(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 695 31 245 T2** 2004.02.19

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 775 364 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **695 31 245.6**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US95/09409**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **95 927 441.6**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 96/003763**
(86) PCT-Anmeldetag: **26.07.1995**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **08.02.1996**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.05.1997**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **09.07.2003**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **19.02.2004**

(51) Int Cl.[7]: **H01J 5/16**
B64C 13/50, G01D 5/26, G01D 5/39, G01K 5/52, G01F 23/70

(30) Unionspriorität:
281327 **27.07.1994** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT, CH, DE, DK, ES, FR, GB, IT, LI, NL, SE

(73) Patentinhaber:
Parker-Hannifin Corp., Cleveland, Ohio, US

(74) Vertreter:
Becker und Kollegen, 40878 Ratingen

(72) Erfinder:
HASSLER, L., William, Amherst, US; HARPER, Sandra, Dana Point, US; CHAPMAN, Eric, La Habra, US; NOLAN, Michael, Costa Mesa, US; SCHLEY, R., William, Mission Viejo, US

(54) Bezeichnung: **FASEROPTISCHES MESSVERFAHREN UND VORRICHTUNG DAZU**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK Gebiet der Erfindung

[0001] Diese Erfindung betrifft im Allgemeinen Verfahren und Vorrichtungen zur faseroptischen Erfassung von Information, wie der Position eines Objekts in Bezug auf ein anderes, und die elektronische Interpretation oder Umsetzung der Information. Insbesondere, jedoch ohne Einschränkung, betrifft sie solche Verfahren und Vorrichtungen, die eine Position durch Empfangen von Bildern übertragener oder reflektierter Lichtindizes erfassen.

Beschreibung des Standes der Technik

[0002] In der Vergangenheit gab es viele Vorrichtungen, die eine Position mit Hilfe von Lichtindizes erfassen oder elektronisch bestimmen. Zum Beispiel sind Vorrichtungen, die das Muster von Licht erfassen, das durch Schlitze scheint, in U.S. Patent 5,258,931 dargestellt. Die Vorrichtungen verwenden ladungsgekoppelte Bauelemente (Charge Coupled Devices – auch CCDs genannt) zur elektronischen Interpretation der Lichtmuster, die sich aus den Schlitzen ergeben, zur Positionsbestimmung. Ein "Lineal" mit Schlitzen oder Markierungen, die in vorbestimmten Mustern ausgerichtet sind, welche die Position auf dem Lineal bestimmen, ist an einem ersten Teil einer Maschine angebracht, auf welcher die Position zu bestimmen ist. Eine Lichtquelle und eine CCD sind mit einem zweiten Teil der Maschine verbunden. Die Lichtquelle und die CCD sind benachbart neben dem Lineal positioniert und bewegen sich entlang dem Muster aus Schlitzen, während das erste Teil in Bezug auf das zweite bewegt wird. Die Lichtquelle erzeugt ein Muster aus Lichtindizes, das dem Muster aus Markierungen oder Schlitzen in dem Lineal neben der CCD entspricht. Die CCD erfasst diese Indizes elektronisch und wandelt sie in elektronische Signale um. Auf diese Weise wird das Muster aus den Markierungen oder Schlitzen auf dem Lineal neben der CCD elektronisch übertragen und kann zur Bestimmung der relativen Position des ersten Teils in Bezug auf das zweite Teil verwendet werden.

[0003] In einigen Situationen ist es nicht möglich, eine CCD oder eine Lichtquelle an der Stelle zu positionieren, die zur Positionserfassung erwünscht ist. Es könnte ebenso nicht möglich sein, die CCD und Lichtquelle mechanisch zu verbinden oder zu koppeln, um das Positionsverhältnis von der erfassten Position zu der Position der Lichtquelle und der CCD zu übertragen. Ferner ist es in einigen Fällen aufgrund von Überlegungen hinsichtlich des Gewichts oder der Kosten wünschenswert, die Anzahl von Positionssensoren und/oder die Anzahl von Schnittstellenschaltungen, die verwendet werden, zu verringern.

[0004] In der Vergangenheit wurden andere Vorrichtungen verwendet, um Muster oder Bilder mit Hilfe der Faseroptik zu übertragen. Häufig entsteht der Bedarf an Faseroptik, weil das zu beobachtende Bild oder Muster an einer Stelle oder in einer Umgebung angeordnet ist, die unzugänglich oder aggressiv ist. Zum Beispiel kann die Faseroptik zur Betrachtung von Objekten in einer chemisch aggressiven Umgebung verwendet werden. In diesem Beispiel befindet sich ein Ende eines Bündels optischer Fasern in der aggressiven Umgebung. Die Beleuchtung wird durch einen kleinen Prozentsatz von Faserbündeln vom sicheren nahen Ende bereitgestellt und bewegt sich über diese Bündel zu dem Objekt am fernen Ende in der aggressiven Umgebung. Das reflektierte oder übertragene Bild wird über die übrigen Bündel zu einem Betrachtungsapparat zurückgeleitet, der sich am sicheren nahen Ende befindet. Das Faserbündel liefert ein Bild, das eine Auflösung hat, die so fein ist wie der Durchmesser der Fasern in dem Bündel. Ein Beispiel für ein solches System zeigt GB-A-2054994, die einen optischen Positionscodierer zeigt, der Licht von einer Lichtquelle über optische Fasern zu einzelnen Bahnen einer optischen Markierungen koppelt. Verschiedene Frequenzen (Farben) werden zur Übertragung der relativen Positionsinformation verwendet. EP-A-0 285 053 zeigt ebenfalls ein optisches System zum Messen von Positionsinformationen unter Verwendung optischer Fasern, einer Lichtquelle und eines Detektors. Einzel- oder Mehrfachcodemusterkanäle können verwendet werden, die beabstandete reflektierende und nichtreflektierende Oberflächenabschnitte auf einem sich linear oder drehend bewegenden Objekt umfassen.

[0005] Obwohl in der Vergangenheit Bündel aus optischen Fasern zur Übertragung von Bildinformationen verwendet wurden, wurden sie nicht zur Übertragung von Parameterinformationen verwendet, wie dem Wert einer relativen Position oder einer Temperatur. Im Allgemeinen wurde angenommen, dass diese Art von Information einfacher durch Elektronik übertragen werden könnte. In einigen Fällen ist es jedoch wünschenswert, Informationen in einer Umgebung zu übertragen, die elektromagnetischer Interferenz ausgesetzt sein könnte.

[0006] Ein weiteres Problem bei Sensoren dieser Art, die in der Vergangenheit verwendet wurden, ist, dass sie nicht so fehlertolerant oder robust wie gewünscht sind. Dies ist insbesondere im Falle der Instrumentierung eines Luftfahrzeuges von Bedeutung. Bei einer solchen Instrumentierung ist auch das Gewicht ein wesentlicher Faktor. Für jede dieser Überlegungen sind elektrische Sensoren nicht vollkommen zufriedenstellend.

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0007] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Übertragung von Information, wie dem Wert eines Parameters, durch Faseroptik bereitzustellen. Es ist

auch eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein solches Verfahren und eine solche Vorrichtung bereitzustellen, die Positionsinformationen übertragen können. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung eines Verfahrens und einer Vorrichtung, die Informationen über mehr als einen Parameter übertragen können. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung einer Redundanz für jeden Parameter.

[0008] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung eines Verfahrens und einer Vorrichtung, die Informationen in einer Weise übertragen können, die gegenüber einer elektromagnetischen Interferenz relativ immun ist. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung eines Verfahrens und einer Vorrichtung, die robust und fehlertolerant sind. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung einer verbesserten Instrumentierung oder eines Sensorverfahrens und einer Vorrichtung zur Verwendung in einem Luftfahrzeug.

[0009] Gemäß diesen Aufgaben enthält die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Erfassen redundanter Parameter. In diesem Verfahren ist ein Satz von Lichtunterscheidungsindizes in charakteristischen Mustern befestigt, die einen Parameterwert entsprechend der Stelle der Muster anzeigen. Einzelne Bündel optischer Fasern mit primären Leuchtfasern und sekundären Empfängerfasern sind so angeordnet, dass beide Sätze von Fasern gleichmäßig in einer linearen Anordnung benachbart zu den Lichtunterscheidungsindizes verteilt sind. Licht wird von einer Lichtquelle in die primären optischen Fasern von einer Quellenposition eingeführt, entlang den faseroptischen Bündeln zu einer entfernten Stelle übertragen, von den Lichtunterscheidungsindizes an der entfernten Stelle reflektiert oder übertragen, und zu der Quellenposition über die sekundären Bündel zu einer Gruppierung von lichterfassenden elektrischen Vorrichtungen zurückgeleitet. Die primären und sekundären faseroptischen Bündel sind in einer linearen Gruppierung angeordnet, so dass das reflektierte Licht getrennt in einem Muster geleitet wird, das dem Muster der Lichtunterscheidungsindizes an der entfernten Stelle entspricht. Da das Muster, das von der elektrischen Vorrichtung erfasst wird, dem Parameterwert entspricht, zeigt das Muster, das zu der lichterfassenden elektrischen Vorrichtung übertragen wird, den Parameterwert an. Diese Vorrichtung erfasst dann das Muster elektrisch und wandelt das Muster in ein elektrisches Signal um, das den durch dieses dargestellten Parameterwert anzeigt.

[0010] Zusätzlich zu einem Verfahren zum Erfassen eines einzelnen Parameterwertes stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Multiplexen bereit, um mehrere Parameterwerte zu erfassen. Dies kann durch mehrere Mittel erreicht werden. Zum Beispiel können separate Sätze getrennter Faserbündel an einer einzigen lichterfassenden elektrischen Vorrichtung vereint werden. Jeder Satz getrennter Faserbündel kann einen eigenen Parameter übertragen und durch Sequenzieren der Ein-Zustände der Leuchten für jeden Satz primärer Bündel können verschiedene Sätze von Indizes und verschiedene Parameter erfasst werden.

[0011] Eine Vorrichtung, die gemäß der vorliegenden Erfindung konstruiert ist, enthält ein Positionserfassungssystem, worin Lichtunterscheidungsindizes an einem ersten Objekt befestigt und in charakteristischen Mustern angeordnet sind. Die Muster zeigen die Position in Bezug auf das erste Objekt an. Von jedem Satz aus primären und sekundären Fasern sind die fernen Enden in Bezug auf ein zweites Objekt befestigt und in einer linearen Mustererfassungsgruppierung benachbart den Lichtunterscheidungsindizes angeordnet. Beginnend am nahen Ende oder am Ende der Lichtquelle, wird Licht von der Lichtquelle durch die primären Fasern zu dem zweiten Objekt am fernen Ende geleitet. Das Licht wird dann von den charakteristischen Indizes an dem ersten Objekt in die sekundären Fasern reflektiert oder übertragen. Das Licht wird dann über die sekundären Fasern zu dem nahen Ende zurückgeleitet, wo das Muster, das nun von dem Licht übertragen wird, von der elektronischen Vorrichtung erfasst wird. Da die fernen Enden der optischen Faserbündel in Bezug auf das zweite Objekt befestigt sind und die Lichtmuster an dem ersten Objekt so angeordnet sind, dass sie die Position des ersten Objekts relativ zu dem zweiten Objekt anzeigen, zeigt das Muster, das von den Fasern übertragen wird, die Position des ersten Objekts relativ zu dem zweiten Objekt an.

[0012] Die Vorrichtung der vorliegenden Erfindung ist besonders zur Verwendung in Positionssensoren und anderen Sensoren geeignet, die in einem Luftfahrzeug verwendet werden. Zum Beispiel enthält die vorliegende Erfindung einen verbesserten Aktuator jener Art, der in einem Luftfahrzeug verwendet wird. Durch die Verwendung von Indexmustern an den festen oder bewegten Abschnitten des Aktuators und durch die Befestigung der mustererfassenden Fasergruppierung an dem entgegen gesetzten festen oder bewegten Abschnitt des Aktuators detektiert oder erfasst diese Vorrichtung die Position des Aktuators und dadurch die Position der Flugflächen des Luftfahrzeuges. Auf diese Weise kann die herkömmliche Leitungsverlegung des Luftfahrzeuges durch Faseroptik ersetzt werden. Da das Verfahren und die Vorrichtung der vorliegenden Erfindung für mehrere Parameter verwendet werden können, können andere Instrumentierungsparameter des Luftfahrzeuges, wie Fluggeschwindigkeit, Triebwerktemperaturen usw., durch die vorliegende Erfindung erfasst werden. Dadurch kann das Luftfahrzeug vorwiegend Lichtsignale zur Erfassung der Instrumentierungsparameter des Luftfahrzeuges verwenden.

[0013] In dem Luftfahrzeug, das die Verfahren und Vorrichtungen der vorliegenden Erfindung verwendet, ist es möglich, die lichterfassenden elektrischen Vorrichtungen zentral anzuordnen und abzuschir-

men. Dadurch kann das System gegenüber einer elektromagnetischen Interferenz relativ immun sein. Da optische Fasern jener Art, die in der vorliegenden Erfindung verwendet wird, leichter als Drähte sind, die für eine solche Instrumentierung verwendet werden, bietet dies den Vorteil einer Gewichtsverringerung des Luftfahrzeuges und/oder einer Verbesserung der Redundanz und Fehlertoleranz. Da die Faseroptik und elektrischen Detektoren der vorliegenden Erfindung weniger elektrische Teile haben als eine herkömmliche Instrumentierung, ist die vorliegende Erfindung robuster und zuverlässiger als herkömmliche Sensoren.

[0014] Für ein besseres Verständnis der Erfindung und weiterer Aufgaben, Merkmale und Vorteile derselben, kann nun auf die folgende Beschreibung in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen Bezug genommen werden.

BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0015] **Fig.** 1 ist eine schematische Darstellung einer Vorrichtung, die gemäß der vorliegenden Erfindung konstruiert ist.

[0016] **Fig.** 1A ist eine schematische Ansicht eines Abschnittes der Vorrichtung von **Fig.** 1 an der Stelle, die in **Fig.** 1 gekennzeichnet ist.

[0017] **Fig.** 1B ist eine schematische Ansicht eines Abschnittes der Vorrichtung von **Fig.** 1 an der Stelle, die in **Fig.** 1 gekennzeichnet ist.

[0018] **Fig.** 1C ist eine schematische Ansicht eines Abschnittes der Vorrichtung von **Fig.** 1 an der Stelle, die in **Fig.** 1 gekennzeichnet ist.

[0019] **Fig.** 2 ist eine Querschnittsansicht eines Luftfahrzeugaktuators, das gemäß der vorliegenden Erfindung konstruiert ist.

[0020] **Fig.** 3 ist eine vergrößerte Querschnittsansicht eines Abschnittes der in **Fig.** 2 dargestellten Vorrichtung.

[0021] **Fig.** 4 ist eine vergrößerte Querschnittsansicht eines Abschnittes der in **Fig.** 3 dargestellten Vorrichtung.

