



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년07월23일
 (11) 등록번호 10-1420703
 (24) 등록일자 2014년07월11일

- | | |
|---|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 B23K 26/08 (2014.01) H01L 21/768 (2006.01)
 H01L 21/822 (2006.01) B23K 26/0622 (2014.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2013-7013435(분할)</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2008년09월17일
 심사청구일자 2013년09월02일</p> <p>(85) 번역문제출일자 2013년05월24일</p> <p>(65) 공개번호 10-2013-0060377</p> <p>(43) 공개일자 2013년06월07일</p> <p>(62) 원출원 특허 10-2010-7008553
 원출원일자(국제) 2008년09월17일
 심사청구일자 2010년04월19일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/US2008/076694</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2009/039184
 국제공개일자 2009년03월26일</p> <p>(30) 우선권주장
 60/994,404 2007년09월19일 미국(US)</p> <p>(56) 선행기술조사문헌
 KR1020040014480 A*
 KR1020070036747 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌</p> | <p>(73) 특허권자
 지에스아이 그룹 코포레이션
 미국 메사추세츠주 01730-1409 베드포드 미들섹스
 턴파이크 125</p> <p>(72) 발명자
 에흐만, 조나단, 에스.
 미국, 메사추세츠 01776, 서드버리, 라이트 로드
 37
 그리피스, 조셉, 제이.
 미국, 메사추세츠 02152, 윈드롭, 올란도 애비뉴
 52
 (뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인
 특허법인이지</p> |
|---|--|

전체 청구항 수 : 총 8 항

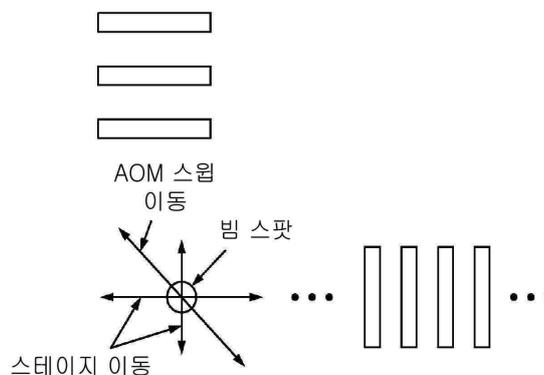
심사관 : 우귀애

(54) 발명의 명칭 **고속 빔 편향 링크 가공**

(57) 요약

발명은 레이저 가공 방법 및 시스템 분야에 관한 것이고, 특히, 다중 물질 장치를 레이저 가공하기 위한 레이저 가공 방법 및 시스템에 관한 것이다. 시스템 및 방법은 가공 에너지 윈도우 및/또는 가공 속도를 향상시키는 고속 편향장치를 이용할 수 있다. 다른 실시예에서 편향장치는 빔 스팟의 비직교 스캐닝을 위하여 이용된다. 다른 실시예에서, 편향장치는 타겟 구조들의 비동기 가공을 수행하기 위하여 이용된다.

대표도 - 도7



(72) 발명자

코르딩레이, 제임스, 제이.

미국, 메사추세츠 01460, 리틀톤, 슈가랜드 레인 5

스베트코프, 도날드, 제이.

미국, 미시건 48103, 앤 아보르, 휴론 코트 3630

존슨, 세파드, 디.

미국, 메사추세츠 01810, 앤도버, 린콜른 씨클 이
스트 33

플로트킨, 미셸

미국, 메사추세츠 02165, 뉴튼, 아우번델 애비뉴
104

특허청구의 범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

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
- 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
- 청구항 38
삭제
- 청구항 39
삭제
- 청구항 40
삭제
- 청구항 41
삭제
- 청구항 42
삭제
- 청구항 43
삭제
- 청구항 44
삭제
- 청구항 45
삭제
- 청구항 46
삭제
- 청구항 47
삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

삭제

청구항 50

삭제

청구항 51

삭제

청구항 52

삭제

청구항 53

삭제

청구항 54

삭제

청구항 55

삭제

청구항 56

기관 및 적어도 하나의 타겟 구조를 포함하는 다중 물질 장치를 레이저 가공하는 방법에 있어서,

빔 전달 서브 시스템 및 기관 사이의 상대적 이동을 생성하는 단계-상기 상대적 이동은 일정하지 않은 속도 이동 세그먼트를 포함하는 빔 궤적에 의해 특징지어짐-

펄스 시퀀스, 펄스 그룹들, 결합 펄스들 또는 펄스 버스트들을 포함하는 펄스 레이저 출력을 생성하는 단계-상기 시퀀스는 상기 이동 세그먼트 동안 실질적으로 일정한 반복 속도에서 생성됨-

타겟 위치 및 상기 타겟 위치와 연관된 레이저 발사시간에 상응하는 제어 신호를 전송하는 단계; 및

상기 레이저 발사시간에서 상기 타겟 위치를 조사하기 위하여 상기 제어신호에 상응하여 고속 편향장치로 상기 레이저 출력을 편향하는 단계를 포함하되,

상기 레이저 발사 시간에 생성된 펄스, 펄스 그룹, 결합 펄스, 또는 펄스 버스트가 상기 타겟에 영향을 주어 상기 일정하지 않은 속도 이동 세그먼트 동안 가공을 시작하는 레이저 가공 방법.

청구항 57

제56항에 있어서,

상기 상대적 이동을 생성하는 단계는 적어도 하나의 기관 및 상기 빔 전달 서브 시스템을 이동시키는 단계를 포함하는 레이저 가공 방법.

청구항 58

제56항에 있어서,

상기 펄스 레이저 출력을 생성하는 단계는 미리 결정된 큐 속도로 큐 스위치 펄스 시퀀스를 생성하는 단계를 포함하는 레이저 가공 방법.

청구항 59

제56항에 있어서,

상기 펄스 레이저 출력을 생성하는 단계는 미리 결정된 반복 속도(repetition rate)에서 성형된 펄스 시퀀스를 생성하는 단계를 포함하는 레이저 가공 방법.

청구항 60

제56항에 있어서,

상기 제어 신호를 전송하는 단계는 예측된 위치 에러에 기반하여 제어 신호를 전송하는 단계를 포함하는 레이저 가공 방법.

청구항 61

제56항에 있어서,

상기 일정하지 않은 속도 이동 세그먼트는 가속을 포함하는 레이저 가공 방법.

청구항 62

제56항에 있어서,

상기 상대적 이동은 예측된 위치 에러를 생성하는 레이저 가공 방법.

청구항 63

제56항에 있어서,

상기 편향장치는 음향-광학 또는 전자광학 편향장치인 레이저 가공 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 레이저 가공 방법 및 시스템 분야에 관한 것으로, 특히 다중 물질 장치를 레이저 가공하는 레이저 가공 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 레이저는 메모리 및 집적회로 장치에서 미세구조 가공에 사용될 수 있다. 예를 들면, 메모리 제조 동안 결합이 있는 메모리 셀들을 남은 메모리 셀들로 교체하기 위하여, DRAM과 같은 메모리 장치에서 전도성 링크 또는 링크 부분을 제거하기 위하여 사용될 수 있다.

[0003] 최근 이러한 장치들의 작은 기하학적 구조와 결합된, 알루미늄, 금 및 구리와 같은 새로운 물질들의 사용은 링크 제거의 문제를 더욱 어렵게 만들어왔다. 경제적인 측면 및 장치의 퍼포먼스 목적은 DRAM 및 로직 장치를 위하여 매우 작은 물리적 크기로 만들어 왔다. 따라서, 기판 및 인접 회로 및 링크들과 같은 주변 성분 손상 없이 타겟 구조를 조사(irradiate)하는 것이 점점 어려워지고 있다. 더욱이, 반도체 회로의 주어진 분야에서 가공이 필요한 링크가 많아짐에 따라, 주어진 금형(die) 과정에 요구되는 시간이 증가된다.

- [0004] 단일 레이저 펄스 또는 버스트(burst) 펄스들이 제거를 위하여 지적된 각 링크를 조사하고 절단하기 위하여 이용되는 경우, 온더플라이(on-the-fly) 링크 브로잉(blowing) 과정에서 조사 과정 동안 기관에 상대적으로 레이저 펄스의 빔 경로가 이동할 수 있다. 비록 X-Y 스테이지 위에서 수직적으로 지향되고 안정적인 빔과 함께 기관의 이동이 일반적인 접근일지라도 상대적인 이동은 기관의 이동 및/또는 빔의 이동을 포함한다. 종래의 레이저 가공 시스템에서는 배열(arrayed)된 미세구조의 그룹들이 가공된다. 어레이는 한 행(row)에서 링크, 이격된 행들(rows)에서 링크, 스테이지(staggered) 행들 및 규칙적으로 유사한 간격의 배치에서 링크들일 수 있다. 종래의 가공은 일반적으로 에너지 요구 시스템(예, 펄스 등화(equalization)) 또는 에너지 피킹(energy picking) 시스템(예, 펄스 피킹(picking))에서 수행된다. 에너지 요구 시스템에서 조사 기간은 이동하는 타겟과 일치하는 시간이고, 가공 속도는 에너지 요구 조사 기간들 중에 최소 기간에 의해 제한된다. 에너지 피킹 시스템에서 레이저는 연속적으로 반복되는 시퀀스에서 미리 결정된 반복 속도(예, 큐-속도, 펄스 속도 또는 버스트(burst) 속도)로 펄스가 되고, 하나의 그룹에서 배열된 미세구조는 반복 속도에 동기적으로 이동되어, 에너지는 특정 그룹에서 어느 미세구조를 가공하는데 이용될 수 있다. 가공 속도는 최대 반복 속도와 연관된 기간에 의해 제한되고, 음향-광학(acousto-optic) 장치 또는 다른 광 스위칭 장치는 선택된 동기화 타겟을 가공할 때를 제외하고, 에너지가 기관에 도달하는 것을 봉쇄한다.
- [0005] 종래의 에너지 피킹 과정은 도 1 및 도 2에서 나타난다. 레이저 펄스들의 반복되는 시퀀스, 예를 들면, 큐-스위치 레이저로부터의 펄스들, 펄스 버스트 시퀀스의 펄스들, 또는 시간적으로 성형된 펄스들의 시퀀스는 미리 결정된 반복속도로 생성된다. 특징적 간격 d 를 가진 그룹의 링크(10)는 미리 결정된 속도 V 에서 제어 컴퓨터(14)의 제어 하에 스테이지(12)를 이동함에 의해 가공 헤드에 상대적으로 이동된다. 인접한 링크들이 가공 헤드에 상대적으로 이동함에 따라 연관된 체류 시간 $T1$ 이 있고, $T1$ 과 동일한 기간 이후, 기관은 링크의 특징 간격과 동일한 양을 이동한다. 달리 말하자면, 가공 헤드에 상대적인 속도 V 에서 링크 대 링크 기간은 $T1$ 이다.
- [0006] 종래의 가공 시스템에서 링크 및 펄스는 동기화된다. $T1$ 및 레이저 펄스 반복 속도 기간(예, 큐 스위치 레이저의 펄스 대 펄스 기간은 제어 컴퓨터(14)로부터의 트리거(trigger) 신호에 의해 제어됨)은 같게 된다. 이러한 방법에서 펄스는 각 링크를 가공하는데 이용된다. 가공되는 링크와 동기화되는 펄스들은, 도 2의 링크들(예를 들어, 10a, 10d 및 10f)과 같이, 타겟에 도달 및 각 링크들 가공이 허용된다. 빔이 봉쇄되지 않는 경우 빔이 부딪히는 도2의 빗줄친(dashed) 원에 의해 지시된 바와 같이, 훼손되지 않는 상태의 링크들과 동기화된 펄스들은 도 1의 에너지 제어 및 펄스 피킹 시스템(16)에 의해 타겟들에 도달하는 것이 봉쇄된다.
- [0007] 한 그룹의 링크의 행 또는 열 안에서 주어진 한 세트의 링크들을 가공하는데 필요한 시간은 근사적으로 링크들의 수와 시간 기간 $T1$ (전술한 바와 같음)-이러한 시스템에서 레이저 펄스 반복 속도와 동일함-을 곱한 수와 근사하다고 이해될 수 있다. 만약 이용된 레이저가 최대 펄스 속도 50 kHz라면, 예를 들면, 도 1의 11개의 링크들을 가로지른 빔 패스를 종료하는 것은 적어도 200 마이크로 초를 요구될 것이다.
- [0008] 상기 실시예가 하나의 펄스 링크 가공의 견지에서 설명되었다 하더라도, 링크 브로잉(blowing) 시스템은 링크를 절단하기 위해 각 링크에 다중 펄스를 인가한다고 설명되어 왔다. 도 3은 각 링크에 버스트(burst) 또는 시퀀스(sequence)인 2개의 펄스를 인가하는 시스템을 보여준다. 이러한 실시예에서 펄스 선택기(16)는 링크 가공에 대한 개별 펄스보다 그룹 펄스를 선택한다. 다른 실시예에서, 레이저 자체는 분리된 버스트(bursts) 펄스들-버스트에서 펄스 대 펄스 분리는 버스트들 사이의 분리보다 아주 덜함-을 생성한다. 이 실시예에서, 펄스 피커(picker)(16)는 선택적으로 펄스 버스트(bursts)를 통과시키거나 봉쇄한다. 다른 알려진 실시예들은 다중 레이저들 또는 분리 및 재결합된 펄스들이 가공을 위한 링크에 인가되는 다양한 레이저 에너지의 강도 프로파일을 생산하기 위하여 이용된다. 그러므로, 가공을 위한 타겟 구조에 펄스를 인가하는 것에 관련된 자료를 통한 모든 협의는 펄스들의 시퀀스, 펄스 그룹들, 결합 펄스들 또는 펄스 버스트, 또는 완전한 또는 부분적인 타겟 가공 기능을 수행하기 위한 어느 다른 조사 강도 프로파일 적용이 포함된다고 인식될 것이다.
- [0009] 많은 유리한 실시예에서, 펄스 피커(16)는 음향-광학 모듈레이션 장치이나, 전자-광학 스위치, 고속 조절 미러 또는 충분한 속도와 정확도를 가진 어느 다른 타입의 광 스위치일 수 있다.
- [0010] 음향-광학 모듈레이터의 펄스 피킹과 추가적인 다른 이용은 고속 조절 미러, 또는 다른 형식의 고속 편향장치(deflector)가 또한 설명될 수 있다. 긴 펄스 또는 펄스 버스트가 링크 가공에 적용되는 경우, 하나의 그러한 사용은 빔 이동 방향을 따라 빔 위치 보정을 위한 것이다. 보정 없이, 만약 펄스 또는 펄스 버스트가 펄스 또는 펄스 버스트 지속시간 동안 링크를 가로지른 빔 스팟 체류 시간에 대해 상대적으로 짧다면, 빔 스팟은 온더플라이(on-the-fly) 가공에서 앞서 설명한 상대적인 빔 및 링크 이동 동안 주목할 만큼 이동되지 않을 것이다. 그러나, 도 4에서 보여진 바와 같이, 버스트가 많은 펄스들을 가지거나 상대적으로 긴 펄스사이 간격을 포함한다면,

빔 스팟은 펄스 시퀀스 경로 위에 링크(18) 중앙을 벗어날 수 있다. 미국 특허 공개 2002/0167581(Cordingley 등)에서, 편향장치(deflector)(예, 고속 편향장치)가 타겟 구조들과 펄스들의 일치를 향상하기 위해 레이저 펄스를 편향하는 것이 설명된다. 이 공개에 설명된 바와 같이, 편향장치는 링크를 가로지른 빔 스팟의 상대적인 이동을 반대하기 위하여 작용할 수 있다. 도 5에서 일반적으로 도시된 일실시예에서, 편향장치(20)는 상대적인 위치결정 시스템과 협력적으로 결합될 수 있다. 편향장치(20)는 바람직하게 고체 상태이고, 매우 빠른 리트레이스(retrace)/엑세스(access) 시간을 가지는 단일 축(axis) 음향-광학 장치일 수 있다. 대안적으로, 더욱 고속의 전자-광 편향장치(예, 그래디언트 지표 반사장치(gradient index reflector) 또는 디지털 광 편향장치)가 이용될 수 있다. 시간-주파수 산물(product)(스팟 수)은 어플리케이션 기반에서 응답 시간을 위해 교환될 수 있다. 대안적으로, 전자-광 모듈레이터는 칩 모드(chirp mode)(예, 랜덤 접근 모드와 대조적인 리니어 스위프(linear sweep))에서 운용되고 위치결정 시스템 좌표에 기반하여 동기화(트리거)되는 분리 음향-광학 편향장치가 이용될 수 있다. 모듈레이터(22)는 타겟 구조 가공을 위한 시간 t_1 , t_2 , t_3 에서 펄스(24)를 선택하기 위하여 강도 제어 및 펄스 게이팅(gating)/선택을 위하여 이용될 수 있다. 다중 펄스 가공 기능의 스위프(sweep)동안, 빔 경로가 타겟 구조의 에지를 더 가로지르고 넘어서 이동함에 따라, 편향장치(20)는 상대적인 이동에 반대되는 방향에서 빔 경로를 더욱 강하게 편향할 수 있다. 그러므로, 복수의 펄스들은 타겟 구조의 동일한 부분에 근사적으로 조사할 수 있다. 미국 특허 공개 2002/0167581는 이로써 전체로서 참조로 결합될 수 있다.

