

(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
2015 年 4 月 2 日(02.04.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/045751 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 25/72 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/072972
- (22) 国際出願日: 2014 年 9 月 2 日(02.09.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-199200 2013 年 9 月 26 日(26.09.2013) JP
- (71) 出願人: 株式会社日立ハイテクノロジーズ(HITA-
CHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目 2 4
番 1 4 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 笹澤 秀明(SASAZAWA, Hideaki); 〒
3690395 埼玉県児玉郡上里町嘉美 1 6 0 0 番地
株式会社日立ハイテクファインシステムズ内
Saitama (JP). 吉武 康裕(YOSHITAKE, Yasuhiro);
〒3690395 埼玉県児玉郡上里町嘉美 1 6 0 0 番地
株式会社日立ハイテクファインシステムズ内
Saitama (JP). 手塚 秀和(TEZUKA, Hidekazu);
〒3690395 埼玉県児玉郡上里町嘉美 1 6 0 0 番地
株式会社日立ハイテクファインシステムズ内
Saitama (JP). 斎藤 佳大(SAITO, Yoshihiro); 〒
3690395 埼玉県児玉郡上里町嘉美 1 6 0 0 番地

株式会社日立ハイテクファインシステムズ内
Saitama (JP).

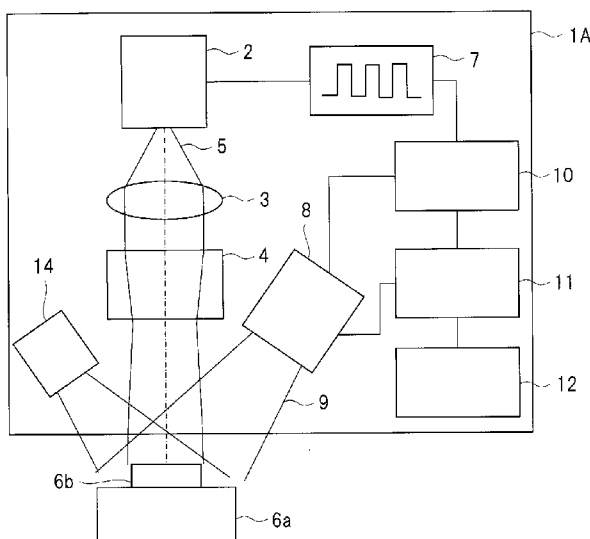
- (74) 代理人: 筒井 大和(TSUTSUI, Yamato); 〒1600022
東京都新宿区新宿 2 丁目 3 番 1 0 号 新宿御苑
ビル 3 階 筒井国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, 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,
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).

[続葉有]

(54) Title: INFRARED INSPECTION DEVICE AND INFRARED INSPECTION METHOD

(54) 発明の名称: 赤外線検査装置および赤外線検査方法

図 1



(57) Abstract: The present invention is a device and method in which even if transient temporal variation in radiation energy is being acquired, flaw and bonding-state inspection is carried out without the use of a relatively fast infrared camera. An infrared inspection device (1A) has a pulse laser (2) for irradiating laser light onto an area under inspection on the surface of an object, an infrared camera (8) for detecting infrared radiation generated from the area under inspection on the surface of the object as a result of the irradiation of laser light by the pulse laser (2), a synchronization unit (10) and irradiation timing control unit (7) for controlling the detection timing of an infrared camera (8) and the irradiation timing of the laser light, and an image generation unit (11) for generating an image including the temperature variation and temperature distribution of the area under inspection that were detected by the infrared camera (8). In addition, the infrared inspection device (1A) has a flaw identification unit (12) for identifying weld flaws on the basis of the image generated by the image generation unit (11) that includes the temperature variation and temperature distribution of the area under inspection.

(57) 要約:

[続葉有]



添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

放射エネルギーの過渡的な時間変化を捉える場合であっても、比較的に高速な赤外線カメラを用いずに、欠陥や接合状態を検査する装置および方法である。赤外線検査装置 1 A は、対象物の表面の被検査領域にレーザ光を照射するパルスレーザ 2 と、パルスレーザ 2 によるレーザ光の照射により対象物の表面の被検査領域から生じる赤外線を検出する赤外線カメラ 8 と、赤外線カメラ 8 の検出タイミングとレーザ光の照射タイミングとを制御する同期部 10 および照射タイミング制御部 7 と、赤外線カメラ 8 で検出した被検査領域における温度変化および温度分布を含む画像を生成する画像生成部 11 と、を有する。さらに、画像生成部 11 で生成した被検査領域における温度変化および温度分布を含む画像を用いて、溶接部の欠陥を判定する欠陥判定部 12 を有する。

明 細 書

発明の名称： 赤外線検査装置および赤外線検査方法

技術分野

[0001] 本発明は、赤外線を用いた計測および検査の技術に関する。また、本発明は、赤外線の検出により、構造物の部材や部品の溶接部や接着部などの対象物の表面や内部における温度または応力の状態を計測して、欠陥や接合状態を検査する装置および方法に関する。

背景技術

[0002] 本技術分野の背景技術として、特開 2 0 1 3 - 1 2 2 4 1 4 号公報（特許文献 1）がある。この公報には、「所定の波形のレーザ光を重ね接合部の表面に照射し、赤外線カメラにより撮影し、データ処理装置に赤外線画像を取得する。取得された赤外線画像に基づいて、データ処理装置で取得された赤外線画像の画素ごとにフーリエ変換し、コンソール装置にて位相画像を生成する。生成された位相画像に基づいて接合の良否を判定する。」と記載されている（要約参照）。

[0003] また、別の背景技術として、国際公開 WO 2 0 1 3 / 0 8 0 4 5 9 号公報（特許文献 2）がある。この公報には、「作製した試料を用い、図に示す測定方法により引張強度を測定した。具体的には、万能試験機を用意し、下部固定治具に、負極板の端部のうち溶融部が形成されている端部とは反対側の端部を挟んで固定した。又、上部固定治具に、負極リードの端部のうち溶融部が形成されている端部とは反対側の端部を挟んで固定した。」と記載されている（（試験例 1）参照）。

[0004] また、別の背景技術として、特開平 2 - 2 7 8 1 4 8 号公報（特許文献 3）がある。この公報には、「ハンダ付部 1 個ずつ加熱計測を行なう代わりに、光軸を走査して複数個のハンダ付部に対し連続して加熱を行なった後、連続して 1 回目の計測を行ない、次に連続して 2 回目の計測を行なう」と記載されている（発明の効果参照）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2013-122414号公報

特許文献2：国際公開WO2013/080459号公報

特許文献3：特開平2-278148号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 前記特許文献1は、時間幅T1の矩形波状の出力強度を持つレーザ光をワーク検査部に照射し、ワーク検査部からの放射エネルギーを赤外線カメラで撮像することでワーク検査部の伝熱による放射エネルギーの時間変化を観察するとしている。このような過渡的な時間変化を捉える場合、赤外線カメラの撮影レートは、放射エネルギーの時間変化に対して十分高速である必要がある。しかしながら、金属ワークでは伝熱性が高いため、放射エネルギーの時間変化も速く、高速な撮影が必要となり、計測装置、特に赤外線カメラの高コストを招いていた。また、ワークが小型部品の場合には、熱容量も小さくなるため、より高速な赤外線カメラが必要となっていた。

[0007] 前記特許文献2には、リチウムイオン電池用の電極の製造方法が開示されているが、電極の溶接部の評価試験として、引張強度測定が用いられている。引張強度試験は、破壊試験であるため、量産プロセスで利用する場合には抜き取り試験となり、全製品を検査するものではない。このため、突発的な接合不良に対しては対処できず、後工程での性能試験結果によって溶接プロセスの健全性を推定するしかなかった。また、特許文献2の技術は、放射エネルギーの過渡的な時間変化を捉える場合のように、赤外線カメラの撮影レートが問題となる技術ではない。

[0008] 前記特許文献3には、複数個のハンダ付部に対し連続して加熱を行なった後、連続して計測を行なう検査装置が開示されているが、ハンダ付部の温度を赤外線放射温度計で計測しており、放射エネルギーの過渡的な時間変化を

捉える必要がなかった。このため、特許文献3の技術は、放射エネルギーの過渡的な時間変化を捉える場合のように、赤外線カメラの撮影レートが問題となる技術ではない。

[0009] また、前記特許文献1のように放射エネルギーを赤外線カメラで撮像する場合、材質や大きさが異なる検査対象によって放射エネルギーの変化時間は様々である。このため、様々な対象に適合させるためには、最も高速に変化する対象物に合わせて高速な撮影レートとする必要があった。

[0010] そこで、本発明は上記のような課題に鑑みてなされたものであり、その代表的な目的は、放射エネルギーの過渡的な時間変化を捉える場合であっても、比較的的高速な赤外線カメラを用いずに、欠陥や接合状態を検査する装置および方法を提供することにある。

[0011] 本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

課題を解決するための手段

[0012] 本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

[0013] (1) 代表的な赤外線検査装置は、対象物の表面の被検査領域にレーザ光を照射するレーザ部と、前記レーザ部による前記レーザ光の照射により前記被検査領域から生じる赤外線を検出する赤外線カメラと、前記赤外線カメラの検出タイミングと前記レーザ光の照射タイミングとを制御する制御部と、前記赤外線カメラで検出した前記被検査領域における温度変化および温度分布を含む画像を生成する画像生成部と、を有する。

[0014] また、前記赤外線検査装置において、金属部品の溶接部あるいは、非金属部品の接着部の接合状態を検査する赤外線検査装置の場合には、前記溶接部あるいは前記接着部の被検査領域を検知するセンサを有する。そして、前記レーザ部は、前記センサで検知した前記溶接部あるいは前記接着部の被検査領域にレーザ光を照射するレーザ部となる。

[0015] (2) 代表的な赤外線検査方法は、レーザ部により、対象物の表面の被検

査領域にレーザ光を照射する照射工程と、赤外線カメラにより、前記照射工程による前記レーザ光の照射により前記被検査領域から生じる赤外線を検出する検出工程と、制御部により、前記赤外線カメラの検出タイミングと前記レーザ光の照射タイミングとを制御する制御工程と、画像生成部により、前記検出工程で検出した前記被検査領域における温度変化および温度分布を含む画像を生成する生成工程と、を有する。

