(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4326050号
(P4326050)

(45)発行日　平成21年9月2日(2009.9.2)　(24)登録日　平成21年6月19日(2009.6.19)

(51)Int.Cl.		F I		
H04N 5/335	(2006.01)	H04N	5/335	F
H01L 27/148	(2006.01)	H04N	5/335	E
H01L 21/339	(2006.01)	H04N	5/335	Z
H01L 29/762	(2006.01)	H01L	27/14	B
		H01L	29/76	301G

請求項の数 10　(全 29 頁)

(21)出願番号　特願平10-308648
(22)出願日　平成10年10月29日(1998.10.29)
(65)公開番号　特開2000-165750(P2000-165750A)
(43)公開日　平成12年6月16日(2000.6.16)
審査請求日　平成17年8月24日(2005.8.24)
(31)優先権主張番号　特願平10-268010
(32)優先日　平成10年9月22日(1998.9.22)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　502163948
ハイスペック合資会社
大阪府箕面市粟生間谷東７丁目２１番２号
(74)代理人　100062144
弁理士　青山　葆
(74)代理人　100073575
弁理士　古川　泰通
(74)代理人　100100170
弁理士　前田　厚司
(74)代理人　100111039
弁理士　前堀　義之
(72)発明者　江藤　剛治
大阪府箕面市粟生間谷東７丁目２１番２号
(72)発明者　武藤　秀樹
神奈川県小田原市久野２９１番地の４
最終頁に続く

(54)【発明の名称】高速撮像素子

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
受光面に入射する光、電磁波、又は粒子流の強度に応じた電気信号を発生する複数の信号変換手段と、
個々の前記信号変換手段に対して１本ずつ設けられ、一端が対応する上記信号変換手段に対して第１のゲートを介して接続され、他端が第２のゲートを介して読み出し線に接続され、かつ線状である複数のＣＣＤ転送路と
を備え、
上記信号変換手段は、上記受光面上に正方形又は長方形の升目の全てもしくは一つおきに配置され、
上記ＣＣＤ転送路の中心線は、上記ＣＣＤ転送路の延在方向に近接する２個の前記信号変換手段と対応する上記ＣＣＤ転送路とを接続する上記第１のゲートの位置を結ぶ直線に対して傾斜し、
撮影時には、上記信号変換手段で発生した電気信号を、上記第１のゲートを介して前記ＣＣＤ転送路に転送し、さらに前記ＣＣＤ転送路上を前記一端側から他端側に転送し、
読み出し時には、上記ＣＣＤ転送路上の上記電気信号を上記一端から上記他端側へ転送し、上記前記第２のゲートを介して上記読み出し線に読み出すことを特徴とする高速撮像素子。
【請求項２】
個々の上記信号変換手段は発生した上記電気信号を収集する電荷収集井戸を備え、

上記電荷収集井戸の一方側に上記第１のゲートが設けられ、
上記電荷収集井戸の他方側に上記読み出線に接続された第３のゲートが設けられ、
撮影条件設定時には、上記第１のゲートを閉じる一方上記第３のゲートを開き、上記信号変換手段で発生した上記電気信号を、上記ＣＣＤ転送路を介することなく上記第３のゲートから上記信号読み出し線に読み出すことを特徴とする請求項１に記載の高速撮像素子。

【請求項３】
各信号変換手段は、互いに絶縁された複数部分に分割され、これら分割された複数部分が共通の上記第１のゲートを介して上記ＣＣＤ転送路に接続されていることを特徴とする請求項１又は請求項２に記載の高速撮像素子。

【請求項４】
上記受光面の１辺から他の辺まで連続する切断可能な帯状の空間を持つことを特徴とする請求項１から請求項３のいずれか１項に記載の高速撮像素子。

【請求項５】
受光面に入射する光、電磁波、又は粒子流れの強度に応じた電気信号を発生する複数の信号変換手段と、
個々の信号変換手段に対して１本ずつ設けられ、一端が対応する上記信号変換手段に対してインプットゲートを介して接続され、他端が読み出しゲートを介して水平信号読出線に接続され、かつ複数のキャパシタがそれぞれ選択ゲートを介して接続された複数の垂直信号線と
を備え、
上記信号変換手段は、上記受光面上に正方形又は長方形の升目の全てもしくは一つおきに配置され、
上記垂直信号線は、上記垂直信号線の延在方向に近接する２個の信号変換手段と対応する上記垂直信号線が接続する位置を結ぶ直線に対して傾斜し、
撮影時には、上記インプットゲートを開いた状態で保持し、上記選択ゲートを順次開いて上記複数のキャパシタに上記信号変換手段で発生した上記電気信号を順次記録し、
読み出し時には、上記読み出しゲートを開いた状態で保持し、上記選択ゲートを順次開いて上記複数のキャパシタ内に記録された上記電気信号を上記垂直信号線を介して上記水平信号読出線に読み出すことを特徴とする高速撮像素子。

【請求項６】
撮影条件設定時には、上記インプットゲートを開いた状態で保持する一方、全ての上記選択ゲートを閉じた状態で保持し、上記読み出しゲートを開くことにより、上記信号変換手段で発生した上記電気信号を上記垂直信号線を介して上記水平信号読出線に読み出すことを特徴とする請求項５に記載の高速撮像素子。

【請求項７】
各信号変換手段は、互いに絶縁された複数部分に分割され、これら分割された複数部分が共通の上記垂直信号線に接続されていることを特徴とする請求項５又は請求項６に記載の高速撮像素子。

【請求項８】
前記分割された複数部分と上記垂直信号線との間に電気信号を増幅する増幅手段が介設されていることを特徴とする請求項７に記載の高速撮像素子。

【請求項９】
上記受光面の１辺から他の辺まで連続する切断可能な帯状の空間を持つことを特徴とする請求項５から請求項８のいずれか１項に記載の高速撮像素子。

【請求項１０】
請求項１から請求項９のいずれか１項に記載の高速撮像素子を備える高速撮影装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

高速現象の連続撮影に適する高速撮像素子および撮影装置に関するものである。

【０００２】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】

(画素周辺記憶型撮像素子)

高速撮影を目的とした固体撮像素子においては、フォトダイオード等の光電変換装置（以下フォトダイオードで代表する）で発生した画像信号（通常電荷）を記録装置に転送するために必要な時間が撮影速度を決める最大の要因である。このため本発明者の開発したカメラをはじめ、ほとんどの高速ビデオカメラで、多数の読み出し線を用いた並列読み出しによって撮像素子から記録装置への画像情報の転送を高速化する方法が採用されている（例えば、江藤、４，５００枚／秒の高速ビデオカメラ、テレビジョン学会誌、Ｖｏｌ．４６、　Ｎｏ．５、　５４３－５４９ページ、１９９２年参照）。

【０００３】

記録装置への転送を最短とする方法は、画像情報を撮像素子から読み出さずに、撮像素子の受光面内の全てのフォトダイオードの隣に記録装置を設ける方法である。全てのフォトダイオードから一斉に記録装置に画像情報を転送するので、受光面内のフォトダイオードの数（通常数万～数１００万個）の並列処理による画像情報転送となる。従って１個のフォトダーオードから隣の記録要素への転送時間が画像１枚当たりの撮影速度となり、その逆数が１秒間あたりの撮影枚数（フレームレート）となる。これが画素周辺記録型撮像素子である。このタイプの撮像素子を、本発明者らは、ＩＳＩＳ（Ｉｎ－ｓｉｔｕ　Ｓｔｏｒａｇｅ　Ｉｍａｇｅ　Ｓｅｎｓｏｒ）と呼んでいる。ＩＳＩＳにより１００万枚／秒以上の撮影速度で連続撮影することができる。

【０００４】

（アナログ型とデジタル型）

画像情報としては、電荷、電圧のようなアナログ型と、デジタル型がある。

【０００５】

各画素にＡＤ変換器を備え、最初から情報をデジタル化し、その後の処理は全てデジタル回路で行うのが理想的である。画素内に入る超小型ＡＤ変換器を作ることは理論的には可能である。しかし小型化すると変換精度が急激に下がる。精度を上げるには繰り返しサンプリング法などを使うことができるが、多数回の繰り返しには時間がかかって、超高速撮影には適さない。

【０００６】

一方、画素周辺記録型撮像素子では画素サイズが大きく、数１０ミクロンの長さのＡＤ変換器を組み入れるスペースが取れること、および１００万枚／秒のビデオカメラであれば数メガヘルツの比較的低い周波数で良いことを考慮すれば、将来的にはデジタル型が作れる可能性はある。

【０００７】

アナログ型にも２種類ある。記録装置への画像信号の転送手段として、電荷結合素子型電気信号転送路（ＣＣＤ転送路）を用い、ＣＣＤ転送路をそのまま記録装置として使う場合（以下ＣＣＤ型と呼ぶ、転送型とも呼ばれる）と、ＭＯＳ型のスイッチを介して、電線を通じて近傍の記録場所に送る方法（以下ＭＯＳ型電気信号記録手段と呼ぶ、ＸＹアドレス型とも呼ばれる）がある。

【０００８】

（ＭＯＳ型）

ＭＯＳ型では、本発明者らの提案等がある（Ｔ．　Ｅｔｏｈ　ａｎｄ　Ｋ．　Ｔａｋｅｈａｒａ、Ｕｌｔｒａｈｉｇｈ-ｓｐｅｅｄ　ｍｕｌｔｉｆｒａｍｉｎｇ　ｃａｍｅｒａ　ｗｉｔｈ　ａｎ　ａｕｔｏｍａｔｉｃ　ｔｒｉｇｇｅｒ，Ｕｌｔｒａｈｉｇｈ-ａｎｄ　Ｈｉｇｈ-Ｓｐｅｅｄ　Ｐｈｏｔｏｇｒａｐｈｙ　ａｎｄ　Ｐｈｏｔｏｎｉｃｓ，　ＳＰＩＥ　Ｖｏｌ．　１７５７，　ｐｐ．５３－５９、　１９９２年、参照）。

【０００９】

ＭＯＳ型はノイズレベルの点でＣＣＤ型に劣るとされてきたが、近年ＣＭＯＳ技術の細

精化に伴って、個々の画素内に３０倍程度の増幅器等を組み込むことにより、ＳＮ比を大きく改善した撮像素子が市販されるようになってきた。これらはＣＭＯＳ－ＡＰＳ（Ａｃｔｉｖｅ　Ｐｉｘｅｌ　Ｓｅｎｓｏｒ）と呼ばれている。

【００１０】

画素周辺記録型撮像素子としてＣＭＯＳ型を採用する場合、フォトダイオード一つ一つに増幅器を付け、記録場所に転送する前に増幅できれば理想的である。超小型増幅器では、現在のところ高い周波数で大きな増幅はできない。

【００１１】

ただし、デジタル型の場合と同じく、大きな画素サイズ、比較的低い数メガヘルツの周波数を考慮すれば、記録場所への転送の前段階で１０倍オーダーの増幅器を入れることができる可能性は高い。

【００１２】

通常のデジタルカメラやビデオカメラでは、全ての画素から順次、画像１枚分の情報を読み出す間に増幅すれば良いので増幅器の過渡応答が終了するまでに十分な時間が取れる。

【００１３】

ＭＯＳ系の撮像素子のランダムノイズは読み出し線の寄生容量が大きいほど大きいが、画素周辺記録型素子では転送距離が数～数１０ミクロンで、一般の素子のように受光面外に読み出す場合の１/１０００～１/１００である。また細精加工により、転送のための金属線の断面積も非常に小さくなってきた。従って画素周辺の記録要素への転送時のランダム誤差は小さい可能性がある。この場合は撮影終了後の信号読み出し時に増幅器を使えばよい。

【００１４】

時間的に変化しない固定パターンノイズ（ＦＰＮ）はＭＯＳ系撮像素子の一つの課題である。特にＣＭＯＳ－ＡＰＳでは個々の画素の増幅器等の性能にばらつきによるＦＰＮがある。しかし科学技術計測ではＦＰＮはほとんど問題にならない。すなわち科学技術計測では、撮影後のデジタル画像処理を行うのが普通なので、このプロセスでキャンセルできる。

【００１５】

以上、現在の技術でＣＭＯＳ型の画素周辺記録型撮像素子が作れる可能性は高い。

【００１６】

デジタル型が理想の形態ではあるが、現状ではＡＤ変換器の小型化が課題である。ＣＭＯＳ－ＡＰＳ型については、通常の撮像素子の製作について実績が少ない。ＣＭＯＳ－ＡＰＳ型とＣＣＤ型の最終的な優劣については現段階では予測できない。ＣＣＤ型とＭＯＳ型にはそれぞれ良い点があるので、良い所を組み合わせた素子を作るのが自然な流れである。

