

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2025年6月5日(05.06.2025)



(10) 国際公開番号

WO 2025/115142 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 26/352 (2014.01) B23K 26/53 (2014.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/042803
- (22) 国際出願日: 2023年11月29日(29.11.2023)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: ファナック株式会社 (FANUC CORPORATION) [JP/JP]; 〒4010597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 (JP).
- (72) 発明者: 河野 真音(KAWANO Maoto); 〒4010597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内 (JP). 田中 陽介(TANAKA Yosuke); 〒4010597 山梨県

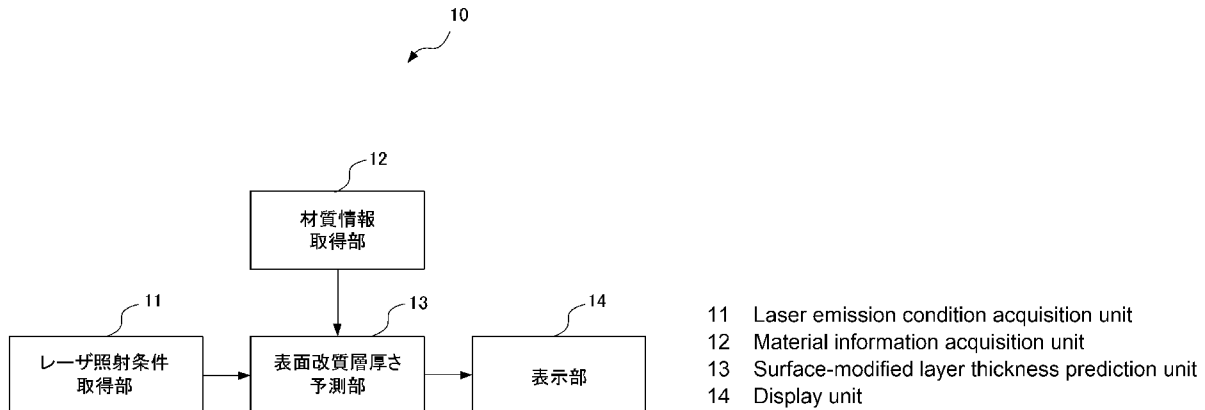
南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内 (JP).

(74) 代理人: 正林 真之, 外(SHOBAYASHI Masayuki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内1-7-12 サピアタワー (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,

(54) Title: THICKNESS PREDICTION DEVICE AND THICKNESS PREDICTION METHOD FOR SURFACE-MODIFIED LAYER

(54) 発明の名称: 表面改質層の厚さ予測装置及び厚さ予測方法



(57) Abstract: The present invention predicts the thickness of a surface-modified layer without confirming before processing or without adding an inspection step during processing or after processing. This thickness prediction device for a surface-modified layer of a workpiece formed by using a laser comprises: a laser emission condition acquisition unit that acquires laser emission conditions including at least the processing speed and a laser output condition at each position on the surface of the workpiece; a material information acquisition unit that acquires the material information about the workpiece; and a surface-modified layer thickness prediction unit that predicts the thickness of the surface-modified layer at each position of the workpiece on the basis of the laser emission conditions and the material information.

(57) 要約: 加工前の確認、又は加工中若しくは加工後の検査工程を追加することなく、表面改質層の厚さを予測する。レーザを用いて形成される、被加工物の表面改質層の厚さ予測装置が、少なくとも前記被加工物の表面上の各位置の加工速度とレーザ出力条件とを含むレーザ照射条件を取得するレーザ照射条件取得部と、被加工物の材質情報を取得する材質情報取得部と、レーザ照射条件と材質情報とに基づいて、被加工物の各位置の前記表面改質層の厚さを予測する表面改質層厚さ予測部と、を備える。

PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：表面改質層の厚さ予測装置及び厚さ予測方法

技術分野

[0001] 本開示は、表面改質層の厚さ予測装置及び厚さ予測方法に関わり、特に、レーザを用いて形成される、被加工物の表面改質層の厚さ予測装置及び厚さ予測方法に関する。

背景技術

[0002] 被加工物の表面にレーザを照射して、被加工物の表面改質を行う方法が、例えば、特許文献1及び特許文献2に記載されている。

[0003] 特許文献1には、金属製基材の表面にレーザを照射して、基材の表面改質を行う表面改質基材の製造方法が記載されている。

具体的には、特許文献1には、金属製基材の表面にレーザを透過する樹脂層を設ける工程と、樹脂層を通して基材表面にレーザを照射し、基材の表面を溶融させると共に、基材の熱により樹脂層を熱分解させる工程とを備える表面改質基材の製造方法が記載されている。

[0004] 特許文献2には、基材に対して高い密着性を持ち、かつ厚膜化された改質層を、基材成分の混入が低減された状態で得ることのできる表面改質部材の製造方法が記載されている。

具体的には、特許文献2には、基材上に溶射皮膜を形成する工程、溶射皮膜の表面に高エネルギービームを照射して、厚み方向における溶射皮膜の全体及び基材の一部を溶融し、凝固させて、緻密化された改質層を形成する工程、直前に形成した改質層上に、溶射皮膜を形成する工程、並びに、溶射皮膜の表面に高エネルギービームを照射して、厚み方向における溶射皮膜の全体及び直前に形成した改質層の一部を溶融し、凝固させて、緻密化された改質層を形成する工程を含む表面改質部材の製造方法が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：国際公開第2016／103385号

特許文献2：特開2019－163550号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] レーザを用いた被加工物の表面改質には、例えば、レーザ焼入れ、及びレーザクラディング（コーティング）があり、機械部品を部分的に強化することが行われている。

表面改質加工では、表面改質層の厚さが重要であり、表面改質を行った層の厚さを予測する厚さ予測装置及び厚さ予測方法が望まれる。

課題を解決するための手段

[0007] 本開示の代表的な第1の態様は、レーザを用いて形成される、被加工物の表面改質層の厚さ予測装置であって、

少なくとも前記被加工物の表面上の各位置の、加工速度とレーザ出力条件とを含むレーザ照射条件を取得するレーザ照射条件取得部と、

前記被加工物の材質情報を取得する材質情報取得部と、

前記レーザ照射条件と前記材質情報とに基づいて、前記被加工物の各位置の前記表面改質層の厚さを予測する表面改質層厚さ予測部と、

を備えた、厚さ予測装置である。

[0008] 本開示の代表的な第2の態様は、レーザを用いて形成される、被加工物の表面改質層の厚さ予測装置としてのコンピュータが、

少なくとも前記被加工物の表面上の各位置の、加工速度とレーザ出力条件とを含むレーザ照射条件を取得する処理と、

前記被加工物の材質情報を取得する処理と、

前記レーザ照射条件と前記材質情報とに基づいて、前記被加工物の各位置の前記表面改質層の厚さを予測する処理と、

を実行する、表面改質層の厚さ予測方法である。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本開示の第1実施形態の厚さ予測装置の一構成例を示すブロック図である。

[図2]レーザ焼入れを説明する説明図である。

[図3]レーザヘッドに対して被加工物を移動させつつ、レーザヘッドがレーザを被加工物に照射する様子を示す図である。

[図4]被加工物に形成された表面改質層の厚さを示す断面図である。

[図5]表面改質層の厚さの度合いを被加工物の表示態様の変化により表示する表示画像の一例を示す図である。

[図6]レーザクラディングを説明する説明図である。

[図7]レーザヘッドに対して被加工物を移動させ、且つ粉末を供給しつつ、レーザヘッドがレーザを被加工物に照射する様子を示す図である。

[図8]被加工物に形成された表面改質層の厚さを示す断面図である。

[図9]レーザ照射による、単位時間当たりのレーザ照射面積を求める方法を示す図である。

[図10]メッシュ分割した被加工物を示す斜視図である。

[図11]時間 t に与えられる熱流束を示す図である。

[図12]被加工物の断面の温度分布を示す図である。

[図13]被加工物に形成された表面改質層の厚さを示す断面図である。

[図14]厚さ予測装置の厚さ予測方法による動作の一例を示すフローチャートである。

[図15]本開示の第2実施形態の厚さ予測装置の一構成例を示すブロック図である。

[図16]加工プログラムの一例を示す図である。

[図17]加工原点に対するワーク原点の位置を示す図である。

[図18]加工原点に対する加工経路を示す図である。

[図19]本開示の第3実施形態の厚さ予測装置の一構成例を示すブロック図である。

[図20]本開示の第4実施形態の厚さ予測装置の一構成例を示すブロック図で

ある。

[図21]特定された位置における表面改質層の厚さを表示する例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本開示の実施形態について図面を用いて詳細に説明する。

本開示の実施形態は、レーザを用いた被加工物の表面改質の厚さ予測装置及び厚さ予測方法であれば、特に表面改質の方法は限定されないが、以下の説明では、レーザ焼入れ、及びレーザクラディング（コーティング）の場合について説明する。

[0011] （第1実施形態）

図1は本開示の第1実施形態の厚さ予測装置の一構成例を示すブロック図である。

図1に示すように、厚さ予測装置10は、レーザ照射条件取得部11、材質情報取得部12、表面改質層厚さ予測部13、及び表示部14を備えている。表示部14は必要に応じて設けられる。表示部14は、ユーザに表面改質層の厚さを含む情報を出力できる構成部に置き換えてもよい。例えば、表示部14は、プリンター、又は外部機器に情報を送信する通信部に置き換えてもよい。

[0012] レーザ照射条件取得部11は、被加工物表面上の各位置の加工速度とレーザ出力条件を含むレーザ照射条件を取得する。加工速度は、例えば、被加工物と、被加工物にレーザを照射するレーザヘッドとを相対的に移動させる速度をいう。レーザ出力条件は、例えば、レーザ出力、及びスポット径である。レーザクラディングの場合は、レーザ照射条件は、加工速度とレーザ出力条件の他に、付加材料供給条件を含む。付加材料供給条件は、付加材料が金属粉末等の粉体の場合は、例えば粉末供給量である。粉末供給量は、レーザが照射される被加工物に、粉末を単位時間あたりに供給する量である。レーザ発振器が出力指令を受けてレーザを生成し、レーザヘッドがレーザを集光して被加工物に照射する。

