



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년11월08일
(11) 등록번호 10-1674231
(24) 등록일자 2016년11월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01S 3/04 (2006.01) H01S 3/034 (2006.01)
H01S 3/223 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-7018375
(22) 출원일자(국제) 2009년12월22일
심사청구일자 2014년12월16일
(85) 번역문제출일자 2011년08월05일
(65) 공개번호 10-2011-0111471
(43) 공개일자 2011년10월11일
(86) 국제출원번호 PCT/US2009/069194
(87) 국제공개번호 WO 2010/080650
국제공개일자 2010년07월15일
(30) 우선권주장
12/464,442 2009년05월12일 미국(US)
61/143,238 2009년01월08일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US20020163700 A1*
US20020167976 A1*
US3836236 A
US4266857 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
코히어런트, 인크.
미국 95054 캘리포니아주 산타 클라라 패트릭 헨리 드라이브 5100
(72) 발명자
파파니드 아드리안
미국 06484 코네티컷주 셸턴 프리덤 웨이 18
뉴만 레온 에이.
미국 06033 코네티컷주 글래스턴베리 쿷츠월드 클로즈 75
라프만 래니
미국 06043 코네티컷주 볼턴 로즈우드 레인 20
(74) 대리인
양영준, 안국찬

전체 청구항 수 : 총 11 항

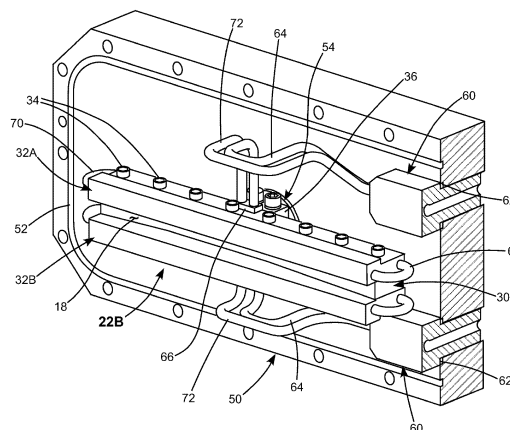
심사관 : 조성찬

(54) 발명의 명칭 레이저 미러의 과도 가열을 위한 보상

(57) 요약

이산화탄소(CO₂) 슬래브 레이저 공진기용 미러 조립체는 직사각형 단면을 갖는 중앙 섹션과 한 쌍의 열적 균형 바아를 포함하고 있다. 중앙 섹션의 전방 에지에는 오목한 반사 표면이 형성된다. 사이드 바아는 중앙 섹션의 양 측에 부착되고, 반사 표면의 전방을 향해 연장된다. 중앙 섹션과 사이드 바아의 치수는 반사 표면에 인접하게 조립체의 열적 중립 평면을 배치하도록 선택된다. 이로 인해 공진기에서 방사를 순환시키는 것에 의한 가열로 인한 반사 표면의 곡률 반경의 변화를 최소화시킨다.

대표도



명세서

청구범위

청구항 1

레이저 빔을 반사시키기 위한 미러 구조체이며,

레이저 빔을 반사시키기 위해 만곡된 전방 표면을 구비하는 세장형 미러 부재로서, 사용 시에 상기 표면은 레이저 빔에 의해 가열되는, 세장형 미러 부재와,

미러 부재의 상부 및 바닥 표면을 따라 장착된 한 쌍의 세장형 열적 균형 부재로서, 각 열적 균형 부재의 전방부는 미러 부재의 만곡된 전방 표면을 지나 전방 방향으로 연장되고, 열적 균형 부재는 구조체의 열적 중립 평면을 만곡된 전방 표면과 특정 위치에서 일치하도록 정렬시켜서 가열로 인한 만곡된 전방 표면의 왜곡을 최소화시키도록 구성되는

미러 구조체.

청구항 2

제1항에 있어서,

열적 균형 부재 중 하나의 후방 표면은 구조체를 레이저의 미러 플랜지에 연결시키기 위한 장착 보스를 포함하는

미러 구조체.

청구항 3

제2항에 있어서,

장착 보스는 미러 구조체와 플랜지 사이의 열적 연통을 최소화하도록 열적 균형 부재의 길이보다 작은 길이를 갖는

미러 구조체.

청구항 4

제1항에 있어서,

열적 균형 부재는 유체 냉각되는

미러 구조체.

청구항 5

제1항에 있어서,

미러 부재는 직사각형 단면을 갖고, 열적 균형 부재는 후방부보다 두꺼운 전방부를 갖는 L자형 단면을 가지며, 두꺼운 전방부는 미러 부재의 반사 표면을 지나 연장되는

미러 구조체.

청구항 6

제1항에 있어서,

반사 표면은 오목한 표면인

미러 구조체.

청구항 7

제1항에 있어서,
미러 부재 및 열적 균형 부재는 동일한 재료로 제조되는
미러 구조체.

청구항 8

제7항에 있어서,
미러 부재 및 열적 균형 부재의 재료는 구리인
미러 구조체.

청구항 9

제1항에 있어서,
열적 균형 부재는 제1 재료로 제조되고, 제1 재료와 상이한 제2 재료의 스트립이 가열로 인한 반사 표면의 곡률
반경의 변화를 추가로 최소화하기 위해 각 열적 균형 부재의 전방을 향하는 표면에 부착되는
미러 구조체.

청구항 10

제9항에 있어서,
열적 균형 부재는 구리로 제조되고, 스트립은 스테인레스강으로 제조되는
미러 구조체.

청구항 11

제1항에 있어서,
미러 부재 및 열적 균형 부재는 일체의 구조체로서 형성되는
미러 구조체.

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

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 가스 방출 레이저에 관한 것이다. 본 발명은 특히 밀폐된 고성능 확산 냉각식의 이산화탄소(CO₂) 슬래브 레이저용의 미러의 구성 및 구조에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] CO₂ 슬래브 레이저는 한 쌍의 직사각형의 평면형 금속 전극을 포함하는데, 이 금속 전극은 CO₂ 및 불활성 가스를 포함하는 레이저 가스 혼합물을 수용하는 밀봉된 하우징 내에 장착되어 있다. 전극은 슬래브형 방출 영역을 형성하도록 서로 평행하고 서로 인접하게 이격되어 있다. RF 파워가 레이저 방사를 발생시키기 위한 가스 혼합물을 여기시키기 위해 사용된다. 이러한 레이저에 대한 설명을 본 발명의 양수인에게 양도된 미국 특허 제 5,140,606 호에서 찾아볼 수 있고, 이 모든 개시내용은 본 명세서에 참조로서 함체되어 있다.

[0003] 이러한 유형의 레이저는 일반적으로 하이브리드 광학 공진기를 포함하고 있다. 공진기는 평행하고 이격된 전극의 폭 차원에 있어서 불안정 공진기이고, 전극의 평면에 수직하는 차원에 있어서 도파관식 공진기이다. 초기 모델에서, 불안정 공진기는 포지티브 브랜치 불안정 공진기(positive branch unstable resonator)이었다. 최근 모델에서는, 네거티브 브랜치 불안정 공진기(negative branch unstable resonator)가 선호된다.

