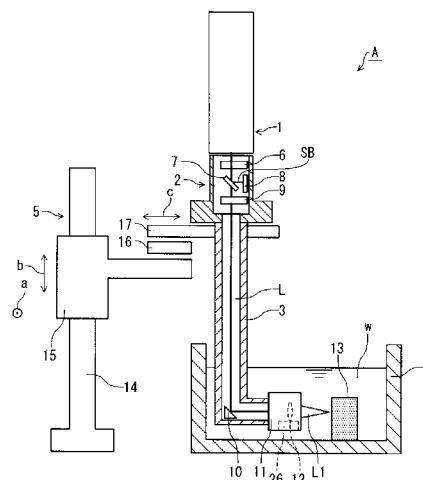




【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

パルス発振のレーザ光を集光して空間的エネルギー密度が高い状態とし、このレーザ光を表面が液体に接している固体材料に照射することにより発生するプラズマの圧力で当該固体材料の機械的強度を向上させるレーザ照射装置であって、レーザ光源と、このレーザ光源から出射されるレーザ光を伝送するレーザ光伝送手段と、前記固体材料に対するレーザ光の照射位置を任意に移動させる照射位置移動手段と、照射される前記レーザ光を集光する集光手段と、前記レーザ光を前記固体材料の表面に投影した際のレーザ投影面積を任意に調整する投影面積調整手段とを備えたことを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 2】

レーザ光を集光する前記集光手段は、光学素子のうち少なくとも 1 つの光学素子がレーザ光を空間的に分割するための不連続な複数の面の組合せによって構成される領域を持ち、それぞれの面は分割したレーザ光が屈折、回折または反射によって集光する構成とされている請求項 1 記載のレーザ照射装置。

【請求項 3】

前記光学素子中の不連続な面は、周方向に連続し、半径方向には不連続な同心円状面の集合である請求項 2 記載のレーザ照射装置。

【請求項 4】

前記レーザ光の光軸とこの光軸に垂直な第 1 の軸とを含む面に対して対称にレーザ光を屈折または回折または反射させる第一の光学素子と、前記第 1 の軸に垂直な第 2 の軸とを含む面に対して対称にレーザ光を屈折、回折または反射させる第二の光学素子とを備え、これらの光学素子によりレーザ光を集光する構成とした請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載のレーザ照射装置。

【請求項 5】

前記第一の光学素子と前記第二の光学素子のうち、少なくとも 1 つがシリンドリカルレンズであり、前記第一の光学素子と前記第二の光学素子とが平行光を集光する距離をそれぞれ異ならせた請求項 4 記載のレーザ照射装置。

【請求項 6】

前記第一の光学素子と前記第二の光学素子の間隔を変えるための水平駆動機構を備えた請求項 4 または 5 記載のレーザ照射装置。

【請求項 7】

前記第一の光学素子と前記第二の光学素子のうち、少なくとも 1 つの素子を光軸を中心に回転させるための回転機構を備えた請求項 4 ないし請求項 6 のいずれか 1 項記載のレーザ照射装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明はレーザピーニング用のレーザ照射装置に係り、特に複雑形状の処理対象に対してもレーザピーニング処理を可能とすることができるレーザ照射装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

構造物の損傷は、腐食や亀裂の発生など、表面を起点とする場合が殆どであり、構造物の寿命は表面の特性に左右される傾向が高い。このため、従来から、各種の表面処理技術を適用して材料表面の機械的あるいは化学的な性質を改善し、疲労強度、耐腐食性、耐摩耗性などを向上させることにより、構造物の寿命延長を図る試みが行われている。

【0003】

ショットピーニングは代表的な表面処理技術であり、部材表面層の硬さの上昇と、表面層への圧縮残留応力の導入が可能である。このため、自動車、航空機などの産業分野ではショットピーニングが多く利用されている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0004】

一方、レーザはエネルギー密度や、照射位置の精密かつ高速な制御が容易であり、他の方法では困難な高速処理、超急熱急冷処理などを行うことができるため、種々の技術が開発され、材料の加工処理への応用が拡大している。

【 0 0 0 5 】

その一つとして、液体を介して材料の表面にパルス状のレーザビームを照射するレーザ衝撃硬化処理が知られており、ショットピーニングと同様に部材表面層の硬さの上昇と、表面層への圧縮残留応力の導入を行うことが可能である。

【 0 0 0 6 】

レーザ衝撃硬化処理はショットピーニングと比較して処理効果が高く、非接触作業が可能であり、反力がなく、レーザ照射の条件や部位を精密に制御できる等、ショットピーニングでは実現できない優れた利点があり、開発および実用化が進められている（例えば、特許文献 2 ～ 特許文献 4 および非特許文献 1 参照）。

【特許文献 1】特開平 0 7 - 2 4 6 4 8 3 号公報

【特許文献 2】特開平 0 8 - 1 1 2 6 8 1 号公報

【特許文献 3】特開平 0 8 - 3 2 6 5 0 2 号公報

【特許文献 4】特開 2 0 0 3 - 5 0 4 2 1 2 号公報

【非特許文献 1】ショットピーニング技術協会編「金属疲労とショットピーニング」現代工学社

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

時間的エネルギー密度の高いパルスレーザを用い、材料表面に照射した際に発生するプラズマの圧力により材料の機械的強度を改善させるレーザピーニング技術において、レーザの空間的エネルギー密度も改善効果に影響を及ぼす処理条件の一つである。

