(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2016 225 097 A1** 2018.06.21

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 225 097.3**
(22) Anmeldetag: **15.12.2016**
(43) Offenlegungstag: **21.06.2018**

(51) Int Cl.: ***G02B 23/24*** (2006.01)
G02B 5/04 (2006.01)
A61B 1/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
OLYMPUS Winter & Ibe GmbH, 22045 Hamburg, DE

(74) Vertreter:
Seemann & Partner Patentanwälte mbB, 20095 Hamburg, DE

(72) Erfinder:
Zhao, Jianxin, Dr., 22399 Hamburg, DE; Thümen, Alrun, 22043 Hamburg, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	**7 280 283**	**B1**
US	**5 632 718**	**A**

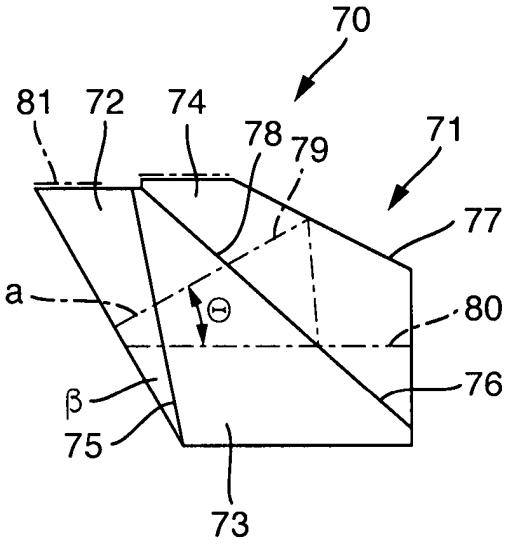
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Optisches System für ein seitwärts blickendes Endoskop sowie seitwärts blickendes Endoskop**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein optisches System (60, 70) für ein seitwärts blickendes Endoskop mit einem seitlichen Blickwinkel θ, umfassend eine distale optische Baugruppe mit einer Prismengruppe (61, 71), die zur Umlenkung von aus einem um den seitlichen Blickwinkel herum definierten Sichtfeld einfallenden Licht in eine Richtung der Längsachse des Endoskopschafts mittels Reflexion an einer ersten Reflexionsfläche (65, 77) und einer zweiten Reflexionsfläche (66, 78) ausgebildet ist und zwei oder mehr Prismen (62, 63, 72, 73, 74) umfasst, deren jeweils aneinander angrenzende Grenzflächen paarweise zueinander parallel angeordnet und durch jeweils einen Spalt (64, 75, 76) getrennt sind, wobei an einer Grenzfläche zwischen einem Prisma und dem nachfolgenden Spalt Totalreflexion für einen Teil von außerhalb eines Sichtfelds einfallenden Lichts stattfindet, wobei die Prismengruppe eine zylindrische Einhüllende (85) mit einem Durchmesser D aufweist und ein eingangsseitiges erstes Prisma der Prismengruppe keilförmig mit Keilwinkel β und einer optischen Weglänge a des zentralen Strahlengangs ausgebildet ist, wobei eine Eintrittsfläche des ersten Prismas eine Länge L aufweist, definiert als eine Länge einer Schnittlinie der Eintrittsfläche mit der Ebene, die vom zentralen Strahlengang aufgespannt wird. Die Erfindung betrifft ferner ein seitwärts blickendes Endoskop. Erfindungsgemäß erfüllt das erste Prisma die Bedingungen

$a < \cos\theta \cdot \tan\beta \cdot D/2$ sowie $L < D/\cos\theta$.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein optisches System für ein seitwärts blickendes Endoskop, mit einem zentralen Strahlengang, der distal einen seitlichen Blickwinkel θ in Bezug auf eine Längsachse eines Endoskopschafts des Endoskops aufweist, sowie ein entsprechendes seitwärts blickendes Endoskop.

[0002] Die optischen Elemente eines optischen Systems, in der Regel eine oder mehrere Linsen, bilden aus einem Sichtfeld einfallende Lichtbündel auf eine lichtempfindliche Fläche eines Bildsensors ab. Diese Lichtbündel verlaufen innerhalb eines Strahlengangs, der durch die optischen Baugruppen des optischen Systems, genauer durch deren optische Elemente, festgelegt ist.

[0003] Das Sichtfeld des optischen Systems bezeichnet einen Bereich oder einen Intervall von Bildwinkeln, innerhalb dessen Ereignisse oder Veränderungen im Objektraum mit dem optischen System wahrgenommen werden können. Aus dem Sichtfeld einfallende Lichtbündel werden auf die lichtempfindliche Fläche des Bildsensors abgebildet. Bei einem rechteckigen Bildsensor ist das Sichtfeld durch einen horizontalen Bildwinkel und durch einen vertikalen Bildwinkel definiert. Der horizontale und vertikale Bildwinkel sind durch die Ränder des Aufnahmeformats begrenzt, welches wiederum von der Größe und Form des Bildsensors abhängt. Bei einem rechteckigen Bildsensor ist der vertikale Bildwinkel typischerweise kleiner als der horizontale Bildwinkel (Querformat). Der horizontale Bildwinkel und der vertikale Bildwinkel sind also die maximal möglichen Einfallswinkel, unter denen Lichtstrahlen in das optische System einfallen können und gerade noch auf der lichtempfindlichen Fläche des Bildsensors abgebildet werden.

[0004] Fallen Lichtbündel unter größeren Winkeln in das optische System ein, kommt es zu Reflektionen an den optischen Elementen. Ebenso verursachen diese Lichtbündel diffuse Streuung oder Reflexion an einem Tubus oder Linsenrohr, in dem die optischen Elemente des optischen Systems aufgenommen sind. Diese Reflektionen, die vielfach auch als „Flare“ oder „Lens Flare“ bezeichnet werden, beeinflussen die Bildqualität des optischen Systems nachteilig.

[0005] Traditionell wird der Einfall solcher Lichtbündel durch mechanische Masken oder Blenden innerhalb des optischen Systems verringert. Masken oder Blenden führen jedoch vielfach zu einer starken Vignettierung, also einer Abschattung zum Bildrand hin. Ferner setzen solche Masken sehr enge Fertigungstoleranzen für das optische System voraus.

[0006] Ein optisches System, das diese Aufgabe für Endoskope mit Geradeausblick löst, ist in der unveröffentlichten deutschen Patenanmeldung DE 10 2016 214 025.6 offenbart worden, deren Offenbarungsgehalt vollinhaltlich in der vorliegenden Anmeldung aufgenommen sein soll.

[0007] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes optisches System sowie ein verbessertes chirurgisches Instrument mit seitlicher Blickrichtung mit einem solchen optischen System bereitzustellen, wobei das optisches System unempfindlicher gegenüber von außerhalb eines Bildfeldes einfallenden Lichtbündeln sein soll.

