

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7120529号

(P7120529)

(45)発行日 令和4年8月17日(2022.8.17)

(24)登録日 令和4年8月8日(2022.8.8)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B 27/02 (2006.01)

G 0 2 B

27/02

Z

G 0 2 B 25/00 (2006.01)

G 0 2 B

25/00

A

G 0 2 B 3/08 (2006.01)

G 0 2 B

3/08

請求項の数 46 (全23頁)

(21)出願番号 特願2019-514032(P2019-514032)
 (86)(22)出願日 平成29年9月14日(2017.9.14)
 (65)公表番号 特表2019-529995(P2019-529995
 A)
 (43)公表日 令和1年10月17日(2019.10.17)
 (86)国際出願番号 PCT/US2017/051579
 (87)国際公開番号 WO2018/053141
 (87)国際公開日 平成30年3月22日(2018.3.22)
 審査請求日 令和2年9月14日(2020.9.14)
 (31)優先権主張番号 62/395,513
 (32)優先日 平成28年9月16日(2016.9.16)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 米国(US)

(73)特許権者 517160525
 パルプ コーポレーション
 アメリカ合衆国、9 8 0 0 4 ワシントン州、ベルビュー、ノースイースト 4
 ティーエイチ ストリート 1 0 4 0 0
 スイート 1 4 0 0
 (74)代理人 110000877弁理士法人 R Y U K A 国際
 特許事務所
 (72)発明者 ハッドマン、ジョシュア、マーク
 アメリカ合衆国、9 8 0 0 4 ワシントン州、ベルビュー、ノースイースト 4
 ティーエイチ ストリート 1 0 4 0 0
 スイート 1 4 0 0 パルプ コーポレー
 ション内
 審査官 鈴木 俊光

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学システムおよびヘッドマウントディスプレイシステム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

マイクロディスプレイからの光をユーザの目に焦点を合わせるように前記マイクロディスプレイと使用するための光学システムであって、

前記マイクロディスプレイに対して相対的に近接して配置された第1レンズ要素であって、前記マイクロディスプレイの方向を向いた第1面と、前記ユーザの目の方向を向いて前記マイクロディスプレイとは反対方向を向いた第2面とを有し、前記第1面は負のパワーを提供する凹形状を有し、前記第2面は負のパワーを提供する凹形状を有し、前記第1面および前記第2面の少なくとも一方は、その表面に正のパワーを提供する連続する曲率のレンズを近似する溝を含むフレネル構造を有し、フレネル構造を含む前記第1面および前記第2面のそれぞれに関して、

前記第1面および前記第2面の一方が前記フレネル構造を有する場合、前記第1面および前記第2面の前記一方の前記凹形状と、前記第1面および前記第2面の前記一方の前記凹形状の表面における前記フレネル構造とは、正の収差と負の収差とを互いにキャンセルさせ、

前記第1面および前記第2面の両方が前記フレネル構造を有する場合、前記第1面の前記凹形状と、前記第1面の前記凹形状の表面における前記フレネル構造とが正の収差と負の収差とを互いにキャンセルさせ、前記第2面の前記凹形状と、前記第2面の前記凹形状の表面における前記フレネル構造とが正の収差と負の収差とを互いにキャンセルさせる、第1レンズ要素と、

10

20

前記マイクロディスプレイに対して相対的に遠位に配置された第2レンズ要素であって、前記マイクロディスプレイの方向を向いた第3面と、前記ユーザの目の方向を向いて前記マイクロディスプレイとは反対方向を向いた第4面とを有し、前記第3面は凸形状を有し、前記第4面は凹形状を有し、前記第3面および前記第4面の少なくとも一方は、その表面にフレネル構造を有する、第2レンズ要素と、

を備える光学システム。

【請求項2】

少なくとも前記第1面および前記第3面は、その表面にフレネル構造を有する、請求項1に記載の光学システム。

【請求項3】

少なくとも前記第2面および前記第3面は、その表面にフレネル構造を有する、請求項1に記載の光学システム。

【請求項4】

少なくとも前記第1面および前記第4面は、その表面にフレネル構造を有する、請求項1に記載の光学システム。

【請求項5】

少なくとも前記第2面および前記第4面は、その表面にフレネル構造を有する、請求項1に記載の光学システム。

【請求項6】

前記第1面、前記第2面、前記第3面、および前記第4面のうちの少なくとも3つは、その表面にフレネル構造を有する、請求項1に記載の光学システム。

【請求項7】

前記第1面、前記第2面、前記第3面、および前記第4面の少なくとも1つは、複数のフレネルパターンによって画定されるフレネル構造を有し、前記複数のフレネルパターンの少なくとも1つは、前記複数のフレネルパターンの別の1つによって提供される焦点距離と異なる焦点距離を提供する、請求項1から請求項6のいずれか1項に記載の光学システム。

【請求項8】

前記第1面、前記第2面、前記第3面、および前記第4面の少なくとも1つは、単一のフレネルパターンによって画定されるフレネル構造を有する、請求項1から請求項6のいずれか1項に記載の光学システム。

【請求項9】

前記第1面、前記第2面、前記第3面、および前記第4面の少なくとも1つは、第1焦点距離を提供する第1フレネルパターンによって画定される第1ゾーンおよび第2焦点距離を提供する第2フレネルパターンによって画定される第2ゾーンを含み、前記第1焦点距離は前記第2焦点距離とは異なる、請求項1から請求項6のいずれか1項に記載の光学システム。

【請求項10】

前記第1面、前記第2面、前記第3面、および前記第4面の前記少なくとも1つは、前記第1ゾーンと前記第2ゾーンとの間に配置された第3ゾーンを含み、前記第3ゾーンは、前記第3ゾーンにおいて前記第1ゾーンと前記第2ゾーンとの間の滑らかな移行を提供する第3フレネルパターンによって画定される、請求項9に記載の光学システム。

【請求項11】

前記第3フレネルパターンは、前記第2フレネルパターンを表す第2関数によって多重化または乗算の少なくとも一方が成された前記第1フレネルパターンを表す第1関数によって画定される、請求項10に記載の光学システム。

【請求項12】

前記第1面、前記第2面、前記第3面、前記第4面の少なくとも1つのうちのそれぞれは、第1フレネルパターンによって画定される第1ゾーンおよび第2フレネルパターンによって画定される第2ゾーンを含む、請求項1に記載の光学システム。

10

20

30

40

50

【請求項 13】

前記第 1 面、前記第 2 面、前記第 3 面、および前記第 4 面の前記少なくとも 1 つのうちのそれぞれは、前記第 1 ゾーンと前記第 2 ゾーンとの間に配置された第 3 ゾーンを含み、前記第 3 ゾーンは、前記第 3 ゾーンにおいて前記第 1 ゾーンと前記第 2 ゾーンとの間の滑らかな移行を提供する第 3 フレネルパターンによって画定される、請求項 12 に記載の光学システム。

【請求項 14】

前記第 3 フレネルパターンを表す第 3 関数は、前記第 2 フレネルパターンを表す第 2 関数によって多重化または乗算の少なくとも一方が成された前記第 1 フレネルパターンを表す第 1 関数によって画定される、請求項 13 に記載の光学システム。

10

【請求項 15】

前記第 1 ゾーンは中央ゾーンを有し、前記第 2 ゾーンは、前記第 1 ゾーンを囲む周辺ゾーンを有する、請求項 9 から請求項 14 のいずれか 1 項に記載の光学システム。

【請求項 16】

前記第 1 レンズ要素および前記第 2 レンズ要素は、25 mm よりも小さい合成焦点距離を有する、請求項 1 から請求項 15 のいずれか 1 項に記載の光学システム。

【請求項 17】

前記第 1 レンズ要素および前記第 2 レンズ要素は、少なくとも 85 度の視野を提供する、請求項 1 から請求項 16 のいずれか 1 項に記載の光学システム。

【請求項 18】

前記第 1 面、前記第 2 面、前記第 3 面、および前記第 4 面の少なくとも 1 つは、第 1 ピッチ値を有するフレネル構造を有し、前記第 1 面、前記第 2 面、前記第 3 面、および前記第 4 面の少なくとも 1 つは、第 2 ピッチ値を有するフレネル構造を有し、前記第 1 ピッチ値は前記第 2 ピッチ値とは異なる、請求項 1 から請求項 17 のいずれか 1 項に記載の光学システム。

20

【請求項 19】

前記第 1 面、前記第 2 面、前記第 3 面、および前記第 4 面の少なくとも 1 つの前記フレネル構造は、中心光軸に沿って、前記第 1 面、前記第 2 面、前記第 3 面、および前記第 4 面のうちの少なくとも他の 1 つの前記フレネル構造と半径方向に位置合わせされる、請求項 1 から請求項 18 のいずれか 1 項に記載の光学システム。

30

【請求項 20】

マイクロディスプレイと共に使用する光学システムであって、前記光学システムは、前記マイクロディスプレイに対して相対的に近接して配置された第 1 レンズ要素であって、前記マイクロディスプレイの方向を向いた第 1 面と、前記マイクロディスプレイとは反対方向を向いた第 2 面とを有し、前記第 1 面は凹形状を有し、前記第 2 面は凹形状を有し、前記第 1 面および前記第 2 面の少なくとも一方は、その表面にフレネル構造を有する、第 1 レンズ要素と、

前記マイクロディスプレイに対して相対的に遠位に配置された第 2 レンズ要素であって、前記マイクロディスプレイの方向を向いた第 3 面と、前記マイクロディスプレイとは反対方向を向いた第 4 面とを有し、前記第 3 面は凸形状を有し、前記第 4 面は凹形状を有し、前記第 3 面および前記第 4 面の少なくとも一方は、その表面にフレネル構造を有する、第 2 レンズ要素と、を備え、

