

⑫ 公開特許公報(A)

平3-174890

⑮ Int. Cl.³H 04 N 9/64
9/07

識別記号

K
A

庁内整理番号

7033-5C
8725-5C

⑬ 公開 平成3年(1991)7月30日

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全17頁)

⑭ 発明の名称 固体撮像システム

⑯ 特 願 平2-144429

⑰ 出 願 平2(1990)6月4日

優先権主張 ⑱ 平1(1989)6月8日 ⑲ 日本(JP) ⑳ 特願 平1-143971
㉑ 平1(1989)7月24日 ㉒ 日本(JP) ㉓ 特願 平1-188844
㉔ 平1(1989)8月16日 ㉕ 日本(JP) ㉖ 特願 平1-210195

㉗ 発 明 者 田 部 井 雅 利 神奈川県茅ヶ崎市松浪2-3-31

㉘ 出 願 人 富士写真フイルム株式会社 神奈川県南足柄市中沼210番地

㉙ 代 理 人 弁理士 深沢 敏男 外3名

9月 糸田 孝

1. 発明の名称

固体撮像システム

2. 特許請求の範囲

(1) RGB表色系における各原色の刺激値に対応する夫々の色信号を発生する受光エレメントにより撮像し、これらの色信号を混色に相当する合成処理に適用することによって色再現を実現せしめる固体撮像システムにおいて、

前記RGB表色系における青(B)と緑(G)の中間色のスペクトル領域に対する分光感度を有する他の受光エレメントを設け、該他の受光エレメントに発生した信号を、前記の赤(R)の色信号から所定の比率で減算処理することにより新たな赤(R')の色信号を形成し、この新たな赤(R')の色信号を混色に相当する合成処理における赤の色信号として適用することで色再現を行わしめることを特徴とする固体撮像システム。

(2) RGB表色系における各原色の刺激値に

応する夫々の色信号を発生する受光エレメントにより撮像し、これらの色信号を混色に相当する合成処理に適用することによって色再現を実現せしめる固体撮像システムにおいて、

緑(G)の色信号から青(B)と赤(R)の色信号を夫々所定比率で減算処理することにより新たな緑(G')の色信号形成して、この新たな色信号(G')を混色に相当する合成処理に適用することにより色再現を行わしめる手段と、

青(B)の色信号から緑(G)と赤(R)の色信号を夫々他の所定比率で減算処理することにより新たな青(B')の色信号を形成して、この新たな色信号(B')を混色に相当する合成処理に適用することにより色再現を行わしめる手段との少なくとも何れか一方の手段を備えることを特徴とする固体撮像システム。

(3) RGB表色系における各色の刺激値に対応する夫々の色信号を発生する受光エレメント群により撮像し、これらの色信号を混色に相当する合成処理に適用することによって色再現を実現せしめ

る固体撮像システムにおいて、

前記受光エレメント群は、青色の分光特性を有する第1の受光エレメントと、赤色の負感度領域に相当する波長範囲を含む緑色の分光特性を有する第2の受光エレメントと、該赤色の負感度領域に相当する波長範囲より長波長範囲の緑色及び赤色の分光特性を有する第3の受光エレメントで構成し、

少なくとも、上記第3の受光エレメントに発生した色信号から上記第2の受光エレメントに発生した色信号を所定の比率で減算処理することにより新たな赤の色信号を形成し、該新たな赤の色信号と上記第1の受光エレメントより発生する青の色信号と上記第2の受光エレメントより発生する緑の色信号に基づいて色混合処理を行わせる手段を設けたことを特徴とする固体撮像システム。

(4) 補色系における各色の刺激値に対応する夫々の色信号を発生する受光エレメントにより撮像し、これらの補色の色信号から変換された三原色の色信号を混色に相当する合成処理に適用するこ

ーイメージセンサを固体撮像デバイスとして用いたカメラ一体型ビデオテープレコーダ(VTR)や電子スチルカメラ、複写機、ファクシミリその他の映像機器が知られている。

例えば、単板式の固体撮像システムにあっては、赤(R)、青(B)、緑(G)の分光特性を有する微細フィルタをモザイク状に配列して成る光学フィルタや、その補色のシアン(C)、マゼンタ(M)、イエロー(Y)の分光特性を有する微細フィルタをモザイク状に配列して成る光学フィルタを受光面に設けた固体撮像デバイスで撮像及び光電変換することにより上記の各色に対する刺激値に相当する電気信号(以下、色信号という)を発生する。

多板式のものにあっては、赤(R)、青(B)、緑(G)あるいはその補色のシアン(C)、マゼンタ(M)、イエロー(Y)の分光特性を有する固有の固体撮像デバイスを複数個組み合わせて、夫々で撮像及び光電変換することにより各色信号を発生する。

とによって色再現を実現せしめる固体撮像システムにおいて、

前記RGB表色系における青(B)と緑(G)の中間色のスペクトル領域に対する分光感度を有する他の受光エレメントを設け、該他の受光エレメントに発生した信号を、前記の補色の色信号から所定の比率で減算処理することにより少なくとも新たな赤(R')の色信号を形成し、この新たな赤(R')の色信号を混色に相当する合成処理における赤の色信号として適用することによって色再現を行わせることを特徴とする固体撮像システム。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、カラー固体撮像デバイスにより撮像を行うための固体撮像システムに関し、特に、負の分光感度の効果を加えることにより、再生時の色再現性を向上させ得る映像信号を発生する固体撮像システムに関する。

(従来の技術)

従来の固体撮像システムとしては、CCDカラ

そして、例えば、各色の刺激値に相当する電子ビームでカラー受像管のドット蛍光体を発光させることによる色混合で被写体の色再現を行うようにしている。

(発明が解決しようとする課題)

周知のように、こうした色混合による中間色の色再現は、三原色の場合、第15図に示すような色度図にプロットした(R)、(G)、(B)の三原色の光の強さの割合によって実現するものであり、これらの三原色を頂点とする三角形(同図中、実線で示す三角形)の内側領域(以下、三原色による理想再現域という)内の中間色を適宜に再現することができるという原理に基づいている。

又、補色の場合は、第16図に示すような色度図にプロットしたシアン(C)、マゼンタ(M)、イエロー(Y)の光の強さの割合によって実現するものであり、色度図中の一点鎖線で示す三角形の内側領域(以下、補色による理想再現域という)内の中間色を適宜再現することができるという原理に基づいている。

しかしながら、自然界に存在する被写体からの光を従来のカラー固体撮像デバイスで光電変換することによって実際に得られた赤(r)、緑(g)、青(b)、又はシアン(c)、マゼンタ(m)、イエロー(y)の電気信号で上記カラー受像管のドット蛍光体を発光させて色再現を行ったり、又は、これらの電気信号でカラー感光紙等の記録媒体に色再現を行った場合には、実際の色再現域は、第15図中の理想再現域よりも狭い点線の三角形内の範囲や、第16図中の理想再現域よりも狭い点線の三角形内の範囲となる。

従って、第15図又は第16図において、理想再現域の内側と実際の再現域の外側とで囲まれる領域中の或る中間色Aの再現は従来技術では実現不可能であり、例えば、実際に得られた色信号で再現される中間色A'を理想の中間色Aと認識しているにすぎない。そして、被写体の中間色Aに対して、実際にはその色Aよりも白Wに近づいた希釈した中間色A'が再生されることとなる。

即ち、従来技術によれば、実際には理想再現域

F_a 、 F_g 、 F_b よりもプラスの刺激値が加算された特性 F'_a 、 F'_g 、 F'_b が得られることとなり、このことが第15図における頂点を(r)、(g)、(b)とする点線の三角形で示す狭い再現域となる原因である。

一方、補色による色再現の場合も同様の理由に起因して、理想よりもずれた色再現が行われる。即ち、三原色とその補色との関係は、加法混色によれば、

$$\begin{cases} Y = R + G \\ C = G + B \\ M = B + R \\ W = R + G + B \end{cases}$$

の相互関係があるので、(R)、(G)、(B)の三原色に基づいて説明したのと同様に、第17図中の $F_a < 0$ 、 $F_g < 0$ 、 $F_b < 0$ となる負の刺激値 α 、 β 、 γ 、 δ を従来の光学フィルタで得ることができないことから、実際の色再現域は、第16図における頂点を(r)、(g)、(b)

