

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4524082号  
(P4524082)

(45) 発行日 平成22年8月11日(2010.8.11)

(24) 登録日 平成22年6月4日(2010.6.4)

(51) Int. Cl.		F I	
<b>HO 1 L</b>	<b>27/14</b>	<b>(2006.01)</b>	HO 1 L 27/14 K
<b>A 6 1 B</b>	<b>6/03</b>	<b>(2006.01)</b>	HO 1 L 27/14 D
<b>GO 1 N</b>	<b>23/04</b>	<b>(2006.01)</b>	A 6 1 B 6/03 3 2 O S
<b>GO 1 T</b>	<b>1/20</b>	<b>(2006.01)</b>	A 6 1 B 6/03 3 2 O W
<b>GO 3 B</b>	<b>42/02</b>	<b>(2006.01)</b>	GO 1 N 23/04

請求項の数 10 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2003-278693 (P2003-278693)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成15年7月24日(2003.7.24)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(65) 公開番号	特開2004-64087 (P2004-64087A)		GENERAL ELECTRIC CO
(43) 公開日	平成16年2月26日(2004.2.26)		MPANY
審査請求日	平成18年7月19日(2006.7.19)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
(31) 優先権主張番号	10/064, 549		クタデイ、リバーロード、1番
(32) 優先日	平成14年7月25日(2002.7.25)	(74) 代理人	100137545
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 荒川 聡志
		(74) 代理人	100105588
			弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100106541
			弁理士 伊藤 信和
		(72) 発明者	ハリー・イスラエル・リンガーマッヒャー
			アメリカ合衆国、ニューヨーク州、デラン
			ソン、メイン・ストリート、1054番
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可撓性イメージャ及び可撓性イメージャを備えるCTスキャナ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

入射する放射線(75)によって照射された被写体(200)を画像化するイメージャ(100)であって、

可撓性のポリマーを含む基板(101)と、

前記基板(101)の背面(107)上に配置された背面層(106)であって、複数の加熱素子(108)を備える前記背面層と、

前記基板上に配置された光センサ・アレイ(110)と、

前記入射する放射線を受けかつ吸収するように配置され、前記入射する放射線を光子に変換するように構成され、前記光センサ・アレイに光学的に結合されたシンチレータ(190)と、

を備え、

前記複数の加熱素子(108)は前記基板(101)が局所的に収縮又は膨張するように、前記基板(101)の熱寸法変化を動的に制御し、

前記光センサ・アレイは、前記光子を受けて、該光子に対応する電気信号を生成するように構成されており、

前記複数の加熱素子が導電性の熱電極を含み、

前記基板が局所的に収縮又は膨張するように、前記複数の加熱素子の抵抗率が選択されていることを特徴とするイメージャ。

【請求項2】

10

20

前記基板(101)がポリイミドのフレキシブル有機ポリマーを含むことを特徴とする、請求項1に記載のイメージャ(100)。

【請求項3】

前記光センサ・アレイ(110)が、複数の光センサ(120)と、複数のTFT(134)を含むアドレス指定可能な薄膜トランジスタ(TFT)アレイ(130)とを備え、

前記TFTの各々は、各光センサが前記光センサ・アレイにおいて選択的にアドレス指定されるように前記光センサの1つとそれぞれ電氣的に接続され、

前記TFT(134)の各々は、ゲート電極(138)と、前記ゲート電極の上に配置された可撓性の有機半導体領域(139)と、前記半導体領域に接触しかつ該領域の上に配置されたソース電極(137)及びドレイン電極(136)とを備え、

前記半導体領域(139)の各々は、真性アモルファス・ケイ素(a-Si)層(103)と、前記真性a-Si層の上に配置されたドーパ処理アモルファス・ケイ素層(104)とを備える、

ことを特徴とする、請求項1又は2に記載のイメージャ(100)。

【請求項4】

前記アドレス指定可能なTFTアレイ(130)が、前記基板(101)と前記複数の光センサ(120)との間に位置され、前記光センサの各々は、アモルファス・ケイ素・光ダイオード(120)を含み、前記イメージャが更に、

前記基板(101)と前記アドレス指定可能なTFTアレイ(130)との間に配置された被覆層(105)と、

前記シンチレータ(190)の上に配置されたカバー層(195)と、を備え、

前記半導体領域が、前記ソース及びドレイン電極(137、136)の上に配置され、前記複数の光センサ(120)が、前記基板(101)と前記アドレス指定可能なTFTアレイ(130)との間に位置され、前記TFT(134)が光学的に透明なものにされ、前記イメージャが更に、前記シンチレータ(190)の上に配置されたカバー層(195)を備えることを特徴とする、請求項3に記載のイメージャ(100)。

【請求項5】

前記シンチレータ(190)がヨウ化セシウムを含み、

前記シンチレータ(190)が蛍光体スクリーン(190)を含むことを特徴とする、請求項3に記載のイメージャ(100)。

【請求項6】

前記基板(101)が3ミル(0.0762mm)から8ミル(0.2032mm)までの厚さにされており、

前記光センサ(120)が1つ又は複数の行(212)を形成するように配置されていることを特徴とする、請求項1乃至5のいずれかに記載のイメージャ(100)。

【請求項7】

前記シンチレータが複数の円柱状構造を有し、該複数の円柱状構造が前記入射する放射線と平行に位置合わせされる、請求項1乃至6のいずれかに記載のイメージャ(100)。

【請求項8】

前記基板(101)上に取り外し可能に取り付けられ、前記基板(101)の熱寸法変化を動的に制御する外付けの加熱装置を更に備える、請求項1乃至7のいずれかに記載のイメージャ(100)。

【請求項9】

入射する放射線(75)によって照射された被写体(200)を画像化するための線形配列コンピュータ断層撮影(CT)スキャナ(100)であって、

請求項1乃至8のいずれかに記載のイメージャ(100)と、

前記放射線を放出する放射線源と、

10

20

30

40

50

を備え、

前記光センサ(120)の各々が、前記入射する放射線(75)に対して位置合わせされるように、隣接する前記光センサの1つに対して所定の角度をなして配向され、前記基板(110)と前記光センサ・アレイ(110)とが、固定構成で配置されていることを特徴とするCTスキャナ。

【請求項10】

前記光センサ・アレイ(110)及び前記基板(101)は、前記光センサ(120)の各々が隣接する前記光センサの1つに対して所定の角度をもって配置されるように調整可能に構成されていることを特徴とする、請求項9に記載のCTスキャナ。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般的に放射線イメージャに関し、より具体的には、可撓性があり、適合性があるかつ堅牢な放射線イメージャに関する。

【背景技術】

【0002】

放射線画像形成システムは、医療及び産業用途に幅広く用いられている。ソリッドステート式放射線イメージャを用いて得られた画像は、電氣的に分析及び格納されることが有益である。しかしながら、従来のソリッドステート式放射線イメージャは、重く、壊れやすくかつ剛直であり、典型的にはガラス基板上に形成されている。これは、移動性、堅牢性及び軽量性が必要とされる産業上の適用を制限するものとなる。

