

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4831638号  
(P4831638)

(45) 発行日 平成23年12月7日(2011.12.7)

(24) 登録日 平成23年9月30日(2011.9.30)

(51) Int.Cl.	F 1
G02F 1/19 (2006.01)	G02F 1/19
G02B 3/14 (2006.01)	G02B 3/14
G02B 7/04 (2006.01)	G02B 7/04      E
G02B 7/28 (2006.01)	G02B 7/04      Z
H04N 5/225 (2006.01)	G02B 7/11      Z

請求項の数 15 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2010-513934 (P2010-513934)	(73) 特許権者 505433895 パリオプティック フランス、69007 リヨン、リュ・ジ ヤン・バルダッシーニ、24・ア/24・ ベ
(86) (22) 出願日	平成20年6月27日 (2008.6.27)	(74) 代理人 100064746 弁理士 深見 久郎
(65) 公表番号	特表2010-532010 (P2010-532010A)	(74) 代理人 100085132 弁理士 森田 俊雄
(43) 公表日	平成22年9月30日 (2010.9.30)	(74) 代理人 100083703 弁理士 仲村 義平
(86) 國際出願番号	PCT/EP2008/058263	(74) 代理人 100096781 弁理士 堀井 豊
(87) 國際公開番号	W02009/003940	(74) 代理人 100109162 弁理士 酒井 將行
(87) 國際公開日	平成21年1月8日 (2009.1.8)	
審査請求日	平成23年5月30日 (2011.5.30)	
(31) 優先権主張番号	07301180.1	
(32) 優先日	平成19年6月29日 (2007.6.29)	
(33) 優先権主張国	欧洲特許庁 (EP)	
早期審査対象出願		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】高分子電極を有するエレクトロウェッティング装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

液 - 液界面(19)において互いに接触する第一および第二の非混和性液体(16, 18)を含み、第一の液体は絶縁性液体であり、第二の液体は導電性液体であって水溶液を備える、チャンバ(15)と、

第二の液体に接触する第一の電極(20, 608)と、

電気的絶縁層(402)によって第一および第二の液体から電気的に絶縁された第二の電極(202)と、を備え、第二の電極は前記液 - 液界面の端部に接触するように配置された表面を備え、前記液 - 液界面の曲率は前記第一および第二の電極間の電圧の印加によって制御可能であって、

前記第二の電極は、0.15 g · mm / m<sup>2</sup> · day 未満の水蒸気透過を有する熱可塑性高分子である導電性の成型された高分子材料から形成され、第二の高分子材料は液晶ポリマーであることを特徴とする、エレクトロウェッティング光学装置。

## 【請求項 2】

第二の電極は、導電性粒子の導入によって導電性にされた液晶ポリマーを備える、請求項1に記載のエレクトロウェッティング光学装置。

## 【請求項 3】

前記液晶ポリマーは、炭素の粒子を備える、請求項2に記載のエレクトロウェッティング光学装置。

## 【請求項 4】

前記第二の電極は、射出成形される、請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載のエレクトロウェッティング光学装置。

【請求項 5】

前記第二の電極は、 $10^4$  から  $10^7$   $\cdot$  cm の範囲、好ましくは  $10^5$  から  $5 \times 10^6$   $\cdot$  cm の範囲の導電率を有する、請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載のエレクトロウェッティング光学装置。

【請求項 6】

前記第二の電極上に複数の接点を備え、各々の接点は、前記液 - 液界面の異なる部分を制御するための別々の電圧を受けるために配置される、請求項 5 に記載のエレクトロウェッティング光学装置。

10

【請求項 7】

一以上の別々の電圧の印加に基づいて、可変焦点、可変傾斜および可変非点収差の一つ以上の関数を提供するように設けられる、請求項 6 に記載のエレクトロウェッティング光学装置。

【請求項 8】

前記絶縁層は、フッ素化パリレン、好ましくはパリレン C およびパリレン F のうち一つを備える、請求項 1 から請求項 7 のいずれかに記載のエレクトロウェッティング光学装置。

【請求項 9】

第二の電極は、前記液 - 液界面の端部に接触するように配置された、円錐状表面を備える、請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載のエレクトロウェッティング光学装置。

20

【請求項 10】

撮像のためのイメージセンサ (612) と、

前記イメージセンサに像を形成するように配置され、請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載の光学装置を備える、レンズ装置と、

前記第一および第二の電極間に印加された少なくとも一つの電圧を生成するために配置された駆動回路と、

を備える、光学設備。

【請求項 11】

前記光学設備の動きを検出するための動き検出器をさらに備え、前記光学装置は、前記動き検出器により検出された動きに対応して前記イメージセンサに形成された像を移動するため配置される、請求項 10 に記載の光学設備。

30

【請求項 12】

請求項 10 または請求項 11 に記載の光学設備を備える、携帯電話。

【請求項 13】

請求項 10 または請求項 11 に記載の光学設備を備える、デジタルカメラ。

【請求項 14】

金型を使用して前記高分子材料を成型することにより前記第二の電極を形成するステップを備える、請求項 1 に記載のエレクトロウェッティング光学装置を形成する方法。

【請求項 15】

前記成型するステップは、前記第二の電極を射出成形するステップを備える、請求項 1 4 に記載の方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

発明の分野

本発明は、エレクトロウェッティング (electrowetting) 装置に関し、特に、高分子材料により形成された少なくとも一つの電極を有するエレクトロウェッティング装置に関する。

【背景技術】

50

**【0002】****発明の背景**

エレクトロウェッティング装置、特にエレクトロウェッティングレンズは、当該技術分野において公知であり、概して、第一の非混和性液体と第二の非混和性液体との間の、エレクトロウェッティングにより移動可能な屈折界面を備える。

**【0003】**

図1は、欧州特許出願EP1662276号の図4を表わし、先行技術の一例に従った可変焦点レンズ10を示す。レンズ10は、並行してかつ互いに対向して配置され、異なる光学指標を有する二つの非混和性液体16, 18を含む内部容積15の境界を一部定める、二つの透明窓12, 14を備える。二つの液体は、これらが接するところで、メニスカス形状の光学界面19を形成するが、この光学界面は、多数の異なる形状を有し得る。線Aおよび線Bにより例が示される。液体16, 18は、実質的に等しい比重を有し、一方は好ましくは、たとえば油および/または油性物質を備える絶縁性液体であり、他方は好ましくは、たとえば水溶液を備える導電性液体である。

