



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0088647
(43) 공개일자 2025년06월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01J 3/44 (2006.01) G01J 3/02 (2006.01)
G01N 21/65 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01J 3/4412 (2013.01)
G01J 3/0205 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2025-7018469(분할)
(22) 출원일자(국제) 2020년11월24일
심사청구일자 없음
(62) 원출원 특허 10-2022-7028272
원출원일자(국제) 2020년11월24일
심사청구일자 2023년11월24일
(85) 번역문제출일자 2025년06월04일
(86) 국제출원번호 PCT/IB2020/061066
(87) 국제공개번호 WO 2021/144634
국제공개일자 2021년07월22일
(30) 우선권주장
62/961,721 2020년01월16일 미국(US)

(71) 출원인
노바 엘티디.
이스라엘, 레호보트 7632805, 데이비드 파이크스
스트리트 5
(72) 발명자
舍利프크르 클라드
이스라엘, 7610201 리호보트, 피.오. 박스 266, 5
데이비드 파이크스 에스티., 씨/오 노바 메이저링
인스트루먼츠 엘티디.
오렌 요나탄
이스라엘, 7610201 리호보트, 피.오. 박스 266, 5
데이비드 파이크스 에스티., 씨/오 노바 메이저링
인스트루먼츠 엘티디.
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
강명구

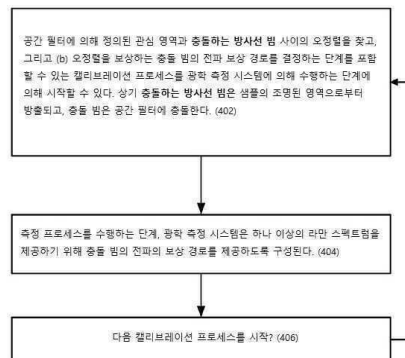
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 **정확한 라만 분광법**

(57) 요약

정확한 라만 분광법을 위한 방법, 시스템 및 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체. 상기 방법은 (i) 광학 측정 시스템에 의해, (a) 공간 필터에 의해 정의된 관심 영역과 샘플의 조명된 영역으로부터 방출되는 방사선 충돌 빔 사이의 오정렬을 발견하는 단계; 그리고 (b) 오정렬을 보상하는 충돌 빔의 전파의 보상 경로를 결정하는 단계; 그리고 (ii) 하나 이상의 라만 스펙트럼을 제공하기 위해, 광학 측정 시스템이 충돌 빔의 전파의 보상 경로를 제공하도록 구성되는 동안 측정 프로세스를 수행하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도10



(52) CPC특허분류

G01J 3/027 (2013.01)

G01J 3/0286 (2013.01)

G01N 21/65 (2013.01)

G01N 2201/06113 (2013.01)

G01N 2201/0636 (2013.01)

(72) 발명자

샤야리 애미어

이스라엘, 7610201 리호보트, 피.오. 박스 266, 5
데이비드 파이크스 에스티., 씨/오 노바 메이저링
인스트루먼츠 엘티디.

홀란더 에브알

이스라엘, 7610201 리호보트, 피.오. 박스 266, 5
데이비드 파이크스 에스티., 씨/오 노바 메이저링
인스트루먼츠 엘티디.

다이취 벨러리

이스라엘, 7610201 리호보트, 피.오. 박스 266, 5
데이비드 파이크스 에스티., 씨/오 노바 메이저링
인스트루먼츠 엘티디.

알로브 쉬몬

이스라엘, 7610201 리호보트, 피.오. 박스 266, 5
데이비드 파이크스 에스티., 씨/오 노바 메이저링
인스트루먼츠 엘티디.

바라크 질라드

이스라엘, 7610201 리호보트, 피.오. 박스 266, 5
데이비드 파이크스 에스티., 씨/오 노바 메이저링
인스트루먼츠 엘티디.

명세서

청구범위

청구항 1

정확한 라만 분광법을 위한 방법으로서, 상기 방법은:

광학 측정 시스템에 의해 캘리브레이션 프로세스를 수행하는 것 — 상기 캘리브레이션 프로세스는 (a) 공간 필터에 의해 정의된 관심 영역과 샘플의 조명된 영역으로부터 방출되고 공간 필터 상에 충돌하는 방사선 충돌 빔 사이의 오정렬을 발견하는 것과 (b) 오정렬을 보상하는 충돌 빔의 전파의 보상 경로를 결정하는 것을 포함함 — 과

하나 이상의 라만 스펙트럼을 제공하기 위해, 광학 측정 시스템이 충돌 빔의 전파의 보상 경로를 제공하도록 구성되는 동안 측정 프로세스를 수행하는 것

을 포함하는 반복구간을 적어도 한 번 실행하는 단계를 포함하며,

캘리브레이션 프로세스를 수행하는 것은 라만 스펙트럼의 주파수와 상이한 주파수에서 방사선을 분석함으로써 오정렬을 발견함을 포함하는, 라만 분광법을 위한 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 2020년 1월 16일자로 출원된 미국 가 특허 출원 번호 62/961,721로부터 우선권을 주장하며, 이는 전체가 본원 명세서에 포함된다.

배경 기술

[0002] 라만 분광법(Raman Spectroscopy)은 다양한 물질 특성의 특성화에 대한 사용을 설명하는 광범위한 문헌과 함께 확립된 기술이다.

[0003] 라만 스펙트럼은 시료의 다양한 특성에 대한 정보를 전달한다. 특히 스펙트럼의 다른 피크는 다른 재료에 해당한다. 측정 대상이 재료 화합물(예를 들면, SiGe)로 구성된 경우 라만 스펙트럼의 특정 피크는 서로 다른 원자 쌍(예를 들면, Si-Si, Si-Ge 및 Ge-Ge)에 해당한다.

[0004] 이들 피크의 위치로부터 농도 및 스트레스에 대한 정보를 추출하는 방법은 문헌에 잘 알려져 있다. 예를 들어, 3개의 SiGe 피크의 위치와 게르마늄 조성 및 층 응력을 관련시키는 방정식 세트가 다음 간행물에 제시되어 있다: T.S. Perov et al., 마이크로 라만 분광법 및 x-선 회절에 의해 측정된 얇은 Sii-xGex 가상 기판의 조성 및 변형(T.S. Perov et al., Composition and strain in thin Sii-xGex virtual substrates measured by micro-Raman spectroscopy and x-ray diffraction), J. App. Phys. 109, 033502(2011).

[0005] 도핑은 라만 스펙트럼에 영향을 미치는 또 다른 특성이다. 도펀트 분포로부터 발생하는 캐리어 농도는 라만 신호에 영향을 미치고 라만 피크에서 추가적인 시프트를 발생시킨다. 따라서 도핑 수준은 피팅 절차에 통합될 수 있으며, 피크 위치 모니터링을 통해 스트레스 및 조성과 함께 도핑 레벨의 동시 평가가 가능하다(예를 들면, A. Perez-Rodriguez et al., Effect of stress and composition on the Raman spectra of etch-stop SiGeB layers, J. Appl. Phys. 80, 15 (1996) 참조한다).

[0006] 라만 스펙트럼을 생성하는 최신 기술 시스템의 예는 Barak et al.의 PCT 특허 출원 공개 일련번호 W02017/103934 및 W02017/103935 에 기술되어 있으며, 두 출원은 모두 본원에 참고로 포함된다.

[0007] 라만 스펙트럼은 매우 약하고 이러한 약점으로 인해 방사선을 전달하는 많은 라만 스펙트럼이 수집되어야 한다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0008] 정확한 라만 분광법을 위한 명령을 저장하는 시스템, 방법 및 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체가 제공될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0009] 본 발명을 이해하고 그것이 실제로 어떻게 수행될 수 있는지 보기 위해, 첨부 도면을 참조하여 비제한적인 예로서 바람직한 실시 예가 이제 설명될 것이다.

도 1은 조명 스폿, 정렬된 충돌 빔의 세기 분포, 오정렬된 충돌 빔의 세기 분포 및 관심 영역의 예를 도시한다.

도 2는 센서, 공간 필터, 관심 영역 및 충돌 스폿을 예시한다.

도 3은 관심 영역 사이의 9가지 공간 관계를 도시한다.

도 4는 광학 측정 시스템의 예이다.

도 5는 광학 측정 시스템의 예이다.

도 6은 광학 측정 시스템의 예이다.

도 7은 광학 측정 시스템의 예이다.

도 8은 하나 이상의 회전 웨지 프리즘 및 웨지 프리즘 회전자의 예를 도시한다.

도 9는 조명 광학계의 일부 요소의 예를 도시한다.

도 10은 방법의 예를 도시한다.

도 11은 방법의 예를 도시한다.

도 12는 방법의 예를 도시한다.

도 13은 패드의 조명의 일례를 나타내는 도면이다. 그리고

도 14는 규칙적인 영역 및 불규칙한 영역의 조명의 예를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 다음의 상세한 설명에서, 본 발명의 완전한 이해를 제공하기 위해 복수 특정 세부사항이 설명된다. 그러나, 본 발명이 이러한 특정 세부사항 없이 실시될 수 있음은 당업자에 의해 이해될 것이다. 다른 예에서, 잘 알려진 방법, 절차 및 구성요소는 본 발명을 모호하게 하지 않기 위해 상세하게 설명되지 않았다.

[0011] 본 발명으로 간주되는 주제는 명세서의 결론 부분에서 특히 지적되고 명확하게 청구된다. 그러나, 본 발명은 그 목적, 특징 및 이점과 함께 작동의 조직 및 방법 모두에 관하여 첨부 도면과 함께 읽을 때 다음의 상세한 설명을 참조하여 가장 잘 이해될 수 있다.

[0012] 예시의 단순성과 명료성을 위해, 도면에 도시된 요소는 반드시 축척대로 그려지는 않았다는 것이 이해될 것이다. 예를 들어, 일부 요소의 치수는 명확성을 위해 다른 요소에 비해 과장될 수 있다. 또한, 적절하다고 생각되는 경우, 대응하는 또는 유사한 요소를 나타내기 위해 도면 사이에 참조 번호가 반복될 수 있다.

[0013] 시스템, 방법 및 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체 중 어느 하나에 대한 명세서의 임의의 참조는 시스템, 방법 및 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체 중 임의의 다른 것에 준용하여 적용되어야 한다. 예를 들어, 시스템에 대한 모든 참조는 시스템에서 실행할 수 있는 방법과 시스템에서 실행 가능한 명령을 저장할 수 있는 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체에 준용하여 적용해야 한다.

