

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-228662

(P2004-228662A)

(43) 公開日 平成16年8月12日(2004.8.12)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>H04N 9/07  
H04N 5/335

F I

H04N 9/07  
H04N 5/335D  
U

テーマコード (参考)

5C024  
5C065

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2003-11014 (P2003-11014)  
(22) 出願日 平成15年1月20日(2003.1.20)(71) 出願人 000006079  
ミノルタ株式会社  
大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル  
(74) 代理人 100089233  
弁理士 吉田 茂明  
(74) 代理人 100088672  
弁理士 吉竹 英俊  
(74) 代理人 100088845  
弁理士 有田 貴弘  
(72) 発明者 松田 伸也  
大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内  
Fターム(参考) 5C024 AX01 CX37 CY45 DX01 EX43  
EX52 GX22  
5C065 AA01 AA03 CC01 DD01 EE03

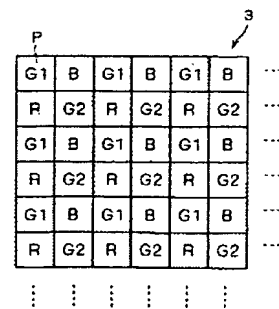
(54) 【発明の名称】 撮像装置

(57) 【要約】

【課題】 1度の露光によって4以上の波長帯の光の強度を得る。

【解決手段】 撮像センサ3は複数の受光画素Pを2次元に配列して備えており、各受光画素Pにはそれぞれ、特定の波長帯の光を透過するフィルタが付されている。このフィルタには、青色波長帯の光を透過するBフィルタ、比較的短い緑色波長帯の光を透過するG1フィルタ、比較的長い緑色波長帯の光を透過するG2フィルタ、赤色波長帯の光を透過するRフィルタの4種類のフィルタがある。これにより、1度の露光によって4つの波長帯の光の強度が得られる。

【選択図】 図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

撮像装置であって、

緑色波長帯の光を透過する第 1 タイプフィルタ、前記第 1 タイプフィルタよりも短い波長帯の光を透過する第 2 タイプフィルタ、および、前記第 1 タイプフィルタよりも長い波長帯の光を透過する第 3 タイプフィルタのいずれかがそれぞれ付された複数の受光画素を 2 次元に配列して有する撮像センサ、

を備え、

前記第 1 タイプフィルタは、前記複数の受光画素の配列における市松模様の一方向の領域に対応する前記受光画素に付され、

前記第 2 および第 3 タイプフィルタは、前記市松模様の他方の領域に対応する前記受光画素にそれぞれ均等に付され、

前記第 1 ないし第 3 タイプフィルタのうちの少なくとも 1 つは、透過する光の波長帯が異なる 2 以上の種類のフィルタを含むことを特徴とする撮像装置。

10

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の撮像装置において、

前記撮像センサは、4 種以上の色のいずれかにそれぞれ対応する複数の画素を有する画像を出力し、

前記 4 種以上の色はそれぞれ、3 原色に対応する 3 つのグループのいずれかに区分されるものであり、

前記グループごとに、該グループに含まれる色に対応する画素の値から、1 原色に対応する画素の値を導出する導出手段、

をさらに備えることを特徴とする撮像装置。

20

## 【請求項 3】

請求項 1 に記載の撮像装置において、

前記撮像センサは、4 種以上の色のいずれかにそれぞれ対応する複数の画素を有する第 1 画像を出力し、

前記 4 種以上の色はそれぞれ、3 原色に対応する 3 つのグループのいずれかに区分されるものであり、

前記グループごとに、該グループに含まれる色に対応する画素の値から、1 の第 2 画像を生成する生成手段と、

生成される 3 つの前記第 2 画像で構成される第 3 画像を圧縮して 1 の圧縮画像を生成する圧縮手段と、

をさらに備えることを特徴とする撮像装置。

30

## 【請求項 4】

撮像装置であって、

複数の受光画素からなる 4 以上の所定数の結像領域を平面的に配列して有する撮像センサと、

前記所定数の結像領域上に被写体の光像をそれぞれ結像する前記所定数のマイクロレンズを平面的に配列して有するマイクロレンズアレイと、

前記所定数のマイクロレンズにそれぞれ対応する前記所定数のフィルタを平面的に配列して有するフィルタアレイと、

を備え、

前記所定数のフィルタは、透過する光の波長帯が互いに異なることを特徴とする撮像装置。

40

## 【請求項 5】

撮像装置であって、

複数の受光画素からなる複数の結像領域を平面的に配列して有する撮像センサと、

前記複数の結像領域上に被写体の光像をそれぞれ結像する複数のマイクロレンズを平面的に配列して有するマイクロレンズアレイと、

50

前記複数のマイクロレンズにそれぞれ対応する複数のフィルタを平面的に配列して有するフィルタアレイと、

前記複数の結像領域のそれぞれにて得られる被写体の画像に含まれる画素を、再配置することで1の再配置画像を生成する再配置手段と、

を備え、

前記複数のフィルタは、透過する光の波長帯が異なる4以上の種類があることを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

10

本発明は、複数の波長帯の光の強度を取得する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

一般に、デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラなどの撮像装置では、3原色にそれぞれ対応する3つの波長帯に係る被写体からの反射光の強度を得る撮像センサを備えることで、被写体のカラー情報を得るようにしている。図1は、従来の一般的な撮像センサ300を示す図である。撮像センサ300は、2次元に配列された複数の受光画素Pを有しており、受光画素Pにはそれぞれ3原色に対応する波長帯の光を透過するフィルタのいずれかが付されている。図に示すように、緑色波長帯の光を透過するGフィルタは市松状（市松模様の一方の領域）に配置され、青色波長帯の光を透過するBフィルタおよび赤色波長帯の光を透過するRフィルタは残りの領域（市松模様の他方の領域）に均等に配置される。このRGBの配列は「ベイヤー配列」と呼ばれている。このような撮像センサを採用することにより、撮像装置は3つの波長帯の光の強度（3原色）を被写体のカラー情報として得ることができる（例えば、特許文献1参照。）。

20

【0003】

その一方で、従来より、条件等色（メタメリズム）の問題を解決するためや、物体の成分の解析等を行うために、撮像装置で得られる画像から被写体の分光反射率を求める試みがなされている。被写体の分光反射率は、被写体からの反射光の離散的なカラー情報から反射光の分光分布を求め、さらに、反射光の分光分布から照明光の分光分布を取り除くことなどで求めることができる。反射光の離散的なカラー情報から分光分布を求める手法としては、スプライン補間処理、主成分分析による推定、Winner推定などが知られている。

30

【0004】

しかしながら、一般の撮像装置で得られる3つの波長帯の光の強度のみでは、反射光の分光分布を高精度に得ることはできない。このため、4以上の波長帯の光の強度を取得可能な撮像装置であるマルチバンドカメラが提案されている。従来より提案されているマルチバンドカメラの方式としては、以下のものがある。

【0005】

1. 分光透過特性の異なる4以上フィルタを円盤状に配置し、これらのフィルタを入射光の行路中に順次に配置して撮像を行うカラーホイール式。

40

【0006】

2. 干渉計や液晶の偏光現象により特定の波長帯のみを透過する光学素子を用いて、透過する波長帯を順次変化させて撮像を行うチューナブルフィルタ式。

【0007】

3. 入射光を回折により波長帯ごとに分解し、走査により二次元の撮影を行うグレーティング式。

【0008】

その他、この出願に関連する先行技術文献情報として特許文献2がある。

【0009】

【特許文献1】

50

米国特許第3971065号明細書

【特許文献2】

特開2001-61109号公報

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来から提案されたマルチバンドカメラは、波長帯の切り替えや走査が必要なため、いずれも1度の露光では目的とする全ての波長帯の光の強度を得ることができず、撮影に時間がかかり、比較的高速に移動する物体などを被写体にする事ができないという問題があった。

【0011】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、1度の露光によって4以上の波長帯の光の強度を得ることができる技術を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、請求項1の発明は、撮像装置であって、緑色波長帯の光を透過する第1タイプフィルタ、前記第1タイプフィルタよりも短い波長帯の光を透過する第2タイプフィルタ、および、前記第1タイプフィルタよりも長い波長帯の光を透過する第3タイプフィルタのいずれかがそれぞれ付された複数の受光画素を2次元に配列して有する撮像センサ、を備え、前記第1タイプフィルタは、前記複数の受光画素の配列における市松模様の一方向の領域に対応する前記受光画素に付され、前記第2および第3タイプフィルタは、前記市松模様の他方の領域に対応する前記受光画素にそれぞれ均等に付され、前記第1ないし第3タイプフィルタのうちの少なくとも1つは、透過する光の波長帯が異なる2以上の種類のフィルタを含むことを特徴とする。

【0013】

また、請求項2の発明は、請求項1に記載の撮像装置において、前記撮像センサは、4種以上の色のいずれかにそれぞれ対応する複数の画素を有する画像を出力し、前記4種以上の色はそれぞれ、3原色に対応する3つのグループのいずれかに区分されるものであり、前記グループごとに、該グループに含まれる色に対応する画素の値から、1原色に対応する画素の値を導出する導出手段、をさらに備えている。

【0014】

また、請求項3の発明は、請求項1に記載の撮像装置において、前記撮像センサは、4種以上の色のいずれかにそれぞれ対応する複数の画素を有する第1画像を出力し、前記4種以上の色はそれぞれ、3原色に対応する3つのグループのいずれかに区分されるものであり、前記グループごとに、該グループに含まれる色に対応する画素の値から、1の第2画像を生成する生成手段と、生成される3つの前記第2画像で構成される第3画像を圧縮して1の圧縮画像を生成する圧縮手段と、をさらに備えている。

【0015】

また、請求項4の発明は、撮像装置であって、複数の受光画素からなる4以上の所定数の結像領域を平面的に配列して有する撮像センサと、前記所定数の結像領域上に被写体の光像をそれぞれ結像する前記所定数のマイクロレンズを平面的に配列して有するマイクロレンズアレイと、前記所定数のマイクロレンズにそれぞれ対応する前記所定数のフィルタを平面的に配列して有するフィルタアレイと、を備え、前記所定数のフィルタは、透過する光の波長帯が互いに異なることを特徴とする。

