

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2008年8月21日 (21.08.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/099702 A1

(51) 国際特許分類:

G02B 1/06 (2006.01) G02B 26/08 (2006.01)
G02B 3/14 (2006.01)

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 桐田 科 (KIRITA, Shina) [JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 河嶋 利孝 (KAWASHIMA, Toshitaka) [JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2008/051774

(22) 国際出願日:

2008年2月4日 (04.02.2008)

(25) 国際出願の言語:

日本語

(26) 国際公開の言語:

日本語

(30) 優先権データ:

特願2007-031442 2007年2月13日 (13.02.2007) JP

(74) 代理人: 岩崎幸邦, 外 (IWASAKI, Sachikuni et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門1丁目2番8号 虎ノ門琴平タワー 三好内外国特許事務所内 Tokyo (JP).

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 Tokyo (JP).

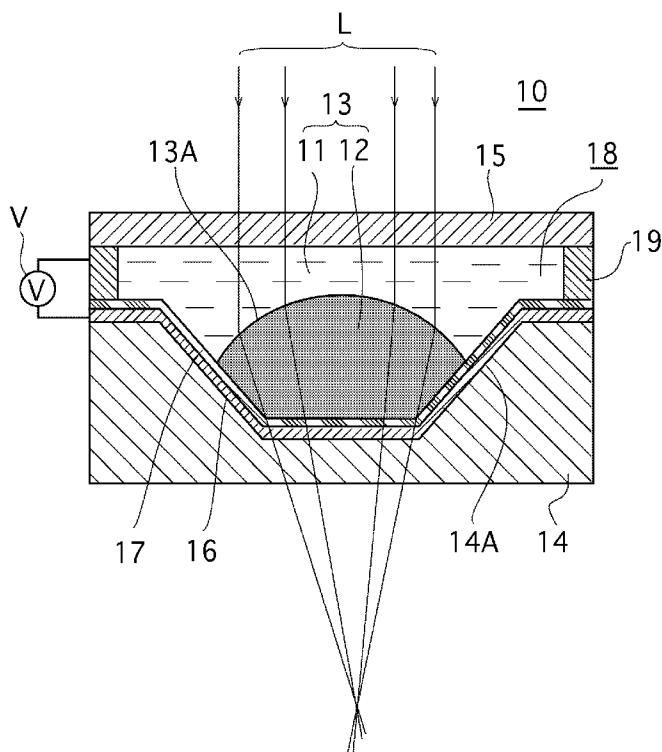
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN,

/ 続葉有 /

(54) Title: ELECTROWETTING DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME

(54) 発明の名称: エレクトロウェッティングデバイス及びその製造方法

[図1]



(14) 及び蓋体 (15) と、透明基板 (14) の液室 (18) 側の表面に形成された電極層 (16)

(57) Abstract: An electrowetting device (10) ensures a highly reliable insulating structure by preventing deterioration of withstand voltage characteristics due to use of a film having a high dielectric constant. The electrowetting device is provided with a conductive first liquid (11); an insulating second liquid (12); a transparent substrate (14) and a cover (15) which form a liquid chamber (18) for storing the first and second liquids; an electrode layer (16) formed on a surface of the transparent substrate (14) on the side of the liquid chamber (18); and an insulating layer (17) formed on the surface of the electrode layer. The insulating layer (17) has a laminated structure composed of a first insulating film (17a) made of an insulating inorganic crystal material, and a second insulating film (17b) made of an insulating inorganic amorphous material. Surface unevenness of the first insulating film (17a) is modified by the second insulating film (17b), and the highly reliable insulating layer which can be driven by a low voltage and has excellent withstand voltage strength is provided.

(57) 要約: 本発明に係るエレクトロウェッティングデバイス (10) は、高誘電率膜を用いることによる耐圧特性の劣化を防止して信頼性の高い絶縁構造を確保できるものであり、導電性の第1の液体 (11) と、絶縁性の第2の液体 (12) と、上記第1、第2の液体を収容する液室 (18) を形成する透明基板

/ 続葉有 /

WO 2008/099702 A1



KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 國際調査報告書

)と、この電極層の表面に形成された絶縁層(17)とを備え、この絶縁層(17)は、絶縁性無機結晶材料からなる第1の絶縁膜(17a)と、絶縁性無機非晶質材料からなる第2の絶縁膜(17b)の積層構造とすることで、第1の絶縁膜(17a)の表面凹凸を第2の絶縁膜(17b)で緩和し、低電圧駆動が可能であり、耐圧強度に優れた信頼性の高い絶縁層を得ることができる。

明細書

エレクトロウェッティングデバイス及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、エレクトロウェッティング効果(電気毛管現象)を利用したエレクトロウェッティングデバイス及びその製造方法に関する。

本出願は、日本国において2007年2月13日に出願された日本特許出願番号2007-031442号を基礎として優先権を主張するものであり、この出願は参照することにより、本出願に援用される。

背景技術

[0002] 近年、エレクトロウェッティング効果を利用したエレクトロウェッティングデバイスの開発が進められている(例えば国際公開第99/18456号パンフレット参照)。エレクトロウェッティング効果とは、導電性を有する液体と電極との間に電圧を印加したときに電極表面と液体との固液界面のエネルギーが変化し、液体表面の形状が変化する現象をいう。

[0003] 一般に、エレクトロウェッティングデバイスは、導電性の第1の液体と、絶縁性の第2の液体と、上記第1、第2の液体を収容する液室を形成する一対の基材(下部基板、上部基板)と、下部基板の表面に形成された電極層と、この電極層の表面に形成された絶縁層を備えている(例えば特開2003-302502号公報参照)。絶縁層を挟んで導電性の第1の液体と電極層との間に電圧を印加することで、エレクトロウェッティング効果により第1、第2の液体間の界面形状が変化する。そこで、第1、第2の液体の屈折率を相互に異ならせることによって、印加電圧の大きさで2液界面の形状が可逆的に変化する可変焦点レンズを構成することが可能となる。

発明の開示

[0004] 近年、低駆動電圧で信頼性の高いエレクトロウェッティングデバイスの開発が求められている。上述のように、エレクトロウェッティングデバイスは、導電性液体と電極層との間に印加する電圧の大きさで駆動される。この駆動電圧は、導電性液体と電極層との間に介在する絶縁層の誘電率に比例し、絶縁層の厚さに逆比例する。したがつ

て、絶縁層として高誘電率材料を小さい膜厚で形成することで、エレクトロウェッティングデバイスの駆動電圧の低減を図ることが可能となる。ここで、誘電率の高い絶縁材料として、金属酸化物等の絶縁性無機結晶材料のスパッタ膜等が知られている。

