

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-513386  
(P2004-513386A)

(43) 公表日 平成16年4月30日(2004.4.30)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
<b>G02B 23/26</b>	G02B 23/26	2H040
<b>A61B 1/00</b>	A61B 1/00	4C061
<b>G02B 23/24</b>	G02B 23/24	A

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 41 頁)

(21) 出願番号	特願2002-539861 (P2002-539861)	(71) 出願人	501472618 ケイメッド (メディカル アンド インダ ストリアル イクイプメント) リミテッ ド
(86) (22) 出願日	平成13年11月1日 (2001.11.1)	(74) 代理人	100105924 弁理士 森下 賢樹
(85) 翻訳文提出日	平成15年5月2日 (2003.5.2)	(72) 発明者	アンドリュー, ラムズボトム イギリス国 エセックス エスエスオー 9ティーエッチ, ウェストクリフ-オン- シー, ウェストボロウ ロード, 408エ ー
(86) 国際出願番号	PCT/GB2001/004852		
(87) 国際公開番号	W02002/037160		
(87) 国際公開日	平成14年5月10日 (2002.5.10)		
(31) 優先権主張番号	0026842.5		
(32) 優先日	平成12年11月2日 (2000.11.2)		
(33) 優先権主張国	イギリス (GB)		

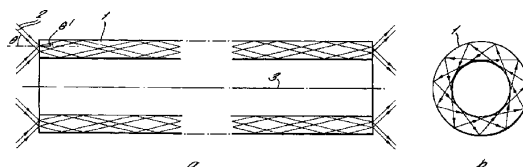
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 有限な直径の開口部を通してのみ接近可能な遠隔物体の画像を提供するための装置

(57) 【要約】

ボアスコープや内視鏡のような遠隔物体を画像化する装置である。この装置は、観察器の遠位端から主軸(3)に沿って画像を伝送するための画像リレー手段(4)および観察対象の物体を照らすための光を観察器の遠位端に伝送するための環状光パイプ(1)を備える。少なくとも、環状光パイプ(1)の内側もしくは外側の表面は空気に覆われている。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

有限な口径の開口部を通してのみ接近可能な遠隔物体の画像を提供するための装置であって、

主軸を決定する細長い本体部と、

観察器の遠位端から前記主軸に沿って画像を中継するための画像リレー手段と、

観察される前記物体を照らすべく前記観察器の遠位端に光を伝送するための、前記画像リレー手段の周囲に配置された環状光パイプと、を備え、

前記環状光パイプの内側の表面または外側の表面の少なくともいずれかが空気に覆われていることを特徴とする装置。

10

**【請求項 2】**

空気に覆われている、片方のまたはそれぞれの表面が、多数の点在する箇所においてのみ前記環状光パイプに接触する支持体とともに設けられることを特徴とする請求項 1 に記載の装置。

**【請求項 3】**

前記支持体の素材は前記環状光パイプよりも低い屈折率を有することを特徴とする請求項 2 に記載の装置。

**【請求項 4】**

前記支持体は、前記環状光パイプの内側または外側のいずれか、もしくはその両方に分散された粉状体によって提供されることを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の装置。

20

**【請求項 5】**

前記支持体は、前記環状光パイプの内側または外側のいずれか、もしくはその両方に巻き付けられた、一本または複数の繊維質素材の細い帯状体であることを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の装置。

**【請求項 6】**

前記環状光パイプの内側の表面または外側の表面が、前記環状光パイプの素材よりも低い屈折率を有する素材の層で覆われていることを特徴とする請求項 1 に記載の装置。

**【請求項 7】**

前記環状光パイプと同軸であり、前記環状光パイプの孔に対応する中心軸孔を有する円錐柱状の円錐柱状の光パイプを更に含み、前記円錐柱状の光パイプの外径は前記環状光パイプに向かって小さくなっていき、前記環状光パイプと前記円錐柱状の光パイプの接触部分において、前記環状光パイプの外径と実質的に等しくなることを特徴とする上記請求項のいずれかに記載の装置。

30

**【請求項 8】**

前記環状光パイプの遠位端に隣接し、前記環状光パイプの外径と等しい外径を有し、自身の近位端においては前記環状光パイプの内径と等しく遠位端方向にむかって漸減していく内径を有する遠位導光体を更に含むことを特徴とする上記請求項のいずれかに記載の装置。

**【請求項 9】**

視線方向と実質的に 90° の方向で光が放射されかつ画像が受け取られるように構成され、前記環状光パイプには窓が設けられており、それを通して画像が画像リレー手段に伝送されることを特徴とする上記請求項のいずれかに記載の装置。

40

**【請求項 10】**

前記環状光パイプの外側の表面が、前記窓の部分では研磨されて平坦になっていることを特徴とする請求項 9 に記載の装置。

**【請求項 11】**

光導管が、主軸に対して実質的に 45° であり、反射力のあるコーティングと一体化している面で途切れていることを特徴とする請求項 9 または 10 に記載の装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

50

この発明は、有限な直径の開口部からしか接近することのできない遠隔物体の画像を提供するための観察器の分野に関する。これには、例えば、ボアスコープ、内視鏡、ファイバースコープ、およびビデオスコープ等が含まれる。

【0002】

このような機器は、一般に、二つの基本的な光学的機能を果たす。第1に、これらの機器は、観察されている物体に光をあてるために、観察器の近位端から遠位端まで照明のための光を伝送する。第2に、それらは、その同じ物体の画像を遠位端から近位端まで転送する。近位端では、その画像が目で、もしくは取り付けられた、または組み込まれたカメラを用いて、この物体が観察される。観察器のタイプに応じて、遠位端には画像転送のための多様な手段、例えば、リレーレンズ、ロッドレンズ、屈折率分布（例えばセルフオック  
10 レンズ、柔軟性を持つコヒーレント光ファイバ束、硬性または半硬性のコヒーレント光ファイバ式画像導管、遠位端部中のCCDやCMOSチップなどが設けられうる。これら全てのタイプの機器において、観察されている物体まで照明光を送る必要がある。通常、これは画像伝送機構の外周に緊密にまとめられた、数千本の直径の小さい（100マイクロン未満）個々の光ファイバからなるグラスファイバ束によって実現される。その機械的な構造は、しばしば2重管構造をとるものであり、そこでは、なんらかの素材の内側の管が、画像伝送用の光学機構を支持および保護するのに用いられる。照明光ファイバは、外側の被覆管の内部において、その内側の管の周囲に束ねられることになる。

【0003】

観察器によって生成される画像の質（明るさ、解像度、画像の大きさ）は、多くの設計要素により決められるが、一般的には、画像伝送機構の直径およびその機構により伝送される光量が大きいほど、画像の大きさ、明るさ、解像度の各点において、もしくはこれらの指標の組み合わせにおいて、画像の質を良くすることができる。所定の外径をもつ観察器において、照明光ファイバの数を増やすことによって画像伝送機構により伝送される光量を増すことができるのは明らかであるが、これは必然的に画像化のための光学機構の直径を小さくすることとなり、これによって遠位端から近位端まで伝送される光の総量が減少してしまう。個々の機構の設計のいずれについても、画像に伝送される光の総量を最大化できる、観察器の外径に対する画像化機構の直径の最適比率が存在することになる。

【0004】

本発明によれば、有限な直径の開口部を通してのみ接近可能な遠隔物体の画像を提供するための装置が提供される。当該装置は、主軸を決定する細長い本体部と、観察器の遠位端から主軸に沿って画像を中継するための画像リレー手段と、観察される物体を照らすべく観察器の遠位端に光を伝送するための、画像リレー手段の周囲に配置された環状光パイプと、を備え、環状光パイプの内側の表面または外側の表面の少なくともいずれかが空気に覆われていることを特徴とする。

【0005】

光パイプは、本質的には光を伝送する物質の均質な固まりであり、多数の分断的なファイバとは対極にあるものである。通常は、光パイプは一体構造を持つものであるが、光学的に次々と連結された少数の均質なブロックで構成されるものであってもよい。

【0006】

光ファイバの束を、環状光パイプで置換することの利点は多数ある。

【0007】

環状光パイプは、限られた有効断面積のうち比較的大きな部分を占める内部の保護用の管を必要としない。

【0008】

光ファイバ束は、個々のファイバ間の隙間や各ファイバの芯を取り巻く被覆部があるために、必然的にある程度の空所を内包するものである。これは、環状光パイプには当てはまらないため、環状光パイプは同じ断面積のファイバ束よりも多くの光量を伝送することができる。

