



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년03월23일

(11) 등록번호 10-1605921

(24) 등록일자 2016년03월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B23K 26/00 (2014.01) B23K 26/36 (2014.01)  
B23K 26/57 (2014.01) B23K 101/20 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-7012872

(22) 출원일자(국제) 2008년08월25일

심사청구일자 2013년08월08일

(85) 번역문제출일자 2010년06월11일

(65) 공개번호 10-2010-0093083

(43) 공개일자 2010년08월24일

(86) 국제출원번호 PCT/US2008/074216

(87) 국제공개번호 WO 2009/064527

국제공개일자 2009년05월22일

(30) 우선권주장

11/941,206 2007년11월16일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

US04322600 A\*

KR1020070012616 A\*

JP2001162384 A\*

JP2006075897 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박  
스 33427 쓰리엠 센터

(72) 발명자

코리건 토마스 알

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오  
피스 박스 33427 쓰리엠 센터

플래밍 패트릭 알

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오  
피스 박스 33427 쓰리엠 센터

(74) 대리인

양영준, 김영

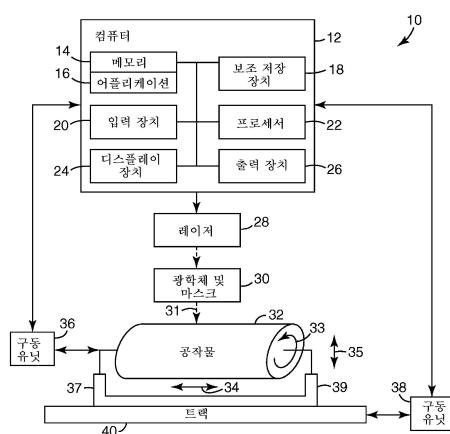
전체 청구항 수 : 총 1 항

심사관 : 우귀애

(54) 발명의 명칭 시임이 없는 레이저 제거된 룰 공구

**(57) 요 약**

실질적으로 원통형의 공작물로부터 레이저 기계가 공된 공구를 생성하기 위한 시스템이 개시된다. 시스템은 레이저 빔을 생성하는 레이저, 레이저 빔을 이미지로 형상화하기 위해 레이저 빔 내에 위치되는 마스크, 및 레이저 빔 이미지를 공작물의 외부 표면 상으로 이미지형성시키기 위한 광학 시스템을 포함한다. 시스템은 공작물의 외부 표면을 제거하도록 레이저 이미지를 사용하기 위해 레이저의 작동에 따라 공작물의 회전 및 병진 이동을 조정하여, 원통형 공구를 형성하도록 공작물의 표면 내에 미세구조물을 생성한다.

**대 표 도 - 도1**

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

삭제

#### 청구항 2

레이저 기계가공된 공구를 생성하기 위한 시스템으로서, 원통형의 공작물을 회전시킬 수 있는 시스템이며,

레이저 빔 이미지를 생성하는 레이저;

레이저 빔 이미지를 처리하고 처리된 레이저 빔 이미지를 공작물의 볼록한 외부 표면 상으로 이미지형성시키기 위한 광학 시스템; 및

레이저 빔을 이미지로 형상화하기 위해 레이저 빔 내에 위치되는 곡선형 투영 마스크를 포함하며,

레이저 빔 이미지의 처리는 공작물의 외부 표면의 곡률과 관련되고, 마스크의 곡률의 정도는 상기 처리를 실시하기 위해 공작물의 볼록한 외부 표면의 곡률의 정도와 관련되며,

레이저 빔 이미지는 레이저 기계가공된 공구를 형성하도록 공작물의 볼록한 외부 표면 내에 미세구조물을 생성하기 위해 공작물의 볼록한 외부 표면을 제거할 수 있는, 레이저 기계가공된 공구를 생성하기 위한 시스템.

