

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5520933号
(P5520933)

(45) 発行日 平成26年6月11日(2014.6.11)

(24) 登録日 平成26年4月11日(2014.4.11)

(51) Int.Cl.

G O 1 N 29/00 (2006.01)

F 1

G O 1 N 29/00 5 O 1

請求項の数 21 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2011-509684 (P2011-509684)
 (86) (22) 出願日 平成21年5月14日 (2009.5.14)
 (65) 公表番号 特表2011-521230 (P2011-521230A)
 (43) 公表日 平成23年7月21日 (2011.7.21)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2009/043893
 (87) 國際公開番号 WO2009/140458
 (87) 國際公開日 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 12/120,823
 (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 Corporation
 アメリカ合衆国 20817 メリーランド州、ベセスタ、ロッククリッジ 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】超音波検査で使用される中赤外線レーザーを発生させる方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波試験の方法において、

放射波をポンプレーザー源から結晶の内部に設けられている第1の光変換器へ放射するステップであって、前記第1の光変換器は、前記放射波を信号波及びアイドラー波に変換し、前記アイドラー波の波長は、中赤外線範囲である、ステップと、

前記信号波及びアイドラー波を、前記第1の光変換器と共に結晶の内部に設けられている第2の光変換器へ方向付けるステップであって、前記第2の光変換器は、前記信号波の波長を中赤外線範囲に変換し、前記アイドラー波は、実質的には変化せずに前記第2の光変換器を通過し、及び前記アイドラー波は、単一の出力波を形成するように前記変換された信号波と結合する、ステップと、

検査対象を超音波検査するために、前記单一の出力波を検査対象の検査表面上に放射するステップとを含み、

前記第1の光変換器は、前記第2の光変換器と合わせて融合することにより、該第2の光変換器と单一の統合周期分極結晶の形態で結合したものであることを特徴とする方法。

【請求項 2】

請求項1記載の方法において、前記单一の出力波は、前記検査表面上に超音波変位を発生する発生波であることを特徴とする方法。

【請求項 3】

請求項1記載の方法において、前記单一の出力波は、前記検査表面上の超音波変位を検出

する検出波であることを特徴とする方法。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 いずれかに記載の方法において、前記検査表面は、複合物であることを特徴とする方法。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 いずれかに記載の方法において、前記第 1 の光変換器は、光パラメトリック発振器を備えていることを特徴とする方法。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 いずれかに記載の方法において、前記第 2 の光変換器は、光パラメトリック変換器及び差周波発生器から選択されたデバイスを備えていることを特徴とする方法。 10

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 いずれかに記載の方法において、前記第 1 の光変換器及び第 2 の光変換器は、前記結晶の異なる部分に分離して配置されることを特徴とする方法。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 6 いずれかに記載の方法において、前記第 1 の光変換器及び第 2 の光変換器は、前記結晶の中に統合されて配置されることを特徴とする方法。

【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 いずれかに記載の方法において、前記ポンプレーザー波の波長は、約 1 . 0 6 4 ミクロンであり、前記信号波の波長は、約 1 . 5 9 4 ミクロンであり、且つ前記アイドラー波の波長は、約 3 . 2 ミクロンであることを特徴とする方法。 20

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 いずれかに記載の方法において、前記出力波の波長は、約 3 ~ 4 ミクロンであることを特徴とする方法。

【請求項 11】

請求項 1 ~ 10 いずれかに記載の方法において、前記出力波の波長は、約 3 . 2 ミクロンであることを特徴とする方法。

【請求項 12】

検査対象を超音波試験の方法において、

(a) 結晶に対して、約 1 . 0 6 4 ミクロンの波長の入力レーザー波を放射するステップと、 30

(b) 前記入力レーザー波を、約 1 . 5 9 4 ミクロンの波長を有する信号波と約 3 . 2 ミクロンの波長を有するアイドラー波に変換するステップと、

(c) 前記結晶の別の部分において、前記信号波の波長を約 3 . 2 ミクロンの波長に変換するステップと、

(d) 前記検査対象の検査表面に、前記アイドラー波及び波長が変換された前記信号波の混合波を放射することによって、該検査表面に超音波変位を生成するステップとを含み、

