

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-190976
(P2017-190976A)

(43) 公開日 平成29年10月19日(2017.10.19)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
G 0 1 B 11/26 (2006.01) G O 1 B 11/26 H 2 F 0 6 5

審査請求 有 請求項の数 11 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2016-79543 (P2016-79543)
 (22) 出願日 平成28年4月12日(2016.4.12)

(71) 出願人 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (74) 代理人 110000028
 特許業務法人明成国際特許事務所
 (72) 発明者 箱崎 譲優
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
 Fターム(参考) 2F065 AA32 BB08 CC11 CC14 DD03
 FF04 FF17 FF41 FF43 GG02
 GG03 GG06 GG07 GG15 GG22
 HH04 JJ03 JJ26 LL04 LL28
 LL49 MM07 PP02 QQ31

(54) 【発明の名称】 基材に巻かれているカーボン繊維の基材に対する巻き角度を測定する測定装置およびその巻き角度の測定方法

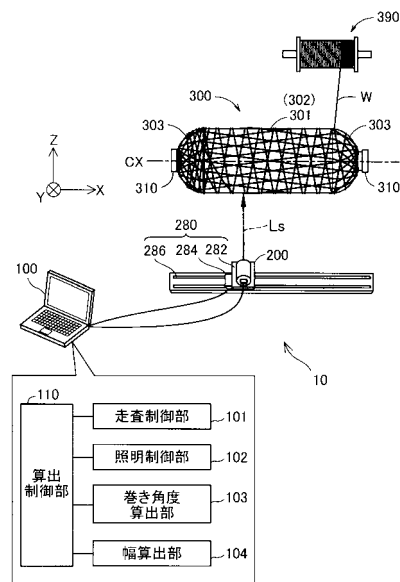
(57) 【要約】

【課題】 基材におけるカーボン繊維の巻き角度を精度良く特定する。

【解決手段】 基材に巻かれているカーボン繊維の基材に対する巻き角度を測定する測定装置は、巻き角度の測定対象となる基材上の対象領域に光を照射する光源と、対象領域からの反射光の直線的な透過を抑制しつつ反射光からなる像を形成する拡散板と、拡散板により形成された像を撮像して撮像画像を得る撮像装置と、撮像画像において反射光からなる像の長手方向と直交する方向が基材における基準方向となす角度を、巻き角度として算出する巻き角度算出部と、を備える。

【選択図】 図1

図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基材に巻かれているカーボン繊維の前記基材に対する巻き角度を測定する測定装置であって、

前記巻き角度の測定対象となる前記基材上の対象領域に光を照射する光源と、

前記対象領域からの反射光の直線的な透過を抑制しつつ前記反射光からなる像を形成する拡散板と、

前記拡散板により形成された前記像を撮像して撮像画像を得る撮像装置と、

前記撮像画像において前記反射光からなる像の長手方向と直交する方向が前記基材における基準方向となす角度を、前記巻き角度として算出する巻き角度算出部と、

を備える、測定装置。

10

【請求項 2】

基材に巻かれているカーボン繊維の前記基材に対する巻き角度を測定する測定装置であって、

前記巻き角度の測定対象となる前記基材上の対象領域を所定距離だけ離れて囲む複数の位置から、前記対象領域に光を順次照射する光源部と、

前記対象領域からの反射光を受けて前記反射光の光量を測定する受光部と、

測定された前記光量が所定値以上である前記反射光に対応する前記光源部からの照射光の照射方向と前記対象領域上において直交する方向が前記基材における基準方向となす角度を、前記巻き角度として算出する巻き角度算出部と、

を備える、測定装置。

20

【請求項 3】

請求項 2 に記載の測定装置において、

前記光源部は、

前記複数の位置にそれぞれ配置された複数の光源と、

前記複数の光源から前記対象領域に光を順次照射させる照明制御部と、

を有する、測定装置。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の測定装置において、

前記光源部は、

前記対象領域を前記所定距離だけ離れて囲む任意の位置から前記対象領域に光を照射可能な光源と、

前記光源と前記対象領域との間において前記光源に沿って回転可能に配置され、スリットが形成された円筒状の遮光部と、

前記スリットの位置が前記複数の位置に対応する位置となるように、前記遮光部の回転を制御する回転制御部と、

を有する、測定装置。

30

【請求項 5】

基材に巻かれているカーボン繊維の前記基材に対する巻き角度を測定する測定装置であって、

前記巻き角度の測定対象となる前記基材上の対象領域に光を照射する光源と、

前記対象領域を所定距離だけ離れて囲む複数の位置において、前記対象領域からの反射光を受けて前記反射光の光量を測定する受光部と、

測定された前記光量が所定値以上である前記反射光の方向と前記対象領域上において直交する方向が前記基材における基準方向となす角度を、前記巻き角度として算出する巻き角度算出部と、

を備える、測定装置。

40

【請求項 6】

請求項 5 に記載の測定装置において、

前記受光部は、

50

前記複数の位置にそれぞれ配置された複数の光電素子と、
前記複数の光電素子が出力する電流の大きさから前記光量を特定する受光量計測部と、
を備える、測定装置。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 までのいずれか一項に記載の測定装置において、さらに、
前記基材と前記測定装置とのうちの少なくとも一方を移動させることにより、前記測定
装置を前記基材に対して相対移動させて、前記対象領域を切り替える走査部と、
前記相対移動の方向に沿って並び、算出された前記巻き角度が互いに一致する複数の前
記対象領域の両端間の距離と、前記巻き角度と、を用いて、単一の巻き角度で前記カー
ボン繊維が巻かれた領域の幅を算出する幅算出部と、
を備える、測定装置。

10

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 までのいずれか一項に記載の測定装置において、
前記基材は、タンク用のライナである、測定装置。

【請求項 9】

基材に巻かれているカーボン繊維の前記基材に対する巻き角度を測定する方法であって
、
前記巻き角度の測定対象となる前記基材上の対象領域に光を照射する工程と、
拡散板を用いて、前記対象領域からの反射光からなる像を形成する工程と、
前記拡散板により形成された前記像を撮像して撮像画像を得る工程と、
前記撮像画像において前記反射光からなる像の長手方向と直交する方向が前記基材にお
ける基準方向となす角度を、前記巻き角度として算出する工程と、
を備える、巻き角度の測定方法。

20

【請求項 10】

基材に巻かれているカーボン繊維の前記基材に対する巻き角度を測定する方法であって
、
前記巻き角度の測定対象となる前記基材上の対象領域を所定距離だけ離れて囲む複数の
位置から、前記対象領域に光を順次照射する工程と、
前記対象領域からの反射光を受けて前記反射光の光量を測定する工程と、
測定された前記光量が所定値以上である前記反射光に対応する照射光の照射方向と前記
対象領域上において直交する方向が前記基材における基準方向となす角度を、前記巻き角
度として算出する工程と、
を備える、巻き角度の測定方法。

30

【請求項 11】

基材に巻かれているカーボン繊維の前記基材に対する巻き角度を測定する方法であって
、
前記巻き角度の測定対象となる前記基材上の対象領域に光を照射する工程と、
前記対象領域を所定距離だけ離れて囲む複数の位置において、前記対象領域からの反射
光を受けて前記反射光の光量を測定する工程と、
測定された前記光量が所定値以上である前記反射光の方向と前記対象領域上において直
交する方向が前記基材における基準方向となす角度を、前記巻き角度として算出する工程
と、
を備える、巻き角度の測定方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基材に巻かれているカーボン繊維の巻き角度の測定に関する。

【背景技術】

【0002】

高圧流体用タンクの製造方法として、タンクの基材であるライナに、予め熱硬化性樹脂

50

または紫外線硬化性樹脂を含浸させたカーボン繊維を幾重にも巻き付けた後に熱または紫外線により硬化させ、ライナの表層に高強度の繊維強化樹脂層を形成する、いわゆるフィラメントワインディング (Filament Winding) 法 (以下、「FW法」とも呼ぶ) が用いられる場合がある。また、カーボン繊維の巻き付け方式として、ライナの軸線に対してほぼ垂直に巻くフープ巻きと、ライナに対してヘリカル状に巻くヘリカル巻きが知られている。ヘリカル巻きでは、ライナの軸線に対して予め定められた様々な角度をなすようにカーボン繊維が巻かれる。FW法を用いた場合、所望の強度を得るためには、ライナに対してカーボン繊維を所定の角度で巻き付ける必要がある。そこで、カーボン繊維が巻き付けられた状態のライナをCCDカメラで撮像し、得られた画像からカーボン繊維の巻き角度を特定して、適切な角度で巻きつけられているかを判断する技術が提案されている (特許文献1を参照)。なお、カーボン繊維や紙の繊維に関して、これらが用いられた製品 (紙等のシート状の製品など) における繊維の厚みや、繊維の配向を測定する技術が種々提案されている (特許文献2ないし4参照)。

10

20

30

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2014-233852号公報

【特許文献2】特開平11-269790号公報

【特許文献3】特開2015-93780号公報

【特許文献4】特開2013-160745号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ライナに巻き付けられたカーボン繊維をCCDカメラで撮像した場合、巻き角度を特定しようとする部分が暗部として写ってしまい、撮像画像から巻き角度を精度良く特定できないという問題が生じる。本願発明者は、鋭意研究の末、「暗部として写るのは、カーボン繊維に光を照射した場合、巻き角度と直交する方向に光が反射するために、かかる方向とは異なる方向にCCDカメラが配置されている場合に反射光が受光できないことが原因である」との知見を得た。特許文献1に記載の技術では、照明の位置やCCDカメラの位置などの撮像条件について具体的に記載されていないため、上述の問題は当然起こり得る。このような問題は、上述したライナに限らず任意の基材にカーボン繊維を巻き付ける場合に共通する。このため、基材におけるカーボン繊維の巻き角度を精度良く特定可能な技術が望まれている。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態として実現することが可能である。

【0006】

(1) 本発明の一形態によれば、基材に巻かれているカーボン繊維の前記基材に対する巻き角度を測定する測定装置が提供される。この測定装置は、前記巻き角度の測定対象となる前記基材上の対象領域に光を照射する光源と；前記対象領域からの反射光の直線的な透過を抑制しつつ前記反射光からなる像を形成する拡散板と；前記拡散板により形成された前記像を撮像して撮像画像を得る撮像装置と；前記撮像画像において前記反射光からなる像の長手方向と直交する方向が前記基材における基準方向となす角度を、前記巻き角度として算出する巻き角度算出部と；を備える。

【0007】

この形態の測定装置によれば、対象領域からの反射光からなる像を拡散板によって形成した上で撮像し、得られた撮像画像において反射光からなる像の長手方向と直交する方向が基材における基準方向となす角度を巻き角度として算出するので、対象領域におけるカーボン繊維の巻き角度を精度良く特定できる。カーボン繊維は、光が照射された場合に織

維の方向（繊維の巻き付け方向）と直交する方向に反射光が大きく広がり、繊維の方向には反射光がほとんど広がらない特性を有するからである。加えて、拡散板によって像を形成しているので、例えば、複数の対象領域を対象に巻き角度を測定する場合において対象領域と撮像装置との間の距離にバラツキがあっても、形成された像の幅のバラツキは生じるもののその長手方向を正確に特定できるため、巻き角度を精度良く特定できる。また、例えば、単一の対象領域を対象に巻き角度を測定する場合において対象領域と撮像装置との間の距離が予め設定されていた距離と異なる場合であっても、形成された像の幅が予定された幅とは異なるもののその長手方向を正確に特定でき、巻き角度を精度良く特定できる。また、拡散板によって像を形成するので、対象領域に合焦するための機構、例えば撮像装置と対象領域との間の距離を変化させる機構や各種光学系を用意しなくても、像の長手方向を正確に特定できる。このため、巻き角度を容易に特定できると共に、測定装置の大型化やコストの増大を抑制できる。

10

20

30

40

50

【0008】

(2) 本発明の他の形態によれば、基材に巻かれているカーボン繊維の前記基材に対する巻き角度を測定する測定装置が提供される。この測定装置は、前記巻き角度の測定対象となる前記基材上の対象領域を所定距離だけ離れて囲む複数の位置から、前記対象領域に光を順次照射する光源部と；前記対象領域からの反射光を受けて前記反射光の光量を測定する受光部と；測定された前記光量が所定値以上である前記反射光に対応する前記光源部からの照射光の照射方向と前記対象領域上において直交する方向が前記基材における基準方向となす角度を、前記巻き角度として算出する巻き角度算出部と；を備える。

