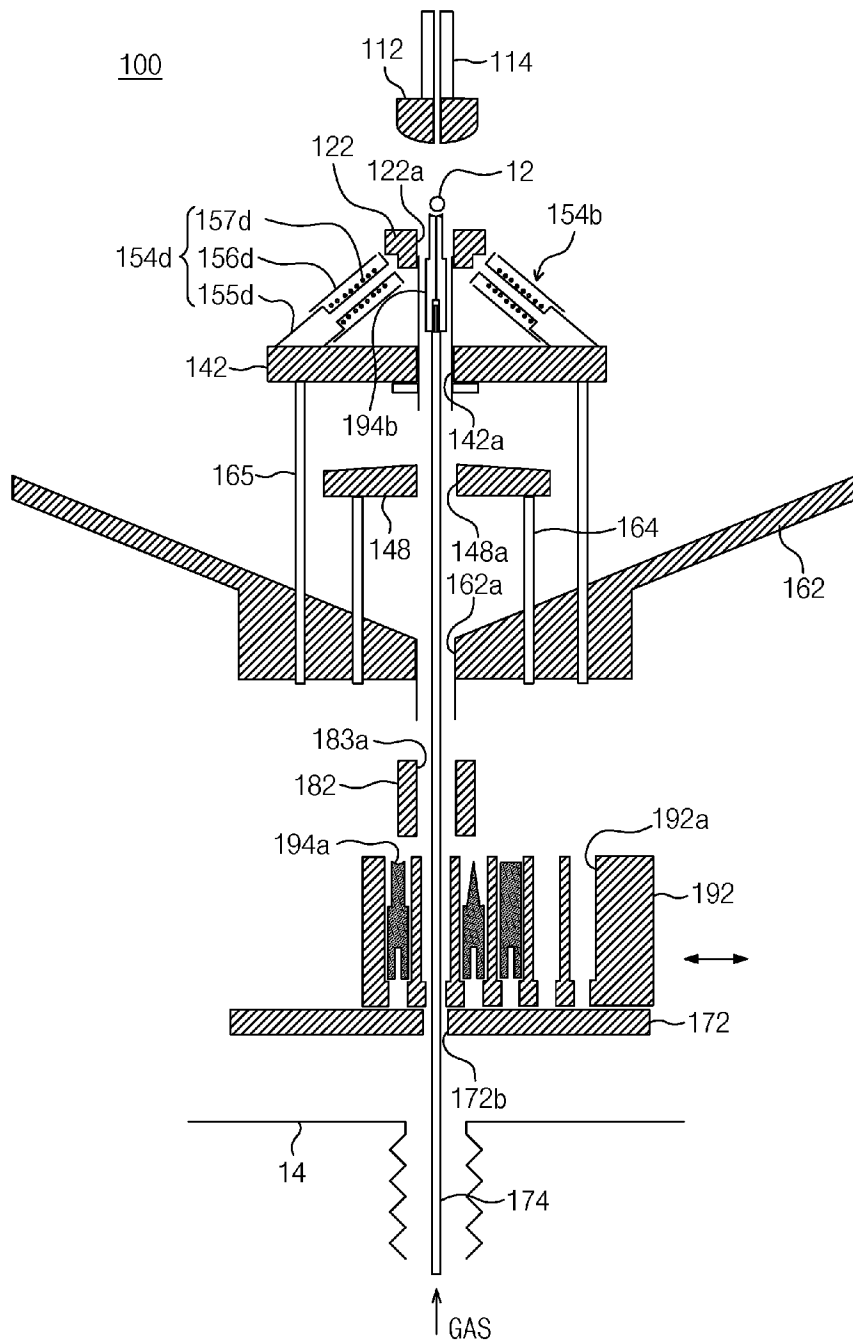
[Fig. 4]



[Fig. 5]



[Fig. 6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2014/001929

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 1/28(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)

G01N 1/28; F27B 17/00; G01N 35/04; G01N 1/00; G01N 33/53; A61B 18/02; C12Q 1/68

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: electrostatic levitation, specimen, rod, transfer, keeping

