

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-204924

(P2006-204924A)

(43) 公開日 平成18年8月10日(2006.8.10)

(51) Int.Cl.		F I			テーマコード (参考)
<b>A 6 1 B</b>	<b>1/00</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>A 6 1 B</b>	<b>1/00</b>	<b>3 O O Y</b>
<b>G O 2 B</b>	<b>23/26</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G O 2 B</b>	<b>23/26</b>	<b>C</b>
					<b>2 H O 4 O</b>
					<b>4 C O 6 1</b>

審査請求 有 請求項の数 36 O L 外国語出願 (全 43 頁)

(21) 出願番号	特願2006-21307 (P2006-21307)	(71) 出願人	505414986
(22) 出願日	平成18年1月30日 (2006.1.30)		カール・ストーツ・デベロップメント・コーポレーション
(31) 優先権主張番号	60/648, 332		アメリカ合衆国・カリフォルニア・93117・ゴレタ・クリモナ・ドライブ・175B
(32) 優先日	平成17年1月28日 (2005.1.28)	(74) 代理人	100064908
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 志賀 正武
(31) 優先権主張番号	11/342, 387	(74) 代理人	100089037
(32) 優先日	平成18年1月27日 (2006.1.27)		弁理士 渡邊 隆
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100108453
			弁理士 村山 靖彦
		(74) 代理人	100110364
			弁理士 実広 信哉

最終頁に続く

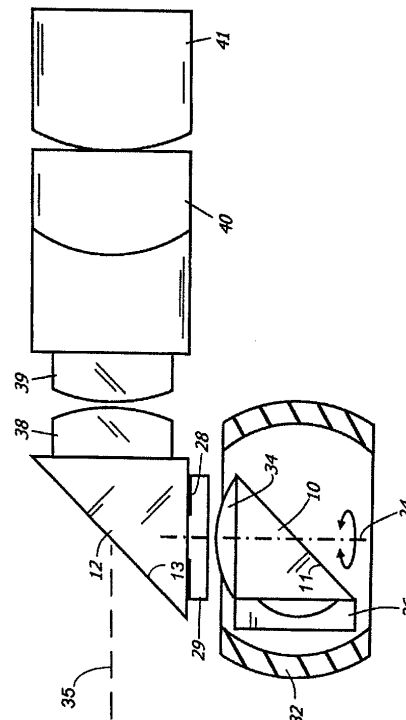
(54) 【発明の名称】 視界方向が可変とされた視界器具のための光学システム

## (57) 【要約】

【課題】 視野方向が可変とされた視界器具のための、大きな走査範囲および大きな視野を提供し得る光学システムを提供すること。

【解決手段】 視界方向が可変とされた視界器具であって、シャフトと；入射光の光学経路を屈折させ得るようシャフトの先端部に配置された第1および第2反射器であるとともに、第1反射器(10)が、シャフトの長手方向軸線から角度的にオフセットされた回転軸線を有し、この回転軸線回りに第1反射器が回転するものとされているような、第1および第2反射器と；開口絞り(28)と；を具備し、第1反射器が、第1反射面(11)を有し、第2反射器(12)が、第2反射面(13)を有し、開口絞りが、光学経路内において、第2反射面に先行した位置に配置されている。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

視界方向が可変とされた視界器具であって、  
先端部と、長手方向軸線と、を有したシャフトと；

入射光の光学経路を屈折させ得るよう前記シャフトの前記先端部に配置された第 1 および第 2 反射器であるとともに、前記第 1 反射器が、前記シャフトの前記長手方向軸線から角度的にオフセットされた回転軸線を有し、この回転軸線回りに前記第 1 反射器が回転するものとされているような、第 1 および第 2 反射器と；

開口絞りと；

を具備し、

前記第 1 反射器が、入射光を受領してこの入射光を前記第 2 反射器に向けて案内する第 1 反射面を有し、

前記第 2 反射器が、前記第 1 反射器からの光を、前記シャフトに沿って案内する第 2 反射面を有し、

前記開口絞りが、光学経路内において、前記第 2 反射面に先行した位置に配置されていることを特徴とする視界器具。

**【請求項 2】**

請求項 1 記載の視界器具において、

前記第 1 反射器の前記回転軸線が、前記シャフトの前記長手方向軸線に対して実質的に垂直であることを特徴とする視界器具。

**【請求項 3】**

請求項 1 記載の視界器具において、

前記第 1 反射器が、前記第 1 反射面によって反射させた光を前記第 1 反射器から出射させるための出射面を有し、

前記第 2 反射器が、前記第 1 反射面からの光を前記第 2 反射器内へと入射させるための入射面を有し、

前記開口絞りが、前記第 1 反射器の前記出射面と、前記第 2 反射器の前記入射面と、の間に配置されていることを特徴とする視界器具。

**【請求項 4】**

請求項 3 記載の視界器具において、

前記開口絞りが、前記第 2 反射器の前記入射面上に配置されていることを特徴とする視界器具。

**【請求項 5】**

請求項 3 記載の視界器具において、

前記開口絞りが、前記第 1 反射器の前記出射面上に配置されていることを特徴とする視界器具。

**【請求項 6】**

請求項 1 記載の視界器具において、

前記開口絞りが、前記第 1 反射面上に配置されていることを特徴とする視界器具。

**【請求項 7】**

請求項 1 記載の視界器具において、

前記第 1 および第 2 反射器が、第 1 および第 2 プリズムを備えていることを特徴とする視界器具。

**【請求項 8】**

請求項 1 記載の視界器具において、

さらに、

前記第 1 反射器に隣接して配置され、入射光を前記第 1 反射器に対して伝達するための発散レンズと；

前記第 1 反射面によって反射された光を前記第 2 反射器に対して伝達するための凸面と

；

10

20

30

40

50

を具備していることを特徴とする視界器具。

【請求項 9】

請求項 8 記載の視界器具において、

前記凸面が、前記第 1 反射器の外表面とされていることを特徴とする視界器具。

【請求項 10】

請求項 8 記載の視界器具において、

さらに、第 1 反射器に隣接して配置された収束レンズを具備し、

この収束レンズが、前記凸面を備えていることを特徴とする視界器具。

【請求項 11】

請求項 10 記載の視界器具において、

前記収束レンズが、平凸レンズとされていることを特徴とする視界器具。

10

【請求項 12】

請求項 8 記載の視界器具において、

前記発散レンズが、前記回転軸線に対して実質的に垂直な光学軸を有していることを特徴とする視界器具。

【請求項 13】

請求項 1 記載の視界器具において、

さらに、前記シャフト内に配置された光学的トレインを具備し、

この光学的トレインが、前記第 2 反射面によって反射された光を受領して伝達するためのものとされていることを特徴とする視界器具。

20

【請求項 14】

請求項 13 記載の視界器具において、

前記光学的トレインが、複数の収束レンズを備えていることを特徴とする視界器具。

【請求項 15】

請求項 1 記載の視界器具において、

さらに、前記第 1 反射器を被覆する視界ウィンドウを具備していることを特徴とする視界器具。

【請求項 16】

請求項 15 記載の視界器具において、

前記視界ウィンドウが、半透明でありかつ前記回転軸線回りにおいて全体的に対称な回転体面を備えていることを特徴とする視界器具。

30

【請求項 17】

請求項 1 記載の視界器具において、

前記シャフトが、内視鏡シャフトであることを特徴とする視界器具。

【請求項 18】

視界方向が可変とされた視界器具であって、

先端部と、長手方向軸線と、を有したシャフトと；

前記シャフトの前記先端部に配置された第 1 および第 2 反射器であるとともに、前記第 1 反射器が、前記シャフトの前記長手方向軸線から角度的にオフセットされた回転軸線を有し、この回転軸線回りに前記第 1 反射器が回転するものとされ、前記第 2 反射器が、反射面を有しているような、第 1 および第 2 反射器と；

40

前記第 1 反射器に向けて入射光を案内するとともに、光を前記第 1 反射器から前記第 2 反射器に向けて案内し、さらに、前記第 2 反射器の前記反射面によって反射された光を、前記シャフトに沿って案内するものとされた、光学経路と；

を具備し、

前記光学経路が、前記第 2 反射器の前記反射面に先行した位置に入射口径を備えていることを特徴とする視界器具。

【請求項 19】

請求項 18 記載の視界器具において、

前記第 1 反射器の前記回転軸線が、前記シャフトの長手方向軸線に対して実質的に垂直

50

であることを特徴とする視界器具。

【請求項 20】

請求項 18 記載の視界器具において、  
さらに、前記光学経路内に配置された開口絞りを具備し、  
前記入射口径が、前記開口絞りによって規定されていることを特徴とする視界器具。

【請求項 21】

請求項 18 記載の視界器具において、  
前記第 1 反射器が、この第 1 反射器から光を出射させるための出射面を有し、  
前記第 2 反射器が、前記第 1 反射面からの光を前記第 2 反射器内へと入射させるための入射面を有し、  
前記光学経路の前記入射口径が、前記第 1 反射器の前記出射面と、前記第 2 反射器の前記入射面と、の間に配置されていることを特徴とする視界器具。

10

【請求項 22】

請求項 21 記載の視界器具において、  
前記入射口径が、前記第 2 反射器の前記入射面のところに配置されていることを特徴とする視界器具。

【請求項 23】

請求項 21 記載の視界器具において、  
前記入射口径が、前記第 1 反射器の前記出射面のところに配置されていることを特徴とする視界器具。

20

【請求項 24】

請求項 18 記載の視界器具において、  
前記第 1 反射器が、反射面を有し、  
前記光学経路の前記入射口径が、前記第 1 反射器の前記反射面のところに配置されていることを特徴とする視界器具。