【0016】

また、請求項5の発明は、撮像装置であって、複数の受光画素からなる複数の結像領域を平面的に配列して有する撮像センサと、前記複数の結像領域上に被写体の光像をそれぞれ結像する複数のマイクロレンズを平面的に配列して有するマイクロレンズアレイと、前記複数のマイクロレンズにそれぞれ対応する複数のフィルタを平面的に配列して有するフィルタアレイと、前記複数の結像領域のそれぞれにて得られる被写体の画像に含まれる画素を、再配置することで1の再配置画像を生成する再配置手段と、を備え、前記複数のフィ

10

20

30

40

50

ルタは、透過する光の波長帯が異なる 4 以上の種類があることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

【 発 明 の 実 施 の 形 態 】

以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態について説明する。

【 0 0 1 8 】

< 1. 第 1 の実施の形態 >

< 1 - 1. 構成 >

図 2 は、本発明の実施の形態に係る撮像装置の基本的な構成を示す図である。この撮像装置 1 は、例えば、デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、または、測色計として構成される。どのような装置として構成される場合であっても撮像装置 1 の基本的な構成は同様である。すなわち、撮像装置 1 は主として、撮像部 4 0、A / D 変換器 4 1、画像処理部 4 2、全体制御部 5 0、カードスロット 4 3、操作入力部 4 4 およびデータ出力端子 4 5 を備えている。

【 0 0 1 9 】

撮像部 4 0 は、レンズ 2 と、該レンズ 2 によって結像される被写体の光像を光電変換して画像信号（以下、単に「画像」という。）を出力する撮像センサ 3 とを備えている。撮像センサ 3 から出力された画像は、A / D 変換器 4 1 においてデジタル信号とされ、必要に応じて画像処理部 4 2 において所定の処理が施される。このようにして得られた画像は、カードスロット 4 3 に装着されるメモリカード 9 1 に記録されたり、データ出力端子 4 5 を介して接続される外部装置 9 2 に送信される。

【 0 0 2 0 】

操作入力部 4 4 は、撮像開始の指示などの各種コマンドをユーザから受け付けるための操作部材を示している。撮像装置 1 は、操作入力部 4 4 の操作に応答して所定の動作を行う。

【 0 0 2 1 】

全体制御部 5 0 は、上述した撮像装置 1 の各部を統括制御する制御機能や、各種データ処理を行うデータ処理機能を有し、マイクロコンピュータを備えて構成される。具体的には、全体制御部 5 0 は、その本体部である CPU 5 1、制御プログラムなどを記憶する ROM 5 2、および、作業領域となる RAM 5 3などを備えている。全体制御部 5 0 の各種の機能は、ROM 5 2 に記憶された制御プログラムを CPU 5 1 が実行することにより実現される。

【 0 0 2 2 】

撮像部 4 0 が備える撮像センサ 3 は、それぞれ特定の波長帯の光を透過するフィルタ（カラーフィルタ）が付された複数の受光画素を二次元に配列して備えている。受光画素はそれぞれ、自身に付されたフィルタを透過した光を光電変換し、その強度に応じた信号電荷を出力する。本実施の形態では、このフィルタとして、透過する光の波長帯が異なる 4 種類のものがある。これにより、撮像装置 1 は 4 つの波長帯の光の強度を取得可能なマルチバンドカメラとなっている。

【 0 0 2 3 】

図 3 は、受光画素に付される 4 種類のフィルタの分光透過特性の例を示す図である。4 種類のフィルタは、それぞれ可視波長帯（約 3 8 0 ~ 約 7 8 0 n m）の光を透過する分光透過特性を有している。図に示すように、4 種類のフィルタには、透過する波長帯が短いものから B フィルタ、G 1 フィルタ、G 2 フィルタおよび R フィルタがある。B フィルタは青色波長帯の光を透過し、G 1 フィルタは緑色波長帯のうち比較的短い波長帯の光を透過し、G 2 フィルタは緑色波長帯のうち比較的長い波長帯の光を透過し、R フィルタは赤色波長帯の光を透過する。つまり、本実施の形態では、緑色波長帯の光を透過するタイプのフィルタ（以下、「G タイプフィルタ」という。）として、G 1 フィルタおよび G 2 フィルタの 2 種類のフィルタが含まれている。G 1 フィルタおよび G 2 フィルタの分光透過特性線のピークはそれぞれ、例えば、B フィルタおよび R フィルタの分光透過特性線のピーク間を 3 等分した位置に配置される。なお、以下、R フィルタが透過する光の色を R、G

1 フィルタが透過する光の色を G 1、G 2 フィルタが透過する光の色を G 2、B フィルタが透過する光の色を B とする。また、緑色波長帯の光を透過する一般的な G フィルタが透過する光の色を G とする。ここで、R、G、B は光の 3 原色である。

【 0 0 2 4 】

図 4 は、これらの 4 種類のフィルタの撮像センサ 3 における配置例を示す図である。図 4 に示すように、G タイプフィルタ (G 1 フィルタおよび G 2 フィルタ) は、複数の受光画素 P の配列における市松模様の一方向の領域に対応する受光画素 P に付されている。そして、G 1 フィルタと G 2 フィルタとは、垂直方向に対して交互に配置される。一方、B フィルタおよび R フィルタは、上記市松模様の他方の領域 (G タイプフィルタが配置されていない領域) に対応する受光画素 P に付される。そして、B フィルタと R フィルタとは、垂直方向に対して交互に配置される。つまり、G 1 フィルタおよび G 2 フィルタはベイヤ配列 (図 1 参照。) の G フィルタの位置に均等に配置され、B フィルタおよび R フィルタはベイヤ配列と同様の位置に配置される。これにより、4 種類のフィルタはそれぞれ撮像センサ 3 の受光面全体において均等に配置される。

【 0 0 2 5 】

これらの 4 種類のフィルタは、シリコンなどで構成される受光画素上に、フォトリソグラフィ技術を用いた染色層 (ゼラチンなどの樹脂膜) の選択的な形成を 4 回繰り返すことにより形成される。各フィルタの分光透過特性は、染色層を染色する色素と、染色層の膜厚とによって調整される。なお、フィルタの分光透過特性は図 3 に示すものには限定されず、撮像装置 1 の目的に応じた特性にしてもよい。例えば、撮像装置 1 が、蛍光灯などの輝線スペクトルを有する光を放射する (あるいは反射する) 物体を撮像対象とするものであれば、撮像センサ 3 の一のフィルタはその輝線スペクトルを主として透過する分光透過特性を有するようにしてもよい。また、このように特定の目的に使用される撮像装置 1 の場合は、使用される環境や経年による特性の変化を考慮して、フィルタの分光透過特性を調整することが好ましい。

【 0 0 2 6 】

撮像センサ 3 の各受光画素から出力される信号は、その信号が出力された受光画素に付されたフィルタの種類に応じて、図 3 に示す 4 つの波長帯のいずれかの光の強度を示すこととなる。したがって、撮像装置 1 は 1 度の露光によって 4 つの波長帯の光の強度を得ることができることとなる。

【 0 0 2 7 】

< 1 - 2 . 画像処理 >

撮像センサ 3 の各受光画素から出力される信号は、撮像センサ 3 から出力される画像 (以下、「センサ出力画像」という。) 中の各画素の値となる。したがって、センサ出力画像に含まれる各画素の値は、4 つの波長帯のいずれかの光の強度、すなわち、B、G 1、G 2、R のいずれかの色に対応する値を示すこととなる。これにより、センサ出力画像は 4 種の色の値を有する状態となる。センサ出力画像中において各画素が対応する色の配列は、図 4 に示すフィルタの配列と同様となる。

【 0 0 2 8 】

センサ出力画像は、出力先における用途に応じて適切な処理を施すことが好ましい。このため、本実施の形態の撮像装置 1 では、画像処理部 4 2 において、センサ出力画像の出力先に応じた画像処理が、センサ出力画像に対してなされる。以下、画像処理部 4 2 の処理内容について説明する。なお以下の説明においては、画像中において R に対応する画素を R 画素、B に対応する画素を B 画素、G に対応する画素を G 画素、G 1 に対応する画素を G 1 画素、G 2 に対応する画素を G 2 画素とそれぞれ称する。

【 0 0 2 9 】

< 1 - 2 - 1 . 演算 >

まず、外部装置 9 2 としてコンピュータが接続され、このコンピュータにおいて被写体からの光の分光分布などを求めるための演算にセンサ出力画像を用いる場合について説明する。この場合は、センサ出力画像は A / D 変換器 4 1 においてデジタル信号とされた後、

10

20

30

40

50

画像処理部42において画像処理を行わずに、そのままデータ出力端子45を介して外部装置92であるコンピュータに出力される。このように画像処理を行わずにセンサ出力画像を出力することで、画像処理によるデータの劣化のない4つの波長帯の光の強度(4種の色)を含む画像を出力することができる。そして、このような4つの波長帯の光の強度を含む画像を用いることで、コンピュータにおいて被写体からの光の分光分布などを演算する際の演算精度を向上することができる。

【0030】

<1-2-2. 表示>

次に、外部装置92としてカラー表示装置が接続され、このカラー表示装置においてセンサ出力画像を表示する場合について説明する。一般に、カラー表示装置は、各画素のカラー情報がRGBの3原色で表現された画像を表示するように構成されることから、センサ出力画像はそのままではカラー表示装置における表示に用いることができない。このため、カラー表示装置においてセンサ出力画像を表示する場合は、センサ出力画像から、各画素がRGBの3原色の値を有する通常画像が画像処理部42において生成される。

【0031】

図5は、センサ出力画像D1から通常画像D3を生成する手法を概念的に示す図である。通常画像D3の生成にあたっては、まず、センサ出力画像D1から、各画素がRGBの3原色のいずれかの値を有し3原色の配列がバイヤー配列となる画像(以下、「バイヤー画像」という。)D2が生成され、さらに、生成されたバイヤー画像D2に対して欠落画素値の補間(一画素において不足している色情報の生成処理)がなされて通常画像D3が生成される。

【0032】

バイヤー画像D2の生成にあたっては、RGBの3原色に対応する3つのグループにR, G1, G2, Bを区分し、それぞれのグループごとにバイヤー画像の1原色に対応する画素の値が求められる。具体的には、原色Rのグループには、R, G1, G2, BのうちのRが区分される。このため、センサ出力画像D1中のR画素の値は、バイヤー画像D2のR画素の値とされる。同様に、原色BのグループにはR, G1, G2, BのうちのBが区分されるため、センサ出力画像D1中のB画素の値は、バイヤー画像D2のB画素の値とされる。また、原色GのグループにはR, G1, G2, BのうちのG1, G2が区分される。このため、センサ出力画像D1のG1画素およびG2画素の値から、バイヤー画像D2のG画素の値が導出される。