【0009】

10

20

30

40

50

環状光パイプは、開口数が高いため、同じ断面積を持つファイバ束よりも多くの光束を伝送することができる。これにより、後述するように、環状光パイプに投入される光の量を増加させるための集光技術を利用することが可能となる。

【0010】

ファイバの束を用いて装置を組み立てた場合、個々のファイバは画像リレー手段の周囲に緊密に束ねられるため、それらのファイバの幾本かが破損するのを避けるのは困難である。これにより、装置の口径が減少することになるため、比較的大きな問題となる。

【0011】

環状光パイプは、光ファイバの束よりも取扱いが容易であるため、組立て工程がかなり容易なものとなる。

10

【0012】

環状光パイプが光を伝送する能力は、当該環状光パイプ内の全反射の効率に依存する。全反射の効率は、さらに、環状光パイプと周囲の媒質の屈折率の違いに依存する。必要な屈折率の違いを達成するために、環状光パイプの内側もしくは外側の表面の少なくともいずれかが空気に覆われる。環状光パイプは、当然外側から支持されている必要があり、また内部では画像リレー手段を支持しなくてはならない。これを実現するには、環状光パイプが、その内側と外側の両方に、またはその内側と外側のいずれかに、点在する多数の箇所においてのみ環状光パイプと接触する支持体とともに設けられればよい。支持体の素材は、環状光パイプよりも低い屈折率を有することが好ましい。例えば、支持体は、環状光ガイドの、内側および外側の両方、もしくは内側か外側のいずれかに散布された粉状体であつてもよく、または環状光パイプの外側と内側の両方、もしくは内側か外側のいずれかに巻き付けられた1本以上の繊維質の細い帯状体であつてもよい。

20

【0013】

環状光パイプの内側の表面または外側の表面のいずれか一方は、空気の間隙の代わりに、環状光パイプの素材よりも低い屈折率を有する物質の層で覆われてもよい。

【0014】

環状光パイプを通して伝送される光の量を増加させるために、本発明は集光器を利用してよい。集光器は、環状光パイプと同軸である円錐台状の光パイプの形状をしており、環状光パイプの孔に対応する中心軸孔を有する。円錐台状の光パイプの外径は環状光パイプの方向に近づくと小さくなっていき、環状光パイプと円錐台状の光パイプの接続部分において実質的に環状光パイプの外径と等しくなる。これにより、多量の光束を環状光パイプに投入可能となる。

30

【0015】

しかしながら、光束はより広い角度範囲に分散されることになる。これは、このような集光器のよく知られた基本的な限界であり、一般的には円錐台状の光パイプを通して与えられた光束にもたらされる空間的な分散と環状の分散は反比例の関係にある。遠位端では、光は、環状光パイプから、相応のより大きな角度分散で放射される。観察の分野によっては、このことは望ましい場合もあり、望ましくない場合もある。もし望ましくない場合は、遠位光ガイドを遠位端に連続して配することで分散角度を低減させることができる。遠位光ガイドは、環状の光パイプの外径と等しい外径を持っており、またその近位端の内径は環状の光パイプの内径と等しく、遠位端に向かうにつれ徐々に小さくなっていく。遠位端に直接する画像リレー手段の直径は、一般的に、遠位端から離れた部分の直径よりも小さいため、これを実現することが可能となる。これにより、遠位端に、上述したような先細り型の遠位導光体のための未使用領域が残る。

40

【0016】

本発明は、視線方向からみてほぼ90度の方向に光が放射され、画像を受像することができる側面観察装置にも適用可能である。この場合、環状光パイプには窓が設けられ、それを通して画像が画像リレー手段に伝送される。非点収差量を減少させるために、窓における環状の光パイプの外表面は研磨して平坦にされていてもよい。

【0017】

50

側面観察装置の更に別な構成は、端部が主軸に対してほぼ45度でありかつ反射被膜と一体化した面になっている光ガイドによって実現可能である。

【0018】

本発明によって形成される装置の例を添付の図面を参照しながら説明する。

【0019】

本発明は、ボアスコープ、内視鏡、ファイバースコープ、またはビデオスコープなどのいずれの装置にも適用可能である。そのような装置は、柔軟性のない構造であってもよいし、柔軟性のある構造であってもよい。本発明の本質は、そのような装置における従来の環状のファイバの束を、環状光パイプ1で置き換えることにある。光パイプの動作を規定する技術的な原則を図1(a)および1(b)を参照しながら述べる。

10

【0020】

内側および外側が空気に覆われた細長い環状光パイプ1が示されている。光2が光パイプ1の近位端に投入される。この光は、空気とガラスの接触面における全反射によって、光パイプの中に効果的に封じ込められる。図1(a)は、パイプの軸方向に対して角度θで光パイプの端に入射したメリジオナル光線(図の平面内を進む光線)の典型的な進路を示している。ここで、パイプの材質の屈折率をn'として、 $\sin \theta < n' \sqrt{n'^2 - 1}$ である場合には、パイプの端に角度θ以下で入射したあらゆる光線は、このようにガイドに封じ込められることが示される。このことは、屈折率が1.414(√2)もしくはそれより大きい材質は、パイプ軸3に対して鋭角的に入射するあらゆるメリジオナル光線を効果的に封じ込めるということを示している。

20

【0021】

図1(b)は、パイプ1の端面と典型的なスキューレイの進路(メリジオナル成分と図1(a)の平面から外れた成分の双方の光線方向)を示す。明らかに、パイプの軸3に対して、上記の等式で定義されるθもしくはそれより小さい角度で入射したいずれのスキューレイも、素材の内側のパイプの壁面に、パイプ軸3に対して同様の角度から入射するメリジオナル光線の角度よりも大きい角度で入射する。それゆえ、上記の等式を満たすいずれのスキューレイも効果的にパイプ1に封じ込められることとなる。

【0022】

上記等式における $\sin \theta < n' \sqrt{n'^2 - 1}$ は、光線の束の最大“開口数”を定義する。ほとんどの通常の光学的素材( $n > 1.414$ )において、最大開口数は1よりも大きい。

30

【0023】

この形式のパイプ1を含む観察器本体部が取りうる一つの設計を概略的に表す断面図が図2(a)に示される。比較のため、従来のボアスコープの断面図が図2(b)に示される。パイプ1が、ファイバ束Bと内部の保護用レンズチューブTに置き換えられている。図2に示されている例は、従来のリレーレンズ式の画像伝送機構4を示しているが、パイプ1は、先に述べたあらゆるタイプの画像伝送機構において保護用の被覆としての役割を果たすことができる。

【0024】

図3は、装置を図2(a)より詳細に表した構造図である。装置とは、前面観察器として設計されたボアスコープのような機器である。当該機器は、その遠位端に画像化レンズ6を有する中空の円筒状の本体部5を備える。画像リレー手段は、この場合は画像導管4Aであり、本体部5の中心に沿って遠位端から軸方向に伸びている。環状の光パイプ1は遠位端から近位方向に向かって伸びており、画像化レンズ6とファイバ画像導管4Aを、少なくともその長さの一部において覆っている。複数の光学ファイバからなる照明ファイバ束7は、光パイプ1の近位端に結合されている。照明ファイバ束の反対側の端は光源に接続されている。

40

【0025】

使用時には、光源からの光は、光ファイバ束7に沿って伝送され、さらに画像を明るくするための光線8として装置の遠位端から放射されるように環状の光パイプ1に沿って引き

50

続き伝送される。画像化レンズによって受け取られる画像は直線 9 で表されている。この画像は、観察者の肉眼で、若しくは従来方式のカメラで観察できるように、ファイバ画像導管に沿って近位端方向に中継されていく。

#### 【0026】

原則的に、滑らかな若しくは研磨された面の場合、全反射のプロセスは 100% に近い効率を有するため、上述した環状光パイプ 1 は非常に高い効率で光を伝送することが可能である。素材による光の吸収はどんなものであってもその効率を低減させることは明らかである。これは、使用目的に係る波長における吸収率が低い素材を選択することで回避できる。(例えば、可視波長では、石英ガラス、高透過性光学ガラス若しくはプラスチックが使用されうる。)

