

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 1601/2009
(22) Anmeldetag: 09.10.2009
(45) Veröffentlicht am: 15.11.2010

(51) Int. Cl.⁸: **B25J 17/02** (2006.01)
B25J 9/16 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2004/0052628A1
WO 2002/049811A1

(73) Patentinhaber:
EHRENLEITNER FRANZ
D-72213 ALTENSTEIG-WALDDORF (DE)

(54) PARALLELKINEMATISCHE SCHWENKVORRICHTUNG

(57) Die Erfindung betrifft eine Parallelkinematische Vorrichtung mit einer festen Plattform (23), einer beweglichen Plattform (13') und diese verbindende Verbindungselemente wie Aktuatoren (2,2'; 3, 3', 4-9) und/oder Stäbe, sie ist dadurch gekennzeichnet,

- dass zum sphärischen Verschwenken der beweglichen Plattform (13') um einen ihr gegenüber festen Drehpunkt (1) zwei Paar Aktuatoren (2, 2'; 3, 3') vorgesehen sind,
- dass die Fußpunkte jeweils eines Paares von Aktuatoren (2, 2'; 3, 3') und der feste Drehpunkt (1) auf einer Geraden liegen, und
- dass die Kopfpunkte beider Paare von Aktuatoren (2, 2'; 3, 3') und der feste Drehpunkt (1) auf einer gemeinsamen Geraden (13) liegen.

Damit ist eine einfache, genaue und mechanisch robuste Verdrehbarkeit um dem Tool Center Point oder einen vergleichbaren Punkt gegeben.

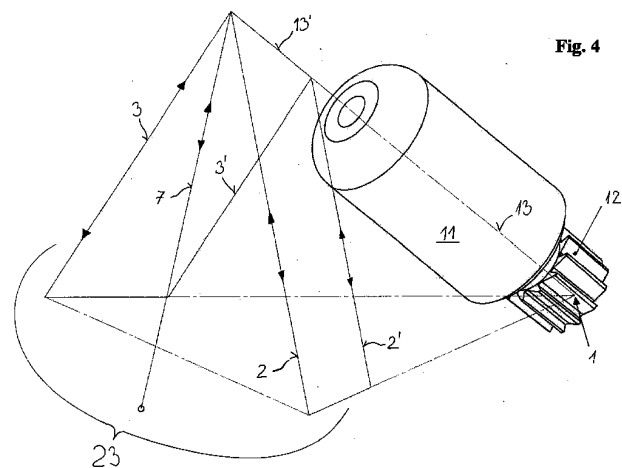


Fig. 4

Beschreibung

PARALLELKINEMATISCHE SCHWENKVORRICHTUNG

[0001] Die Erfindung betrifft eine parallelkinematische Schwenkvorrichtung mit einer festen Plattform und einer beweglichen Plattform, in Übereinstimmung mit dem einleitenden Teil des Anspruches 1.

[0002] Es soll die Vorrichtung ermöglichen, die bewegliche Plattform um einen ihr gegenüber vorgegebenen Punkt sphärisch zu verschwenken.

[0003] Die Bewegung der beweglichen Plattform um einen ihr gegenüber vorgegebenen Punkt ist bei Werkzeugmaschinen, im Vorrichtungsbau und auch bei Lasthebemaschinen und Manipulatoren ein wichtiger Bewegungsverlauf, der bis heute nicht zufriedenstellend durchgeführt werden kann. Anwendungsgebiete sind beispielsweise das Verschwenken eines Werkzeuges, insbesondere eines Fräasers, um seinen (idealisiert) Bearbeitungspunkt (Tool Center Point, abgekürzt TCP); die Verdrehung einer Last, um sie in anderer Ausrichtung wieder abzusetzen, zu bearbeiten oder weiter zu transportieren; das Bewegen eines Werkstückes um es passend an einem Werkzeug vorbei zu bewegen, beispielsweise beim Entgraten oder beim Schweißen, wo die Winkellage zwischen Werkstück und Schweißvorrichtung eine kritische Größe darstellt; aber auch in vielen anderen Fällen. Dazu zählt auch die händische Bearbeitung eines Werkstückes, bei der es oft gewünscht wird, dessen Lage händisch um ein Weniges zu verändern, was im Stand der Technik nur durch umfangreiches Manipulieren mit den seriell kinematischen Vorrichtungen möglich ist.

[0004] Die angestrebte Bewegung ist deshalb so schwer durchzuführen, weil sie bei seriellen Kinematiken, so werden im Folgenden der Einfachheit halber die kinematischen Vorrichtungen kurz genannt, zeitlich und räumlich exakt aufeinander abgestimmte Bewegungen der einzelnen kinematisch hintereinander angeordneten Aktuatoren notwendig macht, die mit hinreichender Genauigkeit und Präzision aufeinander abstimmt sein müssen, um die Ausbildung von Rattermarken oder anderen Fehlstellen, bzw. von Fehlpositionierungen allgemein, zu vermeiden. Dazu kommt, dass die Bewegung bei Werkstücken in großem Abstand von den Festpunkten der Kinematik erfolgt, sodass die auftretenden Kräfte insbesondere die Momente durch die langen Hebelarme nur schwer beherrschbar sind, insbesondere dann, wenn für die Bewegung große Präzision verlangt wird, wo oft schon durch das Lagerspiel, die elastische Deformation der Elemente der Kinematik und die Toleranzen bei der simultanen Betätigung der einzelnen Aktuatoren, die zur Durchführung der Drehbewegung von außen unabdingbar ist, enge Grenzen gesetzt werden.

[0005] Die Erfindung hat somit das Ziel, eine möglichst einfache, zuverlässige und mit hoher Genauigkeit arbeitende kinematische Vorrichtung zu schaffen, die das eingangs genannten Ziel erreicht und es ermöglicht, eine bewegliche Plattform um einen bezüglich dieser beweglichen Plattform festen, aber nicht notwendigerweise materiell ausgebildeten Punkt, den festen Drehpunkt, zu drehen.

[0006] Erfindungsgemäß werden diese Ziele durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruches 1 erreicht.

[0007] Der feste Drehpunkt kann, je nach Anwendungsgebiet, vorzugsweise der TCP oder der Schwerpunkt der Last sein. Es muss dazu noch ausgeführt werden, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung in den meisten Anwendungsfällen mit ihrer festen Plattform nicht auf einem ortsfesten Fundament ruht, sondern auf einer Grundvorrichtung, entweder der beweglichen Plattform einer Parallelkinematik oder dem „vordersten“ Träger einer seriellen Kinematik, und dazu dient, die sphärische Bewegung zu vollführen, während die Grundvorrichtung die Arbeitsbewegung, die Hubbewegung, etc. ausführt. Aus diesem Grund ist es in den meisten Fällen vollständig ausreichend, wenn die erfindungsgemäße Vorrichtung zwei Freiheitsgrade bedient, da die anderen ohne Probleme von der Grundvorrichtung versorgt werden können.

[0008] Nur der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, dass der feste Drehpunkt bei Bewegung der Grundvorrichtung natürlich nicht im Raum fest bleibt, sondern eben bezüglich der beweglichen Plattform und, mit Einschränkungen, gegenüber der festen Plattform.

[0009] Da die erfindungsgemäße Kinematik im einzelnen auf Dreiecken, bestehend aus Aktuatoren und gegebenenfalls Verbindungselementen konstanter Länge (Stäben) aufgebaut ist, ist die Berechnung der notwendigen Stellgrößen für die Bewegung einfach und mit geschlossenen mathematischen Modellen berechenbar und auch einfach und damit genau durchzuführen.

[0010] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt bzw. zeigen

[0011] die Fig. 1 bis 3 ein Modell, anhand dessen die der Erfindung zugrunde liegenden Überlegungen erläutert werden,

[0012] die Fig. 4 bis 7 eine erste Ausführungsform, rein schematisch,

[0013] die Fig. 8 eine Variante,

[0014] die Fig. 9 eine Ausgestaltung,

[0015] die Fig. 10 bis 12 ein geometrisches Modell einer anderen Ausführungsform,

[0016] die Fig. 13 bis 16 eine Ausführungsform dieser Variante,

[0017] die Fig. 17 eine Weiterbildung dieser Variante,

[0018] die Fig. 18 eine andere Ausführungsform,

[0019] die Fig. 20 und 21 Weiterbildungen der Vorrichtung nach Fig. 19,

[0020] die Fig. 22 bis 24 eine wieder andere Grundvariante der Erfindung und

[0021] die Fig. 25 und 26 eine Weiterbildung betreffend die Position des zu verschwenkenden Objekts bezüglich der beweglichen Plattform.

[0022] Die Fig. 1 zeigt ein Modell 10 einer erfindungsgemäßen Kinematik mit einer beweglichen Plattform 11, auf der ein Werkzeug 12, im dargestellten Ausführungsbeispiel ein Fräser, montiert ist, wobei auf der Frontfläche des Fräsers, beim Durchstoßpunkt der Drehachse 13 des Fräsers durch diese Frontfläche, der feste Drehpunkt 1 vorgegeben ist.

[0023] Es soll nun die bewegliche Plattform 11 und damit der Fräser 12 eine Bewegung um diesen festen Drehpunkt 1 vollführen, sodass während der Bewegung sowohl die Stirnfläche des Fräsers als auch seine Drehachse 13 stets den festen Drehpunkt 1 enthält.

[0024] Die erfindungsgemäße Grundidee ist nun die Vorstellung, dass dieser feste Drehpunkt die Spitze einer dreieckigen Pyramide darstellt, deren Kanten durch die Drehachse 13 und zwei Verbindungselemente 2 und 3 und die -gedachten- Verbindungen 4, 5 und 6 gegeben ist. Wenn die zum festen Drehpunkt 1 führenden Verbindungen 4 und 6 materiell ausgebildet wären, so könnte durch entsprechend gelenkige Verbindung der Verbindungselemente und durch deren Längenänderung (diese würden dann als Aktuatoren dienen), jederzeit eine sphärische Bewegung der beweglichen Plattform 11 um den festen Drehpunkt 1 möglich sein. Zwei auf diese Weise zu erreichende Positionen sind in Fig. 2 und 3 dargestellt. Dabei zeigt die Fig. 2 in perspektivischer Ansicht die mögliche Lage bei gleichsinniger Änderung der Länge der Verbindungselemente 2 und 3; die Fig. 3 zeigt die Situation bei unterschiedlicher Längenänderung der Stäbe 2 und 3. Daraus folgt, dass das Modell an sich funktioniert.

