

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4070604号  
(P4070604)

(45) 発行日 平成20年4月2日(2008.4.2)

(24) 登録日 平成20年1月25日(2008.1.25)

(51) Int. Cl.		F I	
<b>G03B</b>	<b>42/02</b>	<b>(2006.01)</b>	G03B 42/02 B
<b>G21K</b>	<b>4/00</b>	<b>(2006.01)</b>	G21K 4/00 N
<b>H04N</b>	<b>1/04</b>	<b>(2006.01)</b>	H04N 1/04 E

請求項の数 15 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2002-551570 (P2002-551570)	(73) 特許権者	501246248
(86) (22) 出願日	平成13年12月14日 (2001.12.14)		ミシェル・サヤグ
(65) 公表番号	特表2004-528587 (P2004-528587A)		Michel Sayag
(43) 公表日	平成16年9月16日 (2004.9.16)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州940
(86) 国際出願番号	PCT/US2001/049246		43 マウンテン・ビュー, ハケット・ア
(87) 国際公開番号	W02002/050520		ベニュー, 1820
(87) 国際公開日	平成14年6月27日 (2002.6.27)	(74) 代理人	110000028
審査請求日	平成16年12月13日 (2004.12.13)		特許業務法人明成国際特許事務所
(31) 優先権主張番号	60/257, 622	(72) 発明者	サヤグ・ミシェル
(32) 優先日	平成12年12月20日 (2000.12.20)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州940
(33) 優先権主張国	米国 (US)		43 マウンテン・ビュー, ハケット・ア
(31) 優先権主張番号	09/887, 543		ベニュー, 1820
(32) 優先日	平成13年6月21日 (2001.6.21)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)	審査官	荒巻 慎哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 記憶蛍光体イメージプレートのための光励起および集積方法および装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

記憶媒体から情報を取り出す方法であって、

前記記憶媒体の表面の第1部分を励起光に露出する工程であって、前記励起光は前記記憶媒体の中を通り、前記第1部分に隣接する表面の第2部分の下を拡散し、前記表面の前記第2部分は前記励起光への露出から遮蔽される、第1部分露出工程と、

前記記憶媒体の前記表面の前記第2部分を介して少なくとも一つの検出器で前記情報に対応する誘導光を受け取る工程であって、前記誘導光は前記表面の前記第2部分の下を拡散された励起光に反応して記憶媒体から放出される、誘導光受取工程と、  
を備える方法。

## 【請求項2】

請求項1に記載の方法であって、前記励起光の強度を制御することによって、前記記憶媒体の前記表面の前記第2部分の下の前記励起光の所定の分布を得る工程をさらに備える方法。

## 【請求項3】

請求項1に記載の方法であって、前記少なくとも一つの検出器によって受け取られた前記励起光を、前記情報に対応する電子データに変換する工程をさらに備える方法。

## 【請求項4】

請求項1に記載の方法であって、レーザペンシルビームを用いて前記励起光は前記記憶媒体の前記表面に伝送される共に、前記第1部分露出工程は、前記レーザペンシルビーム

を前記記憶媒体の前記表面に対して2次元で移動させる工程を含む方法。

【請求項5】

請求項4に記載の方法であって、前記少なくとも一つの検出器は一つの光検出器を備える共に、前記誘導光受取工程は、前記レーザーペンシルビームおよび前記表面の間の相対的動きに対応するように、前記光検出器を前記記憶媒体の前記表面に対して前記2次元で移動させ、それによって前記誘導光を捕捉する工程を備える方法。

【請求項6】

請求項4に記載の方法であって、前記レーザーペンシルビームは一度に、前記記憶媒体の前記表面の前記第2部分に対応する一画素を励起するよう焦点が合わせられる方法。

【請求項7】

請求項1に記載の方法であって、発光ダイオード群のアレイを用いて前記励起光は前記記憶媒体の前記表面に伝送される共に、前記第1部分露出工程は、前記記憶媒体の前記表面に対して発光ダイオード群の前記アレイを1次元で移動させる工程を備える方法。

【請求項8】

請求項7に記載の方法であって、前記少なくとも一つの検出器は光検出器のリニアアレイを備える共に、前記誘導光受取工程は、発光ダイオードの前記アレイおよび前記表面の間の相対的動きに対応するように、光検出器の前記アレイを前記記憶媒体の前記表面に対して前記1次元で移動し、それによって前記誘導光を捕捉する工程を備える方法。

【請求項9】

請求項1に記載の方法であって、前記励起光は前記記憶媒体の前記表面の前記第1部分を均一に照射すると共に、前記第1部分露出工程は、前記記憶媒体の前記表面の連続する部分を少なくとも1次元にわたって露出する工程を備える方法。

【請求項10】

請求項1に記載の方法であって、前記少なくとも一つの検出器を前記記憶媒体の前記表面に接触して配置する工程をさらに備える方法。

【請求項11】

請求項1に記載の方法であって、前記記憶媒体の前記表面から第1距離において前記少なくとも一つの検出器を配置する工程をさらに備える方法。

【請求項12】

請求項1に記載の方法であって、前記記憶媒体は不透明な材料を備える方法。

【請求項13】

請求項12に記載の方法であって、前記不透明な材料は記憶蛍光体を備える方法。

【請求項14】

請求項1に記載の方法であって、前記励起光が前記少なくとも一つの検出器に入射することを禁止する励起光禁止工程をさらに備える方法。

【請求項15】

請求項14に記載の方法であって、前記励起光禁止工程は、前記少なくとも一つの検出器と前記記憶媒体の前記表面との間にフィルタを配置し、前記励起光を阻止する工程を備える方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はデジタルラジオグラフィの分野に関し、より具体的には、記憶蛍光体イメージプレートを用いて放射イメージの電氣的表現を得る方法および装置に関する。

【背景技術】

【0002】

デジタルラジオグラフィの分野ではさまざまな方法が現れてきた。そのような一つの方法は、像倍管、フラットパネル検出器、またはCCDカメラを用い従来型の蛍光体スクリーンの励起放射光を捕捉することに基づく。米国特許第3,859,527号(全ての目的のためにここで参照によって援用される)に記載された他の方法は、画像検出のため

10

20

30

40

50

の記憶蛍光体板を用いる。X線に暴露された後、記憶蛍光体板は適切な光源によって励起され、その板に記録された画像が読み出される。

【0003】

記憶された画像を記憶蛍光体板から読み出すさまざまな方法が提案されてきた。第1の方法は、一度に一つの画素を励起し、光励起された光を光増倍管で集めるレーザ走査機構による。残念ながら一度に一つの画素しか読み出せないために、典型的な記憶蛍光体板についての読み出し時間は許容できないくらい長い。

【0004】

さらに14インチ×17インチの蛍光体板上で一度に一つの画素を励起するために必要なレーザ走査機構は非常に大きく複雑である。励起レーザペンシルビームはプレート上で焦点がよく合っていないければならず、横から横まで、上から下まで完全に正確にスキャンしなければならない。14インチ×17インチの記憶蛍光体板から画像を読み出すシステムの典型的な大きさは、家庭用冷蔵庫の大きさに近い。

【0005】

他の問題は、プレート上での励起レーザペンシルビームの寸法（全体の読み出し装置の空間解像度を支配する）と、記憶媒体から放出される光が集められる効率との間の相互作用に関する。プレート上でのレーザスポットが大きいほど、解像度は低い。その結果、典型的な医療用記憶蛍光体板リーダは、レーザスポット直径が200ミクロン未満であることを要求する。記憶蛍光体板の励起された領域は、この特定の位置において記憶された画像の強度に対応する光を放出する。よって記憶蛍光体材料は、誘導光(stimulated light)を選択的に集め、励起光(stimulating light)を完全に阻止できるように励起光の波長とは違う波長を誘導光が持つように選ばれる。励起光を阻止し、誘導光を伝達するために光学フィルタも典型的には用いられる。光学フィルタはプレートと光増倍管との間に配置される。誘導光を最大限に集めるために精巧な集光器が考案された。しかし励起光のパスが誘導光集光装置のじゃまになるので、高い集光効率を達成するのは非常に難しい。

【0006】

さらに記憶蛍光体板の散乱させる性質のために、誘導光は全ての向きに放射し、このために集光することがますます難しくなる。従来の記憶蛍光体板はプラスチック基板上に堆積された蛍光体粉末で作られている。蛍光体材料は粒子状かつ白く、これは粉末をほとんど理想的なランバート放射物および反射物とする。レーザビームからの励起光は、プレートに最小限、吸収され、ほとんどは蛍光体粒子によって近傍の粒子に拡散され、プレート上でのレーザスポットの拡大を生じる。プレート上のレーザスポットの周囲の領域も励起されるので、この効果は、プレート読み出しシステムの空間解像度の低下をきたす。

【0007】

粉末蛍光体中でつくられた誘導光は、集光される表面に到達される前にもプレート中で拡散される。励起光および誘導光の水平拡散の量は、プレート中においては蛍光体粒子の大きさおよび結合剤材料の関数である。水平拡散の量はまたプレートの厚さによっても決定される。プレートの厚さおよび蛍光体粒子のサイズを最適化して、最大のパフォーマンスを得るいくつかの技術が提案されてきた。厚い蛍光体層は、空間解像度を犠牲にして、高いエネルギーのX線の吸収を最大限にするのに用いられる。薄い蛍光体層は、低いエネルギーのX線アプリケーションを用いて空間解像度を最大にするのに用いられる。励起光を吸収し、誘導光を前面に反射する特別な層を蛍光体層の下に設けることによってさらなる最適化が達成される。残念ながらさまざまなトレードオフのために、記憶蛍光体ベースのシステムの空間解像度の問題を解決しようとする従来技術のいずれも、すべての場合に効果的とはいえなかった。

【0008】

例えば、粉末蛍光体からできておらず、単結晶蛍光体からできているストレージプレートを利用する試みがなされてきた。これらの透明なプレートは、光拡散がそれらの中で起こらないのでより高い空間解像度を潜在的に達成しえるが、これらは非常に製造するのが困難で、傷や不注意な取り扱いにたいへん弱い。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 9 】

いっぽう従来の粉末蛍光体プレートを用いれば、レーザベースの走査システムは、複雑であり、空間解像度、ブリーチング比 (bleaching ratio) (つまり読み出し効率)、および読み出し速度の間のバランスが最適化できない。最大読み出し時間はしばしばアプリケーションによって支配される (医療用リーダの場合、典型的には1分以内)。必要とされる空間解像度は、励起レーザ光パワーを制限する (あまりにレーザビームが強いとスポットが大きくなりすぎる) ので、その結果、可能な励起光のうちの一部だけが読み出しされる (つまり部分ブリーチング (partial bleaching))。これらのトレードオフは、プレートからすべての情報が読み出されるわけではないので、結果として画像品質の低下 (低い検出量子効率 (Detective Quantum Efficiency)、つまり D Q E) につながる。さらに、再利用する前に、プレートを消去するために (読み出されなかった情報を除去するために) 追加のステップが実行されなければならない。そのような消去は、蛍光管のもとで強い露光を経なければ典型的には達成されない。

10

## 【 0 0 1 0 】

記憶蛍光体板それ自身は、フィルム - スクリーンの組み合わせを理想的に置き換えるものだが、現在入手可能なレーザ・ベースの走査システムは理想からはほど遠い。そのようなシステムの欠点の少なくともいくつかに対応するために、画素ごとのスキャン機構を、ラインスキャン機構または2次元キャプチャ装置に置き換える試みがなされてきた。レーザペンシルビームがレーザファンビームによって置き換えられ、光増倍管が光検出器の1次元アレイによって置き換えられた、さまざまなラインスキャン機構が提案されてきた。このような機構の背景にあるアイデアは、記憶蛍光体板を、一度に1画素ではなく、一度に1ライン読み出すことによって、ずっと簡単で小型の走査機構とともに、ずっと速い読み出し時間を可能にすることにあり、すなわち、2軸走査の代わりに1軸の機械走査が要るだけである。

20

## 【 0 0 1 1 】

画素ごとの走査に対してライン走査が理論的に有利なのは明らかだが、励起ファンビームを実際に実現すること、およびそれに付随する集光光学系は非常に困難である。集光光学系がイメージを作らない、画素ごとの走査手法とは違い、たいていのライン走査手法は、なるべく多い光を集めるだけではなく、プレート表面を光検出器のラインアレイ上に適切な解像度でイメージを作るための集光光学系を必要とする。そのような技術はまた典型的には、励起光がその過程の中で失われないことを確実にするために、光検出器ラインアレイ上にイメージが作られた領域よりも小さいプレート領域内に励起光が限定されることを要求する。これら2つの要求事項は従来技術では達成することが非常に難しく、これはライン走査プレートリーダがまだ商業的に入手不可能であるという事実からも証明される。

30

## 【 0 0 1 2 】

多くの設計が提案され、そのいくつかは従来からの光学系に頼っているが (例えば米国特許第5,747,825号。その全体の開示がここで参照によって援用される)、たいていは、従来の光学系はプレート表面のイメージを光検出器ラインアレイ上に効率的に作ることが実用的ではないと仮定している。これらの設計の中で、最大集光効率、光検出器ラインアレイをプレートの近傍に置き、そのあいだに従来のレンズは置かないことによって達成される。いくつかの設計は、光ファイバフェースプレートをプレートと光検出器ラインアレイとの間に使用し、おそらくはアレイボンドワイヤ (array bond wires) に関するある種の機械的問題を解決している。

40

## 【 0 0 1 3 】

いずれの場合も、高い集光効率および高い解像度は、リニアアレイがプレートと直接接触するか、またはプレートとリニアアレイとの距離が極限まで短くなっているときに、従来のレンズなしで達成される。この制限はリニアアレイの直下の領域まで励起してしまうという重大な問題を生じる。励起光が透過できるように小さいギャップがプレートおよびリニアアレイの間に設けられるが、プレートはランバート放射をするので、これはシス

50

テムの集光効率および空間解像度に致命的な影響を与える。

【0014】

この問題を解決するためにいくつかの解決法が提案されてきた。Hosoi (米国特許第4,880,987号。ここで参照によって援用される。)、Leblans (欧州特許第1014684号。ここで参照によって援用される。)、およびSchiebel (米国特許第4,953,038号。ここで参照によって援用される。)によって提案された解決法の一つは、透明な蛍光体板(従来の不透明な蛍光体板と異なり)を利用すること、および励起光源をリニアアレイと反対のプレート側に置くことからなる。この構成では、プレートとリニアアレイとのギャップが不要であり、最大集光効率および空間解像度が達成される。しかし上述のように、このタイプの蛍光体板を製造し、取り扱うコストは