[0004] 포지티브 브랜치 불안정 공진기 구성은 대략 10배 정도 네거티브 브랜치 불안정 공진기보다 정렬하기 더 어렵지만, 공진기의 미러 곡률의 변화에 기인하는 출력 빔 지향 편차에 훨씬 덜 민감하고, 이 변화는 미러의 온도의 변화로 인한 것이다. 네거티브 브랜치 불안정 공진기는 온도로 인한 미러 곡률 변화에 훨씬 더 민감하다. 빔 지향 편차는, 레이저 빔이 작업편 상의 특정 위치 또는 위치들에 정확하게 조향 또는 안내되어야만 하는 대부분의 용례에 있어서 문제가 된다. 분석에 따르면 레이저 빔의 지향 편차는 네거티브 브랜치 불안정 공진기의 폭에 직접 비례하고, 그 길이의 제곱에 반비례한다. 더 짧은 산업용 CO₂ 레이저를 설계하는 것은 빔 품질이 손상되지 않는다면 CO₂의 산업 용도에 이익이 되는 것으로 간주된다. 방출의 길이가 더 짧아짐에 따라, 방출의 폭은 동일한 레이저 출력 파워를 얻기 위해 필요한 동일한 방출 영역을 유지하도록 증가되어야만 한다.

[0005] 네거티브 브랜치 불안정 공진기는 각각 오목한 반사 표면을 구비하는 리턴 미러(return mirror)와 출력 커플링 미러(output coupling mirror)를 포함하고 있다. 반사 표면은 표면 상에 다층 박막 코팅을 적층함으로써 고도로 반사되도록 제조된다. 출력 커플링 미러는 리턴 미러보다 짧아서 미러를 통과하는 레이저 빔을 위한 출력을 제공한다. 리턴 미러는 일반적으로 평행하게 배향된 전극에 의해 발생하는 방출의 전체 폭에 걸쳐 연장된다. 출력 커플링 미러는 공진기에서 순환되는 방사의 일부가 출력 방사로서 미러를 우회하게 한다.

[0006] 레이저 빔이 공진기에서 순환될 때, 레이저 미러가 작지만 유한한 광학 흡수도를 갖기 때문에 미러의 반사 표면이 가열된다. 레이저가 갑자기 충분히 높은 최대 파워로 작동될 때, 반사 표면의 급속한 가열로 인하여 표면이 갑자기 왜곡된다. 미러는 갑자기 덜 오목해지는데, 즉 갑자기 증가된 곡률 반경을 갖게 된다. 곡률 반경의 급격한 증가에 의해 레이저 빔이 갑자기 다른 방향을 향하게 된다. 곡률 반경은, 빠른 과도 가열이 미러 바디에 의해 신속하게 전도되어 소멸됨에 따라, 거의 그 원래의 반경으로 신속하게 회복된다.

[0007] 반사 표면으로부터의 열은 결국 미러 바디의 두께를 통해 전파되어 미러 전방 표면과 후방 표면 사이의 온도 구배를 만들어 낸다. 이 열적 구배는 소정의 레이저 파워에서 정상 상태 미러 곡률(steady state mirror curvature)이 달성될 때까지 추가로 미러가 덜 오목하게 한다. 미러의 후방부는 일반적으로 대형 금속판에 부

작되고, 이 대형 금속판은 공진기와 레이저 가스가 밀봉되어 있는 밀봉 하우징의 단부 플랜지이다. 이로 인하여 미러의 후방부가 전방 표면보다 더 차가워진다. 과도 및 정상 상태 미러 반경 변화 사이의 시간 응답의 차이는 약 100배가 넘는다.

- [0008] 낮은 레이저 펄스 반복 주파수(PRF) 작동 하에서, 미러 반경은 PRF의 변화에 직접 응답하여 변화된다. PRF가 증가함에 따라, 미러 조립체의 열적 시간 상수가 미러의 미러 반경의 시간 편차를 평균에 이르게 하기 시작한다. 평균화가 시작되는 PRF는 미러가 제조되는 재료와 미러의 질량에 대한 열적 시간 상수에 종속된다.
- [0009] 정상 상태 작동 하에서 미러 곡률 변화를 최소화시키는 하나의 구성이 2008년 7월 7일자로 출원되고 본 발명의 양수인에게 양도된 미국 특허 출원 제12/168,376호(미국 특허출원 공개공보 제20090034577호)에 기재되어 있고, 그 모든 개시내용이 참조로서 본 명세서에 통합된다. 이 결과는 보상 바이메탈 효과를 제공하도록 바디의 재료와 상이한 재료로 이루어지고 바디에 부착되는 스트립을 구비하는 특정 형상의 미러 바디로 미러를 설계함으로써 달성된다. 구성의 실시예가 도 1 및 도 1a에 도시되어 있다.
- [0010] 여기서, 미러 구성(10)은 헤드부(14)와 스템부(16)를 구비하는 대체로 T자형 단면을 가진 금속 미러 바디(12)를 포함하고 있다. 곡률 반경(R)을 갖는 오목한 반사 표면(18)을 제공하도록 스템부의 베이스 상에 오목한 표면이 생성, 연마 및 코팅된다. 일반적으로 반사 표면의 폭(L)은 터닝 미러용의 슬래브 방출부의 폭과 대략 동일하고, 약간 더 짧은데, 예를 들어 출력부가 공진기로부터 결합될 수 있도록 출력 커플링 미러의 방출 폭보다 약 12% 내지 약 17% 더 짧다. 반사 표면의 높이(h)는 일반적으로 방출 높이의 약 6배 즉, 방출 전극의 분리부의 6배이다.
- [0011] 바디(12)와 상이한 금속 스트립(17)이 바디의 헤드부의 하부에 볼트 결합된다. 특허 공보에 기재되어 있는 실시예에 있어서, 바디(12)는 구리로 제조되고, 스트립(17)은 스테인레스강으로 제조된다. 스트립의 목적은 바이메탈 응력을 발생시키는 것인데, 이 바이메탈 응력은 정상 상태 작동에서 미러에서의 전방으로부터 후방으로의 열적 구배로 인하여 미러의 곡률 반경을 증가시키는 경향이 있는 바디의 차등 팽창을 보상할 것이다.
- [0012] 미러 구성(10)은 약 400킬로와트(kW)의 평균 파워를 갖는 슬래브 레이저에 사용되도록 구성되었다. 구성은 앞서 언급한 미국 특허출원 공개공보 제20090034577호에서 설명한 범위까지의 파워에서의 장기간 곡률 변화를 보상하는 데에 있어서 성공적이다.
- [0013] 그 결과, 이러한 구성을 갖는 미러가 1.5kW(원래의 설계 파워의 약 4배)의 평균 출력 파워를 갖는 레이저에 사용되었다. 이러한 경우에, 1.5kW 파워의 레이저를 작동시킨 바로 직후에, 빔 지향에 있어서 매우 강한 과도 변화가 관찰되었다.
- [0014] 도 1b는 약 1.5kW의 평균 파워를 갖고, 도 1의 구성에 따라 설계된 미러를 포함하는 슬래브 레이저의 지향 안정성(시간의 함수로서의 원거리장 각도 빔 위치)을 개략적으로 예시하는 그래프이다. 파워 출력은 10kHz의 PRF를 가진 60%의 지속 사이클이었다. 출력 커플링은 12%이었다. 레이저를 작동시킨 직후에, 약 0.75초 내에 400 마이크로라디안(μ rad)의 빔 편향이 있었고, 빔은 약 1초 이내에 그래프의 시간 기간에 걸쳐서 약 450 μ rad의 대체로 일정한 편향을 취한다.
- [0015] 대부분의 레이저 처리 작동에 있어서, 레이저가 작동되기 전에 작업편이 레이저 빔 경로에 배치되고, 1초 기간의 빔 지향 불확실성도 중요하고, 처리 작업에 악영향을 미칠 수 있는 재료 처리가 충분히 신속하게 이루어진다. 따라서, 도 1b의 그래프에 예시된 유형의 짧지만 일시적인 지향 편차를 함께 제거하지 않더라도 최소화하는 것이 유리할 것이다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