40

前記第 1 面、前記第 2 面、前記第 3 面、および前記第 4 面の少なくとも 1 つの前記フレネル構造と、前記第 1 面、前記第 2 面、前記第 3 面、および前記第 4 面のうちの少なくとも他の 1 つの前記フレネル構造とは、中心光軸に対し、互いに対して半径方向にオフセットされる、

光学システム。

【請求項 21】

前記第 1 レンズ要素と前記第 2 レンズ要素はエアギャップによって分離され、前記エアギャップは、前記第 1 レンズ要素の屈折率より小さく、且つ、前記第 2 レンズ要素の屈折

50

率より小さい屈折率を有する、請求項 1 から請求項 20 のいずれか 1 項に記載の光学システム。

【請求項 22】

ユーザの一方の目に対するディスプレイをそれぞれ提供する第 1 ディスプレイサブシステムおよび第 2 ディスプレイサブシステムを備え、

前記第 1 ディスプレイサブシステムおよび前記第 2 ディスプレイサブシステムのそれぞれは、

マイクロディスプレイと、

前記マイクロディスプレイからの光を前記ユーザの目に焦点を合わせるための光学システムであって、前記光学システムは、

前記マイクロディスプレイに対して相対的に近接して配置された第 1 レンズ要素であって、前記マイクロディスプレイの方向を向いた第 1 面と、前記ユーザの目の方向を向いて前記マイクロディスプレイとは反対方向を向いた第 2 面とを有し、前記第 1 面は負のパワーを提供する凹形状を有し、前記第 2 面は負のパワーを提供する凹形状を有し、前記第 1 面および前記第 2 面の少なくとも一方は、その表面に正のパワーを提供する連続する曲率のレンズを近似する溝を含むフレネル構造を有し、フレネル構造を含む前記第 1 面および前記第 2 面のそれぞれに関して、

前記第 1 面および前記第 2 面の一方が前記フレネル構造を有する場合、前記第 1 面および前記第 2 面の前記一方の前記凹形状と、前記第 1 面および前記第 2 面の前記一方の前記凹形状の表面における前記フレネル構造とは、正の収差と負の収差とを互いにキャンセルさせ、

前記第 1 面および前記第 2 面の両方が前記フレネル構造を有する場合、前記第 1 面の前記凹形状と、前記第 1 面の前記凹形状の表面における前記フレネル構造とが正の収差と負の収差とを互いにキャンセルさせ、前記第 2 面の前記凹形状と、前記第 2 面の前記凹形状の表面における前記フレネル構造とが正の収差と負の収差とを互いにキャンセルさせる、第 1 レンズ要素と、

前記マイクロディスプレイに対して相対的に遠位に配置された第 2 レンズ要素であって、前記マイクロディスプレイの方向を向いた第 3 面と、前記ユーザの目の方向を向いて前記マイクロディスプレイとは反対方向を向いた第 4 面とを有し、前記第 3 面は凸形状を有し、前記第 4 面は凹形状を有し、前記第 3 面および前記第 4 面の少なくとも一方は、その表面にフレネル構造を有する、第 2 レンズ要素と、

を有する、ヘッドマウントディスプレイシステム。

【請求項 23】

少なくとも前記第 1 面および前記第 3 面は、その表面にフレネル構造を有する、請求項 22 に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

【請求項 24】

少なくとも前記第 2 面および前記第 3 面は、その表面にフレネル構造を有する、請求項 22 に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

【請求項 25】

少なくとも前記第 1 面および前記第 4 面は、その表面にフレネル構造を有する、請求項 22 に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

【請求項 26】

少なくとも前記第 2 面および前記第 4 面は、その表面にフレネル構造を有する、請求項 22 に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

【請求項 27】

前記第 1 面、前記第 2 面、前記第 3 面、および前記第 4 面のうちの少なくとも 3 つは、その表面にフレネル構造を有する、請求項 22 に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

【請求項 28】

前記第 1 ディスプレイサブシステムおよび前記第 2 ディスプレイサブシステムのそれぞれ

10

20

30

40

50

れの前記マイクロディスプレイは、シリコンベースのマイクロディスプレイを有する、請求項 22 から請求項 27 のいずれか 1 項に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

【請求項 29】

前記第 1 ディスプレイサブシステムおよび前記第 2 ディスプレイサブシステムのそれぞれの前記マイクロディスプレイは、それぞれ、35 mm よりも小さいかまたは 35 mm に等しい幅寸法および長さ寸法を有する、請求項 22 から請求項 28 のいずれか 1 項に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

【請求項 30】

前記第 1 ディスプレイサブシステムおよび前記第 2 ディスプレイサブシステムのそれぞれの前記マイクロディスプレイは、20 μ m よりも小さいかまたは 20 μ m に等しい画素サイズを有する、請求項 29 に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

10

【請求項 31】

ユーザの一方の目に対するディスプレイをそれぞれ提供する第 1 ディスプレイサブシステムおよび第 2 ディスプレイサブシステムを備え、

前記第 1 ディスプレイサブシステムおよび前記第 2 ディスプレイサブシステムのそれぞれは、

マイクロディスプレイと、

前記マイクロディスプレイからの光を前記ユーザの目に焦点を合わせる前記マイクロディスプレイに対して、前記ユーザの目よりも近接して配置されたレンズ要素であって、前記マイクロディスプレイの方向を向いた第 1 面と、前記ユーザの目の方向を向いて前記マイクロディスプレイとは反対方向を向いた第 2 面とを有し、前記第 1 面および前記第 2 面は、それぞれ、その表面に正のパワーを提供する連続する曲率のレンズを近似する溝を含むフレネル構造を有し、フレネル構造を含む前記第 1 面および前記第 2 面のそれぞれに関して、前記第 1 面の凹形状と、前記第 1 面の前記凹形状の表面における前記フレネル構造とは正の収差と負の収差とを互いにキャンセルさせ、前記第 2 面の凹形状と、前記第 2 面の前記凹形状の表面における前記フレネル構造とは正の収差と負の収差とを互いにキャンセルさせる、レンズ要素と

20

を有する、ヘッドマウントディスプレイシステム。

【請求項 32】

前記第 1 面および前記第 2 面の少なくとも一方は、複数のフレネルパターンによって画定されるフレネル構造を有する、請求項 31 に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

30

【請求項 33】

前記第 1 面および前記第 2 面の少なくとも一方は、単一のフレネルパターンによって画定されるフレネル構造を有する、請求項 31 に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

【請求項 34】

前記第 1 面および前記第 2 面の少なくとも一方は、第 1 フレネルパターンによって画定される第 1 ゾーンおよび第 2 フレネルパターンによって画定される第 2 ゾーンを含む、請求項 31 から請求項 33 のいずれか 1 項に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

40

【請求項 35】

前記第 1 面および前記第 2 面の少なくとも一方は、前記第 1 ゾーンと前記第 2 ゾーンとの間に配置された第 3 ゾーンを含み、前記第 3 ゾーンは、前記第 3 ゾーンにおいて前記第 1 ゾーンと前記第 2 ゾーンとの間の滑らかな移行を提供する第 3 関数によって画定される、請求項 34 に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

【請求項 36】

前記第 3 関数は、前記第 2 フレネルパターンを表す第 2 関数によって多重化または乗算の少なくとも一方が成された前記第 1 フレネルパターンを表す第 1 関数によって画定される、請求項 35 に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

【請求項 37】

50

前記第 1 面および前記第 2 面のそれぞれは、第 1 フレネルパターンによって画定される第 1 ゾーンおよび第 2 フレネルパターンによって画定される第 2 ゾーンを含む、請求項 3 1 に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

【請求項 3 8】

前記第 1 面および前記第 2 面のそれぞれは、前記第 1 ゾーンと前記第 2 ゾーンとの間に配置された第 3 ゾーンを含み、前記第 3 ゾーンは、前記第 3 ゾーンにおいて前記第 1 ゾーンと前記第 2 ゾーンとの間の滑らかな移行を提供する第 3 関数によって画定される、請求項 3 7 に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

【請求項 3 9】

前記第 3 関数は、前記第 2 フレネルパターンを表す第 2 関数によって多重化または乗算の少なくとも一方が成された前記第 1 フレネルパターンを表す第 1 関数によって画定される、請求項 3 8 に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

【請求項 4 0】

前記第 1 ゾーンは中央ゾーンを有し、前記第 2 ゾーンは、前記第 1 ゾーンを囲む周辺ゾーンを有する、請求項 3 7 から請求項 3 9 のいずれか 1 項に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

【請求項 4 1】

前記マイクロディスプレイは、シリコンベースのマイクロディスプレイを有する、請求項 3 1 から請求項 4 0 のいずれか 1 項に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

【請求項 4 2】

前記レンズ要素は、2.5 mm よりも小さい焦点距離を有する、請求項 3 1 から請求項 4 1 のいずれか 1 項に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

【請求項 4 3】

前記レンズ要素は、少なくとも 85 度の視野を提供する、請求項 3 1 から請求項 4 2 のいずれか 1 項に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

【請求項 4 4】

前記第 1 面は、第 1 ピッチ値を有するフレネル構造を有し、前記第 2 面は、第 2 ピッチ値を有するフレネル構造を有し、前記第 1 ピッチ値は前記第 2 ピッチ値とは異なる、請求項 3 1 から請求項 4 3 のいずれか 1 項に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

【請求項 4 5】

前記第 1 面の前記フレネル構造は、中心光軸に沿って、前記第 2 面の前記フレネル構造と半径方向に位置合わせされる、請求項 3 1 から請求項 4 4 のいずれか 1 項に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

【請求項 4 6】

ユーザの一方の目に対するディスプレイをそれぞれ提供する第 1 ディスプレイサブシステムおよび第 2 ディスプレイサブシステムを備え、

前記第 1 ディスプレイサブシステムおよび前記第 2 ディスプレイサブシステムのそれぞれは、

マイクロディスプレイと、

前記マイクロディスプレイに対して、前記ユーザの目よりも近接して配置されたレンズ要素であって、前記マイクロディスプレイの方向を向いた第 1 面と、前記マイクロディスプレイとは反対方向を向いた第 2 面とを有し、前記第 1 面および前記第 2 面はそれぞれ、その表面にフレネル構造を有し、前記第 1 面の前記フレネル構造と前記第 2 面の前記フレネル構造とは、中心光軸に対し、互いに対して半径方向にオフセットされる、レンズ要素と、

を備えるヘッドマウントディスプレイシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、概して、ヘッドマウントディスプレイシステムのマイクロディスプレイのよ

10

20

30

40

50

うなディスプレイのための光学システムに関する。

【背景技術】

【0002】

1つの現世代の仮想現実（VR）経験は、ヘッドマウントディスプレイ（HMD）を使用して生成される。これは、（パーソナルコンピュータ（PC）、ラップトップ、またはゲームコンソールのような）固定されたコンピュータに繋がれ得るか、スマートフォンおよび/またはその関連するディスプレイと組み合わせられ得る、および/または一体化され得るか、もしくは、内蔵型であり得る。概して、HMDは、ユーザの頭部に着用され、一方の目（単眼HMD）またはそれぞれの目（双眼HMD）の前方に小さなディスプレイデバイス（ディスプレイデバイス）を有するディスプレイデバイスである。このディスプレイユニットは、典型的には小型であり、例えば、CRT、LCD、シリコン上液晶（LCOS）、またはOLED技術を含んでよい。双眼HMDは、それぞれの目に対して異なる像を表示する可能性を有する。この能力は、立体画像を表示するために使用される。

10

【0003】

スマートフォンおよび高精細度テレビ、並びにその他の電子デバイスの普及に伴うことを含め、より高性能のディスプレイに対する要求が増してきている。仮想現実および拡張現実システム、特に、ヘッドマウントディスプレイを使用するものの人気の高まりが、そのような要求をさらに増大させてきた。仮想現実システムは、典型的には、装着者の両目を完全に覆い隠し、装着者の前方の実際の視界（または、実際の現実）を「仮想的」な現実で置換する。一方、拡張現実システムは、典型的には、追加の情報によって実際の視界が拡張されるように、1または複数のスクリーンの半透明または透明な重なりを装着者の両目の前方に提供する。

20

【0004】

しかしながら、視聴者の目とディスプレイとの間の距離が低減され、しばしば視野が完全に見えなくされる、そのようなヘッドマウントディスプレイは、従来のディスプレイが満たすことができない手段でディスプレイの性能要求を増大させてきており、また、費用対効果の高いレベルでそうすることはもちろんのことである。OLEDマイクロディスプレイのようなマイクロディスプレイは、従来のディスプレイよりも遥かに小さいが、追加的な課題を伴う。例えば、マイクロディスプレイは、非常に短い焦点距離のレンズを必要とする。さらに、ユーザの目の瞳サイズは固定されているので、マイクロディスプレイを使用するHMDのレンズのF/#が減少し、これにより、特定のレンズシステムの収差を増大させる傾向にある。さらに、マイクロディスプレイは小さな画素を有する。HMD光学の空間分解能のこの増大は、そのようなHMDのためのレンズの設計および製造に対する課題をさらに増大させる。

30

【発明の概要】

【0005】

マイクロディスプレイと使用するための光学システムが、マイクロディスプレイに対して相対的に近接して配置された第1レンズ要素、および、マイクロディスプレイに対して相対的に遠位に配置された第2レンズ要素を含むものとして要約され得る。第1レンズ要素は、マイクロディスプレイの方向を向いた第1面、および、マイクロディスプレイとは反対方向を向いた第2面を有する。第1面は凹面を有し、第2面は凹面を有し、第1面および第2面の少なくとも一方は、その表面にフレネル構造を有する。第2レンズ要素は、マイクロディスプレイの方向を向いた第3面、および、マイクロディスプレイとは反対方向を向いた第4面を有する。第3面は凸面を有し、第4面は凹面を有し、第3面および第4面の少なくとも一方は、その表面にフレネル構造を有する。少なくとも第1面および第3面は、その表面にフレネル構造を有してよい。少なくとも第2面および第4面は、その表面にフレネル構造を有してよい。少なくとも第1面および第4面は、その表面にフレネル構造を有してよい。第1面、第2面、第3面、および第4面のうちの少なくとも3つは、その表面にフレネル構造を有してよい。第1面、第2面、第3面、および第4面の少なくとも1つは

40

50

、複数のフレネルパターンによって画定されるフレネル構造を含んでよい。第1面、第2面、第3面、および第4面の少なくとも1つは、単一のフレネルパターンによって画定されるフレネル構造を含んでよい。第1面、第2面、第3面、および第4面の少なくとも1つは、第1フレネルパターンによって画定される第1ゾーン、および、第2フレネルパターンによって画定される第2ゾーンを含んでよい。

【0006】

第1面、第2面、第3面、および第4面の少なくとも1つは、第1ゾーンと第2ゾーンとの間に配置された第3ゾーンを含んでよい。第3ゾーンは、第3ゾーンにおいて第1ゾーンと第2ゾーンとの間の滑らかな移行を提供し得る第3フレネルパターンによって画定される。第3フレネルパターンは、第2フレネルパターンを表す第2関数によって多重化または乗算の少なくとも一方が成された第1フレネルパターンを表す第1関数によって画定されてよい。第1面、第2面、第3面、第4面の少なくとも1つのうちのそれぞれは、第1フレネルパターンによって画定される第1ゾーン、および、第2フレネルパターンによって画定される第2ゾーンを含んでよい。第1面、第2面、第3面、および第4面の少なくとも1つのうちのそれぞれは、第1ゾーンと第2ゾーンとの間に配置された第3ゾーンを含んでよい。第3ゾーンは、第3ゾーンにおいて第1ゾーンと第2ゾーンとの間の滑らかな移行を提供し得る第3フレネルパターンによって画定される。第3フレネルパターンを表す第3関数は、第2フレネルパターンを表す第2関数によって多重化または乗算の少なくとも一方が成された第1フレネルパターンを表す第1関数によって画定されてよい。第1ゾーンは中央ゾーンを含んでよく、第2ゾーンは、第1ゾーンを囲む周辺ゾーンを含んでよい。第1レンズ要素および第2レンズ要素は、25mmよりも小さくてよい合成焦点距離を有し得る。第1レンズ要素および第2レンズ要素は、少なくとも85度であってよい視野を提供し得る。

【0007】

第1面、第2面、第3面、および第4面の少なくとも1つは、第1ピッチ値を有するフレネル構造を含んでよく、第1面、第2面、第3面、および第4面の少なくとも1つは、第2ピッチ値を有するフレネル構造を含んでよく、第1ピッチ値は第2ピッチ値とは異なる。第1面、第2面、第3面、および第4面の少なくとも1つのフレネル構造は、中心光軸に沿って、第1面、第2面、第3面、および第4面のうちの少なくとも他の1つのフレネル構造と半径方向に位置合わせされてよい。第1面、第2面、第3面、および第4面の少なくとも1つのフレネル構造は、中心光軸に沿って、第1面、第2面、第3面、および第4面のうちの少なくとも他の1つのフレネル構造と半径方向にオフセットされてよい。第1レンズ要素と第2レンズ要素はエアギャップによって分離されてよく、エアギャップは、第1レンズ要素の屈折率より小さく、且つ、第2レンズ要素の屈折率より小さいものであり得る屈折率を有する。

【0008】

ヘッドマウントディスプレイシステムが、ユーザの一方の目に対するディスプレイをそれぞれ提供する第1ディスプレイサブシステムおよび第2ディスプレイサブシステムを含むものとして要約され得る。第1ディスプレイサブシステムおよび第2ディスプレイサブシステムのそれぞれは、マイクロディスプレイ、マイクロディスプレイに対して相対的に近接して配置された第1レンズ要素、および、マイクロディスプレイに対して相対的に遠位に配置された第2レンズ要素を含む。第1レンズ要素は、マイクロディスプレイの方向を向いた第1面、および、マイクロディスプレイとは反対方向を向いた第2面を有する。第1面は凹面を有し、第2面は凹面を有し、第1面および第2面の少なくとも一方は、その表面にフレネル構造を有する。第2レンズ要素は、マイクロディスプレイの方向を向いた第3面、および、マイクロディスプレイとは反対方向を向いた第4面を有する。第3面は凸面を有し、第4面は凹面を有し、第3面および第4面の少なくとも一方は、その表面にフレネル構造を有する。少なくとも第1面および第3面は、その表面にフレネル構造を有してよい。少なくとも第2面および第3面は、その表面にフレネル構造を有してよい。少なくとも第1面および第4面は、その表面にフレネル構造を有してよい。少なくとも第

10

20

30

40

50

2面および第4面は、その表面にフレネル構造を有してよい。第1面、第2面、第3面、および第4面のうちの少なくとも3つは、その表面にフレネル構造を有してよい。第1ディスプレイサブシステムおよび第2ディスプレイサブシステムのそれぞれのマイクロディスプレイは、シリコンベースのマイクロディスプレイを含んでよい。第1ディスプレイサブシステムおよび第2ディスプレイサブシステムのそれぞれのマイクロディスプレイは、それぞれ、35mmよりも小さいかまたは35mmに等しい幅寸法および長さ寸法を有してよい。第1ディスプレイサブシステムおよび第2ディスプレイサブシステムのそれぞれのマイクロディスプレイは、20μmよりも小さいかまたは20μmに等しい画素サイズを有してよい。

