(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년04월08일
(11) 등록번호 10-2792848
(24) 등록일자 2025년04월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 21/36 (2006.01) *G01J 3/02* (2006.01)
G01Q 60/22 (2010.01) *G02B 21/02* (2006.01)
G02B 21/16 (2006.01) *G02B 27/02* (2022.01)
G02B 27/58 (2006.01) *G02B 3/00* (2022.01)
G02B 7/02 (2021.01) *G02F 1/1335* (2019.01)
(52) CPC특허분류
G02B 21/361 (2013.01)
G01J 3/0208 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-7002664
(22) 출원일자(국제) 2018년06월28일
심사청구일자 2021년06월25일
(85) 번역문제출일자 2020년01월28일
(65) 공개번호 10-2020-0019748
(43) 공개일자 2020년02월24일
(86) 국제출원번호 PCT/GB2018/051816
(87) 국제공개번호 WO 2019/002873
국제공개일자 2019년01월03일
(30) 우선권주장
1710324.3 2017년06월28일 영국(GB)
(56) 선행기술조사문헌
JP11177123 A*
Optics Communications 404 (2017) 32-41*
KR1020080064912 A
KR101458890 B1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
엘아이지 나노와이즈 리미티드
영국 비1 2에이에프 웨스트 미드랜즈 버밍엄 파라다이스 스트리트 38 아파트먼트 13 씨/오 퀸즈 컬리지 체임버스
(72) 발명자
스터네스쿠 소린
영국 비1 2에이에프 웨스트 미드랜즈 버밍엄 파라다이스 스트리트 38 아파트먼트 13 씨/오 퀸즈 컬리지 체임버스
빌랑 세바스티앙
영국 비1 2에이에프 웨스트 미드랜즈 버밍엄 파라다이스 스트리트 38 아파트먼트 13 씨/오 퀸즈 컬리지 체임버스
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 19 항 심사관 : 김희진

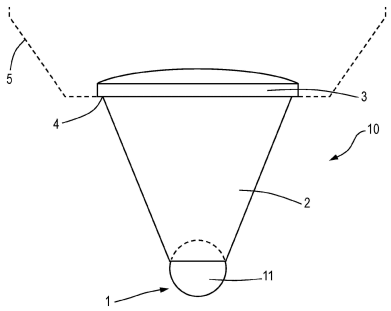
(54) 발명의 명칭 **미세구 렌즈 어셈블리**

(57) 요 약

미세구 렌즈 어셈블리(10)는, 미세구 렌즈(1)를 베이스 렌즈(3)에 상대적으로 고정된 위치에서 홀딩하는 광투명 재료(2)의 칼럼에 의해 서로 연결되는 미세구 렌즈(1) 및 베이스 렌즈(3)를 포함한다. 미세구 렌즈(1)가 베이스 렌즈(3)에 상대적으로 정확한 위치에 고정된다면, 어셈블리(10)는 고분해능 현미경 검사 및/또는 기계가공을 수

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



행하기 위하여 적합한 현미경과 조합되어 사용될 수 있다.

(52) CPC특허분류
G01Q 60/22 (2013.01)
G02B 21/02 (2013.01)
G02B 21/16 (2013.01)
G02B 27/02 (2022.01)
G02B 27/58 (2013.01)
G02B 3/0056 (2013.01)
G02B 3/0068 (2013.01)
G02B 7/025 (2013.01)
G02F 1/133526 (2021.01)

(72) 발명자
고 칭 쭈
영국 비1 2에이에프 웨스트 미드랜즈 버밍엄 파라다이스 스트리트 38 아파트먼트 13 씨/오 퀸즈 컬리지 체임버스

리 린
영국 비1 2에이에프 웨스트 미드랜즈 버밍엄 파라다이스 스트리트 38 아파트먼트 13 씨/오 퀸즈 컬리지 체임버스

명 세 서

청구범위

청구항 1

미세구 렌즈 어셈블리로서,

베이스 렌즈;

미세구 렌즈; 및

상기 베이스 렌즈의 전면으로부터 상기 미세구 렌즈까지 연장되는 광투명 재료의 칼럼(column)

을 포함하고,

상기 미세구 렌즈는 상기 광투명 재료의 칼럼에 의해 상기 베이스 렌즈에 고정되고,

상기 칼럼은, 상기 베이스 렌즈의 전면으로부터 상기 미세구 렌즈의 에지까지 연장되는 실질적으로 원뿔형 형태를 갖는, 미세구 렌즈 어셈블리.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 미세구 렌즈는 미세구(microsphere) 또는 절단된(truncated) 미세구를 포함하는, 미세구 렌즈 어셈블리.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 미세구 렌즈는 미세구들의 어레이 또는 절단된 미세구들의 어레이를 포함하는, 미세구 렌즈 어셈블리.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광투명 재료는 접착제 또는 레진을 포함하고, 상기 광투명 재료는 UV 경화성인, 미세구 렌즈 어셈블리.

청구항 5

미세구 렌즈 어셈블리를 구성하는 방법으로서,

베이스 렌즈를 현미경에 부착하는 단계;

미세구 렌즈를 샘플 상에 제공하는 단계;

상기 베이스 렌즈와 상기 미세구 렌즈 사이에 광투명 및 UV 경화성 재료를 적용하는 단계;

상기 미세구 렌즈가 상기 베이스 렌즈의 관측 시야의 중앙에 있고 상기 샘플이 정초점(in focus)이 되는 지점까지, 상기 베이스 렌즈와 상기 미세구 렌즈 사이의 이격 거리를 조절하는 단계;

상기 베이스 렌즈의 뒷면을 UV 광으로 조명하는 단계; 및

상기 샘플로부터 상기 베이스 렌즈를 분리하는 단계를 포함하는, 미세구 렌즈 어셈블리 구성 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 방법은,

상기 베이스 렌즈의 뒷면을 UV 광으로 조명한 후에, 과잉 광투명 재료를 세척 제거하는 단계, 및

세척 후에 상기 광투명 재료를 추가적 UV 광에 노출시켜, 경화를 완료하는 단계를 포함하는, 미세구 렌즈 어셈

블리 구성 방법.

청구항 7

제5항 또는 제6항에 있어서,

상기 미세구 렌즈는 단일 미세구 또는 미세구들의 어레이를 포함하는, 미세구 렌즈 어셈블리 구성 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

미세구 어레이는, 물에 복수 개의 미세구의 현탁물(suspension)을 제공하고, 물이 기화되게 함으로써 형성되는, 미세구 렌즈 어셈블리 구성 방법.

청구항 9

제5항 또는 제6항에 있어서,

상기 방법은,

상기 미세구 렌즈를 절단하는 단계를 포함하는, 미세구 렌즈 어셈블리 구성 방법.

청구항 10

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 따른 미세구 렌즈 어셈블리를 포함하는, 대물 렌즈.

청구항 11

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 따른 미세구 렌즈 어셈블리를 포함하는, 대물 렌즈 배열체.

청구항 12

고분해능 현미경 검사 장치로서,

현미경; 및

제10항에 따른 대물 렌즈를 포함하는, 고분해능 현미경 검사 장치.

청구항 13

고분해능 현미경 검사 장치로서,

현미경; 및

제11항에 따른 대물 렌즈 배열체를 포함하는, 고분해능 현미경 검사 장치.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 장치에는, 상기 미세구 렌즈 어셈블리를 통과하도록 정렬되는 기계가공용(machining) 레이저 빔 소스가 제공되는, 고분해능 현미경 검사 장치.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 장치에는, 상기 미세구 렌즈 어셈블리를 통과하도록 정렬되는 기계가공용 레이저 빔 소스가 제공되는, 고분해능 현미경 검사 장치.

청구항 16

제12항에 따라 현미경을 활용하는 고분해능 현미경 관찰 방법으로서,

샘플을 제공하는 단계;

상기 샘플에 상대적으로 상기 미세구 렌즈 어셈블리를 위치시키는 단계; 및

상기 샘플의 하나 이상의 이미지를 캡처하는 단계를 포함하는, 고분해능 현미경 관찰 방법.

청구항 17

제13항에 따라 현미경을 활용하는 고분해능 현미경 관찰 방법으로서,

샘플을 제공하는 단계;

상기 샘플에 상대적으로 상기 미세구 렌즈 어셈블리를 위치시키는 단계; 및

상기 샘플의 하나 이상의 이미지를 캡처하는 단계를 포함하는, 고분해능 현미경 관찰 방법.

청구항 18

제14항에 따라 현미경을 활용하여 기계가공하는 방법으로서,

상기 방법은,

샘플을 제공하는 단계;

상기 샘플에 상대적으로 상기 미세구 렌즈 어셈블리를 위치시키는 단계;

기계가공용 레이저 빔이 상기 미세구 렌즈 어셈블리를 통과하도록 정렬된 기계가공용 레이저 빔 소스를 제공하는 단계; 및

상기 샘플의 타겟 표면을 상기 기계가공용 레이저 빔에 노출시킴으로써, 상기 샘플의 타겟 표면을 기계가공하는 단계를 포함하는, 기계가공 방법.