10

【0015】

Kawajiri (米国特許第4,922,103号。ここで参照によって援用される。)によって提案された別の解決法は、励起光源をプレートとは反対のリニアアレイ側に置くことによる。これはリニアアレイが、励起光の波長において完全に透明であり(その結果、励起光がリニアアレイを透過し、プレートを励起し)、かつ誘導光の波長において非常に吸収性が高い(その結果、誘導光を電気信号に変換する)ことを前提とする。Carter (米国特許第4,933,558号。ここで参照によって援用される。)によって提案された別の解決法は、放射光ファイバの列を利用しており、それらの先端は小さい角度において受光光ファイバの先端に配置され、励起光および誘導光の光路が交差できる

20

【0016】

残念ながら、これらすべての提案された設計においては、励起光をイメージングエリア(imaging area)に閉じ込めることが大きな工学的な課題である。これらすべては、イメージングエリア以外の、プレートのいかなる領域も露出しないことを確実にする正確なアライメントおよびレジストレーションが必要となる。よって実現不可能なほどのコストを伴わずに、画像データを集める効率を最大化する記憶蛍光体板からの画像読み出し技術を提供することが望ましい。

【発明の開示】

30

【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明によれば、上述の問題を克服するだけでなく、ここに説明された様々な解決法を作り出す上での主要な技術的課題を利用する方法および装置が提供される。すなわち様々な実施形態によれば、不透明な記憶蛍光体媒体内で励起光が水平に拡散することを補償したり、または禁止したりしようとする代わりに、この水平に拡散された光が実際に利用されて、記憶蛍光体の隣接領域の間接励起を行う。結果として放出される隣接領域からの誘導光が、間接励起領域上にある記憶蛍光体の表面に直接に接触する一つ以上の検出器によって捕捉される。

【0018】

40

記憶蛍光体板のある領域における励起光の強度を制御することによって、隣接領域の下でのよく定義された拡散分布(したがって励起)が得られる。記憶媒体のこの間接励起領域から放出された誘導光を効率よく集めることは、一つ以上の検出器をプレート表面に直接に接触させる(または非常に狭い距離において)ことによって行われる。

【0019】

様々な実施形態によれば、光源、例えばLEDアレイが、検出器のリニアアレイに隣接するプレート表面の領域を励起するのに用いられる。検出器のアレイは、プレートの隣接領域からの誘導光を集めるように構成され、この誘導光は、検出器アレイの下領域に励起光が水平に拡散することから生じる。光源および検出器アレイはそれからプレートの表面にわたって1次元で走査され、ライン毎の読み出しを実現する。具体的な実施形態によれ

50

ば、プレートにわたっての光源の走査はまた、記憶された情報のじゅうぶんに完全な消去をも実現する。

【0020】

より一般には、本発明は記憶媒体からの情報の取り出しを行う方法および装置を提供する。記憶媒体の表面の第1部分が励起光に曝され、この励起光は記憶媒体の中を、第1部分に隣接する表面の第2部分の下を拡散する。表面の第2部分は励起光から遮蔽されている。情報に対応する励起された光が、記憶媒体の表面の第2部分を介して誘導光を受け取るように配置された少なくとも一つの検出器で受け取られる。誘導光は、表面の第2部分の下を拡散した励起光に应答して、記憶媒体から放出される。

【0021】

ある実施形態によれば、X線画像捕捉装置が提供され、これには、画像に対応する入射X線を捕捉するように動作可能な記憶蛍光体板が含まれる。励起光源は、記憶蛍光体板の表面の第1部分を励起光に曝すことによって、励起光が記憶蛍光体板の中を、第1部分と隣接する表面の第2部分の下を拡散させる。表面の第2部分は、励起光に曝されないように遮蔽される。検出器のリニアアレイが記憶蛍光体板の表面の第2部分を介して誘導光を受け取るように配置され、誘導光を画像に対応する電子データに変換する。誘導光は、表面の第2部分の下で拡散した励起光に应答して記憶蛍光体板から放出される。アクチュエータアセンブリは、記憶蛍光体板の表面および励起光源のそれぞれおよび検出器のアレイの間の相対的な動きを1次元で実現するように動作可能である。より具体的な実施形態によれば、標準的なラジオグラフィフィルムカセットに対応する形状ファクタを有するカセット筐体が提供され、これはその中に収められた記憶蛍光体板、励起光源、検出器アレイ、およびアクチュエータアセンブリを有する。

【0022】

本発明の性質および優位性のさらなる理解は、残りの明細書の部分と図面とを参照して明らかになるだろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

上に簡単に述べたように、本発明の具体的な実施形態は、記憶蛍光体板に記憶されたX線画像を、光検出器ラインアレイを用いて簡単に効率的に読み出す方法および装置を提供する。本発明のより具体的な実施形態は、従来のラジオグラフィフィルム/スクリーンカセットのそれと同一の寸法の筐体中の記憶蛍光体板を読み出す方法および装置を提供する。本発明の技術による他の実施形態および関連する応用例が以下に説明される。

【0024】

具体的な実施形態によれば、本発明は記憶蛍光体板リーダー (storage-phosphor plate readers) における光励起および集光 (light stimulating and collecting) の方法および装置を提供する。励起光のプレート内での水平拡散が問題となる他の読み出し方法とは異なり、本発明の具体的な実施形態は、そのような水平拡散によって、光検出器リニアアレイと直接に接触するプレートの直線領域を励起する。励起光 (stimulating light) はリニアアレイによってカバーされる領域に隣接するプレート (plate) 領域上に入射する。励起光は蛍光体 (phosphor) を透過し、水平方向を含むすべての向きに拡散する。

【0025】

蛍光体層は白色粉末材料でできているので、励起光は吸収されずに白色粒子によって反射され、不透明な媒体中を伝搬する。プレートの表面に沿った光伝搬は、光の一部は吸収され、ほとんどの光は露出した領域に拡散して戻り、プレートの上部および下部に向かって拡散されるので、非常に短い。後述されるようにここで説明される技術のいくつかは、リニアアレイと完全に位置合わせされて (registered) いないセルフアラインイルミネーション (self-aligned illumination) も可能であり、またその幅についてよく定義された (well-defined) ものについても可能である。

【0026】

他の方法が、不透明な材料で作るのが難しい非常に狭いイルミネーションスリットを要

10

20

30

40

50

求するのに対し、本発明のいくつかの実施形態は、作るのが容易で、露出領域以外ではよく定義され、制御された領域の励起を可能にするナイフエッジイルミネーション (knife-edge illumination) を用いる。露出された領域 (exposed area) を超えて励起光が滲み出すのは実際、非常に狭いイルミネーションスリットと等価である。しかし励起光スリットの幅は複雑なコリメート光学系によって定義されるのではなく、むしろ蛍光体材料に固有の光減衰係数によって定義される。したがって、蛍光体材料の直線領域を励起する、非常に狭いイルミネーティングスリット (illuminating slit) の等価物を作ることが可能となる。さまざまな実施形態によれば、励起領域が、集光/イメージング (collecting/imaging) 領域 (他の特許に記載されるような) 内に限定される狭いスリットではなく、むしろ光検出器リニアアレイだけによって一方の側に鋭く定義された広い長方形の領域であるという事実もまた、他の問題への解決法を提供する。後述されるように、本発明のいくつかの実施形態において励起光へのさらなる露出はまた、再利用される前の、プレート中の残留情報の消去を提供する。

10

## 【 0 0 2 7 】

すなわち励起光の強度および走査速度が典型的にはリニアアレイの下のプレートを完全に読み出すように設定されても、消去プロセス (bleaching process) は 100% 完全ではない。よって直接の励起光によって行われる追加の露出が、再利用される前にプレートを完全に消去するのに有用である。この励起方法は、プレートの読み出しおよび消去が一度のスキャンで同時に起こることを可能にする。これは、読み出しが完了した後でプレートの消去が起こるため、システムの全体のサイクルタイムが長くなっていた従来の方法に比べて、大きな改善点である。

20

## 【 0 0 2 8 】

たいていの既存の装置において、プレートはレーザ走査機構を用いて読み出され、それから消去のために高出力の白熱または蛍光ランプ群に露出されるために搬送される。これらの余分な処理ステップの明らかな欠点の他に、そのようなランプは大きな電力を消費し、熱を発生し、大きな筐体を必要とする。本発明のさらなる実施形態によれば、プレートの追加の消去がもし必要が望まれるなら、アレイが読み出し方向と逆の方向に走査されているときに励起光源がオンにされる。

## 【 0 0 2 9 】

上述のように記憶蛍光体媒体の不透明な性質のために、励起光をプレートの正確な領域に閉じ込めることに関する従来技術の大きな問題が生じる。すなわち励起光は、不透明な蛍光体層内で水平方向に拡散する傾向にあり、そのため励起領域が不必要に増大する。この水平拡散効果は、従来の設計における問題であり、実際、本発明がその有効性を発揮する現象である。図 1 に示される本発明の具体的な実施形態によれば、記憶蛍光体板 (storage-phosphor plate) 102 (プラスチック基板 106 上の記憶蛍光体層 104 を有する) の表面は、イメージング領域そのものではなく、イメージング領域 (imaging area) に隣接する領域 (すなわち検出器 114 の感光領域 112 の下の領域) において励起光 108 (例えば赤色光) に曝される。さまざまな実施形態によれば、励起光 108 は、単一の LED またはレーザペンシルビーム (例えば、画素毎の読み出し)、または LED アレイまたはレーザファンビーム (例えば、ライン毎の読み出し) の形で伝達される。特定の

30

40

## 【 0 0 3 0 】

図 1 に示される本発明の具体的な実施形態によれば、光検出器のリニアアレイは、励起光源が光検出器に隣接するプレートの領域を露光しているときに、プレートと接触するか、またはプレートに非常に近いところに位置しえる。光検出器のリニアアレイおよび励起光源は、光検出器のリニアアレイが先行し、励起光源が後に続いて、プレートを横切って同時に搬送される。光検出器のリニアアレイの下にあるプレートの領域は、拡散した励起光によって読み出され、具体的な実施形態ではその後、後続の励起光によって完全に消去される。

50

## 【0031】

本発明のアプローチは、全ての励起光を集光 (collect) できずに情報を失うことを恐れて、イメージング領域の外での励起をなくそうと一般に試みる従来技術とは反対である。本発明によればむしろ、イメージング領域に隣接する領域においてプレート102を励起することによって、イメージング領域は、励起光108に直接、曝されるのではなく、プレート内を水平に拡散する光116によって間接的に励起される。よって、プレート内の励起光の水平拡散に頼ることは、下部または上部からではなく、横からのプレートの領域の励起を可能にする。このようであれば励起光がイメージング領域と同じ領域のプレートに入射するために必要な、プレートと検出器114との間のギャップをなくす(または最小化する)ことがこれでさらに可能になる。このように所望の領域を間接的に励起することで、検出器はイメージング領域に直接に接触する(または非常に距離が短い近傍に位置する)ことが可能となり、よって高い空間解像度とともに高い集光効率を得られる。

10

## 【0032】

プレートの帯状の部分がプレート的一方から励起され、もう一方から画像取り込みがされる前述の設計とは異なり、この設計は特別な透明プレートを必要としない。むしろ従来の不透明な記憶蛍光体板を用いて実現できるのである。透明なプレートは高価で非常に製造が困難である一方、従来のプレートは製造が容易で簡単に入手できるという点で、これは大きな利点である。本発明の設計の他の利点は、励起するハードウェア (stimulating hardware) と集光するハードウェア (collecting hardware) とがプレートの同じ側上に配置できることである。そのような実施形態によれば、ハードウェアの全体的なプロファイルが非常に低くできる。そのようなある実施形態によれば(後述)、ハードウェアは、標準的なフィルムカセットとほとんど同じ寸法の筐体の中に収まるように構成される。理解されるように、そのような実施形態は、プレートの対向する二つの側に配置される励起ハードウェアおよび集光ハードウェアを用いた場合は問題がある(かつ実用的ではない)。

20

## 【0033】

記憶蛍光体板の同じ側上に励起ハードウェアおよび集光ハードウェアを配置することに関連したさらに他の利点は、励起ハードウェアを集光ハードウェアにアラインさせ、位置合わせすることに関連する。図2を参照して説明される具体的な実施形態によれば、励起および集光ハードウェアのセルフアラインされた機構 (self-aligned assembly) が提供される。

30

## 【0034】

図2は、励起光のためのセルフアラインされた構成を示す。すなわち光検出器のリニアアレイが、励起光がプレートに到達しないように遮断する。リニアアレイの端部が、励起光に直接曝されるプレートの領域と、拡散を通して間接的に励起光に曝されるプレートの領域との境界を定義する。より具体的には、リニアアレイ202は、その基板の端部にまで延びる感光領域204を有する。その端部に隣接するプレート206の領域は、励起光208に曝され、完全にアラインされ、よく制御された励起領域をリニアアレイ202の下に実現する。すなわち励起光208の幅がリニアアレイ202の左側の領域に限定されなくても、リニアアレイ202は励起光208についてナイフエッジのようにはたらき、アレイ202の感光領域204に隣接する直線領域だけが表面露出できるセルフアラインされたマスクを形成する。

40

## 【0035】

感光領域204の下の励起された領域の幅は、プレートそれ自身の減衰係数とともに、プレートの露出領域における励起光208の強度による。例えばある媒体では、水平に拡散された励起光の強度は、露出領域の端部から離れるにつれ指数関数的に減少し、うまく定義できる。よって特定の媒体の特性および所望の解像度に依存して、励起光の強度および/またはリニアアレイのフォトサイト (photosite) は本発明の個々の応用例にしたがって変更されえる。本発明のそのような実施形態のセルフアラインされた性質に関する大きな利点は、例えばレーザーファンビームを用いて励起光を注意深く焦点合わせすることが

50

不要なことである。実際、照射される光は伝達されるうちに比較的広がってもよく、例えば安価なLEDアレイを用いることができる。

【0036】

図1および図2は、本発明の基本原理を示す。しかし場合によっては、光検出器のリニアアレイを蛍光体板に接触させて配置することが現実的ではない。すなわち、リニアアレイの感光する側はしばしば相互接続するワイヤのボンディング領域を含む。これらのワイヤは典型的には感光面から突出して、他の表面がそれに対して配置されることを不可能にする。これらのワイヤはまた非常に細く、切れやすいので、動く表面に直接接触することから保護されなければならない。リニアアレイ自身の感光面はまた、傷つきやすく、動く表面に直接接触することから保護されなければならない。ワイヤボンドおよび感光面の双方を保護する一つの方法には、光ファイバフェースプレートをリニアアレイの感光面と蛍光体板との間に用いることがある。そのような応用例においては、光ファイバのフェースプレートは、リニアアレイの感光面側に永久にボンディングされ、よってワイヤボンドが蛍光体板に触れないようにできる。図3は、水平に拡散した励起光に回答した誘導光の集光が光ファイバフェースプレート302を通して行われる具体的な実施形態を示す。記憶媒体304の表面と光ファイバフェースプレート302との間のギャップは図示のために強調されていることに注意されたい。