- [0016] 일 태양에 있어서, 레이저 빔을 반사시키기 위한 본 발명에 따른 미러 구조체는 레이저 빔을 반사시키기 위해 형성된 반사 표면을 구비하는 바디를 포함하고 있다. 반사 표면은 사용 시에 레이저 빔에 의해 가열된다. 바디는 바디의 열적 중립 평면이 반사 표면의 위치와 대략 정렬되어 가열로 인해 만곡된 표면의 왜곡을 최소화시키도록 구성된다.
- [0017] 본 발명의 미러 구조체의 바람직한 실시형태에 있어서, 미러 바디는 세장형 미러 부재와 한 쌍의 열적 균형 부재를 포함하고 있다. 미러 부재는 직사각형 단면을 가지며, 반사 표면은 사전결정된 곡률을 갖는 미러 부재의 오목한 전방 표면이다. 열적 균형 부재는 미러 부재의 상부 및 바닥 표면에 부착되고, 미러 부재의 반사 표면

을 지나 전방 방향으로 연장된다.

[0018] 반사 표면과의 열적 중립 평면의 정렬에 의해 가열로 인한 미러 곡률에 대한 변화가 최소화된다. 이러한 미러를 포함하는 레이저의 실험적 평가에 따르면 전술한 빔 지향의 과도 스파이크가 본 발명의 미러를 사용함으로써 대체로 제거된다.

[0019] 본 명세서에 통합되어 그 일부를 구성하는 첨부 도면은 본 발명의 바람직한 실시형태를 개략적으로 도시하고 있으며, 전술한 일반적인 설명과 이하의 바람직한 실시형태에 대한 상세한 설명과 함께 본 발명의 원리를 설명하는 역할을 한다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 반사 표면의 열로 인한 곡률 변화를 최소화시키도록 구성된 종래 기술의 CO₂ 슬래브 레이저 미러를 개략적으로 예시하는 3차원 도면이다.

도 1a는 도 1의 미러의 추가의 상세부를 개략적으로 예시하는 대체로 도 1의 1A-1A 방향에서 본 단부 직립도이다.

도 1b는 도 1의 미러와 유사한 미러가 합체되어 있는 1.5kW 평균 파워 CO₂ 슬래브-레이저로부터의 빔에 대한 시간의 함수로서의 원거리장 각도 위치를 개략적으로 예시하는 그래프이다.

도 2는 반사 표면의 열로 인한 곡률 변화를 최소화하도록 구성된 본 발명에 따른 CO₂ 슬래브-레이저 미러의 바람직한 실시형태를 개략적으로 예시하는 3차원 도면이다.

도 2a는 도 2의 미러의 추가의 상세부를 개략적으로 예시하는 단부 직립도이다.

도 2b는 반사 표면이 형성되어 있는 중앙 섹션을 포함하고, 반사 표면을 지나서 연장되는 중앙 섹션의 각 측부에 클램핑되는 사이드 바아를 구비하는 도 2의 미러의 바람직한 변형 구성에 대한 일 실시예를 개략적으로 예시하는 단부 직립도이다.

도 2c는 도 2의 미러의 바람직한 변형 구성에 대한 다른 실시예를 개략적으로 예시하는 단부 직립도이다.

도 3은 도 2b의 실시예에 따라 구성되고, CO₂ 슬래브 레이저 하우징의 단부 플랜지의 일 실시예의 미러 장착 포스트 상에 장착된 본 발명에 따른 미러 조립체를 개략적으로 예시하는 부분적으로 단면을 취한 3차원 도면이다.

도 4는 도 3의 미러 조립체의 추가적인 상세부를 개략적으로 예시하는 후방으로부터의 3차원 도면이다.

도 5는 도 3의 장착 포스트의 상세부를 개략적으로 예시하는 3차원 도면이다.

도 6은 도 1b의 종래 기술의 미러의 시간 함수로서의 원거리장 각도 위치와 비교하여, 도 3의 미러가 합체되어 있는 레이저의 일 실시예의 시간의 함수로서의 원거리장 각도 위치를 개략적으로 예시하는 그래프이다.

도 7은 도 2b의 실시예와 유사하게 구성되어 있지만, 사이드 바아가 각각 사이드 바아에 부착된 재료 스트립을 구비하고, 각 스트립은 사이드 바아의 재료와 상이한 재료로 되어 있는, 본 발명에 따른 미러 조립체의 또 다른 실시예를 개략적으로 예시하는 전방으로부터의 3차원 도면이다.

도 8은 도 2b의 실시예와 유사하게 구성되어 있지만, 중앙 섹션은 중앙 섹션에 부착된 재료 스트립을 구비하고, 스트립은 중앙 섹션의 재료와 상이한 재료로 되어 있는, 본 발명에 따른 미러 조립체의 또 다른 실시예를 개략적으로 예시하는 후방으로부터의 3차원 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 과도 성능(transient performance)에 대한 가능한 이유를 판정하기 위해 도 1b의 그래프에 도시되어 있는 결과에 근거가 되는 것과 유사한 미러 구성에 대해 유한 요소 열적 분석(finite element thermal analysis)(FEA)을 수행하였다. 열적 분석은 특히 구성의 "열적 중립 평면(thermal neutral plane)"(TNP)의 위치를 측정하는 것에 관한 것이다.

[0022] 구조체의 열적 중립 평면은 공지된 기초 개념이다. 이것은 구조체의 가열로 인해 형상에 어떠한 변화도 일어나지 않는 구조체 내의 평면으로 정의된다. 이것은 일반적으로 구조체의 기하학적 중심에 대응하고, 구조체가 단면 형상이 어떠한 간에 균일한 단면을 가질 때의 평면이다. 구조체가 열적 중립 평면의 일측부로부터 가열될

때, 열적 중립 평면의 일측부에서 재료가 인장 상태로 응력이 가해지는 한편, 열적 중립 평면의 타측부에서는 재료가 압축 상태로 되기 때문에, 열적 중립 평면 내의 최종 응력은 0이다. 열적 중립 평면의 각 측부 상의 재료의 질량은 대략 동일하다.