[0025] Es ist nun aber klar, dass eine derartige modellhafte Kinematik wegen der Unmöglichkeit, am festen Drehpunkt 1 irgendein mechanisches Element angreifen zu lassen, nicht herstellbar und schon gar nicht praktisch verwendbar ist, doch soll dieses Modell als Grundlage für die Erläuterung der erfindungsgemäßen Lösung dienen. Diese ist in Fig. 4 in einer ersten Ausführungsform mit längenveränderlichen Aktuatoren, angedeutet durch unbenannte Doppelpfeile, mit festen Fußpunkten, rein schematisch dargestellt:

[0026] Durch Anordnung von Aktuatoren 2', 3', die parallel zu den jeweils zugeordneten Aktuatoren 2, 3 verlaufen und deren Fußpunkte auf den gedachten Verbindungen 6, 4, das sind Geraden, die durch den festen Drehpunkt 1 laufen, liegen und deren Kopfpunkte auf der gedachten Verbindung, die zugleich die Drehachse 13 ist und somit ebenfalls durch den festen Drehpunkt 1 führt, liegen und durch Einhalten entsprechender Abstände Fußpunkt Aktuator 2 - Fußpunkt Aktuator 2' einerseits, Kopfpunkt Aktuator 2 - Kopfpunkt Aktuator 2' andererseits; und das Gleiche auch für die Aktuatoren 3 und 3' durch Verbindungselemente 4', 6', 13' wird die Drehachse 13 und die Stirnfläche des Fräasers 12 bei passender Verbindung mit dem Verbindungselement 13', das als bewegliche Plattform anzusehen ist, exakt um den festen Drehpunkt 1 geführt, wenn die Länge der Aktuatoren 2, 2', 3, 3' entsprechend geändert wird. Die Fußpunkte der Aktuatoren stellen hier die feste Plattform 23 dar.

[0027] Um bei dieser Konstruktion alle Freiheitsgrade bedienen zu können und um das Umklappen zu verhindern, ist es notwendig einen weiteren bevorzugt windschief angeordneten Aktuator 7 vorzusehen, der im gezeigten Ausführungsbeispiel am gemeinsamen Kopfpunkt der Aktuatoren 2, 3 angreift und dessen Fußpunkt außerhalb der durch diese Aktuatoren aufgespannten Ebene liegt, bevorzugt auf der vom festen Drehpunkt 1 abgewandten Seite, so wie in Fig. 4 dargestellt.

[0028] Die Fig. 5 und 6 zeigen, analog zu den Fig. 2 und 3, die Position der Bauteile, wenn eine symmetrische Längenänderung der Aktuatoren einerseits, eine asymmetrische andererseits, vorgenommen worden ist, um so die unterschiedlichen Drehbewegungen um den festen Drehpunkt 1 besser darzustellen. Die Länge des Stabes 7 ergibt sich trigonometrisch in geschlossener Form und stellt somit bei der Berechnung und auch bei der Einstellung kein Problem dar.

[0029] Die Längenänderung der Stäbe 2, 2' zueinander bzw. 3, 3' zueinander, damit auch die Längenänderung des Aktuators 7 in Abhängigkeit von der Geometrie der Fußpunkte der Aktuatoren 2, 3, 7 und der jeweiligen Länge der Aktuatoren 2 und 3 zu bestimmen ist, wie aus Fig. 7 ersichtlich ist, eine einfache proportionale Berechnung und stellt ebenfalls keinerlei Schwierigkeit dar. Es gilt:

$$\text{[0030]} \quad (\text{Länge } 2)/(\text{Länge } 2') = (\text{Länge } 3)/\text{Länge } 3') = A/B$$

[0031] Wobei A die Länge zwischen dem festen Drehpunkt 1 und dem gemeinsamen Kopfpunkt der Aktuatoren 2, 3 ist und B die Länge zwischen dem festen Drehpunkt 1 und dem gemeinsamen Kopfpunkt der Aktuatoren 2', 3'.

[0032] Es soll noch darauf hingewiesen werden, dass die parallele Anordnung der Stäbe 2, 2' untereinander bzw. 3, 3' untereinander nicht zwingend notwendig ist, durch die parallele Anordnung werden die Längenänderungsverhältnisse vereinfacht, es ist aber selbstverständlich auch möglich, auf geschlossene Weise die Berechnung für eine nichtparallele Anordnung zu wählen.

[0033] Die Fig. 8 zeigt eine Variante, bei der eine eingeschränkte Beweglichkeit um den festen Drehpunkt 1 ausreichend ist, hier wird der Aktuator 7 durch einen Stab konstanter Länge ersetzt, der vom Fußpunkt des Aktuators 2' zu einem Punkt zwischen dem Fußpunkt und dem Kopfpunkt des Aktuators 2 verläuft, die Längenänderung des Aktuators 2 erfolgt nur oberhalb dieses Zwischenpunktes. Es muss darauf hingewiesen werden, dass bei dieser Konstruktion der Stab bzw. Aktuator 2 auch Biegekräfte ableiten muss, dies ist bei der Dimensionierung des Stabs und seiner Endgelenke zu berücksichtigen, doch ist in vielen Fällen durch die so erzielbare Vereinfachung und die Platzersparnis außerhalb der Aktuatoren insbesondere bei geringen Reaktionskräften von der beweglichen Plattform her diese Variante vorteilhaft.

[0034] Die Fig. 9 zeigt eine Variante, bei der die bewegliche Plattform 13 nicht nur bezüglich der Lage der Achse 13' festgelegt sein soll, sondern auch deren Lage um diese Achse, dies kann beispielsweise mit einem Aktuator 8 erfolgen, der aus Gründen der Einfachheit im dargestellten Ausführungsbeispiel gemeinsam mit dem Aktuator 3 ein Gelenksparrallelogramm bildet und so an der beweglichen Plattform 13 die Winkellage fixiert.

[0035] Bei verschiedenen Anwendungsgebieten wird gewünscht, auf Stäbe veränderlicher Länge zu verzichten, es können dann die Aktuatoren auf an sich bekannte Weise als fußpunkt-

veränderliche Aktuatoren ausgebildet sein. Dies bedeutet, dass die Änderung der Lage der Kopfpunkte und damit der Lage der beweglichen Plattform 13 durch entsprechende Verschiebungen der Fußpunkte der Aktuatoren die, für sich genommen dann als Stäbe konstanter Länge ausgebildet sind, bewirkt wird. Wiederum ist dies durch unbenannte Doppelpfeile, die die Fußpunktbewegung andeuten, dargestellt. Die feste Plattform ist in diesem Fall die Ebene, in der sich die Fußpunkte bewegen.

[0036] Die Fig. 10 bis 12 zeigen das Modell dieser Ausführungsform entsprechend dem Modell gemäß den Fig. 1 bis 3, die entsprechenden Bauteile sind wiederum mit gleichen Bezugszeichen versehen, da sich ja an der Eigenschaft als Aktuator nichts ändert, unabhängig davon, ob er längenveränderlich oder fußpunktverschieblich ausgebildet ist.

[0037] Wie der Zusammenhalt der drei Fig. 10 bis 12 zeigt, kann durch entsprechendes Verschieben der Fußpunkte der Aktuatoren 2 und 3 entlang einer Kreisbahn mit Mittelpunkt im festen Drehpunkt 1 in den von der Kinematik her rührenden Grenzen die sphärische Verdrehung der beweglichen Plattform 13 um diesen festen Drehpunkt 1 bewirkt werden, hier ist die bewegliche Kreisbahn bzw. ihre physische Ausgestaltung die feste Plattform 23.

[0038] Der Übergang von diesem Modell zur tatsächlichen Kinematik ist in den Fig. 13 und 14 angegeben, es ist hier zu beachten, dass die Fußpunkte der Stäbe 2, 2' stets auf einem Strahl durch den festen Drehpunkt 1 liegen müssen, desgleichen die Fußpunkte der Stäbe 3, 3'. Wie in Fig. 13 ersichtlich, ist der diagonal angeordnete Stab 7 in der durch die Stäbe 2, 2' aufgespannten Ebene stets in gleicher Lage zu diesen, sodass die Stäbe 2, 2' und 7 auch durch ein flächiges Gitterwerk odgl. ersetzt werden können.

[0039] Die Fig. 14 zeigt die Situation beim Verschieben um unterschiedliche Winkel, durch die Kombination der "mittleren" Verschiebung und der Winkellage zwischen den Fußpunkten der Aktuatoren 2, 3 kann die bewegliche Plattform 13 in die unterschiedlichsten Positionen gebracht werden, stets aber verläuft die Drehachse 13 durch den festen Drehpunkt 1, ebenso wie die Stirnfläche des Fräasers.

[0040] Die Fig. 15, 16 zeigen, rein schematisch, die Situation bei Verwendung von Kulissen 14, 15 zur Verwirklichung der verschieblichen Fußpunkte. Dabei werden die beiden, rein schematisch dargestellten Kulissen 14, 15 L-förmig ausgebildet und mit ihren bogenförmigen Schenkeln passend aneinander geführt. Durch die Bogenform kommt es zur notwendigen permanenten Ausrichtung zugeordneter Fußpunkte der Stäbe 2, 2' einerseits und 3, 3' andererseits auf den festen Drehpunkt 1. Auf welche Weise die Kulissen an der (nicht dargestellten) festen Plattform befestigt sind, ist dabei von Fall zu Fall zu entscheiden und stellt in Kenntnis der Erfindung für den Fachmann kein Problem dar.

[0041] Die Fig. 17 zeigt die Möglichkeit, die bewegliche Plattform auch hinsichtlich des sechsten Freiheitsgrades, rund um die Drehachse 13 zu fixieren, wiederum erfolgt dies durch ein Parallelogramm mit Hilfe eines Stabes 8.

[0042] Die Fig. 18 zeigt eine interessante, weil vielseitig einsetzbare Variante, bei der die Fußpunktverschiebung in geradlinigen Kulissen, die beispielsweise parallel zu der (nicht dargestellten) zu bearbeitenden Fläche verlaufen, erfolgt. Es ist dabei notwendig, die Fußpunktverschiebung der Stäbe 2, 2' einerseits und 3, 3' andererseits so vorzunehmen, dass deren Verbindungsgerade stets durch den festen Drehpunkt 1 verläuft, dies ist in Form geschlossener Lösungen jederzeit zu berechnen und daher nicht problematisch.