20

【特許文献1】米国特許第5,587,591号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

従って、他の方法ではデジタル画像形成のためにアクセスできないような密閉区域においてイメージャを用いることを含む、産業上の適用を可能にするような、可撓性がありかつ堅牢性があるイメージャを提供することが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0004】

30

手短に述べると、本発明の1つの実施形態によれば、入射する放射線によって照射された被写体を画像化するための可撓性イメージャが開示される。可撓性イメージャは、可撓性基板と、該可撓性基板上に配置された光センサ・アレイと、シンチレータとを含む。シンチレータは、入射する放射線を受けかつ吸収するように配置され、該入射する放射線を光子に変換するように構成され、かつ光センサ・アレイに光学的に結合されている。光センサ・アレイは、光子を受けて、該光子に対応する電気信号を生成するように構成される。

【0005】

被写体を画像化するためのデジタル画像形成方法の実施形態が更に開示される。デジタル画像形成方法は、可撓性デジタルイメージャを、被写体が該可撓性デジタルイメージャと放射線源との間に位置決めされるように該被写体に適合させるステップを含む。このデジタル画像形成方法は更に、放射線源を作動させて被写体を放射線に曝すステップと、可撓性デジタルイメージャを用いて画像を収集するステップとを含む。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0006】

本発明のこれら及び他の特徴、態様及び利点は、同じ符号が図面全体にわたって同じ部分を表している添付図面を参照して、以下の詳細な説明を読むことにより、一層よく理解されるであろう。

【0007】

図1及び図8を参照しながら、入射する放射線75により照射された被写体200を画

50

像化するための可撓性イメージャ 100 について説明する。図示するように、可撓性イメージャ 100 は、可撓性基板 101 と、可撓性基板 101 上に配置された光センサ・アレイ 110 とを含む。可撓性イメージャ 100 は更に、入射する放射線 75 を受けかつ吸収するように配置されたシンチレータ 190 を含む。シンチレータ 190 は、入射する放射線 75 を光子に変換するように構成され、かつ光センサ・アレイ 110 に光学的に結合されている。例示的な入射する放射線 75 は、典型的には、約 0.0005 オングストロームから約 5 オングストロームまでの間の範囲内の波長を有する X 線を含む。光センサ・アレイ 110 は、光子を受けて、該光子に対応する電気信号を生成するように構成されている。可撓性イメージャ 100 の一般的な構造は、参考文献として本明細書に組み入れられる、「薄膜トランジスタのアドレス指定可能なアレイを有するソリッドステート式 X 線透視放射線イメージャ」と題する、本発明の出願人に譲渡された Jack D. King 10  
 sle y らによる米国特許第 5,587,591 号と同様のものであることに注目されたい。しかしながら、このソリッドステート式 X 線透視放射線イメージャの公知の基板は剛直な（可撓性がない）ものであり、例えば、ガラスを含むものである。これとは対照的に、基板 101 は、図 1 及び図 2 に例示的な曲率によって示されるように可撓性がある。有利なことに、可撓性基板 101 は堅牢であり、ガラスのような剛直な基板上に作製されたイメージャが乱暴な取扱及び輸送状態によって損傷を受けがちな現場での使用を可能にする。その上、可撓性基板 101 により、ユーザが、例えば航空機構造体の一部などの被検査被写体 200 の表面に、可撓性イメージャ 100 を適合させることが可能になる。

#### 【0008】

光センサ・アレイ 110 により生成された電気信号に対応する画像を表示するために、読み取り及びリセット回路 210 が光センサ・アレイ 110 に電氣的に接続されて、入射する放射線 75 に応答して生成された電氣的信号を受信する。読み取り及びリセット回路 210 は更に、該読み取り及びリセット回路から伝送された信号を処理して、情報を可撓性イメージャ 100 のユーザに提供する表示及び分析装置 220 に接続される。

#### 【0009】

より具体的な実施形態によると、可撓性基板 101 はポリマーから形成される。より具体的には、可撓性基板 101 は、ポリイミドのようなフレキシブル有機ポリマーから形成され、こうしたポリマーの例には、Kapton（商標）及びUpilex（商標）の商標名で市販されている材料が含まれる。Upilex（商標）は、UBE Industries, Ltd. から市販されており、Kapton（商標）は、E. I. du Pont de Nemours and Company から市販されている。他の例示的なフレキシブル有機ポリマーには、BASF 製のポリエーテルスルホン（PES）と、E. I. du Pont de Nemours and Company 製のポリエチレンテレフタレート（PET 又はポリエステル）と、E. I. du Pont de Nemours and Company 製のポリエチレンナフタレート（PEN）と、General Electric 製のポリエーテルイミド（PEI）とが含まれる。

#### 【0010】

加工処理中の機械的な安定性をもたらしながら可撓性イメージャ 100 の可撓性を高めるには、可撓性基板 101 は、特定の実施形態によると、約 2 ミル乃至約 10 ミルの厚さにされる。より特定のには、可撓性基板 101 は、約 3 ミル乃至約 8 ミルの厚さにされる。例示的な可撓性基板の厚さは約 5 ミルである（1 ミルは千分の 1 インチ、1 インチは、2.54 cm）。

#### 【0011】

例示的な光センサ・アレイ 110 の一部が図 3 に示される。図示するように、光センサ・アレイ 110 は、多数の光センサ 120 と、アドレス指定可能な薄膜トランジスタ（TFT）アレイ 130 とを含む。より具体的には、各光センサ 120 は、例えばアモルファス・ケイ素（a-Si）の光ダイオードといった光ダイオード 120 を含む。TFT アレイ 130 は多数の TFT 134 を含み、該 TFT の各々は、光センサ・アレイ 110 において各光センサ 120 が選択的にアドレス指定されるように、光センサ 120 の 1 つとそ 50

れぞれ電氣的に接続される。図3に示すように、例示的な光センサ・アレイ110は更に、光センサ120の各々を選択的にアドレス指定することができる走査ライン131とデータライン132とを含む。有利なことに、Iowa Thin Films Technology, Inc, から市販されているポリミドのa-Siシートを加工して、可撓性基板上に配置された光ダイオードを形成することができる。

