(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5779317号
(P5779317)
(45)発行日　平成27年9月16日(2015.9.16)　(24)登録日　平成27年7月17日(2015.7.17)

(51)Int.Cl.			F I		
G02B	1/116	(2015.01)	G02B	1/116	
G02B	1/111	(2015.01)	G02B	1/111	
G02B	1/18	(2015.01)	G02B	1/18	
G02B	1/16	(2015.01)	G02B	1/16	
C23C	14/06	(2006.01)	C23C	14/06	P

請求項の数 4　(全 44 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2010-48847(P2010-48847)
(22)出願日　平成22年3月5日(2010.3.5)
(65)公開番号　特開2011-150267(P2011-150267A)
(43)公開日　平成23年8月4日(2011.8.4)
審査請求日　平成25年1月29日(2013.1.29)
(31)優先権主張番号　特願2009-291952(P2009-291952)
(32)優先日　平成21年12月24日(2009.12.24)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　313001099
イーエイチエス　レンズ　フィリピン　インク
フィリピンズ　カビテ　ジェネラル　テュリアス　ハバレラ　ゲートウェイ　ビジネス　パーク　スペシャル　エクスポート　プロセッシング　ゾーン
(74)代理人　110000109
特許業務法人特許事務所サイクス
(72)発明者　西本　圭司
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内
(72)発明者　野口　崇
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内
最終頁に続く

(54)【発明の名称】光学物品の製造方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
光学基材の上に、直にまたは他の層を介して透光性の第１の層を形成すること、
を含み、
前記透光性の第１の層は、遷移金属酸化物層であるか、または表面に遷移金属酸化物層を有し、
前記遷移金属酸化物層表面に二酸化炭素を原料として生成したイオンビームを照射することにより前記遷移金属酸化物層に炭素を添加して前記遷移金属酸化物層に含まれる遷移金属の全部または一部を該遷移金属のカーバイドとすること、
を更に含む、光学物品の製造方法。
【請求項２】
請求項１において、当該光学物品は、無機系または有機系の反射防止層を有するものであり、
前記第１の層は、前記無機系または有機系の反射防止層に含まれる層である、光学物品の製造方法。
【請求項３】
請求項１または２において、当該光学物品は、多層構造の反射防止層を有するものであり、
前記第１の層は、前記多層構造の反射防止層に含まれ、かつ前記光学基材の上に他の層を介して含まれる１つの層である、光学物品の製造方法。

【請求項４】
請求項１～３のいずれか１項において、前記第１の層の上に、直にまたは他の層を介して防汚層を形成することをさらに有する、光学物品の製造方法。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、眼鏡レンズなどのレンズ、その他の光学材料あるいは製品などに用いられる光学物品、およびその製造方法に関するものである。
【背景技術】
【０００２】
眼鏡レンズなどの光学物品においては、典型的には、種々の機能を果たすための基材（光学基材）の表面に、その基材の機能をさらに強化したり保護したりするための種々の機能を備えた層（膜）が形成されている。種々の機能を備えた層（膜）としては、例えば、レンズ基材の耐久性を確保するためのハードコート層、ゴーストおよびちらつきを防止するための反射防止層などが公知である。反射防止層の典型的なものは、ハードコート層が積層された基材の表面に異なる屈折率を持つ酸化膜を交互に積層してなる、いわゆる多層反射防止層（多層膜）である。
【０００３】
特許文献１には、低耐熱性基材に好適な帯電防止性能を有する光学要素を提供することが記載されている。プラスチック製の光学基材上に複層構成の反射防止膜を備えた眼鏡レンズなどの光学要素において、反射防止膜が透明導電層を含み、該透明導電層をイオンアシスト真空蒸着により形成し、他の反射防止膜の構成層は、電子ビーム真空蒸着などにより形成することが記載されている。導電層としては、インジウム、スズ、亜鉛などのいずれか、又は２種以上の複数を成分とする無機酸化物が挙げられており、特に、ＩＴＯ（Ｉｎｄｉｕｍ Ｔｉｎ Ｏｘｉｄｅ：酸化インジウムと酸化錫との混合物）が望ましいことが記載されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特開２００４－３４１０５２号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
基材の表面に形成される膜あるいは層に、帯電防止、電磁遮蔽などを目的として導電性を付与するために、酸化インジウムスズ（ＩＴＯ）層を挿入することが公知である。しかしながら、ＩＴＯ層は、透明性と帯電防止性には優れているものの、酸やアルカリなどの薬品により侵されやすい。人の汗は塩分を含んだ酸であるため、ＩＴＯ層を含む反射防止層は、その耐久性が問題になる可能性がある。
【０００６】
一方、金や銀などの金属の層を薄く形成することで導電性を得ることが可能である。しかしながら、反射防止層、ハードコート層、防汚層などの光学物品の基材の表面に形成される層は、シリコン（ケイ素）を中心とする化合物あるいは酸化物が主成分であることが多く、このような金属の層は、それらとの相性が問題になる。また、例えば金は、一般的に密着性が低く、膜の剥れが発生するおそれがある。銀は、酸化により導電性が低下することがある。
【課題を解決するための手段】
【０００７】
本発明の一態様は、光学物品（光学素子）の製造方法であり、光学基材の上に、直にまたは他の層を介して透光性の第１の層を形成することと、第１の層の表面に、遷移金属カ

ーバイド、遷移金属シリサイド、遷移金属ゲルマニドの少なくともいずれかを含む透光性薄膜を物理的蒸着により形成することとを有し、透光性薄膜を物理的蒸着により形成することは、炭素、ケイ素、ゲルマニウムのいずれかを含む第１の化合物群に含まれる少なくとも１種を含む第１の気体をイオン化することを含む。

【０００８】

遷移金属カーバイド（遷移金属炭素化合物、遷移金属炭化物）、遷移金属シリサイド（遷移金属ケイ素化合物、遷移金属ケイ化物）、および遷移金属ゲルマニド（遷移金属ゲルマニウム化合物、遷移金属ゲルマニウム化物）は、それぞれ、低抵抗な素材であり、酸に対する耐久性も高い。一方、炭素、ケイ素、ゲルマニウムのいずれかを含む第１の化合物群に含まれる少なくとも１種を含む第１の気体をイオン化する工程を含む物理的蒸着では、物理的蒸着において電子ビームを用いたり、イオンアシストしたりする際に、第１の気体がイオン化されたもの、すなわち、炭素、ケイ素、ゲルマニウムのいずれか、またはそれらの化合物がイオン化されたものを含めることができる。このため、そのような物理蒸着を用いることにより、第１の層の表面に、遷移金属カーバイド、遷移金属シリサイドおよび／または遷移金属ゲルマニドの薄膜を簡単に形成することができ、第１の層を低抵抗化できる。したがって、帯電防止機能および／または電磁波遮蔽機能などを備えた光学物品をいっそう容易に製造および提供できる。

【０００９】

物理的蒸着（ＰＶＤ：Ｐｈｙｓｉｃａｌ　Ｖａｐｏｒ　Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）は、熱、レーザー光、電子ビームなどによる物理的作用を利用して、固体の薄膜原料を蒸気化して基板に蒸着する蒸着法を一般的に示し、真空蒸着、スパッタリング、イオンプレーティングなどを含み、近年では反応性真空蒸着、反応性スパッタリングおよび反応性イオンプレーティングも含む概念である。上記の製造方法においては、たとえば、電子ビームを照射するイオンガンへ導入するガスに二酸化炭素などの第１の気体を含めたり、イオンガンへ導入するガスを第１の気体に変更したりすることによりイオン化された第１の気体を用い、第１の層を低抵抗化できる。

【００１０】

遷移金属カーバイド、遷移金属シリサイド、遷移金属ゲルマニドの少なくともいずれかを含む薄膜は、薄膜であっても、基材の上に形成された第１の層の表面を十分に低抵抗にすることができる。このため、透光性を良好に確保でき、光学物品の表面の抵抗を低減するのに適している。したがって、例えば、光学物品に適宜適用される既存の反射防止層の層構造を変えずに、または、ほとんど変えずに、反射防止層に、遷移金属カーバイド、遷移金属シリサイド、遷移金属ゲルマニドの少なくともいずれかを含む導電性の薄膜（透光性薄膜）を挿入することができる。

【００１１】

上記の製造方法の１つは、第１の層の表面を遷移金属酸化物層にすることを有する方法である。第１の気体をイオン化することは、遷移金属酸化物層に対して第１の気体をイオン化して照射することにより、第１の層の表面に透光性薄膜を形成することを含む。第１の層が遷移金属酸化物層であってもよく、第１の層の表面に遷移金属酸化物層を薄く積層してもよい。

【００１２】

炭素、ケイ素、ゲルマニウムのいずれか、またはそれらの化合物がイオン化されたものを含む電子ビームの照射により遷移金属酸化物層の少なくとも表層（表層部、表層域）を含む全部または一部に、炭素、ケイ素、およびゲルマニウムのうちの少なくとも１つを導入（添加）できる。これにより、第１の層の表面の遷移金属酸化物層の全部または一部に、遷移金属カーバイド、遷移金属シリサイド、および遷移金属ゲルマニドのいずれかを含む透光性薄膜の導電層が形成され、表面の抵抗が小さな光学物品を製造できる。

【００１３】

上記の製造方法の１つは、第１の気体をイオン化することが、遷移金属酸化物を蒸着源とし、第１の気体をイオンアシストガスとして用い、第１の層の表面に透光性薄膜を形成

することを含むものである。第１の層の表層（表層部、表層域）に、または表層として、遷移金属カーバイド、遷移金属シリサイド、または遷移金属ゲルマニドと遷移金属酸化物とを含む透光性薄膜の導電層を形成できる。

【００１４】

上記の製造方法の１つは、第１の気体をイオン化することが、遷移金属を含むターゲットに第１の気体をイオン化して照射し、第１の層の表面に透光性薄膜を形成することを含むものである。炭素、ケイ素、ゲルマニウムのいずれか、またはそれらの化合物がイオン化されたものを含む電子ビームを用いて遷移金属をスパッタリングし、第１の層の表面に（表層として）、遷移金属カーバイド、遷移金属シリサイド、または遷移金属ゲルマニドと遷移金属酸化物とを含む透光性薄膜の導電層を形成できる。

【００１５】

第１の気体の典型的なガスはハンドリングが容易な二酸化炭素である。その他の第１の化合物群に含まれる種として、遷移金属カーバイドを含む透光性薄膜を形成する場合に適した例としては、一酸化炭素、アセチレン、メタン、エタン、四フッ化炭素などが挙げられ、遷移金属シリサイドを含む透光性薄膜を形成する場合の例としては、例えば、シラン、四塩化ケイ素、四フッ化ケイ素などが挙げられる。また、遷移金属ゲルマニドを含む透光性薄膜を形成する場合の例としては、四塩化ゲルマニウム、ゲルマン（水素化ゲルマニウム）、四フッ化ゲルマニウムなどを挙げることができる。

【００１６】

第１の層の典型的なものは、光学基材の上に、ハードコート層、またはプライマー層およびハードコート層を介して形成される、反射防止層に含まれる層である。例えば、光学物品が、無機系または有機系の反射防止層を有するものである場合、第１の層は、無機系または有機系の反射防止層に含まれる層とすることが好ましい。このようにすることにより、無機系または有機系の反射防止層の抵抗値（抵抗率）を下げることができる。

【００１７】

また、光学物品が、多層構造の反射防止層（典型的なものとしては、無機系の多層構造の反射防止層）を有するものである場合、第１の層は、例えば、多層構造の反射防止層に含まれる１つの層とすることが好ましい。このようにすることにより、多層構造の反射防止層の抵抗値（抵抗率）を下げることができる。

【００１８】

当該製造方法は、透光性薄膜の上、すなわち第１の層の上に、直にまたは他の層を介して防汚層を形成することをさらに有してもよい。光学物品が反射防止層を有する場合には、反射防止層の上に、直にまたは他の層を介して防汚層を形成することをさらに有するようにすることが好ましい。

【００１９】

本発明の他の態様の１つは、光学物品であり、光学基材と、光学基材の上に、直にまたは他の層を介して形成された透光性の第１の層と、第１の層の表面に形成された、遷移金属カーバイド、遷移金属シリサイド、遷移金属ゲルマニドの少なくともいずれかを含む透光性薄膜であって、炭素、ケイ素、ゲルマニウムのいずれかを含む第１の化合物群に含まれる少なくとも１種を含む第１の気体をイオン化することを含む物理的蒸着により形成された透光性薄膜とを有する。

【００２０】

炭素、ケイ素、ゲルマニウムのいずれかを含む第１の化合物群の中から少なくとも１種を含む第１の気体をイオン化することを含む物理的蒸着により、第１の層の表面に、遷移金属カーバイド、遷移金属シリサイド、遷移金属ゲルマニドの少なくともいずれかを含む透光性薄膜が設けられた光学物品は表面抵抗が小さくなる。このため、帯電防止や電磁遮蔽などの機能を備えた光学物品を提供できる。また、遷移金属カーバイド、遷移金属シリサイド、および遷移金属ゲルマニドは、ＩＴＯと比較して、酸やアルカリなどの薬品に対して安定している。したがって、帯電防止機能および／または電磁波遮蔽機能を備えており、しかも、酸やアルカリなどの薬品に対する耐久性が良好な光学物品を提供できる。こ

の光学物品は、帯電防止と耐久性とが要求される身の回りの光学物品（素子、製品）、例えば、眼鏡のレンズ、カメラのレンズ、情報端末の表示装置、ＤＶＤなどの多種多様な物品に適用できる。

【００２１】

第１の層の一例は、無機系または有機系の反射防止層に含まれる層である。第１の層の他の例は、多層構造の反射防止層、例えば、無機系の多層構造の反射防止層に含まれる層である。さらに、光学物品は、透光性薄膜の上、すなわち第１の層の上に、直にまたは他の層を介して形成された防汚層を有していてもよい。光学物品が反射防止層を有する場合、反射防止層の上に、直にまたは他の層を介して形成された防汚層をさらに有するようにすることが好ましい。

【００２２】

光学基材の一例はプラスチックレンズ基材であり、光学物品の一例は眼鏡レンズである。

【００２３】

本発明のさらに異なる他の態様の１つは、上記の光学物品に含まれる眼鏡レンズと、眼鏡レンズが装着されたフレームとを有する眼鏡である。眼鏡レンズの表面の帯電性を抑制できるため、眼鏡レンズの表面にゴミや埃などが付着し難い。また、電磁波遮蔽能力も付与できる。さらに、汗や薬品に強いため、耐久性が良好である。

【００２４】

本発明のさらに異なる他の態様の１つは、上記の光学物品であって、一方の面が外界に面した光学物品を有し、この光学物品を通して画像を透視するためのシステムである。このシステムの典型的なものは、時計、表示装置、および表示装置を有する端末などの情報処理装置である。表示装置の表面の帯電性を抑制でき、また、電磁波遮蔽能力を高めることができる。

【００２５】

本発明のさらに異なる他の態様の１つは、上記の光学物品と、光学物品を通して画像を投影させるための画像形成装置とを有するシステムである。このシステムの典型的なものは、プロジェクターである。この際、光学物品の典型的なものは、投射用のレンズ、ダイクロイックプリズム、平面のガラスなどである。上記の光学物品を、画像形成装置の１つであるＬＣＤ（液晶デバイス）などのライトバルブあるいはそれらに含まれる素子に適用してもよい。

【００２６】

本発明のさらに異なる他の態様の１つは、上記の光学物品と、光学物品を通して画像を取得するための撮像装置とを有するシステムである。このシステムの典型的なものは、カメラである。この際、光学物品の典型的なものは、結像用のレンズ、平面のガラスなどである。上記の光学物品を、撮像装置の１つであるＣＣＤなどに適用してもよい。

【００２７】

本発明のさらに異なる他の態様の１つは、上記の光学物品と、光学物品を通してアクセスする媒体とを有するシステムである。このシステムの典型的なものは、記録媒体を内蔵し、表面の帯電性が低いことが要望されるＤＶＤなどの情報記録装置、美的表現を発揮する媒体を内蔵した装飾品などである。

【図面の簡単な説明】

【００２８】

【図１】タイプＡ１の層構造の反射防止層を含むレンズの一例を示す断面図。

【図２】反射防止層の製造に用いる蒸着装置の一例を模式的に示す図。

【図３】図３（Ａ）は、ZrO_2層上にTiO_xが蒸着された様子を示す図、図３（Ｂ）は、炭酸ガスイオンビームをTiO_x層に照射している様子を示す図、図３（Ｃ）は、チタンカーバイドを含む層（透光性薄膜）が形成された様子を示す図。

【図４】タイプＡ１、Ａ２、Ａ３およびＡ４の反射防止層の層構造を示す図。

【図５】グループ（１ａ）に含まれる実施例１～６と、比較例１～３とに関する図であっ

て、反射防止層の層構造、カーバイド層（透光性薄膜）の成膜の条件、およびサンプルの評価結果を纏めて示す図。
【図６】図６（Ａ）は、シート抵抗を測定する様子を示す断面図、図６（Ｂ）は、シート抵抗を測定する様子を示す平面図。
【図７】図７（Ａ）は、耐薬品性試験の擦傷工程に使用される試験装置の外観を示す図、図７（Ｂ）は、試験装置の内部構造を示す図。
【図８】耐薬品性試験の擦傷工程に使用される試験装置が回転することを示す図。
【図９】耐湿性試験におけるむくみを判定する装置の概略を示す図。
【図１０】図１０（Ａ）は、レンズ表面にむくみのない状態を模式的に示す図、図１０（Ｂ）は、レンズ表面にむくみのある状態を模式的に示す図。
【図１１】タイプＢ１の層構造の反射防止層を含むレンズの一例を示す断面図。
【図１２】図１２（Ａ）は、炭酸ガスイオンビームをTiO_2層に照射している様子を示す図、図１２（Ｂ）は、チタンカーバイドを含む層（透光性薄膜）が形成された様子を示す図。
【図１３】タイプＢ１、Ｂ２、Ｂ３－１～Ｂ３－６の反射防止層の層構造を示す図。
【図１４】グループ（１ｂ）に含まれる実施例７ないし実施例１２と、比較例４ないし１１とに関する図であって、反射防止層の層構造、カーバイド層（透光性薄膜）の成膜の条件、およびサンプルの評価結果を纏めて示す図。
【図１５】有機系の反射防止層を含むレンズの一例を示す断面図。
【図１６】グループ（１ｃ）に含まれる実施例１３に関する図であって、反射防止層の層構造、カーバイド層（透光性薄膜）の成膜の条件、およびサンプルの評価結果を纏めて示す図。
【図１７】図１７（Ａ）は、TiO_2分子を蒸着源としてZrO_2層またはTiO_2層の表面に炭酸ガスイオンビームアシスト蒸着をしている様子を示す図、図１７（Ｂ）は、ZrO_2層またはTiO_2層の上にチタンカーバイドを含む層（透光性薄膜）が形成された様子を示す図。
【図１８】グループ（２ａ）に含まれる実施例１４ないし実施例１９に関する図であって、反射防止層の層構造、カーバイド層（透光性薄膜）の成膜の条件、およびサンプルの評価結果を纏めて示す図。
【図１９】グループ（２ａ）に含まれる実施例２０ないし実施例２５に関する図であって、反射防止層の層構造、カーバイド層（透光性薄膜）の成膜の条件、およびサンプルの評価結果を纏めて示す図。
【図２０】グループ（２ｂ）に含まれる実施例２６ないし実施例３１に関する図であって、反射防止層の層構造、カーバイド層（透光性薄膜）の成膜の条件、およびサンプルの評価結果を纏めて示す図。
【図２１】グループ（２ｂ）に含まれる実施例３２ないし実施例３７に関する図であって、反射防止層の層構造、カーバイド層（透光性薄膜）の成膜の条件、およびサンプルの評価結果を纏めて示す図。
【図２２】有機系の反射防止層を含むレンズの他の例を示す断面図。
【図２３】グループ（２ｃ）に含まれる実施例３８に関する図であって、反射防止層の層構造、カーバイド層（透光性薄膜）の成膜の条件、およびサンプルの評価結果を纏めて示す図。
【図２４】図２４（Ａ）は、チタンターゲットに二酸化炭素ガスおよびアルゴンガスをイオン化して照射している様子を示す図、図２４（Ｂ）は、ZrO_2層の上にチタンカーバイドを含む層（透光性薄膜）がスパッタにより形成された様子を示す図。
【図２５】グループ（３ａ）に含まれる実施例３９および４０に関する図であって、反射防止層の層構造、カーバイド層（透光性薄膜）の成膜の条件、およびサンプルの評価結果を纏めて示す図。
【図２６】眼鏡の一例を示す図。
【図２７】プロジェクターの一例の概要を示す図。

