

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6574419号
(P6574419)

(45) 発行日 令和1年9月11日(2019.9.11)

(24) 登録日 令和1年8月23日(2019.8.23)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 T 1/20 (2006.01)

G O 1 T 1/20 E

G O 1 T 1/161 (2006.01)

G O 1 T 1/20 G

A 6 1 B 6/03 (2006.01)

G O 1 T 1/161 E

A 6 1 B 6/03 3 2 O S

A 6 1 B 6/03 3 7 3

請求項の数 13 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2016-531015 (P2016-531015)
 (86) (22) 出願日 平成26年11月17日 (2014.11.17)
 (65) 公表番号 特表2017-501388 (P2017-501388A)
 (43) 公表日 平成29年1月12日 (2017.1.12)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2014/074809
 (87) 国際公開番号 W02015/071471
 (87) 国際公開日 平成27年5月21日 (2015.5.21)
 審査請求日 平成29年11月15日 (2017.11.15)
 (31) 優先権主張番号 13193104.0
 (32) 優先日 平成25年11月15日 (2013.11.15)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 欧州特許庁 (EP)

(73) 特許権者 590000248
 コーニンクレッカ フィリップス エヌ
 ヴェ
 KONINKLIJKE PHILIPS
 N. V.
 オランダ国 5656 アーエー アイン
 ドーフェン ハイテック キャンパス 5
 High Tech Campus 5,
 NL-5656 AE Eindhove
 n
 (74) 代理人 110001690
 特許業務法人M&Sパートナーズ

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フレキシブル基板上の両面有機光検出器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

放射線源によって放出されたイオン化放射線を検出するための検出モジュールであって、

入射イオン化放射線に应答してシンチレーション光子を放出するための第1のシンチレータ素子と、

シンチレーション光子を捕捉するための、前記第1のシンチレータ素子に光学的に結合された第1の感光素子と、

前記第1の感光素子を支持するためのフレキシブル基板とを備え、

前記フレキシブル基板が、前記第1のシンチレータ素子の少なくとも2つの表面をカバーするために前記第1のシンチレータ素子の周りに折り曲げられ、前記第1の感光素子は、前記第1のシンチレータ素子の前記少なくとも2つの表面の各表面に光学的に結合される、

検出モジュール。

【請求項 2】

シンチレーション光子を捕捉するための第2の感光素子を更に備え、

前記フレキシブル基板が実質的に平らであり、

前記第1の感光素子が、前記実質的に平らなフレキシブル基板の第1の表面に位置され、前記第2の感光素子が、前記第1の表面とは反対側の前記実質的に平らなフレキシブル

基板の第 2 の表面に位置される、
請求項 1 に記載の検出モジュール。

【請求項 3】

前記第 1 の感光素子及び / 又は前記第 2 の感光素子が、実質的に有機材料、特にポリマーからなる、請求項 2 に記載の検出モジュール。

【請求項 4】

前記フレキシブル基板が、実質的に有機材料、特にポリマーからなる、請求項 1 に記載の検出モジュール。

【請求項 5】

シンチレーション光子が前記フレキシブル基板を通過するのを防ぐために、前記フレキシブル基板が、不透明層を含むか、又は実質的に不透明材料からなる、請求項 1 に記載の検出モジュール。

10

【請求項 6】

前記第 1 の感光素子及び / 又は前記第 2 の感光素子が、前記フレキシブル基板に印刷される、請求項 2 に記載の検出モジュール。

【請求項 7】

前記フレキシブル基板が、前記第 1 の感光素子を支持するための第 1 の支持層と、前記第 2 の感光素子を支持するための第 2 の支持層とを含み、

前記第 1 の支持層と前記第 2 の支持層とが、接着剤によって、特に前記第 1 の支持層と前記第 2 の支持層との間に不透明層を形成する光絶縁接着剤によって互いに取り付けられる、

20

請求項 2 に記載の検出モジュール。

【請求項 8】

前記第 1 のシンチレータ素子が、前記放射線源に面する第 1 の表面を有して、実質的に立方形状であり、

前記フレキシブル基板が、前記第 1 の表面に直交して配置された前記第 1 のシンチレータ素子の第 2 の表面に平行に配置される、
請求項 1 に記載の検出モジュール。

【請求項 9】

前記入射イオン化放射線のスペクトル分布に関する情報を提供するための読出し電子回路を更に備え、

30

前記フレキシブル基板が、感光素子を前記読出し電子回路に接続するための接続回路構成を含む、

請求項 1 に記載の検出モジュール。

【請求項 10】

第 2 のシンチレータ素子を更に備え、

前記フレキシブル基板が、前記第 1 のシンチレータ素子と前記第 2 のシンチレータ素子との間に配置され、

前記第 1 の感光素子が、前記第 1 のシンチレータ素子に光学的に結合され、前記第 2 の感光素子が、前記第 2 のシンチレータ素子に光学的に結合される、

40

請求項 2 に記載の検出モジュール。

【請求項 11】

第 2、第 3、及び第 4 のシンチレータ素子を更に備え、

前記第 1 及び第 3 のシンチレータ素子が、第 1 のスタックとして配置され、前記第 2 及び第 4 のシンチレータ素子が、第 2 のスタックとして配置され、1 つのスタックにおける一方のシンチレータ素子が、前記放射線源と前記スタックにおける他方のシンチレータ素子との間に位置され、

前記フレキシブル基板が、前記第 1 のスタックと前記第 2 のスタックとの間に、前記第 1 のスタック及び前記第 2 のスタックの側面に平行に配置される、

請求項 2 に記載の検出モジュール。

50

【請求項 1 2】

第 3 及び第 4 の感光素子を更に備え、

前記第 1、第 2、第 3、第 4 の感光素子がそれぞれ、対応する前記第 1、第 2、第 3、又は第 4 のシンチレータ素子と光学的に結合され、

前記第 3 の感光素子が、前記実質的に平らなフレキシブル基板の前記第 1 の表面に位置され、

前記第 4 の感光素子が、前記実質的に平らなフレキシブル基板の前記第 2 の表面に位置される、

請求項 1 1 に記載の検出モジュール。

【請求項 1 3】

検査領域内で被験者を支持するための被験者支持体と、

前記検査領域の第 1 の側に、又は前記検査領域内の前記被験者内に配置された、イオン化放射線を放出するための放射線源と、

前記放射線源によって放出されたイオン化放射線を検出するための、前記検査領域の第 2 の側に配置された請求項 1 に記載の検出モジュールと、

検出されたイオン化放射線のスペクトル分布に基づいて画像を提供するための撮像ユニットとを備える、撮像デバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、放射線源によって放出されたイオン化放射線を検出するための検出モジュールに関する。更に、本発明は、被験者の画像を提供するための撮像システムに関する。