- [0023] 슬래브 레이저 공진기 미러의 경우에 있어서, 공진기에서 순환되는 적지만 유한한 퍼센트의 레이저 방사의 미러의 반사 표면에 의한 흡수로 인해 주로 열이 발생된다. 12% 출력 커플링 및 1.5kW 평균 파워 출력에 의하면, 공진기에서 순환하는 11.0 kW가 있고, 0.5% 흡수 표면이 약 62W를 흡수한다는 것을 명심하여야 한다.
- [0024] 전술한 분석 결과에 의하면, 미러의 열적 중립 평면은 도 1a에 지시되어 있는 바와 같이 미러의 스템부 약간 뒤에 위치한다. 미러 상의 가장 가까운 지점(여기서는 중심)으로부터의 열적 중립 평면의 거리가 표면의 단부와 표면의 중심 또는 정상부 사이의 반사 표면의 깊이(D)보다 크다.
- [0025] 도 1의 미러(10)와 관련된 과도 지향 효과를 제거 또는 적어도 완화시키기 위해, 미러의 반사 표면과 대략 일치하도록 열적 중립 평면이 전방으로 이동하여야 한다는 것이 결정되었다. 이것은 추가된 스트립을 구비하거나 구비하지 않은 종래 기술의 미러 구성(10)의 단면 형상을 가진 미러 바디로는 가능하지 않다.
- [0026] 도 2 및 도 2a는 대략 U자형 단면을 갖고 측부(24)가 오목 반사 표면(18)을 지나 연장되는 미러 바디(22)를 포함하는 본 발명에 따른 미러(20)를 개략적으로 예시하고 있다. 다른 관점에서 고려해 보면, 반사 표면(18)은 미러 바디(22) 내의 채널(28)의 베이스인 것으로 설명될 수 있다. 바람직하게는, 채널(26)은 측부(24)를 통해 연장되어 냉각 유체의 통과를 가능하게 하도록 제공된다. 미러 바디의 반사 표면을 지나 연장되는 측부의 구성은, 미러 바디가 반사 표면의 전방에 질량을 갖는 것을 제공한다. 이것은 열적 중립 평면이 반사 표면의 단부, 반사 표면의 중앙 또는 정상부, 또는 그들 사이의 소정의 위치와 일치하도록 바디의 치수가 선택될 수 있게 하기 위해 중요하다. 본 명세서에서 사용되는 "전방"이라 용어는 반사 표면이 향하는 방향을 의미한다.
- [0027] 도 2a에는, 열적 중립 평면이 반사 표면의 단부와 일치하는 것으로 도시되어 있지만, 일반적으로 표면의 단부와 대략 일치하거나 또는 표면의 중앙 또는 정상부에 대략 접하는 평면에 위치할 수 있다. 본 발명을 본 명세서에서는 오목한 반사 표면을 갖는 미러 조립체를 참조하여 설명하였지만, 본 발명의 원리는 포지티브 브랜치 불안정 공진기를 형성하기 위해 필요한 볼록 표면을 갖는 미러 조립체에 동일하게 적용될 수 있다는 것에 유의하여야 한다.
- [0028] 특정 가설에 제한되지 않고, 본 발명의 세장형 미러 조립체의 열적 중립 평면의 위치는 반사 표면 상의 열 부하에 실질적으로 독립적이고, 채널(26) 내의 냉매 유동에 실질적으로 독립적이다. 그러나, 열적 중립 평면은 채널의 위치와 채널(26)에 의해 점유되는 체적에 다소 종속된다.
- [0029] 측부의 상부 표면(24)이 반사 표면(18)의 곡률과 정합하도록 만곡되어 있다면, 열적 중립 평면은 표면의 전체 길이를 따라 반사 표면(18)과 대략 동일 표면이 되도록 만곡될 수 있다는 점을 유의하여야 한다. 그러나, 분석은 이러한 개선이 열적 중립 평면이 만곡되지 않고 상기 특정 영역에 위치하는 경우와 상당히 상이한 결과를 제공하지는 않을 것이라는 것을 시사하고 있다.
- [0030] 당업자는 채널(28)의 베이스 내에 반사 표면(18)을 연마하고 광학적으로 코팅하기가 극도로 어렵기 때문에, 도 2a의 형태의 일체형 바디는 기계적 분석에 편리하지만, 제조 관점에서는 다소 비실용적이라는 것을 이해할 것이다. 미러(20)에 대한 2가지 실용적인 바디 형태에 대한 기재가 도 2b 내지 도 2c를 참조하여 아래에서 설명된다.
- [0031] 도 2b에는 3개의 부분으로 제조되는 본 발명에 따른 미러 바디 조립체(22B)가 도시되어 있다. 미러의 오목한 반사 표면(18)은 직사각형 단면을 갖는 중앙 바아(30)의 예지 상에서 연마 및 코팅되어 제조된다. 깊이 D를 갖는 미러 표면은 이전의 실시예에서 전술하였다. 측벽 또는 사이드 바아(32)가 일련의 볼트(34)(도 2b에 오직 1개만이 도시됨)에 의해 중앙 바아(30)의 각 측부 상에 클램핑된다. 냉각 채널(26)은 사이드 바아를 통해 연장된다.
- [0032] 열적 균형 바아로 설명될 수 있는 사이드 바아(32A, 32B)는 중앙 바아의 미러 표면(18)을 연마 및 코팅한 후에 부착된다. 바람직하게는, 중앙 섹션과 사이드 바아는 동일한 재료로 제조된다. 바람직한 재료는 구리이다.
- [0033] 사이드 바아(32)의 부분(31)은 조립체의 열적 중립 평면을 전방으로 이동시키도록 반사 표면을 지나 연장된다. 이 부분은 반사 표면 후방부보다 두꺼워서 사이드 바아에 대략 L자형 또는 계단형 단면을 부여한다. 두꺼운 부분(31)은 그 사이의 공간에 있지 않은 질량을 보상한다. 이 실시예에 있어서도, 열적 중립 평면은 반사 표면의 단부와 일치하지만, 전술한 범위 내의 어디에도 있을 수 있다. 사이드 바아(32A)는 미러 조립체를 레이저 하우

징의 단부 플랜지에 장착하기 위해 그 후방 예지 상에서 기계가공된 장착 보스(36)를 구비하고 있다. 이 장착 구성에 대한 상세한 설명은 이하에서 더 자세히 설명하겠다.

[0034] 도 2c에는 또한 3개의 부분으로 제조되는 본 발명에 따른 미러 바디 조립체(22C)가 도시되어 있다. 미러 바디는 3개의 부분이 조립체(22B)의 대응하는 부분과 다른 단면 형상을 갖는다는 것을 제외하고는 원칙적으로 미러 바디(22B)와 유사하다. 중앙 섹션(38)은 도 1의 종래 기술의 미러(10)의 것과 유사한 치수의 T자형 단면을 갖는다. 사이드 바아(40A, 40B)는 L자형이고, 나사(42)에 의해 클램핑될 때 중앙 섹션의 측방향 표면과 열적으로 접촉하도록 구성되어 있다. 사이드 바아(40A)는 미러 바디(22B)를 참조하여 전술한 바와 같이 레이저 하우징의 단부 플랜지에 미러 조립체를 장착하기 위해 그 후방 예지 상에서 기계가공된 장착 보스(36)를 구비하고 있다.