[0008] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein optisches System für ein seitwärts blickendes Endoskop, mit einem zentralen Strahlengang, der distal einen seitlichen Blickwinkel θ in Bezug auf eine Längsachse eines Endoskopschafts des Endoskops aufweist, umfassend eine distale optische Baugruppe mit einer Prismengruppe, die zur Umlenkung von aus einem um den seitlichen Blickwinkel herum definierten Sichtfeld einfallenden Licht in eine Richtung der Längsachse des Endoskopschafts mittels Reflexion an einer ersten Reflexionsfläche und einer zweiten Reflexionsfläche ausgebildet ist und zwei oder mehr Prismen umfasst, deren jeweils aneinander angrenzende Grenzflächen paarweise zueinander parallel angeordnet und durch jeweils einen Spalt getrennt sind, wobei an einer Grenzfläche zwischen einem Prisma und dem nachfolgenden Spalt Totalreflexion für einen Teil von außerhalb eines Sichtfelds einfallenden Lichts stattfindet, wobei die Prismengruppe eine zylindrische Einhüllende mit einem Durchmesser D aufweist und ein eingangsseitiges erstes Prisma der Prismengruppe keilförmig mit Keilwinkel β und einer optischen Weglänge a des zentralen Strahlengangs ausgebildet ist, wobei eine Eintrittsfläche des ersten Prismas eine Länge L aufweist, definiert als eine Länge einer Schnittlinie der Eintrittsfläche mit der Ebene, die vom zentralen Strahlengang aufgespannt wird, das dadurch weitergebildet ist, dass das erste Prisma die Bedingungen

$$a < \cos\theta \cdot \tan\beta \cdot D/2 \quad \text{sowie} \quad L < D/\cos\theta$$

erfüllt.

[0009] Die Prismengruppe stellt somit einen winkelabhängigen optischen Filter bereit, mit dem von außerhalb des Sichtfeldes in das optische System einfallende Lichtstrahlen aus dem Strahlengang herausreflektiert werden. Es tritt trotz des Seitwärtsblicks keine Vignettierung auf und es sind auch keine besonders hohen Anforderungen an die Zentrierung oder Justage der Prismengruppe im optischen System zu stellen. Eine solche Prismengruppe ist außerdem preisgünstig herzustellen und kann ohne großen konstruktiven Aufwand in das optische System integriert werden.

[0010] Es ist insbesondere vorgesehen, dass die Prismengruppe im optischen System drehbar aufgenommen ist. Beispielsweise ist die Prismengruppe innerhalb des optischen Systems um eine Achse drehbar, welche zumindest näherungsweise der optischen Achse des optischen Systems, insbesondere einer optischen Achse der distalen optischen Baugruppe des optischen Systems, entspricht. Durch eine Drehung der Prismengruppe ist es vorteilhaft möglich, das Sichtfeld variabel an verschiedenen Seiten mithilfe der Prismengruppe zu begrenzen.

[0011] Die beiden Bedingungen, die das erste Prisma erfüllt, sorgen dafür, dass die winkelabhängige optische Filterung mittels Totalreflexion vereint wird mit einem kompakten Aufbau, der in eine zylindrische Einhüllende passt, und der Seitwärtsblickwinkel θ berücksichtigt wird. Die Bedingungen sorgen dafür, dass der erste Keil bzw. das erste Prisma sehr dünn geschnitten ist. Gleichzeitig sind seine linke und rechte Seiten zylinderförmig und identisch mit den entsprechenden Seiten des zweiten und gegebenenfalls dritten Prismas. Damit können die Prismen leicht zusammengeklebt werden. Die optische Weglänge im ersten Prisma wird kurz gehalten, was insbesondere das Prismendesign für Prismen mit größerem Durchmesser vereinfacht.

[0012] Vorteilhafterweise weist die Prismengruppe drei Prismen auf, wobei das zweite Prisma keilförmig, insbesondere mit einem Keilwinkel $2\cdot\beta$, ausgebildet ist, wobei der Keilwinkel des zweiten Prismas an eine dem Keilwinkel des ersten Prismas gegenüberliegende Seite des ersten Prismas angrenzt und der Keilwinkel des ersten Prismas an eine dem Keilwinkel des zweiten Prismas gegenüberliegende Seite des zweiten Prismas angrenzt, so dass die Spalte zwischen den drei Prismen gegenüber dem zentralen Strahlengang in unterschiedliche Richtungen geneigt sind. Der zweite Spalt ist somit gegenüber dem ersten Spalt gedreht um einen Betrag, der dafür sorgt, dass Lichtstrahlen von außerhalb des Sichtbereichs symmetrisch total reflektiert aus dem Strahlengang entfernt werden, um Geisterbilder und Flares symmetrisch zu entfernen. Aus diesem Grund ist der Keilwinkel des mittleren Prismas doppelt so groß wie der Keilwinkel des ersten Prismas. Diese Auswahl erzielt eine Symmetrie der beiden Spalte gegenüber dem zentralen Strahlengang der Prismengruppe.

[0013] Vorzugsweise ist der Spalt oder sind die Spalte mit einem Medium gefüllt, das eine geringere optische Dichte hat als ein für die Prismen verwendetes Glas, wobei das Medium insbesondere ein Vakuum, eine inerte Atmosphäre oder Luft ist. Diese Auswahl sorgt dafür, dass eine Totalreflexion möglich wird, die beim Übergang von einem optisch dichteren Medium in ein optisch dünneres Medium auftritt, nicht aber beim Übergang von einem optisch dünneren in ein optisch dichteres Medium.

[0014] Vorteilhafterweise weist oder weisen das erste Prisma und/oder das zweite Prisma einen unteren Schnitt und/oder einen oberen Schnitt auf. Mit dieser Maßnahme wird es möglich, die oberen und/oder unteren Schnitte der Prismen bei der Montage als Anschlag zu verwenden. Die entsprechenden Schnitte bilden Abweichungen von der zylindrischen Einhüllenden, vorzugsweise Sehnen innerhalb des von der zylindrischen Einhüllenden gebildeten kreisförmigen Querschnitts. So können Plätze in einer Halterung gespart werden, damit mehr Elemente, beispielsweise Heizungselemente, im System eingebaut werden können. Vorzugsweise sind die unteren oder oberen Schnitte der Prismen in der Prismengruppe in ihrer Höhe gestaffelt ausgebildet. Dies erleichtert die Nutzung der Schnitte als Anschläge für die Montage weiter.

[0015] In einer vorteilhaften Weiterbildung sind eine proximale optische Baugruppe und wenigstens ein Bildsensor oder ein Okular proximal der proximalen optischen Baugruppe umfasst. Als proximale optische Baugruppe kann eine Linsengruppe verwendet werden, die das Licht aus der distalen optischen Baugruppe auf einen nachfolgenden Bildsensor oder, im Fall der Stereoendoskopie, auf ein paar von nachfolgenden Bildsensoren fokussiert. Die proximale Baugruppe kann auch eine Folge von Umlenkeinheiten sein, die das Licht zu einem Okular am proximalen Ende des Endoskops leiten.

[0016] Die distale optische Baugruppe umfasst vorteilhafterweise eine Eintrittslinse, die in Lichteinfallsrichtung vor der Eintrittsfläche des ersten Prismas angeordnet ist. Besonders bevorzugt ist es, wenn die Eintrittslinse auf

der Eingangsfläche des ersten, eingangsseitigen, Prismas angeordnet ist. Hierdurch ergibt sich eine kompakte optische Anordnung.

[0017] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird auch durch ein seitwärts blickendes Endoskop mit einem zuvor beschriebenen erfindungsgemäßen optischen System gelöst.

