

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5368772号  
(P5368772)

(45) 発行日 平成25年12月18日(2013.12.18)

(24) 登録日 平成25年9月20日(2013.9.20)

(51) Int.Cl.	F I
GO 1 N 23/04 (2006.01)	GO 1 N 23/04
GO 1 T 1/24 (2006.01)	GO 1 T 1/24
GO 1 T 7/00 (2006.01)	GO 1 T 7/00
GO 1 T 1/167 (2006.01)	GO 1 T 1/167 E

請求項の数 14 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2008-288924 (P2008-288924)	(73) 特許権者	000236436
(22) 出願日	平成20年11月11日(2008.11.11)		浜松ホトニクス株式会社
(65) 公開番号	特開2010-117172 (P2010-117172A)		静岡県浜松市東区市野町1126番地の1
(43) 公開日	平成22年5月27日(2010.5.27)	(74) 代理人	100088155
審査請求日	平成23年9月13日(2011.9.13)		弁理士 長谷川 芳樹
		(74) 代理人	100092657
			弁理士 寺崎 史朗
		(74) 代理人	100124291
			弁理士 石田 悟
		(74) 代理人	100124800
			弁理士 諏澤 勇司
		(72) 発明者	須山 敏康
			静岡県浜松市東区市野町1126番地の1
			浜松ホトニクス株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 放射線検出装置、放射線画像取得システム及び放射線の検出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定の厚みを有する対象物に放射線源から放射線を照射して、該対象物を透過した放射線を複数のエネルギー範囲で検出する放射線検出装置であって、前記対象物内において厚み方向に延在する第1領域を透過した放射線を第1のエネルギー範囲で検出する第1検出器、前記対象物内において厚み方向に延在する第2領域を透過した放射線を第2のエネルギー範囲で検出する第2検出器、及び、前記対象物内の所定箇所に位置する被検査領域が前記第1領域及び前記第2領域に含まれるように前記第1検出器及び前記第2検出器での放射線の検出タイミングを制御するタイミング制御部を備える放射線検出装置と、

前記第1検出器及び前記第2検出器での放射線の検出タイミングを算出するタイミング算出部と、を備え、

前記第1検出器及び前記第2検出器は、前記被検査領域に相当する箇所に試験片が配置された調整用対象物を透過した放射線を検出し、

前記タイミング算出部は、前記第1検出器及び前記第2検出器で検出された前記調整用対象物を透過した放射線データに基づいて、前記試験片が前記第1領域及び前記第2領域に含まれるように前記第1検出器及び前記第2検出器での放射線の検出タイミングを算出する、放射線画像取得システム。

【請求項2】

所定の厚みを有する対象物に放射線源から放射線を照射して、該対象物を透過した放射線を複数のエネルギー範囲で検出する放射線検出装置であって、前記対象物内において厚み

10

20

方向に延在する第 1 領域を透過した放射線を第 1 のエネルギー範囲で検出する第 1 検出器、前記対象物内において厚み方向に延在する第 2 領域を透過した放射線を第 2 のエネルギー範囲で検出する第 2 検出器、及び、前記対象物内の所定箇所に位置する被検査領域が前記第 1 領域及び前記第 2 領域に含まれるように前記第 1 検出器及び前記第 2 検出器での放射線の検出タイミングを制御するタイミング制御部を備える放射線検出装置と、

前記第 1 検出器及び前記第 2 検出器での放射線の検出タイミングを算出するタイミング算出部と、

前記第 1 検出器で検出された放射線データと前記第 2 検出器で検出された放射線データとを合成して合成画像を生成する合成画像生成部と、を備え、

前記合成画像生成部は、前記第 1 検出器が一の前記第 1 領域において検出した一の放射線データと、前記第 2 検出器が複数の前記第 2 領域において検出した複数の放射線データとから、厚み方向位置の異なる複数の前記被検査領域を対象にした合成画像を生成する、放射線画像取得システム。

【請求項 3】

前記第 2 検出器は、所定の幅を有する不感帯領域を挟んで前記第 1 検出器と並列に配置されている請求項 1 又は 2 に記載の放射線画像取得システム。

【請求項 4】

前記不感帯領域の幅は、前記第 1 検出器又は前記第 2 検出器の短手方向に沿った幅であって、前記第 1 検出器又は前記第 2 検出器において放射線を検知する感知幅よりも小さい請求項 3 に記載の放射線画像取得システム。

【請求項 5】

前記タイミング制御部は、前記第 1 検出器の検出タイミングに対して前記第 2 検出器の検出タイミングが遅延する遅延時間を変化させることにより、前記検出タイミングを制御する請求項 1 ～ 4 の何れか一項に記載の放射線画像取得システム。

【請求項 6】

前記タイミング制御部は、前記第 1 検出器用の制御パルス信号と同周期であってパルスの立ち上がり箇所が前記遅延時間、遅延する前記第 2 検出器用の制御パルス信号を前記第 2 検出器に出力して、前記検出タイミングを制御する請求項 5 に記載の放射線画像取得システム。

【請求項 7】

前記遅延時間は、不感帯領域の幅と、前記不感帯領域を前記対象物が通過する搬送速度と、前記放射線源及び前記対象物の検査中心との間の距離と前記放射線源及び前記第 1 検出器又は前記第 2 検出器の間の距離との比である拡大率と、に基づいて算出される請求項 5 又は 6 に記載の放射線画像取得システム。

【請求項 8】

前記タイミング算出部は、前記被検査領域が位置する前記対象物内の所定箇所の厚み方向位置に基づいて前記検出タイミングを算出する請求項 1 ～ 7 の何れか一項に記載の放射線画像取得システム。

【請求項 9】

前記タイミング算出部は、前記第 1 領域において、前記被検査領域が位置する厚み方向位置に基づいて前記対象物の厚み方向と交差する第 1 基準面を算出すると共に、前記第 2 領域において、前記第 1 基準面と同じ厚み方向位置であって前記厚み方向と交差する第 2 基準面を算出し、前記第 1 基準面と前記第 2 基準面とが重なるように前記検出タイミングを算出する請求項 1 ～ 7 の何れか一項に記載の放射線画像取得システム。

【請求項 10】

対象物に放射線を照射する放射線源と、放射線を第 1 のエネルギー範囲で検出する第 1 検出器と、放射線を第 2 のエネルギー範囲で検出する第 2 検出器と、前記第 1 検出器及び前記第 2 検出器での放射線の検出タイミングを制御するタイミング制御部と、前記第 1 検出器及び前記第 2 検出器での放射線の検出タイミングを算出するタイミング算出部とを備えた放射線画像取得システムにおける放射線画像の取得方法であって、

10

20

30

40

50

前記放射線源が所定の厚みを有する前記対象物に放射線を照射する照射工程と、  
前記照射工程で照射されて前記対象物内において厚み方向に延在する第 1 領域を透過した放射線を前記第 1 検出器が第 1 のエネルギー範囲で検出する第 1 検出工程と、

前記照射工程で照射されて前記対象物内において厚み方向に延在する第 2 領域を透過した放射線を前記第 2 検出器が第 2 のエネルギー範囲で検出する第 2 検出工程と、

前記対象物内の所定箇所に位置する被検査領域が前記第 1 領域及び前記第 2 領域に含まれる検出タイミングを前記タイミング算出部が算出し、前記タイミング制御部が前記算出された前記検出タイミングとなるように前記第 1 検出器及び前記第 2 検出器での放射線の検出を制御するタイミング制御工程と、を含み、

前記第 1 及び第 2 検出工程では、前記第 1 検出器及び前記第 2 検出器が前記被検査領域に相当する箇所に試験片が配置された調整用対象物を透過した放射線を検出し、

前記タイミング制御工程では、前記タイミング算出部が、前記第 1 検出器及び前記第 2 検出器で検出された前記調整用対象物を透過した放射線データに基づいて、前記試験片が前記第 1 領域及び前記第 2 領域に含まれるように前記第 1 検出器及び前記第 2 検出器での放射線の検出タイミングを算出する、放射線画像の取得方法。

#### 【請求項 1 1】

対象物に放射線を照射する放射線源と、放射線を第 1 のエネルギー範囲で検出する第 1 検出器と、放射線を第 2 のエネルギー範囲で検出する第 2 検出器と、前記第 1 検出器及び前記第 2 検出器での放射線の検出タイミングを制御するタイミング制御部と、前記第 1 検出器及び前記第 2 検出器での放射線の検出タイミングを算出するタイミング算出部と、前記第 1 検出器で検出された放射線データと前記第 2 検出器で検出された放射線データとを合成して合成画像を生成する合成画像生成部とを備えた放射線画像取得システムにおける放射線画像の取得方法であって、

前記放射線源が所定の厚みを有する前記対象物に放射線を照射する照射工程と、

前記照射工程で照射されて前記対象物内において厚み方向に延在する第 1 領域を透過した放射線を前記第 1 検出器が第 1 のエネルギー範囲で検出する第 1 検出工程と、

