

(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2020-3501
(P2020-3501A)

(43) 公開日 令和2年1月9日(2020.1.9)

(51) Int.Cl.
G01N 21/65 (2006.01)

F I
G O I N 21/65

テーマコード(参考)
2 G O 4 3

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2019-161578 (P2019-161578)
 (22) 出願日 令和1年9月4日(2019.9.4)
 (62) 分割の表示 特願2018-217563 (P2018-217563)
 の分割
 原出願日 平成30年11月20日(2018.11.20)
 (31) 優先権主張番号 特願2017-236226 (P2017-236226)
 (32) 優先日 平成29年12月8日(2017.12.8)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 日本国(JP)

(71) 出願人 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100126240
 弁理士 阿部 琢磨
 (74) 代理人 100124442
 弁理士 黒岩 創吾
 (72) 発明者 関根 康弘
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ
 ノン株式会社内
 (72) 発明者 市原 滋
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ
 ノン株式会社内

最終頁に続く

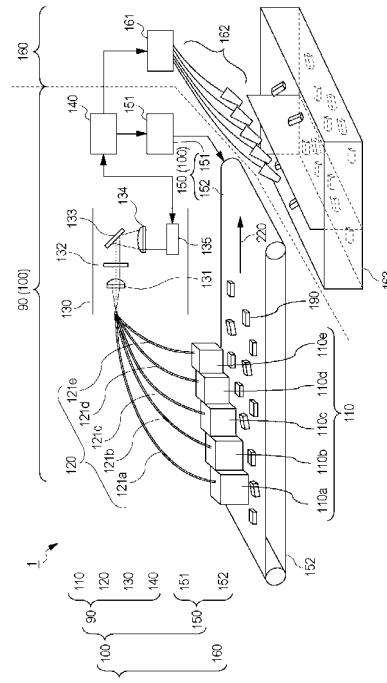
(54) 【発明の名称】 識別ユニット、識別装置および選別システム

(57) 【要約】

【課題】 検体を高速に識別することができる識別ユニットを提供する。

【解決手段】 識別ユニット90は、検体190からのラマン散乱光を採光する複数の採光ユニット110と、採光されたラマン散乱光を導光する複数の光ファイバ121と、導光された複数のラマン散乱光を分光する分光素子133と、分光された複数のラマン散乱光を受光するように配置され主走査と前記主走査の方向と交差する方向において前記主走査より低い周波数で走査される副走査とにより撮像する撮像部135と、を有する。分光素子133によって分光された複数のラマン散乱光は、撮像部135に形成されるスペクトル像が撮像部135の主走査方向に沿うように投影される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

検体からの光を分光することに前記検体に含まれている成分を識別する識別ユニットであって、

前記検体からのラマン散乱光を採光する複数の採光ユニットと、

採光された前記ラマン散乱光を導光する複数の光ファイバと、

導光された前記複数のラマン散乱光を分光する分光素子と、分光された前記複数のラマン散乱光を受光するように配置され主走査と前記主走査の方向と交差する方向において前記主走査より低い周波数で走査される副走査とにより撮像する撮像部と、を有し、

前記複数の光ファイバは前記複数のラマン散乱光を前記分光素子に向けて導光する出射端を有し、前記複数のラマン散乱光の一つに対応して前記撮像部に形成されるスペクトル像が前記撮像部の主走査方向に沿うように、前記出射端と前記分光素子とが配置されることを特徴とする識別ユニット。

10

【請求項 2】

前記撮像部は、エリアイメージセンサであることを特徴とする請求項 1 に記載の識別ユニット。

【請求項 3】

前記エリアイメージセンサは、CMOSイメージセンサであることを特徴とする請求項 2 に記載の識別ユニット。

【請求項 4】

前記スペクトル像の投影方向と前記主走査方向とがなす角は、 0° 以上 5° 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の識別ユニット。

20

【請求項 5】

前記分光素子の数および前記撮像部の数は、前記採光ユニットの数よりも少ないことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の識別ユニット。

【請求項 6】

前記光ファイバユニットの出射端側において、前記複数の光ファイバは列状に配置されている部分を有することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の識別ユニット。

【請求項 7】

前記複数の採光ユニットは、前記検体に光を照射する照明光学系を備えていることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の識別ユニット。

30

【請求項 8】

前記撮像部のシャッタ方式は、ローリングシャッタ方式であることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の識別ユニット。

【請求項 9】

前記撮像部のリセット方式は、ローリングリセット方式であることを特徴とする請求項 8 に記載の識別ユニット。

【請求項 10】

前記分光素子により分光された前記複数のラマン散乱光のスペクトル像のそれぞれは、前記副走査の方向に沿って前記撮像部の異なる位置に投影されることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の識別ユニット。

