

(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2004-13081

(P2004-13081A)

(43) 公開日 平成16年1月15日(2004.1.15)

(51) Int.Cl.⁷

G02B 5/18

B32B 7/02

B32B 27/08

G02B 3/00

G02B 3/08

F I

G02B 5/18

B32B 7/02 1 O 3

B32B 27/08

G02B 3/00 A

G02B 3/00 Z

テーマコード (参考)

2 H O 4 9

4 F 1 O O

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-170077 (P2002-170077)

(22) 出願日 平成14年6月11日 (2002.6.11)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(74) 代理人 100072718

弁理士 古谷 史旺

(72) 発明者 中村 徹

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

Fターム(参考) 2H049 AA04 AA40 AA43 AA44 AA63
AA65

4F100 AA17C AK01A AK01B AK25 BA03

BA07 BA10A BA10B BA26 DD01A

DD01B EJ67C GB90 JL11 JL11C

JM02C JN01C JN18A JN18B JN18C

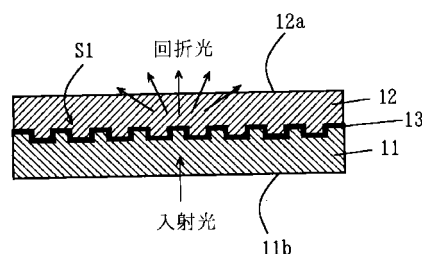
(54) 【発明の名称】 複合型光学素子、複合型光学素子の製造方法、及び光学装置

(57) 【要約】

【課題】樹脂同士の接合面からなる光学面を有しつつも、密着強度の高い複合型光学素子を提供することを目的とする。

【解決手段】屈折率の異なる少なくとも2つの樹脂製の光学層(11, 12)が前記光学層の光学面上で積層された複合型光学素子において、前記2つの光学層(11, 12)の間に、前記2つの樹脂に対して密着性の良い薄膜(13)を設ける。また、この薄膜(13)の材料を最適化すれば、薄膜形成による光学性能の低下は抑えられる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

屈折率の異なる少なくとも 2 つの樹脂製の光学層が前記光学層の光学面上で積層された複合型光学素子において、
前記 2 つの光学層の間に、前記 2 つの樹脂に対して密着性の良い透過性の薄膜を有することを特徴とする複合型光学素子。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の複合型光学素子において、
前記薄膜と前記 2 つの光学層の何れか一方との屈折率差は、0.01 以下に抑えられていることを特徴とする複合型光学素子。

10

【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の複合型光学素子において、
前記薄膜は、無機酸化物からなることを特徴とする複合型光学素子。

【請求項 4】

請求項 1 ～請求項 3 の何れか一項に記載の複合型光学素子において、
前記光学層の光学面は、不連続な光学面であることを特徴とする複合型光学素子。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の複合型光学素子において、
前記薄膜の厚さは、前記光学層の光学面に付与された凹凸の高さの $1/10$ 以内であることを特徴とする複合型光学素子。

20

【請求項 6】

屈折率の異なる樹脂製の第 1 の光学層と第 2 の光学層とを積層した複合型光学素子を製造する複合型光学素子の製造方法であって、
前記第 1 の光学層を形成する第 1 の形成手順と、
前記形成された前記第 1 の光学層の光学面上に、その第 1 の光学層及び前記第 2 の光学層の双方に対し密着する透過性の薄膜を成膜する成膜手順と、
前記薄膜上に、前記第 2 の光学層を形成する第 2 の形成手順と
を含むことを特徴とする複合型光学素子の製造方法。

30

【請求項 7】

請求項 6 に記載の複合型光学素子の製造方法において、
前記成膜手順では、
前記薄膜の材料を、その薄膜と前記第 2 の光学層との屈折率差が 0.01 以下になるよう選択することを特徴とする複合型光学素子の製造方法。

【請求項 8】

請求項 6 又は請求項 7 に記載の複合型光学素子の製造方法において、
前記成膜手順では、
無機酸化物を成膜することを特徴とする複合型光学素子の製造方法。

40

【請求項 9】

請求項 8 に記載の複合型光学素子の製造方法において、
前記成膜手順では、
前記無機酸化物を真空成膜法により成膜することを特徴とする複合型光学素子の製造方法。

【請求項 10】

請求項 8 又は請求項 9 に記載の複合型光学素子の製造方法において、
前記成膜手順では、

50

成膜後の前記薄膜にシランカップリング処理を施すことを特徴とする複合型光学素子の製造方法。

【請求項 1 1】

請求項 6～請求項 1 0 の何れか一項に記載の複合型光学素子の製造方法において、前記第 1 の形成手順では、
前記第 1 の光学層の光学面を、不連続な光学面に加工することを特徴とする複合型光学素子の製造方法。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 に記載の複合型光学素子の製造方法において、前記成膜手順では、
前記薄膜の厚さを、前記第 1 の光学層の光学面に有する凹凸の高さの $1/10$ 以内に設定した
ことを特徴とする複合型光学素子の製造方法。

