

(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2017-181048
(P2017-181048A)

(43) 公開日 平成29年10月5日(2017.10.5)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
GO 1 B 17/00 (2006.01)		GO 1 B 17/00	B	2 F 0 6 8
GO 1 N 29/24 (2006.01)		GO 1 N 29/24		2 G 0 4 7
GO 1 N 29/06 (2006.01)		GO 1 N 29/06		
GO 1 N 29/26 (2006.01)		GO 1 N 29/26		

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2016-63290 (P2016-63290)
(22) 出願日 平成28年3月28日 (2016. 3. 28)

(71) 出願人 000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目1番1号
(74) 代理人 110001092
特許業務法人サクラ国際特許事務所
(72) 発明者 菅原 あずさ
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 星 岳志
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 山本 撰
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

最終頁に続く

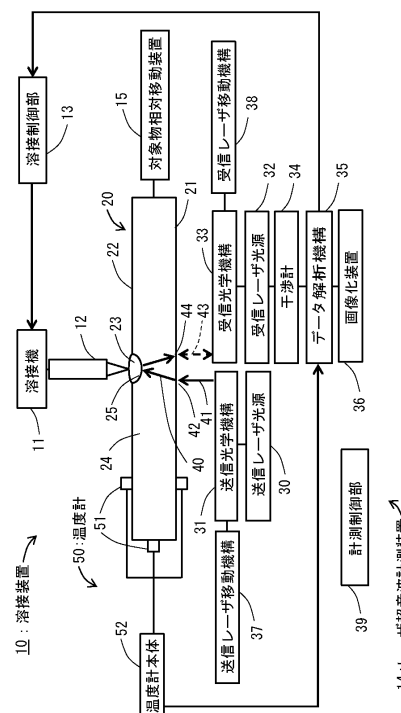
(54) 【発明の名称】 レーザ超音波計測装置およびレーザ超音波計測方法ならびに溶接装置および溶接方法

(57) 【要約】

【課題】レーザ超音波計測により、固液界面の形状およびその大きさを捉える。

【解決手段】実施形態によれば、レーザ超音波計測装置14は、送信レーザ光源30と、送信光学機構31と、受信レーザ光源32と、受信光学機構33と、干渉計34と、データ解析機構35と、画像化装置36と、送信レーザ移動機構37と、受信レーザ移動機構38と、計測制御部39と、を有する。送信レーザ照射点42および受信レーザ照射点44のうちの一方を固定照射点とし、他方を移動照射点とし、第1の表面21上の所定の中心点を中心とする複数の放射方向線上それぞれで、移動照射点の複数の位置と1箇所固定照射点に送信用パルスレーザ光41または受信用レーザ光43を照射する。画像化装置36は、放射方向線上それぞれに沿った固液界面25の位置を表示する。

【選択図】 図1



を有し、

前記送信レーザ照射ステップおよび前記受信レーザ集光ステップにおいて、前記送信レーザ照射点および前記受信レーザ照射点のうち的一方を固定照射点とし、他方を移動照射点とし、前記第1の表面上の所定の中心点を中心とする複数の放射方向線のそれぞれに沿う複数の前記移動照射点と、前記複数の放射方向線のそれぞれに対して定めた1箇所の前記固定照射点に前記送信用パルスレーザ光または前記受信用レーザ光を照射すること、
を特徴とするレーザ超音波計測方法。

【請求項6】

請求項5に記載のレーザ超音波計測方法によって得られた前記固液界面の位置に基づいて、溶接条件を制御しながら前記対象物の前記第2の表面を溶接することを特徴とする溶接方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明の実施形態は、レーザ超音波計測のための装置および方法、ならびに、それらを用いた溶接装置および溶接方法に関する。

【背景技術】

【0002】

金属の溶融現象を伴う溶接では、施工により欠陥が発生する可能性があるため、溶接後の欠陥検査が必要になる。溶接後の欠陥検査では、表面検査として浸透探傷試験、体積検査として超音波探傷試験や放射線透過試験が広く用いられている。また、溶接中検査を行うために、高温の検査対象を非接触で検査することが可能なレーザ超音波法を利用した検査方法が知られている。

20

【0003】

たとえば、溶接施工中の溶接部の体積検査を行う方法が知られている。この方法では、溶接直後の固相となった溶接部に存在する溶接欠陥を、溶接ビード上に送信レーザ、母材上に受信レーザを照射することにより、検出することができる。上記のように欠陥検査の重要性については広く認識されているが、溶接中に溶融池の形状変化を計測することができれば、溶接プロセスおよび溶接欠陥発生メカニズムを知る手がかりとなり、得られた結果を溶接条件にフィードバックすることにより溶接品質を更に改善することが可能となる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第5651533号公報