【図２８】デジタルカメラの一例の概要を示す図。
【図２９】記録媒体の一例の概要を示す図。
【発明を実施するための形態】
【００２９】
本発明の幾つかの実施形態を説明する。以下では、光学物品として眼鏡用のレンズを例示して説明するが、本発明を適用可能な光学物品はこれに限定されるものではない。
【００３０】
図１に、本実施形態の典型的なレンズの構成を、基材を中心とした一方の面の側の断面図により示している。レンズ１０は、光学基材（レンズ基材）１と、レンズ基材１の表面に形成されたハードコート層２と、ハードコート層２の上に形成された透光性の反射防止層３と、反射防止層３の上に形成された防汚層４とを含む。なお、防汚層４は省略可能である。
【００３１】
１．　レンズの概要
１．１　レンズ基材
レンズ基材１に使用される材料は、特に限定されないが、例えば、（メタ）アクリル樹脂をはじめとして、スチレン樹脂、ポリカーボネート樹脂、アリル樹脂、ジエチレングリコールビスアリルカーボネート樹脂（ＣＲ－３９）などのアリルカーボネート樹脂、ビニル樹脂、ポリエステル樹脂、ポリエーテル樹脂、イソシアネート化合物とジエチレングリコールなどのヒドロキシ化合物との反応で得られるウレタン樹脂、イソシアネート化合物とポリチオール化合物との反応で得られるチオウレタン樹脂、分子内に１つ以上のジスルフィド結合を有する（チオ）エポキシ化合物を含有する重合性組成物を硬化して得られる透明樹脂などを挙げることができる。レンズ基材１の屈折率は、例えば、１．６４～１．７５程度である。レンズ基材１の屈折率は、上記の範囲でも、上記の範囲から上下に離れていてもよい。
【００３２】
１．２　ハードコート層（プライマー層）
ハードコート層２は、耐擦傷性を向上（付与）するものである。ハードコート層２に使用される材料は、例えば、アクリル系樹脂、メラミン系樹脂、ウレタン系樹脂、エポキシ系樹脂、ポリビニルアセタール系樹脂、アミノ系樹脂、ポリエステル系樹脂、ポリアミド系樹脂、ビニルアルコール系樹脂、スチレン系樹脂、シリコン系樹脂およびこれらの混合物もしくは共重合体などを挙げることができる。
【００３３】
ハードコート層２の一例は、シリコン系樹脂である。このようなハードコート層２は、例えば、シリコン系樹脂などの樹脂成分、金属酸化物微粒子、およびシラン化合物を含むコーティング組成物を用意し、このコーティング組成物をレンズ基材１に塗布し硬化させることにより形成することができる。このコーティング組成物には、コロイダルシリカや多官能性エポキシ化合物などの成分が含まれていてもよい。
【００３４】
ハードコート層２を形成するためのコーティング組成物（ハードコート層形成用のコーティング組成物）に用いる金属酸化物微粒子の具体例は、SiO_2、Al_2O_3、SnO_2、Sb_2O_5、Ta_2O_5、CeO_2、La_2O_3、Fe_2O_3、ZnO、WO_3、ZrO_2、In_2O_3、TiO_2などの金属酸化物からなる微粒子、または２種以上の金属の金属酸化物からなる複合微粒子である。これらの微粒子は、例えば、分散媒（例えば、水、アルコール系もしくはその他の有機溶媒）にコロイド状に分散させ、これをコーティング組成物に混合する。
【００３５】
レンズ基材１とハードコート層２との密着性を確保するために、レンズ基材１とハードコート層２との間にプライマー層を設けてもよい。プライマー層は、高屈折率レンズ基材の欠点である耐衝撃性を改善するためにも有効である。プライマー層に使用される材料と

しては、例えば、アクリル系樹脂、メラミン系樹脂、ウレタン系樹脂、エポキシ系樹脂、ポリビニルアセタール系樹脂、アミノ系樹脂、ポリエステル系樹脂、ポリアミド系樹脂、ビニルアルコール系樹脂、スチレン系樹脂、シリコン系樹脂およびこれらの混合物もしくは共重合体などを挙げることができる。密着性を持たせるためのプライマー層としては、ウレタン系樹脂およびポリエステル系樹脂が好ましい。

【００３６】

ハードコート層２およびプライマー層の製造方法の典型的なものは、ディッピング法、スピンナー法、スプレー法、フロー法によりコーティング組成物を塗布し、その後、４０～２００℃の温度で数時間加熱乾燥する方法である。

【００３７】

１．３　反射防止層

ハードコート層２の上に形成される反射防止層３の典型的なものは、無機系の反射防止層、あるいは有機系の反射防止層である。無機系の反射防止層３は、典型的には多層膜で構成され、例えば、屈折率が１．３～１．６である低屈折率層３１と、屈折率が１．８～２．６である高屈折率層３２とを交互に積層して形成することができる。層数の一例は、５層（典型的には、低屈折率層３１が３層、高屈折率層３２が２層）あるいは７層（典型的には、低屈折率層３１が４層、高屈折率層３２が３層）である。以下の実施例においては、反射防止層３に透光性薄膜３３を加える。透光性薄膜３３は反射防止層３の基本的な光学的性質に影響を与えるものではない。したがって、以下において透光性薄膜３３を含む５層および７層の反射防止層３を全体として６層あるいは８層と表現する場合もあるが、光学的な反射防止層３の構成は５層および７層である。

【００３８】

反射防止層３を構成する各層に使用される無機物の例としては、SiO_2、ＳｉＯ、ZrO_2、TiO_2、ＴｉＯ、Ti_2O_3、Ti_2O_5、Al_2O_3、TaO_2、Ta_2O_5、NdO_2、ＮｂＯ、Nb_2O_3、NbO_2、Nb_2O_5、CeO_2、ＭｇＯ、Y_2O_3、SnO_2、MgF_2、WO_3、HfO_2、Y_2O_3などを挙げることができる。これらの無機物は、単独で用いるか、もしくは２種以上を混合して用いる。

【００３９】

反射防止層３を形成する典型的な方法は、乾式法、すなわち物理的蒸着法であり、例えば、真空蒸着法、イオンプレーティング法、スパッタリング法などが挙げられる。真空蒸着法においては、蒸着中にイオンビームを同時に照射するイオンビームアシスト法を用いてもよい。

【００４０】

有機系の反射防止層３の製造方法の１つは湿式法である。例えば、内部空洞を有するシリカ系微粒子（以下、「中空シリカ系微粒子」ともいう）と、有機ケイ素化合物とを含む反射防止層形成用のコーティング組成物を、ハードコート層、プライマー層と同様の方法でコーティングして形成することができる。反射防止層形成用のコーティング組成物に中空シリカ系微粒子を用いるのは、内部空洞内にシリカよりも屈折率が低い気体または溶媒が包含されることによって、空洞のないシリカ系微粒子に比べてより屈折率が低減し、結果的に、優れた反射防止効果を付与できるからである。中空シリカ系微粒子は、特開２００１－２３３６１１号公報に記載されている方法などで製造することができるが、平均粒子径が１～１５０ｎｍの範囲にあり、かつ屈折率が１．１６～１．３９の範囲にあるものを使用することが望ましい。有機系の反射防止層の層厚は、５０～１５０ｎｍの範囲が好ましい。この範囲より厚すぎたり薄すぎたりすると、十分な反射防止効果が得られないおそれがある。

【００４１】

１．４　防汚層

反射防止層３の上に撥水膜、または親水性の防曇膜（防汚層）４を形成することが多い。防汚層４は、光学物品（レンズ）１０の表面の撥水撥油性能を向上させる目的で、反射防止層３の上に形成されるものであり、典型的なものとしては、フッ素を含有する有機ケ

イ素化合物からなる層を挙げることができる。フッ素を含有する有機ケイ素化合物（含フッ素シラン化合物）としては、例えば、特開２００５－３０１２０８号公報や特開２００６－１２６７８２号公報に記載されている含フッ素シラン化合物を好適に使用することができる。

【００４２】

含フッ素シラン化合物は、有機溶剤に溶解し、所定濃度に調整した撥水処理液（防汚層形成用のコーティング組成物）として用いることが好ましい。防汚層は、この撥水処理液を反射防止層上に塗布することにより形成することができる。塗布方法としては、ディッピング法、スピンコート法などを用いることができる。なお、撥水処理液を金属ペレットに充填した後、真空蒸着法などの乾式法を用いて、防汚層を形成することも可能である。

【００４３】

防汚層の層厚は、特に限定されないが、０．００１～０．５μｍが好ましい。より好ましくは０．００１～０．０３μｍである。防汚層の層厚が薄すぎると撥水撥油効果が乏しくなり、厚すぎると表面がべたつくので好ましくない。また、防汚層の厚さが０．０３μｍより厚くなると反射防止効果が低下する可能性がある。

【００４４】

２．　第１の方法によるSiO_2－ZrO_2系の反射防止層を備えたサンプルの製造

低屈折率層３１としてSiO_2層、高屈折率層３２としてZrO_2層を採用した反射防止層３を備えたサンプルを製造した。さらに、以下に詳述するが、最上（最外）の高屈折率層３２を第１の層として、その表面にさらにTiO_xを遷移金属酸化物薄膜として積層（形成）し、TiO_xの薄膜に対し、炭酸ガス（二酸化炭素の気体）を第１の気体として使用し、その炭酸ガスをイオン化して照射することにより、最上（最外）の高屈折率層３２の表面に透光性薄膜３３を形成している。SiO_2－ZrO_2系の反射防止層３に、第１の気体（炭酸ガス）をイオン化して照射する方法（第１の方法）により透光性薄膜３３を導入したサンプルのグループをグループ（１ａ）と呼ぶ。

【００４５】

また、以降では、各々の実施例のサンプルはサンプルＳ１、サンプルＳ２と呼び、各実施例に共通してサンプルを指す場合にはサンプル１０と呼ぶことにする。

【００４６】

２．１　実施例１（サンプルＳ１）

２．１．１　レンズ基材の選択およびハードコート層の成膜

レンズ基材１としては、屈折率１．６７の眼鏡用のプラスチックレンズ基材（商品名：セイコースーパーソブリン（ＳＳＶ）（セイコーエプソン（株）製））を用いた。

【００４７】

ハードコート層２を形成するための塗布液（コーティング液、コーティング組成物）を次のように調製した。エポキシ樹脂－シリカハイブリッド（商品名：コンポセラン（登録商標）Ｅ１０２（荒川化学工業（株）製））２０重量部に、酸無水物系硬化剤（商品名：硬化剤液（Ｃ２）（荒川化学工業（株）製））４．４６重量部を混合、攪拌して塗布液（コーティング液）を得た。

【００４８】

このコーティング液を所定の厚さになるようにスピンコーターを用いてレンズ基材１の上に塗布した。コーティング液塗布後のレンズ基材を１２５℃で２時間焼成し、レンズ基材１の上にハードコート層２を成膜した。

【００４９】

２．１．２　反射防止層の成膜

２．１．２．１　蒸着装置

次に、図２に示す蒸着装置１００により、ハードコート層２の上に無機系の反射防止層３を製造（成膜）した。

【００５０】

図２に例示した蒸着装置１００は電子ビーム蒸着装置であり、真空容器１１０、排気装

置１２０およびガス供給装置１３０を備えている。真空容器１１０は、ハードコート層２までが形成されたレンズサンプル１０が載置されるサンプル支持台１１５と、サンプル支持台１１５にセットされたレンズサンプル１０を加熱するための基材加熱用ヒーター１１６と、熱電子を発生するフィラメント１１７とを備えている。

【００５１】

この蒸着装置１００では、電子銃（不図示）により熱電子を加速し、蒸発源（るつぼ）１１２および１１３にセットされた蒸着材料に熱電子を照射し、これを蒸発させて、レンズサンプル１０に材料を蒸着する。

【００５２】

さらに、この蒸着装置１００は、容器１１０の内部に導入したガスをイオン化して加速し、レンズサンプル１０に照射するためのイオン銃１１８を備えている。このような構成を有しているため、この蒸着装置１００は、イオンビームを形成したり、イオンアシスト蒸着を行ったりすることができる。

【００５３】

また、真空容器１１０には、残留した水分を除去するためのコールドトラップや、層厚を管理するための装置などをさらに設けることができる。層厚を管理する装置としては、例えば、反射型の光学膜厚計や水晶振動子膜厚計などがある。

【００５４】

真空容器１１０の内部は、排気装置１２０に含まれるターボ分子ポンプまたはクライオポンプ１２１と、圧力調整バルブ１２２とにより、高真空、例えば1×10^{-4}Ｐａに保持することができる。一方、真空容器１１０の内部は、ガス供給装置１３０により所定のガス雰囲気とすることも可能である。ガス供給装置１３０は、ガス容器１３１、流量制御装置１３２、圧力計１３５などを含む。例えば、ガス容器１３１には、二酸化炭素ガス（CO_2）などの第１の気体（炭素、ケイ素、ゲルマニウムのいずれかを含む第１の化合物群に含まれる気体（単体または混合ガス））、アルゴンガス（Ａｒ）、窒素ガス（N_2）、酸素ガス（O_2）などが用意される。ガスの流量は流量制御装置１３２により制御でき、真空容器１１０の内圧は圧力計１３５により制御できる。

【００５５】

基材加熱用ヒーター１１６は、例えば赤外線ランプであり、レンズサンプル１０を加熱することによりガス出しあるいは水分とばしを行い、レンズサンプル１０の表面に形成される層の密着性を確保する。

【００５６】

したがって、この蒸着装置１００における主な蒸着条件は、蒸着材料、電子銃の加速電圧および電流値、イオンアシストの有無である。イオンアシストを利用する場合の条件は、イオンの種類（真空容器１１０の雰囲気）と、イオン銃１１８の電圧値および電流値とにより与えられる。以下において特に記載しないかぎり、電子銃の加速電圧は、５～１０ｋＶの範囲、電流値は５０～５００ｍＡの範囲の中で、成膜レートなどをもとに選択される。また、イオンビームを形成したり、イオンアシストを利用したりする場合は、イオン銃１１８が電圧値２００Ｖ～１ｋＶの範囲、電流値が１００～５００ｍＡの範囲で、成膜レートなどをもとに選択される。

【００５７】

２．１．２．２　低屈折率層、高屈折率層およびカーバイドを含む層（透光性薄膜）の成膜

ハードコート層２が形成されたレンズサンプル１０をアセトンにて洗浄し、真空容器１１０の内部にて約７０℃の加熱処理を行い、レンズサンプル１０に付着した水分を蒸発させた。次に、レンズサンプル１０の表面にイオンクリーニングを実施した。具体的には、イオン銃１１８を用いて酸素イオンビームを数百ｅＶのエネルギーでレンズサンプル１０の表面に照射し、レンズサンプル１０の表面に付着した有機物の除去を行った。この方法により、レンズサンプル１０の表面に形成する層（膜、後述する第１層３１）の付着力を強固なものとすることができる。なお、酸素イオンの代わりに不活性ガス、例えば、アル

ゴン（Ａｒ）、キセノン（Ｘｅ）や、窒素（N_2）を用いて同様の処理を行ってもよいし、酸素ラジカルや酸素プラズマを照射してもよい。

【００５８】

真空容器１１０の内部を十分に真空排気した後、電子ビーム真空蒸着法により、低屈折率層３１および高屈折率層３２を交互に積層して、以下のような多層構造の無機系の反射防止層３を製造した。

【００５９】

（低屈折率層）

第１層および第３層は低屈折率層３１であり、イオンアシストは行わず、真空蒸着によりSiO_2層を成膜した。成膜レートは２．０ｎｍ／ｓｅｃとし、電子銃の加速電圧は７ｋＶ、電流は１００ｍＡとした。

【００６０】

（高屈折率層）

第２層および第４層は高屈折率層３２であり、タブレット状のZrO_2焼結体材料を電子ビームで加熱蒸発させZrO_2層を成膜した。成膜レートは０．８ｎｍ／ｓｅｃとした。

【００６１】

（カーバイドを含む層（透光性薄膜））

図３（Ａ）～（Ｃ）は、最上（最外）の高屈折率層３２を第１の層とし、その表面にカーバイドを含む層３３の形成を模式的に示している。図３（Ａ）～（Ｃ）は蒸着装置１００においてカーバイドを含む層（透光性薄膜）３３を形成する様子を示しており、高屈折率層３２と透光性薄膜３３との上下関係は図１に示したレンズサンプル１０とは逆転して示されている。したがって、これらの図は、レンズサンプル１０上に、第１層３１、第２層３２、第３層３１、第４層３２を成膜した後、蒸着装置１００を用い、カーバイドを含む層、本例では、チタンカーバイド（典型的には、ＴｉＣであり、その他ＴｉＯＣなどを含む）を含む層３３を第５層（導電層）として成膜する様子を示している。すなわち、本例では、第４層３２が第１の層、カーバイドを含む層（第５層）３３が透光性薄膜（導電層）である。以下、カーバイドを含む層３３を単にカーバイド層と記載する。

【００６２】

カーバイド層３３は、以下のようにして成膜した。まず、酸化チタン（TiO_x、$0<X\leqq 2$）顆粒或いは粒状の材料を電子ビームで加熱蒸発させ、イオンアシストを行わず真空蒸着を行った。これにより、第４層３２の上にTiO_x層（遷移金属酸化物薄膜）３３ａが形成された（図３（Ａ））。このとき、TiO_x層３３ａは、厚さが６ｎｍとなるように成膜した。

【００６３】

その後、酸素ガスに代わり、二酸化炭素（CO_2）ガスを使用し、二酸化炭素（CO_2）ガス（炭酸ガス）とアルゴン（Ａｒ）ガスとの混合ガスを、二酸化炭素ガスの流量を１５ｓｃｃｍ、アルゴンガスの流量を１５ｓｃｃｍとして真空容器１１０内に導入し、イオン化させ、イオンエネルギーを８００ｅＶ、イオン電流を２００ｍＡとした。これにより、二酸化炭素ガスからCO^{2+}、CO^{+}、C^{+}などを含む炭酸ガスイオンビームを生成し、成膜したTiO_x層３３ａに照射した。炭酸ガスイオンビームの照射時間は１２０秒とした（図３（Ｂ））。

【００６４】

炭酸ガスイオンビームは、二酸化炭素を原料として生成したイオンビームであり、二酸化炭素イオンの他、分解生成物である一酸化炭素イオン、炭素イオン、酸素イオンなどが含まれていてもよい。また、炭酸ガスイオンビームには、一価のイオンの他に、二価や三価の多価イオンも含まれていてもよい。炭酸ガスイオンビームをTiO_x層３３ａに照射することにより、高屈折率層３２の表層を形成しているTiO_x層３３ａ中で炭素（Ｃ）がミキシングされて化学反応し、典型的には、TiO_xの一部がチタンカーバイドとなる。これにより、チタンカーバイド（典型的にはＴｉＣ）を含む層（カーバイド層）３３が

形成される（図３（Ｃ））。

【００６５】

この方法により導電性のチタンカーバイドが形成されることは、後述するようにサンプル１０が低抵抗化することで確認されている。また、炭酸ガスとアルゴンガスとの混合ガスをイオン化することにより炭酸ガスイオンビームとアルゴンイオンビームとがTiO_x層３３ａに照射される。アルゴンイオンビームを炭酸ガスイオンビームと併用することは、以下の実験結果に示すように低抵抗化に適しており、ＴｉＣの形成を促進するなどの影響が予想される。

【００６６】

なお、チタンカーバイドは、TiO_x層３３ａの全部または一部（典型的には表面）の領域に形成されて、導電層として機能する透光性薄膜３３を形成する。また、TiO_x層３３ａ中に導入された炭素（Ｃ）は、全てがチタンカーバイドの生成に寄与するとは限られないが、正孔または電子を生成することにより電荷のキャリアを増やし透光性薄膜３３の導電率を高めることに寄与する可能性がある。

【００６７】

TiO_x層３３ａのうちのどの程度の領域（厚さ、深さ）まで炭素（Ｃ）が導入されるか（典型的にはカーバイドが形成されるか）は、炭酸ガスイオンビームの照射時間、イオンエネルギー（イオンの加速電圧）、およびイオン電流によって決まる。本例の条件では、６ｎｍのTiO_x層３３ａのほとんどの領域にチタンカーバイドが形成され、導電性の透光性薄膜３３が形成されると考えられる。第４層（ZrO_2層）３２の表面に積層されたTiO_x層３３ａは光学的には第４層（ZrO_2層）３２とともに高屈折率層として機能する。したがって、このサンプルＳ１の製造方法は、最上または最外の高屈折率層３２を形成する遷移金属酸化物層３３ａの表面に炭酸ガスイオンビームを照射することにより高屈折率層３２の表面（表層）３３を低抵抗化することを含む製造方法である。