#### 【0012】

光センサ・アレイ110の一般的な構造は、本発明の出願人に譲渡された上述の米国特許第5,587,591号の図1(B)に示されているものと同じであることに注目されたい。従って、光センサ・アレイ110の詳細な説明を省略する。手短に述べると、例示的なTF T 134は、例えば図4に示すように、ゲート電極138と、該ゲート電極138の上に配置された半導体領域139と、該半導体領域139に接触するソース電極137及びドレイン電極136とを含む。図5に示すTF T 134の特定の積層構造においては、半導体領域139はゲート誘電層102の上に配置される。また、ソース電極137及びドレイン電極136を形成する際に用いられる典型的な材料及び技術に加えて、従来の写真平版技術を必要としない材料を用いることもできる。ソース電極137及びドレイン電極136の従来の材料には、金(Au)、パラジウム(Pd)、白金(Pt)、ニッケル(Ni)、クロム(Cr)、アルミニウム(Al)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、チタン(Ti)、及び酸化スズインジウム(ITO)が含まれる。しかしながら、ソース電極137及びドレイン電極136はまた、場合によっては低コストでインクジェット又はスクリーン印刷のような公知の技術を用いて、例えば、酸化チタン(TiO<sub>2</sub>)及び金(Au)のような金属性ナノ粒子を含む電氣的に伝導性のある(「導電性の」)インクか、又はポリエチレンジオキシチオフェン(PEDOT)のような導電性ポリマーから形成することもできる。産業上の画像形成の用途では、関係する速度が僅かに低く及び/又は関係する電圧が僅かに高いので、導電性インク又は導電性ポリマーから形成されたソース電極137及びドレイン電極136が受け入れられる。より具体的な実施形態によると、ゲート電極138は、導電性インク又は導電性ポリマーから形成されて、例えば、約1乃至約10nmRMSの粗度をもつ、ほぼピンホールのない滑らかな表面を形成し、該表面上に優れた表面品質及び電氣的性質を有するゲート誘電層102を形成可能にする。走査ライン131及びデータライン132は、Au、Ni、Al、Mo、及びクロム/金(Cr/Au)又はクロム/モリブデン(Cr/Mo)の二重層のような導電性材料から形成される。例示的な走査ライン131及びデータライン132が図2に示されている。

#### 【0013】

特定の実施形態によると、TF T 134は、例えば、上述の米国特許第5,587,591号に開示されている従来のアモルファス・ケイ素(a-Si)ベースのTF Tである。手短に述べると、ソース電極137及びドレイン電極136は、図4に示すように、半導体領域の上に配置される。この実施形態において、半導体領域139は、例えば図5に示すように、真性a-Si層103と、該真性a-Si層の上に配置されたドーブ処理a-Si層104とを含む。a-SiベースのTF T 134は、キャリアの電界効果移動度、サブスレシールド勾配、及びソース/ドレイン電流のオン/オフ比について、望ましい素子特性をもたらす利点がある。より具体的には、アドレス指定可能なTF Tアレイ130は、可撓性基板101と光センサ120との間に位置し、各光センサ120はa-Si光ダイオード120を備える。この実施形態において、例示的な走査ライン131は、アルミニウム(Al)から又はクロム/モリブデン(Cr/Mo)の二重層から形成され、例示的なデータライン132はモリブデン(Mo)を含む。更に、各TF T 134は、図5に示すように、ゲート電極138と半導体領域139との間に配置されるゲート誘電層102を含む。従来のゲート誘電層102は、窒化ケイ素(SiN<sub>x</sub>)又は二酸化ケイ素(SiO<sub>2</sub>)から形成される。しかしながら、可撓性イメージャ100の可撓性を高めるために、ゲート誘電層102はまた、ポリイミド、ポリアミド、パリレン、ベンゾシクロブテン(BCB)、その他の同様な有機誘電物質などの有機誘電材料から形成することも

10

20

30

40

50

できる。

#### 【0014】

写真平版技術のような加工処理の際の機械的安定性をもたらすために、可撓性イメージャ100は更に、例えば図5に示すように、可撓性基板101とアドレス指定可能なTF Tアレイ130との間に配置された被覆層105を含むことができる。例示的な被覆層105は、窒化ケイ素( $\text{SiN}_x$ )、二酸化ケイ素( $\text{SiO}_2$ )、及び酸化アルミニウム( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )を含む。被覆層105の他の利点は、防湿障壁をもたらして、写真平版技術のような加工処理中の溶剤のガス抜け及びポリマー鎖の分解を防ぐことを含む。

#### 【0015】

図1に示される特定の実施形態において、可撓性イメージャ100は更に、可撓性基板101の背面107上に配置された背面層106を含む。より具体的には、背面層106は加熱素子108を含み、例示的な背面層106は、Mo、W、Pt、多結晶シリコン(Poly-Si)、酸化亜鉛(ZnO)、窒化タンタル( $\text{TaN}_x$ )、導電性インク、又はCr/SiO<sub>2</sub>、Ta/SiO<sub>2</sub>、Ti/SiO<sub>2</sub>及びW/SiO<sub>2</sub>のような抵抗性サーメット材料から形成される。加熱素子108は、例えば、フィルムパターン形成のための平版印刷法に組み込まれた、上述の材料の真空蒸着、電極メッキ、又は無電極メッキによって作製される。別の例示的な背面層106の作製には、平版印刷法の代わりに導電性インクの直接印刷が用いられる。

10

#### 【0016】

特定の実施形態によると、加熱素子108は、デバイスの加工処理中に可撓性基板101内で局所的に熱を再分配し、また可撓性基板101を全体的に加熱及び冷却するための導電性の熱電極(図示せず)を含む。このように、背面層106が、デバイスの加工処理中における可撓性基板101の寸法安定性を高める。加熱素子108の働きは、電流を熱電極に印加して、熱電効果すなわちジュール熱効果を生み出すことを含む。熱電効果に基づく加熱素子108においては、熱電極に対する熱の移動方向は、印加された電流の極性に依存する。熱電極の特定の寸法及び幾何学的形状は、光センサ・アレイ110の寸法及び幾何学的形状、並びに特定の用途に関連する他の因子によって変化する。

20

#### 【0017】

電流が加熱素子108を流れるときに、結果として生じる加熱素子108における温度勾配によって、熱電加熱すなわちジュール加熱の法則に基づいて光センサ・アレイ110の加工処理領域の対応する部分について定められた通りに可撓性基板101が局所的に収縮又は膨張するように、加熱素子108の抵抗率が選択される。可撓性基板101の背面107上に加熱素子108を設けることにより、背面層106が、加工処理中の可撓性基板101の熱寸法変化を動的に制御し、相殺する、という利点を得られる。1つの例示的な実施形態においては、背面層106は、可撓性基板101の加工処理中の収縮又は膨張を、約百万分の1から約百万分の1000(ppm)までの範囲内で補正する。

30

#### 【0018】

別の例示的な製造に関する実施形態においては、デバイス加工処理中に、外付けの加熱装置(図示せず)を可撓性基板101上に取り付けて、可撓性基板101の熱寸法変化を動的に制御し、相殺する。外付けの加熱装置は、可撓性イメージャ100の製造後に可撓性基板101から容易に取り外すことができる。特筆すべきことは、背面層106と外付けの加熱装置との両方によって、デバイス加工処理中の可撓性基板101への加熱及び冷却制御機構の実装が容易になり、加工処理中の可撓性基板101の寸法安定性が能動的に制御され、維持されることである。

40

#### 【0019】

有機半導体もまた、それらが機械的な可撓性があること、及び室温での蒸着処理が可能であることから、半導体領域に望ましい材料である。従って、別の実施形態においては、半導体領域139は、有機半導体(又は「有機半導体領域」)を含む。例示的な有機半導体には、ペンタセン、ナフタセン、銅フタロシアニン、及びアルファ-6チエニルが含まれる。この実施形態において、例示的な走査ライン131は、ニッケル(Ni)又はアル