10

**【0004】**

窓12, 14は好ましくは、ガラスのような光学的透明材料で形成される、透明の板である。

**【0005】**

液体を含むレンズ10の構造は、たとえば接着剤21によって透明窓12が固定される蓋21と、たとえば接着剤23によって透明窓14が固定される本体22とを備える。蓋20と本体22とは、ガスケット24により分離される。蓋20は、実質的に円筒状の側壁26を備え、一方本体22は、実質的に円筒状の側壁27を備える。ガスケット24は、側壁26と側壁27との間に位置し、レンズ構造の堅固さを確保する。

20

**【0006】**

この例では、蓋20と本体22とがレンズの電極を形成する。蓋20は、導電性液体18に電圧を供給するために使用される。本体22は、液-液界面19の端部近くに電圧を供給するために使用される。液-液界面19の端部は、環状の本体の絶縁された円錐形表面26に接触する。円錐形表面26を含む、液体16, 18に接触する本体の一部は、絶縁層(図示せず)で被覆される。界面19は、環状の本体22の、光線が通過可能な開口を横切った。

30

**【0007】**

エレクトロウェッティング効果によって、蓋20と本体22との間に電圧を印加することで、円錐形表面26上で液-液界面の端部の位置を変化させ、それにより液体16と液体18との間の屈折界面の曲率を変化させることが可能である。たとえば、界面は、初期の点線Aで示される凹形状から、実線Bで示されるような凸形状へ変化してもよい。このようにして、屈折界面A, Bの領域内で窓12, 14に対し垂直にレンズを通過する光線は、蓋20と本体22との間に印加される電圧に依存して、より多くまたは少なく焦点を合わせられる。

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】**

40

**【0008】**

本体22は、金属により形成され、図1に示す形状に機械加工される。たとえば、本体22が環状であるとき、本体は機械の中で回転され、所望の形状を切削するために刃が使用されてもよい。特に携帯電話産業のようないくつかの産業での使用のために、液体レンズをより薄くする一般的な要請がある。これにより、本願出願人は、0.5mmを下回る極小高さの本体を有するレンズを設計するに至った。しかしながら、そのような小さい寸法のためには、本体を機械加工するのは不正確であるとわかっている。この不正確さのために、本体のある表面が必要とする余裕を増加させる必要があるが、このことが液体の界面との接触のために利用可能な範囲を減少させ、逆にレンズの焦点範囲を減少させる。

**【0009】**

50

## 発明の要約

本発明の実施の形態の目的は、先行技術の一つ以上の欠点を少なくとも部分的に克服する、レンズを提供することである。

### 【課題を解決するための手段】

#### 【0010】

本発明の一の局面に従えば、液 - 液界面において互いに接触する第一および第二の非混和性液体を含み、第一の液体は絶縁性液体であり第二の液体は導電性液体である、チャンバーと、第二の液体に接触する第一の電極と、絶縁層によって第一および第二の液体から絶縁される第二の電極と、を備え、第二の電極は導電性の成型された高分子材料から形成され、上記液 - 液界面の曲率は上記第一および第二の電極間の電圧の印加によって制御可能である、エレクトロウェッティング光学装置が提供される。

#### 【0011】

本発明の他の実施の形態に従えば、第二の電極は、固有導電性高分子を含む高分子材料により形成される。

#### 【0012】

本発明の一実施の形態に従えば、第二の電極は、導電性粒子の導入によって導電性にされた高分子材料により形成される。

#### 【0013】

本発明の一実施の形態に従えば、高分子材料は、熱可塑性高分子、好ましくは液晶ポリマーである。

#### 【0014】

本発明の一実施の形態に従えば、高分子材料は、熱硬化性高分子、好ましくはエポキシである。

#### 【0015】

本発明の一実施の形態に従えば、高分子材料は、炭素の粒子を備える。

本発明の一実施の形態に従えば、高分子材料は、カーボンナノチューブを備える。

#### 【0016】

本発明の一実施の形態に従えば、第二の電極は、射出成形される。

本発明の一実施の形態に従えば、第二の電極は、 $10^4$  から  $10^7$   $\cdot$  cm の範囲、好ましくは  $10^5$  から  $5 \times 10^6$   $\cdot$  cm の範囲の導電率を有する。

#### 【0017】

本発明の一実施の形態に従えば、エレクトロウェッティング光学装置は、上記第二の電極上に複数の接点を備え、各々の接点は、上記液 - 液界面の異なる部分を制御するための別々の電圧を受けるために配置される。

#### 【0018】

本発明の一実施の形態に従えば、第二の電極は、成型された非導電性高分子部分をさらに備える本体の一部である。

#### 【0019】

本発明の一実施の形態に従えば、エレクトロウェッティング光学装置は、ガスケットによって絶縁された蓋と本体とを備え、第二の電極は本体の少なくとも一部を形成する。

#### 【0020】

本発明の一実施の形態に従えば、エレクトロウェッティング光学装置は、一以上の別々の電圧の印加に基づいて、可変焦点、可変傾斜および可変非点収差の関数の一つ以上を提供するように、配置される。

#### 【0021】

本発明の一実施の形態に従えば、第二の電極は、上記液 - 液界面の端部に接触するように配置された、円錐状表面を備える。

#### 【0022】

本発明の他の局面に従えば、撮像のためのイメージセンサと、上記イメージセンサに像を形成するように配置され、上記の光学装置を備える、レンズ装置と、上記第一および第

10

20

30

40

50

二の電極間に印加された少なくとも一つの電圧を生成するために配置された駆動回路と、を備える、光学設備が提供される。

【0023】

本発明の一実施の形態に従えば、光学設備は、上記光学設備の動きを検出するための動き検出器をさらに備え、上記光学装置は、上記動き検出器により検出された動きに対応して上記イメージセンサに形成された像を移動するために配置される。

【0024】

本発明の一実施の形態に従えば、駆動回路は、上記第一の電極と上記第二の電極の第一の接点との間に印加される第一の周波数の第一発振電圧を生成するため、および、上記第一の電極と上記第二の電極の第二の接点との間に印加される上記第一の周波数と異なる第二の周波数の第二発振電圧を生成するために、配置される。

10

【0025】

本発明の他の局面に従えば、上記光学設備を備える携帯電話が提供される。

本発明の他の局面に従えば、上記光学設備を備えるデジタルカメラが提供される。

【0026】

本発明の他の局面に従えば、上記エレクトロウェッティング光学装置を形成する方法であって、金型を使用して上記高分子材料を成型することにより上記第二の電極を形成するステップを備える、方法が提供される。

