

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6989454号
(P6989454)

(45) 発行日 令和4年1月5日(2022.1.5)

(24) 登録日 令和3年12月6日(2021.12.6)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 17/08 (2006.01)

G02B 17/08

G02B 5/00 (2006.01)

G02B 5/00

B60R 1/04 (2006.01)

B60R 1/04

A

Z

H

請求項の数 10 外国語出願 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2018-134887 (P2018-134887)
 (22) 出願日 平成30年7月18日 (2018.7.18)
 (65) 公開番号 特開2019-66825 (P2019-66825A)
 (43) 公開日 平成31年4月25日 (2019.4.25)
 審査請求日 令和2年5月27日 (2020.5.27)
 (31) 優先権主張番号 15/677,341
 (32) 優先日 平成29年8月15日 (2017.8.15)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73) 特許権者 507342261
トヨタ モーター エンジニアリング ア
ンド マニュファクチャリング ノース
アメリカ、インコーポレイティド
アメリカ合衆国、75024 テキサス州
、プレイノ、ダブリュ1-3シー・ヘッド
クォーターズ・ドライブ、6565
(74) 代理人 100099759
弁理士 青木 篤
(74) 代理人 100123582
弁理士 三橋 真二
(74) 代理人 100092624
弁理士 鶴田 準一
(74) 代理人 100147555
弁理士 伊藤 公一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ハーフレンズおよび平面ミラーを備えたクローキングデバイスおよびこれを含むビーグル

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

クローキングデバイスであって、

物体サイド、画像サイド、前記物体サイドと前記画像サイドの間の被クローキング領域、および前記物体サイドから前記画像サイドまで延在する基準光学軸と、

物体サイドハーフレンズおよび画像サイドハーフレンズであって、各々が内向き表面、外向き凸状表面、厚端部および薄端部を含み、前記内向き表面および前記外向き凸状表面が前記厚端部と前記薄端部の間に延在している、物体サイドハーフレンズおよび画像サイドハーフレンズと、

前記物体サイドハーフレンズと前記画像サイドハーフレンズの間に位置付けされた平面反射境界であって、前記基準光学軸と平行に配向された内向きミラー表面を含む、平面反射境界と、

を含み、

前記クローキングデバイスの前記物体サイドに位置付けされ前記被クローキング領域により視認不能化された物体からの光が、前記物体サイドハーフレンズ、前記平面反射境界および前記画像サイドハーフレンズにより前記被クローキング領域の周りに方向変換されて前記クローキングデバイスの前記画像サイドに前記物体の画像を形成し、こうして前記物体からの前記光が前記被クローキング領域を通過したようにみえる、

クローキングデバイス。

【請求項 2】

10

20

前記物体サイドハーフレンズおよび前記画像サイドハーフレンズの前記薄端部が、前記基準光学軸に対して近位に位置付けされ、前記物体サイドハーフレンズおよび前記画像サイドハーフレンズの前記厚端部が、前記基準光学軸に対して遠位に位置付けされている、請求項1に記載のクローキングデバイス。

【請求項3】

前記平面反射境界の前記内向きミラー表面が、前記物体サイドハーフレンズの焦点に位置付けされている、請求項1または2に記載のクローキングデバイス。

【請求項4】

前記物体サイドハーフレンズは、前記クローキングデバイスの前記物体サイドに位置付けされた前記物体からの光を前記平面反射境界の前記内向きミラー表面上に集束させるよう配向されており、前記平面反射境界の前記内向きミラー表面は、前記物体サイドハーフレンズからの光を前記画像サイドハーフレンズに反射するよう配向されており、前記平面反射境界の前記内向きミラー表面から反射された光は発散光であり、前記画像サイドハーフレンズは、前記平面反射境界の前記内向きミラー表面からの前記発散光を集束させて前記クローキングデバイスの前記画像サイドに前記物体の前記画像を形成するよう配向されている、請求項1から3のいずれかに記載のクローキングデバイス。

10

【請求項5】

前記物体サイドハーフレンズおよび前記画像サイドハーフレンズが、円柱ハーフレンズ、非円柱ハーフレンズおよび色消しハーフレンズからなる群の中から選択される、請求項1から4のいずれかに記載のクローキングデバイス。

20

【請求項6】

前記物体サイドハーフレンズは物体サイドハーフレンズ対を含み、前記物体サイドハーフレンズ対の一方の物体サイドハーフレンズは前記基準光学軸の一方の側に位置付けされ、前記物体サイドハーフレンズ対の他方の物体サイドハーフレンズが前記基準光学軸の他方の側に位置付けされており、

前記物体サイドハーフレンズ対の各物体サイドハーフレンズは、内向き表面、外向き凸状表面、厚端部および薄端部サイドを含み、前記内向き表面および前記外向き凸状表面は前記厚端部と前記薄端部の間に延在しており、

前記物体サイドハーフレンズ対の各物体サイドハーフレンズの前記薄端部は、前記基準光学軸に対し近位に位置付けされ、前記物体サイドハーフレンズ対の各物体サイドハーフレンズの前記厚端部は、前記基準光学軸に対し遠位に位置付けされており、

30

前記画像サイドハーフレンズは画像サイドハーフレンズ対を含み、前記画像サイドハーフレンズ対の一方の画像サイドハーフレンズは前記基準光学軸の一方の側に位置付けされ、前記画像サイドハーフレンズの他方の画像サイドハーフレンズは前記基準光学軸の他方の側に位置付けされており、

前記画像サイドハーフレンズ対の各画像サイドハーフレンズは、内向き表面、外向き凸状表面、厚端部および薄端部を含み、前記内向き表面および前記外向き凸状表面は前記厚端部と前記薄端部の間に延在しており、

前記画像サイドハーフレンズ対の各画像サイドハーフレンズの前記薄端部は、前記基準光学軸に対し近位に位置付けされ、前記画像サイドハーフレンズ対の各画像サイドハーフレンズの前記厚端部は、前記基準光学軸に対し遠位に位置付けされており、

40

前記平面反射境界は、平面反射境界対を含み、前記平面反射境界対の一方の平面反射境界は、前記基準光学軸の一方の側に位置付けされた前記物体サイドハーフレンズと前記画像サイドハーフレンズの間に位置付けされており、前記平面反射境界対の他方の平面反射境界は、前記基準光学軸の前記他方の側に位置付けされた前記物体サイドハーフレンズと前記画像サイドハーフレンズの間に位置付けされており、

前記平面反射境界対の各平面反射境界は、前記基準光学軸と平行に配向された内向きミラー表面を含み、

前記クローキングデバイスの前記物体サイドに位置付けされ前記被クローキング領域により視認不能化された物体からの前記光が、前記物体サイドハーフレンズ対、平面反射境

50

界対および画像サイドハーフレンズ対により前記被クローキング領域の周りに方向変換されて前記クローキングデバイスの画像サイドに前記物体の画像を形成し、こうして前記物体からの前記光が前記被クローキング領域を通過したようにみえる、

請求項 1 から 5 のいずれかに記載のクローキングデバイス。

【請求項 7】

前記物体サイドハーフレンズ対の前記厚端部の厚さが互いに等しい、請求項 6 に記載のクローキングデバイス。

【請求項 8】

前記物体サイドハーフレンズ対の前記厚端部の厚さが互いに等しくない、請求項 6 に記載のクローキングデバイス。

【請求項 9】

ビークルであって、

A ピラーと、

前記 A ピラー上に位置付けされたクローキングデバイスであって、

前記クローキングデバイスが、物体サイド、画像サイド、被クローキング領域、および前記物体サイドから前記画像サイドまで延在する基準光学軸を含み、前記 A ピラーが前記被クローキング領域内に位置付けされ、前記物体サイドが前記ビークルの外部に位置付けされ、前記画像サイドが前記ビークルの内部に位置付けされ、

前記クローキングデバイスが更に、物体サイドハーフレンズおよび画像サイドハーフレンズであって、各々が内向き表面、外向き凸状表面、厚端部および薄端部を含み、前記内向き表面および前記外向き凸状表面が前記厚端部と前記薄端部の間に延在している、物体サイドハーフレンズおよび画像サイドハーフレンズを含み、

前記クローキングデバイスが更に、前記物体サイドハーフレンズと前記画像サイドハーフレンズの間に位置付けされた平面反射境界であって、前記基準光学軸と平行に配向された内向きミラー表面を含む、平面反射境界を含む、

クローキングデバイスと、

を含み、

前記クローキングデバイスの物体サイドに位置付けされ前記被クローキング領域により視認不能化された物体からの光が、前記物体サイドハーフレンズを通る前記平面反射境界への前記光の伝播と、前記平面反射境界による前記画像サイドハーフレンズ上への前記物体サイドハーフレンズからの光の反射と、前記平面反射境界からの前記光の前記画像サイドハーフレンズを通る伝播と、を介して、前記 A ピラーの周りに方向変換されて前記クローキングデバイスの画像サイドに前記物体の画像を形成し、こうして前記物体からの前記光が前記被クローキング領域を通過したようにみえる、

ビークル。

【請求項 10】

前記物体サイドハーフレンズおよび画像サイドハーフレンズの前記薄端部が、前記基準光学軸に対して近位に位置付けされ、前記物体サイドおよび画像サイドハーフレンズの前記厚端部が、前記基準光学軸に対して遠位に位置付けされている、請求項 9 に記載のビークル。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

技術分野

本明細書は、概して、物体が透明に見えるようにするための装置および方法に関し、より具体的には、ビークル（自動車、乗り物、輸送体）のピラー用のクローキングデバイスおよびビークルのピラーを透明に見えるようにするための方法に関する。

【背景技術】

【0002】

背景

10

20

30

40

50

ビーグルのピラーを透明にすると考えられるクローキングデバイスについての研究が公表されている。このような研究は、ビーグルの乗員が見掛け上、ビーグルピラーを通して「見る」ことができるようになり、これによってビーグル内の死角を減少させるためにメタマテリアルを使用すること、または表示スクリーンと組み合わせてビデオカメラを使用することを開示している。しかしながら、メタマテリアルおよびビデオ技術は、複雑な材料設計および設備を使用する。

