

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4311782号
(P4311782)

(45) 発行日 平成21年8月12日 (2009. 8. 12)

(24) 登録日 平成21年5月22日 (2009. 5. 22)

(51) Int. Cl.

F I

H O 4 N 5/225 (2006. 01)

H O 4 N 5/225 D

G O 2 B 17/08 (2006. 01)

G O 2 B 17/08 Z

H O 4 N 5/335 (2006. 01)

H O 4 N 5/335 V

請求項の数 2 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願平10-316184
 (22) 出願日 平成10年11月6日 (1998. 11. 6)
 (65) 公開番号 特開平11-317894
 (43) 公開日 平成11年11月16日 (1999. 11. 16)
 審査請求日 平成17年11月4日 (2005. 11. 4)
 (31) 優先権主張番号 特願平10-53029
 (32) 優先日 平成10年3月5日 (1998. 3. 5)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000000376
 オリンパス株式会社
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
 (74) 代理人 100065824
 弁理士 篠原 泰司
 (74) 代理人 100104983
 弁理士 藤中 雅之
 (72) 発明者 西岡 公彦
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オ
 リンパス光学工業株式会社内
 (72) 発明者 和田 順雄
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オ
 リンパス光学工業株式会社内

審査官 菅原 道晴

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光学特性可変光学素子と、自由曲面光学素子と、撮像素子と、表示素子と、電源と、マイクロプロセッサと、メモリーと、電話機能を持つ回路と、透明基板を備え、

前記光学特性可変光学素子、前記自由曲面光学素子、前記撮像素子、前記表示素子、前記マイクロプロセッサ、前記メモリー及び前記電話機能を持つ回路は、いずれも前記透明基板の表面上に設けられ、

前記撮像素子と前記表示素子は分離して設けられ、

前記光学特性可変光学素子は複数の電極を有する反射型の光学素子であって、該複数の電極に印加する電圧を変化させることで焦点距離が変化し、

前記マイクロプロセッサは前記印加する電圧を制御し、

前記表示素子はリソグラフィプロセスを用いて形成されると共に、前記撮像素子によって撮像された画像を表示し、

前記光学特性可変光学素子と前記自由曲面光学素子は、遠方の物体の像を所定の位置に形成する単眼の光学系、またはその一部を構成し、

前記撮像素子は前記所定の位置に配置され、

前記透明基板の表面、側面または内部であり迷光を除去する位置に、遮光用の膜が設けられていることを特徴とする光学装置。

【請求項 2】

前記自由曲面光学素子が前記透明基板上に薄膜レンズ技術を用いて形成されたことを特

徴とする請求項 1 に記載の光学装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光学装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来のデジタルカメラ 170 は、図 22 に示すように、CCD 55、レンズ 171、絞り 173、シャッター 174、レンズフォーカシング用ソレノイド 175 等をそれぞれ別体の部品として集めてこれらを組立てることにより作られていた。

10

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

そのため、部品点数が多くなり、組立ても面倒で、製品の小型化、高精度化、コストダウンに限界があった。

そこで本発明は、撮像素子、光学素子などの部品をリソグラフィー等の手法を用いて一体化することで、小型化、低コスト化しうる、デジタルカメラ、電子内視鏡、PDA（携帯情報端末）、テレビ電話、VTRカメラ、テレビカメラ等の電子撮像素子、電子表示系等又はそれらの一部を構成する板状ユニット等の光学装置の提供を課題とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】

20

上記課題を解決するために、本発明による光学装置は、光学特性可変光学素子と、自由曲面光学素子と、撮像素子と、表示素子と、電源と、マイクロプロセッサと、メモリと、電話機能を持つ回路と、透明基板を備え、前記光学特性可変光学素子、前記自由曲面光学素子、前記撮像素子、前記表示素子、前記マイクロプロセッサ、前記メモリ及び前記電話機能を持つ回路は、いずれも前記透明基板の表面上に設けられ、前記撮像素子と前記表示素子は分離して設けられ、前記光学特性可変光学素子は複数の電極を有する反射型の光学素子であって、該複数の電極に印加する電圧を変化させることで焦点距離が変化し、前記マイクロプロセッサは前記印加する電圧を制御し、前記表示素子はリソグラフィープロセスを用いて形成されると共に、前記撮像素子によって撮像された画像を表示し、前記光学特性可変光学素子と前記自由曲面光学素子は、遠方の物体の像を所定の位置に形成する単眼の光学系、またはその一部を構成し、前記撮像素子は前記所定の位置に配置され、前記透明基板の表面、側面または内部であり迷光を除去する位置に、遮光用の膜が設けられている。

30

【0005】

また、本発明による光学装置は、前記自由曲面光学素子が前記透明基板上に薄膜レンズ技術を用いて形成されたことが好ましい。

【0007】

【発明の実施の形態】

以下、本発明による光学装置の実施形態を図面を用いて説明する。

【0008】

40

図 1 は、本発明の第 1 実施形態を示す図である。本実施形態の光学装置は、レンズ 181、182、183、プリズム 184、ミラー 185 等を用いた電子撮像ユニット 180 として構成されている。なお、図中 52 はアルミコーティングされた薄膜 53 と電極 54 から成る反射鏡、55 は固体撮像素子、56 は基板、57 は電源、58 はスイッチ、59 は可変抵抗器である。

【0009】

反射鏡 52 は、例えば、オプティックス コミュニケーションズ (Optics Communications)、140 巻 (1997 年) 187 ないし 190 頁に示されているメンブレインミラーのように、薄膜 53 と電極 54 の間に電圧を印加すると静電気力により薄膜 53 が変形してその焦点距離が変化するようになっており、これによりピント調

50

整ができるようになっている。本実施形態の撮像装置では、物体からの光60は、光学素子としてのレンズ181、182、プリズム184のそれぞれの入射面および出射面で屈折され、反射鏡52によって反射され、ミラー185の反射面で反射され、レンズ183で屈折されてから固体撮像素子55に入射するようになっている。

【0010】

このように、本実施形態の光学装置は、光学素子181、182、184、185、183および反射鏡52とで撮像光学系を構成している。そして、本実施形態の構成では、特に、各光学素子の面と肉厚を最適化することにより物体像の収差を最小にすることができるようになっている。

【0011】

図1の光学装置において、反射鏡52の形状は、非点収差等を補正するためにY軸方向に長い楕円形にするのがよく、具体的には、反射鏡52への入射光と反射鏡52からの出射光を含む平面と反射鏡52とが交わる方向に沿って長い楕円形にするのがよい。また、図1の光学装置では、反射鏡52と固体撮像素子55とをそれぞれ別体で作って基板56上に配置している。しかし、反射鏡52はシリコンリソグラフィプロセス等で作ることができるので、基板56をシリコンで形成し、固体撮像素子55と共にリソグラフィプロセスで反射鏡52の少なくとも一部を基板56上に形成してもよい。

【0012】

これにより、固体撮像素子55と共に光学素子の一つである反射鏡52とが一体化されるので、小型化、低コスト化等の点で有利である。また反射鏡52は固定焦点のミラーとして構成しても良い。この場合でも反射鏡52はリソグラフィプロセスで作ることができる。なお、反射鏡52、固体撮像素子55、基板56を合わせて板状ユニット186と呼ぶことにする。板状ユニットは光学装置の一例である。

【0013】

又、図示を省略するが、基板56上に表示素子の一つである反射型液晶ディスプレイ又は透過型液晶ディスプレイ等の表示素子をリソグラフィプロセスにより一体的に形成してもよい。なお、この基板56は、ガラスあるいは石英等の透明物質で形成してもよい。その場合は、このガラス基板上に薄膜トランジスタ等の技術を用いて固体撮像素子や液晶ディスプレイを形成すればよい。あるいは、これらの表示素子を別体で作し、基板56上に配置してもよい。

【0014】

光学素子181、182、184、185、183は、プラスチックモールドやガラスモールド等で形成することにより任意の所望形状の曲面を容易に形成することができ、製作も簡単である。なお、本実施形態の撮像装置では、レンズ181のみがプリズム184から離れて形成されているが、レンズ181を設けることなく収差を除去することができるように光学素子182、183、184、185、52を設計すれば、反射鏡52を除く光学素子は一つの光学ブロックとなり組立てが容易となる。

【0015】

図2は、本発明の第2実施形態を示す図である。

本実施形態の撮像装置では、一つのシリコン基板187の上に反射鏡52、マイクロマシン技術で作られた静電気力で動くマイクロシャッター188、撮像素子55等は、リソグラフィプロセスで作られている。

そして、このシリコン基板187とモールドで作った自由曲面プリズム189とを組み合わせれば、光学装置として小型のデジタルカメラ用撮像ユニット180が出来上がる。

なお、マイクロシャッター188は、絞りを兼ねることもできるようになっている。

【0016】

自由曲面プリズム189は、プラスチックモールドで作ると安価にできる。また、自由曲面プリズム189をエネルギー硬化型樹脂で作れば、熱可塑性樹脂で作るよりも耐久性があるので好ましい。

また、自由曲面プリズム189を赤外光を吸収する性質の材質を用いて構成して、赤外光

10

20

30

40

50

ットフィルター効果を持たせてもよい。

あるいは、自由曲面プリズム 189 の光路中のいずれかの面に赤外光を反射する干渉膜を設けて、赤外光をカットするようにしてもよい。

ミラー 190 は、シリコン基板 187 を凹面に加工し、アルミコートすることによって形成されている。

マイクロシャッター 188 は、例えば、特開平 10 - 39239 号の図 8、図 9 に示されているようなシャッターを改良したものをを用いることができる。

【0017】

図 3 は図 2 の光学装置を上方から見た、マイクロシャッター 188 付近の拡大図である。マイクロシャッター 188 は、固定電極 191 と遮光板 192 のそれぞれに設けられた電極 193 に電位差を与えることによって、静電気力で二つの遮光板 192 を左右に開いたり閉じたりすることができるようになっている。

ここで、二つの遮光板 192 のそれぞれに、他方の遮光板 192 に近い側の中央に三角形の凹部を設け、かつ二枚の遮光板 192 を段違いに設置して、遮光板 192 を途中まで開いた状態で撮像を行えば絞りとして動作し、遮光板 192 を完全に閉じればシャッターとなるようになっている。

電源 196 は + - の極性を変えることができるようになっており、それに伴い、二つの遮光板 192 は逆方向に動くようになっている。また、二つの遮光板 192 は、完全に閉じた時には図 2 に示すように多少重なるように設計されている。

マイクロシャッター 188 は、リソグラフィプロセスで反射鏡 52、固体撮像素子 55 と共に一緒に作ることができるというメリットがある。

なお、マイクロシャッター 188 としては、上記以外にも、特開平 10 - 39239 号の図 47 に示すようなマイクロシャッターを用いてもよい。

あるいは、本実施形態の撮像装置に用いるシャッターとして、通常のフィルムカメラのシャッターのように、バネで動作するシャッターを製作して、これをシリコン基板 187 に設置してもよい。

【0018】

また、本実施形態の撮像装置を、例えば、図 2 に示すように、別途に絞り 197 を設けた構成としてもよい。

絞り 197 としては、フィルムカメラのレンズに用いるような虹彩絞りでもよく、または、図 4 に示すような複数の穴あき板をスライドさせるような構成のものでもよい。

あるいは、絞りの開口面積の変わらない固定絞りであってもよい。

また、絞りとしては、マイクロシャッター 188 を絞りとしてのみ動作させ、シャッター機能については、固体撮像素子 55 の素子シャッターを用いて果たすようにしてもよい。

