

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5396671号
(P5396671)

(45) 発行日 平成26年1月22日 (2014. 1. 22)

(24) 登録日 平成25年11月1日 (2013. 11. 1)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 N 29/00 (2006. 01)

G O 1 N 29/00 5 O 1

G O 1 N 29/04 (2006. 01)

G O 1 N 29/04

H O 1 S 3/109 (2006. 01)

H O 1 S 3/109

H O 1 S 3/23 (2006. 01)

H O 1 S 3/23

請求項の数 13 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2011-509692 (P2011-509692)
 (86) (22) 出願日 平成21年5月14日 (2009. 5. 14)
 (65) 公表番号 特表2011-522227 (P2011-522227A)
 (43) 公表日 平成23年7月28日 (2011. 7. 28)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2009/043919
 (87) 国際公開番号 W02009/140474
 (87) 国際公開日 平成21年11月19日 (2009. 11. 19)
 審査請求日 平成23年12月2日 (2011. 12. 2)
 (31) 優先権主張番号 12/120, 949
 (32) 優先日 平成20年5月15日 (2008. 5. 15)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 598028028
 ロッキード マーティン コーポレイショ
 ン
 Lockheed Martin Cor
 poration
 アメリカ合衆国 20817 メリーラン
 ド州, ベセスダ, ロックリッジ ドライブ
 6801
 (74) 代理人 100088616
 弁理士 渡邊 一平
 (74) 代理人 100089347
 弁理士 木川 幸治
 (74) 代理人 100154379
 弁理士 佐藤 博幸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波を生成するための改良された中赤外レーザー

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ターゲットの複合材料を超音波検査するための中赤外レーザーシステムであって、

該中赤外レーザーシステムは、生成レーザー源及び検出レーザー源が取り付けられたレ
ーザー超音波ユニットを備え、

前記生成レーザー源が、

1 μ mの波長の出力ビームを有するイットリウムアルミニウムガーネット (YAG) レ
ーザーと、

前記 YAG レーザーに動作可能に結合されたダイオードポンプと、

前記 YAG レーザーの出力ビームに動作可能に結合され、1 . 9 4 μ mの波長を有す
る出力ビームを有する第1の光周波数変換器と、前記第1の光周波数変換器の前記出力ビームに結合された中赤外放射ヘッドであって
、レーザー装置及び第2の光周波数変換器を備え、前記レーザー装置が、前記第1の光周
波数変換器の前記出力ビームを受け取るように結合され、前記第2の光周波数変換器に向
けられる出力を有する、中赤外放射ヘッドと
を備え、前記第2光周波数変換器からの出力生成ビームが、5 . 7 μ mの波長を有するアイドラ
ビーム及び3 . 2 μ mの波長を有する信号ビームを有し、ターゲットの表面に超音波熱弾
性変位が生じるように前記ターゲットに配向されており、

前記検出レーザー源が、前記レーザー超音波ユニットから、前記超音波熱弾性変位に接

10

20

触すると散乱して位相変調光を形成する検出ビームを生成し、

前記中赤外レーザーシステムはさらに、前記位相変調光を受け取り処理して、前記超音波熱弾性変位を表すデータを供給する集光光学素子を備えることを特徴とするシステム。

【請求項 2】

請求項 1 記載の中赤外レーザーシステムにおいて、前記 Y A G レーザーは、ネオジウムイットリウムアルミニウムガーネット (Nd : Y A G) レーザー及びイッテルビウムドープイットリウムアルミニウムガーネット (Yb : Y A G) レーザーからなるリストから選択されるレーザーを含むことを特徴とする中赤外レーザーシステム。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 記載の中赤外レーザーシステムにおいて、前記第 1 の光周波数変換器は、光パラメトリック発振器を含むことを特徴とする中赤外レーザーシステム。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 いずれかに記載の中赤外レーザーシステムにおいて、前記ダイオードポンプは、波長が 8 0 8 nm の光ビームを放射することを特徴とする中赤外レーザーシステム。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 いずれかに記載の中赤外レーザーシステムにおいて、前記レーザー装置が、前記第 2 の光周波数変換器に配向される 2 . 0 5 μ m の出力ビームを出力することを特徴とする中赤外レーザーシステム。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 いずれかに記載の中赤外レーザーシステムにおいて、前記レーザー装置が、ホルミウムイットリウムリチウムフロライド (Ho : Y L F) レーザー及びホルミウムイットリウムアルミニウムガーネット (Ho : Y A G) レーザーからなるリストから選択されるレーザー装置であることを特徴とする中赤外レーザーシステム。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 いずれかに記載の中赤外レーザーシステムにおいて、前記第 2 の光周波数変換器は、光パラメトリック発振器を含むことを特徴とする中赤外レーザーシステム。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 いずれかに記載の中赤外レーザーシステムにおいて、該システムはさらに、前記 Y A G レーザーを励起するための追加のダイオードポンプを備えていることを特徴とする中赤外レーザーシステム。