【特許文献2】特許第4090620号公報

【特許文献3】特許第4086938号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

溶接の品質管理を行う方法として、TIG溶接の自動溶接中に、監視カメラの映像に基づき、溶融池前面の凹凸形状の変化を認識することで、電極狙い位置制御、ワイヤ狙い位置制御、溶接条件制御を行う方法が知られている。しかし、溶接中の溶融池形状をその場で計測するためには、高温の固相/液相界面(固液界面)をインプロセスで計測する必要がある。

40

【0006】

また、他の方法として、計測対象の片面の一部に液相があり、固相と液相の界面をレーザ超音波法により計測する方法が知られている。レーザ超音波法は、超音波励起用レーザと超音波受信用レーザ、干渉計を用いて超音波の送受信を行う方法であり、非接触で遠隔から非破壊検査を行うことができるため、高温状態の計測対象の計測などに有効である。

50

しかしこの従来技術のシステムでは、超音波の送信位置と受信位置の距離を固定したまま2次元的に走査している。この方法では、形成される溶融池の形状によっては、超音波の送信位置および受信位置と溶融池の固液界面との位置関係により反射波が取得できない可能性がある。

【0007】

本発明の実施形態は、上記事情に鑑みてなされたものであって、固液界面の形状およびその大きさを精度よく捉えることができるレーザ超音波計測装置およびレーザ超音波計測方法、ならびに、それらを用いた溶接装置および溶接方法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】

【0008】

本発明の実施形態に係るレーザ超音波計測装置は、第1の表面に接して固相部が形成され、前記第1の表面の反対側の第2の表面の一部に接して液相部が形成されて前記固相部と前記液相部との間に固液界面が形成された対象物の前記固液界面の位置を計測するレーザ超音波計測装置であって、超音波を励起する送信用パルスレーザ光を発生する送信レーザ光源と、前記送信レーザ光源で発生した前記送信用パルスレーザ光を前記第1の表面上の送信レーザ照射点に導く送信光学機構と、受信用レーザ光を発生する受信レーザ光源と、前記受信レーザ光源で発生した前記受信用レーザ光を前記第1の表面上の受信レーザ照射点に照射して反射した前記受信用レーザ光を集光する受信光学機構と、前記受信光学機構で集光した前記受信レーザ光に基づいて得られた超音波信号を解析して前記固液界面の位置を求めるデータ解析機構と、前記送信レーザ照射点を前記第1の表面に沿って動かす送信レーザ移動機構と、前記受信レーザ照射点を前記第1の表面に沿って動かす受信レーザ移動機構と、前記送信レーザ光源、前記受信レーザ光源、前記送信レーザ移動機構および前記受信レーザ移動機構を制御する計測制御部と、を有し、前記計測制御部は、前記送信レーザ照射点および前記受信レーザ照射点のうち的一方を固定照射点とし、他方を移動照射点とし、前記第1の表面上の所定の中心点を中心とする複数の放射方向線のそれぞれに沿う複数の前記移動照射点と、前記複数の放射方向線のそれぞれに対し定めた1箇所の前記固定照射点に前記送信用パルスレーザ光または前記受信用レーザ光を照射するように構成されていること、を特徴とする。

10

20

【0009】

また、本発明の実施形態に係る溶接装置は、前記レーザ超音波計測装置と、前記対象物の前記第2の表面を溶接して前記液相部として溶融池を形成する溶接トーチと、前記溶接トーチの溶接条件を制御する溶接制御部と、を備えた溶接装置であって、前記溶接制御部は、前記レーザ超音波計測装置から得られた前記固液界面の位置に基づいて前記溶接条件を制御するように構成されていることを特徴とする。

