

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6612423号
(P6612423)

(45) 発行日 令和1年11月27日(2019.11.27)

(24) 登録日 令和1年11月8日(2019.11.8)

(51) Int.Cl.

G O 1 N 15/08 (2006.01)

F 1

G O 1 N 15/08

E

請求項の数 9 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2018-503249 (P2018-503249)	(73) 特許権者	515230084 フランホーファーゲゼルシャフト ツ ウア フェアデルング デア アンゲヴア ンドテン フォアシュング エー. ファウ .
(86) (22) 出願日	平成28年7月18日 (2016.7.18)		ドイツ連邦共和国 80686 ミュンヘ ン, ハンザシュトゥラーゼ 27ツェー
(65) 公表番号	特表2018-527560 (P2018-527560A)	(74) 代理人	100103894 弁理士 家入 健
(43) 公表日	平成30年9月20日 (2018.9.20)	(72) 発明者	ヴォルマン フィリップ ドイツ連邦共和国 01189 ドレスデ ン, サーブラツ 5
(86) 國際出願番号	PCT/EP2016/067019	(72) 発明者	グラーヘルト ヴルフ ドイツ連邦共和国 01277 ドレスデ ン, ヘラクレスシュトゥラーゼ 22
(87) 國際公開番号	W02017/013050		最終頁に続く
(87) 國際公開日	平成29年1月26日 (2017.1.26)		
審査請求日	平成30年3月16日 (2018.3.16)		
(31) 優先権主張番号	102015213974.3		
(32) 優先日	平成27年7月23日 (2015.7.23)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	ドイツ(DE)		

(54) 【発明の名称】 試料の透過度を測定するためのアセンブリ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

水蒸気に関して、試料の透過度を測定するためのアセンブリであって、そこには、波長幅内の電磁放射線の空間分解スペクトル分析のために設けられた複数の検出器が列配置で又は行列配置で配置され、検出器は電子評価部に接続され、広帯域放射線源から出射した電磁放射線が、試料表面で、試料上に形成された層で、若しくは、試料内部の層の表面で反射した後に、又は、電磁放射線を透過する試料に照射した後に、これが検出器に当たるよう配置され、

電磁放射線の照射が表面に行われるところ、電磁放射線が反射する表面では、又は電磁放射線が透過する表面では、電磁放射線の強度が前記表面に沿った方向に均一で、さらに時間的に均一であり、

前記電子評価部は、試料のあらかじめ設定できる表面上に配置された個々の局所点について、空間解像度及び波長解像度を有して検出された検出器の測定信号を波長幅内で検出するものであり、その際、複数の位置で検出された測定信号は、検出された表面の各部分領域と関連付けられ、ここで各試料表面の全ての局所点で波長分解能を有して検出された強度は、波長分解能を有する1つの次元と、空間分解能を有する2つの次元とを備えた3次元データ構造を形成し、

前記電子評価部はさらに、波長解像度を有して検出された検出表面の部分領域の全ての測定信号について、波長スペクトルの主成分分析を行うものであり、前記主成分分析によりデータの削減を行うことができ、ここで前記電子評価部はさらに、各部分表面の個々の

局所点で検出された波長スペクトルに対して特徴抽出を行い、

前記電子評価部はさらに、これらの抽出された特徴を参照し、予め決定され、電子メモリに記録された回帰モデルを用いて、対応する透過度についての計算結果を得るものであり、前記回帰モデルは、他の方法で得られた試料の特徴セットであって、その透過度がより高い測定精度を有する異なる測定方法を用いて測定された試料の特徴セットを用いて準備されたものである。

アセンブリ。

【請求項 2】

前記主成分分析では、テクスチャ情報の抽出、平均値形成、標準偏差の決定、及び／又は、それらの組み合わせによる特徴抽出を行うところ、この特徴抽出によりさらにデータ削減ができるように、電子評価部が形成される

ことを特徴とする請求項 1 記載のアセンブリ。

【請求項 3】

研究される部分領域は、 $500 \times 500 \mu\text{m} \sim 1500 \times 1500 \mu\text{m}$ の範囲の大きさを有する

ことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載のアセンブリ。

【請求項 4】

表面の照射は、試料表面の垂線に対して、 0° 以上 90° 未満の範囲の少なくとも 1 つの角度で行われる

ことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項記載のアセンブリ。

【請求項 5】

検出及び評価は、入射平面に対して、規定され既知の少なくとも 1 つの偏光面を有する少なくとも 1 つの偏光子を用いて行う。

ことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項記載のアセンブリ。

【請求項 6】

検出器と試料とは、互いに少なくとも 1 つの軸に沿って、そして、その際に、互いに一定の間隔で移動可能である

ことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項記載のアセンブリ。

【請求項 7】

放射線源は電磁放射線を形成する光学要素を有し、又は、放射線源は電磁放射線を表面上に拡散させて出射し、中空体内部に配置され、そして、散乱された電磁放射線の入射を防ぐ絞りが電磁放射線の光学経路中の検出器の前に配置される

ことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項記載のアセンブリ。

【請求項 8】

試料は、異なる材料又は物質から形成された、複数の層で形成された多層構造を有する

ことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか 1 項記載のアセンブリ。

【請求項 9】

検出器の行列配置は、HSI カメラを用いた光学要素及び評価電子装置により形成される

ことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか 1 項記載のアセンブリ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、透過体 (permeate) に関して、試料の透過度を測定するためのアセンブリに関する。透過体は、具体的には水蒸気である。しかしながら、研究はアセンブリを用いて、透過体としての酸素、二酸化炭素又はメタンについても行うことができる。ここでは、試料は、各透過体に対する障壁材料から作ることができる。

【背景技術】

【0002】

これまでには、装置で直接的に、すなわち、試料を透過した気体又は蒸気の測定を用いて

10

20

30

40

50

透過度を測定することが普通であった。ここでは、各試料は2つのチャンバの間に配置される。研究される透過体は一方のチャンバに含まれる。試料を透過した透過体の時間分解検出が他方のチャンバで行われる。ここでは、検出は、透過体に対してとても感度の良いセンサを用いて行われる。電量センサ(coulometric sensor)に加えて、各透過体の既知の吸収帯を用いるときに分光計もしばしば用いられ、透過体を定量化する。それにより、透過度(水蒸気透過度: W V T R (g/m²/d))を測定できる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

既知の手順を用いて、十分に高い測定精度を得ることができる。しかしながら、障壁試料はそれらの性質によってとても良い障壁効果を有しており、この従来の直接測定にはかなりの時間と労力とを必要である。ここでは、試料の障壁効果に応じて、測定は数日から数週間続くこともある。

10

【0004】

それゆえ、かなり短縮された時間内で十分な精度を有する結果を生成し、障壁生産プロセスにおいてインライン測定に用いることさえできる、試料の透過度の測定の可能性を特定することが本発明の目的である。

20

【課題を解決するための手段】

【0005】

この目的は、本発明に従い、請求項1に係る特徴を有するアセンブリにより達成される。本発明の有利な実施の形態及び異なる展開は、従属請求項で示される特徴を用いて実現できる。

【発明を実施するための形態】

【0006】

本発明に従う、試料の透過度を測定するためのアセンブリは、ある波長幅内の電磁放射線の空間分解スペクトル分析のために設けられた、複数の検出器を有する。この目的のために、これらの検出器は、列配置で、又は、行列配置で配置される。検出器は、電子評価部に接続され、広帯域放射線源から出射された電磁放射線が、試料の表面で又は試料に形成された層で反射した後に、及び/又は、電磁放射線を透過する試料を照射した後に検出器に当たるように配置される。ここでは、照射は、電磁放射線が反射し又は透過する表面で、電磁放射線の一様な強度が観測されるように行われる。それゆえ、同時に検出される各表面は、一応な強度で照射される。広帯域照射では、波長幅内にある電磁波は、研究される試料の各表面に向けられる。

