

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)(11)特許番号
特許第7257394号
(P7257394)

(45)発行日 令和5年4月13日(2023.4.13)

(24)登録日 令和5年4月5日(2023.4.5)

(51)国際特許分類

G 0 2 B 5/30 (2006.01)

F I

G 0 2 B 5/30

請求項の数 4 (全36頁)

(21)出願番号 特願2020-523426(P2020-523426)
 (86)(22)出願日 平成30年10月24日(2018.10.24)
 (65)公表番号 特表2021-500630(P2021-500630)
 A)
 (43)公表日 令和3年1月7日(2021.1.7)
 (86)国際出願番号 PCT/IB2018/058310
 (87)国際公開番号 WO2019/082106
 (87)国際公開日 令和1年5月2日(2019.5.2)
 審査請求日 令和3年10月22日(2021.10.22)
 (31)優先権主張番号 62/577,817
 (32)優先日 平成29年10月27日(2017.10.27)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 米国(US)

(73)特許権者 505005049
 スリーエム イノベイティブ プロパティ
 ズ カンパニー
 アメリカ合衆国, ミネソタ州 55133 - 3427, セント ポール, ポスト
 オフィス ボックス 33427, スリーエム センター
 (74)代理人 100130339
 弁理士 藤井 憲
 (74)代理人 100110803
 弁理士 赤澤 太朗
 (74)代理人 100135909
 弁理士 野村 和歌子
 (74)代理人 100133042
 弁理士 佃 誠玄

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 パターン化された光学リターダ及びその製造方法

(57)【特許請求の範囲】**【請求項1】**

リターダ層を備え、前記リターダ層は、前記リターダ層の一方の主表面に異なるRMS表面粗さを有するそれぞれの第1、第2及び第3の主表面を含む重なり合わない第1、第2及び第3の領域を含む、パターン化された光学リターダであって、400nm～1000nmの波長()範囲にわたる垂直入射光に対して、前記光学リターダは、前記第1、第2及び第3の領域のそれぞれにおいて異なるリターダンス及び異なる厚さを有する、パターン化された光学リターダ。

【請求項2】

前記リターダ層が0.2μm～2μmの範囲の厚さを有し、前記第1の領域は前記リターダ層の厚さよりも50～500nm小さい厚さを有し、前記第2の領域は前記第1の領域の厚さよりも20～500nm小さい厚さを有する、請求項1に記載のパターン化された光学リターダ。

【請求項3】

パターン化された光学リターダをその上有する光学部品を備える光学要素であって、前記光学リターダは、リターダ層を備え、前記リターダ層は、前記リターダ層の一方の主表面に異なるRMS表面粗さを有するそれぞれの第1、第2及び第3の主表面を含む重なり合わない第1、第2及び第3の領域を含み、前記光学リターダは、400nm～1000nmの波長()範囲にわたる垂直入射光に対して、前記第1、第2及び第3の領域のそれぞれにおいて異なるリターダンス及び異なる厚さを有する、光学要素。

【請求項 4】

光学要素を製造する方法であって、

400 nm ~ 1000 nm の範囲の所定の波長 にわたる垂直入射光に対して一様なリターダンス を有するポリマー光学リターダ層の第1の領域を覆うように第1のマスクを適用することと、

前記マスクによって覆われていない第2の領域が、前記第1の領域の光学厚さとは異なる光学厚さ、及び前記第1の領域の前記リターダンス よりも小さいリターダンスを有するように、前記ポリマー光学リターダ層の表面を反応性イオンエッチングすることと、
前記ポリマー光学リターダ層の前記第1の領域と前記第2の領域の一部分とを覆うように第2のマスクを適用することと、

前記第2のマスクによって覆われていない第3の領域が、前記第1及び第2の領域の光学厚さとは異なる光学厚さ、及び前記第1及び第2の領域のリターダンスよりも小さいリターダンスを有するように、前記ポリマー光学リターダ層の表面を反応性イオンエッチングすることと、

前記ポリマー光学リターダ層を光学部品の表面に適合させることと、
を含む、方法。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

光学システムは、反射型偏光子、部分反射体、及び位相リターダを用いる場合がある。
このような光学システムは、ヘッドマウントディスプレイにおいて有用である。

10

20

【発明の概要】

【0002】

一態様では、本開示は、異なる RMS 表面粗さを有するそれぞれの第1及び第2の主表面を有する重なり合わない第1及び第2の領域を含む、パターン化された光学リターダを対象とする。約 400 nm ~ 約 1000 nm の範囲の波長 () にわたる実質的な垂直入射光に対して、この光学リターダは、第1及び第2の領域のそれぞれにおいて異なるリターダンスを有する。

【0003】

別の態様では、本開示は、光学部品を含む光学要素に対象とし、この光学部品は、パターン化された光学リターダをその上に有する。パターン化された光学リターダは、異なる RMS 表面粗さを有するそれぞれの第1及び第2の主表面を有する重なり合わない第1及び第2の領域を含む。約 400 nm ~ 約 1000 nm の範囲の波長 () にわたる実質的な垂直入射光に対して、この光学リターダは、第1及び第2の領域のそれぞれにおいて異なるリターダンスを有する。

30

【0004】

別の態様では、本開示は、光学要素を製造する方法を対象とする。約 400 nm ~ 約 1000 nm の所定の波長 にわたる実質的な垂直入射光に対して実質的に一様なリターダンス を有し、かつ、表面を含むポリマー光学リターダ層において、この方法は、表面の少なくとも 1 つの第1の領域をエッチングして、表面の少なくとも 1 つの第1の領域で、ポリマー光学リターダ層が有する とのリターダンス差 がゼロ以外になるように、表面の少なくとも 1 つの第1の領域をエッチングすることと、ポリマー光学リターダ層を光学部品の表面に適合させることとを含む。

40

【0005】

別の態様では、本開示は、光学要素を製造する方法を対象とする。この方法は、光学要素を製造する方法であって、約 400 nm ~ 約 1000 nm の範囲の所定の波長 にわたる実質的な垂直入射光に対して実質的に一様なリターダンス を有するポリマー光学リターダ層の第1の領域を覆うように第1のマスクを適用することと、マスクによって覆われていない第2の領域が、第1の領域の光学厚さとは異なる光学厚さ、及び第1の領域のリターダンス よりも小さいリターダンス差 を有するように、ポリマー光学リターダ層の

50

表面を反応性イオンエッティングすることと、ポリマー光学リターダ層を光学部品の表面に適合させることと、を含む。

【0006】

別の態様では、本開示は、光学要素を製造する方法を対象とする。この方法は、光学要素を製造する方法であって、約400nm～約1000nmの範囲の所定の波長の光を受光するように構成された光学面を備えるポリマーフィルムを提供することであって、光学面は、時計回り方向に通し番号を付けられた4つのデカルト四分円を画定する垂直軸及び水平軸、垂直軸を実質的に中心とする第1の長手方向セクション、及び水平軸を実質的に中心とする第2の長手方向セクションによって画定され、第1及び第2の長手方向セクションはそれぞれ、光学面の対向する縁部間に延び、第1及び第2の長手方向セクションはそれぞれ、実質的な垂直入射光に対して同一の実質的に一様なリターダンスを有する、提供することと、4つの個別のリターダセクションを形成するためにポリマーフィルムの表面を反応性イオンエッティングすることであって、各リターダセクションは光学面のそれぞれのデカルト四分円上に配置され、各個別のリターダセクションは、第1と第2の長手方向セクションの光学厚さとは異なる光学厚さ、及びゼロより大きいとのリターダンス差を有する、反応性イオンエッティングすることとを含む。

【0007】

別の態様では、本開示は、光学要素を製造する方法を対象とする。この方法は、約400nm～約1000nmの範囲の所定の波長の光を受光するように構成された光学面を備えるポリマーフィルムを提供することであって、光学面は、重なり合わない、中央領域、並びにそれぞれの第1及び第2の縁部に又はその付近に配置された第1及び第2の縁部領域を含む、提供することと、波長範囲の少なくとも1つの波長 λ_0 に対して、中央領域は、実質的な垂直入射光に対してに実質的に等しい平均リターダンスを有し、第1の縁部領域は、+に実質的に等しい平均リターダンスを有し、第2の縁部領域は、-に実質的に等しい平均リターダンスを有するように表面を反応性イオンエッティングすることであって、整数nについて、 $\lambda_0(n+1/8) \sim (n+1/2)かつ1/50$ / 2である、反応性イオンエッティングすることとを含む。

【0008】

別の態様では、本開示は、光学要素を製造する方法を対象とする。この方法は、光学要素を製造する方法であって、ポリマー光学リターダ層の表面の第1の領域にわたってコーティングを適用することであって、ポリマー光学リターダ層は、約400nm～約1000nmの範囲の所定の波長にわたる実質的な垂直入射光に対して実質的に一様なリターダンスを有する、適用することと、第1の領域がコーティングに覆われていない第2の領域のリターダンスより大きいリターダンスを所定の波長範囲にわたって有するように第1の領域を反応性イオンエッティングすることと、ポリマー光学リターダ層を光学部品の表面に適合させることであって、光学部品の表面がゼロでない光学的パワーを有する、適合させることとを含む。

【0009】

本発明の1つ以上の実施形態の詳細を、添付の図面及び以下の明細書に示す。本発明の他の特徴、目的、及び利点は、明細書及び図面、並びに特許請求の範囲から明らかであろう。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本開示による光学リターダの実施形態の概略断面図である。

【0011】

【図2A】本開示による、非一様なリターダンスを有する光学リターダの概略断面図である。

【0012】

【図2B】追加の層がその上に適用されている、図2Aの光学リターダの概略断面図である。

10

20

30

40

50

【0013】

【図3】本開示のパターン化された光学リターダを製造するために使用できるエッチング装置の実施形態の概略図である。

【0014】

【図4A】一連のエッチング工程及びマスキング工程を含む、パターン化された光学リターダを製造するためのプロセスの概略俯瞰図である。

【図4B】一連のエッチング工程及びマスキング工程を含む、パターン化された光学リターダを製造するためのプロセスの概略俯瞰図である。

【図4C】一連のエッチング工程及びマスキング工程を含む、パターン化された光学リターダを製造するためのプロセスの概略俯瞰図である。

10

【0015】

【図5A】パターン化されたリターダ層の様々な実施形態の概略俯瞰図である。

【図5B】パターン化されたリターダ層の様々な実施形態の概略俯瞰図である。

【図5C】パターン化されたリターダ層の様々な実施形態の概略俯瞰図である。

【図5D】パターン化されたリターダ層の様々な実施形態の概略俯瞰図である。

【0016】

【図6A】パターン化された光学リターダ及び様々な形状を有する個別のリターダ領域の概略俯瞰図である。

【図6B】パターン化された光学リターダ及び様々な形状を有する個別のリターダ領域の概略俯瞰図である。

20

【図6C】パターン化された光学リターダ及び様々な形状を有する個別のリターダ領域の概略俯瞰図である。

【図6D】パターン化された光学リターダ及び様々な形状を有する個別のリターダ領域の概略俯瞰図である。

【0017】

【図7】本開示のパターン化された光学リターダを組み込んだ光学システムの実施形態の概略断面図である。

【0018】

【図8】実施例1のパターン化された光学リターダの光学リターダンスのプロットである。

30

【0019】

【図9A】実施例1のパターン化された光学リターダの平均表面粗さ及びRMS表面粗さのプロットである。

【図9B】実施例1のパターン化された光学リターダの平均表面粗さ及びRMS表面粗さのプロットである。

【0020】

【図10A】実施例1のパターン化された光学リターダのエッチングされていない表面の2μm×2μm領域の、原子力顕微鏡(AFM)によって撮影された画像である。

【0021】

【図10B】実施例1のパターン化された光学リターダの、30秒間エッチングされた第1の領域の2μm×2μm領域の、AFMによって撮影された画像である。

40

【0022】

【図10C】実施例1のパターン化された光学リターダの、60秒間エッチングされた第2の領域の2μm×2μm領域の、AFMによって撮影された画像である。

【0023】

【図11A】図10Aの領域のラインプロファイルである。

【0024】

【図11B】図10Bの領域のラインプロファイルである。

【0025】

【図11C】図10Cの領域のラインプロファイルである。

【0026】

50

【図11D】実施例1のパターン化されたリターダの全反射率及び拡散反射率を示すプロットである。

【0027】

【図12A】実施例2のパターン化された光学リターダのエッチングされていない表面の2 $\mu\text{m} \times 2 \mu\text{m}$ 領域の、AFMによって撮影された画像である。

【0028】

【図12B】実施例2のパターン化された光学リターダの、30秒間エッチングされた第1の領域の2 $\mu\text{m} \times 2 \mu\text{m}$ 領域の、AFMによって撮影された画像である。

【0029】

【図12C】実施例2のパターン化された光学リターダの、60秒間エッチングされた第2の領域の2 $\mu\text{m} \times 2 \mu\text{m}$ 領域の、AFMによって撮影された画像である。

10

【0030】

【図13A】図12B及び図12Cの領域の各部分の、nm単位での平均直径のプロットである。

【0031】

【図13B】図12B及び図12Cの領域の各部分の、nm単位での平均z範囲のプロットである。

【0032】

【図14A】図12Bの領域の、 μm^2 単位での合計面積と直径の対応のプロットである。

【0033】

20

【図14B】図12Bの領域の、 μm^2 単位での合計面積とz範囲の対応のプロットである。

【0034】

【図15A】図12Cの領域の、 μm^2 単位での合計面積と直径の対応のプロットである。

【0035】

【図15B】図12Cの領域の、 μm^2 単位での合計面積とz範囲の対応のプロットである。

【0036】

【図16】実施例2のパターン化された光学リターダの平均表面粗さ及びRMS表面粗さのプロットである。

30

【0037】

図中の同様の記号は、同様の要素を示している。

【発明を実施するための形態】

【0038】

光学システムは、レンズ、偏光子、スクリーンなどの光学要素を含み、そのそれぞれは、所定の波長の光を受光するように構成された少なくとも1つの光学面を有する。例えば、光学システム内の個々の光学要素における製造時のばらつき、又はシステム内の部品間の位置ずれなどの欠陥は、ブライトネス及びコントラストの低下などの誤差を引き起こし、光学性能を低下させることがある。加えて、光学要素の光学面の曲率によって、光の屈折若しくは反射が異なることがある。あるいは、光線が表面で入射若しくは出射する領域、又は光線が表面に入射若しくは出射する角度に応じて、光の偏光状態が望ましくない形に変更されることがある。

40

【0039】

光学要素の位置合わせの誤差又は曲率を少なくとも部分的に補正するように、光学面の選択された領域を横断する光線の光路を構成することができる。例えば、ある選択された屈折率を有する材料で作製された光学面の場合、光学面の領域が厚ければ、その領域内の光学部品を横断する光線の光路は長くなり、領域が薄ければ、その領域内の光学部品を横断する光線の光路は短くなる。よって、光学面の厚い領域は、薄い領域と比較して横断する光の進行が遅れることになり、本出願では、これを、薄い領域の光学リターダンスより大きい光学リターダンスを有すると称する。光学面を一部の領域で厚くし、他の領域でよ

50

り薄くすることにより、光学部品のリターダンスを非一様にすることができる、それによって光学システム内に存在する光学的欠陥を訂正して、光学性能を改善することができる。例えば、空間的に変化する非一様なリターダンスを使用して位置ずれ又は表面の曲率を補正するように構成された光学面を有する光学要素を組み込むことによって、特に、ヘッドマウントディスプレイに使用される非常に小型の「屈曲」光学システムにおいて、光学システムのコントラストを向上させ得る。