[0016] また、前記赤外線検査方法において、金属部品の溶接部あるいは、非金属部品の接着部の接合状態を検査する赤外線検査方法の場合には、センサにより、前記溶接部あるいは前記接着部の被検査領域を検知する検知工程を有する。そして、前記照射工程は、前記検知工程で検知した前記溶接部あるいは前記接着部の被検査領域にレーザ光を照射する工程となる。

発明の効果

[0017] 本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば以下のとおりである。

[0018] すなわち、代表的な効果は、放射エネルギーの過渡的な時間変化を捉える場合であっても、比較的に高速な赤外線カメラを用いずに、欠陥や接合状態を検査することができる。より詳細には、小型部品や金属部品などの熱容量が小さい部位の接合部に熱励起を加えて高速な熱放射エネルギーの時間変化を観察する場合でも適用可能である。このような場合であっても、高価で高速な赤外線カメラを用いずに、通常検出速度の赤外線カメラを用いて接合部の表面や内部における温度または応力の状態を計測して、欠陥や接合状態を検査することができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明の実施の形態1の赤外線検査装置および対象物を含む構成の一例を示す図である。

[図2]本発明の実施の形態1の赤外線検査装置による制御タイミングの一例を示す図である。

[図3]本発明の実施の形態1の赤外線検査装置による赤外線画像での検出温度

変化の一例を示す図である。

[図4]本発明の実施の形態1の赤外線検査装置による赤外線画像での検出温度変化に基づく欠陥判定の一例を示す図である。

[図5]本発明の実施の形態1の赤外線検査装置によるレーザ照射パラメータおよび欠陥判定パラメータの設定画面の一例を示す図である。

[図6]本発明の実施の形態2の赤外線検査装置および対象物を含む構成の一例を示す図である。

[図7]本発明の実施の形態2の赤外線検査装置による制御タイミングおよび赤外線画像での検出温度変化の一例を示す図である。

[図8]本発明の実施の形態3の赤外線検査装置および対象物を含む構成の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0020] 以下の実施の形態においては、便宜上その必要があるときは、複数のセクションまたは実施の形態に分割して説明するが、特に明示した場合を除き、それらは互いに無関係なものではなく、一方は他方の一部または全部の変形例、詳細、補足説明等の関係にある。また、以下の実施の形態において、要素の数等（個数、数値、量、範囲等を含む）に言及する場合、特に明示した場合および原理的に明らかに特定の数に限定される場合等を除き、その特定の数に限定されるものではなく、特定の数以上でも以下でもよい。

[0021] さらに、以下の実施の形態において、その構成要素（要素ステップ等も含む）は、特に明示した場合および原理的に明らかに必須であると考えられる場合等を除き、必ずしも必須のものではないことは言うまでもない。同様に、以下の実施の形態において、構成要素等の形状、位置関係等に言及するときは、特に明示した場合および原理的に明らかにそうでないと考えられる場合等を除き、実質的にその形状等に近似または類似するもの等を含むものとする。このことは、上記数値および範囲についても同様である。

[0022] [実施の形態の概要]

まず、実施の形態の概要について説明する。本実施の形態の概要では、一

例として、括弧内に実施の形態の対応する構成要素、符号等を付して説明する。

[0023] (1) 本実施の形態の代表的な赤外線検査装置は、対象物の表面の被検査領域にレーザ光を照射するレーザ部（パルスレーザ 2, 2 a, 2 b）と、前記レーザ部による前記レーザ光の照射により前記被検査領域から生じる赤外線を検出する赤外線カメラ（赤外線カメラ 8, 8 B）と、前記赤外線カメラの検出タイミングと前記レーザ光の照射タイミングとを制御する制御部（同期部 10、照射タイミング制御部 7）と、前記赤外線カメラで検出した前記被検査領域における温度変化および温度分布を含む画像を生成する画像生成部（画像生成部 11）と、を有する。

[0024] また、前記赤外線検査装置において、金属部品の溶接部あるいは、非金属材料の接着部の接合状態を検査する赤外線検査装置の場合には、前記溶接部あるいは前記接着部の被検査領域を検知するセンサ（センサ 14）を有する。そして、前記レーザ部は、前記センサで検知した前記溶接部あるいは前記接着部の被検査領域にレーザ光を照射するレーザ部となる。

[0025] (2) 本実施の形態の代表的な赤外線検査方法は、レーザ部（パルスレーザ 2, 2 a, 2 b）により、対象物の表面の被検査領域にレーザ光を照射する照射工程と、赤外線カメラ（赤外線カメラ 8, 8 B）により、前記照射工程による前記レーザ光の照射により前記被検査領域から生じる赤外線を検出する検出工程と、制御部（同期部 10、照射タイミング制御部 7）により、前記赤外線カメラの検出タイミングと前記レーザ光の照射タイミングとを制御する制御工程と、画像生成部（画像生成部 11）により、前記検出工程で検出した前記被検査領域における温度変化および温度分布を含む画像を生成する生成工程と、を有する。

[0026] また、前記赤外線検査方法において、金属部品の溶接部あるいは、非金属材料の接着部の接合状態を検査する赤外線検査方法の場合には、センサ（センサ 14）により、前記溶接部あるいは前記接着部の被検査領域を検知する検知工程を有する。そして、前記照射工程は、前記検知工程で検知した前記

溶接部あるいは前記接着部の被検査領域にレーザ光を照射する工程となる。

[0027] 以下、上述した実施の形態の概要に基づいた各実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、各実施の形態を説明するための全図において、同一の部材には原則として同一の符号または関連する符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

[0028] また、以下の各実施の形態においては、金属部品の溶接部の接合状態を検査する赤外線検査装置を例に説明するが、本発明は、これに限定されるものではない。本発明は、非金属部品の接着部の接合状態を検査する赤外線検査装置にも適用可能である。さらに、本発明は、赤外線を用いた計測および検査の技術全般にも適用できるものである。

[0029] [実施の形態 1]

本実施の形態 1 の赤外線検査装置および赤外線検査方法について、図 1 ～ 図 5 を用いて説明する。

[0030] <赤外線検査装置および対象物を含む構成>

まず、図 1 を用いて、本実施の形態の赤外線検査装置および対象物を含む構成について説明する。図 1 は、この赤外線検査装置および対象物を含む構成の一例を示す図である。

[0031] 本実施の形態の赤外線検査装置 1 A は、パルスレーザ 2、コリメータレンズ 3、ビーム成形レンズ 4、照射タイミング制御部 7、赤外線カメラ 8、同期部 10、画像生成部 11、欠陥判定部 12、センサ 14 を有する。

[0032] この赤外線検査装置 1 A による検査対象物 6 a と検査対象物 6 b は、ともに金属部品であり、例えば、抵抗溶接にて接合されるべき部品である。本実施の形態では、検査対象物 6 a、6 b の表面の被検査領域として、金属部品の溶接部を被検査領域とする。

[0033] パルスレーザ 2 は、検査対象物 6 a、6 b の表面の被検査領域（金属部品の溶接部の被検査領域）にレーザ光 5 を照射するレーザ部である。このパルスレーザ 2 は、照射タイミング制御部 7 に接続され、この照射タイミング制御部 7 により制御される。本実施の形態では、パルスレーザ 2 は、センサ 1

4で検知した金属部品の溶接部の被検査領域にレーザ光を照射するレーザ部であり、この金属部品の溶接部の被検査領域を加熱する加熱用として用いる。このパルスレーザ2は、例えば、近赤外線のレーザダイオードなどを用いて実現可能である。

[0034] コリメータレンズ3は、パルスレーザ2から出射された広がりを持つレーザ光5を平行光にするレンズである。ビーム成形レンズ4は、コリメータレンズ3で平行光にされたレーザ光5を検査対象物6a, 6b上で所望の輝度分布となるように成形するレンズである。このビーム成形レンズ4は、例えば、回折光学素子(DOE)などを用いて実現可能である。これらのコリメータレンズ3およびビーム成形レンズ4は、パルスレーザ2から検査対象物6a, 6bの被検査領域に向けて照射されるレーザ光5と同一光軸上に配置されている。

[0035] 照射タイミング制御部7は、パルスレーザ2に接続され、このパルスレーザ2によるレーザ光5の照射タイミングを制御する照射タイミング制御手段である。この照射タイミング制御部7は、例えば、電気回路などを用いて実現可能である。

[0036] 赤外線カメラ8は、パルスレーザ2によるレーザ光5の照射により検査対象物6a, 6bの表面の被検査領域(金属部品の溶接部の被検査領域)から生じる赤外線9を検出する撮像手段である。この赤外線カメラ8は、同期部10に接続され、この同期部10により制御される。この赤外線カメラ8は、検査対象物6a, 6bに対して斜め方向に設置されている。この赤外線カメラ8は、例えば、ラスタースキャン方式のエリアセンサカメラなどを用いて実現可能である。

[0037] 同期部10は、赤外線カメラ8と照射タイミング制御部7に接続され、赤外線カメラ8の撮像周期とパルスレーザ2によるレーザ光5の照射タイミングとを任意の遅延時間によって同期する同期手段である。この同期部10は、例えば、電気回路などを用いて実現可能である。この同期部10と前述した照射タイミング制御部7とを含めて、赤外線カメラ8の検出タイミングと

レーザ光 5 の照射タイミングとを制御する制御部と呼ぶ。この制御部により、検査対象物 6 a, 6 b としての金属部品の溶接部の被検査領域における温度変化の熱過渡応答を顕在化して撮像するように制御する。

[0038] 画像生成部 1 1 は、赤外線カメラ 8 に接続され、この赤外線カメラ 8 で検出した検査対象物 6 a, 6 b としての金属部品の溶接部の被検査領域における温度変化および温度分布を含む画像を生成する画像生成手段である。この画像生成部 1 1 は、例えば、コンピュータソフトウェアなどを用いて実現可能である。

[0039] 欠陥判定部 1 2 は、画像生成部 1 1 に接続され、この画像生成部 1 1 で生成した検査対象物 6 a, 6 b としての金属部品の溶接部の被検査領域における温度変化および温度分布を含む画像を用いて、金属部品の溶接部の欠陥を判定する欠陥判定手段である。この欠陥判定部 1 2 は、画像の画素毎の温度変化の減衰率あるいは変化率などを、正常な溶接部と比較して、溶接部の欠陥を判定する。この欠陥判定部 1 2 は、例えば、コンピュータソフトウェアなどを用いて実現可能である。

