

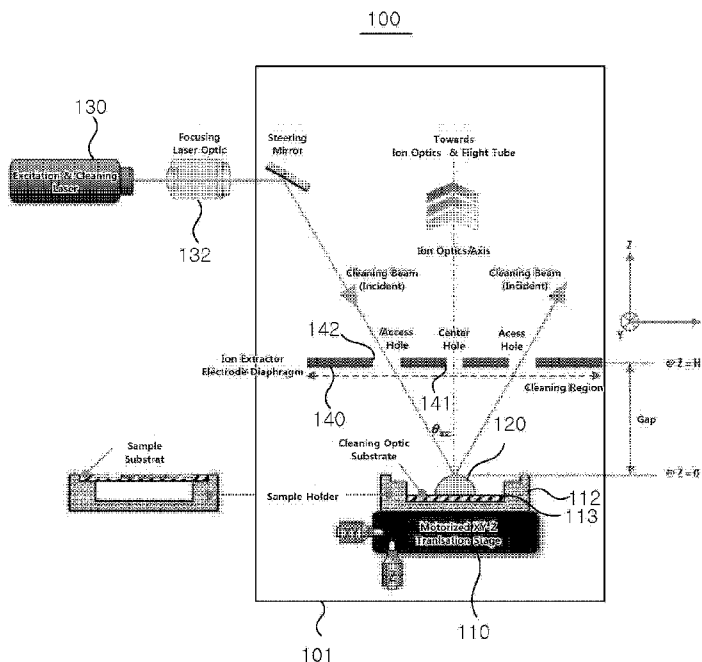


- (51) 국제특허분류:
B08B 7/00 (2006.01) B08B 1/02 (2006.01)
H01S 3/00 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2017/000937
- (22) 국제출원일: 2017년 1월 26일 (26.01.2017)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2016-0023694 2016년 2월 26일 (26.02.2016) KR
- (71) 출원인: 한국표준과학연구원 (KOREA RESEARCH INSTITUTE OF STANDARDS AND SCIENCE) [KR/KR]; 34113 대전시 유성구 가정로 267, Daejeon (KR).
- (72) 발명자: 이재용 (LEE, Jae-Yong); 28746 충청북도 청주시 상당구 호미로 330, 101-1102, Chungcheongbuk-do (KR). 김종안 (KIM, Jong-Ahn); 34119 대전시 유성구 가정로 63, 103-1202, Daejeon (KR). 이은성 (LEE, Eun-Seong); 34130 대전시 유성구 가정로 266, 13-301, Daejeon (KR). 이상원 (LEE, Sang-Won); 30130 세종시 누리로 27, 610-2702, Sejong (KR).
- (74) 대리인: 특허법인 누리 (NURY PATENT LAW FIRM); 06131 서울시 강남구 테헤란로 25길 15-5, 4층, 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, DJ, 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, KH, KN, KP, KW, 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.
- (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).

[다음 쪽 계속]

(54) Title: LASER CLEANING DEVICE AND METHOD FOR REMOVING POLLUTANT FROM MASS SPECTROMETER ELECTRODE

(54) 발명의 명칭 : 질량분석기 전극 오염물 제거를 위한 레이저 클리닝 장치 및 방법



(57) Abstract: The present invention relates to a laser cleaning mass spectrometry device and a cleaning method therefor. The laser cleaning mass spectrometry device comprises: a translation stage for two-dimensional scanning; a reflective optical part mounted on the translation stage; a laser light source for emitting a laser cleaning beam at the reflective optical part; and an ion extractor electrode diaphragm having a center hole at the center thereof and laser beam access holes through which the laser cleaning beam travels, and being emitted by the laser cleaning beam reflected from the reflective optical part. The laser cleaning beam is provided to the reflective optical part by passing through the laser beam access hole formed in the ion extractor electrode diaphragm, which is polluted, and the reflected laser cleaning beam is emitted at and cleans the ion extractor electrode diaphragm.

(57) 요약서: 본 발명의 레이저 세정 질량 분석 장치 및 그 세정 방법에 관한 것이다. 이 레이저 세정 질량 분석 장치는 2차원 스캐닝을 하는 이송 스테이지; 상기 이송 스테이지에 장착된 반사 광학 부품; 상기 반사 광학 부품에 레이저 클리닝 빔을 조사하는 레이저 광원; 및 그 중심에 중심 개구부 및 상기 레이저 클리닝 빔이 진행되는 레이저 빔 접근 개구부를 구비하고 상기 반사 광학 부품에서 반사된 레이저 클리닝 빔에 의하여 조사되는 이온 추출 전극 격판을 포함한다. 상기 레이저 클리닝 빔은 오염된 이온 추출 전극 격판에 형성된 레이저 빔 접근 개구부를 통과하여 상기 반사 광학 부품에 제공되고, 상기 반사된 레이저 클리닝 빔은 상기 이온 추출 전극 격판을 조사하여 세정한다.

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

명세서

발명의 명칭: 질량분석기 전극 오염물 제거를 위한 레이저 클리닝 장치 및 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 질량분석기 진공 챔버 내 전극 기구물의 표면 오염 제거용 레이저 클리닝 기술에 관한 것으로, 더 구체적으로, 고진공 상태에서 운용되는 질량분석기의 시료 추출 전극 표면에 축적된 오염물을 고출력 반복 레이저 빔의 공간적 주사를 통하여 탈착 제거하는 광학 시스템과 기구 제어 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 질량 분석기는 물질 동정 및 분자화학 조성의 정밀 분석에 사용된다. 질량 분석기는 물리학, 화학, 생물학, 재료공학, 환경평가, 임상진단 분야 등에서의 미량 시료 표면을 분석한다.
- [3] 비행시간 (time-of-flight: TOF) 질량분석기에는 MALDI (matrix-assisted laser desorption ionization) 질량분석기 또는 SIMS (secondary ion mass spectrometer) 등이 있다. 비행시간 (time-of-flight: TOF) 질량분석기는 고진공 상태의 챔버 내에 놓인 분석 대상 시료에 강한 펄스 레이저 빔 또는 고에너지 이온빔을 조사한다. 비행시간 (time-of-flight: TOF) 질량분석기는 시료를 구성하는 분자들의 이온 조각 (molecular ion fragments)을 시료 표면에 수직한 방향으로 탈착시킨다. 비행시간 (time-of-flight: TOF) 질량분석기는 고전압 이온 광학계 (ion optics)를 통해 가속함으로써 일정 거리를 비행하게 한 후, 이온 검출기 (ion detector)에 도달하는 비행시간 (TOF)을 측정/분석한다. 이에 따라, 비행시간 (time-of-flight: TOF) 질량분석기는 시료 구성 분자의 질량을 정밀하게 측정한다.
- [4] 비행시간 (time-of-flight: TOF) 질량분석기의 주요 성능이라 할 수 있는 질량 분해능 및 정확도에는 측정 시스템의 구성 형태, 시료 이온화 장치 및 이온 광학계의 물리적 및 전기적 특성, 검출기 사양, 그리고 기기의 동작 안정도가 큰 영향을 미친다.
- [5] MALDI 질량 분석 장치는 3-스텝 공정을 가진다. 우선, 시료는 적절한 매트릭스 물질과 혼합되고 금속판에 적용된다. 펄스 레이저가 시료를 조사하고, 샘플과 매트릭스 물질의 삭마(ablation)과 탈착(desorption)을 시작한다. 분석 분자는 이온화되고, 가속되어 분석된다.
- [6] MALDI 또는 SIMS 질량분석기의 구성 장치로서, 고전압 이온 광학계는 효과적인 이온 탈착과 가속을 제공하기 위해 진공 챔버 내에 설치된다. 상기 이온 광학계는 운용 중 정규 비행경로 중심축을 벗어난 일부 이온 및 매트릭스 물질에 의해서 지속적으로 오염이 진행된다. 장시간에 걸친 기기 운용 이후에는 비정상 이온 및 매트릭스 물질이 이온광학계 전극 격판 (electrode diaphragm)에

상당량 흡착되어 박막을 형성한다. 이에 따라, 이온광학계 전극 격판은 전위 및 주변 전기장 분포에 왜곡을 유발함으로써 이온광학계가 설계치와 다른 전기적 특성으로 동작하게 하는 문제를 일으킨다. 이러한 금속 전극 표면의 오염을 건식 제거하는데 레이저 클리닝 (laser cleaning) 기술을 적용할 수 있다.

- [7] 레이저 클리닝은 레이저 삭마(laser ablation) 기술의 일종으로서, 적용 대상물 자체에는 손상을 주지 않으면서 표면에 흡착 도포된 불순물들만을 탈착 또는 소각시켜서 제거하는 것을 특징으로 한다. 일반적으로 순수 금속 표면의 오염원인 산화물, 유막, 윤활제, 페인트, 녹 등을 효과적으로 제거하는 방법으로 산업계에서 널리 이용되고 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [8] 본 발명의 해결하고자 하는 일 기술적 과제는 질량분석기의 진공 챔버 내 구성 장치인 고전압 이온 광학계 부품에 비정상 흡착/도포된 이온 및 매트릭스 오염물을 건식 레이저 클리닝하는 것이다. 구체적으로, 이온 광학계의 시료 추출 전극 격판 (electrode diaphragm)를 분리 탈착하지 않고, 질량분석기를 운용 고진공 상태를 그대로 유지하면서, 전극 격판의 오염 부위에 레이저 클리닝 빔을 공간 주사 (spatial scanning)함으로써 오염물을 실시간 제거한다.
- [9] 본 발명의 해결하고자 하는 기술적 과제는, 레이저 클리닝 빔을 전극 격판에 조사 (illumination)함에 있어, 분석 시료 이온화 레이저 또는 타격 이온빔의 입사 경로와 동일한 경로를 따라 레이저 클리닝 빔을 질량분석기 진공 챔버 내부로 도입한 후, 특별히 고안된 반사 광학 부품과 이송 제어를 통해 동적으로 레이저 클리닝 빔을 편향시킨다. 이에 따라, 전극 오염 영역은 고강도 레이저 클리닝 빔에 의해 골고루 공간 주사되어 세정된다.
- [10] 보다 자세히, 이 방법은 레이저 클리닝 빔의 도입을 위한 별도의 접근 윈도우(access window)를 질량분석기 진공 챔버에 구비하지 않음과 동시에 레이저 클리닝 빔의 공간 주사를 위한 추가적인 광학 기구 이송장치 없이 질량분석기 자체에 기 설치된 전동제어 시료 이송대를 활용해 공간 주사 방식의 레이저 클리닝이 이루어질 수 있게 한다. 즉, 반사 광학 부품은 기존의 질량 분석기의 자원을 활용하여 오염된 전극 격판을 세정할 수 있다.

과제 해결 수단

- [11] 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 세정 질량 분석 장치는 2차원 스캐닝을 하는 이송 스테이지; 상기 이송 스테이지에 장착된 반사 광학 부품; 상기 반사 광학 부품에 레이저 클리닝 빔을 조사하는 레이저 광원; 및 그 중심에 중심 개구부 및 상기 레이저 클리닝 빔이 진행되는 레이저 빔 접근 개구부를 구비하고 상기 반사 광학 부품에서 반사된 레이저 클리닝 빔에 의하여 조사되는 이온 추출 전극 격판을 포함한다. 상기 레이저 클리닝 빔은 오염된 이온 추출 전극 격판에 형성된 레이저 빔 접근 개구부를 통과하여 상기 반사 광학 부품에 제공되고,

상기 반사된 레이저 클리닝 빔은 상기 이온 추출 전극 격판을 조사하여 세정한다.

[12] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 반사 광학 부품은 볼록 거울, 오목 거울, 또는 프레넬 렌즈일 수 있다.

[13] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 반사 광학 부품은 샘플 홀더에 배치되고, 상기 반사 광학 부품은 상기 이송 스테이지에 의하여 공간적으로 스캐닝될 수 있다.

[14] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 레이저 광원은 시료 이온화용 펄스 레이저일 수 있다.

[15] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 레이저 광원과 반사 광학 부품 사이에 배치되어 상기 레이저 클리닝 빔의 크기와 집속도를 조절하는 빔 확대기 및 집속 렌즈를 더 포함할 수 있다.