- [0005] しかしながら、この種の無機材料は成膜後の膜表面の凹凸が比較的大きいため、膜厚の均質性が乏しく、安定した耐圧特性が得られにくいという問題がある。すなわち、形成した高誘電率膜の局所的な凹凸ピーク領域で導電性液体との間において電流リークが生じ、絶縁層の絶縁破壊が生じるおそれが高くなる。
- [0006] そこで本発明は上述の問題に鑑みてなされ、高誘電率膜を用いることによる耐圧特性の劣化を防止して信頼性の高い絶縁構造を確保できるエレクトロウェッティングデバイス及びその製造方法を提供することを課題とする。
- [0007] 以上の課題を解決するに当たり、本発明のエレクトロウェッティングデバイスは、導電性の第1の液体と、絶縁性の第2の液体と、上記第1、第2の液体を収容する液室を形成する一対の基材と、これら一対の基材のうち一方の基材の上記液室側の表面上に形成された電極層と、この電極層の表面に形成された絶縁層と、を備えたエレクトロウェッティングデバイスであって、上記絶縁層は、絶縁性無機結晶材料からなる第1の絶縁膜と、絶縁性無機非晶質材料からなる第2の絶縁膜の積層構造を有することを特徴とする。
- [0008] また、本発明に係るエレクトロウェッティングデバイスの製造方法は、導電性の第1の液体と絶縁性の第2の液体とが互いに混和することなく密閉性の液室内に収容され、上記液室の内面の一部に絶縁層を介して電極層が配置されたエレクトロウェッティングデバイスの製造方法であって、上記絶縁層は、上記電極層の上に絶縁性無機結晶材料からなる第1の絶縁膜を成膜する工程と、上記第1の絶縁膜の上に絶縁性無機非晶質材料からなる第2の絶縁膜を成膜する工程を経て形成されることを特徴とする。
- [0009] 本発明においては、絶縁性無機結晶材料と、この絶縁性無機結晶材料よりも表面平坦性の高い絶縁性無機非晶質材料との積層構造で上記絶縁層を構成している。これにより、表面平坦性に優れた無機絶縁層を構成でき、耐圧強度の高い信頼性に優れた絶縁構造を得ることができる。また、誘電率の高い絶縁層を小さい膜厚で形成

できるので、エレクトロウェッティングデバイスの駆動電圧の低減を図ることができる。

- [0010] 本発明において、第1、第2の絶縁膜は、互いに同一の金属元素を含む酸化物で構成される。これにより、密着性に優れた絶縁層を構成することができる。好適には、電極層の構成材料を同種金属の酸化物を含む構成とすることで、電極層と絶縁層の間の密着性向上を図ることができる。具体的に、例えば、電極層はAZO、第1の絶縁膜はZnO、第2の絶縁膜はZnAlOで構成される。
- [0011] これら第1、第2の絶縁膜は、真空を用いた薄膜形成手段、例えばスパッタ法によつて形成することができる。この場合、濃度管理された酸素雰囲気中のスパッタ法によって金属酸化物からなる絶縁膜を形成することができる。
- [0012] 以上述べたように、本発明によれば、表面平坦性に優れた高誘電率の絶縁層を構成できるので、エレクトロウェッティングデバイスの駆動電圧の低減と信頼性の向上を図ることができる。

図面の簡単な説明

- [0013] [図1]本発明の実施形態によるエレクトロウェッティングデバイスの概略構成を示す側断面図である。
- [図2]図1のエレクトロウェッティングデバイスの絶縁層の構造を模式的に示す断面図である。
- [図3]エレクトロウェッティング効果の原理説明図である。
- [図4]本発明の一実施例による電極層、絶縁層の表面観察結果を示す図である。
- [図5]本発明の一実施例による絶縁層の耐圧強度を示す図である。
- [図6]本発明のエレクトロウェッティングデバイスの製造に用いられるスパッタ装置の一構成例を示す概略図である。

発明を実施するための最良の形態

- [0014] 以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。
- [0015] 図1は本発明の実施形態によるエレクトロウェッティングデバイス10の概略構成を示す側断面図である。本実施形態のエレクトロウェッティングデバイス10は、密閉性の液室18の内部に導電性の第1の液体11と絶縁性の第2の液体12が収容されてなり、これら第1の液体11と第2の液体12の界面13Aでレンズ面を形成するレンズ素子1

3を備えている。このエレクトロウェッティングデバイス10は、例えば照明光学系やカメラのストロボ装置などに用いられ、当該エレクトロウェッティングデバイス10を透過する光Lの焦点距離を任意に変化させる可変焦点レンズ素子として構成されている。

- [0016] 第1の液体11としては、導電性を有する透明な液体が用いられ、例えば、水、電解液(塩化カリウムや塩化ナトリウム、塩化リチウム等の電解質の水溶液)、分子量の小さなメチルアルコール、エチルアルコール等のアルコール類、常温溶融塩(イオン性液体)などの有極性液体を用いることができる。
- [0017] 第2の液体12としては、絶縁性を有する透明な液体が用いられ、例えば、デカン、ドデカン、ヘキサデカンもしくはウンデカン等の炭化水素系の材料、シリコーンオイル、フッ素系の材料などの無極性溶媒を用いることができる。本実施形態において、第2の液体12の表面張力は、第1の液体11の表面張力よりも小さいものが用いられているが、勿論これに限られない。
- [0018] 第1、第2の液体11、12は、互いに異なる屈折率を有するとともに、互いに混和することなく存在できる材料が選ばれる。具体的に、本実施形態では、第1の液体11として塩化リチウム水溶液(濃度3. 66wt%、屈折率1. 34)が用いられ、第2の液体12としてシリコーンオイル(GE東芝シリコーン社製TSF437、屈折率1. 49)が用いられる。また、第1、第2の液体11、12は互いに同等の比重をもつことが好ましい。なお必要に応じて、第1、第2の液体11、12は着色されていてもよい。
- [0019] 次に、液室18は、一対の基材としての透明基板14と蓋体15とを互いに貼り合わせて構成された容器の内部に形成されている。
- [0020] 透明基板14及び蓋体15は、光学的に透明な絶縁性基材からなり、例えば、プラスチック材料の射出成形体、ガラス材料、各種セラミック材料等で構成される。プラスチック材料としては、ポリカーボネート(PC)、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリエチレンナフタレート(PEN)、ポリエーテルサルファン(PES)、ポリオレフィン(PO)等の透明高分子材料を好適に用いることができる。
- [0021] 本実施形態では、透明基板14の液室18側表面部にレンズ素子13を収容する凹所14Aが形成されている。なお、透明基板14の表面形状は任意に形成でき、上記の例に限られず平坦面としてもよい。

