

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4902112号
(P4902112)

(45) 発行日 平成24年3月21日 (2012.3.21)

(24) 登録日 平成24年1月13日 (2012.1.13)

(51) Int.Cl.

F I

G O 2 B 27/46 (2006.01)

G O 2 B 27/46

G O 2 B 5/00 (2006.01)

G O 2 B 5/00

A

G O 2 B 5/18 (2006.01)

G O 2 B 5/18

H O 4 N 5/225 (2006.01)

H O 4 N 5/225

D

H O 4 N 101/00 (2006.01)

H O 4 N 101/00

請求項の数 6 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2004-337135 (P2004-337135)
 (22) 出願日 平成16年11月22日 (2004.11.22)
 (65) 公開番号 特開2006-145939 (P2006-145939A)
 (43) 公開日 平成18年6月8日 (2006.6.8)
 審査請求日 平成19年11月20日 (2007.11.20)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100086818
 弁理士 高梨 幸雄
 (72) 発明者 佐々木 亨
 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

審査官 林 祥恵

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 低域通過フィルタおよび撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

固体撮像素子を有する撮像装置に用いる低域通過フィルタであって、該低域通過フィルタは、その光入射面からの光束の一部を光進行方向に対して横ずれさせて出射させており、該光入射面は、光束の同一方向の横ずれ量が入射位置によって異なる領域を含み、前記光入射面の横ずれ量が入射位置によって異なる領域は、前記固体撮像素子の各画素に対して、横ずれ量の異なる複数の光束が入射するように面積分割されていることを特徴とする低域通過フィルタ。

【請求項 2】

前記低域通過フィルタは、前記横ずれ量の違いを各領域毎にプリズム頂角の異なる複数のプリズムを一方向に配置したプリズムアレイを利用して行っていることを特徴とする請求項 1 の低域通過フィルタ。

【請求項 3】

前記横ずれ量が入射位置によって異なる領域の分布は、離散的な数値を選択確率分布に従って選択して横ずれ量とした分布であることを特徴とする請求項 1 又は 2 の低域通過フィルタ。

【請求項 4】

前記横ずれ量が入射位置によって異なる領域の分布は、前記選択確率分布を一様分布としていることを特徴とする請求項 3 の低域通過フィルタ。

【請求項 5】

10

20

前記横ずれ量が入射位置によって異なる領域の分布は、前記選択確率分布をガウス分布としていることを特徴とする請求項 3 の低域通過フィルタ。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項の低域通過フィルタを有することを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高解像度の撮像系（レンズ系）を有するデジタルカメラやビデオカメラのような撮像手段として固体撮像素子を用いたときに発生する、エリアジングノイズを抑制するための特殊な構成の低域通過フィルタ及び該低域通過フィルタを有する撮像装置に関するものである。

10

【背景技術】

【0002】

現在、500万を超える画素数のイメージセンサが開発され、この高性能なイメージセンサがデジタルカメラに用いられている。しかしながら、得られる画像に偽色やモアレ縞が混入する場合があります、総合的な画質に関しては未だに解決すべき課題が多い。

【0003】

一般に離散的画素構造を有する固体撮像素子を用いた撮像系では画像情報を光学的に空間サンプリングして出力画像を得ている。この場合、被写体にサンプリング周波数以上の高空間周波数成分が含まれていると被写体が有していない構造や色合い等の偽信号が発生してくる。

20

【0004】

即ち撮像系によって採取することのできない周波数成分（ナイキスト周波数を越える周波数成分）は画像情報として再現することができず、所謂波形歪み、モアレ縞や偽色等が形成される原因となってくる。この為従来より低域通過フィルタ（光学的ローパスフィルタ）を撮像系の一部に配置して被写体の高空間周波数成分を制限している。

【0005】

光学的ローパスフィルタ及びそれを有した結像系は従来より種々の型のものが提案されている（特許文献 1、2）。

30

【0006】

偽色やモアレ縞はエリアジングノイズと呼ばれるノイズに分類される。このエリアジングノイズは、レンズ系により結像した像の高周波成分がイメージセンサのサンプリングパターンと干渉することで生じる。

【0007】

通常のノイズは、統計的な性質を考慮することである程度抑制できるが、エリアジングノイズは被写体に依存して大域的に発生することが多く、通常のノイズ対策の適用が難しい。

【0008】

エリアジングノイズの抑制には一般的に低域通過フィルタが用いられている。低域通過フィルタは、エリアジングノイズの原因であるナイキスト周波数より高い周波数成分の振幅を抑制する。

40

【0009】

低域通過フィルタには、水晶板のような複屈折性を持つ光学素子や、位相型回折格子等が利用されている。この中でも、比較的急峻なカットオフ特性が得られるため複屈折性を利用した光学素子が多く利用されている。

【0010】

一方、エリアジングノイズの抑制の別の方式としてイメージセンサの直前にマイクロレンズアレイを配置し、このマイクロレンズアレイのレンズ形状を画素位置に応じて変化した方式が提案されている（非特許文献 1）。

50

【 0 0 1 1 】

この方式は、イメージセンサの各受光素子に対して、受光素子の位置毎に異なるデフォーカスを施された光線を入射させることで、良好なMTFを実現している。この方式は、ノイズの発生を伴うものの、通常のマイクロレンズアレイと比較して良好なカットオフ特性が得られる。

【特許文献1】特開平9 - 185019号公報

【特許文献2】特開8 - 15646号公報

【非特許文献1】刊行物O p l u s E (1997年9月)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【 0 0 1 2 】

図2に複屈折性を利用した低域通過フィルタのMTF 1 1 1を示す。複屈折性を利用する低域通過フィルタはカットオフ周波数 f_c 以上の成分を完全に抑制する光学素子ではなく、かなりの成分を透過する。そのため、カットオフ周波数 f_c 以上の高い周波数成分を被写体を持つ場合、モアレ縞が顕著に表れてしまう。

また、非特許文献1により提案された方式はレンズアレイのMTFが基になっているため、複屈折方式のように鋭利なカットオフ特性が得られない。

【 0 0 1 3 】

本発明は、良好なカットオフ特性が得られ、高周波成分のMTFが平均的に減衰する低域通過フィルタと、該低域通過フィルタを用いた撮像装置の提供を目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 4 】

本発明の低域通過フィルタは、固体撮像素子を有する撮像装置に用いる低域通過フィルタであって、該低域通過フィルタは、その光入射面からの光束の一部を光進行方向に対して横ずれさせて出射させており、該光入射面は、光束の同一方向の横ずれ量が入射位置によって異なる領域を含み、前記光入射面の横ずれ量が入射位置によって異なる領域は、前記固体撮像素子の各画素に対して、横ずれ量の異なる複数の光束が入射するように面積分割されていることを特徴としている。

【発明の効果】

【 0 0 1 5 】

30

本発明によれば、良好なカットオフ特性が得られ、高周波成分のMTFが平均的に減衰する低域通過フィルタが得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 6 】

【実施例1】

【 0 0 1 7 】

図1(A)は、本発明の低域通過フィルタを有する撮像装置の実施例1の要部概略図である。図1(A)において被写体から発せられた光線は、レンズ系(撮影系)101により集光され、エリアジングノイズ抑制フィルタ(低域通過フィルタ)102により画像情報の中から高周波成分を抑制した後、任意配列のカラーフィルタと集光用マイクロレンズアレイを備えた単板式カラーイメージセンサ103上に光学像が結像される。