【００１７】

（ＣＣＤ型）

ＣＣＤ型の画素周辺記録型撮像素子については、図１に示すＫｏｓｏｎｏｃｋｙらの発明（米国特許第５，３５５，１６５号）があり、既に５０万枚／秒の等時間間隔連続撮影が達成された。この素子の連続撮影枚数は３０枚である。

【００１８】

通常の撮像素子では、１個のフォトダイオードと付随する１個のＣＣＤ（電荷結合素子）型転送路からなる単位領域を１ピクセルと呼ぶ。もしくはフォトダイオードで発生し、１個のＣＣＤ要素に蓄積される１単位の画像情報を１ピクセルと呼ぶ。

【００１９】

Ｋｏｓｏｎｏｃｋｙらは図１中の点線で囲まれている、１個のフォトダイオード１、多数の要素を持つＣＣＤ転送路５、６、操作に必要なゲート等３を含む単位領域を、マクロピクセル４と呼んでいる。これは、マクロピクセル４と、１個のＣＣＤ要素やそこに蓄えられる１画像情報とを区別するためである。以下では１マクロピクセルのことを１画素と

呼ぶ。

【００２０】

フォトダイオードで発生した電荷を、まず水平ＣＣＤ５上を右方向に５ステップ転送し、水平ＣＣＤの５個の要素全てが満たされると同時に下に配置した５本の並列の垂直ＣＣＤ６上に転送する。この繰り返しにより、３０（=５×６）枚の連続画像を蓄積できる。

【００２１】

さらに、もう一度垂直転送を行うと、５本の垂直ＣＣＤ６の最下段に蓄積された５個の画像信号は、直下の画素の水平ＣＣＤ５ｂに移される。次のステップで全てのフォトダイオードから水平ＣＣＤに電荷を転送するとき、直前に水平ＣＣＤ５ｂに移された、上の画素の画像信号は逐次右方向に輸送され、各画素の左上隅に作られたドレーン７（この場合は右下隅の画素内のドレーン７ｃ）に捨てられて、さらに撮像素子外に排出される。すなわち常に３０個の最新の画像情報が連続上書き記録される。

【００２２】

連続上書き撮影機能は、高速撮影において重要な、現象生起と撮影タイミングの同期を取る上で極めて有用である。この機能があると、撮影対象現象の生起を検出した直後に連続上書き撮影を停止すれば、その時点から過去に遡って現象が生起した時点の画像情報を再生できる。撮影対象とする超高速現象を、直前に生起することを予測して撮影を始めることは極めて難しい。一方、通常、現象の生起は直ちに確認できるので、その直後に撮影を停止することは容易である。

【００２３】

図１の発明の問題点は、水平ＣＣＤ５上で、電荷の転送方向が水平・垂直交互に直角に急変することである。非常に早い速度でこれを行うとどうしても不完全転送（電荷の取り残し）が生じる。また、この部分の電極配置が複雑になり、ノイズの発生の原因になる。また、電極配置が複雑になるためＣＣＤ転送路の１要素のサイズが大きくなり、記録容量（連続撮影枚数）が減る。もしくは画素（マクロピクセル）サイズが大きくなるため、同一の受光面積に対しては総画素数が減り、解像力が下がる。

【００２４】

以上まとめると、Ｋｏｓｏｎｏｃｋｙらの発明では、水平ＣＣＤ上で電荷の転送方向が２方向に交互に急変するために画質が低下することが大きな課題である。

【００２５】

図２及び図３は本発明の発明者が発明した画素周辺記録型撮像素子である（特開平９－５５８８９号公報、及び、江藤他：ＩＳＩＳ（画素周辺記録型撮像素子）の性能と将来性：高速度撮影とフォトニクスに関する総合シンポジウム１９９７講演論文集：４０３～４１２ページ：１９９７年、参照）。

【００２６】

図２及び図３の場合、フォトダイオード８で発生した電荷は、インプットゲート９でＣＣＤ転送路１０上に乗せられ、ゆるやかな曲線１１で規則的にフォトダイオード８とフォトダイオード８の間を斜めに横切るＣＣＤ転送路１０上を鉛直一方向に輸送され、６画素の長さにわたって転送されたのち、ドレーンゲート１４からドレーン１５に排出される。

【００２７】

インプットゲート９とドレーンゲート１４の間のＣＣＤ転送路１０の区分に、常に最新の画像情報が連続上書き記録される。

【００２８】

（第１の課題）

図２及び図３の場合、１方向転送であって急激な転送方向の転換がないため、電荷の完全輸送が可能となる。また、電極配置が単純化されるため、ＣＣＤ要素サイズを小さくでき、連続上書き枚数もしくは総画素数が増える。

【００２９】

ただし図２及び図３の場合、画素配列が正方配列ではなく、少しづつ右にずれていく。科学技術計測では撮影後、撮影した画像に様々のデジタル画像処理を行うので、非正方配

列から正方配列への画素配列の転換等は容易である。しかし画像処理のステップ数は少ないほど画質の劣化が少ないので、可能であればはじめから正方配列にしておく方が良い。これは図２及び図３に示す撮像素子における一つの課題である。

【００３０】

（第２の課題）

画素周辺記録型撮像素子では、各画素内に多くの記録要素を組み込むため、画素サイズが通常の素子の数倍以上の長さとなり、画像の再生に必要最小限の数の画素（２５６×２５６程度）を持つ素子を作る場合でも、受光面積が非常に大きくなる。このような撮像素子はｌａｒｇｅ　ｆｏｒｍａｔ　ｓｅｎｓｏｒ（大型素子）と呼ばれる。大型撮像素子の歩留まり率は小さい。歩留まり率とは、製品化するときの全製造品数に対する製品（販売可能な製造品）の数の割合である。

【００３１】

例えば、図３の素子では、１画素当たり、縦方向に８個のＣＣＤ要素を備え、横方向に平行に６本のＣＣＤ転送路１０を備えている。従って、２５６×２５６画素の解像力の撮像素子を作るためには、２０４８×１５３６(=(２５６×８)×(２５６×６))のＣＣＤ要素を必要とする。すなわち、約３００万のＣＣＤ要素を持つ撮像素子を作る必要がある。現在の技術でも無欠陥の３００万要素のＣＣＤ型撮像素子を作ることは難しい。

【００３２】

ＣＣＤ型撮像素子では、転送に付随するノイズは非常に小さい。しかし転送路上に欠陥があると、その点より上の画素の情報が読み出せないので線状の欠陥になる。これにより、歩留まり率が大きく低下する。一方、ＭＯＳ型撮像素子では読み出し線からの読み出し時のノイズは大きいが、製造技術はＣＣＤ転送路に比べてはるかに簡単である。また、欠陥は画素単位の点状の欠陥となる場合が多い。点状の欠陥は周囲の画素の画像情報で内挿することにより補正できる。このようにＣＣＤ型撮像素子では、歩留まり率は大型撮像素子を製品化する際の最大の課題である。

【００３３】

（第３の課題）

撮影条件設定時の間欠撮影操作について説明する。

【００３４】

超高速撮影では非常に強い照明を必要とする。また高速転送のため撮像素子が発熱する。これらは生物試料等の劣化や熱雑音の原因になる。ただし、超高速撮影では撮影時間は１秒未満である。時間がかかるのは、撮影条件の設定時である。従って、撮影条件設定時の照明等における発熱を防止すればよい。

【００３５】

電子式のビデオカメラでは、３０枚／秒の画像があれば連続的に動く画像を再生できる。例えば、撮影時に１００万枚／秒で連続撮影するために画角の設定や、ピント、感度等を調整しているものとする。１秒間に３０回だけ、ピーク強度が撮影時の連続照明強度にほぼ等しいストロボで１００万分の１秒づつ照明する。それに同期させて１秒間に３０回撮影した画像情報を使って、モニターディスプレー上に１秒間に３０回づつ画像を再生すれば、通常のテレビジョンと同じ十分スムーズな動画像が得られる。これにより、撮影時とほぼ同じ条件で撮影した画像をオンラインでモニタリングでき、支障なく撮影条件を設定できる。一方、合計の照明時間や撮像素子の操作時間は連続撮影の場合の３０/１，０００，０００となり、激減する。例えば撮影条件の設定に１時間（３，６００秒）かかるとしても、総照明時間は３，６００×３０/１，０００，０００秒で、わずかに０.１秒にしかならない。

【００３６】

ＣＣＤ型撮像素子を使う場合は通常、画像を再生するためにはＣＣＤ要素内に蓄えられている画像情報を、不要なものまで含めて逐次的に一旦全て素子外に読み出す必要がある。大型の撮像素子で全ての画像情報を読み出すには高速転送を必要とし、発熱の原因となる。

【００３７】
従って、図１から図３の発明のように、ＣＣＤ型転送路を記録手段として用いる画素周辺記録型撮像素子においては、撮影条件の設定時に、画像情報を速やかに撮像素子外に読み出すことが課題となる。
【００３８】
科学技術計測においては、可視光だけでなく、紫外線、赤外線、Ｘ線、ガンマ線等の電磁波や、電子流、中性子流、イオン流等の粒子流等による画像計測も重要である。これらの電磁波や粒子流を用いた超高速撮影の手段を提供することも課題である。
【００３９】
【課題を解決する手段】
上記第１、第２、及び第４の課題に鑑み、第１の発明は、受光面に入射する光、電磁波、又は粒子流の強度に応じた電気信号を発生する複数の信号変換手段と、個々の前記信号変換手段に対して１本ずつ設けられ、一端が対応する上記信号変換手段に対して第１のゲートを介して接続され、他端が第２のゲートを介して読み出し線に接続され、かつ線状である複数のＣＣＤ転送路とを備え、上記信号変換手段は、上記受光面上に正方形又は長方形の升目の全てもしくは一つおきに配置され、上記ＣＣＤ転送路の中心線は、上記ＣＣＤ転送路の延在方向に近接する２個の前記信号変換手段と対応する上記ＣＣＤ転送路とを接続する上記第１のゲートの位置を結ぶ直線に対して傾斜し、撮影時には、上記信号変換手段で発生した電気信号を、上記第１のゲートを介して前記ＣＣＤ転送路に転送し、さらに前記ＣＣＤ転送路上を前記一端側から他端側に転送し、読み出し時には、上記ＣＣＤ転送路上の上記電気信号を上記一端から上記他端側へ転送し、上記前記第２のゲートを介して上記読み出し線に読み出すことを特徴とする高速撮像素子を提供するものである。ここで「線状」とは、個々の信号変換手段に対応する個々のＣＣＤ転送路が、それぞれ直線形状であるか、部分的に屈曲部分や湾曲部分を有する形状であることをいう。「傾斜」とは上記ＣＣＤ転送路の中心線が上記直線に対して平行でもなく、かつ、垂直でもないことを意味する。
【００４０】
画素配列は正方配列となる。正方画素配列の素子は、科学技術計測において撮影終了後の画像処理が容易であるばかりでなく、歩留まり率向上のために、大型撮像素子を切り出すための切り出し線を作ることが容易である。
【００４１】
本発明の撮像素子では、ＣＣＤ転送路に欠陥があっても、それより上に位置する画素で発生した電気信号を受光面外に読み出すことができ、その欠陥によって生じる再生画像上の欠陥を点状の限られた欠陥に止めることができる。点状の欠陥は、周囲の画素の画像情報を用いて補正することができる。これにより歩留まり率は格段に向上する。
【００４２】
撮影中は各画素の信号変換手段で生じた最新の画像情報（電荷）を、周辺に設けたＣＣＤ転送路上を１方向に高速で転送して蓄積することにより、超高速で連続上書き撮影できる。
【００４３】
第３の課題に関し、各信号変換手段から、ＣＣＤ転送路を通過することなく、直接読み出し線に接続する手段を備えることが好ましい。具体的には、個々の上記信号変換手段は発生した上記電気信号を収集する電荷収集井戸を備え、上記電荷収集井戸の一方側に上記第１のゲートが設けられ、上記電荷収集井戸の他方側に上記読み出線に接続された第３のゲートが設けられ、撮影条件設定時には、上記第１のゲートを閉じる一方上記第３のゲートを開き、上記信号変換手段で発生した上記電気信号を、上記ＣＣＤ転送路を介することなく上記第３のゲートから上記信号読み出し線に読み出すことが好ましい。
【００４４】
かかる構成とした場合、撮影条件設定時に、間欠的に照明を行いながら、ＣＣＤ転送上の画像情報を全て読み出すことなく、間欠的な照明が当たった瞬間だけの画像情報を読み