[0043] Anders als bei der Verschiebung auf konzentrischen Kreisbahnen ist hier aber der Stab 5 nicht als Stab konstanter Länge vorsehbar, sondern muss entweder als Aktuator ausgeführt werden - dies ist aber inkonsequent bezüglich der Forderung einer Kinematik mit Fußpunktverschiebung - oder aber es wird die in der Figur schematisch eingezeichnete Lösung verwendet, wobei drei Stäbe konstanter Länge ein räumliches Fachwerk bilden, das einen Freiheitsgrad bedient. Wenn auch der sechste Freiheitsgrad festgelegt werden soll, bietet sich dazu wiederum ein Gelenkparallelogramm, bestehend aus den Stäben 3 und 8, mit entsprechenden Zwischenverbindungen an. Es soll noch darauf hingewiesen werden, dass die Stäbe 2, 2' bei erfin-

dungsgemäßer Ausbildung stets parallel zueinander verlaufen, dass sich aber der Winkel bezüglich der Verbindungslinie ihrer Fußpunkte ändert, sodass eine Ausbildung als flächiges Gebilde nicht möglich ist.

[0044] Die Fig. 19 zeigt eine Ausgestaltung mit einer gebogenen Führungskulisse 15, die bei Verschiebung der Fußpunkte entlang der beispielhaft eingezeichneten geraden Kulissen 16, 17 dafür Sorge trägt, dass die zugeordneten Fußpunkte stets auf den festen Drehpunkt 1 ausgerichtet sind. Dazu können die Fußpunkte in den radialen Teilen 15' der Kulisse verschoben werden. Ob die lineare Verschiebung der Fußpunkte entlang der Geraden wiederum durch Kulissen 16, 17 erfolgt oder rechnerisch gesteuert wird, ist eine Frage der jeweiligen Anwendung.

[0045] Die Fig. 20, 21 zeigen wiederum mögliche Positionen für die bewegliche Plattform 13'.

[0046] Eine dritte mögliche Variante ist in Fig. 22 dargestellt, dabei werden Stäbe fixer Länge mit Fußpunkten, die paarweise auf Strahlen 18, 19 bzw. Geraden durch den festen Drehpunkt 1 verlaufen, um diese Strahlen verdreht, dadurch werden Koppelglieder 21, 22, die von den jeweiligen Kopfpunkten gebildet werden, entlang von Erzeugenden von Mänteln von Kegelflächen verdreht, wiederum mit der Spitze der Kegelflächen jeweils im festen Drehpunkt 1. Auf den Koppelgliedern sind mit ihren Fußpunkten gelenkig aufbauende, den bisher besprochenen Stäben entsprechende Stäbe, deren Kopfpunkte an der beweglichen Plattform 13' angreifen, vorgesehen. Diese vollführen die sphärische Bewegung der beweglichen Plattform 13' um den festen Drehpunkt 1. Es wird auf diese Weise eine deutliche Vergrößerung der Bewegungsmöglichkeit aus der Ebene der Fußpunkte heraus möglich, durch die beiden Verdrehungsmöglichkeiten um die unteren Strahlen - die auch die feste Plattform bilden bzw. definieren, ist die Anlenkung und Bewegung äußerst einfach, schnell und präzise und ermöglicht so eine rasche und exakte Verdrehung, die wiederum durch Doppelpfeile angedeutet ist.

[0047] Als Besonderheit ist darauf zu verweisen, dass die Koppelglieder 21, 22 beim Verschwenken um die Strahlen 18, 19 ihre Form nicht ändern und daher als flächige Gebilde oder als feste Stabwerke ausgebildet sein können. Der Winkel zwischen den Strahlen 18, 19 ist in weiten Grenzen wählbar, die beiden Strahlen können auch zusammenfallen und nach Art hohler Wellen ausgebildet sein, wenn dies auch wegen des mechanischen Aufwandes eine nur selten angeratene Variante darstellt. Die Strahlen bzw. deren Lage stellt die feste Plattform 23 dar.

[0048] Die Möglichkeiten der Verdrehung sind in Fig. 23 und 24 dargestellt, wiederum einmal mit symmetrischer, das zweite Mal asymmetrischer Verdrehung um die festen Strahlen.

[0049] Insbesondere bei dieser Ausführungsform, aber unter Umständen auch bei anderen der gezeigten Varianten ist es selbstverständlich möglich, die Fräserachse 13 nicht mit der oft auch als Achse bezeichneten und darauf reduzierten beweglichen Plattform 13' zusammenfallen zu lassen, sondern sie schräg anzustellen, wie dies die Fig. 25 und 26 zeigen. Trotz dieser Änderung bleibt die sphärische Bewegung um den festen Drehpunkt 1 voll erhalten, nur die Orientierung der Drehachse bezüglich eines Koordinatensystems mit dem Ursprung im festen Drehpunkt ist eine andere. In diesen Darstellungen ist die Stirnfläche 24 des Fräasers, die ebenfalls stets den festen Drehpunkt 1 enthält, gut sichtbar.

[0050] Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten und beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern kann vielfach adaptiert und variiert werden. So ist die Ausbildung der festen Plattform bewusst nicht näher dargestellt worden, da es eine große Anzahl von Möglichkeiten dafür gibt. Für den Fachmann ist es in Kenntnis der Erfindung und der zu adaptierenden Vorrichtung samt ihrem Verwendungszweck ein Leichtes, die entsprechenden Bauelemente zu wählen.

[0051] Die Aktuatoren können elektrisch (Spindelantrieb) oder hydraulisch, in manchen Fällen wohl auch pneumatisch angetrieben werden, das gleiche gilt für die Fußpunktverschiebung, die Verdrehung der Koppelglieder erfolgt zumeist über einen Stellmotor mit oder ohne Getriebe.

[0052] Die Ausbildung der Gelenke, der Lager, der Kopf- und Fußpunkte, etc. ist die Gleiche

wie bei üblichen kinematischen Vorrichtungen und bedarf daher keiner Erläuterung. In den dargestellten Ausführungsbeispielen liegt der feste Drehpunkt 1 stets in der Frontfläche des Fräasers, dies ist natürlich nicht notwendig und kann verschiedentlich verändert werden, sodass beispielsweise ein vorgegebener „offset-Wert“ eingehalten wird, der von der Grundvorrichtung vor und nach erfolgter Verdrehung durch eine Absetz- bzw. Zustellbewegung geliefert bzw. ausgeglichen wird.

[0053] Die verwendeten Materialien stellen kein Problem dar und richten sich nach dem jeweiligen Anwendungsgebiet und insbesondere der Grundvorrichtung.

[0054] Die Erfindung ist somit im Wesentlichen folgendermaßen zu definieren:

[0055] Sie betrifft eine Parallelkinematische Vorrichtung mit einer festen Plattform (23), einer beweglichen Plattform (13') und diese verbindende Verbindungselemente wie Aktuatoren (2, 2'; 3, 3', 4-9) und/oder Stäbe, sie ist dadurch gekennzeichnet,

[0056] a) dass zum sphärischen Verschwenken der beweglichen Plattform (13') um einen ihr gegenüber festen Drehpunkt (1) zwei Paar Aktuatoren (2, 2'; 3, 3') vorgesehen sind,

[0057] b) dass die Fußpunkte jeweils eines Paares von Aktuatoren (2, 2'; 3, 3') und der feste Drehpunkt (1) auf einer Geraden liegen, und

[0058] c) dass die Kopfpunkte beider Paare von Aktuatoren (2, 2'; 3, 3') und der feste Drehpunkt (1) auf einer gemeinsamen Geraden (13) liegen.

[0059] Eine Ausgestaltung ist dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Aktuatoren (2, 2'; 3, 3') eines Paares parallel zueinander verlaufen.

[0060] Eine andere Ausgestaltung ist dadurch gekennzeichnet, dass jeweils ein Aktuator des ersten Paares mit jeweils einem Aktuator des zweiten Paares (2, 3; 2', 3') einen gemeinsamen Kopfpunkt auf der beweglichen Plattform (13') aufweist.

[0061] Eine erste Variante ist dadurch gekennzeichnet, dass die Aktuatoren (2, 3; 2', 3') feste Fußpunkte auf der festen Plattform (23) und veränderliche Länge aufweisen und dass das Verhältnis ihrer Längenänderung dem Verhältnis des Abstandes ihrer Kopfpunkte vom festen Drehpunkt (1) entspricht.

[0062] Eine zweite Variante ist dadurch gekennzeichnet, dass die Aktuatoren (2, 3; 2', 3') konstante Länge und bewegliche Fußpunkte aufweisen, die sich entlang von Kreisbögen auf einer Ebene der festen Plattform (23) bewegen, mit der Maßgabe, dass die Fußpunkte jedes Paares von Aktuatoren (2, 2'; 3, 3') und der feste Drehpunkt (1) stets auf jeweils einer Geraden liegen.

[0063] Eine dritte Variante ist dadurch gekennzeichnet, dass die Aktuatoren (2, 3; 2', 3') konstante Länge und bewegliche Fußpunkte aufweisen, die sich paarweise entlang von Kreisbögen auf einer kegeligen Oberfläche bezüglich der festen Plattform (23) bewegen, mit der Maßgabe, dass die Fußpunkte jedes Paares von Aktuatoren (2, 2'; 3, 3') und der feste Drehpunkt (1) stets auf jeweils einer Geraden liegen.

[0064] Eine Ausgestaltung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Fußpunkte der Aktuatoren (2, 3; 2', 3') auf Koppelgliedern (21, 22) angeordnet sind, die um Strahlen (18, 19), die durch den festen Drehpunkt (1) gehen, verschwenkbar sind.

[0065] Damit ist eine einfache, genaue und mechanisch robuste Verdrehbarkeit um dem Tool Center Point oder einen vergleichbaren Punkt gegeben.