【００６８】

（低屈折率層）

カーバイド層３３の上に、第６層として、第１および第３層と同様の条件で、SiO_2層（低屈折率層３１）を成膜した。成膜レートは２．０ｎｍ／ｓｅｃとし、電子銃の加速電圧は７ｋＶ、電流は１００ｍＡとした。

【００６９】

これらの工程において、反射防止層３の光学的性能を主に決める第１～第４層および第６層の層厚は、それぞれ、１５０ｎｍ、３０ｎｍ、２１ｎｍ、５５ｎｍ、８５ｎｍに管理した。この層構造、すなわち、第１層、第３層および第６層がSiO_2層の低屈折率層３１、第２層および第４層がZrO_2層の高屈折率層３２、そして、最外の高屈折率層３２の表面（外側）に第５層としてカーバイド層３３を形成した層構造を、以降ではタイプＡ１の層構造と呼ぶことにする。

【００７０】

２．１．３　防汚層の成膜

反射防止層３までが形成されたレンズサンプル１０に酸素プラズマ処理を施し、その後、分子量の大きなフッ素含有有機ケイ素化合物を含む「ＫＹ－１３０」（商品名、信越化学工業（株）製）を含有させたペレット材料を蒸着源として防汚層４を成膜した。より具体的には、真空容器１１０内において、ＫＹ－１３０を約５００℃で加熱して蒸発させて、反射防止層３の上に防汚層４を成膜した。蒸着時間は３分間程度とした。反射防止層３までが形成されたレンズサンプル１０に酸素プラズマ処理を施こすことにより、最終のSiO_2層（第６層）３１の表面にシラノール基を生成することができる。このため、酸素プラズマ処理の後に防汚層４を形成することにより、反射防止層３と防汚層４との化学的密着性（化学結合）を高めることができる。

【００７１】

蒸着終了後、真空蒸着装置１００からレンズサンプル１０を取り出し、反転して再び投入し、上記の２．１．２～２．１．３の工程を同じ手順で繰り返して、反射防止層３の成

膜（カーバイド層３３の形成を含む）および防汚層４の成膜を行った。その後、レンズサンプル１０を真空蒸着装置１００から取り出した。これにより、レンズ基材１の両面に、ハードコート層２、カーバイド層３３を層内（第５層）に含むタイプＡ１の反射防止層３、および防汚層４を備えた実施例１のレンズサンプルＳ１が得られた。

【００７２】

２．２　実施例２（サンプルＳ２）

後述する光の吸収損失は、表面が湾曲していたりすると測定が難しい。このため、実施例２においては、光学基材１として平面のガラスを用い、その表面にタイプＡ１の反射防止層３を形成し、サンプルＳ２を製造した。すなわち、この平面のガラスのサンプル（ガラスサンプル）Ｓ２は、レンズサンプルＳ１と同じ条件で形成した反射防止層３を有するサンプルである。

【００７３】

より詳しくは、この平面のガラスのサンプル（ガラスサンプル）Ｓ２は、光学基材１として透明な白板ガラス（Ｂ２７０）を採用し、この光学基材１の上に、ハードコート層を成膜せず、直に上記の実施例１と同様の工程でタイプＡ１の反射防止層３を成膜した。防汚層は成膜しなかった。

【００７４】

２．３　実施例３（サンプルＳ３）

実施例３では、実施例１と同じレンズ基材１を用い、同じ条件（２．１．１）でハードコート層２を形成し、さらに、その上にタイプＡ１の反射防止層３と防汚層４とを形成し、サンプルＳ３を製造した。

【００７５】

低屈折率層３１および高屈折率層３２の成膜方法は、実施例１と同じ条件（２．１．２．２）で行った。カーバイド層（第５層）３３の成膜においては、二酸化炭素（CO_2）ガス（第１の気体）とアルゴン（Ａｒ）ガスとの混合ガスを、二酸化炭素ガスの流量を１５ｓｃｃｍ、アルゴンガスの流量を１５ｓｃｃｍとして真空容器１１０内に導入し、オン化させ、イオンエネルギーを５００ｅＶ、イオン電流を２００ｍＡとした。TiO_x層３３ａへの炭酸ガスイオンビームの照射時間は１２０秒とした。他の条件および成膜方法は実施例１と同じである（２．１．２．２参照）。そして、反射防止層３を形成した後、実施例１と同様に防汚層４を成膜した（２．１．３参照）。

【００７６】

２．４　実施例４（サンプルＳ４）

実施例４では、光学基材１として平面のガラス（Ｂ２７０）を用い、その表面にタイプＡ１の反射防止層３を実施例３と同じ条件で形成し、サンプルＳ４を製造した。防汚層は成膜しなかった。

【００７７】

２．５　実施例５（サンプルＳ５）

実施例５では、実施例１と同じ条件（２．１）でレンズ基材１の上にハードコート層２、タイプＡ１の反射防止層３および防汚層４を形成し、サンプルＳ５を製造した。ただし、カーバイド層（第５層）３３の成膜においては、二酸化炭素（CO_2）ガス（第１の気体）を流量３０ｓｃｃｍとして真空容器１１０内に導入し、イオン化させ、イオンエネルギーを８００ｅＶ、イオン電流を１５０ｍＡとした。また、TiO_x層３３ａへの炭酸ガスイオンビームの照射時間は２０秒とした。

【００７８】

２．６　実施例６（サンプルＳ６）

実施例６では、光学基材１として平面のガラス（Ｂ２７０）を用い、その表面にタイプＡ１の反射防止層３を実施例５と同じ条件で形成し、サンプルＳ６を製造した。防汚層は成膜しなかった。

【００７９】

２．７　比較例１（サンプルＲ１）

サンプルＲ１として、実施例１と同じレンズ基材を用い、同じ条件（２．１．１）でハードコート層を形成し、さらに、その表面に反射防止層を形成し、サンプルＲ１を製造した。低屈折率層および高屈折率層は、上記の２．１．２．２と同じ条件で成膜した。

【００８０】

ただし、第５層（導電層）としては、Ｓｉ（金属シリコン、アモルファスシリコン）のみを、イオンアシストを用いずに３ｎｍだけ蒸着した。すなわち、第４層（ZrO_2層）を成膜後、Ｓｉを真空蒸着により成膜し、第５層（導電層）としてアモルファスシリコンの層を形成した。なお、アモルファスシリコン層は、純粋なＳｉだけで構成されていなくてもよく、多少は酸化されていてもよい。そして、その上に第６層として、SiO_2層を形成した。したがって、反射防止層は、アモルファスシリコン層を含む６層構造になる。この６層構造で、アモルファスシリコン層を含むタイプの層構造をタイプＡ３と呼ぶことにする。

【００８１】

反射防止層３を形成した後、実施例１と同様に防汚層を成膜した（２．１．３参照）。したがって、比較例１により製造されたレンズサンプルＲ１は、プラスチックレンズ基材と、ハードコート層と、第５層（導電層）にアモルファスシリコン層を含むタイプＡ３の反射防止層と、防汚層とを含む。

【００８２】

２．８　比較例２（サンプルＲ２）

サンプルＲ２として、実施例１と同じレンズ基材を用い、同じ条件（２．１．１）でハードコート層を形成し、さらに、その表面に反射防止層を形成し、サンプルＲ２を製造した。低屈折率層および高屈折率層は、上記の２．１．２．２と同じ条件で成膜した。

【００８３】

ただし、第５層（導電層）としては、酸化インジウムスズ（ＩＴＯ）をイオンアシスト真空蒸着により３ｎｍだけ成膜した。すなわち、第４層（ZrO_2層）を成膜後、ＩＴＯをイオンアシスト真空蒸着により３ｎｍ成膜し、第５層（導電層）としてＩＴＯ層を形成した。ＩＴＯ層の成膜の際は、電子銃の加速電圧を７ｋＶ、電流値を５０ｍＡとした。また、ＩＴＯ膜の酸化を促進させるために、真空容器内に毎分１５ミリリットルの酸素ガスを導入し、酸素雰囲気とした。イオン銃へは毎分３５ミリリットルで酸素ガスを導入し、電圧値を５００Ｖ、電流値を２５０ｍＡとして、サンプルに酸素イオンビームを照射した。そして、その上に第６層として、SiO_2層を形成した。したがって、反射防止層３は、ＩＴＯ層を含む６層構造になる。この６層構造で、ＩＴＯ層を含むタイプの層構造をタイプＡ４と呼ぶことにする。

【００８４】

反射防止層を形成した後、実施例１と同様に防汚層を成膜した（２．１．３参照）。したがって、比較例２により製造されたレンズサンプルＲ２は、プラスチックレンズ基材と、ハードコート層と、第５層（導電層）にＩＴＯ層を含むタイプＡ４の反射防止層と、防汚層とを含む。

【００８５】

２．９　比較例３（サンプルＲ３）

上記の実施例により得られたガラスサンプルと比較するために、カーバイド層を有しないガラスサンプルＲ３を製造した。それ以外は、実施例２と同様にガラスサンプルＲ３を製造した。すなわち、比較例３により製造されたガラスサンプルＲ３は、ガラス基材と、カーバイド層を含まない５層（SiO_2層、ZrO_2層、SiO_2層、ZrO_2層およびSiO_2層、以降では、このタイプの層構造をタイプＡ２と称する）の反射防止層とを含む。また、防汚層は成膜しなかった。

【００８６】

２．１０　サンプルの評価

図４に、タイプＡ１、Ａ２、Ａ３およびＡ４の反射防止層の層構造を纏めて示してある。なお、二酸化ケイ素（SiO_2）からなる低屈折率層の波長５５０ｎｍにおける屈折率

ｎは１．４６２である。また、酸化ジルコニウム（ZrO_2）からなる高屈折率層の波長５５０ｎｍにおける屈折率ｎは２．０５である。ＩＴＯ層の波長５５０ｎｍにおける屈折率ｎは２．１である。

【００８７】

上記により製造されたサンプルＳ１（実施例１）～Ｓ６（実施例６）、Ｒ１（比較例１）～Ｒ３（比較例３）について、それぞれ、シート抵抗および吸収損失を測定した。さらに、ごみの付着、耐薬品性（剥がれの発生の有無）、耐湿性（むくみの発生の有無）をそれぞれ試験し、これらを評価した。図５に、反射防止層の層構造、カーバイド層（透光性薄膜）の成膜の条件、上記測定および結果、上記試験および評価結果を纏めて示した。

【００８８】

最初に、上記測定方法、試験方法、および評価方法について説明する。

【００８９】

２．１０．１　測定、試験、および評価方法

２．１０．１．１　シート抵抗

図６（Ａ）および（Ｂ）に、各サンプルのシート抵抗を測定する様子を示している。この例では、測定対象、例えば、レンズサンプル１０の表面１０Ａにリングプローブ６１を接触させ、レンズサンプル１０の表面１０Ａのシート抵抗を測定した。測定装置６０は、三菱化学（株）製高抵抗抵抗率計ハイレスタＵＰ　ＭＣＰ－ＨＴ４５０型を使用した。使用したリングプローブ６１は、ＵＲＳタイプであり、２つの電極を有し、外側のリング電極６１Ａは、外径１８ｍｍ、内径１０ｍｍであり、内側の円形電極６１Ｂは、直径７ｍｍである。それらの電極間に１０～１ｋＶの電圧を印加し、各サンプルのシート抵抗を計測した。

【００９０】

２．１０．１．２　ごみの付着試験

プラスチックレンズの表面上で、眼鏡レンズ用拭き布を１ｋｇの垂直荷重にて１０往復こすりつけ、このときに発生した静電気によるごみの付着の有無を調べた。ここで、ごみとしては、発泡スチロールを粒子径２～３ｍｍの大きさに砕いたものを使用した。判断基準は以下の通りである。

○：ゴミの付着が認められなかった。

△：ゴミが数個付着していることが認められた。

×：数多くのゴミが付着していることが認められた。

【００９１】

２．１０．１．３　吸収損失

光の吸収損失は、表面が湾曲していたりすると測定が難しい。このため、上記のサンプルＳ１～Ｓ６のうち、ガラスサンプルＳ２、Ｓ４、およびＳ５について吸収損失を測定し、ガラスサンプルＲ３の吸収損失と比較した。

【００９２】

光の吸収損失の測定には、日立製分光光度計Ｕ－４１００を使用した。分光光度計を用いて反射率と透過率を測定し、（Ａ）式にて吸収率を算出した。

吸収率（吸収損失）＝１００％－透過率－反射率　　・・・・（Ａ）

以下、吸収率は波長５５０ｎｍ付近の吸収率を記している。

【００９３】

２．１０．１．４　耐薬品性

各サンプルの表面に傷をつけ、その後、薬液浸漬を行い、反射防止層の剥がれの有無を観察して耐薬品性を評価した。

【００９４】

（１）擦傷工程

図７（Ａ）は、耐薬品性試験の擦傷工程に使用される試験装置の外観を示している。図７（Ｂ）は、試験装置の内部構造を示している。図８は、耐薬品性試験の擦傷工程に使用する試験装置を回転させることを示している。

【００９５】
図７（Ａ）に示す容器（ドラム）７１の内壁に、図７（Ｂ）に示すように評価用のサンプル１０を４つ貼り付け、さらに、容器（ドラム）７１内に擦傷用として不織布７３とオガクズ７４を入れた。そして、蓋をした後、図８に示すように、ドラム７１を３０ｒｐｍで３０分間回転させた。
【００９６】
（２）薬液浸漬工程
人の汗を模した薬液（純水に乳酸を５０ｇ／Ｌ、塩を１００ｇ／Ｌ溶解した溶液）を用意した。（１）の擦傷工程を経たサンプル１０を、５０℃に保持した薬液に１００時間浸漬した。
【００９７】
（３）評価方法
上記の工程を経た各サンプルを、従来のサンプルであるサンプルＲ３を基準に目視により評価した。判断基準は以下の通りである。
○：基準のサンプルと比較し、傷がほとんど見えず、同等の透明性がある。
△：基準のサンプルに対して傷が見え、透明性が劣る。
×：基準のサンプルに対して層の剥離および多数の傷が見え、透明性が著しく低下した。
【００９８】
２．１０．１．５　むくみ（耐湿性）
（１）恒温恒湿度環境試験
各サンプルを恒温恒湿度環境（６０℃、９８％ＲＨ）で８日間放置した。
【００９９】
（２）むくみの判定方法（評価方法）
図９は、耐湿性試験におけるむくみを判定する装置の概略を示している。図１０（Ａ）は、レンズ表面にむくみのない状態を模式的に示している。図１０（Ｂ）は、レンズ表面にむくみのある状態を模式的に示している。
【０１００】
上記の恒温恒湿度環境試験を経た各サンプルの表面または裏面の表面反射光を観察し、むくみの有無を判断した。具体的には、図９に示すように、サンプル１０の凸面１０Ａにおける蛍光灯７５の反射光を観察した。図１０（Ａ）に示すように、蛍光灯７５の反射光７６の像の輪郭がくっきりと明瞭に観察できる場合は「むくみ無し」と判定した。一方、図１０（Ｂ）に示すように、蛍光灯７５の反射光７７の像の輪郭がぼやけている、またはかすれて観察できるときは「むくみ有り」と判定した。
【０１０１】
２．１０．２　結果
２．１０．２．１　シート抵抗の測定結果
図５に示すように、反射防止層３にカーバイド層３３を含めたサンプルＳ１～Ｓ６のシート抵抗の測定値は、それぞれ、2×10^{9}［Ω／□］、2×10^{9}［Ω／□］、3.5×10^{9}［Ω／□］、4.5×10^{9}［Ω／□］、1×10^{10}［Ω／□］、1×10^{10}［Ω／□］であった。
【０１０２】
これに対し、反射防止層にカーバイド層３３と置換してアモルファスシリコン層を含めたサンプルＲ１のシート抵抗の測定値は9×10^{12}［Ω／□］、反射防止層にカーバイド層３３と置換してＩＴＯ層を含めたサンプルＲ２のシート抵抗の測定値は2×10^{12}［Ω／□］であった。また、導電層を含まない（カーバイド層３３を含まない）サンプルＲ３のシート抵抗の測定値は5×10^{14}［Ω／□］であった。
【０１０３】
サンプルＲ３の測定結果が示すように、低抵抗化の処理を施していない従来のサンプル（ガラスサンプル）では、シート抵抗は5×10^{14}［Ω／□］である。これに対し、反射

防止層３の１つの層３２の表面にカーバイド層３３を形成したサンプルＳ１～Ｓ６においては、シート抵抗が２×１０^{9}［Ω／□］～１×１０^{10}［Ω／□］となり、シート抵抗が従来のサンプルと比較して３桁～５桁（１０^{3}～１０^{5}）程度小さくなっている。すなわち、シート抵抗が１／１０^{3}～１／１０^{5}となっており、導電率が向上している。したがって、これらのサンプルＳ１～Ｓ６は後述するように十分な帯電防止性能を備えており、ごみの付着がほとんど見られない。

【０１０４】

反射防止層３にアモルファスシリコン層あるいはＩＴＯ層を含めたレンズサンプルＲ１およびＲ２では、シート抵抗が、それぞれ９×１０^{12}［Ω／□］、２×１０^{12}［Ω／□］であり、良好な帯電防止性能が得られるというほどは低下していない。実施例のサンプルＳ１～Ｓ６のシート抵抗は、比較例のサンプルＲ１およびＲ２のシート抵抗と比較しても、２桁～３桁（１０^{2}～１０^{3}）程度小さくなっている。すなわち、シート抵抗が１／１０^{2}～１／１０^{3}となっている。

【０１０５】

このように、カーバイド層３３を設けることによって反射防止層３の抵抗値を大幅に低減でき、例えば６ｎｍ程度またはそれ以下の厚みのカーバイド層３３を含めることにより、反射防止層２を含めた光学基材の表面の導電性の向上に有効であることがわかった。

【０１０６】

光学物品のシート抵抗を低減することにより幾つかの効果が得られる。典型的な効果は、帯電防止、および電磁遮蔽である。眼鏡用のレンズにおいて帯電防止性の有無の目安は、シート抵抗が１×１０^{12}［Ω／□］以下であると考えられている。使用上の安全性などを考慮すると、上記の測定方法で測定されたシート抵抗が１×１０^{11}［Ω／□］以下であることがいっそう好ましい。サンプルＳ１～Ｓ６は、上記の測定方法で測定されたシート抵抗が１×１０^{11}Ω／□以下、さらに、１×１０^{10}Ω／□以下であり、非常に優れた帯電防止性を備えていることがわかる。

【０１０７】

２．１０．２．２　ごみの付着試験結果

ごみの付着がない場合は帯電防止効果に優れ、ごみの付着がある場合は帯電防止効果が劣っていると言える。図５に示すように、カーバイド層３３を備えたサンプルＳ１～Ｓ６の評価はすべて○であり、帯電防止効果に優れていることがわかった。また、アモルファスシリコン層を備えたサンプルＲ１および導電層を形成しないサンプルＲ３は×であり、帯電防止効果が劣っていることがわかった。また、ＩＴＯ層を備えたサンプルＲ２は、△であった。

【０１０８】

２．１０．２．３　吸収損失の測定結果

光の吸収損失については、カーバイド層３３を形成することにより若干吸収損失が上昇する傾向がみられる。しかしながら、最大でも０．８％程度であり、眼鏡用のレンズとしての許容範囲である透光性を備えている。したがって、カーバイド層３３を形成しても、透光性を確保でき、しかも帯電防止性能の優れた光学物品を提供できることがわかった。また、帯電防止および透光性の双方を考慮するのであれば、吸収損失が０．３９％のサンプルＳ４程度であっても十分にシート抵抗が小さい。なお、レンズサンプルＳ３もサンプルＳ４と同程度の透光性があると考えられる。

【０１０９】

２．１０．２．４　耐薬品性の評価結果

耐薬品性については、カーバイド層３３を備えたサンプルＳ１～Ｓ６の評価はすべて○であり、日常的に用いられる環境において優れた耐薬品性を有することがわかった。一方、ＩＴＯ層を備えたサンプルＲ２の評価は×であった。

【０１１０】

２．１０．２．５　むくみ（耐湿性）の評価結果

カーバイド層３３を備えたサンプルＳ１～Ｓ６を含め、すべてのサンプルについてむく

みの発生は観測されず、すぐれた耐湿性を示した。

【０１１１】

２．１１　考察

以上の各測定結果および評価より、反射防止層３の１つの層、本例においては最外の高屈折率層３２の表面にカーバイド層３３を設けたサンプルＳ１～Ｓ６については、シート抵抗が大幅に低下し、その一方で、耐薬品性および耐湿性の劣化はほとんど見られないことがわかった。したがって、遷移金属酸化物層を予め設け、その表面に第１の気体（炭酸ガス）をイオン化して照射する方法（第１の方法）により、反射防止層３にカーバイド層３３を設けることができ、表面の抵抗が小さく、帯電防止などの特性を持ち、さらに、耐久性の良い光学物品を提供できることがわかった。