前記結晶における、前記入力レーザー波を前記信号波と前記アイドラー波とに変換する部分は、前記結晶における前記別の部分と合わせて融合することにより、該別の部分と単一の統合周期分極結晶の形態で結合したものであることを特徴とする方法。 40

【請求項 13】

請求項 12 記載の方法において、該方法はさらに、

別のレーザー波を生成して、該レーザー波を振動している前記検査表面に放射するステップと、

前記検査表面の変位を検出するステップとを含んでいることを特徴とする方法。

【請求項 14】

請求項 12 又は 13 記載の方法において、前記ステップ (a) は、前記入力レーザー波を光パラメトリック発振器に放射するステップであることを特徴とする方法。

【請求項 15】

請求項 12 ~ 14 いずれかに記載の方法において、前記ステップ (b) は、前記信号波及 50

びアイドラー波を、光パラメトリック発振器及び別の周波数発生器から選択された周波数変換器からなるデバイスに放射するステップからなることを特徴とする方法。

【請求項 16】

レーザー超音波試験システムにおいて、

入力レーザー源と、

結晶と、

前記入力レーザー源からの入力レーザー波を信号波及びアイドラー波に変換する変換器であって、前記結晶内に配置される第1の光周波数変換器と、

前記結晶内に前記第1の光周波数変換器と統合して配置される第2の光周波数変換器であって、前記信号波の波長を前記アイドラー波と実質的に同じ波長に変換し、該変換された信号波及びアイドラー波を含む複合出力波であって、検査対象の対象表面上に超音波振動を発生するように、前記対象表面に方向付けることが可能である複合出力波を生成する第2の光周波数変換器と、

前記対象表面に方向付けることが可能であり且つ超音波変位を検出するように構成される検出レーザーとを備え、

前記第1の光変換器は、前記第2の光変換器と合わせて融合することにより、該第2の光変換器と単一の統合周期分極結晶の形態で結合したものであることを特徴とするレーザー超音波試験システム。

【請求項 17】

請求項16記載のレーザー超音波試験システムにおいて、前記入力レーザー波は、約1.064ミクロンの波長を有していることを特徴とするレーザー超音波試験システム。

【請求項 18】

請求項16又は17記載のレーザー超音波試験システムにおいて、前記アイドラー波及び前記変換された信号波は、約3～約4ミクロンの範囲の波長を有していることを特徴とするレーザー超音波試験システム。

【請求項 19】

請求項16～18いずれかに記載のレーザー超音波試験システムにおいて、前記アイドラー波及び前記変換された信号波は、約3.2ミクロンの波長を有していることを特徴とするレーザー超音波試験システム。

【請求項 20】

請求項16～19いずれかに記載のレーザー超音波試験システムにおいて、前記第1の光変換器は、光パラメトリック発振器を備えていることを特徴とするレーザー超音波試験システム。

【請求項 21】

請求項16～20いずれかに記載のレーザー超音波試験システムにおいて、前記第2の光変換器は、光パラメトリック発振器及び差周波発生器から選択されたデバイスを備えていることを特徴とするレーザー超音波試験システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概略的には、非破壊試験の分野に関する。より具体的には、本発明は、中赤外線波長の発生レーザービームを形成する方法及びシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

複合材料の作成における最近の進歩は、複合材料の使用を多様な用途に拡大した。低重量と相まったその高い強度及び耐久性のおかげで、複合材は、或る種の耐荷重構成要素の基部材料として金属及び金属合金に代わりつつある。例えば、複合材は、自動車、船及び飛行機のような車両の本体部品及び構造に用いられる材料として現在一般的に使用されている。しかしながら、複合材の機械的な完全性を確実にするため、厳しい検査が必要とされる。検査は、標準的には複合材から作られる構成要素の製造時、及び構成要素の寿命に