前記照射工程で照射されて前記対象物内において厚み方向に延在する第 2 領域を透過した放射線を前記第 2 検出器が第 2 のエネルギー範囲で検出する第 2 検出工程と、

前記対象物内の所定箇所に位置する被検査領域が前記第 1 領域及び前記第 2 領域に含まれる検出タイミングを前記タイミング算出部が算出し、前記タイミング制御部が前記算出された前記検出タイミングとなるように前記第 1 検出器及び前記第 2 検出器での放射線の検出を制御するタイミング制御工程と、

前記第 1 検出器が一の前記第 1 領域において検出した一の放射線データと、前記第 2 検出器が複数の前記第 2 領域において検出した複数の放射線データとから、前記合成画像生成部が厚み方向位置の異なる複数の前記被検査領域を対象にした合成画像を生成する画像生成工程とを含む、放射線画像の取得方法。

#### 【請求項 1 2】

前記タイミング制御工程では、前記第 1 検出器の検出タイミングに対して前記第 2 検出器の検出タイミングが遅延する遅延時間を変化させることにより、前記検出タイミングを前記タイミング制御部が制御する請求項 1 0 又は 1 1 に記載の放射線画像の取得方法。

#### 【請求項 1 3】

前記タイミング制御工程では、前記第 1 検出器用の制御パルス信号と同周期であってパルスの立ち上がり箇所が前記遅延時間、遅延する前記第 2 検出器用の制御パルス信号を前記第 2 検出器に出力して、前記検出タイミングを前記タイミング制御部が制御する請求項 1 2 に記載の放射線画像の取得方法。

#### 【請求項 1 4】

前記第 2 検出器は、所定の幅を有する不感帯領域を挟んで前記第 1 検出器と並列に配置されており、

前記遅延時間は、前記不感帯領域の幅と、前記不感帯領域を前記対象物が通過する搬送速度と、前記放射線源及び前記対象物の検査中心との間の距離と前記放射線源及び前記第

10

20

30

40

50

1 検出器又は前記第 2 検出器の間の距離との比である拡大率と、に基づいて算出される請求項 1 2 又は 1 3 に記載の放射線画像の取得方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、放射線検出装置、放射線画像取得システム及び放射線の検出方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、食品や医薬品等の被検査物である対象物に X 線を透過させて、その透過 X 線画像から対象物中の異物の有無を検査することが広く行われている。このような検査には、X 線を対象物に照射する X 線源と、この X 線源から対象物に照射された X 線の透過画像を検出する直線状のラインセンサとを備えた X 線の検出装置が用いられている。

10

【0003】

ところで、エネルギー弁別機能を有しない 1 つのラインセンサで検出する場合、エネルギー弁別機能を有しないので、対象物中に含まれる異物の組成の相違（例えば、食肉検査において骨なのか肉なのか又は軟骨なのか異物なのかといった違い）や厚さの相違により、検出精度が低下することがある。そこで、異なるエネルギー範囲の X 線を検出する 2 つのラインセンサを並列に配置して、これら 2 つのラインセンサで検出された X 線画像から差分データ像であるサブトラクション像を取得して、対象物中に含まれる異物の組成や厚さに関係なく検出精度を向上させることが提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。

20

【特許文献 1】特開平 10 - 318943 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、本発明者らの検討によれば、並列に配置された 2 つのラインセンサで検出された対象物の X 線データからサブトラクション像を得ようとする、サブトラクション像において異物等を示す画像部分のエッジが不明瞭になる場合があることがわかった。そのため、2 つのラインセンサを用いるだけでは、対象物中に含まれる異物等の検出を精度良く行うことができない場合があった。

【0005】

30

そこで、本発明は、かかる課題に鑑みて為されたものであり、対象物に含まれる異物等の検出精度を向上させることができる放射線検出装置、放射線画像取得システム及び放射線の検出方法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】

【0006】

本発明者らは、上記目的を達成するために鋭意検討を重ねた結果、2 つのラインセンサを備えた放射線検出装置で対象物の透過放射線を検出して異物の有無等を検査する際、異物等が含まれる可能性のある箇所が対象物の厚み方向の所定領域に限られる場合があることに着目した。そして、一般的に想定されるような対象物全体のサブトラクション像の明瞭度向上を図るのではなく、少なくとも対象物における上記所定の領域（以下、「被検査領域」と記す）でのサブトラクション像の明瞭度向上を図れば、仮に対象物全体のサブトラクション像が明瞭でなくても対象物に含まれる異物等の検出精度を向上させることがわかった。そこで、本発明者らは、この被検査領域が 2 つのラインセンサ双方で検出される透過 X 線領域に確実に含まれるように検出タイミングを調整することを行えば、2 つのラインセンサによる異物検査での検出精度を向上させることができるとの知見を得て本発明を完成させるに至った。

40

【0007】

すなわち、本発明に係る放射線検出装置は、所定の厚みを有する対象物に放射線源から放射線を照射して、該対象物を透過した放射線を複数のエネルギー範囲で検出する放射線検出装置であって、対象物内において厚み方向に延在する第 1 領域を透過した放射線を第 1

50

のエネルギー範囲で検出する第1検出器と、対象物内において厚み方向に延在する第2領域を透過した放射線を第2のエネルギー範囲で検出する第2検出器と、対象物内の所定箇所に位置する被検査領域が第1領域及び第2領域に含まれるように第1検出器及び第2検出器での放射線の検出タイミングを制御するタイミング制御部と、を備える。

【0008】

また、本発明の放射線の検出方法は、対象物に放射線を照射する放射線源と、放射線を第1のエネルギー範囲で検出する第1検出器と、放射線を第2のエネルギー範囲で検出する第2検出器と、第1検出器及び第2検出器での放射線の検出タイミングを制御するタイミング制御部とを備えた放射線検出装置における放射線の検出方法であって、放射線源が所定の厚みを有する対象物に放射線を照射する照射工程と、照射工程で照射されて対象物内において厚み方向に延在する第1領域を透過した放射線を第1検出器が第1のエネルギー範囲で検出する第1検出工程と、照射工程で照射されて対象物内において厚み方向に延在する第2領域を透過した放射線を第2検出器が第2のエネルギー範囲で検出する第2検出工程と、対象物内の所定箇所に位置する被検査領域が第1領域及び第2領域に含まれるように第1検出器及び第2検出器での放射線の検出タイミングをタイミング制御部が制御するタイミング制御工程と、を含む。

【0009】

この放射線検出装置及び放射線の検出方法では、対象物内の所定箇所に位置する被検査領域が第1領域及び第2領域に含まれるようにタイミング制御部が第1検出器及び第2検出器での放射線の検出タイミングを制御するようになっている。これにより、所定の厚みを有する対象物では、第1検出器で検出される放射線が透過した第1領域及び第2検出器で検出される放射線が透過した第2領域のいずれにも被検査領域が含まれる。そのため、各検出器で検出されたそれぞれの放射線データによって被検査領域が確実に検出される。その結果、対象物のサブトラクション像のうち、少なくとも被検査領域に相当する部分では不明瞭なエッジ部分が低減され、対象物に含まれる異物等の検出精度を向上させることができる。

【0010】

また、本発明に係る放射線画像取得システムは、上記した放射線検出装置と、第1検出器及び第2検出器での放射線の検出タイミングを算出するタイミング算出部とを備えることが好ましい。タイミング算出部を備えることにより、検出タイミングの算出が容易になる。このようなタイミング算出部としては、例えば、被検査領域が位置する対象物内の所定箇所の厚み方向位置に基づいて検出タイミングを算出することが好ましい。また、別のタイミング算出部としては、第1領域において、被検査領域が位置する厚み方向位置に基づいて対象物の厚み方向と交差する第1基準面を算出すると共に、第2領域において、第1基準面と同じ厚み方向位置であって厚み方向と交差する第2基準面を算出し、第1基準面と第2基準面とが重なるように検出タイミングを算出することが好ましい。このように、被検査領域に基づいた厚み方向位置や基準面を用いた算出によれば、第1領域及び第2領域のいずれにも被検査領域が確実に含まれるタイミングを算出することができる。

【0011】

また、第1検出器及び第2検出器は、被検査領域に相当する箇所に試験片が配置された調整用対象物を透過した放射線を検出し、タイミング算出部は、第1検出器及び第2検出器で検出された調整用対象物を透過した放射線データに基づいて、試験片が第1領域及び第2領域に含まれるように第1検出器及び第2検出器での放射線の検出タイミングを算出するようにしてもよい。このような調整用部材を用いることにより、第1検出器及び第2検出器での検出タイミングを簡易に算出することができる。

【0012】

また、第1検出器で検出された放射線データと第2検出器で検出された放射線データとを合成して合成画像を生成する合成画像生成部を備え、合成画像生成部は、第1検出器の一の第1領域において検出した一の放射線データと、第2検出器が複数の第2領域において検出した複数の放射線データとから、厚み方向位置の異なる複数の被検査領域を対象に