【０１１２】

さらに、サンプルＳ１～Ｓ６のシート抵抗を比較すると、イオン銃１１８の電圧値および／または電流値（第１のガスに与えるイオンエネルギーおよび／またはイオン電流）を高めたり、TiO_x層３３ａに対する炭酸ガスイオンビームの照射時間を長くしたりすることにより、シート抵抗をさらに低減できることもわかった。これは、イオン銃１１８の電圧値および／または電流値を高めたり、TiO_x層３３ａに対する炭酸ガスイオンビームの照射時間を長くしたりすることにより、TiO_x層３３ａのより深部までチタンカーバイドを形成できるためであると考えられる。また、シート抵抗を下げるためには、導入ガスとして、第１のガスである二酸化炭素ガスとともにアルゴンガスを併用することも有効であると考えられる。

【０１１３】

また、カーバイド層３３を形成することにより、若干の吸収損失の増加が観測されるが、帯電防止および電磁波遮断などの目的に応じた適切な導電性が得られる程度にカーバイド層３３を形成することにより、吸収損失の影響は光学物品としてほとんど無視できる程度の光学物品を提供できることがわかった。

【０１１４】

このように、反射防止層３にカーバイド層３３を設けることにより、優れた帯電防止性能および電磁波遮断性能と、良好な透光性と、耐久性とを備えた光学物品を提供できる。

【０１１５】

本発明は上記の実施例に限定されるものではない。例えば、上記のグループ（１ａ）の例では、ZrO_2層の上（外側）にTiO_x層を形成し、その後、TiO_x層に炭酸ガスイオンビームを照射することによりカーバイド層を形成しているが、カーバイド層の形成方法はこれらに限定されるものではない。使用する第１のガスも、二酸化炭素ガスに限定されるものではない。

【０１１６】

例えば、Ｃを含むガスに適当なエネルギーを与えてイオン化し、TiO_x層の表面にイオンビームとして照射することによっても、TiO_x層の表面からその一部または全域にＣ（炭素）原子が注入（添加）され、TiO_xとミキシングされる。これにより、下地の材料であるTiO_xとＣ（炭素）原子とが化学反応を起こし、表面の近傍またはそれ以上の深部までが改質される。典型的には、TiO_x層のＴｉ原子とＣ原子とが反応し、チタンカーバイドが形成されると考えられる。

【０１１７】

帯電防止性能および／または電磁波遮断性能を与えるためには、チタンカーバイドは、必ずしも所定の層（例えばTiO_x層）の表面全体に存在しなくてもよく、部分的に存在すればよい。また、チタンカーバイドの酸化物という状態で存在してもよい。このようなカーバイド層（カーバイドを含む層）３３が存在することにより、反射防止層３の抵抗値を低減でき、導電性を高めることができる。このため、カーバイド層（カーバイドを含む層）３３を設ける位置は、最外の高屈折率層３２の表面（外側）に限定されず、反射防止層３のいずれかの層の表面あるいは層間に設ければよく、さらに、複数の層上にそれぞれカーバイド層を形成してもよい。

【０１１８】
チタンカーバイドに限らず、遷移金属カーバイド、遷移金属シリサイド、遷移金属ゲルマニドは一般に低抵抗であり、シリコンあるいは含有シリコン化合物が多く用いられる反射防止層との親和性もよい。
ケイ素（シリコン）およびゲルマニウムは、炭素と同じ第ＩＶ族元素であり、同様の電子構造を有する。ゲルマニウムおよびケイ素は、炭素と同様に電気的抵抗が小さく、さらに、炭素と同様に遷移金属と低抵抗の化合物を形成する。すなわち、炭素、ケイ素、あるいはゲルマニウムの少なくともいずれかを注入（添加、ドープ）することにより、所定の層の少なくとも表層域を低抵抗化することが可能である。そして、このようにして形成された層は、化学的および機械的に比較的安定であって、帯電防止性能および電磁シールド性能に優れ、ごみの付着を抑制でき、さらに、光学的性質の低下もほとんどない。
【０１１９】
したがって、ZrO_2層およびTiO_2層に限らずに、他の金属酸化物の層の表面であっても、Ｃ（炭素）原子、Ｓｉ（ケイ素）原子（金属シリコン）、Ｇｅ（ゲルマニウム）原子（金属ゲルマニウム）の少なくともいずれかを含む透光性薄膜を物理的蒸着により形成することは有効である。
【０１２０】
このような透光性薄膜は、例えば、SiO_x層などの遷移金属酸化物層（遷移金属酸化物薄膜）や、低屈折率層として機能するSiO_2層の表面に、炭素、ケイ素、ゲルマニウムのいずれかを含む第１の化合物群に含まれる少なくとも１種を含む第１の気体をイオン化して照射（イオンビームを照射）することにより形成することができる。すなわち、このようにすることにより、カーバイド、シリサイド、ゲルマニドの少なくともいずれかを含む層（透光性薄膜）を形成することができる。
【０１２１】
また、イオン化して照射する際に有用な気体（第１の気体）は二酸化炭素ガス（炭酸ガス）に限定されない。その他の第１の化合物群に含まれる種としては、遷移金属カーバイドを含む透光性薄膜３３を形成する場合に適した例としては、一酸化炭素、アセチレン、メタン、エタン、四フッ化炭素などが挙げられる。遷移金属シリサイドを含む透光性薄膜３３を形成する場合に適した例としては、シラン（SiH_4）、四塩化ケイ素（$SiCl_4$）、四フッ化ケイ素（SiF_4）などを第１の化合物群に含まれる種として挙げることができる。遷移金属ゲルマイドを含む透光性薄膜３３を形成する場合に適した例としては、四塩化ゲルマニウム（$GeCl_4$）、ゲルマン（水素化ゲルマニウム、GeH_4）、四フッ化ゲルマニウム（GeF_4）などを第１の化合物群に含まれる種として挙げることができる。
【０１２２】
カーバイドなどと称される有機遷移金属の例としては、ＳｉＣ、ＴｉＣ、ＺｒＣ、ＨｆＣ、ＶＣ、ＮｂＣ、ＴａＣ、Mo_2C、W_2C、ＷＣ、NdC_2、LaC_2、CeC_2、PrC_2、SmC_2などを挙げることができる。
【０１２３】
シリサイドなどと称される遷移金属ケイ化物（金属間化合物）の例としては、ＺｒＳｉ、ＣｏＳｉ、ＷＳｉ、ＭｏＳｉ、ＮｉＳｉ、ＴａＳｉ、ＮｄＳｉ、Ti_3Si、Ti_5Si_3、Ti_5Si_4、ＴｉＳｉ、$TiSi_2$、Zr_3Si、Zr_2Si、Zr_5Si_3、Zr_3Si_2、Zr_5Si_4、Zr_6Si_5、$ZrSi_2$、Hf_2Si、Hf_5Si_3、Hf_3Si_2、Hf_4Si_3、Hf_5Si_4、ＨｆＳｉ、$HfSi_2$、V_3Si、V_5Si_3、V_5Si_4、VSi_2、Nb_4Si、Nb_3Si、Nb_5Si_3、$NbSi_2$、$Ta_{4.5}Si$、Ta_4Si、Ta_3Si、Ta_2Si、Ta_5Si_3、$TaSi_2$、Cr_3Si、Cr_2Si、Cr_5Si_3、Cr_3Si_2、ＣｒＳｉ、$CrSi_2$、Mo_3Si、Mo_5Si_3、Mo_3Si_2、$MoSi_2$、W_3Si、W_5Si_3、W_3Si_2、WSi_2、Mn_6Si、Mn_3Si、Mn_5Si_2、Mn_5Si_3、ＭｎＳｉ、$Mn_{11}Si_{19}$、Mn_4Si_7、$MnSi_2$、Tc_4Si、c_3Si、Tc_5Si_3、ＴｃＳｉ、$TcSi_2$、Re_3Si、Re_5Si_3、ＲｅＳｉ、$ReSi_2$、Fe_3Si、Fe_5Si_3、Ｆｅ

Si、$FeSi_2$、Ru_2Si、$RuSi$、Ru_2Si_3、$OsSi$、Os_2Si_3、$OsSi_2$、$OsSi_{1.8}$、$OsSi_3$、Co_3Si、Co_2Si、$CoSi_2$、Rh_2Si、Rh_5Si_3、Rh_3Si_2、$RhSi$、Rh_4S_5、Rh_3Si_4、$RhSi_2$、Ir_3Si、Ir_2Si、Ir_3Si_2、$IrSi$、Ir_2Si_3、$IrSi_{1.75}$、$IrSi_2$、$IrSi_3$、Ni_3Si、Ni_5Si_2、Ni_2Si、Ni_3Si_2、$NiSi_2$、Pd_5Si、Pd_9Si_2、Pd_4Si、Pd_3Si、Pd_9Si_4、Pd_2Si、$PdSi$、Pt_4Si、Pt_3Si、Pt_5Si_2、$Pt_{12}Si_5$、Pt_7Si_3、Pt_2Si、Pt_6Si_5、$PtSi$などを挙げることができる。

【０１２４】

ゲルマニドなどと称される遷移金属ゲルマニウム化物（金属間化合物）の例としては、$NaGe$、$AlGe$、KGe_4、$TiGe_2$、$TiGe$、Ti_6Ge_5、Ti_5Ge_3、V_3Ge、$CrGe_2$、Cr_3Ge_2、$CrGe$、Cr_3Ge、Cr_5Ge_3、$Cr_{11}Ge_8$、$MnGe$、Mn_5Ge_3、$CoGe$、$CoGe_2$、Co_5Ge_7、$NiGe$、$CuGe$、Cu_3Ge、$ZrGe_2$、$ZrGe$、$RbGe_4$、$NbGe_2$、Nb_2Ge、Nb_3Ge、Nb_5Ge_3、Nb_3Ge_2、$NbGe_2$、Mo_3Ge、Mo_3Ge_2、Mo_5Ge_3、Mo_2Ge_3、$MoGe_2$、$CeGe_4$、$RhGe$、$PdGe$、$AgGe$、Hf_5Ge_3、$HfGe$、$HfGe_2$、$TaGe_2$、$PtGe$などを挙げることができる。

【０１２５】

中でも、反射防止層の高屈折率層として使用されることが多い、ジルコニウム（Ｚｒ）系のカーバイド、シリサイド、およびゲルマイド、タンタル（Ｔａ）系のカーバイド、シリサイド、およびゲルマイド、ネオジム（Ｎｄ）系のカーバイド、シリサイド、およびゲルマイド、ニオブ（Ｎｂ）系のカーバイド、シリサイド、およびゲルマニドなどは有用である。

【０１２６】

３．　第１の方法によるSiO_2－TiO_2系の反射防止層を備えたサンプルの製造

３．１　実施例７（サンプルＳ７）

低屈折率層３１としてSiO_2層、高屈折率層３２としてTiO_2層を採用した反射防止層３を備えたサンプルを製造した。さらに、以下に詳述するが、最上（最外）の高屈折率層３２を第１の層として、その表面に炭酸ガスをイオン化して照射する第１の方法により、最上（最外）の高屈折率層３２の表面に透光性薄膜３３を形成している。SiO_2－TiO_2系の反射防止層３に、第１の気体（炭酸ガス）をイオン化して照射する方法（第１の方法）により透光性薄膜３３を導入したサンプルのグループをグループ（１ｂ）と呼ぶ。

【０１２７】

図１１に、光学的には７層構造の反射防止層３を含むレンズの構成例を、基材を中心とした一方の面の側の断面図により示している。

【０１２８】

３．１．１　レンズ基材の選択およびハードコート層の成膜

上記の実施例１と同様にレンズ基材１を選択した。そして、上記の実施例１と同様にして、レンズ基材１の上にハードコート層２を形成した（２．１．１参照）。

【０１２９】

３．１．２　反射防止層

実施例１と同様の蒸着装置１００を用いて、以下のような多層構造の無機系の反射防止層３を成膜した。レンズ基材１の上にハードコート層２が形成されたサンプル１０に実施例１と同じ前処理を施し、真空容器１１０の内部を十分に真空排気した後、電子ビーム真空蒸着法により、低屈折率層３１および高屈折率層３２を交互に積層して多層構造の無機系の反射防止層３を製造した。

【０１３０】

（低屈折率層）

第１層、第３層および第５層は低屈折率層３１であり、イオンアシストは行わず、真空

蒸着によりSiO_2層を成膜した。成膜レートは２．０ｎｍ／ｓｅｃとし、電子銃の加速電圧は７ｋＶ、電流は１００ｍＡとした。

【０１３１】

（高屈折率層）

第２層、第４層および第６層は高屈折率層３２であり、TiO_2を、酸素ガスを導入しながらイオンアシスト蒸着を行い、TiO_2層を成膜した。成膜レートは０．４ｎｍ／ｓｅｃとし、電子銃の加速電圧は７ｋＶ、電流は３６０ｍＡとした。

【０１３２】

（カーバイドを含む層（透光性薄膜））

図１２（Ａ）および（Ｂ）は、最上（最外）の高屈折率層３２を第１の層とし、その表面にカーバイドを含む層の形成を模式的に示している。図１２（Ａ）および（Ｂ）は蒸着装置１００においてカーバイドを含む層（透光性薄膜）３３を形成する様子を示しており、高屈折率層３２と透光性薄膜３３との上下関係は図１１に示したレンズサンプル１０とは逆転して示されている。レンズサンプル１０上に、第１層３１、第２層３２、第３層３１、第４層３２、第５層３１、第６層３２を成膜した後、蒸着装置１００を用い、カーバイドを含む層、本例では、チタンカーバイド（典型的には、ＴｉＣであり、その他ＴｉＯＣなどを含む）を含む層３３を第７層（導電層）として形成した。

【０１３３】

具体的には、酸素ガスに代わり、二酸化炭素（CO_2）ガスを使用し、二酸化炭素（CO_2）ガス（炭酸ガス）とアルゴン（Ａｒ）ガスとの混合ガスを、二酸化炭素（CO_2）ガスの流量を１５ｓｃｃｍ、アルゴン（Ａｒ）ガスの流量を１５ｓｃｃｍとして真空容器１１０内に導入し、イオン化させ、イオンエネルギーを８００ｅＶ、イオン電流を２００ｍＡとした。これにより形成される炭酸ガスイオンビームを、第６層（TiO_2層）３２に対して照射した。炭酸ガスイオンビームの照射時間は１２０秒とした（図１２（Ａ））。

【０１３４】

このようにすることにより、第６層（TiO_2層）３２の表層域にチタンカーバイド（典型的にはＴｉＣ）が形成される（図１２（Ｂ））。すなわち、本例では、第６層３２が第１の層であり、第６の層３２の表層域のチタンカーバイド（典型的にはＴｉＣ）が形成された領域がカーバイドを含む層（透光性薄膜）３３となる。

【０１３５】

（低屈折率層）

カーバイド層３３の上に、第１層、第３層および第５層と同じ条件でSiO_2を真空蒸着し、低屈折率層（第８層）３１を成膜した。成膜レートは２．０ｎｍ／ｓｅｃとし、電子銃の加速電圧は７ｋＶ、電流は１００ｍＡとした。

【０１３６】

これらの工程において、反射防止層３の光学的性能を決める第１～第６層および第８層の層厚は、４４ｎｍ、１０ｎｍ、５７ｎｍ、３６ｎｍ、２５ｎｍ、３６ｎｍ、１０１ｎｍに管理した。カーバイド層３３の層厚は、イオン銃１１８の電圧値および電流値（第１のガスに与えるイオンエネルギーおよびイオン電流）と、炭酸ガスイオンビームの照射時間とにより管理した。第６層（３６ｎｍ）の表層部が層構造としては第７層であるカーバイド層３３となり、本例においては、その層厚は、１～５ｎｍ程度であると予想される。

【０１３７】

上述した層構造、すなわち、第１層、第３層、第５層および第８層がSiO_2層、第２層、第４層および第６層がTiO_2層、そして、最外の高屈折率層３２の表層がカーバイド層（第７層）３３である層構造を、以降、タイプＢ１の層構造と呼ぶことにする。図１３に、Ｂ１および後述するＢ２、Ｂ３－１～Ｂ３－６のタイプの反射防止層の層構造を纏めて示してある。

【０１３８】

３．１．３　防汚層

カーバイド層３３を形成した後、実施例１と同様に防汚層４を成膜した（２．１．３参

照）。

【０１３９】

３．２　実施例８（サンプルＳ８）

実施例８は、光学基材１として平面のガラス（Ｂ２７０）を用い、その表面にタイプＢ１の反射防止層３を実施例７と同じ条件で形成し、サンプルＳ８を製造した。防汚層は成膜しなかった。

【０１４０】

３．３　実施例９（サンプルＳ９）

実施例９では、実施例７と同じ条件でレンズ基材１の上にハードコート層２、タイプＢ１の反射防止層３および防汚層４を形成し、サンプルＳ９を製造した。ただし、カーバイド層（第７層）３３の形成においては、二酸化炭素（CO_2）ガス（第１の気体）とアルゴン（Ａｒ）ガスとの混合ガスを、二酸化炭素（CO_2）ガスの流量を１５ｓｃｃｍ、アルゴン（Ａｒ）ガスの流量を１５ｓｃｃｍとして真空容器１１０内に導入し、イオン化させ、イオンエネルギーを５００ｅＶ、イオン電流を２００ｍＡとした。また、TiO_2層（第６層）３２への炭酸ガスイオンビームの照射時間は１２０秒とした。

【０１４１】

３．４　実施例１０（サンプルＳ１０）

実施例１０では、光学基材１として平面のガラス（Ｂ２７０）を用い、その表面にタイプＢ１の反射防止層３を実施例９と同じ条件で形成し、サンプルＳ１０を製造した。防汚層は成膜しなかった。

【０１４２】

３．５　実施例１１（サンプルＳ１１）

実施例１１では、実施例７と同じ条件でレンズ基材１の上にハードコート層２、タイプＢ１の反射防止層３および防汚層４を形成し、サンプルＳ１１を製造した。ただし、カーバイド層（第７層）３３の形成においては、二酸化炭素（CO_2）ガス（第１の気体）を流量３０ｓｃｃｍとして真空容器１１０内に導入し、イオン化させ、イオンエネルギーを８００ｅＶ、イオン電流を１５０ｍＡとした。TiO_x層３３ａへの炭酸ガスイオンビームの照射時間は２０秒とした。

【０１４３】

３．６　実施例１２（サンプルＳ１２）

実施例１２では、光学基材１として平面のガラス（Ｂ２７０）を用い、その表面にタイプＢ１の反射防止層３を実施例１１と同じ条件で形成し、サンプルＳ１２を製造した。防汚層は成膜しなかった。

【０１４４】

３．７　比較例４、５（サンプルＲ４、Ｒ５）

上記の実施例により得られたレンズサンプルおよびガラスサンプルと比較するために、実施例７および実施例８と同様にレンズサンプルＲ４およびガラスサンプルＲ５を製造した。ただし、カーバイド層の形成（３．１．２参照）は行わなかった。すなわち、比較例４により製造されたレンズサンプルＲ４は、レンズ基材と、ハードコート層と、カーバイド層を含まないタイプＢ２の反射防止層と、防汚層とを含む。比較例５により製造されたガラスサンプルＲ５は、ガラス基材と、カーバイド層を含まないタイプＢ２の反射防止層とを含む。ガラスサンプルＲ５は、ハードコート層および防汚層は形成しなかった。タイプＢ２の反射防止層の各層の層厚は、タイプＢ１の反射防止層の各層の層厚と同じである（図１３参照）。

【０１４５】

３．８　比較例６～１１（サンプルＲ６～Ｒ１１）

上記の実施例により得られたレンズサンプルと比較するために、さらに、透明な導電層としてＩＴＯ（酸化インジウムスズ）層を備えたレンズサンプルＲ６～Ｒ１１を製造した。これらのレンズサンプルＲ６～Ｒ１１は、実施例７と同様に、レンズ基材の上にハードコート層２、反射防止層３および防汚層４を形成した。反射防止層３の低屈折率３１およ

