

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-147718

(P2007-147718A)

(43) 公開日 平成19年6月14日(2007.6.14)

|                   |           |      |       |             |
|-------------------|-----------|------|-------|-------------|
| (51) Int. Cl.     |           | F I  |       | テーマコード (参考) |
| <b>GO2B</b> 27/22 | (2006.01) | GO2B | 27/22 | 2H041       |
| <b>GO2B</b> 26/08 | (2006.01) | GO2B | 26/08 | 2H088       |
| <b>GO2F</b> 1/13  | (2006.01) | GO2F | 1/13  | 5O5         |
| <b>HO4N</b> 13/04 | (2006.01) | HO4N | 13/04 | 5C061       |

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 25 頁)

|           |                              |          |                                |
|-----------|------------------------------|----------|--------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2005-338454 (P2005-338454) | (71) 出願人 | 000002185                      |
| (22) 出願日  | 平成17年11月24日 (2005.11.24)     |          | ソニー株式会社                        |
|           |                              |          | 東京都港区港南1丁目7番1号                 |
|           |                              | (74) 代理人 | 100098785                      |
|           |                              |          | 弁理士 藤島 洋一郎                     |
|           |                              | (74) 代理人 | 100109656                      |
|           |                              |          | 弁理士 三反崎 泰司                     |
|           |                              | (72) 発明者 | 山田 正裕                          |
|           |                              |          | 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ            |
|           |                              |          | ニー株式会社内                        |
|           |                              | (72) 発明者 | 青木 直                           |
|           |                              |          | 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ            |
|           |                              |          | ニー株式会社内                        |
|           |                              | Fターム(参考) | 2H041 AA14 AA18 AB26 AC06 AC08 |
|           |                              |          | 最終頁に続く                         |

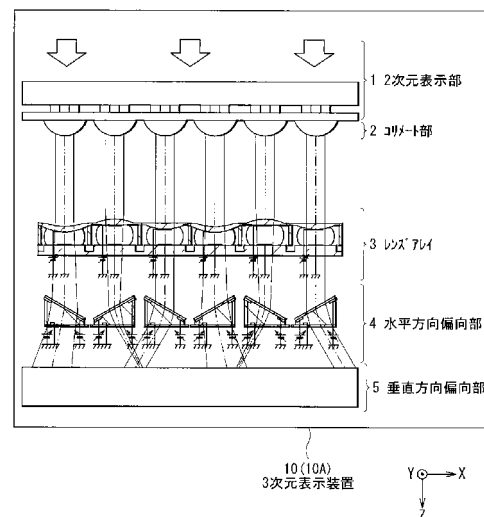
(54) 【発明の名称】 3次元表示装置

(57) 【要約】

【課題】自然光と同質の光線を用いつつ、正確な両眼視差情報の獲得により認識される良好な立体映像を形成可能な3次元表示装置を提供する。

【解決手段】3次元表示装置10Aでは、2次元表示部1によって映像信号に応じた2次元表示画像を生成すると共に、コリメート部2によって、2次元表示部1における複数の画素から発散する各表示画像光を画素単位で平行光束に変換するようにしたので、解像度の劣化や明るさの低下を招くことなく、観察者の両眼に適切な表示画像光をそれぞれ入射することができる。したがって、観察者が正確な両眼視差情報を確実に得ることができ、良好な立体画像を認識することができる。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

光源と、  
複数の画素を有し、映像信号に応じた 2 次元表示画像を生成する 2 次元画像生成手段と、  
前記光源から射出して前記 2 次元画像生成手段を通過する光を画素単位で平行光束に変換する光束平行化手段と、  
前記 2 次元画像生成手段を通過した各平行光束を偏向する偏向手段と  
を備えたことを特徴とする 3 次元表示装置。

## 【請求項 2】

10

前記光束平行化手段は、前記光源と前記 2 次元画像生成手段との間に配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の 3 次元表示装置。

## 【請求項 3】

前記光束平行化手段は、前記 2 次元画像生成手段と前記偏向手段との間に配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の 3 次元表示装置。

## 【請求項 4】

前記光束平行化手段は、各画素に対応して配置された正レンズからなることを特徴とする請求項 1 に記載の 3 次元表示装置。

## 【請求項 5】

20

前記光束平行化手段は、光軸と平行をなすように立設され、前記光源からの光を吸収する材料が少なくとも表層部に設けられた隔壁からなることを特徴とする請求項 1 に記載の 3 次元表示装置。

## 【請求項 6】

前記偏向手段は、  
前記平行光束を水平方向にそれぞれ偏向する水平方向偏向部と、前記平行光束を水平方向と直交する垂直方向にそれぞれ偏向する垂直方向偏向部とを有することを特徴とする請求項 1 に記載の 3 次元表示装置。

## 【請求項 7】

30

前記偏向手段が、  
透明材料からなる固定層と、  
前記固定層と対向して配置された、透明材料からなる可動層と、  
前記固定層と前記可動層との間に充填された透明材料からなる充填層と、  
前記固定層の一表面および前記可動層の一表面にそれぞれ設けられて層面に沿った方向に電界強度分布を形成する透明電極層対と  
を備えた光偏向素子であることを特徴とする請求項 1 に記載の 3 次元表示装置。

## 【請求項 8】

前記 2 次元画像生成手段と、前記偏向手段とが同期していることを特徴とする請求項 1 に記載の 3 次元表示装置。

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、空間に物体の立体映像を表示する 3 次元表示装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

立体映像の生成は、人間の持つ認識生理機能を利用することにより実現されるものである。すなわち、観察者は、左右の眼に入る画像のズレ（両眼視差）や輻輳角からの認識、眼の水晶体の焦点距離を眼の毛様体やチン小体を使って調節する際に起こる生理機能（焦

50

点距離調整機能)からの認識、および運動したときに見える画像の変化による認識(運動視差)に基づき、脳で総合的に処理する過程で立体を認識している。上記の認識生理機能のうち「両眼視差」や「輻輳角」を利用した従来の立体映像の生成方法としては、例えば、左右、色の異なる眼鏡をかけて左右の眼にそれぞれ異なる画像(視差画像)を送る方法や、液晶シャッタの付いたゴーグルをかけて液晶シャッタを高速に切り替えて左右の眼に視差画像を送る方法などがある。また、2次元表示装置に左右のそれぞれの眼に対応した画像を映しこれをレンチキュラーレンズで左右のそれぞれの眼に振り分けることによって立体画像を表現する方法も存在する。さらに、レンチキュラーレンズを用いる方法に類似したものとして、液晶ディスプレイ表面にマスクを設け右眼には右眼用の画像が左眼には左眼用の画像が見えるようにすることによって立体像を表現する方法も開発されている。 10

#### 【0003】

ところが、上記のような特別な眼鏡やゴーグルを使用して視差画像を得る方法は、観察者にとって非常に煩わしいものである。一方、レンチキュラーレンズを用いる方法等では、1つの2次元画像表示装置の領域を右眼用の領域と左眼用の領域とに分割する必要があるので、高精細な画像の表示には適さないという問題がある。

#### 【0004】

特許文献1には、複数の1次元表示装置と、各1次元表示装置からの表示パターンをそれぞれの配置方向と同一方向に偏向する偏向手段とを備えるようにした3次元表示装置が提案されている。この3次元表示装置によれば、複数の出力像が眼の残像効果により同時に認識され、両眼視差の作用により立体像として知覚可能であるとされている。しかしながら、各1次元表示装置からの放射光が球面波として放射されるので観察者の両眼の各々に対応した画像が相互に反対側の眼にも入射してしまい、実際には両眼視差が得られるどころか、2重の画像が認識される可能性が高いと考えられる。 20

【特許文献1】特許第3077930号公報

#### 【0005】

これに対し特許文献2には、液晶表示素子と観測点との間に、1組の集光レンズと、それら1組の集光レンズに挟まれたピンホール部材とを配置するようにした3次元画像表示装置が開示されている。この3次元画像表示装置では、液晶表示素子の射出光を一方の集光レンズによってピンホール部材のピンホールの位置において最も小径となるように集光し、ピンホールを通過した光を他方の集光レンズ(例えばフレネルレンズ)によって平行光とするようになっている。このような構成によれば、観察者の左眼および右眼の各々に対応した画像が適切に振り分けられ両眼視差が得られるものと推測される。 30

【特許文献2】特開2000-201359号公報

#### 【0006】

また、上記の方法とは異なるものとして、ホログラフィ技術を利用して立体映像を生成する方法も存在する。ホログラフィ技術とは、物体からの光波を人工的に再現するものである。ホログラフィ技術を用いた立体映像は、光の干渉により生成された干渉縞を用い、その干渉縞に光が照明された際に生じる回折波面そのものを映像情報媒体として用いている。そのため、観察者が実世界において物体を観察しているときと同様の輻輳、調節などの視覚系生理反応が起き、眼精疲労の少ない映像を提供することができる。さらに、物体からの光波面が再現されているということは、映像情報を伝達する方向に対して連続性が確保されていることといえる。このため、観察者の視点が移動することにより、その移動に応じた異なる角度からの適切な映像を連続的に提示することが可能である。すなわち、ホログラフィ技術を利用した立体映像の生成方法は、運動視差が連続的に提供される映像提供の手法である。 40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

#### 【0007】

上記のホログラフィ技術による立体映像の生成方法は、物体からの回折波面そのものを記録し、それを再生する方法であるので、極めて理想的な立体映像の表現方法であるとい 50

える。

#### 【0008】

しかしながら、ホログラフィ技術では3次元空間情報を2次元空間における干渉縞として記録しており、その空間周波数は同じ物体を撮影した写真などの2次元空間の情報と比較すると極めて膨大な量になる。これは、3次元空間の情報を2次元空間に変換する際に、その情報が2次元空間上における密度に変換されていると考えることができる。そのために、CGH (Computer Generated Hologram) による干渉縞を表示するデバイスに求められる空間分解能は極めて高く、また膨大な情報量が必要であることから、実時間ホログラムにより立体映像を実現することは、現状において技術的に困難である。その上、記録の際に使用する光はレーザ光のような位相の揃ったものでなければならず、自然光での記録 (撮影) が不可能であるという問題もある。 10

#### 【0009】

また、特許文献2の3次元画像表示装置についてはフーリエ変換光学系のような構成となっており、ピンホールもある程度の大きさ (直径) を有していることから、ピンホールの位置では空間周波数の高い成分 (すなわち、解像度の高い成分) が、光軸と直交する面内において不均一に分布 (周縁部により多く分布) しているものと考えられる。したがって、厳密な平行光を実現するためにはピンホールの直径を極めて小さくする必要がある。ところがピンホールの直径を小さくすればするほど得られる画像の明るさの低下や不均一化を招くうえ、ピンホールによって空間周波数の高い成分が除去されてしまうので解像度も劣化してしまうものと推定される。 20

#### 【0010】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、自然光と同質の光線を用いつつ、正確な両眼視差情報や運動視差情報の獲得により認識される良好な立体映像を形成可能な3次元表示装置を提供することにある。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0011】