- [0011] 레이저 가공 장치의 빔 경로에서 음향-광학 모듈레이터의 다른 어플리케이션은 미국 공개번호 2002/0167581에서 또한 설명된다. 도 20을 참조로 여기에서 설명되는 다른 실시예에서, 음향-광학 모듈레이터는 특정 시간에 하나의 타겟 구조 이상의 가공을 허용하는 빔 분배기(splitter)로 이용된다. 결과 빔의 빔 경로는 가공되는 타겟들에 정확하게 각 결과 빔을 동시에 위치 결정하는 음향-광학 모듈레이터에 인가되는 주파수 제어에 의해 제어될 수 있다.
- [0012] 주된 기본적 빔 궤적 안에서 고속 빔 스캐닝은 앞서 기술한 바와 같이 다양한 컨텍스트(context)에서 활용되었다 할지라도, 링크 블로잉(blowing) 시스템에서 고속 편향장치(deflector)의 추가적인 이용이 이 분야에서 유용할 것이다.
- [0013] 추가적인 참고를 위하여 본 발명의 양수인에게 양수된 다음에 동시 계류중인 미국 출원 및 등록 특허는 많은 추가적인 레이저 링크 블로잉(blowing) 측면을 설명하고, 여기에서 전체로서 참조로 포함될 수 있다.
- [0014] 1. 위상 플레이트 조절 레이저 빔에 의해 집적 회로 연결 경로를 절단하는 방법 및 시스템이 발명의 명칭인 미국 특허 번호 5,300,756;
- [0015] 2. 고속 정확성 위치결정 장치가 발명의 명칭인 미국 특허 번호 6,144,118;
- [0016] 3. 레이저 극성화 제어가 발명의 명칭인 미국 특허번호 6,181,728;
- [0017] 4. 레이저 가공이 발명의 명칭인 미국 특허번호 5,998,759;
- [0018] 5. 에너지 효율, 레이저 기반 타겟 물질을 위한 방법 및 시스템이 발명의 명칭인 미국 특허 No. 6,281,471;
- [0019] 6. 증폭된, 과장 천이 펄스 트레인을 이용한 타겟 물질 가공을 위한 에너지 효율 방법 및 시스템이 발명의 명칭인 미국 특허 No. 6,340,806;
- [0020] 7. 레이저 가공 사이트안에 미세구조를 가공하기 위하여 물질 가공 레이저 빔의 웨이스트의 정확한 위치 확인을 위한 방법 및 시스템이 발명의 명칭이고 2000년 5월 16일에 출원되어 2001년 12월에 WO 0187534 A2로 공개된 미국 특허 No. 6,483,071;
- [0021] 8. 레이저 가공이 발명의 명칭인 미국 특허번호 6,300,590;
- [0022] 9. 레이저 시스템에서 펄스 제어가 발명의 명칭인 미국 특허번호 6,339,604; 및
- [0023] 10. 다중 물질 장치의 하나 이상의 미세구조를 위한 방법 및 시스템이 발명의 명칭인 미국 특허번호 6,639,177
- [0024] 앞서 기술된 출원들과 특허들의 주제는 본 발명과 관련된다. 특허들 및 출원들에 대한 참조자료는 다음 섹션에서 참조번호에 의해 인용된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0025] 본 발명은 기관 및 적어도 하나의 타겟 구조를 포함하는 다중 물질 장치를 레이저 가공하는 방법을 포함한다.

과제의 해결 수단

[0026] 일 실시예에서, 본 발명은 기관 및 적어도 하나의 타겟 구조를 포함하는 다중 물질 장치를 레이저 가공하는 방법을 포함한다. 상기 방법은 빔 경로와 적어도 하나의 타겟 구조를 가지는 기관 사이에서 제1 방향으로 상대적인 이동을 생성하는 단계, 제1 펄스를 생성하는 단계 및 제1 펄스로 타겟 구조의 제1 부분을 조사하는 단계를 포함하되, 상기 제1 빔의 웨이스트(waist)는 제1 펄스와 연관되고, 적어도 하나의 미세구조가 실질적으로 일치한다. 제2 펄스는 생성되고, 제2 펄스는 제1 펄스에 상대적으로 미리 결정된 시간 지연된다. 제2 펄스는 제2 방향으로 편향되며, 제2 방향은 제1방향에 평행하지 않고, 적어도 하나의 미세구조의 제2 부분은 편향된 제2 펄스로 조사되고, 제2 빔 웨이스트(waist)는 편향된 제2 펄스와 연관되고, 적어도 하나의 미세구조의 제2 부분이 실질적으로 일치한다.

[0027] 다른 실시예에서, 방법은 빔 경로와 그 위에 적어도 하나의 타겟 구조를 가지는 기관 사이의 제1 방향으로 상대적인 이동을 생성하는 단계, 제1 펄스를 생성하는 단계 및 제1 펄스로 타겟 구조의 제1 부분을 조사하는 단계를 포함하되, 제1 빔 웨이스트는 제1 펄스와 연관되고, 적어도 하나의 미세구조는 실질적으로 일치한다. 제2 펄스는 생성되고, 제2 펄스는 제1 펄스에 상대적으로 미리 결정된 시간만큼 지연된다. 이 실시예에서, 제2 펄스는 편향된 제2 펄스로 적어도 하나의 타겟 구조를 조사하기 위하여 편향되며, 제2 빔 웨이스트는 편향된 제2 펄스와 연관되고, 적어도 하나의 타겟 구조의 종적(longitudinally)으로 구별된 제2 부분이 실질적으로 일치된다.

[0028] 다른 실시예에서, 기관 및 타겟 구조를 포함하는 다중 물질 장치를 레이저 가공하는 방법은 기관이 타겟 구조의 길이에 평행하지 않은 방향에서 이동함에 따라 타겟 구조의 길이에 평행한 방향에서 복수의 응용 레이저 펄스를 스캐닝하는 단계를 포함한다.

[0029] 기관과 적어도 하나의 미세구조를 포함하는 다중 물질 장치를 가공하는 또 다른 방법은 빔 경로 및 그 위에 적어도 하나의 타겟 구조를 가지는 기관 사이에서 상대적인 이동을 생성하는 단계, 제1 펄스를 생성하는 단계, 제1 방향에서 제1 펄스를 편향하는 단계 및 제1 편향 펄스로 적어도 하나의 미세구조를 조사하는 단계를 포함하되, 제1 빔 웨이스트는 제1 편향 펄스와 연관되고 상기 적어도 하나의 미세구조와 실질적으로 일치한다. 제2 펄스가 생성되며, 제2 펄스는 제1 펄스에 상대적으로 미리 결정된 시간이 지연되어 생성된다. 제2 펄스는 제1 방향에 평행이 아닌 제2 방향으로 편향된다. 적어도 하나의 미세구조는 편향된 제2 펄스로 조사되되, 제2 빔 웨이스트는 편향된 제2 펄스와 연관되고, 적어도 하나의 미세구조와 실질적으로 만난다.

[0030] 또 다른 실시예에서, 기관과 적어도 하나의 타겟 구조를 포함하는 다중 물질 장치를 레이저 가공하는 방법은 빔 전달 서브시스템과 그 위에 복수의 인접 미세구조들을 가지는 기관 사이에 미리 결정된 평균 속도 V 로 상대적인 이동을 생성하는 단계-상기 복수는 적어도 하나의 타겟 구조를 가짐-, 펄스 시퀀스, 펄스 그룹들, 결합 펄스들 또는 펄스 버스트들을 포함하는 펄스 레이저 출력을 생성하는 단계-상기 시퀀스는 최소 동기화 기간 T 에 의해 특징됨-를 포함한다. 복수의 미세구조는 상대적 이동의 방향에서 공간적 거리 S 에 의해 분리되고, T_1 은 적어도 한 쌍의 인접 미세 구조들 사이에 체류시간 S/V 이다. 이러한 실시예에서 T_1 은 미리 결정된 기간 T 와 동일하지 않다.

[0031] 또 다른 실시예의 기관과 적어도 하나의 타겟 구조를 포함하는 다중 물질 장치를 레이저 가공하는 방법은 N 구조들의 세트들로 미세구조들을 그룹핑(grouping)하는 단계, 타겟 구조들의 세트 위에서 레이저 빔 웨이스트 위치의 패스(pass)시 N 미세구조들의 각 세트를 위한 P 레이저 펄스, 결합 펄스들, 펄스 그룹들, 또는 펄스 버스트를 생성하는 단계를 포함한다. 이 실시예에서, P 는 N 과 동일하지 않는다. 이 방법은 패스하는 동안 적어도 하나의 타겟 구조에서 가공하는 단계를 더 포함한다.

[0032] 또 다른 실시예에서, 기관 및 적어도 하나의 타겟 구조를 포함하는 다중 물질 장치를 레이저 가공하는 방법은 가공되는 타겟 미세구조의 좌표에 상응하는 데이터를 수신하는 단계, 미세구조의 행 또는 열을 따라 복수의 타겟 미세구조를 포함하는 가공 궤적 세그먼트를 결정하는 단계를 포함한다. 펄스 레이저 출력은 펄스 시퀀스, 펄

스 그룹, 결합 펄스 또는 펄스 버스트를 포함하여 생성되되, 시퀀스는 궤적에 대하여 적어도 부분적으로 비동기화된다. 상기 방법은 각 타겟 미세구조와 시퀀스에서 상응하는 레이저 펄스 사이에 상대적인 변위를 결정하는 단계, 상대적인 변위에 상응하는 편향 지시 시퀀스를 생성하는 단계, 타겟 미세구조 및 상응하는 레이저 펄스를 동기화하기 위하여 기관 및 빔 위치 결정 서브시스템 사이에 상대적인 이동 동안 상기 편향 지시 시퀀스에 따라서 펄스 레이저 출력을 편향하는 단계 및 적어도 일부의 펄스 레이저 출력이 각 타겟 미세구조를 조사하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0033] 본 발명이 반도체 기관에서 거의 인접한 금속 및 비 금속 링크를 가공을 개선하기 위한 것이지만, 다른 종류의 다중 물질 장치는 증가된 가공 효율, 증가된 정확도, 감소된 기관 손상 및 감소된 인접 장치의 손상에 한정되지 않고 포함되는 다양한 이익과 함께 레이저 가공될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0034] 도 1은 레이저 가공 시스템의 여러 종래의 성분들을 나타내는 블록도이다.
 도 2는 선택된 링크에 레이저 펄스의 인가를 나타내는 링크 행의 평면도이다.
 도 3은 다중 펄스 레이저 가공 시스템의 블록도이다.
 도 4는 링크에 인가된 오프셋 레이저 스팟의 평면도이다.
 도 5는 링크 가공 동안 상대적 이동을 위한 보정을 설정하는 레이저 가공 시스템의 블록도이다.
 도 6은 비 직교 빔 편향 능력을 가진 레이저 가공 시스템의 블록도이다.
 도 7은 상대적인 빔의 개념 축들 및 편향 방향들을 나타내는 링크 행들 및 열들의 평면도이다.
 도 8a 및 도 8b는 이동 및 편향 벡터를 보여주는 링크에서 레이저 스팟의 평면도이다.
 도 9a 및 도 9b는 링크에서 스팟 이동을 보여준다.
 도 10a 및 도 10b는 또 다른 실시예에서 링크에서 스팟 이동을 보여준다.
 도 11a 및 도 11b는 또 다른 실시예에서 링크에서 스팟 이동을 보여준다.
 도 12는 단일 패스에서 인접한 행 또는 열에서 링크를 블로우(blow)하기 위하여 사용되는 비 직교 편향을 보여준다.
 도 13은 타겟 구조의 3개의 평행 행 또는 열 다중 빔 가공을 보여준다.
 도 14는 2개의 스테이지 평행한 행 또는 열 타겟 구조의 다중 빔 가공을 보여준다.
 도 15는 타겟 구조의 2개의 펼쳐진 평행한 행들 또는 열들의 다중 빔 가공을 보여준다.
 도 16은 타겟 구조들의 2개의 펼쳐진 평행한 행들 또는 열들의 다중 빔 가공의 또 다른 실시예를 보여준다.
 도 17은 타겟 구조들의 4개의 펼쳐진 평행한 행들 또는 열들의 다중 빔 가공을 보여준다.
 도 18은 일 실시예에서 정렬된 타겟 위에 스팟 이동을 보여준다.
 도 19은 가공을 위해 타겟에 비 동기화 펄스 편향이 설정된 레이저 가공 시스템의 블록도이다.
 도 20은 보정 전에 비 동기 빔 스팟 위치를 보여준다.
 도 21은 보정 후에 비 동기 스팟 위치를 보여준다.
 도 22a은 혼합된 피치 링크 행에 인가된 비 동기 펄스를 보여준다.
 도 22b는 혼합된 위상 링크 행에 인가된 비 동기 펄스를 보여준다.
 도 23는 궤적의 비 일정 속도 세그먼트동안 링크절단을 보여준다.
 도 24는 다중 링크 블로잉 채널을 수행하는 레이저 가공 시스템의 블록도이다.
 도 25는 링크 그룹을 나타내는 링크 행의 평면도이다.

도 26a-26e는 링크 행에서 추가적인 링크 그룹핑 옵션을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0035] 여기에서 설명하는 방법 및 시스템은 다중 레이저 펄스를 이용하는 다중 물질 장치의 레이저 가공 타겟 구조에 관련된다. 본 발명이 반도체 기관에서 거의 인접한 금속 및 비 금속 링크를 가공을 개선하기 위한 것이지만, 다른 종류의 다중 물질 장치는 증가된 가공 효율, 증가된 정확도, 감소된 기관 손상 및 감소된 인접 장치의 손상에 한정되지 않고 포함되는 다양한 이익과 함께 레이저 가공될 수 있다.
- [0036] 타겟 미세 구조의 레이저 가공의 일반적인 측면
- [0037] 본 발명에서 유리하게 이용될 수 있는 다중 물질 장치에서 링크를 가공하는 많은 측면은 앞에서 언급한 미국 특허 공개 2002/0167581의 부분 [0115]에서 [0159], [0169]에서 [0175] 및 [0213]에서 [0225]에 설명되었다.
- [0038] 다중 물질 장치는 기관 위에 위치한 복수의 타겟 구조를 포함할 수 있다. 펄스 레이저 빔, 미세 구조의 가공을 위하여 미리 결정된 특징을 가지는 빔은 적어도 타겟 구조의 부분을 완벽하게 제거하기 위해 이용될 수 있다. 본 발명의 방법 및 시스템의 어플리케이션은 고속 반도체 메모리 장치의 일부가 되는 전도성 링크를 절단하는 것이다. 타겟은 레이저 빔의 파장 이하의 1마이크로 미만의 크기를 가질 수 있다. 타겟은 여러 유전층들을 가질 수 있는 다중 층 스택(stack)에 의해 반도체 기관으로부터 분리될 수 있다. 더욱이, 펄스의 시간적 및 공간적 특징은 타겟 구조의 공간 및 기능적인 내부 전도층들을 포함하여 미세 구조의 타겟, 하부층 물질 및 장치 구조의 3차원 배치의 열적(thermal) 및 광적(optical) 특징에 기반하여 선택되거나 제어될 수 있다.
- [0039] 본 발명의 많은 실시예에서, 하나 이상의 레이저 펄스들은 일반적으로 직사각형의 타겟 구조 또는 미세 구조를 조사한다. 일 실시예에서 레이저 시스템으로부터의 출력은 펄스 시퀀스, 펄스 그룹들, 결합 펄스들 또는 펄스 버스트들을 발생하기 위하여 생성된다. 다른 실시예에서, 각 펄스는 높게 반사되는 타겟 구조에 에너지를 효율적으로 결합하는 데 충분히 빠른 상승 시간을 가진다. 조사의 지속 시간이 적어도 일 부분의 타겟 구조를 가공하는 데 충분하되, 적어도 일부분의 구조는 상당한 양의 잔유물(residue), 슬래그(slag) 또는 파편(debris)을 남기지 않고 깨끗하게 제거된다. 하강 시간은 바람직하게 층(layer) 또는 기관에 원하지 않는 손상이 생성되지 않기에 충분히 빠른 것이 바람직하다.
- [0040] 타겟 미세구조의 물리적 특징, 예를 들면, 두께, 광 흡수도, 열 전도도 또는 그것의 조합에 기반하여, 일시적인 펄스 모양은 부분적으로 선택될 수 있다. 본 발명의 다른 실시예에서, 가공은 수 나노 초(nanoseconds)의 선택된 펄스 지속 시간에 상응하는 빠른 리딩(leading) 에지를 가지는 단일 펄스에 의해 일어날 수 있다. 본 발명의 다른 실시예에서, 타겟 구조를 가공하기 위해 이용되는 레이저 출력은 매우 빠른 상승 시간의 예를 들면, 상업적으로 이용가능한 큐 스위치 마이크로 레이저의 출력을 대표하는 800ps 펄스인 일련의 좁은 큐 스위치 가우시안 모양 또는 사각 펄스일 수 있다. 펄스들은 타겟 구조를 조사하는 버스트 펄스를 제공하기 위하여 서로에 대하여 지연될 수 있다. 레이저 출력은 고 주파수 영역 시드(seed) 레이저 다이오드와 라만(Raman) 천이 또는 도파관 증폭 시스템인 광섬유 증폭기의 조합에서 생성된다. 대안적으로, 바람직한 펄스 특성은 다양한 변형된 큐 스위치 시스템 또는 고속 전자-광 모듈레이터와 함께 제공될 수 있다. 다른 펄스 모양은 물질 가공 요구사항을 위하여 선택될 수 있다. 예를 들면, 수 피코초(picoseconds)에서 수 나노초(nanoseconds)의 지속 시간을 가지는 시퀀스의 이격된 펄스들은 참조 5에 시사된다.
- [0041] 일 실시예에서, 고 주파수대역 마스터 오실레이터 전력 증폭기(MOPA: Master Oscillator power amplifier) 설정은 고속 반도체 다이오드의 레이저 출력을 증폭하기 위하여 사용된다. 가변 증폭 구동 파형과 연관된 영향이 전체적인 퍼포먼스에 영향을 미치지 못한다면, 다이오드의 직접적인 모듈레이션과 함께 다양한 펄스 모양 및 지속 시간의 생성은 유리하게 고려된다. 더욱 세부적인 다양한 측면의 펄스 생성 및 증폭은 참조 5 및 6에서 발견될 수 있다(e.g., '471에서--참조 5--도 5 및 컬럼 14-16).
- [0042] 앞서 지적한 바와 같이, 레이저 시스템의 일 실시예들은 씨드(seed) 레이저에 의해 생성된 바람직한 사각 펄스 모양을 증폭하는 광섬유 증폭기를 포함할 수 있다. 씨드 레이저는 고속 반도체 다이오드 또는 변형된 큐 스위치 시스템의 출력일 수 있다. 증폭된 출력은 참조 4 및 6에 시사된 바와 같이, 입력된 또는 라만 천이된 파장에 일치될 수 있다(예, 참조 6에서 도 12-13과 컬럼 14, 57줄부터 컬럼 19, 3줄). 짧은 펄스 큐 스위치 레이저 출력의 파장 천이는 일반적으로, '759 참조 4에 시사된다.
- [0043] 대안적인 방식으로, 시드 레이저는 반도체 다이오드이고, 광 증폭기는 도파관 증폭기이다. 광섬유 시스템과 비

교할 때, 도파관 증폭기의 일 실시예의 장점은 라만 천이 방지, 동작 속도에서 더 낮은 펄스 왜곡, 및 적합한 디자인에서 최소 열적 렌싱(lensing)을 포함한다. 정밀도 왜상 광학 시스템은 시드 및 증폭기 사이에 결합을 최적화하는 데 이용된다. 도파관 증폭기 및 레이저의 기본적인 설명은 Maxios사에 의해 제공된 제품 인쇄물 및 Beach등의 "CW and passively Q-switched Cladding Pumped Planar Waveguide Lasers," 기사에서 발견할 수 있다. 1.064 마이크로 파장에서 사용을 위한 28 DB 평균 도파관 증폭기 또 다른 증폭기 시스템은 사우스햄프턴 대학에 의해 발전되었고, "A Diode Pumped, High Gain, Planar Waveguide, Nd:Y3Al5O12 Amplifier."에서 설명되었다.