Patentansprüche

1. Parallelkinematische Vorrichtung mit einer festen Plattform (23), einer beweglichen Plattform (13') und diese verbindende Verbindungselemente wie Aktuatoren (2, 2'; 3, 3', 4-9) und/oder Stäbe, **dadurch gekennzeichnet**,
 - a) dass zum sphärischen Verschwenken der beweglichen Plattform (13') um einen ihr gegenüber festen Drehpunkt (1) zwei Paar Aktuatoren (2, 2'; 3, 3') vorgesehen sind,
 - b) dass die Fußpunkte jeweils eines Paares von Aktuatoren (2, 2'; 3, 3') und der feste Drehpunkt (1) auf einer Geraden liegen, und
 - c) dass die Kopfpunkte beider Paare von Aktuatoren (2, 2'; 3, 3') und der feste Drehpunkt (1) auf einer gemeinsamen Geraden (13) liegen.
2. Parallelkinematische Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beiden Aktuatoren (2, 2'; 3, 3') eines Paares parallel zueinander verlaufen.
3. Parallelkinematische Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeweils ein Aktuator des ersten Paares mit jeweils einem Aktuator des zweiten Paares (2, 3; 2', 3') einen gemeinsamen Kopfpunkt auf der beweglichen Plattform (13') aufweist.
4. Parallelkinematische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aktuatoren (2, 3; 2', 3') feste Fußpunkte auf der festen Plattform (23) und veränderliche Länge aufweisen und dass das Verhältnis ihrer Längenänderung dem Verhältnis des Abstandes ihrer Kopfpunkte vom festen Drehpunkt (1) entspricht.
5. Parallelkinematische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aktuatoren (2, 3; 2', 3') konstante Länge und bewegliche Fußpunkte aufweisen, die sich entlang von Kreisbögen auf einer Ebene der festen Plattform (23) bewegen, mit der Maßgabe, dass die Fußpunkte jedes Paares von Aktuatoren (2, 2'; 3, 3') und der feste Drehpunkt (1) stets auf jeweils einer Geraden liegen.
6. Parallelkinematische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aktuatoren (2, 3; 2', 3') konstante Länge und bewegliche Fußpunkte aufweisen, die sich paarweise entlang von Kreisbögen auf einer kegeligen Oberfläche bezüglich der festen Plattform (23) bewegen, mit der Maßgabe, dass die Fußpunkte jedes Paares von Aktuatoren (2, 2'; 3, 3') und der feste Drehpunkt (1) stets auf jeweils einer Geraden liegen.
7. Parallelkinematische Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fußpunkte der Aktuatoren (2, 3; 2', 3') auf Koppelgliedern (21, 22) angeordnet sind, die um Strahlen (18, 19), die durch den festen Drehpunkt (1) gehen, verschwenkbar sind.