40

【 0 0 1 8 】

エリアジングノイズ抑制フィルタ102はカラーイメージセンサ103の光入射側の光路中の直前に配置している。光学像は、単板式カラーイメージセンサ103により光電変換され、A/D変換処理部104により濃度量子化され、色補間処理部105により補間処理を施される。色補間処理部105で得られた画像情報は、メインメモリ106に保存される。本実施例の撮像装置は画像処理プロセッサ107を備えており、コントローラ108からの制御信号に従い色再現処理、圧縮処理を実行している。

【 0 0 1 9 】

エリアジングノイズ抑制フィルタ102は、複屈折性を利用した低域通過フィルタの光

50

学作用を利用している。図 1 (B) に複屈折性の光学素子 1 0 2 a による偏光成分の空間移動の例を示す。水晶等の複屈折素子 1 0 2 a は入射光線 L I を振動方向が直交する二つの平行光線に分離する性質を持つ。二光線の分離幅 w (つまり、空間移動距離) は光学素子 1 0 2 a の厚さ d に比例する。

【 0 0 2 0 】

本実施例の低域通過フィルタ 1 0 2 は、その光入射面からの光束の一部を光進行方向に対して横ずれさせて出射させており、光入射面は、光束の同一方向の横ずれ量が入射位置によって異なる領域を含んでいる。

【 0 0 2 1 】

エリアジングノイズ抑制フィルタ 1 0 2 は、複屈折性を有する低域通過フィルタの表面に凹凸形状を作成し、領域的に光の進行方向を変えることで空間移動距離に変化を持たせている。

【 0 0 2 2 】

素子厚が厚い個所では光学素子中の光路長が長くなるため空間移動距離が増加し、素子厚が薄い個所では逆の効果が得られる。

【 0 0 2 3 】

図 1 (C) に、エリアジングノイズ抑制フィルタ 1 0 2 b による空間移動距離と光の進行方向の分布の例を示す。エリアジングノイズ抑制フィルタ 1 0 2 b では、光学素子の光入射面を凹凸形状とし、光入射面上の各点 (各領域) で光が異なった空間移動距離を持つように描いているが、図 1 (D) に示すようにエリアジングノイズ抑制フィルタ 1 0 2 の各点で空間移動方向のみに距離が変化している分布であっても良い。

【 0 0 2 4 】

エリアジングノイズ抑制フィルタ 1 0 2 c の空間移動距離を持つ光入射面上の表面凹凸形状は、例えば水晶を材料とした低域通過フィルタの表面を切削し、線状の溝を多数形成することで実現できる。エリアジングノイズ抑制フィルタ 1 0 2 b のような複雑な凹凸形状分布を作成する場合には、エッチングプロセス等を利用することができる。

【 0 0 2 5 】

撮影系 1 0 1 を通過した光束に対して目標とする MTF を得るためには、エリアジングノイズ抑制フィルタ 1 0 2 b やエリアジングノイズ抑制フィルタ 1 0 2 c のように、入射光の空間移動距離の分布を制御する必要がある。制御法には確率的に移動距離を決定する方法や、目標の MTF に合わせて移動距離分布を最適化する方法が適用できる。

【 0 0 2 6 】

ここでは前者を用いた例について説明する。この制御方法では、まず、イメージセンサ 1 0 3 の受光器開口の中心位置座標 (x, y) に対して、 -1 から 1 の間で一様乱数 r_{xy} を生成する。次に、事前に選択した空間移動距離の最大値 S_{max} と最小値 S_{min} から、以下の式に従って位置 (x, y) における空間移動距離 S_{xy} を算出する。

【 0 0 2 7 】

$$S_{xy} = (S_{max} + S_{min}) / 2 + (S_{max} - S_{min}) \times r_{xy} / 2 \quad \text{----- (1)}$$

最大値 S_{max} と最小値 S_{min} の選択は任意であるが、最大値 S_{max} と最小値 S_{min} の平均値が特定の空間移動距離 S' になるように選ぶことで、低周波成分に関しては、空間移動距離 S' に対応する通常の複屈折型の低域透過フィルタと同様の MTF 特性を得ることができる。

【 0 0 2 8 】

また、本制御法では一様乱数を用いて値 r_{xy} を選んでいるが、例えば、 0 を中心としたガウス分布等の選択確率分布を導入して数値を選択することで、MTF の制御性を向上させることができる。

【 0 0 2 9 】

最終的に、エリアジングノイズ抑制フィルタの表面形状 $d(x, y)$ は以下の式に従って近似的に得られる。

【 0 0 3 0 】

$$d(x, y) = k \times S(x, y) \quad \text{----- (2)}$$

10

20

30

40

50

ただし、 k は光学素子の複屈折性に基づいた比例定数、 $S(x, y)$ は S_{xy} を補間して得られた連続分布である。近似としているのは、光入射面の表面による屈折の影響が考慮されていないためである。表面形状の変化が大きい場合には近似精度が問題となるが、本実施例では連続的に変化する分布を想定しており影響は少ない。

【0031】

以上の方法に従って作成したエリアジングノイズ抑制フィルタ102と他の低域通過フィルタのMTFの違いを図2に示す。ただし、これらのMTFは結像レンズ系の影響を考慮していないため、実際の撮像系のMTFは高周波成分がさらに抑制された形状になる。また、エリアジングノイズ抑制フィルタ102は位置によりデフォーカス量が異なるため、点像応答からMTFを直接的に求めることはできない。そのため、点像分布から得られるMTFの平均値を撮像系のMTFとしている。

10

【0032】

図2において複屈折型低域通過フィルタと、固体撮像素子に付属する開口率向上のためのマイクロレンズアレイを考慮した一般的な撮像系の構成に対するMTF111は、カットオフ周波数 f_c からサンプリング周波数 f_s の間に透過周波数帯を持つ。

【0033】

そのため、原画像が空間周波数 f_m において振幅の大きい成分を有するときには、得られる画像にモアレ縞が発生しやすい。一方、エリアジングノイズ抑制フィルタ102と開口率向上用マイクロレンズアレイを考慮したMTF112は、MTF111に比べ高周波成分を平均的に抑制している。

20

【0034】

このことから、エリアジングノイズ抑制フィルタ102は、カットオフ周波数 f_c 近辺以外で通常の低域通過フィルタより高いエリアジングノイズ抑制能力を持つことがわかる。一方、本庄により提案された開口形状をランダムに変化させたマイクロレンズアレイのMTF113は、開口率向上用のマイクロレンズアレイのMTF114の高周波成分を抑制した形状になる。

【0035】

しかし、空間周波数に対して線形に近い減衰特性しか得られないため、複屈折性を用いた一般的な低域通過フィルタのように急峻なカットオフ特性を得るのが難しい。

【0036】

30

実施例1によれば、通常の複屈折型低域通過フィルタより大部分の高周波帯域においてエリアジングノイズ抑制効果が高く、開口形状をランダムに変化させたマイクロレンズアレイを用いた方式より良好なカットオフ特性を有する低域通過フィルタ及びそれを有する撮像装置が得られる。

【実施例2】

【0037】

次に本発明の実施例2の撮像装置を説明する。

【0038】

実施例2の撮像装置は、実施例1とほぼ同一であり、エリアジングノイズ抑制フィルタ102の構成が異なる。実施例2で用いるエリアジングノイズ抑制フィルタ201について図3を用いて説明する。

