

(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
2019年10月24日(24.10.2019)



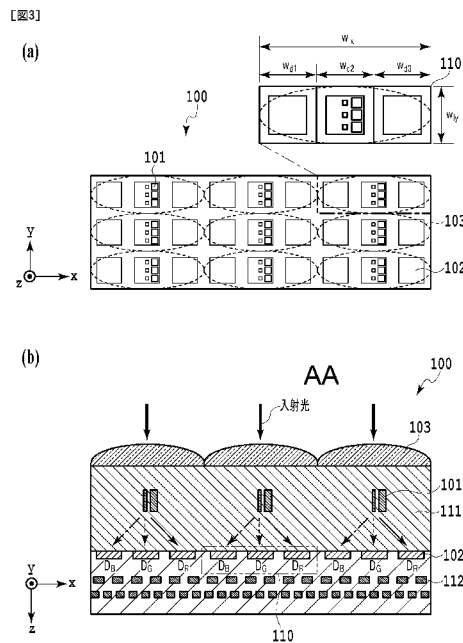
(10) 国際公開番号

WO 2019/202890 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 27/146 (2006.01) *H04N 9/07* (2006.01)
G02B 5/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/011138
- (22) 国際出願日: 2019年3月18日(18.03.2019)
- (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 2018-079444 2018年4月17日(17.04.2018) JP
- (71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 宮田 将司 (MIYATA Masashi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 中島 光雅 (NAKAJIMA Mitsumasa); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 橋本 俊和 (HASHIMOTO Toshikazu); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 谷・阿部特許事務所 (TANI & ABE, P.C.); 〒1070052 東京都港区赤坂2丁目6-20 Tokyo (JP).

(54) Title: COLOR IMAGE-CAPTURE ELEMENT AND IMAGE CAPTURE DEVICE

(54) 発明の名称: カラー撮像素子および撮像装置



AA Incident light

(57) Abstract: Provided is a highly sensitive color image-capture element and an image capture device which can be fabricated simply and have reduced polarization dependency, and in which micro-spectroscopic elements capable of separating incident light into three wavelength regions are opposed to a 2-dimensional pixel array and integrated. An image-capture element 100 comprises a 2-dimensional pixel array in which pixels 102 including photoelectric conversion elements are arranged in an array, and on which a low refraction-index transparent layer 111 made



WO 2019/202890 A1

(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, 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))

of SiO₂ or the like and a plurality of micro lenses 103 are stacked. The low refraction-index transparent layer 111 has embedded therein a plurality of micro-spectroscopic elements 101 comprising micro-structures which are formed from a material, such as SiN, having a refraction index higher than the refraction index of the transparent layer 111, and which have a constant thickness (length in a vertical direction with respect to the 2-dimensional pixel array).

(57) 要約 : 簡易に作製でき、偏光依存性が少なく、かつ入射光を3波長領域に分離させることが可能な微小分光素子を2次元画素アレイと対向させて集積した高感度のカラー撮像素子および撮像装置を提供すること。撮像素子100は、光電変換素子を含む画素102がアレイ状になるように配列された2次元画素アレイ上に、SiO₂等からなる低屈折率の透明層111、複数のマイクロレンズ103が積層されている。低屈折率の透明層111の内部には、透明層111の屈折率よりも高い屈折率を有するSiN等の材料から形成された複数の厚み(2次元画素アレイに対して垂直方向の長さ)が一定の微細構造体からなる微小分光素子101が埋め込まれている。

明 細 書

発明の名称：カラー撮像素子および撮像装置

技術分野

[0001] 本発明は、カラー撮像素子およびカラー撮像素子を備える撮像装置に関する。

背景技術

[0002] 一般に、CCD (Charge Coupled Device) センサやCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) センサといった光電変換素子を備える撮像素子において、撮像対象の色情報を取得するには、入射光の色分離を行う必要がある。

[0003] 図16に、従来のカラー撮像素子の断面図を示す。従来のカラー撮像素子600では、電気配線601上に光電変換素子602が配置され、有機材料または無機多層膜材料からなる減色型の色フィルタ604が光電変換素子602を含む各画素に対向して配置される。色フィルタ604の上にはマイクロレンズ605が配置される。

[0004] マイクロレンズ605から光が入射すると、色フィルタ604を用いて、所望の波長帯の光のみを透過させ、不要な波長帯の光を吸収または反射させることで、画素ごとに赤(R)、緑(G)、青(B)に対応する3つの光電変換素子602から各信号を取得することで、カラーの2次元画像を生成することができる。

[0005] しかし、上記のような一般的なカラー撮像素子600では、RGBが1:1:1の割合の入射光の場合、色フィルタ4を透過後の総光量が必然的に1/3程度になってしまうという課題がある。失われた残りの光は吸収または反射による損失であり、光電変換素子602に到達することができない。したがって、入射光の光利用効率は最大でも30%程度となり、撮像素子の感度は大きく制限されてしまう。画素の微細化が進んでいる近年では、1画素

の受ける光量が低下していることもあり、上記の課題解決が望まれている。

[0006] そのため、色フィルタ604の代わりに、入射光を波長帯に応じて分岐することが可能な微小プリズムやダイクロミックミラーといった分光素子を用いて、カラー撮像素子を構成することが提案されている。このようなアプローチにより、原理的に入射光の損失が大きく軽減され、光利用効率を大幅に向上させることができる。しかしながら、画素の微細化が進んでいる近年では、上記のような素子を光電変換素子上への集積することは困難である。

[0007] そこで近年では、光電変換素子上への集積が比較的容易な微細構造からなる分光素子を用いて、カラー撮像素子を構成することが提案されている。非特許文献1では、入射光を2波長領域に分離することが可能な2種類の微細構造を用いることで、色分離における光損失を原理的になくし、光利用効率を向上させる方法が提案されている。

[0008] 図17(a)に、従来の分光素子を用いたカラー撮像素子の上面図を示し、図17(b)に、そのXV||b-XV||b断面図を示し、図17(c)に、そのXV||c-XV||c断面図を示す。図示されているように、カラー撮像素子610は、色フィルタ604に代えて画素602に対応して配置された微細な梁構造606-1、606-2によって、入射光は波長領域に応じて、直進する光と偏向する光に分離する。これは、微細な梁構造内とその周囲において、入射光が感じる位相遅延効果が、一方の波長領域では大きく異なり、もう一方の波長領域ではほぼ等しくなるためである。

[0009] したがって、2次元画素アレイ上に、構造厚さが異なる2種類の微細な梁構造606-1、606-2を行ごとに交互に配置することで、互いに隣接する4つの光電変換素子602はそれぞれ異なる波長成分を持った光を受けることが可能になる。その結果、各光電変換素子602から出力される光電変換信号を用いた行列演算によって、色情報を生成することができる。

[0010] さらに、非特許文献1では、図18に示すように、入射光を3波長領域に分離することが可能な階段形状の微細構造607を画素602上に配置することで、光利用効率を向上させるカラー撮像素子620も同時に提案されて

いる。この方法は、上述のような行列演算による色情報生成に加えて、分離した3波長領域の光を隣接する3つの光電変換素子602にそれぞれ入射することができるため、各光電変換素子602から出力される光電変換信号を用いて、色情報を直接生成することができると考えられる。

先行技術文献

非特許文献

- [0011] 非特許文献1: Seiji Nishiwaki, Tatsuya Nakamura, Masao Hiramoto, To shiya Fujii and Masa-aki Suzuki, “Efficient colour splitters for high-pixel-density image sensors,” Nature Photonics, Vol. 7, March 2013, pp. 240-246

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0012] しかしながら、非特許文献1で開示された技術には、実用上の課題が存在する。
- [0013] まず、入射光を2波長領域に分離する微細構造606-1、606-2を用いる方法では、2種類の微細構造606-1、606-2の構造高さがそれぞれ異なるため、作製プロセスにおけるコストが増大する。また、微細構造606-1、606-2の形状が長軸をもつ梁型構造であるため、入射光の偏光方向に応じて、光が感じる位相遅延効果が異なり、色分離機能に偏光依存性が存在するという課題がある。さらに、2セットの2波長領域に分離された光強度データから信号処理を行い、RGB情報を復元するため、色再現性に懸念がある。
- [0014] 一方、入射光を3波長領域に分離する階段形状の微細構造607を用いる方法によれば、確かに光利用率が高く、色再現性が良いカラー画像が理論上得られるが、理想の分光特性を持つ微細構造607を作製することが難しい。開示されている階段形状の微細構造607は、複数回のリソグラフィおよびエッチングプロセスが必要となる他、リソグラフィプロセスにおける高精

度の位置合わせ技術が必要となり、作製コストが増大するという課題がある。また、入射光を2波長領域に分離する微細構造606-1、606-2と同様に、微細構造607の形状が長軸をもつ梁型構造であるため、色分離機能に偏光依存性が存在するという課題がある。

[0015] 本発明は、上記課題に鑑みてなされたもので、その目的は、簡易に作製でき、偏光依存性が少なく、かつ入射光を3波長領域に分離させることが可能な微小分光素子を2次元画素アレイと対向させて集積した高感度のカラー撮像素子および撮像装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0016] 上記の課題を解決するために、本発明の一態様は、カラー撮像素子であって、基板上に光電変換素子を含む複数の画素が2次元アレイ状に配列された2次元画素アレイと、前記2次元画素アレイ上に形成された透明層と、前記透明層の内部または上に、複数の分光素子が2次元アレイ状に配列された2次元分光素子アレイとを備え、前記分光素子の各々は、前記透明層の屈折率よりも高い屈折率を有する材料から形成された複数の微細構造体からなる1組の微細構造体を含み、前記1組の微細構造体は、前記2次元画素アレイに対して垂直方向の長さが等しく、前記2次元画素アレイに対して水平方向の形状が異なり、かつ、入射する光の波長以下の間隔で配置された複数の微細構造体からなり、前記分光素子に入射した光の少なくとも一部は、波長に応じて伝搬方向が異なる第1～第3の偏向光に分離されて前記分光素子から出射し、前記2次元画素アレイの一方向に連続して配置された3つの前記画素にそれぞれ入射することを特徴とする。

[0017] 本発明の別の態様では、前記微細構造体は、構造底面および上面が、中心を対称軸として4回回転対称な形状を有する柱状構造体であることを特徴とする。

[0018] 本発明の別の態様では、前記第1～第3の偏向光が、隣接する連続した3つの前記画素の第1～第3の光電変換素子にそれぞれ入射することを特徴とする。

- [0019] 本発明の別の態様では、入射する光が白色光の場合、前記第1の光電変換素子に入射する光は、波長500nm以下の青色波長域で光強度のピークを有し、前記第2の光電変換素子に入射する光は、波長500nm～600nmの緑色波長域で光強度のピークを有し、前記第3の光電変換素子に入射する光は、波長600nm以上の赤色波長域で光強度のピークを有することを特徴とする。
- [0020] 本発明の別の態様では、前記1組の微細構造体の形状は、前記2次元分光素子アレイを構成する前記分光素子の全てにおいて同一であることを特徴とする。
- [0021] 本発明の別の態様では、前記2次元分光素子アレイの第1の方向に沿って配置された隣接する前記分光素子の前記1組の微細構造体の向きが交互に反転しており、隣接する連続した3つの前記画素は、前記第1の方向に沿って配置されており、前記第1の方向に沿って隣接する3つの前記画素のうち、両外側の2つの画素は、前記第1の方向に沿って隣接する2つの前記分光素子から前記第1～第3の偏向光のいずれかが入射されることを特徴とする。
- [0022] 本発明の別の態様では、前記2次元画素アレイと前記2次元分光素子アレイの間に、波長500nm以下の青色波長域で透過率のピークを有する第1のカラーフィルタ、波長500nm～600nmの緑色波長域で透過率のピークを有する第2のカラーフィルタ、および波長600nm以上の赤色波長域で透過率のピークを有する第3のカラーフィルタのうち、少なくとも1つのカラーフィルタがアレイ状になるように配列されたカラーフィルタアレイをさらに備えたことを特徴とする。
- [0023] 本発明の別の態様は、撮像装置であって、本発明の一態様のカラー撮像素子と、前記カラー撮像素子の撮像面に光学像を形成するための撮像光学系と、前記カラー撮像素子が出力する電気信号を処理する信号処理部と、を備えたことを特徴とする。

発明の効果

- [0024] 本発明によれば、簡易に作製でき、偏光依存性が少なく、入射光を3波長

領域に分離させることが可能な微小分光素子を用いることにより、光利用率の高いカラー撮像素子および撮像装置を従来よりも簡易に作製することができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]本発明の撮像装置の概略構成を示した側面図である。

[図2]本発明の実施形態1に係る撮像素子の画素アレイおよび分光素子アレイの断面の一部を模式的に示す図である。

[図3] (a) は、本発明の実施形態1に係る撮像素子の一部の概略構成の上面図であり、(b) はその断面図である。

[図4] (a) は、本発明の実施形態1に係る撮像素子の微小分光素子を構成する柱状構造体の上面図であり、(b) は、その断面図である。

[図5] (a) は、本発明の実施形態1に係る撮像素子の微小分光素子の一例の断面図であり、(b) は、微小分光素子によって分離された3波長それぞれの位相遅延分布を示す図である。

[図6] (a) は、本発明の実施形態1に係る撮像素子の微小分光素子の一例の上面図であり、(b) は、その断面図である。

[図7] (a) は、本発明の実施形態1に係る撮像素子において、柱状構造体の上面から縦の偏光をもつ平行光を入射した際、微小分光素子の出射端から3方向に分離して伝搬する効率の波長依存性を示す図であり、(b) は、柱状構造体の上面から縦の偏光をもつ平行光を入射した際、微小分光素子の出射端から3方向に分離して伝搬する効率の波長依存性を示す図である。