[0018] Weitere Merkmale der Erfindung werden aus der Beschreibung erfindungsgemäßer Ausführungsformen zusammen mit den Ansprüchen und den beigefügten Zeichnungen ersichtlich. Erfindungsgemäße Ausführungsformen können einzelne Merkmale oder eine Kombination mehrerer Merkmale erfüllen.

[0019] Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben, wobei bezüglich aller im Text nicht näher erläuterten erfindungsgemäßen Einzelheiten ausdrücklich auf die Zeichnungen verwiesen wird. Es zeigen:

Fig. 1 ein optisches System in einem schematisch vereinfachten Längsschnitt gemäß dem Stand der Technik,

Fig. 2 ein optisches System in einem schematisch vereinfachten Längsschnitt,

Fig. 3 ein optisches System eines Stereo-Videoendoskops,

Fig. 4a), b) eine Prismengruppe mit zwei Prismen nach dem Stand der Technik sowie Details des ersten Prismas der Prismengruppe,

Fig. 5 ein Ausführungsbeispiel einer Prismengruppe mit zwei Prismen,

Fig. 6 ein Ausführungsbeispiel einer Prismengruppe mit drei Prismen,

Fig. 7 eine perspektivische Ansicht des ersten Prismas der Prismengruppe aus **Fig. 6** und

Fig. 8a), b) Details eines Ausführungsbeispiels einer Prismengruppe mit drei Prismen.

[0020] In den Zeichnungen sind jeweils gleiche oder gleichartige Elemente und/oder Teile mit denselben Bezugsziffern versehen, so dass von einer erneuten Vorstellung jeweils abgesehen wird.

[0021] **Fig. 1** zeigt ein optisches System **2** gemäß dem Stand der Technik in einer schematisch vereinfachten Längsschnittdarstellung. Aus einem Objektraum **4** einfallende Lichtbündel **6** (von denen aus Gründen der Übersichtlichkeit lediglich eines mit Bezugszeichen versehen ist) treffen zunächst auf ein Eintrittsfenster **8**. Das optische System **2** ist beispielsweise ein Bauteil eines chirurgischen Instruments, ferner beispielsweise das optische System **2** eines Endoskops. Bei einem Endoskop schließt das Eintrittsfenster **8** den Innenraum eines Endoskopschafts an seinem distalen Ende gegenüber einem Außenraum bzw. Objektraum **4** hermetisch ab. Haben die Lichtbündel **6** das Eintrittsfenster **8** durchquert, treffen sie auf eine distale optische Baugruppe **10** und gelangen anschließend in eine proximale optische Baugruppe **12**. Die distale und die proximale optische Baugruppe **10**, **12** definieren einen Strahlengang **14** innerhalb des optischen Systems **2**.

[0022] Im Objektraum **4** ist ein Sichtfeld **20** gelegen, welches durch einen horizontalen und einen vertikalen Bildwinkel definiert ist. Der in **Fig. 1** gezeigte Längsschnitt zeigt beispielhaft einen Schnitt entlang einer vertikalen Ebene. Folglich ist der vertikale Bildwinkel zu sehen. Es handelt sich um den Winkel zwischen einer optischen Achse **16** des optischen Systems **2** und dem Lichtbündel **6**, welches gerade noch auf eine lichtempfindliche Fläche **19** eines Bildsensors **18** trifft. Das Sichtfeld **20** ist in **Fig. 1** schematisch mit einem Pfeil angedeutet. Die distale optische Baugruppe **10** und die proximale optische Baugruppe **12** bilden aus dem Sichtfeld **20** einfallende Lichtbündel **6**, **6'** auf die lichtempfindliche Fläche **19** des Bildsensors **18** ab.

[0023] Fallen jedoch Lichtbündel **6"** von außerhalb des Sichtfeldes **20** in das optische System **2** ein, so verursachen diese diffuse Streuung und Reflexionen innerhalb des optischen Systems **2**. Beispielsweise kommt es zu diffuser Streuung an einer Innenwand eines Tubus oder eines Linsenrohrs des optischen Systems **2**. Dies ist in **Fig. 1** mit sternförmigen Markierungen angedeutet, welche Streuzentren **22** andeuten sollen. Diese Reflexionen oder Streuungen verursachen „Flare“ oder „Lense Flare“, ein Phänomen, welches die Bildqualität des optischen Systems **2** nachteilig beeinflusst.

[0024] **Fig. 2** zeigt ein optisches System **2** mit Geradeausblick gemäß der deutschen Patentanmeldung DE 10 2016 214 025.6 der Anmelderin, ebenfalls in einer vereinfachten und schematischen Längsschnittansicht entlang einer vertikalen Schnittebene. Das optische System **2** umfasst eine distale optische Baugruppe

10 sowie eine proximale optische Baugruppe **12**. Die distale optische Baugruppe **10** und die proximale optische Baugruppe **12** definieren innerhalb des optischen Systems **2** einen Strahlengang **14**. Aus dem Objektraum **4** von innerhalb des Sichtfeldes **20** in das optische System **2** einfallende Lichtbündel **6** (von denen beispielhaft lediglich eines dargestellt ist) werden auf eine lichtempfindliche Fläche **19** des Bildsensors **18** abgebildet.

[0025] Das optische System **2** gemäß dem dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst eine im Strahlengang **14** angeordnete Prismengruppe **24**. Die Prismengruppe **24** umfasst zumindest ein Prisma **30**, **32**, 34 und begrenzt das Sichtfeld **20** des optischen Systems **2** an zumindest einer Seite. Neben der Prismengruppe **24** umfasst die distale optische Baugruppe **10** noch eine Eintrittslinse **26** und eine Austrittslinse **28**. Das zumindest eine Prisma **30**, **32**, **34** der Prismengruppe **24** umfasst eine Grenzfläche **36**, **38**, an der von außerhalb des Sichtfeldes **20** in das optische System **2** einfallende Lichtstrahlen **6"** unter Totalreflexion aus dem Strahlengang **14** herausreflektiert werden.

[0026] Die in **Fig. 2** gezeigte Prismengruppe **24** umfasst beispielhaft ein erstes Prisma **30**, ein zweites Prisma **32** und ein drittes Prisma **34**. Das erste Prisma **30** stellt eine erste Grenzfläche **36** bereit, an der ein erstes Lichtbündel **40** (angedeutet durch einen Pfeil) aus dem Strahlengang **14** herausreflektiert wird. Das zweite Prisma **32** stellt eine zweite Grenzfläche **36** bereit, an der ein zweites Lichtbündel **42** (ebenfalls angedeutet durch einen Pfeil) in einer anderen Richtung aus dem Strahlengang **14** herausreflektiert wird.

[0027] Die aus dem Strahlengang **14** herausreflektierten Lichtbündel treten von außerhalb des Sichtfeldes **20** als Lichtbündel **6"** und 6‘" in das optische System **2** ein. Das in **Fig. 2** an der Unterseite des optischen Systems **2** von außerhalb des Sichtfeldes **20** einfallende Lichtbündel **6’"** wird als erstes Lichtbündel **40** an der ersten Grenzfläche **36** totalreflektiert und so aus dem Strahlengang **14** entfernt. Das von außerhalb des Sichtfeldes **20** an der oberen Seite in das optische System **2** einfallende Lichtbündel **6"** wird als zweites Lichtbündel **42** an der zweiten Grenzfläche **38** totalreflektiert und auf diese Weise aus dem Strahlengang **14** herausreflektiert.