[0040] センサ 1 4 は、検査対象物 6 a, 6 b としての金属部品の溶接部の被検査領域を検知する検知手段である。このセンサ 1 4 は、検査対象物 6 a, 6 b に対して斜め方向に設置されている。このセンサ 1 4 は、例えば、テレビカメラなどを用いて実現可能である。

[0041] 以上の構成を有する赤外線検査装置 1 A による検査方法は、以下の処理手順となる。

[0042] まず、加熱用のパルスレーザ 2 からレーザ光 5 を照射する（照射工程）。この際に、センサ 1 4 で検査対象物 6 a, 6 b の被検査領域を検知し（検知工程）、パルスレーザ 2 からのレーザ光 5 は、この検知した検査対象物 6 a, 6 b の被検査領域に向けて照射される。このパルスレーザ 2 から出射された広がりを持つレーザ光 5 はコリメータレンズ 3 で平行光とされ、さらにビーム成形レンズ 4 にて、検査対象物 6 a, 6 b 上で所望の輝度分布となるように成形される。このようにして、レーザ光 5 は、検査対象物 6 a, 6 b と

しての金属部品の溶接部の被検査領域に照射される。

[0043] さらに、検査対象物 6 a, 6 b としての金属部品の溶接部の被検査領域からの熱放射エネルギーは、赤外線 9 として赤外線カメラ 8 にて撮像される（検出工程）。この際に、パルスレーザ 2 による照射タイミングと赤外線カメラ 8 による撮像タイミングは、同期部 10 と照射タイミング制御部 7 によって後述（図 2、図 3）するように適切に制御される（同期工程、照射タイミング制御工程）。これにより、数 100 f p s の高速撮像ではない安価な赤外線カメラ 8 であっても、過渡的な放熱状態を観察することができる。

[0044] そして、画像生成部 11 において、赤外線カメラ 8 にて撮像した画像データを画素毎に時系列に再構成し、判定画像を生成する（生成工程）。この判定画像を元に、欠陥判定部 12 では、検査対象物 6 a と検査対象物 6 b との溶接部における接合状態を判定する（判定工程）。この検査対象物 6 a, 6 b の溶接部における接合状態の判定例については、後述（図 4）する。

[0045] <赤外線検査装置による制御タイミング>

次に、図 2 を用いて、図 1 に示した赤外線検査装置による制御タイミングについて説明する。図 2 は、この赤外線検査装置による制御タイミングの一例を示す図である。図 2 では、パルスレーザ 2 による照射タイミングと赤外線カメラ 8 による撮像タイミングを示している。

[0046] 図 2 において、カメラ走査領域 211 は、赤外線カメラ 8 での撮像走査順序を示しており、2次元ラスタースキャンとしている。この2次元ラスタースキャンでは、走査領域中の画素を左上画素 202 から右方向に走査ライン 201 a として走査し、順次、走査ライン 201 b, 201 c, 201 d と右下に向かって走査する。例えば、カメラ走査領域 211 を 1 フレームとすると、一般的な赤外線カメラ 8 の走査レートを 60 f p s とすれば、1 フレーム当たりの走査時間は 16.7 m s である。

[0047] 図 2 のタイミングチャートには、カメラ走査領域 211, 212, 213 の 3 フレーム毎、5 回分（フレーム 1～3, 4～6, 7～9, 10～12, 13～15）の撮像タイミングを示している。3 フレーム毎に、レーザ照射

タイミング221～225による検査対象物6a, 6bのそれぞれの温度変化波形231～235が生じており、温度変化は毎回再現し、2フレーム程度（例えば33ms）で収束する。

[0048] 始めに、フレーム走査開始信号200（＝カメラ走査開始信号（例えば60Hz））に対して、フレーム1では、4Td時間だけ遅れた時間でレーザ照射（レーザ照射タイミング221）をパルス幅Twの時間で照射する。例えば、Tdは1／5フレーム時間の3.3ms（300Hz）とする。レーザ照射は、カメラ走査領域211内の全面に照射されている。

[0049] 説明のため、左上画素202での温度変化波形231を見ると、フレーム2では、レーザ照射タイミング221の直後の時間での温度変化測定値231aを検出時間Tpで検出する。さらに次のフレーム3では、レーザ照射タイミング221から1フレーム走査時間（例えば16.7ms（60Hz））の時点での温度変化測定値231bを検出する。

[0050] 次のフレーム4では、フレーム走査開始信号200から3Td時間だけ遅れた時間でレーザ照射（レーザ照射タイミング222）をパルス幅Twの時間で照射する。同様に、フレーム5ではレーザ照射タイミング222による温度変化波形232の温度変化測定値232aを検出し、フレーム6では温度変化波形232の温度変化測定値232bを検出する。

[0051] 同様にして、フレーム7では遅延時間2Tdのレーザ照射（レーザ照射タイミング223）を行い、続くフレーム8, 9で温度変化波形233の温度変化測定値233a, 233bをそれぞれ検出する。フレーム10では遅延時間Tdのレーザ照射（レーザ照射タイミング224）を行い、続くフレーム11, 12で温度変化波形234の温度変化測定値234a, 234bをそれぞれ検出する。フレーム13では遅延時間なし（Td＝0）のレーザ照射（レーザ照射タイミング225）を行い、続くフレーム14, 15で温度変化波形235の温度変化測定値235a, 235bをそれぞれ検出する。

[0052] このようにして、フレーム1～15において、各レーザ照射タイミングに応じた画素202での温度変化を、フレームレート（＝例えば16.7ms

) 以下の T_d (=例えば 3.3 ms) 時間で取得する。

[0053] <赤外線検査装置による赤外線画像での検出温度変化>

次に、図 3 を用いて、図 1 に示した赤外線検査装置による赤外線画像での検出温度変化について説明する。図 3 は、この赤外線検査装置による赤外線画像での検出温度変化の一例を示す図である。図 3 では、赤外線画像の各画素での検出温度変化を示している。

[0054] 図 3 においては、カメラ走査領域 300 の左上画素 301、中間位置画素 302、右下画素 303 に着目した例である。カメラ走査領域 300 内の全面にレーザ照射（レーザ照射タイミング 310）を行った際に、カメラ走査領域 300 の左上画素 301 での温度変化波形 321 は温度変化測定値 321a として記録される。また、カメラ走査領域 300 の中間位置画素 302 での温度変化波形 322 は温度変化測定値 322a として記録され、カメラ走査領域 300 の右下画素 303 での温度変化波形 323 は温度変化測定値 323a として記録される。ただし、1 走査画像内でもレーザ照射遅延間隔 T_d (=例えば 3.3 ms) の時間ずれは残留する。

[0055] それぞれのフレームで取得した各画素の測定値は、図 1 に示した画像生成部 11 において、レーザ照射タイミングを基準とした時間順に再配置される。このようにして、全画素でのフレームレート (=例えば 16.7 ms) 以下の時間での温度変化を取得する。なお、遅延時間は必ずしも T_d の整数倍である必要はなく、例えば、温度変化の少ないフレームでは遅延時間をさらに延ばして、データ量を低減しても良い。

[0056] <赤外線画像での検出温度変化に基づく欠陥判定>

次に、図 4 を用いて、赤外線画像での検出温度変化に基づく欠陥判定について説明する。図 4 は、この赤外線画像での検出温度変化に基づく欠陥判定の一例を示す図である。

[0057] 図 1 に示した画像生成部 11 において、レーザ照射タイミングを基準とした時間順に赤外線カメラ 8 で取得した各画素の測定値を再配置し、この再配置した画像は図 1 に示した欠陥判定部 12 に送られる。図 4 では、この欠陥

判定部 12 において、画像生成部 11 から送られた画像に基づく欠陥判定の例を示している。

[0058] 図 1 に示した検査対象物 6 a, 6 b として、図 4 の例では、金属部品 400 a 上に金属部品 400 b が接続され、この接続部が溶接されている。この溶接による接続部の表面や内部を、赤外線検査装置 1 A にて撮像した際の画像 401 において、非接合部 401 a と接合部 401 b が確認できる。非接合部 401 a 上の観測画素 411, 412 でのレーザ照射により検出した温度変化をそれぞれ、温度変化波形 411 t, 412 t で示す。また、接合部 401 b 上の観測画素 413, 414 でのレーザ照射により検出した温度変化をそれぞれ、温度変化波形 413 t, 414 t で示す。

[0059] 図 4 に示した温度変化波形 411 t, 412 t, 413 t, 414 t では、いずれも、温度ピークまでは時間の経過と共に温度が山なりに上昇し、温度ピークからは時間の経過と共に温度が弓なりで、かつ上昇時に比べて緩やかに減衰する波形となっている。この温度変化は、カメラフレームレートの 2 フレーム程度で収束するが、各測定位置で図 4 のような違いが見られる。

[0060] このような温度変化波形において、各測定位置での温度変化を比較すると、例えば、温度減衰速度を指標にすれば、接合部 401 b 上の観測画素 414 での温度変化波形 414 t が最も早く減衰していることが判る。減衰速度が速いことは、熱容量が小さく、周囲と接合面積が少ないことを示しているため、観測画素 414 は接合不良であると判定する。

[0061] 具体的に、接合部 401 b 上における観測画素 414 での温度変化波形 414 t と、観測画素 413 での温度変化波形 413 t とを比較する。この比較によれば、良品となる温度変化波形 413 t に対して、不良品と判定される温度変化波形 414 t は、温度ピークまでの温度上昇速度が速く、かつ、温度ピークからの温度減衰速度も速くなっていることが判る。

[0062] なお、温度減衰速度を指標にした際に、減衰速度が遅すぎる場合も、接合不良となることも考えられる。また、不良品と判定される場合でも、測定位置の違いによってそれぞれの間にばらつきが生じることもある。そこで、こ