40

【請求項 11】

請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の識別ユニットと、

前記撮像部から前記複数のラマン散乱光のスペクトルデータを取得し、前記検体に含まれる樹脂を識別する識別処理を行うデータ処理部と、を有する識別装置。

【請求項 12】

前記採光ユニットが採光可能な位置に前記検体が載置される載置部をさらに有することを特徴とする請求項 11 に記載の識別装置。

【請求項 13】

50

前記載置部は、前記検体が搬送される搬送面を有し前記検体を所定の搬送方向に搬送する搬送ユニットを含むことを特徴とする請求項 1 2 に記載の識別装置。

【請求項 1 4】

前記複数の採光ユニットは、前記搬送方向と交差する搬送幅方向において互いに異なる位置に配置されていることを特徴とする請求項 1 3 に記載の識別装置。

【請求項 1 5】

前記複数の採光ユニットは、前記搬送方向において互いに異なる位置に配置されていることを特徴とする請求項 1 3 または 1 4 に記載の識別装置。

【請求項 1 6】

請求項 1 3 乃至 1 5 のいずれか一項に記載の識別装置と、
前記搬送ユニットの前記搬送方向の下流側に配置され、前記識別装置の識別結果に基づいて前記検体を選別する選別装置と、
を有することを特徴とする選別システム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、検体に含まれる樹脂を識別する識別装置および選別システムに関する。

【背景技術】

【0002】

家庭ごみや産業廃棄物に含まれている様々な種類のプラスチックやエラストマー等の樹脂を新しい製品の原料として再生利用する際には、廃棄物中の樹脂を材質ごとに選別することが求められる。リサイクル施設においては、これらの廃棄物を機械的に破碎して樹脂片や金属片が混合した破碎物とした後に、さまざまな方法で分別することが行われている。

20

【0003】

プラスチック等の樹脂片を分別する方法の一つに、ラマン散乱を利用した方法がある。ラマン散乱を利用することで、樹脂の材質を識別したり、成分組成やその分布を調べたりすることが可能となる。樹脂をベルトコンベアなどの搬送手段によって搬送し、搬送されている樹脂からラマン散乱光を検出して識別することで、高スループットの樹脂識別システムを構成することができる。

30

【0004】

特許文献 1 には、ベルトコンベアの搬送方向に垂直な方向、すなわちベルトコンベアの幅方向に複数のラマン分光装置を配列したプラスチック識別装置が記載されている。これにより、ベルトコンベアの幅方向の複数個所で識別対象のプラスチックを識別することができ、識別のスループットをさらに高めることができる。

【0005】

特許文献 2 には、それぞれ異なる測定箇所からラマン散乱光を採光する複数のプローブヘッドを有するラマン分析装置が記載されている。特許文献 2 のラマン分析装置は、各プローブヘッドからの光をそれぞれ導光する複数の光ファイバが出射端側で束ねられた光ファイバユニットを有している。そして、それぞれ異なる測定箇所から採光された複数のラマン散乱光を 1 つの回折格子で分光し、1 つの CCD カメラで撮像する。これにより、複数個所からのラマン散乱光を 1 つの分光器でまとめて分光測定することができる。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特開 2011 - 226821 号公報

【特許文献 2】特開 2012 - 122851 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

50

特許文献 1 では、複数台のラマン分光装置をそのまま配置しているため、識別装置全体の装置構成が複雑になる上、装置コストが高くなるという課題がある。そこで、特許文献 2 のように光バンドルファイバと CCD カメラを用いて分光器部分を集積化することで、装置構成を単純化するとともに、装置コストを低減することが考えられる。

【 0 0 0 8 】

特許文献 1 のようにベルトコンベア上で高速に搬送されている樹脂片を識別するためには高速に識別処理を行うことが要求されるため、CCD イメージセンサではなく、信号の高速読み出しが可能な CMOS イメージセンサを用いることが好ましい。本発明者らが鋭意検討した結果、CMOS イメージセンサのように画素行ごとに信号を順次読み出す撮像部を用いると、撮像部や分光素子の配置によっては識別処理の速度が低下してしまうという新たな課題が見いだされた。

10

【 0 0 0 9 】

そこで本発明では、上述の課題に鑑み、単純な装置構成で、ベルトコンベア上で搬送されている樹脂片を高速に識別することができる樹脂識別装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

本発明の一側面としての識別ユニットは、検体からの光を分光することに前記検体に含まれている成分を識別する識別ユニットであって、前記検体からのラマン散乱光を採光する複数の採光ユニットと、採光された前記ラマン散乱光を導光する複数の光ファイバと、導光された前記複数のラマン散乱光を分光する分光素子と、分光された前記複数のラマン散乱光を受光するように配置され主走査と前記主走査の方向と交差する方向において前記主走査より低い周波数で走査される副走査とにより撮像する撮像部と、を有し、

20

前記複数の光ファイバは前記複数のラマン散乱光を前記分光素子に向けて導光する出射端を有し、前記複数のラマン散乱光の一つに対応して前記撮像部に形成されるスペクトル像が前記撮像部の主走査方向に沿うように、前記出射端と前記分光素子とが配置されることを特徴とする。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】選別システムの構成を模式的に示す図である。

30

【図 2】採光ユニットの構成の一例を模式的に示す図である。

【図 3】撮像部の構成を模式的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

以下、本発明を実施するための形態について図面を参照しながら説明する。なお、本発明は、以下の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、当業者の通常の知識に基づいて、以下の実施の形態に対して適宜変更、改良等が加えられたものも本発明の範囲に含まれる。

【 0 0 1 3 】

(第 1 の実施形態)

40

図 1 ~ 3 を参照して、本発明の第 1 の実施形態に係る選別システムについて説明する。

図 1 は、第 1 の実施形態に係る選別システムの構成を模式的に示す図である。

【 0 0 1 4 】

本実施形態の選別システム 1 は、搬送ユニット 150 を有し、搬送ユニット 150 によって搬送される検体 190 の種類を識別する識別処理を行い、その識別結果に応じて検体 190 に含まれる成分を選別するシステムである。