び高屈折率３２の厚みは図１３に纏めて示す通りである。

【０１４６】

さらに、第６層（TiO_2層）の成膜後に、酸化インジウムスズ（ＩＴＯ）をイオンアシスト真空蒸着により成膜した。ＩＴＯ層の成膜の際は、電子銃の加速電圧を７ｋＶ、電流値を５０ｍＡとした。ＩＴＯ膜の酸化を促進させるために、真空容器内に毎分１５ミリリットルの酸素ガスを導入し、酸素雰囲気とした。また、イオン銃へは毎分３５ミリリットルで酸素ガスを導入し、電圧値を５００Ｖ、電流値を２５０ｍＡとして、レンズサンプルに酸素イオンビームを照射した。ＩＴＯ層の成膜レートは０．１ｎｍ／ｓｅｃとした。このように、ＩＴＯ層を含む反射防止層は８層構造になる。この８層構造で、ＩＴＯ層を含むタイプの層構造をタイプＢ３と呼ぶことにする。なお、図１３に示すように、ＩＴＯ層の層厚は、サンプルＲ６～Ｒ１１において、２．５、３．５、５、７、１０および１５ｎｍと変えた。このため、図１３においてはタイプＢ３－１～Ｂ３－６と記載して区別することにする。

【０１４７】

３．９　サンプル評価

サンプルＳ７～Ｓ１２およびＲ４～Ｒ１１について、サンプルＳ１～Ｓ６と同様に、シート抵抗、ごみの付着試験、吸収損失、耐薬品性（剥がれの発生の有無）、耐湿性（むくみの発生の有無）を測定、試験、および評価した（２．１０参照）。図１４に、反射防止層の層構造、カーバイド層（透光性薄膜）の成膜の条件とともに、上記測定および結果、上記試験および評価結果を纏めて示している。

【０１４８】

サンプルＲ４およびＲ５の測定結果が示すように、従来のレンズサンプルおよびガラスサンプルでは、シート抵抗は5×10^{13}［Ω／□］であった。反射防止層にＩＴＯ層を含めたレンズサンプルＲ６～Ｒ１１では、ＩＴＯ層の厚みに依存はするが、シート抵抗は1.5×10^{11}［Ω／□］～2×10^{13}［Ω／□］となった。

【０１４９】

これらに対し、反射防止層３の１つの層としてカーバイド層３３を形成したサンプルＳ７～Ｓ１２においては、シート抵抗が2×10^{9}［Ω／□］～1×10^{10}［Ω／□］であった。このように、サンプルＳ７～Ｓ１２においては、シート抵抗が従来のサンプルＲ４およびＲ５と比較して、３桁～４桁（10^{3}～10^{4}）程度小さくなった。すなわち、サンプルＳ７～Ｓ１２においては、従来と比較して、シート抵抗が$1/10^{3}$～$1/10^{4}$になった。また、サンプルＳ７～Ｓ１２は、サンプルＲ６～Ｒ１１と比較しても、１桁～４桁（10^{1}～10^{4}）程度小さくなった。

【０１５０】

したがって、サンプルＳ７～Ｓ１２は、上記の測定方法で測定されたシート抵抗が1×10^{11}［Ω／□］以下、さらに、1×10^{10}［Ω／□］以下であり、非常に優れた帯電防止性を備えていることがわかる。ごみの付着試験においても、カーバイド層３３を形成したサンプルＳ７～Ｓ１２の評価はすべて○であり、帯電防止効果に優れていることが確かめられた。ＩＴＯ層を形成した幾つかのサンプルＲ８～Ｒ１１は○であり、ある程度の帯電防止効果を示している。しかしながら、ＩＴＯ層を形成したサンプルＲ７は△であり、ＩＴＯ層を形成したサンプルＲ６（シート抵抗が2×10^{13}［Ω／□］）および導電的な膜（層）を何も形成していないサンプルＲ４およびＲ５（シート抵抗値が5×10^{13}［Ω／□］）はいずれも×であり、帯電防止効果が劣っていることがわかった。

【０１５１】

また、グループ（１ｂ）の各サンプルＳ８、Ｓ１０およびＳ１１においても、カーバイド層３３を形成することにより若干吸収損失が上昇する傾向がみられる。しかしながら、最大でも０．７９％程度であり、十分に透光性は高く、反射防止層３の透光性に大きな影響を与えるほど光吸収損失は増加していない。したがって、カーバイド層３３を含む層構造Ｂ１の反射防止層３を備えたレンズ１０は、眼鏡用のレンズとして十分に使用できる。

【０１５２】

耐薬品性においては、図１４に示すようにカーバイド層３３を含むサンプルＳ７～Ｓ１２の評価はすべて○であり、日常的に用いられる環境において、優れた耐薬品性を示した。一方、ＩＴＯ層を成膜したサンプルＲ６～Ｒ１１の評価はすべて×であり、ＩＴＯ層を成膜することによりサンプルの耐薬品性が低下することがわかる。

【０１５３】

むくみの発生（耐湿性）の評価においては、図１４に示すようにカーバイド層３３を含むサンプルＳ７～Ｓ１２についてはむくみの発生は観測されず、すぐれた耐湿性を示した。一方、ＩＴＯ層を成膜したサンプルＲ６～Ｒ１１については、ＩＴＯ層の層厚が厚くなるとむくみの発生がみられた。これは、ＩＴＯ層を成膜することによりサンプルの耐湿性が低下する可能性があることを示している。

【０１５４】

３．１０　考察

以上の各測定結果および評価より、タイプＢ１の反射防止層３を有するグループ（１ｂ）のサンプルＳ７～Ｓ１２についても、タイプＡ１の反射防止層３を有するグループ（１ａ）のサンプルＳ１～Ｓ６と同様に、シート抵抗が大幅に低下し、その一方で、耐薬品性および耐湿性の劣化はないものであることが確認できた。したがって、反射防止層３のタイプに限らず、予め設けられた遷移金属酸化物層（上記の例では高屈折率層３２）の表面に第１の気体（炭酸ガス）をイオン化して照射する方法（第１の方法）によりカーバイド層３３を設けることにより帯電防止などの特性を持ち、さらに、耐久性の良い光学物品を提供できる。

【０１５５】

４．　第１の方法による有機系の反射防止層を備えたサンプルの製造

４．１　実施例１３（サンプルＳ１３）

有機系の反射防止層３Ａを備えたサンプルを製造した。以下に詳述するが、有機系の層３５の表面にTiO_xを遷移金属酸化物薄膜として積層（形成）し、TiO_xの薄膜に炭酸ガス（二酸化炭素の気体）を第１の気体として使用し、炭酸ガスをイオン化して照射する第１の方法により有機系の層３５の表面に透光性薄膜３３を形成している。有機系の反射防止層３Ａに、第１の気体（炭酸ガス）をイオン化して照射する第１の方法により透光性薄膜３３を導入したサンプルのグループをグループ（１ｃ）と呼ぶ。図１５に、有機系の反射防止層３５を備えたサンプルＳ１３の概略構成を示している。

【０１５６】

４．１．１　レンズ基材の選択およびハードコート層の成膜

上記の実施例１と同様のレンズ基材１を選択した。そして、上記の実施例１と同様にして、レンズ基材１の上にハードコート層２を形成した（２．１．１参照）。

【０１５７】

４．１．２　反射防止層

上記ハードコート層２の表面に、有機系の層３５とカーバイド層３３とを含む反射防止層３Ａを形成した。

【０１５８】

（有機系の層（有機系の反射防止層）３５）

化学式$(CH_3O)_3Si-C_2H_4-C_6F_{12}-C_2H_4-Si(OCH_3)_3$で表されるフッ素含有シラン化合物４７．８重量部（０．０８モル）に、有機溶剤としてメタノール３１２．４重量部、フッ素を含有しないシラン化合物であるγ－グリシドキシプロピルトリメトキシシラン４．７重量部（０．０２モル）を加え、さらに０．１規定の塩酸水溶液３６重量部を加えて混合した。その後、設定温度が２５℃の恒温槽内で２時間攪拌して、固形分比率が１０重量％のシリコンレジンを得た。

【０１５９】

このシリコンレジンに、内部に空洞を有するシリカ微粒子として、中空シリカ－イソプロパノール分散ゾル（触媒化成工業（株）製、固形分比率：２０重量％、平均粒子径：３５ｎｍ、外殻厚み：８ｎｍ）を、シリコンレジンと中空シリカとの固形分比率が７０：３

０となるように配合した。さらに、分散媒として、プロピレングリコールモノメチルエーテル９３５重量部を加えて希釈し、固形分が３重量％の組成物を得た。

【０１６０】

そして、この組成物に、アルミニウム（Ａｌ（III））を中心金属とする金属錯塩として、アルミニウムのアセチルアセトン（Ａｌ（ａｃａｃ）$_3$）を、最終組成物（有機系反射防止層を形成するコーティング組成物）に対する固形分比率が３重量％となるように加えた後、４時間攪拌した。これにより、有機系反射防止層を形成するコーティング組成物としての反射防止処理液を得た。

【０１６１】

ハードコート層２が形成されたレンズサンプル１０を、大気プラズマによりプラズマ処理した。その後、上記で得られた反射防止処理液を、ハードコート層２の表面に、乾燥層厚が８５ｎｍとなるように、スピナー法を用いて塗布した。そして、温度１２５℃に保たれた恒温槽内に２時間投入して、塗布された反射防止処理液の硬化を行った。これにより、ハードコート層２の上に有機系反射防止層３５を形成した。

【０１６２】

（カーバイド層）

有機系反射防止層３５を成膜後、上記蒸着装置１００を用いて、イオンアシスト蒸着ではなく、通常の真空蒸着工程により、有機系反射防止層３５上に厚さ２ｎｍ程度のＴｉO_X層を作り、さらに、このＴｉO_X層に炭酸ガスイオンビームを照射し、導電性の高い光透性薄膜３３を形成した。

【０１６３】

詳しくは、二酸化炭素（CO_2）ガス（第１の気体）を流量３０ｓｃｃｍで真空容器１１０内に導入し、イオン化させ、イオンエネルギーを５００ｅＶ、イオン電流を２００ｍＡとした。これにより生成された炭酸ガスイオンビームを、有機系反射防止層３５の表面に成膜したＴｉO_X層に６０秒照射した。このようにすることにより、ＴｉO_X層中にチタンカーバイド（典型的にはＴｉＣ）が形成される。

【０１６４】

４．１．３　防汚層

カーバイド層３３を形成した後、実施例１と同様に防汚層４を成膜した（２．１．３参照）。

【０１６５】

このようにして、プラスチック基材１、ハードコート層２、有機系反射防止層３５およびカーバイド層３３を含む反射防止層３Ａ、さらに防汚層４を有するレンズサンプルＳ１３を製造した。

【０１６６】

４．２　サンプルの評価

サンプルＳ１３について、上記実施例と同様に、シート抵抗、ごみの付着試験、耐薬品性（剥がれの発生の有無）、耐湿性（むくみの発生の有無）を測定、試験、および評価した（２．１０参照）。図１６に、反射防止層の層構造、カーバイド層（透光性薄膜）の成膜の条件とともに、上記測定および結果、上記試験および評価結果を纏めて示している。

【０１６７】

シート抵抗の測定値は、2×10^{11}［Ω／□］であり、優れた帯電防止性能が得られた。また、耐薬品性は○であり、日常的に用いられる環境において、優れた耐薬品性を示した。むくみの発生は観測されず、すぐれた耐湿性を示した。

【０１６８】

４．３　考察

以上の各測定結果および評価より、有機系反射防止層３５を備える反射防止層３Ａにおいても、予め遷移金属酸化物層（上記の例では、事前に追加されたＴｉO_X層）に第１の気体（炭酸ガス）をイオン化して照射する方法（第１の方法）により、有機系の反射防止層３Ａにおいても導電性のカーバイド層３３を形成することができ、それによりシート抵

抗を下げられることがわかった。その一方で、耐薬品性および耐湿性の劣化もないことがわかった。これにより、サンプルＳ１３は、帯電防止などの特性を持ち、さらに、耐久性の良い光学物品であることがわかった。

【０１６９】

このように、無機系の層に限らず、有機系の層においても、カーバイド層３３を設けることにより、優れた帯電防止性能および電磁波遮断性能と、耐久性とを備えた光学物品を提供できる。

【０１７０】

５．　第２の方法によるSiO_2－ZrO_2系の反射防止層を備えたサンプルの製造

上記の例とは異なり、TiO_2を遷移金属酸化物の蒸着源とし、炭酸ガスを第１の気体として蒸着の際のイオンアシストガスとして用い、最上（最外）の高屈折率層３２を第１の層として、その表面に透光性薄膜を形成する方法（第２の方法）により、低屈折率層３１としてSiO_2層、高屈折率層３２としてZrO_2層を採用したタイプＡ１の反射防止層３を備えたサンプルを製造した。SiO_2－ZrO_2系の反射防止層３の１つの層３２の上に、第１の気体（炭酸ガス）をイオン化してイオンアシストガスとして用い、カーバイド層を生成する方法（第２の方法）により透光性薄膜３３を導入したサンプルのグループをグループ（２ａ）と呼ぶ。

【０１７１】

５．１　実施例１４（サンプルＳ１４）

５．１．１　レンズ基材の選択およびハードコート層の成膜

上記の実施例１と同様にレンズ基材１を選択し、上記の実施例１と同様にして、レンズ基材１の上にハードコート層２を形成した（２．１．１参照）。

【０１７２】

５．１．２　反射防止層の成膜

ハードコート層２の上に、タイプＡ１の反射防止層３を成膜した。すなわち、実施例１と同じ条件（２．１．２．２）で、第１層および第３層の低屈折率層３１と、第２層および第４層の高屈折率層３２を成膜した。

【０１７３】

（カーバイドを含む層（透光性薄膜））

さらに、最外の高屈折率層３２を第１の層として、その表面（表層）にカーバイドを含む層３３を成膜した。

【０１７４】

図１７（Ａ）および（Ｂ）は、カーバイドを含む層３３を形成する模式的に示している。図１７（Ａ）および（Ｂ）は蒸着装置１００においてカーバイドを含む層（透光性薄膜）３３を形成する様子を示しており、高屈折率層３２と透光性薄膜３３との上下関係は図１に示したレンズサンプル１０とは逆転して示されている。したがって、レンズサンプル１０上に、第１層３１、第２層３２、第３層３１および第４層３２を成膜した後、蒸着装置１００を用い、カーバイド層（チタンカーバイドを含む層）３３を第５層（導電層、透光性薄膜）として成膜する様子を示している。

【０１７５】

カーバイド層３３は、次のようにして成膜した。酸化チタンTiO_2の焼結体材料を蒸着源とし、これに熱電子を照射して蒸発させ、蒸発させた酸化チタンを、炭酸ガスイオンビームを用いて、第４層３２の上にイオンアシスト蒸着した（図１７（Ａ））。蒸着源はTiO_x（$0<X\leqq 2$）であってもよい。炭酸ガスイオンビームは、二酸化炭素（CO_2）ガス（第１の気体）とアルゴン（Ａｒ）ガスとの混合ガスを、二酸化炭素ガスの流量を１５ｓｃｃｍ、アルゴンガスの流量を１５ｓｃｃｍとして真空容器１１０内に導入した。蒸着装置１００のイオン化させ、イオンエネルギーを８００ｅＶ、イオン電流を２００ｍＡとした。

【０１７６】

炭酸ガスイオンビームをイオンアシストに用いることにより、CO_2、ＣＯ、およびＣ

を含む炭酸ガスイオンがTiO_2またはTiO_xとともに基層（第１の層）となる高屈折率の第４層３２に積層される。このため、TiO_2またはTiO_xに含まれるチタン（Ｔｉ）原子と、炭酸ガスイオンビームに含まれる炭素（Ｃ）原子とによって、第４層３２の上にチタンカーバイド（典型的にはＴｉＣ）を含む層（カーバイド層）３３が形成される（図１７（Ｂ））。本例では、層厚が７．２ｎｍのカーバイド層３３を形成した。

【０１７７】

さらに、カーバイド層３３の上に、第６層として、第１および第３層と同様の条件で、SiO_2層（低屈折率層３１）を成膜した。

【０１７８】

これらの工程において、タイプＡ１の反射防止層３を形成するため、光学的性能を主に決める第１～第４層および第６層の層厚は、それぞれ、１５０ｎｍ、３０ｎｍ、２１ｎｍ、５５ｎｍ、８５ｎｍに管理した。第４層３２の表層を形成するカーバイド層（第５層）３３の厚みは、適当な導電性を得るために変えることができ、このサンプルＳ１４においては厚みを７．２ｎｍとした。

【０１７９】

５．１．３　防汚層の成膜

反射防止層３を形成した後、実施例１と同様に防汚層４を成膜した（２．１．３参照）。

【０１８０】

このようにして、プラスチック基材１、ハードコート層２、タイプＡ１の反射防止層３、防汚層４を有するレンズサンプルＳ１４を得た。

【０１８１】

５．２　実施例１５（サンプルＳ１５）

実施例１５では、光学基材１として平面のガラス（Ｂ２７０）を用い、その表面にタイプＡ１の反射防止層３を実施例１４と同じ条件で形成し、サンプルＳ１５を製造した。防汚層は成膜しなかった。

【０１８２】

５．３　実施例１６（サンプルＳ１６）

実施例１６では、実施例１４と同じ条件で、レンズ基材１の上にハードコート層２、タイプＡ１の反射防止層３、および防汚層４を形成し、サンプルＳ１６を製造した。ただし、カーバイド層（第５層）３３の成膜において、実施例１４と同じ条件（５．１．２）で層厚を５．０ｎｍとした。

【０１８３】

５．４　実施例１７（サンプルＳ１７）

実施例１７では、光学基材１として平面のガラス（Ｂ２７０）を用い、その表面にタイプＡ１の反射防止層３を実施例１６と同じ条件で形成し、サンプルＳ１７を製造した。防汚層は成膜しなかった。

【０１８４】

５．５　実施例１８（サンプルＳ１８）

実施例１８では、実施例１４と同じ条件で、レンズ基材１の上にハードコート層２、タイプＡ１の反射防止層３、および防汚層４を形成し、サンプルＳ１８を製造した。ただし、カーバイド層（第５層）３３の成膜においては、二酸化炭素（CO_2）ガス（第１の気体）を３０ｓｃｃｍで真空容器１１０内に導入し、イオン化させ、イオンエネルギーを８００ｅＶ、イオン電流を１５０ｍＡとし、炭酸ガスイオンビームを生じさせた。その他は、実施例１４と同じ条件（５．１．２）で、カーバイド層３３の層厚を７．２ｎｍに設定した。

【０１８５】

５．６　実施例１９（サンプルＳ１９）

実施例１９では、光学基材１として平面のガラス（Ｂ２７０）を用い、その表面にタイプＡ１の反射防止層３を実施例１８と同じ条件で形成し、サンプルＳ１９を製造した。防

汚層は成膜しなかった。

【０１８６】

５．７　実施例２０（サンプルＳ２０）

実施例２０では、実施例１４と同じ条件で、レンズ基材１の上にハードコート層２、タイプＡ１の反射防止層３、および防汚層４を形成し、サンプルＳ２０を製造した。ただし、カーバイド層（第５層）３３の成膜においては、二酸化炭素（CO_2）ガス（第１の気体）を３０ｓｃｃｍで真空容器１１０内に導入し、イオン化させ、イオンエネルギーを１０００ｅＶ、イオン電流を２００ｍＡとした。その他は、実施例１４と同じ条件（５．１．２）とした。カーバイド層３３の層厚は７．２ｎｍに設定した。

【０１８７】

５．８　実施例２１（サンプルＳ２１）

実施例２１は、光学基材１として平面のガラス（Ｂ２７０）を用い、その表面にタイプＡ１の反射防止層３を実施例２０と同じ条件で形成し、サンプルＳ２１を製造した。防汚層は成膜しなかった。

【０１８８】

５．９　実施例２２（サンプルＳ２２）

実施例２２では、実施例１４と同じ条件で、レンズ基材１の上にハードコート層２、タイプＡ１の反射防止層３、および防汚層４を形成し、サンプルＳ２２を製造した。ただし、カーバイド層（第５層）３３の成膜においては、二酸化炭素（CO_2）ガス（第１の気体）を３０ｓｃｃｍで真空容器１１０内に導入し、イオン化させ、イオンエネルギーを１０００ｅＶ、イオン電流を２００ｍＡとし、炭酸ガスイオンビームを照射した。その他は、実施例１４と同じ条件（５．１．２）とした。カーバイド層３３の層厚は、１０ｎｍに設定した。

【０１８９】

５．１０　実施例２３（サンプルＳ２３）

実施例２３では、光学基材１として平面のガラス（Ｂ２７０）を用い、その表面にタイプＡ１の反射防止層３を実施例２２と同じ条件で形成し、サンプルＳ２３を製造した。

【０１９０】

５．１１　実施例２４（サンプルＳ２４）

実施例２４では、実施例１４と同じ条件で、レンズ基材１の上にハードコート層２、タイプＡ１の反射防止層３、および防汚層４を形成し、サンプルＳ２４を製造した。ただし、カーバイド層（第５層）３３の成膜においては、二酸化炭素（CO_2）ガス（第１の気体）とアルゴン（Ａｒ）ガスとの混合ガスを、二酸化炭素ガスの流量を１５ｓｃｃｍ、アルゴンガスの流量を１５ｓｃｃｍとして真空容器１１０内に導入し、この混合ガスのイオン化させ、イオンエネルギーを１０００ｅＶ、イオン電流を２００ｍＡとし、炭酸ガスイオンビームを照射した。その他は、実施例１４と同じ条件（５．１．２）とした。カーバイド層３３の層厚は１０ｎｍに設定した。