50

ミニウム (Al) を含み、例示的なデータライン 132 はパラジウム (Pd) 又は金 (Au) を含む。より具体的には、有機半導体領域 139 は、ソース電極 137 及びドレイン電極 136 の上に配置される。後者の形態は、例えば金又は白金を含む通常のソース電極 137 及びドレイン電極 136 の写真平版印刷処理及び蒸着の際に、有機半導体領域 139 を保護する利点がある。ソース電極 137 及びドレイン電極 136 が導電性インク又は導電性ポリマーを用いて形成される場合には、有機半導体領域 139 の上部にソース電極 137 及びドレイン電極 136 を形成するのが、このような上部での電極形態が全体的に優れた性能となるため、有利である。ここで用いられる「~の上に」という用語及び「~の上部に」という語句は、可撓性基板 101 に対して定義されるものである。例えば、ソース電極 137 及びドレイン電極 136 が、有機半導体領域 139 「の上部に」（又は「の上部に」）配置されるという意味は、ソース電極 137 及びドレイン電極 136 が、例えば図 5 に示すように、有機半導体領域 139 よりも可撓性基板 101 から更に遠くに配置されていることを示す。可撓性イメージャ 100 のこの有機半導体の実施形態においては、光センサ 120 は、光センサ 120 の形成に係る加工処理から有機半導体領域 139 を更に保護するために、図 6 に示すように、可撓性基板 101 とアドレス指定可能な TFT アレイ 130 との間に位置させられることが望ましい。この実施形態の特定の態様によると、TFT 134 は、シンチレータ 190 により発生された光子が TFT 134 を通じて光センサ 120 に伝わるように、光学的に透明にされる。光学的に透明な TFT 134 は、透明なソース電極 136、ドレイン電極 137 及びゲート電極 138 と、ペンタセン、ナフタセン、銅フタロシアニン及びアルファ - 6 チエニルのような薄く透明な有機半導体 139 とを含む。例示的な透明なソース電極 136、ドレイン電極 137 及びゲート電極 138 は、酸化インジウム・スズ ( $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$ , ITO) 及びアルミニウム酸化亜鉛 ( $\text{ZnO}:\text{Al}$ , AZO) のような透明な導電性金属酸化物か、又はアルミニウム (Al)、パラジウム (Pd)、ニッケル (Ni) 及び金 (Au) のような高い光透過率及び電気伝導率を示す電子ビーム又はイオンビーム蒸着された超薄金属フィルムを含む。

#### 【0020】

従来のデジタルイメージャと同様に、シンチレータ 190 は、入射する放射線の大部分を吸収して光子を生成するように、入射する放射線 75 に対して比較的大きい断面をもつように選択される。シンチレータ 190 のための 1 つの例示的な材料は、例えばタリウムがドープされたヨウ化セシウムのようなヨウ化セシウム ( $\text{CsI}$ ) である。有利なことに、ヨウ化セシウム ( $\text{CsI}$ ) は、X 線に対して比較的大きい断面をもつ。特定の実施形態によると、 $\text{CsI}$  のような特定の蛍光材料が薄膜として蒸着される。別の実施形態によると、 $\text{CsI}$  はファイバ形状で形成される。他の例示的なシンチレータ材料は、この業界では公知の技術を用いることにより、結着剤を用いて光センサ・アレイ 110 上に直接附着される。別の実施形態によると、シンチレータ 190 は、アモルファスセレンのような光電陰極材料を含む。この実施形態においては、光センサ・アレイ 110 は、光ではなく電子を検出するように構成される。別の実施形態については、シンチレータ 190 は蛍光体スクリーン 190 を含む。蛍光体スクリーン 190 は、例えば、光学エポキシ、UV 硬化型接着剤又は光結合グリースを介して光センサ・アレイ 110 に光学的に結合される。例示的な蛍光体スクリーン 190 は、酸化テルビウムにより活性化されたガドリニウム酸硫酸化物を含む。他の例示的な蛍光体スクリーン 190 には、 $\text{BaFCl}:\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{YTaO}_4$  及び  $\text{ZnCdS}:\text{Cu}$  のような X 線蛍光体が多結晶粒子状に形成され、最終的に X 線の蛍光体スクリーン 190 に形成されたものが含まれる。

#### 【0021】

シンチレータ 190 を保護するために、可撓性イメージャ 100 はまた、図 1 に示すように、シンチレータ 190 の上に配置されたカバー層 195 を含むことができる。例示的なカバー層 195 はパリレンから形成される。より具体的な実施形態によると、カバー層 195 はシンチレータ 190 に入射する周辺光を遮断するように構成され、1 つの例示的な材料はポリエチレンを含み、該材料は、黒い可撓性の有機ベース材料であることが望ましい。例示的なカバー層 195 はポリエチレンのスリーブを含み、該スリーブは X 線フィ

10

20

30

40

50

ルムを覆うために用いられる場合が多く、シンチレータ 190 の遮光シールを形成するのに有利である。

#### 【0022】

入射する放射線 75 によって照射された被写体 200 を画像化するための可撓性デジタルイメージャ 100 の実施形態を、図 1、図 3 及び図 7 を参照して説明する。上述の特徴についての説明は繰り返さない。手短かに述べると、図 1 に示すように、可撓性デジタルイメージャ 100 は、可撓性基板 101 と、可撓性基板 101 上に配置された光センサ・アレイ 110 と、シンチレータ 190 とを含む。上述のように、光センサ・アレイ 110 は、多数の光センサ 120 と、アドレス指定可能な薄膜トランジスタ TFT アレイ 130 とを含む。図 3 及び図 7 に示すように、光センサ 120 は、多数の列 211 と、少なくとも 1 つの行 212 とを形成するように配列される。特定の実施形態によると、可撓性基板 101 はフレキシブル有機ポリマーから形成され、約 3 ミル乃至約 8 ミルの厚さにされる。より特定のな実施形態によると、可撓性デジタルイメージャ 100 は更に、上述のように、可撓性基板 101 の背面 107 上に配置された背面層 106 を含む。上述のように、例示的な TFT 134 は、a - Si 又は有機半導体領域 130 を組み込まれる。

10

#### 【0023】

図 7 に示す実施形態において、光センサ 120 は 1 つの行 212 を形成するように配列される。この形態の場合には、光センサ・アレイ 110 は線形配列を形成する。有利なことに、加工処理中の可撓性基板 101 の熱に起因する寸法変化は、加工処理面積の縮小に伴って減少するので、可撓性基板 101 上への線形配列構成の作製は、比較的容易である。