【背景技術】

【0002】

医療診断での実用において、1つの重要な問題は、イオン化放射線の検出に基づく患者の画像の生成である。このコンテキストで、コンピュータ断層撮像法（CT）、陽電子放射断層撮像法（PET：positron emission tomography）、及び単一光子放射コンピュータ断層撮像法（SPECT：single-photon emission computed tomography）等、様々な撮像法及びシステムが存在している。そのような撮像システムは、検出された放射線に基づく画像の生成を可能にする検出モジュールを利用する。そのための検出モジュールは通常、シンチレーション検出器（時としてシンチレータとも呼ばれる）、特にシンチレータ結晶、又はシンチレータ結晶のアレイと、光センサ（時として光検出器とも呼ばれる）とを備える。シンチレータは、入射するイオン化放射線（即ち、電子、アルファ粒子、イオン、又は高エネルギー光子等、衝突する粒子）に反応して、光フラッシュ（シンチレーション光子）を発光、即ち放出する。放出された光子は、光センサによって捕捉される。シンチレーション光子が捕捉される場所、時、及び数に基づいて、シンチレーション検出器での入射イオン化放射線の時間的及び空間的な位置並びに / 又は強度が決定され得る。次いで、イオン化放射線と相互作用する物体又は撮像対象の画像を生成することが可能になる。

【0003】

ここで、1つの技法は、捕捉されたイオン化放射線の強度に対応する画像を生成することに関する。エネルギー分解型撮像における1つの難点は、場合によっては高エネルギーの帯域幅の入射イオン化放射線である。CT撮像のコンテキストで、ダブルデッカー技術の開発が、エネルギー分解型CT撮像の問題を解決するための1つの選択肢である。他の技術は、例えば計数検出器である。そのようなダブルデッカー検出器は、例えば互いに重ねて取り付けられた2つのシンチレータ結晶のスタックを使用することがある。ここで、放出されたシンチレーション光の検出は、1つの画素（2つのシンチレータ結晶）の側部に取り付けられたダブルフォトダイオード（光センサ）によって達成され得る。2つのフォトダイオードはそれぞれ、隣接するシンチレータ素子の光を収集するように意図される。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 4 】

国際公開第 2 0 1 2 / 1 2 7 4 0 3 A 2 号には、反対向きの 2 つの主面を有する光センサ基板を得ることを含む方法が開示されている。反対向きの 2 つの主面の一方は、少なくとも 1 つの光センサ素子の少なくとも 1 つの光センサ列を含み、得られる光センサ基板は、1 0 0 ミクロン以上の厚さを有する。この方法は、シンチレータアレイを光センサ基板に光学的に結合することを更に含む。シンチレータアレイは、少なくとも 1 つの相補シンチレータ素子の少なくとも 1 つの相補シンチレータ列を含み、少なくとも 1 つの相補シンチレータ列が、少なくとも 1 つの光センサ列に光学的に結合され、少なくとも 1 つの相補シンチレータ素子が、少なくとも 1 つの光センサ素子に光学的に結合される。この方法は、シンチレータに光学的に結合された光センサ基板を薄くして、シンチレータに光学的に結合されており 1 0 0 ミクロン未満程度の厚さまで薄くされた光センサ基板を作製することを更に含む。

10

【 0 0 0 5 】

米国特許出願公開第 2 0 1 3 / 0 2 9 2 5 7 4 A 1 号は、放射線感受性検出器アレイを含む撮像システムを開示する。シンチレータアレイ層が、基板に取り付けられたフォトダイオードの 2 次元アレイを含む光センサアレイ層上に提供され得る。フォトダイオードが、プラスチック又はポリアミドシート等の被膜に直接取り付けられ得ることが報告されている。代替として、薄いフォトダイオードアレイが可撓性プラスチックシートに印刷され得る。

20

【 0 0 0 6 】

米国特許出願公開第 2 0 0 8 / 0 0 1 1 9 6 0 A 1 号は、2 つのパネルを有する放射線撮像装置であって、パネルがそれぞれ、基板と、信号検知素子及び読出しデバイスのアレイと、パッシベーション層と、シンチレーション蛍光体層とを含む放射線撮像装置に関する。

【 0 0 0 7 】

国際公開第 2 0 0 7 / 0 3 9 8 4 0 A 2 号は、幾つかの検出器素子を有する X 線検出器アレイに言及する。各検出器素子は、シンチレータと、シンチレータに光学的に結合された光検出器と、回路基板とを含む。回路基板は、ポリマー基板を含む可撓性回路でよい。しかし、そのような検出器の 1 つの問題は、光センサがシンチレータ素子と接触する面積が限られているため、効率、即ち集光効率が制限され得ることである。これに対する取り得る補償手段は、結晶の他の面に適切な反射材を塗布することを含むが、これは、材料及び組立てコストに関して不利である。更に、イオン化放射線に対して感受性のある面積が減少され得る。更に、光センサを垂直シンチレータスタックに光学的に結合すること、及びまた光センサをタイル基板にパッケージングして接続することにより生じる光クロストーク（即ち、1 つのシンチレータ素子によって放出されたシンチレーション光子が、このシンチレータ素子の読出しのために意図されたものとは別の感光素子によって検出される）に対処するために、より費用のかかる改良されたパッケージングプロセスが必要となり得る。

30

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

40

【 0 0 0 8 】

本発明の目的は、特に費用対効果の高い組立て、より良いパッケージング、及び再現性に関して、放射線源によって放出された電磁放射を検出するための改良された検出モジュールを提供することである。更に、本発明の目的は、対応する撮像システムを提供することである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

本発明の第 1 の態様では、放射線源によって放出されたイオン化放射線を検出するための検出モジュールが提示される。前記検出モジュールは、入射イオン化放射線にตอบสนองしてシンチレーション光子を放出するためのシンチレータ素子と、シンチレーション光子を捕

50

捉するためにシンチレータ素子に光学的に結合された第1の感光素子と、第1の感光素子を支持するためのフレキシブル基板とを備える。フレキシブル基板は、シンチレータ素子の周りに折り曲げられて、シンチレータ素子の少なくとも2つの表面をカバーする。