- [0022] 透明基板14の液室18側の表面には、電極層16が形成されている。電極層16は透明電極材料で構成され、本実施形態ではZnからなる群より選ばれる少なくとも2種類以上の金属酸化物のスパッタ膜で構成されている。具体的に、電極層16は、AZO($ZnO-Al_2O_3$)のスパッタ膜で構成されるが、これに限られず、例えば、ITO(インジウムースズ酸化物)、GZO($ZnO-Ga_2O_3$)、SZO($ZnO-SiO_2$)等が挙げられる。
- [0023] また、電極層16の上には、本発明に係る絶縁層17が形成されている。図2は絶縁層17の構造を示す電極層16周辺の断面図である。絶縁層17は、電極層16の上に形成された絶縁性無機結晶材料からなる第1の絶縁膜17aと、この第1の絶縁膜17aの上に形成された絶縁性無機非晶質材料からなる第2の絶縁膜17bの積層構造を有している。
- [0024] 第1、第2の絶縁膜17a、17bはいずれもスパッタ法、真空蒸着法等の真空薄膜形成技術によって形成された透明酸化物からなる。第1の絶縁膜17aはそれ自体で結晶性の絶縁膜であり、第2の絶縁膜17bはそれ自体で非晶質の絶縁膜からなる。第2の絶縁膜17bは、結晶性の第1の絶縁膜17aの表面の凹凸を吸収するために設けられている。
- [0025] 第1の絶縁膜17aとしては、例えば、 ZnO 、 Al_2O_3 、 MgO 、 HfO_2 、 ZrO_2 、 Fe_2O_3 、 TiO_2 等の高誘電率膜が好適に用いられる。一方、第2の絶縁膜17bとしては、例えば、 $ZnAlO$ 、 SiO_2 、 $SiNx$ 等が好適に用いられる。
- [0026] 本実施形態では、第1の絶縁膜17aは ZnO 、第2の絶縁膜17bは $ZnAlO$ からなる。第1の絶縁膜17aと第2の絶縁膜17bが互いに同一の金属元素を含む酸化物で構成することにより、両者間の親和性を高めて密着性の向上を図ることができる。また、電極層16の構成材料(AZO)がこれら絶縁膜17a、17bと同一の金属元素を含むことから、電極層16と第1の絶縁膜17a間の相互の密着性を向上させるとともに、第1の絶縁膜17aの結晶配向性を高めて高誘電率化を図ることができる。なお、電極層16、絶縁層17の形成方法の詳細については後述する。
- [0027] 第1、第2の絶縁膜17a、17bの膜厚は特に制限されないが、本実施形態では、第2の絶縁膜17bの膜厚は第1の絶縁膜17aの膜厚と同等又はそれ以下の厚さで形成されている。第1の絶縁膜17aは、結晶性に起因して第2の絶縁膜17bよりも誘電率

が高く、絶縁層17の誘電率を支配的に決定するからである。また、第2の絶縁膜17bは第1の絶縁膜17aの表面平坦性を緩和できる程度の厚さで十分だからである。なお、絶縁層17の表面は撥水性を有することが好ましく、このような観点から第2の絶縁膜17bの構成材料が選定され、あるいは、第2の絶縁膜17bの表面に撥水処理が施される。

- [0028] 絶縁層17は、電極層16の形成領域の全域にわたって形成されることにより、電極層16と導電性の第1の液体11との間の電気的短絡を防止している。絶縁層17は、電極部材19を介して蓋体15と対向している。電極部材19は、液室18の外部から第1の液体11へ電圧を印加するためのものであるとともに、透明基材14と蓋体15との間を封止する機能を有している。
- [0029] 以上のように構成される本実施形態のエレクトロウェッティングデバイス10においては、電極層16と電極部材19(第1の液体11)との間に駆動電圧を印加する電圧供給源Vが設けられている。第1の液体11と第2の液体12の界面13Aの形状は、球面あるいは非球面であり、その曲率は電圧供給源Vから供給される駆動電圧の大きさに応じて変化する。そして、界面13Aは、第1の液体11と第2の液体12の屈折率差に応じたレンズパワーをもつレンズ面を構成するので、駆動電圧の大きさを調整することで、蓋体15側から透明基板14側へ入射する光Lの焦点距離を変化させることが可能となる。
- [0030] 図3A, Bにレンズ素子13の駆動原理を示す。図3Aは第1の液体11と電極層16の間に駆動電圧を印加していない場合の絶縁層17／第1の液体11／第2の液体12の各界面の張力の状態を示し、図3Bは第1の液体11と電極層16の間に所定の駆動電圧を印加した場合のそれを示している。
- [0031] レンズ素子13の内部では、絶縁層17／第1の液体11／第2の液体12において3つの界面張力が発生している。すなわち、絶縁層17と第1の液体11の間の張力(SW)、第2の液体12と第1の液体11の間の張力(OW)、絶縁層17と第2の液体12の間の張力(SO)であり、ここではそれぞれを γ_{sw} 、 γ_{ow} 、 γ_{so} と表す。
- [0032] 駆動電圧を印加していない場合には、3つの界面張力と、絶縁層17と第2の液体12の接触角度(θ)の間には、いわゆるYoung-Laplaceの方程式から次式の関係

が成り立ち、これに基づいて界面13Aの形状が決まる。

$$\cos \theta = (\gamma_{sw} - \gamma_{so}) / \gamma_{ow}$$

[0033] 駆動電圧を印加した場合には、エレクトロウェッティング効果により界面13Aの形状が変化する。すなわち、電圧印加により絶縁層17と第1の液体11の界面には電荷が発生し、それによって絶縁層17と第2の液体12の間の張力(SO)方向に次式に示す圧力Fが加わるようになる。

$$F = 1/2 (\epsilon \cdot \epsilon_0 / d) V^2$$

(ここで、 ϵ は絶縁層の誘電率、 ϵ_0 は真空誘電率、dは絶縁層の厚さ、Vは印加電圧を表す。)

[0034] したがって、3つの界面張力と、絶縁層17と第2の液体12の接触角度(θ)の間に次式のような関係が成り立ち、電圧を印加しない場合に比べて接触角度 θ は増加して界面13Aの形状が変化する。また、その変化の程度は電圧を変化させることによって制御可能である。

$$\cos \theta = (\gamma_{sw} - \gamma_{so}) / \gamma_{ow} - 1/2 (\epsilon \cdot \epsilon_0 / d) V^2 \dots\dots (1)$$

[0035] 以上のように、レンズ素子13は、互いに屈折率の異なる第1、第2の液体11、12の界面13Aの形状が変化することによって、焦点距離を変化させることができるとともに、その焦点距離は印加電圧により制御可能なものとなる。

[0036] 一方、(1)式より、絶縁層17の誘電率(ϵ)が大きいほど、あるいは絶縁層17の膜厚が小さいほど、同じ駆動電圧(V)でもレンズ素子13の界面13Aの形状を大きく変化させることが可能となる。従って、レンズ素子13の駆動電圧の低減を図るために、絶縁層17の誘電率を高くするか、その膜厚を小さくする必要がある。

[0037] そこで本実施形態では、絶縁層17(第1、第2の絶縁膜17a、17b)を無機材料で形成しているので、ポリパラキシリレンやPTFE(ポリテトラフルオロエチレン)などの有機系材料に比べて、小さい膜厚で大きな誘電率が得られる。これにより、低い駆動電圧でレンズ素子13の大きな形状変化を生じさせることができるので、エレクトロウェッティングデバイス10の駆動電圧の低減を図ることが可能となる。

[0038] また、本実施形態によれば、絶縁層17を無機結晶材料からなる第1の絶縁膜17aと無機非晶質材料からなる第2の絶縁膜17bの積層構造で構成しているので、第1の

絶縁膜17aの表面粗さを第2の絶縁膜17bでカバーして、絶縁層17の表面平坦性を高めることができる。これにより、絶縁層17の膜厚を均一化できるとともに、絶縁層17の耐圧特性を向上させることが可能となる。