【0033】

センサ出力画像D1のG1画素と同一位置のバイヤー画像D2のG画素の値は、センサ出力画像D1のG1画素を中心とした3×3画素に対して図6に示すフィルタマスクを用いたコンボリューション演算がなされることにより導出される。すなわち、このG画素の値は、G1画素の値に重み $\alpha$ を乗算した結果と、その近傍の4つのG2画素の値の平均値に重み $\beta$ を乗算した結果とを加算することにより導出される。また、センサ出力画像D1のG2画素と同一位置のバイヤー画像D2のG画素の値は、センサ出力画像D1のG2画素を中心とした3×3画素に対して図7に示すフィルタマスクを用いたコンボリューション演算がなされることにより導出される。つまり、このG画素の値は、G2画素の値に重み $\beta$ を乗算した結果と、その近傍の4つのG1画素の値の平均値に重み $\alpha$ を乗算した結果とを加算することにより導出される。ここで、重み $\alpha$ ,  $\beta$ は、次の式(1)を満たすものである。

【0034】

$$\alpha + \beta = 1 \quad \dots (1)$$

この重み $\alpha$ ,  $\beta$ は、G1フィルタおよびG2フィルタの分光透過特性と、一般的なGフィルタの分光透過特性との関係により決定することができる。例えば、G1フィルタおよびG2フィルタのそれぞれが透過する光の波長帯が、一般的なGフィルタが透過する光の波長帯の中心位置に対して対称に分布する場合は $\alpha = \beta = 0.5$ とすればよい。また、G2フィルタと比較してG1フィルタが一般的なGフィルタに近似する分光透過特性を有する

場合は  $\alpha$  を比較的大きくし、逆に、G 2 フィルタが一般的な G フィルタに近似する分光透過特性を有する場合は  $\beta$  を比較的大きくすればよい。

【 0 0 3 5 】

このようにしてベイヤ画像 D 2 が生成されると、欠落画素値の補間がなされる。すなわち、ベイヤ画像 D 2 中の R 画素の値から全画素に係る R の値、G 画素の値から全画素に係る G の値、B 画素の値から全画素に係る B の値がそれぞれ線形補間等により求められる。これにより、各画素が RGB の 3 原色の値を有する通常画像 D 3 が生成される。なお、この欠落画素値の補間処理は、1 色の値のみで構成される 3 つの色成分画像を生成することと等価である。

【 0 0 3 6 】

このように、3 原色に対応する 3 つのグループに R, G 1, G 2, B を区分し、グループごとにベイヤ画像の 1 原色に対応する画素の値を導出するため、4 種の色の値を有するセンサ出力画像 D 1 から、カラー情報が 3 原色で表現された通常画像 D 3 を生成することができる。これにより、そのままでは表示不可能なセンサ出力画像を、カラー表示装置の表示に用いることができる。

【 0 0 3 7 】

なお、カラー表示装置がテレビジョン信号を必要とするものである場合は、上記のようにして通常画像 D 3 を生成した後、各画素の RGB 値を、NTSC 方式、PAL 方式、SECAM 方式などにおける所定の形式のテレビジョン信号に変換すればよい。この RGB 値からテレビジョン信号への変換は、周知の手法により容易に行うことができる。

【 0 0 3 8 】

< 1 - 2 - 3 . 印刷 >

次に、外部装置 9 2 としてカラー印刷装置が接続され、このカラー印刷装置においてセンサ出力画像を印刷する場合について説明する。一般に、カラー印刷装置は、各画素のカラー情報が CMY (シアン・マゼンダ・イエロー) の 3 色、あるいは、CMYK (シアン・マゼンダ・イエロー・ブラック) の 4 色で表現された画像を印刷するように構成される。このため、センサ出力画像はそのままではカラー印刷装置における印刷に用いることができない。

【 0 0 3 9 】

したがってこの場合は、画像処理部 4 2 において、表示に用いる場合と同様の手法により、まず、各画素のカラー情報が RGB の 3 原色で表現される通常画像が生成され、さらに、生成された通常画像の各画素の RGB 値が CMY 値または CMYK 値に変換される。RGB 値から CMY 値または CMYK 値への変換は、周知の手法により容易に行うことができる。このような処理により、センサ出力画像をカラー印刷装置における印刷に用いることができる。

【 0 0 4 0 】

ところで、センサ出力画像を表示や印刷に用いる場合は、画像をより美しくするために、被写体のエッジを強調する先鋭化処理、コントラストを調整する階調補正処理、色相や彩度を調整する色補正処理などの画像処理を行うようにしてもよい。これらの画像処理のうち先鋭化処理は、通常画像を生成する前の段階において、センサ出力画像に対して行うことが好ましい。

【 0 0 4 1 】

先鋭化処理においては、センサ出力画像の一の画素を注目画素とし、この注目画素を中心とした  $5 \times 5$  画素に対して、図 8 のフィルタマスクを用いたコンボリューション演算を行うことにより、注目画素の新たな値が求められる。センサ出力画像の全画素をそれぞれ注目画素としてこのような演算を行うことにより、センサ出力画像中の被写体のエッジが強調される。センサ出力画像においては、注目画素を中心とした  $5 \times 5$  画素領域内に、注目画素と同一の色に対応し、かつ、水平または垂直方向が同一となる画素が 4 つ存在する。これは、いずれの色に対応する画素が注目画素となった場合でも同様である。したがって、センサ出力画像に対して図 8 に示すフィルタマスクを用いた演算を行うことで、同一色

10

20

30

40

50



に対応する画素間に関して演算を行うことができる。つまり、他の色に対応する画素の値に影響されない演算結果を得ることができる。なお、階調補正処理および色補正処理に関しては、注目画素の処理結果が周辺画素の値に影響されないため、センサ出力画像および通常画像のいずれに対して行ってもよい。

【 0 0 4 2 】

< 1 - 2 - 4 . 記録 >

次に、センサ出力画像をメモリカード 9 1 に記録する場合について説明する。一般に、フィルタ配列がベイヤー配列となる撮像センサから出力される画像（ベイヤー画像）を記録する際には、欠落画素値の補間を行って、各画素が R G B の 3 原色の値を有する通常画像としてから圧縮処理を行い、圧縮画像として記録する。つまり、R G B の 3 原色ごとの色成分画像を生成し、3 つの色成分画像で構成される通常画像を圧縮することとなる。 10

【 0 0 4 3 】

これと同様に、本実施の形態の撮像センサ 3 から得られるセンサ出力画像から、B、G 1、G 2、R の 4 つの色ごとの色成分画像を生成し、4 つの色成分画像から構成される画像を圧縮して圧縮画像を生成すると、色数が増加した分、圧縮画像のデータ量が増加してしまうこととなる。その一方で、表示に用いる場合と同様の手法により、カラー情報が 3 原色で表現される通常画像を生成し、この通常画像を圧縮した場合は、4 つの色の値のうち G 1 および G 2 の値が失われてしまうこととなる。

【 0 0 4 4 】

このため、本実施の形態の撮像装置 1 では、R G B の 3 原色に対応する 3 つのグループに R、G 1、G 2、B を区分し、画素の値を維持しつつ、それぞれのグループごとに 1 つの色成分画像が生成される。図 9 は、センサ出力画像から 3 つの色成分画像を生成する手法を概念的に示す図である。図に示すように、センサ出力画像 D 1 の R 画素の値から R の値のみで構成される一の色成分画像 D 4 r が生成され、センサ出力画像 D 1 の B 画素の値から B の値のみで構成される一の色成分画像 D 4 b が生成される。さらに、センサ出力画像 D 1 の G 1 画素および G 2 画素の値から一の色成分画像 D 4 g が生成される。 20

【 0 0 4 5 】

この色成分画像 D 4 g の生成にあたって、G 1 あるいは G 2 に対応していない画素の値は、その周辺に存在する G 1 画素および G 2 画素の双方の値に基づいて導出される。これとともに、G 1 画素および G 2 画素の値は変更されずに、そのまま色成分画像 D 4 g においても維持される。つまり、色成分画像 D 4 g は、G 1 および G 2 の双方の値を有することとなる。これにより、3 つの色成分画像 D 4 r、D 4 g、D 4 b から構成される画像 D 4 を圧縮した圧縮画像には、R、G 1、G 2、B の 4 つの色の値が含まれる。また、この圧縮画像は、3 つの色成分画像で構成される画像を圧縮したものであるため、通常画像を圧縮した圧縮画像と比較してデータ量はほぼ同等となり、4 つの色成分画像から構成される画像を圧縮して圧縮画像を生成する場合よりも、データ量を抑制することができる。 30

【 0 0 4 6 】

このようにして得られた圧縮画像を利用する場合は、圧縮画像に対して伸張処理を行って、画像 D 4 を復元し、この画像 D 4 に含まれる色成分画像 D 4 g から G 1 画素および G 2 画素をそれぞれ抽出することにより、R、G 1、G 2、B の 4 つの色の値を利用することができる。 40

【 0 0 4 7 】

< 1 - 3 . 変形例 >

本実施の形態は、上記に記載に限定されるものではなく様々な変形が可能である。以下、このような変形例について説明する。なお、以下においては、名称に記号が付されたフィルタが透過する光の色を、そのフィルタに付された記号で示すこととする。例えば、X フィルタが透過する光の色は、X で示すものとする。

【 0 0 4 8 】

< 1 - 3 - 1 . B または R タイプフィルタの複数化 >

上記実施の形態では、緑色波長帯の光を透過する G タイプフィルタに、G 1 フィルタおよ 50

びG 2 フィルタの2種類のフィルタが含まれていたが、青色波長帯の光を透過するタイプのフィルタ（以下、「Bタイプフィルタ」という。）、または、赤色波長帯の光を透過するタイプのフィルタ（以下、「Rタイプフィルタ」という。）が2種類以上のフィルタを含むようにしてもよい。

【0049】

図10は、受光画素に付されるフィルタとして、青色波長帯のうち比較的短い波長帯の光を透過するB 1 フィルタ、青色波長帯のうち比較的長い波長帯の光を透過するB 2 フィルタ、ならびに、GフィルタおよびRフィルタの4種類のフィルタがある場合における、撮像センサ3におけるフィルタの配置例を示す図である。この場合は、Bタイプフィルタに、B 1 フィルタおよびB 2 フィルタの2種類のフィルタが含まれている。これにより撮像センサ3からは、B 1, B 2, G, Rの4色のいずれかにそれぞれ対応する複数の画素を含むセンサ出力画像が出力され、4つの波長帯の光の強度が得られる。