【0040】

出発点として、約400 nm～約1000 nmの範囲の所定の波長にわたる実質的に実質的な垂直入射光に対して、実質的に一様なリターダンスを有するリターダ層を使用すると仮定すると、その層のある領域にとは異なるリターダンスをもたらせるようにリターダンスを変更するための1つの好適な技法は、その領域の光学面から材料を追加するか、光学面から材料を除去して、その領域を横断する光の光路を調節することである。光学面の領域の厚さを変更するには、多くの異なる技法を使用することができるが、材料が追加又は除去される領域の表面特性は、領域に入射する又は領域を通過する光の望ましくない損失を防止するように管理されるべきである。例えば、領域に入射する光の望ましくない反射又は吸収を防止するために、領域の表面粗さは、領域全体にわたって比較的一様であるべきである。

10

【0041】

本開示は、ある表面の選択された領域内の表面特性を管理しながら、その選択された領域にわたって光学リターダンスを変化させるように、光学リターダの光学面を修正する方法を対象とする。いくつかの実施形態では、表面を修正する方法は、光学面の選択された領域内の光学リターダンスを低減させるために、その領域をエッチングして表面から材料を除去することと、所望の拡散又は鏡面反射率を提供するように領域内の表面をパターン化することとを含む。

20

【0042】

図1を参照すると、光学要素10の一部分は、主表面13を有する基材12を含む。限定を意図するものではない様々な実施形態では、基材12は、レンズ、反射型偏光子又は吸収型偏光子、ディスプレイパネル、1つ以上の光学リターダなどの、表示装置に使用され得る任意の種類の光学部品である。例えば、基材12は、平凸状、平凹状、両凸状、正メニスカス、負メニスカス、屈折率分布型、フレネル、及びこれらの組み合わせから選択されるレンズであってもよい。いくつかの実施形態では、基材12の表面13は、光を収束又は発散させる曲率を有し、よって、本明細書ではこれを、ゼロでない光学的パワーを有すると称する。いくつかの実施形態では、湾曲した主表面13は、1本の軸の周りで湾曲している、又は直交する2本の軸の周りで湾曲している。いくつかの実施形態では、主表面13は、公称では平面状であるが、例えば、通常の製造の変動に起因していくらかの湾曲を有することがあり、又は、像面（例えば、ディスプレイパネルの）から光学システムの絞り面までの距離の少なくとも10倍の曲率半径を有することもある。基材12は、例えば、アクリル、ポリカーボネート、又はガラスなどの任意の好適なレンズ材料でできいてもよい。

30

【0043】

所定の波長範囲は、光学システム又はディスプレイシステムが動作するように設計された波長範囲であり、通常、約400 nm～約1000 nm、又は可視範囲（400 nm～700 nm）の範囲である。別の例として、所定の波長範囲は、1つ以上の可視波長範囲を含んでもよい。例えば、所定の波長範囲は、2つ以上の狭い波長範囲の結合（例えば、ディスプレイパネルの発光色に対応する、分離した赤色、緑色、及び青色の波長範囲の結合）であってもよい。そのような波長範囲は、参照により本明細書に組み込まれる米国特許出願公開第2017/0068100号（Ouderkirkら）に更に記載されている。いくつかの実施形態では、所定の波長範囲は、他の波長範囲（例えば、赤外（例えば、近赤外（約700 nm～約2500 nm））、又は紫外線（例えば、近紫外（約300 nm～約400 nm））、並びに可視波長範囲を含む。

40

50

【0044】

いくつかの実施形態では、基材12は、所定の波長又は所定の波長範囲内において、第1の偏光状態を有する光を実質的に反射し、直交する第2の偏光状態を有する光を実質的に透過するように構成された反射型偏光子である。例えば、反射型偏光子は、所定の波長又は所定の波長範囲内において第1の偏光状態を有する光の少なくとも60パーセントが偏光子を透過する場合に、所定の波長又は所定の波長範囲内において第1の偏光状態を有する光を実質的に透過することができる。反射型偏光子は、所定の波長又は所定の波長範囲内において第2の偏光状態を有する光の少なくとも60パーセントが反射型偏光子で反射される場合に、所定の波長又は所定の波長範囲内において第2の偏光状態を有する光を実質的に反射することができる。

10

【0045】

反射型偏光子はいずれも、第1の直線偏光状態を有する光を反射し、第1の直線偏光状態に直交する第2の直線偏光状態を有する光を透過する直線反射型偏光子であってもよい。好適な反射型偏光子としては、例えば、ポリマー多層光学フィルム及びワイヤグリッド偏光子が挙げられる。反射型偏光子はいずれも、例えば、熱成形されたポリマー多層光学フィルムなどの、形成された（例えば、熱成形された）反射型偏光子であってもよい。このポリマー多層光学フィルムは、交互配置された複数の第1のポリマー層及び第2のポリマー層を含み得る。好適なポリマー多層反射型偏光子は、例えば、米国特許第5,882,774号（Jonzaら）及び米国特許第6,609,795号（Weberら）に記載されている。反射型偏光子を複合曲線に形成する方法は、参照により本明細書に既に組み込まれている米国特許出願公開第2017/0068100号（Ouderkirkら）、及び2016年9月2日出願の国際出願第US2016/050024号（Ouderkirkら）に記載されており、本明細書に矛盾しない範囲で、本明細書によって、参照により本明細書に組み込まれる。

20

【0046】

成形の間に、この光学フィルムは、工具の形状に適合するように延伸される。この光学フィルムが延伸される理由は、所望の形状が、2本の直交軸の周りで湾曲しているためである。このこととは対照的に、1本の軸の周りでだけ湾曲した形状に適合させるためには、光学フィルムを延伸する必要がない。この成形のプロセスでは、光学フィルムを、第1の位置では実質的に一軸配向されたままに留めることができるが（成形の間、この位置では、その配向方向に沿ってフィルムが延伸されるため）、第2の位置では、成形される際の光学フィルムの延伸に起因して、二軸配向にすることができる。

30

【0047】

基材12はまた、所定の波長又は所定の波長範囲内において、平均光反射率及び平均光透過率がそれぞれ、30%～70%である部分反射体層であってもよい。例えば、部分反射体層はハーフミラーであってよい。所定の波長範囲内の平均光反射率及び平均光透過率は、特に指示がない限り、垂直入射で測定された、所定の波長範囲にわたる、並びに光反射率及び光透過率それぞれの偏光にわたる、非加重平均を指す。所定の波長における平均光反射率及び平均光透過率は、特に指示がない限り、垂直入射で測定された、光反射率及び光透過率それぞれの偏光に対する、非加重平均を指す。

40

【0048】

部分反射体層は、任意の好適な部分反射体であってもよい。例えば、部分反射体層は、透明基材（例えば、次にレンズに接着することができるフィルムであってもよいし、基材がレンズであってもよい）上に金属（例えば、銀又はアルミニウム）の薄層をコーティングすることによって構築されてもよい。この部分反射体層はまた、例えば、レンズ基材の表面上に薄膜誘電体コーティングを堆積させることによって、又はレンズ基材の表面上に、金属コーティングと誘電体コーティングとの組み合わせを堆積させることによって、形成してもよい。いくつかの実施形態では、部分反射体層は、反射型偏光子であってもよく、又は偏光依存反射性を有してもよい。いくつかの例では、部分反射体層は、誘電性部分反射体層である。

50

【0049】

いくつかの実施形態では、基材12は、1つの光学リターダ層である、又は更には複数のリターダ層であることもあり、それらは様々な実施形態では、一様又は非一様なリターダンスを有してもよい。様々な実施形態において、リターダ層（単数又は複数）は、ポリマーフィルム若しくはコーティング、又はポリマーフィルムとコーティングの組み合わせであり得る。

【0050】

光学要素10は、基材12の表面13の少なくとも一部分に適合する少なくとも1つのリターダ層14を更に含む。様々な実施形態において、リターダ層（単数又は複数）14は、ポリマーフィルム若しくはコーティング、又はポリマーフィルムとコーティングとの組み合わせであり得る。いくつかの実施形態では、スピンドルコーティング、原子層堆積法などのプロセスによって、フィルム又はコーティングを基材の表面上に適用してもよい。

10

【0051】

好適なポリマーフィルムとしては、例えば、Meadowlark Optics (Frederick, CO) から入手可能なものの複数のポリマーフィルムリターダが挙げられる。リターダ層14を形成するための好適なコーティングとしては、米国特許出願公開第2002/0180916号 (Schadtら)、同第2003/028048号 (Cherkaouiら)、同第2005/0072959号 (Moiaら) 及び同第2006/0197068号 (Schadtら)、並びに米国特許第6,300,991号 (Schadtら) に記載されている、直線光重合性ポリマー (LPP) 材料及び液晶ポリマー (LCP) 材料が挙げられる。好適なLPP材料としては、ROP-131EXP-306 LPPが挙げられ、好適なLCP材料としては、ROF-5185 EXP-410 LCPが挙げられ、双方ともROLIC Technologies Ltd. (Allschwil, Switzerland) から入手可能である。

20

【0052】

いくつかの実施形態では、光学要素10は、リターダ層14と基材12の表面13との間に、任意選択の取り付け層又は整列層16を更に含む。一実施形態において、層16は、表面13にリターダ層を接着するための光学接着剤を含んでもよい。別の実施形態では、リターダ層14が液晶材料を含む場合、層16は、任意選択の液晶整列層であってよい。

30

【0053】

光線（図1には示さず）は、リターダ層14の光学面15で光学要素上に入射するか、又は光学要素から出射される。いくつかの例では、光学面15は、光学要素10の表面全体に延びてもよく、他の例では、光学面15は、光学要素の主表面の、画像に関連付けられた光を受光する部分などの、光学要素の一部分に限定されてもよい。いくつかの実施形態では、基材12及びリターダ14の表面13、15は、例えば反射防止コーティングなどの、追加の反射防止層（図1には示さず）を含んでもよい。

【0054】

光学面層14は、表面15で光学要素10に入射する、約400nm～約1000nmの波長範囲内の所定の波長 λ_0 の垂直入射光に対して実質的に一様なリターダンスを有する。リターダ層又はリターダ層セグメントは、リターダ層内のリターダンスの変動がリターダ全体にわたるリターダンスの最大差よりも実質的に小さい場合、実質的に一様なリターダンスを有するとして説明することができる。例えば、実質的に一様なリターダンスを有するリターダとは、リターダンスの最大差が約20%以下であることを意味すると理解することができる。

40

【0055】

いくつかの例では、リターダ層14は、実質的に四分の一波長リターダであってよい。指定された波長で実質的に四分の一波長リターダとして説明されるリターダ層は、リターダ層が、リターダ層の表面積の少なくとも80パーセントに関して、垂直入射する偏光していない光に対して、指定された波長の1/4の5パーセント以内のリターダンスを有

50

することを意味すると理解することができる。リターダ層は、第1の波長で実質的に四分の一波リターダであってもよく、異なる第2の波長で四分の一波長とは実質的に異なるリターダンスを有してもよい。第2の波長で四分の一波長とは実質的に異なるリターダンスは、リターダンスが第2の波長の1/4の5パーセント以内でないことを意味すると理解することができる。四分の一波長リターダは、空間的に一様な配向を有してもよい。

【0056】

いくつかの事例では、リターダ層14は、例えば、異なる速軸及び遅軸を有する複数の層を有する複数の積層リターダ層を含んでもよい。この場合、リターダ層の実効リターダンス並びに実効速軸及び実効遅軸は、リターダに入射する偏光及びリターダを透過した偏光に対して、入射光の偏光状態を透過光の偏光状態に変換することになる従来の単一層リターダのリターダンス並びに速軸配向及び遅軸配向として、定義することができる。そのようなリターダ層のリターダンスは、この実効リターダンスを指す。単一層を有するリターダに関して、実効速光軸及び実効遅光軸は、単一層の速光軸及び遅光軸であり、実効リターダンスは、単一層のリターダンスである。各層がリターダの実効速軸及び実効遅軸に対して平行又は90度回転した速軸及び遅軸を有する、複数の層を有するリターダ層では、垂直入射光に対する実効リターダンスは、リターダの実効速軸及び実効遅軸に平行な対応する速軸及び遅軸を有する層のリターダンスの合計から、リターダの実効速軸及び実効遅軸に対して90度回転した対応する速軸及び遅軸を有する層のリターダンスの合計を減算したものである。

【0057】

再び図1を参照すると、リターダ層14は、実質的に一様な物理的厚さ t_0 を有する。様々な実施形態において、リターダ層14の物理的厚さ t_0 は、約5μm未満、又は約2μm未満、又は更には約1μm未満である。図1に示されないいくつかの例では、リターダ層14は、異なる物理的厚さを有する複数の領域を含み、これは、リターダ層14の異なる領域のそれぞれが約四分の一波長リターダンスを有することができるよう異なる材料が使用される場合に望ましいことがある。

【0058】

図2Aは、非一様なリターダンスを有するリターダ層24をその上に有する基材22を含む、光学要素20を示す。リターダ層は、リターダ層24の表面25にわたるリターダンスの変動が、前述した一様なリターダンスなどの一様なリターダンスを表す、リターダンスの最大差よりも大きい場合、実質的に非一様なリターダンスを有するものとして説明することができる。例えば、実質的に非一様なリターダンスを有するリターダ層は、リターダ層の領域間のリターダンスの最大差が20%より大きいことを意味すると理解することができる。

【0059】

表面25は、実質的に一様なリターダンス及び物理的厚さ t_0 を有する領域21を含む。いくつかの実施形態では、領域21内の表面25は、例えば、干渉分光法、共焦点顕微鏡法、接触式表面計法などの技術を用いて測定したとき、2μm四方のテスト領域にわたり約20%未満、約10%未満、約5%未満、又は約1%未満だけ変動する平均表面粗さ(ASME B4.6.1による R_a 又はRMS)を有する。表面25は、少なくとも1つの第1の領域27を更に含み、領域27の物理的厚さ t_1 が t_0 より小さくなるように、表面25から材料が除去されている。表面27の実質的に一様なリターダンスとのリターダンスの差が t_1 になるように、十分な材料が領域27から除去されており、ここで、 t_1 は所定の波長 λ_0 の少なくとも0.01倍、又は、0.020、0.030、0.040、0.050、0.060、0.070、0.080、0.090、0.100、0.150、0.200、0.250、0.300、0.350、0.400、0.450、0.500、0.550、0.600、0.650、0.700、0.750、0.800、0.850、0.900、0.950、又は t_0 に等しい。

【0060】

10

20

30

40

50

光学要素 2 0 は、領域 2 7 のどちらかの側に遷移領域 3 0 、 3 1 を更に含み、この領域にわたって表面 2 5 の厚さが徐々に変化して、 t_0 から t_1 へと「下向きに遷移」、又は、 t_1 から t_0 へと「上向きに遷移」する。遷移領域 3 0 、 3 1 の幅 w は、広範に異なっていてもよく、遷移は、段階的であってもよいし、又はより滑らかに傾斜してもよく、傾斜の変化は連続的であっても不連続であってもよい。いくつかの実施形態では、 w は、約 5 μm ~ 約 10 mm 、又は約 1 mm ~ 約 5 mm の範囲であることができる。

