



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0010114
(43) 공개일자 2011년01월31일

(51) Int. Cl.

G01N 29/24 (2006.01) *G01N 21/17* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-7028050

(22) 출원일자(국제출원일자) 2009년05월14일
심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2010년12월14일

(86) 국제출원번호 PCT/US2009/043930

(87) 국제공개번호 WO 2009/140480
국제공개일자 2009년11월19일(30) 우선권주장
12/121,012 2008년05월15일 미국(US)

(71) 출원인

록히드 마틴 코포레이션

미국 메릴랜드 베데스다 록릿지 드라이브 6801(우
:20817)

(72) 발명자

드레이크 토마스 이. 주니어

미국 텍사스 76110 포트 워드 리안 플레이스 드라
이브 2530

뒤브아 마크

미국 텍사스 76248 켈러 폭스크로프트 레인 312
(뒷면에 계속)

(74) 대리인

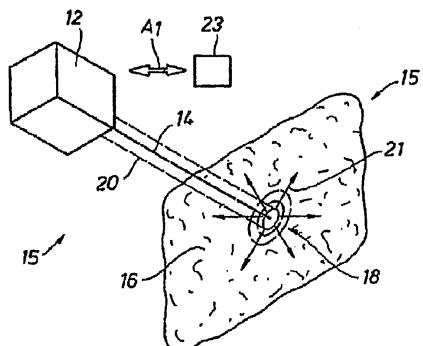
최광호

전체 청구항 수 : 총 22 항

(54) 이산화탄소 레이저 및 고조파 생성을 이용한 초음파의 생성을 위한 개선된 중간-적외선 레이저

(57) 요 약

하나 이상의 고조파 생성 장치와 결부된 고 에너지 레이저를 포함하는 초음파 검사를 위한 중간 적외선 범위 레이저 소스. 고 에너지 레이저는 CO₂ 레이저일 수 있으며, 단일 파장에서 레이저 광을 방출하도록 조율될 수 있다. 고조파 생성 장치는 최적의 초음파 검사를 위해 중간 적외선 범위로 변환한다.

대 표 도 - 도1

(72) 발명자

로렌 피터 더블유.

미국 뉴욕 12309 니스카유나 헤더 레인 876

디튼 존 비.

미국 뉴욕 12309 니스카유나 메릴린 드라이브 1112

필킨스 로버트

미국 뉴욕 12309 뉴욕 랜킨 로드 2114

특허청구의 범위

청구항 1

고 에너지 생성 레이저 빔을 이용하여 타겟 대상물을 초음파 시험하는 방법으로서,

CO₂ 레이저 빔을 제공하는 단계;

상기 CO₂ 레이저 빔의 고조파를 발생시키는 단계;

상기 CO₂ 레이저 빔 고조파를 상기 타겟 대상물로 안내하는 단계;

상기 타겟 대상물의 표면을 열탄성적으로 여기시켜 상기 타겟 대상물 상에 초음파 변위부를 발생시키는 단계; 및

상기 초음파 변위부를 측정하는 단계를 포함하는, 타겟 대상물을 초음파 시험하는 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 고조파를 발생시키는 단계는 상기 CO₂ 레이저 빔의 2차 고조파를 발생시키는 단계를 포함하는, 타겟 대상물을 초음파 시험하는 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 고조파를 발생시키는 단계는 상기 CO₂ 레이저 빔의 3차 고조파를 발생시키는 단계를 포함하는, 타겟 대상물을 초음파 시험하는 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 CO₂ 레이저 빔을 광섬유에 커플링(coupling)시키는 단계를 더 포함하는, 타겟 대상물을 초음파 시험하는 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 타겟 대상물에서의 CO₂ 레이저 빔 고조파 에너지는 적어도 50 밀리주울(milli-Joule)인, 타겟 대상물을 초음파 시험하는 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 타겟 대상물에서의 CO₂ 레이저 빔 고조파 에너지는 적어도 75 밀리주울인, 타겟 대상물을 초음파 시험하는 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 타겟 대상물에서의 CO₂ 레이저 빔 고조파 에너지는 적어도 100 밀리주울인, 타겟 대상물을 초음파 시험하는 방법.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 타겟 대상물에서의 CO₂ 레이저 빔 고조파 주파수는 적어도 100 Hz인, 타겟 대상물을 초음파 시험하는 방법.