[0022] **Fig.** 5 ist eine vergrößerte Querschnittsansicht eines Abschnittes der in **Fig.** 2 dargestellten Vorrichtung.

[0023] **Fig.** 6 ist eine vergrößerte Ansicht eines Abschnittes der in **Fig.** 2 dargestellten Vorrichtung.

[0024] **Fig.** 7 ist eine schematische Ansicht eines Luftfahrzeuges mit einer Aktuatorinstrumentierung gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0025] **Fig.** 8A ist eine vergrößerte schematische Ansicht eines Sensors mit sehr kurzem Hub, der gemäß der vorliegenden Erfindung konstruiert ist.

[0026] **Fig.** 8B ist ein schematisches Diagramm von Lichtsignalpegeln, die von der in **Fig.** 8A dargestellten Vorrichtung in der in **Fig.** 8A dargestellten Position erzeugt werden.

[0027] **Fig.** 9 ist eine schematische Ansicht eines Temperatursensors, der gemäß der vorliegenden Erfindung konstruiert ist.

[0028] **Fig.** 10A und 10B sind schematische Ansichten von Fluidpegelsensoren, die gemäß der vorliegenden Erfindung konstruiert sind.

[0029] **Fig.** 11A ist eine schematische Ansicht der Erfassungsvorrichtung für U/min und Temperaturausdehnung eines Luftturbinenstarters, die gemäß der vorliegenden Erfindung konstruiert ist.

[0030] **Fig.** 11B ist ein Diagramm, das Lichtsignalpegel darstellt, die von der Vorrichtung von **Fig.** 11A erzeugt werden.

[0031] **Fig.** 11C ist ein Diagramm, das Lichtsignalpegel darstellt, die von der Vorrichtung von **Fig.** 11A erzeugt werden.

[0032] **Fig.** 12A ist eine schematische Seitenansicht einer Konfiguration zum Erfassen der Drehposition, die gemäß der vorliegenden Erfindung konstruiert ist.

[0033] **Fig.** 12B ist eine schematische Draufsicht auf die in **Fig.** 12A dargestellten Vorrichtung.

[0034] **Fig.** 13A ist eine schematische Seitenansicht einer Konfiguration zum Erfassen der Strömung, die gemäß der vorliegenden Erfindung konstruiert ist.

[0035] **Fig.** 13B ist eine schematische Draufsicht auf die in **Fig.** 13A dargestellten Vorrichtung.

[0036] **Fig.** 14 ist eine auseinander gezogene Montageansicht der Schritte zur Montage einer Vorrichtung, die gemäß der vorliegenden Erfindung konstruiert ist.

[0037] **Fig.** 15 ist eine schematische Ansicht einer vierfach redundanten Vier-Kanal-Konfiguration entsprechend im Allgemeinen **Fig.** 1, wobei aber Elemente von **Fig.** 1 mit Elementen von **Fig.** 8, **Fig.** 9 und **Fig.** 10 kombiniert sind.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0038] Unter Bezugnahme nun auf **Fig.** 1 ist ein System, das gemäß der vorliegenden Erfindung konstruiert ist, schematisch bei 10 dargestellt. Es enthält faseroptische Bündel **11** mit fernen Enden **13** und nahen Enden **15**. Die fernen Enden sind benachbart zu Lichtunterscheidungsindizes **17** angeordnet.

[0039] Die nahen Enden **15** sind in zwei Abschnitte unterteilt, primäre Fasern **19** und sekundäre Fasern **21**. Die primären Fasern sind mit einer Lichtquelle **23** verbunden. Die sekundären Fasern sind mit einer lichterfassenden elektrischen Vorrichtung **25** verbunden. Die lichterfassende elektrische Vorrichtung **25**, ihre angeschlossene Signalausrüstung und die Elemente **15**, **19**, **21** und **23** werden als elektro-optische Schnittstelleneinheit **20** bezeichnet. Die Einheit **20** ist in einer sicheren Umgebung angeordnet, wie im Cockpit oder der Instrumentenkoje eines Flugzeuges, während die Sensorsonde (Elmente **13** und **17**) in einer aggressiven Umgebung angeordnet sein kann, wie einem hydraulischen Flügelklappen-Aktuatorzylinder (siehe **Fig.** 7).

[0040] Wie in **Fig.** 1 dargestellt, kann das System

der vorliegenden Erfindung mehr als eine Lichtquelle **23**, mehr als ein faseroptisches Bündel **11** und mehr als einen Satz Lichtunterscheidungsindizes **17** enthalten. Daher zeigt **Fig.** 1 vier getrennte Lichtquellen **27**, **29**, **31** und **33**. Es sind vier getrennte Sätze faseroptischer Bündel **35**, **37**, **39** und **41** dargestellt. Der Einfachheit wegen sind die charakteristischen Indizes **17** neben jedem der vier Sätze faseroptischer Bündel außerhalb der Sensoren dargestellt. **Fig.** 1A zeigt die Konfiguration der ersten drei Pixel eines Bündelsatzes am fernen Ende **13**. Jedes primäre Faserbündel ist dreigeteilt und jede Gruppe ist wahllos in einem einzelnen sekundären Faserbündel verteilt, um eines von drei Pixeln zu bilden. Dies wird in einer linearen Gruppierung für die übrigen primären und sekundären Faserbündel wiederholt. **Fig.** 1B zeigt die Schnittstelle der sekundären Fasern am nahen Ende **21** zu der lichterfassenden elektrischen Vorrichtung **25**. Pixel Nummer 1 von jedem der vier Bündelsätze **35** bis **41** ist neben Element **1** der elektrischen Vorrichtung **25** angeordnet. Ebenso liegt Pixel **2** neben dem Element Nummer 2 und so weiter. Auf diese Weise kann jedes Element der elektrischen Vorrichtung **25** einzeln durch Licht von einem Bündehsatzpixel stimuliert werden.

[0041] Ein typischer Satz faseroptischer Bündel **11** könnte 32 oder mehr Bündel aus Fasersträngen enthalten. Jedes Bündel kann ein eigenes oder separates Lichtsignal zu und von dem fernen Ende **13** des Bündels und dem nahen Ende **15** übertragen. Wie dargestellt, sind die nahen Enden **15** der Bündel in übertragende primäre Nebenbündel **19** und empfangende sekundäre Nebenbündel **21** getrennt. Nach Wunsch kann jedes Nebenbündel durch eine einzige optische Faser ersetzt werden.

[0042] **Fig.** 1 zeigt Verbinder **43**, **45** **47** und **49**. Jeder dieser Verbinder wird durch Verbinden von Faserbündeln mit anderen Faserbündeln bereitgestellt, so dass die entsprechenden Enden ausgerichtet sind. Auf diese Weise können lange Abschnitte faseroptischer Bündel mit kurzen Enden von Bündeln verbunden werden, die an den Vorrichtungen angeordnet sind, wie der Lichtquelle **23** oder den Indizes **17**. Militärische Standardverbinder, wie Mil C29600, können zur Herstellung einer ausgerichteten Verbindung verwendet werden. Auf diese Weise hat jeder Bündelsatz **35** bis **41** und jeder Verbinder **43** bis **49** 32 ausgerichtete Bündel oder "Pixel" zur Übertragung eines separaten Lichtbildes.

[0043] In der vorliegenden Erfindung besteht jedes Pixel aus etwa 167 Fasern, wobei jede Faser einen Durchmesser von 40 µm aufweist. Die Fasern sind axial ausgerichtet und leiten das Licht quasi-kohärent. Die numerische Apertur jeder Faser ist mit 0,6 relativ groß. Diese große numerische Apertur an jeder der vielen Fasern in einem Pixelbündel ermöglicht eine leichte Ausrichtung an der Verbinderschnittstelle. Standardverbinder, wie DG123 und Deutsch ABS per MIL-C-29600, können zur Bildung der ausgerichteten Verbindung verwendet werden. Die Schnittstellenstifte per MIL-C-38999, die bei Deutsch-France entwickelt wurden, sorgen für eine federbelastete Anpassung der zwei Pixelbündel mit einem Minimum an Dämpfung und einem Maximum an Reproduzierbarkeit.

[0044] Jede Lichtquelle **27** bis **33** ist an Bündel primärer Fasern angeschlossen, die jeweils Teil eines faseroptischen Bündelsatzes **35** bis **41** sind. Jede ist an ihren entsprechenden Bündelsatz angeschlossen, so dass eine Belichtung zu allen der empfangenden sekundären Fasern in dem Bündelsatz geleitet wird.

[0045] Wie hierin verwendet, bezeichnet der Begriff Licht elektromagnetische Strahlung im Allgemeinen und nicht nur sichtbares Licht. Daher wird angenommen, dass die Lichtquelle, die am besten für eine Instrumentierung eines Luftfahrzeuges geeignet ist, ein Infrarotstrahler ist. Zusätzlich können mehrere solche Strahler für eine einzelne Lichtquelle zum Zwecke der Redundanz, Zuverlässigkeit und Leistung verwendet werden. Zum Beispiel könnten acht solche Strahler, die als Gruppe verbunden sind, als Strahler **31** verwendet werden. Ein solcher Strahler wird von Honeywell verkauft.

[0046] Während für jeden faseroptischen Bündelsatz **35** bis **41** eine eigene Lichtquelle **27** bis **33** dargestellt ist, gibt es nur eine einzige lichterfassende elektrische Vorrichtung **25**. Diese Vorrichtung **25** ist eine Gruppe lichterfassender elektrischer Detektoren **51**, mit einem Detektor für jeden Lichtkanal oder jedes Pixel jedes Bündelsatzes **35** bis **41**. Für Bündelsätze mit 32 Pixeln oder Faserbündeln benötigte die Vorrichtung **25** eine Gruppe von 32 lichterfassenden elektrischen Detektoren **51**. Die sekundären Faserbündel **21** am nahen Ende von jedem der Bündelsätze **35** bis **41** sind Pixel für Pixel miteinander verbunden, so dass sie eines der Elemente **51** der lichterfassenden elektrischen Vorrichtung **25** teilen, wie in **Fig.** 1B. Da die entsprechenden Faserstränge mit der Detektorgruppe **25** entsprechend der vorbestimmten Reihenfolge der Faserbündel **13** verbunden sind, wird die Informationsreihe von den Lichtunterscheidungsindizes **17** kohärent übertragen.

[0047] Die Gruppe von Detektoren **51** kann aus Photodioden gebildet werden. Jede Photodiode kann einen geringen Abstand zu dem Ende der verbundenen Fasern aufweisen, wie 53 bis 59. Ein Beispiel für eine Infrarotdiode ist A5V-35 von UDT.

[0048] Der Detektor **51** kann an eine Signalaufbereitungsschaltung **61** angeschlossen sein. Diese Vorrichtung stellt sequentiell für jedes Photodiodensignal eine Signalaufbereitung und Umwandlung des Signals von analog zu digital bereit. Dies ermöglicht das Lesen oder Erkennen des Musters von Graupegelsignalen, die in der Gruppe von Detektoren **51** dargestellt sind. Die Anordnung von Signalen kann somit in eine digitale 32-Wort-Darstellung im Speicher **63** umgewandelt werden, wobei jedes Wort aus 16 Bits besteht. Dann kann das Muster dieser Darstellung durch eine programmierte Computeranalyse im Computer **65** analysiert werden. Zur Bestimmung,

welcher Bündelsatz **35** bis **41** gelesen wird, kann der Computer **65** an eine Belichtungssteuervorrichtung **67** angeschlossen sein, die bestimmen kann, welche der Lichtquellen **27** bis **33** aktiviert ist. Falls erwünscht ist, dass der Parameter, der von der Informationsreihe von den Lichtunterscheidungsindizes **17** angezeigt wird, gelesen wird, wird die Lichtquelle **31** erleuchtet und eine geeignete Analyse dieser Muster vom Computer **65** verwendet.

[0049] Der Mikroprozessor, der im Computer **65** verwendet wird, ist ein Intel 87C196. Die Bildanalyse **65** und Belichtungssteuerung **67** erfolgen in dem Mikroprozessorprogramm. Jede Lichtquelle wird einzeln an den nahen Enden der primären Fasern eingeschaltet und jeder erfasste Parameter wird über die entsprechenden sekundären Fasern übertragen. Das parallele optische Signal wird von der Photodiodenanordnung **25** empfangen und seriell zu der Signalaufbereitungselektronik und Analog/Digital-Schaltung 61 getaktet.

[0050] Der Ausgang des Computers **65** kann zu einem seriellen Ausgang **69** für wiederholte Aktualisierungen der Informationen durch eine Steuervorrichtung oder dergleichen geleitet werden. Zum Beispiel könnte ein Flugregelungscomputer wiederholt aktualisierte Positionsinformationen für jeden Aktuator jeder Flugfläche von dem seriellen Ausgang **69** empfangen. Diese Information könnte dann durch Regelung des Fluges des Luftfahrzeuges durch konstante Überwachung der Positionsinformationen verwendet werden.

[0051] Ein Aktuator, der mit einem faseroptischen Positionssensor der vorliegenden Erfindung versehen ist, ist in den **Fig.** 2 bis 6 dargestellt. Dieser Aktuator ist von einer Art, die zur Steuerung der Flugfläche eines Luftfahrzeuges verwendet werden könnte. Dieser Aktuator enthält die fernen Enden **13** des Bündelsatzes **39** und die Lichtunterscheidungsindizes **17**. Dieser Aktuator **71** ist eine herkömmliche Konstruktion mit der Ausnahme, dass Komponenten der faseroptischen Positionserfassung gemäß dieser Erfindung hinzugefügt wurden. Der Aktuator **71** hat ein Stangenende **73** und ein Zylinderende **75**. Das Stangenende hat eine Stiftöffnung **77** zur Aufnahme eines Stiftes, der das Stangenende **73** an einem Luftfahrzeugelement, wie dem Ruderhorn einer Flügelklappe, befestigt. Das Zylinderende **75** hat eine Stiftöffnung zur Aufnahme eines Stiftes, der das Zylinderende **75** an einem Luftfahrzeugelement, wie einem Tragflächengerippe, befestigt. Hydraulikfluid wird zu und von Hauptzylindern **79** und **81** geleitet, um die Hydraulikkolben darin anzutreiben, um das Stangenende **73** hydraulisch in Bezug auf das Zylinderende **75** zu bewegen und dadurch die Steuerfläche des Luftfahrzeuges zu bewegen. Die Position des Stangenendes **73** in Bezug auf das Zylinderende **75** entspricht der Position der Steuerfläche des Luftfahrzeuges.

[0052] Für den Einbau des Vier-Kanal-Positionssensors der vorliegenden Erfindung in den Aktuator **71** ist im Hauptzylinder **79** ein Skalenrohr **83** vorgesehen. Das Skalenrohr **83** hat an seinem Innendurchmesser die Lichtunterscheidungsindizes, das erste Objekt. Dieses Rohr ist mit dem Stangenende **73** des Aktuators verbunden und bewegt sich mit dem Stangenende **73**.

