

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7010781号
(P7010781)

(45)発行日 令和4年2月10日(2022.2.10)

(24)登録日 令和4年1月17日(2022.1.17)

(51)国際特許分類

B 6 0 R	1/04 (2006.01)	F I	B 6 0 R	1/04	H
G 0 2 B	5/10 (2006.01)		G 0 2 B	5/10	
G 0 2 B	17/06 (2006.01)		G 0 2 B	5/10	Z
			G 0 2 B	17/06	

請求項の数 9 外国語出願 (全29頁)

(21)出願番号 特願2018-134844(P2018-134844)
 (22)出願日 平成30年7月18日(2018.7.18)
 (65)公開番号 特開2019-69752(P2019-69752A)
 (43)公開日 令和1年5月9日(2019.5.9)
 審査請求日 令和2年5月15日(2020.5.15)
 (31)優先権主張番号 15/660,007
 (32)優先日 平成29年7月26日(2017.7.26)
 (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、ブレイノ、ダブリュ1-3シー・ヘ
 ッドクオーターズ・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】 湾曲ミラーを備えるクローキングデバイス

(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、
 物体側及び像側と、
 外向きミラー表面及び内向き表面を有する物体側の湾曲遮蔽領域(CR)境界、及び外向きミラー表面及び内向き表面を有する像側の湾曲CR境界と、
 前記物体側の湾曲CR境界及び前記像側の湾曲CR境界の前記内向き表面により区切られる遮蔽領域と、
 前記物体側の湾曲CR境界及び前記像側の湾曲CR境界から離間される内向きミラー表面を含む少なくとも1つの外部境界と、
 を備え、

前記クローキングデバイスの前記物体側に配置されかつ前記遮蔽領域により遮られる物体からの光が、前記物体側の湾曲CR境界、前記少なくとも1つの外部境界、及び前記像側の湾曲CR境界により、前記遮蔽領域の周りに反射されて、前記物体からの前記光が前記遮蔽領域を透過したかに見えるように前記物体の像が前記クローキングデバイスの前記像側に形成され、

前記少なくとも1つの外部境界は、物体側の外部湾曲境界と、像側の外部湾曲境界と、
 を含み、前記物体側の外部湾曲境界は、前記物体側の湾曲CR境界の前記外向きミラー表面に近接しつつ対向して配置された内向きミラー表面を含み、前記像側の外部湾曲境界は、
 前記像側の湾曲CR境界の前記外向きミラー表面に近接しつつ対向して配置された内向

きミラー表面を含み、

前記物体側の湾曲 C R 境界の向きは、前記クローキングデバイスの前記物体側に配置される前記物体からの入射光を、前記物体側の湾曲 C R 境界と前記物体側の外部湾曲境界との間に位置する焦点に集光するように設定され、前記物体側の外部湾曲境界の向きは、光を前記像側の外部湾曲境界に平行に反射するように設定され、前記像側の外部湾曲境界の向きは、前記像側の外部湾曲境界と前記像側の湾曲 C R 境界との間に位置する焦点に向かう光の焦点ボケを発生させるように設定される、

クローキングデバイス。

【請求項 2】

前記物体側の湾曲 C R 境界の向きは、前記クローキングデバイスの前記物体側に配置される前記物体からの入射光を前記物体側の外部湾曲境界に向けて反射するように設定され、前記物体側の外部湾曲境界の向きは、前記物体側の湾曲 C R 境界からの光を前記像側の外部湾曲境界に向けて反射するように設定され、前記像側の外部湾曲境界の向きは、前記物体側の外部湾曲境界からの光を前記像側の湾曲 C R 境界に向けて反射するように設定され、前記像側の湾曲 C R 境界の向きは、前記像側の外部湾曲境界からの光を反射して、前記物体の像を前記クローキングデバイスの前記像側に形成するように設定される、請求項 1 に記載のクローキングデバイス。

10

【請求項 3】

前記物体側の湾曲 C R 境界、前記像側の湾曲 C R 境界、前記物体側の外部湾曲境界、及び前記像側の外部湾曲境界は、凹状ミラー及び放物線状ミラーからなるグループから選択されるミラーを含む、請求項 1 に記載のクローキングデバイス。

20

【請求項 4】

前記少なくとも 1 つの外部境界は外部平面反射境界を含み、前記外部平面反射境界は、前記物体側の湾曲 C R 境界の前記外向きミラー表面及び前記像側の湾曲 C R 境界の前記外向きミラー表面に対向する内向きミラー表面を含む、請求項 1 に記載のクローキングデバイス。

【請求項 5】

前記外部平面反射境界の前記内向きミラー表面は、前記クローキングデバイスの頂部軸線に平行である、請求項 4 に記載のクローキングデバイス。

【請求項 6】

前記物体側の湾曲 C R 境界の向きは、前記クローキングデバイスの前記物体側に配置される前記物体からの入射光を前記外部平面反射境界に向けて反射するように設定され、前記外部平面反射境界の向きは、前記物体側の湾曲 C R 境界からの光を前記像側の湾曲 C R 境界に向けて反射するように設定され、前記像側の湾曲 C R 境界の向きは、前記外部平面反射境界からの光を反射して前記物体の像を前記クローキングデバイスの前記像側に形成するように設定される、請求項 4 に記載のクローキングデバイス。

30

【請求項 7】

前記少なくとも 1 つの外部境界は、物体側の外部平面反射境界、像側の外部平面反射境界、及び中心配置平面反射境界を含み、前記物体側の外部平面反射境界は、前記物体側の湾曲 C R 境界の前記外向きミラー表面に近接しつつ対向して配置された内向きミラー表面を含み、前記像側の外部平面反射境界は、前記像側の湾曲 C R 境界の前記外向きミラー表面に近接しつつ対向して配置された内向きミラー表面を含み、前記中心配置平面反射境界は、前記物体側の外部平面反射境界の前記内向きミラー表面と前記像側の外部平面反射境界の前記内向きミラー表面との間に配置されつつこれら内向きミラー表面に対向する外向きミラー表面を含む、請求項 1 に記載のクローキングデバイス。

40

【請求項 8】

前記中心配置平面反射境界の前記外向きミラー表面は、前記クローキングデバイスの頂部軸線に平行である、請求項 7 に記載のクローキングデバイス。

【請求項 9】

前記物体側の湾曲 C R 境界の向きは、前記クローキングデバイスの前記物体側に配置され

50

る前記物体からの入射光を前記物体側の外部平面反射境界に向けて反射するように設定され、前記物体側の外部平面反射境界の向きは、前記物体側の湾曲 C R 境界からの光を前記中心配置平面反射境界に向けて反射するように設定され、前記中心配置平面反射境界の向きは、前記物体側の外部平面反射境界からの光を前記像側の外部平面反射境界に向けて反射するように設定され、前記像側の外部平面反射境界の向きは、前記像側の湾曲 C R 境界からの光を前記像側の湾曲 C R 境界に向けて反射するように設定され、前記像側の外部平面反射境界からの光を反射して、前記物体の像を前記クローキングデバイスの前記像側に形成するように設定される、請求項 7 に記載のクローキングデバイス。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

技術分野

本明細書は概して、物体を透明に見えるようにする装置及び方法に関するものであり、より詳細には、ビークル（車両、乗り物、輸送体）のピラーのためのクローキングデバイス、及びビークルのピラーを透明に見えるようにする方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

背景

ビークルのピラーを透明に見えるようにするクローキングデバイスに関する研究内容が発表されている。このような研究内容は、メタマテリアルを使用すること、又はビデオカメラをディスプレイ画面と組み合わせて、ビークルの乗員がビークルピラーを通して表面上「見る」のを可能にし、ビークルの死角を減らすことを開示している。しかしながら、メタマテリアル及び映像技術は、複雑な材料設計及び機器を使用する。

20

【0003】

したがって、ビークルのピラーを透明に見えるようにする代替デバイスが必要になる。

【発明の概要】

【0004】

概要

1つの実施形態では、クローキングデバイスは、物体側と、像側と、外向きミラー表面及び内向き表面を有する物体側の湾曲遮蔽領域（C R）境界と、外向きミラー表面及び内向き表面を有する像側の湾曲 C R 境界と、を含む。遮蔽領域は、物体側の湾曲 C R 境界及び像側の湾曲 C R 境界の内向き表面により区切られる。クローキングデバイスは更に、物体側の湾曲 C R 境界及び像側の湾曲 C R 境界から離間される内向きミラー表面を有する少なくとも1つの外部境界を含む。クローキングデバイスの物体側に配置され、かつ遮蔽領域により遮られる物体からの光の向きが、遮蔽領域の周りに変更されて、物体からの光が遮蔽領域を透過したかに見えるように、物体の像がクローキングデバイスの像側に形成される。少なくとも1つの外部境界は、物体側の外部湾曲境界と、像側の外部湾曲境界と、を含むことができる。物体側の外部湾曲境界は、物体側の湾曲 C R 境界の外向きミラー表面に近接しつつ対向して配置された内向きミラー表面を含み、像側の外部湾曲境界は、像側の湾曲 C R 境界の外向きミラー表面に近接しつつ対向して配置された内向きミラー表面を含む。代替的に又は追加的に、少なくとも1つの外部境界は、内向きミラー表面を有する外部平面反射境界を含むことができ、内向きミラー表面は、物体側の湾曲 C R 境界の外向きミラー表面及び像側の湾曲 C R 境界の外向きミラー表面に対向する。更に代替的に又は更に追加的に、少なくとも1つの外部境界は、物体側の外部平面反射境界、像側の外部平面反射境界、及び中心配置平面反射境界を含むことができる。物体側の外部平面反射境界は、物体側の湾曲 C R 境界の外向きミラー表面に近接しつつ対向して配置された内向きミラー表面を含む。像側の外部平面反射境界は、像側の湾曲 C R 境界の外向きミラー表面に近接しつつ対向して配置された内向きミラー表面を含む。中心配置平面反射境界は、物体側の外部平面反射境界の内向きミラー表面と像側の外部平面反射境界の内向きミラー表面

30

40

50

との間に配置されつつこれら内向きミラー表面に対向する外向きミラー表面を含む。

【0005】

1つの実施形態では、クローキングデバイスアセンブリは、物体側と、像側と、物体側の湾曲遮蔽領域（C R）境界のペアと、像側の湾曲 C R 境界のペアと、を含む。物体側の湾曲 C R 境界のペアのそれぞれは、外向きミラー表面及び内向き表面を含む。像側の湾曲 C R 境界のペアのそれぞれは、外向きミラー表面及び内向き表面を含む。遮蔽領域は、物体側の湾曲 C R 境界のペアの内向き表面及び像側の湾曲 C R 境界のペアの内向き表面により区切られる。遮蔽対象物体を、遮蔽領域内に配置することができる。少なくとも1つの外部境界のペアが含まれる。少なくとも1つの外部境界のペアのそれぞれは、物体側の湾曲 C R 境界のペアのうちの一方及び像側の湾曲 C R 境界のペアのうちの一方から離間される内向きミラー表面を含む。クローキングデバイスアセンブリの物体側に配置されかつ遮蔽領域により遮られる物体からの光は、遮蔽領域の周りに向かうように、物体側の湾曲 C R 境界のペア、少なくとも1つの外部境界のペア、及び像側の湾曲 C R 境界のペアにより反射されて、物体からの光が遮蔽領域を透過したかに見えるように物体の像がクローキングデバイスアセンブリの像側に形成される。

10

【0006】

別の実施形態では、ピークルのピラーアセンブリは、Aピラーと、物体側及び像側を備えるクローキングデバイスと、を含む。クローキングデバイスは、外向きミラー表面及び内向き表面を有する物体側の湾曲遮蔽領域（C R）境界、及び外向きミラー表面及び内向き表面を有する像側の湾曲 C R 境界を含む。遮蔽領域は、物体側の湾曲 C R 境界の内向き表面及び像側の湾曲 C R 境界の内向き表面により区切られ、Aピラーは、遮蔽領域内に配置される。クローキングデバイスは更に、物体側の湾曲 C R 境界及び像側の湾曲 C R 境界から離間される内向きミラー表面を有する少なくとも1つの外部境界を含む。ピークルの外部に配置されかつAピラーにより遮られる物体からの光の向きは、Aピラーの周りに変更されて、物体からの光がAピラーを透過したかに見えるように物体の像がピークルの内部に形成される。少なくとも外部境界は、物体側の外部湾曲境界、及び像側の外部湾曲境界を含むことができる。物体側の外部湾曲境界は、物体側の湾曲 C R 境界の外向きミラー表面に近接しつつ対向して配置された内向きミラー表面を含み、像側の外部湾曲境界は、像側の湾曲 C R 境界の外向きミラー表面に近接しつつ対向して配置された内向きミラー表面を含む。代替的に又は追加的に、少なくとも1つの外部境界は、内向きミラー表面を有する外部平面反射境界を含むことができ、内向きミラー表面は、物体側の湾曲 C R 境界の外向きミラー表面及び像側の湾曲 C R 境界の外向きミラー表面に対向する。更に代替的に又は更に追加的に、少なくとも1つの外部境界は、物体側の外部平面反射境界、像側の外部平面反射境界、及び中心配置平面反射境界を含むことができる。物体側の外部平面反射境界は、物体側の湾曲 C R 境界の外向きミラー表面に近接しつつ対向して配置された内向きミラー表面を含む。像側の外部平面反射境界は、像側の湾曲 C R 境界の外向きミラー表面に近接しつつ対向して配置された内向きミラー表面を含む。中心配置平面反射境界は、物体側の外部平面反射境界の内向きミラー表面と像側の外部平面反射境界の内向きミラー表面との間に配置されつつこれら内向きミラー表面に対向する外向きミラー表面を含む。