【請求項 25】

請求項 18 記載の視界器具において、  
前記第 1 および第 2 反射器が、第 1 および第 2 プリズムを備えていることを特徴とする視界器具。

【請求項 26】

請求項 18 記載の視界器具において、  
さらに、  
前記第 1 反射器に隣接して配置され、入射光を前記第 1 反射器に対して伝達するための発散レンズと；  
前記第 1 反射面によって反射された光を前記第 2 反射器に対して伝達するための凸面と；  
を具備していることを特徴とする視界器具。

30

【請求項 27】

請求項 26 記載の視界器具において、  
前記凸面が、前記第 1 反射器の外表面とされていることを特徴とする視界器具。

40

【請求項 28】

請求項 26 記載の視界器具において、  
さらに、第 1 反射器に隣接して配置された収束レンズを具備し、  
この収束レンズが、前記凸面を備えていることを特徴とする視界器具。

【請求項 29】

請求項 28 記載の視界器具において、  
前記収束レンズが、平凸レンズとされていることを特徴とする視界器具。

【請求項 30】

請求項 26 記載の視界器具において、  
前記発散レンズが、前記回転軸線に対して実質的に垂直な光学軸を有していることを特

50

徴とする視界器具。

【請求項 3 1】

請求項 1 8 記載の視界器具において、  
さらに、前記シャフト内に配置された光学的トレインを具備し、  
この光学的トレインが、前記第 2 反射面によって反射された光を受領して伝達するためのものとされていることを特徴とする視界器具。

【請求項 3 2】

請求項 3 1 記載の視界器具において、  
前記光学的トレインが、複数の収束レンズを備えていることを特徴とする視界器具。

【請求項 3 3】

請求項 1 8 記載の視界器具において、  
さらに、前記第 1 反射器を被覆する視界ウィンドウを具備していることを特徴とする視界器具。

【請求項 3 4】

請求項 3 3 記載の視界器具において、  
前記視界ウィンドウが、半透明でありかつ前記回転軸線回りにおいて全体的に対称な回転体を備えていることを特徴とする視界器具。

【請求項 3 5】

請求項 1 8 記載の視界器具において、  
前記シャフトが、内視鏡シャフトであることを特徴とする視界器具。

【請求項 3 6】

視界方向が可変とされた視界器具であって、  
先端部と、長手方向軸線と、を有したシャフトと；  
前記シャフトの前記先端部に配置された第 1 および第 2 反射器であるとともに、前記第 1 反射器が、前記シャフトの前記長手方向軸線から角度的にオフセットされた回転軸線を有し、この回転軸線回りに前記第 1 反射器が回転するものとされているような、第 1 および第 2 反射器と；  
前記シャフト内に配置された光学的トレインと；  
前記第 1 反射器に向けて入射光を案内するとともに、光を前記第 1 反射器から前記第 2 反射器に向けて案内し、さらに、前記第 2 反射器の前記反射面によって反射された光を、  
前記シャフトに沿って案内するものとされた、光学経路と；  
を具備し、  
前記光学経路が、前記第 2 反射器の前記反射面に先行した位置に入射口径を備えていることを特徴とする視界器具。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、米国特許法第 1 1 9 ( e ) 条に基づき、2 0 0 5 年 1 月 2 8 日付けで出願された特許文献 1 の優先権を主張するものである。

【0002】

本発明は、例えば患者の体内の外科サイトといったような小さな領域内において、広い視野角度を得るために装置に関するものである。より詳細には、本発明は、視野方向が可変とされた例えば内視鏡といったような視界器具のための対物レンズ光学システムに関するものである。

【背景技術】

【0003】

例えば内視鏡といったような視界器具は、当該技術分野においては周知である。一般に、内視鏡は、体内通路あるいは体内キャビティ内へと挿入することによって、患者の体内のサイトのところにおいて、操作者が見ることを可能としたり、また、操作者がある種の外科的処置を行うことを可能としたり、するような医療デバイスである。公知のように、

10

20

30

40

50

内視鏡は、剛直なものともまたフレキシブルなものともすることができ、また、一般に、長いチューブ状部材を備えている。この長いチューブ状部材は、例えば、使用者に対して画像を伝達し得るようなあるタイプのシステムを備えている。長いチューブ状部材は、また、場合によっては、外科手術器具のための動作チャンネルを備えている。内視鏡は、患者の外部に配置された基端部を備えている。この基端部から、操作者は、サイトを見ることができ、また、外科手術器具を操作することができる。内視鏡は、さらに、先端部を備えている。先端部には、患者の体内キャビティの中へと挿入するための内視鏡先端が形成されている。

#### 【0004】

一般に、これら器具においては、いくつかの形態の対物レンズシステムを使用している。対物レンズシステムは、例えば光ファイバ束やリレーレンズといったようないくつかの形態の画像ガイド上に、画像を焦点合わせする。これにより、患者の体内キャビティの内部からの画像を、内視鏡の基端部のところに位置した使用者の目に対して、あるいは、その後モニター上に表示したりおよび/または画像取得デバイス上に貯蔵したりし得るよう、内視鏡に対して同様に連結されたカメラに対して、伝達していた。一般に、これら対物レンズ光学システムは、視野を最大化することと、画像品質を最大化することと、画像ガイドに対してテレセントリック的に画像伝達を行うことと、システムのサイズおよびコストを最小化することと、を同時に達成することを試みる。

#### 【0005】

例えば、Nakahashi 氏による特許文献 2 には、コンパクトで安価なアセンブリにおいて広い視野を提供するのに非常に効果的なものとされたテレセントリック構成を備えた対物レンズ光学システムが開示されている。多数の逆焦点合わせする光学システムが提案されており、例えば、Yamashita 氏他による特許文献 3 や、Yamashita 氏他による特許文献 4 や、Yamashita 氏による特許文献 5 や、Nisioka 氏による特許文献 6 や、Nagaoka 氏による特許文献 7、に開示されている。しかしながら、これらすべての開示は、視野方向が固定された内視鏡のための対物レンズシステムに関するものであって、視野方向が可変とされた内視鏡に関しては、適切なものではない。

#### 【0006】

視野方向が可変とすることの動作原理は、Hoeg氏他による特許文献 8 に開示されている。この文献の記載内容は、参考のため、その全体がここに組み込まれる。一般に、そのような視野は、少なくとも 2 つの自由度を有している付随的視界を備えた視界ベクトルを備えている。第 1 の自由度により、内視鏡シャフトの長手方向軸線回りにおける視界ベクトルの回転が可能とされる。これにより、視界ベクトルを、緯度方向内において走査することができる。また、第 2 の自由度により、視野ベクトルは、長手方向軸線に垂直な軸線回りに回転することができる。これにより、視野ベクトルを、経度方向において走査することができる。場合によっては、第 3 の自由度を、利用することができる。

#### 【0007】

互いに隣接配置された固定プリズムと可動プリズムとを使用することによって視野方向を可変とした多くの内視鏡が、提案されている。例えば、Kanehira氏他による特許文献 9 や、Forkner 氏による特許文献 10 や、Schara氏他による特許文献 11 や、Hoeg氏による特許文献 12、13 や、Ramsbottom氏による特許文献 14、に開示されている。

#### 【0008】

基本的な 2 重反射器システムの典型的な例が、図 1 A において概略的に示されている。通常はプリズムとされる回転可能な反射器 10 が、同様にプリズムとされる固定反射器 12 に対して、受領光を反射する。固定反射器 12 は、さらに、光を、光学的トレイン 14 へと反射させ、観測者へと伝達する。このようにして、反射器 10、12 は、3 つのセグメント 16、18、20 を含む光学経路を規定する。視界ベクトル 22 は、第 1 光学経路セグメント 16 に一致して、存在している。第 2 光学経路セグメント 18 に一致した回転軸線 24 回りに回転可能プリズム 10 を回転させることによって、視界ベクトル 22 を、回転軸線 24 に対して垂直な平面（つまり、紙面に対して垂直な平面）内において、掃引

10

20

30

40

50

することができる。この構成は、光学的にコンパクトなものであるにしても、回転プリズム 10 と可動プリズム 12 とだけを使用していることにより、視界が許容し得ないくらいに狭いものであり、テレセントリックでもない。

#### 【0009】

したがって、視野を改良し得るよう、追加的な光学的機構を使用した基本的な 2 重反射器構成の改良バージョンが、提案された。そのようなシステムの一例が、図 1 B に示されている。図示されているように、この構成は、単純な逆焦点合わせ構成を備えている。この逆焦点合わせ構成は、発散レンズ 26 と、固定プリズム 12 の反射面上に配置された開口絞り 28 と、収束レンズグループ 30 と、から構成されている。この構成は、改良された視野を提供するものの、なおもテレセントリックでなく、色および幾何形状に関しての十分な修正をもたらすものではなく、回転プリズム 10 の増大したサイズによって証拠づけられるように、最適にコンパクトなものではない。加えて、回転プリズム 10 がレンズグループ 30 によって妨害されることとなることのために、増大したプリズムサイズは、走査範囲を制限する。最後に、固定プリズム 12 の反射面（つまり、傾斜面）は、開口絞り 28 のための最適の場所ではない。

10

#### 【0010】

したがって、これらシステムによって示された継続的な課題は、この種の 2 重反射器構成に対して適切に適合する適切な対物レンズ光学システムを製造することである。同時に、特別の対物レンズシステムの性能に加えて、回転プリズムと固定プリズムとその他の使用部材とから構成された光学系が占有するスペースを最小化したいという恒常的な要望が、存在する。それは、一般に、挿入および引き抜きを容易なものとし得るよう、スコープの直径をできる限り小さなものとしたいという要望があるからである。例えば上述したものとといったような 2 重プリズム構成においては、スコープの長手方向軸線に対して直交して並置された 2 つのプリズムを使用していることにより、スコープの直径は、通常、多少大きなものとなる。