[0044] 대안적인 방법으로, 빠른 상승 펄스 또는 다른 바람직한 모양의 생성을 위하여 다수의 q 스위치 마이크로 레이저가 이용될 수 있다. 모듈은 1나노 초 정도 또는 그 이하의 펄스 지속시간, 예를 들면, 상업적으로 이용될 수 있는 단위인 800ps 에서 2ns 동안 큐 스위치 파형을 생산한다. 상업적으로 이용할 수 있는 레이저의 예는 Advanced Optical Technology (AOTLasers.com)으로부터 이용할 수 있는 AOT-YVO-1Q이다. 이러한 최근의 발전된 짧은 펄스, 액티브 큐 스위치 레이저는 특정한 서브-나노 초 타임 지터(jitter)를 유지하는 동안 다양한 반복 속도의 TTL 펄스에서 트리거될 수 있다. 일반적으로, 타겟 미세구조에 입사된 펄스 모양은 최대속도에 인접하는 반복속도에서 의미 있게 변경될 것이다. 참조 9는 타겟에 입사하는 펄스의 시간적 간격에서의 변경에도 불구하고, 일정한 펄스 모양을 유지하는 방법을 시사한다. AOT 는 반복속도 20KHz에서 이용 가능한 2 나노 초의 펄스 너비를 제안한다. 주파수 중첩 버전이 또한 이용 가능하다(532nm). IMRA 아메리카는 PicoLite 시스템에서 800ps 펄스를 보고하고, 고 피크의 파워는 광 증폭기에서 10KHz까지의 반복속도에서 획득된다. 더 짧은 펄스 너비는, 예를 들면, 약 1 ns 또는 이하, 더 늦은 반복 속도에서 이용 가능하다. 1-100 ps범위 펄스의 레이저 가공은 더 최신에 발전된 레이저 시스템에 의해 설명되어 왔고 수행되어 왔다.

[0045] 종래에 알려지고, 참조 5(도 1C, 2)에서 표현된 바와 같이, 큐 스위치 파형은 근사적인(적어도 1크기까지) 대칭적 가우시안 모양일 수 있거나, 저장된 에너지의 따라서 지수적 테일(tail)을 가진 빠른 상승 펄스일 수 있다. 공개 2002/0167581를 참조하면, 일련의 장치들은, 복수의 트리거 신호에 의해 유도되는 적합한 지연, 또는 지연 라인(line)을 갖는 트리거 신호의 지연과 함께, 일련의 공간적으로 떨어진 펄스들을 생성하는 데 이용된다. 광 출력은 적합한 벌크 광학(극성에 민감), 섬유 광학, 또는 단일 출력 빔을 형성하기 위한 도파관과 바람직하게 결합된다. 큐 스위치의 파형의 결과적인 추가는 빠른 상승 시간 특성 및 상대적인 짧은 지속 시간을 만든다. 광학적 증폭기는 필요한 만큼의 출력 파워를 증가하기 위하여 이용된다. 성형 펄스들(shaped pulse)은 예를 들면, 증폭기로 2개의 레이저(또는 빔 분배기에 의해 단일 레이저 분배의 출력)를 출력하기 위하여 빔 결합기의 사용 또는 펄스의 리딩(leading) 에지 또는 테일을 절단하는 데 접근한 모듈레이터 사용, 하지만 2 단계 또는 모양 모듈레이션 전압 펄스, 에 의해 생성될 수 있다.

[0046] 메모리 수리를 위한 시스템 동작 동안, 정밀한 측정 시스템에서 획득된 위치 정보는 타겟의 3차원 좌표(Xlink, Ylink, Zlink)와 실질적으로 일치하는 공간의 위치에서 펄스 레이저의 집중된 빔 웨이스트의 상대적인 위치결정을 위해 이용된다. 레이저 빔 웨이스트 및 타겟 너비 위치가 실질적으로 일치하는 일정 시점에서 레이저 펄스를 생성하기 위하여 발생하는 트리거 펄스는 레이저 및 레이저 서브 시스템에서 출력 펄스를 생성하기 위한 연관된 제어회로와 같이 운영된다.

[0047] 참조 2 및 7은 3차원 빔 웨이스트 위치결정을 포함하여 정밀도 위치결정을 위한 방법 및 시스템을 상세하게 설명한다. 참조 7은 스팟 크기 조정 범위와 함께 스팟 크기를 제한하는 근사 회절을 생산하는 실시예(W00187534 ('534) 의 도 7-9및 연관된 명세서) 및 빔 웨이스트의 3차원 위치결정을 위한 방법 및 시스템을 설명한다. 3 차원 (높이) 정보가 예를 들면 초점 감지와 함께 획득되고, 표면 평가 및 궤적이 생성되는 데 이용된다(예를 들면, '534의 도 2-5 및 연관된 명세서). 레이저는 링크의 3차원 위치(Xlink, Ylink, Zlink) (예를 들면, '534 의 도 10a-b 및 연관된 명세서)에 실질적으로 상응하는 위치에서 펄스화된다.

[0048] 실제에서 3차원 측정 및 위치결정은 웨이퍼 표면 위에서 지형상의 변경 또는 시스템에서 유도되는 다른 위치 변경(비정렬)에 보상하는데 이용된다. 이러한 변경은 일반적으로 시스템 또는 어플리케이션에 종속적이고, 수 마이크로를 초과할 수 있고, 차례로 초점된 레이저 빔의 초점 깊이를 초과할 수 있다. 다른 마이크로 기계의 어플리케이션에서, 시스템 위치결정 요구사항은 마이크로 위치결정 서브 시스템과 함께 완료된 대로, 어떤 허용한계(tolerance)가 유지되거나, 외부의 하드웨어가 장치의 위치를 조절한다면, 완화될 수 있다. 장치는 외부의 마이크로 위치결정 서브 시스템에 의해 위치 결정되는 축소모형(miniature) 부분(예, 단일 다이)를 포함할 수 있다. 유사하게, 축소모형(miniature) 부분이 미리 결정된 허용한계(tolerance)를 가진다면, 위치결정은 참조 위치에서 단일 측정 또는 아마도 측면(X, Y) 측정과 결합된 단일 깊이 측정에 기반할 수 있다. 웨이퍼(예, 300mm) 위에 다중 단계의 장치의 고속 가공을 위하여, 특별히 링크 크기가 줄어들어 따라 조밀한 샘플의 3차원 정보가 퍼

포먼스를 향상시킬 것이 예상된다.

- [0049] 넓은 표면(예, 300mm 웨이퍼) 위에 매우 고속의 동작이 요구되는 어플리케이션에서, 대안적인 방법은 가공되는 각 부분으로부터 획득한 크기 정보와 함께 미리 정해질 수 있는 정보(예를 들면, 보정 과정 동안 측정된 이동의 빔 포지셔너(positioner) 평면에 상대적인 웨이퍼 척(chuck)의 평면)을 결합하는 것이다. 예를 들면, '534에서도 1-2는 지역(28)의 경사의 일부가 픽처링(fixturing)과 연관될 수 있다. 예를 들면, 단계들은 (a) 제거를 위하여 지정된 미세구조를 식별하는 정보를 획득하는 단계, (b) 3차원 참조 데이터를 획득하기 위하여 제1의 세트의 참조 위치를 측정하는 단계, (c) 빔 웨이스트 및 미세구조 표면 위치 예측을 위하여 적어도 3차원 참조 데이터에 기반한 궤적을 생성하는 단계, (d) 위치 센서(예, 인코더) 및/또는 상대적인 이동 동안 획득된 데이터로부터 획득한 갱신된 위치 정보에 기반하여 상대적인 이동 동안 예측을 갱신하는 단계를 포함한다. 추가적인 데이터는 추가적인 정렬 타겟 또는 광 측정(예, 동적 초점)에 적합한 다른 위치에서 획득한 측정 데이터 일 수 있다. 참조 2는 고속에서 웨이퍼를 위치시키기 위해 정밀한 웨이퍼 스테이지가 이용되는 시스템을 설명한다. 몇분의 1 나노미터의 해상도를 갖는 피드백 정보 획득 방법이 개시되는데, 여기서 간섭인코더가 사용되며, 그러한 고정밀 방법이 바람직하다. 참조 2에서, 다른 종래의 레이저 간섭계 또한 이용될 수 있음이 알려졌다. 참조 2의 도 9-11 및 참조 2의 컬럼 5-6은 정밀한 위치결정 장치와 연관된 정밀한 측정 서브시스템의 측면들을 설명한다. 추가적으로, x, y 정렬 타겟 또는 3차원 측정을 위하여 적합한 지역일 수 있는 제조공정에 있는 제품(예, 웨이퍼)에서의 지적된 참조 위치는 다양한 어플리케이션에서 사용될 수 있다. Nikoonhad등이 1995년 10월에 Optical Engineering Vol. 34, No. 10, "In-situ height correction for laser scanning of semiconductor wafers" 에서 약 0.1 μ m의 높이 정확도가 보고되었는데, 광학 위치 센서는 고속에서 높이 데이터가 평균된 지역을 획득했다. 유사하게, 동적 초점 센서(예, 광학 디스크 트래킹을 위한 난시 시스템 및 제어)는 데이터 속도가 온더플라이(on-the-fly) 측정을 지원할 정도인 경우 높이 정보를 획득하기 위하여 이용된다.
- [0050] 상기 기술의 다양한 조합이 어플리케이션 필요성에 따라서 이용될 수 있다. 조합은 제거를 위해 표현된 미세구조의 장치 위에 수 및 전형적인 분포에 기반할 수 있다. 많은 수의 수리 사이트가 장치를 가로질러 분포될 때, 효율은 온더플라이(on-the-fly) 업데이트를 제공함에 의해 최대화할 수 있다.
- [0051] 본 발명의 어플리케이션에서 타겟 구조는 다중 물질, 다중 층 구조(예, 여분 메모리 장치)의 일부로 제공된다. 유전 층을 가진 다중 층 스택은 링크 및 하부 기관 사이의 공간을 제공한다. 한 종류의 다중 층 메모리 장치에서, 실리콘 이산화물(Silicon Dioxide) 및 실리콘 질산화물(Silicon Nitride)은 링크 타겟 구조 및 실리콘 기관 사이에 위치할 수 있다. 타겟 구조는 일반적으로 제거를 위해 지적된 1-D 또는 2-D 어레이의 퓨즈를 형성하기 위하여 다른 유사한 구조에 인접하도록 위치한다. 링크 구조에 더하여, 기능성 장치 회로의 일부로 위치된 밀의 전도체는 링크 구조와 인접할 수 있고, 관하여 얇은(<0.1 μ m전형적으로) 실리콘 질산화물 및 더 두꺼운(1 μ m전형적으로) 실리콘 이산화물 물질에 의해 연속된 패턴에서 배열될 수 있다.
- [0052] 링크에서 조사의 분포는 실질적으로 제한된 회절, 원형 가우시안 프로파일을 형성할 수 있다. 또 다른 유용한 실시예에서, 빔은 왜상(anamorphic)의 광학 시스템 또는 비원형 레이저 출력 빔에서 생산될 수 있는 근사적 타원오목(elliptical)의 가우시안 조사 프로파일을 가진다. 일 실시예에서, 입사빔은 비균질적인 가로 세로비를 가진다. 대안적으로, 직사각형의 또는 다른 선택된 공간적 프로파일은 측면 방향(lateral dimension)에서 수행될 수 있다. 예를 들면, 참조 10은 메모리를 수리하는 어플리케이션을 위한 공간적인 모양을 가지는 레이저 빔을 위한 다양한 우수한 방법과 광학 시스템을 개시하고, 참조 1은 메모리 수리 어플리케이션을 위한 레이저 빔의 "비-가우시안" 조사 분배를 위한 다양한 우수 방법 및 광학 시스템을 개시한다.
- [0053] 타원오목(elliptical)의 가우시안 경우를 제한하는 회절과 함께, 위치에서의 바람직한 최소 빔 웨이스트 크기도 1B의 좁은 타겟 너비 크기에 근사하며, 이것은 차례로 링크에서 고 펄스 에너지 밀도를 생성한다. 더욱, 이러한 방식으로, 레이저 에너지의 상당 부분이 링크와 결합되고, 배경 조사가 감소한다.
- [0054] 최근 메모리에서 사용되는 전형적인 링크는 1 μ m 이하, 예를 들면, 0.6 μ m의 너비와 두께를 가지고, 약 5 마이크로미터의 길이를 가진다. 더욱이 메모리 요구사항은 타겟 크기의 스케일을 더욱 감소할 것으로 예상된다. 최소 빔 웨이스트 크기 W_{yo} 은 전형적으로 서브-마이크론 링크를 어느 정도까지 넘치게 채울 것이지만, 반면에 링크를 따라 수 마이크로미터의 W_{xo} 와 함께 가로 세로비 W_{xo}/W_{yo} 는 완전한 링크 제거를 촉진할 수 있다. 추가적으로, 층들 및 기관에서 빠르게 감소하는 에너지 밀도는 높은 개구수 빔 부분(high numerical aperture beam portion)의 초점의 흐려짐(defocus)을 통하여 달성할 수 있다.
- [0055] 약 0.1 에서 3 μ j 범위에서 펄스 에너지는 효과적이라고 발견되며, 바람직한 전형적인 범위 약 0.1에서 5 μ j는 스팟 모양과 가공 변형을 위한 충분한 여유(margin)라고 간주된다. 바람직한 펄스 지속시간은 명목상의 링크

두께 사양(specification) 또는 인접 물질들의 비 유사한 열적 및 광적 특성의 모델에 기반하여 선택될 수 있다. 타겟이 버스트 다중 펄스들로 가공될 때 더 낮은 펄스 당 에너지가 이용될 수 있다.

- [0056] 그러므로, 공간적인 특성(예, 빔 웨이스트 모양 및 위치) 및 시간적(예, 상승 기간, 평평도(flatness) 및 지속 시간) 펄스 특성의 조합은 바람직하지 않은 더 낮은 층의 분열을 막을 수 있고, 내부 층 전도체와 중대한 펄스 상호작용을 막을 수 있고, 기관 가열을 제한한다.
- [0057] 레이저 파장에 대하여, 적외선 근처 파장은 고 주파수대역의 레이저 다이오드가 이용될 경우의 파장에 대응하고, 펄스 레이저 빔의 광적 증폭이 광섬유 및 도파관 증폭기에서 효율적으로 생성될 수 있는 스펙트럼 범위까지 대응한다. 바람직한 시간적 펄스 모양을 가진 증폭된 레이저 다이오드 출력은 유리한 경우 가시적인 레이저 출력을 생성하기 위하여 주파수 배수일 수 있다는 것은 당업자에게 자명하다. 반도체 다이오드의 제1 상승 시간은 제1 상승 시간, 사각 펄스 특성을 생성하기 위하여 특히 유용하다. 가시 다이오드(visible) 및 광 증폭기 기술의 발전은 가시적인 범위에서 직접적인 펄스 증폭을 지원할 수 있다.
- [0058] 링크 블로잉(blowing)을 위한 다른 시스템에서, 링크 너비는 현재의 가공 기술에서 보통 1 마이크로이고 링크 간격(피치)는 수 마이크로이다. 링크 너비는 가시광의 파장에 대응될 수 있다. 또한, 미세 규모의 동작에서, 물질의 열 및/또는 두께 크기는 레이저 파장의 크기이고, 스택 물질의 두께 및 편향율은 전체적인 스택의 광 특성에 중대하게 영향을 미칠 수 있다.
- [0059] 본 발명의 일 실시예에서 바람직한 감소 파장은 가시범위 또는 적외선 범위 근처에서 선택된다. 여기서, 층들의 비흡수(non-absorptive) 광 특성(예, 간섭 또는 편향 손실)은 활용된다.
- [0060] 미국 특허 6,300,690 (참조 8)은 기관에서 타겟 구조를 기화시키는 시스템 및 방법을 설명한다. 상기 방법은 기관의 흡수 에지 아래의 파장에서 레이저 출력을 생산하는 레이저 시스템을 포함한다. 더욱이, 참조 4는 메모리 장치에서 링크 가공을 위하여 1.2 μm 이하의 파장의 이익을 개시하는데, 기관은 실리콘, 즉, 더 작은 스팟 크기 및 더 작은 펄스 너비이다. 본 발명에 따르면, 개선된 퍼포먼스는 파장 선택으로 비 흡수 스택 특성을 활용함에 의해 실현될 수 있다. 더욱이, 적어도 하나의 높은 개구수 빔의 정밀한 위치결정, 스팟의 공간적인 모양, 또는 시간적인 펄스 모양 중 적어도 어느 하나는 기관에서 감소된 에너지를 위하여도 제공된다. 타겟 구조를 기화시키기에 충분한 유닛 에너지를 타겟 구조에 저장하기 위하여 필요한 입사 빔 에너지에도 불구하고, 결과는 기관에 저장된 것으로 예상되는 상대적으로 낮은 값의 에너지에 상응한다.
- [0061] 기관에 저장되는 에너지에 영향을 미치는 요인은 결과적으로 매우 많다. 이와 같이, 짧은 가시 파장에서, 구리는 적어도 규모면에서 완전한 제거를 위하여 필요한 매우 작은 에너지를 흡수한다(예, 1.064 μm 에서 2%와 비교하여, 500nm에서 50%, UV 근처 영역에서 70%). 기관에 저장되는 것으로 예상되는 상대적으로 낮은 값의 에너지에 상응하는 바람직한 식별 파장은 스펙트럼에서 가시의 IR 범위 근처 이내이다. 모델 기반 접근은 특정 유전체 스택, 스팟 위치, 허용한계(tolerance), 시간적 및 3차원 공간적 펄스 특성을 위한 충분한 여유와 함께 가장 짧은 파장을 평가하기 위하여 이용될 수 있다.
- [0062] 실리콘 기관과 함께, 단단계 장치의 링크 가공을 위하여, 기관에서 저장된다고 예상되는 상대적으로 낮은 값의 에너지(예, 상 경계값(threshold) 이하)에 상응하는 제한하는 파장은 스펙트럼의 녹색 지역 또는 UV지역 근처 이내일 수 있으나, 이용은 가능한 스택 층 두께 또는 편향율의 제어를 포함하여 엄격하게 제어되는 시스템 파라미터를 요구할 수 있다.
- [0063] 본 발명에 따른 파장 선택은 스택의 내부적인 전도 및 바람직한 편향이 최대 또는 최대 근처에서 스택 층 손실을 피할 수 있다. 더불어, 동시에 (회절 한계에서 또는 그 근처에서) 링크 제거를 위하여 감소된 스팟 크기를 제공하는 동안에, 감소된 기관 조사는, 기능적으로 내부 층의 조사가 허용 가능한 범위 내이면, 바람직하다. 전형적으로 큰 밴드갭의 유전 물질을 위한 스펙트럼 전도 커브는 일반적으로 전도가 UV 파장에서 얼마간 줄어들음을 보인다. 예를 들면, HANDBOOK OF LASER SCIENCE AND TECHNOLOGY에서 실리콘 이산화물의 전도 범위는 파장이 0.15 μm 보다 큰 것에 특정된다. 실리콘 질산화물 및 실리콘 이산화물의 흡수 계수는 가시 영역(>400 nm)에서 관하여 낮고, UV 범위에서 점차적으로 증가한다.
- [0064] 타겟 가공에 기반한 레이저에 대해, 타겟 구조를 가공하기 위한 방법 및 장치의 다양한 실시예가 여기에서 기술될 것이다.
- [0065] 경사 스캔 가공 및 정렬