10

20

30

40

50

した合成画像を生成するようにしてもよい。これにより、様々な厚み方向位置にある被検査領域をまとめて検査することができる。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、対象物中の被検査領域に含まれる異物等の検出精度を向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下、図面を参照しつつ本発明に係るX線画像取得システムの好適な実施形態について説明する。なお、図面の説明においては同一又は相当部分には同一符号を付し、重複する説明を省略する。

【0015】

図1は、本実施形態に係るX線画像取得システムの斜視図である。また、図2は、本実施形態に係るX線画像取得システムの概略構成図である。図1及び図2に示されるように、X線画像取得システム（放射線画像取得システム）1は、所定の厚み（例えば、一定の厚さW）を有する対象物SにX線源（放射線源）からX線（放射線）を照射し、照射されたX線のうち対象物Sを透過した透過X線を複数のエネルギー範囲で検出する装置である。X線画像取得システム1は、透過X線画像を用いて、対象物Sの特定の箇所（以下、「被検査領域E」と記す）に含まれる異物（液体中に沈降したり、表面を浮遊する異物、層を成して分離している液体のある層、液体に限らず固体や気体などの特定の高さ、例えば対象物の形状によって検査する高さが変わる場合など）やボイド（空隙）の検出を行ったり、または、対象物Sが被検査領域Eで異なる物質を貼り合わせたり、積層させて作成された場合には、その貼り合わせ面の観察（例えば、貼り合わせ面付近での異物やボイドの混入、電子基板の特定の層の観察）等を行ったりするために用いられる。

【0016】

X線画像取得システム1は、ベルトコンベア10、X線照射器20、低エネルギー画像取得部30、高エネルギー画像取得部40、タイミング制御部50、タイミング算出部60及び画像処理装置（合成画像生成部）70を備えている。低エネルギー画像取得部30、高エネルギー画像取得部40及びタイミング制御部50からデュアル画像取得装置（放射線検出装置）80が構成される。

【0017】

ベルトコンベア10は、図1に示すように、対象物Sが載置されるベルト部12を備える。ベルトコンベア10は、ベルト部12を搬送方向A（図1の左側の上流側から図1の右側の下流側）に移動させることで、対象物Sを所定の搬送速度Mで搬送方向Aに搬送する。対象物Sの搬送速度Mは、例えば48m/分である。ベルトコンベア10は、必要に応じて、ベルトコンベア制御部（不図示）により、例えば24m/分や96m/分といった搬送速度に速度を変更することができる。なお、ベルトコンベア10で搬送される対象物Sとしては、例えば、食肉等の食品や電子部品等があり、これらは所定の厚みWを有している。

【0018】

X線照射器20は、X線源としてX線を対象物Sに照射する装置である。X線照射器20は、点光源であり、一定の照射方向に所定の角度範囲でX線を拡散させて照射する。X線照射器20は、X線の照射方向がベルト部12に向けられると共に拡散するX線が対象物Sの幅方向（搬送方向Aと交差する方向）全体に及ぶように、ベルト部12から所定の距離を離れてベルト部12の上方に配置される。X線照射器20は、対象物Sの長さ方向（搬送方向Aと平行な方向）においては、長さ方向における所定の分割範囲が照射範囲とされている。例えば、対象物SのX線照射範囲を示す図4(a)を参照して、X線照射器20から照射されたX線は、領域R1、R2を透過する。この領域R1、R2は、対象物S内において厚み方向Dに延在する3次元領域であって、上面Sa（点光源であるX線照射器20側）から下面Sb（ベルトコンベア10側）に向かうにつれて広がるようになっ

ている。そして、X線照射器20は、対象物Sがベルトコンベア10で搬送方向Aへ搬送されることにより、対象物Sの長さ方向全体に対してX線が照射されるようになっている。

【0019】

低エネルギー画像取得部30は、低エネルギー検出器（第1検出器）32と低エネルギー画像補正部34とを備えている。

【0020】

低エネルギー検出器32は、X線照射器20から照射されたX線のうち対象物Sの所定の領域（第1領域）R1を透過したX線を低エネルギー範囲（第1のエネルギー範囲）で検出して、低エネルギー画像データを生成する。低エネルギー検出器32は、例えば、対象物Sの幅と同等以上の長さを備えた直線状のラインセンサからなり、X線の検出面がX線照射器20に対向した状態で搬送方向Aと直交するようにベルト部12の上流側の下方に配置される。

10

【0021】

低エネルギー画像補正部34は、低エネルギー検出器32で生成された低エネルギー画像データを増幅及び補正する部分である。低エネルギー画像補正部34は、低エネルギー画像データを増幅するアンプ34a、アンプ34aで増幅された低エネルギー画像データをA/D変換するA/D変換部34b、A/D変換部34bで変換された低エネルギー画像データに対して所定の補正処理を行う補正回路34c、及び、補正回路34cで補正された画像データを外部出力する出力インターフェイス34dを備えている。

20

【0022】

高エネルギー画像取得部40は、高エネルギー検出器（第2検出器）42と高エネルギー画像補正部44とを備えている。

【0023】

高エネルギー検出器42は、X線照射器20から照射されたX線のうち対象物Sの所定の領域（第2領域）R2を透過したX線を高エネルギー範囲（第2のエネルギー範囲）で検出して、高エネルギー画像データを生成する。高エネルギー検出器42は、例えば、対象物Sの幅と同等以上の長さを備えた直線状のラインセンサからなり、X線の検出面がX線照射器20に対向した状態で搬送方向Aと直交するようにベルト部12の下流側の下方に配置される。

30

【0024】

高エネルギー画像補正部44は、高エネルギー検出器42で生成された高エネルギー画像データを増幅及び補正する部分である。高エネルギー画像補正部44は、高エネルギー画像データを増幅するアンプ44a、アンプ44aで増幅された高エネルギー画像データをA/D変換するA/D変換部44b、A/D変換部44bで変換された高エネルギー画像データに対して所定の補正処理を行う補正回路44c、及び、補正回路44cで補正された画像データを外部出力する出力インターフェイス44dを備えている。

【0025】

ここで、低エネルギー検出器32及び高エネルギー検出器42について詳細に説明する。図3に示すように、低エネルギー検出器32は、搬送方向Aに沿った感知幅がLWのラインセンサである。また、高エネルギー検出器42は、搬送方向Aに沿った感知幅がHWのラインセンサである。この感知幅LWと感知幅HWとは、本実施形態では、同一幅となっており、例えば0.8mmである。そして、このような低エネルギー検出器32と高エネルギー検出器42とは、搬送方向Aに沿って不感帯幅NW（例えば0.4mm）を有する不感帯領域82を挟んで並列にベース84上に配置固定され、半導体検出器であるデュアルエナジセンサ86を構成する。

40

【0026】

感知幅LWを有する低エネルギー検出器32は、所定の周期を有する制御パルス（図6（a）参照）に基づいて、対象物Sにおける一の領域R1を透過したX線を感知幅LWの検知面で検出する。そして、低エネルギー検出器32は、これを繰り返し、例えば図4（b）

50

で模式的に示すように、領域 R 1 に対応する透過 X 線を各検出タイミングで検出する。また、感知幅 H W を有する高エネルギー検出器 4 2 も、低エネルギー検出器 3 2 と同様に、例えば図 4 ( c ) で模式的に示すように、領域 R 2 に対応する透過 X 線を各検出タイミングで検出する。

#### 【 0 0 2 7 】

なお、デュアルエナジセンサ 8 6 を構成する低エネルギー検出器 3 2 と高エネルギー検出器 4 2 としては、例えば、高エネルギーセンサ上に低エネルギーカット用のフィルタを配置したエネルギー弁別機能を備えたものを用いてもよい。また、低エネルギー範囲の X 線を可視光に変換するシンチレータや高エネルギー範囲の X 線を可視光に変換するシンチレータを用いて、両検出器 3 2 , 4 2 に異なる波長感度を持たせて、異なるエネルギー範囲を検出できるようにしたものでもよい。なお、異なる波長感度を持つシンチレータ上にフィルタを配置してもよい。更に、C d T e (テルル化カドミウム)などの直接変換方式によるエネルギー弁別機能を備えたものでもよい。

#### 【 0 0 2 8 】

タイミング制御部 5 0 は、対象物 S の所定箇所に位置する被検査領域 E が領域 R 1 , R 2 に含まれるように、低エネルギー検出器 3 2 での透過 X 線の検出タイミングと高エネルギー検出器 4 2 での透過 X 線の検出タイミングとを制御するものである。タイミング制御部 5 0 は、低エネルギー検出器 3 2 に対しては、例えば、図 6 等 に示されるような所定周期の低エネルギーセンサ用制御パルスを出力する。また、タイミング制御部 5 0 は、高エネルギー検出器 4 2 に対しては、低エネルギーセンサ用制御パルスと同周期であってパルスの立ち上がり箇所が所定時間 T (以下、「遅延時間」と記す場合ある)遅延する高エネルギーセンサ用制御パルス信号を出力する。