[0053] Eine Sonde **85** sitzt eng in dem Skalenrohr. Die Sonde ist mit dem Zylinderende **75** des Aktuators verbunden und bewegt sich mit dem Zylinderende. Der Einfachheit wegen zeigen die **Fig.** 2 bis 6 nur zwei Faserbündelgruppen **13** der Vier-Kanal-Sonde **85** in dem Skalenrohr **83**. Da sich die Sonde **85** und die faseroptischen Bündelenden **13** mit dem Zylinderende **75** bewegen und das Skalenrohr **83** sich mit dem Stangenende **73** bewegt, ist die relative Position der Sonde zu dem Skalenrohr dieselbe wie die relative Position des Stangenendes **73** zu dem Zylinderende **75**. Daher ist dies ein Maß der relativen Position der Flugsteuerfläche, die an den Aktuator **71** angeschlossen ist.

[0054] In dem Skalenrohr **83** sind Ringe **89** und Abstandsstücke **91** enthalten. Diese Ringe **89** und Abstandsstücke **91** bilden gemeinsam eine glatte, zylindrische Innenfläche **93** des Skalenrohres **83**. Die Ringe **89** haben eine andere Lichtreflexionseigenschaft als die Abstandsstücke **91**, so dass die Kombination der beiden die Lichtunterscheidungsindizes **17** bildet. Zusätzlich sind die Ringe **89** und die Abstandsstücke **91** in charakteristischen Mustern angeordnet, die ihrer relativen Position entlang der Achse **94** des Skalenrohres **83** entsprechen. In **Fig.** 5 zeigt ein Muster aus Paaren von Ringen **89** diese Eigenschaft. Das erste Paar **95** von Ringen **89** liegt näher beieinander als das zweite Paar **97**, das näher beieinander liegt als das dritte Paar **99** und so weiter, bis zum letzten Paar **101**. Auf diese Weise gibt der Abstand jedes Ringpaares die relative Position des Ringpaares in dem Skalenrohr **83** an.

[0055] Die Ringe **89** sind mit anderen Lichtreflexionseigenschaften versehen als die Abstandsstücke **91**, da die Ringe **89** aus rostfreiem 416 Stahl mit einer natürlichen reflektierenden Oberfläche gebildet sind, während die Abstandsstücke aus rostfreiem 416 Stahl mit einer schwarzen Oxidbeschichtung gebildet sind. Dadurch werden die Ringe **89** in Bezug auf elektromagnetische Infrarotstrahlung stark reflektierend, und die Abstandsstücke **91** in Bezug auf diese Strahlung stark nicht reflektierend.

[0056] Eine andere Methode die Lichtunterscheidungsindizes **17** zu bilden, besteht darin, ein schwarzes Streifenmuster auf ein dünnes rechteckiges Stück Aluminium zu anodisieren, das dann zur Bildung eines Rohres gerollt wird. Das gestreifte Muster wird an einem Computer kreiert, der die Vorlage zeichnet. Aus der Vorlage wird chemisch ein Siebdrucknegativ geätzt. Ein rechteckiger Abschnitt (der zum Beispiel 4,45 cm (1,75 Inch) breit, 22,86 cm (9 Inch) lang und 0,013 cm (0,005 Inch) dick ist) wird dann auf eine Tiefe von 0,0025 cm (0,001 Inch) vollständig mit Schwefel anodisiert. Bevor sich die

Schwefel-Anodisierung setzt, wird schwarzer Farbstoff auf die obere Oberfläche des Aluminiumstücks unter Verwendung des Siebdrucknegativs, das nach der Computer-Vorlage gebildet wurde, siebgedruckt. Der Farbstoff dringt dann bis zu der Anodisierungstiefe ein und erzeugt die dunklen Abstandsstücke **91**. Die Streifen, die durch den Siebdruck gegenüber dem Farbstoff maskiert waren, bleiben klar und reflektierend und dienen als Ringe **89**. Das rechteckige Aluminiumstück wird dann zur Bildung eines Rohres gerollt, wobei sich das Muster an der Innenseite befindet. Das Rohr wird (wie bei Rasierklingen) für eine Abriebbeständigkeit zweifach mit Teflon beschichtet. Nach dem Trocknen wird das Rohr in das Skalenrohr **83** eingesetzt. Dieses Verfahren zur Bildung der Ringe und Abstandsstücke ist gegenüber dem Zusammenbau physischer Ringe und Abstandsstücke weniger arbeitsintensiv und weniger teuer. Unter Anwendung dieses Verfahrens ist es auch möglich, die Ringe und Abstandsstücke exakter anzuordnen und kleinere und präzisere Indizes zu bilden.

[0057] Wie zuvor beschrieben, weisen die Ringe **89** mindestens zwei Größen auf, während die Abstandsstücke **91** eine Reihe von Größen haben. Die Ringe und Abstandsstücke, welche die Lichtunterscheidungsindizes **17** bilden, sind in einem einzigartigen Muster angeordnet. Für alle Parameter (mit Ausnahme der (Ein/Aus) Zustandsart) erfasst die Pixelanordnung die Ränder der Ringe. Die Stelle dieser Ränder ist für den Sensor dieses Parameters innerhalb der festgelegten Toleranz einzigartig. Für jeden Parameter wird jeder der 32 Pixelwerte acht Mal gelesen und ein Durchschnitt gebildet. Jedes Pixel hat seinen eigenen Skalenfaktor und seine Verschiebung für die skalierte Helligkeit. Jedes Pixel wird mit einem Schwellwert mit dem nächstfolgenden Pixel verglichen um festzustellen, ob ein Randübergang vorliegt, dessen Pegel entweder zunimmt (was einen hellen Ring **89** anzeigt) oder abnimmt (was ein dunkles Abstandsstück **91** anzeigt). Es sind wenigstens drei Ränder, die gleichzeitig von der Pixelanordnung erfasst werden.

[0058] Zur Bestimmung jedes Randes durch einen Vergleich aufeinander folgender Pixel werden Bedingungsgleichungen erstellt. Die Ergebnisse werden auf der Basis der verwendeten Gleichung gewichtet. Es gibt zwei Techniken zur Identifizierung der Ränder: eine Fehlerquadratmethode und eine inkrementale Methode.

[0059] Bei der Fehlerquadratmethode wird der Abstand zwischen jedem benachbarten Paar von Rändern berechnet. Die Differenz zwischen dem ersten Paar von Rändern und der bekannten Differenz zwischen Rand **1** und Rand **2** (oder Rand **3** und Rand **4** usw.) wird quadriert. Die Differenz zwischen dem nächsten Paar von Rändern (falls vorhanden) und der bekannten Differenz zwischen Rand **3** und Rand **4** (oder Rand **6** und Rand **7** usw.) wird quadriert und zu der vorherigen Summe addiert. Die Summe ist der Fehlerquadratwert auf der Basis von Rand **1** (oder **2**). Der Prozess wird wiederholt, indem der nächste Rand übersprungen und die Quadrate der übrigen summiert werden, bis der letzte Rand erreicht ist. Der kleinste Fehlerquadratwert identifiziert die tatsächliche erste Randnummer.

[0060] Bei der inkrementalen Methode wird der Zustand des ersten Pixels, entweder hoch oder tief, und der Abstand des ersten Randes von dem ersten Pixel gespeichert. Wenn der neue Zustand derselbe wie der vorhergehende Zustand ist, wird die erste Randnummer als die gleiche angenommen. Wenn sich der Zustand geändert hat, wird der Abstand zu dem ersten Rand mit dem vorhergehenden Wert verglichen. Wenn der neue Abstand kleiner ist, wird ein neuer erster Rand angenommen und die erste Randnummer wird um Eins verringert, oder aber es wird angenommen, dass der erste Rand der vorhergehende zweite Rand ist, und die erste Randnummer wird um Eins erhöht. Der Fehlerquadratwert wird auf der Basis des angenommenen ersten Randes berechnet. Wenn dieser mehr als ein unveränderlicher zulässiger Wert ist, wird die Fehlerquadrattechnik verwendet. Das Bild, das durch die berechneten Stellen und Abstände aller Ränder gebildet wird, die durch den Sensorkopf erfasst werden, wird mit dem einzigartigen Bild über den vollständigen Hub verglichen. Aus diesem Vergleich wird die exakte Position bestimmt.

[0061] Zur Erfassung des Musters der Anordnung von Ringen **89** und Abstandsstücken **91**, welche die Lichtunterscheidungsindizes **17** des ersten Objekts bilden, sind die fernen Enden **13** der faseroptischen Bündel in einer linearen Gruppierung **103** angeordnet, die am besten in **Fig.** 6 erkennbar ist, und bilden das zweite Objekt. Die Enden der optischen Fasern in dieser linearen Gruppierung sitzen in einem länglichen Schlitz **105** in der Wand des Sondenkopfs **87**. Auf diese Weise zeigen die Enden **13** der Fasern radial nach außen und unmittelbar innerhalb der Außenseite der Sonde **85** und unmittelbar neben der Innenwand **93** des Skalenrohrs **83**.

[0062] Wie am besten in **Fig.** 4 erkennbar ist, sind in dem Sondenkopf vier Sätze von Faserbündeln enthalten, wobei die Sätze **39** und **41** dargestellt sind. Jeder hat eine lineare Anordnung von Faserenden **13**, die in Schlitzen angeordnet sind, die sich an gegenüberliegenden Seiten des Sondenkopfes **87** befinden. Da die zwei Sätze von vier gegenüberliegenden Schlitzen an derselben Längsposition angeordnet sind, ist das Muster aus Ringen neben jeder Faseranordnung dasselbe. Auf diese Weise sorgen vier faseroptische Gruppierungen für eine redundante Positionserfassung für denselben Zylinder.

[0063] Zusätzlich sind vier schraubenförmige Rulon-Schieber zwischen jedem. Satz von Faserbündelschlitzen an dem Sondenkopf **87** vorgesehen, die zur Verringerung der Reibung, zur Aufrechterhaltung des Abstandes zwischen der Sonde und dem Skalenrohr wie auch zum Wegpumpen von Schmutz aus dem Sichtfeld sorgen.

[0064] Der zuvor beschriebene Aktuatorpositions-

sensor hat einen Hub von 20,32 cm (acht Inch) und eine Genauigkeit von ± 0,005 cm (± 0,002 Inch). Es könnte eine ähnliche Konfiguration für einen kürzeren Hub verwendet werden, zum Beispiel einen 5,08 cm (2 Inch) Hub, wenn nur eine Genauigkeit von ± 0,005 cm (± 0,002 Inch) erforderlich ist. Wenn eine höhere Genauigkeit erforderlich ist, könnten der Sensorkopf und das Muster modifiziert werden, indem die Größe verringert und die Anzahl von Abstandsstücken und Ringen der Lichtunterscheidungsindizes erhöht wird.

[0065] Für einen sehr kurzen Hub, zum Beispiel einen Hub von 0,152 cm (0,060 Inch), wurden der Sensorkopf und das Muster für eine Genauigkeit von 0, 0013 cm (± 0, 0005 Inch) modifiziert. Die fernen Enden der faseroptischen Bündel **13** sind in vier versetzten Reihen anstelle einer einzigen Reihe angeordnet. Dies ist in **Fig.** 8A dargestellt. Die Lichtunterscheidungsindizes sind auf zwei Ringe und drei Abstandsstücke verringert. Jedes der versetzten Pixelbündel **13** trägt Information, für welche mit jedem benachbarten Pixel ein Querverweis erstellt wird, wodurch die Auflösung und Genauigkeit erhöht wird. Die Pixelwerte sind für jede Position innerhalb der Toleranz einzigartig. Ein Diagramm, das die Lichtsignalausgangsstärken **76** für jedes von 24 Pixeln von den Sensorindizes **17**, die in **Fig.** 8A dargestellt sind, zeigt, ist in **Fig.** 8B dargestellt. Diese Signale bilden dann den Eingang zu der Photodiodenanordnung **25** der zuvor beschriebenen elektro-optischen Schnittstelleneinheit **20**.

[0066] Die vorliegende Erfindung kann auch zum Erfassen oder Aufzeichnen der Temperatur verwendet werden, wie in **Fig.** 9 dargestellt ist. Der Temperatursensor verwendet ein Polymer- (wie Teflon-) Pellet **88**, das sich mit der Temperatur von –53,9°C bis 315,6°C (–65°F bis 600°F) linear ausdehnt. Das Pellet betätigt eine Stange gegen einer Federlast (die von der Feder **90** vorgespannt wird) mit einem Hub von 0,25 cm (0,100 Inch). Das Polymerpellet **88** ist in einem Heizerhohlraum **92** angeordnet, der sich in einem wärmeleitenden Verhältnis mit dem Gegenstand befindet, dessen Temperatur gemessen werden soll, zum Beispiel einer Triebwerkkomponente. Das Ausdehnen und Zusammenziehen des Pellets **88** ist daher proportional zu der Temperatur der Triebwerkkomponente und dadurch werden die Lichtunterscheidungsindizes **17** relativ zu den fernen Faserenden **13** bewegt. Die Stange ist mit den Lichtunterscheidungsindizes markiert und der optische Sensor überwacht die Position des Musters, woraus die Temperatur errechnet wird. Die Genauigkeit wäre ± 0,00025 cm (± 0,0001 Inch), entsprechend ± 2,78°C (± 5°F) oder besser.

[0067] Die vorliegende Erfindung kann auch als Sensor für Fluidpegel dienen, wie in **Fig.** 10 dargestellt ist. Wie in **Fig.** 10A dargestellt, werden eine Sensorsonde **85** und ihre faseroptischen Enden **13** fest in einem Fluidtank **70** gehalten. Ein Ende des Skalenrohrs **83**, dessen Lichtunterscheidungsindizes sich innerhalb seines Innendurchmessers befinden, ist an einem Schwimmer **94** befestigt, der sich auf der Fluidoberfläche **96** befindet. Die relative Position des Skalenrohrs **83** in Bezug auf die Sensorsonde **85** ändert sich mit dem Flüssigkeitspegel und der Pegel wird berechnet.

[0068] Wie in **Fig.** 10B dargestellt, ist eine alternative Methode zum Erfassen seichter Fluidpegel die Anordnung von jedem der kombinierten Leucht- und Empfängerpixelbündel **13** mit einem größeren Abstand zueinander. Die Pixel werden in einem geringen Abstand neben einer Reflexionsfläche **72** angeordnet und die Gruppierung wird vertikal in dem Fluid gehalten, das als Übertragungsmedium dient. Der Raum zwischen der Sonde **85** und der Reflexionsoberfläche **72** ist zur Luft und dem Fluidpegel offen. Wenn der Fluidpegel **96** sinkt, wird das Medium zwischen den oberen Pixeln und der Reflexionsoberfläche Luft, so dass höhere Werte an reflektiertem Licht in die Pixelfasern eintreten können. Auf diese Weise wird der Fluidpegel **96** innerhalb einer Toleranz des Abstands zwischen den Pixeln erfasst.