【0050】

また、図11は、受光画素に付されるフィルタとして、赤色波長帯のうち比較的短い波長帯の光を透過するR 1 フィルタ、赤色波長帯のうち比較的長い波長帯の光を透過するR 2 フィルタ、ならびに、GフィルタおよびBフィルタの4種類のフィルタがある場合における、撮像センサ3におけるフィルタの配置例を示す図である。この場合は、Rタイプフィルタに、R 1 フィルタおよびR 2 フィルタの2種類のフィルタが含まれている。これにより撮像センサ3からは、B, G, R 1, R 2の4色のいずれかにそれぞれ対応する複数の画素を含むセンサ出力画像が出力され、4つの波長帯の光の強度が得られる。

【0051】

いずれの場合であっても、Gタイプフィルタは、複数の受光画素Pの配列における市松模様の一方の領域に対応する受光画素Pに付され、BタイプフィルタおよびRタイプフィルタは、上記市松模様の他方の領域（Gタイプフィルタが配置されていない領域）に対応する受光画素Pに均等に付されるようにしている。人間の眼は緑色波長帯の光に対しての感度が高いため、このようにGタイプフィルタを市松模様の一方の領域に配置して、BタイプフィルタおよびRタイプフィルタよりも配置数を多くすることで、取得される画像の解像感を高めることができる。

【0052】

また、表示等に用いるために、図10または図11に示す撮像センサ3から得られるセンサ出力画像からベイヤ画像を生成する際においても、上記と同様に、RGBの3原色に対応する3つのグループに4つの色を区分し、それぞれのグループごとにベイヤ画像の1原色に対応する画素の値を求めるようにすればよい。例えば、図10に示す撮像センサ3から得られるセンサ出力画像のB 1画素と同一位置のベイヤ画像のB画素の値は、センサ出力画像のB 1画素を中心とした5×5画素に対して図12に示すフィルタマスクを用いたコンボリューション演算を行うことにより導出することができる。また、センサ出力画像のB 2画素と同一位置のベイヤ画像のB画素の値は、図12に示すフィルタマスクの $\alpha$ と $\beta$ とを入れ替えたものを用いることにより導出することができる。

【0053】

<1-3-2. 6種類のフィルタ>

また、Bタイプフィルタ、Gタイプフィルタ、Rタイプフィルタがそれぞれ2種類のフィルタを含むようにして、計6種類のフィルタによって、6つの波長帯の光の強度が得られるようになっていてもよい。

【0054】

図13は、このような場合の6種類のフィルタの分光透過特性の例を示す図である。図に示すように6種類のフィルタとして、透過する波長帯が短いものからB 1 フィルタ、B 2 フィルタ、G 1 フィルタ、G 2 フィルタ、R 1 フィルタおよびR 2 フィルタがある。これにより、Bタイプフィルタとして2種類のフィルタ、Gタイプフィルタとして2種類のフィルタ、Rタイプフィルタとして2種類のフィルタがそれぞれ含まれている。

【0055】

図 1 4 は、これら 6 種類のフィルタの撮像センサ 3 における配置例を示す図である。この場合においても、G タイプフィルタは、複数の受光画素 P の配列における市松模様の一方の領域に対応する受光画素 P に付され、B タイプフィルタおよび R タイプフィルタは、上記市松模様の他方の領域（G タイプフィルタが配置されていない領域）に対応する受光画素 P に均等に付されるようにしている。これにより撮像センサ 3 からは、B 1, B 2, G 1, G 2, R 1, R 2 の 6 色のいずれかにそれぞれ対応する複数の画素を含むセンサ出力画像が出力され、6 つの波長帯の光の強度が得られる。

【 0 0 5 6 】

また、この撮像センサ 3 から得られるセンサ出力画像からベイヤー画像を生成する際においても、上記と同様に、R G B の 3 原色に対応する 3 つのグループに 6 つの色を区分し、それぞれのグループごとにベイヤー画像の 1 原色に対応する画素の値を求めるようにすればよい。原色 B のグループには B 1, B 2 が区分され、原色 G のグループには G 1, G 2 が区分され、原色 R のグループには R 1, R 2 が区分される。そして、ベイヤー画像の G 画素の値の導出には図 6 の如きフィルタマスクを用いればよく、ベイヤー画像の B 画素および R 画素の値の導出には図 1 2 の如きフィルタマスクを用いればよい。

【 0 0 5 7 】

< 1 - 3 - 3 . 8 種類のフィルタ >

また、B タイプフィルタ、R タイプフィルタがそれぞれ 2 種類のフィルタを含み、G タイプフィルタが 4 種類のフィルタを含むようにして、計 8 種類のフィルタによって、8 つの波長帯の光の強度が得られるようになっていてもよい。

【 0 0 5 8 】

図 1 5 は、このような場合の 8 種類のフィルタの分光透過特性の例を示す図である。図に示すように 8 種類のフィルタとして、透過する波長帯が短いものから B 1 フィルタ、B 2 フィルタ、G 1 フィルタ、G 2 フィルタ、G 3 フィルタ、G 4 フィルタ、R 1 フィルタおよび R 2 フィルタがある。これにより、B タイプフィルタとして 2 種類のフィルタ、G タイプフィルタとして 4 種類のフィルタ、R タイプフィルタとして 2 種類のフィルタがそれぞれ含まれている。

【 0 0 5 9 】

図 1 6 は、これら 8 種類のフィルタの撮像センサ 3 における配置例を示す図である。この場合においても、G タイプフィルタは、複数の受光画素 P の配列における市松模様の一方の領域に対応する受光画素 P に付される。そして、この領域内において、G 1 ~ G 4 フィルタがそれぞれ均等に配置される。また、B タイプフィルタおよび R タイプフィルタは、上記市松模様の他方の領域（G タイプフィルタが配置されていない領域）に対応する受光画素 P に均等に付される。これにより撮像センサ 3 からは、B 1, B 2, G 1, G 2, G 3, G 4, R 1, R 2 の 8 色のいずれかにそれぞれ対応する複数の画素を含むセンサ出力画像が出力され、8 つの波長帯の光の強度が得られる。

【 0 0 6 0 】

このように取得できる波長帯の数が増加するほど、コンピュータなどにおいて被写体からの光の分光分布などを演算する際の演算精度を向上させることができる。取得できる波長帯の数はフィルタの種類の数に一致するが、このフィルタの種類数は 4 以上であればどのような数であってもよい。精度の高い分光分布を得るためには、4 以上の波長帯の光の強度を得る必要がある。

【 0 0 6 1 】

また、この撮像センサ 3 から得られるセンサ出力画像からベイヤー画像を生成する際においても、上記と同様に、R G B の 3 原色に対応する 3 つのグループに 8 つの色を区分し、それぞれのグループごとにベイヤー画像の 1 原色に対応する画素の値を求めるようにすればよい。原色 B のグループには B 1, B 2 が区分され、原色 G のグループには G 1, G 2, G 3, G 4 が区分され、原色 R のグループには R 1, R 2 が区分される。

【 0 0 6 2 】

ベイヤー画像の B 画素および R 画素の値の導出には図 1 2 の如きフィルタマスクを用いれ

ばよい。一方、ペイヤー画像のG画素の値の導出には、例えば、図17に示すフィルタマスクを用いることができる。より具体的には、例えば、センサ出力画像のG1画素と同一位置のペイヤー画像のG画素の値は、センサ出力画像のG1画素を中心とした5×5画素に対して図17に示すフィルタマスクを用いたコンボリューション演算により導出される。つまり、このG画素の値は、G1画素の値に重み $\alpha_1$ を乗算した結果に対して、その近傍の4つのG2画素、2つのG3画素、および、2つのG4画素の値にそれぞれ重み $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ 、 $\alpha_4$ を乗算した結果の平均値を加算することにより導出される。ここで、重み $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ 、 $\alpha_4$ は、次の式(2)を満たすものである。

【0063】

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 = 1 \quad \dots (2)$$

10

これらの重み $\alpha_1 \sim \alpha_4$ は、G1～G4フィルタそれぞれの分光透過特性と、一般的なGフィルタの分光透過特性との関係により決定することができる。すなわち、分光透過特性がGフィルタと近似するフィルタが付された画素の値ほど、重みが大きくなるように $\alpha_1 \sim \alpha_4$ が決定される。なお、G2画素、G3画素、G4画素のそれぞれと同一位置のペイヤー画像のG画素の値は、図17に示すフィルタマスクの重み $\alpha_1 \sim \alpha_4$ を適宜変更したものを用いて導出すればよい。

【0064】

<1-3-4. 近紫外または近赤外の波長帯>

上記実施の形態のフィルタは、全て可視波長帯の光を透過するものであったが、シリコンで構成される受光画素は近紫外の波長(約300nm)から近赤外の波長(約1100nm)までの光の光電変換が可能であるため、複数の種類のフィルタには、近紫外や近赤外の波長帯の光を透過するフィルタが含まれていてもよい。

20

【0065】

図18は、近紫外の波長帯の光を透過するUVフィルタを含む4種類のフィルタの分光透過特性の例を示す図である。図に示すように4種類のフィルタとして、可視波長帯の光を透過するBフィルタ、GフィルタおよびRフィルタとともに、近紫外の波長帯の光を透過するUVフィルタがある。

【0066】

図19は、これら4種類のフィルタの撮像センサ3における配置例を示す図である。UVフィルタは、Gタイプフィルタよりも短い波長帯の光を透過するタイプのフィルタ(以下、「短波長タイプフィルタ」という。)に分類される。この短波長タイプフィルタには、UVフィルタおよびBフィルタの2種類のフィルタが含まれている。Gタイプフィルタは、複数の受光画素Pの配列における市松模様の一方向の領域に対応する受光画素Pに付され、短波長タイプフィルタおよびRタイプフィルタは、上記市松模様の他方の領域(Gタイプフィルタが配置されていない領域)に対応する受光画素Pに均等に付される。そして、UVフィルタと、Bフィルタとは、短波長タイプフィルタが配置される領域にそれぞれ均等に配置される。

30

【0067】

このような撮像センサ3からは、近紫外の波長帯と、RGBの3原色にそれぞれ対応する波長帯とからなる4つの波長帯の光の強度が得られる。つまり、この撮像センサ3においては、1度の露光で、被写体のカラー情報とともに、被写体からの光についての近紫外の波長帯の情報が得られることとなる。