本発明の3次元表示装置は、光源と、複数の画素を有し映像信号に応じた2次元表示画像を生成する2次元画像生成手段と、光源から射出して2次元画像生成手段を通過する光を画素単位で平行光束に変換する光束平行化手段と、2次元画像生成手段を通過した各平行光束を偏向する偏向手段とを備えるようにしたものである。 30

#### 【0012】

本発明の3次元表示装置では、光束平行化手段によって、光源から射出し2次元画像生成手段を通過する光が画素単位で平行光束に変換されたのち、偏向手段により適切な方向に偏向され、右眼および左眼の各々に対して所望の2次元の表示画像光が向かうこととなる。

#### 【発明の効果】

#### 【0013】

本発明の3次元表示装置によれば、2次元画像生成手段によって映像信号に応じた2次元表示画像を生成すると共に、光束平行化手段によって、光源から射出し2次元画像生成手段を通過する光を画素単位で平行光束に変換するようにしたので、解像度や明るさの劣化などを招くことなく観察者の右眼および左眼の各々に応じた適切な2次元の表示画像光をそれぞれ入射することができる。したがって、観察者が正確な両眼視差情報や運動視差情報を確実に得ることができ、良好な立体画像を認識することができる。 40

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0014】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

#### 【0015】

#### 〔第1の実施の形態〕

まず、本発明における第1の実施の形態としての3次元表示装置10 (後述の第2の実施の形態との区別のため、これ以降、3次元表示装置10Aと表記する) について説明す 50

る。図 1 は、3 次元表示装置 10 A の一構成例を示している。図 1 は、水平面内における概略構成である。

#### 【0016】

3 次元表示装置 10 A は、複数の画素を有する 2 次元表示部 1 と、各画素から発散する表示画像光の波面を画素単位で平行光束に変換するコリメート部 2 と、このコリメート部 2 において変換された平行光束の波面を、任意の観測点から仮想物点までの光路長と等しい光路長となる位置に焦点を結ぶような曲率を有する波面に変換するレンズアレイ 3 と、このレンズアレイ 3 からの光束を水平方向に偏向する水平方向偏向部 4 と、この水平方向偏向部 4 からの光束を垂直方向に偏向する垂直方向偏向部 5 とを備えている。

#### 【0017】

図 2 (A) に、2 次元表示部 1 と、光束平行化手段としてのコリメート部 2 の一構成例を示す。2 次元表示部 1 は、2 次元画像生成手段としてカラー液晶デバイス（以下、単に液晶デバイスという。）11 を利用し、そのバックライト BL として、平行光ではなく通常の蛍光灯（図示せず）を利用したものである。液晶デバイス 11 は、ガラス基板 12 と、複数の画素電極 13 と、ガラス基板 14 とが順に積層された構造となっている。2 枚のガラス基板 12, 14 の間には、さらに液晶層など（図示せず）が設けられている。また、コリメート部 2 は、ガラス基板 14 の表面 14 S 上に配置された、例えば凸形状をなすマイクロレンズ 21 によって構成されている。ここで、バックライト BL が照射されることにより液晶デバイス 11 が表示画像光を射出する。この表示画像光はあらゆる方向に伝播する光の集まりであるため、マイクロレンズ 21 によって画素電極毎に平行光束に変換するようにしている。なお、マイクロレンズ 21 を別体として設けるのではなく、各画素電極 13 に対応するように複数の凸面を表面 14 S に形成し、ガラス基板 14 自体にレンズ作用を持たせるようにしてもよい。この場合、よりコンパクトな構成を実現することができる。

#### 【0018】

また、図 2 (B) に示したように、コリメート部 2 として、マイクロレンズ 21 のかわりに隔壁 22 を設けるようにしてもよい。隔壁 22 は、隣り合う画素電極 13 の中間位置に設けられており、ガラス基板 14 の表面 14 S に対して垂直に（Z 方向に沿って）立設している。この場合、隔壁 22 は表示画像光を吸収する材料（例えば炭素が分散含有された樹脂材料）により構成されたもの、あるいは表面に金ブラック等の光吸収材料が塗布されたものであるもので、不要な反射光がカットされる。したがって、2 次元表示部 1 から射出された表示画像光は表面 14 S と平行な面内方向への伝播を制限され、表面 14 S と直交する方向（Z 軸方向）へ伝播することとなる。隔壁 22 は、水平方向（X 軸方向）だけでなく、垂直方向（Y 軸方向）においても隣り合う画素電極 13 を仕切るように設けられている。このように、隔壁 22 を設けるようにした場合には、隣り合う画素電極 13 を通過する表示画像光同士を確実に遮断し、相互干渉を防ぐことができる。

#### 【0019】

さらに、図 2 (C) に示したように、マイクロレンズ 21 と隔壁 22 とを併設したものをコリメート部 2 としてもよい。この場合には、マイクロレンズ 21 により、発散光であるバックライト BL のうちの大部分の成分を平行光束に変換したうえ、平行光束に変換することのできなかった残りの成分を不要光として隔壁 22 によって吸収することができる。このため、平行光束への変換効率を高めつつ、隣り合う画素電極 13 を通過する表示画像光同士の干渉を確実に防止することができる。

#### 【0020】

さらに、図 3 (A) に示したように、コリメート部 2 としての隔壁 23 を、ガラス基板 14 の表面 14 S ではなく、ガラス基板 12 の表面 12 S（バックライト BL を照射する側の面）に立設するようにしてもよい。このようにした場合には、バックライト BL が液晶デバイス 11 に入射する前に各画素電極 13 に対応した複数の平行光束に変換されるので、液晶デバイス 11 から射出される各表示画像光も平行光束となる。

#### 【0021】

10

20

30

40

50

さらに、隔壁 2 3 に加え、図 3 (B) に示したように隔壁 2 2 を表面 1 4 S に設けることもできる。この場合、隔壁 2 3 によってバックライト B L が平行光束に変換されると共に、隔壁 2 2 によって、例えばガラス基板 1 4 において散乱した不要な光を十分に除去することができる。

#### 【0022】

さらに、図 3 (C) に示したように、図 3 (B) の構成に加え、マイクロレンズ 2 1 を設けるようにしてもよい。こうすることにより、より確実に平行化された表示画像光が得られる。また、図示しないが、液晶デバイス 1 1 におけるバックライト B L の入射側にマイクロレンズ 2 1 を配置するようにしてもよい。その場合、特に、マイクロレンズ 2 1 を最も入射側に配置することが望ましい。このようにすれば、バックライト B L をマイクロレンズ 2 1 によって平行化したのち、さらに隔壁 2 3 および隔壁 2 2 によって不要光を除去することができるので、平行光束への変換効率をさらに向上させ、かつ、隣り合う画素電極 1 3 を通過する表示画像光同士の干渉をより確実に防止することができる。あるいは、マイクロレンズ 2 1 を別体として設けるのではなく、各画素電極 1 3 に対応するように複数の凸面をガラス基板 1 2 の入射側表面に形成し、ガラス基板 1 2 自体にレンズ作用を持たせるようにしてもよい。この場合、よりコンパクトな構成を実現することができる。

10

#### 【0023】

続いて、レンズアレイ 3 について図 4 を参照して説明する。図 4 は、波面変換手段としてのレンズアレイ 3 の概略断面構成を示している。

#### 【0024】

図 4 に示したように、レンズアレイ 3 は、複数の可変焦点レンズ 3 1 を有している。可変焦点レンズ 3 1 は、自らの一部が変形することにより、焦点距離を任意に変化させることの可能な光学デバイスである。各可変焦点レンズ 3 1 は、剛性層としての透明基板 3 2 と、この透明基板 3 2 と対向配置された弾性層としての透明変形部材 3 3 と、透明基板 3 2 および透明変形部材 3 3 の間に設けられた支柱 3 4 と、透明基板 3 2、透明変形部材 3 3 および支柱 3 4 が取り囲む空間に充填された充填層 3 5 と、透明基板 3 2 の一表面および透明変形部材 3 3 の一表面にそれぞれ設けられて互いに対向する透明電極層 3 6、3 7 とを有している。透明電極層 3 6 は接地されており、透明電極層 3 7 は外部制御電源 3 8 に接続されている。さらに、支柱 3 4 の一部には連通孔 3 9 がそれぞれ設けられており、外部との通気が可能となっている。

20

30

#### 【0025】

図 5 (A)、図 5 (B) に可変焦点レンズ 3 1 の拡大図を示す。図 5 (A) が平面構成を表し、図 5 (B) が断面構成を表している。図 5 (B) は、図 5 (A) の V B-V B 切断線における矢視方向の断面に対応している。透明基板 3 2 は、例えば石英などの高い剛性を示す透明材料により構成されている。支柱 3 4 も透明基板 3 2 と同様に、高剛性材料によって形成されている。但し、透明でなくともよい。透明基板 3 2 の上に支柱 3 4 によって支えられるように設けられた透明変形部材 3 3 は、例えば透明で柔軟なポリエステル材料などのポリマーによって構成されており、高い弾性率を示すものである。ここで、透明変形部材 3 3 は、コリメート部 2 からの平行光束  $\phi$  が通過する領域において、例えば中央部から周辺部へ向かうほど徐々に薄くなっており、透明電極層 3 7 が設けられた表面 3 3 S とは反対側の面 3 3 T が凸面（曲面）をなしている。一方、表面 3 3 S は平面である。したがって、透明変形部材 3 3 はレンズとしての機能を発揮することとなる。さらに、透明変形部材 3 3 を構成するポリマーの組成はほぼ均質であることから、透明変形部材 3 3 は面内方向（X Y 平面の広がる方向）に弾性定数分布を有することとなる。この弾性定数分布は透明変形部材 3 3 の厚さの分布によって生じるものである。なお、このような透明変形部材 3 3 を所望の形状に成型する方法としては、例えば、通常のプラスチックレンズや光ディスク基板を成型する手段として利用されるインジェクションモールドによる方法であってもよいし、エキシマレーザのような U V レーザや炭酸ガスレーザなどの赤外光レーザを利用してポリマー基板表面の所望の場所を所望の量だけ部分的に蒸散する方法で加工してもよい。あるいは、通常の半導体プロセスにより通常の反応性イオンエッチング

40

50

装置(RIE: Reactive Ion Etching)やイオンミリング装置を利用して基板表面の所望の場所を所望の量だけ部分的に気相エッチング(ドライエッチング)を施してもよい。さらには、ホットエンボスやスタンプモールドによる方法であってもよい。一方、支柱34については、例えばパウダービームエッチング装置やRIE装置を用いて石英などの母材から削り出すことにより、透明基板32と一体物として成型するようにしてもよい。あるいは、別途作製した支柱34を透明基板32に貼り付けるようにしてもよい。

#### 【0026】

透明電極層36, 37は、ポリオレフィンなどの非導電性プラスチックに金や銀などの金属やカーボンなどを分散させシート状に加工した導電性ポリマーからなり、それぞれ、透明基板32の表面32Sおよび透明変形部材33の表面33Sに透明な接着剤により貼り付けられたものである。あるいは、表面32S, 33SにカーボンやITO(インジウム酸化錫: Indium Tin Oxide)などの導電材料を、一般的な真空成膜装置である真空蒸着装置、スパッタリング装置、イオンプレーティング装置またはCVD(化学的気相成長: Chemical Vapor Deposition)装置などを利用して直接、堆積したものを透明電極層36, 37としてもよい。また、超微粒子のカーボンまたは、金や銀などの導電材料を所定の有機溶剤や水溶液に分散させたものをスピコート装置により塗布して作製したものであってもよい。なお、透明電極層36は接続線36Tを介して接地されており、透明電極層37は接続線37Tを介して外部制御電源38に接続されている。