【 0 0 0 8 】

このため、照射されるレーザパルスのエネルギー（J / パルス）を一定としたとき、材料表面に照射されるレーザ光の像の面積によって定まる空間的エネルギー密度（J / mm²）が条件を満たすべく集光レンズの位置を調整する必要がある。

【 0 0 0 9 】

波長 λ 、ビーム径 D のレーザを焦点距離 f のレンズで集光する場合、理想的なレーザ光の焦点径 d は以下の回折限界の式によって定義される。

[数 1]

$$d = 2.44 \times \lambda \times f / D$$

【 0 0 1 0 】

実際のレーザ発振器を用いたときのレーザ光のビーム品質や使用するレンズの持つ球面収差などのさまざまな収差により、実際の焦点径は回折限界よりも大きくなる。これらを考慮すれば、レンズなどの光学素子とその配置、伝送空間の屈折率、およびレンズと照射する材料表面との相対距離から材料表面に投影される像の面積を求めることができる。レーザ光は最小径まで集光された後は集光角度と同じ角度で拡大されるので、ある投影面積の像は最小径となる位置の前後に存在することになる。

【 0 0 1 1 】

一方、集光されてエネルギー密度が高くなると、それにつれて非線形なエネルギーロス（ブレイクダウン）が発生する確率が高くなる。照射するレーザのパルスエネルギーが大きく、水中でレーザを照射するレーザピーニングでは、光路を清浄に保っても水分子の存在により大気中よりもブレイクダウンは発生し易い。

【 0 0 1 2 】

このためレーザピーニングでは像面積の制限として、レーザピーニングの効果を得るために必要なエネルギー密度以上となる上限面積と、ブレイクダウンが生じるエネルギー密度以上となる下限の面積が処理条件として設定され、照射対象材料の表面での像面積がこの条件を満たすように焦点位置を調整してレーザピーニング装置を配置しなければならない。レ

10

20

30

40

50

ーザの像が上限面積となる焦点位置と下限面積となる焦点位置の幅は、処理の際に要求される装置設置精度に関わるため、照射装置の設計や装置動作制御方法を複雑化させる要因となり、処理対象の形状に対しても制限を与えていた。

【 0 0 1 3 】

本発明は、従来技術に伴うこれらの課題を解決することを目的となされたものであり、被処理材料表面の機械的強度の改善が可能な像面積をなす、レーザ光軸方向の範囲の広いレーザ照射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】

【 0 0 1 4 】

本発明では、パルス発振のレーザ光を集光して空間的エネルギー密度が高い状態とし、このレーザ光を表面が液体に接している固体材料に照射することにより発生するプラズマの圧力で当該固体材料の機械的強度を向上させるレーザ照射装置であって、レーザ光源と、このレーザ光源から出射されるレーザ光を伝送するレーザ光伝送手段と、前記固体材料に対するレーザ光の照射位置を任意に移動させる照射位置移動手段と、照射される前記レーザ光を集光する集光手段と、前記レーザ光を前記固体材料の表面に投影した際のレーザ投影面積を任意に調整する投影面積調整手段とを備えたことを特徴とするレーザ照射装置を提供する。

【発明の効果】

【 0 0 1 5 】

本発明によれば、ブレークダウンを抑制し、レーザピーニングの効果を得るために必要なエネルギー密度範囲となるレーザ光の光軸上の処理可能範囲を拡大したレーザピーニング用のレーザ照射装置を供給することができる。これにより焦点調整のための制御が単純化できるとともに、複雑形状の処理対象にもレーザピーニング処理が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 6 】

以下、本発明に係るレーザ照射装置の実施形態について、図面を参照して説明する。

【 0 0 1 7 】

[第 1 実施形態] (図 1 ~ 図 6)

図 1 は、本実施形態によるレーザ照射装置 A の一部を断面として示す全体構成図である。図 1 に示すように、レーザ照射装置 A は大別して、レーザビーム L を下向きに発振するレーザ光源としてのレーザ発振器 1 と、このレーザ発振器 1 の下端部に設けられレーザビーム L を制御するためのビーム制御ユニット 2 と、このビーム制御ユニット 2 から下方に伸び、その下端が略水平な方向に折曲したレーザ光伝送手段としてのレーザビーム導光用の導光管 3 と、この導光管 3 の下端部を被覆してその内部に液体、例えば水 w を収容する水槽 4 と、導光管 3 の側方に略平行な配置で設けられた照射位置決め装置 5 とを備えている。

【 0 0 1 8 】

ビーム制御ユニット 2 は、レーザ発振器 1 から発振されたレーザビーム L の出力を調整する出力調整装置 6 を備えている。この出力調整装置 6 は、レーザビーム L の一部をサンプリングビーム S B として抽出する部分反射ミラー 7 と、抽出されるサンプリングビーム S B の出力を検出するパワーメータ 8 と、レーザビーム L が出射される下方を開閉するシャッター 9 とを備えた構成とされている。

【 0 0 1 9 】

導光管 3 の下部には鉛直線に対して 45° 傾斜した反射ミラー 10 が設けてあり、この反射ミラー 10 により下向きに発振されたレーザビーム L を水平方向に反射して水平ビームとした後、導光管 3 の先端に設けた照射ヘッド 11 内の多面体集光素子 12 により収束して収束レーザ光 L1 とし、この収束レーザ光 L1 を固体材料である被処理部材 13 に照射するようになっている。

