

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4583711号
(P4583711)

(45) 発行日 平成22年11月17日(2010.11.17)

(24) 登録日 平成22年9月10日(2010.9.10)

(51) Int. Cl.	F I
B 2 3 K 26/00 (2006.01)	B 2 3 K 26/00 N
B 2 3 K 26/06 (2006.01)	B 2 3 K 26/06 Z
B 2 3 K 26/38 (2006.01)	B 2 3 K 26/38 3 3 0
B 2 3 K 101/42 (2006.01)	B 2 3 K 101:42

請求項の数 27 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2002-572515 (P2002-572515)	(73) 特許権者	593141632
(86) (22) 出願日	平成14年3月12日 (2002.3.12)		エレクトロ サイエントフィック イン
(65) 公表番号	特表2004-528984 (P2004-528984A)		ダストリーズ インコーポレーテッド
(43) 公表日	平成16年9月24日 (2004.9.24)		アメリカ合衆国 97229 オレゴン州
(86) 国際出願番号	PCT/US2002/007486		ポートランド エヌ ダブリュ サイエ
(87) 国際公開番号	W02002/073322		ンス パーク ドライブ 13900
(87) 国際公開日	平成14年9月19日 (2002.9.19)	(74) 復代理人	100147692
審査請求日	平成17年1月5日 (2005.1.5)		弁理士 下地 健一
(31) 優先権主張番号	60/275,246	(74) 代理人	100147485
(32) 優先日	平成13年3月12日 (2001.3.12)		弁理士 杉村 憲司
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100072051
			弁理士 杉村 興作

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 準CWダイオードポンプ式固体UVレーザシステム及びそれを使用する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

加工物上の複数の目標箇所における少なくとも1つの目標材料層をレーザシステムで加工する方法であって、前記レーザシステムは、固体レーザと、該固体レーザをポンピングするレーザポンピングダイオードとを含み、前記レーザポンピングダイオードを連続動作させたとする場合に前記固体レーザに供給できるポンピングパワーは、前記ポンピングダイオードの熱負荷により決定される制限を有し、

前記加工物上の第1の目標箇所に向けてビームポジションをアドレスし、

第1の電流レベルで前記レーザポンピングダイオードに電流を供給して、前記固体レーザをポンピングし、

イントラキャビティ音響光学Qスイッチを動作させて、前記固体レーザから少なくとも2kHzの繰り返し速度で少なくとも2つのレーザパルスを生ずる第1のレーザ出力を発生し、

前記第1のレーザ出力を前記第1の目標箇所に照射して、当該第1の目標箇所から目標物の材料を除去し、

前記レーザポンピングダイオードに供給される電流を第2の電流レベルに低下させて、前記レーザポンピングダイオードの負荷を減少させ、ここに、前記第2の電流レベルはゼロの電流レベルより大きいか又はゼロ電流に等しく、かつ前記第1の電流レベルより小さい電流とし、

前記加工物上の前記第1の目標箇所とは異なる第2の目標箇所に向けて前記ビームポジ

シヨナをアドレスし、

前記レーザポンピングダイオードに供給される電流を第3の電流レベルに増加させて、前記固体レーザをポンピングし、ここに、前記第3の電流レベルは前記第2の電流レベルよりも大きくし、

前記Qスイッチを動作させて、前記固体レーザから少なくとも2kHzの繰り返し速度で少なくとも2つのレーザパルスをもつ第2のレーザ出力を発生し、

前記第2のレーザ出力を前記第2の目標箇所へ照射して、当該第2の目標箇所から目標物の材料を除去する、レーザシステムを用いた加工方法。

【請求項2】

前記第1の電流レベル及び前記第3の電流レベルで前記レーザポンピングダイオードに供給電流をそれぞれ第1の時間インターバル及び第3の時間インターバルに供給し、

前記第2の電流レベルで前記レーザポンピングダイオードに供給電流を第2の時間インターバルに供給し、

前記ビームポジションが、前記第2の時間インターバルの間に前記第1の目標箇所から前記第2の目標箇所へ出力位置を変更し、

前記第1のレーザ出力及び前記第2のレーザ出力は、電流レベルが増加する際、出力レベルが増加し、また電流レベルが減少する際出力レベルが減少するように、レーザポンピングダイオードに供給される電流レベルの関数として変化する出力パワーレベルを有し、

前記レーザポンピングダイオードが、前記第1の時間インターバルの最初から前記第3の時間インターバルの最後までに、該レーザポンピングダイオードを連続動作させたとする場合に当該レーザダイオードから前記固体レーザに供給され得るポンピングパワーの量を最大にする電流レベルを表す最大CW電流レベルを有し、前記第1の時間インターバルの最初から前記第3の時間インターバルの最後までに相当する期間に所定のパルス繰り返し速度で、前記最大CW電流レベルで前記レーザポンピングダイオードにより前記固体レーザをポンピングしたとする場合の前記固体レーザの出力を最大CWポンプレーザ出力と定義するとき、

前記第2の時間インターバルの間に供給される前記第2の電流レベルを前記最大CW電流レベルより小さくすることにより、前記第1および前記第3の時間インターバル中に供給される前記第1および前記第3の電流レベルのうち少なくとも1つが、前記最大CW電流レベルよりも大きく、それによって、前記第1および前記第2のレーザ出力のうち少なくとも1つの出力レベルが、前記最大CWポンプレーザ出力を超えて所定のパルス繰り返し速度で固体レーザにより出力されるようにする請求項1に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

