

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5875403号
(P5875403)

(45) 発行日 平成28年3月2日 (2016.3.2)

(24) 登録日 平成28年1月29日 (2016.1.29)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 N 23/04 (2006.01)

GO 1 N 23/083 (2006.01)

GO 1 N 23/16 (2006.01)

GO 1 N 23/18 (2006.01)

GO 1 N 23/04

GO 1 N 23/083

GO 1 N 23/16

GO 1 N 23/18

請求項の数 1 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2012-34792 (P2012-34792)	(73) 特許権者	503460323
(22) 出願日	平成24年2月21日 (2012.2.21)		株式会社日立ハイテクサイエンス
(65) 公開番号	特開2013-170924 (P2013-170924A)		東京都港区西新橋一丁目2 4 番 1 4 号
(43) 公開日	平成25年9月2日 (2013.9.2)	(74) 代理人	100113022
審査請求日	平成27年1月5日 (2015.1.5)		弁理士 赤尾 謙一郎
		(74) 代理人	100110249
			弁理士 下田 昭
		(74) 代理人	100116090
			弁理士 栗原 和彦
		(72) 発明者	的場 吉毅
			千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 エ
			スアイアイ・ナノテクノロジー株式会社内
		審査官	藤田 都志行
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 透過 X 線分析装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

帯状に連続して所定の搬送方向に移動する試料の透過 X 線像を検出する透過 X 線分析装置であって、

前記透過 X 線像に由来する画像を光電変換して生じる電荷を読み出す撮像素子を 2 次元状に複数個備えた時間遅延積分方式の T D I センサであって、前記搬送方向に垂直な方向に前記撮像素子が並ぶラインセンサを前記搬送方向に複数段並べ、1 つのラインセンサに蓄積された電荷を隣接する次のラインセンサへ転送する T D I センサと、

前記 T D I センサに対向して配置される X 線源と、

前記 T D I センサと前記 X 線源との間に、前記 T D I センサと前記 X 線源とを結ぶ検出方向に沿って前記 T D I センサから離れて配置され、前記 T D I センサと前記試料との間隔を一定に保ちながら前記試料を前記 T D I センサの検出位置まで搬送する 1 対のサポートロールと、

前記搬送方向に沿って前記サポートロールよりも外側にそれぞれ配置され、前記試料を搬送する 1 対の外側ロールと、を備え、

前記検出方向に沿って、隣接する前記サポートロールと前記外側ロールとが異なる位置に配置され、前記 1 対のサポートロールの間で前記試料に張力を負荷するようになっていて、

前記 1 対のサポートロールは、前記 T D I センサに取り付けられている透過 X 線分析装置。

10

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、時間遅延積分（TDI）方式のセンサを用いて試料の透過X線を測定可能な透過X線分析装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、X線透過イメージングによる試料中の異物の検出、元素の濃度むらの検出が行われてきた。このようなX線透過イメージングの方法として、試料の透過X線を蛍光板等に通して蛍光に変換し、その蛍光を撮像素子（電荷結合素子；CCD（Charge Coupled Devices））で検出する方法が知られている。そして、CCDによる検出方法として、複数の撮像素子を一方向に並べたラインラインセンサを用い、試料に対して走査して線状の画像を次々と取得して試料の2次元画像を得る方法がある。

10

【0003】

ところで、搬送方向への試料の移動速度が速くなると、ラインセンサへの電荷の蓄積時間が短くなり、ラインセンサの感度が低い場合にはS/N比が低下する。このようなことから、ラインセンサを搬送方向へ複数個（段）平行に並べ、1つのラインセンサに蓄積された電荷を隣接する次のラインセンサへ転送するTDI（Time Delay and Integration）センサが利用されている。TDIセンサでは、1段目のラインセンサに蓄積された電荷が2段目のラインセンサに転送され、2段目のラインセンサでは1段目のラインセンサから転送された電荷及び自身で受光して蓄積した電荷を加算して3段目のラインセンサに転送する。このように、各ラインセンサには、前段のラインセンサから転送された電荷が順次加算され、最終段のラインセンサに転送された累積電荷が出力される。