10

【0037】

図4は図3に示された構成がさらに発展したものを示す。図3において、光ファイバフェースプレートの端部は、プレートの直接露出された領域とプレートの間接的に露出された領域との境界を作る。この端部のシャープネスは、検出器アレイの下での拡散された光のプロファイルの均一さのために重要である。2つの光ファイバフェースプレートを互いに密着させて配置することで（一つは励起光を照射するために、一つは誘導光の集光のために）、集光フェースプレートの端部を欠けたり、ひび割れたりすることから保護することが可能である。この実施形態によれば、励起および集光機能の両方を実現する単一の装置が提供される。理解されるようにこの構成は、読み出し装置を記憶媒体といっしょに、例えば標準ラジオグラフィカセットの中にパッケージングすることと同時に、励起および集光装置の同時走査を容易にする。

20

【0038】

図示された実施形態において、検出器404のリニアアレイは、セラミックパッケージ406の中に、プラスチック基板414上の記憶蛍光体層412を持つ記憶蛍光体板410に励起光を与えるLED408の2次元アレイとともに統合されている。LED408からの励起光は、第1光ファイバフェースプレート416を介して蛍光体412の表面に伝送される。励起光が蛍光体412の表面へファイバを介して伝送されることは本発明の実施にはそれほど重要ではないので、代わりに、フェースプレート416は、ガラスまたはプラスチックのような均一な材料のブロックを有してもよい。

30

【0039】

本発明のさまざまな実施形態を参照して上述したように、励起光は、検出器404の感光領域418の下の領域へと、蛍光体412の中で拡散して入り込む。蛍光体412のこの領域の間接的励起は、以前に記憶された情報が誘導光として放出することにつながり、この誘導光は検出器404によって第2光ファイバフェースプレート420を介して捕捉される。

40

【0040】

前述の記載が参照する図には示されていないものとして、プレートによって拡散されて光検出器のリニアアレイへと向かう励起光を阻止または吸収するいくつかの手段がある。従来のレーザ走査方法のように、そのようなフィルタリングは適切なシステム動作のために重要である。すなわち、誘導光は励起光よりもずっと暗く、画像情報を含む唯一の光であるため、励起光が光検出器に到達するのを防ぐのは重要である。励起光を阻止するさまざまな技術が以下に説明される。

【0041】

50

再び図4を参照して、励起光源と、放出されたエネルギーを後で捕捉する手段とが同じパッケージに配置されているので、これら2つの要素のアライメントは安定し、かつ信頼性がある。さらに記憶蛍光体板の表面にわたってLEDアレイおよび検出器が同時に協調して走査すること(図5に示されるように)は、例えば精密ステッピングモータのような単一の機構で処理できる。

#### 【0042】

図5は、例えばラジオグラフィシステムと用いられる画像データのキャプチャ(capturing)および読み出しのシステム500を示す。いったん画像が記憶媒体502(例えば記憶蛍光体板)にキャプチャされると、記憶された情報の放出およびキャプチャは、本発明に基づいて設計されたリニア読み出し装置504を記憶媒体502の表面にわたって走査することによって行われる。さまざまな実施形態によれば、読み出し装置は、図4を参照し前述した、励起光源および検出器アレイの両方が含まれる単一の装置を含みえる。あるいは装置504は、ここに説明するような方法での読み出しを実行するために、その動作および走査が密接に協調された2つの別個の装置を含みえる。

10

#### 【0043】

すなわち装置504の特定の機械的性質に関係なく、記憶媒体502内の情報の読み出しは、上述の技術による注目領域の間接励起によって行われる。装置504の動きは、例えば精密ステッピングモータを含みえる機械アクチュエータ508を制御する信号を発生する走査制御506を介して制御されえる。理解されるように、正確に、例えばライン毎に、読み出し装置504を記憶媒体502にわたって走査するためのさまざまな技術が利用されえる。

20

#### 【0044】

誘導光は記憶媒体502から放出され、後で取り出すために記憶されえる電気または光データに、キャプチャされた放射光を変換するさまざまな既知の技術によって、読み出し装置504の検出器によってキャプチャされる。506および510を介した走査制御および読み出し制御は、本発明の範囲から逸脱することなくさまざまな方法で実現できる。例えばそのような制御は、マイクロプロセッサ制御の回路、特定アプリケーション向け集積回路、またはソフトウェアを用いて実現できる。

#### 【0045】

図6は、図5を参照して前述した読み出し装置および記憶媒体の組み合わせが、例えばラジオグラフィカセットのような特定の応用のための標準サイズでありえるカセット602の中に一体化されえる本発明のさらに他の具体的な実施形態を示す。読み出し機構604の制御および記憶媒体605からのデータ読み出しは、商業的に入手可能なさまざまなパラレルまたはシリアルコネクタを含みえるコネクタ(不図示)を介して行える。あるいはデータ読み出しは、カセット602から外へ出る一つ以上の導体を介して行われてもよい。

30

#### 【0046】

ラジオグラフィの場合、そのようなデバイスは既に設置されたラジオグラフィシステムとともに用いられるほうが便利である。すなわち標準サイズのカセットであれば、標準フィルムカセットと同様にX線画像のキャプチャのための既存のラジオグラフィテーブルに挿入できる。画像データはそれから適当なコネクタ、例えばコネクタまたはコネクタ群の束を通して読み出され、一方、カセットはその場での(in-situ)読み出しのためにラジオグラフィテーブルに装着されたまま残る。あるいはカセットは取り出されて、リーダ(従来のPCまたはワークステーションでありえる)に接続されてもよい。記憶された情報の読み出し(および同時消去)はそれから前述のように行われ、その後、カセットはその後の画像キャプチャに使えるようになる。

40

#### 【0047】

さまざまな実施形態によれば、本発明は、その全体が全ての目的のためにここで参照によって援用される国際標準IEC 60406によって定義されるいかなる標準サイズのラジオグラフィカセットに統合されて実施されてもよい。カセット寸法の詳細例は、これ

50

には限定されないが、14インチ×17インチ、14インチ×14インチ、10インチ×12インチ、8インチ×10インチ、35cm×43cm、35cm×35cm、20cm×40cm、18cm×43cm、13cm×18cm、13cm×30cm、18cm×24cm、および24cm×30cmである。

【0048】

画像データのキャプチャおよび処理の現状を考慮すると、標準の14インチ×17インチ画像のライン毎の走査は、本発明の技術を用いれば、おおよそ10秒で行え、従来のフィルム現像に必要な数分に比べて秀でている。さらに画像は電子的に記憶されるため、大きな現像済み画像を物理的に保管する必要なく、将来の取り出しに備えて永久に保存することができる。

10

【0049】

カセット602のようなカセットの中に統合された走査の特徴は、本発明の範囲から逸脱することなく改変できる。例えば上述のように、読み出し装置および機械走査機構はさまざまな形態を取りえる。さらに走査および読み出し制御のさまざまな部分はカセット602と統合されえる。例えば一つ以上のマイクロプロセッサおよびそれに付随する制御回路がカセット602の中に含まれて、外部コンピュータからの制御信号によって指示されるように走査および画像キャプチャを行ってもよい。さらに、画像を見たり、アーカイブしたりするためにダウンロードされるまでのあいだ一時的に画像を記憶するためのじゅうぶんなオンボードメモリを含むカセットの中で、走査および画像キャプチャが完全に行われてもよい。

20

【0050】

あるいは走査および画像キャプチャの制御信号の発生は、完全にカセットの外部で行われ、データが例えばコネクタを介してやりとりされてもよい。いずれにしても本発明は、走査(scanning)およびデータキャプチャ(data capture)機能のオンボードおよびオフボード制御のさまざまな組み合わせのいずれをも考慮し、かつ包含するものである。

【0051】

ここまでで理解されるように、本発明の基本的な原理は、プレート内での励起光の水平拡散を通して記憶板の領域の励起を行うことにある。この基本原理に基づくシステムのパフォーマンスを改善するために、そのようなシステムの要素のそれぞれについて多く種類の最適化が行われえる。明らかになるように、これら最適化のいくつかはこの基本原理とは独立であり、よって独立した発明を構成する。このようなシステムのさまざまな構成要素がここで議論され、それらはストレージプレート、光ファイバフェースプレート、励起光のソース、光検出器のリニアアレイ、励起光を阻止するフィルタ、走査機構およびシステムハウジングを含む。

30

【0052】

ストレージプレート(Storage plates)

ここで説明される励起(stimulation)および集光(collection)の方法は、従来のレーザー走査技術とは異なるので、本発明のために用いられるストレージプレートの物理的パラメータも異なりえる。すなわちプレートの厚さ、蛍光体の粒子の大きさ、結合剤の量、および色素の量は、本発明の技術の改良されたパフォーマンスのために、従来技術の場合に適切な値から変更されえる。

40

【0053】

従来のレーザー走査技術によって読み出されるプレート中のエネルギー吸収色素のあるレベルの濃度を超えることは、そのような色素の高濃度のためにプレートの厚み全体にわたる励起ができなくなる傾向があるために、問題が起こりえる。それに対し本発明のさまざまな技術によれば、従来の技術によって引き起こされる不利益を伴うことなく、励起光の強度が単純に増加されえるので、非常に高い濃度のエネルギー吸収色素(energy-absorbing dye)を含むプレートを用いて、特定の吸収および励起特性を実現できる。

【0054】

例えばストレージプレート中のエネルギー吸収色素(つまり励起光、例えば赤色光の波

50

長において電磁エネルギーを吸収する色素)の量は、図7a~図7cに示されるように励起光の水平拡散の量とプロファイルとを制御するために調節されえる。図7a~図7cのグラフのそれぞれのペアは、モンテカルロシミュレーション法を用いてシミュレートされた、プレート中の赤色吸収色素の異なる濃度についての、赤色励起光(上のグラフ)の吸収プロファイル、および結果として生じる青い誘導光の点像分布関数を示す。それぞれのグラフにおける各グラデーションは10%の増分を表す。

【0055】

図7a~図7cのグラフは、厚み全体にわたって同じエネルギーレベルでプレートを間接的に励起することが、ここで説明される技術で新たに可能になったことを示す。これらのグラフは、励起光が露出された端部から拡散してますます離れるにつれて、そのエネルギー分布がプレートの厚み全体にわたって均一になるという事実を示す。この現象は、非常に高い解像度を持ちながら、非常に高いX線吸収度も実現するX線画像システムを作るために利用されえる。

10

【0056】

非常に明るい照射を容易に実現できる(高出力赤色LEDの複数の列)ので、直接励起光強度のわずか10%で、プレート全体の消去(bleaching)を達成することが可能である。赤色光吸収色素が多いことで、プレートは、非常に狭い幅にわたりその厚み全体を通して読み出しすることができる。この構成は、高いX線吸収度(つまり高DQE)とともに高い解像度が必要となる乳房造影に特に有用である。したがってリニアCCDの方向にわたってよりも、機械的走査方向にわたってより高い解像度を達成することが理論的には可能である。

20

【0057】

リニアCCDの方向において、解像度は、誘導光とともに、励起光の水平拡散によって制限される。機械的走査の方向においては、解像度は励起光の水平拡散(赤色吸収色素の量によって制御されえる)によってのみ制限され、誘導光の水平方向の拡散によっては制限されない。光検出器の開口部(機械的走査の方向に沿った)は、解像度には影響を与えず、単に吸収効率に影響を与えるだけである。200 $\mu$ mの光検出器の開口部があれば、より細かい解像度(20 $\mu$ mにも及ぶ)を達成することができる。

【0058】

モンテカルロコンピュータシミュレーションを用いて、蛍光体粒子サイズ、赤色吸収色素濃度、およびプレート厚さを最適化して、特定の応用例についての最大のパフォーマンスを達成できる。この方法は、針状蛍光体(needle phosphor)技術に依存することなく、非常に高い解像度および高いX線吸収度を達成する大きな潜在能力を提供する。乳房造影に用いられる現在の製品や他の高解像度X線イメージングは、樹枝状蛍光体層(ヨウ化セシウムCsIの針状結晶)を用いて、放射された光をプレートの厚みにわたって通すようにしている。これらの蛍光体層は、非常に高価で製造が困難である。さらにこれらは非常に吸湿性が高く、問題を起こす画像焼き付き(image burn-in)(つまりX線に強く曝された針状蛍光体の領域は、周りの領域よりも高い発光ゲイン(luminous gain)を呈する)を呈する。

30

【0059】

ここで説明された励起および集光方法を用いると、不透明記憶蛍光体板の機械的走査方向における解像度は、針状蛍光体プレートの解像度と同じくらい高くなりえる。高エネルギーX線をキャプチャするために、厚い記憶蛍光体板(つまり300 $\mu$ m)が用いられるときにおいてさえこれはあてはまる。

40

【0060】

図8に示される他の実施形態においては、記憶蛍光体の2層が同じ基板802上に堆積される。上部層804は少ない量の色素を含み、これは励起光を少しだけ吸収することを意味し、下部層806は多い量の色素を含み、これは励起光を多く吸収することを意味する。ここで説明される方法を用いてバイリニア(bilinear)光検出器アレイ808で走査されるとき、上部層804は下部層806よりも、直接の励起光暴露の端部からより遠く

50

まで励起される。より具体的な実施形態によれば、上部層からの誘導光は、光検出器 8 1 0 である第 1 の列で集光され、一方、下部層からの誘導光は、光検出器 8 1 2 である第 2 の列で集光される。

【 0 0 6 1 】

さらに記憶蛍光体材料の X 線吸収特性のために、上部層 8 0 4 は低いエネルギーの X 線を吸収し、一方、下部層 8 0 6 は高いエネルギーの X 線を吸収する。同様に柔らかい材料（人体の柔らかい組織など）は低いエネルギーの X 線を優先的に吸収し、一方、密度の高い材料（人体の骨など）は高いエネルギーの X 線を優先的に吸収する。したがって本発明の他の具体的な実施形態によれば、上部および下部層から集められた情報は、二重エネルギー画像（dual-energy image）を生成するのに用いられる。二重エネルギーデータはそれから、骨または軟組織だけに対応する情報を抽出するために処理されえる。さらに骨だけまたは軟組織だけを表示する画像が生成されえる。一般にさまざまな実施形態は、さまざまな記憶蛍光体材料の複数の層および複数の列からなる光検出器を用いて、二重エネルギーイメージングを実現する。