20

【0007】

本開示に記載される実施形態により実現されるこれらの特徴及び更に別の特徴は、以下の詳細な説明を図面と併せて参照することにより更に完全に理解される。

30

【0008】

図面に示されている実施形態は、あらゆる点で説明的かつ例示的であり、特許請求の範囲により規定される主題を限定するものではない。例示的な実施形態に関する以下の詳細な説明は、以下の図面と併せて読み取ることにより理解することができ、これらの図面では、同様の構造は同様の参照番号により指示される。

40

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本開示において開示されかつ説明される1つ以上の実施形態によるクローキング

50

デバイスの頂面図を模式的に示している。

【0010】

【図2】本開示において開示されかつ説明される1つ以上の実施形態によるクローキングデバイスの頂面図を模式的に示している。

【0011】

【図3】本開示において開示されかつ説明される1つ以上の実施形態によるクローキングデバイスの頂面図を模式的に示している。

【0012】

【図4】本開示において開示されかつ説明される1つ以上の実施形態による、第1物体がクローキングデバイスの一方の側にあり第2物体がクローキングデバイスの遮蔽領域内にある構成の、図1～図3のクローキングデバイスの頂面斜視図を模式的に示している。

10

【0013】

【図5】第1物体がクローキングデバイスの一方の側にあり第2物体がクローキングデバイスの遮蔽領域内にある構成の、図1～図3のクローキングデバイスの側面図を模式的に示している。

【0014】

【図6】本開示において説明されかつ例示される1つ以上の実施形態による、ピークルのピークルAピラーを覆い隠すクローキングデバイスを模式的に示している。

【0015】

【図7A】クローキングセンブリの頂部軸線と視野角とのずれが0°である状態の図1の実施形態によるクローキングセンブリのコンピュータシミュレート遮蔽像を示している。

20

【0016】

【図7B】クローキングセンブリの頂部軸線と視野角とのずれが1°である状態の図1の実施形態によるクローキングセンブリのコンピュータシミュレート遮蔽像を示している。

【0017】

【図7C】クローキングセンブリの頂部軸線と視野角とのずれが2°である状態の図1の実施形態によるクローキングセンブリのコンピュータシミュレート遮蔽像を示している。

30

【0018】

【図7D】クローキングセンブリの頂部軸線と視野角とのずれが3°である状態の図1の実施形態によるクローキングセンブリのコンピュータシミュレート遮蔽像を示している。

【0019】

【図8A】クローキングセンブリの頂部軸線と視野角とのずれが0°である状態の図2の実施形態によるクローキングセンブリのコンピュータシミュレート遮蔽像を示している。

【0020】

【図8B】クローキングセンブリの頂部軸線と視野角とのずれが1°である状態の図2の実施形態によるクローキングセンブリのコンピュータシミュレート遮蔽像を示している。

40

【0021】

【図8C】クローキングセンブリの頂部軸線と視野角とのずれが2°である状態の図2の実施形態によるクローキングセンブリのコンピュータシミュレート遮蔽像を示している。

【0022】

【図8D】クローキングセンブリの頂部軸線と視野角とのずれが3°である状態の図2の実施形態によるクローキングセンブリのコンピュータシミュレート遮蔽像を示している。

50

【0023】

【図9A】クローキングアセンブリの頂部軸線と視野角とのずれが0°である状態の図3の実施形態によるクローキングアセンブリのコンピュータシミュレート遮蔽像を示している。

【0024】

【図9B】クローキングアセンブリの頂部軸線と視野角とのずれが1°である状態の図3の実施形態によるクローキングアセンブリのコンピュータシミュレート遮蔽像を示している。

【0025】

【図9C】クローキングアセンブリの頂部軸線と視野角とのずれが2°である状態の図3の実施形態によるクローキングアセンブリのコンピュータシミュレート遮蔽像を示している。

10

【0026】

【図9D】クローキングアセンブリの頂部軸線と視野角とのずれが3°である状態の図3の実施形態によるクローキングアセンブリのコンピュータシミュレート遮蔽像を示している。

【発明を実施するための形態】

【0027】

詳細な説明

本開示において記載される1つ以上の実施形態によれば、クローキングデバイスは普通、入射光を遮蔽領域の周りに誘導する、複数の湾曲ミラー、又は、複数の湾曲ミラー及び平面ミラー、を備えることができる。本開示において記載されるクローキングデバイスは、凹状ミラー、放物線状ミラー、及び平面ミラーを利用して、物体からの光の反射、集光、及び、焦点ボケを発生させることができる。本開示において記載されるクローキングデバイスを使用して、ビークルAピラー、Bピラー、Cピラー、Dピラーなどのようなビークル物品を覆い隠すことができ、ビークル物品により生じる「blind spot (死角)」を無くすことができる。死角とは、乗員の視野を遮る可能性があるビークルの領域を指している。湾曲ミラーを利用することにより、運転者は、クローキングデバイスを用いない場合に、ビークルのピラーにより遮られると考えられる像を知覚することができる。クローキングデバイスの様々な実施形態、及びクローキングデバイスを使用する方法の様々な実施形態について、特に添付の図面を参照しながら、更に詳細に説明することとする。

20

【0028】

図1は、クローキングデバイスの1つの実施形態を模式的に示している。クローキングデバイスは遮蔽領域(CR)を含み、この遮蔽領域は、少なくとも2つの湾曲CR境界及び少なくとも2つの外部湾曲反射境界により少なくとも部分的に区切られ、これらの外部湾曲反射境界は、少なくとも2つの湾曲CR境界から離間される。本開示において使用されるように、「(複数の)境界(boundaries)」及び「境界(boundary)」という用語は、物理的表面を指しており、「外部(exterior)」という用語は、複数の湾曲CR境界のうちの1つから離間される、すなわち所定距離だけ離れて配置される、境界又はミラー表面を指している。複数の湾曲CR境界のうちの1つは、物体側の湾曲CR境界とすることができる、複数の湾曲CR境界のうち別の湾曲CR境界は、像側の湾曲CR境界とすることができる。複数の外部湾曲反射境界のうちの1つは、物体側の湾曲CR境界に近接して配置することができ(本開示では、「物体側の外部湾曲反射境界」と表記される)、複数の外部湾曲反射境界のうち別の外部湾曲反射境界は、像側の湾曲CR境界に近接して配置することができ(本開示では、「像側の外部湾曲反射境界」と表記される)。物体側の湾曲CR境界の向きは、クローキングデバイスの物体側に配置される物体からの入射光を物体側の湾曲反射境界に向けて反射するように設定される。物体側の湾曲反射境界の向きは、物体側の湾曲CR境界により反射される入射光を像側の外部湾曲反射境界に向けて略平行に反射するように設定される。像側の外部湾曲反射境界の向きは、物体側の外部湾曲反射境界により反射される入射光を像側の湾曲CR境界に向けて

30

40

50

反射するように設定される。像側の湾曲 C R 境界の向きは、像側の外部湾曲反射境界により反射される入射光を反射して、像をクローキングデバイスの像側に形成するように設定される。

【 0 0 2 9 】

図1を参照し続けると、クローキングデバイスの所定の実施形態は、クローキングアセンブリ 1 0 を含み、クローキングアセンブリ 1 0 は、物体側 1 2 と、像側 1 4 と、4 つの湾曲 C R 境界 1 1 0 、 1 2 0 、 1 3 0 、 1 4 0 と、を含む。4 つの湾曲 C R 境界 1 1 0 、 1 2 0 、 1 3 0 、 1 4 0 の各湾曲 C R 境界は、これらの図に図示される X 軸に沿った所定の長さ、 Y 軸に沿った所定の幅、及び Z 軸に沿った所定の高さを有する。すなわち、これらの図に図示される X 軸は、4 つの湾曲 C R 境界 1 1 0 、 1 2 0 、 1 3 0 、 1 4 0 の長さに沿って延び、これらの図に図示される Y 軸は、4 つの湾曲 C R 境界 1 1 0 、 1 2 0 、 1 3 0 、 1 4 0 の幅に沿って延び、これらの図に図示される Z 軸は、4 つの湾曲 C R 境界 1 1 0 、 1 2 0 、 1 3 0 、 1 4 0 の高さに沿って延びている。2 つの湾曲 C R 境界 1 1 0 、 1 3 0 は、クローキングアセンブリ 1 0 の物体側 1 2 に配置されて物体「 O 」に対向することができ、本開示においては、物体側の湾曲 C R 境界 1 1 0 、 1 3 0 と表記することができる。2 つの湾曲 C R 境界 1 2 0 、 1 4 0 は、クローキングアセンブリ 1 0 の像側 1 4 に配置されてクローキングアセンブリ 1 0 により形成される像「 I 」を形成することができ、本開示においては、像側の湾曲 C R 境界 1 2 0 、 1 4 0 と表記することができる。

10

【 0 0 3 0 】

湾曲 C R 境界 1 1 0 、 1 2 0 、 1 3 0 、 1 4 0 はそれぞれ、外向きミラー表面 1 1 2 、 1 2 2 、 1 3 2 、 1 4 2 、及び内向き表面 1 1 4 、 1 2 4 、 1 3 4 、 1 4 4 を有する。本開示において使用される「外向き」という用語は、遮蔽領域 2 0 0 から遠ざかる方向を向き、かつ／又は光を遮蔽領域 2 0 0 から遠ざかる方向に反射する表面を指しており、本開示において使用される「内向き」という用語は、遮蔽領域 2 0 0 の方を向き、かつ／又は光を遮蔽領域 2 0 0 に向けて反射する表面を指している。所定の実施形態では、内向き表面 1 1 4 、 1 2 4 、 1 3 4 、 1 4 4 のうち 1 つ以上（1 又は複数）の内向き表面は、不透明表面、ミラー表面、又は透明表面とすることができる。外向きミラー表面 1 1 2 、 1 2 2 、 1 3 2 、 1 4 2 を、外向きミラー表面 1 1 2 、 1 2 2 、 1 3 2 、 1 4 2 に入射する光が当該外向きミラー表面により反射されるような全方向性フォトニック結晶又はミラーにより形成することができる。本開示において使用されるように、「ミラー表面」という用語は、ミラー表面に入射する光の全てのモード成分（例えば、 s 偏光光、 p 偏光光）を反射する表面を指している。また、本開示において使用されるように、「～により反射される」という用語は、入射光の少なくとも 5 0 % が表面により反射されることを指している。幾つかの実施形態では、入射光の少なくとも 6 0 % が表面により反射されるのに対し、他の実施形態では、入射光の少なくとも 7 0 % が表面により反射される。更に他の実施形態では、入射光の少なくとも 8 0 % 、例えば入射光の少なくとも 9 0 % 、が表面により反射される。

20

30

【 0 0 3 1 】

湾曲 C R 境界 1 1 0 、 1 2 0 、 1 3 0 、 1 4 0 は、頂端 1 1 6 、 1 2 6 、 1 3 6 、 1 4 6 及び側端 1 1 8 、 1 2 8 、 1 3 8 、 1 4 8 をそれぞれ有することができる。側端 1 1 8 、 1 2 8 、 1 3 8 、 1 4 8 は、頂端 1 1 6 、 1 2 6 、 1 3 6 、 1 4 6 のそれぞれから離間され、湾曲 C R 境界 1 1 0 、 1 2 0 、 1 3 0 、 1 4 0 は、頂端 1 1 6 、 1 2 6 、 1 3 6 、 1 4 6 と側端 1 1 8 、 1 2 8 、 1 3 8 、 1 4 8 との間にそれぞれ延びている。所定の実施形態では、2 つの物体側の湾曲 C R 境界 1 1 0 、 1 3 0 のそれぞれの頂端 1 1 6 、 1 3 6 は、頂部 1 9 0 で合体又は交差しており、代替的又は追加的に、2 つの像側の湾曲 C R 境界 1 2 0 、 1 4 0 のそれぞれの頂端 1 2 6 、 1 4 6 は、頂部 1 9 2 で合体又は交差している。このような実施形態では、頂部軸線 1 6 は、頂部 1 9 0 及び頂部 1 9 2 を二分割し、クローキングアセンブリ 1 0 の中心線であってよい。他の実施形態では、2 つの物体側の湾曲 C R 境界 1 1 0 、 1 3 0 のそれぞれの頂端 1 1 6 、 1 3 6 が互いに離間され、2 つの像側の湾曲 C R 境界 1 2 0 、 1 4 0 のそれぞれの頂端 1 2 6 、 1 4 6 が互いに離間されて、

40

50

非遮蔽領域又はギャップ（図示せず）が、離間頂端 116 と 136 の間及び離間頂端 126 と 146 の間に形成されるようにする。このような実施形態では、非遮蔽領域の上方（+Y 方向）に配置される物体〇の一部の像は、クローキングアセンブリ 10 の像側 14 に形成されない。

【0032】

所定の実施形態では、側端 118 を、側端 128 に隣接して配置することができ、かつ側端 128 に連結することができ、側端 138 を、側端 148 に隣接して配置することができ、かつ側端 148 に連結することができる。他の実施形態では、側端 118, 138 を側端 128, 148 から離間させる（Y 方向に）ことにより、遮蔽領域 200 を物体〇と像 I との間で拡大する（+/-Y 方向に）ようにしてもよい。

10

【0033】

所定の実施形態では、2つの物体側の湾曲 CR 境界 110, 130、及び2つの像側の湾曲 CR 境界 120, 140 は、内向き表面 114, 134, 124, 144 により少なくとも部分的に区切られる遮蔽領域 200 を形成する。2つの物体側の湾曲 CR 境界 110、130、及び2つの像側の湾曲 CR 境界 120、140 は、高さ「h」（図 4～図 5）を、これらの図の座標軸の Z 方向に有し、遮蔽領域 200 内で反射される、又は遮蔽領域 200 内を透過する光は、内向き表面 114, 134, 124, 144 を透過しない。したがって、遮蔽領域 200 内に配置される物品（例えば、遮蔽対象物品）は、クローキングアセンブリ 10 を像側 14 から +Y 方向に眺める観察者には見えない。