20

#### 【0024】

可撓性イメージャ 100 の線形配列の実施形態の特に有用な用途の 1 つは、医療又は産業上の画像形成のためのコンピュータ断層撮影 (CT) システム (図示せず) の 1 次検出要素 (即ち、同様に参照符号 100 で示される線形配列 CT スキャナ) を供給することである。コンピュータ断層撮影の用途においては、線形配列 CT スキャナ 100 は、典型的には、例えば図 10 に示すように、放射線の円錐状ビームの方向に傾斜させられる。現在、医療用の線形配列 CT スキャナの製造は、光センサ (例えば、シリコンダイオード) 及びシンチレータの個々のモジュールを、隣接する光センサ/シンチレータのモジュールが互いに僅かな角度をなして位置決めされて、入射する X 線と位置合わせされるように製作し、組み立てられるという点でかなり労働集約的である。これとは対照的に、図 10 の例示的な線形配列 CT スキャナ 100 においては、各光センサ 120 は、隣接する光センサ 120 に対して所定の角度をなして配向されて、入射する放射線 75 と位置合わせされる。1 つの実施形態によると、可撓性基板 110 及び線形光センサ・アレイ 110 は、光センサ 120 の各々の位置及び相対的配向が一定になるような固定構成で配列される。別の実施形態においては、線形光センサ・アレイ 110 及び可撓性基板 110 は、光センサ 120 の各々を隣接する光センサの 1 つに対して所定の角度をなして配列されるように調節可能に構成される。後者の実施形態においては、可撓性イメージャ 100 には可撓性があるので、光センサ 120 の行 212 は、可撓性イメージャ 100 と放射線源 300 との間の距離の変化に対して調節されて、例えば検査中の被写体 200 の幾何学的倍率を変化させるように位置決めし直されるように構成される。有利なことに、線形配列 CT スキャナ 100 の製造工程は、上述の線形配列 CT スキャナの現在の製造工程に比べて単純である。更に、線形配列 CT スキャナ 100 においては、光センサ 120 は、個別の光センサ・セルの配列ではなく、連続的な行 212 として構成され、より低いコストで X 線ビーム 75 に対する優れた位置合わせをもたらす。

30

40

#### 【0025】

図 3 に示される実施形態において、光センサ 120 は、多数の行 212 を成して、2 次元 (2D) 光センサ・アレイ 110 を形成するように配列される。有利なことに、2D アレイは、列 211 及び行 212 の数と、光センサ 120 の寸法に応じて、被写体 200 の大きな部分の画像化を可能にする。より具体的には、2D アレイは、単一走査から 2D 画

50

像を生成し、より幅広い面積を画像化する能力を与える。2Dアレイは更に、1回の走査で多数の被写体又は断続的な特徴をもつ被写体を画像化することができる。こうした能力は、例えば、航空機の胴体若しくはエンジンの一部、船体の一部、又はプリント回路基板及び光学電子チップのような部品の一部の画像化といった、産業上の非破壊検査の用途に望ましい。他の将来的に可能性のある用途には、例えば、宇宙ステーションで宇宙飛行士及び作業員の医学的診断を飛行中にリアルタイムで実行することや、宇宙での高エネルギー放射線をマッピングすることのような宇宙開発が含まれる。更に、線形配列の実施形態に関して上述したのと同様の位置合わせ及び製造の利点が、同様に可撓性イメージャ100の2Dアレイの実施形態にも当てはまる。

#### 【0026】

可撓性イメージャ100の2Dの実施形態は、製造検査及び実用現場検査の用途の両方に特に有用である。例えば、現在の大規模な構造用鋳造物（図示せず）のX線検査には、X線フィルム（図示せず）を緊密な組立体の中に滑り込ませること、及び、X線源により該構造用鋳造物の反対側の面を照射させながら、X線フィルムを構造用鋳造物に適合させることが必要である。有利なことに、可撓性イメージャ100は、リアルタイムで適合可能な検出器であり、いずれも高いアラインメント感度がある亀裂又は熱間亀裂のような欠陥について、可撓性イメージャ100の配向に迅速なフィードバックを与える。従って、露光及び位置合わせが有効であるかどうかを確認する前に、一般的に10分以上が費やされるゆっくりとしたフィルム露光に対して、可撓性イメージャ100を用いると、これらの緊密な線形特徴の位置合わせ及び検出がより容易に可能となる。また、例えば、陸上用又は航空機用のガスタービンエンジンについての実用現場検査の用途にも、可撓性イメージャ100のこの2Dの実施形態により利点が生じる。可撓性イメージャ100は、狭い場所の中に置くことができ、かつ検査を受ける構造体に適合させることができる可撓性のリアルタイムのデバイスであることが利点である。このようにして、可撓性イメージャ100は、欠陥アラインメント位置の場所を求めるのに有用な特定の重要な場所に接近するために、及び高解像度の非破壊検査を実行する前に適切な露光条件を迅速に確認するために用いることができる。

#### 【0027】

デジタル画像形成方法の実施形態を、図8を参照して説明する。このデジタル画像形成方法は、図8に示すように、可撓性デジタルイメージャ100を被写体200に適合させるステップを含む。可撓性デジタルイメージャ100は、シンチレータが被写体200と向い合うように位置決めされる。例えば、X線源などの放射線源300を作動させて、被写体200を放射線75に曝す。このようにして、X線75のような放射線75が、被写体200を通り抜けて、シンチレータ190に衝突する。この方法は更に、可撓性デジタルイメージャ100を用いて画像を収集するステップを含む。例えば、入射する放射線75に応答して可撓性デジタルイメージャ100により生成された電気信号が、読み取り及びリセット回路210によって受信され、該読み取り及びリセット回路210は更に、図1に関して上述し及び図8に示すように、表示及び分析装置220に接続されている。

#### 【0028】

図3及び図7に示すように、可撓性デジタルイメージャ100は、線形配列か又は2次元（2D）配列のいずれかで配列された多数の光センサ120を含むことができる。上述のように、線形配列構成は製造上の利点をもたらすのに対して、2D配列は2D画像形成及び幅広い画像形成能力をもたらす。線形配列は、画像形成する被写体200の1次元情報を与え、2D情報は画像走査の際に移動可能な線形配列構成を用いて取得されることができるが、これは2D配列構成を用いて単一走査を実行することに比べて、2D画像形成の複雑さ及びコストを増加させる。

#### 【0029】

本発明の方法について考えられる適用例の1つは航空機の検査である。この適用例を図9に示すが、この場合、被写体200は、例えば民間航空機といった航空機の一部である。図9に示す配置において、被写体200は胴体200であり、胴体200の少なくとも