【請求項3】

前記レーザシステムは、レーザ出力のパワーレベルの増加に応じて向上するピア穿孔効率(スループット)を有し、当該ピア形成効率は、前記最大CWポンプレーザ出力で動作するときに発生する当該レーザシステムのピア穿孔効率を超えるようにする、請求項2に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

【請求項4】

前記第1の電流レベルまたは前記第3の電流レベルの何れか1つを、前記最大CW電流レベルよりも低くする、請求項2に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

【請求項5】

前記第1の時間インターバル及び前記第3の時間インターバルを等しい時間量とする、請求項2に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

【請求項6】

前記第1の時間インターバル及び前記第3の時間インターバルを異なる時間量とする、請求項2に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

【請求項7】

前記第1の電流レベル及び前記第3の電流レベルで前記レーザポンピングダイオードに供給する電流をそれぞれ第1の時間インターバル及び第3の時間インターバルに供給し、

10

20

30

40

50

前記第 2 の電流レベルで前記レーザポンピングダイオードに供給する電流を第 2 の時間インターバルに供給し、

前記ビームポジションが、前記第 2 の時間インターバルの間に、前記第 1 の目標箇所から前記第 2 の目標箇所へ出力位置を変更し、

前記第 1 の時間インターバル及び前記第 3 の時間インターバルを等しい時間量とする、請求項 1 に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

【請求項 8】

前記第 1 の電流レベル及び前記第 3 の電流レベルで前記レーザポンピングダイオードに供給する電流をそれぞれ第 1 の時間インターバル及び第 3 の時間インターバルに供給し、

前記第 2 の電流レベルで前記レーザポンピングダイオードに供給される電流を第 2 の時間インターバルに発生し、

前記ビームポジションが、前記第 2 の時間インターバルの間に、前記第 1 の目標箇所から前記第 2 の目標箇所へ出力位置を変更し、

前記第 1 の時間インターバル及び前記第 3 の時間インターバルを異なる時間量とする、請求項 1 に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

【請求項 9】

前記第 1 の時間インターバルの間及び前記第 3 の時間インターバルの間に等量の電流を供給する、請求項 5 ~ 8 の何れか 1 項に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

【請求項 10】

前記第 1 の時間インターバルの間及び前記第 3 の時間インターバルの間に異なる量の電流を供給する、請求項 5 ~ 8 の何れか 1 項に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

【請求項 11】

前記第 2 の電流レベルは、ゼロ電流を含むレベルとする、請求項 1 に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

【請求項 12】

前記第 2 の電流レベルは、前記レーザポンピングダイオードから光出力を発生させるのに十分な電流を含むレベルとする、請求項 1 または 2 に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

【請求項 13】

前記第 1 の電流レベル及び前記第 3 の電流レベルで前記レーザポンピングダイオードに供給される電流をそれぞれ第 1 の時間インターバル及び第 3 の時間インターバルに発生し、

前記第 2 の電流レベルで前記レーザポンピングダイオードに供給される電流を第 2 の時間インターバルに発生し、

前記ビームポジションが、前記第 2 の時間インターバルの間に前記第 1 の目標箇所から前記第 2 の目標箇所へ出力位置を変更し、

前記第 1 の電流レベル及び前記第 3 の電流レベルは、それぞれ、前記第 1 の時間インターバルの間及び前記第 3 の時間インターバルの間に、少なくとも第 1 の電流レベル値及びそれと異なる第 2 の電流レベル値を含む、請求項 1 に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

【請求項 14】

前記第 1 の電流レベル及び前記第 3 の電流レベルは、それぞれ、前記第 1 の時間インターバルの間及び前記第 3 の時間インターバルの間に、少なくとも第 1 の電流レベル値及びそれと異なる第 2 の電流レベル値とを含む請求項 2 に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

【請求項 15】

前記第 1 の電流レベル値及び前記第 2 の電流レベル値を、目標箇所の材料の単一層を処理している間に適用する、請求項 13 に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

【請求項 16】

前記第 1 の電流レベル値を前記第 2 の電流レベル値よりも高くし、前記第 1 の電流レベ

10

20

30

40

50

ル値を目標箇所¹の金属層を処理している間に適用し、前記第2の電流レベル値を目標箇所¹の誘電体層を処理している間に適用する、請求項13または14に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

【請求項17】

前記Qスイッチは、20kHzよりも速い繰り返し速度で動作し、レーザパルスを発生させる、請求項1または2に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

【請求項18】

前記第1のレーザ出力及び前記第2のレーザ出力の波長は400nmよりも短く構成する、請求項1または2に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

【請求項19】

前記第1のレーザ出力及び前記第2のレーザ出力は、532nm、355nm、349nmまたは266nmを含む高調波の波長のようなYAGレーザ、YLFレーザまたはYVO4により放射される高調波の波長を含む、請求項1または2に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

【請求項20】

前記第1の電流レベル及び前記第3の電流レベルで前記レーザポンピングダイオードに供給される電流を、それぞれ第1の時間インターバル及び第3の時間インターバルに発生し、

前記第2の電流レベルで前記レーザポンピングダイオードに供給される電流を第2の時間インターバルに発生し、

前記ビームポジションが、この第2の時間インターバルの間に前記第1の目標箇所から前記第2の目標箇所¹に出力位置を変更し、

前記ビームポジションが、前記第2の時間インターバルの時間量とは異なる時間量である第4の時間インターバルの間に、前記第2の目標箇所から第3の別の目標箇所¹に出力位置を変更し、