[16] 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 세정 질량 분석 장치는 반사 광학 부품을 이송하는 2차원 이송 스테이지, 상기 반사 광학 부품에 레이저 클리닝 빔을 조사하는 레이저 광원, 및 반사된 레이저 클리닝 빔이 조사되는 이온 추출 전극 격판을 포함한다. 이 질량 분석 장치의 세정 방법은 상기 반사 광학부품이 XY 평면에서 이동할 수 있는 최대 이동 범위 및 이동을 위한 기본 간격을 설정하여 2차원 이송 격자 행렬을 산출하고, 상기 2차 이송 격자 행렬에 대응하여 상기 전극 격판에서 반사된 레이저 클리닝 빔을 나타내는 레이저 스폿 다이어그램을 추출하는 단계; 상기 레이저 스폿 다이어그램에서 세정이 요구되지 않는 비세정 영역에 대응하는 영역을 상기 2차원 격자 행렬에서 제거하여 유효 2차원 격자 행렬을 산출하는 단계; 및 상기 유효 2차원 격자 행렬에 따라 상기 반사 광학부품이 XY 평면에서 이동하면서 상기 이온 추출 전극 격판을 세정하는 단계를 포함한다.

[17] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 유효 2차원 격자 행렬은 상기 레이저 스폿 다이어그램에서 균일한 레이저 빔 조사 밀도 분포를 가지도록 상기 전극 격판의 중심부에서 기본 간격을 넓게 하고 상기 전극 격판의 주변부에서 기본 간격을 좁게 할 수 있다.

[18] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 유효 2차원 격자 행렬은 상기 레이저 스폿 다이어그램에서 균일한 레이저 빔 조사 밀도 분포를 가지도록 상기 전극 격판의 중심부에서 짧은 픽셀 체류 시간을 가지고, 상기 전극 격판의 주변부에서 긴 픽셀 체류 시간을 가질 수 있다.

[19] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 기본 간격은 상기 레이저 스폿 다이어그램 상에서 이웃한 스폿 사이의 최대 거리가 상기 레이저 빔의 강도 분포의 반치폭보다 작을 수 있다.

발명의 효과

[20] 종래에는 질량분석기의 측정 성능에 악영향을 초래하는 이온광학계 전극 격판

오염을 제거하기 위해서, 해당 부품을 분리 탈착하여 에탄올로 습식 세척한 후 재조립해야 하는 불편함과 더불어 수십 시간을 요하는 고진공 챔버 배기 과정으로 인한 시간적 손실을 감수해야 했던 반면, 본 발명에 의한 레이저 클리닝은 해당 부품의 탈착 없이 질량분석기 운용 상태를 유지하면서 시행 가능하기 때문에 상당한 시간경제적 효과가 있다.

[21] 일부 상용 질량분석기 제품에 채용된 적외선 레이저 클리닝 시스템과 달리 별도의 레이저 광원이나 추가적인 접근 설비를 필요로 하지 않음으로써, 장비 구성 및 운용의 단순성을 유지하고 제품 단가 상승 요인을 배제하는 장점이 있다.

[22] 고강도 레이저 클리닝 빔의 공간 주사를 위해 별도의 레이저 빔 편향 장치를 사용하는 대신 질량분석기에 이미 설치된 전동제어 시료 이송장치와 본 발명에 의한 광 반사 부품의 2차원 변위 인가 방법을 활용함으로써 질량분석기 구성에 필요한 비용을 절약하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[23] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 세정 질량 분석 장치를 나타내는 도면이다.

[24] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 세정 질량 분석 장치의 광학적 구도 및 공간 좌표계를 나타내는 도면이다.

[25] 도 3은 도 2의 레이저 세정 질량 분석 장치에서, 반구형 반사경이 공간 변위를 제공하여 이동한 경우를 나타내는 도면이다.

[26] 도 4는 전극 격판의 형상을 나타내는 도면이다.

[27] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 격판 상에서의 레이저 스폿 다이어그램이다.

[28] 도 6은 전극 격판의 유효 클리닝 영역을 나타낸다.

[29] 도 7은 도 6의 유효 클리닝 영역에 대응하는 유효 2차원 이송 격자 행렬 또는 유효 2차원 이송 격자 영역을 나타내는 도면이다.

[30] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 격판 상에서 빔 반경 대비 스캔 간격의 비율(스캔 간격(스폿 간격)/빔 반경)을 나타내는 도면이다.

[31] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 적응형 스텝을 적용한 유효 2차원 이송 격자 행렬(유효 2차원 이송 격자 영역)에서 위치에 따른 기본 간격(주변부 수치에 대한 상대적인 비율)을 나타내는 도면이다.

[32] 도 10은 도 9의 적응형 스텝을 적용한 유효 2차원 이송 격자 행렬에 의하여 전극 격판 상에서 빔 반경 대비 레이저 클리닝 빔의 공간 주사 간격의 비율(스폿 간격/빔 반경)을 나타내는 도면이다.

[33] 도 11은 도 9의 적응형 스텝을 적용한 유효 2차원 이송 격자 행렬에 의하여 전극 격판 상에서 레이저 누적 조사량을 나타내는 도면이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [34] 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 세정 장치는 MALDI 질량분석기에 탑재된 시료 이온화용 고출력 반복 펄스 레이저 광원을 공유하여 세정시에도 사용할 수 있다. 레이저 광원의 빔 전파 특성 (진행 방향, 빔 크기, 발산각)은 시료 이온화 프로세스 동작 시 설정된 변수를 기본적으로 유지할 수 있다. 이에 따라, 레이저 광원은 레이저 세정 후에도 안정적으로 동작할 수 있다. 레이저 광원의 출력 강도는 시료 이온화 프로세스 동작 시와 비교해 충분히 증가 또는 최대화시킴으로써 오염물 제거 효율 및 속도를 증가시킬 수 있다. 레이저 광원의 빔 크기 및 발산각을 조절하여 오염 전극을 조사하는 레이저 클리닝 빔의 강도와 집속점 크기를 최적화할 수 있다. 질량분석기 하단에 위치한 시료 거치대를 향해 수직 또는 경사 입사하는 레이저 클리닝 빔을 반사시킴으로써 상부에 위치한 이온광학계 전극의 오염 부위로 편향시키는 반사 광학 부품을 시료 거치대 결합용 기판 위에 설치할 수 있다.
- [35] 상기 반사 광학부품은 시료 거치대의 수평면 이송에 의한 2축 변위에 따라 레이저 클리닝 빔의 벡터 편향각이 조절되는 곡면 반사경 또는 프레넬(Fresnel) 거울이 바람직하다. 상기 반사 광학부품은 곡면 반사경으로 구면 형태의 볼록 거울이나 이에 상응하는 오목 거울일 수 있다. 상기 구면 거울은 광학 연마된 금속 볼 또는 거울 코팅된 고체 이머전 렌즈(solid immersion lens)로 대체할 수 있다. 상기 반사 광학부품의 설치는 시료 거치대에 결합 가능한 별도의 기판과 더불어 분석시료 도포 기판의 임의 영역에 부착하여 사용하는 것도 가능하다.
- [36] 레이저 세정을 위하여, 반사 광학 부품을 이송하는 이송 장치는 질량분석기 자체에 기 설치된 전동제어 시료 이송장치를 사용할 수 있다. 상기 반사 광학부품이 장착된 시료 거치대는 전동제어 시료 이송장치에 체결되어 수평면 상에서 2축 이송이 이루어진다. 상기 반사 광학부품의 2차원 변위 벡터에 따라 레이저 클리닝 빔이 상기 반사 광학부품에 입사하는 곡면 상 좌표가 변화하며, 이는 레이저 클리닝 빔이 반사되는 면의 법선 (surface normal) 벡터가 변화됨을 의미한다. 즉, 레이저 클리닝 빔은 3차원 공간에서의 반사 법칙 (law of reflection)에 의거해 편향이 이루어지므로, 상기 반사 광학부품의 2축 이송 좌표에 따라 편향 벡터량을 조절할 수 있다.
- [37] 레이저 클리닝 빔이 이온광학계 전극의 오염 영역 전체를 가능한 연속적으로 균일하게 공간 주사할 수 있도록 반사 광학부품의 2축 이송 범위와 스텝 크기를 설정하여 전동제어 시료 이송장치를 구동한다. 이 때, 상기 요구되는 2축 이송 범위와 스텝 크기는 클리닝이 필요한 전극 오염 영역의 형태와 면적, 전극과 반사 광학부품 간의 이격 거리, 레이저 클리닝 빔의 입사각과 직경, 반사 광학부품의 기하학적 사양 변수 등에 의존하여 결정된다. 수치해석적 방법에 의해 최적화된 2축 이송 궤도를 전동제어 이송장치에 입력하여 구동함으로써 반사 광학부품에 대한 2차원 변위를 인가한다. 상기 반사 광학부품의 2축 이송 범위는 오염 제거 대상 영역의 형태에 따라서 단순 래스터(raster) 주사가 아닌 특정 형태의 주사 궤적을 가지는 것이 바람직할 수 있다. 상기 반사 광학부품의

2축 이송 스텝은 전극면 상에서의 레이저 클리닝 빔 조사 강도분포가 균일하도록 2축 이송 좌표에 따라 가변적으로 조절되는 것이 바람직할 수 있다.

- [38] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면들과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 여기서 설명되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [39] 명세서 전문에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다. 따라서, 동일한 참조 부호 또는 유사한 참조 부호들은 해당 도면에서 언급 또는 설명되지 않았더라도, 다른 도면을 참조하여 설명될 수 있다. 또한, 참조 부호가 표시되지 않았더라도, 다른 도면들을 참조하여 설명될 수 있다.
- [40] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 세정 질량 분석 장치를 나타내는 도면이다.
- [41] 도 1을 참조하면, 상기 레이저 세정 질량 분석 장치(100)는 2차원 스캐닝을 하는 이송 스테이지(110); 상기 이송 스테이지에 장착된 반사 광학 부품(120); 상기 반사 광학 부품에 레이저 클리닝 빔을 조사하는 레이저 광원(130); 및 그 중심에 중심 개구부 및 상기 레이저 클리닝 빔이 진행하는 레이저 빔 접근 개구부를 구비하고 상기 반사 광학 부품에서 반사된 레이저 클리닝 빔에 의하여 조사되는 이온 추출 전극 격판(140)를 포함한다. 상기 레이저 클리닝 빔은 오염된 이온 추출 전극 격판에 형성된 레이저 빔 접근 개구부를 통과하여 상기 반사 광학 부품에 제공된다. 상기 반사된 레이저 클리닝 빔은 상기 이온 추출 전극 격판(140)를 조사하여 세정한다.
- [42] 상기 레이저 세정 질량 분석 장치는 질량분석기의 내부에 배치되고 샘플 홀더에 상기 반사 광학 부품을 구비할 수 있다. 상기 레이저 세정 질량 분석 장치는 샘플을 이온화하여 이온을 가속하여 분석할 수 있다. 상기 레이저 세정 질량 분석 장치는 고진공 챔버(101) 내에 배치된 시료를 분석할 수 있다. 샘플 홀더는 상기 고진공 챔버(101)에 연결된 로드락(load-lock) 챔버를 통하여 상기 이송 스테이지(110)로 이송될 수 있다.
- [43] 상기 이송 스테이지(110)는 샘플 홀더(112)를 2차원 XY 평면에서 이송할 수 있으며, 추가적으로 Z 방향으로도 이송할 수 있다. 상기 이송 스테이지(110)는 모터에 의하여 구동될 수 있다.
- [44] 상기 레이저 광원(1130)은 펄스 레이저 광원일 수 있으며, 상기 레이저 광원(130)은 MALDI 질량 분석기에서 시료 분석을 위한 레이저 광원과 동일할 수 있다. 또는, 상기 레이저 광원은 통상적인 질량 분석기에 추가적으로 설치된 광원일 수 있다. 상기 레이저 세정 질량 분석 장치가 MALDI 질량 분석기인 경우,

상기 레이저 광원은 시료 이온화용 펄스 레이저일 수 있다.