30

【0010】

また、本発明の実施形態に係るレーザ超音波計測方法は、固相部からなるとともに第1の表面と前記第1の表面の反対側の第2の表面とを備える対象物の前記第2の表面の一部に液相部を形成して前記固相部と前記液相部との間に固液界面を形成する固液界面形成ステップと、送信用パルスレーザ光を発生させて前記第1の表面上の送信レーザ照射点に照射する送信レーザ照射ステップと、受信用レーザ光を前記第1の表面上の受信レーザ照射点に照射して反射した前記受信用レーザ光を集光する受信レーザ集光ステップと、前記受信レーザ集光ステップで集光した前記受信用レーザ光に基づいて得られた超音波信号を解析して前記固液界面の位置を求めるデータ解析ステップと、を有し、前記送信レーザ照射ステップおよび前記受信レーザ集光ステップにおいて、前記送信レーザ照射点および前記受信レーザ照射点のうち的一方を固定照射点とし、他方を移動照射点とし、前記第1の表面上の所定の中心点を中心とする複数の放射方向線のそれぞれに沿う複数の前記移動照射点と、前記複数の放射方向線のそれぞれに対して定めた1箇所の前記固定照射点に前記送信用パルスレーザ光または前記受信用レーザ光を照射すること、を特徴とする。

40

【0011】

また、本発明の実施形態に係る溶接方法は、前記レーザ超音波計測方法によって得られ

50

た前記固液界面の位置に基づいて、溶接条件を制御しながら前記対象物の前記第 2 の表面を溶接することを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

本発明の実施形態によれば、固液界面の形状およびその大きさを精度よく捉えることができるレーザ超音波計測装置およびレーザ超音波計測方法、ならびに、それらを用いた溶接装置および溶接方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図 1】本発明の一実施形態に係るレーザ超音波計測装置を含む溶接装置の模式的立断面図である。 10

【図 2】本発明の一実施形態に係るレーザ超音波計測装置の対象物相対移動装置を模式的に示す平面図である。

【図 3】本発明の一実施形態に係るレーザ超音波計測方法における対象物のレーザ照射点の位置の一例を示す底面図である。

【図 4】本発明の一実施形態に係るレーザ超音波計測方法における溶融池周辺部の固液界面の画像化領域を示す模式的立断面図である。

【図 5】図 4 の画像化領域を示す模式的斜視図である。

【図 6】本発明の一実施形態に係るレーザ超音波計測方法における溶融池中央部の固液界面の画像化領域を示す模式的立断面図である。 20

【図 7】図 6 の画像化領域を示す模式的斜視図である。

【図 8】本発明の一実施形態に係るレーザ超音波計測方法において突き合わせ溶接の場合の対象物のレーザ照射点の位置の一例を示す立断面図である。

【図 9】本発明の一実施形態に係るレーザ超音波計測方法において突き合わせ溶接の場合の対象物のレーザ照射点の位置の、図 8 とは異なる一例を示す立断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の実施形態に係るレーザ超音波検査装置およびレーザ超音波検査方法、ならびに、これらを利用した溶接装置および溶接方法について、図面を参照して説明する。

【0015】

図 1 は、一実施形態に係るレーザ超音波計測装置を含む溶接装置の模式的立断面図である。図 2 は、一実施形態に係るレーザ超音波計測装置の対象物相対移動装置を模式的に示す平面図である。 30

【0016】

図 1 に示すように、この実施形態に係る溶接装置 10 は、溶接機 11 と、溶接トーチ 12 と、溶接制御部 13 と、レーザ超音波計測装置 14 と、対象物相対移動装置 15 とを含んでいる。ここで、溶接の対象となる対象物 20 は金属製で板状であり、互いに平行に広がる第 1 の表面 21 と第 2 の表面 22 とを有する。溶接装置 10 は、対象物 20 の第 2 の表面 22 (たとえば上面) に溶接トーチ 12 を向けて溶接を行う。その際に、第 2 の表面 22 上に液相部である溶融池 23 が形成され、液相部 23 と固相部 24 の境界として固液界面 25 が形成される。レーザ超音波計測装置 14 は、この溶融池 23 の形状および大きさを計測するものである。 40

【0017】

レーザ超音波計測装置 14 は、送信レーザ光源 30 と、送信光学機構 31 と、受信レーザ光源 32 と、受信光学機構 33 と、干渉計 34 と、データ解析機構 35 と、画像化装置 36 と、送信レーザ移動機構 37 と、受信レーザ移動機構 38 と、計測制御部 39 とを備えている。

【0018】

送信レーザ光源 30 は、超音波 40 を励起する送信用パルスレーザ光 41 を発生する。送信光学機構 31 は、送信レーザ光源 30 で発生した送信用パルスレーザ光 41 を、第 1 50

の表面 2 1 上の送信レーザ照射点 4 2 に導く。受信レーザ光源 3 2 は、送信用パルスレーザ光 4 1 によって励起されて対象物 2 0 中を伝播した超音波 4 0 が固液界面 2 5 で反射した超音波を受信するための受信用レーザ光 4 3 を発生する。受信光学機構 3 3 は、受信レーザ光源 3 2 で発生した受信用レーザ光 4 3 を第 1 の表面 2 1 上の受信レーザ照射点 4 4 に照射するとともに、受信レーザ照射点 4 4 で反射した受信用レーザ光 4 3 を集光する。