前記レーザポンピングダイオードが、この第4の時間インターバルの間に前記第1の電流レベル及び前記第3の電流レベルよりも低く、かつゼロまたはゼロより大きな第4のレベルの電流を供給する、請求項1または2に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

【請求項21】

前記第2の電流レベルと前記第4の電流レベルとを異なるレベルとする、請求項20に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

【請求項22】

複数の目標領域において、第2層の除去前に第1層を除去し、次いで第2層を除去する、請求項1に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

【請求項23】

複数の目標箇所¹中、第1目標箇所¹の1つの目標層よりも多い層を介するピアを形成し、次いでビームポジションが第2の目標箇所¹にアドレスし、第2のピアを形成する、請求項1に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

【請求項24】

加工物上の複数の個別目標箇所における少なくとも1つの目標材料層を加工するレーザシステムであって、

光路に沿って出力位置の方へ少なくとも第1のレーザ出力及び第2のレーザ出力を発生する固体レーザと、

少なくとも第1の時間インターバルの間及びこれに重複しない第3の時間インターバルの間に前記固体レーザをポンピングするレーザポンピングダイオードと、

前記第1の時間インターバルの間及び前記第3の時間インターバルの間に、第1および第3のレベルの電流を前記レーザポンピングダイオードに供給し、前記第1の時間インターバルと前記第3の時間インターバルとの間の第2の時間インターバルの間に、前記第1および第3のレベルの電流より小さい第2のレベルの電流を供給する可変制御可能な電源と、

10

20

30

40

50

前記第1の時間インターバルの間に、少なくとも2kHzの繰り返し速度で少なくとも2つのレーザパルスを含む前記第1のレーザ出力を生成するように前記固体レーザを動作させ、且つ、前記第3の時間インターバルの間に、少なくとも2kHzの繰り返し速度で少なくとも2つのレーザパルスを含む前記第2のレーザ出力を生成するように前記固体レーザを動作させるイントラキャビティ音響光学Qスイッチと、

前記第1の時間インターバルの間に前記第1のレーザ出力の出力位置を第1の目標箇所に向けてアドレスし、前記第3の時間インターバルの間に前記第2のレーザ出力の出力位置を第2の目標箇所に向けてアドレスし、前記第2の時間インターバルの間に前記第1の目標箇所から前記第2の目標箇所へ出力位置を変更するビームポジショナと、

前記電源が、前記第1のレーザ出力及び前記第2のレーザ出力が発生する際の前記第1の時間インターバルの間及び前記第3の時間インターバルの間に前記第1のレベルの電流および前記第3のレベルの電流を前記レーザポンピングダイオードに供給し、出力位置を変更する際の前記第2の時間インターバルの間に前記第2のレベルの電流を供給するように、前記ビームポジショナ、前記電源及び前記Qスイッチを直接又は間接的に協調動作させるインターフェース制御手段と、

を具えることを特徴とするレーザシステム。

【請求項25】

請求項1-23のいずれかに記載の方法を実施して、加工物上の複数の目標箇所における少なくとも1つの目標材料層を加工するための請求項24に記載のレーザシステム。

【請求項26】

加工物上の複数の目標箇所における少なくとも1つの目標材料層をレーザシステムで加工する方法であって、前記レーザシステムは、固体レーザ媒体と該固体レーザ媒体をポンピングするためのポンピング源とを用い、前記固体レーザ媒体は、前記ポンピング源の連続動作中、該固体レーザ媒体に加わる熱負荷によりポンピングパワーの量を制限され、

前記加工物上の第1目標箇所に向けてビームポジショナをアドレスし、

第1の時間インターバルの間に第1の電流レベルで前記ポンピング源に電流を供給して、前記固体レーザ媒体をポンピングし、

前記第1の時間インターバルの間にイントラキャビティ音響光学Qスイッチを動作させて、少なくとも2kHzの繰り返し速度で少なくとも2つのレーザパルスを有する第1のレーザ出力を発生し、

前記第1のレーザ出力を前記第1の目標箇所へ照射して、当該第1の目標箇所から目標物の材料を除去し、

第2の時間インターバルの間に前記ポンピング源に供給される電流を第2の電流レベルに低下させて、前記ポンピング源の負荷を減少させ、

前記第2の時間インターバルの間に、前記加工物上の前記第1の目標箇所とは異なる第2の目標箇所に向けて前記ビームポジショナをアドレスし、

第3の時間インターバルの間に、前記ポンピング源に供給される電流を第3の電流レベルに増加させて、前記固体レーザ媒体をポンピングし、

前記第3の時間インターバルの間に、前記Qスイッチを動作させて、前記固体レーザから少なくとも2kHzの繰り返し速度で少なくとも2つのレーザパルスを有する第2のレーザ出力を発生し、

前記第2のレーザ出力を前記第2の目標箇所へ照射して、当該第2の目標箇所から目標物の材料を除去する、レーザシステムを用いた加工方法。

【請求項27】

前記ポンピング源は、レーザポンピングダイオードを有し、前記第1のレーザ出力及び前記第2のレーザ出力は、前記レーザポンピングダイオードに供給される電流レベルに応じて変化する出力レベルを有しており、かつ前記レーザポンピングダイオードは、電流により発生する該ポンピングダイオードの熱負荷により決定される制限を有しており、これによって、前記第1の時間インターバルの最初から前記第3の時間インターバルの最後まで、前記レーザポンピングダイオードより前記レーザ媒体に供給されるポンピン