の欠陥判定では、部品の材質や大きさなどによるばらつきや相関なども考慮して、接合部の不良品と良品の区別が可能な統計的データを用いて判定することが望ましい。

[0063] <レーザ照射パラメータおよび欠陥判定パラメータの設定画面>

次に、図5を用いて、レーザ照射パラメータおよび欠陥判定パラメータの設定画面について説明する。図5は、このレーザ照射パラメータおよび欠陥判定パラメータの設定画面の一例を示す図である。

[0064] 図5に示す赤外線検査装置1Aでのパラメータ設定画面500では、レーザ照射パラメータ入力部502と、それをグラフ化したレーザ照射グラフ表示部501を設け、レーザ照射タイミングの設定を行う。レーザ照射パラメータ入力部502には、図1に示したパルスレーザ2による加熱用レーザ照射の出力 P_w 、タイミング（遅延時間 T_d 、照射時間 T_w ）、周期 F などを設定する入力欄がある。この入力欄から設定した設定値に基づき、図1に示した照射タイミング制御部7においてレーザ照射を制御する。

[0065] 例えば、部品同士の接合部に加える熱励起は、レーザ照射の出力 P_w を大きくする程、また、照射時間 T_w を長くする程、大きくなる。このため、レーザ照射の各パラメータは、部品の材質や大きさなどを考慮して設定することが望ましい。特に、本実施の形態においては、レーザ照射の遅延時間 T_d および照射時間 T_w のタイミングが赤外線カメラ8の撮像周期と同期するように設定される。

[0066] また、パラメータ設定画面500では、欠陥判定パラメータ入力部504と、そのしきい値をグラフ上に表示した欠陥判定グラフ表示部503を設け、欠陥判定条件の設定を行う。欠陥判定パラメータ入力部504には、図1に示した欠陥判定部12による欠陥判定の減衰率 D_t 、温度変化率 T_t 、限界面積 S_t などを設定する入力欄がある。

[0067] 例えば、温度変動が収束する単位時間での仮想的な温度変化503aにおいて、温度ピークの半分の温度に到達して減衰するまでの時間 T_t （温度変化率）、温度ピークから半分の温度まで減衰する時間 D_t （減衰率）などの

しきい値を設定する。さらに、検査対象中で接合不良と判定した領域の合計面積の限界値 S_t （限界面積）を設定する。この設定値に基づき、欠陥判定部 12 において、検査対象の接合部の欠陥判定を行う。

[0068] なお、欠陥判定パラメータの決定においては、予め判明している良品と不良品の接合部の温度変化波形を元に各パラメータを決定しても良い。この場合には、画像の画素毎の温度変化の減衰率 D_t あるいは変化率 T_t などを、予め判明している良品の正常な溶接部と比較して、この溶接部である接合部の欠陥を判定することになる。

[0069] <実施の形態 1 の効果>

以上説明したように、本実施の形態の赤外線検査装置 1 A および赤外線検査方法によれば、赤外線カメラ 8 のフレームレートより速い温度変化を生じる金属部品においても、非破壊で、この金属部品の接合部の欠陥を検出することが可能となる。すなわち、本実施の形態は、金属部品などの熱容量が小さい部位の接合部に熱励起を加えて高速な熱放射エネルギーの時間変化を観察する場合でも適用可能である。このような場合であっても、高価で高速な赤外線カメラを用いずに、通常検出速度の赤外線カメラ 8 を用いて接合部の温度状態を計測して、この接合部の欠陥を検査することができる。より詳細には、以下の通りである。

[0070] （１）制御部としての同期部 10 および照射タイミング制御部 7 を有することで、赤外線カメラ 8 の検出タイミングとパルスレーザ 2 によるレーザ光 5 の照射タイミングとを制御することができる。そして、赤外線カメラ 8 で検出した被検査領域における温度変化を含む画像を画像生成部 11 で生成し、この画像を用いて、欠陥判定部 12 において、溶接部の欠陥を判定することができる。

[0071] （２）同期部 10 により、赤外線カメラ 8 の撮像周期とレーザ光 5 の照射タイミングとを任意の遅延時間によって同期することができ、かつ、照射タイミング制御部 7 により、レーザ光 5 の照射タイミングを制御することができる。この結果、被検査領域における温度変化の熱過渡応答を顕在化して撮

像するように制御することができる。

[0072] (3) 欠陥判定部 12 により、画像の画素毎の温度変化の減衰率あるいは変化率を、正常な溶接部と比較して、溶接部の欠陥を判定することができる。

[0073] (4) 赤外線検査装置 1 A の画面には、レーザ照射のための出力、遅延時間、照射時間、周期などの入力欄を有するレーザ照射パラメータ入力部 502 を表示することができる。さらに、このレーザ照射パラメータ入力部 502 で設定したレーザ照射のグラフをレーザ照射グラフ表示部 501 に表示することができる。

[0074] (5) 赤外線検査装置 1 A の画面には、欠陥判定のための減衰率、温度変化率、限界面積などの入力欄を有する欠陥判定パラメータ入力部 504 を表示することができる。さらに、この欠陥判定パラメータ入力部 504 で設定した欠陥判定のグラフを欠陥判定グラフ表示部 503 に表示することができる。

[0075] [実施の形態 2]

本実施の形態 2 の赤外線検査装置および赤外線検査方法について、図 6 ～ 図 7 を用いて説明する。

[0076] <赤外線検査装置および対象物を含む構成>

図 6 を用いて、本実施の形態の赤外線検査装置および対象物を含む構成について説明する。図 6 は、この赤外線検査装置および対象物を含む構成の一例を示す図である。

[0077] 本実施の形態の赤外線検査装置 1 B の説明においては、前述した実施の形態 1 の赤外線検査装置 1 A との差異のみを説明する。

[0078] 本実施の形態の赤外線検査装置 1 B において、検査対象物 6 a, 6 b を撮像する赤外線カメラ 8 B は、全画素同時サンプリング方式の撮像カメラである。このため、赤外線カメラ 8 B のフレームレート以下の時間での温度変化を検出する場合には、この赤外線カメラ 8 B の撮影タイミングを、赤外線カメラ 8 B の前に設置した高速シャッタ 13 を用いて制御する。この制御方法

を以下に説明する。

[0079] <赤外線検査装置による制御タイミングおよび赤外線画像での検出温度変化>

図 7 を用いて、赤外線検査装置による制御タイミングおよび赤外線画像での検出温度変化について説明する。図 7 は、この赤外線検査装置による制御タイミングおよび赤外線画像での検出温度変化の一例を示す図である。

[0080] 赤外線カメラ 8 B による検出画像 7 0 0 上での左上画素 7 0 1、中間位置画素 7 0 2、右下画素 7 0 3 の各画素の検出タイミングは同時であり、それぞれの画素での温度変化を温度変化波形 7 2 1, 7 2 2, 7 2 3 で示す。それぞれの温度変化の様子は異なるが、2 フレーム時間以内に収束する。そこで、レーザ照射（レーザ照射タイミング 7 1 0）から、時刻 $T = 0$ だけ遅延させたタイミングで高速シャッタ 1 3 を開き、時間 T_s 分の撮像を行う。これにより、左上画素 7 0 1 での温度変化測定値 7 2 1 a、中間位置画素 7 0 2 での温度変化測定値 7 2 2 a、および右下画素 7 0 3 での温度変化測定値 7 2 3 a が検出できる。

[0081] 次に、温度変化が収束する 2 フレーム時間以降のタイミングで、再度、レーザ照射（レーザ照射タイミング 7 1 0）を行い、時刻 $T = T_d$ だけ遅延させたタイミングで高速シャッタ 1 3 を開き、時間 T_s 分の撮像を行う。同様にして、時刻 $T = 2 T_d$ だけ遅延させたタイミングで高速シャッタ 1 3 を開き、時間 T_s 分の撮像を行う。このようにして、順次、遅延タイミング T で高速シャッタ 1 3 での撮像を行うことで、赤外線カメラ 8 B のフレームレート以下の時間での温度変化を検出することができる。

[0082] 以下の処理および判定方法は、前述した実施の形態 1 と同様である。本実施の形態においても、遅延時間 T は T_d の整数倍である必要はなく、温度変化の少ないフレームにおいては遅延時間 T をさらに延ばしてデータ量の低減を行っても良い。

[0083] このような構成とすることでも、高速な赤外線カメラを用いることなく、高速な温度変化を検出することができる。

[0084] <実施の形態 2 の効果>

以上説明したように、本実施の形態の赤外線検査装置 1 B および赤外線検査方法によれば、前述した実施の形態 1 と同様の効果に加えて、以下のような異なる効果を得ることができる。例えば、赤外線カメラ 8 B として全画素同時サンプリング方式の撮像カメラを用い、この赤外線カメラ 8 B の撮影タイミングを高速シャッタ 1 3 で制御することで、赤外線カメラ 8 B のフレームレート以下の時間での温度変化を検出することができる。この結果、赤外線カメラ 8 B のフレームレートより速い温度変化を生じる金属部品においても、非破壊で、この金属部品の接合部の欠陥を検出することが可能となる。

[0085] [実施の形態 3]

本実施の形態 3 の赤外線検査装置および赤外線検査方法について、図 8 を用いて説明する。

[0086] <赤外線検査装置および対象物を含む構成>

図 8 を用いて、本実施の形態の赤外線検査装置および対象物を含む構成について説明する。図 8 は、この赤外線検査装置および対象物を含む構成の一例を示す図である。

[0087] 本実施の形態の赤外線検査装置 1 C の説明においては、前述した実施の形態 1 の赤外線検査装置 1 A との差異のみを説明する。

[0088] 本実施の形態の赤外線検査装置 1 C においては、赤外線カメラ 8 を検査対象物 6 a, 6 b に対して垂直方向に設置することで、検出画像の歪みをなくし、均一な温度分布画像を取得することが可能となる。このように、本実施の形態では、前述した実施の形態のような温度変化に代えて温度分布の画像を取得することで、この温度分布の画像に基づいて欠陥を判定する。

[0089] この場合に、画像生成部 1 1 は、溶接部の被検査領域における温度分布を含む画像を生成する。そして、欠陥判定部 1 2 は、この温度分布を含む画像を用いて、溶接部の欠陥を判定することになる。例えば、温度分布が大きい場合は接合部の良品と判定し、小さい場合には接合部の不良品と判定することができる。