【請求項 1 3】

入射光に対し所定の光学特性を付与する光学装置において、請求項 1～請求項 5 の何れか一項に記載の複合型光学素子を少なくとも 1 つ備えたことを特徴とする光学装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、樹脂同士 of 接合面が光路中にある複合型光学素子、複合型光学素子の製造方法、及び光学装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

樹脂製の光学素子（所謂プラスチック光学素子）は、ガラス光学素子の一部を代替し、各種の光学系、光学装置に広く使われるようになっている。例えば、眼鏡レンズは、現在その多くが加熱硬化型樹脂、或いは紫外線硬化型樹脂を成形したものである。また、光ディスクドライブのピックアップレンズはその殆どが熱可塑性樹脂を成形（射出成形）したものである。

【0 0 0 3】

このように樹脂製の光学素子の実用化が進んだ背景には、材料技術の進歩により様々な屈折率や分散を有する光学用樹脂が実用化されたことに加え、成形加工技術の進歩がある。実際、初期の樹脂製の光学素子は単レンズのみであったが、成形加工技術の進歩により、樹脂をガラスに接合してなる複合型光学素子も実用化された。

【0 0 0 4】

例えば、球面に加工したガラスレンズの上に樹脂を接合（密着）し、樹脂の表面を非球面に成形加工したものなどである。これは、複合非球面レンズと呼ばれ、カメラレンズなどに適用されている。

さらに近年になると、回折光学素子をも複合型にすることが提案された。複合型回折光学素子は、2 層の界面に凹凸パターンを形成し、その界面を回折面として機能させる。例えば、特開平 9-1 2 7 3 2 1 号公報において 2 層構造の回折光学素子が、特開平 9-1 2 7 3 2 2 号公報には 3 層構造の回折光学素子が開示されている。これらの複合型回折光学素子は、回折効率が広い波長域に亘って殆ど一定であるという特徴がある為、カメラレンズなどの色収差補正に特に有効である。

【0 0 0 5】

また、複合化する材料についても、ガラスと樹脂との組み合わせだけでなく、光学用樹脂の材料技術の進歩により、樹脂同士（異種の樹脂同士）の組み合わせも可能となった。特開平 9-1 2 7 3 2 1 号公報、特開平 9-1 2 7 3 2 2 号公報にも、樹脂同士の複合化が提案されている。

【0 0 0 6】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、樹脂を積層してなる複合型光学素子は、提案されているにも拘わらずまだ実用化の域には達していない。その理由は、積層された樹脂同士の界面の密着強度が低いため、複合型光学素子、及びそれを搭載した光学装置の耐環境性が低くなり、その信頼性が低くなることにある。

【0007】

特に、複合型回折光学素子は、その界面を「不連続な光学面」（単なる屈折面のように滑らかではなく、面の傾きが不連続となる光学面である。）にする必要があるため、樹脂を積層しても、その密着強度が低くなりやすい。

そこで本発明は、樹脂同士の接合面からなる光学面を有しつつも、密着強度の高い複合型光学素子、及びその複合型光学素子の製造方法、及び、高性能かつ耐環境性の高い光学装置を提供することを目的とする。

【0008】**【課題を解決するための手段】**

請求項1に記載の複合型光学素子は、屈折率の異なる少なくとも2つの樹脂製の光学層が前記光学層の光学面上で積層された複合型光学素子において、前記2つの光学層の間に、前記2つの樹脂に対して密着性の良い透過性の薄膜を有することを特徴とする。

【0009】

請求項2に記載の複合型光学素子は、請求項1に記載の複合型光学素子において、前記薄膜と前記2つの光学層の何れか一方との屈折率差は、0.01以下に抑えられていることを特徴とする。

請求項3に記載の複合型光学素子は、請求項1又は請求項2に記載の複合型光学素子において、前記薄膜は、無機酸化物からなることを特徴とする。

【0010】

請求項4に記載の複合型光学素子は、請求項1～請求項3の何れか一項に記載の複合型光学素子において、前記光学層の光学面は、不連続な光学面であることを特徴とする。

請求項5に記載の複合型光学素子は、請求項4に記載の複合型光学素子において、前記薄膜の厚さは、前記光学層の光学面に付与された凹凸の高さの1/10以内であることを特徴とする。

【0011】

請求項6に記載の複合型光学素子の製造方法は、屈折率の異なる樹脂製の第1の光学層と第2の光学層とを積層した複合型光学素子を製造する複合型光学素子の製造方法であって、前記第1の光学層を形成する第1の形成手順と、前記形成された前記第1の光学層の光学面上に、その第1の光学層及び前記第2の光学層の双方に対し密着する透過性の薄膜を成膜する成膜手順と、前記薄膜上に、前記第2の光学層を形成する第2の形成手順とを含むことを特徴とする。