- [45] 상기 반사 광학 부품(120)은 상기 샘플 홀더(112)에 장착될 수 있다. 상기 반사 광학 부품(120)은 분석할 시료 대신에 세정 공정시 상기 샘플 홀더(112)에 장착될 수 있다. 상기 반사 광학 부품(120)은 고정을 위하여 세정 광학 기관(113)에 고정되어 상기 샘플 홀더(112)에 장착될 수 있다. 상기 반사 광학 부품(120)은 볼록 거울, 오목 거울, 또는 프레넬 렌즈일 수 있다. 상기 반사 광학 부품(120)은 상기 이송 스테이지(120)에 의하여 공간적으로 XY 평면에서 스캐닝될 수 있다.
- [46] 상기 이온 추출 전극 격판(140)은 질량분석기에서 이온을 추출하기 위한 전극 격판일 수 있다. 상기 레이저 세정 질량 분석 장치는 통상적인 질량 분석기의 전극 격판을 세정하기 위하여 사용되고, 상기 질량 분석기와 일체화될 수 있다.
- [47] 상기 이온 추출 전극 격판(140)은 상기 이송 스테이지(110)에서 z축 방향으로 이격되어 나란히 배치될 수 있다. 상기 이온 추출 격판(140)은 그 중심에 중심 개구부(141)와 레이저 빔 접근 개구부(142)를 포함할 수 있다. 상기 레이저 빔 접근 개구부(142)는 상기 이온 추출 전극 격판의 주변부에 배치될 수 있다.
- [48] 빔 확대기(미도시) 및 집속 렌즈(132)는 상기 레이저 광원과 반사 광학 부품 사이에 배치되어 상기 레이저 클리닝 빔의 크기를 조절할 수 있다. 또한, 상기 레이저 광원(1130)의 레이저 클리닝 빔은 미러에 의하여 상기 이온 추출 전극 격판(140)의 레이저 빔 접근 개구부(142)를 통하여 상기 반사 광학 부품에 입사할 수 있다.
- [49] 상기 질량 분석 장치의 세정 방법은 상기 반사 광학부품이 XY 평면에서 이동할 수 있는 최대 이동 범위 및 이동을 위한 기본 간격을 설정하여 2차원 이송 격자 행렬을 산출하고, 상기 2차 이송 격자 행렬에 대응하여 상기 전극 격판에서 반사된 레이저 클리닝 빔을 나타내는 레이저 스폿 다이어그램을 추출하는 단계; 상기 레이저 스폿 다이어그램에서 세정이 요구되지 않는 비세정 영역에 대응하는 영역을 상기 2차원 격자 행렬에서 제거하여 유효 2차원 격자 행렬을 산출하는 단계; 및 상기 유효 2차원 격자 행렬에 따라 상기 반사 광학부품이 XY 평면에서 이동하면서 상기 이온 추출 전극 격판을 세정하는 단계를 포함한다.
- [50] 상기 유효 2차원 격자 행렬은 상기 레이저 스폿 다이어그램에서 균일한 레이저 빔 조사 밀도 분포를 가지도록 상기 전극 격판의 중심부에서 기본 간격을 넓게하고 상기 전극 격판의 주변부에서 기본 간격을 넓게 할 수 있다.
- [51] 상기 유효 2차원 격자 행렬은 상기 레이저 스폿 다이어그램에서 균일한 레이저 빔 조사 밀도 분포를 가지도록 상기 전극 격판의 중심부에서 짧은 픽셀 체류 시간을 가지고, 상기 전극 격판의 주변부에서 긴 픽셀 체류 시간을 가질 수 있다.
- [52] 상기 기본 간격은 상기 레이저 스폿 다이어그램 상에서 이웃한 스폿 사이의 최대 거리가 상기 레이저 빔의 강도 분포의 반치폭보다 작을 수 있다.
- [53] 이하, 구체적으로 레이저 클리닝 빔의 경로가 설명된다.
- [54] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 세정 질량 분석 장치의 광학적 구조 및 공간 좌표계를 나타내는 도면이다.

- [55] 도 3은 도 2의 레이저 세정 질량 분석 장치에서, 반구형 반사경이 공간 변위를 제공하여 이동한 경우를 나타내는 도면이다.
- [56] 도 2를 참조하면, 반사 광학 부품(120)은 반구형 반사경이고, 직각 좌표계의 중심은 반구의 정점에 배치되고, 이온 추출 전극 격판(140)은 반사경의 정점에서 z축으로 H 만큼 떨어져 배치된다.
- [57] [레이저 클리닝 빔 입사 조건]
- [58] 레이저 클리닝 빔은 질량분석기의 시료 여기 레이저 빔과 동일할 수 있다. 즉, 시료 여기 레이저 빔과 레이저 클리닝 빔은 동일한 레이저 광원일 수 있다.
- [59] 상기 레이저 클리닝 빔은 일반적으로 이온광학계 중심축(z축)에 대해 경사각(θ_{inc})으로 입사한다. 상기 레이저 클리닝 빔은 XZ 평면 상에 놓이며, $P_{REF}=(0,0,0)$ 고정점으로 집속된다. $P_{REF}=(0,0,0)$ 는 질량분석기 동작 시 측정하고자 하는 시료가 위치되는 공간 좌표와 동일하다.
- [60] [질량분석기 오염 전극의 위치와 형태]
- [61] 레이저 클리닝의 대상이 되는 오염 전극(이온 추출 전극 격판)은 일반적으로 원형 디스크 형태일 수 있다. 오염 전극은 시료와 가장 근접한 전극으로, 이온 추출 전극 격판일 수 있다. 상기 이온 추출 격판(140)은 분석할 시료로부터 탈착된 이온들이 이온광학계 내부로 주입되는 중심 개구부(141)를 포함한다. 또한, 상기 이온 추출 격판(140)은 상기 레이저 클리닝 빔이 진행하는 레이저 빔 접근 개구부(142)를 포함한다. 상기 이온 추출 격판(140)은 그외에 카메라용 개구부 등 다양한 용도의 개구부를 포함할 수 있다. 상기 이온 추출 격판은 분석시료 이온화용 레이저 빔을 조사하기 위한 개구부 및 시료 모니터링용 개구부를 포함할 수 있다.
- [62] 레이저 클리닝 빔과 이온화용 레이저 빔이 동일한 경우, 상기 레이저 빔 접근 개구부와 분석시료 이온화용 레이저 빔을 조사하기 위한 개구부는 동일할 수 있다.
- [63] 상기 이온 추출 격판(140)은 분석시료 표면($z=0$)으로부터 수직 방향으로 간극(H)을 가진 높이에 위치한다.
- [64] [레이저 클리닝 빔 편향 광학부품의 위치 및 공간 변위]
- [65] 레이저 클리닝 빔의 편향을 위한 반사 광학부품(120)은 볼록/오목 형태의 반사경이 바람직할 수 있다. 상기 반사 광학부품(120)은 평면 형태의 프레넬 반사경으로 대체될 수 있다.
- [66] 반사 광학부품(120)이 반구형 볼록 거울인 경우에 빔의 경로가 설명된다.
- [67] 곡면 형태의 반사 광학부품(120)의 위치 기준점은 반사 표면의 정점으로서 레이저 집속 고정점 $P_{REF}=(0,0,0)$ 과 일치되는 지점을 공간변위 좌표계의 원점으로 가정한다.
- [68] [기본 동작 원리]
- [69] 다시, 도 3을 참조하면, 반사 광학부품은 반구 형태의 볼록 반사경이다. 상기 반사경이 XY 평면 상에서 공간 변위 (X_T, Y_T)가 일어나면 레이저 클리닝 빔이

상기 반사경 표면과 만나게 되는 3차원 공간 상의 위치는 분석시료 기준점 $P_{REF} = (0,0,0)$ 이 아닌 특정점 $P_s = (X_s, 0, Z_s)$ 으로 변화된다. 상기 레이저 클리닝 빔과 반사경 구면과의 교차점 P_s 에서의 구면 법선 벡터 ($\mathbf{n}_s$)에 의해 결정되는 3차원 공간 상의 반사 벡터 방향으로 레이저 클리닝 빔의 편향이 유도된다. 따라서, 구면 반사경의 공간 변위 (X_T, Y_T)를 적절히 2차원 스캐닝하면 레이저 클리닝 빔은 상기 이온 추출 격판 상의 임의의 위치 ($X_H, Y_H, Z=H$)로 전송될 수 있다.

[70] [블록 구면 반사경의 XY 평면 공간 변위]

[71] 블록 구면 반사경의 곡률 반경을 R_C 라고 할 때, 상기 블록 구면 반사경의 곡률 중심점 $O_{OPT} (0,0, -R_C)$ 을 XY 평면 상에서 $O'_{OPT} (X_T, Y_T, -R_C)$ 로 평행 이동하면 상기 블록 구면 반사경의 표면 (x_m, y_m, z_m)을 기술하는 방정식은 다음과 같다.

[72] [수학식 1]

$$[73] \quad (x_m - X_T)^2 + (y_m - Y_T)^2 + (z_m + R_C)^2 = R_C^2$$

[74] [입사하는 레이저 클리닝 빔]

[75] 입사하는 레이저 클리닝 빔의 방향 벡터는 다음과 같이 주어진다.

[76] [수학식 2]

$$[77] \quad \mathbf{n}_i = \vec{k}_i / |\vec{k}_i| = (\sin \theta_{inc}, 0, -\cos \theta_{inc})$$

[78] 레이저 클리닝 빔의 경로를 기술하는 벡터는 다음과 같이 주어진다.

[79] [수학식 3]

$$[80] \quad \mathbf{v}_i = l \mathbf{n}_i = (l \sin \theta_{inc}, 0, -l \cos \theta_{inc})$$

[81] [레이저 클리닝 빔과 구면 거울의 교차점]

[82] 레이저 클리닝 빔의 벡터가 상기 XY 변위된 구면 거울의 표면과 교차하는 점 $P_s = (X_s, Y_s, Z_s)$ 은 다음과 같이 주어진다.

[83] [수학식 4]

$$[84] \quad (x_s - X_T)^2 + (y_s - Y_T)^2 + (z_s + R_C)^2 = R_C^2 \quad \begin{cases} x_s = l_s \sin \theta_{inc} \\ y_s = 0 \\ z_s = -l_s \cos \theta_{inc} \end{cases}$$

[85] [구면 거울에서 레이저 클리닝 빔이 반사되는 위치]

[86] 구면 거울에서 레이저 클리닝 빔이 반사되는 위치는 다음과 같이 주어진다.

[87] [수학식 5]

$$[88] \quad (l_s \sin \theta_{inc} - X_T)^2 + (0 - Y_T)^2 + (-l_s \cos \theta_{inc} + R_C)^2 = R_C^2$$

$$l_s = X_T \sin \theta_{inc} + R_C \cos \theta_{inc} - \sqrt{(X_T \sin \theta_{inc} + R_C \cos \theta_{inc})^2 - (X_T^2 + Y_T^2)}$$

[89]

$$P_s \equiv (x_s, y_s, z_s) \text{ where } \begin{cases} x_s = l_s \sin \theta_{\text{inc}} \\ y_s = 0 \\ z_s = -l_s \cos \theta_{\text{inc}} \end{cases}$$

[90] [반사경 표면의 법선 (단위) 벡터]

[91] 반사경 표면의 법선 벡터는 다음과 같이 주어진다

[92] [수학식 6]

[93]

$$\mathbf{v}_s = (x_s, 0, z_s) - (X_T, Y_T, -R_C)$$

$$\mathbf{n}_s = \mathbf{v}_s / |\mathbf{v}_s|$$

[94] [레이저 클리닝 빔의 반사 방향 (단위) 벡터]

[95] 레이저 클리닝 빔의 반사 방향 벡터는 다음과 같이 주어진다.

[96] [수학식 7]

[97]

$$\vec{k}_r = -(\vec{k}_i \cdot \mathbf{n}_s) \mathbf{n}_s - (\vec{k}_i \times \mathbf{n}_s) \times \mathbf{n}_s$$

$$\mathbf{n}_r = \vec{k}_r / |\vec{k}_r|$$

[98] [반사된 레이저 클리닝 빔이 전극 격판면을 조사하는 위치]

[99] 레이저 클리닝 빔의 벡터가 상기 XY 변위된 구면 거울의 표면과 교차하는 점 $P_D = (x_H, y_H, H)$ 은 다음과 같이 주어진다.