【0034】

図 1 を参照し続けると、外部湾曲反射境界 150, 160, 170, 180 は、湾曲 CR 境界 110, 120, 130, 140 のそれぞれから離間され、かつ湾曲 CR 境界 110, 120, 130, 140 に近接して配置される。すなわち、物体側の湾曲 CR 境界 110, 130 にそれぞれ近接して配置される2つの外部湾曲反射境界 150, 170 は、クローキングアセンブリ 10 の物体側 12 に配置され、本開示では、物体側の外部湾曲反射境界 150, 170 と表記することができ、像側の湾曲 CR 境界 120, 140 にそれぞれ近接して配置される2つの外部湾曲反射境界 160, 180 は、クローキングアセンブリ 10 の像側 14 に配置され、本開示では、像側の外部湾曲反射境界 160, 180 と表記することができ。物体側の外部湾曲反射境界 150 は、物体側の湾曲 CR 境界 110 の外向きミラー表面 112 に対向する内向きミラー表面 152 を有し、像側の外部湾曲反射境界 160 は、像側の湾曲 CR 境界 120 の外向きミラー表面 122 に対向する内向きミラー表面 162 を有する。物体側の外部湾曲反射境界 170 は、物体側の湾曲 CR 境界 130 の外向きミラー表面 132 に対向する内向きミラー表面 172 を有し、像側の外部湾曲反射境界 180 は、像側の湾曲 CR 境界 140 の外向きミラー表面 142 に対向する内向きミラー表面 182 を有する。所定の実施形態では、外部湾曲反射境界 150, 160 は、物体側の湾曲 CR 境界 110 及び像側の湾曲 CR 境界 120 の側方（+X 方向）に配置されて、内向きミラー表面 152 から内向きミラー表面 162 に向けて反射される光が、側端 118, 128 により遮られないようにする。外部湾曲反射境界 170, 180 も、物体側の湾曲 CR 境界 130 及び像側の湾曲 CR 境界 140 の側方（-X 方向）に配置されて、内向きミラー表面 172 から内向きミラー表面 182 に向けて反射される光が、側端 138, 148 により遮られないようにすることができる。

20

【0035】

内向きミラー表面 152, 162, 172, 182 は、全方向性フォトニック結晶又はミラーにより形成することができる。また、図 1 は、物体側の外部湾曲反射境界 150 及び像側の外部湾曲反射境界 160 が、2つの別体の構成要素であり、物体側の外部湾曲反射境界 170 及び像側の外部湾曲反射境界 180 が、2つの別体の構成要素であることを示しているが、所定の実施形態では、クローキングアセンブリ 10 は、内向きミラー表面 152 及び内向きミラー表面 162 を備える単一の構成要素（図示せず）として、かつ / 又は内向きミラー表面 172 及び内向きミラー表面 182 を備える単一の構成要素（図示せず）として、構成してもよいことを理解されたい。

30

40

50

【0036】

物体側の外部湾曲反射境界150は、物体側の湾曲CR境界110に対向するように配置されて、物体Oから頂部軸線16の右側(+X方向)のクローキングアセンブリ10に入射する光(図1の矢印「1」として図示される)が、外向きミラー表面112に入射して、内向きミラー表面152に向けて反射される(図1の矢印「2」として図示される)。所定の実施形態では、外向きミラー表面112により反射される光2は、外向きミラー表面112と内向きミラー表面152との間に位置し、かつ外向きミラー表面112及び内向きミラー表面152から離間した焦点f1に集光される。本開示において記載される焦点f1及び他の焦点は、所定のミラー表面の曲率により設定されることを理解されたい。例えば、焦点f1は、外向きミラー表面112の曲率により決定される、又は設定される。したがって、反射光2は、焦点f1に集光され、次に内向きミラー表面152に到達して入射する前に発散する。物体側の湾曲CR境界110の高さh(Z方向)に沿う外向きミラー表面112に入射する光1は、焦点ボケが発生し、物体側の外部湾曲反射境界150の高さhに沿う内向きミラー表面152に到達して入射する前に、焦点f1と交差してZ方向に延びる直線に略集光される。

【0037】

物体側の外部湾曲反射境界170は、物体側の湾曲CR境界130に対向するように配置されて、物体Oから頂部軸線16の左側(-X方向)のクローキングアセンブリ10に入射する光1が、外向きミラー表面132に入射して、光2として内向きミラー表面172に向けて反射される。所定の実施形態では、外向きミラー表面132により反射される光2は、所定の曲率の外向きミラー表面132により、外向きミラー表面132と内向きミラー表面172との間に位置し、かつ外向きミラー表面132及び内向きミラー表面172から離間される焦点f3に集光される。したがって、反射光2は、焦点f3に集光され、次に内向きミラー表面172に到達して入射する前に発散する。物体側の湾曲CR境界130の高さh(Z方向)に沿う外向きミラー表面132に入射する光1は、焦点ボケが発生し、物体側の外部湾曲反射境界170の高さhに沿う内向きミラー表面172に到達して入射する前に、焦点f3と交差してZ方向に延びる直線に略集光される。

【0038】

上に説明したように、外向きミラー表面112, 132は、入射光1を、発散し、内向きミラー表面152, 172のそれぞれに到達して入射する前に、焦点f1及びf3に集光させることができる。例えば、これに限定されないが、外向きミラー表面112, 132は、表現式

【数1】

$$y = \frac{x^2}{R(1 + \sqrt{1 - (1 + K) \left(\frac{K^2}{R^2}\right)})} \quad (1)$$

で表わされる湾曲形状を有することができ、式中、Rは、外向きミラー表面112, 132の曲率半径である。所定の実施形態では、湾曲形状は放物線であり、K = -1であり、表現式(1)は、

【数2】

$$y = \frac{x^2}{2R} = Ax^2 \quad (2)$$

に帰結する。式中、A = 1 / (2R)は定数である。

【0039】

図1を参照し続けると、物体側の外部湾曲反射境界150の内向きミラー表面152は、

10

20

30

40

50

外向きミラー表面 112 に対向するように + X 方向に外側に配置されて、内向きミラー表面 152 に外向きミラー表面 112 から入射する光 2 が、 - Y 方向（図 1 の矢印「3」として図示される）に平行に光 3 として反射される。所定の実施形態では、内向きミラー表面 152 は、放物線形状のミラー表面であり、当該ミラー表面の向きは、外向きミラー表面 112 に対して Z 軸回りに約 180 度の角度に設定され、当該ミラー表面は、光 2 を光 1 と平行に（光 3 として）像側の外部湾曲反射境界 160 の内向きミラー表面 162 に向けて反射する。所定の実施形態では、内向きミラー表面 152 の曲率は、外向きミラー表面 112 の曲率と同じである。他の実施形態では、内向きミラー表面 152 の曲率は、外向きミラー表面 112 の曲率と同じである。所定の実施形態では、内向きミラー表面 162 は、放物線形状のミラー表面とすることができる、当該ミラー表面の向きは、外向きミラー表面 152 に対して Z 軸回りに約 90 度の角度に設定されて、内向きミラー表面 162 に入射する光 3 が、外向きミラー表面 122 に向けて反射される。所定の実施形態では、内向きミラー表面 162 の曲率は、内向きミラー表面 152 の曲率と同じである。他の実施形態では、内向きミラー表面 162 の曲率は、内向きミラー表面 152 の曲率と同じではない。

【0040】

像側の外部湾曲反射境界 160 の内向きミラー表面 162 は、外向きミラー表面 122 に対して + X 方向に配置されて、内向きミラー表面 152 により反射される光 3 が、反射されて内向きミラー表面 162 と外向きミラー表面 122 との間に位置しあつ内向きミラー表面 162 及び外向きミラー表面 122 から離間した焦点 f_2 に集光される（図 1 の矢印「4」で指示される）。したがって、反射光 4 は、所定の曲率の内向きミラー表面 162 により焦点 f_2 に集光され、次に外向きミラー表面 122 に到達して入射する前に、発散する。所定の実施形態では、内向きミラー表面 162 の曲率は、外向きミラー表面 122 の曲率と同じである。他の実施形態では、内向きミラー表面 162 の曲率は、外向きミラー表面 122 の曲率と同じである。像側の外部湾曲反射境界 160 の高さ h (Z 方向) に沿う内向きミラー表面 162 に入射する光 3 は反射されて、焦点ボケが発生し、像側の湾曲 CR 境界 120 の高さ h に沿う外向きミラー表面 122 に到達する前に、焦点 f_2 と交差して Z 方向に延びる直線に略集光されることを理解されたい。所定の実施形態では、外向きミラー表面 122 は、放物線形状のミラー表面とすることができる、当該ミラー表面の向きは、内向きミラー表面 162 に対して Z 軸回りに約 180 度の角度に設定されることにより、入射光 4 が反射されて当該入射光の元の光路（図 1 の矢印「5」で指示される）に戻る、すなわち光 1 と平行に反射されるようなる。

【0041】

内向きミラー表面 152 と同様に、物体側の外部湾曲反射境界 170 の内向きミラー表面 172 は、外向きミラー表面 132 に対して - X 方向に外側に配置されて、内向きミラー表面 172 に外向きミラー表面 132 から入射する光 2 が、 - Y 方向に平行に光 3 として反射される。所定の実施形態では、内向きミラー表面 172 は、放物線形状のミラー表面であり、当該ミラー表面の向きは、外向きミラー表面 132 に対して Z 軸回りに約 180 度の角度に設定され、当該ミラー表面は、光 2 を光 1 と平行に（光 3 として）像側の外部湾曲反射境界 180 の内向き表面 182 に向けて反射する。所定の実施形態では、内向きミラー表面 172 の曲率は、外向きミラー表面 132 の曲率と同じである。他の実施形態では、内向きミラー表面 172 の曲率は、外向きミラー表面 132 の曲率と同じである。内向きミラー表面 182 は、放物線形状のミラー表面とすることができる、当該ミラー表面の向きは、内向きミラー表面 172 に対して Z 軸回りに約 90 度の角度に設定されて、内向きミラー表面 182 に入射する光 3 が、外向きミラー表面 142 に向けて反射されるようになる。内向きミラー表面 182 の曲率は、外向きミラー表面 172 の曲率と同じとするか、又は異なることができる。

【0042】

像側の外部湾曲反射境界 180 の内向きミラー表面 182 は、外向きミラー表面 142 に対して - X 方向に外側に配置されて、内向きミラー表面 172 により反射される光 3 が、

10

20

30

40

50

光4として反射されて、内向きミラー表面182と外向きミラー表面142との間に位置し、かつ内向きミラー表面182及び外向きミラー表面142から離間される焦点 f_4 に集光される。したがって、反射光4は、焦点 f_4 に集光され、次に外向きミラー表面142に到達して入射する前に発散する。所定の実施形態では、内向きミラー表面182の曲率は、外向きミラー表面142の曲率と同じである。他の実施形態では、内向きミラー表面182の曲率は、外向きミラー表面142の曲率と同じである。像側の外部湾曲反射境界180の高さ h (Z方向)に沿う内向きミラー表面182に入射する光3は、反射されるとともに、焦点ボケが発生して、像側の湾曲CR境界140の高さ h に沿う外向きミラー表面142に到達する前に、焦点 f_4 と交差してZ方向に延びる直線に略集光される。所定の実施形態では、外向きミラー表面142は、放物線形状のミラー表面であり、当該ミラー表面の向きは、内向きミラー表面182に対してZ軸回りに約180度の角度に設定されることにより、入射光4が反射されて当該入射光の元の光路(光5)に戻るようなる。

10

【0043】

図1を参照し続けると、物体「O」からの光1は- Y 方向に進み、外向きミラー表面112, 132に入射する。クローキングアセンブリ10の頂部軸線16の右側(+ X 方向)の光1は、外向きミラー表面112により光2として反射されて、焦点ボケが発生して内向きミラー表面152に到達して入射する前に焦点 f_1 に集光される。内向きミラー表面152に入射する光2は、内向きミラー表面152により光1と略平行に光3として内向きミラー表面162に向けて反射される。光3は、内向きミラー表面162により光4として反射され、焦点ボケが発生して外向きミラー表面122に到達して入射する前に焦点 f_2 に集光される。外向きミラー表面122に入射する光4は、外向きミラー表面122により光1と略平行に- Y 方向に反射されて(図1の矢印「5」で指示される)、頂部軸線16の右側(+ X 方向)に配置される物体Oの一部に対応する像Iの一部を形成する。したがって、頂部軸線16の右側にある物体Oからの光1は、O-外向きミラー表面112-内向きミラー表面152-内向きミラー表面162-外向きミラー表面122-Iという光路を有する。

20

【0044】

クローキングアセンブリ10の頂部軸線16の左側(- X 方向)の光1は、外向きミラー表面132により光2として反射されて、焦点ボケが発生して内向きミラー表面172に到達して入射する前に焦点 f_3 に集光される。内向きミラー表面172に入射する光2は、内向きミラー表面172により光3として略平行に内向きミラー表面182に向けて反射される。光3は、内向きミラー表面182により光4として反射されて、焦点ボケが発生して外向きミラー表面142に到達して入射する前に焦点 f_4 に集光される。外向きミラー表面142に入射する光4は、外向きミラー表面142により光1と略平行に- Y 方向に光5として反射されて、頂部軸線16の左側(- X 方向)に配置される物体Oの一部に対応する像Iの一部を形成する。したがって、頂部軸線16の左側にある物体Oからの光1は、O-外向きミラー表面132-内向きミラー表面172-内向きミラー表面182-外向きミラー表面142-Iという光路を有する。

