

(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
2016年10月6日(06.10.2016)



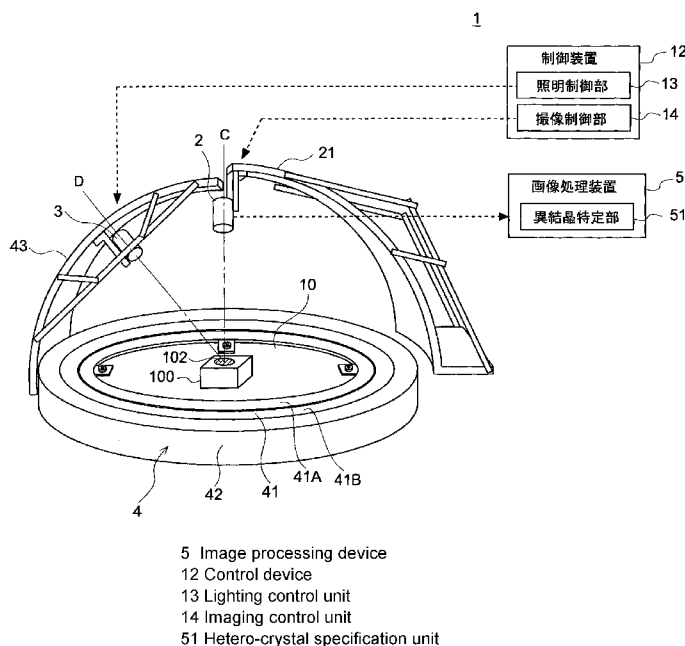
(10) 国際公開番号
WO 2016/157579 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 21/95 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/078188
- (22) 国際出願日: 2015年10月5日(05.10.2015)
- (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 2015-069905 2015年3月30日(30.03.2015) JP
- (71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 竹田 英哲 (TAKEDA, Hidenori); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 近藤 明生 (KONDOU, Akio); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 杉本 喜一 (SUGIMOTO, Kiichi); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 塩谷 成敏 (SHIOTANI, Shigetoshi); 〒1088215 東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 誠真 I P 特許業務法人 (SEISHIN IP PATENT FIRM, P.C.); 〒1080073 東京都港区三田三丁目1番16号 三田43MTビル13階 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, 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), ユーロピア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロパ (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: HETERO-CRYSTAL INSPECTION DEVICE AND INSPECTION METHOD FOR UNIDIRECTIONAL COAGULUM

(54) 発明の名称: 一方向性凝固物の異結晶検査装置及び検査方法



(57) Abstract: This hetero-crystal inspection device for a unidirectional coagulum comprises: a lighting unit for illuminating with light a region to be inspected of the unidirectional coagulum; an imaging unit for taking an image of the region to be inspected; an illumination direction change unit configured to change the rotational angle ϕ , centered on the region to be inspected, of the light illumination direction when the light illumination direction is projected on a second plane which is orthogonal to a first plane including the region to be inspected, the lighting unit, and the imaging unit; and a hetero-crystal specification unit for specifying a hetero-crystal portion in the region to be inspected, on the basis of data of a plurality of items of image data obtained at different rotational angles ϕ by the imaging unit.

(57) 要約: 一方向性凝固物の異結晶検査装置は、前記一方向性凝固物のうち検査対象領域に対して光を照射するための照明部と、前記検査対象領域を撮像するための撮像部と、前記検査対象領域、前記照明部および前記撮像部を含む第1平面に直交する第2平面に前記光の照射方向を投影したときにおける、前記検査対象領域を中心とした前記照射方向の回転角度 ϕ を変化させる

ように構成された照射方向変更部と、前記撮像部によって得られた前記回転角度 ϕ が異なる複数の画像データに基づいて、前記検査対象領域内における異結晶部を特定するための異結晶特定部と、を備える。

WO 2016/157579 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：一方向性凝固物の異結晶検査装置及び検査方法

技術分野

[0001] 本開示は、一方向性凝固物における異結晶部を検出するための一方向性凝固物の異結晶検査装置及び検査方法に関する。

背景技術

[0002] 従来から、効率向上の観点から、ガスタービンや航空機エンジンでは燃焼ガスの高温化が進んでいる。これに伴い、高温に耐え得るタービン翼の材料として、一方向性凝固鑄造物が知られている。

[0003] 一方向性凝固鑄造物は、鑄造後の凝固冷却時に鑄型の拘束に起因した鑄造ひずみが発生し、再結晶部（異結晶部）が発生することがある。一方向性凝固鑄造物における再結晶部は、強度が小さく、亀裂発生の要因となるため、タービン翼の疲労強度低下を招く可能性がある。

そこで、一方向性凝固物における異結晶部を検出可能な検査方法の提案が望まれる。

[0004] 特許文献1には、結晶方位に応じた超音波の伝播速度差を利用し、単結晶材料の異結晶域を検出する方法が開示されている。具体的には、単結晶材料からなる被検査体の表面から超音波を入射し、裏面からの反射波を検出する。そして、2箇所以上において、超音波入射から裏面反射波の検出までの時間を計測する。こうして得られた2箇所以上における前記時間の差に基づいて、異結晶域の存在を検知するようになっている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2009-300371号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1に記載の方法では、ある程度大きな異結晶域の

存在を検出することはできるかもしれないが、微細な異結晶部の検出は難しい。

[0007] 本発明の少なくとも幾つかの実施形態の目的は、微細な異結晶部の検出が可能で一方向性凝固物の異結晶検査装置及び検査方法を提供する点にある。

課題を解決するための手段

[0008] (1) 本発明の少なくとも幾つかの実施形態に係る一方向性凝固物の異結晶検査装置は、

前記一方向性凝固物のうち検査対象領域に対して光を照射するための照明部と、

前記検査対象領域を撮像するための撮像部と、

前記検査対象領域、前記照明部および前記撮像部を含む第1平面に直交する第2平面に前記光の照射方向を投影したときにおける、前記検査対象領域を中心とした前記照射方向の回転角度 ϕ を変化させるように構成された照射方向変更部と、

前記撮像部によって得られた前記回転角度 ϕ が異なる複数の画像データに基づいて、前記検査対象領域内における異結晶部を特定するための異結晶特定部と、を備える。

[0009] 本発明者らが鋭意検討した結果、検査対象領域を中心とした照射方向の回転角度 ϕ が異なる条件で撮像した画像データを比較すると、再結晶部とその周囲母材部とで回転角度 ϕ に対する輝度の変化の仕方が異なることを見出した。これは、再結晶部とその周囲母材部とで、結晶方位が異なるためだと考えられる。

上記(1)の構成は、本発明者らの上記知見を利用したものであり、撮像部によって得られた回転角度 ϕ が異なる複数の画像データに基づいて、検査対象領域内における異結晶部を特定するようになっている。これにより、微細な異結晶部であっても高精度に検出することができる。

[0010] (2) 幾つかの実施形態では、上記(1)の構成において、
前記異結晶特定部は、

前記検査対象領域内の各位置における輝度と、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度との差分を前記画像データごとに前記回転角度 ϕ と関連付けて算出し、

前記回転角度 ϕ に対する前記差分の周期的変化の振幅を前記検査対象領域内の各位置について算出し、

前記周期的変化の振幅に基づいて、前記異結晶部の位置を特定するように構成される。

[0011] 本発明者らの鋭意検討の結果、異結晶部の結晶方位は母材の結晶方位とは異なるため、異結晶部と母材との輝度の差分は回転角度 ϕ に応じて変化することが明らかになった。

上記（２）の構成は、本発明者らの上記知見を利用したものであり、検査対象領域内の各位置における輝度と、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度との差分の周期的変化の振幅に基づき、異結晶部の位置を特定するものである。

着目する位置に異結晶部が存在し、且つ、当該位置の周囲部には異結晶部が存在しない場合、着目位置（異結晶部）とその周囲部（母材）との結晶方位が異なるため、両者の輝度の差分は回転角度 ϕ に応じて変化する。一方、着目する位置および当該位置の周囲部の何れにも異結晶部が存在しない場合、着目位置（母材）とその周囲部（母材）との結晶方位が同一であるため、両者の輝度の差分はほぼゼロになる。

よって、上記（２）の構成のように、検査対象領域内の各位置における輝度と、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度との差分の周期的変化の振幅から、微細な異結晶部を高精度に検出することができる。

[0012] （３）幾つかの実施形態では、上記（１）の構成において、

前記異結晶特定部は、

前記検査対象領域内の各位置における輝度、および、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度を前記画像データごとに前記回転角度 ϕ と関連付けて算出し、

前記回転角度 ϕ に対する前記輝度の周期的変化におけるピークと、前記回転角度 ϕ に対する前記参照輝度の周期的変化における参照ピークとの差であるピーク差分を前記検査対象領域内の各位置について算出し、

前記ピーク差分に基づいて、前記異結晶部の位置を特定するように構成される。

[0013] 本発明者らの鋭意検討の結果、異結晶部の結晶方位は母材の結晶方位とは異なるため、異結晶部の輝度ピークと母材の輝度ピークとは相違することが明らかになった。

上記（３）の構成は、本発明者らの上記知見を利用したものであり、検査対象領域内の各位置における輝度のピークと、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度のピークとの差であるピーク差分に基づき、異結晶部の位置を特定するものである。

着目する位置に異結晶部が存在し、且つ、当該位置の周囲部には異結晶部が存在しない場合、着目位置（異結晶部）とその周囲部（母材）との結晶方位が異なるため、両者の輝度ピークは相違する。一方、着目する位置および当該位置の周囲部の何れにも異結晶部が存在しない場合、着目位置（母材）とその周囲部（母材）との結晶方位が同一であるため、両者の輝度ピークはほぼ同等の大きさである。

よって、上記（３）の構成のように、検査対象領域内の各位置における輝度ピークと、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度のピークとの差であるピーク差分から、微細な異結晶部を高精度に検出することができる。

[0014] （４）幾つかの実施形態では、上記（１）の構成において、

前記異結晶特定部は、

前記検査対象領域内の各位置における輝度、および、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度を前記画像データごとに前記回転角度 ϕ と関連付けて算出し、

前記回転角度 ϕ に対する前記輝度の周期的変化における位相と、前記回転角度 ϕ に対する前記参照輝度の周期的変化における参照位相との差である

位相差分を前記検査対象領域内の各位置について算出し、

前記位相差分に基づいて、前記異結晶部の位置を特定する
ように構成される。

[0015] 本発明者らの鋭意検討の結果、異結晶部の結晶方位は母材の結晶方位とは異なるため、異結晶部の輝度位相と母材の輝度位相とは相違することが明らかになった。

上記（４）の構成は、本発明者らの上記知見を利用したものであり、検査対象領域内の各位置における輝度の位相と、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度の位相との差である位相差分に基づき、異結晶部の位置を特定するものである。

着目する位置に異結晶部が存在し、且つ、当該位置の周囲部には異結晶部が存在しない場合、着目位置（異結晶部）とその周囲部（母材）との結晶方位が異なるため、両者の輝度位相は相違する。一方、着目する位置および当該位置の周囲部の何れにも異結晶部が存在しない場合、着目位置（母材）とその周囲部（母材）との結晶方位が同一であるため、両者の輝度位相はほぼ一致する。

よって、上記（４）の構成のように、検査対象領域内の各位置における輝度位相と、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度の位相との差である位相差分から、微細な異結晶部を高精度に検出することができる。

[0016] （５）幾つかの実施形態では、上記（２）乃至（４）の何れかの構成において、

前記異結晶特定部は、

前記振幅、前記ピーク差分または前記位相差分が閾値を超えた位置において前記異結晶部が存在すると判定する
ように構成される。

[0017] 上記（５）の構成によれば、閾値を適切に設定することにより、微細な異結晶部を高精度に検出することができる。

[0018] （６）幾つかの実施形態では、上記（２）乃至（５）の何れかの構成において

て、

前記異結晶特定部は、

前記画像データのうち前記周囲部について平均輝度を算出し、該平均輝度を前記参照輝度として用いるように構成される。

(7) 他の幾つかの実施形態では、上記(2)乃至(5)の何れかの構成において、

前記異結晶特定部は、

前記画像データのうち前記位置および前記周囲部からなる領域について平均輝度を算出し、該平均輝度を前記参照輝度として用いるように構成される。

[0019] 上記(6)又は(7)の構成により、着目する位置の周囲部における平均輝度を示す参照輝度を適切に得ることができ、上記(2)～(5)の構成による異結晶部の高精度な検出が可能になる。

[0020] (8) 幾つかの実施形態では、上記(2)乃至(7)の何れかの構成において、

前記異結晶特定部は、

前記画像データにおける少なくとも一部の領域についてローパスフィルタ処理を施して、前記参照輝度を算出するように構成される。

[0021] 上記(8)の構成によれば、ローパスフィルタを用いた簡素な処理にて、着目位置の周囲部における平均輝度を示す参照輝度を適切に取得することができる。これにより、上記(2)～(7)の構成による異結晶部の高精度な検出が可能になる。