【 0 0 1 9 】

干渉計 3 4 は、受信光学機構 3 3 で集光したレーザ光を干渉計測して超音波信号を得る。データ解析機構 3 5 は、干渉計 3 4 にて得られた超音波信号を収録し解析して固液界面 2 5 の位置を求める。画像化装置 3 6 は、データ解析機構 3 5 により求められた固液界面 2 5 の位置を 2 次元または 3 次元画像により表示する。

10

【 0 0 2 0 】

送信レーザ移動機構 3 7 は、送信レーザ照射点 4 2 を第 1 の表面 2 1 に沿って動かす（走査する）。受信レーザ移動機構 3 8 は、受信レーザ照射点 4 4 を第 1 の表面 2 1 に沿って動かす（走査する）。送信レーザ移動機構 3 7 および受信レーザ移動機構 3 8 は、たとえば、それぞれ、送信光学機構 3 1 および受信光学機構 3 3 と一体で動作するガルバノスキャナ構造である。

【 0 0 2 1 】

計測制御部 3 9 は、送信レーザ光源 3 0、受信レーザ光源 3 2、送信レーザ移動機構 3 7 および受信レーザ移動機構 3 8 などを制御する。

【 0 0 2 2 】

20

送信レーザ光源 3 0 および受信レーザ光源 3 2 に用いるレーザとしては、対象物 2 0 の種類に応じて、たとえば、Nd : YAG レーザ、CO₂ レーザ、Er : YAG レーザ、チタンサファイアレーザ、アレキサンドライトレーザ、ルビーレーザ、エキシマレーザなどを使用することができる。

【 0 0 2 3 】

干渉計 3 4 としては、たとえば、マイケルソン干渉計、ホモダイン干渉計、ヘテロダイン干渉計、フィゾー干渉計、マッハツェンダー干渉計、ファブリーペロー干渉計およびフォトリフラクティブ干渉計などを用いることができる。

【 0 0 2 4 】

レーザ超音波計測装置 1 4 はさらに、対象物 2 0 の内部の温度を測定するための温度計 5 0 を備えている。温度計 5 0 は対象物 2 0 に取り付けられる温度センサ 5 1 と、温度センサ 5 1 に接続される温度計本体 5 2 とを有する。温度計本体 5 2 は、温度センサ 5 1 で得られた対象物 2 0 の内部の温度を表す信号をデータ解析機構 3 5 に送るように構成されている。

30

【 0 0 2 5 】

対象物相対移動装置 1 5 は、対象物 2 0 を移動するための装置である。対象物相対移動装置 1 5 により、対象物 2 0 の第 1 の表面 2 1 と送信光学機構 3 1 の間の距離、第 1 の表面 2 1 と受信光学機構 3 3 との間の距離、対象物 2 0 の第 2 の表面 2 2 と溶接トーチ 1 2 との距離をそれぞれ一定に保ちながら対象物 2 0 を図 2 の矢印 A の方向に移動できる。溶接を実行中に対象物 2 0 が移動することにより、溶接トーチ 1 2 の真下の対象物 2 0 の第 2 の表面 2 2 上に溶融池 2 3 が形成され、溶融池 2 3 が溶接トーチ 1 2 の真下の位置から離れていくにつれて溶融池 2 3 は凝固していく。その結果、対象物 2 0 の第 2 の表面 2 2 上に溶接線 1 6 が形成されていく。

40

【 0 0 2 6 】

ここで、溶接機 1 1 および溶接トーチ 1 2 による溶接方法としては、たとえば、ティグ（TIG）溶接、マグ（MAG）溶接、ミグ（MIG）溶接、被覆アーク溶接、サブマージアーク溶接、イナートガスアーク溶接、炭酸ガスアーク溶接、プラズマアーク溶接、エレクトロスラグ溶接などのアーク溶接全般、スポット溶接、シーム溶接などの抵抗溶接全般、ガス溶接、テルミット溶接、電子ビーム溶接、レーザ溶接などでも良く、金属の溶接方法全般に対して適用することが可能である。