[0014] 본 발명의 예시된 적어도 하나의 실시 예는 대부분의 경우 당업자에게 공지된 전자 부품 및 회로를 사용하여 구현될 수 있기 때문에, 위에서 설명한 바와 같이 본 발명의 기본 개념의 이해를 위해 그리고 본 발명의 설명을 애매하게 하거나 혼란스럽게 하지 않기 위해 상세한 사항은 예시된 바와 같이 필요하다고 간주되는 것 이상으로 설명되지 않을 것이다.

[0015] 하기에 예시된 임의의 숫자 또는 값은 비제한적인 예로서 간주되어야 한다.

[0016] 샘플이 구조적 요소를 포함할 때, 방사선에 의한 일부 구조적 요소(특히 불규칙한(비주기적, 예지(dege)-유사 등과 같은 구조적 요소)의 조명으로 인해 구조적 요소가 방사선을 회절 할 수 있으며, 회절된 방사선은 차례로

라만 스펙트럼을 "왜곡"하는 "기생" 라만 산란 방사선을 생성할 수 있음이 발견되었다(일단 라만 분광계의 검출기에 의해 감지되면). 상기 "기생" 라만 스캐터링 방사선은 예를 들어 위치 및 하나 이상의 라만 스펙트럼 피크의 형상, 등을 변경할 수 있다.

- [0017] 왜곡된 라만 스펙트럼의 분석은 샘플의 재료, 샘플의 변형 및 샘플의 다른 특성과 관련된 부정확성에 관한 부정확한 결론을 초래할 수 있다.
- [0018] 라만 분광법의 정확도를 향상시킬 필요성이 증가하고 있으며, 특히 반도체 제조 공정 제어를 위해 라만 스펙트럼의 왜곡을 감소시킬 필요가 있다.
- [0019] 라만 분광법은 반도체 웨이퍼 제조 APC, 웨이퍼의 패턴화된 구조에 대한 측정, 인-다이 측정 등에 사용될 수 있다.
- [0020] 정확한 라만 분광법을 위한 명령을 저장하는 시스템, 방법, 및 비일시적 컴퓨터 판독가능 매체가 제공될 수 있다.
- [0021] 충돌 빔은 샘플의 조명된 영역으로부터 방출되며 공간 필터에 충돌한다. 조명 영역은 조명 방사선 빔(이하 "조명 빔")에 의해 조명된다.
- [0022] 라만 분광법의 정확도는 샘플로부터의 원하지 않는 산란된 방사선이 검출기에 도달하는 것을 방지함으로써 증가된다. 이것은 관심 영역을 벗어나는(관심 영역은 공간 필터에 의해 정의됨) 방사선의 충돌 빔(이하 "충돌 빔")의 하나 이상의 부분을 차단하기 위한 공간 필터를 제공함으로써 수행될 수 있다 — 따라서 충돌 빔의 이러한 하나 이상의 부분이 검출기에 도달하는 것을 방지한다.
- [0023] 조명 스폿이 불규칙 영역을 "커버"하는 때 공간 필터링이 필요할 수 있다. 불규칙한 영역은 조명 스폿을 왜곡할 수 있고/있거나 라만 스펙트럼의 새로운 산란 소스를 생성할 수 있고/있거나 요소의 비주기적 배열을 포함할 수 있고/있거나 요소의 비균질 배열을 포함할 수 있다. 불규칙한 영역의 비제한적인 예는 (a) 도체의 에지 영역과 에지 영역 부근 — 여기서 에지 영역은 영역의 동일한 오더(order)(예를 들면, 0.1에서 0.9 사이)를 가짐을 커버하는 스폿, (b) 단일 도체의 에지 영역을 커버하며 또한 에지 영역 — 여기서 에지 영역 부근이 실트(silt)를 포함함 —을 커버하는 스폿을 포함한다.
- [0024] 상기 공간 필터는 TSV(Through Silicon Vias), STI(Shallow Trench Isolation)(예를 들면, 충전 또는/및 게이트 산화물), 3차원 NAND 메모리(3D-NAND)와 같은 요소를 포함하는 구조에 대한 측정 동안 적용될 수 있다(예를 들면, 스트레인 프로파일링, 결정도 및 치수 프로파일링) 등을 포함한다.
- [0025] 공간 필터는 상이한 관심 영역을 정의할 수 있는 조정 가능한 공간 필터를 포함할 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 공간 필터는 제어 가능한 투명도를 나타낼 수 있고/있거나 불투명 영역에 의해 둘러싸인 투명 관심 영역을 정의할 수 있습니다. 조정 가능한 필터는 공간 필터링 속성에 따라 서로 다른 공간 필터 세트로 대체될 수 있습니다.
- [0026] 공간 필터는 고정 관심 영역을 정의하는 고정 요소를 포함할 수 있다.
- [0027] 공간 필터는 시스템의 일부 동작 모드에서 이용될 수 있고, 시스템의 다른 동작 모드에서 제거되거나 이용되지 않을 수 있다.
- [0028] 관심 영역은 충돌 빔의 관련 단면보다 더 작을 수 있다(그리고 훨씬 더 작을 수 있음). 충돌 빔의 관련 단면은 공간 필터의 평면에 형성된 단면이다.
- [0029] 예를 들어 — 관심 영역은 충돌 빔의 관련 단면의 일부일 수 있다. 예를 들어 — 관심 영역은 충돌 빔의 관련 단면적의 1%, 2%, 5%, 10%, 15%, 20% 또는 30% 미만일 수 있다.
- [0030] 조명된 영역 및 충돌 빔의 관련 단면은 동일한 크기일 수 있고, 동일한 모양일 수 있고, 크기에 따라 서로 다를 수 있고, 및/또는 형상에 따라 서로 다를 수 있다.
- [0031] 이러한 형상의 비제한적인 예는 직사각형 스폿, 타원형 스폿, 원형 스폿, 조명 라인 등이다.
- [0032] 관심 영역은 산란된 방사선이 검출기에 도달하는 것을 방지하도록 정의될 수 있다. 관심 영역의 정의는 시뮬레이션, 실제 측정 등을 이용하여 수행될 수 있다.
- [0033] 관심대상 작은 영역은 다양한 샘플을 평가하고/하거나 구조적인 요소의 조밀한 어레이를 포함하지만 이에 국한되지 않는 그와 같은 샘플의 다양한 영역을 평가하는 데 사용될 수 있는 정확하고 매우 민감한 광학 측정 시스템

템을 제공한다. 상기 영역으로는 잠재적으로 스트레인된 요소를 나타내는 영역, 가파른 경사 및/또는 상당한 높이 변화를 나타내는 영역, 실리콘 비아를 통하여 동적 메모리의 게이트 산화물, 3차원 NAND 메모리 유닛, 동적 메모리의 포스트 CMP 영역 등을 측정하는 주변 영역 등을 포함한다.

- [0034] 관심 영역의 조밀함으로 인해, 관심 영역과 충돌 빔 사이의 사소한 오정렬 조차도 시스템이 충돌 빔의 일부, 대부분, 심지어 전체를 차단하게 할 수 있다.
- [0035] 충돌 빔은 충돌 빔의 중심이 관심 영역 내에 있을 때, 특히 충돌 빔의 중심이 관심 영역의 중앙에 위치할 때 관심 영역과 정렬되는 것으로 간주될 수 있다.
- [0036] 상기 오정렬은 시스템 부정확성, 온도 변화, 진동 등으로 인해 발생할 수 있다.
- [0037] 라만 스펙트럼이 상대적으로 약한 신호로부터 형성된다는 사실을 감안할 때, 오정렬의 영향은 매우 클 수 있다.
- [0038] 따라서 - 시스템, 방법 및 비일시적 컴퓨터 판독가능 매체는 이러한 오정렬을 보상하도록 구성된다.
- [0039] 보정(compensation)은 관심 영역과 충돌 빔을 광학적으로 정렬하는 것(또는 실질적으로 광학적으로 정렬하는 것)을 포함할 수 있다. 이것은 공간 필터 상의 충돌 빔의 충돌 위치를 제어함으로써 수행될 수 있다.
- [0040] 제어는 충돌 빔의 전파 방향을 변경하는 것과 같은 광 수집 경로의 변경을 도입하는 것을 포함할 수 있다.
- [0041] 상기 보정은 검출기에 의해 검출된 방사선과 관련된 피드백에 기초할 수 있다. 피드백이 캘리브레이션 프로세스 동안 또는 다른 시점에 제공될 수 있다.
- [0042] 캘리브레이션 프로세스는 연속적으로, 비연속적인 방식으로, 즉석에서, 반복적인 방식 등으로 실행될 수 있다.
- [0043] 상기 캘리브레이션 프로세스는 (공간 필터를 통과 후) 검출기에 의해 검출된 방사선의 강도에 기초할 수 있다.
- [0044] 캘리브레이션 프로세스는 센서에 의해 검출된 방사선의 강도 이외의(또는 이에 추가하여) 정보에 기초할 수 있다.
- [0045] 캘리브레이션 프로세스는 검출기에 의해 감지된 라만 스펙트럼에 기초할 수 있다.
- [0046] 설명의 편의를 위해, 다음 예 중 일부는 캘리브레이션 프로세스 다음에 측정 프로세스가 뒤따르는 반복 프로세스를 참조한다. 샘플은 측정 과정에서 측정된다.
- [0047] 캘리브레이션 프로세스 동안, 다른 테스트 결과를 제공하기 위해 수집된 방사선을 공간 필터의 다른 위치로 향하게 하는 다른 조명 경로 구성을 사용하여 타겟이 조명된다.
- [0048] 테스트 결과들 중 하나가 선택되고(예를 들어, 가장 높은 전체 강도를 갖는 테스트 결과) 선택된 테스트 결과를 제공한 조명 경로 구성이 캘리브레이션 프로세스를 따르는 하나 이상의 측정 프로세스 동안 사용될 수 있다. 대안적으로 - 복수 테스트 결과가 선택될 수 있고 복수 테스트 결과의 함수(예를 들면, 가중 평균)인 조명 경로 구성이 선택될 수 있다.
- [0049] 캘리브레이션 프로세스의 복수 반복을 실행할 때 연속적인 캘리브레이션 프로세스 사이에 타이밍 갭이 있다. 연속적인 캘리브레이션 프로세스 사이의 시간 간격은 고정되거나 시간이 지남에 따라 달라질 수 있다.
- [0050] 캘리브레이션 프로세스는 측정 실패, 하나 이상의 라만 스펙트럼의 오류 감지, 특정 온도 변화 감지, 특정 온도 감지, 특정 진동 감지, 예상된 라만 스펙트럼으로부터 하나 이상의 측정된 라만 스펙트럼의 편차 발생등과 같은 이벤트에 기초하여 트리거될 수 있다.
- [0051] 시스템의 조명 경로가 상이한 방사선 소스를 포함하는 경우, 캘리브레이션 프로세스는 방사선 소스 각각마다 또는 일부 방사선 소스마다 실행될 수 있다. 이러한 캘리브레이션 프로세스는 다른 방사선 소스와 관련된 기계적 및/또는 광학적 오정렬을 보상할 수 있고 덜 정확한 조명 및/또는 수집 경로를 사용할 수 있게 하여 시스템을 단순화하고 시스템 비용을 줄일 수도 있다.
- [0052] 도 1은 조명 스폿(20), 정렬된 충돌 빔의 강도 분포(21), 오정렬 된 충돌 빔의 강도 분포(22) 및 관심 영역(225)의 예를 예시한다.
- [0053] 도 1에서, 조명 스폿(20)이 공간 필터 상에 이미징되는 것으로 가정된다.
- [0054] 도 1은 관심 영역(225)과 충돌 빔 사이의 오정렬로 인한 강도의 차이(29)를 도시한다.