また、本実施形態の撮像装置を、電極 54、ミラー 190、マイクロシャッター 188、撮像素子 55 の少なくとも一つを別部品として作り、残りの部材と共に一つの基板上に配置した構成としてもよい。

なお、本実施形態の撮像装置を、図 5 に示すように、光学特性可変光学素子の一つである反射鏡 52 の別の一例として、液晶可変焦点レンズをミラーの前面に配置した液晶可変ミラー 252 等を配設した構成としてもよい。

【0019】

図 5 は、液晶可変ミラー 252 を用いた撮像装置の一例（撮像装置 253）を示す図である。

液晶可変ミラー 252 は、透明電極 254 とフレネルレンズ状の基板 255 の表面にコートされた電極 256 との間にツイストネマチック液晶 257 を配置した構成となっている。ツイストネマチック液晶 257 のらせんピッチ P は、

$$P < \frac{3}{2} \lambda \quad \cdots (1)$$

を満たすようになっている。ここで、 λ は光の波長である。

式 (1) を満たすとき、ツイストネマチック液晶 257 は入射光の偏光方向によらず屈折率がほぼ等方的になるので、偏光板を設けることなくボケのない可変焦点ミラーが得られ

10

20

30

40

50

る。

なお、低コストのデジタルカメラなどでは、ツイストネマチック液晶 257 のらせんピッチ P が、

$$P < 15 \dots (2)$$

であっても実用上は使用できる場合もある。

【0020】

図6は、本発明の第3実施形態を示す図である。

本実施形態の光学装置 204 は、透明基板 198 に反射型 LCD 199、反射鏡 52、固体撮像素子 55 を設け、かつ光学ブロックである自由曲面プリズム 189 を組合せた構成となっている。

透明基板 198 には、光学素子であるレンズ 200、ローパスフィルター 201、IC 203 も合わせて設けられており、これらにより透明な板状ユニット 202 を形成している。

IC 203 は、反射型 LCD 199、反射鏡 52、固体撮像素子 55 等をドライブする IC、あるいは制御、演算を行なう CPU、メモリー等の機能をもつ LSI である。

固体撮像素子 55、反射鏡 52、反射型 LCD 199、IC 203 を、それぞれ別途に製作して、透明基板 198 に貼りつけてもよいが、透明基板 198 の表面にアモルファスシリコン、低温ポリシリコン、連続粒界結晶シリコン（'98.1.14 付朝日新聞）等を材料として薄膜トランジスター技術を用いて形成すれば、小型化、軽量化、高精度化の面で有利である。

【0021】

図7は、本実施形態の光学装置 204 に用いるローパスフィルター 201 の斜視図である。

ローパスフィルター 201 は、瞳分割型のローパスフィルターであり、挟まれ関係にある二つの平面より構成されている。なお、このローパスフィルター 201 も光学素子の一つである。

その他、本実施形態において透明基板 198 は、ガラス又は樹脂のモールドで作るのが良い。

【0022】

本実施形態の光学装置 204 は、光を反射、屈折する面を自由曲面プリズム 189、透明な板状ユニット 202 の両方に設けることができる点で、収差の補正がしやすく、図2に示す実施形態の撮像ユニット 180 よりすぐれている。

なお、レンズ等の光学素子は、例えばレンズ 200b のように、透明部材の表面に曲面状の樹脂薄膜 205 を貼りつけて作ってもよい。このような方法を薄膜レンズ技術という。

【0023】

図8は、本発明の第4実施形態を示す図である。

本実施形態の光学装置 207 は、透明な板状ユニット 202 と板状ユニット 186 とを組合せることにより構成されている。

なお、透明基板 198 とは別体にレンズ 208 を設けると、収差補正の自由度がふえるので、収差補正上有利であるが、レンズ 208 は設けなくてもよい。

透明な板状ユニット 202 には、ディスプレイ 209、IC 203 が設けられ、さらに薄膜レンズ技術により製作したレンズ 210、211 が設けられている。なお、レンズ 212 は、透明基板 198 を製作する際にモールドの技術で透明基板 198 に一体形成されている。

板状ユニット 186 は、図2に示す実施形態の板状ユニット 186 と同様に構成されている。

斜線部 214 は、迷光を除くための黒い遮光用の膜であり、Cr - CrO₂ - Cr の三層蒸着、黒い塗料の塗装、あるいは印刷等で作られている。

なお、斜線部 214 は、必要に応じて、透明基板 198 の表面、側面、内部に設ければよく、設けなくてもよい場合もある。

【 0 0 2 4 】

ディスプレイ 2 0 9 の一例である液晶ディスプレイは薄膜トランジスタ技術でガラス等の透明基板上に作ることができるが、固体撮像素子 5 5 等はシリコン基板上でないと作りにくい。

本実施形態の光学装置 2 0 7 は、固体撮像素子 5 5、ディスプレイ 2 0 9 を設けるべき基板を分けて構成したので、同一の基板上に作るよりもコストが安くできる。

なお、本実施形態の光学装置 2 0 7 の透明基板 1 9 8 あるいはレンズ 2 1 1 の材質に赤外光吸収効果を持たせて、赤外カットフィルターの役割を持たせるようにしてもよい。あるいは、薄膜 5 3 又はレンズ 2 1 2 又は透明基板 1 9 8 等の表面に赤外カット機能を有する干渉膜を設けてもよい。

10

さらに、本実施形態の光学装置 2 0 7 は、固体撮像素子 5 5 を取り除き、光学系にたとえばオペラグラスのような観察機能を持たせた表示装置として構成されてもよい。

【 0 0 2 5 】

図 9 は、本発明の第 5 実施形態を示す図である。

本実施形態の光学装置 2 4 6 は、板状ユニット 2 4 5 と自由曲面プリズム 1 8 9 とを組合せることにより構成されている。

板状ユニット 2 4 5 は、一つの基板 2 4 0 の上に、低品質のシリコン等からなる基板 2 4 1 に反射鏡 5 2 とミラー 1 9 0 とマイクロシャッター 1 8 8 を形成した板状ユニット 2 4 3 と、高品質のシリコンからなる基板 2 4 2 に基板 2 4 0 と IC 2 0 3 を形成した板状ユニット 2 4 4 とを配設して構成されている。

20

固体撮像素子 5 5、IC 2 0 3 等は高品質のシリコン上でないと形成しにくい、ミラー 1 9 0、マイクロシャッター 1 8 8、反射鏡 5 2 等は低品質のシリコンでもよい。

本実施形態の光学装置 2 4 6 によれば、光学ユニットである板状ユニット 2 4 3、2 4 4 を品質の異なる別個の基板に形成したので、その分、高品質のシリコンの使用量を減らすことができ、コスト上有利である。

自由曲面プリズム 1 8 9 には、足 2 4 7、2 4 8 が設けられており、足 2 4 7、2 4 8 は、板状ユニット 2 4 5 と一体化する時、各面間の光学的長さを所望の設計値通りに調整できるようになっている。

【 0 0 2 6 】

図 1 0 は、本発明の第 6 実施形態を示す図である。

30

本実施形態の光学装置は、自由曲面プリズム 1 8 9 に板状ユニット 2 4 3 と固体撮像素子 5 5 とを組合せてデジタルカメラ用撮像装置を構成している。

本実施形態の光学装置によれば、固体撮像素子 5 5 を低品質のシリコン等からなる基板 2 4 1 から分離して構成したので、固体撮像素子 5 5 として市販の CCD 等を使うことができ、コストを低減することができる。

なお、図示していないが、本実施形態の光学装置にさらに別に液晶ディスプレイ等を設けて、デジタルカメラのファインダーとして用いるとよい。

【 0 0 2 7 】

また、本実施形態において反射鏡 5 2 とミラー 1 9 0 とマイクロシャッター 1 8 8 とを一枚の基板上に配置するかわりに、図 1 1 に示すように、それぞれ別体に自由曲面プリズム 1 8 9 の周囲に配置してもよい。

40

この場合、反射鏡 5 2、ミラー 1 9 0、マイクロシャッター 1 8 8 等の光学部品を別個に作ることができるので、それらの部品を他製品の部品と共通化することが可能になる。また、それぞれの光学部品の歩留り（製作時の合格率）が悪い場合でも、良い部品だけを集めて製品を作ることができるので、それぞれの光学部品を一枚の基板上に作る場合と比べて製品としての歩留りを向上させることができる。

【 0 0 2 8 】

また、図 1 0 に示すように、固体撮像素子 5 5 の前面に透過率可変素子の一つである液晶シャッター 2 4 9 を配置しても良い。

この場合、マイクロシャッター 1 8 8 は絞りとして動作させてもよいし、液晶シャッター

50

２４９と合わせてシャッターとして動作させてもよい。あるいは、マイクロシャッター１８８を省いて、液晶シャッター２４９と固体撮像素子５５の素子シャッター機能とでシャッターの動作をさせてもよい。

なお、液晶シャッター２４９には機械的可動部が無いので、マイクロシャッター１８８を省いた構成とすれば、機械的な構造を簡単化できる。

【００２９】

図１２は、本発明の第７実施形態を示す図である。

本実施形態の光学装置２１７は、可動光学素子の一例である足付きレンズ２１６を設けた構成となっている。なお、光学装置２１７は、足付きレンズ２１６の他に、透明基板１９８に、固体撮像素子５５、自由曲面プリズム１８９を組合せた構成となっている。

足付きレンズ２１６は、レンズ２１８の下にフリースペースオブティックス(M. C. Mu, L. -Y. Lin, S-S. Lee, K. S. J. Pister 著 Sensors and Actuators A50 (1995) 127-134 等を参照)のマイクロマシン技術等で作った足２１９が付いて構成されている。

足２１９は、後述の図１７に示す電極１９３ｂに相当する、静電気力でスライドする電極２１９ｂ(図１３)に接続されており、電極２１９ｂがスライドすることにより、図１３に示す角 θ が変化するように作られている。足２１９との交点 P_1 、 P_2 は、角 θ が変化するとき、透明基板１９８の表面上を動くようになっている。そして足付きレンズ２１６は、足２１９の角 θ を変えてレンズ２１８と透明基板１９８との距離 Z を変えることでピント調整ができるようになっている。

なお、図１２に示す透明基板１９８と自由曲面プリズム１８９との間には、物体からの光６０が点Ａにおいて全反射するように、わずかに空気間隔が設けられている。

また、図１３は、本実施形態の変形例として足付きレンズ２１６と透明基板１９８と固体撮像素子５５とを組合せてなるシンプルな構成の撮像装置の一例を示す図である。

【００３０】

図１４は、本発明の第８実施形態を示す図である。

本実施形態の光学装置は、観察装置の一例として、デジタルカメラのファインダーを構成している。本実施形態の光学装置は、図１２、図１３に示す足付きレンズ２１６のレンズ２１８をミラー２１８Ｂでおきかえた足付きミラー２１６Ｂを備えた構成となっている。

なお、本実施形態の光学装置は、足付きミラー２１６Ｂの他に、透明基板１９８とレンズ２１１とからなる板状ユニット１８６と、自由曲面プリズム１８９を備えている。

本実施形態の光学装置は、足２１９をスライドさせてミラー２１８Ｂと透明基板１９８との距離 Z を変えることで視度調整を行なうことができるようになっている。

【００３１】

図１２、図１３に示す足付きレンズ２１６は、可動光学素子の一つである可動レンズの一例として用いたものである、可動レンズの他の例としては、静電レンズがある。

図１５は、本発明の実施形態に用いる可動レンズの他の例を示す静電レンズの構成概要図である。

静電レンズ２２０は、レンズ２１８、電極２２１、２２２、ダンパー２２３などを備えた構成となっている。この静電レンズ２２０は、電極２２１と電極２２２との間に電圧を掛けることにより、静電気力でレンズ２１８と透明基板１９８との間の距離を変えてピント合わせ、ズームング等に用いることができるようになっている。なおダンパー２２３は、レンズ２１８を保持し、かつレンズ２１８が移動するときの衝撃を緩和するようになっている。