50

【 0 0 2 7 】

図 3 は、一実施形態に係るレーザ超音波計測方法における対象物のレーザ照射点の位置の一例を示す底面図である。ここでは、平板状の対象物 2 0 の第 1 の表面 2 1 が下向き、第 2 の表面 2 2 が上向きであるとする。前述のように、対象物 2 0 の第 2 の表面 2 2 上に溶融池 2 3 が形成され、その裏側すなわち底面である第 1 の表面 2 1 上に送信レーザ照射点 4 2 および受信レーザ照射点 4 4 をとる。

【 0 0 2 8 】

溶融池 2 3 の固液界面 2 5 は、通常、下に凸の半球状に近い形状をなす。そこで、この固液界面 2 5 の 3 次元的な形状を的確に把握するために、溶融池 2 3 の中心位置の真下の位置を中心として、この中心を通る各放射方向線それぞれの上に複数の送信レーザ照射点 4 2 を取る。また、各放射方向線それぞれの上に 1 個の受信レーザ照射点 4 4 を取る。ここでは、各放射方向に並べられた複数の送信レーザ照射点 4 2 を放射方向列 6 0 と呼ぶ。各放射方向列 6 0 の最も内側の送信レーザ照射点 4 2 は溶融池 2 3 の外周よりも内側にあり、各放射方向列 6 0 の最も外側の送信レーザ照射点 4 2 は溶融池 2 3 の外周よりも外側にあるように設定する。

【 0 0 2 9 】

溶融池 2 3 の中心位置は、溶接トーチ 1 2 (図 1) の真下の位置として設定することができる。また、溶融池 2 3 の大きさは、過去の経験値などに基づいて推測することができる。

【 0 0 3 0 】

図 3 の例では、各放射方向列 6 0 に 5 個の送信レーザ照射点 4 2 が並べられているが、この個数は 2 以上であればいくつでもよい。また、図 3 の例では、放射方向列 6 0 が 4 5 度間隔で 8 本が設定されているが、各放射方向列 6 0 の数も、2 以上であればいくつでもよい。ただし、放射方向列 6 0 同士の周方向の間隔は、一般には等間隔が好ましい。また、各放射方向列 6 0 の中の送信レーザ照射点 4 2 同士の間隔も、一般には等間隔が好ましい。

【 0 0 3 1 】

図 3 に示すように、溶融池 2 3 の中心位置の真下の位置を中心として、各放射方向列 6 0 よりも中心近くに、円環状に複数の送信レーザ照射点 4 2 が並べられ、中心位置に 1 個の受信レーザ照射点 4 4 が設定されている。ここでは、円環状に並べられた複数の送信レーザ照射点 4 2 を円環状列 6 1 と呼ぶ。円環状列 6 1 は溶融池 2 3 の外周よりも内側にあるように設定する。

【 0 0 3 2 】

各放射方向列 6 0 に対応する受信レーザ照射点 4 4 の位置は、図 3 の例では外側から 2 番目と 3 番目の送信レーザ照射点 4 2 の間に位置しているが、これに限定されるものではなく、たとえば最外周の送信レーザ照射点 4 2 のさらに外側に位置してもよい。

【 0 0 3 3 】

図 3 に示すように、各放射方向列 6 0 について、受信レーザ照射点 4 4 を当該放射方向列 6 0 と同じ放射方向線上に配置するのが好ましいが、その放射方向線に近い位置であれば必ずしも放射方向線上でなくてもよい。ただし、当該放射方向列 6 0 の放射方向線に近い位置であることが好ましく、特に、隣接する他の放射方向列 6 0 よりも近い位置であることが好ましい。

【 0 0 3 4 】

送信レーザ照射点 4 2 では、送信用パルスレーザ光 4 1 の照射を受けて、アブレーションまたは熱歪により励起されて、対象物 2 0 内を伝播する超音波が発生する。このとき、特にアブレーションモードでは、送信レーザ照射点 4 2 に照射痕が残り、その位置に受信用レーザ光 4 3 を照射すると送信用レーザ光 4 3 の反射率が下がり、干渉計測をするために必要な受光量が得られなくなる場合がある。そのため、特にアブレーションモードを用いる場合は、送信レーザ照射点 4 2 と受信レーザ照射点 4 4 とは、重ならないようにするのが好ましい。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 5 】

図 4 は、一実施形態に係るレーザ超音波計測方法における溶融池周辺部の固液界面の画像化領域を示す模式的立断面図である。図 5 は、図 4 の画像化領域を示す模式的斜視図である。