【請求項 9】

検査物体の複合材料を超音波分析するためのシステムであって、

該システムは、生成レーザー源及び検出レーザー源が取り付けられた前記レーザー超音波ユニットを備え、

前記生成レーザー源が、

それぞれが 8 0 8 nm の波長の出力ビームを有する一対のダイオードポンプと、

前記ダイオードポンプの前記出力ビームと協働する対向する端部を有し、かつ 1 μ m の波長の出力ビームを出力する Y A G レーザーと、

前記 Y A G レーザーの前記出力ビームと協働する第 1 の光パラメトリック発振器であって、1 . 9 4 μ m の波長の出力ビームを発生し、前記 Y A G レーザーとの間の経路が前記ビームの形状を改変するいずれの装置にも結合されていない、第 1 の光パラメトリック発振器と、

前記第 1 の光パラメトリック発振器の前記出力ビームを受け取る光ファイバーと、

前記光ファイバーに結合され、前記第 1 の光パラメトリック発振器の前記出力ビームを受け取り、2 . 0 5 μ m の波長の出力ビームを出力するホルミウムレーザーと、

前記ホルミウムレーザーの前記出力ビームと協働する第 2 の光パラメトリック発振器であって、前記検査物体の複合材料の超音波熱弾性変位が生じるように前記検査物体に向けられる、5 . 7 μ m の波長のアイドラビーム及び 3 . 2 μ m の信号ビームを含む出力生成ビームを出力する第 2 の光パラメトリック発振器と

10

20

30

40

50

を備えており、

前記検出ビーム源が、前記生成ビームと同軸上にありかつ前記生成ビームを取り囲む検出ビームであって、前記超音波熱弾性変位と接触すると散乱されて位相変調光を形成する検出ビームを生成するよう構成されており、

前記中赤外レーザーシステムはさらに、前記位相変調光を受け取り処理して、前記超音波熱弾性変位を表すデータを供給する集光光学素子を備えることを特徴とする中赤外レーザーシステム。

【請求項 10】

請求項 9 記載の中赤外レーザーシステムにおいて、前記 YAG レーザーは、ネオジウムイットリウムアルミニウムガーネット (Nd:YAG) レーザー及びイッテルビウムドープイットリウムアルミニウムガーネット (Yb:YAG) レーザーからなるリストから選択されるレーザーを含むことを特徴とする中赤外レーザーシステム。

10

【請求項 11】

請求項 9 又は 10 記載の中赤外レーザーシステムにおいて、前記レーザー装置は、ホルミウムイットリウムリチウムフロライド (Ho:YLF) レーザー及びホルミウムイットリウムアルミニウムガーネット (Ho:YAG) レーザーからなるリストから選択されることを特徴とする中赤外レーザーシステム。

【請求項 12】

複合材料から形成された物体を検査する方法であって、

YAG レーザー、ホルミウムレーザー、及び検出レーザー源を、レーザー超音波ユニットに取り付けるステップと、

20

ダイオードポンプで前記 YAG レーザーを励起して、1 μm の波長のビームを前記 YAG レーザーから放射させるステップと、

前記 YAG レーザーからの前記ビームを、前記ビームの形状を変えずに光周波数変換器に送り、前記 YAG レーザーからの前記ビームを前記光周波数変換器で処理して、1.94 μm の波長のレーザービームを形成するステップと、

前記 1.94 μm の波長のレーザービームを前記ホルミウムレーザー及び光パラメトリック発振器で処理して、5.7 μm の波長のアイドラビーム及び 3.2 μm の波長の信号ビームを有する中赤外生成レーザービームを形成するステップと、