【発明の概要】

【0003】

したがって、ビーグルのピラーを透明にすると考えられる代替的なデバイスに対する二
10
ーズが存在する。

【0004】

概要

一実施形態において、クローキングデバイスは、物体サイド、画像サイド、物体サイドと画像サイドの間の被クローキング領域（または、クローキングされた領域）、および物体サイドから画像サイドまで延在する基準光学軸を含む。物体サイドハーフレンズと画像サイドハーフレンズが含まれている。この物体サイドハーフレンズおよび画像サイドハーフレンズは、各々が内向き表面、外向き凸状表面、厚端部および薄端部を含んでいる。内向き表面および外向き凸状表面は厚端部と薄端部の間に延在している。物体サイドハーフレンズと画像サイドハーフレンズの間に位置付けされた平面反射境界が含まれている。平面反射境界は、基準光学軸と平行に配向された内向きミラー表面を含む。クローキングデ
20
バイスの物体サイドに位置付けされ被クローキング領域により視認不能化された物体からの光は、物体サイドハーフレンズ、平面反射境界および画像サイドハーフレンズにより被クローキング領域の周りに方向変換されてクローキングデバイスの画像サイドに物体の画像を形成し、こうして物体からの光が被クローキング領域を通過したようにみえる。一実施形態において、物体サイドおよび画像サイドハーフレンズの薄端部は、基準光学軸に対して近位に位置付けされ、物体サイドおよび画像サイドハーフレンズの厚端部は、基準光学軸に対して遠位に位置付けされている。同様に、平面反射境界の内向きミラー表面は、物体サイドハーフレンズの焦点に位置付けされていてよい。物体サイドハーフレンズは、クローキングデバイスの物体サイドに位置付けされた物体からの光を平面反射境界の内向
30
きミラー表面上に集束させるように配向されており、平面反射境界の内向きミラー表面は、物体サイドハーフレンズから画像サイドハーフレンズまで光を反射するように配向されている。画像サイドハーフレンズは、平面反射境界の内向きミラー表面からの光を集束させて、クローキングデバイスの画像サイドに物体の画像を形成するように配向されている。

【0005】

別の実施形態において、クローキングデバイスアセンブリは、物体サイド、画像サイド、被クローキング領域、被クローキング領域内部に位置付けされた被クローキング部材（または、クローキングされた部材）および物体サイドから画像サイドまで延在する基準光学軸を含む。物体サイドハーフレンズ対と画像サイドハーフレンズ対が含まれ、物体サイドハーフレンズ対の各物体サイドハーフレンズおよび画像サイドハーフレンズ対の各画像サイドハーフレンズは、内向き表面および外向き凸状表面を含む。物体サイドハーフレンズ対の一つの物体サイドハーフレンズは基準光学軸の一方の側に位置付けされ、物体サイドハーフレンズ対の一つの物体サイドハーフレンズは基準光学軸の他方の側に位置付けされている。同様にして、画像サイドハーフレンズ対の一つの画像サイドハーフレンズは基準光学軸の一方の側に位置付けされ、画像サイドハーフレンズ対の一つの画像サイドハーフレンズは基準光学軸の他方の側に位置付けされている。物体サイドハーフレンズ対の各物体サイドハーフレンズおよび画像サイドハーフレンズ対の各画像サイドハーフレンズは、厚端部および薄端部を含み、物体サイドハーフレンズ対の各物体サイドハーフレンズおよび画像サイドハーフレンズ対の各画像サイドハーフレンズの内向き表面および外向き凸状表面は厚端部と薄端部の間に延在する。物体サイドハーフレンズ対の各物体サイドハ
40
ー
50

フレンズおよび画像サイドハーフレンズ対の各画像サイドハーフレンズの薄端部は、基準光学軸に対し近位に位置付けされてよく、厚端部の各々は、基準光学軸に対し遠位に位置付けされてよい。いくつかの実施形態において、物体サイドハーフレンズ対の各物体サイドハーフレンズの厚端部の厚さは互いに等しい。他の実施形態において、物体サイドハーフレンズ対の各物体サイドハーフレンズの厚端部の厚さは互いに等しくない。一対の平面反射境界が含まれ、この平面反射境界対の各々の平面反射境界は、基準光学軸に対して平行に配向された内向きミラー表面を含む。平面反射境界対の一方の平面反射境界は、基準光学軸の一方の側に位置付けされた物体サイドハーフレンズと画像サイドハーフレンズの間に位置付けされ、平面反射境界対の他方の平面反射境界は、基準光学軸の他方の側に位置付けされた物体サイドハーフレンズと画像サイドハーフレンズの間に位置付けされている。クローキングデバイスアセンブリの物体サイドに位置付けされ被クローキング領域により視認不能化された物体からの光は、物体サイドハーフレンズ対、平面反射境界対および画像サイドハーフレンズ対により被クローキング領域の周りに方向変換されてクローキングデバイスアセンブリの画像サイドに物体の画像を形成し、こうして物体からの光が被クローキング領域を通過したようにみえる。 10

【0006】

別の実施形態において、ピークルが、Aピラーと、Aピラー上に位置付けされたクローキングデバイスとを共に含んでいる。クローキングデバイスは、物体サイド、画像サイド、被クローキング領域、および物体サイドから画像サイドまで延在する基準光学軸を含む。Aピラーは被クローキング領域内に位置付けされ、物体サイドはピークルの外部に位置付けされ、画像サイドはピークルの内部に位置付けされている。物体サイドハーフレンズおよび画像サイドハーフレンズが含まれている。物体サイドハーフレンズおよび画像サイドハーフレンズは、各々が内向き表面、外向き凸状表面、厚端部および薄端部を含む。物体サイドハーフレンズおよび画像サイドハーフレンズの内向き表面および外向き凸状表面は厚端部と薄端部の間に延在している。物体サイドハーフレンズと画像サイドハーフレンズの間に位置付けされた平面反射境界が含まれている。平面反射境界は、基準光学軸に対して平行に配向された内向きミラー表面を含む。ピークルの外部に位置付けされ被クローキング領域により視認不能化された物体からの光は、物体サイドハーフレンズを通る平面反射境界上への光の伝播、平面反射境界による画像サイドハーフレンズ上への光の反射および画像サイドハーフレンズを通る光の伝播を介して、Aピラーの周りに方向変換される。この光は、ピークルの外部の物体の画像をピークルの内部に形成し、こうして物体からの光がAピラーを通過したようにみえる。 20

【0007】

本開示中に記載の実施形態により提供されるこれらおよび付加的な特徴は、図面と併せて以下の詳細な説明を考慮することでより完全に理解されるものである。

【0008】

図面中に明記されている実施形態は、事実上説明的かつ例示的なものであり、クレームによって定義されている主題を限定するように意図されたものではない。例示的実施形態についての以下の詳細な説明は、以下の図面と併せて読んだ場合に理解可能であり、これらの図面中、類似の構造には、類似の参照番号が示されている。 40

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本開示中で開示され説明されている1つ以上の実施形態に係るクローキングデバイスの頂面図を概略的に描いている。

【0010】

【図2A】本開示中で開示され説明されている1つ以上の実施形態に係るクローキングデバイス用のハーフ円柱レンズを概略的に描いている。

【0011】

【図2B】本開示中で開示され説明されている1つ以上の実施形態に係るクローキングデバイス用の円柱レンズから形成された一対のハーフ円柱レンズを概略的に描いている。 50

【0012】

【図3A】本開示中で開示され説明されている1つ以上の実施形態に係るクローキングデバイス用のハーフ非円柱レンズの頂面図を概略的に描いている。

【0013】

【図3B】本開示中で開示され説明されている1つ以上の実施形態に係るクローキングデバイス用のハーフ色消しレンズの頂面図を概略的に描いている。

【0014】

【図4】本開示中で開示され説明されている1つ以上の実施形態に係るクローキングデバイスの頂面図を概略的に描いている。

【0015】

【図5】本開示中で開示され説明されている1つ以上の実施形態に係るクローキングデバイスの一方の側に第1の物体があり、クローキングデバイスの被クローキング領域内に第2の物体がある状態の、図1のクローキングデバイスの頂面斜視図を概略的に描いている。

【0016】

【図6】クローキングデバイスの一方の側に第1の物体があり、クローキングデバイスの被クローキング領域内に第2の物体がある状態の、図1のクローキングデバイスの側面図を概略的に描いている。

【0017】

【図7】本開示中で説明され例示されている1つ以上の実施形態に係るビーケルのビーケルAピラーをクローキングするクローキングデバイスを概略的に描いている。

【0018】

【図8A】基準光学軸とクローキングアセンブリの視角の間の不整合が0°である、図1の実施形態に係るクローキングデバイス用のコンピュータシミュレーションしたクローキング画像を描いている。

【0019】

【図8B】基準光学軸とクローキングアセンブリの視角の間の不整合が1°である、図1の実施形態に係るクローキングデバイス用のコンピュータシミュレーションしたクローキング画像を描いている。

【0020】

【図8C】基準光学軸とクローキングアセンブリの視角の間の不整合が2°である、図1の実施形態に係るクローキングデバイス用のコンピュータシミュレーションしたクローキング画像を描いている。

【0021】

【図8D】基準光学軸とクローキングアセンブリの視角の間の不整合が3°である、図1の実施形態に係るクローキングデバイス用のコンピュータシミュレーションしたクローキング画像を描いている。

【0022】

【図8E】基準光学軸とクローキングアセンブリの視角の間の不整合が4°である、図1の実施形態に係るクローキングデバイス用のコンピュータシミュレーションしたクローキング画像を描いている。

【0023】

【図8F】基準光学軸とクローキングアセンブリの視角の間の不整合が5°である、図1の実施形態に係るクローキングデバイス用のコンピュータシミュレーションしたクローキング画像を描いている。