【 0 0 3 6 】

図 4 および図 5 に示すように、一つの放射方向列 6 0 の複数の送信レーザ照射点 4 2 に送信用パルスレーザ光 4 1 を照射し、それらに対応する 1 個の受信レーザ照射点 4 4 に受信用レーザ光 4 3 を照射する。ただし、複数の送信レーザ照射点 4 2 に送信用パルスレーザ光 4 1 を照射するのは同時ではなく、時間をずらして走査する。

【 0 0 3 7 】

以上説明した送信レーザ照射点 4 2 および受信レーザ照射点 4 4 の移動は、送信レーザ移動機構 3 7 および受信レーザ移動機構 3 8 などにより行われる。送信レーザ光源 3 0、受信レーザ光源 3 2、送信レーザ移動機構 3 7 および受信レーザ移動機構 3 8 や、それらに合わせたデータ解析機構 3 5 および画像化装置 3 6 などの動作は、計測制御部 3 9 により自動的に制御される。

【 0 0 3 8 】

以上の手順により、この放射方向列 6 0 に沿う固液界面 2 5 の位置を計測できる。これにより、一つの放射方向列 6 0 に沿う固液界面 2 5 を画像化領域 6 2 として表示することができる。

【 0 0 3 9 】

送信レーザ照射点 4 2 および受信レーザ照射点 4 4 の移動（走査）の方向や順番は任意であり、たとえば、放射方向列 6 0 についていえば、送信レーザ照射点 4 2 を各放射方向列 6 0 の中心点に近い位置から中心点から遠い方向に移動しても、逆に、中心点から遠い位置から中心点に近い位置に移動してもよい。

【 0 0 4 0 】

複数の放射方向列 6 0 について、同様に固液界面 2 5 を画像化領域 6 2 として表示することができるので、全体として固液界面 2 5 の 3 次元的（立体的）な形状および大きさを表示することができる。

【 0 0 4 1 】

図 6 は、一実施形態に係るレーザ超音波計測方法における溶融池中央部の固液界面の画像化領域を示す模式的立断面図である。図 7 は、図 6 の画像化領域を示す模式的斜視図である。

【 0 0 4 2 】

図 6 および図 7 に示すように、円環状列 6 1 の複数の送信レーザ照射点 4 2 に送信用パルスレーザ光 4 1 を照射し、それらに対応する 1 個の受信レーザ照射点 4 4 に受信用レーザ光 4 3 を照射することにより、この円環状列 6 1 に沿う固液界面 2 5 の位置を計測できる。これにより、円環状列 6 1 に沿う固液界面 2 5 を画像化領域 6 3 として表示することができる。

【 0 0 4 3 】

複数の放射方向列 6 0 および 1 個の円環状列 6 1 に沿う固液界面 2 5 をつなぎ合わせるにより、全体として固液界面 2 5 の 3 次元的（立体的）な形状および大きさを表示することができる。

【 0 0 4 4 】

上述のとおり、温度センサ 5 1 が対象物 2 0 に取り付けられており、対象物 2 0 の内部の温度を表す信号がデータ解析機構 3 5 に送られる。一般に、対象物 2 0 の内部の温度に応じて、この対象物 2 0 内を伝播する超音波の速度が変化する。データ解析機構 3 5 で、この温度変化による超音波速度の変化を加味して、補正することにより、固液界面 2 5 の 3 次元的な形状および大きさをより正確に求めることができる。

【 0 0 4 5 】

さらに、データ解析機構 3 5 から得られた溶融池 2 3 の形状および大きさの信号を溶接

10

20

30

40

50

制御部 13 に送り、それにより、溶接機 11 を制御して溶接条件を変更することができる。

【0046】

図3に示すすべての送信レーザ照射点42および受信レーザ照射点44のレーザ照射を一通り終了する時間を1移動周期とする。画像化装置36による画像化の更新の周期である表示周期としては、たとえば、1移動周期を1表示周期と同じとすることができる。他の例としては、1表示周期を1移動周期よりも短くして、たとえば、図3に示す各放射方向列60または円環状列61でのレーザ照射完了の都度、その部分のみの表示内容更新をすることもできる。さらに他の例として、各送信レーザ照射点42ごとのデータに基づいて1点ごとの表示内容更新をすることもできる。

10

【0047】

上記説明では、各放射方向列60および円環状列61で、受信レーザ照射点44を1個として固定照射点とし、送信レーザ照射点42を複数個として移動照射点とした。他の例として、これらの関係を逆にして、各放射方向列60および円環状列61で、受信レーザ照射点44を複数個として移動照射点とし、送信レーザ照射点42を1個として固定照射点としてもよい。ただし、この場合には、送信用パルスレーザ光41の照射を、照射痕が残るアブレーションモードでの照射とせずに熱歪モードでの照射とするのが好ましい。