10

20

30

40

50

グ出力量が制限され、これによって、前記第2の時間インターバルの間に供給される前記第2の電流レベルによって、前記第1及び第3の時間インターバルのそれぞれの間に供給される前記第1の電流レベルおよび前記第3の電流レベルを、前記第1の時間インターバルの最初から前記第3の時間インターバルの最後までに相当するCW時間インターバルの間に、レーザポンピングダイオードを連続動作させた場合に供給できる最大CW電流レベルを超えるようにすることができ、これによって、所定のパルス繰り返し速度における前記第1のレーザ出力および前記第2のレーザ出力の出力パワーレベルは、前記固体レーザ媒体がポンピングダイオードにより、前記最大CW電流レベルで所定のパルス繰り返し速度でポンプされる一定かつ連続的な動作条件下で供給される出力である最大CWポンプレーザ出力のパワーレベルを超えるようにする請求項26記載の方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願

本特許出願は、2001年3月12日に提出した米国仮特許申請No. 60/275,246号を基礎とした優先権を主張するものである。

【0002】

著作権表示

(c) Electro Scientific Industries, Inc. 本特許ドキュメントの開示部分には著作権保護の対象となるものが含まれている。当該著作権者は、本特許ドキュメントが特許商標庁の特許ファイルまたは記録に存在するため、だれもが本特許ドキュメントまたは特許の開示部分をファクシミリにより複製することに異論はない。しかし、米国特許法施行規則1.71条(d)項において全ての著作権を保有する。

20

【0003】

技術分野

本発明は、ダイオードポンプ式固体レーザに関し、特に、回路基板にピア(導電貫通孔)を形成するために用いる準CWダイオードポンプ式固体UVレーザシステム及びこれらを用いる処理方法に関するものである。

【背景技術】

30

【0004】

電子デバイスやプリント回路基板(PCB)のような加工物の目標箇所⁽¹⁾にポイントツウポイントでピアを形成するために、種々のタイプのレーザシステムが使用されている。以下に、一例としてダイオードポンピング式固体紫外線(UV)レーザシステム及び目標加工物を用いて説明するが、その説明は発明の範囲を限定するものと考えべきではない。

【0005】

光波エレクトロニクス(Light Wave Electronics(LWE))のモデル210レーザを含むエレクトロサイエンティフィックインダストリー社(Electro Scientific Industries, Inc.(ESI))のモデル5200のような音響光学(A-O)Qスイッチ連続波(CW)ダイオードポンプ式(DP)固体(SS)レーザシステムを用いてピアを形成する場合、一つのポンピングダイオードまたは複数のポンピングダイオードは連続して動作し続ける。位置決めシステムを加工物の新たな目標箇所⁽²⁾に向けるときはいつでもQスイッチを閉成することにより、レーザ放出を抑制する。位置決めシステムが新たな目標箇所⁽³⁾に整列した後は、予定した繰り返し速度でQスイッチを開放することにより、レーザシステムによって、一つのまたはそれ以上のレーザパルスを含むレーザ出力を発生させる。

40

【0006】

LWEモデル210は、2つの20ワット(W)のCWダイオードを用いてポンピングさせ、10KHzの繰り返し速度で3WのUV出力パワーを発生させる。ダイオードへのCWポンピング電流は、ダイオードの熱負荷により制限される。より強いUV出力パワー

50

を保証するアプリケーションの場合は、2つの30Wのダイオードレーザーまたは4つの20Wダイオードレーザーのように、より多くのダイオードまたはより大きい電流/パワーのダイオードを用いなければならない。その設計では、約8WのUV出力パワーを期待することができる。しかしながら、より高いポンピングパワーを用いると、固体レーザー媒質の熱負荷が増加する。レーザー媒質が熱的に過負荷になると、ダイオードを永久に損傷し、またはレーザービームの品質を大幅に低下させ、利用可能なパワーが制限される。このような制限により、レーザーシステムの設計及び製造に重大な技術課題が課せられている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0007】

一方、パルスポンピングや準CWポンピングのような他のポンピング法がレーザー設計に利用可能である。早期バージョンのラムダフィジクス(Lambda Physics)のUV“Gator”モデルのような電気光学(E-O)QスイッチパルスDPSSUVレーザーは、より高いレーザーパルスパワーを出力するが、低パルス繰り返し速度で出力する。各ポンピングパルスにおいて、一つのUVレーザーパルスのみが発生する。そのポンピング継続時間は数百マイクロ秒(μs)に制限されるから、レーザー出力パルスの繰り返し速度は通常2kHz以下に制限される。このポンピング法は、ピア形成の効率(スループット)に悪影響を及ぼすから、ピア形成用には適していない。

なお、ここに云う「ピア形成の効率(スループット)」とは、ピア形成の生産高、あるいは生産能率(効率)のことであり、本願の場合では、ピア形成のための所要時間を云う作業時間の短いほど効率が高くなる。

20

【0008】

伝統的な準CWポンピングはパルスポンピングに似ているが、ピークポンピングパワーが低く、ポンピング継続時間が長い。このポンピング法は、約1~2kHzのポンピング繰り返し速度を呈することができ、そのポンピング継続時間は、使用されるダイオードにおける繰り返し速度及びデューティサイクルに基づいて数百 μs から数百ミリ秒(ms)にすることができる。このポンピング法では、ポンピングがオフのときはいつでもダイオードが“休(rest)”する(及び熱負荷が減少又は止まる)から、CWポンピングよりも高いレベルでポンピングすることができる。従って、レーザー出力パワーは、ポンピング時間期間の間、比較可能なCWポンプレーザーのパワーに比べてより高くすることができる。レーザー出力は、1個又は複数のダイオードに対する電流を調節することにより制御される。しかしながら、このポンピング法のポンピング繰り返し速度には依然として重大な欠点がある。準CWポンピングにおける通常用途には、レーザー接合及びレーザー溶接のように、長いレーザーパルス幅及び適度のピークパワーを利用するものが含まれる。

