

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第2部門第2区分

【発行日】平成17年12月22日(2005.12.22)

【公表番号】特表2004-528984(P2004-528984A)

【公表日】平成16年9月24日(2004.9.24)

【年通号数】公開・登録公報2004-037

【出願番号】特願2002-572515(P2002-572515)

【国際特許分類第7版】

B 2 3 K 26/00

// B 2 3 K 101:42

【F I】

B 2 3 K 26/00 3 3 0

B 2 3 K 101:42

【手続補正書】

【提出日】平成17年1月5日(2005.1.5)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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、レーザポンピングダイオードと固体レーザを用い、前記レーザポンピングダイオードは、拡張時間周期の期間中に前記固体レーザに供給できるポンピングパワーの量を制限する電流誘導累積ポンピング能力を有し、

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の高い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、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低電流またはゼロ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、前記低電流またはゼロの電流レベルは前記第1の高い電流レベル以下とし、

前記加工物上の第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、

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の高い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2の高い電流レベルは前記低電流またはゼロ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、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のレーザ出力を第2の目標箇所に照射して、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の高い電流レベル及び第2の高い電流レベルで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で発生し、

前記低電流またはゼロの電流レベルで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で発生し、

前記ビームポジショナが、第2の時間インターバルの間に第1の目標箇所から第2の目標箇所に出力位置を変更し、

前記第1のレーザ出力及び第2のレーザ出力が、レーザポンピングダイオードに供給される電流の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、第1の時間インターバルから第3の時間インターバルまでの間に、当該レーザダイオードから固体レーザに供給され得るポンピングパワーの量を制限する電流誘導累積ポンピング能力を有し、

前記第2の時間インターバルの間に供給される低電流またはゼロの電流レベルにより、前記第1の時間インターバルの間及び第3の時間インターバルの間に第1の高いレベルの電流と第2の高いレベルの電流のうちの少なくとも一の電流を供給することができ、前記第1の時間インターバルから第3の時間インターバルに等しいCW時間インターバルの間に前記レーザダーオードの最大CW電流レベルを超えることができ、

所定のパルス繰り返し速度における前記第1のレーザ出力及び第2のレーザ出力の出力パワーレベルの少なくとも一のレベルが、最大CW電流レベルでレーザポンピングダイオードによりポンピングされた際の前記所定のパルス繰り返し速度での固体レーザの最大CW - ポンプレーザ出力のレベルを超えるようにする、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関数として変化するビア形成スループットを有し、当該ビア形成スループットは、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最大CW - ポンプレーザのビア形成スループット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の高い電流レベルまたは第2の高い電流レベルを、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の間及び第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の時間インターバルの間及び第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の時間インターバル及び第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9】

前記第1の時間インターバルの間及び第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8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8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1の高い電流レベル及び第2の高い電流レベルで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発生し、

前記低電流またはゼロの電流レベルで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発生し、

前記ビームポジショナが第2の時間インターバルの間に、第1の目標箇所から第2の目標箇所に出力位置を変更し、

前記第1の時間インターバル及び第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12】

前記第1の時間インターバルの間及び第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11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の時間インターバルの間及び第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11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の高い電流レベル及び第2の高い電流レベルで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発生し、

前記低電流またはゼロの電流レベルで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ナが、第2の時間インターバルの間に第1の目標箇所から第2の目標箇所に出力位置を変更し、

前記第1の時間インターバル及び第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15】

前記第1の時間インターバルの間及び第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14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の時間インターバルの間及び第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】

前記低電流レベルは、電流をほとんど含まないレベルとする、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18】

前記低電流レベルは、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】

前記低電流レベルは、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の高い電流レベル及び第2の高い電流レベルで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、

前記低電流またはゼロの電流レベルで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ナが、第2の時間インターバルの間に第1の目標箇所から第2の目標箇所に出力位置を変更し、

前記第1の高い電流レベル及び第2の高い電流レベルを、それぞれ前記第1の時間インターバルの間及び第3の時間インターバルの間ににおける少なくとも第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21】

前記第1の電流レベル値及び第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20に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

【請求項22】

前記第1の電流レベル値を第2の電流レベル値よりも高くし、第1の電流レベル値を目標箇所の金属層を処理している間に適用し、第2の電流レベル値を目標箇所の誘電体層を処理している間に適用する、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23】

前記第1の高い電流レベル及び第2の高い電流レベルを、それぞれ前記第1の時間インターバルの間及び第3の時間インターバルの間ににおける少なくとも第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24】

前記第1の電流レベル値及び第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23に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

#### 【請求項25】

前記第1の電流レベル値を第2の電流レベル値よりも高くし、第1の電流レベル値を目標箇所の金属層を処理している間に適用し、第2の電流レベル値を目標箇所の誘電体層を処理している間に適用する、請求項23に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