出し、熱雑音の発生や、生物試料等の劣化を防ぎつつ、撮影装置の設定後に行う超高速撮影時とほぼ同じ条件で、撮影状態をモニタリングすることができる。

【００４５】

各信号変換手段は、互いに絶縁された複数部分に分割され、これら分割された複数部分が共通の上記第１のゲートを介して上記ＣＣＤ転送路に接続されている構成とすることが好ましい。

【００４６】

この場合、電荷の収集を早めるために信号変換手段の分割された各部分に電位勾配を設けても、ＣＣＤ転送路と信号変換手段の間の電位差が過度に大きくならず、信号変換手段に発生した電気信号を確実にＣＣＤ転送路に送ることができる。また、各信号変換手段の個々の分割された部分は小面積のものでよいため、現在に入手可能で品質等の実績がある一辺数ミクロンと１０数ミクロン程度のフォトダイオードを使用して信号変換手段を構成することができる。

【００４７】

受光面の１辺から他の辺まで連続する切断可能な帯状の空間を持つ構成とすることが好ましい。

【００４８】

この場合、大型撮像素子の一部に欠陥があれば、無欠陥部分だけを切り出して、解像力の低い安価な小型素子として使うことができる。さらに、これらを張り合わせることにより、大型素子に等価な素子を提供することができ、格段に高い歩留まり率で、比較的高い解像力で連続動画像再生に必要な連続画像枚数を超高速撮影することが可能となる。

【００４９】

第１、第２、及び第４の課題に鑑み、第２の発明は、受光面に入射する光、電磁波、又は粒子流れの強度に応じた電気信号を発生する複数の信号変換手段と、個々の信号変換手段に対して１本ずつ設けられ、一端が対応する上記信号変換手段に対してインプットゲートを介して接続され、他端が読み出しゲートを介して水平信号読出線に接続され、かつ複数のキャパシタがそれぞれ選択ゲートを介して接続された複数の垂直信号線とを備え、上記信号変換手段は、上記受光面上に正方形又は長方形の升目の全てもしくは一つおきに配置され、上記垂直信号線は、上記垂直信号線の延在方向に近接する２個の信号変換手段と対応する上記垂直信号線が接続する位置を結ぶ直線に対して傾斜し、撮影時には、上記インプットゲートを開いた状態で保持し、上記選択ゲートを順次開いて上記複数のキャパシタに上記信号変換手段で発生した上記電気信号を順次記録し、読み出し時には、上記読み出しゲートを開いた状態で保持し、上記選択ゲートを順次開いて上記複数のキャパシタ内に記録された上記電気信号を上記垂直信号線を介して上記水平信号読出線に読み出すことを特徴とする高速撮像素子を提供するものである。ここで「線状」とは、個々の信号変換手段に対応する個々の垂直信号線が、それぞれ直線形状であるか、部分的に屈曲部分や湾曲部分を有する形状であることをいう。「傾斜」とは上記垂直信号線が上記直線に対して平行でもなく、かつ、垂直でもないことを意味する。

【００５０】

画素配列は正方配列となる。正方画素配列の素子は、科学技術計測において撮影終了後の画像処理が容易であるばかりでなく、歩留まり率向上のために、大型撮像素子を切り出すための切り出し線を作ることが容易である。

【００５１】

撮影中は各画素の信号変換手段で生じた電荷を、周辺に設けたキャパシタ（ＭＯＳ型電気信号記録手段）に順次蓄積することにより、超高速で連続上書き撮影できる。

【００５２】

第３の課題に関し、撮影条件設定時には、上記インプットゲートを開いた状態で保持する一方、全ての上記選択ゲートを閉じた状態で保持し、上記読み出しゲートを開くことにより、上記信号変換手段で発生した上記電気信号を上記垂直信号線を介して上記水平信号読出線に読み出すことが好ましい。

【００５３】
かかる構成とした場合、撮影条件設定時に、間欠的に照明を行いながら、間欠的な照明が当たった瞬間だけの画像情報を読み出し、生物試料等の劣化を防ぎつつ、撮影装置の設定後に行う超高速撮影時とほぼ同じ条件で、撮影状態をモニタリングすることができる。
【００５４】
また、信号変換手段を複数部分に分割する構成とする場合には、個々の分割された部分と電気信号記録手段との間に増幅手段を介在させることが好ましい。
【００５５】
増幅手段としてトランジスタを使用する場合、電荷の流れる方向と直交する方向の寸法（幅）が大きい程、増幅効率がよいが、電気の流れる方向の寸法（長さ）に対して幅が大きくなり過ぎると、幅方向の電位の一様性を保持することが困難となる。これに対して、信号変換手段を複数部分に分割しておけば、個々の増幅手段の幅は小さくなるものの、複数の増幅手段の幅の合計が大きくなり、かつ、個々の増幅手段では幅が長さに対して大きくなり過ぎないため幅方向の電位の一様性が確保される。よって、かかる構成とすることにより、増幅手段の増幅効率が向上し、許容電荷量も大きくなる。
【００５６】
受光面の１辺から他の辺まで連続する切断可能な帯状の空間を持つ構成とすることが好ましい。
【００５７】
この場合、大型撮像素子の一部に欠陥があれば、無欠陥部分だけを切り出して、解像力の低い安価な小型素子として使うことができる。さらに、これらを張り合わせることにより、大型素子に等価な素子を提供することができ、格段に高い歩留まり率で、比較的高い解像力で連続動画像再生に必要な連続画像枚数を超高速撮影することが可能となる。
【００５８】
さらに、第３の発明は、上記高速撮像素子を備える撮影装置を提供するものである。かかる撮影装置は、コンパクトで安価な１００万枚／秒の超高速ビデオカメラとなる。
【００５９】
【発明の実施の形態】
（第１実施形態）
【００６０】
図４は本発明の第１実施形態である。
【００６１】
まず連続上書き撮影時の操作について説明する。
【００６２】
フォトダイオード３０ａで発生した画像情報（電荷）は電荷収集井戸３１ａに集められ、インプットゲート３２ａからＣＣＤ転送路３３ａに転送され、ＣＣＤ転送路３３ａ上を下方に転送される。
【００６３】
ＣＣＤ転送路３３ａ上の電荷の転送は標準的な３相駆動で行う。
【００６４】
ＣＣＤ転送路３３ａはインプットゲート３２ａと下の画素のインプットゲート３２ｂを結ぶ垂直線４０に平行ではなく、図において左に傾斜している。この傾斜のために、下の画素のインプットゲート３２ｂから出るＣＣＤ転送路３３ｂを受光面内に組み入れることができる。
【００６５】
ＣＣＤ転送路３３ａは６画素分の距離を、下方斜めに直線的に延びる。最下端にはドレーンゲート３５ａとドレーン３６ａを設けている。画像情報はＣＣＤ転送路３３ａ上を転送されたのち、ドレーン３６ａから素子外に排出される。後述のごとくドレーンゲート３５ａは読み出しゲートと併用している。
【００６６】

図５は図４を拡大したものである。ＣＣＤ転送路３３ａには１画素あたり１０個のＣＣＤ要素３４が作られているから、６画素分の長さで６０個のＣＣＤ要素がある。これが記録手段となる。すなわち常に画像６０枚分の最新の画像情報が保持される。科学技術用途において動画像再生に必要な最少の連続画像枚数は５０枚（＜６０枚）である。これにより、画像は少しぎくしゃくするが５枚／秒で１０秒間以上の動画像が再生できる。

【００６７】

ＣＣＤ転送路３３ａの、インプットゲート３２ａ，３２ｂを結ぶ垂直な線４０に対する傾きは、１画素分下方に進むごとに、転送路１ピッチ（ＣＣＤ転送路３３が１本と、ＣＣＤ転送路３３を隔てるチャネルストップ１本の幅の和）だけ左にずれる傾きである。

【００６８】

１画素の長さにＣＣＤ要素が１０個入る。また本実施形態ではＣＣＤ要素１個の縦の長さは４．８ミクロンで、転送路ピッチも４.８ミクロンで等しい。従って、１画素（１０ＣＣＤ要素）進むときに１転送路ピッチだけ左にずれる。従って傾きは１／１０である。角度で表せばアークタンジェントを取って５.７１°傾いている。ちなみに、転送路ピッチの内訳は、ＣＣＤ転送路３３が３.２ミクロン、チャネルストップが１.６ミクロンである。

【００６９】

このため、インプットゲート３２ａから下方へ１画素進むと、４.８ミクロン左にずれ、下の画素では、インプットゲート３２ｂの左に、ちょうどＣＣＤ転送路３３が１本と、チャネルストップ１本が入るスペースができる。

【００７０】

もし、上のフォトダイオード３０ａから伸びるＣＣＤ転送路３３ａが垂直であるとき、下のフォトダイオード３０ｂに直接接続する新たなＣＣＤ転送路３３ｂを作ろうとすれば、下のフォトダイオード３０ｂをインプットゲート３２ｂとともに、右にＣＣＤ転送路１ピッチ分ずらせば良い。この場合、上下のフォトダイオード３０ａ，３０ｂに対する左右２本のＣＣＤ転送路３３ａ，３３ｂの中心線はともに垂直になる。一方、インプットゲート３２ａと、インプットゲート３２ｂを結ぶ線の方が右に１/１０だけ傾斜するので、ＣＣＤ転送路３３ａ，３３ｂの中心線とインプットゲート３２ａ，３２ｂを結ぶ線は平行とはならない。この例は、原理的には本実施形態と同じであるが、本実施形態の方が正方画素配列である理由で優れている。

【００７１】

また、上のフォトダイオード３０ａから降りてくるＣＣＤ転送路３３ａを上のフォトダイオード３１ａ（もしくは上の画素）の下端で止めれば、下のフォトダイオード３１ｂに対するＣＣＤ転送路３３ｂを作ることができる。しかしＣＣＤ転送路３３上のＣＣＤ要素の数が１０個になるから、連続画像枚数が１０枚となって動画像が再生できない。すなわちビデオカメラにはならない。

【００７２】

上から降りてくるＣＣＤ転送路３３ａに、下のフォトダイオード３０ｂで発生した画像情報を転送すると、上下の画素の画像情報が混じって画像を再生できない。

【００７３】

ＣＣＤ転送路３３ａの中心線、インプットゲート３２ａ，３２ｂを結ぶ線をともに図において上下方向に延在し、互いに平行とすることは可能ではある。上から降りてくるＣＣＤ転送路３３ａの左側に下の画素のＣＣＤ転送路３３ｂを作って、下のフォトダイオード３０ｂから、ＣＣＤ転送路３３ａを１本をまたいで電荷を送れば良い。この接続をＣＣＤ以外の原理、例えば単純に金属線でつなぐと電荷の完全転送ができない。ＣＣＤ原理で跨ぐには、跨がれる要素が２方向交互転送要素となる。すなわち、跨ぐときには水平方向の転送、上からの画像情報を送るときは垂直転送になる。現在の技術水準で高速で２方向交互転送を行うことは難しい。実はこの技術はＫｏｓｏｎｏｃｋｙらの発明における根幹技術であり、また彼らの発明の最大の問題点でもある。本発明の主目的はまさにこの問題点を解決することである。

