



(10) **DE 10 2006 062 938 B3** 2013.05.16

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2006 062 938.8**
(22) Anmeldetag: **14.11.2006**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **16.05.2013**

(51) Int Cl.: **G02B 23/24 (2011.01)**
A61B 1/06 (2011.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(62) Teilung aus:
10 2006 053 487.5

(73) Patentinhaber:
**Storz Endoskop Produktions GmbH, 78532,
Tuttlingen, DE**

(74) Vertreter:
Stamer, Harald, Dipl.-Phys., 35579, Wetzlar, DE

(72) Erfinder:
**Krattiger, Beat, Beringen, CH; Kuster,
Manfred, Widnau, CH; Hensler, Fritz, 78579,
Neuhausen, DE; Donne-Brechbühl, Sabrina Le,
Untersiggenthal, CH; Klumpp, Martin, 78315,
Radolfzell, DE; Jäggli, Marcel, Winterthur, CH**

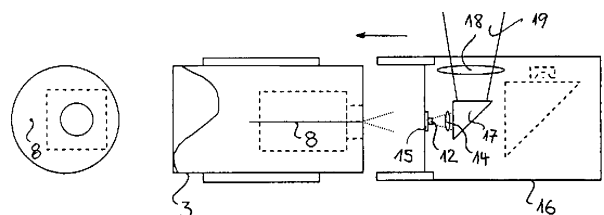
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 20 2004 012 992 U1
EP 1 795 798 A1
JP 2005 328 921 A

translation JP 2005 - 328 921 A

(54) Bezeichnung: **Endoskopisches System mit fasergepumpter Fluoreszenzbeleuchtung**

(57) Hauptanspruch: Endoskopisches System (1) mit in einer proximalen Versorgungseinheit (4) angeordneter Anregungsstrahlenquelle (5), mit einer optischen Strahlungsübertragungsstrecke in einem Einführungsteil (3) und einem distalseitigen Fluoreszenzumsetzer, wobei als Anregungsstrahlenquelle (5) eine im kurzwelligen sichtbaren Spektralbereich emittierende Laserdiode (6) und als optische Übertragungsstrecke eine Glasfaser (8) vorhanden sind und der Fluoreszenzumsetzer zur Umwandlung in Weißlicht geeignet ist, und bei dem als Fluoreszenzumsetzer ein Fluoreszenzkörper (12, 22, 25) als separates, austauschbares Bauteil der Lichtaustrittsfläche der Glasfaser (8) nachgeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Fluoreszenzkörper (12, 22, 25) in einem an das Einführungsteil (3) ankoppelbaren Wechselkopf (16) angeordnet ist, wobei am distalseitigen Ende des Einführungsteils (3) eine Abbildungsoptik (21) zur Erzeugung eines kollimierten Strahlenbündels aus dem aus der Lichtaustrittsfläche der Glasfaser (8) austretenden Anregungsstrahlenbündels angeordnet ist und der Wechselkopf (16) zur Erzeugung eines Beleuchtungs- und/oder Meßstrahlenbündels mit weiteren optischen Bauelementen (14, 17, 18, 20, 23, 24, 27, 30) und wärmeableitenden Bauelementen (15, 26, 31) ausgebildet...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein endoskopisches System mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

[0002] Aus JP 2002-148 442 A ist eine Beleuchtungseinrichtung bekannt, bei der das Licht eines Halbleiterlasers in eine optische Glasfaser eingestrahlt wird. Die Glasfaser besteht aus einem lichtleitenden Kern mit hohem Brechungsindex, einem Mantel mit niedrigem Brechungsindex und einer Schutzschicht. In die Schutzschicht sind Fluoreszenzfarbstoffe eingelagert. Der Halbleiterlaser emittiert im Spektralbereich 380–460 nm.

[0003] Durch Unstetigkeiten und Störstellen im Kern und/oder in der Kern-/Mantel-Grenzschicht wird ein Teil des Lichtes in die Schutzschicht ausgekoppelt. Die Störstellen können von außen an definierter Stelle eingebracht werden. Die Auskopplung kann auch durch Biegen der Glasfaser erreicht werden. Die Fluoreszenzfarbstoffe in der Schutzschicht wandeln blaues Licht des Halbleiterlasers in gelbes Licht μm . Ein anderer Teil des ausgekoppelten blauen Lichtes durchdringt die Schutzschicht und addiert sich mit dem gelben Anteil zu Weißlicht. Das Weißlicht wird über die gesamte Länge der Glasfaser abgestrahlt, die mit der Schutzschicht versehen ist und an denen Auskoppelstörstellen vorhanden sind. Die Einrichtung ist im wesentlichen zur Beleuchtung in Anzeigetafeln oder zur Darstellung von Ornamenten vorgesehen.

[0004] Eine Weiterentwicklung des Prinzips der Weißlichterzeugung durch additive Farbmischung von blauem Laserlicht und in einem Fluoreszenzumsetzer erzeugten gelben Lichtanteilen ist aus JP 2005-205 195 A bekannt. Das von einer LED oder einer Laserdiode (LD) im blauen Spektralbereich abgestrahlte Licht wird durch eine Kondensoranordnung in eine dünne Multimode-Glasfaser eingespeist. Das andere Ende der Glasfaser ist mit einem Wellenlängen-Umwandlungselement versehen. Dieses besteht aus dem Kern der Glasfaser und einem die Spitze der Glasfaser umhüllenden Fluoreszenzmaterial. Wegen der an der Spitze der Glasfaser konzentrierten Weißlichterzeugung ist die Ausführungsform besonders für endoskopische Anwendungen geeignet. Durch Auswahl der Laser-Emissionswellenlängen und der Komposition des Fluoreszenzmaterials ist eine Vielzahl von Farbabstufungen bei der Fluoreszenzumwandlung und Farbmischung möglich.

[0005] Eine optische Einrichtung mit Weißlichterzeugung am distalen Ende der Glasfaser wurde von der Fa. Nichia Corp. Auf der Messe „Laser 2005“ in München vorgestellt. Eine blaue Laserdiode speist kurzwelliges, bläuliches Licht mit 405 oder 445 nm Wel-

lenlänge in eine dünne Multimode-Glasfaser ein. An deren Ende befindet sich ein Fluoreszenzumsetzer, der einen Teil des Blaulichts durchläßt und diffus verteilt. Der andere Teil des bläulichen Lichts wird durch den Fluoreszenzfarbstoff in gelbliches Licht umgewandelt und ebenfalls diffus abgestrahlt. Zusammen mit dem direkt durchgelassenen Blaulichtanteil entsteht so durch additive Lichtmischung wiederum ein weißes Licht. Dabei wurde auf eine exakte Abstimmung der Farbstoffe und der Streuung besonderer Wert gelegt, so daß das Licht möglichst neutral wirkt.

[0006] Aufgrund der das Faserende umfassenden Beschichtung mit dem Fluoreszenzumsetzer erfolgt die Lichtabstrahlung in einen Winkelbereich von praktisch 360° . Die Glasfaser kann mit dem beschichteten Kopfteil zur Beleuchtung in Hohlräume eingeführt werden, solange die bei der Fluoreszenzumsetzung entstehende Wärme ohne Schaden in den Hohlraum abgestrahlt werden kann.