#### 【請求項26】

前記Qスイッチは20kHzよりも速い繰り返し速度でレーザパルスを発生する、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27】

前記Qスイッチは20kHzよりも速い繰り返し速度でレーザパルスを発生する、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28】

前記第1のレーザ出力及び第2のレーザ出力の波長は約400nmよりも短く構成する、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29】

前記第1のレーザ出力及び第2のレーザ出力の波長は約400nmよりも短く構成する、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30】

前記第1のレーザ出力及び第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YVO<sub>4</sub>により放射される高調波の波長を含む、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31】

前記第1のレーザ出力及び第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YVO<sub>4</sub>により放射される高調波の波長を含む、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32】

前記第1の高い電流レベル及び第2の高い電流レベルで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、

前記低電流またはゼロの電流レベルで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ナが、第2の時間インターバルの間に第1の目標箇所から第2の目標箇所に出力位置を変更し、

前記ビームポジショナが、第3の時間インターバル後であって、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、第2の目標箇所から第3の別の目標箇所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、第4の時間インターバルの間に第2の低電流またはゼロのレベルの電流を供給する、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 3】**

前記第1の高い電流レベル及び第2の高い電流レベルで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、

前記低電流またはゼロの電流レベルで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ナが、第2の時間インターバルの間に第1の目標箇所から第2の目標箇所に出力位置を変更し、

前記ビームポジショナが、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、第2の目標箇所から第3の別の目標箇所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、第4の時間インターバルの間に第2の低電流またはゼロのレベルの電流を供給する、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 3 4】**

前記低電流レベルと第2の低電流レベルを異なるレベルとする、請求項3 2に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

**【請求項 3 5】**

前記低電流レベルと第2の低電流レベルを異なるレベルとする、請求項3 3に記載のレーザシステムを用いた加工方法。

**【請求項 3 6】**

1つの目標層よりも多い層を介するビアを、二重工程の動作により形成する、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 3 7】**

1つの目標層よりも多い層を介するビアを、単一工程の動作により形成する、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 3 8】**

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第3の時間インターバルの間に、高い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、少なくとも2 kHzの繰り返し速度で低電流またはゼロのレベルの電流を供給する可変制御可能な電源と、

前記第1の時間インターバルの間及び第3の時間インターバルの間に、第1のレーザ出力及び第2のレーザ出力の各々に少なくとも2つのレーザパルスを供給す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第1の目標箇所から第2の目標箇所に出力位置を変更するビームポジショナと、

前記電源が、第1のレーザ出力及び第2のレーザ出力が発生する際の第1の時間インターバルの間及び第3の時間インターバルの間に高いレベルの電流を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第2の時間インターバルの間に低電流またはゼロのレベルの電流を供給するように、前記ビームポジショニングシステム、電源及び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、を具えるレーザシステム。

**【請求項 3 9】**

前記第1のレーザ出力及び第2のレーザ出力は、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パワーレベルを有し、

前記レーザポンピングダイオードは、第1の時間インターバルから第3の時間インターバルまでの間に、当該レーザポンピングダイオードから固体レーザに供給され得るポンピングパワーの量を制限する電流誘導累積ポンピング能力を有して、

前記第2の時間インターバルの間に供給される低電流またはゼロの電流レベルによって、前記第1の時間インターバルの間及び第3の時間インターバルの間に供給される高いレベルの電流を、前記第1の時間インターバルから第3の時間インターバルに等しいCW時間インターバルの間ににおける前記レーザダイオードの最大CW電流レベル以上とし、

所定のパルス繰り返し速度における前記第1のレーザ出力及び第2のレーザ出力のパワーレベルが、最大CW電流レベルでレーザポンピングダイオードによりポンピングされた際の前記所定のパルス繰り返し速度におけるレーザ媒質の最大CW-ポンプレーザ出力のパワーレベル以上となるようにした、請求項38に記載のレーザシステム。

#### 【請求項40】

前記レーザシステムは、レーザ出力のパワーレベルの関数として変化するビア形成スループットを有し、当該ビア形成スループットは、前記最大CW-ポンプレーザ出力で動作するときに、当該レーザシステムの最大CW-ポンプレーザのビア形成スループットを超える、請求項39に記載のレーザシステム。

#### 【請求項41】

前記第1の時間インターバル及び第3の時間インターバルを等しい時間量とする、請求項38に記載のレーザシステム。

#### 【請求項42】

前記第1の時間インターバル及び第3の時間インターバルを異なる時間量とする、請求項38に記載のレーザシステム。

#### 【請求項43】

前記第1の時間インターバルの間及び第3の時間インターバルの間に供給される高いレベルの電流を等しい電流量とする、請求項38に記載のレーザシステム。

#### 【請求項44】

前記第1の時間インターバルの間に供給される高いレベルの電流は、前記第3の時間インターバルの間に供給される高いレベルの電流と異なる、請求項38に記載のレーザシステム。