【0027】

本発明の一実施の形態に従えば、成型するステップは、上記第二の電極を射出成形するステップを備える。

20

【0028】

図面の簡単な説明

本発明の上述したおよびその他の目的、特徴、局面および利点は、添付の図面に関連して例示のためであって制限的でなく与えられた、以下の実施の形態の詳細な説明から明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】(上述された)先行技術に従った液体レンズの断面図である。

30

【図2】本発明の第一の実施の形態に従った液体レンズの断面図である。

【図3A】本発明の他の実施の形態に従った液体レンズの断面図である。

【図3B】図3Aの液体レンズの平面図である。

【図3C】更なる実施の形態に従った図3Aの液体レンズの平面図である。

【図5A】本発明の更なる実施の形態に従った液体レンズを示す平面図である。

30

【図5B】本発明の更なる実施の形態に従った液体レンズを示す平面図である。

【図6】本発明の実施の形態に従った光学設備の模式図である。

【図7】本発明の他の実施の形態に従った液体レンズの断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0030】

発明の詳細な説明

40

図2は、本発明に従った可変焦点液体レンズ200の例を示す断面図である。レンズ200は、たとえば透明窓12, 14、液体16, 18、蓋20、ガスケット24などの、上述したレンズ10と同一の部品を多数備える。これらの部品は、再度詳細に説明されない。しかし、レンズ200において、本体22は本体202によって置き換えられている。

【0031】

本体202は、導電性高分子材料が成型されている。本体202は、円錐状表面204を備えるように成型されているが、円錐状表面はレンズの光学軸に対して回転対称であり、屈折界面19の中心を合わせるために使用される。円錐状表面204は、光学軸を通過する頂点を有する円錐の一部を形成するように、光学軸に対して傾いた傾斜面であ

50

る。

【0032】

本体202はさらに、窓14を受けるための窓領域206と、本体の下側から突起し、本体202の電圧源への接続を容易にする、環状脚208と、を備える。本体202は、ガスケット24に接触してレンズの堅固さを確保する、実質的に円筒状の外表面210を備える。本体202の、少なくとも液体16, 18に接触する領域は、絶縁層(図示せず)で被覆されている。

【0033】

本体202は好ましくは、熱可塑性高分子の一種で形成される。好ましくは本体は、レンズの内部容積15内に液体16, 18を含むために十分に密閉されるように、0.15 g·mm<sup>2</sup>·day (DIN 53122 part 2により測定される)未満の水蒸気透過(WVT, Water Vapour Transmission)を有する、熱可塑性高分子で形成される。より好ましくは、本体202のWVT係数は、0.02 g·mm<sup>2</sup>·day未満である。

【0034】

本出願人は、液晶ポリマー(LCP, Liquid Crystal Polymer)がそのWVT係数に関して良好な材料であることを示した。それゆえに、本体は好ましくは、たとえばTicona社のVectra A725のような、LCPを備える。

【0035】

本出願人は、たとえばエポキシのような熱硬化性高分子もまた、本体202を形成するために使用できることを示した。熱硬化性高分子は、良好な機械的特性を示し、良好な化学的耐性および適切に低いWVT係数を有する。

【0036】

本体202の役割の一つは、レンズの電極を形成し、円錐状表面204近くの領域に電圧が供給されることである。それゆえに、本体202の高分子材料は、固有導電性高分子(ICP, intrinsically conductive polymer)で形成されてもよい。ICPの語は、多共役電子系(すなわち、二重結合、芳香環もしくはヘテロ芳香環、または三重結合)を有する有機化合物をいう。そのような高分子の例は、ポリジアセチレン、ポリアセチレン(PAc)、ポリピロール(PPy)、ポリアニリン(PANI)、ポリチオフェン(PTH)、ポリイソチオナフタレン(PITN)、ポリヘテロアリレンビニレン(PArV)(ヘテロアリレン基はチオフェン、フラン、ピロールであってもよい)、ポリ-p-フェニレン(PpP)、ポリフタロシアニン(PPhc)など、およびこれらの派生物(たとえば、側鎖または側基で置換されたモノマーから形成される)、これらの共重合体、これらの混合物である。有利には、固有導電性高分子と、従来の加工に適した熱可塑性樹脂との混合物が使用されてもよい。そのような混合物の例は、Kulkarniらの米国特許第5,217,649号に開示されるが、これは法により許可され得る程度まで本明細書中に引用により援用される。この特許は、「ドープされた」ポリアニリンと、塩化ポリビニル、塩素化ポリエチレンまたはその他の高い電気伝導性を示す熱可塑性高分子との混合により、導電性高分子の混合物を作ることを開示する。混合物は、固有導電性高分子、絶縁性熱可塑性材料、ならびに、衝撃改質剤、エステルの入っていない可塑剤、および酸性界面活性剤から成る群より選択される少なくとも一つの添加物を備える。

【0037】

LCPまたはエポキシのようないくつかの高分子は、固有導電性ではないが、導電性の粒子または纖維を高分子中に混合するまたは埋め込むことにより導電性にすることができ、本体202を形成するための複合導電性高分子が形成される。たとえば炭素纖維、カーボンナノチューブまたは微細な金属ワイヤのような纖維を使用することで、機械的強度の高い複合物が形成されるが、これは、たとえば蓋が波形にされた本体のような、機械的応力が加わりやすい本体を形成するために、特に有利である。たとえばガラスを被覆する銀のような、金属で被覆された纖維を使用する変形例も可能である。

【0038】

10

20

30

40

50

導電性材料を設けるために高分子に混合された粒子を使用することは、これにより本体 202 の密閉性を向上できるので、いくつかの場合において好ましい。一つの例によると、炭化水素蒸気の不完全燃焼によって生産された、カーボンブラックの添加物を有する高分子が使用されてもよい。そのような材料は、黒い複合物を有するポリエチレンを含む。また、本体 202 の導電性をより良く制御するために、たとえばニッケルまたは銀などの金属粒子が混合された高分子が使用されてもよい。あるいはまた、高分子に導電性粒子がドープされてもよい。一つの例は、高分子母材と共に溶媒を有する金属の有機電荷移動塩を使用することである。このような材料は、網状ドープ高分子と名づけられる。

