(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2020-131274
(P2020-131274A)
(43)公開日　令和2年8月31日(2020.8.31)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
B23K 26/02	(2014.01)	B23K	26/02	A	4E168
B23K 26/067	(2006.01)	B23K	26/067		

審査請求 未請求　請求項の数 14　ＯＬ　（全 18 頁）

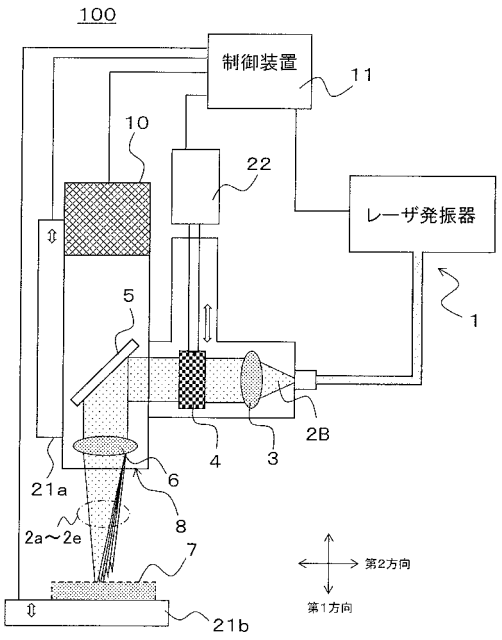
(21)出願番号　特願2019-31859(P2019-31859)
(22)出願日　平成31年2月25日(2019.2.25)

(71)出願人　314012076
パナソニックＩＰマネジメント株式会社
大阪府大阪市中央区城見２丁目１番６１号
(74)代理人　100109210
弁理士　新居　広守
(74)代理人　100137235
弁理士　寺谷　英作
(74)代理人　100131417
弁理士　道坂　伸一
(72)発明者　船見　浩司
大阪府門真市大字門真１００６番地　パナソニック株式会社内

Ｆターム(参考)　4E168 AD03 AD07 AD11 BA12 BA16 DA28 DA43 EA05 EA11 JA01 JA15 JA17 KA04

(54)【発明の名称】レーザ加工方法およびレーザ加工装置

(57)【要約】
【課題】レーザのフォーカス位置を正確および簡易に調整する。
【解決手段】加工用レーザ２Ａを、加工ヘッド８から被加工物７の表面に向けて照射することで、被加工物７にレーザ加工を施すレーザ加工方法であって、加工用レーザ２Ａが照射される前に出力されるプリショットレーザ２Ｂを、フォーカス方向である第１方向および第１方向に直交する第２方向にフォーカス位置ｆａ～ｆｅの異なる複数のレーザビーム２ａ～２ｅに分岐させ、被加工物７の表面に向けて照射し、複数のレーザビーム２ａ～２ｅの照射に対応して被加工物７の表面から出力される複数の光出力を検出し、複数の光出力に基づいて、加工ヘッド８および被加工物７の少なくとも一方の位置を第１方向に調整する。
【選択図】図３



【特許請求の範囲】
【請求項１】
加工用レーザを、加工ヘッドから被加工物の表面に向けて照射することで、前記被加工物にレーザ加工を施すレーザ加工方法であって、
前記加工用レーザが照射される前に出力されるプリショットレーザを、フォーカス方向である第１方向および前記第１方向に直交する第２方向にフォーカス位置の異なる複数のレーザビームに分岐させ、前記被加工物の表面に向けて照射し、
前記複数のレーザビームの照射に対応して前記被加工物の表面から出力される複数の光出力を検出し、
前記複数の光出力に基づいて、前記加工ヘッドおよび前記被加工物の少なくとも一方の位置を前記第１方向に調整する、
レーザ加工方法。
【請求項２】
前記複数の光出力は、前記複数のレーザビームの照射に対応して前記被加工物の表面から出射される複数の反射光である
請求項１に記載のレーザ加工方法。
【請求項３】
前記複数の反射光の強度に基づいて、前記複数のレーザビームのうち、前記フォーカス位置が前記被加工物の表面に最も近いレーザビームを求め、
前記表面に最も近いレーザビームの前記フォーカス位置に基づいて、前記加工ヘッドおよび前記被加工物の少なくとも一方の位置を前記第１方向に調整する、
請求項２に記載のレーザ加工方法。
【請求項４】
前記表面に最も近いレーザビームの前記フォーカス位置と、指標として予め決められたレーザビームの前記フォーカス位置との距離に基づき、前記加工ヘッドおよび前記被加工物の少なくとも一方の位置を前記第１方向に調整する、
請求項３に記載のレーザ加工方法。
【請求項５】
前記複数のレーザビームのうち、前記予め決められたレーザビームの前記フォーカス位置が前記表面に最も近づくように、前記加工ヘッドおよび前記被加工物の少なくとも一方の位置を前記第１方向に調整する、
請求項４に記載のレーザ加工方法。
【請求項６】
前記プリショットレーザは、前記加工用レーザよりもパルス幅が短い、
請求項１～５のいずれか１項に記載のレーザ加工方法。
【請求項７】
加工用レーザまたは前記加工用レーザが照射される前に出力されるプリショットレーザを出力するレーザ発振器と、
前記プリショットレーザを、フォーカス方向である第１方向および前記第１方向に直交する第２方向にフォーカス位置の異なる複数のレーザビームに分岐する多分岐光学系と、
前記加工用レーザまたは前記複数のレーザビームを被加工物の表面に向けて照射する集光レンズと、
前記複数のレーザビームの照射に対応して前記被加工物の表面から出力される複数の光出力を検出する複数の受光センサと、
前記複数の光出力に基づいて、前記集光レンズおよび前記被加工物の少なくとも一方の前記第１方向の移動量を求める制御装置と、
前記第１方向の移動量に基づいて、前記集光レンズおよび前記被加工物の少なくとも一方を移動させる第１の移動装置と、
を備えるレーザ加工装置。
【請求項８】

前記加工用レーザの光軸および前記プリショットレーザの光軸は一致しており、
さらに、前記多分岐光学系を前記プリショットレーザの光軸に出し入れする第２の移動装置を備える、
請求項７に記載のレーザ加工装置。
【請求項９】
前記複数の光出力は、前記複数のレーザビームの照射に対応して前記被加工物の表面から出射される複数の反射光である
請求項７または８に記載のレーザ加工装置。
【請求項１０】
前記制御装置は、
前記複数の反射光の強度に基づいて、前記複数のレーザビームのうち、前記フォーカス位置が前記被加工物の表面に最も近いレーザビームを求め、
前記表面に最も近いレーザビームの前記フォーカス位置に基づいて、前記第１方向の移動量を求める、
請求項９に記載のレーザ加工装置。
【請求項１１】
前記制御装置は、
前記表面に最も近いレーザビームの前記フォーカス位置と、指標として予め決められたレーザビームの前記フォーカス位置との距離に基づき、前記第１方向の移動量を求める、
請求項１０に記載のレーザ加工装置。
【請求項１２】
前記制御装置は、
前記複数のレーザビームのうち、前記予め決められたレーザビームの前記フォーカス位置が前記表面に最も近づくように、前記第１方向の移動量を求める
請求項１１に記載のレーザ加工装置。
【請求項１３】
前記プリショットレーザは、前記加工用レーザよりもパルス幅が短い、
請求項７～１２のいずれか１項に記載のレーザ加工装置。
【請求項１４】
前記多分岐光学系は、３次元回折格子である、
請求項７～１３のいずれか１項に記載のレーザ加工装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、レーザ加工方法およびレーザ加工装置に関し、より詳細には、レーザのフォーカス位置の調整に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来のレーザ加工装置は、加工ヘッドをレーザのフォーカス方向に動かしながら、レーザのフォーカス位置を検出して、当該フォーカス位置が最適なフォーカス位置に移動するように構成されている（例えば、特許文献１、特許文献２および特許文献３参照）。例えば、レーザのフォーカス位置を検出するためには、レーザ加工時に被加工物から反射する反射光などが用いられている。
【０００３】
具体的には、反射光の強度、および、事前に収集している過去のデータベース（反射光の強度とフォーカス位置との相関関係）に基づいて、フォーカス位置のずれ量を算出し、そのずれ量だけ加工ヘッドを動かして、フォーカス位置の調整を行っている。
【０００４】
また、別の方法としては、加工ヘッドを、現在位置から段階的にフォーカス方向に移動させながら、各位置における反射光の強度を測定し、それらの強度分布に基づいて最適な