【0012】

請求項7に記載の複合型光学素子の製造方法は、請求項6に記載の複合型光学素子の製造方法において、前記成膜手順では、前記薄膜の材料を、その薄膜と前記第2の光学層との屈折率差が0.01以下になるよう選択することを特徴とする。

請求項8に記載の複合型光学素子の製造方法は、請求項6又は請求項7に記載の複合型光学素子の製造方法において、前記成膜手順では、無機酸化物を成膜することを特徴とする。

【0013】

請求項9に記載の複合型光学素子の製造方法は、請求項8に記載の複合型光学素子の製造方法において、前記成膜手順では、前記無機酸化物を真空成膜法により成膜することを特徴とする。

請求項10に記載の複合型光学素子の製造方法は、請求項8又は請求項9に記載の複合型光学素子の製造方法において、前記成膜手順では、成膜後の前記薄膜にシランカップリング処理を施すことを特徴とする。

10

20

30

40

50

【0014】

請求項11に記載の複合型光学素子の製造方法は、請求項6～請求項10の何れか一項に記載の複合型光学素子の製造方法において、前記第1の形成手順では、前記第1の光学層の光学面を、不連続な光学面に加工することを特徴とする。請求項12に記載の複合型光学素子の製造方法は、請求項11に記載の複合型光学素子の製造方法において、前記成膜手順では、前記薄膜の厚さを、前記第1の光学層の光学面に有する凹凸の高さの $1/10$ 以内に設定したことを特徴とする。

【0015】

請求項13に記載の光学装置は、入射光に対し所定の光学特性を付与する光学装置において、請求項1～請求項5の何れか一項に記載の複合型光学素子を少なくとも1つ備えたことを特徴とする。 10

【0016】

【発明の実施の形態】

図1、図2、図3、図4、図5、図6、図7を参照して本発明の実施形態について説明する。

【0017】

本実施形態は、樹脂同士の接合面からなる光学面を有した複合型光学素子を製造するものである。

図1は、本実施形態の複合型光学素子の構成を説明する図である。

本実施形態の複合型光学素子は、屈折率の互いに異なる樹脂製の第1の光学層11（屈折率 n_1 ）、及び第2の光学層12（屈折率 n_2 ）を接合してなる2層構造の複合型回折光学素子である。 20

【0018】

この複合型回折光学素子は、これら第1の光学層11と第2の光学層12とが、各々の光学面上で薄膜13を介して接合されているところに特徴がある。

因みに、図1に示す複合型光学素子は、第1の光学層11と第2の光学層12との接合面S1の断面が、矩形状の回折面となっている。また、第2の光学層12の表面（外界との界面）12a、及び、第1の光学層11の裏面（外界との界面）11bは、平面である。

【0019】

なお、本発明は、積層数や各光学面の種類が上記したものとは異なるような別の複合型光学素子にも適用可能である。因みに、層の数は、複合型光学素子に付与すべき光学面の数（つまり機能の数）に応じて決定され、各光学面の形状は、各光学面に付与すべき機能の種類に応じて決定される。 30

例えば、光学面には、その形状により、図2（a）に示すようなブレード型回折格子（ノコギリ状の凹凸パターンからなる。）、図2（b）に示すような位相型のフレネルゾーンプレート（形成ピッチが径位置により異なる輪帯状の凹凸パターンからなる。）、図2（c）に示すようなバイナリー光学素子（階段状の凹凸パターンからなる。）、図2（d）に示すようなマイクロレンズアレイ（複数の微小凸又は凹パターンからなる）などの各機能を付与することができる。また、図示しなかったが、光学面に、凹又は凸の屈折レンズやプリズムの機能を付与することもできる。 40

【0020】

以下、接合面S1が矩形状の回折面であり、かつ第2の光学層12の表面12aが平面の屈折面である場合（図1参照）について説明する。

この複合型光学素子に対し、第1の光学層11の側から入射した光は、接合面s1において、第1の光学層11と第2の光学層12との屈折率の相違に応じてその進行方向を変化させ、さらに、第2の光学層12の表面12aにおいては、第2の光学層12と外界（例えば空気）との屈折率の差に応じてその進行方向を変化させる。また、接合面S1は回折面なので、その接合面S1においては、前記屈折率の相違とその回折面の凹凸の周期とに応じた回折光を発生させる。