- [0055] 도 1은 또한 샘플(300)의 일부 및 샘플 상의 관심 영역의 이미지(225')를 도시한다.
- [0056] 도 2는 센서(224), 공간 필터(223), 관심 영역(225), 및 공간 필터 상의 충돌 빔에 의해 형성된 충돌 스폿(26)을 도시한다. 관심 영역(225)은 크기가 가변적이며 충돌 스폿보다 훨씬 작을 수 있다.
- [0057] 도 3은 광학 측정 시스템의 9가지 다른 구성에서 관심 영역(227)과 충돌 스폿(26) 사이의 9가지 공간 관계(291-299)를 도시한다. 여섯 번째 구성은 최상의 중첩을 제공하므로 다음 측정 프로세스에서 적용할 광학 측정 시스템의 원하는 구성으로 선택될 수 있다. 보정 프로세스 동안 공간 필터는 방사선이 측정 프로세스 동안 사용된 관심 영역보다 더 클 수 있는 관심 테스트 영역을 통과하도록 할 수 있다는 점에 유의해야 한다.
- [0058] 도 4는 광학 측정 시스템(200)의 예이다.
- [0059] 광학 측정 유닛(200)은 샘플(300)을 지지하고 수집 및 조명 경로와 관련하여 샘플(300)을 이동시키기 위한 조명 경로, 수집 경로, 제어 유닛 및 기계적 이동 유닛(303)을 포함한다. 조명 및/또는 수집 경로가 이동할 수 있는 동안 샘플(300)은 정적일 수 있다는 점에 유의해야 한다. 샘플(300)과 수집 및/또는 조명의 적어도 하나의 경로 모두가 서로에 대해 이동할 수 있다는 점에 유의해야 한다.
- [0060] 도 4에서 수집 경로와 조명 경로는 대물 렌즈(213) 및 반파장판(HWP)(109)을 공유한다. 조명 경로와 수집 경로는 더 많은 구성요소를 공유할 수 있고, 다른 구성요소를 공유할 수 있거나, 또는 어떠한 구성 요소도 공유하지 않을 수 있음을 유의해야 한다.
- [0061] 도 4에서 조명 각도와 수집 각도는 샘플에 수직이다. 임의의 다른 조명 각도 및/또는 수집 각도가 제공될 수 있음에 유의해야 한다. 조명 경로는 편광, 주파수 스펙트럼, 형상, 크기, 간섭성, 경로, 강도 등과 같은(이에 국한되지 않음) 조명 빔의 다양한 파라미터를 제어하도록 구성된다. 도면에 예시된 다양한 요소는 상기 파라미터의 제어를 돕는다. 편광을 제어하는 요소를 편광 제어 요소라고 한다. 빔의 다른 파라미터를 제어하는 요소를 추가 제어 요소라고 한다. 단일 요소가 빔의 하나 이상의 파라미터를 제어할 수 있다는 점에 유의해야 한다. 요소의 비제한적인 예는 편광판, 반 파장판, 1/4 파장판, 분석기, 렌즈, 격자, 구멍 등을 포함한다.
- [0062] 수집 경로는 편광, 주파수 스펙트럼, 형상, 크기, 간섭성, 경로, 강도 등과 같은 충돌 빔의 다양한 파라미터를 제어하도록 구성되지만 이에 국한되지 않는다. 도면에 예시된 다양한 요소는 상기 파라미터의 제어를 돕는다.
- [0063] 조명 경로는 (a) 레이저(102), (b) 조명 편광 제어 요소(103(1)) 및 추가 조명 제어 요소(103(2))를 포함하는 조명 광학계(103), (c) 다이크로익 빔 스플리터(210), (d) HWP(209), 및 (e) 대물 렌즈(213)를 포함하는 것으로 도시된다. 추가 조명 제어 요소는 편광과 다른 하나 이상의 파라미터(예를 들면, 형상, 크기, 전파 각도 등)를 제어할 수 있다.
- [0064] 수집 경로는 (a) 다이크로익 빔 스플리터(210)와 같은 빔 스플리터, (b) HWP(209), (c) 대물 렌즈(213), (d) 수집 경로를 변경하여 오정렬을 보상하기 위한 조정 가능한 광학계(105(1)) 추가 수집 제어 요소(105(2)) 및 수집 편광 제어 요소(105(3)), (e) 공간 필터(223), 및 (f) 그리드(231)를 포함하는 광학 유닛(235), 관심 영역을 통과한 방사선을 그리드(231)로 지향시키기 제1렌즈(232), 그리드(231)로부터 검출기(224)를 향해 광을 지향하기 위한 제2 렌즈를 포함하는 수집 광학계(105)를 포함하는 것으로 예시되어 있다.
- [0065] 광학 유닛(235)은 그리드(231)와 적어도 제2 렌즈(233) 사이의 공간 관계가 그리드(231)로부터 제2 렌즈(233)를 향해 상이한 방사 로브를 지향하도록 변경될 수 있다는 의미에서 구성 가능하다. 도 4는 제1 및 제2 렌즈에 대해 그리드(231)를 회전시킬 수 있는 회전 유닛(238)을 설명한다. 회전 이외의 움직임은 광학 유닛(235)의 요소들 사이의 공간 관계를 변경하는 데 사용될 수 있다.
- [0066] 검출기(224)는 라만 스펙트럼을 생성하도록 구성된다. 검출기(224)는 광학 측정 시스템의 다양한 구성요소/유닛/요소를 제어하도록 구성되고 캘리브레이션 프로세스를 제어하도록 구성될 수 있는 제어 유닛(225)에 결합된다.
- [0067] 도 5는 광학 측정 시스템(200')의 예이다.
- [0068] 측정 시스템(200')은 (a) HWP(209)를 포함하지 않고, (b) 복수 레이저(102')를 포함하고, 그리고 (c) 검출 신호를 처리하기 위한 처리 유닛(234)을 포함한다는 점에서 측정 유닛(200)과 상이하다. 조명 광학계(103)는 복수 레이저로부터의 방사선을 결합하거나 선택하도록 구성될 수 있다. 어떤 경우에는 한 번에 하나의 레이저만 활성화될 수 있다.
- [0069] 도 6은 광학 측정 시스템(200'')의 예이다.