【0009】

この形態の測定装置によれば、対象領域を所定距離だけ離れて囲む複数の位置から対象領域に光を順次照射するので、いずれかの位置から光を照射した際に、その反射光が受光部に向かい、受光部において受光される可能性を高めることができ、巻き角度を特定することができる。加えて、光量が所定値以上である反射光に対応する照射光の照射方向と対象領域上において直交する方向が基材における基準方向となす角度を、巻き角度として算出するので、対象領域におけるカーボン繊維の巻き角度を精度良く特定できる。カーボン繊維は、光が照射された場合に繊維の方向（繊維の巻き付け方向）と直交する方向に反射光が大きく広がり、繊維の方向には反射光がほとんど広がらない特性を有するからである。また、対象領域を所定距離だけ離れて囲む複数の位置から対象領域に光を順次照射するので、光量が所定値以上である反射光に対応する照射光の照射方向を精度良く特定できる。

【0010】

(3) 上記形態の測定装置において、前記光源部は、前記複数の位置にそれぞれ配置された複数の光源と；前記複数の光源から前記対象領域に光を順次照射させる照明制御部と；を有してもよい。この形態の測定装置によれば、複数の位置にそれぞれ配置された複数の光源から対象領域に光を順次照射するので、対象領域に対する光の照射角度を容易に変更できる。加えて、対象領域に対する光の照射角度を変更させるために機械的な機構を必要としないため、測定装置の小型化や低廉化を図ることができる。

【0011】

(4) 上記形態の測定装置において、前記光源部は、前記対象領域を前記所定距離だけ離れて囲む任意の位置から前記対象領域に光を照射可能な光源と；前記光源と前記対象領域との間において前記光源に沿って回転可能に配置され、スリットが形成された円筒状の遮光部と；前記スリットの位置が前記複数の位置に対応する位置となるように、前記遮光部の回転を制御する回転制御部と；を有してもよい。この形態の測定装置によれば、スリットの位置が複数の位置に対応する位置となるように遮光部の回転が制御されるので、対象領域に対する光の照射角度を容易に変更できる。加えて、遮光部が回転することにより照射角度が変更するので、照射角度を連続的に変更できる。このため、光量が所定値以上である反射光に対応する照射光の照射方向をより精度良く特定できる。

【0012】

(5) 本発明の他の形態によれば、基材に巻かれているカーボン繊維の前記基材に対する巻き角度を測定する測定装置が提供される。この測定装置は、前記巻き角度の測定対象となる前記基材上の対象領域に光を照射する光源と；前記対象領域を所定距離だけ離れて囲む複数の位置において、前記対象領域からの反射光を受けて前記反射光の光量を測定する受光部と；測定された前記光量が所定値以上である前記反射光の方向と前記対象領域上において直交する方向が前記基材における基準方向となす角度を、前記巻き角度として算出する巻き角度算出部と；を備える。

【0013】

この形態の測定装置によれば、対象領域を所定距離だけ離れて囲む複数の位置において、対象領域からの反射光を受けて反射光の光量を測定する受光部するので、いずれかの位置において反射光を受けて光量を測定する可能性を高めることができ、巻き角度を特定することができる。加えて、対象領域からの反射光の光量が所定値以上である反射光の方向と対象領域上において直交する方向が基材における基準方向となす角度を、巻き角度として算出するので、対象領域におけるカーボン繊維の巻き角度を精度良く特定できる。カーボン繊維は、光が照射された場合に繊維の方向（繊維の巻き付け方向）と直交する方向に反射光が大きく広がり、繊維の方向には反射光がほとんど広がらない特性を有するからである。加えて、対象領域を所定距離だけ離れて囲む複数の位置において、対象領域からの反射光を受けて反射光の光量を測定するので、光量が所定値以上である反射光の方向を精度良く特定できる。

【0014】

(6) 上記形態の測定装置において、前記受光部は、前記複数の位置にそれぞれ配置された複数の光電素子と；前記複数の光電素子が出力する電流の大きさから前記光量を特定する受光量計測部と；を備えてもよい。この形態の測定装置によれば、複数の位置にそれぞれ配置された複数の光電素子と、複数の光電素子が出力する電流の大きさから反射光の光量を特定する受光量計測部とを備えるので、反射光の光量を精度良く測定できる。

【0015】

(7) 上記形態の測定装置において、さらに、前記基材と前記測定装置とのうちの少なくとも一方を移動させることにより、前記測定装置を前記基材に対して相対移動させて、前記対象領域を切り替える走査部と；前記相対移動の方向に沿って並び、算出された前記巻き角度が互いに一致する複数の前記対象領域の両端間の距離と、前記巻き角度と、を用いて、単一の巻き角度で前記カーボン繊維が巻かれた領域の幅を算出する幅算出部と；を備えてもよい。この形態の測定装置によれば、単一の巻き角度でカーボン繊維が巻かれた領域の幅を特定できる。加えて、測定装置の基材に対する相対移動の方向に沿って並び、巻き角度が互いに一致する複数の対象領域の両端間の距離と、巻き角度とを用いて、単一の巻き角度でカーボン繊維が巻かれた領域の幅を算出するので、かかる幅を精度良く特定できる。また、かかる幅を測定するために巻き角度の測定とは別に、改めてカーボン繊維に光を照射することや、その照射方向または反射方向を特定することを省略できるので、巻き角度の測定時間と、単一の巻き角度でカーボン繊維が巻かれた領域の幅の特定時間との合計時間を短縮化できる。

【0016】

(8) 上記形態の測定装置において、前記基材は、タンク用のライナであってもよい。この形態の測定装置によれば、タンク用ライナに巻かれたカーボン繊維の巻き角度を精度良く特定できる。したがって、特定された巻き角度を利用してカーボン繊維の巻き付けの品質を判断したり、完成されたタンクの強度を推定したりすることができる。

【0017】

本発明は、種々の形態で実現することも可能である。例えば、巻き角度の測定方法や、タンクの製造方法や、巻き角度を測定するためのコンピュータプログラム、かかるコンピュータプログラムを記憶する記録媒体等の形態で実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

10

20

30

40

50

- 【図 1】本発明の一実施形態としての測定装置の概略構成を示す説明図である。
- 【図 2】反射光撮像部の概略構成を示す第 1 の説明図である。
- 【図 3】反射光撮像部の概略構成を示す第 2 の説明図である。
- 【図 4】第 1 実施形態における繊維巻き付け処理の手順を示すフローチャートである。
- 【図 5】巻き角度算出処理の詳細手順を示すフローチャートである。
- 【図 6】ライナにおけるカーボン繊維の巻き付け状況の一例を示す平面図である。
- 【図 7】反射光撮像部により得られる撮像画像の一例を示す説明図である。
- 【図 8】ライナにおけるカーボン繊維の巻き付け状況と、各所定測定位置において得られる撮像画像とを示す説明図である。
- 【図 9】各所定測定位置について算出された巻き角度を示す説明図である。 10
- 【図 10】繊維帯部の幅を算出する方法を模式的に示す説明図である。
- 【図 11】第 2 実施形態の測定装置の概略構成を示す説明図である。
- 【図 12】鉛直上方から見たときの各レーザ光源の配置位置を示す説明図である。
- 【図 13】第 2 実施形態における繊維巻き付け処理の手順を示すフローチャートである。
- 【図 14】照射位置と輝度値との対応関係の一例を示す説明図である。
- 【図 15】第 3 実施形態の測定装置の概略構成を示す説明図である。
- 【図 16】第 3 実施形態の光源部の詳細構成を示す斜視図である。
- 【図 17】第 3 実施形態における繊維巻き付け処理の手順を示すフローチャートである。
- 【図 18】回転角と輝度値との対応関係の一例を示す説明図である。
- 【図 19】第 4 実施形態の測定装置の概略構成を示す説明図である。 20
- 【図 20】鉛直上方から見たときの各光電素子の配置位置を示す説明図である。
- 【図 21】第 4 実施形態における繊維巻き付け処理の手順を示すフローチャートである。
- 【図 22】光電素子の位置と輝度値との対応関係の一例を示す説明図である。
- 【図 23】変形例における繊維巻き付け処理の手順を示すフローチャートである。
- 【発明を実施するための形態】

【0019】

A. 第 1 実施形態：

A1. 装置構成：

図 1 は、本発明の一実施形態としての測定装置の概略構成を示す説明図である。図 1 では、測定装置 10 に加えて、製造途中のタンク 300 と、タンク 300 の基材のライナ 301 に巻かれるカーボン繊維 W と、カーボン繊維 W を供給するポビン 390 とが表されている。なお、図 1 では、ライナ 301 の姿勢を特定するために、互いに直交する X, Y, Z 軸も表されている。Z 軸は鉛直方向と平行であり、X 軸および Y 軸は水平方向と平行である。測定装置 10 は、ライナ 301 に巻かれているカーボン繊維 W の巻き角度を測定する。 30

【0020】

本実施形態において、タンク 300 は、高圧水素ガスなどの高圧流体を貯蔵するためのタンクであり、ライナ 301 と、ライナ 301 の長手方向の両端部に設けられた 2 つの口金部 310 とを備える。ライナ 301 は、タンク 300 の内殻を構成する。本実施形態において、ライナ 301 は、低密度ポリエチレン (LPDE; Low Density Polyethylene) で形成されている。なお、低密度ポリエチレンに代えて、高密度ポリエチレン (HDPE; High Density Polyethylene) およびリニアポリエチレン (LLDPE; Linear Low density Polyethylene) などの他の樹脂材料、または、金属材料により形成されてもよい。ライナ 301 は、円筒部 302 と、円筒部 302 の両端に連なる 2 つのドーム部 303 とを備える。円筒部 302 は円筒状の外観形状を有する。円筒部 302 の軸線は、ライナ 301 の軸線 C X およびタンク 300 の軸線と一致する。図 1 では、軸線 C X は X 軸と平行である。2 つのドーム部 303 は、それぞれドーム状の外観形状を有し、それぞれの頂部に口金部 310 が配置されている。口金部 310 は、配管や弁を取り付けるために用いられる。完成後のタンク 300 において、ライナ 301 の外表面には、カーボン繊維 W からなる補強層が形成されている。補強層は、ポビン 390 から供給されるカーボン繊維 W 40 50

が、後述する巻き付け処理によってライナ301の外表面に巻かれ、巻かれたカーボン繊維Wが加熱処理されて形成される。

【0021】

カーボン繊維Wは、直径が数 μm （マイクロメートル）程度のカーボン製の単繊維を多数、例えば2万本束ねて構成されている。カーボン繊維Wにおける各単繊維の方向は互いに略平行である。したがって、カーボン繊維Wの方向（巻き付け方向）は、各単繊維の方向と略一致する。各単繊維には、熱硬化性樹脂が含浸されている。本実施形態では、熱硬化性樹脂として、エポキシ樹脂が用いられている。また、本実施形態では、単繊維として、ポリアクリロニトリル（PAN）系カーボン繊維を用いる。なお、ポリアクリロニトリル（PAN）系カーボン繊維に代えて、レーヨン系カーボン繊維やピッチ系カーボン繊維など、他の任意の種類カーボン繊維を用いてもよい。また、各単繊維には、熱硬化性樹脂に代えて紫外線硬化性樹脂が含浸されていてもよい。上述のようにカーボン繊維Wを構成する各単繊維に熱硬化性樹脂が含浸されているため、カーボン繊維Wの表面は光沢があり、光が照射された場合に反射が生じる。

10

【0022】

本実施形態では、ライナ301へのカーボン繊維Wの巻き方として、ヘリカル巻きとフープ巻きとが用いられる。ヘリカル巻きでは、ライナ301の全体に亘ってヘリカル状にカーボン繊維Wが巻かれる。フープ巻きでは、ライナ301のうち、円筒部302にカーボン繊維Wが巻かれる。ヘリカル巻きおよびフープ巻により、ライナ301上に複数のカーボン繊維Wの層が形成される。

20

【0023】

測定装置10は、ライナ301に巻かれているカーボン繊維Wの巻き角度を測定する。後述するように、本実施形態では、測定装置10は、ヘリカル巻きによりカーボン繊維Wの層が一層分形成されるたびにカーボン繊維Wの巻き角度を測定する。本実施形態において、巻き角度とは、ライナ301の軸線CXに対するカーボン繊維Wの角度を意味する。より具体的には、軸線CXを含む仮想平面であって巻き角度の測定対象となる対象領域と略平行な仮想平面にカーボン繊維Wを投影した場合の射影と、軸線CXとの間の角度を意味する。測定装置10は、走査部280と、反射光撮像部200と、制御装置100とを備える。