【００７４】
以上、上下のインプットゲート３２ａ，３２ｂを結ぶ線に対してＣＣＤ転送路３３を傾斜させていることが本実施形態を可能にしている。
【００７５】
１画素の縦のサイズは、４８ミクロン（=４．８×１０要素）である。ＣＣＤ転送路３３の部分の幅は、転送路７本とチャネルストップ６本分を加えて３２．０ミクロン（=３．２×７＋１．６×６）である。従ってフォトダイオード３０の幅は１６．０ミクロン（=４８－３２．０）である。画素数は２５６×２５６である。従って受光面の１辺は１２．２８８mmである。チップサイズは１５×１５mmである。チップの製造、カメラの製作ともに標準的な光学系が使える。
【００７６】
電荷収集井戸３１、ドレーン３６、インプットゲート３２、ドレーンゲート３５等はフォトダイオード領域上部に作られる。この領域の高さは６ミクロンである。従ってフォトダイオード３０の面積を画素面積で割った開口率は２９．２％（=１６．０×(４８－６)/(４８×４８)）である。オンチップマイクロレンズを乗せれば実質開口率は上がる。
【００７７】
撮影対象とする現象が生起したときは、連続上書き操作を停止する。その後ＣＣＤ転送路３３内に保持されている画像情報を読み出す。この読み出し手段について説明する。
【００７８】
ＣＣＤ転送路３３の転送操作は停止している。ＣＣＤの転送操作を１ステップだけ進める。この状態で全ての画素の中から１画素だけを選んで、ＣＣＤ転送路３３ａの下端のドレーンゲート３５ａだけを開く。これにより画素で発生した６０個の画像情報のうち、最初の画像情報がドレーンゲート３５ａからドレーン３６ａへ、そしてドレーン線５８ａに排出される（図６参照）。全てのドレーン線５８は一つにつながり、読み出し操作時には受光面外の読み出し回路に接続されている。読み出し回路を通じて素子外に画像情報として読み出される。
【００７９】
すなわち、受光面内の読み出し線とドレーン線５８は共用されている。またドレーンゲート３５は読み出しゲートを兼ねている。
【００８０】
画素を順次選択してゲートを一つづつ開けるにはＭＯＳ型回路を用いる。図９はＭＯＳ型読み出し回路を示す。
【００８１】
画像情報である電気信号（電荷）は各ＣＣＤ転送路３３の最下端要素に保持されている。読み出し兼用のドレーンゲート３５が、図９で言えば垂直ＭＯＳスイッチ（ゲート）３５である。垂直走査シフトレジスタ４５から水平制御線５６の中の１本の水平制御線５６ａに電圧を送ると、この水平制御線５６ａに連なる横１行の垂直ＭＯＳゲート３５が一斉に開いて通電状態となる。この状態を保って、水平走査シフトレジスタ４６から受光面外に並んだ水平ＭＯＳゲート４７に順次電圧を送る。電圧を送ったゲートに連なる垂直信号読み出し線と、通電中の水平制御線５６の交点に当たるフォトダイオード３０（図４、図５では６０番目の画像情報蓄積要素、すなわち最下端の転送路要素）から、画像信号が読み出し線兼用のドレーン線５８に流出する。以下、垂直走査シフトレジスタ４５から、順次電圧を送り、その状態で水平走査シフトレジスタ４６を走査する。こうしてある時点に対する全ての画素の画像情報を順次読み出す。
【００８２】
本実施形態ではＣＣＤ転送路３３に欠陥があっても、影響するのはそのＣＣＤ転送路３３に画像情報をインプットする１個のフォトダイオード３０が代表する画素だけであり、再生画像上では点状の欠陥となる。これは補正できるので製造歩留まり率を格段に向上させることができる。
【００８３】

次に撮影条件設定中の間欠モニタリング手段について説明する。

【００８４】

ドレーン３６と電荷収集井戸３１の間にはオーバーフローゲート４８が設けられている。これにより、撮影時に強い光が入って過剰な電荷が生じたときは、ブルーミングが起こらないように過剰電荷はドレーン３６に排出される。読み出し操作中はオーバーフローゲート４８は完全に閉じる。オーバーフローゲート４８はリセットゲートとしても使う。

【００８５】

撮影条件の設定時には、オーバーフローゲート４８を読み出し用ＭＯＳゲートとして使う。これにより、ＣＣＤ転送路３３を経由することなく直接画像情報を読み出せる。この場合ドレーンゲート３５は閉じる。例えば図５でフォトダイオード３０ａのオーバーフローゲート４８ａを開けると、電荷収集井戸３１ａに集まった電荷は、右のドレーン３６に移って受光面外に読み出される。

【００８６】

撮影条件設定時の照明はストロボ等による間欠照明である。読み出し中の光の入射による電荷の発生を防ぐため、この間はメカニカルシャッターを閉じる。撮影後の読み出し中もメカニカルシャッターを閉じる。

【００８７】

読み出し回路は上記のＭＯＳ回路に限らない。ＣＭＯＳ回路でも良い。ＣＭＯＳ回路はＭＯＳ型を改良して所用電力を下げたものである。高速撮影では照明用に大きな電力を必要とするので、電池を電源とする撮影はできない。従って本発明ではＭＯＳ型でも良い。

【００８８】

ドレーン線５８（読み出し線）の前段階に増幅回路を入れても良い。また電荷量を電圧に変換して、画像情報を破壊することなく何度も読み出せるようにしたＣＭＤ等を組み入れても良い。ノイズを低減したＴＳＬ－ＭＯＳ型回路でも良い。これらの方法により、読み出し線を使った読み出しに特有のランダムノイズを低減させ、ＣＣＤ転送路による低ノイズ転送の利点を生かすことができる。

【００８９】

図６から図８は図５の上に重なる面を示している。図５は、ＣＣＤ転送路３３の要素とポリシリコン電極５１ａから５１ｃの配列を示している。図６は第１（下層）金属線配置面を示している。図７は第２（上層）金属線配置面を示している。最上面の図８はフォトダイオード３０以外への光の入射を防ぐ遮光面５０を示している。

【００９０】

これらの図において、わかりやすいように、図６の第１金属層は図５の上に重ねて書いている。図７の第２金属層も図５の上に重ねて書いている。しかし、図が複雑になるので、図７には中間の第１金属層は書いていない。同様に図８には図５と最上層だけを書いている。

【００９１】

図５に示すように、各ＣＣＤ要素３４上には縦方向に３枚のポリシリコン電極５１ａ、５１ｂ、５１ｃが乗っている。各ポリシリコンの水平方向の長さは、転送路領域（左右の２列のフォトダイオードに挟まれる縦長の面）の幅３０．６ミクロンである。幅は１枚当たり１．６ミクロンピッチである。３枚で４．８ミクロンピッチである。

【００９２】

ＣＣＤ転送路３３上を電荷を転送するために、ポリシリコン電極５１ａ～５１ｃを駆動するための電圧を与える必要がある。図６で５２ａ、５２ｂ、５２ｃは駆動電圧を送るための３本一組のアルミニウム線である。それぞれ第１、第２、第３相の駆動電圧を送る。

【００９３】

５３ａ、５３ｂ、５３ｃはコンタクトポイントである。図１０は１本のアルミニウム線５２ａ～５２ｃからコンタクトポイント５３ａ～５３ｃを経由してポリシリコン電極５１ａ～５１ｃに至る駆動電圧の転送経路を示している。コンタクトポイント５３ａ～５３ｃをチャネルストップ上に作るので、チャネルストップの幅は広め（デザインルールが０．

８ミクロンでその２倍）にしている。
【００９４】
図１１はインプットゲート３２の拡大図である。インプットゲート３２の部分では第１、第２相のポリシリコン電極５１ａ、５１ｂが電荷収集井戸３１まで延長されており、ポリシリコン電極５１ａ，５１ｂに駆動電圧が加えられたとき、電荷収集井戸３１とＣＣＤ転送路３３の間の電位障壁が下がって電荷は転送路上に転送される。
【００９５】
図６の金属線５８はドレーン線（信号読み出し併用）である。
【００９６】
図７で金属線５６、５７はそれぞれ、ドレーン（読み出し併用）ゲート３５およびオーバーフローゲート４８の操作電圧を送るための金属線である。
【００９７】
本実施形態では遮光層（図８）を除いて２層の金属層を用いている。２層あれば立体交差が可能になるので、受光面内外を問わず自由に回路が組める。
【００９８】
（第２実施形態）
【００９９】
本発明に係る第２実施形態を図１２に示す。第１実施形態との違いは、ＭＯＳスィッチ型の読み出し回路のかわりに、フォトダイオード３０とフォトダイオード３０の間に水平ＣＣＤ転送路８０を備えていることである。ドレーン３６は連続上書きとブルーミングコントロール等に使う。
【０１００】
超高速撮影時には転送方向の急変による不完全転送を防ぐことは難しい。従って電荷をＣＣＤ転送路３３上を上から斜め下に転送し、急角度で曲げ、水平ＣＣＤ８０に移すと、曲がった後の水平ＣＣＤ要素上の画像情報は劣化する。しかしこれらは最初の数画面分の画像情報であり、これらを除いて６０画面分の画像情報が転送路３３上に蓄積されている。
【０１０１】
電荷収集井戸３１やオーバーフローゲート（リセットゲート兼用）４８等の配置は第１実施形態（図５）と同じである。電極や金属線等の配置も基本的に第１実施形態と同じである。水平ＣＣＤへの駆動電圧は、フォトダイオードの下部をかすめて、細い金属線で送る。透明ポリシリコンで送っても良い。
【０１０２】
一方、画素周辺記録型撮像素子では、撮影終了後の読み出しは低速でゆっくり読み出すことができるので、直角方向の転送でもほぼ完全に転送できる。しかもこの場合は転送方向が交互に変わるのではなく、一定の方向なので電極の設計もとくに複雑にはならない。
【０１０３】
この場合ＣＣＤにより画像情報を完全に転送して受光面外まで転送し高い画質の画像を得ることができる。また読み出し線等が入らない分だけ撮像素子の構造が単純になり、画質が向上する。
【０１０４】
（第３実施形態）
【０１０５】
図１３に画素配置を示す。これからわかるように本実施形態は図２及び図３に示す緩やかな曲線部を持つＣＣＤ転送路３３を持つ撮像素子の画素を、正方配置に変えたものであると見ることもできる。また、図１２に示す第２実施形態で急に曲がる角部をゆるやかな曲線に変えたものでもある。
【０１０６】
本実施形態では、図１３に示す撮像素子を反転、回転して作られる４個の素子を、縦横の中心線に沿って接合することができる。その中心部を示したものが図１４である。これ

により、正方配置の利点に加えて、後で述べるように中央線で１/４に切断・接合できる撮像素子になる。

【０１０７】

受光面内に斜行部や曲線部を持つＣＣＤ型撮像素子は提案された例がない。特に受光面内で何度もゆるやかに曲線を描くＣＣＤ型転送路は撮像素子技術者にとって全く馴染みがない。しかし本実施形態は、第１、第２実施形態に比べても、不要な回路や急激な方向変化などを伴わない最も単純で無理のない構造になっている。

【０１０８】

ただし、大型の完全ＣＣＤ撮像素子では製造歩留まり率が最大の問題である。本実施形態はこの課題を解決している。

【０１０９】

通常のＣＣＤ型撮像素子では受光面の端から端まで電極などが配置される。図１のＫｏｓｏｎｏｃｋｙらの並列ＣＣＤ型の場合も、端部まで電極やゲートが作り込まれている。

【０１１０】

本実施形態では、４個を組み合わせる前の１個の素子について、図１３において上辺と右辺には電極などが全く組み込まれない。受光面外からの制御電圧送付や受光面外への読み出し線等は、２層金属配線を使えば自由に組み込めるので、下辺と左辺から送ることができる。このような素子４個を組み合わせると、図１４に示すように、中心線に沿って電極、電線等が全くない細長い領域が生じる。ただし、中心線に面する画素については電荷収集井戸３１やドレーン３６の位置を少しずらしている。中心線に沿う領域では、図１４に示すように、フォトダイオード３０のまわりに十分空間が開いているので、この程度の配置の変更は自由にできる。

【０１１１】

上下、左右２本の中央線８３、８４に沿って、どこか１ないし２個所に欠陥のあるチップを切れば、１/４の無欠陥部分だけを取り出すことができる。またこうして取り出した１/４画素分のチップを突き合わせれば、大きいサイズの素子となる。このような切断・接合可能（ｃｕｔｔａｂｌｅ/ｂｕｔｔａｂｌｅ）な配置により歩留まり率が格段に向上する。

【０１１２】

例えば、１/４画面の素子で歩留まり率が１０％のとき、その２倍の画面では１％、もとのサイズではさらにその２乗の０．０１％となり、１０，０００個製造して１個しか使えないことになる。１/４づつを使うときの歩留まり率は１０％である。

【０１１３】

図２、図３に示す撮像素子では切断・接合できない。これは、フォトダイオードの位置が少しづつ横にずれ、これらを結ぶ線が中心線と交わるからである。本発明では正方画素配置を採用しているので、画素の凹凸がない。これが切断・接合を可能にしている。

【０１１４】

第１、第２実施形態でも、中心線に沿って配置とフォトダイオード３０の形状を少し変更すると中心線に沿う切断可能な細長い領域を作ることができる。例えば中心線に沿うフォトダイオード３０の縦方向の長さを１０ミクロン程度短くし、横幅を広げて他のフォトダーオード３０と同じ面積にすれば、中心線に沿って２０ミクロンの切断可能領域ができる。中心線付近には記録用ＣＣＤ転送路３３がほとんど組み込まれていないのでフォトダイオード３０を横に広げるための十分な空き空間がある。

【０１１５】

本実施形態では画素サイズは４８×４８ミクロンと通常の撮像素子に比べて極めて大きいので、接合時の位置合わせも容易である。

【０１１６】

以上によって歩留まり率を下げないで４倍面積の２６２，１４４画素（＝５１２×５１２）の素子を作ることができる。さらに３板化すると約８０万画素（正確には７８６、４３２画素）の高解像度で、１００万枚／秒の撮影速度で連続６０枚撮影できるビデオカメ