- [0013] 材質情報取得部 12 は、被加工物の材質情報を取得する。材質は、少なくとも、用途、成分、物理的性質及び機械的性質の 1 つを示す。例えば、材質情報が S 4 5 C と示された場合、S 4 5 C は、機械構造用炭素鋼の一種で、炭素含有量が 0. 4 5 % の中炭素鋼材料であることを示す。
- [0014] 表面改質層厚さ予測部 13 は、レーザ照射条件取得部 11 から取得したレーザ照射条件と、材質情報取得部 12 から取得した材質情報とに基づいて、被加工物の各位置の表面改質層の厚さを予測する。表面改質層の厚さは、例えば、焼入れの場合は焼き入れ温度に到達する深さであり、レーザクラディングの場合は、被加工物の表面から熱による影響が及ぶ熱影響部と、肉盛り部とを加えた厚さとなる。
- [0015] 表示部 14 は、表面改質層厚さ予測部 13 によって予測された、表面改質層の厚さを表示する。表示部 14 は、例えば、液晶表示装置であり、表面改質層の厚さを数値で表示する。表示部 14 は、表面改質層の厚さの度合いを被加工物の表示態様の変化により表示してもよい。
- [0016] 以下、表面改質層厚さ予測部 13 が、被加工物の各位置の表面改質層の厚さを予測する方法について説明する。
- [0017] (第 1 の方法)

第 1 の方法は、レーザ焼入れの場合に、実験的に求めた情報を並べたテーブルを用いて表面改質層の厚さを予測する方法である。

図 2 はレーザ焼入れを説明する説明図である。図 2 に示すように、レーザを金属等の被加工物 30 に当てて表面を加熱し、その後、レーザが被加工物 30 に対して相対的に移動することで、被加工物 30 の温度が自己冷却によって下がり、焼入れが行われる。例えば、図 3 に示すように、被加工物 30 を加工速度で移動させつつ、レーザヘッド 20 からレーザを被加工物 30 に照射する。レーザ照射条件及び被加工物の材質情報によって、図 4 の断面図に示す、被加工物 30 の表面改質層の厚さ D が決まる。表面改質層の厚さ D は、被加工物の表面から焼入れ温度に達する垂直方向の長さ（深さ）となる。

[0018] 表面改質層厚さ予測部13は、実験的に求めた、レーザ照射条件及び材質情報と、表面改質層の厚さとの関係を示すテーブルを記憶する記憶部を備えている。具体的には、記憶部は、加工速度（ m/sec ）、レーザ出力（ W ）、スポット径（ m ）、材質情報、及び表面改質層の厚さを並べたテーブルを記憶している。加工速度、レーザ出力、及びスポット径は、既に説明したようにレーザ照射条件である。材質情報は、例えばS45Cである。表面改質層厚さ予測部13は、テーブルを参照して、取得された、レーザ照射条件と材質情報とに対応する表面改質層の厚さを求める。

[0019] 表示部14は、以上説明した方法により求められた表面改質層の厚さを表示する。表示部14は、例えば、表面改質層の厚さを数値で表示したり、表面改質層の厚さの度合いを被加工物の表示態様の変化により表示することで、表面改質層の厚さを表示する。表示部14は、表面改質層の厚さの他に、レーザ照射条件と材質情報の少なくとも1つを併せて表示してもよい。

[0020] 表示部14は、例えば、「表面改質層の厚さは、1mmです。」のように、表面改質層の厚さを数値で表示する。

図5は、表面改質層の厚さの度合いを被加工物の表示態様の変化により表示する表示画像の一例を示している。図5では、表面改質層の厚さの範囲を0～1mmとした場合に、0.8mmから1mmの領域を黒塗り領域AR1で示し、0.6mmから0.8mmの領域を斜線領域AR2で示している。図5では表面改質層の厚さの度合いを2つの表示態様（黒塗り領域と斜線領域）で示しているが、3つ以上の厚さの段階、例えば、0.8mmから1mm、0.6mmから0.8mm、0.4mmから0.6mmを3以上の表示態様で示してもよい。表示態様の変化は、色で示してもよい。例えば、0.8mmから1mmの領域を赤色で示し、0.6mmから0.8mmの領域を橙色で示し、0.4mmから0.6mmを黄色で示してもよい。

[0021] （第2の方法）

第2の方法は、レーザクラディング（コーティング）の場合に、実験的に求めた情報を並べたテーブルを用いて表面改質層の厚さを予測する方法で

ある。

図6はレーザクラディングを説明する説明図である。図6に示すように、レーザを熱源として、金属粉末等の粉末を溶融させ、被加工物31の表面に同種材又は異種材を肉盛りすることで、レーザクラディングが行われる。図6に示すように、レーザクラディングにより肉盛り部31Aが形成される。レーザ照射により溶融池31Cが形成され、冷却により熱影響部31Bが形成される。

[0022] 図7に示すように、被加工物31にレーザヘッド20からレーザを所定の加工速度で照射するとともに、粉末を供給した場合、粉末供給量を含むレーザ照射条件、及び被加工物の材質情報によって、図8に示す表面改質層の厚さD1が決まる。表面改質層の厚さD1は、被加工物の表面から熱による影響が及ぶまでの熱影響部31Bと、肉盛り部31Aとを加えた厚さとなる。

[0023] 表面改質層厚さ予測部13は、実験的に求めた、粉末供給量を含むレーザ照射条件及び材質情報と、表面改質層の厚さとの関係を示すテーブルを記憶する記憶部を備えている。具体的には、記憶部は、加工速度 (m/sec)、レーザ出力 (W)、スポット径 (m)、粉末供給量 (g/sec)、材質情報、及び表面改質層の厚さを並べたテーブルを記憶している。加工速度、レーザ出力、及びスポット径は、既に説明したようにレーザ照射条件である。材質情報は、例えばS45Cである。表面改質層厚さ予測部13は、テーブルを参照して、取得された、粉末供給量を含むレーザ照射条件、及び材質情報に対応する表面改質層の厚さを求める。

[0024] 表示部14は、前述した第1の方法と同様に、表面改質層の厚さを数値で表示したり、表面改質層の厚さの度合いを被加工物の表示態様の変化により表示することで、表面改質層の厚さを表示する。

[0025] (第3の方法)

第3の方法は、レーザ焼入れの場合に、レーザ照射条件及び材質情報を用いて計算することで表面改質層の厚さを予測する方法である。

表面改質層厚さ予測部13は、まず、レーザ照射条件に基づいて熱流束 q

を求める。

[0026] 図9は、レーザ照射による、単位時間当たりのレーザ照射面積を求める方法を示す図である。図9に示すように、被加工物30に対してレーザヘッド20が加工速度 v で移動し、レーザスポットが加工速度 v で移動する。表面改質層厚さ予測部13は、加工速度 v と、レーザスポットのスポット径 d とを掛けることで、単位時間当たりのレーザ照射面積 S ($S = v \times d$) を求める。また、表面改質層厚さ予測部13は、レーザ出力 LP と熱吸収率 AB とを掛けることで、単位時間当たりの入熱量 P ($P = LP \times AB$) を求める。そして、表面改質層厚さ予測部13は、入熱量 P をレーザ照射面積 S で割ることで、熱流束 q ($q = P / S$) を求める。熱吸収率 AB は材質情報に含まれる。

[0027] 次に、表面改質層厚さ予測部13は、有限要素法により温度分布を算出する。有限要素法により温度分布を算出する方法は、例えば、https://www.jstage.jst.go.jp/article/imonon/63/1/63_1_32/_pdf/-char/ja、及びhttps://www.jstage.jst.go.jp/article/jjasnaoe/1968/1984/156/1984_156_406/_pdf/-char/enに記載されている。

具体的には、表面改質層厚さ予測部13は、図10に示すように、被加工物をメッシュ分割し、数式1（以下の数1）で示す熱伝導方程式を離散化する。熱伝導率 κ 、密度 ρ 、比熱 c は材質情報に含まれる。

[数1]

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \frac{\dot{q}}{\rho c}$$

$\alpha \left(\alpha = \frac{\kappa}{\rho c} \right)$: 温度伝導率、 κ : 熱伝導率、

ρ : 密度、 c : 比熱、 $\dot{q}$: 単位体積当たりの発熱量

[0028] 次に、表面改質層厚さ予測部 13 は、被加工物の表面にスポット範囲だけ熱流速 q を与える条件を、離散化した熱伝導方程式の境界条件として与える。図 11 は時間 t に与えられる熱流束を示す図である。表面改質層厚さ予測部 13 は、それぞれのメッシュの要素について離散化した熱伝導方程式を解き、各要素の温度を算出し、温度分布を算出する。図 12 は被加工物 30 の断面の温度分布を示す図である。図 12 に示すように、温度は表面から離れるに従って温度が低下する。

[0029] 表面改質層厚さ予測部 13 は、算出された温度分布から焼き入れ温度に到達する深さを求めて表面改質層の厚さとする。図 13 は、被加工物に形成された表面改質層の厚さを示す断面図である。レーザ照射条件及び被加工物の材質情報によって、図 13 の断面図に示す、被加工物 30 の表面改質層の厚さ D_2 が決まる。

[0030] 次に、厚さ予測装置 10 の厚さ予測方法についてフローチャートを用いて説明する。

図 14 は、厚さ予測装置 10 の厚さ予測方法による動作の一例を示すフローチャートである。図 14 は、レーザ焼入れの場合の厚さ予測装置 10 の動作の例を示しているが、レーザクラディングの場合の動作も同様である。