【0024】

図2は、反射光撮像部200の概略構成を示す第1の説明図である。図3は、反射光撮像部200の概略構成を示す第2の説明図である。図2と図3とは、互いに異なる方向から見た反射光撮像部200の構成を表している。図2および図3には、それぞれの図中におけるカーボン繊維Wの方向（巻き付け方向）の対応が理解し易いように、互いに直交するa, b, c軸が表されている。なお、a, b, c軸は、図1のX, Y, Z軸とは異なる。反射光撮像部200は、レーザ光Lsを射出し、その反射光Rsを受光して反射光Rsからなる像を撮像して撮像画像を得る。なお、図2および図3では、反射光撮像部200と共に、ライナ301に巻かれたカーボン繊維Wを模式的に示している。図2および図3では、カーボン繊維Wの方向（巻き付け方向）は、b軸方向と平行である。

30

【0025】

反射光撮像部200は、レーザ光源210と、拡散板220と、集光レンズ群230と、撮像装置240とを備える。レーザ光源210は、本実施形態では、半導体レーザ素子により構成されており、所定波長のレーザ光を射出する。かかるレーザ光としては、例えば、波長が635nm（ナノメートル）の赤色レーザ光や、532nmの緑色レーザ光などが用いられる。また、レーザ光源210は、多数の半導体レーザ素子からなるアレイにより構成されており、本実施形態では、射出されるレーザ光の直径は、カーボン繊維Wの直径のおよそ1/10程度に設定されている。なお、レーザ光の直径は、カーボン繊維Wのおよそ1/10に限定されず、後述する繊維帯部の幅よりも小さい任意の大きさに設定されてもよい。

40

【0026】

50

レーザー光 L_s がカーボン繊維 W に照射されると、その反射光 R_s は、図 2 に示すように、カーボン繊維 W をカーボン繊維 W の巻き付け方向 (b 軸方向) に見た場合に、レーザー光 L_s の照射位置を中心として広い範囲に広がっている。これは、カーボン繊維 W の径方向の断面の輪郭形状、およびカーボン繊維 W を構成する各単繊維の径方向の端面の輪郭形状がいずれも略円形であるため、レーザー光 L_s の照射位置の若干の相違により反射方向が大きく変化するためである。

【0027】

他方、図 3 に示すように、カーボン繊維 W をカーボン繊維 W の巻き付け方向と直交する方向 (a 軸方向) に見た場合に、換言すると、カーボン繊維 W の長手方向と直交する方向から見た場合に、反射光 R_s は、図 2 に示す方向から見た場合に比べて、レーザー光 L_s の照射位置を中心として非常に狭い範囲に収まっている。これは、カーボン繊維 W の巻き付け方向と直交する方向に見た場合に、カーボン繊維 W (各単繊維) においてレーザー光 L_s が照射される部分は、略直線状であるため、レーザー光 L_s の照射位置の若干の相違による反射方向の相違が小さいことによる。このようなカーボン繊維 W (単繊維) における反射光 R_s の広がり特性により、レーザー光 L_s の照射方向に見た場合に、反射光 R_s は、カーボン繊維 W の巻き付け方向と直交する方向に延びる直線状の光として検出されることとなる。

【0028】

図 2 および図 3 に示すように、拡散板 220 は、半透明の略円盤状の外観形状を有する。拡散板 220 の中心部には、レーザー光源 210 が配置されている。拡散板 220 には、カーボン繊維 W からの反射光 R_s が入射する。拡散板 220 は、入射された反射光 R_s の直線的な透過を抑制させつつ反射光 R_s からなる像を形成する。かかる画像は、帯状の明るい像として形成される。

【0029】

集光レンズ群 230 は、拡散板 220 により形成された像を表す光を、撮像装置 240 における所定領域に集める。撮像装置 240 は、撮像素子からなる二次元イメージセンサを有する。このようなイメージセンサとしては、CCD イメージセンサや、CMOS イメージセンサを用いてもよい。撮像装置 240 は、かかるイメージセンサにより、拡散板 220 により形成された像を撮像して撮像画像を得る。反射光撮像部 200 を構成する上述したレーザー光源 210、拡散板 220、集光レンズ群 230、および撮像装置 240 は、互いに共通する光軸 C_1 を有するように配置されている。図 1 に示すように、反射光撮像部 200 は制御装置 100 と電氣的に接続されており、反射光撮像部 200 によって得られた撮像画像データは、制御装置 100 へと送信される。

【0030】

図 1 に示すように、走査部 280 は、ベース部 282 と、走査駆動部 284 と、レール 286 とを備える。走査部 280 は、上述の反射光撮像部 200 を、軸線 C_X と平行な方向に走査する。ベース部 282 は、板状の外観形状を有し、上面に上述の反射光撮像部 200 が固定され、下面には図示しない車輪が取り付けられ、レール 286 に沿って移動可能に構成されている。反射光撮像部 200 は、ベース部 282 の上面において、反射光撮像部 200 の光軸が軸線 C_X と直交するように固定されている。走査駆動部 284 は、図示しない駆動モータを備え、ベース部 282 の車輪を駆動させる。走査駆動部 284 は、制御装置 100 と電氣的に接続されており、制御装置 100 からの指示に応じてベース部 282 の車輪を駆動させることにより、反射光撮像部 200 をレール 286 に沿って移動させる。

【0031】

制御装置 100 は、測定装置 10 全体を制御する。本実施形態では、制御装置 100 は、コンピューターにより構成されている。制御装置 100 の CPU は、メモリに予め格納されている制御プログラムを実行することにより、算出制御部 110、走査制御部 101、照明制御部 102、巻き角度算出部 103、および幅算出部 104 として機能する。算出制御部 110 は、走査制御部 101、照明制御部 102、巻き角度算出部 103、およ

10

20

30

40

50

び幅算出部 104 をそれぞれ制御して、巻き角度を算出すると共に、図示しない繊維巻き付け装置と連携して、後述する繊維巻き付け処理を実行する。

【0032】

走査制御部 101 は、走査部 280 の走査を制御する。また、走査制御部 101 は、走査駆動部 284 が有する図示しない位置センサからの信号に基づき、レーザ光 Ls の照射位置を特定する。照明制御部 102 は、レーザ光源 210 からのレーザ光 Ls の照射を制御する。巻き角度算出部 103 は、反射光撮像部 200 (撮像装置 240) から受信する撮像画像を利用して、巻き角度を算出する。幅算出部 104 は、後述する繊維巻き付け処理において、巻き角度が略同一のカーボン繊維 W の集合であって互いに隣り合うカーボン繊維 W の帯状のグループ (以下、「繊維帯部」と呼ぶ) の幅を算出する。上述の「幅」とは、カーボン繊維 W の巻き付け方向と垂直な方向の長さを意味する。

10

【0033】

測定装置 10 は、後述する繊維巻き付け処理において、ライナ 301 へのカーボン繊維 W の巻き付けの途中で巻き角度を測定する。より具体的には、ヘリカル巻きによりカーボン繊維 W からなる層が 1 つ形成されるたびに、かかる層の所定測定位置における巻き角度を測定する。本実施形態では、軸線 CX に沿ってライナ 301 上に複数の所定測定位置が予め設定されている。なお、以降では、所定測定位置を含み、巻き角度の測定対象となるライナ 301 上の領域を、「対象領域」と呼ぶ。

【0034】

上述のライナ 301 は、請求項における基材の下位概念に相当する。また、レーザ光源 210 は、請求項における光源に相当する。

20

【0035】

A2. 繊維巻き付け処理:

図 4 は、第 1 実施形態における繊維巻き付け処理の手順を示すフローチャートである。ユーザが、図示しない繊維巻き付け装置にライナ 301 をセットしてかかる装置の操作パネルを操作してカーボン繊維 W の巻き付けの開始を指示すると共に、制御装置 100 において、操作メニューから巻き角度を測定するためのメニューを選択して実行させると、図示しない繊維巻き付け装置および制御装置 100 により、繊維巻き付け処理が開始される。

【0036】

図示しない繊維巻き付け装置は、ポピン 390 から繰り出されるカーボン繊維 W を用いて、ライナ 301 の表面に一層分だけヘリカル巻きを実行する (ステップ S105)。制御装置 100 は、レーザ光をライナ 301 の表面に巻かれたカーボン繊維 W に照射しながら反射光撮像部 200 を走査させて、各所定測定位置において撮像を行なう (ステップ S110)。このとき、走査制御部 101 は、走査駆動部 284 を制御して、反射光撮像部 200 および走査部 280 をレール 286 に沿って走査させる。ヘリカル巻きで形成されるカーボン繊維 W の各層は、それぞれ複数の繊維帯部で形成されており、各繊維帯部に少なくとも 1 つの所定測定位置が設定されている。本実施形態では、各所定測定位置は、軸線 CX に沿って略所定間隔ごとに並ぶように設定されている。また、各所定測定位置にレーザ光が照射されるように、反射光撮像部 200 および走査部 280 の高さ方向 (Z 軸方向) の配置位置が予め設定されている。このステップ S110 により、各所定測定位置において対象領域を含む撮像画像が得られる。

30

40

【0037】

巻き角度算出部 103 は、巻き角度算出処理を実行する (ステップ S115)。

【0038】

図 5 は、巻き角度算出処理の詳細手順を示すフローチャートである。巻き角度算出部 103 は、各撮像画像における反射光からなる像の長手方向を特定する (ステップ S205)。巻き角度算出部 103 は、各撮像装置について、特定された長手方向に直交する方向が軸線 CX となす角度を、巻き角度として特定する (ステップ S210)。

【0039】

50

図6は、ライナ301におけるカーボン繊維Wの巻き付け状況の一例を示す平面図である。図6では、ライナ301のうちの一部の領域Ar1におけるカーボン繊維Wの巻き付け状況を、模式的に示している。領域Ar1では、カーボン繊維Wは、巻き付け角度が角度Aでライナ301に巻き付けられている。なお、図6では、図1と同じX、Y、Z軸が表されている。この領域Ar1には、中心に所定測定位置P1が含まれている。本実施形態において、巻き角度は、軸線CXを含む仮想平面であって対象領域と略平行な仮想平面にカーボン繊維Wを投影した場合の射影と、軸線CXとの間の角度とのうち、所定測定位置に対して図面右側(+X側)の射影と軸線CXとの間の角度であって、鋭角な角度を意味する。また、かかる鋭角な角度が形成された交差部が軸線CXに対して図面上方(+Z方向)に位置する場合にプラスの角度とし、図面下方(-Z方向)に位置する場合にマイナスの角度とする。図6の例では、巻き角度は、プラスの角度である。

10

【0040】

図7は、反射光撮像部200により得られる撮像画像の一例を示す説明図である。図7では、図6に示す領域Ar1の撮像画像F1を表している。なお、図7には、軸線CXと共に、図1および図6と同じX、Y、Z軸が表されている。

【0041】

図7に示すように、撮像画像F1には、帯状の形状を有する像f1が映っている。この像f1は、所定測定位置P1を含む対象領域からの反射光により形成されている。かかる反射光は巻き角度と直交する方向に広がり、拡散板220により拡幅されるため、図7に示すように帯状の像f1として現れる。したがって、上述のステップS205では、像f1の長手方向、すなわち、軸線CXと角度をなす方向が特定される。なお、角度は、「(巻き角度) - 90°」に等しい。ステップS210では、像f1の長手方向と直交する方向が軸線CXとなす角度(すなわち、角度)が、巻き角度として特定される。図示しない他の所定測定位置においても、図7と同様な画像が得られて巻き角度が算出される。算出された巻き角度は、所定測定位置に対応付けて制御装置100の有するメモリに記憶される。

20

【0042】

図4に示すように、幅算出部104は、所定測定位置ごとの巻き角度に基づき、各繊維帯部の幅を算出する(ステップS120)。

【0043】

図8は、ライナ301におけるカーボン繊維Wの巻き付け状況と、各所定測定位置(対象領域)において得られる撮像画像とを示す説明図である。図8では、ライナ301のうちの一部の領域Ar2におけるカーボン繊維Wの巻き付け状況を、模式的に示している。加えて、図8では、反射光撮像部200が走査されて各所定測定位置で得られた撮像画像F1~F7が表されている。領域Ar2には、合計7つの所定測定位置(位置P1~P7)が設定されている。なお、所定測定位置P1は、図6に示す所定測定位置P1と同じである。所定測定位置P1では、撮像画像F1が得られている。また、所定測定位置P2では撮像画像F2が、所定測定位置P3では撮像画像F3が、所定測定位置P4では撮像画像F4が、所定測定位置P5では撮像画像F5が、所定測定位置P6では撮像画像F6が、所定測定位置P7では撮像画像F7が、それぞれ得られている。