- [0066] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 링크 블로잉(blowing) 장치의 블록 구성도이다. 이 시스템은 앞서 설명한 미국 2002/0167581의 도 20과 구조 면에서 유사하다. 미국 2002/0167581의 도 20의 시스템에서, 음향-광학 모듈레이터는 빔 분배기로 사용된다. 본 발명의 다른 실시예에서, 음향-광학 모듈레이터(36)는 가공하고자 하는 장치 위로 온더플라이 빔 패스 동안 빔 이동의 기본적인 방향에 평행하지도 않고, 직교하지도 않는 방향으로 빔 축을 스위프(sweep)하기 위하여 사용된다. 이하에서 더욱 상세히 설명하겠지만, AOM(acusto-optic modulator)은 가공 축에 45도와 실질적으로 일치하는 각도에서 펄스를 편향하기 위하여 설정될 수 있다. 다른 실시예에서, 하나 이상의 편향장치(deflector)가 있거나 2차원의 AOM은 각각에 대해 실질적으로 수직이고, 가공 궤적에 대하여 경사된 각도에서 빔 축을 스위프(sweep)하기 위하여 사용될 수 있다.
- [0067] 바람직하게는 하나 이상의 음향-광학 모듈레이터는 넓은 동적 범위에서 빠르고, 정확하고, 안정된 파워 제어를 한다. 그러나, 다른 종류의 모듈레이터, 전자-광 모듈레이터 그리고 다른 적합한 모듈레이터가 이용될 수 있다. 여기서, 바람직한 편향은 타겟 기반에 의해 타겟 위에 빔을 위치시키기 충분히 빠르다. 모듈레이션은 시스템의 복잡성, 예를 들면, 빔 조정, 빔 스위칭, 빔 블로킹, 칩(chirp) 모드 포커싱 또는 펄스 피킹을 감소하기 위하여 다른 기능과 결합될 수 있다.
- [0068] 열적으로 안정된 음향-광학 장치는 빔 포인팅 불안정성을 감소하기 위하여 또는 광수차(optical aberrations)를 감소하기 위하여 적어도 하나의 실시예에서 사용될 수 있다. 열적으로 안정된 음향-광학 장치는 연속적인 펄스 시퀀스로부터 펄스 피킹을 위하여 또는 빔 위치결정을 위하여 이용될 수 있다. 안정된 음향-광학 장치는 RF 파워가 있는 하나 이상의 주파수에서 하나 이상의 변환기(transducer)에 의해 구동된다. 1차(first-order) 편향된 빔은 종래에 잘 알려진 바와 같이 레이저 가공 경로가 편향된다. RF 주파수는 편향된 레이저 스팟이 정확히 작업물 위치에 위치하도록 동적으로 변경될 수 있다. RF의 증폭은 음향-광학 장치의 편향 효율을 바꾸고, 빔 에너지를 변조하기 위하여 변경될 수 있다. 펄스 가공 동안 그리고 가공 펄스 사이에, 음향-광학 셀은 RF 파워 및 거의 일정 열적 부하를 받는다. 펄스가 가공을 위하여 필요하지 않는 경우, RF 파워는 단일 비가공 펄스가 0 차(zero-order) 빔에서 빔 더미로 패스되는 것을 허용하기 위하여 비 가공 펄스와 함께 중단되고 나서 일정한 RF 근처가 다시 시작된다. 대안적으로, RF 주파수는 단일 비 가공 펄스가 다른 차 빔에서 빔 더미로 또는 편향된 빔에서 빔 더미로 패스되는 것을 허용하기 위하여 비 가공 펄스와 함께 중단된 후, 거의 일정한 RF가 다시 시작된다. 그러므로, RF의 듀티 사이클은 전형적으로 높고, 간헐적인 RF 부하에 의한 열적 불안정은 감소한다. RF 파워는 레이저 펄스 사이에서 음향-광학 셀에 대한 열적 부하를 제어하기 위하여, 예를 들면, 일정한 평균 열적 부하를 유지하기 위하여, 조절될 수 있다.
- [0069] 음향-광학 빔 편향장치(acousto-optic beam deflector; AOB)의 다양한 설정은 종래의 알려진 바와 같이 이용된다. AOB는 단일 또는 다중 음향 셀에 부착되어 단일 또는 다중 변환기(transducer)로 사용될 수 있다. 음향의 상호 작용 영역은 광 경로를 따라서 직렬적으로 겹쳐지거나 분포될 수 있고, 같은 평면 또는 교차 평면일 수 있다. 지난 30년 이상을 통하여 시사된 음향-광학 스캐닝을 위한 잘 알려진 기하학적 구조 및 구성이 이용될 수 있다. 예를 들면, 제1 변환기 및 제2 변환기는 같은 평면, 평행, 직교 또는 인접하게 직교 또는 반대되는 표면에 경사지게 탑재될 수 있다. 변환기들은 경사지거나 계단 모양일 수 있고, 편향장치의 성과를 증대하기 위하여 위상 어레이 구성으로 이용될 수 있다.
- [0070] 각 변환기는 음향 셀의 표면에 탑재되고, 이 분야에서 잘 알려진 RF 신호에 의해 구동된다. 변환기는 RF 드라이버와 함께 구동되고, RF 드라이버는 주파수 제어기로 제어된다. AOB의 일상적인 최적화는 Bragg 효율을 최대화하는 단계, 모듈레이션 깊이를 증가하는 단계, 시간-주파수대역 산물(product)(많은 수의 스팟을 스캔하기 위함)을 증가하는 단계, 및 입구 각(entrance angle) 및 출구 각(exit angle)을 정렬하는 단계를 포함한다. 예를 들면, RF 신호는 Bragg 효율 변경 및 포인팅 이동을 위하여 보상하기 위하여 진폭 및/또는 주파수가 조절될 수 있다.
- [0071] AOB는 용합 실리카(fused silica), 유리, 크리스탈 기술로부터의 TeO₂ 등, NEOS 등과 같은 상업적으로 이용 가능한 제품으로 일반적으로 제공되는 음향 물질(acoustic material)로 구성될 수 있다. 예를 들면, TeO₂를 사용하는 축(on axis) 장치 또는 비축(off axis) 장치는 높은 시간-주파수대역 산물(product)을 달성하기 위하여 사용될 수 있다. 물질의 선택 및 방향(orientation)은, 광 스캐닝 분야에서 당업자가 이용할 수 있는 기술적 자료에 게시되고 서적에서 리뷰되는, 빔 크기, 스캐닝 속도, 스캐닝 범위, 파장, 효율 및 다른 특징들을 고려하여, 편향 어플리케이션에 퍼포먼스 특성을 대응시키는 일반적으로 일상적 선택의 문제이다.
- [0072] 적어도 하나의 실시예에서, AOM은 가공 축에 비 직교 및 비 평행된 방향에서 가공 빔을 스위프(sweep)하기 위하여 구성된다. 다른 실시예에서, 편향장치(deflector)는 가공 축에 45도로 실질적으로 지향된다. 도 7에서 보여진

바와 같이, AOM은 편향 각이 가공 축에 수직적 및 수평적 축들에 실질적으로 45도 지향하도록 설정될 수 있다.

- [0073] 일 실시예에서, 스위프 속도 벡터 성분의 평행 성분은 기관 위치결정의 방향에서 이동을 생성하고, 링크를 가로질러 스팟 정렬을 유지하기 위하여 이용될 수 있다. 도 8a에서 보여진 바와 같이, 스팟은 온더플라이(on-the-fly) 패스에 놓여짐에 의해 생성되는 링크 속도 V 에 1.414를 곱한 속도 S 에서 편향될 수 있어 링크 L 을 가로지르는 성분 스팟 속도는 링크 속도와 정확하게 대응된다($V=L=S/1.414$). 그러나, 직교 방향에서, 링크 가공 속도에서 빔 스팟 속도 A 는 링크에 따라서 산출된다($A = V = S/1.414$). 그러므로, 링크 가공 동안, 빔 스팟은, 링크를 가로지르기 보다는, 링크의 길이를 따라서 이동한다.
- [0074] 링크 블로잉(blowing) 가공은 링크를 가로지르는 잘못된 정렬(misalignment)에 매우 민감한데, 예를 들면, 약 50-250 nm의 잘못된 정렬은 기관 및/또는 이웃 링크 손상을 위한 감소된 펄스 에너지 한계 값(threshold)과 함께 가공 윈도우(window)에 역으로 영향을 미친다. 그러나, 링크를 따른 이러한 예러는 가공 윈도우에 역으로 영향을 미치지 않고, 예를 들면 0.5로부터 5 마이크로까지, 더 크게 고려될 수 있다. 링크 블로잉 가공 윈도우는 이러한 종류의 예러에 더욱 강인해지고 기관 및/또는 이웃 링크 손상을 위한 펄스 에너지 한계 값은 역으로 영향 받지 않을 수 있다.
- [0075] 더불어, 링크를 따라 연장된 스팟은 가공 윈도우를 향상시킬 수 있어서, 45도 지향한 편향장치에 의한 측면 이동은, 일시적으로 성형된 공간 스팟 조사 프로파일을 형성하기 위하여 버스트 위에 집적된 것과 같이 스팟을 연장함으로써 가공 윈도우를 향상시킬 수 있다. 스팟 연장은 증가된 링크 속도, 증가된 조사 기간 또는 그 조합에 따라 증가될 수 있다.
- [0076] 다른 실시예에서, 빔 스팟은 다수의 방향에서 스위프(sweep)될 수 있다. 예를 들면, 도 8b에서 도시된 바와 같이, 2차원의 편향장치는 X 및 Y 가공 축에 대하여 약 45도 지향된 $S1$ 및 $S2$, 2개의 직교 방향에서 펄스를 편향할 수 있다. 이 경우에, 제1 방향 $S1$ 을 따라 $1.414*V$ 에서 펄스의 편향은 $A1$ 방향을 따라서 링크 위로 움직인다. 제2 방향 $S2$ 을 따라 $1.414*V$ 에서 펄스의 편향은 $A2$ 방향을 따라서 링크 아래로 움직인다.
- [0077] 링크별 다중 펄스의 링크 가공을 위한 경사된 빔 스캔의 어플리케이션이 도 9, 10 및 11에서 도시된다. 예를 들면, 도 9a는 복수의 최초 빔 경로(26a, 28a, 30a 및 32a) 및 타겟 구조(34) 사이에 제1 방향(25)에서 상대적인 이동의 영향을 보여준다. 나중 펄스(예, 32a)는 이른 펄스(예, 26a)보다 타겟 구조에 덜 일치한다. 도 9b에서, 4개의 펄스(26a, 28a, 30a 및 32a) 중 3개는 결과 펄스(26b, 28b, 30b 및 32b)를 산출하기 위하여 빔 경로의 상대적 이동에 반대되는 제 2 방향(36) 및 상대적 이동의 수직인 제3방향(38) 모두에서 편향된다.
- [0078] 비 평행 방향은 빔 경로의 상대적 이동의 방향에 수직적인 성분을 포함한다. 펄스는 또한 빔 경로의 상대적 이동의 방향에 평행한 방향으로 편향될 수 있다. 예를 들면, 제2 편향장치는 빔 경로의 상대적 이동에 수직 방향으로 펄스를 편향하기 위하여 수행될 수 있는 반면, 제1 편향장치는 빔 경로의 상대적 이동에 반대되어 수행될 수 있다.
- [0079] 다른 실시예에서, 2개 이상의 펄스가 편향된다. 편향의 크기 및/또는 방향은 펄스를 걸쳐 달라질 수 있다. 예를 들면, 빔 경로와 타겟 구조사이의 상대적인 이동이 제1 최초 펄스(32a)로 하여금 제2 최초 펄스(28a)보다 타겟 구조로부터 더 멀어지게 할 수 있다. 제1 최초 펄스 (32a)는 제2 최초 펄스(28a)보다 더 강한 편향을 할 수 있다.
- [0080] 펄스의 수 및/또는 주파수 및/또는 타겟 구조의 크기는 적어도 부분적으로 편향 방향을 결정할 수 있다. 예를 들면, 편향의 크기 및/또는 방향은 복수의 펄스에 의해 조사되는 타겟 구조의 부분 사이의 중첩 및/또는 복수의 펄스에 의해 조사되는 전체 면적 제어에 따라서 결정될 수 있다.
- [0081] 다른 예에서, 시스템 및 방법은 여기에서 최초 펄스에서 결과 펄스를 산출할 수 있다. 최초 펄스는 편향되거나 편향되지 않은 펄스를 포함할 수 있다. 결과 펄스는 빔 경로의 상대적 이동 방향으로 비 평행한 방향으로 편향되는 1, 2개 이상의 최초 펄스를 포함할 수 있다. 결과 펄스는 빔 경로의 상대적 이동 방향에 비 평행한 방향으로 편향되지 않은 1, 2개 이상의 최초 펄스를 또한 포함할 수 있다. 결과 펄스는 비 평행 방향에서 편향되지 않은 펄스뿐만 아니라 상대적인 이동 방향에 비 평행한 방향으로 편향된 펄스를 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 9B에서, 결과 펄스(26b)는 최초 펄스(26a)와 동일한 공간적 위치에 상응하는 반면에, 결과 펄스(28b, 30b 및 32b)는 최초 펄스(28a, 30a 및 32a)와는 다른 공간적 위치에 상응한다.
- [0082] 다른 실시예에서, 편향의 방향 또는 크기는 주파수 또는 펄스의 수, 빔 경로와 기관간의 상대적 이동의 속도, 그리고 타겟 위치간의 분리 중 적어도 어느 하나 이상에 부분적으로 기인한다. 예를 들면, 도 10a는 최초 펄스 (40a, 42a 및 44a) 및 그들과 일치하는 타겟 구조(46)를 보여준다. 최초 펄스(42a 및 44a)는 제1 편향 방향

(48)에서 결과 펄스(42b 및 44b)를 산출하기 위하여 편향될 수 있다. 도 10b에서, 5개의 최초 펄스(50a, 52a, 54a, 56a 및 58a)가 있다. 같은 방향에서 최초 펄스가 편향되는 것은 후의 펄스(예, 56a 및 58a)가 타겟 구조(46)를 넘어서 길이가 확장되게 할 수 있다. 그러므로, 이러한 최초 펄스(50a, 52a, 54a, 56a and 58a)는 제1 편향 방향(48)과 다른 제2 편향 방향(60)으로 편향된다.

[0083] 결과 펄스는 공간적으로 다르고 부분적으로 중첩되는 타겟 구조의 부분과 일치할 수 있다. 다른 실시예에서, 부분은 중첩되지 않을 수 있다. 부분은 타겟 구조의 길이를 가로질러 확장될 수 있는데, 타겟 구조의 길이는 빔 경로 및 기관 사이의 상대적 이동의 방향과 수직인 방향일 수 있다.

[0084] 도 11a는 최초 펄스(72a, 74a, 76a, 78a, 80a, 및 82a)가 제1 방향에서 타겟 구조(70)에 관하여 움직이는 예를 보여준다. 최초 펄스(72a, 74a, 76a, 78a, 80a, 및 82a)는 제1 방향에 수직인 제2 방향에서 정렬되어 타겟 구조(70)의 끝에 정렬된다. 최초 펄스(72a, 74a, 76a, 78a, 80a, 및 82a)는 최종 펄스(72b, 74b, 76b, 78b, 80b, 및 82b)를 산출하기 위하여 이동의 방향에 비 평행하게 편향 방향(84, 86, 88, 90, 및 92)에서 편향될 수 있다. 일 예에서, 편향 방향(84, 86, 88, 90, 및 92)은 펄스에 걸쳐 동일하지만, 편향의 크기는 다르다. 다른 예에서, 편향 방향(84, 86, 88, 90, 및 92)은 다르다. 나중의 예는, 예를 들면, 타겟 구조(70)의 중앙이 조사에 더 민감하다거나 잘못된 정렬에 덜 민감하다면 더 유리할 수 있다.