10

【 0 0 6 2 】

従来は蛍光体板は、即発蛍光体スクリーン（prompt phosphor screens）のように可撓性基板（PET、Mylar（登録商標））上に製造される。これらのプレートは、搬送され、レーザ走査装置内で読み出しされるために、堅い裏板（例えばアルミ板）上にマウントされるか、または可撓性を保たれる。したがって、本発明の具体的な実施形態によれば、そのような可撓性のある蛍光体板の表面と、例えば光ファイバフェースプレートのような集光装置との間のじゅうぶんな接触を維持するために、蛍光体板は薄い発泡層（foam layer）上にマウントされ、集光装置がプレートの表面に押しつけられるときにこの発泡層が圧縮される。より具体的な実施形態によれば、集光装置がそれぞれの側で固定されるとき、発泡層がプレートの中央部では端部より厚くなりえ、これによりプレートの全体の幅にわたってじゅうぶんな接触を確実にする（例えば図 9 参照）。

20

【 0 0 6 3 】

光ファイバフェースプレート

さまざまな実施形態によれば、本発明による光ファイバフェースプレート（例えば図 3 および図 4 のプレート 3 0 2 および 4 2 0）は 2 つの目的を達成する。すなわち励起光のためのナイフエッジアライメントを作り、読み出しを光検出器に集める。上述のように、フェースプレートのエッジが照射境界を定義し、そのシャープネスは最適化されたパフォーマンスを達成するのに重要である。光ファイバフェースプレートのエッジの物理的な完全性（physical integrity）を保護するために、他のフェースプレートがそれに対向するようにマウントされえる（例えば図 4 のプレート 4 1 6）か、あるいは、透過材料の透明ブロック（例えばガラスまたはプラスチック）がそれに対向してマウントされえる。材料の選択は励起光に必要なコリメーションの量に依存する。もし追加のコリメーションが不要なら、透明な材料が用いられえる。もし追加のコリメーションが必要なら、他の光ファイバフェースプレートが励起光をプレートに伝送するのに用いられえる。理解されえるように、追加のコリメーションの量は光ファイバフェースプレートの開口数によって決定される。もし低い開口数が選ばれるなら、プレートを打つ励起光は高くコリメートされる。集光フェースプレートに対向してマウントされたブロックの性質にかかわらず、集光フェースプレートの端部は、動作中の欠けや他のダメージに対して保護される。

30

40

【 0 0 6 4 】

具体的な実施形態によって、光検出器のリニアアレイ上へのマウントを容易にするために、光ファイバフェースプレートは図 4 に示されるようにファイバの方向に対してわずかに角度をつけて切断されえる。このようなわずかなバイアスは、伝送特性を大きく減少させることなく、例えば 10 度未満のバイアスカット角なら 10 % の伝送減少に収めて、伝達フェースプレートをリニアアレイ上に容易にアラインさせることができる。

【 0 0 6 5 】

本発明の他の具体的な実施形態によれば、集光（collection）光ファイバフェースプレ

50

ートはまた他の重要な目的も果たす。すなわち、それは部分的にまたは完全に励起光を阻止するように構成されえる。そのような阻止を行うために、光ファイバフェースプレートは励起光を吸収し、誘導光を伝送する材料で構成されえる。そのような材料は、イオン色ガラス (ionically colored glass)、例えば Schott BG3 のような光学フィルタ材料を含む。しかしそのような材料をファイバに伸ばしてそれらを光ファイバフェースプレートに束ねることは困難を伴う (例えばそのようなガラスは低屈折率を有し、さまざまな熱処理を通して安定ではない) ために、そのような応用には最良の材料にならない。

【0066】

希土類でドーピングされたフィルタガラスのような他の材料が、光ファイバフェースプレートのよりよい候補である。もともとその蛍光特性のために開発された希土類でドーピングされたフィルタガラスは、フィルタ材料としても用いられえる。特に、トリウムがドーピングされたガラスは、400nmにおいて良好な伝送特性を、680nmにおいて良好な吸収特性を有する。よって本発明の具体的な実施形態によれば、低い屈折率のホストガラス (low index host glass) および高い屈折率のホストガラスはトリウムでドーピングされ、クラッドおよびコア材を形成する。これらのコアおよびクラッド材はそれから束ねられ、本発明に用いられる良好な伝送特性 (つまり高い開口数) および励起光のじゅうぶんな阻止性能を持つ光ファイバフェースプレートを形成する。

【0067】

よく知られるように、光ファイバフェースプレートの伝送は、それぞれのファイバの開口数の関数である。それぞれのファイバの開口数は、コアおよびクラッド材間の屈折率の差が大きくなるほど、大きくなる。光ファイバフェースプレートは、高い屈折率および低い屈折率の材料が容易に得られるので、従来はガラスから製造されている。これはプラスチック材料の場合にはあてはまらなかった。すなわちたいていのプラスチック材料は1.4に近い屈折率を有する傾向がある。新しいプラスチック材料がフロリダベースの会社、Optical Polymer Research Inc. から商業的に入手可能となった。最近までたいていの光ファイバフェースプレートは、じゅうぶんな屈折率の差がある材料を容易に得られるため、ガラスから製造されてきた。最近、新しいクラスのプラスチック材料が開発された。Opti-Cladという名で販売されているこの新しい材料は、非常に低い屈折率 (1.36未満) を持ち、そのため例えばスチレンコア (styrene core) (屈折率が1.59に近い) の周りのクラッド材として用いるのに適している。屈折率が1.3であるためテフロン (登録商標) もまた良好なクラッド材である。材料科学のこのような発展のおかげで、今や高い開口数を持つプラスチックの光ファイバフェースプレートを製造することができる。本発明の具体的な実施形態によれば、そのような光ファイバフェースプレートが高い開口数および良好な励起光阻止を実現するために、使用されるプラスチックにエネルギー吸収色素が入れられる。

【0068】

励起光を阻止する他のアプローチは、反射 (屈折ではなく) クラッド材を光ファイバフェースプレートのファイバに使うことを伴う。そのようなファイバは、反射するたびにエネルギー損失をするので長距離にわたる光エネルギーの伝送には理想的なものではない。しかし本発明のたいていの実現例において想定される短い距離 (例えば1インチ未満) の場合、そのようなファイバはじゅうぶんに伝送しやすいといえる。

【0069】

上述のように様々な実施形態によれば、光ファイバフェースプレートは、励起光のためのナイフエッジを作るために、誘導光を集光し、光検出器上に結像させる (imaging) ために、さらに励起光が光検出器に到達するのを防ぐために、有用でありえる。しかし本発明を実施するのに、光ファイバフェースプレートを用いずに済ませることもできる (図1および図2に示されるように)。

【0070】

またイメージプレートおよび光検出器の間に平らで透明な層 (ガラスまたはプラスチック材料) を置いて、ボンディングワイヤがイメージプレートに触れないようにすることも

10

20

30

40

50

できる。もしなんの予防策も採られないなら、イメージプレートがランバート放射体であり、誘導光が光検出器に到達する前に透明層内で全ての方向に拡散するという事実のために、そのような透明な層は、許容できないくらいの量のボケ (blurring) を生じるだろう。一方で、ボケを防止するために透明層の厚さは最小に抑えられなければならない、他方で、ボンディングワイヤのためにプレートと光検出器との間に必要な間隔を提供するために、層はじゅうぶん厚くなければならない。本発明の具体的な実施形態によれば、多くの技術を独立に、または組み合わせて用いて適正な妥協点に到達することができる。

#### 【0071】

そのような第1の技術によれば、リニアアレイの光検出器領域上で薄く、リニアアレイのボンディングエリア上で厚い傾斜した透明層が用いられる。これはリニアアレイがイメージプレートと平行に位置しないことを意味する。図10bに示されるように、リニアアレイ1002は、光検出器領域1006がプレートにより近く、ボンディング領域がプレートからより遠いようにプレート1004に対して角度をつけて配置される。この手法を使えば、透明層1008の厚さを、光検出器領域上では最小化し、ボンディング領域上では最大化することができる。

#### 【0072】

より具体的な実施形態によれば、リニアアレイは空洞 (cavity) の中に置かれ、液体の透明エポキシがリニアアレイの上から流し込まれる。いったんエポキシが硬化すると、それは堅い透明層を作り、光検出器領域上では薄く、リニアアレイのボンディング領域上では厚くなる。ボンディングワイヤは、このエポキシによって直接に封止されるか、またはエポキシで覆われる前にまず柔軟な材料 (例えばシリコン) でコーティングされることによって熱膨張係数の不整合に関連する問題を軽減するかされる。プレートと接触するエポキシの表面が完全に平らになることを確実にするために、エポキシが満たされるモールドを使うことが提案される。例えばモールドは、エポキシが注がれるあいだエポキシを蓄え、エポキシが硬化した後に取り除かれる、リニアアレイの前に配置される完全に平らなテフロン (登録商標) コーティングされた表面のかたちで簡単には実現できる。ある実施形態によれば、Ables tickによって製造される4021Tのような1液形エポキシが用いられる。このエポキシはガラスおよびシリコンには固着するが、テフロンコーティングされた表面には接着しない。透明エポキシはまた、励起光を阻止する吸収色素を含みえる (本明細書で後述)。

#### 【0073】

図10aに示される第2の技術は、高い屈折率材料 ( $n \sim 1.6$ ) からできた透明な層1022を用いることを伴う。プレート1024から放射される光は、高屈折率材料1022内で、法線方向の入射角 (normal incidence) に対してより小さい角度で屈折する (スネルの法則)。結果として生じるボケがこれで減少する。

#### 【0074】

図10cに示される第3の技術は、干渉フィルタ1042を透明な層1044の表面上にイメージプレート1046と接触するように堆積させることを含む。干渉フィルタの目的は、法線方向の入射に近い角度でフィルタに到達する、プレートによって放射された誘導光を伝送し、ある角度以上でフィルタに到達する誘導光をプレートへと反射して戻すことである。このタイプの干渉フィルタは、前方ピーキング分布を作るため、つまり前方方向の光放射の強度を増し、軸からはずれた向きの強度を減少させるために即発放射蛍光体 (prompt-emitting phosphors) の前に用いられる。この技術は特に、CRT蛍光体スクリーンおよびプロジェクションレンズ (例えば大画面TVにおける) 間、または即発放射蛍光体およびレンズベースのカメラ間の光結合を最大化するのに有用である (Norikata Satoh, SPIE volume 2432, 462~469ページ)。この技術は空間解像度を犠牲にして前方方向への光放射の強度を増す。この技術は、より多くの光を集める目的のためではなく、ボケの効果に大きく関わる軸からずれた光を阻止する目的で本発明において用いられる。

#### 【0075】

リニアアレイ上にどの材料が用いられるかにかかわらず（例えば光ファイバフェースプレート、ガラス、プラスチック、またはエポキシ層）、この材料はイメージプレートに傷をつけてはいけない。ホコリや汚れを接触領域から取り除くことが傷がつく可能性を減らす。特定の実施形態においては、テフロンのようなさらなる層がプレート上にコーティングされるか、またはその材料そのものが用いられ、2つの表面間の摩擦を減らす。他の特定の実施形態においては、イメージプレートと接触する表面の外側の端部は傾斜がつけられるか、または丸みがつけられて傷がつく可能性を減らす。

#### 【0076】

##### 励起光の光源

励起光の光源が、互いに近接してマウントされた発光ダイオード（LED）群の列を含む本発明の様々な実施形態がここで説明されてきた。そのようなLEDアレイは商業的に入手可能であり、例えばStockerYale linelightsがある。そのようなモジュールの例では、100mmの基板上にLEDのそれぞれの間に1mmの間隔を空けて100個のLEDチップが直接マウントされている。典型的なLEDアレイの全体の照度はアレイの長手方向にわたってかなり均一である。本発明で提案される光励起方法の利点の一つは、プレートの深さ全域を消去（bleach）するのにじゅうぶんだけ高い照度を確保することによって、アレイの長手方向にわたる照度のバラツキに対して比較的左右されないことである。ある実施形態によれば、この閾値に達成することは、ひとつ以上のさらなるLEDの列を第1の列に追加することによって確実にでき、これによってプレート上の励起光の量を増すことができる。

#### 【0077】

具体的な実施形態によれば、LEDのピーク発光波長は、プレートおよび光検出器の間に置かれたフィルタのピーク吸収波長と一致する。さらにLEDは、フィルタの実効吸収範囲よりも狭い発光スペクトルを有するように選ばれる。これがあてはまらないある実施形態においては、追加のフィルタがLEDおよびプレート間に加えられる。この追加フィルタの目的は、プレートおよび光検出器間の1次フィルタによって阻止されない励起光のいかなる波長をも阻止することにある。他の実施形態においては、LEDの明るさを調整する制御回路が提供される。制御回路は、プレートの部分消去（partial bleaching）を実現するためにLEDの明るさを低減するために用いられる。

#### 【0078】

さらに他の実施形態によれば、より大きい消去効率を実現するために異なる色のLEDの列がさらに設けられる。単色照射よりも広帯域照射のもとで記憶蛍光体板がより効率よく消去されることが示されている。したがって紫外、青、緑、黄、橙または赤外LED群のさらなる列を赤色LED群の列に追加することが、広帯域照射を模擬し、消去効率を増すために提案される。

#### 【0079】

また、二段階消去法を用い、いくつかの記憶蛍光体板がより効率的に消去されることが示されている。そのような二段階消去法は、Fuji Computer Radiography Technical ReviewのNo. 2（「FRC9000における新しい技術開発」）の18ページに記載される。それはプレートを第1段階として紫外光に曝し、そして第2段階として紫外光なしで広帯域照射に曝す。Fujiは、プレートを高輝度蛍光管群のスタック上を通すことによってこの方法を実現し、ここでは蛍光管のいくつかは直接にプレートを露光し、いくつかは紫外線除去フィルタで覆われている。

#### 【0080】

本発明の具体的な実施形態は、二段階消去法を新しい方法で導入する。蛍光管群はLEDの列で置き換えられる。第1消去段階は、紫外LEDだけを用いて構築される。紫外LEDは今では多くのメーカーから商業的に入手可能である（例えば日亜NSHU-550EまたはNSHU-590E）。これらのLEDは、370nmから375nmの間でほぼ1mWを出力する。これらはまた可視出力が非常に低く（かすかな紫の光）、容易にフィルタで除去できる。第2消去段階は、紫外光を作り出さない様々な他の色のLED群を用いて構築できる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 8 1 】