10

20

30

40

50

亘って定期的に必要である。

【0003】

レーザー超音波は、複合材料から作られた対象を検査する方法の1つの実例である。当該方法は、複合材の一部分にパルスレーザーを放射することによって複合材の表面に超音波振動を発生させることを含んでいる。検出レーザービームは、振動面に向かう、表面振動によって散乱される。収集光学素子は、散乱した検出レーザー光を受け入れ、処置に導く。散乱レーザー光処理は、標準的には、収集光学素子と連結された干渉計を用いて行われる。複合材に関する情報は、散乱光処理で突き止めることが可能であり、情報は、亀裂、層間剥離、空隙率及び纖維情報の検出を含む。

【発明の概要】

10

【課題を解決するための手段】

【0004】

本明細書に開示しているのは、放射波をポンプレーザーから第1の光変換器へ方向付けることから成る超音波探傷試験の方法であって、第1の光変換器は、放射波を信号波及びアイドラー波に変換し、アイドラー波の波長は、中赤外線領域に含まれ、信号波及びアイドラー波を第2の光変換器へ方向付け、第2の光変換器は、信号波の波長を中赤外線領域に変換し、アイドラー波は、実質的には変化せずに第2の光変換器を通過し、アイドラー波は、単一の出力波を形成するために変換された信号波と結合し、検査対象を超音波検査するために、単一の出力波を検査対象の検査表面に方向付ける。

【0005】

20

出力波は、検査面上で超音波変位を発生させるため、及び／又は検査面上で超音波変位を検出するための発生波であってもよい。検査面は、複合材から成っていてもよい。1つの実施形態では、第1の光変換器は、光パラメトリック発振器である。1つの実施形態では、第2の光変換器は、光パラメトリック変換器又は差周波発生器とすることができる。任意選択的には、第1及び第2の光変換器は、単一の結晶に結合される。第1の光変換器及び第2の光変換器は、結晶の異なる部分に分離され、任意選択的には、第1の光変換器及び第2の光変換器は、単一の結晶の中に統合される。

【0006】

30

超音波試験の方法の1つの任意選択的な実施形態では、ポンプレーザー波の波長は、約1.064ミクロンである。超音波試験の方法の1つの任意選択的な実施形態では、信号波の波長は、約1.594ミクロンである。超音波試験の方法の1つの任意選択的な実施形態では、アイドラー波の波長は、約3.2ミクロンである。本発明の方法の出力波の波長は、約3ミクロンから約4ミクロンの範囲であってもよい。任意選択的には、超音波試験の本発明の方法の1つの実施形態では、出力波の波長は、約3.2ミクロンである。

【0007】

本明細書に開示しているのは、約1.064ミクロンの波長を有する入力レーザー波を約3.2ミクロンの波長を有する信号波及び約1.594ミクロンの波長を有するアイドラー波に変換することと、信号波の波長を約3.2ミクロンに変換することと、アイドラー波及び変換された信号波を複合波として目標表面に方向付けることによって、目標対象の目標表面上に超音波振動を生成することと、から成る試験対象にレーザー超音波試験を行う方法である。当該方法は、第2の複合波を発生することと、第2の複合波を振動している目標表面に方向付けることと、第2の複合波を用いて目標表面変位を検出することと、を更に含んでもよい。入力レーザー波を変換するステップは、入力波を光パラメトリック発振器に方向付けることを含んでいてもよい。変換信号波を形成するステップは、信号波及びアイドラー波を周波数変換器に方向付けることを含んでいてもよく、周波数変換器は、光パラメトリック発振器及び差周波発生器であってもよい。

【0008】

40

本開示は、入力レーザー源と、入力レーザー源から入力波を受け取るために連結され、入力波をアイドラー波及び信号波に変換するように構成されている第1の光周波数変換器と、を含むレーザー超音波試験システムを更に含み、アイドラー波及び信号波は、異なる