청구항 19

제15항에 따라 현미경을 활용하여 기계가공하는 방법으로서,

상기 방법은,

샘플을 제공하는 단계;

상기 샘플에 상대적으로 상기 미세구 렌즈 어셈블리를 위치시키는 단계;

기계가공용 레이저 빔이 상기 미세구 렌즈 어셈블리를 통과하도록 정렬된 기계가공용 레이저 빔 소스를 제공하는 단계; 및

상기 샘플의 타겟 표면을 상기 기계가공용 레이저 빔에 노출시킴으로써, 상기 샘플의 타겟 표면을 기계가공하는 단계를 포함하는, 기계가공 방법.

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 미세구 렌즈 어셈블리에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 미세구가 현미경의 대물 렌즈에 부착되는 미세구 렌즈 어셈블리에 관련된다. 또한, 본 발명은 이러한 미세구 렌즈 어셈블리의 제조와 용도에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 종래의 광학적 미세 이미징 분해능은, 원거리장 회절 한계 때문에 가시 광 스펙트럼 내에서 약 200 ㎚의 이론적 한계를 가진다. 결과적으로, 종래의 광학적 미세 이미징은 이러한 한계보다 작은 구조체, 예를 들어 살아 있는

바이러스(통상적으로 5-150 nm이고 일부는 300 nm에 달함)를 가지는 피사체를 이미징하기 위해서는 적합하지 않다. 광학적 회절 한계를 넘어서는 이러한 구조체를 이미징하기 위해서, 다른 기법들이 사용되어 왔다.

[0003] 특별히 준비된 죽은 바이러스 구조체를 진공에서 매우 높은 분해능(10 nm)으로 이미징하기 위하여 흔히 투과 전자 현미경 검사(TEM) 및 스캐닝 전자 현미경 검사(SEM)가 사용된다. 이러한 기법은 복잡한 샘플 준비를 필요로 하고, 생체내 이미징 및 측정에는 적합하지 않다(전자 빔이 살아 있는 세포, 바이러스 등에 영향을 줌).

[0004] 원자력 현미경(AFM)은 접촉 프로브에 의해서 작은 피쳐 샘플을 양호하게 이미징하는 것을 제안한다. 샘플은 AFM의 팁에 의해 쉽게 손상될 수 있다. 더욱이, 이러한 기법은 실제 이미지가 아니라 재구성된 이미징을 제공한다.

[0005] 자극 방출 결핍(Stimulated emission depletion; STED) 형광 현미경 검사법은 광학적 회절 한계를 넘는 셀룰러 구조체, 박테리아 및 바이러스를, 6 nm까지 이미징하기 위해서 최근에 구축된 방법이다. 이러한 기법은, 형광 시료가 특정 파장의 레이저 광에 의해 여기될 때 그로부터 방출되는 광을 검출하고 상이한 파장의 다른 레이저 광을 사용하여 형광 구역 중 일부를 스위칭 오프하는 것에 기반한다. STED 형광 현미경은 더 양호한 분해능을 제공하지만, 이러한 샘플 역시 복잡한 준비가 필요한데(형광 레이블링), 이것은 생물체 이미징을 위해서 언제나 적합한 것은 아닐 수 있다. 형광 이미징 기법은 주로 유기물 샘플에 대하여 양호한 결과를 제공한다. 그러나, 높은 분해능의 경우, 이러한 기법은 광표백(photo bleaching)이라는 장애물을 만나게 되고, 이것이 광 노출의 최소 노출 시간을 수 십 초로 제한한다.

[0006] 최근에, 대물 렌즈와 샘플 사이에 위치된 미세구들(microspheres)의 어레이를 사용하는 고분해능 이미징이 시연되었다. 이러한 어레이에서 사용되는 미세구는 통상적으로 직경이 대략 10㎛이다. 미세구를 사용하면 "원거리장" 영역에서 상이한 굴절률을 가지는 두 상이한 매질의 경계에 전재하는 에버네슨트 파가 캡쳐될 수 있다. 이러한 에버네슨트 파는 높은 공간 주파수 서브-파장 정보를 소지하고, 거리에 따라 지수적으로 감쇠된다. 그러므로, 표면에 가까운 미세구들이 종래의 대물 렌즈보다 상기 에버네슨트 파를 검출하는 데에 있어서 더 효과적이다.

[0007] CN102305776B는 렌즈로서 사용되고, 타겟과 접촉하거나, 이미징을 위하여 타겟으로부터 100 nm미만의 이격 거리를 가지는, 1- 9 um 직경의 미세구를 개시한다. 이미징된 타겟은 금속성이거나 금으로 코팅되어야 한다(반도체 재료의 경우). 측정 메커니즘은 금속과 비-금속 사이에서 발생하는 표면 플라즈몬(plasmon)을 검출하는 것에 기반한다. 미세구 홀더는 두 타입을 가진다: 상단에서 약 8 ㎛ 및 하단에서 2.8 ㎛이고 UV 경화성 접착제를 사용하여 구를 세팅하도록 실리콘인 테이퍼된 홀; 및 미세구를 UV 경화성 접착제를 사용하여 고정하는 투명 유리 팁. 이러한 구조는 특별히 견실하거나 현존하는 현미경에 맞춤 준비되도록 적응되지 않는다. 더욱이, 미세구는 대물 렌즈에 부착되지 않고, 따라서 대물 렌즈의 광축에 정렬하는 것이 보장되지 않는다.

[0008] WO2015/025174A1은 호스트 재료(탄성중합체 또는 유리 또는 플라스틱) 내에 임베딩되고 작업편 상에 배치된 미세구들의 어레이를 개시한다. 이러한 렌즈들의 시트는 이미징을 위해서 재사용가능할 수 있다. 미세구 어레이는 제조하기가 어려울 수 있고, 다소 예민하며 쉽게 손상된다. 이러한 작은 미세구를 사용하면 이미지의 왜곡이 증가되고 관측 시야가 더 제한된다는 어려움도 생긴다. 더욱이, 미세구는 대물 렌즈에 부착되지 않고, 따라서 대물 렌즈의 광축에 정렬하는 것이 보장되지 않는다.

[0009] 고분해능 이미징 장치는 레이저 기반 마이크로 제작에서 사용되도록 적응될 수도 있다. 이러한 기법에서, 제작 분해능은 포커싱된 레이저 빔 스폿의 크기에 의해 제한된다. 이것은 대략 레이저 파장의 절반이고, 따라서 서브-파장 피쳐를 기계가공하는 것은 어렵다. 종래의 노력들의 결과, 고-분해능 이미징 또는 서브-파장 레이저 기계가공을 위해서 타겟 표면 상에 분포된 미세구들을 사용하는 것이 시연되었다. 실용적인 기계가공 기법을 위해서는, 미세구는 기계가공 타겟 상에 배치되어서는 안 된다. 따라서, 이러한 기법 역시, 간단하고 견실하며 정확한 위치설정이 가능하고 현존하는 현미경에 맞춤 준비가 된 탑재 장치가 필요할 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 그러므로 본 발명의 목적은 위의 문제점 중 일부를 적어도 부분적으로 극복하거나 완화시키는 고분해능 현미경 검사 및/또는 미세-기계가공을 가능하게 하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 제 1 양태에 따르면, 미세구 렌즈 어셈블리로서, 베이스 렌즈; 미세구 렌즈; 및 상기 베이스 렌즈의 전면으로부터 상기 미세구 렌즈까지 연장되는 광투명 재료의 칼럼(column)을 포함하는, 미세구 렌즈 어셈블리가 제공된다.

[0012] 상기 어셈블리는 현미경의 대물 렌즈로서 또는 대물 렌즈 배열체의 전방 렌즈로서 활용될 수 있다. 따라서, 이러한 어셈블리는 현미경이 고분해능 현미경 검사 및 레이저 미세-기계가공을 위해 사용될 수 있게 한다. 미세구 렌즈를 칼럼에 의하여 베이스 렌즈에 고정하면, 미세구 렌즈가 베이스 렌즈로부터 고정된 거리에 정확하게 위치되고 사용 시에 최적의 성능을 위해서 광축에 정렬되게 한다. 미세구 렌즈를 제 자리에 고정하면, 간단하고 견실한 부착 구조도 제공된다. 이러한 시스템은 금속성 및 비-금속성 타겟 재료 양자 모두를 위하여 적합하고, 특히 생물학적 샘플(예를 들어, 세포)을 이미징하고 처리하기 위해 적합하다.

[0013] 본 발명의 목적을 위하여, 광투명 재료는 가시 광에 투명하거나 실질적으로 투명하다.