[0031] ステップ S11 において、レーザ照射条件取得部 11 は、被加工物表面上の各位置の加工速度とレーザ出力条件を含むレーザ照射条件を取得できるかを判断する。レーザ照射条件取得部 11 は、レーザ照射条件を取得できれば（ステップ S11 の”YES”）、レーザ照射条件を取得して、表面改質層厚さ予測部 13 に取得したレーザ照射条件を出力し、その後、材質情報取得部 12 がステップ S12 の動作を行う。レーザ照射条件取得部 11 は、レーザ照射条件を取得できなければ（ステップ S11 の”NO”）、再度ステップ S11 の処理を行う。

[0032] ステップ S12 において、材質情報取得部 12 は、被加工物の材質情報を取得できるかを判断する。材質情報は、例えば、S45C である。材質情報取得部 12 は、材質情報を取得できれば（ステップ S12 の”YES”

）、材質情報を取得して、表面改質層厚さ予測部 13 に取得した材質情報を出し、その後、表面改質層厚さ予測部 13 がステップ S 13 の動作を行う。材質情報取得部 12 は、材質情報を取得できなければ（ステップ S 12 の “NO”）、再度ステップ S 12 の処理を行う。ステップ S 12 はステップ S 11 の前に行われてもよく、ステップ S 11 と並行して行われてもよい。

[0033] ステップ S 13 において、表面改質層厚さ予測部 13 は、レーザ照射条件と材質情報とに基づいて被加工物の各位置の表面改質層の厚さを予測する。

[0034] ステップ S 14 において、表示部 14 は、表面改質層厚さ予測部 13 によって予測された、表面改質層の厚さを表示する。

[0035] 以上説明した、本実施形態の厚さ予測装置 10 によれば、加工前の確認、又は加工中若しくは加工後の検査工程を追加することなく、表面改質層の厚さを予測することができる。

[0036] （第 2 実施形態）

図 15 は本開示の第 2 実施形態の厚さ予測装置の一構成例を示すブロック図である。

図 15 に示すように、厚さ予測装置 10A は、厚さ予測装置 10 の構成に加えて、CNC（Computerized Numerical Control）データ記憶部 15、加工シミュレーション実行部 16、及び被加工物設置情報取得部 17 を備えている。

CNC データ記憶部 15 は、パラメータ設定と加工プログラムとを含む CNC データを記憶する。パラメータ設定としては、例えば、速度制御に係るパラメータ設定がある。速度制御に係るパラメータ設定の例は、X 軸、Y 軸及び Z 軸の軸ごとの切削送り加減速の時定数である。

加工プログラムの一例を図 16 に示す。

図 16 に示す加工プログラムにおいて、S はパワー指令（W）で、P は周波数指令（Hz）、Q はデューティ指令（%）、F は送り速度指令（mm/min）を示す。

[0037] 加工シミュレーション実行部 16 は、CNC データに基づいて加工シミュレ

ーションを実行し、加工経路上の少なくとも座標値と送り速度とレーザ出力条件とを含む点列データを作成する。レーザクラディングの場合は、加工シミュレーション実行部 16 は、加工経路上の少なくとも座標値、送り速度、レーザ出力条件、及び付加材料供給条件を含む点列データを作成する。

[0038] 被加工物設置情報取得部 17 は、少なくとも被加工物の形状と、被加工物と加工経路との相対位置とを含む被加工物設置情報を取得する。被加工物の形状は、CAD (computer-aided design) /CAM (Computer-aided manufacturing) から得ることができる。被加工物と加工経路との相対位置は、次のようにして求めることができる。一般的には、加工の段取りでは、被加工物を設置した後に、加工原点に対する被加工物の中心のワーク原点を、タッチプローブ等を用いて計測し、計測結果を用いて座標系のオフセット（ワーク座標系オフセット）を設定する。このオフセットが、被加工物と加工経路との相対位置となる。相対位置は、図 17 において、相対位置 (x' 、 y' 、 z') が該当する。図 18 は加工原点に対する加工経路を示す図である。

[0039] レーザ照射条件取得部 11 は、点列データと被加工物設置情報とに基づいて被加工物表面上のレーザ照射条件を算出する。

[0040] 以上説明した厚さ予測装置 10A によれば、加工前に加工シミュレーションの結果から表面改質層の厚さを予測することができる。

[0041] (第 3 実施形態)

図 19 は本開示の第 3 実施形態の厚さ予測装置の一構成例を示すブロック図である。

図 19 に示すように、厚さ予測装置 10B は、厚さ予測装置 10A の構成と比較して、CNC データ記憶部 15 及び加工シミュレーション実行部 16 が除かれ、動作データ取得部 18 が加えられている。

動作データ取得部 18 は、加工時に得た少なくとも座標値、送り速度、及びレーザ出力条件を含む動作データを取得する。動作データ取得部 18 は、レーザクラディングの場合は、加工時に得た少なくとも座標値、送り速度

、レーザ出力条件及び付加材料供給条件を含む動作データを取得する。

[0042] レーザ照射条件取得部 11 は、動作データと被加工物設置情報とに基づいて被加工物表面上のレーザ照射条件を算出する。

[0043] 以上説明した厚さ予測装置 10B によれば、加工中又は加工後の動作データから表面改質層の厚さを予測することができる。

[0044] (第4実施形態)

図20は本開示の第4実施形態の厚さ予測装置の一構成例を示すブロック図である。

図20に示すように、厚さ予測装置 10C は、厚さ予測装置 10 の構成に加えて、指定位置特定部 19 を備えている。

指定位置特定部 19 は、被加工物の表面上の位置を特定する。被加工物の表面上の位置は、ユーザによりキーボード、又は液晶表示装置上のタッチパネル等の入力装置で入力されて特定されるが、予め記憶部に指定位置が記憶されて特定されてもよい。

[0045] 表示部 14 は、特定された位置における表面改質層の厚さを表示する。図21は、特定された位置における表面改質層の厚さを表示する例を示す図である。図21では特定された位置で、表面改質層の厚さが表面から 1.5 mm であることを示している。

[0046] 以上説明した厚さ予測装置 10C によれば、特定された位置の表面改質層の厚さを予測することができる。

[0047] 以上、各実施形態における、厚さ予測装置に含まれる機能ブロックを実現するために、厚さ予測装置は、ハードウェア、ソフトウェア又はこれらの組み合わせにより実現することができる。ここで、ソフトウェアによって実現されるとは、コンピュータがプログラムを読み込んで実行することにより実現されることを意味する。

厚さ予測装置に含まれる構成部をソフトウェア又はこれらの組み合わせにより実現する実現するために、厚さ予測装置は、CPU (Central Processing Unit) 等の演算処理装置を備える。演算処理装

置は実行部として機能する。また、厚さ予測装置は、アプリケーションソフトウェア又はOS (Operating System) 等の各種の制御用プログラムを格納したHDD (Hard Disk Drive) 等の補助記憶装置、及び演算処理装置がプログラムを実行する上で一時的に必要なデータを格納するためのRAM (Random Access Memory) といった主記憶装置も備える。

[0048] そして、厚さ予測装置は、演算処理装置が補助記憶装置からアプリケーションソフトウェア又はOSを読み込み、読み込んだアプリケーションソフトウェア又はOSを主記憶装置に展開させながら、これらのアプリケーションソフトウェア又はOSに基づいた演算処理を行なう。また、この演算結果に基づいて、厚さ予測装置が備える各種のハードウェアを制御する。これにより、本実施形態の機能ブロックは実現される。

[0049] 厚さ予測装置に含まれる構成部は、電子回路等を含むハードウェアにより実現することができる。厚さ予測装置をハードウェアで構成する場合、厚さ予測装置に含まれる各構成部の機能の一部又は全部を、例えば、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、ゲートアレイ、FPGA (Field Programmable Gate Array)、CPLD (Complex Programmable Logic Device) 等の集積回路 (IC) で構成することができる。

[0050] プログラムは、様々なタイプの非一時的なコンピュータ可読媒体 (non-transitory computer readable medium) を用いて格納され、コンピュータに供給することができる。非一時的なコンピュータ可読媒体は、様々なタイプの実体のある記録媒体 (tangible storage medium) を含む。非一時的なコンピュータ可読媒体の例は、磁気記録媒体 (例えば、ハードディスクドライブ)、光磁気記録媒体 (例えば、光磁気ディスク)、CD-ROM (Read Only Memory)、CD-R、CD-R/W、半導体メモリ (例えば、

マスクROM、PROM (P r o g r a m m a b l e R O M)、E P R O M (E r a s a b l e P R O M)、フラッシュROM、RAM (r a n d o m a c c e s s m e m o r y))を含む。また、プログラムは、様々なタイプの一時的なコンピュータ可読媒体 (t r a n s i t o r y c o m p u t e r r e a d a b l e m e d i u m) によってコンピュータに供給されてもよい。

[0051] 以上説明した各実施形態を含む本開示の厚さ予測装置及び厚さ予測方法によれば、加工前の確認、又は加工中若しくは加工後の検査工程を追加することなく、表面改質層の厚さを予測することができる。

[0052] 上述した各実施形態は、本発明の好適な実施形態ではあるが、上記実施形態のみに本発明の範囲を限定するものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更を施した形態での実施が可能である。

例えば、レーザ焼入れ又はレーザクラディングで用いられた厚さ予測装置及び厚さ予測方法は、溶射にも適用でき、特許文献1、特許文献2に記載される製造方法にも適用できる。

[0053] 上記実施形態に関し、更に以下の付記を開示する。

(付記1)