[0039] 図4は、走査型プローブ顕微鏡(セイコーインスツルメンツ社製「SPA400」)を用いて行った電極層16、第1の絶縁膜17a、第2の絶縁膜17bの各層における表面観察結果の一例を示している。ここで、図4Aは、シリコン基板上に電極層としてAZO膜を100nm成膜した場合を示しており、表面粗さ(Ra)は1.7nmであった。図4Bは、AZO膜の上に第1の絶縁膜17aとしてZnO膜を50nm形成したときの状態を示しており、表面粗さ(Ra)は3.3nmであった。図4Cは、ZnO膜に第2の絶縁膜17bとしてZnAlO膜を50nm形成したときの状態を示しており、表面粗さ(Ra)は1.7nmであった。

[0040] 図4の結果から明らかなように、結晶性絶縁膜(ZnO)の上に非晶質絶縁膜(ZnAlO)を形成した積層構造で絶縁層を構成することによって、絶縁層表面の平坦性を高められることがわかる。

[0041] また、図5は、絶縁層を無機結晶材料のみで形成した単層構造のサンプルと、無機結晶材料層の上に無機非晶質材料層を形成した積層構造のサンプルの各々の耐圧特性を比較した一実験結果を示している。ここで、単層構造のサンプルは、ガラス基板上に電極層としてAZO膜を100nm、その上に無機結晶材料としてZnO膜を114nm形成したもの用いた。一方、積層構造のサンプルは、ガラス基板上に電極層としてAZO膜を100nm、その上に無機結晶材料としてZnO膜を50nm、無機非晶質材料としてZnAlO膜を50nm形成したもの用いた。

[0042] 図5の結果より、単層構造のサンプルの場合の耐圧強度は0.26MV/cmであったのに対し、本発明の積層構造のサンプルの場合の耐圧強度は3.05MV/cmであり、耐圧強度の著しい向上が認められた。

[0043] 次に、本実施形態のエレクトロウェッティングデバイス10における透明基板14に対する電極層16及び絶縁層17の形成方法について説明する。

[0044] 本実施形態におけるエレクトロウェッティングデバイス10を構成する電極層16及び絶縁層17は、透明基板14の表面への連続成膜によって形成される。これら電極層1

6及び絶縁層17の成膜方法としてはスパッタ法や真空蒸着法等の真空薄膜形成技術が用いられ、特に本実施形態ではスパッタ法が用いられている。図6にスパッタ装置の構成の一例を示す。

- [0045] 図6に示すスパッタ装置20は、直流方式のスパッタ装置であり、チャンバー21内に基板(透明基板)14を保持する基板ホルダー22とターゲット23を保持するターゲットホルダー24とが対向配置されており、基板14とターゲット23との間に電圧が印加されるようになっている。詳しくは、基板14は基板ホルダー22を経由してグランドに接地され、ターゲット23はターゲットホルダー24を経由して直流電源25につながっており、基板14のアース電位に対してターゲット23には直流電源25から所定のマイナス電圧が印加される。
- [0046] また、スパッタ装置20は、チャンバー21内の排気系として排気ポンプ26を有している。さらに、ガス供給系として、Arガスボンベ27、O₂ガスボンベ28、及び、それぞれのガスボンベ27、28からガスを途中で混合しこの混合したガスをチャンバー21内へ導くガス配管29を有している。混合ガスは、ガス配管29に設けられたArガス流量コントローラ27a、O₂ガス流量コントローラ28aによってそれぞれの流量比及び混合ガスとしての流量がコントロールされ、プロセスガス導入口29aからチャンバー21内へ導入されるようになっている。
- [0047] このスパッタ装置20により基板14上に電極層16を成膜するに当たっては、まず、基板ホルダー22に基板14をセットするとともに、ターゲットホルダー24にターゲット23をセットする。ここで、ターゲット23は、電極層16の構成材料によって選択され、本実施形態では、ZnOにAl₂O₃が含有されてなるターゲット(AZOターゲット)が用いられる。ターゲット23のAl₂O₃含有量は、10wt%以下が好ましい。
- [0048] 次に、チャンバー21内を排気ポンプ26によって真空排気し、所定の真空度(例えば0.1~1Pa)に維持しながら、反応性ガスであるO₂ガス及びArガスを所定量混合した混合ガスをプロセスガス導入口29aからチャンバー21内に導入する。ここで、混合ガスの流量(sccm)の比(反応性ガス流量比(O₂/Ar))は、成膜される透明膜が所定の抵抗値以下となり導電性をもつように調整される(例えば、AZOターゲットの場合、0.2%)。あるいは、チャンバー21内にO₂ガスは導入せず、Arガスのみを導

入するようにしてもよい。

- [0049] 次いで、直流電源25よりターゲット23と基板14間に直流電圧を印加し、雰囲気ガス($O_2 + Ar$ 、またはAr)についてグロー放電させプラズマPを形成する。直流電源25から電力(例えば、0.1~7.8W/cm²)を投入してスパッタリングを開始し、基板14上にターゲット組成に基づいた電極層16を形成する。
- [0050] 以上のようにして、基板14上に透明な電極層16が形成される。続いて、電極層16の上に絶縁層17が成膜される。絶縁層17の成膜は、第1の絶縁膜17aの成膜工程と、第2の絶縁膜17bの成膜工程とを経て行われる。これら第1、第2の絶縁膜17a、17bの成膜は、図6に示したスパッタ装置20と同様のスパッタ装置によって行われる。
- [0051] この場合、第1の絶縁膜17aの成膜には、ターゲット23としてZn金属ターゲットが用いられ、プロセスガスの酸素ガス流量比($O_2 / (O_2 + Ar)$)を例えば40%以上に調整する。以上の反応性スパッタリングによって、電極層16上に結晶性のZnO膜からなる第1の絶縁膜17aが成膜される。
- [0052] 一方、第2の絶縁膜17bの成膜には、ターゲット23としてZnにAlをドープした合金ターゲットが用いられ、プロセスガスの酸素ガス流量比($O_2 / (O_2 + Ar)$)を例えば40%以上に調整する。以上の反応性スパッタリングによって、第1の絶縁膜17aの上に非晶質のAlZnO膜からなる第2の絶縁膜17bが成膜される。
- [0053] なお、上述の例の場合、第1の絶縁膜17aの成膜工程と、第2の絶縁膜17bの成膜工程とは、それぞれ別々のチャンバー内で実施されることになるが、この場合、複数のスパッタ室が隣接配置されたインライン式連続スパッタ装置や複数の真空処理室がクラスター状に配置された枚葉式真空処理装置など、真空雰囲気を壊さずに基板を搬送することが可能な真空装置が好適に用いられる。また、同一チャンバー内に複数のターゲットを配置して、成膜工程に応じてターゲットを使い分ける方法を採用することも可能である。
- [0054] 以上のようにして、透明基板14上に電極層及び、第1、第2の絶縁膜17a、17bの積層構造からなる絶縁層17が順に成膜される。本実施形態のエレクトロウェッティングデバイスの製造方法によれば、表面平坦性に優れた高誘電率の絶縁層を形成で

きるので、信頼性の高い低電圧駆動のエレクトロウェッティングデバイスを安定して製造することができる。

[0055] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれに限定されることはなく、本発明の技術的思想に基づいて種々の変形が可能である。

