

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2006-503713  
(P2006-503713A)

(43) 公表日 平成18年2月2日(2006.2.2)

| (51) Int. Cl.        | F I          | テーマコード (参考) |
|----------------------|--------------|-------------|
| B23K 26/04 (2006.01) | B23K 26/04 C | 4E068       |
| B23K 26/00 (2006.01) | B23K 26/00 M | 5F172       |
| B23K 26/08 (2006.01) | B23K 26/08 D |             |
| B23K 26/36 (2006.01) | B23K 26/36   |             |
| HO1S 3/00 (2006.01)  | HO1S 3/00 B  |             |

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 16 頁)

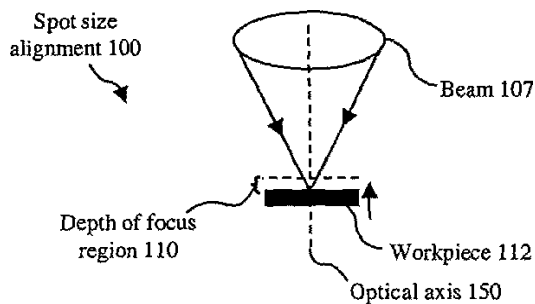
|  |  |
|--|--|
| (21) 出願番号 特願2005-505592 (P2005-505592) | (71) 出願人 000005821<br>松下電器産業株式会社<br>大阪府門真市大字門真1006番地 |
| (86) (22) 出願日 平成15年2月26日 (2003.2.26)   |  |
| (85) 翻訳文提出日 平成17年1月19日 (2005.1.19)     | (74) 代理人 100077931<br>弁理士 前田 弘                       |
| (86) 国際出願番号 PCT/US2003/005909          | (74) 代理人 100094134<br>弁理士 小山 廣毅                      |
| (87) 国際公開番号 W02004/011187              | (74) 代理人 100110939<br>弁理士 竹内 宏                       |
| (87) 国際公開日 平成16年2月5日 (2004.2.5)        | (74) 代理人 100110940<br>弁理士 嶋田 高久                      |
| (31) 優先権主張番号 60/398,469                | (74) 代理人 100113262<br>弁理士 竹内 祐二                      |
| (32) 優先日 平成14年7月25日 (2002.7.25)        | (74) 代理人 100115059<br>弁理士 今江 克実                      |
| (33) 優先権主張国 米国 (US)                    |  |
| (31) 優先権主張番号 10/266,999                |  |
| (32) 優先日 平成14年10月8日 (2002.10.8)        |  |
| (33) 優先権主張国 米国 (US)                    |  |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 連続して最適化される焦点深度を用いたレーザー孔開け装置および方法

(57) 【要約】

レーザー切削装置で焦点深度を調節する方法は、焦点面を有するレーザービーム(107)を生成する工程と、加工物(112)の表面が焦点面と交差する点でレーザービームに晒されるよう加工物(112)を焦点面上に位置付けする工程と、加工物と焦点面のうちの少なくとも一方の一部を調節することによって孔開け加工の間中、加工物(112)の露出面上で一定のアブレーション速度を維持する工程とを含む。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

レーザ孔開け装置と共に使用される焦点深度制御装置であって、  
焦点面を有するレーザビームと、  
表面が前記焦点面と交差する点で前記レーザビームに晒される加工物と、  
前記加工物と前記焦点面のうちの少なくとも一方の位置を調節することにより、孔開け加工の間中、前記加工物の前記露出面上で一定のアブレーション速度を維持するよう動作可能な制御モジュールとを備える装置。

## 【請求項 2】

前記加工物を支持するよう動作可能な可動ステージを備え、  
前記制御モジュールは前記可動ステージの位置を調節するよう動作可能である請求項 1 記載の装置。

10

## 【請求項 3】

前記制御モジュールは、前記レーザビームに対する前記加工物の材料のアブレーション速度の関数として前記可動ステージの位置を調節するよう動作可能である請求項 2 記載の装置。

## 【請求項 4】

前記制御モジュールは、前記孔開け加工の結果前記加工物に形成された形状の関数として前記可動ステージの位置を調節するよう動作可能である請求項 2 記載の装置。

## 【請求項 5】

前記制御モジュールは、前記孔開け加工の間、前記加工物に形状を形成するよう採用された工具経路の関数として前記可動ステージの位置を調節するよう動作可能である請求項 2 記載の装置。

20

## 【請求項 6】

前記制御モジュールは、前記孔開け加工の間、工具経路を用いて前記加工物に形状を形成するアルゴリズムの関数として前記可動ステージの位置を調節するよう動作可能な請求項 2 記載の装置。

## 【請求項 7】

前記制御モジュールは、  
前記レーザビームに対する前記加工物の材料のアブレーション速度と、  
前記孔開け加工の結果前記加工物に形成された形状と、  
前記孔開け加工の間、前記加工物に前記形状を形成するよう採用された工具経路と、  
前記孔開け加工の間、前記工具経路を用いて前記加工物に前記形状を形成するアルゴリズムとの関数として、  
前記可動ステージの位置を調節するよう動作可能な請求項 2 記載の装置。

30

## 【請求項 8】

前記工具経路は分析された所望の孔形状寸法に基づいている請求項 7 記載の装置。

## 【請求項 9】

前記制御モジュールは、  
前記レーザビームに対する前記加工物の材料のアブレーション速度と、  
前記孔開け加工の結果前記加工物に形成された形状との関数として、  
前記加工物と前記焦点面のうちの少なくとも一方の位置を調節するよう動作可能な請求項 1 記載の装置。