[0007] Aus JP 2005-328 921 A ist ein Adapter für Endoskope bekannt, in den ein Fluoreszenzkörper eingesetzt ist. Der Adapter kann so auf das Distale des Endoskops aufgesetzt werden, dass der Fluoreszenzkörper der Austrittsfläche einer Beleuchtungsfaser gegenüber liegt. Durch geeignete Formgebung des Fluoreszenzkörpers und Beschichtung seiner Außenfläche kann erreicht werden, daß das Anregungslicht in den Fluoreszenzkörper eintreten kann und das Fluoreszenzlicht in Richtung der Frontfläche des Fluoreszenzkörpers reflektiert wird. Die Frontfläche kann mit einer transparenten Schutzschicht versehen sein.

[0008] Aus der Druckschrift EP 1 795 798 A1 ist eine Licht abstrahlende Vorrichtung bekannt, die eine Anregungslichtquelle, einen Lichtleiter zur Übertragung des Anregungslichtes und ein Wellenlängen konvertierendes Element am distalen Ende des Lichtleiters enthält. Dem Lichtaustrittsende des Lichtleiters ist ein Streukörper zur Aufweitung des Anregungsstrahlenbündels vor dem Eintritt in das Wellenlängen konvertierende Element angeordnet.

[0009] Aus US 2006/0235277 A1 ist ein Einführungsteil für ein Endoskop bekannt, bei dem am distalseitigen Ende vor dem Lichtleiter ein Phosphor angeordnet ist. Die von dem Phosphor abgegebene Strahlung wird durch eine Beleuchtungslinse aus dem Einführungsteil abgestrahlt.

[0010] Aus JP 2006-158789 A ist ein distalseitiges Ende eines Endoskops bekannt, bei dem zentral eine CCD-Kamera Kamera zur Beobachtung eingesetzt ist. Um die Kamera herum sind drei Lichtleiter angeordnet, die das Beobachtungsfeld beleuchten. An den Lichtaustrittsflächen der Lichtleiter sind Fluoreszenzsubstanzen für rote, grüne und blaue Emission angeordnet. Außerdem können den Lichtaustrittsflä-

chen der Lichtleiter optische Mittel vorgeschaltet sein, mit denen die Beleuchtungskegel zum Zentrum hin umgelenkt werden. Die Umlenkmittel können auch in einer Kappe angeordnet sein, die auf das Distalende aufgesetzt wird.

[0011] Aus der Druckschrift DE 20 2004 012 992 U1 ist ein endoskopisches Video-Messsystem mit einem Einführungsteil und einem daran ansetzbaren Wechselkopf bekannt. Im Einführungsteil ist zur Übertragung einer Messstrahlung eine Singelmode-Glasfaser angeordnet, der am distalen Endteil ein optisches System zur Erzeugung eines kollimierten Messstrahlenbündels zugeordnet ist.

[0012] Neuere Laserlichtquellen werden mit immer größer werdender Leistungsabgabe angeboten. Dies führt zu einer Erhöhung der thermischen Belastung des Fluoreszenzumsetzers, wodurch dessen Lebensdauer herabgesetzt wird. Die thermische Beständigkeit des Fluoreszenzumsetzers kann durch den Übergang von organischen zu anorganischen Fluoreszenzbestandteilen erhöht werden. Das führt dann aber bei höherer Lichtemission zu einer noch höheren Wärmeabstrahlung.

[0013] Das Konzept dieser Weißlichterzeugung durch Mischung eines Restes des blauen Anregungslichts mit dem Fluoreszenzlicht ist ähnlich zu dem der ebenfalls bekannten Weißlicht-LEDs. Die Fluoreszenzfarbstoffe sind bei diesen LEDs direkt auf dem blau leuchtenden LED-Chip aufgebracht. Leider haben diese Weißlicht-LEDs den großen Nachteil, daß sie zur Zeit etwa nur den 1- bis 3-fachen Wirkungsgrad von elektrischer Energie (Watt) zu abgestrahltem Licht (Lumen) wie Halogenlampen besitzen. Deshalb entwickeln sie auch sehr viel Abwärme, was sie für endoskopische Anwendungen am Distalende ungeeignet macht. Da die Wärmeableitung am Distalende in der Regel schlecht ist, darf dort durch die Beleuchtung keine große Hitze erzeugt werden, da diese ein Verletzungsrisiko darstellt. Dies ist insbesondere auch bei Videoendoskopen wichtig, da deren distale temperaturempfindliche Kameras selber schon eine gewisse Abwärme erzeugen.

[0014] Der Erfindung lag die Aufgabe zugrunde, das Prinzip der bekannten Weißlichterzeugung in endoskopischen Systemen für Beleuchtungs- und Meßstrahlenbündel mit im wesentlichen vorwärts oder gezielt seitwärts gerichteter Lichtabstrahlung nutzbar zu machen und eine Wärmebelastung des Fluoreszenzumsetzers, des Untersuchungsobjekts und/oder der in der Nähe der distalseitigen Beleuchtungsoptik angebrachten endoskopischen Beobachtungssysteme zu vermeiden.

[0015] Diese Aufgabe wird bei einem endoskopischen System der eingangs genannten Art erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale

des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Merkmalen der Unteransprüche.

[0016] Die Anordnung eines von der Glasfaser losgelösten, separaten und damit austauschbaren Fluoreszenzkörpers eröffnet vielfältige Möglichkeiten der geometrischen Formgebung zur Anpassung an die spezifischen Anforderungen eines Endoskops. Aber auch die optischen Eigenschaften des Fluoreszenzkörpers können durch Materialwahl und Materialkomposition vielfältig variiert werden. Außerdem wird die Austauschbarkeit und Montage von Systemeinheiten wesentlich erleichtert.

[0017] Neben der Lichtquelle zur Weißlichtabstrahlung kommt in der Endoskopie der Miniaturisierung von Lichtreflektoren und der Strahlformungsoptik eine besondere Bedeutung zu. Wird eine effiziente Strahlformung benötigt, muß der Fluoreszenzkörper aus optisch-geometrischen Überlegungen möglichst klein sein gegenüber dem Reflektor oder der Strahlformungsoptik. Diese Miniaturisierung erhöht jedoch zwangsläufig die Wärmekonzentration und den zerstörerischen Temperaturgradienten. Aus diesen Gründen ist die Reduktion der thermischen Widerstände im und um den Fluoreszenzkörper wichtig. In den Unteransprüchen werden Konzepte genannt, wie dies bei miniaturisierten Fluoreszenzkörpern erreicht werden kann.

[0018] Die Bezeichnung „Fluoreszenzkörper“ soll auch seine Eigenschaft als Streukörper zur Streuung des durchgelassenen Anregungslichtes einschließen. Die Streuung wird durch die im Volumen des Fluoreszenzkörpers eingelagerten Streuzentren und durch Struktureffekte an der Oberfläche bewirkt. Dabei können die Streuzentren gleichzeitig auch die Fluorophore sein. Die Streuzentren können aufgrund ihrer Dimensionierung selektiv die kurzen Wellenlängen bevorzugt streuen.