10

#### 【0027】

光の損失はまた、なんらかの物質が、導管の内側または外側の表面に接触もしくは近接する部分でも発生しうる。パイプ 1 は何らかの方法で支持されなくてはならず、更に画像リレー手段 4、4A の支持体としての役割も果たしているため、このことはある程度生じざるをえないことは明らかである。この損失は、しかしながら、以下に述べる種々の実施形態において示されている、多くの可能な手段により、無視できるレベルまで低減することが可能である。

#### 【0028】

可能な実施形態

1) 素材：環状の光パイプに適した高透過性の素材には、石英ガラス、光学ガラス、アクリル(ポリメタクリル酸メチル)が含まれる。アクリルもしくは他のプラスチック素材は、高い柔軟性を持つという利点があるが、光学ガラスや石英ガラスの多くのタイプほどには高透過性を有していない。

20

#### 【0029】

2) 被覆のない細管の素材

原理の本質は上述したとおりである。しかしながら、なんらかのものがパイプに接触する部分における光の損失を低減させるために、多くの実現可能な技術が導入されうる。

a) 仮に表面全体が清浄でありグリースが付着していなければ、パイプのその内側もしくは外側の表面の接触は、散在する点だけで済ませることができる。光は、表面が接触している箇所においてのみ、1 波長(可視光にとっては 0.5 ミクロン)以下の範囲内でガイドから失われる。これは、有効接触領域はパイプ表面積に比べ小さいものであり、わずかな光束しか失われないということを意味している。

30

b) 細管はより低い屈折率の素材によって保護されていてもよい。好適な素材は、PTFE やテフロン(登録商標)などのフッ素系ポリマーであってもよい。そのような素材は屈折率が低く(約 1.3)、それゆえ開口数が低くとも、高い屈折率の素材で作られたパイプの光を導く特性が維持される。図 4(a) は、パイプ 1 が画像リレー手段(ここではファイバ画像導管 4A)およびハウジング 5 との間に、テフロンの粉などの微細な粒子 10 の薄いコーティングによって間隔が設けられているという、考えうる一つの可能な配置例を示している。これらは離散的な点においてのみパイプ 1 と接触し、テフロンの屈折率が低いため、これらの点においても、パイプの光を導く特性は実質的に確保される。微細なテフロンファイバ 11 が画像リレー手段 4A に巻き付けられ、低屈折率の保護用の仕切りとなるように第 2 のファイバ 12 が細管に巻き付けられるという別な配置が図 4(b) に示される。

40

#### 【0030】

3) 被覆のある細管の素材

パイプの内側または外側の表面自体が、屈折率のより低い素材による薄い被覆層を外側若しくは内側またはその両方の表面に有する光伝送素材からなるものであっても良い。そのような構成においては、パイプの最大開口数は

$$\sin \theta = \sqrt{n_{\text{core}}^2 - n_{\text{cladding}}^2}$$

で与えられることが示される。望ましい素材の組み合わせは、例えば、開口数が 0.66

50

となるような石英ガラスの細管 ( $n = 1.46$ ) とフッ素系ポリマーの被覆層 ( $n = 1.3$ ) の組み合わせであり、他にはアクリルの細管のコア ( $n = 1.49$ ) とフッ素系ポリマーの被覆層では開口数は  $0.73$  になる。これらの開口数の値は典型的なガラスファイバ束の光導管のものと同様若しくはそれらより大きいものであり、それゆえそのような束により収束された光を伝送するのに非常に適している。より高い屈折率を有するガラスをコアにもつ素材を使えば、より高い開口数が得られる。

【0031】

ガラスや石英といった剛性の素材上にフッ素系ポリマーの被覆を用いることの更なる利点は、構造に一層の強度と柔軟性が与えられることである。これは、圧力下に置かれたときに光導管が破砕することにもつながってしまう、圧力がかかったガラスの表面に形成される微細な瑕を防止することによりもたらされるものである。

10

【0032】

本発明に基づく装置の更なる例が図5に示される。画像リレー手段4Aおよび画像化レンズ6を含むこの例の特徴のほとんどは、上述したものと概略同様である。また、図5にはハウジング5が示されていないが、使用時にはこれが設けられる。

【0033】

本例における相違点の一つは、光パイプ1(a)が、上述した例の光パイプ1のようには遠位端もしくは近位端の方向に伸張していないということである。その代わり、近位端には、外側に向かって細くなっていく集光器13が設けられている。これは、その遠位端においてはパイプ1Aと等しい外径を持ち、その外径は近位端方向に向かって大きくなっていく。その結果、ファイバ束7Aを、図3を参照しながら説明した例で用いられるファイバ束7よりも大きくすることができる。

20

【0034】

光学ファイバの束は、集光器の直径によって定まる領域に、使用される構造素材の組み合わせ若しくは光源から投入された照明光の開口数のいずれか(どちらか小さいほう)によって定まる角度(若しくは開口数)で光を放射する。商業的に利用可能な通常の光導管についての典型的な値は、直径  $4.5\text{ mm}$ 、開口数  $0.6$  である。集光器13は、標準的な光学的ファイバ束7Aからの光を収束し、かつ光パイプ1Aのサイズに適合するように、より小さい領域内に圧縮することを可能とする。これにより、図3に示すように単純にファイバ束から直接光を投入するよりも、より多量の光束がパイプ1Aに投入されることとなる。しかしながら、その光束は広い角度範囲にわたって拡散されることとなる。これは、そのような集光器のよく知られた、かつ基本的な限界であり、一般的に、円錐形の集光器によってもたらされる光束には、空間的な拡散と角度的な拡散との間に反比例の関係がある。集光器の入力面および出力面の断面積がそれぞれ  $A_i$  と  $A_o$  である場合、入力開口数と出力開口数 ( $NA_i$  および  $NA_o$ ) は次の等式の関係を持つ：

30

$$A_o \cdot NA_o^2 = A_i \cdot NA_i^2$$

【0035】

光パイプの最大開口数がファイバ束のそれよりも高い場合は、これにより、光パイプの面積よりも大きい面積の束からの光束の集約および伝送が可能となる。

【0036】

遠位端では、光パイプ1から光が比較的大きな拡散角度で放射される。視野によっては、このことは望ましい場合もあり、望ましくない場合もある。しかしながら、放射される光束の拡散角度を低減させることは、容易に実現可能である。これは、光パイプ1Aの遠位端に連続して、光パイプ1Aの外径と等しい、不変の外径と、遠位方向に向かって減少していく内径とを有したテーパ型の光導体を設けることによって実現される。図5から見て取れるように、遠位の画像化レンズはそれに対応して先細りの形状を有することが要求される。

40

【0037】

図6(a-d)は、側方観察(90°方向の観察)器に環状光パイプを用いることを可能にする、遠位端部の考えられる2つの配置を示している。これらの配置では、遠位端は円

50

筒様の外観をもつ90°プリズム15が用いられ、細管の外部方向にむけて光を束ね合わせつつ放射し、その照明光が90°の観察方向にむけて導かれる。画像化機構による観察は、90°プリズムレンズ16によって実現される。図6(a)および(b)では、これは、プリズムの出力伝送面と反射面とが平面となるように切除加工されているので、光収差に寄与しない。この構成において、対象物は光パイプ1のガイドの側面を通して観察される。これには、対象物を円筒状の窓を通して観察可能にする効果があり、非点収差の量も小さい。パイプの直径および厚さ、ならびに装置の工学的な仕様によっては、これは顕著な非点収差的光収差の量であることもあればそうでないこともある。非点収差の総量が無視できないものである場合の、側面方向観察を実現するための代替手段が図6(c)および(d)に示されている。この場合、細管の内側の円柱状曲面に適合するような円筒様の外径を有する90°観察プリズムが使用され、観察は外曲面を研磨した平坦な領域17を持つパイプ1の小さな断面を通じて行われる。