[図8] (a) ~ (h) は、本発明の実施形態1に係る撮像素子の微小分光素子の構造パターン例を示す図である。

[図9] (a) ~ (c) は、本発明の実施形態1に係る撮像素子の色成分に対応する画素の配置を模式的に表した図である。

[図10] (a) ~ (c) は、本発明の実施形態1に係る撮像素子の色成分に対応する画素の配置を模式的に表した図である。

[図11]本発明の実施形態1の変形例である撮像素子の概略構成の断面図を示

す。

[図12] (a) は、本発明の実施形態2による撮像素子の一部の概略構成の上面図であり、(b) はその断面図である。

[図13]本発明の実施形態2に係る撮像素子の画素の配置を模式的に表した図である。

[図14] (a) は、本発明の実施形態3に係る撮像素子の一部の概略構成の上面図であり、(b) は、その断面図である。

[図15] (a) は、本発明の実施形態4に係る撮像素子の一部の概略構成の上面図であり、(b) は、その断面図である。

[図16]従来のカラー撮像素子の断面図である。

[図17] (a) は、従来の分光素子を用いたカラー撮像素子の上面図であり、(b) は、そのXV || b - XV || b断面図であり、(c) は、そのXV || c - XV || c断面図である。

[図18]従来の分光素子を用いた別のカラー撮像素子の断面図である。

発明を実施するための形態

[0026] 以下、図面を用いて本発明の実施の形態について詳細に説明する。ただし、以下の実施形態は一例に過ぎず、本発明はこれらの実施形態に限定されないことは言うまでもない。

[0027] 図1は、本発明の撮像装置の概略構成を示した側面図である。撮像素子10は、レンズ光学系11、CCDやCMOS等の光電変換素子を含む撮像素子12、および撮像素子12から出力される光電変換信号を処理して画像信号を生成する信号処理部13を備える。

[0028] 自然光や照明光等の光が物体1に入射し、これを透過／反射／散乱した光は、または、物体1から発する光は、レンズ光学系11により撮像素子12上に光学像を形成する。一般に、レンズ光学系11は、様々な光学収差を補正するため、光軸に沿って並んだ複数のレンズからなるレンズ群により構成されるが、図1では図面を簡略化して単一のレンズとして示している。また、信号処理部13は、生成した画像信号を外部に送出する画像信号出力を備

える。

[0029] なお、本発明の撮像装置10は、赤外光カットの光学フィルタ、電子シャッタ、ビューファインダ、電源（電池）、フラッシュライトなどの公知の構成要素を備え得るが、それらの説明は本発明の理解に特に必要でないため省略する。また、以上の構成はあくまでも一例であり、本発明において、レンズ光学系11、撮像素子12、信号処理部13を除く構成要素には、公知の要素を適切に組み合わせて用いることができる。

[0030] 本発明の具体的な実施形態を説明する前に、本発明の実施形態における撮像素子12の概略を説明する。

[0031] 本発明の実施形態による撮像素子12は、光電変換素子を含むセル（画素）102が2次元状に複数配列された画素アレイと、微小分光素子101が2次元状に複数配列された分光素子アレイとを備える。図2は、本発明の実施形態1に係る撮像素子の画素アレイおよび分光素子アレイの断面の一部を模式的に示す図である。分光素子アレイは画素アレイと対向しており、レンズ光学系からの光が入射する側に配置されている。各微小分光素子101は、厚み一定の複数の柱状構造体で構成されている。なお、微小分光素子101は、便宜上、4本の柱状構造体で表されているが、数や間隔、配列パターンに制限はなく、様々な配列形態をとり得る。

[0032] 撮像素子12に入射する光に含まれる可視光成分を、波長領域毎に第1の色成分、第2の色成分、第3の色成分に分類する。なお、第1から第3の色成分の組み合わせは、一般に赤（R）、緑（G）、青（B）の3原色の組み合わせであるが、光を3つの波長域に分けるものであればこれに限定されない。

[0033] 本発明の実施形態における微小分光素子101は、後述する位相遅延効果およびその構造寸法依存性・波長依存性を利用することで、上述の第1から第3の色成分に応じて、入射した光の伝搬方向を変え、画素アレイ上において空間的に分離する機能を有する。すなわち、本発明の実施形態では、撮像素子に入射した光の少なくとも一部の光が、微小分光素子101によって、

色成分に応じて伝搬方向を変え、複数の画素102に入射する。したがって、微小分光素子101と画素102との距離を適切に設定することで、3つの波長域に分離された光を、それぞれ異なった画素102で受けることが可能である。

[0034] 画素102に光が入射すると、光電変換素子によって入射した光の強度に応じた電気信号（光電変換信号）を出力するため、色成分に応じた信号（カラー情報）を、直接的に、または信号演算を用いて、取得することができる。以上の微小分光素子101および微小分光素子101に対応した複数の画素102が、2次元状に配置されているため、レンズ光学系11により形成される物体の光学像のカラー情報を取得することができる。

[0035] 後述する実施形態1および実施形態2については、マイクロレンズアレイを用いることで、入射光のほぼすべてが、分光素子アレイを構成するいずれかの微小分光素子101を透過するため、入射光のほぼすべてが3つの波長域に分離された状態で画素アレイに入射する。したがって、光電変換信号から、直接的に、または簡易な演算をもちいて、カラー情報を取得することができる。

[0036] 後述する実施形態3および実施形態4については、入射光の一部が、分光素子アレイを構成する微小分光素子101を透過するため、入射光の一部が3つの波長域に分離された状態で画素アレイに入射する。したがって、各画素102の一部は、3つの波長域に分離された状態の光と分離されていない状態の光の合算の光強度に応じた光電変換信号を出力する。出力された光電変換信号に対して、後述する適切な行列演算を用いることで、カラー情報を求めることができる。

[0037] 本発明の実施形態における撮像素子12によれば、減色型の色フィルタを用いることなく、微小分光素子101を用いた3色への低損失な光分離により、カラー情報を得ることができる。したがって、色フィルタを用いた撮像素子と比較して、画素アレイに到達する光総量を増加させることができ、撮像感度を高めることが可能となる。さらに、微小分光素子101は作製が簡

易な厚み一定の構造体から構成されており、かつ、構造体上面・底面の対称性から偏光依存性が生じないことから、非特許文献1で開示された従来技術における色分離機能に偏光依存性が存在するという課題を解決することができる。

[0038] 以下、図面を参照しながら、本発明のより具体的な実施形態を説明する。

[0039] (実施形態1)

以下、本実施形態1における撮像素子の構成の概略について説明する。

[0040] 図3(a)は、本発明の実施形態1に係る撮像素子の一部の概略構成の上面図であり、図3(b)はその断面図である。本実施形態1における撮像素子100は、光电変換素子を含む画素102がアレイ状になるように配列された2次元画素アレイ上に、SiO₂等からなる低屈折率の透明層111、複数のマイクロレンズ103が積層されている。低屈折率の透明層111の内部には、透明層111の屈折率よりも高い屈折率を有するSiN等の材料から形成された複数の厚み(2次元画素アレイに対して垂直方向の長さ)一定の微細構造体からなる微小分光素子101が埋め込まれている。便宜上、以下の説明において、2次元画素アレイの法線方向をz軸、2次元画素アレイに平行で、画素ユニット110を構成する3つの画素102が並ぶ方向をx軸、2次元画素アレイに平行でx軸と直交する方向をy軸とするxyz直交座標系を設定する。

[0041] 図に示されているように、マイクロレンズ103、微小光学素子101、画素102はxy平面上において格子状に配置されており、各マイクロレンズ103の中心軸上に1つの微小分光素子101が配置されている。x軸方向に隣り合う3つの画素を1つの画素ユニット110とすると、x軸方向に隣り合う各マイクロレンズ103はそれぞれ画素ユニット110と一対一で対応し、各マイクロレンズ103の中心軸は対応する画素ユニットの中央の画素102のほぼ中心を通過する。すなわち、x軸方向に隣り合う3つの画素102に対して1つのマイクロレンズ103および1つの微小分光素子101が対応しており、上記のマイクロレンズ103、微小分光素子101、

画素ユニット110を1つの撮像素子ユニットとすると、その撮像素子ユニットが x y 平面上において格子状に配列されている。

[0042] なお、上述の説明では、一例として、直交格子状に配列された2次元画素アレイの場合について説明したが、画素102の配列、形状、サイズなどはこの図の例に限られず、公知のどのような配列、形状、サイズであってもよい。また、図3(a)、(b)では省略しているが、2次元画素アレイと微細構造体との間に、内部マイクロレンズとして動作し、微小分光素子101からの光を画素102内の光電変換素子へと導く働きをなすSiN等からなる高屈折率の凹凸構造を備え得る。図3(a)、(b)に示される構造は、公知の半導体製造技術により作製され得る。

[0043] なお、図3(a)、(b)に示される撮像素子100は、は、配線層112の反対側から受光する裏面照射型の構造であるが、本実施形態ではこのような構造に限定されず、配線層112の側から受光する表面照射型の構造を有していてもよい。

[0044] 以下、本実施形態における撮像素子100の各構成要素の働きについて説明する。

[0045] 撮像素子100に入射する白色の光は、まずマイクロレンズアレイによって集光され、ほぼすべての光が各マイクロレンズ103に対応した微小分光素子101を通過する。各微小分光素子101によって、光は x z 面内で3波長域に空間的に分離され、各微小分光素子101の直下にある3画素102によりそれぞれ受光される。図3(b)に示す例では、各微小分光素子101によって、第1色成分の光(R)が第1の方向(右)へ、第2色成分の光(G)が第2の方向(直進)へ、第3色成分の光(B)が第3の方向(左)へ伝搬しているため、各微小分光素子101直下の3画素102 D_R (右)、 D_G (中央)、 D_B (左)がそれぞれR、G、Bのカラー情報の検出に対応する。

[0046] なお、上述は一例であって、各微小分光素子101の構成によっては、色成分と伝搬方向の組み合わせは自由に変更可能であり、それに伴って、RG

Bそれぞれに対応する画素102 D_R 、 D_G 、 D_B も変更される。

[0047] このように3波長域に空間的に分離された光が3画素102によりそれぞれ受光されると、各画素102内の光電変換素子によって光電変換がなされ、カラー情報を含む画像信号が出力される。

[0048] なお、各微小分光素子101の直下にある3画素102 D_R 、 D_G 、 D_B のx軸方向の幅 w_{d1} 、 w_{d2} 、 w_{d3} は、同一であっても異なっても良い。また、これに伴って、マイクロレンズ103のx軸方向の幅 w_{lx} とy軸方向の幅 w_{ly} は同一であっても異なっても良い。図3の例では、3画素102 D_R 、 D_G 、 D_B のx軸方向の幅 w_{d1} 、 w_{d2} 、 w_{d3} が同一であり、マイクロレンズ103は w_{lx} と w_{ly} は異なっている。

[0049] また、画素ユニット110と微小分光素子101の間には、内部マイクロレンズとして動作するSiN等からなる高屈折率の凹凸構造を備え得るが、後述する微小分光素子101は形成する位相遅延分布によっては、レンズ機能を有することが可能であるため、内部マイクロレンズを省略することも可能である。

[0050] 以下、本実施形態における微小分光素子について説明する。

[0051] 本実施形態1における微小分光素子101は、複数の微細な柱状構造体121から構成される。図4(a)は、本発明の実施形態1に係る撮像素子の微小分光素子を構成する柱状構造体の上面図であり、図4(b)は、その断面図である。柱状構造体121は、透明層111の屈折率 n_0 よりも高い屈折率 n_1 を有するSiN等の材料から形成されており、構造の厚み h は一定である。

[0052] また、柱状構造体121の底面および上面は正方形である。この柱状構造体121は、透明層111との屈折率差から、光を構造内に閉じ込めて伝搬させる光導波路として機能する。したがって、上面側から光を入射すると、光は柱状構造体121内に強く閉じ込められながら伝搬し、光導波路の実効的な屈折率 n_{eff} により決定される位相遅延効果を受けて、底面側から出力される。具体的に、透明層111を柱状構造体121の厚み分の長さを伝搬した

光の位相を基準とした際、柱状構造体 1 2 1 による位相遅延量 ϕ は、光の真空中での波長を λ とおくと、

$$\phi = (n_{\text{eff}} - n_0) \times 2\pi h / \lambda \quad (1)$$

で表わされる。この位相遅延量は光の波長 λ によって異なるため、同一の柱状構造体 1 2 1 に入射した光に対して波長域（色成分）に応じて異なる位相遅延量を与えることができる。また、柱状構造体 1 2 1 の底面および上面が正方形であるため、偏光方向を変化させた場合においても、位相遅延効果を含む光学特性に変化はない。さらに、 n_{eff} は構造寸法の関数であることが知られており、 $n_0 < n_{\text{eff}} < n_1$ の値をとる。したがって、図 4 (a)、(b) に示す例では、柱状構造体 1 2 1 の幅 w を変化させることで、任意の位相遅延量を設定することが可能である。

[0053] 図 5 (a) の断面図は、 x 軸方向に上述の柱状構造体 1 2 1-1、1 2 1-2 を 2 つ並べて構成した、本実施形態 1 における微小分光素子 1 0 1 の一例である。なお、 y 軸方向には、波長以下の間隔で、上述の柱状構造体 1 2 1-1、1 2 1-2 が複数並んでいる。

[0054] 図 5 (a) に示すように、 x 軸方向に隣接する柱状構造体 1 2 1-1、1 2 1-2 の幅 w が異なっている。この幅 w の差異により、微小分光素子 1 0 1 を透過した光に対して、波長領域毎に異なる位相遅延分布を与えることが可能となり、光波面を変化させることができる。光の伝搬方向（偏向方向）はこの光波面によって決定されるため、微小分光素子 1 0 1 を透過した光を波長域（色成分）に応じて空間的に分離することが可能となる。すなわち、本実施形態 1 における微小分光素子 1 0 1 は、複数の柱状構造体 1 2 1 を配置し、隣接する柱状構造体 1 2 1-1、1 2 1-2 の光の伝搬方向と直交する面における寸法 w を変化させることで、入射光の波長領域に応じて異なる光波面を与え、色成分を空間的に分離する。

[0055] 例えば、図 5 (a) に示す構造の場合、図 5 (b) に示すように、3 波長（例えば、RGB に対応する波長）に応じて異なる位相遅延分布を与えることができる。この例では、第 1 色成分の光（R）に対応する波長の位相遅延