[0028] Die Prismengruppe **24** begrenzt das Sichtfeld **20** an zwei einander gegenüberliegenden Seiten, beispielhaft an einer unteren und an einer oberen horizontalen Kante des Sichtfeldes **20**. An diesen Seiten des Sichtfeldes **20** in das optische System **2** einfallende Lichtstrahlen **6“**, **6“‘**, welche von außerhalb des Sichtfeldes **20** einfallen, werden aus dem Strahlengang **14** herausreflektiert. Durch eine Drehung der Prismengruppe **24** um die optische Achse **16** kann in gleicher Weise eine Begrenzung, beispielsweise an den vertikalen Kanten des Sichtfeldes **20**, erfolgen als an der linken oder der rechten Seite des Sichtfeldes **20**. Hierzu müsste die Prismengruppe **24** um 90° um die optische Achse **16** gedreht werden, außerdem müsste sie auf den erforderlichen horizontalen Blickwinkel (der möglicherweise größer ist als der vertikale Blickwinkel) angepasst werden. Eine solche Anpassung erfolgt beispielsweise durch geeignete Wahl der Neigung der Grenzflächen **36**, **38** gegenüber der optischen Achse **16**.

[0029] Es ist ebenso möglich, eine weitere, in **Fig. 2** nicht dargestellte, Prismengruppe **24** hinzuzufügen. Bei einem solchen Ausführungsbeispiel wäre eine erste Prismengruppe **24** wie die in **Fig. 2** dargestellte Prismengruppe **24** angeordnet, eine zweite Prismengruppe wäre in Lichteinfallsrichtung folgend um 90° um die optische Achse **16** gedreht angeordnet. So könnte eine Begrenzung des Sichtfeldes **20** sowohl an den horizontalen als auch an den vertikalen Grenzen des Sichtfeldes **20** erreicht werden.

[0030] Fig. 3 zeigt ein weiteres optisches System **2** gemäß der deutschen Patentanmeldung DE 10 2016 214 025.6 der Anmelderin. Das optische System **2** ist beispielsweise das optische System **2** eines Stereo-Video-Endoskops mit Seitwärtsblick. Das optische System **2** umfasst als Teil der Umlenkprismengruppe **58** eine Prismengruppe 24, die eine Grenzfläche **36** umfasst, an der das von außerhalb des Sichtfeldes **20** einfallende Lichtbündel **6"** als erstes Lichtbündel **40** aus dem Strahlengang **14** herausreflektiert wird. Zu diesem Zweck umfasst die Prismengruppe **24** das erste Prisma **30** und das zweite Prisma **32**. Zwischen der ersten Grenzfläche **36** des ersten Prismas 30 ist erneut bevorzugt ein erster Luftspalt vorgesehen, so dass Totalreflexion an der Grenzfläche **36** stattfindet. Das erste und das zweite Prisma **30**, **32** sind insbesondere so ausgestaltet, dass diese das erste Umlenkprisma **62** der Umlenkprismengruppe **58** ersetzen, also eine äquivalente optische Wirkung (abgesehen von der Totalreflexion von nicht aus dem Sichtfeld **20** kommenden Lichtbündeln **6"**) entfalten. Die Prismengruppe **24**, welche jeweils ein Teil der distalen optischen Baugruppe **10** ist, entfernt unerwünschtes Streulicht direkt am Anfang des optischen Systems **2**. Dies steigert die Abbildungsqualität des optischen Systems **2**.

[0031] Die Prismengruppe aus **Fig. 3** ist baulich aufwändig und groß bauend, da sie nicht in eine zylindrische Einhüllende eingepasst ist.

[0032] In **Fig. 4** ist eine distale optische Baugruppe **100** mit einer Prismengruppe mit zwei Prismen schematisch dargestellt, die aus dem Stand der Technik bekannt ist. Die Gruppe aus erstem Prisma **102** und zweitem Prisma **104** ist in **Fig. 4a**) im Querschnitt dargestellt, zusammen mit dem zentralen Strahlengang **112**. Zwischen den beiden Prismen **102** und **104** befindet sich ein Spalt **106**, der mit Luft oder einem anderen Medium gefüllt ist.

[0033] Der zentrale Strahlengang **112** beginnt im Sichtfeld auf der linken Bildseite und verläuft zunächst unter einem Winkel zur zentralen Achse des Endoskops, die in der vorliegenden Darstellung horizontal verläuft. Der Strahlengang **112** tritt durch eine erste Grenzfläche in das erste Prisma **102** ein, tritt durch den Spalt **106** in das zweite Prisma **104** ein und wird an der verspiegelten hinteren Grenzfläche des zweiten Prismas **104** reflektiert. Der Strahlengang **112** verläuft innerhalb des zweiten Prismas zurück zum Spalt **106**, wo eine Reflexion, beispielsweise eine Totalreflexion, an der zweiten Reflexionsfläche 110 stattfindet, die den zentralen Strahlengang **112** so umlenkt, dass er beispielsweise mit der zentralen Längsachse **116** des Endoskops zusammenfällt.

[0034] In **Fig. 4b**) ist das erste Prisma **102** der Prismengruppe aus **Fig. 4a**) mehr im Detail gezeigt. Das Prisma ist an der oberen Seite abgeschnitten, ist keilförmig ausgebildet und hat einen Keilwinkel β. Der Teil des zentralen Strahlengangs **112**, der durch das erste Prisma **102** verläuft, hat eine Länge a, und zur zentralen Längsachse **116** des Endoskops einen Winkel θ, der somit den Seitwärtsblickwinkel des Endoskops definiert. Wie sowohl in **Fig. 4a**) als auch in **Fig. 4b**) zu erkennen ist, wird für den optischen Strahlengang um den zentralen Strahlengang **112** herum vor allem der obere Teil der Prismengruppe verwendet, während der untere Teil optisch nicht verwendet wird. Das optisch unbenutzte Glasvolumen ist mit dem Bezugszeichen **114** bezeichnet und stellt einen quasi toten Raum oder Ballast dar.

[0035] **Fig. 5** zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer Prismengruppe 61 eines optischen Systems **60** gemäß der Erfindung. Hierbei handelt es sich um eine Prismengruppe **61** mit zwei Prismen, nämlich einem ersten Prisma **62** und einem zweiten Prisma **63**, die durch einen Spalt **64** voneinander getrennt sind. Ebenfalls gezeigt sind in **Fig. 5** die Wegstrecke a des zentralen Strahlengangs **67** durch das erste Prisma **62**, der Keilwinkel β des ersten Prismas **62** sowie der seitliche Blickwinkel θ. Der zentrale Strahlengang **67** verläuft ab dem Eintritt durch das erste Prisma **62**, den Spalt **64**, das zweite Prisma **63**, erfährt eine Reflexion an der ersten Reflexionsfläche **65** sowie eine weitere Reflexion an der zweiten Reflexionsfläche **66**, wo der zentrale Strahlengang **67** in die zentrale Längsachse **68** des Endoskops eintritt. Der Durchgang durch den Spalt **64** sorgt dafür, dass Lichtstrahlen, die unter einem größeren Winkel von weiter oben in **Fig. 5** eintreten, durch Totalreflexion weg reflektiert werden und aus dem Strahlengang entfallen.