[0019] Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Systems sind in der Zeichnung schematisch dargestellt und werden anhand der Figuren näher beschrieben. Dabei zeigen:

[0020] [Fig. 1](#) ein endoskopisches System mit Beleuchtungskörper,

[0021] [Fig. 2](#) einen Beleuchtungskörper mit Glasfaser und Fluoreszenzkörper,

[0022] [Fig. 3](#) den Beleuchtungskörper zusätzlich mit Kristallfenster,

[0023] [Fig. 4](#) einen Wechselkopf mit quasi punktförmigem Fluoreszenzkörper,

[0024] **Fig. 5** den Wechselkopf nach **Fig. 4** mit fokussiertem Anregungsstrahlenbündel und

[0025] **Fig. 6** den Wechselkopf nach **Fig. 4** mit kollimiertem Anregungsstrahlenbündel.

[0026] **Fig. 7a** einen größeren Fluoreszenzkörper in einem Wechselkopf mit seitwärts gerichteter Beleuchtung und Beobachtung,

[0027] **Fig. 7b** dieselbe Anordnung mit vorwärts gerichteter Beleuchtung und Beobachtung,

[0028] **Fig. 8** den Wechselkopf nach **Fig. 7a** zusätzlich mit parallelen Meßstrahlenbündeln,

[0029] **Fig. 9a** den Wechselkopf nach **Fig. 7a** zusätzlich mit Meßmustererzeugung und

[0030] **Fig. 9b** dieselbe Anordnung zusätzlich mit Videokamera und elektrischen Kontakten.

[0031] **Fig. 1** zeigt schematisch ein endoskopisches System **1** mit Okular **2** und Einführungsteil **3**. Das Einführungsteil **3** kann als starres Rohr oder flexibel ausgebildet sein. Nach oder anstelle des Okulars mit optischer Übertragung des beobachteten Bildes kann auch eine Videokamera mit Darstellung des beobachteten Bildes auf einem Monitor vorgesehen sein. In einer Versorgungseinheit **4** ist eine Anregungsstrahlenquelle **5** angeordnet, die eine Laserdiode **6** und eine Kopplungsoptik **7** zur Einspeisung des Anregungslichtes in eine Glasfaser **8** enthält. Selbstverständlich ist es auch möglich, weitere Laserdioden mit Emission zusätzlicher Wellenlängen vorzusehen, deren Strahlung ebenfalls in die Glasfaser **8** oder in zusätzliche Glasfasern eingespeist werden kann. Damit können z. B. spektrale Schwächen des Weißlichts ausgeglichen werden. Die Laserdioden können batteriebetrieben sein oder über ein Netzteil mit Energie versorgt werden.

[0032] Zur Verbindung der Versorgungseinheit **4** mit dem endoskopischen System **1** ist ein Lichtleiterkabel **9** vorgesehen, das über spezielle oder handelsübliche Steckverbinder am Endoskop und der Versorgungseinheit **4** angeschlossen wird. Die Steckverbinder können insbesondere autoklavierbar und laser geschützt ausgeführt sein. Durch das Einführungsteil **3** hindurch wird die Glasfaser **8** in üblicher Weise lose oder in einem separaten Beleuchtungskanal oder in einer Schutzhülle zum distalen Ende geführt. Am distalen Ende ist ein Beleuchtungskörper **10** angeordnet, in dem die Umwandlung in Weißlicht und die Strahlformung zur Beleuchtung des Objektraumes oder zur Projektion einer Meßstrahlung erfolgen. Der Beleuchtungskörper **10** ist funktional austauschbar und in einen austauschbaren Wechselkopf am distalen Ende des Einführungsteils **3** integriert. Die Abbildungsoptik ist hier nicht weiter dargestellt.

[0033] **Fig. 2** zeigt eine Variante des Beleuchtungskörpers **10** im Detail. In eine Fassung **11** sind die Glasfaser **8** und ein Fluoreszenzkörper **12** eingesetzt. Die Fassung **11** ist z. B. aus einem Metall, wie Silber, Kupfer oder Aluminium, gefertigt und leitet die Wärme gut ab, die im Fluoreszenzkörper **12** entsteht. Der Querschnitt der unbearbeiteten, aus Umhüllung, Mantel und Kern bestehenden Glasfaser **8** beträgt ca. 80–900 Mikrometer und ca. 5–900 Mikrometer am bedarfsweise abgedünnten, in die Fassung **11** eingeführten Distalende **8a**. Die Abdünnung verbessert die Wärmeableitung nach proximal. Die Glasfaser kann auch mit ihrem vollen Querschnitt in die Fassung **11** eingesetzt sein. Die Lichtaustrittsöffnung **13** der Fassung **11** erweitert sich trichterförmig, z. B. konusförmig von proximal nach distal. In den konusförmigen Teil der Lichtaustrittsöffnung **13** ist ein strahlformendes optisches Element **14** eingesetzt.

[0034] Bei der Konstruktion des Beleuchtungskörpers **10** sind verschiedene Parameter zu beachten. Generell ist in der Beleuchtungsoptik bekannt, daß das Verhältnis des Optikdurchmessers (Reflektor, Linse, Streuscheibe) zum Quellendurchmesser (Glühwendel, Lichtbogen, LED-Chip, Faserende) entscheidend ist für die Möglichkeit der Strahlformung. Mit einer Punktlichtquelle im Verhältnis zur Optik läßt sich nahezu jede beliebige Intensitätsverteilung erzeugen. Die Lichtaustrittsfläche des Distalendes der Glasfaser **8** ist in diesem Sinne nahezu punktförmig. Die Weißlichtquelle wird jedoch durch den Fluoreszenzkörper **12** gebildet. Dessen kleinst mögliche Größe hängt im Prinzip von mindestens vier Eigenschaften des Fluoreszenzmaterials ab, nämlich von der Temperaturfestigkeit, von der Wärmeleitfähigkeit, von der Lichtbeständigkeit und von der optischen Dichte. Alle vier dieser Materialeigenschaften sollen möglichst hoch liegen. Um die Konstruktion des Fluoreszenzkörpers **12** möglichst punktförmig ausführen zu können, muß eine effiziente Wärmeabfuhr gegeben sein. Optimalerweise wird daher ein glasartiger oder transparent keramischer Fluoreszenzkörper **12** gewählt, der aus Gründen der Temperaturfestigkeit nur aus anorganischen Teilen besteht. Die anorganischen, im Fluoreszenzkörper **12** gebundenen Fluorophore müssen lichtecht sein, damit sie auch hohe eingestrahelte Lichtintensitäten unbeschadet umwandeln können. Die Fluorophore und ihre Konzentration sind so zu wählen, daß sich keine oder nur eine geringe Sättigung durch Quenching einstellt. Zur Verbesserung der Wärmeabfuhr nach proximal ist der Glasfaser-Durchmesser durch Bearbeitung auf das optisch notwendige Minimum zu begrenzen, was durch die Abdünnung dargestellt ist.