分布は位相量が0から $+2\pi$ まで線形増加する直線上に沿っており、第2色成分の光(G)に対応する波長の位相遅延分布は空間的な変化はなく、第3色成分の光(B)に対応する波長の位相遅延分布は位相量が0から -2π まで線形減少する直線上に沿っている。この場合、微小分光素子101を透過した光は、図5(a)に示すように、第1色成分の光(R)が第1の方向(右)へ、第2色成分の光(G)が第2の方向(直進)へ、第3色成分の光(B)が第3の方向(左)へそれぞれ効率よく伝搬することができる。

[0056] なお、上述の説明は一例であって、各柱状構造体121の寸法によっては、色成分と偏向方向の組み合わせは自由に変更可能である。例えば、第1色成分の光(R)が第2の方向(直進)へ、第2色成分の光(G)が第1の方向(右)へ、第3色成分の光(B)が第3の方向(左)へそれぞれ効率よく伝搬することができる。

[0057] 本実施形態における微小分光素子101のより詳細な一例を説明する。

[0058] 図6(a)は、本発明の実施形態1に係る撮像素子の微小分光素子の一例の上面図であり、図6(b)は、その断面図である。x軸方向には互い異なる幅 w_1 、 w_2 をもつ厚さ(2次元画素アレイに対して垂直方向の長さ)が一定の柱状構造体121-1、121-2が2つ並んでおり、y軸方向には同じ柱状構造体121-1、121-2が3つ並んでおり、以上を1つの微小分光素子101とする。なお、柱状構造体121-1、121-2を構成する材料はSiN($n_1=2.03$)を想定し、透明層を構成する材料はSiO₂($n_0=1.45$)を想定し、底面および上面が正方形の場合を示している。また、すべての柱状構造体121-1、121-2の厚み h を1200nm、パターン左側の柱状構造体121-1の幅 w_1 を145nm、パターン右側の柱状構造体121-2の幅 w_2 を340nmとし、x軸およびy軸方向における柱状構造体121-1、121-2の間隔 p は450nmとした。

[0059] 図7(a)、(b)に、上述の構造において、柱状構造体121-1、121-2の上面から平行光を入射した際、微小分光素子101の出射端から3方向(図6(b)のR、G、Bの各方向)に分離して伝搬する効率(入射

光強度に対する各伝搬方向の光強度の比)の波長依存性(厳密結合波理論に基づく計算結果)を示す。図7(a)は、図6(a)中の縦の偏光をもつ光、図7(b)は図6(a)中の横の偏光をもつ光をそれぞれ入射した際の結果である。なお、計算の際、上述の微小分光素子101がx軸およびy軸方向においてPの間隔($P=3p$)で並んでいると仮定したが、単体の微小分光素子101における光学機能との差異はほとんどないことを確認している。また、3方向のそれぞれの偏向角 θ_R 、 θ_G 、 θ_B は、光の回折に基づいており、 $R: \sin \theta_R = \lambda / P$ 、 $G: \theta_G = 0$ (直進)、 $B: \sin \theta_B = \lambda / P$ とした。

[0060] また、図7(a)、(b)に示した特性は、従来の撮像装置における色フィルタの分光感度特性に相当する。図7(a)、(b)に示す結果は、第1の方向(R)における効率は600nm以上の赤色波長域でピークをなし、第2の方向(G)における効率は500-600nmの緑色波長域でピークをなし、第3の方向(B)における効率は500nm以下の青色波長域でピークをなしていることを示している。また、40~60%という良好な分光性能を示しており、かつ特性に大きな偏光依存性はみられない。なお、曲線R、G、Bの総和、すなわち総透過率は、95%以上であり、散乱や反射による光損失はほとんど生じない。

[0061] 以上の結果は、本実施形態1における微小分光素子101を用いることで、色成分の高効率な空間的な分離が可能であることを示している。さらに、上述の例では、単体の微小分光素子101のサイズは1.35 μ m角であり、一般的なCCDおよびCMOSセンサの最小ピクセルサイズと同等である。したがって、最小ピクセルサイズをもつ画素ユニット110に対応した微小分光素子101の形成が可能である。なお、柱状構造体121のサイズや数、配列パターンによって、異なるサイズの微小分光素子101を形成することも可能である。

[0062] 微小分光素子101を構成する柱状構造体121の材料、数、形状、サイズ、配列パターンなどを適切に設計することにより、所望の分光特性を与え

ることが可能である。その結果、上述したように、個々の光電変換素子に所望の波長域の光のみを分離して入射させることが可能となり、各光電変換素子から出力される光電変換信号から、色成分に対応する信号を取得することができる。

[0063] また、上述の通り、微小分光素子 101 による光損失はほとんど生じないため、従来技術の色フィルタを用いた撮像素子と比較して、画素アレイに到達する光総量を飛躍的に増加させることができ、撮像感度を高めることが可能となる。なお、各微小分光素子 101 の分光性能が上述した理想的な性能と多少異なっているとしても、性能の差異の程度に応じて、取得した信号を補正・演算することによって良好な色情報を得ることが可能である。

[0064] また、上述の各柱状構造体 121 の配置において、周期的な構造に起因する不要な回折光が発生することを防ぐため、光の波長以下の間隔で配置することが望ましい。

[0065] 上述の例では、柱状構造体の底面および上面が正方形の場合について説明したが、この形状に限定されない。すなわち、底面および上面の中心を通る軸を対称軸として 4 回回転対称となる形状面であれば、分光機能の偏光に対する依存性が生じることはなく、位相遅延効果をもたらす光導波路としての動作も失われることはない。したがって、図 8 (a) ~ (h) に示すような正方形、中空正方形、円形、中空円形、十字形状といった 4 回回転対称となる面をもつ柱状構造体を採用することが望ましい。

[0066] なお、微小分光素子 101 による色成分の分離後において、画素ユニット 110 上の各光空間分布が互いに十分に分離するためには、微小分光素子 101 の出力端と画素 102 の光電変換素子との間が $1 \mu\text{m}$ 以上の間隔であることが好ましい。一方で、撮像素子 100 の薄膜化および材料費・プロセス時間の節約のため、上述の微小分光素子 101 の出力端と画素 102 の光電変換素子との間隔は、可能な限り短い方が好ましい。

[0067] また、この場合、短い伝搬距離で、画素ユニット 110 上の各光空間分布が色成分に応じて互いにはっきり分離する必要があるため、微小分光素子 1

01によって光の波面を大きく傾けて、偏向する（曲がる）角度を大きくすることが好ましい。偏向する角度を大きくするには、微小分光素子101により形成される各波長域における位相遅延分布がそれぞれ0から 2π まで変化する形が適しているため、それぞれの波長域において、柱状構造体121による位相遅延量の可変範囲は、 2π 以上有していることが好ましい。したがって、式(1)から、分離する波長域の最も長波長側の波長域における所望の中心波長を λ_r とすると、柱状構造体121の厚み h は、 $h = \lambda_r / (n_1 - n_0)$ の近傍に設定することが望ましい。

[0068] 以上のような分光機能をもつ微小分光素子101は、公知の半導体製造技術により、薄膜堆積およびパターニングを実行することにより作製することができる。本実施形態1の微小分光素子101は、複数の厚さ一定の柱状構造体121から構成されるため、非特許文献1で開示されている階段状構造等と比較して、安価で容易に作製できる。

[0069] 以下、本実施形態の撮像素子における微小光学素子および画素の配置について説明する。

[0070] 図3に示した一例では、 x 軸方向に沿って配置された微小分光素子101の行が、 x 軸方向にずれることなく y 軸方向に沿って繰り返し配置されており、その結果 y 軸方向に沿って微小分光素子101のパターンが連続的に配置されている。この場合、 x 軸方向においては、各微小分光素子101直下の色成分に対応する3画素102 D_B 、 D_G 、 D_R が左からこの順に並び、この並びが繰り返して配置されている。

[0071] さらに、画素102についても同様に、 x 軸方向に沿って配置された画素102の行が、 x 軸方向にずれることなく y 軸方向に沿って繰り返し配置されており、その結果 y 軸方向に沿って3画素102 D_B 、 D_G 、 D_R がそれぞれ連続的に配置されている。

[0072] 図9(a)～(c)は、本発明の実施形態1に係る撮像素子の色成分に対応する画素の配置を模式的に表したものである。 x 軸方向に隣り合う3つの画素102 D_B 、 D_G 、 D_R を1つのカラー画素ユニット U とすると、図9(a)

に示すカラー画素ユニット U_1 、および、カラー画素ユニット U_1 に対して単一画素だけ x 軸方向にシフトしたカラー画素ユニット U_2 は、どちらも R 、 G 、 B に対応する画素を必ず1つずつ含むことになる。すなわち、カラー画素ユニット U を x y 平面において単一画素ずつシフトしながら、カラー情報取得すれば、 R G B 3色の情報をほぼ画素数分だけ得ることができる。このことは、撮像素子の解像度を画素数の程度まで高めることができることを意味している（いわゆるベイヤー配置と同等である）。したがって、本実施形態1の撮像素子は、高感度であることに加えて、単一画素サイズの高解像度でカラー情報を生成することができる。

[0073] 上述のような単一画素サイズの解像度を実現する微小光学素子および画素の配置は、図9（a）に限定されず、種々に変更することができる。図9（b）および図9（c）は、別の例を示しており、 x 軸方向沿って構成される微小分光素子101およびカラー画素ユニット U の行が、図9（b）では1画素サイズ分、図9（c）では2画素サイズ分、 x 軸方向にシフトしながら、順次 y 軸方向に配置されている。このような配置についても、図9（a）と同様に単一画素サイズの解像度でカラー情報を生成することができる。

[0074] 図10（a）～（c）は、図9（a）～（c）とは別の配置の例を示しており、行毎に3画素 D_B 、 D_G 、 D_R の順番が反転する構成であり、 x 軸方向にシフトについては上述の図9（a）～（c）とそれぞれ同様である。この場合についても、図9（a）と同様に単一画素サイズの解像度でカラー情報を生成することができる。なお、3画素 D_B 、 D_G 、 D_R の順番の反転を行うには、上述の微小分光素子101の柱状構造体121-1、121-2を、 x 軸において、左右反転させたパターンを用いればよい。

[0075] 上述した図9（a）～（c）および図10（a）～（c）に示す画素配置は、入射光が各微小分光素子101の機能によって、第1色成分の光（ R ）が第1の方向（右）へ、第2色成分の光（ G ）が第2の方向（直進）へ、第3色成分の光（ B ）が第3の方向（左）へ伝搬し、各微小分光素子101直下の3画素102 D_R （右）、 D_G （中央）、 D_B （左）がそれぞれ R 、 G 、 B の

カラー情報の検出に対応すると想定した際のものである。上述したように、微小分光素子101の構成によっては、微小分光素子101直下の画素102がRGB3色のいずれに対応したものになるか変わるが、基本的にはカラー画素ユニットU内の順番が変更されるだけである。そのような場合についても、図9および図10に示したカラー画素ユニットUの配置規則に従って、配置を設定すれば、同様に単一画素サイズの解像度でカラー情報を生成することができる。

[0076] 以上の説明では、微小分光素子101のみを用いた場合の撮像素子100について述べた。次に、減色型の色フィルタを併用した際の変形例について説明する。

[0077] 図11に、本発明の実施形態1の変形例である撮像素子の概略構成の断面図を示す。図3との差異は、色成分に対応した画素102の上方に、画素102の色にそれぞれ対応した色フィルタ104を配置している点であり、その他は同一である。この構成の場合、従来技術の色フィルタのみの構成に比べて、光利用効率が向上し、かつ色再現性も向上する。

[0078] 例えば、図7より、微小分光素子101のRGBへの分光効率は40～60%とする。また、RGBの色フィルタ104の対応する波長域における透過率（分光効率）をそれぞれ90%とする。入射光がRGB1:1:1の比率の強度を有しているとする。この場合、微小分光素子101と色フィルタ104を併用した構成では、光が両者を透過して画素に入射するため、RGB3画素102に到達する光強度の総量は36～54%となる。さらに、微小分光素子101および色フィルタ104の分光性能が掛け合わされ、不要な色成分が排除された状態で各画素102に入射するため、色再現性が大きく向上する。一方、色フィルタ104のみの構成の場合、3画素102に到達する光強度の総量は30%となり、色再現性も併用した構成に比べて悪い。したがって、微小分光素子101と色フィルタ104を併用した構成を用いることで、色再現性が向上した状態で、従来の色フィルタのみを使用した構成に比べて1.2～1.8倍の感度向上が見込める。なお、微小分光素子

101のみの構成に比べて、光利用効率は低下するが、色再現性が大幅に向上するため、この実施形態1の変形例は光利用率、すなわち感度と色再現性のバランスがよい構成といえる。

[0079] (実施形態2)

次に、本発明の実施形態2に係る撮像素子について説明する。

[0080] 図12(a)は、本発明の実施形態2による撮像素子の一部の概略構成の上面図であり、図12(b)はその断面図である。図12(a)、(b)に示すように、本実施形態2の撮像素子300およびそれを用いた撮像装置は、実施形態1と比較して、x軸方向に沿って配置された複数の微小分光素子101の構造体パターンの向きが、交互に反転している点が異なる。

[0081] また、x軸方向に沿って構成される微小分光素子101およびカラー画素ユニットUの行が、2画素サイズ分x軸方向にシフトしながら、順次y軸方向に配置されており、その結果、y軸方向においても微小分光素子110の構造体パターンの向きが、交互に反転している。さらに、1つの微小分光素子101で分光された光を受光するx軸方向に沿って互いに隣接する3つの画素102のうち、両外側の2つの画素102は、隣接する他の2つの微小分光素子101で分光された光も受光する点も異なっている。なお、本実施形態2のその他の構成要素は、実施形態1の構成要素と同一である。以下、実施形態1との相違点を中心に説明し、重複する点は説明を省略する。