前記レーザー超音波ユニットからの前記中赤外生成レーザービームをパルス状にして前記物体に配向して、前記物体の前記複合材料の超音波熱弾性変位を生じさせるステップと、

30

前記レーザー超音波ユニット内の前記検出ビーム源からの検出レーザービームを前記超音波熱弾性変位に放射し、該変位への接触により散乱させて位相変調光を形成するステップと、

集光光学素子で前記位相変調光を受け取って該位相変調光を処理して、前記超音波熱弾性変位を表すデータを供給するステップと

を含むことを特徴とする検査方法。

【請求項 13】

請求項 12 記載の検査方法において、前記検出レーザービームは、前記生成レーザービームと同軸上にあり、かつ前記生成レーザービームを取り囲んでいることを特徴とする検出方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、全体として、非破壊検査の分野に関する。詳細には、本発明は、中赤外生成レーザービームを生成するシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

複合材料の製造における近年の進展により、複合材料の様々な用途への使用が拡大され

50

た。複合材料は、軽量性に加えてその高い強度および耐久性により、荷重を受ける特定の部品の基材として金属や金属合金の代わり使用されるようになってきた。例えば、複合材料は、現在、自動車などの車両、船舶、および航空機の本体部品および構造の材料として一般に使用されている。しかし、複合材料の機械的完全性を保証するために厳格な検査が必要である。このような検査は、典型的には、複合材料から形成された構成要素の製作時、および部品の耐用期間中に定期的に必要である。

【 0 0 0 3 】

レーザー超音波は、複合材料から形成された物体を検査する方法の一例である。この方法では、複合材料の一部をパルス生成レーザーで照射することによって複合材料の表面に超音波振動を生成する。検出レーザービームが、振動している表面に配向され、表面の振動によって散乱され、反射され、そして位相が変調されて位相変調光が生成される。集光光学素子が、位相変調レーザー光を受け取り、処理するためにこの位相変調レーザー光を配向する。処理は、典型的には、集光光学素子に結合された干渉計によって行われる。複合材料についての情報は、位相変調光の処理により確かめることができ、この情報には、ひび、層間剥離、気孔率、異物（混入物）、剥離、および繊維の情報が含まれる。

【 0 0 0 4 】

図 1 は、パルス生成レーザービームを生成するためのレーザーシステム 10 の先行技術の一例を示している。レーザーシステム 10 は、中赤外範囲のレーザー光を生成するように構成され、中赤外放射ヘッド 30 に光学的に結合された中赤外レーザーヘッド 11 を備えている。中赤外レーザーヘッド 11 は、一対のダイオードポンプ（16、18）によって励起されるホルミウムイットリウムリチウムフロライド（Th：YLF）端部を備えている。ダイオードポンプ 18 の出力 19 は、Th：YLF レーザー 20 の一端を励起し、レーザー 20 の他端は、ダイオードポンプ 16 によって励起される。ダイオードポンプ 16 の出力ビーム（不図示）は、ダイクロイックミキサー 24 の透過側面を通過してレーザー 20 の下端部に至る。ツリウムレーザー 20 の出力は、ダイクロイックミキサー 24 の反射側面に向かって配向され、放射ヘッド 30 に向けて反射される。任意選択の入力カップラー 21 および出力カップラー 25 がそれぞれ、ツリウムレーザー 20 の入力および出力に配置されている。この先行技術の実施形態では、ダイオードポンプ（16、18）が、794 nm の波長でツリウムレーザー 20 を励起する。ツリウム出力ビーム 22 は、約 1.94 μm で作動する。

【 0 0 0 5 】

放射ヘッド 30 は、周波数変換器 38 に動作可能に結合されたホルミウムイットリウムアルミニウムガーネット（Ho：YAG）レーザー 34 を有する。周波数変換器 38 は、光パラメトリック発振器（OPO）として示されている。Ho：YAG レーザー 34 は、約 1.94 μm の波長で反射されたレーザー出力 26 を受け取り、その対応する出力ビーム 36 を約 2.05 μm の波長で放射する。OPO は、出力ビーム 36 を信号ビームおよび入力ビームに変換し、信号ビームは、約 3.2 μm の波長を有し、アイドラビームは、約 5.7 μm の波長を有する。

