

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年10月11日(11.10.2018)



(10) 国際公開番号

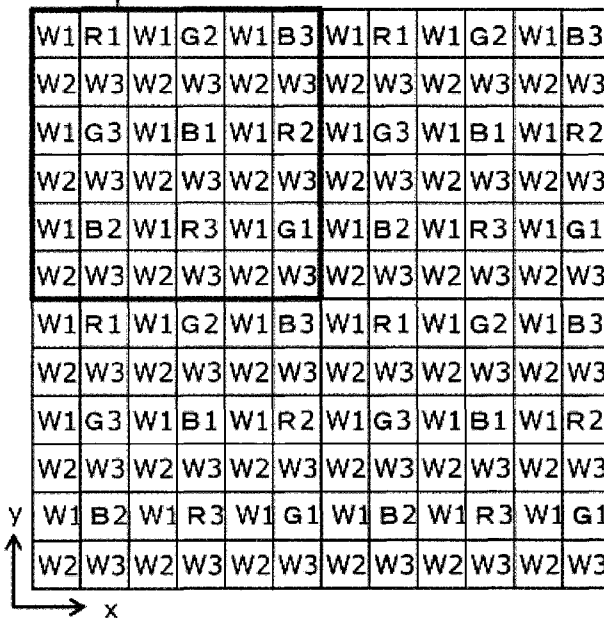
WO 2018/186201 A1

- (51) 国際特許分類:
H04N 9/07 (2006.01) *H04N 5/369* (2011.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/011627
- (22) 国際出願日: 2018年3月23日(23.03.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2017-077148 2017年4月7日(07.04.2017) JP
- (71) 出願人: キヤノン株式会社 (CANON KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒1468501 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 中村 圭太 (NAKAMURA Keita); 〒1468501 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 藤元 亮輔 (FUJIMOTO Ryosuke); 〒1000006 東京都千代田区有楽町1-6-4 千代田ビル9階藤元国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: IMAGE CAPTURING ELEMENT AND IMAGE CAPTURING DEVICE

(54) 発明の名称: 撮像素子および撮像装置

AA
正方配列パターン



AA Square arrangement pattern

(57) Abstract: [Problem] To provide an image capturing element capable of obtaining polarization information and color information with high resolution. [Solution] This image capturing element 12, which is an image capturing element in which pixels are two-dimensionally arranged, has: a plurality of color pixel groups having primary sensitivity to light in each of a plurality of wavelength bands; and a non-color pixel group having primary sensitivity to a wavelength band including the plurality of wavelength bands. The plurality of color pixel groups and the non-color pixel group each include

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

a plurality of polarization pixel groups having primary sensitivity to respective polarization components in at least three polarization orientations. The ratio of the number of pixels in the plurality of polarization pixel groups in the non-color pixel group to the total number of pixels in the image capturing element is greater than the ratio of the number of pixels in the plurality of polarization pixel groups in each of the color pixel groups to the total number of pixels.

(57) 要約：【課題】高解像度での偏光情報の取得とカラー情報の取得が可能な撮像素子を提供する。【解決手段】撮像素子12は、画素が2次元配列された撮像素子であって、複数の波長帯域の光のそれぞれに対して主感度を有する複数のカラー画素群と、複数の波長帯域を含む波長帯域に対して主感度を有する非カラー画素群とを有する。複数のカラー画素群および非カラー画素群がそれぞれ、3つ以上の複数の偏光方位の偏光成分のそれぞれに対して主感度を有する複数の偏光画素群を含む。撮像素子の全画素数に対する非カラー画素群における複数の偏光画素群の画素数の割合が、全画素数に対する複数のカラー画素群のそれぞれにおける複数の偏光画素群の画素数の割合よりも大きい。

明 細 書

発明の名称：撮像素子および撮像装置

技術分野

[0001] 本発明は、偏光情報を取得できる撮像素子およびこれを用いた撮像装置に関する。

背景技術

[0002] 被写体からの反射光の偏光状態を観察することによって、被写体の特定の特徴を強調して検出することが可能である。例えば、撮像装置において、レンズの前面に偏光フィルタを装着して被写体を撮像することで、該被写体の色やコントラスト等の質感を際立たせたり、水面等での反射光の写り込みを強調または軽減したりすることができる。また、被写体からの互いに異なる偏光方向の偏光成分を取得することで、被写体のエッジや欠陥部を検出することも可能である。

[0003] 特許文献 1 には、複数の画素のそれぞれにカラーフィルタと偏光フィルタを設けて、カラー情報と偏光情報の両方を取得できる撮像素子が開示されている。このような撮像素子を用いれば、一度の撮像により複数の偏光方向の偏光成分を取得することができる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第 5 4 2 8 5 0 9 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、特許文献 1 にて開示された撮像素子では、カラーフィルタが設けられた全カラー画素を複数の偏光方向に振り分ける。このため、偏光フィルタが設けられていない一般的な撮像素子の全画素に対する色ごとの画素の割合（例えば 1 / 3）に比べて、同色かつ同偏光方向の偏光成分を取得する画素の割合が小さくなる。したがって、特許文献 1 にて開示された撮像

素子を用いて撮像する場合には、レンズの前面に偏光フィルタを装着して全画素数が同じ一般的な撮像素子を用いて撮像する場合に比べて、取得する偏光情報の解像度が低くなる。

[0006] 本発明は、高解像度での偏光情報の取得とカラー情報の取得が可能な撮像素子およびこれを用いた撮像装置を提供する。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一側面としての撮像素子は、画素が2次元配列された撮像素子であって、複数の波長帯域の光のそれぞれに対して主感度を有する複数のカラー画素群と、複数の波長帯域を含む波長帯域に対して主感度を有する非カラー画素群とを有する。複数のカラー画素群および非カラー画素群がそれぞれ、3つ以上の複数の偏光方位の偏光成分のそれぞれに対して主感度を有する複数の偏光画素群を含む。そして、撮像素子の全画素数に対する非カラー画素群における複数の偏光画素群の画素数の割合が、全画素数に対する複数のカラー画素群のそれぞれにおける複数の偏光画素群の画素数の割合よりも大きいことを特徴とする。

[0008] なお、上記撮像素子を用いて撮像を行う撮像装置も、本発明の他の一側面を構成する。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、高解像度での偏光情報の取得とカラー情報の取得が可能な撮像素子および撮像装置を実現することができる。

図面の簡単な説明

- [0010] [図1]本発明の実施例である偏光カラー撮像素子の構成例を示す図。
[図2]実施例の偏光カラー撮像素子を搭載した撮像装置の構成を示す図。
[図3]実施例の偏光カラー撮像素子におけるカラーフィルタの配列例を示す図。
。
[図4]実施例におけるカラーフィルタの透過率特性を示す図。
[図5]実施例の偏光カラー撮像素子における偏光フィルタの配列例を示す図。
[図6]入射光の偏光状態と入射角度に対する光強度とを示す図。

[図7]偏光情報の算出例を示す図。

[図8]実施例1の偏光カラー撮像素子における画素配列を示す図。

[図9]実施例2の偏光カラー撮像素子における画素配列を示す図。

[図10]実施例3の偏光カラー撮像素子における画素配列を示す図。

[図11]実施例4の偏光カラー撮像素子における画素配列を示す図。

[図12]実施例5の偏光カラー撮像素子における画素配列を示す図。

[図13]偏光カラー撮像素子における座標設定を説明する図。

[図14]比較例としての偏光カラー撮像素子における画素配列を示す図。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。図1には、本発明の代表的な実施例である偏光カラー撮像素子12の構成を示す。また、図2には、偏光カラー撮像素子12を搭載した撮像装置1の構成を示す。撮像装置1は、撮影光学系11、偏光カラー撮像素子12、情報処理部（生成手段）13、記録部14および偏光情報算出部15を備えている。撮影光学系11は、光学像としての被写体像を偏光カラー撮像素子12の撮像面上に形成する。

[0012] 偏光カラー撮像素子12は、その撮像面に2次元配列された複数の画素を含む画素配列121を有する。偏光カラー撮像素子12としては、CCD型素子やCMOS型素子等を用いることができる。また、偏光カラー撮像素子12は、画素配列121の受光面側に、2次元配列された複数のカラーフィルタを含むカラーフィルタ配列122と、2次元配列された複数の偏光フィルタを含む偏光フィルタ配列123とを備えている。これにより、偏光カラー撮像素子12は、偏光フィルタ機能とカラーフィルタ機能とを含む偏光カラー画素配列を有する。

[0013] 図1に示す構成では、偏光カラー撮像素子12における光の入射側から順に偏光フィルタ配列123、カラーフィルタ配列122および画素配列121の順で配置されている。ただし、光の入射する側から順にカラーフィルタ配列122、偏光フィルタ配列123および画素配列121を配置してもよ

い。

[0014] 図3には、具体的なカラーフィルタ配列122の例を示す。カラーフィルタ配列122は、R（赤）、G（緑）およびB（青）の3原色のカラーフィルタと、W（白）のカラーフィルタとを含む。これらR、G、BおよびWのカラーフィルタは、画素配列121のうちいずれかの画素に対して設けられる。

[0015] R、GおよびBのカラーフィルタ（以下それぞれ、Rフィルタ、GフィルタおよびBフィルタという）は、Wのカラーフィルタ（以下、Wフィルタという）が透過する波長帯域である偏光カラー撮像素子12の使用波長帯域のうち互いに異なる一部の波長帯域の光を透過する。使用波長帯域は、偏光カラー撮像素子12への入射光のうち、偏光カラー撮像素子12において読み出し可能な電気信号に変換される光の波長帯域である。本実施例では、使用波長帯域は可視光全域であるが、赤外光領域、紫外領域およびこれらの組み合わせであってもよい。