30

【0045】

図2を参照するに、クローキングデバイスの別の実施形態は遮蔽領域(CR)を含み、この遮蔽領域は、少なくとも2つの湾曲CR境界により少なくとも部分的に区切られ、少なくとも2つの湾曲CR境界から離間される少なくとも1つの平面反射境界を含む。複数の湾曲CR境界のうち1つの湾曲CR境界は、物体側の湾曲CR境界とすることができる、複数の湾曲CR境界のうち別の湾曲CR境界は、像側の湾曲CR境界とすることができる。平面反射境界は、物体側の湾曲CR境界及び像側の湾曲CR境界から離間され、物体側の湾曲CR境界と像側の湾曲CR境界とのほぼ中間に配置することができる。物体側の湾曲CR境界の向きは、クローキングデバイスの物体側に配置される物体からの入射光を平面反射境界に向けて反射するように設定され、平面反射境界の向きは、平面反射境界により反射される入射光を像側の湾曲CR境界に向けて反射するように設定される。像側の湾曲

40

50

C R 境界の向きは、平面反射境界により反射される入射光を反射して、像をクローキングデバイスの像側に形成するように設定される。

【 0 0 4 6 】

図 2 を参照し続けると、クローキングデバイスの所定の実施形態は、物体側 2 2 、像側 2 4 、及び 4 つの湾曲 C R 境界 2 1 0 , 2 2 0 , 2 3 0 , 2 4 0 を備えるクローキングアセンブリ 2 0 を含む。4 つの湾曲 C R 境界 2 1 0 , 2 2 0 , 2 3 0 , 2 4 0 の各湾曲 C R 境界は、これらの図に図示される X 軸に沿った所定の長さ、Y 軸に沿った所定の幅、及び Z 軸に沿った所定の高さを有する。すなわち、これらの図に図示される X 軸は、4 つの湾曲 C R 境界 2 1 0 , 2 2 0 , 2 3 0 , 2 4 0 の長さに沿って延び、これらの図に図示される Y 軸は、4 つの湾曲 C R 境界 2 1 0 , 2 2 0 , 2 3 0 , 2 4 0 の幅に沿って延び、これらの図に図示される Z 軸は、4 つの湾曲 C R 境界 2 1 0 , 2 2 0 , 2 3 0 , 2 4 0 の高さに沿って延びている。2 つの湾曲 C R 境界 2 1 0 , 2 3 0 は、クローキングアセンブリ 2 0 の物体側 2 2 に配置することにより物体「O」に対向させることができ、本開示においては、物体側の湾曲 C R 境界 2 1 0 , 2 3 0 と表記することができる。2 つの湾曲 C R 境界 2 2 0 , 2 4 0 は、クローキングアセンブリ 2 0 の像側 2 4 に配置することにより、クローキングアセンブリ 2 0 により形成される像「I」を形成することができ、本開示においては、像側の湾曲 C R 境界 2 2 0 , 2 4 0 と表記することができる。

10

【 0 0 4 7 】

湾曲 C R 境界 2 1 0 , 2 2 0 , 2 3 0 , 2 4 0 はそれぞれ、外向きミラー表面 2 1 2 , 2 2 2 , 2 3 2 , 2 4 2 及び内向き表面 2 1 4 , 2 2 4 , 2 3 4 , 2 4 4 をそれぞれ有する。所定の実施形態では、内向き表面 2 1 4 , 2 2 4 , 2 3 4 , 2 4 4 のうち 1 つ以上の内向き表面は、不透明表面、ミラー表面、又は透明表面とすることができます。外向きミラー表面 2 1 2 , 2 2 2 , 2 3 2 , 2 4 2 は、全方向性フォトニック結晶又はミラーにより形成することができる。

20

【 0 0 4 8 】

湾曲 C R 境界 2 1 0 , 2 2 0 , 2 3 0 , 2 4 0 は、頂端 2 1 6 , 2 2 6 , 2 3 6 , 2 4 6 及び側端 2 1 8 , 2 2 8 , 2 3 8 , 2 4 8 をそれぞれ有することができる。側端 2 1 8 , 2 2 8 , 2 3 8 , 2 4 8 は、頂端 2 1 6 , 2 2 6 , 2 3 6 , 2 4 6 からそれぞれ離間され、湾曲 C R 境界 2 1 0 , 2 2 0 , 2 3 0 , 2 4 0 は、頂端 2 1 6 , 2 2 6 , 2 3 6 , 2 4 6 と側端 2 1 8 , 2 2 8 , 2 3 8 , 2 4 8 との間をそれぞれ延びている。所定の実施形態では、2 つの物体側の湾曲 C R 境界 2 1 0 , 2 3 0 の頂端 2 1 6 , 2 3 6 はそれぞれ、頂部 2 9 0 で合体又は交差しており、代替的又は追加的に、2 つの像側の湾曲 C R 境界 2 2 0 , 2 4 0 の頂端 2 2 6 , 2 4 6 はそれぞれ、頂部 2 9 2 で合体又は交差している。このような実施形態では、頂部軸線 2 6 は、頂部 2 9 0 及び頂部 2 9 2 を二分割し、クローキングアセンブリ 2 0 の中心線とすることができます。他の実施形態では、2 つの物体側の湾曲 C R 境界 2 1 0 、2 3 0 の頂端 2 1 6 、2 3 6 はそれぞれ、互いに離間され、2 つの像側の湾曲 C R 境界 2 2 0 、2 4 0 の頂端 2 2 6 、2 4 6 はそれぞれ、互いに離間されて、非遮蔽領域又はギャップ（図示せず）が、離間頂端 2 1 6 と 2 3 6 との間に、及び離間頂端 2 2 6 と 2 4 6 との間に形成されるようになる。このような実施形態では、非遮蔽領域の上方（+ Y 方向）に配置される物体 O の一部の像は、クローキングアセンブリ 2 0 の像側 2 4 に形成されない。

30

【 0 0 4 9 】

所定の実施形態では、側端 2 1 8 は、側端 2 2 8 に隣接して配置してもよく、側端 2 2 8 に連結させてもよく、側端 2 3 8 は、側端 2 4 8 に隣接して配置してもよく、側端 2 4 8 に連結させてもよい。他の実施形態では、側端 2 1 8 , 2 3 8 は、側端 2 2 8 、2 4 8 から離間させる（Y 方向に）ことにより、遮蔽領域 3 0 0 を物体 O と像 I との間で拡大する（Y 方向に）ことができる。

40

【 0 0 5 0 】

所定の実施形態では、2 つの物体側の湾曲 C R 境界 2 1 0 、2 3 0 、及び 2 つの像側の湾曲 C R 境界 2 2 0 、2 4 0 は、内向き表面 2 1 4 , 2 3 4 , 2 2 4 , 2 4 4 により少なく

50

とも部分的に区切られる遮蔽領域 300 を形成する。2つの物体側の湾曲 CR 境界 210、230、及び2つの像側の湾曲 CR 境界 220、240 は、高さ「h」(図4～図5)を、これらの図の座標軸の Z 方向に有し、遮蔽領域 300 内で反射される、又は遮蔽領域 300 内を透過する光は、内向き表面 214, 234, 224, 244 を透過しない。したがって、遮蔽領域 300 内に配置される物品(例えば、遮蔽対象物品)は、クローキングアセンブリ 20 を像側 24 から +Y 方向に眺める観察者には見えない。

【0051】

図2を参照し続けると、外部平面反射境界 250, 270 は、湾曲 CR 境界 210、220、及び 230、240 のそれぞれの側端 218, 228、及び 238, 248 からそれぞれ離間され、かつ側端 218, 228、及び 238, 248 にそれぞれ近接して配置される。外部平面反射境界 250 は、遮蔽領域 300 に対向する内向きミラー表面 252 を有し、外部平面反射境界 270 は、遮蔽領域 300 に対向する内向きミラー表面 272 を有する。所定の実施形態では、外部平面反射境界 250 は、湾曲 CR 境界 210、220 の側方(+X 方向)に配置され、外部平面反射境界 270 は、湾曲 CR 境界 230、240 の側方(-X 方向)に配置される。図2に示すように、外部平面反射境界 250 は、湾曲 CR 境界 210、220 に対して中心に配置することができ、平面反射境界 270 は、湾曲 CR 境界 230、240 に対して中心に配置することができる。また、内向きミラー表面 252, 272 の向きは、頂部 290 及び頂部 292 を二分割する上部頂部軸線 26 に略平行に設定するか、又は揃えることができる。

10

【0052】

内向きミラー表面 252 及び 272 は、全方向性フォトニック結晶又はミラーにより形成することができるので、外向きミラー表面に入射する光の約 100% (+/- 10%) が外向きミラー表面により反射される。

20

【0053】

外部平面反射境界 250 は、湾曲 CR 境界 210、220 に対して中心に配置することができるので、物体 O から外向きミラー表面 212 に入射する光 1 は、光 2 として内向きミラー表面 252 に向けて反射される。所定の実施形態では、外向きミラー表面 212 により反射される光 2 は、内向きミラー表面 252 に集光される。このような実施形態では、光 2 は、湾曲 CR 境界 210、220 に対して中心に配置される内向きミラー表面 252 の所定の高さ(Z 方向)にありかつ所定の高さに沿った直線に集光させることができる。光 2 は、外向きミラー表面 222 に到達して入射する前に、内向きミラー表面 252 により光 3 として反射されて焦点ボケを発生する。光 3 は、外向きミラー表面 222 により反射されて当該光 3 の元の光路に光 4 として戻る。

30

【0054】

外部平面反射境界 270 は、湾曲 CR 境界 230、240 に対して中心に配置することができるので、物体 O から外向きミラー表面 232 に入射する光 1 は、光 2 として内向きミラー表面 272 に向けて反射される。所定の実施形態では、外向きミラー表面 232 により反射される光 2 は、内向きミラー表面 272 に集光される。このような実施形態では、光 2 は、湾曲 CR 境界 230、240 に対して中心に配置される内向きミラー表面 272 の所定の高さ(Z 方向)にありかつ所定の高さに沿った直線に集光させることができる。光 2 は、外向きミラー表面 242 に到達して入射する前に、内向きミラー表面 272 により光 3 として反射されて焦点ボケを発生する。光 3 は、外向きミラー表面 222 により光 4 として反射されて当該光の元の光路に戻る。

40

【0055】

頂部軸線 26 の右側(+X 方向)のクローキングアセンブリ 20 に入射する光 1 は、外向きミラー表面 212 に入射し、外向きミラー表面 212 により光 2 として反射されて内向きミラー表面 252 に集光され、内向きミラー表面 252 により光 3 として外向きミラー表面 222 に向けて反射されて焦点ボケを発生し、次に外向きミラー表面 222 により光 4 として反射されて当該光の元の光路に戻る。したがって、物体 O から頂部軸線 26 の右側に入射する光 1 は、O - 外向きミラー表面 212 - 内向きミラー表面 252 - 外向きミ

50

ラー表面 222-I という光路を有する。

【0056】

頂部軸線 26 の左側 (- X 方向) のクローキングアセンブリ 20 に入射する光 1 は、外向きミラー表面 232 に入射し、外向きミラー表面 232 により光 2 として内向きミラー表面 272 に向けて反射されて集光され、内向きミラー表面 272 により光 3 として外向きミラー表面 242 に向けて反射されて焦点ボケを発生し、次に外向きミラー表面 242 により光 4 として反射されて当該光の元の光路に戻る。したがって、頂部軸線 26 の左側の物体 O からの光 1 は、O - 外向きミラー表面 232 - 内向きミラー表面 272 - 外向きミラー表面 242 - I という光路を有する。

【0057】

図 3 を参照するに、クローキングデバイスの別の実施形態は遮蔽領域 (C R) を含み、この遮蔽領域は、少なくとも 2 つの湾曲 C R 境界により少なくとも部分的に区切られ、少なくとも 3 つの平面反射境界を含む。これらの平面反射境界のうち 2 つの平面反射境界は、少なくとも 2 つの湾曲 C R 境界から離間され (本開示では、「外部平面反射境界」と表記される) 、内向きミラー表面を有し、これらの平面反射境界のうち 1 つの平面反射境界は、複数の外部平面反射境界の間の中心に配置され (本開示では、「中心配置平面反射境界」と表記される) 、外向きミラー表面を有する。複数の湾曲 C R 境界のうち 1 つの湾曲 C R 境界は、物体側の湾曲 C R 境界とすることができる、複数の湾曲 C R 境界のうち別の湾曲 C R 境界は、像側の湾曲 C R 境界とすることができる。複数の外部平面反射境界のうち 1 つの外部平面反射境界は、物体側の外部平面反射境界とすることができる、複数の外部平面反射境界のうち別の外部平面反射境界は、像側の外部平面反射境界とすることができる。物体側の湾曲 C R 境界の向きは、クローキングデバイスの物体側に配置される物体からの入射光を、物体側の外部平面反射境界に向けて反射するように設定され、物体側の外部平面反射境界の向きは、当該光を中心配置平面反射境界に向けて反射するように設定される。中心配置平面反射境界の向きは、当該光を像側の外部平面反射境界に向けて反射するように設定され、像側の外部平面反射境界の向きは、当該光を像側の湾曲 C R 境界に向けて反射するように設定される。像側の湾曲 C R 境界の向きは、当該光を反射して、像をクローキングデバイスの像側に形成するように設定される。