なお、レンズ２１８を図１６に示すようなミラー２２５におきかえて可動ミラー２２６とし、これを本発明の実施形態に用いる可動光学素子としてもよい。

【００３２】

図１６は、本発明の第９実施形態を示す図である。

本実施形態の光学装置２２８は、光学特性可変光学素子の一つである反射鏡５２、可動光学素子の一つである可動ミラー２２６、可動光学素子の一つである可動レンズの一例である自走レンズ２２７を備えた構成となっている。また、光学装置２２８は、その他にシリ

コン基板 187 と自由曲面プリズム 189 を備えている。

そして光学装置 228 は、反射鏡 52 の焦点距離、自走レンズ 227、ミラー 225 の位置を変えることによって ZOOM とフォーカスとを行うことができるようになっている。なお、本実施形態に用いる自由曲面プリズム 189 を、赤外光を吸収する材料を用いて赤外カット効果を持たせるようにしてもよい。

自走レンズ 227 は、図 17 に示すように、電極 193a、193b と、電極 193b に固定されたレンズ 218 とを備えて構成されており、くし状の二つの電極 193a、193b の間に電位差を与えて静電気力で電極 193b に固定されたレンズ 218 を動かすことができるようになっている。

【0033】

ところで、近年、デジタルカメラの小型化が望まれており、特に、薄いカード型のデジタルカメラは携帯性に優れ便利である。

しかし、図 22 に示すような従来の光学系と電気系を組合せた撮像装置では小型化に限界があった。

そこで、本発明では、薄いカード型デジタルカメラ等に用いる撮像装置、光学装置を提供することもできるようにしている。

【0034】

図 18 は、本発明の第 10 実施形態を示す図である。

本実施形態の光学装置は、板状ユニットに光学ブロックの一つである自由曲面プリズム 230 を組合せた撮像ユニット 231 を用いてデジタルカメラ 232 を構成している。デジタルカメラ 232 には、その他に、例えば液晶ディスプレイなどのディスプレイ 209 が設けられている。

そして、本実施形態のデジタルカメラ 232 は、撮像ユニット 231 がデジタルカメラ 232 の厚さ方向と平行な方向に位置する物体を撮像することができるようになっている。

図 19、図 20 は、自由曲面プリズム 230 の形状を詳しく示した図で、図 19 は自由曲面プリズム 230 を上方からみた図、図 20 は自由曲面プリズム 230 を物体側からみた図である。

自由曲面プリズム 230 は、物体からの光 60 を反射面 R1 によって反射し、XY 平面内で、且つ、反射鏡 52 に向かう方向に向きを変え、反射鏡 52 により反射された後に、反射面 R2 で反射されて固体撮像素子 55 と結像することができるように形成されている。このように物体から自由曲面プリズム 230 に入射する入射光 60 と自由曲面プリズム 230 を出射して固体撮像素子 55 に入射する光線 m とが捩じれの関係になるように自由曲面プリズム 230 の形を作れば、デジタルカメラ 232 の厚さを固体撮像素子 55 の巾 W と同程度に薄型化することができる。

なお、自由曲面プリズム 230 のかわりに、固体撮像素子 55 に入射する光線 m と物体からの入射光 60 とが捩じれの関係になるように、通常用いるレンズ、プリズム、図 2 に示す光学ブロック 189 のような自由曲面プリズム等の光学素子を配置して光学系を形成してもよい。

また、自由曲面プリズム 230 の光路中の面に、赤外光をカットする干渉膜 233 を設けて赤外光をカットするようにしてもよい。

【0035】

図 21 は本発明の第 11 実施形態を示す図である。

本実施形態の光学装置は、図 18 に示すデジタルカメラとは別の一例で、図 2 に示す小型のデジタルカメラ用撮像ユニット 180 を用いてデジタルカメラ 234 を構成している。

そして、本実施形態のデジタルカメラ 234 は、小型のデジタルカメラ用撮像ユニット 180 がデジタルカメラ 234 の厚さ方向と直角方向の物体が撮像できるようになっている。

本実施形態のデジタルカメラ 234 によれば、小型のデジタルカメラ用撮像ユニット 180 が、物体からの入射光 60 とデジタルカメラ 234 の厚さ方向とが直交するように配置されているので、デジタルカメラ 234 の厚さを薄くすることができる。

10

20

30

40

50

なお、デジタルカメラの撮像素子には、図 18, 図 21 に示す撮像ユニットの他に、本発明の板状ユニット、装置のいずれを用いてもよい。

また、本発明の板状ユニット、装置は、デジタルカメラ以外、例えば PDA の光学系、撮像装置に用いてもよい。

【0036】

ところで、近年、電子カメラ、ビデオカメラ等の電子撮像装置が増えてきている。それらは図 33 に示すように、固体撮像素子 1 にレンズ系 2 を組み合わせたものがほとんどであった。

しかしながら、上記のものは構造が複雑なため、部品点数が多く、組み立ても面倒で、小型化、コストダウンに限界があった。

そこで、本発明では小型でコストの安い電子撮像装置を提供することもできるようにしている。

【0037】

上記目的を達成する本発明の光学装置は、一枚の透明基板の表面に少なくとも撮像素子と光学素子とを配設し、それ自体で、あるいは別部品を追加することにより撮像機能を有するようになっている。

【0038】

図 23 は、本発明の第 12 実施形態を示す図である。

第 12 実施形態の光学装置は、ガラス、結晶、プラスチック等からなる一枚の透明基板 3 の両面に、光学素子である自由曲面 4、6、回折光学素子（以下、DOE という）5 を形成し、さらにシリコン薄膜技術等を用いて固体撮像素子 1 を形成したものである。これを板状撮像ユニット 7 と呼ぶ。自由曲面とは、非回転対称面で構成される面であり、さらに、対称面を一面のみ有するもしくは対称面を有しない曲面である。自由曲面は、屈折作用、反射作用のいずれにも用いられる。本実施形態では、図示しない物体からの光 7' は自由曲面 4 で屈折され、オフアクシス型 DOE 5 で偏向、反射され、自由曲面 6 で反射し、固体撮像素子 1 上に結像する。自由曲面 4、6、DOE 5 で収差の補正がなされているので、固体撮像素子 1 には通常のレンズ系で結像したのと同様の良好な画像が入射する。自由曲面 4、6 はモールド等の方法で、また DOE 5 はモールドあるいはリソグラフィ等の方法で、固体撮像素子 1 と同時に形成してもよい。固体撮像素子 1 は透明基板 3 の上に直接リソグラフィの手法で形成してもよいが、それが難しい場合には固体撮像素子 1 を別個に製作しておきあとで透明基板 3 と一体化してもよい。あるいは、図示していないが、板状撮像ユニット 7 の外部にレンズ等の部品を追加し、それらと板状撮像ユニット 7 とで撮像機能を有するように構成してもよい。

【0039】

図 24 は、本発明の第 13 実施形態を示す図である。

第 13 実施形態の光学装置は、第 12 実施形態における撮像ユニット 7 を、TFT 液晶ディスプレイ 8、周辺回路の IC 9、マイクロプロセッサ 10 と一緒に透明基板 3 の上に形成した、携帯情報端末装置用のユニットである。撮像ユニット 7 にはさらに、メモリ、電話等の機能をもつ IC (LSI) を一緒に形成してもよい。また、透明基板 3 には電子撮像装置のファインダー 11 も形成してある。これは、透明基板 3 上に視野枠を設けただけの簡単なものでもよいし、図 25 に示すように透明基板 3 の両面に凹レンズ 12、凸レンズ 13 を設け、ガリレオ望遠鏡型のファインダーとしたものなどでもよい。あるいは、凹レンズ 12、凸レンズ 13 の少なくとも一方を透明基板 3 の外部に設け、透明基板 3 上のレンズと合わせてファインダーとしてもよい。

【0040】

図 26 は、本発明の第 14 実施形態を示す図である。

第 14 実施形態の光学装置は、焦点調整の可能な板状撮像ユニットである。板状撮像ユニット 14 で焦点調節をおこなう場合、図 23 に示した DOE 5、自由曲面 6 等の位置を機械的に動かすことは不可能である。そこで、本実施形態の板状撮像ユニット 14 では、焦点距離が可変の光学素子 15 を用いている。図 27 は光学素子 15 の一例を示し、高分子

10

20

30

40

50

分散液晶 16 を用いた可変焦点 DOE 17 である。透明基板 18 の少なくとも一方の面に光の波長程度の溝が形成されており、透過電極 19 に電圧を加えると液晶分子 20 の方向は図 28 に示すように揃うので、高分子分散液晶 16 の屈折率は下がる。一方、電圧を加えなければ液晶分子 20 の方向はランダムなので高分子分散液晶 16 の屈折率は上がる。したがって、可変焦点 DOE 17 は電圧の ON、OFF で焦点距離を切り替えることができる。高分子分散液晶 16 は、液晶分子 20 に対する重量比をある程度以上（たとえば 25% 以上）に大きくすればほぼ固体になるので、高分子分散液晶 16 の右側には基板を設けなくてもよい。また、図 29 に示すように高分子分散液晶 16 の右側の面および透明基板 18 の左側の面を曲面 21 にして、レンズ作用、収差補正に用いてもよい。図 27 および図 29 に示した例では、ともに、透明基板 18 の右側の面を DOE 面でなくフレネル面としてもよい。このとき DOE 17 は可変焦点フレネルレンズとして作用する。さらに、図 54 に示すように、透明基板 18 の右側の面を通常のレンズのような曲面としてもよい。

【0041】

また、上述した透明基板 3、18 には赤外カットフィルタの効果をもたせてもよい。

図 30 は、本発明の第 15 実施形態を示す図である。

第 15 実施形態の光学装置は、反射型の可変焦点フレネルミラー 22 を用いた板状撮像ユニットである。可変焦点フレネルミラー 22 は、図 31 に示すように反射面 23 が設けられており、電圧の可変をスイッチ 24 の開閉または可変抵抗 25 でおこなうことによってフレネル面 26 の屈折力が変わるので可変焦点のフレネルミラーとして動作する。フレネル面 26 の代わりに DOE としてもよい。

【0042】

なお、上記の実施形態における可変焦点 DOE 17、フレネルミラー 22 は、板状撮像ユニット 7 に用いるのみならず、図 32 に示すように通常の撮像装置あるいは厚さの異なる光ディスク用の可変焦点レンズ、電子内視鏡、TV カメラ、フィルムカメラ等に用いてもよい。また、用いる液晶としてはトラン系の液晶たとえば大日本インキ DON-605；N-1（日化協月報 1997 年 2 月号 p. 14 ~ p. 18）等を用いると光学的異方性が大きく（ $n = 0.283$ ； n は光学的異方性を表し、屈折率楕円体の主軸の長さの差である）、液晶の粘性が低く、高速の焦点距離の切り換えができなよい。