【 0 0 2 0 】

また、照射位置決め装置 5 は、図 1 の紙面厚さ方向に沿って水平方向 (矢印 a 方向) に

10

20

30

40

50

レーザビーム L を走査するための駆動を行う水平駆動機構 15 と、垂直に立上る支柱 14 に沿って上下方向（矢印 b 方向）に昇降駆動を行う垂直駆動機構 16 と、水平駆動機構 15 により水平方向（矢印 c 方向）に移動してレーザビーム L の焦点を調整する焦点調整機構 17 とを備えている。

【0021】

このように、照射位置決め装置 5 は水槽 4 内に水 w に浸されて設置されている被処理部材 13 の任意の領域にレーザ照射をするために、水平方向（紙面に対して垂直）にレーザビーム L を走査するための水平駆動機構 15 と、垂直方向（紙面上方向）に走査するための垂直駆動機構 16 とを搭載している。

【0022】

そして、焦点調整機構 17 は集光されたレーザ光 L_1 が被処理部材 13 の表面で所望の投影面積を持つべく、レーザ光を被処理部材 13 の表面に投影した際のレーザ投影面積を調整する投影面積調整手段として用いる。

【0023】

すなわち、本実施形態では、レーザ光源としてのレーザ発振器 1 と、このレーザ光源から出射されるレーザ光を伝送するレーザ光伝送手段としての導光管 3 および水槽 4 と、固体材料である被処理部材 13 に対するレーザ光の照射位置を任意に移動させる照射位置移動手段としての照射位置決め装置 5 と、照射されるレーザ光を集光する集光手段としての多面体集光素子 12 と、レーザ光 L を固体材料の表面に投影した際のレーザ投影面積を任意に調整する投影面積調整手段として光学素子駆動機構 26 とを備えている。

【0024】

以上の構成により、レーザ発振器 1 から照射されたレーザビーム L はビーム制御ユニット 2 内の出力調整装置 6 によって出力調整される。また、出力調整のためのレーザ出力計測には、部分反射ミラー 7 でレーザビーム L の一部（全出力の 1% 以下）をサンプリングして、サンプリングビーム S B をパワーメータ 8 に入射することによって行う。

【0025】

また、ビーム制御ユニット 2 内のシャッタ 9 を「開」とすることによってレーザビーム L は導光管 3 を伝送し、導光管 3 内の反射ミラー 10 で光軸方向を変え、照射ヘッド 11 から被処理部材 13 に照射される。

【0026】

図 2 は、図 1 に示した照射ヘッド 11 を詳細に示す拡大断面図である。この図 2 に示すように、照射ヘッド 11 と導光管 3 の一部は水中に設置されるため、これらの照射ヘッド 11 および導光管 3 には内部への浸水を防止するため、リングやガasket、接着剤、溶接その他の手段により、防水構造が形成されている。導光管 3 と照射ヘッド 11 は防水ウインドウ 18 で仕切られ、導光管 3 または照射ヘッド 11 のいずれかが浸水した際に、光路を経由して相互に浸水の影響を及ぼさないようにしてある。

【0027】

照射ヘッド 11 に入射したレーザビーム L は、拡大鏡 19 によってビーム径を拡大した後、多面体集光素子 12 によって集光される。拡大鏡 19 は、レーザビーム L の光軸方向に沿って配置された凹面鏡 20 および凸面鏡 21 を備えた構成としてある。

【0028】

また、多面体集光素子 12 は光学素子マウント 22 に固定保持されて、光学素子駆動機構 26 により光軸方向 d に移動可能となっている。すなわち、光学素子駆動機構 26 は、照射ヘッド 11 内に設けたモータ 23 と、このモータ 23 に連結されたボールねじ 24 と、これらを支持するリニアガイド 25 とを備えている。そして、光学素子駆動機構 26 によって光学素子マウント 22 をレーザビーム L の光軸方向（矢印 d 方向）に移動させることにより、照射ヘッド 11 から見た焦点位置を直線的に移動させることができる。

【0029】

このように、多面体集光素子 12 を介してレーザビーム L は集光され、出口側防水ウインドウ 27 を通過して水 w の環境に放出され、図 1 に示した被処理部材 13 に照射される

10

20

30

40

50

。出口側ウインドウ 27 の周囲部には噴射ノズル 28 が突設してあり、この噴射ノズル 28 の基端側の周壁には浄化水供給チューブ 29 が連結されている。そして、図示省略のフィルタでろ過された水 e が、浄化水供給チューブ 29 から噴射ノズル 28 に供給され、この噴射ノズル 28 から出た後の噴流 30 の効果により、光路中の微粒子や気泡などによる散乱、吸収が抑制されるようになっている。

【0030】

次に、図 3 ~ 図 6 を参照して、多面体集光素子 12 の構成および作用について説明する。

【0031】

図 3 (a) は、多面体集光素子 12 の形状を光軸と直交する方向から示す正面図であり、図 3 (b) は縦断面図である。

10

【0032】

図 3 (a) , (b) に示すように、多面体集光素子 12 は六角形をした複数の小集光領域 31 が集合した多面体となっており、それぞれの小集光領域 31 がプリズムの役割を果たす。