40

【0039】

図3(A)において、エリアジングノイズ抑制フィルタ201は、斜線部201aと白色部201bで示す領域で厚さの異なる二領域から構成される複屈折型の低域通過フィルタである。

【0040】

原理的には、二つである必要は無く、厚さの異なる複数の領域があればよい。以下、厚い領域201aの面を第一面、薄い領域の面を第二面と呼ぶことにする。エリアジングノイズ抑制フィルタの素材には実施例1と同様に水晶板を用い、面形状はエッチング処理により作製している。

50

【 0 0 4 1 】

水晶板による偏光成分の空間移動は、矢印 2 0 2 で示される方向に起こる。図 3 (B) に示すように、二つの面 2 0 1 a , 2 0 1 b の高さは任意であるが、本実施例では二面の厚みの平均値が、カラーフィルタの間隔の空間移動に対応するように選んでいる。

【 0 0 4 2 】

図 3 (C) において点線で書かれた格子はカラーフィルタの開口 (一画素) との対応関係を表わす。第一面 2 0 1 a と第二面 2 0 1 b の境界はカラーフィルタ開口に応じて任意に設定している。

【 0 0 4 3 】

本実施例では、色フィルタ開口内での各面の面積比が、位置毎にランダムに選択されるように境界を設定している。境界の設定では、後で述べるように各面の面積比 (面積分割) が重要になる。そのため、図 3 (C) に示すように第 1、第 2 面の境界を決めても原理的には問題はない。

【 0 0 4 4 】

図 3 (B) に示すエリアジングノイズ抑制フィルタ 2 0 1 の断面形状 2 0 4 を用いて、エリアジングノイズ抑制効果について説明する。断面形状 2 0 4 は、左側に第一面 2 0 1 a、右側に第二面 2 0 1 b を有する領域に対応している。カラーフィルタ 2 0 5 には、光線 a、b で示すような空間移動距離の異なる二光線が同時に入射する。ここで、カラーフィルタ 2 0 5 に入射する光線のうち、第一面 2 0 1 a、第二面 2 0 1 b を通して入射する光線 (光量) の比を m : n、光線 a の移動距離を S_1 、光線 b の移動距離を S_2 とする。このとき、カラーフィルタ 2 0 5 の背後にある受光器 (固体撮像素子の各画素) では、光強度が平均化されるために、以下に示す平均距離 S_a の空間移動を受けた場合と同様の効果が得られる。

【 0 0 4 5 】

$$S_a = (m \times S_1 + n \times S_2) / (m + n). \text{-----} (3)$$

エリアジングノイズ抑制フィルタ 2 0 1 では、第一面 2 0 1 a と第二面 2 0 1 b の境界が各カラーフィルタ 2 0 5 の開口上でランダムに変動するように設定されている。この結果、第一面 2 0 1 a と第二面 2 0 1 b の面積比が空間的に不均一になるため、式 (3) に示す平均空間移動距離分布が空間的に不均一な状態になる。このとき得られる MTF の例を図 4 に示す。実施例 1 と同様に、カットオフ周波数 f_c より大きい周波数成分が抑制された MTF が得られる。

【 0 0 4 6 】

本実施例では、二つの面 2 0 1 a , 2 0 1 b によるフィルタの構成を示したが、二つの面を用いると、図 3 (D) に示す断面 2 0 4 b を通過する光線 c は面の境界 2 0 4 a に到達し、像シフトの実現には寄与せず、光量損失の原因となる。このような状況を避けるには、図 5 (A) , (B) に示すように境界 2 0 4 a を傾斜させる構成や、面数を増やして境界の高低差を減らす構成を利用するのがよい。

【 0 0 4 7 】

以上のように、本実施例の低域通過フィルタ 1 0 2 は、横ずれを複屈折を利用して行っており、光入射面の各領域の横ずれ量の違いを、低域通過フィルタを通過する横ずれ光束の光路長を変えて行っている。

【 0 0 4 8 】

これにより、実施例 2 では少数の面で構成され、設計・作製が容易であり、実施例 1 と同程度のエリアジングノイズ抑制効果が得られるエリアジングノイズ抑制素子と撮像装置を得ている。

【 実施例 3 】

【 0 0 4 9 】

次に本発明の実施例 3 の撮像装置を説明する。

【 0 0 5 0 】

実施例 3 の撮像装置は、実施例 1、2 とほぼ同一であり、エリアジングノイズ抑制フィ

10

20

30

40

50

ルタ 102 の構成が異なる。実施例 3 で用いるエリアジングノイズ抑制フィルタ 301 について図 6 (A) を用いて説明する。

【0051】

図 6 (A) において、エリアジングノイズ抑制フィルタ 301 は、斜線部 301a と白色部 301b で示す二領域から構成される屈折型の低域通過フィルタである。白色部 301b の領域は平面であり、斜線部 301a には図 6 (B) に示す形状の微小プリズム P が配置されている。破線で示される枠は、受光器の開口に相当する。

【0052】

図 6 (B) は、図 6 (A) の斜線部 301a の断面 302 である。

【0053】

斜線部 301a に入射した光線 303 は、微小プリズム P により光路を曲げられて出力される。各プリズム P の斜面の傾斜角は、一定値で無ければ任意に設定して良い。本実施例では、光学素子 301 を通過後の光線が受光面 304 に到達した際に、受光器間隔の 40%、及び 60% の距離だけ空間移動するような二種類の傾斜角のプリズム P1, P2 をランダムに配置する。結果として、プリズムに応じて空間移動距離 d を変えた状態を作ることができるため、実施例 1、2 と同様に MTF を制御できる。プリズムアレイの作製方法は様々なものが適用できるが、本実施例では光硬化性樹脂を材料として型成型技術を用いて作製している。

【0054】

エリアジングノイズ抑制フィルタ 301 に対し、他にも様々な構成が適用できる。

【0055】

例としては、図 7 (A)、(B) に示すような構成が適用できる。

【0056】

図 7 (A) に示すエリアジングノイズ抑制フィルタ 3001 は、プリズムアレイの不連続面を訛らせて連続面に変えたものである。

【0057】

図 6 (A)、(B) に示す元の構成では、不連続な端面からの迷光が生ずる場合がある。これに対して図 7 (A) のエリアジングノイズ抑制フィルタ構成 3001 を用いることにより影響を緩和できる。

【0058】

図 7 (B) に示すエリアジングノイズ抑制フィルタ 3002 では、平面領域を作製しない。

【0059】

図 6 (A)、(B) に示す元の構成では、白色部 301b で示す平面領域と斜線領域 301a で示すプリズム領域が作製されていたが、エリアジングノイズ抑制フィルタ 3002 では、白色部で示す領域 3002b にもプリズム P を作製する。図 7 (C) に斜線領域 3002a の断面 311 と白色領域 3002b の断面 312 を示す。

【0060】

今後、断面 311 内の傾斜面 313 の傾斜角を負、断面 312 内の傾斜面 314 の傾斜角を正とし、各々を負の傾斜面、正の傾斜面と呼ぶことにする。白色部 3002b、および斜線領域 3002a には、負の傾斜面と正の傾斜面を順番に作製する。ただし、同じ受光器開口 (図 7 (B) に示す破線で囲まれた正方領域) 上に位置する白色領域 3002b と斜線領域 3002a の傾斜面は正負が逆になるように設定する。負の傾斜面は、入射光線を正の傾斜面の場合と逆の方向へ空間移動させる効果をもつ。ここで、傾斜面 313 により曲げられた入射光線の受光素子上での位置を基準に考える。そうすると、傾斜面 314 で曲げられた入射光線は、傾斜面 313、314 による空間移動距離の和に相当する距離を相対的に移動することになる。