[0035] 도 3, 도 4 및 도 5에는 본 발명에 따른 열적 중립 평면 미러를 장착시키는 것에 대한 세부 사항이 개략적으로 예시되어 있다. 여기서, 도 2b의 미러 조립체 구성(22B)을 갖는 미러가 플랜지(50) 상에 장착되고, 플랜지는 슬래브 레이저 공진기, 전극 및 레이저 가스 혼합물을 수용하기 위한 밀폐가능한 하우징(도시되어 있지 않음)의 일단부이다. 홈(52)이 그 외주부에 인접하게 플랜지 둘레에 연장되어 있고, 밀봉을 촉진시키도록 금속 "C 링" 또는 인덱스 "O 링"을 수용하도록 구성되어 있다. 유사한 미러 및 플랜지 구성이 불안정 공진기를 형성하도록 하우징의 대향 단부에서 밀봉되는 것으로 생각된다.

[0036] 미러 조립체(22B)는 후방측으로부터 플랜지를 기계가공함으로써 형성된 통합된 가요성 멤브레인(56)을 거쳐 플랜지(50)에 모놀리식으로 부착된 포스트(54)(상세를 위해서는 도 5를 참조하라)에, 사이드 바아(32A) 상의 장착 보스(36)(상세를 위해서는 도 4를 참조하라)를 부착함으로써, 플랜지(50) 상에 장착된다. 이에 의해 장착된 미러 조립체가 2개의 횡방향측에서 조정되어 공진기 내의 그 반사 표면을 정렬시킬 수 있다. 이 장착 방법은 미러 표면을 외부로부터 벗어나게 정렬시킬 수 있을 뿐 아니라, 레이저 하우징이 부착 공정에 의해 반사 표면을 왜곡시킬 가능성을 감소시킨다. 또한, 이 방법에 의하면 중앙 섹션 내가 아니라 사이드 바아의 길이 내에 냉매 채널을 배치할 수 있어서, 반사 표면을 왜곡시킬 가능성이 더 감소된다. 정렬 구성의 자세한 설명은 본 발명의 원리를 이해하기 위해 필요하지 않다. 자세한 설명은 앞서 언급한 미국 특허출원 공개공보 제20090034577호에서 찾아볼 수 있다.

[0037] 미러 조립체의 길이에 비해 장착 보스(36)의 좁은 길이는 미러 조립체(22B)와 플랜지(50) 사이의 기계적 및 열적 연통을 최소화시킨다. 이에 의하면 미러 조립체는 열적 중립 평면 위치를 측정하는 관점으로부터 독립형(단체로 격리된) 조립체로 간주될 수 있다.

[0038] 미러 조립체(22B)의 냉각 구성은 아래와 같다. 플랜지의 후방측 상에 위치하는 메인(외측) 냉매 매니폴드(도시되어 있지 않음)가 분할되어, 플랜지를 통해 연장되고 개스킷(62)에 의해 플랜지에 밀봉되는 상측 및 하측 2차(내측) 냉매 매니폴드(60)로 냉매 유동을 안내한다. 2차 냉매 매니폴드는 각각 도금 구리로 제조되는 것이 바람직하다. 각 내부 냉매 매니폴드의 출구는 냉매를 도관(64) 내로 안내하는데, 이 도관은 유동을 상측 및 하측 미러 사이드 바아(32A, 32B) 각각의 중앙 입구/출구 포트(66) 내로 안내한다. 냉매는 U자형 도관(68, 70)에 의한 사이드 바아 내의 채널(26)을 통해 순환된다. 냉매는 포트(66)로 복귀되고, 도관(72)에 의해 포트로부터 내측 냉매 매니폴드로 복귀하도록 안내되고, 이 내측 냉매 매니폴드는 냉매를 외측 매니폴드로 복귀하도록 안내한다.

[0039] 도 6은 도 1의 종래 기술의 미러를 구비하는 유사한 레이저의 시간의 함수(점선 곡선)로서의 측정된 원거리장 각도 위치와 비교하여, 도 3의 일반적인 구성의 미러를 갖는 고반사 및 고출력 커플링 미러 조립체가 통합되어 있는 레이저의 일실시예에서 시간의 함수(실선 곡선)로서 측정된 원거리장 각도 위치를 개략적으로 예시하는 그래프이다. 각각의 경우에, 레이저는 봉쇄된 CO₂ 슬래브 레이저이고, 미러가 네거티브 브랜치 불안정 공진기를 형성한다. 각각의 경우에, 레이저 출력 파워는 10kHz의 PRF를 가진 평균 60%의 지속 사이클에서 대략 1.5kW이었다. 각 실시예에서 출력 커플링은 12%이었다. 본 발명의 미러 구성에 의해 종래 기술에서 경험되는 과도 편향 "스파이크(spike)"가 대체로 완전히 제거된다는 것을 알 수 있다. 미러의 열적 시간 상수는 10kHz PRF에서의 펄스 대 펄스 편향 효과(pulse to pulse deflection effects)를 평균에 이르게 한다.

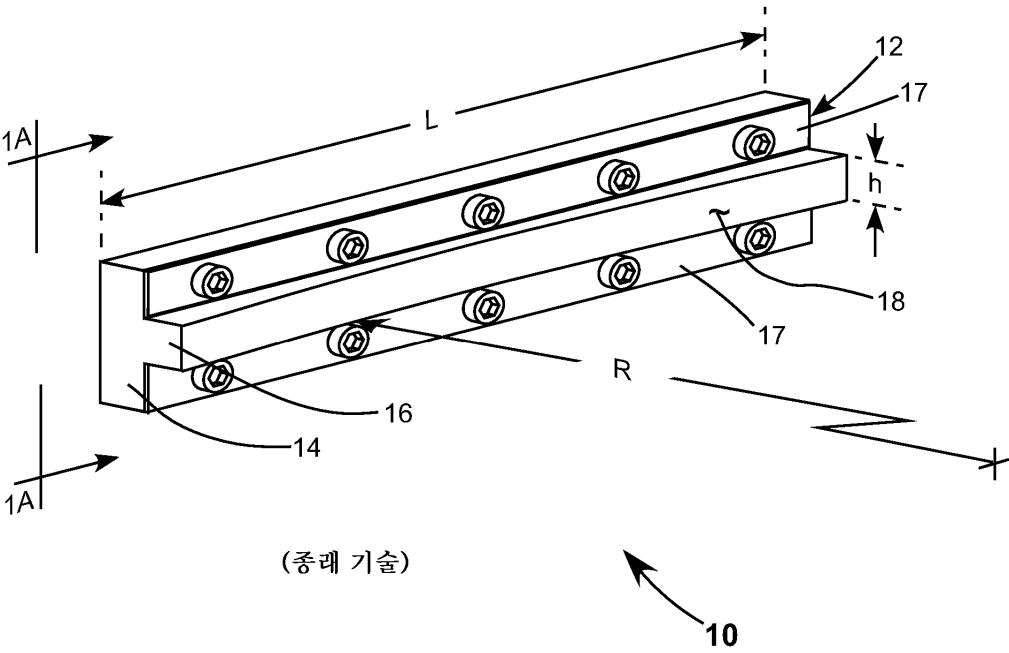
[0040] 도금 구리로 제조되는 본 발명의 미러 중 하나의 치수는 아래와 같다. 미러의 길이는 159mm이다. 미러의 곡률 반경은 1044.55이다. 중앙 섹션(30)은 두께가 8.0mm이다. 사이드 바아(32A, 32)는 각각 전방 예지에서 9.7mm의 두께를 갖고, 후방 예지에서 7.6mm의 두께를 갖는다. 각 사이드 바아의 총 폭은 25.4mm이고, 전방의 9.7mm 두께부는 10mm의 폭을 갖는다. 상측 사이드 바아(36) 상의 장착 보스(36)는 폭이 10.2mm이고, 길이가 20.3mm이다. 각 반사 표면의 흡수도는 약 0.2%로 평가된다. 냉각 채널(26)은 직경이 0.125 인치이고, 사이드 바아의 전방 표면으로부터 0.118 내지 0.160 인치에 위치한다. 출력 커플링 미러의 길이는 132mm이고, 곡률 반경은