40

## 【請求項 10】

前記制御モジュールは、  
前記孔開け加工の間、前記加工物に前記形状を形成する工具経路と、  
前記孔開け加工の間、前記工具経路を用いて前記加工物に前記形状を形成するアルゴリズムとの関数として、  
前記加工物と前記焦点面のうちの少なくとも一方の位置を調節するよう動作可能な請求項 9 記載の装置。

50

## 【請求項 1 1】

前記加工物の表面に前記レーザービームを集光するよう適合された可動走査レンズを備え、  
前記制御モジュールは前記走査レンズの位置を調節するよう動作可能な請求項 1 記載の装置。

## 【請求項 1 2】

レーザー切削装置の焦点深度の調節方法であって、  
焦点面を有するレーザービームを生成する工程と、  
前記焦点面上に、該焦点面と交差する点で表面が前記レーザービームに晒される加工物を位置付けする工程と、  
前記加工物と前記焦点面のうちの少なくとも一方の位置を調節することにより、孔開け加工の間中、前記加工物の前記露出面上で一定のアブレーション速度を維持する工程とを含む方法。

10

## 【請求項 1 3】

前記加工物を支持する可動ステージの位置を調節する工程を含む請求項 1 2 記載の方法。

## 【請求項 1 4】

前記レーザービームに対する前記加工物の材料のアブレーション速度の関数として前記可動ステージの位置を調節する工程を含む請求項 1 3 記載の方法。

## 【請求項 1 5】

前記孔開け加工の結果前記加工物に形成された形状の関数として前記可動ステージの位置を調節する工程を含む請求項 1 3 記載の方法。

20

## 【請求項 1 6】

前記孔開け加工の間、前記加工物に形状を形成するよう採用された工具経路の関数として前記可動ステージの位置を調節する工程を含む請求項 1 3 記載の方法。

## 【請求項 1 7】

前記孔開け加工の間、工具経路を用いて前記加工物に形状を形成するアルゴリズムの関数として前記可動ステージの位置を調節する工程を含む請求項 1 3 記載の方法。

## 【請求項 1 8】

前記制御モジュールは、  
前記レーザービームに対する前記加工物の材料のアブレーション速度と、  
前記孔開け加工の結果前記加工物に形成された形状と、  
前記孔開け加工の間、前記加工物に前記形状を形成するよう採用された工具経路と、  
前記孔開け加工の間、前記工具経路を用いて前記加工物に前記形状を形成するアルゴリズムとの関数として、  
前記可動ステージの位置を調節するよう動作可能な請求項 1 3 記載の方法。

30

## 【請求項 1 9】

前記工具経路は、分析された所望の孔形状寸法に基づいている請求項 1 8 記載の方法。

## 【請求項 2 0】

前記レーザービームに対する前記加工物の材料のアブレーション速度と、  
前記孔開け加工の結果前記加工物に形成された形状との関数として、  
前記加工物と前記焦点面のうちの少なくとも一方の位置を調節する工程を含む請求項 1 2 記載の方法。

40

## 【請求項 2 1】

前記孔開け加工の間、前記加工物に前記形状を形成する工具経路と、  
前記孔開け加工の間、前記工具経路を用いて前記加工物に前記形状を形成するアルゴリズムとの関数として、  
前記加工物と前記焦点面のうちの少なくとも一方の位置を調節する工程を含む請求項 2 0 記載の方法。

## 【請求項 2 2】

50

前記レーザービームを走査レンズに透過させて焦点面を形成する工程と、前記走査レンズを移動させることによって前記焦点面の位置を調節する工程をさらに含む請求項 1 2 記載の方法。

【請求項 2 3】

前記加工物は、インクジェットヘッドのノズル板としてさらに規定される請求項 1 記載の方法。

【請求項 2 4】

前記加工物は、インクジェットヘッドのノズル板としてさらに規定される請求項 1 1 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は概して、パルス光源を用いた材料のアブレーションに関し、特にレーザー切削装置の焦点深度の制御に関する。

【背景技術】

【0002】

パルス光源による材料のアブレーションは、レーザーの発明以来研究されてきた。紫外線（UV）エキシマレーザーの照射によりポリマーがエッチングされたという1982年の報告に刺激され、微細加工プロセスの広範囲に及ぶ研究が行われるようになった。それ以来、この分野の科学的かつ産業的な研究が急増しており、その大部分はレーザーを使用すること

20

で孔開け、切削、再現が可能で非常に小さい形状によって拍車がかけている。超高速レーザー装置は、持続時間がおよそ $10^{-11}$ 秒（10ピコ秒）から $10^{-14}$ 秒（10フェムト秒）の強いレーザーパルスを生成する。短パルスレーザー装置は、持続時間がおよそ $10^{-10}$ 秒（100ピコ秒）から $10^{-11}$ 秒（10ピコ秒）の強いレーザーパルスを生成する。医療、化学および通信分野において超高速および短パルスレーザー装置の多種多様な応用例が開発、実現されている。これらのレーザー装置はまた、広範囲にわたる材料を切削または孔開け加工するのに有用な道具である。数ミクロンやサブミクロンもの小さな孔径でも容易に開けることが可能である。タービンブレードの冷却水路、インクジェットプリンタのノズル、プリント回路基板のビアホール等の硬質材料に、高アスペクト比の孔を開けることが可能である。

30

【0003】

超高速および短パルスレーザー装置は、薄い材料（50から100ミクロン）の孔開けおよび切削に適合するように設計されることが可能である。しかしながら、レーザー微細加工の分野では広範囲の材料厚みを孔開けまたは切削する必要がある。より厚みのある材料をアブレーションするには、材料の厚み全体を通してレーザーの制御を維持することや顧客の仕様と設定された品質基準との両方を満たす最終製品を提供することなどいくつかの技術的課題がある。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