[100] [수학식 8]

[101]

$$P_D \equiv (x_H, y_H, H) = ((\mathbf{n}_r \cdot \hat{\mathbf{x}})L_D + x_s, (\mathbf{n}_r \cdot \hat{\mathbf{y}})L_D + 0, (\mathbf{n}_r \cdot \hat{\mathbf{z}})L_D + z_s)$$

$$\text{for } L_D = (H - z_s) / (\mathbf{n}_r \cdot \hat{\mathbf{z}})$$

[102] [레이저 클리닝 빔의 전극 격판면 조사각]

[103] 레이저 클리닝 빔의 방향 벡터가 전극 격판면의 법선 벡터와 이루는 경사각(θ_{ill})은 다음과 같이 주어진다.

[104] [수학식 9]

[105]

$$\theta_{\text{ill}} = \cos^{-1}(\mathbf{n}_r \cdot \hat{\mathbf{z}})$$

[106] [전극 격판면을 조사하는 레이저 클리닝 빔의 크기 변화]

[107] 볼록 구면 거울에서 반사된 레이저 클리닝 빔이 전극 격판까지 진행한 거리는 다음과 같이 주어진다.

[108] [수학식 10]

[109]

$$L_D = (H - z_s) / (\mathbf{n}_r \cdot \hat{\mathbf{z}})$$

[110] 볼록 구면 거울 (곡률반경 R_C)에 의한 레이저 클리닝 빔의 직경 확장은 다음과

같이 주어진다.

[111] [수학식 11]

$$D_r = D_i \left(\frac{L_D}{-f_{CLM}} + 1 \right) \quad \text{where } f_{CLM} = \frac{-R_C}{2}$$

[113] 여기서, D_i 는 입사하는 레이저 클리닝 빔의 직경이다.

[114] 레이저 클리닝 빔은 구면 반사경에서 반사되어 전극 격판에 입사하고, 그 경로와 좌표가 수식으로 표현된다. 따라서, 상기 반사 광학 부품이 배치 평면에서 이동(공간 변위)함에 따라 레이저 클리닝 빔은 상기 전극 격판 상에 스폿을 형성할 수 있다. 상기 스폿의 분포를 알아보기 위하여, 2차원 이송 격자 행렬을 설정하고, 상기 2차 이송 격자 행렬에 대응하여 상기 전극 격판에서 반사된 레이저 클리닝 빔을 나타내는 레이저 스폿 다이어그램을 확인한다. 이어서, 레이저 스폿 다이어그램에서 세정이 요구되지 않거나 불필요한 영역에 레이저 빔이 입사하지 않도록 대응하는 2차원 이송 격자 행렬을 변경한다. 구체적으로, 레이저 클리닝 빔의 파장은 349nm 이고, 레이저 집속빔의 직경은 200 마이크로미터이고, 레이저 클리닝 빔의 입사각은 30도 일수 있다. 블록 구면 반사경의 곡률 반경은 5mm일 수 있다.

[115] 도 4는 전극 격판의 형상을 나타내는 도면이다.

[116] 도 4를 참조하면, 전극 격판은 지름 10 mm의 원판이고, 중심 개구부 및 4 개의 주변 개구부를 포함한다. 전극 격판의 높이는 3.5 mm이다.

[117] [반사 광학부품의 XY 공간 이동 범위 및 스텝 간격 설정]

[118] (1) X축 및 Y축 방향으로의 반사 광학부품이 이동할 수 있는 공간 이동 "최대 범위" 설정한다. $[X_T(\min), X_T(\max)]$ 그리고 $[Y_T(\min), Y_T(\max)]$

[119] (2) X축 및 Y축 방향으로의 반사 광학부품 공간 이동 스텝 을 "기본 간격"으로 설정한다. ΔX_T 그리고 ΔY_T 이에 따라, 2차원 이송 격자 행렬이 구해진다.

[120] (3) 주어진 공간변위 범위에서 반사 광학부품을 주어진 스텝 간격으로 이동시키면서 전극 격판으로 편향된 레이저 클리닝 빔의 스폿 다이어그램(Spot Diagram)을 수치해석적 방법으로 취득한다.

[121] (4) 스폿 다이어그램(Spot Diagram) 상에 나타난 레이저 클리닝 빔 조사점들의 분포가 전극 격판의 클리닝 최대 범위를 초과하면서 충분히 촘촘하도록 $[X_T(\min), X_T(\max)]$, $[Y_T(\min), Y_T(\max)]$ 와 ΔX_T & ΔY_T 를 조정한다.

[122] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 격판 상에서의 레이저 스폿 다이어그램이다.

[123] 도 5를 참조하면, 상기 전극 격판의 직경(10 mm)를 초과한 영역에도 레이저 스폿이 존재한다. 또한, 2차원 이송 격자 행렬은 사각형 형태로 레이저 스폿 영역도 사각형으로 나타난다.

[124] [반사 광학부품의 XY 공간변위 유효 범위 조정]

- [125] 전극 격판에서 개구 영역을 제외한 전극 격판 클리닝 한계 내의 레이저 빔 스폿 다이어그램(spot Diagram)이 표시된다. 전극 격판의 클리닝 유효 영역으로 제한시킨 반사 광학부품의 유효 2차원 이송 격자 행렬을 구한다. 직사각형 형태의 반사 광학부품의 XY 공간변위 좌표 행렬은 클리닝이 불필요한 영역으로 레이저 빔을 편향시켜서 전극 클리닝에 소요되는 시간을 증가시키는 요인이 될 수 있다.
- [126] 전극 격판의 클리닝 영역을 벗어나는 레이저 클리닝 빔 스폿에 해당하는 반사 광학부품 XY 공간변위를 2차원 이송 격자 행렬 (Translation Grid Matrix)에서 제외한다. 또한, 전극 격판의 개구 영역에 조사되는 레이저 클리닝 빔 스폿에 해당하는 반사 광학부품 XY 공간변위를 2차원 이송 격자 행렬 (Translation Grid Matrix)에서 제외하여 유효 이송 격자 행렬을 구한다.
- [127] 일반적으로 볼록/오목 구면 반사경의 2차원 이송 격자 행렬을 통한 레이저 클리닝 빔 스캔의 경우, 디스크 형태의 전극 격판에 대한 효과적인 2차원 이송 격자 행렬에 의한 유효 영역은 편심된 타원형이다. 입사하는 레이저 클리닝 빔이 이온광학계 중심축과 일치하지 않기 때문에 구면 반사경의 공간변위 궤적과 레이저 빔의 전극 격판 타격 궤적은 비대칭 왜곡이 발생한다.
- [128] 도 6은 전극 격판의 유효 클리닝 영역을 나타낸다.
- [129] 도 7은 도 6의 유효 클리닝 영역에 대응하는 유효 2차원 이송 격자 행렬 또는 유효 2차원 이송 격자 영역을 나타내는 도면이다.
- [130] 도 6 및 도 7을 참조하면, 유효 클리닝 영역은 세정이 불필요한 영역이 제거되어 형성될 수 있다. 반구 반사경에 의하여 상기 유효 2차원 이송 격자 영역(유효 2차원 이송 범위)은 타원형으로 변형된다.
- [131] [반사 광학부품의 XY 공간변위 유효 범위 조정]
- [132] 전극 격판 상 레이저 클리닝 빔의 스캔 간격 대비 빔 반경의 비율이 조절될 수 있다. 구체적으로, 일정한 기준 간격($\Delta X_T, \Delta Y_T$)으로 XY 공간변위가 이루어지는 반사 광학부품에 의해 스캔되는 레이저 클리닝 빔은 전극 격판 상에서 유한한 스캔 간격을 가진다. 이 경우, 전극 격판이 레이저 클리닝 빔의 국소적 누락 없이 연속적으로 조사되기 위해서는, 상기 스캔 간격이 전극 격판을 조사하는 레이저 클리닝 빔의 강도 반치폭에 비해 충분히 작아야만 가능하다. 전극 격판의 전체 클리닝 영역에서 만족되도록 반사 광학부품의 공간변위 스텝 "기본 간격" (다시 말하면, ΔX_T & ΔY_T)을 조정한다. 이를 구현하는 방법은, 전극 격판 스폿 다이어그램(Spot Diagram) 상의 임의의 위치에서 관찰되는 레이저 클리닝 빔 간격과 동일 위치에서의 레이저 클리닝 빔 반경의 비율이 항상 1 보다 작아지도록 반사 광학부품에 대한 공간변위 스텝을 "기본 간격"으로 조정한다.
- [133] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 격판 상에서 빔 반경 대비 스캔 간격의 비율(스캔 간격(스폿 간격)/빔 반경)을 나타내는 도면이다.
- [134] 도 8을 참조하면, 빔 반경은 상기 전극 격판 상에서 거의 일정하므로, 일정한 기본 간격을 가진 유효 2차원 이송 격자 행렬에 따라 스캐닝된 전극 격판 상의

레이저 빔 스폿 사이의 간격은 서로 다르게 나타난다. 구체적으로, 중심 영역에서 스캔 간격은 좁게 나타나고, 주변 영역에서 스캔 간격은 넓게 나타난다.

[135] 그러나, 이러한 레이저 스폿 분포는 주변부에서 단위 면적당 평균 에너지 밀도를 감소시키어 균일한 세정을 방해할 수 있다.

[136] 따라서, 유효 2차원 이송 격자 행렬에서, 기본 간격이 위치에 따라 서로 다르도록 설정될 필요가 있다. 구체적으로, 중심 영역에서는 기본 간격이 작고, 주변부로 갈수록 기본 간격이 크도록 설정될 수 있다. 이에 따라, 스폿 다이어그램 상에서, 중심 영역과 주변 영역 모두에서 스폿들은 일정한 간격을 가지고 배치될 수 있다.

[137] [반사 광학부품의 XY 공간변위 적응형 스텝 설정]

[138] 반사 광학부품의 XY 공간변위 적응형 스텝이 설정될 수 있다. 적응형 스텝은 레이저 클리닝 빔의 전극 격판에서 스폿 밀도 균일화를 제공할 수 있다.

[139] 일정 간격으로 XY 공간변위가 이루어지는 반사 광학부품에 의해 스캔되는 레이저 클리닝 빔은 전극 격판 상의 위치에 따라 상이한 조사 밀도 분포를 이룬다. 이는 다시 말해서, 레이저 클리닝 빔의 공간 주사에 따른 레이저 에너지 누적량이 전극 격판 상에서 불균일하게 형성되는 것을 의미하며, 대체적으로 전극 격판 중앙부가 높고 주변부로 갈수록 급격히 떨어지는 양상을 보인다. 따라서, 전극 격판 주변부를 조사하기 위한 반사 광학부품의 공간변위 스텝 크기는 전극 격판 중앙부 조사 시의 반사 광학부품 공간변위 스텝 크기에 비해 점차 감소시키는 것이 바람직하다. 전극 격판 주변부에 대한 레이저 클리닝 빔의 스캔 간격이 충분히 조밀하도록 조정된 경우를 가정할 경우, 전극 격판 중앙부를 조사하기 위한 반사 광학부품 공간변위를 적응형 스텝 비율로 증가시켜 설정함이 바람직하다.

[140] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 적응형 스텝을 적용한 유효 2차원 이송 격자 행렬(유효 2차원 이송 격자 영역)에서 위치에 따른 기본 간격((주변부 수치에 대한 상대적인 비율))을 나타내는 도면이다.

[141] 도 9를 참조하면, 반사경의 가장 영역에서 기본 간격은 좁게 설정되고, 상기 반경의 중심 영역에서 기본 간격은 크게 설정될 수 있다.

[142] 도 10은 도 9의 적응형 스텝을 적용한 유효 2차원 이송 격자 행렬에 의하여 전극 격판 상에서 빔 반경 대비 레이저 클리닝 빔의 공간 주사 간격의 비율(스폿 간격/빔 반경)을 나타내는 도면이다.