【 0 0 1 5 】

ここで、検体 190 に含まれる成分としては、金属を主に含む金属片、金属酸化物の結晶を主に含むセラミック片、金属酸化物の非晶質を含むガラス片、樹脂を主に含む樹脂片、等である。多くの場合、検体 190 は、家庭ごみや産業廃棄物等が破砕されたものであ

50

る。検体190は、前工程として破碎工程を経ていると換言される。ここで、本明細書における樹脂は、熱可塑性樹脂（プラスチック）や熱硬化性樹脂、ゴム、エラストマー、セルロース、紙、等を含む、有機物の重合体全般を意味する。なお、検体190は、合成樹脂以外にガラスや繊維等のフィラーや、難燃剤、可塑剤などの各種添加物を含む場合がある。本実施形態に係る選別システム1は、樹脂片を構成する樹脂の種類、すなわち樹脂片の材種を識別することに加えて、これらの添加物の有無や種類を識別することを含む。

【0016】

選別システム1は、図1に示すように、識別装置100と選別装置160と、を備えている。識別装置100は、図1に示すように、識別ユニット90と搬送ユニット150とを備えている。識別ユニット90は、採光ユニット110と、採光ユニット110で採光されたラマン散乱光を分光器130に伝送する光ファイバユニット120と、分光器130からの出力結果に基づき識別のための演算処理を行うデータ処理部140と、を備えている。

10

【0017】

採光ユニット110は、採光部110a~110eを複数備え、後述する搬送路の幅方向に複数載置された検体からのラマン散乱光を採光する。光ファイバユニット120は、複数の光ファイバ121a~121eを備え、分光器130の側において束ねられている。分光器130は、結像レンズ131、ロングパスフィルタ132、分光素子133、結像レンズ134、および撮像部135を備えている。光ファイバユニット120は複数の光ファイバ121a~121eを備え、光ファイバ121a~121eのそれぞれは、複数の採光ユニット110a~110eのそれぞれと接続されている。採光ユニット110で採光されたラマン散乱光を並列的に分光素子133に導光する。ここでは5つの採光部110a~110eを備えた構成について説明するが、採光ユニット110の数およびそれに対応する光ファイバ121の数は複数であれば特に限定されない。結像レンズ131は、光ファイバ121からの光を平行光化する。ロングパスフィルタ132は、結像レンズ131と回折格子133との間に配置され、残存する励起光成分を除去し、ラマン散乱光を透過させる。

20

【0018】

識別装置100は、採光ユニット110と、光ファイバユニット120と、分光器130と、データ処理部140と、を含む識別ユニット90と、搬送面上に載置された検体190を搬送する搬送ユニット150と、を備える。搬送ユニット150は、ベルトコンベア152と、ベルトコンベア152を駆動する駆動モータ151と、をさらに有する。本実施形態の識別装置100は、識別ユニット90と搬送ユニット150とを備える。

30

【0019】

搬送ユニット150は、不図示の検体供給部から投入された検体190を測定位置へ所定の速度で搬送する。搬送ユニット150としては、検体190を搬送面上に載置した状態で搬送できる手段であれば、ベルトコンベア152の他に、ターンテーブル、搬送ドラム、などを用いることができる。本実施形態に係る選別システム1によるラマン散乱測定は、検体190が搬送ユニット150によって搬送されている間に行われ、測定後、検体190は搬送方向に搬送され、後述する選別装置160によって識別装置100の識別結果に基づき選別される。

40

【0020】

また、選別システム1は、採光ユニット110よりも搬送ユニット150の搬送方向220の下流側に配置される選別装置160をさらに有する。選別装置160は、識別装置100の識別結果に基づいて検体190の選別を行う。

【0021】

以下、選別システム1を構成する各部について詳細に説明する。

【0022】

（採光ユニット）

図2は、採光ユニット110の構成の一例と模式的に示す図である。採光ユニット11

50

0 は、検体 190 に光を照射する照明光学系 1107 と、検体 190 からのラマン散乱光を採光する採光光学系 1113 と、を有する。

【0023】

照明光学系 1107 は、搬送ユニット 150 の搬送面上の検体 190 を、光源からの光で照明する光学系である。照明光学系 1107 によって照明された検体 109 は、ラマン散乱光を発する。このとき、検体 190 から発生するラマン散乱光の強度は、同時に発生するものの弾性散乱し波長シフトを呈しないレイリー散乱光の強度に対して 10^{-6} 倍程度であり、極めて微弱である。照明光学系 1107 は、図 2 に示すように、半導体レーザ 1101、レーザマウント 1102、レーザドライバ 1103、コリメータレンズ 1104、シリンダリカルレンズ 1105、及び、集光レンズ 1106 と、を有する。

10

【0024】

半導体レーザ 1101 は、検体 190 を照明する光の光源である。本実施形態においては、半導体レーザ 1101 は連続発振レーザであり、検体 190 からラマン散乱光を発生させるために必要な強度の光を出射する。ラマン散乱の発生効率、照明光の波長が短いほど高く、照明光の波長が長いほど低い。一方で、ラマン散乱光に対するバックグラウンドノイズとなる蛍光の強度は、照明光の波長が長いほど低く、照明光に波長が短いほど高い。半導体レーザ 1101 からの光としては、例えば 532 nm、633 nm、780 nm のいずれかの波長の光を利用できる。なお、ここでは照明光学系 1107 の光源として半導体レーザ 1101 を用いる場合を説明したが、これに限定されず、半導体励起固体レーザやガスレーザなどの他のレーザ光源を用いることもできる。照明光学系 1107 に適用する光源の波長は、識別の対象となる材料に固有のラマンシフト量、信号対雑音比等を考慮して選択される。