[0016] 図4にR、GおよびBフィルタの透過率の例を示す。R、GおよびBフィルタはそれぞれ、R、GおよびBの色光に対して他の色光に対してよりも高い透過率を有する。Rフィルタは、その透過率が最大透過率の $1/2$ 以上となるのがおよそ560nmから650nmの赤の波長帯域であり、赤光を選択的に透過する。Gフィルタは、その透過率が最大透過率の $1/2$ 以上となるのがおよそ490nmから580nmの緑の波長帯域であり、緑光を選択的に透過する。Bフィルタは、その透過率が最大透過率の $1/2$ 以上となるのがおよそ430nmから510nmの青の波長帯域であり、青光を選択的に透過する。Wフィルタは、赤、緑および青の波長帯域の全てを含む使用波長帯域の光を透過する。これにより、Rフィルタ、GフィルタおよびBフィルタが設けられた画素は、Wフィルタが設けられた画素が主感度を有する使用波長帯域に含まれる互いに異なる波長帯域（560～650nm、490～580nmおよび430～510nm）に主感度を有する。すなわち、互いに異なる分光感度特性を有する。

- [0017] なお、図4に示した各カラーフィルタの透過率特性は例に過ぎず、これらの異なる透過率特性を有していてもよい。
- [0018] 以下の説明において、画素配列121内の全画素のうちRフィルタが設けられた画素を「R画素」といい、Gフィルタが設けられた画素を「G画素」という。また、Bフィルタが設けられた画素を「B画素」といい、R、GおよびB画素をまとめて「カラー画素」ともいう。また、Wフィルタが設けられた画素を非カラー画素としての「W画素」という。なお、カラーフィルタ配列122は、その一部にカラーフィルタが設けられていない領域を有してもよい。このカラーフィルタが設けられていない領域も、「W画素」として扱う。
- [0019] 図3に示すカラーフィルタ配列122を有する偏光カラー撮像素子12において、カラー画素で取得できる色の種類の数 n_c は3であり、カラー画素で取得できる色 $C(i)$ (i は1以上 n_c 以下の整数)は $C(1)=R$ 、 $C(2)=G$ 、 $C(3)=B$ である。カラー画素により取得できる色に対して割り振られる番号 i は例に過ぎず、例えば $C(1)=B$ 、 $C(2)=R$ 、 $C(3)=G$ としてもよい。また、なお、カラー画素で取得できる色 $C(i)$ はRGBに限らず、他の色でもよい。例えば、3原色のRGBに代えて、補色のシアン(C)マゼンタ(M)イエロー(Y)でもよいし、赤外(IR)や紫外(UV)でもよい。また、カラー画素で取得できる色の種類の数 n_c は3に限定されず、例えばRとBの $n_c=2$ やCMY+IRの $n_c=4$ であってもよい。
- [0020] 図5には、具体的な偏光フィルタ配列123の例を示す。図5に示したx軸とy軸は、画素配列121に平行で互いに直交する2軸である。x軸とy軸はこの条件を満たせば図5に示した方向と異なる方向であってもよい。
- [0021] 偏光フィルタ配列123中の各偏光フィルタは、特定の偏光方位の偏光成分に対して他の偏光方位の偏光成分に対して高い透過率を有する。透過率が最大となる偏光成分の偏光方位とx軸とのなす角 θ ($0^\circ \leq \theta < 180^\circ$)をその偏光フィルタの偏光方位とする。

[0022] 図5において、偏光フィルタ配列123は、互いに異なる3つの偏光方位 θ_1 、 θ_2 および θ_3 （図中にはそれぞれ1、2、3で示す）の偏光フィルタにより構成されている。偏光方位 θ_1 、 θ_2 および θ_3 の偏光フィルタ（以下それぞれ、 θ_1 フィルタ、 θ_2 フィルタおよび θ_3 フィルタという）は、画素配列121のうちいずれかの画素に対して設けられる。これにより、 θ_1 フィルタ、 θ_2 フィルタおよび θ_3 フィルタが設けられた画素は互いに異なる偏光方位の偏光成分に主感度を有する。つまりは、互いに異なる偏光感度特性を有する。

[0023] 以下の説明において、画素配列121内の全画素のうち θ_1 フィルタが配置された画素を「 θ_1 画素」といい、 θ_2 フィルタが配置された画素を「 θ_2 画素」という。また、 θ_3 フィルタが配置された画素を「 θ_3 画素」という。また、 θ_1 画素、 θ_2 画素および θ_3 画素をまとめて「偏光画素」ともいう。

[0024] 偏光画素で取得できる偏光成分の種類の数 n_p は3であり、該偏光画素で取得できる偏光方位 $P(j)$ （ j は1以上 n_p 以下の整数）は $P(1) = \theta_1$ 、 $P(2) = \theta_2$ 、 $P(3) = \theta_3$ である。偏光画素により取得できる偏光方位に対して割り振られる番号 j は例に過ぎず、例えば $P(1) = \theta_2$ 、 $P(2) = \theta_3$ 、 $P(3) = \theta_1$ としてもよい。偏光画素により取得できる偏光方位 $P(j)$ は、例えば $P(1) = 0$ 度、 $P(2) = 45$ 度、 $P(3) = 90$ 度である。ただし、他の偏光方位であってもよく、 $P(1) = 0$ 度、 $P(2) = 60$ 度、 $P(3) = 120$ 度であってもよい。

[0025] また、偏光の種類の数 n_p は後述する偏光情報（ α 、 a 、 b ）を算出するために少なくとも3である必要があるが、4以上であってもよい。例えば、 $P(1) = 0$ 度、 $P(2) = 45$ 度、 $P(3) = 90$ 度、 $P(4) = 135$ 度の $n_p = 4$ であってもよい。

[0026] なお、偏光フィルタ配列123は、その一部に偏光フィルタが設けられていない領域またはいずれの偏光方向の偏光成分も透過させるフィルタが設けられた領域を含んでいてもよく、これらの領域に対応する画素を「非偏光画

素」という。

[0027] 以上説明したように、偏光カラー撮像素子 1 2 は、取得できる波長帯域光と偏光成分の組み合わせが互いに異なる複数の種類の画素群（各画素群は複数の画素を含む）を有する。具体的には、例えば R 画素群かつ θ 1 画素群を R 1 画素群というとき、図 8 に示すように、R 1 画素群、R 2 画素群、R 3 画素群、G 1 画素群、G 2 画素群、G 3 画素群、B 1 画素群、B 2 画素群、B 3 画素群、W 1 画素群、W 2 画素群および W 3 画素群を有する。

[0028] R 画素群、G 画素群および B 画素群が複数のカラー画素群に相当し、W 画素群が非カラー画素群に相当する。R 1 画素群、R 2 画素群および R 3 画素群が R 画素群における複数の偏光画素群に相当する。G 1 画素群、G 2 画素群および G 3 画素群が G 画素群における複数の偏光画素群に相当する。B 1 画素群、B 2 画素群および B 3 画素群が B 画素群における複数の偏光画素群に相当する。W 1 画素群、W 2 画素群および W 3 画素群が、W 画素群における複数の偏光画素群に相当する。

[0029] なお、ここまで画素配列 1 2 1 に対してカラーフィルタ配列 1 2 2 と偏光フィルタ配列 1 2 3 とが別々に設けられている場合について説明した。しかし、これは例に過ぎず、偏光カラー撮像素子が全体としてカラーフィルタ機能と偏光フィルタ機能を含む偏光カラー画素配列を有していればよい。例えば、カラーフィルタ機能と偏光フィルタ機能とを併せ持つ偏光カラーフィルタ配列が画素配列 1 2 1 に対して設けられていてもよい。また、カラーフィルタを設ける代わりに特定の波長帯域の光にのみ感度を有する画素が配列された偏光カラー撮像素子を用いてもよい。これらの場合でも、各画素をそれが感度を有する色や偏光成分に応じたカラー画素や偏光画素という。

[0030] また、後述する実施例における画素配列では、 6×6 画素や 8×8 画素等の基本配列パターンとしての正方配列パターンが縦方向および横方向に繰り返し配置されている。基本配列パターンは、正方配列パターンに限らず、 $N_1 \times N_2$ 画素（ N_1 、 N_2 は互いに異なる自然数）の四角形配列パターンであってもよいし、他の多角形配列パターンであってもよい。また、画素配列

1 2 1 が基本配列パターンを持たないランダムな画素配列であってもよい。

[0031] 次に、偏光カラー撮像素子 1 2 を用いた撮像処理および偏光情報取得処理について説明する。上述したように偏光カラー撮像素子 1 2 の撮像面上に形成された被写体像は、該偏光カラー撮像素子 1 2 の各画素によって入射光の強度に応じた電荷に変換され、該電荷は電気信号（画素信号）として偏光カラー撮像素子 1 2 から読み出される。偏光カラー撮像素子 1 2 から読み出された画素信号は、情報処理部 1 3 に入力され、各画素の輝度情報に変換される。各画素の輝度情報は、画素の種類に応じたカラー情報と偏光情報とを含む。

[0032] 複数種類の画素のうち特定種類の画素からカラー情報や偏光情報を抜き出すと、そのカラー情報や偏光情報のみからなるモザイク画像が得られる。情報処理部 1 3 は、このモザイク画像にデモザイク処理を施すことにより他の画素で得られていないカラー情報や偏光情報を算出する。情報処理部 1 3 は、算出したカラー情報や偏光情報を含む画像情報を生成する。

[0033] 情報処理部 1 3 が行うデモザイク処理において、元のモザイク画像の情報量が多いほどより空間周波数が高い被写体像が再現される。つまり、偏光カラー撮像素子 1 2 の全画素数（以下、センサ全画素数という）に対する同種類の複数の画素からなる画素群の画素数の割合（以下、画素数割合という）が大きいほどより空間周波数が高い被写体像が再現される。空間周波数が高いことは、被写体像の解像度が高いことを意味する。したがって、偏光カラー撮像素子 1 2 に含まれる複数種類の画素群において画素数割合が最も大きい種類の画素群から得られるカラー情報や偏光情報から再現される被写体像の解像度が最も高くなる。