【 0 0 6 1 】

いくつかの事例では、リターダ層 2 0 は、浅い第 1 のエッチングされた領域 2 6 と、第 1 のエッチングされた領域 2 6 に隣接する、深い第 2 のエッチング領域 2 8 とを含んでもよい。そのような事例では、上面 2 5 と第 1 のエッチングされた領域 2 6 の表面 2 7 との間に第 1 の遷移領域 3 0 、第 2 のエッチングされた領域 2 8 の表面 2 7 と表面 2 9 との間に第 2 の遷移領域 3 1 、及び、第 2 のエッチングされた領域 2 8 の表面 2 9 と上面 2 5 との間に第 3 の遷移領域 3 2 が存在してもよい。いくつかの事例では、リターダ層 2 4 の物理的厚さ t_0 は、約 0 . 2 μm ~ 約 3 μm 、又は約 0 . 2 μm ~ 約 2 . 5 μm 、又は約 0 . 2 μm ~ 約 2 μm の範囲であってもよい。第 1 のエッチングされた領域 2 6 内のリターダ層 2 4 の厚さは、約 0 . 0 5 ~ 約 0 . 5 μm 、又は約 0 . 1 ~ 約 0 . 5 μm であってもよい。第 2 のエッチングされた領域 2 8 内のリターダ層 2 4 の厚さは、第 1 のエッチングされた領域 2 6 内のリターダ層 2 4 の厚さより、約 0 . 0 1 μm ~ 約 0 . 0 5 μm だけ小さくてもよい。第 1 の遷移領域の高さは $t_0 - t_1$ であり、約 50 nm ~ 約 500 nm 、又は約 50 nm ~ 約 400 nm 、又は約 50 nm ~ 約 300 nm の範囲であってもよい。第 2 及び第 3 の遷移領域にも、同様の範囲が当てはまり得る。

【 0 0 6 2 】

よって、様々な実施形態において、リターダ層 2 4 は、非一様なリターダンスを作り出す 1 つ又は複数の個別の領域を含む。リターダ層 2 4 は、全体的に非一様なリターダンスを有してもよいが、個別の領域 2 6 、 2 8 がそれぞれ、個別のリターダセクションにわたって一様なリターダンスを有してもよい。

【 0 0 6 3 】

領域 2 6 、 2 8 は、所定の表面特性を有する表面 2 7 、 2 9 を含み、所定の特性には表面粗さが含まれるが、これに限定されない。いくつかの事例では、表面 2 7 、 2 9 で反射する又は表面 2 7 、 2 9 を通過する光線について、所望のレベルの拡散反射率若しくは正反射率を提供するように、又は反射防止若しくはアンチグレアの表面仕上げを提供するように、表面 2 7 、 2 9 の表面構造を調整することができる。いくつかの実施形態では、所望のレベルの反射率又は反射性を提供するために、表面 2 7 、 2 9 の表面テクスチャは、可能な限り一様であるべきである。いくつかの実施形態では、表面 2 7 、 2 9 は、例えば、干渉分光法、共焦点顕微鏡法、接触式表面計法などの技術を用いて測定したとき、2 μm 四方のテスト領域にわたって約 20 % 未満、約 10 % 未満、約 5 % 未満、又は約 1 % 未満だけ変動する平均表面粗さ (A S M E B 4 6 . 1 による R_a 又は R M S) を有する。様々な実施形態において、例えば、表面 2 7 、 2 9 の表面平均表面粗さ (A S M E B 4 6 . 1 による R_a) は、表面の 2 μm 四方のテスト領域にわたって、約 5 μm 未満、又は約 3 μm 未満、又は約 2 μm 未満であるべきである。

【 0 0 6 4 】

図 2 B に示す例示的な実施形態では、追加の層又は層のグループ 3 4 が、リターダ層 2 4 の表面 2 5 、 2 7 及び 2 9 の上に適用されていてもよい。様々な実施形態において、層 3 4 は、リターダ層 2 4 にラミネートされてもよく、又は光学接着剤の層 (図 2 B には示さず) を有して、若しくは有さずに、リターダ層 3 4 に接着されていてもよい。限定を意図するものではない様々な実施形態において、層 3 4 は、基材 1 2 に好適であるとして上記で考察した、レンズ、反射型偏光子又は吸収型偏光子、ディスプレイパネル、1 つ以上の光学リターダなどの層のうちのいずれかから選択されてもよい。いくつかの実施形態では、層 3 4 は、例えば、反射防止コーティングなどの光学効果、又はひっかき傷若しくは擦り傷に耐える保護コーティングを提供するように選択されたコーティングである。

10

20

30

40

50

【0065】

本発明者らは、エッティングプロセスを使用して、表面25から正確な量の材料を除去して領域26、28を形成し、領域を通過する光線について所定のレベルの光学リターダンスを提供することができると判断した。本発明者らはまた、エッティングによって表面27、29のテクスチャを良好に管理できると判断した。エッティングプロセスは、リターダ層24のために選択された材料の種類に応じて広範に異なり得るが、リターダ層24がポリマー材料である実施形態では、好適なエッティングプロセスとして、例えば、化学エッティングなどのウェットエッティングプロセス、並びに、例えばプラズマエッティング及び反応性イオンエッティング(RIE)などのドライエッティングプロセスが挙げられる。

【0066】

RIEプロセスでは、化学エッティング又はプラズマエッティングよりも指向性が高い異方向性のエッティングプロファイルを提供することができ、化学反応性プラズマを利用して表面25から材料を除去して領域26、28を形成する。RIEではプラズマ内のイオンは、25の表面と反応し、また表面25から材料をはね飛ばし、それにより、領域26、28を正確な寸法及び表面粗さで作り出す。

【0067】

限定を意図するものではない、図3の典型的なRIE装置の概略図を参照すると、RIEシステム100は、真空チャンバ102を含み、このチャンバはその中に、リターダ層24を含む光学要素20を保持するように構成された取り付け用円盤104を有する。取り付け用円盤104は、チャンバ102の他の部分から電気的に絶縁されている。エッティングガス106がチャンバ102内に導入され、電極104、105間の強い発振無線周波(RF)界が、エッティングガス分子108をイオン化してプラズマを作り出す。プラズマの陽イオンが表面25に向かって移動し、表面25と化学的かつ物理的に相互作用して、表面25から材料を除去し、領域26を形成する。

【0068】

好適なRIEエッティング条件は、リターダ層24のために選択されるポリマー材料に応じて広範に異なり得る。好適なRIEエッティングガスには、酸素などの反応性の高い化学部分、及び、アルゴンなどの反応性の低い化学部分が含まれる。反応性の高い化学部分は表面25での化学反応を強化し、反応性の低い化学部分を使用すると、物理的相互作用又はスパッタリングが強化される傾向にある。

【0069】

再び図2Aを参照すると、いくつかの実施形態では、所定の寸法を有するエッティングされた領域26、28を生成するために、又は表面25上のエッティングされた領域26、28の所定のパターンを生成するために、リターダ層24の表面25上にマスクを適用してもよい。図4A～図4Cに概略的に示されるプロセス200を参照すると、ポリマー光学リターダ層224は、表面225上の、所定の波長 λ_0 の実質的な垂直入射光に対して実質的に一様なリターダンス t_0 を有し、また、厚さ t_0 を有する。

【0070】

図4Aの工程202では、第1のマスク250及び第2のマスク252を、表面225のそれぞれの領域251及び253(図4Aには図示せず)の上に設置し、表面225を反応性イオンエッティングする。様々な実施形態において、マスク250、252は、表面225の上方に比較的接近して、又は表面225の上方に更に高く設置されてもよい。表面の上方の高い位置にマスクを設置すると、結果として生じる表面225のエッティングされた領域と、隣接するエッティングされていない領域との間の遷移領域が狭くなり、2つの領域間に比較的急峻な境界が得られる。表面225から更に離してマスクを設置すると、結果として生じるエッティングされた領域とエッティングされていない領域との間の遷移領域は比較的広くなり、エッティングされた領域とエッティングされていない領域との間の境界は、より緩やかになる。

【0071】

初期RIE工程202の後、マスク250、252によって覆われていない表面225

10

20

30

40

50

の領域 255 は、マスク 250、252 によって覆われた部分の物理的厚さよりも小さい物理的厚さ t_1 を有する。領域 255 は、層 224 の元のリターダンス よりも小さいリターダンス差 を有し、ここで、 θ は所定の波長 λ_0 の少なくとも 0.01 倍、又は、0.020、0.030、0.040、0.050、0.060、0.070、0.080、0.090、0.100、0.150、0.200、0.250、0.300、0.350、0.400、0.450、0.500、0.550、0.600、0.650、0.700、0.750、0.800、0.850、0.900、0.950、又は θ_0 に等しい。

【0072】

【0073】

図 4B では、表面 225 の上に第 2 のマスク 254 を設置して、元はマスク 250、252 によって覆われていた表面 225 の部分と、領域 225 の一部分とに重ね、工程 204 で、再び RIE を使用してリターダ層の表面をエッティングする。工程 204 では、領域 255 の、図 4A の最初のエッティング 202 でエッティングされた部分には 2 回目のエッティングが行われ、一方、元はマスクされていた領域 251、253 は、マスクされたままでエッティングされない。

【0074】

図 4C に示す工程 206 では、第 2 のマスク 254 を除去し、パターン化された光学リターダ層 260 を得る。2 回目のエッティング工程 204 では、領域 255 から追加の材料を除去して領域 257、259 を形成する。2 回エッティングされた領域 257、259 は、マスク 250、252 によって覆われた部分 251、253 の物理的厚さ t_0 より小さい物理的厚さ t_2 、及び第 2 のマスク 254 によって覆われた領域 255 の部分の物理的厚さ t_1 より小さい光学的厚さを有する。よって、領域 251、253 では、物理的厚さが最も大きくなり、また、光学リターダンスが最も大きくなる。領域 255 では、厚さ及び光学リターダンスが、領域 257、259 の厚さ及び光学リターダンスよりも大きくなる。

【0075】

マスク 254 の除去（図 4C）に続いて、パターン化された光学リターダ層 260 を、光学部品の表面に適用しても、又はその表面に適合させてもよい。

【0076】

コーティング工程、マスキング、及びエッティング工程の組み合わせを使用して、多種多様なパターン化されたポリマーリターダを形成し、光学要素の表面上に適用しても、又は更には、下にある光学要素の表面に適用しながら、多種多様なパターン化されたポリマーリターダを形成してもよい。

【0077】

一例では、図 5A は、領域 441 及び 446 を含むリターダ層 445 の概略正面平面図である。いくつかの実施形態では、リターダ層 445 の領域 441 は、実質的に空間的に一定のリターダンスを有し、領域 446 は、空間的に変化するリターダンスを有する。例えば、領域 441 にわたるリターダンスの最大差は、領域 446 にわたるリターダンスの最大差の 10% 未満（又は 5% 未満、又は 3% 未満）であってもよい。図 5A では、領域 441 は、リターダ層 445 の中心に近い内部領域である。リターダ層 445 を含む光学システム（図 5A には示さず）の光軸 440 は、領域 441 内でリターダ層 445 と交差する。領域 446 は、領域 441 を取り囲み、リターダ層 445 の縁部 443 まで延びる周辺領域である。

【0078】

いくつかの事例では、リターダ層 445 の配向は、第 1 の偏光状態に対して指定されてもよい（例えば、速光軸と第 1 の偏光状態の軸（例えば、遮断軸）との間の角度）。いくつかの実施形態では、リターダ層 445 は、第 1 の偏光状態に対して、リターダ層全体にわたって実質的に非一様なリターダンスを有する。この第 1 のリターダ層は、更に任意選択で、第 1 及び第 2 のリターダ層を光線が通過するときに所望の光学効果を提供するため

10

20

30

40

50

に、別の第 2 のリターダ層に対して配向されてもよい。

【 0 0 7 9 】

いくつかの事例では、リターダ層は、例えば、異なる速軸及び遅軸を有する複数の層を有する複数の積層リターダ層を含んでもよい。この場合、リターダ層の実効リターダンス並びに実効速軸及び実効遅軸は、リターダに入射する偏光及びリターダを透過した偏光に対して、入射光の偏光状態を透過光の偏光状態に変換することになる従来の単一層リターダのリターダンス並びに速軸配向及び遅軸配向として、定義することができる。そのようなりターダ層のリターダンスは、この実効リターダンスを指す。単一層を有するリターダに関して、実効速光軸及び実効遅光軸は、単一層の速光軸及び遅光軸であり、実効リターダンスは、単一層のリターダンスである。各層がリターダの実効速軸及び遅軸に対して平行又は 90 度回転した速軸及び遅軸を有する、複数の層を有するリターダに関して、垂直入射光に対する実効リターダンスは、リターダの実効速軸及び実効遅軸に平行な対応する速軸及び遅軸を有する層のリターダンスの合計から、リターダの実効速軸及び実効遅軸に対して 90 度回転した対応する速軸及び遅軸を有する層のリターダンスの合計を引いたものである。

【 0 0 8 0 】

指定された実効速光軸又は実効遅光軸に対するリターダの光学的厚さは、指定された実効速光軸又は実効遅光軸に沿った層の屈折率に層の厚さをかけたものの、リターダの各層にわたる合計を指す。例えば、いくつかの実施形態では、第 1 のリターダ層は、第 1 のリターダ層の実効速光軸又は第 1 のリターダ層の実効遅光軸のうちの 1 つに対して、原点における第 1 の光学的厚さ、及び少なくとも 1 つの他の位置における異なる第 2 の光学的厚さを有する。第 1 の光学的厚さは、実効速光軸及び実効遅光軸のうちの 1 つに沿った屈折率に局所物理的厚さをかけたものであり、第 2 の光学的厚さは、実効速光軸及び実効遅光軸のうちの同じ 1 つに沿った屈折率に局所物理的厚さをかけたものである。リターダのリターダンスは、実効速光軸又は実効遅光軸に対してリターダの光学的厚さを空間的に変化させることによって空間的に変化させることができ、これは、リターダの層の配向の好適な選択によって、実効速軸又は実効遅軸に沿った厚さ及び / 又は屈折率を空間的に変化させることによって行うことができる。

【 0 0 8 1 】

図 5 B は、リターダ層 4 4 5 の別の実施形態におけるリターダンス等高線 4 4 2 を示す。いくつかの実施形態では、リターダンスが空間的に実質的に一定である領域は、図 5 B に示すように、リターダ層 4 4 5 の縁部 4 4 3 まで延びる部分を含む。いくつかの実施形態では、リターダンスは、リターダ層 4 4 5 の中心から + x + y 方向及び - x - y 方向に沿ってリターダ層の縁部 4 4 3 まで漸減せず、リターダ層 4 4 5 の中心から + x - y 及び - x + y 方向に沿ってリターダ層の縁部 4 4 3 まで漸増しない。いくつかの実施形態では、リターダンスは、リターダ層 4 4 5 の中心から + x + y 方向及び - x - y 方向に沿ってリターダ層の縁部 4 4 3 まで漸増せず、リターダ層 4 4 5 の中心から + x - y 及び - x + y 方向に沿ってリターダ層の縁部 4 4 3 まで漸減しない。