20

【0025】

レーザマウント 1102 は、半導体レーザ 1101 を保持し、放熱を行う。レーザドライバ 1103 はレーザマウント 1102 を介して半導体レーザ 1101 に電流を供給し、半導体レーザ 1101 を発振させ、同時に半導体レーザ 1101 の温度を一定に保つ。なお、レーザドライバ 1103 は採光ユニット 110 ごとに設けられていてもよいし、複数の採光ユニット 110 に対して 1 つのレーザドライバ 1103 が設けられていてもよい。

【0026】

コリメータレンズ 1104 およびシリンダリカルレンズ 1105 は半導体レーザ 1101 の出射光の拡がり制限し、平行光に整形する。シリンダリカルレンズ 1105 はアナモルフィックプリズムペアなど他のコリメート用光学素子を利用してもよい。また、照明光学系 1107 は、レーザラインフィルタを含む波長フィルタ（不図示）を配置することができる。波長フィルタは、照明光学系 1107 の瞳面の位置に配置することができる。これにより、照明光学系 1107 によって検体 190 に照射される光の波長特性を改善することができる。集光レンズ 1106 は、半導体レーザ 1101 からの光を検体 190 に集光する。コリメータレンズ 1104、シリンダリカルレンズ 1105、および集光レンズ 1106 としては、合成石英で形成されたレンズを用いることが好ましい。これらのレンズは半導体レーザ 1101 から高強度の光が通過するため、合成石英で形成されたレンズを用いることで、バックグラウンドとなる蛍光や観測系に含まれる微量成分由来のラマン散乱光を低減することができる。

30

40

【0027】

なお、検体 190 から識別に十分な強度のラマン散乱光が得られれば、集光レンズ 1106 は必ずしも必須ではない。すなわち、照明光学系 1107 は、コリメータレンズ 1104 および / またはシリンダリカルレンズ 1105 によってコリメートされた光をそのまま検体 190 に照射する構成であってもよい。

【0028】

採光光学系 1113 は、照明光学系 1107 によって照明された検体 190 からのラマン散乱光を採光する光学系である。採光光学系 1113 によって採光されたラマン散乱光は、導光手段である光ファイバ 121 によって分光素子 133 へと導光される。採光光学

50

系 1 1 1 3 は、対物レンズ 1 1 1 0、励起光カットフィルタ 1 1 1 1、ファイバ集光レンズ 1 1 1 2 を有する。

【 0 0 2 9 】

対物レンズ 1 1 1 0 は、照明光学系 1 1 0 7 によって照明された検体 1 9 0 からのラマン散乱光を採光する。対物レンズ 1 1 1 0 などの採光光学系 1 1 1 3 を構成する各レンズは、検体 1 9 0 によっては出力の高い光が照射される場合があるため、バックグラウンドとなる蛍光や観測系由来のラマン散乱光を低減するために合成石英で形成されたレンズを用いることが好ましい。同様に、バルサムからのバックグラウンドの抑制、また、発熱によるバルサム剥がれの抑制のため、貼り合わせレンズは利用しない方が好ましい。すなわち、対物レンズ 1 1 1 0 などの採光光学系 1 1 1 3 を構成する各レンズは、単レンズであることが好ましい。また、導光手段である光ファイバ 1 1 1 4 へのカップリング効率を向上させるために、対物レンズ 1 1 1 0 は非球面レンズであることが好ましい。

10

【 0 0 3 0 】

励起光カットフィルタ 1 1 1 1 は、バンドパスフィルタやロングパスフィルタ等の波長フィルタであり、対物レンズ 1 1 1 0 によって採光された光のうち少なくとも一部の波長域の光を遮光してラマン散乱光を透過させる。これにより、ラマン散乱光の測定に不要な光を遮光し、ラマン散乱光を透過させる。フィルタ特性の観点から、励起光カットフィルタ 1 1 1 1 は対物レンズ 1 1 1 0 とファイバ集光レンズ 1 1 1 2 の間の平行光束中、すなわち、採光光学系 1 1 1 3 の瞳面に配置されることが好ましい。

【 0 0 3 1 】

ファイバ集光レンズ 1 1 1 2 は、ラマン散乱光を光ファイバ 1 2 1 にカップリングする。励起光カットフィルタ 1 1 1 1 が挿入されている場合、ファイバ集光レンズ 1 1 1 2 からのラマン散乱光は無視できるため、光ファイバ 1 2 1 へのカップリング効率を優先してダブレットレンズなどの貼り合わせレンズを用いて収差を抑えるようにするとよい。

20

【 0 0 3 2 】

なお本実施形態では、採光ユニット 1 1 0 が有する照明光学系 1 1 0 7 と採光光学系 1 1 1 3 とが独立した構成としたが、これに限定はされない。すなわち、照明光学系 1 1 0 7 と採光光学系 1 1 1 3 とが、それぞれの光学系を構成する各種レンズ等の光学要素の一部を共有していてもよい。