【発明を実施するための形態】

【0024】

詳細な説明

本開示中に記載の1つ以上(1又は複数)の実施形態によると、クローキングデバイスは概して、一対のハーフレンズおよび平面ミラーを含み、これらが入射光を被クローキン

10

20

30

40

50

グ領域の周りに導く。本開示中に記載のクローキングデバイスは、物体からの光を集束させ、反射させ、発散させ、再度集束させるために、平面ミラーと組み合わせた形で、ハーフ円柱レンズ、ハーフ非円柱レンズおよび／またはハーフ色消しレンズを利用することができる。本開示中に記載のクローキングデバイスは、ピークルAピラー、Bピラー、Cピラー、Dピラーなどのピークル部材をクローキングし、ピークル部材によりひき起こされる「死角」を除去するために使用可能である。死角とは、乗員の視界が妨害され得るピークルの領域を意味する。クローキングデバイスがなければピークルのピラーによって妨害されるとと思われる画像を、ハーフレンズおよび平面ミラーを使用することにより、ドライバは知覚することができる。本開示では、クローキングデバイスのさまざまな実施形態およびその使用方法が、添付図面を具体的に参照しながら、さらに詳細に説明される。

10

【0025】

図1は概して、クローキングデバイスの一実施形態を描いている。クローキングデバイスは、2つのハーフレンズおよび2つのハーフレンズの間に位置付けされた1つの平面反射境界と少なくとも部分的に境を接している被クローキング領域を含む。本開示中で使用されている「ハーフレンズ」なる用語は、レンズの光学軸に直交する方向に沿って長さが短縮されているレンズを意味する。「境界なる用語は、物理的表面を意味する。ハーフレンズの1つは物体サイドハーフレンズであり得、ハーフレンズの1つは画像サイドハーフレンズであり得る。平面反射境界は、物体サイドハーフレンズと画像サイドハーフレンズの間に位置付けされ得る。物体サイドハーフレンズおよび画像サイドハーフレンズは各々、内向き表面、外向き凸状表面、厚端部および薄端部を有する。本開示中で使用される「内向き表面」は、被クローキング領域に向かって面するかまたは被クローキング領域に対して近位にある表面を意味し、「外向き表面」なる用語は、被クローキング領域から離れるように面するかまたは被クローキング領域から遠位にある表面を意味する。物体サイドハーフレンズは、クローキングデバイスの物体サイドに位置付けされた物体からの入射光を平面反射境界上に集束せしめるように配向されている。平面反射境界は、物体サイドハーフレンズからの集束された入射光を画像サイドハーフレンズの内向き表面上に反射し発散せしめるように配向されている。画像サイドハーフレンズは、平面反射境界からの発散入射光を集束させ、クローキングデバイスの画像サイドに画像を提供するように配向されている。

20

【0026】

30

なお図1を参照すると、クローキングデバイスの実施形態は、物体サイド12、画像サイド14および4つのハーフレンズ100、120、140、160を備えたクローキングアセンブリ10を含む。ハーフレンズ100、140とハーフレンズ120、160の間に被クローキング領域が位置付けされている。4つのハーフレンズ100、120、140、160の各々は、図に示された座標軸のX軸に沿った長さ、Y軸に沿った厚さ、およびZ軸に沿った高さを有する。すなわち、図中に示されているX軸は、4つのハーフレンズ100、120、140、160の長さに沿って延在し、図中に示されているY軸は4つのハーフレンズ100、120、140、160の厚さに沿って延在し、図中に示されているZ軸は4つのハーフレンズ100、120、140、160の高さに沿って延在する。2つのハーフレンズ100、140は、物体「O」に面するように、クローキングアセンブリ10の物体サイド12に位置付けされてよく、本開示では物体サイドハーフレンズ100、140と呼ぶことができる。2つのハーフレンズ120、160は、クローキングアセンブリ10により形成された画像「I」を提供するためにクローキングアセンブリ10の画像サイド14に位置付けされてよく、本開示では画像サイドハーフレンズ120、160と呼ぶことができる。

40

【0027】

ハーフレンズ100、120、140、160は各々、内向き表面102、122、142、162および外向き凸状表面104、124、144、164をそれぞれ有している。同様に、ハーフレンズ100、120、140、160は各々、厚端部106、126、146、166および薄端部108、128、148、168をそれぞれ有している

50

。内向き表面 102、122、142、162 および外向き凸状表面 104、124、144、164 は、厚端部 106、126、146、166 と薄端部 108、128、148、168 の間でそれぞれ延在する。

【0028】

実施形態において、ハーフレンズ 100、120、140、160 は、ハーフ円柱レンズ、ハーフ非円柱レンズ、またはハーフ色消しレンズであってよい。同様に、ハーフレンズ 100、120、140、160 は、ハーフ円柱レンズ、ハーフ非円柱レンズおよび/またはハーフ色消しレンズの組み合わせであってよいということを理解すべきである。すなわち、ハーフレンズ 100、120、140、160 の 1 つ以上は、ハーフ円柱レンズ、ハーフ非円柱レンズまたはハーフ色消しレンズであってよい。ハーフ円柱レンズ 160 の一例が、図 2 A に描かれている。詳細には、ハーフ円柱レンズ 160 は、内向き表面 162 と外向き凸状表面 164 を含む。内向き表面 162 は、内向きで平面的な表面であり、外向き凸状表面 164 は、半径「 r 」の外向き円筒形表面である。内向き表面 162 および外向き凸状表面 164 は、厚端部 166 と薄端部 168 の間に延在する。内向き平面表面 162 は、X 方向に沿って長さ「1」を有し、厚端部 166 は、Y 方向に沿って厚さ「 t 」を有する。ハーフ円柱レンズ 160 は、Z 方向に延在する光学軸（図示せず）および高さ「 h 」を有する。実施形態において、ハーフ円柱レンズ 160 は、図 2 B に描かれている円柱レンズから形成され得る。すなわち、図 2 B に描かれている長さ「 L 」（X 方向）の円柱レンズ 8 を平面 9 に沿って切断または分割して、2 つのハーフレンズ、例えば図 2 B に描かれた 2 つのハーフ円柱レンズ 120、160 を形成することができる。ハーフ円柱レンズ 100 および 140 も類似の方法で、すなわち単一の円柱レンズから形成された一対のハーフ円柱レンズとして形成することができるということを理解すべきである。同様に、一対のハーフ非円柱レンズおよび一対のハーフ色消しレンズをそれぞれ単一の非円柱および単一の色消しレンズから形成することができ、単一のレンズから一対のハーフレンズを形成することにより、本開示中に記載のクローキングデバイスの製造コストを削減することができる、ということを理解すべきである。図 2 B は、互いに等しいサイズの 2 つのハーフレンズ（すなわち、2 つのハーフ円柱レンズ 120、160 の長さ「1」は「 $L/2$ 」に等しい）を形成するための円柱レンズ 8 の分割を描いているものの、本開示中に記載の「ハーフレンズ」は、1 つのレンズの正確に半分でなくてよい、すなわちハーフレンズの長さ「1」は、円柱レンズ 8 の「 $L/2$ 」より短いかまたは長いものであり得る、ということを理解すべきである。

【0029】

以上で指摘した通り、4 つのハーフレンズ 100、120、140、160 は、ハーフ非円柱レンズまたはハーフ色消しレンズであってもよい。図 3 A は、ハーフ非円柱レンズ 160 a の形をしたハーフレンズ 160 の頂面図を描いており、図 3 B は、ハーフ色消しレンズ 160 b の形をしたハーフレンズの頂面図を描いている。ハーフ非円柱レンズ 160 a（図 3 A）は、内向き平面表面 162 a と、半径「 r_a 」の外向き円筒形表面 164 a を有する。内向き平面表面 162 a および外向き円筒形表面 164 a は、厚端部 166 a と薄端部 168 a の間に延在する。ハーフ色消しレンズ 160 b（図 3 B）は、内向き平面表面 162 b および半径「 r_b 」の外向き凸状表面 164 b を有する。ハーフ色消しレンズ 160 b は、2 つの光学的構成要素、例えば、図 3 B に描かれているようなフリンント 162 c およびクラウン 164 c から形成され得る。フリンント 162 c は内向き表面 162 b を含み、クラウン 164 c は外向き凸状表面 164 b を含む。フリンント 162 c は第 1 の屈折率を有する第 1 の透明な材料から形成され、クラウン 164 c は、第 1 の屈折率とは異なる第 2 の屈折率を有する第 2 の透明な材料から形成される。内向き表面 162 b および外向き凸状表面 164 b は、厚端部 166 b と薄端部 168 b の間に延在する。ハーフ非円柱レンズ 160 a およびハーフ色消しレンズ 160 b をそれぞれ、単一の円柱レンズおよび単一の色消しレンズから形成することができるということを理解すべきである。すなわち、図 2 B を参照しながら以上で論述したように、円柱レンズおよび色消しレンズを切断または分割して、それぞれハーフ非円柱レンズおよびハーフ色消しレンズを形

10

20

30

40

50

成することができる。

【0030】

図1に戻ると、実施形態において、4つのハーフレンズ100、120、140、160の薄端部108、128、148、168は、物体サイド12から画像サイド14まで延在する基準光学軸15に対して近位にまたはこれに隣接して位置付けされている。このような実施形態において、4つのハーフレンズ100、120、140、160の厚端部106、126、146、166は、基準光学軸15に対して遠位に位置付けされるかまたは基準光学軸15から離隔されている。図1は、それぞれ物体サイドハーフレンズ100、140の薄端部108、148およびそれぞれ画像サイドハーフレンズ120、160の薄端部128、168を互いに接触して位置付けされた状態で描いているものの、薄端部108、148および/または薄端部128、168は、離隔された薄端部108、148および/または離隔された薄端部128、168の間にクローキングされていない領域または空隙(図示せず)が存在するような形で、X軸に沿って互いに離隔されていてよい、ということを理解すべきである。このような実施形態においては、クローキングされていない領域の上方(+Y方向)に位置付けされた物体Oの部分の画像が、クローキングアセンブリ10の画像サイド14に提供されることはない。