フォーカス位置に対するずれ量を算出し、そのずれ量だけ加工ヘッドを動かして、フォーカス位置の調整を行っている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特許第３１５４１７６号公報
【特許文献２】特開２００２－３４６７８３号公報
【特許文献３】特開２０１８－１４０４２６号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
しかしながら、過去のデータベースに基づいてフォーカス位置を調整する方法では、被加工物の表面状態などにより反射光の強度が変化するため、フォーカス位置のずれ量を正確に求めることができず、フォーカス位置の調整を正確に行うことができない。
【０００７】
また、加工ヘッドを移動させながらフォーカス位置を調整する方法では、加工ヘッドを何度も動かさなければならず、また、動かすたびに反射光の強度を測定しなければならず、そのための作業が必要となる。
【０００８】
本開示は、上記従来の課題を解決するもので、レーザのフォーカス位置を正確および簡易に調整することができる、レーザ加工方法およびレーザ加工装置を提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００９】
上記目的を達成するために、本開示のレーザ加工方法は、加工用レーザを、加工ヘッドから被加工物の表面に向けて照射することで、前記被加工物にレーザ加工を施すレーザ加工方法であって、前記加工用レーザが照射される前に出力されるプリショットレーザを、フォーカス方向である第１方向および前記第１方向に直交する第２方向にフォーカス位置の異なる複数のレーザビームに分岐させ、前記被加工物の表面に向けて照射し、前記複数のレーザビームの照射に対応して前記被加工物の表面から出力される複数の光出力を検出し、前記複数の光出力に基づいて、前記加工ヘッドおよび前記被加工物の少なくとも一方の位置を前記第１方向に調整する。
【００１０】
上記目的を達成するために、本開示のレーザ加工装置は、加工用レーザまたは前記加工用レーザが照射される前に出力されるプリショットレーザを出力するレーザ発振器と、前記プリショットレーザを、フォーカス方向である第１方向および前記第１方向に直交する第２方向にフォーカス位置の異なる複数のレーザビームに分岐する多分岐光学系と、前記加工用レーザまたは前記複数のレーザビームを被加工物の表面に向けて照射する集光レンズと、前記複数のレーザビームの照射に対応して前記被加工物の表面から出力される複数の光出力を検出する複数の受光センサと、前記複数の光出力に基づいて、前記集光レンズおよび前記被加工物の少なくとも一方の前記第１方向の移動量を求める制御装置と、前記第１方向の移動量に基づいて、前記集光レンズおよび前記被加工物の少なくとも一方を移動させる第１の移動装置と、を備える。
【発明の効果】
【００１１】
以上のように、本開示のレーザ加工方法およびレーザ加工装置によれば、レーザのフォーカス位置を正確および簡易に調整することができる。
【図面の簡単な説明】
【００１２】
【図１】実施の形態におけるレーザ加工装置の全体図。

【図２】レーザ加工装置において加工用レーザを照射するための構成を示す図。
【図３】レーザ加工装置においてプリショットレーザを複数のレーザビームに分岐して照射するための構成を示す図。
【図４】複数のレーザビームを示す図。
【図５】複数のレーザビームが被加工物に照射される様子を示す図。
【図６】被加工物の表面から出射される複数の反射光を示す図。
【図７】レーザ加工装置において複数の反射光を測定するための構成を示す図。
【図８】複数の反射光を検出する受光ユニットを示す図。
【図９】レーザのフォーカス位置と反射光の強度との関係の一例を示す図。
【図１０】加工用レーザの波形を示す図。
【図１１】レーザのフォーカス位置と被加工物の接合強度との関係の一例を示す図。
【図１２】プリショットレーザの波形を示す図。
【図１３】レーザビームの照射位置と反射光の強度との関係の一例を示す図。
【図１４】レーザのフォーカス位置を調整する様子を示す図。
【図１５】実施の形態におけるレーザ加工方法の一例を示すフローチャート。
【図１６】レーザビームの照射位置と熱放射光の強度との関係の一例を示す図。
【発明を実施するための形態】
【００１３】
本開示のレーザ加工方法は、加工用レーザを、加工ヘッドから被加工物の表面に向けて照射することで、前記被加工物にレーザ加工を施すレーザ加工方法であって、前記加工用レーザが照射される前に出力されるプリショットレーザを、フォーカス方向である第１方向および前記第１方向に直交する第２方向にフォーカス位置の異なる複数のレーザビームに分岐させ、前記被加工物の表面に向けて照射し、前記複数のレーザビームの照射に対応して前記被加工物の表面から出力される複数の光出力を検出し、前記複数の光出力に基づいて、前記加工ヘッドおよび前記被加工物の少なくとも一方の位置を前記第１方向に調整する。
【００１４】
このように、プリショットレーザが分岐されて形成されたレーザビームの照射に対応して被加工物の表面から出力される複数の光出力に基づいて、加工ヘッドおよび被加工物の少なくとも一方の位置を調整することで、レーザのフォーカス位置を正確および簡易に調整することができる。
【００１５】
また、前記複数の光出力は、前記複数のレーザビームの照射に対応して前記被加工物の表面から出射される複数の反射光であってもよい。
【００１６】
これによれば、被加工物の表面から出射される複数の反射光に基づいて、レーザのフォーカス位置を正確および簡易に調整することができる。
【００１７】
また、前記複数の反射光の強度に基づいて、前記複数のレーザビームのうち、前記フォーカス位置が前記被加工物の表面に最も近いレーザビームを求め、前記表面に最も近いレーザビームの前記フォーカス位置に基づいて、前記加工ヘッドおよび前記被加工物の少なくとも一方の位置を前記第１方向に調整してもよい。
【００１８】
これによれば、被加工物の表面に最も近いレーザビームのフォーカス位置に基づいて、レーザのフォーカス位置を正確および簡易に調整することができる。
【００１９】
また、前記表面に最も近いレーザビームの前記フォーカス位置と、指標として予め決められたレーザビームの前記フォーカス位置との距離に基づき、前記加工ヘッドおよび前記被加工物の少なくとも一方の位置を前記第１方向に調整してもよい。
【００２０】

これによれば、上記距離に基づいて、レーザのフォーカス位置を正確および簡易に調整することができる。

【００２１】

また、前記複数のレーザビームのうち、前記予め決められたレーザビームの前記フォーカス位置が前記表面に最も近づくように、前記加工ヘッドおよび前記被加工物の少なくとも一方の位置を前記第１方向に調整してもよい。