887.85mm이다.

- [0041] 편향 측정은 유타주 공간에 소재하는 오피어-스피리콘 인크(Ophir-Spiricon Inc)로부터 입수가능한 Pyrocam™ III 초전기 어레이 카메라를 사용하여 이루어졌다. 카메라 기록 속도는 대략 초당 25 프레임이었다.
- [0042] 도 7은 본 발명에 따른 미러 조립체(22D)의 또 다른 실시예를 개략적으로 예시하는 전방으로부터의 3차원 도면이다. 조립체(22D)는, 각각의 사이드 바아(32A, 32B)의 전방을 향하는 면에 사이드 바아의 재료와 상이한 재료(금속)의 스트립(33A, 33B)이 각각 부착된다는 점을 제외하고는, 도 3의 예시적인 조립체(2B)와 유사하게 구성되어 있다. 전방을 향한다라는 용어는 본 명세서 및 첨부된 청구범위에서 공진기(도시되어 있지 않음)를 향하는 것을 의미하는데, 공진기의 반사 표면(18)은 즉 반사 표면이 향하는 방향을 향하고 있는 하나의 단부 미러이다. 스트립은 나사(35)에 의해 사이드 바아에 부착되어 있다. 나사(35)의 길이는 나사가 사이드 바아의 냉매 채널을 방해하지 않도록 충분히 짧게 선택되어야 한다. 이 실시형태에 있어서, 스트립은 바아의 금속 재료보다 더 낮은 열팽창 계수를 갖는 재료로 형성된다. 스테인레스강은 사이드 바아가 구리로 제조될 경우 스트립(33A, 33B)에 적합한 한 가지 재료이다.
- [0043] 2개의 재료의 상이한 팽창을 때문에, 바아와 스트립은 바이메탈 효과(bimetallic effect)를 나타내게 된다. 이러한 경우에, 바이메탈 효과로 인해 오목한 미러가 더 오목하게 되는 경향이 있다. 대조적으로, 레이저 에너지 중 일부의 흡수에 의해 유발된 차등 가열에 의해 미러가 덜 오목해지는 경향이 있다. 스틸 스트립의 크기 및 두께를 적절히 선택함으로써, 2개의 효과가 균형을 이루어, 왜곡을 최소화시킬 수 있다.
- [0044] 도 8은 본 발명에 따른 미러 조립체의 또 다른 실시예(22E)를 개략적으로 예시하는 후방으로부터의 3차원 도면이다. 미러 조립체는, 조립체의 중앙 섹션(30)이 나사(35)에 의해 후방을 향하는 중앙 섹션의 표면에 부착되는 재료의 스트립(39)을 구비하고, 스트립이 중앙 섹션(30)의 재료와 상이한 재료로 되어 있다는 점을 제외하고는, 도 2b 및 도 3의 조립체와 유사하게 구성되어 있다. 이 실시형태에 있어서, 스트립의 열팽창 계수는 미러의 전방 표면을 가열함으로써 유발되는 열적 구배의 효과에 저항하도록 중앙 섹션의 열팽창 계수보다 크게 선택된다. 중앙 섹션(30)이 구리로 제조되는 경우 알루미늄이 스트립(39)에 적절한 재료이다.
- [0045] 사이드 바아 또는 중앙 섹션 상의 스트립의 구성이 본 발명의 미러 조립체의 구성에 추가의 자유도를 부여하는 바이메탈 효과를 제공한다. 추가의 자유도는 예를 들어, 도 6의 측정 시간보다 훨씬 더 긴 시간에 걸친 레이저의 연장된 작동에서 반사 표면(18)의 곡률의 점진적인 변화를 최소화 또는 제거하는 구성을 제공하는 데에 유용하다.
- [0046] 본 발명이 속하는 기술분야의 당업자는 도 3, 도 4, 도 7 및 도 8의 본 발명의 미러 조립체의 도시로부터 조립체의 구성요소가 비교적 축적에 맞는 수치를 갖는다는 것을 이해할 것이다. 미러의 시험 실시형태에 대한 예시적인 수치를 위에서 제공하였다. 이러한 상대적이고 실제적인 수치에 근거하여, 본 발명이 속하는 기술분야의 당업자는 다양한 공진기 구성 및 선택된 재료에 대한 미러의 실시형태에 있어서 열적 중립 평면 위치를 결정하는 유한 요소 분석(FEA) 소프트웨어의 개선을 위한 대응하는 개시 형상을 용이하게 결정할 수 있다. 이러한 소프트웨어를 사용하면, 당업자는 본 발명의 기술적 사상 및 보호범위를 벗어나지 않는 한 반사 표면과 대략 동일 평면인 열적 중립 평면을 제공하는 다른 미러 조립체 구성을 결정할 수 있다.
- [0047] 본 발명을 바람직한 실시형태 및 다른 실시형태에 의해 전술하였다. 그러나, 본 발명은 도시 및 설명한 실시형태에 제한되는 것은 아니다. 오히려, 본 발명은 첨부된 특허청구범위에 의해서만 제한된다.