[0090] また、加熱のためのパルスレーザ 2 a, 2 b を、検査対象物 6 a, 6 b に対して対称な位置に配置する。それぞれのパルスレーザ 2 a, 2 b からのレーザ光 5 a, 5 b は、コリメータレンズ 3 a, 3 b およびビーム成形レンズ 4 a, 4 b によって検査対象物 6 a, 6 b 上に均一な照射パターンを生成する。これらの 2 式のパルスレーザ 2 a, 2 b は、照射タイミング制御部 7 によって同期して制御されることは言うまでもない。以下の処理および判定方法は、前述した実施の形態 1 と同様である。

[0091] なお、図 8 においては、センサ 1 4 の図示を省略しているが、図 1 と同様に配置されていることは言うまでもない。また、このセンサ 1 4 は、赤外線検査装置 1 C の外部に配置し、外部のセンサから検査対象物 6 a, 6 b の検知データを赤外線検査装置 1 C で受信して、被検査領域の検知データに用いるような形態でも良い。

[0092] <実施の形態 3 の効果>

以上説明したように、本実施の形態の赤外線検査装置 1 C および赤外線検査方法によれば、前述した実施の形態 1 と同様の効果に加えて、以下のような異なる効果を得ることができる。例えば、赤外線カメラ 8 を検査対象物 6 a, 6 b に対して垂直方向に設置し、パルスレーザ 2 a, 2 b を検査対象物 6 a, 6 b に対して対象な位置に配置することで、赤外線カメラ 8 による検出画像の歪みをなくし、均一な温度分布画像を取得することが可能となる。また、パルスレーザ 2 a, 2 b からのレーザ光 5 a, 5 b を、検査対象物 6 a, 6 b 上に均一な照射パターンで生成することができる。

[0093] 以上、本発明者によってなされた発明を実施の形態 1 ～ 3 に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。例えば、上記した実施の形態は、本発明を分かり易く説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施の形態の構成の一部を他の実施の形態の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施の形態の構成に他の実施の形態の

構成を加えることも可能である。また、各実施の形態の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

[0094] 例えば、前記実施の形態 1～3 においては、金属部品の溶接部の接合状態を検査する赤外線検査装置を例に説明したが、本発明は、これに限定されるものではなく、以下のような適用も可能である。

[0095] (1) 本発明は、非金属部品の接着部の接合状態を検査する赤外線検査装置にも適用できる。この場合には、センサは、接着部の被検査領域を検知するセンサとなり、また、レーザ部は、接着部の被検査領域にレーザ光を照射するレーザ部となる。この接着部に熱励起を加えて高速な熱放射エネルギーの時間変化を観察する場合でも、高価で高速な赤外線カメラを用いずに、通常検出速度の赤外線カメラを用いて接着部の温度状態を計測して、この接着部の欠陥を検査することができる。

[0096] (2) 本発明の赤外線検査装置は、赤外線カメラを用いて、温度に代えて応力の状態を計測することも可能である。この場合にも、高価で高速な赤外線カメラを用いずに、通常検出速度の赤外線カメラを用いて溶接部や接着部の表面や内部における応力の状態を計測して、この溶接部や接着部の欠陥を検査することができる。

[0097] (3) 本発明の赤外線検査装置は、赤外線を用いた計測および検査の技術全般にも適用できる。この場合にも、高価で高速な赤外線カメラを用いずに、通常検出速度の赤外線カメラを用いて溶接部や接着部の表面や内部における温度または応力の状態を計測して、欠陥や接合状態を検査することができる。

[0098] 以上のように、本発明は、赤外線を用いた計測および検査の技術に適用可能である。また、本発明は、赤外線の検出により、構造物の部材や部品の溶接部や接着部などの対象物の表面や内部における温度または応力の状態を計測して、欠陥や接合状態を検査する装置および方法に適用可能である。

符号の説明

[0099] 1 A, 1 B, 1 C 赤外線検査装置

- 2, 2 a, 2 b パルスレーザ
- 3, 3 a, 3 b コリメータレンズ
- 4, 4 a, 4 b ビーム成形レンズ
- 5, 5 a, 5 b レーザ光
- 6 a, 6 b 検査対象物
- 7 照射タイミング制御部
- 8, 8 B 赤外線カメラ
- 9 検査対象物からの赤外線
- 10 同期部
- 11 画像生成部
- 12 欠陥判定部
- 13 高速シャッタ
- 14 センサ
- 200 フレーム走査開始信号
- 201 a, 201 b, 201 c, 201 d 走査ライン
- 202 左上画素
- 211, 212, 213 カメラ走査領域
- 221~225 レーザ照射タイミング
- 231~235 検査対象物の温度変化波形
- 231 a~235 a, 231 b~235 b 温度変化測定値
- 300 カメラ走査領域
- 310 レーザ照射タイミング
- 301 カメラ走査領域の左上画素
- 302 カメラ走査領域の中間位置画素
- 303 カメラ走査領域の右下画素
- 321, 322, 323 画素での温度変化波形
- 321 a, 322 a, 323 a 画素での温度変化測定値
- 400 a, 400 b 金属部品

- 4 0 1 赤外線検査装置にて撮像した画像
- 4 0 1 a 非接合部
- 4 0 1 b 接合部
- 4 1 1, 4 1 2 非接合部上の観測画素
- 4 1 1 t, 4 1 2 t 観測画素でのレーザ照射により検出した温度変化波形
- 4 1 3, 4 1 4 接合部上の観測画素
- 4 1 3 t, 4 1 4 t 観測画素でのレーザ照射により検出した温度変化波形
- 5 0 0 赤外線検査装置でのパラメータ設定画面
- 5 0 1 レーザ照射グラフ表示部
- 5 0 2 レーザ照射パラメータ入力部
- 5 0 3 欠陥判定グラフ表示部
- 5 0 3 a 仮想的な温度変化
- 5 0 4 欠陥判定パラメータ入力部
- 7 0 0 赤外線カメラでの検出画像
- 7 0 1 検出画像の左上画素
- 7 0 2 検出画像の中間位置画素
- 7 0 3 検出画像の右下画素
- 7 1 0 レーザ照射タイミング
- 7 2 1, 7 2 2, 7 2 3 画素での温度変化波形
- 7 2 1 a, 7 2 2 a, 7 2 3 a 画素での温度変化測定値

請求の範囲

- [請求項1] 対象物の表面の被検査領域にレーザ光を照射するレーザ部と、
前記レーザ部による前記レーザ光の照射により前記被検査領域から生じる赤外線を検出する赤外線カメラと、
前記赤外線カメラの検出タイミングと前記レーザ光の照射タイミングとを制御する制御部と、
前記赤外線カメラで検出した前記被検査領域における温度変化および温度分布を含む画像を生成する画像生成部と、
を有する、赤外線検査装置。
- [請求項2] 金属部品の溶接部あるいは、非金属部品の接着部の接合状態を検査する赤外線検査装置であって、
前記溶接部あるいは前記接着部の被検査領域を検知するセンサと、
前記センサで検知した前記溶接部あるいは前記接着部の被検査領域にレーザ光を照射するレーザ部と、
前記レーザ部による前記レーザ光の照射により前記被検査領域から生じる赤外線を検出する赤外線カメラと、
前記赤外線カメラの検出タイミングと前記レーザ光の照射タイミングとを制御する制御部と、
前記赤外線カメラで検出した前記被検査領域における温度変化および温度分布を含む画像を生成する画像生成部と、
を有する、赤外線検査装置。
- [請求項3] 請求項 1 または 2 記載の赤外線検査装置において、
前記制御部は、前記赤外線カメラの撮像周期と前記レーザ光の照射タイミングとを任意の遅延時間によって同期する同期部を有し、
前記被検査領域における温度変化の熱過渡応答を顕在化して撮像するように制御する、赤外線検査装置。
- [請求項4] 請求項 3 記載の赤外線検査装置において、
前記制御部は、さらに、前記レーザ光の照射タイミングを制御する

照射タイミング制御部を有する、赤外線検査装置。

[請求項5]

請求項2記載の赤外線検査装置において、

さらに、前記画像生成部で生成した前記被検査領域における温度変化および温度分布を含む画像を用いて、前記溶接部あるいは前記接着部の欠陥を判定する欠陥判定部を有する、赤外線検査装置。

[請求項6]

請求項5記載の赤外線検査装置において、

前記欠陥判定部は、前記画像の画素毎の温度変化の減衰率あるいは変化率を、正常な溶接部あるいは正常な接着部と比較して、前記溶接部あるいは前記接着部の欠陥を判定する、赤外線検査装置。

[請求項7]

請求項6記載の赤外線検査装置において、

前記赤外線検査装置の画面は、

前記レーザ部における前記レーザ光の照射に関するレーザ照射パラメータ入力部と、

前記欠陥判定部における前記溶接部あるいは前記接着部の欠陥判定に関する欠陥判定パラメータ入力部と、

を有し、

前記レーザ照射パラメータ入力部は、レーザ照射のための出力、遅延時間、照射時間、および周期の少なくとも一つを設定する入力欄を有し、

前記欠陥判定パラメータ入力部は、欠陥判定のための減衰率、温度変化率、および限界面積の少なくとも一つを設定する入力欄を有する、赤外線検査装置。

[請求項8]