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

삭제

#### 청구항 6

삭제

#### 청구항 7

삭제

#### 청구항 8

삭제

#### 청구항 9

삭제

#### 청구항 10

삭제

#### 청구항 11

삭제

#### 청구항 12

삭제

**청구항 13**

삭제

**청구항 14**

삭제

**청구항 15**

삭제

**청구항 16**

삭제

**청구항 17**

삭제

**청구항 18**

삭제

**청구항 19**

삭제

**청구항 20**

삭제

**발명의 설명****배경기술**

[0001]

편평한 중합체 시트 상에 복잡한 마이크로미터 규모로 구조화된 표면 공구를 생성하기 위해 레이저 제거 기계가 공(laser ablation machining)을 위한 플랫폼이 개발되었다. 이들 플랫폼은 진공 척(vacuum chuck)에 유지되는 중합체 시트를 제거하기 위해 엑시머 레이저(excimer laser)를 사용한다. 광학 트레인(optical train)이 레이저 빔을 제어하고 마스크를 중합체의 표면 상으로 이미지형성시켜서, 마스크의 디자인에 의해 제어되는 패턴을 제거한다. 이들 시스템은 기계적 및 광학적 특성을 갖는 광범위한 구조물을 생성하는 능력이 입증되었다. 이들 플랫폼 상에 생성된 구조물은 시제품(prototype)을 위한 편평한 복제물(flat replicate)을 생성하는 데 사용될 수 있다. 이를 공구는 중합체의 니켈 카피(nickel copy)를 원통형 슬리브에 용접함으로써 편평한 공구로부터 생성될 수 있다. 이러한 슬리브는 그에 시임(seam)을 가질 것이며, 이는 이를 공구로부터 필름을 제조할 때 바람직하지 않을 수 있다.

[0002]

레이저 제거를 사용하여 이를 공구, 특히 시임이 없는 원통형 공구를 제조하는 추가적인 방식에 대한 필요성이 존재한다.

**발명의 내용**

[0003]

본 발명에 부합하는 제1 시스템은 실질적으로 원통형의 공작물로부터 레이저 기계가공된 공구를 생성할 수 있다. 시스템은 레이저 빔을 생성하는 레이저, 및 레이저 빔 이미지를 처리하기 위한 그리고 처리된 레이저 빔 이미지를 공작물의 외부 표면 상으로 이미지형성시키기 위한 광학 시스템을 포함한다. 레이저 빔 이미지의 처리는 공작물의 외부 표면의 곡률과 관련되며, 곡선형 표면 상으로 정확하게 이미지형성시키기 위한 방식을 제공한다. 시스템은 공작물을 회전시키며, 실질적으로 원통형의 공구를 형성하도록 공작물의 외부 표면 내에 미세 구조물을 생성하기 위해 공작물의 외부 표면을 제거하기 위한 레이저 빔 이미지를 사용한다.

[0004]

본 발명에 부합하는 제2 시스템은 실질적으로 원통형의 공작물로부터 레이저 기계가공된 공구를 생성할 수

있다. 시스템은 레이저 빔을 생성하는 레이저, 및 레이저 빔 이미지를 공작물의 외부 표면 상으로 이미지형성 시키기 위한 광학 시스템을 포함한다. 광학 시스템은 공작물의 외부 표면에 수직한 방향으로 레이저 이미지의 20 마이크로미터 미만의 편차를 제공한다. 시스템은 실질적으로 원통형의 공구를 형성하도록 공작물의 외부 표면 내에 미세구조물을 생성하기 위해 공작물의 외부 표면을 제거하기 위한 레이저 빔 이미지를 사용하도록, 레이저의 작동에 따라 공작물의 회전 및 병진 이동을 조정한다.

### 도면의 간단한 설명

[0005]

첨부 도면은 본 명세서에 포함되고 본 명세서의 일부를 구성하며, 상세한 설명과 더불어 본 발명의 이점 및 원리를 설명한다.

&lt;도 1&gt;

도 1은 원통형 공작물의 레이저 기계가공을 위한 시스템의 도면.

&lt;도 2&gt;

도 2는 공작물의 기계가공을 위해 공작물 상에 이미지를 형성하기 위한 광학체 및 마스크의 사용을 도시하는 도면.

&lt;도 3&gt;

도 3은 공작물 상에 형성된 이미지를 도시하는 도면.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0006]

#### 레이저 기계가공 시스템

[0007]

레이저 제거를 통해 중합체 를 공구를 생성하기 위해 레이저 기계가공 시스템이 사용될 수 있다. 이하 설명되는 바와 같이, 를 기반 레이저 제거 시스템은, 예를 들어 엑시머 레이저, 광학 시스템, 및 중합체와 같은 기계 가공 가능한 재료로 코팅된 를 포함하는 공작물을 포함한다. 광학 시스템은 이하 설명되는 바와 같이, 광학 트레인, 투영 마스크(projection mask) 지지 시스템, 및 이미지형성 광학체(imaging optics)를 포함할 수 있다. 다른 가능한 광학 시스템은 거울 또는 홀로그래픽 기술을 사용하여 이하 설명되는 이미지형성 및 제거를 수행할 수 있다.