【0031】

基準光学軸15の右側(+X方向)で物体サイドハーフレンズ100と画像サイドハーフレンズ120の間に、平面反射境界110を位置付けすることができ、基準光学軸15の左側(-X方向)で物体サイドハーフレンズ140と画像サイドハーフレンズ160の間に平面反射境界150を位置付けすることができる。実施形態において、図1に描かれているように、平面反射境界110は、物体サイドハーフレンズ100の内向き表面102から画像サイドハーフレンズ120の内向き表面122まで延在し、平面反射境界150は、画像サイドハーフレンズ160の物体サイドハーフレンズ140の内向き表面142から画像サイドハーフレンズ160の内向き表面162まで延在する。他の実施形態においては、平面反射境界110は、物体サイドハーフレンズ100の内向き表面102から画像サイドハーフレンズ120の内向き表面122まで延在しなくてもよく、平面反射境界150は物体サイドハーフレンズ140の内向き表面142から画像サイドハーフレンズ160の内向き表面162まで延在しなくてもよい。このような実施形態において、平面反射境界110および/または平面反射境界150は、物体サイド12と画像サイド14を2等分しそれらの間に延在する2等分軸16上に位置付けされてよい。すなわち、平面反射境界110は、物体サイドハーフレンズ100の内向き表面102と画像サイドハーフレンズ120の内向き表面122の間で等しく間隔取りされてよく、平面反射境界150は、物体サイドハーフレンズ140の内向き表面142と画像サイドハーフレンズ160の内向き表面162の間で等しく間隔取りされてよい。平面反射境界110は、内向きミラー表面112を含んでいてよく、平面反射境界150は、内向きミラー表面152を含んでいてよい。内向きミラー表面112、152は、基準光学軸15に対して平行に配向されてよく、全方向フォトニック結晶またはミラーから製造可能である。

【0032】

平面反射境界110は、基準光学軸15の右側(+X方向)でクローキングアセンブリ10上に入射する物体Oからの光(図1中で矢印「1」として図示)が物体サイドハーフレンズ100を通って伝播し(図1に矢印「2」として図示)、内向きミラー表面112上に物体サイドハーフレンズ100により集束される(図1に矢印「3」として図示)よう、物体サイドハーフレンズ100との関係において位置付けされている。実施形態において、光3は、Z方向に延在し物体サイドハーフレンズ100の焦点f₁(本開示中「焦点f₁」と呼ばれる)と交差するラインに向って物体サイドハーフレンズ100によって集束される。このような実施形態において、内向きミラー表面112は、焦点f₁に位置付けされ得る。焦点f₁および本開示中に記載の他の焦点は、本開示に記載の物体サイドハーフレンズの形状によって提供されているということを理解すべきである。例えば、焦点f₁は、物体サイドハーフレンズ100の外向き凸状表面104の曲率に起因するか

またはこの曲率によって提供される。光3は、内向きミラー表面112によって反射され、この内向きミラー表面から発散する(図1に矢印「4」として図示)。画像サイドハーフレンズ120は、内向きミラー表面112により反射されこの内向きミラー表面112から発散する光3が内向き表面122上に入射するような形で、平面反射境界110との関係において位置付けされる。光4は、画像サイドハーフレンズ120を通って伝播し、この画像サイドハーフレンズ120により集束されて(図1に矢印「5」として図示)、クローキングアセンブリ10の画像サイド14で基準光学軸15の右側に画像「I」の一部分を提供する。

【0033】

外向き凸状表面104上に入射する光1は、光2として内向き表面102まで物体サイドハーフレンズ100を通って伝播する。光2は概して、平面反射境界110の内向きミラー表面112上の焦点 f_1 に対して物体サイドハーフレンズ100により光3として集束された後、光4として反射され画像サイドハーフレンズ120の内向き表面122上に発散する。光5は、画像サイドハーフレンズ120を通って外向き凸状表面124まで伝播する。画像サイドハーフレンズ120は、その原初の経路に対し平行に、すなわち光1に対して平行に光5を集束して(図1に矢印「6」として図示)、クローキングアセンブリ10の画像サイド14に画像「I」の右側部分(基準光学軸15から+X方向)を形成する。したがって、基準光学軸15の右側(+X方向)の物体Oからの光1は画像サイドへと伝播して、物体-物体サイドハーフレンズ100-平面反射境界110-画像サイドハーフレンズ120-画像という光路を介して基準光学軸15の右側に画像Iを形成する。すなわち、基準光学軸15の右側(+X方向)の物体Oからの光1は、物体O-物体サイドハーフレンズ100の外向き凸状表面104-物体サイドハーフレンズ100の内向き表面102-平面反射境界110の内向きミラー表面112-画像サイドハーフレンズ120の内向き表面122-画像サイドハーフレンズ120の外向き凸状表面124-画像Iという光路を介して伝播する。

10

20

30

40

【0034】

平面反射境界150は、基準光学軸15の左側(-X方向)でクローキングアセンブリ10上に入射する物体Oからの光1が物体サイドハーフレンズ140を通って伝播し(光2)、内向きミラー表面152上に光3として物体サイドハーフレンズ140により集束されるように、物体サイドハーフレンズ140との関係において位置付けされている。実施形態において、光3は、Z方向に延在し物体サイドハーフレンズ140の焦点 f_2 (本開示中「焦点 f_2 」と呼ばれる)と交差するラインに向って物体サイドハーフレンズ140によって集束される。このような実施形態において、内向きミラー表面152は、焦点 f_2 に位置付けされ得る。光3は、内向きミラー表面152によって反射され、この内向きミラー表面152から光4として発散する。画像サイドハーフレンズ160は、内向きミラー表面152により反射されこの内向きミラー表面152から光4として発散する光3が内向き表面162上に入射するような形で、平面反射境界150との関係において位置付けされる。光4は、画像サイドハーフレンズ160を通って伝播し(光5)、この画像サイドハーフレンズにより光6として集束されて、クローキングアセンブリ10の画像サイド14で基準光学軸15の左側に画像「I」の一部分を提供する。

30

40

【0035】

外向き凸状表面144上に入射する光1は、光2として内向き表面142まで物体サイドハーフレンズ140を通って伝播する。光2は概して、平面反射境界150の内向きミラー表面152上の焦点 f_2 に対して物体サイドハーフレンズ140により光3として集束された後、光4として反射され画像サイドハーフレンズ160の内向き表面162上に発散する。光5は、画像サイドハーフレンズ160を通って外向き凸状表面164まで伝播する。画像サイドハーフレンズ160は、その原初の経路に対し平行に、光6として光5を集束して、クローキングアセンブリ10の画像サイド14に画像「I」の左側部分(基準光学軸15から-X方向)を形成する。したがって、基準光学軸15の左側(-X方向)の物体Oからの光1は画像サイドへと伝播して、物体-物体サイドハーフレンズ14

50

0 - 平面反射境界 150 - 画像サイドハーフレンズ 160 - 画像という光路を介して基準光学軸 15 の左側に画像 I を形成する。すなわち、基準光学軸 15 の左側 (- X 方向) の物体 O からの光 1 は、物体 O - 物体サイドハーフレンズ 140 の外向き凸状表面 144 - 物体サイドハーフレンズ 140 の内向き表面 142 - 平面反射境界 150 の内向きミラー表面 152 - 画像サイドハーフレンズ 160 の内向き表面 162 - 画像サイドハーフレンズ 160 の外向き凸状表面 164 - 画像 I という光路を介して伝播する。

【 0036 】

組み合わせで、すなわち、クローキングアセンブリ 10 の物体サイド 12 の物体 O からの基準光学軸 15 の右側 (+ X 方向) および左側 (- X 方向) の光は、物体 - 物体サイドハーフレンズ 100、140 - 平面反射境界 110、150 - 画像サイドハーフレンズ 120、160 - 画像という光路を介して画像サイド 14 まで伝播する。すなわち、物体 O からの光 1 は、物体 O - それぞれ物体サイドハーフレンズ 100、140 の外向き凸状表面 104、144 - それぞれ物体サイドハーフレンズ 100、140 の内向き表面 102、142 - それぞれ平面反射境界 110、150 の内向きミラー表面 112、152 - それぞれ画像サイドハーフレンズ 120、160 の内向き表面 122、162 - それぞれ画像サイドハーフレンズ 120、160 の外向き凸状表面 124、164 - 画像 I という光路を介して伝播する。

【 0037 】

図 1 は、サイズが同じ、すなわち内向き表面 102、122、142、162 の長さが互いに等しく厚端部 106、126、146、166 の厚さが互いに等しい 4 つのハーフレンズ 100、120、140、160 を描いているものの、一部の実施形態においては、4 つのハーフレンズ 100、120、140、160 は同じサイズではない。詳細には、図 4 は、異なるサイズのハーフレンズを備えたクローキングアセンブリ 20 を描いている。クローキングアセンブリ 20 は、物体サイド 22、画像サイド 24 および 4 つのハーフレンズ 200、220、240、260 を含む。基準光学軸 25 の右側 (+ X 方向) にある 2 つのハーフレンズ 200、220 は、以下でさらに詳述するように、基準光学軸 25 の左側 (- X 方向) にある 2 つのハーフレンズ 240、260 よりも小さい。ハーフレンズ 200、240 とハーフレンズ 220、260 の間に、被クローキング領域 C R が位置付けされている。4 つのハーフレンズ 200、220、240、260 の各々は、図に示されている X 軸に沿った長さ、Y 軸に沿った厚さおよび Z 軸に沿った高さを有する。2 つのハーフレンズ 200、240 は、物体「O」に面するようにクローキングアセンブリ 20 の物体サイド 22 に位置付けされてよく、本開示では物体サイドハーフレンズ 200、240 と呼ぶことができる。2 つのハーフレンズ 220、260 は、クローキングアセンブリ 20 により形成された画像「I」を提供するようにクローキングアセンブリ 20 の画像サイド 24 に位置付けされてよく、本開示では画像サイドハーフレンズ 220、260 と呼ぶことができる。

【 0038 】

ハーフレンズ 200、220、240、260 は各々、内向き表面 202、222、242、262 および外向き凸状表面 204、224、244、264 をそれぞれ有している。同様に、ハーフレンズ 200、220、240、260 は各々、厚端部 206、226、246、266 および薄端部 208、228、248、268 をそれぞれ有している。内向き表面 202、222、242、262 および外向き凸状表面 204、224、244、264 は、厚端部 206、226、246、266 と薄端部 208、228、248、268 の間でそれぞれ延在する。

【 0039 】

図 4 に描かれているように、物体サイドハーフレンズ 200 の内向き表面 202 は、物体サイドハーフレンズ 240 の内向き表面 242 の長さより小さい長さ (X 方向) を有していてよく、画像サイドハーフレンズ 220 の内向き表面 222 は、画像サイドハーフレンズ 260 の内向き表面 262 の長さよりも小さい長さを有していてよい。一変形形態において、または付加的に、物体サイドハーフレンズ 200 の厚端部 206 は、物体サイド