40

【0068】

図20は、近赤外の波長帯の光を透過するIRフィルタを含む4種類のフィルタの分光透過特性の例を示す図である。図に示すように4種類のフィルタとして、可視波長帯の光を透過するBフィルタ、GフィルタおよびRフィルタとともに、近赤外の波長帯の光を透過するIRフィルタがある。

【0069】

図21は、これら4種類のフィルタの撮像センサ3における配置例を示す図である。IRフィルタは、Gタイプフィルタよりも長い波長帯の光を透過するタイプのフィルタ(以下

50

、「長波長タイプフィルタ」という。)に分類される。この長波長タイプフィルタには、I RフィルタおよびRフィルタの2種類のフィルタが含まれている。Gタイプフィルタは、複数の受光画素Pの配列における市松模様の一方向の領域に対応する受光画素Pに付され、長波長タイプフィルタおよびBタイプフィルタは、上記市松模様の他方の領域(Gタイプフィルタが配置されていない領域)に対応する受光画素Pに均等に付される。そして、I Rフィルタと、Rフィルタとは、長波長タイプフィルタが配置される領域にそれぞれ均等に配置される。

【0070】

このような撮像センサ3からは、近赤外の波長帯と、RGBの3原色にそれぞれ対応する波長帯とからなる4つの波長帯の光の強度が得られる。つまり、この撮像センサ3においては、1度の露光で、被写体のカラー情報とともに、被写体からの光についての近赤外の波長帯の情報が得られることとなる。

【0071】

近紫外の波長帯は、昆虫などが視感度を有する波長帯であるため、近紫外の波長帯の光の強度が得られれば、植物などの被写体に関して種々の分析を行うことができる。また、近紫外の波長帯の光は被写体における散乱が多いため、顔のしわやしみの検出にも適している。一方、近赤外の波長帯の光は、被写体における散乱や水の吸収が少なく生体を透過しやすいため、近赤外の波長帯の光の強度が得られれば、生体の被写体に関して種々の分析を行うことができる。

【0072】

<1-3-5. 等色関数の再現>

撮像センサ3の受光画素に付されるフィルタとして、4種類のフィルタがあれば、人間の眼の感度を表す等色関数を再現することも可能である。図22は、等色関数を示す図である。図に示すように、等色関数は、r, g, bの3つの曲線で表現される。このうち曲線rは、負の側に飛び出している部分 $r_n$ がある。

【0073】

このため、このような等色関数を再現するために、図23に示すように、等色関数の曲線rの正の部分の特性と一致する分光透過特性を有するR1フィルタ、等色関数の曲線rの負の部分 $r_n$ の特性と正負が逆となる分光透過特性を有するR2フィルタ、等色関数の曲線gの特性と一致する分光透過特性を有するGフィルタ、等色関数の曲線bの特性と一致する分光透過特性を有するBフィルタをそれぞれ設定する。これらの4種類のフィルタは、例えば、図11と同様に撮像センサ3に配置すればよい。

【0074】

そして、Gフィルタが付された受光画素で得られる値を原色Gの値、Bフィルタが付された受光画素で得られる値を原色Bの値とし、R1フィルタが付された受光画素で得られる値から、R2フィルタが付された受光画素で得られる値を減算した結果を原色Rの値とする。このようにすれば、実質的に等色関数を再現することとなり、人間の眼で感じる値に相当する3原色の値が得られることとなる。

【0075】

<1-3-6. ハニカム配列>

また、撮像センサ3は、受光画素の配列がハニカム配列となるハニカムセンサであってもよい。ハニカムセンサにおいては、蜂巢状に(隣接する受光画素が半画素分ずれるように)受光画素が配置される。図24は、ハニカムセンサ3aに対する、Bフィルタ、G1フィルタ、G2フィルタおよびRフィルタの4種類のフィルタの配置例を示す図である。図24に示すフィルタの配置は、図4に示したフィルタの配置を45度回転させたものに相当する。

【0076】

このようなハニカムセンサ3aは、受光画素P間の配線部が不要になるためスペースに余裕が生まれ、上記で説明したような撮像センサ3と比較して、各受光画素を大型化することが可能となる。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 7 】

透過する光の波長帯が互いに異なるフィルタの種類を増加させた場合、それぞれのフィルタが透過する光の帯域幅は狭くなるため、このようなフィルタが付された受光画素の感度は低下する可能性がある。撮像センサ 3 としてハニカムセンサ 3 a を採用すると、各受光画素を大型化することができるため、このような受光画素の感度の低下を防止することができる。

【 0 0 7 8 】

< 2. 第 2 の実施の形態 >

次に、本発明の第 2 の実施の形態について説明する。第 1 の実施の形態においては、フィルタは撮像センサの受光画素ごとに配置されるものであったが、本実施の形態においては複数の受光画素を含むユニットごとに配置されるようになっている。本実施の形態の撮像装置 1 の構成は、図 2 に示すものとほぼ同様であるが、撮像部 4 0 の構成が相違する。

【 0 0 7 9 】

図 2 5 は、本実施の形態の撮像部 4 0 の概略構成を示す分解斜視図である。被写体からの光は図 2 5 の上部から入射する。図に示すように、撮像部 4 0 は、水平 2 × 垂直 2 の計 4 つのマイクロレンズ 2 1 を平面的に配列して有するマイクロレンズアレイ 2 0 と、水平 2 × 垂直 2 の計 4 つのフィルタ 6 1 を平面的に配列して有するフィルタアレイ 6 0 と、水平 2 × 垂直 2 の計 4 つの格子 7 1 を平面的に配列して有する隔壁 7 0 と、複数の受光画素を平面的に配列して有する撮像センサ 3 0 とを、光が入射する側からこの順に備えている。

【 0 0 8 0 】

撮像センサ 3 0 の複数の受光画素で構成される受光面は、水平 2 × 垂直 2 の計 4 つの結像領域 3 1 に区分され、4 つの結像領域 3 1 に対して 4 つのマイクロレンズ 2 1 がそれぞれ被写体の光像を結像するようになっている。また、4 つのフィルタ 6 1 は、4 つのマイクロレンズ 2 1 のそれぞれに対応して配置され、マイクロレンズ 2 1 を通過した光のうち特定の波長帯の光のみを透過する。さらに、4 つの格子 7 1 は、4 のマイクロレンズ 2 1 のそれぞれに対応して配置され、1 のマイクロレンズ 2 1 を通過した光と、他のマイクロレンズ 2 1 を通過した光との干渉を防止するように機能する。

【 0 0 8 1 】

つまり、1 の結像領域 3 1 に対して、1 のマイクロレンズ 2 1 と、1 のフィルタ 6 1 と、1 の格子 7 1 とが対応づけられて、これらが図中の破線による角柱で示す如く 1 のユニット U を形成している。マイクロレンズ 2 1 によって同一ユニット U 内の結像領域 3 1 中に結像された被写体の光像は、該結像領域 3 1 に含まれる複数の受光画素において光電変換されて一の画像とされる。したがって、ユニット U ごとに一の被写体の画像が得られ、撮像センサ 3 0 の全体では、4 つの被写体の画像が得られる。取得される 4 つの画像は、A / D 変換器 4 1 においてデジタル信号とされ、必要に応じて画像処理部 4 2 において所定の処理が施され、メモリカード 9 1 に記憶されたり外部装置 9 2 に送信される。

【 0 0 8 2 】

マイクロレンズの焦点距離は、通常のレンズの焦点距離よりも短いため、撮像部 4 0 を本実施の形態の構成とすることで撮像装置 1 を小型化することができる。また、第 1 の実施の形態のように複数種類のフィルタを受光画素ごとに形成すると、撮像センサの製造上の工程数が多くなり、撮像装置の製造コストが高くなる可能性があるが、本実施の形態の撮像部 4 0 の構成によれば、フィルタをユニット毎に配置すればよいいためフィルタのサイズを比較的大きくすることができる。このことから、フィルタの製造は比較的容易となり、これにより撮像装置の製造コストを低減することができる。

【 0 0 8 3 】

各ユニット U 内のフィルタが透過する光の波長帯は、同一ユニット U にて得られる画像中の画素の色に対応する。フィルタアレイ 6 0 を形成する 4 つのフィルタ 6 1 は、透過する光の波長帯が互いに異なっている。つまり、本実施の形態においては 4 種類のフィルタが採用されている。この 4 種類のフィルタとしては、図 3 に示す分光透過特性を有する B フィルタ、G 1 フィルタ、G 2 フィルタおよび R フィルタが用いられている。図 2 6 は、フ

フィルタアレイ 60 中における 4 種類のフィルタ 61 の各ユニット U への配置例を示す図である。

【 0 0 8 4 】

このような構成により、撮像装置 1 としては、1 度の露光によって同一被写体に関して色が異なる 4 つの画像が得られる。つまり、撮像装置 1 は、4 つの波長帯の光の強度を 1 度の露光によって得ることができることとなる。さらに、撮像装置 1 は、被写体の同一点からの光に関して、4 つ波長帯の強度を得ることができる。つまり、欠落画素値の補間などを行わずに、B, G1, G2, R の 4 つの色成分画像を取得できることとなり、欠落画素値の補間によって生じる偽色やモアレなどが発生することもない。

【 0 0 8 5 】

なお、本実施の形態においては、フィルタアレイ 60 中におけるフィルタの配列は特に限定されず、4 種類のフィルタがどのように配置されていてもよい。また、4 種類のフィルタとしては、透過する光の波長帯が互いに異なっていれば、どのような波長帯を透過するものであってもよい。

【 0 0 8 6 】

例えば、4 種類のフィルタに、近紫外や近赤外の波長帯の光を透過するフィルタを含めるようにしてもよい。図 27 は、図 19 に示す分光透過特性を有する UV フィルタ、B フィルタ、G フィルタおよび R フィルタを採用した場合における、フィルタアレイ 60 中におけるフィルタ 61 の配置例を示す図である。また、図 28 は、図 20 に示す分光透過特性を有する B フィルタ、G フィルタ、R フィルタおよび IR フィルタを採用した場合における、フィルタアレイ 60 中におけるフィルタ 61 の配置例を示す図である。このような構成とすると、撮像センサ 30 では、1 度の露光で、被写体のカラー情報とともに、被写体からの光についての近紫外または近赤外の波長帯の情報が得られるため、前述したように、被写体に対して様々な分析を行うことができる。