10

20

30

40

50

一部の周り、より具体的には、胴体 200 の外板 244 の周りを可撓性イメージャ 100 で包む。図 9 に示すように、胴体 200 は、フレーム 236 と、多数のストリング 234 と、少なくとも 1 つのポート穴 242 とを含み、放射線源 300 はデッキ 238 上に位置決めされる。現在、民間航空機の検査は、胴体 200 の構造上重要なフレーム 236 及びストリング 234 を検査するために、側板及び断熱材 232 の取り外しを必要とする。しかしながら、本発明の方法は、断熱材 232、オーバヘッドピン 230 及び側壁 240 を通してのストリング 234 及びフレーム 236 の検査を可能にし、これによって取り外しなくても検査ができるようになり、このことにより検査コストが削減され、断熱材 232 の再組み立てに関連した潜在的な問題が回避される。可撓性デジタルイメージャ 100 は、例えば、Iowa Thin Films Technology, Inc, から市販されているようなポリイミド a-Si シートを用いて、大型シート状に形成するのが有利である。胴体 200 の周りを包むことができる可撓性デジタルイメージャ 100 のこの大規模な実施形態は、胴体検査のためにロール状にして輸送可能である。1 つの例示的な放射線源 300 は、高圧電源装置（図示せず）によって電源供給されるパノラマ式 X 線管 300 である。パノラマ式 X 線管は、例えば、約 60 度を超える幅広い角度分布をもつ放射線を放射する。しかしながら、このデジタル画像形成方法は、特定の形式の放射線源 300 に限定されるものではない。このようにして、胴体 300 のような航空機構造体 200 を効率的に検査して、デジタル画像を形成し、多量の X 線フィルムの使用及び処分を避けることができる。

#### 【0030】

他の望ましい適用例は、従来の剛直なデジタル X 線パネルが破損しがちな凹凸の激しい領域にアクセス可能な遠隔位置で使用することを含む。本発明の方法の別の望ましい適用例は、剛直な X 線パネルでは不可能な狭い開口部の中といったアクセスが難しい場所に可撓性イメージャ 100 を位置決めすること、即ち曲げることである。有利なことに、本発明の方法のこれらの適用例は、以前には X 線フィルム（図示せず）しか用いることができなかった場所及び位置でのデジタル画像形成を可能にし、コンピュータ（図示せず）を用いて容易に格納及び分析されるデジタル画像をもたらし、X 線フィルムの使用、保存及び処分を避ける。その上、現場でのフィルムによる X 線撮影式画像形成は、フィルム現像機（図示せず）を検査場所に持ち込むか、又は現像のためにフィルムを暗室に戻すかのいずれかを必要とする場合が多い。直ちに利用できるラップトップ・コンピュータ 220 と組み合わせられた本発明のデジタル画像形成方法は、これらの手法のいずれの必要性も排除し、検査の即時理解をもたらし。更に、航空機の画像形成に加えて、他の望ましい適用例には、原子炉チャンバ、耐放射線性装置及び放射線防止構造体、並びに廃棄物処理のパイプライン及び機械類のような原子力施設における装置及び計測器、並びにパイプライン（図示せず）の腐食又は劣化している溶接部を検出するために、画像形成することが含まれる。

#### 【0031】

本発明の方法についての他の例示的な適用例には、建設中及び / 又は保守中の宇宙飛行の機器類、衛星及び宇宙ステーションの部品の画像形成が含まれる。これらの例示的な適用例の場合、可撓性イメージャ 100 は、部品、ストラット、壁及び支持構造体に焦点を合わせて適合される。

#### 【0032】

別のデジタル画像形成方法の実施形態を、図 10 を参照して説明する。このデジタル画像形成方法は、放射線源 300 を用いて被写体 200 を画像形成するようにされており、該放射線源は、図 10 に示すように、拡がった放射線ビームを放射するように構成されている。このデジタル画像形成方法は、可撓性デジタルイメージャ 100 を曲げるステップを含み、そのため、シンチレータ 190 は、図 10 に示すように円柱状構造 196 をもち、該円柱状構造が拡がった放射線ビームと平行に位置合わせされる。可撓性デジタルイメージャ 100 は、被写体 200 が放射線源 300 と該可撓性デジタルイメージャ 100 との間にくるように位置決めされる。被写体 200 は、上述のように画像形成される。その

10

20

30

40

50

上、このデジタル画像形成方法は更に、放射線源 300 と可撓性デジタルイメージャ 100 との間の距離  $d$  を調節するステップを含み、シンチレータ 190 の円柱状構造 196 を拡がった放射線ビーム 75 に更に位置合わせすることができる。この実施形態の有利な適用例は、コンピュータ断層撮影を含む。可撓性イメージャ 100 の線形配列 CT スキャナの実施形態に関して上で説明したように、本発明の方法は、現在の CT 方法に対して製造の容易さ及び低コストと優れた位置合わせとの両方の利点を有する。

#### 【0033】

別のデジタル画像形成方法の実施形態を、図 11 及び図 12 を参照して説明する。このデジタル画像形成方法は、被写体 200 の 1 つ又はそれ以上の部分を繰り返し画像形成するようにされており、少なくとも 1 つの可撓性デジタルイメージャ 100 を被写体 200 内に埋め込むステップと、放射線源 300 を作動させて被写体 200 を拡がった放射線ビーム 75 に曝すステップとを含む。被写体 200 の一部は、放射線源 300 と可撓性デジタルイメージャ 100 との間に位置決めされる。この方法は更に、可撓性デジタルイメージャ 100 を用いて画像を収集するステップを含む。ここで用いられる「被写体 200 を放射線 75 に曝す」という語句は、被写体 200 の少なくとも一部を放射線 75 に曝すことを意味すると理解されたい。被写体 200 の幾つかの部分で画像形成するために、多数の可撓性デジタルイメージャ 100 を被写体 200 内に埋め込むことができる。特定の実施形態においては、被写体 200 は航空機構造体の一部である。

#### 【0034】

図 11 に示す特定の実施形態において、被写体 200 は胴体 200 であり、可撓性デジタルイメージャ 100 は、図示するように胴体 200 と断熱層 232 との間に埋め込まれる。より具体的には、図 11 に示す航空機検査の適用例の場合には、可撓性デジタルイメージャ 100 は、ストリング 234 及び重ね継手部 246 を画像形成するように位置合わせされる。図 11 の例示的な構造において、電源及びデータライン 202 は、オーバヘッドピン 232 を貫通して、より具体的には、ジャンクションボックス 248 の外に延びて、読み取り及びリセット回路 210、表示及び分析装置 220 又は電源装置（図示せず）に接続される。或いは、可撓性デジタルイメージャ 100 は、このような外部装置に遠隔的に接続される。有利なことに、胴体 200 内の断熱材 232 の下にある重ね継手部 246 に沿って可撓性デジタルイメージャ 100 を位置決めすることにより、亀裂及び腐食の検出及び監視が、断熱材 232 を取り外し及び再取り付けすることなく、これらの構造的に重要な場所において繰り返し実行できる。

#### 【0035】

別の航空機検査の適用例が図 12 に示されており、この場合、被写体 200 は翼 200 であり、可撓性デジタルイメージャ 100 は、翼 200 の一部を画像形成するために、翼 200 の内面 204 上に組み込まれる。航空機についての多数の検査は、典型的には、作業員が翼 200 に入って放射線用フィルム（図示せず）を設置し、要所となる翼の構造要素の完全性を確認することを必要とする。有利なことに、図 12 に示す航空機検査の適用例は、翼に入る回数を削減し、かつ可撓性デジタルイメージャ 100 が検査から次の検査まで同じ位置にあるので、これらの構造要素の安定した追跡をもたらす。