[0085] 도 11b에서, 최초 펄스(94a, 96a, 98a, 100a, 102a, 및 104a)는 제1 방향에서 타겟 구조(70)에 관하여 유사하게 움직인다. 그러나, 최초 펄스(94a, 96a, 98a, 100a, 102a, 및 104a)는 제1 방향과 수직인 제2 방향에서 정렬되어 타겟 구조(70)의 중앙부분에서 정렬된다. 최초 펄스(94a, 96a, 98a, 100a, 102a, 및 104a)는 결과 펄스(94b, 96b, 98b, 100b, 102b, 및 104b)를 산출하기 위하여 이동 방향에 비 평행하게 편향 방향(106, 108, 110, 112 및 114)으로 편향된다. 편향 방향(106, 108, 및 110)은 이동 방향에 수직하는 성분과 더불어 이동 방향의 성분을 포함할 수 있다. 한편, 편향 방향(112 및 114)은 이동 방향에 수직하는 성분과 이동 방향에 반대되는 성분을 포함할 수 있다. 그러므로, 하나 이상의 펄스는 하나 이상의 다른 펄스와 다른 방향으로 편향을 할 수 있다.

[0086] 다른 실시예에서, 단일 편향 및 상(像) 회전을 이용하는 동안에, 확장된 조사 기간동안 일시적으로 모양을 가진 스팟 조사 프로파일에서 스팟 연장을 증가하거나 감소하는 것이 바람직할 수 있다. 도 6으로 돌아가면, 편향 각도를 수정하기 위하여 도브 프리즘(a dove prism)과 같은 상(像) 회전기(37)을 이용하는 것에 의해, 편향 방향 각도는 위치결정 시스템에 관하여 임의적으로 정해질 수 있다. 이러한 경우에, 링크를 가로지른 스팟 정렬은 링크를 가로지른 이동의 벡터 성분($\sin\theta * S = V = L$)을 고려하여 보상될 수 있으며, 회전 각은 링크를 따른 측면 스팟 이동($\cos\theta * S = A$)이 늘어나거나 줄어들도록 조정될 수 있다. 예를 들면, 편향장치가 링크 축에 약 26도에서 스캔되었다면, 링크의 길이에 따른 측면 이동은 보정된 링크 이동의 2배가 되었을 것이다.

[0087] 링크를 따른 스캔 속도는 예를 들면, 도 11b에서 보여진 바와 같이, 비선형이거나, 빔 편향장치의 주파수 대역 한계 안에서 불연속적인 패턴일 수 있다. 예를 들면, 하나의 버스트에서 링크에 따른 다중 스캔은 가능할 수 있다. 물론, 긴 버스트와 함께 집적된 스팟 성형(spot shaping)을 위하여 많은 다른 패턴이 가능하다. 많은 펄스의 조밀한 버스트에 이러한 종류의 패턴과 함께 링크에 채색된 에너지는 버스트의 길이 위에 집적된 에너지와 함께 스팟 성형을 제공한다.

[0088] AOBD 스캐너는 다중 동시 출력 스팟들이 단일 모양 스팟에 합쳐지는 것을 유발하는 매우 인접한 다중 입력 주파수들이 사용될 수 있다. 성형된 스팟은 장축에서 플랫폼(flattop) 횡단 구역에 어느 정도 선형적일 수 있다. 2개 축 AOBD 편향 및 다중 주파수 입력과 함께, 빠른 스팟 성형이 x 스캔 축 또는 y 스캔 축 또는 양 축이 결합된 축에서 형성될 수 있다.

[0089] 도 12에서 보여진 바와 같이, x축 또는 y축으로 지향된 2 이상의 링크 행들이 45도와 같은 중간 각도에서 지향된 단일 AOBD와 함께 위치할 수 있다. 이 경우, 열간의 링크-링크간 대각선은 정확하게 45도가 아닐 수 있다. 정렬 에러는 보조의 빔 회전, 펄스 기간 보정, 궤적 경로 계획 또는 바람직하게 제2 스캔 축과 함께 할 수 있다. 제2 스캔 축은 더 큰 범위의 스캔 축의 스팟 배치 에러를 보정하기에 충분할 정도로 작은 범위를 가질 수 있다. 동시적인 가공이 이루어지지 않을 때, 제2 AOBD 스캔 축의 이용은 어느 상(像) 회전에 대한 수요를 제거할 수 있다. 제2 스캔 축 범위가 작을 수 있으므로, 1개 또는 2개의 링크 피치의 크기에서 2개 AOBD의 분리로부터 생성되는 에러가 중간 중계식 광학기기(relay optics) 없이 감소된다. 주 45도 스캔 축 동공(main 45 degree scan axis pupil)에는 대물 렌즈에 결상되고, 제2 AOBD는 주 AOBD에 인접하게 위치하고, 작은 동공 에러는 제2 스캔 범위에 걸쳐 허용 가능하게 작은 위치 에러, 예를 들면, 초점 높이의 작은 에러로 유래된 위치 에러를 생성할 수 있다.

- [0090] 작은 범위의 제2 스캐너와 함께 경사진 제1 스캐너의 이용은, 종래의 경사지지 않은 2-축 스캐닝과 비교할 때, 향상된 성과를 제공한다. 예를 들면, 제2 스캐너가 광 경로에서 제1 스캐너의 상류(upstream)일 때, 제2 스캐너의 더 작은 범위는 스캐너 입력 동공에 걸친 스캔 각도 및 빔 이동의 효율 변경을 포함하는 바람직하지 않은 스캔 결과를 감소시킬 수 있다. 스캐너들은 스캔 범위에 따라서 다르게 최적화될 수 있거나, 유사한 장치일 수 있다. 스캐닝 범위는 지시 신호에 따라서 정해질 수 있어 더 작은 스캔 범위는 더 큰 스캔 범위의 서브-범위이다. 이 경우에, 제1 및 제2 스캐너의 역할은, 예를 들어 빔 경로 스위칭 또는 상(像) 회전 이용 없이 제1 스캔 축의 방향을 변경하는, 큰 스캔 범위와 작은 스캔 범위를 스위칭하는 시스템 제어기에 의해 뒤바뀔 수 있다. 경사진 제1 스캔 축은 직교 스캐너보다 더 큰 스캔 범위를 요구할 수 있고, 각 가공 패스의 시작과 끝에서 추가적인 궤적 오버헤드(overhead)가 요구될 수 있다.
- [0091] 경사진 2-축 스캐닝은 또한, 제1 스캐너는 제1 스캔 평면을 통하여 빔을 편향하고, 제2 스캐너는 제2 비-평행 스캔 평면을 통하여 편향된 빔을 편향하는 컴파운드(compound)-각도 스캐닝의 바람직하지 않은 결과를 최소화하기 위하여 이용될 수 있다. 결과적인 편향은 빔 특성에 영향을 미칠 수 있는 컴파운드 각도에서이다. 예를 들면, 종래의 직교 및 사각 스캔 필드에서, 가장 나쁜 케이스의 컴파운드 각도는 필드의 코너에서이다. 45도 경사진 스캐너가 동일한 필드 크기를 스캔하기 위하여 이용될 때, 가장 나쁜 케이스의 컴파운드 각도 스캐닝은 스캔 필드, 레이저 컴파운드의 각 예지의 중간 점에서인 반면, 필드의 코너들에서 스캔 각도는 최소의 컴파운드 각도를 갖는다.
- [0092] 더욱이, 상(像) 회전기는 중간 각도 이외에도 x 또는 y 축을 따라 선택적으로 스캔할 수 있는 유연한 시스템을 제공하기 위하여 이용될 수 있다. 편향되는 방향은 빔 회전기 속도의 2배에서 회전되므로, 상(像) 회전기의 45도 회전은, 예를 들어 45도 회전을 통하여 x 축에서 y축으로, 편향 방향의 90회전을 허용한다. 상(像) 회전기의 67.5도 회전은, 예를 들어 x 축으로부터 45도 y축으로 -45도로의, 편향 방향의 135도 회전을 생성한다. 양방향 편향으로, 편향장치의 90도 회전은 어떠한 방위각을 따른 편향을 허용한다.
- [0093] 다른 실시예에서, 가공되는 장치와 함께 편향 축을 정렬하기 위하여 적어도 작은 양의 상(像) 회전을 가지는 것은 바람직하다. 웨이퍼는 웨이퍼 척(chuck)에 탑재될 때, 전형적으로 웨이퍼의 잔류 회전이 있고, 스캔 축의 작은 회전은 결과 정렬 에러를 위한 보정을 위하여 이용될 수 있다. 예를 들면, AOBD의 축은 링크의 행 또는 열에 직교되도록 정렬된다. 이 경우에, 스팟은 스캔 축의 상대적인 회전 및 장치 기하학적 구조에서 기인한 중대한 에러 없이 하나 이상의 동일 선상의 링크들과 함께 일치하기 위한 측면적으로 오프셋(offset)일 수 있다.
- [0094] 다중 스팟이 하나 이상의 링크를 조사하기 위하여 동시에 이용되는 경우 상(像) 회전은 유용하다. 이러한 실시예에서, 다중 레이저 빔 경로는 동시에 생성되고 가공중인 장치 위의 다중 스팟으로 유도된다. 전형적으로, 각 개별 빔은 봉쇄될 수 있어, 0, 1, 2곳 이상의 개별 위치가 동시에 가공될 수 있다. 다중 스팟은 단일 타겟 구조 위일 수 있거나 여러 타겟 구조 사이에 분포될 수 있다. 스캔 축은 기하학적 구조를 수용하기 위하여 정렬될 수 있어서, 2 이상의 링크가 단일 펄스 또는 단일 그룹의 펄스들로 가공될 수 있다. 이러한 것은 도 13에 표현되고, 링크의 3개의 평행한 행 위의 X 방향에서 빔 경로는 직교적인 Y 방향을 따르는 3개 링크의 어느 하나 이상을 선택적으로 가공하기 위하여 분리된다. 행들에 수직적인 스캔 축의 정밀한 방향 제어는 스캔 경로의 끝에서 링크들에 대한 링크 너비를 따른 에러들을 최소화하기 위하여 유용하다.
- [0095] 제어된 방향을 갖는 경사진 스캔 각도는, 도 14에서 보여진 바와 같이, 인접한 스테거드 링크(staggered link)의 다중 빔 가공에 유용하다. 이 경우, 한 쌍의 빔 경로가 분기하는 스캔 축은 링크 열에 대해 평행하거나 수직하지 않다. 이 실시예에서 상(像) 회전은 링크 피치와 행 분리에서의 변경으로 스캔 축을 정렬할 수 있다.
- [0096] 류즈 뱅크 기하학적 구조에서, 평균적인 링크 피치는 펼쳐진 그룹의 스테거드 링크들의 이용에 의해 감소한다. 예를 들면, 3개로 펼쳐진 링크들의 그룹들은 2개의 스테거드 행들에서 번갈아 나온다. 이러한 배열은 도 15에서 보여진다. 이러한 종류의 링크 배열은 예를 들면, 미국 특허 5,636,172 (Prall 등)에도 설명되어 있다. 도 15는 어레이에서 스테거드 링크 쌍들의 0, 1 또는 모든 링크를 가공하기 위한 스캔 경로를 따라 분리된 2개의 빔을 가진 실시예를 보여준다. 상(像) 회전은 펼쳐진 기하학적 구조에서 다른 조합의 링크들과 함께 스캔 축을 정렬할 수 있다. 예를 들면, 도 16은 단일 패스에서 펼쳐진 링크들의 두 행을 가공하기 위한 세 개의 빔 패스 실시예를 보여준다. 도 17은 단일 패스에서 펼쳐진 링크들의 네 개의 행들을 가공하기 위한 세 개의 빔 경로의 실시예를 보여준다.
- [0097] 링크의 N 행을 가공하기 위한 하나의 예에서, 제1 펄스는 제1행에서 선택된 그룹의 링크들에서 하나 이상의 링크를 조사하기 위하여 제1행을 따라서 분리된다. 제2 펄스도 유사하게 분리되고 제2 행에서 제2 그룹의 링크들에 편향된다(도 16에서와 같이). 도 17을 참조하면, 제3 및 제4 펄스는 분리되고 제3 및 제4 행으로 편향된다.

제5 펄스는 분리되고 반복되는 일련의 절차를 계속하기 위하여 제1행으로 되돌아가도록 편향된다. 펄스는 $M=N$ 이면, 어레이의 N 행에서 모든 구조를 조사하기 위하여, $M < N$ 이면 그룹 사이에 차이가 있을 때, 또는 $M > N$ 은 링크들에 충분히 보낼 수 있는 M 스팟으로 분리될 수 있다.

[0098] 그러므로, 펄스 분리는 2개 이상의 링크가 동시에 가공되는 AOBD와 함께 이용될 때, 스팟들은 AOBD의 스캔 축을 따라서 위치되고, 상(像) 회전은, 특별히 다중 링크가 단일 행을 따라서 위치되지 않고 그래서 스캔 축의 회전 에러가 링크의 너비에 관하여 스팟 위치 에러를 생성할 때, 다중 링크에 스팟을 정렬하는 데 유용하다. 상(像) 회전은 가공되는 다중 링크가 단일 행에 있을 때 요구되지 않을 수 있고, 회전은 링크의 길이를 따라 작은 허용 가능한 에러를 생성한다.

[0099] 다중 빔 가공 실시예에서, 단일 빔은 분리될 수 있거나 다중 빔 경로는 결합될 수 있고 링크들을 가공하기 위하여 엄격하게 정렬될 수 있다. 이러한 두 사례에서, 전달되는 펄스 에너지는 일관된 가공을 제공하기 위하여 바람직하게 제어된다. 빔 분리 및 빔 결합은 일반적으로 파워 분리 교정을 요구한다. 분리는 하나 또는 2 이상의 요인에 의해 이용 가능한 에너지를 감소할 수 있고, 분리 또는 스위칭은 빔 극성(polarization) 제어에 영향을 미친다. 참조 10은 메모리 수리 구현을 위한 예를 들면, 빔 회전에 추가적으로 또는 대신하는 빔 스위칭을 이용하는 다양한 유리한 방법 및 광 시스템을 개시한다.

[0100] 본 발명의 실시예는 한 축 이상에서 빔을 편향하기 위하여 2개의 캐스캐이드 단일 축 편향장치 또는 2개의 축 편향장치를 사용할 수 있다. 2개의 축 편향장치의 경우에서, 45도 또는 임의의 방향에서 선형의 스캐닝은 상(像) 회전 케이스를 위하여 설명된 바와 같이 수행될 수 있다.

[0101] 캐스캐이드 편향장치의 동공 에러는 45도 스캐닝 및 작은 제2 축(도 12에서 보여진 바와 같고 아래에서 설명되는)에서 감소할 수 있다. 다른 경우에서, 중계식 광학기기는 각 편향장치의 윈도우에 상(像)을 표현하기 위하여 사용된다. 제1 편향장치 윈도우는 제2 편향장치에 상(像)을 표현할 수 있으나, 왜상 실린더 광학기기(anamorphic cylinder optic)가 이용될 수 있다. 예를 들면, 상 중계는 각 편향장치 윈도우를 독립적으로 중계하는 정렬된 실린더 쌍을 가진 2개 세트의 교차된 실린더 렌즈를 포함한다. 중계식 광학기기는 예를 들면, 교차된 실린더 요소의 약한 세트가 구면 요소를 함께 이용될 수 있도록 허용하는 구면 광 요소(spherical optical element)를 또한 포함할 수 있다.

[0102] 앞서 설명한 미국 특허 공개 2002/0167581의 도 20의 시스템은 본 발명의 하나 이상의 실시예에서 이용될 수 있다. 적어도 하나의 다른 실시예에서, 편향장치 시스템은 적어도 2개의 약간 다른 방향으로 갈라지는 빔을 생성하는 데 이용되고, 2개 이상의 약간 다른 방향으로 갈라지는 빔을 생성할 수 있다. 빔은 동시에 생성될 수 있으며, 시퀀스로 생성될 수 있다. 각 빔의 편향된 각도는 중앙 RF 신호 주파수의 작은 퍼센트인 범위에서 구동된 주파수에 상응한다. 각 스팟의 위치는 구동 주파수에 비례한다.

[0103] 다른 편향장치 구성이 이용될 수 있다. 예를 들면, 캐스캐이드 음향-광학 모듈레이터 또는 단일 크리스털 2 축 모듈레이터가 빔 회전기 사용 없이 각 빔의 위치를 잡기 위하여 이용될 수 있다. 더욱이, 펄스 시퀀스를 정확하게 위치시키에 충분한 주파수 대역을 가진 어떠한 종류의 빔 위치결정 시스템도 적용될 수 있다.

[0104] 줌 광학계는 대물렌즈에서 빔 입력 오프셋 에러를 최소화하거나 제거하기 위하여 대물렌즈의 입사동(entrance pupil)에서 음향-광학 윈도우의 상을 형성할 수 있다. 선택적으로 고정된 중계식 광학기기는 줌 광학계의 입력 근처에서 음향 윈도우의 중간 상을 형성하기 위하여 음향 윈도우 및 줌 광학계 사이에서 사용된다. 2 축 AOBD 스캐닝을 위한 한 쌍의 AOBD는 교차된 설정에서 쌍일 수 있고, 각 장치의 음향 윈도우 사이의 중간 지점은 대물에 대해 상이 맺힐 수 있다. 남은 각도 에러에 기인한 위치결정 에러는 광선 추적법 또는 시스템 측정을 이용하여 결정될 수 있다. 대안적으로 한 쌍의 AOBD는 이격될 수 있고, 제1 AOBD의 윈도우는 상이 맺힌 제2 윈도우를 가진 제2 AOBD의 윈도우 위에 상이 맺히거나, 앞서 설명한 실린더 및/또는 구면 요소를 이용하는 줌 망원경의 입력으로 중계될 수 있다.