ラとなる。

【０１１７】

撮像素子の費用は、線形に増加するだけで、２５６×２５６画素の場合の１２倍になるだけである。

【０１１８】

３板式カメラで３枚の素子を順次使えば、約２６万画素で連続１８０枚撮影できる。

【０１１９】

さらに切断・接合可能な性質を利用して設計・製造を容易にしたり、画素数を増やすことができる。例えば、本実施形態のＣＣＤ要素のピッチは４．８×４．８ミクロンである。画素数は２５６×２５６である。ＣＣＤ要素を７．２×７．２ミクロンとし、画素数を３２０×３２０とすると、１/４画面では画素数が１６０×１６０となる。受光面サイズは１辺１１．５２ｍｍ（=７．２×１０×１６０）となりかなり余裕のある設計となる。

【０１２０】

本実施形態では撮影条件設定時の間欠モニタリング手段は、素子の中には組み込まれていない。必要であれば第１実施形態と同じように組み入れても良い。その他のゲート操作、電極、金属線配置等は基本的に第１、第２実施形態と同じである。

【０１２１】

第１から第３実施形態では、電荷収集井戸３１とインプットゲート３２はフォトダイオード３０の左上隅に、ドレーンゲート３５とドレーン３６はフォトダイオード３０の右上隅に設けているが、これらの設置位置は右が左に上が下になっても良い。インプットゲート３２とドレーン３５が近接しておればオーバーフローゲート４８はその間に設けることができる。

【０１２２】

図１６に示すような鉛直オーバーフローゲート９０兼リセットゲート９１を設けるときは、インプットゲート３２とドレーン３６の位置は離れていても良い。例えば第１から第３実施形態でインプットゲート３２をフォトダイオード３０の真ん中左、又は真ん中右に置いても良い。

【０１２３】

また第１実施形態で、図１５に示すように上下のフォトダイオード３０ｄ、３０ｅの間に電荷収集井戸３１、インプットゲート３２、オーバーフローゲート４８、ドレーン３６を備えても良い。これらの場合には、フォトダイオードの中を電荷が輸送される距離が半分になる。通常、数１０ミクロンの長さのフォトダイオード上を電荷が移動するのに１マイクロ秒程度かかる。長さが半分になると転送時間が半分になり、それだけ高速化できる。

【０１２４】

さらに画素中心のゲート領域に増幅器を備え、読み出し回路を少し変更するとＣＭＯＳ－ＡＰＳ型の読み出し方式となり、ＳＮ比が大きく改善される。

【０１２５】

フォトダイオード３０上の電荷の移送速度を上げるには、フォトダイオード３０内に、電荷収集井戸方向に電位勾配を付ければ良い。この場合、フォトダイオード３０の長さが長い程、電荷収集井戸の電位は深くなる。電荷収集井戸からＣＣＤ転送路に電荷を転送するには、井戸は浅い方が良い。フォトダイオード３０中に電位勾配を付ける場合、フォトダイオード３０の長さが半分であると、井戸の深さも浅くなる。

【０１２６】

画素配置は完全正方配置に限らない。図１７に示すような、正方形もしくは長方形の升目の一つおきにフォトダイオードの中心が配置された千鳥配置でも良い。

【０１２７】

積層型にしても良い。積層型は技術的には難しいが１００％に近い開口率が得られる。記録部の占有面積率も１００％に近い値となる。この場合も、上下の画素のインプットゲートを結ぶ線に対してＣＣＤ転送路は斜行する。このことが本発明の要点である。

【０１２８】
積層型の場合は、受光面のかわりに、光以外の電磁波や粒子流を受けて電気信号に変換する材料からなる面を乗せやすい。光以外の電磁波や粒子流を一旦光に変換する層、例えばＸ線を光に変換する蛍光面等を設けても良い。
【０１２９】
電子線を直接受けるものは透過型電子顕微鏡に入れれば、超高速電子顕微鏡となる。
【０１３０】
撮影条件設定のための間欠モニタリング機能はカメラの構造に組み入れても良い。例えば、入射光をミラーもしくはプリズムでモニタリング用の別の撮像素子に入射させるようにしても良い。この場合は、感度と入射光強度の関係を、画素周辺記録型撮像素子による連続撮影の条件と合わせる必要がある。
【０１３１】
第１から第３実施形態の撮像素子を備える撮影装置であれば、１００万枚／秒の高速撮影が可能である。
【０１３２】
（第４実施形態）
【０１３３】
図１８から図２０は、本発明の第４実施形態を示している。
【０１３４】
この第４実施形態では、電気信号記録手段は、ＭＯＳ型電気信号記録手段である。
【０１３５】
図１８に示すように、各画素１２９はそれぞれ信号変換手段であるフォトセンサ部１３１を備えている。
【０１３６】
図１９に示すように、１個のフォトセンサ部１３１は、図において上下方向に配列され、チャネルストップにより互いに絶縁された４個のフォトダイオード１３０ａ，１３０ｂ，１３０ｃ，１３０ｄにより構成されている。各フォトダイオード１３０ａ～１３０ｄは、それぞれ増幅手段であるトランジスタからなるアンプ１３３ａ，１３３ｂ，１３３ｃ，１３３ｄを介して垂直信号線１３５の図において上端側に接続されている。
【０１３７】
このように分割された複数個のフォトダイオード１３０ａ～１３０ｄにより１個のフォトセンサ部１３１を構成した場合、電荷の収集を早めるために各フォトダイオード１３０ａ～１３０ｄに電位勾配を設けても、垂直信号線１３５側（電気信号記録手段側）との電位差が過度に大きくならず、フォトダイオード１３０ａ～１３０ｄに発生した電気信号を確実に垂直信号線１３５側に送ることができる。また、個々のフォトダイオード１３０ａ～１３０ｄは小面積のものでよいため、現在入手可能で品質等の実績がある一辺数ミクロンや１０数ミクロン程度のフォトダイオードを使用することができる。
【０１３８】
アンプ１３３ａ～１３３ｄがトランジスタである場合、電荷の流れる方向と直交する方向の寸法（幅）が大きい程、増幅効率がよいが、電気の流れる方向の寸法（長さ）に対して幅が大きくなり過ぎると、幅方向の電位の一様性を保持することが困難となる。しかし、本実施形態のようにフォトセンサ部１３１を複数部分に分割しておけば、個々のアンプ１３３ａ～１３３ｄの幅は小さくなるものの、複数のアンプ１３３ａ～１３３ｄの幅の合計が大きくなり、かつ、個々のアンプ１３３ａ～１３３ｄでは幅が長さに対して大きくなり過ぎないため幅方向の電位の一様性が確保される。よって、かかる構成とすることにより、増幅手段の増幅効率が向上し、許容電荷量も大きくなる。
【０１３９】
図１８に示すように、垂直信号線１３５は、画素１２９の６個分だけ図において斜め下方側へ直線状に延在している。すなわち、垂直信号線１３５は、一つのフォトセンサ部１３１ａが対応する垂直信号線１３５と接続する位置と、そのフォトセンサ部１３１ａの図

において下側のフォトセンサ部１３１ｂが対応する垂直信号線１３５と接続する位置とを結ぶ直線１３７に対して傾斜している。従って、フォトセンサ部１３１ａに対応する垂直信号線１３５は、フォトセンサ部１３１ａから図において１画素分下側ではフォトセンサ部１３１ｂから離間しており、この隙間に下側のフォトセンサ部１３１ｂに対応する垂直信号線１３５が配置される。図において水平方向に隣接する２個のフォトセンサ部１３１の間には最大７本の垂直信号線１３５が存在している。

【０１４０】

各垂直信号線１３５には、電気信号を蓄積・記録するためのキャパシタ１３９が６０個ずつ等間隔で連結されている。各キャパシタ１３９と垂直信号線１３５の間には選択ゲート１４１が介設されている。

【０１４１】

各垂直信号線１３５の図において上端側には、対応するフォトセンサ部１３１と連通・遮断するためのインプットゲート１４３が設けられている。

【０１４２】

一方、各垂直信号線１３５の図において下端側には、読み出し／リセットゲート１４５が設けられている。また、各垂直信号線１３５の下端は、それぞれ図において水平方向に延在し、受光面外の読み出し回路に接続された水平信号読み出し線１４７に接続されている。各読み出し線１４７には受光面外に水平信号読み出し線選択ゲート１４９が設けられている。

【０１４３】

図において水平方向に並んだキャパシタ１３９（図２０において“１”から“６０”までの同じ番号が付されたキャパシタ１３９）の選択ゲート１４１は、それぞれ図において水平方向に延びる記録場所選択用制御線１５１に接続されている。

【０１４４】

各垂直信号線１３５のインプットゲート１４３は、それぞれ図において上下方向に延びるインプットゲート制御線１５３を介して図示しないシフトレジスタから送られる電圧により開閉される。受光面上で図において上下方向に並んでいるフォトセンサ部１３１に対応する垂直信号線１３５のインプットゲート１４３は同一のインプットゲート制御線１５３に接続されている。

【０１４５】

各垂直信号線１３５の読み出し／リセットゲート１４５は、それぞれ図において上下方向に延びる読み出し／リセットゲート制御線１５５を介して図示しないシフトレジスタから送られる電圧により開閉される。受光面上で図において上下方向に並んでいるフォトセンサ部１３１に対応する垂直信号線１３５の読み出し／リセットゲート１４５は同一の読み出し／リセットゲート制御線１５５に接続されている。

【０１４６】

各水平信号読み出し線選択ゲート１４９は、図において水平方向に延びる水平信号読み出し線選択ゲート制御線１５７を介して図示しないシフトレジスタから送られる電圧により開閉される。受光面上で図において水平方向に並んでいるフォトセンサ部１３１に対応する水平信号読み出し線選択ゲート１４９は、同一の水平信号読み出し線選択ゲート制御線１５７に接続されている。

【０１４７】

受光面の積層構造は、図示しない基板上面の第１層にフォトセンサ部１３１、キャパシタ１３９、記録場所選択用ゲート１４１、インプットゲート１４３、読み出し／リセットゲート１４５、水平信号読み出し線選択ゲート１４９が設けられている。また、第２層には、図において上下方向に延びる金属線、すなわち垂直信号線１３５、インプットゲート制御線１５３、読み出し／リセットゲート制御線１５５が設けられている。さらに、第３層には、図において水平方向に延びる金属線、すなわち水平信号読み出し線１４７、記録場所選択用制御線１５１、水平信号読み出し線選択ゲート制御線１５７が設けられている。第３層の上には、フォトセンサ部１３１以外への光の入射を防ぐ遮光面（図示せず）が

設けられている。

【０１４８】

次に、第４実施形態の撮像素子の動作について説明すると、撮影時には、すべてのインプットゲート制御線１５３に電圧を送り、全てのインプットゲート１４３を開く。この状態を保って、受光面上で水平方向に並んだ画素１２９のフォトセンサ部１３１毎に、図において最も上方側の記録場所選択用制御線１５１（図において“１”を付したキャパシタ１３９の選択ゲート１４１を開閉する記録場所選択用制御線１５１）に電圧を送る。その結果、各フォトセンサ部１３１の４個のフォトダイオード１３０ａ～１３０ｄに発生した電気信号は、アンプ１３３ａ～１３３ｄで増幅された後、インプットゲート１４３、垂直信号線１３５及び選択ゲート１４１を介して“１”を付したキャパシタ１３９に記録される。同様に、“２”から“６０”を付したキャパシタ１３９の選択ゲート１４１に対応する記録場所選択用制御線１５１に対して順次電圧を送る。その結果、各フォトセンサ部１３１毎に、“１”から“６０”の順で電気信号が記録される。

【０１４９】

“１”から“６０”のキャパシタ１３９に全て電気信号が記録された後、次の画像（６１番目の画像）に対応する電気信号を記録するには、まず、インプットゲート１４３を閉じ、読み出し／リセットゲート１４５及び水平信号読み出し線選択ゲート１４９を開とした状態で、“１”のキャパシタ１３９に対応する選択ゲート１４１を開く。その結果、“１”のキャパシタ１３９に蓄積されていた電気信号は、選択ゲート１４１、垂直信号線１３５、読み出し／リセットゲート１４５、水平読み出し線１４７及び水平信号読み出し線選択ゲート１４９を介して受光面外に排出される。次に、読み出し／リセットゲート１４５及び水平信号読み出し線選択ゲート１４９を閉、インプットゲート１４３を開とした後、“１”のキャパシタ１３９の選択ゲート１４１を開き、フォトセンサ部１３１に発生した６１番目の画像に対応する電気信号を“１”のキャパシタ１３９に記録する。以下、“２”から“６０”の順で同様の操作を繰り返し、連続上書きを行う。第１実施形態と同様に、撮影対象とする現象が生起すると停止すると、連続上書きを停止する。