【0009】

ヘッドマウントディスプレイシステムが、ユーザの一方の目に対するディスプレイをそれぞれ提供する第1ディスプレイサブシステムおよび第2ディスプレイサブシステムを含むものとして要約され得る。第1ディスプレイサブシステムおよび第2ディスプレイサブシステムのそれぞれは、マイクロディスプレイ、および、マイクロディスプレイに対して相対的に近接して配置されたレンズ要素を含む。このレンズ要素は、マイクロディスプレイの方向を向いた第1面、および、マイクロディスプレイとは反対方向を向いた第2面を有する。第1面および第2面は、それぞれ、その表面にフレネル構造を有する凹面を有する。第1面および第2面の少なくとも一方は、複数のフレネルパターンによって画定されるフレネル構造を含んでよい。第1面および第2面の少なくとも一方は、単一のフレネルパターンによって画定されるフレネル構造を含んでよい。第1面および第2面の少なくとも一方は、第1フレネルパターンによって画定される第1ゾーン、および、第2フレネルパターンによって画定される第2ゾーンを含んでよい。第1面および第2面の少なくとも一方は、第1ゾーンと第2ゾーンとの間に配置された第3ゾーンを含んでよい。第3ゾーンは、第3ゾーンにおいて第1ゾーンと第2ゾーンとの間の滑らかな移行を提供し得る第3関数によって画定される。第3関数は、第2フレネルパターンを表す第2関数によって多重化または乗算の少なくとも一方が成された第1フレネルパターンを表す第1関数によって画定されてよい。第1面および第2面のそれぞれは、第1フレネルパターンによって画定される第1ゾーン、および、第2フレネルパターンによって画定される第2ゾーンを含んでよい。第1面および第2面のそれぞれは、第1ゾーンと第2ゾーンとの間に配置された第3ゾーンを含んでよい。第3ゾーンは、第3ゾーンにおいて第1ゾーンと第2ゾーンとの間の滑らかな移行を提供し得る第3関数によって画定される。

【0010】

第3関数は、第2フレネルパターンを表す第2関数によって多重化または乗算の少なくとも一方が成された第1フレネルパターンを表す第1関数によって画定されてよい。第1ゾーンは中央ゾーンを含んでよく、第2ゾーンは、第1ゾーンを囲む周辺ゾーンを含んでよい。マイクロディスプレイは、シリコンベースのマイクロディスプレイを含んでよい。レンズ要素は、25mmよりも小さくてよい焦点距離を有し得る。レンズ要素は、少なくとも85度であってよい視野を提供し得る。第1面は、第1ピッチ値を有するフレネル構造を含んでよく、第2面は、第2ピッチ値を有するフレネル構造を含んでよく、第1ピッチ値は第2ピッチ値とは異なる。第1面のフレネル構造は、中心光軸に沿って、第2面のフレネル構造と半径方向に位置合わせされてよい。第1面のフレネル構造は、中心光軸に沿って、第2面のフレネル構造と半径方向にオフセットされてよい。

【図面の簡単な説明】

【0011】

図面において、同一の参照番号は、同様な要素または動作を特定する。図面中の要素のサイズおよび相対的な位置は、必ずしも縮尺通りに描かれていない。例えば、様々な要素の形状および角度は、必ずしも縮尺通りに描かれておらず、これらの要素のうちのいくつかは、図面の読みやすさを改善すべく、任意に拡大および配置されてよい。さらに、これらの要素の描かれている特定の形状は、それら特定の要素の実際の形状に関する何らかの情報を伝えることが必ずしも意図されるものではなく、図面中で認識されることを容易に

10

20

30

40

50

するために選択されただけであってよい。

【図 1】例示される一実装例に係るフレネルレンズの図である。

【図 2】例示される一実装例に係る、双眼ヘッドマウントディスプレイ（HMD）システムの上面図である。

【図 3】例示される一実装例に係る、二重フレネル 2 要素設計を含む、図 2 の HMD システムの光学システムの左側断面立面図である。

【図 4】例示される一実装例に係る、二重フレネル単一要素設計を含む、図 2 の HMD システムの光学システムの左側断面立面図である。

【図 5】例示される一実装例に係る、図 2 の HMD システムの光学システムの単一要素の上面図である。

10

【図 6】例示される一実装例に係る、対向する第 2 面のフレネル構造からオフセットされたフレネル構造を有する第 1 面を含む、二重フレネルレンズ要素の左側断面立面図である。

【図 7】例示される一実装例に係る、対向する第 2 面のフレネル構造の第 2 ピッチ値とは異なる第 1 ピッチ値を有するフレネル構造を有する第 1 面を含む、二重フレネルレンズ要素の左側断面立面図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下の記載において、開示される様々な実装例の十分な理解を提供すべく、いくつかの具体的な詳細が説明される。しかしながら、これらの具体的な詳細の 1 または複数無くとも、もしくは、他の方法、コンポーネント、材料などによっても、これらの実装例が実施され得ることを当業者は認識するであろう。他の場合において、これらの実装例の記載を不必要に曖昧にすることを回避すべく、コンピュータシステム、サーバコンピュータ、および/または通信ネットワークに関連付けられた周知の構造は示されていない、または、詳細には記載されていない。

20

【0013】

文脈においてそうでないということを必要としない限り、本明細書および続く請求項を通して、「備え」という用語は「含む」と同義であり、包括的または末端開放型である（すなわち、追加的で列挙されていない要素または方法の動作を排除しない）。

【0014】

本明細書を通じて、「一実装例」または「実装例」との参照は、その実装例に関連して記載される特定の特徴、構造または特性が、少なくとも 1 つの実装例に含まれることを意味する。従って、本明細書を通じて様々な箇所における「一実装例において」または「実装例において」という表現の出現は、必ずしも、全てが同じ実装例を参照するものではない。さらに、特定の特徴、構造、または特性は、1 または複数の実装例において、任意の適切な態様で組み合わせられてよい。

30

【0015】

本明細書および添付の請求項において使用されるように、「1 つの」、「一の」、および「前記」という単数形は、そうでないことを文脈が明確に規定していない限り、複数の指示対象を含む。「または」という用語は、概して、そうでないことを文脈が明確に規定していない限り、その意味において「および/または」を含むように用いられることもまた、留意されるべきである。

40

【0016】

本明細書にて提供される開示の見出しおよび要約は、利便性のためだけであり、実装例の範囲または趣旨を解釈するものではない。

【0017】

本開示の 1 または複数の実装例は、HMD システムで使用されるシリコンベースのマイクロディスプレイシステム（例えば、OLED マイクロディスプレイ）のようなディスプレイシステムで使用するための、積層型または二重フレネルレンズを利用した光学システムに向けられている。本明細書で使用されるように、「マイクロディスプレイシステム」または「マイクロディスプレイ」とは、それぞれ 35 mm より小さい幅および長さ寸法（

50

例えば、 $12 \times 12 \text{ mm}$ 、 $20 \times 20 \text{ mm}$ 、 $30 \times 30 \text{ mm}$ 、 $18 \times 30 \text{ mm}$ 、 $12 \times 35 \text{ mm}$) を有し、約 $20 \mu\text{m}$ より小さい画素サイズ (例えば、 $5 \mu\text{m}$ 、 $8 \mu\text{m}$ 、 $10 \mu\text{m}$ 、 $15 \mu\text{m}$ 、 $20 \mu\text{m}$) を有するディスプレイのことを指す。

【0018】

本明細書にて説明される 1 または複数の実装例は、複数の異なるフレネルパターン (例えば、2 つの異なるフレネルパターン) によって画定されるフレネル面の複数のゾーンまたはフィールド (例えば、小さな FOV 角度、大きな FOV 角度) 間で滑らかなプロファイル移行を提供し、収差を低減するために、多重化または混合を実装する光学システムもまた提供する。少なくともいくつかの実装例においては、成形性および収差制御のための良好な形状係数を維持しつつも、焦点距離を短くすべく曲面上の二重フレネルレンズを利用する、マイクロディスプレイのための光学システムが提供される。そのような設計は、大きなアイボックスおよび小さな瞳スイム (pupil swim) を提供しつつ、良好な収差制御を可能にする。

10

【0019】

概して、フレネルレンズは、さもなければ従来設計のレンズが要求したであろう材料の質量および体積を必要とせず、大きな開口および短い焦点距離を提供するタイプのレンズである。図 1 は、HMD のための光学システムとして従来使用され得るフレネルレンズ 100 を示す。フレネルレンズ 100 は、同心プリズムから成る周期的な屈折構造を含んでよい。各プリズムの面は、対応する従来レンズ 104 の非球面状の面 102 をほぼ平面にすることによって光を屈折させるように設計される。従って、バルク部分のレンズ厚さの低減は、元の非球面状の面 102 とプリズムの面によって画定される新たなレンズ面とによって境界される体積と、実質的に等しいものとみなされてよい。上記にて留意されるように、このバルク部分の低減は、フレネルレンズがそれらの従来対応物よりも実質的に薄く、より軽いことを可能にする。これは、サイズおよび重量の低減が重要である HMD システムにとって有利である。

20

【0020】

フレネル面を構成するこれらのプリズムの屈折面 106 は、溝 108 およびドラフト 110 と呼ばれることがある。これらの溝 108 およびドラフト 110 は、本明細書において集合的に「フレネル構造」、「フレネルカット」、または「マイクロ構造」と呼ばれることがあり、溝およびドラフトの全体的な形状および寸法はフレネルパターンと呼ばれることがある。溝 108 は、従来レンズ 104 の非球面状の面 102 の連続する湾曲に近似するために使用される実際の面であり、一方、ドラフト 110 は、レンズの湾曲を平面 (または、以下に説明されるような曲面) に戻すために必要な、溝同士の間不連続点である。隣接する溝のピーク間の横方向の距離は、ピッチ 112 と呼ばれる。例として、フレネルレンズは、 $500 \mu\text{m}$ のピッチを有してよい。以下にさらに説明されるように、フレネル面に対するピッチは、フレネルレンズの横方向の面にわたり、一定であっても変化してもよい。さらに、説明を目的として、図 1 ではフレネルレンズが平面上に示されているものの、本明細書にて説明される実装例の少なくともいくつかにおいて、フレネル面は、曲面 (例えば、凹面、凸面) に提供される。これは、以下に説明されるように、有利で特有な収差の制御を可能にする。