【0010】

本発明の第2の態様では、撮像デバイスが提示される。前記撮像デバイスは、検査領域内で被験者を支持するための被験者支持体と、検査領域の第1の側に、又は検査領域内の被験者内に配置された、イオン化放射線を放出するための放射線源と、放射線源によって放出されたイオン化放射線を検出するための、検査領域の第2の側に配置された上記の検出モジュールと、検出されたイオン化放射線のスペクトル分布に基づいて画像を提供するための撮像ユニットとを備える。

10

【0011】

本発明の好ましい実施形態は、従属請求項で定義される。特許請求される撮像デバイスは、特許請求される検出モジュール、及び従属請求項で定義されるものと同様及び/又は同一の好ましい実施形態を有することを理解されたい。

【0012】

本発明は、医療又は他の撮像用途で特に重要である。そのような撮像用途では、何らかの種類の放射線源が、イオン化放射線を放出し、即ち、原子又は分子から電子を解放し、それにより原子又は分子をイオン化するのに十分に高い個々の運動エネルギーを有する粒子を含む放射線を放出する。特に、撮像のコンテキストでのイオン化放射線は、ガンマ線又はUV線を表す。この放射線を放出する放射線源は、特に、CT又はX線撮像で使用されるX線管又は粒子加速器を表すことがある。しかし、放射線源は、例えばPET又はSPECT撮像で 사용되는ような、放射性崩壊プロセスにより粒子を放出する放射性トレーサ物質を表すこともある。放出されたこのイオン化放射線は、シンチレータ素子によって捕捉され、シンチレータ素子は、それに応答してシンチレーション光子を放出する。ここで、シンチレータ素子は、入射（イオン化）放射線に応答して光を放出するシンチレータ結晶を表す。本発明のコンテキストでは、シンチレータ素子は、例えば、GOS、CWO、LYSO、BGO、YAG等の無機結晶を含むことがある。

20

【0013】

シンチレータ素子によって放出される光、即ちシンチレーション光子は、シンチレータ素子に光学的に結合された感光素子によって捕捉される。そのような感光素子は、前記感光素子が結合されているシンチレータ素子が入射イオン化放射線を受けているかどうかを示すために使用され得る。通常、感光素子は、専用の読み出し電子回路によって読み出され、光の量、即ち捕捉されたシンチレーション光子の数が決定される（光子計数又は電荷集積）。次いで、それに基づいて、入射イオン化放射線の分布を再構成し、画像を再構成することが可能になる。

30

【0014】

本発明によれば、感光素子を支持するためのフレキシブル基板が更に含まれる。本明細書で使用されるとき、フレキシブル基板は、特に、従来のプリント回路基板（PCB）等のリジッド基板とは対照的に、フレックス回路又はフレックス箔を表す。従って、フレキシブル基板は、電子接続線、構成要素、又はデバイスの集積を可能にする屈曲可能又はねじり可能な材料を表す。従来のPCBと共に使用されることを本来意図されている電子構成要素が使用される場合でさえ、少なくとも幾らかの可撓性が保たれ得る。フレキシブル基板は、特に、ポリイミド（PI）、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）等の可撓性有機又はプラスチック基板を表す。

40

【0015】

従来の検出モジュールと比較して、本発明による検出モジュールは、フレキシブル基板がより効率の良い組立てプロセスを可能にするという利点を有する。特に基板を屈曲することによって、基板を適切な取付け位置に容易に置くことが可能であるので、そのようなフレキシブル基板及びそれによって支持された感光素子と読み出し電子回路との接続（機械的及び電氣的接続）が簡素化され得る。それにより、費用のかかる取付けプロセス及び/

50

又は検出モジュールのパッケージングのコストが大幅に削減され得る。更に、可撓性（特に有機）基板の使用は、より高いパッケージング密度をもたらすことがある。

【 0 0 1 6 】

更に、フレキシブル基板及びそれによって支持された電子構成要素は、同様に屈曲された状態の（例えば角部の周りで屈曲された又は非平坦面に接続された）他の構成要素（例えばシンチレータ素子）と接続（即ち接触）され得る。

【 0 0 1 7 】

好ましい実施形態では、検出モジュールは、シンチレーション光子を捕捉するための第2の感光素子を更に備え、フレキシブル基板が実質的に平らであり、第1の感光素子が、実質的に平らなフレキシブル基板の第1の表面に位置され、第2の感光素子が、第1の表面とは反対側の実質的に平らなフレキシブル基板の第2の表面に位置される。この実施形態によれば、フレキシブル基板は、その2つの表面それぞれに2つの感光素子を支持する。ここで、第1の感光素子は、やはりシンチレータ素子に接続され、放出されたシンチレーション光子をこのシンチレータ素子で捕捉する。このとき、フレキシブル基板の反対側の表面にある第2の感光素子は、第1のシンチレータ素子に並べて配置された別のシンチレータ素子に結合され得て、フレキシブル基板及び2つの感光素子がこれらのシンチレータ素子の間に挟まれる。それにより、フレキシブル基板の両側で、シンチレータ素子からの光、即ちシンチレーション光子の収集が可能になる。従って、2つのシンチレータ素子が、共通の機械的支持構造によって読み出され得る。どちらの感光素子も、個々に読み出され得る。更に、幾つかの用途では、両面に感光素子を備える検出モジュール（両面モジュール）も有利であり得、例えば、一方の側での光の量と他方の側からの光の量とを比べて測定するためのバランスセンサ用に、両側からの光が同時に収集され得る。

【 0 0 1 8 】

別の実施形態によれば、第1及び/又は第2の感光素子が、実質的に有機材料、特にポリマーからなる。有機電子回路は、特に、無機導体ではなく導電性ポリマーを使用する。そのような導電性ポリマーは通常、より軽量であり、可撓性を提供する。感光素子は、特に、有機フォトダイオードでよい。そのような有機ダイオードは通常、フレキシブル基板上に堆積された有機化合物の被膜又は層からなる。感光素子に有機材料を使用する1つの特定の利点は、非常に薄い可撓性の構成が実現され得ることである。本出願で使用される「実質的に」は、特に、少なくとも90%、好ましくは95%、又はより好ましくは99%超等の高いパーセンテージ（このコンテキストでは、無機支持構造と比べた有機材料の高いパーセンテージ）を表し得る。フレキシブル基板と組み合わせて有機フォトダイオードを使用することは、可撓性を有する屈曲可能な光検出アセンブリを実現可能にする。これは、例えば角部又は縁部の周りで光検出アセンブリを屈曲させることによって、一平面でのみならず、様々な側からシンチレータ素子をカバーすることが可能になるという利点を生み出し得る。