## 光検出器のリニアアレイ

本発明で用いられる光検出器のリニアアレイ（例えば上述のアレイ 1 1 4、2 0 2、および 4 0 4）は、様々な異なる方法によって組み立てられる。例えばディスクリートの（個別の；discrete）光検出器群が一つの列にマウントされ、マルチプレクス回路に接続される。あるいは光検出器のアモルファスシリコンアレイが使用される。低雑音読み出しを実現するために、単結晶シリコン基板に設けられた光検出器群が好ましい。このようなリニアアレイは、電荷結合素子（CCD）またはCMOS技術を用いて製造される。イメージセンサのためのCMOS技術は、この数年で飛躍的に発達し、CMOSイメージセンサのパフォーマンス特性はCCDのそれに近づいている。本発明は、利用可能なあらゆる種類の光検出器技術を排除するものではない。リニアCCDのパフォーマンスに基づいて本発明の様々な実施形態はさらなる改善を提供するものであり、それが後述される。

10

## 【 0 0 8 2 】

従来のリニアCCDは、光検出器としてフォトダイオードまたは接合ゲートに頼っている。いずれの設計も、スペクトルの青色領域においては高い量子効率（ほぼ60%）を持つ光検出器を提供するが、これはこれら光検出器が、レジスタに用いられるポリシリコンゲート（青色でよく吸収する）によって覆われていないからである。今日のリニアCCDの内部（intrinsic）量子効率は、理論限界値に近い。しかし、シリコン表面で反射される光の量が多いため外部（extrinsic）量子効率は低い。これはまた、シリコンの屈折率が高いという事実による。無反射コーティングを使用することで、背面照射エリアCCD（back-illuminated area CCD）の量子効率を改善する試みが成功している。しかし従来の前面照射リニアCCD（front-illuminated linear CCD）の量子効率を改善するためのいかなる類似の努力も、製品や文献に報告されてきていない。したがって本発明は、リニアCCDに無反射コーティング（antireflection coatings）を提供することで、シリコン表面から反射される量を低減する。前面照射型リニアCCDの量子効率を多層コーティング（例えば酸化ハフニウム）を用いることで400nm（例えば誘導光の波長）において60%から95%に改善できる。さらに、そのような多層コーティングはまた、650nm（励起光の波長）の光を反射することによって、前面照射型リニアCCDの量子効率を80%から1%に低減できる。すなわちこれらの多層コーティングは、励起光のための阻止フィルタとして、かつ誘導光のための無反射層としてふるまうように実現できる。

20

30

## 【 0 0 8 3 】

前述のように、従来のリニアCCDは、光検出器としてフォトダイオードまたは接合ゲートに依存する。そのようなフォトダイオードまたは接合ゲート光検出器を作るためには、追加プロセスのステップが必要であり、コストおよびCCD製造プロセスの複雑さが増す。より容易で安価なプロセスは、フルフレームエリアCCD（full-frame area CCD）に使われるような、リニアCCDを製造ために用いられるが、それは青色量子効率を犠牲にした上でのことである。フルフレームエリアCCDは、垂直レジスタが光検出器としてはたらく簡単な製造プロセスを用いる。これらはスペクトルの青領域で低い量子効率（ほぼ10%）を呈するが、これは垂直レジスタがこれらの波長で強い吸収を見せるポリシリコンゲートで覆われているからである。ポリシリコンゲートを薄くするか、またはそのようなゲートを光検出器領域の部分から取り除くことによって青色量子効率を増す試みがなされてきた。

40

## 【 0 0 8 4 】

したがって本発明の具体的な実施形態によれば、従来のフルフレームエリアCCDプロセスを用いて製造されたリニアCCDの青色量子効率を増す技術が導入される。提案される光検出器のレイアウトは、広いチャネルストップ領域群（ポリシリコンゲートによって覆われない）に両側で囲まれた狭いポリシリコンゲート（つまりフォトゲート）を含む。この光検出器の設計は、従来のリニアCCD光検出器とは劇的に異なるが、それは光検出器群の間のチャネルストップ領域が光検出器それ自身よりもずっと広い（図11aおよび図11bで比較されたい）からである。

50

## 【 0 0 8 5 】

従来は、狭いチャンネルストップ領域 1 1 0 2 が光検出器 1 1 0 4 の間に埋め込まれ、それらの間に鋭いポテンシャル障壁を形成する（図 1 1 a）。チャンネルストップ領域は高い量子効率を呈するが、強い電界はないので、その領域で発生した電子は水平方向に拡散し、2つの隣接する光検出器のどちらかの側に逃げる。たいていのリニア CCD 設計においてチャンネルストップ幅は、光検出器群の間での鋭い分離をできるだけ作るために最小に抑えられ、そのためコントラスト（つまり MTF）が増大する。光検出器の応答は、台形のカーブで表現でき、もしチャンネルストップ部が光検出器に比べ狭いと四角形に近づく（図 1 2 a）。

## 【 0 0 8 6 】

これに対して本発明の具体的な実施形態によれば、チャンネルストップ 1 1 5 2 は、光検出器 1 1 5 4 よりも広い（図 1 1 b）ので、三角形の形の光検出器応答カーブを描く（図 1 2 b）。図からわかるように、これは隣接光検出器の間の分離を低減する（すなわち重複した応答を発生する）。より具体的な実施形態によれば、この効果は、光検出器を必要な解像度よりも細かいピッチで設け、それらの信号を CCD レジスタの出力において（アナログビニング技術）、またはそれらが 2 値化されたあとに（図 1 2 c）結合することによって緩和される。この設計は、青色量子効率を高める本来の目的を達成するだけでなく、チャンネルストップ領域は CCD チャンネルよりも少ししか暗電流を発生しないので、光検出器内の暗電流の発生を低減させることにも役立つ。

## 【 0 0 8 7 】

他の実施形態によれば、エリア CCD は、リニア CCD をエミュレートするために用いられる。すなわちエリア CCD の同じカラムの光検出器群からの信号が、水平出力レジスタ内で結合され、単一の大口径光検出器を形成する。例えば 5 つの  $44\ \mu\text{m} \times 44\ \mu\text{m}$  光検出器群がビニングされて、 $220\ \mu\text{m} \times 44\ \mu\text{m}$  の光検出器をエミュレートする。提案されるエリア CCD は、そのアスペクト比（ $5 \times 2$ 、0 4 8 画素）において時間遅延積分（TDI）CCD に似ているが、TDI モードで用いられるわけではない。この設計は、大口径光検出器に伴う読み出しの遅れの重大な問題を緩和する。

## 【 0 0 8 8 】

すなわち、 $100\ \mu\text{m}$  より大きい口径を持つ光検出器は、バーコードリーダのために設計されたリニア CCD（例えば東芝 TCD1304AP、ソニー ILX511）のデータシートで報告されるように、大きな読み出し遅れを呈する。これは光検出器領域の電界が、小さい電荷パケットを  $100\ \mu\text{m}$  の距離だけ動かし出力レジスタに到達させるためにはじゅうぶん強くないという事実による。従来のリニア CCD の代わりにエリア CCD が用いられる場合、ゲート長が  $15\ \mu\text{m}$  未満に抑えられる。空間解像度はエリア CCD のカラム方向には必要がないので、より大きいゲート群がそれらの間に注入障壁を設けることなく用いられる。そのような設計の例は、図 1 3 に示される。5 つの  $44\ \mu\text{m}$  の光検出器 1 3 0 2 が CCD 埋め込みチャンネルに沿って垂直にレイアウトされる。関連するタイミング図に示されるように、フォトゲートは積分時間のあいだ負にバイアスされ（後述の MPP モード）、電荷パケットを出力レジスタに転送するために波状に短い時間でクロックが送られる。

## 【 0 0 8 9 】

この動作モードでは、垂直方向にはイメージングできないのでデバイスは真のリニア CCD である。デバイスレイアウトはエリア CCD のそれと類似するが、フォトゲートは、電荷を出力レジスタへと波状に送るしかできず、全て同じ電圧に固定されているため個々の電荷パケットを分離できない。前の実施形態（二重エネルギーイメージングのための二層プレート）で述べたように、一つではなく、光検出器の 2 つの隣接する列から情報を集めなければならないかもしれない。バイリニアデバイス（光検出器の 2 つの隣接する列）として図 8 に示されたのと同じリニアデバイスを、単にフォトゲートのタイミングを変えるだけで動作させることができる。もし  $V_{PG3}$  が基板に固定され、他の 4 つのフォトゲートが交互にオンされる（dithered）なら、 $V_{PG3}$  は、第 1 光検出器（ $V_{PG1}$  および  $V_{PG2}$  からなる）と、第 2 光検出器（ $V_{PG4}$  および  $V_{PG5}$  からなる）との間の障壁

10

20

30

40

50

としてはたらく。フォトゲートの交互にオンされること (dithering) がじゅうぶんに速いなら、4つのフォトゲートが積分時間中に交互にオンされる (dithered) (基板に固定されるのではなく) という事実は暗電流特性には悪影響を及ぼさない (以下のMPP動作の詳細を参照)。

【0090】

室温において、従来のリニアCCDは大きすぎる暗電流を発生し、この応用例に必要なとされる画像の質を大きく損ねていた。この問題の解決法は、CCDを冷却することだが、結露の問題のために簡単なことではない。デバイスを冷却する必要をなくするために、本発明の具体的な実施形態は、リニアCCDの暗電流を減少する方法を提供する。この方法は、エリアCCDのためだけに開発されたMPPとして知られる技術に触発されたものである。MPP技術はエリアCCDの垂直レジスタ内に発生する暗電流を大きく減少させる。これは一つのゲートの下には弱い注入 (weak implant) しか行わず、全てのゲートを負にバイアスする (全反転) ことによって、Si-SiO<sub>2</sub>の境界面を基板電圧に固定する (MPP: マルチピンドフェーズ Multi-Pinned Phase) ことで実現できる。さらなる詳細は「Solid-state imaging with charge-coupled devices」、A. Theuwissen著の289ページに記載されている。

【0091】

この技術は以前はエリアCCDの垂直レジスタにおいて実現されており、エリアCCDの水平出力レジスタや、リニアCCDの出力レジスタでは実現されていなかった。その理由は、ゲートが負の電圧に固定されるときだけMPPモードが暗電流の発生を抑え、ゲートが正の電圧でクロックされるときはそうではないからである。エリアCCDの動作において、垂直レジスタのゲートはたいていの時間、負の電圧に固定され (水平出力レジスタの読み出しのあいだ)、短い時間のあいだだけ正の電圧でクロックが与えられる (つまり非常に低いデューティサイクル)。そのような状況では、MPPモードは非常に効率がよい。しかしタイミングチャートはエリアCCDおよびリニアCCDの出力レジスタとはかなり異なる。すなわちそのようなデバイスのゲートはふつうは常にクロックが与えられ、いかなる長い時間も低い電圧に固定されることはない (つまり図14aの高いデューティサイクル)。このような状況では、MPP動作は全く効率的ではなく、これは商用デバイスで実現されてこなかった理由である。

【0092】

本発明の具体的な実施形態によれば、MPPモードは、MPP障壁注入 (barrier implant) をあるゲートに導入し、全てのゲートを連続モードの代わりにバーストモードでクロッキングする (図14b) ことによってCCDの出力レジスタにおいて実現される。連続モードからバーストモードにタイミングチャートを変更することは、デューティサイクルを高デューティサイクルから低デューティサイクルに変える。これにより全てのゲートがかなりの長さの時間、低い電圧に固定され、それによりそのようなデバイスについてはMPPモードを効率的にする。

【0093】

本発明の他の具体的な実施形態によれば、MPP障壁注入を4つのフェーズのうちの2つのゲート (1つではなく) に導入することによってMPPモードが4フェーズCCD出力レジスタにおいて実現される。図13を参照して、MPP障壁注入はゲート<sub>H2</sub>および<sub>H4</sub>の下にあるが、ゲート<sub>H1</sub>および<sub>H3</sub>の下にはない。この設計は出力レジスタの動作において大きな柔軟性を許す。出力レジスタは従来の4フェーズクロックモード (図18に示されるように) で動作できる。出力レジスタはまた2つの隣接するゲートを接続することによって2フェーズクロックモードでも動作できる。<sub>H1</sub>および<sub>H2</sub>が互いに接続され、<sub>H3</sub>および<sub>H4</sub>が互いに接続されるので、出力レジスタは電荷を右から左に移動させる (図18参照)。<sub>H1</sub>および<sub>H4</sub>が互いに接続され、<sub>H2</sub>および<sub>H3</sub>が互いに接続されると、出力レジスタは電荷を左から右に移動させる (図18参照)。この設計は、2フェーズ出力レジスタ (4入力ではなく2入力クロック) の動作の簡単さと、4フェーズ出力レジスタ (電荷転送の双方向性) の柔軟性とを結びつけるもの

10

20

30

40

50

である。

【0094】

リニアCCDは伝統的には産業用および文書スキャニング応用例に設計されてきており、その結果、科学的な分野におけるCCDについてなされた技術発展の恩恵に浴していない。例えばリニアCCDは高速読み出しアンプ（例えば図15aに示される2段FETアンプ）を特徴とするが、低速・低雑音の読み出しアンプは特徴としない。したがって本発明は、低速・低雑音アンプ（例えば単一段FETアンプ）を用いる様々な実施形態と用いられるリニアCCDを提供する（図15b）。この設計の目的は、5MHzにおいて電子300個に近い従来のリニアCCDの読み出し雑音と比べ、500kHzにおいて電子10個に近い読み出し雑音を達成することにある。

10

【0095】

上述の改善は、リニアCCDのダイナミックレンジを改善することを意図する。しかしそのような改善をもってしてもリニアCCDのダイナミックレンジは、光増倍管のダイナミックレンジよりもまだはるかに小さい。したがってレーザ走査イメージプレートリーダー（光増倍管を利用した）により近く匹敵するように、リニアCCDのダイナミックレンジをさらに増やすことが重要である。リニアCCDのダイナミックレンジをさらに増やすために多くの技術が利用可能である。米国特許第5,055,667号に記載された一つのそのような技術は、非線形フォトサイト応答を作ることからなる。

【0096】

本発明の具体的な実施形態によれば、CCDレジスタの出力における光検出器信号のビンニングが動的に制御される技術が提供される。アナログビンニング技術は過去にも実効光検出器領域およびCCDの全体的解像度を变化させるために用いられてきた。対照的に、この実施形態においては、ビンニング（binning）プロセスは、システムのダイナミックレンジを増すために「オンザフライ」で制御されるのであって、その解像度を変更するのではない。より具体的な実施形態においては、光検出器が4倍必要なリニアCCDが用いられる。

20

【0097】

従来のビンニングでは、4つの隣接する光検出器からの信号は、それら信号値に関係なく、それらがレジスタの出力に到達するときに体系的に結合される。残念ながら、高い信号強度においては、4つの信号を結合することが読み出し回路の飽和（つまり望ましくないダイナミックレンジ制限）につながることもある。それに対してこの実施形態によれば、ただ一つの光検出器の信号が読み出しされ、その近傍の3つの光検出器の信号と結合されるかどうかを決定する前に、閾値と比較される。もし信号の値がある閾値よりも下なら、続く3つの光検出器の信号群はその信号とビンニングされ、結合された信号が再測定される。