[0008]

도 1은 공작물로 지칭되는 를 공구를 기계가공하기 위한 예시적인 레이저 기계가공 시스템(10)의 도면이다. 기계가공은, 예를 들어 공작물 내에 미세구조물을 형성하는 것을 포함할 수 있다. 미세구조물은 물품의 표면 상에 형성되거나 물품의 표면 내로 만입되거나 물품의 표면으로부터 돌출되는 임의의 유형, 형상 및 치수의 구조물을 포함할 수 있다.

[0009]

"미세구조물" 또는 "미세구조물들"이라는 용어는 적어도 하나의 치수(예를 들어, 높이, 길이, 폭, 또는 직경)가 2 밀리미터(mm) 미만, 그리고 더 바람직하게는 1 mm 미만인 구조물을 지칭한다. 본 명세서에 설명된 시스템을 사용하여 생성되는 미세구조물은 1000 마이크로미터 피치, 100 마이크로미터 피치, 1 마이크로미터 피치, 또는 심지어 약 200 나노미터(nm)의 광파장 이하의 피치(sub-optical wavelength pitch)를 가질 수 있다. 이들 치수는 단지 예시적인 목적으로 제공되며, 본 명세서에 설명된 시스템을 사용하여 형성된 미세구조물은 시스템을 사용하여 공구가공될 수 있는 범위 내에서 임의의 치수를 가질 수 있다.

[0010]

시스템(10)은 컴퓨터(12)에 의해 제어된다. 컴퓨터(12)는, 예를 들어 하기의 구성요소를 갖는다: 하나 이상의 어플리케이션(16)을 저장하는 메모리(14); 정보의 비-휘발성 저장을 제공하는 보조 저장 장치(18); 정보 또는 명령을 수신하기 위한 입력 장치(20); 메모리(16) 또는 보조 저장 장치(18)에 저장되거나 다른 소스로부터 수신되는 어플리케이션을 실행시키기 위한 프로세서(22); 정보의 시각적 표시를 출력하기 위한 디스플레이 장치(24); 및 음성 정보를 위한 스피커 또는 정보의 하드카피를 위한 프린터와 같이, 다른 형태로 정보를 출력하기 위한 출력 장치(26).

[0011]

공작물(32)의 기계가공은 광학 시스템과 함께 엑시머 레이저(28)에 의해 수행된다. 이러한 예의 광학 시스템은 광학체 및 투영 마스크(30)를 포함하며, 이는 레이저 빔(31)의 일부를 선택적으로 차단하여, 공작물(32) 상의 재료를 기계가공하기 위한 이미지를 형성한다. 컴퓨터(12)의 제어 하에서, 레이저(28)는 레이저 빔(31)의 팰스를 제공할 수 있다. 공작물(32)의 외부 표면의 기계가공을 위해, 레이저, 광학체, 및 투영 마스크는 일반적으로 정지 상태로 유지되며, 반면에 공작물(32)은 레이저 빔(31)에 실질적으로 수직한 방향으로 병진 및

회전한다. 특히, 구동 유닛(36)은 컴퓨터(12)의 제어 하에서, 화살표(33)에 의해 도시된 방향 또는 반대 방향으로 공작물(32)을 회전시킨다. 공작물(32)의 병진을 위해, 공작물은 마운트(mount)(37, 39)에 의해 지지되며, 이는 컴퓨터(12)의 제어 하에서 구동 유닛(38)을 사용하여 화살표(34)에 의해 도시된 방향으로 트랙(40)을 따라 측방향으로 공작물을 이동시킬 수 있다. 마운트(37, 39)는 또한 구동 유닛(38)을 통해 화살표(35)에 의해 도시된 바와 같이 레이저 범(31)에 실질적으로 평행한 방향으로 공작물을 이동시키도록 구성될 수 있다. 화살표(35)에 의해 도시된 방향으로의 공작물(32)의 이동은 레이저 범(31)에 의해 공작물(32)의 외부 표면 상에 형성되는 이미지의 정확한 초점 맞춤(focusing)을 보조하는 데 사용될 수 있다. 대안적으로, 레이저(28) 및 공작물(32)은 화살표(33)에 의해 도시된 바와 같은 공작물(32)의 회전을 제외하고는 정지 상태로 유지될 수 있으며, 반면에 광학체 및 마스크(30)는 공작물을 따라 병진한다. 이러한 대안적인 실시예에서, 시스템(10)은 또한 광학체 및 마스크가 공작물(32)을 따라 병진할 때, 광학체 및 마스크(30)와 레이저(28)에 의해 생성되는 이미지의 경로 길이 보상을 위해 구성될 수 있다.