[0014] 미세구 렌즈는 미세구 또는 절단된 미세구(truncated microsphere)를 포함할 수 있다. 절단된 미세구가 아니라 미세구를 사용하면 분해능이 증가되지만 왜곡도 증가된다. 의문 여지를 없애기 위하여, 절단된 미세구는 광축에 수직인 평면에 의해 절단된 미세구를 포함한다. 일부 실시예들에서, 절단된 미세구는 반구를 포함할 수 있다.

[0015] 일부 실시예들에서, 미세구 렌즈는 미세구들의 어레이를 포함할 수 있다. 미세구 어레이는, 비한정적으로 자기-조립(self-assembly)을 포함하는 임의의 적합한 방법에 의해 형성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 미세구 렌즈는 절단된 미세구들의 어레이를 포함할 수 있다. 이러한 절단된 미세구는 반구를 포함할 수 있다.

[0016] 미세구 렌즈를 포함하는 미세구(들)는 1-1000 ㎛의 범위에 속하는 직경을 가질 수 있다. 일 실시예에서, 미세구는 90-106 ㎛의 범위에 속하는 직경을 가질 수 있다. 특히, 미세구는 약 100㎛의 직경을 가질 수 있다. 다른 실시예에서, 미세구는 5-15 ㎛의 범위에 속하는 직경을 가질 수 있다.

[0017] 미세구 렌즈를 포함하는 미세구(들)는 1.5 - 4의 범위에 속하는 굴절률을 가질 수 있다. 일 실시예에서, 미세구는 1.55-2.4의 범위에 속하는 굴절률을 가질 수 있다. 특히, 미세구 렌즈는 약 1.9 - 2.2의 굴절률을 가질 수 있다.

[0018] 미세구 렌즈를 포함하는 미세구(들)는, 비한정적으로 바륨 티탄산($BaTiO_3$), 폴리스티렌, 실리카(SiO_2), 다이아몬드, 사파이어(Al_2O_3), 티타늄 이산화물, 입방 산화지르코늄, 아연 산화물, 실리콘, 게르마늄, 갈륨 인화물, 및 갈륨 비소 또는 기타 등등을 포함하는 임의의 적합한 재료로 형성될 수 있다.

[0019] 광투명 재료는 유리 또는 적합한 플라스틱을 포함할 수 있다. 이러한 실시예에서, 광투명 재료는 비한정적으로 몰딩 또는 기계가공을 포함하는 적합한 기법에 의해서 컬럼으로 사전성형될 수 있다. 이러한 실시예에서, 사전성형된 칼럼은 적합한 접착제에 의해 베이스 렌즈 및 미세구 렌즈에 부착될 수 있다. 적합한 접착제는 NOA 81, MY-132, MY132A 등을 포함할 수 있다.

[0020] 광투명 재료는 접착제 또는 레진을 포함할 수 있다. 바람직하게는, 광투명 재료는 UV 경화성이다. 광투명 재료가 접착제인 경우, 이것은 NOA 81, MY-132, MY132A 등과 같은 접착제를 포함할 수 있다.

[0021] 광투명 재료의 칼럼의 기하학적 구조는 미세구 렌즈 및 베이스 렌즈의 상대적인 광학적 속성 및 치수에 의해 결정된다. 특히, 광투명 재료의 칼럼의 기하학적 구조는, 기계가공 목적으로 샘플을 이미징하거나 샘플에 광을 포커싱하기 위하여, 미세구 렌즈가 전체로서 샘플로부터의 광을 포커싱할 수 있도록 선택된다. 바람직한 실시예들에서, 상기 칼럼은, 상기 베이스 렌즈의 에지로부터 상기 미세구 렌즈의 에지까지 연장된다. 미세구 렌즈가 통상적으로 베이스 렌즈보다 좁기 때문에, 칼럼은 테이퍼된 칼럼일 수 있다. 칼럼의 테이퍼링은 일정할 수 있고 또는 변할 수도 있다.

[0022] 본 발명의 제 2 양태에 따르면, 미세구 렌즈 어셈블리를 구성하는 방법으로서, 베이스 렌즈를 현미경에 부착하는 단계; 미세구 렌즈를 샘플 상에 제공하는 단계; 상기 베이스 렌즈와 상기 미세구 렌즈 사이에 광투명 및 UV 경화성 재료를 적용하는 단계; 상기 미세구 렌즈가 상기 베이스 렌즈의 관측 시야의 중앙에 있고 상기 샘플이 정초점(in focus)이 되는 지점까지, 상기 미세구 렌즈와 상기 베이스 렌즈의 이격 거리를 조절하는 단계; 상기 베이스 렌즈의 뒷면을 UV 광으로 조명하는 단계; 및 상기 샘플로부터 상기 베이스 렌즈를 분리하는 단계를 포함하는, 미세구 렌즈 어셈블리 구성 방법이 제공된다.

[0023] 본 발명의 제 2 양태의 방법은 본 발명의 제 1 양태의 특징 중 임의의 것 또는 전부를 소망됨에 따라 또는 적절

하게 포함할 수 있다.

[0024] 상기 방법은 고분해능 현미경 검사를 위한 효과적인 미세구 렌즈 어셈블리의 간단한 구조를 제공한다. 중심을 맞추고 포커싱하면, 미세구 렌즈가 베이스 렌즈에 관련하여 요구되는 위치에 위치되게 보장된다. 중심이 맞춰지고 포커싱된 미세구 렌즈를 UV 광으로 조명하면, 광투명 재료의 칼럼이 그 끝에 미세구가 있는 상태로 경화되게 된다. 샘플로부터의 베이스 렌즈의 이격 거리에 의하여, 미세구 렌즈 및 칼럼이 샘플로부터 이동될 수 있다.

[0025] 바람직한 실시예에서, 샘플은 알려진 샘플이다. 특히, 샘플은 전용화된 교정 샘플일 수 있다.

[0026] 상기 방법은, 상기 베이스 렌즈의 뒷면을 UV 광으로 조명한 후에, 과잉 광투명 재료를 세척 제거하는 단계를 포함할 수 있다. 세척은 적합한 섬유 또는 조직을 사용하여 과잉 재료를 닦아내는 것을 비한정적으로 포함하는 임의의 적합한 프로세스에 의해 달성될 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 세척은 적합한 용매를 사용하는 것을 수반할 수 있다. 선택되는 특정한 용매는 선택되는 특정한 광투명 재료에 따라 변경될 수 있다. 적합한 용매는 이소프로판올, 수산화나트륨(바람직하게는 희석됨), 수산화칼륨(바람직하게는 희석됨) 등을 포함할 수도 있지만 그것들로 제한되지는 않는다.

[0027] 일부 경우에, 베이스 렌즈의 뒷면을 UV 광으로 조명해도 광투명 재료가 완전하게 경화되지는 않는다. 이러한 경우에, 상기 방법은, 상기 광투명 재료를 추가적 UV 광에 노출시켜, 경화를 완료하는 단계를 포함할 수 있다. 이러한 추가적인 UV 노출은 세척 후에 일어나는 것이 바람직하다. 추가적 UV 노출은 외부 광원에 의해 제공될 수 있다.

[0028] 일부 실시예들에서, 미세구 렌즈는 단일 미세구를 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 미세구 렌즈는 미세구들의 어레이를 포함할 수 있다. 미세구 어레이는, 비한정적으로 자기-조립(self-assembly)을 포함하는 임의의 적합한 방법에 의해 형성될 수 있다. 자기 어셈블리는, 물에 복수 개의 미세구의 현탁물(suspension)을 제공하고, 물이 기화하게 하는 단계를 수반할 수 있다. 후속하여, 자기-조립은 접착제를 미세구들의 어레이에 도포하여 미세구를 제 자리에 고정하는 것을 수반할 수 있다. 일부 실시예들에서, 접착제는 후속하여 경화될 수 있다. 경화는 UV 광에 노출하는 것 또는 임의의 다른 적합한 프로세스를 수반할 수 있다.

[0029] 상기 방법은 미세구 렌즈를 절단(truncate)하는 추가적 단계를 포함할 수 있다. 절단은 어셈블리가 형성된 이후에 일어나는 것이 바람직하다. 절단은 임의의 적합한 프로세스를 사용함으로써 달성될 수 있다. 일 실시예에서, 절단은, 포커싱된 이온 빔(FIB) 시스템을 사용하여, 상기 미세구 렌즈를 포함하는 미세구(들)를 요구되는 거리에서 잘라냄으로써 달성될 수 있다. 다른 실시예에서, 절단은, 요구되는 절단이 달성될 때까지, 상기 미세구 렌즈를 포함하는 미세구(들)를 밀링함으로써 달성될 수 있다. 밀링은 다이아몬드 페이스트가 제공된 밀링 스테이지를 사용하여 수행될 수 있다. 연마된 절단된 표면을 보존하기 위하여 다양하고 상이한 다이아몬드 페이스트들이 연속적으로 도포될 수 있다.