【０１９１】

５．１２　実施例２５（サンプルＳ２５）

実施例２５は、光学基材１として平面のガラス（Ｂ２７０）を用い、その表面にタイプＡ１の反射防止層３を実施例２４と同じ条件で形成し、サンプルＳ２５を製造した。防汚層は成膜しなかった。

【０１９２】

５．１３　サンプル評価

上記２．１０で説明したのと同様に、サンプルＳ１４～Ｓ２５について、シート抵抗、ごみの付着試験、吸収損失、耐薬品性（剥がれの発生の有無）、耐湿性（むくみの発生の有無）を測定、試験、および評価した。図１８および図１９に、反射防止層の層構造、カーバイド層（透光性薄膜）の成膜の条件とともに、上記測定および結果、上記試験および評価結果を纏めて示している。

【０１９３】

反射防止層３の１つの層３２の表面にカーバイド層３３を形成したサンプルＳ１４～Ｓ２５においては、シート抵抗が２×１０^{8}［Ω／□］～２×１０^{10}［Ω／□］であった。これらのサンプルＳ１４～Ｓ２５において、シート抵抗は、カーバイド層３３の層厚が厚いほど小さくなる傾向がある。カーバイド層３３の層厚が同じであれば、二酸化炭素とともにアルゴンガスを導入したサンプルの方が、シート抵抗が小さくなる傾向がある。

【０１９４】

図５に示したサンプルＲ１～Ｒ３との比較は、サンプルＳ１４～Ｓ２５において、シート抵抗が２桁～６桁（１０^{2}～１０^{6}）程度小さくなった。すなわち、サンプルＳ１４～Ｓ２５においては、サンプルＲ１～Ｒ３と比較して、シート抵抗が１／１０^{2}～１／１０^{6}になった。このように、カーバイド層３３を形成することによって導電性が得られ、サンプル表面の抵抗を大幅に低下できることがわかった。

【０１９５】

また、これらのサンプルＳ１４～Ｓ２５は、上記の測定方法で測定されたシート抵抗が１×１０^{11}［Ω／□］以下、さらに、１×１０^{10}［Ω／□］以下であり、非常に優れた帯電防止性および電磁遮蔽効果を備えていることがわかる。したがって、サンプルＳ１４、Ｓ１６、Ｓ１８、Ｓ２０、Ｓ２２、Ｓ２４は、それぞれ、眼鏡用のレンズとして好適であり、良好な帯電防止効果および電磁遮蔽効果があると言える。

【０１９６】

帯電防止効果は、ごみの付着試験で、図１８および図１９に示すように、サンプルＳ１４～Ｓ２５の評価はすべて○であることにより確認できた。また、図１８および図１９に示すように、カーバイド層３３を形成することにより若干吸収損失が上昇する傾向がみられる。しかしながら、最大でも１．７％程度であり、十分に透光性は高く、反射防止層３の透光性に大きな影響を与えるほど光吸収損失は増加していない。したがって、眼鏡用のレンズとして十分に使用できる。たとえば、帯電防止および透光性の双方をメリットという点を考慮するのであれば、サンプルＳ１９は十分にシート抵抗が小さく、吸収損失も０．３６％と小さいサンプルである。

【０１９７】

耐薬品性においては、図１８および図１９に示すように、サンプルＳ１４～Ｓ２５の評価はすべて○であり、日常的に用いられる環境において、優れた耐薬品性を示した。また、むくみの発生（耐湿性）の評価においても、図１８および図１９に示すように、サンプルＳ１４～Ｓ２５についてはむくみの発生は観測されず、すぐれた耐湿性を示した。

【０１９８】

５．１４　考察

以上の各測定結果および評価より、サンプルＳ１４～Ｓ２５については、サンプルＳ１～Ｓ１３と同様に、シート抵抗が大幅に低下し、その一方で、耐薬品性および耐湿性の劣化はないことがわかった。すなわち、反射防止層３の１つの層３２の上に、蒸着源として遷移金属酸化物を用い、第１の気体（炭酸ガス）をイオン化してイオンアシストガスとしてイオンアシスト蒸着する方法（第２の方法）で、導電性のカーバイド層３３を形成することができ、従来とほぼ同等の吸収損失で透光性であり（透明であり）、良好な耐久性を有し、しかも、帯電防止性能および電磁波遮蔽性能の優れた光学物品を提供できることが分かった。

【０１９９】

６．　第２の方法によるSiO_2－TiO_2系の反射防止層を備えたサンプルの製造

TiO_2を遷移金属酸化物の蒸着源とし、炭酸ガスを第１の気体として蒸着の際のイオンアシストガスとして用い、最上（最外）の高屈折率層３２を第１の層として、その表面に透光性薄膜を形成する方法（第２の方法）により、低屈折率層３１としてSiO_2層、高屈折率層３２としてTiO_2層を採用したタイプＢ１の反射防止層３を備えたサンプルを製造した。SiO_2－TiO_2系の反射防止層３に、イオン化してイオンアシストガスとして用い、カーバイド層を生成する方法（第２の方法）により透光性薄膜３３を導入したサンプルのグループをグループ（２ｂ）と呼ぶ。

【０２００】
６．１　実施例２６（サンプルＳ２６）
上記の実施例７と同様にレンズ基材１の上にハードコート層２、タイプＢ１の反射防止層３、および防汚層４を成膜した。ただし、レンズサンプル１０上に、低屈折率の第１層３１、高屈折率の第２層３２、低屈折率の第３層３１、高屈折率の第４層３２、低屈折率の第５層３１、高屈折率の第６層３２を成膜した後、蒸着装置１００を用い、第６層３２の表面にカーバイド層（チタンカーバイドを含む層）３３を第７層（透光性薄膜、導電層）として成膜した。
【０２０１】
カーバイド層３３の成膜方法は、実施例１４と同様であり、酸化チタンTiO_2の焼結体材料を蒸着源とし、これに熱電子を照射して蒸発させ、蒸発させた酸化チタンを、炭酸ガスイオンビームを用いて、第４層３２の上にイオンアシスト蒸着した（図１７（Ａ））。蒸着源はTiO_x（０＜Ｘ≦２）であってもよい。炭酸ガスイオンビームは、二酸化炭素（CO_2）ガス（第１の気体）とアルゴン（Ａｒ）ガスとの混合ガスを、二酸化炭素ガスの流量を１５ｓｃｃｍ、アルゴンガスの流量を１５ｓｃｃｍとして真空容器１１０内に導入した。蒸着装置１００のイオン化させ、イオンエネルギーを８００ｅＶ、イオン電流を２００ｍＡとした。本例では、第６層３２の層厚と第７層３３の層厚との合計がおおよそ３６ｎｍとなるように、第６層の層厚を２９ｎｍ、第７層３３の層厚を７．２ｎｍに設定した（図２１参照）。
【０２０２】
なお、実施例７と同様に、カーバイド層３３の上に、第１層、第３層および第５層と同じ条件でSiO_2を真空蒸着し、低屈折率層（第８層）３１を成膜した。
【０２０３】
これらの工程において、タイプＢ１の反射防止層３を形成するため、第１～第５、第６および第７層の合計厚み、および第８層の層厚を、それぞれ、４４ｎｍ、１０ｎｍ、５７ｎｍ、３６ｎｍ、２５ｎｍ、３６ｎｍ、１０１ｎｍに管理した。
【０２０４】
６．２　実施例２７（サンプルＳ２７）
実施例２７では、光学基材１として平面のガラス（Ｂ２７０）を用い、その表面にタイプＢ１の反射防止層３を実施例２６と同じ条件で形成し、サンプルＳ２７を製造した。防汚層は成膜しなかった。
【０２０５】
６．３　実施例２８（サンプルＳ２８）
実施例２８では、実施例２６と同じ条件で、レンズ基材１の上にハードコート層２、タイプＢ１の反射防止層３、および防汚層４を形成し、サンプルＳ２８を製造した。ただし、第６層３２の層厚は３１ｎｍとし、カーバイド層（第７層）３３を実施例２６と同じ条件で行い、層厚は５．０ｎｍとした。
【０２０６】
６．４　実施例２９（サンプルＳ２９）
実施例２９は、光学基材１として平面のガラス（Ｂ２７０）を用い、その表面にタイプＢ１の反射防止層３を実施例２８と同じ条件で形成し、サンプルＳ２９を製造した。防汚層は成膜しなかった。
【０２０７】
６．５　実施例３０（サンプルＳ３０）
実施例３０では、実施例２６と同じ条件で、レンズ基材１の上にハードコート層２、タイプＢ１の反射防止層３、および防汚層４を形成し、サンプルＳ３０を製造した。ただし、第６層３２の層厚は２９ｎｍとし、カーバイド層３３の層厚は７．２ｎｍとした。また、カーバイド層（第７層）３３の成膜においては、二酸化炭素（CO_2）ガス（第１の気体）を３０ｓｃｃｍで真空容器１１０内に導入し、イオン化させ、イオンエネルギーを８００ｅＶ、イオン電流を１５０ｍＡとし、炭酸ガスイオンビームを照射した。その他は、

実施例２６と同じ条件とした。

【０２０８】

６．６　実施例３１（サンプルＳ３１）

実施例３１では、光学基材１として平面のガラス（Ｂ２７０）を用い、その表面にタイプＢ１の反射防止層３を実施例３０と同じ条件で形成し、サンプルＳ３１を製造した。

【０２０９】

６．７　実施例３２（サンプルＳ３２）

実施例３２では、実施例２６と同じ条件で、レンズ基材１の上にハードコート層２、タイプＢ１の反射防止層３、および防汚層４を形成し、サンプルＳ３２を製造した。ただし、第６層３２の層厚は２９ｎｍとし、カーバイド層３３の層厚は７．２ｎｍとした。カーバイド層（第７層）３３の成膜においては、二酸化炭素（CO_2）ガス（第１の気体）を３０ｓｃｃｍで真空容器１１０内に導入し、イオン化させ、イオンエネルギーを１０００ｅＶ、イオン電流を２００ｍＡに設定し、炭酸ガスイオンビームを照射した。その他は、実施例２６と同じ条件とした。

【０２１０】

６．８　実施例３３（サンプルＳ３３）

実施例３３は、光学基材１として平面のガラス（Ｂ２７０）を用い、その表面にタイプＢ１の反射防止層３を実施例３２と同じ条件で形成し、サンプルＳ３３を製造した。防汚層は成膜しなかった。

【０２１１】

６．９　実施例３４（サンプルＳ３４）

実施例３４では、実施例２６と同じ条件で、レンズ基材１の上にハードコート層２、タイプＢ１の反射防止層３、および防汚層４を形成し、サンプルＳ３４を製造した。ただし、第６層３２の層厚は２６ｎｍとし、カーバイド層３３の層厚は１０．０ｎｍとした。カーバイド層（第７層）３３の成膜においては、二酸化炭素（CO_2）ガス（第１の気体）を３０ｓｃｃｍで真空容器１１０内に導入し、イオン化させ、イオンエネルギーを１０００ｅＶ、イオン電流を２００ｍＡに設定し、炭酸ガスイオンビームを照射した。その他は、実施例２６と同じ条件とした。

【０２１２】

６．１０　実施例３５（サンプルＳ３５）

実施例３５では、光学基材１として平面のガラス（Ｂ２７０）を用い、その表面にタイプＢ１の反射防止層３を実施例３４と同じ条件で形成し、サンプルＳ３５を製造した。

【０２１３】

６．１１　実施例３６（サンプルＳ３６）

実施例３６では、実施例２６と同じ条件で、レンズ基材１の上にハードコート層２、タイプＢ１の反射防止層３、および防汚層４を形成し、サンプルＳ３６を製造した。ただし、第６層３２の層厚は２６ｎｍとし、カーバイド層３３の層厚は１０．０ｎｍとした。また、カーバイド層（第７層）３３の成膜においては、二酸化炭素（CO_2）ガス（第１の気体）とアルゴン（Ａｒ）ガスとの混合ガスを、二酸化炭素ガスの流量を１５ｓｃｃｍ、アルゴンガスの流量を１５ｓｃｃｍとして真空容器１１０内に導入し、この混合ガスのイオン化させ、イオンエネルギーを１０００ｅＶ、イオン電流を２００ｍＡとし、炭酸ガスイオンビームを照射した。その他は、実施例２６と同じ条件とした。

【０２１４】

６．１２　実施例３７（サンプルＳ３７）

実施例３７では、光学基材１として平面のガラス（Ｂ２７０）を用い、その表面にタイプＢ１の反射防止層３を実施例３６と同じ条件で形成し、サンプルＳ３７を製造した。防汚層は成膜しなかった。

【０２１５】

６．１３　サンプル評価

サンプルＳ２６～Ｓ３７について、上記２．１０において説明した方法により、シート

抵抗、ごみの付着試験、吸収損失、耐薬品性（剥がれの発生の有無）、耐湿性（むくみの発生の有無）を測定、試験、および評価した。図２０および図２１に、反射防止層の層構造、カーバイド層（透光性薄膜）の成膜の条件とともに、上記測定および結果、上記試験および評価結果を纏めて示している。

【０２１６】

反射防止層３の１つの層３２の表面にカーバイド層３３を形成したサンプルＳ２６～Ｓ３７においては、シート抵抗が２×１０^{8}［Ω／□］～２×１０^{10}［Ω／□］であった。なお、サンプルＳ２６～Ｓ３７において、シート抵抗は、カーバイド層３３の層厚が厚いほど小さくなる傾向がある。カーバイド層３３の層厚が同じであれば、二酸化炭素とともにアルゴンガスを導入したサンプルの方が、シート抵抗が小さくなる傾向がある。

【０２１７】

このように、サンプルＳ２６～Ｓ３７においては、図１４に示したサンプルＲ４～Ｒ１１と比較して、シート抵抗が１桁～５桁（１０^{1}～１０^{5}）程度小さくなった。すなわち、サンプルＳ２６～Ｓ３７においては、サンプルＲ４～Ｒ１１と比較して、シート抵抗が１／１０^{1}～１／１０^{5}になった。このように、カーバイド層３３を形成することによって大幅にシート抵抗を低下できることがわかった。また、サンプルＳ２６～Ｓ３７は、上記の測定方法で測定されたシート抵抗が１×１０^{11}［Ω／□］以下、さらに、１×１０^{10}［Ω／□］以下であり、非常に優れた帯電防止性および電磁波遮蔽効果を備えていることがわかる。したがって、サンプルＳ２６、Ｓ２８、Ｓ３０、Ｓ３２、Ｓ３４、Ｓ３６は、それぞれ、眼鏡用のレンズとして好適であり、良好な帯電防止効果および電磁遮蔽効果があると言える。

【０２１８】

ごみの付着試験においても、図２０および図２１に示すように、サンプルＳ２６～Ｓ３７の評価はすべて○であり、帯電防止効果に優れていることが確認できた。また、図２０および図２１に示すように、カーバイド層３３を形成することにより若干吸収損失が上昇する傾向がみられる。しかしながら、最大でも１．７％程度であり、十分に透光性は高く、反射防止層３の透光性に大きな影響を与えるほど光吸収損失は増加していない。したがって、眼鏡用のレンズとして十分に使用できる。

【０２１９】

耐薬品性においては、図２０および図２１に示すように、サンプルＳ２６～Ｓ３７の評価はすべて○であり、日常的に用いられる環境において、優れた耐薬品性を示した。また、むくみの発生（耐湿性）の評価においては、図２０および図２１に示すように、サンプルＳ２６～Ｓ３７についてはむくみの発生は観測されず、すぐれた耐湿性を示した。

【０２２０】

６．１４　考察

以上の各測定結果および評価より、サンプルＳ２６～Ｓ３７では、サンプルＳ１～Ｓ２５と同様に、シート抵抗が大幅に低下することが認められ、その一方で、耐薬品性および耐湿性の劣化はないことがわかった。したがって、異なる系の反射防止層３においても、その１つの層３２の上に、蒸着源として遷移金属酸化物を用い、第１の気体（炭酸ガス）をイオン化してイオンアシストガスとしてイオンアシスト蒸着する方法（第２の方法）により導電性のカーバイド層３３を形成することができることが分かった。そして、従来とほぼ同等の吸収損失で透光性であり（透明であり）、良好な耐久性を有し、しかも、帯電防止性能および電磁波遮蔽性能の優れた光学物品を提供できることがわかった。また、上記２．１１で説明したように、炭素、ケイ素、ゲルマニウムを含む他の第１の気体を用いたイオンアシスト法により、カーバイド、シリサイドまたはゲルマニドを形成する遷移金属酸化物層を蒸着させることにより、上記と同様に帯電防止性能および電磁波遮蔽性能の優れた光学物品を提供できると考えられる。

【０２２１】

７．　第２の方法による有機系の反射防止層を備えたサンプルの製造

７．１　実施例３８（サンプルＳ３８）

有機系の反射防止層３Ａを備えたサンプルを製造した。以下に詳述するが、有機系の層３５の表面にTiO_2を遷移金属酸化物の蒸着源とし、炭酸ガスを第１の気体として蒸着の際のイオンアシストガスとして用い、有機系の層３５を第１の層として、その表面に透光性薄膜を形成する方法（第２の方法）により、透光性薄膜３３を形成している。有機系の反射防止層３Ａに、第１の気体（炭酸ガス）をイオン化してイオンアシストガスとして用い、カーバイド層を生成する方法（第２の方法）により透光性薄膜３３を導入したサンプルのグループをグループ（２ｃ）と呼ぶ。

【０２２２】

図２２に、本実施形態の典型的なレンズの構成のさらに他の例を、基材を中心とした一方の面の側の断面図により示している。

【０２２３】

まず、実施例１４（５．１参照）と同様にレンズ基材１の上にハードコート層２を成膜し、そのハードコート層２の表面に、有機系の層３５を形成した。なお、有機系反射防止層３５の層厚は８０ｎｍとした。

【０２２４】

（保護層）

有機系反射防止層３５は、中空シリカをバインダー（樹脂）で固めた構造である。このため、イオンビームを直接照射すると、中空シリカおよび／またはバインダーが破壊されるおそれがある。したがって、本例では、有機系反射防止層３５の上に、層厚５ｎｍの保護層（SiO_2層）３９を成膜した。

【０２２５】

保護層（SiO_2層）３９は、イオンアシストは行わず、真空蒸着により成膜した。成膜レートは２．０ｎｍ／ｓｅｃとし、電子銃の加速電圧は７ｋＶ、電流は１００ｍＡとした。

【０２２６】

（カーバイド層）

保護層３９を成膜後、上記蒸着装置１００を用いて、カーバイド層３３を成膜した。カーバイド層３３は、次のようにして成膜した。酸化チタンTiO_2の焼結体材料を蒸着源とし、これに熱電子を照射して蒸発させ、蒸発させた酸化チタンを、炭酸ガスイオンビームを用いて、保護層３９の上にイオンアシスト蒸着した。蒸着源はTiO_x（$0<X\leqq 2$）であってもよい。炭酸ガスイオンビームは、二酸化炭素（CO_2）ガスを３０ｓｃｃｍで真空容器１１０内に導入し、イオン化させ、イオンエネルギーを５００ｅＶ、イオン電流を２００ｍＡとし、炭酸ガスイオンビームを照射した。このようにすることにより、TiO_xに含まれるチタン（Ｔｉ）原子と、炭酸ガスイオンビームに含まれる炭素（Ｃ）原子とにより、保護層３９の上にチタンカーバイド（典型的にはＴｉＣ）を含む層（カーバイド層）３３が形成される。本例では、カーバイド層３３は、層厚が２ｎｍとなるように設定した。

【０２２７】

さらに、カーバイド層３３を形成した後、実施例１と同様に防汚層４を成膜した（２．１．３参照）。このようにして、プラスチック基材１、ハードコート層２、有機系反射防止層３５、保護層３９、およびカーバイド層３３を含む反射防止層３Ａ、防汚層４を有するレンズサンプルＳ３８を得た。

【０２２８】

７．２　サンプルの評価

サンプルＳ３８について、上記２．１０と同様の方法で、シート抵抗、ごみの付着試験、耐薬品性（剥がれの発生の有無）、耐湿性（むくみの発生の有無）を測定、試験、および評価した。図２３に、反射防止層の層構造、カーバイド層（透光性薄膜）の成膜の条件とともに、上記測定および結果、上記試験および評価結果を纏めて示している。