[0022] (9) 幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(8)の何れかの構成において、

前記照射方向変更部は、

前記一方向性凝固物の前記検査対象領域を取り囲むように設けられ、前

記第 2 平面内において前記検査対象領域の周りにて前記照明部が回転するための軌道を形成する第 1 環状軌道部

を含み、

前記照明部は、前記回転角度 ϕ が変化するように前記第 1 環状軌道部に沿って前記検査対象領域の周りを移動可能に構成される。

[0023] 上記 (9) の構成によれば、第 1 環状軌道部に沿って照明部を検査対象領域の周りにて移動させることで、照射方向の回転角度 ϕ を自由に調節することができる。よって、上記 (1) ~ (8) の構成による異結晶部の高精度な検出が可能になる。

[0024] (10) 他の幾つかの実施形態では、上記 (1) 乃至 (8) の何れかの構成において、

複数の前記照明部が、前記撮像部を取り囲むように配列されており、且つ、各々の前記照明部が互いに独立して点灯可能であり、

前記照射方向変更部は、

複数の前記照明部のうち点灯される照明部を切り替えることで、前記回転角度 ϕ を変化させるように構成される。

[0025] 上記 (10) の構成によれば、照射方向変更部によって、複数の照明部のうち点灯される照明部を切り替えることで、照射方向の回転角度 ϕ を自由に調節することができる。よって、上記 (1) ~ (8) の構成による異結晶部の高精度な検出が可能になる。

また、照明部を移動させるのではなく、点灯する照明部を切り替えるようにしたので、照射方向の回転角度 ϕ の変更を迅速に行うことができる。これにより、複数の回転角度 ϕ についての画像データを取得するのに必要な時間を削減し、異結晶部の検査を効率的に行うことができる。

[0026] (11) 他の幾つかの実施形態では、上記 (1) 乃至 (8) の何れかの構成において、

前記照射方向変更部は、

前記撮像部を取り囲むように設けられ、前記撮像部に対して固定された
第2環状軌道部

を含み、

前記照明部は、前記回転角度 ϕ が変化するように前記第2環状軌道部に沿って前記撮像部の周りを移動可能に構成される。

[0027] 上記(11)の構成によれば、第2環状軌道部に沿って照明部を撮像部の周りにおいて移動させることで、照射方向の回転角度 ϕ を自由に調節することができる。よって、上記(1)～(8)の構成による異結晶部の高精度な検出が可能になる。

[0028] (12)他の幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(8)の何れかの構成において、

前記異結晶検査装置は、複数の前記照明部が半球面に沿って配置されたドーム照明装置をさらに備え、

前記ドーム照明装置の各々の前記照明部は、互いに独立して点灯可能であり、

前記照射方向変更部は、

前記半球面に沿って配置された複数の前記照明部のうち点灯される照明部を切り替えることで、前記回転角度 ϕ を変化させるように構成される。

[0029] 上記(12)の構成によれば、照射方向変更部によって、複数の照明部のうち点灯される照明部を切り替えることで、照射方向の回転角度 ϕ を自由に調節することができる。よって、上記(1)～(8)の構成による異結晶部の高精度な検出が可能になる。

また、照明部を移動させるのではなく、点灯する照明部を切り替えるようにしたので、照射方向の回転角度 ϕ の変更を迅速に行うことができる。これにより、複数の回転角度 ϕ についての画像データを取得するのに必要な時間を削減し、異結晶部の検査を効率的に行うことができる。

さらに、ドーム照明装置を用いることで、より多くの照明部を設けること

ができる。例えば、ドーム照明装置の半球面の第2平面と交わる円周状の線に沿って配列される複数の照明部によって形成される照明部列を、第2平面に対する垂線方向に沿って複数列設けることができる。この場合、後述する(15)の構成のように、複数の照明部のうち点灯される照明部を切り替えることで、回転角度 ϕ だけでなく、光の照射方向の傾き角度 θ も自由に調節することが可能になる。

[0030] (13) 幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(12)の何れかの構成において、

前記撮像部は、前記第1平面または前記第2平面内において移動可能に構成される。

[0031] 異結晶部の結晶方位によって、異結晶部の検出のために適切な撮像部と検査対象領域との位置関係は変わり得る。

この点、上記(13)の構成によれば、第1平面または第2平面内において撮像部が移動可能であるため、撮像部と検査対象領域との位置関係を変えながら異結晶部の検査を行うことができる。よって、異結晶部の検査のロバスト性が向上する。

[0032] (14) 幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(13)の構成において、

前記異結晶検査装置は、前記照明部および前記撮像部が取り付けられたロボットアームをさらに備える。

[0033] 上記(14)の構成によれば、ロボットアームの操作により、一方向性凝固物における様々な箇所において異結晶部の検査を効率的に行うことが可能である。

[0034] (15) 幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(14)の何れかの構成において、

前記照射方向変更部は、前記回転角度 ϕ に加えて、前記第1平面内における前記検査対象領域を中心とした前記照射方向の傾き角度 θ を変化させるように構成され、

前記異結晶特定部は、前記撮像部によって得られた前記傾き角度 θ 及び前

記回転角度 ϕ が異なる複数の画像データに基づいて前記異結晶部を特定するように構成される。

[0035] (16) 本発明の少なくとも幾つかの実施形態に係る一方向性凝固物の異結晶検査方法は、

前記一方向性凝固物の表面に対してエッチング処理を施すエッチングステップと、

前記一方向性凝固物のうち検査対象領域に対して光を照射する光照射ステップと、

前記検査対象領域を撮像する撮像ステップと、

前記検査対象領域、前記照明部および前記撮像部を含む第1平面に直交する第2平面に前記光の照射方向を投影したときにおける、前記検査対象領域を中心とした前記照射方向の回転角度 ϕ を変化させる照射方向変更ステップと、

前記撮像ステップによって得られた前記回転角度 ϕ が異なる複数の画像データに基づいて、前記検査対象領域内における異結晶部を特定するための異結晶特定ステップと、を備える。

[0036] 上記(16)の方法は、撮像ステップによって得られた回転角度 ϕ が異なる複数の画像データに基づいて、検査対象領域内における異結晶部を特定するようになっている。これにより、微細な異結晶部であっても高精度に検出することができる。

[0037] (17) 幾つかの実施形態では、上記(16)の方法において、

前記異結晶特定ステップでは、

前記検査対象領域内の各位置における輝度と、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度との差分を前記画像データごとに前記回転角度 ϕ と関連付けて算出し、

前記回転角度 ϕ に対する前記差分の周期的変化の振幅を前記検査対象領域内の各位置について算出し、

前記周期的変化の振幅に基づいて、前記異結晶部の位置を特定する。

[0038] 上記（１７）の方法によれば、検査対象領域内の各位置における輝度と、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度との差分の周期的変化の振幅から、微細な異結晶部を高精度に検出することができる。

[0039] （１８）幾つかの実施形態では、上記（１６）の方法において、前記異結晶特定ステップでは、

前記検査対象領域内の各位置における輝度、および、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度を前記画像データごとに前記回転角度 ϕ と関連付けて算出し、

前記回転角度 ϕ に対する前記輝度の周期的変化におけるピークと、前記回転角度 ϕ に対する前記参照輝度の周期的変化における参照ピークとの差であるピーク差分を前記検査対象領域内の各位置について算出し、

前記ピーク差分に基づいて、前記異結晶部の位置を特定する。

[0040] 上記（１８）の方法によれば、検査対象領域内の各位置における輝度ピークと、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度のピークとの差であるピーク差分から、微細な異結晶部を高精度に検出することができる。

[0041] （１９）幾つかの実施形態では、上記（１６）の方法において、前記異結晶特定ステップでは、

前記検査対象領域内の各位置における輝度、および、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度を前記画像データごとに前記回転角度 ϕ と関連付けて算出し、

前記回転角度 ϕ に対する前記輝度の周期的変化における位相と、前記回転角度 ϕ に対する前記参照輝度の周期的変化における参照位相との差である位相差分を前記検査対象領域内の各位置について算出し、

前記位相差分に基づいて、前記異結晶部の位置を特定する。

[0042] 上記（１９）の方法によれば、検査対象領域内の各位置における輝度位相と、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度の位相との差である位相差分から、微細な異結晶部を高精度に検出することができる。

[0043] （２０）幾つかの実施形態では、上記（１６）乃至（１９）の何れかの方法

において、

前記一方向性凝固物は、ガスタービン又は航空機エンジンのタービン鑄造翼である。

[0044] ガスタービン又は航空機エンジンのタービン鑄造翼は、鑄造後の凝固冷却時に鑄型の拘束に起因した鑄造ひずみが発生し、再結晶部が発生することがある。再結晶部は、母材とは異なる結晶方位を有する異結晶部である。

このため、上記（１６）乃至（１９）の方法により、ガスタービン又は航空機エンジンのタービン鑄造翼の再結晶部を高精度に検出することができる。

発明の効果

[0045] 本発明の少なくとも一実施形態によれば、撮像部によって得られた回転角度 ϕ が異なる複数の画像データに基づいて、検査対象領域内における異結晶部を特定することによって、微細な異結晶部であっても高精度に検出することができる。

図面の簡単な説明

[0046] [図１]一実施形態に係る異結晶検査装置の構成を示す斜視図である。

[図２]照射部の照射方向の変更例について説明するための図である。

[図３]実験により取得した画像データを示す図である。

[図４]照射方向により異結晶部（再結晶部）と周囲部との間で輝度差が生じる原理を説明するための図である。

[図５]照射方向の回転角度 ϕ に対する輝度差の周期的変化の一例を示すグラフである。

[図６]照射方向の回転角度 ϕ に対する輝度の周期的変化の一例を示すグラフである。

[図７Ａ]画像データにおける輝度の計測方法を説明するための図である。

[図７Ｂ]フィルタの一例を示す模式図である。

[図８]他の実施形態に係る異結晶検査装置の構成を示す斜視図である。

[図９]他の実施形態の変形例に係る異結晶検査装置の構成を示す斜視図である。

。

[図10]さらに他の実施形態に係る異結晶検査装置の構成を示す斜視図である

。

[図11A]ロボットアームを備える異物検出装置の概略構成図（一方向凝固翼が縦置きの状態）である。

[図11B]ロボットアームを備える異物検出装置の概略構成図（一方向凝固翼が横置きの状態）である。

[図12]一実施形態に係る一方向性凝固物の異結晶検査方法のフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0047] 以下、添付図面を参照して本発明の幾つかの実施形態について説明する。ただし、実施形態として記載されている又は図面に示されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は、本発明の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

[0048] 図1、図8～図10に示すように、本実施形態に係る一方向性凝固物の異結晶検査装置（以下、異結晶検査装置と称する）1は、一方向性凝固物100の表層に存在する異結晶部を検出するための装置である。

なお、一方向性凝固物100とは、熔融金属が一方向の温度勾配下で一定の方向に凝固したものであり、例えば、ガスタービンや航空機エンジン等のように耐熱性が要求される製品に用いられる一方向性鋳造物である。

また、異結晶部とは、一方向性凝固物100のうち部分的に結晶方位が異なる領域であり、例えば再結晶部である。

[0049] 最初に、各実施形態に係る異結晶検査装置1における共通の構成について説明する。

図1、図8～図10に示すように、幾つかの実施形態において、異結晶検査装置1は、検査対象領域102を撮像するための撮像部2と、検査対象領域102に光を照射するための照明部3と、照明部3の照射方向Dを変更するための照射方向変更部4と、撮像部2で取得された画像データに基づいて

異結晶部を特定するための異結晶特定部 5 1 を含む画像処理装置 5 と、を備える。

[0050] 撮像部 2 は、一方向性凝固物 1 0 0 のうち検査対象領域 1 0 2 を撮像して、複数の画像データを取得するように構成される。この撮像部 2 で取得された画像データは、画像処理装置 5 に送られる。図示される例では、撮像部 2 は、真下に位置する一方向性凝固物 1 0 0 を撮像するために、鉛直方向に沿った撮像方向 C となっている。

照明部 3 は、一方向性凝固物 1 0 0 のうち検査対象領域 1 0 2 に対して光を照射するように構成される。照明部 3 は、例えば L E D 照射器又はハロゲン照射器を含んでいてもよい。なお、照明部 3 の具体的な構成については後述する。

[0051] 照射方向変更部 4 は、検査対象領域 1 0 2 に対する照明部 3 の照射方向 D を変更するように構成される。具体的には、図 2 に示すように、照射方向変更部 4 は、検査対象領域 1 0 2、撮像部 2 および照明部 3 を含む第 1 平面 M に直交する第 2 平面 N に光の照射方向 D_1 を投影したときにおける、検査対象領域 1 0 2 を中心とした照射方向（以下、投影照射方向と称する） D_1' の回転角度 ϕ を変化させるように構成される。例えば、照射方向変更前の照明部 3 の照射方向 D_1 を第 2 平面 N に投影したとき、投影照射方向 D_1' が得られる。また、照射方向変更後の照明部 3' の照射方向 D_2 を第 2 平面 N に投影したとき、投影照射方向 D_2' が得られる。照射方向変更部 4 は、第 2 平面 N において、射方向変更前の投影照射方向 D_1' と、照射方向変更後の投影照射方向 D_2' とで挟まれる角度（すなわち回転角度） ϕ が 0 度を超える値となるように、照明部 3 の照射方向 D を変更するようになっている。