【0033】

なお、図 3 に示した小集光領域 31 の平面の法線は、全て 1 点で交わるように面が形成されている。このため、小集光領域 31 の面積を極限まで小さくすると、多面体集光素子 12 は球面レンズとなる。この法線が交わる点が複数、または交わらない場合には、小集光領域 31 の面積を極限まで小さくしたときの多面体集光素子 12 が非球面レンズとなり、このような形状の光学素子を用いてもよい。

20

【0034】

図 4 および図 5 は、ビーム軌跡を示す説明図である。図 4 に示すように、本実施形態においては、レーザビーム L が小集光領域 31 によって切り取られるため、集光後のレーザ光 L_1 は図 5 に示すように、分割ビーム L2 の集合となり、その断面積が最小となるビームウエスト L3 でのレーザ光の断面積は小集光領域 31 の形状によって設定することができる。

【0035】

図 6 は、レーザ光のプロファイルを示す説明図である。図 6 に示すように、プロファイル 32 および 33 は位置 a に多面体集光素子 12 を配置した場合と、同じ位置 a に球面レンズを配置した場合のレーザ光の断面積を示している。

30

【0036】

多面体集光素子 12 からビームウエスト L3 の位置までの見かけの焦点距離とすると、球面レンズの焦点距離はこれに等しいものとする。ブレイクダウンが生じるエネルギー密度となる断面積を s_1 、レーザピーニングの効果を得るために必要なエネルギー密度となる断面積を s_2 としたとき、 s_1 から s_2 の範囲となるレーザ光 L の光軸方向の処理可能範囲は、球面レンズでは $L'1$ 、多面体集光素子 12 では $L'2$ となる。多面体集光素子 12 では上記ビームウエスト L3 の断面積が s_1 に達しないため、ビームウエスト L3 以降でもレーザピーニング処理が可能となり、 $L'2$ は $L'1$ よりも長い。

【0037】

40

被処理部材 13 の表面での投影面積は、焦点調整機構 17 または光学素子駆動機構 26 によって制御することができる。被処理部材 13 の表面の処理位置や、処理面積は照射位置決め装置 5 のもつ駆動機構によって制御することができ、被処理部材 13 の表面形状がレーザビーム L の光軸に対して垂直な平面でない場合、または平面でない場合にも、その形状に合わせて照射ヘッド 11 を動作させることによって所望のレーザ投影面積を保ちつつレーザピーニング処理を行うことができる。

【0038】

図 1 に示された照射位置決め装置 5 が持つ駆動機構は、焦点調整機構 17 を含めて直動 3 軸であるが、これに加えて 1 つないし複数の回転機構を搭載することによって、より多彩な処理動作を実現することができる。これにより、装置と処理対象との干渉が懸念され

50

る狭隘部位でのレーザピーニング処理も可能となる。

【 0 0 3 9 】

水槽 4 が本実施形態のレーザ照射装置に比べて大きい場合には、レーザ発振器 1 および照射位置決め装置 5 は導光管 3 や照射ヘッド 1 1 とともに水中に設置してもよい。その際にはレーザ発振器 1、ビーム制御ユニット 2、照射位置決め装置 5 についても水密構造とし、レーザ発振器 1、ビーム制御ユニット 2 および導光管 3 の接続部についても、それぞれ水密構造とする。この場合、レーザ発振器 1 とビーム制御ユニット 2 および導光管 3 の接続部に、照射ヘッド 1 1 における防水ウインドウ 1 8 と同様のウインドウを配置することにより、隣接する機器からの浸水を相互に防ぐこともできる。

【 0 0 4 0 】

なお、図 3 に示した小集光領域 3 1 は全て平面であるが、それぞれ球面の集合体としてもよい。

【 0 0 4 1 】

また、本実施形態において被処理材料が浸漬されている液体は水 w であるが、この液体は水に限らず、水溶液やシリコンオイル、有機系液体、無機系液体、液体金属などを適用してもよい。この場合には噴射ノズル 2 8 に供給される液体は水ではなく、浸漬環境と同じ組成のものとなる。水槽 4 からポンプで汲み上げた液体をフィルタでろ過して清浄化し、噴射ノズル 2 8 に供給することにより、環境の液体の組成に関わらず処理を行うことができる。

【 0 0 4 2 】

また、拡大鏡 1 9 のビーム径を拡大し、多面体集光素子 1 2 や出口側防水ウインドウ 2 7 の表面におけるエネルギー密度を下げることにより、これらの損傷を抑える効果がある。さらに、拡大鏡 1 9 に代えて拡散板、レンズアレイ、回折光学素子 (D O E : D i f f r a c t i v e O p t i c a l E l e m e n t s)、カレイドスコープなどを用いてもよい。

【 0 0 4 3 】

また、図 2 に示した屈折系の拡大鏡ではなく、折り返しミラーを用いた光路を形成して、その内部に凹面鏡を配置してレーザビーム L を拡大してもよい。

【 0 0 4 4 】

このように、本実施形態のレーザ照射装置においては、レーザ光を集光する集光手段は、光学素子のうち少なくとも 1 つの光学素子がレーザ光を空間的に分割するための不連続な複数の面の組合せによって構成される領域を持ち、それぞれの面は分割したレーザ光が屈折、回折または反射によって集光する構成とされている。

【 0 0 4 5 】

以上の実施形態によれば、ブレークダウンを抑制し、レーザピーニングの効果を得るために必要なエネルギー密度範囲となるレーザ光の光軸上の処理可能範囲を拡大したレーザピーニング用のレーザ照射装置を供給することができる。これにより焦点調整のための制御が単純化できるとともに、複雑形状の処理対象にもレーザピーニング処理が可能となる。