Hierzu 26 Blatt Zeichnungen

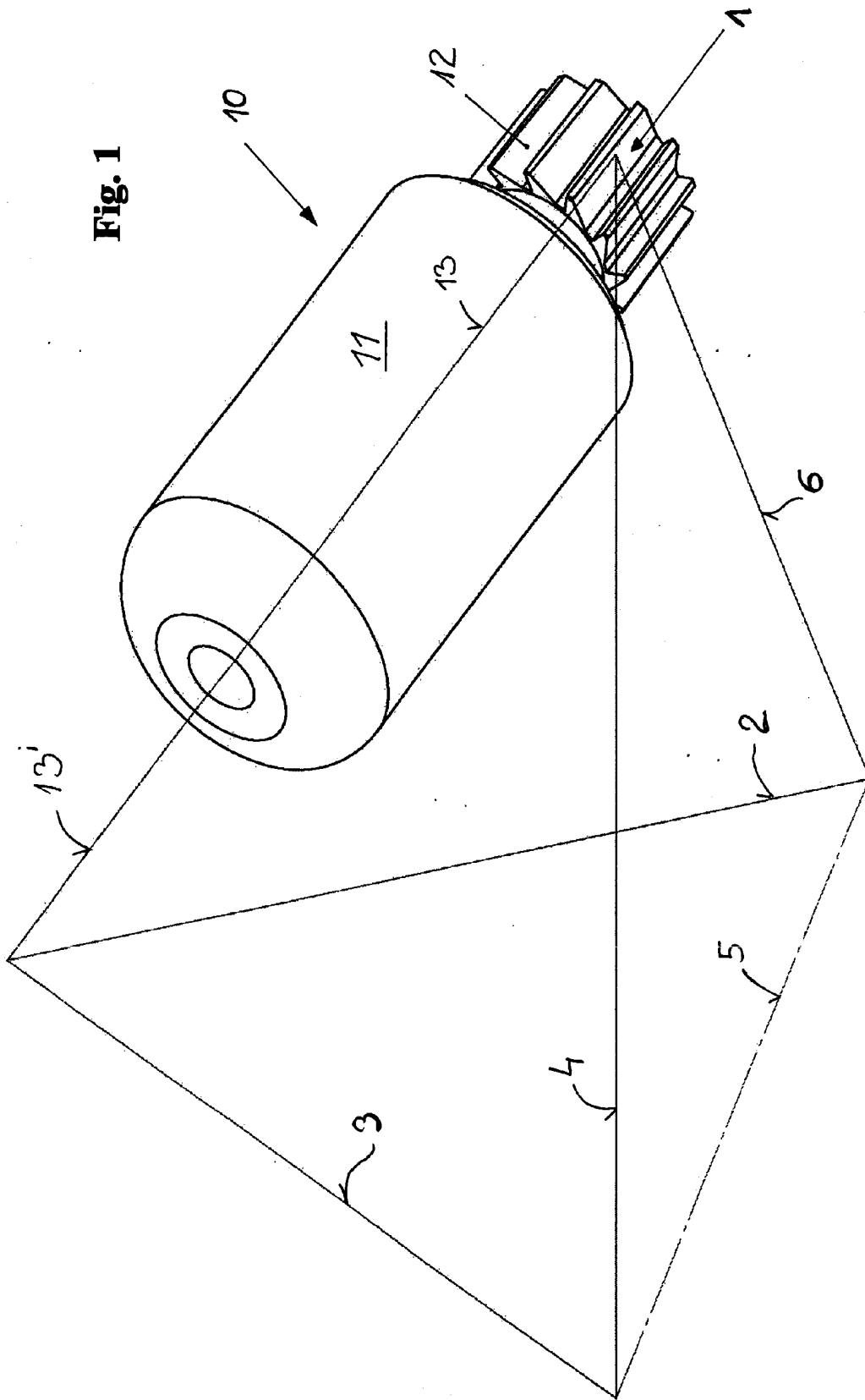


Fig. 2

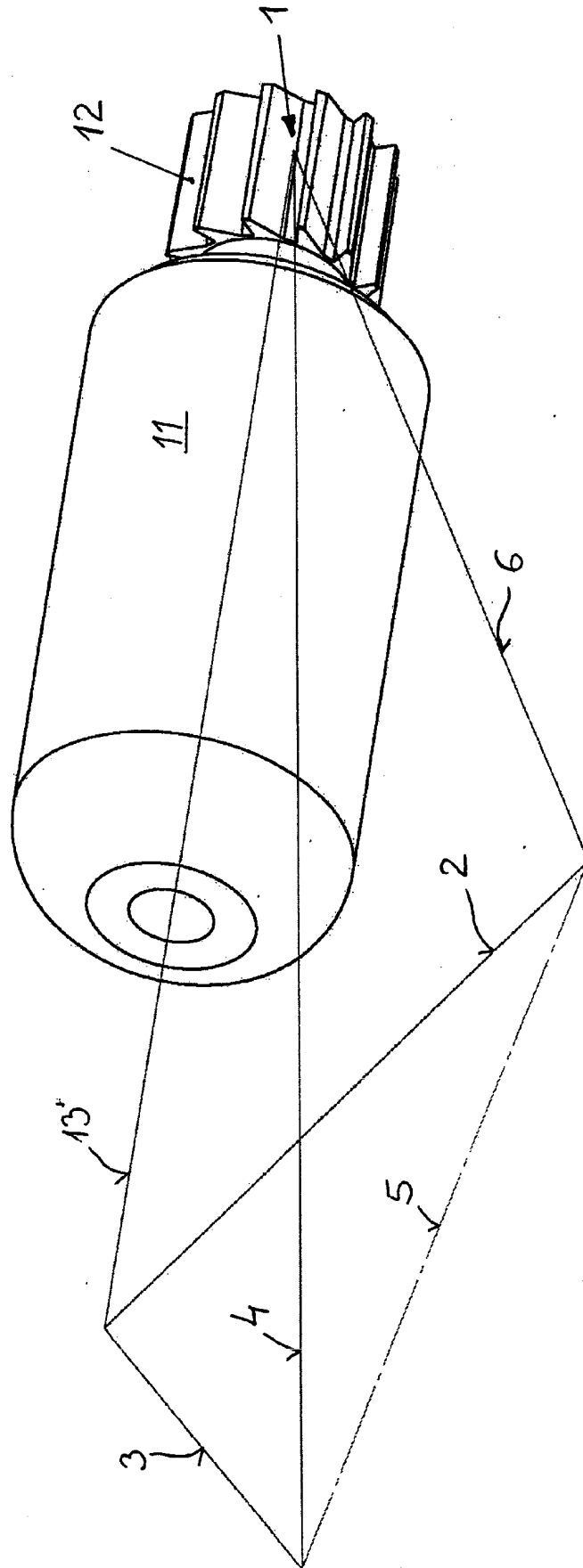


Fig. 3

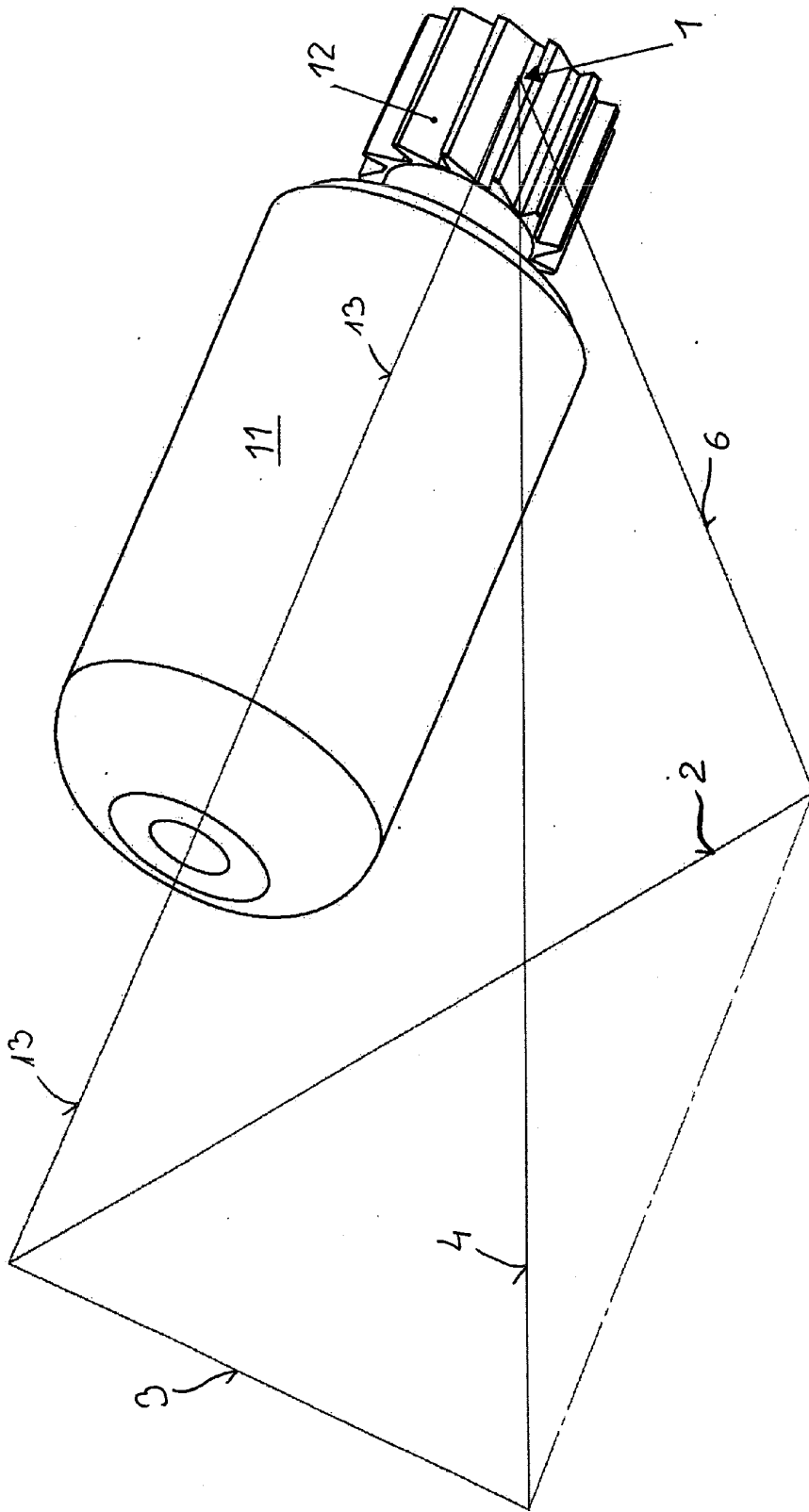


Fig. 5