[0034] 以下の説明では、W画素でありかつ偏光画素である画素を偏光W画素といい、複数の偏光W画素をまとめて偏光W画素群という。前述したように、撮像素子 1 2 は、互いに異なる偏光方位の偏光成分に主感度を有する複数の偏光W画素群（W 1 画素群、W 2 画素群およびW 3 画素群）を有する。また、同色のカラー画素でありかつ偏光画素である画素を偏光カラー画素（偏光C

(i) 画素) といい、複数の偏光C (i) 画素をまとめて偏光カラー画素群または偏光C (i) 画素群という。撮像素子12は、各色の偏光カラー画素群として、互いに異なる偏光方位の偏光成分に主感度を有する複数の偏光カラー画素群 (例えば、R1画素群、R2画素群およびR3画素群) を有する。

[0035] そして実施例では、センサ全画素数に対する複数の偏光W画素群の (合計の) 画素数割合 N_{pw} を、各色における複数の偏光カラー画素群の (合計の) 画素数割合 $N_{pc}(i)$ よりも大きくしている。すなわち、各色の複数の偏光カラー画素群に対して、

$$N_{pw} > N_{pc}(i) \quad \dots (1)$$

なる条件を満足するようにしている。

[0036] 画素数割合が高い偏光W画素群から得られる解像度が高い偏光情報 (以下、W偏光情報という) を利用することで、画素数割合が低い偏光カラー画素群から得られる偏光情報 (以下、カラー偏光情報という) の解像度を見かけ上、向上させることができる。

[0037] 前述したようにW画素が主感度を有する波長帯域には、各カラー画素が主感度を有する波長帯域が含まれている。このため、解像度が高いW偏光情報の高周波成分から解像度が低い各カラー偏光情報の高周波成分を推定してデモザイク処理に利用することで、各カラー偏光情報の解像度を見かけ上、向上させることができる。つまり、本来、偏光カラー画素からの低い空間周波数領域のカラー偏光情報からだけでは取得できない高い空間周波数領域のカラー偏光情報を、W偏光情報を利用して取得することができる。

[0038] なお、W偏光情報によるカラー偏光情報の解像度向上のためには、 N_{pw} が $N_{pc}(i)$ の5%以上大きいことが好ましい。また、 N_{pw} が $N_{pc}(i)$ の10%以上大きいことがより好ましい。さらには、 N_{pw} が $N_{pc}(i)$ の2倍以上であることがより好ましい。

[0039] 以下、W偏光情報の高周波成分からカラー偏光情報の高周波成分を推定する方法の例を説明する。ここでは、偏光W画素が感度を有する使用波長帯域

が全可視光帯域であり、カラー偏光情報としてR、GおよびBの偏光情報（以下それぞれ、R偏光情報、G偏光情報およびB偏光情報という）が取得される場合について説明する。この場合、W偏光情報は、R、GおよびB偏光情報を含む。R、GおよびB偏光情報の高周波成分の割合が互いに等しいとすると、W偏光情報に含まれるR、GおよびB偏光情報の高周波成分はそれぞれW偏光情報の高周波成分の $1/3$ の割合と推定できる。したがって、R、GおよびB偏光情報の低周波成分にW情報の高周波成分を $1/3$ 倍したものを足し合わせることで、R、GおよびB偏光情報の低周波成分および高周波成分を得ることができる。

[0040] また、R、GおよびB偏光情報の高周波成分の割合が $k_R : k_G : k_B$ （ただし $k_R + k_G + k_B = 1$ ）であるとして、R、GおよびB偏光情報の高周波成分をそれぞれ、W偏光情報の高周波成分の k_R 倍、 k_G 倍および k_B 倍と推定してもよい。

[0041] また、センサ全画素数に対するW画素群の画素数割合 N_w が各カラー画素群（ $C(i)$ 画素群）の画素数割合 $N_c(i)$ より大きいことが望ましい。すなわち、各色のカラー画素群に対して、

$$N_w > N_c(i) \quad \dots (2)$$

なる条件を満足することが望ましい。式（2）の条件を満足することで、非偏光画素で取得できる非偏光情報を含めて解像度を高めることができる。

[0042] また、センサ全画素数に対する偏光W画素群の画素数割合 N_{pw} が複数のカラー画素群の種類数 n_c の逆数より大きいこと、すなわち、

$$N_{pw} > 1/n_c \quad \dots (3)$$

なる条件を満足することが望ましい。 $n_c = 3$ である本実施例では、式（3）は $N_{pw} > 1/3$ となる。これにより、W画素群を持たず n_c 種類のカラー画素群の画素数割合が互いに等しい撮像素子を用いる場合に比べて解像度を向上させることができる。

[0043] さらに、各カラー画素群の画素数割合が小さくなると、偽色が発生し易くなる等、カラー情報の取得精度が低下する。このため、センサ全画素数に対

する偏光カラー画素の画素数割合 N_{pc} が $1/10$ 以上であること、すなわち

$$N_{pc} \geq 1/10 \quad \dots (4)$$

なる条件を満足することが望ましい。

[0044] 情報処理部 13 で生成された画像情報は、記録部 14 に記録される。記録部 14 に記録された画像情報は、必要に応じて偏光情報算出部 15 により読み出される。偏光情報算出部 15 は、入射光の偏光状態を表す偏光情報 (α , a , b) を算出する。 α は光強度が最大となる偏光方位であり、 a は光強度の最大値、 b は光強度の最小値である。

[0045] 算出した偏光情報 (α , a , b) を用いることで、偏光を取得しない場合の撮像画像とは質感、すなわち被写体からの反射光が異なる撮像画像（以下、偏光画像という）を作成することができる。以下、偏光画像を作成する際の偏光情報と反射光との関係について説明する。

[0046] 物体からの反射光は、該物体の表面で直接反射する鏡面反射成分と、物体の内部や表面で散乱しながら反射する散乱成分とに分けられる。鏡面反射成分は、被写体の表面で反射した光であり、フレネル反射の条件を満たして反射する。フレネル反射では、一部の条件を除いて s 偏光の強度が p 偏光の強度より高くなる。このため、鏡面反射成分は、偏光強度が方位によって変化する、つまり方位依存性を持つ傾向がある。一方、拡散成分は、物体に入射した光がさまざまな方向に反射するため、方位依存性はない。そこで、取得した偏光強度のうち、方位 θ に対して変化する成分「 $a - b$ 」を鏡面反射成分とみなすとともに、強度が変化しない成分「 b 」を散乱成分とみなす。そして、鏡面反射成分や散乱成分を目的に応じて演算し、これらの比率を変えて合成することで偏光画像を作成する。これにより、偏光を取得しない場合に得られる撮像画像とは反射光、つまりは質感が異なる偏光画像を取得することができる。

[0047] 偏光情報 (α , a , b) の算出方法について説明する。偏光カラー撮像素子 12 への入射光が図 6 に示すように表現できる場合を考える。図 6 (a)

に示す楕円は、入射光の振幅の方位依存性を示す。また、図6（b）は、x軸に対して角度 θ をなす入射光の光強度、すなわち入射光の偏光方位 θ の光強度 $I(\theta)$ を示す。図6（a）に示す破線は、楕円の長軸と短軸を表しており、 α は長軸とx軸とがなす角度である。また、矢印は、長軸の方向と短軸の方向での振幅を表している。さらに、矢印で表された振幅の2乗が光強度であり、図6（b）のa、bに対応している。このとき、光強度 $I(\theta)$ は、以下の式（5）で表される。

$$I(\theta) = (a - b) \cos^2(\theta - \alpha) + b \quad \dots (5)$$

$I(\theta)$ は、式（5）より180度周期で変化する。このため、偏光情報を算出するためには、0度以上180未満の角度 θ で表現したときに、少なくとも3以上の偏光方位の光強度 $I(\theta)$ を取得する必要がある。例えば、図7には、 $\theta = 0$ 度、45度、90度の3つの偏光方位の光強度と、そこから算出される偏光情報で表される $I(\theta)$ を示す。

[0048] 一方、上記条件を満足すれば、取得する偏光方位に特に制限はない。このため、任意の3つ以上の偏光方位の光強度 $I(\theta)$ を取得すれば、偏光情報（ α , a, b）を求めることができる。したがって、W画素と各色C（i）画素のそれぞれで3つ以上の偏光方位の光強度 $I(\theta)$ を取得できることが望ましい。

[0049] また、解像度の高い偏光情報（ α , a, b）を得るためには、その算出に用いる3つの光強度 $I(\theta)$ の解像度を高くすることが望ましい。実施例では、W偏光情報の解像度を高くすることで、各色C（i）の偏光情報を高くすることができる。すなわち、解像度の高い偏光情報（ α , a, b）を得るためには、以下の条件を満足することが望ましい。

[0050] 偏光W画素群における互いに異なる偏光方位の偏光成分に主感度を有する複数の偏光画素群のそれぞれのセンサ全画素数に対する画素数割合のうち、3番目に大きい画素数割合を $N_{pw}(P_w(3))$ とする。 $P_w(n)$ は、偏光W画素群のうちセンサ全画素数に対する画素数割合がn番目に大きい偏光画素群が主感度を有する偏光成分を示し、第nW偏光ともいう。また、各

偏光カラー画素群における互いに異なる偏光方位の偏光成分に主感度を有する複数の偏光画素群のそれぞれのセンサ全画素数に対する画素数割合のうち、3番目に大きい画素数割合を $N_{pc}(P_c(3, i), i)$ とする。 $P_c(n, i)$ は、偏光 $C(i)$ 画素群のうちセンサ全画素数に対する画素数割合が n 番目に大きい偏光画素群が主感度を有する偏光成分を示し、第 n $C(i)$ 偏光ともいう。