【 0 0 8 7 】

また、4 種類のフィルタに、全波長帯の光を透過する透明のフィルタ（以下、「W フィルタ」という。）を含めるようにしてもよい。図 29 は、このような場合におけるフィルタアレイ 60 中におけるフィルタ 61 の配置例を示す図である。このような構成とすると、撮像センサ 30 では、1 度の露光で、被写体のカラー情報とともに、被写体からの光についての純粋な輝度成分の情報が得られることとなる。これとともに、W フィルタは全波長帯の光を透過するため、W フィルタが配置されるユニット U 中に含まれる受光画素の感度を向上させることができる。したがって、図 29 に示すフィルタアレイ 60 が採用された撮像装置 1 は、被写体の輝度が極端に低い場合であっても、W フィルタが配置されるユニット U を用いることにより、その被写体の画像を得ることができる。このため、この撮像装置 1 は、昼夜を問わない使用が要求される監視カメラや車載カメラなどに利用することができる。

【 0 0 8 8 】

また、ユニット U の数は 4 つに限定されず、4 以上であればどのような数であってもよい。図 30 は、ユニット U の数を 6 つとした場合のフィルタアレイ 60 中におけるフィルタ 61 の配置例を示す図である。このような場合であっても、6 つのフィルタ 61 は透過する光の波長帯が互いに異なるようにし、図 30 の例においては図 13 に示す分光透過特性を有する 6 種類のフィルタが採用されている。このようにユニット U の数を増加させると、1 度の露光で取得できる波長帯の数を増加することができるため、コンピュータなどにおいて被写体からの光の分光分布などを演算する際の演算精度を向上させることができる。

【 0 0 8 9 】

また、図 31 に示すように、可視波長帯を例えば 16 分割し、分割されたそれぞれの波長帯の光を透過可能な 16 種類のフィルタ（F1 ～ F16 フィルタ）を用意し、図 32 に示すように、16 のユニット U に F1 ～ F16 フィルタをそれぞれ配置するようにしてもよい。図 32 に示すフィルタアレイ 60 が採用された撮像装置 1 では、1 度の露光で 16 の

10

20

30

40

50

波長帯の光の強度を得ることができ、精度の高い分光測色計として利用することができる。なお、撮像装置 1 を分光測色計として利用する場合は、1 度の露光で取得できる波長帯の数は 16 以上であることが好ましい。

【 0 0 9 0 】

< 3. 第 3 の実施の形態 >

次に、本発明の第 3 の実施の形態について説明する。本実施の形態の撮像装置 1 の構成は第 2 の実施の形態とほぼ同様であるが、本実施の形態では、各ユニット U ごとに取得される複数の画像を再配置して、1 つの再配置画像を生成するようにしている。

【 0 0 9 1 】

図 3 3 は、本実施の形態の撮像部 4 0 の概略構成を示す分解斜視図である。本実施の形態の撮像部 4 0 は、第 2 の実施の形態とほぼ同様に、複数のマイクロレンズ 2 1 を平面的に配列して有するマイクロレンズアレイ 2 0 と、複数のフィルタ 6 1 を平面的に配列して有するフィルタアレイ 6 0 と、複数の格子 7 1 を平面的に配列して有する隔壁 7 0 と、複数の受光画素を平面的に配列して有する撮像センサ 3 0 とを、光が入射する側からこの順に備えている。撮像センサ 3 0 の複数の受光画素で構成される受光面は、複数の結像領域 3 1 に区分される。そして、この結像領域 3 1 に対して、1 のマイクロレンズ 2 1 と、1 のフィルタ 6 1 と、1 の格子 7 1 とが対応づけられて、これらが 1 のユニット U を形成している。ただし、本実施の形態の撮像部 4 0 は多数のユニット U、具体的には、水平方向に M 個、素直方向に N 個に配列された複数のユニット U を備えている。

【 0 0 9 2 】

図 3 4 は、複数のユニット U と複数の受光画素 P との関係を示す図であり、上部は撮像センサ 3 0 内におけるユニット U (すなわち結像領域 3 1) の配列を、下部は一のユニット U 内における受光画素 P の配列を示している。図に示すように、撮像センサ 3 0 の受光面は水平 M 個×垂直 N 個のユニット U に区分され、一のユニット U には水平 m 個×垂直 n 個の受光画素 P が含まれている。

【 0 0 9 3 】

各ユニット U では、水平 m×垂直 n 画素からなる被写体の画像 (以下、「ユニット画像」という。) が得られる。このユニット画像は、A/D 変換器 4 1 においてデジタル信号とされた後、画像処理部 4 2 に入力される。そして、画像処理部 4 2 において各ユニット U で得られたユニット画像に含まれる画素が再配置され、水平方向 N×n 画素、垂直方向 M×m 画素からなる再配置画像が生成される。

【 0 0 9 4 】

マイクロレンズアレイ 2 0 を形成する複数のマイクロレンズ 2 1 間には視差があることから、この視差を原因として、結像領域 3 1 間において微妙に異なった位置に被写体の光像が結像される。したがって、複数のユニット画像間では、含まれる被写体像の位置は微妙に異なることとなる。本実施の形態では、このようなユニット画像間の被写体像の位置の相違を利用し、複数のユニット画像の画素を再配置することで、高解像度となる単一の再配置画像を得るようにしている。

【 0 0 9 5 】

ここで、撮像センサ 3 0 上における各ユニット U の水平方向の座標を I、垂直方向の座標を J とし、ユニット U 内における受光画素 P の水平方向の座標を i、垂直方向の座標を j とし、各ユニット画像の識別には取得されたユニット U の座標 (I, J) を用い、ユニット画像中の各画素の識別には取得された受光画素 P の座標 (i, j) を用いるものとする。図 3 4 においては、各ユニット U 内にそれぞれの座標 (I, J) を示し、各受光画素 P 内にそれぞれの座標 (i, j) を示している。

【 0 0 9 6 】

そして、再配置画像中の各画素の水平方向の座標を x、垂直方向の座標を y とすると、再配置処理においてユニット画像 (I, J) 中の画素 (i, j) を配置すべき座標 (x, y) は、次の式 (3) および式 (4) で表現される。

【 0 0 9 7 】



$$x = M ( i - 1 ) + I \quad \dots ( 3 )$$

$$y = N ( j - 1 ) + J \quad \dots ( 4 )$$

再配置処理においては、式 ( 3 ) および式 ( 4 ) により求められる座標 ( x , y ) を各画素の目標座標とし、全ユニット画像の全画素をそれぞれの目標座標に配置することで、再配置画像が生成されることとなる。

【 0 0 9 8 】

本実施の形態では、フィルタアレイ 6 0 を形成する複数のフィルタ 6 1 として、透過する光の波長帯が異なる 4 種類のフィルタが採用されている。この 4 種類のフィルタとしては、図 3 に示す分光透過特性を有する B フィルタ、G 1 フィルタ、G 2 フィルタおよび R フィルタが用いられている。

10

【 0 0 9 9 】

図 3 5 は、フィルタアレイ 6 0 中における 4 種類のフィルタの各ユニット U ( すなわち、各マイクロレンズ 2 1 ) への配置例を示す図である。図 3 5 に示すように、G タイプフィルタ ( G 1 フィルタおよび G 2 フィルタ ) は、ユニット U の配列における市松模様の一方向の領域に対応するユニット U に配置されている。そして、G 1 フィルタと G 2 フィルタとは、垂直方向に対して交互に配置される。一方、B フィルタおよび R フィルタは、上記市松模様の他方の領域 ( G タイプフィルタが配置されていない領域 ) に対応するユニット U に配置される。そして、B フィルタと R フィルタとは、垂直方向に対して交互に配置される。つまり、このフィルタの配列は、図 4 に示すフィルタの配列と同様となっている。

【 0 1 0 0 】

20

各ユニット画像中の画素の色は、取得されたユニット U 内のフィルタ 6 1 が透過する光の波長帯に対応する。つまり、B フィルタが配置されたユニット U からは B 画素のみのユニット画像、G 1 フィルタが配置されたユニット U からは G 1 画素のみのユニット画像、G 2 フィルタが配置されたユニット U からは G 2 画素のみのユニット画像、R フィルタが配置されたユニット U からは R 画素のみのユニット画像がそれぞれ得られる。したがって、本実施の形態の撮像装置 1 においても、1 度の露光によって 4 つの波長帯の光の強度を得ることができる。

【 0 1 0 1 】

また、これらのユニット画像について、上記のような再配置処理を行うと、再配置画像中の画素が対応する色の配列は、フィルタアレイ 6 0 中における 4 種類のフィルタの配列と同様になる。このため、図 3 5 に示すフィルタアレイ 6 0 を採用すると、図 4 に示す撮像センサ 3 から得られるセンサ出力画像と同等の画像が、再配置画像として得られることとなる。このことから、この再配置画像については、第 1 の実施の形態と全く同様の画像処理を行うことができる。

30

【 0 1 0 2 】

なお、本実施の形態においてもフィルタの種類数は 4 以上であればどのような数であってもよく、また、フィルタとしては、どのような波長帯の光を透過するものであってもよい。したがって、フィルタアレイ 6 0 中におけるフィルタの配列としては、図 1 0 、図 1 1 、図 1 4 、図 1 6 、図 1 9 、図 2 1 に示した配列のいずれであっても採用することができる。

40

【 0 1 0 3 】

◎なお、上述した具体的実施の形態には以下の構成を有する発明が含まれている。

【 0 1 0 4 】

( 1 ) 請求項 5 に記載の撮像装置において、

前記複数のフィルタはそれぞれ、緑色波長帯の光を透過する第 1 タイプフィルタ、前記第 1 タイプフィルタよりも短い波長帯の光を透過する第 2 タイプフィルタ、および、前記第 1 タイプフィルタよりも長い波長帯の光を透過する第 3 タイプフィルタのいずれかに区分され、

前記第 1 タイプフィルタは、前記複数のマイクロレンズの配列における市松模様の一方向の領域に対応する前記マイクロレンズに対して配置され、

50

前記第2および第3タイプフィルタは、前記市松模様の方の領域に対応する前記マイクロレンズに対してそれぞれ均等に配置されることを特徴とする撮像装置。

【0105】

これによれば、人間の眼は緑色波長帯の光に対しての感度が高いため、緑色波長帯の光を透過する第1タイプフィルタを市松模様の方の領域に配置して、第2および第3タイプフィルタよりも配置数を多くすることで、取得される画像の解像感を高めることができる。