20

#### 【0011】

したがって、テレセントリックという利点や、大きな走査範囲という利点や、大きな視野という利点や、コスト的に有利な方法で良好な画像品質を有しているという利点、を提供しつつ、光学系のサイズを最小化し得るようにして、システムを構成することが望ましい。現在まで、それら興味が多くの場合矛盾することにより、実施が困難であった。例えば、光学部材のサイズを低減させると、典型的には、システム内に導入される光の量が減少し、このことは、画像の輝度に悪影響を与える。他の例として、視野を増大させた場合には、典型的には、光学的収差を悪化させ、画像品質を低下させてしまう。

30

#### 【0012】

そのような器具の光学システムにおける多くの重要な構成パラメータのうちの 1 つは、入射口径である。そこでは、光ビームの直径が最小である。入射口径のところにおいては、また、開口絞りを最適に配置することができ、これにより、画像の状況を最適化し得るとともに、画像の輝度を最良に制御することができ、さらに、他の画像品質パラメータを最良に制御することができる。上記において提案された構成の大部分は、光学システム内における入射口径や開口絞りの位置には一切言及していない。例えば Ramsbottom 氏による構成は、明らかに、固定反射器の反射面のところに、入射口径と、付随する開口絞りと、を有している。これは理想的ではない。なぜなら、このような開口絞りの位置は、システムのサイズと性能との双方に悪影響を及ぼすからである。システムは、システムの両サイドにおいて、より大きな直径の光フローを受領し得るよう構成すべきである。

40

#### 【0013】

したがって、視野方向が可変とされた視界器具のための、視野を最大化し得る光学システムが要望されている。さらに、視野方向が可変とされた視界器具のための、画像品質を最大化し得るとともに画像ガイドに対してテレセントリックな画像伝達を供給し得るような光学システムが要望されている。また、視野方向が可変とされた視界器具のための、器具のサイズおよびコストの双方を最小化し得るような光学システムが要望されている。

50

- 【特許文献1】米国特許予備出願第60/648,332号明細書  
【特許文献2】米国特許第4,354,734号明細書  
【特許文献3】米国特許第4,037,938号明細書  
【特許文献4】米国特許第4,042,295号明細書  
【特許文献5】米国特許第4,059,344号明細書  
【特許文献6】米国特許第4,662,725号明細書  
【特許文献7】米国特許第6,256,155号明細書  
【特許文献8】米国特許出願第2005/0054895号明細書  
【特許文献9】米国特許第3,880,148号明細書  
【特許文献10】米国特許第4,697,577号明細書  
【特許文献11】米国特許第6,648,817号明細書  
【特許文献12】独国特許出願公開第29907430号明細書  
【特許文献13】国際公開第99/42028号パンフレット  
【特許文献14】国際公開第01/22865号パンフレット

10

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0014】

したがって、本発明の目的は、視野方向が可変とされた視界器具のための、大きな走査範囲および大きな視野を提供し得る光学システムを提供することである。

【0015】

20

本発明の他の目的は、視野方向が可変とされた視界器具のための、器具直径を無用に増大させてしまうような大きな反射器を使用していない光学システムを提供することである。

【0016】

本発明のさらに他の目的は、器具直径を無用に増大させてしまうような多数の光学部材を必要としない光学システムを提供することである。

【0017】

本発明のなお他の目的は、視野方向が可変とされた視界器具のための、光学部材のサイズを減少させることがなくこれにより入射光量を無用に低減させることがなく画像の輝度に悪影響を及ぼさないような光学システムを提供することである。

30

【0018】

本発明のまた別の目的は、視野方向が可変とされた視界器具のための、テレセントリックな画像伝達を行い得るような光学システムを提供することである。

【0019】

従来技術における上記様々な欠点を克服し得るよう、また、上記目的や利点の少なくともいくつかを達成し得るよう、本発明は、視界方向が可変とされた視界器具であって、先端部と、長手方向軸線と、を有したシャフトと；入射光の光学経路を屈折させ得るようシャフトの先端部に配置された第1および第2反射器であるとともに、第1反射器が、シャフトの長手方向軸線から角度的にオフセットされた回転軸線を有し、この回転軸線回りに第1反射器が回転するものとされているような、第1および第2反射器と；開口絞りと；を具備し、第1反射器が、入射光を受領してこの入射光を第2反射器に向けて案内する第1反射面を有し、第2反射器が、第1反射器からの光を、シャフトに沿って案内する第2反射面を有し、開口絞りが、光学経路内において、第2反射面に先行した位置に配置されている視界器具を提供する。

40

【0020】

このような実施形態のうちのいくつかにおいては、第1および第2反射器は、第1および第2プリズムを備えている。

【0021】

ある種の実施形態においては、第1反射器が、第1反射面によって反射させた光を第1反射器から出射させるための出射面を有し、第2反射器が、第1反射面からの光を第2反

50



射器内へと入射させるための入射面を有し、開口絞りが、第 1 反射器の出射面と、第 2 反射器の入射面と、の間に配置されている。いくつかの実施形態においては、開口絞りが、第 2 反射器の入射面上に配置される。また、いくつかの実施形態においては、開口絞りが、第 1 反射器の出射面上に配置される。ある種の実施形態においては、開口絞りが、第 1 反射面上に配置される。

【 0 0 2 2 】

これらの実施形態のうちのいくつかにおいては、発散レンズが、第 1 反射器に隣接して配置され、この発散レンズを通して、入射光が、第 1 反射器に対して伝達され、凸面を通して 第 1 反射面によって反射された光が、第 2 反射器に対して伝達される。

【 0 0 2 3 】

他の実施形態においては、本発明は、視界方向が可変とされた視界器具であって、先端部と、長手方向軸線と、を有したシャフトと；シャフトの先端部に配置された第 1 および第 2 反射器であるとともに、第 1 反射器が、シャフトの長手方向軸線から角度的にオフセットされた回転軸線を有し、この回転軸線回りに第 1 反射器が回転するものとされ、第 2 反射器が、反射面を有しているような、第 1 および第 2 反射器と；第 1 反射器に向けて入射光を案内するとともに、光を第 1 反射器から第 2 反射器に向けて案内し、さらに、第 2 反射器の反射面によって反射された光を、シャフトに沿って案内するものとされた、光学経路と；を具備し、光学経路が、第 2 反射器の反射面に先行した位置に入射口径を備えている視界器具を提供する。

【 0 0 2 4 】

さらに他の実施形態においては、本発明は、視界方向が可変とされた視界器具であって、先端部と、長手方向軸線と、を有したシャフトと；シャフトの先端部に配置された第 1 および第 2 反射器であるとともに、第 1 反射器が、シャフトの長手方向軸線から角度的にオフセットされた回転軸線を有し、この回転軸線回りに第 1 反射器が回転するものとされているような、第 1 および第 2 反射器と；シャフト内に配置された光学的トレインと；

第 1 反射器に向けて入射光を案内するとともに、光を第 1 反射器から第 2 反射器に向けて案内し、さらに、第 2 反射器の反射面によって反射された光を、シャフトに沿って案内するものとされた、光学経路と；を具備し、光学経路が、第 2 反射器の反射面に先行した位置に入射口径を備えている視界器具を提供する。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 5 】

図 1 A および図 1 B は、従来技術による光学システムを示す側面図である。

【 0 0 2 6 】

図 2 は、視界器具のための本発明による光学システムを示す一部断面を含む側面図である。

【 0 0 2 7 】

図 3 A は、図 2 の光学システムにおける視界ウィンドウを示す斜視図である。

【 0 0 2 8 】

図 3 B は、視界器具のうちの、図 2 の光学システムを使用している部分を示す斜視図である。

【 0 0 2 9 】

図 4 A は、従来技術による光学システムを示す側面図である。

【 0 0 3 0 】

図 4 B は、図 4 A の光学システムにおける展開光学経路を概略的に示す図である。

【 0 0 3 1 】

図 4 C は、図 2 の光学システムに関する追加的な詳細を示す側面図である。

【 0 0 3 2 】

図 4 D は、図 4 C の光学システムにおける展開光学経路を概略的に示す図である。

【 0 0 3 3 】

図 4 E は、図 2 の光学システムに関する追加的な詳細を示す側面図である。

## 【 0 0 3 4 】

図 4 F は、図 4 E の光学システムにおける展開光学経路を概略的に示す図である。

## 【 0 0 3 5 】

図 5 は、図 2 の光学システムによって形成された複数の展開光学経路を概略的に示す図である。

## 【 0 0 3 6 】

本発明に基づく視野方向が可変とされた視界器具のための光学システムの一実施形態における基本的構成部材が、図 2 および図 3 に示されている。本明細書においては、『頂』、『底』、『上』、『下』、『上方』、『下方』、『直上』、『直下』、『上に』、『下に』、『上向き』、『下向き』、『上側』、『下側』、『前』、『後』、『前方』、『後方』、『前向き』、『後ろ向き』といった用語は、参照した目的に関して、図面上において図示された向きを表している。本発明の目的を得るに際しては、そのような向きに制限されることはない。

10

## 【 0 0 3 7 】

図 2 に示すように、対象物側から説明すれば、この光学システムは、ゼロという光出力（あるいは、現在の製造技術において可能であるような、ゼロに近いもの）を有した球状の視界ウィンドウ 3 2 と、負の屈折力を有した第 1 レンズ 2 6 と、第 1 反射器 1 0 と、正の屈折力を有した第 2 レンズ 3 4 と、取付部材 2 9（弱い正の光出力を有したものとして構成することができる）の背面上に設置された開口絞り 2 8 と、第 2 反射器 1 2 と、正の屈折力を有した一組をなす第 3 レンズ 3 8 および第 4 レンズ 3 9 と、ダブレット 4 0 と、正の屈折力を有したフィールドレンズ 4 1 と、を備えている。