[0036] **Fig. 6** zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel einer Prismengruppe 71 eines optischen Systems **70** gemäß der vorliegenden Erfindung. Diese Prismengruppe **71** hat drei Prismen **72**, **73** und **74**, die durch zwei Spalte **75**, **76** voneinander getrennt sind. Ebenfalls erkennbar sind die Wegstrecke a des zentralen Strahlengangs **79** durch das erste Prisma **72**, der Keilwinkel β des ersten Prismas **72** sowie der Seitwärtsblickwinkel θ des optischen Systems **70**, der in diesem Ausführungsbeispiel 30° beträgt. Ebenso wie in den vorherigen Beispielen wird der zentrale Strahlengang **79** an einer ersten Reflexionsfläche **77** und an einer zweiten Reflexionsfläche **78** aus der seitlichen Eintrittsrichtung in die symmetrieachsparallele Richtung des Endoskopschaft doppelt reflektiert. Es ist erkennbar, dass beispielsweise das erste Prisma **72** einen oberen Schnitt **81** aufweist. Auch die anderen Prismen **73**, **74** sind an ihren Oberseiten bzw. Unterseiten beschnitten. Im Vergleich zu dem bekannten Prismensystem gemäß beispielsweise **Fig. 4** ist auffällig, dass nach unten hin sehr viel weniger totes Glasvolumen vorhanden ist.

[0037] **Fig. 6** zeigt bereits ansatzweise, dass die beiden Spalte **75**, **76** gegenüber dem ersten Abschnitt des zentralen Strahlengangs **79** spiegelbildlich zueinander angeordnet sind, sodass sie eine symmetrische Abweisung von Lichtstrahlen durch Totalreflexion bewirken, die von weiter oben oder von weiter unten außerhalb des Sichtfelds in die Prismengruppe **71** eintreten.

[0038] **Fig. 7** zeigt eine perspektivische Darstellung des ersten Prismas 72 der Prismengruppe **71** aus **Fig. 6**, in dem erkennbar ist, dass dieses Prisma **72** in eine zylindrische Einhüllende **85** eingepasst ist. Der obere Schnitt **81** des ersten Prismas **72** ist ebenso erkennbar wie ein transparenter Bereich **82**, der für den gewünschten Strahlengang vorgesehen ist sowie ein intransparent beschichteter Rand 83, der insbesondere mit einer Anti-Flare-Beschichtung **84** beschichtet ist.

[0039] **Fig. 8a**) zeigt eine Querschnittsdarstellung durch das Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 6** in größerem Detail. Die Ebene der Querschnittsdarstellung entspricht der Symmetrieebene **90** des optischen Systems **70**, die in **Fig. 8b**) dargestellt ist.

[0040] Neben den Winkeln β und θ, die wie zuvor definiert sind, und der Länge a des Abschnitts des zentralen Strahlengangs **79**, der durch das erste Prisma **72** verläuft, sind in **Fig. 8a**) noch die Länge L der Eingangsfläche des ersten Prismas **72** sowie der Durchmesser D der Einhüllenden **85** der Prismengruppe **71** des optischen Systems 70 dargestellt. Bei der Länge L der Eintrittsfläche des ersten Prismas **72** handelt es sich um die Länge der Eintrittsfläche in der Symmetrieebene **90** der Prismengruppe, in der auch der vollständige zentrale Strahlengang **79** verläuft. Der Durchmesser D der Einhüllenden ist gleich dem Durchmesser der kreisförmigen Projektion der Einhüllenden, die in **Fig. 8b**) gezeigt ist. **Fig. 8b**) zeigt zusätzlich die Abfolge von oberen Schnitten **81**, **81'**, **81"** der 3 Prismen **72**, 73 und 74, die eine Stufenfolge bildet, die auch in **Fig. 8a**) erkennbar ist. Diese bilden Anschlagkanten **86**, **87** an der oberen Seite der Prismengruppe **71**. Ebenfalls in **Fig. 8** gezeigt ist die Anti-Flare-Beschichtung **84** der Prismengruppe **71** sowie die unteren Schnitte 88, 88', 88" der Prismen **72**, **73** und **74**.

[0041] In **Fig. 8a**) ist ferner zu erkennen, dass nach der zweiten Spiegelung der zentrale Strahlengang **79** mit der zentralen Längsachse **80** des Endoskopschafts zusammenfällt. Ebenfalls erkennbar ist, dass im unteren Bereich das Material der Prismengruppe **71** die Einhüllende 85 nicht vollständig ausfüllt, sondern ein unterer Leerraum verbleibt. Dieser wird im voll montierten Zustand einerseits durch einen entsprechenden Halter eingenommen, der wiederum Platz haben kann für Lichtzuleitungsmittel, beispielsweise Lichtleitfasern.

[0042] Die Geometrie des ersten Prismas **73** erfüllt die Bedingungen

$$a < \cos\theta \cdot \tan\ \beta \cdot D/2$$

sowie

$$L < D/\cos\theta.$$

[0043] Mit diesen Bedingungen ist es zuverlässig möglich, kompakte Prismengruppen zu finden, die mit wenig optischem Totvolumen mit einem Seitwärtsblick und gleichzeitig Totalreflexion von seitlich eintretenden Lichtstrahlen an dem Spalt oder den Spalten der Prismengruppe in eine zylindrische Einhüllende einpassbar sind und somit wenig Bauraum benötigen.

[0044] So ist es beispielsweise möglich, bei vorgegebenem Seitwärtsblickwinkel θ den Winkel, ab dem von außerhalb des geplanten Sichtfelds eintretende Lichtstrahlen mittels Totalreflexion entfernt werden sollen, über den Keilwinkel β des ersten Prismas **72** und gegebenenfalls den entsprechenden Keilwinkel des zweiten Prismas **73** einzustellen. Die Weglänge a lässt sich dann über eine Verschiebung des ersten Prismas **72** an der Grenzfläche zum zweiten Prisma **73** einstellen. Der Durchmesser D kann vorgegeben werden entsprechend dem zur Verfügung stehenden Bauraum, während die Länge L der Eintrittsfläche des ersten Prismas **72** sich anschließend aus der Kombination der gewählten Parameter und den noch zu wählenden Schnitten gegenüber der zylindrischen Einhüllenden ergibt.

[0045] Alle genannten Merkmale, auch die den Zeichnungen allein zu entnehmenden sowie auch einzelne Merkmale, die in Kombination mit anderen Merkmalen offenbart sind, werden allein und in Kombination als erfindungswesentlich angesehen. Erfindungsgemäße Ausführungsformen können durch einzelne Merkmale oder eine Kombination mehrerer Merkmale erfüllt sein. Im Rahmen der Erfindung sind Merkmale, die mit „insbesondere“ oder „vorzugsweise“ gekennzeichnet sind, als fakultative Merkmale zu verstehen.