【0061】

そこで、全ての負の傾斜面の傾斜角を一定値に設定し、正の傾斜面の傾斜角を変化させて光線の相対空間移動距離を変えることにより、図 6 に示す元の構成と同じ効果が得られ

10

20

30

40

50

る。エリアジングノイズ抑制フィルタ 3002 は、傾斜角が小さくても光線の空間移動距離を長くできる点で有利である。

【0062】

本実施例で得られるMTFは実施例2のものとはほぼ同様の形状になるため省略する。

【0063】

以上のように本実施例の低域通過フィルタは、横ずれ量の違いを各領域毎にプリズム頂角の異なる複数のプリズムを一方向に配置したプリズムアレイを利用して行っている。

【0064】

これにより本実施例では、実施例1と同程度のエリアジングノイズ抑制効果が得られる屈折型のエリアジングノイズ抑制素子と撮像装置を得ている。

10

【実施例4】

【0065】

次に本発明の実施例4の撮像装置について説明する。

【0066】

実施例4の撮像装置は他の実施例とほぼ同じであり、エリアジングノイズ抑制フィルタの構成が異なる。実施例4で用いるエリアジングノイズ抑制フィルタ401について図8(A)を用いて説明する。図8(A)においてエリアジングノイズ抑制フィルタ401は、1次元位相型回折格子アレイを利用した低域通過フィルタである。各回折格子は撮像素子の受光器開口上に位置し、各回折格子毎に決められた格子間隔を持つ。格子の方向はy方向に沿って刻まれ、x方向に回折光が発生するように設定している。

20

【0067】

断面402における回折格子の形状と、入射光線の光路を図8(B)に示す。本実施例では回折格子として2レベルのものを用いているが、マルチレベルの格子やブレード格子を用いて回折効率を正確に制御することで、MTFの制御性を向上している。

【0068】

光線のうち、回折しない0次光は直進して通常どおりに結像し、±1次光は回折して受光器間隔の半分程度の距離を空間移動して結像する。

【0069】

各々の光線が、複屈折素子を用いた低域通過フィルタにおける偏光成分と同様の働きをすることになる。

30

【0070】

エリアジングノイズ抑制素子401は、二種類以上の格子をアレイ状に配置したものである。回折格子に関しては、格子間隔が異なっていれば任意に選択してよく、配置方法も任意である。本実施例では、一次回折光成分の空間移動距離が受光器間隔の50%、70%の二種類の回折格子を交互に各々の個数の比が1:1になるようにランダムに配置している。

【0071】

一次回折光の回折効率を30%として、高次回折光は無視できる。

【0072】

エリアジングノイズ抑制フィルタ401に受光器開口による光強度平均化効果を考慮したときのMTF411は図9に示す形状となる。通常の複屈折型光学ローパスフィルタと受光器開口によるMTF412と比較して、カットオフ周波数 f_c 以降の高周波成分に対する抑制効果が高いことがわかる。

40

【0073】

以上のように、本実施例の低域通過フィルタは、横ずれ量の違いを格子周期が異なる複数の回折格子を一方向に配置した回折格子アレイを利用して行っている。

【0074】

これにより本実施例では、実施例1と同様にMTFを制御できる回折型のエリアジングノイズ抑制素子と撮像装置を得ている。

【0075】

50

以上のように各実施例のエリアジングノイズ抑制フィルタによれば、入射光線、あるいはその部分光線の光路を曲げて受光面で空間移動させる機能を持ち、空間移動距離が光学素子上の入射位置に応じて変化させることにより、通常の複屈折型低域通過フィルタより良好なMTFが得られる。

【0076】

MTFの制御法として、空間移動距離の分布を確率的に生成する手法を用いることにより、例えば空間移動距離の分布を少数の離散的な数値で構成することにより、連続な場合より高い再現性で分布を実現できる。

【0077】

又、選択確率分布として一様分布、ガウス分布を用いれば、カットオフ周波数より低い周波数成分に対するMTFを通常の低域通過フィルタと同様の急峻なカットオフ特性を保持したまま、高周波成分のMTFを制御できる。

【0078】

フィルタ表面に連続的な凹凸形状を作製することにより、面上の位置により空間移動距離を変化させることができる。

【0079】

光入射面の表面に複数の高さの異なる面を作製すれば作製が容易で形状の再現性が高い光学素子が得られる。

【0080】

光入射面の複数の領域の複数の面の境界を、固体撮像素子の受光器開口毎（各画素毎）に、各面の面積比が決められた値になるように設定し、面積比を定めることにより、擬似的に連続な空間移動距離の分布が得られ、MTFの制御が容易になる。

【0081】

異なる屈折角を持つ複数の微小プリズムを組み合わせて透明基盤上に作製し、微小プリズムによる屈折を利用すれば、面上の位置により空間移動距離を変化させることができる。

【0082】

異なる格子間隔を持つ微小回折格子を組合せて配置した回折素子を用いれば微小回折格子による回折効果により、面上の位置により空間移動距離を変化させることができる。

【0083】

次に本発明のエリアジングノイズ抑制フィルタを用いた撮像装置として、ビデオカメラとデジタルスチルカメラの実施形態を図10、図11を用いて説明する。

【0084】

図10において、10はビデオカメラ本体、11は撮影光学系、15はエリアジングノイズ抑制フィルタ、12は撮影光学系11によって被写体像を受光するCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）、13は撮像素子12によって光電変換された被写体像に対応する情報を記憶するメモリ、14は不図示の表示素子に表示された被写体像を観察するためのファインダーである。上記表示素子は液晶パネル等によって構成され、撮像素子12上に形成された被写体像が表示される。

【0085】

図11において、20はカメラ本体、21は撮影光学系、25はエリアジングノイズ抑制フィルタ、22はカメラ本体に内蔵され、撮影光学系21によって形成された被写体像を受光するCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光学変換素子）、23は固体撮像素子22によって光電変換された被写体像に対応する情報を記録するメモリ、24は液晶ディスプレイパネル等によって構成され、固体撮像素子22上に形成された被写体像を観察するためのファインダーである。