50

波長を有している。更に試験システムと一体化して含むことが可能なものは、アイドラー波及び信号波を受け取るために連結され、信号波の波長をアイドラー波と実質的に同じ波長に変換し、且つ変換された信号波及びアイドラー波を含む複合出力波を発するように構成された第2の光周波数変換器であって、複合出力波は、目標表面上に超音波振動を発生するために、目標対象の目標表面に方向付けることが可能である。このシステムは、更に、目標表面に方向付けることが可能であり且つ目標表面振動を記録するように構成されている検出レーザーを含んでいてもよい。

【0009】

入力レーザー波は、約1.064ミクロンの波長を有していてもよい。アイドラー波及び変換された信号波は、約3ミクロンから約4ミクロンの範囲の波長を有していてもよい。
アイドラー波及び変換された信号波は、約3.2ミクロンの波長を有していてもよい。
第1の光変換器は、光パラメトリック発振器であってもよい。第2の光変換器は、光パラメトリック変換器又は差周波発生器であってもよい。

10

【0010】

本発明の特徴及び恩恵の一部を述べてきたが、その他のものについては、添付図面と関連付けながら説明が進むにつれて明らかになってゆくであろう。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】超音波検査システムの斜視図である。

【図2】超音波試験で使用する光源の実施形態の概略的表現を図解している。

20

【図3】図3aは超音波試験のための光源の代替的な実施形態の概略的表現である。図3bは超音波試験光源で使用される分極結晶の概略図である。

【図4】図4aは超音波試験のための光源の代替的な実施形態の概略的表現である。図4bは超音波試験光源で使用される分極結晶の概略図である。

【図5】超音波検査のための光源の代替的な実施形態の概略的表現である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明は、好適な実施形態と関連させて説明するが、本発明をそのような実施形態に限定することを意図していないことが理解されるであろう。それどころか、添付の特許請求の範囲によって定義されるように、本発明の精神及び範囲の中に含まれ得るものとして、全ての代替物、修正物、等価物を含むように意図している。

30

【0013】

これより、本発明を、本発明の実施形態を示している添付図面を参照しながらより詳しく説明する。しかしながら、本発明は、多くの異なる形態で具現化されてもよく、本明細書に説明する図示の実施形態に限定されるものと解釈されるべきではなく、寧ろ本開示が綿密及び完全なものであるように、且つ本発明の範囲を当業者に十分に伝えるようにこれらの実施形態は提供されている。類似番号は、各図を通して類似要素を指している。添付図面を参照するうえでの便宜上、方向を示す用語は、参照及び例証のためだけに使用されている。例えば「上部の」、「下部の」、「上方に」、「下方に」などの方向を示す用語は、相関的な位置を説明する目的で使用されている。

40

【0014】

修正物及び等価物が当業者には自明のように、本発明は、表示及び説明している構造、動作、正確な材料又は実施形態の正確な詳細に限定されないものと理解されたい。図面及び明細書では、本発明の例証的な実施形態を開示しており、特定の用語が使用されているが、それらの用語は単に一般的及び説明的な意味でのみ使われており、制限的な目的で使用されているわけではない。このような次第で、本発明は、したがって、添付の特許請求の範囲によってのみ制限されるべきである。