30

【0098】

一方、もし信号値がある閾値よりも上であれば、ビンニングは起こらず、続く3つの光検出器の信号群は廃棄されるか、個別に読み出しされる。

【0099】

さらなる実施形態によれば、システムの感度をさらに上げ、よってダイナミックレンジを上げるために、追加のビンニング（例えば4つではなく8つの隣接する光検出器からの信号群を結合する）が利用される。「動的に制御されるビンニング」という語は、ビンニングがある信号値についてだけ起こり、その決定プロセスが「オンザフライ」で行われるという事実を指す。この技術は、この応用例では特にうまく機能するが、これは隣接光検出器群の信号値が互いに近いからである。これは、記憶蛍光体板の点像分布関数（ほぼ120μm）に比べ、光検出器群が小さい（ほぼ20μm）という事実による。

40

【0100】

本発明の具体的な実施形態によれば、バイリニアCCDが提供され（図16を参照）、ここで一つのソフトレジスタが広い画素1602（高感度）からの電荷を集め、もう一つのレジスタが狭い画素1604（低感度）からの電荷を、広い画素と互い違いになるよう

50

に集める。本発明のさらに別の実施形態によれば、単一のシフトレジスタリニアCCDが提供され(図17)、ここで奇数画素1702は狭く、偶数画素1704は広い。

#### 【0101】

読み出しプロセスのあいだ、狭い画素は先に読み出しされ、所定の閾値と比較される。もし画素値がその閾値より上なら、画素値は有効なものとされ、関連する広い画素は廃棄される(つまりそれは飽和しているので何の情報も持たないことになる)。もし画素が閾値よりも下なら、出力アンプはリセットされず、関連する広い画素が狭い画素とビニングされ、結合された値が測定され、有効なものとされる。低い信号値については、情報が廃棄されることはなく、全ての電荷が読み出しされる。高い信号値については、信号のわずかな部分だけが読み出しされる(狭い画素および広い画素の間の比)が、このプロセスはさらなる雑音を付加するものではない。この読み出しプロセスは、装置のダイナミックレンジを、互い違いになる画素のサイズの比にほぼ対応するだけ大きく増すことにつながる。

10

#### 【0102】

同様のビニング技術が、走査と直角の方向(cross-scanning direction)とともに、異なる画素構成についても用いられる。すなわちそれぞれのラインに沿った画素値情報は、所定の閾値と動的に比較され、どのくらいの機械的走査ピッチが適切であるかを判断する。もし信号値が非常に低いなら、感度を最大化するために、より大きいサンプリングピッチが用いられる。逆にもし信号値が高いなら、空間解像度を最大化するために、より小さいサンプリングピッチが用いられる。この動的解像度/感度最適化は、走査と直角の方向とともに、走査方向に沿って実現される。これらのダイナミックレンジ伸長技術は、CCD出力アンプのダイナミックレンジが、その感度を最大化するために意図的に低く抑えられているときに特に重要である。

20

#### 【0103】

他のユニークなCCD設計の特徴が、本発明の様々な実施形態と用いるために提供される。すなわち感光領域がチップの長い端部と可能な限り近くされていることである。これは、この端部が照射領域、よって誘導光が発生する領域の境界を定義するからである。従来のリニアCCDは、商用および文書スキャニング用応用例のために設計されてきており、そのためそれらの感光領域はチップの中央に配置される(典型的には1mmから2mm端部から離れている)。本発明の様々な実施形態によれば、科学用に隙間なく配置できる(butable)エリアCCDのために開発された技術がリニアCCDを製造するために利用され、そのようなCCDはその感光領域と、チップの3つの端部との間のデッドスペースを最小化している(典型的には50μm未満)。長い端部に沿ったこの最小化されたデッドスペースは、集光を最大化するのに役立つ。この最小化されたデッドスペースは、それぞれのリニアアレイの末端において、複数のアレイが隣合うことで、境目のない感光領域を作る。

30

#### 【0104】

リニアCCDの最大長は、それが製造されるウエハの大きさによって決定される。典型的には5インチまたは6インチのウエハがCCDを製造するのに用いられる。これは4インチ未満の長さのリニアCCDについて実用上の制限を課す。標準の14インチ×17インチの医療用プレートを単一のパスで読み出しするためには、機械的に多くのリニアCCD群を連結する必要がある。ある実施形態によれば、4つの機械的に結合されたCCDが用いられ、それぞれは44μm画素間隔で2048画素を持つ単一の口ウという仕様である。それぞれのCCDは、0.2cm幅で9cmの長さである。

40

#### 【0105】

さらなる実施形態によれば、特別のコーティングが光検出器に施され、前面量子効率を例えば390nmにおいて95%まで上げる。それぞれのCCDは、2つの非常に低雑音の単一段アンプ(30、400kHzにおいて8電子)を利用する。このシフトレジスタのウェル容量は、最適化されたダイナミックレンジおよび室温暗電流に基づいて大きさが決まる。CCD画素も最適化されたダイナミックレンジおよび室温暗電流に基づいて大

50

きさが決まる（例えば9 μm幅の奇数画素および81 μm幅の偶数画素）。リニアCCDの他の具体的な実施形態は図18に示される。

【0106】

励起光阻止フィルタ

励起光が光検出器のリニアアレイに到達するのを防止する多くの技術がすでにここで説明されてきた。本発明のさらなる実施形態によれば、励起光を阻止するために追加のステップが実行される。そのような実施形態によれば、多層干渉フィルタが光ファイバフェースプレートの片面または両面に堆積される。より具体的な実施形態によれば、励起光（例えば赤色光）の波長における電磁エネルギーを吸収するエネルギー吸収材料が、光ファイバフェースプレートをリニアアレイに接着するのに用いられる光学セメント、またはプレートおよびリニアアレイの間の透明層として用いられる光学エポキシに添加される。光ファイバフェースプレートおよびリニアアレイの間の典型的な糊代部の厚さは20 μmである。もし糊代部の厚さが50 μmよりもずっと厚いなら、空間解像度の損失が発生するかもしれない。

10

【0107】

ある種の色素材料は非常に高い吸収特性を持つように製造されえる（例えばシアニン）。したがって具体的な実施形態によれば、そのような色素がエポキシ材と高い濃度で混ぜられ、それにより全ての励起光を非常に薄い層（例えば20 μm未満）で吸収することができる。そのような色素の一つの例として、American Dye Source, Inc.（カナダ、ケベック）によって製造される、ADS 640HIと呼ばれ、化学式 $C_{39}H_{55}N_2I$ で表される製品がある。この吸光係数は643 nmにおいて $200,000 \text{ l/mol/cm}$ である。その溶解度はほぼ $0.05 \text{ mol/l}$ である。したがって10 μmの厚さ（ $0.001 \text{ cm}$ ）の場合、643 nmにおける透過率は $10^{-10}$ であり、これは励起光がまったく光検出器に到達しないことを確実にするのにじゅうぶんだけ低い。

20

【0108】

さらにこれらの色素のいくつかは蛍光性なので（例えばレーザ色素）、本発明のさらなる実施形態は、エポキシの中に追加の吸収材料を提供することによって、蛍光色素によって作られる蛍光を阻止できる。

【0109】

他の実施形態によれば、色素の化学組成はその自然蛍光（natural fluorescence）をクエンチ（quench）するように変更される。スペクトルの赤色領域でレーザ色素の蛍光をクエンチすることは今まで達成されなかった。この問題を回避するために他の技術が用いられてきた。例えば欧州特許出願EP 1065525 A2は、従来の着色ガラスフィルタ（例えば1 mmのSchott BG39）でレーザ色素の蛍光をフィルタで阻止する方法を記載する。従来の着色ガラスフィルタは、レーザ色素の蛍光を阻止はするが、許容できない追加の厚みを光路に導入してしまう。追加のフィルタ層を導入することなしに蛍光を除去するのが望ましい。

30

【0110】

したがって本発明のある実施形態によれば、レーザ色素の化学組成は蛍光発光しないように変更される。これは、レーザ効率を増すためにレーザ色素の蛍光を最大化（最小化ではなく）することに目標をさだめてきた伝統的なアプローチとは逆行する。この実施形態は、American Dye Sourceによって製造される色素ADS812MIのようなある種の赤外色素は蛍光発光しないという事実に基づく。ADS812MIは、ピーク吸収を812 nmに有し、 $C_{40}H_{40}ClN_2I$ の化学式で表せる。分子中に塩素が存在することは、色素が蛍光発光しないという事実と関連するようである。したがって本発明の実施形態によれば、塩素を赤色色素の化学組成に導入し（例えば過塩素酸のかたちで）、その自然蛍光を禁止する。

40

【0111】

走査機構

本発明と用いるためのある走査機構（例えば上述の読み出し装置504およびアクチュエータ508）は、リニア光検出器アレイおよび照射LEDの列が永久的にマウントされ

50

た(permanently mounted)双方向性トランスレーションステージである。前述のように具体的な実施形態によれば、ステージの前方走査方向は、プレートを同時に読み出しおよび消去するために用いられ、一方、ステージの後方走査方向は、ステージをその開始位置に戻すのに加えて、プレートの追加消去のために用いられる(もし必要であれば)。プレートの非対称的な励起(ナイフエッジ照射)のために、プレートの読み出しは前方走査方向でのみ行われる。理解されるように、ステージをプレートにわたって移動させるために、例えばモータ駆動のリードスクリュー、モータ駆動のベルト、磁気リニアモータ、およびインチワームモータを含む様々な機構が用いられる。

#### 【0112】

これらのステージ移動方法の全ては、ステージの外部寸法および走査機構が1インチの半分(1/2インチ)未満の厚みであることを許容することに注意されたい。この寸法は、図6を参照して前述された従来のフィルムカセットのサイズのカセットの中に本発明の実施形態が収納できるために重要である。これが実現することは、家庭用冷蔵庫ほどの大きさもある現行のレーザ走査読み出し装置に比べたときに、特に印象的である。

#### 【0113】

リードスクリューまたはベルトの解決法の場合、モータ(リードスクリューまたはベルトを駆動する)は、フィルム状のカセットの内部または外部に設けられる。モータがカセット内部に設けられる実施形態においては、小さな電動モータ(例えばマブチモータ型番FF-N30VA)が用いられるが、それはその全体の厚みが10mm(1/2インチ未満)を超えないからである。そのような断面が小さい電気モータは、様々な家庭電子製品(CDプレーヤ、カセットプレーヤなど)で使われるので、一般に入手可能である。

#### 【0114】

モータ1902がカセット1904の外部に配置される実施形態(例えば図19)において、それは例えばフレキシブルケーブル1908を用いてリードスクリュー1906またはベルト(不図示)に機械的に結合される。図に示されるようにカセットおよびモータの間の数フィートの距離があることによって、ラジオグラフィカセットトレイとして一般に知られている標準的な「ドア枠型(bucky)」トレイに、カセットを挿入するのに必要な隙間(clearance)をもたらし、挿入しやすくする。より具体的な実施形態によれば、図20aおよび図20bの実施形態で示されるように45度の角度で、機械的なリンクがカセットから一つのカードにおいて外に出る。他の実施形態は、カセットへの機械的なリンクを、図21aおよび図21bの実施形態で示すようなヒンジアセンブリで接続する。

#### 【0115】

これらの実施形態は、本発明の読み出し機構を含むカセットが、たいていのX線のフィルム枠(bucky)にフィルム枠を変更することなくポートレイトまたはランドスケープモードで収まることを意図している。カセットはフィルム枠に挿入される一方で、ケーブル(読み出し装置への機械的リンクまたは電氣的接続を含みえる)はトレイをじゃますることなくカセットから外に出る。

#### 【0116】

さらに本発明のカセットの具体的な実施形態は、従来のX線装置において、X線ビームコリメーションを変更することなく用いられる。そのような実施形態によれば、本発明のカセットによって読み出しされる画像領域は、X線装置によって用いられる標準フィルムカセットの画像領域と非常に近いように維持される。そのような実施形態によれば、カセットの画像領域の境界となるブラインド領域は、従来のフィルムカセットにおけるブラインド領域と同じくらい小さく維持される。そのような一つの実施形態によれば、これはX線透過性材料でできたリードスクリューまたはベルト(例えばリードスクリュー1906)を使用して達成される。そのような他の実施形態によれば、リードスクリューまたはベルトは、カセット内の最も端に置かれる。磁気リニアモータを採用する実施形態の場合(例えば図22)、U字型磁石2202は、カセット2204の内部の端に沿って置かれ、トランスレーションステージはリニアモータアクチュエータ2206とともに収められる。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 1 7 】

## システムの筐体

上述のように具体的な実施形態によれば、本発明のシステムの筐体は、従来のフィルムカセットと実質的に大きさが同じであるように意図されている。図 2 3 に示される 1 4 インチ × 1 7 インチのカセットの場合、3 フィートの機械的、電気的ケーブル 2 3 0 2 がカセット 2 3 0 4 およびモータ筐体（不図示）の間に設けられ、より長い電気ケーブル（不図示）がモータ筐体および Q A ステーションの間に設けられる。図 2 4 に示される 1 8 c m × 2 4 c m のカセットおよび 2 4 c m × 3 0 c m のカセットの場合、モータ 2 4 0 2 は、筐体 2 4 0 4 に取り付けられる。このような全ての実施形態においてカセットは、電氣的または機械的変更を加えることなく、従来のフィルム枠に収納することができる。

10

## 【 0 1 1 8 】

他の実施形態によれば、X 線検出センサがカセット内に設けられて、カセットが X 線に曝されているかどうかを検出する。いったん X 線曝露が止まると、それが X 線検出器の出力で示され、走査プロセス開始がトリガされる。これにより、X 線源との接続および同期の必要がなくなる。より具体的な実施形態によれば、X 線検出器は、フォトダイオード（ディスクリット（discrete）の素子またはリニアアレイの一部）であり、X 線への曝露による記憶蛍光体板の即時放出によって発生した光を受け取る。

## 【 0 1 1 9 】

さらに他の実施形態によれば、R F 検出デバイスがカセット内に設けられることによって、カセットの近傍にある R F I D タグを検出する。この実施形態は、患者の I D 入力プロセスの自動化を促進する。伝統的に患者 I D は、受付エリアのワークステーションに入力され、後に X 線技術者によって専用のワークステーションに再入力される。この 2 台目のワークステーションの目的は、検査日とともに患者の氏名および I D 番号をそれぞれの X 線画像に「焼き付ける（flash）」ことにある。本発明によれば、患者は受付エリアにおいて患者の I D 情報を格納する腕輪を発行される。このようにして患者は、腕輪がじゅうぶんに近くなると、自動的にカセットによって認識され、すぐに確認し、かつ記憶画像へ付加するために、患者 I D 情報は関連づけられたワークステーションに転送されるか、関連づけられたワークステーションによって読み出しされる。