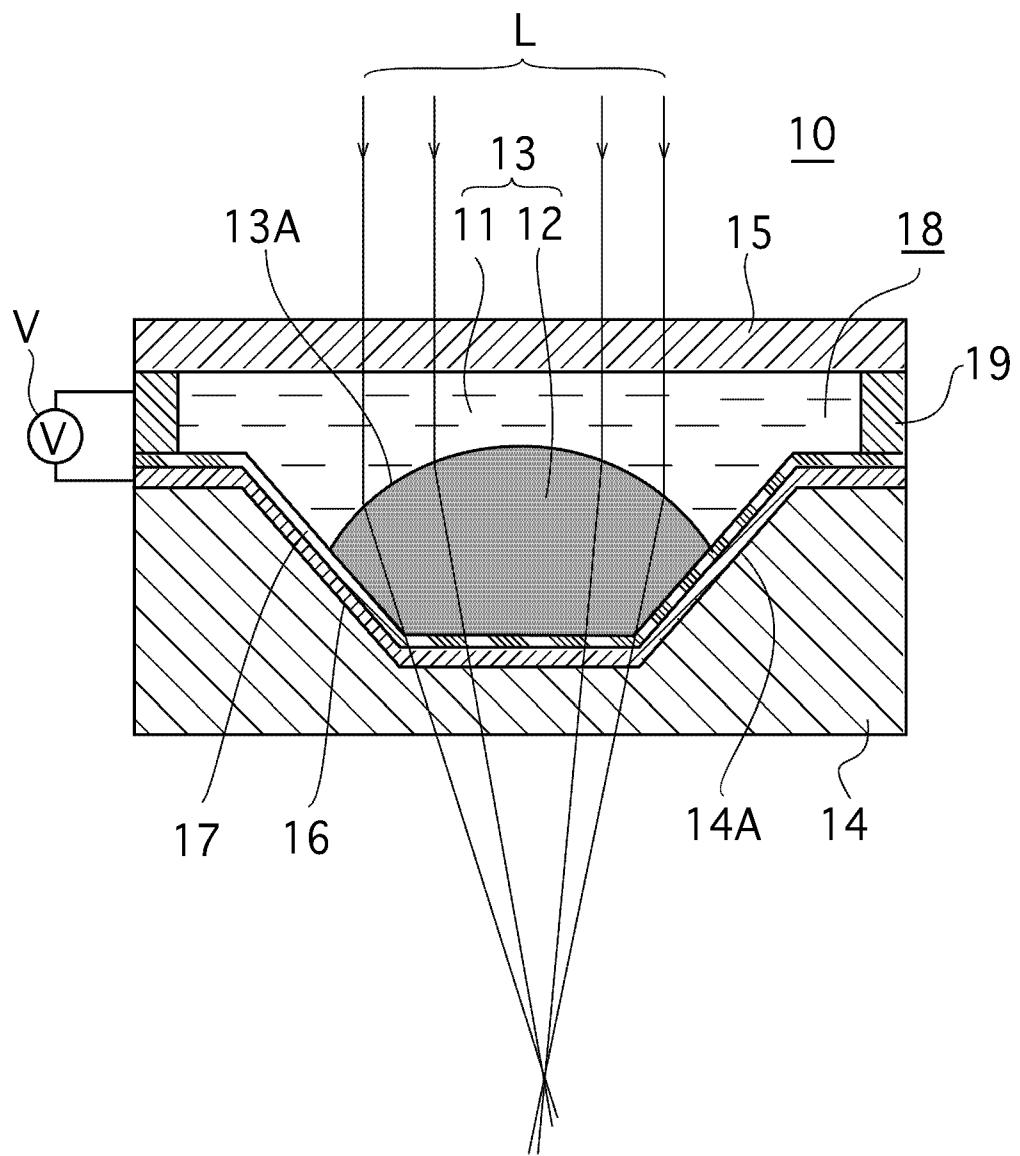
[0056] 例えば以上の実施形態では、単一のレンズ素子を具備するエレクトロウェッティングデバイスを例に挙げて説明したが、上記レンズ素子がアレイ状に複数配置されたエレクトロウェッティングデバイスの絶縁層構造にも、本発明は適用可能である。

[0057] また、可変焦点レンズ用途のエレクトロウェッティングデバイスに限らず、配光制御等の他の光学用途や、液体の表面張力の変化を利用してワークを位置決め搬送するステージ装置等の各種アクチュエータ用途のエレクトロウェッティングデバイスに対しても、本発明は適用可能である。