#### 【 0 0 2 9 】

タイミング制御部 5 0 は、遅延時間 T を変化させることにより、図 4 ( b ) , ( c ) に示すように、対象物 S の所定箇所に位置する被検査領域 E が低エネルギー検出器 3 2 で検出される領域 R 1 と高エネルギー検出器 4 2 で検出される領域 R 2 との両方に含まれるように制御する。そして、タイミング制御部 5 0 により、被検査領域 E が領域 R 1 , R 2 に含まれるように制御された場合には、図 5 ( a ) に示すように、被検査領域 E が、領域 R 1 と領域 R 2 との共有領域 R 3 に含まれるようになる。これは、各検出器 3 2 , 4 2 で検出及び生成された両 X 線透過画像データに被検査領域 E での情報 (異物の有無等)が確実に含まれていることを示し、このような場合、両検出器 3 2 , 4 2 で検出される両画像間でのズレがなく、明瞭なエネルギーサブトラクション像を得ることできる。なお、タイミング制御部 5 0 により、被検査領域 E が領域 R 1 , R 2 に含まれるように制御されなかった場合には、例えば、図 4 ( d ) のような検出タイミングで X 線検出を行い、図 5 ( b ) に示すように、被検査領域 E の全体が、領域 R 1 と領域 R 2 との共有領域 R 3 に含まれないこととなる。

#### 【 0 0 3 0 】

タイミング制御部 5 0 がこの遅延時間 T を含む制御パルス信号を生成する場合には、P L L (Phase Locked Loop : 位同期回路)等を用いて図 6 ( b ) に示されるタイミング制御用の高周波信号を生成する。このような高周波信号としては、例えば、エネルギー検出器 3 2 , 4 2 などにおいてセンサ駆動に要するピクセルクロックが 2 0 0 k H z 程度で駆動していた場合には、その 1 0 0 倍程度の高周波である 2 0 M H z 以上の信号を用いると細やかに制御できる。センサ駆動のピクセルクロックが 1 M H z 程度の場合には同様に 1 0 0 M H z 以上の信号を用いれば細やかな制御ができる。高周波信号の周波数が高いほど、搬送速度 M やピクセルクロック等の変化に対して柔軟に対応することができ、きめ細やかな制御が行える。なお、P L L に代えて、遅延信号用の高周波発振器を用いて遅延制御パルス信号を生成するようにしてもよい。

#### 【 0 0 3 1 】

タイミング算出部 6 0 は、タイミング制御部 5 0 で用いる検出タイミングである遅延時間 T を算出するものである。タイミング算出部 6 0 は、デュアルエナジセンサ 8 6 におけ

10

20

30

40

50



る不感帯領域 8 2 の不感帯幅 NW や、この不感帯領域 8 2 を対象物 S が通過する速度（つまり搬送速度 M）や、対象物 S を透過する X 線の拡大率 R に基づき、遅延時間 T を下記式（１）により算出する。

$$T = NW / (R \times M) \cdots (1)$$

なお、拡大率 R とは、X 線照射器 2 0 と対象物 S の検査中心との距離である FOD（Focus Object Distance：線源物体間距離、図 2 参照）と、X 線照射器 2 0 と各検出器 3 2，4 2 との距離である FDD（FocusDetector Distance：線源センサ間距離、図 2 参照）との比（FDD / FOD）である。例えば、図 2 において、FOD が 1 で FDD が 2 である場合、拡大率 R は 2 となる。

#### 【0032】

タイミング算出部 6 0 は、式（１）に基づき、低エネルギー検出器 3 2 の検出タイミングに対する高エネルギー検出器 4 2 の検出タイミングの遅延時間 T を算出する。本実施形態では、拡大率 R を算出するための FOD における対象物 S の検査中心を、被検査領域 E が位置する対象物 S 内の厚み方向位置とするようにしている。つまり、例えば、対象物 S の表面部分付近を被検査領域 E とする場合には、対象物 S の上部表面と X 線照射器 2 0 との距離が FOD となる。また、対象物 S の中央付近を被検査領域 E とする場合には、対象物 S の厚み方向 D における中央と X 線照射器 2 0 との距離が FOD となる。また、対象物 S の底付近を被検査領域 E とする場合には、対象物 S の下部底面と X 線照射器 2 0 との距離が FOD となる。そして、タイミング算出部 6 0 は、算出された遅延時間 T を、検出タイミングとしてタイミング制御部 5 0 に出力する。なお、不感帯幅 NW や搬送速度 M や拡大率 R は、入力部等を介してタイミング算出部 6 0 に入力される。

#### 【0033】

画像処理装置 7 0 は、低エネルギー検出器 3 2 で検出及び生成された低エネルギー画像データと高エネルギー検出器 4 2 で検出及び生成された高エネルギー画像データとの差分データを求める演算処理を行い、合成画像であるエネルギーサブトラクション像を生成する装置である。画像処理装置 7 0 に入力される両エネルギー画像データは、タイミング制御部 5 0 により、互いの画像データに対象物 S の被検査領域 E が含まれるように検出タイミングが制御されているものであり、画像処理装置 7 0 は、少なくとも被検査領域 E に応じた部分が明瞭なエネルギーサブトラクション像を所定の演算処理により生成する。そして、画像処理装置 7 0 は、生成したエネルギーサブトラクション像をディスプレイ等に表示する。この出力表示により、対象物 S に含まれる異物を目視で確認することができる。なお、エネルギーサブトラクション像を出力表示せずに、画像データ上での検出処理により画像データから直接、対象物 S に含まれる異物を検出するようにしてもよい。

#### 【0034】

ここで、タイミング制御部 5 0 で用いられる検出タイミングの遅延時間 T の算出例について、図 7 ～ 1 2 を用いて説明する。説明に用いる対象物 S は、搬送方向 A に沿った方向の長さが 4 . 0 mm であり、厚み方向 D における厚みが X 線照射器 2 0 と各検出器 3 2，4 2 との距離（FDD）の 1 / 3 に相当するものとし、被検査領域 E の搬送方向 A に沿った長さが各検出器 3 2，4 2 の感知幅 LW，HW よりも小さいものを想定する。各検出器 3 2，4 2 の感知幅 LW，HW は共に 0 . 8 mm であり、不感帯領域 8 2 の不感帯幅 NW は 0 . 4 mm であり、ベルトコンベア 1 0 の搬送速度は 0 . 8 mm / ミリ秒（48 m / 分）とする。

#### 【0035】

まず、被検査領域 E が対象物 S の下部底面付近に位置する場合（被検査領域 E 1）について、図 7 及び図 8 を用いて説明する。この場合、図 7 に示すように、被検査領域 E が対象物 S の下部底面付近に位置することから、対象物 S の検査中心を対象物 S の底面として FOD 及び FDD を、FOD : FDD = 2 : 3 と設定する。この設定値から拡大率 R を求めると、拡大率 R は 1 . 5 となる。そして、タイミング算出部 6 0 は、上述した各種の条件や拡大率 R を（式 1）に算入して遅延時間 T を求めると、遅延時間 T 1 が例えば 0 . 333 ミリ秒となる。タイミング算出部 6 0 は、算出した遅延時間 T 1 をタイミング制御部

10

20

30

40

50

50へ出力する。

【0036】

タイミング制御部50は、タイミング算出部60から遅延時間T1が入力されると、遅延時間T1を含む各検出器32, 42の制御用パルス信号(図8参照)を生成し、各検出器32, 42へ出力する。この制御用パルス信号の出力により、図7(a)に示す領域R1を透過したX線を低エネルギー検出器32が所定のタイミングで検出すると共に、図7(b)に示す領域R2を透過したX線を高エネルギー検出器42が遅延時間T1を含んだ所定のタイミングで検出する。そして、図7(c)に模式的に示されるように、画像処理装置70では、領域R1と領域R2とが交点P1で交わって形成された共有領域R3に被検査領域E1が含まれた画像データを用いて、エネルギーサブトラクション像が生成される。

10

【0037】

なお、上記式(1)の算出による遅延時間T1によるタイミング制御は、次のような制御であると言い換えることができる。すなわち、タイミング算出部60は、領域R1において、被検査領域Eが位置する厚み方向位置(底面位置)に基づいて対象物の厚さ方向Dと交差する第1基準面R1aを算出する。続いて、タイミング算出部60は、第2領域R2において、第1基準面R1aと同じ厚み方向位置(すなわち底面位置)であって対象物Sの厚み方向Dと交差する第2基準面R2aを算出する。そして、タイミング算出部60は、領域R1における第1基準面R1aと領域R2における第2基準面R2aとが大部分において重なる若しくは一致するような検出タイミングを算出し、タイミング制御部50は、このような検出タイミングに基づいて各検出器32, 42を制御する。このような制