[0030] 본 발명의 제 3 양태에 따르면, 본 발명의 제 1 양태에 따른 제 1 양태 of를 포함하는 미세구 렌즈 어셈블리가 제공된다.

[0031] 본 발명의 제 3 양태의 대물 렌즈 또는 대물 렌즈 배열체는, 요구되는 바에 따라 또는 적합한 경우 본 발명의 두 가지 처음 양태의 임의의 피쳐 또는 모든 피쳐를 포함할 수 있다.

[0032] 본 발명의 제 4 양태에 따르면, 현미경; 및 본 발명의 제 3 양태에 따른 대물 렌즈 또는 대물 렌즈 배열체를 포함하는 고분해능 현미경 검사 장치가 제공된다.

[0033] 본 발명의 제 4 양태의 장치는 본 발명의 처음 세 가지 양태의 특징 중 임의의 것 또는 전부를 소망됨에 따라 또는 적절하게 포함할 수 있다.

[0034] 이러한 장치는 샘플을 조명하기 위한 광을 생성하도록 동작가능한 조명 수단을 포함할 수 있다. 생성된 광은 요구되거나 소망되는 바에 따라 흑백 또는 광대역 스펙트럼일 수 있다. 조명 수단은 샘플을 반사 또는 투과 모드에서 조명하도록 동작가능할 수 있다. 조명 수단이 반사식으로 샘플을 조명하도록 동작가능한 실시예들에서, 장치에는 조명 수단과 미세구 렌즈 어셈블리 사이에 제한된 애퍼쳐가 제공될 수 있다. 제한된 애퍼쳐는 조명의 좁은 빔을 제공하도록 동작가능할 수 있고, 이를 통하여 분해능이 개선된다.

[0035] 장치에는 샘플의 이미지를 대물 렌즈를 통해 보이는 바에 따라 캡쳐하도록 동작가능한 이미징 디바이스가 제공될 수 있다. 통상적으로, 이미징 디바이스는 CCD(전하 결합 소자) 어레이와 같은 광학적 감지 어레이를 포함할

수 있다.

[0036] 이미징 수단은 캡쳐된 이미지를 처리하도록 동작가능한 이미지 처리 수단에 연결될 수 있다. 처리는 미세구 렌즈의 에지를 향해 생기는 방사상(pincushion) 왜곡을 제거하기 위한 처리를 포함할 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 처리는 필터링, 쉐도우 제거, 에지 검출, 반전, 또는 기타 등등과 같은 다른 단계를 포함할 수 있다.

[0037] 장치는, 샘플이 미세구 렌즈 어셈블리를 통해 관찰될 수 있도록 그 위에 위치될 수 있는 샘플 마운트를 포함할 수 있다. 샘플 마운트는 미세구 렌즈 어셈블리와 샘플 사이의 이격 거리를 제어하도록 변경하게끔 동작가능할 수 있다. 샘플 마운트는, 상기 미세구 렌즈 어셈블리에 상대적인 샘플의 위치를 상기 미세구 렌즈 어셈블리의 광축에 수직인 평면에서 변경하도록 제어하도록 변경하게끔 동작가능할 수 있다. 이러한 경우에, 샘플 마운트는 스캐닝 스테이지를 포함할 수 있다. 그러면, 미세구 렌즈 어셈블리에 상대적인 샘플의 스캐닝이 가능해져서, 샘플의 더 넓은 면적이 이미징될 수 있게 된다.

[0038] 장치는 다수의 대물 렌즈를 포함할 수 있다. 이러한 경우에, 샘플은 상기 대물 렌즈들 사이에서 스위칭하기 위한 수단을 포함할 수 있다. 이러한 실시예에서, 각각의 대물 렌즈는 미세구 렌즈 어셈블리를 포함할 수 있다.

[0039] 또는, 각각의 대물 렌즈는 대물 렌즈가 제거되거나 교체될 수 있도록 적응될 수 있다. 대안적으로, 상기 또는 각각의 대물 렌즈 배열체는 전방 렌즈가 제거되거나 교체될 수 있도록 적응될 수 있다.

[0040] 장치에는 기계가공용(machining) 레이저 빔 소스가 제공될 수 있다. 기계가공용 레이저 빔은 미세구 렌즈 어셈블리를 통과하도록 정렬될 수 있다. 그러면 타겟 표면의 미세가공을 위한 장치가 사용될 수 있게 된다. 특히, 그러면 타겟 표면의 서브파장(subwavelength) 레이저 가공이 가능해질 수 있다.

[0041] 본 발명의 제 5 양태에 따르면, 본 발명의 제 4 양태에 따른 현미경을 활용하는 고분해능 현미경 관찰 방법으로서, 샘플을 제공하는 단계; 상기 샘플에 상대적으로 상기 미세구 렌즈 어셈블리를 위치시키는 단계; 및 상기 샘플의 하나 이상의 이미지를 캡쳐하는 단계를 포함하는, 고분해능 현미경 관찰 방법이 제공된다.

[0042] 본 발명의 제 5 양태의 방법은 본 발명의 앞선 양태들의 특징 중 임의의 것 또는 전부를 소망됨에 따라 또는 적절하게 포함할 수 있다.

[0043] 이러한 방법은 미세구 렌즈 어셈블리와 샘플 사이의 이격 거리를 변경하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 방법은, 상기 미세구 렌즈 어셈블리에 상대적인 샘플의 위치를 상기 미세구 렌즈 어셈블리의 광축에 수직인 평면에서 변경하는 단계를 포함할 수 있다. 특히, 상기 방법은 미세구 렌즈 어셈블리에 상대적으로 샘플을 스캐닝하는 단계를 수반할 수 있다. 그러면 샘플의 더 넓은 면적이 이미징될 수 있게 된다.

[0044] 상기 방법은 미세구 렌즈 어셈블리와 샘플 사이에 유체를 도입하는 것을 포함할 수 있다. 유체는 샘플에 도포됨으로써 도입될 수 있다.

[0045] 상기 방법은 캡쳐된 이미지를 처리하는 것을 포함할 수 있다. 특히, 상기 방법은 방사상 왜곡을 제거하도록 처리하는 것을 포함할 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 상기 방법은 필터링, 쉐도우 제거, 에지 검출, 반전, 또는 기타 등등과 같은 다른 단계를 포함할 수 있다.

[0046] 상기 방법은 샘플을 가공하는 추가적 단계를 포함할 수 있다. 이러한 가공은, 기계가공용 레이저 빔이 상기 미세구 렌즈 어셈블리를 통과하도록 정렬된 기계가공용 레이저 빔 소스를 제공하는 것; 및 샘플의 타겟 표면을 기계가공용 레이저 빔에 노출시킴으로써, 샘플의 타겟 표면을 기계가공하는 것에 의해 달성될 수 있다. 기계가공은 이미징과 동시에 일어날 수 있다.

[0047] 본 발명의 제 6 양태에 따르면, 본 발명의 제 4 양태에 따른 현미경을 활용하여 기계가공하는 방법으로서, 샘플을 제공하는 단계; 상기 샘플에 상대적으로 상기 미세구 렌즈 어셈블리를 위치시키는 단계; 기계가공용 레이저 빔이 상기 미세구 렌즈 어셈블리를 통과하도록 정렬된 기계가공용 레이저 빔 소스를 제공하는 단계; 및 상기 샘플의 타겟 표면을 상기 기계가공용 레이저 빔에 노출시킴으로써, 상기 샘플의 타겟 표면을 기계가공하는 단계를 포함하는, 방법이 제공된다.

[0048] 본 발명의 제 6 양태의 방법은 본 발명의 앞선 양태들의 특징 중 임의의 것 또는 전부를 소망됨에 따라 또는 적절하게 포함할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0049] 일 예로서 본 발명이 명확하게 이해될 수도 있게 하기 위하여, 실시예들이 이제 첨부 도면들을 단지 참조하여 예를 들어서 설명될 것이다:

도 1은 본 발명에 따른, 단일 미세구를 포함하는 현미경용 미세구 렌즈 어셈블리의 일 실시예를 도시한다;

도 2는 도 1에 따른 미세구 렌즈 어셈블리를 대물 렌즈 배열체 내에 피팅하는 것을 개략적으로 도시한다;

도 3은 도 1에 따른 미세구 렌즈 어셈블리의 제작의 일련의 단계를 개략적으로 도시한다;

도 4는 본 발명에 따른, 하나의 절단된 미세구를 포함하는 현미경용 미세구 렌즈 어셈블리의 대안적인 실시예를 도시한다;

도 5는 도 4의 미세구 어셈블리에서 사용하기 위한 절단된 미세구를 예시한다;

도 6은 본 발명에 따른, 미세구들의 어레이를 포함하는 현미경용 미세구 렌즈 어셈블리의 일 실시예를 도시한다; 그리고

도 7은 본 발명에 따른, 절단된 미세구들의 어레이를 포함하는 현미경용 미세구 렌즈 어셈블리의 일 실시예를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0050] 도 1로 돌아가면, 현미경에 사용하기 위한 미세구 렌즈 어셈블리(10)가 도시된다. 미세구 렌즈 어셈블리(10)는 광투명 재료의 칼럼(2)에 의해 서로 연결되는 미세구 렌즈(1) 및 베이스 렌즈(3)를 포함한다. 도 1에 도시되는 예에서, 미세구 렌즈(1)는 단일 미세구(11)의 형태이다.