よりも狭い範囲の各色信号で色再現を行っているにすぎなかった。

このように理想的な色再現を実現することができない理由を更に第17図に基づいて説明する。尚、第17図はカラーフィルタの理想的な分光特性を示す等色関数であり、縦軸が波長、横軸が刺激値(ルーメン)であり、図中の実線 F_a が赤色フィルタの理想的な分光特性、破線 F_g が緑色フィルタの理想的な分光特性、点線 F_b が青色フィルタの理想的な分光特性を示す。従って、これらの理想特性 F_a 、 F_g 、 F_b の色信号による色混合を行えば、第15図又は第16図の理想再現域内の中間色を再現することができることとなる。

まず、三原色による色再現の問題を述べれば、第17図は理想的な特性であって、実際の光学フィルタによれば、 $F_a < 0$ 、 $F_g < 0$ 、 $F_b < 0$ となる負の刺激値を得ることはできず、従って、これらの負の刺激値(第17図中、斜線部分 α 、 β 、 γ 、 δ で示す)は刺激値がゼロとして得られることとなる。その結果、実際には理想的な特性

とする点線の三角形で示す狭い再現域となってしまう。

このように、従来の技術によれば、色再現域が理想再現域から狭い範囲へずれており、特に、第15図又は第16図における青(B)と緑(G)を結ぶ線上に相当する中間色に対する人間の目の色分辨能が優れていることに鑑み、この領域の色再現性を向上させることが極めて重要である。

本発明はこのような課題に鑑みて成されたものであり、より理論に近い色再現を可能とする、換言すれば色再現域を従来よりも拡大することにより色再現性を向上させる固体撮像システムを提供することを目的とする。

(課題を解決するための手段)

このような目的を達成するために本発明は、第1の実施態様として、負の刺激(以下、負感度という)に相当する色信号を得るための少なくとも1以上のカラーフィルタを追加し、このカラーフィルタで得た色信号を、実際の赤、青、緑の色信号から減算処理することによって理想に近い色信

号を形成することとした。

第17図に基づいて更に第1の実施態様の原理を説明すると、理想的には、例えば第17図の約460nm～530nmの波長範囲で赤の負感度が存在し、約400nm～460nm及び640nm～680nmの波長範囲で緑の負感度が存在し、約530nm～620nmの波長範囲で青の負感度が存在する。しかし、従来の赤、青、緑の光学フィルタではこれらの負感度を検出することができないので、波長範囲に対する分光特性を有する光学フィルタを従来の光学フィルタに加えて備えることにし、新たな光学フィルタで得た負感度に相当する色信号を実測の赤、青、緑の色信号から減算処理することによって理想に近い色信号を形成することとした。

又、上記の目的を達成するために本発明の第2の実施態様として、青色の分光特性を有する第1の受光エレメントと、赤色の負感度領域に相当する波長範囲を含む緑色の分光特性を有する第2の受光エレメントと、該赤色の負感度領域に相当す

ることができないので、第6図に示すような波長範囲について青の分光特性(点線f₁で示す)を有する第1の受光エレメント、緑の分光特性(破線f₂で示す)を有する第2の受光エレメント、緑の長波長範囲を含むと共に赤の分光特性(実線f₃で示す)を有する第3の受光エレメントを受光部に形成した固体撮像装置を適用する。そして、第6図において、第3の受光エレメントに発生した色信号から第2の受光エレメントに発生した色信号を減算処理することにより、長波長領域の赤の成分と、第17図中のβに相当する赤の負感度成分(第6図の斜線領域β'参照)とを有する新たな赤の色信号を形成する。

このような減算処理により形成された新たな色信号は、第17図に示す理想的な赤の色信号(実線F₀の特性を有する)に近似することとなる。

又、上記新たな赤の色信号を形成すると共に、第1の受光エレメントに発生した青の色信号から第2、第3の受光エレメントに発生した緑及び赤の色信号を所定の比率で減算処理することにより、

る波長範囲より長波長範囲の緑色及び赤色の分光特性を有する第3の受光エレメントを備えた固体撮像装置を適用し、少なくとも、上記第3の受光エレメントに発生した色信号から上記第2の受光エレメントに発生した色信号を所定の比率で減算処理することにより新たな赤の色信号を形成し、該新たな赤の色信号と上記第1の受光エレメントより発生する青の色信号と上記第2の受光エレメントより発生する緑の色信号に基づいて色混合処理を行うようにした。

第6図及び第17図に基づいて更に第2の実施態様の原理を説明する。理想的には、例えば第17図の約460nm～530nmの波長範囲で赤の負感度が存在し(βの部分)、約400nm～460nm及び640nm～680nmの波長範囲で緑の負感度が存在し(αとδの部分)、約530nm～620nmの波長範囲で青の負感度が存在する(γの部分)。

しかし、従来の光学フィルタを設けた赤、青、緑の受光エレメントはこれらの負感度を検出する

第17図中の青の負感度γを含む新たな青の色信号を形成してもよい。

又、上記新たな赤の色信号を形成すると共に、第2の受光エレメントに発生した緑の色信号から第1、第3の受光エレメントに発生した青及び赤の色信号を所定の比率で減算処理することにより、第17図中の緑の負感度α、δを含む新たな緑の色信号を形成してもよい。

又、上記の目的を達成するために本発明の第3の実施態様として、赤、青、緑に対する補色系のカラーフィルタを設けた固体撮像装置を適用し、負の刺激(以下、負感度という)に相当する波長帯域の色信号を得るための少なくとも1以上のカラーフィルタを追加し、このカラーフィルタで得た色信号を、実測の初色の色信号から減算処理することによって負感度成分を有する理想に近い色信号を形成することとした。

第17図に基づいて更に第3の実施態様の原理を説明する。理想的には、例えば第17図の約460nm～530nmの波長範囲で赤の負感度が

存在し(βの部分)、約400nm~460nm及び640nm~680nmの波長範囲で緑の負感度が存在し(αとδの部分)、約530nm~620nmの波長範囲で青の負感度が存在する(γの部分)。又、補色系のシアン(C)、マゼンタ(M)、イエロー(Y)についても上記関係式から同じ事が言える。しかし、従来の光学フィルタではこれらの負感度を検出することができないので、波長範囲に対する分光特性を有する光学フィルタを従来の光学フィルタに加えて備えることにし、新たな光学フィルタで得た負感度に相当する色信号を実測の補色系の色信号から減算処理することによって理想に近い色信号を形成することとした。

(作用)

上記の第1の実施態様による固体撮像システムにあっては、負感度成分を含む理想に近い赤、青、緑の色信号を擬似的に形成することができるので、従来に較べて色再現域を拡大することができる。特に、赤の負感度成分を加味して青(B)と緑

色再現性を向上させることは、この領域に対する人間の目の色分解能が特に優れていることに鑑みて、鮮明な再生画像を提供することに寄与することとなる。

尚、この発明は単板式や多板式の撮像システムに限定されるものではない。又、再生システムとしてカラー受像管を用いたテレビジョンモニターやカラー感光材をハードコピーとして使用する複写器その他の多種多様な映像機器への適用が可能である。

(実施例)

本発明の第1の実施態様に係る一実施例を図面と共に説明する。

第1図は電荷結合型固体撮像デバイス(CCD)で撮像する場合のシステムを示す。まず、構成を説明すると、1は多数の受光エレメントがマトリクス状に配列された受光部であり、例えば、垂直走査方向に1000行、水平走査方向に800列の合計80万画素分の受光エレメントが形成されている。これらの受光エレメントは、緑の色信号

(G)の中間色の色再現性を向上させることは、この領域に対する人間の目の色分解能が特に優れていることに鑑みて、鮮明な再生画像を提供することに寄与することとなる。

上記の第2の実施態様の固体撮像システムにあっては、負感度成分を含む理想に近い赤、青、緑の色信号を擬似的に形成することができるので、従来に較べて色再現域を拡大することができる。

特に、赤の負感度成分を加味して青(B)と緑(G)の中間色の色再現性を向上させることは、この領域に対する人間の目の色分解能が特に優れていることに鑑みて、鮮明な再生画像を提供することに寄与することとなるので、少なくとも赤(R)についての処理を行うことが望ましい。

上記の第3の実施態様の固体撮像システムにあっては、負感度成分を含む理想に近い赤、青、緑の色信号を擬似的に形成することができるので、従来に較べて色再現域を拡大することができる。特に、赤の負感度成分を加味して青(B)と緑(G)の中間色(補色系のシアン側の中間色)の