[0069] Die vorliegende Erfindung kann auch zum Erfassen der relativen Rotationsposition einer drehenden Vorrichtung oder eines Rades verwendet werden, wie in **Fig.** 12A und 12B dargestellt ist. Ein Sensor **13** überwacht die Position der Spiralmusterindizes **17** an den Flächen eines Rades. Nur ein Abschnitt des Spiralmusters **17**, der sich unmittelbar neben dem Sensor **13** befindet, wird erfasst. Die relative Rotationsposition wird berechnet.

[0070] Ein Strömungssensor für die vorliegende Erfindung ist in **Fig.** 13A und 13B dargestellt. Ein Sensor **13** überwacht die Anzahl von Umdrehungen eines Rades **64**, auf dem sich ein einziger Lichtmusterbalken **17** befindet. Das Rad **64** wird von einer Welle **66** gedreht, die mit einem Flügel **68** in einem Rohr **102** verbunden ist. Der Fluidstrom **104** im Rohr **102** veranlasst eine Drehung des Flügels **68**, der seinerseits das Rad **64** dreht. Der Sensor **13** überwacht oder zählt die Drehung des Rades **64** und dadurch die Fluidströmungsrate.

[0071] Andere Arten von Sensoren, die zur Schnittstellenbildung entwickelt werden können, sind: Grenzschalter mit Hilfe eines Hoch/Nieder-Pixelausgangs, Strömungssensoren mit Hilfe eines drehenden optischen Zählers und Druckwandler.

[0072] In der vorliegenden Erfindung leitet jede Leuchte Licht zu acht einzelnen Pixelbündeln, die jeweils aus 125 Fasern bestehen. Diese acht primären Faserbündel **19** sind gemeinsam mit den 24 sekundären Faserbündeln **53** bis **59** durch den elektronischen Gehäuseverbinder mit dem Kabelverbinder verbunden. In der vorliegenden Erfindung ist das faseroptische Kabel **5**,**5** Meter lang.

[0073] An der Sensorsonde ist ein weiterer Verbinder an den Kabelverbinder angeschlossen und sowohl die primären als auch die sekundären faseroptischen Bündel werden zu dem Sondenkopf geleitet. Innerhalb des Sondenrohres **85** und Sondenkopfes

87 werden die primären Pixel und die sekundären Pixel kombiniert, **Fig.** 1A. Jedes primäre Leucht-Pixel ist in drei Teile geteilt, von welchen jeder aus 42 Fasern besteht. Jede Gruppe aus 42 Fasern ist wahllos mit einem empfangenen sekundären Pixel aus 125 Fasern kombiniert, so dass insgesamt etwa 167 Fasern erhalten werden. Dieses vollständige Pixelbündel am fernen Ende ist in einer Zwinge eingeschlossen und im Schlitz des Sondenkopfes angeordnet. Auf diese Weise beleuchtet nur ein primäres Faserbündel drei sekundäre Faserbündel. Das Licht von den primären Bündeln fällt von dem Sondenkopf **87** oder zweiten Objekt auf die Lichtunterscheidungsindizes **17** oder das erste Objekt.

[0074] Licht wird von den hellen Ringen **89** zu dem sekundären Empfängerbündel zurück reflektiert oder von den dunklen Abstandsstücken **91** absorbiert. Jedes sekundäre Pixelbündel wird vom Sondenkopf **87** durch die Kabelschnittstellenverbindung **35** bis **41** zurück zu der Gehäuseschnittstellenverbindung **43** bis **49** in laufender Reihenfolge gehalten und nummeriert. Im Inneren der elektro-optischen Schnittstelleneinheit sind die sekundären Empfängerpixelbündel **53** bis **59** in einer Schnittstellenkonfiguration **21** kombiniert. Die Empfängerpixelbündel aus 125 Fasern der Nummer 1 von jedem der vier sekundären Faserbündelgruppen **53** bis **59** werden zusammengebündelt, um insgesamt 500 Fasern zu erhalten. Diese Pixelgruppe **1** ist senkrecht zu dem Element **1** von 51 der elektrischen Vorrichtung **25** ausgerichtet, **Fig.** 1B. Die Pixelgruppe **2** ist kombiniert und mit dem Element **2** ausgerichtet und so weiter, bis zur letzten Pixelgruppe **24**.

[0075] Aufgrund des Belichtungssteuermerkmals **67** der Leuchten ist nur ein Kanal der Pixel **35** bis **41** (ein Viertel jeder der Gruppen, die auf die Elemente **51** einfallen) zu jedem Zeitpunkt aktiv. Da jeder Kanal aus Pixelbündeln **53** bis **59** in laufender Reihenfolge sowohl am Sondenkopf **87** als auch an der Elementgruppierung **51** gehalten wird, ist das kohärente Bild, das von der elektrischen Vorrichtung **25** am nahen Ende empfangen wird, für das Bild von Lichtunterscheidungsindizes **17** repräsentativ, das am fernen Ende erfasst wird.

[0076] Aufgrund der Anforderungen einer optischen Konfiguration für den Empfang entweder reflektierten oder übertragenen Lichts, können Verunreinigungen, wie Partikel oder unerwartete Flüssigkeiten, eine zuverlässige Erfassung stören. Zur Behebung dieses Problems ist das Verfahren der Randerfassung, wie zuvor beschrieben, gegenüber Partikeln, die kleiner als eine Querschnittsfläche eines Pixelbündels sind, unempfindlich. Zur Entfernung größerer Partikel oder Flecken von unerwarteten Flüssigkeiten sind schraubenförmige Rulon-Schieber enthalten, welche die Betrachtungsfläche sauber schrubben und alle Verunreinigungen aus dem Sichtfenster bewegen.

[0077] Mehrere Temperaturausgleichstechniken können in der vorliegenden Erfindung verwendet werden. Die Leuchtkomponenten **23** können acht lichtausstrahlende Infrarot-Dioden pro Einheit haben – wobei zwei Zweige aus vier Serien von LEDs bestehen, die parallel angeschlossen sind. Bei einem unveränderlichen Strom sinkt eine LED-Beleuchtungsstärke mit zunehmender Umgebungstemperatur. Um dies auszugleichen, stellt die vorliegende Erfindung eine Stromeinstellung durch die LEDs im Verhältnis zur Temperatur bereit, um eine konstante Beleuchtungsstärke aufrecht zu erhalten, unabhängig von Temperaturschwankungen.

[0078] Eine weitere Temperaturausgleichstechnik ist für die Photodioden vorgesehen, da das Ansprechen einer Photodiode stark mit der Temperatur schwankt. Wenn die Temperatur steigt, erhöht sich der Dunkelstrom einer Photodiode. Wenn die Photodiode gut belichtet ist, d. h., Licht, das von einem hellen Ring **89** reflektiert wird, empfängt, ist der Dunkelstromeffekt nicht signifikant. Wenn andererseits die Photodiode eine begrenzte Belichtung hat, d. h., Licht, das von einem dunklen Abstandsstück **91** reflektiert wird, empfängt, kann sich die Lichtintensität mit der Temperatur ausreichend signifikant erhöhen, um den unteren Schwellwert der Pixelanordnung zu beeinflussen. Als Ausgleich für diese Schwankung werden die Abweichwerte der Photodioden relativ zu der an der elektrischen Vorrichtungsanordnung **25** erfassten Temperatur und den Helligkeitswerten der Leuchten eingestellt.

[0079] Zusätzlich zu der Unempfindlichkeit gegenüber Verunreinigungen ist die vorliegende Erfindung auch gegenüber einer Verschlechterung gewisser Systemkomponenten unempfindlich. Während der anfänglichen Kalibrierung wird der Intensitätswert der Leuchten auf den kleinstmöglichen Wert gestellt, um ein angemessenes Signal zu ermöglichen. Dieser geringe Wert ermöglicht einen weiten Raum zur Erhöhung der Intensität für einen Ausgleich einer Verschlechterung und Temperatur. Sollten die LEDs im Laufe der Zeit an Intensität abnehmen, würde der Strom durch die Einheiten erhöht werden, ähnlich wie beim Temperaturausgleich, der für die Leuchten beschrieben wurde, um einen beständigen Wert aufrecht zu erhalten. Dieses gesteuerte Intensitätsmerkmal würde auch jede Verschlechterung in der Intensität ausgleichen, die entweder durch eine kurzgeschlossene oder unterbrochene einzelne LED in der Beleuchtereinheit verursacht wird.

[0080] In der vorliegenden Erfindung wird auch eine Verschlechterung der faseroptischen Bündel gesteuert. Jedes Pixel besteht aus vielen kleinen optischen Fasern, so dass, wenn Fasern brechen, die Verringerung wieder durch das Intensitätssteuermerkmal ausgeglichen wird.

[0081] Wie in **Fig.** 11A dargestellt, kann die vorliegende Erfindung auch in Triebwerksteuerungen eingebaut sein, indem die Umdrehungen pro Minute des Luftturbinenstarters **98** und die Temperaturschwankungen zur Steuerung des Spalts der Schaufel **100** im Triebwerkgehäuse ATS-Hohlraum **74** erfasst werden. Ein oder mehrere Pixelbündel **13**, die sowohl

aus Leucht- als auch Empfängerfasern bestehen, sind in einer Ebene mit der Gehäusewand radial neben den Schaufeln **100** der Luftturbinenstartereinheit **98** angeordnet. Während sich die Einheit dreht, reflektiert jede Schaufel Licht, während sie an den Pixeln vorbeiläuft. Die Schaufeln **100** dienen daher als die Lichtindizes **17**. Eine Zählung der Schaufeln und somit der Umdrehungen gibt die berechneten Umdrehungen pro Minute der Einheit an. **Fig.** 11B zeigt schematisch in einem Diagramm den Signalausgang **78** bei der elektrischen Vorrichtung **25**.

[0082] In Luftturbinenstarteranordnungen ist eine der kritischen Konstruktionsdimensionen der Spalt zwischen den Einheitsschaufeln und der Gehäusewand. Der Sensor der vorliegenden Erfindung dient einem zweifachen Zweck, um sowohl den Spalt zu optimieren als auch die U/min zu erfassen. Licht, das von einer Oberfläche reflektiert wird, unterscheidet sich in seiner Intensität relativ zum Abstand der Oberfläche. Der Brennpunkt der Fasern steht mit der numerischen Apertur und dem kritischen Winkel für eine Totalinnenreflexion des Lichts durch den Faserwellenleiter in Zusammenhang. Wenn die Oberfläche zu nahe ist, ist die Fläche reflektierten Lichts nur so groß wie der Oberflächenbereich der Faser und daher ist die Menge an reflektiertem Licht gering. Wenn der Abstand zum Brennpunkt zunimmt, wird mehr Licht von den Fasern aus einem maximalen Einfallswinkel aufgenommen, so dass die Intensität des reflektierten Lichts auf ein Maximum steigt. Wenn sich der Abstand über den Brennpunkt erhöht, werden von den Fasern weniger reflektierte Lichtstrahlen empfangen, so dass die Lichtintensität abnimmt. **Fig.** 11C zeigt schematisch die Änderung in der Lichtintensität **62**, die an der elektrischen Vorrichtung **25** empfangen wird, während sie mit dem Trennungsabstand der Enden **13** und der nahen Oberflächen der Turbinenschaufeln **100** variiert. Es ist bevorzugt, den Betriebsbereich an der nahen Seite (von b bis c) zu halten, so dass zweideutige Signale vermieden werden. Zur Erfassung des Spalts ist der Brennpunkt der Faserbündelpixel über den Abstand zu den Schaufeloberflächen hinaus angeordnet. Während sich die Einheit dreht, steigt die Temperatur und die Einheit dehnt sich aus, wodurch der Abstand zu der Gehäusewand verringert wird. Mit abnehmendem Abstand sinken die Lichtstärken, was auf eine höhere Temperatur hinweist. Mit diesem Rückkopplungssignal können Kühlluftkanäle gesteuert werden, um die Temperatur zu regulieren und die Umfangsoberfläche der Einheit bei einem sicheren aber dennoch optimalen Abstand zu halten.

BEISPIEL DER ERFINDUNG

[0083] Als ein Beispiel der vorliegenden Erfindung ist ein Zwei-Kanal-Sensor in einem der beiden Plungerkolben des Hinterkantenklappenaktuators an einem F/A-18 Luftfahrzeug eingebaut. Der ursprüngliche erfassende Wandler, der in einer Rückkopplungssteuerung des Aktuators verwendet wird, ist ein Vier-Kanal-Linearspannungsdifferenzialwandler ("linear voltage differential transducer" – LVDT), der in einem der Plungerkolbenzylinder eingebaut ist. Aufgrund einer inherenten Seitenlast an dem Aktuator gibt es Diskrepanzen in der relativen Position eines Plungerkolbens in Bezug auf den anderen. Zur Garantie, dass eine vierfache Redundanz bei einem Sensorsystem erhältlich ist, ist daher eine Vier-Kanal-Sensorsonde, wie in **Fig.** 14 und 15 dargestellt, erforderlich, um nur einen Plungerkolben zu überwachen, wodurch die Diskrepanzen in der Position beseitigt werden. Diese Vier-Kanal-Sonde verwendet die beste Konstruktionsmethode und Leistung. **Fig.** 14 ist eine auseinander gezogene Montageansicht der Montageschritte für dieses System.

[0084] Zunächst wurde das Sondenrohr **85** im Durchmesser von 1,092 auf 1,270 cm (0,430 auf 0,500 Inch) vergrößert, um die zusätzlichen Fasern aufzunehmen. Zur Verbesserung der Genauigkeit wurde die aktive Anzahl sekundärer Empfängerpixelbündel von 24 auf 32 erhöht, wobei die 8 übrigen als primäre Leuchtpixelbündel dienen. Die Sondenkopfanordnung **87** besteht aus zwei Halbschalen **108**, die 0,153 mal 1,420 cm (0,059 mal 0,559 Inch) große Schlitze aufweisen, die bei 45° und 135° von den Flachseiten jeder Hülse geschnitten sind.

[0085] Jedes der Pixelbündel besteht aus 125 Empfängerfasern plus einem Viertel (**31** Fasern) von einem der acht Leuchtbündel, um insgesamt 156 Fasern zu erhalten. Zur vereinfachten Konstruktion und besseren Handhabung werden die Pixelbündel jeweils in einer Zwinge **110** mit 0,032 Durchmesser mit Epoxid überzogen. Die mit Zwinge versehenen Pixel werden dann der Reihe nach in jedem der Kanalschlitze **105** in versetzter Konfiguration eingebaut. Dieses Versetzen aufeinander folgender Pixel ermöglicht eine Betrachtungsüberlappung von 0,0127 cm (0,005 Inch), welche die Erfassung der Ränder der Lichtunterscheidungsindizes **17** verbessert. Durch Verbesserung der Randerfassung entfallen einige der unwesentlichen Entscheidungen in der Verarbeitung der Position.