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 타겟 대상물에서의 CO₂ 레이저 빔 고조파 주파수는 적어도 200 Hz인, 타겟 대상물을 초음파 시험하는 방법.

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 타겟 대상물에서의 CO₂ 레이저 빔 고조파 주파수는 적어도 400 Hz인, 타겟 대상물을 초음파 시험하는 방법.

청구항 11

청구항 1에 있어서,

상기 CO₂ 레이저 빔 고조파 파장은 약 3 미크론 내지 약 4 미크론(micron)의 범위인, 타겟 대상물을 초음파 시험하는 방법.

청구항 12

청구항 1에 있어서,

상기 CO₂ 레이저 빔 고조파 파장은 약 3.2 미크론인, 타겟 대상물을 초음파 시험하는 방법.

청구항 13

CO₂ 레이저;

고조파 빔 생성 시스템;

상기 CO₂ 레이저로부터 방출되어 상기 고조파 빔 생성 시스템으로 안내되는 CO₂ 레이저 빔; 및

상기 고조파 빔 생성 시스템으로부터 방출되어 타겟 대상물로 안내되는 상기 CO₂ 레이저 빔의 고조파 빔을 포함하는 초음파 검출 시스템.

청구항 14

청구항 13에 있어서,

상기 고조파 빔은 상기 타겟 대상물의 일부를 열탄성적으로 팽창시켜 상기 타겟 표면 상에 변위부를 생성하고, 상기 검출 시스템은 상기 변위부로 안내되는 검출 빔을 더 포함하며, 상기 검출 빔은 상기 변위부에 의해 위상변조 및 반사되는 초음파 검출 시스템.

청구항 15

청구항 13에 있어서,

상기 고조파 생성 시스템은 2차 고조파 생성기를 포함하는 초음파 검출 시스템.

청구항 16

청구항 13에 있어서,

상기 고조파 생성 시스템은 3차 고조파 생성기를 포함하는 초음파 검출 시스템.

청구항 17

청구항 13에 있어서,

상기 CO₂ 레이저로부터 방출된 CO₂ 레이저 빔 에너지는 적어도 약 4.5 주울인 초음파 검출 시스템.

청구항 18

청구항 13에 있어서,

상기 CO₂ 레이저로부터 방출된 CO₂ 레이저 빔 에너지는 적어도 약 1 주울인 초음파 검출 시스템.

청구항 19

청구항 13에 있어서,

상기 타겟에서의 고조파 레이저 빔 에너지는 적어도 약 50 밀리주울인 초음파 검출 시스템.

청구항 20

청구항 13에 있어서,

상기 타겟에서의 고조파 레이저 빔 에너지는 적어도 약 100 밀리주울인 초음파 검출 시스템.

청구항 21

청구항 13에 있어서,

상기 고조파 레이저 빔 파장은 약 3 미크론 내지 약 4 미크론인 초음파 검출 시스템.

청구항 22

청구항 13에 있어서,

상기 고조파 레이저 빔 파장은 약 3.2 미크론인 초음파 검출 시스템.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 비파괴 시험의 분야에 관한 것이다. 더욱 구체적으로, 본 발명은 이산화탄소(CO₂) 레이저를 이용하고 CO₂ 레이저 출력의 고조파를 생성시킴으로써 중간 범위 적외선 생성 레이저 빔을 발생하기 위한 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 복합 재료 생성 분야의 최근의 발전은 복합 재료의 용도를 매우 다양한 용례로 확장시켰다. 그 낮은 중량과 조합된 그 높은 강도 및 내구성에 기인하여, 복합물은 특정 부하 지지 구성요소를 위한 베이스 재료로서 금속 및 금속 합금을 대체하고 있다. 예를 들어, 복합물은 이제 자동차, 선박 및 항공기 같은 수송체의 본체 부품 및 구조체를 위한 재료로서 일반적으로 이용되고 있다. 그러나, 복합물의 기계적 완전성을 보증하기 위해, 엄격한 검사가 필요하다. 복합물로 이루어진 구성요소의 제조시에, 그리고, 이러한 구성요소의 수명 동안 주기적으로 검사가 요구되는 것이 일반적이다.