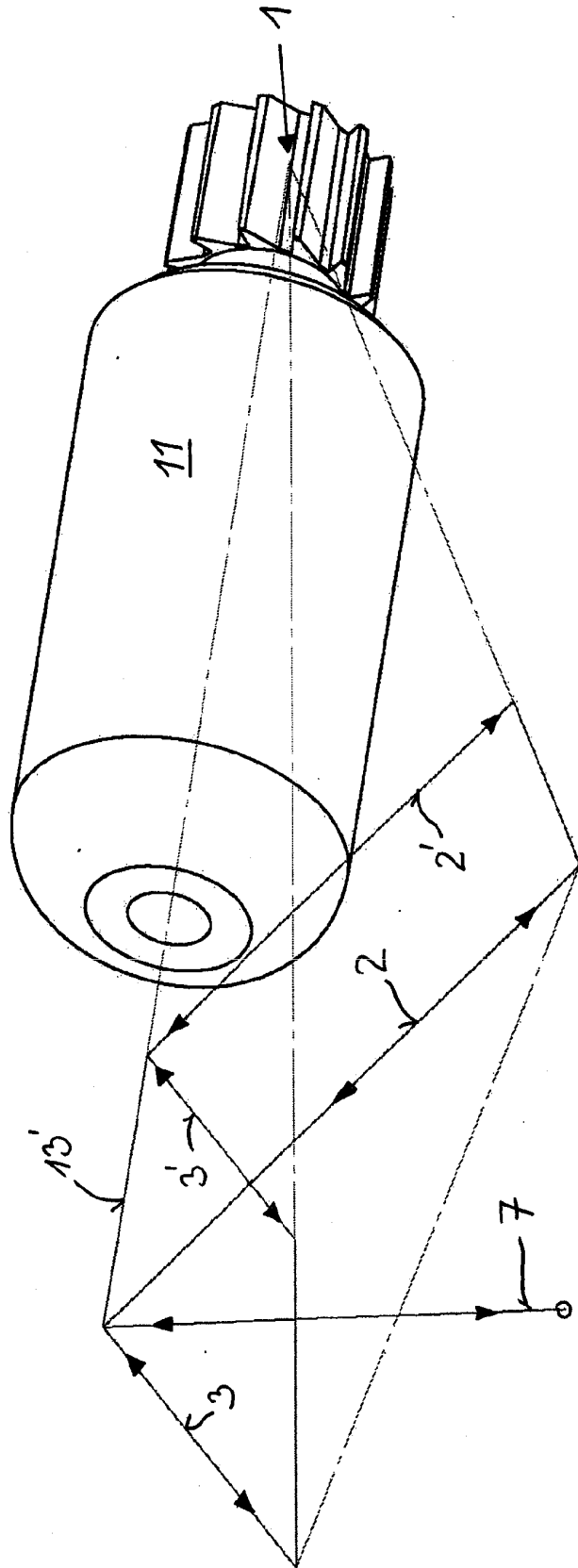


Fig. 6

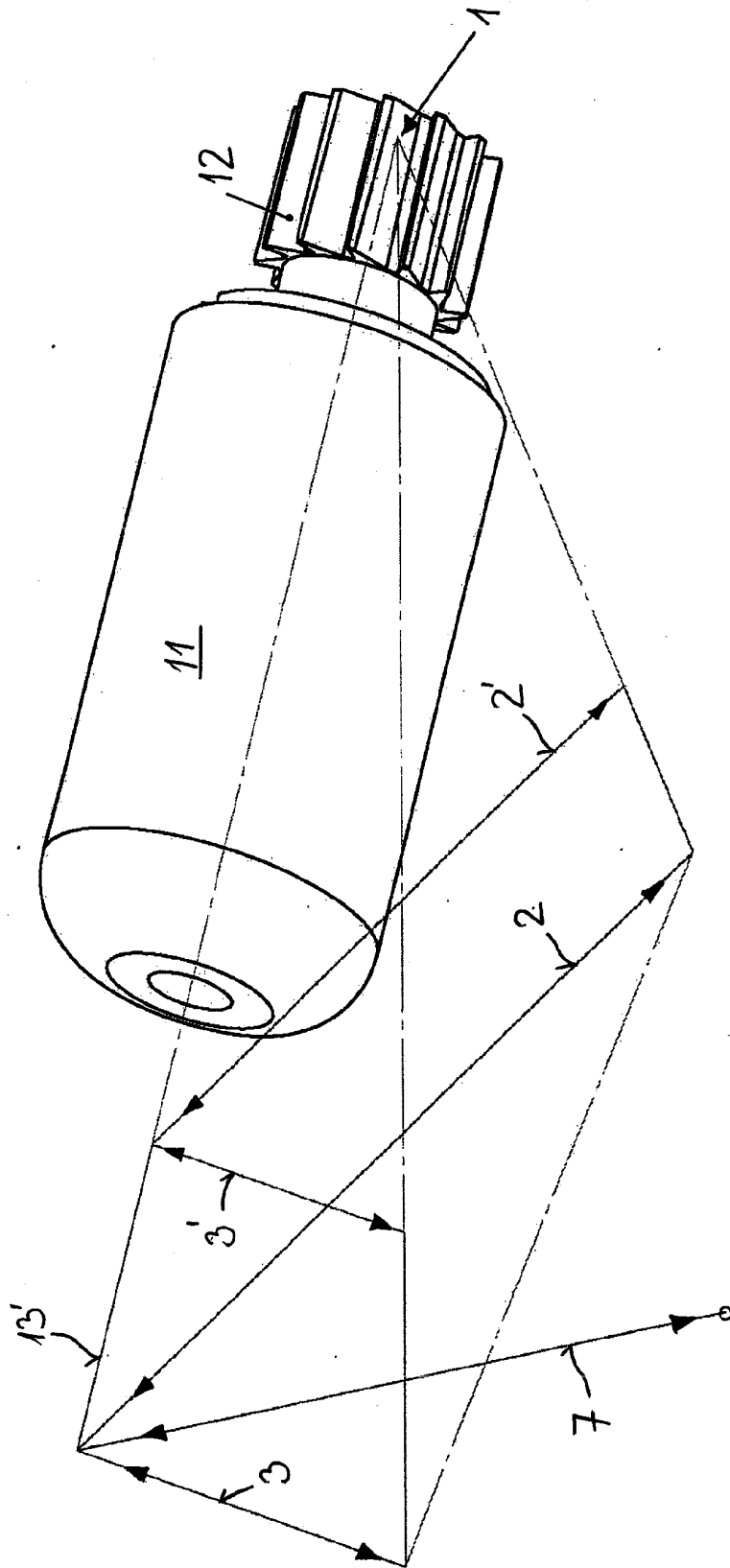


Fig. 7

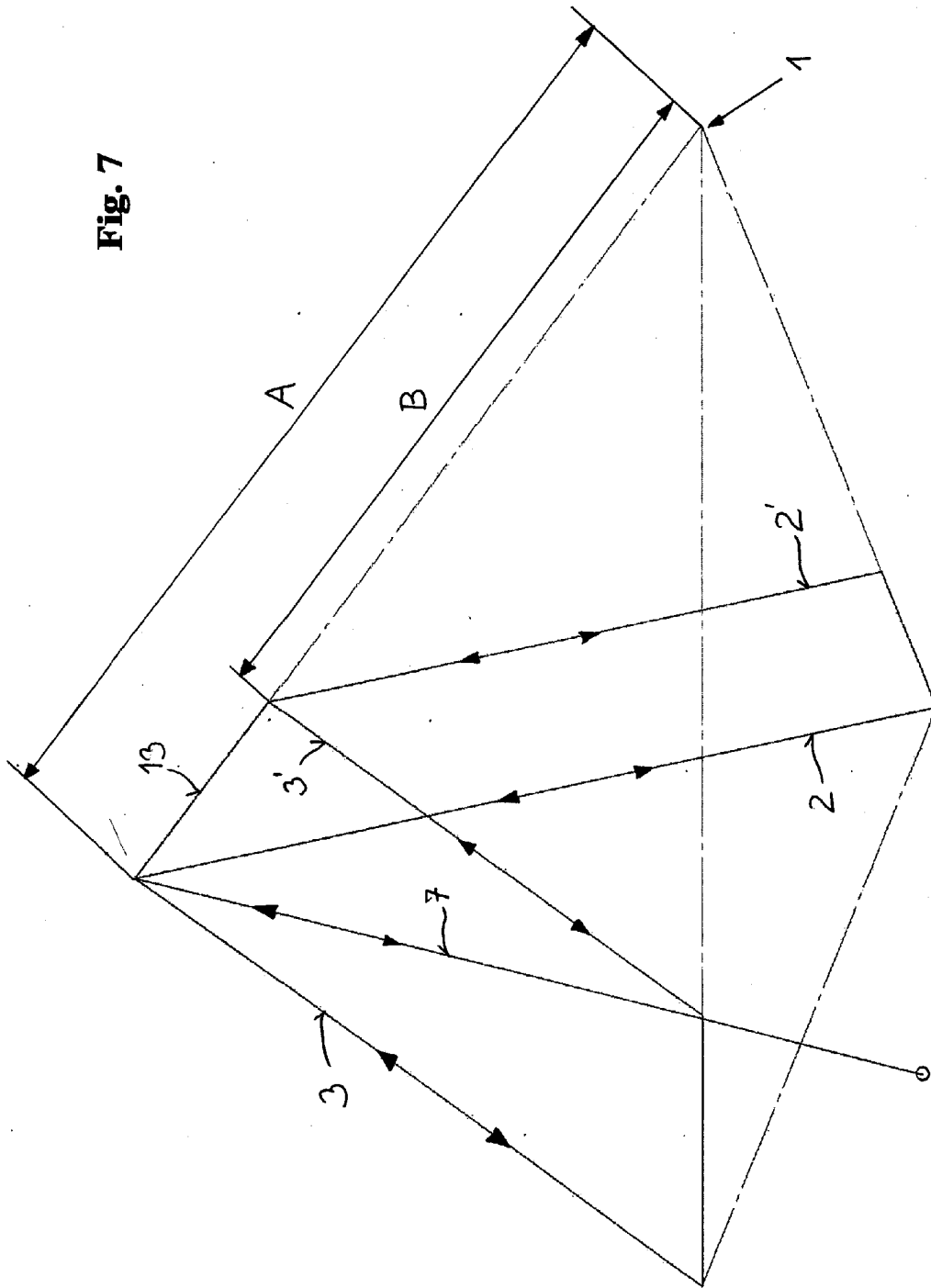


Fig. 8

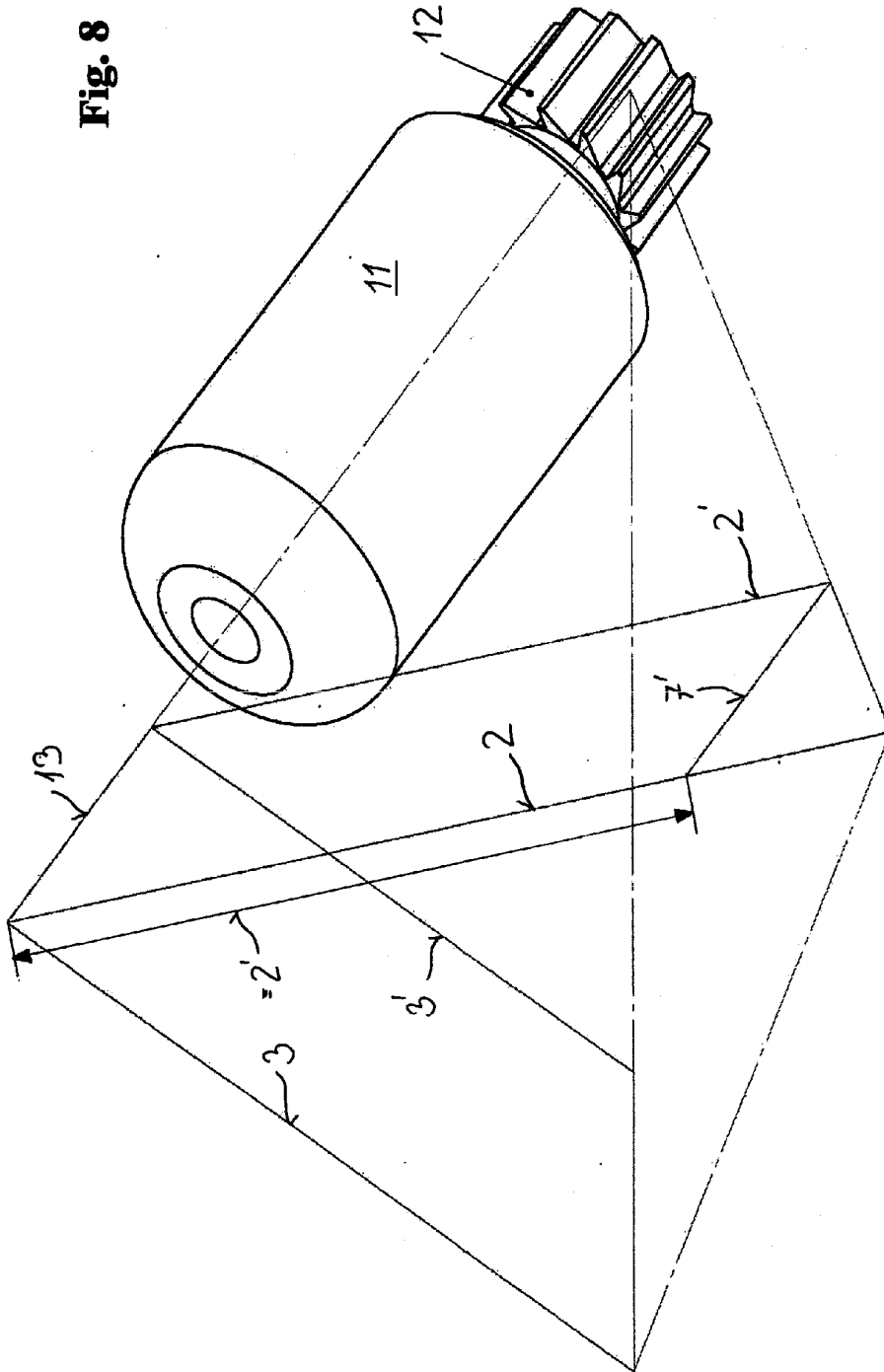