#### 【0027】

充填層35は、例えばシリコンなどの透明で極めて柔軟な流動性材料によって構成されている。充填層35は、透明基板32と透明変形部材33とにより挟まれた領域のうち、少なくとも平行光束φが通過する領域を含む一部領域にのみ充填されている。それ以外の領域は、外部空間に繋がる連通孔39を有するバッファ領域として確保されている。ただし、充填層35は透明電極層36, 37を完全に覆うように設けられている。

#### 【0028】

このような構成の可変焦点レンズ31では、外部制御電源38により、透明電極層36と透明電極層37との間に所定の大きさの電圧を印加すると、透明電極層36と透明電極層37との間に静電気力(クーロン力)が発生して互いに引き付け合うこととなる。透明電極層36は透明基板32の表面32Sと固着しており、一方の透明電極層37は透明変形部材33の表面33Sと固着しているので、結果として、透明基板32と透明変形部材33とが互いに引き付け合うこととなる。このとき、透明基板32は比較的高い剛性を示す材料からなるので、ほとんど変形しない。これに対し透明変形部材33は高い弾性を示す材料からなるので、比較的大きな変形を生ずる。透明変形部材33は、その厚さ分布によって規定される弾性定数分布に応じて変形するので、変形後に所望の形状をなすように予め設計し加工しておくことにより所望のレンズ作用を得ることができる。この際、透明電極層36と透明電極層37との間の印加電圧の大きさに応じて静電気力が変化することを利用して、連続的に(あるいは段階的に)異なる透明変形部材33の形状を選択形成する。透明変形部材33の厚さ分布については、例えば有限要素法(FEM: Finite Element Method)によるシミュレーション結果に基づいて最適化することができる。これにより、所望の球面形状または非球面形状を保ちつつ焦点距離を変化することのできる可変焦点レンズ31を実現することができる。なお、充填層35も透明変形部材33の形状変化に伴って変形することとなるが、バッファ領域の空気が連通孔39を介して外部へ排出されるので、その変形はスムーズに行われる。

#### 【0029】

ここで、図6(A), 図6(B)を参照して、可変焦点レンズ31の動作についてより詳細に説明する。ここでは、理解を容易にするため、透明基板32、透明変形部材33および充填層35の全ての屈折率が等しい場合について説明する。但し、本発明ではこれらの部材における屈折率を互いに異なるものとし、その屈折率の相異を積極的に利用した光学的作用を得るようにすることもできる。図6(A)は、透明電極層36, 37間に電圧を印加しない初期状態を表している。このとき、透明変形部材33の入射側となる表面3

10

20

30

40

50

3 Tの形状は、透明基板 3 2の射出側となる表面 3 2 Tに対して平行ではなく、入射側に凸形状をなしている。このため、可変焦点レンズ 3 1は凸レンズとして作用し、入射光束 $\phi$ を集束する機能を発揮することとなる。一方、図 6 (B)は、透明電極層 3 6, 3 7間に所定の電圧を印加した状態を表している。電圧の印加により透明電極層 3 6, 3 7間に静電気力が働き、透明変形部材 3 3と充填層 3 5とが変形して表面 3 3 Tが凹面となっている。このとき、表面 3 2 Tは平面のままである。したがって、この場合には可変焦点レンズ 3 1が凹レンズとして作用し、入射光束 $\phi$ を発散する機能を発揮することとなる。ここで、透明変形部材 3 3は所定の厚さ分布（弾性定数分布）を有しているので、印加電圧を調整することにより表面 3 3 Tの形状が適切に選択される。よって、焦点距離を変化させつつ波面収差の補正が良好に行われることとなる。

10

#### 【0030】

また、電圧を印加しないときには光学的作用を発揮せず、電圧を印加した場合に負の屈折力を得るようにするには以下のようにすればよい。図 7 (A)は、透明電極層 3 6, 3 7間に電圧を印加しない初期状態を表している。このとき、透明変形部材 3 3の入射側となる表面 3 3 Tの形状は、透明基板 3 2の射出側となる表面 3 2 Tとほぼ平行である。このため、入射光束 $\phi$ は、なんらの光学的作用を受けることなく透過する。すなわち、可変焦点レンズ 3 1は実質的に平板ガラスと同様の作用しか持たない。一方、図 7 (B)は、透明電極層 3 6, 3 7間に所定の電圧を印加した状態を表している。電圧の印加により透明電極層 3 6, 3 7間に静電気力が働き、透明変形部材 3 3と充填層 3 5とが変形して表面 3 3 Tが凹面となっている。このとき、表面 3 2 Tは平面のままである。したがって、この場合には可変焦点レンズ 3 1が凹レンズとして作用し、入射光束 $\phi$ を発散する機能を発揮することとなる。ここで、透明変形部材 3 3は所定の厚さ分布（弾性定数分布）を有しているので、印加電圧を調整することにより所望の凹面形状を選択することができる。よって、焦点距離が変化しつつ波面収差の補正も良好に行われる。

20

#### 【0031】

続いて、水平方向偏向部 4 および垂直方向偏向部 5 について図 8 (A), 図 8 (B)を参照して説明する。図 8 (A)は、水平方向偏向部 4の平面構成を示し、図 8 (B)は、水平方向偏向部 4のVII B-VII B切断線における矢視方向の断面構成を示している。なお、垂直方向偏向部 5の構成は、以下に述べる水平方向偏向部 4と同様であるので、ここでは説明を省略する。

30

#### 【0032】

水平方向偏向部 4は、互いに並列に配置された複数の光偏向素子 4 1を備えている。なお、図 8 (A), 図 8 (B)では6つの光偏向素子 4 1を示しているが、必要に応じてその数を増減すればよい。光偏向素子 4 1は透過型の偏向素子であり、透明基板 4 2と、この透明基板 4 2と対向して配置された、透明材料からなる可動層 4 3と、透明基板 4 2と可動層 4 3との間に充填された透明材料からなる充填層 4 5と、透明電極層パターン 4 6と、透明電極層パターン 4 7 A, 4 7 Bとを含んでいる。ここで、透明基板 4 2および透明電極層パターン 4 6は、複数の光偏向素子 4 1に対して共通に設けられている。

#### 【0033】

透明基板 4 2は、例えば石英などの高い剛性を示す透明材料により構成されている。この透明基板 4 2の中央領域には、可動層 4 3と充填層 4 5との短冊状をなす積層体が配置されており、それを取り囲む周辺領域には、充填層 4 5と同程度の厚さを有する支柱 4 4 Aと、可動層 4 3と同程度の厚さを有する支持枠 4 4 Bとの積層体としての支持体 4 4 が設けられている。可動部 4 3は、石英などの高い剛性を示す平行平板であり、長手方向の両端部とそれぞれ接続された一対のヒンジ 4 3 Tを介して支持枠 4 4 Bに繋がった状態となっている。可動部 4 3は、図 9に示すように、例えば厚さ 20  $\mu\text{m}$ の石英基板をエッチングによって周囲の支持枠 4 4 Bおよびヒンジ 4 3 Tと一体成型された構造となっている。図 9は、可動部 4 3、ヒンジ 4 3 Tおよび支持枠 4 4 Bの構造を表す平面図である。可動部 4 3において、長さ 4 3 Lは例えば 1 mmであり、幅 4 3 Wは例えば 0.1 mmである。一対のヒンジ 4 3 Tは、各々の一端が可動部 4 3の端部と接続されると共に他端が支

40

50

持棒 4 4 B と接続されており、互いに同一直線状に位置するように形成されている。ヒンジ 4 3 T は可動部 4 3 の長手方向に沿って細長い形状をなしており、例えば 0.2 mm の長さ 4 3 T L と、例えば 0.01 mm の幅 4 3 T W とを有している。このため、何らかの外力を加えることにより、可動部 4 3 はヒンジ 4 3 T の延在方向に沿った回転軸を中心として回転可能となっている。ここで、充填層 4 5 は例えばシリコンなどの透明で極めて柔軟な流動性材料によって構成されているので、可動層 4 3 が回転するにあたり、その動作の妨げにはならない。

#### 【0034】

可動層 4 3 の回転動作は、透明電極層パターン 4 6 と、透明電極層パターン 4 7 A, 4 7 B との間に電圧を印加することによって発生する静電気力を利用しておこなう。透明電極層パターン 4 6 は、透明基板 4 2 の表面 4 2 S における、少なくとも可動部 4 3 に対応する領域を覆うように設けられており、図示しない接続線によって接地されている。一方、透明電極層パターン 4 7 A, 4 7 B は、透明電極層パターン 4 6 と対向するように可動部 4 3 の表面 4 3 S に形成されると共に、ヒンジ 4 3 T に沿って延在し、外部制御電源 4 8 A, 4 8 B (後出) とそれぞれ接続されている。したがって、透明電極層パターン 4 7 A, 4 7 B は、個別に透明電極層パターン 4 6 と対をなし、電圧印加によって各々の間に静電気力を発生するようになっている。さらに、透明電極層パターン 4 7 A, 4 7 B は、可動層 4 3 の長手方向 (Y 軸方向) に延びる端縁において互いに対向し、かつ互いに同一形状をなすように、可動層 4 3 における長手方向の中間位置から両端部へ向かって次第に幅が広がるように形成されている。これら透明電極層パターン 4 6 および透明電極層パターン 4 7 A, 4 7 B は、例えばカーボンや ITO などの導電材料を、一般的な真空成膜装置である真空蒸着装置、スパッタリング装置、イオンプレーティング装置または CVD 装置などを利用して表面 4 2 S, 4 3 S に直接堆積したものである。なお、図 8 (A) では、理解を容易にするため、透明電極層パターン 4 7 A, 4 7 B が形成された部分に模様を付けて表すと共に、その輪郭を実線で示している。また、本実施の形態では、透明電極 4 2 の表面 4 2 S 上に共通の透明電極層パターン 4 6 を設けるようにしたが、各可動層 4 3 の表面 4 3 S 上に個別に透明電極層パターン 4 6 を設けるようにしてもよい。その場合には、透明電極層パターン 4 7 A, 4 7 B を表面 4 2 S 上に設けるようにすればよい。また本実施の形態では、透明電極層パターン 4 7 A, 4 7 B の双方に共通の透明電極層パターン 4 6 を設けるようにしたが、透明電極層パターン 4 6 を複数に分割して配置し、透明電極層パターン 4 7 A, 4 7 B の各々と個別に対応するようにしてもよい。