10

**【0038】**

図7(a) - (d)は、側方観察(90°方向の観察)器に環状光パイプを用いることを可能にする、遠位端部の、更に考えうる2つの配置を示している。これらの配置では、図3と同様のファイバ画像導管4Aと、図6と同様の90°プリズムレンズ16が用いられる。しかしながら、図6では光を90°の観察方向に導くためにプリズム15が使用されたのに対し、図7(a)の構成では、主軸に対して45°の角度をもつ傾斜面18で光パイプ1が途切れていることが示されている。傾斜面18は、光導管の切断され、また磨かれた端部に反射ミラーコーティングを施すことによって得られる反射面である。光導管1の遠位側には、光ガイド1の傾斜面18とは相補的な関係にある傾斜面20を持つ支持管19が配されている。この支持管19は、ファイバ画像導管4Aの遠位端とプリズムレンズ16を支持している。

20

**【0039】**

他の配置が図7(c)および(d)に示されている。この場合、光導管1は、上記と同様に45°の傾斜面18Aと、図7(a)のと同様の方法で設けられた支持管19Aを備えている。しかしながら、この場合は、支持管19Aの傾斜面28が反射面となっている。この支持管19Aは、ガラス、金属もしくはプラスチックなどで適宜形成されるものであり、反射力のあるコーティングを施され、光導管1に光学セメントを用いて接着されていてもされていなくても良い。光学セメントの使用は、光導管1の切断面が滑らかかつ高度に研磨されていなければならないという要求を低減させるのに役立つ。

30

**【0040】**

図7(a) - (d)に示された構成のどちらにおいても、90°方向に向けられた照明光のうちには、Aの画像リレー手段によって妨げられてしまうものもある。例えば、もしこれが図7(a) - (d)に示されているようにコヒーレントなファイバの画像導管4Aからなるものであれば、これは通常プラスチックの被覆により保護されている。90°方向に向けられた照明光がファイバ画像導管4Aを、それに妨げられることなく通過できるようにするために、照明光の部分だけその皮膜を除去することが可能である。その他、仮に画像リレー手段がリレーレンズ機構である場合には、リレーレンズ機構とプリズムレンズ16を慎重に設計することで、90°方向に向けられた照明光が画像リレー手段のレンズとレンズの間の空間を通り、それによって照明光が全く妨げられないようにすることが可能である。

40

**【図面の簡単な説明】**

**【図1】**図1(a)及び1(b)は、それぞれ本発明の基礎を成す技術的な原則に係る概略的な横断面図と末端図である。

**【図2】**図2(a)は、本発明の概略断面図であり、図2(b)は、比較のための従来技術に係る同様な図である。

**【図3】**図3は、本発明に基づく装置の概略断面図である。

**【図4】**図4(a)は、環状光パイプおよび画像リレー手段を支持する第1の手段を示す、装置の一部の概略断面図である。図4(b)は、環状光パイプおよび画像リレー手段を

50



支持する第2の手段を示す図4(a)と同様の図である。

【図5】図5は、集光器を備えた、本発明に基づく更なる装置に係る図3と同様の概略断面図である。

【図6】図6(a)は、本発明に基づく装置の更なる例示の遠位端に係る概略横断面図である。図6(b)は、図6(a)の直線(b)-(b)における断面図である。図6(c)および6(d)は、本発明に基づく装置の更なる例を示す、それぞれ図6(a)および6(b)に相当する図である。

【図7】図7(a)および7(b)は、本発明に基づく装置の更なる例を示す、それぞれ図6(a)および6(b)に相当する図である。図7(c)および7(d)は、本発明に基づく装置の更なる例を示す、それぞれ図6(a)および6(b)に相当する図である。

## 【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau(43) International Publication Date  
10 May 2002 (10.05.2002)

PCT

(10) International Publication Number  
**WO 02/37160 A2**

- (51) International Patent Classification: **G02B 23/00**
- (21) International Application Number: PCT/GB01/04852
- (22) International Filing Date:  
1 November 2001 (01.11.2001)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data:  
0026842.5 2 November 2000 (02.11.2000) GB
- (71) Applicant (for all designated States except US):  
**KEYMED (MEDICAL AND INDUSTRIAL EQUIPMENT) LTD** [GB/GB]; KeyMed House, Stock Road, Southend on Sea, Essex SS2 5QH (GB).
- (72) Inventor; and  
(75) Inventor/Applicant (for US only): **RAMSBOTTOM, Andrew** [GB/GB]; 408a Westborough Road, Westcliff-on-Sea, Essex SS0 9TH (GB).
- (74) Agent: **BOULT WADE TENNANT**; Verulam Gardens, 70 Gray's Inn Road, London WC1X 8BT (GB).
- (81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Published:**  
— without international search report and to be republished upon receipt of that report
- For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*



WO 02/37160 A2

(54) Title: AN APPARATUS FOR PROVIDING AN IMAGE OF A REMOTE OBJECT ACCESSIBLE ONLY THROUGH AN APERTURE OF FINITE DIAMETER

(57) Abstract: A remote imaging apparatus such as a borescope or endoscope. The apparatus has an image relay means (4) for relaying an image along the main axis (3) from the distal end of the scope and an annular light pipe (1) for transmitting light to the distal end of the scope to illuminate the object to be viewed. At least the inner or outer surface of annular light pipe (1) is surrounded by air.

- 1 -

AN APPARATUS FOR PROVIDING AN IMAGE  
OF A REMOTE OBJECT ACCESSIBLE ONLY  
THROUGH AN APERTURE OF FINITE DIAMETER

5 This invention relates to the range of viewing  
scopes intended to provide an image of a remote object  
accessible only through an aperture of finite  
diameter. This includes, for example, borescopes,  
endoscopes, fibrescopes, and videoscopes.

10 Such instruments generally perform two basic  
optical functions. Firstly they transfer light for  
illumination purposes from the proximal to the distal  
end of the scope so as to illuminate the object being  
15 viewed. Secondly, they transfer an image of the same  
object from the distal to the proximal end where this  
may be viewed by the eye, or by means of an attached  
or integral camera. Depending on the type of scope  
there are a number of possible means of image transfer  
20 e.g. relay lenses; rod lenses, gradient index (e.g.  
Selfoc) lenses, flexible coherent fibre bundles, rigid  
or (semi-rigid) coherent fibre image conduit, CCD or  
CMOS chip in distal tip. In all of these types of  
instrument there is a requirement to transmit  
25 illumination to the object being viewed. This is  
usually accomplished by means of a glass fibre bundle  
consisting of many thousands of individual small  
diameter (< 100 micron) optical fibres packed tightly  
around the outside of the image transmitting system.  
30 Often the mechanical arrangement consists of a 2-tube  
construction, whereby an inner tube of material is  
used to support and protect the image transmitting  
optical system. The illumination fibres are packed  
around this inner tube inside of an outer protective  
35 tube.

The quality (brightness, resolution, image size)

WO 02/37160

PCT/GB01/04852

- 2 -

of the image produced by the scope is determined by many design factors however it is generally the case that the larger the diameter of the image transmission system and the greater the amount of luminous flux transmitted by the system then the better is the image quality achievable in respect of either image size, brightness, resolution or some combination of these criteria. Clearly for a given external diameter of scope the amount of luminous flux transmitted by the system can be increased by increasing the number of illumination fibres, however this will necessarily reduce the diameter of the imaging optical system thereby tending to reduce the overall luminous flux transmitted from distal to proximal end. For any particular system design there will be an optimum ratio of external scope diameter to imaging system diameter which maximises the overall luminous flux transmitted to the image.

According to the present invention there is provided an apparatus for providing an image of a remote object accessible only through an aperture of finite diameter, the apparatus comprising an elongate body defining a main axis, an image relay means for relaying an image along the main axis from the distal end of the scope, and an annular light pipe surrounding the image relay means for transmitting light to the distal end of the scope to illuminate the object to be viewed; characterised in that at least one of the inner surface or the outer surface of the annular light pipe is surrounded by air.

The light pipe is essentially a homogeneous block of light transmitting material as opposed to a number of discrete fibres. Although the light pipe will generally have a one piece construction, it may be made up of a small number of homogeneous blocks

WO 02/37160

PCT/GB01/04852

- 3 -

optically coupled to one another.

The advantages in replacing the bundle of optical fibres with an annular light pipe are numerous.

5

The annular light pipe does not require an inner protective tube allowing it to occupy a proportionally greater part of the limited cross-section available.

10

Optical fibres necessarily consist of some dead space caused by gaps between individual fibres and the cladding around each fibre core. This is not the case with an annular light pipe which can therefore transmit more light flux than a fibre bundle of the same cross-sectional area.