【 0 0 4 6 】

[第 2 実施形態] (図 7 ~ 図 9)

本実施形態では、光学素子中の不連続な面を周方向に連続させ、半径方向には不連続な同心円状面の集合としたレーザ照射装置について説明する。

【 0 0 4 7 】

図 7 は本発明の第 2 実施形態による同心円プリズム形状を示す説明図であり、図 8 は図 7 に示した実施形態のビーム軌跡を示す説明図である。図 9 は図 7 に示した実施形態のビームウエストを示す説明図である。

【 0 0 4 8 】

なお、以下の説明において、第 1 実施形態と同一の構成部分には図 1 ~ 図 6 と同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 9 】

図 7 (a) , (b) に示した同心円形状光学素子 3 6 は、図 1 の多面体集光素子 1 2 の代わりに用い、半径方向に不連続で、周方向に連続な複数の同心円集光領域 3 7 で構成される。この同心円集光領域 3 7 は三角錐の 2 箇所をその底面と平行な面で切り取ったときの傾斜面の形状であり、それぞれがプリズムの役割を果たす。二つの平面で切断する幅を極限まで小さくすると同心円形状光学素子 3 6 は球面収差のないレンズとなる。

【 0 0 5 0 】

このように構成された本実施形態においては、図 7 に示すように、同心円集光領域 3 7 で屈折したレーザビームが光軸上で円形に結像する。

【 0 0 5 1 】

また、本実施形態では図 8 に示すように、異なる同心円集光領域 3 7 が同じ位置で結像するように、それぞれの傾斜が調整されている。

【 0 0 5 2 】

このため、図 8 および図 9 に示すように、全ての同心円集光領域 3 7 の像を合成するビームウエスト 3 8 を持つ。ビームウエスト 3 8 の位置でのレーザ光の断面積は同心円集光領域 3 7 の幅によって設定することができる。レーザ光の断面積は第 1 実施形態と同様に図 6 で表すことができる。

【 0 0 5 3 】

なお、同心円集光領域 3 7 は三角錐ではなく、球の 2 箇所をそれぞれ平行な 2 つの面で切り取ったときの部分球面形状としてもよい。

【 0 0 5 4 】

本実施形態によれば、ブレイクダウンを抑制し、レーザピーニングの効果を得るために必要なエネルギー密度範囲となるレーザ光の光軸上の処理可能範囲を拡大したレーザピーニング用のレーザ照射装置を供給することができる。これにより焦点調整のための制御が単純化できるとともに、複雑形状の処理対象にもレーザピーニング処理が可能となる。

【 0 0 5 5 】

[第 3 実施形態] (図 1 0 ~ 図 1 5)

次に、本発明に係るレーザ照射装置の第 3 実施形態について図 1 0 ~ 図 1 5 を参照して説明する。以下の実施形態では、レーザ光の光軸とこの光軸に垂直な第 1 の軸とを含む面に対して対称にレーザ光を屈折または回折または反射させる第一の光学素子と、第 1 の軸に垂直な第 2 の軸とを含む面に対して対称にレーザ光を屈折、回折または反射させる第二の光学素子とを備え、これらの光学素子によりレーザ光を集光する構成としたレーザ照射装置について説明する。また、第一の光学素子と前記第二の光学素子のうち、少なくとも 1 つがシリンドリカルレンズであり、第一の光学素子と前記第二の光学素子とが平行光を集光する距離をそれぞれ異ならせたレーザ照射装置について説明する。また、第一の光学素子と第二の光学素子の間隔を変えるための水平駆動機構を備えたレーザ照射装置について説明する。また、第一の光学素子と前記第二の光学素子のうち、少なくとも 1 つの素子を光軸を中心に回転させるための回転機構を備えたレーザ照射装置について説明する。

【 0 0 5 6 】

図 1 0 は、照射ヘッド 1 1 を詳細に示す拡大断面図であり、図 1 1 はレンズ構成を示す説明図である。図 1 0 に示すように、本実施形態では、第 1 実施形態で示した図 2 の照射ヘッド 1 1 内の多面体集光素子 1 2 に代えて、垂直円筒レンズ 4 1 および水平円筒レンズ 4 2 の組合せ光学素子を用いる。垂直円筒レンズ 4 1 および水平円筒レンズ 4 2 はともにシリンドリカルレンズであるが、図 1 1 に示すように、円筒面の元となる円筒の中心軸が、互いに垂直となるように構成されている。

【 0 0 5 7 】

また、垂直円筒レンズ 4 1 によってレーザビーム L が集光された楕円が最も小さくなる位置と、水平円筒レンズ 4 2 によってレーザビーム L が集光された楕円が最も小さくなる位置とが一致しないように、シリンドリカルレンズの焦点距離およびレンズ間距離が設定されている。他の構成は第 1 実施形態と略同様であるから、説明を省略する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 8 】

図 1 2 および図 1 3 は、垂直円筒レンズ 4 1 および水平円筒レンズ 4 2 の曲率が等しい場合のレーザビーム L の軌跡と断面積を示している。

【 0 0 5 9 】

このように構成された本実施形態においては、図 1 2 に示すように、位置 a 1 に配意された垂直円筒レンズ 4 2 はレーザビーム L をビーム軸直交方向 (x 方向) に集光し、 x 方向焦点位置 c で垂直な楕円に像を結ぶ。