10

20

30

40

50

ハーフレンズ 240 の厚端部 246 の厚さより小さい厚さ (Y 方向) を有していてよく、画像サイドハーフレンズ 220 の厚端部 226 は、画像サイドハーフレンズ 260 の厚端部 266 の厚さより小さい厚さを有していてよい。実施形態において、ハーフレンズ 200、220、240、260 は、ハーフ円柱レンズ 200、220、240、260 である (図 2A)。他の実施形態において、ハーフレンズ 200、220、240、260 はハーフ非円柱レンズ 200、220、240、260 である (図 3A)。さらに他の実施形態において、ハーフレンズ 200、220、240、260 はハーフ色消しレンズ 200、220、240、260 である (図 3B)。同様に、ハーフレンズ 200、220、240、260 は、ハーフ円柱レンズ、ハーフ非円柱レンズおよび / またはハーフ色消しレンズの組み合わせであってよい。すなわち、ハーフレンズ 200、220、240、260 の 1 つ以上は、ハーフ円柱レンズ、ハーフ非円柱レンズ、またはハーフ色消しレンズであってよい。10

【0040】

実施形態において、薄端部 208、228、248、268 は、物体サイド 22 から画像サイド 24 まで延在する基準光学軸 25 に対して近位にまたはこれに隣接して位置付けされている。このような実施形態において、厚端部 206、226、246、266 は、基準光学軸 25 に対して遠位に位置付けされるかまたは基準光学軸 25 から離隔されている。図 4 は、それぞれ物体サイドハーフレンズ 200、240 の薄端部 208、248 およびそれぞれ画像サイドハーフレンズ 220、260 の薄端部 228、268 を互いに接触して位置付けされた状態で描いているものの、薄端部 208、248 および / または薄端部 228、268 は、離隔された薄端部 208、248 および / または離隔された薄端部 228、268 の間にクローキングされていない領域または空隙 (図示せず) が存在するような形で、X 軸に沿って互いに離隔されていてよい、ということを理解すべきである。このような実施形態においては、クローキングされていない領域の上方 (+Y 方向) に位置付けされた物体〇の部分の画像が、クローキングアセンブリ 20 の画像サイド 24 に提供されることはない。20

【0041】

基準光学軸 25 の右側 (+X 方向) で物体サイドハーフレンズ 200 と画像サイドハーフレンズ 220 の間に、平面反射境界 210 を位置付けすることができ、基準光学軸 25 の左側 (-X 方向) で物体サイドハーフレンズ 240 と画像サイドハーフレンズ 260 の間に平面反射境界 250 を位置付けすることができる。実施形態において、図 4 に描かれているように、平面反射境界 210 は、物体サイドハーフレンズ 200 の内向き表面 202 から画像サイドハーフレンズ 220 の内向き表面 222 まで延在し、平面反射境界 250 は、画像サイドハーフレンズ 260 の物体サイドハーフレンズ 240 の内向き表面 242 から画像サイドハーフレンズ 260 の内向き表面 262 まで延在する。他の実施形態においては、平面反射境界 210 は、物体サイドハーフレンズ 200 の内向き表面 202 から画像サイドハーフレンズ 220 の内向き表面 222 まで延在しなくてもよく、平面反射境界 250 は物体サイドハーフレンズ 240 の内向き表面 242 から画像サイドハーフレンズ 260 の内向き表面 262 まで延在しなくてもよい。このような実施形態において、平面反射境界 210 および / または平面反射境界 250 は、物体サイド 22 と画像サイド 24 を 2 等分しそれらの間に延在する 2 等分軸 26 上に位置付けされてよい。すなわち、平面反射境界 210 は、物体サイドハーフレンズ 200 の内向き表面 202 と画像サイドハーフレンズ 220 の内向き表面 222 の間で等しく間隔取りされてよく、平面反射境界 250 は、物体サイドハーフレンズ 240 の内向き表面 242 と画像サイドハーフレンズ 260 の内向き表面 262 の間で等しく間隔取りされてよい。平面反射境界 210 は、内向きミラー表面 212 を含んでいてよく、平面反射境界 250 は、内向きミラー表面 252 を含んでいてよい。内向きミラー表面 212、252 は、基準光学軸 25 に対して平行に配向されてよく、全方向フォトニック結晶またはミラーから製造可能である。30

【0042】

平面反射境界 210 は、基準光学軸 25 の右側 (+X 方向) でクローキングアセンブリ 40

50

200上に入射する物体Oからの光(図4中で矢印「1」として図示)が物体サイドハーフレンズ200を通って伝播し(図4に矢印「2」として図示)、内向きミラー表面212上に物体サイドハーフレンズ200により集束される(図4に矢印「3」として図示)ように、物体サイドハーフレンズ200との関係において位置付けされている。実施形態において、光3は、Z方向に延在し物体サイドハーフレンズ200の焦点 f_3 (本開示中「焦点 f_3 」と呼ばれる)と交差するラインに向って物体サイドハーフレンズ200によって集束される。このような実施形態において、内向きミラー表面212は、焦点 f_3 に位置付けされ得る。光3は、内向きミラー表面212によって反射され、この内向きミラー表面から発散する(図4に矢印「4」として図示)。画像サイドハーフレンズ220は、内向きミラー表面212により反射されこの内向きミラー表面から発散する光3が内向き表面222上に入射するような形で、平面反射境界210との関係において位置付けされる。光4は、画像サイドハーフレンズ220を通って伝播し(図4に矢印「5」として図示)、この画像サイドハーフレンズ220により集束され(図4に矢印「6」として図示)て、クローキングアセンブリ20の画像サイド24で基準光学軸25の右側に画像「I」の一部分を提供する。
10

【0043】

外向き凸状表面204上に入射する光1は、光2として内向き表面202まで物体サイドハーフレンズ200を通って伝播する。光2は概して、平面反射境界210の内向きミラー表面212上の焦点 f_3 に対して物体サイドハーフレンズ200により光3として集束された後、光4として反射され画像サイドハーフレンズ220の内向き表面222上に発散する。光5は、画像サイドハーフレンズ220を通って外向き凸状表面224まで伝播する。画像サイドハーフレンズ220は、その原初の経路に対し平行に、すなわち光1に対して平行に光5を集束して(図4に矢印「6」として図示)、クローキングアセンブリ20の画像サイド24に画像「I」の右側部分(基準光学軸25から+X方向)を形成する。したがって、基準光学軸25の右側(+X方向)の物体Oからの光1は画像サイドへと伝播して、物体-物体サイドハーフレンズ200-平面反射境界210-画像サイドハーフレンズ220-画像という光路を介して基準光学軸25の右側に画像Iを形成する。すなわち、基準光学軸25の右側(+X方向)の物体Oからの光1は、物体O-物体サイドハーフレンズ200の外向き凸状表面204-物体サイドハーフレンズ200の内向き表面202-平面反射境界210の内向きミラー表面212-画像サイドハーフレンズ220の内向き表面222-画像サイドハーフレンズ220の外向き凸状表面224-画像Iという光路を介して伝播する。
20

【0044】

平面反射境界250は、基準光学軸25の左側(-X方向)でクローキングアセンブリ20上に入射する物体Oからの光1が物体サイドハーフレンズ240を通って伝播し(光2')、内向きミラー表面252上に光3'として物体サイドハーフレンズ240により集束されるように、物体サイドハーフレンズ240との関係において位置付けされている。実施形態において、光3'は、Z方向に延在し物体サイドハーフレンズ240の焦点 f_4 (本開示中「焦点 f_4 」と呼ばれる)と交差するラインに向って物体サイドハーフレンズ240によって集束される。このような実施形態において、内向きミラー表面252は、焦点 f_4 に位置付けされ得る。光3'は、内向きミラー表面252によって反射され、この内向きミラー表面252から光4'をして発散する。画像サイドハーフレンズ260は、内向きミラー表面252により反射されこの内向きミラー表面252から光4'として発散する光3'が内向き表面262上に入射するような形で、平面反射境界250との関係において位置付けされる。光4'は、画像サイドハーフレンズ260を通って伝播し(光5')、この画像サイドハーフレンズにより光6'をして集束されて、クローキングアセンブリ20の画像サイド24で基準光学軸25の左側に画像「I」の一部分を提供する。
30

【0045】

外向き凸状表面244上に入射する光1は、光2'をして内向き表面242まで物体サ
50

イドハーフレンズ 240 を通って伝播する。光 2' は概して、平面反射境界 250 の内向きミラー表面 252 上の焦点 f_4 に対して物体サイドハーフレンズ 240 により光 3' として集束された後、発散光 4' として画像サイドハーフレンズ 260 の内向き表面 262 上に反射される。光 5' は、画像サイドハーフレンズ 260 を通って外向き凸状表面 264 まで伝播する。画像サイドハーフレンズ 260 は、その原初の経路に対し平行に、光 6' として光 5' を集束させて、クローキングアセンブリ 20 の画像サイド 24 に画像「I」の左側部分（基準光学軸 25 から -X 方向）を形成する。したがって、基準光学軸 25 の左側（-X 方向）の物体 O からの光 1 は画像サイドへと伝播して、物体 - 物体サイドハーフレンズ 240 - 平面反射境界 250 - 画像サイドハーフレンズ 260 - 画像という光路を介して基準光学軸 25 の左側に画像 I を形成する。すなわち、基準光学軸 25 の左側（-X 方向）の物体 O からの光 1 は、物体 O - 物体サイドハーフレンズ 240 の外向き凸状表面 244 - 物体サイドハーフレンズ 240 の内向き表面 242 - 平面反射境界 250 の内向きミラー表面 252 - 画像サイドハーフレンズ 260 の内向き表面 262 - 画像サイドハーフレンズ 260 の外向き凸状表面 264 - 画像 I という光路を介して伝播する。
10