30

【0044】

撮像画像F2、F4、F6では、それぞれ互いに交差する2つの帯状の像が映っている。これは、所定測定位置P2、P4、P6が、ちょうど隣接する繊維帯部同士の境界に位置するために、各繊維帯部の端部の単繊維からの反射光からなる合計2つの画像が映るからである。なお、このように2つの帯状の画像が映った場合には、上述の巻き角度算出処理(ステップS115)では、2つの像から得られる巻き角度、すなわち、隣接する2つの繊維帯部の巻き角度がいずれも算出される。

40

【0045】

図9は、各所定測定位置について算出された巻き角度を示す説明図である。図9において、横軸は所定測定位置を示し、縦軸は算出された巻き角度を示す。図9に示すよう

50

に、所定測定位置 P 1 , P 5 では、巻き角度 は角度 A である。また、所定測定位置 P 3 , P 7 では、巻き角度 は角度 B である。なお、角度 A はプラスの値であり、角度 B はマイナスの値である。所定測定位置 P 2 , P 4 , P 6 における巻き角度は、角度 A および角度 B である。角度 A は、例えば + 3 0 ° であり、角度 B は、例えば - 3 0 度である。

【 0 0 4 6 】

図 1 0 は、繊維帯部の幅を算出する方法を模式的に示す説明図である。図 1 0 では、3 つの所定測定位置 P 4 ~ P 6 を含むカーボン繊維 W の巻き付け領域 (繊維帯部) を拡大して示している。

【 0 0 4 7 】

ステップ S 1 2 0 では、幅算出部 1 0 4 は、まず、同じ巻き角度が算出されており連続して並ぶ複数の所定測定位置 (以下、「所定測定位置群」と呼ぶ) を特定する。例えば、図 9 に示すように、連続して並んだ 3 つの所定測定位置 P 4 ~ P 6 では、いずれも巻き角度が角度 A として算出されているので、かかる 3 つの所定測定位置 P 4 ~ P 6 が所定測定位置群として特定される。次に、特定された所定測定位置群の軸線 C X と平行な方向の長さが特定される。各所定測定位置は予め定められているので、特定された所定測定位置群の両端の所定測定位置の間の距離が、上述の所定測定位置群の軸線 C X と平行な方向に沿った長さとして特定される。例えば、図 1 0 に示すように、所定測定位置 P 4 と所定測定位置 P 6 との間の距離が、所定測定位置 P 4 ~ P 6 からなる所定測定位置群の軸線 C X と平行な方向の長さ L g として特定される。そして、かかる所定測定位置群の幅 W d は、以下の式 (1) により算出される。

$$W d = L g \times \sin \quad \cdot \cdot \cdot (1)$$

【 0 0 4 8 】

同様にして、2 つの所定測定位置 P 1 , P 2 、3 つの所定測定位置 P 2 ~ P 4 、2 つの所定測定位置 P 6 , P 7 をそれぞれ含む所定測定位置群の幅、すなわち、繊維帯部の幅が、それぞれ算出される。

【 0 0 4 9 】

図 4 に示すように、各繊維帯部の幅が算出されると、図示しない繊維巻き付け装置は、ヘリカル巻きにより形成すべき層数として予め設定されている所定層数分のヘリカル巻きが完了したか否かを判定し (ステップ S 1 2 5) 、完了していないと判定されると (ステップ S 1 2 5 : N O) 、上述のステップ S 1 0 5 に戻る。したがって、ヘリカル巻きにより形成される各層について、各繊維帯部の巻き角度および幅が測定され、制御装置 1 0 0 の図示しないメモリに記憶されることとなる。

【 0 0 5 0 】

これに対して、所定層数分のヘリカル巻きが完了したと判定された場合 (ステップ S 1 2 5 : Y E S) 、図示しない繊維巻き付け装置は、所定層数分のフープ巻きを実行する (ステップ S 1 3 0) 。フープ巻きの完了後、カーボン繊維 W が巻き付けられたライナ 3 0 1 全体が加熱される (ステップ S 1 3 5) 。かかる加熱工程により、ライナ 3 0 1 に巻き付けられたカーボン繊維 W に含まれる熱硬化性樹脂が硬化して、ライナ 3 0 1 の表面にカーボン繊維からなる強化繊維層が形成され、タンクが完成する。なお、紫外線硬化性樹脂がカーボン繊維 W (単繊維) に含浸されている構成においては、ステップ S 1 3 5 において紫外線を照射させて樹脂を硬化させてもよい。上述の繊維巻き付け処理において算出された巻き角度は、例えば、完成後のタンク 3 0 0 の品質の良否判定に用いられてもよい。

【 0 0 5 1 】

以上説明した第 1 実施形態の測定装置 1 0 によれば、対象領域からの反射光 R s からなる像を撮像し、得られた撮像画像における反射光 R s からなる像の長手方向と直交する方向がライナ 3 0 1 の軸線 C X となす角度を巻き角度として算出するので、対象領域におけるカーボン繊維 W の巻き角度を精度良く特定できる。カーボン繊維 W (単繊維) は、光を照射した場合に繊維の方向 (巻き付け方向) と直交する方向に反射光 R s が大きく広がり、繊維の方向には反射光 R s があまり広がらない特性を有するからである。

【 0 0 5 2 】

10

20

30

40

50

加えて、拡散板 220 によって像を形成しているので、例えば、カーボン繊維 W を巻き付けて積層していくこと等に起因して、対象領域と撮像装置 240 との間の距離にバラツキがあっても、形成された像の幅のバラツキは生じるもののその長手方向を正確に特定できる。このため、巻き角度を精度良く特定できる。なお、本実施形態において、拡散板 220 を省略してもよい。この構成では、対象領域に合焦するための機構、例えば撮像装置と対象領域との間の距離を変化させる機構や各種光学系を用意することで、対象領域と撮像装置 240 との間の距離にバラツキがあっても巻き角度を精度良く特定できる。但し、本実施形態のように拡散板 220 を用いることで、対象領域に合焦するための機構を省略でき、巻き角度を容易に特定できると共に、測定装置の大型化やコストの増大を抑制できるという利点や、レーザ特有の干渉縞が生じないために巻き角度を用意に特定できるという利点がある。

10

【0053】

B. 第2実施形態：

B1. 装置構成：

図11は、第2実施形態の測定装置の概略構成を示す説明図である。図11では、図1と同様に、第2実施形態の測定装置400に加えて、製造途中のタンク300が描かれている。測定装置400では、所定測定位置に対して、互いに異なる所定角度で順次レーザ光を照射して、その反射光の輝度の大きさを所定測定位置に対して固定された位置の光電素子により測定し、測定された輝度の大きさを利用して巻き角度を算出する。

20

【0054】

図11に示すように、測定装置400は、光源部402と、受光部404と、アンプ装置430と、複数の照明制御部450と、制御装置100aとを備えている。光源部402は、筐体406と、筐体406内に収容されて所定間隔ごとに環状に並んで配置された複数のレーザ光源420とを備え、タンク300に対して鉛直上方に配置されている。筐体406は、円筒形の外観形状を有する。筐体406において、中央の軸孔に面する内壁は光透過性を有する。各レーザ光源420は、筐体406の軸孔を通過してタンク300(ライナ301)の表面上の同一位置にレーザ光を照射するように、予め姿勢が調整されている。

【0055】

図12は、鉛直上方から見たときの各レーザ光源420の配置位置を示す説明図である。図12では、光源部402の鉛直下方に配置されているタンク300の一部を、各レーザ光源420と共に表している。なお、図12では、筐体406は省略されている。

30

【0056】

図12に示すように、本実施形態では、光源部402は、合計20個のレーザ光源420を備えている。各レーザ光源420は、タンク300の鉛直上方位置において水平面と水平な仮想的な円CL1に沿って、互いに所定間隔だけ離れて配置されている。換言すると、各レーザ光源420は、仮想的な円CL1上において、互いに18°だけずれて配置されている。以降では、各レーザ光源420が配置されている位置を照射位置L0~L19と呼ぶ。照射位置L0は、かかる位置L0とレーザ光の照射位置とを結ぶ仮想線を、軸線CXを含む仮想平面上へ投影した場合の射影と、軸線CXとの間の角度(以下、「照射角度」と呼ぶ)が+90°の角度で交わるような位置に設定されている。また、かかる照射位置L0から右回りに18°ずつずれて他の照射位置L1、L2、・・・がそれぞれ設定されている。

40

【0057】

図11に示すように、受光部404は、環状に並んだ各レーザ光源420の略中心位置に配置されている。より具体的には、図12に破線で示す仮想的な円CL1の中心点に相当する位置に配置されている。本実施形態において受光部404は、光電素子を含み、光を受けると光電変換を行ない、受光した光の強さに応じた電気信号を出力する。アンプ装置430は、受光部404および制御装置100aと電氣的に接続されており、受光部404から出力された電気信号を増幅して制御装置100aに送信する。各レーザ光源42

50

0には、それぞれ照明制御部450が電氣的に接続されている。各照明制御部450は、接続されているレーザ光源420によるレーザ光の照射を制御する。照明制御部450は、制御装置100aと電氣的に接続されており、制御装置100aからの指示に従ってレーザ光源420を制御する。

【0058】

制御装置100aは、図示しないCPUが受光量計測部105として追加して機能する点において、第1実施形態の制御装置100と異なる。制御装置100aにおけるその他の構成は、第1実施形態の制御装置100と同じであるので、同一の構成要素には同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。受光量計測部105は、算出制御部110の指示に従って、アンプ装置430から受信する電気信号に基づき輝度値を計測する。

10

【0059】

なお、図示は省略されているが、光源部402および受光部404は、いずれも図示しない走査部により、軸線CXと平行に移動可能に配置されている。

【0060】

B2．繊維巻き付け処理：

図13は、第2実施形態における繊維巻き付け処理の手順を示すフローチャートである。第2実施形態における繊維巻き付け処理は、ステップS110に代えてステップS110aを実行する点と、ステップS115に代えてステップS115aを実行する点において、図4に示す第1実施形態における繊維巻き付け処理と異なる。第2実施形態における繊維巻き付け処理のその他の手順は、第1実施形態における繊維巻き付け処理と同じであるので、同一の手順には同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

20

【0061】

ステップS105の完了後、図示しない走査部により光源部402および受光部404が軸線CXと平行に走査され、各所定測定位置において、照明制御部102は、各照明制御部450を制御して、各レーザ光源420を所定の順序で順次点灯させ、受光量計測部105は、アンプ装置430からの電気信号を用いて輝度値を測定し、巻き角度算出部103は、照明制御部102から取得する「いずれの照射位置でレーザ光を照射したか」という情報と、受光量計測部105により測定された輝度値とを対応付けて記録する（ステップS110a）。

【0062】

図14は、照射位置と輝度値との対応関係の一例を示す説明図である。図14において、横軸は照射位置を示し、縦軸は輝度を示す。なお、横軸では、照射位置L0から順にL1, L2, …と並んでいるため、横軸は照射する時刻と捉えることもできる。図14では、各所定測定位置のうち、図12に示すように所定測定位置P3においてステップS110aが実行された場合の例を示している。

30

【0063】

図14に示すように、照射位置L0～L2, L4～L12, L14～L19に対応する輝度値は比較的低い。これに対して、照射位置L3および照射位置L13に対応する輝度値は、比較的高い。これら2つの照射位置L3, L13は、互いに180°だけずれた位置に相当する。これら2つの照射位置L3, L13に対応する輝度値が、他の照射位置に対応する輝度値よりも高いのは、照射位置L3, L13から照射されたレーザ光は、軸線CXを含む仮想面に投影した場合に、その射影がカーボン繊維Wの長手方向と直交するため、上述した図2の場合と同様に、その反射光が広範囲に照射されて、受光部404で受光する光量が大きくなったためである。ステップS110aでは、このような各照射位置と測定された輝度値との対応が、各所定測定位置ごとに記録される。

40

【0064】

図13に示すように、巻き角度算出部103は、所定の閾値以上の輝度値を記録した際のレーザ光の照射角度に基づき、各所定測定位置ごとの巻き角度を求める（ステップS115a）。例えば、上述の図12および図14の例では、2つの照射位置L3, L13に対応する輝度値が、所定の閾値Lthよりも高い。ここで、図12に示すように、照射位