#### 【請求項45】

前記低電流レベルは、電流をほとんど含まないレベルとする、請求項38に記載のレーザシステム。

#### 【請求項46】

前記高いレベルの電流は、第1の時間インターバルの間及び第3の時間インターバルの間に、それぞれ少なくとも第1の電流レベル値及びそれと異なる第2の電流レベル値を有する、請求項38に記載のレーザシステム。

#### 【請求項47】

前記第1の電流レベル値及び第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46に記載のレーザシステム。

#### 【請求項48】

前記第1の電流レベル値を第2の電流レベル値よりも高くし、第1の電流レベル値を目標箇所の金属層を処理している間に適用し、第2の電流レベル値を目標箇所の誘電体層を処理している間に適用する、請求項46に記載のレーザシステム。

#### 【請求項49】

前記レーザシステムは、レーザ出力のパワーレベルの関数として変化するビア形成スループットを有し、当該ビア形成スループットは、前記最大CW-ポンプレーザ出力で動作するときに、当該レーザシステムの最大CW-ポンピングレーザのビア形成スループットを超える、請求項39に記載のレーザシステム。

**【請求項 5 0】**

前記第1のレーザ出力及び第2のレーザ出力の波長は約400nmよりも短い波長とする、請求項38に記載のレーザシステム。

**【請求項 5 1】**

前記第1のレーザ出力及び第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YVO<sub>4</sub>により放射される高調波の波長を含む、請求項38に記載のレーザシステム。

**【請求項 5 2】**

前記ビームポジショナが、第2の時間インターバルの量と異なる時間の量である第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の別の目標箇所に出力位置を変更する、請求項38に記載のレーザシステム。

**【請求項 5 3】**

一つの層よりも多い層を介するビアを、单一工程の動作により形成する、請求項38に記載のレーザシステム。

**【請求項 5 4】**

一つの目標層よりも多い層を介するビアを、二重工程の動作により形成する、請求項38に記載のレーザシステム。

**【請求項 5 5】**

前記ビームポジショナが第2の時間インターバルの時間量と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の別の目標箇所に出力位置を変更し、

前記第1の時間インターバル及び第3の時間インターバルは異なる時間インターバルを成し、前記第1の時間インターバルの間に供給される高いレベルの電流は、第3の時間インターバルの間に供給される高いレベルの電流と異なる、請求項38に記載のレーザシステム。

**【請求項 5 6】**

前記レーザ出力は、固体レーザにより放射される高調波の基本波長を含み、

前記低レベル電流を零でない値とし、前記Qスイッチは20kHzよりも速い繰返し速度でレーザパルスを発生させる、請求項39に記載のレーザシステム。

**【手続補正2】**

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【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

【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。

## 【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、回路基板にビアを形成するため用いる準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】

## 【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にポイントツウポイントでビ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るべきではない。

## 【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ビアを形成する場合、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に整列した後には、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。

## 【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バーまたは4つの20Wダイオードレーザバーのように、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、固体レーザ媒質の熱負荷が増加する。レーザ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】

## 【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設計に利用可能である。早期バージョンのラムブダフィジクス(Lambda Physics)のUV“Gat or”モデルのような電気光学(E-O)QスイッチパルスDPS5 UVレーザは、より高いレーザ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セカンド(μs)に制限されるから、レーザ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、ビア形成のスループットに悪影響を及ぼすから、ビア形成用には適していない。

## 【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から数百ミリセカンド(m

s) 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ポンプレーザのパワーに比べてより高くすることができる。レーザ出力は、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の用途には、レーザ接合及びレーザ溶接のように、長いレーザ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。

#### 【0009】

従って、ビ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システムが望ましい。

#### 【0010】

通常のUVレーザビア形成システムは、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、高スループットのビア形成を実現するのが好適である。従って、A-OQスイッチDPS5レーザシステムは、今までビア形成のために好適とされていた。

#### 【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、ビ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“ビア形成のために困難な”材料にビ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へのビア形成には、1秒当たり300ビアから400個のビ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つのビア形成のために1msよりも短い時間を要するが、場合によっては次のビ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、ビ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、ビ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。

#### 【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、このようなビ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。

#### 【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ビ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

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 を参考するに、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)” とすることができる、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 YVO<sub>4</sub> 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) 透過出力カプラー 20 との間に、光軸 22 に沿って音響光学 (A-O) Qスイッチ 24、イントラキャビ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 の外部で行うことは当業者に明らかである。