次に、電子撮像系のひとつである電子内視鏡あるいはファイバ스코ープ、硬性鏡等の内視鏡あるいは工業用検査装置に用いられるライトガイド用の光源光学系について述べる。

【0043】

従来技術では図 34 に示すように、ライトガイド 31 の手前に非球面レンズ 32 があり、ランプ 33 からの光をライトガイド 31 の端面に集めるようになっている。ランプ 33 はランプ以外の光源たとえば半導体レーザ等でもよい。ライトガイド 31 の入射面の法線に対して入射光がなす角を θ とし、入射光強度を I とすると、 θ と I との関係は図 35 に示すようになる。 I の値は θ に対してほぼ一定値を保っており L のところで光線がなくなるので 0 になる。入射光束の立体角を考えれば入射光エネルギーが最大となるのは $\theta = L$ の近傍である。したがってライトガイド 31 は入射角 L の光を伝達できるよう、 $NA = \sin L$ ・・・(3)

を満たすことが必要であった。しかし、 NA を大きくするにつれてライトガイドのガラスが黄色に着色し、色再現の低下、伝送光量の低下を生ずる欠点があった。

【0044】

以下、上記の従来技術の問題点を解決し得る光源光学系について説明する。

第 1 の例は、図 36 に示すように、DCC レンズ 34 を配設し、ランプ 33 からの光束のうち中心と周辺とを DCC レンズ 34 の側面 34' での全反射により反転させ、集光レンズ 35 に入射させるものである。なお DCC レンズ 34 とは、K.Kono et al.:Opt. Rev. 4(1997)423. に説明があるとおり、両端が円錐形にへこみ側面が光を反射する円筒状の光学素子であり、入射光を側面 34' にて全反射させるかあるいは側面に金属膜を付けて反射させ、入射光束のうち中心の光線 a と周辺の光線 b とを反転し、集光レンズ 35 の周辺

に光線 a が、集光レンズ 3 5 の中心に光線 b が入射するようにする。このようにすると、
 と I との関係は図 3 7 に示すように、中心では高く（理論的には無限大）周辺では低く
 （理論的には 0）なるので、NA の小さいライトガイドでも大量の光量を伝送でき、前述
 の問題点が解消する。なお、DCC レンズ 3 4 はガラス、プラスチック、ゴム等の透明物
 質の成形あるいは研削で作ることができる。図 3 6 に示した形状の DCC 3 4 が加工しに
 くい場合は、図 3 8 に示すように、二つの部材 3 6、3 7 に分割して作ってもよく、とく
 に同形の二つの部材に分割して作れば型が共有できコスト的に有利である。

【0045】

DCC レンズの設計例を以下に示す。図 3 9 に示すように、DCC レンズ 3 4 の中心厚を
 t、屈折率を n、入射光束高（＝射出光束高）を h、DCC レンズの頂角の 1/2 を、
 を下記式（5）で定義すると、

$$t = \{ 1 - \cot \theta \cdot \cot (\theta + \alpha) \} \cdot h / \cot (\theta + \alpha) \quad \cdots (4)$$

$$\sin \theta = \cos \alpha / n \quad \cdots (5)$$

の関係がある。ここで、 $n = 1.53$ 、 $h = 12.7 \text{ mm}$ 、 $\alpha = 45^\circ$ とすると、 $\theta = 27.527^\circ$ 、 $t = 27.645 \text{ mm}$ となるが、DCC レンズ 3 4 の直径 D を、やや余裕をみ
 て 30 mm とすると、t は下記式（6）の t' ほど大きくする必要がある。

【0046】

$$t' = (D/2 - h) \cdot \tan (90^\circ - \theta - \alpha) \quad \cdots (6)$$

したがって、 $t = 28.369 \text{ mm}$ とするのがよい。一方、D を 2h より大きくしすぎると
 コスト的に不利で、

$$D \geq 3h + 5 \quad \cdots (7)$$

を満足させるのがよい。したがって t は、下記条件（8）を満たすように決めるのがよい
 。

【0047】

$$0.6 \times \{ (1 - \cot \theta \cdot \cot (\theta + \alpha) / \cot (\theta + \alpha) \} \times h \leq t$$

$$\{ (1 - \cot \theta \cdot \cot (\theta + \alpha) / \cot (\theta + \alpha) \} \times h + 5 (D/2 - h) \cdot \cot (\theta + \alpha) \quad \cdots (8)$$

条件（8）の下限を下回ると光源中心付近の光束のケラレが生じ損であり、上限を上回ると
 光源周辺の光束のケラレが生じ損である。以上のように、DCC レンズの中心厚 t は上
 記条件（5）、（8）を満たすように決めるとよい。なお、図 3 8 に示したように DCC
 レンズ 3 4 を二つに分割して製作した場合でも、その中心厚 t として 3 6 と 3 7 のそれぞ
 れの中心厚の和をとれば上記条件（5）、（7）、（8）を適用できる。また、図 4 0 に
 示すようにランプ 3 3 の中心部のフィラメントが原因でランプ 3 3 からの射出光束の中心
 部が黒く抜けてしまう場合がある。つまり、直径 d の斜線部の光エネルギーがないのであ
 る。しかし、この場合も DCC レンズ 3 4 によって射出光束の黒い抜けをなくすことがで
 きる。

【0048】

第 2 の例は、図 4 1 に示すように、DCC レンズを二つに分割した一方の部材 3 8 を凸レ
 ンズ作用をもつ曲面としたものである。この場合は集光レンズを省略できるのでコスト低
 減ができるメリットがある。部材 3 8 の断面の凸カーブ 3 8' の半径を R、省略する集光
 レンズの焦点距離を f、部材 3 8 の屈折率を n とすると、

$$1/f = (n - 1)/R \quad \cdots (9)$$

を満たすように R を決めればよい。本実施形態においても部材 3 6、3 8 を一体とする形
 状にしてもよい。また、同様にランプ 3 3 からの射出光束が平行光束でない場合は部材 3
 6 の入射面 3 6' の断面形状を曲面にして、部材 3 6 内を通る光束が平行光束になるよう
 にしてもよい。上記の他、部材 3 6 の射出面、部材 3 8 の入射面をそれぞれ曲面とするこ
 とも可能である。

【0049】

以上に説明した光源光学系によれば、NA が比較的小さく着色の少ないライトガイドでも
 大量の光量を伝送できる。

10

20

30

40

50

次に、微小レンズを基板上に整列させる方法について述べる。

【 0 0 5 0 】

内視鏡などに用いられるライトガイド用の光源装置において、一般的には図 4 2 に示すように、ライトガイド 1 0 4 の端面に凹レンズ 1 0 0 を配置する光学系が知られている。また、ライトガイド光学系を大きくすることなく配光特性を向上させる方法として、従来技術では図 4 3 に示すように、球状レンズ 1 0 1 を基板 1 0 2 上に 2 次元的にアレイ状に並べた球状レンズアレイ 1 0 3 をライトガイド 1 0 4 の端面に設ける方法が考えられている。良好な配光特性を得るには、図 4 4 に示すように、球状レンズ 1 0 1 が稠密に並んでい

10

【 0 0 5 1 】

以下、上記の従来技術の問題点を解決し得る方法について説明する。

球状部材を分散させた液体中に基板を入れ、基板を液体から引き上げる際、境界付近では液体の表面張力と液体の蒸発に伴う流れが発生し微粒子が基板上に結晶状に整列する、自己集積現象が知られている (K.Nagayama ed.: "Protein Array -An Alternative Biomolecular System", Adv. Biophys.(Tokyo) 34(1997), Japan Scientific Soc. Press)。第 1 の例は、微小レンズを基板上に整列させる手段としてこの自己集積現象を利用するものである。図 4 5 に示すように、微小球状レンズ 1 0 1 を分散させた液体 1 0 5 の中に、基板 1 0 2 となる部材を浸し、基板 1 0 2 を垂直または水平に引き上げ液体を蒸発させることによって、微小球状レンズ 1 0 1 を基板 1 0 2 上に稠密に整列させ、球状レンズアレイを製作することができる。

20

【 0 0 5 2 】

第 2 の例は、図 4 6 に示すように、基板 1 0 2 上に球状レンズ 1 0 1 を分布させ、基板 1 0 2 を振動させることにより、球状レンズ 1 0 1 を基板 1 0 2 に整列させることができる。

【 0 0 5 3 】

以上に説明した方法により整列させた球状レンズを接着剤等で固定すれば、規則正しく並んだ球状レンズアレイを容易に製作できる。特に、比較的広い面積の基板でも容易に製作でき工業的にもメリットがある。

30

【 0 0 5 4 】

また、図 4 7 に示すように球状レンズアレイ 1 0 3 を 2 層にすると、さらに配光特性が向上する。図 4 8 は、光源装置の配光特性すなわち射出光の角度 に対する強度 I の分布を示す。実線はライトガイド 1 0 4 の端面に凹レンズを配置した場合、破線は上記第 1、第 2 の例の単層レンズアレイを配置した場合、一点鎖線は図 4 7 に示した 2 層レンズアレイを配置した場合を示し、2 層レンズアレイを配置した場合は配光特性が向上している。

【 0 0 5 5 】

また、本手法で製作された球状レンズアレイは、図 4 9 に示すように、液晶表示素子のバックライトの集光にも適用できる。本図において、バックライト 1 0 9 からの光束は球状レンズアレイ 1 0 3 を透過し液晶表示素子 1 1 0 を照明する。これによってバックライト 1 0 9 からの光を効率よく集光でき、明るい液晶表示素子を実現できる。

40

【 0 0 5 6 】

さらに、図 5 0 に示すように、CCD などの撮像素子 1 1 1 の直前に本手法で製作した球状レンズアレイ 1 0 3 を設けることによって、撮像素子の開口効率が大幅に向上する。

【 0 0 5 7 】

なお、基板上に整列した微小粒子を固定する方法としては、図 5 1 に示すように、接着剤 1 1 3 の使用が考えられるが、粘性の高い接着剤を使用すると整列した粒子の配列が乱れるおそれがある。また、接着剤自体の化学的变化により、透過率が低下するおそれがある

50

。特に医療用内視鏡の場合、高温での滅菌作業が不可欠なので接着剤を用いない方法が望ましい。そこで、図52に示すように、もう1枚の基材112を用いて挟み、両端を封止する方法が考えられる。さらに、図53に示すように、基板または球状レンズを加熱することにより溶かし、互いに固定させることもできる。

【0058】

以上に説明した方法によれば、微小な球状レンズを基板上に容易に稠密に並べることができ、内視鏡先端部の小型化、液晶表示素子の明るいバックライト、固体撮像素子の集光効率の向上等を実現することができる。