20

## 【 0 0 3 8 】

第 1 反射器は、回転軸線 2 4 回りに回転するプリズム 1 0 を備えることができる。ある種の有利な実施形態においては、回転軸線 2 4 は、シャフト 3 3 の長手方向軸線 3 5 に対して実質的に垂直なものとされる。プリズム 1 0 は、固定プリズム 1 2 を備え得る第 2 反射器に対して導入光を案内する第 1 反射面 1 1 を有している。次に、第 2 プリズム 1 2 は、第 1 反射器 1 0 からの光を、シャフト内の光学的トレイン 3 8, 3 9, 4 0, 4 1 へと案内するような、第 2 反射面 1 3 を有している。加えて、収束レンズ 3 4 は、個別の平凸レンズとして図示されているけれども、他の構成も可能である。例えば、凸面を、第 1 プリズム 1 0 の出射面とすることができる。同様に、光学的トレイン 3 8, 3 9, 4 0, 4 1 に関する他の構成も可能である。

30

## 【 0 0 3 9 】

視界ウィンドウ 3 2 が、図 3 A および図 3 B において、詳細に図示されている。視界ウィンドウ 3 2 は、流体やダストから光学システムをシールするものであって、基本的に、回転軸線 2 4 回りにおける回転面であり、例えばガラスやサファイアといったような剛直な材料層を備えている。ウィンドウ 3 2 は、一般に、視界ベクトル 2 2 の走査平面 4 4 に関して対称である。また、ウィンドウ 3 2 の形状のために、ウィンドウ 3 2 によって、視界ベクトル 2 2 は、走査平面 4 4 内の全体にわたって完全に回転することができる。これにより、360°という視野 4 2 にわたって走査することができる。

## 【 0 0 4 0 】

ウィンドウ 3 2 は、全体的な球形を有している。このことは、歪みや他の画像劣化要因を最小化することを補助する。なぜなら、ウィンドウ 3 2 を介して光学システム内へと導入される主要な光線が、ウィンドウの外表面に対して一般的に垂直なものとなるからであり、これにより、屈折が最小となるからである。ウィンドウ 3 2 が球形であることのために、この状況は、360°全体にわたって完全に維持することができる。しかしながら、ある種の他の実施形態においては、例えば円筒形状といったような他のウィンドウ形状を使用することが望ましい場合もあり得ることに、注意されたい。

40

## 【 0 0 4 1 】

図 4 A ~ 図 4 F は、与えられた直径に対しての様々な入射口径およびこれに伴う開口絞りに関してのシステムの幾何形状および視野を示している。まず最初に、図 4 A および図

50

4 Bに示すように、開口絞り28が、固定プリズム12の反射面上に配置されている（この構成は、従来技術において提案されている）。上述したように、この入射口径は、本来的な問題点を有しており、利用可能なスペースを最適に使用することができない。このことは、図4 Bに示すような展開光学経路の概略図によって示されている。図4 Bは、一組をなす限界光線46を通過させる正方形としてそれぞれ表されているような、回転プリズム10および固定プリズム12を示している。開口絞り28の位置により、光学経路を収容するためには、回転プリズム10を大きなものとせざるを得ず、このため、回転可能プリズム10の揺動範囲を制限することになったり、あるいは、光学的トレイン14のサイズおよび処理能力を制限することになったり、する。プリズム10の増大したサイズは、また、大きな容量の走査を引き起こし、これにより、より大きな視界ウィンドウ32を必要とする。さらに、対物レンズシステムがテレセントリックであるべきであることにより、光学的トレイン14は、固定プリズム12の側面と比較して、より大きな直径を有する必要がある。これにより、光学的トレイン14は、典型的には、器具の全体的直径を制限し得るよう可能であればスペースを最小化し得るよう、その直径に制限されることとなる。それは、たとえ光学部材のサイズのこの減少が、うまくないことに、入射光量を低減させることになって、画像の輝度に悪影響を及ぼしても、行われるであろう。

10

20

30

40

50

#### 【0042】

したがって、図4 C～図4 Dに示すように、本発明のある有利な実施形態においては、開口絞り28は、回転可能プリズム10の反射面上に配置される。この位置は、視野を維持するためには、より大きな固定プリズム12を必要とする。しかしながら、この構成は、回転可能プリズム10を最小化することを可能とする。したがって、必要とされるスペースの全体は、固定プリズム12に向けてシフトされ、これにより、光学的トレイン14の直径を最大とすることを可能とする。

#### 【0043】

これに代えて、回転可能プリズム10を小さなものとして形成するのには限界が存在することにより、また、反射面上に入射口径を配置することがないよう、いくつかの有利な実施形態においては、開口絞り28は、プリズム10の出射面と、プリズム12の入射面と、の間に、配置される。したがって、開口絞り28は、図4 Eおよび図4 Fに示すように、プリズム10, 12の対向面上に配置することができる、あるいは、それら対向面どうしの中間に配置することができる。これにより、双方のプリズム10, 12を、同じサイズのものとすることができ、全体として最小の直径とすることができ、このように、入射口径を、光学経路内において、第2プリズム12の反射面に先行するポイントのところに配置することにより、器具の直径を最小化しつつ、画像品質を維持することができる。

#### 【0044】

図5は、図2に示す対物レンズシステムを通しての、青、緑、黄、赤という主要光線48, 49, 50, 51に関する展開光学経路を示している。第1レンズ26は、光学的屈折面11に関して展開して示すように、回転可能プリズム10を通過する光学的フィールドを『凝縮する』。この構成は、光学的リレーシステムの直径をより小さなものとすることを可能としつつ、広い視野を形成する。主要な光線48, 49, 50, 51は、取付部材29と固定プリズム12（屈折面13を有している）との間の境界のところに、交差ポイント36を有している。一連をなす複数のレンズ38, 39, 40, 41は、フィールドレンズ41のうちの、主要な光線48, 49, 50, 51が互いに平行となるような出射面上において画像が形成される前に、画像特性（解像度、コントラスト、被写界深度、歪み、変調伝達関数）を最大とするように光学的信号を調整する。対物レンズシステムのこのテレセントリックな特性は、光が対物レンズシステムを離れて画像ガイド（図示せず）内へと移動する際に発生する伝達損失を最小化する。このようにして、本発明は、2つのプリズムを使用して視野方向を可変とした内視鏡のための逆焦点合わせ型のテレセントリックな対物レンズ光学システムを提供するものであって、構成をコンパクトなものとし得るとともに、画質を高品質なものとし、さらに、連続的な360°の視野

を提供することができ、さらに、許容可能な大きな視野を提供することができる。

【 0 0 4 5 】

上記説明が例示に過ぎず、本発明を限定するものではないこと、また、本発明の精神を逸脱することなく、当業者に自明の修正を行い得ることは、理解されるであろう。したがって、本発明の範囲を規定するに際しては、上記説明ではなく、特許請求の範囲が使用されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 6 】