[0052] また、照射方向変更部 4 は、図 2 に示すように、回転角度 ϕ に加えて、第 1 平面 M 内における検査対象領域 1 0 2 を中心とした照射方向 D_1 の傾き角度 θ を変化させるように構成されてもよい。例えば、傾き角度 θ は、第 2 平面 N に対する照射方向 D_1 の角度であってもよい。

[0053] 図 1、図 8～図 1 0 に戻り、画像処理装置 5 は、異結晶部を特定するため

の異結晶特定部 51 を含む。

異結晶特定部 51 は、撮像部 2 によって得られた回転角度 ϕ が異なる複数の画像データに基づいて、検査対象領域 102 内における異結晶部を特定するように構成される。なお、異結晶特定部 51 の具体的な構成については後述する。

[0054] 本発明者らが鋭意検討した結果、検査対象領域 102 を中心とした照射方向 D の回転角度 ϕ (図 2 参照) が異なる条件で撮像した画像データを比較すると、再結晶部とその周囲母材部とで回転角度 ϕ に対する輝度の変化の仕方が異なることを見出した。

図 3 に、本発明者らの実験により取得した画像データ 108 を示す。この実験では、図 2 に示すように基準となる照射方向 D_1 の第 2 平面 N への投影照射方向 D_1' に対する、照射方向変更後の照射方向 D_2 の第 2 平面 N への投影照射方向 D_2' の回転角度 ϕ を 30 度ずつ増加させて、各回転角度 ϕ における画像データ 108 を取得した。なお、実験前に予め再結晶部 104 の位置は把握しており、再結晶部 104 をマーカー線 105 で囲っている。図 3 に示されるように、検査対象領域 102 において、回転角度 ϕ が 0 度から 120 度までは、回転角度 ϕ が増大するにつれて周囲母材部 103 の輝度は徐々に高くなっているが、再結晶部 104 の輝度は徐々に低くなっている。一方、回転角度 ϕ が 150 度から 270 度までは、回転角度 ϕ が増大するにつれて周囲母材部 103 の輝度は徐々に低くなっているが、再結晶部 104 の輝度は徐々に高くなっている。

[0055] この現象は、再結晶部 104 とその周囲母材部 103 とで、結晶方位が異なるためだと考えられる。

ここで、図 4 を参照して、照射方向 D により再結晶部 104 と周囲部 (周囲母材部) 103 との間で輝度差が生じる原理について説明する。図 4 (a) は、検査対象領域 102 のうち周囲部 (周囲母材部) 103 に対して照明部 3 により光を照射した状態で、撮像部 2 により周囲部 103 の画像データを取得する際の状態を示している。図 4 (b) は、検査対象領域 102 のう

ち再結晶部 104 に対して照明部 3 により光を照射した状態で、撮像部 2 により再結晶部 104 の画像データを取得する際の状態を示している。なお、図 4 (a) 及び (b) において、検査対象領域 102 に対する撮像部 2 及び照明部 3 の位置関係は同一である。

[0056] 図 4 (a)、(b) に示すように、照明部 3 で照射された光は、検査対象領域 102 の結晶面で反射するが、この際、照明部 3 の照射方向 D に対する鏡面反射 (正反射) 方向 D' が最も光量が高くなる。例えば、図 4 (a) に示す例では、周囲部 103 の結晶面で反射した鏡面反射方向 D' に撮像部 2 が位置していないため、この場合、撮像部 2 で取得された画像データのうち周囲部 103 周囲部 (周囲母材部) の輝度は低くなり、当該領域は暗くなる。一方、図 4 (b) に示す例では、再結晶部 104 の結晶面で反射した鏡面反射方向 D' に撮像部 2 が位置しているため、この場合、撮像部 2 で取得された画像データのうち再結晶部 104 の輝度は高くなり、当該領域は明るくなる。このように、検査対象領域 102 に対する撮像部 2 及び照明部 3 の位置関係が同一であるにも関わらず、周囲部 103 と再結晶部 104 との間で輝度が異なるのは、再結晶部 104 と周囲母材部 103 とで、結晶方位が異なるためだと推測される。

[0057] したがって、上記したように、照射方向変更部 4 が、照明部 3 の照射方向 D_1 を投影した投影照射方向 D_1' の回転角度 ϕ を変化させるように構成され、且つ、異結晶特定部 51 が、撮像部 2 によって得られた回転角度 ϕ が異なる複数の画像データに基づいて、検査対象領域 102 内における異結晶部を特定するように構成されることによって、微細な異結晶部であっても高精度に検出することが可能となる。

[0058] 続いて、上記した異結晶特定部 51 の各実施形態について詳細に説明する。なお、以下の説明では、適宜、図 1、図 8～図 10 に示した符号を用いている。

[0059] 一実施形態において、異結晶特定部 51 は、検査対象領域 102 内の各位置における輝度と、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度との差分を

画像データごとに回転角度 ϕ と関連付けて算出し、回転角度 ϕ に対する差分の周期的変化の振幅を検査対象領域 102 内の各位置について算出し、周期的変化の振幅に基づいて、異結晶部の位置を特定するように構成される。

[0060] 本発明者らの鋭意検討の結果、異結晶部の結晶方位は母材の結晶方位とは異なるため、異結晶部と母材との輝度の差分は回転角度 ϕ に応じて変化することが明らかになった。

図5は、再結晶部と周囲部の平均輝度を示す参照輝度との差分（以下、単に再結晶部と周囲部の輝度差と称する）の周期的変化の一例を示すグラフである。線111～線113は、再結晶部が存在する場合において、照射方向の回転角度 ϕ に対する再結晶部と周囲部の輝度差を示したグラフである。なお、照射方向の回転角度 ϕ は、図2に示したように、基準の投影照射方向 D_1 ' に対する照射方向変更後の投影照射方向 D_2 ' の回転角度である。線111は、第2平面Nに対する照射方向 D_1 の角度 θ が20度のときの再結晶部と周囲部の輝度差を表しており、線112は、角度 θ が40度のときの再結晶部と周囲部の輝度差を表しており、線113は、角度 θ が65度のときの再結晶部と周囲部の輝度差を表している。また、比較例として、再結晶部が存在しない場合における母材の着目位置と、周囲部の平均輝度を示す参照輝度との差分の回転角度 ϕ に対する周期的変化を線110で示している。

[0061] 図5に示されるように、再結晶部が存在しない場合における比較例としての線110は、振幅が極めて小さい。すなわち、母材の着目位置および当該着目位置の周囲部の何れにも異結晶部が存在しない場合、着目位置（母材）とその周囲部（母材）との結晶方位が同一であるため、両者の輝度の差分はほぼゼロになる。

これに対して、再結晶部と周囲部の輝度差の回転角度 ϕ に対する周期的変化を表す線111～線113は、いずれも振幅 $A_1 \sim A_3$ が大きい。すなわち、着目する位置に異結晶部が存在し、且つ、当該位置の周囲部には異結晶部が存在しない場合、着目位置（異結晶部）とその周囲部（母材）との結晶方位が異なるため、両者の輝度の差分は回転角度 ϕ に応じて変化する。そのた

め、再結晶部と周囲部の輝度差の回転角度 ϕ に対する周期的変化において、その振幅 $A_1 \sim A_3$ は大きくなる。

[0062] 上記構成は、本発明者らの上記知見を利用したものであり、検査対象領域 102 内の各位置における輝度と、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度との差分の周期的変化の振幅に基づき、異結晶部の位置を特定するものである。

これにより、検査対象領域 102 内の各位置における輝度と、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度との差分の周期的変化の振幅から、微細な異結晶部を高精度に検出することができる。

[0063] また、上記構成において、異結晶特定部 51 では、予め閾値を設定しておき、検査対象領域 102 内の各位置における輝度と、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度との差分の周期的変化の振幅が、閾値を超えた位置において異結晶部が存在すると判定してもよい。この場合、閾値を適切に設定することにより、微細な異結晶部を高精度に検出することができる。

[0064] 他の実施形態において、異結晶特定部 51 は、検査対象領域 102 内の各位置における輝度、および、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度を画像データごとに回転角度 ϕ と関連付けて算出し、回転角度 ϕ に対する輝度の周期的変化におけるピークと、回転角度 ϕ に対する参照輝度の周期的変化における参照ピークとの差であるピーク差分を検査対象領域 102 内の各位置について算出し、ピーク差分に基づいて、異結晶部の位置を特定するように構成される。

[0065] 本発明者らの鋭意検討の結果、異結晶部の結晶方位は母材の結晶方位とは異なるため、異結晶部の輝度ピークと母材の輝度ピークとは相違することが明らかになった。

図 6 は、照射方向の回転角度 ϕ に対する輝度の周期的変化の一例を示すグラフである。なお、照射方向の回転角度 ϕ は、図 2 に示したように、基準の投影照射方向 D_1' に対する照射方向変更後の投影照射方向 D_2' の回転角度である。また、図 6 において、線 115 は、異結晶部における輝度の周期的

変化を表しており、線 1 1 6 は、異結晶部の周囲部における輝度の周期的変化を表している。

[0066] 図 6 に示すように、着目する位置に異結晶部が存在し、且つ、当該位置の周囲部には異結晶部が存在しない場合、着目位置（異結晶部）とその周囲部（母材）との結晶方位が異なるため、両者の輝度ピークは相違する。

一方、図示しないが、着目する位置および当該位置の周囲部の何れにも異結晶部が存在しない場合、着目位置（母材）とその周囲部（母材）との結晶方位が同一であるため、両者の輝度ピークはほぼ同等の大きさである。

よって、上記構成のように、検査対象領域 1 0 2 内の各位置における輝度ピークと、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度のピークとの差であるピーク差分から、微細な異結晶部を高精度に検出することができる。

[0067] また、上記構成において、異結晶特定部 5 1 では、予め閾値を設定しておき、検査対象領域 1 0 2 内の各位置におけるピーク差分が閾値を超えた位置において異結晶部が存在すると判定する構成としてもよい。この場合、閾値を適切に設定することにより、微細な異結晶部を高精度に検出することができる。

[0068] さらに他の実施形態において、異結晶特定部 5 1 は、検査対象領域 1 0 2 内の各位置における輝度、および、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度を画像データごとに回転角度 ϕ と関連付けて算出し、回転角度 ϕ に対する輝度の周期的変化における位相と、回転角度 ϕ に対する参照輝度の周期的変化における参照位相との差である位相差分を検査対象領域 1 0 2 内の各位置について算出し、位相差分に基づいて、異結晶部の位置を特定するように構成される。

[0069] 本発明者らの鋭意検討の結果、異結晶部の結晶方位は母材の結晶方位とは異なるため、異結晶部の輝度位相と母材の輝度位相とは相違することが明らかになった。

図 6 に示すように、着目する位置に異結晶部が存在し、且つ、当該位置の周囲部には異結晶部が存在しない場合、着目位置（異結晶部）とその周囲部

(母材)との結晶方位が異なるため、両者の輝度位相は相違する。

一方、図示しないが、着目する位置および当該位置の周囲部の何れにも異結晶部が存在しない場合、着目位置(母材)とその周囲部(母材)との結晶方位が同一であるため、両者の輝度位相はほぼ一致する。

[0070] そこで、上記構成のように、検査対象領域102内の各位置における輝度位相と、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度の位相との差である位相差分から、微細な異結晶部を高精度に検出することができる。

[0071] また、上記構成において、異結晶特定部51では、予め閾値を設定しておき、検査対象領域102内の各位置における位相差分が閾値を超えた位置において異結晶部が存在すると判定する構成としてもよい。この場合、閾値を適切に設定することにより、微細な異結晶部を高精度に検出することができる。

[0072] 図7は、画像データ108における輝度の計測方法を説明するための図である。

上述した幾つかの実施形態において、図7に示すように、異結晶特定部51は、画像データ108のうち周囲部122(122A及び122Bを含む)について平均輝度を算出し、該平均輝度を参照輝度として用いるように構成されてもよい。

例えば、輝度の測定において、まず所定のフィルタサイズのフィルタ120を用いて、画像データ108を走査する。そして、フィルタ120の中心領域121の輝度を計測し、これを画像データ108における着目位置の輝度とする。また、中心領域121の周囲領域122(122A及び122Bを含む)輝度を計測し、計測された複数の輝度を用いて周囲部における平均輝度を算出する。

[0073] あるいは、異結晶特定部51は、図7に示すように、画像データ108のうち着目する位置(着目位置)120およびその周囲部(122A及び122Bを含む)からなる領域について平均輝度を算出し、該平均輝度を参照輝度として用いるように構成されてもよい。

例えば、輝度の測定において、まず所定のフィルタサイズのフィルタ 120 を用いて、画像データ 108 を走査する。そして、フィルタ 120 の中心領域 121 の輝度を計測し、これを画像データ 108 における着目位置の輝度とする。また、中心領域 121 の周囲領域 122 (122A 及び 122B を含む) 輝度を計測し、中心領域 122 における輝度および周囲領域 122 における複数の輝度を用いて、周囲部における平均輝度を算出する。

[0074] なお、これらの実施形態において、周囲領域 122 の輝度は、格子状に区切られた複数の領域 122A, 122B のうち少なくとも一部の領域 122A 又は 122B について計測されてもよい。例えば、領域 122A と領域 122B とが交互に配置されている場合、周囲領域 122 の輝度は、領域 122A 又は領域 122B について計測されてもよい。