レーザを用いて形成される、被加工物の表面改質層の厚さ予測装置であって、

少なくとも前記被加工物の表面上の各位置の、加工速度とレーザ出力条件とを含むレーザ照射条件を取得するレーザ照射条件取得部と、

前記被加工物の材質情報を取得する材質情報取得部と、

前記レーザ照射条件と前記材質情報とに基づいて、前記被加工物の各位置の前記表面改質層の厚さを予測する表面改質層厚さ予測部と、

を備えた、厚さ予測装置。

[0054] (付記2)

前記表面改質層の厚さを表示する表示部を備えた、付記1に記載の厚さ予測装置。

[0055] (付記3)

少なくともパラメータ設定と加工プログラムとを含むCNCデータに基づいて、加工経路上の少なくとも座標値と送り速度とレーザ出力条件とを含む点列データを作成する加工シミュレーション実行部と、

少なくとも前記被加工物の形状と、前記被加工物と前記加工経路との相対位置と、を含む被加工物設置情報を取得する被加工物設置情報取得部と、を備え、

前記レーザ照射条件取得部は、少なくとも前記点列データと前記被加工物設置情報とに基づいて、前記被加工物の表面上の前記レーザ照射条件を算出する、付記1に記載の厚さ予測装置。

[0056] (付記4)

加工時に得た、少なくとも座標値と送り速度とレーザ出力条件とを含む動作データを取得する動作データ取得部と、

少なくとも前記被加工物の形状と、前記被加工物と前記加工経路との相対位置と、を含む被加工物設置情報を取得する被加工物設置情報取得部と、を備え、

前記レーザ照射条件取得部は、少なくとも前記動作データと前記被加工物設置情報とに基づいて、前記被加工物の表面上の前記レーザ照射条件を算出する、付記1に記載の厚さ予測装置。

[0057] (付記5)

前記被加工物の表面上の位置を特定する指定位置特定部を備え、

前記表示部は、特定された前記位置における前記表面改質層の厚さを表示する、付記2に記載の厚さ予測装置。

[0058] (付記6)

前記加工シミュレーション実行部は、前記加工経路上の少なくとも座標値、レーザ出力条件、送り速度、及び付加材料供給条件を含む点列データを作成する、付記3に記載の厚さ予測装置。

[0059] (付記7)

前記表面改質層の厚さを数値で表示する、付記 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の厚さ予測装置。

[0060] (付記 8)

前記表面改質層の厚さの度合いを、前記被加工物の表示態様の変化により表示する、付記 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の厚さ予測装置。

[0061] (付記 9)

レーザを用いて形成される、被加工物の表面改質層の厚さ予測装置としてのコンピュータが、

少なくとも前記被加工物の表面上の各位置の、加工速度とレーザ出力条件とを含むレーザ照射条件を取得する処理と、

前記被加工物の材質情報を取得する処理と、

前記レーザ照射条件と前記材質情報とに基づいて、前記被加工物の各位置の前記表面改質層の厚さを予測する処理と、

を実行する、表面改質層の厚さ予測方法。

符号の説明

[0062] 1 0、1 0 A、1 0 B、1 0 C 厚さ予測装置

1 1 レーザ照射条件取得部

1 2 材質情報取得部

1 3 表面改質層厚さ予測部

1 4 表示部

1 5 CNCデータ記憶部

1 6 加工シミュレーション実行部

1 7 被加工物設置情報取得部

1 8 動作データ取得部

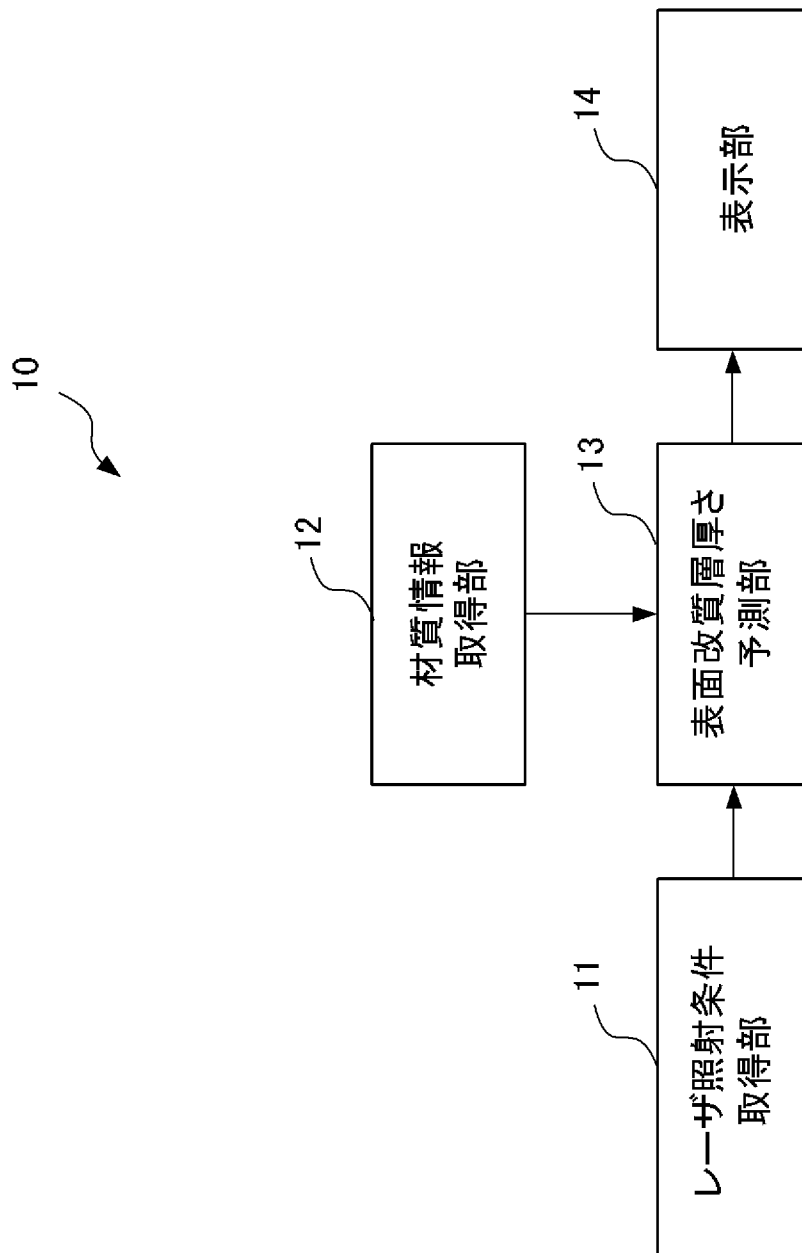
1 9 指定位置特定部

請求の範囲

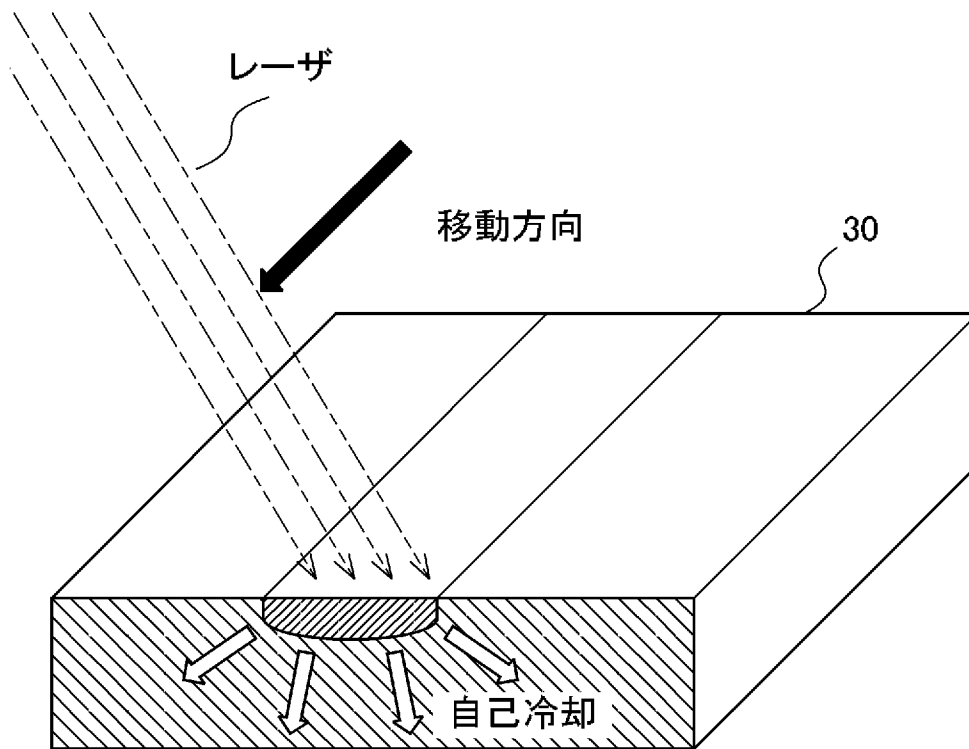
- [請求項1] レーザを用いて形成される、被加工物の表面改質層の厚さ予測装置であって、
- 少なくとも前記被加工物の表面上の各位置の、加工速度とレーザ出力条件とを含むレーザ照射条件を取得するレーザ照射条件取得部と、
- 前記被加工物の材質情報を取得する材質情報取得部と、
- 前記レーザ照射条件と前記材質情報とに基づいて、前記被加工物の各位置の前記表面改質層の厚さを予測する表面改質層厚さ予測部と、
- を備えた、厚さ予測装置。
- [請求項2] 前記表面改質層の厚さを表示する表示部を備えた、請求項1に記載の厚さ予測装置。
- [請求項3] 少なくともパラメータ設定と加工プログラムとを含むCNCデータに基づいて、加工経路上の少なくとも座標値と送り速度とレーザ出力条件とを含む点列データを作成する加工シミュレーション実行部と、
- 少なくとも前記被加工物の形状と、前記被加工物と前記加工経路との相対位置と、を含む被加工物設置情報を取得する被加工物設置情報取得部と、を備え、
- 前記レーザ照射条件取得部は、少なくとも前記点列データと前記被加工物設置情報とに基づいて、前記被加工物の表面上の前記レーザ照射条件を算出する、請求項1に記載の厚さ予測装置。
- [請求項4] 加工時に得た、少なくとも座標値と送り速度とレーザ出力条件とを含む動作データを取得する動作データ取得部と、
- 少なくとも前記被加工物の形状と、前記被加工物と前記加工経路との相対位置と、を含む被加工物設置情報を取得する被加工物設置情報取得部と、を備え、
- 前記レーザ照射条件取得部は、少なくとも前記動作データと前記被加工物設置情報とに基づいて、前記被加工物の表面上の前記レーザ照射条件を算出する、請求項1に記載の厚さ予測装置。