【 0 0 8 2 】

いくつかの実施形態では、リターダ層 4 4 5 は、z 軸周りの 180 度回転について対称である。いくつかの実施形態では、リターダンスと光軸 4 4 0 におけるリターダンスとの間の差は、z 軸周りの 90 度回転について反対称である。いくつかの実施形態では、図 5 C に示すように、第 2 の領域 4 4 6 は、領域 4 4 6 a ~ 4 4 6 d を含む。いくつかの実施形態では、領域 4 4 6 a 及び 4 4 6 c は、領域 4 4 1 よりも低い平均リターダンスを有し、領域 4 4 6 b 及び 4 4 6 d は、領域 4 4 1 よりも高い平均リターダンスを有する。いくつかの実施形態では、領域 4 4 6 a 及び 4 4 6 c は、領域 4 4 1 よりも高い平均リターダンスを有し、領域 4 4 6 b 及び 4 4 6 d は、領域 4 4 1 よりも低い平均リターダンスを有する。

【 0 0 8 3 】

領域の相対的なサイズは、その領域の表面積によって、又は、光軸に直交する平面から

10

20

30

40

50

見た平面視で決定される面積によって表現されてもよい。いくつかの実施形態では、平面視で、リターダ層 4 4 5 は、面積 A を有し、領域 4 4 1 は、約 A / 1 0 ~ 約 2 A / 3 の範囲の面積を有し、第 1 ~ 第 4 の領域 4 4 6 a ~ 4 4 6 d のそれぞれは、約 A / 1 2 ~ 約 A / 3 の範囲の面積を有する。いくつかの実施形態では、リターダは、第 1 の領域（例えば、領域 4 4 1）、及び重なり合わない第 2 の領域（例えば、領域 4 4 6）を含み、第 2 の領域は、リターダの残りの部分である。いくつかの実施形態では、第 1 の領域は、中央領域であり、第 2 の領域は、中央領域を取り囲むことができる周辺領域（すなわち、リターダの周囲又は縁部の少なくとも一部分を含む領域）である。いくつかの実施形態では、領域 4 4 1 は、リターダ層 4 4 5 の全表面の少なくとも 1 0 パーセントの表面積を有する。表面積及び総表面積は、リターダの 1 つの主表面の表面積を指すことが理解されるであろう。

10

【 0 0 8 4 】

また図 5 D を参照すると、いくつかの実施形態では、リターダ層 4 4 5 は、重なり合わない、中央領域並びに第 1 及び第 2 の縁部領域を含む。例えば、中央領域は、領域 4 4 1 に対応してもよく、第 1 及び第 2 の縁部領域は、リターダのそれぞれの第 1 及び第 2 の縁部（例えば、縁部 1 4 7 3 及び 1 4 7 7）に又はその付近に配置された、領域 4 4 6 a 及び 4 4 6 b に対応してもよい。中央領域（例えば、領域 4 4 1）は、第 1 の原点（例えば、光軸 4 4 0 がリターダ層 4 4 5 と交差する箇所に対応する）を含む。

【 0 0 8 5 】

所定の波長範囲内の少なくとも 1 つの第 1 の波長 λ_0 について、中央領域が実質的に等しい平均リターダンスを有する場合に、第 1 の縁部領域は、実質的に - に等しい平均リターダンスを有し、第 2 の縁部領域は、実質的に + に等しい平均リターダンスを有する。いくつかの実施形態では、整数 n について、 $\lambda_0 (n + 1 / 8)$ ~ $\lambda_0 (n + 1 / 2)$ かつ $\lambda_0 / 5 0$ ~ $\lambda_0 / 2$ である。いくつかの実施形態では、- は、 $\lambda_0 (n + 1 / 4)$ 又は $\lambda_0 / 4$ に実質的に等しい。いくつかの実施形態では、+ は、 $\lambda_0 / 2 0$ 以上、又は $\lambda_0 / 1 0$ 以上である。いくつかの実施形態では、- は、 $\lambda_0 / 4$ 以下、又は $\lambda_0 / 5$ 以下である。例えば、いくつかの実施形態では、 $\lambda_0 / 2 0$ ~ $\lambda_0 / 5$ である。

20

【 0 0 8 6 】

整数 n は、任意の負ではない整数であってもよい。例えば、n は、ゼロであってもよい。四分の一波長リターダは、例えば、n = 0 の場合、不等式 $\lambda_0 (n + 1 / 8) ~ \lambda_0 (n + 1 / 2)$ を満たす、- = $\lambda_0 / 4$ を有する。正の n についてリターダンスが (n + 1) $\lambda_0 / 4$ となるように、四分の一波長リターダの厚さを増加させることにより、リターダを透過する垂直入射光の偏光状態に同じ変化が生じる。いくつかの実施形態では、実質的に四分の一波長リターダンスを有するとして本明細書に記載されるリターダ層は、正の n について (n + 1) $\lambda_0 / 4$ のリターダンスを有するリターダ層で置き換える。いくつかの実施形態では、n は 0 であり、いくつかの実施形態では、n は 1 である。

30

【 0 0 8 7 】

いくつかの実施形態では、リターダは、第 3 の縁部領域 4 4 6 c 及び第 4 の縁部領域 4 4 6 d を更に含み、中央領域は、第 1 の縁部領域と第 3 の縁部領域の間、かつ、第 2 の縁部領域と第 4 の縁部領域の間にある。

40

【 0 0 8 8 】

いくつかの実施形態では、所定の波長範囲内の少なくとも 1 つの第 1 の波長 λ_0 について、第 3 の縁部領域は、- に実質的に等しい平均リターダンスを有し、第 4 の縁部領域は、+ に実質的に等しい平均リターダンスを有する。

【 0 0 8 9 】

いくつかの実施形態では、リターダは、所定の波長範囲内の少なくとも 1 つの第 1 の波長 λ_0 について、 λ_0 の第 1 の原点において、あるリターダンスを有する。いくつかの実施形態では、 λ_0 は、- に等しいか、又は実質的に等しい。いくつかの実施形態では、所定の波長範囲内の少なくとも 1 つの第 1 の波長 λ_0 について、第 1 及び第 2 の縁部領域はそれぞれ、実質的に一様なリターダンスを有する。いくつかの実施形態では、所定の波長

50

範囲内の少なくとも 1 つの第 1 の波長 λ_0 について、第 1 及び第 2 の縁部領域のうちの少なくとも 1 つは、変動するリターダンスを有する。いくつかの実施形態では、リターダは、第 3 及び第 4 の縁部領域を更に含む。いくつかの実施形態では、所定の波長範囲内の少なくとも 1 つの第 1 の波長 λ_0 について、第 1 ~ 第 4 の縁部領域のうちの少なくとも 1 つは、実質的に一様なリターダンスを有する。いくつかの実施形態では、所定の波長範囲内の少なくとも 1 つの第 1 の波長 λ_0 について、第 1 ~ 第 4 の縁部領域はそれぞれ、実質的に一様なリターダンスを有する。

【 0 0 9 0 】

図 5 D は、リターダ層 4 4 5 に対応し得る、リターダ 1 4 4 5 の平面図である。平面 1 4 0 1、1 4 0 2、1 4 0 3、及び 1 4 0 4 が示されている。これらの平面は、点 1 4 4 0 においてリターダ 1 4 4 5 と交差する線 (z 軸に平行な) に沿って互いに交差する。各平面は、点 1 4 4 0 を通過する対応する曲線に沿ってリターダ 1 4 4 5 と交差する。いくつかの実施形態では、第 1 のリターダのリターダンスは、点 1 4 4 0 であってもよい中心から離れてリターダ 1 4 4 5 の縁部 1 4 7 3 まで第 1 の方向 1 4 8 7 に増加し、リターダ 1 4 4 5 の中心から離れて縁部 1 4 7 7 まで第 2 の方向 1 4 8 9 に減少する。いくつかの実施形態では、第 1 の方向 1 4 8 7 及び第 2 の方向 1 4 8 9 は、平面 1 4 0 2 とリターダ 1 4 4 5 との第 1 の交線及び平面 1 4 0 1 とリターダ 1 4 4 5 との第 2 の交線にそれぞれ沿っている。光学システムに使用される場合、この線は、光学システムの光軸であってもよく、点 1 4 4 0 は、光軸と交差するリターダ層の第 1 の原点であってもよい。この場合、平面 1 4 0 1、1 4 0 2、1 4 0 3、及び 1 4 0 4 のそれぞれは、光軸を含む。リターダ 1 4 4 5 は、領域 4 4 1 に対応する中央領域、及び領域 4 4 6 a ~ 4 4 6 d に対応する第 1 ~ 第 4 の縁部領域を含んでもよく、これらは、図 5 D では図示を容易にするためにラベル付けされていない。いくつかの実施形態では、平面 1 4 0 1 は、中央領域及び第 1 の縁部領域内でリターダ 1 4 4 5 と交差し、平面 1 4 0 2 は、中央領域及び第 2 の縁部領域内でリターダ 1 4 4 5 と交差する。いくつかの実施形態では、平面 1 4 0 1 と 1 4 0 2 との間の角度 θ_1 は、約 60 度 ~ 約 120 度の範囲、又は約 70 度 ~ 約 110 度の範囲である。いくつかの実施形態では、角度 θ_1 は、約 90 度である。いくつかの実施形態では、平面 1 4 0 3 と 1 4 0 4 との間の角度 θ_2 は、約 60 度 ~ 約 120 度の範囲、又は約 70 度 ~ 約 110 度の範囲である。いくつかの実施形態では、角度 θ_2 は、約 90 度である。いくつかの実施形態では、平面 1 4 0 1 と 1 4 0 4 との間の角度 θ_3 は、約 30 度 ~ 約 60 度の範囲、又は約 35 度 ~ 約 55 度の範囲である。いくつかの実施形態では、角度 θ_3 は、約 45 度である。

【 0 0 9 1 】

いくつかの実施形態では、所定の波長範囲内の少なくとも 1 つの第 1 の波長 λ_0 について、リターダ 1 4 4 5 は、平面 1 4 0 1 の周囲の反射について実質的に対称で、平面 1 4 0 2 の周囲の反射について実質的に対称である、リターダンスを有する。リターダの表面積の少なくとも 80 パーセント内の各点におけるリターダンスが、リターダのリターダンスの最大変動の 10 パーセント以下だけ、平面周りに点を反射することによって決定される対応する点におけるリターダンスとは異なる場合、リターダンスは、この平面周りの反射下で実質的に対称であるものとして説明することができる。いくつかの実施形態では、リターダの表面積の少なくとも 90 パーセント、又は少なくとも 95 パーセント内の各点におけるリターダンスは、リターダのリターダンスの最大変動の 10 パーセント以下、又は 5 パーセント以下だけ、平面周りに点を反射することによって決定される対応する点におけるリターダンスとは異なる。

【 0 0 9 2 】

いくつかの実施形態では、所定の波長範囲内の少なくとも 1 つの第 1 の波長 λ_0 について、リターダ 1 4 4 5 が有するリターダンスは、そのリターダンスと点 1 4 4 0 におけるリターダンスとの差が、平面 1 4 0 3 の周囲の反射について実質的に反対称であり、かつ平面 1 4 0 4 の周囲の反射について実質的に反対称であるようになっている。リターダの表面積の少なくとも 80 パーセント内の各点におけるリターダンスの差が、リターダのリ

10

20

30

40

50

ターダンスの最大変動の 10 パーセント以下だけ、平面周りに点を反射することによって決定される対応する点におけるリターダンスの差の負数とは異なる場合、リターダンスの差は、この平面周りの反射下で実質的に反対称であるものとして説明することができる。いくつかの実施形態では、リターダの表面積の少なくとも 90 パーセント、又は少なくとも 95 パーセント内の各点におけるリターダンスの差は、リターダのリターダンスの最大変動の 10 パーセント以下、又は 5 パーセント以下だけ、平面周りに点を反射することによって決定される対応する点におけるリターダンスの差の負数とは異なる。

【 0 0 9 3 】

いくつかの実施形態では、所定の波長範囲内の少なくとも 1 つの第 1 の波長 λ_0 について、第 1 の縁部領域のリターダンスは、第 1 の原点から離れて第 1 の縁部 1477 に向かう方向で減少し、第 2 の縁部領域のリターダンスは、第 1 の原点 1440 から離れて第 2 の縁部 1473 に向かう方向で増加する。例えば、このリターダンスは、第 1 の原点 1440 から縁部 1477 への方向（例えば、+x+y 方向）で減少してもよい、第 1 の原点 1440 から縁部 1473 への方向（例えば、-x+y 方向）で増加してもよい。

10

【 0 0 9 4 】

図 6 A に示す、パターン化された光学リターダ 600 の別の実施形態を参照すると、光学面 630 は、垂直軸 632 及び水平軸 634 によって画定されてもよい。垂直軸 632 及び水平軸 634 は、4 つのデカルト四分円（I、II、III、IV）を画定してもよい。図 6 A の例では、デカルト四分円は、時計回り方向に通し番号が付けられている。

20

【 0 0 9 5 】

光学面 630 は、実質的に垂直軸 632 上を中心とする第 1 の長細い領域 636 と、水平軸 634 を実質的に中心とする第 2 の長細い領域 638 とを含んでもよい。第 1 の長細い領域 636 及び第 2 の長細い領域 638 はそれぞれ、光学面の対向する縁部間に延びてもよい。

20

【 0 0 9 6 】

第 1 の長細い領域 636 及び第 2 の長細い領域 638 は、実質的な垂直入射光に対して同一の実質的に一様なリターダンス（）を有してもよい。実質的に一様なリターダンスとは、第 1 の長細い領域 636 及び第 2 の長細い領域 638 のそれぞれにおけるリターダンスの最大変動（領域内の最大リターダンスから最小リターダンスを減算したもの）が、それぞれの長細い領域におけるリターダンスの最大変動の 10 % 以下であり得ることを意味すると理解することができる。光学面 630 が光学レンズの表面である例では、実質的に一様なリターダンスはゼロであり得る。いくつかの実施例では、第 1 の長細い領域 636 及び第 2 の長細い領域 638 は、光学面 630 の表面積の少なくとも 10 % を覆う。

30

【 0 0 9 7 】

第 3 のリターダ層 620 は、複数の個別のリターダ領域を含んでもよい。いくつかの実施例では、複数の個別のリターダ部分は、2 つのリターダセクションが物理的に接触しないように、物理的に離散していてもよい。いくつかの例では、複数の個別のリターダセクションのうち 2 つ以上が物理的に接触又は接合していても、光学面 630 の個別の部分を覆っていることがある。

40

【 0 0 9 8 】

図 6 A の例では、第 3 のリターダ層 620 は、第 1 のリターダ領域 620A、第 2 のリターダ領域 620B、第 3 のリターダ領域 620C 及び第 4 のリターダ領域 620D を含む 4 つの個別のリターダ領域を含む。個別のリターダ領域 620A、620B、620C、620D はそれぞれ、光学面 630 のそれぞれのデカルト四分円 I、II、III、IV 上に配置されてもよい。

【 0 0 9 9 】

図 6 A の個別のリターダ領域はそれぞれ、ゼロよりも大きい、第 1 の長細い領域 626 及び第 2 の長細い領域 628 の実質的に一様なリターダンスからのリターダンス差を有してもよい。いくつかの例では、個別のリターダ領域 620B、620C、620D はそれぞれ、第 1 の長細い領域 626 及び第 2 の長細い領域 628 の実質的に一様なリターダンスを有してもよい。

50

ダンスとの、実質的に一様なリターダンス差を有する。例えば、個別のリターダ領域 620B、620C、620D はそれぞれ、第1の長細い領域 626 及び第2の長細い領域 628 のリターダンスから少なくとも約 0.2 の、リターダンス差を有してもよい。