【0046】

組み合わせで、すなわち、クローキングアセンブリ 20 の物体サイド 22 の物体 O からの基準光学軸 25 の右側（+X 方向）および左側（-X 方向）の光は、物体 - 物体サイドハーフレンズ 200、240 - 平面反射境界 210、250 - 画像サイドハーフレンズ 220、260 - 画像という光路を介して画像サイド 24 まで伝播する。すなわち、物体 O からの光は、物体 O - それぞれ物体サイドハーフレンズ 200、240 の外向き凸状表面 204、244 - それぞれ物体サイドハーフレンズ 200、240 の内向き表面 202、242 - それぞれ平面反射境界 210、250 の内向きミラー表面 212、252 - それぞれ画像サイドハーフレンズ 220、260 の内向き表面 222、262 - それぞれ画像サイドハーフレンズ 220、260 の外向き凸状表面 224、264 - 画像 I という光路を介して伝播する。
20

【0047】

ここで図 1、5 および 6 を参照すると、図 1 に関連して論述された実施形態に係るクローキングデバイスの頂面斜視図および側面図が、それぞれ図 5 および 6 に示されている。具体的には、図 5 は、クローキングデバイス 10 の被クローキング領域 C_R 内部の支柱「C」の形をした部材および +Y 方向でクローキングアセンブリ 10 の物体サイド 12 の支柱 C の後ろに位置設定された自動車「A」の頂面斜視図である。支柱 C は、クローキングデバイスの高さ h よりも大きい Z 方向の高さ寸法（+Z 方向に増大した高さ）を有する（図 6）。図 6 は、図 1 に示されたクローキングアセンブリ 10 の +Y 方向から見た側面図であり、+Y 方向でクローキングアセンブリ 10 を見ている観察者にとって、被クローキング領域内部にある支柱 C の部分が視認不能であり、+Y 方向で支柱 C の後ろに位置設定された自動車 A が視認可能であるということを示している。したがって、クローキングアセンブリ 10 の画像サイド 14 を見ている観察者には、被クローキング領域内部に位置付けされた支柱 C が視認できず、画像サイド 14 を見ている観察者には自動車 A が視認できる。図 5 および 6 中の支柱 C は内向き表面（例えばクローキングアセンブリ 10 の内向き表面 102、122、142、162）から分離したものである、すなわち支柱 C はクローキングアセンブリ 10 とは別個の物体であるものの、支柱 C は構造的にクローキングアセンブリ 10 の一部を成し、ハーフレンズの内向き表面を提供するかまたはこれと同等である外部表面を有することもできるということを認識すべきである。
30

【0048】

図 7 を参照すると、クローキングデバイスによりクローキングされているビークルの A ピラーの実施形態が示されている。詳細には、図 7 は、ビークル V の A ピラー P の一部分をクローキングする本開示中に記載されているクローキングデバイス 19 を示す。A ピラー P の一部分は、クローキングデバイス 19 の被クローキング領域（図示せず）の内部に位置付けされており、A ピラー P の一部分はクローキングデバイスを超えて延在し、トリム T でカバーされている。クローキングデバイス 19 の物体サイドでビークル V の外側に
40

例示されているのは、歩行者の形をした標的物体「〇」である。歩行者〇の一部分は、ビーグルVのサイドウインドウを通して視認でき、歩行者の一部分は、クローキングデバイス19によりクローキングされたAピラーPを「通して」視認可能である。クローキングデバイス19は、歩行者〇から反射された光を、クローキングデバイス19の被クローキング領域の内部に位置付けされたAピラーPの周りに方向変換し、歩行者〇の方を見ているビーグルVの乗員にとって視認可能である歩行者〇の画像Iをクローキングデバイス19の画像サイドでビーグルの内部に形成する。したがって、歩行者〇からの光は、AピラーPを通過したようにみえ、典型的にAピラーPが作り出す死角は、AピラーPがクローキングデバイス19の被クローキング領域の内部に位置付けされていない場合ほど存在しない。実施形態において、AピラーP自体は、被クローキング領域として役立つ。すなわちAピラーPは、歩行者からの光をAピラーPの周りに方向変換するのを補助する1つ以上の内向き表面を備えた外部表面を有する。クローキングデバイス19を用いたAピラーPのクローキングおよびAピラーPによって生成される死角の迂回は、メタマテリアル、ビデオ画像、カメラ、最新の電子工学などを使用することなく実施される、ということを認識すべきである。10

【0049】

実施例

ここで図8A～8Fを参照すると、クローキングアセンブリ10の物体サイド12に位置付けされたエンブレムの形をした物体の、市販ソフトウェアプログラム(Zemax Optic Studio)を用いてシミュレートされた画像サイド14から見た画像が描かれている。物体サイドハーフレンズ100、140および画像サイドハーフレンズ120、160は、Thorlabs製の市販のAYL5040-Aのハーフレンズであった。物体サイドハーフレンズ100、140および画像サイドハーフレンズ120、160は、40mmの焦点距離、50mmの高さhおよび50mmの長さlを有していた。外向き凸状表面104、124、144、164は、反射防止コーティングが施されていた。全デバイス部域と隠ぺい領域の縦横比は、それぞれ0.60および0.83であり、クローキング比(すなわち隠ぺい領域/総デバイス部域)は約36%であった。図8Aは、基準光学軸15と+Y方向からのクローキングアセンブリ10の視角の間の不整合が全く無い状態(0°)の物体の画像を描く。すなわち、本開示で使用されている「不整合」なる用語は、クローキングアセンブリの基準光学軸と、図中で+Y方向により描かれている画像サイドからクローキングアセンブリを見る観察者の視線とで画定される角度(本開示中では「視角」とも呼ばれる)を意味する。図8Bは、基準光学軸15とクローキングアセンブリ10の視角の間に1°の不整合を有する物体の画像を描く。図8Cは、基準光学軸15とクローキングアセンブリ10の視角の間に2°の不整合を有する物体の画像を描く。図8Dは、基準光学軸15とクローキングアセンブリ10の視角の間に3°の不整合を有する物体の画像を描く。図8Eは、基準光学軸15とクローキングアセンブリ10の視角の間に4°の不整合を有する物体の画像を描く。図8Fは、基準光学軸15とクローキングアセンブリ10の視角の間に5°の不整合を有する物体の画像を描く。図8A～8F中の画像により示されるように、クローキングアセンブリ10の物体サイド12の物体の画像は、最大5°の不整合で明確に見ることができる。203040

【0050】

本開示中に記載のクローキングデバイスは、ビーグルの内部から見た場合のビーグル部材、例えばビーグルAピラー、Bピラー、Cピラー、Dピラーなどをクローキングし、ビーグル部材がもたらす死角を迂回するために使用され得る。「物体」、「部材」および「品目」なる用語は、互換的に、光を反射するかまたは光を透過する視覚的物体または画像(2Dまたは3D)を意味し、「～からの光」なる用語は、「～から反射された光」または「～から透過された光」を意味することができる。「概して」、「おおよそ」および「約」なる用語は、本開示では、いずれかの定量的比較、値、測定または他の表現に起因する可能性のある固有の不確実性度を表わすために使用され得る。これらの用語は、本開示においては同様に、問題となっている主題の基本的機能の変化を結果としてもたらすこと50

なく定量的表現が定められた基準から変動し得る度合いを表わすためにも使用される。

【0051】

図中に開示され描かれている実施形態は、4つのレンズおよび2つの平面反射境界と境を接する被クローキング領域を備えたクローキングアセンブリを描いているものの、2つのハーフレンズおよび1つの平面反射境界と境を接する被クローキング領域を備えたクローキングアセンブリも提供される。例えば、非限定的に、被クローキング領域は、物体サイドハーフレンズ、平面反射境界および画像サイド曲線CR境界の間で境を接していてよい。

【0052】

本開示中で使用されている方向用語、例えば上、下、右、左、前、後、頂部、底部、垂直、水平などは、描画された通りの図を基準としているにすぎず、別段の規定の無いかぎり絶対的配向を暗示するように意図されていない。

【0053】

本開示中では特定の実施形態が例示され説明されてきたが、請求対象の主題の精神および範囲から逸脱することなく、さまざまな他の変更および修正を加えることができるということを理解すべきである。その上、本開示中では、請求対象の主題のさまざまな態様が説明されてきたが、このような態様を組み合わせて使用する必要はない。したがって、添付の特許請求の範囲は請求対象の主題の範囲内に入るこのような変更および修正の全てを網羅することが意図されている。

【0054】

[例1]

クローキングデバイスであって、

物体サイド、画像サイド、前記物体サイドと前記画像サイドの間の被クローキング領域、および前記物体サイドから前記画像サイドまで延在する基準光学軸と、

物体サイドハーフレンズおよび画像サイドハーフレンズであって、各々が内向き表面、外向き凸状表面、厚端部および薄端部を含み、前記内向き表面および前記外向き凸状表面が前記厚端部と前記薄端部の間に延在している、物体サイドハーフレンズおよび画像サイドハーフレンズと、

前記物体サイドハーフレンズと前記画像サイドハーフレンズの間に位置付けされた平面反射境界であって、前記基準光学軸と平行に配向された内向きミラー表面を含む、平面反射境界と、

を含み、

前記クローキングデバイスの前記物体サイドに位置付けされ前記被クローキング領域により視認不能化された物体からの光が、前記物体サイドハーフレンズ、前記平面反射境界および前記画像サイドハーフレンズにより前記被クローキング領域の周りに方向変換されて前記クローキングデバイスの前記画像サイドに前記物体の画像を形成し、こうして前記物体からの前記光が前記被クローキング領域を通過したようにみえる、

クローキングデバイス。

[例2]

前記物体サイドハーフレンズおよび前記画像サイドハーフレンズの前記薄端部が、前記基準光学軸に対して近位に位置付けされ、前記物体サイドハーフレンズおよび前記画像サイドハーフレンズの前記厚端部が、前記基準光学軸に対して遠位に位置付けされている、例1に記載のクローキングデバイス。

[例3]

前記平面反射境界の前記内向きミラー表面が、前記物体サイドハーフレンズの焦点に位置付けされている、例1に記載のクローキングデバイス。

[例4]

前記物体サイドハーフレンズは、前記クローキングデバイスの前記物体サイドに位置付けされた前記物体からの光を前記平面反射境界の前記内向きミラー表面上に集束させるように配向されており、前記平面反射境界の前記内向きミラー表面は、前記物体サイドハーフレンズと、