【０１５０】

連続上書き撮影終了後に各キャパシタ１３９に蓄積された電気信号を読み出す場合には、１本の水平信号読み出し線選択ゲート制御線１５７に電圧を送り、この水平信号読み出し線選択ゲート制御線１５７により制御される全ての水平信号線読み出し線選択ゲート１４９を開くとする。これにより図において水平方向の１列の画素１２９について電気信号の読み出しが可能な状態となる。また、１本の読み出し／リセットゲート制御線１５５に電圧を送り、この読み出し／リセットゲート制御線１５５により制御される全ての読み出し／リセットゲート１４５を開とする。これにより図において上下方向の１列の画素１２９について電気信号の読み出しが可能な状態となる。このように１本の水平信号読み出し線選択ゲート１５７と１本の読み出し／リセットゲート制御線１５５に電圧を送ることにより、１個の画素１２９について電気信号の読み出しが可能な状態となる。そして、この状態を保って、その１個の画素１２９について図において上側から記録場所選択用制御線１５１に対して順次電圧を送る。その結果、“１”から“６０”の順でキャパシタ１３９内に記録された電気信号が、記録場所選択用ゲート１４１、垂直信号線１３５、読み出し／リセットゲート１４５、水平信号読み出し線１４７及び水平信号読み出し線選択ゲート１４９を介して受光面外に読み出される。以下同様に、読み出し／リセットゲート制御線１５５を水平方向に、水平信号読み出し線選択ゲート１５７を垂直方向に順次走査して画素１２９を１個ずつ選択し、選択した画素１２９に対応する“１”から“６０”までのキャパシタ１３９に記録された電気信号を読み出す。

【０１５１】

各フォトセンサ部１３１の全てのキャパシタ１３９に蓄積された電気信号を排出してリセットするには、読み出し／リセットゲート１４５、水平信号読み出し線選択ゲート１４９を全て開とし、かつ、全ての記録場所選択用ゲート１４１をいっせいに開とする。各キャパシタ１３９に蓄積された電気信号は、記録場所選択用ゲート１４１、垂直信号線１３

５、読み出し／リセットゲート１４５、読み出し線１４７及び水平信号読み出し線選択ゲート１４９を介して素子外に排出される。

【０１５２】

撮影条件設定のための間欠モニタリング時には、全ての選択ゲート１４１を閉状態に保持する。また、全てのインプットゲート１４３を開状態で保持する。そして、所定の時間間隔（例えば１／３０秒間隔）で、各フォトセンサ部１３１から電気信号を読み出す。垂直方向の走査は、水平信号読み出し線選択ゲート制御線１５７に１本ずつ順次電圧を印可することにより行う。水平方向の走査は、読み出し／リセットゲート制御線１５５に１本ずつ順次電圧を印可することにより行う。水平信号読み出し線選択ゲート１４９を開状態で維持し、インプットゲート制御線１５３に１本ずつ順次電圧を印可することにより水平方向の走査を行ってもよい。

【０１５３】

（第５実施形態）

図２１に示す本発明の第５実施形態の撮像素子１８０では、インプットゲート制御線１５３及び読み出し／リセットゲート制御線１５５は、受光面上を図において左端部から右端部へ水平方向に延びている。よって、第５実施形態では、金属線のうち、インプットゲート制御線１５３、読み出し／リセットゲート制御線１５５、水平信号読み出し線１４７、記録場所選択用制御線１５１、水平信号読み出し線選択ゲート制御線１５７が水平方向に延びており、各フォトセンサ部１３１に対応する垂直信号線１３５のみが図において上下方向に延びている。各垂直信号線１３５は、受光面の上端部から下端部まで延びているのではなく、対応するフォトセンサ部１３１から画素１２９の６個分だけ下方に延びて対応する水平信号読み出し線１４７に接続して終了している。このように第５実施形態の撮像素子では、受光面外までのつながる金属線、すなわちインプットゲート制御線１５３、読み出し／リセットゲート制御線１５５、水平信号読み出し線１４７、記録場所選択用制御線１５１及び水平信号読み出し線選択ゲート制御線１５７は、すべて水平方向に延びている。よって、図２２に示すように、これらの線の受光面からの引き出し部分を図において左側に設け、受光面の左側の部分１８０ａにシフトレジスタ等の受光面外の回路をまとめることができる。

【０１５４】

かかる構成としたことにより、例えば、図２２に示すように、８個の撮像素子１８０を水平方向に２列、垂直方向に４列の合計８個配列して１個の大面積の受光面を備える高解像度の撮像素子とすることができる。この場合、８個の撮像素子１８０を同一構造とし、図において左側の列の撮像素子１８０に対して右側の列の撮像素子１８０を１８０°反転させて配置するだけでよい。

【０１５５】

各撮像素子１８０の図において下辺部分では、受光面の最も下側のフォトセンサ部１３１に対応する垂直信号線１３５、キャパシタ３９等のみが存在し、フォトセンサ部１３１は存在していない。よって、撮像素子を上下方向に配列するには、上側の撮像素子１８０の下辺部分と下側の撮像素子１８０の上辺部分とを図示しな絶縁層を介在させて互いに重ね合わせた領域１８１を設ける必要がある。この領域１８１は他の部分と比較して厚みが大きくなるが、厚みの増大と比較して画素サイズが大きいため、焦点ずれ等の問題は生じない。

【０１５６】

図２２の構成とした撮像素子では、連続上書き撮影時に８個の撮像素子１８０毎に上書きのために各画素から排出される電気信号の総和を監視し、いずれか１個の撮像素子１８０について排出される電気信号の総和が急変したときに上書きを停止するようにしてもよい。かかる構成とすれば、特別な機構を組み込むことなく、画像の１／８の領域で急激な変化が生じた場合に連続上書きを停止するトリガー機能が得られる。

【０１５７】

第５実施形態のその他の構成及び作用は上記第４実施形態と同様であり、同一の要素に

は同一の符号を付している。

【０１５８】

（第６実施形態）

図２３及び図２４は、本発明の第６実施形態の撮像素子を示している。

図２３に示すように、この第６実施形態の撮像素子２８０では、電荷収集井戸２８１の図において上下両側に接続された一対のフォトダイオード２８３ａ，２８３ｂが各画素２８４のフォトセンサ部２８５を構成している。電荷収集井戸２８１、はインプットゲート２８６を介して６画素分の距離を直線状に延びるＣＣＤ転送路２８７に接続している。ＣＣＤ転送路２８７の図において下端側には、バッファ／ドレーンゲート２８９、増幅器２９０及びリセットゲート２９１が設けられている。バッファ／ドレーンゲート２８９は、オーバーフロー／リセットゲート２９２を介して、そのＣＣＤ転送路２８７に電気信号が記録されるフォトダイセンサ部２８５を備える画素２８４に対して図２３において６個下側で１個左側の画素２８４の電荷収集井戸２８１に接続されている。

【０１５９】

第６実施形態では、正方配列である画素２８４の図において上下方向の配列方向（図において矢印Ｘで示す）に対して、上記ＣＣＤ転送路２８７の延在方向及び各フォトセンサ部２８５を構成する一対のフォトダイオード２８３ａ，２８３ｂの配列方向（図において矢印Ｙで示す）が傾斜している。従って、各フォトセンサ部２８５に対応するＣＣＤ転送路２８７は、図において下側に延びるのに伴って、そのフォトセンサ部２８５の図において下方側に配置されたフォトセンサ部２８５から離間し、この隙間に図において下方側のフォトセンサ部２８５に対応するＣＣＤ転送路２８７を配置することができる。

【０１６０】

また、第６実施形態では各フォトセンサ部２８５が２個のフォトダイオード２８３ａ，２８３ｂにより構成されているため、電荷の収集を早めるために各フォトダイオード２８３ａ，２８３ｂに電位勾配を設けても、ＣＣＤ転送路２８７側との電位差が大きくならず、フォトダイオード２８３ａ，２８３ｂに発生した電気信号を確実にＣＣＤ転送路２８７に送ることができる。また、個々のフォトダイオード２８３ａ，２８３ｂは小面積のものでよいため、現在に入手可能で品質等の実績がある一辺数ミクロンと１０数ミクロン程度のフォトダイオードを使用することができる。

【０１６１】

第６実施形態の撮像素子２８０では、受光面の図２３において左側にシフトレジスタ等の受光面外の回路をまとめ、受光面の上下両側及び右側にはシフトレジスタ等のない領域を設けることができる。よって、図２４（Ａ），（Ｂ）に示すように、第６実施形態の撮像素子を４個組み合わせて１個の大面積の受光面を備える撮像素子とすることができる。なお、組み合わせる撮像素子数は４個に限定されず、例えば、図２２に示す第５実施形態の場合と同様に、撮像素子を適宜１８０°反転させて８個の撮像素子を組み合わせてもよい。

【０１６２】

（参考例）

図２５は、本発明の参考例の撮像素子３８０を示している。この撮像素子３８０は、図１に示したＫｏｓｏｎｏｃｋｙらの撮像素子と同様の構成であるが、各画素３８１毎に２個のフォトダイオード３８２ａ，３８２ｂを備え、これらのフォトダイオード３８２ａ，３８２ｂは、１個の電荷収集井戸３ａ及びインプットゲート３ｂを介してＣＣＤ転送路５，６に接続されている。かかる構成とすれば、電荷の収集を早めるために各フォトダイオード３８２ａ，３８３ｂに電位勾配を設けても、ＣＣＤ転送路５側との電位差が大きくならず、発生した電気信号を確実にＣＣＤ転送路５に送ることができると共に、現在入手可能で品質等の実績がある一辺数ミクロンや１０数ミクロン程度のフォトダイオードを使用することができる。

【０１６３】

第１から第６実施形態を通じて受光面外の読み出し用水平ＣＣＤ、カメラ等の構成は一

般的なものであり、本明細書で参照した従来技術の明細書や教科書（例えば、竹村裕夫、ＣＣＤカメラ技術入門、コロナ社）にも記述されている。従って本明細書では改めて説明していない。

【０１６４】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明の高速撮像素子は、線状のＣＣＤ転送路や垂直信号読出線（複数のキャパシタが選択ゲートを介して接続されている）を備えているため、簡易な構成で高画質の超高速撮影を行うことができる。

【０１６５】

特に、ＣＣＤ転送路である場合には、線状としたことにより、電荷移送時のノイズの発生を防止することができ、高品位の画像が得られる。

【０１６６】

信号変換手段を受光面上に正方形又は長方形の升目の全てもしくは一つおきに配置し、電気信号記録手段を傾斜して配置したことにより、撮影終了後の画像処理が容易になると共に、大型撮像素子を切り出すための切り出し線を容易に作ることができ、歩留まり率向上を図ることができる。

【０１６７】

各信号変換手段から直接読み出し線に接続する手段を備えることで、撮影条件設定時に熱雑音の発生や、生物試料等の劣化を防ぎつつ、撮影装置の設定後に行う超高速撮影時とほぼ同じ条件で、撮影状態をモニタリングすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】　Ｋｏｓｏｎｏｃｋｙらの発明になる並列ＣＣＤ型画素周辺記録型撮像素子を示す部分概略正面図である。