#### 【0039】

本体 202 を形成するために、射出成形が使用されるのが好ましい。インジェクションマウンディング (injection mounding) によって、金型の表面を何度も複製することができる。そのため、たとえば何千もの高分子の本体 202 を製造するために使用される金型は、それが非常に正確であることを保証するために、高価な金属が機械加工されてもよい。さらに、高分子の本体 202 の、レンズの光学的品質を決定する円錐状表面 204 を形成する表面のような、金型の表面は、表面粗度を向上するために、好ましくは研磨される。本体 202 がエポキシのような熱硬化性高分子で形成されるとき、複製のような他の成型技術が使用されてもよい。

#### 【0040】

蓋 20 は、窓 12 のために設けられた開口と側部 24 との間の上面に、多数の起伏 214 を備える。起伏 214 は、光学軸に対して回転対称である。起伏 214 により、レンズの液体 16, 18 の拡張または収縮に対応して、光学軸 20 に垂直な方向において窓 12 が多少動くことができる。

#### 【0041】

電気的絶縁層（図 2 には図示せず）は、本体 202 の少なくとも液体 16, 18 に露出した部分を覆って設けられる。これは有利には、フッ素化パリレンで形成されてもよい。たとえば、パリレン C、パリレン N、パリレン D、パリレン A F - 4、パリレン F（パリレン H T またはパリレン D i x F として市販されている）、パリレン V T - 4、または他の種類のフッ素化パリレンなどで形成されてもよい。好ましくは、パリレン C またはパリレン F が使用される。それに代えて、たとえばパリレン C と、パリレン D、パリレン A F - 4、パリレン F もしくはパリレン V T - 4 とのような、上記のパリレン型高分子の積層でもよく、または、レンズの特定の液体 16, 18 の関数として選択される異なるパリレンのその他の組合せでもよい。絶縁層は、印加される電圧などのレンズの特性に依存して、たとえば 50 nm と 100 ミクロンとの間の厚みを有し、典型的な値は 1 ミクロンと 10 ミクロンとの間である。被覆は、化学気相成長法により施されてもよい。たとえば、均一な層をもたらす気相蒸着重合法でもよい。パリレンを形成する材料は、良好な誘電体特性を示し、有利には低い液体吸収性を有し、本体 202 への保護用の被覆と非常に高い熱膨張係数とを提供し、本体 202 の温度変化に対する被覆の良好な絶縁信頼性を導く。特に、パリレンが（高い CTE を有する）樹脂であることを考えると、系に熱応力が作用するとき誘電体は基板の熱膨張に追従することができ、これは信頼性の高い誘電体層であることを意味する。代替の被覆は、たとえば 50 nm と 1000 nm との間の厚みを有し、たとえば被覆を覆って形成された数ナノメートルと 100 ナノメートルとの間の厚みの疎水性層を有する、薄い電気的絶縁性の無機層を備えてもよい。

#### 【0042】

いくつかの実施の形態では、本体 202 に一つの電圧が印加されるが、本体 202 が十分に導電性を有するので、電圧は本体 202 の全ての領域、特に円錐状表面 104 の近くに、比較的均一に分散する。その代わりに、抵抗性の本体 202 が設けられても良いが、ここでは説明されない。

#### 【0043】

図 3 A は、レンズ 200 の断面図であって、複数の電圧が本体 202 に印加される例を示すために使用される。これにより、傾斜または非点収差を設けるように液体界面 19 を

10

20

30

40

50

制御することができる。

【0044】

この例では、本体202は、部分的に誘電性の、たとえば $10^4$ から $10^7$ ・cmの範囲の、好ましくは $10^5$ から $5 \times 10^6$ ・cmの範囲の、より好ましくは約 $5 \times 10^5$ ・cmに等しい、均一な導電性を有する材料で形成される。その結果、本体202周囲の異なる点に複数の異なる電圧が印加されるとき、レンズ周囲の異なる領域における液体界面19の端部の変位は、ある程度まで別々に制御される。

【0045】

図3Aは、電圧V1が点300において本体202の環状脚208の一方側に印加され、加えて、第二の電圧V2が点302において環状脚208の反対側に印加される例を示す。電圧はたとえば、各々実効値0Vから120Vの範囲の交流電圧である。たとえば電圧は、たとえば一点において本体202に接着された電線の先端によって印加されてもよく、または、たとえば接着され、気相蒸着プロセスにより堆積され、もしくは力により本体に押圧された中間導体によって、より大きな範囲に亘って接続が広げられてもよい。一実施の形態では、電気的接点の各々は、液体界面の近傍に近い、好ましくは、円錐状表面204の上端および下端から比較的均一な距離において円錐状表面204に最も近接する端部を有し、円錐状表面の頂および底から比較的均質の電界を設ける、薄い層として広げられてもよい。

【0046】

本体202は回転対称に設けられてもよく、レンズがホールダ内に設置されるとき、一度に異なる電圧を供給するために本体202との接続が形成されてもよいことは明白である。その代わりとして、接続が形成される環状脚208から延びる多数の接続突起が形成されてもよいが、これはたとえば、電極が機械加工されるというよりもむしろ成型されるために、可能である。

【0047】

印加される電圧V1, V2は、本体202内部に電位勾配を生成する。この勾配は、本体202の導電率に依存する。したがって、円錐状表面204に近い規定位置における本体202内部の有効電圧は、電圧V1またはV2の大きさに依存し、規定位置から点300, 302への距離にも依存する。有効電圧(Vc)は、領域308, 310に印加され、エレクトロウェッティングにより界面19の端部を動かし、したがって界面212と表面224との間の接触角も変化させるが、接地されたRC回路に関するミルマンの式に基づいて、以下の通り概算される。

【0048】

$$V_c = V / (1 + R_s^2 \cdot C_s^2) = V / (1 + d^2 \cdot C_s^2)$$

ここでVは、電極300または302と蓋20との間に印加される電圧V1またはV2である。dは、電極300または302から界面の接続部分204までの距離である。は $2 \cdot f$ に等しいが、ここでfは電圧Vの周波数である。Csは、円錐状表面204を覆う絶縁層の単位面積あたりの容量である。Rsは、電極300または302と円錐状表面204との間の単位面積あたりの抵抗である。は、本体202の材料の抵抗率である。有効電圧Vcは、電気的接続位置と本体202の三次元形状との複雑な関数であるが、距離dと導電性高分子の本体202の抵抗率とを考慮して概算され得る。この公式から、高分子の本体202の抵抗率が高くなるほど、電極300または302からの距離dに関連して電圧Vcが早く降下するということがわかる。