【0086】

このように本発明のエリアジングノイズ抑制フィルタをビデオカメラやデジタルスチルカメラ等の撮像装置の光学系に適用することにより、高い光学性能を有する撮像装置を実

10

20

30

40

50

現している。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 8 7 】

【図 1】実施例 1 における撮像装置とエリアジングノイズ抑制フィルタを説明する図である。

【図 2】エリアジングノイズ抑制フィルタ 1 0 2 とその他の低域通過フィルタのMTFの違いを示した図である。

【図 3】実施例 2 で提供するエリアジングノイズ抑制フィルタを説明する図である。

【図 4】エリアジングノイズ抑制フィルタ 2 0 1 のMTFを示す図である。

【図 5】光入射面上の光路長を変化させる領域面間の境界による光量損失を低減する手法を示す図である。 10

【図 6】実施例 3 で提供するエリアジングノイズ抑制フィルタを説明する図である。

【図 7】エリアジングノイズ抑制フィルタ 3 0 1 の構成方法を説明する図である。

【図 8】実施例 4 で提供するエリアジングノイズ抑制フィルタを説明する図である。

【図 9】エリアジングノイズ抑制フィルタ 4 0 1 のMTFについて説明する図である。

【図 1 0】本発明の撮像装置の説明図である。

【図 1 1】本発明の撮像装置の説明図である。

【符号の説明】

【 0 0 8 8 】

1 0 1 レンズ系 20

1 0 2 エリアジングノイズ抑制フィルタ

1 0 2 a 複屈折素子による光線の分離

1 0 2 b エリアジングノイズ抑制フィルタにおける画素シフト量

1 0 2 c エリアジングノイズ抑制フィルタにおける画素シフト量（画素シフト量が一次的に変化する分布）

1 0 3 単板式カラーイメージセンサ

1 0 4 A/D変換器

1 0 5 補間演算部

1 0 6 メインメモリ

1 0 7 画像処理プロセッサ 30

1 0 8 コントローラ

1 1 1 複屈折型低域通過フィルタと開口率向上用のマイクロレンズアレイを考慮したMTF

1 1 2 エリアジングノイズ抑制フィルタ 1 0 2 と開口率向上用マイクロレンズアレイを考慮したMTF

1 1 3 開口形状をランダムに変化させたマイクロレンズアレイにより実現されるMTF

1 1 4 開口形状が一定のマイクロレンズアレイのMTF

2 0 1 2 レベルエッチングにより作成したエリアジングノイズ抑制フィルタ

2 0 2 水晶板の像シフト方向

2 0 3 二つの面の境界の設定の例 40

2 0 4 エリアジングノイズ抑制フィルタ 2 0 1 の断面と入射光線の伝播

2 0 4 b エリアジングノイズ抑制フィルタ 2 0 1 の端面により伝播できない入射光線

2 0 5 断面 2 0 4 を通過した光線が入射するカラーフィルタ

2 1 1 複屈折型低域通過フィルタとマイクロレンズアレイを組み合わせた系のMTF

2 1 2 エリアジングノイズ抑制フィルタ 2 0 1 とマイクロレンズアレイを組み合わせた系のMTF

3 0 1 プリズムアレイを用いたエリアジングノイズ抑制フィルタ

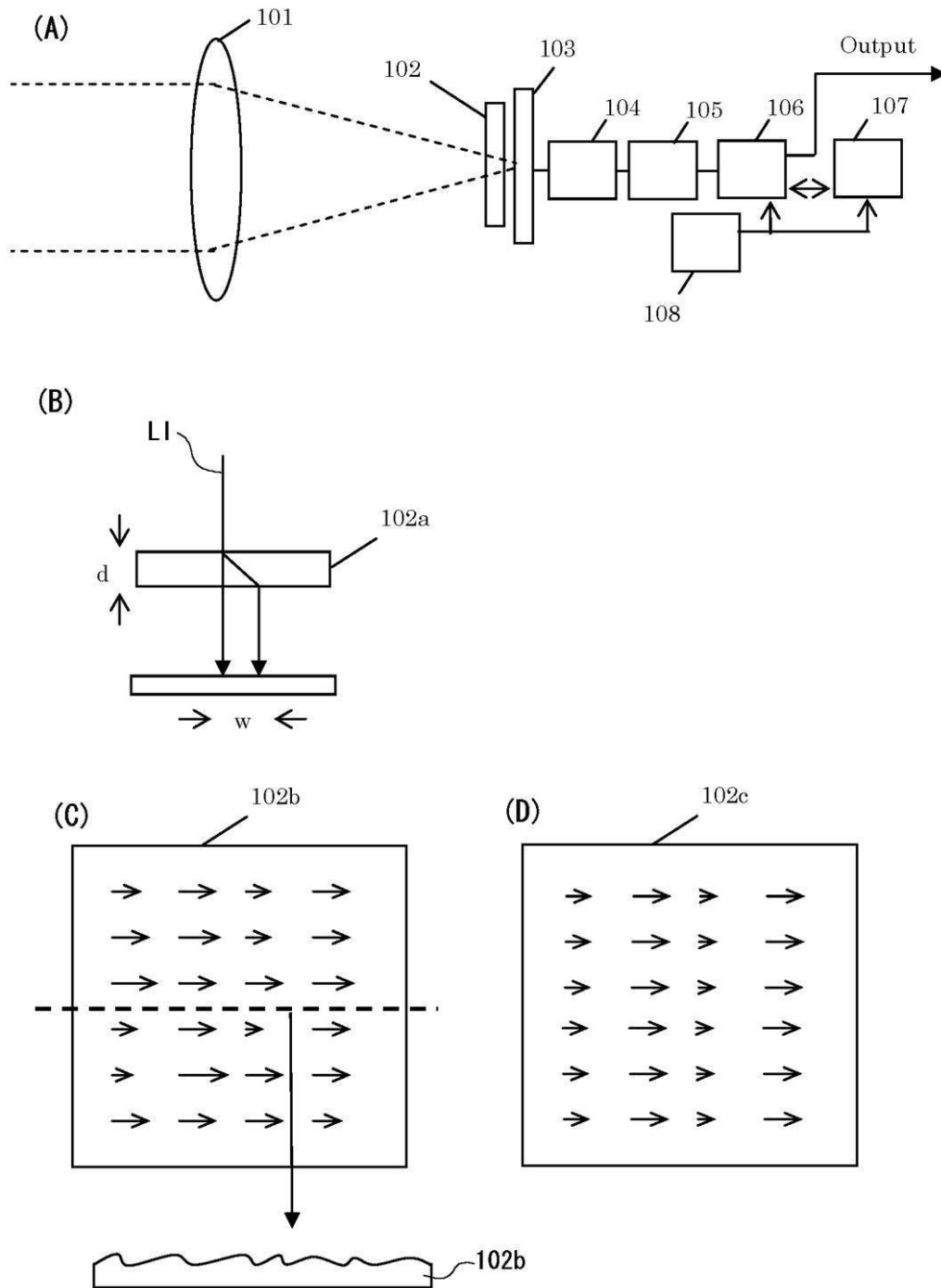
3 0 2 プリズムアレイの断面

3 0 3 入射光線

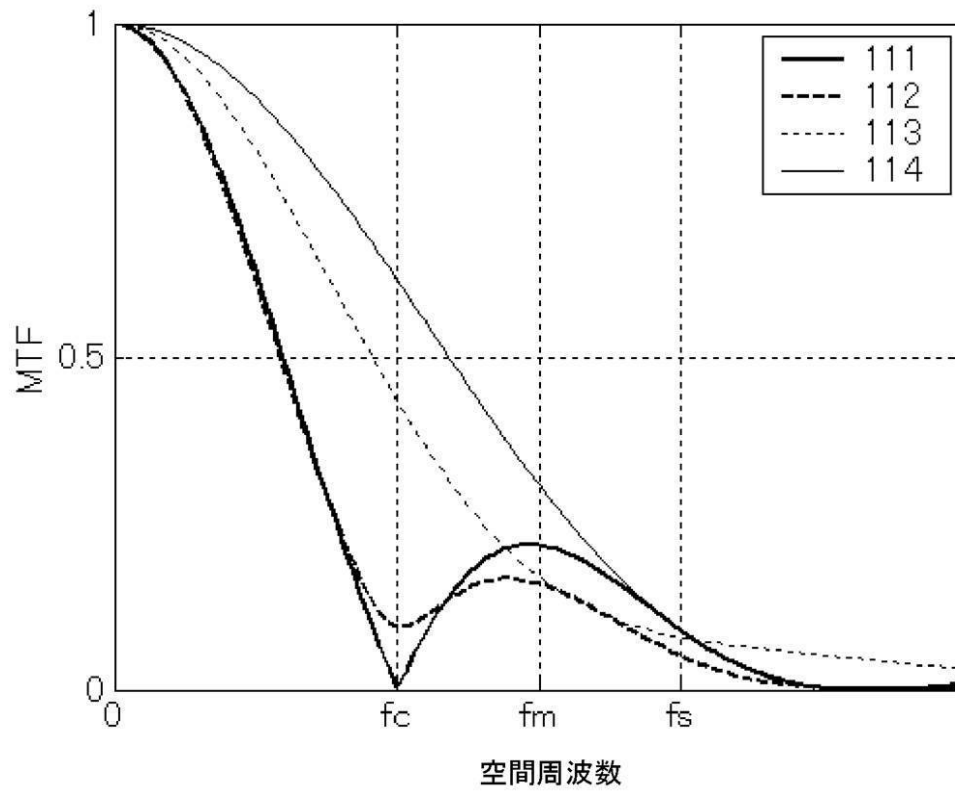
3 0 4 受光素子面 50

- 3 0 0 1 プリズムの不連続端面を訛らせて連続面にしたエリアジングノイズ抑制フィルタの構成
- 3 0 0 2 プリズム面のみで作製したエリアジングノイズ抑制フィルタの構成
- 3 1 1 図 7 (b) に示す白色表示領域の断面
- 3 1 2 図 7 (b) に示す斜線表示領域の断面
- 3 1 3 断面 3 1 1 における傾斜面
- 3 1 4 断面 3 1 2 における傾斜面
- 4 0 1 回折格子アレイを用いたエリアジングノイズ抑制フィルタ
- 4 0 2 エリアジングノイズ抑制フィルタの断面
- 4 0 3 1 小さい格子間隔を持つ回折格子への入射光線
- 4 0 3 2 大きい格子間隔を持つ回折格子への入射光線
- 4 0 4 受光素子面