【０２２９】

シート抵抗の測定値は、1×10^{11}［Ω／□］であり、優れた帯電防止性能が得られた

。また、耐薬品性は○であり、日常的に用いられる環境において、優れた耐薬品性を示した。むくみの発生は観測されず、すぐれた耐湿性を示した。

【０２３０】

７．３　考察

以上の各測定結果および評価より、有機系反射防止層３５を備える反射防止層３Ａにおいても、第１の気体（炭酸ガス）をイオン化してイオンアシストガスとして用い、蒸着源に遷移金属酸化物を用いる方法（第２の方法）により、導電性のカーバイド層３３を設けられることがわかった。そして、この方法により、シート抵抗を下げることができ、その一方で、耐薬品性および耐湿性の劣化もないことがわかった。これにより、サンプルＳ３８は、帯電防止などの特性を持ち、さらに、耐久性の良い光学物品であることがわかった。

【０２３１】

この例からも、無機系の層に限らず、有機系の層においても、カーバイド層３３を設けることにより、優れた帯電防止性能および電磁波遮断性能と、耐久性とを備えた光学物品を提供できることがわかる。

【０２３２】

８．　第３の方法によるSiO_2－ZrO_2系の反射防止層を備えたサンプルの製造

上記の例とは異なり、Ｔｉを、遷移金属を含むターゲットとし、炭酸ガスを第１の気体としてイオン化して照射し、最上（最外）の高屈折率層３２を第１の層として、その表面に透光性薄膜をスパッタリングにより形成する方法（第３の方法）により、低屈折率層３１としてSiO_2層、高屈折率層３２としてZrO_2層を採用したタイプＡ１の反射防止層３を備えたサンプルを製造した。SiO_2－ZrO_2系の反射防止層３の１つの層３２の表面に、遷移金属を含むターゲットとし、第１の気体（炭酸ガス）をイオン化した電子ビームとして用い、スパッタリングによりカーバイド層を生成する方法（第３の方法）により透光性薄膜３３を導入したサンプルのグループをグループ（３ａ）と呼ぶ。

【０２３３】

８．１　実施例３９（サンプルＳ３９）

８．１．１　レンズ基材の選択およびハードコート層の成膜

上記の実施例１と同様にレンズ基材１を選択し、上記の実施例１と同様にして、レンズ基材１の上にハードコート層２を成膜した（２．１．１参照）。

【０２３４】

８．１．２　反射防止層

ハードコート層２の上に、タイプＡ１の反射防止層３を成膜した。すなわち、実施例１と同じ条件（２．１．２．２）で、第１層および第３層の低屈折率層３１と、第２層および第４層の高屈折率層３２を成膜した。

ZrO_2層は以下のように成膜した。まず、チャンバー内にＡｒを２００ｓｃｃｍ、酸素を１００ｓｃｃｍ導入し、チャンバー内の圧力を５．０×10^{-1}Ｐａとした。ＲＦ１．５ｋｗを印加し放電させ、基板と対向に設置されているＺｒターゲットをスパッタし、スパッタ粒子を基板に堆積させる。このとき、基板表面ではＺｒと酸素が化学反応し、ZrO_2膜とし堆積していく。

同様にSiO_2層ではＳｉターゲットを用いて、Ａｒを２００ｓｃｃｍ、酸素を１００ｓｃｃｍ導入し、チャンバー内の圧力を５．０×10^{-1}Ｐａとした。ＲＦ１．８ｋｗを印加し放電させ、Ｓｉターゲットをスパッタする。基板表面ではＳｉと酸素が化学反応してSiO_2が堆積していく。これらを繰り返し行うことで、ZrO_2とSiO_2の多層膜とする。

【０２３５】

（カーバイドを含む層（透光性薄膜））

さらに、最外の高屈折率層３２を第１の層として、その表面（表層）にカーバイドを含む層３３を成膜した。

【０２３６】

図２４（Ａ）および（Ｂ）は、カーバイドを含む層の形成を模式的に示している。図２４（Ａ）は、チタンターゲットに二酸化炭素ガスおよびアルゴンガスをイオン化して照射している様子を示している。図２４（Ｂ）は、ZrO_2層（第６層）の上にチタンカーバイドを含む層（透光性薄膜）がスパッタにより形成された様子を示している。図２４（Ａ）および（Ｂ）は蒸着装置１００においてカーバイドを含む層（透光性薄膜）３３を形成する様子を示しており、高屈折率層３２と透光性薄膜３３との上下関係は図１に示したレンズサンプル１０とは逆転して示されている。したがって、レンズサンプル１０上に、第１層３１、第２層３２、第３層３１、第４層３２をスパッタ成膜した後、同装置にてカーバイドを含む層、本例では、チタンカーバイド（典型的には、ＴｉＣであり、その他ＴｉＯＣなどを含む）を含む層３３を第５層（導電層、透光性薄膜）として成膜する様子を示している。

【０２３７】

カーバイド層３３は、以下のようにして成膜した。チャンバー（真空容器）を十分に真空排気し、二酸化炭素（CO_2）ガス（第１の気体）とアルゴン（Ａｒ）ガスとの混合ガスを、二酸化炭素（CO_2）ガスの流量を１００ｓｃｃｍ、アルゴン（Ａｒ）ガスの流量を２００ｓｃｃｍとしてチャンバー内に導入し、チャンバー内の圧力を５．０×10^{-1}Ｐａとした。そして、二酸化炭素ガスおよびアルゴンガスをイオン化し、チタンターゲット３８に照射した（図２４（Ａ）参照）。これにより、チタンターゲット３８からチタン（Ｔｉ）と炭素（Ｃ）を含む元素がはじき出され、第６層３２の上にチタンカーバイド（典型的にはＴｉＣ）として堆積する（図２４（Ｂ）参照）。この際、スパッタソースのＲＦパワーは１．５ｋＷとした。このようにすることにより、第４層３２の上に層厚５．０ｎｍのカーバイド層３３を成膜した。

【０２３８】

さらに、カーバイド層３３の上に、第６層として、第１層および第３層および第５層と同じ条件でSiO_2層（低屈折率層）３１を成膜した。

【０２３９】

これらの工程において、タイプＡ１の反射防止層３を形成するため、光学的性能を主に決める第１～第４層および第６層の層厚は、それぞれ、１５０ｎｍ、３０ｎｍ、２１ｎｍ、５５ｎｍ、８５ｎｍに管理した。第４層３２の表層を形成するカーバイド層（第５層）３３の厚みは、適当な導電性を得るために変えることができ、このサンプルＳ３９においては厚みを５．０ｎｍに設定した。

【０２４０】

８．１．３　防汚層

カーバイド層３３を形成した後、実施例１と同様に防汚層４を成膜した（２．１．３参照）。

【０２４１】

８．２　実施例４０（サンプルＳ４０）

実施例４０では、光学基材１として平面のガラス（Ｂ２７０）を用い、その表面にタイプＡ１の反射防止層３を実施例３９と同じ条件で形成し、サンプルＳ４０を製造した。防汚層は成膜しなかった。

【０２４２】

８．３　サンプル評価

サンプルＳ３９およびＳ４０について、上記２．１０において説明したシート抵抗、ごみの付着試験、吸収損失、耐薬品性（剥がれの発生の有無）、耐湿性（むくみの発生の有無）を測定、試験、および評価した。図２５に、反射防止層の層構造、カーバイド層（透光性薄膜）の成膜の条件とともに、上記測定および結果、上記試験および評価結果を纏めて示している。

【０２４３】

サンプルＳ３９およびＳ４０においては、シート抵抗が１×10^{10}［Ω／□］であった。サンプルＳ３９およびＳ４０においては、シート抵抗が図５に示したサンプルＲ１～Ｒ

３と比較して、２桁～４桁（10^2～10^4）程度小さくなった。すなわち、サンプルＳ３９およびＳ４０においては、サンプルＲ１～Ｒ３と比較して、シート抵抗が１／10^2～１／10^4になった。このように、カーバイド層３３を形成することによって大幅にシート抵抗を低下できることがわかった。

【０２４４】

サンプルＳ３９およびＳ４０は、上記の測定方法で測定されたシート抵抗が1×10^{11}［Ω／□］以下、さらに、1×10^{10}［Ω／□］以下であり、非常に優れた帯電防止性を備えていることがわかる。したがって、サンプルＳ３９は、眼鏡用のレンズとして好適であり、良好な帯電防止効果および電磁遮蔽効果があると言える。

【０２４５】

ごみの付着試験では、図２５に示すように、サンプルＳ３９およびＳ４０の評価はすべて○であり、帯電防止効果に優れていることが確認された。

【０２４６】

また、図２５に示すように、カーバイド層３３を形成することにより１．０％ほど吸収損失が上昇するが、この程度であれは、十分に透光性は高い。したがって、眼鏡用のレンズとして十分に使用できると考えられる。

【０２４７】

耐薬品性においては、図２５に示すように、サンプルＳ３９およびＳ４０の評価は○であり、日常的に用いられる環境において、優れた耐薬品性を示した。また、むくみの発生（耐湿性）の評価においては、図２５に示すように、サンプルＳ３９およびＳ４０についてはむくみの発生は観測されず、すぐれた耐湿性を示した。

【０２４８】

８．４　考察

以上の各測定結果および評価より、サンプルＳ３９およびＳ４０については、サンプルＳ１～Ｓ３８と同様に、シート抵抗が大幅に低下し、その一方で、耐薬品性および耐湿性の劣化はないことがわかった。すなわち、反射防止層３の１つの層３２の表面に、遷移金属を含むターゲットとし、第１の気体（炭酸ガス）をイオン化した電子ビームとして用い、スパッタリングによりカーバイド層を生成する方法（第３の方法）により導電性のカーバイド層３３を形成でき、従来とほぼ同等の吸収損失で透光性であり（透明であり）、良好な耐久性を有し、しかも、帯電防止性能および電磁波遮蔽性能の優れた光学物品を提供できる。

【０２４９】

なお、第３の方法を含む反射防止層の製造方法（カーバイド層３３の成膜方法）は、第１または第２の方法を含む製造方法と同様に、SiO_2－ZrO_2系の反射防止層だけでなく、SiO_2－TiO_2系の反射防止層にも適用できる。また、カーバイド、シリサイドまたはゲルマニドを形成する遷移金属をターゲットとし、炭素、ケイ素、ゲルマニウムを含む他の第１の気体をイオン化した電子ビームを用いてスパッタリングによりカーバイド、シリサイドまたはゲルマニドを形成する遷移金属酸化物層を蒸着させることにより、上記と同様に帯電防止性能および電磁波遮蔽性能の優れた光学物品を提供できる。

【０２５０】

また、上記の実施例で示した反射防止層の層構造は幾つかの例にすぎず、本発明がそれらの層構造に限定されることはない。遷移金属カーバイド、遷移金属シリサイド、遷移金属ゲルマニドの少なくともいずれかを含む層（透光性薄膜）は、例えば、３層以下、あるいは９層以上の反射防止層に適用することも可能であり、また、導入される透光性薄膜は１層に限定されない。また、高屈折率層と低屈折率層の組み合わせは、ZrO_2／SiO_2、TiO_2／SiO_2に限定されることはなく、Ta_2O_5／SiO_2、NdO_2／SiO_2、HfO_2／SiO_2、Al_2O_3／SiO_2などの系であってもよく、これらのいずれかの層の表面に上記透光性薄膜を形成することが可能である。

【０２５１】

９．　光学物品を含むシステムの例

図２６に、上記のカーバイド層を含む眼鏡レンズ１０と、眼鏡レンズ１０が装着されたフレーム２０１とを含む眼鏡２００を示している。また、図２７に、上記のカーバイド層を含むレンズ２１１と、カーバイド層を含む平面のガラス２１２と、投射レンズ２１１および平面のガラス２１２とを通して投影する光を生成する画像形成装置、例えばＬＣＤ２１３とを備えたプロジェクター２１０を示している。また、図２８に、上記のカーバイド層を含む撮像レンズ２２１と、カーバイド層を含む平面のガラス２２２と、撮像レンズ２２１および平面のガラス２２２を通して画像を取得するための撮像装置、例えばＣＣＤ２２３とを備えたデジタルカメラ２２０を示している。また、図２９に、上記のカーバイド層として形成された透過層２３１と、光学的な方法により記録を読み書きできる記録層２３２とを備えた記録媒体、例えばＤＶＤ２３０を示している。

【０２５２】

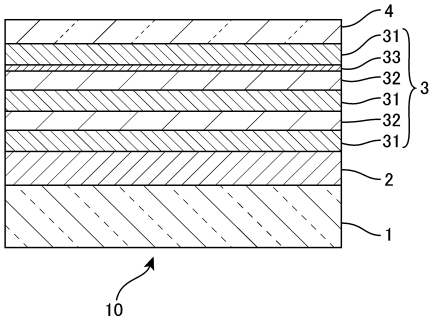
本発明の光学物品は、これらのシステムの光学物品、例えば、レンズ、ガラス、プリズム、カバー層などとして多種多様な用途を備えている。なお、上記に示したシステムは例示にすぎず、当業者が本発明を利用しうる光学物品およびシステムは、本発明に含まれるものである。

【符号の説明】

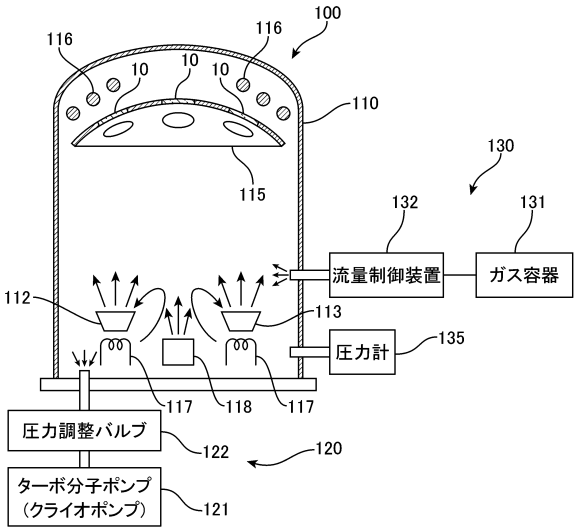
【０２５３】

１　レンズ基材、　２　ハードコート層、　３、３Ａ　反射防止層、　４　防汚層１０、　レンズサンプル。

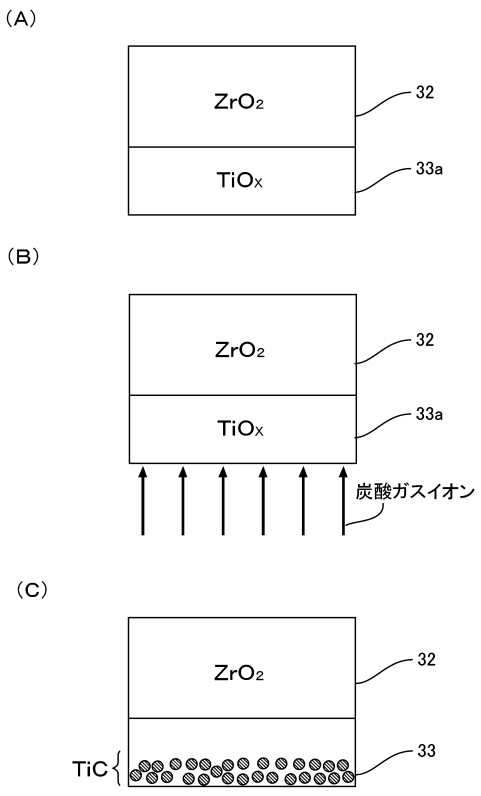
【図１】



【図２】



【図３】



【図４】

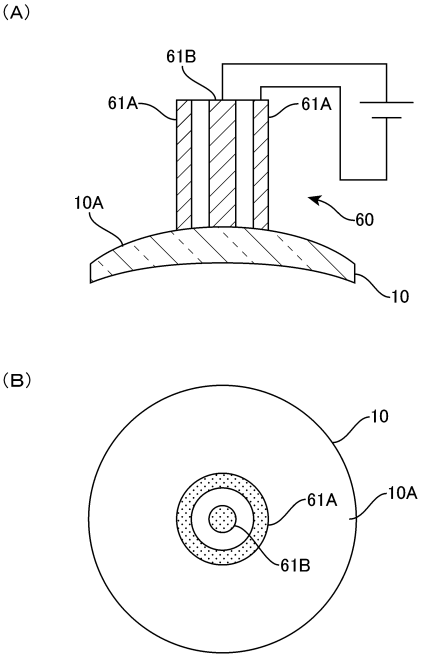
反射防止層の層構成タイプ	反射防止層（膜厚（nm））					
	第１層	第２層	第３層	第４層	第５層	第６層
	SiO_2	ZrO_2	SiO_2	ZrO_2	導電層	SiO_2
A1	150	30	21	55	カーバイド TiC（6）	85
A2	150	30	21	55	無	85
A3	150	30	21	55	アモルファスシリコン	85
A4	150	30	21	55	ITO（3）	85

【図５】

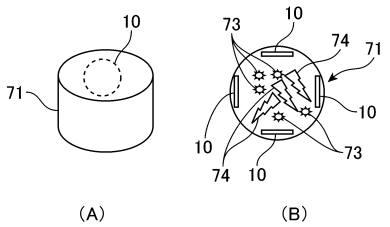
	サンプル	反射防止層の層構成タイプ	基材	HC	反射防止層（膜厚（nm））			防汚層	カーバイド層成膜の条件	評価結果			
					第４層	第５層	第６層			シート抵抗（Ω／□）	こみ付着試験	吸収損失（%）	耐薬品性	むくみ
					ZrO_2	導電層	SiO_2							
実施例1	S1	A1	プラスチックレンズ	有	55	カーバイド TiC(6)	85	有	炭酸ガスイオンビーム照射（120秒） イオンエネルギー800eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス（15sccm）とArガス（15sccm）の混合	2×10^{9}	○	NA	○	無
実施例2	S2	A1	白板ガラス	無	55	カーバイド TiC(6)	85	無	炭酸ガスイオンビーム照射（120秒） イオンエネルギー800eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス（15sccm）とArガス（15sccm）の混合	2×10^{9}	○	0.79	○	無
実施例3	S3	A1	プラスチックレンズ	有	55	カーバイド TiC(6)	85	有	炭酸ガスイオンビーム照射（120秒） イオンエネルギー500eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス（15sccm）とArガス（15sccm）の混合	3.5×10^{9}	○	NA	○	無
実施例4	S4	A1	白板ガラス	無	55	カーバイド TiC(6)	85	無	炭酸ガスイオンビーム照射（120秒） イオンエネルギー500eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス（15sccm）とArガス（15sccm）の混合	4.5×10^{9}	○	0.39	○	無
実施例5	S5	A1	プラスチックレンズ	有	55	カーバイド TiC(6)	85	有	炭酸ガスイオンビーム照射（20秒） イオンエネルギー800eV、イオン電流150mA 導入ガス：二酸化炭素ガス（30sccm）	1×10^{10}	○	NA	○	無
実施例6	S6	A1	白板ガラス	無	55	カーバイド TiC(6)	85	無	炭酸ガスイオンビーム照射（20秒） イオンエネルギー800eV、イオン電流150mA 導入ガス：二酸化炭素ガス（30sccm）	1×10^{10}	○	0.72	○	無
比較例1	R1	A3	プラスチックレンズ	有	55	アモルファスシリコン	85	有	NA	9×10^{12}	×	NA	○	無
比較例2	R2	A4	プラスチックレンズ	有	55	ITO(3)	85	有	NA	2×10^{12}	△	NA	×	無
比較例3	R3	A2	白板ガラス	無	55	無	85	無	NA	5×10^{14}	×	0.1	−	無