20

このようにしてTDIセンサでは、段数がTの場合に単一のラインセンサに比べてT倍の電荷が蓄積され、コントラストがT倍となると共にノイズが低減され、測定を高速で行えると共にS/N比が向上する。

【0004】

一方、例えば、リチウムイオン電池の電極は、ロール状の集電体金属箔を巻き戻して電極材料を塗布することにより連続的に製造される。従って、このストリップ状の電極をX線透過イメージングで異物検出する際には、電極をコンベアで連続的にX線源とセンサとの間に搬送させて検出を行っている（特許文献1）。又、ストリップ状のシートをX線透過イメージングで異物検出する際に、エアベアリングで搬送する技術も開発されている（特許文献2）。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2004-061479号公報（図4）

【特許文献2】特開2011-069641号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0006】

ところで、上記したようにTDIセンサはラインセンサに比べて感度が高いが、試料が多段のTDIセンサを通過するまでの両者間の距離が一定量変化すると、試料の送り速度とTDIセンサ上の透過像の送り速度が大きく相違して検出位置のずれを生じ、検出すべき点が散在する。この場合、電荷の積算が都合よくなされないこととなり、積算された像がぼやけ、検出できる最小サイズが大きくなって、検出精度の低下が顕著になるという問題がある。

特に、リチウムイオン電池の電極のように帯状に連続した試料を搬送ロールで搬送しながらTDIセンサで透過X線を測定する場合、試料がばたついた状態でTDIセンサまで搬送されることがあり、上記した問題が顕著になっていた。

50

【 0 0 0 7 】

本発明は上記の課題を解決するためになされたものであり、帯状に連続して搬送ロールで搬送される試料と、ＴＤＩセンサとの間の距離を一定に保ち、検出精度を向上させた透過Ｘ線分析装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

上記の目的を達成するために、本発明の透過Ｘ線分析装置は、帯状に連続して所定の走査方向に移動する試料の透過Ｘ線像を検出する透過Ｘ線分析装置であって、前記透過Ｘ線像に由来する画像を光電変換して生じる電荷を読み出す撮像素子を２次元状に複数個備えた時間遅延積分方式のＴＤＩセンサであって、前記走査方向に垂直な方向に前記撮像素子が並ぶラインセンサを前記走査方向に複数段並べ、１つのラインセンサに蓄積された電荷を隣接する次のラインセンサへ転送するＴＤＩセンサと、前記ＴＤＩセンサに対向して配置されるＸ線源と、前記ＴＤＩセンサと前記Ｘ線源との間に、前記ＴＤＩセンサと前記Ｘ線源とを結ぶ検出方向に沿って前記ＴＤＩセンサから離れて配置され、前記ＴＤＩセンサと前記試料との間隔を一定に保ちながら前記試料を前記ＴＤＩセンサの検出位置まで搬送する１対のサポートロールと、前記走査方向に沿って前記サポートロールよりも外側にそれぞれ配置され、前記試料を搬送する１対の外側ロールと、を備え、前記検出方向に沿って、隣接する前記サポートロールと前記外側ロールとが異なる位置に配置され、前記１対のサポートロールの間で前記試料に張力を負荷するようになっていて、前記１対のサポートロールは、前記ＴＤＩセンサに取り付けられている。

この透過Ｘ線分析装置によれば、サポートロールによって張力が負荷された状態で試料がＴＤＩセンサを通過するので、試料がばたついた状態でＴＤＩセンサまで搬送されることが無く、試料とＴＤＩセンサとの検出方向の距離を一定に保ち、検出できる最小サイズを微小として検出精度を向上させることができる。