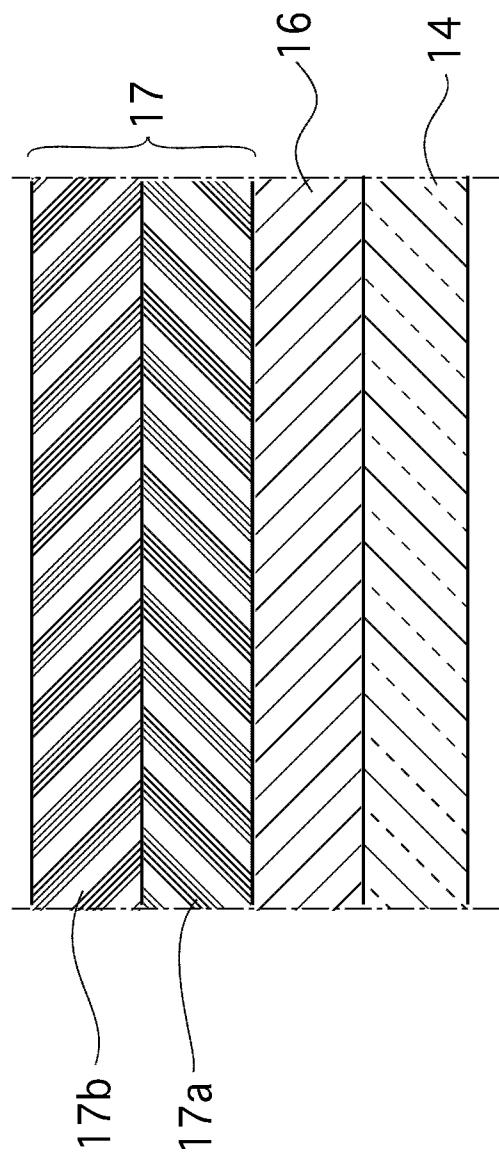
請求の範囲

- [1] 導電性の第1の液体と、
絶縁性の第2の液体と、
前記第1、第2の液体を収容する液室を形成する一対の基材と、
前記一対の基材のうち一方の基材の前記液室側の表面に形成された電極層と、
前記電極層の表面に形成された絶縁層と、を備えたエレクトロウェッティングデバイスであって、
前記絶縁層は、絶縁性無機結晶材料からなる第1の絶縁膜と、絶縁性無機非晶質材料からなる第2の絶縁膜の積層構造を有する
ことを特徴とするエレクトロウェッティングデバイス。
- [2] 前記第1、第2の絶縁膜は、互いに同一の金属元素を含む酸化物からなる
ことを特徴とする請求項1に記載のエレクトロウェッティングデバイス。
- [3] 前記電極層、前記第1の絶縁膜及び前記第2の絶縁膜は、互いに同一の金属元素を含む透明酸化物からなる
ことを特徴とする請求項1に記載のエレクトロウェッティングデバイス。
- [4] 導電性の第1の液体と絶縁性の第2の液体とが互いに混和することなく密閉性の液室内に収容され、前記液室の内面の一部に絶縁層を介して電極層が配置されたエレクトロウェッティングデバイスの製造方法であって、
前記絶縁層は、
前記電極層の上に絶縁性無機結晶材料からなる第1の絶縁膜を成膜する工程と、
前記第1の絶縁膜の上に絶縁性無機非晶質材料からなる第2の絶縁膜を成膜する工程を経て形成される
ことを特徴とするエレクトロウェッティングデバイスの製造方法。
- [5] 前記第1、第2の絶縁膜の成膜を、酸素ガス雰囲気中でのスパッタ法によって行う
ことを特徴とする請求項4に記載のエレクトロウェッティングデバイスの製造方法。
- [6] 前記第1の絶縁膜の成膜にはZn金属ターゲットを用い、前記第2の絶縁膜の成膜にはZn—Al合金ターゲットを用いる
ことを特徴とする請求項5に記載のエレクトロウェッティングデバイスの製造方法。

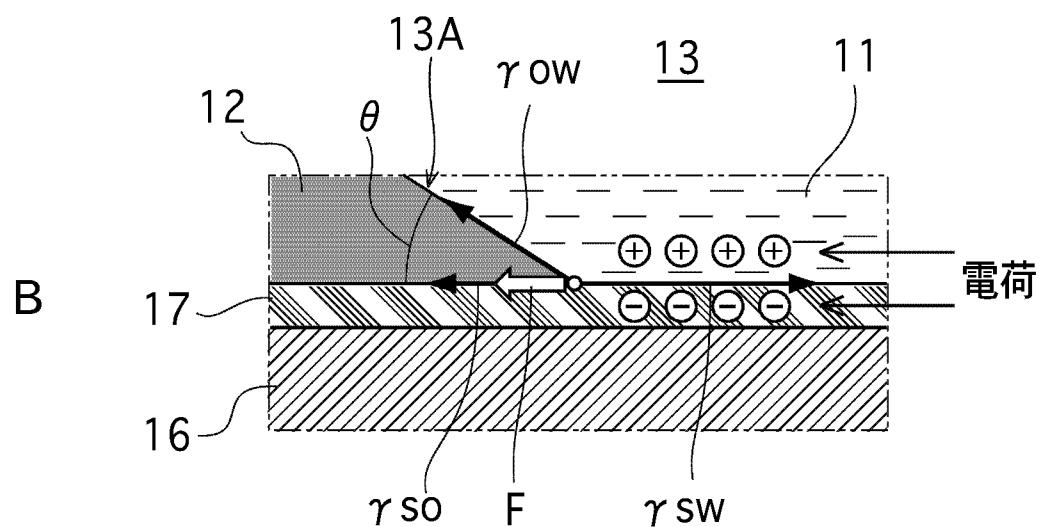
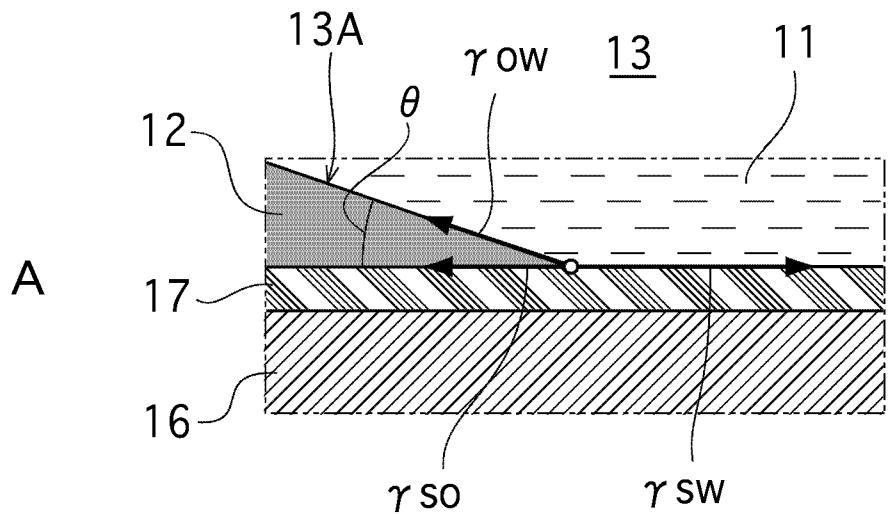
[図1]



[図2]

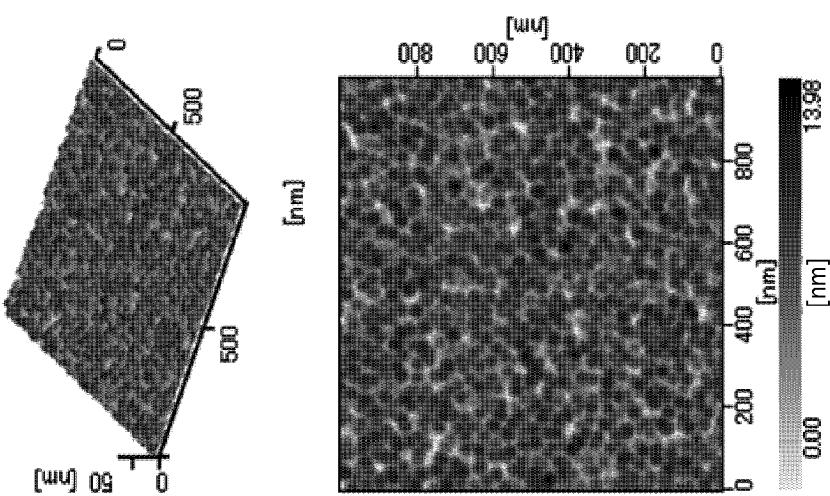


[図3]

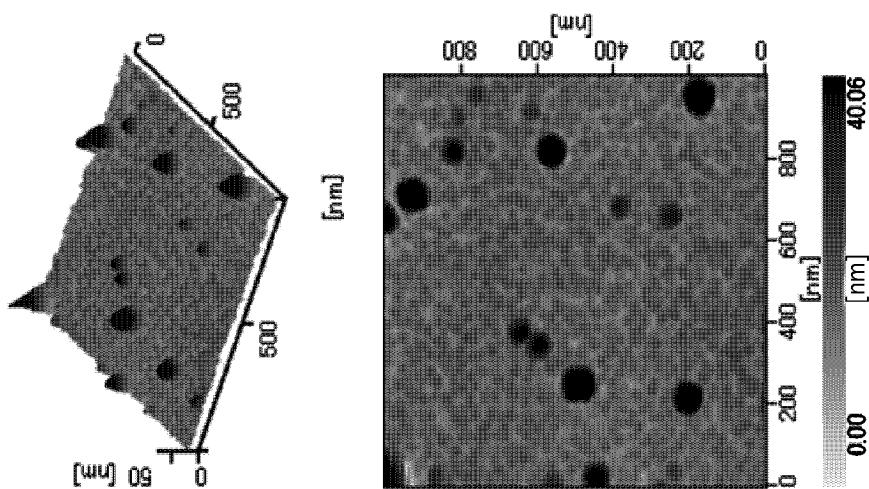


[図4]