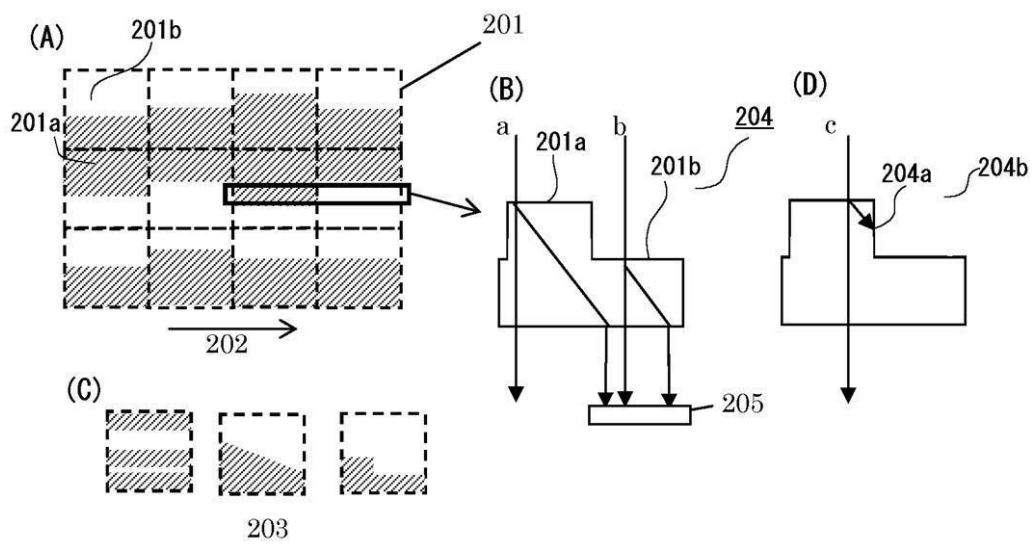
【図 1】



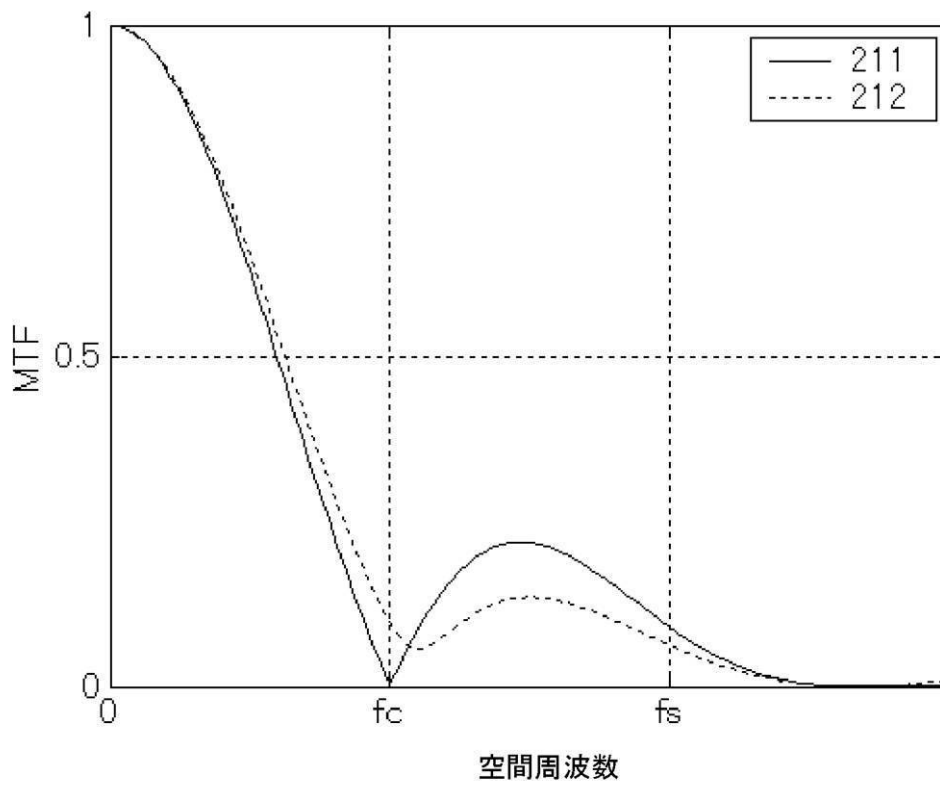
【図 2】



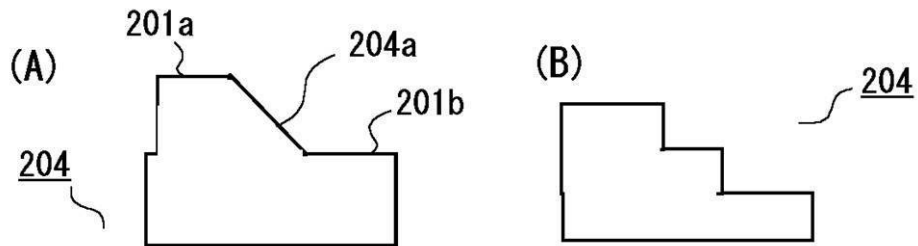
【図 3】



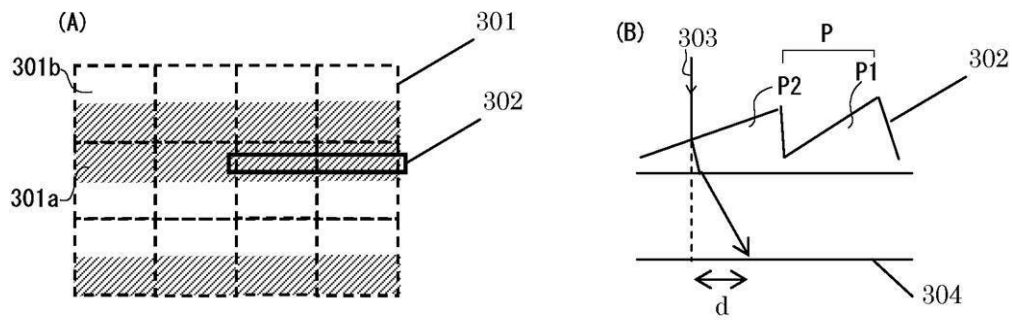
【図 4】



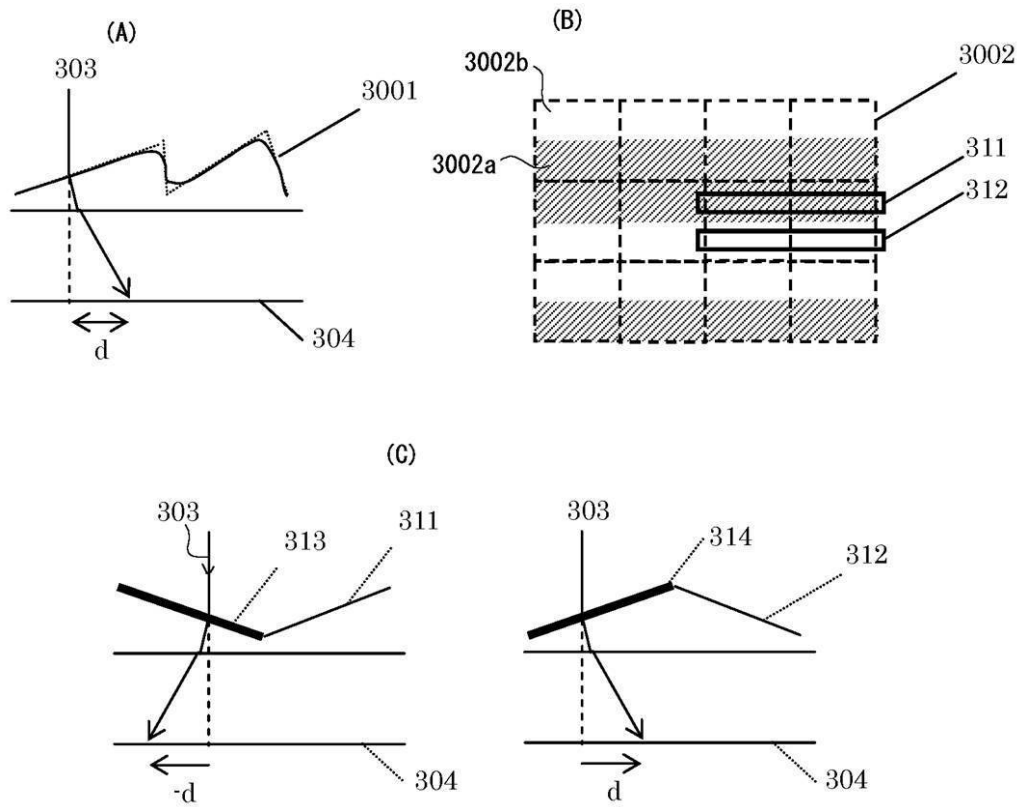