[0051] このとき、 $N_{pw}(P_w(3))$ が $N_{pc}(P_c(3, i), i)$ より大きい、すなわち

$$N_{pw}(P_w(3)) > N_{pc}(P_c(3, i), i) > 0 \quad \dots (6)$$

なる条件を満足することが望ましい。

[0052] なお、 n_1 番目から n_2 番目 ($n_1 \leq 3 \leq n_2$) の画素数割合が全て同じである場合は、いずれも3番目に大きいとみなす。このため、2番目と3番目の画素数割合が互いに同じである場合や、2番目、3番目および4番目の画素数割合が互いに同じである場合は、すべてを3番目に大きい画素数割合とみなす。また、このように画素数割合が同じである場合に、例えば偏光方位角が小さい偏光を取得する偏光画素の画素数割合の序列を上とする等、任意の方法で画素数割合の序列を決めてもよい。

[0053] さらにこのとき、 W の3つの偏光成分の解像度が高いほど得られる偏光情報の解像度が高くなる。このため、偏光 W 画素群における互いに異なる偏光方位の偏光成分に主感度を有する複数の偏光画素群のそれぞれのセンサ全画素数に対する画素数割合のうち3番目に大きい画素数割合が、 $1/6$ 以上であることが望ましい。すなわち、

$$N_{pw}(P_w(3)) \geq 1/6 \quad \dots (7)$$

なる条件を満足することが望ましい。

[0054] 偏光情報算出部15が算出した偏光情報は、記録部14に記録される。このとき偏光情報を単独で保存してもよいが、算出に用いた画像情報と関連付けて保存するのがより好ましい。

[0055] なお、図2に示した撮像装置1は情報処理部13、記録部14および偏光

情報算出部 15 を備えているが、撮像装置 1 は必ずしもこれらを備えている必要はなく、これらと同等の機能を有する外部装置で代用してもよい。例えば、情報処理部 13 から出力される画像情報や偏光情報算出部 15 で算出された偏光情報を外部記録装置に記録するようにしてもよい。また、デモザイク処理や偏光情報の算出を情報処理部 13 や偏光情報算出部 15 に代えて、パーソナルコンピュータ（PC）等の外部装置で行うようにしてもよい。

[0056] 以下、具体的な実施例について説明する。

実施例 1

[0057] 図 8 には、実施例 1 としての偏光カラー撮像素子 12 の偏光カラー画素配列を示している。図中の各画素（偏光W画素および偏光カラー画素）に記されたアルファベットと数字はそれぞれ、その画素が主感度を有する波長帯域と偏光方位とを示す。具体的には、アルファベット R, G, B, W はそれぞれ R 画素、G 画素、B 画素および W 画素を示し、数字 1, 2, 3 はそれぞれ $\theta 1$ 画素、 $\theta 2$ 画素および $\theta 3$ 画素を示す。すなわち、先にも説明したように、例えば「R 1」は R 画素かつ $\theta 1$ 画素としての R 1 画素を示す。これらのことは、後述する他の実施例でも同じである。

[0058] また、図 8 において太線で囲まれた 6×6 画素の領域は、本実施例における基本配列パターンである正方配列パターンを示しており、本実施例の画素配列はこの正方配列パターンが x 軸方向と y 軸方向のそれぞれに繰り返し配置された画素配列である。

[0059] 本実施例では、カラー画素群により取得できる色 $C(i)$ の種類数 $n_c = 3$ であり、 $C(1) = R$ 、 $C(2) = G$ 、 $C(3) = B$ である。また、偏光画素群で取得できる偏光 $P(j)$ の種類数 $n_p = 3$ であり、 $P(1) = \theta 1 = 0$ 度、 $P(2) = \theta 2 = 45$ 度、 $P(3) = \theta 3 = 90$ 度である。本実施例では、第 3 $C(i)$ 偏光および第 3 W 偏光は偏光 $P(3)$ である。

[0060] 表 1 に本実施例の画素配列における各画素群の画素数割合を示す。表 1 に示すように、センサ全画素数に対する各画素群の画素数割合は式 (1) ~ (4) および式 (6), (7) により表わされる条件を満足する。

[0061] 本実施例は、後述する比較例 1 の画素配列と比べてカラー画素群の画素数割合 N_c が $1/4$ と小さいためにカラーの解像度では劣る。しかし、偏光 W 画素群の画素数割合 N_{pw} が $1/2$ と大きく、特に W3 画素群の画素数割合 $N_{pw}(P_w(3))$ が $1/4$ と大きいので、W 偏光情報 (α , a , b) の解像度を高くすることができる。

実施例 2

[0062] 図 9 には、実施例 2 としての偏光カラー撮像素子 12 の偏光カラー画素配列を示している。図 9 において太線で囲まれた 8×8 画素の領域は、本実施例における基本配列パターンである正方配列パターンを示しており、本実施例の画素配列はこの正方配列パターンが x 軸方向および y 軸方向のそれぞれに繰り返し配置された画素配列である。

本実施例では、カラー画素群で取得できる色 $C(i)$ の種類数 $n_c = 3$ であり、 $C(1) = R$ 、 $C(2) = G$ 、 $C(3) = B$ である。また、偏光画素群で取得できる偏光 $P(j)$ の種類数 $n_p = 4$ であり、 $P(1) = \theta_1 = 0$ 度、 $P(2) = \theta_2 = 45$ 度、 $P(3) = \theta_3 = 90$ 度、 $P(4) = \theta_4 = 135$ 度である。本実施例では、第 3 $C(i)$ 偏光および第 3 W 偏光は偏光 $P(3)$ である。

[0063] 表 2 に本実施例の画素配列における各画素群の画素数割合を示す。表 2 に示すように、センサ全画素数に対する各画素群の画素数割合は式 (1) ~ (4) および式 (6) で表わされる条件を満足する。ただし、式 (7) で表わされる条件は満足していない。

[0064] 本実施例は、実施例 1 の画素配列と比べて偏光 W 画素群の画素数割合 $N_{pw} = 1/2$ や W3 画素群の画素数割合 $N_{pw}(P_w(3)) = 1/8$ が小さいため、解像度の点では劣っている。しかし、偏光カラー画素群の画素数割合 $N_{pc} = 1/2$ や C3 (R_3 , G_3 および B_3) 画素群の画素数割合 $N_{pc}(P_c(3, i), i) = 1/16 \sim 1/32$ が大きいので、カラー情報の解像度が優れている。また、偏光画素群で取得できる偏光の種類数 n_p が実施例 1 に比べて多いため、偏光情報 (α , a , b) の算出精度を高めるこ

とができる。

実施例 3

[0065] 図10には、実施例3としての偏光カラー撮像素子12の偏光カラー画素配列を示す。図10において太線で囲まれた 6×6 画素の領域は、本実施例における基本配列パターンである正方配列パターンを示しており、本実施例の画素配列はこの正方配列パターンがx軸方向およびy軸方向に繰り返し配置された画素配列である。

[0066] 本実施例では、カラー画素群で取得できる色 $C(i)$ の種類数 $n_c = 2$ であり、 $C(1) = R$ 、 $C(2) = B$ である。また、偏光画素群で取得できる偏光 $P(j)$ の種類数 $n_p = 4$ であり、 $P(1) = \theta_1 = 0$ 度、 $P(2) = \theta_2 = 45$ 度、 $P(3) = \theta_3 = 90$ 度、 $P(4) = \theta_4 = 135$ 度である。本実施例では、第3R偏光は偏光 $P(3)$ 、第3B偏光は偏光 $P(1)$ 、第3W偏光は偏光 $P(3)$ である。

[0067] 表3に本実施例における各画素群の画素数割合を示す。表3に示すように、センサ全画素数に対する各画素群の画素数割合は式(1)～(4)および式(7)で表わされる条件を満足する。しかし、R画素で取得できる偏光は $P(1)$ と $P(4)$ の2種類であり、B画素で取得できる偏光は $P(2)$ と $P(3)$ の2種類であるため、センサ全画素数に対するR3画素群とB3画素群の画素数割合 $N_{pc}(P_c(3, i), i)$ は0となり、式(6)を満足しない。

[0068] 本実施例は、実施例1に比べて偏光カラー画素の画素数割合 N_{pc} が $1/9$ と小さいので色の解像度の点で劣っている。また、各色で取得できる偏光の種類が2種類であるため、式(5)からカラー偏光情報を求めることができない。しかし、偏光W画素の画素数割合 $N_{pw} = 8/9$ が大きいため、解像度が高くなっている。

実施例 4

[0069] 図11には、本発明の実施例4としての偏光カラー撮像素子12における偏光カラー画素配列を示している。図11において太線で囲まれた 12×1

2画素の領域は、本実施例の基本配列パターンである正方配列パターンを示しており、本実施例の偏光カラー画素配列はこの正方配列パターンがx軸方向およびy軸方向に繰り返し配置された画素配列である。図11において、数字が記されていない画素は非偏光画素であることを表す。

[0070] 本実施例では、カラー画素群で取得できる色 $C(i)$ の種類数 $n_c = 3$ であり、 $C(1) = R$ 、 $C(2) = G$ 、 $C(3) = B$ である。また、偏光画素群で取得できる偏光 $P(j)$ の種類数 $n_p = 3$ であり、 $P(1) = \theta_1 = 0$ 度、 $P(2) = \theta_2 = 45$ 度、 $P(3) = \theta_3 = 90$ 度である。本実施例では、第3 $C(i)$ 偏光および第3W偏光は偏光 $P(3)$ である。

[0071] 表4に本実施例における各画素群の画素数割合を示す。表4に示すように、センサ全画素数に対する各画素群の画素数割合は式(1)～(4)および式(6)で表わされる条件を満足しているが、式(7)で表わされる条件は満足していない。

[0072] 本実施例は、実施例1と比べて、偏光W画素群の画素数割合 $N_{pw} = 3/8$ やW3画素群の画素数割合 $N_{pw}(P_w(3)) = 1/8$ が小さいために解像度の点で劣っている。しかし、カラー画素群の画素数割合 N_c が $1/2$ と大きいので色の解像度が良く、また偏光画素群の画素数割合 $N_p = N_{pw} + N_{pc}$ が $5/8$ と小さいため、入射光の損失が少なく感度が優れている。