【0100】

図 6B ~ 図 6D は、様々な形状を有する個別の光学リターダ領域の概略図である。図 6B は、直角及び正方形の辺を含む直角三角形の形状を有する個別のリターダセクション 622 を示す。個別のリターダ領域 622 は、例えば、正方形の画像を受け取る光学面に使用されてもよい。図 6C は、直角及び長方形の辺を含む直角三角形の形状を有する個別のリターダ領域 624 を示す。個別のリターダ領域 624 は、例えば、広角画像を受け取る光学面に使用されてもよい。いくつかの実施形態では、リターダセクション 622、624 の斜辺は湾曲していてもよい。図 6D は、直角、正方形の辺、及び円形の斜辺を含む四分円の形状を有する個別のリターダ領域 626 を示す。個別のリターダ領域 626 は、例えば湾曲した光学面に使用されてもよい。使用され得る他の形状として、円、正方形、三角形などが挙げられるが、これらに限定されない。

10

【0101】

図 7 は、本開示のパターン化されたリターダが特に有用であり得る、小型の屈曲光学システム 1000 の非限定的な例の概略断面図である。光学システム 1000 は、光学レンズ 1210、11410、310、11510、及び 1610 と、反射型偏光子層 1220（「反射型偏光子」とも呼ばれる）と、部分反射体層 1320（「部分反射体」とも呼ばれる）と、第1のリターダ層 1420、第2のリターダ層 1520、及び第3のリターダ層 1620（それぞれ、「第1のリターダ」、「第2のリターダ」、及び「第3のリターダ」とも呼ばれる）とを含む。

20

【0102】

図 7 の例で、物体 1100 が、偏光状態 1140 を有する光線 1136 を放射する。第3のリターダ層 1620 を通過した後、光線 1136 は偏光状態 1141 を有し、次いで、第2のリターダ層 1520 及び部分反射体層 1320 を通過した後、光線 1136 は偏光状態 1142 を有し、次いで、第1のリターダ層 1420 を通過した後、光線 1136 は最初に反射型偏光子層 1220 に入射するときに偏光状態 1143 を有し、次いで、第1のリターダ層 1420 を通過して戻り、部分反射体層 1320 で反射した後、光線 1136 は偏光状態 1144 を有し、次いで、光線 1136 は再び第1のリターダ層 1420 を通過して偏光状態 1145 となり、反射型偏光子層 1220 への2回目の入射となる。

30

【0103】

図 7 は、更に、光線 1138 も概略的に示す。光線 1138 は、光軸 11121 に沿って伝播し、原点 1522 でリターダ層 1520 を通過し、原点 1422 でリターダ層 1420 を通過し、原点 1221 で反射型偏光子 1220 を通過する。偏光状態 1140 及び 1143 は、図 7 では、図 7 に示した x - y - z 座標系によれば、x 方向に偏光された電界を有するものとして概略的に示されている。ただし、これらの偏光状態のいずれか又は両方は、x 方向に沿って直線偏光された状態以外のなんらかの状態であってもよい。例えば、偏光状態 1141 が直線偏光されている場合、偏光状態 1143 は、リターダ層 1420、1520 及び 1620 のリターダンスに応じて橢円偏光されていてもよい。

40

【0104】

光学システム 1000 の部品は、光学レンズ 1210、1310、1410、1510 及び 1610 のうち 1 つ以上の主表面上に配置されてもよい。他の実施形態では、反射型偏光子 1220、部分反射体 1320、並びにリターダ層 1420、1520 及び 1620 のうちの 1 つ以上は、図 7 に示す実施形態に示すものとは異なる主表面上に配置される。例えば、反射型偏光子 1220、部分反射体層 1320、並びにリターダ層 1420、1520 及び 1620 のうちの 1 つ以上は、それぞれのレンズの反対側の主表面上に配置することができる。別の例として、これらの層のうちの 1 つ以上は、これらの層のうちの別の層上に配置されてもよい。光学レンズ 1210 は対向する第1の主表面 1212 及び第2の主表面 1214 を有し、光学レンズ 1310 は対向する第1の主表面 1312 及び

50

第2の主表面1314を有し、光学レンズ1410は対向する第1の主表面1412及び第2の主表面1414を有し、光学レンズ1510は対向する第1の主表面1512及び第2の主表面1514を有し、光学レンズ1610は対向する第1の主表面1612及び第2の主表面1614を有する。

【0105】

光学システム1000は、光軸1121を有する。光学システム、ディスプレイシステム、又は光学システム内の光学レンズ若しくは光学要素の光軸は、そのシステム、レンズ、又は光学要素の中心付近の軸として理解することができ、この場合、その光軸に沿って伝播する光線は、それらのレンズ(単数又は複数)及び/又は光学要素(単数又は複数)を最小屈折度で通過し、そのため、その光軸に近接しているが、その光軸とは異なる軸に沿って伝播する光の屈折度は、より大きくなる。いくつかの実施形態では、1つ以上の光学レンズ1210、1310、1410、1510、1610はそれぞれ、1つ以上の光学レンズ1210、1310、1410、1510、1610のそれぞれの頂点を通る光軸1121を中心にして設置される。光軸1121に沿った光線は、光学レンズ(単数又は複数)及び/又は光学要素(単数又は複数)を、屈折せずに、又は実質的に屈折せずに通過することができ、よって、表面に入射する光線と表面を透過する光線との間の角度は、光学システムのどの主表面においても15度以下である。

【0106】

いくつかの実施形態では、光学システム1000は、観察者1110に対して物体1100を表示する。物体1100は、例えば、ディスプレイ又はディスプレイ上の画像であってもよい。好適なディスプレイとしては、例えば、液晶ディスプレイ(liquid crystal displays)(LCD)及び有機発光ダイオード(organic light emitting diode)(OLED)ディスプレイが挙げられる。あるいは、物体1100は、観察者1110の環境内の物体などのディスプレイ以外のなんらかの物体であってもよい。物体1100がディスプレイである実施形態では、光学システム1000は、ディスプレイと合わせてディスプレイシステムと呼ばれてもよく、あるいは、光学システム1000は、ディスプレイを含んでいるとして説明することができる。いくつかの実施形態では、物体1100は、偏光出力を生成するディスプレイパネルである。いくつかの実施形態では、光がリターダ層1620に入射するときに偏光状態1140を有するように、物体1100からの光を偏光するプレ偏光子が設けられる。いくつかの実施形態では、物体1100は、周辺光を光学システム1000に向けて反射することによって光1136を放射する、観察者1110の環境内の物体である。

【0107】

反射型偏光子層1220及び部分反射体層1320によって、屈曲光学キャビティ1700が画定されてもよい。屈曲光学キャビティ1700は、反射型偏光子層1220又は部分反射体層1320のいずれかで第1の偏光状態の光を受光し、反射型偏光子層1220及び部分反射体層1320のそれぞれの表面で光を反射し、反射偏光子層1220又は部分反射体層1320のうち光が受光された層の他方の層から第1の偏光状態の光を透過するように構成されてもよい。反射型偏光子層1220及び部分反射体層1320の両方から光を反射することによって、光を、第1の方向に圧縮(すなわち、「屈曲」)させる、又は、反対の第2の方向に伸長させることができる。いくつかの例では、観察者及び物体1100に対する反射型偏光子層1220及び部分反射体層1320の相対的な位置が、図7の例示的な光学システム1000から反転されるように、屈曲光学キャビティを反転させてよい。

【0108】

本開示の装置は、以下の非限定的な実施例に、更に記載される。

【実施例】

実施例1

【0109】

約3インチ(7.6cm)の直径を有するガラスウェハを、ROLIC Techno

10

20

30

40

50

logies Ltd. (Allschwil, Switzerland) から入手可能な液晶ポリマー (LCP) 材料 ROF-5185 EXP 410 LCP の 1.25 μm 層でコーティングした。550 nm の波長では、コーティングは 121 nm の平均リターダンスを有した。

【0110】

PET フィルム製の第 1 のマスクを、コーティング上の第 1 の領域の上に設置し、マスキングされたコーティング済みガラスウェハを反応性イオンエッチング (RIE) 装置内に設置し、約 5.5 nm / 秒のエッチング速度で酸素含有エッチングガスを用いて 30 秒間エッチングした。

【0111】

RIE 装置は、Plasma-Therm (St. Petersburg, Florida) により製造され、13.56 MHz 及び 2000 ワットの RF 電力で動作する、容量結合平行平板型プラズマリアクタ、モデルタイプ PD2480 であった。第 1 のマスクを用いた第 1 のエッチング工程は、酸素 (500 sccm のガス流) プラズマ中で、80 mTorr のプラズマ圧力で行った。次いで、表面の、第 1 の領域とは異なる第 2 の領域上に第 2 のマスクを設置し、マスキングされたコーティング済みガラスウェハを、5.5 nm / 秒のエッチング速度で酸素含有エッチングガスを用いて 60 秒間、再度エッチングした。

【0112】

第 2 のマスクを用いた第 2 のエッチング工程は、アルゴン (300 sccm のガス流) プラズマ中で、50 mTorr のプラズマ圧力で行った。

【0113】

結果を下記の表 1 に示す。

【表 1】

表 1

	エッチング時間 (秒)	厚さ (nm) (±10 nm)	平均リターダンス (nm) (550 nm)	平均表面粗さ (Ra) (nm)	RMS 表面粗さ (nm)
コントロール領域	なし	1250	121	0.75-1.50	1.25-1.75
マスク 1 領域 1	30	1080	106	1.50-2.25	1.75-2.50
マスク 2 領域 2	60	920	92	2.25-3.00	2.50-3.50

【0114】

垂直入射角の 550 nm 光源を使用して測定した、2 回エッチングされた LCP 層の表面のリターダンスのプロットを図 8 に示す。図 8 で、最も明るい領域はコントロール領域、灰色の領域は領域 1、黒色の領域は領域 2 である。

【0115】

2 回エッチングされた LCP 層のエッチングされた領域の表面を、原子間力顕微鏡 (AFM) を使用して特徴付けた。その結果を図 9A ~ 図 9B に示す。図 9A ~ 図 9B は、1 μm² 及び 2 μm² の両方のサンプル領域で、平均表面粗さ (Ra) 及び二乗平均平方根粗さ (RMS) の両方がエッチング時間と共に増加したことを示す。30 秒間のエッチングの後、領域 1 の平均表面粗さは約 1.50 ~ 2.25 nm、RMS 表面粗さは 1.75 ~ 2.25 nm であった。領域 2 のエッチング時間を 60 秒まで増加させると、平均表面粗さは 2.25 ~ 3.00 nm に増加し、同様に、RMS 表面粗さは 2.50 ~ 3.50 nm に増加した。

【0116】

図 10A ~ 図 10C の AFM 画像を参照すると、エッチング時間が長くなるにつれて、LCP 層の表面が含む突出部が、更に稜線状の隆起になつていった。図 11A ~ 図 11C

10

20

30

40

50

のラインプロファイルに示されるように、エッティング時間を長くすると、隆起の高さ及び隆起間の谷部の深さが増大した。

【0117】

サンプルの裏面には、黒色テープを貼付した。エッティングされていない表面のコントロール領域、領域1、及び領域2の全反射率及び拡散反射率を測定した。その結果を図11Dに示す。エッティングされていない表面のコントロール領域、領域1及び領域2は、実質的に同じ表面反射率を示した。

実施例2

【0118】

エッティングされていない実施例1のガラスウェハを、コーティング上の第1の領域の上に設置した第1のPETフィルムでマスキングし、マスキングされたコーティング済みガラスウェハを、実施例1のRIE装置内に設置し、約5.5nm/秒のエッティング速度でアルゴン含有エッティングガスを用いて30秒間エッティングした。

10

【0119】

次いで、表面の、第1の領域とは異なる第2の領域上に第2のマスクを設置し、マスクされたコーティング済みガラスウェハを、5.5nm/秒のエッティング速度でアルゴン含有エッティングガスを用いて60秒間、再度エッティングした。

【0120】

図12A～図12CのAFM画像を参照すると、エッティング時間が長くなるにつれて、LCP層の表面が含む突出部は、より隆起が際立つようになった。

20

【0121】

図13Aに示すように、コーティングの表面内の、細孔と呼ばれる構造体の直径は、エッティング時間が30秒の第1の領域では、およそその平均直径は約50nmであり、エッティング時間が60秒の第2の領域では、およそその平均直径は約60nmであった。ここで直径は、その形状の輪郭（外周）によって囲まれた面積に等しい面積を有する円の直径として定義される。図14Aに、エッティング時間が30秒の第1の領域の、直径に対する面積和のプロットを示し、図15Aに、エッティング時間が60秒の第2の領域の、直径に対する面積和のプロットを示す。

【0122】

図13Bを参照すると、コーティングの表面内の、ここでも細孔と呼ばれる隆起状の構造体の高さ又は深さはz範囲を有し、その範囲を、ここでは、形状の輪郭の内側のすべての点の高さ及び深さの値のうち、最高値と最低値の間の差と称し、エッティング時間が30秒の第1の領域では、約5～7nmであり、エッティング時間が60秒の第2の領域では、約15～20nmであった。図14Bに、エッティング時間が30秒の第1の領域の、z範囲に対する面積和のプロットを示し、図15Bに、エッティング時間が60秒の第2の領域の、z範囲に対する面積和のプロットを示す。

30

【0123】

2回エッティングされたLCP層のエッティングされた領域の表面を、更にAFMを使用して特徴付けた。その結果を図16に示す。図16は、 $2\mu\text{m}^2$ のサンプル領域で、平均表面粗さ（Ra）及び二乗平均平方根粗さ（RMS）の両方がエッティング時間と共に増加したことを示す。エッティングされていない表面の平均表面粗さは約0.5nm、RMS表面粗さは約0.6nmであった。30秒間のエッティングの後、領域1の平均表面粗さは約4nm、RMS表面粗さは約5nmであった。領域2のエッティング時間を60秒まで増加させると、平均表面粗さは約7nmに増加し、同様に、RMS表面粗さは約8nmに増加した。

40

【0124】

以下は、本開示の実施形態のリストである。

【0125】

実施形態1は、異なるRMS表面粗さを有するそれぞれの第1及び第2の主表面を含む重なり合わない第1及び第2の領域を含む、パターン化された光学リターダであって、約

50

400 nm ~ 約 1000 nm の波長 () 範囲にわたる実質的な垂直入射光に対して、光学リターダは、第 1 及び第 2 の領域のそれぞれにおいて異なるリターダンスを有する、パターン化された光学リターダである。

【 0 1 2 6 】

実施形態 2 は、リターダが複数の光学リターダ層を備え、第 1 及び第 2 の領域が、複数の光学リターダ層内の単一の光学リターダ層に制限される、実施形態 1 のパターン化された光学リターダである。

【 0 1 2 7 】

実施形態 3 は、別の光学リターダ層上に配置された実施形態 1 のパターン化された光学リターダ層を備える、多層光学リターダである。

10

【 0 1 2 8 】

実施形態 4 は、約 0.2 μm ~ 約 2 μm の範囲の厚さを有し、第 1 の領域はリターダ層の厚さよりも約 50 ~ 約 500 nm 小さい厚さを有し、第 2 の領域は第 1 の領域の厚さよりも約 20 ~ 約 500 nm 小さい厚さを有する、実施形態 1 のパターン化された光学リターダである。

【 0 1 2 9 】

実施形態 5 は、第 1 の主表面の RMS 表面粗さが約 2 ~ 約 2.5 nm、第 2 の主表面の RMS 表面粗さが約 3 ~ 約 3.5 nm である、実施形態 1 のパターン化された光学リターダである。