도 2는 광학체 및 투영 마스크를 사용하여 공작물의 기계가공을 위해 공작물 상에 이미지를 형성하는 것을 도시하는 도면이다. 광학체(42)는 이미지형성 마스크(44)에 레이저 빔(31)을 제공한다. 이미지형성 마스크(44)의 구성에 기초하여, 공작물(32)의 기계가공 가능한 재료(41) 상에 이미지(48)를 투영하기 위해, 레이저 빔(31)의 이미지가 이미지형성 광학체(46)에 제공된다. 시스템(10)은 공작물(32)의 기계가공을 위해 스폿 기록(spot writing)보다는 이미지형성을 사용한다. 스폿 기록과 이미지형성 사이에는 몇 가지 확실한 차이점이 존재한다. 스폿 기록에서, 시스템은 렌즈의 초점에서 작용한다. 이미지형성에서, 시스템은 투영 마스크의 이미지에서 작용한다. 중첩 기술은 형상화 스폿 기록으로 지칭되며, 이는 투영마스크 및 이미지형성 렌즈를 사용하여 삼각형 또는 초승달과 같은 단순한 형상을 레이저 빔에 의해 형성하고, 이 형상을 이동시켜 기계가공을 위해 요구되는 형상을 형성하는 이미지형성 기술이다. 스폿 기록에서, 픽셀은 대개 원형이고 가능한 한 작은 빔이다. 형상화 스폿 기록에서, 픽셀은 형상화 스폿이지만, 레이저 빔에 의해 가능한 최소 스폿보다 훨씬 더 크다. 이미지형성에서, 픽셀은 전형적으로 가능한 최소 스폿이지만, 이를 픽셀은 모두 제거를 위해 하나의 요구되는 이미지형성 구조물 상으로 결합된다.

공작물(32)은 전형적으로 레이저 기계가공 가능한 중합체 재료로 코팅된 금속 롤로 구현된다. 금속 롤은, 예를 들어 니켈 또는 크롬으로 코팅된 강철로 또는 경질 구리로 구현될 수 있다. 공작물(32)은 대안적으로, 기계가 공 가능한 중합체 재료로 코팅된 알루미늄, 니켈, 강철, 또는 플라스틱(예를 들어, 아크릴)으로 구현될 수 있다. 기계가공을 위한 이러한 중합체 재료의 예는, 모두 2006년 3월 31일자로 출원되고 전체적으로 기재되어 있는 것처럼 본 명세서에 참고로 포함된, 미국 특허 출원 제11/278278호 및 제11/278290호에 기술되어 있다. 사용되는 특정한 재료는, 예를 들어 기계가공된 공작물을 사용하여 제조되는 다양한 필름과 같은 특정한 원하는 응용에 좌우될 수 있다. 기계가공 가능한 중합체 재료는, 예를 들어 폴리아미드 및 우레탄 아크릴레이트로 구현될 수 있다. 다이아몬드 유사 유리(diamond-like-glass, DLG) 코팅이 레이저 제거된 폴리아미드 롤로부터 내구성 있는 공구를 제조하기 위해 사용될 수 있다. DLG는 전체적으로 기재되어 있는 것처럼 본 명세서에 참고로 포함된, 2005년 7월 20일자로 출원된 미국 특허 출원 제11/185078호에 기술되어 있다. 플루오로중합체 코팅이 또한 제거된 롤의 내구성을 개선하기 위해 사용될 수 있다. 공작물 상의 제거 기재로서 사용하기 위한 다른 재료는 폴리카르보네이트, 우레탄, 및 아크릴레이트를 포함한다. 롤 공구(공작물)의 내구성은 또한 니켈, 크롬, 은, 또는 다른 재료의 얇은 층으로 이를 코팅함으로써 증가될 수 있으며, 이는 또한 롤 공구의 이형(release) 특성을 향상시킬 수 있다.