【0049】

矢印304, 306に示されるとおり、電圧V2が印加される点302からの距離は、レンズの同じ側にある円錐上表面204に近い本体202内にある位置308に相対的に近いが、レンズの他の側にある円錐状表面204に近い本体202内にある位置310から相対的に遠い。図3Aには図示されないものの、矢印306により示される経路は、実際には、レンズの両側の環状脚208の周囲を通る二つの分岐を備える。電極302に印加される電圧V2の大部分が液体界面19の端部312の位置308に存在し、一方、電

10

20

30

40

50

圧  $V_1$  の比較的小さな割合が界面 19 の端部の位置 310 に存在するように、電極 300, 302 が配置されるのが望ましく、本体 202 の抵抗率  $\rho$  が選択されるのが望ましい。したがって電圧  $V_2$  は、位置 310 に近い液体界面 19 よりも位置 308 に近い液体界面 19 に、より大きな影響を与える。一方、逆のことが電圧  $V_1$  に当てはまる。

#### 【0050】

本体 202 に複数の電圧が印加されるとき、電流が本体を通過する。この電流は、オームの法則  $I = V / R$  に示されるように、本体 202 の抵抗率に反比例する。この理由により、抵抗率を増加させることは電流の減少につながり、したがって装置の電力消費量の低減に繋がる。一方、抵抗率が大きすぎると、本体での電圧の減衰が大きくなりすぎ、本体 202 内での孤立した (isolated) 電位を導き、結果として液体界面 19 のねじれを引き起こす。したがって、レンズの低電力消費を達成することと、本体 202 内における比較的均一な電位勾配と、の間の調整が行なわれるのが好ましい。

10

#### 【0051】

図 3B は、レンズ 200 の下側を示す平面図であって、電圧  $V_1$  および  $V_2$  が印加される点 300, 302 の位置の一例を示す。この例では、これらの点はレンズを横切る正反対の点にあり、光学軸  $z$  と一致する。 $V_2$  が  $V_1$  よりも高い電圧であれば、点線 308, 310 に示すように、本体 202 を通って電源  $V_2$  から電源  $V_1$  へ電流が流れる。点線 312 は、環状脚 108 に関して、液体界面の端部の位置を示す。図示されるように、電圧  $V_2$  は、電源  $V_2$  に最も近い領域 314 における液体界面 19 に、より大きい影響を及ぼす。一方電圧  $V_1$  は、電源  $V_1$  に最も近い領域 316 における液体界面 19 に、より大きい影響を及ぼす。このようにして、異なる電圧  $V_1$  および  $V_2$  の印加により、液体界面は、異なるレンズの大きさに対し異なって制御される。

20

#### 【0052】

図 3C は、図 3B に類似する平面図であって、レンズ 200 の下側に対応し、レンズ 200 の異なる実施の形態を示す。この例では、本体 202 の環状脚 208 は、二つの窪んだ領域 320 をさらに備える。窪んだ領域 320 は、たとえばカメラモジュールなどの光学系に一体化されたとき、レンズ 200 の正確な位置決めを行なう為の鍵の役割を果たす。鍵 320 はまた、本体 202 上での電気的接点 300, 302 の正確な位置決めを可能にする。これにより、たとえば製造上の理由で本体 202 の導電率が完全に均質でない場合に、レンズ 200 のより再現性のある性能を得ることができる。これは、導電性の高分子の本体がたとえば単一のゲートを使用して射出成形されたとき、射出成形の径方向の対称性が悪いために、発生し得る。

30

#### 【0053】

異なる電圧  $V_1$  および  $V_2$  の印加によってどのように傾斜が得られるかを示す。本体部分 202 を被覆する絶縁層は符号 402 で示される。本体 202 の左手側に印加された電圧  $V_1$  が本体の右手側に印加された電圧  $V_2$  よりも高い例が示されている。エレクトロウエッティング効果のために、左手側に供給されたより高い電圧は、液体界面 19 のレンズの左手側における端部 404 が、右手側における端部 404 の変位よりも大きく変位する原因となる。この結果、屈折界面 19 の通常の光学軸  $z$  は窓 12, 14 に垂直なレンズの中心軸を経由して延びるのに対し、傾斜した屈折界面の新たな光学軸  $z'$  は通常の光学軸  $z$  に対し角度  $\theta$  分傾いているように、屈折界面 19 が傾斜する。

40

#### 【0054】

角度  $\theta$  はたとえば、 $V_1$  と  $V_2$  との相違によって、 $0 - 30^\circ$  の範囲で制御可能である。レンズの規定の断面に対する角度  $\theta$  は、レンズの両側における屈折界面 19 の端部 404 の円錐状表面 204 との間の接触角の相違の、およそ半分として決定されてもよい。電圧  $V_1$  の領域における端部 402 と表面 204 との間の接触角  $\alpha$  と仮定し、電圧  $V_2$  の領域における端部 402 と表面 204 との間の接触角  $\beta$  と仮定すると、角度  $\theta$  は、 $(\alpha - \beta) / 2$  とおよそ等しいように決定されてもよい。これは、屈折界面の幾何学的傾斜を表わす。有効な光学的傾斜はおよそ、以下のように決定され得る。

#### 【0055】

50

光学的傾斜 = 幾何学的傾斜 · n

ここで n は、絶縁性液体 1 6 の屈折率から導電性液体 1 8 の屈折率を引いた差である。

【0056】

いくつかの実施の形態に従えば、傾斜角はレンズの倍率、すなわち、屈折界面 4 0 6 の曲率の程度と同時に、制御可能である。レンズの倍率は、電圧 V 1 および V 2 の平均に基づいて決定されるが、一方傾斜は電圧 V 1 と V 2 との差に従って決定される。

【0057】

本発明者らは、電圧 V 1 および V 2 の周波数 f もまた表面 2 0 4 の有効電圧に影響を与えることを見出した。特に、周波数 f が高くなるほど、電源 V 1 および V 2 から離れた抵抗性の本体における有効電圧は急速に降下する。上記の演算の例において、V 1 および V 2 は、たとえば両方とも約 1 kHz の周波数を有する。しかし、他の例において、電圧の一方の周波数はたとえば約 20 kHz であり、したがってこの電極に印加される電圧の影響は減少する。これにより、倍率および傾斜は、第一の周波数の V 1 と第二の周波数の V 2 とを印加することにより、個々に制御可能である。本明細書中に述べられる実施の形態において本体電極と蓋電極との間に印加される電圧は、好ましくは 500 Hz から 200 kHz の範囲の周波数を有する。たとえば、低周波数の電圧は倍率を制御するために使用され、一方、高周波数の第二の電圧は傾斜を制御するために使用されてもよい。