実施例 5

[0073] 図12には、実施例5としての偏光カラー撮像素子12の偏光カラー画素配列を示す。図12において太線で囲まれた 9×9 画素の領域は、本実施例における基本配列パターンである正方配列パターンを示しており、本実施例の画素配列はこの正方配列パターンがx軸方向およびy軸方向に繰り返し配置された画素配列である。

[0074] 本実施例では、カラー画素群で取得できる色 $C(i)$ の種類数 $n_c = 3$ であり、 $C(1) = R$ 、 $C(2) = G$ 、 $C(3) = B$ である。また、偏光画素群で取得できる偏光 $P(j)$ の種類数 $n_p = 4$ であり、 $P(1) = \theta_1 = 0$ 度、 $P(2) = \theta_2 = 45$ 度、 $P(3) = \theta_3 = 90$ 度、 $P(4) = \theta_4 =$

135度である。本実施例では、第3C(i)偏光および第3W偏光は偏光P(3)である。

[0075] 表5に本実施例における各画素群の画素数割合を示す。表5に示すように、センサ全画素数に対する各画素群の画素数割合は式(1)(2)(4)および式(6)で表わされる条件を満足する。ただし、式(3)および式(7)で表わされる条件は満足していない。

[0076] 本実施例は、実施例1の画素配列と比べて偏光W画素群の画素数割合 $N_{pw} = 21/81$ やW3画素群の画素数割合 $N_{pw}(P_w(3)) = 7/81$ が小さいため、解像度の点では劣っている。しかし、偏光カラー画素群の画素数割合 $N_{pc} = 60/81$ やC3(R3, G3およびB3)画素群の画素数割合 $N_{pc}(P_c(3, i), i) = 5/81$ が大きいので、カラー情報の解像度が優れている。また、偏光画素群で取得できる偏光の種類数 n_p が実施例1に比べて多いため、偏光情報(α, a, b)の算出精度を高めることができる。

比較例1

[0077] 図14には、本発明の比較例1としての偏光カラー画素配列を示している。図14において太線で囲まれた3×3画素の領域は、本比較例における基本配列パターンとしての正方配列パターンを示しており、本比較例の画素配列はこの正方配列パターンがx軸方向およびy軸方向に繰り返し配置された画素配列である。

[0078] 本比較例では、カラー画素群で取得できる色C(i)の種類数 $n_c = 3$ で、C(1)=R、C(2)=G、C(3)=Bである。また、偏光画素群で取得できる偏光P(j)の種類数 $n_p = 3$ で、P(1)= $\theta_1 = 0$ 度、P(2)= $\theta_2 = 45$ 度、P(3)= $\theta_3 = 90$ 度である。本比較例では、第3C(i)偏光は偏光P(3)である。

[0079] 表6に本比較例における各画素群の画素数割合を示す。表6に示すように、センサ全画素数に対する各画素群の画素数割合は式(1)～(3)および式(6), (7)で表わされる条件を満足していない。

[0080] 図14および表6に示すように、本比較例はすべての画素が偏光カラー画素であり、偏光W画素を有していない。そして、偏光画素群とカラー画素群の画素数割合が均等な画素配列である。

[0081] 本比較例は、実施例1～5と異なりW画素を含まないため、解像度は偏光画素群とカラー画素群の組み合わせのうちセンサ全画素数に対する画素数割合が最も大きい組み合わせで決まる。すなわち、偏光C(i)画素群の画素数割合 $N_{pc}(i)$ が $1/3$ である。この割合は実施例1～5における N_{pw} よりも小さいため、本比較例は偏光情報の解像度の点で実施例1～5に劣る。一方、実施例1～5における $N_{pc}(i)$ に比べて、本比較例の $N_{pc}(i)$ は大きいので、カラーの解像度は高い。

実施例 6

[0082] 上述した各実施例の偏光カラー撮像素子12は、図2に示した撮像装置1に搭載することができる。以下では、実施例1の偏光カラー撮像素子12を搭載した撮像装置1において情報処理部13で行われるデモザイク処理の例を説明する。

[0083] 図13は、図8に示した実施例1における偏光カラー画素配列について、図中の左下の画素の座標が(0, 0)となり、右上の画素の座標が(11, 11)となるようにx y座標を付している。以下、座標(x, y)におけるWまたは色C(i)の偏光P(j)の情報を、 $W_j(x, y)$ や $C(i)_j(x, y)$ と表す。例えば座標(1, 2)における色C(3)=Bの偏光P(3)=90度の情報は $B_3(1, 2)$ と表される。

[0084] ここでのデモザイキング処理は、まず解像度の高いW偏光情報の補間から行い、続いて補間したW偏光情報を利用してカラー偏光情報の補間を行う。まず、W偏光情報の補間について説明する。

[0085] 各画素で欠けているW偏光情報の補間は、補間する画素がW1画素、W2画素、W3画素および偏光カラー画素の4つの場合に分けられる。W1画素では、欠けているW偏光情報はW2の偏光情報（以下、W2情報という）とW3の偏光情報（以下、W1情報という）である。W1画素の周囲の画素は

、上下の2画素がW2画素で、左上、左下、右上および右下の4画素がW3画素である。したがって、W1画素におけるW2情報とW3情報は周囲のW2画素およびW3画素で取得できるW2情報とW3情報の平均値として算出される。すなわち以下の式(8)、(9)で求められる。

[0086] [数1]

$$W2(x, y) = \frac{1}{2} \sum_{n_y=1, -1} W2(x, y + n_y) \quad \cdots(8)$$

$$W3(x, y) = \frac{1}{4} \sum_{\substack{n_x=1, -1 \\ n_y=1, -1}} W3(x + n_x, y + n_y) \quad \cdots(9)$$

[0087] ただし、式(8)、(9)において、xとyは補間するW1画素の座標であり、それぞれ $x = 2m$ および $y = 2n + 1$ (m、nは整数)により表わされる。

[0088] W2画素では、欠けているW偏光情報はW1の偏光情報(以下、W1情報という)とW3偏光である。W2画素の周囲の画素は、上下の2画素がW1画素であり、左右の2画素がW3画素である。したがって、W2画素におけるW1情報とW3情報は、その周囲のW1画素およびW3画素で取得できるW1情報とW3情報の平均値として算出される。すなわち以下の式(10)、(11)で求められる。

[0089] [数2]

$$W1(x, y) = \frac{1}{2} \sum_{n_y=1, -1} W1(x, y + n_y) \quad \cdots(10)$$

$$W3(x, y) = \frac{1}{2} \sum_{n_x=1, -1} W3(x + n_x, y) \quad \cdots(11)$$

[0090] ただし、式(10)、(11)において、xとyは補間するW2画素の座標であり、それぞれ $x = 2m$ および $y = 2n$ (m、nは整数)で表わされる。

[0091] W3画素では、欠けているW偏光情報はW1情報とW2情報である。W3

画素の周囲の画素は、左上、左下、右上および右下の4画素がW1画素であり、左右の2画素がW2画素である。したがって、W3画素におけるW1情報とW2情報は、その周囲のW1画素とW2画素で取得できるW1情報とW2情報の平均値として算出される。すなわち以下の式(12)、(13)で求められる。

[0092] [数3]

$$W1(x, y) = \frac{1}{4} \sum_{\substack{n_x = 1, -1 \\ n_y = 1, -1}} W1(x + n_x, y + n_y) \quad \dots(12)$$

$$W2(x, y) = \frac{1}{2} \sum_{n_x = 1, -1} W2(x + n_x, y) \quad \dots(13)$$

[0093] ただし、式(12)、(13)において、xとyは補間するW3画素の座標であり、それぞれ $x = 2m + 1$ および $y = 2n$ (m、nは整数)で表わされる。

[0094] 偏光カラー画素では、W1情報、W2情報およびW3情報が欠けている。偏光カラー画素の周囲の画素は、左右の2画素がW1画素であり、左上、左下、右上および右下の4画素がW2画素であり、上下の2画素がW3画素である。したがって、偏光カラー画素におけるW1情報、W2情報およびW3情報は、その周囲のW1画素、W2画素およびW3画素で取得できるW1情報、W2情報およびW3情報の平均値として算出される。すなわち以下の式(14)、(15)、(16)で求められる。

[0095]

[数4]

$$W1(x, y) = \frac{1}{2} \sum_{n_x=1, -1} W1(x + n_x, y) \quad \cdots(14)$$

$$W2(x, y) = \frac{1}{4} \sum_{\substack{n_x=1, -1 \\ n_y=1, -1}} W2(x + n_x, y + n_y) \quad \cdots(15)$$

$$W3(x, y) = \frac{1}{2} \sum_{n_y=1, -1} W3(x, y + n_y) \quad \cdots(16)$$

[0096] ただし、式(14)、(15)、(16)において、 x と y は補間するカラー画素の座標であり、それぞれ $x = 2m + 1$ および $y = 2n + 1$ (m 、 n は整数)で表わされる。以上の補間により、全ての画素に W 偏光情報を与えることができる。

[0097] 次に、カラー偏光情報の補間について説明する。ここでは、座標(x , y)が $R1$ 画素であるときに座標($x + \Delta x$, $y + \Delta y$) (Δx 、 Δy は0以上5以下の整数で、 $\Delta x = \Delta y = 0$ は除く)の画素の $R1$ の偏光情報(以下、 $R1$ 情報といい、他のカラー偏光情報も同様とする)を補間する場合について説明する。