【図 1 A】従来技術による光学システムを示す側面図である。

【図 1 B】従来技術による光学システムを示す側面図である。

10

【図 2】視界器具のための本発明による光学システムを示す一部断面を備える側面図である。

【図 3 A】図 2 の光学システムにおける視界ウィンドウを示す斜視図である。

【図 3 B】視界器具のうちの、図 2 の光学システムを使用している部分を示す斜視図である。

【図 4 A】従来技術による光学システムを示す側面図である。

【図 4 B】図 4 A の光学システムにおける展開光学経路を概略的に示す図である。

【図 4 C】図 2 の光学システムに関する追加的な詳細を示す側面図である。

【図 4 D】図 4 C の光学システムにおける展開光学経路を概略的に示す図である。

20

【図 4 E】図 2 の光学システムに関する追加的な詳細を示す側面図である。

【図 4 F】図 4 E の光学システムにおける展開光学経路を概略的に示す図である。

【図 5】図 2 の光学システムによって形成された複数の展開光学経路を概略的に示す図である。

【符号の説明】

【 0 0 4 7 】

1 0 第 1 反射器、プリズム、回転可能プリズム

1 1 第 1 反射面

1 2 第 2 反射器、プリズム、固定プリズム

1 3 第 2 反射面

2 2 視界ベクトル

30

2 4 回転軸線

2 6 第 1 レンズ

2 8 開口絞り

2 9 取付部材

3 2 視界ウィンドウ

3 3 シャフト

3 4 第 2 レンズ

3 5 長手方向軸線

3 8 第 3 レンズ

3 9 第 4 レンズ

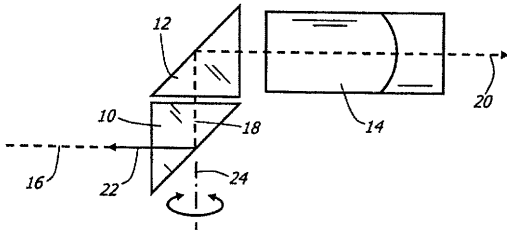
40

4 0 ダブルレット

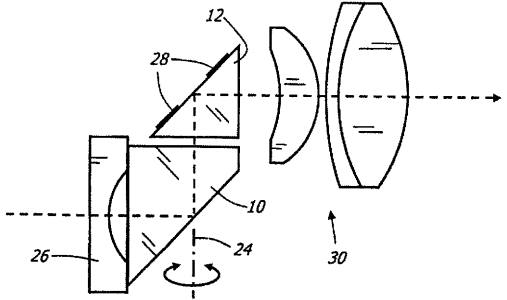
4 1 フィールドレンズ

4 4 走査平面

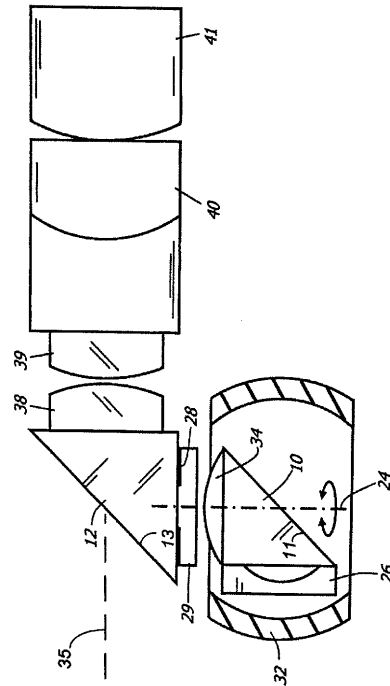
【図 1 A】



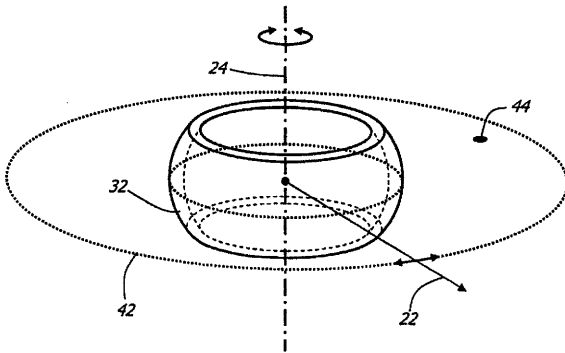
【図 1 B】



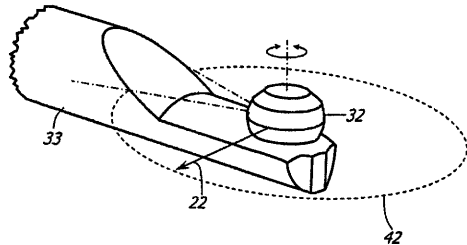
【図 2】



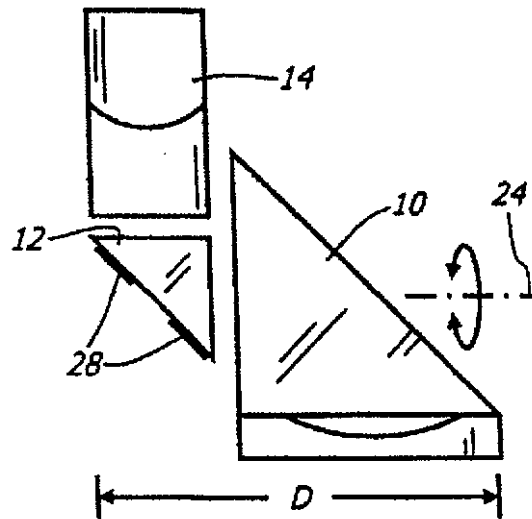
【図 3 A】



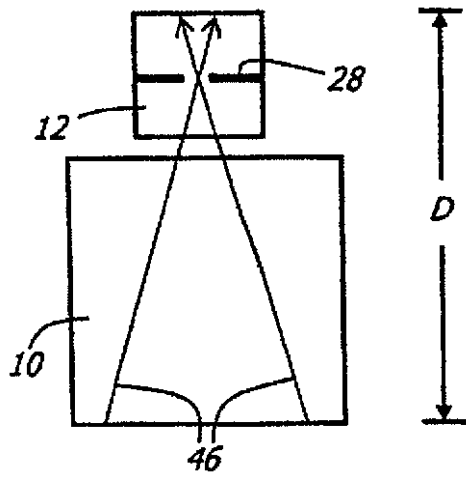
【図 3 B】



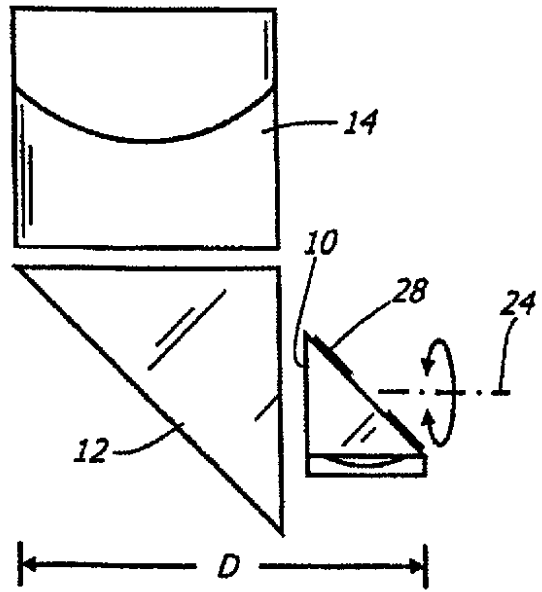
【図 4 A】



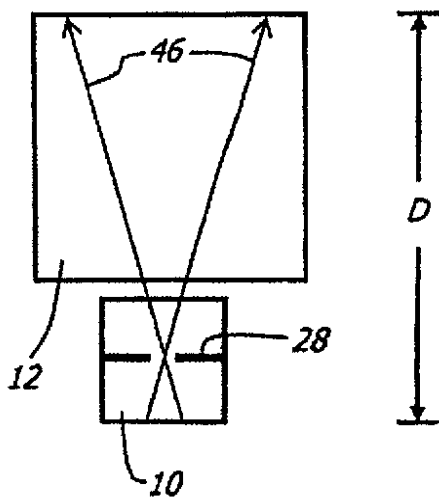
【図 4 B】



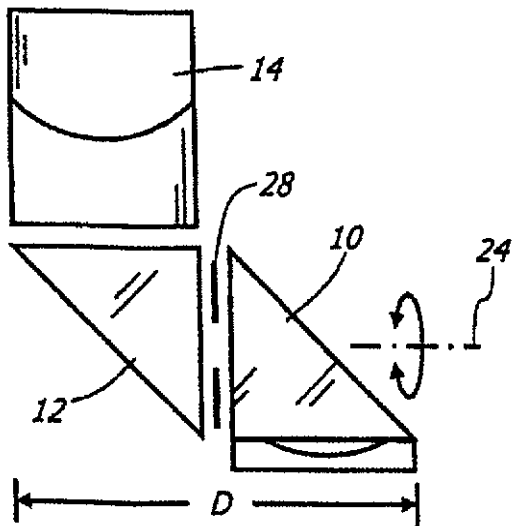
【図 4 C】



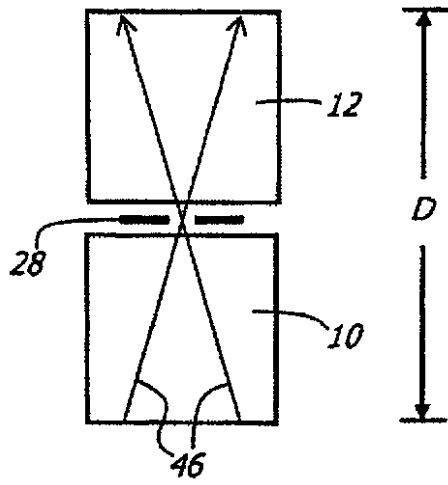
【図 4 D】



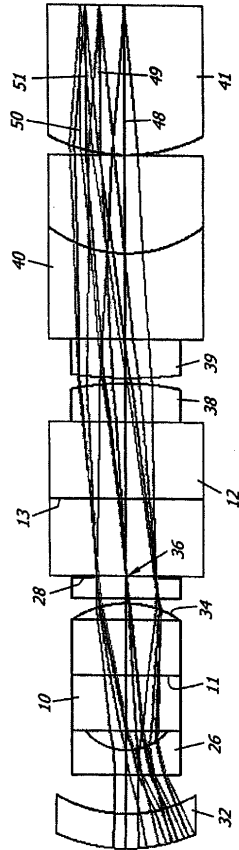
【図 4 E】



【 図 4 F 】



【 図 5 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 ジョン・クレメント・テサー  
アメリカ合衆国・アリゾナ・ 8 5 7 1 8 - 2 3 3 7 ・ ツーソン・イースト・マーシャル・ガルチ・  
プレイス・ 3 6 3 0
- (72)発明者 エリック・エル・ヘイル  
アメリカ合衆国・カリフォルニア・ 9 1 0 0 1 ・ アルタデナ・イースト・カラヴェラス・ストリー  
ト・ 2 5 7
- (72)発明者 ネイサン・ジョン・スカラ  
アメリカ合衆国・カリフォルニア・ 9 1 1 0 7 ・ パサデナ・サウス・クレイグ・ 3 3 ・ # 3
- (72)発明者 ハンス・デイヴィッド・ホーグ  
アメリカ合衆国・カリフォルニア・ 9 1 0 0 6 ・ アルカディア・ラ・パルテ・ストリート・ 1 9 ・  
スイート・ # 1 0 2

F ターム(参考) 2H040 BA04 CA21 CA22 CA24 CA25 CA28 DA12 DA21 DA41  
4C061 BB07 FF40 FF47



【 外国語明細書 】

## TITLE OF INVENTION

### OPTICAL SYSTEM FOR VARIABLE DIRECTION OF VIEW INSTRUMENT

## CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

**[0001]** This patent application claims the benefit of, under Title 35, United States Code, Section 119(e), U.S. Provisional Patent Application No. 60/648,332, filed January 28, 2005.

## FIELD OF THE INVENTION

**[0002]** The present invention relates to an apparatus for obtaining wide angles of view in small areas, such as a surgical site in a patient's body. More specifically, the invention relates to an objective optical system for a viewing instrument, such as an endoscope, with a variable direction of view.

## BACKGROUND OF THE INVENTION

**[0003]** Viewing instruments, such as endoscopes, are generally well known in the art. Generally, an endoscope is a medical device for insertion into a body passageway or cavity that enables an operator to view and/or perform certain surgical procedures at a site inside a patient's body. As is known, endoscopes may be either rigid or flexible, and generally include a long tubular member equipped with, for example, some type of system for

transmitting images to the user, and in some cases, a working channel for a surgical instrument. The endoscope has a proximal end that remains external to the patient, from which the operator can view the site and/or manipulate a surgical instrument, and a distal end having an endoscope tip for insertion into the body cavity of the patient.