10

【0058】

図 5 A および図 5 B は、さらなる実施の形態の下側の図であり、図 3 B および 3 C に係る実施の形態と類似するが、本体 2 0 2 の環状脚 2 0 8 に四つの別々の電圧が印加される点で異なる。電圧 V 1 、 V 2 、 V 3 および V 4 は、環状脚の周囲に、約 90° 離れ等しい間隔をおいて印加される。四つの接点を設け四つの別々の電圧を供給することにより、屈折界面はより複雑に制御され得る。特に、二つの隣接する点に高い電圧を印加することにより、界面は傾斜する。一方、互いに対向する側に高い電圧を印加することにより、非点収差が設けられる。さらに、これらの効果を変化させるために、電圧の周波数が変化される。

20

【0059】

光学的界面に可変の傾斜または非点収差を与えるために多数の電極を設けるという思想は、本体が有する任意の数の接点にまで拡張され得ることは明らかである。接点数を増加することにより、液体界面のより複雑な制御が可能である。

30

【0060】

図 6 は、たとえばコンパクトデジタルカメラ、携帯電話、またはその他の電子機器に用いられる、本発明の実施の形態に従った光学装置を含む光学設備 6 0 0 の模式図である。光学設備 6 0 0 は、レンズ装置 6 0 3 と、本明細書中に開示された実施の形態のうちの一つに従った光学装置 6 0 4 と、を含む、カメラモジュール 6 0 2 を備える。光学装置 6 0 4 は、電圧をレンズの本体（図示せず）に接続するための、少なくとも二つの別々の接点 6 0 6 、 6 0 7 を有するが、任意の数の接点が設けられてもよい。少なくとも一つのさらなる電極 6 0 8 が、レンズ内の導電性液体との接続を形成するために、設けられる。レンズ装置 6 0 3 は、多数の固定されたレンズを備える。

40

【0061】

駆動回路 6 1 6 は、接点 6 0 6 、 6 0 7 および電極 6 0 8 に接続されて設けられる。駆動回路 6 1 6 は、各々の電極へ発振する電圧信号を生成する。

【0062】

駆動回路 6 1 6 はたとえば、一つ以上の規定の周波数の信号を生成するための、一つ以上の周波数発信機を備える。これらの信号はその後、接点 6 0 6 および / または接点 6 0 7 と電極 6 0 8 との間に供給される前に、増幅されてもよい。

【0063】

いくつかの実施の形態に従うと、電極 6 0 8 と、本体の電極の接点 6 0 6 、 6 0 7 との間に印加される電圧は、異なる電圧レベルまたは実効値を有する。これはたとえば、ピーク・ピーク電圧レベルが別々に変化するように電圧信号と各々の電極の接点との間に直列

50

に接続された可変抵抗を設けることにより、達成される。

【0064】

その代わりとして、同一のピーク・ピーク電圧値と同一の周期と同一の実効値とを有する、同一の電圧信号を、同時に電極に印加してもよい。しかし、接点606, 607の各々に印加される信号に、可変遅れが追加される。このようにして、電圧の実効値は、電極608と接点606, 607の一つとに印加される信号が正確に一致するときの0Vと、電圧信号の位相の不一致が正確に180°であるときの最大値との間の、任意の点に変えることが可能である。そのような遅れは、たとえばコンデンサによって設けられる。

【0065】

さらなる代案として、接点606, 607の各々への信号の電圧の実効値は、これらの信号の各々の負荷サイクルを変化させ、一方、電極608へ0Vまたは一定の負荷サイクルを有する信号のいずれかを供給することにより、変化され得る。

【0066】

代替的な実施の形態では、接点606, 607の各々は、交互に交流電圧信号を供給される。電圧信号が印加される時間は、必要な電圧が印加されるように、各々の接点に対して異なる。好ましくは、接点606, 607が交流電圧信号に接続されていない時間は、界面が望ましくない動きをしないように、液-液界面の応答時間よりも短い。その代わりとして、信号の周波数が、たとえば参照された発振信号の選択されたパルスのみを印加することによって、増加されまたは減少されてもよく、その結果として電圧出力の実効値が変化する。

【0067】

カメラモジュール602は、光学装置604により受けられた光線により形成された像を撮影するイメージセンサ612と、固定されたレンズ603とをさらに備える。

【0068】

処理装置614は、光学設備600に設けられるが、たとえば画像信号処理機または携帯電話のベースバンドプロセッサである。処理装置614は、駆動回路616を制御するためのアルゴリズムを実行し、また撮像するためのイメージセンサ612を制御する。処理装置614は、イメージセンサ612から撮影された画像を受け取り、それらをメモリ618に保存する、および/またはそれらをディスプレイ620に表示する。

【0069】

電力供給ユニット624は、駆動回路616、イメージセンサ612および処理装置614に、供給電圧を供給する。

【0070】

いくつかの実施の形態では、光学装置604は可変傾斜が可能であるレンズであり、そのような機能は、ぼやけの原因となる撮像するときの光学設備600の動きを相殺するために使用できる。設備の動きを検出するために、いくつかの実施の形態では動き検出器626が設けられ、処理装置614に接続されてもよく、または駆動回路616に直接接続されてもよい。動き検出器626は、あらゆる動きを検出し、それに応じて光学装置604の屈折界面の傾斜の程度を制御するための出力信号を生成する。動き検出器626は、たとえば微小電気機械(MEM)システムの加速度計のような、設備の動きを検出するための任意の好適な手段を備えてもよい。代替的には、イメージセンサにより感知された画像の動きを検出することにより、動きが検出されてもよい。

【0071】

光学装置604は、たとえば図3Cに示された光学装置本体の環状脚に形成された鍵のような、位置決め機能(図示せず)によって、カメラモジュール602内で方向付けられる。この機能によって、電気的接点を、動き検出器に対して相対的に、常に同じように位置決めできる。好ましくは、写真が撮られる前に傾斜を調整するための調整ループが設けられる。特に、画像がプレビューされている間の、最終の画像が撮られる前に、たとえば動き検出器626を使用して動きが検出されてもよく、それに応じて動きを考慮して画像が傾斜されてもよく、動きに基づいて正しい傾斜が適用されているか決定するためにイメ