[0086] Die beiden Schalen werden dann zusammengefügt und der Hohlraum wird vollständig mit Epoxid gefüllt. Die mit Zwingen versehenen Pixel werden geschliffen und auf eine Ebene mit dem Außendurchmesser des Sondenkopfes **87** poliert. Die vier Sätze von Pixelbündeln **13** werden durch das Sondenrohr **85** geführt und treten aus ihrer entsprechenden Hülse an der Sondenendkappe **112** aus, wo sie an ihren entsprechenden faseroptischen Anschluss angefügt werden. Der Sondenkopf **87** wird in das Sondenrohr **85** eingesetzt und durch eine kreisförmige Elektronenstrahlschweißnaht verbunden. Zusätzlich wird ein Haltering **114** auf gleiche Weise an das gegenüberliegende Ende des Sondenkopfes **87** elektronenstrahlgeschweißt. Die Sondenanordnung wird gratfrei poliert und die Rulon-Schieber **107** werden eingesetzt. Die Sondenanordnung wird in das Ska-

lenrohr **83** eingesetzt, das seinerseits in die Ausgleichsrohrführung des ursprünglichen Hinterkantenklappenaktuators **71** eingesetzt wird, dessen innerer Abstreiferdurchmesser von 1,461 auf 1,588 cm (0,575 auf 0,625 Inch) geöffnet wurde.

[0087] **Fig.** 15 zeigt dieses zusammengebaute System **120** mit langem Hub gemeinsam mit einem System **122** mit kurzem Hub, einem Temperatursensorsystem **124** und einem Pegelsensorsystem **126**, die an vier elektro-optische Einheiten **20** für ein vierfach redundantes System angeschlossen sind.

[0088] Somit ist die vorliegende Erfindung gut angepasst, um die Aufgaben zu erfüllen und die Vorteile zu erreichen, die hier genannt wurden wie auch ihr eigen sind.

Patentansprüche

1. Positionserfassungssystem (**10**) zum Erfassen der relativen Position eines ersten Objekts relativ zu einem zweiten Objekt, umfassend:
Lichtunterscheidungsindizes (**17**), die an dem ersten Objekt befestigt sind;
einen Satz faseroptischer Fasern (**11**) mit ersten und zweiten Enden (**13**, **15**), wobei die ersten Enden (**15**) in Bezug auf das zweite Objekt befestigt sind und in einer Endlosmuster-Erfassungsgruppierung benachbart den Lichtunterscheidungsindizes (**17**) angeordnet sind;
eine Gruppierung lichterfassender elektrischer Vorrichtungen (**51**), die zum Unterscheiden der Muster ausreichend sind;
eine Lichtquelle (**23**),
wobei ein Abschnitt (**21**) der zweiten Enden (**15**) des Satzes von Fasern benachbart der Gruppierung lichterfassender elektrischer Vorrichtungen (**51**) angeordnet ist, und ein Abschnitt (**19**) der zweiten Enden (**15**) des Satzes von Fasern (**11**) zum Empfangen von Licht von der Lichtquelle (**23**) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtunterscheidungsindizes (**17**) in charakteristischen Mustern angeordnet sind, wobei die Muster die Position der Muster in Bezug auf das erste Objekt anzeigen und die Stelle jedes der Indizes eine Position in Bezug auf das erste Objekt anzeigt, und dass Licht von der Lichtquelle (**23**) durch die Fasern (**11**) geleitet, von den Lichtunterscheidungsindizes (**17**) reflektiert und dann durch die Fasern (**11**) zu der Gruppierung lichterfassender elektrischer Vorrichtungen (**51**) geleitet werden kann, um dorthin mittels der Position der Fasern in der Endlosmuster-Erfassungsgruppierung das den ersten Enden (**13**) der faseroptischen Fasern benachbarte Muster der Lichtunterscheidungsindizes und somit die Position des ersten Objekts in Bezug auf das zweite Objekt zu leiten.

2. Erfassungssystem (**10**) nach Anspruch 1, wobei die Lichtunterscheidungsindizes enthalten:
einen ersten Satz von Lichtunterscheidungsindizes (**17**), die in charakteristischen Mustern angeordnet sind, wobei die Muster eine erste Position anzeigen;
einen zweiten Satz von Lichtunterscheidungsindizes (**17**), die in charakteristischen Mustern angeordnet sind, wobei die Muster eine zweite Position anzeigen;
und wobei das System des Weiteren umfasst:
einen Satz faseroptischer Fasern (**11**) mit ersten und zweiten Enden (**13**, **15**), wobei die ersten Enden (**13**) in einer Endlosmuster-Erfassungsgruppierung benachbart dem ersten und zweiten Satz von Lichtunterscheidungsindizes angeordnet sind;
eine Gruppierung lichterfassender elektrischer Vorrichtungen (**51**) zur Unterscheidung der Muster des ersten und zweiten Satzes von Lichtunterscheidungsindizes;
eine Lichtquelle (**23**),
wobei ein Abschnitt (**21**) der zweiten Enden (**15**) des Bündels von Fasern benachbart den lichterfassenden elektrischen Vorrichtungen (**51**) angeordnet ist, und ein Abschnitt (**19**) der zweiten Enden (**15**) des Bündels von Fasern (**11**) zum Empfangen von Licht von der Lichtquelle (**23**) angeordnet ist, so dass Licht von der Lichtquelle durch die Fasern (**11**) geleitet, von den ersten und zweiten Lichtunterscheidungsindizes (**17**) reflektiert und dann durch die Fasern (**11**) zu der Gruppierung lichterfassender elektrischer Vorrichtungen (**51**) geleitet werden kann, um dorthin das Muster der ersten und zweiten Sätze von Lichtunterscheidungsindizes und somit die ersten und zweiten Parameter zu leiten; und
Mittel (**61**, **63**, **65**, **67**, **69**) zum Unterscheiden der ersten und zweiten Positionen.

3. System (**10**) nach Anspruch 2, wobei das Mittel zum Unterscheiden der ersten und zweiten Positionen Mittel (**67**) zum selektiven Aktivieren der Lichtquelle (**23**) umfasst, so dass Licht selektiv zu dem ersten und zweiten Satz von Lichtunterscheidungsindizes geleitet wird.

4. System (**10**) nach Anspruch 2, wobei
der Satz faseroptischer Fasern (**11**) in einen ersten und zweiten Satz faseroptischer Fasern unterteilt ist, wobei die ersten Enden (**13**) des ersten Satzes faseroptischer Fasern in einer Muster-Erfassungsgruppierung benachbart dem ersten Satz von Indizes (**17**) angeordnet sind, und die ersten Enden (**13**) des zweiten Satzes faseroptischer Fasern in einer Muster-Erfassungsgruppierung benachbart dem zweiten Satz von Indizes (**17**) angeordnet sind; und
wobei das Mittel zum Unterscheiden der ersten und zweiten Positionen Mittel (**67**) zum Unterscheiden der Signale, die bei den zweiten Enden des ersten Satzes faseroptischer Fasern erfasst werden, von den Signalen, die bei den zweiten Enden des zweiten Satzes faseroptischer Fasern erfasst werden, durch selektives Beleuchten der benachbarten Indizes umfasst.

5. System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wo-

bei die Lichtunterscheidungsindizes (**17**) eine abwechselnde Reihe lichtreflektierender Ringe (**89**) und nicht lichtreflektierender Abstandsstücke (**91**) umfassen.

6. System nach Anspruch 7, wobei die Ringe (**89**) mindestens zwei Größen aufweisen und die Abstandsstücke (**91**) verschiedene Größen aufweisen.

7. System nach Anspruch 5 oder 6, wobei die Endlosmuster-Erfassungsgruppierung die Ränder der Ringe (**89**) erfasst.

8. System nach Anspruch 7, wobei wenigstens drei Ränder gleichzeitig von der Endlosmuster-Erfassungsgruppierung erfasst werden.

9. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Muster-Erfassungsgruppierung so angeordnet ist, dass sie sich im Wesentlichen parallel zu der Ausdehnung des Musters der Lichtunterscheidungsindizes erstreckt.

10. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Muster-Erfassungsgruppierung und die Lichtunterscheidungsindizes so angeordnet sind, dass sie in einer parallelen Richtung relativ zueinander bewegbar sind.

11. Verfahren zum Erfassen einer relativen Position eines ersten Objekts relativ zu einem zweiten Objekt, umfassend:
Befestigen eines ersten Satzes von Lichtunterscheidungsindizes (**17**) an dem ersten Objekt,
Bewegen der ersten Enden (**12**) eines Satzes faseroptischer Fasern (**11**) relativ zu dem Satz von Lichtunterscheidungsindizes (**17**), so dass die ersten Enden in einer Muster-Erfassungsgruppierung benachbart dem Satz von Indizes angeordnet sind, um durch die Position der ersten Enden relativ zu den Lichtunterscheidungsmustern eine relative Position anzuzeigen;
Einleiten von Licht in die zweiten Enden (**15**) des Satzes faseroptischer Fasern, so dass Licht durch die Fasern (**11**) geleitet, von den ersten Lichtunterscheidungsindizes (**17**) reflektiert und dann durch die Fasern (**11**) zu einer Gruppierung lichterfassender elektrischer Vorrichtungen (**51**) geleitet wird, die benachbart den zweiten Enden der faseroptischen Fasern angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtunterscheidungsindizes in charakteristischen Mustern angeordnet sind, die eine Position der Muster in Bezug auf das erste Objekt anzeigen, und die Stelle jedes der Indizes eine Position in Bezug auf das erste Objekt anzeigt, dass das den ersten Enden der faseroptischen Fasern benachbarte Muster der Lichtunterscheidungsindizes dorthin geleitet wird, und
elektrisches Erfassen des Musters der dorthin geleiteten Lichtunterscheidungsindizes durch die lichterfassenden elektrischen Vorrichtungen und elektrisches Umwandeln des Musters in ein elektrisches Signal, das die dadurch dargestellte relative Position anzeigt.

12. Verfahren nach Anspruch 11, umfassend:
Befestigen eines ersten Satzes von Lichtunterscheidungsindizes (**17**) in charakteristischen Mustern, die eine erste Position entsprechend der Stelle der Muster anzeigen;
Befestigen eines zweiten Satzes von Lichtunterscheidungsindizes (**17**) in charakteristischen Mustern, die eine zweite Position entsprechend der Stelle der Muster angeben;
Bewegen der ersten Enden (**13**) eines Satzes faseroptischer Fasern (**11**), die erste und zweite Enden (**13**, **15**) aufweisen, so dass die ersten Enden (**13**) in einer Muster-Erfassungsgruppierung benachbart dem ersten und zweiten Satz von Indizes (**17**) angeordnet sind, um durch die Position die ersten und zweiten Positionen anzuzeigen;
Einleiten von Licht in die zweiten Enden (**15**) des Satzes faseroptischer Fasern (**11**), so dass es durch die Fasern (**11**) geleitet, von den ersten und zweiten Lichtunterscheidungsindizes (**17**) reflektiert und dann durch die Fasern (**11**) zu einer Gruppierung lichterfassender elektrischer Vorrichtungen (**51**) geleitet wird, die benachbart den zweiten Enden (**15**) der faseroptischen Fasern (**11**) angeordnet sind, so dass das Muster des ersten und zweiten Satzes von Lichtunterscheidungsindizes (**17**) und somit die ersten und zweiten Positionen dorthin geleitet werden; und Unterscheiden der ersten und zweiten Positionen.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