【0058】

図 3 を参照し続けると、クローキングデバイスの所定の実施形態は、物体側 32 、像側 34 、及び 4 つの湾曲 C R 境界 310, 320, 330, 340 を備えるクローキングアセンブリ 30 を含む。4 つの湾曲 C R 境界 310, 320, 330, 340 の各湾曲 C R 境界は、これらの図に図示される X 軸に沿った所定の長さ、 Y 軸に沿った所定の幅、及び Z 軸に沿った所定の高さを有する。すなわち、これらの図に図示される X 軸は、4 つの湾曲 C R 境界 310, 320, 330, 340 の長さに沿って延び、これらの図に図示される Y 軸は、4 つの湾曲 C R 境界 310, 320, 330, 340 の幅に沿って延び、これらの図に図示される Z 軸は、4 つの湾曲 C R 境界 310, 320, 330, 340 の高さに沿って延びている。2 つの湾曲 C R 境界 310, 330 は、クローキングアセンブリ 30 の物体側 32 に配置することにより物体「 O 」に対向させることができ、本開示においては、物体側の湾曲 C R 境界 310, 330 と表記することができる。2 つの湾曲 C R 境界 320, 340 は、クローキングアセンブリ 30 の像側 34 に配置することにより、クローキングアセンブリ 30 により形成される像「 I 」を形成することができ、本開示においては、像側の湾曲 C R 境界 320, 340 と表記することができる。

【0059】

湾曲 C R 境界 310, 320, 330, 340 はそれぞれ、外向きミラー表面 312, 322, 332, 342 及び内向き表面 314, 324, 334, 344 を有する。所定の実施形態では、内向き表面 314, 324, 334, 344 のうち 1 つ以上の内向き表面は、不透明表面、ミラー表面、又は透明表面とすることができます。外向きミラー表面 312, 322, 332, 342 は、全方向性フォトニック結晶又はミラーにより形成することができる。

10

20

30

40

50

【0060】

湾曲 C R 境界 310, 320, 330, 340 は、頂端 316, 326, 336, 346 及び側端 318, 328, 338, 348 をそれぞれ有することができる。側端 318, 328, 338, 348 は、頂端 316, 326, 336, 346 からそれぞれ離間され、湾曲 C R 境界 310, 320, 330, 340 は、頂端 316, 326, 336, 346 と側端 318, 328, 338, 348 との間をそれぞれ延びている。所定の実施形態では、2つの物体側の湾曲 C R 境界 310, 330 の頂端 316, 336 はそれぞれ、頂部 390 で合体又は交差しており、代替的又は追加的に、2つの像側の湾曲 C R 境界 320, 340 の頂端 326, 346 はそれぞれ、頂部 392 で合体又は交差している。このような実施形態では、頂部軸線 36 は、頂部 390 及び頂部 392 を二分割し、クローキングアセンブリ 30 の中心線とすることができます。他の実施形態では、2つの物体側の湾曲 C R 境界 310, 330 の頂端 316, 336 はそれぞれ、互いに離間され、2つの像側の湾曲 C R 境界 320, 340 の頂端 326, 346 はそれぞれ、互いに離間されて、非遮蔽領域又はギャップ（図示せず）が、離間頂端 316 と 336 との間に、及び離間頂端 326 と 346 との間に形成されるようになる。このような実施形態では、非遮蔽領域の上方（+Y 方向）に配置される物体 O の一部の像は、クローキングアセンブリ 30 の像側 34 に形成されない。

10

【0061】

所定の実施形態では、側端 318 は、側端 328 に隣接して配置してもよく、側端 328 に連結させてもよく、側端 338 は、側端 348 に隣接して配置してもよく、側端 348 に連結させてもよい。他の実施形態では、側端 318, 338 は、側端 328, 348 から離間させる（Y 方向に）ことにより、遮蔽領域 300 を物体 O と像 I との間で拡大する（+/-Y 方向に）ことができる。

20

【0062】

所定の実施形態では、2つの物体側の湾曲 C R 境界 310, 330、及び2つの像側の湾曲 C R 境界 320, 340 は、内向き表面 314, 334, 324, 344 により少なくとも部分的に区切られる遮蔽領域 400 を形成する。2つの物体側の湾曲 C R 境界 310, 330、及び2つの像側の湾曲 C R 境界 320, 340 は、高さ「h」（図 4～図 5）を、これらの図の座標軸の Z 方向に有し、遮蔽領域 400 内で反射される、又は遮蔽領域 400 内を透過する光は、内向き表面 314, 334, 324, 344 を透過しない。したがって、遮蔽領域 400 内に配置される物品（例えば、遮蔽対象物品）は、クローキングアセンブリ 30 を像側 34 から +Y 方向に眺める観察者には見えない。

30

【0063】

図 3 を参照し続けると、外部平面反射境界 350, 370 は、湾曲 C R 境界 310, 320 のそれぞれの側端 318, 328 からそれぞれ離間され、かつ側端 318, 328 にそれぞれ近接して配置される。外部平面反射境界 370, 380 は、湾曲 C R 境界 330, 340 のそれぞれの側端 338, 348 からそれぞれ離間され、かつ側端 338, 348 にそれぞれ近接して配置される。外部平面反射境界 350 は、クローキングアセンブリ 30 の物体側 32 に配置され（以後、「物体側の外部平面反射境界 350」とも表記される）、遮蔽領域 400 に対向する内向きミラー表面 352 を有する。外部平面反射境界 360 は、クローキングアセンブリ 30 の像側 34 に配置され（以後、「像側の外部平面反射境界 360」とも表記される）、遮蔽領域 400 に対向する内向きミラー表面 362 を有する。同様に、外部平面反射境界 370 は、クローキングアセンブリ 30 の物体側 32 に配置され（物体側の外部平面反射境界 370）、遮蔽領域 400 に対向する内向きミラー表面 372 を有する。外部平面反射境界 380 は、クローキングアセンブリ 30 の像側 34 に配置され（像側の外部平面反射境界 380）、遮蔽領域 400 に対向する内向きミラー表面 382 を有する。物体側の外部平面反射境界 350 と像側の外部平面反射境界 360 との間に配置されるのが、外向きミラー表面 357 を備える中心配置平面反射境界 355 である。物体側の外部平面反射境界 370 と像側の外部平面反射境界 380 との間に配置されるのが、外向きミラー表面 377 を備える中心配置平面反射境界 375 である。

40

50

【0064】

所定の実施形態では、外部平面反射境界350, 360は、湾曲CR境界310、320の側方(+X方向)に配置され、外部平面反射境界370, 380は、湾曲CR境界330、340の側方(-X方向)に配置される。中心配置平面反射境界355、375は、側端318, 328、及び側端338, 348にそれぞれ隣接して配置することができる。また、中心配置平面反射境界355、375の外向きミラー表面357, 377の向きは、頂部390及び頂部392を二分割する頂部軸線36と略平行になるように設定することができる。代替的又は追加的に、中心配置平面反射境界355、375の外向きミラー表面357, 377の向きは、光1と略平行になるように設定することができる。

【0065】

内向きミラー表面352, 362, 372, 382、及び外向きミラー表面357及び377は、全方向性フォトニック結晶又はミラーにより形成することができる。また、図3は、物体側の外部平面反射境界350及び像側の外部平面反射境界360が2つの別体の構成要素であり、物体側の外部平面反射境界370及び像側の外部平面反射境界380が2つの別体の構成要素であることを表わしているが、所定の実施形態では、クローキングアセンブリ30を、内向きミラー表面352及び内向きミラー表面362を備える単一の構成要素(図示せず)として構成してもよく、かつ/又は内向きミラー表面372及び内向きミラー表面382を備える単一の構成要素(図示せず)として構成してもよいことを理解されたい。

【0066】

外部平面反射境界350, 360、及び中心配置平面反射境界355は、湾曲CR境界310、320に対向するように配置することができるので、物体Oから外向きミラー表面312に入射する光1が、光2として内向きミラー表面352に向けて反射される。所定の実施形態では、外向きミラー表面312により反射される光2は、内向きミラー表面352に集光され、内向きミラー表面352が当該光を外向きミラー表面357に向けて光3として反射する(当該光は外向きミラー表面357に更に集光される)。このような実施形態では、光3は、湾曲CR境界310, 320に対して中心に配置される外向きミラー表面357の所定の高さ(Z方向)にありかつ所定の高さに沿った直線に集光させることができる。光3は、外向きミラー表面357により反射されて、内向きミラー表面362に到達して入射する前に光4として発散する。光4は、内向きミラー表面362により反射されて、外向きミラー表面322に到達する前に光5として更に発散する。光5は、外向きミラー表面322により光6として反射されて当該光の元の光路に戻ることにより、像「I」の一部をクローキングアセンブリ30の像側34に形成する。

【0067】

外部平面反射境界370, 380、及び中心配置平面反射境界375は、湾曲CR境界330、340に対向するように配置することができるので、物体Oから外向きミラー表面332に入射する光1が、光2として内向きミラー表面372に向けて反射される。所定の実施形態では、外向きミラー表面332により反射される光2は、内向きミラー表面372に集光され、内向きミラー表面372が当該光を外向きミラー表面377に向けて光3として反射する(当該光は外向きミラー表面377に更に集光される)。このような実施形態では、光3は、湾曲CR境界330, 340に対して中心に配置される外向きミラー表面377の所定の高さ(Z方向)にありかつ所定の高さに沿った直線に集光させることができる。光3は、外向きミラー表面377により反射されて、内向きミラー表面382に到達して入射する前に光4として発散する。光4は、内向きミラー表面382により反射されて、外向きミラー表面342に到達する前に光5として更に発散する。光5は、外向きミラー表面342により光6として反射されて当該光5の元の光路に光6として戻ることにより、像「I」の一部をクローキングアセンブリ30の像側34に形成する。

【0068】

頂部軸線36の右側(+X方向)のクローキングアセンブリ30に入射する光1は、外向きミラー表面312に入射し、外向きミラー表面312により反射されて内向きミラー表

10

20

30

40

50

面 352 に集光され（光2）、内向きミラー表面352により反射されて外向きミラー表面357に更に集光される（光3）。外向きミラー表面357は、光4として発散する入射光3を、内向きミラー表面362に向けて反射する。内向きミラー表面362は、光5として更に発散する光4を、外向きミラー表面322に向けて反射する。外向きミラー表面322は、光5を反射して当該光の元の光路に戻るようにする（光6）。したがって、物体Oから頂部軸線36の右側に入射する光1は、O-外向きミラー表面312-内向きミラー表面352-外向きミラー表面357-内向きミラー表面362-外向きミラー表面322-Iという光路を有する。

【0069】

頂部軸線36の左側（-X方向）のクローキングアセンブリ30に入射する光1は、外向きミラー表面332に入射し、外向きミラー表面332により反射されて内向きミラー表面372に集光され（光2）、内向きミラー表面372により反射されて、外向きミラー表面377に更に集光される（光3）。外向きミラー表面377は、光4として発散する入射光3を、内向きミラー表面382に向けて反射する。内向きミラー表面382は、光5として発散する入射光4を、外向きミラー表面342に向けて反射する（光5）。外向きミラー表面342は、光5を反射して当該光の元の光路に戻るようにする（光6）。したがって、頂部軸線36の左側の物体Oからの光1は、O-外向きミラー表面332-内向きミラー表面372-外向きミラー表面377-内向きミラー表面382-外向きミラー表面342-Iという光路を有する。

【0070】

次に、図1～図5を参照するに、図1～図3に関連して説明した実施形態によるクローキングデバイスの頂面斜視図及び側面図が、図4及び図5にそれぞれ図示されている。詳細には、図4は、クローキングアセンブリ10, 20, 30の遮蔽領域内の円柱「C」の形態の物品の頂面斜視図であり、クローキングアセンブリ10, 20, 30の物体側12, 22, 32の円柱Cの後方の+Y方向に位置する自動車「A」の頂面斜視図である。円柱Cは、クローキングデバイスの高さhよりも高い高さ寸法をZ方向（+Z方向に高さが高くなる）に有する。「50」の記号が付されたボックスは、湾曲CR境界を除く様々な光学部品を表わしている。具体的には、ボックス50は：図1に示すクローキングアセンブリ10の物体側の外部湾曲反射境界150, 170、及び像側の外部湾曲反射境界160, 180；図2に示すクローキングアセンブリ20の外部平面反射境界250, 270；及び図3に示す物体側の外部平面反射境界350, 370、中心配置平面反射境界355, 375、及び像側の外部平面反射境界360, 380を表わしている。図5は、図1～図3に示すクローキングアセンブリ10, 20, 30の+Y方向を基準としたときの側面図であり、クローキングアセンブリ10, 20, 30を+Y方向に眺めている観察者に遮蔽領域内に位置する円柱Cの一部が見えず、円柱Cの後方の+Y方向に位置する自動車Aが見える、ことを示している。したがって、遮蔽領域内に配置される円柱Cが、クローキングアセンブリ10, 20, 30の像側14, 24, 34を眺めている観察者に見えておらず、自動車A全体の像が、像側14, 24, 34を眺めている観察者に見えている。図4及び図5の円柱Cは、湾曲CR境界（例えば、クローキングアセンブリ10の湾曲CR境界110, 120, 130, 140）から離れている、すなわち円柱Cはクローキングアセンブリ10, 20, 30とは別体の物体であるが、円柱Cは、クローキングアセンブリ10, 20, 30の構造的構成部分としてもよく、かつ外向きミラー表面を備える湾曲CR境界となる外側表面又はこれと同等の外側表面を有するようにしてよいことを理解されたい。

【0071】

図6を参照するに、ビーコルのAピラーがクローキングデバイスにより覆い隠される実施形態が図示されている。具体的には、図6は、ビーコルVのAピラーPの一部を覆い隠すクローキングデバイス19を示している。AピラーPの一部は、クローキングデバイス19の遮蔽領域（図示せず）内に配置され、AピラーPの一部は、クローキングデバイスを超えて延びて、トリムTで覆われている。クローキングデバイス19の物体側にあって、