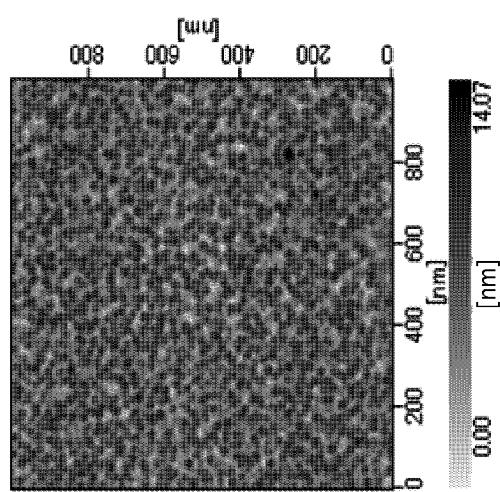
C



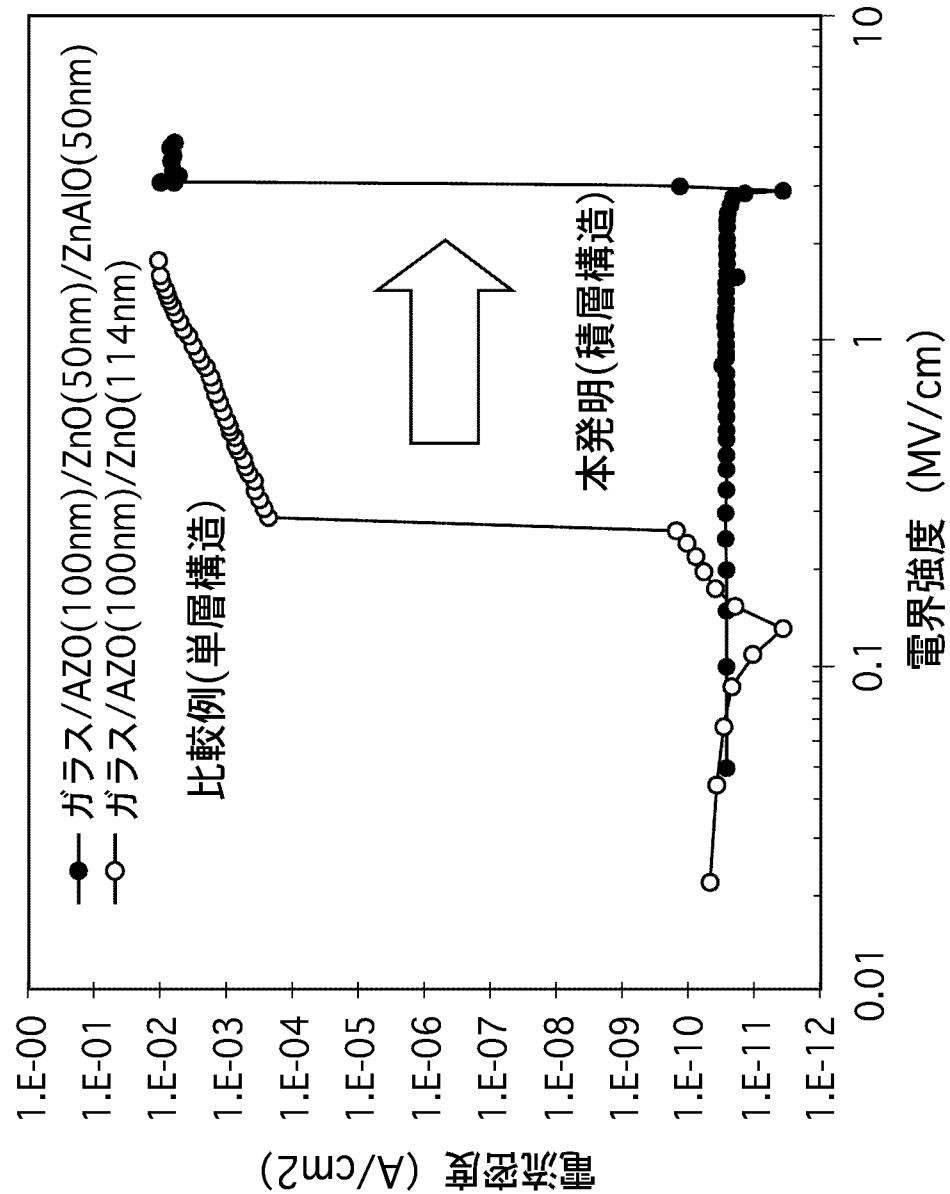
B



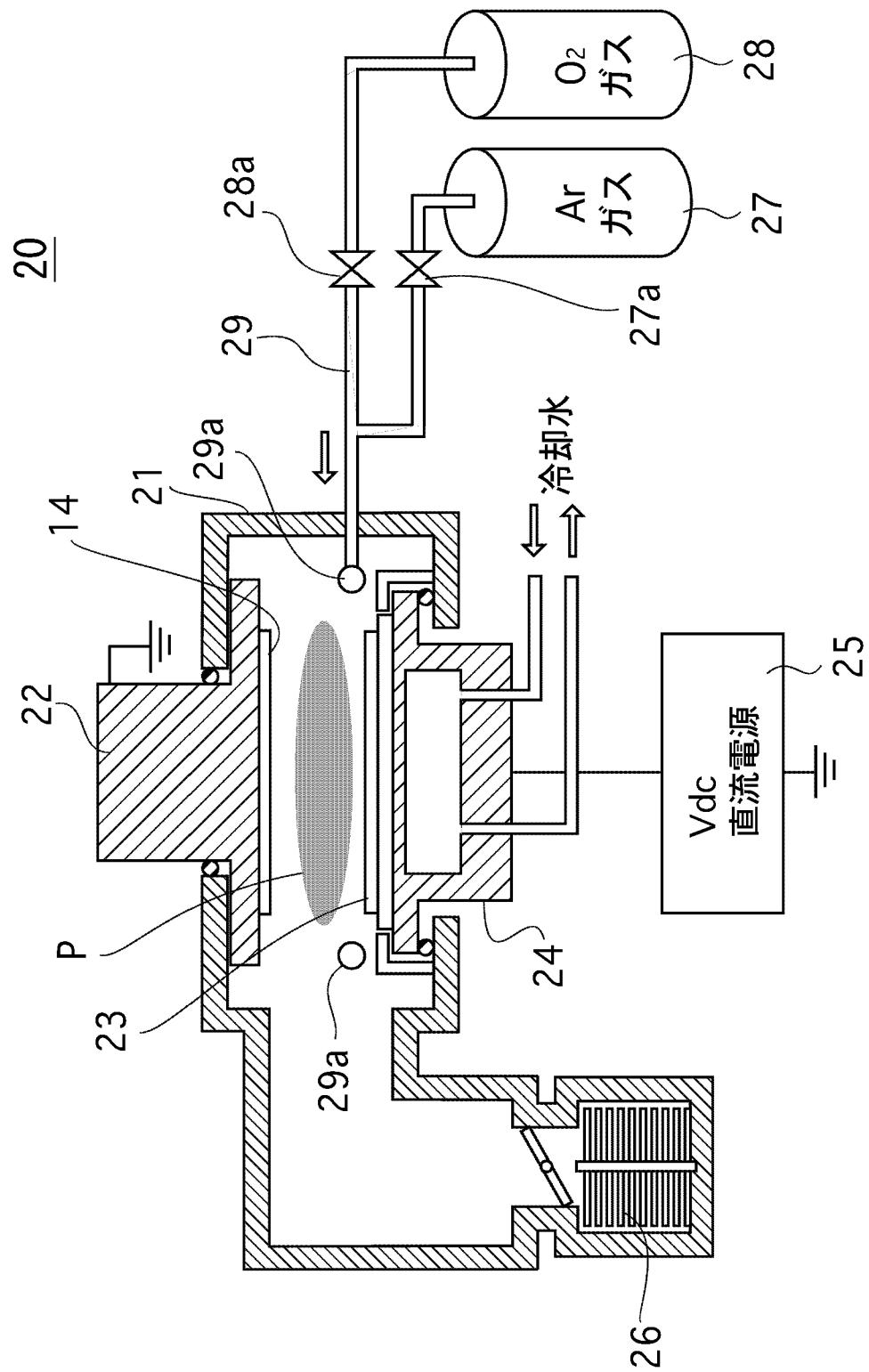
A



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/051774

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B1/06 (2006.01) i, G02B3/14 (2006.01) i, G02B26/08 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B1/06, G02B3/14, G02B26/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

<i>Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1922-1996</i>	<i>Jitsuyo Shinan Toroku Koho</i>	<i>1996-2008</i>
<i>Kokai Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1971-2008</i>	<i>Toroku Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1994-2008</i>

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-302502 A (Canon Inc.), 24 October, 2003 (24.10.03), Claims; Par. Nos. [0001], [0029], [0030], [0031], [0039], [0040]; Figs. 1, 2, 3, 4 (Family: none)	1-6
Y	JP 11-330391 A (Matsushita Electronics Corp.), 30 November, 1999 (30.11.99), Claims; Par. Nos. [0005], [0006], [0007], [0008] (Family: none)	1-6
Y	JP 61-198592 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 02 September, 1986 (02.09.86), Claims & US 4737684 A1	1-6

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 April, 2008 (18.04.08)

Date of mailing of the international search report

01 May, 2008 (01.05.08)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Faxsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/051774

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 05-114482 A (Toyota Motor Corp.), 07 May, 1993 (07.05.93), Claims; Par. No. [0012] (Family: none)	1-6
Y	JP 2006-194598 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 27 July, 2006 (27.07.06), Claims (Family: none)	1-6
Y	JP 11-185969 A (Denso Corp.), 09 July, 1999 (09.07.99), Claims (Family: none)	1-6
Y	JP 2005-109702 A (Toshiba Corp.), 21 April, 2005 (21.04.05), Par. No. [0043] (Family: none)	1-6
Y	JP 2005-244184 A (Toshiba Corp.), 08 September, 2005 (08.09.05), Par. No. [0024] & US 2005/184627 A1 & CN 1652458 A	1-6
Y	JP 2007-17668 A (Konica Minolta Holdings, Inc.), 25 January, 2007 (25.01.07), Claims; Par. Nos. [0001], [0029], [0032], [0036] (Family: none)	2,3
Y	JP 2005-150457 A (Toshiba Corp.), 09 June, 2005 (09.06.05), Claims; Par. Nos. [0023], [0024] & US 2005/0104102 A1	2,3