これらの構成によれば、着目する位置の周囲部における平均輝度を示す参照輝度を適切に得ることができる。

[0075] また、上述した幾つかの実施形態において、異結晶特定部 51 は、画像データ 108 における少なくとも一部の領域についてローパスフィルタ処理を施して、参照輝度を算出するように構成されてもよい。

この構成によれば、ローパスフィルタを用いた簡素な処理にて、着目位置の周囲部における平均輝度を示す参照輝度を適切に取得することができる。

[0076] 次に、各実施形態における異結晶検査装置 1 の具体的な構成について説明する。

[0077] 図 1 は、一実施形態に係る異結晶検査装置 1 の斜視図である。

図 1 に示すように、一実施形態において、照射方向変更部 4 は、照明部 3 が回転するための軌道を形成する第 1 環状軌道部 41 を含む。

第 1 環状軌道部 41 は、一方向性凝固物 100 の検査対象領域 102 を取り囲むように設けられ、第 2 平面 N (図 2 参照) 内において検査対象領域 102 の周りにて照明部 3 が回転するための軌道を形成するように構成される。

また、照明部 3 は、回転角度 ϕ が変化するように第 1 環状軌道部 41 に沿

って検査対象領域 102 の周りを移動可能に構成される。

[0078] 具体的な構成例として、第 1 環状軌道部 41 は、内輪 41A と、内輪 41A に対して相対的に回動可能に構成された外輪 41B と、を有する。内輪 41A は、一方向性凝固物 100 が載置されるための円盤状の載置台 10 の外周面に固定される。外輪 41B は、内輪 41A の外周側に配置されている。外輪 41B の外周側には環状部材 42 が取り付けられており、この環状部材 42 を介して、照明部 3 を支持するための支柱部 43 が外輪 41B に固定されている。そして、不図示の駆動機構によって、外輪 41B、環状部材 42、照明部 3 及び支柱部 43 は、回転するようになっている。このとき、内輪 41A、載置台 10 及び一方向性凝固物 100 は静止した状態である。

撮像部 2 は、支柱部 21 によって支持されている。支柱部 21 は、静止部位に取り付けられているため、照明部 3 の回転に関わらず、撮像部 2 は静止状態が保持される。

[0079] また、異結晶検査装置 1 は、照明制御部 13 および撮像制御部 14 を含む制御装置 12 をさらに備えていてもよい。

照明制御部 13 は、照明の点灯を制御したり、不図示の駆動機構を制御することによって照明部 3 の回転を調整したりする構成となっている。

撮像制御部 14 は、照明部 3 の回転と照明の点灯に同期するように、撮像部 2 における撮像タイミングを制御する構成となっている。

[0080] 上記構成によれば、第 1 環状軌道部 41 に沿って照明部 3 を検査対象領域 102 の周りにおいて移動させることで、照射方向の回転角度 ϕ (図 2 参照) を自由に調節することができる。よって、異結晶部の高精度な検出が可能になる。

[0081] 図 8 は、他の実施形態に係る異結晶検査装置 1 の構成を示す斜視図である。

図 8 に示すように、他の実施形態において、異結晶検査装置 1 は、複数の照明部 3 を備える。複数の照明部 3 は、撮像部 2 を取り囲むように配列されており、且つ、各々の照明部 3 が互いに独立して点灯可能な構成となってい

る。

照射方向変更部 4 は、複数の照明部 3 のうち点灯される照明部 3 を切り替えることで、照射方向の回転角度 ϕ （図 2 参照）を変化させるように構成される。

[0082] 具体的な構成例として、複数の照明部 3 は、撮像部 2 を取り囲むように配置された環状支持部 4 4 に取り付けられている。環状支持部 4 4 は、撮像部 2 を支持するための支柱部 2 1 に取り付けられていてもよい。環状支持部 4 4 には、所定間隔で複数の照明部 3 が取り付けられている。複数の照明部 3 の底面は、撮像部 2 の底面と略同一の高さであってもよい。

[0083] また、異結晶検査装置 1 は、照明制御部 1 3 および撮像制御部 1 4 を含む制御装置 1 2 をさらに備えていてもよい。

照明制御部 1 3 は、照明の点灯を制御するように構成される。この構成例においては、照明制御部 1 3 が照射方向変更部 4 の役割を担うこととなる。すなわち、照明制御部 1 3 によって、複数の照明部 3 のうち点灯される照明部 3 が切り替えられ、照射方向の回転角度 ϕ （図 2 参照）が変化するようになっている。例えば、照射方向変更部 4（照明制御部 1 3）は、図中の矢印 E 方向に順に照明部 3 が点灯するように、各照明部 3 を制御する。

撮像制御部 1 4 は、照明制御部 1 3 による照明の点灯に同期するように、撮像部 2 における撮像タイミングを制御するように構成される。

[0084] 上記構成によれば、照射方向変更部 4（照明制御部 1 3）によって、複数の照明部 3 のうち点灯される照明部 3 を切り替えることで、照射方向 D の回転角度 ϕ （図 2 参照）を自由に調節することができる。よって、異結晶部の高精度な検出が可能になる。

また、照明部 3 を移動させるのではなく、点灯する照明部 3 を切り替えるようにしたので、照射方向 D の回転角度 ϕ の変更を迅速に行うことができる。これにより、複数の回転角度 ϕ についての画像データを取得するのに必要な時間を削減し、異結晶部の検査を効率的に行うことができる。

[0085] 図 9 は、図 8 に示した他の実施形態の変形例に係る異結晶検査装置 1 の構

成を示す斜視図である。なお、この変形例において、図 8 と同一の構成についてはその説明を省略する。

図 9 に示すように、他の実施形態の変形例において、照射方向変更部 4 は、撮像部 2 を取り囲むように設けられ、撮像部 2 に対して固定された第 2 環状軌道部 4 5 を含む。

照明部 3 は、照射方向 D の回転角度 ϕ (図 2 参照) が変化するように第 2 環状軌道部 4 5 に沿って撮像部 2 の周りを移動可能に構成される。

上記構成によれば、第 2 環状軌道部 4 5 に沿って照明部 3 を撮像部 2 の周りに移動させることで、照射方向 D の回転角度 ϕ を自由に調節することができる。よって、異結晶部の高精度な検出が可能になる。

[0086] 図 10 は、さらに他の実施形態に係る異結晶検査装置 1 の構成を示す斜視図である。

図 10 に示すように、さらに他の実施形態において、異結晶検査装置 1 は、複数の照明部 3 が半球面に沿って配置されたドーム照明装置 1 5 をさらに備える。

ドーム照明装置 1 5 の各々の照明部 3 は、互いに独立して点灯可能に構成される。各々の照明部 3 は、例えば小型のスポット照明であってもよい。

照射方向変更部 4 は、半球面に沿って配置された複数の照明部 3 のうち点灯される照明部 3 を切り替えることで、回転角度 ϕ を変化させるように構成される。

なお、半球面とは、厳密な意味での半球の面を表すのみならず、概ね半球形状をなす面を含む。

[0087] また、異結晶検査装置 1 は、照明制御部 1 3 および撮像制御部 1 4 を含む制御装置 1 2 をさらに備えていてもよい。

照明制御部 1 3 は、各照明部 3 の点灯を制御するように構成される。この構成例においては、照明制御部 1 3 が照射方向変更部 4 の役割を担うこととなる。すなわち、照明制御部 1 3 によって、複数の照明部 3 のうち点灯される照明部 3 が切り替えられ、照射方向の回転角度 ϕ (図 2 参照) が変化する

ようになっている。

撮像制御部 14 は、照明制御部 13 による照明の点灯に同期するように、撮像部 2 における撮像タイミングを制御するように構成される。

[0088] 上記構成によれば、照射方向変更部 4（照明制御部 13）によって、複数の照明部 3 のうち点灯される照明部 3 を切り替えることで、照射方向の回転角度 ϕ を自由に調節することができる。よって、異結晶部の高精度な検出が可能になる。

また、照明部 3 を移動させるのではなく、点灯する照明部 3 を切り替えるようにしたので、照射方向の回転角度 ϕ （図 2 参照）の変更を迅速に行うことができる。これにより、複数の回転角度 ϕ についての画像データを取得するのに必要な時間を削減し、異結晶部の検査を効率的に行うことができる。

さらに、ドーム照明装置 15 を用いることで、より多くの照明部 3 を設けることができる。例えば、ドーム照明装置 15 の半球面の第 2 平面 N（図 2 参照）と交わる円周状の線に沿って配列される複数の照明部 3 によって形成される照明部列を、第 2 平面 N に対する垂線方向に沿って複数列設けることができる。この場合、複数の照明部 3 のうち点灯される照明部 3 を切り替えることで、回転角度 ϕ だけでなく、光の照射方向の傾き角度 θ （図 2 参照）も自由に調節することが可能になる。

[0089] また、上記した各実施形態において、さらに以下の構成を備えていてもよい。なお、以下の説明では、適宜、上述した図 1、図 2、及び図 8～図 10 で示した符号を用いる。

[0090] 撮像部 2 は、第 1 平面 M または第 2 平面 N 内において移動可能に構成される。

異結晶部の結晶方位によって、異結晶部の検出のために適切な撮像部 2 と検査対象領域 102 との位置関係は変わり得る。

この点、上記構成によれば、第 1 平面 M または第 2 平面 N 内において撮像部 2 が移動可能であるため、撮像部 2 と検査対象領域 102 との位置関係を変えながら異結晶部の検査を行うことができる。よって、異結晶部の検査の

ロバスト性が向上する。

[0091] また、照射方向変更部4は、回転角度 ϕ に加えて、第1平面M内における検査対象領域102を中心とした照射方向 D_1 の傾き角度 θ （図2参照）を変化させるように構成されてもよい。例えば、傾き角度 θ は、第2平面Nに対する照射方向 D_1 の角度である。

この場合、異結晶特定部51は、撮像部2によって得られた傾き角度 θ 及び回転角度 ϕ が異なる複数の画像データに基づいて異結晶部を特定するように構成される。

[0092] 図11A及び図11Bに示すように、異結晶検査装置1は、照明部3および撮像部2が取り付けられたロボットアーム17をさらに備えていてもよい。なお、図11A及び図11Bは、ロボットアーム17を備える異結晶検査装置1の概略構成図であって、図11Aは検査対象である一方向性凝固翼100が縦置きである場合の異結晶検査装置1の状態を示しており、図11Bは一方向性凝固翼100が横置きである場合の異結晶検査装置1の状態を示している。

[0093] 図示される例では、一方向性凝固物100として一方向性凝固翼（タービン casting 翼）を示している。一方向性凝固翼100は、旋回台60上に設置された架台61に載置される。図11Aでは、一方向性凝固翼100は縦置きの状態で架台61に載置されており、図11Bでは、一方向性凝固翼は横置きの状態で架台61に載置されている。一方向性凝固翼100の姿勢は、検査対象領域102に応じて適宜設定する。

また、ロボットアーム17の先端には、図1、図8～図10に示したような照明部3および撮像部2を含む機構が取付けられている。ロボットアーム17は複数の関節を有しており、撮像部2及び照明部3の姿勢を調整可能となっている。

この構成によれば、ロボットアーム17の操作により、一方向性凝固物（一方向性凝固翼）100における様々な箇所において異結晶部の検査を効率的に行うことが可能である。

[0094] 次に、図 1 2 を参照して、本実施形態に係る一方向性凝固物の異結晶検査方法について説明する。

幾つかの実施形態に係る一方向性凝固物の異結晶検査方法は、エッチング処理 S 1 と、光照射ステップ S 2 と、撮像ステップ S 3 と、照射方向変更ステップ S 4 と、異結晶特定ステップ S 5 ～ S 8 と、を備える。

[0095] エッチング処理 S 1 は、一方向性凝固物の表面に対してエッチング処理を施す。一方向性凝固物の表層は、通常、アモルファス状態となっているため、表層をエッチングで除去し、結晶部を露出させておく。

光照射ステップ S 2 は、一方向性凝固物のうち検査対象領域に対して光を照射する。検査対象領域への光照射の具体的な構成については、上述した通りである。

撮像ステップ S 3 は、一方向性凝固物のうち検査対象領域を撮像する。

照射方向変更ステップ S 4 は、検査対象領域、照明部および撮像部を含む第 1 平面に直交する第 2 平面に光の照射方向を投影したときにおける、検査対象領域を中心とした照射方向の回転角度 ϕ を変化させる。

異結晶特定ステップ S 5 ～ S 8 は、撮像ステップ S 3 によって得られた回転角度 ϕ が異なる複数の画像データに基づいて、検査対象領域内における異結晶部を特定する。

[0096] 上記方法は、撮像ステップによって得られた回転角度 ϕ が異なる複数の画像データに基づいて、検査対象領域内における異結晶部を特定するようになっているので、微細な異結晶部であっても高精度に検出することができる。