[0098] 座標(x , y)が $R1$ 画素であるとき、座標($x + 6$, y)、(x , $y + 6$)および($x + 6$, $y + 6$)の画素も $R1$ 画素である。座標($x + \Delta x$, $y + \Delta y$)の画素の $R1$ 情報である $R1(x + \Delta x, y + \Delta y)$ の算出には、これらの4つの $R1$ 画素の $R1$ 情報と $W1$ 情報との比率および座標($x + \Delta x$, $y + \Delta y$)の画素の $W1$ 情報とを利用する。具体的には、4つの比率の平均値が $R1(x + \Delta x, y + \Delta y)$ と $W1(x + \Delta x, y + \Delta y)$ の比率と等しくなるように $R1(x + \Delta x, y + \Delta y)$ を算出する。すなわち、 $R1$ 情報の算出は以下の式で行う。

[0099]

[数5]

$$\begin{aligned}
 & R1(x + \Delta x, y + \Delta y) \\
 = & \begin{cases} \frac{W1(x + \Delta x, y + \Delta y)}{2} \sum_{ny=0,6} \frac{R1(x, y + ny)}{W1(x, y + ny)} & (\Delta x = 0 \text{ のとき}) \\ \frac{W1(x + \Delta x, y + \Delta y)}{2} \sum_{nx=0,6} \frac{R1(x + nx, y)}{W1(x + nx, y)} & (\Delta y = 0 \text{ のとき}) \\ \frac{W1(x + \Delta x, y + \Delta y)}{4} \sum_{\substack{nx=0,6 \\ ny=0,6}} \frac{R1(x + nx, y + ny)}{W1(x + nx, y + ny)} & (\Delta x \neq 0 \text{ 且 } \Delta y \neq 0) \end{cases} \quad \dots (17)
 \end{aligned}$$

[0100] 式(17)に基づいて、すべての画素のR1情報を算出することができる。残りの色についても上述したR1情報の補間と同様にして算出する。例えば、R1情報の補間と同じ方法でR1画素のR1情報をG2画素のG2情報に置き換え、W1情報をW2情報に置き換えることで、G2偏光情報を補間できる。

[0101] 以上の補間によって全画素に各色の全ての偏光情報を与えることができる。また、カラー偏光情報の補間に解像度の高いW偏光情報を利用することで、カラー偏光情報の解像度を向上させることができる。

[0102] ここまで説明した補間の方法は例に過ぎず、他の様々な補間方法を用いてもよい。例えば、上述したW偏光情報の補間は単純平均により行うが、これに代えて双三次補間(Bicubic補間)を行ってもよい。また、カラー偏光情報の補間については、カラー偏光情報とW偏光情報の比率の代わりに差分を利用してもよい。さらに、比率の単純平均ではなく、画素間距離の逆数で重み付けをして加重平均をとってもよい。

[0103] [表1]

実施例1					
Nw	3/4	Npw	3/4	Npw(Pw(3))	1/4
Nc	1/4	Npc	1/4		
Nc(1)	1/12	Npc(1)	1/12	Npc(Pc(3, 1), 1))	1/36
Nc(2)	1/12	Npc(2)	1/12	Npc(Pc(3, 2), 2))	1/36
Nc(3)	1/12	Npc(3)	1/12	Npc(Pc(3, 3), 3))	1/36

[0104]

[表2]

実施例2					
Nw	1/2	Npw	1/2	Npw(Pw(3))	1/8
Nc	1/2	Npc	1/2		
Nc(1)	1/4	Npc(1)	1/4	Npc(Pc(3, 1), 1))	1/16
Nc(2)	1/8	Npc(2)	1/8	Npc(Pc(3, 2), 2))	1/32
Nc(3)	1/8	Npc(3)	1/8	Npc(Pc(3, 3), 3))	1/32

[0105] [表3]

実施例3					
Nw	8/9	Npw	8/9	Npw(Pw(3))	2/9
Nc	1/9	Npc	1/9		
Nc(1)	1/18	Npc(1)	1/18	Npc(Pc(3, 1), 1))	0
Nc(2)	1/18	Npc(2)	1/18	Npc(Pc(3, 2), 2))	0
Nc(3)		Npc(3)		Npc(Pc(3, 3), 3))	

[0106] [表4]

実施例4					
Nw	1/2	Npw	3/8	Npw(Pw(3))	1/8
Nc	1/2	Npc	1/4		
Nc(1)	1/6	Npc(1)	1/12	Npc(Pc(3, 1), 1))	1/36
Nc(2)	1/6	Npc(2)	1/12	Npc(Pc(3, 2), 2))	1/36
Nc(3)	1/6	Npc(3)	1/12	Npc(Pc(3, 3), 3))	1/36

[0107] [表5]

実施例5					
Nw	21/81	Npw	21/81	Npw(Pw(3))	7/81
Nc	60/81	Npc	60/81		
Nc(1)	20/81	Npc(1)	20/81	Npc(Pc(3, 1), 1))	5/81
Nc(2)	20/81	Npc(2)	20/81	Npc(Pc(3, 2), 2))	5/81
Nc(3)	20/81	Npc(3)	20/81	Npc(Pc(3, 3), 3))	5/81

[0108] [表6]

比較例1					
Nw	0	Npw	0	Npw(Pw(3))	0
Nc	1	Npc	1		
Nc(1)	1/3	Npc(1)	1/3	Npc(Pc(3, 1), 1))	1/9
Nc(2)	1/3	Npc(2)	1/3	Npc(Pc(3, 2), 2))	1/9
Nc(3)	1/3	Npc(3)	1/3	Npc(Pc(3, 3), 3))	1/9

[0109] (その他の実施例)

本発明は、上述の実施形態の 1 以上の機能を実現するプログラムを、ネットワーク又は記憶媒体を介してシステム又は装置に供給し、そのシステム又は装置のコンピュータにおける 1 つ以上のプロセッサがプログラムを読み出し実行する処理でも実現可能である。また、1 以上の機能を実現する回路（例えば、ASIC）によっても実現可能である。

[0110] 以上説明した各実施例は代表的な例にすぎず、本発明の実施に際しては、各実施例に対して種々の変形や変更が可能である。

請求の範囲

- [請求項1] 画素が2次元配列された撮像素子であって、
複数の波長帯域の光のそれぞれに対して主感度を有する複数のカラー画素群と、
前記複数の波長帯域を含む波長帯域に対して主感度を有する非カラー画素群とを有し、
前記複数のカラー画素群および前記非カラー画素群がそれぞれ、3つ以上の偏光方位の偏光成分のそれぞれに対して主感度を有する複数の偏光画素群を含み、
前記撮像素子の全画素数に対する前記非カラー画素群における前記複数の偏光画素群の画素数の割合が、前記全画素数に対する前記複数のカラー画素群のそれぞれにおける前記複数の偏光画素群の画素数の割合よりも大きいことを特徴とする撮像素子。
- [請求項2] 前記全画素数に対する前記非カラー画素群における前記複数の偏光画素群の画素数の割合が、前記全画素数に対する前記複数のカラー画素群のそれぞれにおける前記複数の偏光画素群の画素数の割合よりも5%以上大きいことを特徴とする請求項1に記載の撮像素子。
- [請求項3] 前記全画素数に対する前記非カラー画素群の画素数の割合が、前記全画素数に対する前記複数のカラー画素群のそれぞれの画素数の割合より大きいことを特徴とする請求項1または2に記載の撮像素子。
- [請求項4] 前記全画素数に対する前記非カラー画素群の画素数の割合が、 $1/3$ より大きいことを特徴とする請求項1から3のいずれか一項に記載の撮像素子。
- [請求項5] 前記全画素数に対する前記複数のカラー画素群のすべてに含まれる前記複数の偏光画素群の画素数の割合が、 $1/10$ 以上であることを特徴とする請求項1から4のいずれか一項に記載の撮像素子。
- [請求項6] 前記非カラー画素群における前記複数の偏光画素群のそれぞれの画素数の前記全画素数に対する割合のうち3番目に大きい割合が、前記

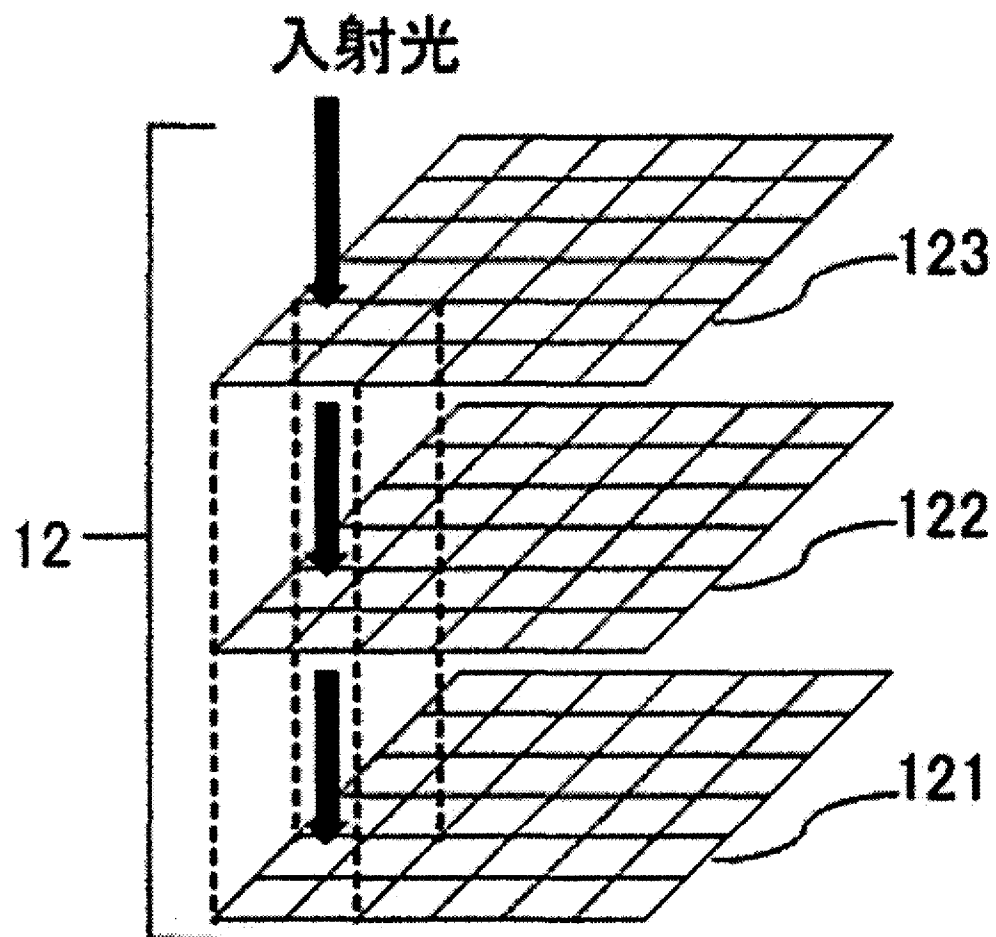
複数のカラー画素群のそれぞれにおける前記複数の偏光画素群のそれぞれの画素数の前記全画素数に対する割合よりも大きいことを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の撮像素子。