50

置 L 3 での照射角度 は、カーボン繊維 W の長手方向と直交する方向である。したがって、所定測定位置 P 3 での巻き角度 は、照射角度 から 90° を差し引いた値として求められる。ステップ S 1 1 5 a の完了後、上述のステップ S 1 2 0 ~ S 1 3 5 が実行される。

【 0 0 6 5 】

以上説明した第 2 実施形態の測定装置 4 0 0 によれば、第 1 実施形態の測定装置 1 0 と同様に、対象領域におけるカーボン繊維 W の巻き角度を精度良く特定できる。加えて、第 2 実施形態の測定装置 4 0 0 では、複数の照射位置 L 0 ~ L 1 9 にそれぞれ配置された複数のレーザ光源 4 2 0 から対象領域にレーザ光を順次照射するので、対象領域に対するレーザ光の照射角度を容易に変更できる。また、対象領域に対するレーザ光の照射角度を変更させるために機械的な機構を必要としないため、測定装置 4 0 0 の小型化や低廉化を図ることができる。

10

【 0 0 6 6 】

C . 第 3 実施形態 :

C 1 . 装置構成 :

図 1 5 は、第 3 実施形態の測定装置の概略構成を示す説明図である。図 1 6 は、第 3 実施形態の光源部の詳細構成を示す斜視図である。図 1 5 では、図 1 2 と同様に、第 3 実施形態の測定装置 5 0 0 に加えて、製造途中のタンク 3 0 0 が描かれている。また、図 1 6 においても、第 3 実施形態の光源部 5 0 2 に加えて、製造途中のタンク 3 0 0 が描かれている。第 3 実施形態の測定装置 5 0 0 では、対象領域に光を照射する際の照射位置を連続的に変更できる点において、第 2 実施形態の測定装置 4 0 0 と異なる。対象領域からの反射光の輝度値を測定する点、および測定された輝度値を利用して巻き角度を算出する点は、測定装置 4 0 0 と同じである。

20

【 0 0 6 7 】

図 1 5 に示すように、第 3 実施形態の測定装置 5 0 0 は、光源部 4 0 2 に代えて光源部 5 0 2 を備えている点と、複数の照明制御部 4 5 0 に代えて 1 つの点灯制御部 5 5 1 を備えている点と、回転制御部 5 5 2 を追加して備えている点とにおいて、第 2 実施形態の測定装置 4 0 0 と異なる。第 3 実施形態の測定装置 5 0 0 におけるその他の構成は、第 2 実施形態の測定装置 4 0 0 と同じであるので、同一の構成要素には同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

30

【 0 0 6 8 】

図 1 6 に示すように、測定装置 5 0 0 は、筐体 5 0 6 と、筐体 5 0 6 に収容されて所定間隔ごとに環状に並んで配置された複数の照明装置 5 2 0 と、拡散板 5 0 8 と、遮光リング 5 1 0 と、回転駆動部 5 2 5 とを備え、タンク 3 0 0 に対して鉛直上方に配置されている。

【 0 0 6 9 】

筐体 5 0 6 は円筒形の外觀形状を有し、第 2 実施形態の筐体 4 0 6 と同様に、中央の軸孔に面して光透過性を有する内壁を備えている。但し、本実施形態では、かかる内壁は、拡散板 5 0 8 により形成されている。拡散板 5 0 8 は、円筒形の外觀形状を有し、第 1 実施形態の拡散板 2 2 0 と同様に、入射する光を拡散して射出する。より具体的には、照明装置 5 2 0 から入射される光を拡散して遮光リング 5 1 0 へと射出する。

40

【 0 0 7 0 】

照明装置 5 2 0 の総数は、第 2 実施形態のレーザ光源 4 2 0 の総数と同じ 2 0 個である。また、各照明装置 5 2 0 は、第 2 実施形態のレーザ光源 4 2 0 と同様に、タンク 3 0 0 の鉛直上方位置において水平面と平行な仮想的な円に沿って、互いに所定間隔だけ離れて配置されている。ただし、本実施形態では、照明装置 5 2 0 の総数は 2 0 個に限られず、また、隣り合う照明装置 5 2 0 間の距離は、一定でなくともよい。照明装置 5 2 0 は、レーザ光源 4 2 0 とは異なり、LED ランプにより構成されている。なお、LED ランプに代えて、白熱電球、超高圧水銀ランプ、メタルハライドランプ、キセノンランプなど、任意のタイプの照明装置を用いてもよい。

50

【0071】

遮光リング510は、薄い円筒形の外觀形状を有し、軸線方向に延びるスリット512が側面に形成されている。遮光リング510は、スリット512が形成された部分を除き、照明装置520から射出され拡散板508により拡散された光を遮る。換言すると、照明装置520から射出され拡散板508により拡散された光のうち、スリット512に入射した光は、筐体506の軸孔（遮光リング510の軸孔）を通して、所定測定位置に達する。遮光リング510は、例えば、金属および黒色の樹脂材料など、遮光性を有する任意の材料により形成してもよい。スリット512の幅（円周方向に沿った長さ）は小さく、本実施形態では、全周長の360分の1（1°に相当する長さ）である。なお、全周長の360分の1に限らず、任意の大きさにしてもよい。スリット512の幅が小さいほど、輝度値の角度分解能は向上する。但し、スリット512の幅が小さいほど対象領域を照射する光量は減るので、受光部404の受光感度をより高めることが好ましい。なお、図15では、スリット512の位置を明示するために、便宜上、スリット512が遮光リング510の上端まで達しているように表されている。

10

【0072】

回転駆動部525は、図示しないモータおよびロータリーエンコーダを備え、回転制御部552からの指示に従って遮光リング510を回転駆動させると共に、遮光リング510の回転角を測定して回転制御部552に通知する。

【0073】

図15に示すように、点灯制御部551は、各照明装置520と電氣的に接続されており、各照明装置520の点灯および消灯を制御する。回転制御部552は、算出制御部110からの指示に従って回転駆動部525に対して遮光リング510の回転を制御させる。これにより、スリット512の位置が制御され、所定測定位置（対象領域）に対してどの位置から光を照射するかが制御される。また、回転制御部552は、回転駆動部525から通知される回転角を巻き角度算出部103に通知する。算出制御部110は、制御装置100aからの指示に従って回転制御部552に対して遮光リング510の回転を指示すると共に、回転制御部552から通知される回転角に基づき、所定測定位置に光を照射する際の照射角度を特定する。

20

【0074】

上述のような構成により、測定装置500では、遮光リング510を回転させることで、スリット512の位置を連続的に変化させて、所定測定位置への光の照射角度を連続的に変化させることができる。

30

【0075】

C2. 繊維巻き付け処理：

図17は、第3実施形態における繊維巻き付け処理の手順を示すフローチャートである。第3実施形態の繊維巻き付け処理は、ステップS110に代えてステップS110bを実行する点と、ステップS115に代えてステップS115bを実行する点において、図4に示す第1実施形態における繊維巻き付け処理と異なる。第3実施形態における繊維巻き付け処理のその他の手順は、第1実施形態における繊維巻き付け処理と同じであるので、同一の手順には同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

40

【0076】

ステップS105の完了後、図示しない走査部により光源部502および受光部404が軸線CXと平行に走査され、各所定測定位置において、照明制御部102は、点灯制御部551を制御してすべての照明装置520を点灯させ、算出制御部110は、回転制御部552を介して回転駆動部525を制御して、遮光リング510を所定速度で一回転させると共に、回転駆動部525から通知される回転角と、受光量計測部105において計測された輝度値とを対応付けて記録する（ステップS110b）。このとき、算出制御部110は、回転角が1°ずれるごとに、そのときの回転角と測定された輝度値とを対応付けて記録する。したがって、測定装置500では、輝度値の角度分解能は1°となる。

【0077】

50

図18は、回転角と輝度値との対応関係の一例を示す説明図である。図18において、横軸は回転角を示し、縦軸は輝度値を示す。なお、本実施形態では、図15における各照明装置520のうち、軸線CXから最も離れた位置であって図面において最上方に位置する照明装置520と対応する位置にスリット512が配置された状態から遮光リング510の回転が開始し、右回りに回転する。また、回転の開始位置における回転角が+90°であるものとする。上述のように、本実施形態での記録された輝度値の分解能は1°であるため、記録結果は、実際には、合計360個の測定値の集合であるが、図18では、図示の便宜上、連続した値として表わしている。図18に示す記録結果からは、回転角が+34°および+214°の場合に、輝度値が閾値Lthよりも高い値が記録され、その他の角度の場合には閾値Lthよりも低い値が記録されている。

10

【0078】

図17に示すように、ステップS110bの完了後、巻き角度算出部103は、閾値Lth以上の輝度値を記録した際の遮光リング510の回転角に基づき、各所定測定位置ごとの巻き角度を求める(ステップS115b)。スリット512の回転角は、すなわち、スリット512を通して照射される光の照射角と一致する。したがって、上述した第2実施形態のステップS110aと同様にして、カーボン繊維Wの巻き角度が求められる。ステップS115bの完了後、上述のステップS120~S135が実行される。

【0079】

以上説明した第3実施形態の測定装置500によれば、第1実施形態の測定装置10と同様に、対象領域におけるカーボン繊維Wの巻き角度を精度良く特定できる。加えて、第3実施形態の測定装置500では、遮光リング510を回転させることによりスリット512の位置を連続的に変更させて、光の照射角度を連続的に且つ容易に変更できる。したがって、輝度値の角度分解能を、第2実施形態に比べて向上でき、カーボン繊維Wの巻き角度をより精度良く特定できる。

20

【0080】

D. 第4実施形態:

D1. 装置構成:

図19は、第4実施形態の測定装置の概略構成を示す説明図である。図19では、図1と同様に、第4実施形態の測定装置600に加えて、製造途中のタンク300が描かれている。第4実施形態の測定装置600は、外観的な構成は、図11に示す第2実施形態の測定装置400に類似している。しかしながら、測定装置600の構成は、概略的に説明すると、第2実施形態の測定装置400における光の照射側の構成と受光側の構成とを逆にした構成といえる。

30

【0081】

測定装置600は、レーザ光源620と、レーザ光源制御部640と、受光部602と、複数のアンプ装置650と、制御装置100aとを備えている。レーザ光源620は、後述する筐体606に設けられた軸孔の鉛直上方に位置し、測定装置600の鉛直下方に配置されているタンク300に対して鉛直上方からレーザ光を照射する。レーザ光源制御部640は、制御装置100aおよびレーザ光源620に接続されており、制御装置100aからの指示に従ってレーザ光源620の点灯および消灯を制御する。受光部602は、筐体606と、筐体606内に収容されて所定間隔ごとに環状に並んで配置された複数の光電素子610とを備え、タンク300に対して鉛直上方に配置されている。筐体606は、第2実施形態の筐体406と同様な構成を有するので、その詳細な説明を省略する。

40

【0082】

図20は、鉛直上方から見たときの各光電素子610の配置位置を示す説明図である。図20では、受光部602の鉛直下方に配置されているタンク300の一部を、各光電素子610と共に表している。なお、図12では、筐体606は省略されている。

【0083】

図20に示すように、本実施形態では、受光部602は、合計20個の光電素子610

50

により構成されている。各光電素子 610 は、タンク 300 の鉛直上方位置において水平面と水平な仮想的な円 CL2 に沿って、互いに所定間隔だけ離れて配置されている。換言すると、各光電素子 610 は、仮想的な円 CL2 上において、互いに 18° だけずれて配置されている。なお、図 20 に示すように、以降では、各光電素子 610 が配置されている位置を受光位置 D0 ~ D19 と呼ぶ。受光位置 D0 は、かかる位置 D0 とレーザ光の照射位置（所定測定位置）とを結ぶ仮想線を、軸線 CX を含む仮想平面上へ投影した場合の射影と、軸線 CX との間の角度が 90° の角度で交わるような位置に設定されている。また、かかる受光位置 D0 から右回りに 18° ずつずれて他の受光位置 D1、D2、・・・がそれぞれ設定されている。

【0084】

図 19 に示すように、レーザ光源 620 は、環状に並んだ光電素子 610 の略中心位置に配置されている。より具体的には、図 20 に破線で示す仮想的な円 CL2 の中心点に相当する位置に配置されている。各光電素子 610 には、それぞれアンプ装置 650 が接続されている。各アンプ装置 650 は、それぞれ制御装置 100a に電氣的に接続されている。各アンプ装置 650 は、上述の第 2 実施形態のアンプ装置 430 と同じ機能を有する。