【0015】

図1は、レーザー超音波検出システム10の一実施形態の側面斜視図である。検出システム10は、発生ビーム14を発するために形成され、検査目標15に方向付けられるレ

50

ーザー超音波ユニット 12 を備えている。発生ビーム 14 は、検査表面上 16 の検査目標 15 に接触する。発生ビーム 14 は、検査表面 16 上に対応する波動変位 18 を発生させるために検査表面 16 を熱弾性的に膨張させる。1 つの実施形態では、発生ビーム 14 は、検査表面 16 上に波動変位 18 を発生させるように構成されているパルスレーザーである。検出ビーム 20 は、レーザー超音波ユニット 12 からも発しているように図示されており、発生ビーム 14 の周囲で同軸に示されている。同じレーザー超音波ユニット 12 から発していても、検出ビーム及び発生ビーム(14、20)は、異なる源から発生されている。しかしながら、検出ビーム 20 は、任意選択的には、異なるユニット、並びに異なる場所から発してもよい。既知のように、検出ビーム 20 は、位相変調光 21 を形成するために波動変位 18 に接触することで散乱、反射及び位相変調される検出波を備えている。検出ビーム 20 からの位相変調光 21 は、その後収集光学素子 23 で受け取られ、検査目標 15 についての情報を確定するために処理される。検出ビーム及び発生ビーム(14、20)は、表面 16 全体に関する情報を獲得するために目標 15 全域で走査され得る。ビーム(14、20)を走査するために使用される機構(図示せず)は、レーザー超音波ユニット 12 の中に格納されていてもよい。機構を制御し、且つ任意選択的に収集光学素子によって記録されたデータを処理する処理装置(図示せず)も、同様に、レーザー超音波ユニット 12 に格納されていてもよい。収集光学素子 23 は、レーザー超音波ユニット 12 から分離していて、矢印 A を通じてレーザー超音波ユニット 12 と通信するように図示されているが、収集光学素子は、レーザー超音波ユニット 12 に含まれていてもよい。

【0016】

10

次に図 2 を参照すると、中赤外線発生器 22 の 1 つの実施形態を概略図で図示している。下文で更に詳細に説明するように、中赤外線発生器 22 は、図 1 の発生レーザービーム 14 の 1 つに使用され得る出力波を発生する。図示する実施形態では、中赤外線発生器 22 は、第 1 の光周波数変換器 30 に方向付けられたポンプレーザービーム 26 を発するポンプレーザー 24 を備えている。第 1 の光周波数変換器 30 は、1 つのポンプ入力波を 2 つの波、(1)アイドラー波 32 及び(2)信号波 36 に変換する。一部の残りのポンプレーザー波 34 は、変換器 30 を通過する。各波(32、34、36)は、異なる波長になっている。変換器は、100%効率を下回って作動し、ポンプレーザービームからのエネルギーのごく一部はその中を通過することができる。

【0017】

20

第 1 の光周波数変換器 30 から発する波は、第 2 の光周波数変換器 38 に方向付けられる。第 2 の光周波数変換器 38 は、周波数波長及びエネルギーなどの波動特性に何ら影響を及ぼすことなくアイドラー波 32 が自由に通過できるように構成されている。信号波 36 の波長は、しかしながら、実質的にはアイドラー波 32 の波長と同じになるように第 2 の光周波数変換器 38 の内で変換される。このような次第で、アイドラー波 32 及び信号波 36 は、特定の波長及びアイドラー波 32 のエネルギー準位より大きいエネルギー準位を有する单一の出力波 40 に複合化される。従って、中赤外線発生器 22 は、超音波試験に望ましい波長を有する出力波 40 を作り出すように構成されている。

【0018】

30

任意選択的には、入力結合器 28 及び出力結合器 42 は、第 1 及び第 2 の光周波数変換器(30、38)のそれぞれの入力及び出力に配置され得る。既知のように、入力及び出力結合器(28、42)は、変換器 30 及び 38 の変換効率を高める光共振器を作り出す。結合器 28 及び 42 は、ポンプ、アイドラー及び信号波長の反射及び伝送特性と、出力ビーム 40 のエネルギーを最大化するように設計されている曲率半径を有する。設計値は、計算、モデリング及び実験により決定される。ここで説明する装置は、図 2 の実施形態に限定されるものではないが、幾つかの他の共振器の取り組みを含むことが可能である。例えば、代替的な実施形態は、3 又は 4 アーム共振器を含んでいて、それらの共振器は、より多くの結合器又は反射鏡を含んでいる。4 アーム共振器 53 の実施例を図 5 で示している。ここではポンプレーザービーム 26c は、第 1 の入力結合器 54 を通過し、アイドラー波 32c は、出力結合器 57 から共振器 53 を出る。第 1 及び第 2 の周波数変換器(