10

20

30

40

50

ージセンサからの画像が使用されてもよい。特に、大きすぎるまたは小さすぎる傾斜が与えられた場合、この情報は、将来の動きのための規定の動きに適応した傾斜の再調整のために使用されてもよい。写真が撮られるとき動き検出器が調整されるように、調整が複数回繰り返されてもよい。

【0072】

図7は、本発明に従ったエレクトロウェッティング光学装置のさらなる実施の形態の断面図であるが、この光学装置が図6を参照して述べられた光学設備に一体化されることも可能である。図7の実施の形態は、本体202が二つの部分720, 721で形成されている点を除いて、図3Aの実施の形態と類似する。本体202の部分721は、導電性の成型された高分子材料、たとえば先述した材料のうち一つから形成され、第二の電極の機能を果たす。部分720は、非導電性の高分子、たとえばLCPのような非帯電熱可塑性高分子またはエポキシのような非帯電熱硬化性高分子から形成される。部分721は環状であり、本体の液-液界面に接触する円錐状部分の上側に対応する。部分720および721は成型され、好ましくは射出成形され、単一の本体部品202を形成するためにたとえば接着される。部分720をしっかりと固定するために、部分721に切り欠きが形成されてもよい。図7は、二つの電気的接点700および702を介して、二つの異なる電圧V1およびV2が印加される一例を示す。これらの接点は、たとえば薄い金属層、または他の導電性材料の積層であり、環状脚208の基部から導電性の部分721の下側部分まで、本体の下側を被覆して広がる。

【0073】

この実施の形態の一つの利点は、有効電圧が印加された電圧と同等であるように、印加された電圧V1およびV2を円錐状表面604の非常に近くに与えることである。これにより、導電体を横切る電気的損失の可能性を低減でき、したがってレンズの電力消費量を低減でき、液-液界面の変形をよりよく制御できる。

【0074】

このように、装置の一つの電極を形成する本体が導電性の成型された高分子材料で形成されている、エレクトロウェッティング光学装置が開示された。本体はたとえば、0.5mmより小さい高さを有する。

【0075】

有利には、本体、または本体の一部を成型することにより、表面の精度を向上できる。特に、図2で符号204が付され図7で符号704が付された、液体界面19を受ける円錐状表面の精度を向上できる。一例として、図1の機械加工された本体22は、円錐状表面26の高さにおいて概略±0.04mm、円錐状表面の径において概略±0.02mmの典型的な公差を有し、0Vにおいて±4~6ディオプタの屈折界面19の焦点の誤差がもたらされる、ということがわかっている。これに対して、射出成形された本体202は、円錐状表面の高さおよび径においておよそ±0.008mmのみの公差を有し、0Vにおいて±1~2ディオプタのみの誤差がもたらされる、ということがわかっている。

【0076】

このような本体を金属で成型することは、樹脂で成型するのと比較して、相対的に高価であり、また品質および精度において劣ることになる。しかしながら、本体を高分子材料で成型することにより、優れた精度および低いコストが達成できる。

【0077】

成型された部品が機械加工された部品と区別し得ることは、当業者にとって明らかであろう。たとえば、二つの成型部分間の接合部において部品に残る特徴から、または、射出成形部品の場合、高分子材料が射出される箇所に残る特徴において、明らかである。

【0078】

本体の円錐状表面の精度向上の利点は、電極に電圧が印加されていないときにレンズの焦点がより正確なことである。つまり、駆動回路が切断されたまたは誤作動しているときでさえ、たとえば無限に焦点を合わせられ、レンズは作動可能である。

【0079】

10

20

30

40

50

有利には、導電性の高分子の本体を設けることにより、液体界面と接触する滑らかな接触面が得られ、レンズのヒステリシスおよび波面誤差を低減する。導電性の高分子は、高分子に金属の膜を形成するなどの他の解決法よりも有利である。そのような金属膜は、表面品質の劣る円錐状表面をもたらす。高分子材料の比較的粗い表面が、金属が被覆されることを一般的に必要とするためである。

【0080】

高分子の本体202のさらなる利点は、金属の本体よりも軽量なことであるが、これは多くの用途、特に携帯電話およびデジタルカメラなどの小型携帯機器において望ましい。

【0081】

有利には、高分子で本体202を形成することにより、装置はまた、機械的衝撃に対しより耐久性がある。

【0082】

有利には、本体を成型することにより、円錐状表面がよりよい精度で形成されるだけでなく、図2に示す円錐状表面204と窓14との間の円筒状部分212もまたより精度よく形成され、特に正確な高さを有する。これは液体レンズにおいて重要である。なぜなら、規定の量の絶縁性液体16がレンズ内に注入されるとき、円筒状表面212の高さは、円錐状表面204上の液体界面19が到達する高さを決定し、したがって界面の位置および形状を決定するからである。

【0083】

さらに、たとえば0.5mm以下の高さの本体を有する、非常に薄いレンズが製造されるとき、もし手頃な価格の機械加工が使用されるのであれば、液体界面19の端部が接触する円錐状表面は、その寸法において非常に制限される。これは、機械加工の際に本体の表面のために許容されなければならない許容誤差のためであるが、これはたとえば、図2の円筒状表面212のような表面が、少なくとも機械加工により形成され得るための最小限の高さを有さなければならないことを意味する。本体が非常に薄いのであれば、このような最小限の高さが本体の高さ全体の大部分であり、これにより円錐状表面の高さが減少し、したがって液体界面19の可動範囲が減少し、レンズの可変性もまた減少する。これに対して、成型が使用されるとき、許容誤差は低減され、円筒状表面212のような部品はずっと小さく形成され、円錐状表面204の高さをより大きくできる。

【0084】

有利には、本体202、または本体721の一部が成型で形成されるとき、特に、低粗度の成型を形成するための、超精密工作機械と、たとえばダイヤモンド旋削技術などの適切な技術と、が使用されるとき、成型後に本体を研磨する工程は必要でない。一方、金属の本体が機械加工で形成されるのであれば、不必要的残留物を除去するために研磨工程が必要になることが多い。これは、本体のある角における径、換言すると、円錐状表面の上端および下端のような鋭い端部の曲がりをもたらすが、これによりレンズの正確な焦点範囲は減少する。したがって、本体を成型することでレンズの焦点範囲を向上することができる。

【0085】

このように本発明の例示的な実施の形態の少なくとも一つを開示することで、種々の変形、修正および改良が、当業者にとって容易に行なわれる。

【0086】

たとえば、異なる電圧を供給するために本体の電極2および4接点を有する実施の形態が開示されたが、液体界面の必要な制御に依存して、任意の数の接点が設けられてもよい。接点は好ましくは、本体周りに等しく間隔をあけて、円錐状表面204から等しい距離にある。