- [0070] 측정 시스템(200")은 복수 레이저(102')를 포함한다는 점에서 측정 유닛(200)과 상이하다. 조명 광학계(103)는 복수 레이저로부터의 방사선을 결합하거나 선택하도록 구성될 수 있다. 어떤 경우에는 한 번에 하나의 레이저만 활성화될 수 있다.
- [0071] 도 7은 광학 측정 시스템(201)의 예를 도시한다.
- [0072] 시스템(201)은 레이저(201), 입구 조리개(203), 거울(204), 제1 조명 렌즈(206), 조명 필드 조리개(207), 제2 조명 렌즈(208), 조명 편광기(209), 빔 스플리터(210), 회전하는 HWP(211)와 같은 HWP, 대물 조리개/후면 초점면(212) 및 대물 렌즈(213)를 포함하는 조명 경로를 포함한다.
- [0073] 수집 경로는 대물 렌즈(213), 대물 조리개 조리개/후면 초점면(212), 샘플(300), 회전 수집 편광기(215), 회전 HWP(211)와 같은 HWP, 제1 수집 렌즈(216), 수집 조리개(217), 제2 수집 렌즈(218), 노치 필터(219), 수집 필드 스톱(220), 회전 웨지 프리즘(221), 웨지 프리즘 회전자(225), 슬릿 렌즈(222), 공간 필터(223)(열리거나 닫힐 수 있는 슬릿일 수 있음, 열린 슬릿의 크기 및/또는 형상이 고정 또는 조정 가능), 광학 유닛(235) 및 검출기(234)를 포함한다.
- [0074] 검출기(234)는 분광기일 수 있다.
- [0075] 도 8은 회전 웨지 프리즘(wedge prism)(221), 회전 웨지 프리즘(221)을 둘러싸는 웨지 프리즘 회전자(225), 회전 웨지 프리즘(221)으로 들어가는 입력 빔(281) 및 회전 웨지 프리즘(221)으로부터 출력되는 출력 빔(282)을 도시한다.
- [0076] 도 8은 또한 회전 웨지 프리즘(221)의 상이한 회전 위치가 주어진 출력 빔의 복수 경로를 예시한다.
- [0077] 도 8은 또한 시스템이 출력 빔을 지향시키는 더 많은 옵션을 제공하는 한 쌍의 회전 웨지 프리즘(221, 221')을 포함할 수 있음을 예시한다. 출력 빔은 두 회전 프리즘을 모두 통과한다.
- [0078] 도 9는 조명 광학계의 일부 요소의 예를 예시한다. 3개의 레이저가 있고 3개의 레이저로부터 방사선을 추가하기 위한 광학 가산기에 의해 종료되는 조명 경로의 3개 섹션이 뒤 이어진다.
- [0079] 3개의 레이저(예를 들어, 적색, 청색 및 녹색 레이저)(102(1)-102(3))에는 조명 경로의 3개의 섹션이 뒤따른다. 조명 경로의 3개 섹션은 3개의 콜리메이터 109(1,1)-109(1,3), 3개의 아이솔레이터 109(2,1)-109(2,3), 3개의 클린업 필터 109(3,1) - 109(3,3) 및 3개의 셔터 109(4,1)-109(4,3)를 포함한다.
- [0080] 3개의 섹션 다음에는 다이크로익 빔 스플리터(109(5,1) - 109(5,3))와 같은 3개의 빔 스플리터를 포함하는 결합기가 오고, 결합기 다음에는 초기 미러(109(5)), 원통형 렌즈(109)(6) 및 2차 미러(204)가 온다.
- [0081] 도 10은 방법(400)의 예를 도시한다.
- [0082] 방법(400)은 (a) 공간 필터에 의해 정의된 관심 영역과 충돌하는 방사선 빔 사이의 오정렬을 찾고, 그리고 (b) 오정렬을 보상하는 충돌 빔의 전파의 보상 경로를 결정하는 단계를 포함할 수 있는 캘리브레이션 프로세스를 광학 측정 시스템에 의해 수행하는 단계(402)에 의해 시작할 수 있다. 상기 충돌하는 방사선 빔은 샘플의 조명된 영역으로부터 방출되고, 충돌 빔은 공간 필터에 충돌한다.
- [0083] 관심 영역은 조명된 영역으로부터의 산란된 방사선이 검출기에 도달하는 것을 차단하도록 형상화되고 크기가 조정된다.
- [0084] 단계(402)는 적어도 하나의 라만 스펙트럼을 분석하는 것을 포함할 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로 - 단계(402)는 라만 스펙트럼의 주파수와 상이한 주파수에서 방사선을 분석하는 것을 포함할 수 있다. 단계(402)의 두 가지 예 사이의 차이점은 수집 경로에 위치한 그리드를 회전시킴을 포함할 수 있다.
- [0085] 단계(402)는 측정 프로세스를 수행하는 단계(404)가 뒤따를 수 있는 반면, 광학 측정 시스템은 하나 이상의 라만 스펙트럼을 제공하기 위해 충돌 빔의 전파의 보상 경로를 제공하도록 구성된다.
- [0086] 단계(404) 다음에 단계(402) 및 (404)의 다음 반복을 시작할지 여부를 결정하는 단계(406)가 뒤따를 수 있으며, 그렇다면 단계(402)로 점프한다.
- [0087] 도 11은 방법(401)의 예를 예시한다.
- [0088] 방법(401)은 충돌 빔을 공간 필터의 다른 위치로 향하게 하는 다른 광학 측정 시스템 구성을 사용하여 타겟을 조명하고, 관심 영역을 통과한 방사선을 감지하여 상이한 테스트 결과를 제공하도록 하며; 그리고 상기 테스트

결과에 기초하여 충돌 빔의 전파의 보상 경로를 결정함에 의해 캘리브레이션 프로세스를 수행하는 단계(403)에 의해 시작할 수 있다.

- [0089] 관심 영역은 조명된 영역으로부터의 산란된 방사선이 검출기에 도달하는 것을 차단하도록 형상 및 크기가 정해질 수 있다.
- [0090] 단계(403)는 선택된 테스트 결과를 제공하기 위해 테스트 결과들 중 하나를 선택하는 단계, 그리고 선택된 테스트 결과에 기초하여 충돌 빔의 전파의 보상 경로를 결정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0091] 단계(403)는 선택된 테스트 결과를 제공하기 위해 테스트 결과 중 가장 높은 강도의 테스트 결과를 선택하는 것을 포함할 수 있다.
- [0092] 상기 결정하는 것은 복수 선택된 테스트 결과를 선택하고, 복수 선택된 테스트 결과에 기초하여 경로를 정의함으로써- 예를 들어, 보간, 외삽 또는 임의의 다른 방법을 사용하여- 보상 경로를 결정하는 것을 포함할 수 있음을 유의해야 한다.
- [0093] 단계(403)는 광학 측정 시스템의 웨지 프리즘을 회전시켜, 일단 적용되면 충돌 빔의 전파의 보상 경로를 통해 충돌 빔을 안내할 웨지 프리즘의 배향을 찾는 것을 포함할 수 있다.
- [0094] 단계(403)는 광학 측정 시스템의 복수 웨지 프리즘을 회전시켜 일단 적용되면 충돌 빔의 전파의 보상 경로를 통해 충돌 빔을 안내할 복수의 웨지 프리즘의 배향 조합을 찾는 것을 포함할 수 있다.
- [0095] 단계(403)는 적어도 하나의 라만 스펙트럼을 분석하는 것을 포함할 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로 - 단계(403)는 라만 스펙트럼의 주파수와 상이한 주파수에서 방사선을 분석함을 포함할 수 있다. 단계(404)의 두 가지 예 사이의 차이점은 수집 경로 내에 위치한 그리드를 회전시킴을 포함할 수 있다.
- [0096] 단계(403)는 다음에 측정 프로세스를 수행하는 단계(404)가 뒤따를 수 있지만, 광학 측정 시스템은 하나 이상의 라만 스펙트럼을 제공하기 위해, 충돌 빔의 전파의 보상 경로를 제공하도록 구성된다.
- [0097] 단계(404) 다음에는 단계(402) 및 (404)의 다음 반복을 시작할지 여부를 결정하는 단계(406)가 뒤따를 수 있으며, 그렇다면 단계(402)로 건너뛸 수 있다.
- [0098] 도 12는 선택적인 라만 분광법을 위한 방법(500)을 예시한다.
- [0099] 방법(500)에는 샘플의 불규칙한 영역의 위치에 대한 불규칙한 영역 정보를 수신하거나 생성하는 단계(510)가 포함될 수 있다.
- [0100] 단계(510) 다음에는 불규칙한 영역 정보에 기초하여 라만 검출기 이전에 적용되는 공간 필터링 프로세스의 적어도 하나의 필터링 파라미터를 결정하는 단계(520)가 뒤따를 수 있다.
- [0101] 단계(520)는 라만 검출기에 선행하는 필터의 공간 구성을 결정함을 포함할 수 있다.
- [0102] 단계(520)는 적어도 하나의 필터링 파라미터 중 적어도 하나가 서로 상이한 복수의 필터 중에서 라만 검출기에 선행하는 필터를 선택함(또는 슬릿 오프닝/폭을 조정함)을 포함할 수 있다.
- [0103] 적어도 하나의 필터링 파라미터는 라만 검출기에 도달하는 광선의 양을 포함할 수 있으며, 여기서 불규칙한 영역을 조명할 때 라만 검출기에 도달하는 광선의 양은 규칙적인 영역을 조명할 때 라만 검출기에 도달하는 광선의 양보다 낮다.
- [0104] 적어도 하나의 필터링 파라미터는 라만 검출기에 선행하는 필터 내에 형성된 오프닝의 면적을 포함할 수 있으며, 여기서 불규칙한 영역을 조명할 때 필터 내에 형성된 오프닝의 면적은 규칙적인 영역을 조명할 때 필터 내에 형성된 오프닝의 면적보다 작다.
- [0105] 적어도 하나의 필터링 파라미터는 라만 검출기에 선행하는 필터 내에 형성된 오프닝의 형상을 포함할 수 있으며, 여기서 불규칙한 영역을 조명할 때 필터 내에 형성된 오프닝은 규칙적인 영역을 조명하는 때 필터 내에 형성된 오프닝 보다 좁다.
- [0106] (a) 규칙적인 영역의 규칙적인 요소에 대한 라만 검출기에 선행하는 필터에 형성된 이미지가 (b) 필터 에 형성된 불규칙한 영역의 불규칙한 요소에 대한 이미지보다 좁은 경우, 필터 내에 형성된 오프닝의 너비를 불규칙한 요소의 이미지 폭보다 얇게 설정한다.
- [0107] 단계(520)는 불규칙한 요소의 이미지의 폭을 초과하도록 오프닝의 폭을 설정하는 것을 포함할 수 있다.