【0085】

なお、図示は省略されているが、レーザ光源 620 および受光部 602 は、いずれも図示しない走査部により、軸線 CX と平行に移動可能に配置されている。制御装置 100a は、上述の第 2 実施形態の制御装置 100a と同じであるので、同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

【0086】

D2 . 繊維巻き付け処理 :

図 21 は、第 4 実施形態における繊維巻き付け処理の手順を示すフローチャートである。第 4 実施形態における繊維巻き付け処理は、ステップ S110 に代えてステップ S110c を実行する点と、ステップ S115 に代えてステップ S115c を実行する点において、図 4 に示す第 1 実施形態における繊維巻き付け処理と異なる。第 4 実施形態における繊維巻き付け処理のその他の手順は、第 1 実施形態における繊維巻き付け処理と同じであるので、同一の手順には同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

【0087】

ステップ S105 の完了後、図示しない走査部によりレーザ光源 620 および受光部 602 を軸線 CX と平行に走査させ、各所定測定位置において、照明制御部 102 は、レーザ光源 620 を点灯させて対象領域を照射させると共に、受光量計測部 105 は、各光電素子 610 で受光された光の輝度を、各光電素子 610 ごとに記録する（ステップ S110c）。

【0088】

図 22 は、光電素子 610 の位置と輝度値との対応関係の一例を示す説明図である。図 22 において、横軸は光電素子 610 の位置を示し、縦軸は輝度値を示す。なお、横軸では、位置 D0 から順に D1, D2, ... と並んでいるため、横軸は受光する時刻と捉えることができる。図 22 では、各所定測定位置のうち、図 20 に示すように所定測定位置 P3 においてステップ S110c が実行された場合の例を示している。

【0089】

図 22 に示すように、D0 ~ D2, D4 ~ D12, D14 ~ D19 に対応する輝度値は比較的低い。これに対して、位置 D3 および位置 D13 に対応する輝度値は、比較的高い。これら 2 つの位置 D3, D13 は、互いに 180° だけ離れた位置に相当する。これら 2 つの位置 D3, D13 の光電素子 610 で受光される光の輝度値が、他の位置の光電素子 610 で受光される光の輝度値よりも高いのは、上述した第 2 実施形態における照射位置 L3, L13 に対応する輝度値が、他の照射位置に対応する輝度値よりも高い理由と同様である。

【0090】

10

20

30

40

50

図 2 1 に示すように、巻き角度算出部 1 0 3 は、所定の閾値よりも高い輝度値を記録した光電素子 6 1 0 の位置に基づき、各所定測定位置ごとの巻き角度を求める（ステップ S 1 1 5 c）。例えば、上述の図 2 2 の例では、2 つの位置 D 3 , D 1 3 の光電素子 6 1 0 で受光された光の輝度値が、所定の閾値 L t h よりも高い。これら 2 つの位置 D 3 , D 1 3 における輝度値が他の位置に比べて非常に高いということは、これら 2 つの位置 D 3 , D 1 3 と所定測定位置とをそれぞれ結ぶ線分の射影の方向が、カーボン繊維 W の長手方向と直交することを意味する。したがって、所定測定位置 P 3 での巻き角度は、位置 D 3 と所定測定位置 P 3 とを結ぶ線分の射影と軸線 C X との間の角度から、 90° を差し引いた値（または、位置 D 1 3 と測定位置 P 3 とを結ぶ線分の射影と軸線 C X との間の角度を、 90° から差し引いた値）として求められる。ステップ S 1 1 5 c の完了後、上述の

10

【 0 0 9 1 】

以上説明した第 4 実施形態の測定装置 6 0 0 によれば、第 1 実施形態の測定装置 1 0 と同様に、対象領域におけるカーボン繊維 W の巻き角度を精度良く特定できる。加えて、所定測定位置（対象領域）を所定距離だけ離れて囲む複数の位置 D 0 ~ D 1 9 において、対象領域からの反射光を受けてその輝度値を測定するので、対象領域からの反射光の光量が閾値以上である反射光の照射方向を精度良く特定できる。

【 0 0 9 2 】

E . 変形例 :

E 1 . 変形例 1 :

第 1 実施形態では、図 5 に示すように、まず、撮像画像における反射光からなる画像の長手方向を特定し、続いて、特定された長手方向と軸線 C X との間の角度を巻き角度として特定していたが、本発明はこれに限定されない。まず、各撮像画像における反射光からなる画像の長手方向と軸線 C X との間の角度を求め、続いて、かかる角度から 90° を差し引くことで巻き角度を特定してもよい。かかる構成においても、第 1 実施形態と同様な効果を奏する。

20

【 0 0 9 3 】

E 2 . 変形例 2 :

各実施形態では、ヘリカル巻きによるカーボン繊維 W の巻き角度を算出していたが、フープ巻きによるカーボン繊維 W の巻き角度を算出してもよい。

30

【 0 0 9 4 】

図 2 3 は、変形例における繊維巻き付け処理の手順を示すフローチャートである。変形例における繊維巻き付け処理は、ステップ S 1 3 0 に代えて、ステップ S 1 3 0 a ~ S 1 3 0 e を実行する点において、図 4 に示す第 1 実施形態における繊維巻き付け処理の手順と異なる。変形例における繊維巻き付け処理のその他の手順は、第 1 実施形態における繊維巻き付け処理と同じであるので、同一の手順には同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

【 0 0 9 5 】

上述のステップ S 1 2 5 において、所定層数分のヘリカル巻きが完了したと判定された場合（ステップ S 1 2 5 : Y E S）、図示しない繊維巻き付け装置は、ポピン 3 9 0 から繰り出されるカーボン繊維 W を用いて、ヘリカル巻きが完了したライナ 3 0 1 の表面に一層分だけフープ巻きを実行する（ステップ S 1 3 0 a）。その後、ステップ S 1 3 0 b、S 1 3 0 c、S 1 3 0 d の順序で実行される。ステップ S 1 3 0 b は、ヘリカル巻きにおけるステップ S 1 1 0 と同じである。同様に、ステップ S 1 3 0 c はヘリカル巻きにおけるステップ S 1 1 5 と、ステップ S 1 3 0 d はヘリカル巻きにおけるステップ S 1 2 0 と、それぞれ同じである。ステップ S 1 3 0 d の完了後、図示しない繊維巻き付け装置は、フープ巻きにより形成すべき層数として予め設定されている所定層数分のフープ巻きが完了したか否かを判定し（ステップ S 1 3 0 e）、完了していないと判定されると（ステップ S 1 3 0 e : N O）、上述のステップ S 1 3 0 a に戻る。したがって、フープ巻きにより形成される各層について、各繊維帯部の巻き角度および幅が測定され、制御装置 1 0 0

40

50

の図示しないメモリに記憶されることとなる。これに対して、所定層数分のフープ巻きが完了したと判定された場合（ステップ S 1 3 0 e : Y E S ）、上述のステップ S 1 3 5 が実行され、繊維巻き付け処理は終了する。

【 0 0 9 6 】

このような構成によれば、ヘリカル巻きにおける巻き角度に加えて、フープ巻きにおける巻き角度も精度良く特定できる。上記変形例は、第 1 実施形態に加えて、他の実施形態に適用してもよい。なお、各実施形態および変形例では、円筒部 3 0 2 におけるカーボン繊維 W の巻き角度を算出していたが、円筒部 3 0 2 に代えて又は円筒部 3 0 2 に加えてドーム部 3 0 3 におけるカーボン繊維 W の巻き角度を算出してもよい。

【 0 0 9 7 】

E 3 . 変形例 3 :

第 1 実施形態では、反射光撮像部 2 0 0 を軸線 C X と平行に走査させていたが、本発明はこれに限定されない。ライナ 3 0 1 を軸線 C X に沿って移動可能な構成とし、反射光撮像部 2 0 0 に代えて、または、反射光撮像部 2 0 0 に加えてライナ 3 0 1 を軸線 C X に沿って走査させてもよい。また、反射光撮像部 2 0 0 のみならず、制御装置 1 0 0 も走査させてもよい。すなわち、一般には、ライナ 3 0 1 と反射光撮像部 2 0 0 とのうちの少なくとも一方を移動させることにより、反射光撮像部 2 0 0 をライナ 3 0 1 に対して相対移動させて所定測定位置（対象領域）を切り替えることが可能な走査部を、本発明の測定装置に用いてもよい。また、第 2 ~ 4 実施形態においても同様に、ライナ 3 0 1 を軸線 C X に沿って移動可能な構成とし、ライナ 3 0 1 を軸線 C X に沿って走査させてもよい。なお、

【 0 0 9 8 】

E 4 . 変形例 4 :

第 2 実施形態において、合計 2 0 個のレーザ光源 4 2 0 のうち、任意の位置で連続する合計 1 0 個のレーザ光源 4 2 0 を省略してもよい。図 1 4 に示すように、測定される輝度値が閾値 L t h よりも大きくなる照射位置は、互いに 1 8 0 ° だけずれた 2 箇所となる。これらのうち一方の照射位置が分かれば、カーボン繊維 W の巻き角度は特定できるので、任意の位置で連続する合計 1 0 個のレーザ光源 4 2 0 を省略しても、巻き角度を特定できる。同様な理由から、第 4 実施形態においても、任意の位置で連続する合計 1 0 個の光電素子 6 1 0 を省略してもよい。なお、第 2 実施形態において、上述した連続する合計 1 0 個のレーザ光源 4 2 0 に加えて、予定されている巻き角度から大きくずれた角度に対応するレーザ光源 4 2 0 も省略してもよい。同様に、第 4 実施形態においても、連続する合計 1 0 個の光電素子 6 1 0 に加えて、予定されている巻き角度から大きくずれた角度に対応する光電素子 6 1 0 を省略してもよい。これらの変形例の構成によれば、光源部 4 0 2 および受光部 6 0 2 を小型化でき、また、測定装置 4 0 0 , 6 0 0 の製造コストを低く抑えることができる。

【 0 0 9 9 】

E 5 . 変形例 5 :

第 2 および第 3 実施形態において、受光部 4 0 4 に代えて、第 1 実施形態と同様に撮像装置 2 4 0 を配置し、撮像画像を得てもよい。また、この場合、第 1 実施形態と同様に、得られた画像における反射光からなる像に基づき、カーボン繊維 W の巻き角度を特定してもよい。

【 0 1 0 0 】

E 6 . 変形例 6 :

第 3 実施形態において、スリット 5 1 2 は、1 つであったが、2 つであってもよい。この構成では、2 つのスリットを互いに 1 8 0 ° ずれて配置することが好ましい。この構成

10

20

30

40

50

においても、第3実施形態と同様に、対象領域におけるカーボン繊維Wの巻き角度を精度良く特定できる。加えて、所定測定位置（対象領域）に照射する光の量を増加させることができるので、アンプ装置430を省略したり、アンプ装置430としてゲインが小さく安価なアンプ装置430を用いたりできる。このため、測定装置500の製造コストを低く抑えることができる。

【0101】

E7. 変形例7:

第2実施形態では、複数のレーザ光源420を環状に配置して用いていたが、本発明はこれに限定されない。例えば、単一のレーザ光源420を、第3実施形態の遮光リング510と同様に回転駆動させてもよい。この構成においても、レーザ光源420からの光の照射方向を連続的に変化でき、巻き角度をより精度良く算出できる。また、第4実施形態では、複数の光電素子610を環状に配置して用いていたが、本発明はこれに限定されない。例えば、単一の光電素子610を、第3実施形態の遮光リング510と同様に回転駆動させてもよい。この構成においても、レーザ光源620からの光の反射光を、連続的に変化する複数の位置において受光でき、巻き角度をより精度良く算出できる。また、第1、第2、および第4実施形態においてレーザ光源210, 420, 620を、LED等の他の光源に置き換えてもよい。

【0102】

E8. 変形例8:

各実施形態では、巻き角度と共に繊維帯部の幅も併せて算出していたが、繊維帯部の幅の算出を省略してもよい。また、各実施形態において、算出された巻き角度は、完成後のタンク300の品質の良否判定に用いられていたが、本初はこれに限定されない。例えば、各所定測定位置に対して予め許容可能な巻き角度の範囲を設定しておき、繊維巻き付け処理で算出された巻き角度がかかる範囲から外れた場合に、制御装置100, 100aのディスプレイにアラームを表示させてもよい。また、かかるアラームの表示と共に、ヘリカル巻きを停止させてもよい。このようにすることで、低い品質のタンク300の製造を停止でき、カーボン繊維Wが無駄に使用されることを抑制できる。なお、繊維帯部の幅についても同様に、予め許容可能な幅の範囲を設定しておき、アラームを表示させたり、ヘリカル巻きを停止させてもよい。