パルス光源を用いた材料のアブレーション分野では、いくつかの問題が依然として存在する。1つの問題は、レーザー孔開けした最終製品の品質仕様を管理することに関する。レーザー孔開けの分野における最近の発展は、顧客の要求に応じて最終製品の品質（すなわち、形状および外形、再現性）を高めるのに効果的であった。しかし、顧客の数が増えると、製品設計の形状は複雑さを要求される。従来工業技術を用いては、増えつづける品質に関する市場の要求を満たすことは難しい。したがって、レーザー孔開けされた最終製品の品質の仕様を管理する方法が必要とされる。

40

【0005】

パルス光源を用いた材料のアブレーション分野に存続する別の問題は、厚い加工物上でレーザー孔開けを制御することに関する。薄い材料を扱う典型的なレーザー孔開け用途では、

50

アブレーションは薄い加工物の範囲（例えば50から100ミクロン）でさえ制御されればよい。しかしながら、材料が厚くなるにつれて、アブレーションはより広範囲の厚み全体および多数のアブレーション層全体を通して制御されなければならない。より厚い材料の表面で孔開けされるにつれて、レーザパラメータを維持することがますます困難になる。したがって、その加工の間中、アブレーション速度および孔の形状寸法を支配するレーザパラメータをより十分に制御することが必要となる。ゆえに、厚い加工物上でレーザ孔開けを制御する方法が必要とされる。

【0006】

パルス光源を用いた材料のアブレーションの分野に存続するさらに別の問題は、孔開け加工の間中、厚い加工物の表面上で一定のアブレーション速度を維持することに関する。レーザ孔開けで層をアブレーションする間、加工物表面上の接触点、すなわちレーザスポットサイズが材料表面と交差する点で材料空隙が形成される。材料に空隙が形成されると、材料が除去されるため、予想される接触点はもはや加工物のその位置と同じではない。接触点でのレーザビームの強度およびスポットサイズが変動するので、アブレーション速度は変化する。したがって、孔開け加工の間中、厚い加工物の表面で一定のアブレーション速度を維持する方法が必要とされる。

10

【0007】

パルス光源を用いた材料のアブレーションの分野に存続するさらに別の問題は、孔開け加工の間中、厚い加工物の表面で一定のレーザビーム強度と一定のスポットサイズを維持することに関する。レーザビームのスポットサイズは、集光されたレーザビームと加工物の材料表面が交差する点で測定される。レーザビーム強度およびスポットサイズが既知のときは、顧客の仕様に合うようにアブレーション速度を算出することができ、ゆえに予測することができる。しかしながら、厚い加工物では、材料層が除去されるので、加工物の表面はもはやレーザ孔開け装置の焦点面内にはない。このことは、レーザビーム強度およびスポットサイズがもはや（アブレーションの時点で）もともと意図されたものと同じではなく、ゆえにアブレーションの制御が低下することを意味する。アブレーションの制御がないことによって孔の形状が歪んだり、形状に一貫性がなくなるのを防ぐよう一定のスポットサイズが要求される。孔開け加工の間中、厚い加工物の表面上で一定のレーザビーム強度と一定のスポットサイズを維持する方法が必要とされる。

20

【課題を解決するための手段】

30

【0008】

本発明によると、レーザ切削装置の焦点深度を調節する方法は、焦点面を有するレーザビームを生成する工程と、表面が焦点面と交差する点でレーザビームに晒される加工物を焦点面に位置付けする工程と、加工物と焦点面のうち少なくとも一方の位置を調節することにより、孔開け加工の間中、加工物の露出面で一定のアブレーション速度を維持する工程とを含む。

【0009】

本発明を適用できるさらなる領域は、以下の詳細な説明から明らかとなる。詳細な説明と具体例は、本発明の好ましい実施形態を示すものであるが、単に例示のためであって本発明の範囲を限定するものではないことが理解されなければならない。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

本発明は詳細な説明および添付の図面から十分に理解されよう。

【0011】

以下の好ましい実施形態の記載は本質的に例示に過ぎず、本発明、その適用物または用途を制限することは何ら意図されていない。

【0012】

本発明は、切削加工の間中、むらのない制御されたアブレーションを提供するよう、可動加工物ステージを用いてレーザ孔開け装置の焦点深度を連続して最適化する装置および方法を提供する。

50

## 【0013】

図1を参照すると、レーザ孔開け装置内のスポットサイズ位置合わせ100の透視図は、加工物112とビーム107と焦点深度領域110と光軸150とを含んでいる。焦点深度領域110はビーム107の光軸150に沿った領域であって、ここではビーム107のスポットサイズが量的に測定可能な比較的一定の半径を維持している。

## 【0014】

ビーム107の光軸150に沿って、ビーム107の光路または加工物112を調節することで、焦点深度領域110を最適点に調節することができる。ビーム107のスポットサイズを焦点深度領域110内の中央にくるように算出することにより、ビーム107を加工物112上の指定された表面接触点に位置合わせする。

10

## 【0015】

図2は図示のように配置されたレーザ装置205と、シャッタ210と、減衰器215と、ビーム拡大器220と、回転式半波長板225と、第1のミラー208と、第2のミラー217と、第3のミラー221と、第4のミラー222と、圧電変換器(PZT)走査ミラー230と、走査レンズ240と、可動ステージ257とを含むレーザ孔開け装置200の概略図を示す。本発明はピコ秒レーザ装置を用いているが、エキシマーレーザ装置、CO<sub>2</sub>レーザ装置、銅蒸気レーザ装置等の他のレーザ装置と共に使用されるように一般化されてもよい。