- [0108] 단계(520) 다음에는 필터링 파라미터를 적용하면서 복수 샘플 사이트의 라만 스펙트럼을 획득하는 단계(530)가 뒤따를 수 있다.
- [0109] 단계(530)은 불규칙한 영역을 조명할 때 불규칙한 영역에 맞는 적어도 하나의 필터링 파라미터를 적용하고 규칙적인 영역을 조명할 때 규칙적인 영역에 맞는 적어도 하나의 필터링 파라미터를 적용하는 것을 포함할 수 있다.
- [0110] 필터링 파라미터를 수신 또는 결정하고, 불규칙한 영역을 조명할 때 불규칙한 영역에 맞는 적어도 하나의 필터링 파라미터를 적용하고, 규칙적인 영역을 조명할 때 규칙적인 영역에 맞는 적어도 하나의 필터링 파라미터를 적용하는 단계를 포함하는 방법이 제공될 수 있다. .
- [0111] 도 13은 패드(602) 및 패드 주변(604)의 조명의 예를 도시한다.
- [0112] 패드(602) 및 그 주변(604)은 타원형 스폿을 형성하는 방사선의 스캐닝 빔에 의해 조명된다. 스폿(614)은 주변만을 조명하고 스폿(610)은 패드만을 조명한다. 스폿(610 및 614)은 레귤러 영역을 조명하고 레귤러 영역과 관련된 적어도 하나의 필터링 파라미터가 수집 중에 적용된다.
- [0113] 스폿(612)은 패드의 에지를 조명하고 패드와 그 주변 모두에 조명이 비춰진다. 스폿은 불규칙한 영역을 조명하고 불규칙한 영역과 관련된 하나 이상의 필터링 파라미터가 수집 중에 적용된다.
- [0114] 도 13은 또한 큰 오프닝(632)(정규 영역과 관련된 적어도 하나의 필터링 파라미터)를 갖는 필터 상의 스폿(610)의 이미지(622)를 예시한다.
- [0115] 도 13은 좁은 오프닝(630)(불규칙한 영역과 관련된 적어도 하나의 필터링 파라미터)를 갖는 필터 상의 스폿(612)의 이미지(620)를 더 예시한다.
- [0116] 좁은 오프닝(630)은 이미지(620)보다 좁을 수 있으며, 이미지(622) 보다는 더 넓을 수 있다(또는 대략 동일할 수 있음).
- [0117] 도 14는 규칙적 및 불규칙적 영역에 대한 조명의 예를 예시한다.
- [0118] 스폿(730)은 규칙적인 영역(730)을 조명할 때 뒤틀리지 않는다.
- [0119] 비아(732)의 에지 영역 및 그 주변(733)과 같은 불규칙한 영역을 조명하거나 슬릿(734)을 포함하는 비아 주변을 조명할 때 스폿(731)이 뒤틀린다.
- [0120] 방사선의 분석 및/또는 검출기의 검출 신호로부터 라만 스펙트럼의 생성 및/또는 물체의 특징을 결정하기 위한 라만 스펙트럼의 분석이 적어도 부분적으로 광학 측정 시스템에 속하지 않는 제어기 및/또는 처리 회로에 의해 수행될 수 있으며, 조명 및/또는 수집 경로로부터 원격으로 위치될 수 있다.
- [0121] 동일한 기능을 달성하기 위한 구성요소의 임의의 배열은 원하는 기능이 달성되도록 효과적으로 "연관"된다. 따라서, 특정 기능을 달성하기 위해 결합된 임의의 2개의 구성요소는 아키텍처 또는 중간 구성요소와 상관없이 원하는 기능이 달성되도록 서로 "연관된" 것으로 보일 수 있다. 마찬가지로, 그렇게 연관된 임의의 두 구성요소는 원하는 기능을 달성하기 위해 서로 "작동 가능하게 연결"되거나 "작동 가능하게 결합"된 것으로 볼 수 있다.
- [0122] 더욱이, 당업자는 위에서 설명된 동작들 사이의 경계가 단지 예시적이라는 것을 인식할 것이다. 여러 작업을 단일 작업으로 결합할 수 있다. 단일 작업은 추가 작업으로 분산될 수 있으며 작업은 시간이 적어도 부분적으로 중첩되어 실행될 수 있다. 더욱이, 대안적인 실시 예는 복수 동작 인스턴스를 포함할 수 있고, 동작의 순서는 다양한 다른 실시 예에서 변경될 수 있다.
- [0123] 또한 일 예로서, 한 실시 예에서, 설명된 실시 예가 단일 집적 회로 상에 또는 동일한 디바이스 내에 위치한 회로로서 구현될 수 있다. 대안적으로, 실시 예는 적절한 방식으로 서로 상호 접속된 임의의 수의 개별 집적 회로 또는 개별 디바이스로서 구현될 수 있다.
- [0124] 또한 예를 들어, 실시 예 또는 그 일부는 임의의 적절한 유형의 하드웨어 기술 언어에서와 같이 물리적 회로 또는 물리적 회로로 변환 가능한 논리적 표현의 소프트 또는 코드 표현으로 구현될 수 있다.
- [0125] 그러나, 다른 수정, 변형 및 대안도 가능하다. 따라서 본원 명세서 및 도면은 제한적인 의미가 아니라 예시적인 것으로 간주되어야 한다.
- [0126] 청구범위에서, 괄호로 표시된 도면 부호는 청구범위를 제한하는 것으로 해석되어서는 안 된다. '포함하는'이라는 단어는 청구 범위에 나열된 것 외에 다른 요소 또는 단계의 존재를 배제하지 않는다. 또한, 본 명세서에서

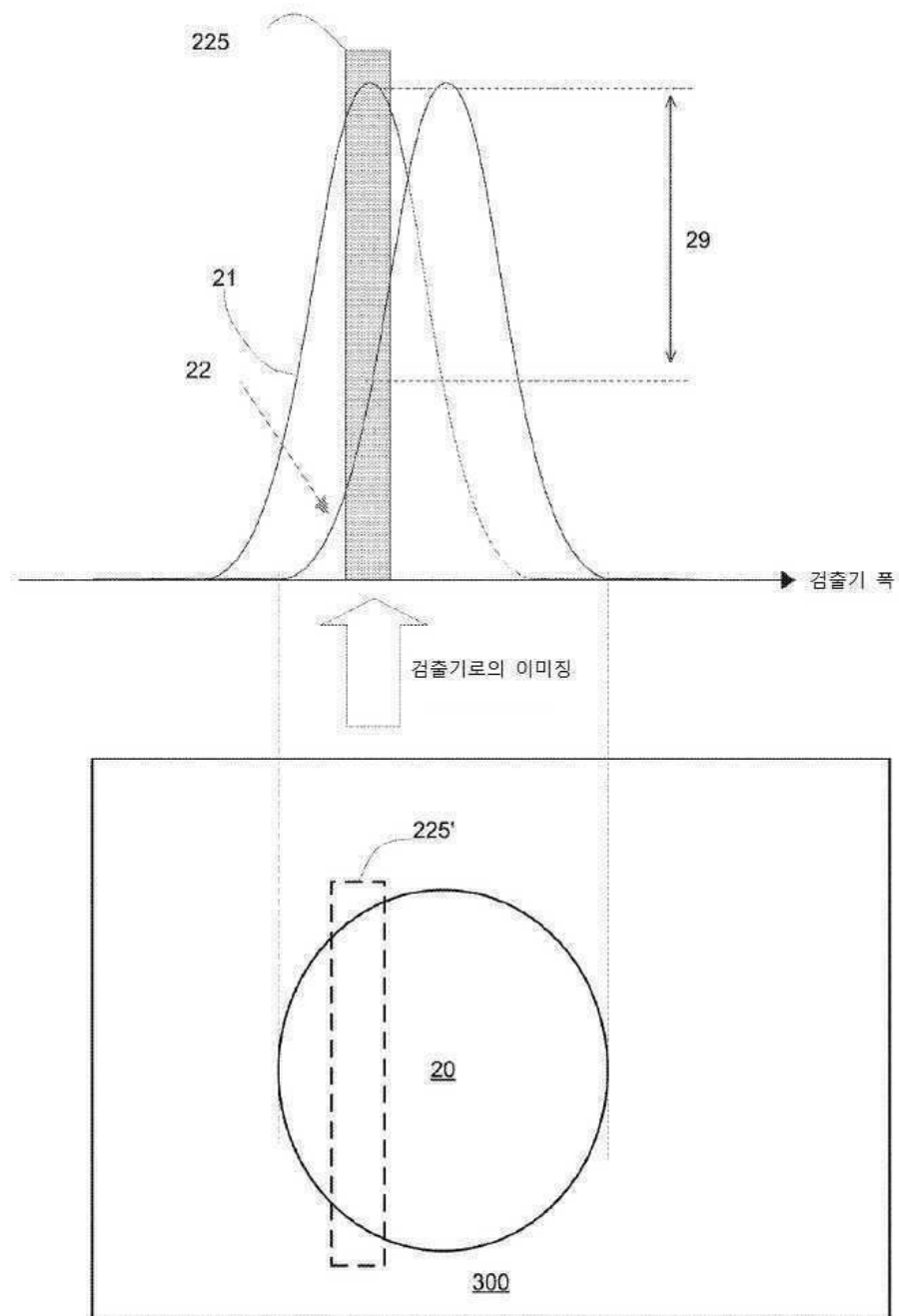
사용된 용어 "a" 또는 "an"은 하나 또는 하나 이상으로 정의된다. 또한, 청구범위에서 "적어도 하나" 및 "하나 이상"과 같은 도입 문구의 사용은, 동일한 청구 항에 "하나 이상" 또는 "적어도 하나"라는 도입 구와 "a" 또는 "an"과 같은 부정관사가 포함된 경우에도, 부정관사 "a" 또는 "an"에 의한 다른 청구 항 요소의 도입이 이러한 도입된 청구 항 요소를 포함하는 임의의 특정 항목을 한가지 그와 같은 요소만을 포함하는 발명으로 제한한다는 의미로 해석되어서는 안 된다. 정관사를 사용하는 경우에도 마찬가지이다. 달리 명시되지 않는 한 "제1" 및 "제2"와 같은 용어는 해당 용어가 설명하는 요소를 임의로 구분하기 위해 사용된다. 따라서 이러한 용어는 반드시 해당 요소의 시간적 또는 기타 우선 순위를 나타내는 것은 아니다. 특정 조치가 서로 다른 주장에 인용되어 있다고 해서 이러한 조치의 조합이 유리하게 사용될 수 없다는 것을 나타내지는 않는다.

[0127] 본 발명의 특정 특징이 여기에서 예시되고 설명되었지만, 본 발명에 대한 많은 수정, 대체, 변경 및 균등물이 가능함을 당업자가 이해할 것이다. 따라서, 첨부된 청구범위는 본 발명의 진정한 정신에 속하는 모든 수정 및 변경을 포함하도록 의도된 것으로 이해되어야 한다.

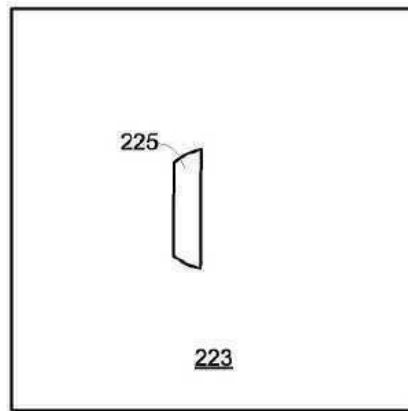
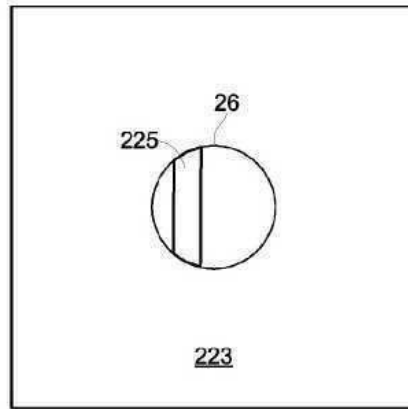
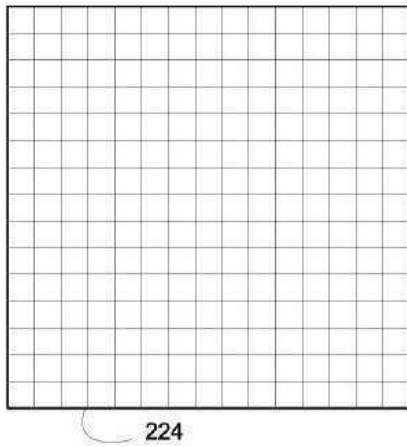
[0128] "포함하는", "구성되는", "갖는", "이루어진" 및 "본질적으로 구성되는"이라는 용어는 상호교환 가능한 방식으로 사용된다. 예를 들어, 임의의 방법은 적어도 도면 및/또는 명세서에 포함된 단계, 도면 및/또는 명세서에 포함된 단계만 포함할 수 있다.