【 0 1 3 0 】

20

実施形態 6 は、第 1 の領域と第 2 の領域とが離間している、実施形態 1 のパターン化された光学リターダである。

【 0 1 3 1 】

実施形態 7 は、第 1 の領域と第 2 の領域とが少なくとも 500 nm 離間している、実施形態 1 のパターン化された光学リターダである。

【 0 1 3 2 】

実施形態 8 は、第 1 の領域と第 2 の領域とが互いに横方向に隣接している、実施形態 1 のパターン化された光学リターダである。

【 0 1 3 3 】

実施形態 9 は、第 1 の領域と第 2 の領域との間に遷移領域を更に備え、遷移領域が約 5 μm ~ 約 10 mm の幅を有する、実施形態 1 のパターン化された光学リターダである。

30

【 0 1 3 4 】

実施形態 10 は、遷移領域が約 1 mm ~ 約 5 mm の幅を有する、実施形態 9 のパターン化された光学リターダである。

【 0 1 3 5 】

実施形態 11 は、約 400 nm ~ 約 1000 nm の波長 () 範囲内の垂直入射光の所定の波長 λ_0 について、第 1 の領域と第 2 の領域との間の光学リターダンスの差が、約 0.5 λ_0 未満である、実施形態 1 のパターン化された光学リターダである。

【 0 1 3 6 】

実施形態 12 は、第 1 の領域と第 2 の領域との間の光学リターダンスの差が、約 0.2 λ_0 未満である、実施形態 11 のパターン化された光学リターダである。

40

【 0 1 3 7 】

実施形態 13 は、第 1 の領域と第 2 の領域との間のリターダンスの差が、20 % より大きい、実施形態 1 のパターン化された光学リターダである。

【 0 1 3 8 】

実施形態 14 は、第 1 の領域と第 2 の領域との間のリターダンスの差が、10 % より大きい、実施形態 1 のパターン化された光学リターダである。

【 0 1 3 9 】

実施形態 15 は、光学リターダが単一の層を含む、実施形態 1 のパターン化された光学リターダである。

50

【0140】

実施形態16は、第1及び第2の領域がそれぞれ、2μm四方のテスト領域にわたって約20%未満だけ変動する平均表面粗さを有する、実施形態1のパターン化された光学リターダである。

【0141】

実施形態17は、第1及び第2の領域がそれぞれ、2μm四方のテスト領域にわたって約5%未満だけ変動する平均表面粗さを有する、実施形態1のパターン化された光学リターダである。

【0142】

実施形態18は、パターン化された光学リターダをその上に有する光学部品を備える光学要素であって、光学リターダは、異なるRMS表面粗さを有するそれぞれの第1及び第2の主表面を含む重なり合わない第1及び第2の領域を含み、光学リターダは、約400nm～約1000nmの波長()範囲にわたる実質的な垂直入射光に対して、第1及び第2の領域のそれれにおいて異なるリターダンスを有する、光学要素である。

10

【0143】

実施形態19は、光学部品がゼロでない光学的パワーを有する、実施形態18の光学要素である。

【0144】

実施形態20は、光学部品が第2の光学リターダである、実施形態18の光学要素である。

20

【0145】

実施形態21は、第2の光学リターダが、異なるRMS表面粗さを有するそれぞれの第1及び第2の主表面を含む重なり合わない第1及び第2の領域を含み、第2の光学リターダが、約400nm～約1000nmの波長()範囲にわたる実質的な垂直入射光に対して、第1及び第2の領域のそれれにおいて異なるリターダンスを有する、実施形態20の光学要素である。

【0146】

実施形態22は、光学部品が偏光子である、実施形態18の光学要素である。

【0147】

実施形態23は、偏光子が直線偏光子及び円形偏光子から選択される、実施形態22の光学要素である。

30

【0148】

実施形態24は、光学部品がレンズである、実施形態18の光学要素である。

【0149】

実施形態25は、光学要素を製造する方法であって、約400nm～約1000nmの所定の波長()にわたる実質的な垂直入射光に対して実質的に一様なリターダンス()を有し、1つの表面を備えるポリマー光学リターダ層において、表面の少なくとも1つの第1の領域で、ポリマー光学リターダ層が有する()とのリターダンス差()がゼロ以外になるように、表面の少なくとも1つの第1の領域をエッチングすることと、ポリマー光学リターダ層を光学部品の表面に適合させることと、を含む方法である。

40

【0150】

実施形態26は、光学部品の表面が、ゼロでない光学的パワーを有する、実施形態25の方法である。

【0151】

実施形態27は、光学部品が、偏光子、レンズ、及び第2の光学リターダから選択される、実施形態25の方法である。

【0152】

実施形態28は、偏光子が、円形偏光子と直線偏光子から選択される、実施形態27の方法である。

【0153】

50

実施形態 29 は、第 2 の光学リターダが、非一様な光学リターダンスを有する、実施形態 27 の方法である。

【0154】

実施形態 30 は、が約 0.2 未満である、実施形態 25 の方法である。

【0155】

実施形態 31 は、光学リターダ層の表面が、実質的に一様な、とのリターダンス差を有する複数の領域を含む、実施形態 25 の方法である。

【0156】

実施形態 32 は、第 1 の領域が、光学リターダ層の表面積の少なくとも 20 % を覆う、実施形態 25 の方法である。

【0157】

実施形態 33 は、光学リターダ層の表面が、より大きいリターダンス差 + を有する第 1 の領域と、より小さいリターダンス差 - を有する第 2 の領域とを含む、実施形態 25 の方法である。

【0158】

実施形態 34 は、光学リターダ層の表面が、実質的に一様な物理的厚さ を有し、その領域が、ゼロより大きい、との物理的厚さの差 を有する、実施形態 25 の方法である。

【0159】

実施形態 35 は、光学リターダの表面が、第 1 の厚さを有する少なくとも 1 つの第 1 の領域と、第 1 の物理的厚さとは異なる第 2 の物理的厚さを有する少なくとも 1 つの第 2 の領域とを含む、実施形態 25 の方法である。

【0160】

実施形態 37 は、第 1 の領域が正三角形である、実施形態 25 の方法である。

【0161】

実施形態 38 は、第 1 の領域が四分円である、実施形態 25 の方法である。

【0162】

実施形態 39 は、リターダが、四分の一波長リターダである、実施形態 25 の方法である。

【0163】

実施形態 40 は、エッチングがウェットエッチングとドライエッチングから選択される、実施形態 25 の方法である。

【0164】

実施形態 41 は、ドライエッチングが、プラズマエッチング、反応性イオンエッチング、及びこれらの組み合わせから選択される、実施形態 40 の方法である。

【0165】

実施形態 42 は、エッチングが、荷電部分及び中性部分から選択されるプラズマ源を用いた反応性イオンエッチングである、実施形態 25 の方法である。

【0166】

実施形態 43 は、プラズマ源が荷電部分である、実施形態 42 の方法である。

【0167】

実施形態 44 は、プラズマ源が酸素を含む、実施形態 42 の方法である。

【0168】

実施形態 45 は、プラズマ源が中性部分である、実施形態 42 の方法である。

【0169】

実施形態 46 は、中性部分がアルゴンを含む、実施形態 45 の方法である。

【0170】

実施形態 47 は、エッチングすることが、複数のエッチング工程を含む、実施形態 25 の方法である。

【0171】

実施形態 48 は、エッチングすることが、マスクを通して表面をエッチングすることを

10

20

30

40

50

含む、実施形態 25 の方法である。

【0172】

実施形態 49 は、エッティングすることが、マスクを通して表面をエッティングすることを含む、実施形態 47 の方法である。

【0173】

実施形態 50 は、光学部品の表面が、5 mm より大きく、1000 mm より小さい曲率半径を有する、実施形態 25 の方法である。

【0174】

実施形態 51 は、ポリマー光学リターダ層がポリマーフィルムを含む、実施形態 25 の方法である。

10

【0175】

実施形態 52 は、ポリマーフィルムが複屈折性である、実施形態 51 の方法である。

【0176】

実施形態 53 は、ポリマーフィルムが複数の層を備える、実施形態 51 の方法である。

【0177】

実施形態 54 は、ポリマー光学リターダ層が、光重合性ポリマー (LPP)、液晶ポリマー (LCP)、及びこれらの組み合わせから選択される、実施形態 25 の方法である。

【0178】

実施形態 55 は、光学部品がレンズである、実施形態 25 の方法である。

【0179】

実施形態 56 は、レンズが、平凸状、平凹状、両凸状、正メニスカス、負メニスカス、屈折率分布型、フレネル、及びこれらの組み合わせから選択される、実施形態 55 の方法である。

20

【0180】

実施形態 57 は、光学要素を製造する方法であって、約 400 nm ~ 約 1000 nm の範囲の所定の波長 にわたる実質的な垂直入射光に対して実質的に一様なリターダンス を有するポリマー光学リターダ層の第 1 の領域を覆うように第 1 のマスクを適用することと、マスクによって覆われていない第 2 の領域が、第 1 の領域の光学厚さとは異なる光学厚さ、及び第 1 の領域のリターダンス よりも小さいリターダンス差 を有するように、ポリマー光学リターダ層の表面を反応性イオンエッティングすることと、ポリマー光学リターダ層を光学部品の表面に適合させることと、を含む、方法である。

30

【0181】

実施形態 58 は、光学部品の表面が、ゼロでない光学的パワーを有する、実施形態 57 の方法である。

【0182】

実施形態 59 は、第 1 の領域と第 2 の領域の一部分を含む第 3 の領域とを覆うように、第 2 のマスクを適用することと、第 2 のマスクによって覆われていない第 3 の領域がエッティングされて第 1 の領域及び第 2 の領域の光学厚さとは異なる光学厚さを有し、第 3 の領域が第 2 の領域のリターダンスよりも小さいリターダンスを有するように、表面を更に反応性イオンエッティングすることとを含む、実施形態 57 の方法である。

40

【0183】

実施形態 60 は、 が約 0.2 より小さい、実施形態 57 の方法である。

【0184】

実施形態 61 は、第 1 の領域が内部領域であり、第 2 の領域が、その内部領域を実質的に取り囲む周辺領域である、実施形態 57 の方法である。

【0185】

実施形態 62 は、第 1 の領域が第 1 の物理的厚さを有し、第 2 の領域が第 1 の物理的厚さとは異なる第 2 の物理的厚さを有する、実施形態 57 の方法である。

【0186】

実施形態 63 は、光学要素を製造する方法であって、約 400 nm ~ 約 1000 nm の

50

範囲の所定の波長 の光を受光するように構成された光学面を備えるポリマーフィルムを提供することであって、光学面は、時計回り方向に通し番号を付けられた4つのデカルト四分円を画定する垂直軸及び水平軸、垂直軸を実質的に中心とする第1の長手方向セクション、及び水平軸を実質的に中心とする第2の長手方向セクションによって画定され、第1及び第2の長手方向セクションはそれぞれ、光学面の対向する縁部間に延び、第1及び第2の長手方向セクションはそれぞれ、実質的な垂直入射光に対して同一の実質的に一様なりターダンス を有する、提供することと、4つの個別のリターダセクションを形成するためにポリマーフィルムの表面を反応性イオンエッチングすることであって、各リターダセクションは光学面のそれぞれのデカルト四分円上に配置され、各個別のリターダセクションは、第1と第2の長手方向セクションの光学厚さとは異なる光学厚さ、及びゼロより大きい とのリターダンス差 を有する、反応性イオンエッチングすることとを含む、方法である。

【0187】

実施形態64は、光学要素の表面にポリマーフィルムを適合させることを更に含み、光学要素がゼロでない光学的パワーを有する、実施形態63の方法である。

【0188】

実施形態65は、光学要素を製造する方法であって、約400nm～約1000nmの範囲の所定の波長 の光を受光するように構成された光学面を備えるポリマーフィルムを提供することであって、光学面は、重なり合わない、中央領域、並びにそれぞれの第1及び第2の縁部に又はその付近に配置された第1及び第2の縁部領域を含む、提供することと、波長範囲の少なくとも1つの波長 λ_0 に対して、中央領域は、実質的な垂直入射光に対して に実質的に等しい平均リターダンスを有し、第1の縁部領域は、 $\lambda_0 +$ に実質的に等しい平均リターダンスを有し、第2の縁部領域は、 $\lambda_0 -$ に実質的に等しい平均リターダンスを有するように表面を反応性イオンエッチングすることであって、整数nについて、 $\lambda_0 (n + 1 / 8)$ $\lambda_0 (n + 1 / 2)$ かつ $\lambda_0 / 50$ $\lambda_0 / 2$ である、反応性イオンエッチングすることとを含む、方法である。

【0189】

実施形態66は、光学要素の表面にエッチングされたポリマーフィルムを適合させることを更に含み、光学要素がゼロでない光学的パワーを有する、実施形態65の方法である。

【0190】

実施形態67は、nが0である、実施形態65の方法である。

【0191】

実施形態68は、所定の波長範囲内の少なくとも1つの第1の波長 λ_0 について、中央領域が、実質的に一様なリターダンスを有する、実施形態65の方法である。

【0192】

【0193】

実施形態69は、所定の波長範囲内の少なくとも1つの第1の波長 λ_0 について、第1及び第2の縁部領域のそれぞれが、実質的に一様なリターダンスを有する、実施形態65の方法である。

【0194】

【0195】

実施形態70は、所定の波長範囲内の少なくとも1つの第1の波長 λ_0 について、第1及び第2の縁部領域のうちの少なくとも1つが、実質的に一様なリターダンスを有する、実施形態65の方法である。

【0196】

実施形態71は、 が $\lambda_0 / 4$ に実質的に等しく、 $\lambda_0 / 20$ $\lambda_0 / 5$ である、実施形態65の方法である。

【0197】

実施形態72は、 が $\lambda_0 (n + 1 / 4)$ に実質的に等しく、 $\lambda_0 / 20$ $\lambda_0 / 5$ である、実施形態65の方法である。

10

20

30

40

50

【0198】

実施形態73は、所定の波長範囲内の少なくとも1つの第1の波長₀について、第1の縁部領域のリターダンスが、第1の原点から離れて第1の縁部に向かう方向で減少し、第2の縁部領域のリターダンスは、第1の原点から離れて第2の縁部に向かう方向で増加する、実施形態65の方法である。

【0199】

実施形態74は、光学面が、第3及び第4の縁部領域を更に含み、中央領域が、第1の縁部領域と第3の縁部領域との間で、かつ、第2の縁部領域と第4の縁部領域との間にあり、所定の波長範囲内の少なくとも1つの第1の波長₀について、第3の縁部領域が-に実質的に等しい平均リターダンスを有し、第4の縁部領域が+に実質的に等しい平均リターダンスを有する、実施形態65の方法である。 10

【0200】

実施形態75は、平面視で、光学面が面積Aを有し、中央領域が約A/10～約2A/3の範囲の面積を有し、第1～第4の縁部領域がそれぞれ約A/12～約A/3の範囲の面積を有する、実施形態73の方法である。

【0201】

実施形態76は、所定の波長範囲内の少なくとも1つの第1の波長₀について、中央領域が実質的に一様なリターダンスを有する、実施形態74の方法である。

【0202】

【0203】

実施形態77は、所定の波長範囲内の少なくとも1つの第1の波長₀について、第1～第4の縁部領域のうちの少なくとも1つが、実質的に一様なリターダンスを有する、実施形態74の方法である。 20