【 0 0 0 9 】

又、前記１対のサポートロールは、前記ＴＤＩセンサに取り付けられているので、サポートロールとＴＤＩセンサとの検出方向に沿う距離を正確に保つことができる。

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

本発明によれば、試料がばたついた状態でＴＤＩセンサまで搬送されることが無く、試料とＴＤＩセンサとの検出方向の距離を一定に保ち、検出できる最小サイズを微小として透過Ｘ線の検出精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図１】本発明の実施形態に係る透過Ｘ線分析装置の構成を示すブロック図である。

【図２】ＴＤＩセンサによる時間遅延積分処理の方法の一例を示す図である。

【図３】各ロールを通る試料の位置を変えた変形例を示す図である。

【図４】各ロールの配置状態、及び各ロールを通る試料の位置を変えた変形例を示す図である。

【図５】各ロールの配置状態、及び各ロールを通る試料の位置を変えた別の変形例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。

図１は本発明の実施形態に係る透過Ｘ線分析装置１の構成を示すブロック図である。

透過Ｘ線分析装置１は、Ｘ線源１２と、ＴＤＩ（Time Delay and Integration）センサ１４と、ＴＤＩセンサ１４と試料１００との間に配置され、試料１００からの透過Ｘ線１２×を蛍光（可視光画像）に変換する蛍光板１６と、ＴＤＩセンサ１４と蛍光板１６を収

容する筐体 18 と、筐体 18 の両側端から X 線源 12 へ向かってそれぞれ下方へ延びる 1 対の支持部 18s と、各支持部 18s に軸支される 1 対のサポートロール 31, 32 と、試料 100 を搬送する 1 対の外側ロール 51, 52 と、制御手段 60 と、を備えている。

試料 100 は、帯状に連続したシート状又はストリップ状であり、サポートロール 31, 32 及び外側ロール 51, 52 により、搬送方向 L (図 1 の左から右) に移動するようになっている。なお、試料 100 は例えばリチウムイオン電池の正極に用いられる Co 酸リチウム電極板である。

【0013】

ここで、X 線源 12 は試料 100 の下方に配置され、X 線源 12 から X 線が上方に放出されて試料 100 を透過した後、蛍光板 16 を通って可視光画像に変換される。そして、この画像が試料 100 上方の TDI センサ 14 によって受光されるようになっている。そして、X 線源 12 から X 線が常に放出され、移動する試料 100 を連続的に X 線分析するようになっている。

10

制御手段 60 はコンピュータからなり、CPU、ROM、RAM 等を含み、所定のコンピュータプログラムを実行可能であると共に、X 線源 12 からの X 線の照射、TDI センサ 14 による可視光画像の受光及び出力処理等の全体の処理を行っている。

又、透過 X 線分析装置 1 は試料 100 中の異物 101 (例えば Fe) を検出するようになっている。

【0014】

X 線源 12 は、所定の X 線管球からなる。X 線管球は例えば、管球内のフィラメント (陽極) から発生した熱電子がフィラメント (陽極) とターゲット (陰極) との間に印加された電圧により加速され、ターゲット (W (タングステン)、Mo (モリブデン)、Cr (クロム) など) に衝突して発生した X 線を 1 次 X 線としてベリリウム箔などの窓から射出するものである。

20

TDI センサ 14 は、複数個の撮像素子 (電荷結合素子; CCD (Charge Coupled Devices)) が 2 次元アレイ状に並んだ構成をなしている。又、図 2 に示すように、TDI センサ 14 は、搬送方向 L に垂直な方向に撮像素子が並ぶラインセンサ 14a ~ 14h を搬送方向 L に複数段 (図 2 の例では 8 段であるが、実際には数 100 ~ 数 1000 段) 並べた構成をなしている。