Fig. 9

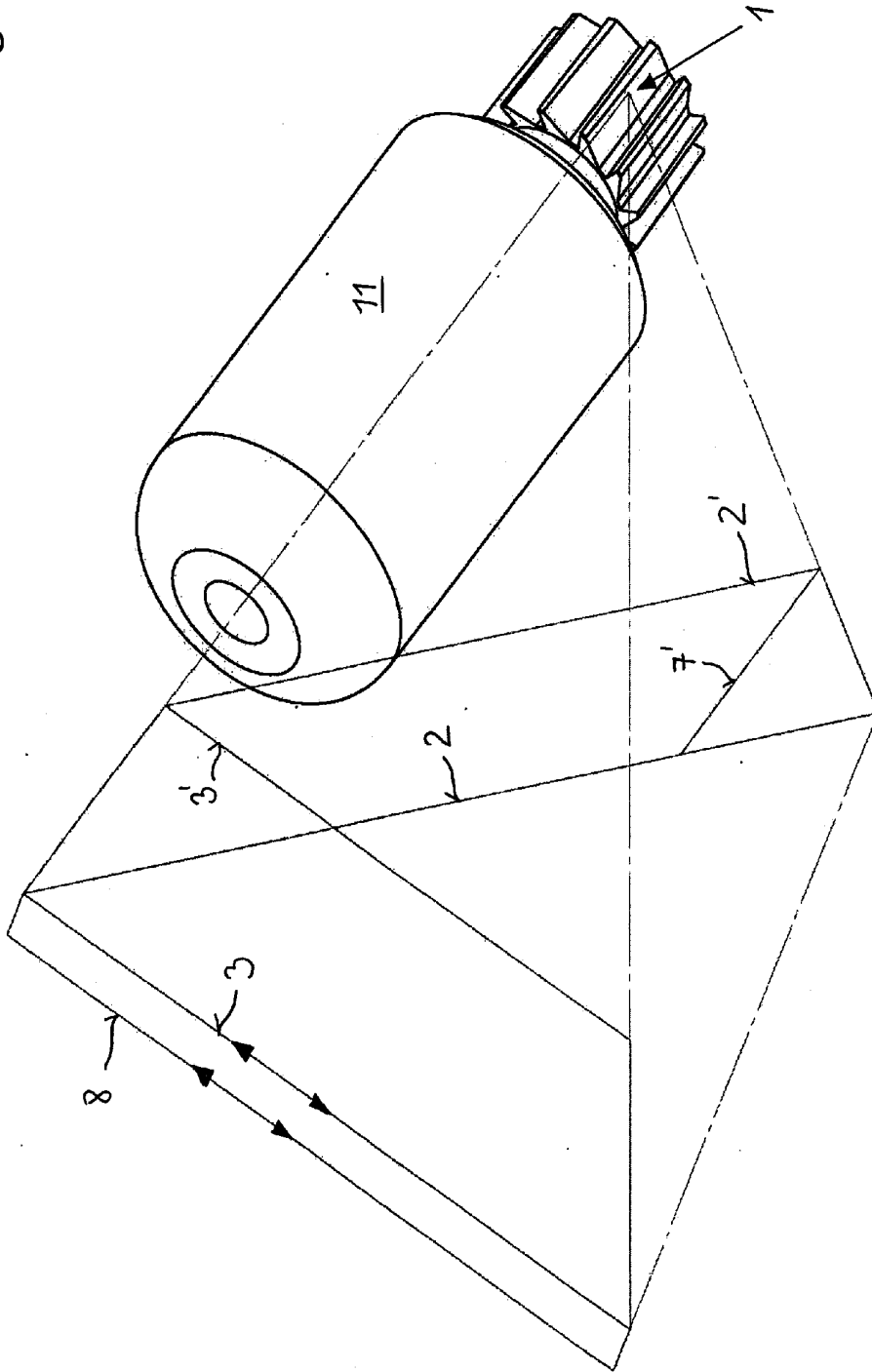


Fig. 10

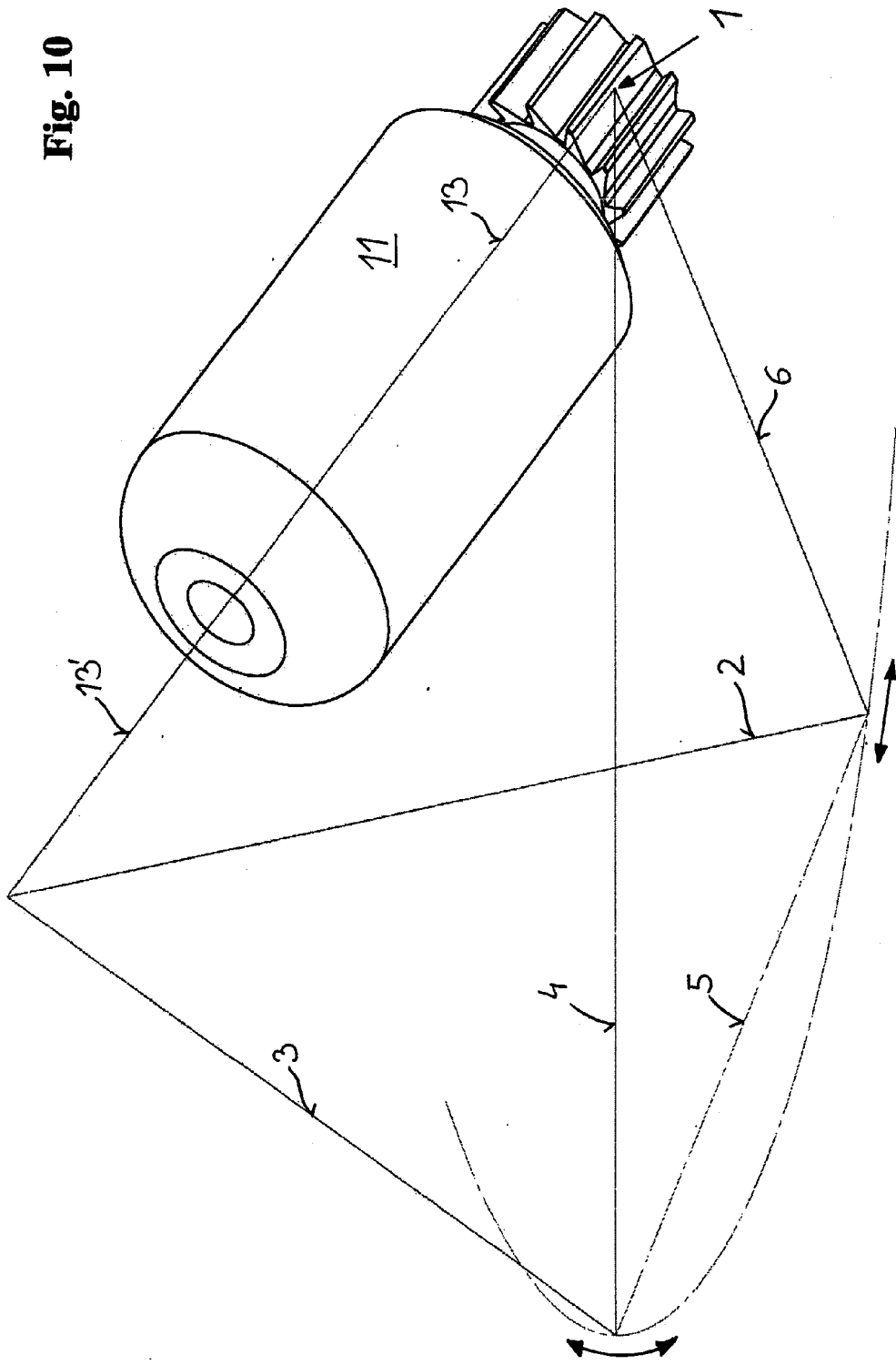


Fig. 11

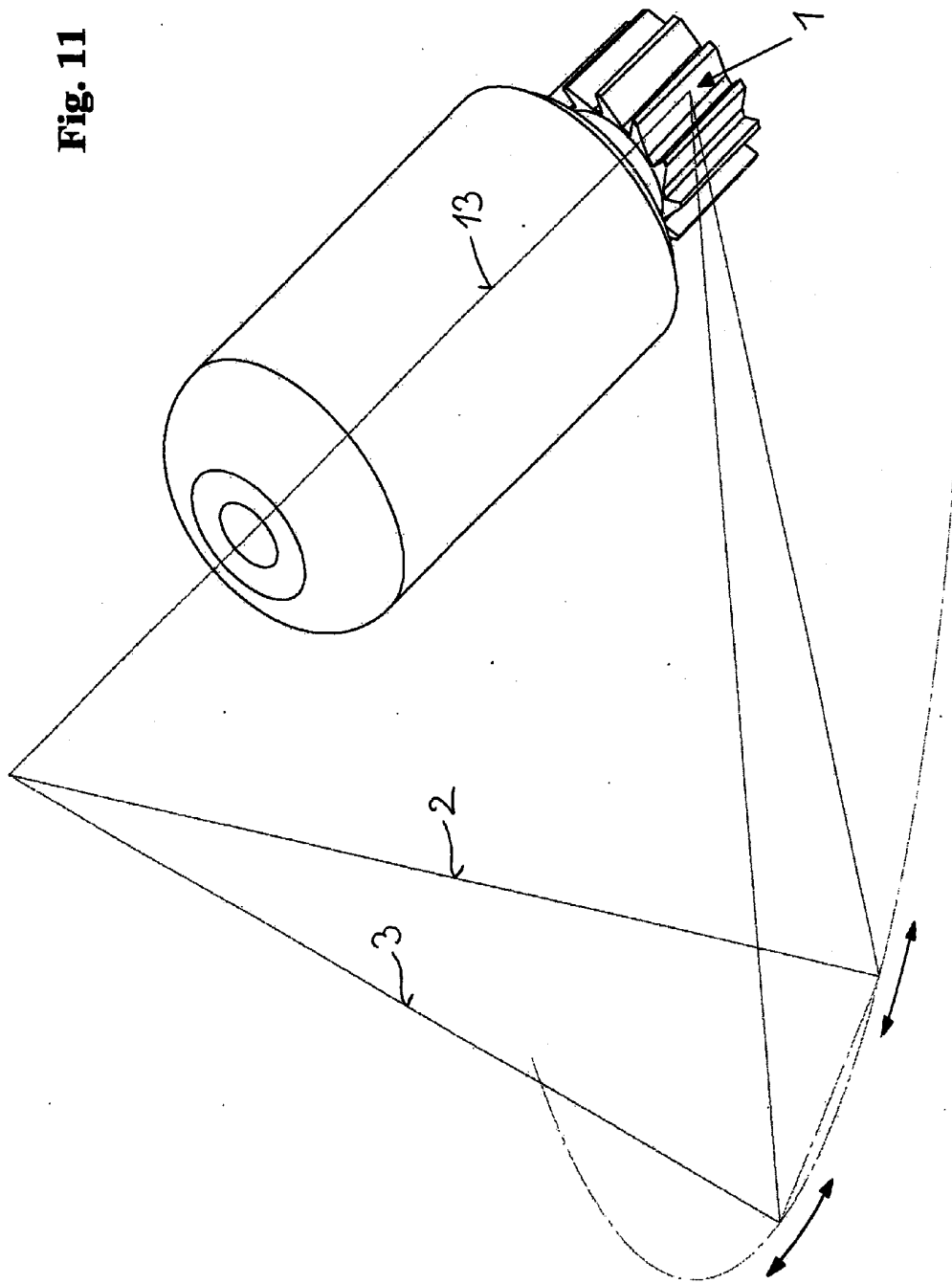


Fig. 12