【0021】

図 3 は、本実施形態の複合型光学素子の製造手順を説明する図である。

本実施形態の複合型光学素子の製造手順は、大きく分けて以下の工程 1 ～工程 3 からなる。

工程 1：樹脂製の第 1 の光学層 1 1 を形成する工程（第 1 の光学層 1 1 の表面 1 1 a の加工も含む）（図 3（a））

工程 2：第 1 の光学層 1 1 の表面 1 1 a に薄膜 1 3 を成膜する工程（図 3（b））

工程 3：薄膜 1 3 上に第 2 の光学層 1 2 を形成する工程（第 2 の光学層 1 2 の表面 1 2 a の加工も含む）（図 3（c））

以下、各工程についてさらに詳しく述べる。

【0022】

10

（工程 1）

樹脂製の第 1 の光学層 1 1 の形成方法としては、周知の形成方法の何れかを適用可能である。

例えば、第 1 の光学層 1 1（屈折率 n_1 の光学用樹脂）の原型を用意し、その原型の表面に、例えば、切削、研削、研磨などの機械的加工を施して表面 1 1 a を形成する。

【0023】

因みに、第 1 の光学層 1 1 に使用される光学用樹脂としては、例えば、ポリカーボネート、ポリスチレン、ポリメタクリル酸メチル、ジエチレングリコールビスアリルカーボネート、ポリメタクリル酸メチル、ポリメタクリル酸トロフルオロエチル、ポリメタクリル酸イソブチル、ポリアクリル酸メチル、ポリ α -ブROM アクリル酸メチル、ポリメタクリル酸-2、3-ジブROM プロピル、フタル酸ジアリル、ポリメタクリル酸フェニル、ポリ安息香酸ビニル、ポリメタクリル酸ペンタクロルフェニル、ポリクロルスチレン、ポリビニルナフタレン、ポリビニルカルバゾール、シリコーンポリマーの他に、アクリル系樹脂、ウレタン系樹脂、エポキシ系樹脂、エン-チオール系樹脂、チオウレタン系樹脂、エポキシ系樹脂などに分類される様々な樹脂材料や、フォトポリマーを使用することができる。

20

【0024】

なお、表面 1 1 a の加工については、機械的加工以外にも、ドライエッチング、ホログラム（フォトポリマーに干渉光を照射する）などの加工が適用可能である。

或いは、第 1 の光学層 1 1 を（その表面 1 1 a と共に）成形してもよい。成形方法としては、射出成形の他、光硬化型樹脂による成形、加熱硬化型樹脂による成形が適用可能である。

30

【0025】

なお、このうち、光硬化型樹脂による成形が、材料の種類の豊富さ、形状転写性の高さ、生産性の高さなどの観点から、好ましい。

（工程 2）

薄膜 1 3 は、第 1 の光学層 1 1 及び後述する第 2 の光学層 1 2 の双方に対し密着する性質と、複合型光学素子の使用波長の光を十分に透過する性質（透過性）とを有する。

【0026】

このような薄膜 1 3 の形成には、次の（薄膜形成方法 1）（薄膜形成方法 2）の方法の何れかが適用可能である。

40

（薄膜形成方法 1）エポキシ系、アクリル系、シアノアクリル酸エステル系、ウレタン系の接着剤を、薄く塗布する。

（薄膜形成方法 2）無機酸化物を薄く成膜し、好ましくは、成膜後にシランカップリング処理を施す。

【0027】

ここで、薄膜 1 3 はなるべく薄く成膜することが好ましい（詳細は後述）。その点、（薄膜形成方法 1）よりも（薄膜形成方法 2）の方が薄くすることが可能なので好ましい。また、（薄膜形成方法 2）によれば、薄膜 1 3 の均一性を高くすることが可能なので好ましい。また、（薄膜形成方法 2）は、薄膜 1 3 の屈折率を所望の値（後述）に設定することが容易な点でも好ましい。

50

【0028】

以下、(薄膜形成方法2)について詳しく説明する。

薄膜13の材料に使用すべき無機酸化物の種類に特に制限は無いが、例えば、酸化シリコン SiO_2 、酸化チタン TiO_2 、酸化アルミニウム Al_2O_3 、酸化スズ $(\text{II})\text{SnO}_2$ 、酸化ジルコニウム ZrO_2 などの1種又は混合である。

【0029】

なお、混合にすれば、薄膜13の屈折率の制御がさらに容易になる。例えば、低屈折率の酸化シリコン SiO_2 と高屈折率の酸化チタン TiO_2 とを混合し、その混合比を調整することで、薄膜13の屈折率を各種に設定できる。

また、無機酸化物の成膜方法には、真空蒸着やスパッタリングなどの真空成膜法、又は無機酸化物アルコキシドのアルコール溶液を塗布後に加熱する所謂ゾルーゲル法が適用可能である。 10

【0030】

なお、前者の真空成膜法の方が、薄膜13の均一性を高め、しかも薄くすることが可能な点で好ましい。また、煩雑な後処理又は前処理をしなくとも確実に第1の光学層11と第2の光学層12との密着性が高まる点でも好ましい。

なお、ゾルーゲル法において確実に密着性を高めるには、予め、第1の界面11aを活性化する必要がある。活性化の方法としては、紫外線照射、アルカリ溶液へ浸漬、プラズマ照射などがある。