【0103】

E9. 変形例9:

第1実施形態において、巻き角度とは、ライナ301の軸線CXを含む仮想平面であって巻き角度の測定対象となる対象領域と略平行な仮想平面にカーボン繊維Wを投影した場合の射影と、軸線CXとの間の角度であったが、本発明はこれに限定されない。例えば、上述の射影と、軸線CX上においてライナ301の長手方向(X軸方向)の中央位置を通過してZ軸と平行な方向との間の角度であってもよい。すなわち、一般には、軸線CX、および軸線CX上においてライナ301の長手方向(X軸方向)の中央位置を通過してZ軸と平行な方向といった、ライナ301における基準方向として設定し得る任意の方向と、上述の射影との間の角度としてもよい。また、このような構成においては、ステップS210において、撮像画像における反射光からなる画像の長手方向に直交する方向がライナ301の基準方向となす角度を、巻き角度として特定してもよい。同様に、第2ないし第4実施形態において巻き角度を特定する際にも、軸線CXに限らず、ライナ301における任意の基準方向を用いてもよい。

【0104】

E10. 変形例10:

第1, 2, 4実施形態では、直径がカーボン繊維Wの直径の1/10程度のレーザ光を利用してカーボン繊維Wの巻き角度を測定していたが、本発明はこれに限定されない。例えば、直径が各単繊維の直径よりも若干大きい程度のレーザ光を利用することにより、単繊維毎の巻き角度を測定できる。この構成においては、単繊維は、請求項におけるカーボン繊維の下位概念に相当する。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 5 】

E 1 1 . 変形例 1 1 :

各実施形態では、巻き角度を特定（算出）していたが、巻き角度の特定に代えて、カーボン繊維Wの方向（巻き付け方向）を特定してもよい。ここで「巻き付け方向」とは、或る基準の方向との間の角度として特定される方向に限らず、例えば、「+ X方向かつ+ Z方向」、「- X方向かつ+ Z方向」といった、大まかな方向を含む広い意味を有する。例えば、第1実施形態では、ステップS 1 1 0で得られた撮像画像から帯状の形状を抽出し、かかる形状と予め用意しておいたモデル（帯状の形状のモデル）とマッチング（形状比較）を行う。このモデルには、予めカーボン繊維Wの巻き付け方向が対応付けられており、上述のマッチングの結果、最も類似するモデルに対応付けられている巻き付け方向から、実際のカーボン繊維Wの大まかな巻き付け方向を特定（推定）する、といった方法を採用してもよい。

10

【 0 1 0 6 】

E 1 2 . 変形例 1 2 :

各実施形態では、測定装置1 0 , 4 0 0 , 5 0 0 , 6 0 0は、いずれもタンク用のライナ3 0 1へのカーボン繊維Wの巻き付け角度を測定していたが、タンク用のライナ3 0 1に限らず、例えば、自動車や航空機等の部品用のライナなど、任意の基材へのカーボン繊維Wの巻き付け角度を測定してもよい。

【 0 1 0 7 】

E 1 3 . 変形例 1 3 :

上記各実施形態においてソフトウェアによって実現されていた構成の一部をハードウェアに置き換えるようにしてもよく、逆に、ハードウェアによって実現されていた構成の一部をソフトウェアに置き換えるようにしてもよい。また、本発明の機能の一部または全部がソフトウェアで実現される場合には、そのソフトウェア（コンピュータプログラム）は、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に格納された形で提供することができる。「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスクやCD-ROMのような携帯型の記録媒体に限らず、各種のRAMやROM等のコンピュータ内の内部記憶装置や、ハードディスク等のコンピュータに固定されている外部記憶装置も含んでいる。すなわち、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、データを一時的ではなく固定可能な任意の記録媒体を含む広い意味を有している。

20

30

【 0 1 0 8 】

本発明は、上述の実施形態および変形例に限られるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲において種々の構成で実現することができる。例えば、発明の概要の欄に記載した各形態中の技術的特徴に対応する実施形態、変形例中の技術的特徴は、上述の課題の一部又は全部を解決するために、あるいは、上述の効果の一部又は全部を達成するために、適宜、差し替えや、組み合わせを行うことが可能である。また、その技術的特徴が本明細書中に必須なものとして説明されていなければ、適宜、削除することが可能である。

【 符号の説明 】

【 0 1 0 9 】

- 1 0 ... 測定装置
- 1 0 0 ... 制御装置
- 1 0 0 a ... 制御装置
- 1 0 1 ... 走査制御部
- 1 0 2 ... 照明制御部
- 1 0 3 ... 巻き角度算出部
- 1 0 4 ... 幅算出部
- 1 0 5 ... 受光量計測部
- 1 1 0 ... 算出制御部
- 2 0 0 ... 反射光撮像部
- 2 1 0 ... レーザ光源

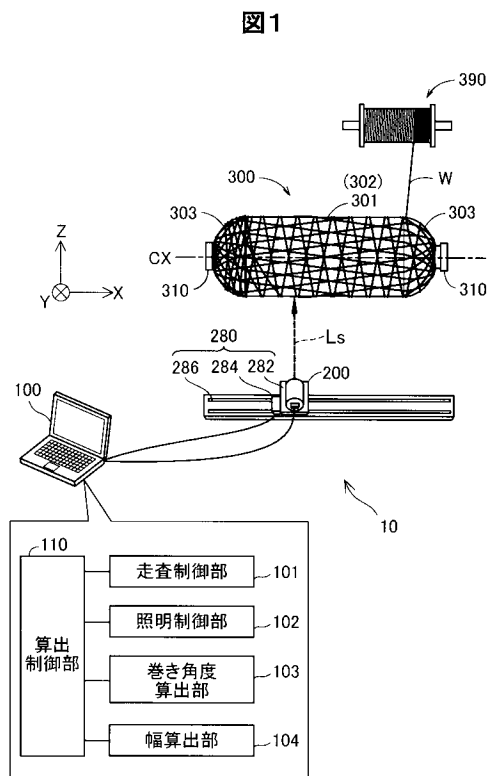
40

50

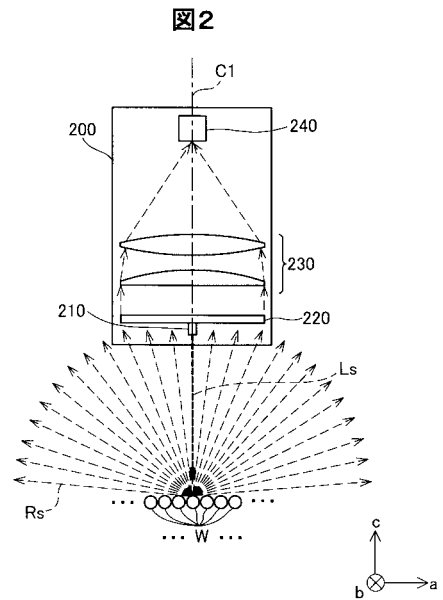
2 2 0 ... 拡散板	
2 3 0 ... 集光レンズ群	
2 4 0 ... 撮像装置	
2 8 0 ... 走査部	
2 8 2 ... ベース部	
2 8 4 ... 走査駆動部	
2 8 6 ... レール	
3 0 0 ... タンク	
3 0 1 ... ライナ	
3 0 2 ... 円筒部	10
3 0 3 ... ドーム部	
3 1 0 ... 口金部	
3 9 0 ... ボビン	
4 0 0 ... 測定装置	
4 0 2 ... 光源部	
4 0 4 ... 受光部	
4 0 6 ... 筐体	
4 2 0 ... レーザ光源	
4 3 0 ... アンプ装置	
4 5 0 ... 照明制御部	20
5 0 0 ... 測定装置	
5 0 2 ... 光源部	
5 0 6 ... 筐体	
5 0 8 ... 拡散板	
5 1 0 ... 遮光リング	
5 1 2 ... スリット	
5 2 0 ... 照明装置	
5 2 5 ... 回転駆動部	
5 5 1 ... 点灯制御部	
5 5 2 ... 回転制御部	30
6 0 0 ... 測定装置	
6 0 2 ... 受光部	
6 0 6 ... 筐体	
6 1 0 ... 光電素子	
6 2 0 ... レーザ光源	
6 4 0 ... レーザ光源制御部	
6 5 0 ... アンプ装置	
A r 1 ... 領域	
A r 2 ... 領域	
C 1 ... 光軸	40
C L 1 ... 円	
C L 2 ... 円	
C X ... 軸線	
D 0 ~ D 1 9 ... 受光位置	
F 1 ~ F 7 ... 撮像画像	
L 0 ~ L 1 9 ... 照射位置	
L g ... 長さ	
L s ... レーザ光	
L t h ... 閾値	
P 1 ~ P 7 ... 所定測定位置	50