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

レーザーシステム 10 は、約 5 ~ 約 10 W の 3 ~ 4 μm の光を放射するが、約 1 kW の出力のダイオードポンプが必要である。したがって、中赤外レーザーヘッド 11 は、レーザーシステム 10 の動作をサポートする相当な能力を必要とする関連した冷却回路 14 および電源 12 を備えている。システム 10 の冷却能力の出力を増大させると、レーザーヘッドの体積および質量が大きくなる。加えて、794 nm のダイオードポンプは、一般的な入手しやすい部品ではない。典型的には、Ho：YAG レーザー出力は、約 2.05 μm におけるものであり、OPO 内で約 3.2 μm の中赤外レーザー出力に変換される。Q スイッチ装置（不図示）が、典型的には、放射ヘッド 30 内に含まれている。Q スイッチすることは、ターゲット表面上で熱 - 弾性変位を生じさせ、次いでターゲット表面上に

超音波変位を生じさせるために出力レーザービーム40をパルスにする。Ho:YAGレーザー34は、その入力に入力カップラー32、その出力に出力カップラー33を備えて示されている。OPO38は、入力カップラー35および出力カップラー37の両方を備えて例示されている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

超音波検査のための中赤外範囲レーザーシステムであって、出力ビームを有するイットリウムアルミニウムガーネット(YAG)レーザーと、このYAGレーザーに動作可能に結合されたダイオードポンプと、YAGレーザー出力ビームに動作可能に結合された、波長が約 $2\mu\text{m}$ の出力ビームを有する光周波数変換器と、超音波検査するターゲットに配向されるレーザーシステム出力ビームと、を備える、レーザーシステムを本明細書に開示する。YAGレーザーは、ネオジウムイットリウムアルミニウムガーネット(Nb:YAG)レーザーまたはイッテルビウムドープイットリウムアルミニウムガーネット(Yb:YAG)レーザーであってもよい。光周波数変換器は、光パラメトリック発振器であってもよく、ダイオードポンプのビーム出力は、約 808nm の波長を有してもよい。光周波数変換器の出力ビームは、約 $1.94\mu\text{m}$ とすることができる。中赤外範囲レーザーシステムは、光周波数変換器出力ビームに結合される放射ヘッドも含んでもよく、放射ヘッドは、中赤外スペクトル範囲の波長を有する出力ビームを含み、放射ヘッドの出力ビームは、レーザーシステムの出力ビームを形成する。放射ヘッド出力ビームの波長は、約 $3.2\mu\text{m}$ とすることができ、光周波数変換器の出力ビームを受け取るように結合されたレーザー装置および第2の光周波数変換器を含んでもよく、レーザー装置は、第2の光周波数変換器に配向される出力を有する。放射ヘッドのレーザー装置は、ホルミウムイットリウムリチウムフロライドレーザーまたはホルミウムイットリウムアルミニウムガーネットレーザーの一方としてもよい。第2の光周波数変換器は、光パラメトリック発振器であってもよい。

【0008】

また、検査物体の超音波分析のためのシステムであって、約 808nm の波長を有するレーザービームで励起される、約 $2\mu\text{m}$ の波長のレーザーヘッド出力ビームを有するレーザーヘッドと、レーザーヘッド出力ビームを受け取り、中赤外波長範囲の生成出力ビームを放射するように構成された中赤外放射ヘッドであって、生成出力ビームが、検査物体に熱・弾性膨張を起こし超音波変位が生じるように検査物体に配向される、中赤外放射ヘッドと、を備える、システムも本明細書に開示する。生成出力ビームの波長は約 $3.2\mu\text{m}$ としてもよい。レーザーヘッドは、約 $1\mu\text{m}$ の波長を有する出力ビームを有するイットリウムアルミニウムガーネットレーザーとすることができ、ネオジウムイットリウムアルミニウムガーネットレーザーまたはイッテルビウムドープイットリウムアルミニウムガーネットレーザーの一方であってもよい。レーザーヘッドは、イットリウムアルミニウムガーネットレーザーの出力ビームを受け取り、レーザーヘッド出力ビームを形成する変換ビームを放射するように構成された光パラメトリック発振器を含んでもよい。中赤外範囲放射ヘッドは、約 $2.05\mu\text{m}$ の波長のレーザー出力ビームを有するレーザー装置、およびレーザー出力ビームを受け取り、変換ビームを放射するように構成された光パラメトリック発振器を有し、変換ビームが、生成出力ビームを形成する。レーザー装置は、ホルミウムイットリウムリチウムフロライドレーザーまたはホルミウムイットリウムアルミニウムガーネットレーザーとすることができ、光ファイバーを用いて、ポンプヘッドと放射ヘッドを結合してもよい。