[0082] 図12(b)に示すように、x軸方向に沿って、微小分光素子101の構造体パターンの向きが、交互に反転しているため、色成分と偏向方向の組み合わせが交互に逆になっており、それに伴って、各微小分光素子101直下の色成分に対応する画素102が、左から D_R 、 D_G 、 D_B 、 D_G 、 D_R 、 D_G 、 D_B …という順番になっている。各微小分光素子101の直下には、画素102 D_G が配置されており、その両側の画素102 D_R または D_B は、隣接する2つの微小分光素子101で分光された光も受光する。

[0083] 撮像素子300に入射する白色の光は、まずマイクロレンズアレイによって集光され、ほぼすべての光が各マイクロレンズ103に対応した微小分光

素子101を通過する。各微小分光素子101によって、光は xz 面内で3波長域に空間的に分離され、各微小分光素子101に対応する3画素102によりそれぞれ受光される。この際、微小分光素子101の直下の画素102 (D_G) の両側の画素102 (D_R , D_B) は、隣接する2つの微小分光素子101から伝搬する光も受けるが、構造パターンの反転により、同じ波長域を受光することになる。

[0084] なお、上述は一例であって、各微小分光素子101の構成によっては、色成分と伝搬方向の組み合わせは自由に変更可能であり、それに伴って、RGBそれぞれに対応する画素102も変更される。このように3波長域に空間的に分離された光が3画素102によりそれぞれ受光されると、各画素102内の光電変換素子によって光電変換がなされ、カラー情報を含む画像信号として出力される。

[0085] 図13は、本発明の実施形態2に係る撮像素子の画素の配置を模式的に表したものである。1つの D_R 、2つの D_G 、および1つの D_B を含む4つの画素102を1つのカラー画素ユニットUとする。この場合、図中に示すカラー画素ユニット U_1 に対して単一画素だけ x 軸方向または y 軸方向にシフトしても、1つの D_R 、2つの D_G 、および1つの D_B を含むカラー画素ユニット U_2 を構成できる。すなわち、カラー画素ユニットUを xy 平面において単一画素ずつシフトしながら、カラー情報取得すれば、RGB3色の情報をほぼ画素数分だけ得ることができる。このことは、撮像素子の解像度を画素数の程度まで高めることができることを意味している。したがって、本実施形態2の撮像素子300は、高感度であることに加えて、単一画素サイズの高解像度でカラー情報を生成することができる。

[0086] 以上より、本実施形態2の構成においても、実施形態1と同様な機能を実現できる。また、本実施形態2は、上記実施形態1との相違点以外は実施形態1と同様であり、それら共通する構成要素は実施形態1で説明したものと同様の効果を有し、また、同様の変更が可能である。

[0087] (実施形態3)

次に、本発明の実施形態3に係る撮像素子について説明する。

[0088] 図14(a)は、本発明の実施形態3に係る撮像素子の一部の概略構成の上面図であり、図14(b)は、その断面図である。図14(a)、(b)に示すように、本実施形態3の撮像素子400および撮像装置は、実施形態1と比較して、マイクロレンズが各画素に一对一に対応するように配置されている点異なる。また、カラー情報の取得に、各画素102からの光電変換信号を用いた行列演算を用いる点異なっている。なお、その他の構成要素は実施形態1と同一である。以下、実施形態1との相違点を中心に説明し、重複する点は説明を省略する。

[0089] 図14(b)に示すように、マイクロレンズ103が各画素102に一对一に対応して配置されている。それに伴って、撮像素子400に入射する白色の光のうち、各微小分光素子101に入射し色分離される光は、微小分光素子101の直上に位置するマイクロレンズ103により集光された光のみであり、その他の光は、各マイクロレンズ103を介して、各マイクロレンズ直下の画素に直接入射する。

[0090] ここで、単一のマイクロレンズ103へ入射する白色光の強度を W で表し、白色光を構成するRGB3色の強度をそれぞれ R 、 G 、 B とすると、3つのマイクロレンズ103を介して画素102 D_R 、 D_G 、 D_B に入射する光は、それぞれ $W+R$ 、 G 、 $W+B$ で表される強度の光である。なお、上述は一例であって、各微小分光素子101の構成によっては、色成分と伝搬方向の組み合わせは自由に変更可能であり、それに伴って、画素102 D_R 、 D_G 、 D_B にそれぞれ入射する色成分の構成も変更される。以下の説明では、画素102 D_R 、 D_G 、 D_B にそれぞれ $W+R$ 、 G 、 $W+B$ の強度の光が入射した際における行列演算によるカラー情報取得について述べるが、微小分光素子101の構成および分光性能によっては、行列演算子の数値は種々変更可能であることはいうまでもない。

[0091] 各画素102へそれぞれ入射した $W+R$ 、 G 、 $W+B$ の強度の光は、光電変換素子によって光電変換がなされ、光電変換信号として出力される。ここ

で、RGB3色および白色光Wの光強度に対応する光電変換信号を S_R 、 S_G 、 S_B 、 S_W とし、 $W+R$ 、 G 、 $W+B$ の強度の光が入射した各画素102によって出力される光電変換信号をそれぞれ S_{W+R} 、 S_G 、 S_{W+B} とする。なお、 S_W は $S_W = S_R + S_G + S_B$ で表され、 S_{W+R} 、 S_{W+B} はそれぞれ、 $S_{W+R} = S_W + S_R$ 、 $S_{W+B} = S_W + S_B$ の関係式で表すことができる。また、画素102 D_G に入射する光は、微小分光素子101によって分光されたGの成分であるため、 S_G がそのまま出力される。

[0092] 以上より、 S_R 、 S_G 、 S_B は、以下の S_{W+R} 、 S_G 、 S_{W+B} を用いた行列演算で取得できる。

[0093] [数1]

$$\begin{pmatrix} 3S_R \\ 3S_G \\ 3S_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & -1 & -1 \\ 0 & 3 & 0 \\ -1 & -1 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_{W+R} \\ S_G \\ S_{W+B} \end{pmatrix} \quad (2)$$

[0094] したがって、各画素 D_R 、 D_G 、 D_B から出力される3つの光電変換信号 S_{W+R} 、 S_G 、 S_{W+B} を用いた信号演算によって3つの色成分の強度情報である S_R 、 S_G 、 S_B を求めることができる。

[0095] 以上より、本実施形態3の構成においても、実施形態1と同様な機能を実現できる。本実施形態3は、上記実施形態1との相違点以外は実施形態1と同様であり、それら共通する構成要素は実施形態1で説明したものと同様の効果を有し、また、同様の変更が可能である。なお、色フィルタとの併用を用いた変形例においては、微小分光素子101直下の画素102上へのみ、対応する色成分の色フィルタを配置することが望ましい。

[0096] (実施形態4)

次に、本発明の実施形態4に係る撮像素子について説明する。

[0097] 図15(a)は、本発明の実施形態4に係る撮像素子の一部の概略構成の上面図であり、図15(b)は、その断面図である。図15(a)、(b)に示すように、本実施形態4の撮像素子400およびそれを用いた撮像装置は、実施形態2と比較して、マイクロレンズ103が各画素102に一対一で対応して配置されている点異なる。また、カラー情報の取得に、各画素

102からの光電変換信号を用いた行列演算を用いる点が異なっている。なお、その他の構成要素は実施形態2と同一である。以下、実施形態2との相違点を中心に説明し、重複する点は説明を省略する。

[0098] 図15(b)に示すように、マイクロレンズ103が各画素101に一対一で対応して配置されている。それに伴って、撮像素子400に入射する白色の光のうち、各微小分光素子101に入射し色分離される光は、微小分光素子101の直上に位置するマイクロレンズ103により集光された光のみであり、その他の光は、各マイクロレンズ103を介して、各マイクロレンズ103直下の画素102に直接入射する。

[0099] ここで、実施形態3の説明と同様に、単一のマイクロレンズ103へ入射する白色光の強度を W で表し、白色光を構成するRGB3色の強度をそれぞれ R 、 G 、 B とすると、5つのマイクロレンズ103を介して画素102 D_R 、 D_G 、 D_B に入射する光は、それぞれ $W+2R$ 、 G 、 $W+2B$ で表される強度の光である。なお、上述は一例であって、各微小分光素子101の構成によっては、色成分と伝搬方向の組み合わせは自由に変更可能であり、それに伴って、画素102 D_R 、 D_G 、 D_B にそれぞれ入射する色成分の構成も変更される。以下の説明では、画素102 D_R 、 D_G 、 D_B にそれぞれ $W+2R$ 、 G 、 $W+2B$ の強度の光が入射した際における行列演算によるカラー情報取得について述べるが、微小分光素子101の構成および分光性能によっては、行列演算子の数値は種々変更可能であることはいうまでもない。

[0100] 各画素102へそれぞれ入射した $W+2R$ 、 G 、 $W+2B$ の強度の光は、光電変換素子によって光電変換がなされ、光電変換信号として出力される。ここで、実施形態3の説明と同様に、RGB3色および白色光 W の光強度に対応する光電変換信号を S_R 、 S_G 、 S_B 、 S_W とし、 $W+2R$ 、 G 、 $W+2B$ の強度の光が入射した各画素102によって出力される光電変換信号をそれぞれ S_{W+2R} 、 S_G 、 S_{W+2B} とする。なお、 S_W は $S_W = S_R + S_G + S_B$ で表され、 S_{W+2R} 、 S_{W+2B} はそれぞれ、 $S_{W+2R} = S_W + 2S_R$ 、 $S_{W+2B} = S_W + 2S_B$ の関係式で表すことができる。また、画素102 D_G に入射する光は、微小分光素子101によって

分光されたGの成分であるため、 S_G がそのまま出力される。

[0101] 以上より、 S_R 、 S_G 、 S_B は、以下の S_{W+2R} 、 S_G 、 S_{W+2B} を用いた行列演算で取得できる。

[0102] [数2]

$$\begin{pmatrix} 8S_R \\ 8S_G \\ 8S_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & -2 & -1 \\ 0 & 8 & 0 \\ -1 & -2 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_{W+2R} \\ S_G \\ S_{W+2B} \end{pmatrix} \quad (3)$$

[0103] したがって、各画素 D_R 、 D_G 、 D_B から出力される3つの光電変換信号 S_{W+2R} 、 S_G 、 S_{W+2B} を用いた信号演算によって3つの色成分の強度情報である S_R 、 S_G 、 S_B を求めることができる。

[0104] 以上より、本実施形態4の構成においても、実施形態2と同様な機能を実現できる。本実施形態4は、上記実施形態2との相違点以外は実施形態2と同様であり、それら共通する構成要素は実施形態2で説明したものと同様の効果を有し、また、同様の変更が可能である。なお、色フィルタとの併用を用いた変形例においては、微小分光素子101直下の画素上にのみ、対応する色成分の色フィルタを配置することが望ましい。

[0105] 上述した実施形態1～実施形態4は本発明の好適な具体例に過ぎず、本発明はこれらに限定されず、種々の変更が可能である。

[0106] 上述した実施形態1～実施形態4では、微小分光素子101の材料としてSiNを想定した例を示したが、本発明はこれに限定されない。例えば、本発明の撮像素子を光の波長が380～800nmの範囲の可視光領域で用いる場合は、微小分光素子の材料には、SiN、SiC、TiO₂、Ga₂N等の材料が、屈折率が高く、吸収損失が少ないため適している。また、波長が800～1000nmの範囲の近赤外光に対しては、これらの光に対して低損失な材料として、Si、SiC、SiN、TiO₂、GaAs、Ga₂N等の材料が適している。さらに長波長体の近赤外領域（通信波長である1.3μmや1.55μm等）では、上述の材料に加えて、InP等を用いることができる。さらに、貼り付け、塗布して微小分光素子を形成する場合、フッ素化ポリイミド等のポリイミド、BCB（ベンゾシクロブテン）、光硬化性樹脂

、UVエポキシ樹脂、PMMA等のアクリル樹脂、レジスト全般などのポリマー等が材料として挙げられる。

[0107] 同様に、上述した実施形態1～実施形態4では、透明層111の材料としてSiO₂を想定した例を示したが、本発明はこれに限定されない。一般的なガラス材料、SiO₂、空気層等、屈折率が微小分光素子材料の屈折率より低く、入射光の波長に対して低損失なものであれば何でもよい。

[0108] 上述した実施形態1～実施形態4では、微小分光素子101が対応する3波長域の光として、赤、緑、青の3原色の光である場合を説明したが、3波長域のうちの少なくとも1つが3原色以外の波長の光（例えば赤外光や紫外光）であっても良い。

[0109] 以上、本発明を具体的な実施の形態に基づいて説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることは言うまでもない。

符号の説明

- [0110] 1 物体
- 10 撮像装置
 - 11 レンズ光学系
 - 12 撮像素子
 - 13 信号処理部
 - 100、200、300、400、500、600、610、620 撮像素子
 - 101 微小分光素子
 - 102 画素
 - 103 マイクロレンズ
 - 104 色フィルタ
 - 111 透明層
 - 112 配線層
 - 121 柱状構造体

- 601 配線層
- 602 画素
- 603 透明層
- 604 色フィルタ
- 605 マイクロレンズ
- 606、607 微細構造

請求の範囲

- [請求項1] 基板上に光電変換素子を含む複数の画素が2次元アレイ状に配列された2次元画素アレイと、
前記2次元画素アレイ上に形成された透明層と、
前記透明層の内部または上に、複数の分光素子が2次元アレイ状に配列された2次元分光素子アレイとを備え、
前記分光素子の各々は、前記透明層の屈折率よりも高い屈折率を有する材料から形成された複数の微細構造体からなる1組の微細構造体を含み、前記1組の微細構造体は、前記2次元画素アレイに対して垂直方向の長さが等しく、前記2次元画素アレイに対して水平方向の形状が異なり、かつ、入射する光の波長以下の間隔で配置された複数の微細構造体からなり、前記分光素子に入射した光の少なくとも一部は、波長に応じて伝搬方向が異なる第1～第3の偏向光に分離されて前記分光素子から出射し、前記2次元画素アレイの一方向に連続して配置された3つの前記画素にそれぞれ入射することを特徴とするカラー撮像素子。
- [請求項2] 前記微細構造体は、構造底面および上面が、中心を対称軸として4回回転対称な形状を有する柱状構造体であることを特徴とする請求項1に記載のカラー撮像素子。
- [請求項3] 前記第1～第3の偏向光が、隣接する連続した3つの前記画素の第1～第3の光電変換素子にそれぞれ入射することを特徴とする請求項1又は2に記載のカラー撮像素子。
- [請求項4] 入射する光が白色光の場合、
前記第1の光電変換素子に入射する光は、波長500nm以下の青色波長域で光強度のピークを有し、
前記第2の光電変換素子に入射する光は、波長500nm～600nmの緑色波長域で光強度のピークを有し、
前記第3の光電変換素子に入射する光は、波長600nm以上の赤