**[0004]** Generally, these instruments employ some form of objective lens system, which focuses the image onto some form of image guide, such as a fiber optic bundle or relay lenses, thereby transmitting the images from inside the body cavity of the patient to the user's eye located at the proximal end of the endoscope, or to a camera likewise connected to the scope for subsequent display on a monitor and/storage on an image capture device. Generally, these objective optical systems attempt to simultaneously maximize the field of view, maximize the image quality, provide telecentric image transmission to the image guide, and minimize the size and cost of the system.

**[0005]** For example, U.S. Patent No. 4,354,734 to Nakahashi discloses an objective optical system with a telecentric design that has been very effective in providing a wide field of view in a compact, low-cost assembly. A number of retrofocal optical systems have been proposed, such as those described in U.S. Patent No. 4,037,938 to Yamashita et al., U.S. Patent No. 4,042,295 to Yamashita et al., U.S. Patent No. 4,059,344 to Yamashita, U.S. Patent No. 4,662,725 to Nisioka, and U.S. Patent No. 6,256,155 to Nagaoka.

However, all of these disclosures pertain to objective systems for endoscopes that have fixed viewing directions, and are not appropriate with endoscopes having a variable direction of view.

**[0006]** The operating principles of such a variable direction of view scope are described in U.S. Patent Application No. 2005/0054895 by Hoeg, et al., the specification of which is hereby incorporated herein by reference. Generally, such a scope has a view vector with an attendant view field that has at least two degrees of freedom. The first degree of freedom permits rotation of the view vector about the longitudinal axis of the endoscope's shaft, which allows the view vector to scan in a latitudinal direction, while the second degree of freedom permits rotation of the view vector about an axis perpendicular to the scope's longitudinal axis, which allows the view vector to scan in a longitudinal direction. In some cases, a third degree of freedom is also be available.

**[0007]** A number of such variable direction of view scopes have been proposed that use adjacent fixed and variable prisms to provide the variable direction of view, such as, for example, the designs disclosed in U.S. Patent No. 3,880,148 to Kanehira et al., U.S. Patent No. 4,697,577 to Forkner, U.S. Patent No. 6,648,817 to Schara et al., German Patent DE 299 07 430, WIPO Publication No. WO 99/42028 by Hoeg, WIPO Publication No. WO 01/22865 by Ramsbottom.

**[0008]** A typical example of a basic dual reflector system is illustrated schematically in Figure 1A. A pivotable reflector 10, usually a prism, reflects received light to a fixed reflector 12, also a prism, which further reflects the light into an optical train 14 for transmission to the viewer. In this way, the reflectors 10, 12, define an optical path comprising three segments 16, 18, 20. A view vector 22 exists in coincidence with the first optical path segment 16. By rotating the pivotable prism 10 about a rotational axis 24 coincident with the second optical path segment 18, the view vector 22 can be swept around in a plane normal to the rotational axis 24 (i.e., normal to the page). Even though this design is optimally compact, the use of only the rotating and fixed prisms 10, 12 results in an unacceptably small field of the view and is not telecentric.

**[0009]** Therefore, improved versions of the basic dual reflector design, employing additional optical mechanisms for improving the field of view, have been proposed. An example of such a system is shown in Figure 1B. As illustrated, the design involves a simple retrofocus arrangement having a negative lens 26, an aperture stop 28 placed on the reflective face of the fixed prism 12, and a positive lens group 30. While this design provides an improved field of view, it is still not telecentric, does not provide sufficient chromatic and geometric correction, and is not optimally compact, as evidenced by the increased size of the pivotable prism 10. Additionally, the increased prism size also causes the scanning range to be limited, as the

rotating prism 10 would be obstructed by the lens group 30. Finally, the reflecting surface (i.e., hypotenuse) of the fixed prism 12 is not the optimal place for the aperture stop 28.

**[0010]** Therefore, a continuous challenge presented by these systems is producing a suitable objective optical system that adequately accommodates this sort of dual reflector design. At the same time, there remains, in addition to the performance of the particular objective system, the ever-present desire to minimize the space required by the optics, including both the rotating and non-rotating prisms, as well as any other elements employed, as it is generally desired to produce scope diameters that are as small as possible in order to facilitate insertion and retraction. Because a dual prism design, such as those noted above, entails the use of two prisms positioned side-by-side transverse to the longitudinal axis of the scope, the scope diameter is usually somewhat large.

**[0011]** Therefore, it is desirable to design the system in such a way that the size of the optics can be minimized, while still providing the advantages of telecentricity, a large scanning range, a large field of view, and good image quality in a cost-effective manner. To date, this has been difficult to accomplish, as these interests often conflict. For example, decreasing the size of the optical elements typically reduces the amount of light admitted by the system and adversely affects the image brightness. As another example,

increasing the field of view typically exacerbates optical aberrations and degrades image quality.

**[0012]** One of many critical design parameters in the optical system of such instruments is the entrance pupil, which is the location where the diameter of the light beam is minimal. This is also the location where an aperture stop can be optimally located to best condition the image and control image brightness and other image quality parameters. Most of the proposed designs noted above do not even mention the existence of an entrance pupil or aperture stop anywhere in the optical systems, while the design of Ramsbottom, for instance, apparently has the entrance pupil and accompanying aperture stop at the reflective face of the fixed reflector. This is not ideal, as this location of the aperture stop negatively affects both system size and performance—the system should be designed to accommodate larger diameter light flow on either side of it.

**[0013]** What is desired, therefore, is an optical system for a variable direction of view instrument that maximizes the field of view. What is further desired is an optical system for a variable direction of view instrument that maximizes the image quality and provides telecentric image transmission to the image guide. What is also desired is an optical system for a variable direction of view instrument that minimizes both the size and cost of the instrument.

## SUMMARY OF THE INVENTION

**[0014]** Accordingly, it is an object of the present invention to provide an optical system for a variable direction of view instrument that provides a large scanning range and field of view.

**[0015]** It is a further object of the present invention to provide an optical system for a variable direction of view instrument that does not employ a large reflector that unnecessarily increases the instrument diameter.

**[0016]** It is yet another object of the present invention to provide an optical system for a variable direction of view instrument that does not require an amount of optical elements that unnecessarily increases the instrument diameter.

**[0017]** It is still another object of the present invention to provide an optical system for a variable direction of view instrument that does not decrease the size of the optical elements so as to unnecessarily reduce the amount of admitted light and adversely affect image brightness.

**[0018]** It is yet another object of the present invention to provide an optical system for a variable direction of view instrument that provides telecentric image transmission.

**[0019]** In order to overcome the deficiencies of the prior art and to achieve at least some of the objects and advantages listed, the invention comprises a viewing instrument with a variable direction of view, including a shaft having a distal end and a longitudinal axis, first and second reflectors located at the distal end of the shaft for folding an optical path of incoming light, the first reflector having a rotational axis angularly offset from the longitudinal axis of the shaft about which the first reflector rotates, wherein the first reflector has a first reflecting surface that receives and redirects the incoming light towards the second reflector, and the second reflector has a second reflecting surface that redirects the light from the first reflector along the shaft, and an aperture stop located in the optical path and preceding the second reflecting surface.

**[0020]** In some of these embodiments, the first and second reflectors comprise first and second prisms.

**[0021]** In certain embodiments, the first reflector has an exit face through which the light redirected by the first reflecting surface exits the first reflector, the second reflector has an entrance face through which the light from the first reflector enters the second reflector, and the aperture stop is located between the exit face of the first reflector and the entrance face of the second reflector. In some of these embodiments, the aperture stop is located on the entrance face of the second reflector, while in some embodiments, the



aperture stop is located on the exit face of the first reflector. In certain embodiments, the aperture stop is located on the first reflecting surface.

**[0022]** In some of these embodiments, a negative lens is located adjacent the first reflector through which the incoming light is transmitted to the first reflector, and a convex surface through which the light redirected by the first reflecting surface is transmitted to the second reflector.

**[0023]** In another embodiment, the invention comprises a viewing instrument with a variable direction of view, including a shaft having a distal end and a longitudinal axis, first and second reflectors located at the distal end of the shaft, the first reflector having a rotational axis angularly offset from the longitudinal axis of the shaft about which the first reflector rotates, the second reflector having a reflecting surface, and an optical path along which incoming light travels to the first reflector, is redirected by the first reflector towards the second reflector, and is redirected by the reflecting surface of the second reflector along the shaft, wherein the optical path includes an entrance pupil preceding the reflecting surface of the second reflector.

**[0024]** In yet another embodiment, the invention comprises a viewing instrument with a variable direction of view, including a shaft having a distal end and a longitudinal axis, first and second reflectors located at the distal end of the shaft, the first reflector having a rotational axis angularly offset from the longitudinal axis of the shaft about which the first reflector rotates, an

optical train located in the shaft, and an optical path along which incoming light travels to the first reflector, is redirected by the first reflector towards the second reflector, and is redirected by the second reflector towards the optical train, wherein the optical path includes an entrance pupil preceding the second reflector.

## BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

**[0025]** Figures 1A-B are side views of optical systems existing in the prior art.

**[0026]** Figure 2 is side view in partial cross-section of the optical system of a viewing instrument in accordance with the invention.