[0035] Die Lichtfarbe und die Lichtverteilung entstehen bei der dargestellten Konstruktion direkt im und nahe beim Fluoreszenzkörper **12**, aber insgesamt im Beleuchtungskörper **10**. Dies ermöglicht eine Modularität in der Konstruktion des endoskopischen Sys-

tems **1**, indem während der Montage passend zum Objektiv auch der passende Beleuchtungskörper **10**, bestehend aus Fluoreszenzkörper **12** mit Fassung **11** und Strahlformungsoptik **14** gewählt werden kann.

[0036] Bei der Ausführungsform des Beleuchtungskörpers **10** nach [Fig. 3](#) ist der Fluoreszenzkörper **12** zwischen zwei transparenten Scheiben **15** aus einem gut wärmeleitenden Material, z. B. einem Kristall oder einer transparenten Keramik, eingeschlossen. Vorzugsweise wird dazu Saphir oder Diamant gewählt, womit der Fluoreszenzkörper **12** rundum seine Wärme effizient ableiten kann. Besonders vorteilhaft ist es für die Wärmeableitung, wenn auch der Fluoreszenzkörper **12** aus mit Fluoreszenzzentren dotierter transparenter Keramik, dotiertem Saphir oder Diamant gebildet wird, da dann Wärmequelle und Wärmeleiter weitgehend zusammenfallen. Dabei kann auch auf eine oder beide der Wärme ableitenden Scheiben **15** verzichtet werden. Die Wärme ableitenden Scheiben **15** können zusätzlich auch optisch abbildende, streuende, reflektierende oder beugende Eigenschaften besitzen.

[0037] Die Fassung **11** des Beleuchtungskörpers **10** kann mit Vorteil auch aus einer speziellen Aluminiumlegierung, z. B. Reinaluminium, gefertigt sein, so daß es in einfacher Weise möglich ist, die Oberfläche der konusförmigen Lichtaustrittsöffnung **13** hoch reflektierend zu machen. Wenn die Fassung **11** z. B. aus Kupfer besteht, kann die konusförmige Lichtaustrittsöffnung **13** auch versilbert oder mit Aluminium beschichtet sein. Die bei Bedarf in die Lichtaustrittsöffnung **13** eingefügte Optik **14** (Linsenarray, Prismenarray, Streuscheibe, diffraktives optisches Element, asphärische Linse usw.) formt den Beleuchtungsstrahl z. B. rund oder viereckig und paßt den Abstrahlwinkel an ein hier nicht dargestelltes Beobachtung-Objektiv an. Wesentlich dazu ist der hohle Konuswinkel der Fassung **11**. Wichtig ist der Hohlkonus insbesondere in unmittelbarer Nähe des Fluoreszenzkörpers **12**. Ab einer Entfernung von ca. 2–10x dem Durchmesser des Fluoreszenzkörpers **12** kann auf die konische Form und die sich daraus ergebende Reflexionsrichtung verzichtet werden. Neben dem dargestellten Konus sind auch andere gekrümmte Formen, wie Parabel, Ellipse, Hyperbel usw., möglich. Solche Formen sollen allgemein als trichterförmig bezeichnet werden.

[0038] Der Fluoreszenzkörper **12** ist in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) als Bauelement mit trapezförmigem oder rechteckigem Längsschnitt dargestellt und in eine entsprechend geformte Ausnehmung in dem konusförmigen Teil der Lichtaustrittsöffnung **13** der Fassung **11** eingesetzt. Zur Befestigung kann die Mantelfläche des Fluoreszenzkörpers **12** mit einer lötbaren, metallischen Beschichtung, z. B. Nickel, Gold, Titan, Silber, versehen sein. Dies ermöglicht eine feste Lötverbindung mit gutem Wärmeübergang zur Fassung

11. Im Falle von nicht lötbarem Aluminium als Fassungsmaterial kann auch geklebt werden. Selbstverständlich kann die Befestigung des Fluoreszenzkörpers **12** auch durch Klemmung erfolgen, wodurch ein Austausch erleichtert wird.

[0039] Da das innerhalb des Fluoreszenzkörpers **12** erzeugte Fluoreszenzlicht in alle Richtungen abgestrahlt wird, ist es vorteilhaft, die Mantelfläche an die Konusform der Lichtaustrittsöffnung **13** anzupassen und vor dem Einsetzen zu verspiegeln. Dies unterstützt eine vorwärts gerichtete Abstrahlung aus dem Fluoreszenzkörper **12** heraus und vermeidet Lichtverluste durch Rückwärtsstreuung.

[0040] Zur Anpassung des Farbspektrums des Beleuchtungskörpers **10** kann der Fluoreszenzkörper **12** auch aus mehreren Kaskaden-Schichten aufgebaut werden, die unterschiedliche Fluoreszenzfarbstoffe enthalten. Durch Variation der jeweiligen Schichtdicke kann das Farbspektrum beeinflusst werden. Die Schichtdicke kann vorteilhafterweise auf einfache Art durch eine Anzahl dünnerer Scheiben modular zusammengestellt werden. Dies ermöglicht in der Montage eine rasche und einfache Angleichung des Farbspektrums an einen Standard. Das ist insbesondere dann hilfreich, wenn die Herstellung des Fluoreszenzkörpers **12** oder der Fluoreszenzscheiben nicht reproduzierbar ist und Schwankungen im Spektrum unterliegt.

[0041] Das Konzept der Quasi-Punktlichtquelle wird erfindungsgemäß mit einem am distalen Ende des Einführungsrohres **3** angekoppelten Wechselkopf **16** realisiert.

[0042] [Fig. 4](#) zeigt eine Ausführungsform, bei der ein kleiner, quasi punktförmiger Fluoreszenzkörper **12** auf einem gut wärmeleitenden Fenster **15**, z. B. einer transparenten Keramik-, Saphir- oder Diamantscheibe, angeordnet ist. Der Wechselkopf **16** wird in Pfeilrichtung auf das distale Ende des Einführungsrohrs **3** geschoben, so daß die Lichtaustrittsfläche der Glasfaser **8** unmittelbar dem Fluoreszenzkörper **12** gegenüber liegt. Diese Anordnung erfordert hohe Positioniergenauigkeiten. Die Bauelemente Fenster **15**, Fluoreszenzkörper **12** und Optik **14** können auch in einem Beleuchtungskörper **10** der bereits beschriebenen Art zusammengefaßt und als Einheit in den Wechselkopf **16** eingesetzt sein.

[0043] Der Optik **14** sind ein Umlenkprisma **17** und ein Beleuchtungs-Objektiv **18** nachgeordnet, mit denen ein um 90° umgelenkter Beleuchtungsstrahlenkegel **19** erzeugt wird. Gestrichelt dargestellt sind übliche Bauelemente zur Videoaufnahme des beleuchteten Objekts.

[0044] Bei dem in [Fig. 5](#) dargestellten Ausführungsbeispiel ist am distalen Ende des Einführungsrohrs **3**

der Lichtaustrittsfläche der Glasfaser **8** eine Abbildungslinse **20** vorgeschaltet, die das austretende Anregungsstrahlenbündel bei aufgeschobenem Wechselkopf in den Fluoreszenzkörper **12** fokussiert. Der Fluoreszenzkörper **12** ist hier zwischen zwei Wärme ableitenden Fenstern/Scheiben **15** gelagert. Der Fokus der Abbildungslinse **20** ist so eingestellt, daß das Anregungslicht unter Berücksichtigung der Dicke der Scheibe **15** korrekt in den Fluoreszenzkörper **12** hinein fokussiert wird.