【図２】　曲線部を持つ延直ＣＣＤ型画素周辺記録型撮像素子を示す部分概略正面図である。

【図３】　（Ａ）曲線部を持つ２重延直ＣＣＤ型画素周辺記録型撮像素子を示す部分概略正面図、（Ｂ）は（Ａ）の部分拡大図である。

【図４】　第１実施形態の正方配列ＸＹアドレス読み出し延直ＣＣＤ型画素周辺記録型撮像素子を示す部分概略正面図である。

【図５】　第１実施形態における電極等の配置を示す概略図である。

【図６】　第１実施形態におけるＣＣＤ駆動電圧送付用金属線等の配線を示す概略図である。

【図７】　第１実施形態における読み出し制御用金属線の配置を示す概略図である。

【図８】　第１実施形態における遮光層を示す概略図である。

【図９】　ＭＯＳ型ＸＹアドレス読み出し回路を示す回路図である。

【図１０】　（Ａ）はコンタクトポイントを示す斜視図、（Ｂ）はコンタクトポイントを示す側面図である。

【図１１】　第１実施形態のインプットゲートを示す概略図である。

【図１２】　第２実施形態における画素とＣＣＤの配置を示す部分概略正面図である。

【図１３】　第３実施形態における画素とＣＣＤの配置を示す部分概略正面図である。

【図１４】　第３実施形態における中心部の画素とＣＣＤの配置である。

【図１５】　真中を横切るゲート領域を持つフォトダイオードを示す概略図である。

【図１６】　（Ａ）～（Ｄ）は鉛直オーバーフローゲート兼リセットゲートを示す概略図である。

【図１７】　千鳥状の画素配置を示す部分概略正面図である。

【図１８】　本発明の第４実施形態の撮像素子を示す概略正面図である。

【図１９】　第４実施形態の撮像素子を示す部分拡大概略正面図である。

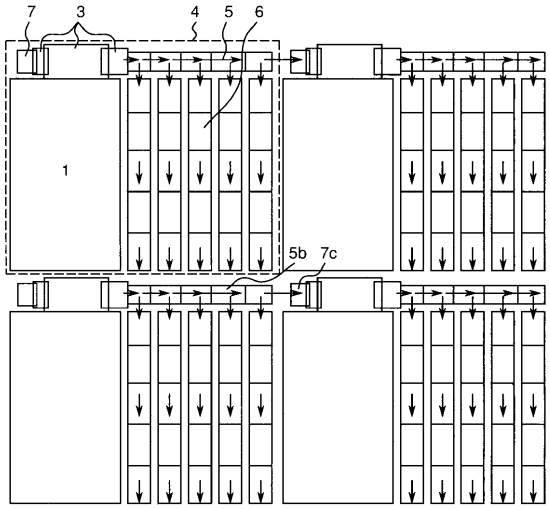
【図２０】　第４実施形態の撮像素子を示す部分拡大概略正面図である。

【図２１】　第５実施形態の撮像素子を示す概略正面図である。

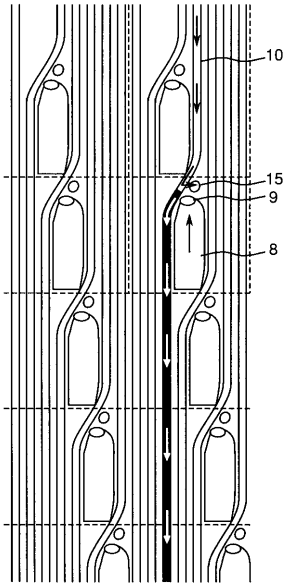
【図２２】　第５実施形態の撮像素子を組み合わせた状態を示す概略正面図である。

【図２３】　本発明の第６実施形態の撮像素子を示す部分拡大概略正面である。
【図２４】（Ａ）は第６実施形態の撮像素子を組み合わせた状態を示す概略正面図、（Ｂ）は（Ａ）の部分ＸＸＩＶの要部拡大図である。
【図２５】　参考例の撮像素子を示す部分拡大概略正面図である。
【符号の説明】
３０，１３１，２８３ａ，２８３ｂ，３８２ａ，３８２ｂ　フォトダイオード
３１，２８１　電荷収集井戸
３２，２８６，２８７　インプットゲート
３３　ＣＣＤ転送路（電荷結合素子型信号転送路）
３４　要素
３５　ドレーンゲート
３６　ドレーン
４８　オーバーフローゲート
５０　遮光層
５２　ＣＣＤ駆動電圧送付線
５３　コンタクトポイント
５８　ドレーン線
１３０　フォトセンサ部
１３３　アンプ
１３５　垂直信号線
１３９　キャパシタ
１４３　インプットゲート
１４５　読み出し／リセットゲート
１４７　信号読み出し線
１４９　水平信号読み出し線選択ゲート
１５１　記録位置選択用制御線
１５３　インプットゲート制御線
１５５　読み出し／リセットゲート制御線
１５７　水平信号読み出し線選択ゲート制御線

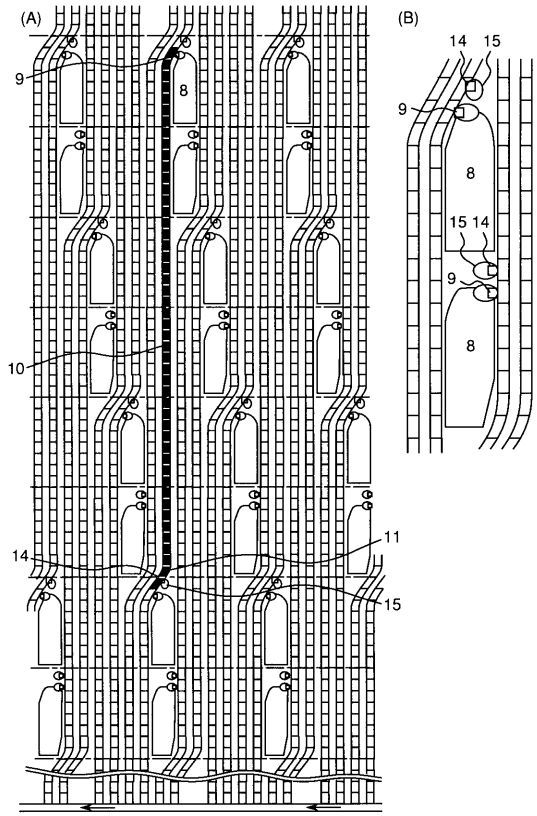
【図１】


7
3
4
5
6
1
5b
7c

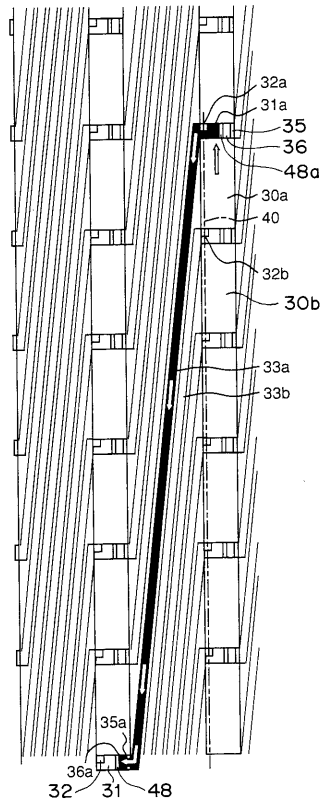
【図２】


10
15
9
8

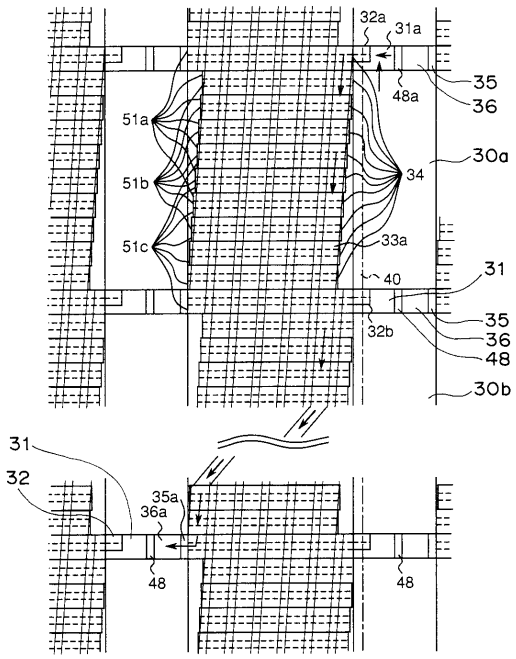
【図３】


(A)
(B)
9
8
14
15
15
14
9
8
10
14
11
15

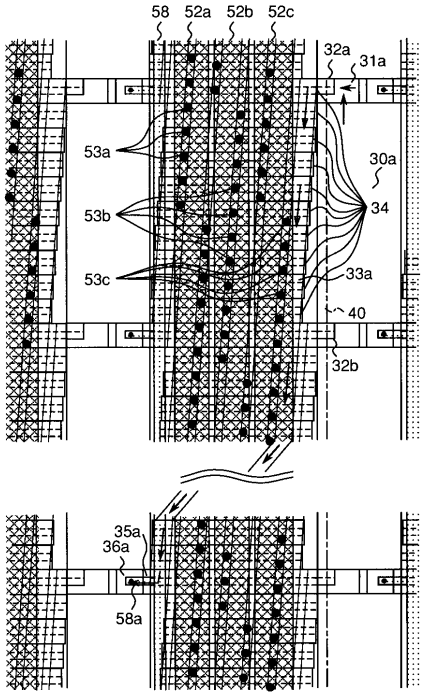
【図４】


32a
31a
35
36
48a
30a
40
32b
30b
33a
33b
35a
36a
32
31
48

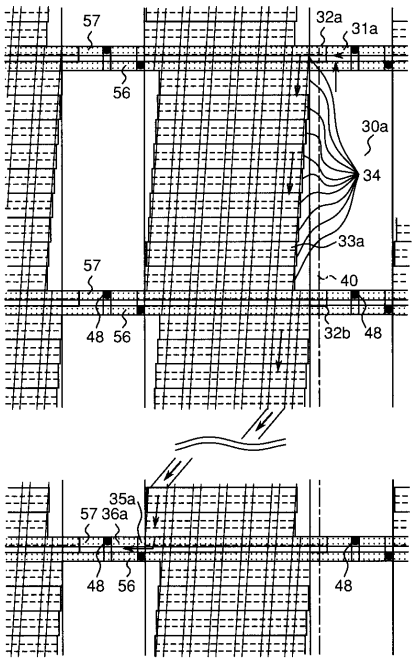
【図５】


32a
31a
48a
35
36
51a
30a
51b
34
51c
33a
40
31
32b
35
36
48
30b
31
32
35a
36a
48
48