30

【0009】

従って、ピア形成スループットを増加させるために、より高いパワーとより速い繰り返し速度の両方を促進するポンピング法を含むレーザーシステムが望ましい。

【0010】

通常のUVレーザーピア形成システムは、標準の周波数変換法を用いてIR領域のレーザーの基本波長をUVに変換する。このようなシステムには、高UVパワー及び高パルス繰り返し速度を用いて、高スループットのピア形成を実現するのが好適である。従って、A-OQスイッチDPSSレーザーシステムは、今まではピア形成のために好適とされていた。

40

【0011】

市販の所望されるシステムは、むしろより高いUVパワーを選ぶことにより、ピア形成時間を減少させるか、または銅またはFR4のような幾らか“ピア形成のために困難な”材料にピアを形成するのに好適であった。従って、高パルス繰り返し速度(数kHzから数十kHz)での高UV出力パワー(5Wから15W)が好適とされていた。

【0012】

市販のシステムとして有用であるためにも、例えばPCBへのピア形成には、1秒当り

50

300ピアから400個のピアを形成可能なレーザシステムが必要である。従って、レーザ位置決めシステムは、毎秒300から400の新たな場所に動かさなければならない。一般に、レーザシステムは1つのピア形成のために1msよりも短い時間を要するが、場合によっては次のピア形成のために新たな場所に動かすのに1msよりも長い時間を要する。このため、レーザのON時間はレーザのOFF時間よりも実際は短く、これがレーザの使用効率をかなり悪くしている。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明は、準CWポンピングのタイミングを同期させて、位置決めシステムが1つの目標箇所から次の目標箇所に移動する間はポンピングをやめるか、または低減させ、ピアを形成している間はCWポンプレベルを超えるようにポンピングレベルを増大させる準CWダイオードまたはランプポンプA-OQスイッチ固体UVレーザを提供する。従って、レーザ媒質への平均ポンピングパワー及びポンピングダイオードの熱負荷は通常利用可能なレーザダイオードの通常のCWポンピングと同じであるが、ピア形成のために利用可能なUVパワーは高くなる。準CWポンピング電流プロフィールも変更して、好適なUVパルス振幅のプロフィールを実現することができる。

10

【0014】

このような準CWダイオードまたはランプポンプ式A-OQスイッチ固体UVレーザは新規であり、ビームスキャンニングとの準CWポンプの同期化も新規であり、このようなピア形成のためのレーザシステムの使用方法も新規である。

20

【0015】

本発明の追加の目的及び利点は、添付図面を参照して説明する以下の好適実施例の詳細な説明から明らかである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

図1は、高スループットレートでピアを形成するための、同期をとって目標物を定めポンピングし、且つレーザ照射する準CWダイオードポンプ式A-OQスイッチ固体UVレーザシステム10の好適実施例を簡易化した概略図である。図1を参照するに、レーザシステム10のレーザ共振器12には、側面からレーザ媒質16をポンピングするダイオード14を一緒に示している。しかしながら、当業者にとっては、共振器12を折り曲げることができ、ポンピング法を“エンドポンピング(end-pumping)”とすることができ、またレーザシステム10に他の可能な周知の構成を用いることができることは明らかである。模範的なダイオード14には、カリフォルニア、サンジョセ所在のSDL社により販売されているモデルSDL-3200シリーズの100W準CWアレイ及び960W高能率スタックアレイが含まれるが、これらに限定されるものではない。模範的な固体レーザ媒質(16)には、YAG、YLF及びYVO₄の組成を有するレーザ媒質が含まれる。共振器12は、IR-反射ミラー18とUV(第3高調波)透過出力カプラ20との間に、光軸22に沿って音響光学(A-O)Qスイッチ24、イントラキャピティ周波数変換用の周波数2倍器26及び周波数3倍器28も有する。周波数変換を共振器12の外部で行うことができることは当業者に明らかである。

30

40

【0017】

図2A及び2B(まとめて図2)は、それぞれ、準CWポンピングダイオード電流パルスすなわちインターバル50a, 50b及び50c(総称して電流インターバル50)の模範的な波形の簡易グラフ図、及び図2Aに示した準CWポンピングダイオード電流波形に重ねた模範的なA-OQスイッチレーザパルス60a, 60b及び60c(総称してレーザパルス60)の模範的な波形の簡易グラフ図である。図1及び2を参照するに、レーザシステムの動作は、レーザシステム10が加工物30の第1目標箇所31に一つのピアを造り終えると、中央処理装置(CPU)32が電源34を制御することにより、ダイオードのポンピングを停止するか(ダイオード電流をゼロにするか)、または予定した低電流レベルにダイオードのポンピングを低下させるように同期がとられる。模範的な電源3

50

4 には、一般に $10 \mu s$ の電流遷移時間を有する $10 - 15$ アンペアの CW レーザダイオードドライバ用のモデル S D L - 8 2 0、約 50 アンペアの CW レーザドライバ用のモデル S D L - 8 3 0 または約 150 アンペアピークの準 CW レーザダイオードアレイドライバ用のモデル S D L 9 2 8 が含まれるが、これらに限定されるものではない。これらはいずれもカリフォルニア、サンジョセ所在の S D L 社が販売している。