【0087】

さらに、液体界面19の端部の支持および中心合わせ手段を設けるための円錐状表面204が開示されたが、他の実施の形態では、異なる形状の表面が設けられてもよい。

【0088】

10

20

30

40

50

図において、平板状の窓 12, 14 が示されたが、これらの窓は固定されたレンズに置き換えられ、レンズの光学軸 A に中心合わせされてもよく、これらが蓋 20 および本体 22 に接着または熱溶接のような他の手段によって固定されてもよい。さらに、いずれかの窓は、レンズが可変の光学特性を有する鏡として作用するように、レンズに対向する鏡張りの表面に置き換えられてもよい。

## 【0089】

本明細書中に開示された実施の形態に従ったエレクトロウェッティング装置は、たとえばカメラ、携帯電話、眼科用器具、内視鏡、バーコードリーダー、双眼鏡などの、任意の光学系に組み込まれてもよい。

【図1】

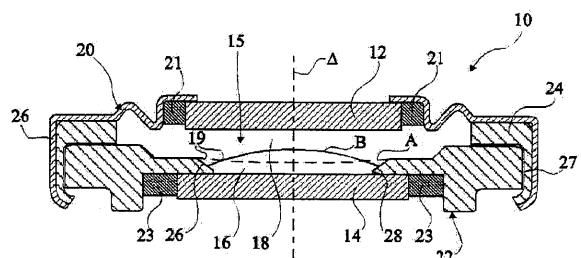


Fig 1

【図2】

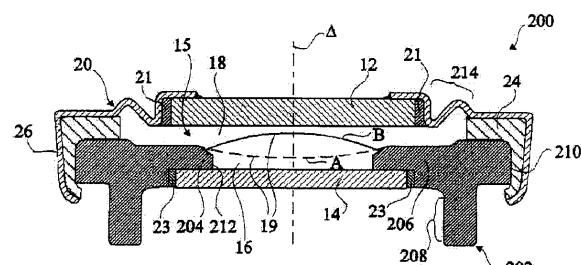


Fig 2

【図3A】

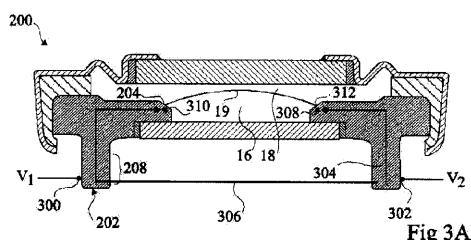


Fig 3A

【図3B】

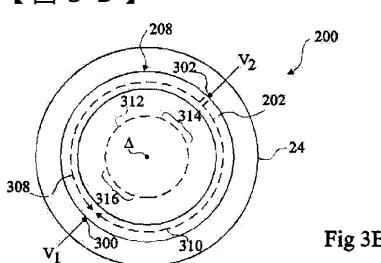


Fig 3B

【図3C】

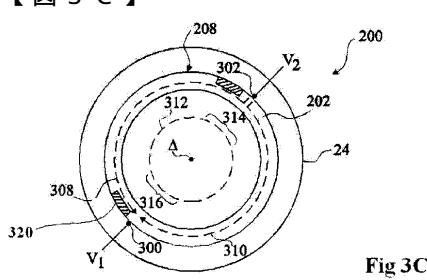


Fig 3C

【図5A】

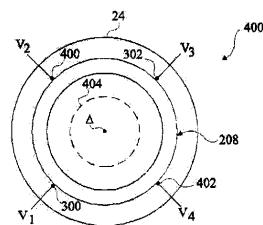


Fig 5A

【図5B】

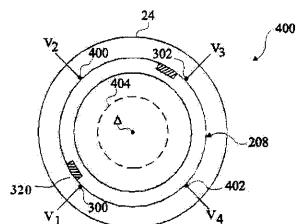


Fig 5B

【図6】

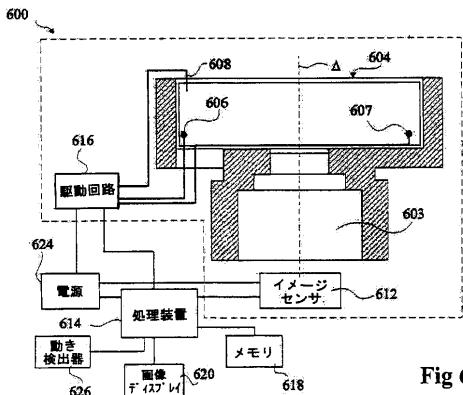


Fig 6

【図7】

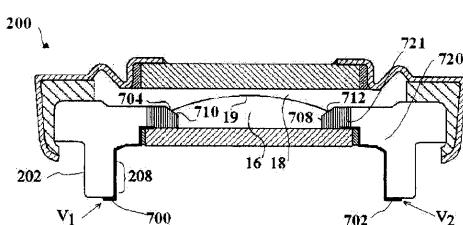


Fig 7

---

フロントページの続き

(51)Int.CI.

F I

H 0 4 N 5/225

D

(74)代理人 100111246

弁理士 荒川 伸夫

(74)代理人 100124523

弁理士 佐々木 真人

(72)発明者 ベルジュ, ブルーノ

フランス、エフ - 6 9 0 0 2 リヨン、プラス・デ・セleston、3

(72)発明者 ローン, フレデリック

フランス、エフ - 3 8 0 9 0 ピルフォンテーヌ、アレ・デ・ベルジェ、4

(72)発明者 ルグラン, ジュリアン

フランス、エフ - 6 9 0 0 2 リヨン、リュ・フランクリン、47

(72)発明者 メラール, マチュ

フランス、エフ - 6 9 0 0 7 リヨン、リュ・ダギュソー、23

(72)発明者 ブラン, イブ - セバスチャン

フランス、エフ - 6 9 1 6 0 タッサン - ラ - ドゥミ - リュンヌ、レジダンス・ベラビスタ・バティモン・デー - リュ・ドゥ・ボワイエ、8

審査官 藤田 都志行

(56)参考文献 特開2006-146235 (JP, A)

国際公開第2006/009514 (WO, A1)

特開2005-292763 (JP, A)

国際公開第2006/123288 (WO, A2)

(58)調査した分野(Int.CI., DB名)

G02F 1/19

G02B 3/14

G02B 7/04

G02B 7/28

H04N 5/225