20

【0038】

次に、被検査領域Eが対象物Sの中央部に位置する場合(被検査領域E2)について、図9及び図10を用いて説明する。この場合、図9に示すように、被検査領域E2が対象物Sの中央部付近に位置することから、対象物Sの検査中心を対象物Sの中央部付近としてFOD及びFDDを、例えば、 $FOD:FDD=1:2$ と設定する。この設定値から拡大率Rを求めると、拡大率Rは2となる。そして、タイミング算出部60は、上述した各種の条件や拡大率Rを(式1)に算入して遅延時間Tを求めると、遅延時間T2が例えば、0.25ミリ秒となる。タイミング算出部60は、算出した遅延時間T2をタイミング

30

【0039】

タイミング制御部50は、タイミング算出部60から遅延時間T2が入力されると、遅延時間T2を含む各検出器32, 42の制御用パルス信号(図10参照)を生成し、各検出器32, 42へ出力する。この制御用パルス信号の出力により、図9(a)に示す領域R1を透過したX線を低エネルギー検出器32が所定のタイミングで検出すると共に、図9(b)に示す領域R2を透過したX線を高エネルギー検出器42が遅延時間T2を含んだ所定のタイミングで検出する。そして、図9(c)に模式的に示されるように、画像処理装置70では、領域R1と領域R2とが交点P2で交わって形成された共有領域R3に被検査領域E2が含まれた画像データを用いて、エネルギーサブトラクション像が生成される。

40

【0040】

なお、上記式(1)の算出による遅延時間T2によるタイミング制御は、上述した基準面を用いた制御であると言い換えることができる。つまり、タイミング算出部60は、図9(a), (b)に示すような、領域R1における第1基準面R1bと領域R2における第2基準面R2bとが大部分において重なる若しくは一致するような検出タイミングを算出し、タイミング制御部50が、このような検出タイミングに基づいて各検出器32, 42を制御すると、共有領域R3に被検査領域E2が含まれた画像データを用いて、エネルギーサブトラクション像を生成できる。

【0041】

続いて、被検査領域Eが対象物Sの上方に位置する場合(被検査領域E3)について、

50

図 1 1 及び図 1 2 を用いて説明する。この場合、図 1 1 に示すように、被検査領域 E 3 が対象物 S の上方付近に位置することから、対象物 S の検査中心を対象物 S の上方付近として FOD 及び FDD を、例えば、 $FOD:FDD = 1:3$  と設定する。この設定値から拡大率 R を求めると、拡大率 R は 3 となる。そして、タイミング算出部 60 は、上述した各種の条件や拡大率 R を (式 1) に算入して遅延時間 T3 を求めると、遅延時間 T3 が例えば、0.167 ミリ秒となる。タイミング算出部 60 は、算出した遅延時間 T3 をタイミング制御部 50 へ出力する。

#### 【0042】

タイミング制御部 50 は、タイミング算出部 60 から遅延時間 T3 が入力されると、遅延時間 T3 を含む各検出器 32, 42 の制御用パルス信号 (図 1 2 参照) を生成し、各検出器 32, 42 へ出力する。この制御用パルス信号の出力により、図 1 1 (a) に示す領域 R1 を透過した X 線を低エネルギー検出器 32 が所定のタイミングで検出すると共に、図 1 1 (b) に示す領域 R2 を透過した X 線を高エネルギー検出器 42 が遅延時間 T3 を含んだ所定のタイミングで検出する。そして、図 1 1 (c) に模式的に示されるように、画像処理装置 70 では、領域 R1 と領域 R2 とが交わって形成された共有領域 R3 に被検査領域 E3 が含まれた画像データを用いて、エネルギーサブトラクション像が生成される。

#### 【0043】

なお、上記式 (1) の算出による遅延時間 T3 によるタイミング制御は、上述した基準面を用いた制御であると言い換えることができる。つまり、タイミング算出部 60 は、図 1 1 (a), (b) に示すような、領域 R1 における第 1 基準面 R1c と領域 R2 における第 2 基準面 R2c とが大部分において重なる若しくは一致するような検出タイミングを算出し、タイミング制御部 50 がこのような検出タイミングに基づいて各検出器 32, 42 を制御すると、共有領域 R3 に被検査領域 E3 が含まれた画像データを用いて、エネルギーサブトラクション像を生成できる。

#### 【0044】

上記のように検出タイミングの遅延時間 T を算出する際、被検査領域 E の位置 (厚み方向 D における位置や長さ方向における位置) などを入力部から入力して算出する方法もあるが、対象物 S と同様の被検査領域 E に相当する箇所に X 線で検知可能な試験片 (テストピース) が配置された調整用対象物 S' を用いて算出する方法が取られてもよい。このとき、調整用対象物 S' は、対象物 S と同形同質のものを用いてもよい。また、タイミング制御を行うにあたり必要となる情報を得られるように同形で異質のものを用いてもよいし、タイミング制御用の治具を用いてもよい。すなわち、このような調整用対象物 S' を実際にベルトコンベア 10 に載置して搬送し、低エネルギー検出器 32 及び高エネルギー検出器 42 で、調整用対象物 S' を透過した放射線を検出する。そして、タイミング算出部 60 は、低エネルギー検出器 32 及び高エネルギー検出器 42 で検出された調整用対象物 S' を透過した X 線データ (エネルギーサブトラクション像含む) でのズレ量などに基づいて、試験片が領域 R1 及び領域 R2 に含まれるように低エネルギー検出器 32 及び高エネルギー検出器 42 での X 線の検出タイミングを算出又は調整するようにしてもよい。このような調整用対象物 S' を用いると、低エネルギー検出器 32 及び高エネルギー検出器 42 での検出タイミングをタイミング算出部 60 で簡単に算出することができる。

#### 【0045】

以上説明したように、この X 線検査装置 1 では、対象物 S 内の所定箇所に位置する被検査領域 E が領域 R1 及び領域 R2 に含まれるようにタイミング制御部 50 が低エネルギー検出器 32 及び高エネルギー検出器 42 での X 線の検出タイミングを制御するようになっている。これにより、所定の厚み W を有する対象物 S では、低エネルギー検出器 32 で検出される X 線が透過した領域 R1 及び高エネルギー検出器 42 で検出される X 線が透過した領域 R2 のいずれにも被検査領域 E が含まれる。そのため、各検出器 32, 42 で検出されたそれぞれの X 線データによって被検査領域 E が確実に検出される。その結果、対象物 S のサブトラクション像のうち、少なくとも被検査領域 E に相当する部分では不明瞭なエッジ部分が低減され、対象物 S に含まれる異物等の検出精度を向上させることができる。

## 【 0 0 4 6 】

また、上記実施形態では、低エネルギー検出器 3 2 及び高エネルギー検出器 4 2 での X 線の検出タイミングを算出するタイミング算出部 6 0 を備えている。タイミング算出部 6 0 を備えることにより、検出タイミングの算出が容易になる。このようなタイミング算出部 6 0 は、例えば、被検査領域 E が位置する対象物 S 内の所定箇所の厚み方向位置に基づいて F O D 等を算出して F O D 等に基づく幾何学的拡大率 R を求め、このように求められた拡大率 R や搬送速度 M や不感帯幅 N W 等に基づいて検出タイミングを算出するようになっている。また、別の観点として、タイミング算出部 6 0 は、領域 R 1 において、被検査領域 E が位置する厚み方向位置に基づいて対象物 S の厚さ方向と交差する第 1 基準面 R 1 a , R 1 b , R 1 c を算出すると共に、領域 R 2 において、第 1 基準面 R 1 a , R 1 b , R 1 c と同じ厚み方向位置であって対象物 S の厚み方向と交差する第 2 基準面 R 2 a , R 2 b , R 2 c を算出し、第 1 基準面 R 1 a , R 1 b , R 1 c と第 2 基準面 R 2 a , R 2 b , R 2 c とが重なる又は一致するように検出タイミングを算出するようになっている。このように、被検査領域 E に基づいた厚み方向位置や基準面を用いた算出によれば、領域 R 1 及び領域 R 2 のいずれにも被検査領域 E が確実に含まれるタイミングを算出することができる。

10

## 【 0 0 4 7 】

また、低エネルギー検出器 3 2 及び高エネルギー検出器 4 2 は、被検査領域 E に相当する箇所に試験片が配置された調整用対象物 S ' を透過した X 線を検出し、タイミング算出部 6 0 は、低エネルギー検出器 3 2 及び高エネルギー検出器 4 2 で検出された調整用対象物 S ' を透過した X データに基づいて、試験片が領域 R 1 及び領域 R 2 に含まれるように低エネルギー検出器 3 2 及び高エネルギー検出器 4 2 での X 線の検出タイミングを算出するようにしてもよい。このような調整用対象物 S ' を用いることにより、低エネルギー検出器 3 2 及び高エネルギー検出器 4 2 での検出タイミングを簡易に算出することができる。この検出タイミングは、調整用対象物 S ' の画像上のずれを操作者が観察した上で設定するようにしてもよいし、画像データを取り込んだ P C や画像処理装置上でプログラムからずれ量を計算して設定するようにしてもよい。また、デュアル画像取得装置 8 0 などの検出器の内部にずれ量を算出する回路もしくはプログラムを実装し、検出器内部でずれ量をもとに設定するようにしてもよい。