【0059】

以上説明したように、本発明による光学装置、撮像装置、表示装置、結像装置等は、以下の付記に示す特徴を備えていることが好ましい。

10

付記

【0060】

1．一枚の基板に少なくとも光学素子、シャッター、絞り、表示素子のうちの一つ以上と撮像素子と、を配設した光学装置。

【0061】

2．一枚の基板に光学素子、シャッター、絞り、表示素子、撮像素子等のうちの二つ以上を配設した光学装置。

【0062】

3．一枚の基板に光学素子、シャッター、絞り等のうちの二つ以上を配設した光学装置。

20

【0063】

4．一枚の基板に、少なくとも撮像素子、光学素子、シャッター、絞り、のうちの一つ以上と表示素子と、を配設した光学装置。

【0064】

5．前記光学素子が、光学特性可変光学素子であることを特徴とする付記項1ないし付記項4のいずれかに記載の光学装置。

【0065】

6．前記光学特性可変光学素子が、可変焦点光学素子であることを特徴とする付記項5に記載の光学装置。

【0066】

7．前記光学特性可変光学素子が、可変焦点ミラーであることを特徴とする付記項5に記載の光学装置。

30

【0067】

8．前記光学素子が、可動光学素子であることを特徴とする付記項1ないし付記項4のいずれかに記載の光学装置。

【0068】

9．前記光学素子が、薄膜レンズ技術を用いて作られたことを特徴とする付記項1ないし付記項4のいずれかに記載の光学装置。

【0069】

10．前記光学素子が、ミラーであることを特徴とする付記項1ないし付記項4のいずれかに記載の光学装置。

40

【0070】

11．前記光学素子が、赤外光カット機能を有することを特徴とする付記項1ないし付記項4のいずれかに記載の光学装置。

【0071】

12．シリコン基板上に形成したことを特徴とする付記項1ないし付記項11のいずれかに記載の光学装置。

【0072】

13．前記基板が透明であることを特徴とする付記項1ないし付記項11のいずれかに記載の光学装置。

50

【 0 0 7 3 】

1 4 . 前記基板が赤外光除去機能を有することを特徴とする付記項 1 3 に記載の光学装置。

【 0 0 7 4 】

1 5 . 前記基板の少なくとも一部が不透明であることを特徴とする付記項 1 ないし付記項 1 4 のいずれかに記載の光学装置。

【 0 0 7 5 】

1 6 . 前記光学装置を製作するのにリソグラフィプロセスを用いる付記項 1 ないし付記項 1 5 のいずれかに記載の光学装置。

【 0 0 7 6 】

1 7 . 各種 I C または L S I を含む付記項 1 ないし付記項 1 6 のいずれかに記載の光学装置。

【 0 0 7 7 】

1 8 . 光学ブロックと前記光学装置とを備えた付記項 1 ないし付記項 1 7 のいずれかに記載の装置。

【 0 0 7 8 】

1 9 . 光学素子と光学ブロックと前記光学装置とを備えた付記項 1 ないし付記項 1 8 のいずれかに記載の装置。

【 0 0 7 9 】

2 0 . 前記光学ブロックが赤外光カット機能を有する付記項 1 8 または付記項 1 9 に記載の装置。

【 0 0 8 0 】

2 1 . 付記項 1 ないし付記項 1 1、付記項 1 7 のいずれかに記載の光学装置と付記項 1 3 ないし付記項 1 5 のいずれかに記載の透明な光学装置を組み合わせた装置。

【 0 0 8 1 】

2 2 . 光学素子、シャッター、絞り、表示素子、撮像素子の一つ以上と光学ブロックとを備えた光学装置。

【 0 0 8 2 】

2 3 . 光学素子、シャッター、絞り、表示素子、撮像素子の二つ以上と光学ブロックとを備えた光学装置。

【 0 0 8 3 】

2 4 . 光学ブロックの複数の面に対向して光学素子、シャッター、絞り、表示素子、撮像素子のうちの二つ以上を配置した光学装置。

【 0 0 8 4 】

2 5 . 光学特性可変光学素子または可動光学素子を少なくとも一つ含み、ZOOMを行う付記項 1 ないし付記項 1 7 のいずれかに記載の光学装置または付記項 1 8 ないし付記項 2 1 のいずれかに記載の装置を含む光学装置。

【 0 0 8 5 】

2 6 . 付記項 1 ないし付記項 2 5 のいずれかに記載の装置を備えた撮像装置。

【 0 0 8 6 】

2 7 . 付記項 1 ないし付記項 2 5 のいずれかに記載の装置を備えた結像装置。

【 0 0 8 7 】

2 8 . 撮像または観察方向と、撮像素子または眼に入射する光線とが挟じれの関係にある光学装置を用いた撮像装置。

【 0 0 8 8 】

2 9 . 撮像または観察方向と、撮像素子または眼に入射する光線とが挟じれの関係にある、付記項 1 ないし付記項 1 7 のいずれかに記載の光学装置または付記項 1 8 ないし付記項 2 5 のいずれかに記載の装置を含む光学装置。

【 0 0 8 9 】

3 0 . 付記項 1 ないし付記項 1 7 のいずれかに記載の光学装置または付記項 1 8 ないし付

10

20

30

40

50

記項 25 のいずれかに記載の装置を含む、請求項 2 に記載の光学装置。

【0090】

31．撮像または観察方向が厚さ方向とほぼ直角であることを特徴とする付記項 1 ないし付記項 17 のいずれかに記載の光学装置または付記項 18 ないし付記項 25 のいずれかに記載の装置または付記項 30 に記載の光学装置を含む撮像装置。

【0091】

32．撮像または観察方向が厚さ方向とほぼ平行であることを特徴とする付記項 1 ないし付記項 17 のいずれかに記載の光学装置または付記項 18 ないし付記項 25、請求項 1、請求項 2 のいずれかに記載の装置を含む撮像装置。

【0092】

33．請求項 3 に記載の足つき光学素子。

【0093】

34．請求項 3 に記載の静電光学素子。

【0094】

35．請求項 3 に記載の自走光学素子。

【0095】

36．フォーカスまたはズームを行う請求項 3 に記載の可動光学素子を備えた光学装置。

【0096】

37．静電気力又は電磁力によって駆動されるリソグラフィープロセスを含む加工法で製作された絞り。

【0097】

38．静電気力又は電磁力によって駆動されるリソグラフィープロセスを含む加工法で製作されたシャッター。

【0098】

39．静電気力又は電磁力によって駆動されるリソグラフィープロセスを含む加工法で製作された絞りと兼用のシャッター。

【0099】

40．固体撮像素子の素子シャッター機能を用いる撮像装置。

【0100】

41．透過率可変素子を備えた付記項 40 に記載の撮像装置。

【0101】

42．請求項 1 ないし請求項 3、付記項 1 ないし付記項 37、付記項 40 に記載の撮像装置。

【0102】

43．基板が不透明である。（遮光効果があり、フレア、ゴーストを抑制できる。）

【0103】

44．基板が、光路上は透明であり、光路外の少なくとも一部に遮光手段を設けている。（基板を介して光学系を構成できるため薄型化できる。且つフレア、ゴーストを抑えられる。）

【0104】

45．基板の一方の面に光学素子と撮像素子を並列させて配置した。

【0105】

46．基板の一方の面に光学素子と表示素子を並列させて配置した。

【0106】

47．基板の一方の面に複数の光学手段を並列させて配置した。（光学系、装置全体を薄型化できる。）

【0107】

48．基板が透明であり、一部に内面反射面を有する。（基板中で光路を折り返せるので、光学系全体の薄型化がはかれる。）

【0108】

10

20

30

40

50

49．光学素子と撮像素子とが互いに偏心している。

【0109】

50．基板が透明のほぼ平行平板であり、且つ面の一部が曲面にて構成された光学面である。

【0110】

51．主光線または光軸が屈曲している。

【0111】

52．一枚の基板上に光学素子、シャッター、絞り、表示素子、撮像素子のうち複数を非共軸に配置した光学装置。

【0112】

10

53．一枚の基板上に光学素子、シャッター、絞り、表示素子の少なくともいづれかの素子と、前記素子とは非共軸の撮像素子とを配置した光学装置。

【0113】

54．光学特性可変光学素子を基板上に配すると共に、上記基板上に更に、表示素子、撮像素子、他の光学素子のうち何れかを配置した光学装置。

【0114】

55．可動光学素子を基板上に配すると共に、上記基板上に更に、表示素子、撮像素子、他の光学素子のうち何れかを配置した光学装置。

【0115】

56．反射面を有する基板上に更に、表示素子、撮像素子、他の光学素子のうち何れかを配置した光学装置。

20

【0116】

57．赤外カットフィルターを有する基板上に更に、表示素子、撮像素子、他の光学素子のうち何れかを配置した光学装置。

【0117】

58．一枚の透明基板の表面に少なくとも撮像素子と光学素子とを配設し、撮像機能を有することを特徴とする板状撮像ユニット。

【0118】

59．一枚の透明基板の表面に、撮像素子と、少なくとも回折光学素子と曲面レンズと自由曲面のうちの一つ以上とを配設し、撮像機能を有することを特徴とする板状撮像ユニット。

30

【0119】

60．一枚の透明基板の表面に、ファインダーと撮像素子と、少なくとも回折光学素子と曲面レンズと自由曲面のうちの一つ以上とを配設し、撮像機能を有することを特徴とする板状撮像ユニット。

【0120】

61．一枚の透明基板の表面に、撮像素子と表示装置と、少なくとも回折光学素子と曲面レンズと自由曲面とファインダーのうちの一つ以上とを配設し、撮像機能を有することを特徴とする板状撮像ユニット。

【0121】

40

62．製作段階でリソグラフィープロセスを用いることを特徴とする、付記項58ないし付記項61のいづれかに記載の板状撮像ユニット。

【0122】

63．可変焦点光学素子を備えたことを特徴とする、付記項58ないし付記項62のいづれかに記載の板状撮像ユニット。

【0123】

64．前記透明基板が赤外カットフィルタ効果を有することを特徴とする、付記項58ないし付記項63のいづれかに記載の板状撮像ユニット。

【0124】

65．付記項58ないし付記項64のいづれかに記載の板状撮像ユニットを備えた撮像装

50

置。

【 0 1 2 5 】

6 6 . 付記項 5 8 ないし付記項 6 4 のいずれかに記載の板状撮像ユニットを備えた携帯情報端末装置。

【 0 1 2 6 】

6 7 . 一枚の透明基板とその表面に形成された高分子分散液晶とからなることを特徴とする可変屈折力光学素子。

【 0 1 2 7 】

6 8 . 一枚の透明基板とその表面に形成された高分子分散液晶とからなることを特徴とする可変焦点光学素子。

10

【 0 1 2 8 】

6 9 . 一枚の透明基板とその表面に形成された高分子分散液晶とからなることを特徴とする可変焦点回折光学素子。

【 0 1 2 9 】

7 0 . 液晶に対する高分子の重量比を 2 5 % 以上にしたことを特徴とする、付記項 6 7 ないし付記項 6 9 のいずれかに記載の光学素子。

【 0 1 3 0 】

7 1 . 前記透明基板が赤外カットフィルタ効果を有することを特徴とする、付記項 6 7 ないし付記項 7 0 のいずれかに記載の光学素子。

20

【 0 1 3 1 】

7 2 . 付記項 6 7 ないし付記項 7 1 に記載の光学素子を備えた撮像装置。

【 0 1 3 2 】

7 3 . 光線が透過する少なくとも一面が凹曲面で、側面が光線を反射する光学素子を少なくとも一つ備えたことを特徴とするライトガイド用光源光学系。

【 0 1 3 3 】

7 4 . 一面が光線が透過する凹曲面で、側面が光線を反射する同形の光学素子二つを備えたことを特徴とするライトガイド用光源光学系。

【 0 1 3 4 】

7 5 . 両端が光線が透過する凹曲面で、側面が光線を反射する光学素子を備えたことを特徴とするライトガイド用光源光学系。

30

【 0 1 3 5 】

7 6 . 下記条件 (5) 、 (8) を満たすことを特徴とする、付記項 7 3 ないし付記項 7 5 のいずれかに記載のライトガイド用光源光学系。

$$\sin \theta = \cos \theta / n \quad \cdots (5)$$

$$0.6 \times \{ (1 - \cot \theta \cdot \cot (\theta + \alpha)) / \cot (\theta + \alpha) \} \times h + 5 (D / 2 - h) \cdot \cot (\theta + \alpha) \quad \cdots (8)$$