【0031】

また、この(薄膜形成方法2)においては、薄膜13の表面13aとその後に形成される第2の光学層12との密着性をさらに強固にするために、成膜後の表面13aに対し、シランカップリング処理を施すことが好ましい。

シランカップリング処理では、例えば、シランカップリング剤の水／アルコール溶液(必要に応じて酢酸を添加)を、ディッピング、或いはスピコートなどにより薄膜13の表面13aに塗布後、80度前後に加熱する。

【0032】

(工程3)

第2の光学層12(屈折率 n_2 の光学用樹脂)の形成方法としては、第1の光学層11の形成に適用し得る各種方法(上述)の何れでも、成形が適用可能である。成形としては、 30
射出成形の他、光硬化型樹脂による成形、加熱硬化型樹脂による成形が適用可能である。

【0033】

なお、そのうち、光硬化型樹脂による成形が、材料の種類の豊富さ、形状転写性の高さ、生産性の高さなどの観点から、好ましい。

以下、光硬化型樹脂による成形を適用した場合について説明する。

図4は、第2の光学層12の形成方法(光硬化型樹脂による成形)を詳細に説明する図である。

【0034】

薄膜13の表面13aの上に、適量の光硬化型樹脂(屈折率 n_2)の未硬化物12'を滴下する(図4(a))。 40

次に、第2の光学層12の表面12aの反転形状(ここでは平面)の成形面15aを有した金型15(図4(b))を用意し、その成形面15aを表面13aに対して第2の光学層12の厚さの設計値分だけ近接させると共に、第1の光学層11の側から硬化用の光を照射し(図4(c))、未硬化物12'を硬化させる。硬化が完結したら光照射を停止し、離型する(図4(d))。

【0035】

なお、金型15の代わりにガラスなどの透明な部材(硬化用の光に対し透明な部材)からなる型を使用すれば、上記した照射方向とは反対方向から硬化用の光を照射できる。

図5は、本実施形態の複合型光学素子の断面の部分拡大図である。

以上のように製造される本実施形態の複合型光学素子には、図5に拡大して示すように、 50

第1の光学層11と第2の光学層12との接合面S1に薄膜13が介在する。その薄膜13は、複合型光学素子の光学性能、特に接合面S1の光学的機能（ここでは回折作用）に影響を与えないことが望ましい。

【0036】

そこで、本実施形態において、薄膜13の厚さ t は、なるべく薄く、少なくとも、接合面S1に付与される凹凸の高さ（ここでは、第1の光学層11の表面11aに付与された凹凸の高さ） L の $1/10$ 以内に抑えられることが好ましい。なお、上記工程2に真空成膜法が適用される場合、薄膜13の膜厚 t は成膜時間などにより簡単に制御できる。

【0037】

ところで、薄膜13は、第1の光学層11の表面11aに密着して成膜されるので、第1の光学層11と薄膜13との界面（表面11a）が接合面S1の光学的機能を悪化させる可能性は無い。 10

しかし、薄膜13と第2の光学層12との界面（表面13a）は、工程2における薄膜13の成膜精度によってはその面精度が悪くなる可能性があるので、接合面S1の光学的機能を悪化させる可能性がある。

【0038】

そこで、本実施形態において、薄膜13と第2の光学層12との屈折率差は、第1の光学層11と第2の光学層12との屈折率差に対して十分に小さく設定される、つまり、薄膜13の屈折率は、第2の光学層12となるべく近い値に設定されることが好ましい。実質的には屈折率差が0.01以下となればよい。 20

このように、薄膜13と第2の光学層12との屈折率差が小さければ、たとえ薄膜13の表面13aの面精度が多少悪くとも、その表面13aにおける入射光の進行方向のずれは小さくなるので、薄膜13を光学的には第2の光学層12と同一層とみなせる。よって、表面13aによる影響はほとんど無くなる。

【0039】

なお、上記工程2に（薄膜形成方法1）が適用される場合、薄膜13の屈折率は使用する接着剤の種類を最適化することにより設定できる。

また、上記工程2に（薄膜形成方法2）が適用される場合、薄膜13の屈折率は、使用する無機酸化物の種類を最適化、又は、使用する無機酸化物の組み合わせ及びその混合比の最適化により設定できる。 30

【0040】

図6は、本実施形態の複合型光学素子の層構造のバリエーションを説明する図である。上記実施形態では、2層構造の複合型光学素子について説明したが、3つ以上の多層構造とする場合もあるので、以下に補足説明する。

先ず、3層以上の多層構造とするには、上記工程2と工程3とを繰り返し行えばよい。

【0041】

この際、第 n の薄膜13 _{n} （第 n の光学層11 _{n} の表面に形成される薄膜）と第 $(n+1)$ の光学層11 _{$(n+1)$} との屈折率差は、第 n の光学層11 _{n} と第 $(n+1)$ の光学層11 _{$(n+1)$} との屈折率差に対して十分に小さく設定されることが好ましい。