10

20

30

40

50

ビークルVの外部にあるものとして図示されるのは、歩行者の形態の標的物体「O」である。歩行者Oの一部は、ビークルVの側方窓を通して見ることができ、歩行者の一部は、クローキングデバイス19により覆い隠されるAピラーPを「透かして」見える。クローキングデバイス19は、歩行者Oにより反射される光の向きを、クローキングデバイス19の遮蔽領域内に配置されるAピラーPの周りに変え、歩行者Oの像Iを、ビークルの室内のクローキングデバイス19の像側に形成し、歩行者Oの方を見ているビークルVの乗員がこの像を見ることができる。したがって、歩行者Oからの光がAピラーPを透過したかに見え、AピラーPにより通常形成される死角は、AピラーPの一部が、クローキングデバイス19の遮蔽領域内に配置されないようなことが起こらない限り、現われない。所定の実施形態では、AピラーP自体が、CRとして機能する、すなわちAピラーPは、歩行者からの光をAピラーPの周りに向けるのを助ける1つ以上の外向きミラー表面を備える外側表面を有する。AピラーPをクローキングデバイス19で覆い隠し、AピラーPにより発生する死角を迂回させることができ、メタマテリアル、映像画像、カメラ、高性能電子機器などを使用することなく行なわれることを理解されたい。

【0072】

例

次に、図7A～図7Dを参照するに、クローキングアセンブリ10の物体側12に配置されるエンブレムの形態の物体の像であって、市販のソフトウェアプログラム(Zemax Optic Studio)を使用してシミュレートされる像側14から眺めたときの物体のシミュレート像が図示されている。外向きミラー表面112, 122, 132, 142は、 $y(x) = x^2 / 20$ で表わされる表現式(2)に従う放物線状ミラー表面であり、内向きミラー表面152, 162, 172, 182は、 $y(x) = x^2 / 6$ の関係に従う放物線状ミラー表面であった。外向きミラー表面112, 122, 132, 142及び内向きミラー表面152, 162, 172, 182に対応する焦点距離はそれぞれ、5.0mm及び1.5mmであった。全デバイス面積と隠れ領域のアスペクト比はそれぞれ、0.77及び1.0であり、遮蔽率(すなわち、隠れ面積/合計デバイス面積)は約39%であった。図7Aは、頂部軸線16と+Y方向を基準としたときのクローキングアセンブリ10の視野角、すなわち像Iを+Y方向に頂部軸線16に沿って眺めている個人の視野角との間のずれがない(0°)状態の物体の像を表わしている。すなわち、本開示において使用されるように、ずれという用語は、クローキングアセンブリの頂部軸線とクローキングアセンブリをこれらの図の+Y方向により表わされる像側から眺める観察者の視線とがなす角度(本開示では、「視野角」とも表記される)を指している。図7Bは、頂部軸線16とクローキングアセンブリ10の視野角とのずれが1°である状態の物体の像を表わしている。図7Cは、頂部軸線16とクローキングアセンブリ10の視野角とのずれが2°である状態の物体の像を表わしている。図7Dは、頂部軸線16とクローキングアセンブリ10の視野角とのずれが3°である状態の物体の像を表わしている。図7A～図7Dの像から分かるように、クローキングアセンブリ10の物体側12にある物体の像は、ずれが最大2°の状態で明確に見ることができ、ずれが最大3°の状態でも見ることができる。図7A～図7Dには図示されていないが、クローキングアセンブリ10の物体側12にある物体の像は、ずれが最大4°又は5°の状態でも見ることができることを理解されたい。

【0073】

次に、図8A～図8Dを参照するに、クローキングアセンブリ20の物体側22に配置されるエンブレムの形態の物体のシミュレート像(Zemax Optic Studio)であって、像側24から眺めたときの物体のシミュレート像が図示されている。外向きミラー表面212, 222, 232, 242は、 $y(x) = x^2 / 10$ の表現式に従う放物線状ミラー表面であった。外向きミラー表面212, 222, 232, 242に対応する焦点距離は2.5mmであった。全デバイス面積と隠れ領域のアスペクト比は、それぞれ0.53及び0.37であり、遮蔽率(すなわち、隠れ面積/合計デバイス面積)は約35%であった。図8Aは、頂部軸線26とクローキングアセンブリ20の視野角との間の

10

20

30

40

50

それが無い(0°)状態の物体の像を表わしており、図8Bは、頂部軸線26とクローキングアセンブリ20の視野角とのずれが1°である状態の物体の像を表わしており、図8Cは、頂部軸線26とクローキングアセンブリ20の視野角とのずれが2°である状態の物体の像を表わしており、図8Dは、頂部軸線26とクローキングアセンブリ20の視野角とのずれが3°である状態の物体の像を表わしている。図8A～図8Dの像から分かるように、クローキングアセンブリ20の物体側22にある物体の像は、それが最大1°の状態で明確に見ることができ、それが最大3°の状態でも見ることができる。図8A～図8Dには図示されていないが、クローキングアセンブリ20の物体側22にある物体の像は、像側24に、それが最大4°又は5°の状態でも見ることができることを理解されたい。

10

【0074】

次に、図9A～図9Dを参照するに、クローキングアセンブリ30の物体側32に配置されるエンブレムの形態の物体のシミュレート像(Zemax Optic Studio)であって、像側34から眺めたときの物体のシミュレート像が図示されている。外向きミラー表面312, 322, 332, 342は、 $y(x) = x^2 / 30$ で表わされる表現式(2)に従う放物線状ミラー表面であった。外向きミラー表面312, 322, 332, 342に対応する焦点距離は7.5mmであった。全デバイス面積と隠れ領域のアスペクト比は、それぞれ0.94及び0.72であり、遮蔽率(すなわち、隠れ面積/合計デバイス面積)は約38%であった。図9Aは、頂部軸線36とクローキングアセンブリ30の視野角との間のずれが無い(0°)状態の物体の像を表わしており、図9Bは、頂部軸線36とクローキングアセンブリ30の視野角とのずれが1°である状態の物体の像を表わしており、図9Cは、頂部軸線36とクローキングアセンブリ30の視野角とのずれが2°である状態の物体の像を表わしており、図9Dは、頂部軸線36とクローキングアセンブリ30の視野角とのずれが3°である状態の物体の像を表わしている。図9A～図9Dの像から分かるように、クローキングデバイスの物体側32にある物体の像は、それが最大1°の状態で明確に見ることができ、それが最大3°の状態でも見ることができる。図9A～図9Dには図示されていないが、クローキングアセンブリ30の物体側32にある物体の像は、像側34に、それが最大4°又は5°の状態でも見ることができることを理解されたい。また、中心配置平面反射境界355, 357の長さを長くすることにより、クローキングアセンブリ30の角度性能を向上させることができる。

20

【0075】

本開示において記載されるクローキングデバイスを使用して、ビーグル内から眺める場合のビーグルAピラー、Bピラー、Cピラー、Dピラーなどのようなビーグル物品を覆い隠すことができ、ビーグル物品により発生する死角を迂回することができる。「物体」、「物品」、及び「アイテム」という用語は、光を反射する又は光を透過する視覚物体又は視覚像(2D又は3D)を、交換可能に指すことができ、「～からの光」という用語は、「～により反射される光」又は「～を透過した光」を指すことができる。「凡そ」、「ほぼ」、及び「約」という用語は、本開示では、任意の量的比較、値、測定結果、又は他の表現に影響を与えることができる固有の不確定度合いを表わすために利用することができる。これらの用語はまた、本開示では、量的表現が記載の基準から、問題の主題の基本的機能の変化をもたらすことなく変わり得る度合いを表わすために利用される。

30

【0076】

これらの図に開示され、かつ記載される実施形態は、4つの湾曲CR境界で区切られるCRを備えるクローキングアセンブリを表わしているが、2つの湾曲CR境界で区切られるCRを備えるクローキングアセンブリが提供される。例えば、これに限定されないが、遮蔽領域は、物体側の湾曲CR境界と像側の湾曲CR境界との間で区切られるようにしてもよい。また、湾曲CR境界と、相対配置される少なくとも1つの外部境界を組み合わせることにより、ずれ許容度を大きくして、個人が物体を、クローキングアセンブリの頂部軸線とクローキングアセンブリの視野とのずれが最大3°の状態で遮蔽領域を透かして見ることができるようとする。

40

50

【0077】

本開示において使用される方向に関する用語、例えば、上 (up)、下 (down)、右 (right)、左 (left)、前方 (front)、後方 (back)、頂部 (top)、底部 (bottom)、垂直 (vertical)、水平 (horizontal) は、描かれる図を基準にしてのみ用いられ、特に明記しない限り、絶対的な方向を意味するものではない。

【0078】

本開示において特定の実施形態を例示しあつ記載してきたが、様々な他の変更及び改変を、特許請求する主題の趣旨及び範囲から逸脱することなく行なうことができるることを理解されたい。また、本開示において特許請求する主題の様々な態様を記載してきたが、このような態様は、組み合わせて利用される必要はない。したがって、添付の特許請求の範囲は、特許請求する主題の範囲に含まれるこのような変更及び改変の全てを包含するものとする。

10

【0079】

[例1]

クローキングデバイスであって、
物体側及び像側と、
外向きミラー表面及び内向き表面を有する物体側の湾曲遮蔽領域 (CR) 境界、及び外向きミラー表面及び内向き表面を有する像側の湾曲CR境界と、
前記物体側の湾曲CR境界及び前記像側の湾曲CR境界の前記内向き表面により区切られる遮蔽領域と、
前記物体側の湾曲CR境界及び前記像側の湾曲CR境界から離間される内向きミラー表面を含む少なくとも1つの外部境界と、
を備え、
前記クローキングデバイスの前記物体側に配置されかつ前記遮蔽領域により遮られる物体からの光が、前記物体側の湾曲CR境界、前記少なくとも1つの外部境界、及び前記像側の湾曲CR境界により、前記遮蔽領域の周りに反射されて、前記物体からの前記光が前記遮蔽領域を透過したかに見えるように前記物体の像が前記クローキングデバイスの前記像側に形成される、
クローキングデバイス。

20

[例2]

前記少なくとも1つの外部境界は、物体側の外部湾曲境界と、像側の外部湾曲境界と、を含み、前記物体側の外部湾曲境界は、前記物体側の湾曲CR境界の前記外向きミラー表面に近接しつつ対向して配置された内向きミラー表面を含み、前記像側の外部湾曲境界は、前記像側の湾曲CR境界の前記外向きミラー表面に近接しつつ対向して配置された内向きミラー表面を含む、例1に記載のクローキングデバイス。

30

[例3]

前記物体側の湾曲CR境界の向きは、前記クローキングデバイスの前記物体側に配置される前記物体からの入射光を前記物体側の外部湾曲境界に向けて反射するように設定され、前記物体側の外部湾曲境界の向きは、前記物体側の湾曲CR境界からの光を前記像側の外部湾曲境界に向けて反射するように設定され、前記像側の外部湾曲境界の向きは、前記像側の湾曲CR境界からの光を前記像側の湾曲CR境界に向けて反射するように設定され、前記像側の湾曲CR境界の向きは、前記像側の外部湾曲境界からの光を反射して、前記物体の像を前記クローキングデバイスの前記像側に形成するように設定される、例2に記載のクローキングデバイス。

40

[例4]

前記物体側の湾曲CR境界の向きは、前記クローキングデバイスの前記物体側に配置される前記物体からの入射光を、前記物体側の湾曲CR境界と前記物体側の外部湾曲境界との間に位置する焦点に集光するように設定され、前記物体側の外部湾曲境界の向きは、光を前記像側の外部湾曲境界に平行に反射するように設定され、前記像側の外部湾曲境界の向

50

きは、前記像側の外部湾曲境界と前記像側の湾曲 C R 境界との間に位置する焦点に向かう光の焦点ボケを発生させるように設定される、例 2 に記載のクローキングデバイス。

[例 5]

前記物体側の湾曲 C R 境界、前記像側の湾曲 C R 境界、前記物体側の外部湾曲境界、及び前記像側の外部湾曲境界は、凹状ミラー及び放物線状ミラーからなるグループから選択されるミラーを含む、例 2 に記載のクローキングデバイス。

[例 6]

前記少なくとも 1 つの外部境界は外部平面反射境界を含み、前記外部平面反射境界は、前記物体側の湾曲 C R 境界の前記外向きミラー表面及び前記像側の湾曲 C R 境界の前記外向きミラー表面に対向する内向きミラー表面を含む、例 1 に記載のクローキングデバイス。

10

[例 7]

前記外部平面反射境界の前記内向きミラー表面は、前記クローキングデバイスの頂部軸線に平行である、例 6 に記載のクローキングデバイス。

[例 8]

前記物体側の湾曲 C R 境界の向きは、前記クローキングデバイスの前記物体側に配置される前記物体からの入射光を前記外部平面反射境界に向けて反射するように設定され、前記外部平面反射境界の向きは、前記物体側の湾曲 C R 境界からの光を前記像側の湾曲 C R 境界に向けて反射するように設定され、前記像側の湾曲 C R 境界の向きは、前記外部平面反射境界からの光を反射して前記物体の像を前記クローキングデバイスの前記像側に形成するように設定される、例 6 に記載のクローキングデバイス。

20

[例 9]