【 0 0 3 3 】

複数の採光ユニット 1 1 0 は、搬送ユニット 1 5 0 の搬送面に対向し、搬送ユニット 1 5 0 の搬送方向に垂直な方向において異なる位置に配置されている。すなわち、複数の採光ユニット 1 1 0 は、搬送ユニット 1 5 0 の幅方向において異なる位置に配置されている。採光ユニット 1 1 0 のそれぞれは、搬送ユニット 1 5 0 の搬送面上の所定の領域内を通過する検体 1 9 0 に光を照射して、所定の領域内からのラマン散乱光を採光するため、それぞれの採光ユニット 1 1 0 が採光できる領域は限定的である。そこで、本実施形態のように採光ユニット 1 1 0 を複数設け、それらを搬送ユニット 1 5 0 の幅方向にずらして配置することで、検体 1 9 0 の種類の識別を行うことのできる範囲を広げることができる。これにより、識別処理および選別処理のスループットを向上させることができる。

30

【 0 0 3 4 】

また、複数の採光ユニット 1 1 0 は、搬送ユニット 1 5 0 の搬送方向においても異なる位置に配置されていることが好ましい。それぞれの採光ユニット 1 1 0 は照明光学系 1 1 0 7 および採光光学系 1 1 1 3 を有するためある程度の大きさを有している。そこで、搬送ユニット 1 5 0 の搬送面に垂直な方向から見たときに複数の採光ユニット 1 1 0 を斜めに配列することで、搬送ユニット 1 5 0 の幅方向における採光ユニット 1 1 0 の配置密度を高めることができる。これにより、選別システム 1 による識別の分解能を高めることができ、より小さなサイズの検体 1 9 0 を識別することができるようになる。

40

【 0 0 3 5 】

(光ファイバユニット)

光ファイバユニット 1 2 0 は、複数の採光ユニット 1 1 0 のそれぞれによって採光され

50

たラマン散乱光を分光器 130 に導光する導光手段である。光ファイバユニット 120 は、複数の採光ユニット 110 a ~ e のそれぞれに対応する複数の光ファイバ 121 a ~ e を有している。それぞれの光ファイバ 121 の入射端は、対応する採光ユニット 110 の採光光学系 1113 からの光が入射するように配置されている。一方、複数の光ファイバ 121 は、その出射端において束ねられており、複数の採光ユニット 110 からのラマン散乱光が 1 つの分光器 130 に導光されるように構成されている。なお、ここでは分光器 130 を 1 つだけ設けた例について説明したが、分光器 130 の数は採光ユニット 110 の数よりも少なければよい。このような構成にすることで、一般に高価な分光器 130 の数を低減することができ、選別システムの構成を単純化し、コストを低減することができる。また、分光器 130 に起因する測定誤差やばらつきを低減することができ、選別システムによる識別精度および選別精度を向上させることができる。

10

20

30

40

50

【0036】

図 1 において、光ファイバユニット 120 を構成する複数の光ファイバ 121 は、光ファイバユニット 120 の出射端（分光器 130 側の端部）側において束ねられており、列状に配置されている。光ファイバユニット 120 の出射端の配列方向は、分光素子 133、撮像部 135 に対する配置関係に基づいて決定される。光ファイバユニット 120 の出射端の配列方向は、図 1 においては、紙面の略垂直方向に 1 列に並んでいる。したがって、それぞれの光ファイバ 121 によって導光されたラマン散乱光も、紙面垂直方向に 1 列に並んで、分光器 130 に入射する。この複数のラマン散乱光のそれぞれは、分光器 130 の有する回折格子 133 によって分光され、光ファイバユニット 120 の出射端側における光ファイバ 121 の配列方向に垂直な方向、すなわち図 1 における紙面平行方向に分光される。

【0037】

（分光器）

分光器 130 は、採光光学系 1113 によって採光されたラマン散乱光を分光する分光素子と、分光素子によって分光されたラマン散乱光を受光する撮像部と、を少なくとも有し、該ラマン散乱光を分光し、スペクトル信号を生成する。分光器 130 は、結像レンズ 131 と、ロングパスフィルタ 132 と、分光素子である回折格子 133 と、結像レンズ 134 と、撮像部 135 と、を有する。

【0038】

結像レンズ 131 は、光ファイバ 121 からの光を平行光化する。ロングパスフィルタ 132 は、結像レンズ 131 と回折格子 133 との間に配置され、残存する励起光成分を除去し、ラマン散乱光を透過させる。

【0039】

回折格子 133 は、採光光学系 1113 によって採光されたラマン散乱光を分光し、ラマン散乱光を波長ごとに一次的に分散させる。結像レンズ 134 は回折格子 133 で分光された光を撮像部 135 上に結像する。これにより、撮像部 134 の受光面上には、ライン状のスペクトル像が投影される。なお、分光器 130 中の各構成要素の光学配置や分光方式は、ローランド配置やツェルニター方式等、適宜他の一般的に利用される形態に変更してもよい。

【0040】

（撮像部）

撮像部 135 は、分光素子である回折格子 133 によってそれぞれ一次的に分光された複数のラマン散乱光を受光し、電気信号に変換するために配列された撮像素子を複数備えている。撮像部 135 は、図 1 の紙面垂直方向および紙面平行方向に沿って光電変換素子を含む画素が二次元的に配列されたエリアイメージセンサである。光ファイバユニット 120 および回折格子 133 を上述のように配置することで、撮像部 135 の受光面上には、複数の光ファイバ 121 のそれぞれによって導光されて分光されたラマン散乱光が投影された複数のスペクトル像が紙面垂直方向に並ぶ。また、撮像部 135 の受光面上において、それぞれのスペクトル像の波長成分は紙面平行方向に分布する。