## 【0016】

レーザ孔開け装置200の全構成要素は従来のものであるが、レーザ孔開け装置200の動作を以下に簡潔に記載する。別の実施形態では、レーザ孔開け装置200の構成要素を変更する必要がある。本発明はレーザ孔開け装置200の構成要素の現在の選択および配置に限定されない。

20

## 【0017】

動作時には、ピコ秒レーザ装置205は、上述の図2で特定された光路に沿ってビーム107を放出する。ビーム107は、光路に沿って伝搬し、第1のミラー208に入射する。第1のミラー208は、光路に沿ってビーム107の向きを変更し、ビームはシャッタ210に入射する。シャッタ210は、加工物材料を選択的に照射するよう開閉する。ビーム107はシャッタ210を出て、光路に沿って減衰器215まで伝搬する。減衰器215は、アブレーションパラメータを精密に制御するために、ピコ秒レーザ装置205のエネルギーを減衰させる。ビーム107は減衰器215を出て、光路に沿って伝搬し、第2のミラー217に入射する。第2のミラー217は、光路に沿ってビーム107の向きを変更し、ビームはビーム拡大器220に入射する。

30

## 【0018】

ビーム拡大器220はビーム107の大きさを拡大して、走査レンズ240の瞳径と合致させる。ビーム107は、ビーム拡大器220を出て光路に沿って伝搬し、第3のミラー221に入射する。第3のミラー221は、光路に沿ってビーム107の向きを変更し、ビーム107は、第4のミラー222に入射する。第4のミラー222は、光路に沿ってビーム107の向きを変更し、ビーム107は、回転式半波長板225に入射する。回転式半波長板225はビーム107の偏向状態を変える。回転式半波長板225を出ると、ビーム107は光路に沿って伝搬し、PZT走査ミラー230に入射する。PZT走査ミラー230は、加工物112に孔を開けるために孔開けアルゴリズム(図示せず)を用いて、所定のパターンで動く。PZT走査ミラー230は、光路に沿ってビーム107の向きを変更し、ビーム107は走査レンズ240に入射する。走査レンズ240は、加工物112上のビーム107のスポットサイズを決定する。ビーム107は走査レンズ240を出て、光路に沿って伝搬し、加工物112に入射する。ビーム107は、所定の孔開けアルゴリズムに従うパターンに加工物112をアブレーションする。可動ステージ257は、アブレーション中に加工物112の接触面上でビーム107の正確な焦点深度およびスポットサイズを維持するよう垂直軸上で調節される。正確な焦点深度を維持するために、加工物112が定位置で残るように走査レンズ240を垂直軸に沿って調節できるこ

40

50

とは容易に理解されよう。

【0019】

図3(a)乃至図3(c)は可動ステージ257を用いてなされる焦点深度調節300の拡大図を示し、焦点310およびアブレーション領域312を含んでいる。明確にするため、レーザ孔開け装置200の追加構成要素が図3(a)乃至図3(c)で示されている。

【0020】

図3(a)に図示するとおり、走査レンズ240は、材料のアブレーションのためにビーム107を加工物112の表面上の焦点310に向ける。図3(b)はアブレーション領域312がビーム107によって形成され、それによって焦点310がアブレーション層の深さと等しい距離だけ位置ずれした状態になる様子を図示している。可動ステージ257の送り距離と方向は本発明ではZとして表されている。

10

【0021】

図3(c)は、加工物112の接触面上でビーム107の焦点を合わせ直すためになされる調節(Zで示される)を示している。可動ステージ257が移動する距離(Z)は算出されたアブレーション速度に基づいてあらかじめ決定されている。

動作時には、加工物112の接触面上のビーム107の焦点310に対して焦点深度の初期設定が決められる。アブレーション領域312が形成されると、制御ユニット(図示せず)が可動ステージ257の送り距離(Z)を機械的に調節して、ビーム107の焦点310をアブレーションされる次の層の深さに位置合わせし直す。この技術によって、選択された焦点深度領域110内の焦点310に対して一定のレーザ強度を提供しながら加工物112内で材料が連続的にアブレーションされる。

20

【0022】

図4はレーザ孔開け装置200の焦点深度を調節する方法400を示す。ここで図1乃至図3を参照して各ステップを説明する。

【0023】

ステップ410において、目標の孔形状寸法が決定される。このステップでは、操作者または技術者が、CADファイルや技術注記等の顧客指定の情報をを用いてテーパ角度、出口孔の直径、入口孔の直径などの所望の孔形状寸法を決定する。本発明では、所望の形状および寸法は円形の孔である。しかしながら、この発明は指定された形状に限定されるものではなく、直線、曲線、方形等の一般的なパターンの形状寸法の孔開けにも適用できる。

30

【0024】

ステップ420において、レーザアブレーション速度が実験的に求められる。このステップでは、操作者または技術者は、一組の所定のレーザ孔開けパラメータを用いてアブレーション速度(または材料除去速度)を求める。アブレーション速度の制御パラメータには、繰り返し数、スポットサイズおよびレーザ出力が含まれる。加工物112を切削する前に、試し切削を複数回行ってアブレーション速度を計測し、アブレーション速度に影響を与えるようなレーザ孔開け装置200の調節を行う。

【0025】

ステップ430で、加工物孔の最終仕上げ深さが設定される。このステップでは、操作者または技術者が、加工物112の材料厚みとステップ410で得られた所望の孔形状を用いて加工物112の最終仕上げの所望の孔深さを決定する。