【0048】

また、上記説明では、対象物相対移動装置15によって対象物20が移動するものとした。他の例として、対象物20が固定されていて、溶接トーチ12、送信光学機構31や受信光学機構33が一体として対象物20に対して相対的に移動するように構成してもよい。

20

【0049】

また、上記説明では、図3に示すように、各放射方向列60は互いに同じ長さであるとした。これは、溶融池23の外形が円形である場合に特に適している。しかし、たとえば、溶融池23が、溶接線16に沿って下流側に延びている場合は、その延びている方向の放射方向列60を特に長くすることにより、溶融池23の形状および大きさをより正確に計測することができる。

【0050】

図8は、本発明の一実施形態に係るレーザ超音波計測方法において突き合わせ溶接の場合の対象物のレーザ照射点の位置の一例を示す立断面図である。図8に示すように、開先70や裏波71を伴う溶接の場合は、溶接トーチ12(図1参照)の真下に送信レーザ照射点42や受信レーザ照射点44を取ることが困難である。その場合は、図3に示す円環状列61のレーザ照射は行わず、放射方向列60のみのレーザ照射を行えばよい。この場合に、図8では、溶接トーチ12の真下の中心点から見て同じ方向に送信レーザ照射点42と受信レーザ照射点44を取る。

30

【0051】

図9は、本発明の一実施形態に係るレーザ超音波計測方法において突き合わせ溶接の場合の対象物のレーザ照射点の位置の、図8とは異なる一例を示す立断面図である。図9の場合は、図8の場合の変形例であって、溶接トーチ12の真下の中心点から見て送信レーザ照射点42と受信レーザ照射点44を反対側の位置に取る。

40

【0052】

以上、本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

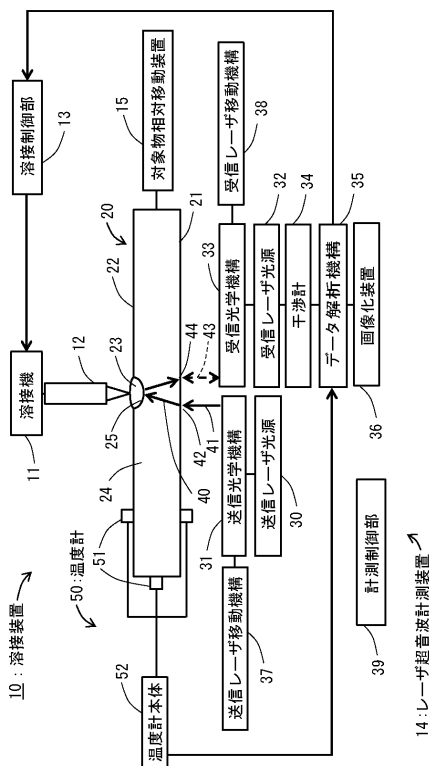
【符号の説明】

【0053】

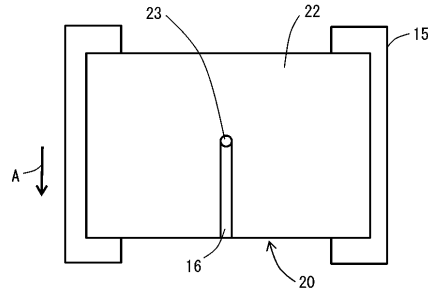
50

10：溶接装置、 11：溶接機、 12：溶接トーチ、 13：溶接制御部、 14：
 レーザ超音波計測装置、 15：対象物相対移動装置、 16：溶接線、 20：対象物
 、 21：第1の表面、 22：第2の表面、 23：熔融池（液相部）、 24：固相
 部、 25：固液界面、 30：送信レーザ光源、 31：送信光学機構、 32：受信
 レーザ光源、 33：受信光学機構、 34：干渉計、 35：データ解析機構、 36
 ：画像化装置、 37：送信レーザ移動機構、 38：受信レーザ移動機構、 39：計
 測制御部、 40：超音波、 41：送信用パルスレーザ光、 42：送信レーザ照射点
 、 43：受信用レーザ光、 44：受信レーザ照射点、 50：温度計、 51：温度
 センサ、 52：温度計本体、 60：放射方向列、 61：円環状列、 62：画像化
 領域、 63：画像化領域、 70：開先、 71：裏波