【００２２】

このように、予め決められたレーザビームのフォーカス位置が上記表面に最も近づくようにすることで、レーザのフォーカス位置を正確および簡易に調整することができる。

【００２３】

また、前記プリショットレーザは、前記加工用レーザよりもパルス幅が短くてもよい。

【００２４】

これによれば、被加工物に必要以上にダメージを与えることを抑制できる。

【００２５】

本開示のレーザ加工装置は、加工用レーザまたは前記加工用レーザが照射される前に出力されるプリショットレーザを出力するレーザ発振器と、前記プリショットレーザを、フォーカス方向である第１方向および前記第１方向に直交する第２方向にフォーカス位置の異なる複数のレーザビームに分岐する多分岐光学系と、前記加工用レーザまたは前記複数のレーザビームを被加工物の表面に向けて照射する集光レンズと、前記複数のレーザビームの照射に対応して前記被加工物の表面から出力される複数の光出力を検出する複数の受光センサと、前記複数の光出力に基づいて、前記集光レンズおよび前記被加工物の少なくとも一方の前記第１方向の移動量を求める制御装置と、前記第１方向の移動量に基づいて、前記集光レンズおよび前記被加工物の少なくとも一方を移動させる第１の移動装置と、を備える。

【００２６】

このように、プリショットレーザを複数のレーザビームに分岐し、複数のレーザビームの照射に対応して被加工物の表面から出力される複数の光出力に基づいて第１方向の移動量を求め、この移動量に基づいて加工ヘッドおよび被加工物の少なくとも一方の位置を調整することで、レーザのフォーカス位置を正確および簡易に調整することができる。

【００２７】

また、前記加工用レーザの光軸および前記プリショットレーザの光軸は一致しており、さらに、前記多分岐光学系を前記プリショットレーザの光軸に出し入れする第２の移動装置を備えていてもよい。

【００２８】

これによれば、プリショットレーザを簡易にレーザビームに分岐させることができる。これにより、レーザのフォーカス位置を正確および簡易に調整することができる。

【００２９】

また、前記複数の光出力は、前記複数のレーザビームの照射に対応して前記被加工物の表面から出射される複数の反射光であってもよい。

【００３０】

これによれば、被加工物の表面から出射される複数の反射光に基づいて、レーザのフォーカス位置を正確および簡易に調整することができる。

【００３１】

また、前記制御装置は、前記複数の反射光の強度に基づいて、前記複数のレーザビームのうち、前記フォーカス位置が前記被加工物の表面に最も近いレーザビームを求め、前記表面に最も近いレーザビームの前記フォーカス位置に基づいて、前記第１方向の移動量を求めてもよい。

【００３２】

これによれば、被加工物の表面に最も近いレーザビームのフォーカス位置に基づいて、第１方向の移動量を求めることができる。これにより、レーザのフォーカス位置を正確お

よび簡易に調整することができる。
【００３３】
また、前記制御装置は、前記表面に最も近いレーザビームの前記フォーカス位置と、指標として予め決められたレーザビームの前記フォーカス位置との距離に基づき、前記第１方向の移動量を求めてもよい。
【００３４】
このように、上記距離に基づいて第１方向の移動量を求めることで、レーザのフォーカス位置を正確および簡易に調整することができる。
【００３５】
また、前記制御装置は、前記複数のレーザビームのうち、前記予め決められたレーザビームの前記フォーカス位置が前記表面に最も近づくように、前記第１方向の移動量を求めてもよい。
【００３６】
これによれば、予め決められたレーザビームのフォーカス位置が、上記表面に最も近づくように、第１方向の移動量を求めることができる。これにより、レーザのフォーカス位置を正確および簡易に調整することができる。
【００３７】
また、前記プリショットレーザは、前記加工用レーザよりもパルス幅が短くてもよい。
【００３８】
これによれば、被加工物に必要以上にダメージを与えることを抑制できる。
【００３９】
また、前記多分岐光学系は、３次元回折格子であってもよい。
【００４０】
これによれば、１つの光学素子で、フォーカス位置を３次元的に多分岐して配列させることができ、レーザのフォーカス位置を簡易に調整することができる。
【００４１】
（実施の形態）
以下、実施の形態について、図面を参照しながら説明する。なお、以下に説明する実施の形態は、いずれも本開示の好ましい一具体例を示すものである。したがって、以下の実施の形態で示される、数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置および接続形態などは、一例であって本開示を限定する主旨ではない。よって、以下の実施の形態における構成要素のうち、本開示の最上位概念を示す独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。
【００４２】
なお、各図は、模式図であり、必ずしも厳密に図示されたものではない。また、各図において、実質的に同一の構成に対しては同一の符号を付しており、重複する説明は省略または簡略化する。
【００４３】
以下の実施の形態において、レーザのフォーカス方向を第１方向と呼び、第１方向に直交する方向を第２方向と呼ぶ。第１方向は例えば垂直方向であり、第２方向は例えば水平方向である。
【００４４】
［１．レーザ加工装置の構成］
実施の形態におけるレーザ加工装置の構成について、図１～図１４を参照しながら説明する。
【００４５】
図１は、レーザ加工装置１００の全体図である。レーザ加工装置１００は、被加工物７をレーザ２で加工する装置である。レーザ加工装置１００は、例えば、レーザ溶接、レーザ切断、レーザトリミング、レーザ穴あけなど各種のレーザ加工を行うために用いられる。被加工物７の例としては、接合材、金属板、樹脂基板、セラミック基板、配線電極、電

気素子などが挙げられる。

【００４６】

図１に示すように、レーザ加工装置１００は、レーザ発振器１と、加工ヘッド８と、制御装置１１とを備えている。加工ヘッド８は、コリメートレンズ３、多分岐光学系４、全反射ミラー５および集光レンズ６などの光学部品と、受光ユニット１０とを有している。また、レーザ加工装置１００は、加工ヘッド８を支持する第１の移動装置２１ａと、被加工物７を支持する第１の移動装置２１ｂと、多分岐光学系４をレーザ２の光軸に対して出し入れする第２の移動装置２２とを備えている。

【００４７】

第１の移動装置２１ａ、２１ｂのそれぞれは、例えば一軸ロボットまたは圧電アクチュエータであり、制御装置１１によって第１方向（フォーカス方向）に移動可能に制御される。第２の移動装置２２は、例えばシリンダであり、制御装置１１によって第１方向に移動するように制御される。レーザ加工装置１００は、第１の移動装置２１ａおよび２１ｂの両方を備えていてもよいし、いずれか一方を備えていてもよい。

【００４８】

レーザ発振器１は、例えば、ファイバーレーザ発振器であり、加工ヘッド８の光学部品に向けてレーザ２を出力する。レーザ２としては、加工用レーザ２Ａ（図２参照）、および、加工用レーザ２Ａと異なるプリショットレーザ２Ｂ（図３参照）の２種類のレーザが挙げられる。加工用レーザ２Ａは、被加工物７を実際に加工するためのレーザである。プリショットレーザ２Ｂは、加工用レーザ２Ａのフォーカス位置を調整するためのレーザであり、加工用レーザ２Ａが被加工物７に照射される前に、被加工物７に照射される。加工用レーザ２Ａの光軸とプリショットレーザ２Ｂの光軸とは一致している。加工用レーザ２Ａおよびプリショットレーザ２Ｂの波長は、同じである。

【００４９】

図１に示すように、レーザ発振器１から出力されたレーザ２は、コリメートレンズ３で平行化され、全反射ミラー５で直角に折り曲げられ、集光レンズ６で集光され、被加工物７に照射される。なお、図１には、レーザ２の光軸に多分岐光学系４が挿入された状態が示されている。多分岐光学系４については後述する。

【００５０】

被加工物７に照射されたレーザ２の一部は、被加工物７にて反射する。被加工物７にて反射した反射光９は、集光レンズ６および全反射ミラー５を通過し、受光ユニット１０に受光される。受光ユニット１０で受光した反射光９は、電気信号に変換された後、制御装置１１で信号処理される。なお、図１では、被加工物７に照射されるレーザ２の光軸および反射光９の光軸が、ずれて描かれているが、実際には同軸となっている。