ただし、 θ は式 (5) で定義される角、 α は D C C レンズの頂角の 1 / 2、 n は D C C レンズの屈折率、 h は入射光束高、 t は D C C レンズの中心厚、 D は D C C レンズの直径である。

40

【 0 1 3 6 】

7 7 . 下記条件 (5) 、 (7) 、 (8) を満たすことを特徴とする、付記項 7 3 ないし付記項 7 5 のいずれかに記載のライトガイド用光源光学系。

$$\sin \theta = \cos \theta / n \quad \cdots (5)$$

$$D \geq 3 h + 5 \quad \cdots (7)$$

$$0.6 \times \{ (1 - \cot \theta \cdot \cot (\theta + \alpha)) / \cot (\theta + \alpha) \} \times h + 5 (D / 2 - h) \cdot \cot (\theta + \alpha) \quad \cdots (8)$$

ただし、 θ は式 (5) で定義される角、 α は D C C レンズの頂角の 1 / 2、 n は D C C レンズの屈折率、 h は入射光束高、 t は D C C レンズの中心厚、 D は D C C レンズの直径で

50

ある。

【 0 1 3 7 】

78．光線射出面の断面形状が下記条件（9）を満たすことを特徴とする、付記項73ないし付記項75のいずれかに記載のライトガイド用光源光学系。

$$1/f = (n-1)/R \quad \dots (9)$$

ただし、RはDCCレンズを二つに分割した部材のうち凸レンズ作用をもつ曲面とした一方の部材の断面の凸カーブの半径をR、nは該部材の屈折率、fはこれにより省略できる集光レンズの焦点距離である。

【 0 1 3 8 】

79．付記項73ないし付記項78のいずれかに記載の光学系を備えた光源装置。

10

【 0 1 3 9 】

80．基板上に球状レンズを稠密に整列させる手段として自己集積現象を用いた球状レンズアレイの製作方法。

【 0 1 4 0 】

81．基板上に球状レンズを稠密に整列させる手段として基板または球状レンズを振動させる球状レンズアレイの製作方法。

【 0 1 4 1 】

82．球状レンズがガラスであることを特徴とする、付記項80または付記項81に記載の方法。

【 0 1 4 2 】

83．球状レンズが樹脂であることを特徴とする、付記項80または付記項81に記載の方法。

20

【 0 1 4 3 】

84．付記項80または付記項81に記載の方法によって製作したレンズアレイを備えた照明光学系。

【 0 1 4 4 】

85．付記項80または付記項81に記載の方法によって製作したレンズアレイを備えた内視鏡用照明光学系。

【 0 1 4 5 】

86．付記項80または付記項81に記載の方法によって製作したレンズアレイを備えた顕微鏡用照明光学系。

30

【 0 1 4 6 】

87．付記項80または付記項81に記載の方法によって製作したレンズアレイを備えた液晶表示素子のバックライト照明光学系。

【 0 1 4 7 】

88．付記項80または付記項81に記載の方法によって製作したレンズアレイを備えた撮像素子。

【 0 1 4 8 】

89．付記項80または付記項81に記載の方法によって製作した球状レンズの基板への固定手段として、接着剤を用いて固定する方法。

40

【 0 1 4 9 】

90．付記項80または付記項81に記載の方法によって製作した球状レンズの基板への固定手段として、別の基板を用いて前記球状レンズを挟むことにより固定する方法。

【 0 1 5 0 】

91．付記項80または付記項81に記載の方法によって製作した球状レンズの基板への固定手段として、前記球状レンズまたは前記基板を加熱することにより固定する方法。

【 0 1 5 1 】

92．付記項80または付記項81に記載の方法によって製作した球状レンズアレイ。

【 0 1 5 2 】

93．付記項80または付記項81に記載の方法によって球状レンズアレイを製造する製

50

造装置。

【0153】

94．一枚の透明基板の表面に少なくとも撮像素子と光学素子とを配設した板状撮像ユニット。

【0154】

95．一枚の透明基板の表面に、撮像素子と、少なくとも回折光学素子と曲面レンズと自由曲面のうちの一つ以上とを配設した板状撮像ユニット。

【0155】

96．一枚の透明基板の表面に、ファインダーと撮像素子と、少なくとも回折光学素子と曲面レンズと自由曲面のうちの一つ以上とを配設した板状撮像ユニット。

10

【0156】

97．一枚の透明基板の表面に、撮像素子と表示装置と、少なくとも回折光学素子と曲面レンズと自由曲面とファインダーのうちの一つ以上とを配設した板状撮像ユニット。

【0157】

98．制作段階でリソグラフィープロセスを用いることを特徴とする、付記項94ないし付記項97のいずれかに記載の板状撮像ユニット。

【0158】

99．可変焦点光学素子を備えたことを特徴とする、付記項94ないし付記項98のいずれかに記載の板状撮像ユニット。

【0159】

20

100．前記透明基板が赤外カットフィルタ効果を有することを特徴とする、付記項94ないし付記項99のいずれかに記載の板状撮像ユニット。

【0160】

101．付記項94ないし付記項100のいずれかに記載の板状撮像ユニットを備えた撮像装置。

【0161】

102．付記項94ないし付記項100のいずれかに記載の板状撮像ユニットを備えた携帯情報端末装置。

【0162】

【発明の効果】

30

以上に示したように、本発明によれば、小型でコストの安い撮像装置、観察装置等の光学装置あるいはそれらに用いられるユニット等の部品を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施形態を示す図である。

【図2】 本発明の第2実施形態を示す図である。

【図3】 図2の光学装置を上方から見たマイクロシャッター付近の拡大図である。

【図4】 本発明の第2実施形態に用いる絞りの変形例を示す図である。

【図5】 本発明の第2実施形態の変形例として、光学特性可変光学素子の一つである可変焦点ミラーの別の一例である液晶可変焦点レンズをミラーの前面に配置した液晶可変ミラーを用いた撮像装置の一例を示す図である。

40

【図6】 本発明の第3実施形態を示す図である。

【図7】 本発明の第3実施形態の撮像装置に用いるローパスフィルターの斜視図で、摺じれ関係にある二つの平面よりなる瞳分割型のローパスフィルターを示す。

【図8】 本発明の第4実施形態を示す図である。

【図9】 本発明の第5実施形態を示す図である。

【図10】 本発明の第6実施形態を示す図である。

【図11】 本発明の第6実施形態の変形例を示す図である。

【図12】 本発明の第7実施形態を示す図である。

【図13】 本発明の第7実施形態の変形例として足付きレンズと透明基板と固体撮像素子とを組合せてなるシンプルな構成の撮像装置の一例を示す図である。

50

- 【図 14】 本発明の第 8 実施形態を示す図である。
- 【図 15】 本発明の実施形態に用いる可動レンズの他の例として静電レンズを示す図である。
- 【図 16】 本発明の第 9 実施形態を示す図である。
- 【図 17】 本発明の第 9 実施形態に用いる自走レンズの構成概要図である。
- 【図 18】 本発明の第 10 実施形態を示す図である。
- 【図 19】 本発明の第 10 実施形態に用いる自由曲面プリズムを上方からみた図である。
- 【図 20】 本発明の第 10 実施形態に用いる自由曲面プリズムを物体側からみた図である。
- 【図 21】 本発明の第 11 実施形態を示す図である。
- 【図 22】 デジタルカメラの従来例を示す図である。
- 【図 23】 本発明の第 12 実施形態を示す図である。
- 【図 24】 本発明の第 13 実施形態を示す図である。
- 【図 25】 本発明の第 13 実施形態のファインダ部の断面図である。
- 【図 26】 本発明の第 14 実施形態を示す図である。
- 【図 27】 本発明の第 14 実施形態に用いる光学素子を示す図である。
- 【図 28】 電圧を加えたときの液晶分子の状態を示す図である。
- 【図 29】 光学素子の変形例を示す図である。
- 【図 30】 本発明の第 15 実施形態を示す図である。
- 【図 31】 本発明の第 15 実施形態に用いる可変焦点フレネルミラーを示す図である。
- 【図 32】 可変焦点 DOE の応用例を示す図である。
- 【図 33】 撮像装置の従来例を示す図である。
- 【図 34】 ライトガイド用の光源光学系の従来例を示す図である。
- 【図 35】 従来例において入射角と入射光強度との関係を示す図である。
- 【図 36】 光源光学系の第 1 の例を示す図である。
- 【図 37】 第 1 の例において入射角と入射光強度との関係を示す図である。
- 【図 38】 DCC レンズの変形例を示す図である。
- 【図 39】 DCC レンズの設計例を説明するための図である。
- 【図 40】 DCC レンズの効果を示す図である。
- 【図 41】 光源光学系の第 2 の例を示す図である。
- 【図 42】 ライトガイドの先端部の従来例を示す図である。
- 【図 43】 ライトガイドの先端部に球状レンズアレイを設けた例を示す図である。
- 【図 44】 球状レンズが稠密に並んだ状態を示す図である。
- 【図 45】 微小レンズを基板上に整列させる方法の第 1 の例を示す図である。
- 【図 46】 微小レンズを基板上に整列させる方法の第 2 の例を示す図である。
- 【図 47】 球状レンズアレイを 2 層にした例を示す図である。
- 【図 48】 各種の光源装置の配光特性を比較する図である。
- 【図 49】 球状レンズアレイの応用例を示す図である。
- 【図 50】 球状レンズアレイの別の応用例を示す図である。
- 【図 51】 基板上に整列した微小粒子を固定する方法を示す図である。
- 【図 52】 基板上に整列した微小粒子を固定する別の方法を示す図である。
- 【図 53】 基板上に整列した微小粒子を固定するさらに別の方法を示す図である。
- 【図 54】 本発明の第 3 実施形態に用いる光学素子の別の変形例を示す図である。

【符号の説明】

- 1 固体撮像素子
- 2 レンズ系
- 3、18、198 透明基板
- 4、6 自由曲面
- 5 回折光学素子 (DOE)

10

20

30

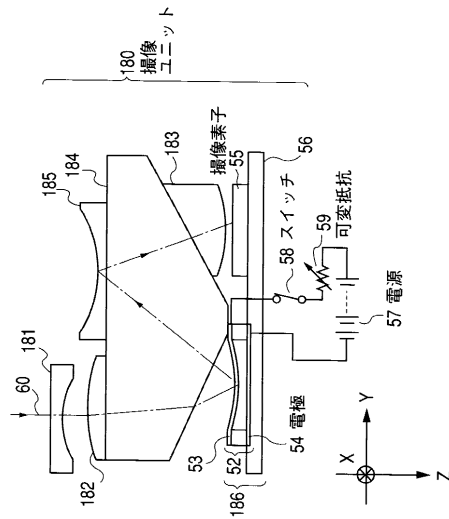
40

50

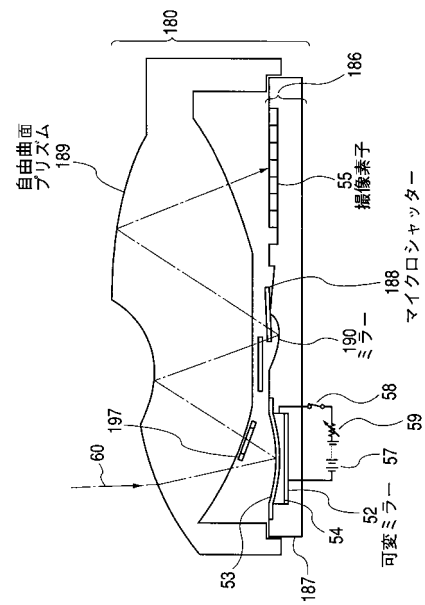
7、14	板状撮像ユニット	
7'	光	
8	TFT液晶ディスプレイ	
9、203	IC	
10	マイクロプロセッサ	
11	ファインダ	
12、100	凹レンズ	
13	凸レンズ	
15	光学素子	
16	高分子分散液晶	10
17	可変焦点DOE	
19	透過電極	
20	液晶分子	
21	曲面	
22	可変焦点フレネルミラー	
23	反射面	
24、58	スイッチ	
25	可変抵抗	
26	フレネル面	
31、104	ライトガイド	20
32	非球面レンズ	
33	ランプ	
34	DCCレンズ	
34'	側面	
35	集光レンズ	
a、b	光線	
36、37、38	部材	
36'	入射面	
38'	凸カーブ	
52	可変焦点ミラー	30
53	薄膜	
54、193、193a、193b、219b、221、222、256	電極	
55	固体撮像素子, CCD	
56、102、240	基板	
57、196	電源	
59	可変抵抗器	
60	物体からの光	
101	球状レンズ	
103	球状レンズアレイ	
105	液体	40
109	バックライト	
110	液晶表示素子	
111	撮像素子	
112	基材	
113	接着剤	
170、232、234	デジタルカメラ	
171、181、182、183、200、200b、208、210、		
211、212、218	レンズ	
173、197	絞り	
174	シャッター	50