色波長域で光強度のピークを有することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか一項に記載のカラー撮像素子。

[請求項5] 前記1組の微細構造体の形状は、前記2次元分光素子アレイを構成する前記分光素子の全てにおいて同一であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか一項に記載のカラー撮像素子。

[請求項6] 前記2次元分光素子アレイの第1の方向に沿って配置された隣接する前記分光素子の前記1組の微細構造体の向きが交互に反転しており、

隣接する連続した3つの前記画素は、前記第1の方向に沿って配置されており、

前記第1の方向に沿って隣接する3つの前記画素のうち、両外側の2つの画素は、前記第1の方向に沿って隣接する2つの前記分光素子から前記第1～第3の偏向光のいずれかが入射されることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか一項に記載のカラー撮像素子。

[請求項7] 前記2次元画素アレイと前記2次元分光素子アレイの間に、波長500nm以下の青色波長域で透過率のピークを有する第1のカラーフィルタ、

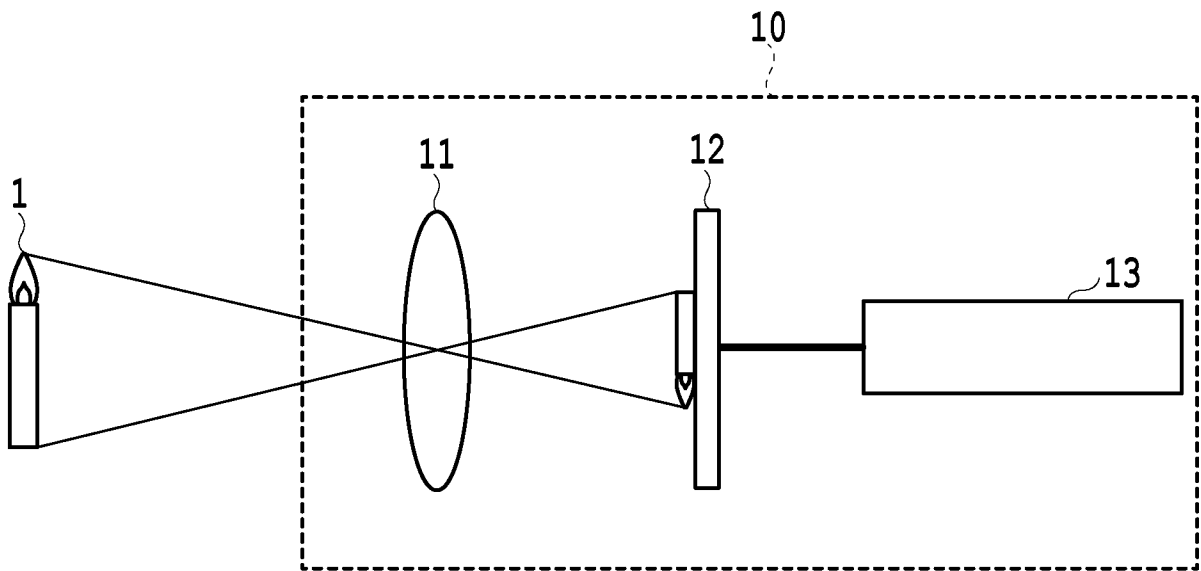
波長500nm～600nmの緑色波長域で透過率のピークを有する第2のカラーフィルタ、および

波長600nm以上の赤色波長域で透過率のピークを有する第3のカラーフィルタのうち、少なくとも1つのカラーフィルタがアレイ状になるように配列されたカラーフィルタアレイをさらに備えたことを特徴とする請求項1乃至6のいずれか一項に記載のカラー撮像素子。

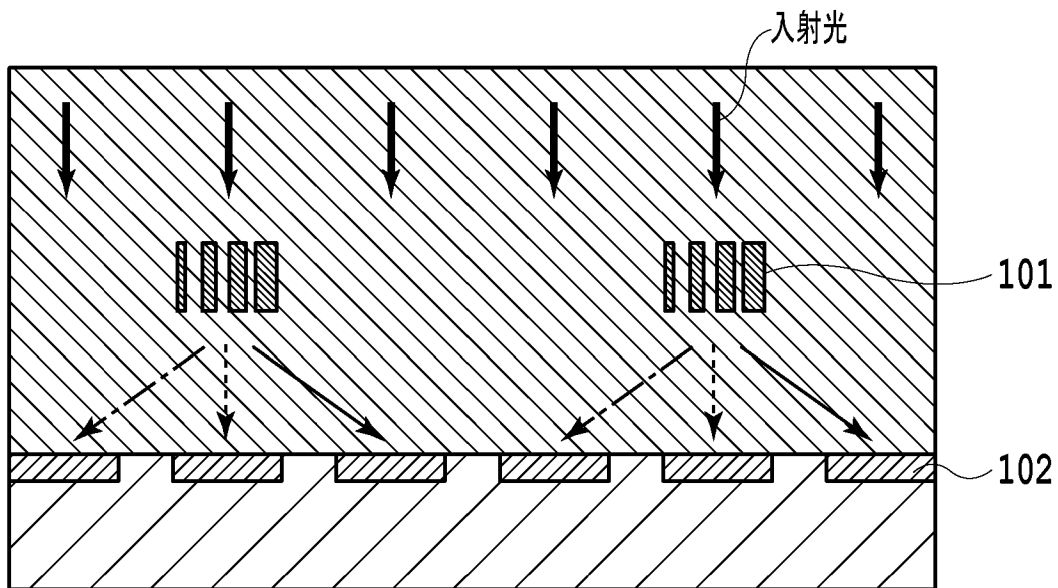
[請求項8] 請求項1乃至7のいずれか一項に記載のカラー撮像素子と、前記カラー撮像素子の撮像面に光学像を形成するための撮像光学系と、

前記カラー撮像素子が出力する電気信号を処理する信号処理部と、を備えたことを特徴とする撮像装置。

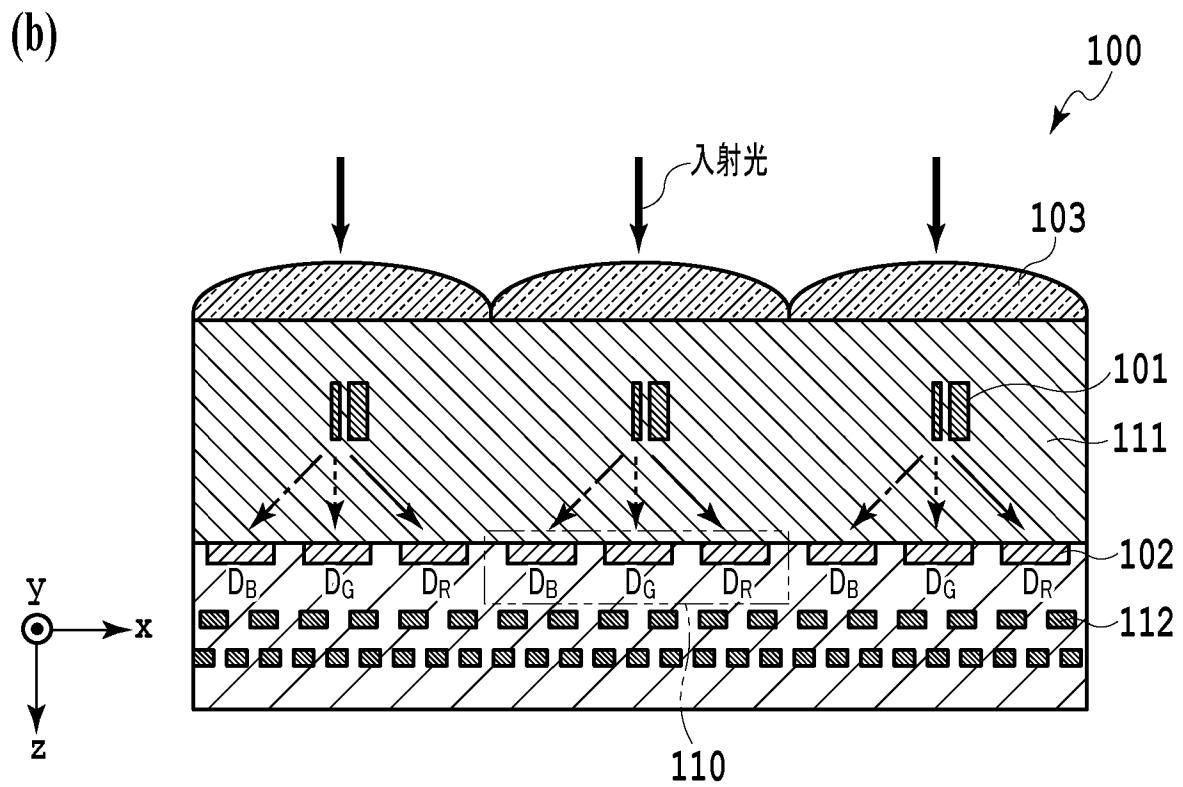
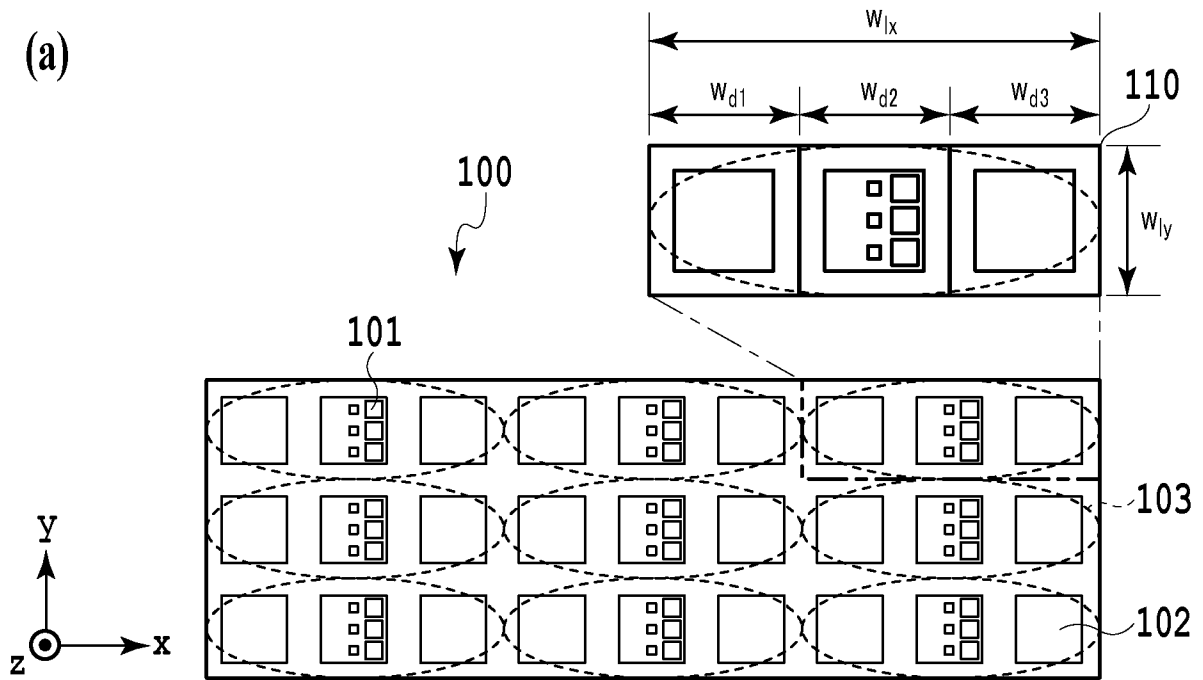
[図1]



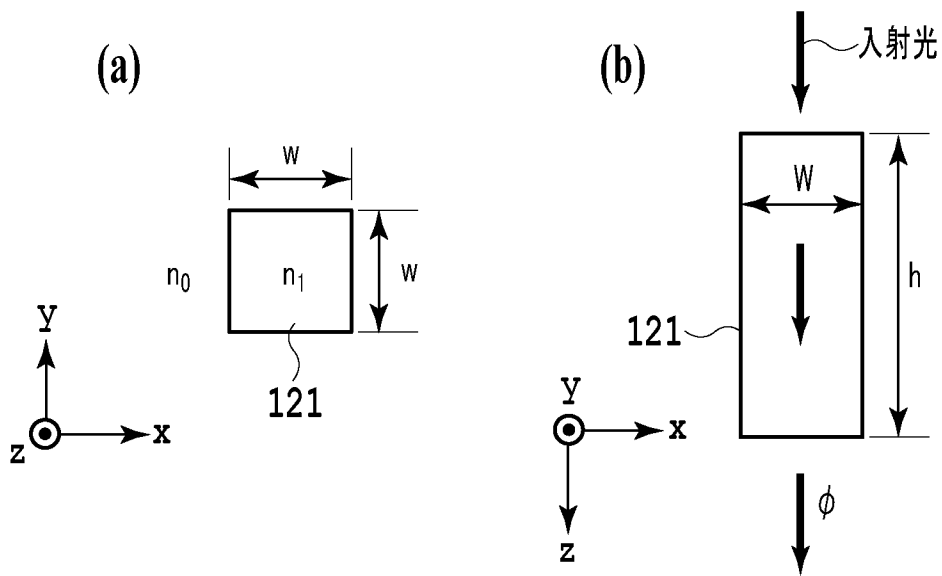
[図2]