30

【0007】

波長幅内で空間分解能及び波長分解能を有する検出器で検出された、測定された信号(測定信号)を、特定の波長範囲と関連づけることができ、そして、試料表面のあらかじめ設定できる部分領域内の個々の局所点(local point)と関連づけることができるよう、電子評価部は設けられる。

【0008】

各試料表面の全ての局所点で波長分解能を有して検出された強度の合計は、波長分解能を有する1つの次元と、空間分解能を有する2つの次元とを備えた3次元データ構造(ハイパーキューブ)を形成する。

40

【0009】

次に、波長分解能を有して検出された部分領域の全ての測定信号のデータ削減を行うことができるべきであって、そこでは、顕著な特徴が選択され、その結果の特徴セットが回帰モデルを用いた回帰処理を被る。回帰モデルは、電子メモリに記録され、より高い測定精度を有する異なる測定処理を用いて測定された透過度、具体的には水蒸気透過度のサンプルで前もって決定されている。これにより、試料の透過度を評価するために少なくとも1つの部分領域が用いられて、試料の各部分領域の透過度に関する計算書を得ることができる。

50

【 0 0 1 0 】

本発明に従う方法を用いて研究される試料は、より高い測定精度を有する異なる測定処理を用いて予め決定されたものと同等の構造又は組成を有する同様の試料分類に属るべきである。

【 0 0 1 1 】

試料の適切に選択された特徴セットと、異なる測定処理を用いて測定されたそれらの透過度との機能的関連性は、例えば、線形回帰又は非線形回帰により、部分最小二乗（PLS : partial least square）アルゴリズムにより、ニューラルネットワークにより、これらの方法又は他の回帰方法（回帰モデル）の少なくとも2つの組み合わせにより、決定することができる。

10

【 0 0 1 2 】

回帰モデルは、本発明に従うアセンブリを用いて検出された試料のデータセットを用いて準備された。試料の当該データセットは、データ削減及び特徴抽出を被り、異なる測定処理を用いて測定されたその透過度は、電子メモリに含まれるべきである。同等の構造を有する同様の試料分類のいくぶん研究された試料の透過度は、本発明に従うアセンブリを用いて、電子メモリに記録された回帰モデルを用いて、測定することができる。

【 0 0 1 3 】

電子評価部は、本発明に従うアセンブリを用いて測定されたデータセットのデータ削減及び特徴抽出を行う。スペクトル情報及びその後の空間情報の評価は、ここでは、最初に行なうことができる。データ削減、特徴抽出とは逆の順番、又は、データ削減、特徴抽出の個々のステップの2つ以上の望ましい組み合わせも可能である。

20

【 0 0 1 4 】

データ削減及び特徴抽出は、主成分分析（PCA : principal component analysis）、テクスチャ情報のパラメータ化、平均、及び／又は、標準偏差の決定及びこれらの組み合わせにより行なうことができる。

【 0 0 1 5 】

主成分分析を用いる場合には、全ての局所点の波長（スペクトル）のn個の強度が、座標変換を用いて、新しい直交座標系、すなわち、主成分空間へと変換される。主成分空間では、元データが最大分散を有し、nが測定された波長の数を示す。

【 0 0 1 6 】

30

座標変換は、測定された部分表面のデータセットの共分散行列の、n個の固有ベクトル（主成分）と、関連付けられたn個の固有値とを決定することにより計算される。n番目の固有値が大きければ大きいほど、元の分散を説明するn番目の主成分がよりいっそう一致する。すなわち、最も大きな固有値を有する固有ベクトルは、データセットの1番目の主成分であり、データセットの元の分散の最も大きな部分を説明する。最も小さな固有値を有する固有ベクトルは、データセットのn番目の主成分であり、データセットのいかなる関連特性も説明しない。特定の数の主成分だけが考慮され、それは、しばしば、データセットの元の分散の例えは95%よりも大きな十分な説明を既に保証する、最初の3~6個である。考慮すべき主成分の数、そして、主成分空間の次元は、基準支援（criteria assistance）を用いて、例えは、全分散における比率を参照して、又は、スクリーンテストを参照して、選択することができる。