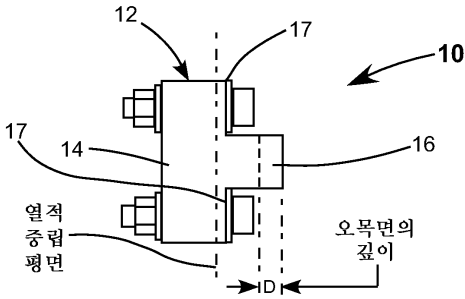
도면

도면1



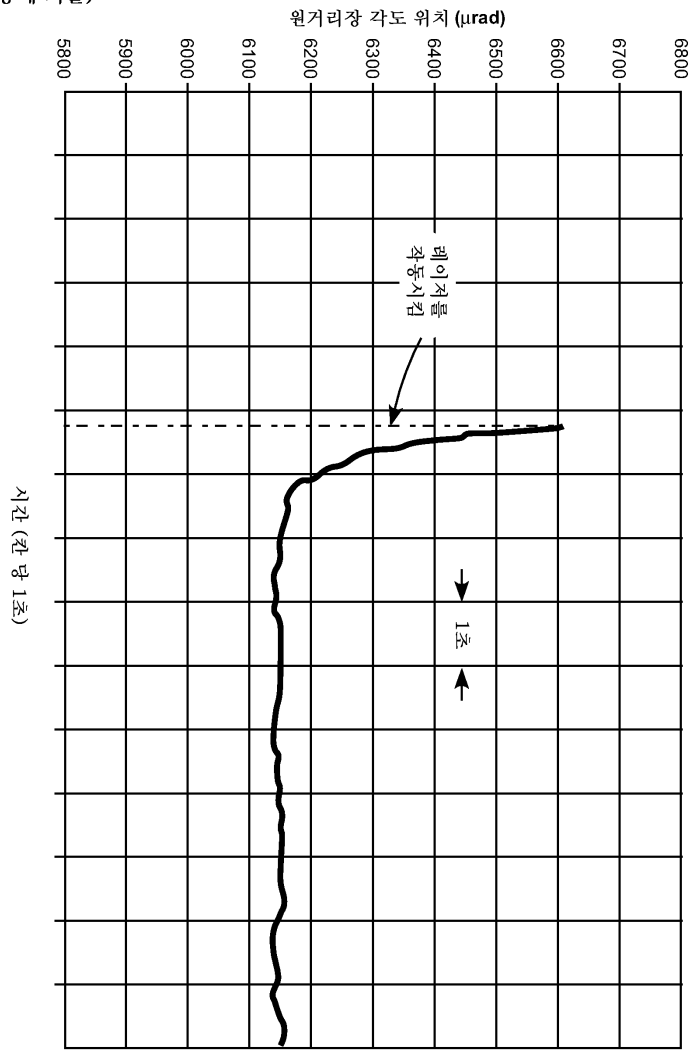
도면1a

(중래 기술)

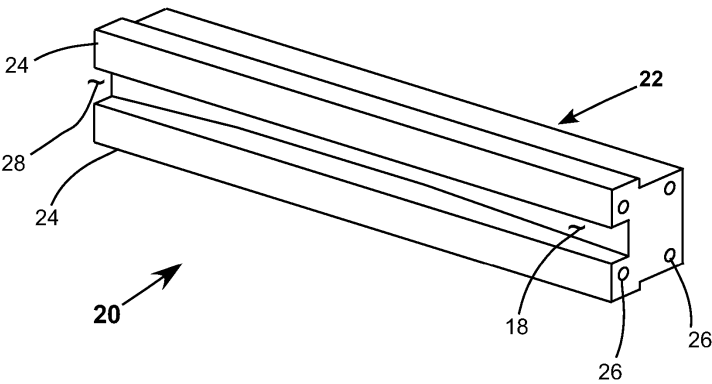


도면1b

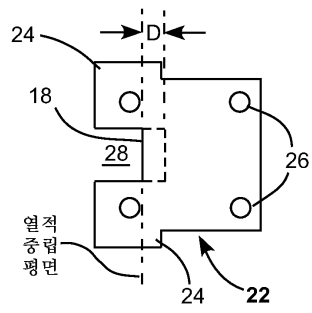
(종래 기술)