【 0 0 1 9 】

好ましくは、フレキシブル基板は、実質的に有機材料、特にポリマーからなる。フレキシブル基板にポリマーを使用することは、容易に且つ効率良く基板を所望の幾何形状に製造することを可能にする。それにより、様々な幾何形状が可能である。

【 0 0 2 0 】

検出モジュールの別の実施形態では、フレキシブル基板は、シンチレーション光子がフレキシブル基板を通過するのを防ぐために不透明層を含む、又は実質的に不透明材料からなる。フレキシブル基板が不透明である場合、光クロストーク、即ち感光素子が結合されているシンチレータ素子とは別のシンチレータ素子によって放出されるシンチレーション光子の検出が減少される、又は更には完全になくされる。それにより、（光学的に）不透明な層がフレキシブル基板内に含まれること、又は基板全体が不透明材料から（実質的に）形成されることが可能である。既知の解決策では、しばしば、シンチレータ素子の1つ又は複数の表面に反射材を含むことによって比較的多量の光クロストークが補償されたが、これは、コストを増加し、製造又は組立てプロセスをより複雑にする可能性がある。そ

10

20

30

40

50

れとは対照的に、本発明は、そのような反射材を必要としないことによってコストの削減を可能にし得る。更に、検出器モジュールの感光面積が増加され得るので、効率が高められ得る。シンチレーション光子がフレキシブル基板を通過するのを防ぐことが、基板の両方の表面にある2つの感光素子を独立して操作することを可能にする。第1の感光素子に結合されたシンチレータ素子によって放出されたシンチレーション光子は、フレキシブル基板の別の面に位置された第2の感光素子によっては捕捉されない。

【0021】

更に別の実施形態では、第1及び/又は第2の感光素子がフレキシブル基板に印刷される。有機電子回路を使用する1つの利点は、様々な基板上に電気デバイスを製造するための印刷法を使用することが可能であることである。それにより、例えば電氣的機能を有する電子又は光学インクによって、薄膜電子回路が印刷され得る。そのようなインクは通常、炭素をベースとし、しばしば導電性ラインを印刷するために銀又は他の導電性材料を混ぜてある。それにより、1つ又は複数の感光素子をフレキシブル基板の1つ又は複数の面又は表面に印刷することが可能であり得る。それにより、感光素子の様々な幾何形状及び配置が可能である。更に、感光素子がフレキシブル基板の両方の表面に印刷される2面印刷プロセスを使用することが可能である。この印刷プロセスは、順次に、即ち1面ずつ印刷するものでも、並行して、即ち両面に同時に印刷するものでもよい。また、所要の接続回路構成を印刷することも可能である。別の利点は、印刷が、製造コストの削減を可能にし得ることである。

【0022】

好ましい実施形態では、フレキシブル基板は、第1の感光素子を支持するための第1の支持層と、第2の感光素子を支持するための第2の支持層とを含み、第1の支持層と第2の支持層とが、接着剤によって、特に第1の支持層と第2の支持層との間に不透明層を形成する光絶縁接着剤によって互いに取り付けられる。フレキシブル基板の2つの面又は表面に感光素子を印刷するのとは対照的に、それぞれ1つの感光素子を支持する2つの層を備える基板を利用することも可能である。それにより、2面製造プロセス、即ち感光素子をフレキシブル基板の両面（表面）に取り付ける又は印刷することを可能にするプロセスを使用する必要はない。基板が2つの層を含む場合、これら2つの層は、接着剤によって互いに取り付けられ得て、通常、これら2つの層は、実質的に平らであり、1つの表面に感光素子を有し、感光素子を有さない表面同士で互いに接着される。ここで、不透光性接着剤を活用することが特に有利であり、この接着剤は、不透明層を形成し、フレキシブル基板の一方の側で放出されたシンチレーション光子が様々な層を通してフレキシブル基板の他方の側に達すること（光クロストーク）を防止する。様々な層（即ち特に2つ以上の層）からフレキシブル基板を製造する1つの利点は、製造コストが削減され得ることである。更に、フレキシブル基板上の1つ又は複数の感光素子の幾何形状及び配置に関して大きな自由度を得ることが可能であり得る。

【0023】

検出モジュールの別の実施形態では、シンチレータ素子は、放射線源に面する第1の表面を有して、実質的に立方形状であり、フレキシブル基板は、前記第1の表面に直交して配置されたシンチレータ素子の第2の表面に平行に配置される。この実施形態によれば、フレキシブル基板は、シンチレータ素子に平行に配置される。従って、入射放射線は通常、立方形状のシンチレータ素子の1つの表面に衝突し、シンチレータ素子内でのシンチレーション光子の放出を引き起こす。これらのシンチレーション光子は、側面、即ち放射線源の方向に直交する表面に結合された感光素子によって検出される。また、立方形状のシンチレータ素子の残りの表面の1つ又は複数において反射材を使用することも可能であり得る。この構成の1つの利点は、やはり効率的な製造が可能であることである。第1のシンチレータ素子によって放出されたシンチレーション光子を捕捉するために1つの表面に感光素子が取り付けられた1つのフレキシブル基板を使用し、そのフレキシブル基板の第2の表面に第2の感光素子を取り付け、フレキシブル基板の他方の側にあるシンチレータ素子によって放出されたシンチレーション光子を第2の感光素子によって捕捉することが

可能になる。

【0024】

更に別の実施形態では、上述したような検出モジュールは、入射イオン化放射線のスペクトル分布に関する情報を提供するための読出し電子回路を更に備え、フレキシブル基板が、感光素子を読出し電子回路に接続するための接続回路構成を含む。通常、読出し電子回路は感光素子に接続され、捕捉された放射線又は放出されたシンチレーション光子のスペクトル分布を表す情報、即ち読出値の提供を可能にする。そのような読出し電子回路は、特に、捕捉されたシンチレーション光子のデジタル表現を決定するためのアナログ-デジタル変換器を備えることができる。読出し電子回路は、好ましくは、放射線源とは反対側に配置され得て、放射線がシンチレータ素子に衝突するのを妨げず、且つ読出し電子回路での直接の検出を防ぐ。フレキシブル基板によって支持された感光素子は通常、フレキシブル基板内に集積された接続回路構成によってフレキシブル基板に接続される。そのような接続回路構成は、特に、完全に又は部分的に有機材料から形成され得、及び/又はフレキシブル基板に印刷され得る。しかし、従来の接続回路構成が従来のデバイスを含むことも可能であり得る。