15

The annular light pipe has the potential to carry more light flux than a fibre bundle of the same cross-sectional area since the numerical aperture is higher. This offers the potential to use light concentrating techniques to increase the amount of light coupled into the annular light pipe as mentioned below.

20

When an apparatus is assembled using a bundle of fibres, it is difficult to avoid damaging some of the individual fibres as they are packed tightly around the image relay means. This becomes a proportionally greater problem as the diameter of the apparatus is reduced.

25

30

An annular light pipe is easier to handle than a bundle of optical fibres thereby greatly facilitating the assembly process.

35

The ability of the annular light pipe to transmit light is dependent upon the efficiency of the total internal reflection within the annular light pipe.

WO 02/37160

PCT/GB01/04852

- 4 -

This, in turn, is dependent upon the difference in the refractive index of the annular light pipe and the surrounding medium. To achieve the required differential in refractive indices at least the inner surface or the outer surface of the annular light pipe is surrounded by air. Of course, the annular light pipe will have to be externally supported and also has to provide support internally for the image relay means. This can be achieved if the annular light pipe is provided internally and/or externally with a support which contacts the annular light pipe only at a number of discrete locations. The support material preferably has a lower refractive index than that of the annular light pipe. The support may, for example, be a powder distributed internally and/or externally of the annular light guide, or may be one or more strips of fibrous material wound internally and/or externally of the annular light pipe.

As an alternative to the air gap, one of the inner surface or the outer surface of the annular light pipe may be coated with a layer of material having a lower refractive index than the material of the annular light pipe.

In order to increase the amount of light being transmitted through the annular light pipe, the invention may make use of a light flux concentrator. This takes the form of a frusto-conical light pipe which is coaxial with the annular light pipe and has a central axial bore corresponding to the bore of the annular light pipe, the outer diameter of the frusto-conical light pipe decreasing towards the annular light pipe and being substantially equal to the outer diameter of the annular light pipe at the interface between the annular light pipe and the frusto-conical light pipe. This allows a greater amount of flux to

WO 02/37160

PCT/GB01/04852

- 5 -

be coupled into the annular light pipe.

5 The flux will, however, be distributed over a wider angular range. This is a well understood and fundamental limitation of such light concentrators and there is generally an inverse relationship between the spatial distribution and annular distribution achieved for given light flux through a frusto-conical light pipe. At the distal end, the light would be emitted from the annular light pipe over a correspondingly larger angular distribution. Depending on the field of view, this may or may not be desirable. If it is not desirable, the angular distribution can be reduced by providing a distal light guide adjacent to the distal end of the annular light pipe and having an outer diameter equal to the outer diameter of the annular light pipe, and an inner diameter at its proximal end which is equal to the inner diameter of the annular light pipe and which progressively decreases towards the distal end. This is feasible since the diameter of the image relay means immediately adjacent to the distal end is generally smaller than its diameter away from the distal end. This leaves some unused space at the distal end for the tapered distal light guide as described.

30 The invention is applicable to a lateral viewing apparatus in which light is emitted and the images received in a direction substantially  $90^\circ$  to the viewing direction. In this case, the annular light pipe is provided with a window through which the image is transmitted to the image relay means. In order to reduce the amount of astigmatism, the external surface of the annular light pipe at the window may be polished flat.

35 A further arrangement for a lateral viewing

WO 02/37160

PCT/GB01/04852

- 6 -

apparatus is provided by the light guide terminating at a face which is at substantially 45° to the main axis and is associated with a reflective coating.

5           Examples of apparatus constructed in accordance with the present invention will now be described with reference to the accompanying drawings, in which:

10           Figs. 1(a) and 1(b) are schematic axial section and end illustrations respectively of the technical principal underlying the present invention;

15           Fig. 2(a) is a schematic cross-section of the present invention and Fig 2(b) is a similar view of the prior art for comparative purposes;

          Fig. 3 is a schematic cross-section of an apparatus in accordance with the present invention;

20           Fig. 4(a) is a schematic cross-section through a portion of the apparatus showing a first way of supporting an annular light pipe and image relay means;

25           Fig. 4(b) is a view similar to Fig. 4(a) showing a second way of supporting the annular light pipe and image relay means;

30           Fig. 5 is a schematic cross-section similar to Fig. 3 of a further apparatus in accordance with the present invention having a light flux concentrator;

35           Fig. 6(a) is a schematic axial cross-section of a distal end of a further example of an apparatus in accordance with the present invention;

          Fig. 6(b) is a cross-section through line (b) -



WO 02/37160

PCT/GB01/04852

- 7 -

(b) in Fig. 6(a);

5 Figs. 6(c) and 6(d) are views corresponding to Fig. 6(a) and 6(b) respectively showing a further example of an apparatus in accordance with the present invention;

10 Figs. 7(a) and 7(b) are views corresponding to Figs. 6(a) and 6(b) respectively showing a further example of an apparatus in accordance with the present invention; and

15 Figs. 7(c) and 7(d) are views corresponding to Figs. 6(a) and 6(b) respectively showing a further example of an apparatus in accordance with the present invention.

20 The invention can be applicable to any apparatus such as a borescope, endoscope, fibrescope or videoscope. Such an apparatus may either be of rigid construction or may be flexible. The invention essentially resides in replacing a conventional annular bundle of fibres in such a device with an annular light pipe 1. The technical principle  
25 governing the operation of the light pipe will now be described with reference to Figs. 1(a) and 1(b).

30 The elongate annular light pipe 1 is shown surrounded inside and out by air. Light 2 is coupled into the proximal end of the light pipe 1. This light is efficiently contained within the light pipe 1 by means of total internal reflection from the air-glass interfaces. Fig. 1(a) shows the typical path of meridional light rays (rays travelling within the  
35 plane of the drawing) incident on the end of the light pipe at an angle  $\theta$  with respect to the direction of the pipe axis. It can be shown that any ray incident

WO 02/37160

PCT/GB01/04852

- 8 -

on the end of the pipe within an angle  $\theta$  will be thus contained within the guide providing that  $\sin\theta \leq \sqrt{n'^2 - 1}$  where  $n'$  is the refractive index of the pipe material. This implies that a material with a refractive index of 1.414 ( $\sqrt{2}$ ) or greater will effectively contain meridional light rays incident from any acute angle to the pipe axis 3.

Figure 1(b) shows an end-on view of the pipe 1 and the path of a typical skew ray (a ray direction with both a meridional component and a component out of the plane of the drawing in Figure 1(a)). Clearly any skew ray that is incident at an angle to the pipe axis 3 of  $\theta$  or less, where  $\theta$  is defined by the equation above, will be incident on the pipe wall within the material at an angle to the surface normal greater than that of a meridional ray incident from a similar angle to the pipe axis 3. Hence any skew ray satisfying the above equation must also be contained efficiently within the pipe 1.

The quantity  $\sin \theta$  ( $=n' \sin \theta'$ ) in the above equation defines the maximum 'numerical aperture' of the light ray bundle. For most common optical materials ( $n > 1.414$ ) the maximum numerical aperture is greater than 1.

A cross-section illustrating schematically one possible design of a scope body containing a pipe 1 of this type is shown in Figure 2(a). For comparison a conventional borescope cross-section is shown of Figure 2(b). The pipe 1 is replacing both the conventional fibre bundle B and the inner protective lens tube T. The example shown in Figure 2 shows a conventional relay lens image transfer system 4 however the pipe 1 could just as well act as the

protective enclosure for any of the other types of image transfer system referred to earlier.