【 0 0 6 0 】

同様に、図 1 2 における位置 a 2 に配意された水平円筒レンズ 4 2 はレーザビーム L をビーム軸直交方向 (y 方向) に集光し、 y 方向焦点位置 d で水平な楕円に像を結ぶ。この 2 種類の円筒レンズの組合せにより、図 1 3 にレーザビームの断面積 1 0 1 を示すように、垂直円筒レンズ 4 1 と同じ曲率の球面レンズを a 1 の位置に配置した場合の球面レンズビーム断面積 1 0 2 よりも常に大きくなる。

【 0 0 6 1 】

断面積 1 0 2 がブレイクダウンを生じるエネルギー密度となる断面積 1 0 1 以下になっても、断面積 1 0 1 はこれに達しないためブレイクダウンを生じることがないため、垂直円筒レンズ 4 1 および水平円筒レンズ 4 2 の焦点位置 c および d 以降でもレーザピーニング処理が可能となり、L' 2 は L' 1 よりも長い。

【 0 0 6 2 】

図 1 4 は、本実施形態におけるビーム断面積を示している。この図 1 4 に示すように、垂直円筒レンズ 4 1 と水平円筒レンズ 4 2 との間隔を広げると、それぞれの焦点位置 c および d の間隔が広がる。a 1、a 2 の間隔は c と d の間で断面積 1 0 1 がレーザピーニングの効果を得るために必要なエネルギー密度となる断面積を s 2 よりも大きくならない範囲まで広げることが可能である。

【 0 0 6 3 】

図 1 5 は水平円筒レンズ 4 2 の焦点距離を垂直円筒レンズ 4 1 よりも長くした例を示している。ここで、水平円筒レンズ 4 2 の焦点距離は c と d の間で断面積 1 0 1 がレーザピーニングの効果を得るために必要なエネルギー密度となる断面積を s 2 よりも大きくならない範囲で長くすることができる。

【 0 0 6 4 】

水平円筒レンズ 4 2 の焦点距離を垂直円筒レンズ 4 1 の焦点距離より短くすることも可能である。これらはピーニング処理可能な範囲の中心位置を変える効果があり、球面レンズにおいて焦点距離を変えることと同等の効果が得られる。

【 0 0 6 5 】

なお、垂直円筒レンズ 4 1 と水平円筒レンズ 4 2 はその円筒面を多角錐の外表面と置き換えた多面体プリズムに置き換えてもよい。

【 0 0 6 6 】

本実施形態によれば、ブレイクダウンを抑制し、レーザピーニングの効果を得るために必要なエネルギー密度範囲となるレーザ光 L の光軸上の処理可能範囲を拡大したレーザピーニング用のレーザ照射装置を供給することができる。これにより焦点調整のための制御が単純化できるとともに、複雑形状の処理対象にもレーザピーニング処理が可能となる。また、被処理部材表面でのレーザ光の像として縦楕円と横楕円の条件を焦点調整機構によって選択できることにより、被処理部材表面形状に応じたレーザピーニング処理が可能となる。

【 0 0 6 7 】

[第 4 実施形態] (図 1 6 および図 1 7)

次に、本発明に係るレーザ照射装置の第 4 実施形態について図 1 6 および図 1 7 を参照して説明する。図 1 6 は照射ヘッド詳細図であり、図 1 7 は非直交配置シリンドリカル構成図である。なお第 1 実施形態と同一の構成には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 8 】

図 1 6 に示すように、照射ヘッド 1 1 に搭載された垂直円筒レンズ 4 1 と水平円筒レンズ 4 2 はそれぞれ円筒中心軸をレーザビーム L の光軸中心に回転させる中空超音波モータ 4 5 に組み込まれ、更に光学素子駆動機構 2 6 によってレーザビーム L の光軸方向に直線移動する。

【 0 0 6 9 】

このように構成された本実施形態において、二つの中空超音波モータ 4 5 は互いに独立に動作することができるため、図 1 7 に示すように垂直円筒レンズ 4 1 と水平円筒レンズ 4 2 の円筒中心軸がなす角 θ は任意の角度に設定することができる。レーザビーム L は紙面に対して表から裏に向かって進むものとする。また、二つの光学素子駆動機構 2 6 も同様に互いに独立に動作することができるため、2 枚のシリンドリカルレンズの間隔を任意に変えることができる。なす角 θ が 0 でない限り、レーザ光 L_1 は水平楕円焦点、垂直楕円焦点の二つの焦点位置をもつ。

【 0 0 7 0 】

これらの間隔はなす角 θ によって決定されるため、中空超音波モータ 4 5 の回転角制御によってピーニング処理可能な範囲の中心位置を変える効果があり、球面レンズにおいて焦点距離を変えることと同等の効果が得られる。また、なす角 θ が 0 となるように制御することにより、レーザ光 L_1 は光軸上の 1 箇所で一方向のみが集光され、その垂直方向には集光されない長楕円（ライン状）の像を得る。

【 0 0 7 1 】

光学素子駆動機構 2 6 によってレンズ間隔を変えることにより 2 枚組み合わせた組合せシリンドリカルレンズの焦点距離を可変にすることができ、ライン角度も中空超音波モータ 4 5 の回転角制御によって制御することができる。