30

40

【0021】

図 2 は、一対のニアツーアイディスプレイシステム 202 および 204 を含む、HMD システム 200 の簡略化した上面図である。ニアツーアイディスプレイシステム 202 および 204 は、それぞれ、ディスプレイ 206 および 208 (例えば、OLED マイクロディスプレイ)、並びに、それぞれの光学システム 210 および 212 を含む。ディスプレイシステム 202 および 204 は、前方部 216、左テンブル 218、および右テンブル 220 を含んだフレーム 214 に取り付けられてよい。2 つのディスプレイシステム 202 および 204 は、ユーザ 224 の頭部 222 に着用され得る眼鏡の構成においてフレーム 214 に固定されてよい。左テンブル 218 および右テンブル 220 は、それぞれ、ユーザの耳 226 および 228 上に置かれてよく、一方、鼻用部品 (図示されない) は、

50

ユーザの鼻 2 3 0 上に置かれてよい。フレーム 2 1 4 は、2つの光学システム 2 1 0 および 2 1 2 のそれぞれを、ユーザの目 2 3 2 および 2 3 4 のうちの一方の前方にそれぞれ位置させるような形状およびサイズであってよい。フレーム 2 1 4 は、眼鏡と同様に説明を目的として簡略化した態様で示されているものの、実際には、ディスプレイシステム 2 0 2 および 2 0 4 をユーザ 2 2 4 の頭部 2 2 2 で支持且つ位置決めするために、より精巧な構造（例えば、ゴーグル、一体化されたヘッドバンド、ヘルメット、ストラップ）が使用され得ることが理解されるべきである。

【0022】

図2のHMDシステム200は、ユーザ224へ仮想現実を提示することが可能である。ディスプレイ206および208のそれぞれは、それぞれの光学システム210および212を透過し、それぞれがユーザ224の目232および234に焦点の合った光を生成してよい。この光は、ユーザ224によって、像および/またはビデオとして見られる。いくつかの実装例において、光学システム210および212のそれぞれとユーザの目232および234との間の距離は、比較的短くてよい（例えば、30mmよりも小さい、20mmよりも小さい）。これは、これらの光学システムおよびディスプレイシステムの重みがユーザの顔に比較的近いので、有利なことに、ユーザにとってHMDシステム200をより軽いものに思わせる。

【0023】

図3は、光学システム300（例えば、図2の光学システム210または光学システム212）、および、二重フレネル2要素設計を含む図2のヘッドマウントディスプレイシステム200のディスプレイ302の左側断面立面図を示す。ディスプレイ302は、例えば、シリコンベースのマイクロディスプレイ（例えば、OLEDマイクロディスプレイ）であってよい。本実装例において、光学システム300は、ディスプレイ302に対して相対的に近接して配置された第1ハイブリッドフレネルレンズ要素304、（第1レンズ要素304と比較して）ディスプレイに対して相対的に遠位であって、少なくとも実質的に第1レンズ要素に隣接して配置された第2ハイブリッドフレネルレンズ要素306を含む。光学システム300およびディスプレイ302の位置は、HMDシステム200を装着しているユーザの目308（例えば、左目または右目）に対して示される（図2を参照のこと）。示されるように、光学システム300とユーザの目308との間の距離は、比較的短くてよい（例えば、25mmよりも小さい、20mmよりも小さい）。ディスプレイの画素によって放出された光に対する、ディスプレイ302とユーザの目308との間の光路310もまた図3に示されている。

【0024】

第1レンズ要素304は、マイクロディスプレイ302の方向を向いた第1面312、および、マイクロディスプレイとは反対方向を向いた第2面314を含む。少なくともいくつかの実装例において、第1面312は、凹状のフレネル面であり、その表面にフレネル構造（例えば、溝、ドラフト）を有する。従って、フレネル面の正のパワーが負または凹状の要素に「落ち込み」、これが、正の収差と負の収差とを互いにキャンセルさせる。簡潔にするため、これらのフレネル構造は図3には示されていない。少なくともいくつかの実装例において、第2面314は、球面状、非球面状、円錐状などのプロファイルを有する滑らかな凹面であってよい。

【0025】

第2レンズ要素306は、マイクロディスプレイ302の方向を向いた第3面316、および、マイクロディスプレイとは反対方向を向いた（すなわち、ユーザの目308の方向を向いた）第4面318を有する。少なくともいくつかの実装例において、第3面316は凸状のフレネル面であり、その表面にフレネル構造（例えば、溝、ドラフト）を有する。少なくともいくつかの実装例において、第4面318は、球面状、非球面状、円錐状などのプロファイルを有する滑らかな凹面であってよい。

【0026】

フレネル面および滑らかな面のその他の組み合わせが実装され得る。例えば、少なくとも

10

20

30

40

50

もいくつかの実装例において、面 3 1 4 および 3 1 6 はフレネル面であり、面 3 1 2 および 3 1 8 は滑らかな面である。そのような実装例は、高から低へ、および、低から高へという反対の屈折率の移行を伴う 2 つのフレネル面を提供することにより、有利であり得る。例えば、レンズ要素 3 0 4 と 3 0 6 との間において相対的により低い屈折率を有するエアギャップと、レンズ要素 3 0 6 の面 3 1 6 との間での低から高への屈折率の移行は、レンズ要素 3 0 4 の面 3 1 4 とエアギャップとの間の高から低への屈折率の移行によって導入された収差をキャンセルする、または低減するように機能し得る。

【0027】

より一般的には、面 3 1 2、3 1 4、3 1 6 および 3 1 8 のうちの少なくとも 2 つの任意の組み合わせがフレネル面であってよく、非フレネルレンズは（存在している場合）滑らかな面であってよい。さらに、面 3 1 2、3 1 4、3 1 6 および 3 1 8 の任意の組み合わせは、凹面、凸面、平面などであってよい。

【0028】

フレネル面のいずれも、単一のフレネルパターンにより、または複数のフレネルパターン（例えば、2 つのフレネルパターン、4 つのフレネルパターン）により画定されてよい。例として、フレネル面の 1 または複数は、相対的に小さな視野（FOV）角度（例えば、0 - 50 度）に対しては、第 1 の関連する焦点距離を有する第 1 フレネルパターンによって画定され、相対的に大きな FOV 角度（例えば、50 - 110 度）に対しては、第 2 の関連する焦点距離を有する第 2 フレネルパターンによって画定されてよい。図 5 を参照して以下にさらに説明されるように、いくつかの実装例において、第 1 ゾーンと第 2 ゾーンとの間に配置される第 3 ゾーンにおける滑らかな移行を提供すべく、フレネル面の第 1 および第 2 領域またはゾーンに関連付けられた 2 つの異なるフレネルパターンまたは式が、多重化され、乗算され、さもなければ「混合され」てよい。これは、第 1 ゾーンおよび第 2 ゾーンのエッジにおける収差を低減する。

【0029】

有利なことに、図 3 の光学システム 3 0 0 は、4 つの面、すなわち、面 3 1 2、3 1 4、3 1 6 および 3 1 8 が 6 つの面と同様に振る舞うことを可能にする。何故ならば、少なくともいくつかの実装例において、これらの面のうちの少なくとも 2 つ（例えば、面 3 1 2 と 3 1 6、面 3 1 4 と 3 1 6）がフレネル構造、並びに曲面の特徴（例えば、凸状、凹状）を提供するからである。これは、有利で特有益な収差の制御を提供する。

【0030】

図 4 は、図 2 の HMD システム 2 0 0 のような HMD システムに使用され得る光学システム 4 0 0 の左側断面立面図を示す。光学システム 4 0 0 は、二重フレネル単一要素設計を提供する。本実装例において、光学システム 4 0 0 は、ユーザの目 3 0 8 とディスプレイとの間でディスプレイ 3 0 2 に近接して配置された、単一のハイブリッドフレネルレンズ要素 4 0 2 を含む。示されるように、レンズ要素 4 0 2 とユーザの目 3 0 8 との間の距離は、比較的短くてよい（例えば、25 mm よりも小さい、20 mm よりも小さい）。ディスプレイの画素によって放出された光に対する、ディスプレイ 3 0 2 とユーザの目 3 0 8 との間の光路 3 1 0 もまた図 4 に示されている。

【0031】

レンズ要素 4 0 2 は、マイクロディスプレイ 3 0 2 の方向を向いた第 1 面 4 0 4、および、マイクロディスプレイとは反対方向を向いた第 2 面 4 0 6 を含む。第 1 面 4 0 4 は、凹状のフレネル面であり、その表面にフレネル構造（例えば、溝、ドラフト）を有する。第 2 面 4 0 6 もまた、凹状のフレネル面であり、その表面にフレネル構造を有する。簡潔にするため、これらのフレネル構造は示されていない。いくつかの実装例において、第 2 面 4 0 6 は、第 2 面において全内部反射（TIR）条件が発生しないように、第 1 面 4 0 4 よりも大きな曲率半径を有してよい。上記にて説明された図 3 のフレネル面 3 1 2 および 3 1 6 と同様に、レンズ要素 4 0 2 のフレネル面 4 0 4 および 4 0 6 は、それぞれ、単一のフレネルパターンにより、または複数のフレネルパターンにより画定されてよい。