【0106】

(2) 請求項1または上記(1)に記載の撮像装置において、  
前記第2タイプフィルタは、近紫外線の波長帯を透過するフィルタを含むことを特徴とする撮像装置。 10

【0107】

これによれば、近紫外線の波長帯の光の強度を得ることができるため、被写体に対して様々な分析を行うことができる。

【0108】

(3) 請求項1または上記(1)に記載の撮像装置において、  
前記第3タイプフィルタは、近赤外線の波長帯を透過するフィルタを含むことを特徴とする撮像装置。

【0109】

これによれば、近赤外線の波長帯の光の強度を得ることができるため、被写体に対して様々な分析を行うことができる。 20

【0110】

(4) 請求項4に記載の撮像装置において、  
前記所定数のフィルタは、近紫外線または近赤外線の波長帯を透過するフィルタを含むことを特徴とする撮像装置。

【0111】

これによれば、近紫外線または近赤外線の波長帯の光の強度を得ることができるため、被写体に対して様々な分析を行うことができる。

【0112】

【発明の効果】

以上、説明したように、請求項1の発明によれば、1度の露光によって4以上の波長帯の光の強度を得ることができる。また、人間の眼は緑色波長帯の光に対しての感度が高いため、緑色波長帯の光を透過する第1タイプフィルタを市松模様の方の領域に配置して、第2および第3タイプフィルタよりも配置数を多くすることで、取得される画像の解像感を高めることができる。 30

【0113】

また、請求項2の発明によれば、3原色に対応する3つのグループごとに1原色に対応する画素の値が導出されるため、4種以上の色のいずれかにそれぞれ対応する複数の画素を有する画像を、一般的なカラー表示装置への表示やカラー印刷装置での印刷に用いることができる。 40

【0114】

また、請求項3の発明によれば、3つの第2画像から構成される第3画像を圧縮して1の圧縮画像を生成するため、4以上の第2画像から構成される第3画像を圧縮して1の圧縮画像を生成する場合よりも圧縮画像のデータ量を抑制することができる。

【0115】

また、請求項4の発明によれば、被写体からの同一点からの4以上の波長帯の光の強度を1度の露光によって得ることができる。また、撮像装置を小型化することができる。

【0116】

また、請求項5の発明によれば、1度の露光によって4以上の波長帯の光の強度を得ることができる。また、撮像装置を小型化することができる。 50

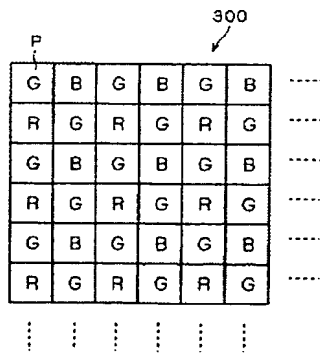
## 【図面の簡単な説明】

- 【図 1】 フィルタの配列がベイヤー配列となる撮像センサを示す図である。
- 【図 2】 撮像装置の基本的な構成を示す図である。
- 【図 3】 フィルタの分光透過特性の例を示す図である。
- 【図 4】 フィルタの配置例を示す図である。
- 【図 5】 センサ出力画像から通常画像を生成する手法を示す図である。
- 【図 6】 演算に用いるフィルタマスクの例を示す図である。
- 【図 7】 演算に用いるフィルタマスクの例を示す図である。
- 【図 8】 演算に用いるフィルタマスクの例を示す図である。
- 【図 9】 センサ出力画像から 3 つの色成分画像を生成する手法を示す図である。 10
- 【図 10】 フィルタの配置例を示す図である。
- 【図 11】 フィルタの配置例を示す図である。
- 【図 12】 演算に用いるフィルタマスクの例を示す図である。
- 【図 13】 フィルタの分光透過特性の例を示す図である。
- 【図 14】 フィルタの配置例を示す図である。
- 【図 15】 フィルタの分光透過特性の例を示す図である。
- 【図 16】 フィルタの配置例を示す図である。
- 【図 17】 演算に用いるフィルタマスクの例を示す図である。
- 【図 18】 フィルタの分光透過特性の例を示す図である。
- 【図 19】 フィルタの配置例を示す図である。 20
- 【図 20】 フィルタの分光透過特性の例を示す図である。
- 【図 21】 フィルタの配置例を示す図である。
- 【図 22】 等色関数を示す図である。
- 【図 23】 フィルタの分光透過特性の例を示す図である。
- 【図 24】 ハニカムセンサに対するフィルタの配置例を示す図である。
- 【図 25】 第 2 の実施の形態の撮像部の概略構成を示す図である。
- 【図 26】 フィルタアレイにおけるフィルタの配置例を示す図である。
- 【図 27】 フィルタアレイにおけるフィルタの配置例を示す図である。
- 【図 28】 フィルタアレイにおけるフィルタの配置例を示す図である。
- 【図 29】 フィルタアレイにおけるフィルタの配置例を示す図である。 30
- 【図 30】 フィルタアレイにおけるフィルタの配置例を示す図である。
- 【図 31】 フィルタの分光透過特性の例を示す図である。
- 【図 32】 フィルタアレイにおけるフィルタの配置例を示す図である。
- 【図 33】 第 3 の実施の形態の撮像部の概略構成を示す図である。
- 【図 34】 複数のユニットと複数の受光画素との関係を示す図である。
- 【図 35】 フィルタアレイにおけるフィルタの配置例を示す図である。

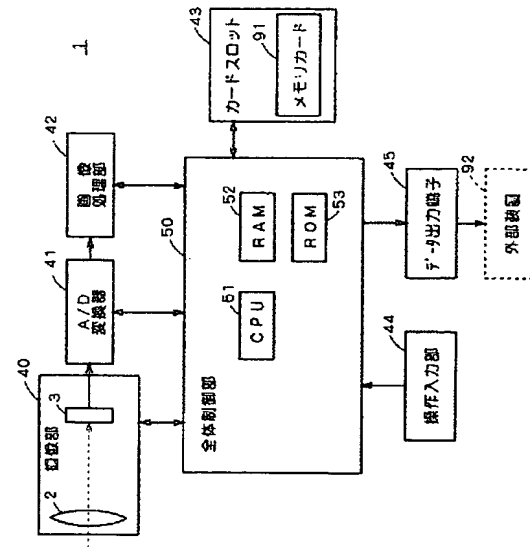
## 【符号の説明】

- 1 撮像装置
- 2 レンズ
- 3 撮像センサ
- 20 マイクロレンズアレイ
- 30 撮像センサ
- 60 フィルタアレイ
- 70 隔壁
- U ユニット
- P 受光画素

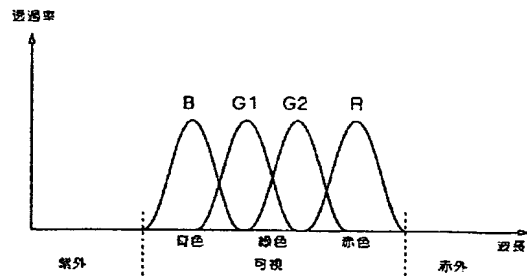
【 図 1 】



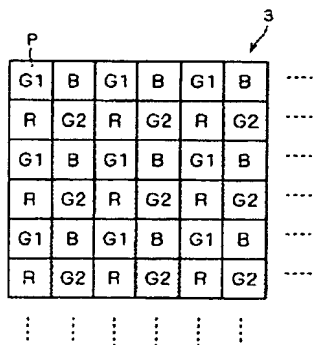
【 図 2 】



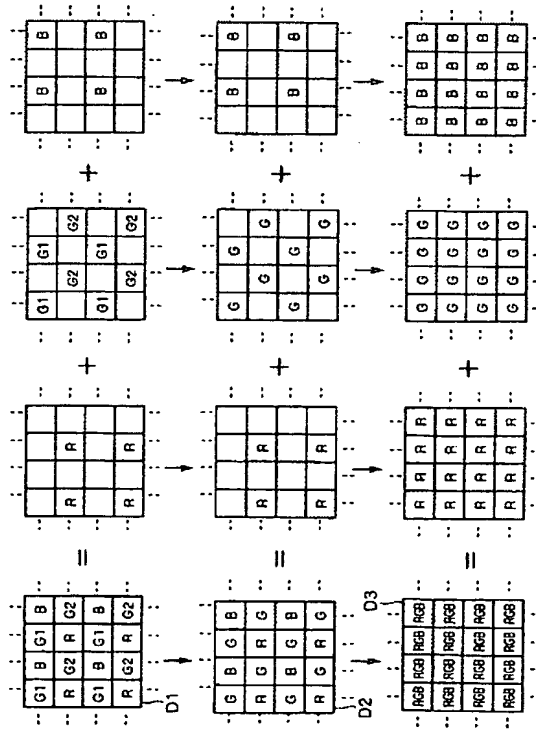
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】

$\beta/4$	0	$\beta/4$
0	$\alpha$	0
$\beta/4$	0	$\beta/4$

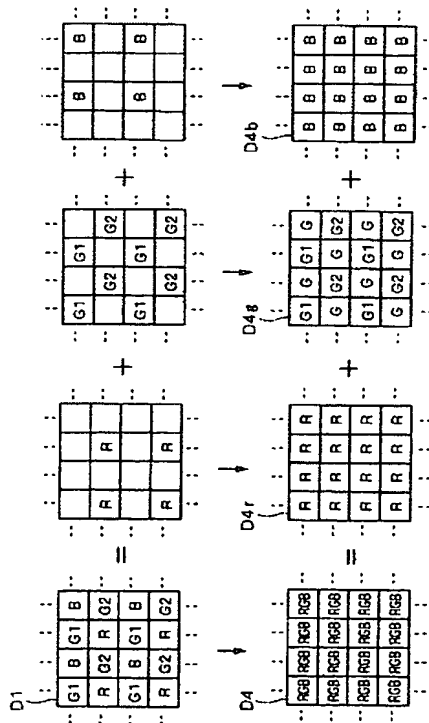
【 図 7 】

$\alpha/4$	0	$\alpha/4$
0	$\beta$	0
$\alpha/4$	0	$\alpha/4$

【 図 8 】

0	0	-1	0	0
0	0	0	0	0
-1	0	5	0	-1
0	0	0	0	0
0	0	-1	0	0

【 図 9 】



【 図 10 】

P	G	B1	G	B2	G	B1	...
	R	G	R	G	R	G	...
	G	B2	G	B1	G	B2	...
	R	G	R	G	R	G	...
	G	B1	G	B2	G	B1	...
	R	G	R	G	R	G	...