도면

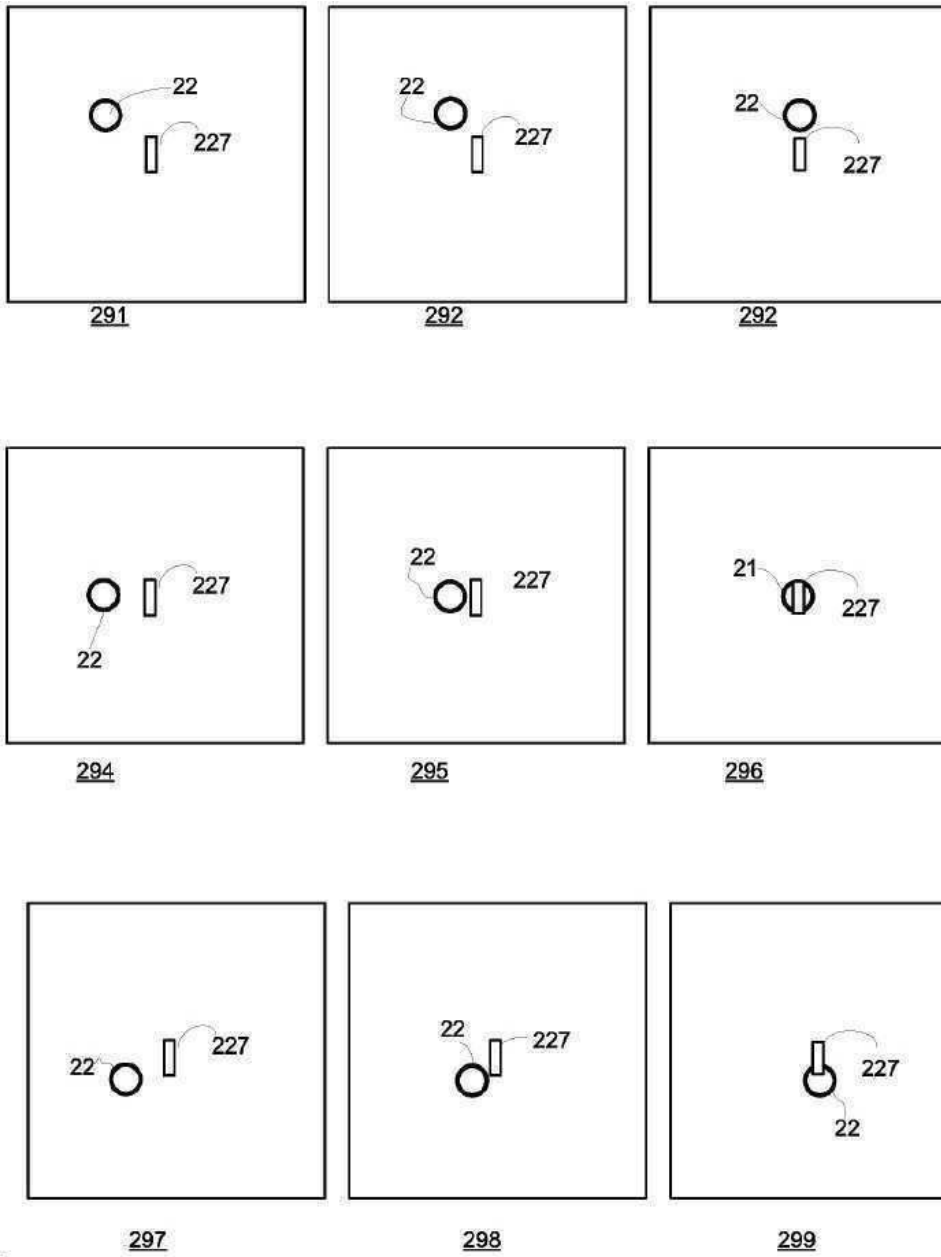
도면1



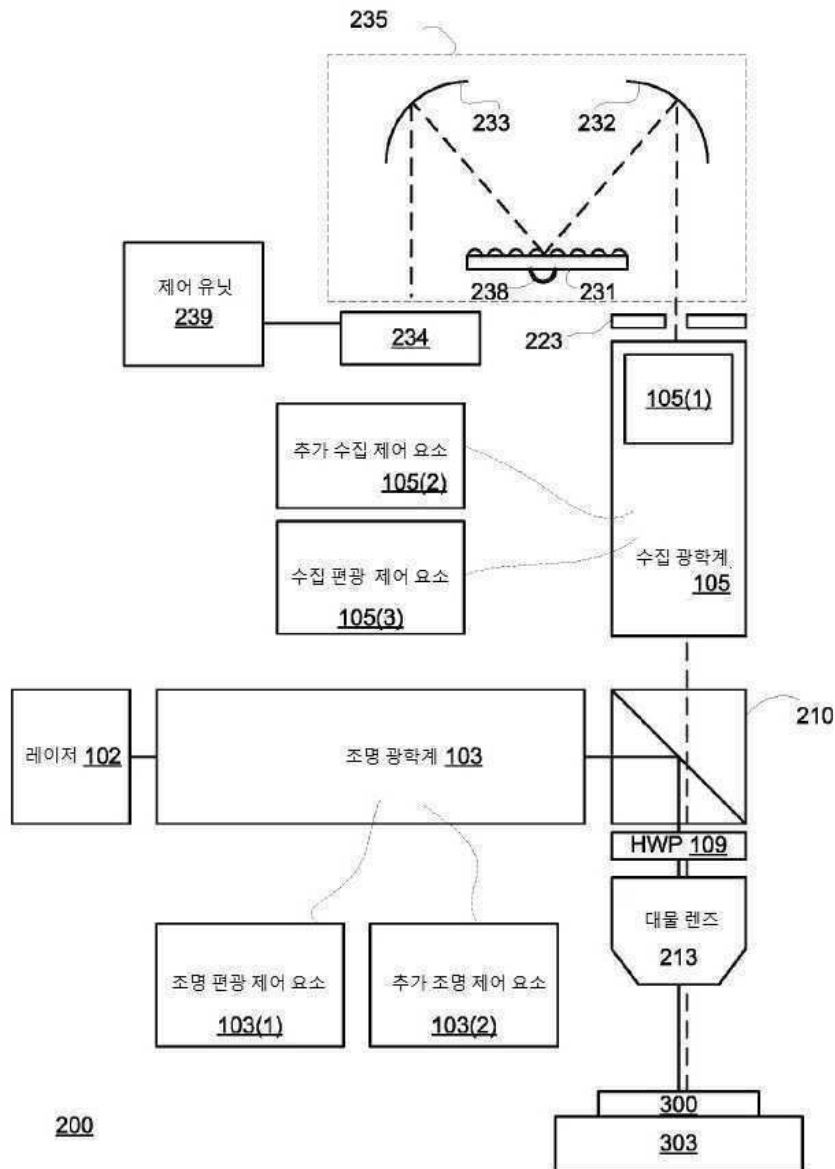
도면2



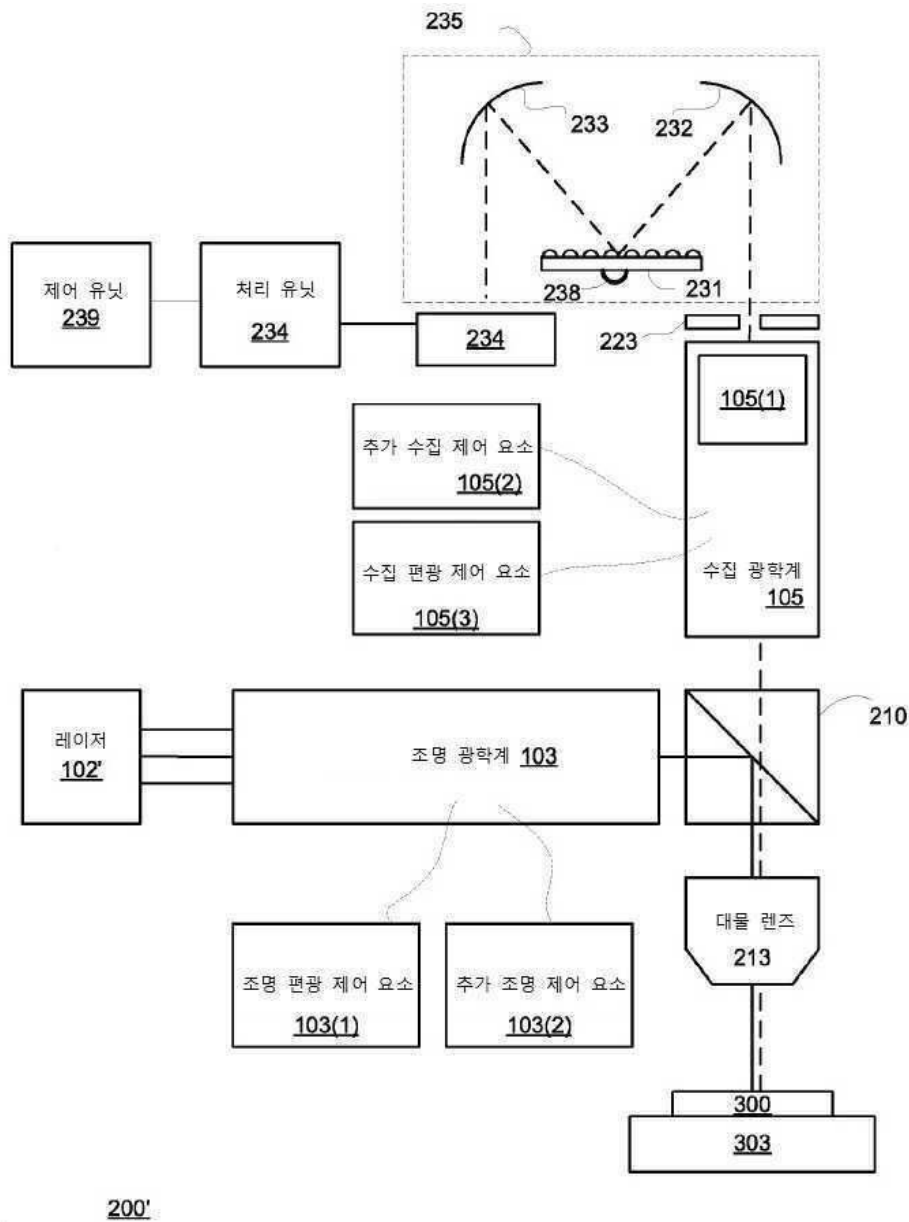
도면3



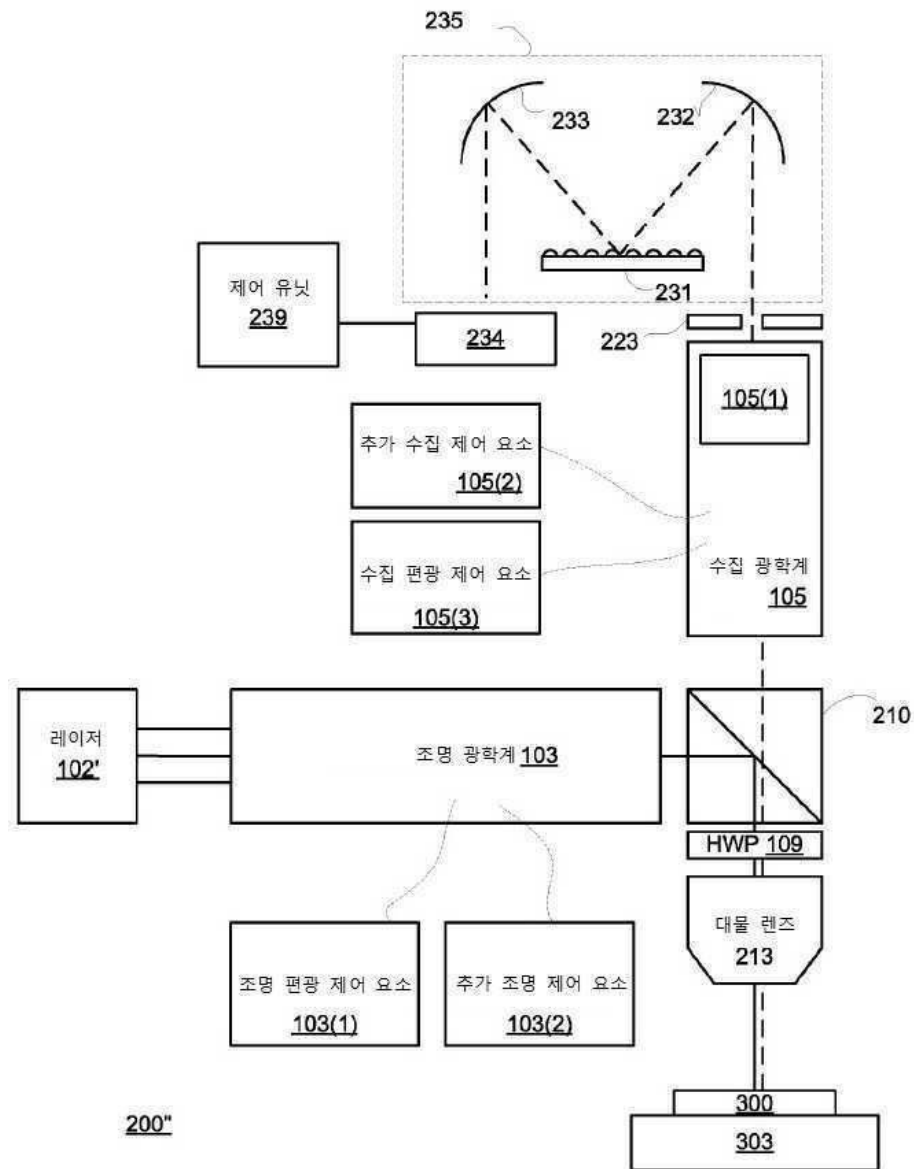