20

## 【 0 1 2 0 】

本発明は、特に具体的な実施形態を参照して示され説明されてきたが、本発明の精神または範囲から逸脱することなく開示された実施形態の形態および詳細が変更されてもよいことが当業者にはわかるだろう。例えば、1 次元の、例えばライン毎の記憶媒体の励起および読み出しを参照して具体的な実施形態がここに説明されてきた。しかし本発明の原理は、L E D アレイではなく、例えばレーザペンシルビームを用いる 2 次元の、例えば画素ごとの励起および読み出しの例にも適用できることが理解されよう。そして実施形態はここで記憶蛍光体板およびデジタルラジオグラフィを参照して説明されてきたが、本発明は様々な記憶媒体および情報キャプチャ技術に適用可能であることが理解されよう。例えばここで説明された技術は、放射性ゲルおよびプロット分析のためのオートラジオグラフィの分野でも使用できる。さらに励起光および誘導光の他の波長も考えられる。例えば赤色の励起光および青色の誘導光の代わりに、励起光が赤外光で、誘導光が緑色であってもよい。したがって本発明の範囲は添付の特許請求の範囲を参照して決定されるべきである。

30

40

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 1 2 1 】

【 図 1 】 図 1 は、本発明の具体的な実施形態による不透明な記憶媒体から情報を読み出すための機構の簡略化された図である。

【 図 2 】 図 2 は、本発明の別の具体的な実施形態による不透明な記憶媒体から情報を読み出すための機構の簡略化された図である。

【 図 3 】 図 3 は、本発明のさらに別の具体的な実施形態による不透明な記憶媒体から情報を読み出すための機構の簡略化された図である。

50

【図4】図4は、本発明のさらに別の具体的な実施形態による不透明な記憶媒体から情報を読み出すための機構の簡略化された図である。

【図5】図5は、本発明の様々な実施形態と用いるライン走査装置の簡略化された図である。

【図6】図6は、本発明の様々な実施形態と用いるラジオグラフィカセットの簡略化された図である。

【図7a】図7aは、本発明の様々な実施形態によるプレートにおけるエネルギー吸収色素の異なる濃度についての、励起光の吸収プロファイルと、結果として生じる誘導光の点像分布関数とを示す図である。

【図7b】図7bは、本発明の様々な実施形態によるプレートにおけるエネルギー吸収色素の異なる濃度についての、励起光の吸収プロファイルと、結果として生じる誘導光の点像分布関数とを示す図である。

【図7c】図7cは、本発明の様々な実施形態によるプレートにおけるエネルギー吸収色素の異なる濃度についての、励起光の吸収プロファイルと、結果として生じる誘導光の点像分布関数とを示す図である。

【図8】図8は、本発明の具体的な実施形態による、それとともに用いるように設計された2層蛍光体板の簡略化された図である。

【図9】図9は、本発明の具体的な実施形態を示すカセット筐体における蛍光体板の簡略化された図である。

【図10a】図10aは、本発明による記憶板および光検出器アレイの間のインタフェースを提供するアプローチを示す図である。

【図10b】図10bは、本発明による記憶板および光検出器アレイの間のインタフェースを提供するアプローチを示す図である。

【図10c】図10cは、本発明による記憶板および光検出器アレイの間のインタフェースを提供するアプローチを示す図である。

【図11a】図11aは、従来技術によるリニアCCDの構成を示す図である。

【図11b】図11bは、本発明の具体的な実施形態によって設計されたりニアCCDの構成を示す図である。

【図12a】図12aは、従来技術によるCCDの画素応答を示す図である。

【図12b】図12bは、本発明の具体的な実施形態によって設計されたCCDの画素応答を示す図である。

【図12c】図12cは、本発明の具体的な実施形態によって設計されたCCDの画素応答を示す図である。

【図13】図13は、本発明の具体的な実施形態とともに用いられるエリアCCDの構成を示す図である。

【図14a】図14aは、従来のクロックによる3フェーズリニアCCDを示す図である。

【図14b】図14bは、本発明の具体的な実施形態によるMPPバーストクロックの3フェーズリニアCCDを示す図である。

【図15a】図15aは、リニアCCDのための従来の2段アンプを示す図である。

【図15b】図15bは、本発明の具体的な実施形態によるリニアCCDのための単一段アンプを示す図である。

【図16】図16は、本発明の具体的な実施形態によるバイリニアCCD構成の簡略化された図である。

【図17】図17は、本発明の具体的な実施形態によるリニアCCD構成の簡略化された図である。

【図18】図18は、本発明の別の具体的な実施形態によるリニアCCD構成の簡略化された図である。

【図19】図19は、本発明の具体的な実施形態によって設計されたラジオグラフィカセットを示す図である。

10

20

30

40

50

【図20A】図20Aは、本発明の具体的な実施形態によって設計されたラジオグラフィカセットを示す図である。

【図20B】図20Bは、本発明の具体的な実施形態によって設計されたラジオグラフィカセットを示す図である。

【図21A】図21Aは、本発明の具体的な実施形態によって設計されたラジオグラフィカセットを示す図である。

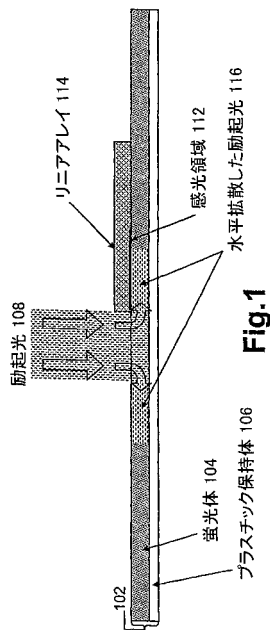
【図21B】図21Bは、本発明の具体的な実施形態によって設計されたラジオグラフィカセットを示す図である。

【図22】図22は、本発明の具体的な実施形態によって設計されたラジオグラフィカセットを示す図である。

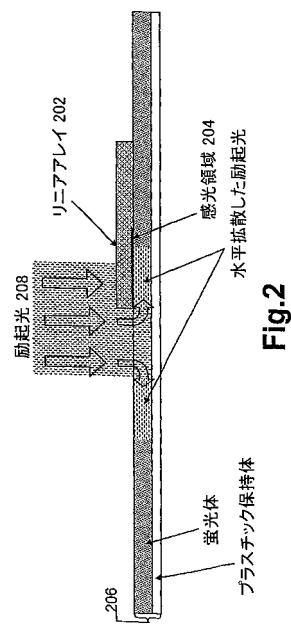
【図23】図23は、本発明の具体的な実施形態によって設計されたラジオグラフィカセットを示す図である。

【図24】図24は、本発明の具体的な実施形態によって設計されたラジオグラフィカセットを示す図である。

【図1】



【図2】



【 図 3 】

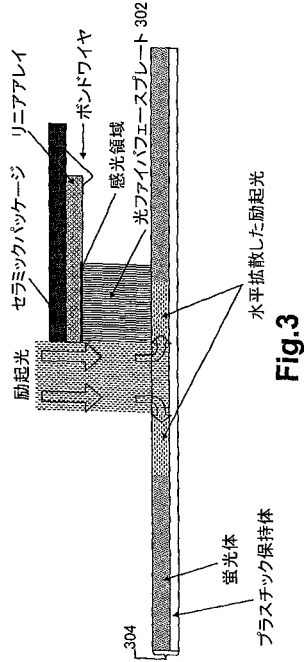


Fig.3

【 図 4 】

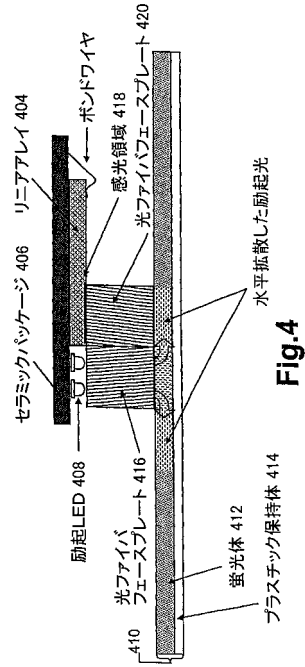


Fig.4

【 図 5 】

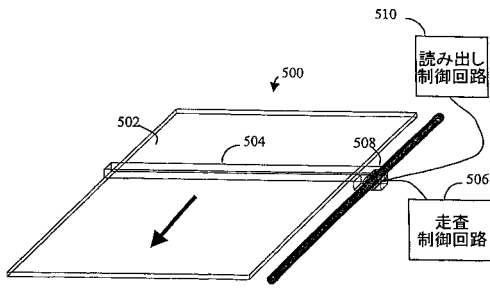


Fig.5

【 図 7 a 】

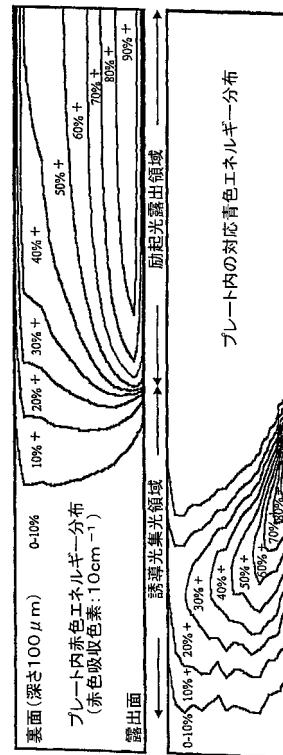


Fig. 7a

【 図 6 】

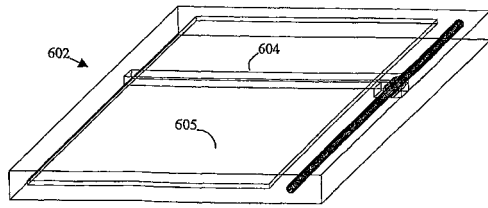


Fig.6

【 図 7 b 】

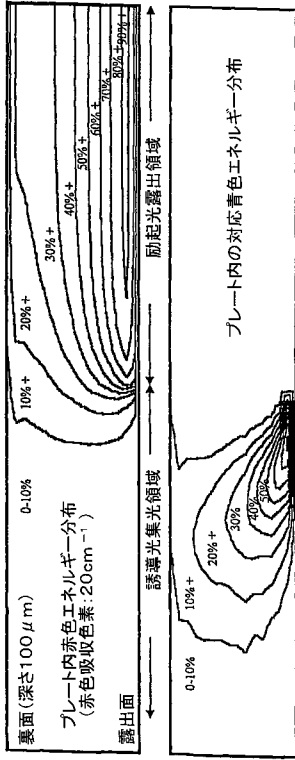


Fig. 7b

【 図 7 c 】

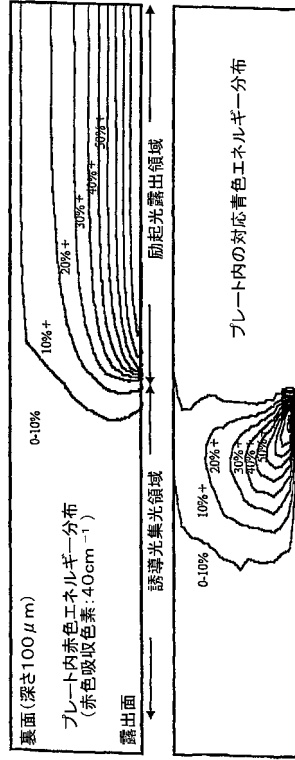


Fig. 7c

【 図 8 】

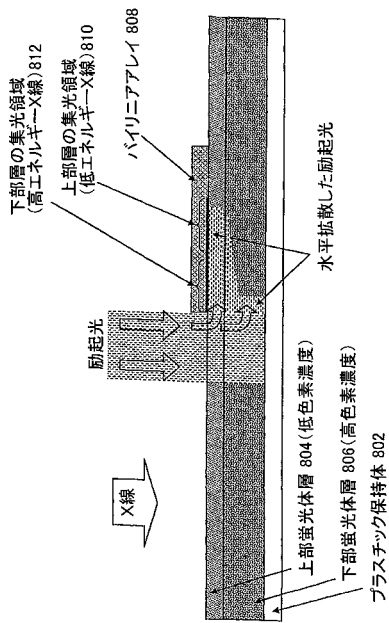


Fig. 8

【 図 9 】

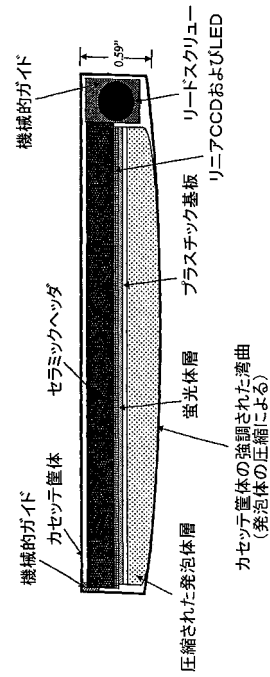


Fig. 9

【図10A】

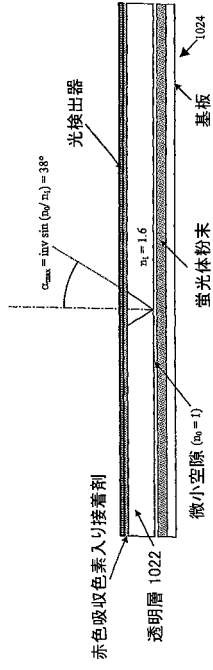


Fig.10 A

【図10B】

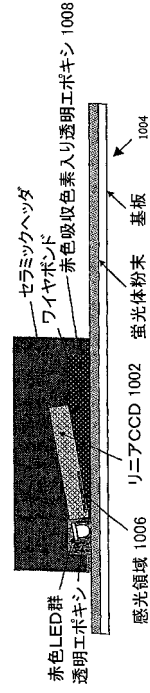


Fig.10 B

【図10C】

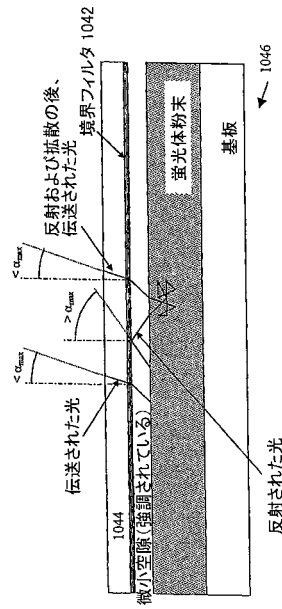


Fig.10 C

【図11A】

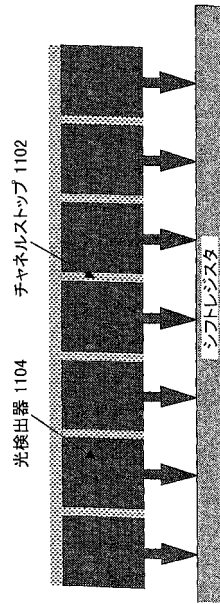
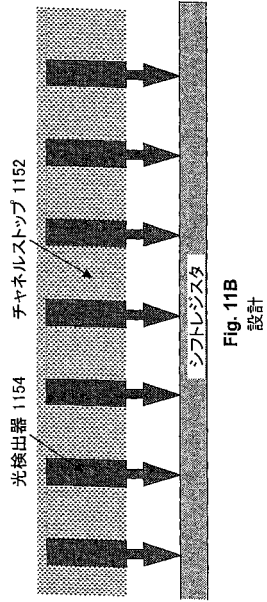
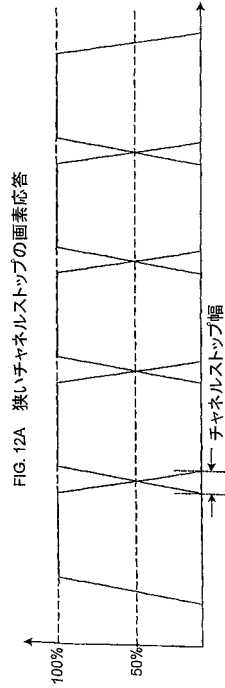