40

50

30 b、38 b)は、共振器53の異なるアームにある。ポンプレーベーム34cの残りの部分は、出力結合器55から出て、アイドラー波及び信号波は、鏡56に向かって第2の光周波数変換器38bを出る。複数アーム共振器の1つの利点は、ポンプが第2の変換器に達することを阻止することにあり、光学コーティング及び損傷閾値の要件を減らすことができる。

【0019】

図2の中赤外線発生器を使用する1つの実施例では、ポンプレーベーム26の波長は、1.064ミクロンである。この実施形態では、第1の光周波数変換器30は、ポンプレーベーム26をアイドラー波32に変換するように構成されており、アイドラー波32の波長は、約3.2ミクロンであり、信号波36の波長は、約1.594ミクロンである。更にこの実施形態では、第2の光周波数変換器38は、信号波36を約1.594ミクロンから約3.2ミクロンに変換しながら、アイドラー波32の自由な通過を認めるように構成されている。第2の光周波数変換器38は、このようにして、出力波40を形成するために、通過アイドラー波32と結合される変換された信号波36を作り出す。従って、第2の光周波数変換器38の使用は、変換された信号波36を介してエネルギーを回復することで出力波40の力を高める。複合材料のレーザー超音波試験は、その波長が中赤外線領域、即ち約3ミクロンから約4ミクロンの範囲にあるレーザー波を使用することによって大いに改善されることが見いだされた。より具体的には、複合材表面の改善された検出は、その波長が約3.2ミクロンであるレーザー波を使用することで実現される。そのようなレーザーで評価することができる複合材表面特性は、欠陥、層間剥離、混入物、亀裂及び纖維配向及び纖維密度のような纖維特性を含んでいる。10

【0020】

本装置及び方法の使用の別の利点は、多くの良好に機能するレーザーポンプが、1ミクロン付近で作動することであり、それらは、ほんの数例を挙げれば、Nd:YAG、Yb:YAG及びNd:YVO4を含む。従って、それらのレーザーは、中赤外線発生器22のポンプレーベー24の実現可能な候補を備えている。1つの実施形態では、第1の光周波数変換器30は、光パラメトリック発振器(OPO)を備えていてもよい。別の実施形態では、第2の光周波数変換器38は、OPOの他に差周波発生器(DFG)を備えていてもよい。OPO及びDFGは、完全位相整合結晶又は周期的分極疑似位相整合結晶のいずれかで作られ得る。20

【0021】

図3aは、中赤外線発生器22aの代替的な実施形態を提供している。この実施形態では、ポンプレーベー24aは、周波数変換器へ向けて任意選択的な入力結合器28aを通過してポンプレーベーム26aを発している。ここでは、第1の光周波数変換器30aは、単一の結晶の形態で第2の光周波数変換器38aと結合されている。結晶の前部分は、第1の光周波数変換器30aを備えており、第2の部分は、第2の光周波数変換器38aを備えている。結合された結晶は、合わせて融合された2つの位相整合結晶又は疑似位相整合周期的分極結晶44で作ることが可能であり、図3bの概略図で示している。第1の光周波数変換器30aを形成している結晶44の部分は、一連の細いグリッド線46で図示されている。より太い且つより大きく間隔のあいたグリッド線48は、第2の光周波数変換器38aを形成している結晶44の部分を図示している。それらのグリッド線(46、48)は、周知の方法で形成される周期分極の位置を図示している。結晶44の第1の区分の分極は、ポンプをアイドラー及び信号(30a)に変換するように設計されているが、一方、結晶(38a)の第2の区分の分極は、信号をアイドラーに変換するように設計されている。30

【0022】

中赤外線発生器22bの更に別の実施形態の概略図を図4aに示している。この実施形態では、ポンプレーベー24bは、任意選択的な入力結合器28bを通過するポンプレーベーム26bを発しており、ポンプレーベーム26bは、統合光周波数変換器50の中へ受け入れられる。統合光周波数変換器50は、第1及び第2の光周波数変換器(40