Bezugszeichenliste

2	optisches System
4	Objektraum
6, 6‘, 6“, 6‘“	Lichtbündel
8	Eintrittsfenster
10	distale optische Baugruppe
12	proximale optische Baugruppe
14	Strahlengang

16	optische Achse
18	Bildsensor
19	lichtempfindliche Fläche
20	Sichtfeld
22	Streuzentrum
24	Prismengruppe
26	Eintrittslinse
28	Austrittslinse
30	erstes Prisma
32	zweites Prisma
34	drittes Prisma
36	erste Grenzfläche
38	zweite Grenzfläche
40	erstes Lichtbündel
42	zweites Lichtbündel
58	Umlenkprismengruppe
60	optisches System
61	Prismengruppe
62	erstes Prisma
63	zweites Prisma
64	Spalt
65	erste Reflexionsfläche
66	zweite Reflexionsfläche
67	zentraler Strahlengang
68	Längsachse des Endoskopschafts
70	optisches System
71	Prismengruppe
72	erstes Prisma
73	zweites Prisma
74	drittes Prisma
75	erster Spalt
76	zweiter Spalt
77	erste Reflexionsfläche
78	zweite Reflexionsfläche
79	zentraler Strahlengang
80	Längsachse des Endoskopschafts
81, 81', 81"	oberer Schnitt
82	transparenter Bereich
83	intransparent beschichteter Rand
84	Anti-Flare-Beschichtung

85	zylindrische Einhüllende
86, 87	Anschlagkante
88, 88', 88"	unterer Schnitt
89	unterer Leerraum
90	Symmetrieebene
100	distale optische Baugruppe
102	erstes Prisma
104	zweites Prisma
106	Spalt
108	erste Reflexionsfläche
110	zweite Reflexionsfläche
112	zentraler Strahlengang
114	optisch unbenutztes Glasvolumen
116	Längsachse des Endoskopschafts

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102016214025 [0006, 0024, 0030]

Patentansprüche

1. Optisches System (60, 70) für ein seitwärts blickendes Endoskop, mit einem zentralen Strahlengang (67, 79), der distal einen seitlichen Blickwinkel θ in Bezug auf eine Längsachse (68, 80) eines Endoskopschafts des Endoskops aufweist, umfassend eine distale optische Baugruppe mit einer Prismengruppe (61, 71), die zur Umlenkung von aus einem um den seitlichen Blickwinkel herum definierten Sichtfeld einfallenden Licht in eine Richtung der Längsachse (68, 80) des Endoskopschafts mittels Reflexion an einer ersten Reflexionsfläche (65, 77) und einer zweiten Reflexionsfläche (66, 78) ausgebildet ist und zwei oder mehr Prismen (62, 63, 72, 73, 74) umfasst, deren jeweils aneinander angrenzende Grenzflächen paarweise zueinander parallel angeordnet und durch jeweils einen Spalt (64, 75, 76) getrennt sind, wobei an einer Grenzfläche zwischen einem Prisma (62, 72, 73) und dem nachfolgenden Spalt (64, 75, 76) Totalreflexion für einen Teil von außerhalb eines Sichtfelds einfallenden Lichts stattfindet, wobei die Prismengruppe (61, 71) eine zylindrische Einhüllende (85) mit einem Durchmesser D aufweist und ein eingangsseitiges erstes Prisma (62, 72) der Prismengruppe (61, 71) keilförmig mit Keilwinkel β und einer optischen Weglänge a des zentralen Strahlengangs (67, 79) ausgebildet ist, wobei eine Eintrittsfläche des ersten Prismas (62, 72) eine Länge L aufweist, definiert als eine Länge einer Schnittlinie der Eintrittsfläche mit der Ebene, die vom zentralen Strahlengang (67, 79) aufgespannt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Prisma (62, 72) die Bedingungen $a < \cos\theta \tan\beta \cdot D/2$ sowie $L < D / \cos\theta$ erfüllt.

2. Optisches System nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Prismengruppe (71) drei Prismen (72, 73, 74) aufweist, wobei das zweite Prisma (73) keilförmig, insbesondere mit einem Keilwinkel $2\cdot\beta$, ausgebildet ist, wobei der Keilwinkel des zweiten Prismas (73) an eine dem Keilwinkel des ersten Prismas (72) gegenüberliegende Seite des ersten Prismas angrenzt und der Keilwinkel des ersten Prismas an eine dem Keilwinkel des zweiten Prismas (73) gegenüberliegende Seite des zweiten Prismas (73) angrenzt, so dass die Spalte (75, 76) zwischen den drei Prismen (72, 73, 74) gegenüber dem zentralen Strahlengang (79) in unterschiedliche Richtungen geneigt sind.

3. Optisches System nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Spalt (64) oder die Spalte (75, 76) mit einem Medium gefüllt ist oder sind, das eine geringere optische Dichte hat als ein für die Prismen (62, 63, 72, 73, 74) verwendetes Glas, wobei das Medium insbesondere ein Vakuum, eine inerte Atmosphäre oder Luft ist.

4. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Prisma (62, 72) und/oder das zweite Prisma (63, 76) einen unteren Schnitt (88, 88', 88") und/oder einen oberen Schnitt (81, 81') aufweist oder aufweisen.

5. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die unteren Schnitte (88, 88', 88") oder oberen Schnitte (81, 81') der Prismen (62, 63, 72, 73, 74) in der Prismengruppe (61, 71) in ihrer Höhe gestaffelt ausgebildet sind.

6. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine proximale optische Baugruppe (12) und wenigstens ein Bildsensor (18) oder ein Okular proximal der proximalen optischen Baugruppe (12) umfasst sind.

7. Optisches System nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die distale optische Baugruppe eine Eintrittslinse (26) umfasst, die in Lichteinfallsrichtung vor der Eintrittsfläche des ersten Prismas (62, 63) angeordnet ist.

8. Seitwärts blickendes Endoskop mit einem optischen System nach einem der Ansprüche 1 bis 7.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1 (Stand der Technik)