1 7 5	レンズフォーカシング用ソレノイド	
1 8 0	電子撮像ユニット	
1 8 4	プリズム	
1 8 5、1 9 0、2 1 8 B、2 2 5	ミラー	
1 8 6、2 4 3、2 4 4、2 4 5	板状ユニット	
1 8 7	シリコン基板	
1 8 8	マイクロシャッター	
1 8 9、2 3 0	自由曲面プリズム	
1 9 1	固定電極	
1 9 2	遮光板	10
1 9 9	反射型LCD	
2 0 1	ローパスフィルター	
2 0 2	透明な板状ユニット	
2 0 4、2 0 7、2 1 7、2 2 8、2 4 6、2 5 3	撮像装置	
2 0 5	曲面状の樹脂薄膜	
2 0 9	ディスプレイ	
2 1 4	斜線部	
2 1 6	足付きレンズ	
2 1 6 B	足付きミラー	
2 1 9、2 4 7、2 4 8	足	20
2 2 0	静電レンズ	
2 2 3	ダンパー	
2 2 6	可動ミラー	
2 2 7	自走レンズ	
2 3 1	撮像ユニット	
2 3 3	干渉膜	
2 4 1	低品質のシリコン等からなる基板	
2 4 2	高品質のシリコンからなる基板	
2 4 9	液晶シャッター	
2 5 2	液晶可変ミラー	30
2 5 4	透明電極	
2 5 5	フレネルレンズ状の基板	
2 5 7	ツイストネマチック液晶	