[請求項7] 前記非カラー画素群における前記複数の偏光画素群のそれぞれの画素数の前記全画素数に対する割合のうち 3 番目に大きい割合が、 $1/6$ 以上であることを特徴とする請求項 6 に記載の撮像素子。

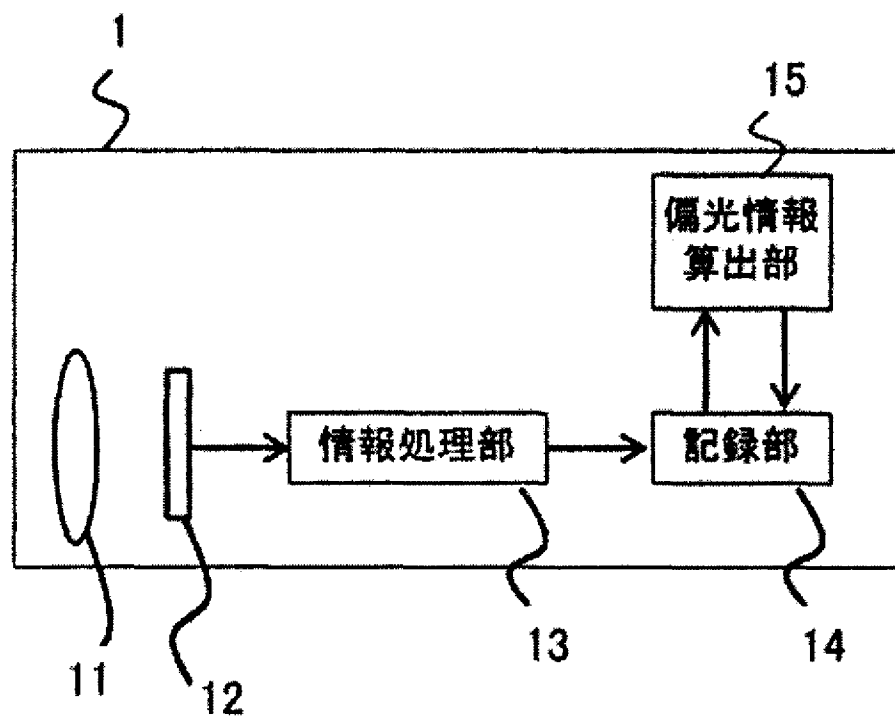
[請求項8] 前記複数のカラー画素群が主感度を有する前記複数の波長帯域は、赤、緑および青の波長帯域であることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の撮像素子。

[請求項9] 請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の撮像素子と、
該撮像素子から出力された信号を用いて画像情報を生成する生成手段とを有することを特徴とする撮像装置。

[図1]



[図2]

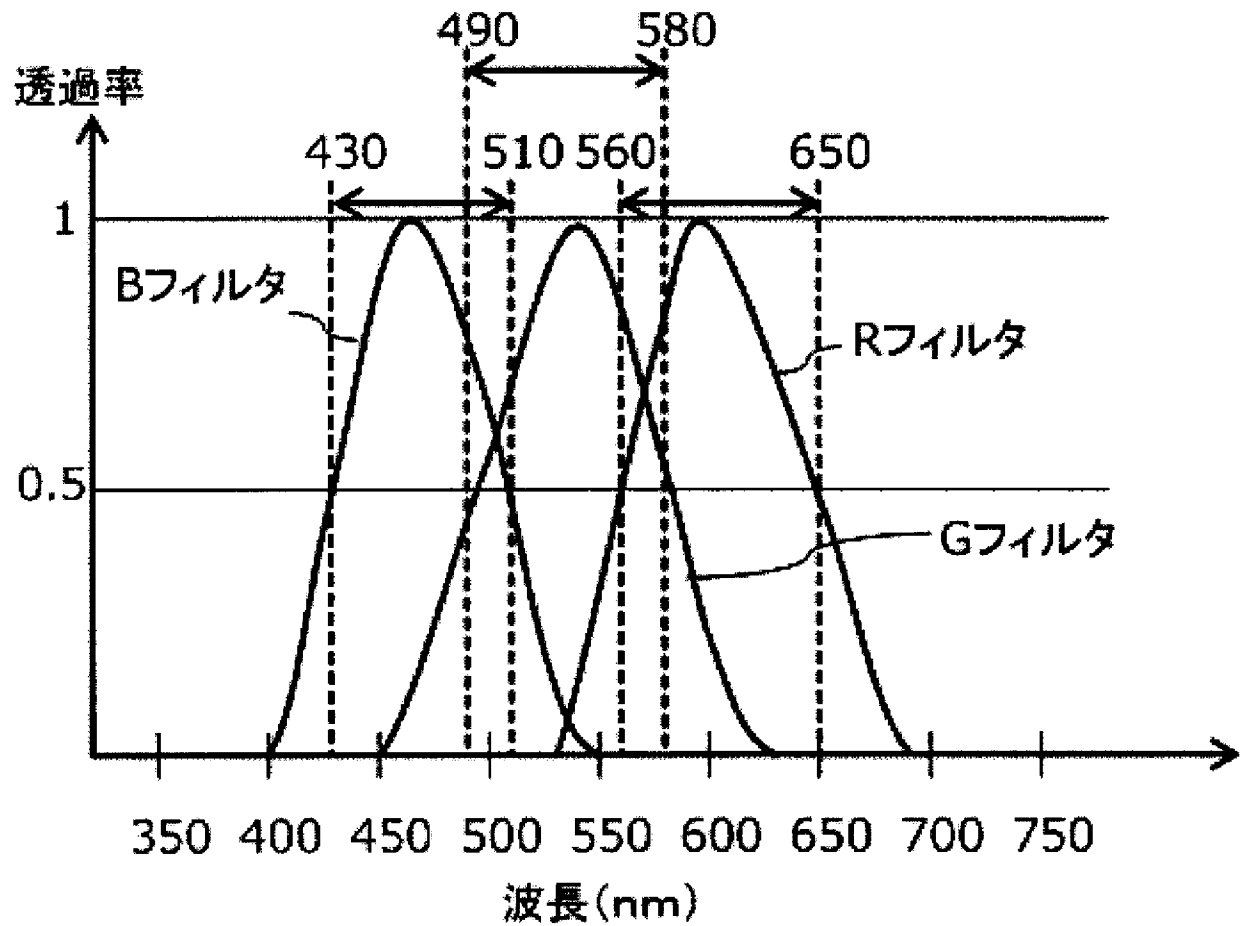


[図3]

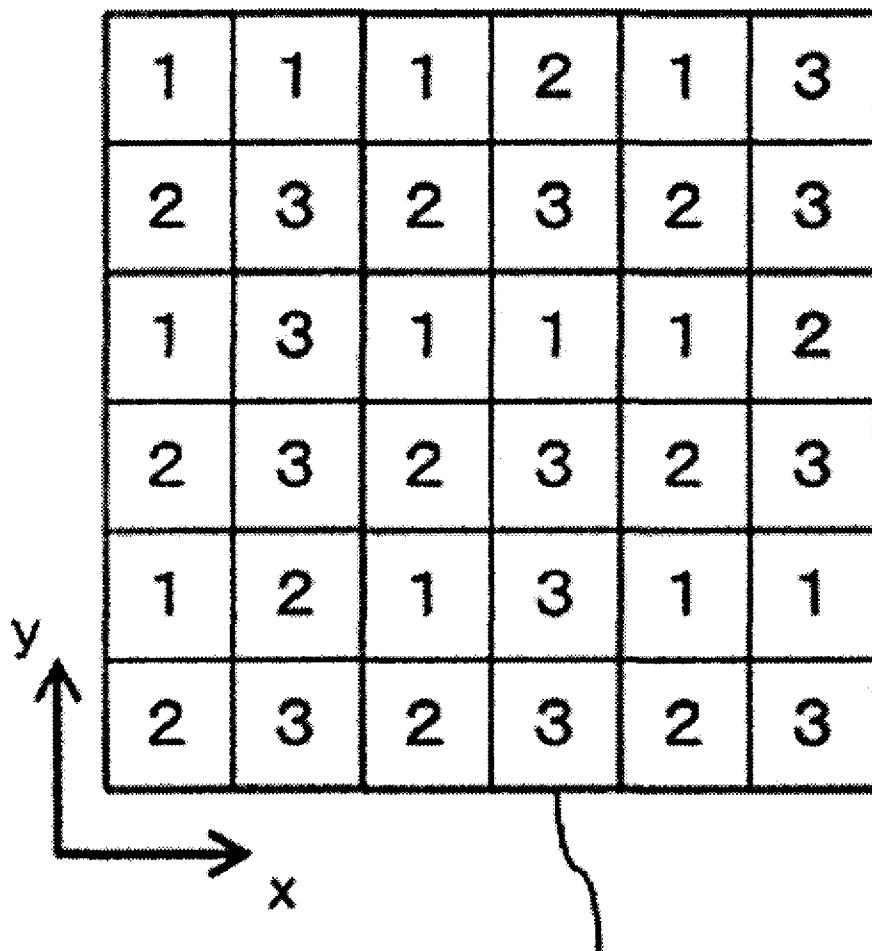
W	R	W	G	W	B
W	W	W	W	W	W
W	G	W	B	W	R
W	W	W	W	W	W
W	B	W	R	W	G
W	W	W	W	W	W