[0051] 광투명 재료의 칼럼(2)은 미세구 렌즈(1)를 베이스 렌즈(3)에 상대적으로 고정된 위치에 홀딩한다. 미세구 렌즈(1)가 베이스 렌즈(3)에 상대적으로 정확한 위치에 고정된다면, 어셈블리(10)는 고분해능 현미경 검사 및/또는 기계가공을 수행하기 위하여 적합한 현미경과 조합되어 사용될 수 있다.

[0052] 실용적 구현형태의 경우, 베이스 렌즈(3)는 현미경의 대물 렌즈 또는 대물 렌즈 배열체의 전방 렌즈를 포함한다. 바람직한 실시예에서, 도 2에 도시되는 바와 같이, 베이스 렌즈(3)는 대물 렌즈 배열체(6)의 착탈식 전방 렌즈이다. 이러한 렌즈 배열체(6)는 통상적으로 하우징(7) 내에서 서로에 대해 고정된 이격 거리에 피팅된 일련의 선택된 렌즈를 포함할 수 있다. 전방 렌즈 마운트(5)는 하우징(7)에 분리가능하도록 부착될 수 있는데, 분리가능한 부착은 스크류 쓰레드 등에 의해 이루어진다. 그러면 전방 렌즈가 세척을 위해 제거될 수 있고 및/또는 전방 렌즈가 손상을 입은 경우 교체될 수 있게 된다. 이것은 전체 대물 렌즈 배열체(6)를 보수 또는 교체하는 것보다 저렴하고 더 간단하다.

[0053] 이러한 예에서, 전방 렌즈 마운트(5)는 베이스 렌즈(3)를, 또한 따라서 렌즈 어셈블리(10)를 마운트 내에 분리가능하게 보유하도록, 베이스 렌즈(3)의 에지(4)와 결속되게 적응된다. 따라서, 렌즈 어셈블리(10)가 손상을 입으면 보수 또는 교체를 위해 제거될 수 있다.

[0054] 이제 도 3a 내지 도 3f를 보면, 도 1의 렌즈 어셈블리의 제조 방법이 개략적으로 예시된다. 이러한 예에서는 단일 미세구(11)를 포함하는 미세구 렌즈(10)가 알려진 샘플(30) 상에 배치된다. 샘플은 현미경(20)의 스캐닝 스테이지(21) 상에 배치된다. 미세구 렌즈 어셈블리(10)가 피팅되는 대물 렌즈(22)가 선택된다. 대물 렌즈(22)는 하우징(7) 내에 도 2에 도시된 바와 같은 대물 렌즈 배열체(6)를 포함하고, 미세구 어셈블리의 베이스 렌즈(3)를 형성할 착탈식 전방 렌즈(3)를 가진다. 대물 렌즈(22) 및 스캐닝 스테이지는 이러한 과정에서, 미세구 렌즈(10)를 대물 렌즈(22)의 관측 시야에 중심잡게 하고, 대물 렌즈(22) 및 미세구 렌즈(10) 양자 모두를 통해 관찰되는 샘플(30)의 일부가 초점이 맞도록 대물 렌즈(22)를 포커싱하기 위하여 조절될 수 있다.

[0055] 도 3b에 도시되는 바와 같이, 광투명 UV 경화성 접착제(또는 레진)(40)가 전방 렌즈(3)와 미세구 렌즈(1) 사이에 도포된다. 그러면 접착제의 보디(41)가 도 3c에 도시되는 바와 같이 전방 렌즈(3)와 미세구 렌즈(1) 사이에 형성된다. 선택된 접착제(40)는 완료된 어셈블리가 사용될 이미징(또는 기계가공)의 타입에 적합한 속성을 가져야 한다. 예를 들어, 어셈블리(10)가 형광 이미징을 수행하기 위해서 사용되어야 한다면, 접착제(40)는 매우 양호한 UV 투명도를 가져야 한다. 이와 유사하게, 어셈블리(10)가 상대적으로 높은 굴절률(예컨대, 1.5 이상)을 사용하는 이미징 또는 기계가공을 수행하기 위해 사용되어야 한다면, 미세구 렌즈(1), 접착제(40)는 매우 양호한 IR 투명도를 가져야 한다.

[0056] 이러한 단계에서, 대물 렌즈(22) 및 스캐닝 스테이지(21)의 최종적 조절이, 미세구 렌즈(10)를 대물 렌즈(22)의

관측 시야에 중심잡게 하고, 대물 렌즈(22) 및 미세구 렌즈(10) 양자 모두를 통해 관찰되는 샘플(30)의 일부가 초점이 맞도록 대물 렌즈(22)를 포커싱하기 위하여 수행된다. 상기 최종 조절이 완료된 후에, 베이스 렌즈(3)의 후면을 조명하기 위하여 UV 광원(50)이 사용된다. 도 3d에 도시되는 체적인 예에서, UV 광원은 현미경(20)의 접안 렌즈(23)에 위치된다. 더 통상적인 실시예에서는, 샘플을 조명하기 위하여 UV 광원이 카메라 포트(미도시) 또는 다른 포트에 커플링될 수 있다.

[0057] 광원(50)으로부터 나온 UV 광은, 대물 렌즈 배열체(6)와 조합된 베이스 렌즈(3)에 의하여 미세구 렌즈(1)에 의해 포커싱된다. UV 광은 도 3e에 도시되는 바와 같이 보디(41) 내의 칼럼(2)을 경화시킨다. UV 광 노출의 지속기간 및 세기는 보디(41)를 형성하도록 선택된 UV 접착제의 속성에 따라 달라질 것이다. 칼럼(2)의 기하학적 구조는 베이스 렌즈(3)의 광학적 속성에 의해 규정된다. 통상적으로, 칼럼(2)은 베이스 렌즈(3)의 에지와 미세구 렌즈(1)의 에지 사이에서 테이퍼되는 실질적으로 원뿔형 형태를 가진다.

[0058] 칼럼(2)이 형성된 후에, 보디(41)의 나머지를 형성하는 경화된 재료는 제거되어 미세구 어셈블리(10)를 남길 수 있다. 통상적으로, 용매를 사용한 세척에 의해서 과잉 광투명 재료가 제거될 수 있다. 그러면, 칼럼(2)은 연장된 시간 기간동안 제 2 UV 광원(55)에 의해 조명되어 도 3f에 도시되는 바와 같은 추가적 경화를 겪을 수 있다. 후속하여, 칼럼(2) 및/또는 미세구 렌즈(1)는 소망되거나 요구되는 바에 따라 추가적 세척 및 연마를 선택적으로 겪을 수 있다.

[0059] 따라서, 상기 방법은 고분해능 현미경 검사 또는 기계가공을 위한 미세구 렌즈 어셈블리(10)의 간단하고 효과적인 구조를 제공한다. 프로세스가 상대적으로 간단하기 때문에, 이러한 프로세스를 사용하여 여분의 베이스 렌즈(3)를 이용해 여러 미세구 렌즈 어셈블리(10)를 형성하는 것이 가능하다. 그러면 사용 중에 손상된 어셈블리(10)를 쉽게 교체할 수 있게 된다. 추가적으로 또는 대안적으로, 베이스 렌즈(3) 및 미세구 렌즈(1)의 상이한 조합으로부터 여러 미세구 렌즈 어셈블리(10)를 형성하는 것이 가능해진다. 그러면, 상이한 샘플을 이미징 또는 기계가공하기 위해 최적화된 속성을 가지는 상이한 미세구 렌즈 어셈블리(10)를 형성할 수 있게 된다.

[0060] 예를 들어, 도 4에 도시되는 바와 같이, 미세구 렌즈 어셈블리(10)의 미세구 렌즈(1)는 절단된 미세구(12)를 포함한다. 이러한 어셈블리(10)는, 도 3a 내지 도 3f와 관련된 것과 같은 단계들과 미세구(11)의 전면으로부터 구형 캡을 제거하여 절단된 전면 페이스(13)를 남기는 추가적 단계에 의하여, 미세구(11)를 사용해서 형성될 수 있다.