【００５１】

次に、被加工物７を実際にレーザ加工する時のレーザ加工装置１００の構成について、図２を参照しながら説明する。

【００５２】

図２は、レーザ加工装置１００において加工用レーザ２Ａを照射するための構成を示す図である。図２に示すように、レーザ発振器１から出力された加工用レーザ２Ａは、全反射ミラー５を経由して集光レンズ６で集光され、被加工物７に照射される。なお、多分岐光学系４は、加工ヘッド８の加工用レーザ２Ａの光軸から退避した位置にある。被加工物７を精度よく加工するためには、実際にレーザ加工を行う際の加工ヘッド８のフォーカス基準位置Ａは、被加工物７の表面と一致することが望ましい。

【００５３】

次に、レーザ２のフォーカス位置を調整する時のレーザ加工装置１００の構成について、図３～図１２を参照しながら説明する。

【００５４】

図３は、レーザ加工装置１００においてプリショットレーザ２Ｂを複数のレーザビームに分岐して照射するための構成を示す図である。本実施の形態では、プリショットレーザ

２Ｂを複数のレーザビームに分岐するために、前述した多分岐光学系４が用いられる。多分岐光学系４としては、例えば、３次元の回折光学素子が用いられる。

【００５５】

多分岐光学系４は、第２の移動装置２２の駆動によって、プリショットレーザ２Ｂの光軸に対して直交する方向に出し入れされる。プリショットレーザ２Ｂの光軸に挿入された多分岐光学系４は、コリメートレンズ３で平行化されたプリショットレーザ２Ｂを、フォーカス方向である第１方向および第１方向に直交する第２方向にフォーカス位置の異なる複数のレーザビーム２ａ～２ｅに分岐する。複数のレーザビーム２ａ～２ｅは、全反射ミラー５および集光レンズ６を経由して被加工物７に照射される。

【００５６】

ここで、多分岐光学系４によって分岐された複数のレーザビーム２ａ～２ｅについて説明する。図４は、複数のレーザビーム２ａ～２ｅを示す図である。図５は、複数のレーザビーム２ａ～２ｅが被加工物７に照射される様子を示す図である。

【００５７】

図４に示すように、分岐された各レーザビーム２ａ～２ｅは、第１方向および第２方向に異なるそれぞれのフォーカス位置ｆａ～ｆｅに集光する。本実施の形態では、レーザビーム２ａ～２ｅのうち中央に位置するレーザビーム２ｃのフォーカス位置ｆｃが、フォーカス基準位置Ａとなるように設定されている。

【００５８】

図５に示すように、分岐されたレーザビーム２ａ～２ｅは、被加工物７に照射される。ここで、被加工物７の表面に照射されるレーザビーム２ａ～２ｅのそれぞれの照射位置を、照射位置ａ～ｅとする。

【００５９】

例えば、レーザビーム２ｃのフォーカス位置ｆｃが被加工物７の表面と一致している場合、照射位置ｃに最小のスポット径が形成される。

【００６０】

一方、加工ヘッド８からフォーカス位置までの距離が長いレーザビーム２ａ、２ｂは、フォーカスされる前に被加工物７に照射される。そのため、各照射位置ａ、ｂにおけるスポット径は、照射位置ｃにおけるスポット径よりも大きくなる。

【００６１】

また、加工ヘッド８からフォーカス位置までの距離が短いレーザビーム２ｄ、２ｅは、一度フォーカスされ、その後広がって被加工物７に照射される。そのため、照射位置ｄ、ｅにおけるスポット径は、照射位置ｃにおけるスポット径よりも大きくなる。

【００６２】

このようにスポット径は、フォーカス位置が丁度合っている時に最小径となり、フォーカス位置が被加工物７から離れるに従って大きくなる。つまり、フォーカス位置が丁度合っている時に、レーザパワー密度が大きくなり、一番効率良く加工される。逆に、フォーカス位置がずれるに従って、レーザパワー密度が小さくなり、加工性が悪くなる。

【００６３】

図６は、被加工物７の表面から出射される複数の反射光９ａ～９ｅを示す図である。図６に示すように、被加工物７に照射されたレーザビーム２ａ～２ｅは、レーザビーム２ａ～２ｅのそれぞれの一部が被加工物７の表面にて反射され、レーザビーム２ａ～２ｅのそれぞれに対応する反射光９ａ～９ｅとなって加工ヘッド８に戻る。

【００６４】

図７は、レーザ加工装置１００において複数の反射光９ａ～９ｅを測定するための構成を示す図である。加工ヘッド８に戻った各反射光９ａ～９ｅは、全反射ミラー５を透過し、受光ユニット１０にて受光される。

【００６５】

図８は、複数の反射光９を検出する受光ユニット１０を示す図である。受光ユニット１０は、結像レンズ１２と複数の受光センサ１３と複数の増幅器１４とによって構成されて

いる。
【００６６】
図８に示すように、反射光９ａ～９ｅは、結像レンズ１２によって結像されて、反射光９ａ～９ｅのそれぞれに対応する受光センサ１３ａ～１３ｅにて受光される。各受光センサ１３ａ～１３ｅは、反射光９ａ～９ｅの受光強度に応じた各信号を各増幅器１４ａ～１４ｅに出力する。各受光センサ１３ａ～１３ｅから出力された各信号は、増幅器１４ａ～１４ｅで増幅された後、制御装置１１に出力される。
【００６７】
制御装置１１は、受光ユニット１０から出力された各信号を処理するためのプログラムを有している。制御装置１１は、現在のフォーカス基準位置Ａが被加工物７の表面に一致しているか否かを判断する。具体的には、制御装置１１は、受光ユニット１０から出力された各信号の信号強度を比較し、どの信号強度が最小であるか、すなわちどのレーザビームのフォーカス位置が被加工物７の表面に最も近いかを判断する。また、制御装置１１は、現在のフォーカス基準位置Ａが被加工物７の表面に一致していない場合に、フォーカス基準位置Ａを調整するため、フォーカス基準位置Ａの移動量などを計算する。
【００６８】
次に、レーザのフォーカス位置と反射光の強度について説明する。
【００６９】
図９は、レーザのフォーカス位置と反射光の強度との関係の一例を示す図である。図９の横軸には、被加工物７の表面に対する各フォーカス位置の距離が示され、縦軸には、加工用レーザ２Ａおよびプリショットレーザ２Ｂの反射光の強度が信号強度（単位：電圧Ｖ）として示されている。
【００７０】
レーザ加工では、フォーカス位置が、丁度、被加工物７の表面に位置するときに、被加工物７が一番効率良く加工される。例えば、レーザ溶接では、フォーカス位置が被加工物７の表面と一致しているときに、レーザのエネルギが被加工物７に効率良く吸収され、接合材および母材などの被加工物７が溶融される。そのため図９に示すように、フォーカス位置が被加工物７の表面と一致しているときに、被加工物７から出射される反射光の信号強度が低くなる。それに対し、フォーカス位置が被加工物７の表面から離れるほど、レーザのエネルギが被加工物７に吸収されにくくなり、反射光の信号強度が高くなる。
【００７１】
図１０は、加工用レーザ２Ａの波形を示す図である。図１１は、加工用レーザ２Ａのフォーカス位置と被加工物の接合強度との関係の一例を示す図である。
【００７２】
レーザスポット溶接やレーザシーム溶接などで使われる加工用レーザ２Ａでは、図１０に示すような台形状のパルス波形が用いられる。例えば、加工用レーザ２Ａの照射時間（パルス幅）は１０ｍｓ、レーザ出力（ピークパワー）は１５０Ｗ、スローアップ時間は２ｍｓ、スローダウン時間は２ｍｓである。
【００７３】
加工用レーザ２Ａを被加工物７に照射したときの反射光の強度は、図９で示したように、白丸を繋ぐ破線で示される。この図に示されるように、加工用レーザ２Ａは、フォーカス位置の変化に対する反射光の強度の変化が少ない。
【００７４】
図１１には、規格接合強度である接合強度１０Ｎ以上を満足するには、被加工物７の表面に対するフォーカス位置の一致精度を±０．２ｍｍ以内にすべきであることが示されている。しかしながら加工用レーザ２Ａでは、フォーカス位置の変化に対する反射光の強度の変化が少ないため、フォーカス位置の一致精度を±０．２ｍｍ以内にするように調整することは困難である。
【００７５】
そのため本実施の形態では、フォーカス位置を調整するためのレーザとして加工用レー