[143] 도 10을 참조하면, 전극 격판의 주변 영역에서 스폿 간격이 작고, 중심 영역에서 스폿 간격이 크다.

[144] 도 11은 도 9의 적응형 스텝을 적용한 유효 2차원 이송 격자 행렬에 의하여 전극 격판 상에서 레이저 누적 조사량을 나타내는 도면이다.

[145] 도 11을 참조하면, 적응형 스텝을 반사경에 적용한 경우, 전극 격판 상에 레이저 누적 조사량은 위치에 따라 일정하다. 따라서, 균일한 세정이 가능하다.

- [146] 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 레이저 클리닝 빔의 공간 주사에 따른 레이저 에너지 누적량이 전극 격판 상에 균일하기 위하여, 기본 간격은 유효 2차원 이송 영역에서 위치에 따라 일정하고, 대신에 레이저 빔의 픽셀 체류 시간을 적응 기본 간격에 비례하게 증가시킬 수 있다.
- [147] 종합하면, 우선, 반사 광학부품의 XY 공간변위 최대 범위 및 기본스텝 간격 설정을 설정한다. 이에 따라, 2차원 이송 격자 행렬이 구해진다. 이 2차원 이송 격자 행렬에 따른 레이저 빔의 궤적을 추적하여 전극 격판 상에 레이저 스폿 다이어그램을 획득한다. 이어서, 상기 레이저 스폿 다이어그램에서 세정이 요구되지 않은 영역은 레이저 빔이 스캔하지 않도록, 상기 2차원 이송 격자 행렬은 유효 2차원 이송 격자 행렬로 변형된다. 전극 격판에 에너지 밀도가 위치에 따라 균일하도록 유효 2차원 이송 격자 영역에서 이송하는 기본 간격을 조절하거나 각 위치에서 체류하는 픽셀 체류 시간을 조절할 수 있다.
- [148] 상기 전극 격판을 세정하기 위하여, 질량분석기의 로드락(Load-Lock) 장치를 이용해 고진공 챔버 내의 시료 거치대에 반사 광학부품이 탑재된 기판을 체결시킨다. 이어서, 질량분석기의 전동제어 시료 이송장치를 이용해 반사 광학부품의 기준점 좌표가 3차원 공간 상의 원점에 놓이도록 조정한다.
- [149] 이어서, 레이저 이온화/탈착 문턱 강도를 충분히 상회하는 수준으로 레이저 출력으로 증가시키고, 전극 오염도에 비례하는 레이저 클리닝 픽셀 체류 시간을 설정한다.
- [150] 이어서, 산출된 유효 2차원 이송 격자 행렬 및 이에 대응하는 적응형 기본 간격에 따라 순차적으로 반사 광학부품을 XY 이송함으로써 레이저 클리닝 빔이 오염된 전극 격판에 균일하게 조사되도록 한다.
- [151] 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 볼록 구면 거울은 이와 동등한 곡률 반경을 갖는 오목 구면 거울로 유사하게 용이하게 구현될 수 있다.
- [152] 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 볼록 구면거울은 비구면 거울을 사용함으로써, 반사 광학부품의 공간변위 영역 편심 및 왜곡을 없앨 수 있다. 2차원 등간격 이송을 통해 클리닝 레이저 빔의 전극 격판 조사 밀도가 균일해지도록 구현할 수 있다.
- [153] 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 곡면 거울을 이용하는 방법과 달리 반사 광학부품의 전체 두께를 줄일 수 있는 프레넬 반사경을 사용해 동일한 효과를 얻을 수 있다.
- [154] 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 전극 격판에 조사되는 레이저 빔의 집속 특성을 최적화하기 위하여 질량분석기 챔버 내로 입사되는 레이저 빔의 크기와 발산각을 보정하는 빔 확대기 또는 집속렌즈 등의 광학 장치를 추가로 결합하여 구현할 수 있다.
- [155] 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 레이저 클리닝에 사용되는 광원은 UV 또는 IR 대역에서 동작하는 별도의 광원을 채용할 수 있다.
- [156] 이상, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예들을 설명하였지만, 본

발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들에는 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

청구범위

- [청구항 1] 2차원 스캐닝을 하는 이송 스테이지;
상기 이송 스테이지에 장착된 반사 광학 부품;
상기 반사 광학 부품에 레이저 클리닝 빔을 조사하는 레이저 광원; 및
그 중심에 중심 개구부 및 상기 레이저 클리닝 빔이 진행하는 레이저 빔
접근 개구부를 구비하고 상기 반사 광학 부품에서 반사된 레이저 클리닝
빔에 의하여 조사되는 이온 추출 전극 격판을 포함하고,
상기 레이저 클리닝 빔은 오염된 이온 추출 전극 격판에 형성된 레이저 빔
접근 개구부를 통과하여 상기 반사 광학 부품에 제공되고,
상기 반사된 레이저 클리닝 빔은 상기 이온 추출 전극 격판을 조사하여
세정하는 것을 특징으로 하는 레이저 세정 질량 분석 장치.
- [청구항 2] 제1 항에 있어서,
상기 반사 광학 부품은 볼록 거울, 오목 거울, 또는 프레넬 렌즈인 것을
특징으로 하는 레이저 세정 질량 분석 장치.
- [청구항 3] 제1 항에 있어서,
상기 반사 광학 부품은 샘플 홀더에 배치되고,
상기 반사 광학 부품은 상기 이송 스테이지에 의하여 공간적으로
스캐닝되는 것을 특징으로 하는 레이저 세정 질량 분석 장치.
- [청구항 4] 제1 항에 있어서,
상기 레이저 광원은 시료 이온화용 펄스 레이저인 것을 특징으로 하는
레이저 세정 질량 분석 장치.
- [청구항 5] 제1 항에 있어서,
상기 레이저 광원과 반사 광학 부품 사이에 배치되어 상기 레이저 클리닝
빔의 크기와 집속도를 조절하는 빔 확대기 및 집속 렌즈를 더 포함하는
것을 특징으로 하는 레이저 세정 질량 분석 장치.
- [청구항 6] 반사 광학 부품을 이송하는 2차원 이송 스테이지, 상기 반사 광학 부품에
레이저 클리닝 빔을 조사하는 레이저 광원, 및 반사된 레이저 클리닝 빔이
조사되는 이온 추출 전극 격판을 포함하는 질량 분석 장치의 세정 방법에
있어서,
상기 반사 광학부품이 XY 평면에서 이동할 수 있는 최대 이동 범위 및
이동을 위한 기본 간격을 설정하여 2차원 이송 격자 행렬을 산출하고,
상기 2차 이송 격자 행렬에 대응하여 상기 전극 격판에서 반사된 레이저
클리닝 빔을 나타내는 레이저 스폿 다이어그램을 추출하는 단계;
상기 레이저 스폿 다이어그램에서 세정이 요구되지 않는 비세정 영역에
대응하는 영역을 상기 2차원 격자 행렬에서 제거하여 유효 2차원 격자
행렬을 산출하는 단계; 및
상기 유효 2차원 격자 행렬에 따라 상기 반사 광학부품이 XY 평면에서

이동하면서 상기 이온 추출 전극 격판을 세정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 질량 분석 장치의 세정 방법.

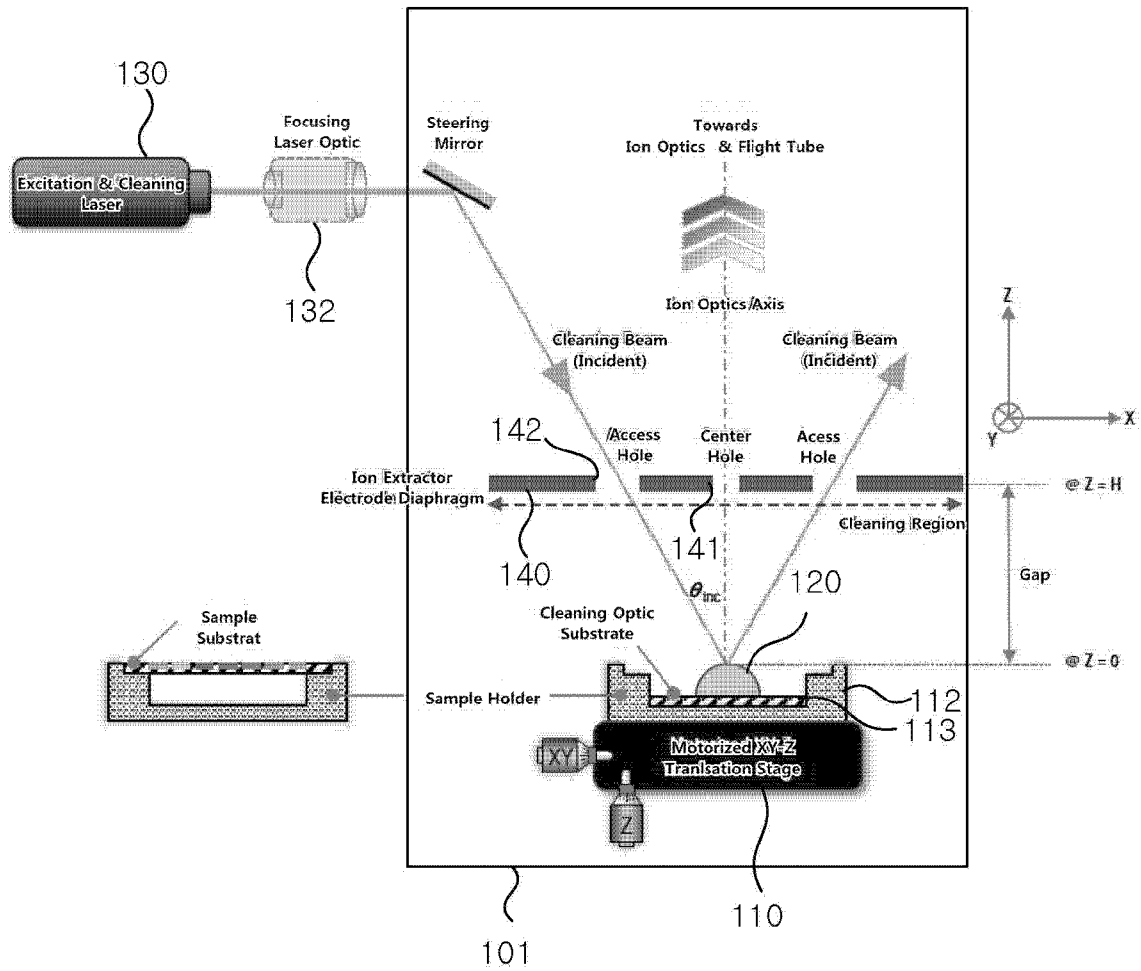
[청구항 7] 제6 항에 있어서,
상기 유효 2차원 격자 행렬은 상기 레이저 스폿 다이어그램에서 균일한 레이저 빔 조사 밀도 분포를 가지도록 상기 전극 격판의 중심부에서 기본 간격을 넓게 하고 상기 전극 격판의 주변부에서 기본 간격을 좁게 하는 것을 특징으로 하는 질량 분석 장치의 세정 방법.

[청구항 8] 제6 항에 있어서,
상기 유효 2차원 격자 행렬은 상기 레이저 스폿 다이어그램에서 균일한 레이저 빔 조사 밀도 분포를 가지도록 상기 전극 격판의 중심부에서 짧은 픽셀 체류 시간을 가지고, 상기 전극 격판의 주변부에서 긴 픽셀 체류 시간을 가지는 것을 특징으로 하는 질량 분석 장치의 세정 방법.