【0032】

図5は、図2のHMDシステム200のようなHMDシステムにおける光学システムのレンズ要素のフレネル面500の上面図である。フレネル面500は、上記にて説明されたフレネル面のいずれを表すものであってもよい。示されるように、フレネル面500は、第1フレネルパターンまたは式によって画定されるプロファイルを有する第1または中央ゾーン502を有する。フレネル面500は、第1フレネルパターンまたは式とは異なる第2フレネルパターンまたは式によって画定されるプロファイルを有する第2または周辺ゾーン504もまた有する。この例において、中央ゾーン502と周辺ゾーン504との間で滑らかな移行を提供するプロファイルを有する第3または移行ゾーン506が提供されてよい。例えば、第1ゾーンと第2ゾーンを不連続点無く滑らかに一緒に連結する第3または移行ゾーン506におけるフレネル面のプロファイルを画定する移行式または関数を提供すべく、第1ゾーンおよび第2ゾーンに対する2つのフレネルパターンまたは式が、多重化され、乗算され、さもなければ混合されてよい。中央ゾーン502と周辺ゾーン504との間の滑らかなプロファイル移行を生成するために、任意の適切な方法が使用されてよい。さらに、いくつかの実装例において、フレネル面500は、2つよりも多く（例えば、3つ、6つ、9つ）のフレネルパターンまたは式によって画定されてよい。そのような場合、本明細書にて説明される技術は、フレネル面の任意のまたは全ての隣接するゾーン間で滑らかな移行を提供すべく使用されてよい。これは、有利なことに、そのようなゾーンのエッジにおける収差を低減する。

【0033】

図6は、第1フレネル面602および第2フレネル面604を含む二重フレネルレンズ要素600の簡略化した左側断面立面図を示す。レンズ要素600の特徴は、上記にて説明されたレンズ要素のいずれにも実装され得る。図6においては、第1フレネル面602において隣接する溝の間の境界を例示するために、ハッシュマーク606が示されている。また、第2フレネル面604において隣接する溝の間の境界を例示するために、ハッシュマーク608が示されている。フレネル面において隣接するハッシュマーク間の距離は、フレネル面のピッチを表す。矢印610は、ディスプレイ（例えば、図3および図4のディスプレイ302）によってレンズ要素600に向けて放出された光の光軸を示す。示されるように、第1フレネル面602のフレネル構造は、第2フレネル面604のフレネル構造から、オフセット距離Dだけオフセットされている。オフセット距離Dは、任意の適切な値（例えば、1/3ピッチ、1/2ピッチ、2/3ピッチ、3/2ピッチ、5/2ピッチ）であってよい。すなわち、面602および604のパワーは同じであってよいが、それぞれの面におけるフレネルパターンのそれぞれのピッチは、中心光軸610に対し、互いに対して半径方向にオフセットされ（例えば、シフトされ）てよい。他の実装例において、第1フレネル面602のフレネル構造は、第2フレネル面604のフレネル構造からオフセットされるよりも、むしろ、第2フレネル面604のフレネル構造と半径方向に位置合わせされてよい。

【0034】

図7は、第1フレネル面702および第2フレネル面704を含む二重フレネルレンズ要素700の簡略化した左側断面立面図を示す。レンズ要素700の特徴は、上記にて説明されたレンズ要素のいずれにも実装され得る。図7においては、第1フレネル面702において隣接する溝の間の境界を例示するために、ハッシュマーク706が示されている。また、第2フレネル面704において隣接する溝の間の境界を例示するために、ハッシュマーク708が示されている。フレネル面において隣接するハッシュマーク間の距離は、フレネル面のピッチを表す。矢印710は、ディスプレイ（例えば、図3のディスプレイ302）によってレンズ要素700に向けて放出された光の光軸を示す。図7に示されるように、第1フレネル面702のフレネル構造のピッチ712は、第2フレネル面704のフレネル構造のピッチ714とは異なる。例えば、第1フレネル面702は、500 μm のピッチ値712を有するフレネル構造を有してよく、第2フレネル面704は、200 μm 、550 μm 、800 μm 、1000 μm などのピッチ値714を有するフレネル構造を有してよい。他の実装例において、第1フレネル面702のフレネル構造のピッ

チは、第2フレネル面704のフレネル構造のピッチと異なるよりもむしろ、第2フレネル面704のフレネル構造のピッチと同じであってよい。さらに、上記にて留意されたように、フレネル面のピッチは、フレネル面の半径にわたって一定であっても変化してもよい。フレネル面702および704のそれぞれのピッチがフレネル面の半径にわたって変化しないいくつかの実装例において、特定の半径におけるフレネル面702のピッチは、同じ半径におけるフレネル面704のピッチとは異なるものであってよい。

【0035】

本出願が優先権を主張する、2016年9月16日出願された米国特許仮出願第62/395,513号は、その開示内容全体が参照により本明細書に組み込まれる。いくつかの実施形態において上記の通り説明された機能性は、代替的手段によって提供され得ることが理解されるだろう。同様に、いくつかの実施形態において例示された構成は、その他の例示される構成が、それぞれ、その代わりにそのような機能性に欠けている、またはそのような機能性を含んでいる場合のように、もしくは、提供される機能性の量が増えたり減ったりする場合のように、程度の差はあれ、記載される機能性を提供するものであってよい。さらに、様々な操作が、特定の態様で、および/または、特定の順序で実行されるように例示されてよいが、一方、他の実施形態においては、これらの操作が、その他の順序およびその他の態様で実行され得ることを当業者は理解するであろう。

【0036】

前述の事項から、具体的な実施形態が例示を目的として本明細書にて記載されてきたものの、本開示の思想および範囲から逸脱することなく、様々な変更が成され得ることが理解されるだろう。さらに、本開示のいくつかの態様が、場合によってはいくつかの請求項の形式で提示されているが、または、いくつかの場合にはどの請求項にも具現化されなくてよいが、本発明者らは、利用可能なあらゆる請求項の形式で、本発明の様々な態様を予期するものである。

〔項目1〕

マイクロディスプレイからの光をユーザの目に焦点を合わせるように上記マイクロディスプレイと使用するための光学システムであって、

上記マイクロディスプレイに対して相対的に近接して配置された第1レンズ要素であって、上記マイクロディスプレイの方向を向いた第1面と、上記ユーザの目の方向を向いて上記マイクロディスプレイとは反対方向を向いた第2面とを有し、上記第1面は負のパワーを提供する凹形状を有し、上記第2面は負のパワーを提供する凹形状を有し、上記第1面および上記第2面の少なくとも一方は、その表面に正のパワーを提供する連続する曲率のレンズを近似する溝を含むフレネル構造を有し、フレネル構造を含む上記第1面および上記第2面のそれぞれに関して、上記面および上記面の上記凹形状の表面の上記フレネル構造は、正の収差と負の収差を互いにキャンセルさせる、第1レンズ要素と、

上記マイクロディスプレイに対して相対的に遠位に配置された第2レンズ要素であって、上記マイクロディスプレイの方向を向いた第3面と、上記ユーザの目の方向を向いて上記マイクロディスプレイとは反対方向を向いた第4面とを有し、上記第3面は凸形状を有し、上記第4面は凹形状を有し、上記第3面および上記第4面の少なくとも一方は、その表面にフレネル構造を有する、第2レンズ要素と、

を備える光学システム。

〔項目2〕

少なくとも上記第1面および上記第3面は、その表面にフレネル構造を有する、項目1に記載の光学システム。

〔項目3〕

少なくとも上記第2面および上記第3面は、その表面にフレネル構造を有する、項目1に記載の光学システム。

〔項目4〕

少なくとも上記第1面および上記第4面は、その表面にフレネル構造を有する、項目1に記載の光学システム。

[項目 5]

少なくとも上記第 2 面および上記第 4 面は、その表面にフレネル構造を有する、項目 1 に記載の光学システム。

[項目 6]

上記第 1 面、上記第 2 面、上記第 3 面、および上記第 4 面のうちの少なくとも 3 つは、その表面にフレネル構造を有する、項目 1 に記載の光学システム。

[項目 7]

上記第 1 面、上記第 2 面、上記第 3 面、および上記第 4 面の少なくとも 1 つは、複数のフレネルパターンによって画定されるフレネル構造を有し、上記複数のフレネルパターンの少なくとも 1 つは、上記複数のフレネルパターンの別の 1 つによって提供される焦点距離と異なる焦点距離を提供する、項目 1 から項目 6 のいずれか 1 項に記載の光学システム。

10

[項目 8]

上記第 1 面、上記第 2 面、上記第 3 面、および上記第 4 面の少なくとも 1 つは、単一のフレネルパターンによって画定されるフレネル構造を有する、項目 1 から項目 6 のいずれか 1 項に記載の光学システム。

[項目 9]

上記第 1 面、上記第 2 面、上記第 3 面、および上記第 4 面の少なくとも 1 つは、第 1 焦点距離を提供する第 1 フレネルパターンによって画定される第 1 ゾーンおよび第 2 焦点距離を提供する第 2 フレネルパターンによって画定される第 2 ゾーンを含み、上記第 1 焦点距離は上記第 2 焦点距離とは異なる、項目 1 から項目 6 のいずれか 1 項に記載の光学システム。

20

[項目 1 0]

上記第 1 面、上記第 2 面、上記第 3 面、および上記第 4 面の上記少なくとも 1 つは、上記第 1 ゾーンと上記第 2 ゾーンとの間に配置された第 3 ゾーンを含み、上記第 3 ゾーンは、上記第 3 ゾーンにおいて上記第 1 ゾーンと上記第 2 ゾーンとの間の滑らかな移行を提供する第 3 フレネルパターンによって画定される、項目 9 に記載の光学システム。

[項目 1 1]

上記第 3 フレネルパターンは、上記第 2 フレネルパターンを表す第 2 関数によって多重化または乗算の少なくとも一方が成された上記第 1 フレネルパターンを表す第 1 関数によって画定される、項目 1 0 に記載の光学システム。

30

[項目 1 2]

上記第 1 面、上記第 2 面、上記第 3 面、上記第 4 面の少なくとも 1 つのうちのそれぞれは、第 1 フレネルパターンによって画定される第 1 ゾーンおよび第 2 フレネルパターンによって画定される第 2 ゾーンを含む、項目 1 に記載の光学システム。

[項目 1 3]

上記第 1 面、上記第 2 面、上記第 3 面、および上記第 4 面の上記少なくとも 1 つのうちのそれぞれは、上記第 1 ゾーンと上記第 2 ゾーンとの間に配置された第 3 ゾーンを含み、上記第 3 ゾーンは、上記第 3 ゾーンにおいて上記第 1 ゾーンと上記第 2 ゾーンとの間の滑らかな移行を提供する第 3 フレネルパターンによって画定される、項目 1 2 に記載の光学システム。