[0045] Vorteilhaft bei nicht exakt definierter Position des Wechselkopfes **16** ist die parallele Strahlenführung durch die Schnittstelle zwischen Einführungssteil **3** und Wechselkopf **16**, wie sie in [Fig. 6](#) dargestellt ist. Am distalen Ende des Einführungssteils **3** ist eine Kollimationslinse **21** angeordnet, die das aus der Lichtaustrittsfläche der Glasfaser **8** austretende Anregungsstrahlenbündel nach unendlich abbildet. In diesem Fall muß das Anregungslicht mit einer im Wechselkopf **16** angeordneten Abbildungslinse **20** auf den Fluoreszenzkörper **12** fokussiert werden. Die Variante ist zwar aufwändiger, sie ermöglicht aber größere Toleranzen bei der Befestigung des Wechselkopfes **16**. Mit der kollimierten Strahlführung sind die größten konstruktiven Möglichkeiten offen, da die Weißlicht-Erzeugung an beliebiger Stelle im Wechselkopf **16** vorgesehen werden kann.

[0046] In [Fig. 7a](#) ist ein größerer Fluoreszenzkörper **22** dem Umlenkprisma **17** nachgeordnet. In den Fluoreszenzkörper **22** wird daher das kollimierte Anregungsstrahlenbündel eingestrahlt. Wegen der über den Strahlenbündelquerschnitt verteilten Strahlungsdichte wird die Leistungsdichte im Fluoreszenzkörper **22** verringert. Die Reduktion der maximalen Strahlungsdichte verringert vorteilhafterweise das Ausbleichen, die Alterung und die Erwärmung des Fluoreszenzkörpers **22**. Bei ausreichender Intensität des Anregungsstrahlenbündels kann ein Teil des Anregungslichtes auch noch direkt durch den Fluoreszenzkörper **22** hindurchtreten, wie durch die gepunktete Weiterführung des kollimierten Anregungsstrahlenbündels durch den Beleuchtungsstrahlenkegel **19** hindurch angedeutet ist. Innerhalb des weißen Beleuchtungsstrahlenkegels **19** erscheint dann auf dem beobachteten Objekt ein z. B. blauer Fleck, der als Markierung verwendet werden kann. Die Streueigenschaften des Fluoreszenzkörpers **22** müssen dazu entsprechend angepaßt werden.

[0047] [Fig. 7b](#) zeigt die gleiche Anordnung, jedoch mit vorwärts gerichteter Beleuchtung und Beobachtung.

[0048] Bei dem Ausführungsbeispiel nach [Fig. 8](#) wird das kollimierte Anregungsstrahlenbündel durch einen Strahlenteiler **23** in zwei Strahlenbündel aufgespalten. Der an der Strahlenteilerfläche reflektierte Teil wird zur Umwandlung in Weißlicht verwen-

det. Aus dem durchgelassenen Teil werden in an sich bekannter Weise über nicht weiter bezeichnete optische Elemente zwei parallele Meßstrahlenbündel erzeugt, die im Bild einen Vergleichsmaßstab zur Bildvermessung bilden. Der am Strahlenteiler **23** durchgelassene Teil des Anregungsstrahlenbündels kann auch zur Anregung eines weiteren Fluoreszenzkörpers verwendet werden. Durch mehrere individuell angeregte Fluoreszenzkörper wird eine schattenfreie Ausleuchtung ermöglicht, die Ausfallsicherheit des Systems verbessert oder es können unterschiedliche Farbspektren oder Abstrahlrichtungen eingestellt werden.

[0049] Bei dem Ausführungsbeispiel nach [Fig. 9a](#) erfolgt ebenfalls eine Teilung des kollimierten Anregungsstrahlenbündels. Der am Strahlenteiler **23** durchgelassene Teil wird über ein diffraktives optisches Element **24** in eine Vielzahl von Strahlenbündeln zur Erzeugung eines Meßmusters aufgespalten. Der Fluoreszenzkörper **12** ist in diesem Ausführungsbeispiel als Kugel **25** dargestellt, die von einem transparenten, Wärme leitenden Sockel **26** gehalten wird. Der Sockel **26** und die Kugel **25** werden von einem Reflektor **27** umfaßt. Die Kugelform gewährleistet eine gleichförmige Abstrahlung. Die Abführung der Wärme ist wegen der geringen Kontaktfläche am Sockel **26** jedoch ungünstig.

[0050] Bei dem in [Fig. 9b](#) dargestellten Ausführungsbeispiel sind dieselben Beleuchtungselemente vorgesehen wie in [Fig. 9a](#). Zur Beobachtung des beleuchteten Objektbereichs ist hier jedoch eine Videokamera **28** in den Wechselkopf **16** integriert, die über Kontakte **29** elektrisch mit dem distalen Ende des Einführungssteiles **3** verbunden wird. Der kugelförmige Fluoreszenzkörper **25** ist hier in einen Reflektorkörper **30** eingesetzt, dessen z. B. parabolische innere Reflektorfläche verspiegelt ist. Der Reflektorkörper **30** kann um den kugelförmigen Fluoreszenzkörper **25** herum mit einem transparenten Wärmeleiter **31** ausgefüllt sein.

[0051] Bei der Beschreibung der Ausführungsbeispiele wurde zunächst von der Übertragung einer zur Fluoreszenz anregenden Lichtwellenlänge durch die Glasfaser ausgegangen. Es ist jedoch auch möglich, in die Glasfaser das Licht von mehr als einer Laserdiode mit unterschiedlichen Lichtwellenlängen einzuspeisen. Im Wechselkopf **16** muß dann im Strahlenteiler **23** die Strahlenteilerfläche mit einer dichroitischen Beschichtung versehen werden, die für die von der Anregungswellenlänge abweichenden Wellenlängen der Strahlung durchlässig ist. Dadurch kann eine für die Meßstrahlung günstigere Farbe, z. B. rot oder grün, für eine bessere Erkennbarkeit eingesetzt werden.