40

【0026】

ステップ440で、送り速度が求められる。このステップでは、操作者、技術者または自動化されたツールが、ステップ410, 420, 430で得られた計算値を用いて、可動ステージ257の送り速度を求める。送り速度は、如何なる孔開け用途の場合でも、単位時間あたりのアブレーション深さで表された、上記求められたアブレーション速度と等しい。例えば、アブレーション速度が、所定のレーザパラメータ群について特定の材料、大きさおよび形状で1 $\mu$ m/秒と求められる場合、送り速度は1 $\mu$ m/秒となるであろう

50

。

## 【0027】

ステップ450で、データが制御ユニットに入力される。このステップでは、操作者、技術者または自動化されたツールが、可動ステージ257を調節できるように、ステップ420, 430および440で得られたデータを制御ユニットに入力する。

## 【0028】

ステップ460で、加工物がアブレーションされる。このステップで、レーザ孔開け装置200は焦点深度パラメータを加工物112の表面に合わせて調節する。その後、レーザ孔開け装置200は切削アルゴリズムを実行して加工物112内の材料をアブレーションする。あらかじめ設定されたアブレーション深さでの全アブレーション領域312内の加工物112のアブレーションは、ステップ420で求められたアブレーション速度に基づく。

10

## 【0029】

ステップ470では、所望の孔深さが達成されたかどうか判定される。この判定ステップで、切削アルゴリズムは所望の切削形状が達成されたかどうかを判定する。切削アルゴリズムが所定数のアブレーション層を完成し、可動ステージ257がステップ430で求められた所望の孔深さに対する所定の設定点を達成した時に、切削形状が達成されたと思なされる。「Yes」の場合、方法400は終了する。「No」の場合、方法400はステップ420に戻る。

## 【0030】

本発明はいくつかの利点を有する。本発明の第1の利点は、レーザ孔開けされた最終製品の品質仕様を管理する方法を提供することである。本発明の第2の利点は、厚い加工物上でレーザ孔開けを制御する方法を提供することである。本発明の第3の利点は、孔開け加工の間中、厚い加工物の表面で一定のアブレーション速度を維持する方法を提供することである。本発明の第4の利点は、孔開け加工の間中、厚い加工物の表面上で一定のレーザビーム強度と一定のスポットサイズを維持する方法を提供することである。本発明の第5の利点は、わずか1つの可動要素を用いて焦点深度を調節する方法を提供することである。本発明の第6の利点は、材料の厚みを考慮することなく簡略化されたパターンを作成することである。

20

## 【0031】

本発明にはいくつかの不具合もある。本発明の不具合の1つは、可動ステージの送り速度が遅すぎると、本発明でむらのない孔形状を維持することが難しいことである。しかしながら、微細加工の分野における工作機械設備のハードウェアおよびソフトウェア並びにマイクロ制御装置のさらなる発展によってこの懸念領域はまもなく改善されるであろう。本発明が取り組んだものと同じの1つまたは複数の課題を解決する別の方法も存在する。同一の課題を解決するある別の方法とは、個々のレーザ装置構成要素(例えば走査レンズ)を手動で調節することによってレーザ孔開け装置の焦点深度を調節することである。しかしながら、この技術は時間がかかり、煩わしく、レーザ孔開け装置に光学的な位置合わせの問題を持ち込む可能性がある。

30

## 【0032】

本発明の説明は本質的に例示に過ぎず、ゆえに本発明の主旨から逸脱しない種々の変形は本発明の範囲内にあることが意図されている。そのような変形は本発明の精神および範囲から逸脱しないものと見なされるべきである。