ザ２Ａではなく、プリショットレーザ２Ｂを用いる。
【００７６】
図１２は、プリショットレーザ２Ｂの波形を示す図である。プリショットレーザ２Ｂの波形は、レーザの照射時間をできるだけ短くし、且つ、ピークパワーを上げ、被加工物７の表面とフォーカス位置とがほぼ一致した時に、被加工物７の表面が加工される条件に設定する。例えば、プリショットレーザ２Ｂの照射時間を０．１ｍｓ、ピークパワーを３００Ｗに設定する。なお、プリショットレーザ２Ｂは、１ショットである。プリショットレーザ２Ｂのパルスエネルギは、加工用レーザ２Ａのパルスエネルギよりも小さい。
【００７７】
プリショットレーザ２Ｂを被加工物７に照射したときの反射光の強度は、図９で示したように、黒丸を繋ぐ破線で示される。この図に示されるように、プリショットレーザ２Ｂは、フォーカス位置の変化に対して反射光の強度の変化が大きい。そのため、プリショットレーザ２Ｂを用いることで、レーザのフォーカス位置を簡易に調整することが可能となる。
【００７８】
次に、レーザ加工装置１００におけるフォーカス位置の調整のしかたについて、図１３および図１４を参照しながら説明する。
【００７９】
図１３は、レーザビームの照射位置と反射光の強度との関係の一例を示す図である。図１４は、フォーカス位置を調整する様子を示す図である。図１３において、横軸はレーザビーム２ａ～２ｅの照射位置ａ～ｅであり、縦軸は照射位置ａ～ｅに対応する反射光９ａ～９ｅの信号強度である。
【００８０】
図１３の（ａ）には、照射位置ａ～ｅのうち、照射位置ｃの信号強度が最も小さくなっている例が示されている。これは、照射位置ｃに照射されるレーザビーム２ｃのフォーカス位置ｆｃが、フォーカス位置ｆａ～ｆｅの中で被加工物７の表面に最も近いことを意味する。本実施の形態では、フォーカス位置ｆｃが、指標として予め決められたフォーカス位置、すなわち、フォーカス基準位置Ａとして設定されている。したがって、図１３の（ａ）の場合、加工ヘッド８のフォーカス基準位置Ａが、被加工物７の表面にほぼ一致していることになる。
【００８１】
一方、加工ヘッド８のフォーカス基準位置Ａがずれている場合を、図１３の（ｂ）および（ｃ）、ならびに、図１４の（ａ）～（ｃ）を参照しながら説明する。
【００８２】
図１３の（ｂ）には、照射位置ａ～ｅのうち、照射位置ｄの信号強度が最も小さくなっている例が示されている。これは、図１４の（ａ）に示すように、レーザビーム２ｄのフォーカス位置ｆｄが、フォーカス位置ｆａ～ｆｅの中で被加工物７の表面に最も近いことを意味する。したがって、加工ヘッド８のフォーカス基準位置Ａ（フォーカス位置ｆｃ）は、フォーカス位置ｆｄよりも被加工物７の表面から離れていることになる。
【００８３】
そこで、図１４の（ｂ）に示すように、フォーカス位置ｆｄとフォーカス位置ｆｃとの距離（第１方向の距離）を移動量として決定し、その移動量だけ被加工物７を第１方向に動かす。具体的には、予め決められたフォーカス位置ｆｃが、被加工物７の表面に最も近づくように、被加工物７を第１方向に動かす。または、図１４の（ｃ）に示すように、フォーカス位置ｆｄとフォーカス位置ｆｃとの距離（第１方向の距離）を移動量として決定し、その移動量だけ加工ヘッド８を第１方向に動かす。具体的には、予め決められたフォーカス位置ｆｃが、被加工物７の表面に最も近づくように、加工ヘッド８を第１方向に動かす。これにより、加工ヘッド８のフォーカス基準位置Ａを被加工物７の表面に近づけた状態でレーザ加工することができる。
【００８４】

また、図１３の（ｃ）には、照射位置ｂと照射位置ｃとの中間位置において、信号強度が最も小さくなっている例が示されている。これは、フォーカス位置ｆｂとフォーカス位置ｆｃとの中間位置が、被加工物７の表面に最も近いことを意味する。このような場合においても、中間位置とフォーカス位置ｆｃとの距離（第１方向の距離）を移動量として決定し、その移動量だけ被加工物７または加工ヘッド８を第１方向に動かせば良い。

【００８５】

本実施の形態におけるレーザ加工装置１００は、加工用レーザ２Ａまたはプリショットレーザ２Ｂを出力するレーザ発振器１と、プリショットレーザ２Ｂを、フォーカス方向である第１方向および第１方向に直交する第２方向にフォーカス位置ｆａ～ｆｅの異なる複数のレーザビーム２ａ～２ｅに分岐する多分岐光学系４と、加工用レーザ２Ａまたは複数のレーザビーム２ａ～２ｅを被加工物７の表面に向けて照射する集光レンズ６と、複数のレーザビーム２ａ～２ｅの照射に対応して被加工物７の表面から出力される複数の光出力を検出する複数の受光センサ１３と、複数の光出力に基づいて、集光レンズ６および被加工物７の少なくとも一方の第１方向の移動量を求める制御装置１１と、第１方向の移動量に基づいて、集光レンズ６および被加工物７の少なくとも一方を移動させる第１の移動装置と、を備える。なお、第１の移動装置は、第１の移動装置２１ａおよび２１ｂの少なくとも一方であればよい。また、光出力は、反射光９ａ～９ｅであってもよいし、後述する熱放射光またはプラズマ光であってもよい。

【００８６】

このように、プリショットレーザ２Ｂを複数のレーザビーム２ａ～２ｅに分岐し、複数のレーザビーム２ａ～２ｅの照射に対応して被加工物７の表面から出力される複数の光出力に基づいて第１方向の移動量を求め、この移動量に基づいて加工ヘッド８および被加工物７の少なくとも一方の位置を調整することで、レーザのフォーカス位置を正確および簡易に調整することができる。

【００８７】

［２．レーザ加工方法］

次に、実施の形態におけるレーザ加工方法について説明する。

【００８８】

図１５は、レーザ加工方法の一例を示すフローチャートである。

【００８９】

まず、レーザ発振器１からレーザ２が出力されていない状態において、第２の移動装置２２を駆動することによって、多分岐光学系４をレーザ２の光軸に挿入する（ステップＳ１０１）。

【００９０】

次に、レーザ発振器１からプリショットレーザ２Ｂを出力させる（ステップＳ１０２）。プリショットレーザ２Ｂは、多分岐光学系４によって複数のレーザビーム２ａ～２ｅに分岐された後、全反射ミラー５および集光レンズ６を経由して、被加工物７に照射される。