A	JP 2000-347005 A (Canon Inc.), 15 December, 2000 (15.12.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2001-519539 A (Universite Joseph Fourier), 23 October, 2001 (23.10.01), Full text; all drawings & US 6369954 B1 & US 2005/0002113 A1 & US 2007/0103790 A1 & EP 1019758 A & WO 1999/018456 & DE 69804119 D & DE 69804119 T & FR 2769375 A & FR 2769375 A1 & AT 214164 T & CA 2306249 A & ES 2171041 T	1-6

A. 発明の属する分野の分類(国際特許分類(IPC))

Int.Cl. G02B1/06(2006.01)i, G02B3/14(2006.01)i, G02B26/08(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料(国際特許分類(IPC))

Int.Cl. G02B1/06, G02B3/14, G02B26/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2008年
日本国実用新案登録公報	1996-2008年
日本国登録実用新案公報	1994-2008年

国際調査で使用した電子データベース(データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2003-302502 A (キヤノン株式会社) 2003.10.24, 【特許請求の範囲】 , 【0001】 , 【0029】 , 【0030】 , 【0031】 , 【0039】 , 【0040】 , 【図1】 , 【図2】 , 【図3】 , 【図4】 (ファミリーなし)	1-6
Y	JP 11-330391 A (松下電子工業株式会社) 1999.11.30, 【特許請求の範囲】 , 【0005】 , 【0006】 , 【0007】 , 【0008】 (ファミリーなし)	1-6
Y	JP 61-198592 A (株式会社村田製作所) 1986.09.02, 特許請求の範囲 & US 4737684 A1	1-6

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献(理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 18.04.2008	国際調査報告の発送日 01.05.2008
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許序審査官(権限のある職員) 堀井 康司 電話番号 03-3581-1101 内線 3271 20 3713

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 05-114482 A (トヨタ自動車株式会社) 1993.05.07, 【特許請求の範囲】 , 【0012】 (ファミリーなし)	1-6
Y	JP 2006-194598 A (松下電器産業株式会社) 2006.07.27, 【特許請求の範囲】 (ファミリーなし)	1-6
Y	JP 11-185969 A (株式会社デンソー) 1999.07.09, 【特許請求の範囲】 (ファミリーなし)	1-6
Y	JP 2005-109702 A (株式会社東芝) 2005.04.21, 【0043】 (ファミリーなし)	1-6
Y	JP 2005-244184 A (株式会社東芝) 2005.09.08, 【0024】 & US2005/184627 A1 & CN 1652458 A	1-6
Y	JP 2007-17668 A (コニカミノルタホールディングス株式会社) 2007.01.25, 【特許請求の範囲】 , 【0001】 , 【0029】 , 【0032】 , 【0036】 (ファミリーなし)	2, 3
Y	JP 2005-150457 A (株式会社東芝) 2005.06.09, 【特許請求の範囲】 , 【0023】 , 【0024】 & US 2005/0104102 A1	2, 3
A	JP 2000-347005 A (キヤノン株式会社) 2000.12.15, 全文全図 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2001-519539 A (ユニヴェルシテ ジョセフ フーリエ) 2001.10.23, 全文全図 & US 6369954 B1 & US 2005/0002113 A1 & US 2007/0103790 A1 & EP 1019758 A & WO 1999/018456 & DE 69804119 D & DE 69804119 T & FR 2769375 A & FR 2769375 A1 & AT 214164 T & CA 2306249 A & ES 2171041 T	1-6