を発生するための2種類の微細フィルタG₁、G₂を交互に設けた第1の行と、赤と青の色信号を発生するための微細フィルタR、Bを交互に設けた第2の行を、垂直走査方向に交互に形成した配列となっている。緑のフィルタG₁は第2図に示すように約500nm~640nmの範囲の分光感度を有し、一方、緑のフィルタG₂は約460nm~580nmの範囲の分光感度を有し、赤のフィルタRは約520nm~700nmの範囲の分光感度を有し、青のフィルタBは約400nm~540nmの分光感度を有している。そして、緑のフィルタG₂の感度領域を赤の負感度領域(第17図参照)に略等しく設定すると共に、このフィルタG₂とG₁の分光特性を併せると約460nm~640nmの波長範囲の分光特性となるように設計されている。尚、このような分光特性を有する光学フィルタはカゼインやゼラチン等の微細パターンを適切な色紫で染色することによって形成する。

2、3は1水平走査期間に同期して受光部1か

ら2行を一組として転送されて来る信号電荷を、次の水平走査期間までに直列転送して出力するための水平電荷転送路である。即ち、相互に隣接関係にある第1の行と第2の行の受光エレメントに発生する信号電荷を一对として同時に垂直走査読出しを行い、第1の行の緑(G_1)と(G_2)に関する信号電荷を水平電荷転送路2を介して読出し、第2の行の赤(R)と青(B)に関する信号電荷を水平電荷転送路3を介して読出す。

4は点順次の周期に同期して切換え動作することにより、水平電荷転送路3からの赤の色信号 S_R と青の色信号 S_B を分離するマルチプレクサ、5は点順次の周期に同期して切換え動作することにより、水平電荷転送路2からの緑の色信号 S_{G1} と S_{G2} を分離するマルチプレクサである。

6は演算回路であり、夫々に分離された色信号 S_R 、 S_B 、 S_{G1} 、 S_{G2} に基づいて次式(1)～(3)の演算を行うことにより、負感度成分を補償した新たな赤(R')、青(B')及び緑(G')の色信号を形成する。即ち、マルチプレクサ4、

5から所定タイミングに同期して出力される色信号を $S_R(t)$ 、 $S_B(t)$ 、 $S_{G1}(t)$ 、 $S_{G2}(t)$ 、新たな色信号を $R'(t)$ 、 $B'(t)$ 、 $G'(t)$ の時間関数で示すものとする、

$$G'(t) = S_{G1}(t) + k_1 \times S_{G2}(t) - \{k_2 \times S_R(t) + k_3 \times S_B(t)\} \quad \text{.....(1)}$$

$$R'(t) = S_R(t) - k_4 \times S_{G1}(t) \quad \text{.....(2)}$$

$$B'(t) = S_B(t) - \{k_5 \times S_{G1}(t) + k_6 \times S_{G2}(t)\} \quad \text{.....(3)}$$

となる。ここで、 $k_1 \sim k_6$ は実験等により予め設定される係数であり、実際に近い色信号 $R'(t)$ 、 $B'(t)$ 、 $G'(t)$ が得られるように調整して決められる。

尚、この実施例では、緑の負感度成分と青の負感度成分を検出するためのフィルタを別個に設けるのではなく、青フィルタBと赤フィルタR及び緑フィルタ G_1 で代用することにより、受光領域

の解像度の低下を引き起こさないようにしている。

更に、上記式(1)によれば、第17図中における約400nm～460nmの範囲の負感度成分 α と約640nm～680nmの範囲の負感度成分 δ を含んだ理想に近い緑色信号(第17図の破線 F_0 を参照)を擬似的に形成することができる。

上記式(2)によれば、第17図中における約460nm～530nmの範囲の負感度成分 β を含んだ理想に近い赤色信号(第17図の実線 F_0 を参照)を形成することができる。

上記式(3)によれば、第17図中における約530nm～620nmの範囲の負感度成分 γ を含んだ理想に近い青色信号(第17図の点線 F_0 を参照)を形成することができる。

即ち、上記式(1)～(3)によって形成した色信号 $R'(t)$ 、 $B'(t)$ 、 $G'(t)$ は、第17図に示す理想的な分光特性に近づき、同時に第15図の点線で示す三角形の頂点(r)、(g)、(b)よりもより理想の三原色(R)、(G)、(B)側に寄った点となるので、色再現可能な領域を拡大す

ることとなる。

そして、これらの新たな色信号 $R'(t)$ 、 $B'(t)$ 、 $G'(t)$ に基づいて例えば根拠テレビジョン方式に準拠した輝度信号や色差信号を形成して、モニタで画像再生を行うと、従来に較べて鮮明な再生画像を得ることができる。

この実施例では、上記式(1)～(3)で示したように、赤、青および緑の全ての色信号に対して負感度成分を加味する演算処理を行ったが、人間の目が特に感じ易い青(B)と緑(G)の線上の中間色の色再現性を向上させるだけでも効果が大きくなり、この場合には、上記式(1)～(3)における係数を、

$$\left. \begin{aligned} k_1 &= k_2 = k_3 = k_4 = k_5 = 0 \\ k_6 &\neq 0 \end{aligned} \right\} \quad \text{.....(4)}$$

の関係に設定すればよい。

更に、この実施例におけるフィルタ配列は第1図に示すものに限らず、他の配列、例えば第3図に示すように高域の輝度信号を形成するための緑

色信号を発生するためのフィルタ G_r を楕ストライプフィルタとし、負感度特性を補償するためのフィルタ G_b と赤と青のフィルタ R 、 B を水平走査方向に交互に配列して上記楕ストライプフィルタの間に更に交互に配列するようにしてもよいし、第4図に示すように夫々の色相に関する垂直走査方向のストライプフィルタを配列するようにしてもよいし、又、図示しないが、適宜に完全市松状に配列するようにしてもよく、配列そのものは任意である。但し、夫々の色信号を確実に分離するようなマルチプレクサ等が必要となる。

このように、この実施例によれば、少なくとも赤の負感度領域の波長に対する分光感度を有する受光エレメントを設け、この受光エレメントから出力した色信号を少なくとも赤の色信号から所定の比率で減算処理することにより新たな赤(R')の色信号を形成し、この新たな赤(R')の色信号を混色に相当する合成処理における赤の色信号として適用することで色再現を行わしめるようにしたので、従来再現することが不可能であった中

460nm~700nmの範囲の分光感度を有している。尚、説明の都合上、微細フィルタ O_r が設けられた受光エレメントに発生する色信号を第3の色信号と言う。

このような分光特性を有する光学フィルタはカゼインやゼラチン等の微細パターンを適切な色系で染色することによって形成する。

8、9は1水平走査期間に同期して受光部7から2行を一組として転送されて来る信号電荷を、次の水平走査期間までに直列転送して出力するための水平電荷転送路である。即ち、相互に隣接関係にある奇数行と偶数行の受光エレメントに発生する信号電荷を一对として同時に垂直走査読出しを行い、奇数行の緑(G)に関する信号電荷を水平電荷転送路8を介して読出し、偶数行の青(B)と第3の色(O_r)に関する信号電荷を水平電荷転送路9を介して読出す。

10は水平電荷転送路9から点順次走査のタイミングに同期して読出される信号を相関二重サンプリング方式によってサンプルホールドすること

間色を再生することができることとなり、より自然で鮮明な再生映像を提供することができる。

次に、第2の実施態様に係る一実施例を図面と共に説明する。

第5図は電荷結合型固体撮像デバイス(CCD)で撮像する場合のシステムを示す。まず、構成を説明すると、第5図において、7は多数の受光エレメントがマトリクス状に配列された受光部であり、例えば、垂直走査方向に約1000行、水平走査方向に約800列の合計約80万画素分の受光エレメントが形成されている。これらの受光エレメントは、例えば奇数行に緑のストライプ状フィルタ G が設けられ、偶数行に青の微細フィルタ B と第6図において実線 f_{or} で示した分光特性を有する微細フィルタ O_r が交互に設けられている。

第6図の f_g に示すように、青のフィルタ B は約400nm~540nmの分光感度を有し、同図の f_g に示すように、緑のフィルタ G は約460nm~640nmの範囲の分光感度を有し、微細フィルタ O_r は同図の f_{or} に示すように、約

により、各受光エレメントに対応する青の色信号 S_b と第3の色信号 S_{or} を出力するサンプルホールド回路であり、11は水平電荷転送路8から点順次走査のタイミングに同期して読出される信号を相関二重サンプリング方式によってサンプルホールドすることにより、各受光エレメントに対応する緑の色信号 S_g を出力するサンプルホールド回路である。