つまり、第 n の薄膜13 _{n} の屈折率 n_n は、その後から形成される第 $(n+1)$ の光学層11 _{$(n+1)$} の屈折率になるべく近いことが好ましく、実質的には、屈折率差が0.01以下に設定されることが望ましい。 40

【0042】

なお、複合型光学素子の最終面a（表面）は、図6では平面の屈折面となっているが、他の光学面（例えば凸の球面や非球面、凹の球面や非球面、或いは回折面など不連続な光学面）にしてよいことは言うまでもない。

また、本実施形態では、複合型光学素子の各光学面を、平面、又は平面上に凹凸パターンの形成されたものとしたが、凹の球面又は非球面、凸の球面又は非球面、或いは、それら曲面上に凹凸パターンの形成されたものとしてもよい。

【0043】

また、本実施形態では、樹脂製の光学層のみからなる複合型光学素子を説明したが、ガラス基板上に樹脂製の光学層を積層したものにも本発明は適用可能である（後述する実施例）。

因みに、樹脂製の光学層のみからなる複合型光学素子は、ガラス基板上に樹脂製の光学層を積層した後、ガラス基板を剥離することなどでも製造できる。

【0044】

また、本実施形態において、隣接する2つの樹脂性の光学層のそれぞれの材料を、屈折率だけでなく分散特性も互いに異なるように選択し、またそれらの接合面を回折面とすれば、広い波長域に亘り高い回折効率を有した複合型回折光学素子を実現できる。

また、このような複合型回折光学素子は、カメラ、顕微鏡、双眼鏡、望遠鏡、ヘッドマウントディスプレイなどの他、半導体製造装置（特にそのアライメント光学系や照明光学系）や工作機械などの産業用機器、分光光度計などの測定装置、光通信に用いられる電装装置、増幅器、分波器、光トランシーバや光回路素子などの光学装置に幅広く適用可能である。

【0045】

図7は、本発明の複合型光学素子をカメラシステムの撮像光学系（所謂交換レンズ）に適用した例を示す図である。この撮像光学系は、不図示のカメラ本体に着脱可能である。

図7において矢印で示すのが、本発明が適用された複合型光学素子10（樹脂層1、2の接合面Sに薄膜3が形成されている。）である。この複合型光学素子10の接合面Sをはじめとする各光学面の形状、及び各光学層及び薄膜の材料は、撮像光学系の色収差を補正するよう選択されている。これにより、撮像光学系の性能を高めている。

【0046】

そして、この複合型光学素子10は、樹脂層1、2の接合面Sの密着強度が高いので、撮像光学系の全体の性能を高めるだけでなく、撮像光学系の耐環境性、ひいてはカメラシステムの耐環境性を高く保つこともできる。

言うまでもないが、本発明の複合型光学素子は、レンズ一体型のカメラに適用することもできる。

【0047】

【実施例】

図8、図9、図10を参照して本発明の実施例について説明する。

本実施例は、ガラス基板20上に、第1の光学層21、第2の光学層22を積層した複合型フレネルゾーンプレートを製造するものである（図10（c）参照）。

【0048】

図8は、第1の光学層21の形成手順、図9は、薄膜23の形成手順、図10は、第2の光学層22の形成手順を説明する図である。

まず、第1の光学層21の材料として、紫外線硬化型樹脂の一種である、6官能環状ウレタンアクリレートとイソボルニルメタクリレートの混合物（d線に対する屈折率 $n_{d1} = 1.490$ ）を用意し、この混合物の未硬化物21'を、ガラス基板（光学ガラスである。）20上に滴下した（図8（a））。

【0049】

図8（b）に示すようなフレネルゾーンプレートの反転形状（格子高さ $T = 12.4 \mu m$ 、ピッチ $3 mm$ （中心部） $\sim 160 \mu m$ （周辺部））の成形面25aを有した金型25を用意し、その成形面25aを未硬化物21'の表面に当ててガラス基板20の全体に押し広げると共に、ガラス基板20側から紫外線（UV）を照射した（図8（c））。

【0050】

その後、未硬化物21'が硬化した時点で、紫外線照射を停止し、離型して第1の光学層21を完成させた（図8（d））。

さらに、第1の光学層21の上に、薄膜23として、酸化シリコン SiO_2 、酸化チタン TiO_2 の混合膜（屈折率 $n_3 = 1.54$ ）を、厚さ t が約 $0.1 \mu m$ になるよう真空蒸着法で成膜した（図9（a）（b））。

【0051】

その後、シランカップリング剤として γ -メタクリルオキシプロピルトリメトキシシランの酢酸／エタノール溶液を、薄膜23の表面23aにスピンコートした後、80℃で5分間加熱処理を施した(図9(c))。