【 0 0 4 1 】

図 3 は、撮像部 1 3 5 の構成を模式的に示す図である。撮像部 1 3 5 は、光電変換素子を含む画素が行列状に配列された画素部 1 3 5 1 を有している。撮像部 1 3 5 の受光面上には、光ファイバユニット 1 2 0 を構成する複数の光ファイバ 1 2 1 のそれぞれによって導光されて回折格子 1 3 3 で分光されたラマン散乱光が結像され、複数のスペクトル像 3 0 0 が投影される。ここでは、説明のためにスペクトル像の光強度の強弱をわかりやすくするため、点線状に示している。スペクトル像 3 0 0 は撮像部 1 3 5 によって、電気信号に変換され、波長ごとの光強度情報、すなわちスペクトルデータとしてデータ処理部 1 4 0 に出力される。

【 0 0 4 2 】

画素部 1 3 5 1 は、撮像部 1 3 5 のうちの有効な撮像エリアを規定すると換言される。また、画素部 1 3 5 1 は、二次元に配列した画素を有し、主走査と副走査とを組み合わせることで走査され二次元の撮像イメージを撮像することができる。本願明細書において、副走査は、主走査の方向と交差する方向に走査され、主走査より低い周波数で走査される。主走査は一般に、画素部 1 3 5 1 に含まれ副走査される画素行の数を N とするとき、副走査周波数の N 倍以上の周波数で走査される。

【 0 0 4 3 】

ここで、選別システム 1 は、搬送ユニット 1 5 0 によって検体 1 9 0 を搬送しながら検体 1 9 0 の種類を識別し、その識別結果に応じて、後述する選別装置 1 6 0 によって検体 1 9 0 を選別する。そのため、選別システム 1 による選別処理のスループットを高めるためには、搬送ユニット 1 5 0 による検体 1 9 0 の搬送速度を高めることが好ましい。撮像部 1 3 5 上に投影されるスペクトル像は、搬送ユニット 1 5 0 の搬送面上を移動する検体 1 9 0 から発生したラマン散乱光によるものである。そのため、搬送されている検体 1 9 0 が採光ユニット 1 1 0 の検出可能領域内に存在する間に、撮像部 1 3 5 上にスペクトル像が形成される。例えば、搬送ユニット 1 5 0 による搬送速度が 2 m / 秒 、検体 1 9 0 の大きさが 10 mm である場合には、検体 1 9 0 から発生するラマン散乱光によって形成されるスペクトル像を撮像部 1 3 5 によって検出できる時間は 5 ミリ秒 以下となる。したがって、撮像部 1 3 5 としては、フレームレートが高いことが求められる。このような高フレームレートの撮像部としては CMOS イメージセンサが挙げられ、したがって、撮像部 1 3 5 としては CMOS イメージセンサが好ましい。

【 0 0 4 4 】

また、上述のように、検体 1 9 0 から発生するラマン散乱光の強度は極めて微弱であるため、撮像部 1 3 5 の画素部 1 3 5 1 の各画素に入射する光の強度も極めて微弱である。したがって、撮像部 1 3 5 はスペクトル像 3 0 0 を取得する波長領域において、高い感度を持ったものを使用することが好ましい。一般に、ローリングシャッタ方式のイメージセンサはグローバルシャッタ方式のイメージセンサと比較して画素構造が単純で開口率が高く、光電変換素子を大きくできるため、感度およびダイナミックレンジを高めることができる。また、画素構造が単純であることから、ローリングシャッタ方式のイメージセンサはグローバルシャッタ方式のイメージセンサよりも低コストであるというメリットもある。これらの理由から、本実施形態では、撮像部 1 3 5 としてローリングシャッタ方式の CMOS イメージセンサを用いている。

【 0 0 4 5 】

撮像部 1 3 5 は、画素行ごとに順次リセット動作を行う、ローリングリセット方式のイメージセンサであることが好ましい。これにより、各画素行の露光時間をできるだけ長くすることができ、感度を高めることができる。

【 0 0 4 6 】

撮像部 1 3 5 は、画素部 1 3 5 2 中の特定の画素行について読み出し動作を行うクロップ読み出し機能を備えていることが好ましい。これにより、例えば別の検出手段によって検体 1 9 0 が採光ユニット 1 1 0 の検出可能領域に到達することを検出したときに、その採光ユニット 1 1 0 に対応する画素行の読み出し動作を行うようにすることができる。

10

20

30

40

50

【0047】

撮像部135は、読み出し回路1353と、水平走査回路1354と、垂直走査回路1355と、出力回路1356と、を有しており、行列状に配置された複数の画素からの信号を、行ごとに順次読み出す。垂直走査回路1355は、画素部1351中の任意の画素行を選択して駆動する。読み出し回路207は、垂直走査回路1355によって選択された行の画素から出力された信号を読み出し、水平走査回路1354の制御に応じて出力回路1356に転送する。これにより、主走査方向（行方向）の読み出しが行われる。また、垂直走査回路1355が選択する行をシフトして、水平走査回路1354の制御に応じて読み出し回路1353が主走査方向の読み出しを行う。これを繰り返して、選択する画素行を副走査方向（列方向）にシフトしていくことで、画素部1351全体から信号を読み出すことができる。読み出された信号は、出力回路1356を介して撮像部135の外部へと送られる。このとき、主走査方向の走査は高速に行われるが、副走査方向の走査は主走査方向の走査よりも遅い。