시스템은 또한 나노결정질 금속(nanocrystalline metal) 및 완전 치밀화 세라믹(fully dense ceramic)과 같은 다른 재료, 특히 금속 산화물을 기계가공하는 데 사용될 수 있다. 그러나, 이들 재료는 중합체를 제거하는 데 요구되는 전력에 비해 제거를 위해 약 10배의 전력을 필요로 한다. 세라믹은 시스템에 의해 제거될 수 있지만, 완전 치밀화 세라믹 재료의 대형 룰 또는 완전 치밀화 세라믹 재료로 덮인 룰을 제조하는 것은 어려울 수 있다. 따라서, 제거를 위해서는, 더 소형의 세라믹 재료의 룰이 보다 바람직할 수 있다.

기계가공될 수 있는 특징부의 크기는 레이저 광의 파장 및 이미지형성 광학체의 개구수(numerical aperture)에 의해 결정된다. 개구수는 광학 시스템 또는 요소로 진입하거나 전출할 수 있는 자오 광선(meridional ray)의 최대 원뿔의 꼭지각의 사인값에, 원뿔의 꼭지점이 위치되는 매체의 굴절률을 곱한 것이다.

공작물(32)의 기계가공은 다양한 구성요소의 조정 이동(coordinated movement)에 의해 달성된다. 특히, 시스템은 컴퓨터(12)의 제어 하에서 구동 유닛(36, 38)을 통한 방향(33, 34, 35)으로의 공작물의 이동을 제어할 수 있으며, 동시에 레이저(28)의 제어에 따라 이들 이동을 조정하여, 레이저 이미지를 공작물의 기계가공을 위해 공작물(32)의 표면 상에 제공한다. 공작물 표면은 기계가공 동안 정지 상태로 있을 수 있으며, 또는 바람직하게

는 이미지를 표면 상의 그의 요구되는 위치에 정확하게 배치하기 위해 컴퓨터에 의해 확인되는 전자장치 및 레이저 시스템 지연에 따라 이동될 수 있다.

[0017] 공작물(32)은 기계가공된 후에 다양한 용도에 사용되기 위한 대응하는 미세구조물을 갖는 필름을 제조하는 데 사용될 수 있다. 이들 필름의 예는 광학 필름, 마찰 제어 필름, 및 마이크로-페스너(micro-fastener) 또는 다른 기계적 미세구조화된 구성요소를 포함한다. 필름은 전형적으로 점성 상태의 재료를 공작물에 도포하여 적어도 부분적으로 고화시키고 나서 제거하는 코팅 공정을 사용하여 제조된다. 고화된 재료로 구성된 필름은 실질적으로 공작물 내의 구조물과 상반되는 구조물을 가질 것이다. 예를 들어, 공작물 내의 만입부는 생성된 필름 내의 돌출부가 된다.

#### 레이저 기계가공 공정

[0019] 전술된 바와 같이, 레이저(28)와 광학체 및 투영 마스크(30)는 전형적으로 정지 상태로 유지되며, 반면에 공작물(32)은 각각 방향(34, 33)으로 축방향으로 병진 및 회전한다. 빔에 평행한 축으로의, 즉 방향(35)으로의 롤의 작은 범위의 이동은 시스템의 초점을 조절하는 데 도움이 될 수 있다. 대안적으로, 이러한 조절은 광학체, 투영 마스크, 또는 이 둘 모두를 이동시킴으로써 달성될 수 있다. 기계가공을 위해, 공작물은 공작물(32)이 정확한 위치에 있을 때, 컴퓨터(12)가 레이저(28)의 조사를 제어하면서 축방향으로 병진 및 회전된다. 이러한 기술을 사용하여, 길이가 60.96 cm (24 인치)인 30.48 cm (12 인치) 직경의 롤이 얇은 패턴을 위해 단지 수 시간내에 완전히 패턴화될 수 있다.