[0003] 레이저 초음파는 복합 재료로 이루어진 대상물의 검사 방법의 일례이다. 이 방법은 펄스형 생성 레이저로 복합물의 일부를 조사함으로써 복합물 표면 상에 초음파 진동을 발생시키는 것을 포함한다. 진동하는 표면에 검출 레이저 빔이 안내되고, 표면 진동에 의해 산란, 반사 및 위상 변조되어 위상 변조된 광을 발생시킨다. 수집 광학계는 위상 변조된 레이저 광을 수신하고 처리를 위해 이 광을 안내한다. 처리는 통상적으로 수집 광학계에 결합된 간섭계에 의해 수행된다. 복합물에 관한 정보가 위상 변조된 광의 처리로부터 확인될 수 있고, 이러한 정보는 균열, 박리, 공극 및 파이버 정보의 검출을 포함한다. 합성 타겟 대상물을 분석하기 위해 이용되는 현재 공지된 레이저 초음파 검출 시스템은 제한된 에너지 및 반복율(주파수)을 갖는다. 타겟 표면에서, 중간 적외선 생성 레이저 빔을 위한 통상적 레이저 빔 에너지 값은 약 10 헤르쯔(Hz)의 대응 주파수에서 약 10 밀리주울(mJ)이다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0004]

본 명세서에는 고 에너지 생성 레이저 빔을 이용하여 타겟 대상물(target object)을 초음파 시험하는 방법이 개시되어 있으며, 이 방법은 CO2 레이저 빔의 고조파를 생성하는 단계, CO2 레이저 빔 고조파를 타겟 대상물로 안내하는 단계, 타겟 대상물 상에 초음파 변위부를 생성하도록 타겟 대상물의 표면을 열탄성적으로 여기시키는 단계 및 초음파 변위부를 측정하는 단계를 포함한다. CO2 고조파는 2차 또는 3차 고조파일 수 있다. 광섬유가 CO2 레이저 빔에 커플링(coupling)될 수 있다. 타겟 대상물에서 CO2 레이저 빔 고조파 에너지는 적어도 50 밀리주울(milli-Joule), 적어도 75 밀리주울, 적어도 100 밀리주울 또는 적어도 100 Hz일 수 있다. 타겟 대상물에서 CO2 레이저 빔 고조파 주파수는 적어도 200 Hz 또는 적어도 400 Hz일 수 있다. CO2 레이저 빔 고조파 파장은 약 3 미크론(micron) 내지 약 4 미크론의 범위 또는 약 3.2 미크론일 수 있다.

[0005]

또한, 본 명세서에는 초음파 검출 시스템이 개시되어 있다. 일 실시예에서, 이 시스템은 CO2 레이저, 고조파 빔 생성 시스템, CO2 레이저로부터 방출되어 고조파 빔 생성 시스템으로 안내되는 CO2 레이저 빔 및 고조파 빔 생성 시스템으로부터 방출되어 타겟 대상물로 안내되는 CO2 레이저 빔의 고조파 빔을 포함한다. 일 실시예에서, 고조파 빔은 타겟 대상물의 일부를 열탄성적으로 팽창시켜 타겟 표면 상에 변위부를 발생시키고, 검출 시스템은 변위부로 안내되는 검출 빔을 더 포함하며, 검출 빔은 변위부에 의해 위상 변조 및 반사된다. 고조파 생성 시스템은 2차 고조파 생성기 또는 3차 고조파 생성기일 수 있다. CO2 레이저로부터 방출된 CO2 레이저 빔 에너지는 적어도 약 4.5 주울 또는 적어도 약 1 주울일 수 있다. 타겟에서의 고조파 레이저 빔 에너지는 적어도 약 50 밀리주울 또는 적어도 약 100 밀리주울일 수 있다. 고조파 레이저 빔 파장은 약 3 미크론 내지 약 4 미크론의 범위일 수 있거나, 약 3.2 미크론일 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0006]