10

【0025】

フレキシブル基板は、シンチレータ素子の周りに折り曲げられて、シンチレータ素子の少なくとも2つの表面をカバーする。基板は、その可撓性により、シンチレータ素子、特に立方形状のシンチレータ素子の周りに折り曲げられて、シンチレータ素子の2つ（又は3つ以上）の表面をカバーすることが可能である。シンチレータ素子の角部の周りにフレキシブル基板を折り曲げる（即ち被せる又は屈曲させる）ことは、完全な360°の被覆さえ可能にし得る。実質的に立方形状のシンチレータ素子の4つの表面全てをカバーする2つのL字形の箔を使用することも可能であり得る（放射線源に面する面/表面、及び読出し電子回路に面する面/表面は通常カバーされない）。それにより、感光面積が増加され得て、即ち検出モジュールの感度が増加され得る。

20

【0026】

別の好ましい実施形態では、検出モジュールは、第2のシンチレータ素子を更に備え、第1及び第2のシンチレータ素子が、スタックとして配置され、一方のシンチレータ素子が、放射線源と他方のシンチレータ素子との間に位置され、フレキシブル基板が、スタックの1つの側面に平行に配置される。シンチレータ素子のそのようなダブルデッカースタックは、エネルギー分解型CT撮像の分野で特に有利であり得る。それにより、物質との相互作用のコンプトン散乱成分と光電成分が区別され得て、即ち、組織のエネルギー依存減衰特性に関するより多くの情報が取得され得、及び/又は放射線エネルギーのより大きな帯域幅がカバーされ得る。通常、シンチレーション光子の検出は、2つのシンチレータ素子のスタックの側部に取り付けられたダブルフォトダイオードによって実現される。2つのフォトダイオードはそれぞれ、隣接するシンチレータ素子の光を収集する。従って、スタックの1つの側面に平行に配置されたフレキシブル基板は通常、スタックの2つのシンチレータ素子に面する2つの感光素子（及び場合によっては基板の他の面/表面にある更なる感光素子）を支持する。シンチレータ素子のスタックが、2つのシンチレータ素子の間に光学的接続層、特に光伝導接着剤の層を備えることも可能であり得る。

30

40

【0027】

更なる実施形態では、検出モジュールは、第2のシンチレータ素子を更に備え、フレキシブル基板が、第1のシンチレータ素子と第2のシンチレータ素子との間に配置され、第1の感光素子が、第1のシンチレータ素子に光学的に結合され、第2の感光素子が、第2のシンチレータ素子に光学的に結合される。フレキシブル基板の両面に感光素子を設けてフレキシブル基板を第1と第2のシンチレータ素子の間に配置することによって、単一の基板を利用することによって2つの隣接するシンチレータ素子を効率的に読み出すことが可能になる。これは、製造コストの削減、集光効率の増加、より高いパッケージング密度の実現、及び/又は所要の接続回路構成の最小化を可能にし得る。

【0028】

50

別の実施形態では、検出モジュールは、第2、第3、及び第4のシンチレータ素子を更に備え、第1及び第3のシンチレータ素子が、第1のスタックとして配置され、第2及び第4のシンチレータ素子が、第2のスタックとして配置され、1つのスタックにおける一方のシンチレータ素子が、放射線源とそのスタックにおける他方のシンチレータ素子との間に位置され、フレキシブル基板が、第1のスタックと第2のスタックとの間に、第1及び第2のスタックの側面に平行に配置される。2つの隣接するスタックが、2つのスタックの間のフレキシブル基板の2つの表面/面に位置された感光素子によって読み出される。これは、一方で、各シンチレータ素子が個別に読み出され得、他方で、効率の良い製造プロセスが適用され得るという利点を有する。

【0029】

10

更に別の実施形態では、検出モジュールは、第3及び第4の感光素子を更に備え、第1、第2、第3、第4の感光素子がそれぞれ、対応する第1、第2、第3、又は第4のシンチレータ素子と光学的に結合され、第3の感光素子が、実質的に平らなフレキシブル基板の第1の表面に位置され、第4の感光素子が、実質的に平らなフレキシブル基板の第2の表面に位置される。この場合にも、各シンチレータ素子は個別に読み出され得る。

【0030】

本発明の別の態様では、光子を捕捉するための第1の感光素子及び第2の感光素子と、第1の表面で第1の感光素子を支持し、第2の表面で第2の感光素子を支持するためのフレキシブル基板とを備える検出モジュールであって、フレキシブル基板、第1の感光素子、及び第2の感光素子が、実質的に有機材料からなる検出モジュールが提示される。フレキシブル基板は、シンチレータ素子の周りに折り曲げられて、シンチレータ素子の少なくとも2つの表面をカバーする。

20

【0031】

有機材料及び製造プロセスを使用することによって、更なる用途での使用のために両面検出モジュールを設計することが可能になる。一方で、感光素子は、フレキシブル基板の両面に印刷されてよい。他方で、印刷された1つの感光素子をそれぞれ有する2つの層が一体に接着されてもよい。更に、フレキシブル基板の2つの面にある感光素子の異なる幾何形状、材料、構造、性能パラメータ、及び/又はサイズ(画素サイズ)が可能である。この検出モジュールも、本発明の様々な実施形態に関して上で説明したのと同様に設計及び変形され得る。従来の検出モジュールと比較して、そのようなモジュールは、比較的低コストで様々な異なる可能な特性を提供することが可能であり得る。高い自由度が可能とされる。そのようなモジュールの用途は、様々なスペクトルの光検知用の光学測定デバイス(ここではフレキシブル基板が基本的には透明である)、又は2つの側からの入射放射線(光子)が区別される必要がある比較測定(基本的には不透明な基板を用いる)を含むことがある。更に、測定、センサ、写真撮影、及び光検出の分野での適用が可能である。取り得る実施形態は、有機材料を含む両面センサ(モジュール)、両面積層又は印刷されたセンサ(モジュール)、及び両面印刷されたセンサ(モジュール)を含む。

30

【0032】

本発明のこれら及び他の態様は、本明細書で後述する実施形態から明らかであり、それらを参照して説明する。

40

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】本発明による検出モジュールが適用され得る医療用撮像デバイスの概略図である。