40

## 【図面の簡単な説明】

## 【0033】

【図1】レーザ孔開け装置内でのスポットサイズ位置合わせの透視図である。

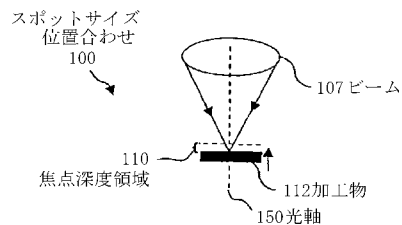
【図2】レーザ孔開け装置の概略図である。

【図3】図3(a)乃至図3(c)は、可動ステージを用いてなされる焦点深度調節の拡大図である。

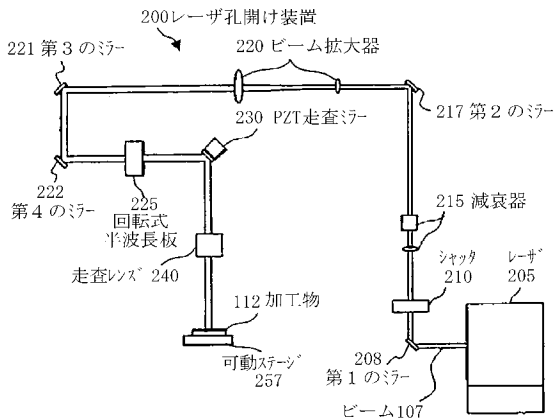
【図4】レーザ孔開け装置で焦点深度を調節する方法を示す流れ図である。

50

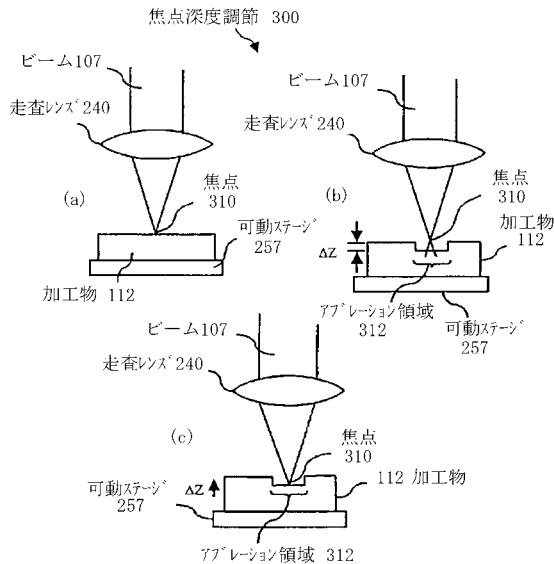
【 図 1 】



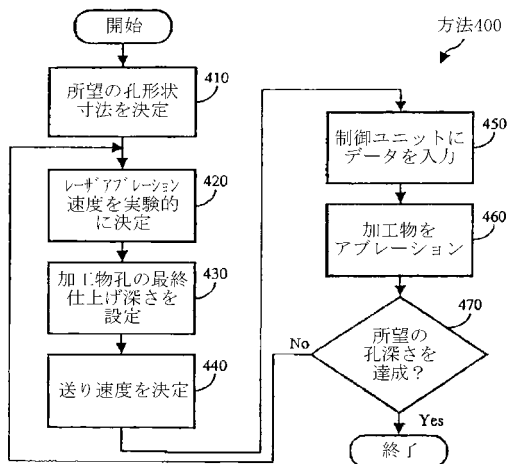
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



## 【手続補正書】

【提出日】平成16年7月13日(2004.7.13)

## 【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】

レーザ孔開け装置と共に使用される焦点深度制御装置であって、  
焦点面を有するレーザビームと、  
表面が前記焦点面と交差する点で前記レーザビームに晒される加工物と、  
前記レーザビームに対する前記加工物の材料のアブレーション速度の関数として前記加工物の位置を調節することにより、孔開け加工の間中、前記加工物の前記露出面上で一定のアブレーション速度を維持するよう動作可能な制御モジュールとを備える装置。

【請求項2】

前記加工物を支持するよう動作可能な可動ステージを備え、  
前記制御モジュールは前記可動ステージの位置を調節するよう動作可能である請求項1記載の装置。

【請求項3】

前記制御モジュールは、前記レーザビームに対する前記加工物の材料のアブレーション速度の関数として前記可動ステージの位置を調節するよう動作可能である請求項2記載の装置。

【請求項4】

前記制御モジュールは、前記孔開け加工の結果前記加工物に形成された形状の関数として前記可動ステージの位置を調節するよう動作可能である請求項2記載の装置。

【請求項5】

前記制御モジュールは、前記孔開け加工の間、前記加工物に形状を形成するよう採用された工具経路の関数として前記可動ステージの位置を調節するよう動作可能である請求項2記載の装置。

【請求項6】

前記制御モジュールは、前記孔開け加工の間、工具経路を用いて前記加工物に形状を形成するアルゴリズムの関数として前記可動ステージの位置を調節するよう動作可能な請求項2記載の装置。

【請求項7】

前記制御モジュールは、  
前記レーザビームに対する前記加工物の材料のアブレーション速度と、  
前記孔開け加工の結果前記加工物に形成された形状と、  
前記孔開け加工の間、前記加工物に前記形状を形成するよう採用された工具経路と、  
前記孔開け加工の間、前記工具経路を用いて前記加工物に前記形状を形成するアルゴリズムとの関数として、  
前記可動ステージの位置を調節するよう動作可能な請求項2記載の装置。

【請求項8】

前記工具経路は分析された所望の孔形状寸法に基づいている請求項7記載の装置。

【請求項9】

前記制御モジュールは、  
前記孔開け加工の結果前記加工物に形成された形状の関数として、前記加工物の位置を調節するよう動作可能な請求項1記載の装置。

【請求項10】

前記制御モジュールは、

前記孔開け加工の間、前記加工物に前記形状を形成する工具経路と、  
前記孔開け加工の間、前記工具経路を用いて前記加工物に前記形状を形成するアルゴリズムとの関数として、  
前記加工物の位置を調節するよう動作可能な請求項 9 記載の装置。

【請求項 1 1】

前記加工物の表面に前記レーザービームを集光するよう適合された可動走査レンズを備え、  
前記制御モジュールは前記走査レンズの位置を調節するよう動作可能な請求項 1 記載の装置。

【請求項 1 2】

レーザー孔開け装置の焦点深度の調節方法であって、  
焦点面を有するレーザービームを生成する工程と、  
前記焦点面上に、該焦点面と交差する点で表面が前記レーザービームに晒される加工物を位置付けする工程と、  
前記レーザービームに対する前記加工物の材料のアブレーション速度の関数として前記加工物の位置を調節することにより、孔開け加工の間中、前記加工物の前記露出面上で一定のアブレーション速度を維持する工程とを含む方法。

【請求項 1 3】

前記加工物を支持する可動ステージの位置を調節する工程を含む請求項 1 2 記載の方法。

【請求項 1 4】

前記レーザービームに対する前記加工物の材料のアブレーション速度の関数として前記可動ステージの位置を調節する工程を含む請求項 1 3 記載の方法。

【請求項 1 5】

前記孔開け加工の結果前記加工物に形成された形状の関数として前記可動ステージの位置を調節する工程を含む請求項 1 3 記載の方法。

【請求項 1 6】

前記孔開け加工の間、前記加工物に形状を形成するよう採用された工具経路の関数として前記可動ステージの位置を調節する工程を含む請求項 1 3 記載の方法。

【請求項 1 7】

前記孔開け加工の間、工具経路を用いて前記加工物に形状を形成するアルゴリズムの関数として前記可動ステージの位置を調節する工程を含む請求項 1 3 記載の方法。

【請求項 1 8】

前記制御モジュールは、  
前記レーザービームに対する前記加工物の材料のアブレーション速度と、  
前記孔開け加工の結果前記加工物に形成された形状と、  
前記孔開け加工の間、前記加工物に前記形状を形成するよう採用された工具経路と、  
前記孔開け加工の間、前記工具経路を用いて前記加工物に前記形状を形成するアルゴリズムとの関数として、  
前記可動ステージの位置を調節するよう動作可能な請求項 1 3 記載の方法。