【0204】

実施形態78は、所定の波長範囲内の少なくとも1つの第1の波長₀について、第1～第4の縁部領域のそれぞれが、実質的に一様なリターダンスを有する、実施形態74の方法である。

【0205】

実施形態79は、光学要素を製造する方法であって、ポリマー光学リターダ層の表面の第1の領域にわたってコーティングを適用することであって、ポリマー光学リターダ層は、約400nm～約1000nmの範囲の所定の波長にわたる実質的な垂直入射光に対して実質的に一様なリターダンスを有する、適用することと、第1の領域がコーティングに覆われていない第2の領域のリターダンスより大きいリターダンスを所定の波長範囲にわたって有するように第1の領域を反応性イオンエッティングすることと、ポリマー光学リターダ層を光学部品の表面に適合させることであって、光学部品の表面がゼロでない光学的パワーを有する、適合させることとを含む、方法である。 30

【0206】

実施形態80は、マスクが、第1及び第2の領域のうちの1つの少なくとも一部分を覆うように適用される、実施形態79の方法である。

【0207】

本発明の様々な実施形態を説明した。これらの実施形態及び他の実施形態は、以下の特許請求の範囲に含まれる。 40

【図面】

【図 1】

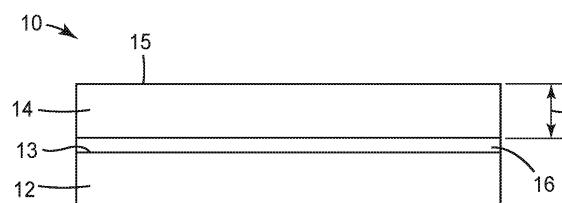


FIG. 1

【図 2 A】

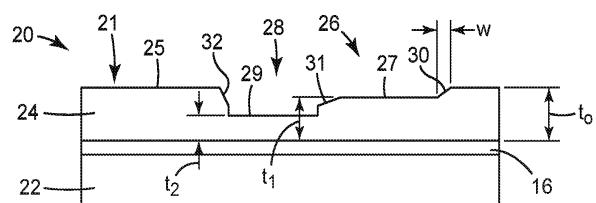


FIG. 2A

【図 2 B】

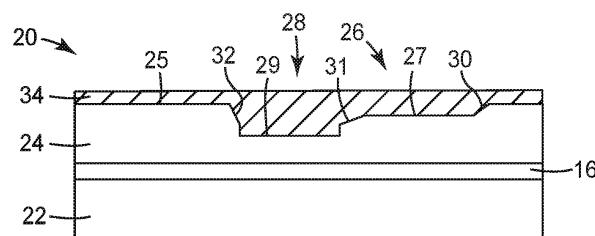


FIG. 2B

【図 3】

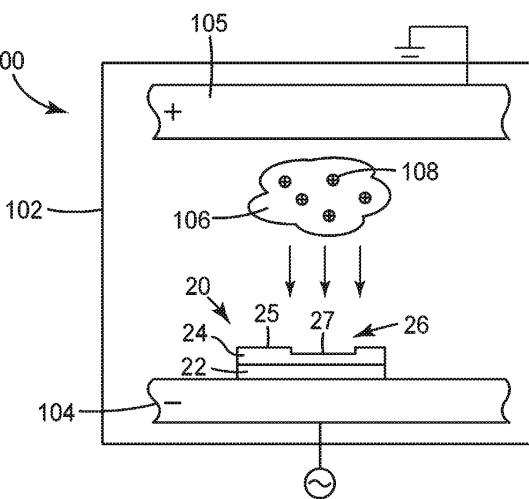


FIG. 3

【図 4 A】

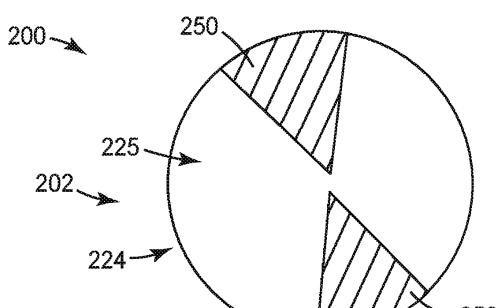


FIG. 4A

【図 4 B】

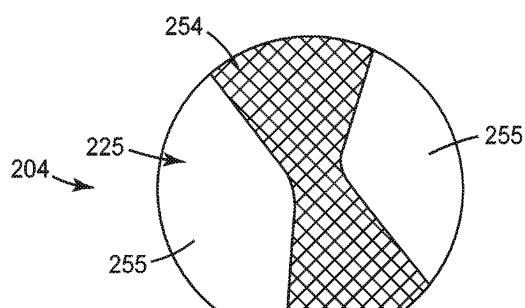


FIG. 4B

10

20

30

40

50

【図 4 C】

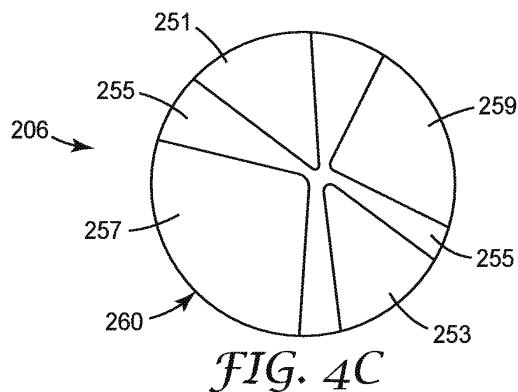


FIG. 4C

【図 5 A】

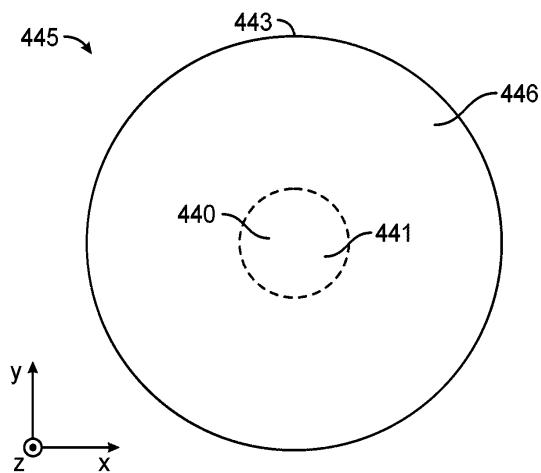


FIG. 5A

10

【図 5 B】

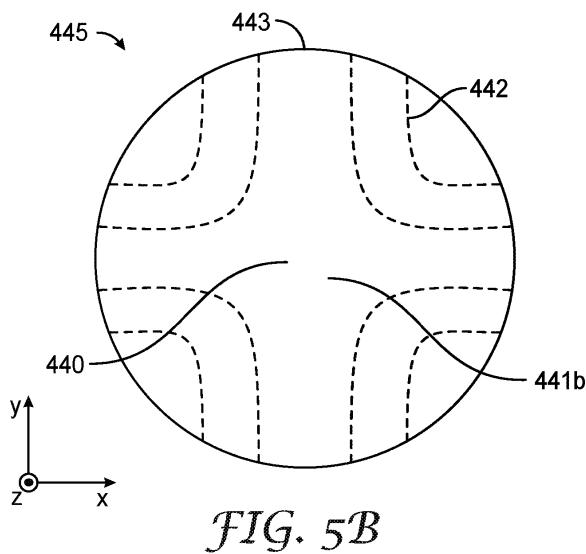


FIG. 5B

【図 5 C】

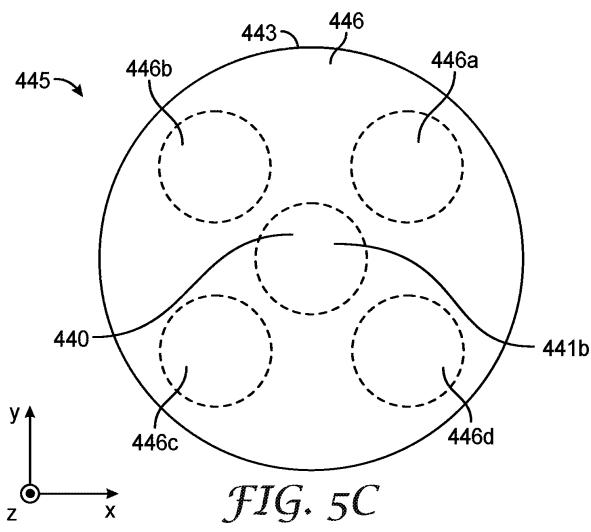


FIG. 5C

20

30

40

50

【図 5 D】

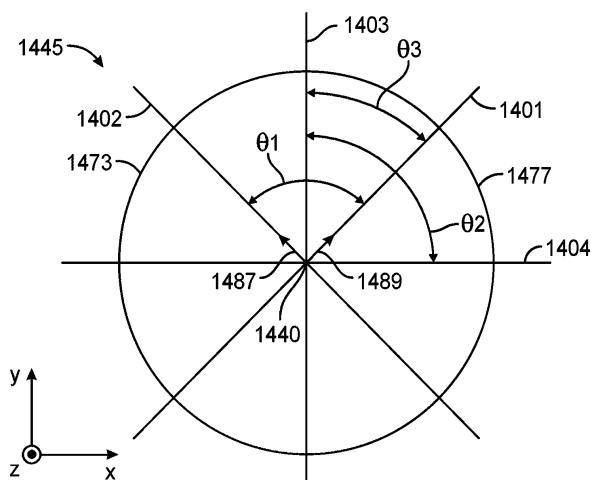


FIG. 5D

【図 6 A】

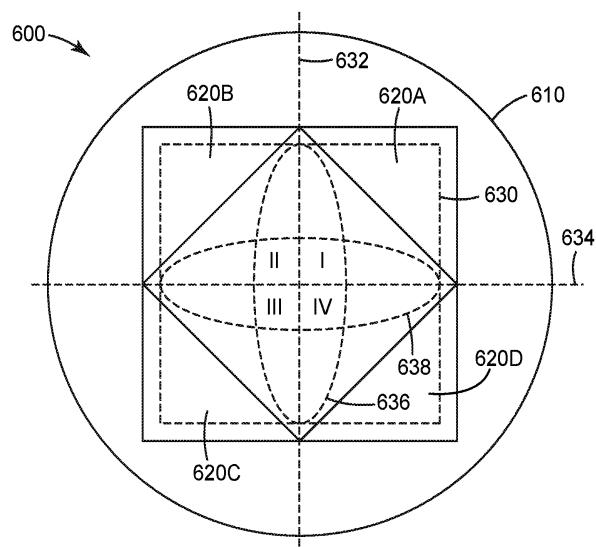


FIG. 6A

【図 6 B】

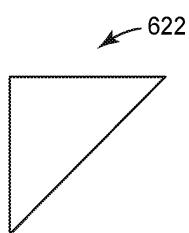


FIG. 6B

【図 6 C】

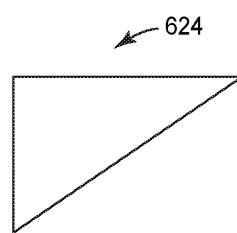


FIG. 6C

20

30

40

50

【図 6 D】

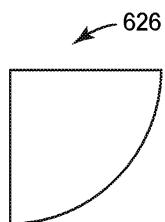


FIG. 6D

【図 7】

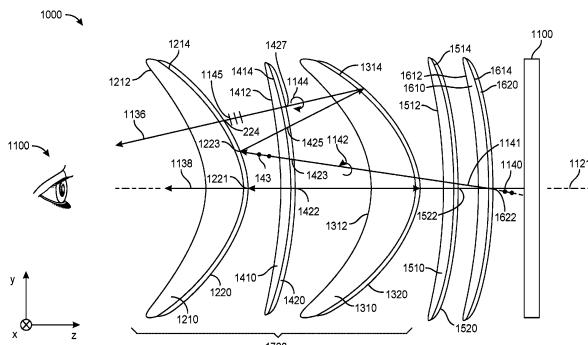


FIG. 7

10

【図 8】

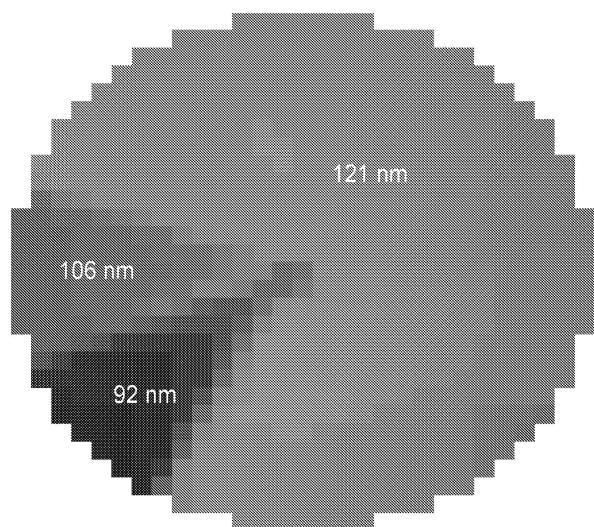


FIG. 8

20

【図 9 A】

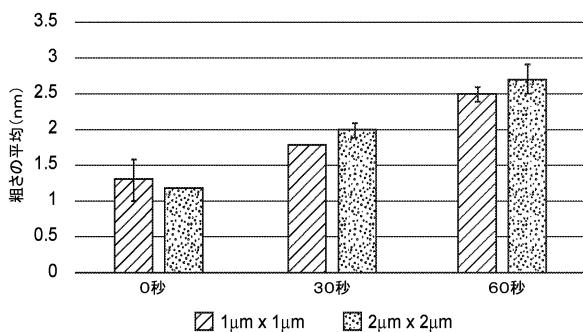


FIG. 9A

30

40

50

【図 9 B】

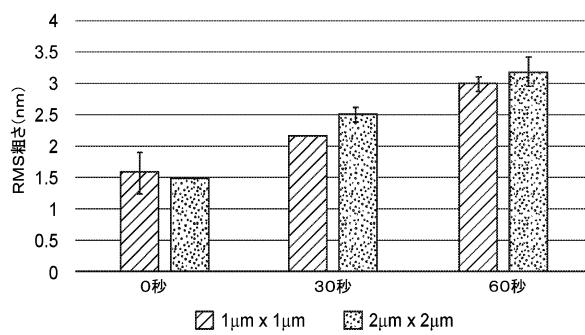


FIG. 9B

【図 10 A】

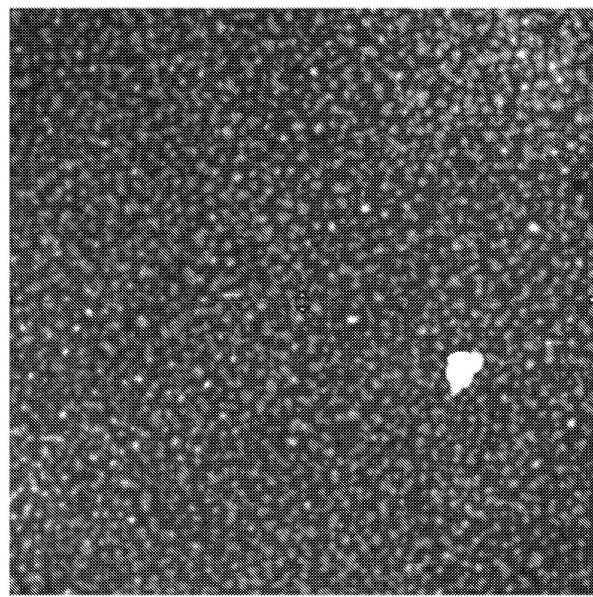