[0105] 2개의 단일 축의 이격된 AOBD가 이용되는 때, 중계 빔 확대기(relay beam expander)의 위치는 대물렌즈 위에 2개의 AOBD 윈도우의 하나에 상이 맺히도록 조정될 수 있다. 예를 들면, 만약 2개의 AOBD가 x 및 y 빔 위치결정을 위하여 사용된다면, 빔 확대기는 대물 위에 x 또는 y 의 AOBD 윈도우 상이 맺히도록 축 방향에 대해 조절된다. 중계 빔 확대기는 AOBD 스캐닝의 방향을 변경하는 가공 사이트의 가공 동안 조절될 수 있다. 정렬 스캔은 남아 있는 위치 결정 에러를 수용하기 위한 조정 후에 수행될 수 있다. 이러한 방법에서 시스템은 x 및 y 빔 편향장치 사이에 중계 광학 시스템 없이 x 또는 y 빔 편향을 위하여 정밀하게 조절될 수 있다.

- [0106] 줌 광학계는 3개의 그룹의 요소를 갖는 다양한 캐플러식 망원경일 수 있다. 제1 및 제2 그룹들은 단일 광학 요소일 수 있고, 제3 그룹은 더블릿(doublet)일 수 있다. 각 그룹은 선택된 빔 확장 및 콜리메이션(collimation)을 제공하기 위하여 미리 설정된 위치 데이터에 따라서 독립적으로 이동될 수 있다. 줌 광학계의 요소 그룹들은 확장 양(ration)이 변하는 것과 같이 빔 조정 효과가 최소화 또는 제거되도록 미리 정렬될 수 있다. 요소 그룹의 정렬은 대물렌즈의 입사동에서 빔 중심화가 유지되는 것을 또한 보장할 수 있다.
- [0107] 줌 광학계의 줌 범위를 통하여 남아 있는 정렬 변화는, 원격으로 조정 가능한 정밀 터닝(turning) 미러 또는 스캐닝 미러와 같은, 보조의 빔 조정 장치로 보정될 수 있다. 보정 값은 미리 결정된 줌 셋팅을 위하여 저장될 수 있고, 전체적인 시스템 교정 및 정렬 정확도를 유지하기 위하여, 보정은 다른 줌 셋팅에 대해 자동적으로 만들어질 수 있다.
- [0108] 하나 이상의 공간 필터가 사용되지 않는 회절 차수를 제거하기 위한 광학 경로의 빔 웨이스트 평면에서 이용되고, 산재된 에너지 및 노이즈를 봉쇄하기 위하여 이용될 수 있다.
- [0109] 45도에서 또는 45도로 회전된 방향의 경사된 편향을 이용하는 것에 의해 레이저 가공 시스템에서 다른 유리한 점들이 가능하다. 경사된 편향은 정확한 레이저 가공 장치 분야에서 알려진 바와 같이 시스템 교정 모드에서 정렬을 위한 에지 스캔을 수행하기 위하여 이용될 수 있다. 2개의 직교 축에서 가공을 위한 스캐닝은 하나의 경사된 편향으로 수행될 수 있는 것과 같은 방법으로, 2개의 직교 축에서의 정렬도 45도 방향의 단일 편향장치에 의해 수행될 수 있다. 도 18에 도시된 바와 같이 전형적인 직교 정렬 타겟(125)이 사용될 때, 45도 스캔은 x 또는 y에지를 가로지를 수 있으며, 스캔 라인이 정렬 에지에 45도이다. 더욱이 만약, 정렬 스캔이 정렬 타겟의 내부 또는 외부 코너 근처에서 수행되는 경우, 직교 에지는 단일 스윕으로 스캔될 수 있다. 후자는 도 18에 도시되었으며, 빔 스팟이 속도 v로 스캔 축을 따라 이동하고, 정렬 타겟의 한 다리를 스캐닝한 후에, 경사된 스캔은 정렬된 타겟의 직교 다리를 횡단 스캔하기 위하여 방향 A에서 속도 V로 이동을 생성한다.
- [0110] 2개의 축 스캐닝은 정렬 스캔을 위하여 이용된다. 레이저 스팟은 에지를 따라 다중 위치를 샘플링하고 에지 결함의 효과가 평균이 되도록 하기 위해 정렬 타겟 에지에 평행한 방향으로 디더(dither)할 수 있다.
- [0111] 예를 들면, 미국 공개 2002/0167581의 도 10 및 섹션 [130], [169]에서 설명된 본 발명의 정렬 측면은 모드 락 레이저(mode locked lasers)와 같이 높은 펄스 속도를 갖는 레이저 시스템에 적용될 수 있다. 큐 스위치 레이저가 약 1 kHz에서 수백 KHz의 범위에서 동작하는 반면, 모드 락 레이저는 전형적으로 수십 MHz에서 동작한다. 다양한 스캐닝 및 타겟 샘플링 전략이 활용될 수 있다. 에지는 감지기 반응의 주파수 대역 한계에 따라 조밀한 샘플링으로 더 높은 속도에서 스캔될 수 있다. 빠른 펄스 피킹을 이용하면, 펄스 시퀀스는 정렬을 위한 다중 타겟에 멀티플렉스(multiplex)될 수 있다.
- [0112] 비동기 가공
- [0113] 본 발명의 일실시예에서, 가공 속도는 펄스 사이의 시간이 도 2를 참조하여 앞에서 설명된 링크간 수송 시간(link-to-link transit time) T1과 같아야 한다는 요구 사항을 제거함으로써 증가된다. 이 실시예는 도 19, 20 및 21을 참조로 설명한다. 도 2의 동일한 11 링크를 가로지르는 빔의 패스는 도 20에 나타난다. 그러나, 도 20에서, 단지 9개의 레이저 펄스(또는 펄스 버스트)가 11개 대신 이용된다. 도 2의 실시예에서 레이저 펄스는 도 2에서와 같이 동일한 속도(예, 50 kHz 펄스 속도)로 생성될 수 있으나, 빔 축과 링크 사이의 상대적 속도는 증가되어서 9개의 펄스가 모든 11개의 링크에 근사적으로 고르게 퍼진다. 링크들(10a, 10d, 및 10f)을 성공적으로 가공하기 위하여, 고속의 편향장치가 가공 빔을 편향하고 도 20상의 화살표 방향으로 레이저 스팟을 오프셋하여서, 주어진 링크가 가공될 때 스팟과 링크가 실질적으로 일치한다. 결과는 도 21에서 나타난다. 도 20 및 도 21 위에 도트 라인의 의해 보여진 바와 같이 봉쇄된 펄스 또는 펄스 버스트는 어떤 잠재적인 타겟 구조와 일치될 필요가 없다. 펄스를 가공하기 위한 정밀한 오프셋은 링크 위치와 펄스 시퀀스의 타이밍에 기반하여 미리 정해진다. 도2의 종래의 예와 같이 만약 동일한 50 kHz 레이저 펄스 속도가 도 20 및 21의 가공에서 이용 가능하다면, 약 20% 가공 속도 향상을 위해, 패스는 60 마이크로 초에서 완료될 수 있다. 이러한 기술 구현에 적합한 장치는 도 19에 나타난다. 가공 동안, 편향된 스팟 오프셋은 선택된 펄스에 관련되어 가공될 각 링크에 대해 제어기에 의해 결정된다. 고속 편향장치는 가공을 위한 오프셋을 적용한다.
- [0114] T1이 펄스 기간에 대한 레이저 펄스보다 작은 경우, 모든 링크를 위하여 이용 가능한 펄스를 가지는 시퀀스에서 이용 가능한 펄스가 불충분할 것은 명백하다. 하지만, 예시적인 메모리 수리 어플리케이션에서, 상대적으로 적은 링크, 예를 들어 10개의 링크에서 1개는, 가공되며, 대다수의 링크는 그대로 남아있다. 그러므로, 펄스 동기화에 대한 1대 1의 제한 없이, 일반적으로 충분한 수의 펄스가 증가된 속도에서 장치를 가공하기 위하여 이용

가능하다. 만약, 예를 들면, 레이저 펄스간의 시간이 T1의 1.25배이면, 만약 편향장치가 각 링크 사이의 거리 d 까지 펄스 포워드 또는 백워드 편향할 수 있으면, 연속하는 약 8 개의 인접한 링크까지 가공될 수 있다. 실제로, 4개 또는 5개의 연속적인 인접 링크가 가공되는 것은 상대적으로 드물다. 그러므로, 고속 편향 및 결정된 스팟 오프셋의 사용하면, 링크들과 레이저 가공 헤드 사이의 상대적 속도가 증가되고 종래의 한계를 극복할 수 있다. 다른 경우에, 가공 속도를 증가시키기 보다는, 종래의 가공 속도를 유지하는 동안 더 낮은 펄스 반복 속도를 이용해서 다른 이익을 얻을 수 있다. 예를 들면, 증가된 펄스간 안정도에 대해 감소된 반복 속도로 레이저를 동작하거나, 대안적인 펄스 너비를 이용하거나, 또는 스테이지 이동 범위(stage travel range)의 에지 근처에서 가공과 같이 반복 속도의 변경 없이 다른 위치 결정 속도를 수용하는 것은 바람직할 수 있다.

[0115] 앞서 설명한 것과 같이, 최근 발전은 동시에 2개 이상의 링크 사이트를 가공할 수 있는 다중 빔 시스템을 포함한다. 이것이 효율을 상승시킬 수 있지만, 모든 어플리케이션에서 유사하거나 더 나은 효율 증가는 여기에서 설명되는 비 동기 가공과 으로 획득될 수 있다. 그러므로 스팟 오프셋은 연속된 가공에서 이용될 수 있고 더욱 복잡해진 빔 제어가 요구될 수 있는 동시 가공을 위한 요구조건을 감소할 수 있다. 2개의 기술을 결합하는 것, 예를 들면, 다중 비동기 펄스 빔의 사용은 아직 더한 효율 증대를 제공할 수 있다.

[0116] 혼합 피치 가공

[0117] 도 19의 편향장치(130)는 다른 피치의 갭(gap)들 또는 섹션들과 함께 링크 열들을 가공하기 위하여 이용될 수 있다. 도 22a는 다른 링크 분리를 가진 연속된 링크를 보여준다. 도 22a에서와 같은 경우에, 링크간의 간격은 다른 영역에서는 다르지만, 피치 위상은 동일하며, 이것은 만약 어느 두 링크 사이의 거리가 가장 작은 피치의 정수 배이면 발생한다. 도 22a에서, 예를 들면, s_1 는 $3d$ 이고 s_2 는 $2d$ 이다. 도 20의 동일한 9개 펄스는 이 구조를 가공하는데 여전히 이용될 수 있다.

[0118] 혼합 위상 가공

[0119] 도 22b는 동일한 열(common row)에 있는 2 세트의 링크가 모두 같은 피치를 가지지만, 서로 다른 위상을 가지는 다른 링크 배열을 보여준다. 이것은 거리 s가 피치 거리 d의 정수 배가 아닌 경우 발생한다. 종래에는, 그런 링크 배열을 가공하기 위해서는 시간이 많이 소요되었다. 양 세트의 링크를 포함하는 전체적인 행이 단일 패스로 가공된다면, 2배의 많은 펄스가 생성되어 전체의 패스 동안 펄스들은 양 피치에 동기화되었다. 대안적으로 최대 속도로 2개의 분리된 패스가 이용될 수 있으며, 이것은 패스 간 설정 시간을 소모한다.

[0120] 편향장치(130)과 함께, 도 22b의 화살표에 의해 보여진 바와 같이, 그 그룹의 위상을 매칭하는 패스 동안 하나의 링크 셋에 연관된 펄스는 오프셋될 수 있다. 그러므로, 편향장치(130)는 온더플라이(on-the-fly) 위상 보정을 수행할 수 있고 종래의 시스템 보다 더 빠르게 그러한 링크 배열을 가공할 수 있다. 위상 보정은 펄스간 기간에 대한 변화를 최소화하고 연관된 안정화 시간(settling time)을 감소하거나 제거함으로써 레이저 펄스 에너지를 안정화하는 데 이용될 수 있다.

[0121] 가속 동안의 링크 절단

[0122] 이러한 기술은 빔 궤적의 일정하지 않은 속도 세그먼트 동안 링크를 절단하기 위하여 또한 이용될 수 있다. 도 23에서 보여진 바와 같이, 궤적의 가속 세그먼트 동안, 펄스 기간 T는 궤적의 서로 다른 지점에서 펄스 사이의 다른 빔 간격을 생성할 것이다. 빔 편향은 가공될 링크에 대한 링크 위치를 매치하기 위하여 빔 스팟 위치를 보정하는데 이용된다. 빔 궤적의 가속, 감속 및 일정하지 않은 속도 부분 동안의 링크 가공 능력은 가공 시간을 감소시킬 수 있다.

[0123] 링크 버퍼링을 위한 다중 채널 가공

[0124] 도 24 및 도 25는 종래의 가공보다 더 빠른 속도로 링크를 가공하는 또 다른 시스템 및 방법을 표현한다. 이 실시예에서, 편향장치(130)는 펄스가 3개의 다른 위치에서 가공되는 기관을 때리도록(hit) 하는 채널(141, 142 또는 143)을 선택한다. 인접 채널에 대한 빔 스팟 사이의 거리는 링크 피치 d와 같도록 정해질 수 있다. 링크는 링크 그룹들 150a-e에 할당되고, 각각은 N 개의 링크를 포함하며, 이 실시예에서 N은 3이다. 빔 스팟(152)를 위

하여 선택된 채널에 따라서, 링크(154, 156, 또는 158)는 그 펄스로 가공될 수 있다. 그룹이 중첩된다면, 어떤 링크는 2개의 펄스로 가공될 수 있다. 이 실시예는 단지 하나의 펄스가 2개의 링크 모두를 위하여 생성됨에 따라 잠재적으로 2배 빠른 가공 속도를 제공한다. 그러므로, M 개의 링크에 걸친 패스에서, 단지 P(여기서, P는 M의 절반)개의 펄스가 생성된다. 그러나 어느 쌍의 인접한 링크들이 가공되더라도, 연속된 3개 이상의 인접 링크들을 가공할 수 있는 펄스가 충분하지 않다. 앞서 설명한 바와 같이, 어떤 경우에는, 이것은 하나의 패스에서 가공되는 링크 그룹에 존재하지 않을 수 있다. 하지만, 링크의 작은 퍼센트만 가공되는 경우에도, 매우 많은 수의 링크가 있는 그룹은 인접한 링크들의 발생을 가질 수 있다.

[0125] 하나의 패스에서 가공되는 링크의 수와 위치에 관한 정보는 링크 그룹의 최적 크기와 위치를 결정하기 위하여 이용될 수 있다. 도 26a는 두꺼운 선에 의해 지시되는 복수의 구조를 보여준다. 검은 라인은 비 타겟 구조(105a)에 상응하고, 회색 라인은 타겟 구조(105b)에 상응한다.

[0126] 도 26b에 도시된 바와 같이, 구조는 두 개의 구조(105a)의 세트(505)로 그룹지어 질 수 있다. 각 세트(505) 안에서, 타겟 구조(105b)인 구조(105a)의 수는 결정된다. 예를 들면, 일부 세트는 하나의 타겟 구조(105b)를 포함하는 반면, 일부 세트는 타겟 구조(105b)를 포함하지 않는다. 이 예에서, 총 12개의 세트 중 4개가 타겟 구조(105b)를 포함하지 않고, 12개의 세트 중 8개만 한 개의 타겟 구조(105b)를 포함하고, 12개 세트 중 아무 것도 한 개를 초과하는 타겟 구조(105b)를 포함하지 않는다.

[0127] 다른 실시예에서, 다른 크기의 그룹은 패스를 수행하기 전에 검사된다. 예를 들면, 도 26c에서, 동일한 구조가 3개 구조의 세트로 그룹 지워졌다. 이전과 같이, 각 그룹에서 타겟 구조의 수는 결정될 수 있다. 이러한 예에서 8개 세트 중 아무것도 0개의 타겟 구조를 포함하지 않았고, 8개 세트 중 8개가 단지 1개의 타겟 구조를 포함하고, 세트 중 아무것도 2개 또는 3개의 타겟 구조를 포함하지 않았다. 그러므로, 구조를 3개로 구성된 세트들로 그룹 짓는 것은 2개로 구성된 세트로 구조를 그룹 짓는 것(12개 중 5개) 보다 타겟 구조를 포함하지 않는 더 적은 세트(8개 중 0개)를 제공하는 것이다. 만약 하나의 펄스가 각 세트를 위하여 생성된 경우, 가공의 효율 및/또는 속도는 2개로 구성된 세트들보다 3개로 구성된 세트들을 이용할 때 더 증가할 수 있다.

[0128] 그룹핑(grouping)의 효과는 그룹의 위상에 달려있다. 예를 들면, 도 26c는 또 다른 3개 구조로 구성된 세트로 그룹 짓는 것을 보여주는데, 그룹핑(grouping)은 도 26c에서와 비교할 때, 이동된 것이다. 그러므로, 도 26c의 그룹핑은 타겟 구조를 가지지 않는 세트가 없는 반면, 도 26d의 그룹핑은 타겟 구조가 없는 세트가 2개 포함된다. 추가적으로, 도 26c의 그룹핑은 2개 타겟 구조를 가지는 어느 세트도 포함하지 않지만 도 26d는 2개의 타겟 구조를 포함하는 세트가 2개 포함된다. 이러한 배열은 각 세트에 대해 단일 패스로 가공될 수 없다. 다른 실시예에서, 각 세트 크기에 대하여, 그룹핑은 특정한 그룹핑 오프셋이 바람직한 타겟 구조의 분배를 제공하는지 여부를 결정하기 위하여 이동될 수 있다.

[0129] 도 26e는 구조(105)가 4개의 구조로 된 세트(515)로 그룹 지워진다, 여기서, 각 세트(515)는 2개 구조에 의해 그 전 세트(515)와 중첩된다. 앞에서와 같이, 하나 이상의 펄스(520)는 각 세트에 대해서 생성될 수 있다. 그러나, 이 실시예에서, 임의의 구조가 편향에 따라서 하나 이상의 펄스(520)에 의해 조사될 수 있다. 이 예에서, 각 펄스는 4개의 구조 중 하나를 조사하기 위해 편향될 수 있다. 세트(515)의 크기 및 중첩은 임의의 구조(105)를 조사할 수 있는 펄스(520)의 수를 결정할 수 있다.