40

【 0 0 1 7 】

新たに拡げられた主成分空間におけるスペクトルの座標は、対応する局所点を十分に特徴づける、いわゆるスコア値である。

【 0 0 1 8 】

本発明に従って検出されたデータが、回帰モデルが準備された既知の透過度を有する試料のデータと同じ方法で評価されるように、データ削減及び特徴抽出は、電子評価部を用いて有利に行なうことができる。試料の透過度は、その後、回帰モデルを用いて、本発明に従って検出されたデータセット、正確な空間解像度及び波長解像度を有して検出された電磁放射線の強度により測定される。

50

【 0 0 1 9 】

本発明に従って検出されたデータの評価では、好ましくは、次の手順を用いることができる。

【 0 0 2 0 】

変形 a)

スコア値を含む、最初の 6 個の主成分が、好ましくは、部分表面の全ての局所点のスペクトル情報の主成分分析により決定される。本発明に従って検出されたデータは、研究される表面の全ての局所点を表わすので、主成分毎のスコア値の領域分布を特定することができる。スコア値の異なる領域分散の定量化は、各部分表面の主成分の全てのスコア値を用いて決定された異なる統計パラメータにより、ここでは行われる。それらは具体的には、分散、四分位範囲 (interquartile range) 又は平均絶対偏差である。この手順は全ての主成分に対して用いることができる。透過度の測定は、部分最小二乗 (PLS) 回帰モデルのような回帰モデルに基づいて電子評価部により行われ、そこでは、パラメータは、好ましくは追加の主成分分析 (PCA) を介して、任意には追加の事前の特徴抽出を被る。

10

【 0 0 2 1 】

ここで用いられる回帰モデル (ここでは、PLS) は、同等の構造を有する同様の試料分類の試料を用いて予め決定された。当該試料の透過度、特に、水蒸気透過度は、より高い測定精度を有する異なる測定方法を用いて測定され、そこでは、特徴抽出の全てのステップは、上記処理と同様に行われた。

20

【 0 0 2 2 】

変形 b)

試料上の範囲に分散していると特定できる 1 つ以上の主成分、特に、主成分毎の局所点のスコア値は、研究される各部分表面の検出された全ての局所点のスペクトル情報の主成分解析を介して算出される。ここでは、スコア値の、異なるパラメータに加えて、実際の値、特に、各部分表面の全てのスコア値の平均値からの 3 倍の標準偏差により、局所点は説明できる。もしも、局所点におけるこのパラメータが、全ての局所点のこのパラメータの平均値から 3 倍の標準偏差よりも大きく逸脱していたら、それは欠陥 (defect) と分類される。もしも、そのような局所点が既に欠陥と分類された局所点の隣に配置されていたら、欠陥と分類された局所点のグループ (欠陥領域) をこの方法により決定できる。欠陥領域は、追加の特徴抽出のために、そして、特徴「透過度」を測定するために、本発明に従って決定された、欠陥領域のグループ分類を用いて異なるグループに分割される。当該グループ分類は、欠陥領域上、特に、領域上の空間情報、両方の空間座標方向における範囲、中心、偏心度 (eccentricity)、相当直径 (equivalent diameter)、外周長、包囲するポリゴン表面の中味、そして、包囲する凸表面に対する表面の比率を提供するパラメータの決定により行うことができる。欠陥を説明するパラメータセットは、追加の分類処理により、有利には、クラスター分析により、特定の欠陥タイプと関連付けることができる。4 つの欠陥タイプに分類することが有利であることが分かっている。部分表面毎の透過度は、回帰モデル、特に、線形回帰モデルを参照して試料において決定された欠陥タイプ毎の欠陥の数から測定することができる。ここで用いられる回帰モデルは、同等の構造を有する同様の試料分類の試料を用いて予め決定された。当該試料の透過度、特に、水蒸気透過度は、より高い測定精度を有する異なる測定方法を用いて測定され、そこでは、特徴抽出の全てのステップが上記処理と同様に行われた。