5 Figure 3 is a schematic showing the apparatus in greater detail than in Fig. 2(a). The apparatus is a device such as a borescope which is configured as a forward viewing device. The device comprises a hollow cylindrical main body 5 with imaging lenses 6 at its distal end. An image relay means, in this case a fibre image conduit 4A extends axially away from the distal end along the centre of the body 5. An annular light pipe 1 extends proximally from the distal end and surrounds the imaging lenses 6 and fibre image conduits 4A at least along a portion of its length. 10 An illumination fibre bundle 7 consisting of a plurality of optical fibres is coupled to the proximal end of the light pipe 1. The opposite end of the illumination fibre bundle is connected to the light source. 15

20 In use, light from the light source is transmitted along the illumination fibre bundle 7 and subsequently along the annular light pipe 1 to be emitted from the distal end of the device as rays 8 to illuminate the image. The image received by the imaging lenses is represented by lines 9. This image is relayed distally along the fibre image conduit so as to be viewed by the eye of an observer or by a camera in the conventional manner. 25

30 In principle the annular light pipe 1 as described above can transmit light with extremely high efficiency, since the process of total internal reflection is close to 100% efficient for a smooth or polished surface. Clearly any absorption of light by the material would reduce the efficiency. This can be avoided by choosing a material for which the 35

WO 02/37160

PCT/GB01/04852

- 10 -

absorption at the wavelength of intended use is low (e.g. at visible wavelengths fused silica, high transmission optical glass or plastic could be used).

5           Loss of light may also occur where any material touches or comes into close contact with the internal or external surfaces of the guide. Obviously this must occur to some extent as the pipe 1 has to be supported in some way and furthermore is acting as a support for the image relay means 4, 4A. This loss can however be reduced to negligible level by a number of possible means illustrated in the various  
10           embodiments described below.

15   **Possible embodiments**

1)   **Materials:** Suitable high transmission materials for an annular light pipe include fused silica, optical glass, acrylic (poly-methyl-methacrylate). Acrylic or other plastic  
20           materials have the advantage of being highly flexible however do not have as high transmission as many types of optical glass or fused silica.

2)   **Uncoated capillary material**

25           The principle is essentially as described above. However in order to reduce light loss where anything touches the pipe a number of possible techniques can be implemented.

30           a) If all surfaces are clean and free of grease then the pipe will only make contact on its internal or external surfaces at isolated single points. Light will only escape from the guide where surfaces are adjacent to  
35           within less than 1 wavelength ( $\approx 0.5$  microns for visible light). This means that the

- 11 -

effective contact area will be small as a proportion of the pipe surface area and little light flux will be lost.

5 b) The capillary could be protected by means of a material of lower refractive index. Suitable materials might be fluoropolymers such as PTFE, Teflon etc. Such materials have a low refractive index ( $\approx 1.3$ ) and will therefore maintain the light-guiding  
10 properties of a pipe made of material of higher refractive index all be it at a lower numerical aperture. Figure 4(a) shows one possible arrangement whereby the pipe 1 is spaced from both the image relay means (in this case a fibre image conduit 4A) and the  
15 housing 5 by means of a light coating of fine particles 10, e.g. Teflon powder. These contact the pipe 1 only at discrete points and even at those points would substantially  
20 preserve the light-guiding properties of the pipe due to the low refractive index of the Teflon. An alternative arrangement is shown in Figure 4(b) whereby a thin Teflon fibre 11 is coiled around the image relay means 4A and  
25 a second fibre 12 is coiled around the capillary so as to provide a low refractive index protective barrier.

3) **Coated capillary material**

30 Either the inner surface or the outer surface of the pipe itself could consist of a light transmitting material with a thin cladding layer of lower refractive index material on either the  
35 external, internal or both surfaces. For such an arrangement it can be shown that the maximum numerical aperture of the pipe is given by:

WO 02/37160

PCT/GB01/04852

- 12 -

$\sin\theta = \sqrt{n_{\text{core}}^2 - n_{\text{cladding}}^2}$  . Suitable material

combinations, could for example consist of a fused silica capillary ( $n = 1.46$ ) with a flouropolymer cladding layer ( $n \approx 1.3$ ) for which the numerical aperture would be 0.66, or alternatively an acrylic capillary core ( $n = 1.49$ ) with a flouropolymer cladding would have a numerical aperture of 0.73. These numerical aperture values are similar to, or greater than those of typical glass fibre bundle light guides, and would therefore be entirely adequate for transmitting light coupled directly from such a bundle. Using a glass core material of higher refractive index would result in a still higher numerical aperture.

A further advantageous feature of using a flouropolymer cladding on a rigid material such as glass or silica is the additional strength and flexibility imparted to the structure. This is due to the prevention of the formation of micro-cracks in the stressed glass surface which could lead to the breakage of the light guide when placed under stress.

A further example of apparatus in accordance with the present invention is shown in Fig. 5. Most of the features of this example including the image relay means 4A and the imaging lenses 6 are generally the same as described previously. Further, although Fig. 5 does not show a housing 5, this will be present in use.

One difference in this example is that the light pipe 1(a) does not extend as far in the distal or proximal directions as the light pipe 1 of the

WO 02/37160

PCT/GB01/04852

- 13 -

previous example. Instead, at the proximal end, an outwardly tapering flux concentrator 13 is provided. This has an outer diameter equal to that of the pipe 1A at its distal end, and its outer diameter increases  
5 proximally. The fibre bundle 7A can consequently be larger than the fibre bundle 7 used for the example described with reference to Fig. 3.

The fibre optic bundle will emit light over an  
10 area defined by the diameter of the flux concentrator and over an angle (or numerical aperture) determined by the combination of construction materials used or the input numerical aperture of the illumination from the light source (whichever is the lesser). Typical  
15 values for standard commercially available light guides are: diameter = 4.5mm; numerical aperture = 0.6. The flux concentrator 13 enables light to be coupled from a standard optical fibre light bundle 7A and compressed down to a smaller area to match the  
20 size of light pipe 1A. This will couple a greater amount of flux into the pipe 1A than simply coupling from the fibre bundle directly into the pipe 1 as shown in Fig. 3. The flux will however be distributed over a wider angular range. This is a well understood  
25 and fundamental limitation of such light concentrators and there is generally, an inverse relationship between the spatial distribution and angular distribution achieved for a given light flux through a conical light concentrator. If the cross sectional  
30 areas of the input and output faces of the concentrator are  $A_i$  and  $A_o$  respectively, the input and output numerical apertures ( $NA_i$  and  $NA_o$ ) are related by the equation:

$$35 \quad A_o \cdot NA_o^2 = A_i \cdot NA_i^2$$

If the maximum numerical aperture of the light

pipe is higher than that of the fibre bundle, then this does allow the collection and transportation of light flux from a bundle of larger area than that of the light pipe.

5

At the distal end the light would be emitted from the light pipe 1 over a correspondingly larger angular distribution. Depending on the field of view this may or may not be desirable. However, it is quite feasible to reduce the angular distribution of the emitted light flux. This can be achieved by providing, adjacent to the distal end of the light pipe 1A a tapered light guide which has a constant external diameter equal to that of the light pipe 1A and inner diameter which decreases towards the distal end. As can be seen from Fig. 5, the distal imaging lens is required to have a corresponding tapered shape.

Figures 6(a - d) show two possible distal tip arrangements which would enable the use of an annular light pipe with a lateral viewing (90 degrees direction of view) scope. These arrangements use a 90° prism 15 with a cylindrical profile to couple light out of the capillary and direct the illumination in the 90° viewing direction. The view of the imaging system is achieved by means of a 90° prismatic lens 16. In Figs. 6(a) and (b) this is truncated such that the output transmitting surface and the reflecting surface of the prism are both flat and thus do not contribute any optical aberrations. In this configuration the object is viewed through the side face of the light pipe 1 guide. This will have the effect of viewing the object through a cylindrical shaped window and will introduce a small amount of astigmatic power. Depending on the diameter and thickness of the pipe, and the optical specifications of the instrument this may or may not represent a

35



WO 02/37160

PCT/GB01/04852

- 15 -

noticeable amount of astigmatic aberration. If the amount of astigmatism is significant then an alternative means of achieving a lateral direction of view is shown in Figs. 6(c) and (d). In this case a 90° viewing prism with a cylindrical profile to match the internal cylindrical curve of the capillary is used and the view is through a small section of the pipe 1 with a flat area 17 polished on to the outside curve.

10 Figs. 7(a)-(d) show two further possible distal tip arrangements which would enable the use of an annular light pipe with a lateral viewing (90° direction of view) scope. These arrangements use the same fibre image conduit 4A as in Fig. 3, and the same 15 90° prismatic lens 16 of Fig. 6. However, whereas Fig. 6 uses a prism 15 to direct light in the 90° viewing direction, the arrangement of Fig. 7(a) shows the light pipe 1 terminating at an oblique surface 18 at 45° to the main axis. The oblique face 18 is a 20 reflective surface provided by means of a reflective mirror coating on the cut and polished edge of the light guide itself. Positioned distally of the light guide 1 is a support tube 19 having an oblique face 25 which is complementary to the oblique face 18 of the light guard 1. This support tube 19 supports the distal end of the fibre image conduit 4A and the prismatic lens 16.