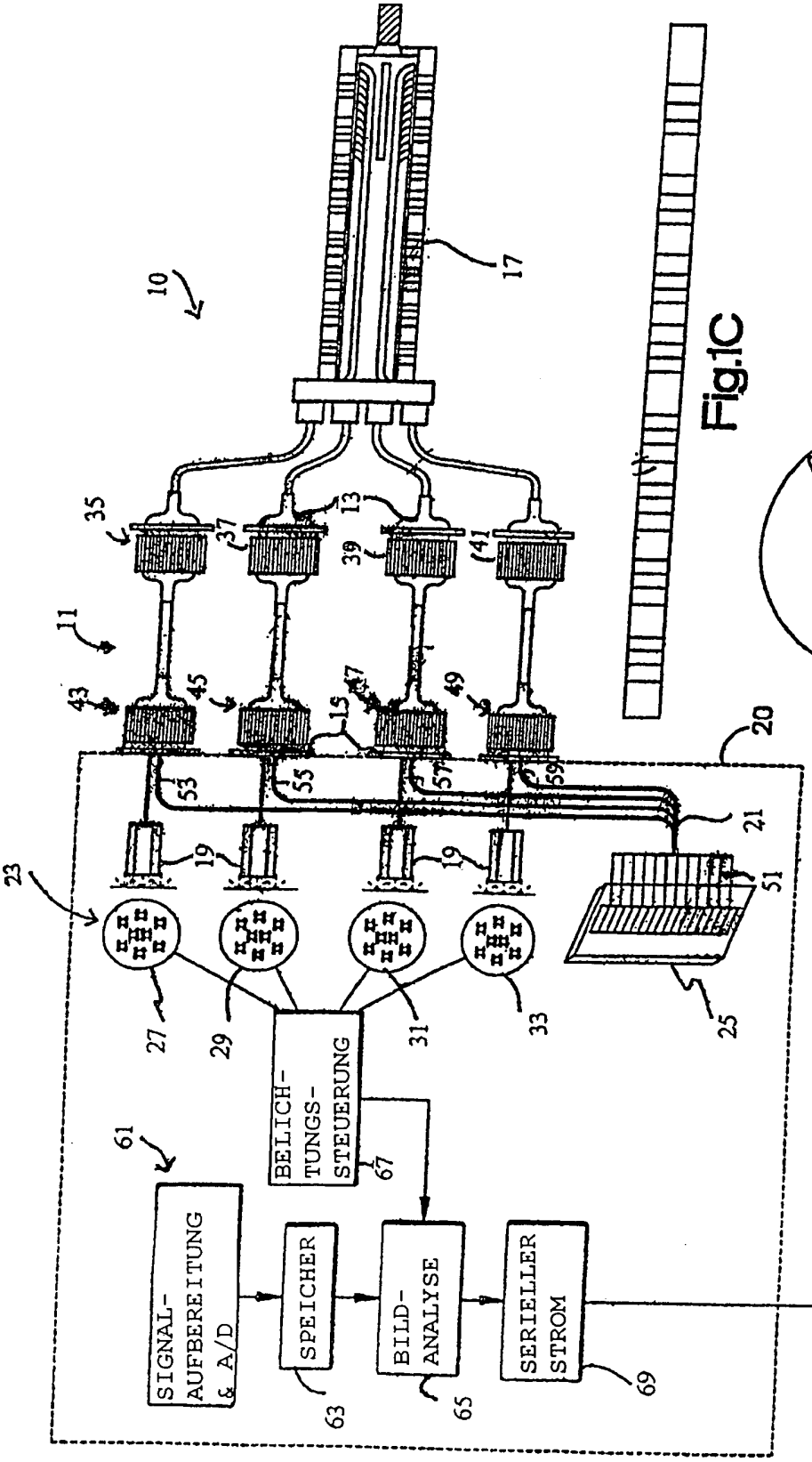

Fig.1

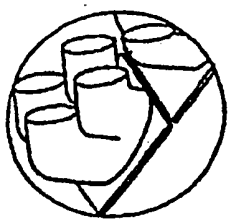

Fig.1B

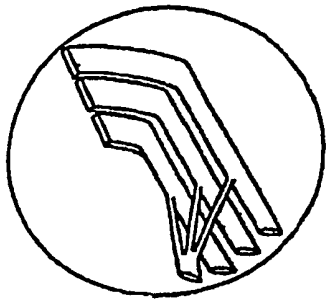

Fig.1A

Fig.1C

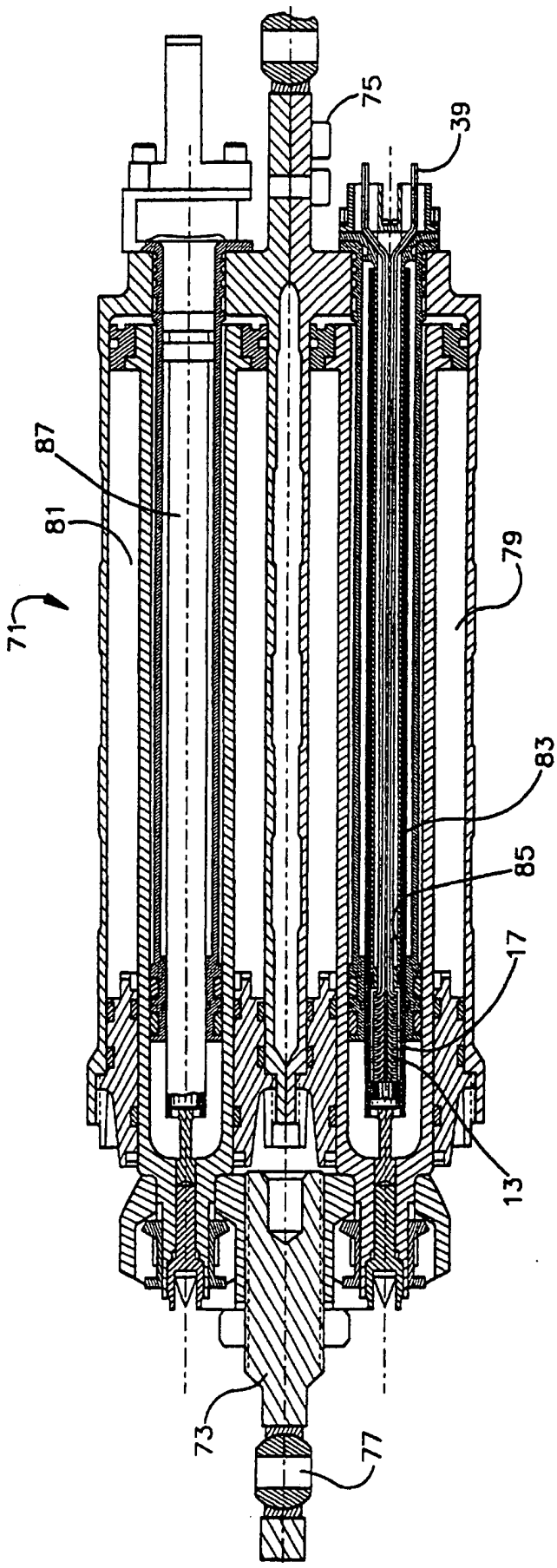

Fig.2

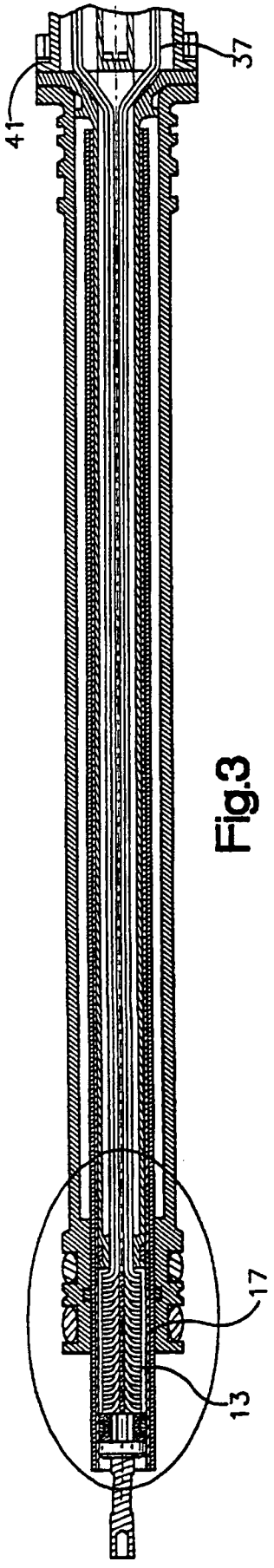

Fig.3

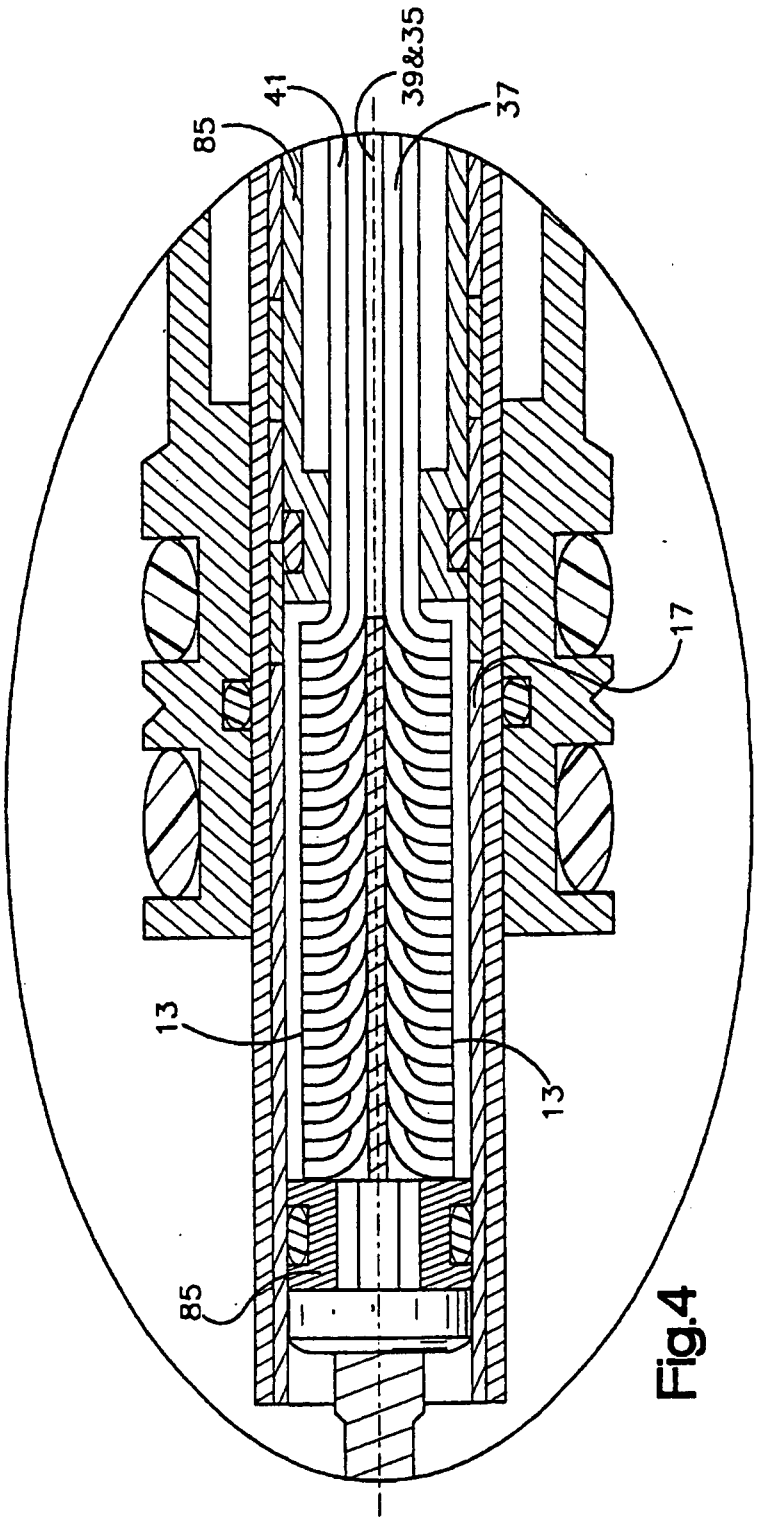

Fig.4

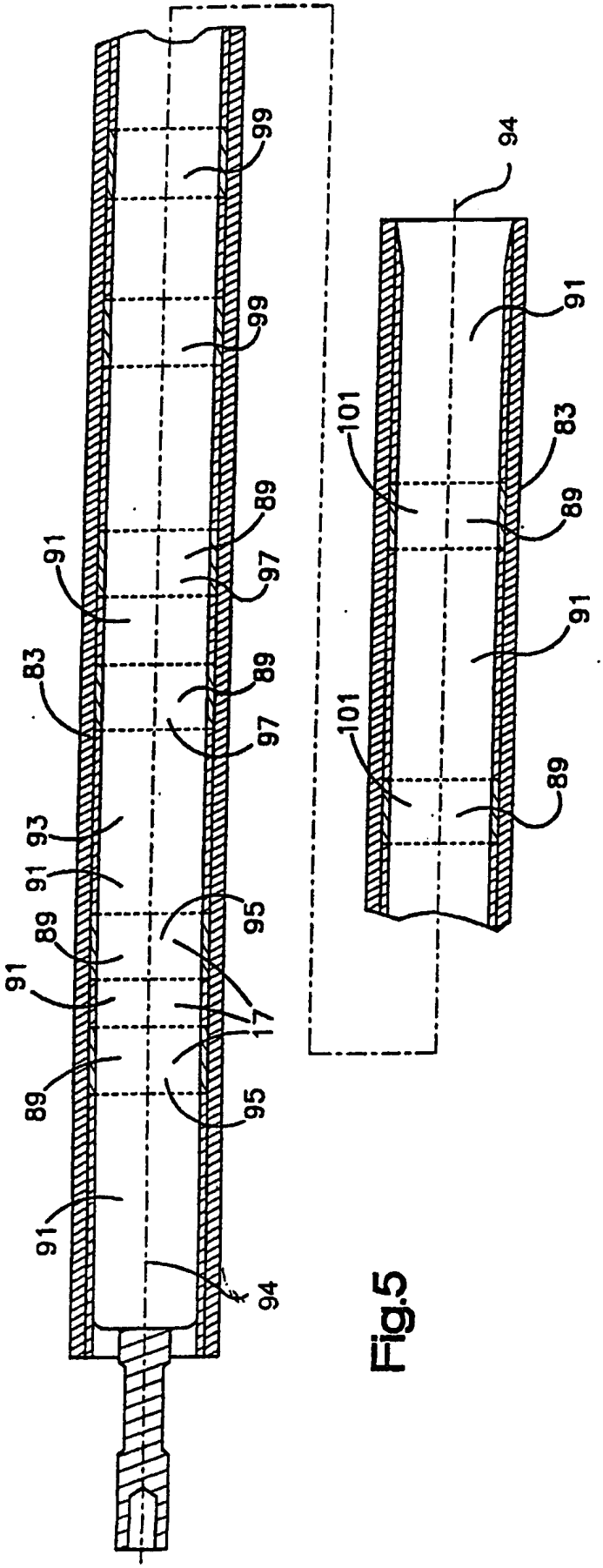
99
99
89
91
97
83
89
97
93
91
89
95
91
17
89
95
91
94
94
91
101
83
89
91
101
89