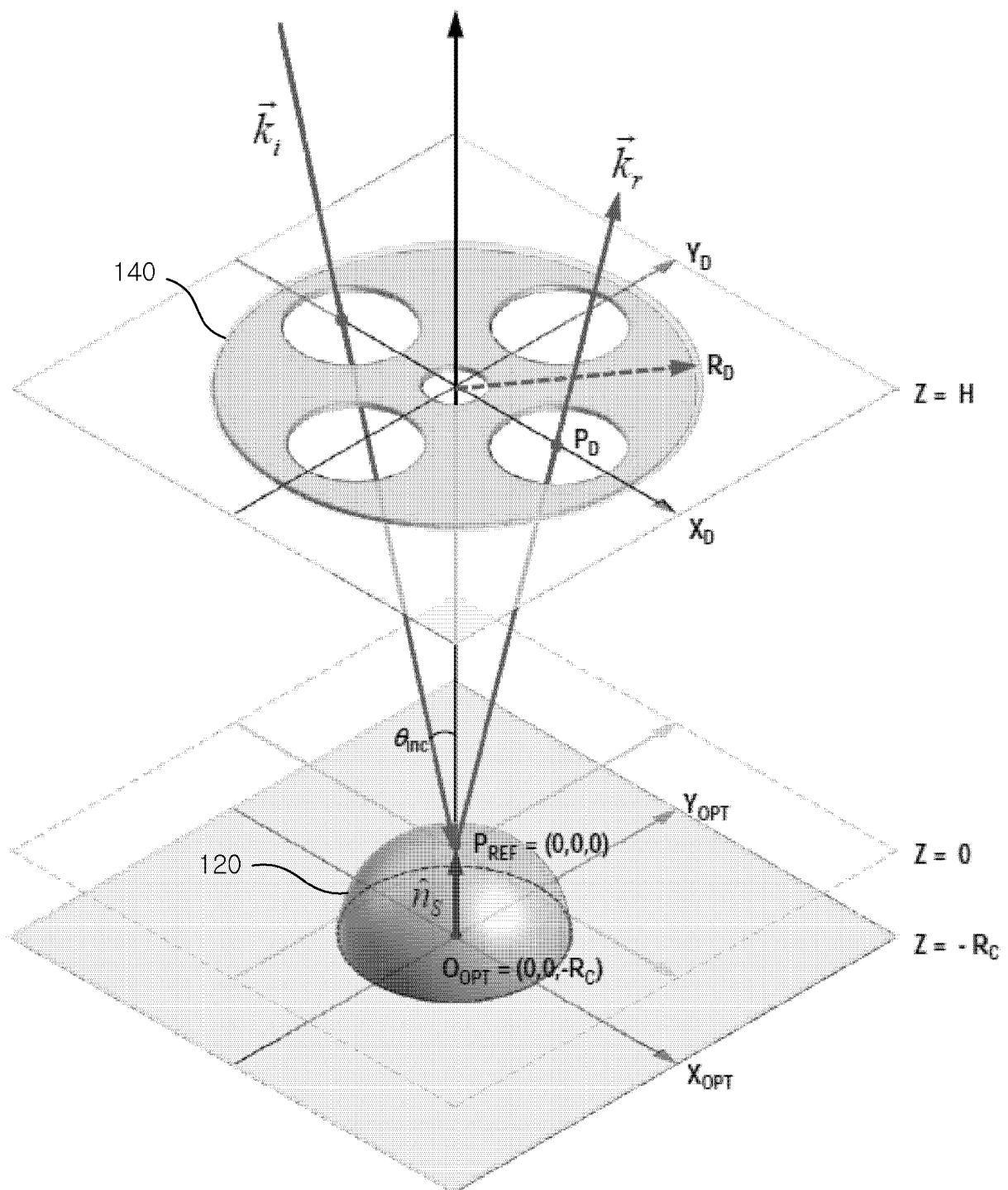
[청구항 9] 제6 항에 있어서,
상기 기본 간격은 상기 레이저 스폿 다이어그램 상에서 이웃한 스폿 사이의 최대 거리가 상기 레이저 빔의 강도 분포의 반치폭보다 작은 것을 특징으로 하는 질량 분석 장치의 세정 방법.

[도1]

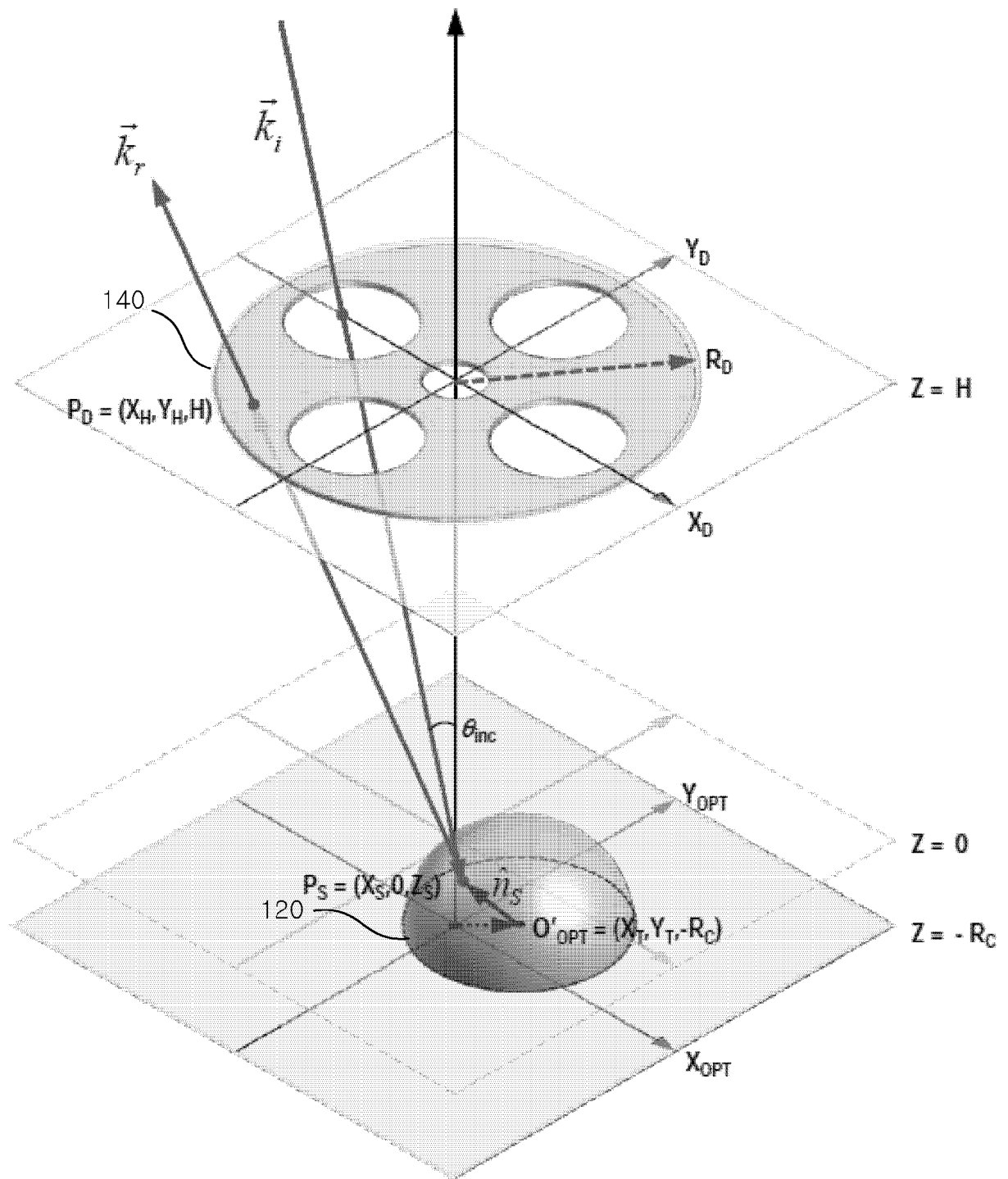
100



[도2]

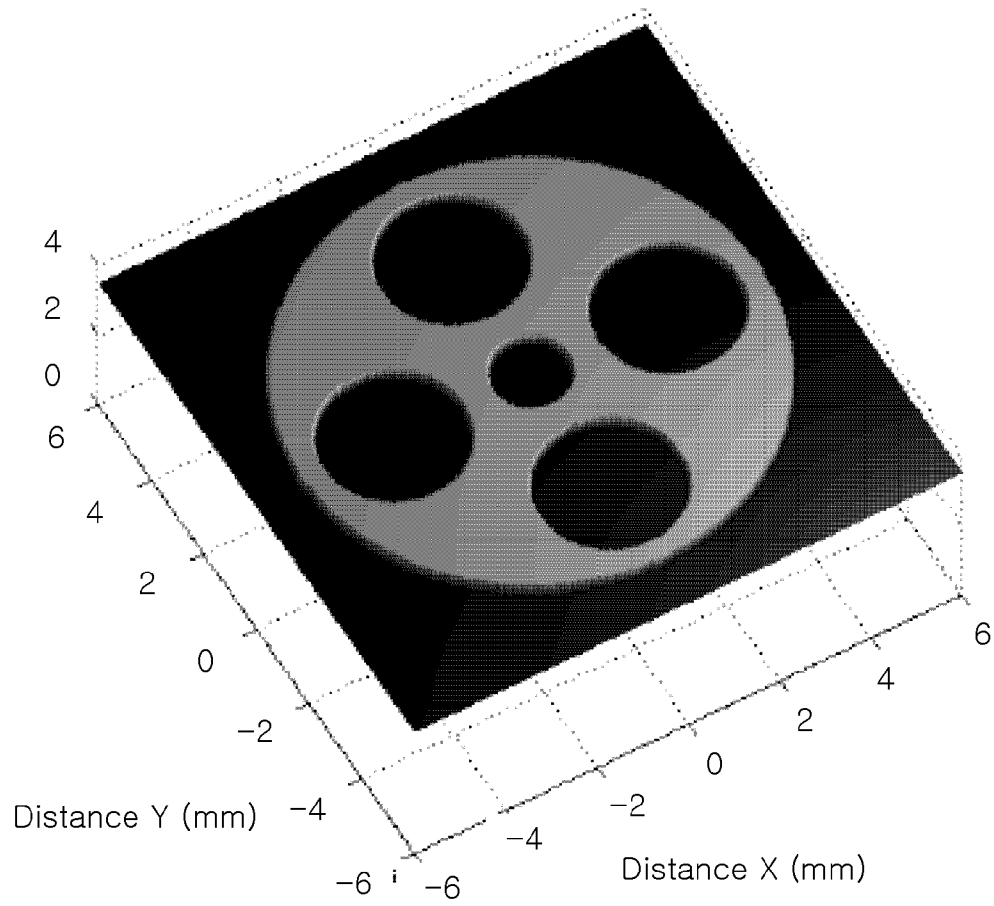


[도3]

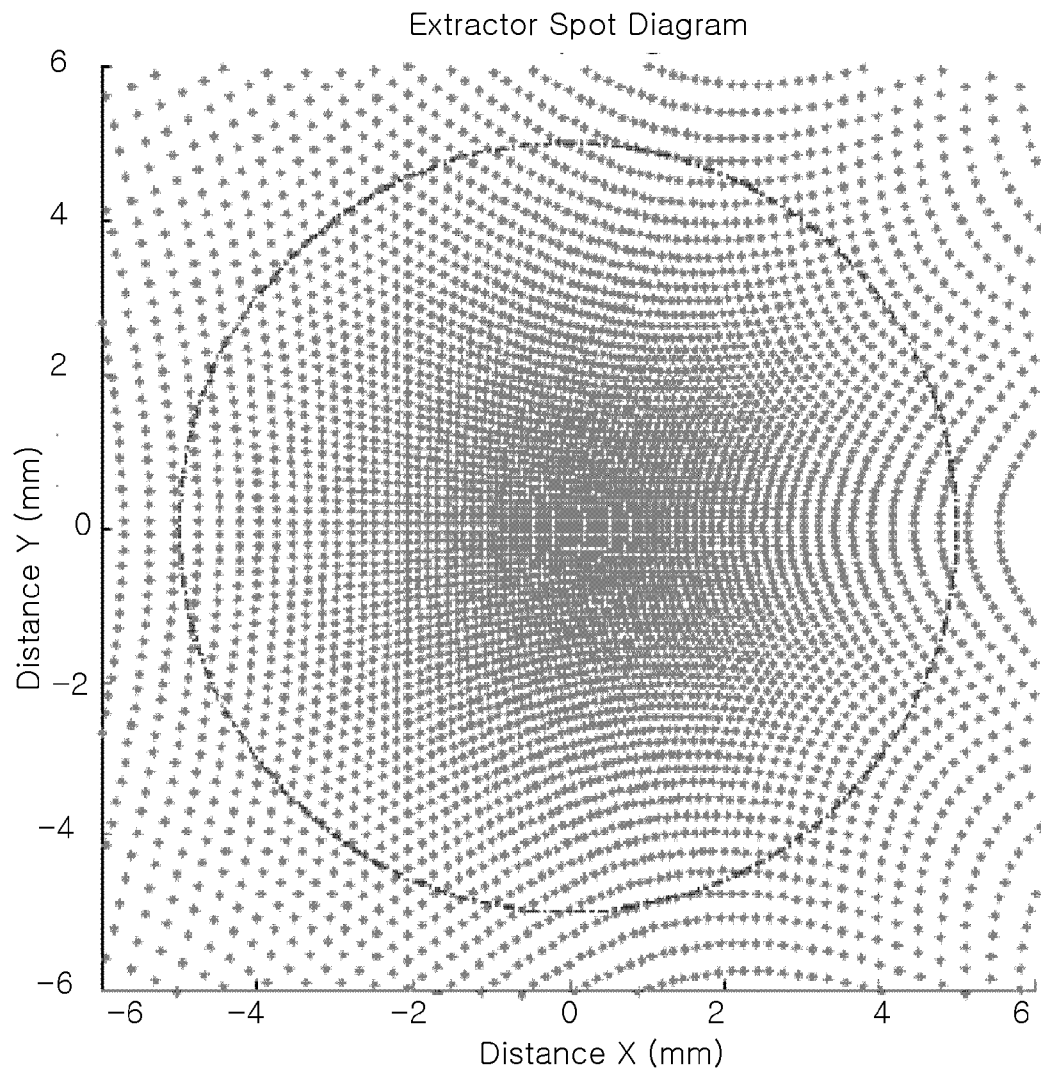


[도4]