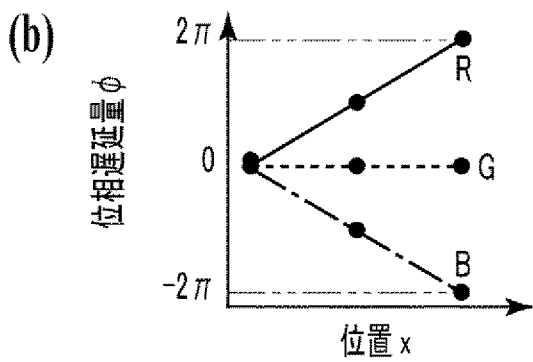
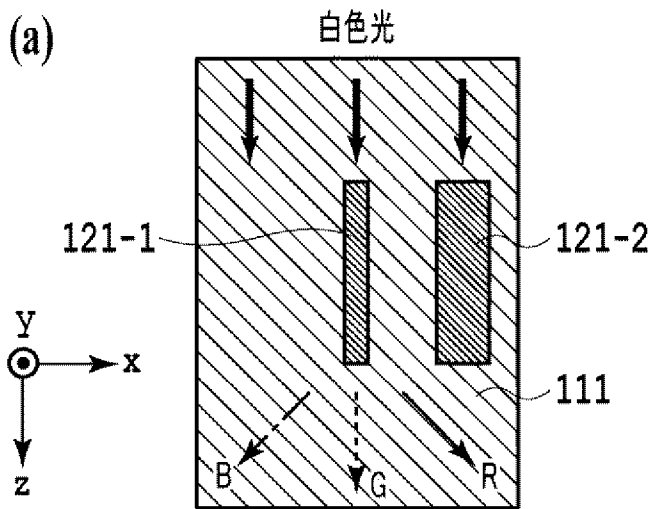
[図3]



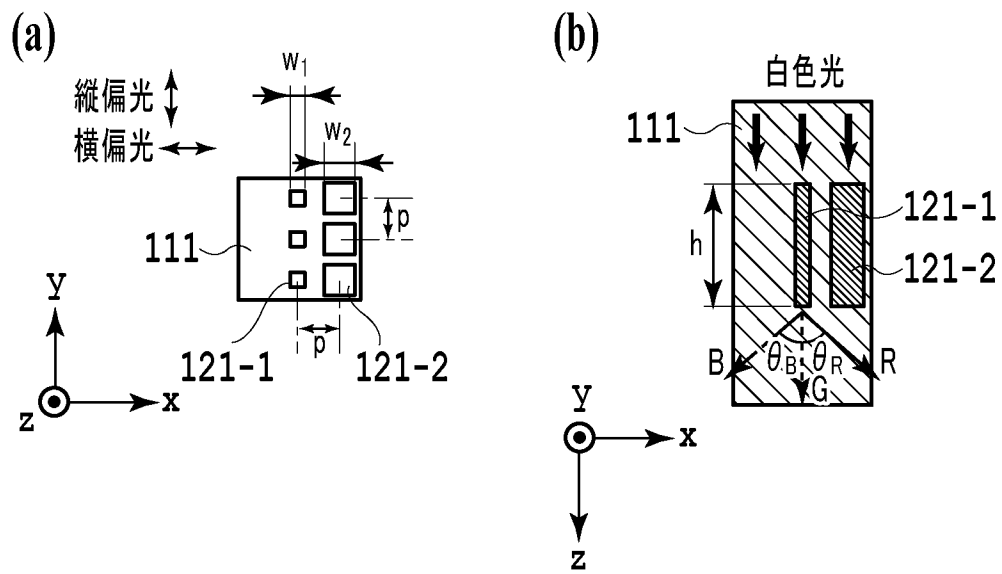
[図4]



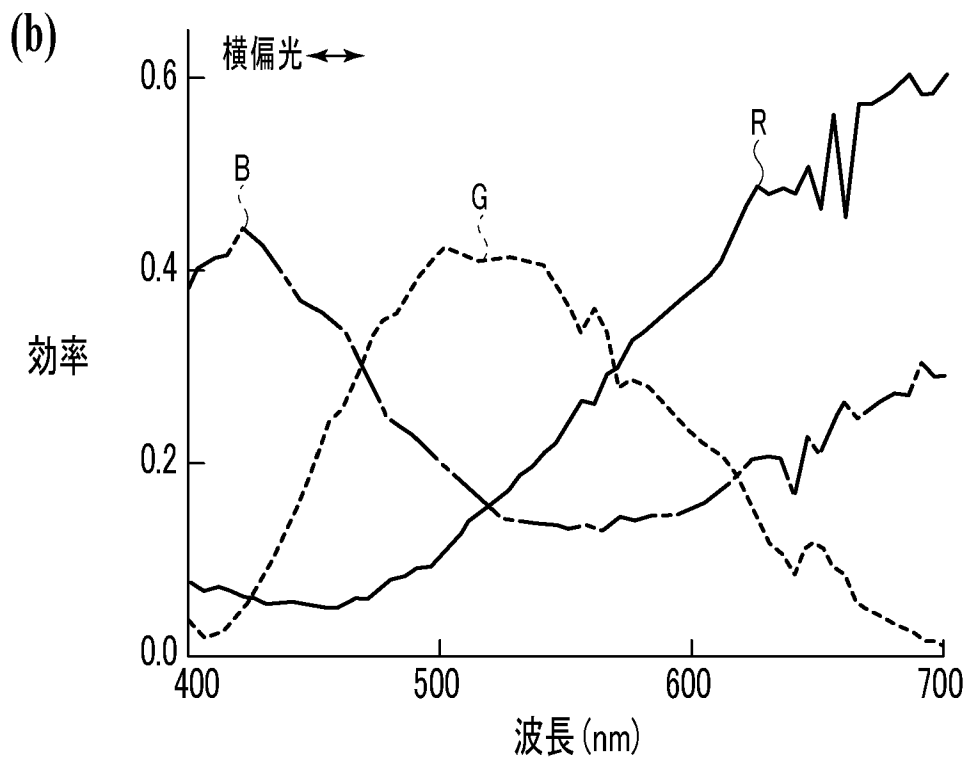
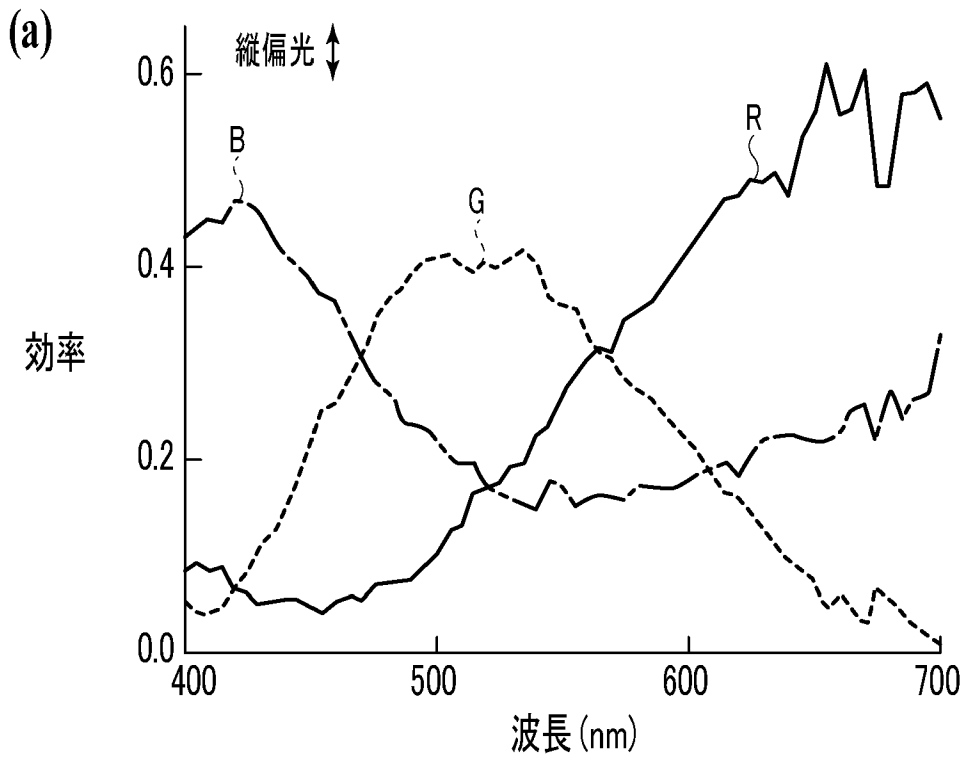
[図5]



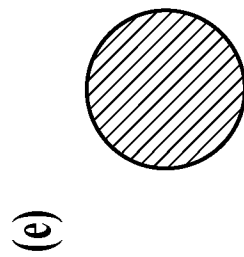
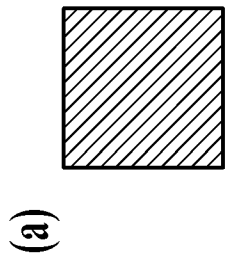
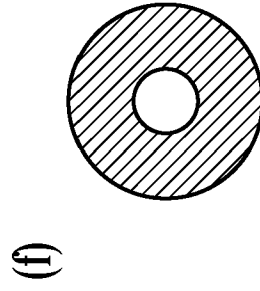
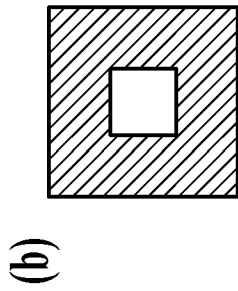
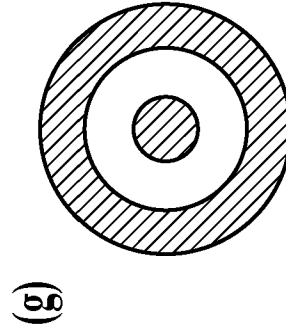
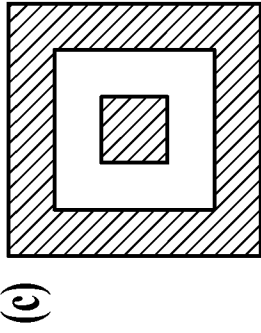
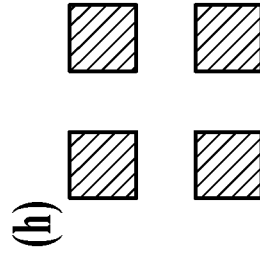
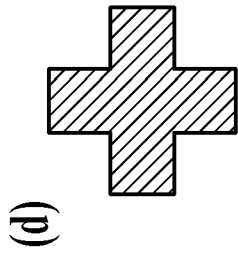
[図6]



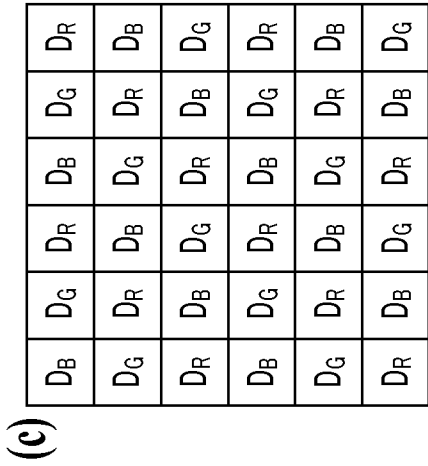
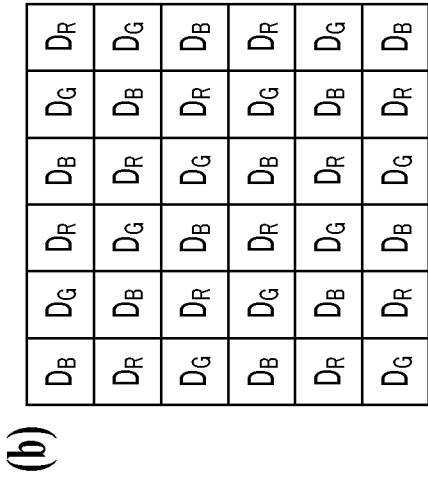
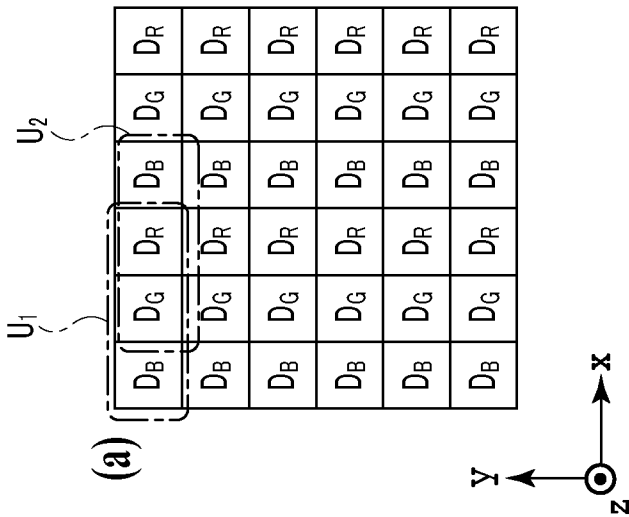
[図7]



[図8]



[9]



[] 10

D _B	D _G	D _R	D _B	D _G	D _R
D _G	D _B	D _R	D _G	D _B	D _R
D _R	D _B	D _G	D _R	D _G	D _B
D _R	D _G	D _B	D _R	D _G	D _B
D _G	D _R	D _B	D _G	D _R	D _B
D _B	D _R	D _G	D _B	D _R	D _G

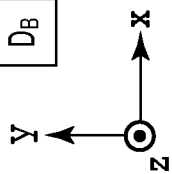
(c)

D _B	D _R	D _G	D _B	D _R	D _G
D _B	D _G	D _R	D _B	D _R	D _G
D _G	D _B	D _R	D _G	D _B	D _R
D _R	D _G	D _B	D _R	D _G	D _B
D _R	D _B	D _G	D _R	D _B	D _G
D _G	D _B	D _R	D _G	D _B	D _R