[0130] 단일 축 편향을 위하여 설명된 앞의 예에도 불구하고, 버퍼링/채널링 기술은 다중 축에서 사용될 수 있는데, 예를 들어 하나 이상의 채널은 펼쳐진 링크의 스테이지(staggered) 어레이의 한 세트의 링크에서 다른 링크 종류에 상응할 수 있다. 다른 경우에, 링크들은 고르지 않은 간격이고, 다중 행에 위치된다. 본 발명의 다양한 실시예는 동일 시간, 예를 들어 하나 이상의 스팟 모양 및 링크 버퍼링에서 실행될 수 있다. 다른 실시예에서, 비 동기, 혼합 피치, 혼합 위상 또는 채널 가공이 주어진 패스에 대한 최적의 가공 속도 증대를 생성할 수 있는지를 결정하기 위하여, 각 패스는 사전에 분석된다. 그룹의 링크들은 최선의 동작 모드를 미리 결정하고, 일정한 레이어 펄스 속도를 유지하는 동안에, 펄스 당 단일 링크를 절단하는 시스템 궤적 플래너(planner)와 함께 요구되는 스캔 속도를 늦추거나 빠르게 하기 위하여 분석될 수 있다. 인접한 채널이 인접한 링크들에 상응할 수 있지만, 더 큰 공간적인 채널 분리는 피치 상의 동일한 그룹을 때리기 위해 이용될 수 있고, 다중 채널은 다중 위치에서 한 그룹에 접속하기 위하여 이용될 수 있다.

[0131] 다른 채널로 빔을 편향하기 위하여, 바람직하게는 이것이 AOM일 때, 편향장치에 인가된 RF는 크리스털 테크놀로지의 모델 AODS 20160와 같은 다중 채널 다이렉트 디지털 신시사이저(DDS, Direct Digital Synthesizer)를 이용하여 생성된다. 대안적으로 한 그룹의 고정 주파수 드라이버 또는 단일 또는 다중 가변 주파수 드라이버가 이용될 수 있다. 여러 가지의 미리 결정된 주파수 채널 값과 채널들 사이의 빠른 스위칭의 버퍼링 용량은 메모리

장치의 레이저 가공을 위한 확대된 용량을 제공한다. 예를 들면, 주파수들은 다중 채널 DDS의 채널들 사이에서 스위칭될 수 있다. 주파수들은 작업 제품의 공간적 특성, 예를 들면, 메모리 수리 링크의 한 어레이에서의 링크 피치 또는 열 간격에 상응하여 설정될 수 있다. 주파수들은 인접 링크, 링크 시퀀스, 인접 열, 비 인접 링크 및 비 인접 열에 상응할 수 있다. 주파수들은 하나 이상의 링크에 따르거나 가로지른 측면 오프셋, 또는 측정되거나 예상된 위치 에러에 상응할 수 있다. 주파수들은 메모리 수리 프로세스의 열적인 특성에 상응할 수 있는데, 예를 들어 주파수는 펄스간의 기간, 펄스 버스트 파라미터, 위치 타이밍 에러 보정 값 또는 측정되거나 예상된 위치 위상 지연(phase lag)에 연관된 지연에 상응할 수 있다. 일반적으로, 채널 스위칭이 링크 피치에 의해 나뉜 링크 속도와 유사한 속도 또는 다중 펄스 가공에 특별한 더 높은 속도에서 생성된다. 스위칭 타임은 DDS 드라이버에서 20ns 보다 작을 수 있다. 빔 조정 각도의 실제 스위칭 타임은 잘 알려진 AO 셀의 음향 전파 파라미터에 의해 제한된다고 이해될 수 있다.

[0132] 여기서 설명된 모든 실시예에서, 보정 광학계는 AOBD의 다른 수차 인공물(aberration artifacts) 뿐만이 아니라 잘 알려진 실린더 렌싱 효과를 보상하기 위하여 이용될 수 있다. AOBD는 칩(chirp) 모드에서 운용될 때, 실린더 렌싱 효과가 스캔 속도와 함께 증가되고, AOBD에서 생성된 축에서 벗어난 장치의 난시 및 경사 인공물(tilt artifacts)을 제거하기 위하여 고정 또는 가변 광학 성분을 이용하는 것을 포함할 수 있다. AOBD 수차의 보정은 전체적으로 참조를 위하여 여기에서 포함된 발행 미국 특허 출원 2006/0256181에서 일반적으로 시사된다.

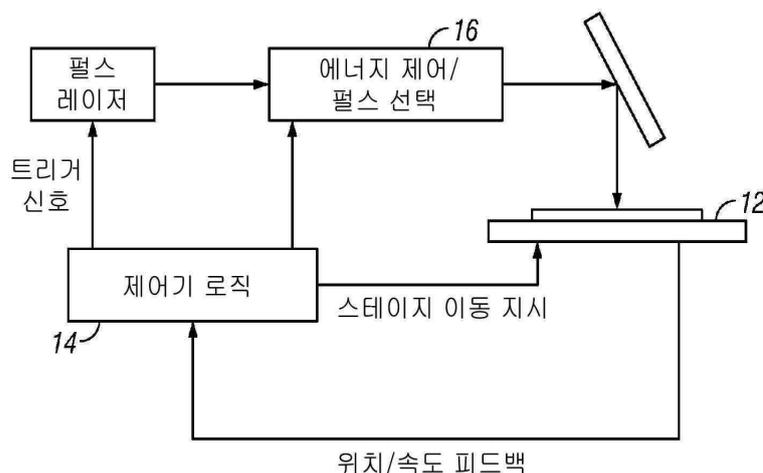
[0133] AOBD 장치의 다른 수차는 AOBD의 확산에 의해 유도된 색수차(chromatic aberration)를 포함할 수 있다. 특별히 16 nm 이상의 대역을 가질 수 있는 광대역의 광 섬유 레이저 소스와 함께, 미리 확산된 보정 기술이 상 평면에서 측면의 색수차를 최소화하기 위하여 수행될 수 있다. 예를 들어, 확산 프리즘 및/또는 회절 격자가 AO 셀의 중심 주파수 확산을 보상하는데 이용될 수 있다. 축의 색수차는 또한 중요할 수 있고, 포커싱 광학계는 작은 스팟 크기 및 일정한 스팟 모양을 유지하기 위하여 전체 레이저 대역에서 보정될 수 있다.

[0134] 빔 위치 및/또는 에너지를 즉각 반응하는 보조의 감지기는 위치 /또는 에너지를 감지하고 AOBD 스캐닝과 함께 피드백을 위하여 사용되는 신호를 생성하기 위하여 이용될 수 있다.

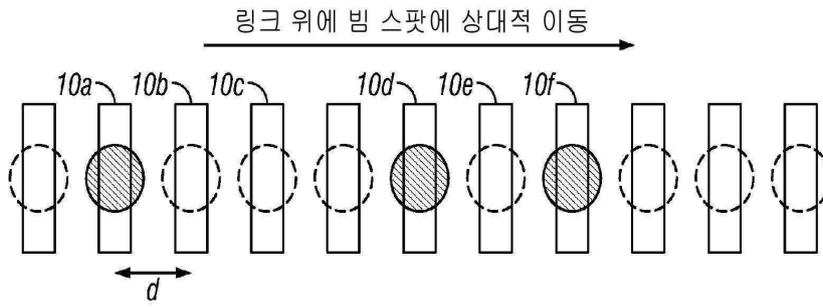
[0135] 본 발명을 수행하는 베스트 모드가 상세하게 설명되었음에도 불구하고, 당업자는 다음의 청구항에 의해 정의되는 것과 같이 본 발명의 실시를 위한 다양한 대안적인 디자인 및 실시예를 알 것이다. 여기에서 설명된 모든 방법 및 시스템은 어느 조합에서도 이용될 수 있다. 다중 펄스 또는 단일 펄스는 단일 타겟 구조에 구현될 수 있다. 다중 펄스 또는 단일 펄스는 동시에 다중 타겟 구조에 구현될 수 있다. 가공 패스에서 레이저 펄스 속도는 단일 행 단일 패스의 속도에 상응할 수 있거나 공간적인 오프셋 및/또는 버퍼링과 비동기적일 수 있다.