#### 【0035】

ここで、図 10 (A) ~ 図 10 (C) を参照して、光偏向素子 4 1 の動作について詳細に説明する。図 10 (A) ~ 図 10 (C) は、光偏向素子 4 1 の動作および光学的作用を説明するための模式図である。光偏向素子 4 1 では、外部制御電源 4 8 A, 4 8 B を用いて透明電極層パターン 4 6 と透明電極層パターン 4 7 A, 4 7 B との間に各々所定の大きさの電圧を印加することにより、X 軸に沿った方向に電界強度分布が形成される。例えば、透明電極層パターン 4 6 と透明電極層パターン 4 7 A との間に電圧を印加して静電気力を生じさせ、一方の透明電極層パターン 4 6 と透明電極層パターン 4 7 B との間には電圧を印加しなければ、一对のヒンジ 4 3 T の中心軸  $\omega$  4 3 を回転軸としたトルクが発生し、透明電極層パターン 4 6 と透明電極層パターン 4 7 A とが引き合う方向に可動層 4 3 が回転する。このとき、ヒンジ 4 3 T は捻れた状態となる。図 10 (A) の状態において透明電極層パターン 4 6 と透明電極層パターン 4 7 A との間の電圧供給を停止すると、静電気力が失われ、ヒンジ 4 3 T の復元力により可動層 4 3 が透明電極層パターン 4 6 (すなわち透明基板 4 2) と平行な状態となる (図 10 (B))。さらに、透明電極層パターン 4 6 と透明電極層パターン 4 7 A との間に電圧を印加せず、一方の透明電極層パターン 4 6 と透明電極層パターン 4 7 B との間に電圧を印加して静電気力を生じさせれば、透明電極層パターン 4 6 と透明電極層パターン 4 7 B とが引き合う方向に可動層 4 3 が回転する (図 10 (C))。ここで、印加電圧の大きさを調整することにより、可動層 4 3 の回転角度を制御することができる。すなわち、図 10 (A) と図 10 (B) との間の回転角度や

、図10(B)と図10(C)との間の回転角度を実現することができる。

#### 【0036】

次に、光偏向素子41の光学的作用について説明する。ここでは、可動層43の側から光束が入射する場合を考える。図10(A)では、入射光束に対して左下がりの傾斜をなしている。通常、光偏向素子41の各構成材料は大気よりも大きな屈折率を有するので、可動層43に入射した光束は右方向へ屈折する。そののち、充填層45、透明電極層パターン46および透明基板42を順次透過した光束は、外部へ射出する際にさらに右方向へ屈折する。その結果、入射光束は右方向へ偏向される。このときの偏向角は、可動層43の回転角度(傾斜角度)に依存する。すなわち、透明電極層パターン46と透明電極層パターン47Aとの間に印加する電圧の大きさに依存する。さらに、光偏向素子41の各構成材料における屈折率を適宜選択することにより、偏向角の調整がなされる。例えば可動層43の屈折率 $n_{43}$ に対し、充填層45が2倍の屈折率 $n_{45}$ ( $=2 \times n_{43}$ )を有するようにした場合には、可動層43の回転角度に対して2倍の偏向角が得られることとなる。一方、図10(C)では、入射光束に対して右下がりの傾斜をなしているため、図10(A)の場合と逆に左方向へ偏向される。偏向角の調整については、図10(A)の場合と同様である。このように、光偏向素子41ではプリズムとしての作用が得られる。また、図10(B)の状態では、入射光束は何らの偏向作用を受けずに直進することとなる。なお、図10(A)～図10(C)では、透明基板42の図示を省略しているため透明電極層パターン46の下面から光束が射出しているように描かれているが、実際には透明基板42の下面から光束が射出する。

10

20

#### 【0037】

このような光学的作用を発揮する光偏向素子41は、印加電圧を個別に制御することによって可動層43の回転角度を個別に選択することができる。したがって、図11に示したように、水平方向偏向部4を構成する各光偏向素子41は、入射光束を所望の角度に偏向することができる。

#### 【0038】

垂直方向偏向部5は、水平方向偏向部4における光偏向素子41と同様の構成を有する光偏向素子51を複数備えたものである。光偏向素子41, 51は、図12に示したように、各々の可動部43, 53が互いに直交するように重ね合わせて配置されている。このような構成により、従来の反射型の光偏向素子では実現が困難であった水平方向および垂直方向双方における偏向操作を簡便に行うことができる。

30

#### 【0039】

<3次元表示装置の作用>

次に、3次元表示装置10Aの作用について、図13および図14を参照して説明する。

#### 【0040】

一般に、観測者は、ある物体上の物点を観測するとき、その物点を点光源として発射される球面波を観測することにより、3次元空間の固有な場所に存在する「点」として認識している。通常、自然界においては物体から発射される波面は同時に進行し、かつ常に連続的に、ある波面形状を伴って観測者に到達する。ところが、現状ではホログラフィ技術を除いては、空間の各点における光波の波面を同時かつ連続的に再現することは困難である。しかしながら、ある仮想物体があって、その仮想の各点からの光波が発射され、それぞれの光波が観測者に到達する時刻が多少不正確であっても、また連続的に到達するのではなく間歇的な光信号として到達しても、人の眼にはこの積分作用があることによって、不自然な感覚を感じることなく仮想物体を観測することができる。本実施の形態における3次元表示装置10Aでは、この人の眼の積分作用を利用して空間各点の波面を時系列的に順序立てて高速に形成することにより、従来よりも自然な3次元画像を形成することができる。

40

#### 【0041】

図13は、3次元表示装置10Aを使用して観測者I, IIが立体映像としての仮想物

50

体IMGを観測している状態を表す概念図である。以下、その動作原理を説明する。

#### 【0042】

例えば、仮想物体IMGにおける任意の仮想物点（例えば仮想物点B）の映像光波は次のように形成される。まず、左右それぞれの眼に対応した2種類の画像が2次元表示部1に表示される。当然、2つの画像を同時に表示することは不可能であるので、それぞれの画像は順次表示されて最終的にそれぞれ左右の眼に順次送られる。例えば、仮想物点Cに対応することとなる画像は2次元表示部1における点CL1（左眼用）および点CR1（右眼用）にそれぞれ表示され、コリメート部2、レンズアレイ3、水平方向偏向部4および垂直方向偏向部5を順次透過したのち観測者IIの左眼IILおよび右眼IIRに各々到達する。同様に、観測者Iに対する仮想物点Cの画像は2次元表示部1における点BL1（左眼用）および点BR1（右眼用）にそれぞれ表示され、コリメート部2、レンズアレイ3、水平方向偏向部4および垂直方向偏向部5を順次透過したのち観測者Iの左眼ILおよび右眼IRに各々到達する。この動作は人の眼の積分効果の時定数内に高速に行われるので、観測者I、IIは画像が順次送られてきていることを認識することはなく、仮想物点Cを認識することができる。

#### 【0043】

2次元表示部1から放射された表示画像光は、コリメート部2で概ね平行光束に変換されたのちレンズアレイ3へ向かう。コリメート部2では、表示画像光を平行光束に変換し焦点距離を無限大にすることで、光波が放射された点の位置情報のうち眼の焦点距離をあわせる際に生じる生理機能から得られる情報を一度消している。図13では、コリメート部2からレンズアレイ3へ向かう光束の波面を、進行方向と直交する平行な波面 $r_0$ として示している。これによって従来発生していた両眼視差・輻輳角からの情報と焦点距離からの情報とが一致しないことから生じる脳の混乱は多少とも緩和される。こののち、レンズアレイ3において、各画素に応じた焦点距離情報を付加する。これについては、のちに詳述する。

#### 【0044】

2次元表示部1の点CL1、CR1から放射された表示画像光は、レンズアレイ3を経たのち、それぞれ水平方向偏向部4の点CL2、CR2に到達する。水平方向偏向部の点CL2、CR2に到達した光波は水平面内において所定方向へ偏向されたのち、垂直方向偏向部5の点CL3、CR3に到達する。さらに垂直方向偏向部5によって垂直面内において所定方向へ偏向され、それぞれ観測者IIの左眼IILおよび右眼IIRへ向かって放射される。ここで、例えば、偏向角が観測者IIの左眼IILに向いたときに表示画像光の波面が点CL3に到達し、偏向角が観測者IIの右眼IIRに向いたときに表示画像光の波面が点CR3に到達するように、水平方向偏向部4および垂直方向偏向部5による偏向角に同期して2次元表示部1が表示画像光を送り出すようにする。その際、水平方向偏向部4および垂直方向偏向部5による偏向角に同期してレンズアレイ3が波面の変換動作を行うようにする。垂直方向偏向部5から放射された表示画像光の波面が観測者IIの左眼IILおよび右眼IIRに到達することにより、観測者IIは仮想物体IMG上の仮想物点Cを3次元空間中の一点として認識することができる。仮想物点Bについても同様に、2次元表示部1の点BL1、BR1から放射された表示画像光は、レンズアレイ3を経たのち、それぞれ水平方向偏向部4の点BL2、BR2に到達する。点BL2、BR2に到達した光波は水平面内において所定方向へ偏向されたのち、垂直方向偏向部5によって垂直面内において所定方向へ偏向され、それぞれ観測者IIの左眼IILおよび右眼IIRへ向かって放射される。なお、図13では、2次元表示部1の点BL1、BR1において、観測者Iに対する仮想物点Cの画像を表示すると共に観測者IIに対する仮想物点Bの画像を表示する様子を表しているが、これらは同時に表示されるのではなく、互いに異なるタイミングで表示される。

#### 【0045】

ここで、レンズアレイ3の作用について図13に加えて図14を参照して説明する。レンズアレイ3では、2次元表示部1から射出された表示画像光の波面 $r_0$ が、任意の観測

点から仮想物点までの光路長と等しい光路長となる位置に焦点を結ぶような曲率を有する波面  $r_1$  に変換される。例えば、図 14 に示したように、仮想物点 C を光源として発射された光の波面 RC が光路長  $L_1$  を経て左眼 IIL に到達するとした場合、左眼 IIL での波面 RC と波面  $r_1$  との曲率が互いに一致するように波面形成がなされる。この場合、点 CL2 と点 CL1 とを結ぶ直線上において、点 CL2 から仮想物点 C までの光路長  $L_2$  と等しい距離に波面  $r_1$  に対応する焦点 CC が存在するものと考えることができる。そこで、波面  $r_1$  を有する表示画像光が焦点 CC を光源として発射されたものとみなすとする、その表示画像光の波面  $r_1$  が左眼 IIL に到達したときに、あたかも仮想物点 C を光源として発射された波面 RC であるかのように認識される。また、図 13 に示したように、垂直方向偏向部 5 よりも観測者側に近い位置に仮想物点 A が存在する場合、レンズアレイ 3 で変換された波面  $r_1$  は仮想物点 A において焦点を結ぶこととなる。 10

#### 【0046】

この結果、両眼視差・輻輳角からの情報と焦点距離からの情報との不一致から生じる脳の混乱は完全に解消される。

#### 【0047】

また、コリメート部 2 で 2 次元表示部 1 から放射された表示画像光を平行光束に変換することにより、次のような作用が得られる。両眼視差を確保するためには、左右それぞれの眼に対応した 2 種類の画像を送る必要がある。すなわち、左右の眼に対応するそれぞれの表示画像光は、互いに反対側の眼に入射してはならない。仮に、コリメータ部 2 が存在せず、2 次元表示部 1 を光源とした球面波が放射されているとすると、たとえ水平方向偏向部 4 や垂直方向偏向部 5 によって偏向させたとしても互いに反対側の眼にも不要な表示画像光が入射してしまう。その場合、両眼視差が発生せず、2 重の画像として認識される。そこで、本実施の形態のようにコリメート部 2 において 2 次元表示部 1 からの表示画像光を平行光束に変換するようにすれば、表示画像光は扇状に広がることなく、よって、他方の眼に入射することなく目的とする一方の眼だけに到達させることができる。 20