12はマルチプレクサであり、点順次走査のタイミングに同期して切換え動作を行うことにより、サンプルホールド回路10から入力接点aへ転送されて来た色信号 S_b と S_{or} を夫々所定の出力接点b、cへ転送する。

13は次式(5)の減算処理を行う加減算回路である。即ち、第3の色信号 S_{or} から緑の色信号 S_g を減算処理することにより、新たな赤の色信号 S_r を出力する。

$$S_r(t) = S_{or}(t) - k_r \times S_g(t) \quad \text{.....(5)}$$

尚、上記式(5)は各色信号を点順次走査のタイ

ミングに同期した信号であることを示すために時間関数で示しており、係数 k_1 は最適な赤の色信号が得られるように実験によって得られた値である。

14は色信号 S_R 、 S_G 、 S_B をR、G、B系の色信号として r 補正やホワイトバラス等の補正を行うと共に、マトリクス演算処理によって輝度信号 Y 、色差信号 $R-Y$ 、 $B-Y$ を形成する信号処理回路である。

この実施例によれば、第17図の実線 F_R に示す約460nm～530nmの範囲の負感度成分 β を含む理想に近い赤の色信号を形成することができるので、色再現性を向上させることができると共に、特に青(B)と緑(G)の間の中間色の再現性を向上することができることから人間の目の特性に合わせることが可能となる。

又、図示していないが、次式(6)と(7)に示す減算処理を行う加減算回路を設け、次式(6)の処理によって得られた新たな信号 $S'_R(t)$ を緑の色信号、次式(7)の処理によって得られた新たな信

号 $S'_B(t)$ を青の色信号として、上記式(5)で得られた赤の色信号 $S_R(t)$ とともに、信号処理回路14で色差信号及び輝度信号を形成するようにしてもよい。

$$S'_R(t) = S_R(t) - \{k_2 \times S_G(t) + k_3 \times S_B(t)\} \quad \dots\dots(6)$$

$$S'_B(t) = S_B(t) - \{k_4 \times S_R(t) + k_5 \times S_G(t)\} \quad \dots\dots(7)$$

尚、上記式(6)と(7)において、係数 k_2 、 k_3 、 k_4 、 k_5 は最適な緑と青の色信号が得られるように実験によって得られた値である。

上記式(6)に基づく処理を行えば第17図中における約400nm～460nm及び約640nm～700nmの範囲の負感度成分 α 、 δ を含んだ理想に近い青色信号を形成することができ、一方、上記式(7)に基づく処理を行えば第17図中における約530nm～620nmの範囲の負感度成分 r を含んだ理想に近い青色信号を形成す

ることができるので、より理想に近い色再現を可能にする。

尚、少なくとも赤(R)の色信号に関して負感度成分を含むための処理を行う場合、上記式(5)～(7)における係数を、

$$\left. \begin{array}{l} k_2 = k_3 = k_4 = k_5 = 0 \\ k_1 \neq 0 \end{array} \right\} \quad \dots\dots(8)$$

の關係にする必要がある。更に、この実施例におけるフィルタ配列は第5図に示すものに限るものではなく、他の配列にしてもよい。

次に、第7図に基づいて他の実施例を説明する。

まず、構成を説明すると、第7図において、15は青の色信号Bを発生する第1の受光エレメントを第1の列に、緑の色信号Gを発生する第2の受光エレメントを第2の列に、第3の色信号Orを発生する第3の受光エレメントを第3の列に配列し、これらの三列を一組として水平走査方向に複数組形成した受光部である。第1の受光エレメントは第6図の点線 f_1 で示す分光特性を

有するフィルタが設けられ、第2の受光エレメントは第6図の破線 f_2 で示す分光特性を有するフィルタが設けられ、第3の受光エレメントは第6図の実線 f_{or} で示す分光特性を有するフィルタが設けられる。

16は1水平走査期間に同期して受光部15から1行ずつ転送されて来る信号電荷を、次の水平走査期間までに直列転送して出力するための水平電荷転送路である。

17、18、19はマルチプレクサを構成し、水平電荷転送路16から点順次走査のタイミングに同期して時系列的に読出される信号を切換え制御回路20の制御によって各受光エレメントに対応する信号ごとに分離し、夫々所定のサンプルアンドホールド回路21、22、23へ転送する。

サンプルホールド回路21、22、23は相関二重サンプリングにより、Or、B、Gに対応する3色の色信号 S_{or} 、 S_B 、 S_G を同期させて出力する。

24は上記式(5)の減算処理を行う加減算回路

である。即ち、色信号 S_{0r} から色信号 S_r を減算処理することにより、新たな赤の色信号 S_r を出力する。

25は色信号 S_{0r} 、 S_{0g} 、 S_{0b} を R、G、B 系の色信号として γ 補正やホワイトバランス等の補正を行うと共に、マトリクス演算処理によって輝度信号 Y、色差信号 $R-Y$ 、 $B-Y$ を形成する信号処理回路である。

この実施例によれば、第17図に示す約460nm～530nmの範囲の負感度成分 β を含む理想に近い赤の色信号（第17図の実線 F_r を参照）を形成することができるので、色再現性を向上させることができると共に、特に青（B）と緑（G）の間の中間色の再現性を向上することができることから人間の目の特性に合わせることが可能となる。

又、図示していないが、上記式(6)と(7)に示す減算処理を行う加減算回路を設け、式(6)の処理によって得られた新たな信号 $S'_{0r}(t)$ を緑の色信号、式(7)の処理によって得られた新たな信号

$S'_{0g}(t)$ を青の色信号として、上記式(5)で得られた赤の色信号 $S_{0r}(t)$ と共に、信号処理回路25で色差信号及び輝度信号を形成するようにしてもよい。

このように、第2の実施態様に係る実施例によれば、青色の分光特性を有する第1の受光エレメントと、赤色の負感度領域に相当する波長範囲を含む緑色の分光特性を有する第2の受光エレメントと、該赤色の負感度領域に相当する波長範囲より長波長範囲の緑色及び赤色の分光特性を有する第3の受光エレメントを備えた固体撮像装置を適用し、少なくとも、上記第3の受光エレメントに発生した色信号から上記第2の受光エレメントに発生した色信号を所定の比率で減算処理することにより新たな赤の色信号を形成し、該新たな赤の色信号と上記第1の受光エレメントより発生する青の色信号と上記第2の受光エレメントより発生する緑の色信号に基づいて色混合処理を行うようにしたので、少なくとも赤の負感度成分を加味して青（B）と緑（G）の中間色の色再現性を向上

させることが可能となった。特に、この範囲の中間色は人間の目の色分解能が優れていることに鑑みて、鮮明な再生画像を提供することができる。

次に、本発明の第3の実施態様に係る一実施例を図面と共に説明する。

第8図は電荷結合型固体撮像デバイス（CCD）で撮像する場合のシステムを示す。まず、構成を説明すると、第8図において、26は多数の受光エレメントがマトリクス状に配列された受光部であり、例えば、垂直走査方向に1000行、水平走査方向に800列の合計80万画素分の受光エレメントが形成されている。これらの受光エレメントは補色の色フィルタが設けられており、イエローの色信号を発生するための微細フィルタYとシアンの色信号を発生するための微細フィルタCを交互に設けた第1の行と、マゼンタの色信号を発生するための微細フィルタMと緑の色信号を発生するための微細フィルタG₁を交互に設けた第2の行を、垂直走査方向に交互に形成した配列となっている。緑のフィルタG₁は第10図に示す

ように約460nm～530nmの範囲の分光感度を有し、シアンのフィルタCは約400nm～680nmの範囲の分光感度を有し、イエローのフィルタYは約480nm～700nmの分光感度を有し、マゼンタMは図示する様に約400nm～700nmの範囲で青と赤の成分の分光感度を有している。尚、このような分光特性を有する光学フィルタは例えばカゼインやゼラチン等の微細パターンを適切な色剤で染色することによって形成する。

27、28は1水平走査期間に同期して受光部26から2行を一組として伝送されて来る信号電荷を、次の水平走査期間までに直列伝送して出力するための水平電荷伝送路である。即ち、相互に隣接関係にある第1の行と第2の行の受光エレメントに発生する信号電荷を一对として同時に垂直走査読出しを行い、第1の行のイエロー（Y）とシアン（C）に関する信号電荷を水平電荷伝送路27を介して読出し、第2の行のマゼンタ（M）と緑（G₁）に関する信号電荷を水平電荷伝