請求項7記載の赤外線検査装置において、

前記赤外線検査装置の画面は、さらに、

前記レーザ照射パラメータ入力部で設定したレーザ照射のグラフを表示するレーザ照射グラフ表示部と、

前記欠陥判定パラメータ入力部で設定した欠陥判定のグラフを表示する欠陥判定グラフ表示部と、

を有する、赤外線検査装置。

[請求項9] 請求項2または請求項5または請求項6のいずれかに記載の赤外線検査装置において、

前記赤外線カメラの前に設置され、前記赤外線カメラの撮影タイミングを制御するシャッタを有する、赤外線検査装置。

[請求項10] 請求項2または請求項5または請求項6のいずれかに記載の赤外線検査装置において、

前記赤外線カメラは、前記被検査領域に対して垂直方向に設置され、

前記レーザ部は、前記被検査領域に対して対象な位置に配置され、互いに同期して制御される2式のレーザ部を有する、赤外線検査装置。

[請求項11] レーザ部により、対象物の表面の被検査領域にレーザ光を照射する照射工程と、

赤外線カメラにより、前記照射工程による前記レーザ光の照射により前記被検査領域から生じる赤外線を検出する検出工程と、

制御部により、前記赤外線カメラの検出タイミングと前記レーザ光の照射タイミングとを制御する制御工程と、

画像生成部により、前記検出工程で検出した前記被検査領域における温度変化および温度分布を含む画像を生成する生成工程と、

を有する、赤外線検査方法。

[請求項12] 請求項11記載の赤外線検査方法において、

金属部品の溶接部あるいは、非金属部品の接着部の接合状態を検査する赤外線検査方法の場合には、

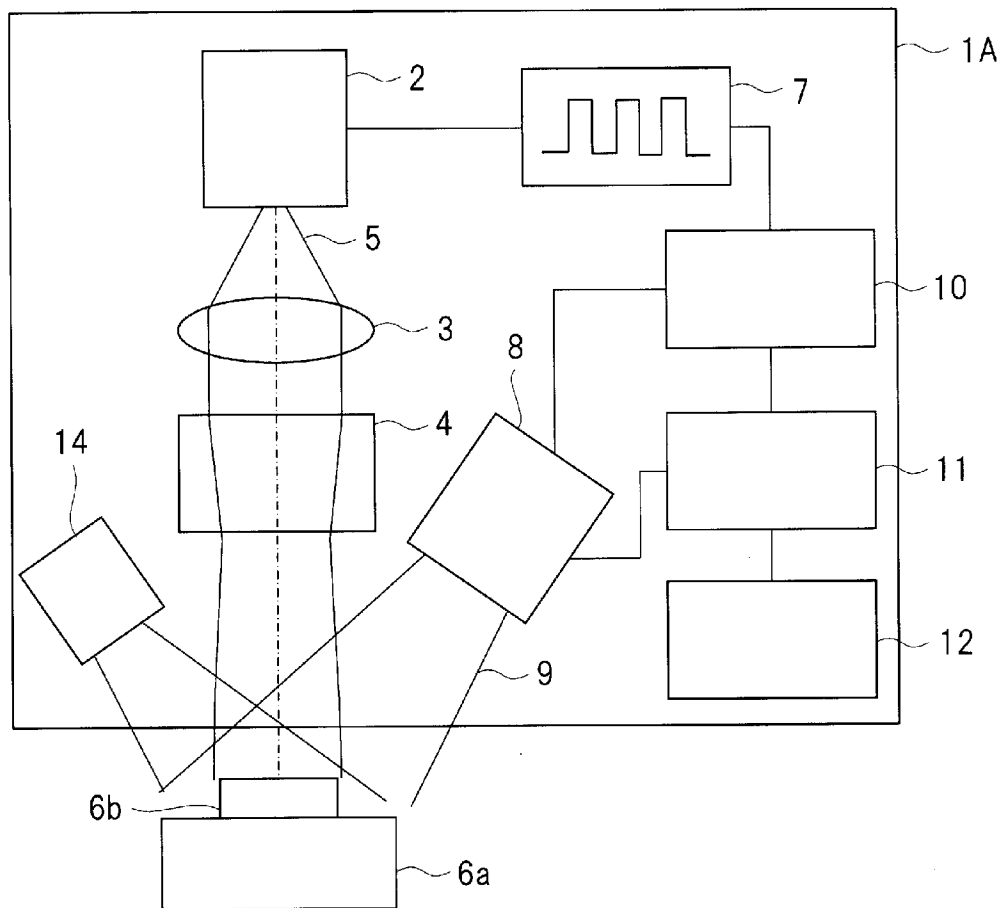
さらに、センサにより、前記溶接部あるいは前記接着部の被検査領域を検知する検知工程を有し、

前記照射工程は、前記検知工程で検知した前記溶接部あるいは前記接着部の被検査領域にレーザ光を照射する、赤外線検査方法。

- [請求項13] 請求項 1 1 または 1 2 記載の赤外線検査方法において、
前記制御工程は、
同期部により、前記赤外線カメラの撮像周期と前記レーザ光の照射
タイミングとを任意の遅延時間によって同期する同期工程と、
照射タイミング制御部により、前記レーザ光の照射タイミングを制
御する照射タイミング制御工程と、
を有し、
前記被検査領域における温度変化の熱過渡応答を顕在化して撮像す
るように制御する、赤外線検査方法。
- [請求項14] 請求項 1 2 記載の赤外線検査方法において、
さらに、欠陥判定部により、前記生成工程で生成した前記被検査領
域における温度変化および温度分布を含む画像を用いて、前記溶接部
あるいは前記接着部の欠陥を判定する判定工程を有する、赤外線検査
方法。
- [請求項15] 請求項 1 4 記載の赤外線検査方法において、
前記判定工程は、前記画像の画素毎の温度変化の減衰率あるいは変
化率を、正常な溶接部あるいは正常な接着部と比較して、前記溶接部
あるいは前記接着部の欠陥を判定する、赤外線検査方法。

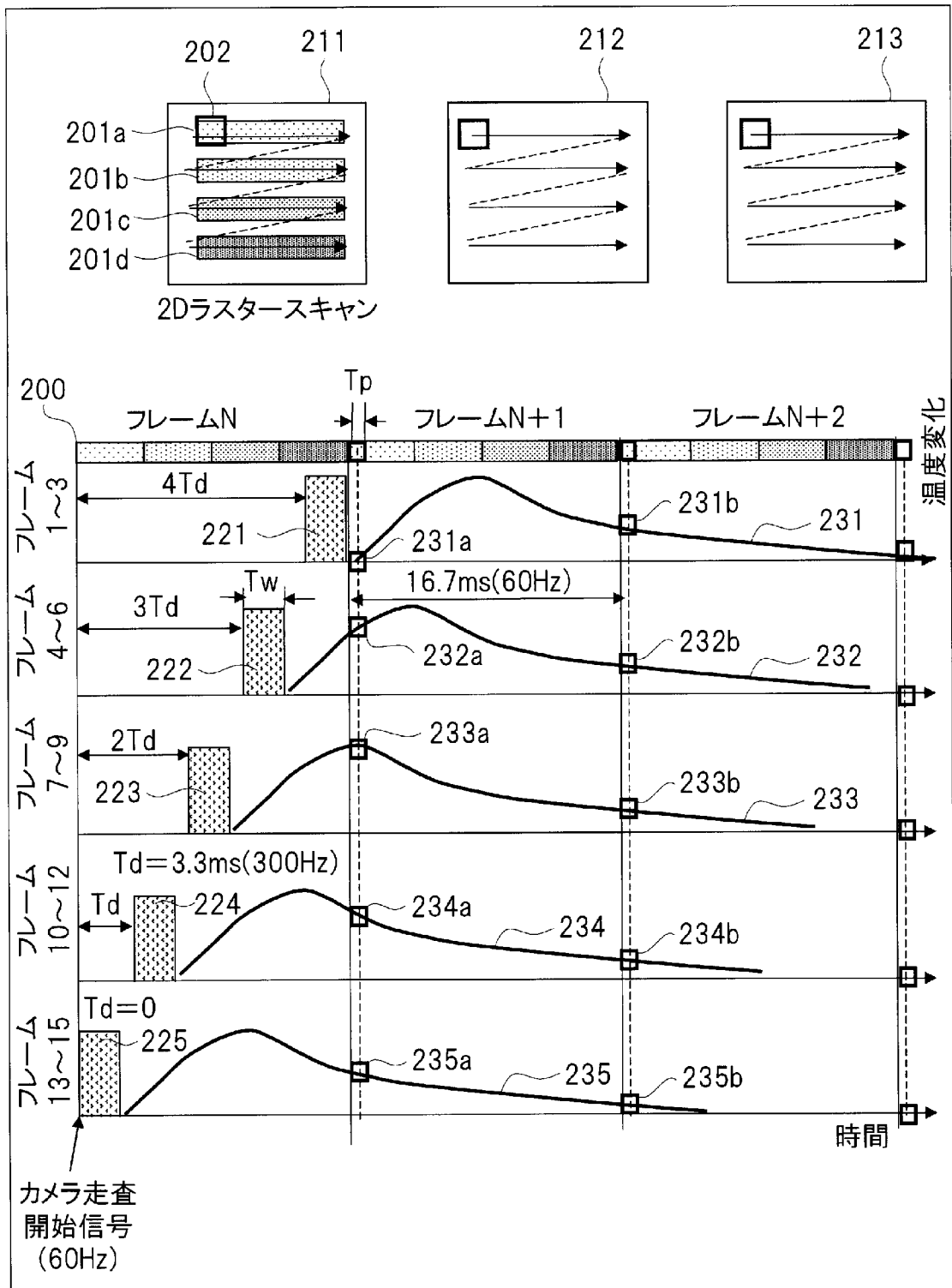
[図1]