[0097] 一実施形態において、異結晶特定ステップ S 5 ～ S 8 では、検査対象領域内の各位置における輝度と、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度との差分（以下、輝度差と称する）を画像データごとに回転角度 ϕ と関連付けて算出し、回転角度 ϕ に対する差分の周期的変化の振幅を検査対象域内の各位置について算出する（ステップ S 5）。次いで、輝度差の振幅と閾値とを比較し（ステップ S 6）、輝度差の振幅が閾値を超えていたら異結晶部の位置を特定する（ステップ S 7）。一方、輝度差の振幅が閾値以下であれば、

異結晶部は存在しないと判断する（ステップS8）。

この方法によれば、検査対象領域内の各位置における輝度と、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度との差分の周期的変化の振幅から、微細な異結晶部を高精度に検出することができる。

[0098] 図示しないが、他の実施形態において、異結晶特定ステップでは、検査対象領域内の各位置における輝度、および、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度を画像データごとに回転角度 ϕ と関連付けて算出し、回転角度 ϕ に対する輝度の周期的変化におけるピークと、回転角度 ϕ に対する参照輝度の周期的変化における参照ピークとの差であるピーク差分を検査対象領域内の各位置について算出し、ピーク差分に基づいて、異結晶部の位置を特定してもよい。

この方法によれば、検査対象領域内の各位置における輝度ピークと、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度のピークとの差であるピーク差分から、微細な異結晶部を高精度に検出することができる。

[0099] 図示しないが、さらに他の実施形態において、異結晶特定ステップでは、検査対象領域内の各位置における輝度、および、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度を画像データごとに回転角度 ϕ と関連付けて算出し、回転角度 ϕ に対する輝度の周期的変化における位相と、回転角度 ϕ に対する参照輝度の周期的変化における参照位相との差である位相差分を検査対象領域内の各位置について算出し、位相差分に基づいて、異結晶部の位置を特定してもよい。

この方法によれば、検査対象領域内の各位置における輝度位相と、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度の位相との差である位相差分から、微細な異結晶部を高精度に検出することができる。

[0100] また、上記した方法において、一方向性凝固物は、ガスタービン又は航空機エンジンのタービン鋳造翼であってもよい。

ガスタービン又は航空機エンジンのタービン鋳造翼は、鋳造後の凝固冷却時に鋳型の拘束に起因した鋳造ひずみが発生し、再結晶部が発生することが

ある。再結晶部は、母材とは異なる結晶方位を有する異結晶部である。

このため、上記した方法により、ガスタービン又は航空機エンジンのタービン鑄造翼の再結晶部を高精度に検出することができる。

[0101] 上述したように、本発明の少なくとも幾つかの実施形態によれば、撮像部によって得られた回転角度 ϕ が異なる複数の画像データに基づいて、検査対象領域内における異結晶部を特定することによって、微細な異結晶部であっても高精度に検出することができる。

[0102] 本発明は上述した実施形態に限定されることはなく、上述した実施形態に変形を加えた形態や、これらの形態を適宜組み合わせた形態も含む。

[0103] 例えば、「ある方向に」、「ある方向に沿って」、「平行」、「直交」、「中心」、「同心」或いは「同軸」等の相対的或いは絶対的な配置を表す表現は、厳密にそのような配置を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の角度や距離をもって相対的に変位している状態も表すものとする。

例えば、「同一」、「等しい」及び「均質」等の物事が等しい状態であることを表す表現は、厳密に等しい状態を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の差が存在している状態も表すものとする。

例えば、四角形状や円筒形状等の形状を表す表現は、幾何学的に厳密な意味での四角形状や円筒形状等の形状を表すのみならず、同じ効果が得られる範囲で、凹凸部や面取り部等を含む形状も表すものとする。

一方、一の構成要素を「備える」、「含む」、又は、「有する」という表現は、他の構成要素の存在を除外する排他的な表現ではない。

符号の説明

- [0104] 1 異結晶検査装置
2 撮像部
3 照明部
4 照射方向変更部
5 画像処理装置

1 0	載置台
1 2	制御装置
1 3	照明制御部
1 4	撮像制御部
1 5	ドーム照明装置
1 7	ロボットアーム
4 1	第 1 環状軌道部
4 5	第 2 環状軌道部
5 1	異結晶特定部
1 0 0	一方向性凝固物
1 0 2	検査対象領域
1 0 3	周囲部
1 0 4	再結晶部
1 0 8	画像データ
1 2 0	フィルタ
M	第 1 平面
N	第 2 平面
θ	傾き角度
ϕ	回転角度

請求の範囲

[請求項1]

一方向性凝固物の異結晶検査装置であって、
前記一方向性凝固物のうち検査対象領域に対して光を照射するための照明部と、
前記検査対象領域を撮像するための撮像部と、
前記検査対象領域、前記照明部および前記撮像部を含む第1平面に直交する第2平面に前記光の照射方向を投影したときにおける、前記検査対象領域を中心とした前記照射方向の回転角度 ϕ を変化させるように構成された照射方向変更部と、
前記撮像部によって得られた前記回転角度 ϕ が異なる複数の画像データに基づいて、前記検査対象領域内における異結晶部を特定するための異結晶特定部と、を備えることを特徴とする一方向性凝固物の異結晶検査装置。

[請求項2]

前記異結晶特定部は、
前記検査対象領域内の各位置における輝度と、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度との差分を前記画像データごとに前記回転角度 ϕ と関連付けて算出し、
前記回転角度 ϕ に対する前記差分の周期的変化の振幅を前記検査対象領域内の各位置について算出し、
前記周期的変化の振幅に基づいて、前記異結晶部の位置を特定する
ように構成されたことを特徴とする請求項1に記載の一方向性凝固物の異結晶検査装置。

[請求項3]

前記異結晶特定部は、
前記検査対象領域内の各位置における輝度、および、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度を前記画像データごとに前記回転角度 ϕ と関連付けて算出し、
前記回転角度 ϕ に対する前記輝度の周期的変化におけるピークと

、前記回転角度 ϕ に対する前記参照輝度の周期的変化における参照ピークとの差であるピーク差分を前記検査対象領域内の各位置について算出し、

前記ピーク差分に基づいて、前記異結晶部の位置を特定するように構成されたことを特徴とする請求項1に記載の一方向性凝固物の異結晶検査装置。

[請求項4]

前記異結晶特定部は、

前記検査対象領域内の各位置における輝度、および、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度を前記画像データごとに前記回転角度 ϕ と関連付けて算出し、

前記回転角度 ϕ に対する前記輝度の周期的変化における位相と、前記回転角度 ϕ に対する前記参照輝度の周期的変化における参照位相との差である位相差分を前記検査対象領域内の各位置について算出し、

前記位相差分に基づいて、前記異結晶部の位置を特定するように構成されたことを特徴とする請求項1に記載の一方向性凝固物の異結晶検査装置。

[請求項5]

前記異結晶特定部は、

前記振幅、前記ピーク差分または前記位相差分が閾値を超えた位置において前記異結晶部が存在すると判定するように構成されたことを特徴とする請求項2乃至4の何れか一項に記載の一方向性凝固物の異結晶検査装置。

[請求項6]

前記異結晶特定部は、

前記画像データのうち前記周囲部について平均輝度を算出し、該平均輝度を前記参照輝度として用いるように構成されたことを特徴とする請求項2乃至5の何れか一項に記載の一方向性凝固物の異結晶検査装置。

[請求項7]

前記異結晶特定部は、

前記画像データのうち前記位置および前記周囲部からなる領域について平均輝度を算出し、該平均輝度を前記参照輝度として用いるように構成されたことを特徴とする請求項2乃至5の何れか一項に記載の一方方向性凝固物の異結晶検査装置。

[請求項8]

前記異結晶特定部は、

前記画像データにおける少なくとも一部の領域についてローパスフィルタ処理を施して、前記参照輝度を算出するように構成されたことを特徴とする請求項2乃至7の何れか一項に記載の一方方向性凝固物の異結晶検査装置。

[請求項9]

前記照射方向変更部は、

前記一方方向性凝固物の前記検査対象領域を取り囲むように設けられ、前記第2平面内において前記検査対象領域の周りにて前記照明部が回転するための軌道を形成する第1環状軌道部を含み、

前記照明部は、前記回転角度 ϕ が変化するように前記第1環状軌道部に沿って前記検査対象領域の周りを移動可能に構成されたことを特徴とする請求項1乃至8の何れか一項に記載の一方方向性凝固物の異結晶検査装置。

[請求項10]

複数の前記照明部が、前記撮像部を取り囲むように配列されており、且つ、各々の前記照明部が互いに独立して点灯可能であり、

前記照射方向変更部は、

複数の前記照明部のうち点灯される照明部を切り替えることで、前記回転角度 ϕ を変化させるように構成されたことを特徴とする請求項1乃至8の何れか一項に記載の一方方向性凝固物の異結晶検査装置。

[請求項11]

前記照射方向変更部は、

前記撮像部を取り囲むように設けられ、前記撮像部に対して固定された第2環状軌道部

を含み、

前記照明部は、前記回転角度 ϕ が変化するように前記第2環状軌道部に沿って前記撮像部の周りを移動可能に構成されたことを特徴とする請求項1乃至8の何れか一項に記載の一方向性凝固物の異結晶検査装置。

[請求項12] 複数の前記照明部が半球面に沿って配置されたドーム照明装置をさらに備え、

前記ドーム照明装置の各々の前記照明部は、互いに独立して点灯可能であり、

前記照射方向変更部は、

前記半球に沿って配置された複数の前記照明部のうち点灯される照明部を切り替えることで、前記回転角度 ϕ を変化させるように構成されたことを特徴とする請求項1乃至8の何れか一項に記載の一方向性凝固物の異結晶検査装置。

[請求項13] 前記撮像部は、前記第1平面または前記第2平面内において移動可能に構成されたことを特徴とする請求項1乃至12の何れか一項に記載の一方向性凝固物の異結晶検査装置。

[請求項14] 前記照明部および前記撮像部が取り付けられたロボットアームをさらに備えることを特徴とする請求項1乃至13に記載の一方向性凝固物の異結晶検査装置。

[請求項15] 前記照射方向変更部は、前記回転角度 ϕ に加えて、前記第1平面内における前記検査対象領域を中心とした前記照射方向の傾き角度 θ を変化させるように構成され、

前記異結晶特定部は、前記撮像部によって得られた前記傾き角度 θ 及び前記回転角度 ϕ が異なる複数の画像データに基づいて前記異結晶部を特定するように構成されたことを特徴とする請求項1乃至14の何れか一項に記載の一方向性凝固物の異結晶検査装置。

[請求項16] 一方向性凝固物の異結晶検査方法であって、

前記一方向性凝固物の表面に対してエッチング処理を施すエッチングステップと、

前記一方向性凝固物のうち検査対象領域に対して光を照射する光照射ステップと、

前記検査対象領域を撮像する撮像ステップと、

前記検査対象領域、前記照明部および前記撮像部を含む第1平面に直交する第2平面に前記光の照射方向を投影したときにおける、前記検査対象領域を中心とした前記照射方向の回転角度 ϕ を変化させる照射方向変更ステップと、

前記撮像ステップによって得られた前記回転角度 ϕ が異なる複数の画像データに基づいて、前記検査対象領域内における異結晶部を特定するための異結晶特定ステップと、を備えることを特徴とする一方向性凝固物の異結晶検査方法。

[請求項17] 前記異結晶特定ステップでは、

前記検査対象領域内の各位置における輝度と、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度との差分を前記画像データごとに前記回転角度 ϕ と関連付けて算出し、

前記回転角度 ϕ に対する前記差分の周期的変化の振幅を前記検査対象領域内の各位置について算出し、

前記周期的変化の振幅に基づいて、前記異結晶部の位置を特定することを特徴とする請求項16に記載の一方向性凝固物の異結晶検査方法。

[請求項18] 前記異結晶特定ステップでは、

前記検査対象領域内の各位置における輝度、および、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度を前記画像データごとに前記回転角度 ϕ と関連付けて算出し、