送路28を介して読出す。

29は点順次の周期に同期して切換え動作することにより、水平電荷伝送路28からのマゼンタの色信号 S_m と緑の色信号 S_g を分離するマルチプレクサ、30は点順次の周期に同期して切換え動作することにより、水平電荷伝送路27からのイエローの色信号 S_y とシアンの色信号 S_c を分離するマルチプレクサである。

31は演算回路であり、夫々に分離された色信号 S_m , S_g , S_y , S_c に基づいて次式(9)～(15)の演算を行うことにより、負感度成分を補償した新たな赤(R')、青(B')及び緑(G')の色信号を形成する。まず、マルチプレクサ29, 30から所定タイミングに同期して出力される色信号を $S_m(t)$, $S_g(t)$, $S_y(t)$, $S_c(t)$ から次式(9)～(11)に示す処理によって、三原色の色信号即ち、赤の色信号 $S_r(t)$ 、青の色信号 $S_b(t)$ 、緑の色信号 $S_g(t)$ に変換する。

$$S_r(t) = \frac{1}{2} \times \{ S_y(t) + S_m(t) - S_c(t) \} \quad \text{----(9)}$$

減算処理する。

$$\begin{aligned} B'(t) &= S_b(t) - r \\ &= S_b(t) - k_r \times S_g(t) \end{aligned} \quad \text{----(14)}$$

ここで、 $k_1 \sim k_6$ は実験等により予め設定される係数であり、実際に近い色信号 $R'(t)$, $B'(t)$, $G'(t)$ が得られるように調整して決められる。

尚、フィルター配列は、第1の行をY, C, Y, C.....、第2の行をM, G, M, G,.....、とする場合に限らず、例えば、第9図に示す様に、第1の行をY, C, Y, C.....、第2の行をM, G, M, G,.....と G_1, M, G_1, M, \dots を交互に配列する様にしても良い。要は、イエロー(Y)とシアン(C)とマゼンタ(M)及び緑(G)の相互に隣接関係にあるモザイクフィルタを適宜に配列し、マルチプレクサ29, 30での切換えを制御すればよい。

そして、上記(12)によれば、第17図中における460nm～530nmの範囲の負感度成分 β を含んだ理想に近い赤色信号(第17図の実線

$$S_o(t) = \frac{1}{2} \times \{ S_y(t) + S_c(t) - S_m(t) \} \quad \text{----(10)}$$

$$S_o(t) = \frac{1}{2} \times \{ S_c(t) + S_m(t) - S_y(t) \} \quad \text{----(11)}$$

次に、上記式(9)から求められた赤成分 $S_r(t)$ から次式(12)に従って、第17図の負感度成分 β を減算処理する。

$$\begin{aligned} R'(t) &= S_r(t) - \beta \\ &= S_r(t) - k_1 \times S_g(t) \end{aligned} \quad \text{----(12)}$$

次に、上記式(10)から求められた緑成分 $S_o(t)$ から次式(13)に従って、第17図の負感度成分 α と δ を減算処理する。

$$\begin{aligned} G'(t) &= S_o(t) - \alpha - \delta \\ &= S_o(t) - k_2 \times S_b(t) - k_3 \times S_r(t) \end{aligned} \quad \text{----(13)}$$

次に、上記式(11)から求められた青成分 $S_b(t)$ から次式(14)に従って、第17図の負感度成分 r を

F_g を参照)を形成することができる。

上記式(13)によれば、第17図中における約400nm～460nmの範囲の負感度成分 α と約640nm～700nmの範囲の負感度成分 δ を含んだ理想に近い緑色信号(第17図の破線 F_o を参照)を擬似的に形成することができる。

上記式(14)によれば、第17図中における約530nm～620nmの範囲の負感度成分 r を含んだ理想に近い青色信号(第17図の点線 F_o を参照)を形成することができる。

即ち、上記式(12)～(14)によって形成した色信号 $R'(t)$, $B'(t)$, $G'(t)$ は、第17図に示す理想的な分光特性に近づき、同時に第16図の点線で示す三角形の頂点(r), (g), (b)よりもより理想の三原色(R), (G), (B)側に寄った点となるので、色再現可能な領域を拡大することとなる。

そして、これらの新たな色信号 $R'(t)$, $B'(t)$, $G'(t)$ に基づいて例えば根拠テレビジョン方式に準拠した輝度信号や色差信号を形成して、モニタ

で画像再生を行うと、従来に較べて鮮明な再生画像を得ることができる。

この実施例では、上記式(12)～(14)で示したように、赤、青および緑の全ての色信号に対して負感度成分を加味する演算処理を行ったが、人間の目が特に感じ易い青(B)と緑(G)の線上の中間色の色再現性を向上させるだけでも効果が大きくなり、この場合には、上記式(12)～(14)における係数を、

$$\left. \begin{aligned} k_1 &\neq 0 \\ k_2 = k_3 = k_4 &= 0 \end{aligned} \right\} \text{.....(15)}$$

の關係に設定すればよい。

次に、他の実施例を第11図及び第12図に基づいて説明する。この実施例は、第8図に示す固体撮像装置の受光部26に、第12図に示す分光特性を有するシアン(C)、イエロー(Y)、緑(G₁)及びホワイト(W)のフィルタを第11図の配列で設けたものである。尚、ホワイト(W)のフィルタは全波長範囲において略均一な分光特

$$S_c(t) = S_v(t) + S_e(t) - S_w(t) \text{..... (17)}$$

$$S_s(t) = S_w(t) - S_v(t) \text{..... (18)}$$

次に、上記式(16)から求められた赤成分 $S_R(t)$ から次式(19)に従って、第17図の負感度成分 β を減算処理する。

$$\begin{aligned} R'(t) &= S_R(t) - \beta \\ &= S_R(t) - k_s \times S_{s1}(t) \end{aligned} \text{.....(19)}$$

次に、上記式(17)から求められた緑成分 $S_G(t)$ から次式(20)に従って、第17図の負感度成分 α と δ を減算処理する。

$$\begin{aligned} G'(t) &= S_G(t) - \alpha - \delta \\ &= S_G(t) - k_s \times S_{s1}(t) - k_r \times S_R(t) \end{aligned} \text{.....(20)}$$

次に、上記式(18)から求められた青成分 $S_B(t)$ から次式(21)に従って、第17図の負感度成分 r を減算処理する。

$$\begin{aligned} B'(t) &= S_B(t) - r \\ &= S_B(t) - k_s \times S_{s1}(t) \end{aligned} \text{.....(21)}$$

性を有するので、第12図に示していない。

まず、第12図に示すように、シアンのフィルタCは約400nm～680nmの範囲の分光感度を有し、イエローのフィルタYは約480nm～700nmの範囲の分光感度を有し、緑のフィルタG₁は赤の負感度領域(第17図参照)に対応して約460nm～530nmの範囲の分光感度に設定される。

そして、上記第8図に示したのと同様に各受光エレメントに発生した色信号をマルチプレксаで適宜に分離して演算回路へ供給し、次式(16)～(22)に示す演算処理を行うことにより負感度成分を含む理想に近い色信号 R' 、 G' 、 B' を形成する。

即ち、まず点順次走査のタイミングに同期してマルチプレксаから出力されるイエローの色信号 $S_Y(t)$ 、シアンの色信号 $S_C(t)$ 、ホワイトの色信号 $S_W(t)$ 、及び緑の色信号 $S_{G1}(t)$ から次式(16)～(18)に示す演算処理によって、赤の色信号 $S_R(t)$ 、緑の色信号 $S_G(t)$ 、青の色信号 $S_B(t)$ を求める。

$$S_R(t) = S_W(t) + S_C(t) \text{..... (16)}$$

ここで、 $k_s \sim k_r$ は実験等により予め設定される係数であり、実際に近い色信号 $R'(t)$ 、 $B'(t)$ 、 $G'(t)$ が得られるように調整して決められる。

この第2の実施例では、上記式(19)～(21)で示したように、赤、青および緑の全ての色信号に対して負感度成分を加味する演算処理を行ったが、人間の目が特に感じ易い青(B)と緑(G)の線上の中間色の色再現性を向上させるだけでも効果が大きくなり、この場合には、上記式(19)～(21)における係数を、

$$\left. \begin{aligned} k_s &\neq 0 \\ k_s = k_r = k_r &= 0 \end{aligned} \right\} \text{.....(22)}$$