40

[項目 1 4]

上記第 3 フレネルパターンを表す第 3 関数は、上記第 2 フレネルパターンを表す第 2 関数によって多重化または乗算の少なくとも一方が成された上記第 1 フレネルパターンを表す第 1 関数によって画定される、項目 1 3 に記載の光学システム。

[項目 1 5]

上記第 1 ゾーンは中央ゾーンを有し、上記第 2 ゾーンは、上記第 1 ゾーンを囲む周辺ゾーンを有する、項目 9 から項目 1 4 のいずれか 1 項に記載の光学システム。

[項目 1 6]

上記第 1 レンズ要素および上記第 2 レンズ要素は、2.5 mm よりも小さい合成焦点距離を有する、項目 1 から項目 1 5 のいずれか 1 項に記載の光学システム。

50

[項目 1 7]

上記第 1 レンズ要素および上記第 2 レンズ要素は、少なくとも 8 5 度の視野を提供する、項目 1 から項目 1 6 のいずれか 1 項に記載の光学システム。

[項目 1 8]

上記第 1 面、上記第 2 面、上記第 3 面、および上記第 4 面の少なくとも 1 つは、第 1 ピッチ値を有するフレネル構造を有し、上記第 1 面、上記第 2 面、上記第 3 面、および上記第 4 面の少なくとも 1 つは、第 2 ピッチ値を有するフレネル構造を有し、上記第 1 ピッチ値は上記第 2 ピッチ値とは異なる、項目 1 から項目 1 7 のいずれか 1 項に記載の光学システム。

[項目 1 9]

上記第 1 面、上記第 2 面、上記第 3 面、および上記第 4 面の少なくとも 1 つの上記フレネル構造は、中心光軸に沿って、上記第 1 面、上記第 2 面、上記第 3 面、および上記第 4 面のうちの少なくとも他の 1 つの上記フレネル構造と半径方向に位置合わせされる、項目 1 から項目 1 8 のいずれか 1 項に記載の光学システム。

[項目 2 0]

マイクロディスプレイと共に使用する光学システムであって、上記光学システムは、上記マイクロディスプレイに対して相対的に近接して配置された第 1 レンズ要素であって、上記マイクロディスプレイの方向を向いた第 1 面と、上記マイクロディスプレイとは反対方向を向いた第 2 面とを有し、上記第 1 面は凹形状を有し、上記第 2 面は凹形状を有し、上記第 1 面および上記第 2 面の少なくとも一方は、その表面にフレネル構造を有する、第 1 レンズ要素と、

上記マイクロディスプレイに対して相対的に遠位に配置された第 2 レンズ要素であって、上記マイクロディスプレイの方向を向いた第 3 面と、上記マイクロディスプレイとは反対方向を向いた第 4 面とを有し、上記第 3 面は凸形状を有し、上記第 4 面は凹形状を有し、上記第 3 面および上記第 4 面の少なくとも一方は、その表面にフレネル構造を有する、第 2 レンズ要素と、を備え、

上記第 1 面、上記第 2 面、上記第 3 面、および上記第 4 面の少なくとも 1 つの上記フレネル構造は、中心光軸に沿って、上記第 1 面、上記第 2 面、上記第 3 面、および上記第 4 面のうちの少なくとも他の 1 つの上記フレネル構造と半径方向にオフセットされる、光学システム。

[項目 2 1]

上記第 1 レンズ要素と上記第 2 レンズ要素はエアギャップによって分離され、上記エアギャップは、上記第 1 レンズ要素の屈折率より小さく、且つ、上記第 2 レンズ要素の屈折率より小さい屈折率を有する、項目 1 から項目 2 0 のいずれか 1 項に記載の光学システム。

[項目 2 2]

ユーザの一方の目に対するディスプレイをそれぞれ提供する第 1 ディスプレイサブシステムおよび第 2 ディスプレイサブシステムを備え、

上記第 1 ディスプレイサブシステムおよび上記第 2 ディスプレイサブシステムのそれぞれは、

マイクロディスプレイと、

上記マイクロディスプレイからの光を上記ユーザの目に焦点を合わせるための光学システムであって、上記光学システムは、

上記マイクロディスプレイに対して相対的に近接して配置された第 1 レンズ要素であって、上記マイクロディスプレイの方向を向いた第 1 面と、上記ユーザの目の方向を向いて上記マイクロディスプレイとは反対方向を向いた第 2 面とを有し、上記第 1 面は負のパワーを提供する凹形状を有し、上記第 2 面は負のパワーを提供する凹形状を有し、上記第 1 面および上記第 2 面の少なくとも一方は、その表面に正のパワーを提供する連続する曲率のレンズを近似する溝を含むフレネル構造を有し、フレネル構造を含む上記第 1 面および上記第 2 面のそれぞれに関して、上記面および上記面の上記凹形状の表面の上記フレネル構造は、正の収差と負の収差を互いにキャンセルさせる、第 1 レンズ要素と、

10

20

30

40

50

上記マイクロディスプレイに対して相対的に遠位に配置された第2レンズ要素であって、上記マイクロディスプレイの方向を向いた第3面と、上記ユーザの目の方向を向いて上記マイクロディスプレイとは反対方向を向いた第4面とを有し、上記第3面は凸形状を有し、上記第4面は凹形状を有し、上記第3面および上記第4面の少なくとも一方は、その表面にフレネル構造を有する、第2レンズ要素と、
を有する、ヘッドマウントディスプレイシステム。

[項目23]

少なくとも上記第1面および上記第3面は、その表面にフレネル構造を有する、項目22に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

[項目24]

少なくとも上記第2面および上記第3面は、その表面にフレネル構造を有する、項目22に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

[項目25]

少なくとも上記第1面および上記第4面は、その表面にフレネル構造を有する、項目22に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

[項目26]

少なくとも上記第2面および上記第4面は、その表面にフレネル構造を有する、項目22に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

[項目27]

上記第1面、上記第2面、上記第3面、および上記第4面のうちの少なくとも3つは、その表面にフレネル構造を有する、項目22に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

[項目28]

上記第1ディスプレイサブシステムおよび上記第2ディスプレイサブシステムのそれぞれの上記マイクロディスプレイは、シリコンベースのマイクロディスプレイを有する、項目22から項目27のいずれか1項に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

[項目29]

上記第1ディスプレイサブシステムおよび上記第2ディスプレイサブシステムのそれぞれの上記マイクロディスプレイは、それぞれ、3.5mmよりも小さいかまたは3.5mmに等しい幅寸法および長さ寸法を有する、項目22から項目28のいずれか1項に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

[項目30]

上記第1ディスプレイサブシステムおよび上記第2ディスプレイサブシステムのそれぞれの上記マイクロディスプレイは、20μmよりも小さいかまたは20μmに等しい画素サイズを有する、項目29に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

[項目31]

ユーザの一方の目に対するディスプレイをそれぞれ提供する第1ディスプレイサブシステムおよび第2ディスプレイサブシステムを備え、

上記第1ディスプレイサブシステムおよび上記第2ディスプレイサブシステムのそれぞれは、

マイクロディスプレイと、

上記マイクロディスプレイからの光を上記ユーザの目に焦点を合わせる上記マイクロディスプレイに対して相対的に近接して配置されたレンズ要素であって、上記マイクロディスプレイの方向を向いた第1面と、上記ユーザの目の方向を向いて上記マイクロディスプレイとは反対方向を向いた第2面とを有し、上記第1面および上記第2面は、それぞれ、その表面に正のパワーを提供する連続する曲率のレンズを近似する溝を含むフレネル構造を有し、フレネル構造を含む上記第1面および上記第2面のそれぞれに関して、上記面および上記面の凹形状の表面の上記フレネル構造は、正の収差と負の収差を互いにキャンセルさせる凹形状を有する、レンズ要素と、

を有する、ヘッドマウントディスプレイシステム。

10

20

30

40

50

[項目 3 2]

上記第 1 面および上記第 2 面の少なくとも一方は、複数のフレネルパターンによって画定されるフレネル構造を有する、項目 3 1 に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

[項目 3 3]

上記第 1 面および上記第 2 面の少なくとも一方は、単一のフレネルパターンによって画定されるフレネル構造を有する、項目 3 1 に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

[項目 3 4]

上記第 1 面および上記第 2 面の少なくとも一方は、第 1 フレネルパターンによって画定される第 1 ゾーンおよび第 2 フレネルパターンによって画定される第 2 ゾーンを含む、項目 3 1 から項目 3 3 のいずれか 1 項に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

10

[項目 3 5]

上記第 1 面および上記第 2 面の少なくとも一方は、上記第 1 ゾーンと上記第 2 ゾーンとの間に配置された第 3 ゾーンを含み、上記第 3 ゾーンは、上記第 3 ゾーンにおいて上記第 1 ゾーンと上記第 2 ゾーンとの間の滑らかな移行を提供する第 3 関数によって画定される、項目 3 4 に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

[項目 3 6]

上記第 3 関数は、上記第 2 フレネルパターンを表す第 2 関数によって多重化または乗算の少なくとも一方が成された上記第 1 フレネルパターンを表す第 1 関数によって画定される、項目 3 5 に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

[項目 3 7]

上記第 1 面および上記第 2 面のそれぞれは、第 1 フレネルパターンによって画定される第 1 ゾーンおよび第 2 フレネルパターンによって画定される第 2 ゾーンを含む、項目 3 1 に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

20

[項目 3 8]

上記第 1 面および上記第 2 面のそれぞれは、上記第 1 ゾーンと上記第 2 ゾーンとの間に配置された第 3 ゾーンを含み、上記第 3 ゾーンは、上記第 3 ゾーンにおいて上記第 1 ゾーンと上記第 2 ゾーンとの間の滑らかな移行を提供する第 3 関数によって画定される、項目 3 7 に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