30

【 0 0 2 3 】

研究される部分領域は、 $500 \times 500 \mu\text{m} \sim 1500 \times 1500 \mu\text{m}$ の範囲の大きさを有するべきである。検出は、 $0.5 \sim 1.5 \mu\text{m}$ の範囲の、好ましくは、 $1 \mu\text{m}$ の空間解像度で行うことができるべきである。

40

【 0 0 2 4 】

少なくとも 30 個の検出器が、好ましくは、少なくとも 100 個の検出器がここでは行に配置されるべきである。

50

【 0 0 2 5 】

少なくとも 1 個の検出器が、好ましくは、少なくとも 50 個の検出器がここでは列に配置されるべきである。

【 0 0 2 6 】

本発明に従うアセンブリは、適切なビーム成形光学要素と電子評価電子装置とを有する HSI カメラを用いることができる。

【 0 0 2 7 】

表面の照射は、少なくとも、試料表面の垂線に対して 0° 以上 90° 未満の角度で行われるべきである。電磁放射線を透過する試料を透過する照射では、角度は、少なくとも、ほとんど 0° から試料垂線まで有利には観測されるべきであり、すなわち、照射は、反射される部分をできるだけ小さく保つために、できる限り垂直な方法で、試料表面上に向けられるべきである。照射及び検出は、電磁放射線の可変入射角で行うこともできる。既に示したように、入射角は、ここでは、0° から最大 89° の範囲で選択することができる。10

【 0 0 2 8 】

検出は、線形偏光電磁放射線に限定することもできる。この場合に、試料の前及び / 又は後の 1 つ以上の偏波面の有利な位置合わせを選択することができる。

【 0 0 2 9 】

検出器及び試料は、スペクトル分解方法及び空間分解方法で同時に線を測定することだけができる検出器を用いる上で、相互に少なくとも 1 つの軸に沿って、そして、この点に関して、好ましくは、互いに有利な間隔で特に移動することができる。このように、試料は、静的に固定された複数の検出器と放射線源とを用いて、軸に沿って移動することができる。このことは、上に試料が配置された同様に移動可能なテーブルを用いて達成することができ、当該テーブルは X 方向に、任意には、Y 方向にも移動することができる。しかしながら、試料が柔軟に変形可能な材料、例えば、フィルム状であるときは、ローラーからローラーへの巻戻しも可能である。20

【 0 0 3 0 】

電磁放射線を成形する構成要素が放射線源に存在することができる。簡単な実施の形態では、放射線源は顕微鏡と結合できる。しかしながら、放射線源は中空体内に配置されることもでき、そこから電磁放射線が拡散的に射出し、照射される表面に向けられることができる。中空体は、球体又は円柱であることができる。同時に検出される表面は均一に照射されるべきである。ビーム成形を果たすようにそれぞれ用いられる光学要素の選択には、ビーム成形光学要素を有する放射線源とともに、用いられる波長範囲を考慮すべきである。30

【 0 0 3 1 】

電磁放射線の光学ビーム経路中の検出器の前に、散乱された電磁放射線の入射を防ぐ絞り（ドイツ語 : Blende）を好ましくは配置することができる。

【 0 0 3 2 】

波長範囲が紫外線スペクトルに始まり赤外線スペクトルに終わる電磁放射線は、放射線源から射出することができる。可視光から近赤外スペクトルにまで入る、すなわち、250 ~ 1000 nm の波長範囲からの放射線が特に好ましい。可能であれば、用いられる波長範囲の放射線に関して、各波長幅内の全ての波長を用いることができるべきである。各波長に関して検出器を用いて検出可能な強度の検出器の感度 / 測定精度について、そして、ビーム誘導部品の光学特性について、制限が、用いられる検出器の感度範囲だけで予め規定されるべきである。対象とする W V T R 範囲の試料のスペクトルの間で最大の分散を有し、可能な限り小さい測定誤差を有するそれらのスペクトル範囲が好ましくは用いられるべきである。40

【 0 0 3 3 】

電磁放射線の偏光 (polarization) の直接選択を達成できる少なくとも 1 つの構成要素も、光学経路に存在することができ、光学経路に統合することができる。50