前記少なくとも 1 つの外部境界は、物体側の外部平面反射境界、像側の外部平面反射境界、及び中心配置平面反射境界を含み、前記物体側の外部平面反射境界は、前記物体側の湾曲 C R 境界の前記外向きミラー表面に近接しつつ対向して配置された内向きミラー表面を含み、前記像側の外部平面反射境界は、前記像側の湾曲 C R 境界の前記外向きミラー表面に近接しつつ対向して配置された内向きミラー表面を含み、前記中心配置平面反射境界は、前記物体側の外部平面反射境界の前記内向きミラー表面と前記像側の外部平面反射境界の前記内向きミラー表面との間に配置されつつこれら内向きミラー表面に対向する外向きミラー表面を含む、例 1 に記載のクローキングデバイス。

[例 10]

30

前記中心配置平面反射境界の前記外向きミラー表面は、前記クローキングデバイスの頂部軸線に平行である、例 9 に記載のクローキングデバイス。

[例 11]

前記物体側の湾曲 C R 境界の向きは、前記クローキングデバイスの前記物体側に配置される前記物体からの入射光を前記物体側の外部平面反射境界に向けて反射するように設定され、前記物体側の外部平面反射境界の向きは、前記物体側の湾曲 C R 境界からの光を前記中心配置平面反射境界に向けて反射するように設定され、前記中心配置平面反射境界の向きは、前記物体側の外部平面反射境界からの光を前記像側の外部平面反射境界に向けて反射するように設定され、前記像側の外部平面反射境界の向きは、前記中心配置平面反射境界からの光を前記像側の湾曲 C R 境界に向けて反射するように設定され、前記像側の湾曲 C R 境界の向きは、前記像側の外部平面反射境界からの光を反射して、前記物体の像を前記クローキングデバイスの前記像側に形成するように設定される、例 9 に記載のクローキングデバイス。

40

[例 12]

クローキングデバイスアセンブリであって、

物体側及び像側と、

物体側の湾曲遮蔽領域 (C R) 境界のペアであって、前記物体側の湾曲 C R 境界のペアのそれぞれが、外向きミラー表面及び内向き表面を含む、前記物体側の湾曲遮蔽領域 (C R) 境界のペアと、

像側の湾曲 C R 境界のペアであって、前記像側の湾曲 C R 境界のペアのそれぞれが、外向

50

きミラー表面及び内向き表面を含む、前記像側の湾曲 C R 境界のペアと、
 前記物体側の湾曲 C R 境界のペアの前記内向き表面及び前記像側の湾曲 C R 境界のペアの
 前記内向き表面により区切られる遮蔽領域と、
 前記遮蔽領域内に配置される遮蔽対象物体と、
 少なくとも 1 つの外部境界のペアであって、前記少なくとも 1 つの外部境界のペアのそれ
 ぞれが、前記物体側の湾曲 C R 境界のペアのうちの一方及び前記像側の湾曲 C R 境界のペ
 アのうちの一方から離間される内向きミラー表面を含む、前記少なくとも 1 つの外部境界
 のペアと、
 を備え、

前記クローキングデバイスアセンブリの前記物体側に配置されかつ前記遮蔽領域により遮
 られる物体からの光が、前記物体側の湾曲 C R 境界のペア、前記少なくとも 1 つの外部境
 境のペア、及び前記像側の湾曲 C R 境界のペアにより、前記遮蔽領域の周りに反射されて
 、前記物体からの前記光が前記遮蔽領域を透過したかに見えるように前記物体の像が前記
 クローキングデバイスアセンブリの前記像側に形成される、
 クローキングデバイスアセンブリ。

[例 1 3]

前記少なくとも 1 つの外部境界のペアは、物体側の外部湾曲境界のペア及び像側の外部湾
 曲境界のペアを含み、前記物体側の外部湾曲境界のペアのそれぞれは、前記物体側の湾曲
 C R 境界のペアの前記外向きミラー表面のうちの一方に近接しつつ対向して配置された内
 向きミラー表面を含み、前記像側の外部湾曲境界のペアのそれぞれは、前記像側の湾曲 C
 R 境界のペアの前記外向きミラー表面のうちの一方に近接しつつ対向して配置された内向
 きミラー表面を含む、例 1 2 に記載のクローキングデバイスアセンブリ。

[例 1 4]

前記物体側の湾曲 C R 境界のペアの向きは、前記クローキングデバイスアセンブリの前記
 物体側に配置される前記物体からの入射光を前記物体側の外部湾曲境界のペアに向けて反
 射するように設定され、前記物体側の外部湾曲境界のペアの向きは、前記物体側の湾曲 C
 R 境界のペアからの光を前記像側の外部湾曲境界のペアに向けて反射するように設定され
 、前記像側の外部湾曲境界のペアの向きは、前記物体側の外部湾曲境界のペアからの光を
 前記像側の湾曲 C R 境界のペアに向けて反射するように設定され、前記像側の湾曲 C R 境
 界のペアの向きは、前記物体側の外部湾曲境界のペアからの光を反射して、前記物体の像
 を前記クローキングデバイスアセンブリの前記像側に形成するように設定される、例 1 3
 に記載のクローキングデバイスアセンブリ。

[例 1 5]

前記少なくとも 1 つの外部境界のペアは外部平面反射境界のペアを含み、前記外部平面反
 射境界のペアのそれぞれは、前記物体側の湾曲 C R 境界のペアの前記外向きミラー表面の
 うちの一方、及び前記像側の湾曲 C R 境界のペアの前記外向きミラー表面のうちの一方に
 対向する内向きミラー表面を含む、例 1 2 に記載のクローキングデバイスアセンブリ。

[例 1 6]

前記少なくとも 1 つの外部境界のペアは、物体側の外部平面反射境界のペア、像側の外部
 平面反射境界のペア、及び中心配置平面反射境界のペアを含み、前記物体側の外部平面反
 射境界のペアのそれぞれは、前記物体側の湾曲 C R 境界のペアの前記外向きミラー表面の
 うちの一方に近接しつつ対向して配置された内向きミラー表面を含み、前記像側の外部平
 面反射境界のペアのそれぞれは、前記像側の湾曲 C R 境界のペアの前記外向きミラー表面
 のうちの一方に近接しつつ対向して配置された内向きミラー表面を含み、前記中心配置平
 面反射境界のペアのそれぞれは、前記物体側の外部平面反射境界のペアの前記内向きミラ
 ー表面のうちの一方と前記像側の外部平面反射境界のペアの前記内向きミラー表面のうち
 の一方との間に配置されつつこれら内向きミラー表面に対向する外向きミラー表面を含む
 、例 1 2 に記載のクローキングデバイスアセンブリ。

[例 1 7]

ビークルに搭載された、クローキングデバイスとピラーとのアセンブリであって、

10

20

30

40

50

A ピラーと、
 クローキングアセンブリであって、
 物体側及び像側と、
 外向きミラー表面及び内向き表面を有する物体側の湾曲遮蔽領域（C R）境界、及び外向きミラー表面及び内向き表面を有する像側の湾曲 C R 境界と、
 前記物体側の湾曲 C R 境界及び前記像側の湾曲 C R 境界の内向き表面により区切られる遮蔽領域であって、前記 A ピラーが前記遮蔽領域内に配置される、前記遮蔽領域と、
 前記物体側の湾曲 C R 境界及び前記像側の湾曲 C R 境界から離間される内向きミラー表面を含む少なくとも 1 つの外部境界と、
 を含む、クローキングアセンブリと、
 を含み、

前記クローキングデバイスの前記物体側に配置されかつ前記遮蔽領域により遮られる物体からの光が、前記物体側の湾曲 C R 境界、前記少なくとも 1 つの外部境界、及び前記像側の湾曲 C R 境界により、前記 A ピラーの周りに反射されて、前記物体からの前記光が前記 A ピラーを透過したかに見えるように前記物体の像が前記クローキングデバイスの前記像側に形成される、

アセンブリ。

[例 18]

前記少なくとも 1 つの外部境界は、物体側の外部湾曲境界及び像側の外部湾曲境界を含み、前記物体側の外部湾曲境界は、前記物体側の湾曲 C R 境界の前記外向きミラー表面に近接しつつ対向して配置された内向きミラー表面を含み、前記像側の外部湾曲境界は、前記像側の湾曲 C R 境界の前記外向きミラー表面に近接しつつ対向して配置された内向きミラー表面を含む、例 17 に記載のクローキングデバイス。

[例 19]

前記少なくとも 1 つの外部境界は外部平面反射境界を含み、前記外部平面反射境界は、前記物体側の湾曲 C R 境界の前記外向きミラー表面及び前記像側の湾曲 C R 境界の前記外向きミラー表面に対向する内向きミラー表面を含む、例 17 に記載のクローキングデバイス。

[例 20]

前記少なくとも 1 つの外部境界は、物体側の外部平面反射境界、像側の外部平面反射境界、及び中心配置平面反射境界を含み、前記物体側の外部平面反射境界は、前記物体側の湾曲 C R 境界の前記外向きミラー表面に近接しつつ対向して配置された内向きミラー表面を含み、前記像側の外部平面反射境界は、前記像側の湾曲 C R 境界の前記外向きミラー表面に近接しつつ対向して配置された内向きミラー表面を含み、前記中心配置平面反射境界は、前記物体側の外部平面反射境界の前記内向きミラー表面と前記像側の外部平面反射境界の前記内向きミラー表面との間に配置されつつこれら内向きミラー表面に対向する外向きミラー表面を含む、例 17 に記載のクローキングデバイス。

10

20

30

40

50

〔 囮 面 〕

【 四 1 】

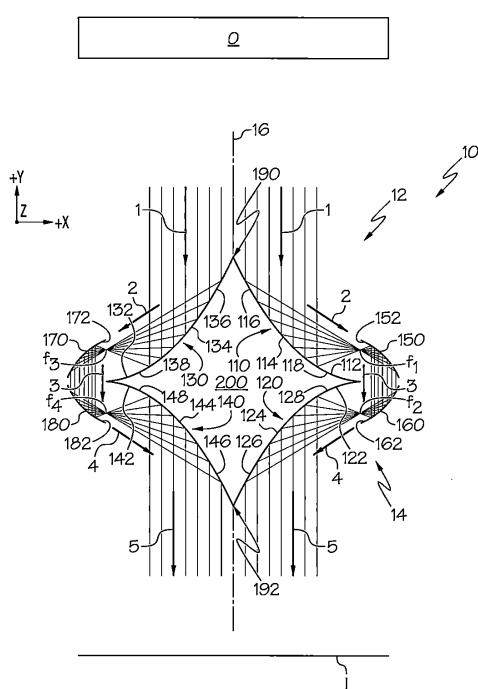


FIG. 1

【図2】

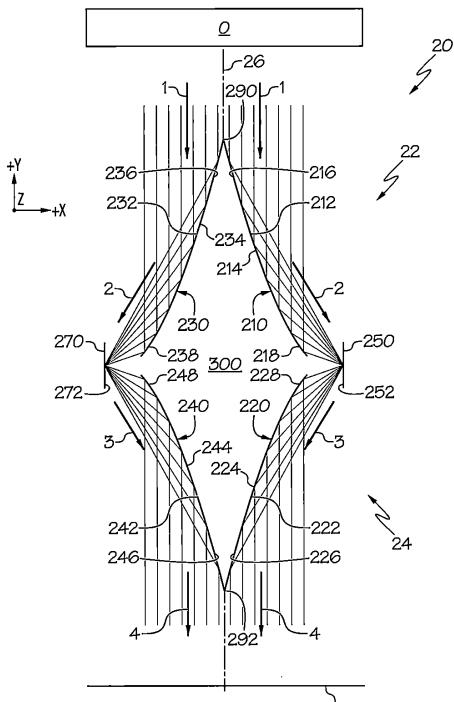


FIG. 2

【図3】

【図4】

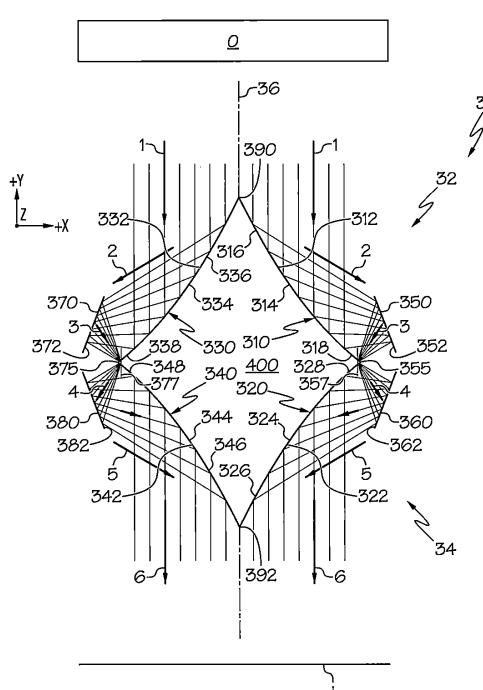


FIG. 3

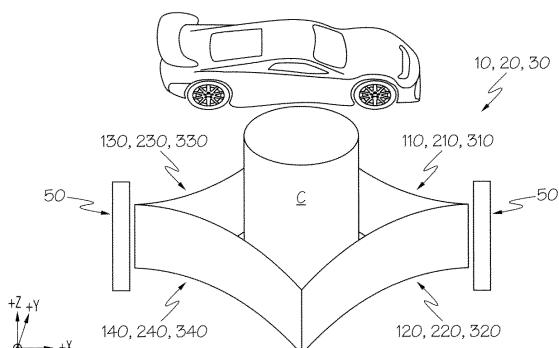
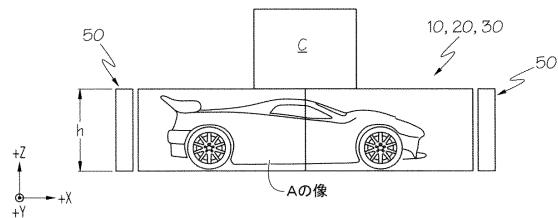