10

【0048】

本実施形態では、回折格子133によって分光された複数のラマン散乱光のそれぞれが、それぞれのスペクトル像が撮像部135の主走査方向に沿って投影されるように、光ファイバユニット120、回折格子133、および撮像部135を配置している。換言すれば、回折格子133による分光方向が、撮像部135の主走査方向に沿うように、光ファイバユニット120、回折格子133、および撮像部135を配置している。複数のラマン散乱光の一つに対応して撮像部135に形成されるスペクトル像が撮像部135の主走査方向に沿うように、出射端と回折格子133（分光素子）とが配置されていると換言される。また、回折格子133（分光素子）により分光された複数のラマン散乱光のスペクトル像のそれぞれは、副走査方向に沿って撮像部135の異なる位置に投影されると換言される。これにより、撮像部135の受光面上に投影されるスペクトル像の信号を高速に読み出すことができ、識別処理のスループットを高めることができる。

20

【0049】

ここで、スペクトル像が撮像部135の主走査方向に対して大きく傾いている場合について考える。例えばスペクトル像が撮像部135の主走査方向に対して90°傾いている場合には、副走査方向の信号読み出しが完了しないとスペクトル像全体の信号の読み出しが完了せず、スループットが著しく低下する。また、行ごとに露光のタイミングがずれることで、1つのスペクトル像のスペクトルデータ中に、異なる検体190からのラマン散乱光による信号が混在してしまう可能性がある。このように、投影されるスペクトル像が撮像部135の主走査方向に対して大きく傾いていると、スペクトルデータの時間分解能が低下してしまう。

30

【0050】

したがって、スペクトル像の信号を高速に読み出し、スペクトルデータの時間分解能を向上させるためには、投影されるスペクトル像と撮像部135の主走査方向とがなす角を小さくすることが好ましい。例えば、スペクトル像と撮像部135の主走査方向とがなす角は、0°以上5°以下であることが好ましく、0°以上3°以下であることがより好ましい。また、1つのスペクトル像の全体が、より少ない行数の画素行に投影されることが好ましく、1つの画素行中に投影されることが最も好ましい。スペクトル像と撮像部135の主走査方向とが平行になるようにすることが、最も好ましい。

40

【0051】

（データ処理部）

データ処理部140は、撮像部135からラマン散乱光のスペクトルデータを取得する。また、データ処理部140は、搬送ユニット150を駆動する駆動手段151へ駆動信号、停止信号を適宜送る。また、データ処理部140は受信した測定データから検体190のラマンスペクトルを抽出し、分析することで、測定した検体190の種類を識別する識別処理を行う。識別手法としては、例えば特許文献3（特開2008-209128号公報）や特許文献4（特開平10-038807号公報）に記載されているような、

50

ラマンスペクトルの特徴ピークや既知スペクトルとの照合によって実施することができる。データ処理部 140 は樹脂材種の識別に加えて、ラマンスペクトルの特定ピークの検出やデータベースとの照合によって添加物や不純物成分の特定など、ラマン分光法によって一般的に利用可能な解析を行うこともできる。なお、データ処理部 140 は、フラットパネルディスプレイのような表示部や、キーボードやマウス、タッチパネルのような入力部を備え、ユーザからの指示を受け付けたり、ユーザに情報を提供したりしてもよい。また、データ処理部 140 は、取得したスペクトルデータに対して、平滑化、スローブ補正、あるスペクトル範囲での画素データの加算、画素データ間の演算処理などの各種処理を行ってもよい。なお、データ処理部 140 の代わりに、これらのデータ処理手段としての機能を持たせた F P G A を用いてもよい。データ処理部 140 は、撮像部 135 からラマン散乱光のスペクトルデータを取得し、測定した検体 190 の種類を識別する識別処理を行えばよく、C P U、G P U 等を備えるコンピュータが含まれる。データ処理部 140 は、必ずしもソフトウェアによる演算の実行を伴わないハードウェアで構成しても良い。

【0052】

(選別装置)

選別システム 1 は、識別装置 100 の識別結果に基づいて、検体 190 を選別する選別装置 160 を備えている。選別装置 160 は、エアガン駆動装置 161 と、搬送ユニット 150 の搬送方向に垂直な方向に配列された複数のエアガン 162 とを有する。本願明細書において、識別と選別は、以下のように異なる概念として用いている。識別は、検体の物質、または、検体の性質を特定し、選別は、検体の用途を特定することを意味する。検体の物質は、組成、主成分、含有物質等が含まれ、検体の性質は、密度、表面粗度、表面エネルギー、弾性率、線膨張係数等の物性値、特性値が含まれる。検体の用途は、廃棄、リサイクル、追加分析、等の処分、供給先に基づいて、篩い分けや、マーキングを行うことを含む。

【0053】

データ処理部 140 は、上述の識別処理の結果に応じて、エアガン駆動装置 161 にエアガン駆動信号を送信する。このとき、エアガン駆動信号は搬送ユニット 150 の搬送時間、エアガン 162 のエア発射時間などを計算し、適当な遅延時間を与えてエアガン駆動信号を送信する。すなわち、データ処理部 140 は、選別装置と搬送ユニット 150 とを同期させる同期手段としての機能も有している。これにより、複数の検体 190 のうちの所望の検体 190 に対して、かかる検体 190 が落下している間に圧縮空気を当てることができる。