図 1



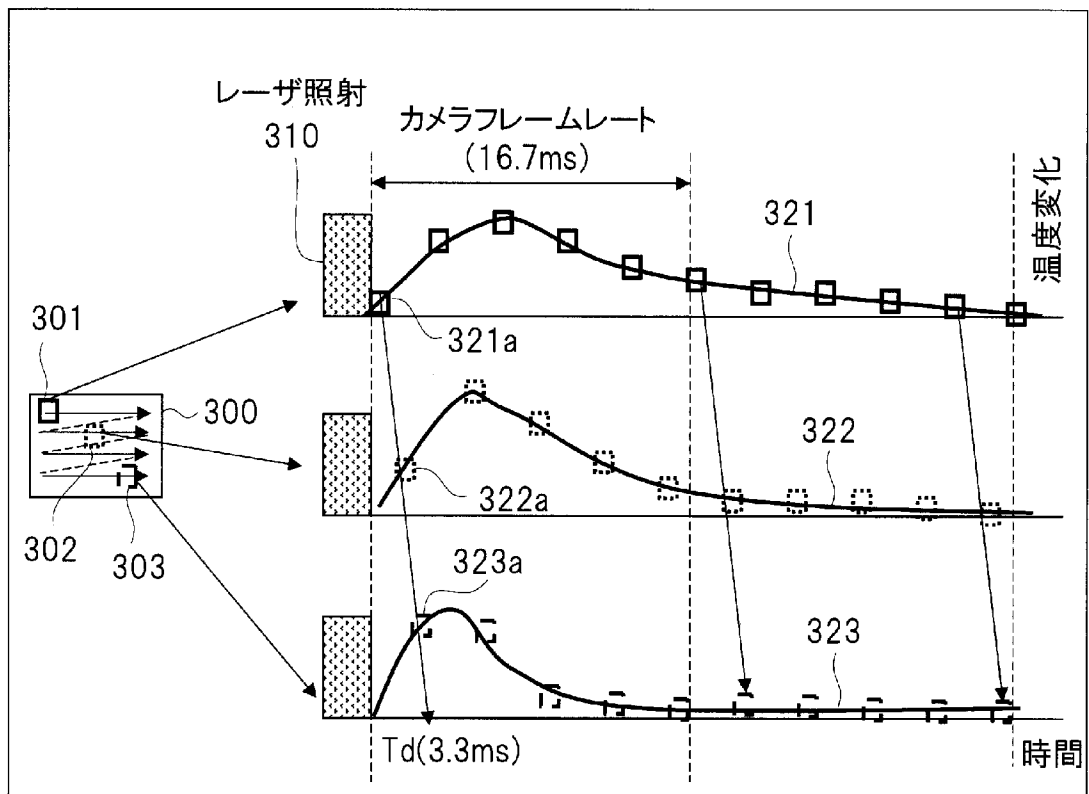
[図2]

図 2



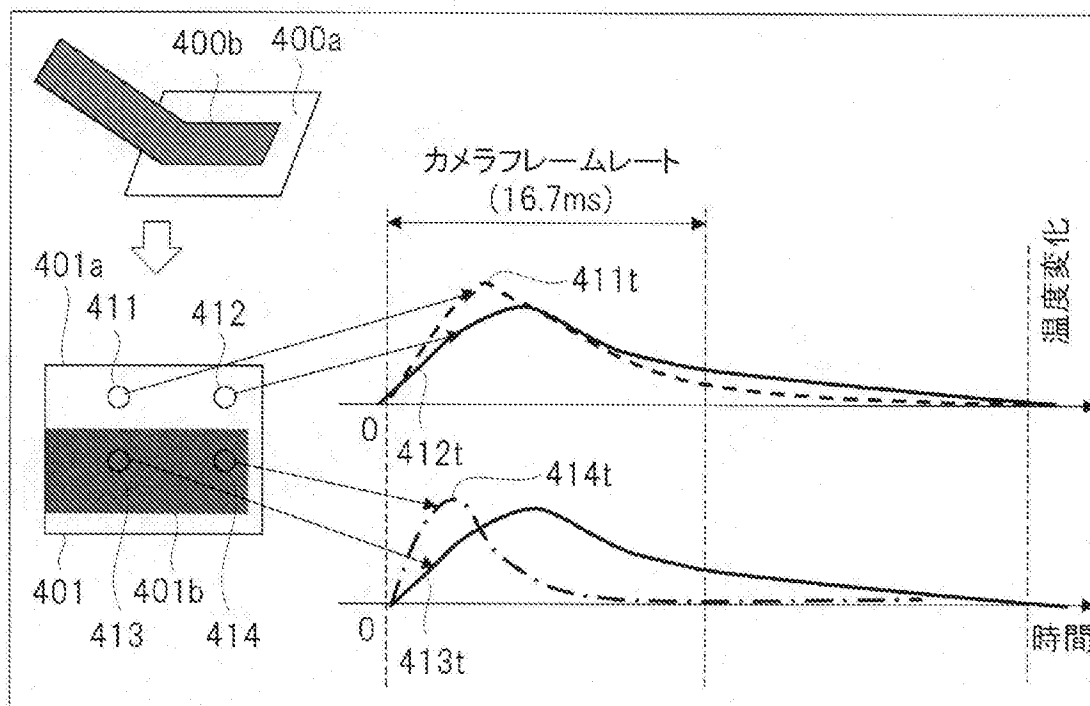
[図3]

図 3



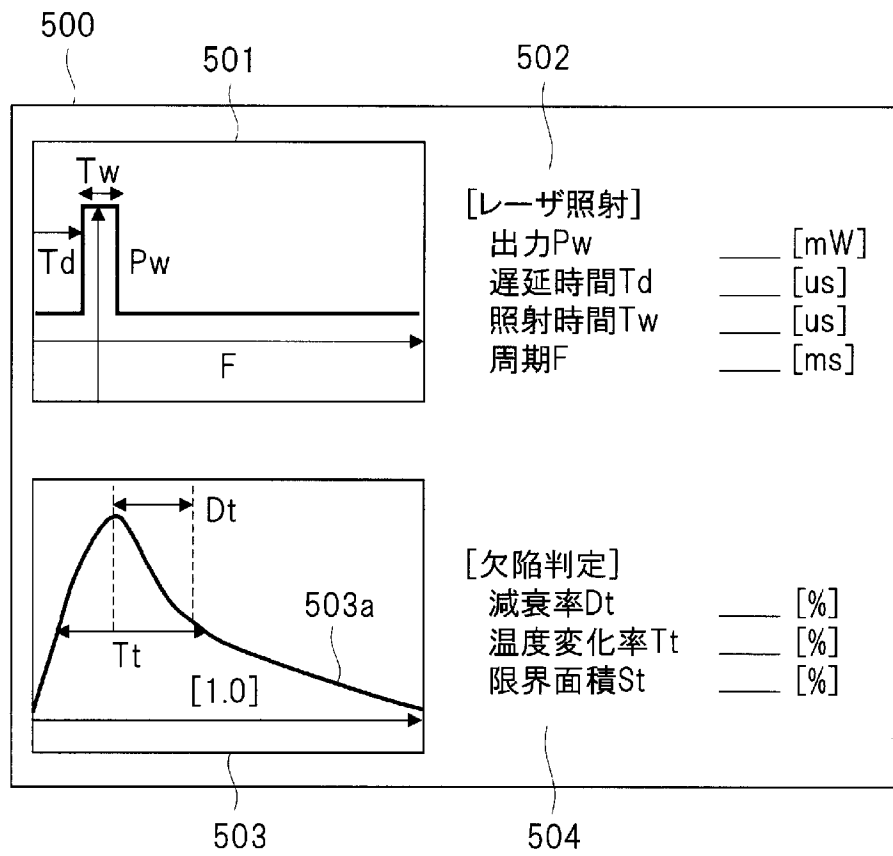
[図4]

図 4



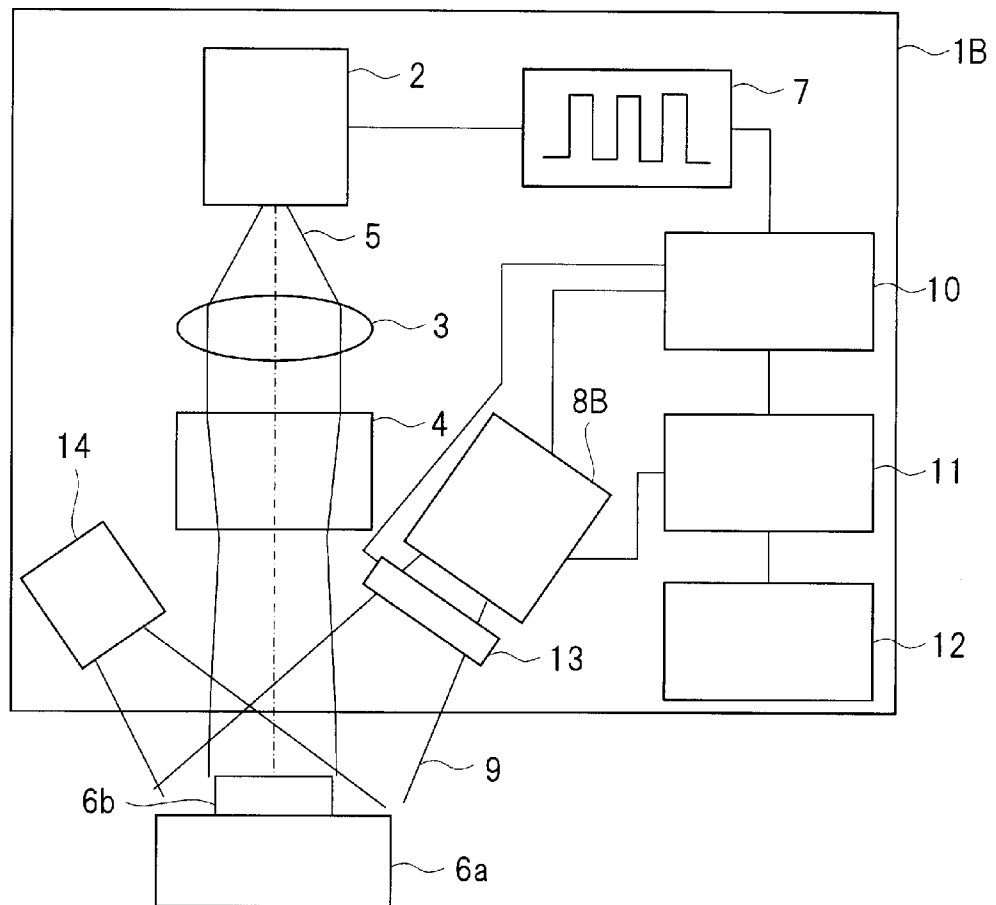
[図5]