【0015】

30

次の、本発明の特徴部分である。各ロール 31 ~ 52 について説明する。各支持部 18s に軸支されるサポートロール 31, 32 は、それぞれ紙面の垂直方向に回転可能になっている。又、サポートロール 31, 32 は、TDI センサ 14 と X 線源 12 とを結ぶ検出方向 S (図 1 の上下方向) に沿って TDI センサ 14 から離れて配置され、試料 100 は各サポートロール 31, 32 の下面に接しながら TDI センサ 14 の検出位置まで搬送される。ここで、検出方向 S に沿って TDI センサ 14 と各サポートロール 31, 32 の下面とは距離 h1 だけ離れているため、TDI センサ 14 と試料 100 との間隔も一定の距離 h1 に保たれることになる。

一方、外側ロール 51, 52 は、搬送方向 L に沿ってサポートロール 31, 32 よりも外側にそれぞれ配置されている。さらに検出方向 S に沿って、隣接するサポートロール 31 と外側ロール 51 (及び隣接するサポートロール 32 と外側ロール 52) とが異なる位置に配置されている。例えば、図 1 の例では、外側ロール 51 はサポートロール 31 よりも上方に位置し、外側ロール 52 もサポートロール 32 よりも上方に位置している。そして、試料 100 は各外側ロール 51, 52 の上面に接しながら搬送される。従って、1 対のサポートロール 31, 32 は、各外側ロール 51, 52 を通る試料 100 を下方に押し下げるように保持し、1 対のサポートロール 31, 32 の間で試料 100 に張力を負荷することができる。

40

【0016】

以上のように、サポートロール 31, 32 によって張力が負荷された状態で試料 100 が多段の TDI センサ 14 を通過するので、試料 100 がばたついた状態で TDI センサ

50

14まで搬送されることが無く、試料100とTDIセンサ14との検出方向Sの距離を一定に保ち、検出できる最小サイズを微小として検出精度を向上させることができる。

又、この実施形態では、サポートロール31, 32はTDIセンサ14(の筐体18)に取り付けられている。そのため、サポートロール31, 32とTDIセンサ14との検出方向Sに沿う距離を正確に保つことができる。

なお、試料100としては、上記の他、リチウムイオン電池の負極に用いられるグラファイト塗布電極板、電池のセパレータ、燃料電池用イオン交換膜、多層回路基板用絶縁フィルム等が挙げられるが、これらに限定されない。又、試料100の長さは500~1000m程度、搬送速度は10~100m/min程度とすることができるが、これらに限定されない。サポートロール31, 32としては、例えば幅:60~1000mm程度のものを用いることができるがこれに限定されない。

10

サポートロール31, 32の間で試料100に負荷する張力としては、リチウムイオン電池用電極板の場合で5~10N/cm程度とすることができる。

【0017】

次に、図2を参照してTDIセンサ14による時間遅延積分処理の方法の一例について説明する。ここで、TDIセンサ14は、複数段(8段)のラインセンサ14a~14hで構成されている。

いま、試料100中の異物101が1段目のラインセンサ14aの受光領域に入るとすると、ラインセンサ14aで蓄積された電荷が2段目のラインセンサ14bに転送される(図2(a))。次に、異物101がL方向に移動して2段目のラインセンサ14bの受光領域に入るとすると、ラインセンサ14bには電荷が蓄積される(図2(b))。

20

2段目のラインセンサ14bでは1段目のラインセンサ14aから転送された電荷と自身で受光した電荷とを加算して蓄積して3段目のラインセンサ14cに転送する。このように、各ラインセンサ14a~14hには、前段のラインセンサから転送された電荷が順次加算され、最終段のラインセンサ14hに転送された累積電荷が出力される。そして、L方向に移動する試料100を連続的にライン分析することにより、試料100の2次元画像データが連続的に取得される。

このようにTDIセンサ14では、段数がTの場合に単一のラインセンサに比べてT倍の電荷が蓄積され、コントラストがT倍となると共にノイズが低減され、測定を高速で行えると共にS/N比が向上する。