【請求項 1 9】

前記工具経路は、分析された所望の孔形状寸法に基づいている請求項 1 8 記載の方法。

【請求項 2 0】

前記孔開け加工の結果前記加工物に形成された形状の関数として前記加工物の位置を調節する工程を含む請求項 1 2 記載の方法。

【請求項 2 1】

前記孔開け加工の間、前記加工物に前記形状を形成する工具経路と、  
前記孔開け加工の間、前記工具経路を用いて前記加工物に前記形状を形成するアルゴリズムとの関数として、  
前記加工物の位置を調節する工程を含む請求項 2 0 記載の方法。

**【請求項 2 2】**

前記レーザビームを走査レンズに透過させて焦点面を形成する工程と、前記走査レンズを移動させることによって前記焦点面の位置を調節する工程をさらに含む請求項 1 2 記載の方法。

**【請求項 2 3】**

前記加工物は、インクジェットヘッドのノズル板としてさらに設定される請求項 1 記載の方法。

**【請求項 2 4】**

前記加工物は、インクジェットヘッドのノズル板としてさらに設定される請求項 1 1 記載の方法。

**【手続補正書】**

**【提出日】**平成16年8月19日(2004.8.19)

**【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】**

レーザ孔開け装置と共に使用される焦点深度制御装置であって、  
焦点面を有するレーザビームと、  
表面が前記焦点面と交差する点で前記レーザビームに晒される加工物と、  
前記レーザビームに対する前記加工物の材料のアブレーション速度の関数として前記加工物の位置を調節することにより、孔開け加工の間中、前記加工物の前記露出面上で一定のアブレーション速度を維持するよう動作可能な制御モジュールとを備える装置。

**【請求項 2】**

前記加工物を支持するよう動作可能な可動ステージを備え、  
前記制御モジュールは前記可動ステージの位置を調節するよう動作可能である請求項 1 記載の装置。

**【請求項 3】**

前記制御モジュールは、前記レーザビームに対する前記加工物の材料のアブレーション速度の関数として前記可動ステージの位置を調節するよう動作可能である請求項 2 記載の装置。

**【請求項 4】**

前記制御モジュールは、前記孔開け加工の結果前記加工物に形成された形状の関数として前記可動ステージの位置を調節するよう動作可能である請求項 2 記載の装置。

**【請求項 5】**

前記制御モジュールは、前記孔開け加工の間、前記加工物に形状を形成するよう採用された工具経路の関数として前記可動ステージの位置を調節するよう動作可能である請求項 2 記載の装置。

**【請求項 6】**

前記制御モジュールは、前記孔開け加工の間、工具経路を用いて前記加工物に形状を形成するアルゴリズムの関数として前記可動ステージの位置を調節するよう動作可能な請求項 2 記載の装置。

**【請求項 7】**

前記制御モジュールは、  
前記レーザビームに対する前記加工物の材料のアブレーション速度と、  
前記孔開け加工の結果前記加工物に形成された形状と、  
前記孔開け加工の間、前記加工物に前記形状を形成するよう採用された工具経路と、

前記孔開け加工の間、前記工具経路を用いて前記加工物に前記形状を形成するアルゴリズムとの関数として、

前記可動ステージの位置を調節するよう動作可能な請求項 2 記載の装置。

【請求項 8】

前記工具経路は分析された所望の孔形状寸法に基づいている請求項 7 記載の装置。

【請求項 9】

前記制御モジュールは、

前記孔開け加工の結果前記加工物に形成された形状の関数として、前記加工物の位置を調節するよう動作可能な請求項 1 記載の装置。

【請求項 10】

前記制御モジュールは、

前記孔開け加工の間、前記加工物に前記形状を形成する工具経路と、

前記孔開け加工の間、前記工具経路を用いて前記加工物に前記形状を形成するアルゴリズムとの関数として、

前記加工物の位置を調節するよう動作可能な請求項 9 記載の装置。

【請求項 11】

前記加工物の表面に前記レーザービームを集光するよう適合された可動走査レンズを備え

、  
前記制御モジュールは前記走査レンズの位置を調節するよう動作可能な請求項 1 記載の装置。

【請求項 12】

レーザー孔開け装置の焦点深度の調節方法であって、

焦点面を有するレーザービームを生成する工程と、

前記焦点面上に、該焦点面と交差する点で表面が前記レーザービームに晒される加工物を位置付けする工程と、

前記レーザービームに対する前記加工物の材料のアブレーション速度の関数として前記加工物の位置を調節することにより、孔開け加工の間中、前記加工物の前記露出面上で一定のアブレーション速度を維持する工程とを含む方法。