첨부 도면과 연계하여 이루어지는 설명이 진행됨에 따라 상술한 본 발명의 특징들 및 장점들 중 일부와, 다른 장점들 및 특징들을 명백해질 것이다.

도 1은 레이저 초음파 검출 시스템의 개략도이다.

도 2는 본 발명에 따른 중간 범위 적외선 초음파 레이저 소스의 개략도이다.

도 3은 본 발명에 따른 중간 범위 적외선 초음파 레이저 소스의 개략도이다.

본 발명을 양호한 실시예와 연계하여 설명할 것이지만, 이는 본 발명을 이런 실시예에 한정하고자 하는 것은 아니라는 것을 이해할 수 있을 것이다. 반대로, 첨부된 청부 범위에 규정된 바와 같은 본 발명의 범주 및 개념 내에 포함될 수 있는 바와 같은 모든 대안들, 변형들 및 균등물들을 포함하는 것을 의도하고 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0007]

이제, 이하에서 본 발명의 실시예가 도시되어 있는 첨부 도면을 참조로 본 발명을 더 완전히 설명할 것이다. 그러나, 본 발명은 다수의 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 본 명세서에 기재된 예시된 실시예에 한정되는 것으로 해석되지 않아야 하며, 오히려, 이들 실시예는 본 기술 분야의 숙련자들에게 본 발명의 범주를 전반적이고 완전하게, 그리고, 전체적으로 전달하기 위해 제공된 것이다. 유사 참조 번호들은 전체에 걸쳐 유사 요소들을 지시한다. 첨부 도면에 대한 언급의 편의상, 방향적 용어들이 단지 예시 및 참조의 목적으로 이용된다. 예를 들어, "상부", "하부", "위", "아래" 등 같은 방향적 용어들은 상대적 위치를 예시하기 위해 이용되는 것이다.

[0008]

본 발명은 도시 및 설명된 구성, 동작, 정확한 재료 또는 실시예의 정확한 세부사항에 한정되지 않으며, 그 이유는 본 기술 분야의 숙련자들이 변형들 및 균등물들을 명백히 알 수 있기 때문이라는 것을 이해하여야 한다. 도면 및 명세서에서, 본 발명의 예시적 실시예가 개시되어 있으며, 비록, 특정 용어들이 이용되지만, 이들은 단지 포괄적이고, 설명적인 개념으로 이용되는 것이며, 한정의 목적으로 이용되는 것은 아니다. 따라서, 본 발명은 첨부된 청구범위의 범주에 의해서만 한정된다.

[0009]

도 1은 레이저 초음파 검출 시스템(10)의 일 실시예의 측면 사시도를 제공한다. 검출 시스템(10)은 생성 빔(14)을 방출하고 검사 타겟(15)에 안내하도록 형성된 레이저 초음파 유닛(12)을 포함한다. 생성 빔(14)은 검사 표면(16) 상에서 검사 타겟(15)과 접촉한다. 생성 빔(14)은 검사 표면(16)을 열탄성적으로 팽창시켜 검사 표면(16) 상에 대응하는 파 변위부(wave displacement)(18)를 발생시킨다. 일 실시예에서, 생성 빔(14)은 검사 표면(16) 상에 파 변위부(18)를 발생시키도록 구성된 펄스형 레이저이다. 또한, 레이저 초음파 유닛(12)으로부터 발산되는 검출 빔(20)이 예시되어 있으며, 이 검출 빔(20)은 생성 빔(14)을 중심으로 동축인 상태로 도시되어 있