【0054】

選別カゴ 163 は、搬送ユニット 150 に対して搬送方向 220 の下流側に配置されている。搬送ユニット 150 によって搬送された検体 190 は搬送ユニット 150 の端部から飛び出して落下し、選別カゴ 163 に入る。選別カゴ 163 は複数の小部屋に仕切られており、選別装置による選別を受けて、種類ごとに検体 190 を収容する。

【0055】

本実施形態においては、エアガン 162 は、エアガン駆動信号が ON のときに圧縮空気を発射することによって、識別装置 100 の識別結果に基づき、選別の対象となる検体を搬送方向上流側に向かって打ち落とす。これにより、かかる選別の対象となる検体は選別カゴ 163 の搬送方向上流側に配置された小部屋に収容される。

【0056】

これにより、選別装置 160 は、識別装置 100 の識別結果に応じて、樹脂片を含む検体 190 を選別することができる。なお、上述の選別装置は一例であり、これに限定されるものではない。選別装置として、例えばロボットハンドなどの他の選別装置を採用してもよい。

【0057】

また、搬送ユニット 150 によって搬送される複数の検体 190 を整列させる整列手段や、複数の検体 190 の形状や粒度を均一になるように調整する前処理手段を、搬送ユニ

10

20

30

40

50

ット150の上流側に設けてもよい。整列手段や前処理手段としては、例えば、振動コンベアや振動篩機、破碎粒調機等を用いることができる。

【0058】

上述のように、本実施形態では、光ファイバユニット120を用いて分光器部分を集積化し、複数のスペクトル像を撮像部135によってまとめて検出することで、樹脂識別装置の装置構成を単純化している。また、複数のスペクトル像が撮像部135の主走査方向に沿うように投影されるようにすることで、識別処理のスループットを高めることができる。

【0059】

本発明は上記実施の形態に制限されるものではなく、本発明の精神及び範囲から離脱することなく、様々な変更及び変形が可能である。従って、本発明の範囲を公にするために以下の請求項を添付する。

10

【0060】

本願は、2017年12月8日提出の日本国特許出願特願2017-236226を基礎として優先権を主張するものであり、その記載内容の全てをここに援用する。

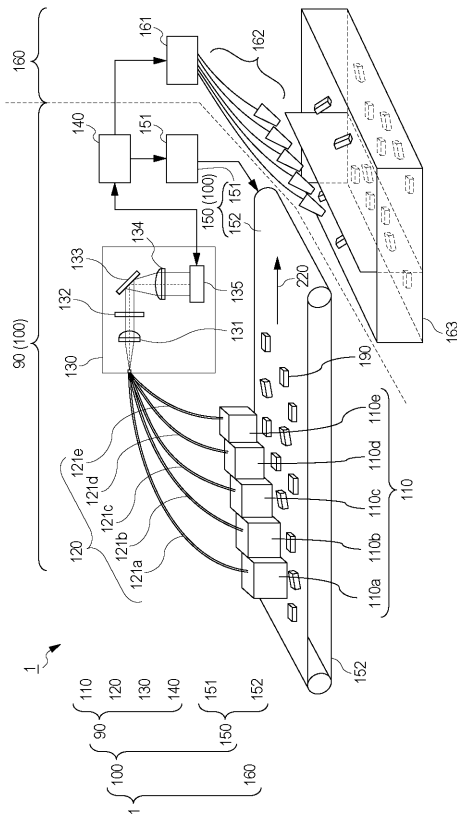
【符号の説明】

【0061】

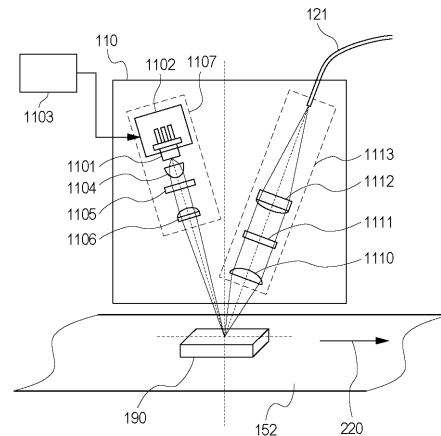
- 100 識別装置
- 110 採光ユニット
- 121 光ファイバ
- 133 分光素子（回折格子）
- 135 撮像部
- 140 データ処理部

20

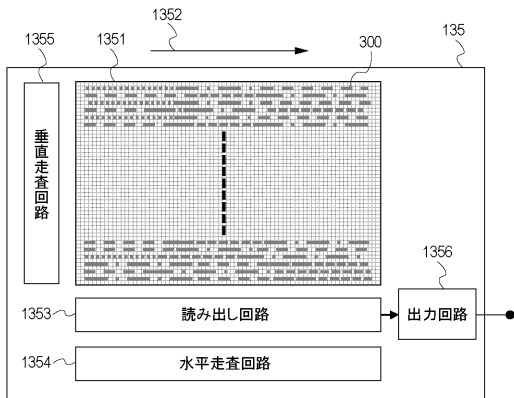
【図1】



【図2】



【 図 3 】



フロントページの続き

(72)発明者 米谷 勇輝

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

Fターム(参考) 2G043 AA04 CA05 DA05 EA03 HA05 JA04 KA01 KA02 KA09 LA03
MA01 NA01