#### 【0048】

このように、本実施の形態の 3 次元表示装置 10A によれば、2 次元表示部 1 によって映像信号に応じた 2 次元表示画像を生成すると共に、コリメート部 2 によって、2 次元表示部 1 における複数の画素から発散する各表示画像光を画素単位で平行光束に変換するようにしたので、解像度の劣化や明るさの低下を招くことなく、観察者の両眼に適切な表示画像光をそれぞれ入射することができる。したがって、観察者が正確な両眼視差情報や運動視差情報を確実に得ることができ、良好な立体画像を認識することができる。例えば図 3 (A) に示したようにコリメート部 2 としての隔壁 23 をガラス基板 12 の表面 12S に立設するようにした場合においても、バックライト BL が液晶デバイス 11 に入射する前に各画素電極 13 に対応した複数の平行光束に変換され、液晶デバイス 11 から射出される各表示画像光も平行光束となるので、上記と同様の効果が得られる。 30

#### 【0049】

特に、隔壁 22 や隔壁 23 を設けるようにした場合には、隣り合う画素電極 13 を通過する表示画像光同士を確実に遮断することができるので、観察者の左眼および右眼に不要な 2 次元表示画像が入射せず、より良好な立体画像を認識することができる。 40

#### 【0050】

さらに、レンズアレイ 3 によって、2 次元表示部 1 から射出された表示画像光の波面  $r_0$  を任意の観測点（左眼 IIL）から仮想物点 C までの光路長  $L_1$  と等しい光路長となる焦点 CC を結ぶような曲率を有する波面  $r_1$  に変換するようにしたので、表示画像光が、両眼視差、輻輳角および運動視差に関する情報だけでなく、適切な焦点距離情報を含むものとなる。このため、観察者が、両眼視差、輻輳角および運動視差に関する情報と、適切な焦点距離情報との整合性を図ることができ、生理的な違和感を生ずることなく所望の立体映像を認識することができる。特に、水平方向偏向部 4 による水平面内での偏向操作に加え、垂直方向偏向部 5 による垂直面内での偏向操作をも行うようにしたので、観測者の両眼を結ぶ仮想線が水平方向から外れている場合（観測者が寝転んだ姿勢をとった場合）で 50

あっても、左右の眼に対して所定の画像が到達することとなるので立体視が可能となる。

#### 【0051】

レンズアレイ 3 としては複数の可変焦点レンズ 3 1 からなるレンズアレイ 3 A を用いるようにしたので、以下のような効果が得られる。すなわち各可変焦点レンズ 3 1 が、互いに対向配置された透明基板 3 2 および透明変形部材 3 3 と、それらの間に充填された充填層 3 5 と、透明基板 3 2 の表面 3 2 S および透明変形部材 3 3 の表面 3 3 S にそれぞれ設けられた透明電極層 3 6, 3 7 とを備え、透明変形部材 3 3 が、その層面に沿った方向に厚さ分布によって規定される弾性定数分布を有するようにしたので、透明電極層 3 6, 3 7 間に電圧を印加し、弾性定数分布に応じて透明変形部材 3 3 を変形させることにより、所望の非球面形状を高精度に確保しつつ、焦点距離を変化させることができる。したがって、簡素かつコンパクトな構成でありながら、良好な収差性能を確保しつつ焦点距離を変化させることができる。

10

#### 【0052】

また、水平方向偏向部 4 および垂直方向偏向部 5 において、互いに対向配置された透明基板 4 2 および可動層 4 3 と、これらの間に充填された充填層 4 5 と、透明基板 4 2 の表面 4 2 S および可動層 4 3 の表面 4 3 S にそれぞれ設けられて層面に沿った方向に電界強度分布を形成する透明電極層パターン 4 6 および透明電極層パターン 4 7 A, 4 7 B とを備えた透過型の光偏向素子 4 1, 5 1 を用いるようにしたので、反射型の光偏向素子を用いた場合よりも全体として十分にコンパクトな構成を達成しつつ、水平方向および垂直方向双方の偏向操作を簡便に行うことができる。

20

#### 【0053】

また、レンズアレイ 3、水平方向偏向部 4 および垂直方向偏向部 5 の全てにおいて透過型のデバイスを採用しているので、3次元表示装置 10 A の全体構成におけるコンパクト化（薄型化）が極めて容易に実現可能である。

#### 【0054】

##### <可変焦点レンズの変形例>

次に、本実施の形態における変形例について説明する。本実施の形態では、可変焦点レンズ 3 1 における透明変形部材 3 3 が厚さ分布を有し、これによって規定される弾性定数分布を利用して所望のレンズ形状を形成するようにしている。これに対し、例えば図 1 5 ~ 図 1 7 に示した第 1 ~ 第 3 の変形例（変形例 1 ~ 3）としての可変焦点レンズ 3 1 B, 3 1 C, 3 1 D のように、積層面に沿った方向に電界強度分布を持たせ、これを利用することにより所望のレンズ形状を形成することも可能である。

30

#### 【0055】

まず、変形例 1 としての可変焦点レンズ 3 1 B について説明する。図 1 5 (A) が可変焦点レンズ 3 1 B の平面構成を表し、図 1 5 (B) が可変焦点レンズ 3 1 B の断面構成を表している。ここで図 1 5 (B) は、図 1 5 (A) の XVB-XVB 切断線における矢視方向の断面に対応している。可変焦点レンズ 3 1 B は、表面 3 2 S 上における中央位置に円形状をなす透明電極層パターン 3 6 A と、これと同心を有する円環状の透明電極層パターン 3 6 B とを有している。透明電極層パターン 3 6 A, 3 6 B は互いに絶縁されており、それぞれ接地されている。可変焦点レンズ 3 1 B は、上記の点を除いて図 5 (A), 図 5 (B) に示した可変焦点レンズ 3 1 と全く同様の構成である。

40

#### 【0056】

可変焦点レンズ 3 1 B では、透明電極層パターン 3 6 A および透明電極層パターン 3 6 B のそれぞれに独立して電圧印加が可能であるので、それぞれの印加電圧を制御することにより、透明変形部材 3 3 の形状を制御することができる。例えば凸レンズとして機能する状態から凹レンズとして機能する状態に変形させる際には、中央位置に配置された透明電極層パターン 3 6 A の電極のみに電圧を印加するようにする。また、透明電極層パターン 3 6 A への印加電圧と、それを取り囲むように配置された透明電極層パターン 3 6 B への印加電圧とのバランスを調整することによって、所望の非球面にスムーズに変形させることができる。なお、この例では、透明基板 3 2 側の透明電極層のみを分割し、透明変形

50

部材 3 3 側の透明電極層 3 7 については分割していないが、透明電極層パターン 3 6 A, 3 6 B の形状と一致するように透明電極層 3 7 を分割するようにしてもよい。あるいは、透明変形部材 3 3 側の透明電極層 3 7 のみを複数に分割して配置するようにしてもよい。

#### 【0057】

次に、変形例 2 としての可変焦点レンズ 3 1 C について説明する。図 1 6 (A) が可変焦点レンズ 3 1 C の平面構成を表し、図 1 6 (B) が可変焦点レンズ 3 1 C の断面構成を表している。ここで図 1 6 (B) は、図 1 6 (A) の XVII B - XVII B 切断線における矢視方向の断面に対応している。可変焦点レンズ 3 1 C は、表面 3 2 S 上において、透明電極層パターン 3 6 A を取り囲むように均等配置された透明電極層パターン 3 6 B ~ 3 6 E を有している。透明電極層パターン 3 6 B ~ 3 6 E は互いに絶縁されており、それぞれ接地さ

10

#### 【0058】

次に、変形例 3 としての可変焦点レンズ 3 1 D について説明する。図 1 7 (A) が可変焦点レンズ 3 1 D の平面構成を表し、図 1 7 (B) が可変焦点レンズ 3 1 D の断面構成を表している。ここで図 1 7 (B) は、図 1 7 (A) の XVII B - XVII B 切断線における矢視方向の断面に対応している。可変焦点レンズ 3 1 D では、透明基板 3 2 の表面 3 2 S を平面ではなく曲面（ここでは凹面）としている。したがって、表面 3 2 S 上に形成された透

20

#### 【0059】

##### [第 2 の実施の形態]

続いて、本発明における第 2 の実施の形態としての 3 次元表示装置 1 0 B について説明する。上記第 1 の実施の形態では、波面変換手段として可変焦点レンズを用いるようにし

30

#### 【0060】

図 1 8 は、3 次元表示装置 1 0 B の全体構成を説明する概念図である。図 1 8 に示したように、3 次元表示装置 1 0 B は、2 次元表示部 1 と、コリメート部 2 と、波面変換手段としてのミラーアレイ 6 と、偏向手段としての偏向ミラー 4 B とを順に備えるようにしたものである。

#### 【0061】

ミラーアレイ 6 は、図 1 9 に示したように複数の可変焦点ミラー 6 1 を有している。図 1 9 は、ミラーアレイ 6 の概略断面構成を示すものである。可変焦点ミラー 6 1 は可変焦点レンズ 3 1 と同様、自らの一部が変形することにより、焦点距離を任意に変化させること

40

#### 【0062】

基板 6 2 は、例えば石英などの高い剛性を示す材料により構成されている。支柱 6 4 も基板 6 2 と同様に、高剛性材料によって形成されている。基板 6 2 の上に支柱 6 4 によ

50

て支えられるように設けられた反射型変形部材 6 3 は、例えば柔軟なポリエステル材料などのポリマーによって構成されており、高い弾性率を示すものである。さらに、その基板 6 2 と反対側の表面 6 3 S には、銀 (A g) などの薄膜からなる反射膜 6 3 M と、この反射膜 6 3 M を保護する保護膜 (図示せず) とが順に積層されている。反射膜 6 3 M は、例えばスパッタリング法により形成されるものであり、その表面である反射面 6 3 M S において入射光束  $\phi$  が反射される。ここで、反射型変形部材 6 3 は、コリメート部 2 からの平行光束  $\phi$  が反射する領域において中央部から周辺部へ向かうほど徐々に薄くなっていることから、自らの延在する面内方向に弾性定数分布を有することとなる。さらに、表面 6 3 S が曲面をなしている場合、レンズ作用も発揮する。なお、このような反射型変形部材 6 3 は、透明変形部材 3 3 と同様の方法により成型することができる。

10

#### 【0063】

電極層 6 6, 6 7 については透明電極層 3 6, 3 7 と同様の構成とすることが可能である。但し、透明材料に限定されるものではない。

#### 【0064】

充填層 6 5 は、上記第 1 の実施の形態における充填層 3 5 と同様の性質を有するもの (例えばシリコン) である。なお、充填層 6 5 を設けることなく、電極層 6 6, 6 7 間に働く静電気力を利用して反射型変形部材 6 3 の変形を行うようにしてもよい。但し、充填層 6 5 を設けるようにすれば電極層 6 6, 6 7 間の誘電率が向上すると共に絶縁破壊特性が安定化するので、より効率的かつ信頼性の高い波面形成動作を行うことができる。