도면4



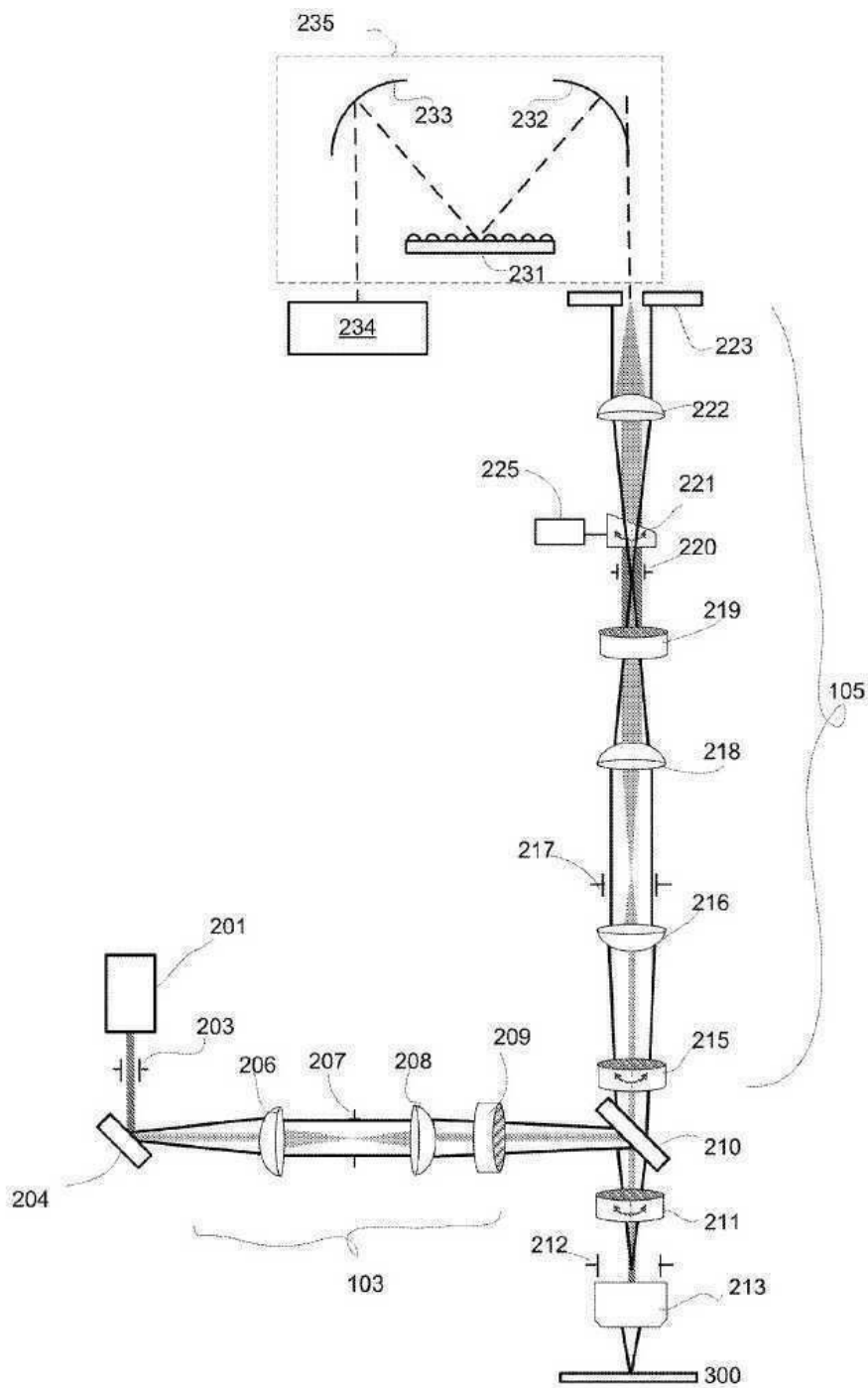
도면5



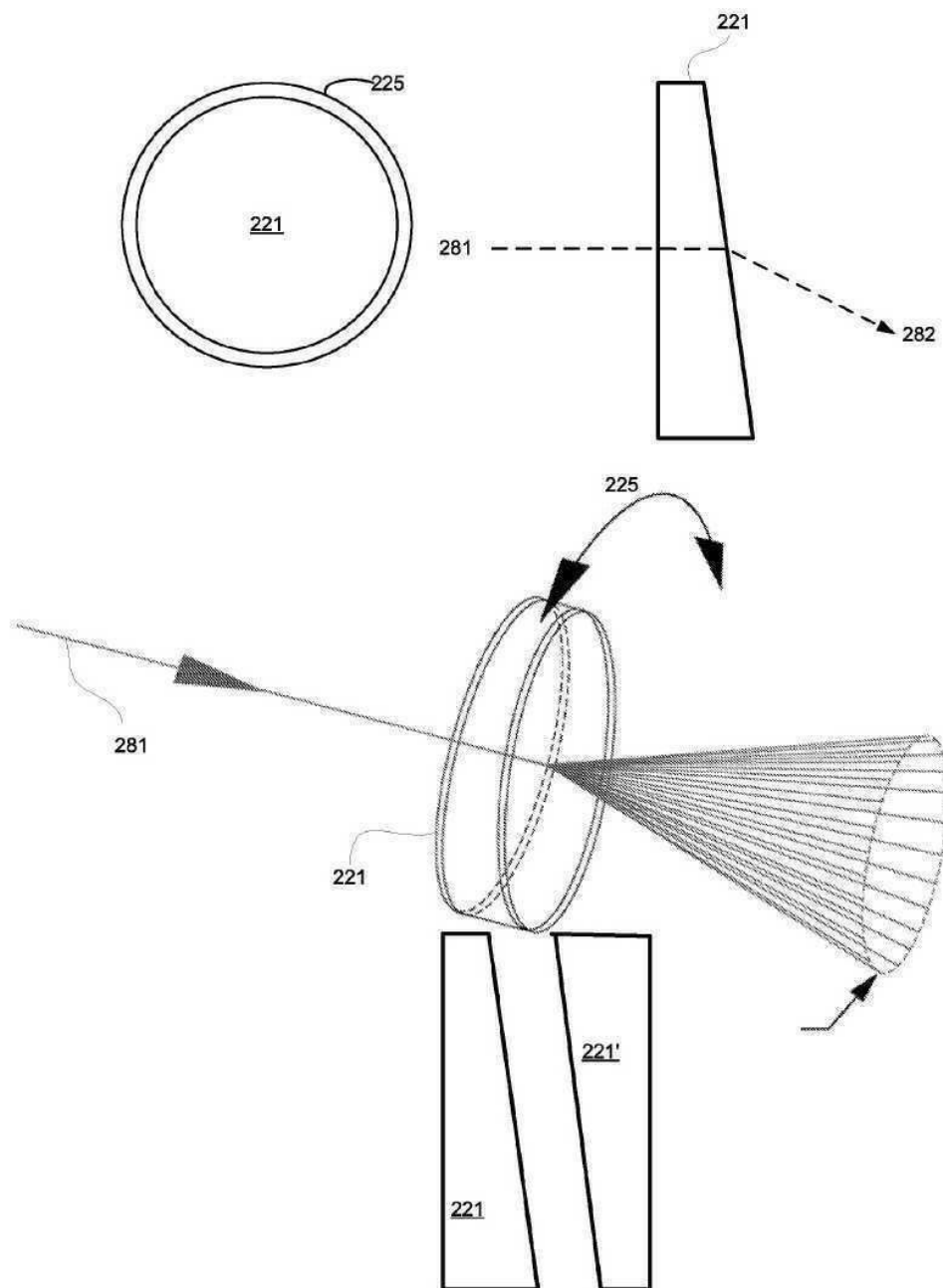
도면6



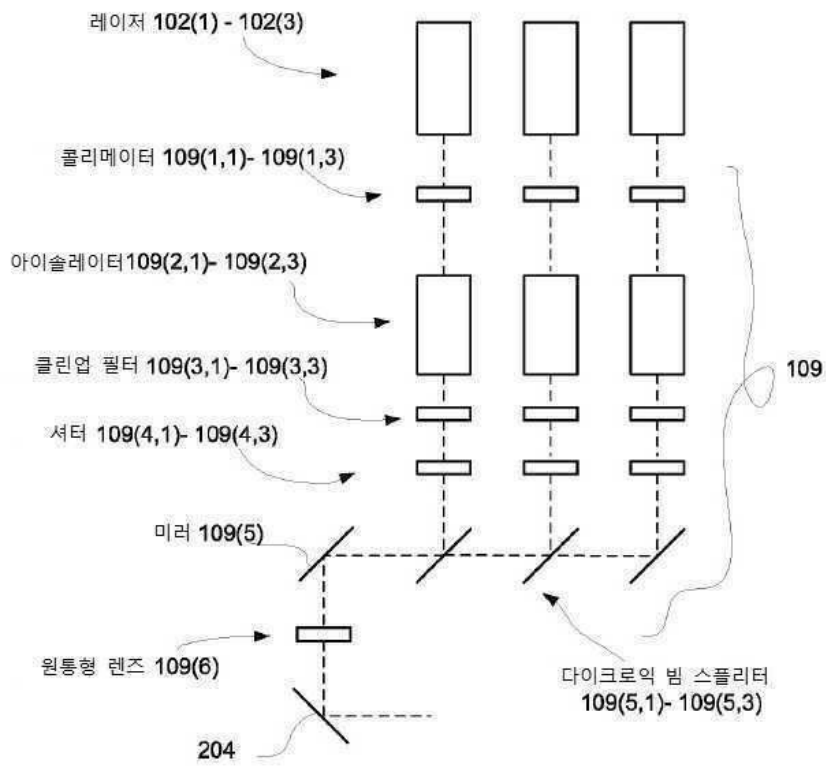
도면7



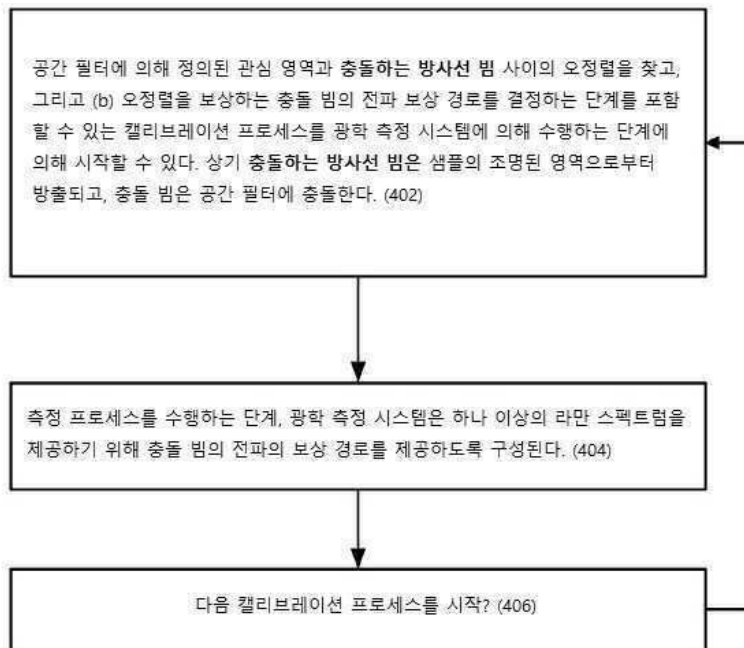