【0009】

本発明の一部の特徴および利点を説明してきたが、他の特徴および利点も、添付の図面を参照しながら説明を読み進めれば明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】先行技術の超音波レーザー源を示す概略図である。

10

20

30

40

50

【図 2】本開示に従った中赤外超音波レーザー源を示す概略図である。

【図 3】レーザー超音波システムを示す略図表現である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

好適な実施形態を用いて本発明を説明するが、本発明が実施形態に限定されるものではないことを理解されたい。逆に、添付の特許請求の範囲によって規定される本発明の趣旨および範囲に含まれ得るすべての代替形態、変更形態、および等価物を含むことが意図される。

【0012】

ここで、本発明の実施形態が示されている添付の図面を参照して、以降に本発明をさらに詳細に説明する。しかし、本発明は、多様な形態で具現され得、本明細書で説明する例示された実施形態に限定されると解釈されるべきものではなく、むしろ、これらの実施形態は、本開示が、完全かつ完成したものとなり、本発明の範囲が当業者に十分に伝えられるように記載されている。同様の参照符号は、全体を通して同様の要素を指す。添付の図面の参照が便利になるように、参照および例示のみのために方向を示す用語を使用する。例えば、「上側」、「下側」、「上の」、および「下の」などの方向を示す用語は、位置関係を例示するために使用されている。

【0013】

本発明は、変更形態および等価物が当業者に明らかなように、図示および説明する構造、動作、全く同じ材料、または実施形態の全く同じ詳細に限定されるものではないことを理解されたい。図面および明細書には、本発明の例示的な実施形態が開示され、特定の用語が使用されているが、これらの用語は、単に一般的および説明的な意味でのみ使用されているものであり、制限することを目的とするものではない。したがって、本発明は、添付の特許請求の範囲によってのみ限定される。

【0014】

ここで図 2 を参照されたい。図 2 は、中赤外レーザーシステム 48 の実施形態の概略図を示している。中赤外レーザーシステム 48 は、光ファイバー 72 によって放射ヘッド 74 に光学的に結合された中赤外レーザーヘッド 50 を備えている。中赤外レーザーヘッド 50 は、イットリウムアルミニウムガーネット (YAG) レーザーを備えている。YAG レーザーは、ネオジウムイットリウムアルミニウムガーネット (Nb:YAG) レーザーまたはイッテルビウムドープイットリウムアルミニウムガーネット (Yb:YAG) レーザーの一方であってもよい。YAG レーザー 62 は、その一端で、ダイオードポンプ 58 からのポンプ出力ビーム 60 によって励起され、その他端で、YAG レーザー 62 は、ダイクロイックミキサー 66 の透過側面を通過したダイオードポンプ 56 からのポンプ出力ビーム (不図示) を受け取る。YAG レーザー 62 の出力 64 は、ダイクロイックミキサー 66 の反射側面に任意選択で配向されて、反射出力ビーム 68 を形成する。反射出力ビーム 68 は、光周波数変換器 70 に配向される光周波数変換器の入力 68 を形成する。一実施形態では、光周波数変換器 70 は、OPO を含む。YAG レーザー 62 は、任意選択の入力カップラー 61 および YAG レーザー 62 と光周波数変換器 70 との間の経路に配置された任意選択の出力カップラー 63 を伴って示されている。入力カップラー 65 は、光周波数変換器 70 の入力に配置され、対応する出力カップラー 67 は、出力に配置されて示されている。

【0015】

光周波数変換器 70 は、YAG レーザー 62 の出力を受け取り、放射ヘッド入力ビーム 72 を形成する変換ビームを放射する。上記したように、光ファイバーは、光周波数変換器 70 と放射ヘッド 74 との間に導管路を形成することができる。放射ヘッド 74 は、放射ヘッド入力ビーム 72 を受け取るように構成されたホルミウムレーザー 76 を備えている。ホルミウムレーザー 76 からの出力ビーム 77 は、第 2 の光周波数変換器 80 に配向される。第 2 の光周波数変換器 80 は、レーザー出力ビーム 77 を受け取り、中赤外レーザー出力ビーム 82 を形成する変換ビームを放射する。ホルミウムレーザー 76 は、ホル