- [請求項5] 前記被加工物の表面上の位置を特定する指定位置特定部を備え、
前記表示部は、特定された前記位置における前記表面改質層の厚さを表示する、請求項2に記載の厚さ予測装置。
- [請求項6] 前記加工シミュレーション実行部は、前記加工経路上の少なくとも座標値、レーザ出力条件、送り速度、及び付加材料供給条件を含む点列データを作成する、請求項3に記載の厚さ予測装置。
- [請求項7] 前記表面改質層の厚さを数値で表示する、請求項1から6のいずれか1項に記載の厚さ予測装置。
- [請求項8] 前記表面改質層の厚さの度合いを、前記被加工物の表示態様の変化により表示する、請求項1から6のいずれか1項に記載の厚さ予測装置。
- [請求項9] レーザを用いて形成される、被加工物の表面改質層の厚さ予測装置としてのコンピュータが、
少なくとも前記被加工物の表面上の各位置の、加工速度とレーザ出力条件とを含むレーザ照射条件を取得する処理と、
前記被加工物の材質情報を取得する処理と、
前記レーザ照射条件と前記材質情報とに基づいて、前記被加工物の各位置の前記表面改質層の厚さを予測する処理と、
を実行する、表面改質層の厚さ予測方法。

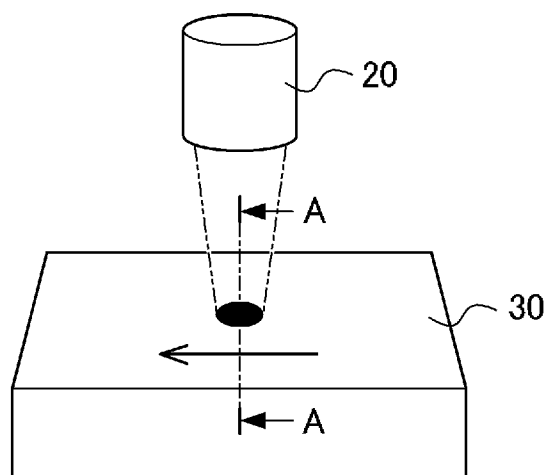
[図1]



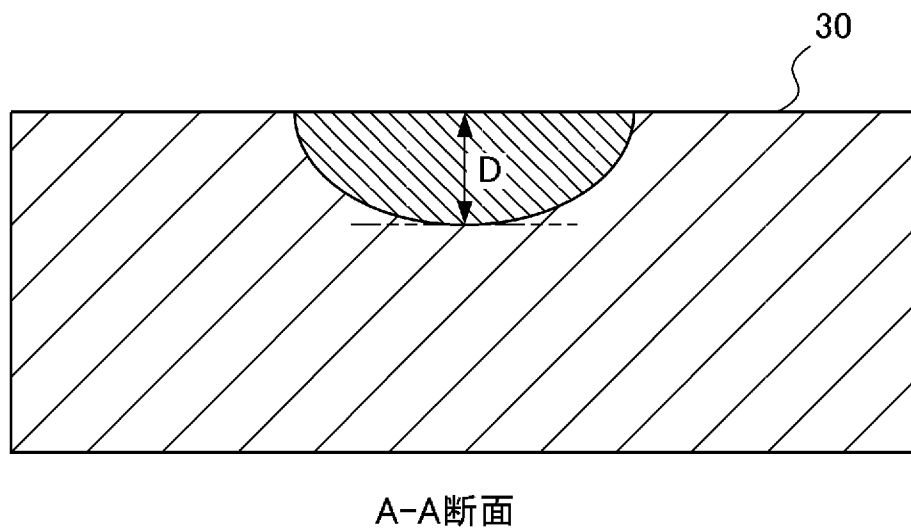
[図2]



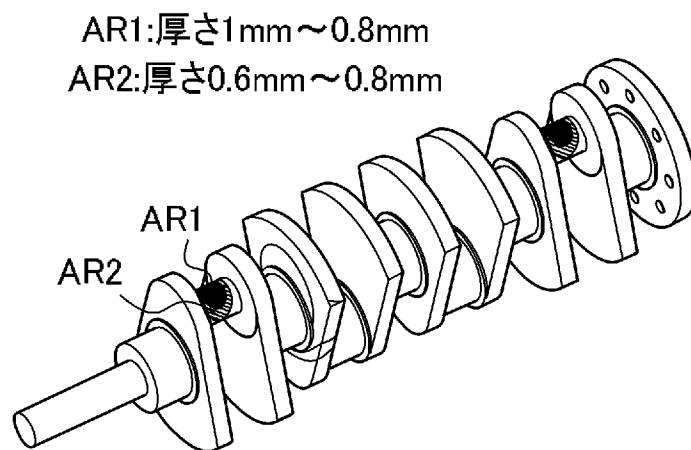
[図3]



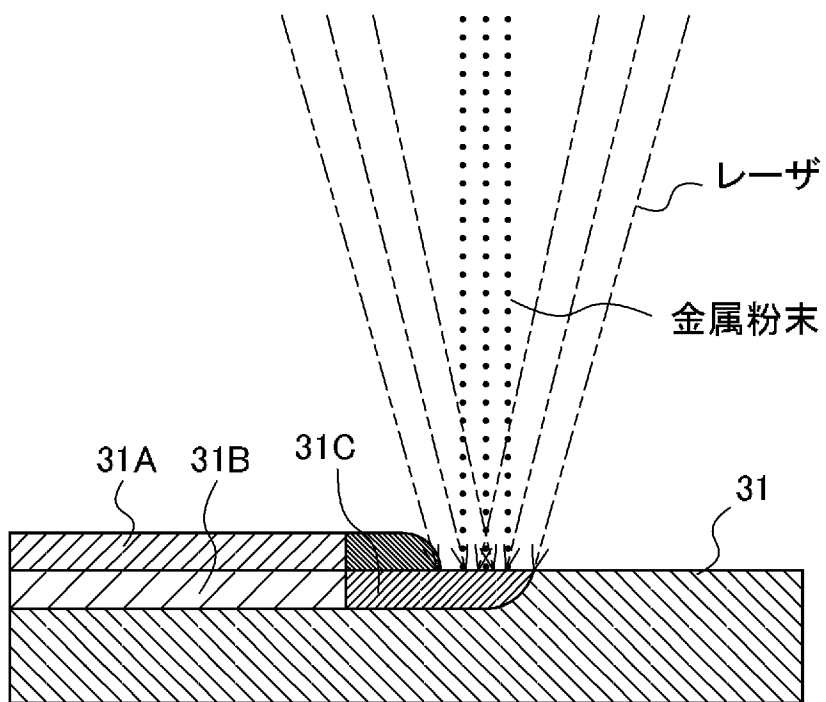
[図4]



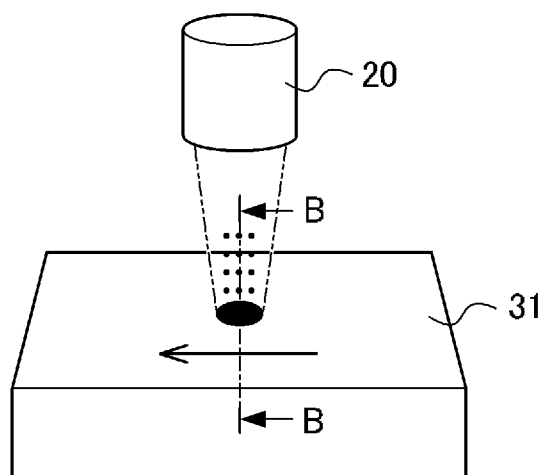
[図5]



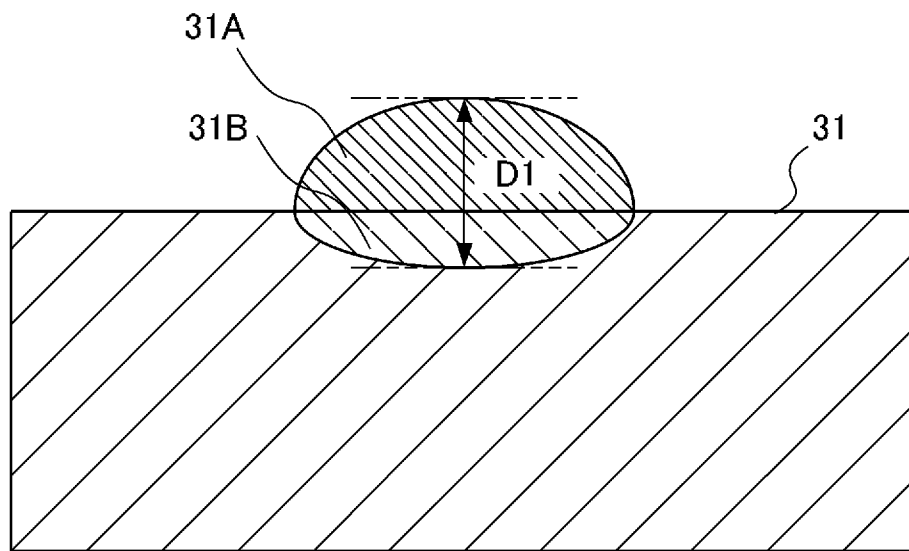
[図6]