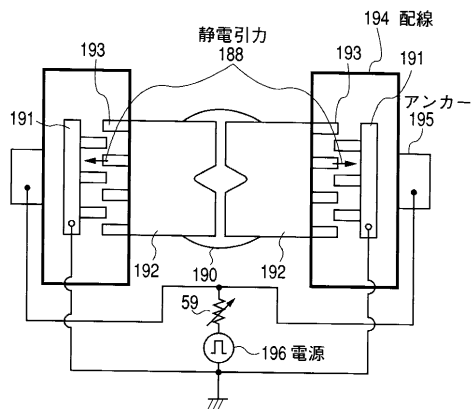
【図 1】



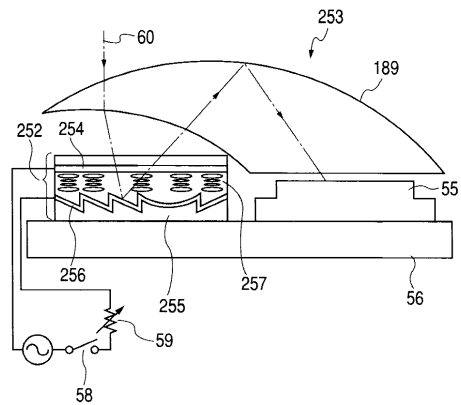
【図 2】



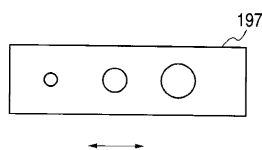
【図 3】



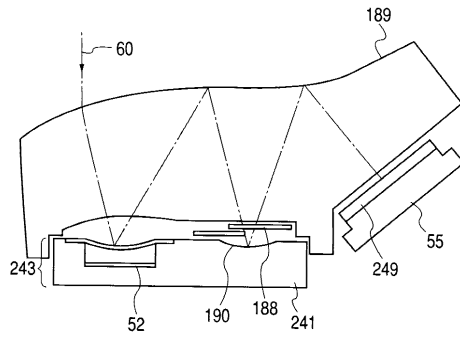
【図 5】



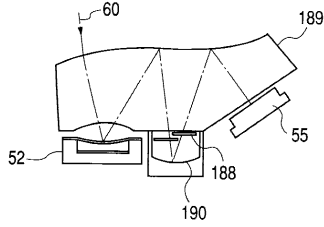
【図 4】



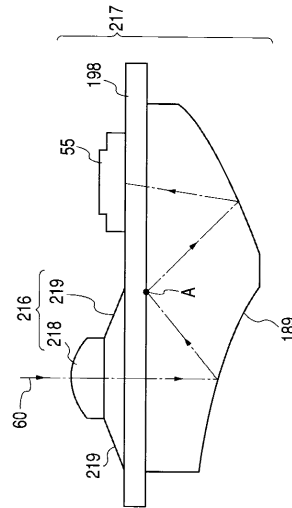
【図 10】



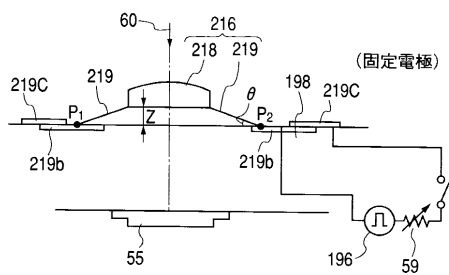
【図 11】



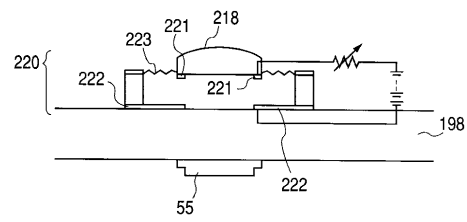
【図 12】



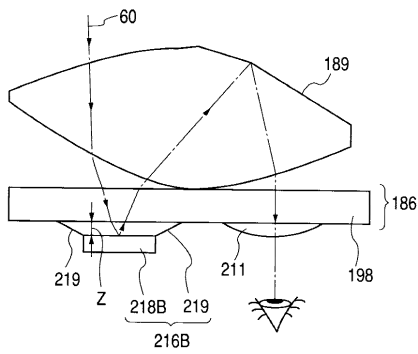
【図 13】



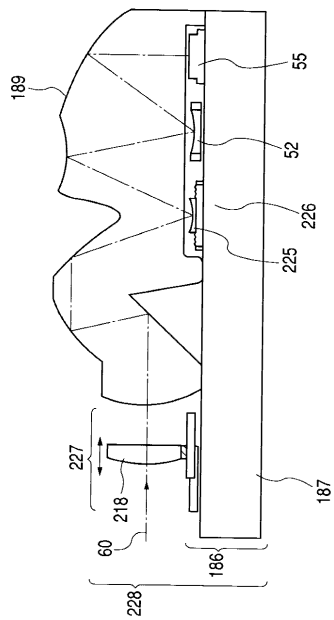
【図 15】



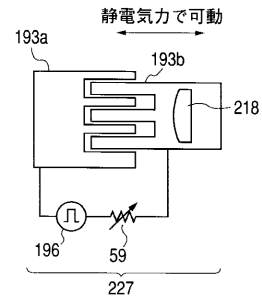
【図 14】



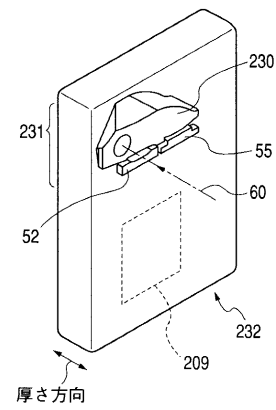
【図 16】



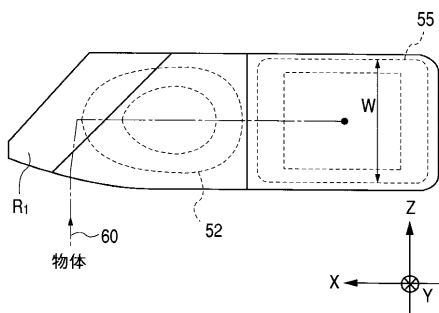
【図 17】



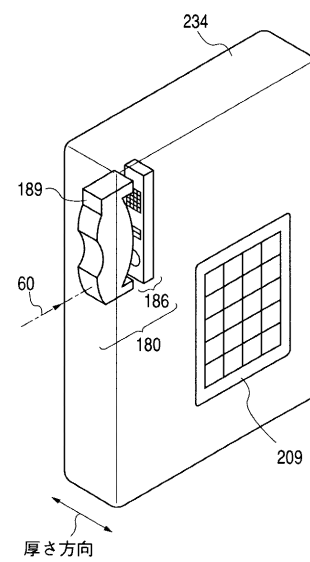
【図 18】



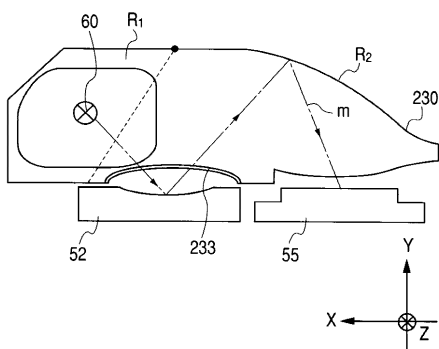
【図 19】



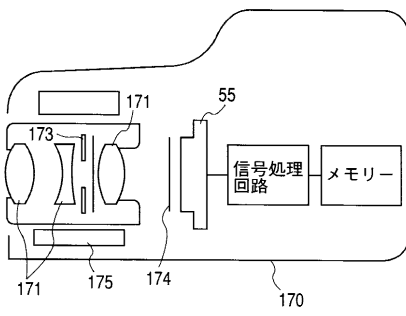
【図 21】



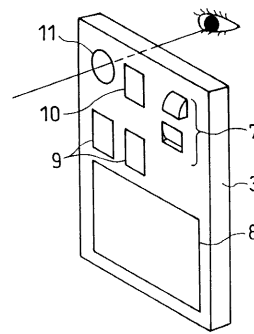
【図 20】



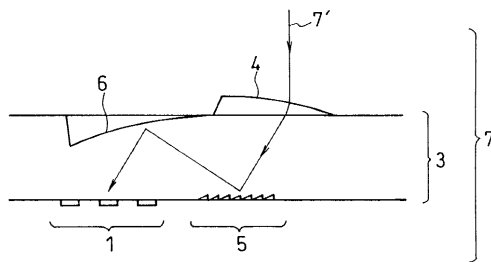
【図 2 2】



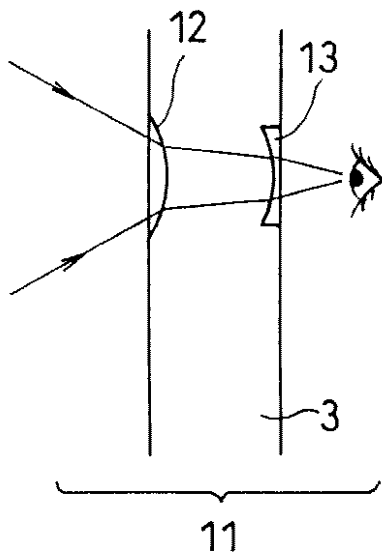
【図 2 4】



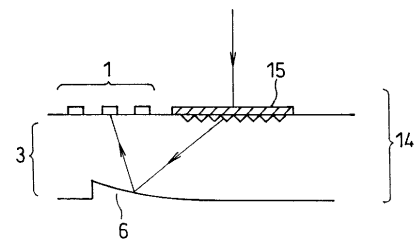
【図 2 3】



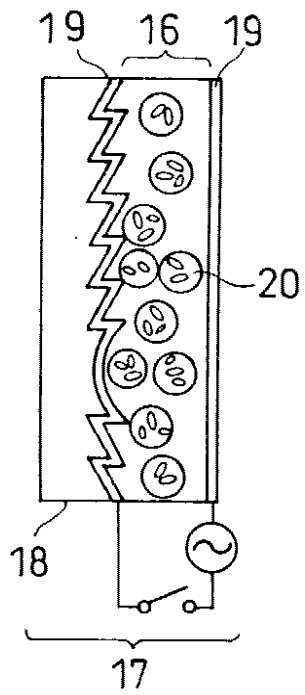
【図 2 5】



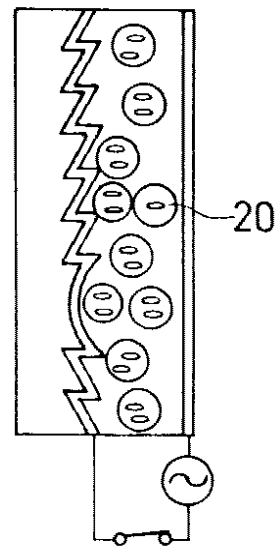
【図 2 6】



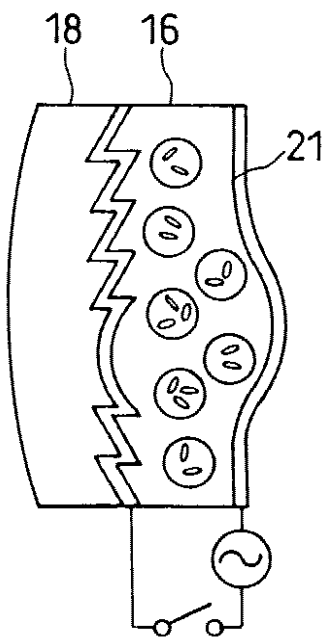
【図 27】



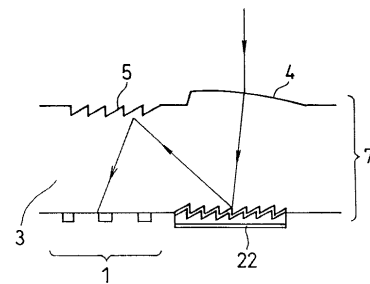
【図 28】



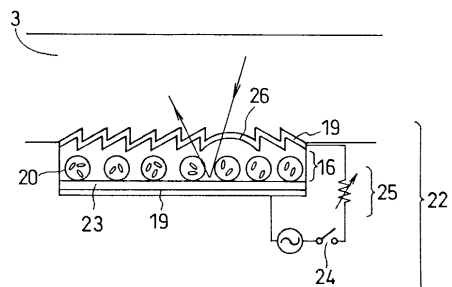
【図 29】



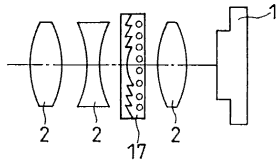
【図 30】



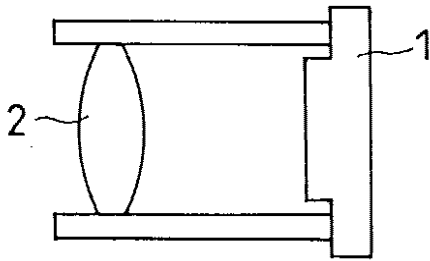
【図 31】



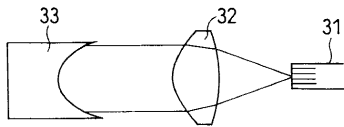
【図 3 2】



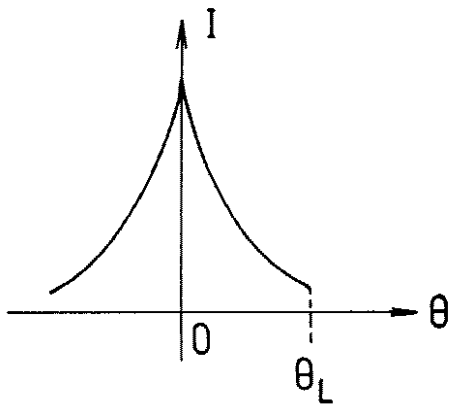
【図 3 3】



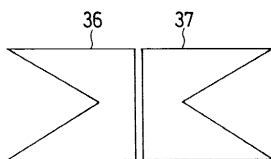
【図 3 4】



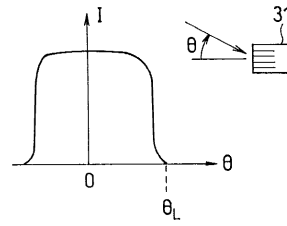
【図 3 7】



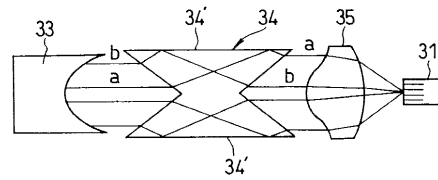
【図 3 8】



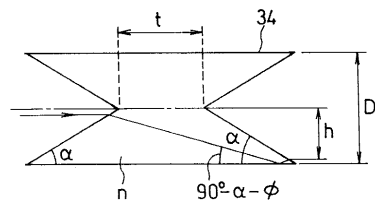
【図 3 5】



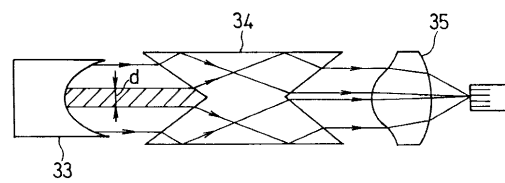
【図 3 6】



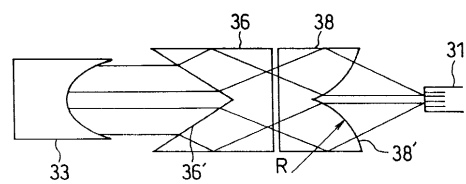
【図 3 9】



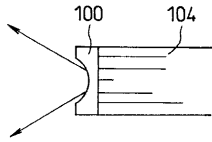
【図 4 0】



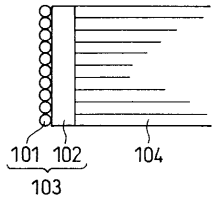
【図 4 1】



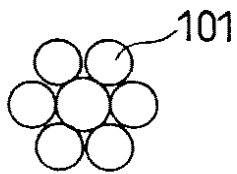
【図 4 2】



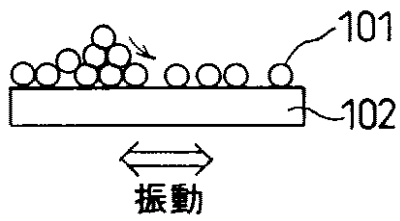
【図 4 3】



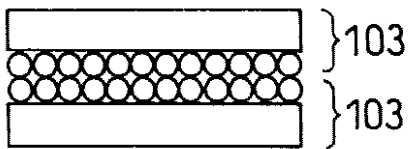
【図 4 4】



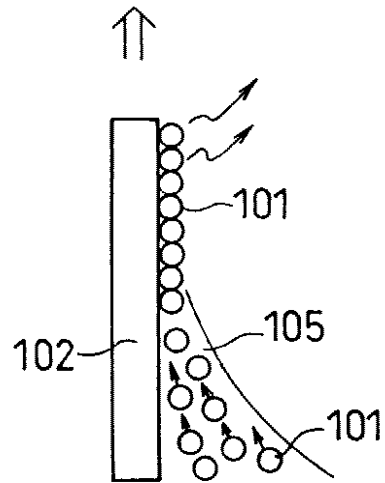
【図 4 6】



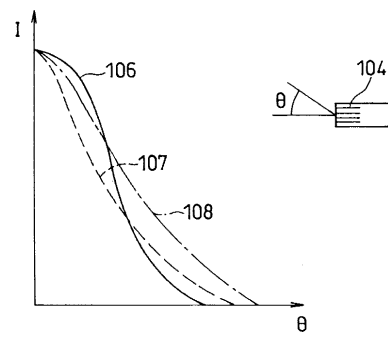
【図 4 7】



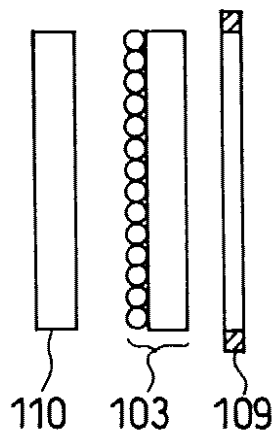
【図 4 5】



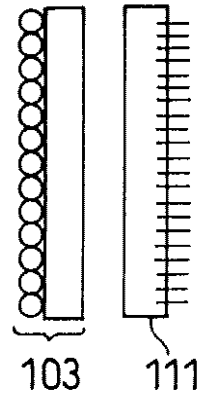
【図 4 8】



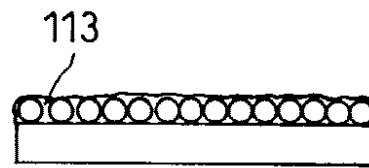
【図 49】



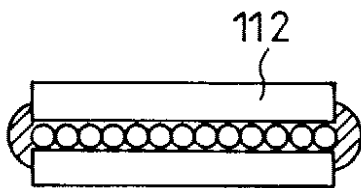
【図 50】



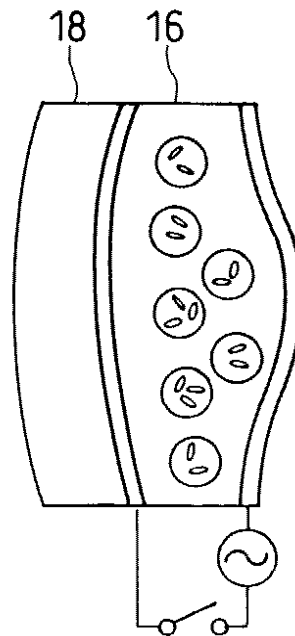
【図 51】



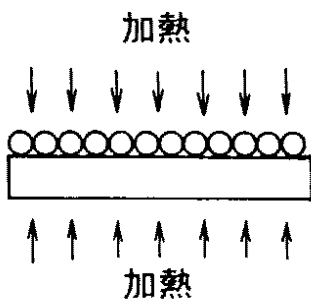
【図 52】



【図 54】



【図 53】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第96/013742(WO,A1)

特表平11-509639(JP,A)

特開平08-046162(JP,A)

特開平05-134275(JP,A)

特開平03-037630(JP,A)

実開平07-029524(JP,U)

特開平08-237556(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

H04N 5/225

G02B 17/08

H04N 5/335