【００９１】

次に、被加工物７にて反射した反射光９ａ～９ｅの強度を測定する（ステップＳ１０３）。

【００９２】

そして制御装置１１が、ステップＳ１０３にて測定されたデータに基づいて、フォーカス位置ｆａ～ｆｅと反射光９ａ～９ｅの強度との関係を分析する（ステップＳ１０４）。これにより、例えば、フォーカス位置ｆａ～ｆｅのうち、どのフォーカス位置が被加工物７の表面に最も近いかを求める。

【００９３】

次に、現在の加工ヘッド８のフォーカス位置と被加工物７の表面との距離が、所定の範囲内に入っているかどうかを判断する（ステップＳ１０５）。上記所定の範囲内は、例えば、レーザ溶接時の規格接合強度である接合強度１０Ｎ以上を満足するため、±０．２ｍ

ｍ以内に設定される。

【００９４】

フォーカス位置が所定の範囲内に入っていなければ（Ｓ１０５にてＮｏ）、加工ヘッド８を動かしてフォーカス位置の調整を行う（ステップＳ１０６）。具体的には、被加工物７の表面に最も近いフォーカス位置と、指標として予め決められたフォーカス位置ｆｃとを比較して、フォーカス位置のずれ量を求める。このずれ量を少なくするように、第１の移動装置２１ａを駆動することによって、加工ヘッド８の第１方向の位置を調整する。また、加工ヘッド８を動かす代わりに、第１の移動装置２１ｂを駆動することによって、被加工物７の第１方向の位置を調整しても良い。フォーカス位置の調整を終えた後、実際のレーザ加工を開始するために、ステップＳ１０７へ進む。

【００９５】

一方、フォーカス位置が所定の範囲内に入っていれば（Ｓ１０５にてＹｅｓ）、次のステップＳ１０７へ進む。

【００９６】

そして、第２の移動装置２２を駆動することによって、多分岐光学系４をレーザ２の光軸から退避させる（ステップＳ１０７）。その後、加工用レーザ２Ａを照射して実際のレーザ加工を行う（ステップＳ１０８）。これらのステップＳ１０１～Ｓ１０８を実行することで被加工物７に対するレーザ加工が終了する。

【００９７】

本実施の形態におけるレーザ加工方法は、加工用レーザ２Ａを、加工ヘッド８から被加工物７の表面に向けて照射することで、被加工物７にレーザ加工を施すレーザ加工方法であって、加工用レーザ２Ａが照射される前に出力されるプリショットレーザ２Ｂを、フォーカス方向である第１方向および第１方向に直交する第２方向にフォーカス位置ｆａ～ｆｅの異なる複数のレーザビーム２ａ～２ｅに分岐させ、被加工物７の表面に向けて照射し、複数のレーザビーム２ａ～２ｅの照射に対応して被加工物７の表面から出力される複数の光出力を検出し、複数の光出力に基づいて、加工ヘッド８および被加工物７の少なくとも一方の位置を第１方向に調整する。

【００９８】

このように、プリショットレーザ２Ｂが分岐されて形成されたレーザビーム２ａ～２ｅの照射に対応して被加工物７の表面から出力される複数の光出力に基づいて、加工ヘッド８および被加工物７の少なくとも一方の位置を調整することで、レーザのフォーカス位置を正確および簡易に調整することができる。

【００９９】

（その他の実施の形態）

以上、本開示の実施の形態に係るレーザ加工方法およびレーザ加工装置について説明したが、本開示は、個々の実施の形態には限定されない。本開示の趣旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を本実施の形態に施したものや、異なる実施の形態における構成要素を組み合わせて構築される形態も、本開示の一つまたは複数の態様の範囲内に含まれてもよい。

【０１００】

例えば、本実施の形態において、プリショットレーザ２Ｂを５つのレーザビーム２ａ～２ｅに分岐させているが、分岐数は５つに限られず、５つより多くてもよい。分岐数が多いほど、フォーカス位置の算出の精度が向上する。

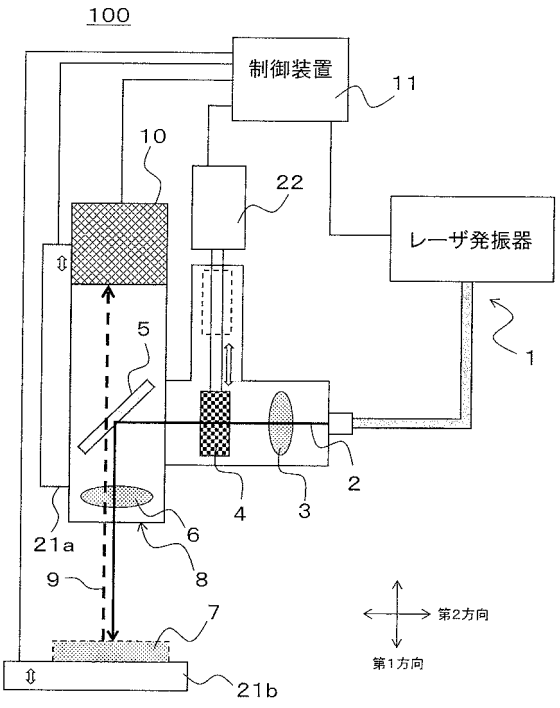
【０１０１】

また、本実施の形態では、フォーカス位置ｆａ～ｆｅは、第２方向に対して一直線上に等ピッチで変化するように設定され、また、第１方向にも等ピッチで変化するように設定されている。しかし、フォーカス位置ｆａ～ｆｅの設定は、これに限られず、例えば中央から外側に離れるにしたがってピッチを大きくしても良い。このようにすることで、レーザのフォーカス位置を修正する際、フォーカス位置の大きなずれ量に対しては大きな修正を行い、フォーカス位置の小さなずれ量に対しては細かい修正を行うことができ、修正の