FIG. 4

【図 5】



【図 6】

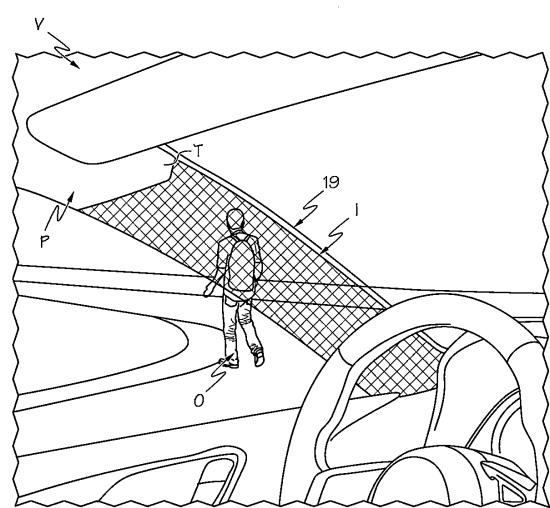


FIG. 6

20

【図 7 A】

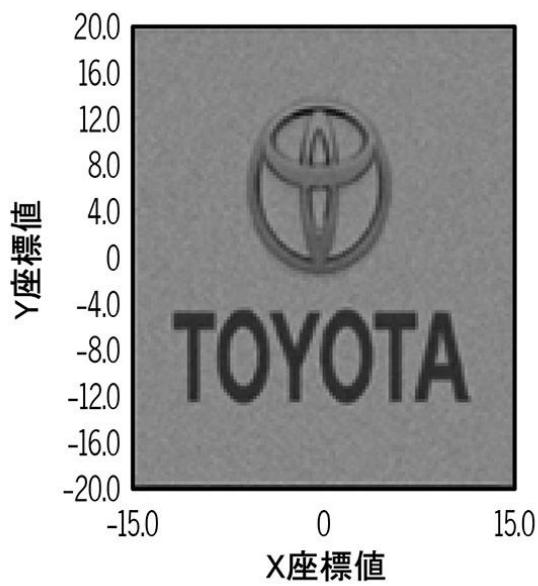


FIG. 7A

【図 7 B】

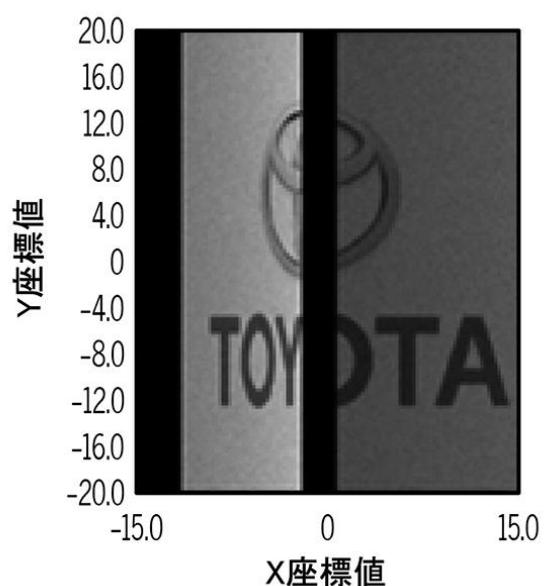


FIG. 7B

30

40

50

【図 7 C】

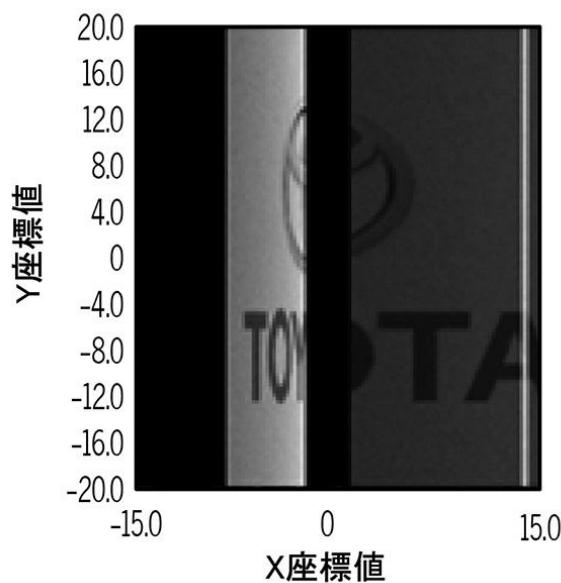


FIG. 7C

【図 7 D】

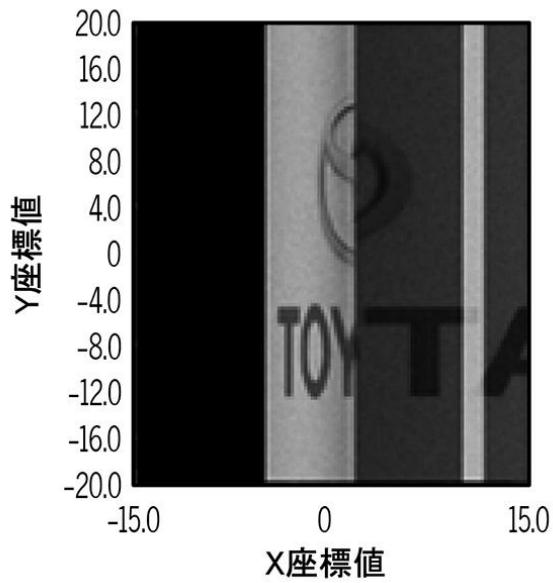


FIG. 7D

10

20

【図 8 A】

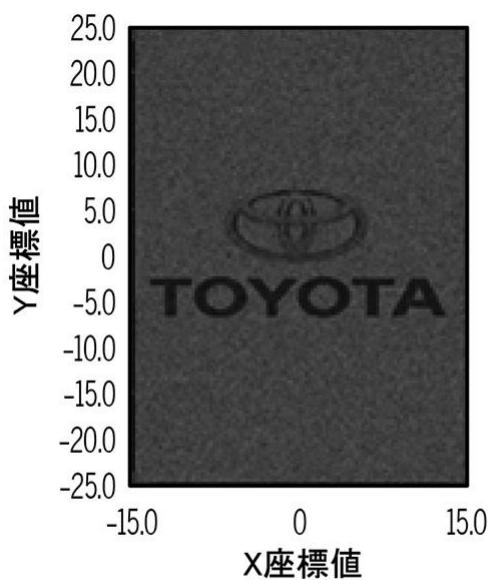
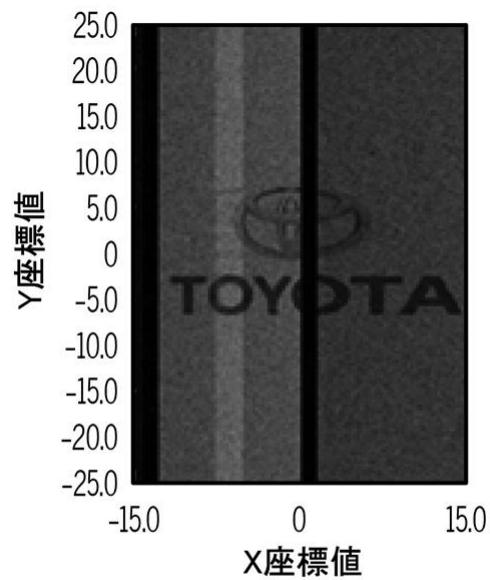


FIG. 8A

【図 8 B】



30

40

FIG. 8B

50

【図 8 C】

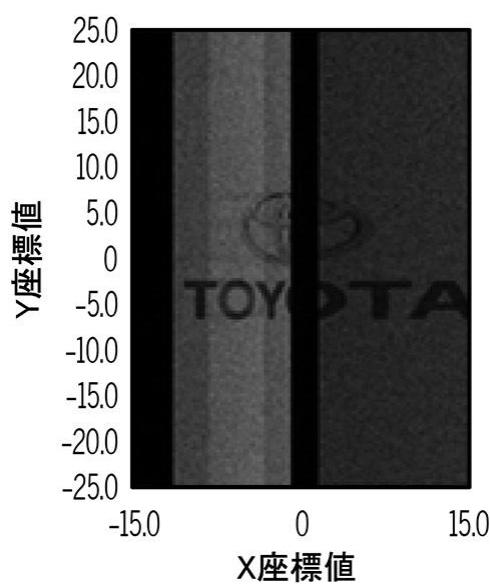


FIG. 8C

【図 8 D】

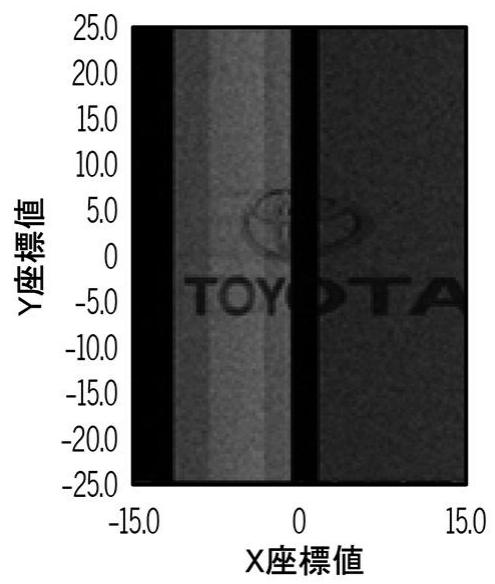


FIG. 8D

10

20

【図 9 A】

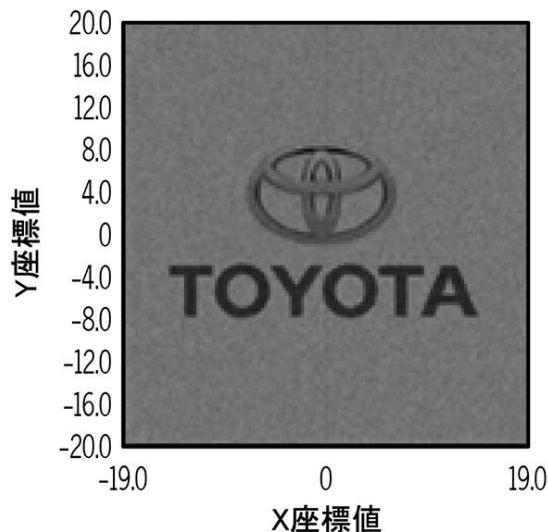


FIG. 9A

【図 9 B】

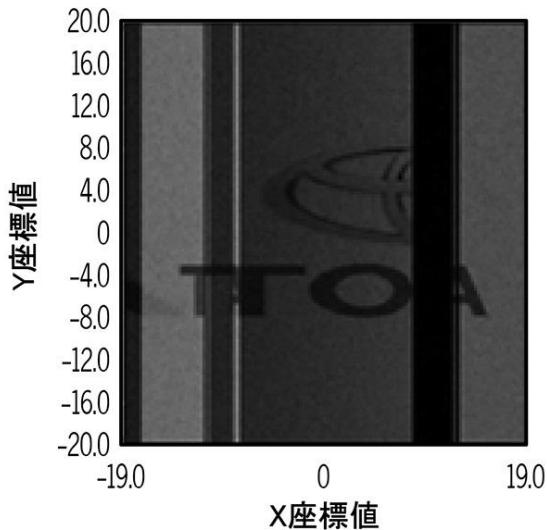


FIG. 9B

30

40

50

【図 9 C】

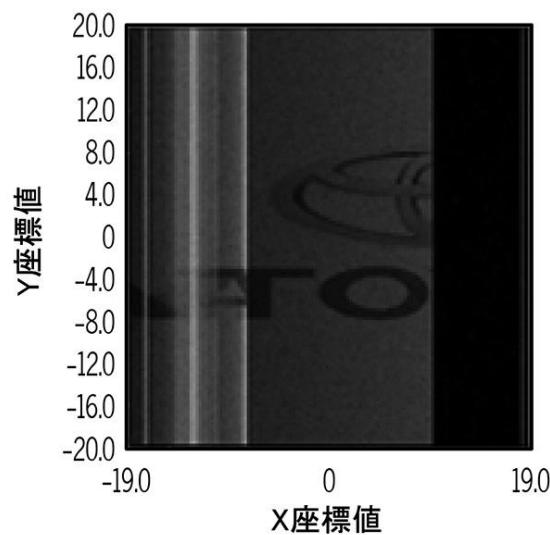


FIG. 9C

【図 9 D】

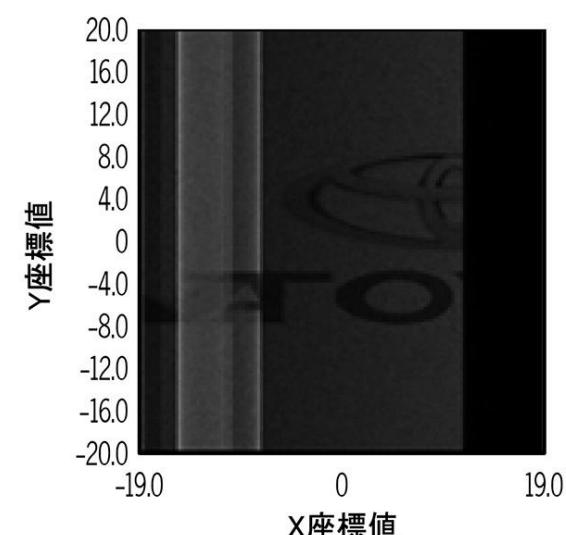


FIG. 9D

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(74)代理人 100123593
弁理士 關根 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 48105, アナーバー, ナタリー レーン 1413, アパートメン
ト 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 浅野 麻木

(56)参考文献 特開2010-139997 (JP, A)
特開平06-214318 (JP, A)
国際公開第00/048033 (WO, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B60R 1/04
G02B 5/10
G02B 17/06