R s ... 反射光
W ... カーボン繊維
W d ... 幅
f 1 ... 像

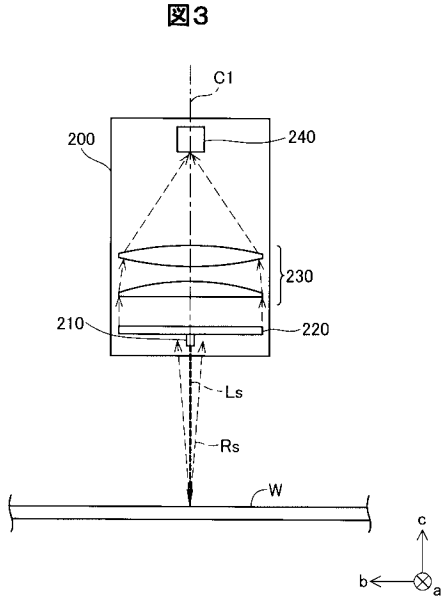
【 図 1 】



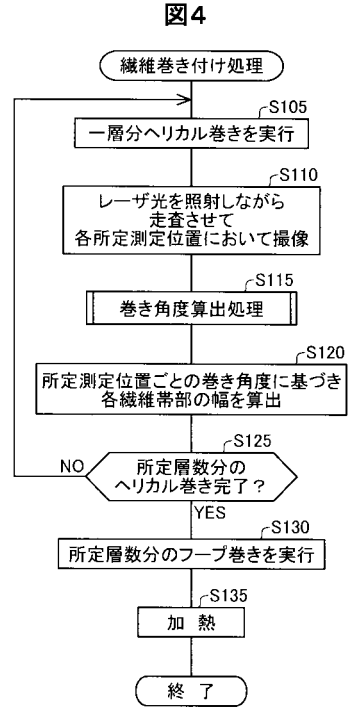
【 図 2 】



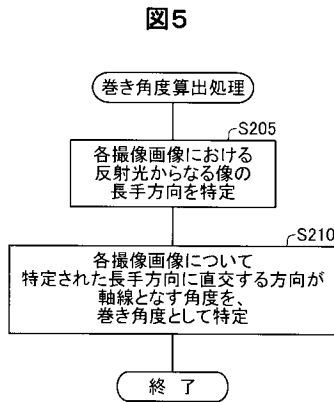
【 図 3 】



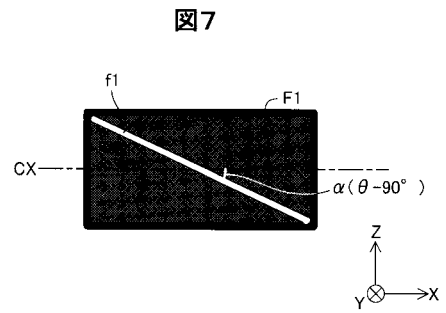
【 図 4 】



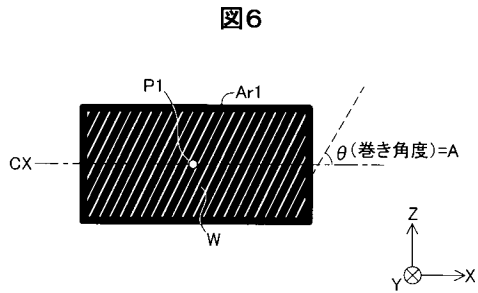
【 図 5 】



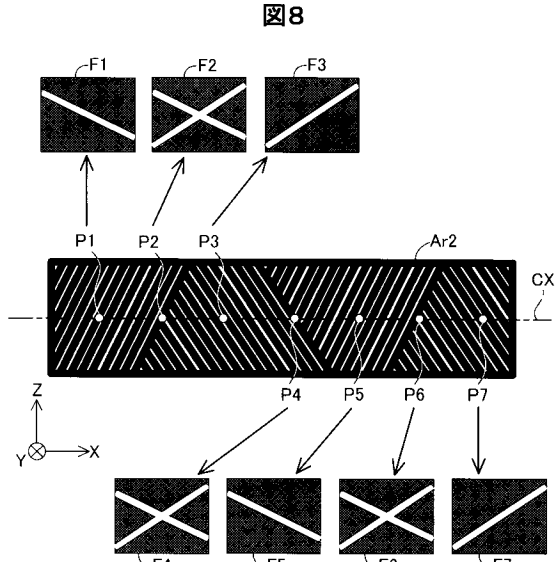
【 図 7 】



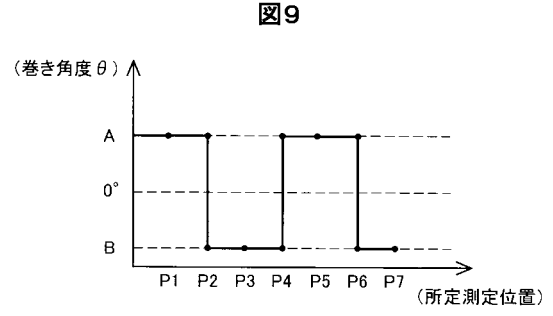
【 図 6 】



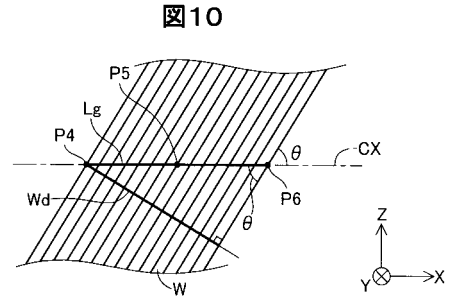
【 図 8 】



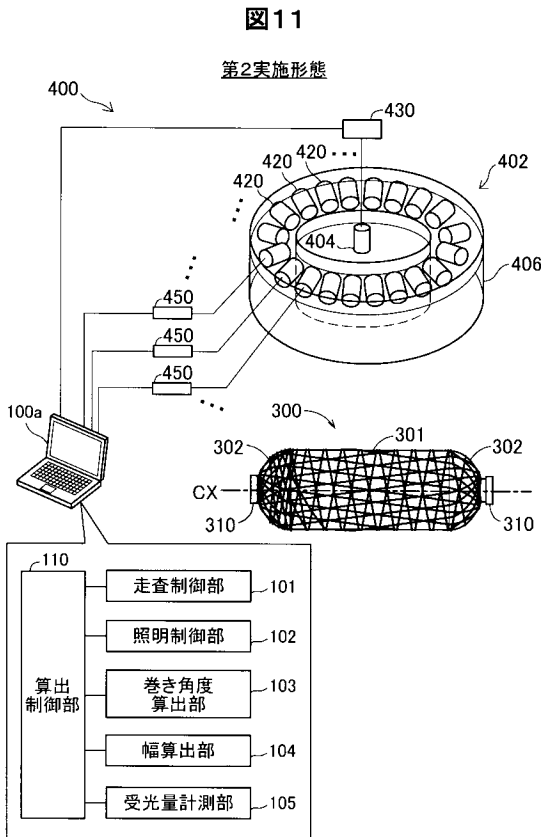
【 図 9 】



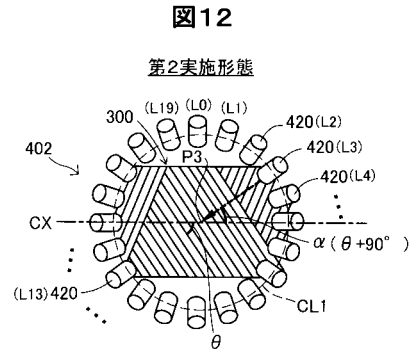
【 図 10 】



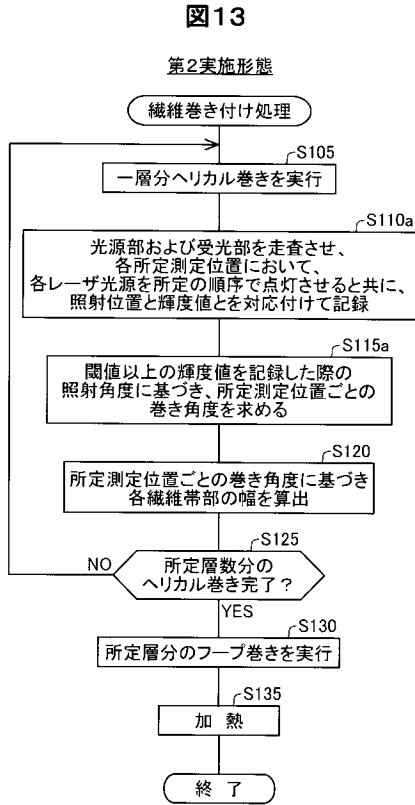
【 図 11 】



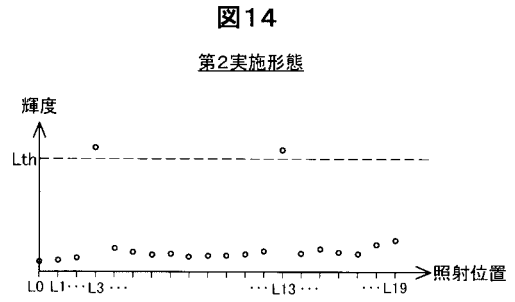
【 図 12 】



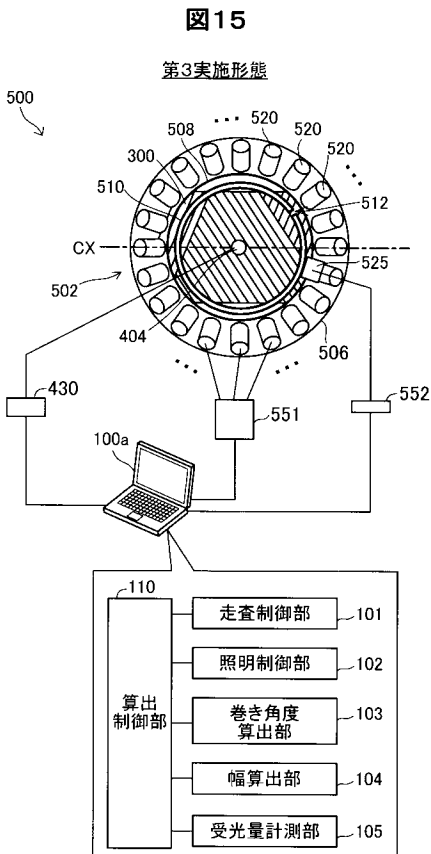
【 図 1 3 】



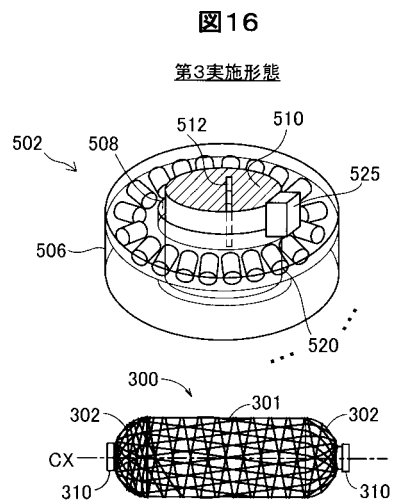
【 図 1 4 】



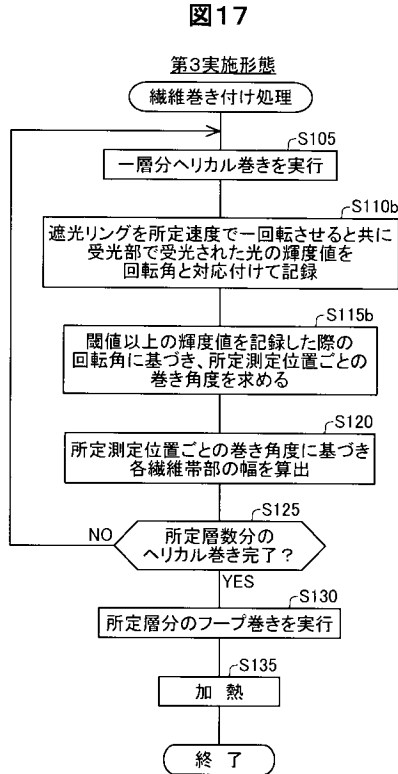
【 図 1 5 】



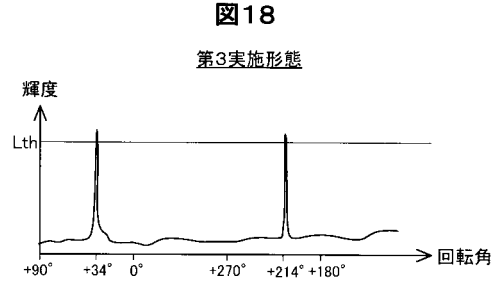
【 図 1 6 】



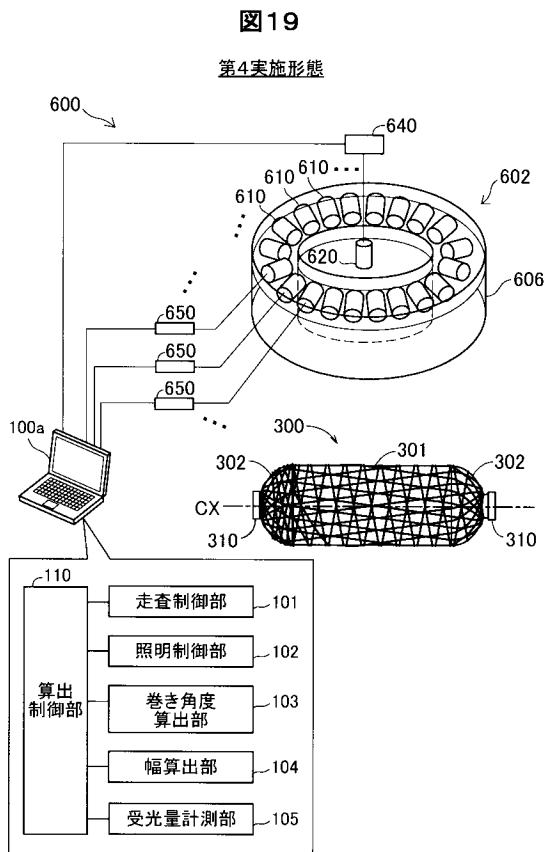
【 図 1 7 】



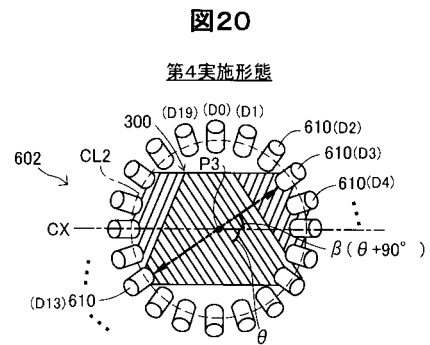
【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



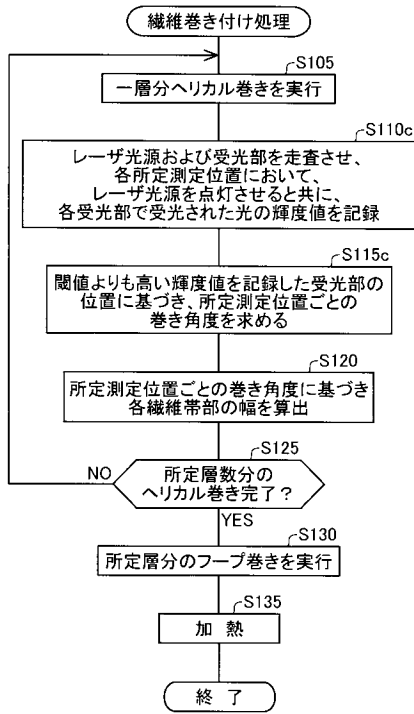
【 図 2 0 】



【 図 2 1 】

図21

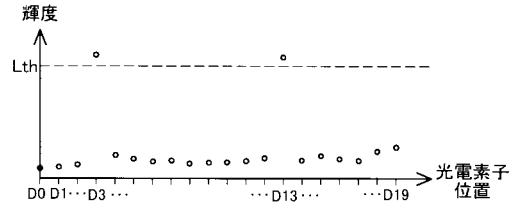
第4実施形態



【 図 2 2 】

図22

第4実施形態



【 図 2 3 】

図23