FIG. 10A

10

【図 10 B】

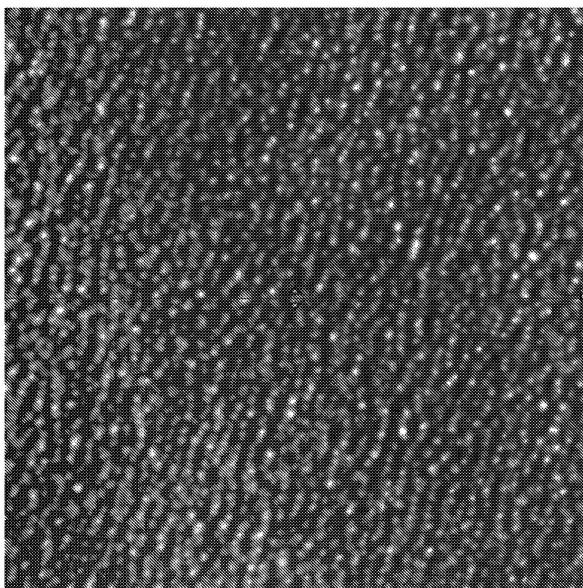


FIG. 10B

【図 10 C】

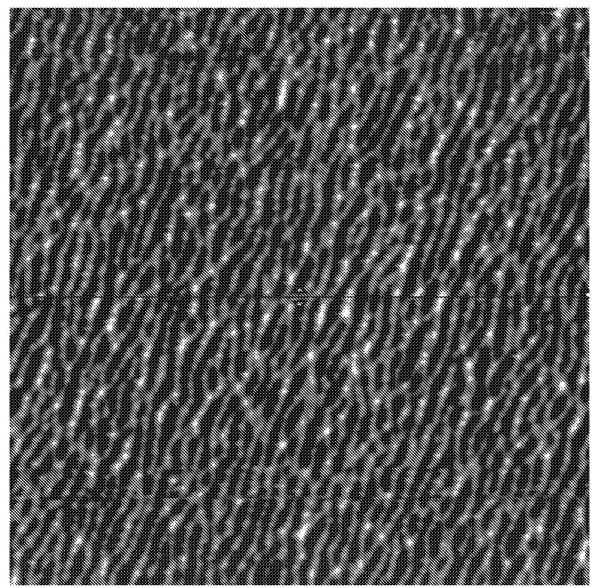


FIG. 10C

30

40

50

【図 1 1 A】

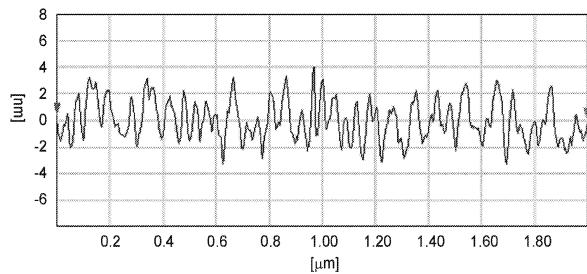


FIG. 11A

【図 1 1 B】

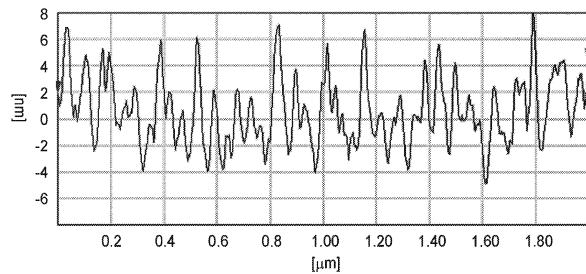


FIG. 11B

10

【図 1 1 C】

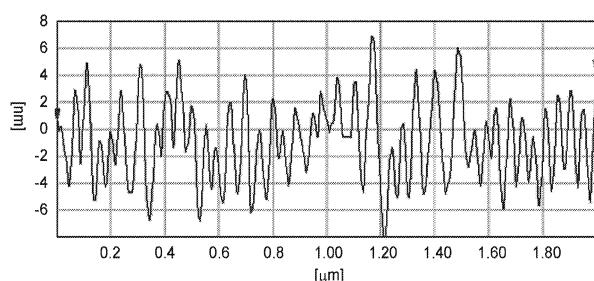


FIG. 11C

【図 1 1 D】

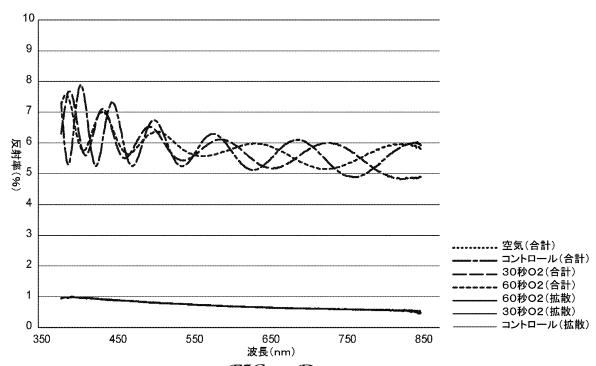


FIG. 11D

20

30

40

50

【図 1 2 A】

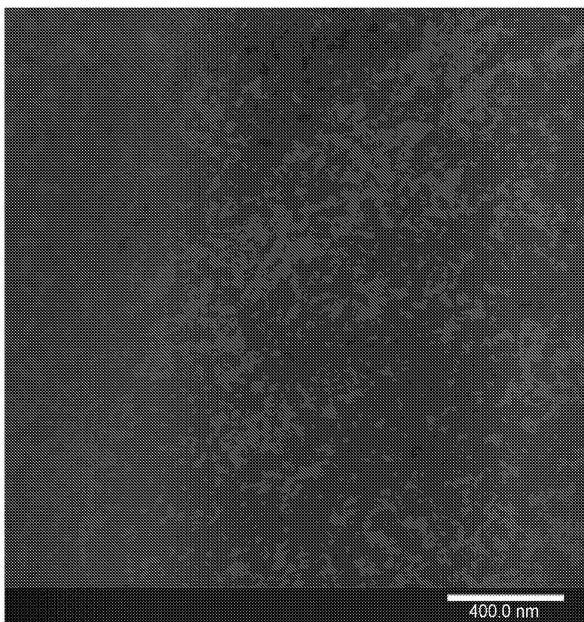


FIG. 12A

【図 1 2 B】

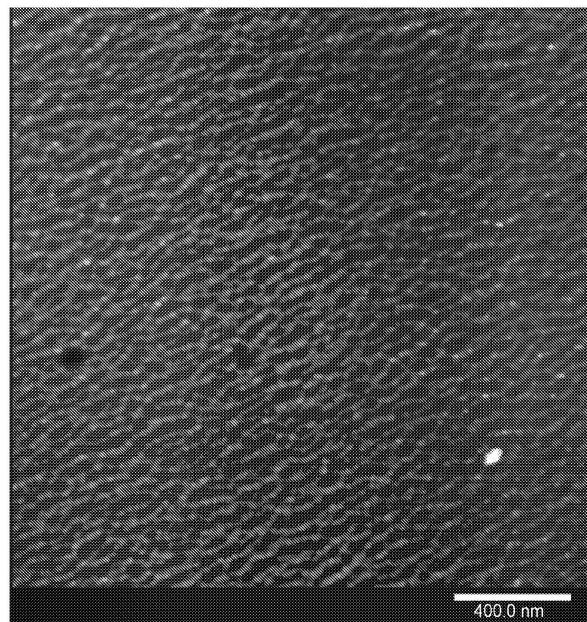


FIG. 12B

【図 1 2 C】

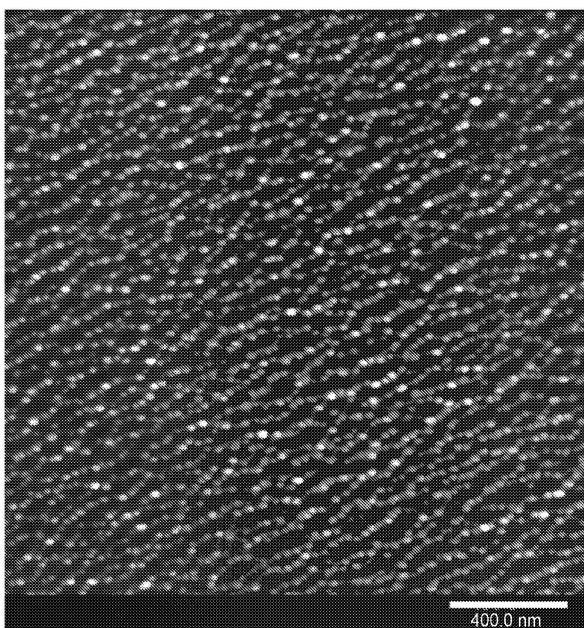


FIG. 12C

【図 1 3 A】

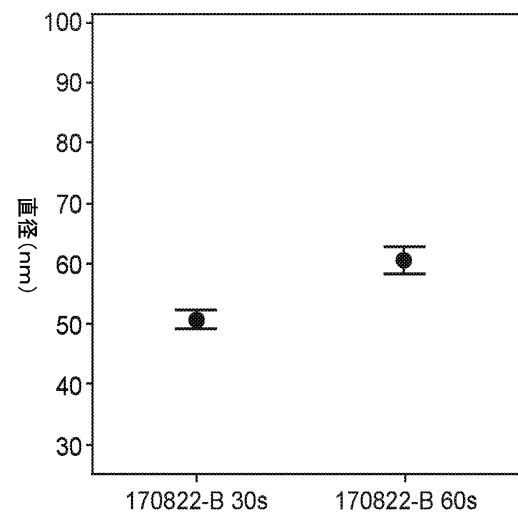


FIG. 13A

10

20

30

40

50

【図 1 3 B】

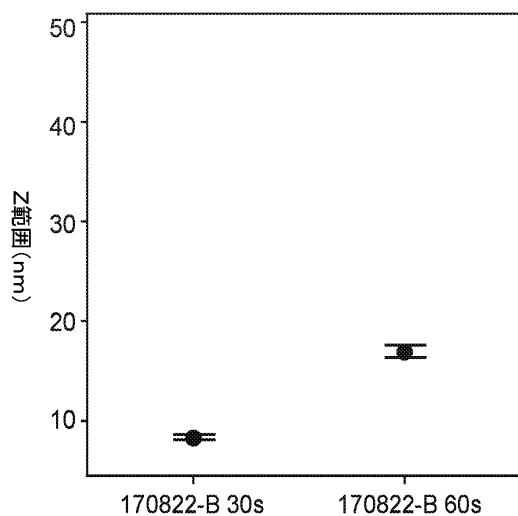


FIG. 13B

【図 1 4 A】

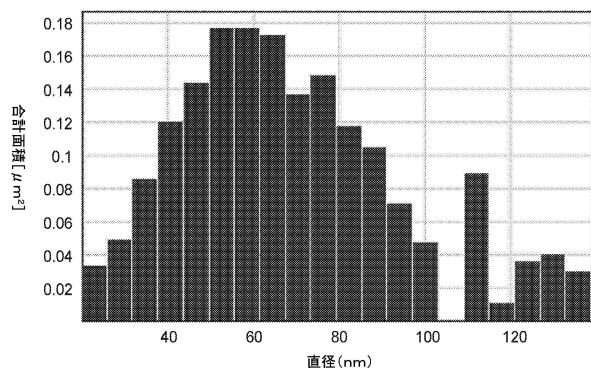


FIG. 14A

10

【図 1 4 B】

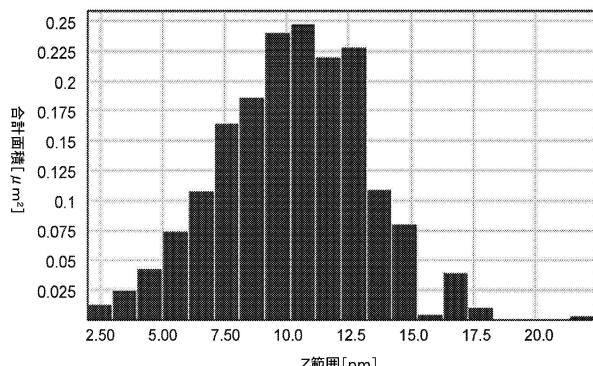


FIG. 14B

【図 1 5 A】

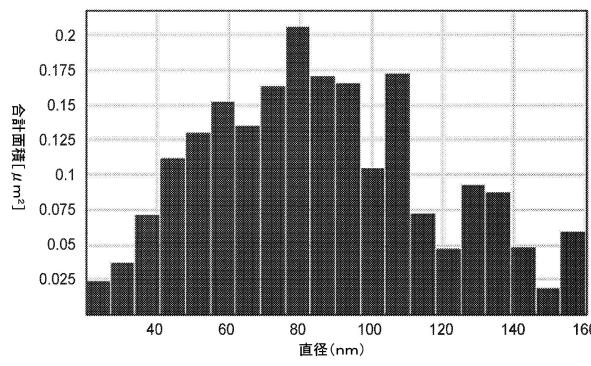


FIG. 15A

20

30

40

50

【図 1 5 B】

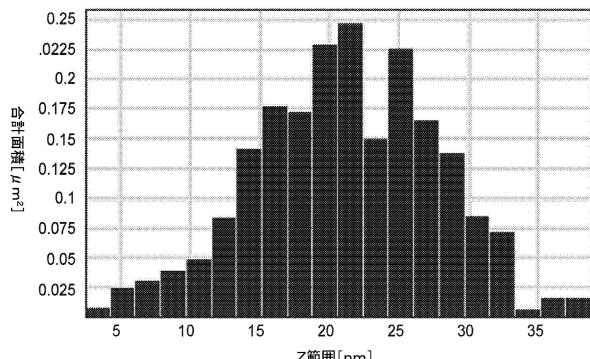


FIG. 15B

【図 1 6】

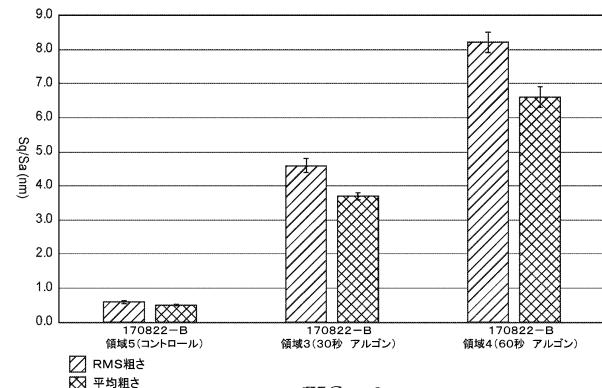


FIG. 16

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(74)代理人 100171701
弁理士 浅村 敬一

(72)発明者 エター, ジョー エー.
アメリカ合衆国, ミネソタ州 55113, ローズビル ブレンナー アベニュー 1960

(72)発明者 マキ, スティーブン ピー.
アメリカ合衆国, ミネソタ州 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 33427, スリーエム センター

(72)発明者 ステイナー,マイケル エル.
アメリカ合衆国, ミネソタ州 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 33427, スリーエム センター

(72)発明者 フィップス, ジェームズ エー.
アメリカ合衆国, ミネソタ州 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 33427, スリーエム センター

審査官 酒井 康博

(56)参考文献
特開2010-107556 (JP, A)
米国特許出願公開第2017/0017028 (US, A1)
特表2001-524688 (JP, A)
特表2013-533511 (JP, A)
特開2012-230263 (JP, A)
特開平09-054212 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G 02 B 5 / 30