다. 비록, 동일한 레이저 초음파 유닛(12)으로부터 방출되지만, 검출 빔(20)과 생성 빔(14)은 서로 다른 소스에 의해 생성된다. 그러나, 검출 빔(20)은 선택적으로 다른 유닛 및 다른 위치로부터 발원될 수 있다. 공지되어 있는 바와 같이, 검출 빔(20)은 위상 변조된 광(21)을 형성하도록 파 변위부(18)와 접촉시 산란, 반사 및 위상 변조되는 검출파를 포함한다. 검출 빔(20)으로부터의 위상 변조된 광(21)은 그후 수집 광학계(23)에 의해 수신되고, 검사 타겟(15)에 대한 정보를 검출하기 위해 처리된다. 생성 빔(14) 및 검출 빔(20)은 전체 표면(16)에 관한 정보를 획득하기 위해 타겟(15)을 가로질러 주사될 수 있다. 빔들(14, 20)을 주사하기 위해 이용되는 메커니즘(미도시)은 레이저 초음파 유닛(12) 내에 수납될 수 있다. 메커니즘을 제어하고, 선택적으로, 수집 광학계에 의해 기록된 데이터를 처리하기 위한 프로세서(미도시)도 레이저 초음파 유닛(12) 내에 수납될 수 있다. 수집 광학계(23)는 레이저 초음파 유닛(12)으로부터 분리되어 있으면서 화살표(A₁)를 통해 레이저 초음파 유닛(12)과 통신하는 것으로 도시되어 있지만, 그러나, 수집 광학계는 레이저 초음파 유닛(12)에 포함될 수 있다.

[0010] 이제, 도 2를 참조하면, 중간 적외선 레이저 시스템(30)의 일례가 개략도로 도시되어 있다. 시스템(30)은 도 1의 생성 빔(14)으로서 이용될 수 있는 중간 IR 빔을 발생시킨다. 중간 IR 레이저 시스템(30)은 CO₂ 레이저 빔(44)을 형성하기 위해 이용되는 CO₂ 레이저(32)를 포함한다. CO₂ 레이저(32) 내에는 레이저(32) 내에 작동가능하게 배치되어 있는 거울(34) 및 출력 커플러(38)가 개략적으로 예시되어 있다. 거울(34)과 출력 커플러(38) 사이에는 공동(36)이 구비된다. CO₂ 레이저(32)로의 에너지 입력은 출력 커플러(38)의 반사면 및 거울의 작동식 커플링과 조합하여 이들 두 개의 반사면들 사이에 빔을 생성한다. 회절 격자(42)가 공동(36) 내에 제공되고, 그를 통해 광자가 특정 파장을 가질 수 있도록 구성되어 있다. 따라서, 공동(36) 내의 회절 격자(42)는 공동(36) 내에 단일 파장 빔(40)을 형성한다.

[0011] 단일 파장 빔(42)의 일부 광자는 CO₂ 빔(44)을 형성하도록 출력 커플러(38)를 통해 CO₂ 레이저(32)로부터 탈출한다. 도 2의 실시예는 CO₂ 빔(44)의 경로 내에 배치된 고조파 발생기(46)를 예시한다. 고조파 발생기(46)는 CO₂ 빔(44)을 고조파로 변환하여 고조파 발생기(46)로부터 전달되는 고조파 빔(48)을 생성한다. 선택적으로, 생성 빔(14)의 생성 및 안내를 위해 고조파 빔(48)을 수용하는 광섬유(54)가 도시되어 있다. 고조파 빔(48)은 CO₂ 빔(44)에 의거한 기본 파장의 2차 고조파일 수 있다. 선택적으로, 고조파 빔(48)은 CO₂ 빔(44)의 기본 파장의 3차 고조파일 수 있거나, 소정의 다른 고조파일 수 있다.