【図2】従来技術のダブルデッカー検出モジュールの概略図である。

【図3】本発明による検出モジュールの第1の実施形態の概略図である。

【図4】本発明による検出モジュールの第2の実施形態の概略図である。

【図5】本発明による検出モジュールの第3の実施形態の概略図である。

【図6】折り曲げられたフレキシブル基板を概略的に示す図である。

【図7】シンチレータ素子の2つのスタックと、両面に感光素子を有する基板とを備える

50

、本発明による検出モジュールの第４の実施形態の概略側面図である。

【図８】複数の層を含むフレキシブル基板を備える本発明による検出モジュールの第５の実施形態の概略図である。

【図９】可撓性相互接続部を概略的に示す図である。

【図１０】組立てプロセスにおいて両面フレキシブル基板の使用により得られる利点を概略的に示す図である。

【図１１】組立てプロセスにおいて両面フレキシブル基板の使用により得られる利点を概略的に示す図である。

【図１２】本発明による別の態様による検出モジュールを概略的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

10

【００３４】

図１は、医療用撮像デバイス１０、特にコンピュータ断層撮像（ＣＴ）スキャナの一実施形態の全体的なレイアウトを示す。そのようなＣＴスキャナは通常、回転ガントリ１２を含み、回転ガントリ１２は、概して静止したガントリ１４に取り付けられる。回転ガントリ１２は、検査領域１６の周りで回転するように構成される。被験者支持体１８に乗せた被験者を前記検査領域１６内に挿入することが可能である。放射線源２０が、イオン化放射線を発生する。この放射線は、検査領域１６を通過し、検査領域１６の他の側で、回転可能なガントリ１２に取り付けられた複数の検出モジュール２２によって検出される。被験者が検査領域１６内に挿入される場合、検出された放射線の評価に基づいて被験者の画像を生成することが可能である。画像の生成及び提供は通常、撮像ユニット１７によ

20

【００３５】

図１は、本発明の１つの例示的な適用範囲を示す。しかし、本発明は、ＰＥＴやＳＰＥＣＴ撮像等の他の撮像モダリティでも使用され得、その際、放射線源は、検査対象の被験者内に挿入された放射性トレーサ物質である。また、従来のＸ線撮像の分野で本発明を利用することも可能であり得る。

【００３６】

図２は、例えば医療用撮像デバイス１０で使用される（従来技術）検出モジュール２２の一実施形態の全体的な構造を更に示す。そのような検出モジュール２２は通常、入射するイオン化放射線に应答してシンチレーション光子を放出する複数のシンチレータ素子２４を備える。矢印２５は、入射イオン化放射線の方

30

【００３７】

図３は、本発明による検出モジュールの第１の実施形態２２ａを示し、これもまた図１に示される撮像デバイス１０で使用され得る。放射線源２０によって放出された放射線が、シンチレータ素子２４でのシンチレーション光子３０の放出を引き起こす。第１の感光素子３２が、シンチレータ素子２４に光学的に結合され、放出されたシンチレーション光子３０を捕捉する。感光素子３２は、フレキシブル基板３４（時としてフレックス箔とも呼ばれ、又はそれに結合された感光素子と合わせて、フレックスアレイとも呼ばれる）によって支持される。このフレキシブル基板３４は通常、実質的に平らであり、放射線源２０に面する表面に直交するシンチレータ素子２４の側面に配置される。より分かりやすく

40

50

するために、図3は、シンチレータ素子24とフレキシブル基板34又は第1の感光素子32との間に間隙を示す。第1の感光素子32がシンチレータ素子24と接触する、即ち光学的に結合されることを理解されたい。本発明によれば、フレキシブル基板34は、感光素子32を支持するために使用される。特に、実質的に有機材料からなる感光素子を支持するために、有機材料を使用することが可能である。有機電子回路又はプラスチック電子回路のこの使用は、安価であり効率の良い製造及び/又は組立てプロセスを可能にする。感光素子32は、例えば導電性インクによって基板34に印刷され得る。本発明の別の利点は、より大きな可撓性支持構造及びそれによって支持される感光素子(例えば1ステップ当たり128~256個のダブルピクセル)の製造/組立ての容易化によって得られるものであり得る。好ましくは、感光素子32がシンチレータ素子24の1つの面に1つだけ配置される場合、シンチレーション光子30の散乱により、他の面は、それらに取り付けられた反射体(即ち反射層)を有する。シンチレータ素子24の全ての面が感光素子32によってカバーされているときにのみ、反射層が不要とされる。

【0038】

図4は、本発明による検出モジュールの第2の実施形態22bを示す。ここでは、フレキシブル基板34は、第1の感光素子32aに加えて、第2の感光素子32bも支持する。その際、両面製造プロセスが適用されることが可能である。特に、両面印刷プロセスが適用され得て、有機フォトダイオードが(有機)フレキシブル基板の両面に印刷され得る。

【0039】

図5は、検出モジュールの更に別の実施形態22cを示す。ここでは、フレキシブル基板34は、複数の層を含む。両面に感光素子を有するフレキシブル基板34の製造は、2つの片面フォトダイオード-フレックスアレイ、即ち第1の支持層(36a)と第2の支持層(36b)とを一体に接着することによって実現され得る。その際、接着剤は、シンチレーション光子がフレキシブル基板34を通過するのを防ぐ不透明層37を形成することができ、光クロストークを減少する助けとなり得る。製造プロセスに応じて、(ただ1つの層を含む)フレキシブル基板の両面にフォトダイオードを印刷するための印刷プロセスを使用すること、又は(支持層を形成する)基板にフォトダイオードを印刷するために片面印刷プロセスを使用し、次いで、片面に印刷された感光素子(フォトダイオード)をそれぞれ有する2つのそのような基板を一体に接着することがより効率的であり得る。例えば電気接続用又は機械的支持用の追加の層の使用を含め、他の層構造も使用され得る。

【0040】

図6は、シンチレータ素子24の周りに被せられた又は折り曲げられた感光素子(印刷されたフォトダイオード)を支持するためのフレキシブル基板34を示す。使用される材料によっては、フレキシブル基板34は、90°の屈曲を実現し、それにより、シンチレータ素子24の2つの表面に光学的に結合された感光素子を支持することが可能である。同様にまた、これは、放射線源に面する面に直交するシンチレータ24の4つの表面全てに延長され得る。また、シンチレータ素子の4つの表面全てをカバーするために、図6に示されるL字形のフレキシブル基板が2つ使用されてもよい。どちらの方案も、完全な(又はほぼ完全な)360°の被覆、及び最適化された集光効率を実現する。シンチレータ素子の表面の1つ又は複数を一部のみカバーする等、他の方案も同様に実現され得る。