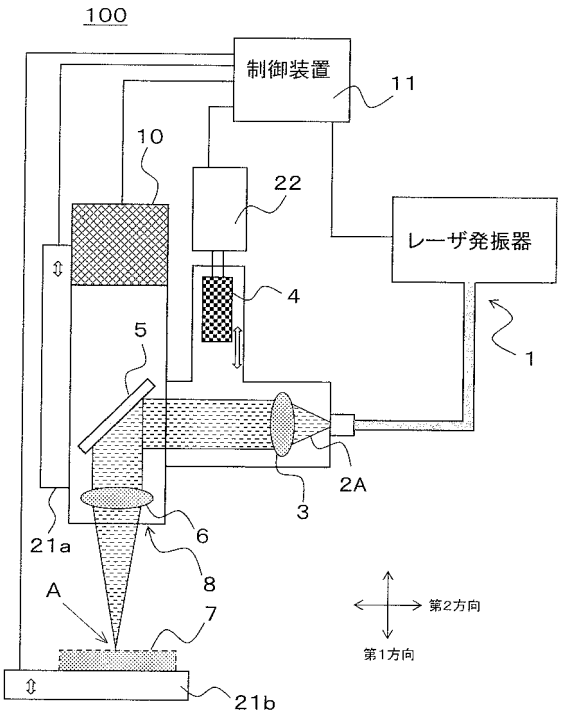
精度および効率を向上することができる。
【０１０２】
また、本実施の形態では、レーザビーム２ａ～２ｅのうち中央に位置するレーザビーム２ｃのフォーカス位置ｆｃを、フォーカス基準位置Ａに一致するように設定している。しかし、フォーカス基準位置Ａと一致させるのは、中央に位置するレーザビーム２ｃでなくても良い。
【０１０３】
また、本実施の形態において、フォーカス位置を調整するためにレーザ照射時に発生する反射光を用いているが、それに限られない。例えば、複数のレーザの照射に対応して被加工物７の表面から出力される複数の光出力を用いてもよい。具体的には、反射光の代わりに、レーザ照射時の照射領域の表面温度と相関の深い熱放射光（例えば、波長１３００ｎｍ）、若しくは、レーザ照射時に発生する可視光であるプラズマ光（例えば、波長４００～７００ｎｍ）を用いても良い。例えば、レーザ加工においては、フォーカスが合っている時が一番効率良くレーザ加工（溶融）され、加工領域の温度上昇も大きくなるため、熱放射光の強度が一番強くなる。
【０１０４】
図１６は、レーザビームの照射位置と熱放射光の強度との関係の一例を示す図である。図１６において、横軸はレーザビーム２ａ～２ｅの照射位置ａ～ｅであり、縦軸はそれぞれの照射位置ａ～ｅに対応する熱放射光の信号強度である。同図から、照射位置ｃの信号強度が一番大きくなっており、照射位置ｃがフォーカス位置となっていることがわかる。このように熱放射光を用いることで、フォーカス位置を調整することもできる。また、プラズマ光を用いても同様にして、フォーカス位置を調整することができる。更に、反射光、熱放射光、プラズマ光を合わせて用いることで、フォーカス位置を精度よく調整することができる。なお、熱放射光またはプラズマ光を測定する場合は、それぞれの光に対応する受光センサを用いればよい。
【０１０５】
また、本実施の形態で用いる多分岐光学系４としては、３次元の回折光学素子（Ｄｉｆｆｒａｃｔｉｖｅ　Ｏｐｔｉｃａｌ　Ｅｌｅｍｅｎｔ、以下ＤＯＥ）が適している。３次元とは、集光レンズと組み合わせて、レーザのフォーカス位置が、レーザの光軸に対して直交する平面方向に２次元、且つ、光軸方向に１次元、の３次元を表す。多分岐光学系４では、光学ガラス平面上に、所定の回折パターンを形成し、先ずは、その回折現象により、レーザビームを上記平面方向に分岐させる。更に、分岐させるレーザの位相を変化させることで、光軸方向も変化させることができる。この３次元ＤＯＥを用いることで、１つの光学素子で、フォーカス位置を３次元的に多分岐して配列させることができる。
【産業上の利用可能性】
【０１０６】
本開示は、レーザ溶接、レーザ切断、レーザトリミング、レーザ穴あけなど、各種のレーザ加工に適用することができる。
【符号の説明】
【０１０７】
１　レーザ発振器
２　レーザ
２Ａ　加工用レーザ
２Ｂ　プリショットレーザ
２ａ、２ｂ、２ｃ、２ｄ、２ｅ　レーザビーム
３　コリメートレンズ
４　多分岐光学系
５　全反射ミラー
６　集光レンズ
７　被加工物

８　　加工ヘッド
９、９ａ、９ｂ、９ｃ、９ｄ、９ｅ　反射光
１０　受光ユニット
１１　制御装置
１２　結像レンズ
１３、１３ａ、１３ｂ、１３ｃ、１３ｄ、１３ｅ　受光センサ
１４、１４ａ、１４ｂ、１４ｃ、１４ｄ、１４ｅ　増幅器
２１ａ、２１ｂ　第１の移動装置
２２　第２の移動装置
１００　レーザ加工装置
Ａ　　フォーカス基準位置
ａ、ｂ、ｃ、ｄ、ｅ　照射位置
ｆａ、ｆｂ、ｆｃ、ｆｄ、ｆｅ　フォーカス位置