【請求項 13】

前記加工物を支持する可動ステージの位置を調節する工程を含む請求項 12 記載の方法

【請求項 14】

前記レーザービームに対する前記加工物の材料のアブレーション速度の関数として前記可動ステージの位置を調節する工程を含む請求項 13 記載の方法。

【請求項 15】

前記孔開け加工の結果前記加工物に形成された形状の関数として前記可動ステージの位置を調節する工程を含む請求項 13 記載の方法。

【請求項 16】

前記孔開け加工の間、前記加工物に形状を形成するよう採用された工具経路の関数として前記可動ステージの位置を調節する工程を含む請求項 13 記載の方法。

【請求項 17】

前記孔開け加工の間、工具経路を用いて前記加工物に形状を形成するアルゴリズムの関数として前記可動ステージの位置を調節する工程を含む請求項 13 記載の方法。

【請求項 18】

前記制御モジュールは、

前記レーザービームに対する前記加工物の材料のアブレーション速度と、

前記孔開け加工の結果前記加工物に形成された形状と、

前記孔開け加工の間、前記加工物に前記形状を形成するよう採用された工具経路と、

前記孔開け加工の間、前記工具経路を用いて前記加工物に前記形状を形成するアルゴリズムとの関数として、

前記可動ステージの位置を調節するよう動作可能な請求項 1 3 記載の方法。

【請求項 1 9】

前記工具経路は、分析された所望の孔形状寸法に基づいている請求項 1 8 記載の方法。

【請求項 2 0】

前記孔開け加工の結果前記加工物に形成された形状の関数として前記加工物の位置を調節する工程を含む請求項 1 2 記載の方法。

【請求項 2 1】

前記孔開け加工の間、前記加工物に前記形状を形成する工具経路と、  
前記孔開け加工の間、前記工具経路を用いて前記加工物に前記形状を形成するアルゴリズムとの関数として、  
前記加工物の位置を調節する工程を含む請求項 2 0 記載の方法。

【請求項 2 2】

前記レーザービームを走査レンズに透過させて焦点面を形成する工程と、前記走査レンズを移動させることによって前記焦点面の位置を調節する工程をさらに含む請求項 1 2 記載の方法。

【請求項 2 3】

前記加工物は、インクジェットヘッドのノズル板としてさらに設定される請求項 1 記載の装置。

【請求項 2 4】

前記加工物は、インクジェットヘッドのノズル板としてさらに設定される請求項 1 1 記載の装置。

## 【 国際調査報告 】

| INTERNATIONAL SEARCH REPORT  |  | International application No.<br>PCT/US03/05909   |  |  |
|--|--|---|--|--|
| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>   |  |   |  |  |
| IPC(7) : B23K 26/38, 26/06<br>US CL : 219/121.7, 121.71  |  |   |  |  |
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC  |  |   |  |  |
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b>  |  |   |  |  |
| Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>U.S. : 219/121.7, 121.71  |  |   |  |  |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  |  |   |  |  |
| Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)   |  |   |  |  |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>  |  |   |  |  |
| Category *   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No.   |  |  |
| X  | US 5,063,280 A (INAGAWA et al.) 05 November 1991 (05.11.91), see entire document.  | 1, 11, 12, 22   |  |  |
| ---  |  |   |  |  |
| Y  |  | 2, 13, 23, 24   |  |  |
| X  | JP 3-66,488 A (SAKUMA) 22 March 1991 (22.03.91), see entire document.  | 1, 11, 12, 22   |  |  |
| ---  |  |   |  |  |
| Y  |  | 2, 13, 23, 24   |  |  |
| Y  | JP 9-253,877 A (HARANO et al.) 30 September 1997 (30.09.1997), paragraphs 12-13.   | 2, 13   |  |  |
| Y  | US 6,256,883 B1 (KINOSHITA) 10 July 2001 (10.07.2001), see column 1, lines 35-44.  | 23, 24  |  |  |
| A  | US 6,195,164 B1 (THOMPSON et al.) 27 February 2001 (27.02.2001), see entire document.  | 3, 7, 9, 14, 18-21  |  |  |
| A  | US 4,608,480 A (BIZOT et al.) 26 August 1986 (26.08.1986), see column 2, lines 34-50.  | 1-24  |  |  |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.  |  |   |  |  |
| * Special categories of cited documents: <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">               "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br/>               "B" earlier application or patent published on or after the international filing date<br/>               "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)<br/>               "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br/>               "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed             </td> <td style="width: 50%;">               "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention<br/>               "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone<br/>               "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art<br/>               "&amp;" document member of the same patent family             </td> </tr> </table> |  |   | "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"B" earlier application or patent published on or after the international filing date<br>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention<br>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone<br>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art<br>"&" document member of the same patent family |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"B" earlier application or patent published on or after the international filing date<br>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed   | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention<br>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone<br>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art<br>"&" document member of the same patent family |   |  |  |
| Date of the actual completion of the international search<br>22 May 2003 (22.05.2003)  |  | Date of mailing of the international search report<br>20 JUN 2003                                   |  |  |
| Name and mailing address of the ISA/US<br>Mail Stop PCT, Attn: ISA/US<br>Commissioner for Patents<br>P.O. Box 1450<br>Alexandria, Virginia 22313-1450<br>Facsimile No. (703)305-3230   |  | Authorized officer<br><i>Geoffrey S. Evans</i><br>Geoffrey S. Evans<br>Telephone No. (703)-308-0661 |  |  |

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT, BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN, GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC, EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,M X,MZ,NO,NZ,OM,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 100115691

弁理士 藤田 篤史

(74)代理人 100117581

弁理士 二宮 克也

(74)代理人 100117710

弁理士 原田 智雄

(74)代理人 100121728

弁理士 井関 勝守

(72)発明者 リュー シンビン

アメリカ合衆国マサチューセッツ州01720, アクトン, プリージャーポイントロード3  
Fターム(参考) 4E068 AF01 CA12 CA17 CB05 CB08 CD13 CE09 DA02  
5F172 ZZ01