30、38)と本質的に同じ方法で作動し、本質的に同じ機能を果たす。統合光周波数変換器50は、更に、超音波レーザー試験ビームとして使用される出力波40bを発する。図4aの統合光周波数変換器50は、統合周期分極結晶52として図4bで概略的に描寫されている。ここでは、細いグリッド線46a及び太いグリッド線48aは、結晶52の長さに沿って交互に並んでいる。

【0023】

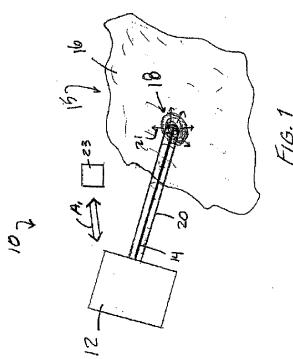
中赤外線発生器の何れの実施形態で作られる最終波も、しかしながら、3.2ミクロンに制限されるものではなく、約3ミクロンから約4ミクロンまでを含むことができることに注目すべきである。本明細書における検討目的で、中赤外線範囲は、約3ミクロンから約4ミクロンまでの波長を有する波を画定する。

10

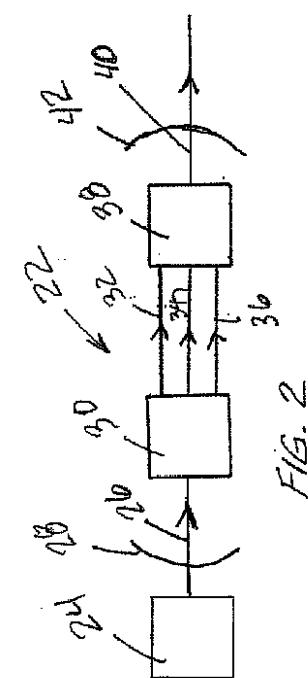
【0024】

本明細書で説明される本発明は、従って、目的を遂行し、その中に本来備わっている他のものに加えて、言及した結果及び利点を獲得するようによく適合されるものである。本発明の現在好適な実施形態を開示目的で提示してきたが、所望の結果を達成する詳細な手順には多数の変更が存在する。それら及び他の類似の修正は、当業者であれば容易に想起されるであろうものであり、本明細書に開示する本発明の精神及び添付の特許請求の範囲の中に含まれるものと意図される。