Fig. 11A  
従来技術

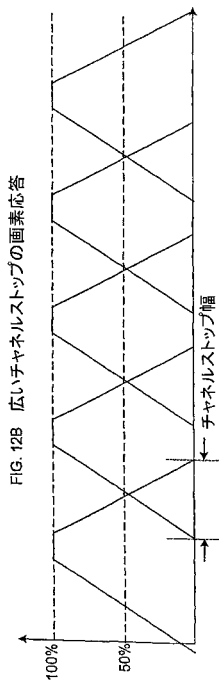
【図 1 1 B】



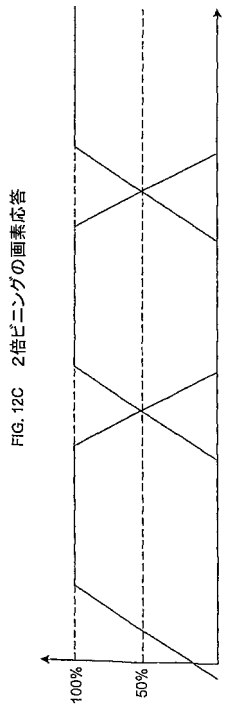
【図 1 2 A】



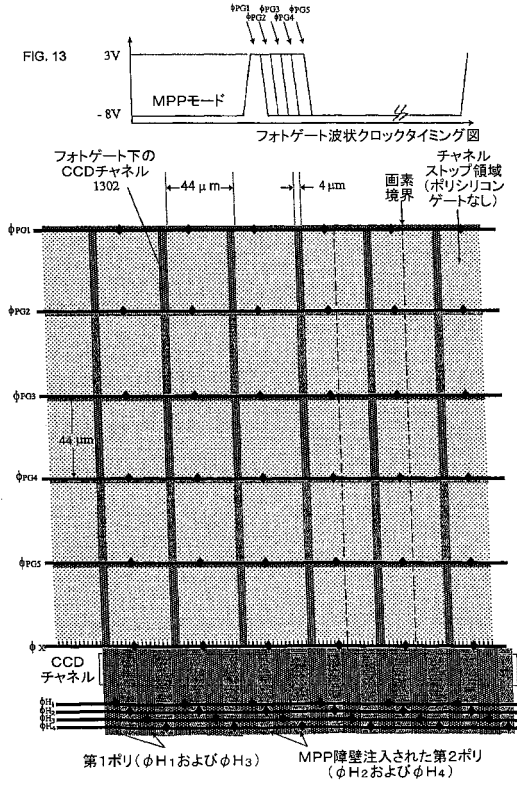
【図 1 2 B】



【図 1 2 C】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 A 】

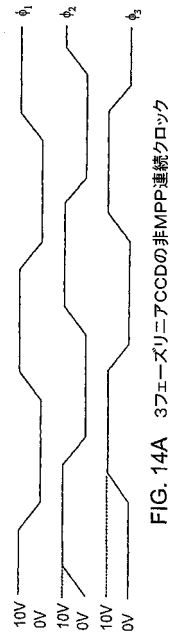
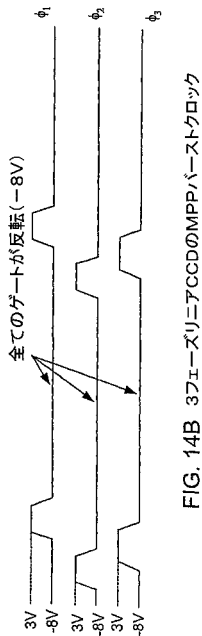


FIG. 14A 3フェーズリニアCCDの非MPP連続クロック

【 図 1 4 B 】



【 図 1 5 A 】

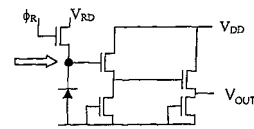


Fig. 15A リニアCCDのための二段アンプ (従来技術)

【 図 1 5 B 】

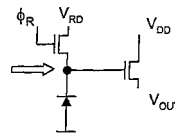
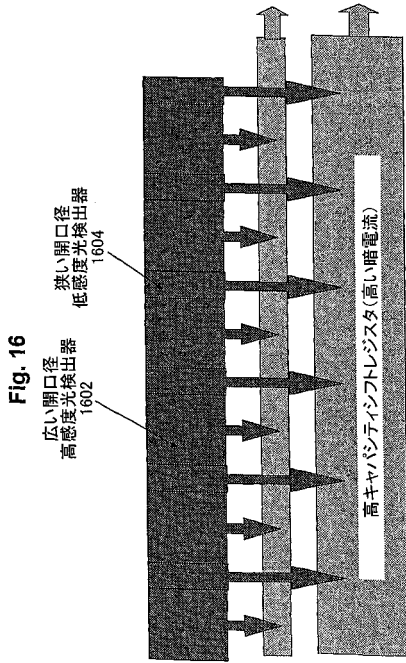
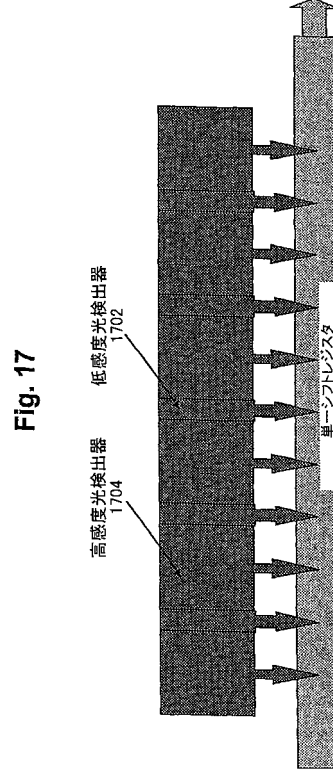


Fig. 15B リニアCCDのための単一段アンプ

【図16】



【図17】

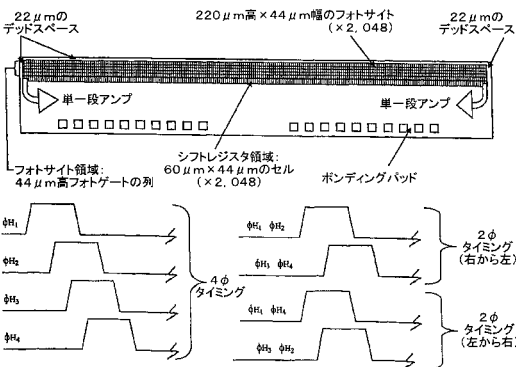


【図18】

Fig. 18

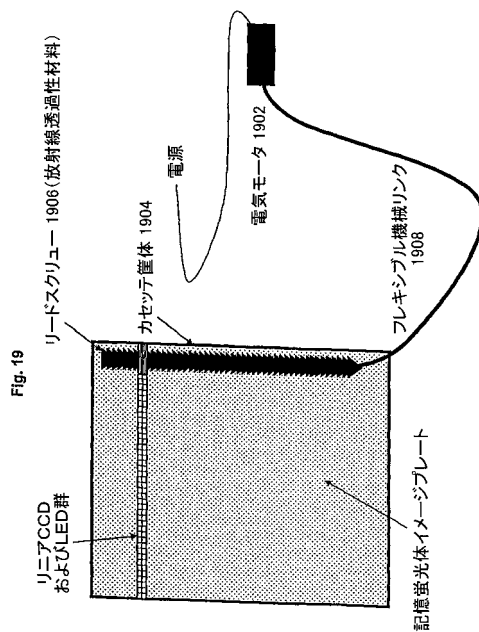
記憶蛍光体板一方読み出しのためのリニアCCDの仕様

CCDアーキテクチャ	ラインスキャン(フォトサイトおよびシングルレジスタ)
フォトサイト寸法	220 μm高 × 44 μm幅 (44 μmピッチ)
フォトサイト設計	5フォトゲート/画素 (44 μm高 × 4 μm幅)
シフトレジスタセル寸法	44 μmピッチで60 μm × 44 μm
シフトレジスタ設計	2ボリ/2φまたは4φ切り替え可能(センタースプリット)
シフトレジスタ動作	単方向または双方向2φまたは4φ(MPPモード)
画素数	2048画素
ダイサイズ	90.1mm × 2.25mm
総暗電流	< 20pA/cm <sup>2</sup> MPPモード 25°C
シフトレジスタ暗電流(MPPモード)	25電子/画素 2ms積分 40°C
フォトゲート電荷転送非効率性(遅れ)	< 50電子 1000電子の信号レベルあたり
ウェル容量	10 <sup>9</sup> 電子
アンプ読み出し雑音	5電子 250kHz(単一段アンプ)
出力構成	スプリットモードでまたは2出力(反対側の端部)
実効量子効率(コーティングなし)	> 50% 400nm(63%QEx80%FF)
実効量子効率(ARコーティング済み)	> 75% 400nm(94%QEx80%FF)
オープンフォトゲートフィルファクタ	> 80%
最大読み出し速度	500kHz
ピニング	×4
電荷転送効率	0.99999
接合可能性	3サイト接合可(< 22 μmピッチ)



【図19】

Fig. 19



【図20A】

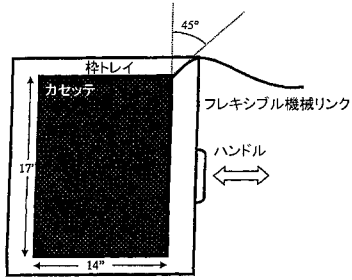


FIG. 20 A  
フィルム枠トレイへの  
ポートレートモードのカセット装着

【図20B】

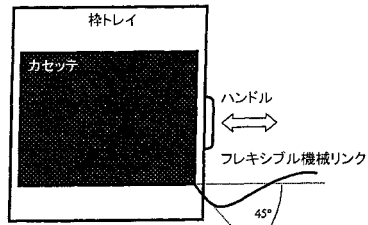


FIG. 20 B  
フィルム枠トレイへの  
ランドスケープモードのカセット装着

【図21A】

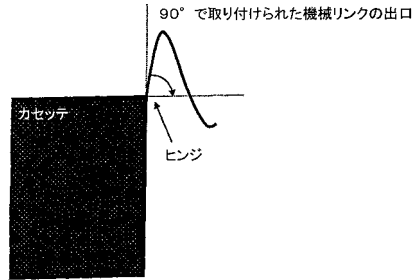


Fig. 21 A

【図21B】

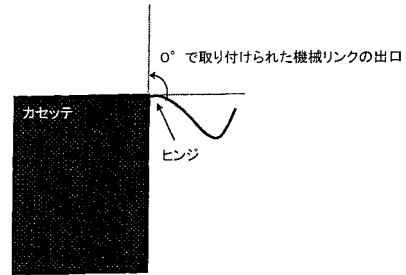


FIG. 21 B

【図22】

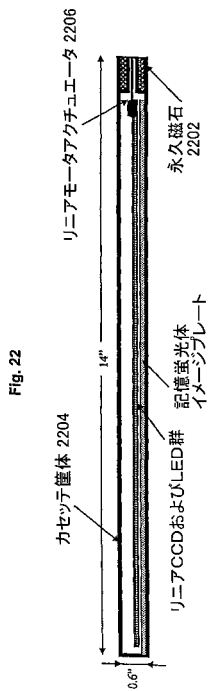


Fig. 22

【図23】

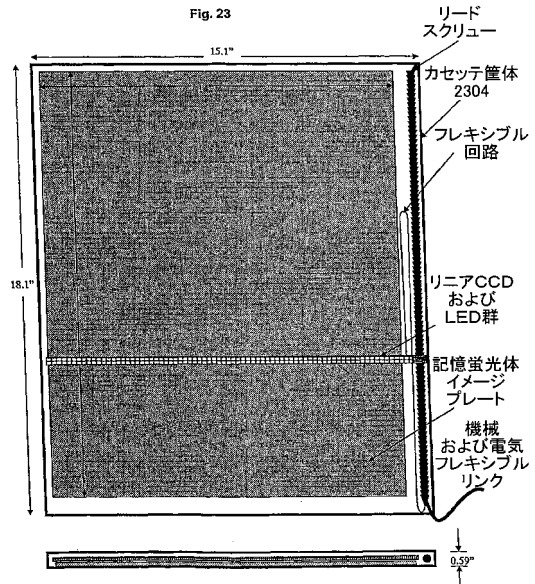
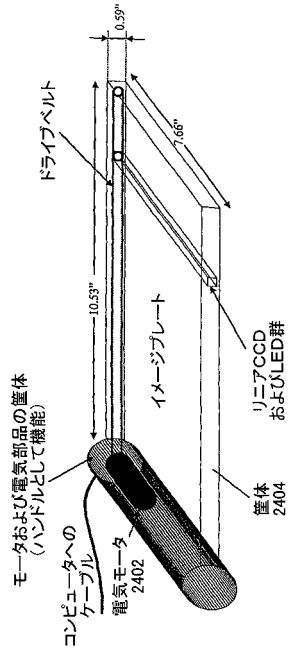


Fig. 23

【 図 2 4 】

Fig. 24



乳厚造影カセット筐体  
(標準 18cm x 24cmの枠に収まる)

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2000-330228(JP,A)  
特開昭62-094066(JP,A)  
特開昭60-111568(JP,A)  
特表平11-505142(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03B 42/02  
G21K 4/00  
H04N 1/04