[0020] 제거를 위한 롤 기반 시스템 상에서의 이미지형성에 대한 고려 사항 중 한 가지는 해상도와 초점 심도 사이의 균형이다. 하기의 방정식이 이러한 관계를 요약한다:

$$W = \frac{k_1 \cdot \lambda}{NA}$$

[0021] 여기서 W는 해상도이고, k1은 상수이며, λ는 노출 파장이고, NA는 개구수이며,

$$DOF = \frac{k_2 \cdot \lambda}{NA^2}$$

[0022] 여기서 DOF는 초점 심도이고, k2는 상수이며, NA는 개구수이다.

[0023] 이들 방정식으로부터, 단지 시스템의 NA를 증가시킴으로써 광의 주어진 파장에 대해 해상도가 개선될 수 있다는 것을 알 수 있다.

[0024] 시스템(10)이 곡선형 표면 상으로 이미지형성시키기 때문에, 도 3에 도시된 도면에 기초한 기하학적 분석이 이러한 시스템에 대한 균형을 설명한다. 도 3에 도시된 바와 같이, 값 ΔX(56)는 지점(50, 51)들 사이의 공작물의 외부 표면(53) 상의 이미지의 폭을 나타낸다. 공작물은 반경 R(52)을 갖고, 각도 Θ(54)는 이미지형성된 영역(56)의 각거리의 절반을 나타낸다. 값 ΔZ(58)는 공작물의 외부 표면에 수직한 이미지형성된 영역(56)의 수직 거리를 나타낸다. 도 3에 도시된 이미지형성을 위한 기하학적 형상에 기초하면,  $\Delta Z = R - R \cdot \cos(\Theta)$ 이고  $\Delta X = 2 \cdot R \cdot \sin(\Theta)$ 이다. 표 1은 이러한 기하학적 형상에 대한 예시적인 값을 요약한다. 30.48 cm (12 인치) 직경 롤의 경우, 5 mm의 이미지 폭은 20 마이크로미터(μm) 초과의 수직 거리를 포함할 것이어서, 이는 적합한 이미지가 소정의 DOF 값으로 생성될 수 있도록 하지 않을 수도 있다. 또한, 시스템의 해상도를 증가시키는 것이 바람직하며, 이는 DOF의 감소를 필요로 한다.

#### 표 1

R (cm (인치))	ΔX (mm)	ΔZ (μm)
15.24 (6.00)	5.00	20.51
15.24 (6.00)	1.00	0.82
15.24 (6.00)	3.49	10.00
25.4 (10.00)	5.00	12.30
25.4 (10.00)	1.00	0.49

[0025]

[0026] 곡선형 표면 상의 이미지형성과 관련된 고려 사항을 해결하는 몇몇 접근법이 가능하다. 곡선형 표면 상의 이미지형성에 대한 제1 접근법은 종래에 사용된 정사각형 빔(5 mm × 5 mm)보다는, 길고 좁은 빔(예를 들어, 1 mm × 20 mm)으로 엑시머 레이저 빔을 조작하는 광학 트레인을 포함한다. 그러면, 투영 마스크가 길고 좁을 것이지만, 시스템에 의해 생성될 수 있는 패턴의 범위를 제한하지 않을 것이다. 도 3에 도시되고 표 1에 요약되어 있는 바와 같이, 공작물의 축 아래로 진행하는 1 mm 폭의 빔(거리(56))은 15.24 cm (6 인치) 직경 롤에 대해 편

평한 이미지형성 평면으로부터 1 마이크로미터(거리(58)) 미만으로 벗어난다. 다른 경우에서, 광학 시스템 또는 투영 마스크는 공작물의 외부 표면에 수직한 거리가 20 마이크로미터 또는 10 마이크로미터 미만으로 벗어나는 이미지를 제공하도록 구성될 수 있다. 따라서, 매우 큰 실린더를 사용할 때, 곡선 방향으로의 이미지 필드의 크기는 레이저 이미지가  $1/2 \Delta Z$ (거리(58))와 같은 초점 오차로 이미지형성하도록 실질적인 초점으로 유지되도록 제한될 수 있다.