#### 【0065】

このような構成の可変焦点ミラー 6 1 では、入射光を反射しつつ、集光または発散を行う。あるいは、このようなレンズ作用を発揮させずに平行光束のまま反射のみを行うことも可能である。具体的には、外部制御電源 6 8 により電極層 6 6 と透明電極層 6 7 との間に所定の大きさの電圧を印加すると、それらの間に静電気力が発生して互いに引き付け合うこととなる。電極層 6 6 は基板 6 2 の表面 6 2 S と固着しており、一方の電極層 6 7 は反射型変形部材 6 3 の表面 6 3 S と固着しているので、結果として、基板 6 2 と反射型変形部材 6 3 とが互いに引き付け合うこととなる。このとき、基板 6 2 は比較的高い剛性を示す材料からなるので、ほとんど変形しない。これに対し反射型変形部材 6 3 は高い弾性を示す材料からなるので、比較的大きな変形を生ずる。反射型変形部材 6 3 は、その厚さ分布によって規定される弾性定数分布に応じて変形するので、変形後に所望の形状をなすように予め設計し加工しておくことにより所望のレンズ作用を得ることができる。この際、電極層 6 6 と電極層 6 7 との間の印加電圧の大きさに応じて静電気力が変化することを利用して、連続的に (あるいは段階的に) 異なる反射型変形部材 6 3 の形状 (すなわち、反射面 6 3 M S の形状) を選択形成することができる。図 19 では、反射面 6 3 M S が凹面をなし、集光作用を発揮している状態が可変焦点ミラー 6 1 A であり、反射面 6 3 M S が凸面をなし、発散作用を発揮している状態が可変焦点ミラー 6 1 B であり、反射面 6 3 M S が平面をなし、レンズ作用を発揮することなく反射のみを行っている状態が可変焦点ミラー 6 1 C である。なお、反射型変形部材 6 3 の厚さ分布については、例えば有限要素法によるシミュレーション結果に基づいて最適化することができる。これにより、所望の球面形状または非球面形状を保ちつつ焦点距離を変化することのできる可変焦点ミラー 6 1 を実現することができる。

20

30

40

#### 【0066】

偏向ミラー 4 B としては、例えばガルバノミラーを用いることが可能である。図 18 では 3 台のガルバノミラーを配置するようにした例を示しているが、2 台以下であってもよいし、必要に応じて 4 台以上としてもよい。また、DMD (デジタルマルチミラー) のように偏向可能なマイクロミラーが多数配置されたスキャニングマイクロミラーアレイ素子であっても良い。

#### 【0067】

次に、このようなミラーアレイ 6 および偏向ミラー 4 B を備えた 3 次元表示装置 10 B を使用して立体映像としての仮想物体 IMG を観測する場合の動作原理について、図 18 お

50

よび図 19 を参照して説明する。

【0068】

2次元表示部1の特定の表示領域から、コリメート部2を介して、観測者Iの右眼IRで見たときの仮想物体の仮想物点Bに対応する表示画像光の波面が放射されたとする。表示画像光はミラーレイ6の可変焦点ミラー61で反射されるが、このとき、表面63S（すなわち反射膜63Mの表面）の形状を制御することによって所望の曲率の波面に変換される。ここでは、仮想物点Bで発生する光波（つまり、仮想物点Bを発光源とする球面波）が観測者に到達したとき観測者が感じる曲率（焦点距離）になるような波面に変換する。すなわち、仮想物点Bから観測者Iの右眼IRまでの光路長と、ミラーレイ6によって反射された表示画像光の焦点BBから観測者Iの右眼IRまでの光路長とが一致するように表面63Sの形状を制御すればよい。ミラーレイ6で反射された表示画像光は、偏向ミラー4Bが観測者Iの右眼IRの方向に向いたとき偏向ミラー4B上の点dに到達して反射され、右眼IRに入射する。同様に、2次元表示部1における他の特定の表示領域から、観測者Iの左眼ILで見たときの仮想物点Bに対応する表示画像光の波面が放射されたすると、その表示画像光はミラーレイ6を経由したのち、偏向ミラー4Bが観測者Iの左眼ILの方向に向いたとき偏向ミラー4B上の点cに到達して反射され、左眼ILに入射する。

【0069】

以上の過程によって観測者Iは仮想物体IMG上の仮想物点Bを両眼で観測することとなる。このとき観測者Iは、左眼ILおよび点cを結ぶ直線と、右眼IRおよび点dを結ぶ直線との交点に仮想物点Bを認識する。同様に、観測者Iは、仮想物体IMG上の他の仮想物点Aについても、左眼ILおよび点aを結ぶ直線と右眼IRおよび点bを結ぶ直線との交点における空間上の一点として認識する。さらに、図示しない他の仮想物点についても同様の過程を経ることによって全て認識することができる。

【0070】

このように、本実施の形態の3次元表示装置10Bにおいても、観察者が正確な両眼視差情報や運動視差情報を確実に得ることができるうえ、両眼視差、輻輳角および運動視差に関する情報と、適切な焦点距離情報との整合性を図ることができ、生理的な違和感を生ずることなく所望の立体映像を認識することができる。

【0071】

以上、いくつかの実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記の実施の形態に限定されず、種々の変形が可能である。例えば上記実施の形態では、表示デバイスとして液晶デバイスを利用した例について説明したが、これに限定されるものではない。例えば有機EL素子、プラズマ発光素子、フィールドエミッション（FED）素子、あるいは発光ダイオード（LED）などの自発光素子をアレイ状に配設したものを表示デバイスとして適用することもできる。このような自発光型の表示デバイスを用いた場合には、バックライト用の光源を別途設ける必要がないので、より簡素な構成を実現することができる。また、上記実施の形態で説明した液晶デバイスは透過型のライトバルブとして機能するものであるが、GLV（グレーティングライトバルブ）やDMD（デジタルマルチミラー）などの反射型のライトバルブを表示デバイスとして用いることも可能である。また、上記実施の形態では、理解を容易とするため、光源、2次元画像生成手段、光束平行化手段、波面変換手段および偏向手段がそれぞれ明確に分離された例について説明したが、これに限定されるものではない。すなわち、本発明は、上記の各手段が物理的に分離されているものに限定されず、概念上、上記の各手段を含んでいればよいものである。例えば、自家発光型の表示デバイスを用いた場合については、概念上、光源と2次元画像生成手段とを兼ね備えたものとして捉えることができる。

【0072】

また、偏向手段として、図20に示したようなDMDタイプの光偏向素子91を用いるようにしてもよい（変形例4）。光偏向素子91は、互いに対向するように配置された、石英などの剛性材料からなる透明基板92および可動層93と、それらの間に充填された

シリコンなどの充填層 9 5 を有している。可動層 9 3 は支持体 9 4 の一部をなす保持部 9 4 D によって保持されている。可動層 9 3 の表面は透明電極層 9 7 によって覆われており、透明基板 9 2 の表面に設けられた透明電極層 9 6 A, 9 6 B とそれぞれ対向するようになっている。さらに、保持部 9 4 D は、一对のヒンジ 9 4 C を介して支持枠 9 4 B と接続されている。一对のヒンジ 9 4 C は、可動層 9 3 の中心位置を通る中心線 C L に沿って延在する中心軸  $\omega$  9 4 を有している。支持枠 9 4 B は、透明基板 9 2 の上に、支柱 9 4 A を介して配置されている。

#### 【0073】

このような構成の光偏向素子 9 1 では、透明基板 9 2 の側から入射する光束を支持枠 9 4 B と、一对のヒンジ 9 4 C と、保持部 9 4 D とによって形成される 2 つの開口 9 4 K 1, 9 4 K 2 を通過するように射出させるようになっている。この際、透明電極層 9 6 A と透明電極層 9 7 との間、または透明電極層 9 6 B と透明電極層 9 7 との間に電圧を印加し、中心軸  $\omega$  9 4 を軸として可動層 9 3 を回転させることにより、入射光束を所定の方角へ偏向させることができる。

#### 【0074】

さらに、図 2 1 に示したように、偏向機能に加えてレンズ機能をも併せ持った光学素子 9 2 を偏向手段および波面変換手段として用いるようにしてもよい（変形例 5）。可動層 9 3 は、例えば透明で柔軟なポリエステル材料などのポリマーによって構成され、高い弾性率を示すものである。したがって、透明電極層 9 6 C と透明電極層 9 7 との間に電圧を印加することにより所望の形状が形成され、入射光束に対する集光または発散作用を発揮するようになっている。また、透明電極層 9 6 D, 9 6 E と透明電極層 9 7 との間に電圧を印加することにより、一对のヒンジ 9 4 C における中心軸  $\omega$  9 4 を軸として回転し、偏向操作を行うようになっている。

#### 【0075】

また、第 2 の実施の形態では充填層 6 5 を用いて反射型変形部材 6 3 を変形させるようにしたが、これに限定されるものではない。例えば、図 2 2 に示した変形例（変形例 6）としての可変焦点ミラー 6 1 A のように、piezo 素子 6 5 A を、充填層 6 5 の代わりに電極層 6 6, 6 7 間に設けるようにしてもよい。piezo 素子 6 5 A としては、例えばゾル・ゲル法等で形成されたチタン酸ジルコン酸鉛（PZT）からなる厚膜を用いることができる。

#### 【0076】

また、上記の各実施の形態では、各種波面変換手段および偏向手段において、電極間に働く静電気力のうちの引力を利用して変形動作を行うようにしたが、斥力を積極的に利用するようにしてもよい。例えば、可変焦点レンズ 3 1 において、透明電極 3 6, 3 7 間に静電気力が生じていない状態で図 6（B）に示したような凹形状をなすように透明変形部材 3 3 を形成しておき、透明電極 3 6, 3 7 間に電圧を印加し、同符号の電荷をチャージして斥力を生じさせることにより図 6（A）の状態を形成するようにしてもよい。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0077】