【0041】

また、図6には、フレキシブル基板を使用する更なる利点が見られている。フレキシブル基板34の接続のために、ただ1つの重畳相互接続部40がシンチレータ素子24に重なれば十分である。フレキシブル基板34は、シンチレータ素子24の複数の表面に光学的に結合される複数の感光素子を支持することができる。所要の接続回路が、例えば印刷プロセスによってフレキシブル基板34内に埋め込まれ得る。これは、読出し電子回路への接続点の数を減少させることができ、それにより、製造又は組立てプロセスの効率をより良くすることができる。

【0042】

図7は、本発明による検出モジュールの更なる別の実施形態22dを側面視で示す。ここでは、フレキシブル基板34は、4つのシンチレータ素子44に光学的に結合される4つの感光素子42を支持する。感光素子42は、基板34の両面に印刷される。シンチレータ素子44は、シンチレータ素子の2つのスタック46a、46bとして配置される。そのようなスタック46a、46bは、特に、より高エネルギーの帯域幅のイオン化放射線を捕捉する、及び/又はイオン化放射線と物質との相互作用のコンプトン散乱成分と光電成分を区別することを可能にし得る。従って、組織のエネルギー依存減衰特性に関するより多くの情報が取得され得る。通常、スタック46a、46bの一方の2つのシンチレータ素子は、互いに光学的に結合され、例えば光伝導性接着剤によって一体に接着される。従って、イオン化放射線は、放射線源に面するシンチレータ素子を通して、他方のシンチレータ素子によって最初は遮蔽されているシンチレータ素子内に入ることができる。入射放射線のエネルギーに応じて、シンチレータ素子それぞれでシンチレーション光子の放出が引き起こされ得る。また、他の実施形態では、1つのスタックが3つ以上のシンチレータ素子を備えること、複数のシンチレータ素子が単一の感光素子によって読み出されること、又は1つのシンチレータ素子が複数の感光素子によって読み出されることも可能であり得る。特に、複数のシンチレータ素子が1つのスタックとして配置され、各シンチレータ素子が専用の感光素子によって個別に読み出されることが有利であり得る。生成される画像において、画像の画素は、シンチレータ素子のスタックに対応する。

【0043】

図8は、検出モジュールの別の実施形態22eを示す。ここでは、フレキシブル基板34は、それぞれ片面に感光素子42を支持する2つの支持層(基板層)36a、36bから構成される。2つの支持層36a、36bの間で、フレキシブル基板34の中央に不透光性層38が配置される。この不透光性層38は、接着剤、即ち不透光性接着剤の層でよい。層38に関する別の可能性は、例えば、提供される機械的支持を更に強化するために機械的に弾性の材料が使用され得ることである。

【0044】

図9は、図8で述べられるフレキシブル基板34を読み出し電子回路と相互接続するための1つの取り得る手法を示す。ここでは、フレキシブル基板34及び2つの支持層36a、36bが屈曲されて、重畳相互接続部分40を形成して、検出モジュールと読み出し電子回路との容易な接続を可能にする。

【0045】

図10及び図11は、本発明による検出モジュールの使用により得られる組立てプロセスでの1つの利点を示す。図10では、シンチレータ素子46の複数のスタックが組み立てられて検出モジュールを形成し、各スタックが個別のフレキシブル基板48を有する。それとは対照的に、図11は、読み出される必要があるシンチレータ素子46の数は同じであるが、同数の箇所に対して、読み出し電子回路への90°の接続が半数だけ必要であることを示す。この90°の接続は、組立てコストに関する主要な寄与因子であり、従って、組立点の数を減少させることによって、コスト削減の大きな可能性がある。また、両面で感光素子を支持するフレキシブル基板(両面フォトダイオードアレイ)が使用される場合、必要とされる相互接続点をより少数にすることも可能であり得る。

【0046】

図12は、本発明の別の態様による検出モジュール50を概略的に示す。モジュール50は、2つの表面に2つの感光素子52a、52bを有する(実質的に平らな)フレキシブル基板34を備える。モジュール50は、両側からの衝突する光子54(入射放射線)の検出を可能にする。それにより、シンチレーション光子の上述の検出とは対照的に、モジュール50は、感光素子52a、52bに使用される材料によっては、シンチレーション光子の検出を可能にするだけでなく、多少の任意の放射線54の検出も可能にする。特に、そのようなモジュール50は、有機電子回路に基づいて、例えば印刷プロセスによって製造され得て、印刷プロセスにおいて、感光素子52a、52bは、フレキシブル基板34の両面に順次に又は並行して印刷される。また、感光素子52a、52bを支持する

2つ以上の層を一体に接着することも可能であり得る。

【0047】

それにより、感光素子52a、52bは、用途に応じて様々な幾何形状、材料、構造、又は感度のものにすることができる。例えば、異なるスペクトル感度を有する感光素子をフレキシブル基板の1つの面又は2つの面に印刷することも可能であり得る。第1の感光素子が、第1の波長の光子の検出に適した材料を含み、第2の感光素子が、第2の波長の光子の検出に適した材料を含む場合、2色（又は、3つ以上の感光素子が使用される場合には多色）感光検出器が、比較的低コストで実現され得る。感光素子52a、52bは、光子計数又は電荷集積によって読み出され得る。

【0048】

フレキシブル基板は、捕捉された光子に対して透明でもそうでなくてもよい。更に、様々な特性を有する複数の層、例えば不透明層を含んでいてもよい。また、基本的にはフレキシブル基板34が感光素子52a、52bと集積されることも可能であり得る。

【0049】

必要な接続回路構成が、フレキシブル基板34内、又は感光素子52a、52b内に含まれ得る。しかし、更なる印刷プロセスによって、又は従来のデバイスを含むことによって、接続回路構成が一部又は完全に集積されることも可能であり得る。製造プロセスによっては、感光素子だけでなく、光学フィルタ等の光学構造を印刷することも可能であり得る。当然、複数の感光素子がフレキシブル基板34の1つの面又は2つの面に支持されることも可能であり得、また、片面又は両面にある感光素子の異なる幾何学的構造も可能であり得る。

【0050】

本発明を図面及び前述の説明で詳細に図示して説明してきたが、そのような図示及び説明は例示又は例説とみなすべきであり、限定とみなすべきではない。本発明は、開示される実施形態に限定されない。開示される実施形態に対する他の変形は、図面、本開示、及び添付の特許請求の範囲の検討から当業者によって理解され、特許請求される発明を實踐する際に実施され得る。