カラーフィルター配列122

[図4]

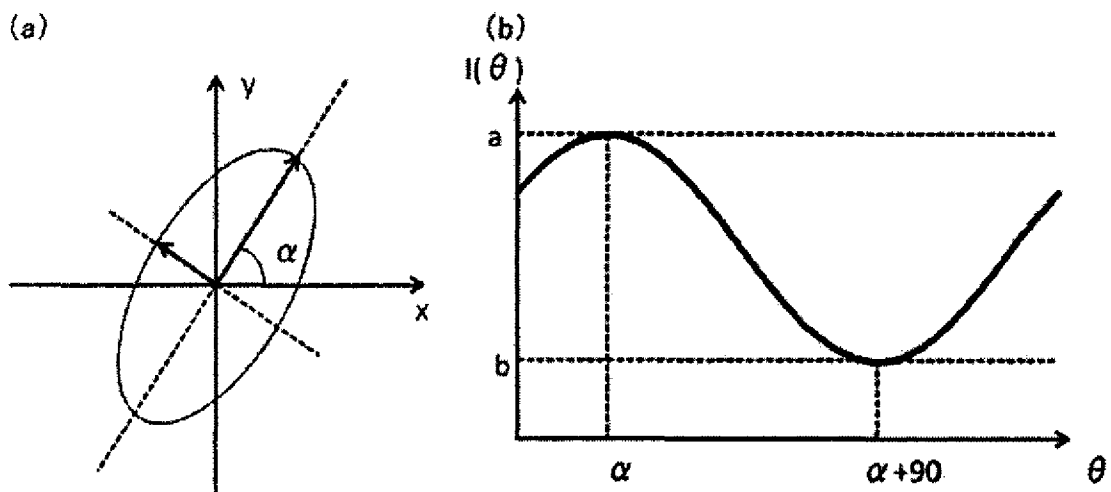


[図5]

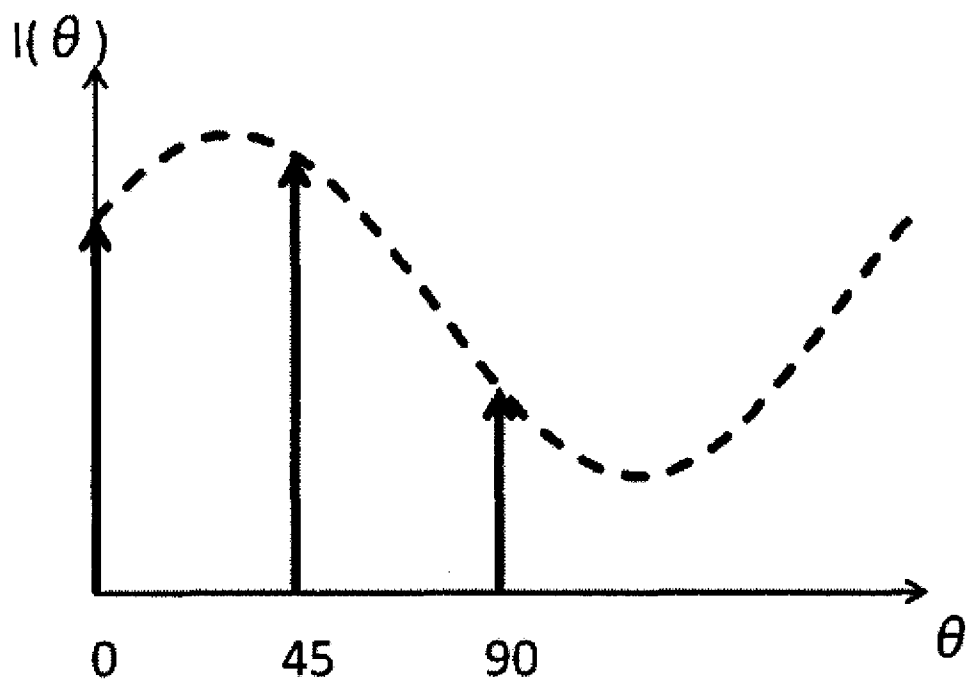


偏光フィルター配列123

[図6]



[図7]



正方配列パターン

W1	R1	W1	G2	W1	B3	W1	R1	W1	G2	W1	B3
W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3
W1	G3	W1	B1	W1	R2	W1	G3	W1	B1	W1	R2
W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3
W1	B2	W1	R3	W1	G1	W1	B2	W1	R3	W1	G1
W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3
W1	R1	W1	G2	W1	B3	W1	R1	W1	G2	W1	B3
W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3
W1	G3	W1	B1	W1	R2	W1	G3	W1	B1	W1	R2
W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3
W1	B2	W1	R3	W1	G1	W1	B2	W1	R3	W1	G1
W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3

[図9]

W1	R1	W3	B2	W1	R3	W3	B4
G1	W2	G4	W4	G1	W2	G4	W4
W3	B1	W1	R2	W3	B3	W1	R4
G2	W4	G3	W2	G2	W4	G3	W2
W1	R3	W3	B4	W1	R1	W3	B2
G1	W2	G4	W4	G1	W2	G4	W4
W3	B3	W1	R4	W3	B1	W1	R2
G2	W4	G3	W2	G2	W4	G3	W2

[図10]

W4	W3	W4	W3	W4	W3
W2	R1	W2	W1	B2	W1
W4	W3	W4	W3	W4	W3
W2	W1	W2	W1	W2	W1
W4	B3	W4	W3	R4	W3
W2	W1	W2	W1	W2	W1

[図11]

G1	W1	G2	W2	G3	W1	G1	W2	G2	W1	G3	W2
W	R	W3	R	W	R	W3	R	W	R	W3	R
B3	W2	B1	W1	B2	W2	B3	W1	B1	W2	B2	W1
W3	G	W	G	W3	G	W	G	W3	G	W	G
R2	W1	R3	W2	R1	W1	R2	W2	R3	W1	R1	W2
W	B	W3	B	W	B	W3	B	W	B	W3	B
G1	W2	G2	W1	G3	W2	G1	W1	G2	W2	G3	W1
W3	R	W	R	W3	R	W	R	W3	R	W	R
B3	W1	B1	W2	B2	W1	B3	W2	B1	W1	B2	W2
W	G	W3	G	W	G	W3	G	W	G	W3	G
R2	W2	R3	W1	R1	W2	R2	W1	R3	W2	R1	W1
W3	B	W	B	W3	B	W	B	W3	B	W	B

[図12]

B1	G1	B4	G4	B2	G1	B1	G4	B4
R1	W1	R4	W3	B4	W1	R1	W2	R4
B2	G2	B3	G3	B3	G2	B2	G3	B3
R2	W3	R3	W2	W3	W2	R2	W3	R3
G3	B1	G4	W3	W2	W1	G1	B3	G2
R1	W1	R4	W2	W1	W2	R1	W1	R4
B1	G1	B4	G4	R4	G1	B1	G4	B4
R2	W2	R3	W3	B2	W1	R2	W3	R3
B2	G2	B3	G3	R1	G2	B2	G3	B3

11	W1	R1	W1	G2	W1	B3	W1	R1	W1	G2	W1	B3
10	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3
9	W1	G3	W1	B1	W1	R2	W1	G3	W1	B1	W1	R2
8	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3
7	W1	B2	W1	R3	W1	G1	W1	B2	W1	R3	W1	G1
6	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3
5	W1	R1	W1	G2	W1	B3	W1	R1	W1	G2	W1	B3
4	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3
3	W1	G3	W1	B1	W1	R2	W1	G3	W1	B1	W1	R2
2	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3
1	W1	B2	W1	R3	W1	G1	W1	B2	W1	R3	W1	G1
0	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3	W2	W3
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

[図14]

R 1	B2	G3	R 1	B2	G3
B3	G1	R2	B3	G1	R2
G2	R 3	B1	G2	R 3	B1
R 1	B2	G3	R 1	B2	G3
B3	G1	R2	B3	G1	R2
G2	R 3	B1	G2	R 3	B1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/011627

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H04N9/07 (2006.01) i, H04N5/369 (2011.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. H04N9/07, H04N5/369

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2017-5111 A (SONY CORPORATION) 05 January 2017, paragraphs [0116]-[0118], [0123]-[0125], fig. 11, 13 & WO 2016/199594 A1, paragraphs [0116]-[0118], [0123]-[0125], fig. 11, 13	1-9
A	JP 2016-171368 A (TOSHIBA CORPORATION) 23 September 2016, fig. 12-15 & US 2016/0269694 A1, fig. 12-15	1-9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 17.04.2018	Date of mailing of the international search report 01.05.2018
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/011627

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2016-219977 A (CANON INC.) 22 December 2016, fig. 4 & US 2016/0344956 A1, fig. 4	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H04N9/07(2006.01)i, H04N5/369(2011.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H04N9/07, H04N5/369

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2017-5111 A（ソニー株式会社）2017.01.05, 段落[0116]-[0118], [0123]-[0125], [図 11], [図 13] & WO 2016/199594 A1, 段落[0116]-[0118], [0123]-[0125], [図 11], [図 13]	1-9
A	JP 2016-171368 A（株式会社東芝）2016.09.23, [図 12]-[図 15] & US 2016/0269694 A1, Figs. 12-15	1-9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17.04.2018

国際調査報告の発送日

01.05.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

豊田 好一

5 V

3568

電話番号 03-3581-1101 内線 3571

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2016-219977 A (キヤノン株式会社) 2016. 12. 22, [図 4] & US 2016/0344956 A1, Fig. 4	1-9