【図 1】本発明における第 1 の実施の形態としての 3 次元表示装置の構成を示す概略図である。

【図 2】図 1 に示した 3 次元表示装置における 2 次元表示部およびコリメート部の構成を示す概略図である。

【図 3】図 1 に示した 3 次元表示装置における 2 次元表示部およびコリメート部の他の構成を示す概略図である。

【図 4】図 1 に示した 3 次元表示装置におけるレンズアレイの構成を示す概略図である。

【図 5】図 4 に示したレンズアレイにおける可変焦点レンズの構成を示す拡大平面図および拡大断面図である。

【図 6】図 5 に示した可変焦点レンズの動作を説明するための拡大断面図である。

【図 7】図 5 に示した可変焦点レンズの動作を説明するための他の拡大断面図である。

10

20

30

40

50

【図 8】図 1 に示した 3 次元表示装置における水平方向偏向部の構成を示す平面図および断面図である。

【図 9】図 1 に示した 3 次元表示装置における水平方向偏向部の構成を示す他の平面図である。

【図 10】図 8 に示した水平方向偏向部における光偏向素子の動作を説明するための拡大断面図である。

【図 11】図 8 に示した水平方向偏向部における光偏向素子の全体動作を説明するための断面図である。

【図 12】図 1 に示した 3 次元表示装置における水平方向偏向部および垂直方向偏向部の配置関係を説明するための平面図である。

【図 13】図 1 に示した 3 次元表示装置において立体映像を観測する際の動作を説明するための概念図である。

【図 14】図 1 に示した 3 次元表示装置において立体映像を観測する際の動作を説明するための他の概念図である。

【図 15】図 1 に示した 3 次元表示装置における可変焦点レンズの第 1 の変形例（変形例 1）としての構成を示す平面図および断面図である。

【図 16】図 1 に示した 3 次元表示装置における可変焦点レンズの第 2 の変形例（変形例 2）としての構成を示す平面図および断面図である。

【図 17】図 1 に示した 3 次元表示装置における可変焦点レンズの第 3 の変形例（変形例 3）としての構成を示す平面図および断面図である。

【図 18】本発明における第 2 の実施の形態としての 3 次元表示装置の構成を示す概略図である。

【図 19】図 18 に示した 3 次元表示装置におけるミラーアレイの構成を示す概略図である。

【図 20】本発明の偏向手段における変形例（変形例 4）としての光偏向素子を示した概略図である。

【図 21】本発明の偏向手段および波面変換手段における変形例（変形例 5）としての光学素子を示した概略図である。

【図 22】図 19 に示したミラーアレイの変形例（変形例 6）を示す概略図である。

【符号の説明】

【0078】

1…2 次元表示部、10…3 次元表示装置、11…液晶デバイス、12…ガラス基板、13…画素電極、14…ガラス基板、2…コリメート部、21…マイクロレンズ、3…レンズアレイ、31…可変焦点レンズ、32…透明基板、33…透明変形部材、34…支柱、35…充填層、36, 37…透明電極層、38…外部制御電源、39…連通孔、4…水平方向偏向部、4B…ガルバノミラー、41…光偏向素子、42…透明基板、43…可動層、44…支持体、45…充填層、46, 47A, 47B…透明電極層パターン、5…垂直方向偏向部、6…ミラーアレイ、61…可変焦点ミラー、62…基板、63…反射型変形部材、64…支柱、65…充填層、65A…piezo 素子、66, 67…電極層、68…外部制御電源、69…連通孔。