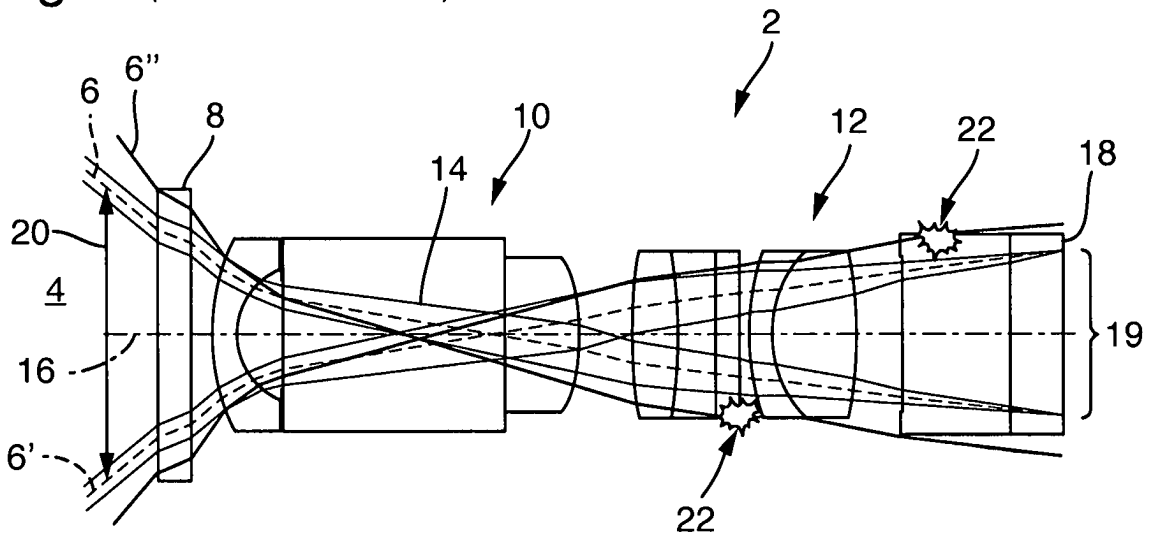


Fig. 2

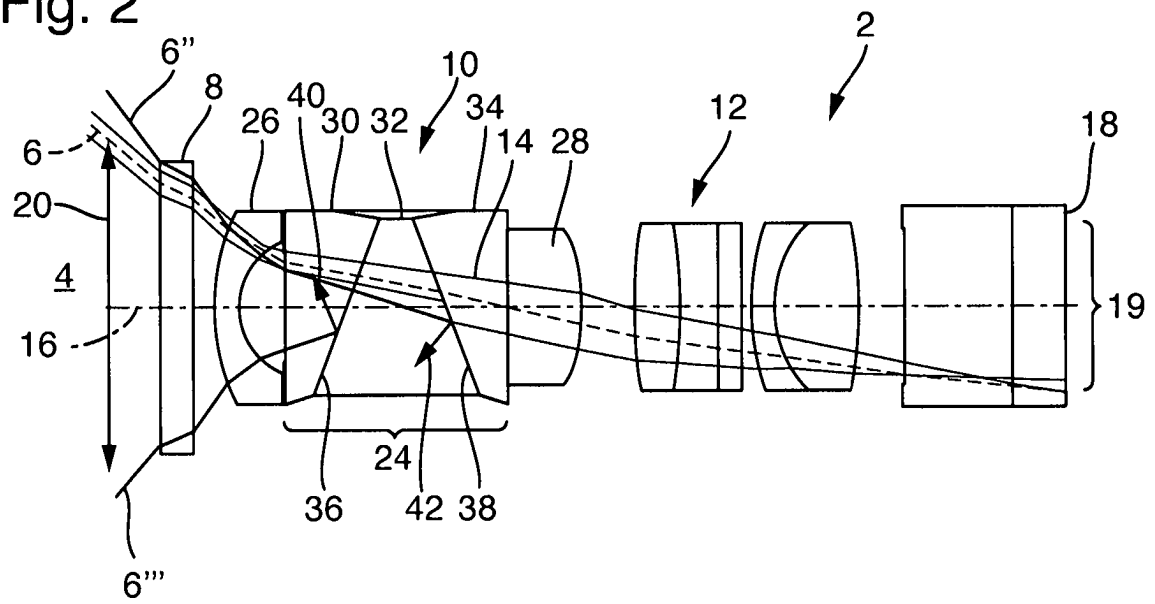


Fig. 3

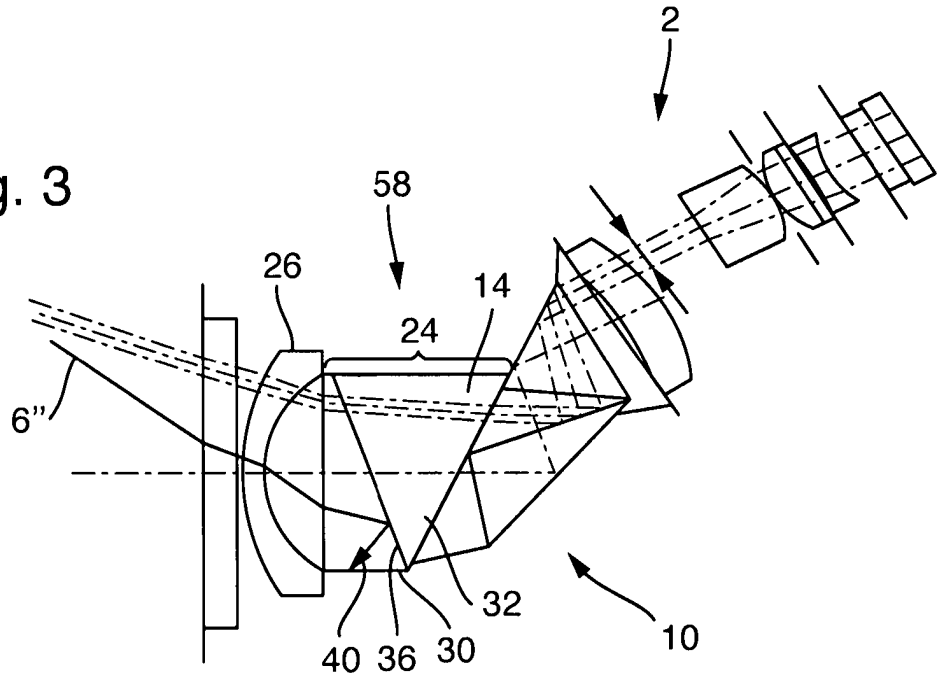
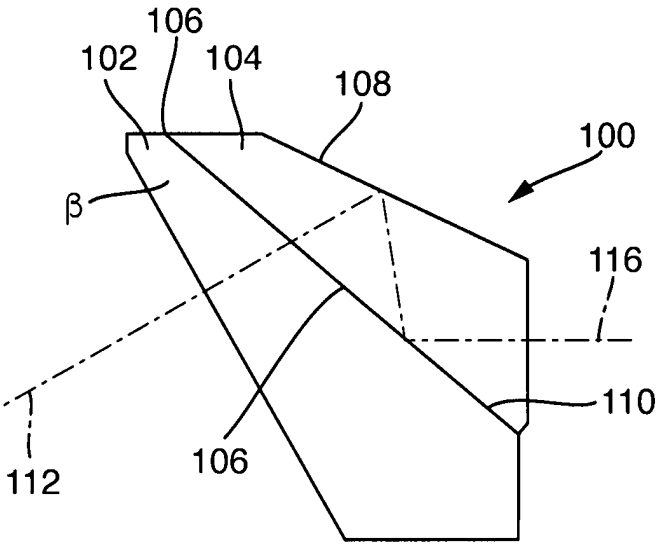


Fig. 4 (Stand der Technik)

a)



b)