[0052] Die Vorteile der fasergepumpten Fluoreszenzbeleuchtung können wie folgt zusammengefaßt werden:

- Da zur Übertragung des Anregungslichtes im Prinzip nur eine einzige Glasfaser genügt, wird eine bessere Flexibilität des Einführungssteiles gegenüber Verbiegungen bei der Ablenkung des Distalendes erreicht. Die geringere Rückstellkraft einer Einzelfaser gegenüber den herkömmlichen Faserbündeln hat eine Verbesserung der Mechanik zur Folge, da die Einzelfaser viel biegsamer als ein Faserbündel ist. Durch die geringere Rückstellkraft wird der mechanische Ablenkungsvorgang am Distalende präziser.
- Aufgrund des großen Durchmessers herkömmlicher Lichtleiterfaserbündel entstehen beim Biegen jeweils an den Innen- und Außenfasern Scherkräfte, die die Fasern ausreißen oder knicken können. Bei einer Einzelfaser entstehen keine Innen-Außen-Zugkräfte.
- Der Einzelfaserdurchmesser beträgt mit Schutzmantel nur ca. 80–900 Mikrometer. In einem konventionell beleuchteten Videoendoskop beträgt demgegenüber der Kaltlicht-Bündeldurchmesser zwischen ca. 1 bis 3 mm. Ein Endoskop mit Einzelfaserübertragung des Anregungslichtes kann daher insgesamt mit einem wesentlich geringeren Querschnitt konstruiert werden.
- Wenn eine Faser nicht ausreicht, können ohne wesentliche Querschnittserhöhung mehrere Fasern auf einen gemeinsamen Fluoreszenzkörper einstrahlen oder sie können jeweils einen eigenen Fluoreszenzkörper bestrahlen. Somit kann in einfacher Weise die Lichtleistung hochskaliert werden.
- Wenn die Fluoreszenzquelle klein ist gegenüber der Strahlformungsoptik, kann die Ausleuchtung dem Gesichtsfeld optimal angepaßt werden.
- Durch die Wahl des oder der Fluoreszenzfarbstoffe im Fluoreszenzkörper und/oder durch die Wahl des Anregungslichtes ist das Farbspektrum anpaßbar. So kann z. B. mit Anregung in UV und blau in der gleichen Faser das Spektrum an die zur Farbwiedergabe optimale Schwarzkörperstrahlung angepaßt werden. Es kann auch Licht zum Zwecke der Streuung ohne Nutzung des Fluoreszenzeffektes eingestrahlt werden. Dazu können verschiedene Lichtquellen z. B. mit einem Faserkoppler in eine Einzelfaser eingespeist werden. Durch Austauschen eines Wechselkopfes kann ebenfalls ein Spektrumswechsel erfolgen. Bei der Wahl des Anregungslichtes kann das Farbspektrum sogar während des endoskopischen Betrachtens geändert werden, was z. B. vorteilhaft ist bei Untersuchungen auf Farbveränderungen des Untersuchungsobjekts.
- Ist der Fluoreszenzkörper durch Alterung ausgebleichen, gibt er nicht mehr seine maximale Helligkeit ab. Dann ist er z. B. via Austausch eines Wechselkopfes auswechselbar. Es ist auch

möglich, nur den Beleuchtungskörper oder nur den Fluoreszenzkörper auszutauschen, wodurch dann ein Maximum an Wiederverwendung der Teile möglich wird. Dies spart Gebrauchskosten gegenüber fest eingebauten Fluoreszenzsystemen.

- Weil die Laserdiode in der Versorgungseinheit als Receptacle ausgestaltet ist, kann sie bei Defekt mit dem Receptacle jederzeit ausgetauscht werden. Falls in Zukunft Laserdioden mit größerer Lichtleistung erhältlich sind, kann das endoskopische System jederzeit auf einfache Art aufgerüstet werden, womit die Lichtleistung am Distalende erhöht werden kann. Erfordern dann die höhere Leistung oder eine veränderte Wellenlänge eine Anpassung des Fluoreszenzkörpers, so ist das wegen der erfindungsgemäßen Austauschbarkeit möglich.

- Durch die steckbare Verbindung der Übertragungsfaser zur Laserdiode und durch die Positionierung des Fluoreszenzkörpers als separates Bauteil ist die Faser jederzeit austauschbar. Dies ist ein wesentlicher Servicevorteil, da die Faser im Betrieb brechen oder reißen kann.

- Bei Verwendung von energieeffizienten Laserdioden zur Speisung der Faser ist ein Batteriebetrieb möglich. Dadurch wird ein mobiler Einsatz des Systems erleichtert.

- Durch den Einsatz von größeren Lasern ist die Übertragung von Lichtleistungen bis zu einigen Watt ans Distalende möglich. Die distal abgegebene Lichtmenge wird dann nur durch den Fluoreszenzkörper und dessen thermische Einbindung begrenzt. Durch die Einstrahlung hoher Intensitäten ist es auch möglich, nichtlineare Effekte auszunutzen.

- In der Endoskopie stört oft der Effekt, daß bei langen flexiblen Endoskopen, z. B. ab 5 m, das Beleuchtungslicht mit zunehmender Länge zunehmend gelblich wird. Dies rührt von den stärkeren Lichtverlusten der kurzwelligen Spektralanteile in den Lichtleitern her. Wenn mit einem Laser angeregt wird, ist dagegen nur eine Wellenlänge vorhanden. Dadurch ist keine Veränderung des Anregungsspektrums mit der Länge möglich, so daß nach der Umwandlung auch das ausgestrahlte Licht seine Farbe weitgehend unabhängig von der Länge des Endoskops beibehält. Minimale Farbänderungen wegen nicht linearer Umwandlung lassen sich durch Leistungsanpassung bei Bedarf beheben.

- Die Fasern für Laserübertragung weisen bei Einstrahlung des Laserlichts mit kleiner numerischer Apertur eine geringere Dämpfung auf als die üblicherweise verwendeten Weißlichtfasern, bei denen die Einstrahlung konventioneller Beleuchtung mit hoher numerischer Apertur erfolgt. Mit dem neuen Beleuchtungssystem sind daher wesentlich längere Endoskope möglich.

- Die konventionellen Lichtquellen, wie z. B. Halogenlampen oder Gasentladungslampen, sind technisch an den physikalischen Grenzen ange­langt. Bei den Laserdioden oder den Fluoreszenz­körpern ist jedoch zu erwarten, daß ihre Leistun­gen noch erhöht werden können. Die Technik des neuen Beleuchtungssystems wird daher von der Weiterentwicklung der Komponenten profitieren.
- Die Intensität des Fluoreszenzlichts ist dimm­bar, ohne daß sich die Farbe wesentlich ändert. Mechanische Teile, wie Blenden oder Absorber sind für eine Abschwächung nicht erforderlich. Eine einfache Reduktion des Anregungslichts redu­ziert entsprechend die Ausstrahlung des umge­wandelten Lichts. Völlig farbneutrale Dimmung ist hingegen durch einfache Pulsweiten-Modulation möglich.
- Bei Laserdioden kann durch Modulation des Laserstroms die Intensität des Anregungslichts schnell und mit wenig Aufwand verändert wer­den. Durch Unterbrechung oder Variation des An­regungslichts kann nahezu sofort z. B. das um­gewandelte Licht ausgeschaltet werden. Es muß lediglich noch das extrem kurze Nachleuchten des Fluoreszenzkörpers abgewartet werden. Die­se schnelle Modulierbarkeit ist bei Topografie­meßaufgaben vorteilhaft, die nur kurzzeitig eine spezifische Meßbeleuchtung ohne Weißlichtbe­leuchtung erfordern.
- Die Montage des Endoskops wird vereinfacht, da keine Faserbäume eingezogen werden müssen.
- Die Reparaturmöglichkeiten des Endoskops werden verbessert, da der Austausch einzelner Fasern einfacher ist als der Austausch eines Faserbündels.
- Es entfallen die Probleme bei der Abdichtung der porösen Enden der Faserbündel gegen Eindrin­gen von Flüssigkeiten.
- Es ist eine Mehrwellenlängen-Anregung mit UV und blau in der gleichen Faser möglich, um z. B. das Spektrum an die Schwarzkörperstrahlung besser anzugleichen. Die Einspeisung in dieselbe Faser kann mit einem Faserkoppler nahezu ver­lustfrei erfolgen.