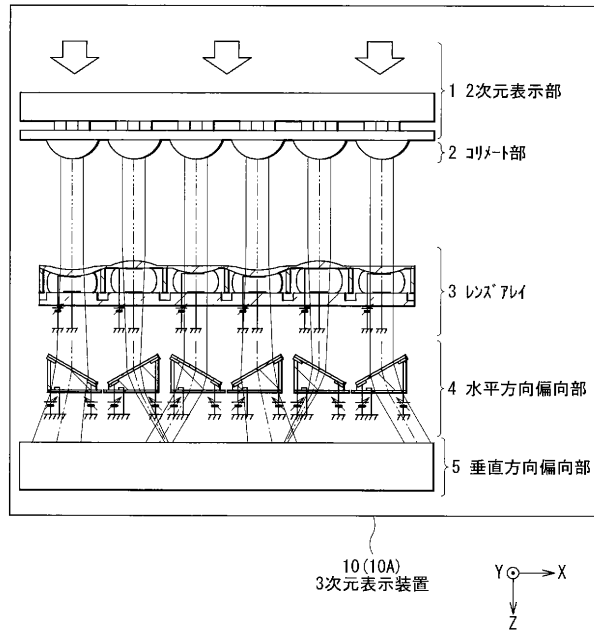
10

20

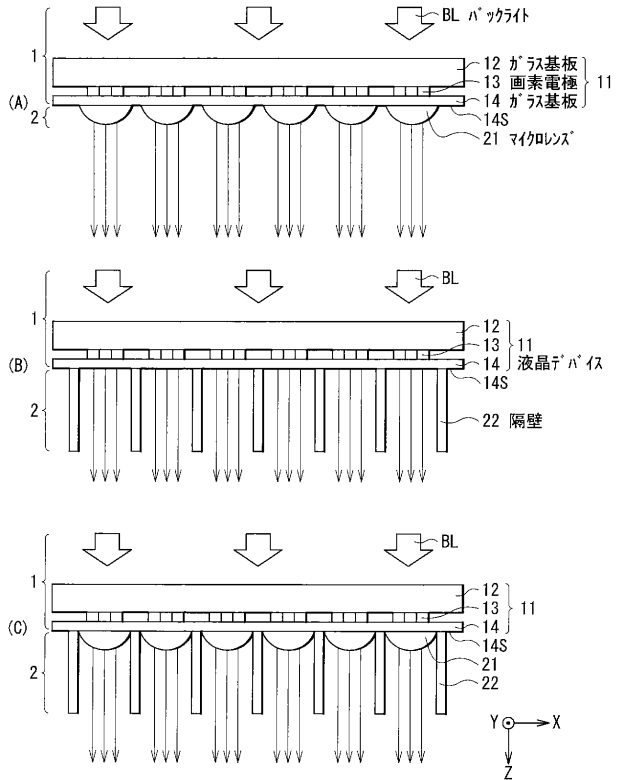
30

40

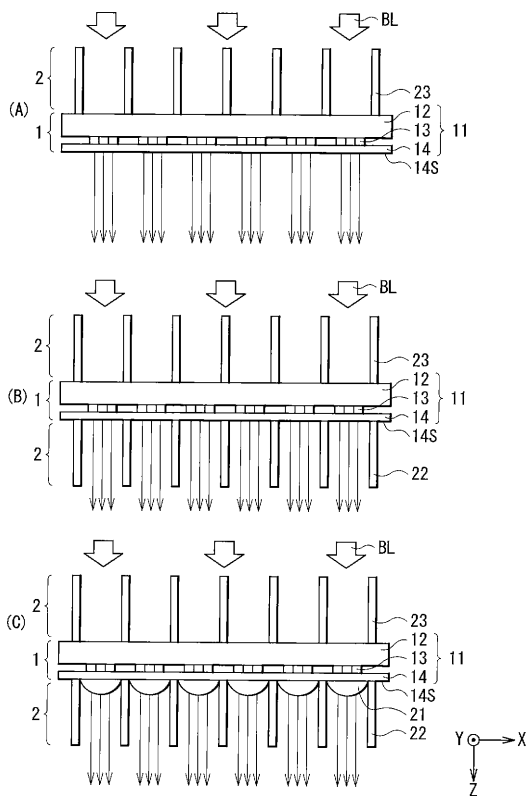
【図 1】



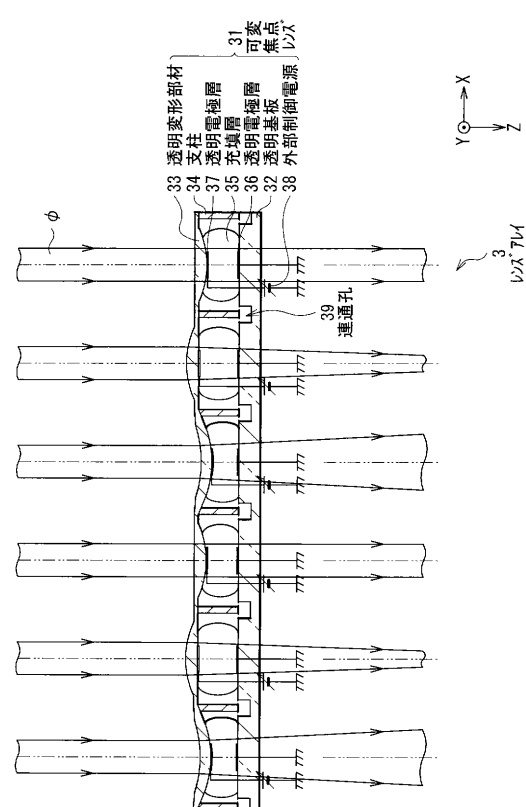
【図 2】



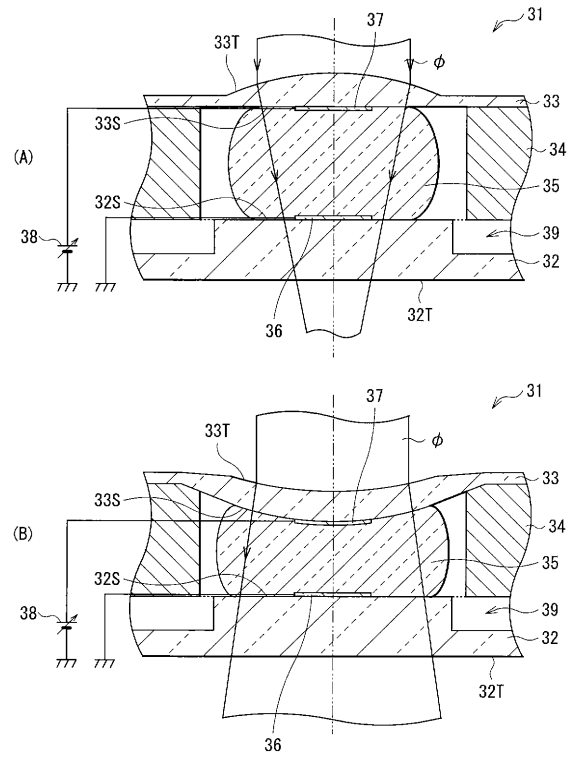
【図 3】



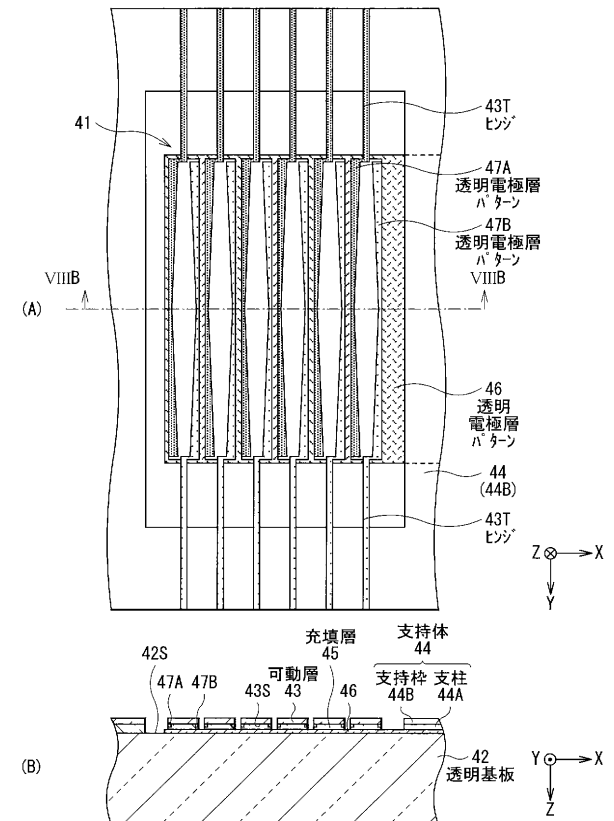
【図 4】



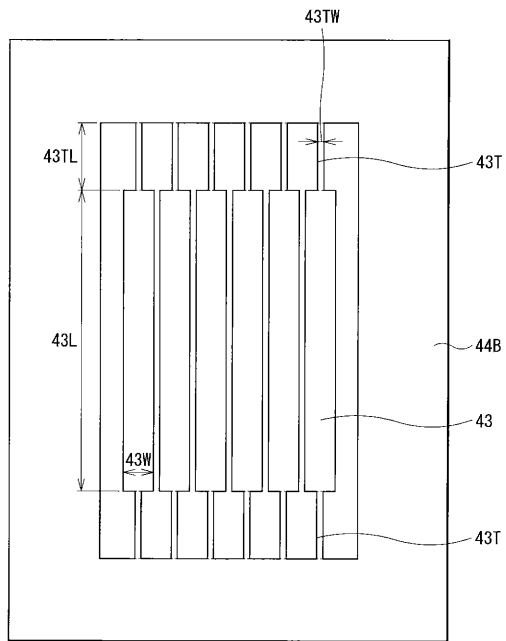
【 図 6 】



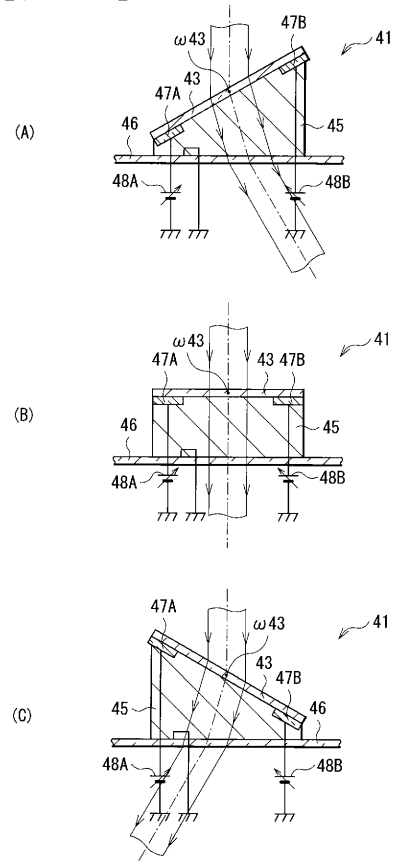
【 図 8 】



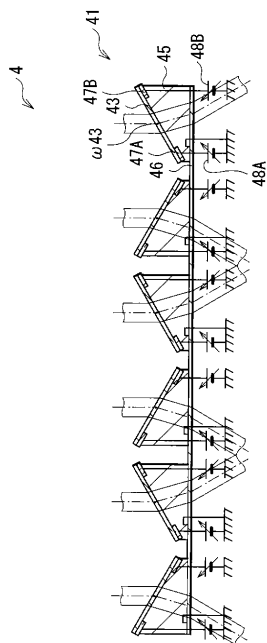
【図 9】



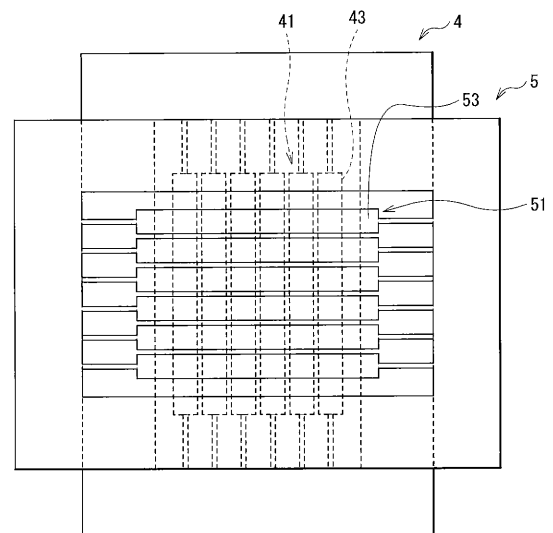
【図 10】



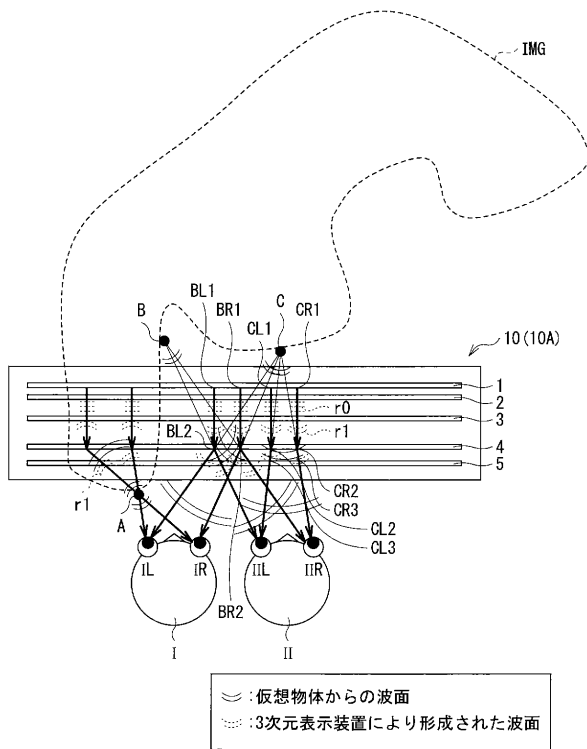
【図 11】



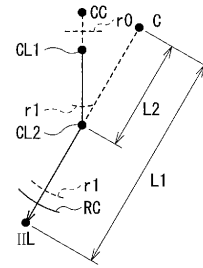
【図 12】



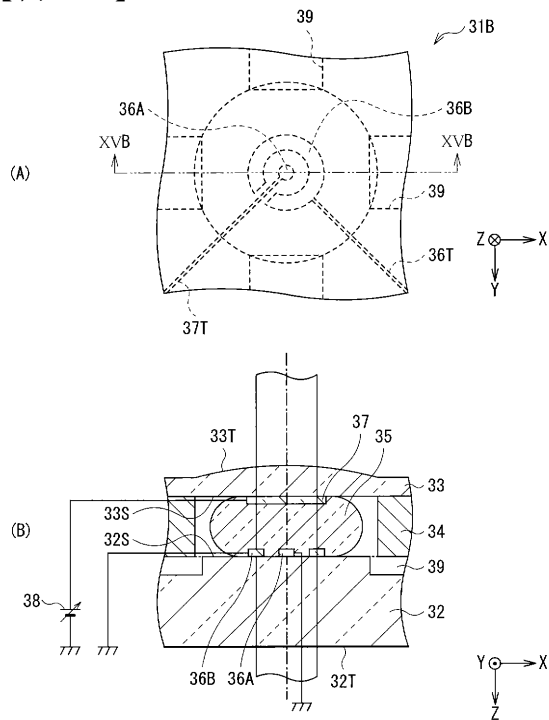
【図 1 3】



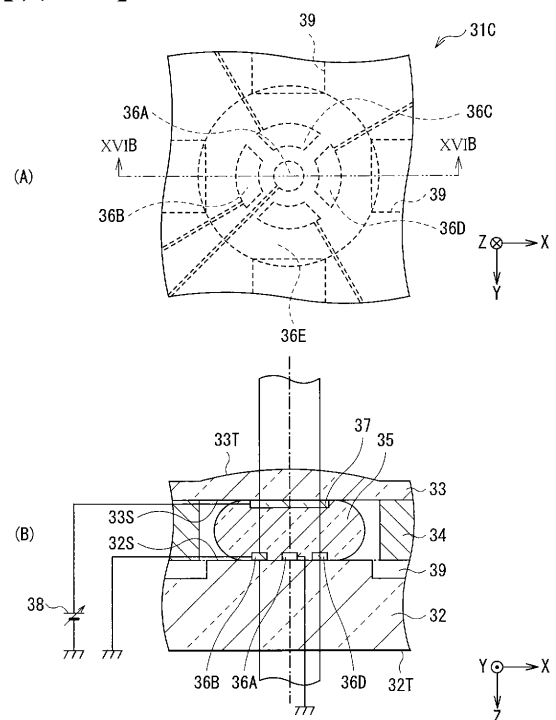
【図 1 4】



【図 1 5】

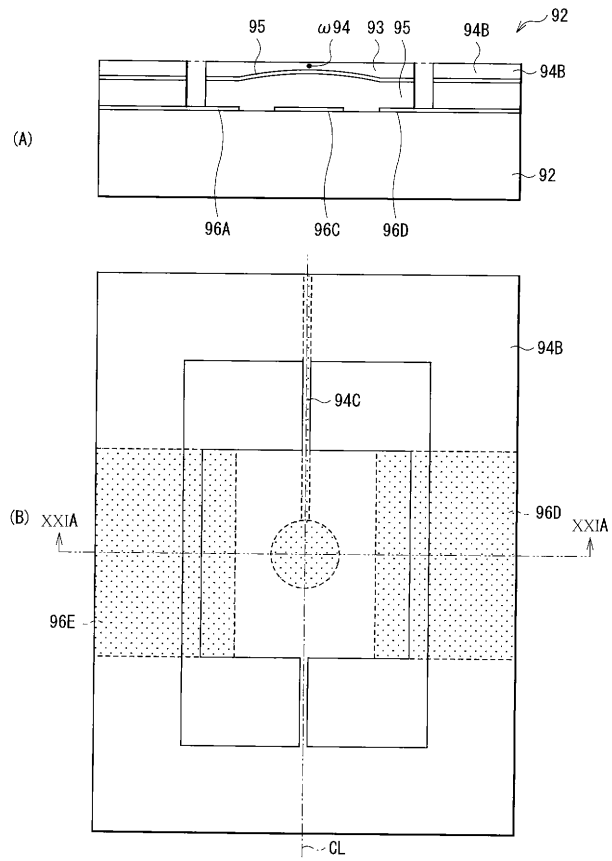


【図 1 6】

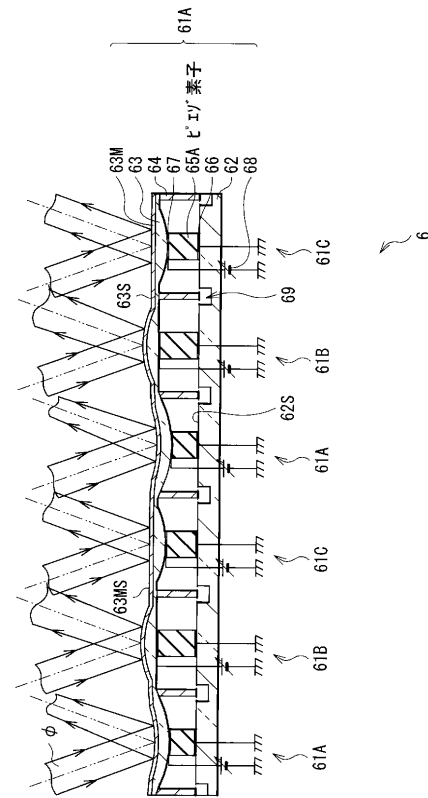




【図 2 1】



【図 2 2】



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 2H088 EA06 FA16 FA18 GA02 HA10 HA25 MA01 MA02  
5C061 AA06 AB14 AB16