の關係に設定すればよい。

尚、フィルタの配列は、イエロー(Y)とシアン(C)とホワイト(W)と緑(G₁)の相互に隣接関係にあるモザイクフィルタの配列を適宜にならびかえ、マルチプレксаで該配列に対応した切換え制御を行うようにしても良い。

次に、更に他の実施例を第13図及び第14図

に基づいて説明する。この実施例は、第8図に示す固体撮像装置の受光部26に、第14図に示す分光特性を有するイエロー(Y)のフィルタ、第1の緑(G₁)のフィルタ、第2の緑(G₂)のフィルタ及び、図示しないがホワイト(W)のフィルタを第13図の配列で設けたものである。

まず、第13図に示すように、イエローのフィルタYは約480nm～700nmの範囲の分光感度を有し、第1の緑のフィルタG₁は赤の負感度領域(第17図参照)に対応して約460nm～580nmの範囲の分光感度を有し、第2の緑のフィルタG₂は緑のフィルタG₁と合わせたときに第17図のF₀と略等しい範囲、即ち約460nm～640nmの波長範囲の分光特性となるように設計されている。

そして、第1の列がG₁、第2の列がG₂、第3の列がW、第4の列がYとなるようにして各微小フィルタが水平方向に繰り返し配列されて縦のストライプ状に形成されている。

次に、上記第8図で説明したのと同様に各受光

次に、上記式(24)から求められた緑成分S_g(t)から次式(27)に従って、第17図の負感度成分αとδを減算処理する。

$$\begin{aligned} G'(t) &= S_g(t) - \alpha - \delta \\ &= S_g(t) - k_{10} \times S_{\alpha}(t) - k_{11} \times S_{\delta}(t) \end{aligned} \quad \text{.....(27)}$$

次に、上記式(25)から求められた青成分S_b(t)から次式(28)に従って、第17図の負感度成分γを減算処理する。

$$\begin{aligned} B'(t) &= S_b(t) - \gamma \\ &= S_b(t) - k_{20} \times S_{\gamma}(t) \end{aligned} \quad \text{.....(28)}$$

ここで、k₁₀～k₁₂は実験等により予め設定される係数であり、実際に近い色信号R'(t)、B'(t)、G'(t)が得られるように調整して決められる。

この第3の実施例では、上記式(26)～(28)で示したように、赤、青および緑の全ての色信号に対して負感度成分を加味する演算処理を行ったが、人間の目が特に感じ易い青(B)と緑(G)の線

エレメントに発生した色信号をマルチプレксаで適宜に分離して演算回路へ供給し、次式(23)～(29)に示す演算処理を行うことにより負感度成分を含む理想に近い色信号R', G', B'を形成する。

即ち、まず点順次走査のタイミングに同期してマルチプレксаから出力される第1の緑の色信号S_{g1}(t)、第2の緑の色信号S_{g2}(t)、ホワイトの色信号S_w(t)、イエローの色信号S_y(t)から次式(23)～(25)に示す演算処理によって、赤の色信号S_r(t)、緑の色信号S_g(t)、青の色信号S_b(t)を求める。

$$S_r(t) = S_y(t) - S_{g1}(t) - S_{g2}(t) \quad \text{.....(23)}$$

$$S_g(t) = S_{g1}(t) + S_{g2}(t) \quad \text{.....(24)}$$

$$S_b(t) = S_w(t) - S_y(t) \quad \text{.....(25)}$$

次に、上記式(23)から求められた赤成分S_r(t)から次式(26)に従って、第17図の負感度成分βを減算処理する。

$$\begin{aligned} R'(t) &= S_r(t) - \beta \\ &= S_r(t) - k_{30} \times S_{\beta}(t) \end{aligned} \quad \text{.....(26)}$$

上の中間色の色再現性を向上させるだけでも効果が大きくなり、この場合には、上記式(26)～(28)における係数を、

$$\left. \begin{aligned} k_{30} &\neq 0 \\ k_{10} &= k_{11} = k_{12} = 0 \end{aligned} \right\} \quad \text{.....(29)}$$

の関係に設定すればよい。

尚、フィルタの配列は、イエロー(Y)とホワイト(W)と緑(G₁),(G₂)の相互に隣接関係にある配列を適宜にならびかえ、マルチプレксаで該配列に対応した切換え制御を行うようにしても良い。

このように、第3の実施態様に係る実施例によれば、少なくとも赤の負感度領域の波長に対する分光感度を有する受光エレメントを設け、この受光エレメントから出力した色信号を補色の色信号から適宜の比率で減算処理することにより少なくとも新たな赤(R')の色信号を形成し、この新たな赤(R')の色信号を混色に相当する合成処理における赤の色信号として適用することで色再現を

行わしめるようにしたので、従来再現することが不可能であった中間色を再生することができることとなり、より自然で鮮明な再生映像を提供することができる。

〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明によれば、負感度のスペクトル領域に対する分光特性を有する受光エレメントを設け、三原色又はその補色に対応する受光エレメントから出力した色信号と負感度に関する上記受光エレメントから得られた色信号との加減算処理を行うことにより、負感度の特性を有する色信号を擬似的に発生させるようにしたので、従来に較べて色再現領域を拡大することができ、この負感度の特性を有する色信号で輝度信号又は色差信号を形成して画像を再生すると、鮮明な映像を実現することができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明による第1の実施態様に対応する一実施例の撮像システムを示す構成説明図、

第12図は第11図の受光エレメントの分光特性を示す説明図、

第13図は本発明による第3の実施態様に係る更に他の実施例における受光エレメントの配列を示す説明図、

第14図は第13図の受光エレメントの分光特性を示す説明図、

第15図は従来の三原色の色混合法による撮像システムの問題点を説明するための色度図、

第16図は従来の補色の色混合法による撮像システムの問題点を説明するための色度図、

第17図は理想的な分光特性を示す等色関数の図である。

図中の符号：

- 1, 7, 15, 26, 受光部
- 2, 3, 8, 9, 16, 27, 28 ;
水平電荷転送路
- 4, 5, 12, 29, 30 ; マルチプレクサ
- 6 ; 演算回路