【 0 0 1 8 】

次に、位置決めシステム 3 6 は、ビーム出力位置を新たな目標箇所 3 1 に移動させる。 ビーム位置決めシステム 3 6 は、好ましくは並進移動ステージポジションを含み、このポジションは、同一の加工物 3 0 または異なる加工物 3 0 における目標箇所 3 1 間で、迅速に動かすことができる少なくとも 2 つの直交ステージを用いる。 好適実施例では、並進移動ステージポジションは、Y ステージが加工物 3 0 を移動させ、X ステージが高速ビームポジション及び関連する集束レンズ（複数のレンズ）を移動させる分割軸（split-axis）システムとする。 X ステージと Y ステージとの間の Z 軸方向の大きさも調整可能にすることができる。位置決めミラーによって、レーザ共振器 1 2 と高速ビームポジションとの間の光路 2 2 を数回にわたって調整する。 例えば、高速ビームポジションには、高分解能リニアモータ及び/または一組のガルバノメータを用いることができ、そのモータ及び/またはミラーは、与えられたテストまたは設計データに基づいて固有の処理操作または繰り返しの処理操作を行うことができる。 ステージ及びポジションは、個別に制御されて移動し、または互いに移動するように調整することができる。

【 0 0 1 9 】

ビーム位置決めシステム 3 6 は通常の見覚によるか、またはビームを用いて整列システムを動作させることができ、この整列システムは、対物レンズを介して、または別個のカメラでのオフアキシスで動作する。 このような整列システムは当業者にとって周知である。 一実施例では、エレクトロサイエンティフィックインダストリ社により販売されている位置決めシステム 3 6 におけるフリーライブラリソフトウェアを使用する H R V X ビジョンボックスを用いて、レーザ共振器 1 2 と加工物 3 0 の目標箇所 3 1 との間を整列させる。 他の好適な整列システムも市販されている。

【 0 0 2 0 】

さらに、ビーム位置決めシステム 3 6 は、好ましくは非接触型の少変位センサーを用いて、リニアスケールエンコーダまたはレーザ干渉計のようなオンアキシスの位置指示器によって指示されないステージのピッチ、揺れまたは回転によるアップエラーを決定する。アップエラー訂正システムは正確な参考基準値に対して較正することができるから、その訂正は、センサーの読み取り時の小さな変化を検知することのみに依存し、センサーの絶対精度での読み取りには依存しない。 このようなアップエラー訂正システムは、2001年7月19日に公開された国際公開番号 No. WO 0 1 / 5 2 0 0 4 A 1 及び 2001年10月18日に公開された米国公開公報 No. 2 0 0 1 - 0 0 2 9 6 7 4 A 1 に詳細に説明されている。 それに対応するカトラー（Cutler）による米国特許出願 No. 0 9 / 7 5 5 , 9 5 0 の開示部分に関連する部分も参考までにここに含める。

【 0 0 2 1 】

位置決めシステム 3 6 の多くの変形例が当業者に周知であり、位置決めシステム 3 6 のいくつかの実施例が、カトラー等による米国特許 No. 5 , 7 5 1 , 5 8 5 に詳細に説明されている。オレゴンのポートランドに所在するエレクトロサイエンティフィックインダストリ社から市販されている E S I モデル 5 3 2 0 マイクロピアドリリングシステム（microvia drilling system）は、位置決めシステム 3 6 を遂行するのに好適であり、これは電子産業用の樹脂をコートとした銅パッケージにレーザで穴をあけるのに使用されてきた。 モデルシリーズ番号 $27 \times \times$, $43 \times \times$, $44 \times \times$ または $53 \times \times$ のような、オレゴンのポートランド所在のエレクトロサイエンティフィックインダストリー社により製造された他の好ましい位置決めシステムも用いることができる。加工物の位置決めをするための単一の X - Y ステージ並びにビームの位置決めを行うための同定ビーム位置決め及び/または静止ガルバノメータを有するシステムを用いることもでき

ることは当業者に明らかである。このようなシステムは、UVレーザシステムの集束した出力パルス40を高速でダイナミックに位置決めして、周期的または非周期的な広範囲の有用なパターンを発生させるツールパス(tool path)ファイルを利用すべくプログラムすることができることを当該技術分野の当業者は認識している。

【0022】

CPU32は、位置決めシステム36が新たなすなわち第2の目標箇所31に到達したとき、またはほぼ到達したとき、或いは予定した時間インターバルの経過後及びダイオードのポンピングが抑制または低下した際のいずれかの時点に、ダイオード14に電流を供給するか、または電流を増加させる。CPU32は、Qスイッチコントロール38にQスイッチ24を開放するよう指示し、予定した繰り返し速度で第2のピアをあけるまでレーザパルス60を出射させる。

10

【0023】

ポンピング電流インターバル50のプロフィールは、準CWポンピングの中のレーザパルス60のピークパワーのプロフィールの形状を、ポンピング期間中低から高へ(図2Aに示した)または高から低へ平坦となるように制御すべく調節することができる。さらに、電流プロフィールは種々の振幅を有するように調整することができ、例えば、所要に応じ、金属層にピアを形成するために高ピークパワーを用いたり、誘電体層にピアを形成するために低ピークパワーを用いたりすることができる。同様に、電流ポンピングインターバル50の時間周期は、大きい径のピアには電流インターバル50を長くするように、処理すべきピアのサイズ、深さ及び材料に適合するように調整することができる。図2A及び2Bは、必ずしも必要でないが、デューティサイクルを同じに維持しながら、レーザシステム10が電流ポンピングインターバル50の期間を変化させ、且つ電流ポンピングインターバル50の間の期間を変化させることができることを示している。しかしながら、デューティサイクルは、レーザ出力プロフィールのために所望される場合は、同様に変更することができる。