#### 【0036】

他の例示的な構造体には、原子力施設におけるパイプライン部分と装置と計測器とが含まれる。図 13 はこれもまた参照符号 200 によって示されるパイプラインの一部へのデジタル画像形成方法の適用を断面図で示すものである。図 13 に示すように、この実施形態の場合、可撓性デジタルイメージャ 100 は、腐食及び亀裂のような異常 270 を検出・監視するために、断熱材 232 及びフラッシング 260 の下のパイプライン 200 内に組み込まれている。より具体的には、可撓性デジタルイメージャ 100 は、パイプラインの溶接部（図示せず）沿いといった、パイプライン 200 の内側で腐食が生じることが知られている重要な領域の付近に位置決めされる。可撓性デジタルイメージャ 100 を劣化から保護するために、可撓性デジタルイメージャは、従来のシーリング手段によりプロセス流体（図示せず）からシールされる。図 13 に示す特定の実施形態において、可撓性イ

メージャは可動PIGに接続され、電力を受け、画像形成データ（又は信号）を供給する。次に、この信号は可動PIG262により無線で送信される。

【0037】

ここでは本発明の特定の特徴のみを図示し、説明してきたが、当業者であれば多くの修正及び変更を思い付くであろう。従って、本明細書と同時に提出した特許請求の範囲は、そのような修正及び変更の全てを本発明の技術思想に含まれるものとして保護することを意図していることを理解されたい。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】本発明の可撓性イメージャの実施形態についての概略部分断面図。

10

【図2】図1の可撓性イメージャの斜視図。

【図3】図1及び図2の可撓性イメージャについての例示的な光センサ・アレイの一部を示す図。

【図4】図3の光センサ・アレイの例示的な薄膜トランジスタを示す図。

【図5】図4の薄膜トランジスタの積層構造を示す図。

【図6】有機半導体を組み込んだ透明な薄膜トランジスタ・アレイを含む可撓性イメージャ100の有機半導体の実施形態を示す図。

【図7】光センサ及び薄膜トランジスタの線形配列の一部を示す図。

【図8】本発明のデジタル画像形成方法の実施形態を示す図。

【図9】本発明の航空機用画像形成方法の実施形態を示す図。

20

【図10】例えば、線形配列のコンピュータ断層撮影（CT）スキャナとして使用する場合の、可撓性イメージャ内のシンチレータの円柱状構造を拡がった放射線ビームと位置合わせするための方法を示す図。

【図11】航空機検査の適用例における、可撓性デジタルイメージャが胴体の1つ又はそれ以上の部分を画像形成するために胴体と断熱層との間に埋め込まれるように、少なくとも1つの可撓性デジタルイメージャを被写体内に埋め込むことを含むデジタル画像形成方法を示す図。

【図12】航空機の翼を検査するための、デジタル画像形成方法の別の航空機検査の実施形態を示す図。

【図13】デジタル画像形成方法のパイプライン検査の適用例を示す図。

30

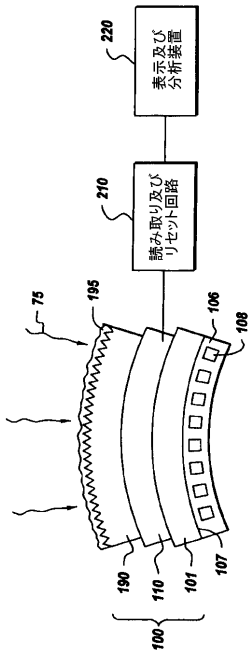
【符号の説明】

【0039】

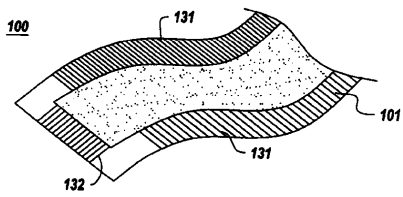
- 75 入射する放射線
- 100 可撓性イメージャ
- 101 可撓性基板
- 106 背面層
- 108 加熱素子
- 110 光センサ・アレイ
- 190 シンチレータ
- 195 カバー層