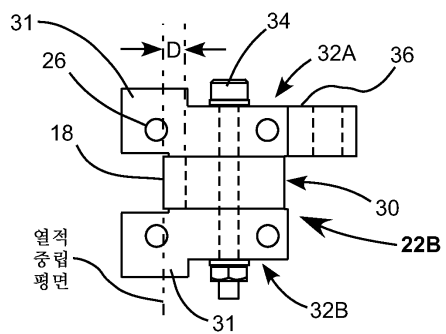
도면2



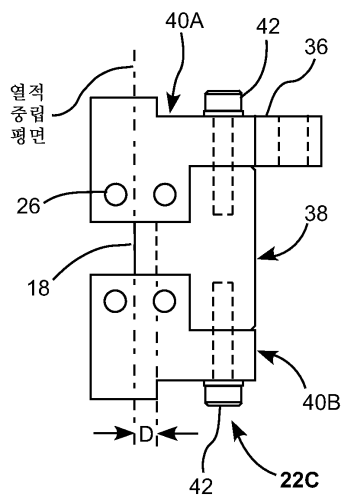
도면2a



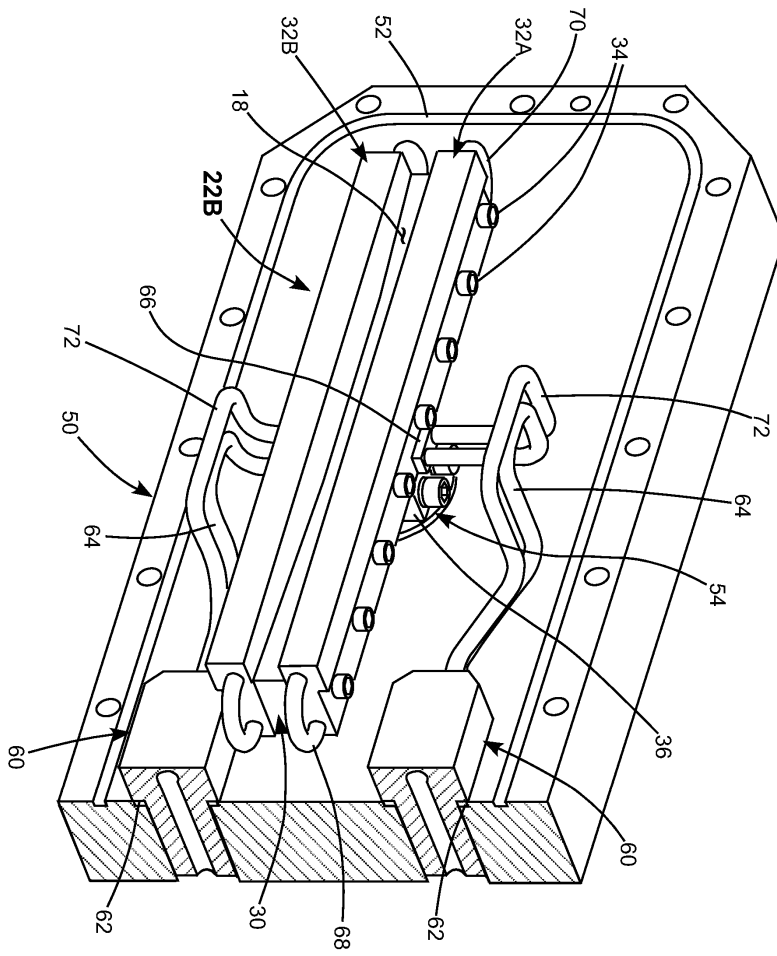
도면2b



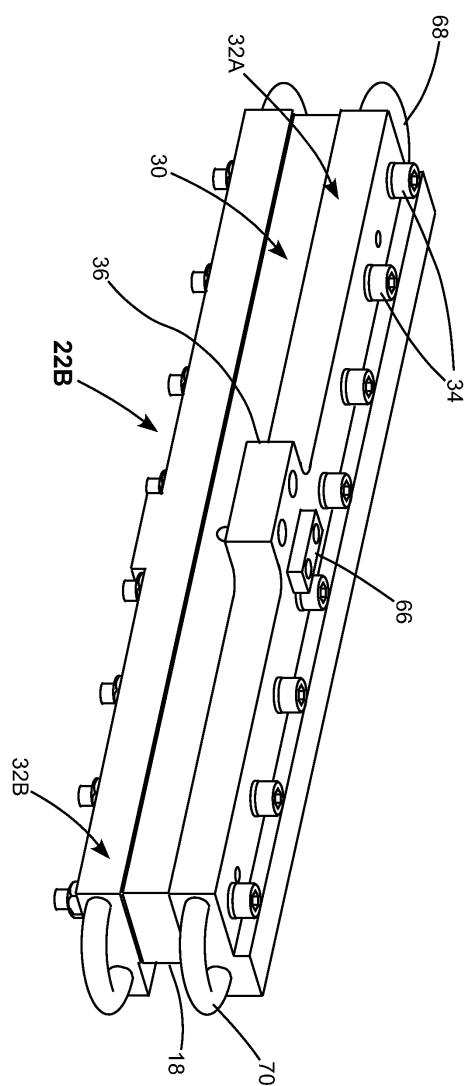
도면2c



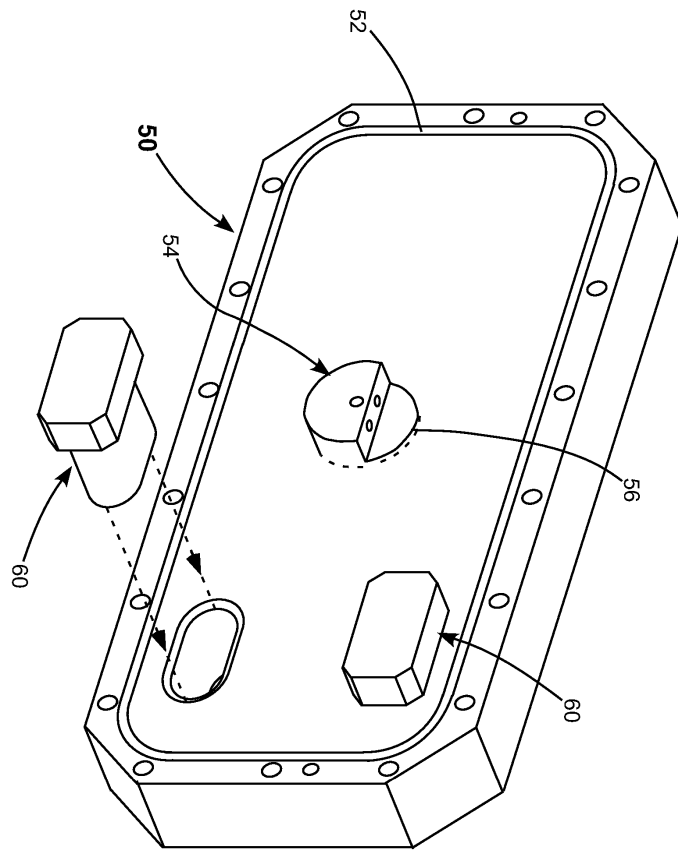
도면3



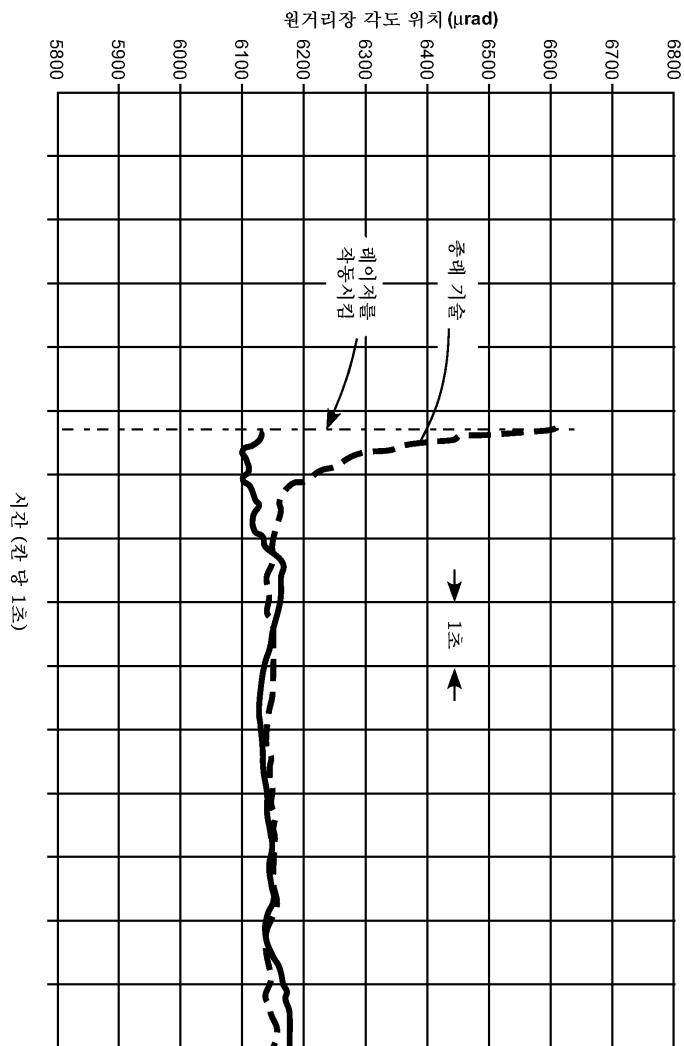
도면4



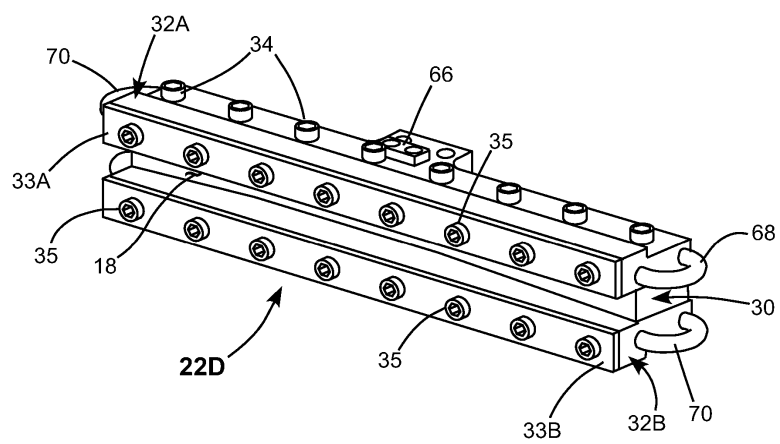
도면5



도면6



도면7



도면8