도면

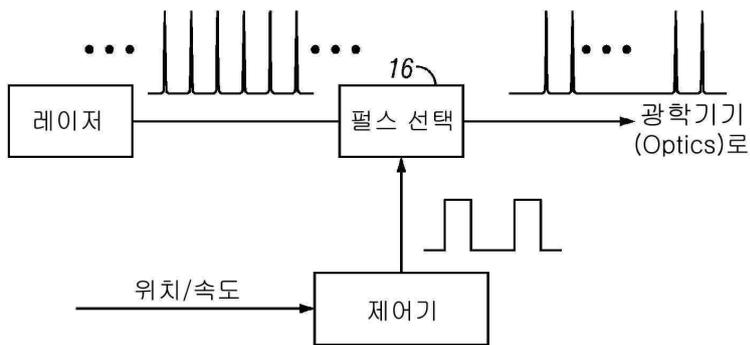
도면1



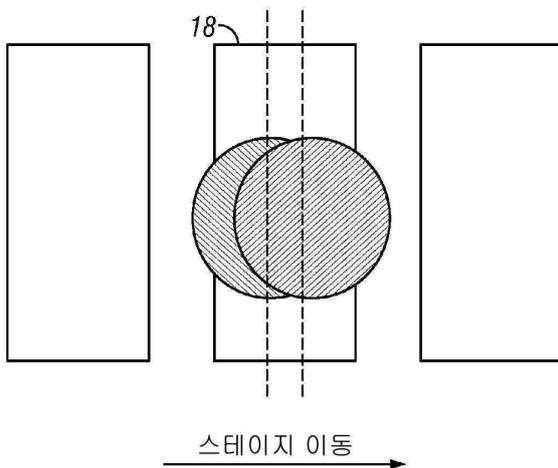
도면2



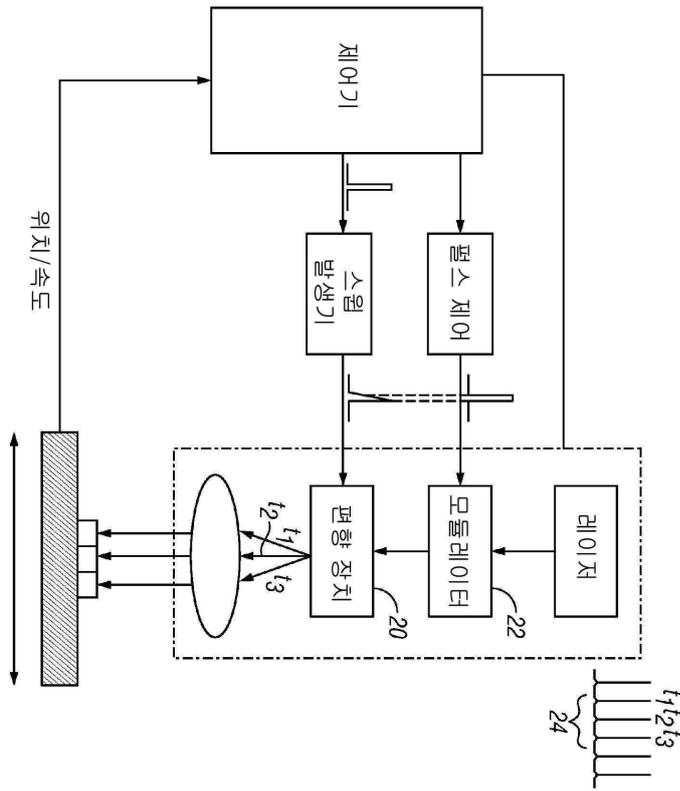
도면3



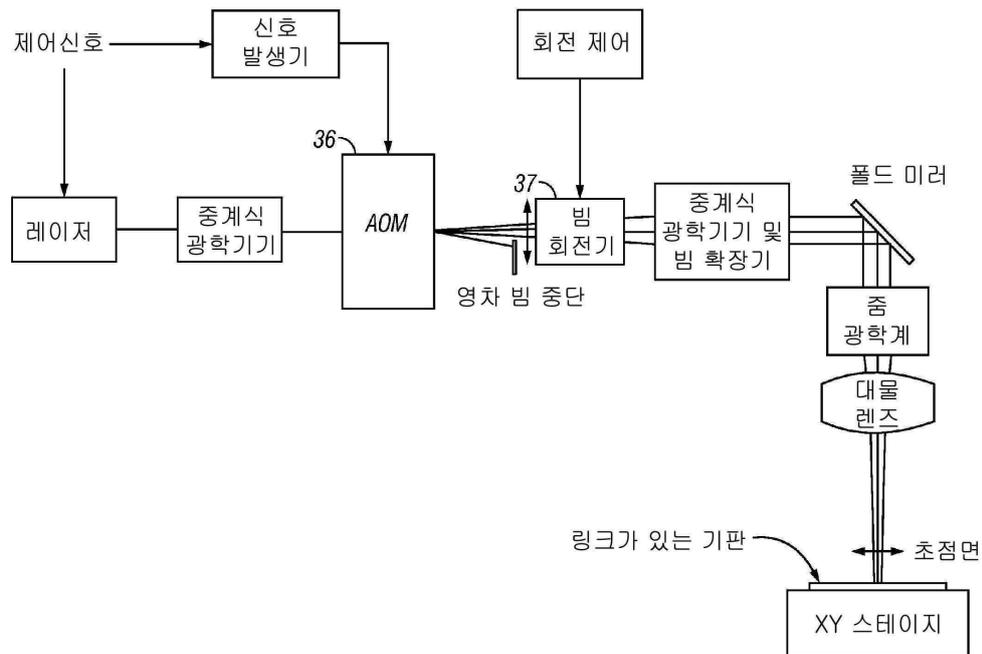
도면4



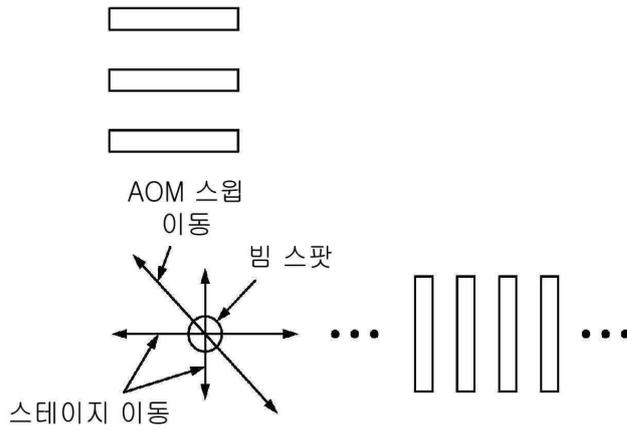
도면5



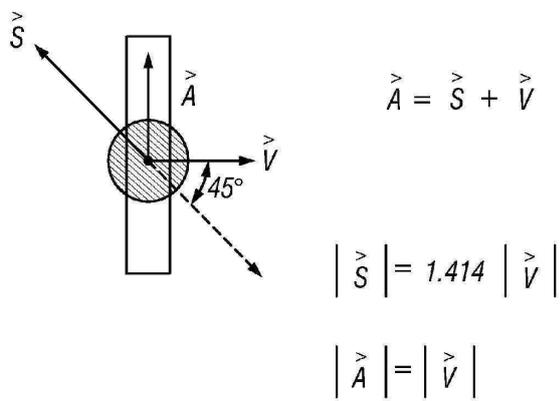
도면6



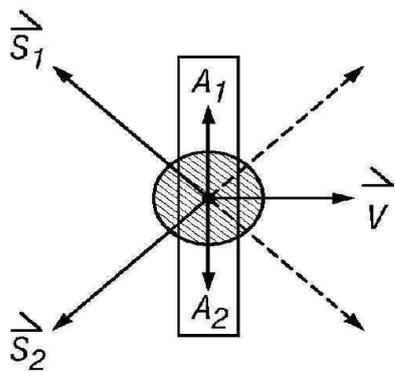
도면7



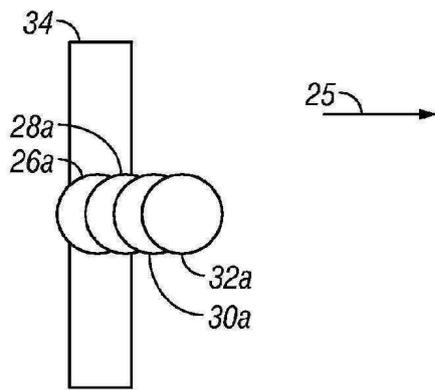
도면8a



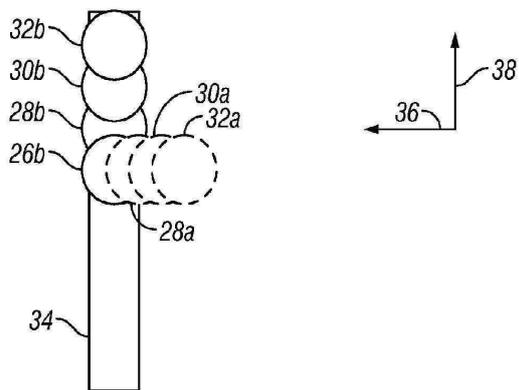
도면8b



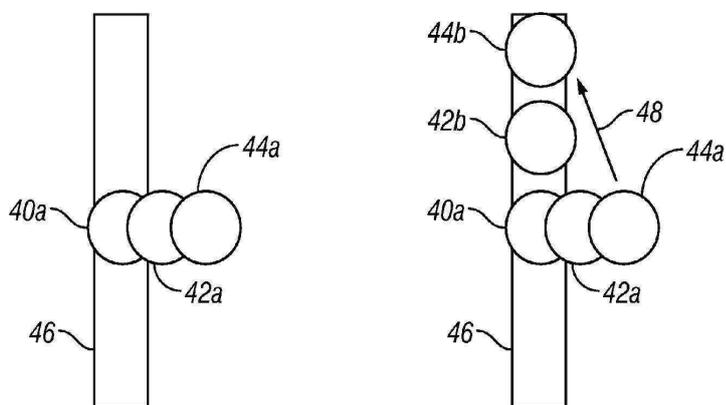
도면9a



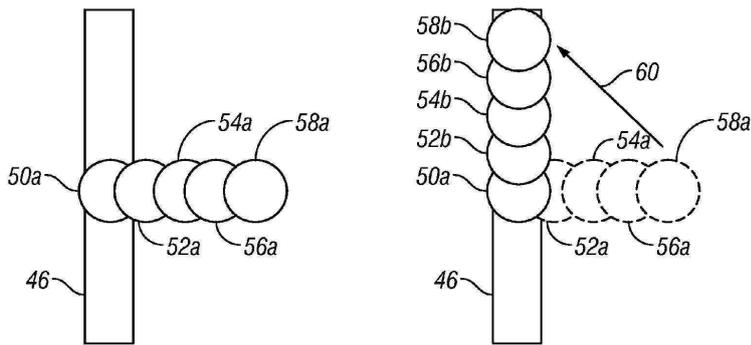
도면9b



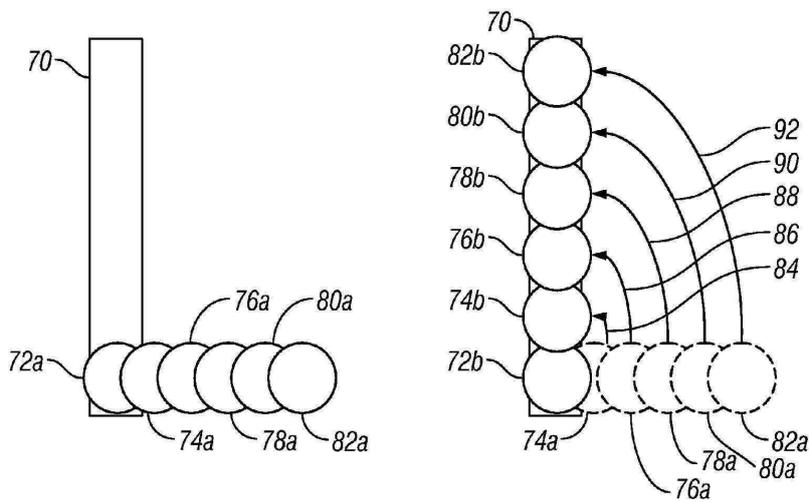
도면10a



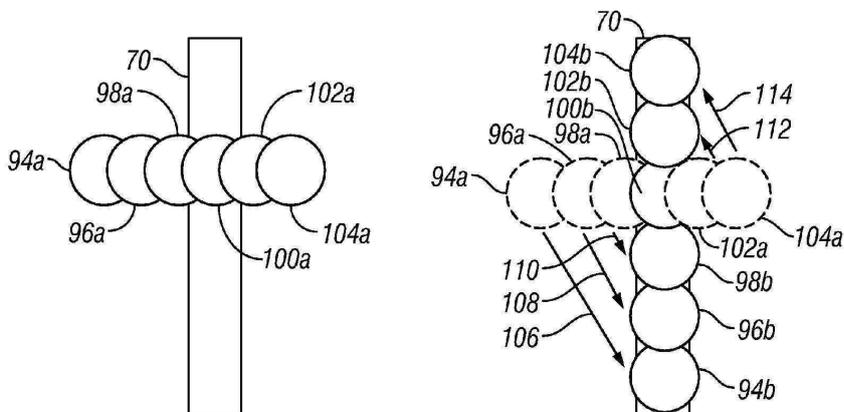
도면10b



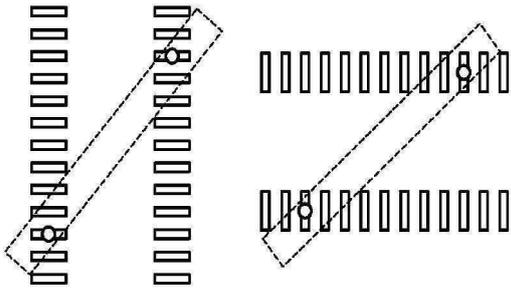
도면11a



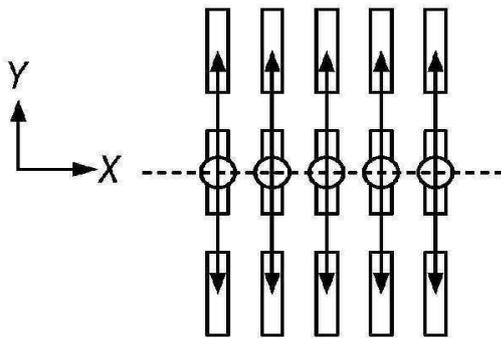
도면11b



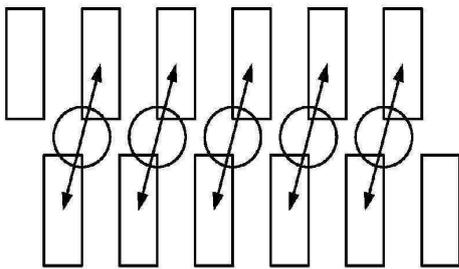
도면12



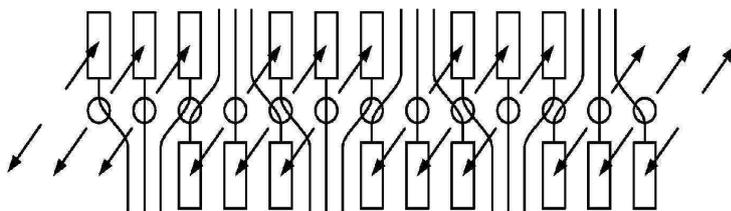
도면13



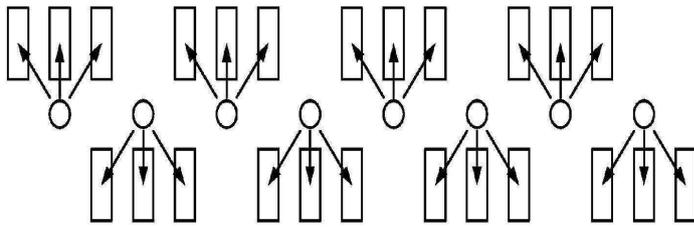
도면14



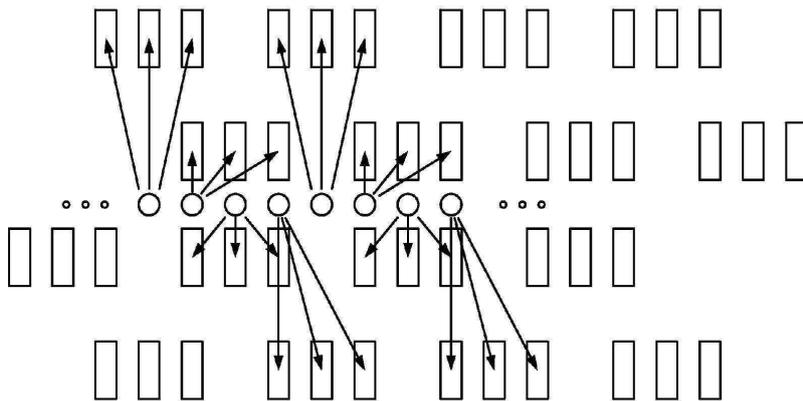
도면15



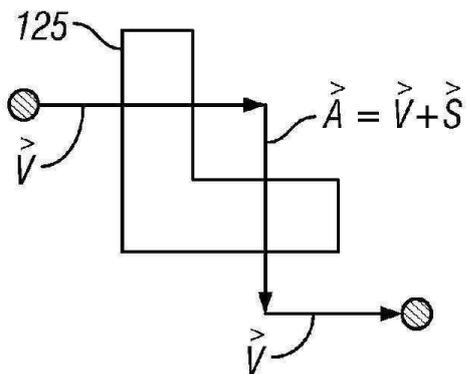
도면16



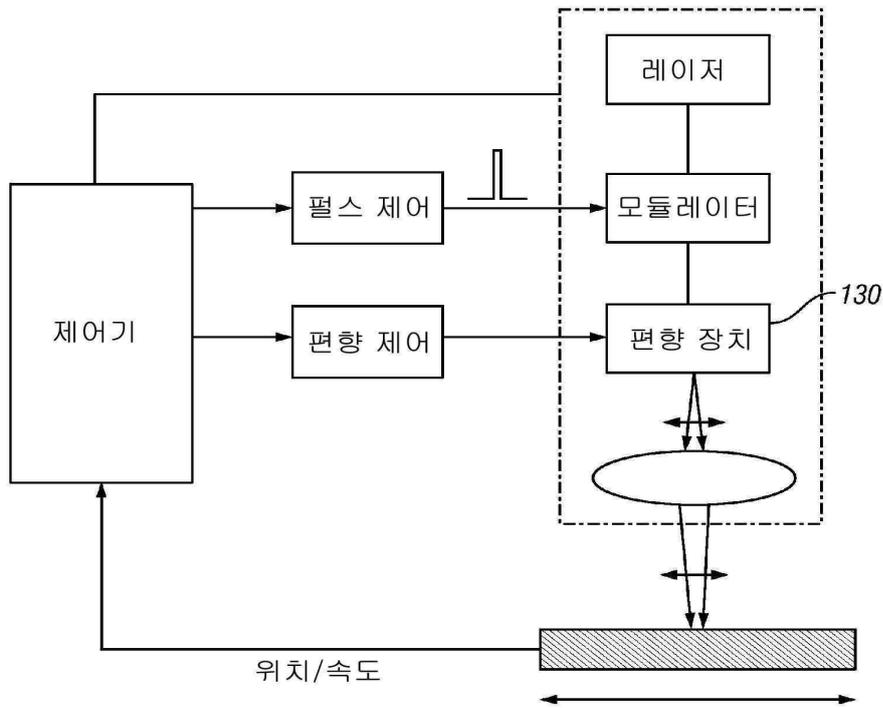
도면17



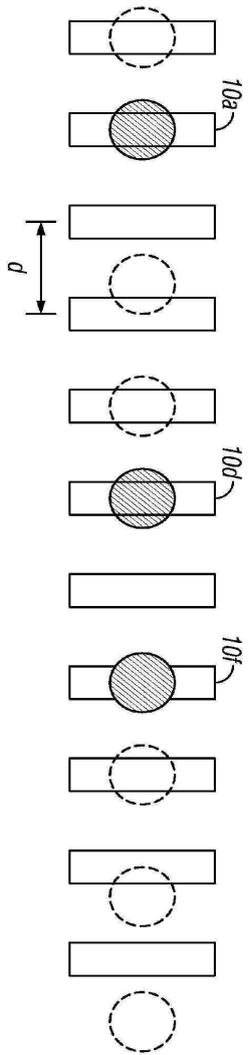
도면18



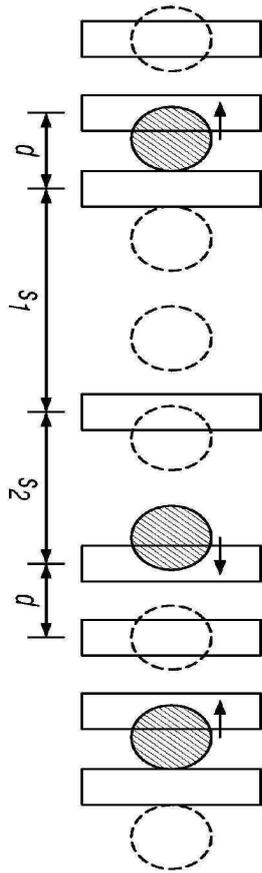
도면19



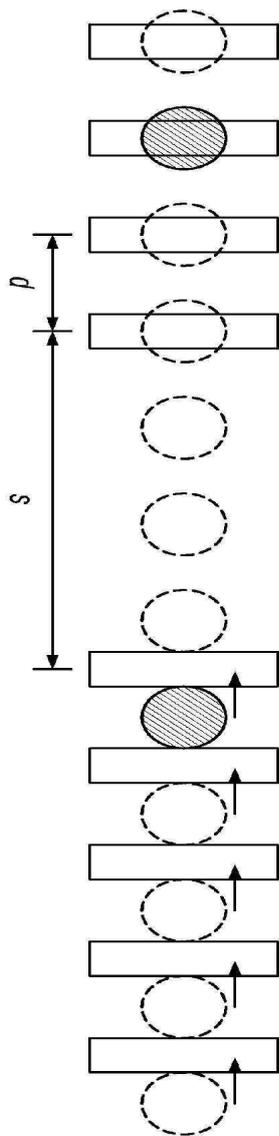
도면21



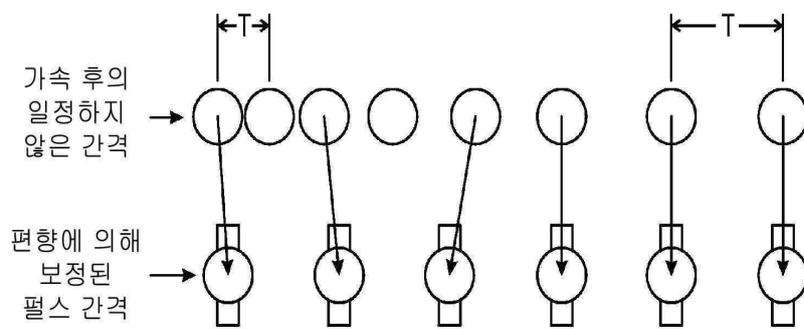
도면22a



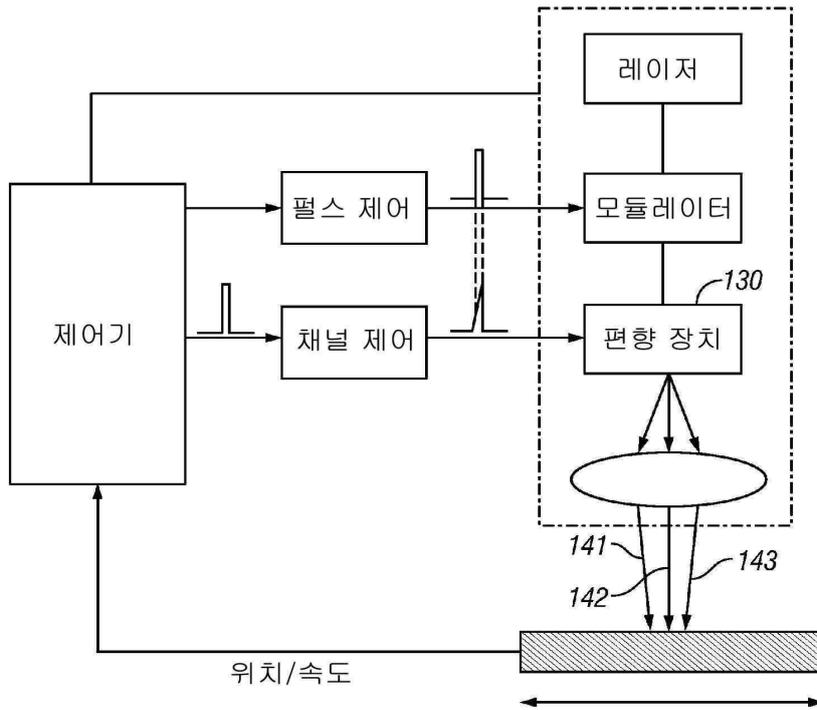
도면22b



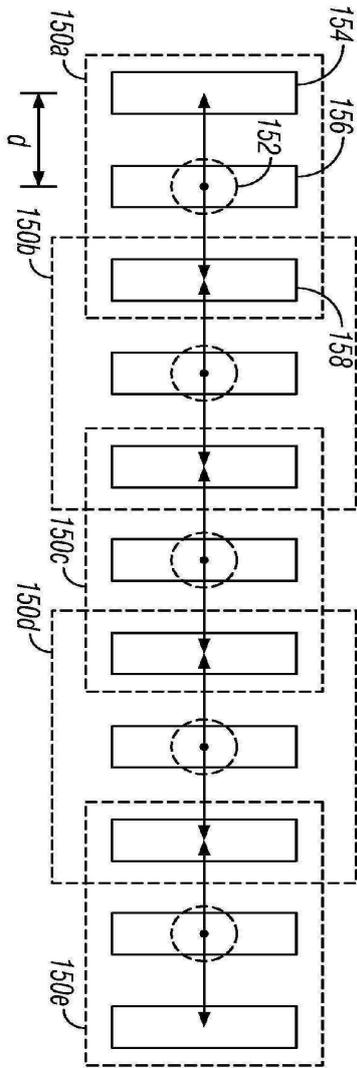
도면23



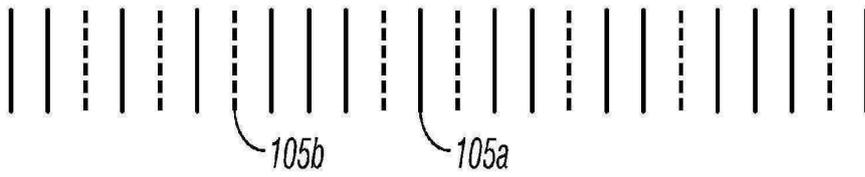
도면24



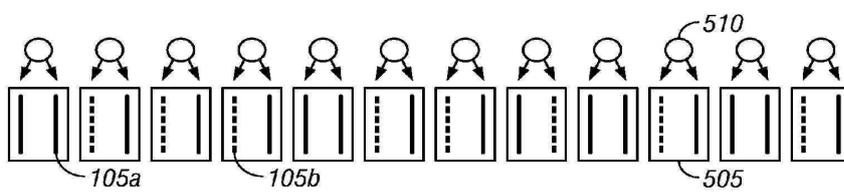
도면25



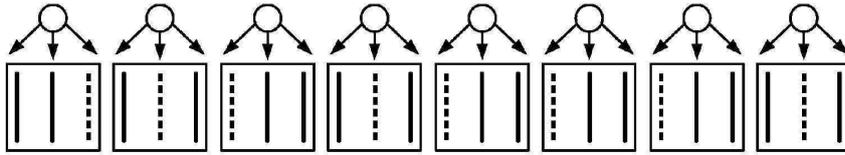
도면26a



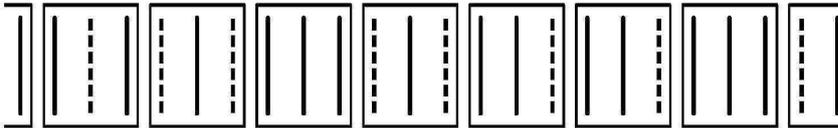
도면26b



도면26c



도면26d



도면26e