図 5



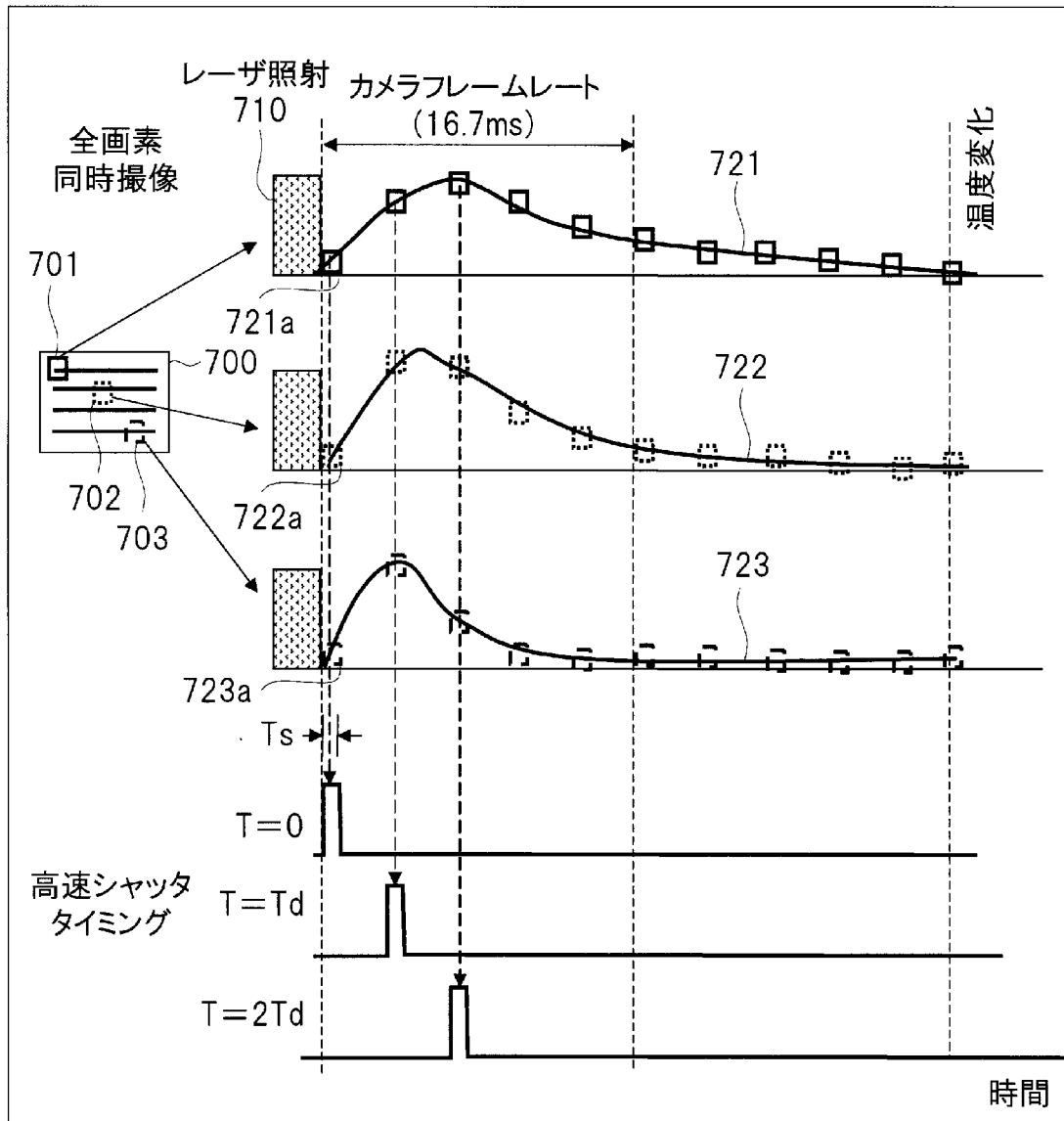
[図6]

図 6



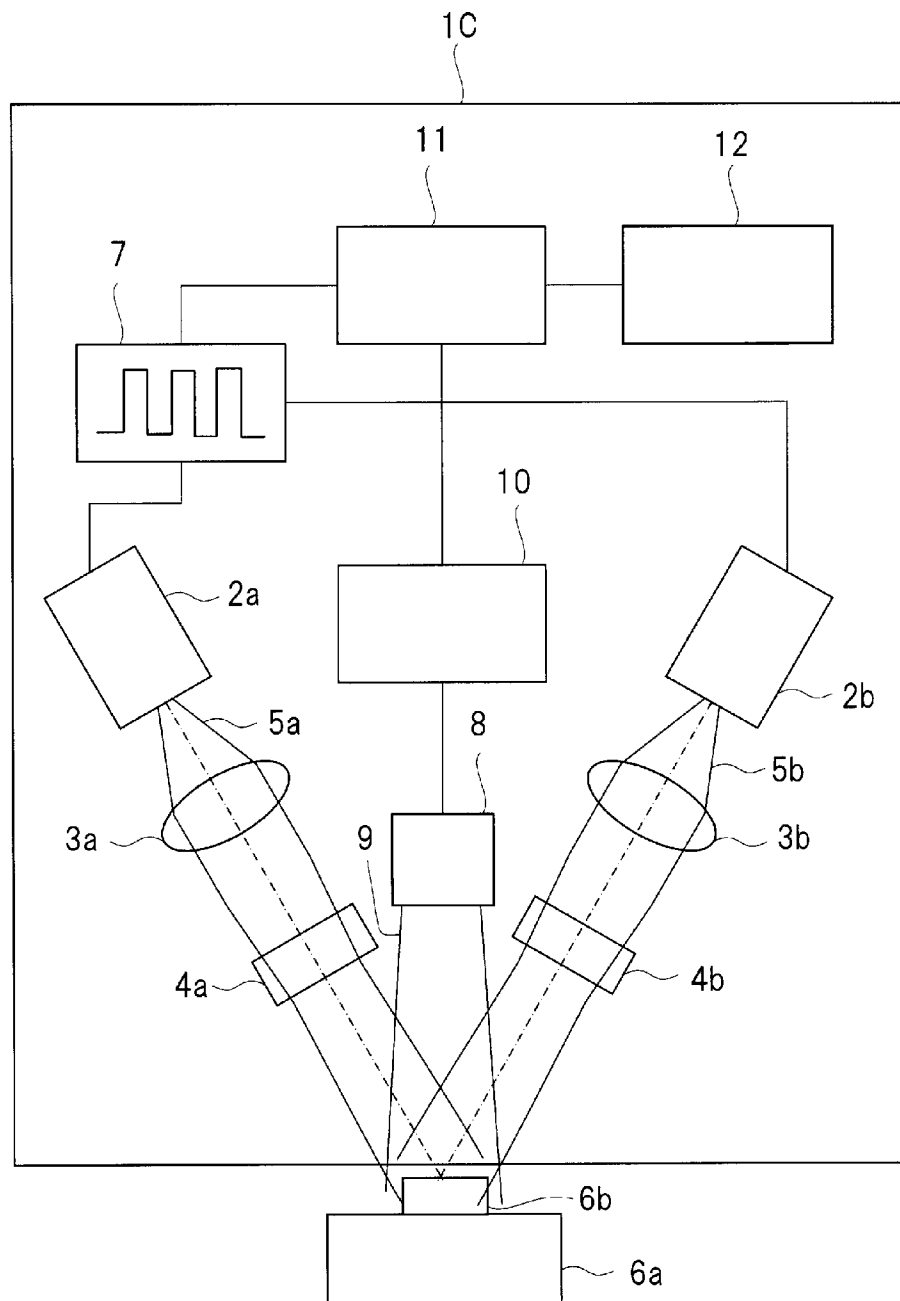
[図7]

図 7



[図8]

図 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/072972

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N25/72(2006.01) i

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)

G01N25/72

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
Y	JP 2013-122414 A (Honda Motor Co., Ltd.), 20 June 2013 (20.06.2013), paragraphs [0008] to [0063]; fig. 1, 7 to 9 & US 2013/0148689 A1 & DE 102012222933 A & CN 103163180 A	1-15
Y	JP 2007-108110 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 26 April 2007 (26.04.2007), paragraphs [0067] to [0068]; fig. 1, 8 (Family: none)	1-15
Y	JP 62-126339 A (Komatsu Ltd.), 08 June 1987 (08.06.1987), fig. 5 (Family: none)	3, 4

☒ 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

"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
01 December, 2014 (01.12.14)

Date of mailing of the international search report
09 December, 2014 (09.12.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/072972

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2006-170684 A (Toyota Motor Corp.), 29 June 2006 (29.06.2006), paragraphs [0021] to [0022]; fig. 1 (Family: none)	10
A	JP 7-1244 B2 (Denyo Co., Ltd.), 11 January 1995 (11.01.1995), Means for solving the Problems; examples; fig. 1 (Family: none)	1-15
A	JP 11-94782 A (Toshiba Corp.), 09 April 1999 (09.04.1999), fig. 1 (Family: none)	1-15
A	JP 7-128264 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 19 May 1995 (19.05.1995), paragraphs [0013] to [0022]; fig. 1 (Family: none)	1-15
A	JP 2009-244021 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 22 October 2009 (22.10.2009), paragraph [0009] (Family: none)	1-15
A	EP 1918726 A2 (Delphi Technologies, Inc.), 07 May 2008 (07.05.2008), paragraph [0006]; fig. 1 & US 2008/0101435 A1	1-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01N25/72(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. G01N25/72

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
Y	JP 2013-122414 A（本田技研工業株式会社）2013. 06. 20, 【0008】－【0063】、【図1】、【図7】－【図9】 & US 2013/0148689 A1 & DE 102012222933 A & CN 103163180 A	1-15
Y	JP 2007-108110 A（松下電器株式会社）2007. 04. 26, 【0067】－【0068】、【図1】、【図8】（ファミリーなし）	1-15
Y	JP 62-126339 A（株式会社小松製作所）1987. 06. 08, 第5図（ファミリーなし）	3, 4

☒ 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、一般的技術水準を示すもの
「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矛盾するものではなく、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

0 1 . 1 2 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 9 . 1 2 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

東松 修太郎

2 J

3 2 0 8

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 2

C (続き) . 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
Y	JP 2006-170684 A (トヨタ自動車株式会社) 2006.06.29, 【0021】－【0022】、【図1】 (ファミリーなし)	10
A	JP 7-1244 B2 (デンヨー株式会社) 1995.01.11, [問題を解決するための手段], [実施例], 第1図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 11-94782 A (株式会社東芝) 1999.04.09, 【図1】 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 7-128264 A (三菱重工業株式会社) 1995.05.19, 【0013】－【0022】、【図1】 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2009-244021 A (三菱重工業株式会社) 2009.10.22, 【0009】 (ファミリーなし)	1-15
A	EP 1918726 A2 (Delphi Technologies, Inc.) 2008.05.07, [0006], Fig1 & US 2008/0101435 A1	1-15