30

なお、TDIセンサ14の構成及び動作は公知のものを用いることができる。

【0018】

図3は、各ロール31~52を通る試料100の位置を変えた変形例である。図3においては、図1と同様に外側ロール51はサポートロール31よりも上方に位置し、外側ロール52もサポートロール32よりも上方に位置している。一方、試料100は各外側ロール51, 52、及び各サポートロール31, 32の下面に接しながら搬送される。従って、1対のサポートロール31, 32の位置で試料100が最も下方に位置し、1対のサポートロール31, 32の間で試料100に張力を負荷することができる。

【0019】

図4は、各ロール31~52の配置状態、及び各ロール31~52を通る試料100の位置を変えた変形例である。図4においては、右側の支持部18s2の長さを、左側の支持部18sより長くし、検出方向Sに沿って、TDIセンサ14とサポートロール31の下面、及びTDIセンサ14とサポートロール32の上面との距離を等しく(距離h1)している。そして、試料100は、サポートロール31の下面に接しながらTDIセンサ14へ搬送され、サポートロール32の上面に接しながらTDIセンサ14から出てゆく。これにより、TDIセンサ14と試料100との間隔も一定の距離h1に保たれることになる。

40

一方、外側ロール51はサポートロール31よりも上方に位置し、外側ロール52はサポートロール32よりも下方に位置している。そして、試料100は外側ロール51の下面に接し、外側ロール52の上面に接しながら搬送される。図4の例においても、1対の

50

サポートロール 3 1 , 3 2 の間で試料 1 0 0 に張力を負荷することができる。

【 0 0 2 0 】

図 5 は、各ロール 3 1 ~ 5 2 の配置状態、及び各ロール 3 1 ~ 5 2 を通る試料 1 0 0 の位置を変えた別の変形例である。図 5 においては、両方の支持部 1 8 s 2 の長さを図 1 の支持部 1 8 s より長くし、検出方向 S に沿って、T D I センサ 1 4 と各サポートロール 3 1、3 2 の下面との距離を等しく（距離 h 1）している。そして、試料 1 0 0 は、各サポートロール 3 1、3 2 の上面に接しながら T D I センサ 1 4 へ搬送される。これにより、T D I センサ 1 4 と試料 1 0 0 との間隔も一定の距離 h 1 に保たれることになる。

一方、外側ロール 5 1 はサポートロール 3 1 よりも下方に位置し、外側ロール 5 2 はサポートロール 3 2 よりも下方に位置している。そして、試料 1 0 0 は各外側ロール 5 1、5 2 の上面に接しながら搬送される。図 5 の例においても、1 対のサポートロール 3 1 , 3 2 の間で試料 1 0 0 に張力を負荷することができる。

10

【 0 0 2 1 】

本発明は上記実施形態に限定されず、本発明の思想と範囲に含まれる様々な変形及び均等物に及ぶことはいうまでもない。

例えば、サポートロール及び外側ロールの配置状態、及び各ロールを通る試料の位置は、上記した図 1、図 3 ~ 図 5 の例に限定されず、検出方向に沿って、隣接するサポートロールと外側ロールとが異なる位置に配置され、1 対のサポートロールの間で試料に張力を負荷できる配置であればよい。