10

20

30

40

50

フレンズからの光を前記画像サイドハーフレンズに反射するように配向されており、前記平面反射境界の前記内向きミラー表面から反射された光は発散光であり、前記画像サイドハーフレンズは、前記平面反射境界の前記内向きミラー表面からの前記発散光を集束させて前記クローキングデバイスの前記画像サイドに前記物体の前記画像を形成するように配向されている、例 1 に記載のクローキングデバイス。

[例 5]

前記物体サイドハーフレンズおよび前記画像サイドハーフレンズが、円柱ハーフレンズ、非円柱ハーフレンズおよび色消しハーフレンズからなる群の中から選択される、例 1 に記載のクローキングデバイス。

[例 6]

前記物体サイドハーフレンズは物体サイドハーフレンズ対を含み、前記物体サイドハーフレンズ対の一方の物体サイドハーフレンズは前記基準光学軸の一方の側に位置付けされ、前記物体サイドハーフレンズ対の他方の物体サイドハーフレンズが前記基準光学軸の他方の側に位置付けされており、

前記物体サイドハーフレンズ対の各物体サイドハーフレンズは、内向き表面、外向き凸状表面、厚端部および薄端部サイドを含み、前記内向き表面および前記外向き凸状表面は前記厚端部と前記薄端部の間に延在しており、

前記物体サイドハーフレンズ対の各物体サイドハーフレンズの前記薄端部は、前記基準光学軸に対し近位に位置付けされ、前記物体サイドハーフレンズ対の各物体サイドハーフレンズの前記厚端部は、前記基準光学軸に対し遠位に位置付けされており、

前記画像サイドハーフレンズは画像サイドハーフレンズ対を含み、前記画像サイドハーフレンズ対の一方の画像サイドハーフレンズは前記基準光学軸の一方の側に位置付けされ、前記画像サイドハーフレンズの他方の画像サイドハーフレンズは前記基準光学軸の他方の側に位置付けされており、

前記画像サイドハーフレンズ対の各画像サイドハーフレンズは、内向き表面、外向き凸状表面、厚端部および薄端部を含み、前記内向き表面および前記外向き凸状表面は前記厚端部と前記薄端部の間に延在しており、

前記画像サイドハーフレンズ対の各画像サイドハーフレンズの前記薄端部は、前記基準光学軸に対し近位に位置付けされ、前記画像サイドハーフレンズ対の各画像サイドハーフレンズの前記厚端部は、前記基準光学軸に対し遠位に位置付けされており、

前記平面反射境界は、平面反射境界対を含み、前記平面反射境界対の一方の平面反射境界は、前記基準光学軸の一方の側に位置付けされた前記物体サイドハーフレンズと前記画像サイドハーフレンズの間に位置付けされており、前記平面反射境界対の他方の平面反射境界は、前記基準光学軸の前記他方の側に位置付けされた前記物体サイドハーフレンズと前記画像サイドハーフレンズの間に位置付けされており、

前記平面反射境界対の各平面反射境界は、前記基準光学軸と平行に配向された内向きミラー表面を含み、

前記クローキングデバイスの前記物体サイドに位置付けされ前記被クローキング領域により視認不能化された物体からの前記光が、前記物体サイドハーフレンズ対、平面反射境界対および画像サイドハーフレンズ対により前記被クローキング領域の周りに方向変換されて前記クローキングデバイスの画像サイドに前記物体の画像を形成し、こうして前記物体からの前記光が前記被クローキング領域を通過したようにみえる、

例 1 に記載のクローキングデバイス。

[例 7]

前記物体サイドハーフレンズ対の前記厚端部の厚さが互いに等しい、例 6 に記載のクローキングデバイス。

[例 8]

前記物体サイドハーフレンズ対の前記厚端部の厚さが互いに等しくない、例 6 に記載のクローキングデバイス。

[例 9]

10

20

30

40

50

クローキングデバイスアセンブリであって、

物体サイド、画像サイド、被クローキング領域、前記被クローキング領域内部に位置付けされた被クローキング部材、および前記物体サイドから前記画像サイドまで延在する基準光学軸と、

物体サイドハーフレンズ対であって、各物体サイドハーフレンズが内向き表面および外向き凸状表面を含み、前記物体サイドハーフレンズ対の一方の物体サイドハーフレンズが前記基準光学軸の一方の側に位置付けされ、前記物体サイドハーフレンズ対の他方の物体サイドハーフレンズが前記基準光学軸の他方の側に位置付けされている、物体サイドハーフレンズ対と、

サイドハーフレンズ対であって、各画像サイドハーフレンズが内向き表面および外向き凸状表面を含み、前記画像サイドハーフレンズ対の一方の画像サイドハーフレンズが前記基準光学軸の一方の側に位置付けされ、前記画像サイドハーフレンズ対の他方の画像サイドハーフレンズが前記基準光学軸の他方の側に位置付けされている、画像サイドハーフレンズ対と、

平面反射境界対であって、各平面反射境界が前記基準光学軸に対して平行に配向された内向きミラー表面を含み、前記平面反射境界対の一方の平面反射境界が、前記基準光学軸の前記一方の側に位置付けされた前記物体サイドハーフレンズと前記画像サイドハーフレンズの間に位置付けされ、前記平面反射境界対の他方の平面反射境界が、前記基準光学軸の前記他方の側に位置付けされた前記物体サイドハーフレンズと前記画像サイドハーフレンズの間に位置付けされている、平面反射境界対と、

を含み、

前記物体サイドハーフレンズ対および前記画像サイドハーフレンズ対が、円柱ハーフレンズ、非円柱ハーフレンズおよび色消しハーフレンズからなる群の中から選択されており、

前記クローキングデバイスアセンブリの前記物体サイドに位置付けされ前記被クローキング領域により視認不能化された物体からの光が、前記物体サイドハーフレンズ対、前記平面反射境界対および前記画像サイドハーフレンズ対により前記被クローキング部材の周囲に方向変換されて前記クローキングデバイスアセンブリの前記画像サイドに前記物体の画像を形成し、こうして前記物体からの前記光が前記被クローキング領域を通過したよう

にみえる、

クローキングデバイスアセンブリ。

[例 10]

前記物体サイドハーフレンズ対の各物体サイドハーフレンズおよび前記画像サイドハーフレンズ対の各画像サイドハーフレンズが、厚端部および薄端部を含み、前記物体サイドハーフレンズ対の各物体サイドハーフレンズおよび前記画像サイドハーフレンズ対の各画像サイドハーフレンズの内向き表面および外向き凸状表面が前記厚端部と前記薄端部の間に延在する、例 9 に記載のクローキングデバイス。

[例 11]

前記物体サイドハーフレンズ対の各物体サイドハーフレンズおよび前記画像サイドハーフレンズ対の各画像サイドハーフレンズの薄端部が、前記基準光学軸に対し近位に位置付けされ、前記厚端部の各々が、前記基準光学軸に対し遠位に位置付けされている、例 10 に記載のクローキングデバイスアセンブリ。

[例 12]

前記物体サイドハーフレンズ対の各物体サイドハーフレンズの前記厚端部の厚さが互いに等しく、前記画像サイドハーフレンズ対の各画像サイドハーフレンズの前記厚端部の厚さが互いに等しい、例 10 に記載のクローキングデバイスアセンブリ。

[例 13]

前記物体サイドハーフレンズ対の各物体サイドハーフレンズの前記厚端部の厚さが互いに等しくなく、前記画像サイドハーフレンズ対の各画像サイドハーフレンズの前記厚端部の厚さが互いに等しくない、例 10 に記載のクローキングデバイスアセンブリ。

10

20

30

40

50

[例 1 4]

前記平面反射境界対の前記内向きミラー表面の対が、前記画像サイドハーフレンズ対の焦点に位置付けされている、例 9 に記載のクローキングデバイスアセンブリ。

[例 1 5]

前記クローキングデバイスの前記物体サイドに位置付けされた前記物体からの前記光が、物体 - 前記物体サイドハーフレンズ対の外向き凸状表面 - 前記物体サイドハーフレンズ対の内向き表面 - 前記平面反射境界対の内向きミラー表面 - 前記画像サイドハーフレンズ対の内向き表面 - 前記画像サイドハーフレンズ対の外向き凸状表面 - 画像という光路を介し、前記画像サイドまで伝播して前記画像を形成する、例 9 に記載のクローキングデバイスアセンブリ。

10

[例 1 6]

ビークルであって、

A ピラーと、

前記 A ピラー上に位置付けされたクローキングデバイスであって、

前記クローキングデバイスが、物体サイド、画像サイド、被クローキング領域、および前記物体サイドから前記画像サイドまで延在する基準光学軸を含み、前記 A ピラーが前記被クローキング領域内に位置付けされ、前記物体サイドが前記ビークルの外部に位置付けされ、前記画像サイドが前記ビークルの内部に位置付けされ、

前記クローキングデバイスが更に、物体サイドハーフレンズおよび画像サイドハーフレンズであって、各々が内向き表面、外向き凸状表面、厚端部および薄端部を含み、前記内向き表面および前記外向き凸状表面が前記厚端部と前記薄端部の間に延在している、物体サイドハーフレンズおよび画像サイドハーフレンズを含み、

20

前記クローキングデバイスが更に、前記物体サイドハーフレンズと前記画像サイドハーフレンズの間に位置付けされた平面反射境界であって、前記基準光学軸と平行に配向された内向きミラー表面を含む、平面反射境界を含む、

クローキングデバイスと、

を含み、

前記クローキングデバイスの物体サイドに位置付けされ前記被クローキング領域により視認不能化された物体からの光が、前記物体サイドハーフレンズを通る前記平面反射境界への前記光の伝播と、前記平面反射境界による前記画像サイドハーフレンズ上への前記物体サイドハーフレンズからの光の反射と、前記平面反射境界からの前記光の前記画像サイドハーフレンズを通る伝播と、を介して、前記 A ピラーの周りに方向変換されて前記クローキングデバイスの画像サイドに前記物体の画像を形成し、こうして前記物体からの前記光が前記被クローキング領域を通過したようにみえる、

30

ビークル。

[例 1 7]