20

## 【 0 0 4 8 】

以上、本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、上記実施形態では、低エネルギー範囲において一つの領域 R 1 を透過した透過 X 線データと、高エネルギー範囲において一つの領域 R 2 を透過した透過 X 線データとを用いて、被検査領域 E を含む対象物 S のエネルギーサブトラクション像を生成して、被検査領域 E における異物等を検査していたが、図 1 3 に示すように、低エネルギー範囲において一つの領域 R 1 を透過した透過 X 線データ（図 1 3 ( a ) 参照）と、高エネルギー範囲において三つの領域 R 2 を透過した透過 X 線データ（図 1 3 ( b ) 参照）とを用いて、厚み方向位置の異なる被検査領域 E 4 , E 5 , E 6 （図 1 3 ( c ) 参照）における異物等を検査するようにしてもよい。また、図 1 4 に示すように、低エネルギー範囲において二つの領域 R 1 を透過した透過 X 線データ（図 1 4 ( a ) 参照）と、高エネルギー範囲において二つの領域 R 2 を透過した透過 X 線データ（図 1 4 ( b ) 参照）とを用いて、厚み方向位置の異なる被検査領域 E 7 , E 8 , E 9 , E 1 0 （図 1 4 ( c ) 参照）における異物等を検査するようにしてもよい。このような厚み方向位置の異なる異物検査等は、例えば、高さサイズの異なる缶における異物検査を行う場合などに利用される。

30

40

## 【 0 0 4 9 】

上記のように複数の透過 X 線データを用いて被検査領域における異物等を検査する場合には、データ比較を行う手段として、メモリを使用する方法がある。例えば、1つの方法としては、各検出器 3 2 , 4 2 の内部にメモリを用意し、低エネルギーでの透過 X 線データ又は高エネルギーでの透過 X 線データのどちらかのデータを保持し、メモリ内に格納されたデータを比較に用いることにより、異なる厚み方向位置の被検査領域での異物検査等を行

50

うことができる。また、図 15 に示すように、デュアル画像取得装置 80a に、低エネルギーでの透過 X 線データ及び高エネルギーでの透過 X 線データの両方のデータを保持する記憶部 90 を用意し、記憶部 90 内に格納されたデータを比較に用いることにより、異なる厚み方向位置の被検査領域での異物検査等を行うことができる。また、図 16 に示すように、デュアル画像取得装置 80 と画像処理装置 70 との間に、低エネルギーでの透過 X 線データ及び高エネルギーでの透過 X 線データの両方のデータを保持する記憶部 92 を用意し、記憶部 92 内に格納されたデータを比較に用いることにより、異なる厚み方向位置の被検査領域での異物検査等を行うことができる。また、図 17 に示すように、デュアル画像取得装置 80 と複数の画像処理装置 70a との間に、低エネルギーでの透過 X 線データ及び高エネルギーでの透過 X 線データの両方のデータを保持する記憶部 94 を用意し、記憶部 94 内に格納されたデータを比較に用いることにより、異なる厚み方向位置の被検査領域での異物検査等を行うことができる。また、図 18 に示すように、画像処理装置 70b に、低エネルギーでの透過 X 線データ及び高エネルギーでの透過 X 線データの両方のデータを保持する記憶部 96 を用意し、記憶部 96 内に格納されたデータを比較に用いることにより、異なる厚み方向位置の被検査領域での異物検査等を行うことができる。

10

#### 【0050】

また、上記実施形態では、搬送方向 A の上流側に低エネルギー検出器 32 を、下流側に高エネルギー検出器 42 を備える構成としたが、搬送方向 A の上流側に高エネルギー検出器 42 を、下流側に低エネルギー検出器 32 を備えるようにしてもよい。更に、上記実施形態では、高エネルギー検出器 42 の検出タイミングを所定時間 T 遅延させるようにしたが、領域 R1 と領域 R2 に被検査領域 E が含まれる限りにおいて、逆に低エネルギー検出器 32 の検出タイミングを所定時間 T 早めるようにしてもよいし、低エネルギー検出器 32 の検出タイミングを早めると共に高エネルギー検出器 42 の検出タイミングを遅延させ、両検出タイミングを所定時間 T ずらすようにしてもよい。また、上記実施形態では、低エネルギーと高エネルギーとの 2 つの範囲での検出タイミングを制御していたが、3 つ以上の範囲での検出タイミングを制御するようにしてももちろんよい。

20

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0051】

【図 1】本実施形態に係る X 線画像取得システムの斜視図である。

【図 2】本実施形態に係る X 線画像取得システムの概略構成図である。

30

【図 3】本実施形態に係るデュアルエナジセンサの側面図である。

【図 4】対象物 S における X 線の照射領域を示す図である。

【図 5】(a) は、被検査領域 E が X 線の照射領域に含まれる場合を示す図であり、(b) は、被検査領域 E が X 線の照射領域に含まれない場合を示す図である。

【図 6】(a) は、本実施形態に係る X 線画像取得システムの各検出器の制御パルス信号を示す図であり、(b) は、制御パルス信号を生成するための高周波信号を示す図である。

。

【図 7】被検査領域 E が対象物 S の底面付近にある場合に遅延時間 T を算出する例を示す図である。

【図 8】図 7 の算出例における各検出器の制御パルス信号を示す図である。

40

【図 9】被検査領域 E が対象物 S の中央部下方付近にある場合に遅延時間 T を算出する例を示す図である。

【図 10】図 9 の算出例における各検出器の制御パルス信号を示す図である。

【図 11】被検査領域 E が対象物 S の中央部上方付近にある場合に遅延時間 T を算出する例を示す図である。

【図 12】図 11 の算出例における各検出器の制御パルス信号を示す図である。

【図 13】複数の照射領域を透過した X 線データを用いて厚み方向の異なる複数の被検査領域 E を検査する場合を示す図である。

【図 14】複数の照射領域を透過した X 線データを用いて厚み方向の異なる複数の被検査領域 E を検査する別の場合を示す図である。

50

【図 1 5】検出器で検出された X 線データを保持する記憶部を含む装置構成の例を示す図である。

【図 1 6】検出器で検出された X 線データを保持する記憶部を含む装置構成の別の例を示す図である。

【図 1 7】検出器で検出された X 線データを保持する記憶部を含む装置構成の別の例を示す図である。

【図 1 8】検出器で検出された X 線データを保持する記憶部を含む装置構成の別の例を示す図である。

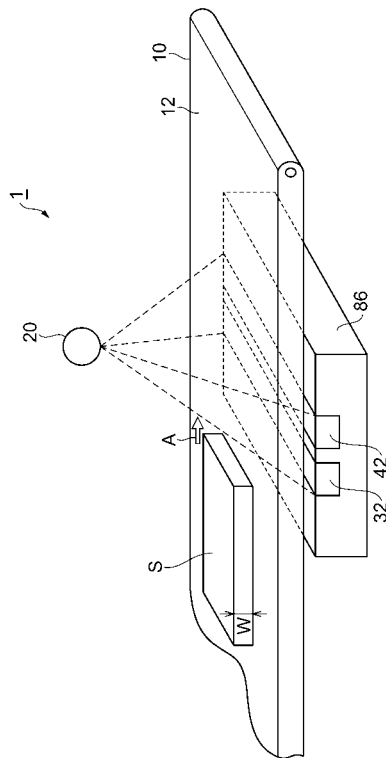
【符号の説明】

【 0 0 5 2 】

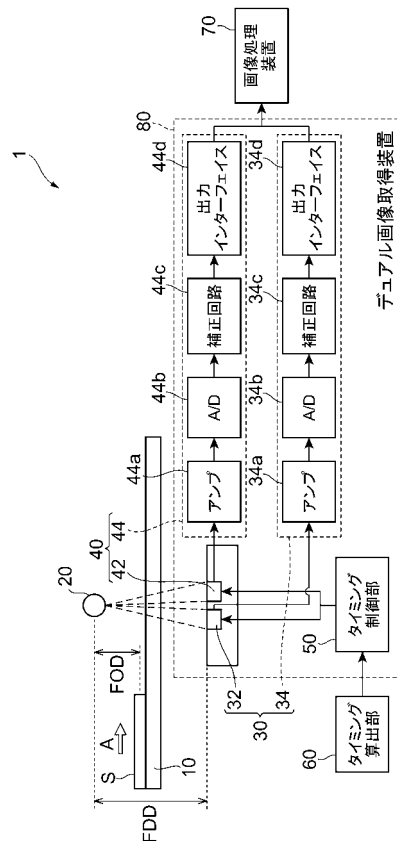
1 ... X 線画像取得システム、10 ... ベルトコンベア、20 ... X 線照射器、30 ... 低エネルギー画像取得部、32 ... 低エネルギー検出器、34 ... 低エネルギー画像補正部、40 ... 高エネルギー画像取得部、42 ... 高エネルギー検出器、44 ... 高エネルギー画像補正部、50 ... タイミング制御部、60 ... タイミング算出部、70 ... 画像処理装置、80 ... デュアル画像取得装置、82 ... 不感帯領域、84 ... ベース、86 ... デュアルエナジセンサ、A ... 搬送方向、D ... 厚み方向、E, E1 ~ E10 ... 被検査領域、M ... 搬送速度、R ... 拡大率、S ... 対象物、T ... 遅延時間、W ... 厚み、HW, LW ... 感知幅、NW ... 不感帯幅、R1, R2 ... 照射領域、R3 ... 共有領域、R1a, R1b, R1c ... 第1基準面、R2a, R2b, R2c ... 第2基準面。