前記回転角度 ϕ に対する前記輝度の周期的変化におけるピークと

、前記回転角度 ϕ に対する前記参照輝度の周期的変化における参照ピークとの差であるピーク差分を前記検査対象領域内の各位置について算出し、

前記ピーク差分に基づいて、前記異結晶部の位置を特定することを特徴とする請求項16に記載の一方向性凝固物の異結晶検査方法。

[請求項19] 前記異結晶特定ステップでは、

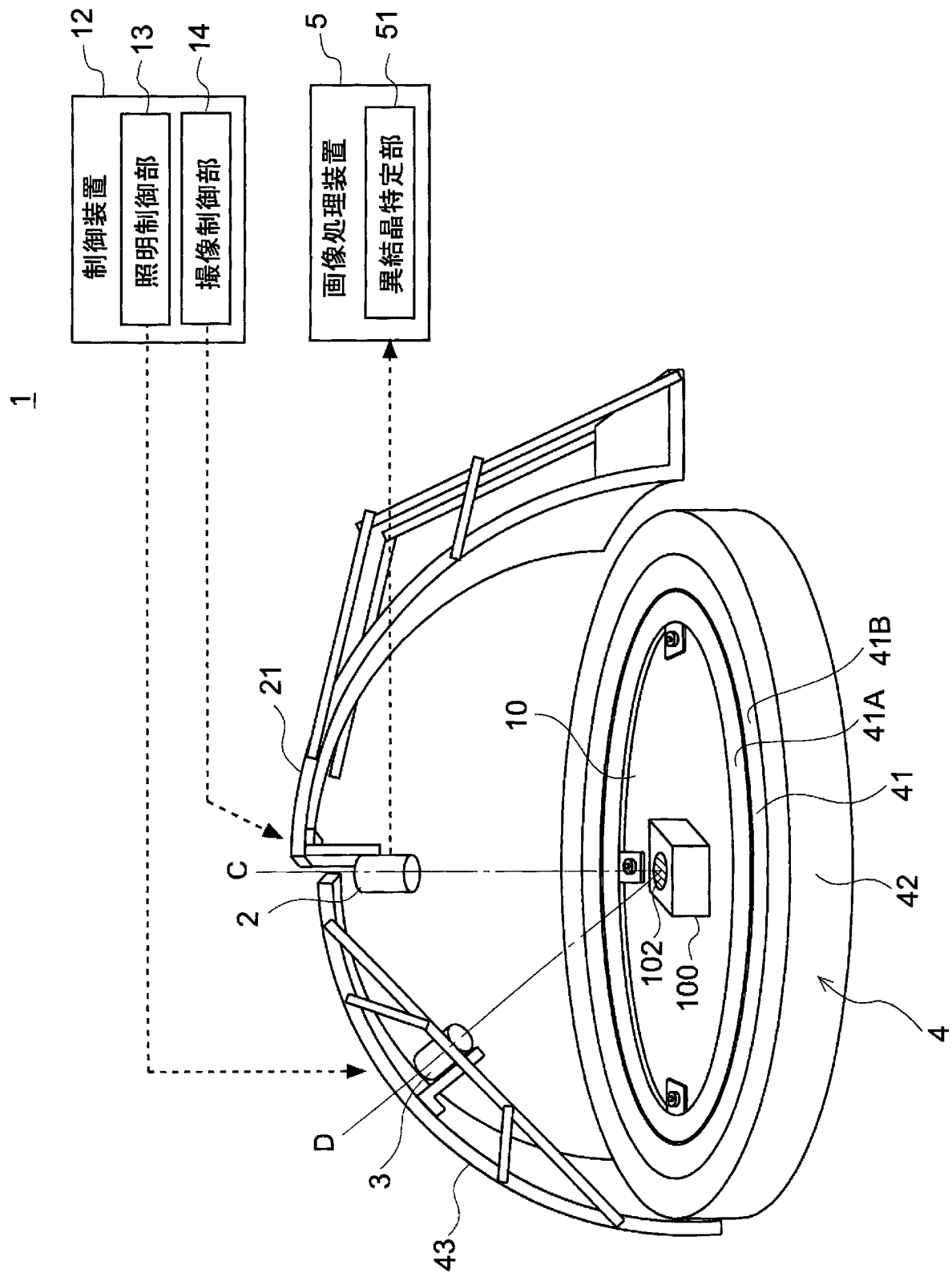
前記検査対象領域内の各位置における輝度、および、当該位置の周囲部の平均輝度を示す参照輝度を前記画像データごとに前記回転角度 ϕ と関連付けて算出し、

前記回転角度 ϕ に対する前記輝度の周期的変化における位相と、前記回転角度 ϕ に対する前記参照輝度の周期的変化における参照位相との差である位相差分を前記検査対象領域内の各位置について算出し、

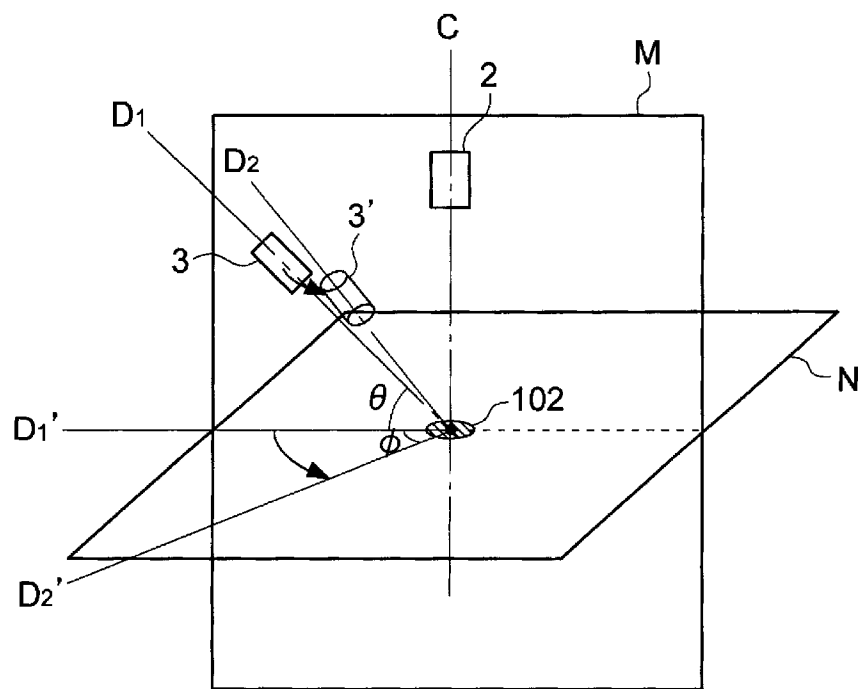
前記位相差分に基づいて、前記異結晶部の位置を特定することを特徴とする請求項16に記載の一方向性凝固物の異結晶検査方法。

[請求項20] 前記一方向性凝固物は、ガスタービン又は航空機エンジンのタービン casting 翼であることを特徴とする請求項16乃至19の何れか一項に記載の一方向性凝固物の異結晶検査方法。

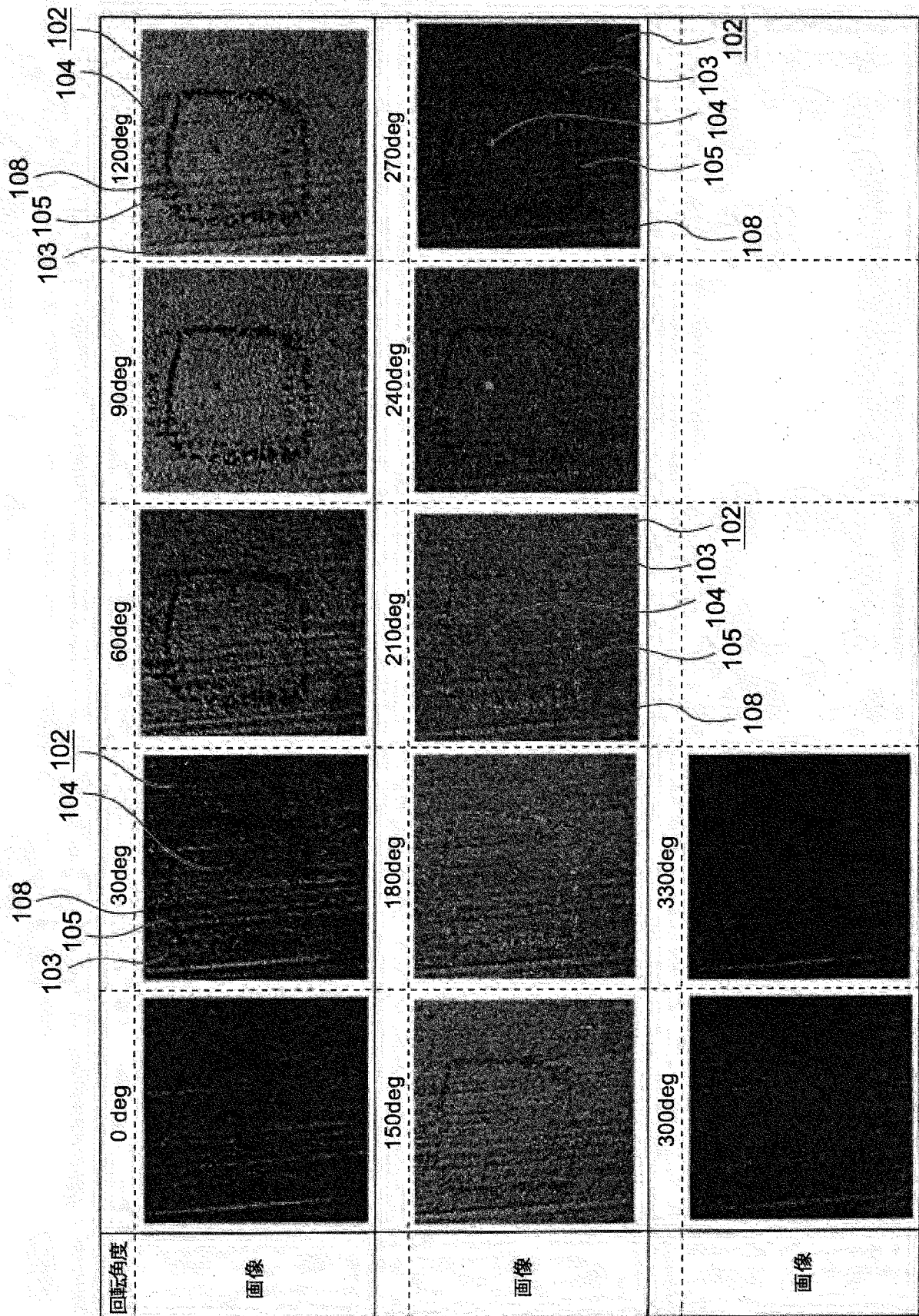
[図1]



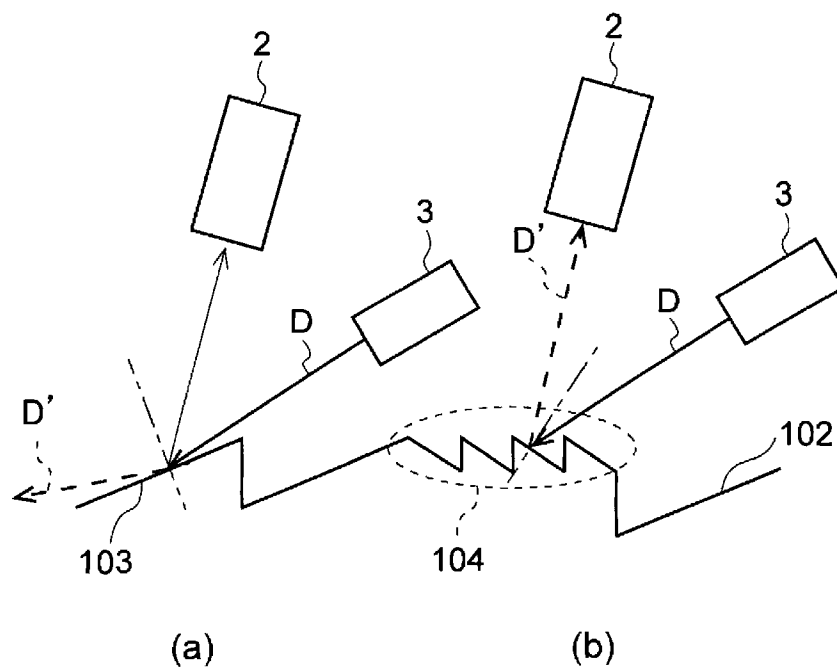
[図2]



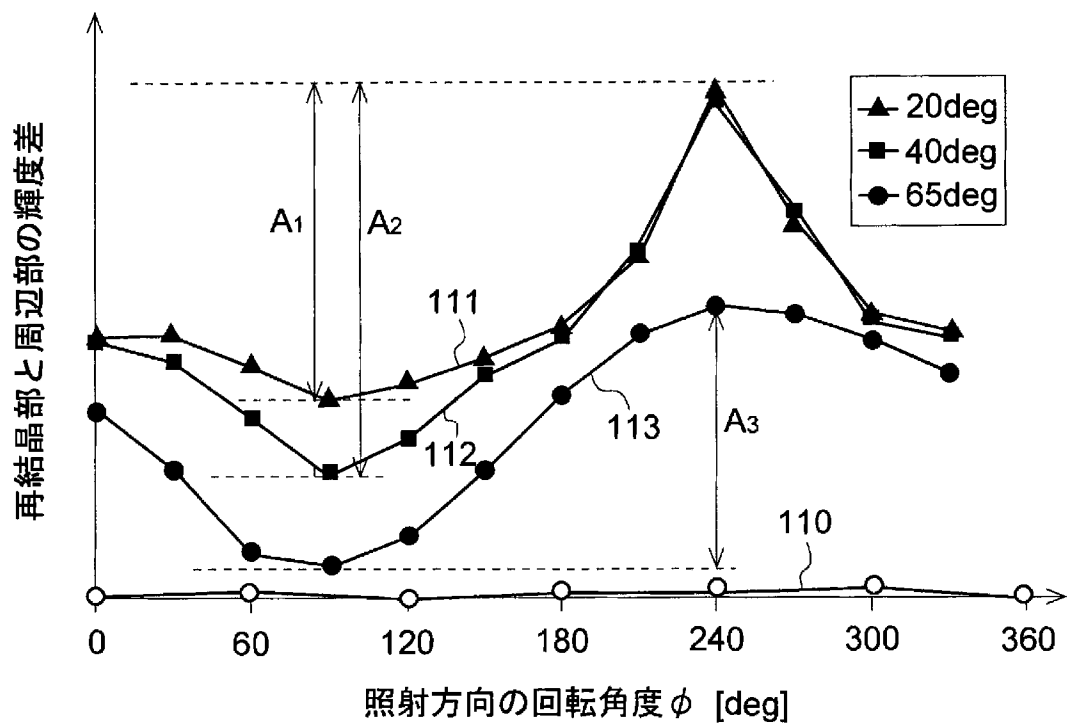
[図3]