【0051】

特許請求の範囲において、用語「備える」は、他の要素又はステップを除外せず、不定冠詞「a」又は「an」は、複数を除外しない。単一の処理装置又は他のユニットが、特許請求の範囲に記載される幾つかの要素の機能を実現することができる。特定の手段が相互に異なる従属請求項に記載されていることだけでは、これらの手段の組合せが有利に使用され得ないことを示さない。

【0052】

特許請求の範囲内の任意の参照符号は、範囲を限定するものとみなされるべきではない。

10

20

30

【図 1】

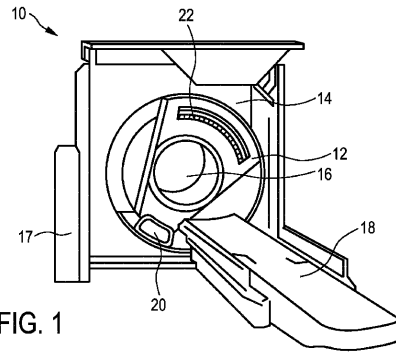


FIG. 1

【図 2】

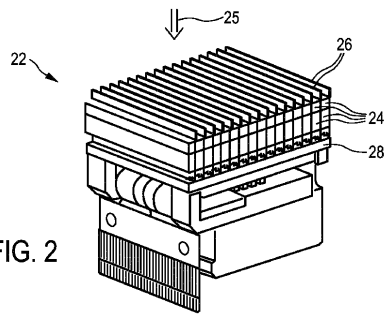


FIG. 2

【図 3】

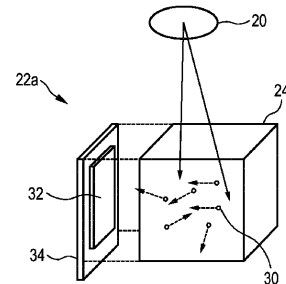


FIG. 3

【図 4】

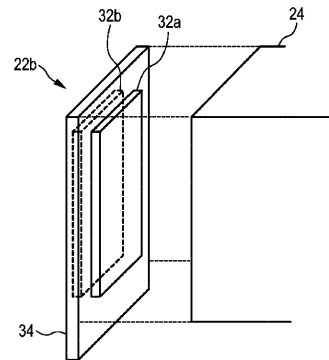


FIG. 4

【図 5】

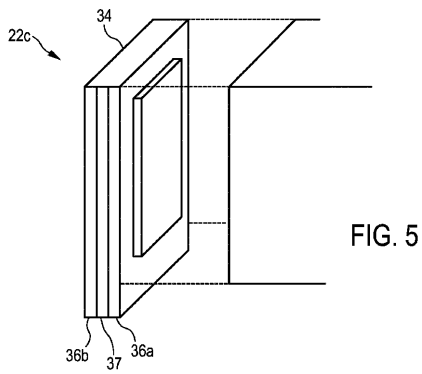


FIG. 5

【図 7】

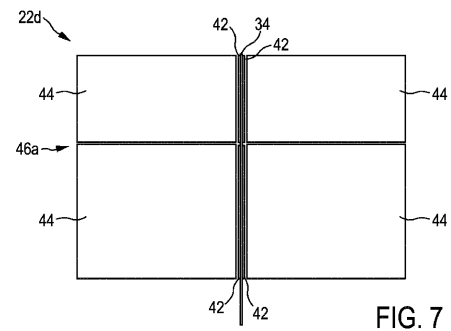


FIG. 7

【図 6】

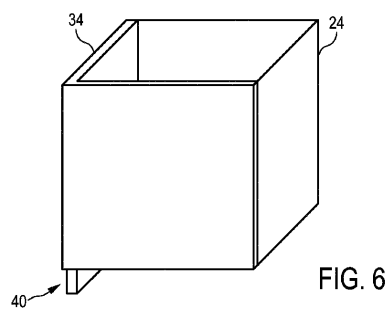


FIG. 6

【図 8】

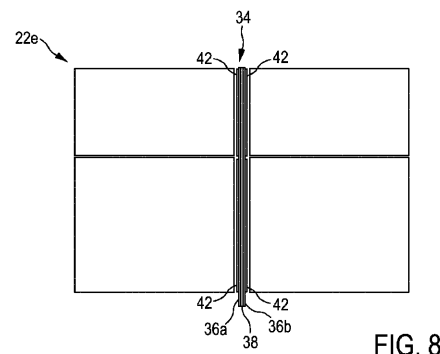


FIG. 8

【図 9】

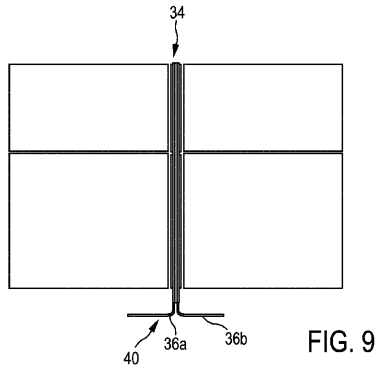


FIG. 9

【図 12】

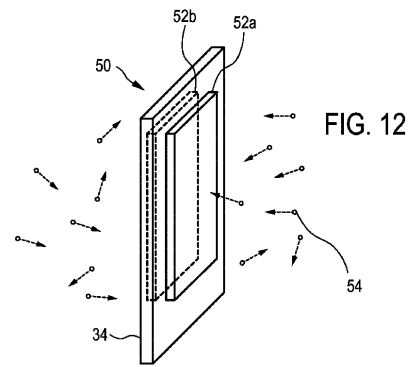


FIG. 12

【図 10】

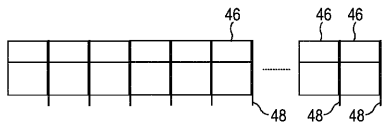


FIG. 10

【図 11】

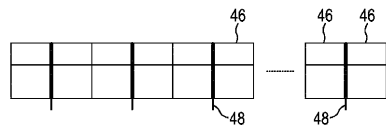


FIG. 11

フロントページの続き

- (72)発明者 フォークトマイヤー ゲレオン
オランダ国 5656 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5
- (72)発明者 ステッドマン ブッカー ロジャー
オランダ国 5656 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5

審査官 藤本 加代子

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2013/0292574 (US, A1)
特表2012-509492 (JP, A)
特開2004-354271 (JP, A)
特表2012-527101 (JP, A)
特表2013-504057 (JP, A)
国際公開第2012/104775 (WO, A1)
米国特許出願公開第2012/0056096 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01T	1/00 - 1/16
G01T	1/167 - 7/12
G01T	1/161
A61B	6/03