Korean National Assembly Digital Library: electrostatic levitation device

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CheolMin Park, "Density, viscosity, and surface tension measurement of metallic liquids at high temperature using an electrostatic levitation", University of Science & Technology, Master's thesis (Notice on Electronic Library January 2013)	22-25
A	See pages 24-31	1-21,26-27
Y	US 2010-0274237 A1 (YAMAKAWA, Takeshi et al.) 28 October 2010 See abstract, figure 1 and paragraphs [0063-0079]	22-25
A	JP 07-008769U (NI TECH K.K.) 07 February 1995 See claim 1, figures 1-4, paragraphs [0005-0013]	1-27
A	JP 11-241888A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP et al.) 07 September 1999 See figures 1-8, paragraphs [0012-0023]	1-27
A	US 2003-0049642 A1 (NILSSON, Staffan et al.) 13 March 2003 See figures 3-6, paragraphs [0062-0065, 0106-0131]	1-27



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

13 JUNE 2014 (13.06.2014)

Date of mailing of the international search report

16 JUNE 2014 (16.06.2014)

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.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2014/001929

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The invention of group 1: claims 1 to 13 pertain to a sample loading device and an operation method of a sample loading device,

The invention of group 2: claims 14 to 21, claims 26 to 27 pertain to an electrostatic levitation, a levitation device, and an operation method of the levitation device,

The invention of group 3: claims 22 to 25 pertain to an operation method of an electrostatic levitation device and a single crystal manufacturing method. The common technical features of the inventions of groups 1 to 3 do not have technical relationship including the same or corresponding technical feature under PCT Rule 13.2. Thus, the inventions of groups 1 to 3 lack unity of the invention. In addition, the technical feature in claims 22 to 25 of the invention of group 3 is already known from the document(Park, CheolMin, Density, viscosity, and surface tension measurement of metallic liquids at high temperature using electrostatic levitation. Masters Thesis, Korea University of Science and Technology) cited in the ISR. Thus, the invention lacks unity of the invention under PCT Rule 13.1 since claims 22 to 25 do not include the common special technical feature over the prior art.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2014/001929

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
US 2010-0274237 A1	28/10/2010	CN 101854875 A EP 2266484 A1 EP 2266484 A4 EP 2266484 B1 JP W02009-125535 A1 WO 2009-125535 A1	06/10/2010 29/12/2010 13/02/2013 07/05/2014 15/10/2009 15/10/2009
JP 07-008769U	07/02/1995	JP 2599320 Y2	06/09/1999
JP 11-241888A	07/09/1999	NONE	
US 2003-0049642 A1	13/03/2003	CA 2434886 A1 EP 1360349 A1 JP 2004-532974 A JP 4008816 B2 US 7200493 B2 WO 2002-057520A1	25/07/2002 12/11/2003 28/10/2004 14/11/2007 03/04/2007 25/07/2002

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) G01N 1/28(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) G01N 1/28; F27B 17/00; G01N 35/04; G01N 1/00; G01N 33/53; A61B 18/02; C12Q 1/68 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: 정전기 부양, 시료, 로드, 이송, 보관 국회전자도서관: 정전기 부양 장치		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	박철민, '정전식 부양기술을 이용한 고온 금속액체의 비접촉식 밀도, 표면장력 및 점도 측정', 과학기술연합대학원 대학교 석사학위논문(2013.1.전자도서관 공지) 페이지 24-31 참고	22-25
A		1-21, 26-27
Y	US 2010-0274237 A1 (YAMAKAWA TAKESHI 외 2명) 2010.10.28 요약, 도면 1 및 단락[0063-0079] 참고	22-25
A	JP 07-008769U (NI TECH K.K.) 1995.02.07 청구항1, 도면 1-4, 단락[0005-0013] 참고	1-27
A	JP 11-241888A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP 외 1명) 1999.09.07 도면 1-8, 단락[0012-0023] 참고	1-27
A	US 2003-0049642 A1 (STAFFAN NILSSON 외 2명) 2003.03.13 도 3-6, 단락[0062-0065, 0106-0131] 참고	1-27
☐ 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 2014년 06월 13일 (13.06.2014)		국제조사보고서 발송일 2014년 06월 16일 (16.06.2014)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소  대한민국 특허청 (302-701) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-472-7140		심사관 민정임 전화번호 +82-42-481-5616 

제2기재란 일부 청구항을 조사할 수 없는 경우의 의견(첫 번째 용지의 2의 계속)

PCT 제17조(2)(a)의 규정에 따라 다음과 같은 이유로 일부 청구항에 대하여 본 국제조사보고서가 작성되지 아니하였습니다.