[0012] 도 3은 CO₂ 빔(44)이 2 이상의 고조파 발생기에 의해 조절되는 중간 IR 레이저 시스템(30a)의 대안적 실시예를 제공한다. 도 3에서, CO₂ 빔(44)은 CO₂ 빔(44)을 2차 고조파로 변경하여 2차 고조파 빔(49)을 형성하는 2차 고조파 발생기(47)로 안내된다. 2차 고조파 빔(49)은 CO₂ 빔(44)의 기본 파장의 3차 고조파와 실질적으로 같은 파장을 갖는 3차 고조파 빔(52)을 방출하는 3차 고조파 발생기(50)로 안내된다. 도 3의 실시예는 도시된 두 개의 고조파 발생기에 한정되지 않으며, 레이저 빔의 경로 내에 배치된 추가적 고조파 발생기를 포함할 수 있다. 3차 고조파 빔(52)도 레이저 초음파 소스(12)로부터 방출되는 도 1의 생성 빔(14)으로서 이용될 수 있다. 3차 고조파 발생기(50)는 직접 변환에 의해 CO₂ 레이저 빔(44)의 3차 고조파를 생성할 수 있거나, 기본 파장을 변환하고, 이를 2차 고조파 파장과 혼합하여 CO₂ 레이저 빔 기본 파장의 3차 고조파를 형성할 수 있다.

[0013] 본 명세서에 설명된 검출 및 시험 시스템의 일 실시예에서, CO₂ 레이저 빔은 약 3 미크론 내지 약 5.5 미크론까지 사이의 파장을 갖도록 배수화(harmonically) 처리될 수 있다. 선택적으로, CO₂ 레이저 빔은 전체 중간 적외선 범위의 파장을 가질 수 있다. 선택적으로 CO₂ 레이저 빔은 약 3 미크론 내지 약 4 미크론의 파장을 가질 수 있다. 선택적으로 CO₂ 레이저 빔은 약 3.2 미크론의 파장을 가질 수 있다.

[0014] 타겟 대상물의 초음파 변위 시험을 위해 이용되는 레이저 빔의 형성을 위해 CO₂ 레이저를 이용하는 다수의 장점들 중 하나는 CO₂ 레이저로 얻을 수 있는 높은 에너지이다. 증가된 에너지는 대응적으로 더 높은 진폭의 변위를 발생시키며, 이는 더 구별적인 측정 및 기록된 시험 데이터의 정확도를 제공한다.

[0015] CO₂ 레이저는 그 파장이 약 9 미크론 내지 약 11 미크론으로 연장하는 빔을 발생시키며, 약 10.6 미크론의 일반적 파장을 갖는다. 이 파장의 레이저 빔은 복합 재료에 안내될 때 비교적 얇은 광학적 깊이를 가지며, 이는 복합물 표면에 레이저 빔을 접종시킨다. 복합물은 너무 많은 에너지가 표면에 인가되거나 빔이 장기적 기간 동안 표면에 접촉하게 되면 CO₂ 레이저에 의해 손상될 수 있다. 그러나, 중간 IR 범위, 즉, 약 3 미크론 내지 약 4

미크론의 레이저 빔은 증가된 광학적 깊이를 가지며, 그에 의해, 표면 절제(surface ablation)의 위험 없이 복합물 표면 내로 더 많은 레이저 에너지를 제공할 수 있게 한다. 따라서, CO₂ 빔 고조파를 이용한 복합물의 레이저 초음파 시험의 추가적인 장점은 시험 표면 상의 더 높은 진폭의 변위에 대응하는 더 높은 에너지 레벨을 갖는 레이저 빔이 이용될 수 있다는 것이다.