10

20

30

40

50

ミウムイットリウムリチウムフロライド (Ho:YLF) レーザーまたはホルミウムイットリウムアルミニウムガーネット (Ho:YAG) レーザーの一方であってもよい。任意選択で、第2の光周波数変換器80は、OPOを含んでもよい。ホルミウムレーザー76は、入力カップラー78と出力カップラー79との間に形成された空洞部内に例示されている。同様に、第2の光周波数変換器80は、入力カップラー81と出力カップラー83との間の空洞部内に存在していることが示されている。

【0016】

図2の中赤外レーザーシステム48の一実施形態では、YAGレーザーは、ダイオードポンプ(56、58)によって励起され、励起レーザーの波長は、808nmである。YAGレーザー62は、この実施形態では、約1μmの出力レーザービーム64を放射する。光周波数変換器70は、約1μmの出力ビーム64を、約1.94μmの波長の変換ビームに変換するように構成されている。一実施形態では、ホルミウムレーザー76は、ビームの波長を約2.05μmにさらに変換し、第2の光周波数変換器80は、約3μm~約4μmの中赤外範囲のビームを放射する。第2の光周波数変換器から放射されたビームは、中赤外レーザー出力ビーム82を形成する。任意選択で、中赤外レーザー出力ビーム82は、約3.2μmである。詳細には、さらに別の実施形態では、中赤外レーザー出力ビーム82は、約5.7μmの波長を有するアイドラビームおよび約3.2μmの信号波長を含む。

【0017】

図2のシステムの多くの利点の1つは、YAGレーザー62に使用可能な吸収帯で動作するダイオードポンプが利用可能なことである。約808nmの出力波長を有するダイオードポンプは、出力が約794nmのダイオードポンプよりも豊富である。加えて、中赤外レーザーヘッド50の所要電力は、ツリウムレーザーの中赤外レーザーヘッド11にYAGレーザー62を使用することによって低減されている。したがって、中赤外レーザーヘッド50の冷却に使用される関連する冷却回路54のサイズを、低い冷却要求により小さくすることができる。このため、電源52からダイオードポンプ(56、58)への要求される所要電力がさらに低下する。代替の一実施形態では、YAGレーザー62は、ダイオードポンプで側面励起できるため、システムの電力効率を潜在的に向上し得る。加えて、YAGレーザー62は、図2に示されているデュアルエンドダイオードポンプの代わりに単一ダイオードポンプによって駆動し得る。

【0018】

図3は、レーザー超音波検出システム85の一実施形態の側面斜視図である。検出システム85は、本明細書で説明した中赤外レーザーシステム48を任意選択で備えてもよいレーザー超音波ユニット87を備える。検出システム85は、検査ターゲット91に配向される生成ビーム86を放射し、この生成ビーム86は、中赤外レーザーシステム48によって形成される中赤外出力ビーム82を含む。生成ビーム86は、検査表面92上の検査ターゲット91に接触する。生成ビーム86は、検査表面92を熱-弾性的に膨張させて、検査表面92上に対応する変位93を生じさせる。一実施形態では、生成ビーム86は、検査表面92上に変位93を生じさせるように構成されたパルスレーザーである。検出ビーム88も、同様にレーザー超音波ユニット87から放射されて例示され、生成ビーム86の周りに同軸上に示されている。同じレーザー超音波ユニット87から放射されるが、検出ビーム88および生成ビーム86は、異なるレーザー源によって生成される。しかし、検出ビーム88は、任意選択で、異なるユニットおよび異なる位置から放射してもよい。周知の通り、検出ビーム88は、変位93に接触すると散乱され、反射され、そして位相変調されて位相変調光90を形成する検出ビームを含む。次いで、検出ビーム88に由来する位相変調光90は、集光光学素子89によって受け取られ、検査ターゲット91についての情報を判定するために処理される。生成ビーム86および検出ビーム88は、全表面92についての情報を得るためにターゲット91全体をスキャンしてもよい。これらのビーム(86、88)をスキャンするために用いられる機構(不図示)を、レーザー超音波ユニット87内に収容することができる。この機構を制御し、任意選択で集光光

10

20

30

40

50

学素子によって記録されたデータを処理するプロセッサ（不図示）も、レーザー超音波ユニット 87 内に収容してもよい。集光光学素子 89 は、レーザー超音波ユニット 87 から離隔し、矢印 A によってレーザー超音波ユニット 87 と通信するとして示されているが、集光光学素子は、レーザー超音波ユニット 87 と共に、またはこのレーザー超音波ユニット 87 内に配置してもよい。