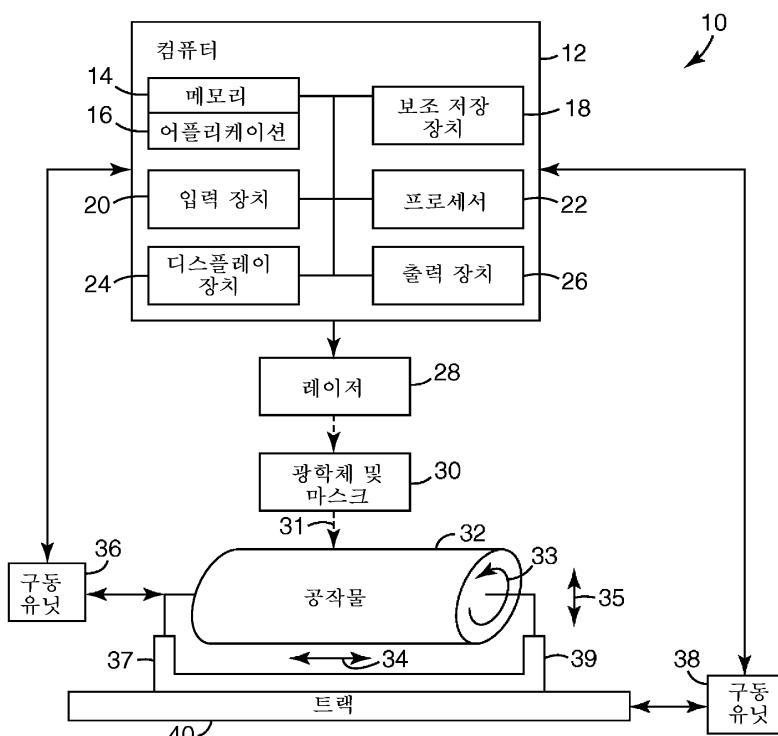
[0027] 제2 접근법에서, 최종 이미지형성 광학체는 원통형 이미지 평면을 생성하기 위해 레이저 빔 이미지를 처리하도록 설계될 수 있으며, 이러한 경우에 시스템(10)은 투영 마스크로부터 볼록한 실린더(공작물) 상으로 편평한 이미지를 투영한다. 이러한 접근법은 하나의 방향으로 이미지 필드를 만곡시키며, 이는 이미지형성 렌즈 트레인 내의 원통형 렌즈를 위치시키는 것을 포함한다. 처리량은 전형적으로 투영 마스크로부터 공작물의 곡선형 표면상으로 편평한(처리된) 이미지를 정확하게 투영하기 위해 공작물의 외부 표면의 곡률의 정도와 관련된다. 이러한 접근법은, 예를 들어 광선 추적 소프트웨어(ray tracing software)를 사용하여 설계될 수 있다. 곡선형 표면상으로의 투영을 위해 이미지를 처리하기 위한 기술은 전체적으로 기재되어 있는 것처럼 본 명세서에 참고로 포함된 미국 특허 제6,715,888호 및 제6,568,816호에 기술되어 있다. 곡선형 이미지 필드를 생성하는 이러한 제2 접근법은 레이저의 주요 광선이 공작물의 중심 축을 "향하도록" 레이저의 주요 광선이 원통형 공작물의 외부 표면에 수직하게 된다는 점에서 레이저 제거 기계가공에 바람직하다.

[0028] 제3 접근법은 예칭된 금속 마스크와 같은 곡선형 마스크를 사용하여 곡선형 이미지 필드를 생성하는 것을 포함하며, 이때 마스크의 곡률의 정도는 공작물의 외부 표면의 곡률의 정도와 관련된다.

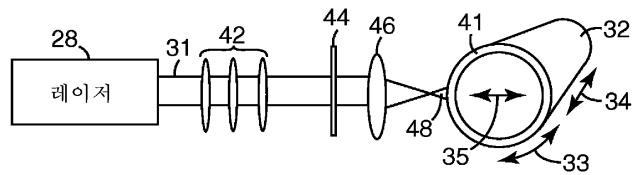
[0029] 본 발명이 예시적인 실시예와 관련하여 기술되었지만, 다수의 변형이 당업자에게 쉽게 명백할 것이며, 본 출원은 이의 임의의 개조 또는 변경을 포함하는 것으로 의도된다. 예를 들어, 다양한 유형의 레이저, 이미지형성 광학체, 마스크 및 제거될 재료가 본 발명의 범주로부터 벗어남이 없이 사용될 수 있다. 본 발명은 특허청구범위 및 그 등가물에 의해서만 한정되어야 한다.

## 도면

### 도면1



도면2



도면3