[図7]

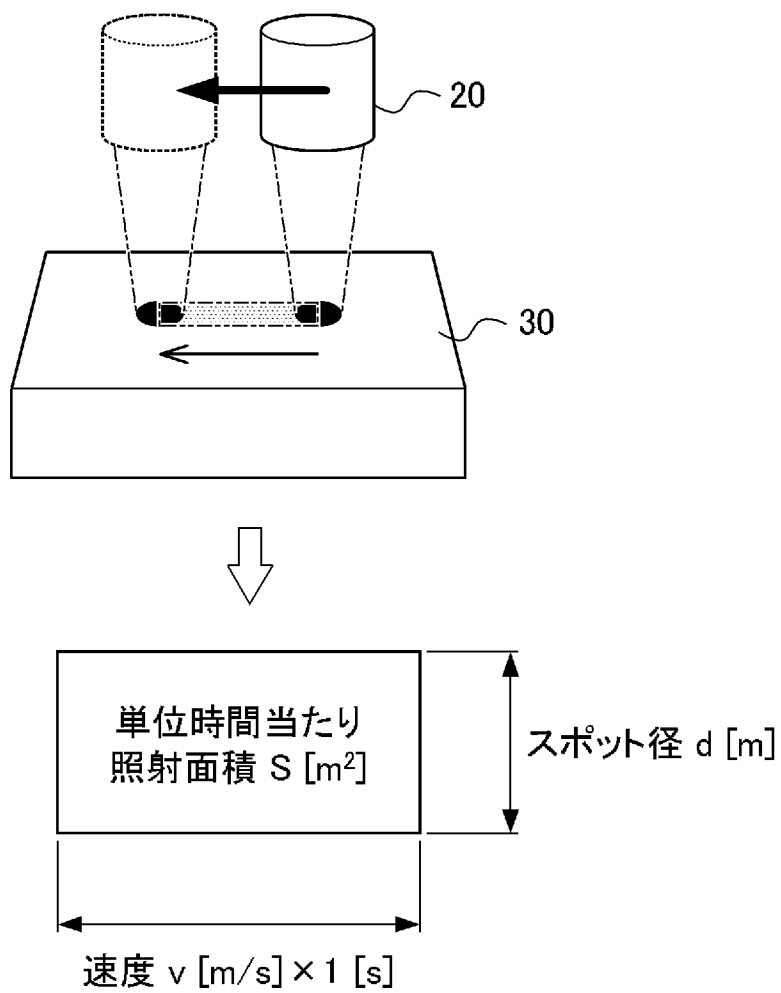


[図8]

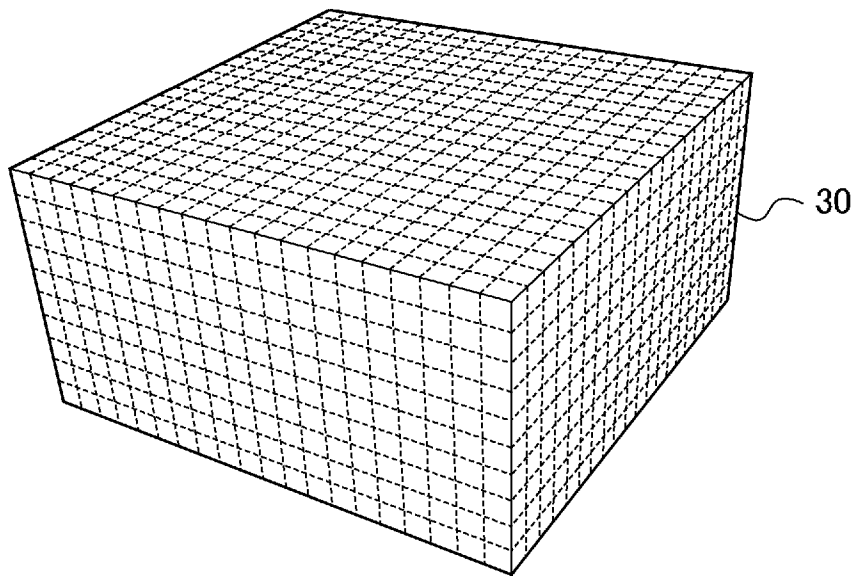


B-B断面

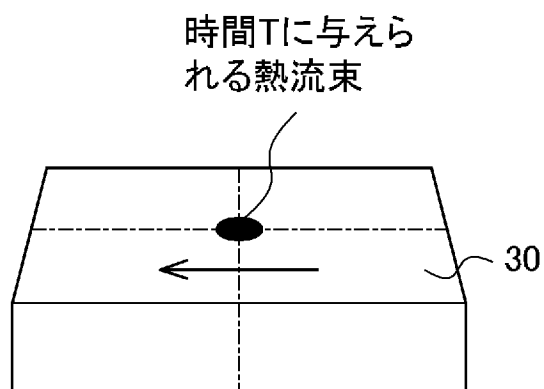
[図9]



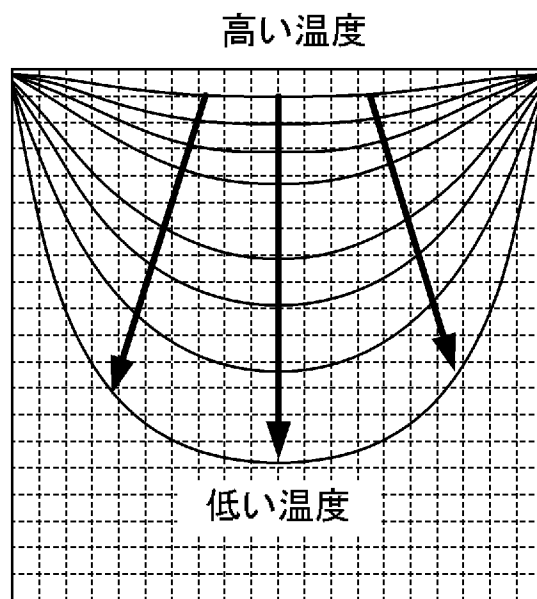
[図10]



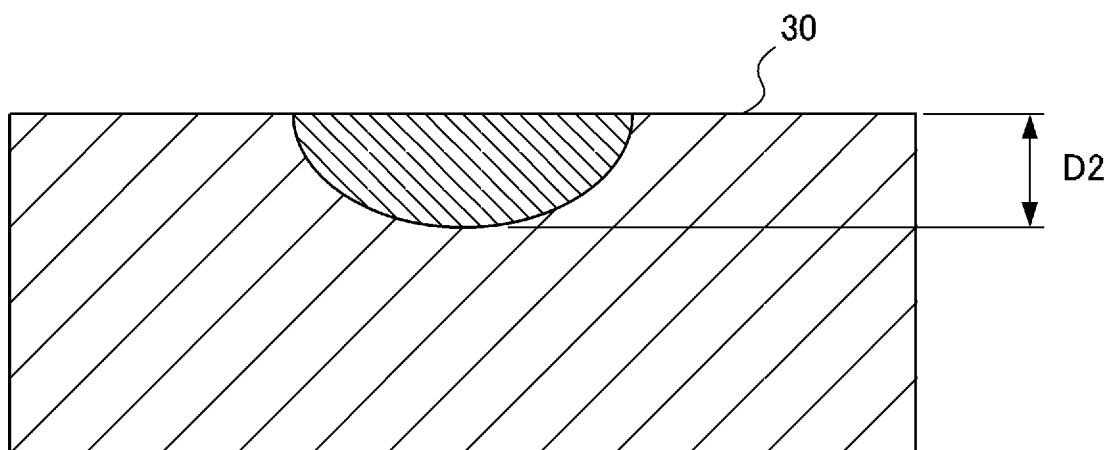
[図11]



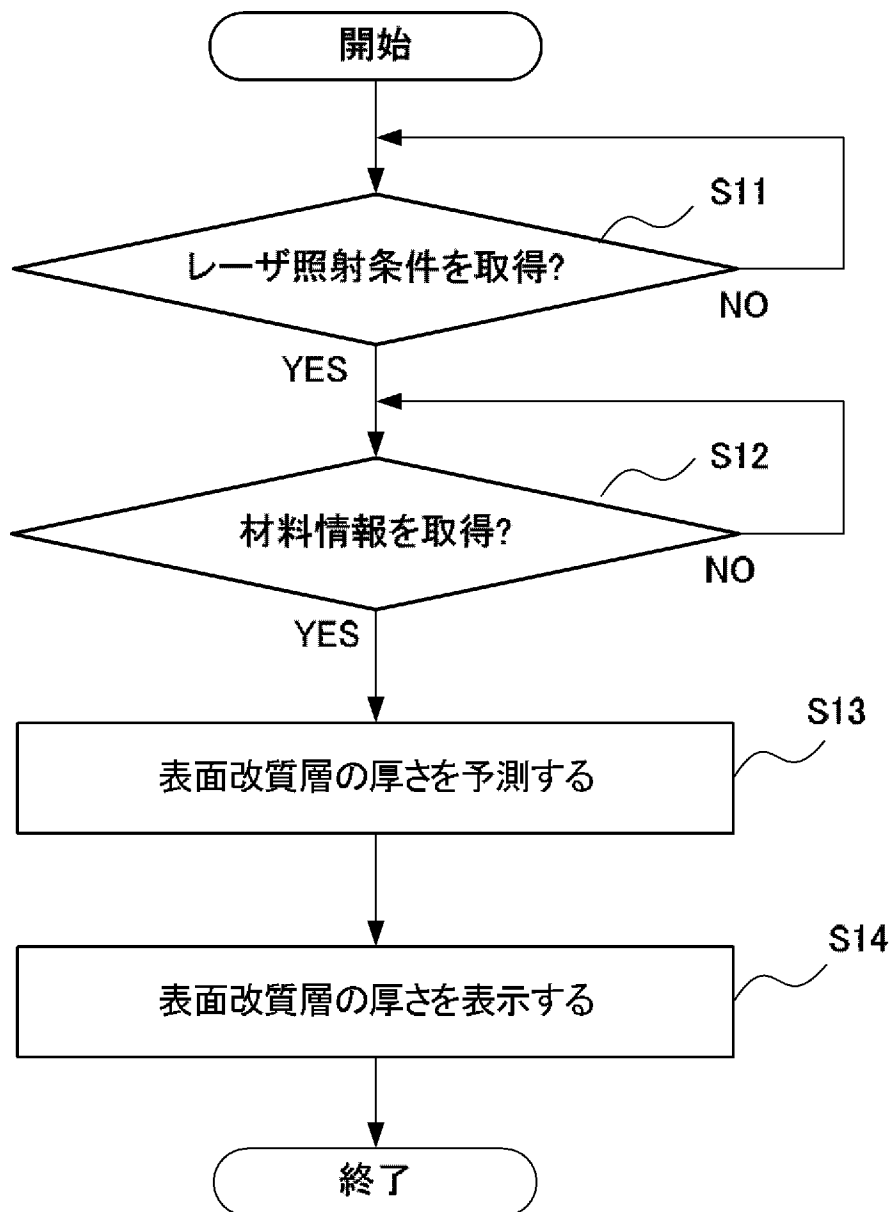
[図12]