第2図は第1図の撮像システムに適用する各受光エレメントの分光特性を示す説明図、

第3図及び第4図は受光エレメントのフィルタ配列に関する他の実施例を示す説明図、

第5図は本発明による第2の実施態様に対応する一実施例の撮像システムを示す構成説明図、

第6図は第5図の撮像システムに適用する各受光エレメントの分光特性を示す説明図、

第7図は本発明による第2の実施態様に対応する他の実施例の撮像システムを示す構成説明図、

第8図は本発明による第3の実施態様に対応する一実施例の撮像システムを示す構成説明図、

第9図は第8図の撮像システムにおける受光エレメントのフィルタ配列に関する他の実施例を示す説明図、

第10図は第8図又は第9図の実施例における受光エレメントの分光特性を示す説明図、

第11図は本発明による第3の実施態様に係る他の実施例における受光エレメントの配列を示す説明図、

13 ; 加減算回路

14 ; 信号処理回路

17, 18, 19 ; アナログスイッチ

21, 22, 23 ; サンプルアンドホールド回路

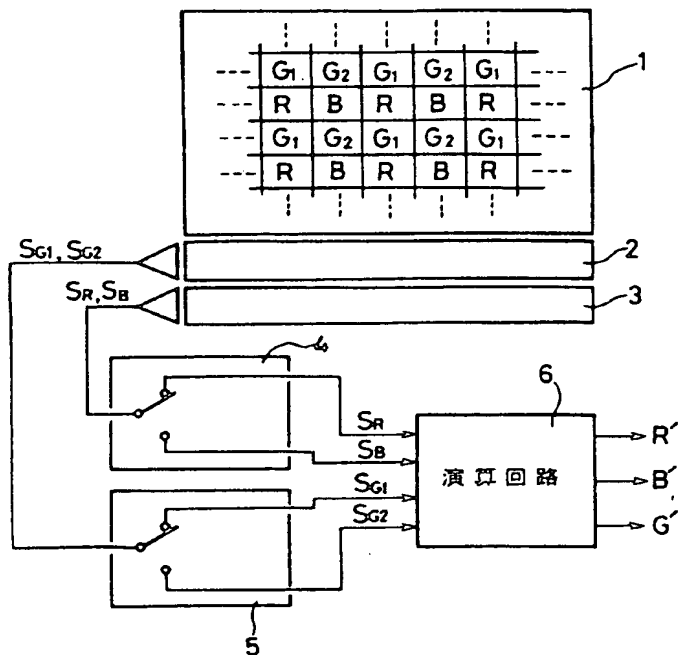
25 ; 信号処理回路

31 ; 演算回路

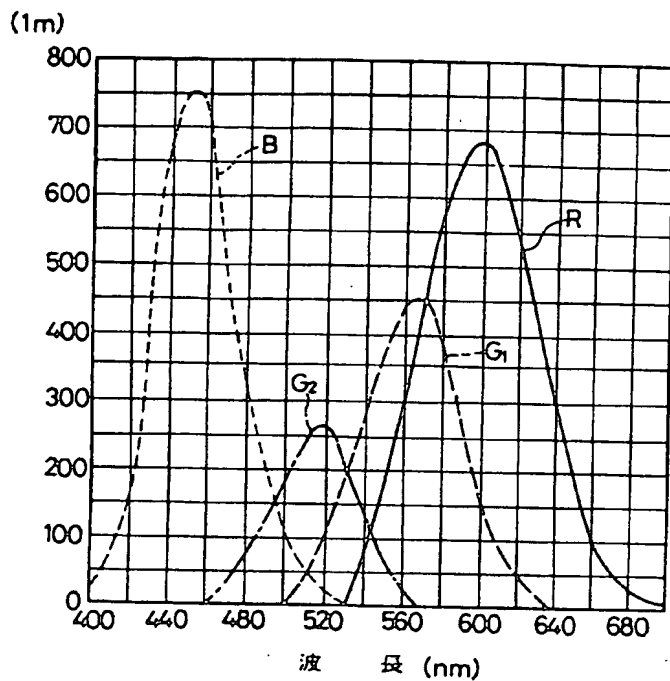
代理人 弁理士 (6642) 深沢 敏男
(外 3 名)