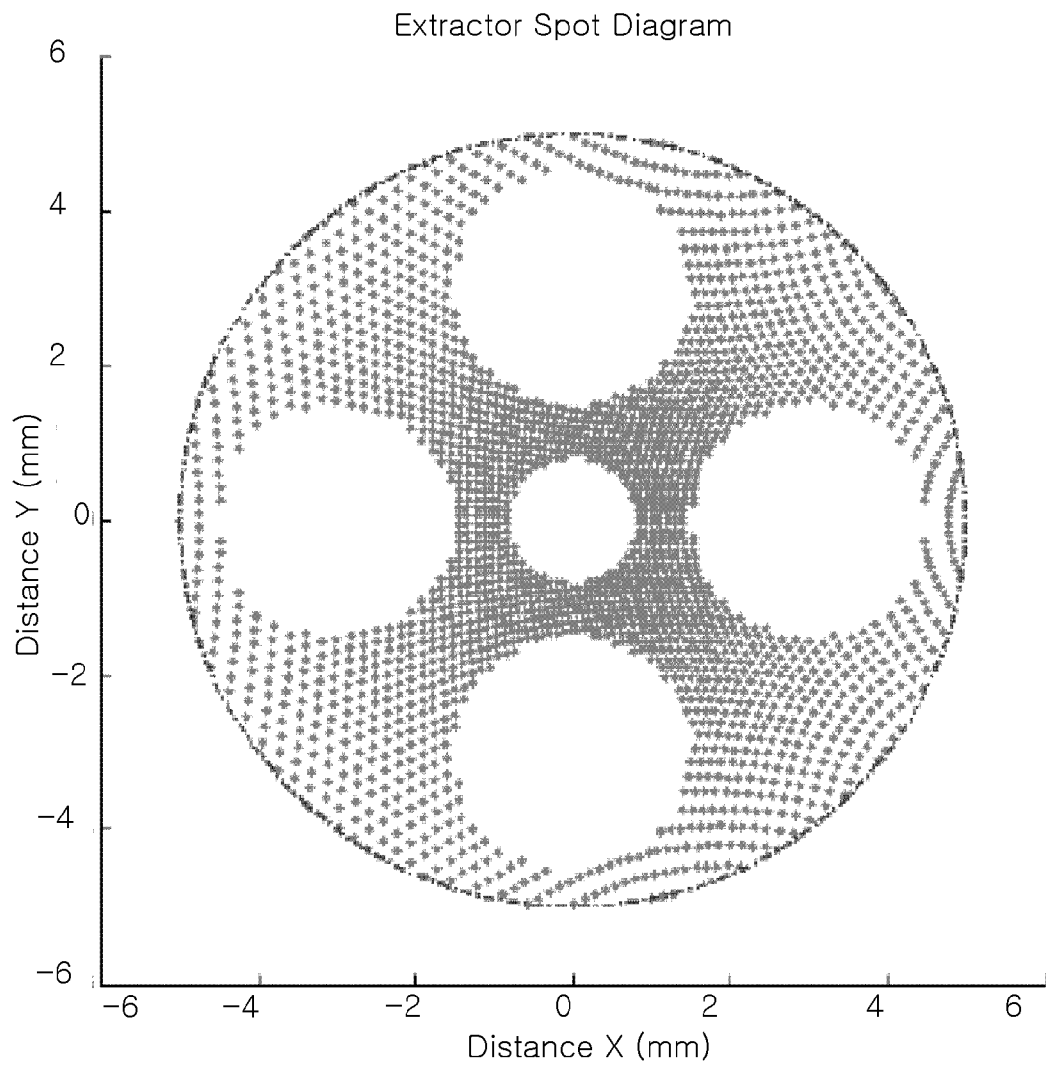
DISK: Cleaning Target MASK



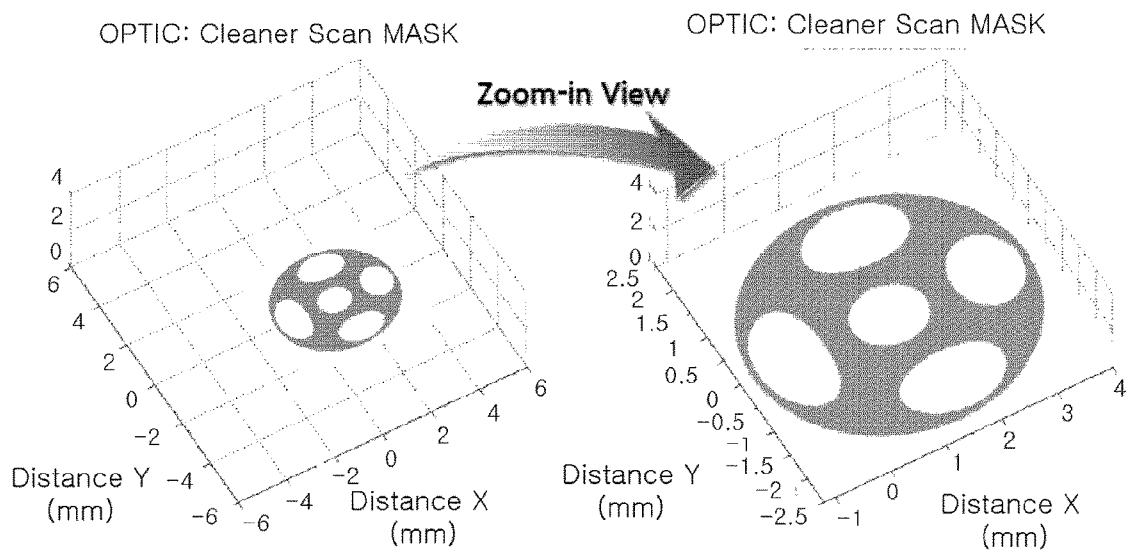
[도5]



[도6]

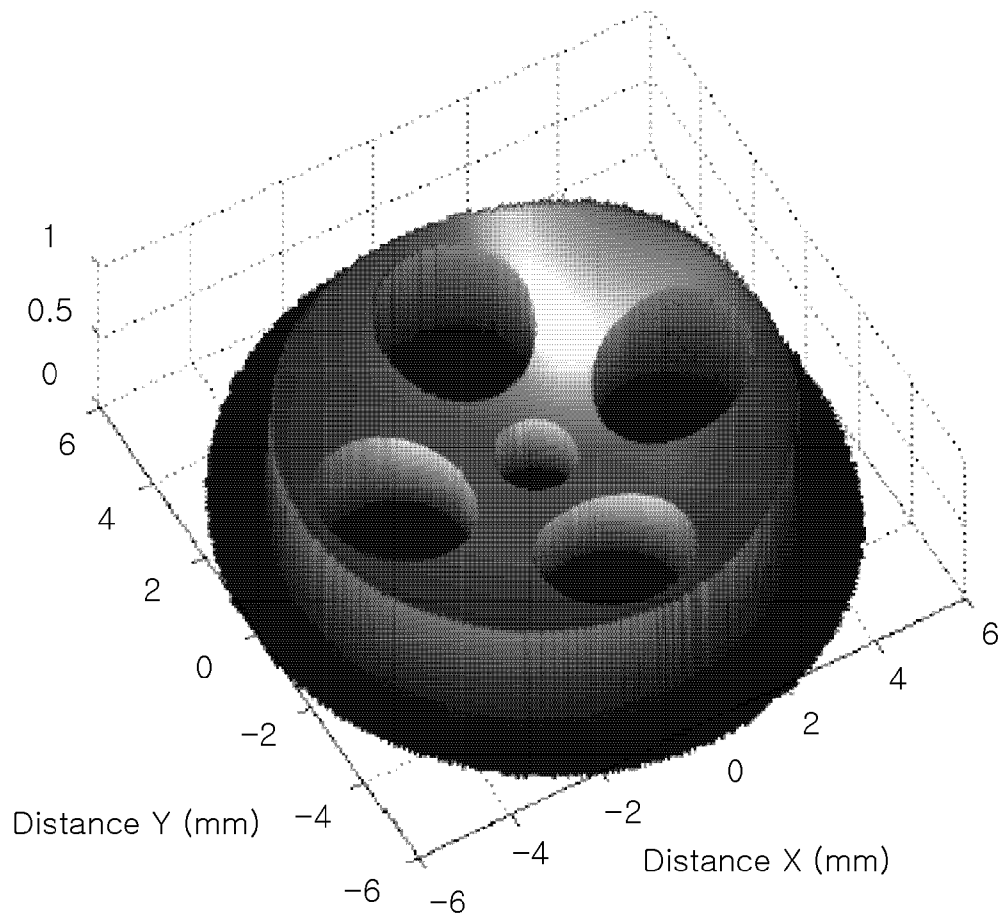


[도7]



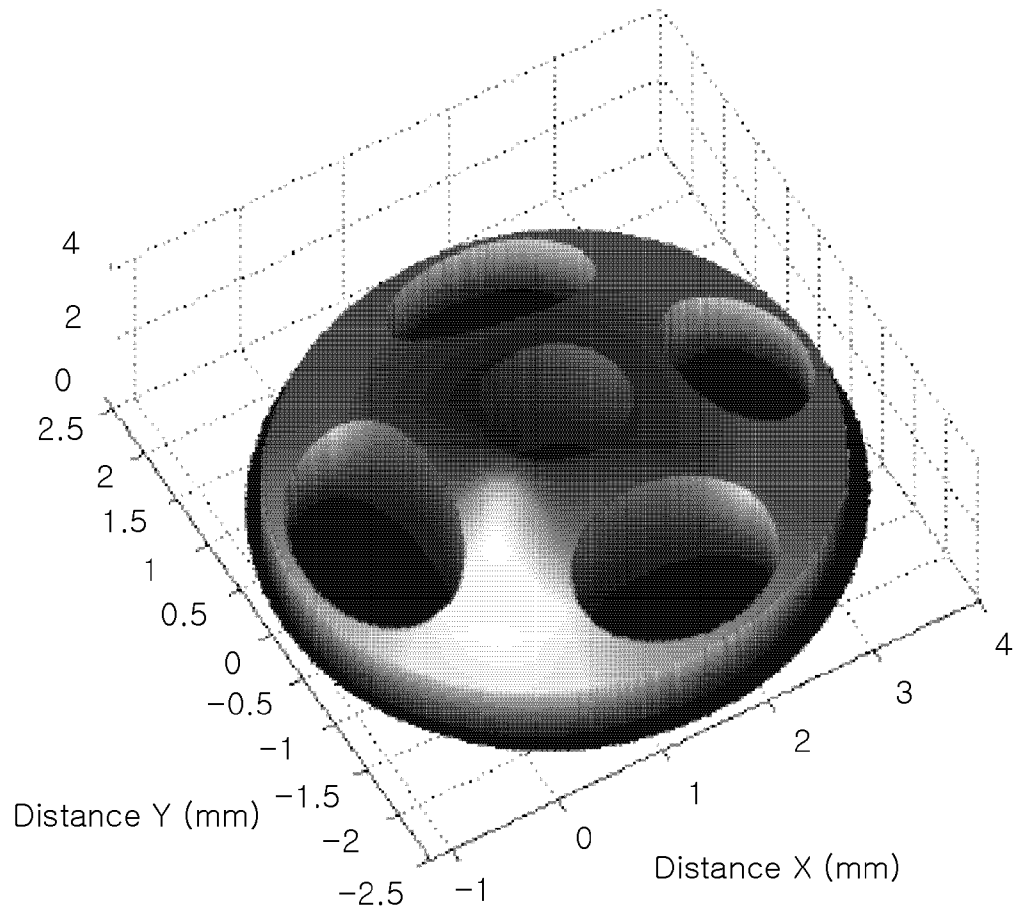
[도8]