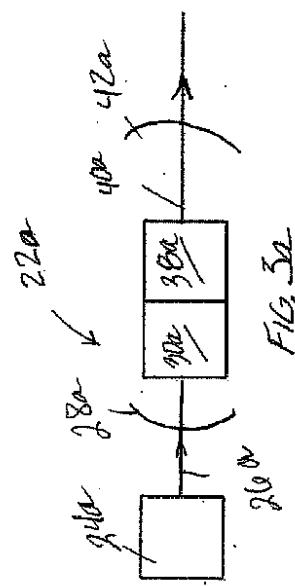
【図1】



【図2】



【図 3 a】



【図 3 b】

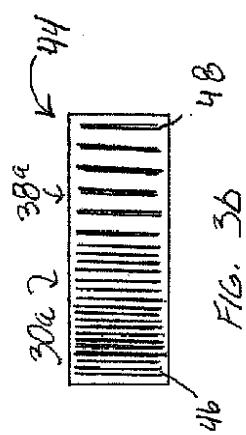


FIG. 3a

FIG. 3b

FIG. 3c

【図 4 a】

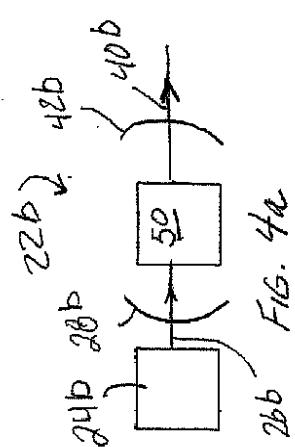


FIG. 4a

【図 4 b】

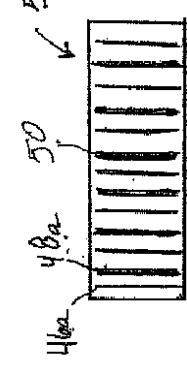


FIG. 4b

【図5】

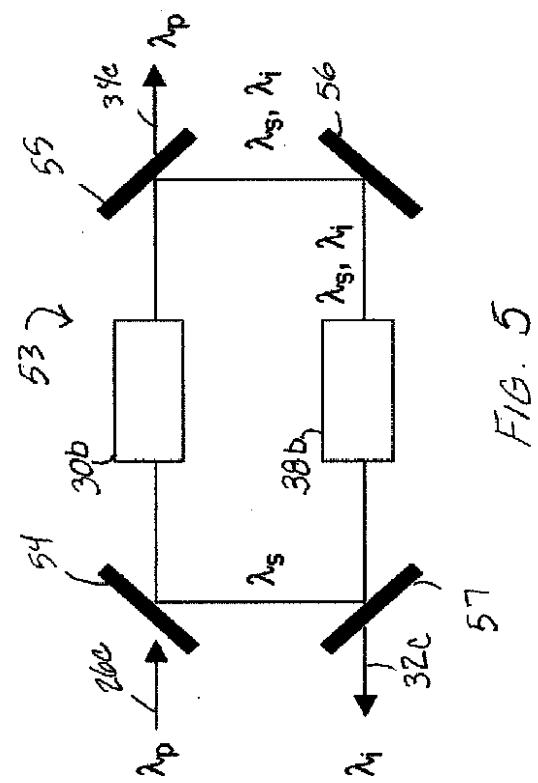


FIG. 5

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 100080137
弁理士 千葉 昭男
(72)発明者 ドレイク , トマス・イー , ジュニア
アメリカ合衆国テキサス州 7 6 1 1 0 , フォート・ワース , ライアン・プレイス・ドライブ 2 5
3 0
(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 1 2 3 0 9 , ニスカユナ , ヒーザー・レイン 8 7 6
(72)発明者 ディートン , ジョン・ビー・ジュニア
アメリカ合衆国ニューヨーク州 1 2 3 0 9 , ニスカユナ , マーリン・ドライブ 1 1 1 2
(72)発明者 デュボア , マーク
アメリカ合衆国テキサス州 7 6 2 4 8 , ケラー , フォックスクロフト・レイン 3 1 2
(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 1 2 3 0 9 , ニスカユナ , ランキン・ロード 2 1 1 4

審査官 田中 洋介

(56)参考文献 特表 2 0 0 3 - 5 0 8 7 7 1 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 1 1 4 6 4 2 (J P , A)
米国特許第 0 5 7 6 8 3 0 2 (U S , A)
登録実用新案第 3 0 7 6 8 0 2 (J P , U)
MELKONIAN J-M , PULSED OPTICAL PARAMETRIC OSCILLATORS WITH INTRACAVITY OPTICAL PARAMETR
IC AMPLIFICATION:A CRITICAL STUDY , APPLIED PHYSICS B , 2 0 0 7 年 , Vol.86 , pp.633-642
Walter R.Bosenberg et al. , 2.5-W, continuous-wave, 629-nm solid-state laser source , Opt
ics Letters , 1 9 9 8 年 , Vol.23 No.3 , pp.207-209
佐藤武志 , 共振器内 P P L N 差周波混合法を用いた広帯域波長可変中赤外光源 Widely tunable
infrared light source using a PPLN-intra cavity difference frequency generation , 2 0
0 4 年 (平成 1 6 年) 秋季 第 65 回応用物理学会学術講演会講演予稿集 第 3 分冊 Extended
Abstracts (The 65th Autumn Meeting , 2004) ; The Japan Society of Applied Physics No.3
, (社) 応用物理学会 , 第 3 巻

(58)調査した分野(Int.CI. , D B 名)

G 0 1 N 2 9 / 0 0 - 2 9 / 5 2
G 0 2 F 1 / 0 0 - 1 / 3 9
H 0 1 S 3 / 0 0 - 3 / 3 0
J S T P l u s / J S T 7 5 8 0 (J D r e a m I I I)