30 An alternative arrangement is shown in Figs. 7(c) and 7(d). In this case, the light guide 1 has an oblique face 18A at 45° as before, and a support tube 19A is again provided in the same way that it was in Fig. 7(a). However, in this case, the oblique face 28 35 of the support tube 19A is provided with the reflective surface. This support tube 19A should be made of glass, metal or plastic as convenient, with a

WO 02/37160

PCT/GB01/04852

- 16 -

reflective coating and may or may not be attached to the light guide 1 using optical cement. The use of optical cement has the advantage of reducing the requirement for a smooth, highly polished surface on the cut edge of the light guide 1.

In both of the arrangements shown in Figs. 7(a)-(d), some of the 90° directed illumination may be obstructed by the image relay means for A. For example, if this consists of the coherent fibre image guide 4A as shown in Figs. 7(a)-(d), this will usually be protected by a plastic coating. It is possible to remove the coating in the region of the illumination so as to allow the 90° directed illumination to pass through the fibre image conduit 4A unobstructed. Alternatively, if the image relay means is a relay lens system, it may be possible, by careful design of the relay lens system and the prismatic lens 16 to arrange for the 90° directed illumination to pass through an air space between lenses of the image relay means thereby avoiding any obstruction to the illumination.

25

30

WO 02/37160

PCT/GB01/04852

- 17 -

CLAIMS

1. An apparatus for providing an image of a remote object accessible only through an aperture of finite diameter, the apparatus comprising an elongate body defining a main axis, an image relay means for relaying an image along the main axis from the distal end of the scope, and an annular light pipe surrounding the image relay means for transmitting light to the distal end of the scope to illuminate the object to be viewed; characterised in that at least one of the inner surface or the outer surface of the annular light pipe is surrounded by air.
2. An apparatus according to claim 1, wherein the or each surface surrounded by air is provided with a support which contacts the annular light pipe only at a number of discrete locations.
3. An apparatus according to claim 2, wherein the support material has a lower refractive index than that of the annular light pipe.
4. An apparatus according to claim 2 or claim 3, wherein the support is provided by a powder distributed internally and/or externally of the annular light guide.
5. An apparatus according to claim 2 or claim 3, wherein the support is one or more strips of fibrous material wound internally and/or externally of the annular light pipe.
6. An apparatus according to claim 1, wherein the inner surface or the outer surface of the light pipe is coated with a layer of material having a lower refractive index than the material of the annular

WO 02/37160

PCT/GB01/04852

- 18 -

light pipe.

7. An apparatus according to any one of the preceding claims, further comprising a frusto-conical light pipe which is coaxial with the annular light pipe and has a central axial bore corresponding to the bore of the annular light pipe, the outer diameter of the frusto-conical light pipe decreasing towards the annular light pipe and being substantially equal to the outer diameter of the annular light pipe at the interface between the annular light pipe and the frusto-conical light pipe.

8. An apparatus according to any one of the preceding claims, further comprising a distal light guide adjacent to the distal end of the annular light pipe and having an outer diameter equal to the outer diameter of the annular light pipe, and an inner diameter which at its proximal end is equal to the inner diameter of the annular light pipe and which progressively decreases towards the distal end.

9. An apparatus according to any one of the preceding claims arranged such that light is emitted and the images are received in a direction substantially  $90^\circ$  to the viewing direction in which the annular light pipe is provided with a window through which the image is transmitted to the image relay means.

10. An apparatus according to claim 9, wherein the external surface of the annular light pipe at the window is polished flat.

WO 02/37160

PCT/GB01/04852

- 19 -

11. An apparatus according to claim 9 or claim 10, wherein the light guide terminates at a face which is at substantially  $45^\circ$  to the main axis and is associated with a reflective coating.

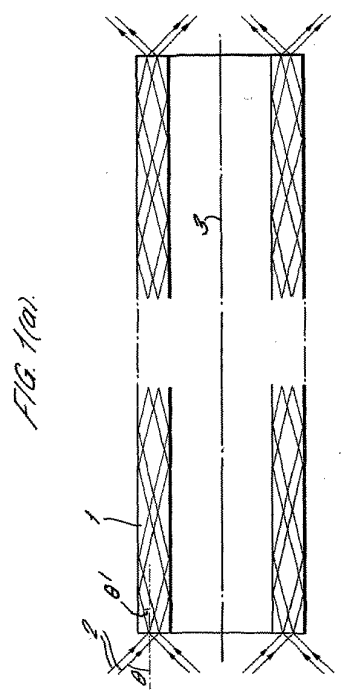
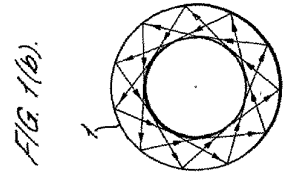
5

10

15

20

25



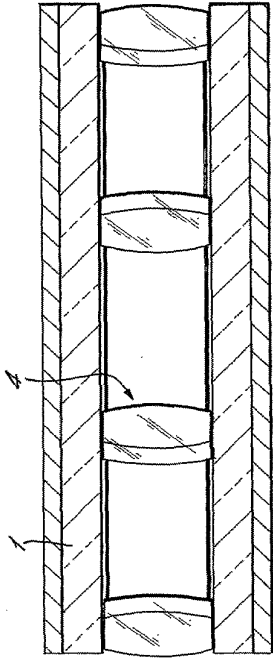


FIG. 2(a).

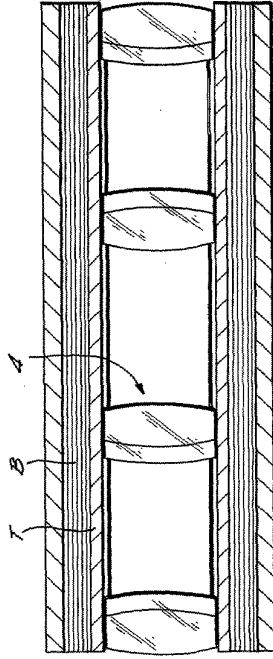
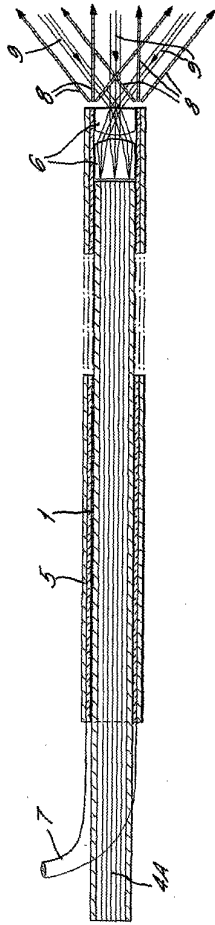


FIG. 2(b).

FIG. 3





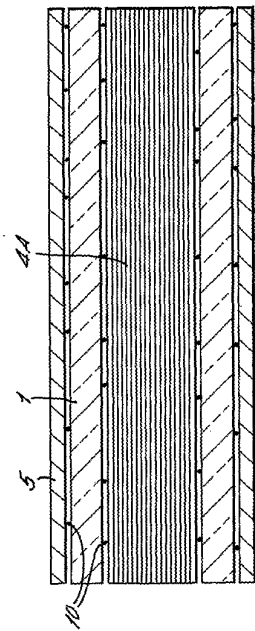


FIG. 4(a).

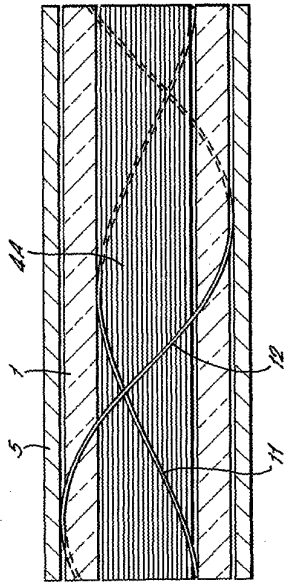
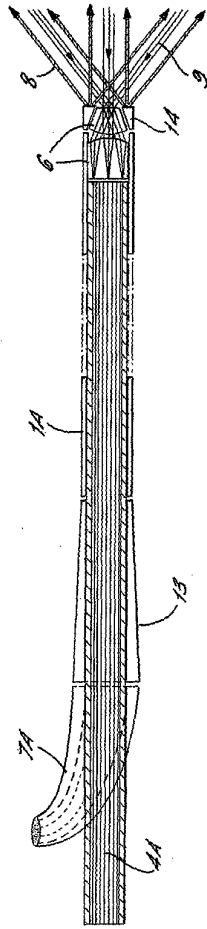


FIG. 4(b).