20

【0024】

準CWポンピング繰り返し速度は、容易に2kHzの速さにすることができる。レーザポンピングダイオード14及び/またはレーザ媒質16に対する平均熱負荷がほぼ一定でありまたは熱損傷レベル以下である限り、準CWポンピングの間の時間周期は一定でなくてもよい。

30

【0025】

一実施例では、CWポンプ式5WのUVレーザシステム10におけるダイオード14及び電源34は、様々な電流ポンピングを行うために変更させる。その結果、レーザシステム10は、500Hzにおいて2対1のデューティサイクルで動作することができる。ダイオード14は、別の1msの間にこれらのダイオードが停止する前の1msの期間レーザ媒質16をポンピングする。従って、ポンピング期間中に、(ダイオード14及びレーザ媒質16の平均熱負荷に悪影響を及ぼすことなく)大きさが約2倍の電流をダイオード14に供給することができる。従って、この1msのポンピング期間中のレーザパワーは、(特に非線型周波数変換後の)匹敵し得るCWポンプレーザによるパワーの2倍以上になり得る。レーザ共振器12に使用されるA-OQスイッチ24は、例えば10kHzまたは50kHzまでの予定した繰り返し速度でレーザパルス60を出射すべく繰り返し切り換わる。

40

【0026】

加工物30は、例えば、ICチップパッケージ、MCM、キャパシタ、回路基板、抵抗、ハイブリッドマイクロ回路または半導体マイクロ回路とすることができる。便宜上、4層のみを有する加工物について以下に説明する。最上部及び底部の導電層は、例えば、アルミニウム、銅、金、モリブデン、ニッケル、パラジウム、プラチウム、銀、チタニウム、タングステン、金属窒化物、またはこれらの組み合わせのような標準の金属を含有することができ、通常の金属層の厚さは、一般に9-36µmの間で変えられるが、その厚さはもっと薄くしたり、厚くしたりすることができる。これらの導電層は一般に同じ材料で

50

造られる。

【 0 0 2 7 】

誘電性基質または誘電体層は導電層の間に挟まれており、例えば、ベンゾシクロブタン（BCB）、ビスマレイミドトリアジン（BT）、厚紙、シアナートエステル、エポキシ、フェノール、ポリノミド、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）、様々なポリマーアロイまたはその組み合わせのような標準の有機誘電物質を含有することができる。通常の有機誘電体層の厚さはかなり変えることができるが、一般に金属層よりも厚くする。有機誘電体層の模範的な厚さの範囲は約30 - 400 μmである。

【 0 0 2 8 】

誘電体層は、例えばアラミドファイバー、セラミックス、または有機誘電体物質に織り込まれまたは分散したガラスのファイバーマットまたは分散粒子を含むことができる標準の強化成分を含むようにすることもできる。通常強化成分は、一般に大きさが約1 - 10 μmの個々のフィラメントまたは粒子、及び/または10 μmから数百マイクロメートルに織り込んだ束とする。当業者には、強化成分を粉体として有機誘電体に導入することができ、それは非連続及び一様でなくてもよいことは明らかである。このような複合または補強誘電体層は、一般に非強化誘電体層を除去するために必要とされるパワーよりも、より高いパワーのレーザー処理を必要とする。当業者には、これらの様々な層が内部的に非連続で、一様でなく、一様な高さにならないことも明らかである。金属、誘電体及び強化材料から成るいくつかの層を有する積層体は2 mmよりも厚くすることができる。

【 0 0 2 9 】

ビアの直径は好ましくは25 - 300 μmの範囲であるが、レーザーシステム10は約5 - 20 μmの小さな径または1 mmよりも大きな径を有するビアを形成することができる。レーザーパルス60により好適に除去するスポットサイズの径は約25 - 75 μmであるから、25 μmよりも大きなビアを、穿孔処理、同心円処理またはスパイラル処理により形成することができる。当業者には、ビアを正方形、長方形、楕円形、溝孔のような形または他の表面形状のような非円形状にすることもできることは明らかである。

【 0 0 3 0 】

貫通孔のビアは、加工物30の全ての層及び材料を清浄にかつ均一に貫通し、好ましくはビアの最上部からビアの底部まで無視できるテーパを形成する。ブラインドビアは、全ての層及び材料を貫通せず、一般に下部の導電層または底部の導電層で停止する。下部の導電層または底部の導電層が最上部の金属層と同じ金属成分で構成されていても、レーザーのパラメータを適切に選択することにより、下部の導電層または底部の導電層に影響しないようにすることができる。

【 0 0 3 1 】

レーザー出力40のパラメータは、UV光または可視光に対して異なる光吸収特性、除去スレッショールドまたは他の特性を呈する様々な金属ターゲット、誘電体ターゲット及び他の材料のターゲットにおいて、極めて清浄でシーケンシャルな孔あけ、すなわちビア形成を容易にするために選択する。レーザーシステム出力40のパラメータは、加工面で測定される約120 μJよりも大きいパルス当たりの平均エネルギー、好ましくは200 μJよりも大きい平均エネルギーを含み、約50 μmよりも小さいスポットサイズの径すなわち空間主軸、好ましくは約1 - 50 μmの径を含み、約1 kHzよりも高い繰り返し速度、好ましくは約5 kHzよりも高い速度、最も好ましくは20 kHzよりも高い繰り返し周波数を含み、好ましくは約190 - 532 nmの間の波長、最も好ましくは約250 nmと400 nmとの間の波長を含む。特に好ましい波長は、1064 nm、532 nm、349 nmまたは266 nmを含むが、これらの波長に限定されるものではない。