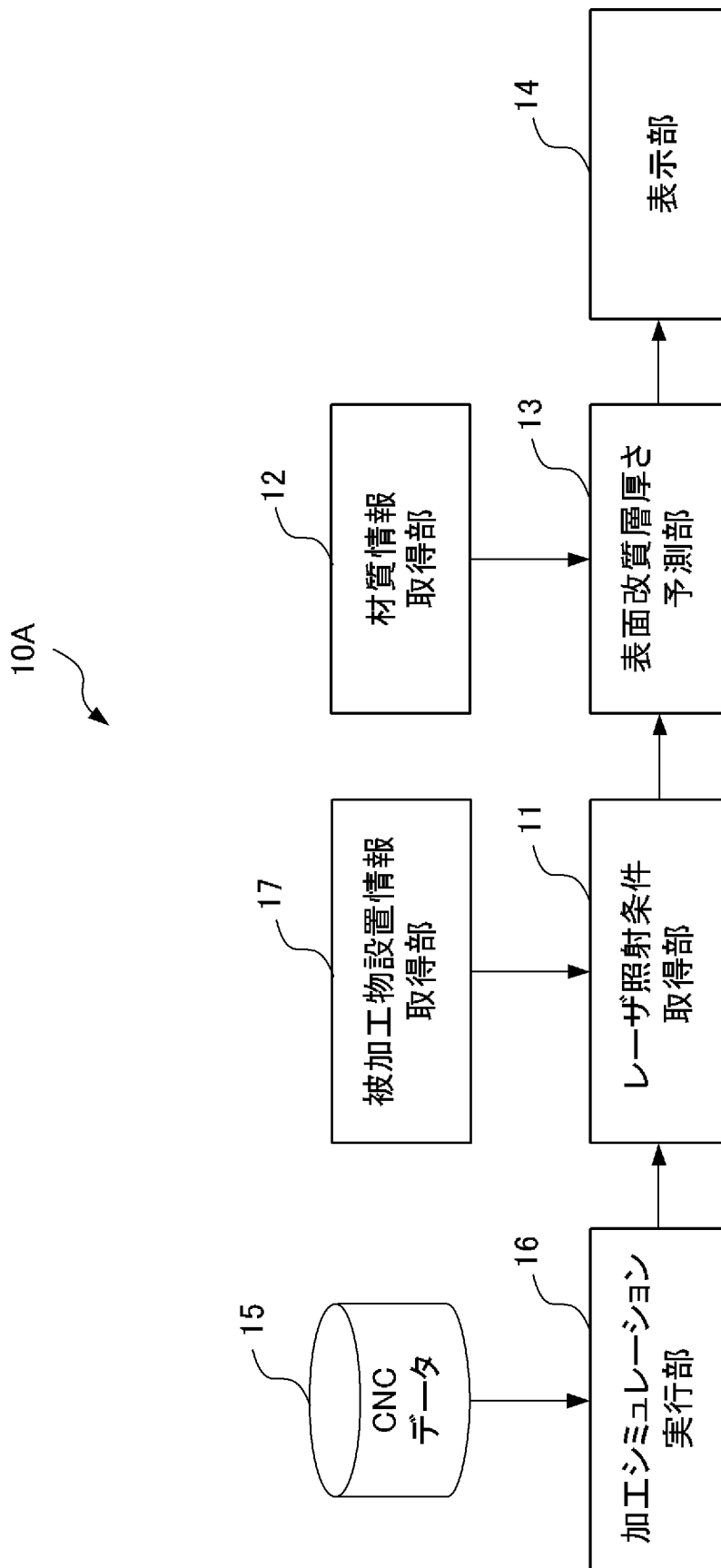
[図13]



[図14]



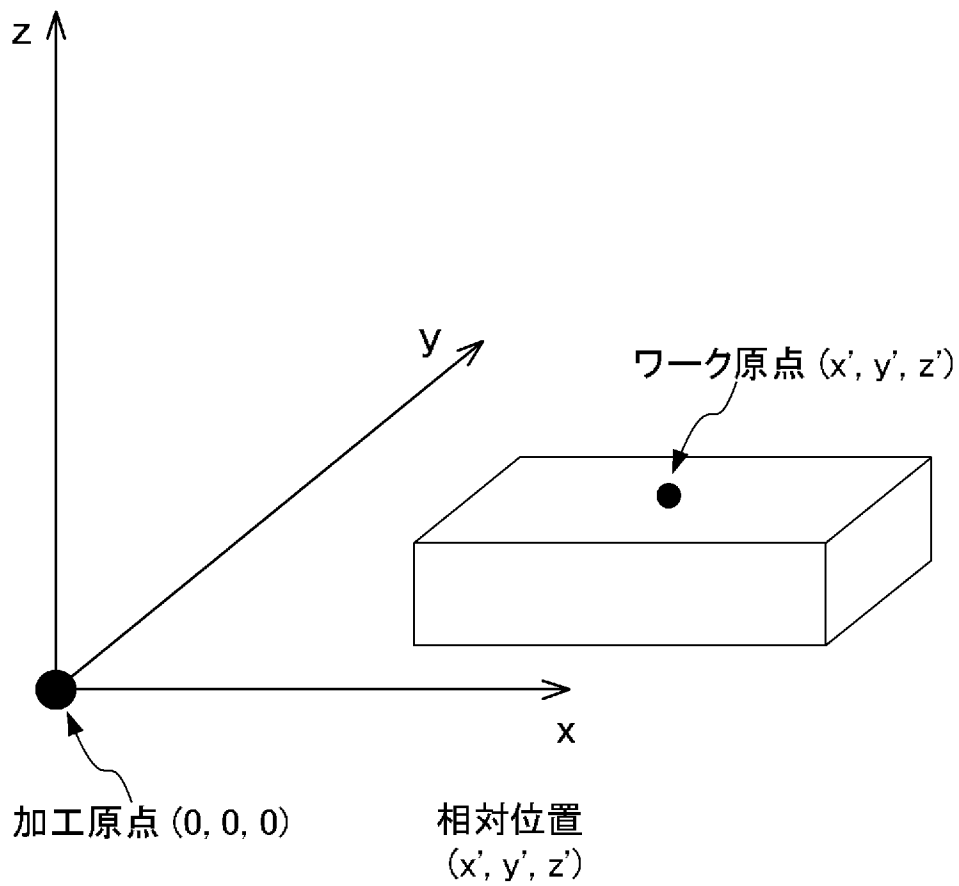
[図15]



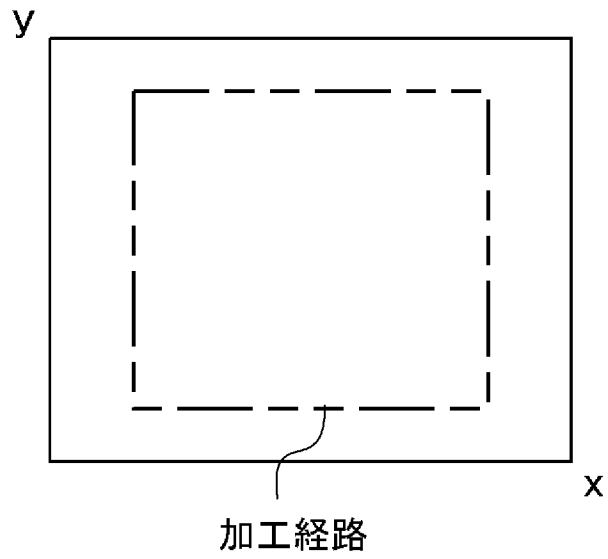
[図16]

```
O0001
N01 G92 G90 X0 Y0 Z0
N02 G00 X50. Y50.
N06 G01 X50. Y0. S2000 P1000 Q50 F500.
N07 G01 X0. Y0.
N08 G01 X0. Y100.
N09 G01 X100. Y100.
N10 G01 X100. Y0.
N11 G01 X50. Y0.
M30
```