【 0 0 7 2 】

本実施形態によれば、ブレイクダウンを抑制し、レーザピーニングの効果を得るために必要なエネルギー密度範囲となるレーザ光の光軸上の処理可能範囲を拡大したレーザピーニング用のレーザ照射装置を供給することができる。

【 0 0 7 3 】

また、レンズを交換することなく処理可能範囲を変えることができる。

【 0 0 7 4 】

さらに、被処理部材 1 3 の表面でのレーザ光の像を楕円状とライン状の像を遠隔で切り替えることが可能となり、処理条件に応じたレーザピーニング処理を遠隔で選択することが可能となる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 7 5 】

【 図 1 】 本発明の第 1 実施形態によるレーザ照射装置の全体構成図。

【 図 2 】 図 1 に示したレーザ照射装置の照射ヘッドを拡大して示す詳細図。

【 図 3 】 (a) は図 2 の多面体集光素子を示す正面図、(b) は (a) の縦断面図。

【 図 4 】 図 3 に示した多面体集光素子のビーム軌跡を示す説明図。

【 図 5 】 図 3 に示した多面体集光素子のビームウエストを示す説明図。

【 図 6 】 図 3 に示した多面体集光素子のビーム断面積を示す説明図。

【 図 7 】 (a) , (b) は本発明の第 2 実施形態によるプリズム形状を示す説明図。

【 図 8 】 図 7 に示した実施形態のビーム軌跡を示す説明図。

【 図 9 】 図 7 に示した実施形態のビームウエストを示す説明図。

【 図 1 0 】 本発明の第 3 実施形態による照射ヘッドを示す詳細図。

【 図 1 1 】 第 3 実施形態におけるレンズ構成を示す説明図。

【 図 1 2 】 上記第 3 実施形態におけるビーム形状を示す説明図。

【 図 1 3 】 上記第 3 実施形態におけるビーム断面積 1 を示す説明図。

【 図 1 4 】 上記第 3 実施形態におけるビーム断面積 2 を示す説明図。

【 図 1 5 】 上記第 3 実施形態におけるビーム断面積 3 を示す説明図。

10

20

30

40

50

【図 16】本発明の第 4 実施形態における照射ヘッド詳細図。

【図 17】上記第 4 実施形態における非直交配置シリンドリカル構成図。

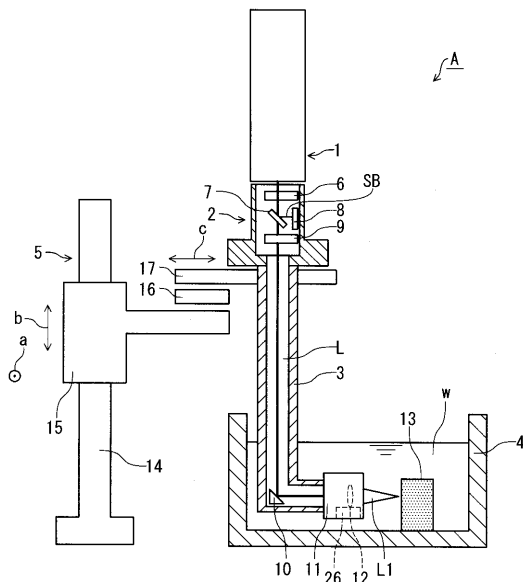
【符号の説明】

【0076】

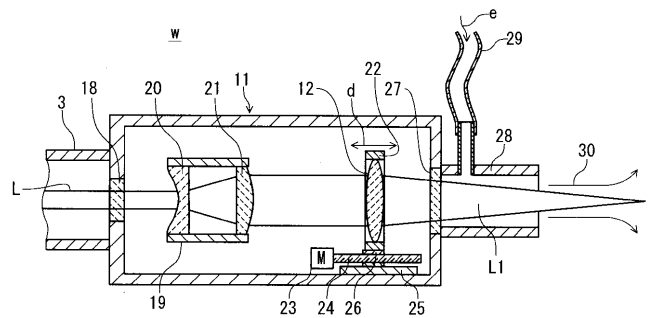
1 レーザ発振器、2 ビーム制御ユニット、3 導光管、4 水槽、5 照射位置決め装置、6 出力調整装置、7 部分反射ミラー、8 パワーメータ、9 シャッタ、10 反射ミラー、11 照射ヘッド、12 多面体集光素子、13 被処理部材、14 支柱、15 水平駆動機構、16 垂直駆動機構、17 焦点調整機構、18 防水ウィンドウ、19 拡大鏡、20 凹面鏡、21 凸面鏡、22 光学素子マウント、23 モータ、24 ボールねじ、25 リニアガイド、26 光学素子駆動機構、27 出口側防水ウィンドウ、28 噴射ノズル、30 噴流、31 小集光領域、32, 33 プロファイル、34 浄化水供給チューブ、36 同心円形状光学素子、37 同心円集光領域、38 ビームウエスト、41 垂直円筒レンズ、42 水平円筒レンズ、45 中空超音波モータ、45A レーザ照射装置、L レーザビーム、 L_1 収束レーザー光、w 水、SB サンプリングビーム。