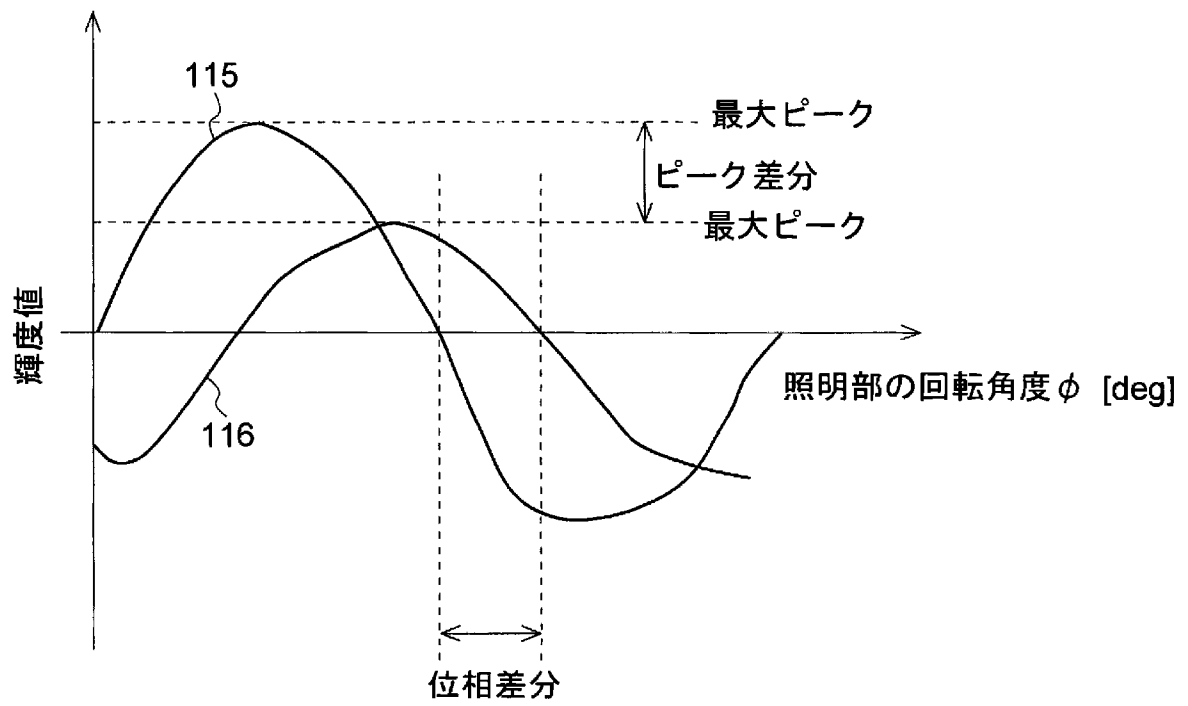
[図4]



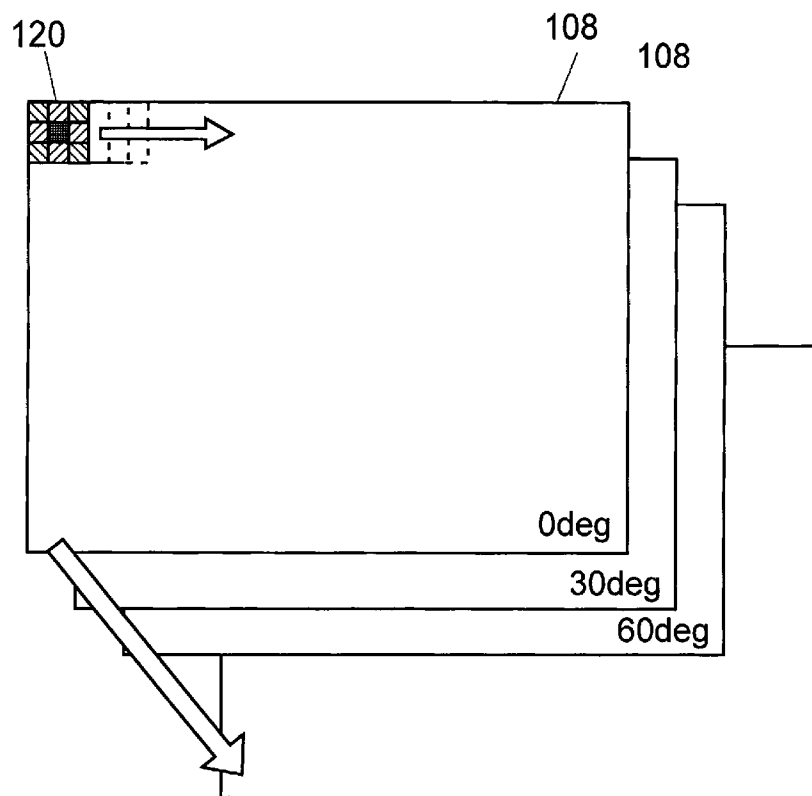
[図5]



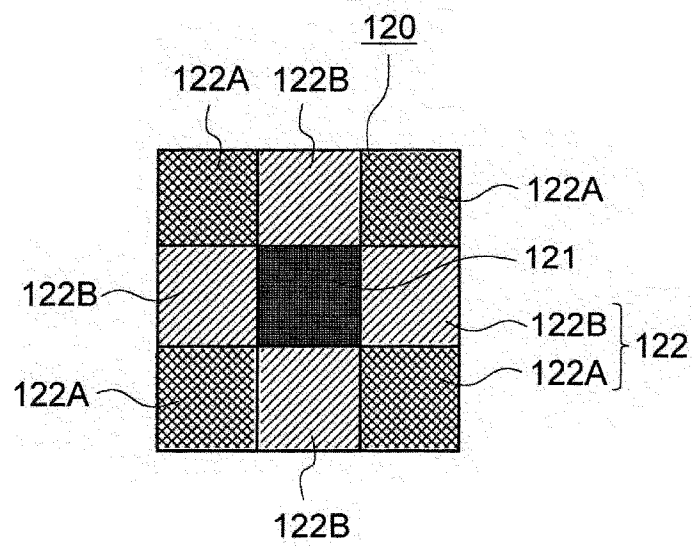
[図6]



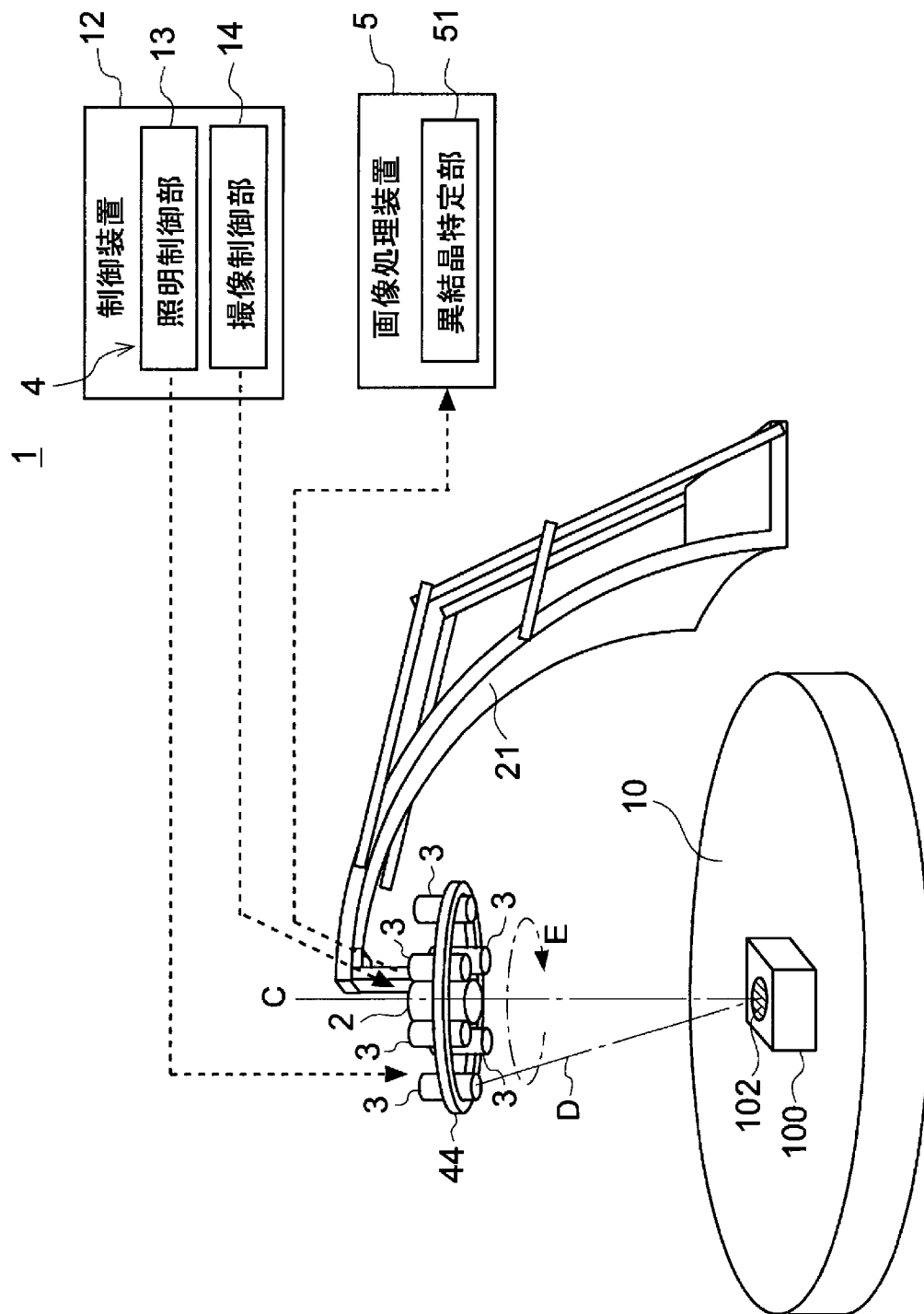
[図7A]



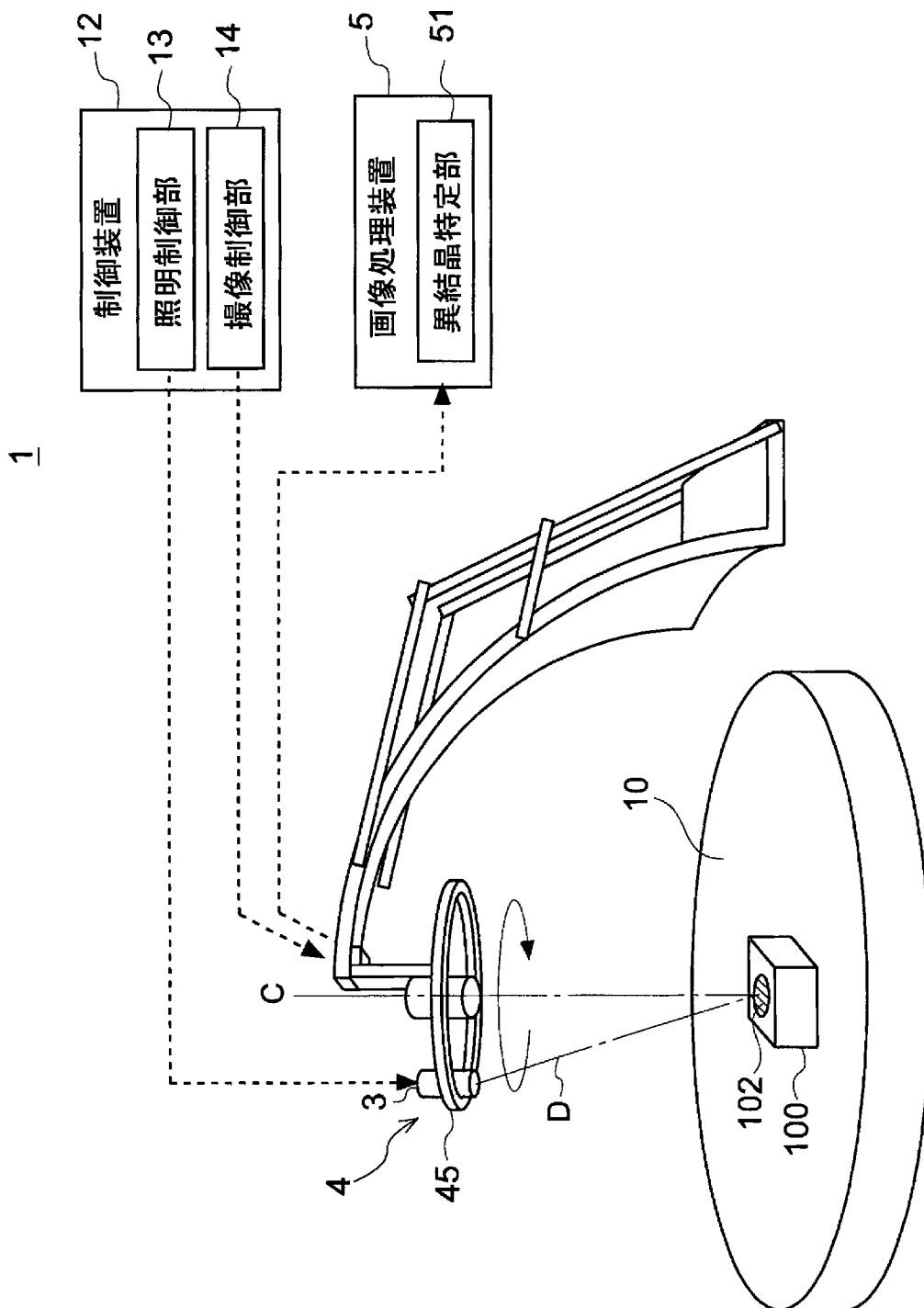
[図7B]