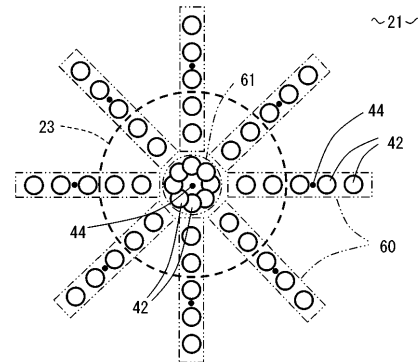
【図1】



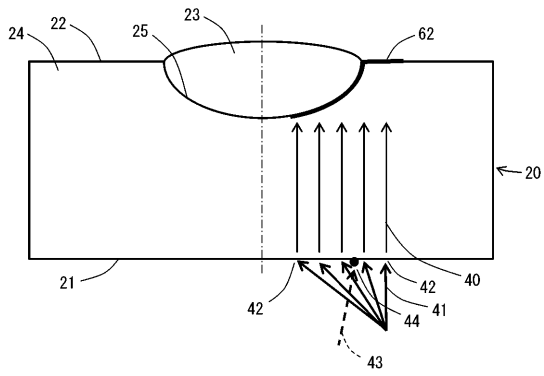
【図2】



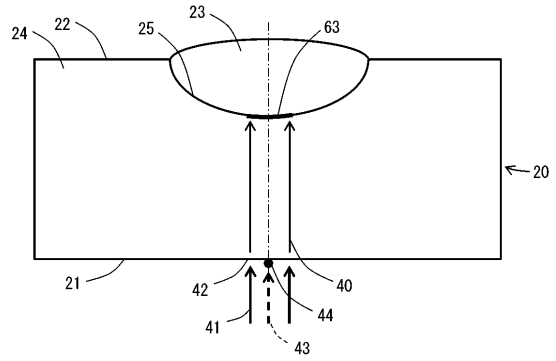
【図3】



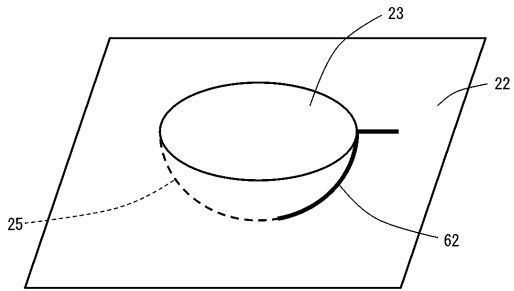
【 図 4 】



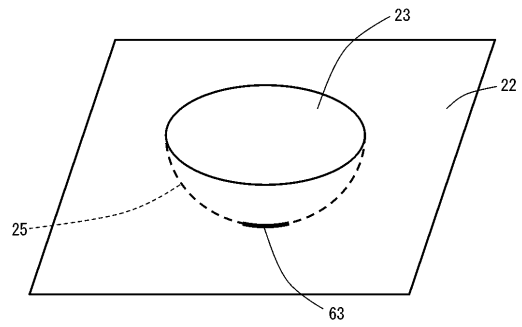
【 図 6 】



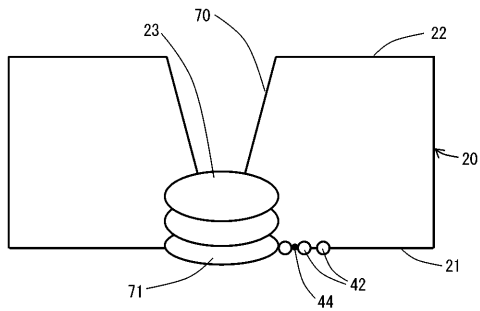
【 図 5 】



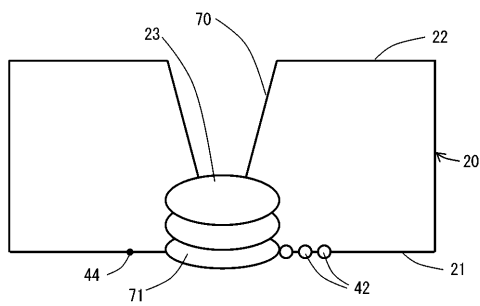
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 千星 淳

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 落合 誠

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 小川 剛史

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 藤田 善宏

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 吉田 昌弘

東京都新宿区西新宿六丁目2番4号 東芝ITコントロールシステム株式会社内

Fターム(参考) 2F068 AA36 BB05 BB22 DD12 EE02 FF11 FF12 FF14 FF15 FF21

GG07 JJ00 KK14 TT06

2G047 AA06 AB07 BC14 CA04 GD01 GF31 GH07 GH09