Bezugszeichenliste

1	Endoskopisches System
2	Okular
3	Einführungsteil
4	Versorgungseinheit
5	Anregungsstrahlenquelle
6	Laserdiode
7	Kopplungsoptik
8	Glasfaser
8a	abgedünntes Distalende der Glasfaser
9	Lichtleiterkabel
10	Beleuchtungskörper
11	Fassung
12	Fluoreszenzkörper

13	Lichtaustrittsöffnung
14	optisches Element
15	Wärme ableitende Scheibe/Fenster
16	Wechselkopf
17	Umlenkprisma
18	Beleuchtungs-Objektiv
19	Beleuchtungsstrahlenkegel
20	Abbildungslinse
21	Kollimationsoptik
22	größerer Fluoreszenzkörper
23	Strahlenteiler
24	Diffraktives Optisches Element
25	kugelförmiger Fluoreszenzkörper
26	Wärme leitender Sockel
27	Reflektor
28	Videokamera
29	elektrische Kontakte
30	Reflektorkörper
31	transparenter Wärmeleiter

Patentansprüche

1. Endoskopisches System (1) mit in einer proximalen Versorgungseinheit (4) angeordneter Anregungsstrahlenquelle (5), mit einer optischen Strahlungs-Übertragungsstrecke in einem Einführungsteil (3) und einem distalseitigen Fluoreszenzumsetzer, wobei als Anregungsstrahlenquelle (5) eine im kurzwelligen sichtbaren Spektralbereich emittierende Laserdiode (6) und als optische Übertragungsstrecke eine Glasfaser (8) vorhanden sind und der Fluoreszenzumsetzer zur Umwandlung in Weißlicht geeignet ist, und bei dem als Fluoreszenzumsetzer ein Fluoreszenzkörper (12, 22, 25) als separates, austauschbares Bauteil der Lichtaustrittsfläche der Glasfaser (8) nachgeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Fluoreszenzkörper (12, 22, 25) in einem an das Einführungsteil (3) ankoppelbaren Wechselkopf (16) angeordnet ist, wobei am distalseitigen Ende des Einführungsteils (3) eine Abbildungsoptik (21) zur Erzeugung eines kollimierten Strahlenbündels aus dem aus der Lichtaustrittsfläche der Glasfaser (8) austretenden Anregungsstrahlenbündels angeordnet ist und der Wechselkopf (16) zur Erzeugung eines Beleuchtungs- und/oder Meßstrahlenbündels mit weiteren optischen Bauelementen (14, 17, 18, 20, 23, 24, 27, 30) und wärmeableitenden Bauelementen (15, 26, 31) ausgebildet ist.

2. Endoskopisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dem Fluoreszenzkörper (12, 22) in dem Wechselkopf (16) ein Wärme ableitendes Fenster (15) vor- oder/und nachgeordnet ist.

3. Endoskopisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Fluoreszenzkörper (12, 22) zwischen zwei Wärme leitende Fenster (15) eingeaßt ist.

4. Endoskopisches System nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Fenster (**15**) als Diamantscheibe oder transparentes, diamantbeschichtetes Element ausgeführt ist.

5. Endoskopisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Wechselkopf (**16**) eine Abbildungslinse (**20**) zur Fokussierung des kollimierten Anregungsstrahlenbündels auf den Fluoreszenzkörper (**12, 22**) angeordnet ist.

6. Endoskopisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Wechselkopf (**16**) ein optisches Element (**14**) zur Anpassung der Strahlungsdichte des kollimierten Anregungsstrahlenbündels an die geometrischen und fluoreszenzoptischen Eigenschaften des Fluoreszenzkörpers (**12, 22**) angeordnet ist.

7. Endoskopisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Wechselkopf (**16**) lichteintrittsseitig ein Strahlen-Umlenkelement (**17**) angeordnet ist.

8. Endoskopisches System nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Strahlen-Umlenkelement (**17**) als Strahlenteiler (**23**) ausgebildet ist.

9. Endoskopisches System nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahlenteiler (**23**) als Würfелеlement mit strahlenteilender und strahlenumlenkender Kittfläche ausgebildet ist.

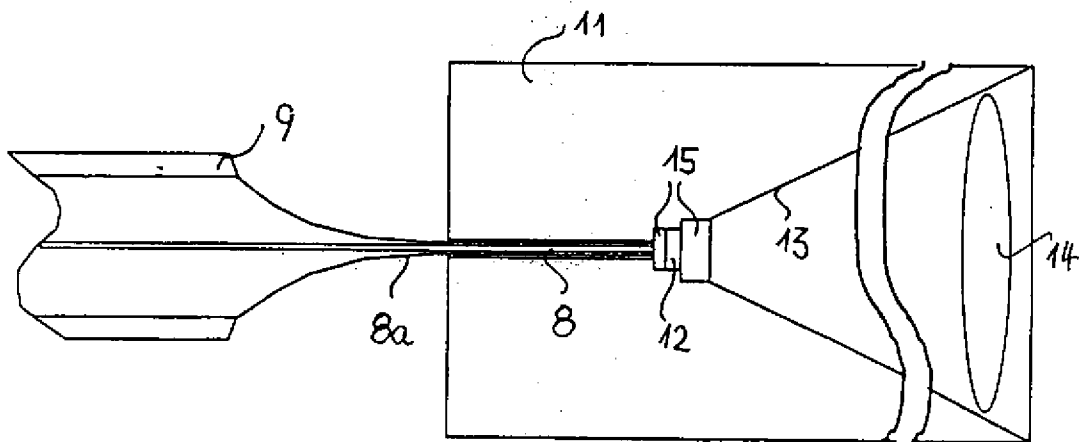
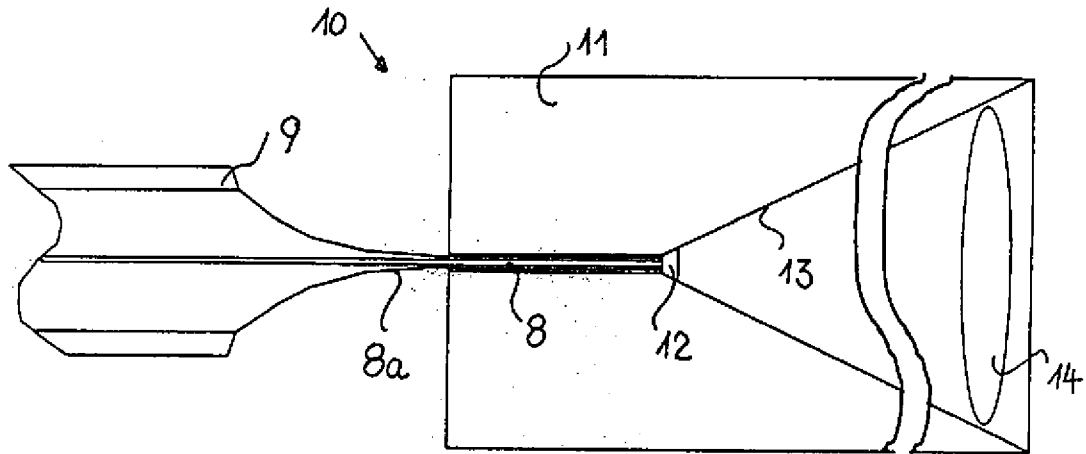
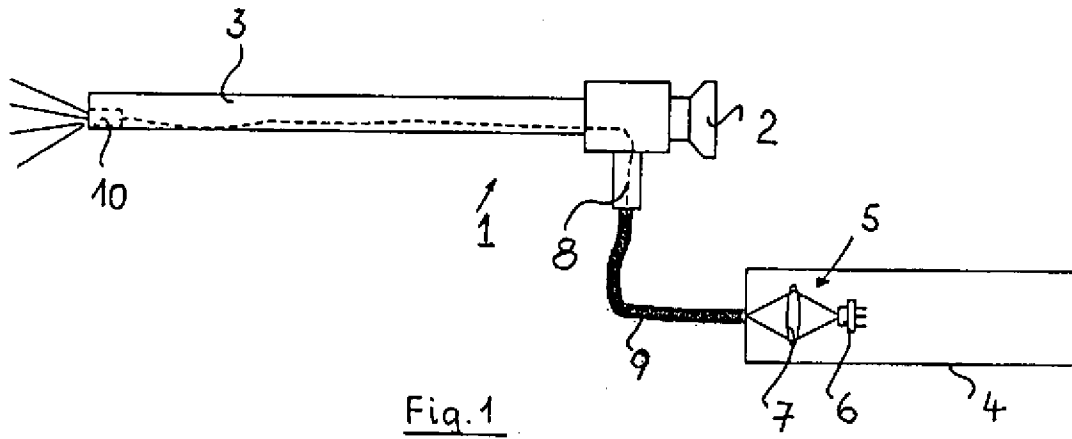
10. Endoskopisches System nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß in der Versorgungseinheit (**4**) mindestens eine weitere Strahlenquelle mit Emission im roten oder grünen Spektralbereich und zur Einkopplung in die Glasfaser (**8**) vorhanden ist, wobei der Strahlenteiler (**23**) mit einer dichroitischen Beschichtung zur Reflexion oder Transmission der weiteren Strahlung versehen ist.

11. Endoskopisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dem Fluoreszenzkörper (**12, 22**) lichteintrittsseitig optische Abbildungsmittel (**14, 18**) zur Erzeugung eines Beleuchtungsstrahlenbündels mit vorgegebener Apertur vorgeschaltet ist.

12. Endoskopisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Fluoreszenzkörper (**12, 22, 25**) ringsum von einem transparenten wärmeleitenden Medium (**31**) umgeben ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



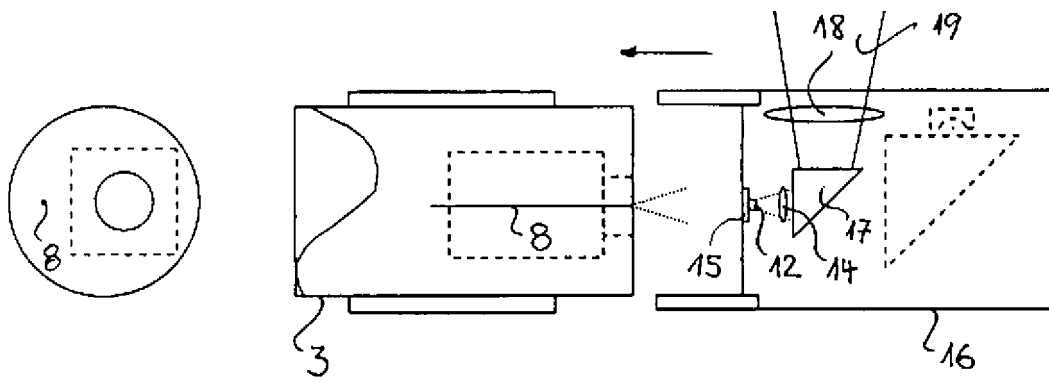


Fig. 4

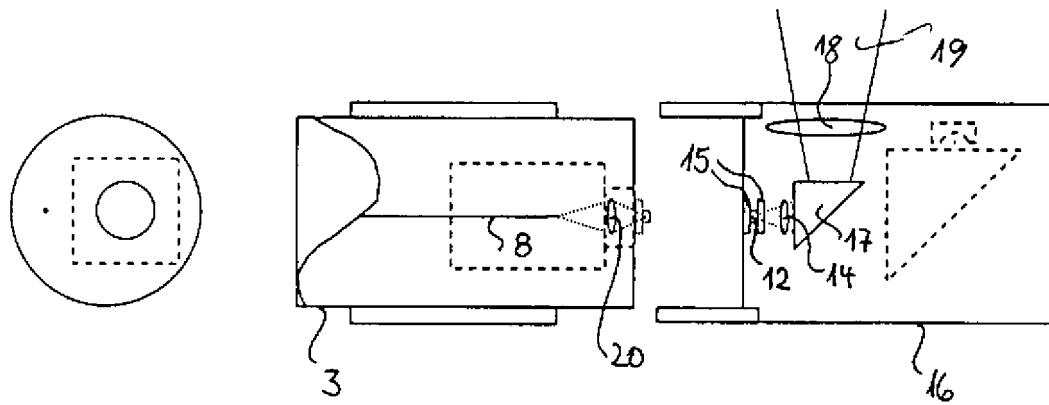


Fig. 5

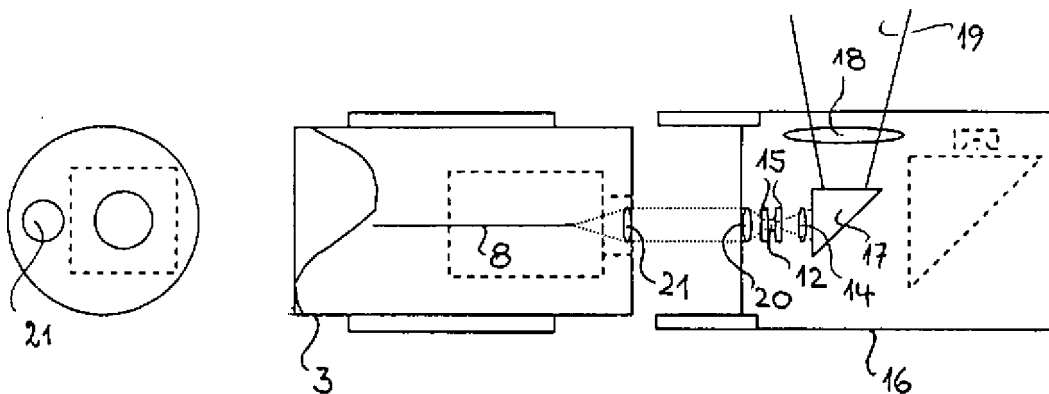


Fig. 6