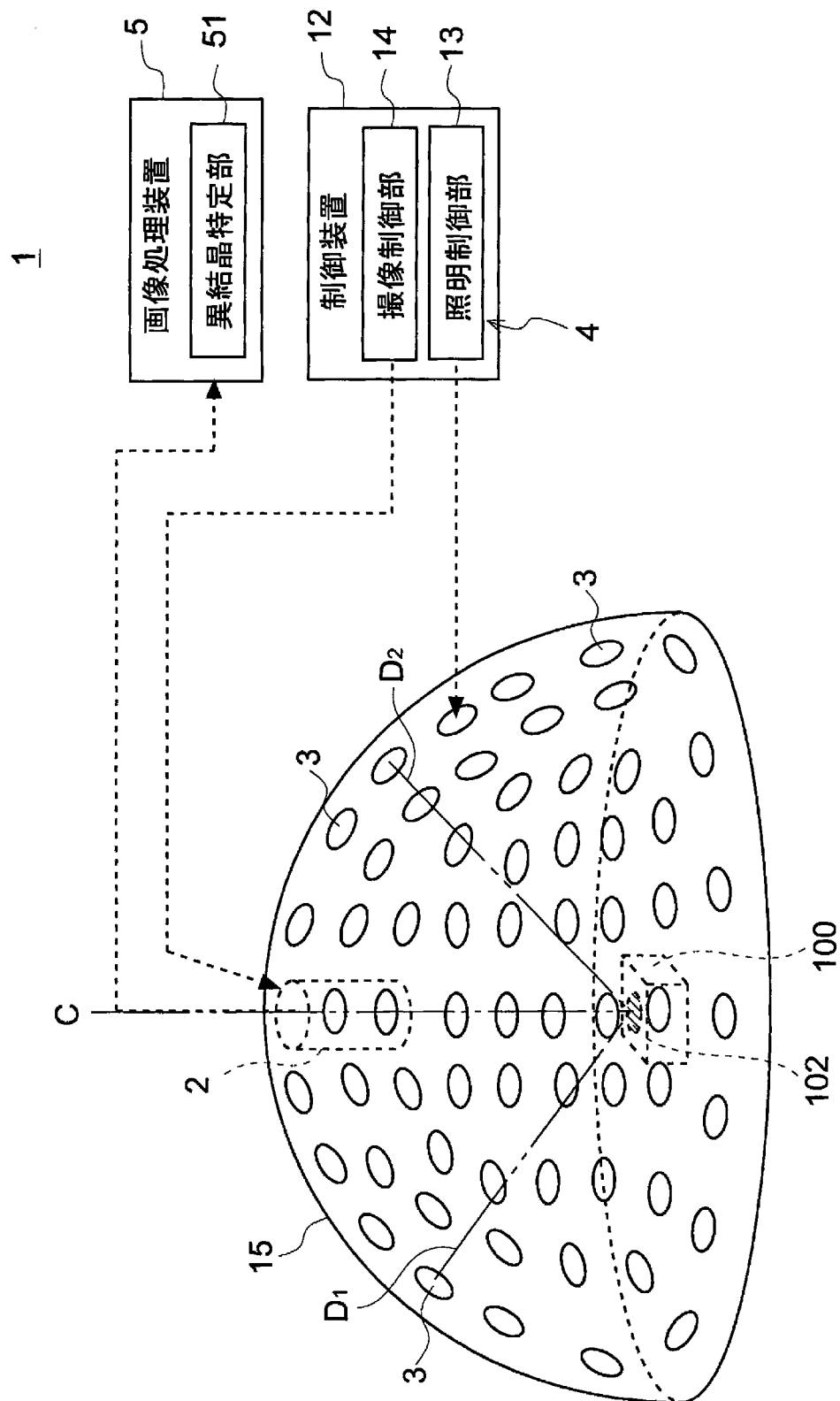
[図8]



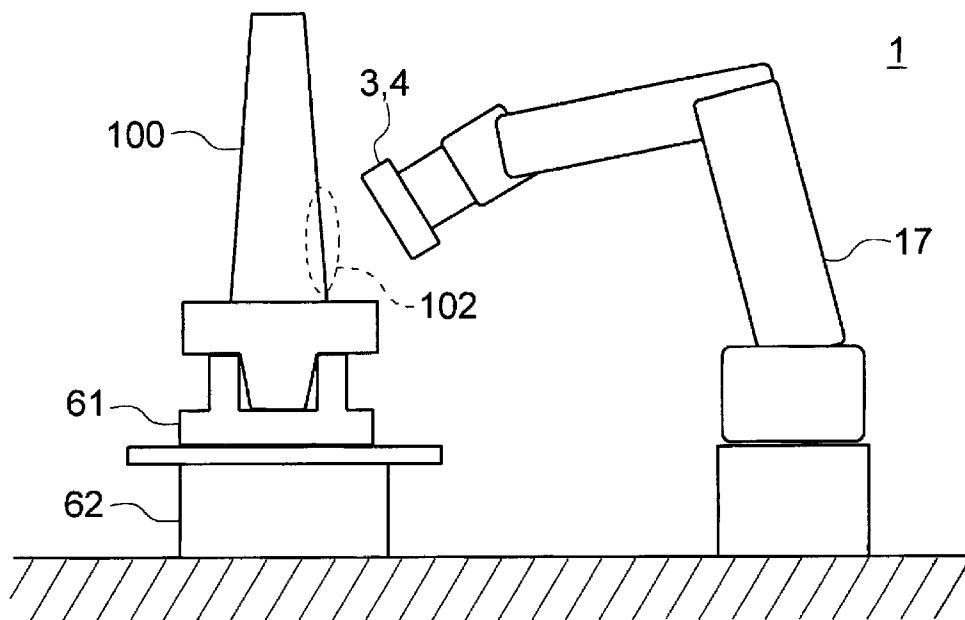
[図9]



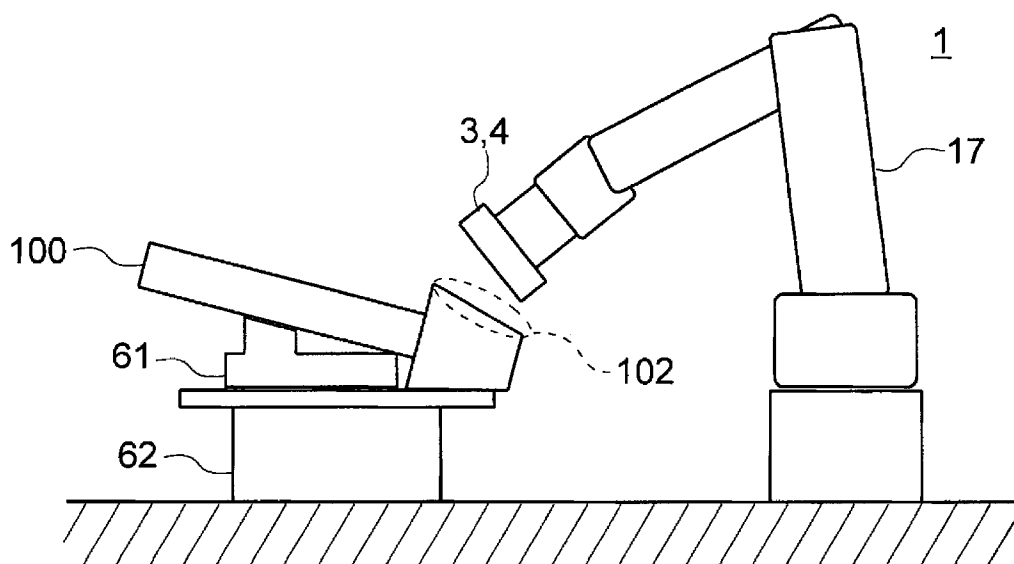
[図10]



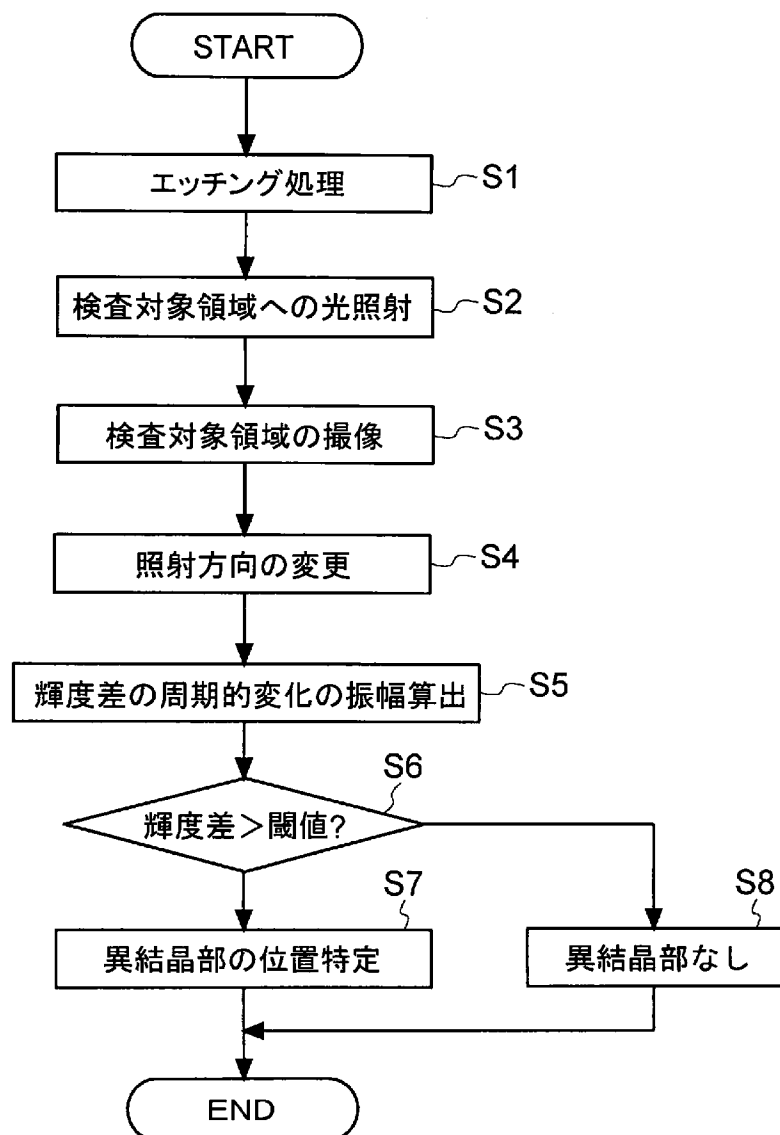
[図11A]



[図11B]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/078188

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N21/95(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)

G01N21/95

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
X	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 305/1982 (Laid-open No. 163861/1983) (Kawasaki Steel Corp.), 31 October 1983 (31.10.1983), entire text; all drawings (Family: none)	1-20
X	JP 4-249749 A (Kawasaki Steel Corp.), 04 September 1992 (04.09.1992), entire text; all drawings (Family: none)	1-20

☒ 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
02 December 2015 (02.12.15)

Date of mailing of the international search report
15 December 2015 (15.12.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/078188

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-89608 A (United Technologies Corp.), 17 April 2008 (17.04.2008), entire text; all drawings & EP 1494275 A1	1-20

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01N21/95(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. G01N21/95

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	1971-2015年
日本国実用新案登録公報	1996-2015年
日本国登録実用新案公報	1994-2015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
X	日本国実用新案登録出願 57-305 号(日本国実用新案登録出願公開 58-163861 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（川崎製鉄株式会社）1983. 10. 31, 全文全図（ファミリーなし）	1-20
X	JP 4-249749 A（川崎製鉄株式会社）1992. 09. 04, 全文全図（ファミリーなし）	1-20
A	JP 2008-89608 A（ユナイテッド テクノロジーズ コーポレーション）2008. 04. 17, 全文全図 & EP 1494275 A1	1-20

☐ 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

02.12.2015

国際調査報告の発送日

15.12.2015

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）

森口 正治

2W

9403

電話番号 03-3581-1101 内線 3250