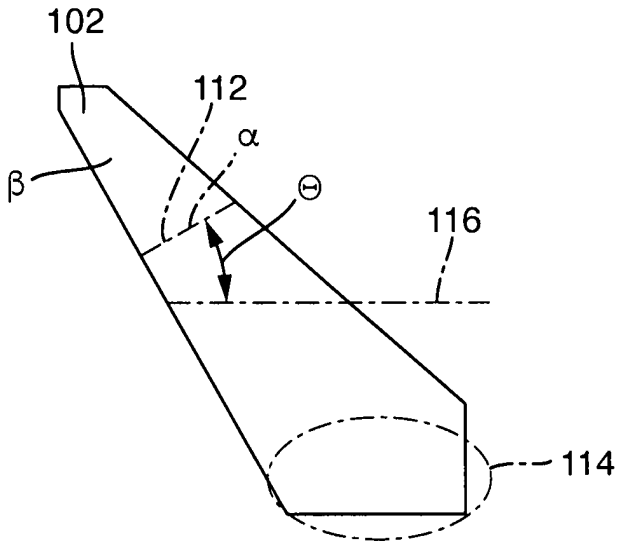


Fig. 5

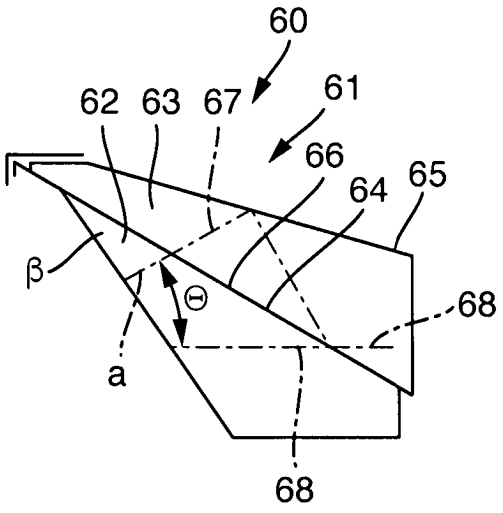


Fig. 6

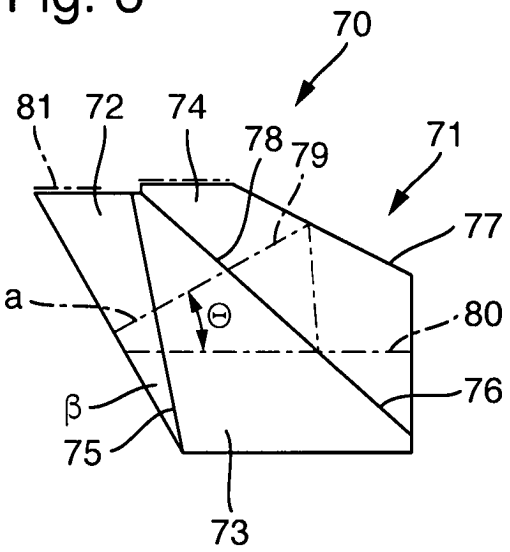
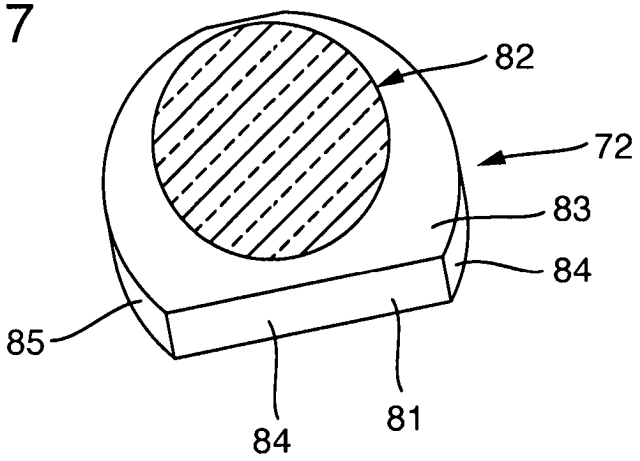


Fig. 7



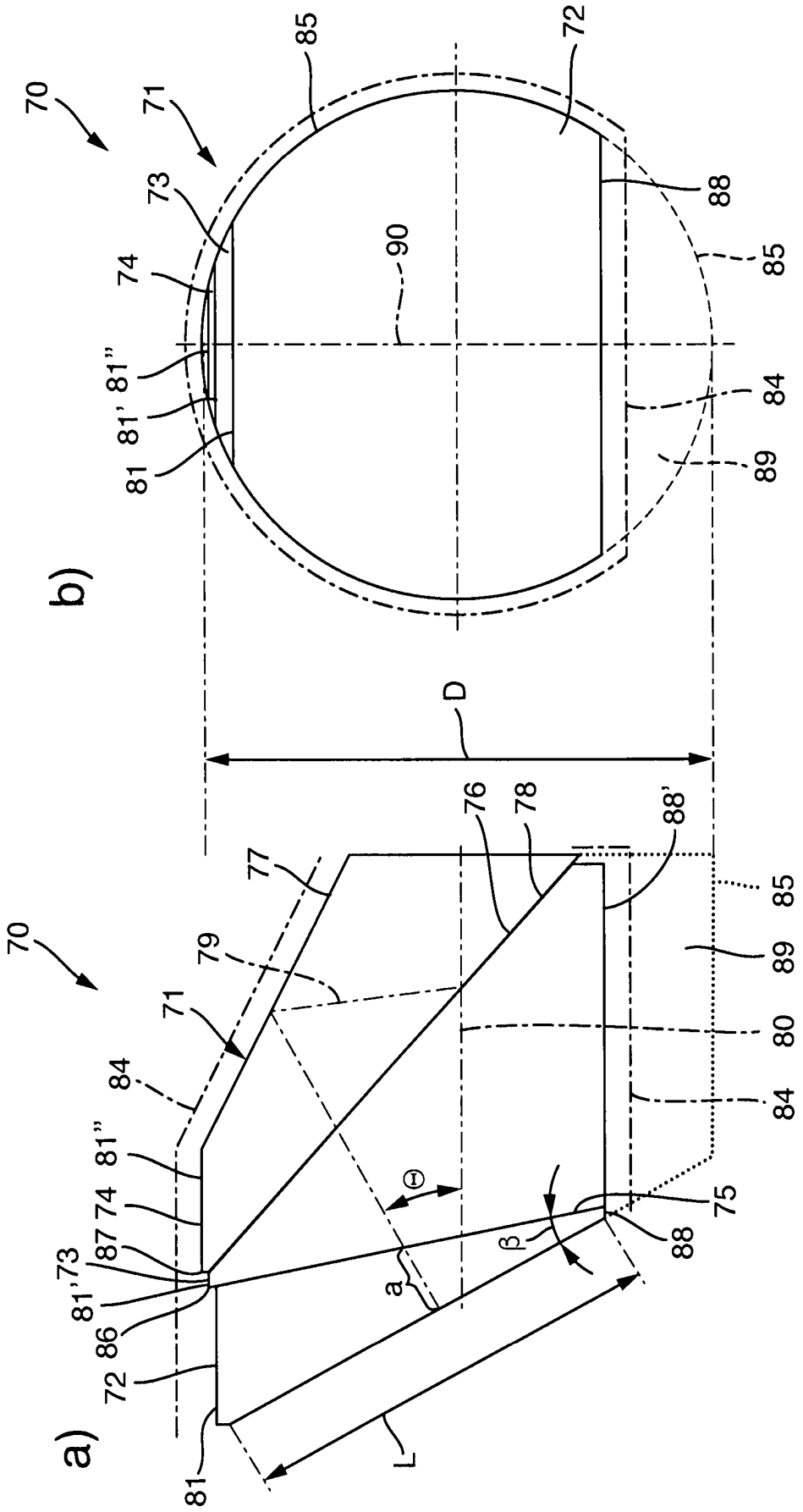

a)
b)
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
81'
81''
84
85
86
87
88
88'
89
90
D
L
a
Θ
β

Fig. 8