도면8



도면9



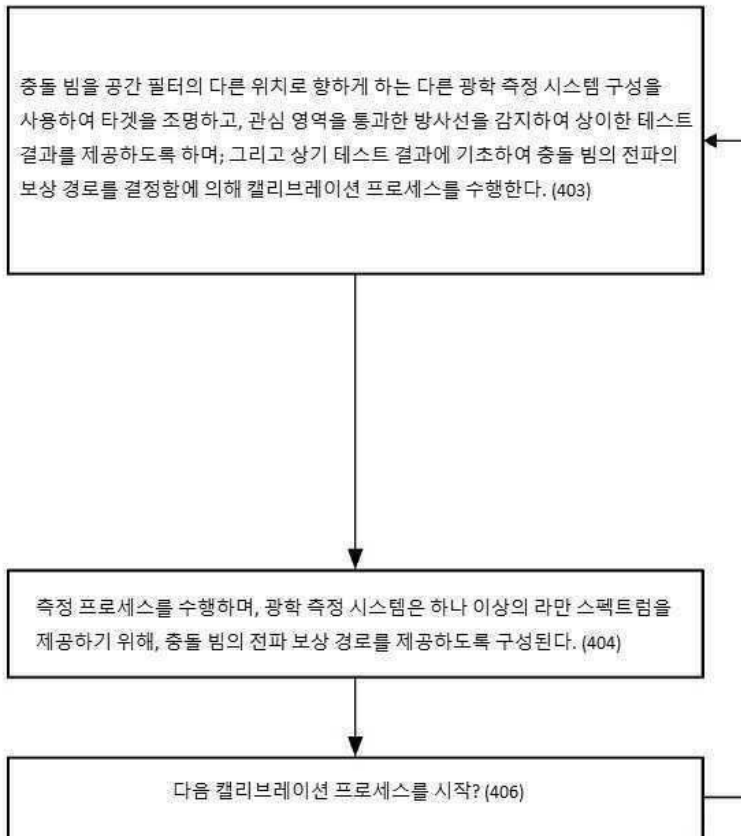
도면10



400

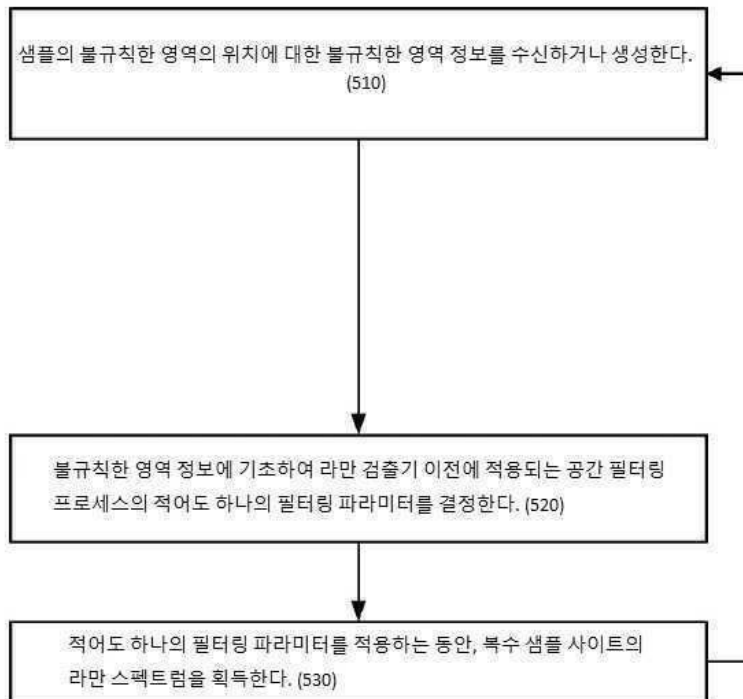
21

도면11



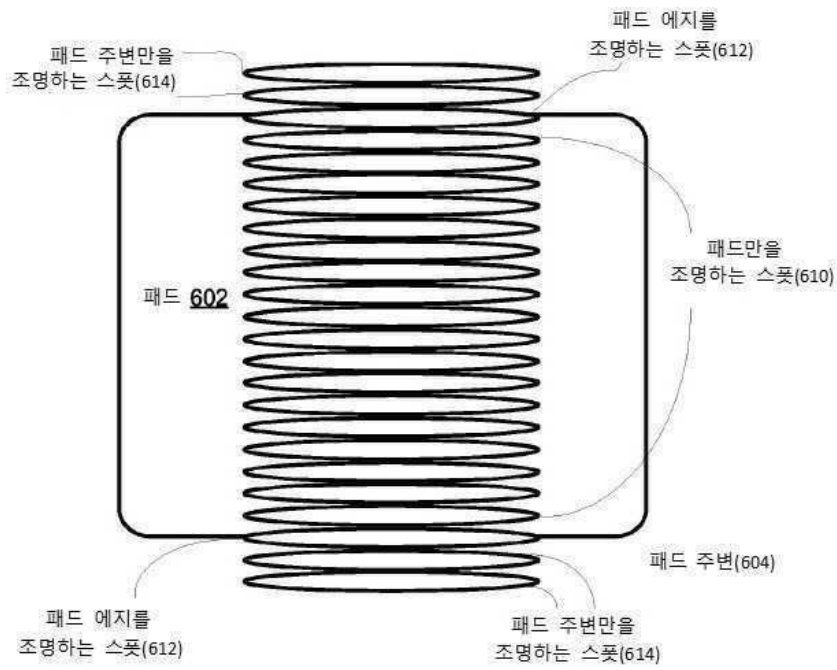
401

도면12



500

도면13



도면14