【 0 0 3 2 】

レーザー出力40の好適なパラメータは、試みとして、約150 nsよりも短い時間パルス幅、好ましくは約40 - 90 nsまたはそれよりも短い時間パルス幅を用いることにより熱損傷の影響を回避するように選択する。当業者には、レーザーパルス60のスポットエリアは一般に円形とするが、多少楕円形にすることもできることは明らかである。好適な

10

20

30

40

50

UVレーザのピア形成パラメータについては、米国特許No. 5,593,606及びNo. 5,841,099の明細書に開示されている。

【0033】

ブラインドピア及び特に大きい径のブラインドピアは、好ましくは2工程のプロセスによって形成する。第1工程では、全ての目標箇所の導電層を除去し、第2工程の間に、全ての目標箇所の誘電体層を、導電層のアブレーション閾値以下のレーザ出力作用で除去する。全ての目標箇所の最上部の導電層を除去した後、レーザスポットをデフォーカスすることにより、及び/または繰り返し速度を速めることにより並びにレーザポンピングダイオード14への電流を減少させることにより、第2工程の間のレーザ出力作用を低下させることができる。

10

【0034】

当業者にとっては、ブラインドピアを単一工程のプロセスで形成することもできることは明らかである。この単一工程のプロセスでは、位置決めシステム36がその次の目標箇所31に移動する前に、各目標物の導電層及び誘電体層の両層を除去する。単一工程のプロセスは、より小さな径のピアを形成するのに適している。単一のパスプロセスにおいて、レーザパルス60が誘電体層を除去し始めるときに、かなり強い作用を維持することがさらに有効である。しかし、レーザパルス60が誘電体層を除去して底部の導電層を露出させることにより底部の導電層がレーザ出力40から熱を吸収するから、底部の導電層への損傷は影響度を弱めることによって減じられる。従って、誘電体層を除去する間にレーザスポットを徐々にデフォーカスするかまたはポンピング電流を徐々に低下させることによって、誘電体層の除去期間中に一定の単一のパワーで除去する場合よりも高速に有効に除去され、且つ底部金属層が一層良好に保護されることになる。ピア形成プロセス用のこれらの及び他のレーザ出力の概略技術は、米国特許出願No. 09/823,922及び2001年11月29日に公開された米国特許公開No. US2001-0045419に詳細に説明されている。米国特許出願No. 09/823,922の詳細な説明及び図面も参考としてここに含める。

20

【0035】

本発明の本質から逸脱しない限りにおいて、上述した本発明の実施例の詳細部分に多くの変更がなされることは、当該技術分野の当業者にとって明らかである。従って、本発明の範囲は、特許請求の範囲によってのみ特定されるものである。

30

【図面の簡単な説明】

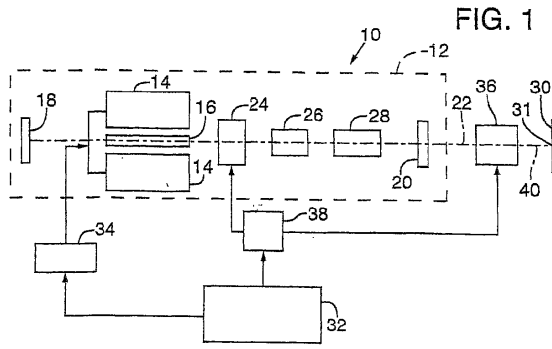
【0036】

【図1】イントラキャパティ3倍周波数変換を行う準CWダイオードポンプ式A-OQスイッチレーザの一実施例の簡易化概略図である。

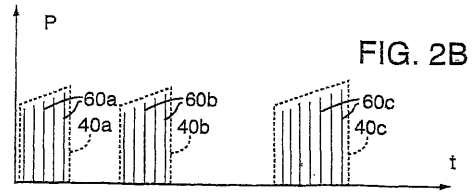
【図2A】準CWポンピングダイオード電流の模範的な波形の簡易グラフ図である。

【図2B】図2Aに示した準ポンピングダイオード電流に重ねた模範的なA-OQスイッチレーザパルスの簡易グラフ図である。

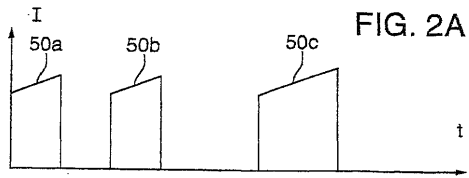
【 図 1 】



【 図 2 B 】



【 図 2 A 】



フロントページの続き

- (72)発明者 リチャード エス ハリス
アメリカ合衆国 オレゴン州 97229 ポートランド エヌダブリュー キャンターウッド
ウェイ 16155
- (72)発明者 ユンロン サン
アメリカ合衆国 オレゴン州 97007 ビーバートン エヌダブリュー 第194 テラス
7679

審査官 松本 公一

- (56)参考文献 特開平11-267867(JP,A)
特開平09-163984(JP,A)
国際公開第98/053949(WO,A1)
特開2000-246468(JP,A)
特開昭60-012292(JP,A)
特開平05-029693(JP,A)
特表平05-500332(JP,A)
特開2000-301372(JP,A)
特開2001-008942(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B23K 26/00- 26/42