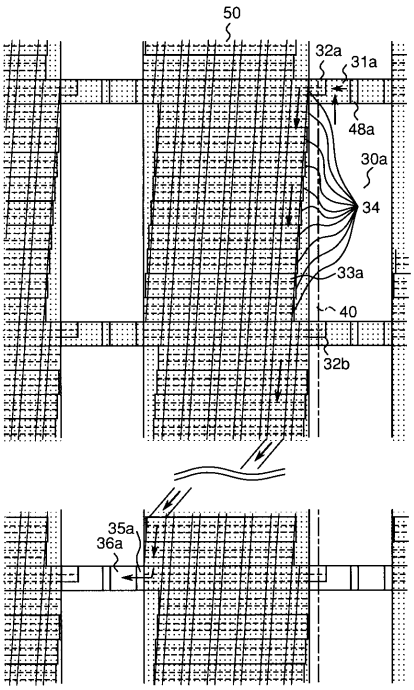
【図６】


58
52a
52b
52c
32a
31a
53a
30a
53b
34
53c
33a
40
32b
35a
36a
58a

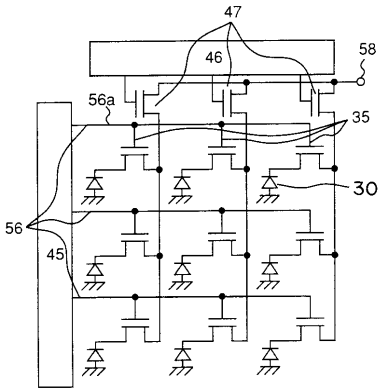
【図７】


57
32a
31a
56
30a
34
33a
57
40
48
56
32b
48
35a
57
36a
48
56
48

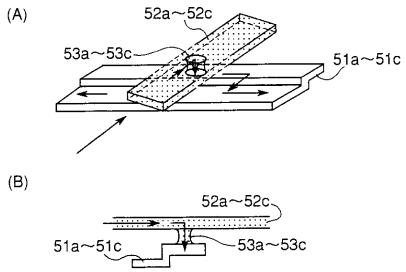
【図８】


50
32a
31a
48a
30a
34
33a
40
32b
35a
36a

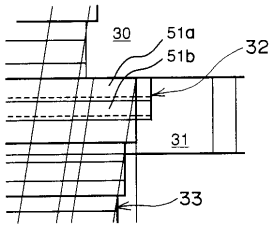
【図９】



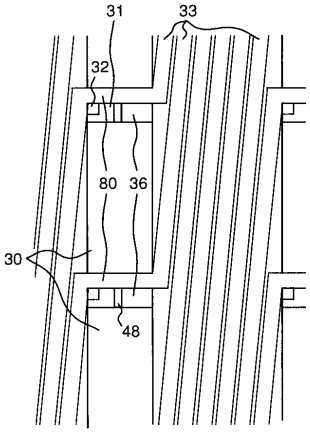
【図１０】



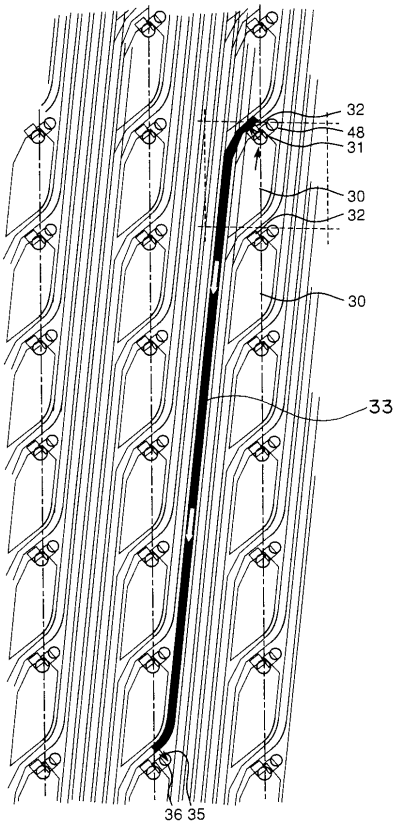
【図１１】



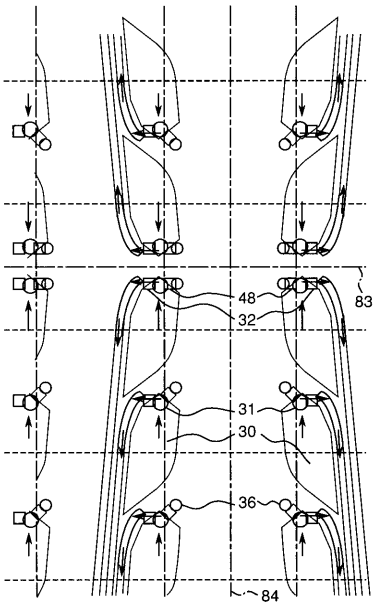
【図１２】



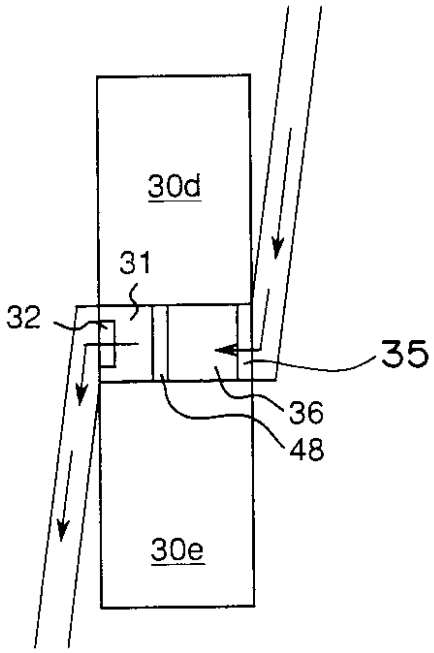
【図１３】



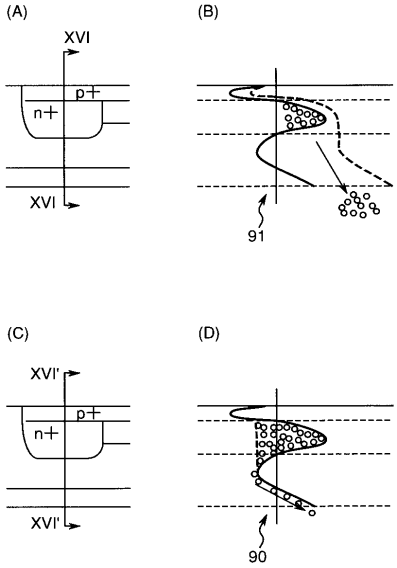
【図１４】



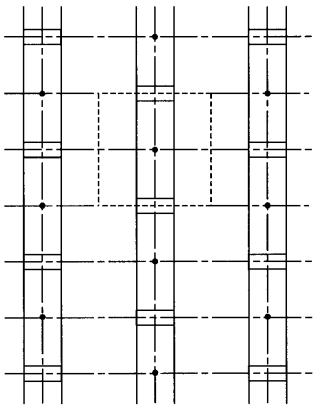
【図１５】



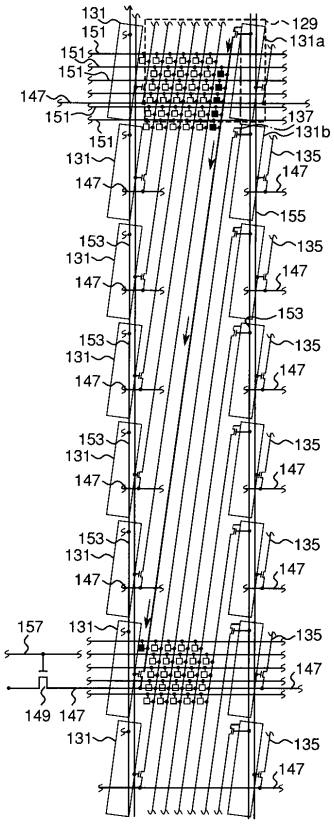
【図１６】



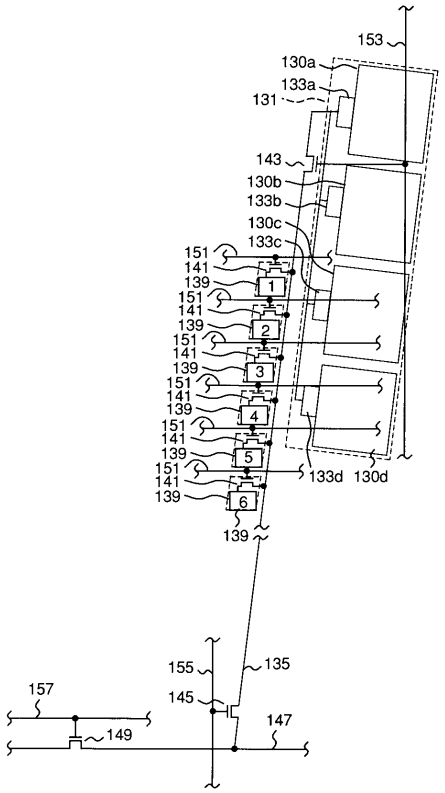
【図１７】



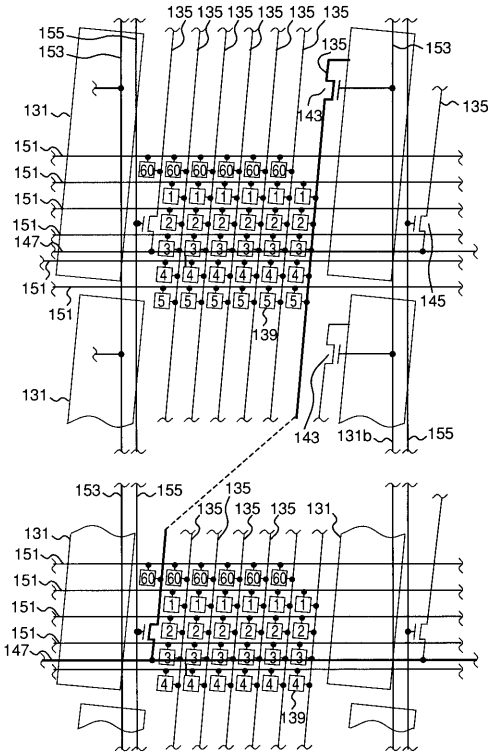
【図１８】



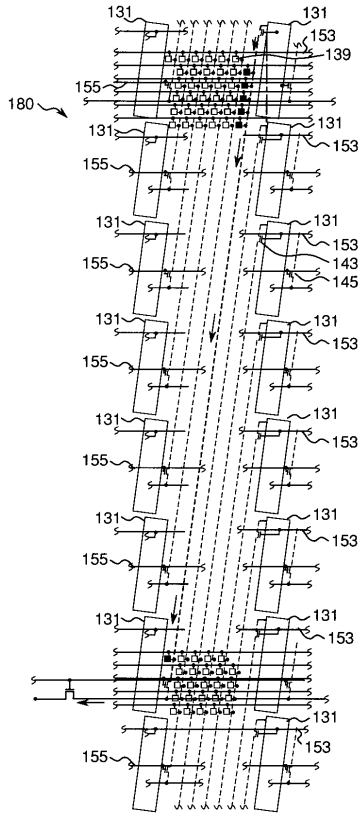
【図１９】



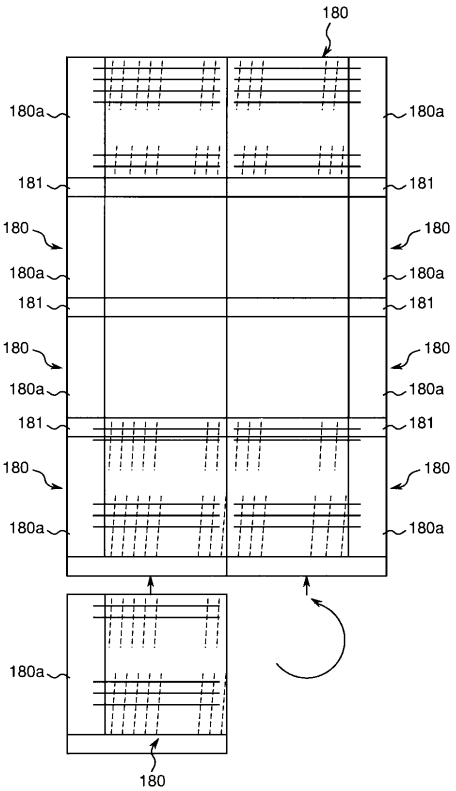
【図２０】



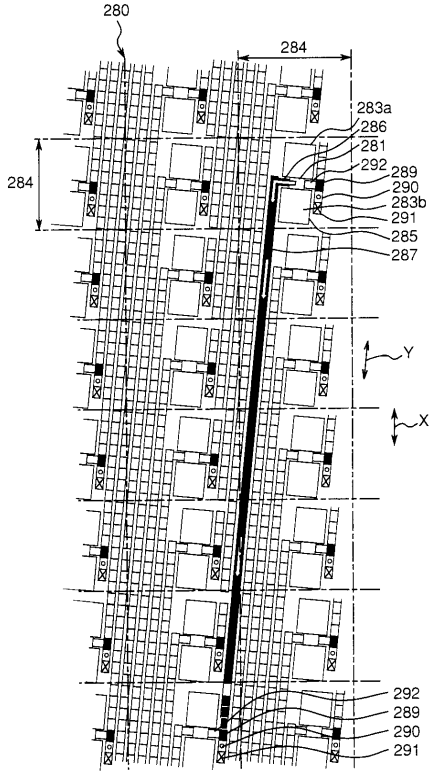
【図２１】



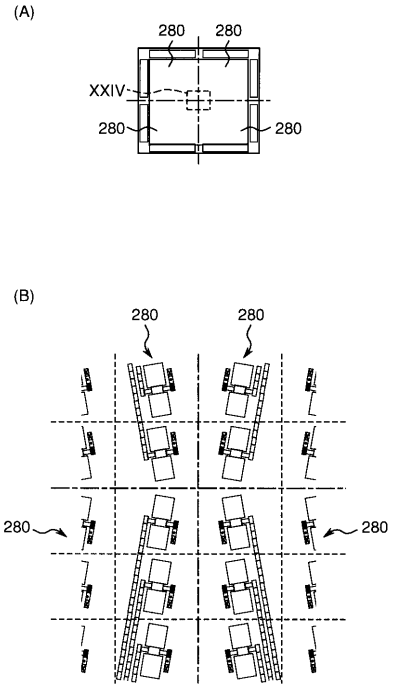
【図２２】



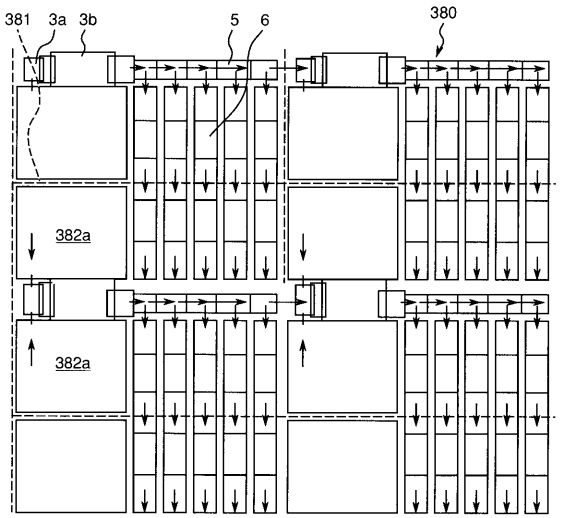
【図２３】


280
284
284
283a
286
281
292
289
290
283b
291
285
287
Y
X
292
289
290
291

【図２４】


(A)
280
280
XXIV
280
280
(B)
280
280
280
280

【図２５】


381
3a
3b
5
6
380
382a
382a

フロントページの続き

審査官　▲徳▼田　賢二

(56)参考文献　特開平０９－０５５８８９（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－２３３９６７（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－３０６７８６（ＪＰ，Ａ）
米国特許第０５３５５１６５（ＵＳ，Ａ）
特開平０５－１３７０７４（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－２８４２８２（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－２２５２８８（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－１６８８８４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H04N　5/335
H01L　21/339
H01L　27/148
H01L　29/762