プラスチックレンズ：セイコースーパーソブリン（セイコーエプソン（株）製）、白板ガラス：B270、HC：ハードコート層、NA：不適用、－：未測定

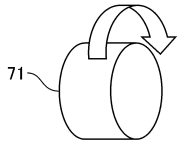
【図６】



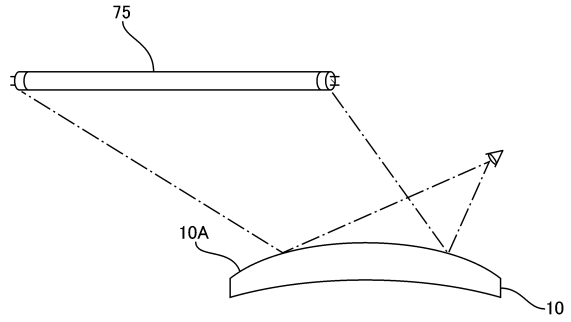
【図７】



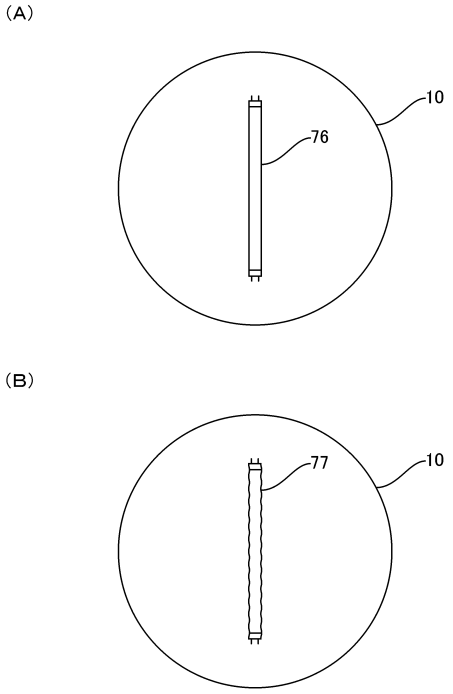
【図８】



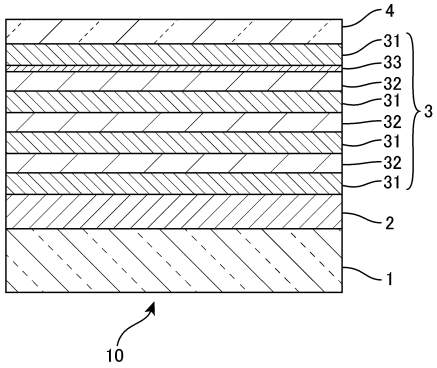
【図９】



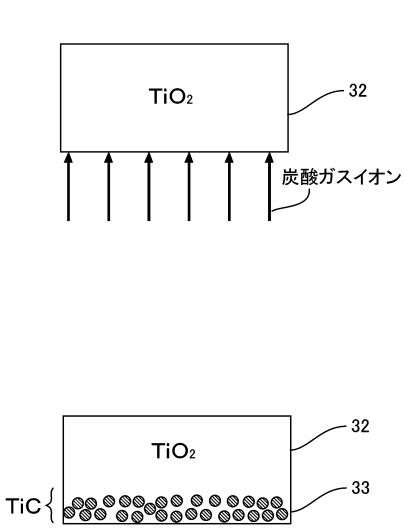
【図１０】



【図１１】



【図１２】



【図１３】

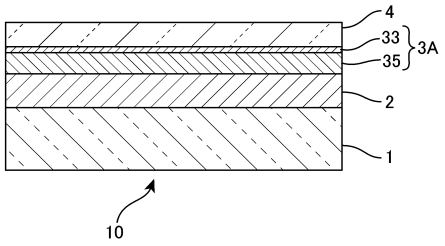
反射防止層の層構成タイプ	反射防止層（膜厚（nm））第1層	第2層	第3層	第4層	第5層	第6層	第7層	第8層
	SiO_2	TiO_2	SiO_2	TiO_2	SiO_2	TiO_2	導電層	SiO_2
B1	44	10	57	36	25	36	カーバイド TiC(1～5)	101
B2	44	10	57	36	25	36	無	101
B3－1	28.4	6.7	204.3	23.2	35.7	26.7	ITO(2.5)	99.5
B3－2	28.4	6.6	204.3	23.2	35.7	26.7	ITO(3.5)	99.5
B3－3	28.7	6.7	204.4	23.3	35.5	26.2	ITO(5)	98.8
B3－4	28.7	6.7	204.4	23.3	35.5	25	ITO(7)	97.8
B3－5	28.7	6.7	204.4	23.3	35.4	23	ITO(10)	98.2
B3－6	27.7	6.7	204.4	23.3	35.5	20	ITO(15)	98.7

【図１４】

サンプル	反射防止層の層構成タイプ	基材	HC	反射防止層（膜厚（nm）） 第6層 TiO_2	第7層 導電層	第8層 SiO_2	防汚層	カーバイド層成膜の条件	評価結果 シート抵抗（Ω／□）	ごみ付着試験	吸収損失（%）	耐薬品性	むくみ
実施例7	S7	B1	プラスチックレンズ	有	36	カーバイド TiC (1～5)	101	有	炭酸ガスイオンビーム照射(120秒) イオンエネルギー800eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(15sccm)と Arガス(15sccm)の混合	2×10^{9}	○	NA	○	無
実施例8	S8	B1	白板ガラス	無	36	カーバイド TiC (1～5)	101	無	炭酸ガスイオンビーム照射(120秒) イオンエネルギー800eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(15sccm)と Arガス(15sccm)の混合	2×10^{9}	○	0.79	○	無
実施例9	S9	B1	プラスチックレンズ	有	36	カーバイド TiC (1～5)	101	有	炭酸ガスイオンビーム照射(120秒) イオンエネルギー500eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(15sccm)と Arガス(15sccm)の混合	3.5×10^{9}	○	NA	○	無
実施例10	S10	B1	白板ガラス	無	36	カーバイド TiC (1～5)	101	無	炭酸ガスイオンビーム照射(120秒) イオンエネルギー500eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(15sccm)と Arガス(15sccm)の混合	4.5×10^{9}	○	0.39	○	無
実施例11	S11	B1	プラスチックレンズ	有	36	カーバイド TiC (1～5)	101	有	炭酸ガスイオンビーム照射(20秒) イオンエネルギー800eV、イオン電流150mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(30sccm)	1×10^{10}	○	NA	○	無
実施例12	S12	B1	白板ガラス	無	36	カーバイド TiC (1～5)	101	無	炭酸ガスイオンビーム照射(20秒) イオンエネルギー800eV、イオン電流150mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(30sccm)	1×10^{10}	○	0.72	○	無
比較例4	R4	B2	プラスチックレンズ	有	36	無	101	有	NA	5×10^{13}	×	NA	NA	無
比較例5	R5	B2	白板ガラス	無	36	無	101	無	NA	5×10^{13}	×	0.1	NA	無
比較例6	R6	B3－1	プラスチックレンズ	有	26.7	ITO(2.5)	99.5	有	NA	2×10^{13}	×	—	×	無
比較例7	R7	B3－2	プラスチックレンズ	有	26.7	ITO(3.5)	99.5	有	NA	2×10^{12}	△	—	×	無
比較例8	R8	B3－3	プラスチックレンズ	有	26.2	ITO(5)	98.8	有	NA	2.5×10^{11}	○	—	×	無
比較例9	R9	B3－4	プラスチックレンズ	有	25	ITO(7)	97.8	有	NA	4×10^{11}	○	—	×	無
比較例10	R10	B3－5	プラスチックレンズ	有	23	ITO(10)	98.2	有	NA	3×10^{11}	○	—	×	有
比較例11	R11	B3－6	プラスチックレンズ	有	20	ITO(15)	98.7	有	NA	1.5×10^{11}	○	—	×	有

プラスチックレンズ：セイコースーパーソブリン（セイコーエプソン（株）製）、白板ガラス：B270、HC：ハードコート層、NA：不適用、－：未測定

【図１５】

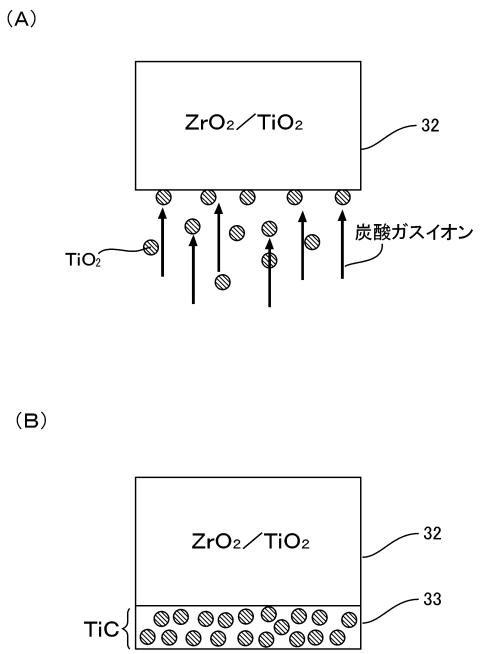


【図１６】

サンプル	反射防止層の層構成タイプ	基材	HC	反射防止層（膜厚（nm）） 有機AR層	導電層	防汚層	カーバイド層成膜の条件	評価結果 シート抵抗（Ω／□）	ごみ付着試験	吸収損失（%）	耐薬品性	むくみ
実施例13	S13	有機AR	プラスチックレンズ	有	85	カーバイド TiC(2)	有	炭酸ガスイオンビーム照射(60秒) イオンエネルギー500eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(30sccm)	2×10^{11}	○	NA	○	無

HC：ハードコート層

【図１７】



【図１８】

サンプル	反射防止層の層構成タイプ	基材	HC	反射防止層（膜厚(nm)） 第4層 ZrO_2	第5層 導電層	第6層 SiO_2	防汚層	カーバイド層成膜の条件	評価結果 シート抵抗（Ω／□）	ごみ付着試験	吸収損失（%）	耐薬品性	むくみ
実施例14	S14	A1	プラスチックレンズ	有	55	カーバイド TiC(7.2)	85	有	炭酸ガスイオンビームアシスト イオンエネルギー800eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(15sccm)とArガス(15sccm)の混合	8×10^{8}	○	NA	○	無
実施例15	S15	A1	白板ガラス	無	55	カーバイド TiC(7.2)	85	無	炭酸ガスイオンビームアシスト イオンエネルギー800eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(15sccm)とArガス(15sccm)の混合	8×10^{8}	○	0.95	○	無
実施例16	S16	A1	プラスチックレンズ	有	55	カーバイド TiC(5.0)	85	有	炭酸ガスイオンビームアシスト イオンエネルギー800eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(15sccm)とArガス(15sccm)の混合	2×10^{10}	○	NA	○	無
実施例17	S17	A1	白板ガラス	無	55	カーバイド TiC(5.0)	85	無	炭酸ガスイオンビームアシスト イオンエネルギー800eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(15sccm)とArガス(15sccm)の混合	2×10^{10}	○	—	○	無
実施例18	S18	A1	プラスチックレンズ	有	55	カーバイド TiC(7.2)	85	有	炭酸ガスイオンビームアシスト イオンエネルギー800eV、イオン電流150mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(30sccm)	1.5×10^{9}	○	NA	○	無
実施例19	S19	A1	白板ガラス	無	55	カーバイド TiC(7.2)	85	無	炭酸ガスイオンビームアシスト イオンエネルギー800eV、イオン電流150mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(30sccm)	1.5×10^{9}	○	0.36	○	無

プラスチックレンズ：セイコースーパーソブリン（セイコーエプソン(株)製）、白板ガラス：B270、HC：ハードコート層、NA：不適用、－：未測定

【図１９】

サンプル	反射防止層の層構成タイプ	基材	HC	反射防止層（膜厚(nm)） 第4層 ZrO_2	第5層 導電層	第6層 SiO_2	防汚層	カーバイド層成膜の条件	評価結果 シート抵抗（Ω／□）	ごみ付着試験	吸収損失（%）	耐薬品性	むくみ
実施例20	A1	プラスチックレンズ	有	55	カーバイド TiC(7.2)	85	有	炭酸ガスイオンビームアシスト イオンエネルギー1000eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(30sccm)	1.8×10^{9}	○	NA	○	無
実施例21	A1	白板ガラス	無	55	カーバイド TiC(7.2)	85	無	炭酸ガスイオンビームアシスト イオンエネルギー1000eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(30sccm)	2.4×10^{9}	○	1.0	○	無
実施例22	A1	プラスチックレンズ	有	55	カーバイド TiC(10)	85	有	炭酸ガスイオンビームアシスト イオンエネルギー1000eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(30sccm)	4×10^{8}	○	NA	○	無
実施例23	A1	白板ガラス	無	55	カーバイド TiC(10)	85	無	炭酸ガスイオンビームアシスト イオンエネルギー1000eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(30sccm)	5×10^{8}	○	1.5	○	無
実施例24	A1	プラスチックレンズ	有	55	カーバイド TiC(10)	85	有	炭酸ガスイオンビームアシスト イオンエネルギー1000eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(15sccm)とArガス(15sccm)の混合	2×10^{8}	○	NA	○	無
実施例25	A1	白板ガラス	無	55	カーバイド TiC(10)	85	無	炭酸ガスイオンビームアシスト イオンエネルギー1000eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(15sccm)とArガス(15sccm)の混合	2×10^{8}	○	1.7	○	無

プラスチックレンズ：セイコースーパーソブリン（セイコーエプソン(株)製）、白板ガラス：B270、HC：ハードコート層、NA：不適用

【図２０】

サンプル	反射防止層の層構成タイプ	基材	HC	反射防止層（膜厚(nm)） 第6層 TiO_2	第7層 導電層	第8層 SiO_2	防汚層	カーバイド層成膜の条件	評価結果 シート抵抗（Ω／□）	ごみ付着試験	吸収損失（%）	耐薬品性	むくみ
実施例26	B1	プラスチックレンズ	有	29	カーバイド TiC (7.2)	85	有	炭酸ガスイオンビームアシスト イオンエネルギー800eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(15sccm)とArガス(15sccm)の混合	8×10^{8}	○	NA	○	無
実施例27	B1	白板ガラス	無	29	カーバイド TiC (7.2)	85	無	炭酸ガスイオンビームアシスト イオンエネルギー800eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(15sccm)とArガス(15sccm)の混合	8×10^{8}	○	0.95	○	無
実施例28	B1	プラスチックレンズ	有	31	カーバイド TiC (5.0)	85	有	炭酸ガスイオンビームアシスト イオンエネルギー800eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(15sccm)とArガス(15sccm)の混合	2×10^{10}	○	NA	○	無
実施例29	B1	白板ガラス	無	31	カーバイド TiC (5.0)	85	無	炭酸ガスイオンビームアシスト イオンエネルギー800eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(15sccm)とArガス(15sccm)の混合	2×10^{10}	○	—	○	無
実施例30	B1	プラスチックレンズ	有	29	カーバイド TiC (7.2)	85	有	炭酸ガスイオンビームアシスト イオンエネルギー800eV、イオン電流150mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(30sccm)	1.5×10^{9}	○	NA	○	無
実施例31	B1	白板ガラス	無	29	カーバイド TiC (7.2)	85	無	炭酸ガスイオンビームアシスト イオンエネルギー800eV、イオン電流150mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(30sccm)	1.5×10^{9}	○	0.36	○	無

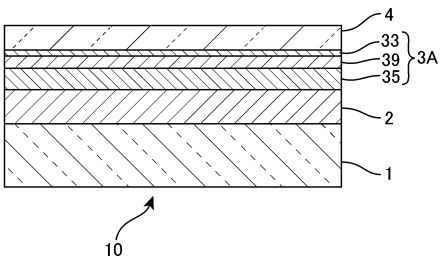
プラスチックレンズ：セイコースーパーソブリン（セイコーエプソン(株)製）、白板ガラス：B270、HC：ハードコート層、NA：不適用、－：未測定

【図２１】

サンプル	反射防止層の層構成タイプ	基材	HC	反射防止層（膜厚（nm））第6層	第7層	第8層	防汚層	カーバイド層成膜の条件	評価結果 シート抵抗（Ω／□）	こみ付着試験	吸収損失（%）	耐薬品性	むくみ
				TiO_2	導電層	SiO_2							
実施例32	S32	B1	プラスチックレンズ	有	29	カーバイド TiC (7.2)	85	有	炭酸ガスイオンビームアシスト イオンエネルギー1000eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(30sccm)	1.8×10^{9}	○	NA	○	無
実施例33	S33	B1	白板ガラス	無	29	カーバイド TiC (7.2)	85	無	炭酸ガスイオンビームアシスト イオンエネルギー1000eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(30sccm)	2.4×10^{9}	○	1.0	○	無
実施例34	S34	B1	プラスチックレンズ	有	26	カーバイド TiC (10.0)	85	有	炭酸ガスイオンビームアシスト イオンエネルギー1000eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(30sccm)	4×10^{8}	○	NA	○	無
実施例35	S35	B1	白板ガラス	無	26	カーバイド TiC (10.0)	85	無	炭酸ガスイオンビームアシスト イオンエネルギー1000eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(30sccm)	5×10^{8}	○	1.5	○	無
実施例36	S36	B1	プラスチックレンズ	有	26	カーバイド TiC (10.0)	85	有	炭酸ガスイオンビームアシスト イオンエネルギー1000eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(15sccm)と Arガス(15sccm)の混合	2×10^{8}	○	NA	○	無
実施例37	S37	B1	白板ガラス	無	26	カーバイド TiC (10.0)	85	無	炭酸ガスイオンビームアシスト イオンエネルギー1000eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(15sccm)と Arガス(15sccm)の混合	2×10^{8}	○	1.7	○	無

プラスチックレンズ：セイコースーパーブリン（セイコーエプソン（株）製）、白板ガラス：B270、HC：ハードコート層、NA：不適用

【図２２】



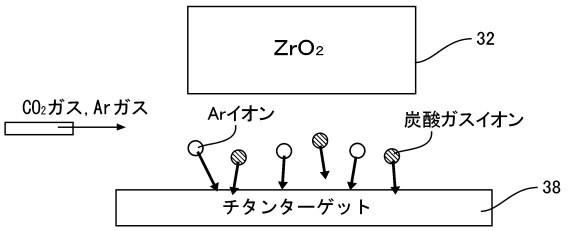
【図２３】

サンプル	反射防止層の層構成タイプ	基材	HC	反射防止層（膜厚（nm））有機AR層	保護層（SiO_2）	導電層	防汚層	カーバイド層成膜の条件	評価結果 シート抵抗（Ω／□）	こみ付着試験	吸収損失（%）	耐薬品性	むくみ
実施例38	S38	有機AR	プラスチックレンズ	有	80	5	カーバイド TiC(2)	有	炭酸ガスイオンビームアシスト イオンエネルギー500eV、イオン電流200mA 導入ガス：二酸化炭素ガス(30sccm)	1×10^{11}	○	NA	○	無

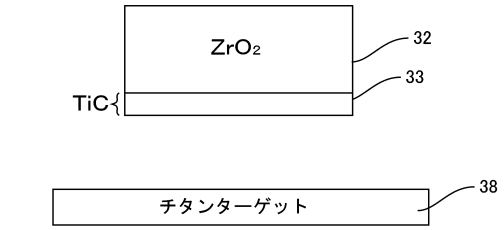
HC：ハードコート層

【図２４】

（A）



（B）

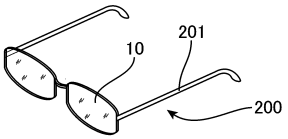


【図２５】

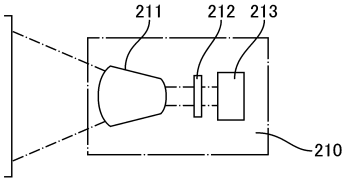
	サンプル	反射防止層の層構成タイプ	基材	HC	反射防止層（膜厚（nm）） 第4層	第5層	第6層	防汚層	カーバイド層成膜の条件	評価結果 シート抵抗（Ω／□）	ごみ付着試験	吸収損失（%）	耐薬品性	むくみ
実施例39	S39	A1	プラスチックレンズ	有	ZrO_2 55	カーバイド TiC(5.0)	SiO_2 85	有	スパッタリースのRFパワー：1.5kW 導入ガス：二酸化炭素ガス（100sccm） Arガス（200sccm） このときのチャンバー内の圧力：5.0×10^{-1}Pa	1×10^{10}	○	NA	○	無
実施例40	S40	A1	白板ガラス	無	ZrO_2 55	カーバイド TiC(5.0)	SiO_2 85	無	スパッタリースのRFパワー：1.5kW 導入ガス：二酸化炭素ガス（100sccm） Arガス（200sccm） このときのチャンバー内の圧力：5.0×10^{-1}Pa	1×10^{10}	○	1.0	○	無

プラスチックレンズ：セイコースーパーソブリン（セイコーエプソン（株）製）、白板ガラス：B270、HC：ハードコート層

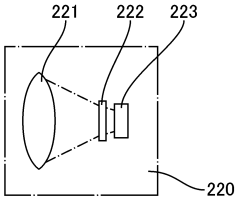
【図２６】



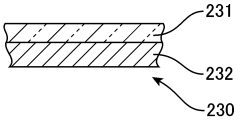
【図２７】



【図２８】



【図２９】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			FI		
G02C	*7/00*	*(2006.01)*	G02C	7/00	
C23C	*14/48*	*(2006.01)*	C23C	14/48	D
B32B	*9/00*	*(2006.01)*	B32B	9/00	A
B32B	*7/02*	*(2006.01)*	B32B	7/02	103

(72)発明者　川上　政孝
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内

審査官　小西　隆

(56)参考文献　特開２００６－２７６５６８（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－１３４６３０（ＪＰ，Ａ）
特表２００４－５２９３８６（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－０２７２１４（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－０２６４１４（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－２５５４７２（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－２７２１８４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０２Ｂ　１／１０　－　１／１８