【図 5】



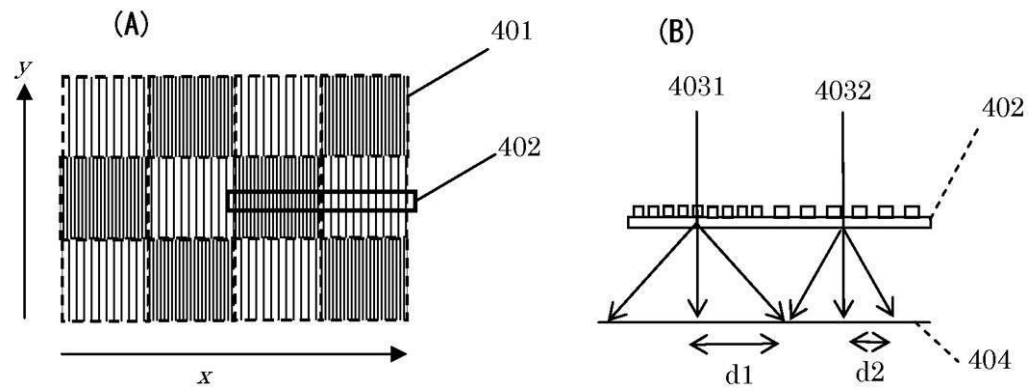
【図 6】



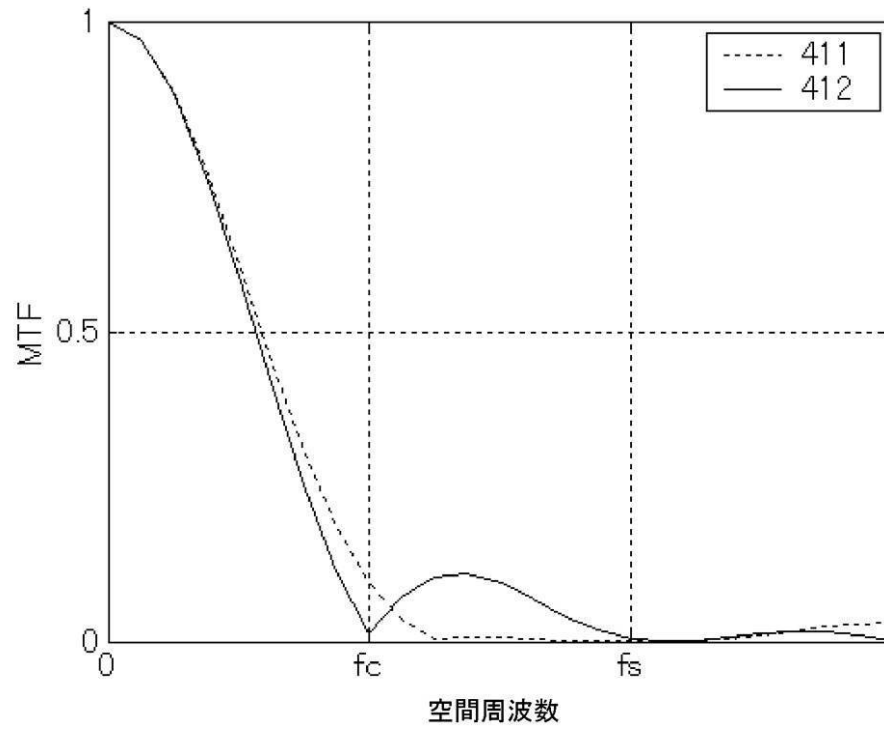
【図 7】



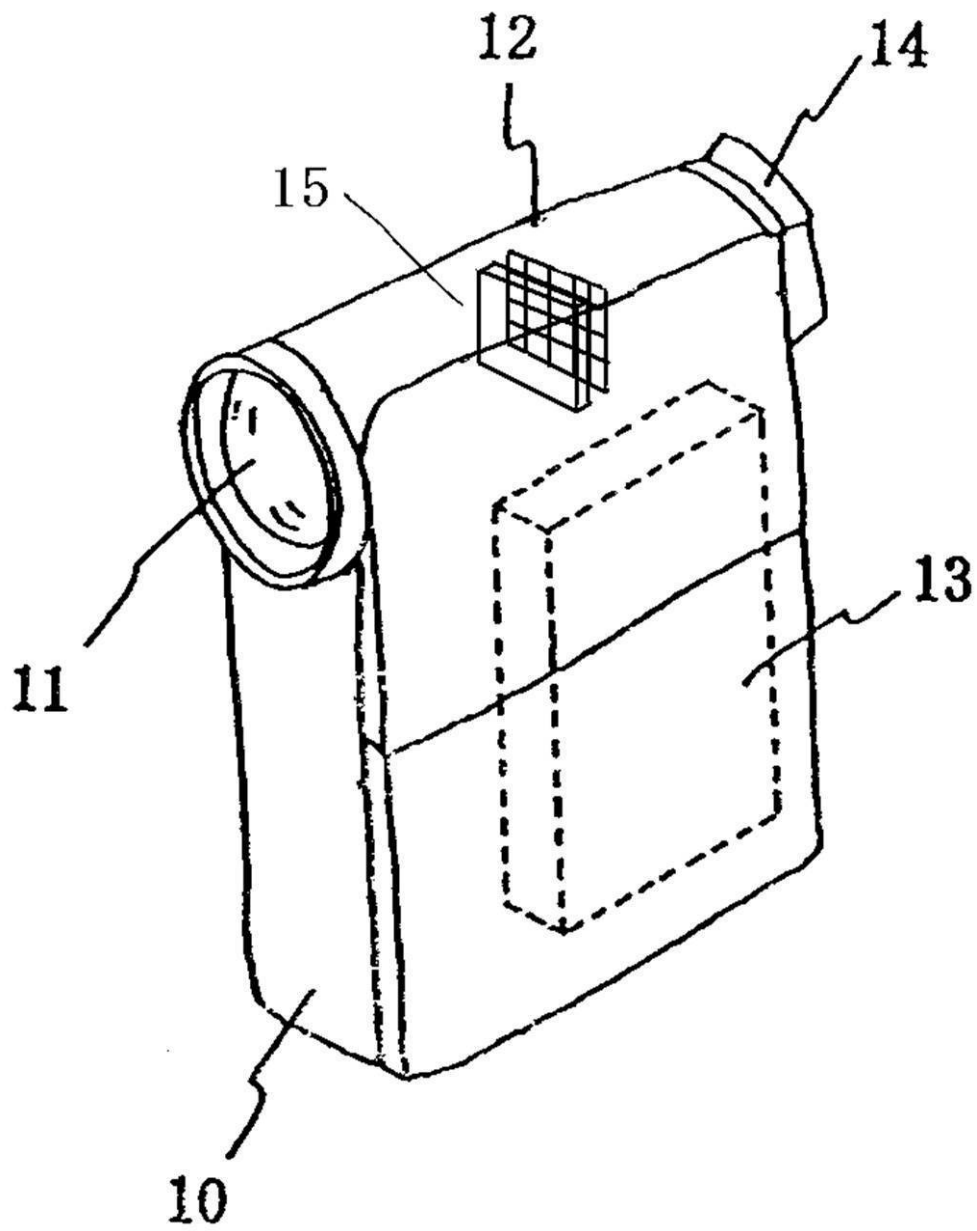
【図 8】



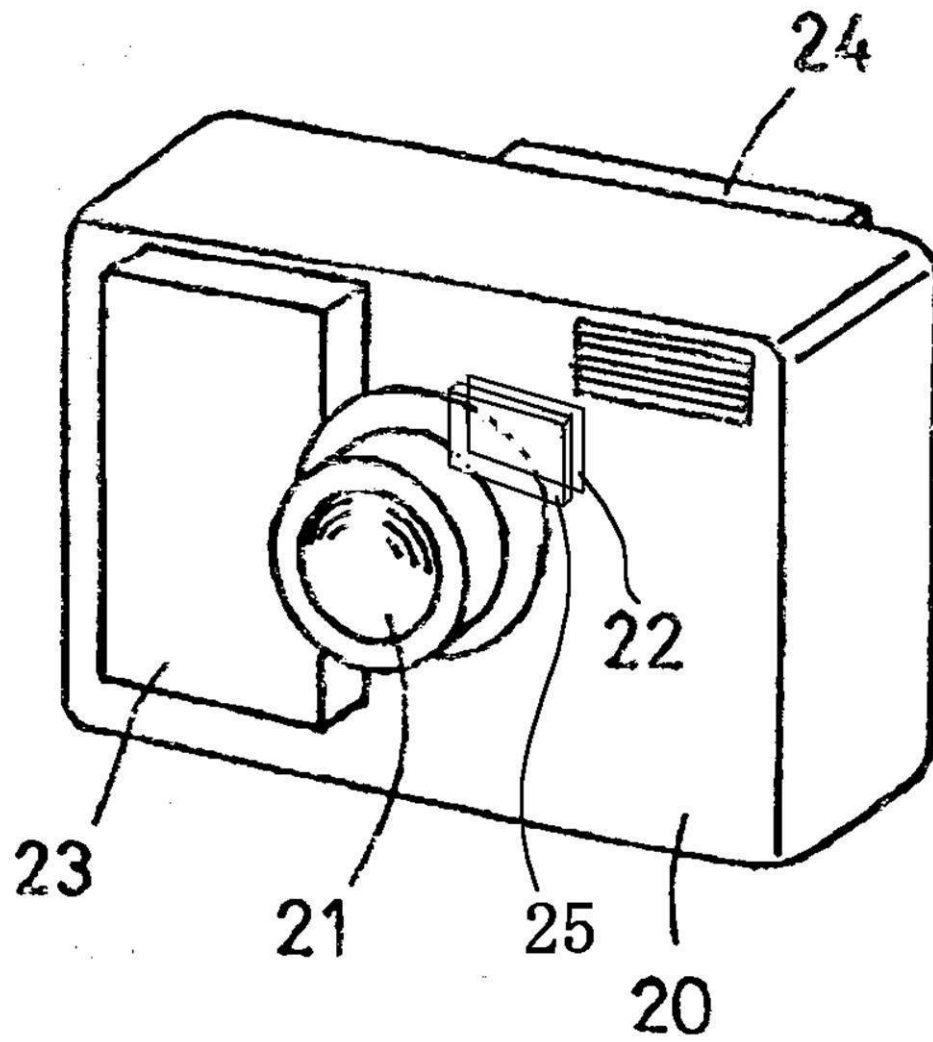
【図 9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭49-024033(JP,A)
特開平02-146018(JP,A)
特開昭49-030054(JP,A)
特開昭50-156452(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 2 B	2 7 / 4 6
G 0 2 B	2 7 / 4 2
G 0 2 B	5 / 0 0
G 0 2 B	5 / 1 8
H 0 4 N	5 / 2 2 5
H 0 4 N	1 0 1 / 0 0