次に、第2の光学層22の材料として、紫外線硬化型樹脂の一種であるエトキシ化ビスフェノールAジメタクリレート(d線に対する屈折率 $n_d = 1.541$)を用意し、その未硬化物22'を薄膜23の表面23aに滴下した(図10(a))。

【0052】

図10(b)に示すような平面の成形面15aを有した金型15を用意し、その成形面15aを未硬化物22'の表面に当てて第1の光学層21の全体に押し広げると共にガラス基板20側から紫外線(UV)を照射した。 10

その後、未硬化物22'が硬化した時点で紫外線照射を停止し、離型して第2の光学層22を完成させた(図10(c))。

【0053】

以上のようにして完成した複合型フレネルゾーンプレートは、接合面S2に薄膜23(酸化シリコン SiO_2 と酸化チタン TiO_2 との混合膜)が形成されたことにより、第1の光学層21と第2の光学層22とが強固に密着した。

【0054】

しかも、薄膜23は、その厚さ $t (= 0.1 \mu\text{m})$ がゾーンプレートの凹凸の高さ $T (= 12.4 \mu\text{m})$ と比較して十分に小さく、かつその屈折率 $n_3 (= 1.54)$ が第2の光学層22の屈折率 $n_2 (= 1.541)$ に十分に近いので、ゾーンプレートとしての機能は、十分に高く得られた。 20

【0055】

【発明の効果】

以上説明したとおり本発明によれば、樹脂同士の接合面からなる光学面を有しつつも密着強度の高い複合型光学素子、及びその複合型光学素子の製造方法、及び高性能かつ耐環境性の高い光学装置が実現する。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態の複合型光学素子の構成を説明する図である。

【図2】複合型光学素子の接合面S1のバリエーションを示す図である。 30

【図3】実施形態の複合型光学素子の製造手順を説明する図である。

【図4】第2の光学層12の形成方法(光硬化型樹脂による成形)を詳細に説明する図である。

【図5】実施形態の複合型光学素子の断面の部分拡大図である。

【図6】実施形態の複合型光学素子の層構造のバリエーションを説明する図である。

【図7】本発明の複合型光学素子をカメラシステムの撮像光学系(交換レンズ)に適用した例を示す図である。

【図8】実施例の第1の光学層21の形成手順を説明する図である。

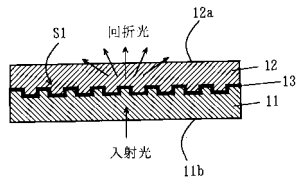
【図9】実施例の薄膜23の形成手順を説明する図である。

【図10】実施例の第2の光学層22の形成手順を説明する図である。 40

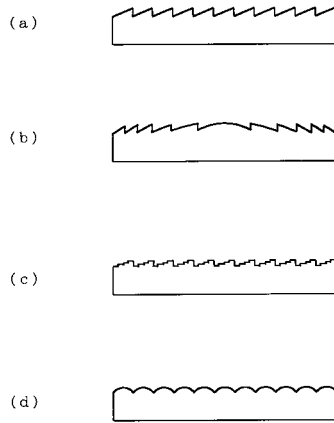
【符号の説明】

1, 11, 21 第1の光学層
 2, 12, 22 第2の光学層
 3, 13, 23, 薄膜
 11n 第nの光学層
 13n 第nの薄膜
 12', 22' 第2の光学層の材料の未硬化物
 21' 第1の光学層の材料の未硬化物
 15, 25 金型
 S1, S2, S 接合面