[項目 3 9]

上記第 3 関数は、上記第 2 フレネルパターンを表す第 2 関数によって多重化または乗算の少なくとも一方が成された上記第 1 フレネルパターンを表す第 1 関数によって画定される、項目 3 8 に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

30

[項目 4 0]

上記第 1 ゾーンは中央ゾーンを有し、上記第 2 ゾーンは、上記第 1 ゾーンを囲む周辺ゾーンを有する、項目 3 7 から項目 3 9 のいずれか 1 項に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

[項目 4 1]

上記マイクロディスプレイは、シリコンベースのマイクロディスプレイを有する、項目 3 1 から項目 4 0 のいずれか 1 項に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

[項目 4 2]

上記レンズ要素は、2.5 mm よりも小さい焦点距離を有する、項目 3 1 から項目 4 1 のいずれか 1 項に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

40

[項目 4 3]

上記レンズ要素は、少なくとも 85 度の視野を提供する、項目 3 1 から項目 4 2 のいずれか 1 項に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

[項目 4 4]

上記第 1 面は、第 1 ピッチ値を有するフレネル構造を有し、上記第 2 面は、第 2 ピッチ値を有するフレネル構造を有し、上記第 1 ピッチ値は上記第 2 ピッチ値とは異なる、項目 3 1 から項目 4 3 のいずれか 1 項に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

[項目 4 5]

50

上記第 1 面の上記フレネル構造は、中心光軸に沿って、上記第 2 面の上記フレネル構造と半径方向に位置合わせされる、項目 3 1 から項目 4 4 のいずれか 1 項に記載のヘッドマウントディスプレイシステム。

[項目 4 6]

ユーザの一方の目に対するディスプレイをそれぞれ提供する第 1 ディスプレイサブシステムおよび第 2 ディスプレイサブシステムを備え、

上記第 1 ディスプレイサブシステムおよび上記第 2 ディスプレイサブシステムのそれぞれは、

マイクロディスプレイと、

上記マイクロディスプレイに対して相対的に近接して配置されたレンズ要素であって、上記マイクロディスプレイの方向を向いた第 1 面と、上記マイクロディスプレイとは反対方向を向いた第 2 面とを有し、上記第 1 面および上記第 2 面はそれぞれ、その表面にフレネル構造を有し、上記第 1 面の上記フレネル構造は、中心光軸に沿って、上記第 2 面の上記フレネル構造と半径方向にオフセットされる、レンズ要素とを備える、

ヘッドマウントディスプレイシステム。

【 図面 】

【 図 1 】

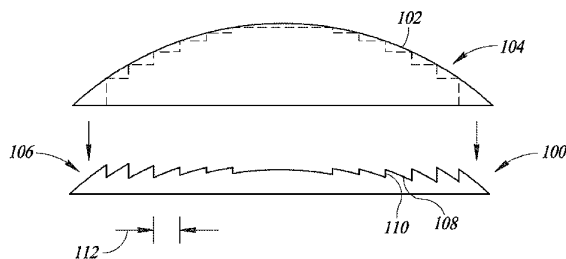


FIG. 1

【 図 2 】

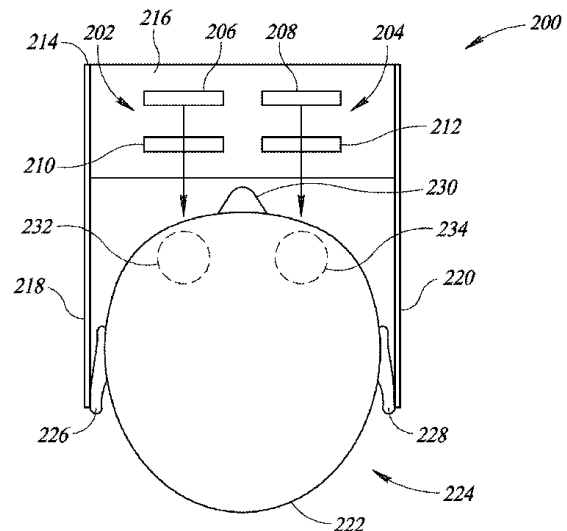


FIG. 2

【 図 3 】

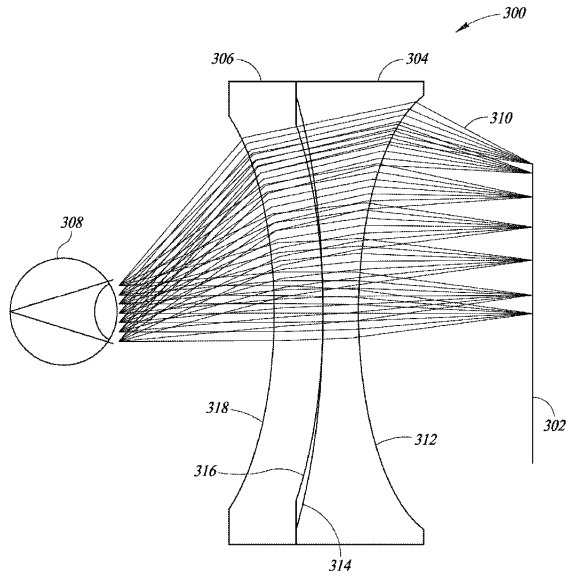


FIG. 3

【 図 4 】

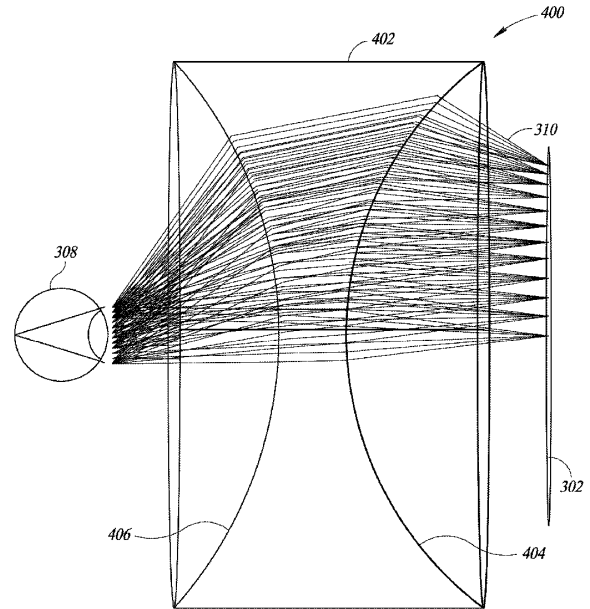


FIG. 4

【 図 5 】

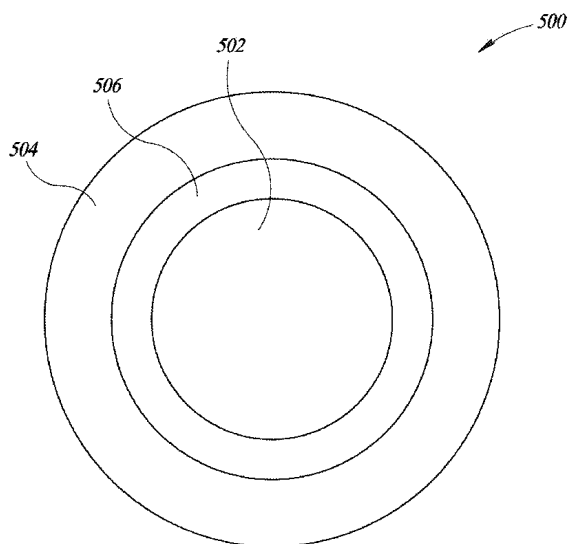


FIG. 5

【 図 6 】

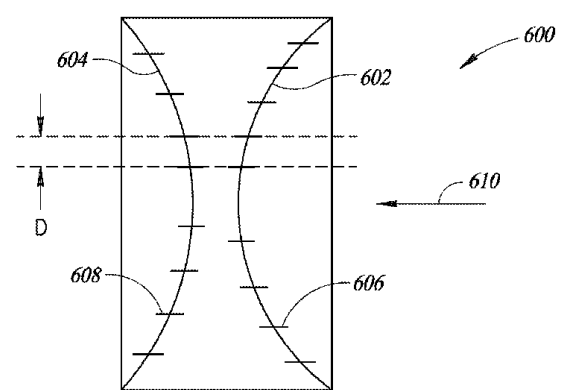


FIG. 6

10

20

30

40

50

【 図 7 】

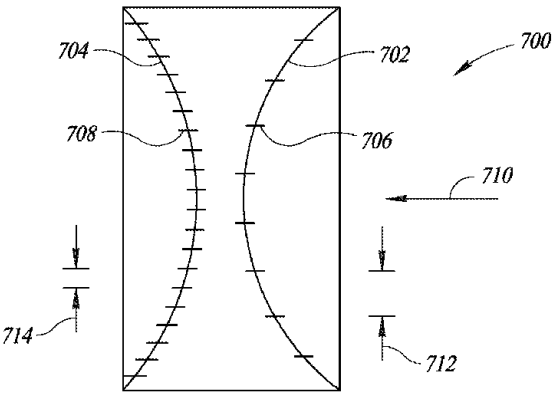


FIG. 7

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第 2 0 0 9 / 0 7 8 3 5 7 (W O , A 1)
 特表 2 0 1 3 - 5 4 5 1 3 0 (J P , A)
 国際公開第 2 0 1 4 / 0 4 1 6 9 1 (W O , A 1)
 特開平 1 1 - 0 3 8 3 3 0 (J P , A)
 米国特許出願公開第 2 0 1 6 / 0 2 0 9 5 5 6 (U S , A 1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- G 0 2 B 2 7 / 0 1 - 2 7 / 0 2
 H 0 4 N 5 / 6 4
 H 0 4 N 1 3 / 3 4 4
 G 0 2 B 2 5 / 0 0 - 2 5 / 0 4