DISK: Spot Spacing/Spot Size @ maximum possible regular scan



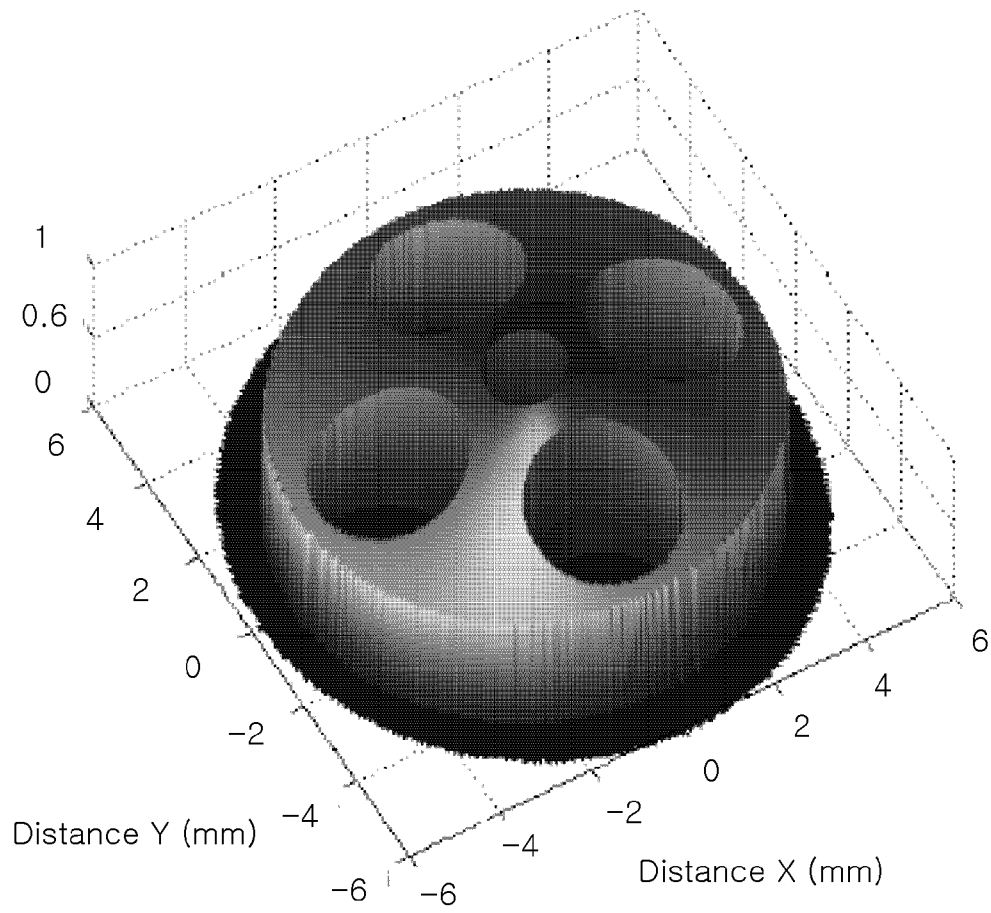
[도9]

OPTIC: Adaptive Step Size (Relative)



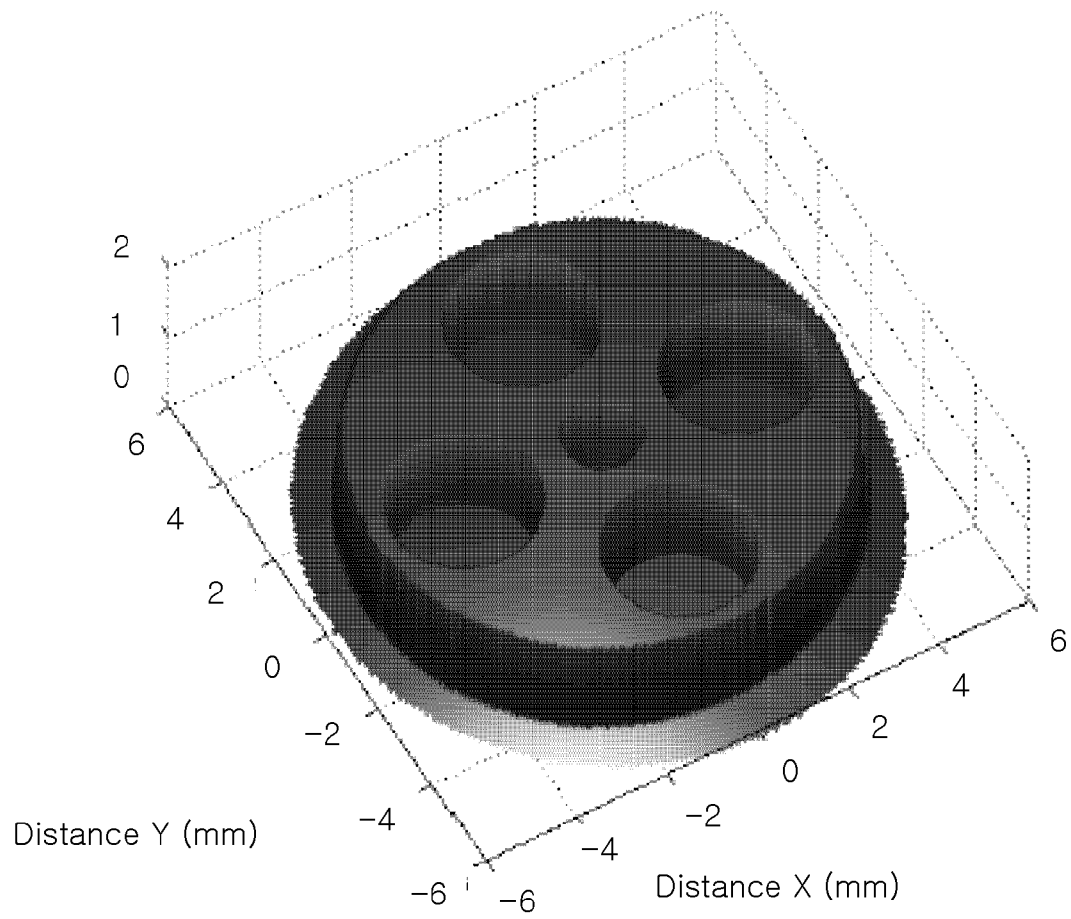
[도10]

DISK: Optimized Overfill RESULT



[도11]

DISK: Optimized Irradiation Intensity (RELATIVE)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2017/000937

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B08B 7/00(2006.01)i, H01S 3/00(2006.01)i, B08B 1/02(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)

B08B 7/00; H01L 21/302; H01J 49/10; G03F 1/08; H01J 27/00; B08B 9/027; H01J 49/26; H01J 49/00; G03F 1/14; H01S 3/00; B08B 1/02

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: transport stage, reflective optical part, laser source, cleaning beam, opening part, ion extract electrode barrier, laser cleaning

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2009-0200457 A1 (HOLLE et al.) 13 August 2009 See paragraphs [0013]-[0015], [0024]-[0032]; claim 1; and figures 1-3.	1-5
A		6-9
Y	JP 2012-064523 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 29 March 2012 See paragraphs [0030]-[0042]; and figures 1-2.	1-5
Y	KR 10-1152826 B1 (SEEPPEL CO., LTD.) 12 June 2012 See paragraphs [0024]-[0027]; and figure 3.	2
A	US 2007-0114438 A1 (HOLLE et al.) 24 May 2007 See paragraphs [0027]-[0034]; and figures 1-2.	1-9
A	JP 2010-186167 A (LASERTEC CORP.) 26 August 2010 See paragraphs [0024]-[0070]; and figures 1-2.	1-9



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

27 APRIL 2017 (27.04.2017)

Date of mailing of the international search report

28 APRIL 2017 (28.04.2017)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Sconsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2017/000937

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
US 2009-0200457 A1	13/08/2009	DE 102008008634 A1 DE 102008008634 B4 GB 2457362 A GB 2457362 B US 7989762 B2	10/09/2009 07/07/2011 19/08/2009 22/05/2013 02/08/2011
JP 2012-064523 A	29/03/2012	JP 5482599 B2	07/05/2014
KR 10-1152826 B1	12/06/2012	NONE	
US 2007-0114438 A1	24/05/2007	DE 102005054605 A1 DE 102005054605 B4 GB 2432454 A GB 2432454 B US 7541597 B2	31/05/2007 30/09/2010 23/05/2007 22/12/2010 02/06/2009
JP 2010-186167 A	26/08/2010	NONE	

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

B08B 7/00(2006.01)i, H01S 3/00(2006.01)i, B08B 1/02(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

B08B 7/00; H01L 21/302; H01J 49/10; G03F 1/08; H01J 27/00; B08B 9/027; H01J 49/26; H01J 49/00; G03F 1/14; H01S 3/00; B08B 1/02

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:이송스테이지, 반사 광학 부품, 레이저 광원, 클리닝 빔, 개구부, 이온 추출 전극 격판, 레이저 세정

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	US 2009-0200457 A1 (HOLLE 등) 2009.08.13	1-5
A	단락 [0013]-[0015], [0024]-[0032]; 청구항 1; 및 도면 1-3 참조.	6-9
Y	JP 2012-064523 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 2012.03.29	1-5
	단락 [0030]-[0042]; 및 도면 1-2 참조.	
Y	KR 10-1152826 B1 (주식회사 제펠) 2012.06.12	2
	단락 [0024]-[0027]; 및 도면 3 참조.	
A	US 2007-0114438 A1 (HOLLE 등) 2007.05.24	1-9
	단락 [0027]-[0034]; 및 도면 1-2 참조.	
A	JP 2010-186167 A (LASERTEC CORP.) 2010.08.26	1-9
	단락 [0024]-[0070]; 및 도면 1-2 참조.	

☐ 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

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

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

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

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

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

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

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2017년 04월 27일 (27.04.2017)

국제조사보고서 발송일

2017년 04월 28일 (28.04.2017)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소



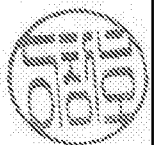
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

이창호

전화번호 +82-42-481-8288



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
US 2009-0200457 A1	2009/08/13	DE 102008008634 A1 DE 102008008634 B4 GB 2457362 A GB 2457362 B US 7989762 B2	2009/09/10 2011/07/07 2009/08/19 2013/05/22 2011/08/02
JP 2012-064523 A	2012/03/29	JP 5482599 B2	2014/05/07
KR 10-1152826 B1	2012/06/12	없음	
US 2007-0114438 A1	2007/05/24	DE 102005054605 A1 DE 102005054605 B4 GB 2432454 A GB 2432454 B US 7541597 B2	2007/05/31 2010/09/30 2007/05/23 2010/12/22 2009/06/02
JP 2010-186167 A	2010/08/26	없음	