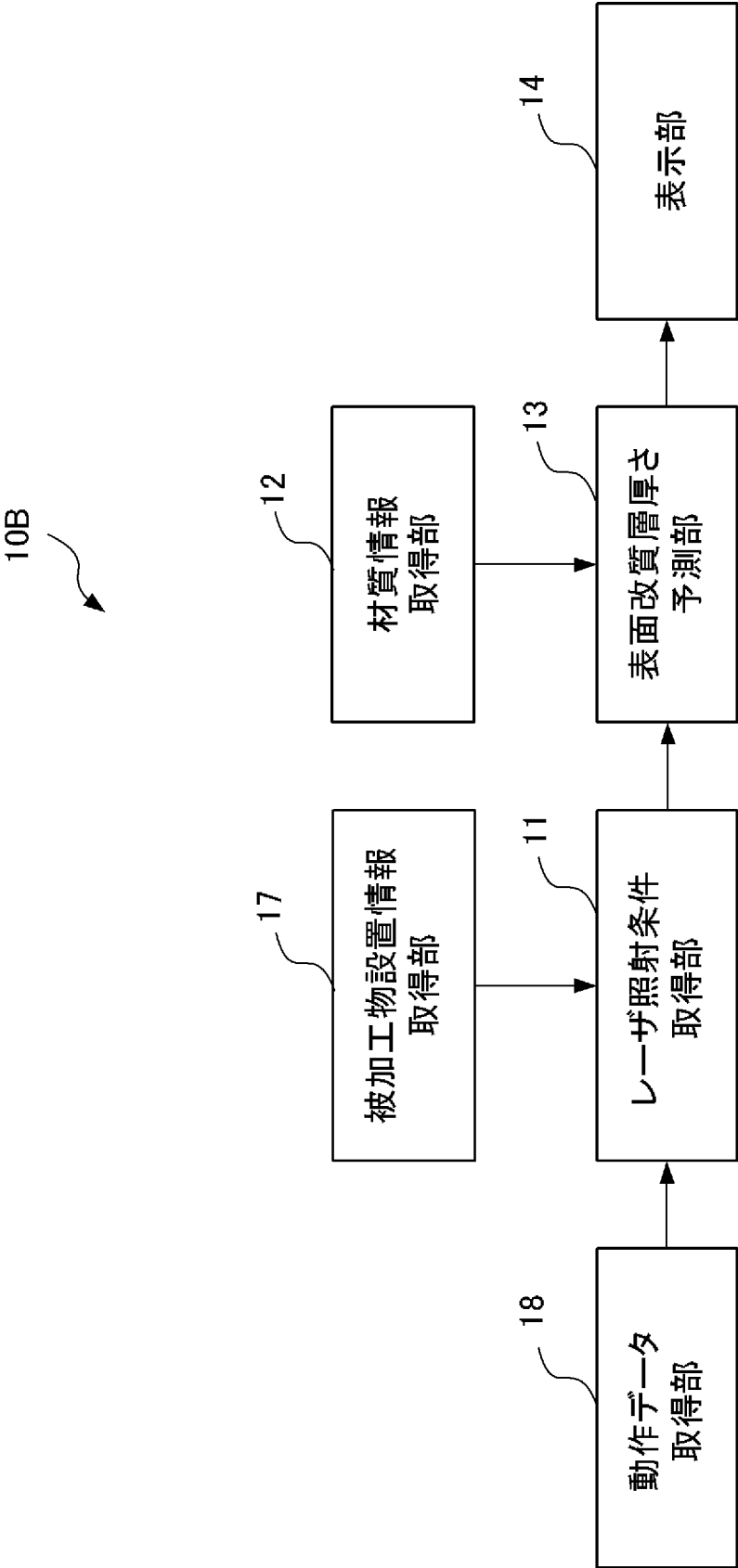
[図17]



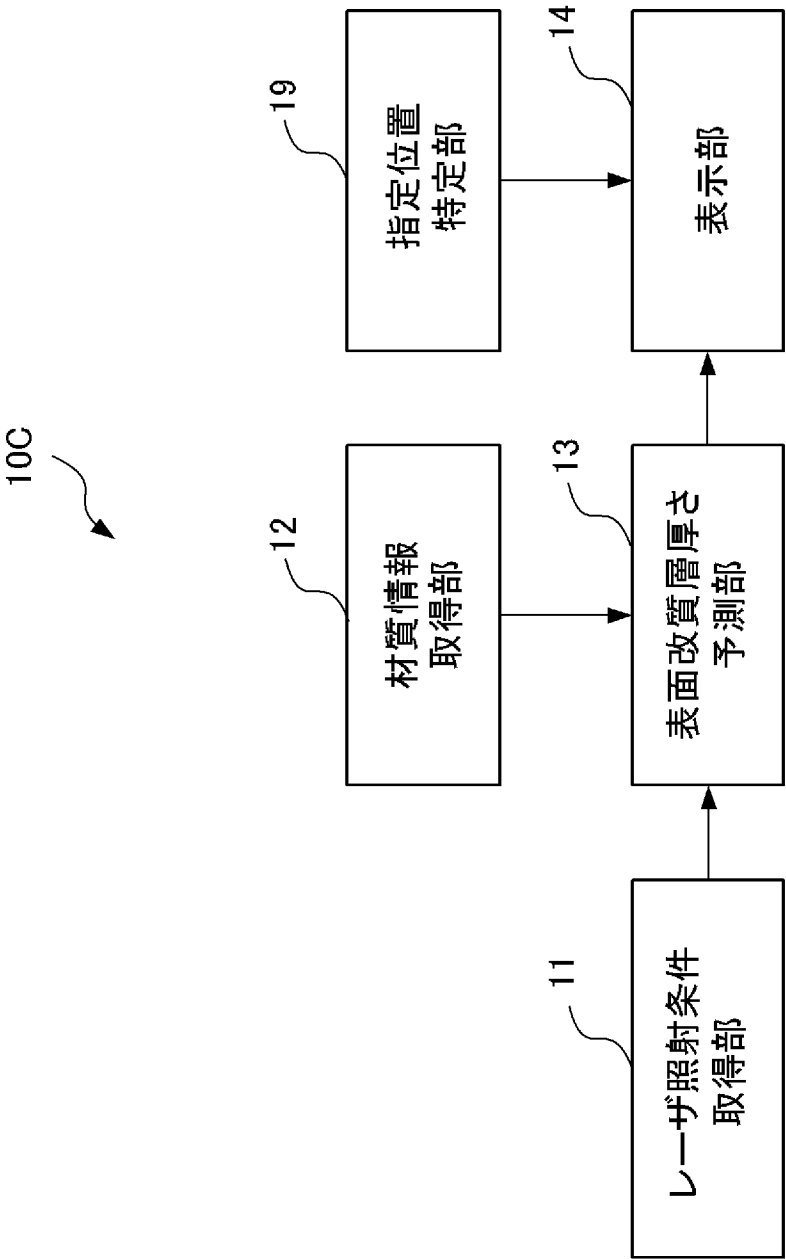
[図18]



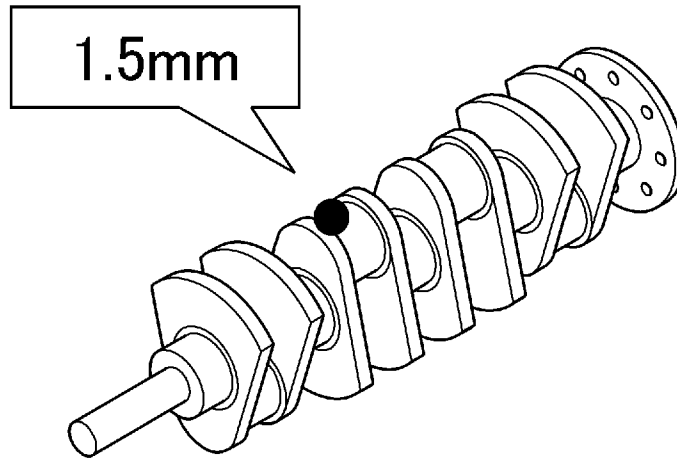
[図19]



[図20]



[図21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/042803

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>B23K 26/352</i> (2014.01)i; <i>B23K 26/53</i> (2014.01)i FI: B23K26/352; B23K26/53 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B23K26/00-26/70 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2021-141247 A (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) 16 September 2021 (2021-09-16) paragraph [0075]	1-9
A	CN 116175083 A (UESTC) 30 May 2023 (2023-05-30) paragraphs [0038]-[0039]	1-9
A	CN 115354274 A (SHANDONG UNIVERSITY) 18 November 2022 (2022-11-18) paragraphs [0015], [0041]-[0046]	1-9
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “D” document cited by the applicant in the international application “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “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) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “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 “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 “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 “&” document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 24 January 2024		Date of mailing of the international search report 06 February 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/042803

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2021-141247	A	16 September 2021	US 2023/0109456 A1 paragraph [0110] WO 2021/177363 A1 CN 115244653 A KR 10-2022-0144813 A	
CN	116175083	A	30 May 2023	(Family: none)	
CN	115354274	A	18 November 2022	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B23K 26/352(2014.01)i; B23K 26/53(2014.01)i FI: B23K26/352; B23K26/53		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） B23K26/00-26/70		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2024年 日本国実用新案登録公報 1996-2024年 日本国登録実用新案公報 1994-2024年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2021-141247 A（浜松ホトニクス株式会社）16.09.2021（2021-09-16） 段落0075	1-9
A	CN 116175083 A（UESTC）30.05.2023（2023-05-30） [0038]-[0039]	1-9
A	CN 115354274 A（SHANDONG UNIVERSITY）18.11.2022（2022-11-18） [0015], [0041]-[0046]	1-9
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 24.01.2024	国際調査報告の発送日 06.02.2024	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 山下 浩平 3P 5788 電話番号 03-3581-1101 内線 3363	

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/042803

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2021-141247	A	16.09.2021	US 2023/0109456 A1 [0110] WO 2021/177363 A1 CN 115244653 A KR 10-2022-0144813 A	
CN	116175083	A	30.05.2023	(ファミリーなし)	
CN	115354274	A	18.11.2022	(ファミリーなし)	