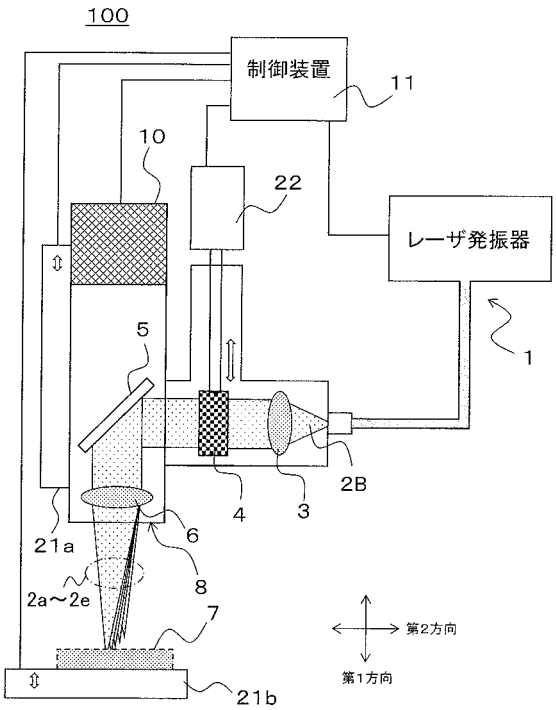
【図１】



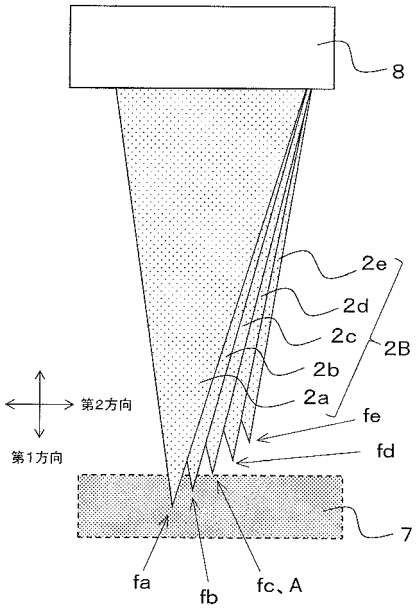
【図２】



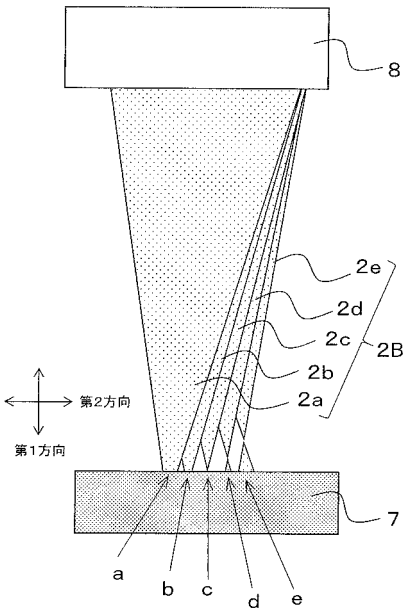
【図３】


100
制御装置
11
10
22
レーザ発振器
1
5
2B
4
3
21a
6
8
2a～2e
7
第2方向
第1方向
21b

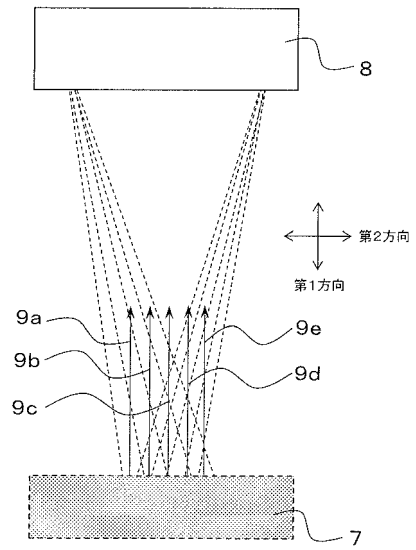
【図４】


8
2e
2d
2c
2B
2b
2a
fe
fd
第2方向
第1方向
7
fa
fb
fc、A

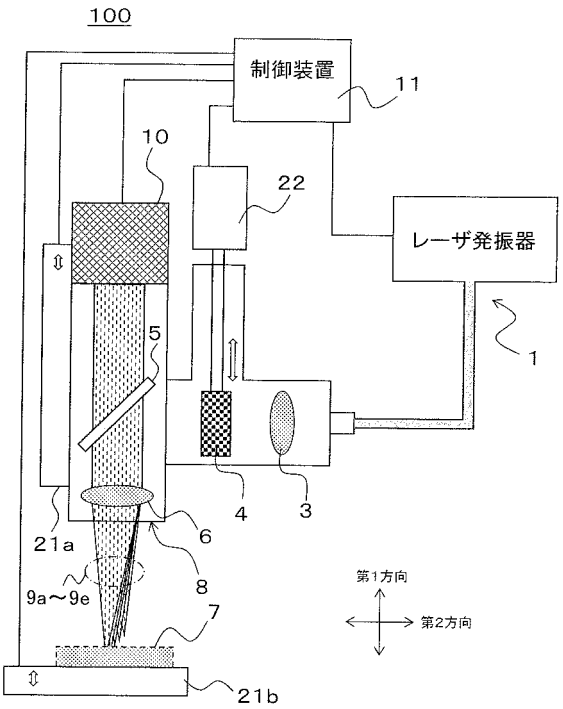
【図５】


8
2e
2d
2c
2B
2b
2a
第2方向
第1方向
7
a
b
c
d
e

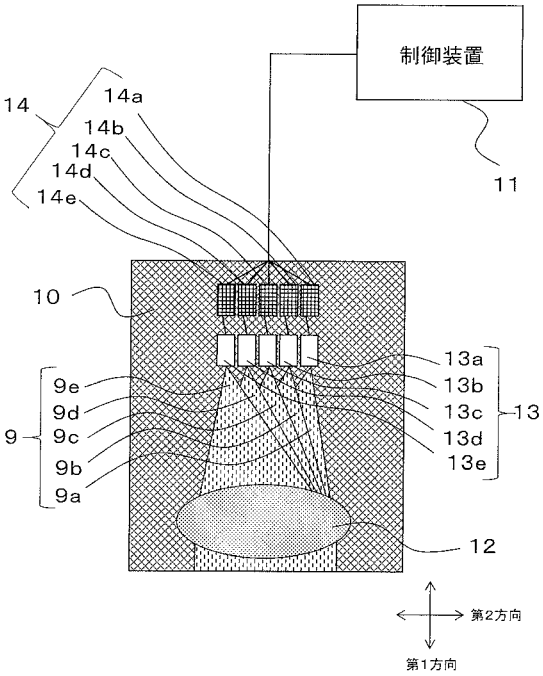
【図６】


8
第2方向
第1方向
9a
9b
9c
9e
9d
7

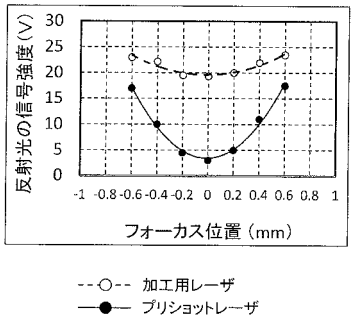
【図７】



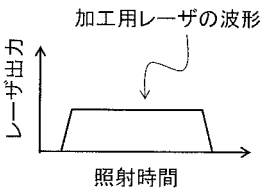
【図８】



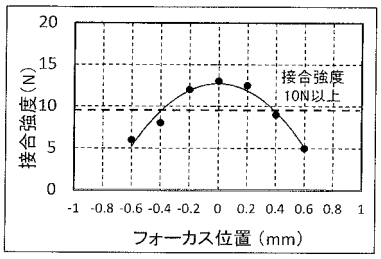
【図９】



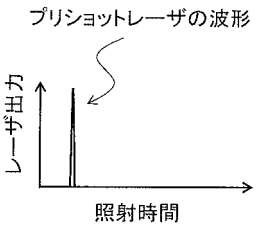
【図１０】



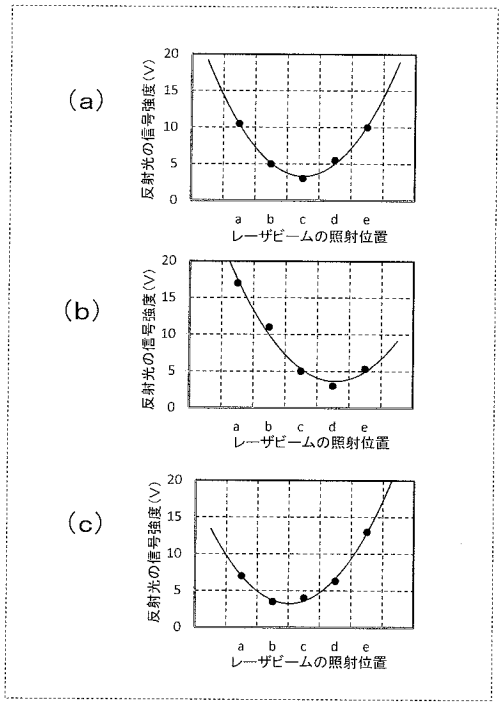
【図１１】



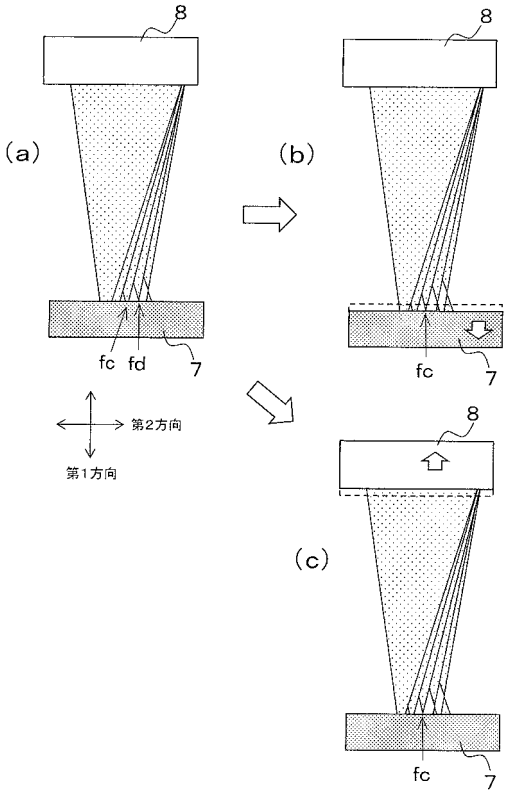
【図１２】



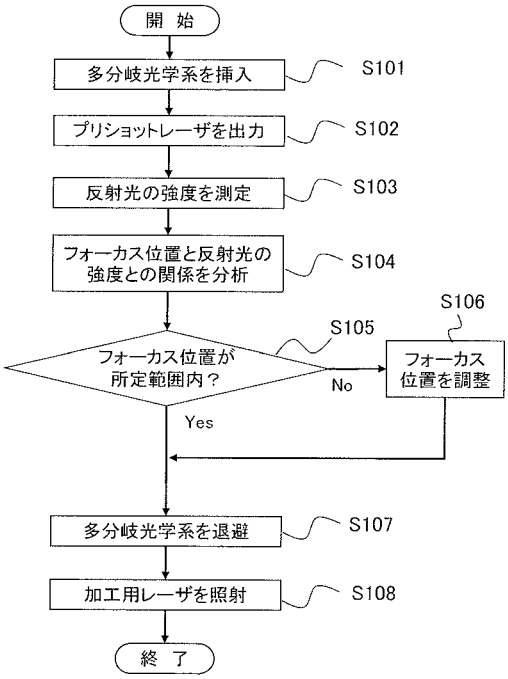
【図１３】



【図１４】



【図１５】



【図１６】