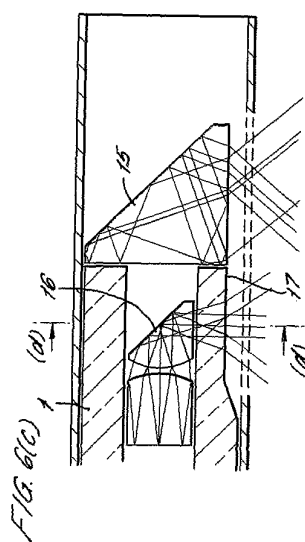
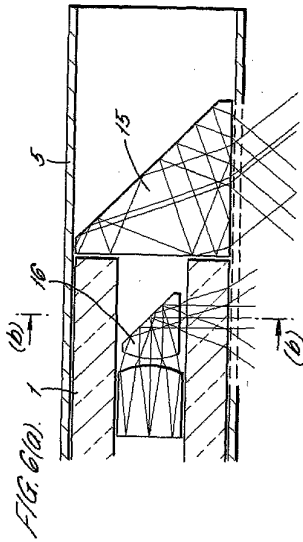
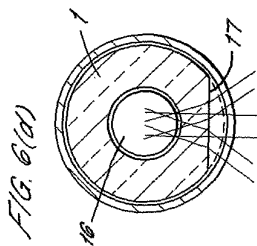
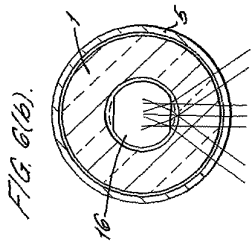
FIG. 5.



WO 02/37160

6/8

PCT/GB01/04852



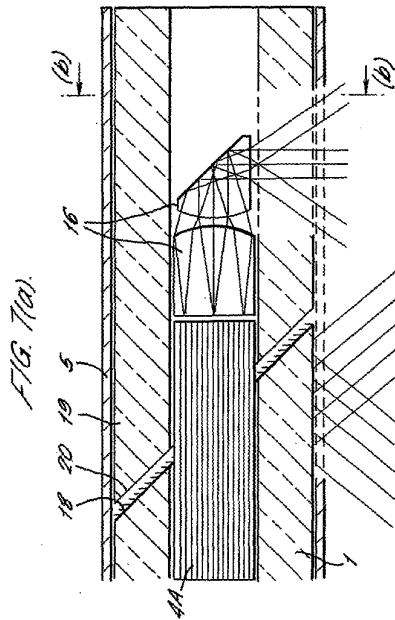
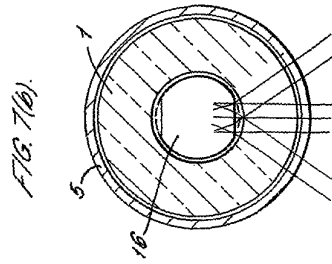


FIG. 7(d).

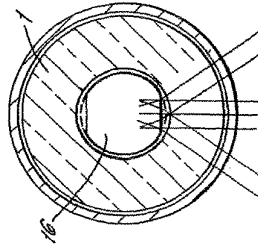
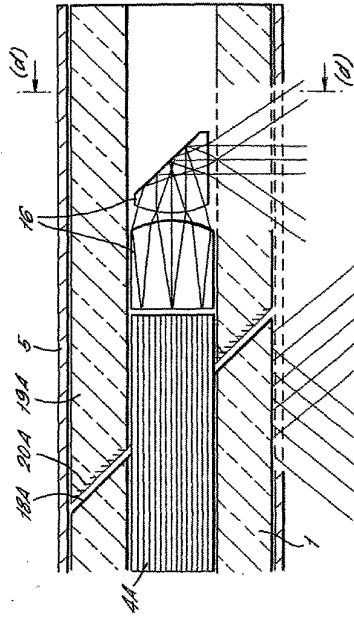


FIG. 7(c).



【国際公開パンフレット(コレクトバージョン)】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
10 May 2002 (10.05.2002)

PCT

(10) International Publication Number  
WO 02/037160 A3

- (51) International Patent Classification: **G02B 23/26**
- (21) International Application Number: PCT/GB01/04852
- (22) International Filing Date:  
1 November 2001 (01.11.2001)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data:  
0026842.5 2 November 2000 (02.11.2000) GB
- (71) Applicant (for all designated States except US):  
**KEYMED (MEDICAL AND INDUSTRIAL EQUIP-  
MENT) LTD** (GB/GB); KeyMed House, Steek Road,  
Southend-on-Sea, Essex S52 5QH (GB).
- (72) Inventor: and  
(75) Inventor/Applicant (for US only): **RAMSBOTTOM,  
Andrew** (GB/GB); 408a Westborough Road, West-  
cliff-on-Sea, Essex S50 9TH (GB).
- (74) Agent: **BOULT WADE TENNANT**; Verulam Gardens,  
70 Gray's Inn Road, London WC1X 8BT (GB).
- (81) Designated States (national): AU, AG, AL, AM, AT, AU,  
AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU,  
CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH,  
GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,  
LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,  
MX, MY, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG,  
SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN,  
YU, ZA, ZW.
- (84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM,  
KR, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian  
patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European  
patent (AT, BE, CH, CY, DL, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE,  
IT, LU, MC, NL, PT, SI, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF,  
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD,  
TG).

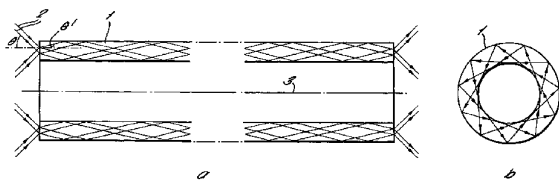
Published:  
with international search report

(88) Date of publication of the international search report:  
24 April 2003

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guide  
Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the begin-  
ning of each regular issue of the PCT Gazette.



(54) Title: AN APPARATUS FOR PROVIDING AN IMAGE OF A REMOTE OBJECT ACCESSIBLE ONLY THROUGH AN  
APERTURE OF FINITE DIAMETER



(57) Abstract: A remote imaging apparatus such as a borescope or endoscope. The apparatus has an image relay means (4) for relaying an image along the main axis (3) from the distal end of the scope and an annular light pipe (1) for transmitting light to the distal end of the scope to illuminate the object to be viewed. At least the inner or outer surface of annular light pipe (1) is surrounded by air.

WO 02/037160 A3

## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/GB 01/04852
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 G02B23/26		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G02B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) INSPEC, EPO-Internal, WPI Data, PAJ		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 689 365 A (S. TAKAHASHI) 18 November 1997 (1997-11-18) column 6, line 32 -column 8, line 8; figures 6,7	1
A	US 5 919 128 A (FITCH JOSEPH P) 6 July 1999 (1999-07-06) column 2, line 66 -column 4, line 24; figures 1-6B	1
A	US 4 511 222 A (BIREN MARVIN A) 16 April 1985 (1985-04-16) column 2, line 13 -column 3, line 52; figures 1-4	1
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or distinct, be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *Z* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 9 September 2002		Date of mailing of the international search report 19/09/2002
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P. B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040. Tx. 31 651 epo nl. Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Sarnecki, A

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International Application No  
PCT/GB 01/04852

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5689365	A	18-11-1997 JP 8082766 A	26-03-1996
US 5919128	A	06-07-1999 NONE	
US 4511222	A	16-04-1985 NONE	

Form PCT/SA/210 (patent family annex) (July 1992)



---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,CH,CY,DE,DK,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NO,NZ,OM,PH,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VN,YU,ZA,ZW

Fターム(参考) 2H040 CA03 CA11 CA12 CA24 CA26 DA02 DA12 DA17  
4C061 CC03 CC04 FF47 JJ06 NN01