【 0 0 3 4 】

試料は、異なる材料又は物質から好ましくは形成された、複数の層の多層構造であることもできる。試料の基本材料は、ポリマーフィルム、薄い金属フィルム又はガラスフィルムであり、その上に、更に、ポリマー、セラミックス又は金属の薄いフィルムが異なる組み合わせで適用できる。

【 0 0 3 5 】

用いられる検出器、電子評価部、そして、任意には放射線源もが、本発明に従うアセンブリで用いることができる、いわゆるハイパースペクトル画像システムとなることができる。それにより、スペクトル情報に加えて、試料の検出された各部分領域の空間情報を得ることができる。

10

【 0 0 3 6 】

検出された波長範囲（スペクトル）の個々の波長に関して、個々の局所点で測定された強度の検出に基づいて決定されたデータの削減は、実際の評価において好都合であることができる。それによって、透過度の測定に関連する情報は、関連しない情報から分離することができ、そして、電子処理の労力も実質的に削減され、必要とされる時間も同様に削減される。非常に複雑で、コストがかかる電子処理技術を用いることは必要とされない。

【 0 0 3 7 】

本発明では統計モデルを準備することができ、それに基づいて、対応する陰の部分領域における、研究される試料システムの透過度を予測することができる。この目的のために、好ましくは行状に配置され、波長解像度及び空間解像度を有して強度を検出できる複数の光学検出器の1つを用いて、データセットを検出することができる。

20

【 0 0 3 8 】

透過度の値は、試料の理想的な状態からの逸脱により影響を受ける。これらの逸脱は、欠陥箇所、パーティクル、層の厚さの変動、材料の変化などができる。これらのアーティファクトは、試料と相互作用する光が、異なって（スペクトル的に、強度的に）反射され、散乱され、伝わる効果を等しく有する。このように、波長解像度を有して検出された試料の検出された部分表面の異なる局所点の個々の強度（スペクトル）の十分な数の合計は、観測中の試料範囲の透過度の情報を示すことができる。

【 0 0 3 9 】

透過度を測定するための透過度は、同等の構造を有する同様の試料分類の試料で予め測定された既知の透過度を有する特徴セットを用いて構成された回帰モデルを利用して、測定された特徴セットを参照して、測定することができる。

30

【 0 0 4 0 】

この目的のために、測定された特徴セットはデータ削減、そして、特徴抽出を被る。このように、各部分表面の個々の局所点で検出された波長スペクトルは、スペクトル特徴抽出、例えば、クラスター解析又は主成分分析を被ることができる。その結果、回帰モデルで用いられるパラメータは、クラスターの数及び分布、主成分のスコア値、又は、それらの分布であることができる。

【 0 0 4 1 】

更に、画像圧縮方法を、特徴抽出のためのテクスチャ評価に用いることができ、テクスチャ評価では、各部分表面の全ての局所点で検出された個々の波長の強度、複数の波長の強度の合計又は合計を平均したものの強度、スペクトル特徴削減により決定されたパラメータ、及び／又は、それらを組み合わせたものが、画像圧縮を被る。データセットのテクスチャ情報を説明するために、この点について、ウェーブレット変換、泰ラーの多項式のような他の画像圧縮方法、フーリエコサイン変換、離散コサイン変換、濃淡値マトリックス方法（gray value matrix method）を介して、少なくとも1つのパラメータを決定するべきである。

40

【 0 0 4 2 】

同等の構造と既知の透過度とを有する同様の試料分類の試料の測定されたデータセットを用いて準備された校正モデル（回帰モデル）に基づいて、部分表面の透過度を予測する

50

ことができ、そこでは、校正及び予測のために、特徴削減の同一のステップを用いて、測定された各データセットが扱われる。ここでは、例として、「重回帰分析（M L R A : multiple linear regression analysis）」、「部分最小二乗回帰（P L S : partial least square regression）」又は「ニューラルネットワーク」を回帰モデルとして用いることができる。