【 図 11 】

P	G	B	G	B	G	B	...
	R1	G	R2	G	R1	G	...
	G	B	G	B	G	B	...
	R2	G	R1	G	R2	G	...
	G	B	G	B	G	B	...
	R1	G	R2	G	R1	G	...

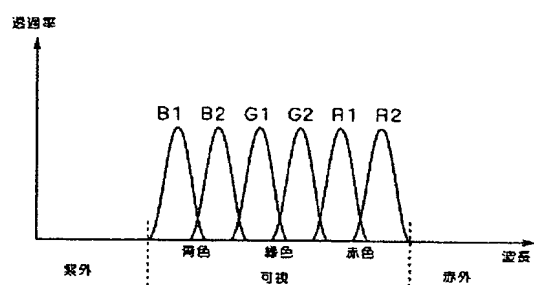
【図 1 2】

0	0	$\beta/4$	0	0
0	0	0	0	0
$\beta/4$	0	$\alpha$	0	$\beta/4$
0	0	0	0	0
0	0	$\beta/4$	0	0

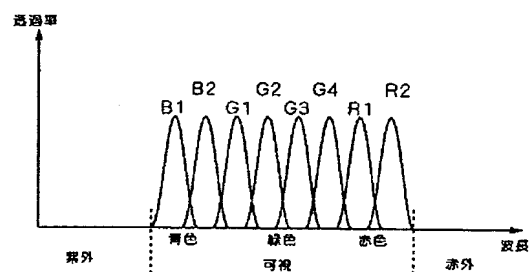
【図 1 4】

P	G1	B1	G1	B2	G1	B1	...
	R1	G2	R2	G2	R1	G2	...
	G1	B2	G1	B1	G1	B2	...
	R2	G2	R1	G2	R2	G2	...
	G1	B1	G1	B2	G1	B1	...
	R1	G2	R2	G2	R1	G2	...
	...	...	...	...	...	...	...

【図 1 3】



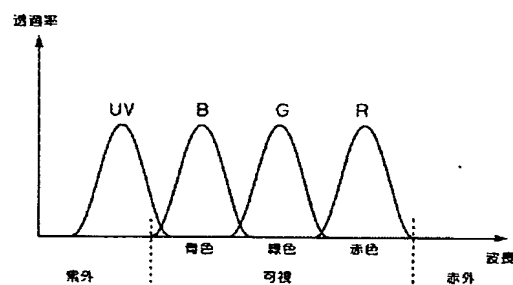
【図 1 5】



【図 1 6】

P	G1	B1	G2	B2	G1	B1	...
	R1	G3	R2	G4	R1	G3	...
	G2	B2	G1	B1	G2	B2	...
	R2	G4	R1	G3	R2	G4	...
	G1	B1	G2	B2	G1	B1	...
	R1	G3	R2	G4	R1	G3	...
	...	...	...	...	...	...	...

【図 1 8】



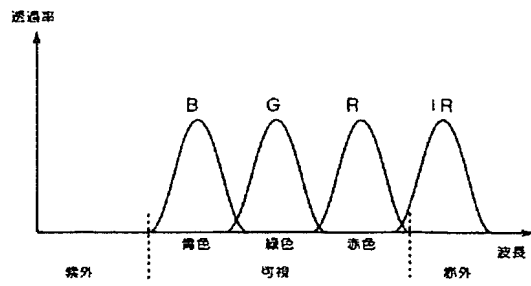
【図 1 7】

0	0	$\alpha_2/8$	0	0
0	$\alpha_3/8$	0	$\alpha_4/8$	0
$\alpha_2/8$	0	$\alpha_1$	0	$\alpha_2/8$
0	$\alpha_4/8$	0	$\alpha_3/8$	0
0	0	$\alpha_2/8$	0	0

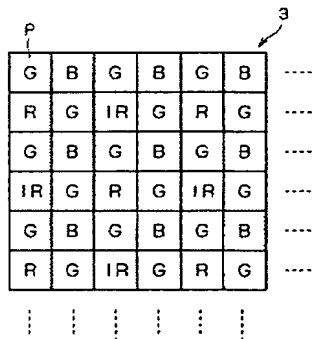
【図 1 9】

P	G	B	G	UV	G	B	...
	R	G	R	G	R	G	...
	G	UV	G	B	G	UV	...
	R	G	R	G	R	G	...
	G	B	G	UV	G	B	...
	R	G	R	G	R	G	...
	...	...	...	...	...	...	...

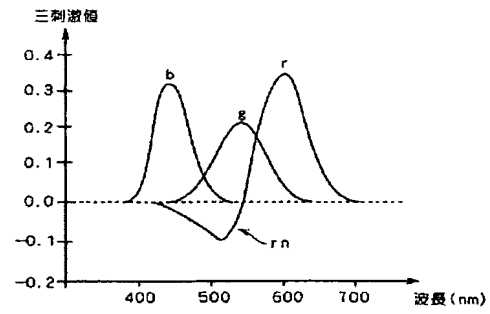
【図 20】



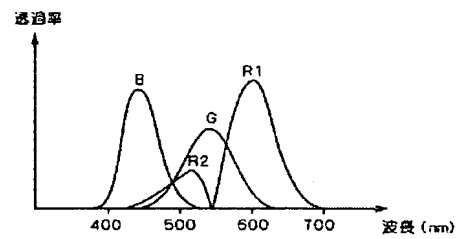
【図 21】



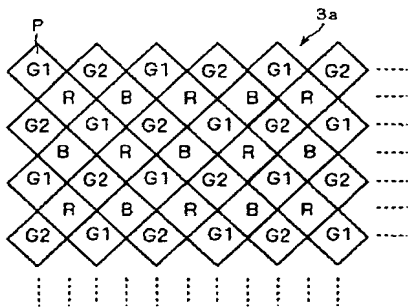
【図 22】



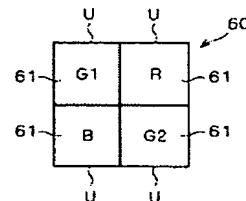
【図 23】



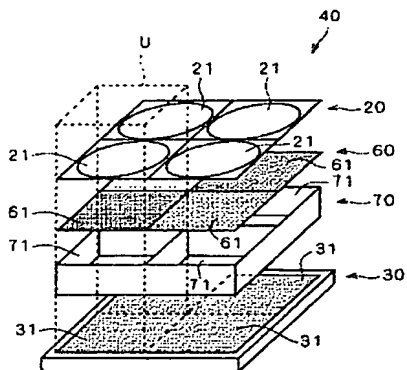
【図 24】



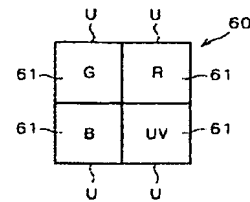
【図 26】



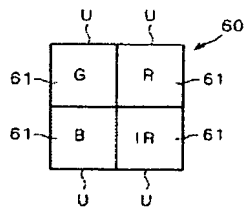
【図 25】



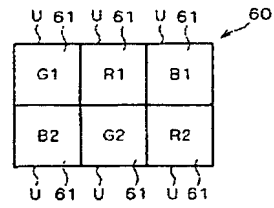
【図 27】



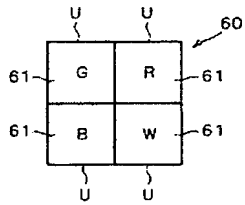
【 図 2 8 】



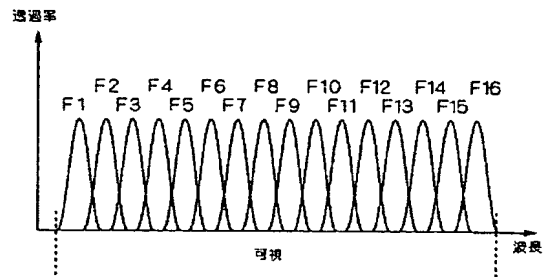
【 図 3 0 】



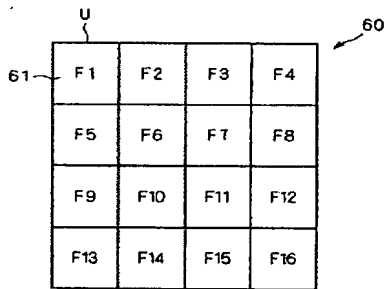
【 図 2 9 】



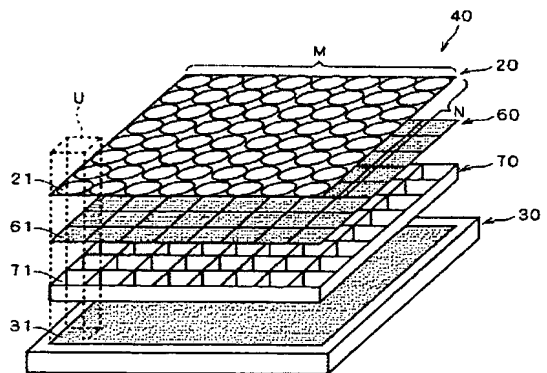
【 図 3 1 】



【 図 3 2 】

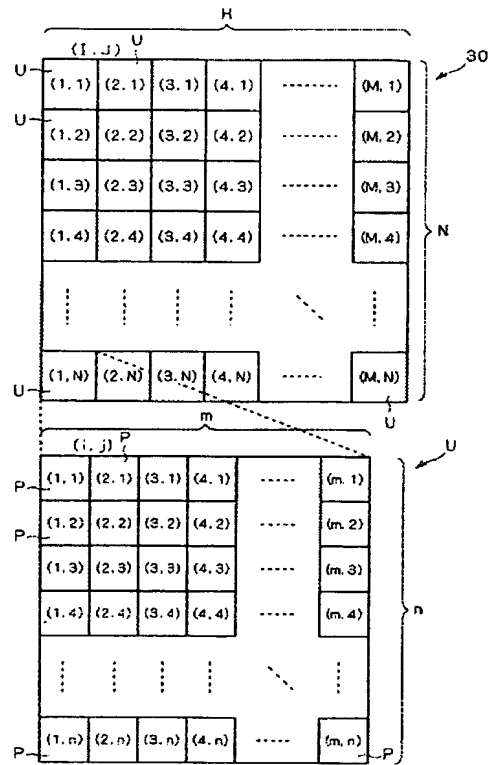


【 図 3 3 】





【 図 3 4 】



【 図 3 5 】