第 1 図



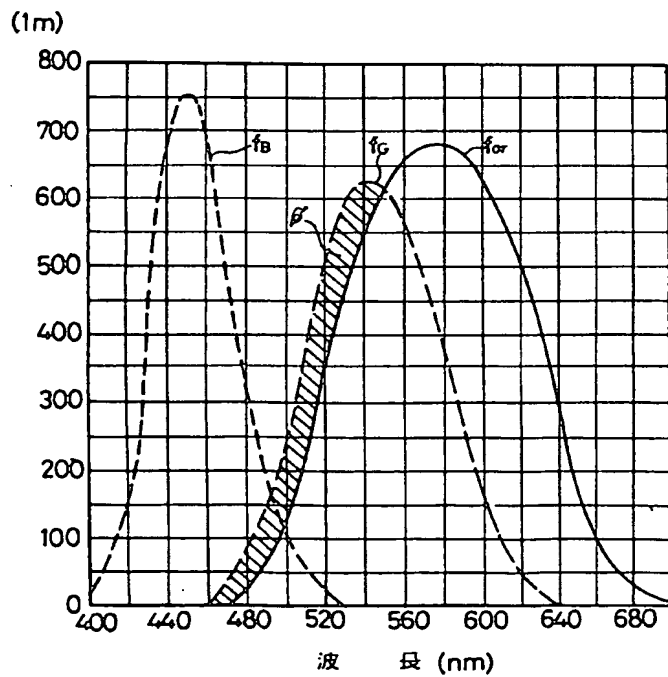
第 2 図



第 3 図

G ₁	G ₁	G ₁	G ₁	G ₁	G ₁
R	B	G ₂	R	B	G ₂
G ₁	G ₁	G ₁	G ₁	G ₁	G ₁
R	B	G ₂	R	B	G ₂

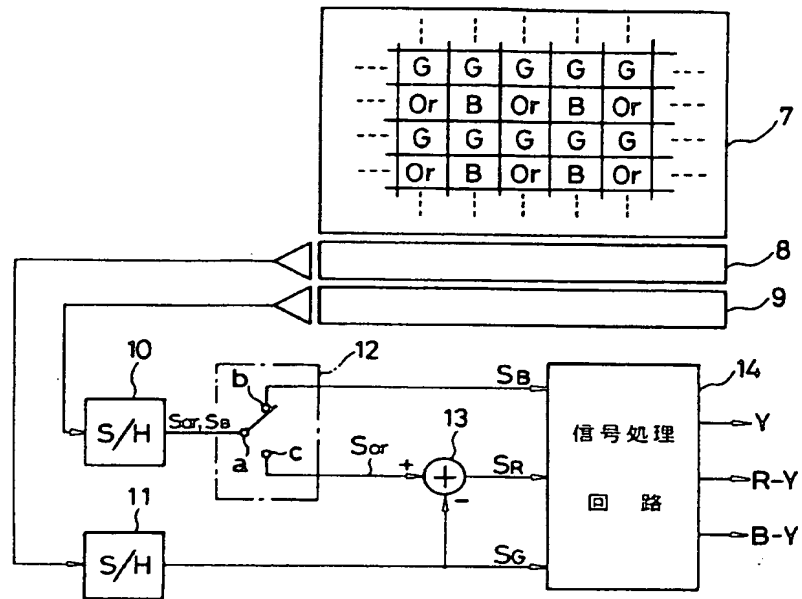
第 6 図



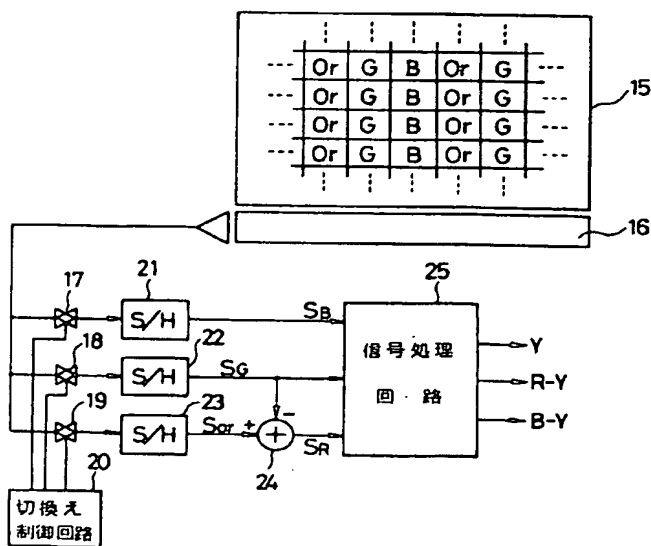
第 4 図

R	G ₀	B	G ₁	R	G ₀
R	G ₁	B	G ₀	R	G ₁
R	G ₀	B	G ₁	R	G ₀
R	G ₁	B	G ₀	R	G ₁

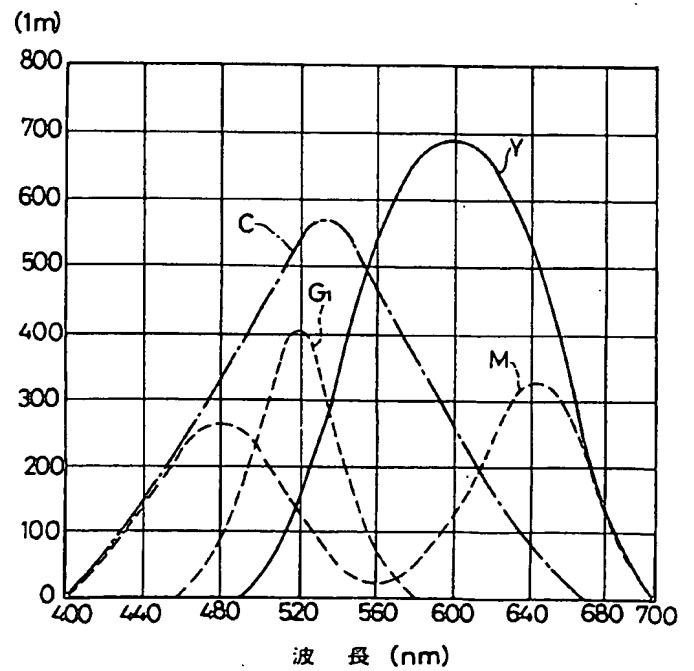
第 5 図



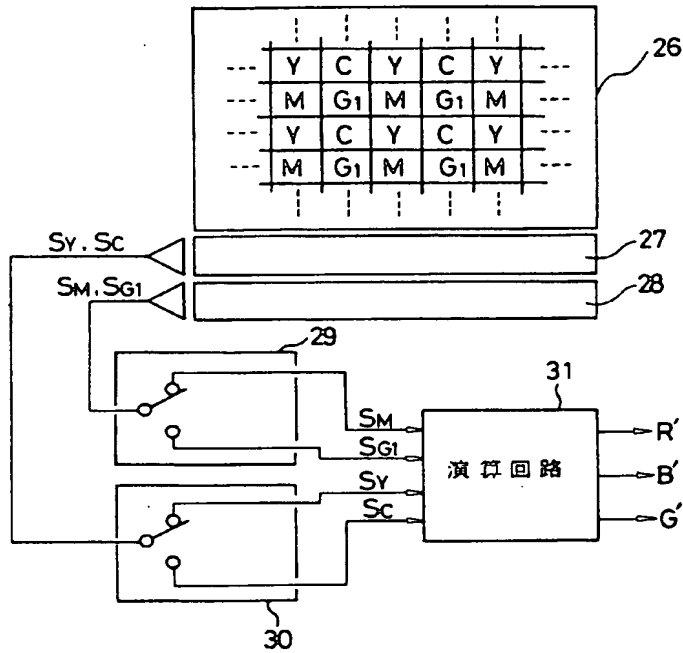
第 7 図



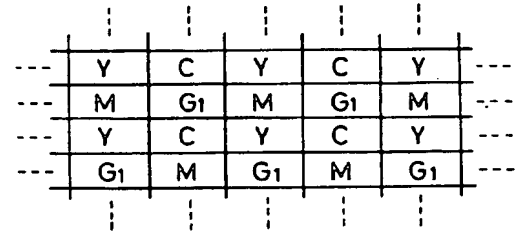
第 10 図



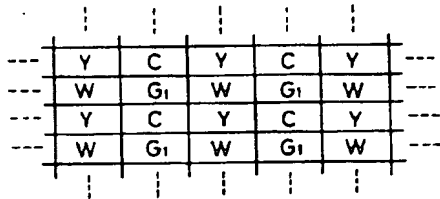
第 8 図



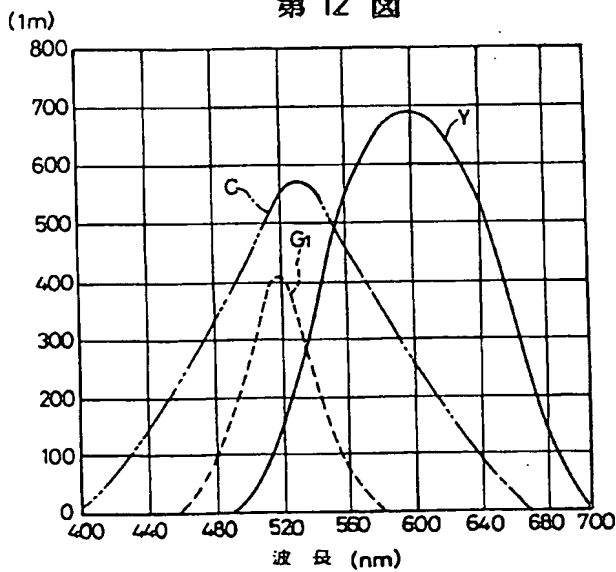
第 9 図



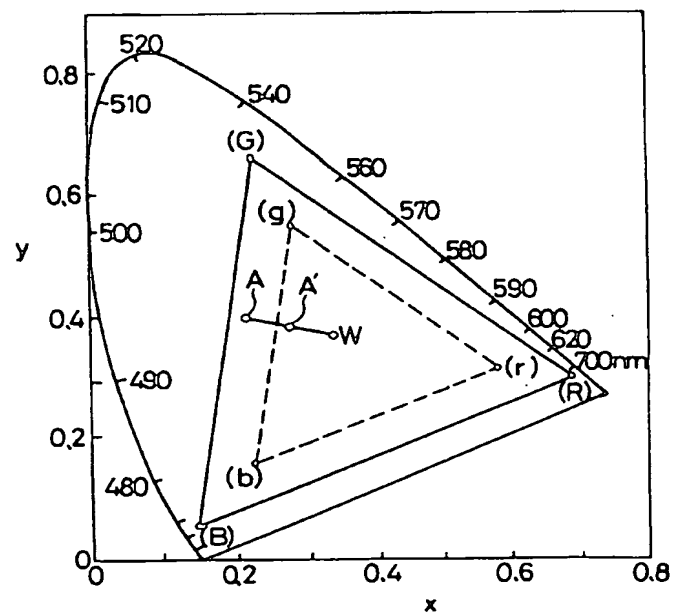
第 11 図



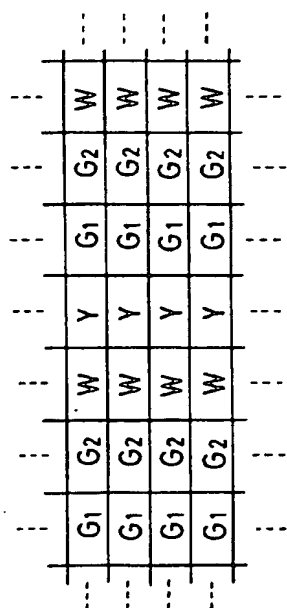
第 12 図



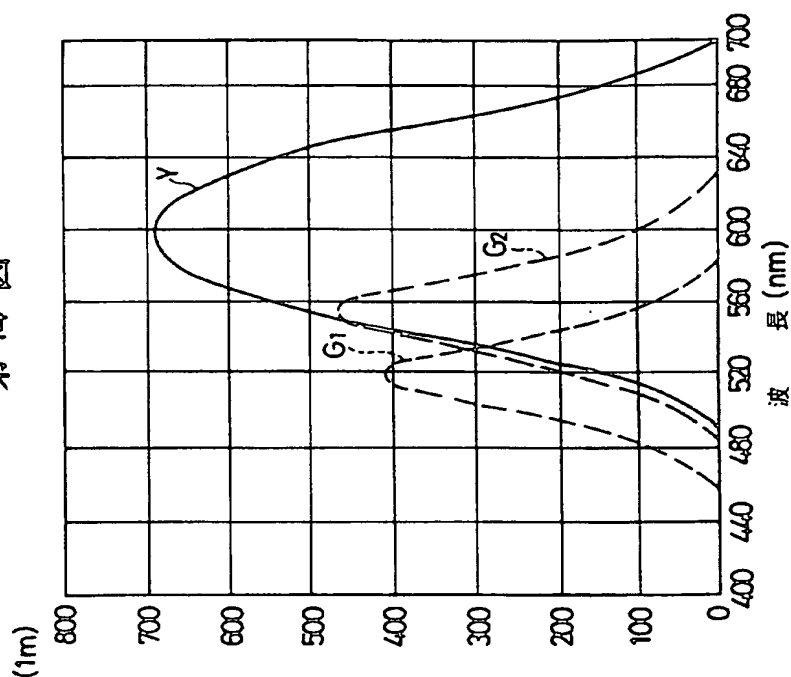
第 15 図



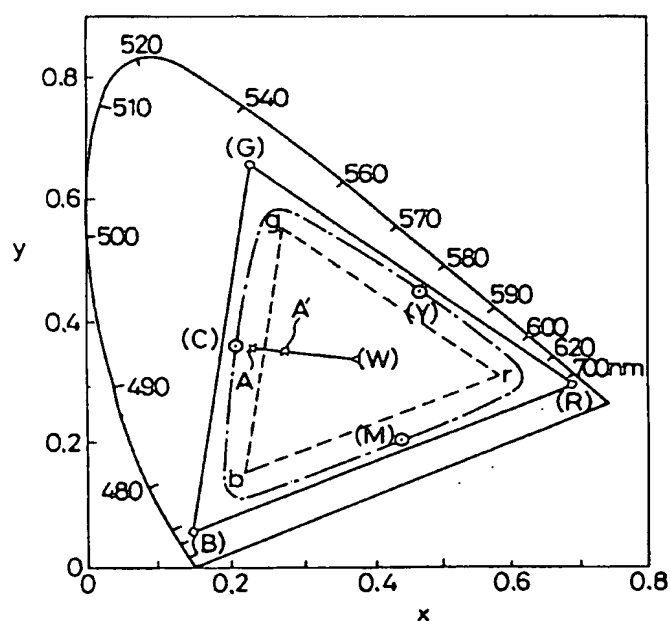
第 13 図



第 14 図



第 16 図



第 17 図