[0016] CO₂ 레이저(30)는 다양한 에너지 값으로 그 대응 레이저 빔(44)을 방출하도록 설계될 수 있다. 적어도 1 주울로부터 약 4.5 주울까지의, 그리고, 그를 초파하는 값들이 CO₂ 레이저(30) 설계에 따라 실현될 수 있다. 추가적으로, CO₂ 레이저(30)는 대응하는 빔(44)이 1 주울과 4.5 주울 사이의 임의의 수치의 에너지 값을 가지도록 구성될 수 있다. 따라서, 고조파 발생기의 변환 효율에 따라, 타겟 표면과 접촉하는 생성 빔의 에너지값은 현재 이용가능한 초음파 레이저 시험 시스템의 10 밀리 주울의 현재의 값의 배수가 될 수 있다. 따라서, 본 명세서에 개시된 방법 및 시스템은 적어도 약 50 밀리주울, 적어도 약 75 밀리주울, 적어도 약 100 밀리주울 및 적어도 약 300 밀리주울의 타겟 표면 접촉부에서의 값을 가지는 생성 레이저 빔을 제공할 수 있다. 부가적으로, 생성 빔(14)의 주파수는 현재 가용한 10 Hz보다 높을 수 있다. 주파수 값은 적어도 약 100 Hz, 적어도 약 200 Hz, 적어도 약 300 Hz, 적어도 약 400 Hz, 적어도 약 500 Hz 및 적어도 약 1000 Hz까지가 될 수 있다.

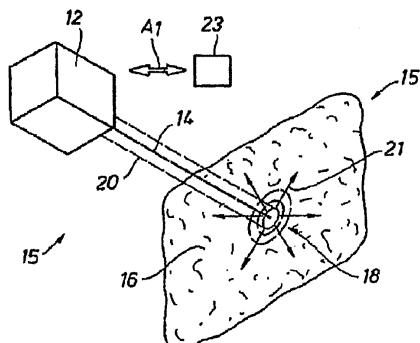
[0017] 일 실시예에서, 고조파 발생기(46, 47, 50)는 크리스탈일 수 있으며, 임계 상 정합 또는 의사 상 정합 구조일 수 있다. 일 예에서, 크리스탈은 하기의 화합물로부터 이루어진다: AgGaS₂, AgGaSe₂, GaAs, GaSe, ZnGeP₂(ZGP), AgGa_{1-x}In_xSe₂, Tl₃AsSe₃(TAS), CdGeAs₂(CGA) 및 그 조합.

[0018] 레이저 초음파 시험을 위해 CO₂ 레이저에 의해 형성된 고조파 레이저 빔을 이용하는 추가적 장점은 타겟 대상물의 시험 동안 복합물 표면을 손상시킬 가능성이 적다는 것이다. 추가적으로, CO₂ 레이저의 높은 에너지는 타겟 표면 내에 더 높은, 그리고, 더 쉽게 측정할 수 있는 변위를 발생시키기 위해 이용될 수 있다. 또 다른 장점은 레이저 빔의 전송성을 향상시키기 위해 CO₂ 레이저 빔을 광섬유와 커플링할 수 있는 기능이다.

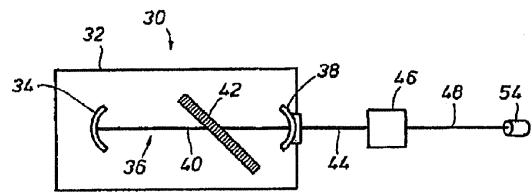
[0019] 따라서, 본 명세서에 설명된 본 발명은 상기 목적들을 수행하고, 언급한 결과들 및 장점들과, 고유한 다른 결과들 및 장점을 얻도록 잘 구성될 수 있다. 본 발명의 현재의 양호한 실시예를 개시의 목적을 위해 제공하였지만, 원하는 결과를 달성하기 위한 절차의 세부사항에 다수의 변경이 이루어질 수 있다. 이를 및 다른 유사한 변경은 본 기술 분야의 숙련자들에 의해 자체적으로 손쉽게 제시될 수 있으며, 첨부된 청구범위의 범주 및 본 명세서에 개시된 본 발명의 개념 내에 포함된다.

도면

도면1



도면2



도면3