【0019】

したがって、本明細書で説明した本発明は、目的を果たし、言及した目標および利点ならびに本発明に固有の他のものを達成するように十分に構成されている。本発明の現在好適な実施形態を開示目的で説明してきたが、所望の結果を達成するためには、手順の細部には多数の変更点が存在する。これらおよび他の同様の変更は、それ自体が当業者に容易に提案されるものであり、本明細書に開示する本発明の趣旨および添付の特許請求の範囲内に含まれることが意図される。

10

【図 1】

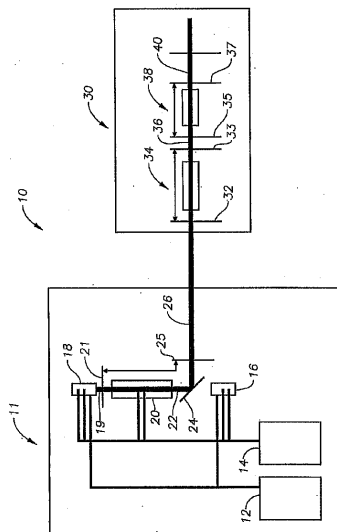


Fig. 1
(Prior Art)

【図 2】

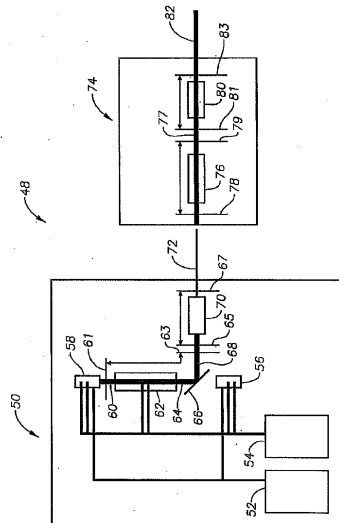
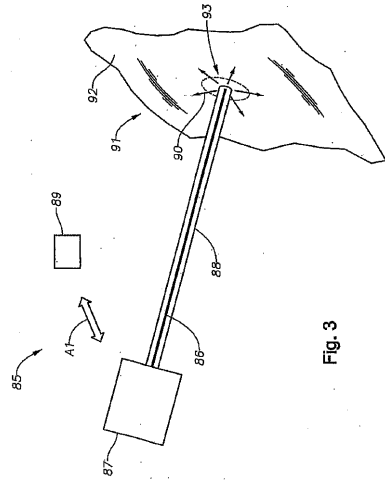


Fig. 2

【図 3】



フロントページの続き

- (74)代理人 100154829
弁理士 小池 成
- (74)代理人 100140109
弁理士 小野 新次郎
- (74)代理人 100075270
弁理士 小林 泰
- (74)代理人 100096013
弁理士 富田 博行
- (74)代理人 100096068
弁理士 大塚 住江
- (72)発明者 フィルキンス, ロバート
アメリカ合衆国ニューヨーク州12309, ニスカユナ, ランキン・ロード 2114
- (72)発明者 ディートン, ジョン・ビー
アメリカ合衆国ニューヨーク州12309, ニスカユナ, マーリン・ドライブ 1112
- (72)発明者 ロレイン, ピーター・ダブリュー
アメリカ合衆国ニューヨーク州12309, ニスカユナ, ヒーザー・レイン 876
- (72)発明者 ドレイク, トーマス・イー
アメリカ合衆国テキサス州76110, フォート・ワース, ライアン・プレイス・ドライブ 2530
- (72)発明者 デュボア, マーク
アメリカ合衆国テキサス州76248, ケラー, フォックスクロフト・レイン 312

審査官 田中 洋介

- (56)参考文献 特開平07-260679(JP, A)
特表2003-508771(JP, A)
特表2002-516984(JP, A)
BUDNI P A, EFFICIENT MID-INFRARED LASER USING 1.9-M-PUMPED HO:YAG AND ZNGEP2 OPTICAL PARAMETRIC OSCILLATORS, JOURNAL OF THE OPTICAL SOCIETY OF AMERICA B, 2000年, V17 N5, P723-728

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 29/00 - 29/52
H01S 3/00 - 3/30
JSTPlus/JST7580(JDreamIII)