40

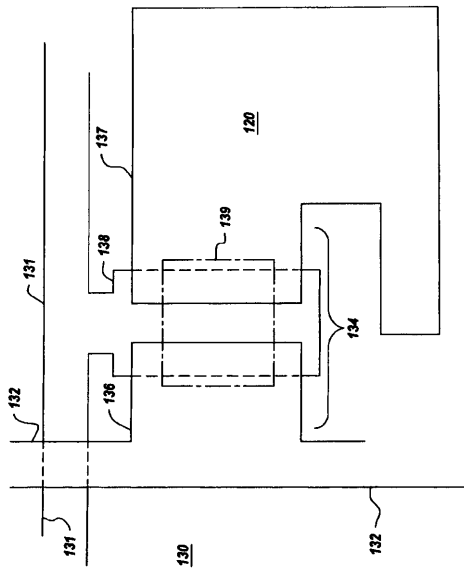
【図1】



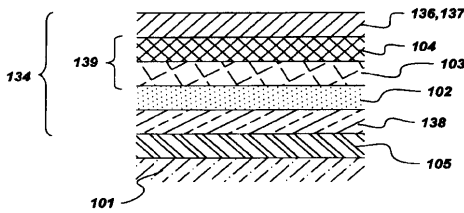
【図2】



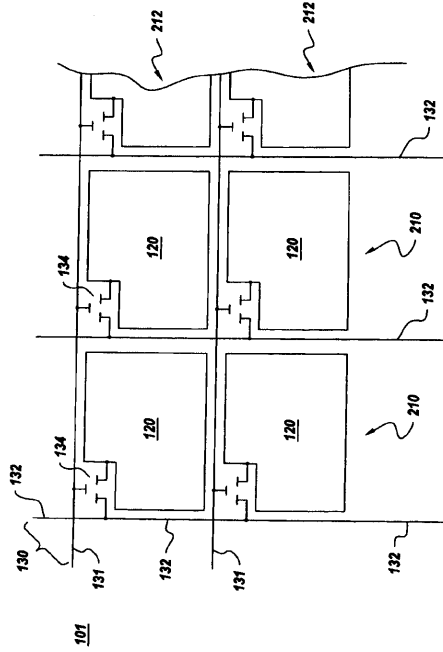
【図4】



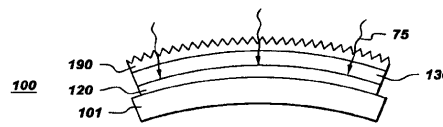
【図5】



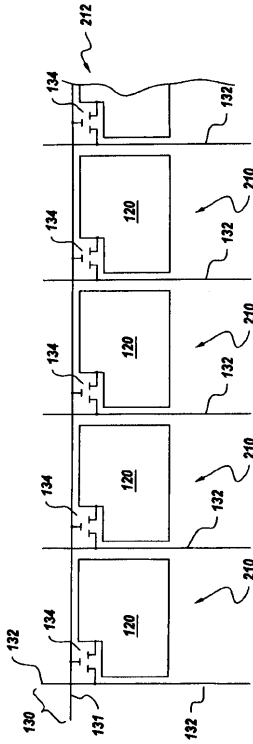
【図3】



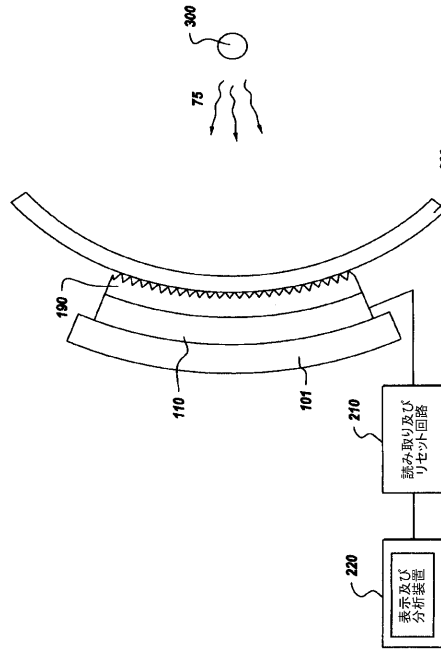
【図6】



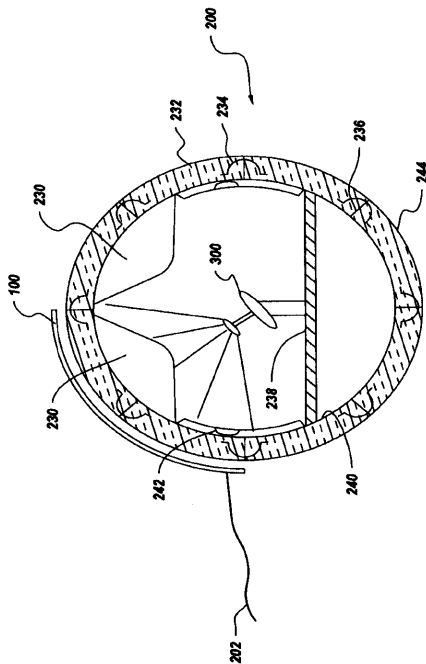
【 図 7 】



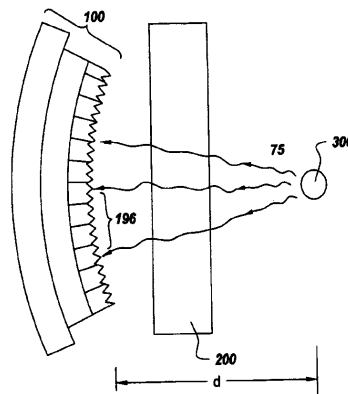
【 図 8 】



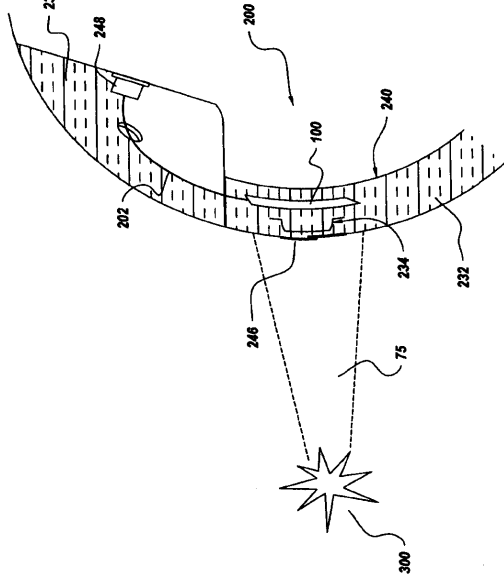
【 図 9 】



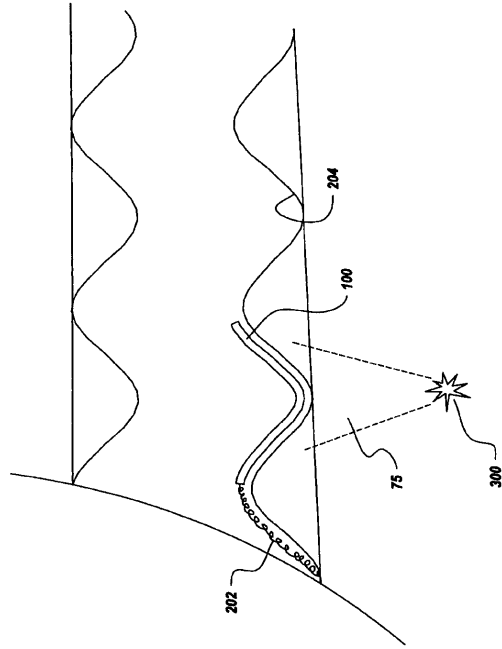
【 図 10 】



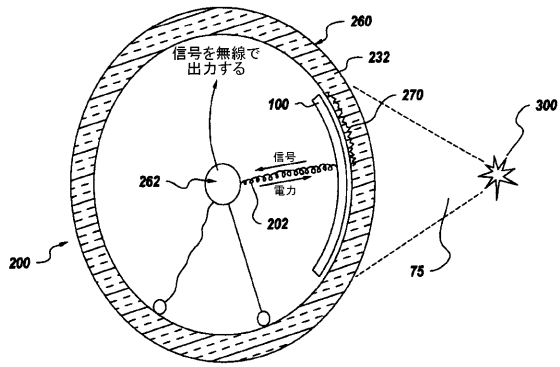
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
<i>H 0 1 L</i>	<i>27/146</i>	<i>(2006.01)</i>	G 0 1 T	1/20 E
<i>H 0 4 N</i>	<i>5/32</i>	<i>(2006.01)</i>	G 0 1 T	1/20 G
			G 0 1 T	1/20 L
			G 0 3 B	42/02 Z
			H 0 1 L	27/14 C
			H 0 4 N	5/32

- (72)発明者 クリフォード・ブエノ  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフトン・パーク、ナドー・ロード、21番
- (72)発明者 アーミン・ホルスト・ブフォー  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、モホーク・トレイル、213番
- (72)発明者 チウン・ル・ジェフリー・ファン  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフトン・パーク、45-イー、ホランデール・アパートメント(番地なし)

審査官 木下 忠

- (56)参考文献 特表2002-502128(JP,A)  
特開2001-298583(JP,A)  
特開2001-330680(JP,A)  
特開平01-242983(JP,A)  
特開平08-222717(JP,A)  
特開2001-296365(JP,A)  
特開平08-248139(JP,A)  
特開平11-023722(JP,A)  
実開平05-011301(JP,U)  
特開2002-162474(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 1 T 1 / 0 0 - 7 / 1 2  
H 0 1 L 2 7 / 1 4 , 2 9 / 7 6  
H 0 1 L 3 1 / 0 0 - 3 1 / 0 2 , 3 1 / 0 8