#### 【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-O Q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 を参考するに、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 に一つのビアを造り終えると、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 34 には、一般に 10 μs 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SDL-820、約 50 アンペアの CW レーザドライバ用のモデルSDL-830 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SDL-928 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SDL社が販売している。

#### 【0018】

次に、位置決めシステム 36 は、ビーム出力位置を新たな目標箇所 31 に移動させる。ビーム位置決めシステム 36 は、好ましくは並進移動ステージポジショナを含み、このポジショナは、同一の加工物 30 または異なる加工物 30 における目標箇所 31 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ナは、Yステージが加工物 30 を移動させ、Xステージが高速ビームポジショナ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できる。位置決めミラーによって、レーザ共振器 12 と高速ビームポジショナとの間の光路 22 を数回にわたって調整する。例えば、高速ビームポジショナには、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ナは、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。

#### 【0019】

ビーム位置決めシステム 36 は通常の視覚によるか、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ァキシスで動作する。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 36 におけるフリーライブリソフトウェアを使用する HRVX ビジョンボックスを用いて、レーザ共振器 12 と加工物 30 の目標箇所 31 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。

## 【0020】

さらに、ビーム位置決めシステム36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ペエラーを決定する。アッペ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。このようなアッペ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. WO01/52004A1及び2001年10月18日に公開された米国公開公報No. 2001-0029674A1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. 09/755,950の開示部分に関連する部分も参考までにここに含める。

## 【0021】

位置決めシステム36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36のいくつかの実施例が、カトラー等による米国特許No. 5,751,585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ー社から市販されているESIモデル5320マイクロビアドリリングシステム(microvia drilling system)は、位置決めシステム36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してきた。モデルシリーズ番号27xx, 43xx, 44xxまたは53xx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が新たに第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のビアをあけるまでレーザパルス60を出射させる。

## 【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、金属層にビアを形成するために高ピークパワーを用いたり、誘電体層にビ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、大きい径のビアには電流インターバル50を長くするように、処理すべきビアのサイズ、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。

## 【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 C W ポンピングの間の時間周期は一定でなくともよい。

#### 【 0 0 2 5 】

一実施例では、 C W ポンプ式 5 W の U V 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、 500 Hz 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 1 ms の間にこれらのダイオードが停止する前の 1 ms 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 1 ms 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 C W 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 - O Q スイッチ 24 は、例えば 10 kHz または 50 kHz 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。

#### 【 0 0 2 6 】

加工物 30 は、例えば、 I C チップパッケージ、 M C M 、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ます。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、タンクステン、金属窒化物、またはこれらの組み合せのような標準の金属を含有することができる。通常の金属層の厚さは、一般に 9 - 36  $\mu m$  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 (B C B) 、ビスマレイミドトリアジン (B T) 、厚紙、シアナートエスチル、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 (P T F E) 、様々なポリマー、アロイまたはその組み合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  $\mu m$  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。通常の強化成分は、一般に大きさが約 1 - 10  $\mu m$  の個々のフィラメントまたは粒子、及び / または 10  $\mu m$  から数百ミクロン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  $\mu m$  の範囲であるが、レーザシステム 10 は約 5 - 20  $\mu m$  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  $\mu m$  であるから、 25  $\mu m$  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<sup>バ</sup>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、レーザのパラメータを適当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。

#### 【0031】

レーザ出力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 $120\mu\text{J}$ 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 $200\mu\text{J}$ よりも大きい平均エネルギーを含み、約 $50\mu\text{m}$ 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 $1-50\mu\text{m}$ の径を含み、約 $1\text{kHz}$ よりも高い繰り返し速度、好ましくは約 $5\text{kHz}$ よりも高い速度、最も好ましくは $20\text{kHz}$ よりも高い繰り返し周波数を含み、好ましくは約 $190-532\text{nm}$ の間の波長、最も好ましくは約 $250\text{nm}$ と $400\text{nm}$ との間の波長を含む。特に好ましい波長は、 $1064\text{nm}$ 、 $532\text{nm}$ 、 $349\text{nm}$ または $266\text{nm}$ を含むが、これらの波長に限定されるものではない。

#### 【0032】

レーザ出力40の好適なパラメータは、試みとして、約 $150\text{ns}$ よりも短い時間パルス幅、好ましくは約 $40-90\text{ns}$ 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、レーザパルス60のスポットエリアは一般に円形とするが、多少橢円形にすることもできることは明らかである。好適なUVレーザのビ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】

ブラインドビア及び特に大きい径のブラインドビアは、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に、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。

#### 【0034】

当業者にとっては、ブラインドビアを单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。この单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。单一工程のプロセスは、より小さな径のビアを形成するのに適している。单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单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。ビ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。

#### 【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。

【図面の簡単な説明】

【0036】

【図1】イントラキャビティ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。