10

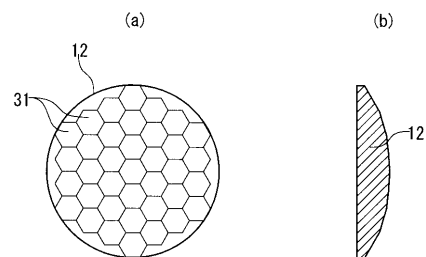
【図 1】



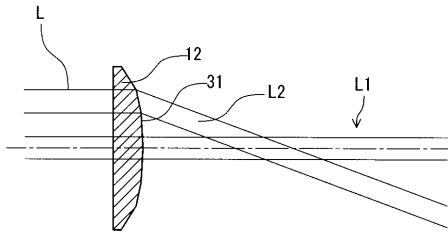
【図 2】



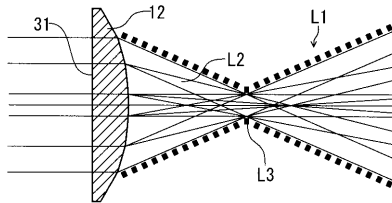
【図 3】



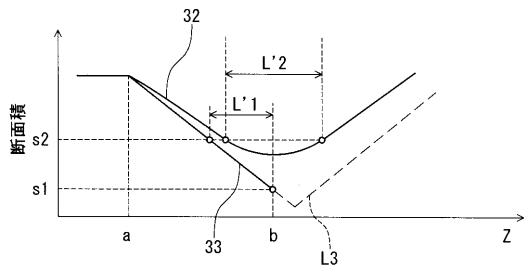
【図 4】



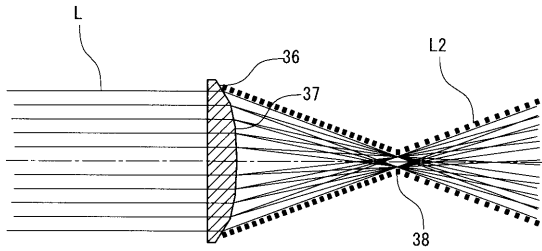
【図 5】



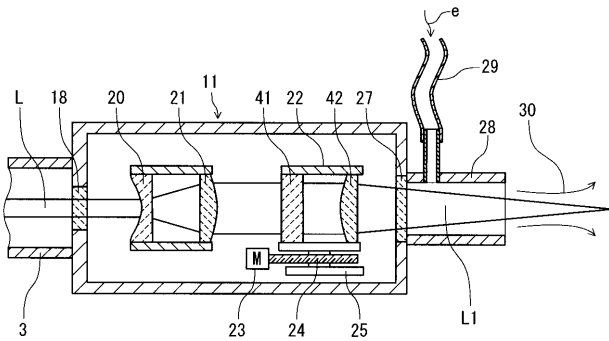
【図 6】



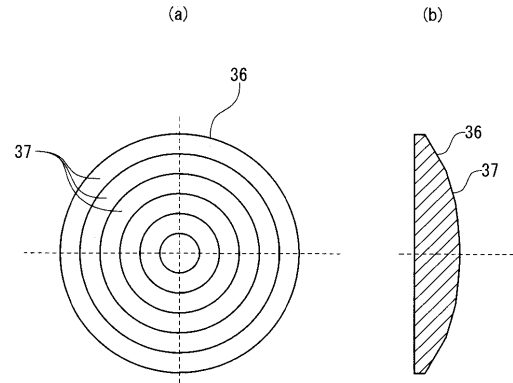
【図 9】



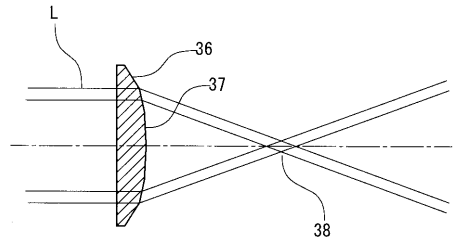
【図 10】



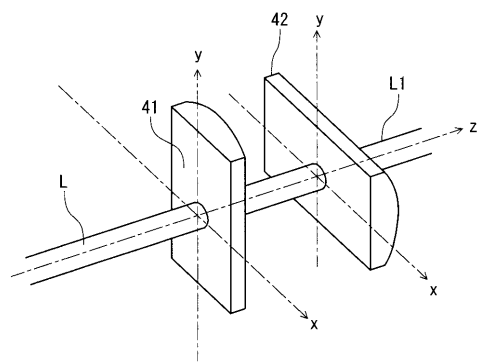
【図 7】



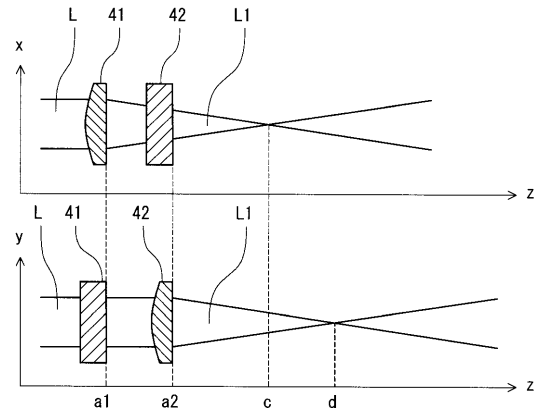
【図 8】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

- (72)発明者 上原 拓也
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 向井 成彦
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 廣田 圭一
東京都中央区日本橋本町四丁目9番11号 東芝ＩＴコントロールシステム株式会社内
- (72)発明者 千田 格
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 依田 正樹
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 佐伯 綾一
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- Fターム(参考) 4E068 AH00 CD01 CD08 CJ07