又、サポートロール及び外側ロールは駆動ロールであってもよく、単に自転するロールであってもよい。

20

又、サポートロールは T D I センサ（の筐体）に取り付けられなくてもよく、T D I センサとは別体の支持部に軸支されてもよい。

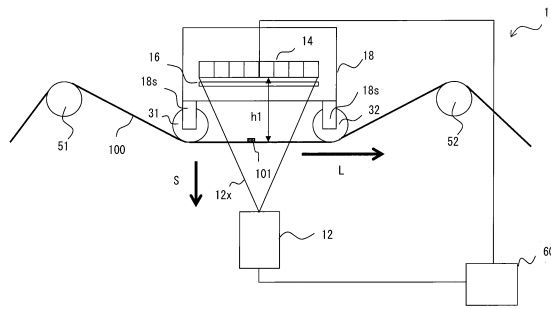
【符号の説明】

【 0 0 2 2 】

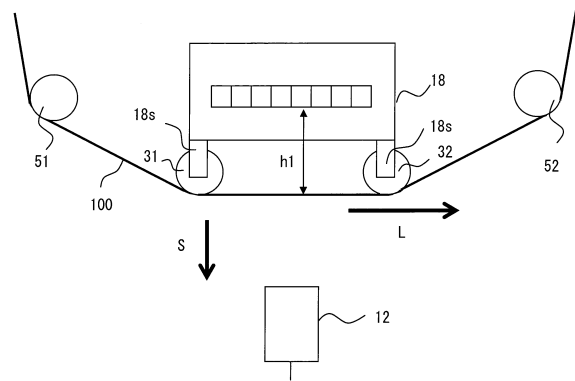
1	透過 X 線分析装置
1 2	X 線源
1 4	T D I センサ
1 4 a ~ 1 4 h	ラインセンサ
3 1、3 2	1 対のサポートロール
5 1、5 2	1 対の外側ロール
1 0 0	試料
1 0 1	異物
L	搬送方向
S	検出方向

30

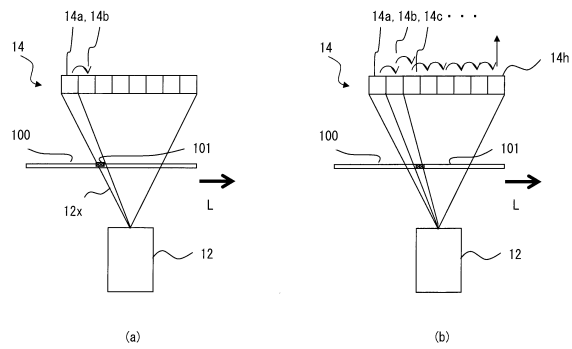
【図 1】



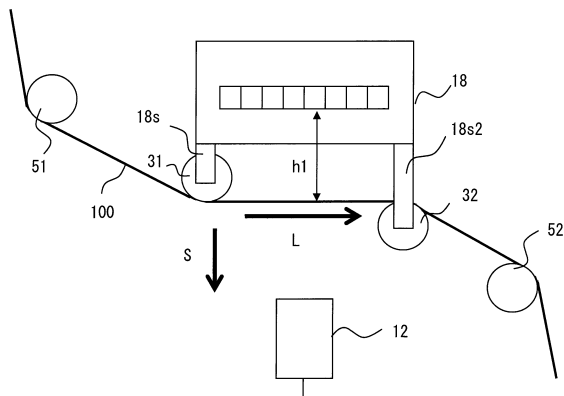
【図 3】



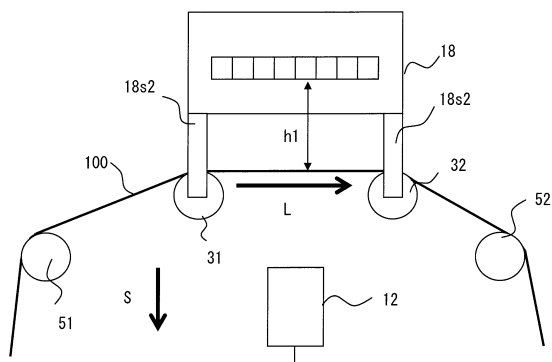
【図 2】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭60-154181(JP,A)
特開2000-298102(JP,A)
特開2008-051584(JP,A)
特開2009-128090(JP,A)
特開2003-337109(JP,A)
特開2004-257884(JP,A)
特開2010-230572(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 23/04
G01N 23/083
G01N 23/16
G01N 23/18
JSTPlus/JST7580(JDreamIII)