Fig.5

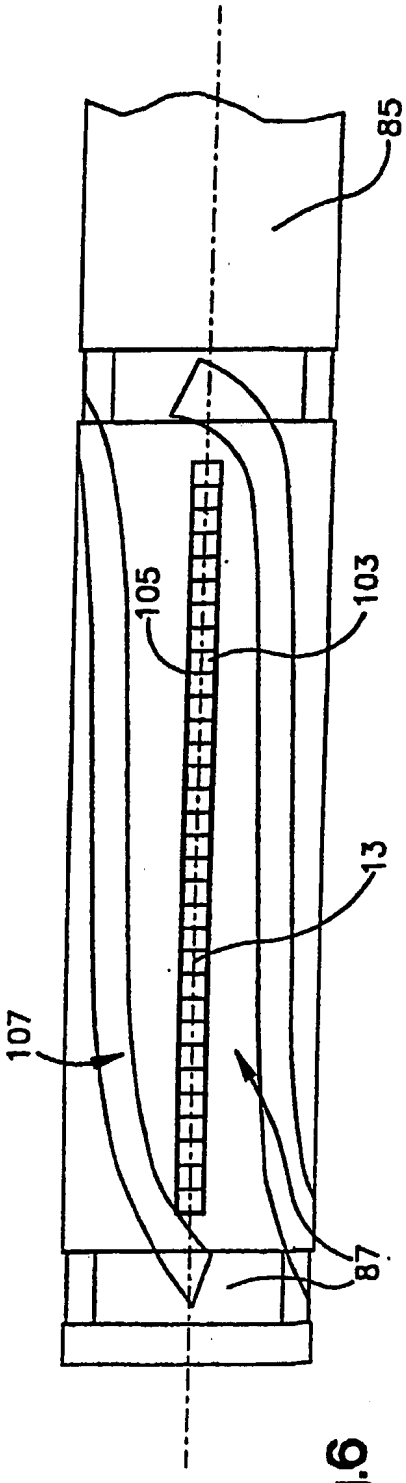
85
105
103
13
107
87

Fig.6

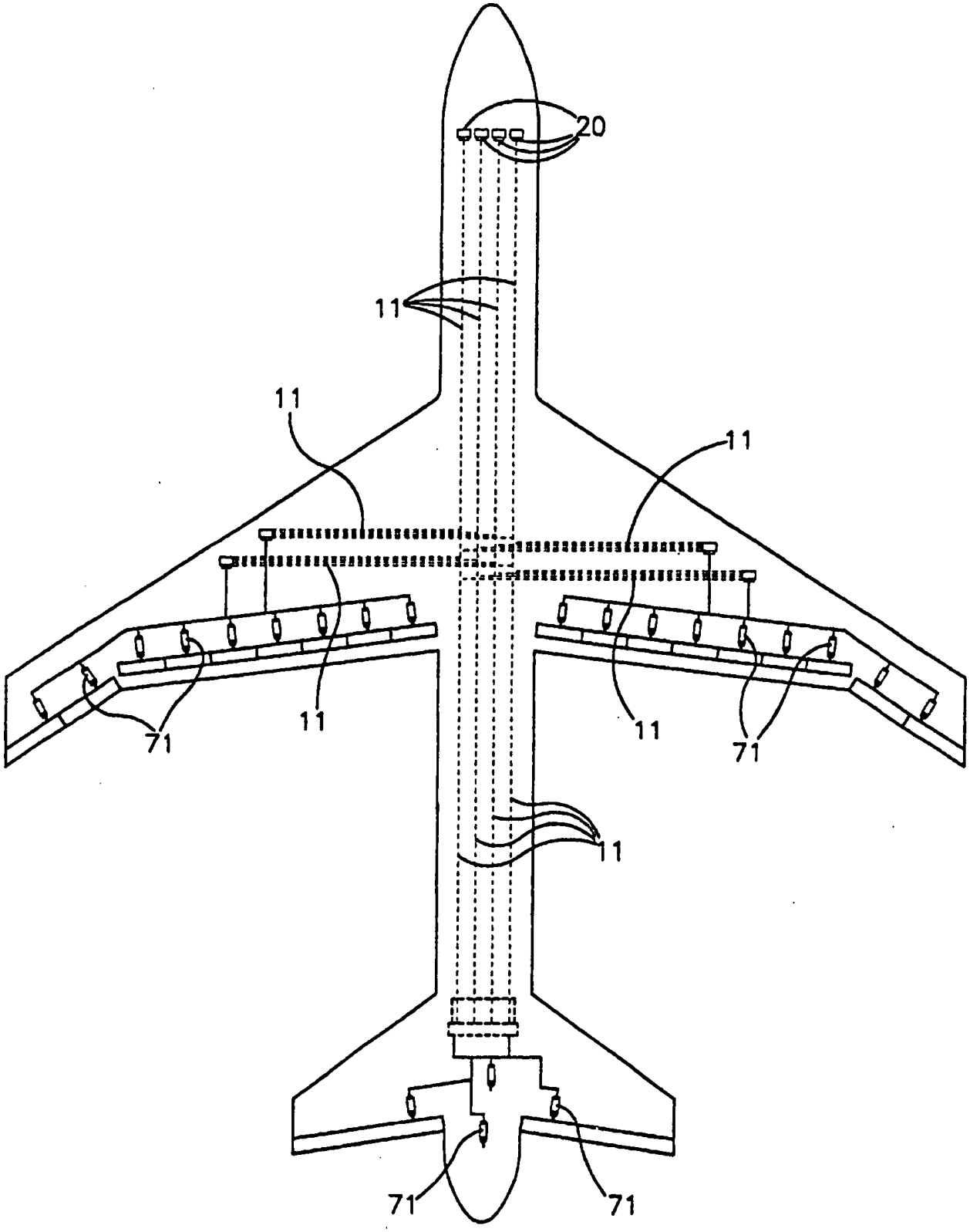

Fig.7

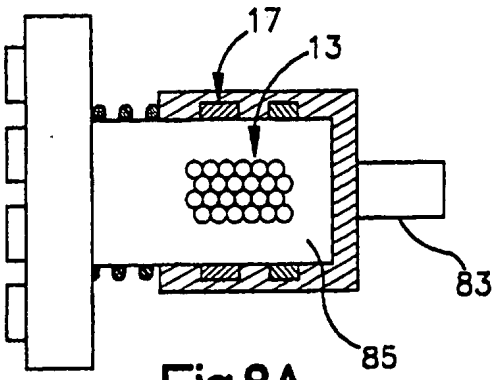

Fig.8A

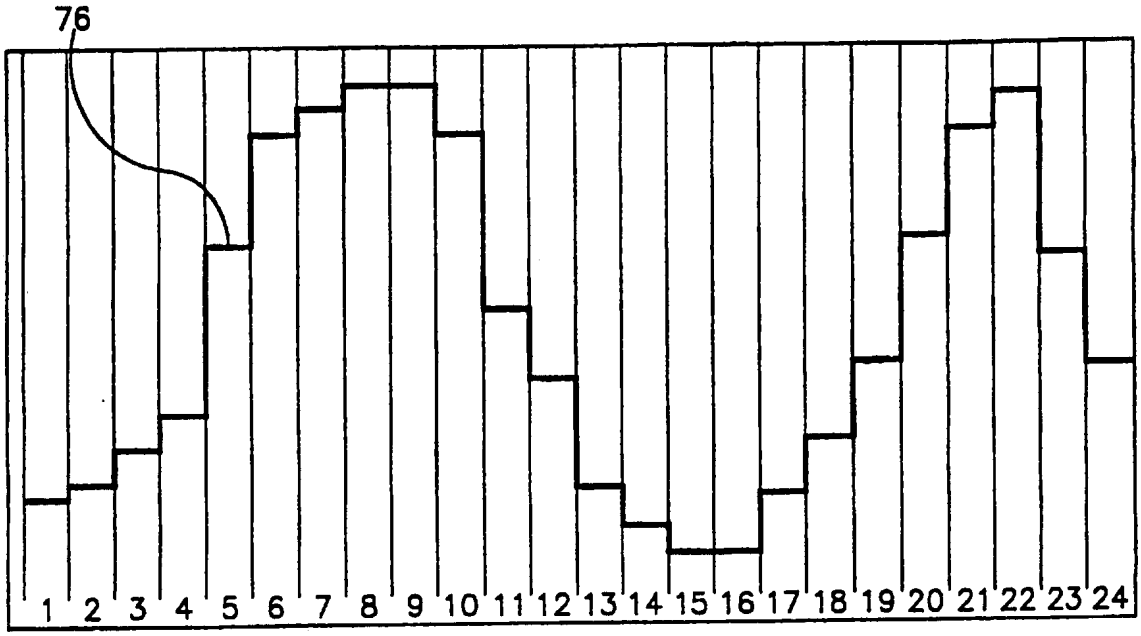

Fig.8B

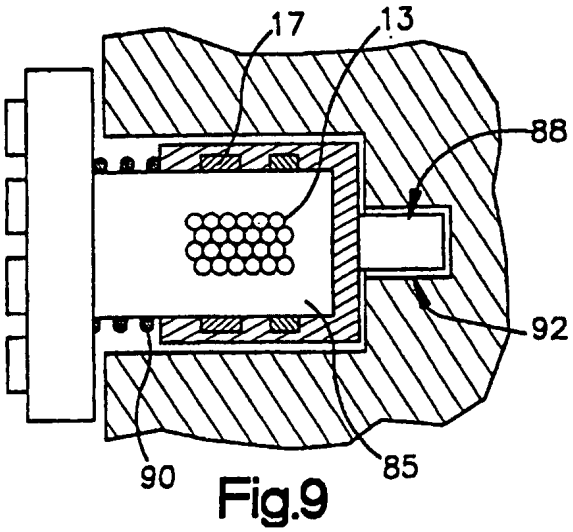

Fig.9

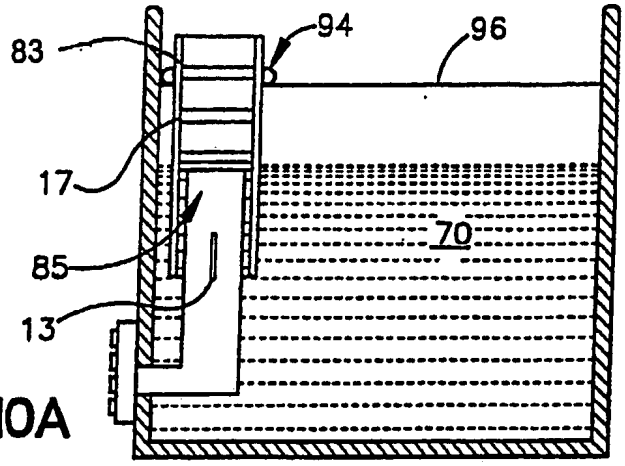

Fig.10A

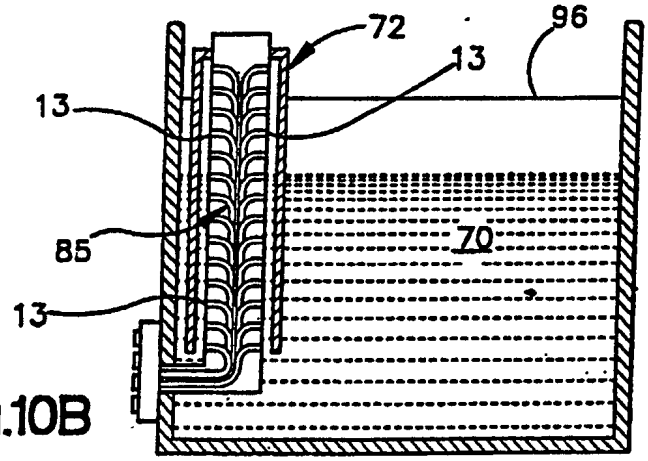

Fig.10B

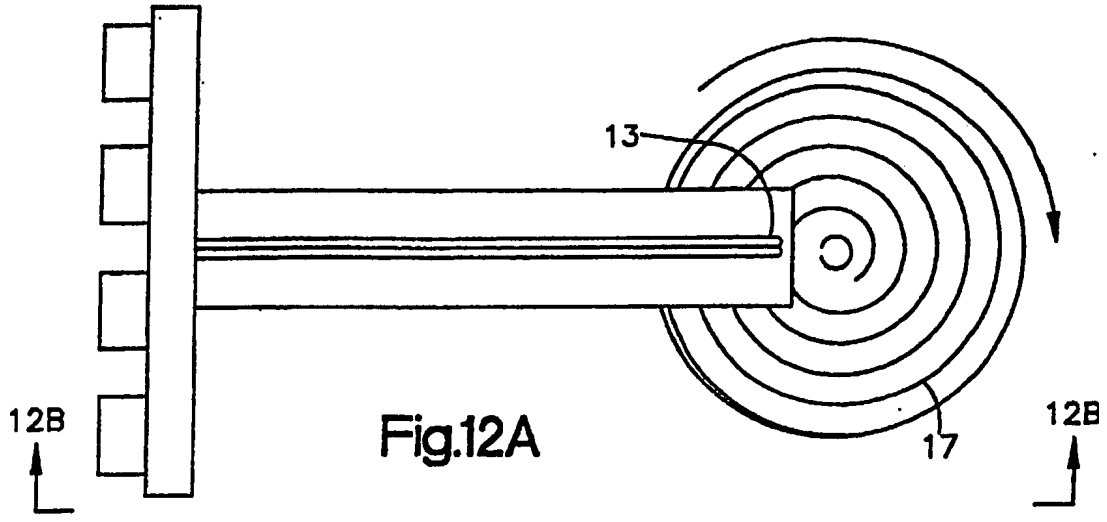

Fig.12A

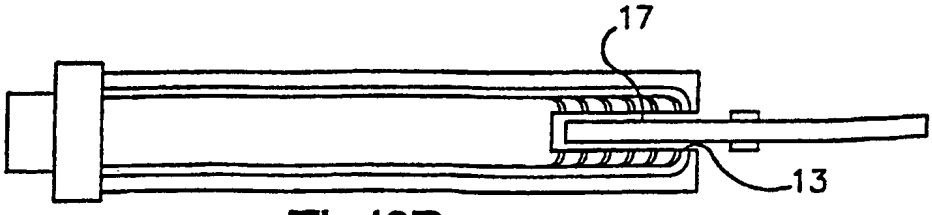

Fig.12B

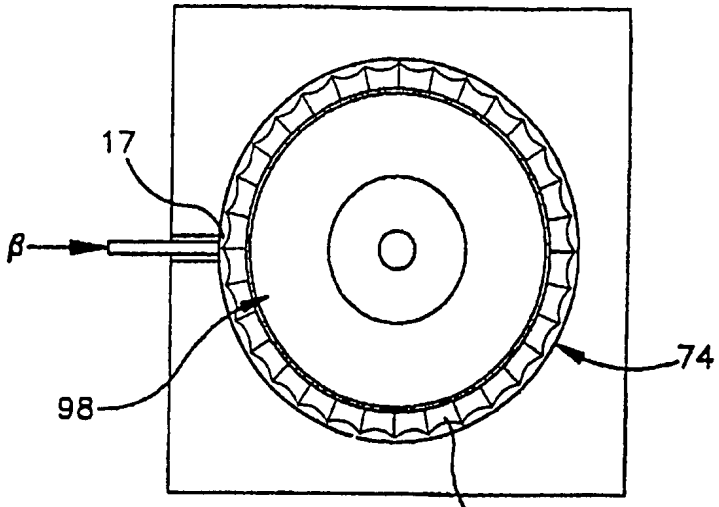

Fig.11A

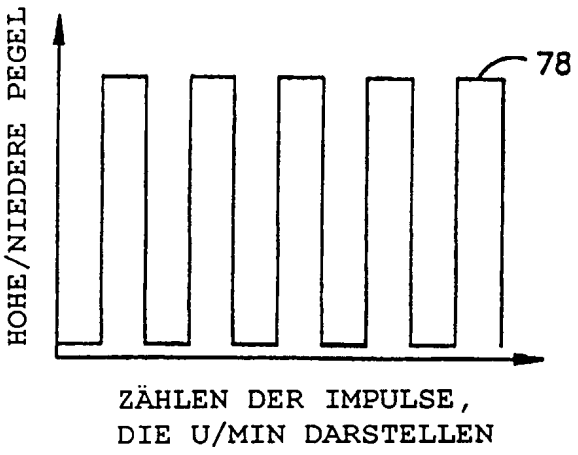

Fig.11B