[0061] 제거하는 것은 임의의 적합한 프로세스에 의해 일어날 수 있다. 일 예에서, 제거하는 것은 포커싱된 이온 빔을 사용하여 미세구(11)를 잘라냄으로써 달성될 수 있다. 대안적인 예에서, 제거하는 것은 밀링 스테이지를 사용하여 미세구(11)를 분쇄함으로써 달성될 수 있다. 밀링 스테이지는 상이한 다이아몬드 페이스트와 함께 연속적으로 이용되어, 프로세스의 초기 스테이지에서 재료를 신속하게 제거할 수 있고 프로세스의 최종 스테이지에서 전면 페이스(13)를 연마할 수 있게 할 수 있다.

[0062] 도 4의 어셈블리(10)는 도 1의 어셈블리(10)보다 샘플과 미세구 렌즈(1) 사이의 더 짧은 이격 거리로 효과적으로 이용될 수 있다. 이격 거리가 감소되는 것은 절단된 미세구(12)를 형성하도록 절단되는 재료의 양에 관련된다. 도 5는 절단된 미세구(12)가 두 변수(a 및 h)에 의해 어떻게 규정되는지를 보여준다; 거리 h는 미세구의 반경 r과 같은 최대 길이에 도달할 수 있다. a=r인 경우에, 절단된 미세구(12)는 미세반구(micro hemisphere)가 된다.

[0063] h의 값이 클수록, 주어진 미세구 직경, 굴절률 및 파장에 대해서 개구수가 작아진다. 절단된 미세구(12)에 대한, 수차가 없는 실효 관측 시야(A)는 공식 $A= \pi a^2$에 의해 주어진다.

[0064] 단일 미세구(11) 또는 절단된 미세구(12)를 포함하는 어셈블리(10)에 추가하여, 미세구 렌즈(1)가 도 6에 도시되는 것처럼 미세구들(11)의 어레이를 포함하는 어셈블리(10)를 제공하는 것도 가능하다. 이러한 어셈블리는, 초기 단계가 미세구 어레이(14)를 샘플(30) 상에 제공하는 것이라는 것을 제외하고는 도 3a 내지 도 3f에 관련하여 전술된 것과 같은 방법을 사용하여 형성될 수 있다. 미세구(11) 어레이는 임의의 적합한 방법에 의해 형성될 수 있다. 이러한 예에서, 상대적으로 작은 어레이의 경우, 어레이는, 내부에 적합한 농도의 미세구(11) 현탁액을 가지는, 통상적으로 물인 유체의 방울을 침착(deposit)시킨 후에 자기-조립에 의해 형성될 수 있다. 물이 기화되면서, 미세구(11)가 밀접 압착된 어레이로 자기조립된다.

[0065] 도 7에 도시되는 어셈블리의 추가적인 실시예에서, 미세구 렌즈(1)는 절단된 미세구들(12)의 어레이를 포함한다. 이러한 어셈블리(10)는, 도 3a 내지 도 3f에 관련하여 전술된 것과 같은 방법 및 도 6과 관련하여 전술된 바와 같이 미세구(11)를 샘플(30) 상에 제공하는 초기 단계를 사용하여 형성될 수 있다. 그러면, 도 7

에서 어셈블리(10)를 제조하는 방법은, 각각의 미세구(11)의 전면으로부터 구형 캡을 제거하여 절단된 전면 페이스(13)를 남기는 추가적 단계를 포함한다. 제거하는 것은 도 4와 관련하여 전술된 바와 같이 포커싱된 이온 빔 또는 밀링 스테이지를 사용함으로써 달성될 수 있다.

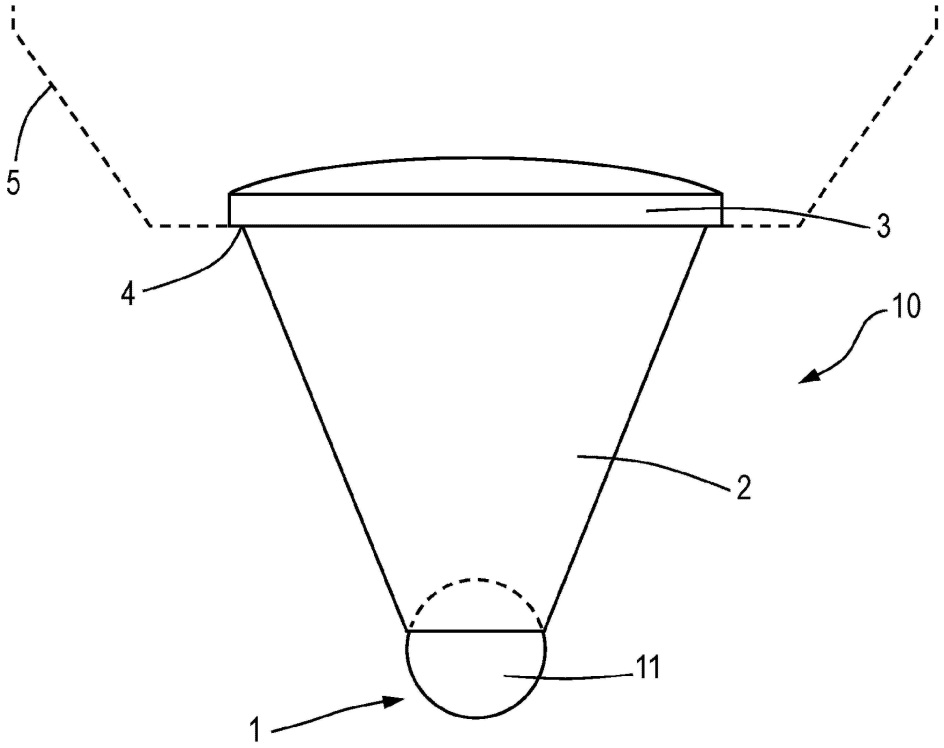
[0066] 전술된 미세구 렌즈 어셈블리(10)는 요구되거나 소망되는 바에 따른 샘플(30)의 이미징 및/또는 샘플(30)의 기계가공을 위하여 활용될 수 있다.

[0067] 전술된 실시예들이 주로 대물 렌즈 배열체의 전방 렌즈를 포함하는 베이스 렌즈(3) 상에 미세구 렌즈 어셈블리(10)를 형성하는 것에 관련하여 설명되었지만, 이러한 어셈블리(10)를 단일 조각 대물 렌즈를 포함하는 베이스 렌즈 상에 형성하는 것도 가능하다는 것이 이해될 것이다.

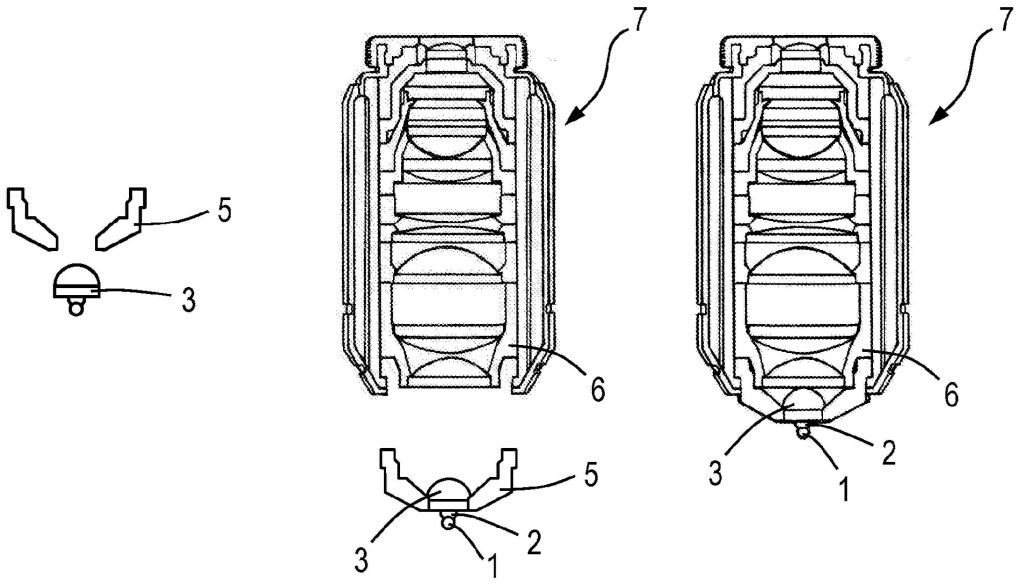
[0068] 전술된 실시예들은 단지 예로서 설명된 것이다. 첨부된 청구 범위에서 정의되는 본 발명의 범위로부터 벗어나지 않으면서 많은 변경이 이루어질 수 있다.