10

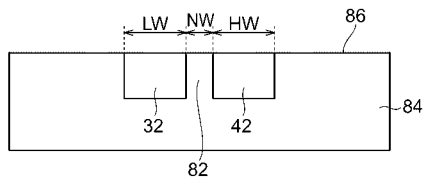
【図 1】



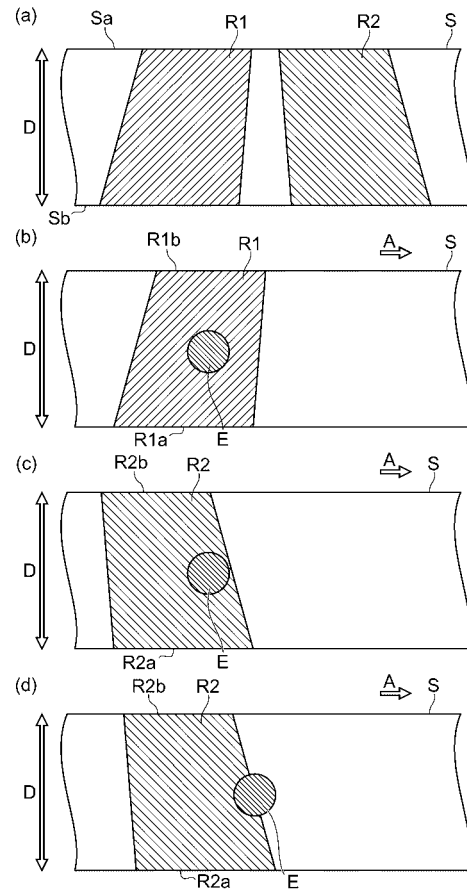
【図 2】



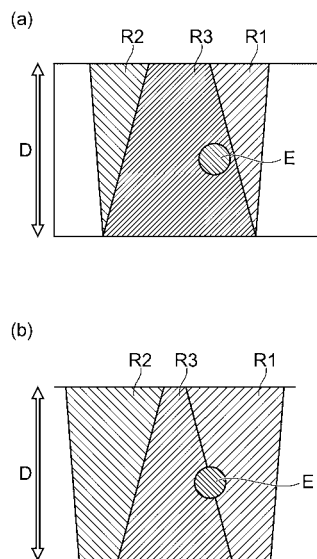
【図 3】



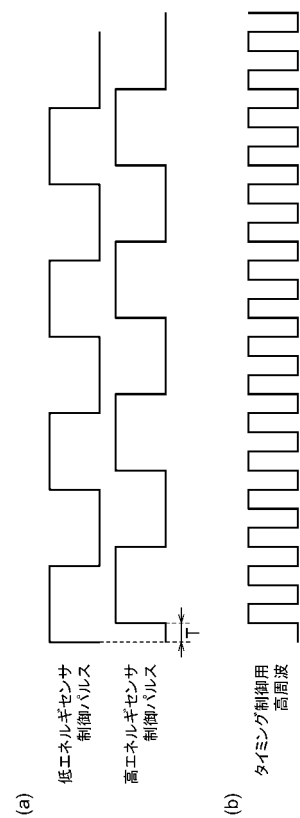
【図 4】



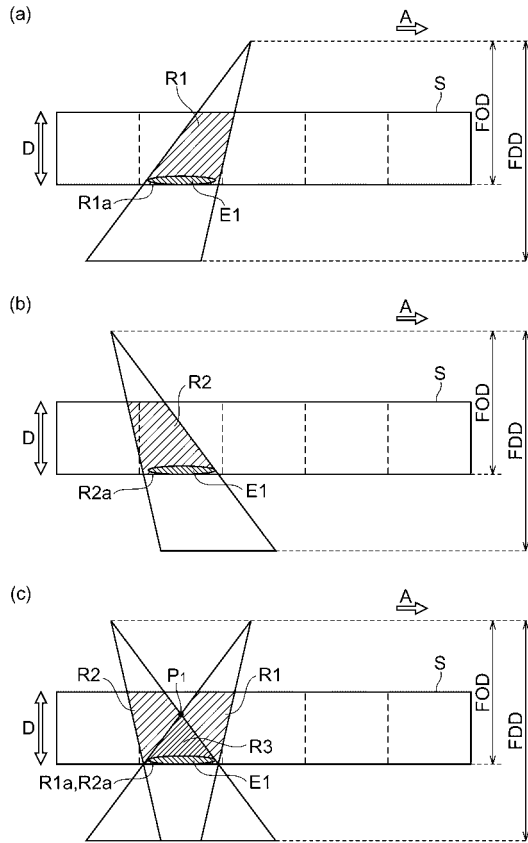
【図 5】



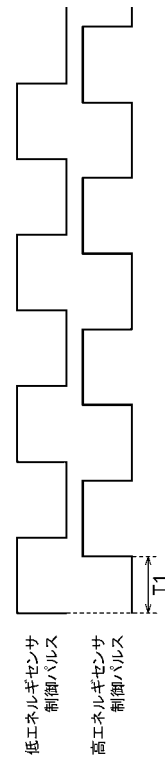
【図 6】



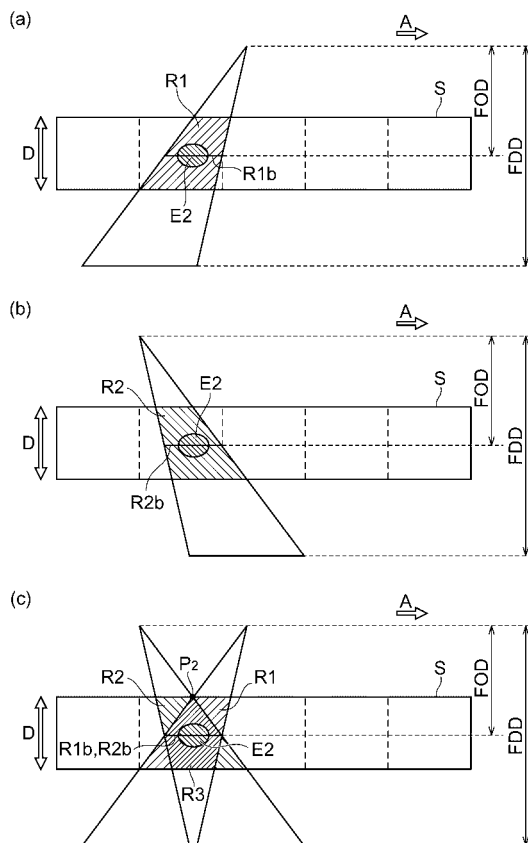
【図 7】



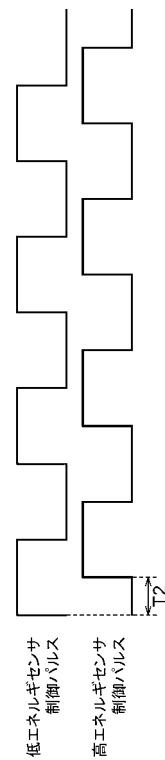
【図 8】



【図 9】

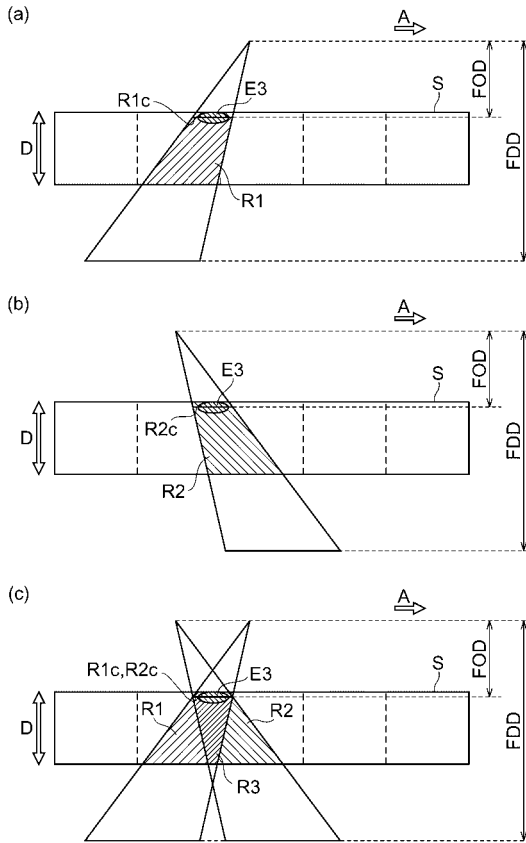


【図 10】

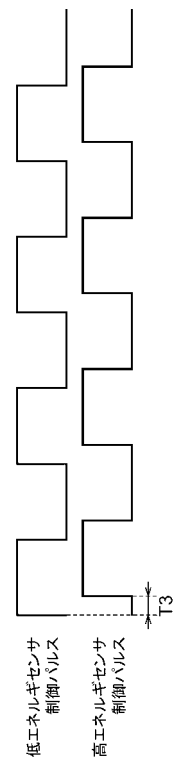




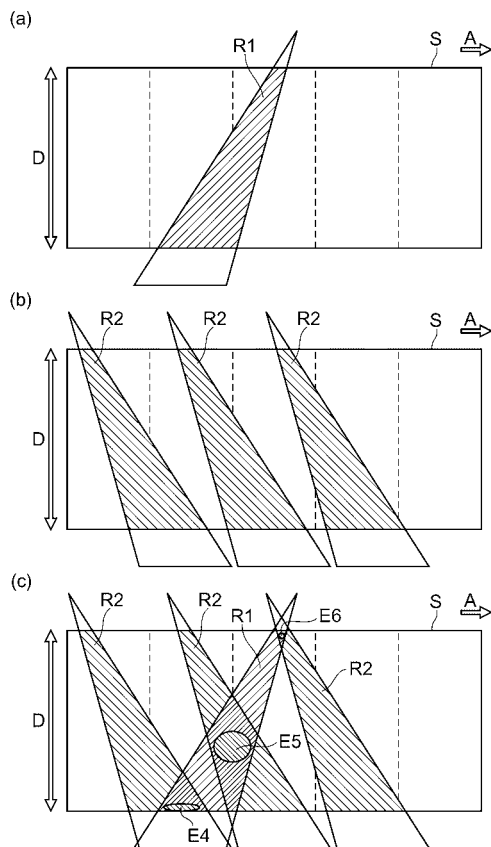
【図 1 1】



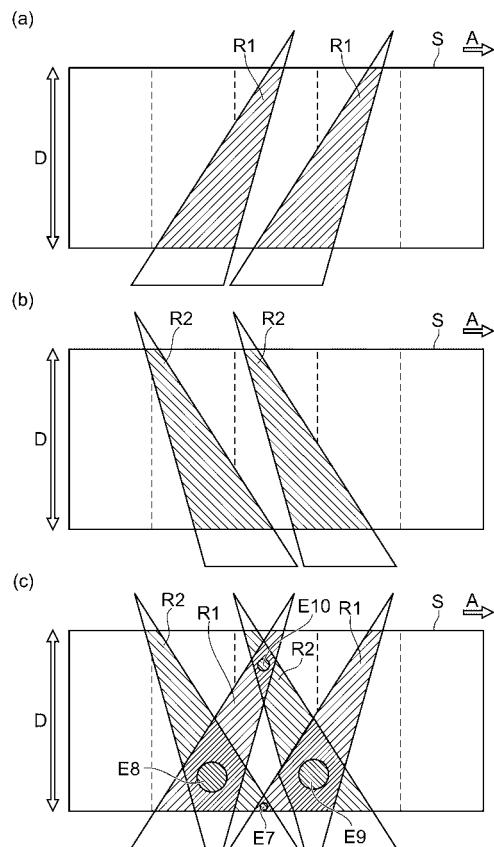
【図 1 2】



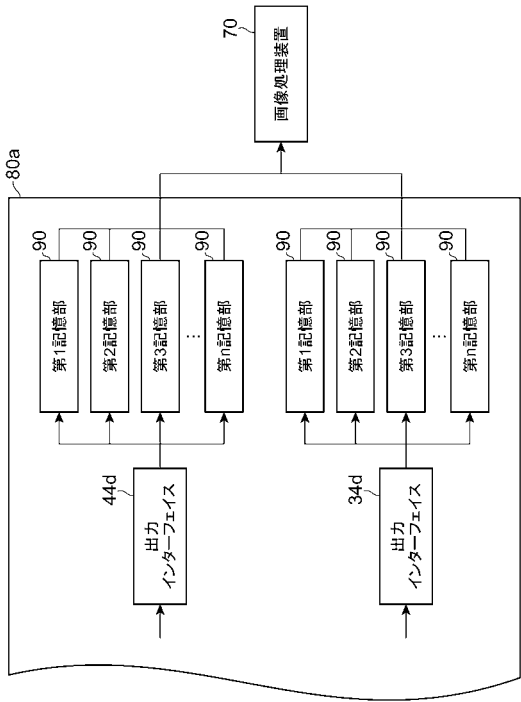
【図 1 3】



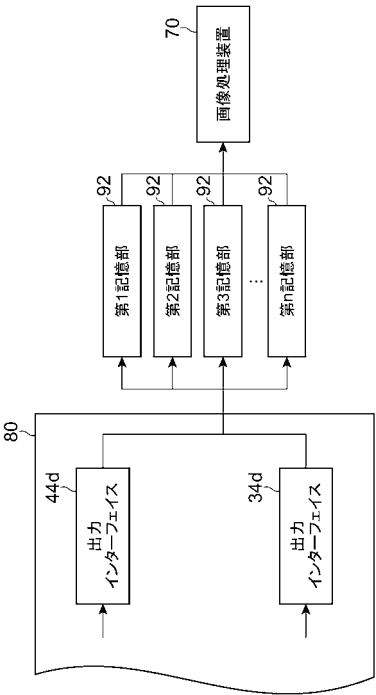
【図 1 4】



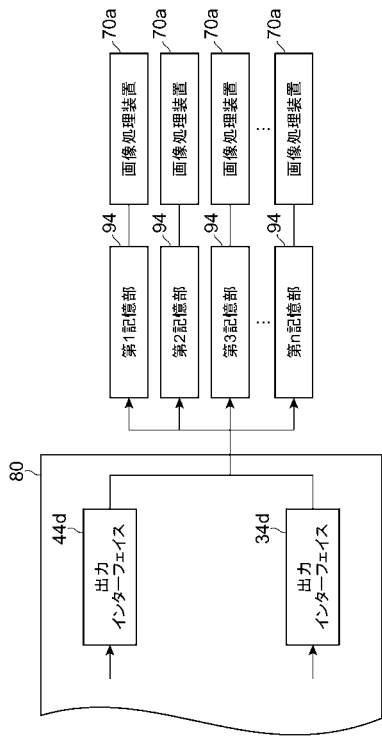
【図 15】



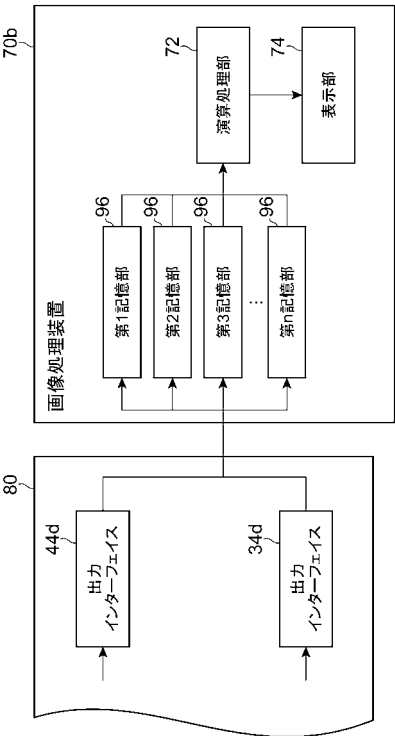
【図 16】



【図 17】



【図 18】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 丸野 正  
静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内
- (72)発明者 佐々木 俊英  
静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内
- (72)発明者 藺田 純一  
静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内
- (72)発明者 瀧日 真二  
静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内

審査官 比嘉 翔一

- (56)参考文献 特開 2 0 0 1 - 0 9 9 7 9 0 ( J P , A )  
特開平 0 6 - 0 2 7 2 4 9 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 3 1 6 1 9 8 ( J P , A )  
特開平 0 7 - 3 0 6 1 6 5 ( J P , A )  
特開 2 0 0 3 - 2 7 9 5 0 3 ( J P , A )  
特開平 0 8 - 0 6 8 7 6 8 ( J P , A )  
特開 2 0 0 2 - 1 6 8 8 0 3 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 N 2 3 / 0 0 - 2 3 / 2 2 7  
G 0 1 B 1 5 / 0 0 - 1 5 / 0 8  
G 0 1 N 2 1 / 8 4 - 2 1 / 9 5 8  
G 0 1 V 5 / 0 0 - 5 / 1 4  
G 0 1 T 1 / 0 0 - 1 / 4 0  
G 0 1 T 7 / 0 0 - 7 / 1 2  
A 6 1 B 6 / 0 0 - 6 / 1 4  
J S T P l u s ( J D r e a m I I I )