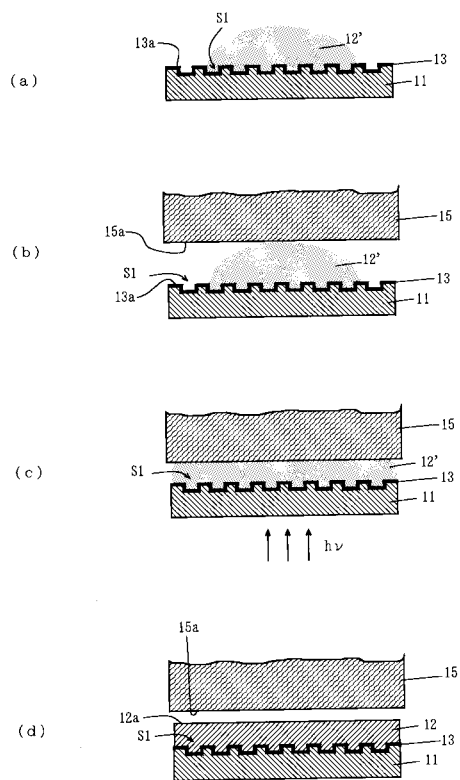
【 図 1 】



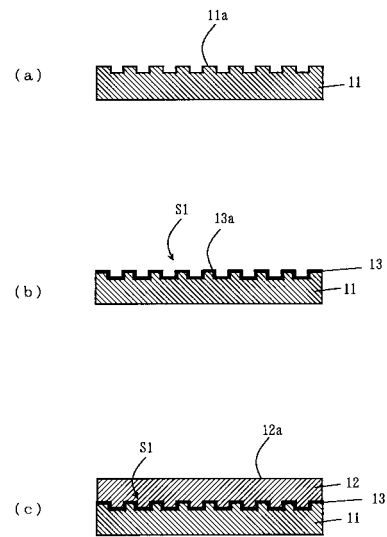
【図 2】



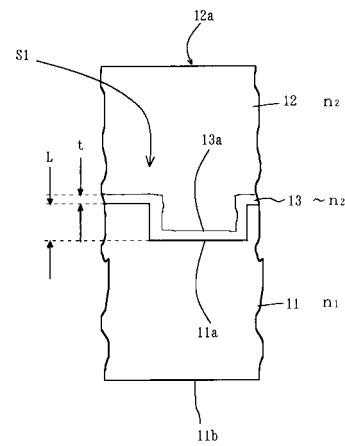
【図 4】



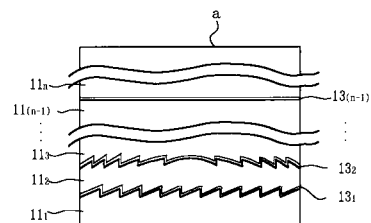
【 図 3 】



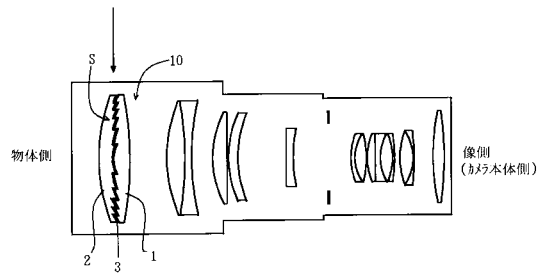
【図 5】



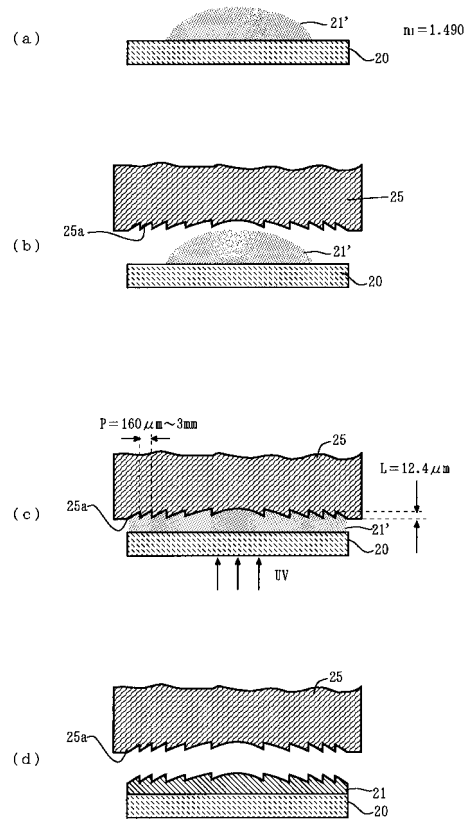
【图 6】



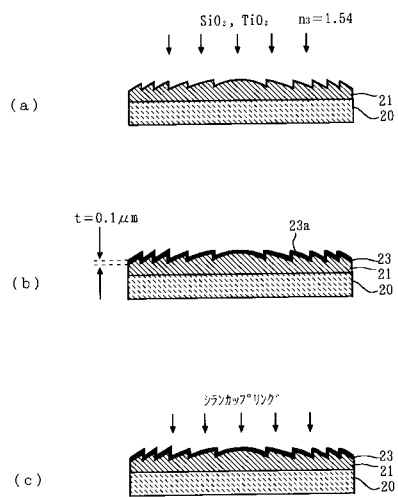
【図 7】



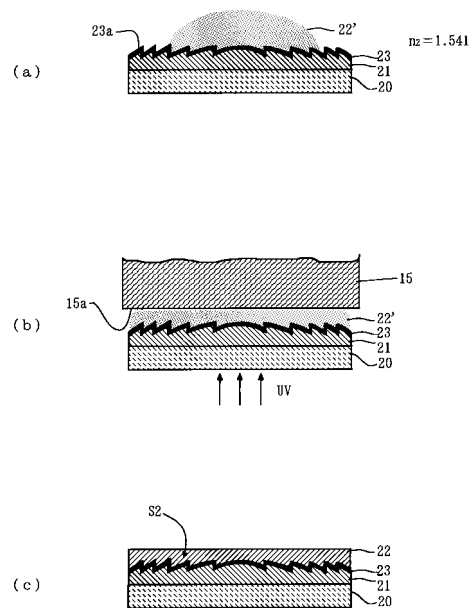
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

F I

テーマコード (参考)

G O 2 B 3/08