도면

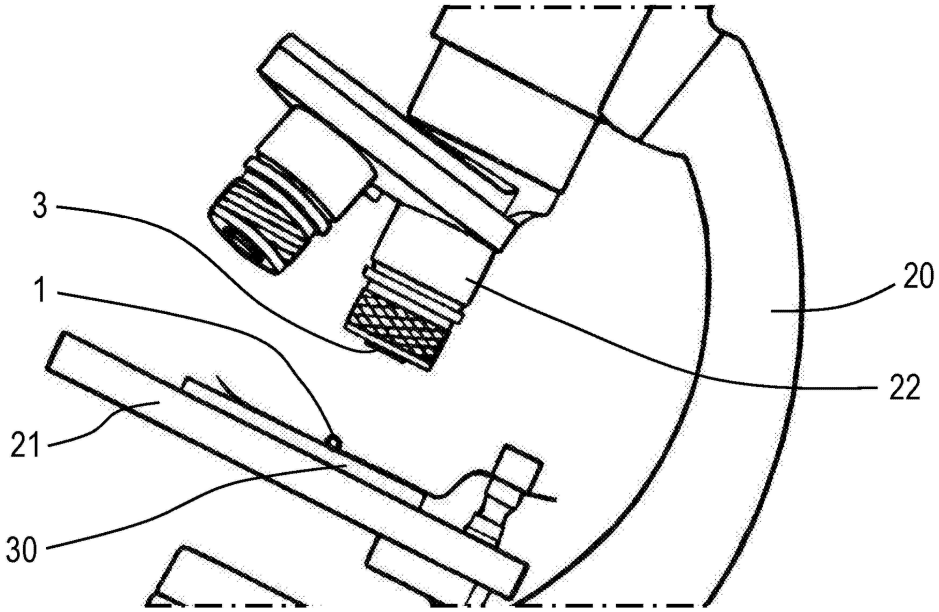
도면1



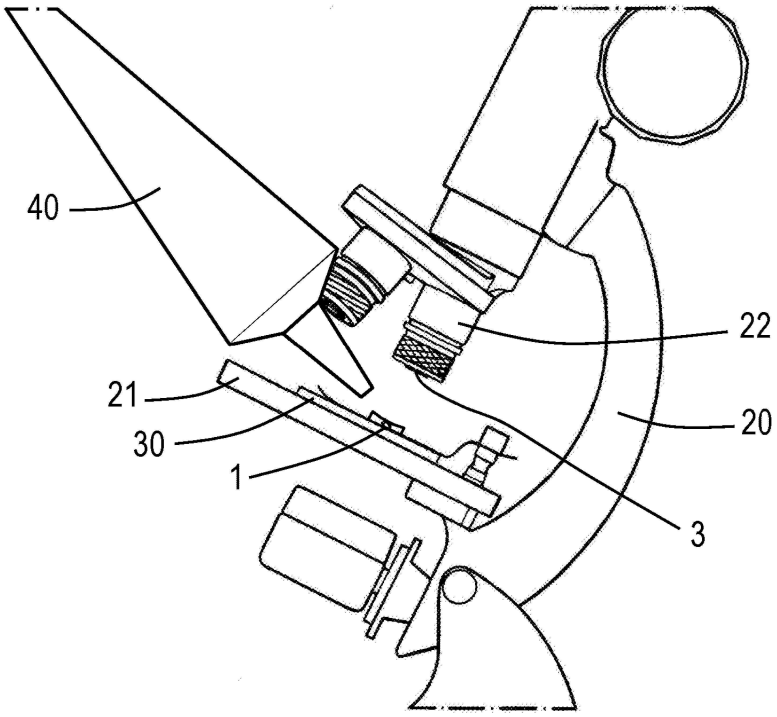
도면2



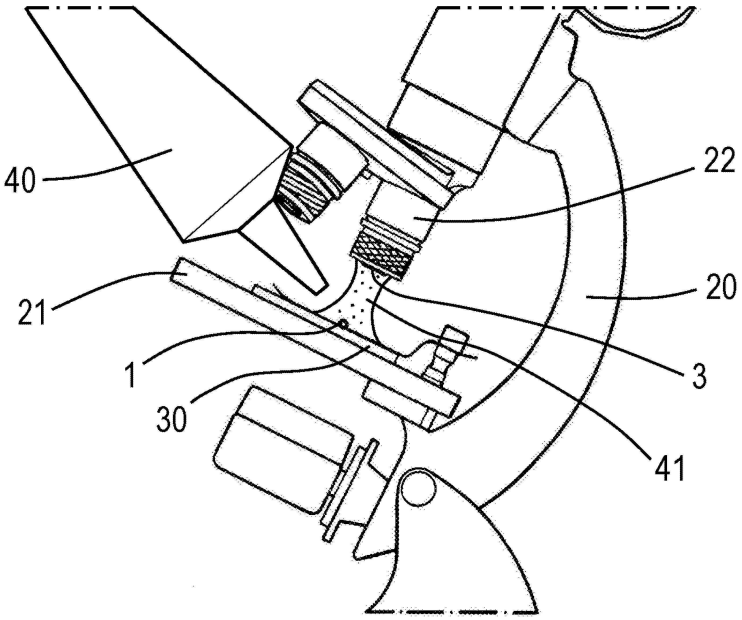
도면3a



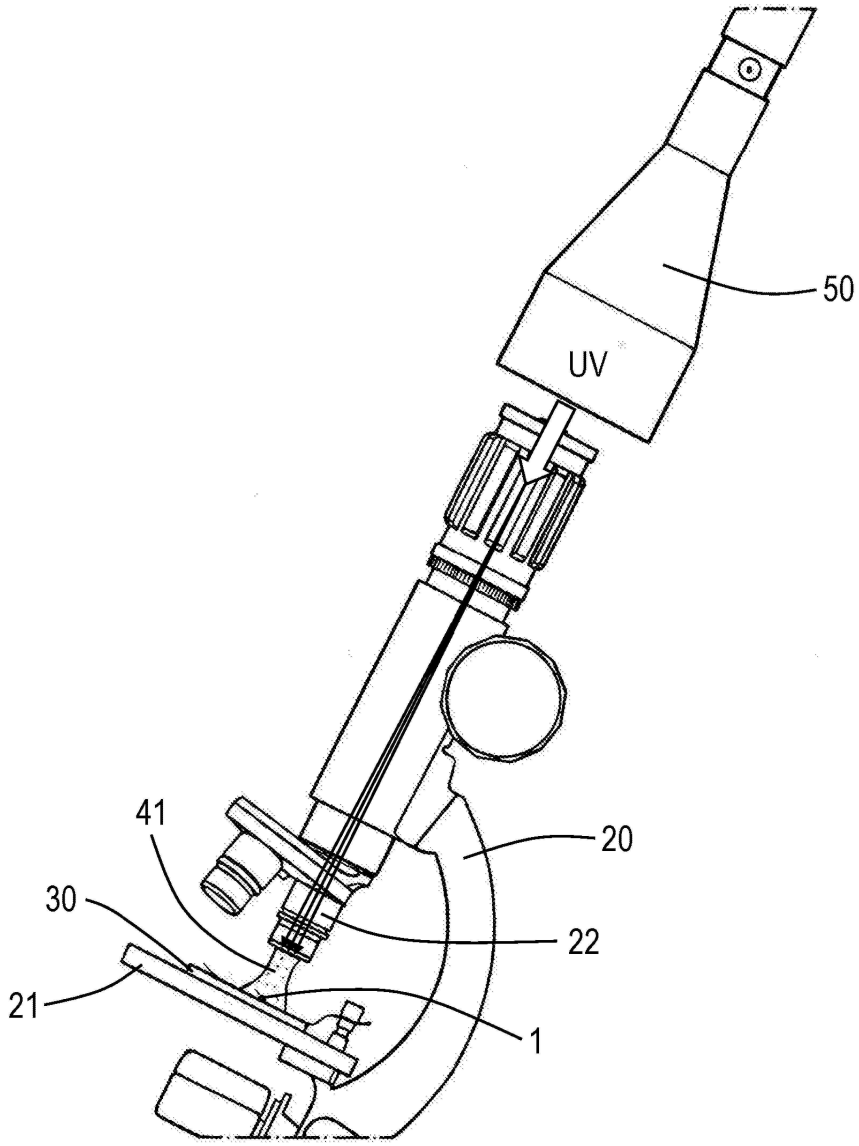
도면3b



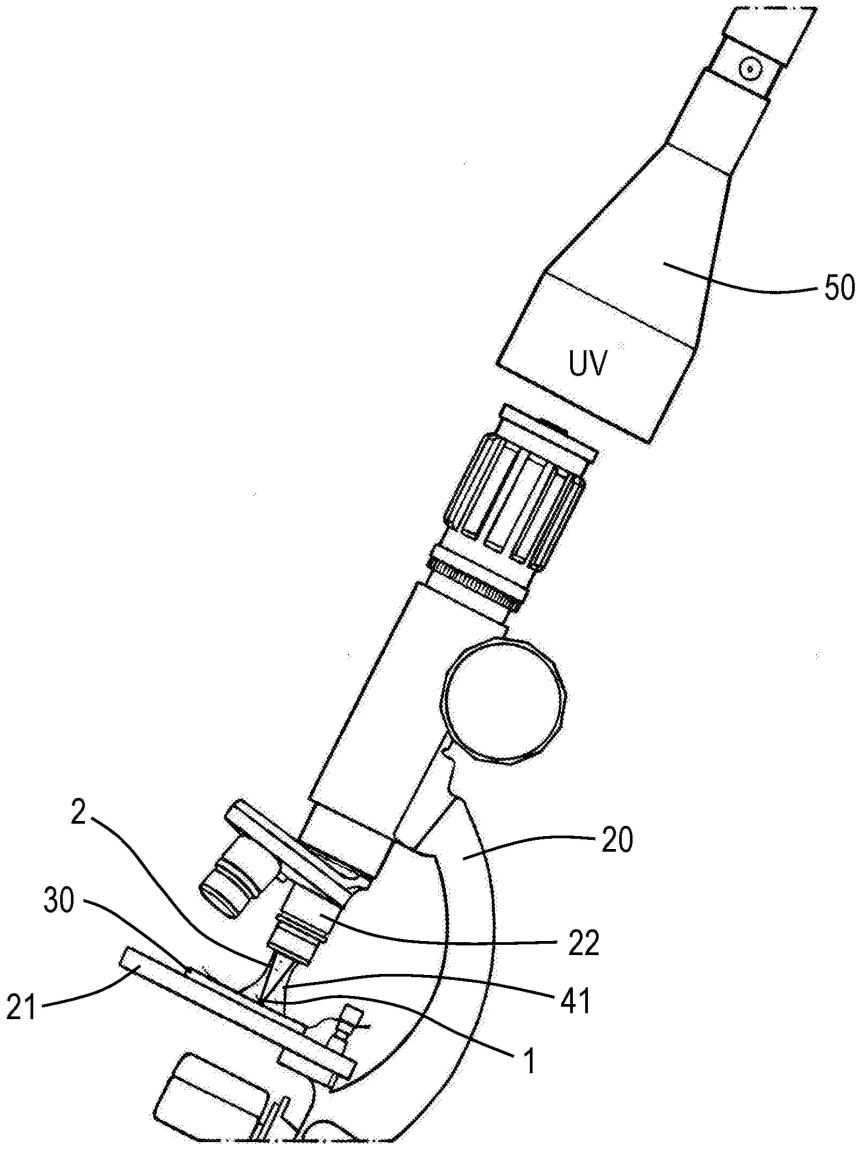