【0043】

照射強度の横方向の変動を有する試料により引き起こされる強度変動の重なりを横方向に均一な光照射野により回避することができるようにするために、十分な測定精度の必要条件は、検出のために用いられる表面の均一な照射である。小さな試料領域のために、顕微鏡光学系を有利には用いることができる。本発明に従うアセンブリは、異なる光学系、作動距離、拡大を用いて検出される試料の各表面に適合させることができる。10

【0044】

試料の透過度の測定は、本発明を用いて、数日又は数か月の代わりに、数ミリ秒から数分で行うことができる。非接触測定も可能である。試料は、追加で処理されたり、他の方法で準備されたりする必要がない。品質管理及び生産のオンラインモニタでは試料の除去及び分離測定が必要とされないために、これらの場合に用いられることが好ましい。

【0045】

本発明は、強力な障壁材料の障壁特性及び透過特性を測定するために有利には用いることができる。それらは、特に、包装産業で、LCDパネル/TFTの被覆で、薄膜太陽電池の封入で、又は、確実なOLEDの封入のために用いられる。20

【0046】

本発明は、次の例により、より詳細に説明される。

【0047】

例 1

およそ 150 nm の層厚を有する酸化スズ亜鉛で被覆された（およそ 75 μm の厚さの）ポリエチレンテレフタレートフィルムの試料が、光学顕微鏡を用いているときに、光源としてのハロゲンランプを用いて 5 × 6 mm の選択された表面上で均一に照射され、30 個の部分表面に分割された。試料表面全体を幅 5 mm にわたって波長解像度及び空間解像度を有して検出できるように、合計 1000 × 50 個の光学検出器が試料上の行列状のアセンブリに配置された。試料により反射された光の強度の波長解像度を有する検出が、光学検出器を用いて個々の局所点について行われた。400 ~ 1000 nm の範囲の合計 50 波長が考慮された。試料表面全体を検出するために、ここでは、試料は検出器の行状のアセンブリに対して垂直に移動された。30

【0048】

個々の局所点について検出器により波長解像度を有して検出された強度は、それぞれ 1 × 1 mm の大きさを有する試料の部分領域と関連付けられた。2 つの横方向寸法（lateral dimension）と 1 つのスペクトル次元とを有するそのような部分領域をハイパーキューブと呼ぶことができる。

【0049】

続いて、下で説明されるような手順が続くデータ削減が各部分領域について行われた。40

【0050】

1. スペクトルの平均値平滑化（smoothing）

測定されたスペクトルからのノイズ除去（ドイツ語：Entfernung von Rauschen）

2. 部分領域のハイパーキューブの主成分分析

それにより、重要な情報が失われることなく、データの次元の削減が達成された

3. ありとあらゆる主成分の固有値の、分散、四分位範囲及び平均絶対偏差の算出。結果は異なる特徴のセットである。

【0051】

分散 (σ^2) :

【数1】

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

ここで、 x_i = 固有値 i

【数2】

 \bar{x}

10

固有値の平均値

四分位範囲 (IQR : Interquartile range) :

 $IQR = Q_{75} - Q_{25}$
 $Q_{75} / Q_{25} = 75\% \text{ 及び } 25\% \text{ 分位点}$

【0052】

平均絶対偏差 (e) :

【数3】

$$e = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|.$$

20

 n = 画像の固有値の数

【0053】

4. 研究される試料の透過度の測定は、ステップ1～4で説明されたものと類似するデータ処理とともに、既知の透過度を有する部分表面のデータセットを用いているときに、予め用意された回帰モデルを用いて行われ、当該回帰モデルは電子評価部の電子メモリに記録されている。

フロントページの続き

(72)発明者 グルーバー フロリアン
ドイツ連邦共和国 01127 ドレスデン, ロバート - マツケ - シュトラーセ 44

審査官 福田 裕司

(56)参考文献 国際公開第2014/163039 (WO, A1)
米国特許第05381228 (US, A)
特開2013-044542 (JP, A)
特開2000-131220 (JP, A)
特開2016-136086 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 15/08