前記物体サイドハーフレンズおよび画像サイドハーフレンズの前記薄端部が、前記基準光学軸に対して近位に位置付けされ、前記物体サイドおよび画像サイドハーフレンズの前記厚端部が、前記基準光学軸に対して遠位に位置付けされている、例 1 6 に記載のビークル。

40

[例 1 8]

前記平面反射境界の前記内向きミラー表面が、前記物体サイドハーフレンズの焦点に位置付けされている、例 1 6 に記載のビークル。

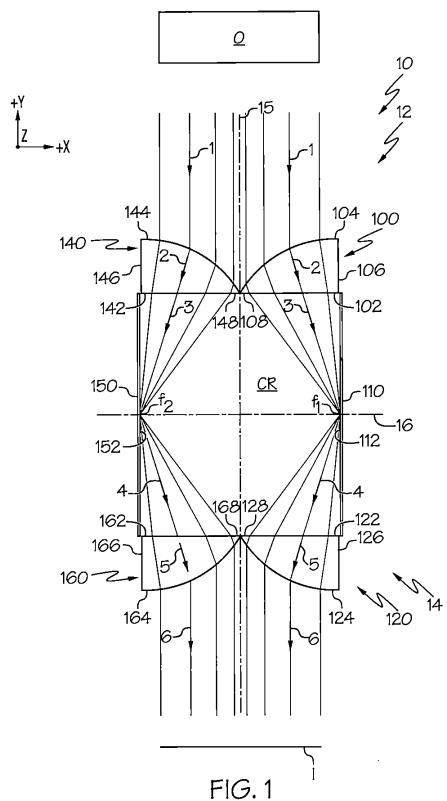
[例 1 9]

前記物体サイドハーフレンズの前記厚端部の厚さが、前記画像サイドハーフレンズの前記厚端部の厚さに等しい、例 1 6 に記載のビークル。

[例 2 0]

前記物体サイドハーフレンズの前記厚端部の厚さが前記画像サイドハーフレンズの前記厚端部の厚さに等しくない、例 1 6 に記載のビークル。

【 図 1 】



【 図 2 A 】

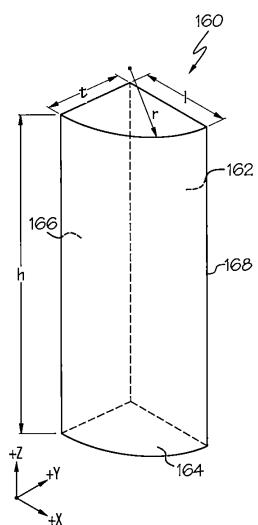


FIG. 2A

【図2B】

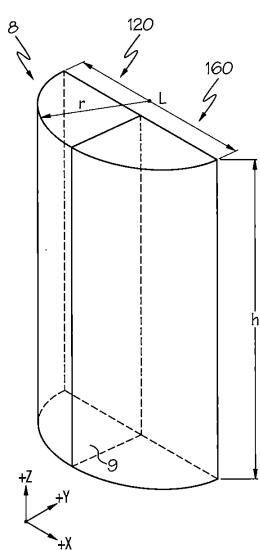


FIG. 2B

【図3A】

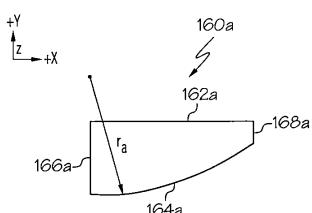


FIG. 3A

【図3B】

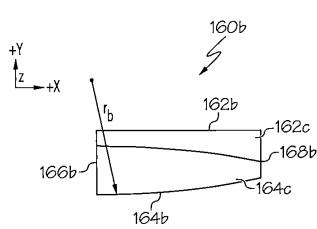


FIG. 3B

【図4】

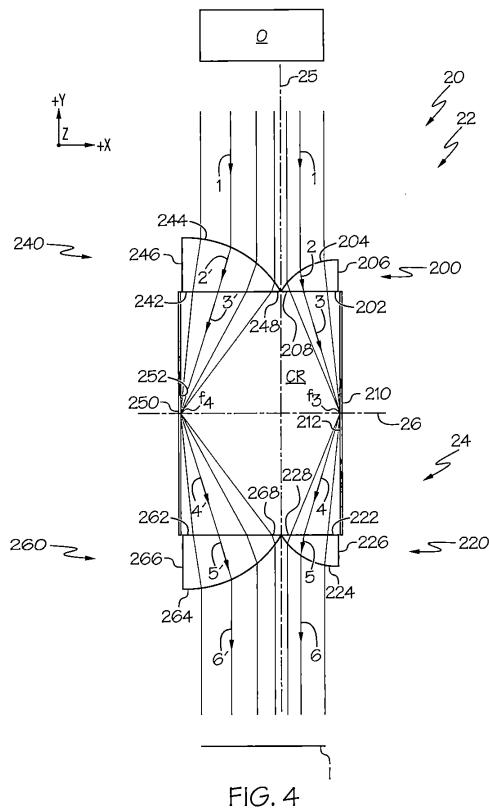


FIG. 4

【図5】

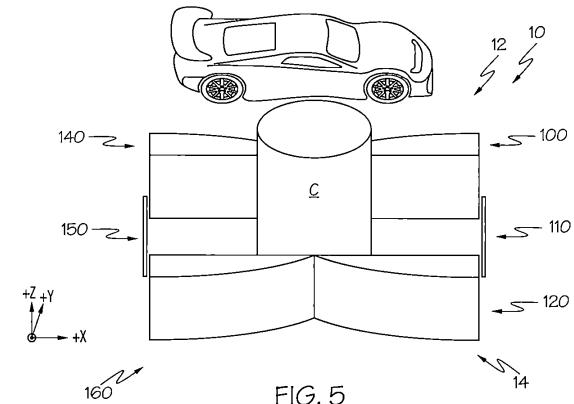


FIG. 5

【図6】

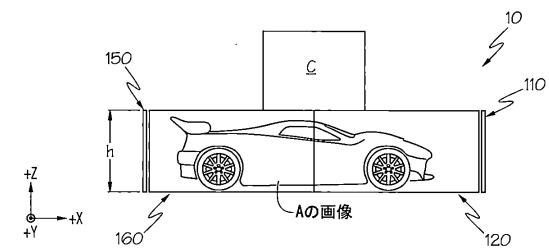


FIG. 6

【図7】

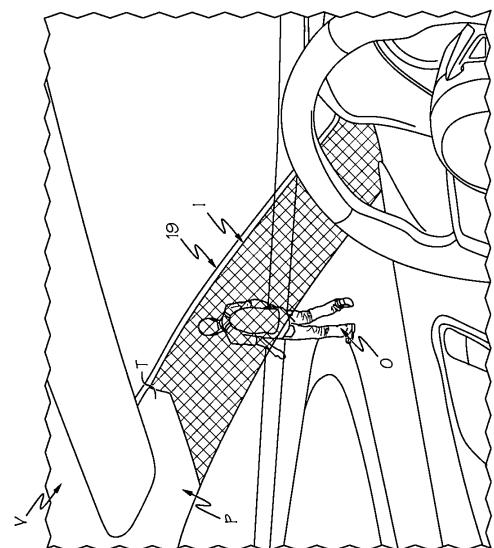


FIG. 7

【図8 A】

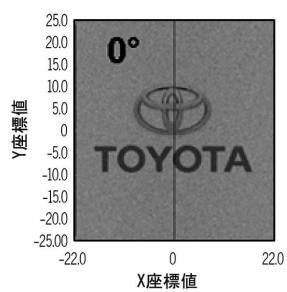


FIG. 8A

【図8 B】

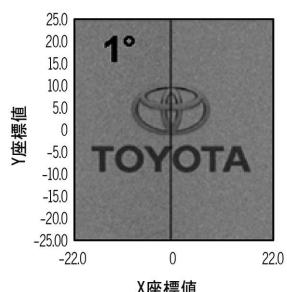


FIG. 8B

【図 8 C】

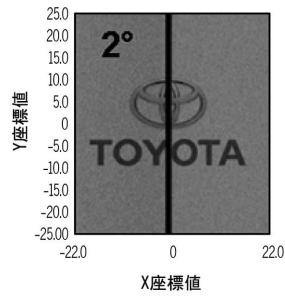


FIG. 8C

【図 8 E】

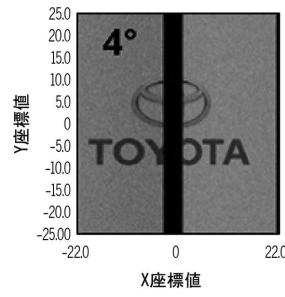


FIG. 8E

【図 8 D】

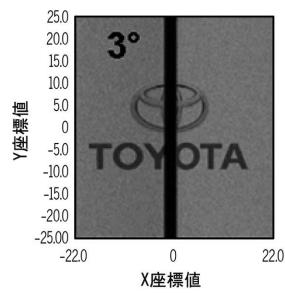


FIG. 8D

【図 8 F】

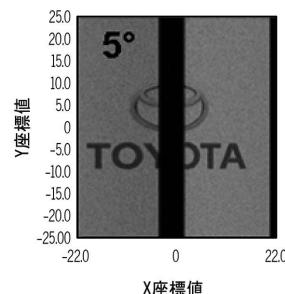


FIG. 8F

フロントページの続き

(74)代理人 100123593

弁理士 関根 宣夫

(74)代理人 100153729

弁理士 森本 有一

(72)発明者 イ キュ - テ

アメリカ合衆国, ミシガン, アナーバー, ナタリー レーン 1413, アパートメント ナンバ
- 303

(72)発明者 デバシシュ バナージー

アメリカ合衆国, ミシガン 48105, アナーバー, スプリング ホロー コート 3104

審査官 殿岡 雅仁

(56)参考文献 特開2008-191402 (JP, A)

米国特許出願公開第2016/0025956 (US, A1)

実開平07-005934 (JP, U)

中国特許出願公開第101299079 (CN, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B 9 / 00 - 17 / 08

G 02 B 21 / 02 - 21 / 04

G 02 B 25 / 00 - 25 / 04

G 02 B 27 / 00 - 30 / 60

G 02 B 1 / 00 - 5 / 136

B 60 R 1 / 00 - 1 / 12

B 62 D 17 / 00 - 29 / 04