**[0027]** Figure 3A is a side isometric view of the viewing window of the optical system of Figure 2.

**[0028]** Figure 3B is an isometric view of a portion of a viewing instrument employing the optical system of Figure 2.

**[0029]** Figure 4A is a side view of an optical system existing in the prior art.

**[0030]** Figure 4B is a schematic view of the unfolded optical path of the optical system of Figure 4A.

**[0031]** Figure 4C is a side view showing additional detail of the optical system of Figure 2.

**[0032]** Figure 4D is a schematic view of the unfolded optical path of the optical system of Figure 4C.

**[0033]** Figure 4E is a side view showing additional detail of the optical system of Figure 2.

**[0034]** Figure 4F is a schematic view of the unfolded optical path of the optical system of Figure 4E.

**[0035]** Figure 5 is a schematic view of the unfolded optical paths produced by the optical system of Figure 2.

## DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

**[0036]** The basic components of one embodiment of a optical system for a variable direction of view instrument in accordance with the invention are illustrated in Figures 2-3. As used in the description, the terms "top," "bottom," "above," "below," "over," "under," "above," "beneath," "on top," "underneath," "up," "down," "upper," "lower," "front," "rear," "back," "forward" and "backward" refer to the objects referenced when in the orientation illustrated in the drawings, which orientation is not necessary for achieving the objects of the invention.

**[0037]** Referring to Figure 2, and starting from the object side, this optical system comprises a spherical viewing window 32 with zero optical power (or as close to zero as current optical fabrication techniques will allow), a first lens 26 of negative refraction power, a first reflector 10, a second lens 34 of positive refractive power, an aperture stop 28 seated on the back of a mounting element 29 (which could be constructed with a weak positive optical power), a second reflector 12, a set of third and fourth lenses 38, 39 of positive refractive power, a doublet 40 and a field lens 41 of positive refractive power.

**[0038]** The first reflector may comprise a prism 10 that rotates about a rotational axis 24, which in certain advantageous embodiments, is substantially perpendicular to the longitudinal axis 35 of the shaft 33. The prism 10 has a first reflecting surface 11 that redirects incoming light to the second reflector which may comprise a fixed prism 12. The second prism 12, in turn, has a second reflecting surface 13 that redirects the light from the first reflector 10 to the optical train 38, 39, 40, 41 in the shaft. Additionally, though the positive lens 34 has been shown as a separate, plano-convex lens, other configurations are possible, such as, for example a convex surface comprising the exit face of the first prism 10. Similarly, other configurations for the optical train 38, 39, 40, 41 are possible.

**[0039]** The viewing window 32 is illustrated in detail in Figures 3A-B. The window 32, which seals the optical system against fluid and debris, is

basically a surface of revolution about the rotational axis 24 and comprises a layer of rigid material, such as glass or sapphire. The window 32 is generally symmetric about a scan plane 44 of the view vector 22 and, due to its shape, the window 32 allows the view vector 22 to rotate fully through the scan plane 44, thereby sweeping out a 360 degree viewing range 42.

**[0040]** The window 32 has a general sphericity that helps minimize distortion and other image-degrading effects, as the chief light rays entering the optical system via the window 32 will be generally normal to the outer surface thereof, and thus, will suffer minimal refraction. Because of the spherical shape of the window 32, this condition can be maintained throughout a full 360 degree sweep. It should be noted, however, that in certain other embodiments, it may be desirable to use other window shapes, such as, for example, cylindrical.

**[0041]** Figures 4A-F show system geometries and fields of view for different entrance pupils and accompanying aperture stops for a given diameter. Referring first to Figures 4A-B, the aperture stop 28 is located on the reflective surface of the fixed prism 12 (which has been suggested in the prior art). As mentioned, this entrance pupil has inherent problems, and it does not make optimal use of available space. This is demonstrated by the schematic of the unfolded optical path in Figure 4B, which shows the pivotable prism 10 and the fixed prism 12 represented as squares being traversed by a set of limit rays 46. The location of the aperture stop 28 forces

the rotating prism 10 to be large in order to accommodate the optical path, thus limiting either the swing range of the pivotable prism 10 or the size and throughput of the optical train 14. The increased size of the prism 10 also causes it to sweep out a larger volume, necessitating a larger viewing window 32. Moreover, since the objective system should be telecentric, the optical train 14 does not need to have a diameter larger than the lateral face of the fixed prism 12, and thus, will typically be limited to this diameter in order to minimize space where possible in order to limit the overall diameter of the instrument, even though this decrease in the size of the optical elements unfortunately reduces the amount of admitted light and adversely affects image brightness.

[0042] Accordingly, as shown in Figures 4C-D, in certain advantageous embodiments of the invention, the aperture stop 28 is located on the reflective surface of the rotatable prism 10. This location requires a larger fixed prism 12 in order to maintain the field of view, but it allows a minimal pivotable prism 10. Therefore, the overall space required is shifted more towards the fixed prism 12, allowing a maximum diameter optical train 14.

[0043] Alternatively, because there is a limit on how small the pivotable prism 10 can be made, and also in order to not locate the entrance pupil on a reflective surface, in some advantageous embodiments, the aperture stop 28 is located between the exit face of the prism 10 and the entrance face of the prism 12. Accordingly, the stop 28 may be positioned on an opposing face of

the prisms 10, 12, or in between these faces, as shown in Figures 4E-F. This allows both prisms 10, 12 to be the same size, yielding the smallest overall diameter. By positioning the entrance pupil in the optical path at a point preceding the reflecting surface of the second prism 12 in this way, image quality can be maintained while minimizing the instrument diameter.

[0044] Figure 5 shows the unfolded optical paths for blue, green, yellow, and red principal rays 48, 49, 50, 51 through the objective lens system illustrated in Figure 2. The first lens 26 "condenses" the optical field for passage through the pivotable prism 10, shown unfolded with the optical folding plane 11 indicated. This arrangement yields a wide field of the view while also allowing a smaller diameter optical relay system. The principal rays 48, 49, 50, 51 have an intersection point 36 at the interface between the mounting element 29 and the fixed prism 12 (with folding plane 13). The series of lenses 38, 39, 40 and 41 condition the optical signal for maximal image performance (resolution, contrast, depth of field, distortion, modulation transfer function) before an image is formed on the exit face of the field lens 41, at which point the chief rays 48, 49, 50 and 51 are parallel. This telecentric quality of the objective system minimizes the transmission loss as light leaves the objective system and travels into the image guide (not shown). In this way, the invention provides a retrofocal telecentric objective optical system for dual prism variable direction of view endoscopes, featuring a

compact design which delivers high image quality, continuous 360 degree viewing, and an acceptably large field of view.

**[0045]** It should be understood that the foregoing is illustrative and not limiting, and that obvious modifications may be made by those skilled in the art without departing from the spirit of the invention. Accordingly, reference should be made primarily to the accompanying claims, rather than the foregoing specification, to determine the scope of the invention.



What is claimed is:

1. A viewing instrument with a variable direction of view, comprising:
  - a shaft having a distal end and a longitudinal axis;
  - first and second reflectors located at the distal end of said shaft for folding an optical path of incoming light, said first reflector having a rotational axis angularly offset from the longitudinal axis of said shaft about which said first reflector rotates,
  - wherein said first reflector has a first reflecting surface that receives and redirects the incoming light towards said second reflector, and said second reflector has a second reflecting surface that redirects the light from said first reflector along said shaft; and
  - an aperture stop located in the optical path and preceding said second reflecting surface.
2. The viewing instrument of claim 1, wherein the rotational axis of said first reflector is substantially perpendicular to the longitudinal axis of said shaft.
3. The viewing instrument of claim 1, wherein:
  - said first reflector has an exit face through which the light redirected by said first reflecting surface exits said first reflector;

said second reflector has an entrance face through which the light from said first reflector enters said second reflector; and

said aperture stop is located between the exit face of said first reflector and the entrance face of said second reflector.

4. The viewing instrument of claim 3, wherein said aperture stop is located on the entrance face of said second reflector.

5. The viewing instrument of claim 3, wherein said aperture stop is located on the exit face of said first reflector.

6. The viewing instrument of claim 1, wherein said aperture stop is located on said first reflecting surface.

7. The viewing instrument of claim 1, wherein said first and second reflectors comprise first and second prisms.

8. The viewing instrument of claim 1, further comprising:

a negative lens located adjacent said first reflector through which the incoming light is transmitted to said first reflector; and

a convex surface through which the light redirected by said first reflecting surface is transmitted to said second reflector.

9. The viewing instrument of claim 8, wherein said convex surface comprises an outer surface of said first reflector.
10. The viewing instrument of claim 8, further comprising a positive lens located adjacent said first reflector, wherein said positive lens includes said convex surface.
11. The viewing instrument of claim 10, wherein said positive lens comprises a plano-convex lens.
12. The viewing instrument of claim 8, wherein said negative lens has an optical axis substantially perpendicular to said rotational axis.
13. The viewing instrument of claim 1, further comprising an optical train disposed in said shaft for receiving and transmitting the light redirected by said second reflecting surface.
14. The viewing instrument of claim 13, wherein said optical train includes a plurality of positive lenses.
15. The viewing instrument of claim 1, further comprising a viewing window covering said first reflector.

16. The viewing instrument of claim 15, wherein said viewing window comprises a translucent surface of revolution generally symmetric about said rotational axis.

17. The viewing instrument of claim 1, wherein said shaft is an endoscope shaft.

18. A viewing instrument with a variable direction of view, comprising:

- a shaft having a distal end and a longitudinal axis;
- first and second reflectors located at the distal end of said shaft, said first reflector having a rotational axis angularly offset from the longitudinal axis of said shaft about which said first reflector rotates, said second reflector having a reflecting surface; and
- an optical path along which incoming light travels to said first reflector, is redirected by said first reflector towards said second reflector, and is redirected by the reflecting surface of said second reflector along said shaft;

wherein said optical path includes an entrance pupil preceding the reflecting surface of said second reflector.

19. The viewing instrument of claim 18, wherein the rotational axis of said first reflector is substantially perpendicular to the longitudinal axis of said shaft

20. The viewing instrument of claim 18, further comprising an aperture stop positioned in said optical path, wherein said entrance pupil is defined by said aperture stop.

21. The viewing instrument of claim 18, wherein:

said first reflector has an exit face through which the light exits said first reflector;

said second reflector has an entrance face through which the light from said first reflector enters said second reflector; and

the entrance pupil of said optical path is located between the exit face of said first reflector and the entrance face of said second reflector.