1. ☐ 청구항:
이 청구항은 본 기관이 조사할 필요가 없는 대상에 관련됩니다. 즉,
2. ☐ 청구항:
이 청구항은 유효한 국제조사를 수행할 수 없을 정도로 소정의 요건을 충족하지 아니하는 국제출원의 부분과 관련됩니다. 구체적으로는,
3. ☐ 청구항:
이 청구항은 종속청구항이나 PCT규칙 6.4(a)의 두 번째 및 세 번째 문장의 규정에 따라 작성되어 있지 않습니다.

제3기재란 발명의 단일성이 결여된 경우의 의견(첫 번째 용지의 3의 계속)

본 국제조사기관은 본 국제출원에 다음과 같이 다수의 발명이 있다고 봅니다.

제1군 발명: 청구항 1-13은 시료 로딩 장치 및 시료 로딩 장치의 동작방법에 관한 것이고,

제2군 발명: 청구항 14-21, 청구항 26-27은 정전기 부양장치, 부양 장치 및 부양장치의 동작방법에 관한 것이고,

제3군 발명: 청구항 22-25는 정전기 부양장치의 동작방법 및 단결정 제조방법에 관한 것입니다.

상기 제1군 내지 제3군의 동일한 기술적 특징들은 PCT 규칙 13.2에서 규정한 동일하거나 상응하는 기술적 특징을 포함하는 기술적 관계가 없습니다. 따라서, 제1군 내지 제3군 발명 사이에는 단일성이 없습니다.

또한, 제3군 발명을 이루는 청구항 22-25항의 기술적 특징들은 국제조사보고서에 기재된 인용문헌(박철민, '정전식 부양기술을 이용한 고온 금속액체의 비접촉식 밀도, 표면장력 및 점도 측정', 과학기술연합대학원 대학교 석사학위논문)에 공지된 기술에 해당하므로, 청구항 22-25 간에는 선행기술과 대비하여 구별되는 특별한 공통되는 기술적 특징이 없으므로 발명의 단일성 (PCT 규칙 13.1)이 충족되지 않습니다.

1. ☐ 출원인이 모든 추가수수료를 기간 내에 납부하였으므로, 본 국제조사보고서는 모든 조사 가능한 청구항을 대상으로 합니다.
2. ☒ 추가수수료 납부를 요구하지 않고도 모든 조사 가능한 청구항을 조사할 수 있었으므로, 본 기관은 추가수수료 납부를 요구하지 아니하였습니다.
3. ☐ 출원인이 추가수수료의 일부만을 기간 내에 납부하였으므로, 본 국제조사보고서는 수수료가 납부된 청구항만을 대상으로 합니다. 구체적인 청구항은 아래와 같습니다.
4. ☐ 출원인이 기간 내에 추가수수료를 납부하지 아니하였습니다. 따라서 본 국제조사보고서는 청구범위에 처음 기재된 발명에 한정되어 있으며, 해당 청구항은 아래와 같습니다.

이의신청에
관한 기재

- ☐ 출원인의 이의신청 및 이의신청료 납부(해당하는 경우)와 함께 추가수수료가 납부되었습니다.
- ☐ 출원인의 이의신청과 함께 추가수수료가 납부되었으나 이의신청료가 보정요구서에 명시된 기간 내에 납부되지 아니하였습니다.
- ☐ 이의신청 없이 추가수수료가 납부되었습니다.

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
US 2010-0274237 A1	2010/10/28	CN 101854875 A EP 2266484 A1 EP 2266484 A4 EP 2266484 B1 JP WO2009-125535 A1 WO 2009-125535 A1	2010/10/06 2010/12/29 2013/02/13 2014/05/07 2009/10/15 2009/10/15
JP 07-008769U	1995/02/07	JP 2599320 Y2	1999/09/06
JP 11-241888A	1999/09/07	없음	
US 2003-0049642 A1	2003/03/13	CA 2434886 A1 EP 1360349 A1 JP 2004-532974 A JP 4008816 B2 US 7200493 B2 WO 2002-057520A1	2002/07/25 2003/11/12 2004/10/28 2007/11/14 2007/04/03 2002/07/25