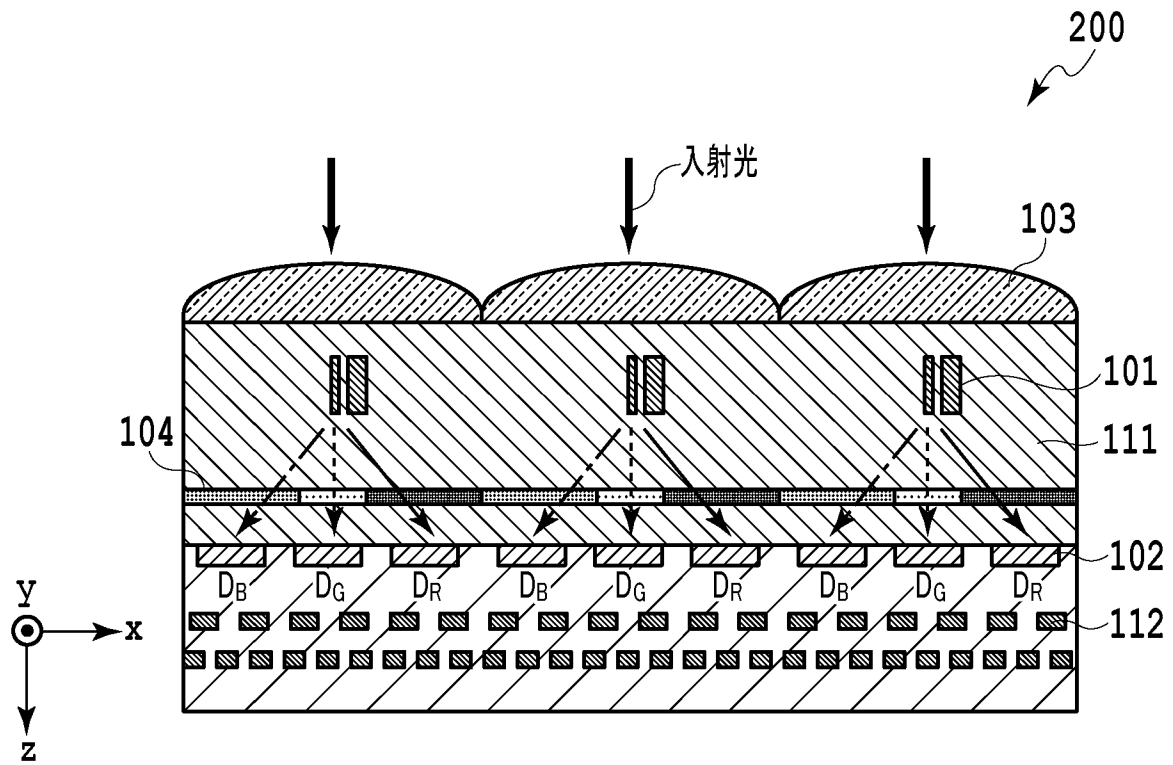
(b)

D _B	D _R	D _G	D _B	D _R	D _G
D _R	D _G	D _B	D _R	D _G	D _B
D _B	D _R	D _G	D _B	D _R	D _G
D _R	D _G	D _B	D _R	D _G	D _B
D _B	D _R	D _G	D _B	D _R	D _G
D _B	D _R	D _G	D _B	D _R	D _G

(a)

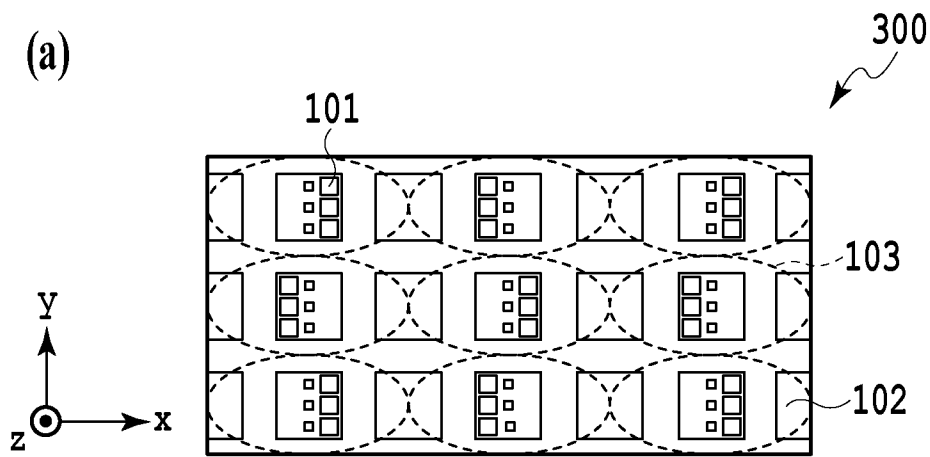


[図11]

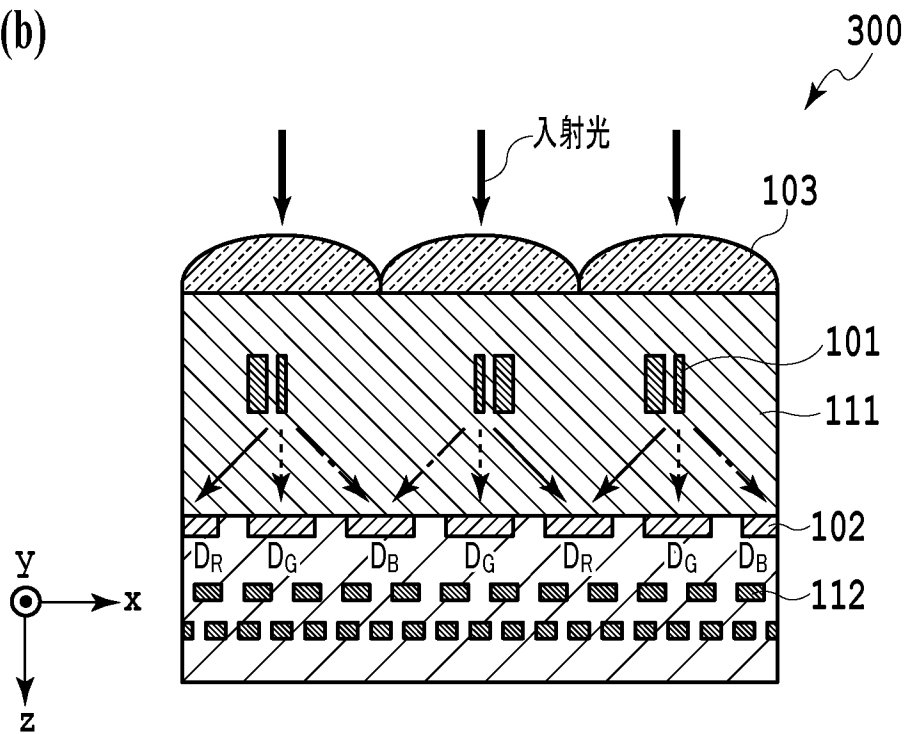


[図12]

(a)



(b)



[図13]

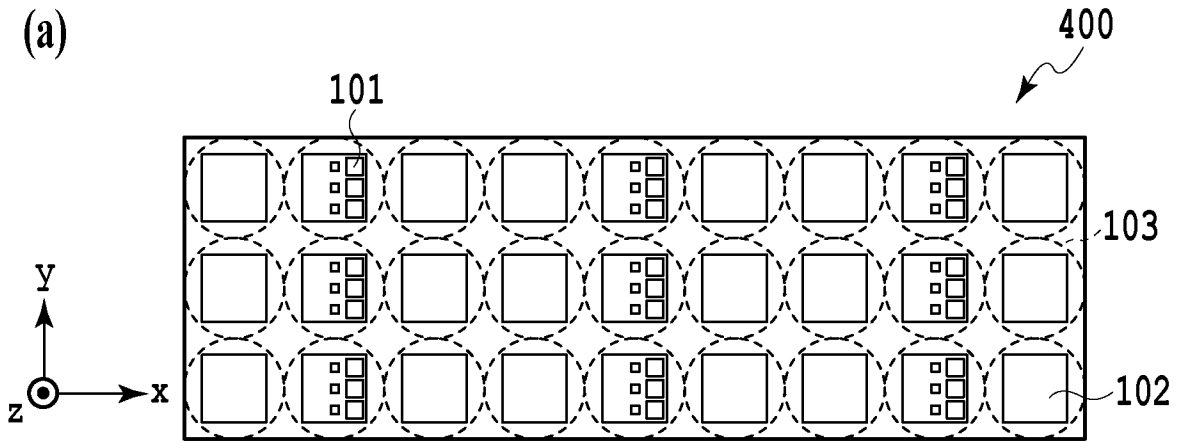
Diagram 13 shows a 6x6 grid of cells. The cells contain characters: DB, DR, and DG. The grid is as follows:

DB	DG	DR	DG	DB	DG
DR	DG	DB	DG	DR	DG
DB	DG	DR	DG	DB	DG
DR	DG	DB	DG	DR	DG
DB	DG	DR	DG	DB	DG
DR	DG	DB	DG	DR	DG

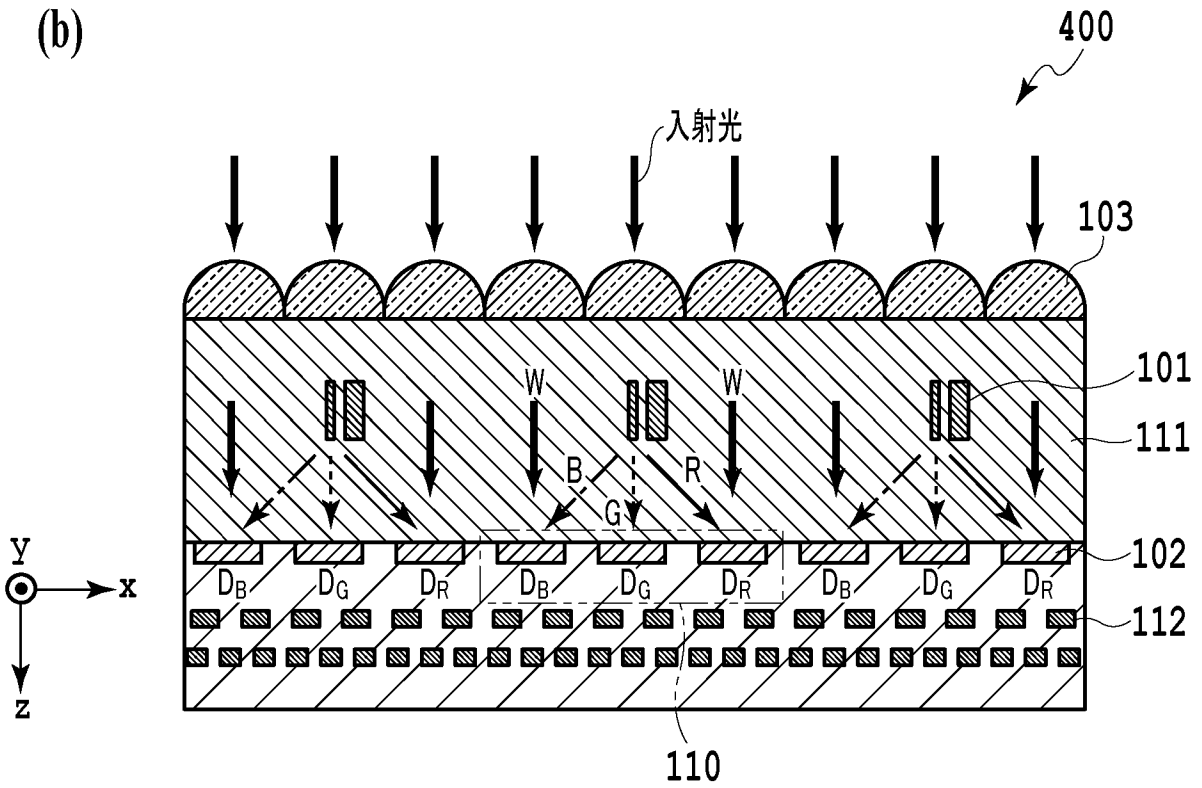
A dashed box labeled U_1 encloses the first three columns. A dashed box labeled U_2 encloses the second, third, and fourth rows.

[図14]

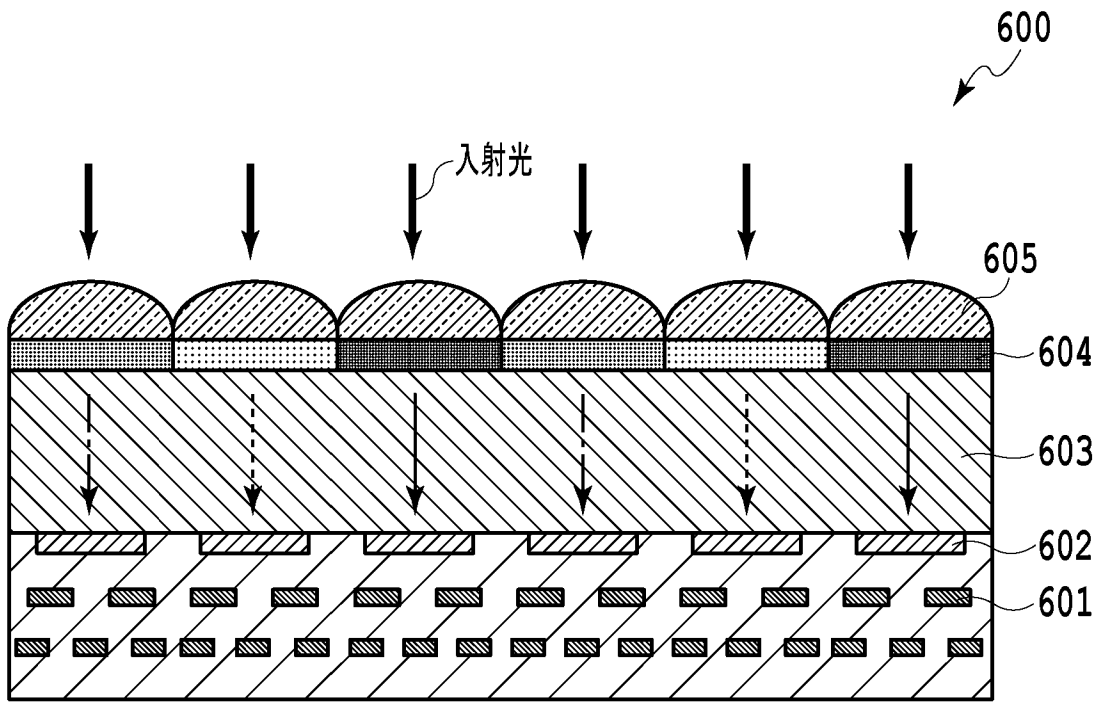
(a)