도면3c



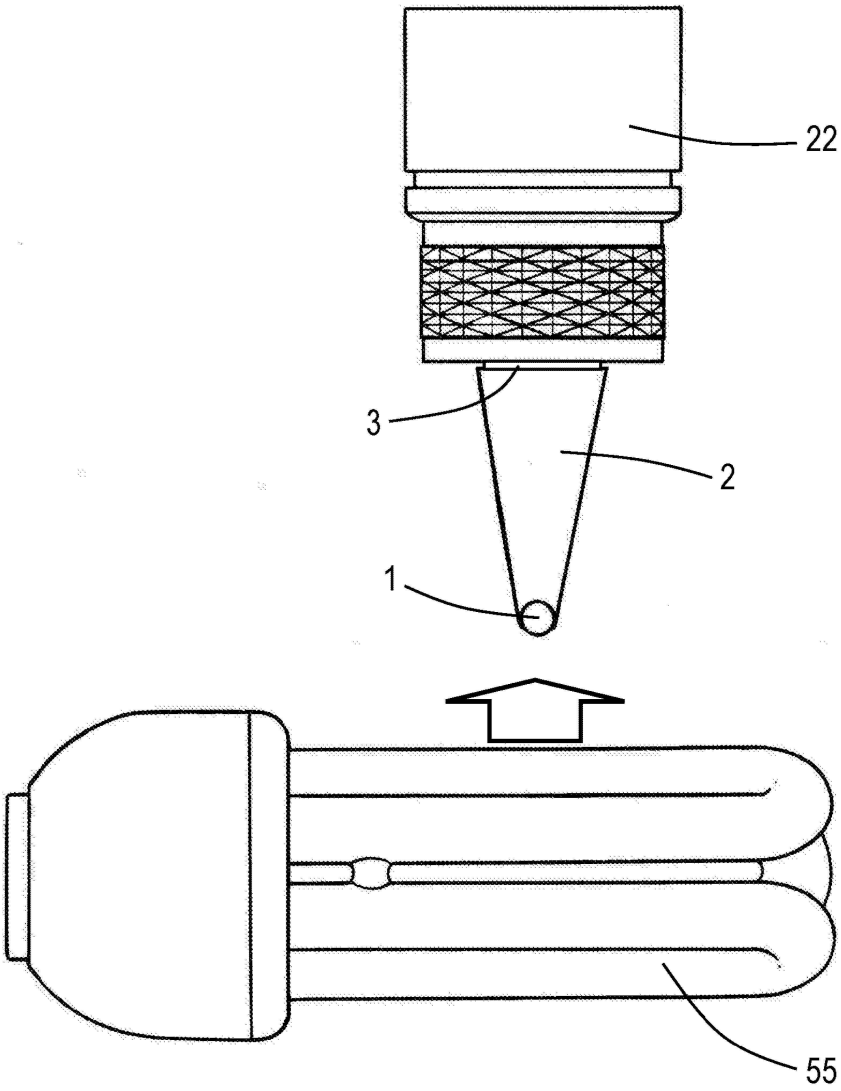
도면3d



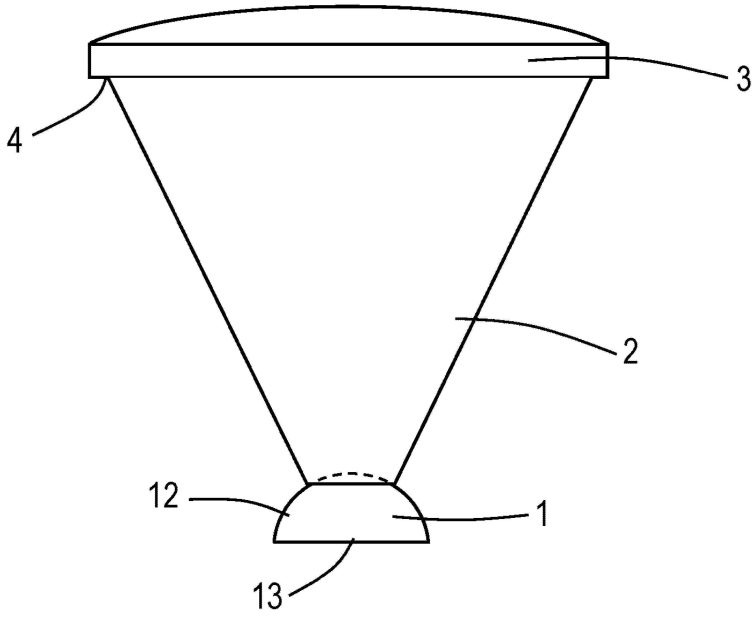
도면3e



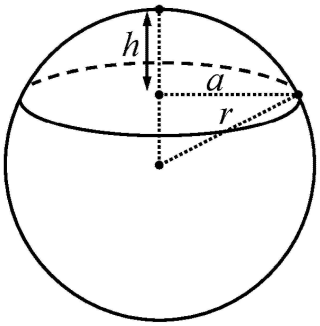
도면3f



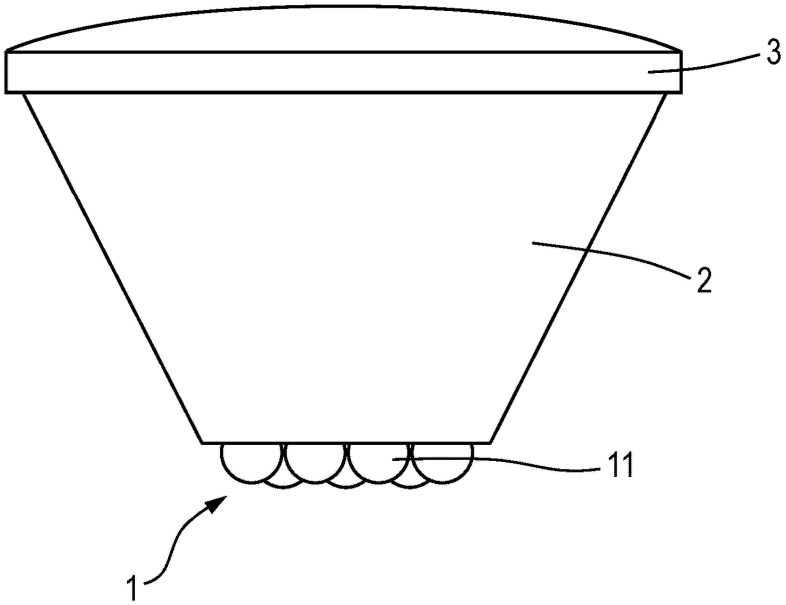
도면4



도면5



도면6



도면7