22. The viewing instrument of claim 21, wherein said entrance pupil is located at the entrance face of said second reflector.

23. The viewing instrument of claim 21, wherein said entrance pupil is located at the exit face of said first reflector.

24. The viewing instrument of claim 18, wherein:

said first reflector has a reflecting surface; and

the entrance pupil of said optical path is located at the reflecting surface of said first reflector.

25. The viewing instrument of claim 18, wherein said first and second reflectors comprise first and second prisms.
26. The viewing instrument of claim 18, further comprising:  
a negative lens located adjacent said first reflector through which the incoming light is transmitted to said first reflector; and  
a convex surface through which the light redirected by said first reflector is transmitted to said second reflector.
27. The viewing instrument of claim 26, wherein said convex surface comprises an outer surface of said first reflector.
28. The viewing instrument of claim 26, further comprising a positive lens located adjacent said first reflector, wherein said positive lens includes said convex surface.
29. The viewing instrument of claim 28, wherein said positive lens comprises a plano-convex lens.
30. The viewing instrument of claim 26, wherein said negative lens has an optical axis substantially perpendicular to said rotational axis.

31. The viewing instrument of claim 18, further comprising an optical train disposed in said shaft for receiving and transmitting the light redirected by said second reflecting surface.
32. The viewing instrument of claim 31, wherein said optical train includes a plurality of positive lenses.
33. The viewing instrument of claim 18, further comprising a viewing window covering said first reflector.
34. The viewing instrument of claim 33, wherein said viewing window comprises a translucent surface of revolution generally symmetric about said rotational axis.
35. The viewing instrument of claim 18, wherein said shaft is an endoscope shaft.
36. A viewing instrument with a variable direction of view, comprising:  
a shaft having a distal end and a longitudinal axis;

first and second reflectors located at the distal end of said shaft, said first reflector having a rotational axis angularly offset from the longitudinal axis of said shaft about which said first reflector rotates;

an optical train located in said shaft; and

an optical path along which incoming light travels to said first reflector, is redirected by said first reflector towards said second reflector, and is redirected by said second reflector towards said optical train;

wherein said optical path includes an entrance pupil preceding said second reflector.



## 1 Abstract

### ABSTRACT

A optical system for a viewing instrument with a variable direction of view is disclosed generally comprising shaft, first and second reflectors located at the distal end of the shaft, where the first reflector rotates about an axis angularly offset from the longitudinal axis of the shaft, and an entrance pupil positioned in the optical path created by the reflectors and preceding the reflecting surface of the second reflector. In certain embodiments, the entrance pupil comprises an aperture stop positioned between the first and second reflectors. In some embodiments, the system includes negative and positive lenses located adjacent the entrance and exit faces of the first reflector.

## 2 Representative Drawing

Fig. 2

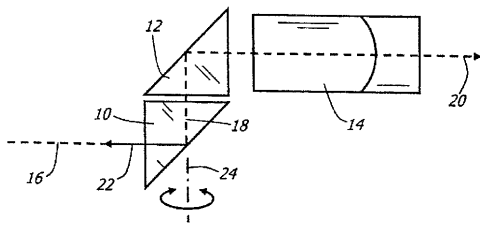
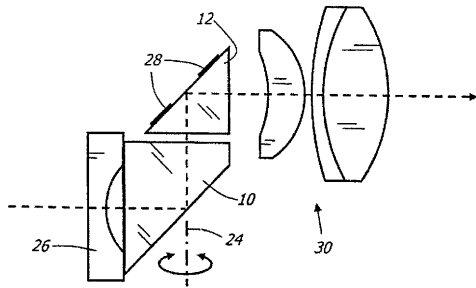
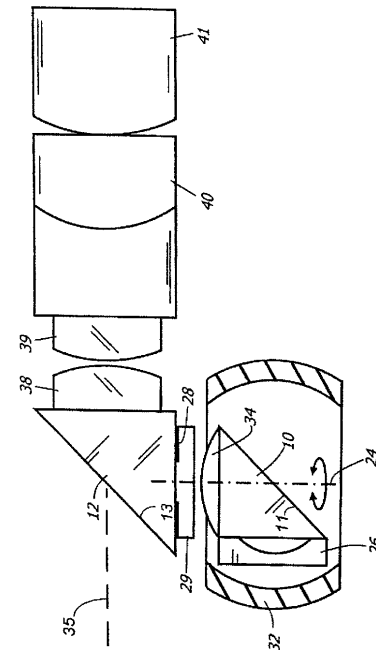
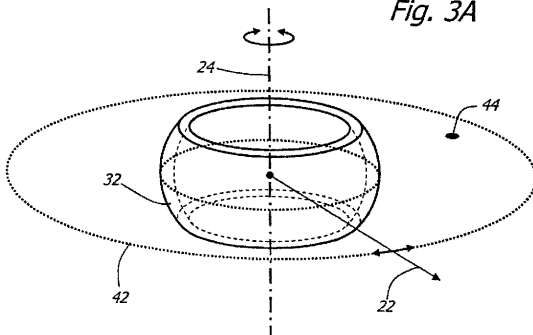
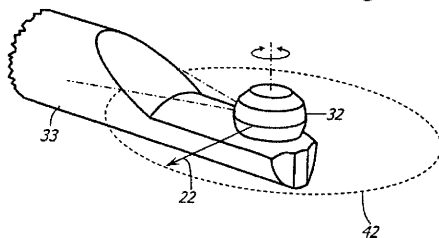
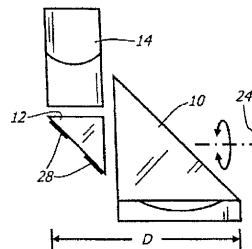
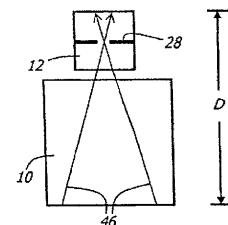
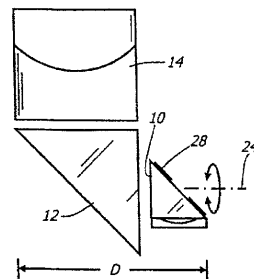
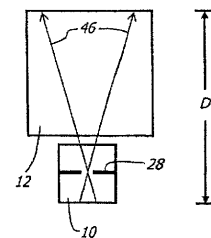
**Fig. 1A**  
(Prior Art)**Fig. 1B**  
(Prior Art)**Fig. 2****Fig. 3A****Fig. 3B****Fig. 4A**  
(Prior Art)**Fig. 4B**  
(Prior Art)**Fig. 4C****Fig. 4D**

Fig. 4E

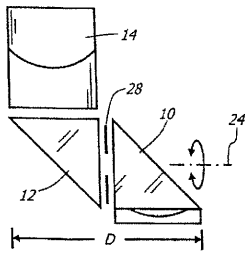


Fig. 4F

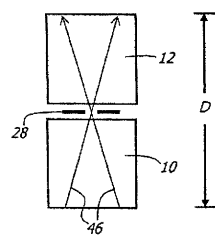
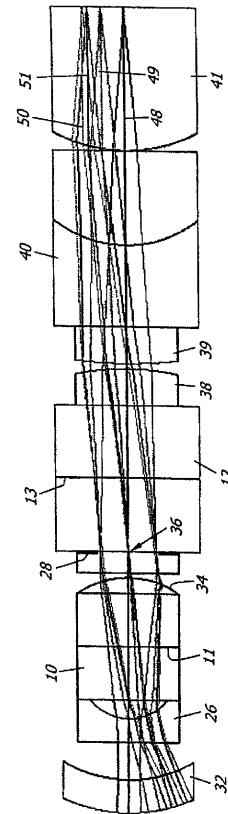


Fig. 5



专利名称(译)	用于具有可变观察方向的观察仪器的光学系统		
公开(公告)号	<a href="#">JP2006204924A</a>	公开(公告)日	2006-08-10
申请号	JP2006021307	申请日	2006-01-30
[标]申请(专利权)人(译)	卡尔斯巴德东通发展公司		
申请(专利权)人(译)	卡尔Sutotsu开发公司		
[标]发明人	ジョンクレメントテサー エリックエルヘイル ネイサンジョンスカラ ハンスデイヴィッドホーグ		
发明人	ジョン・クレメント・テサー エリック・エル・ヘイル ネイサン・ジョン・スカラ ハンス・デイヴィッド・ホーグ		
IPC分类号	A61B1/00 G02B23/26		
CPC分类号	A61B1/00183 A61B1/00096 G02B13/22 G02B23/243		
FI分类号	A61B1/00.300.Y G02B23/26.C A61B1/00.731		
F-TERM分类号	2H040/BA04 2H040/CA21 2H040/CA22 2H040/CA24 2H040/CA25 2H040/CA28 2H040/DA12 2H040/DA21 2H040/DA41 4C061/BB07 4C061/FF40 4C061/FF47 4C161/BB07 4C161/FF40 4C161/FF47		
代理人(译)	渡边 隆 村山彦		
优先权	60/648332 2005-01-28 US 11/342387 2006-01-27 US		
其他公开文献	JP4503535B2		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

#### 摘要(译)

解决的问题：提供一种光学系统，该光学系统能够为视野方向可变的视野装置提供较大的扫描范围和视野。具有可变的观察方向的可见性装置，其包括轴；第一和第二反射器，其布置在轴的末端以折射入射光的光路；以及第一和第二反射器（10），使得反射器（10）的旋转轴线与第一反射器应该绕其旋转的轴的纵向轴线成角度偏移。两个反射器；以及孔径光阑（28）；第一反射器具有第一反射表面（11），第二反射器（12）具有第二反射表面（13）。孔径光阑设置在光路中第二反射面之前的位置。[选择图]图2