(b)

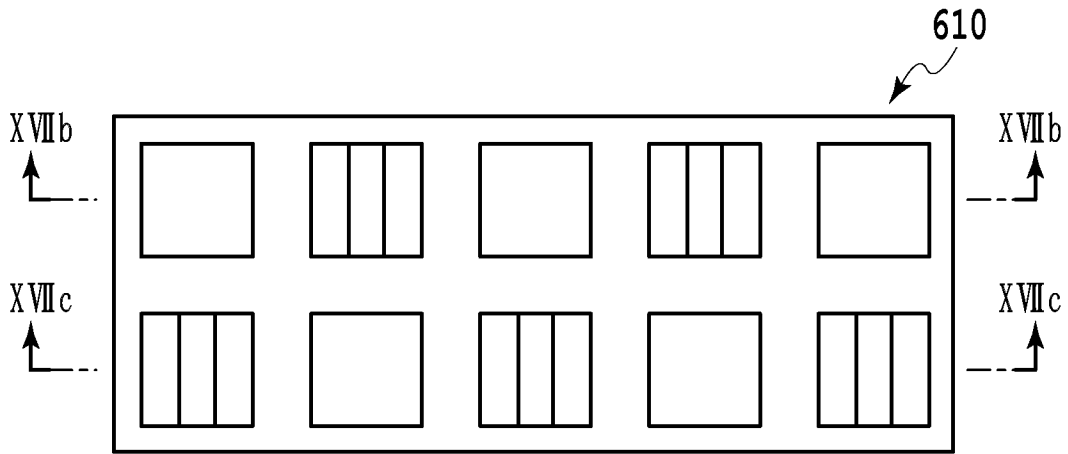


[図16]

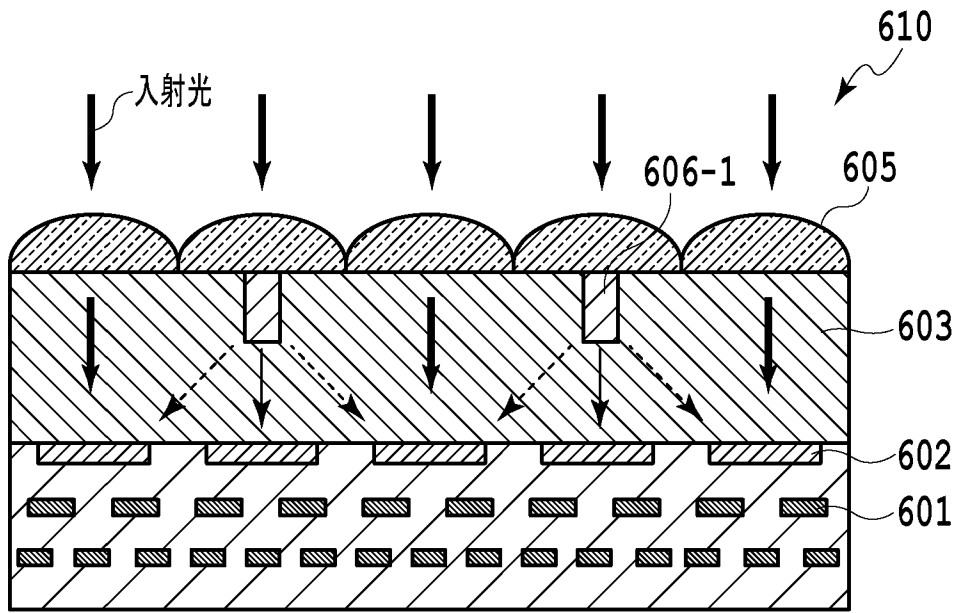


[図17]

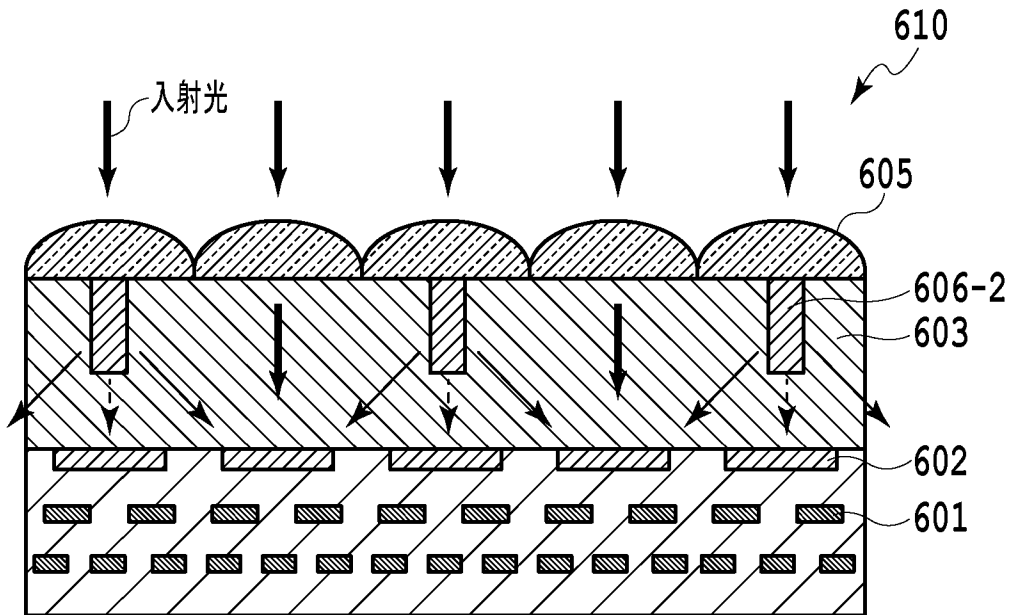
(a)



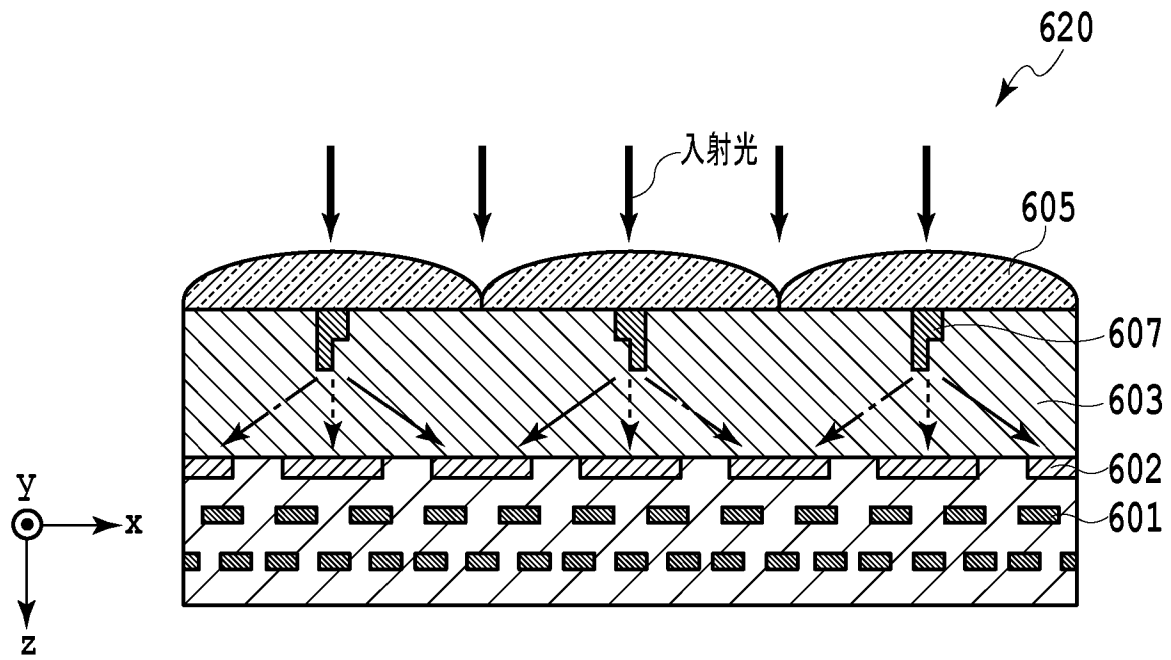
(b)



(c)



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/011138

<p>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. H01L27/146(2006.01) i, G02B5/20(2006.01) i, H04N9/07(2006.01) i</p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>											
<p>B. FIELDS SEARCHED</p> <p>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl. H01L27/146, G02B5/20, H04N9/07</p> <p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched</p> <table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Published examined utility model applications of Japan</td> <td style="text-align: right;">1922-1996</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Published unexamined utility model applications of Japan</td> <td style="text-align: right;">1971-2019</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Registered utility model specifications of Japan</td> <td style="text-align: right;">1996-2019</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Published registered utility model applications of Japan</td> <td style="text-align: right;">1994-2019</td> </tr> </table> <p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)</p>			Published examined utility model applications of Japan	1922-1996	Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019	Registered utility model specifications of Japan	1996-2019	Published registered utility model applications of Japan	1994-2019	
Published examined utility model applications of Japan	1922-1996										
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019										
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019										
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019										
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:10%;">Category*</th> <th style="width:70%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width:20%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center">A</td> <td>WO 2013/094178 A1 (PANASONIC CORPORATION) 27 June 2013, entire text, all drawings & US 2014/0124650 A1, entire text, all drawings & CN 103477436 A</td> <td align="center">1-8</td> </tr> <tr> <td align="center">A</td> <td>WO 2009/153937 A1 (PANASONIC CORPORATION) 23 December 2009, entire text, all drawings & US 2010/0188537 A1, entire text, all drawings & CN 101779288 A & KR 10-2011-0019724 A & TW 201008264 A</td> <td align="center">1-8</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	A	WO 2013/094178 A1 (PANASONIC CORPORATION) 27 June 2013, entire text, all drawings & US 2014/0124650 A1, entire text, all drawings & CN 103477436 A	1-8	A	WO 2009/153937 A1 (PANASONIC CORPORATION) 23 December 2009, entire text, all drawings & US 2010/0188537 A1, entire text, all drawings & CN 101779288 A & KR 10-2011-0019724 A & TW 201008264 A	1-8
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.									
A	WO 2013/094178 A1 (PANASONIC CORPORATION) 27 June 2013, entire text, all drawings & US 2014/0124650 A1, entire text, all drawings & CN 103477436 A	1-8									
A	WO 2009/153937 A1 (PANASONIC CORPORATION) 23 December 2009, entire text, all drawings & US 2010/0188537 A1, entire text, all drawings & CN 101779288 A & KR 10-2011-0019724 A & TW 201008264 A	1-8									
<p><input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.</p>											
<p>* Special categories of cited documents:</p> <table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </td> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p> </td> </tr> </table>			<p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>							
<p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>										
<p>Date of the actual completion of the international search 04.06.2019</p>		<p>Date of mailing of the international search report 11.06.2019</p>									
<p>Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan</p>		<p>Authorized officer</p> <p>Telephone No.</p>									

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/011138

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2009/019818 A1 (PANASONIC CORPORATION) 12 February 2009, entire text, all drawings & US 2010/0176473 A1, entire text, all drawings & CN 101548381 A & KR 10-2010-0047862 A	1-8
A	WO 2010/016195 A1 (PANASONIC CORPORATION) 11 February 2010, entire text, all drawings & US 2011/0192962 A1, entire text, all drawings & CN 101816184 A & KR 10-2011-0037925 A	1-8
A	WO 2014/033976 A1 (PANASONIC CORPORATION) 06 March 2014, entire text, all drawings & US 2014/0284455 A1, entire text, all drawings & CN 103907189 A	1-8
A	WO 2010/070869 A1 (PANASONIC CORPORATION) 24 June 2010, entire text, all drawings & US 2011/0037869 A1, entire text, all drawings	1-8
A	JP 2012-49620 A (PANASONIC CORPORATION) 08 March 2012, entire text, all drawings & US 2012/0212656 A1, entire text, all drawings & CN 102714738 A	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H01L27/146(2006.01)i, G02B5/20(2006.01)i, H04N9/07(2006.01)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. H01L27/146, G02B5/20, H04N9/07										
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2019年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2019年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2019年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2019年	日本国実用新案登録公報	1996-2019年	日本国登録実用新案公報	1994-2019年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2019年									
日本国実用新案登録公報	1996-2019年									
日本国登録実用新案公報	1994-2019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	WO 2013/094178 A1（パナソニック株式会社）2013.06.27, 全文, 全図 & US 2014/0124650 A1, 全文, 全図 & CN 103477436 A	1-8								
A	WO 2009/153937 A1（パナソニック株式会社）2009.12.23, 全文, 全図 & US 2010/0188537 A1, 全文, 全図 & CN 101779288 A & KR 10-2011-0019724 A & TW 201008264 A	1-8								
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 04.06.2019	国際調査報告の発送日 11.06.2019									
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） 柴山 将隆 電話番号 03-3581-1101 内線 3516	5 F 3035								

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	WO 2009/019818 A1 (パナソニック株式会社) 2009.02.12, 全文, 全図 & US 2010/0176473 A1, 全文, 全図 & CN 101548381 A & KR 10-2010-0047862 A	1-8
A	WO 2010/016195 A1 (パナソニック株式会社) 2010.02.11, 全文, 全図 & US 2011/0192962 A1, 全文, 全図 & CN 101816184 A & KR 10-2011-0037925 A	1-8
A	WO 2014/033976 A1 (パナソニック株式会社) 2014.03.06, 全文, 全図 & US 2014/0284455 A1, 全文, 全図 & CN 103907189 A	1-8
A	WO 2010/070869 A1 (パナソニック株式会社) 2010.06.24, 全文, 全図 & US 2011/0037869 A1, 全文, 全図	1-8
A	JP 2012-49620 A (パナソニック株式会社) 2012.03.08, 全文, 全図 & US 2012/0212656 A1, 全文, 全図 & CN 102714738 A	1-8