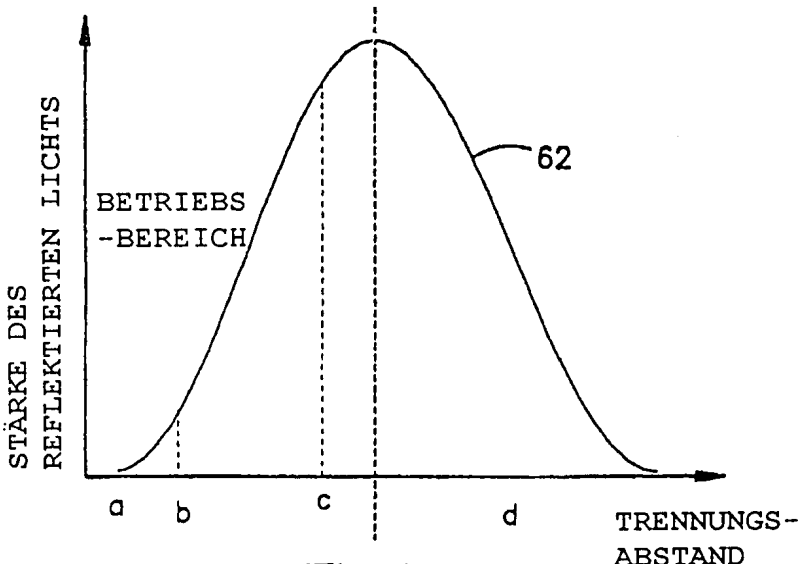

Fig.11C

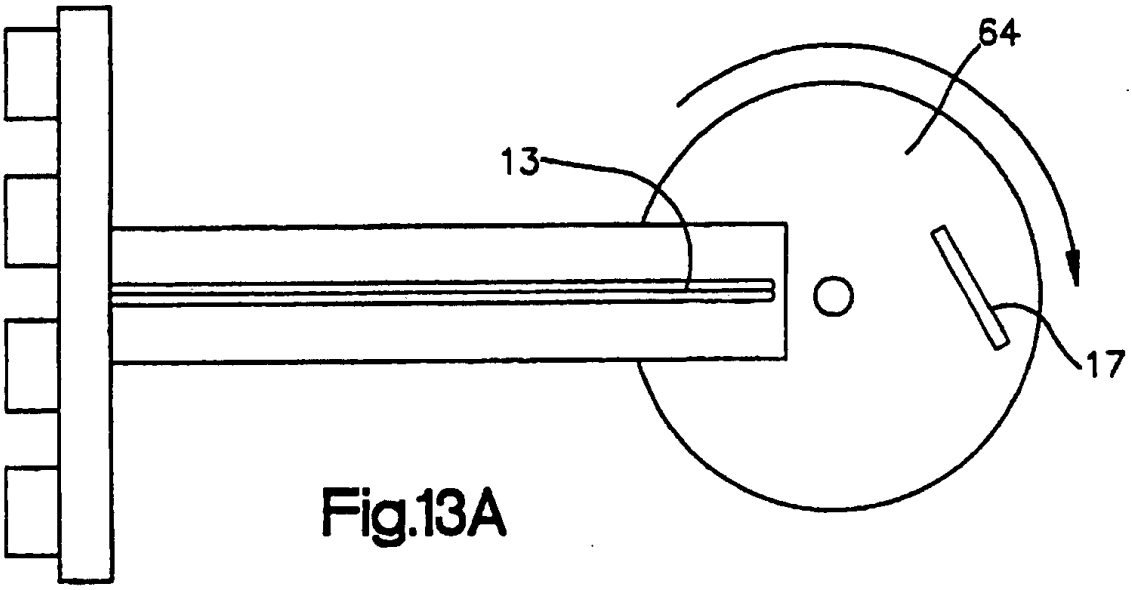

Fig.13A

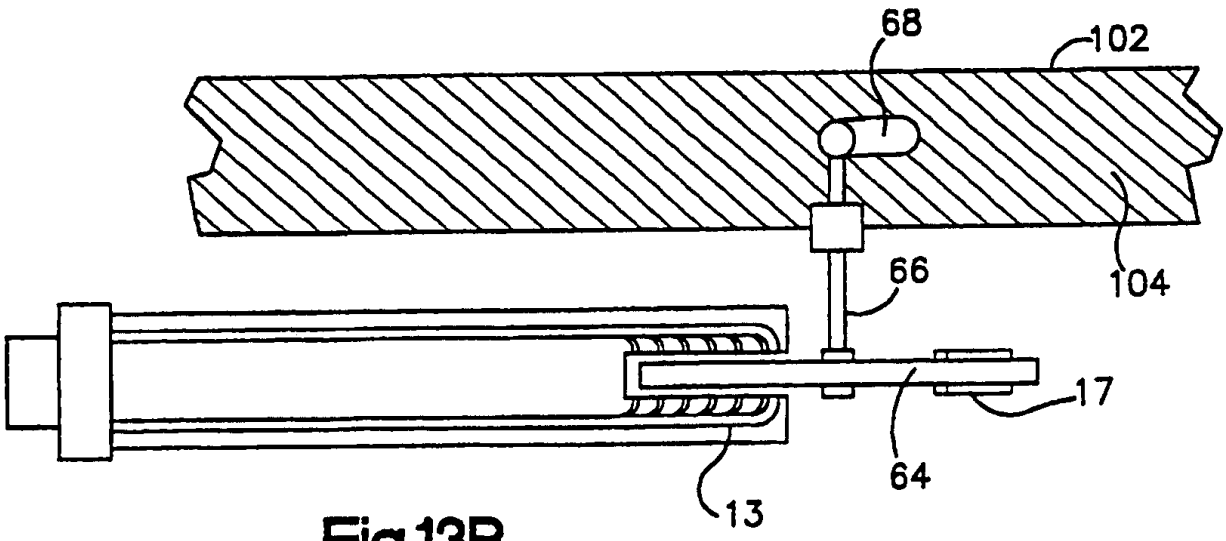

Fig.13B

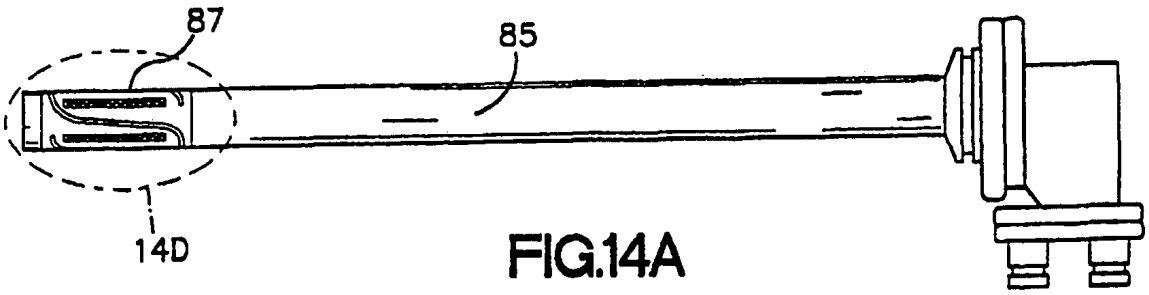

FIG.14A

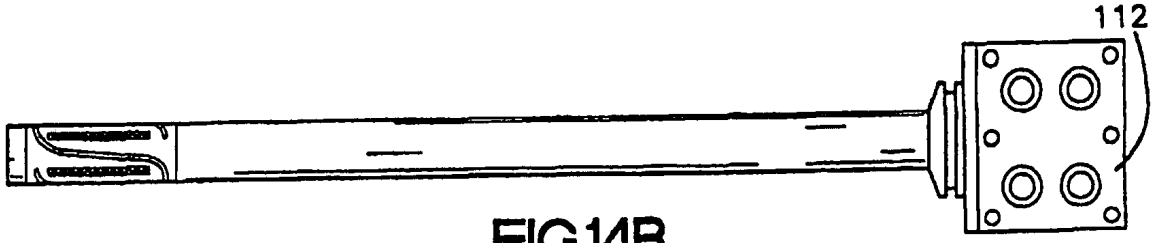

FIG.14B

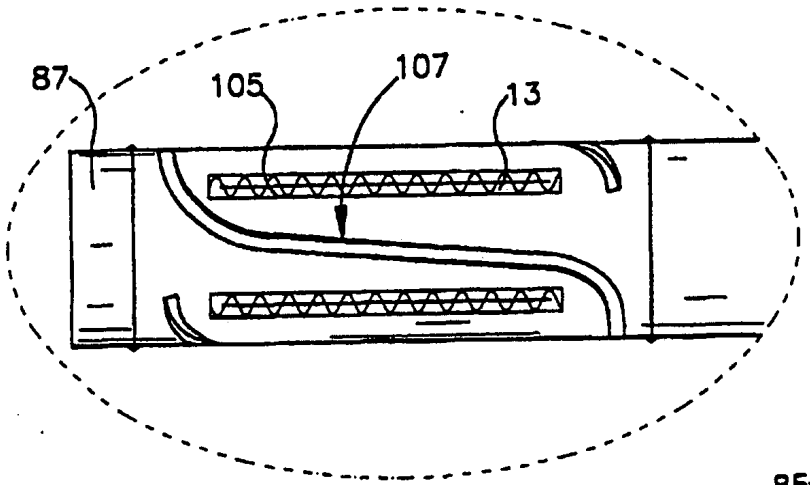

FIG.14D

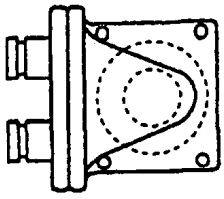

FIG.14C

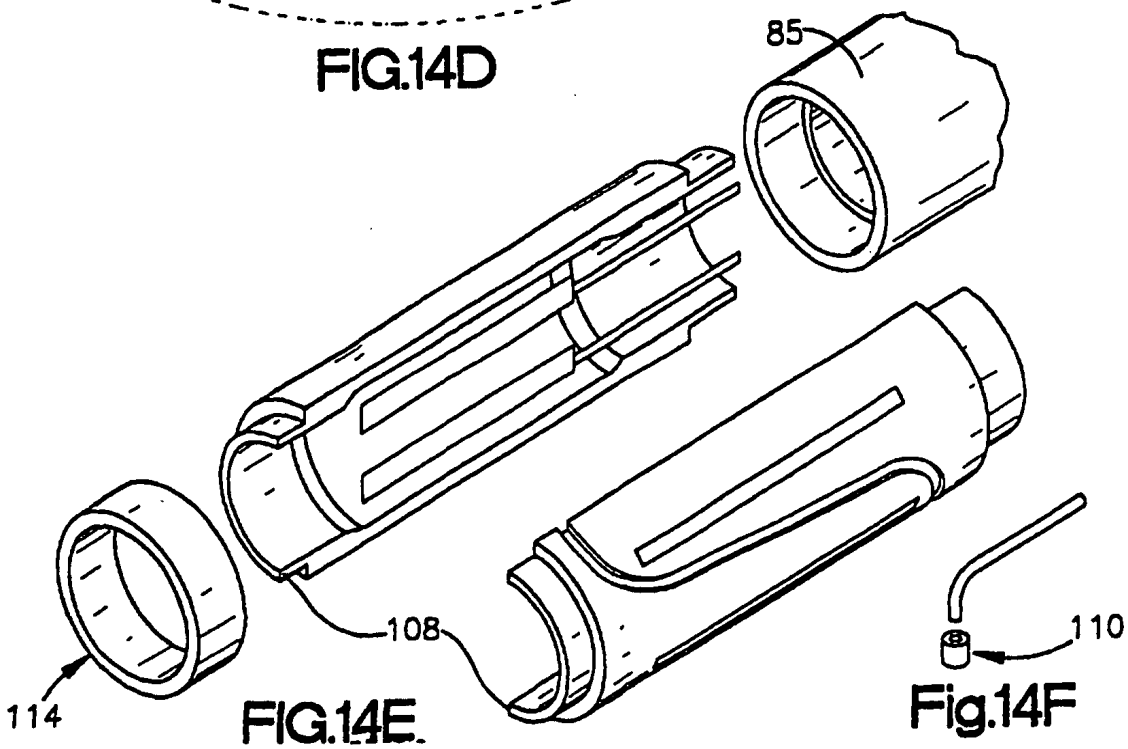

FIG.14E.

Fig.14F

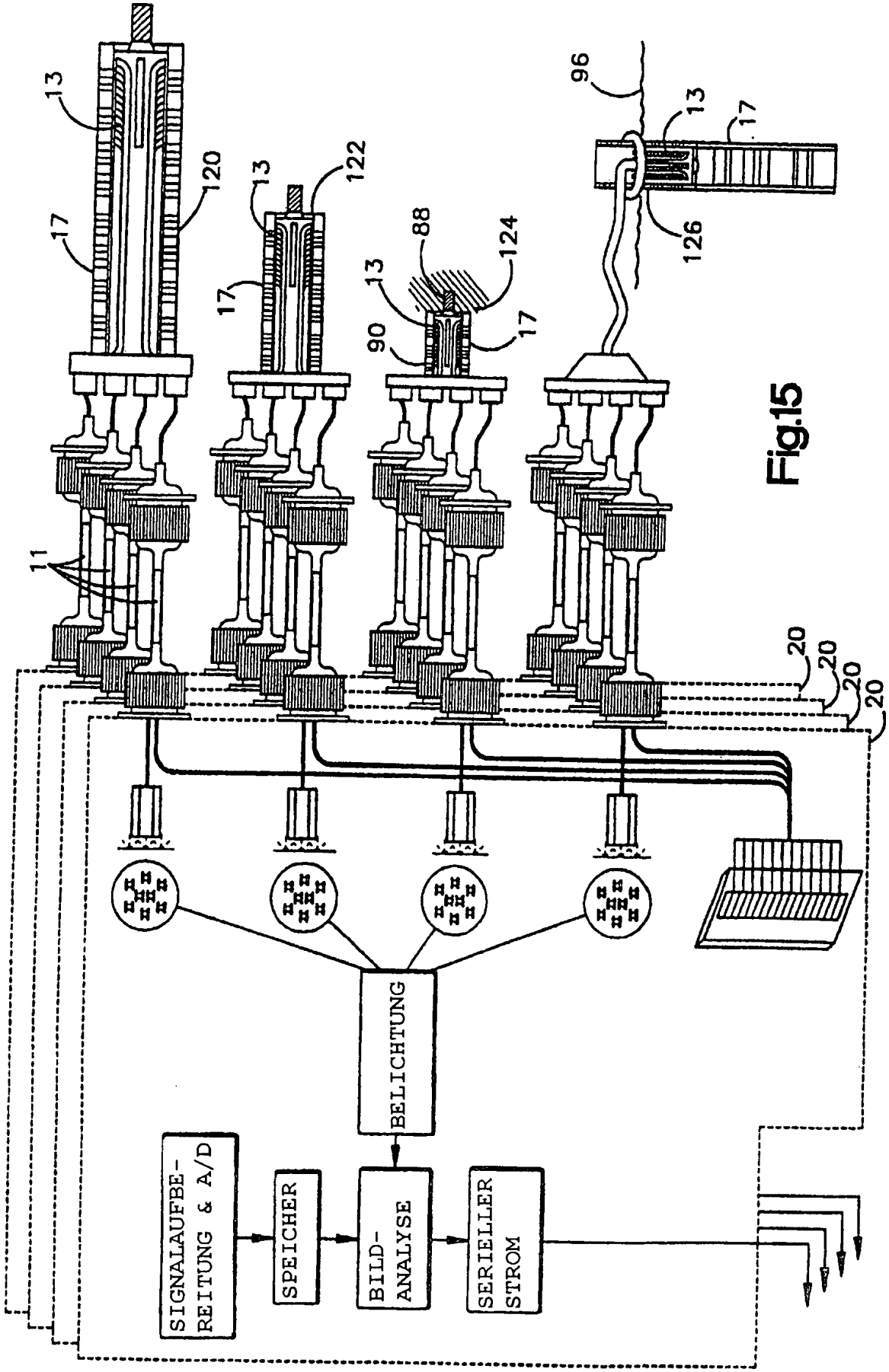
13
120
17
13
122
17
88
124
13
90
17
96
13
17
126
11
20
20
20
20
BELICHTUNG
SIGNALAUFBE-
REITUNG & A/D
SPEICHER
BILD-
ANALYSE
SERIELLER
STROM

Fig.15