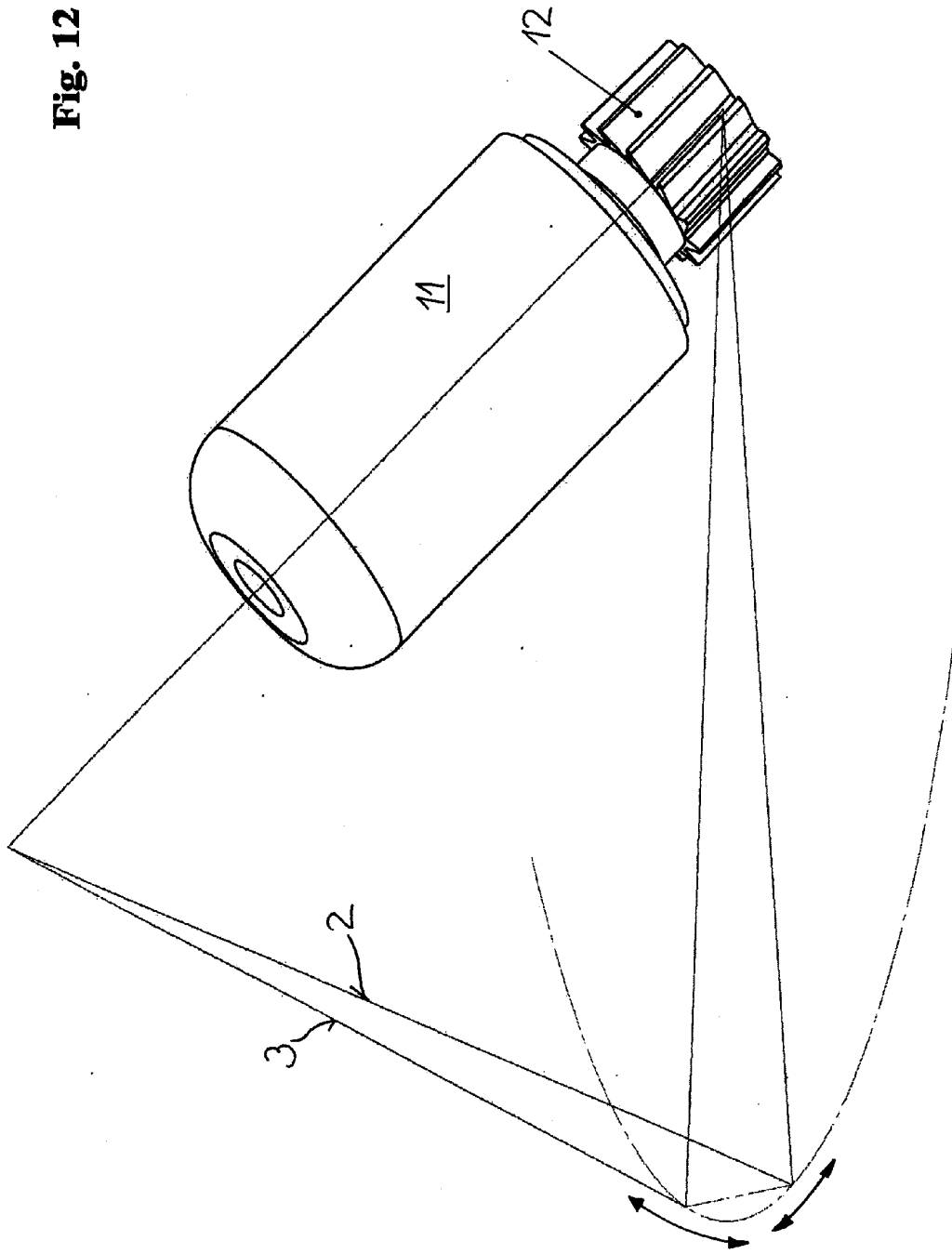


Fig. 14

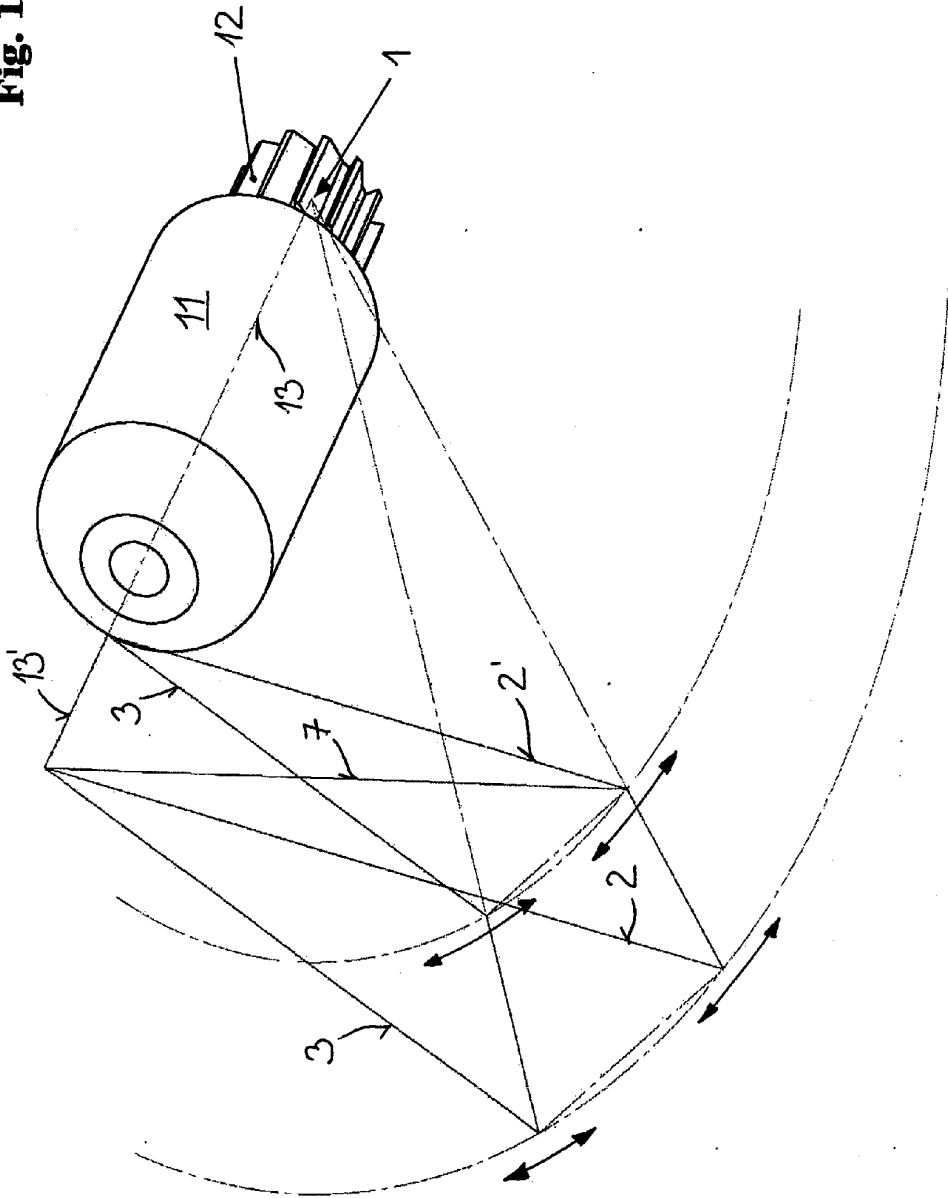
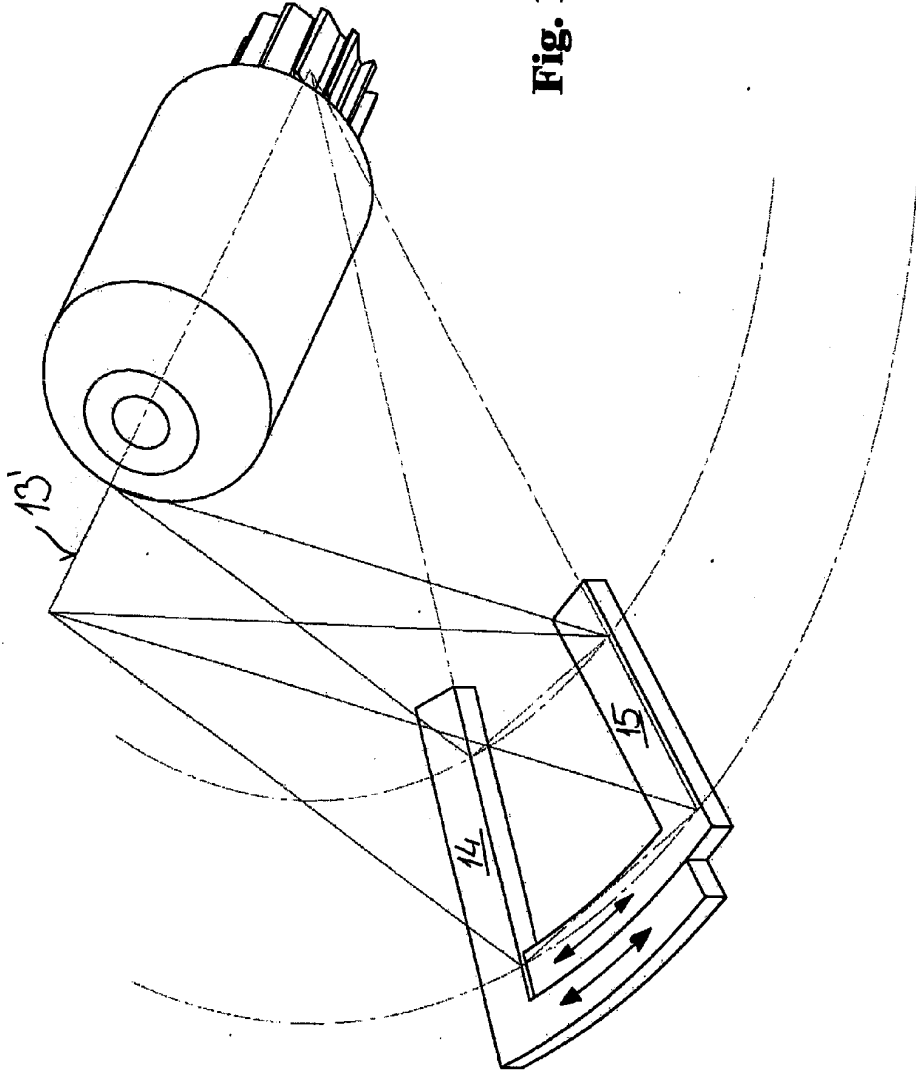


Fig. 15



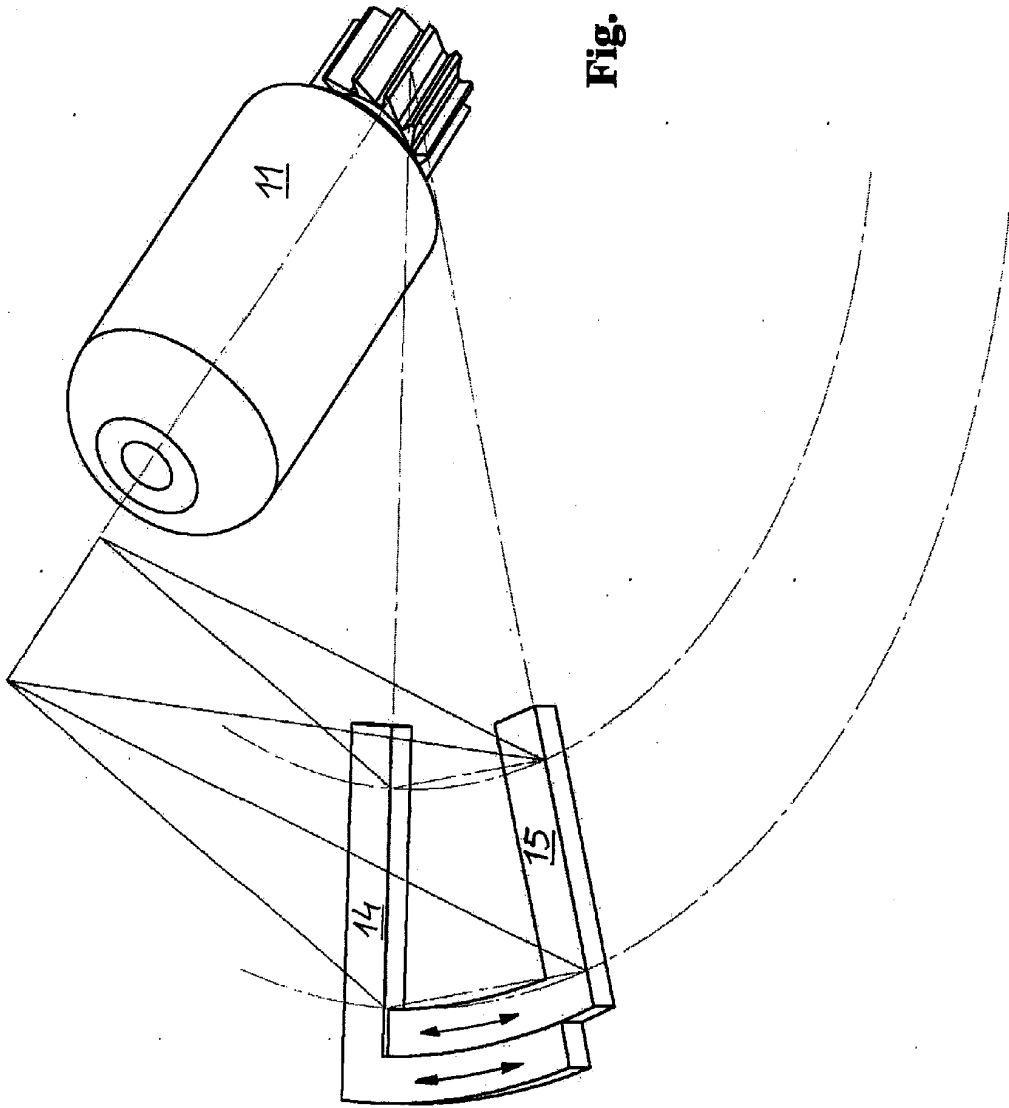


Fig. 16

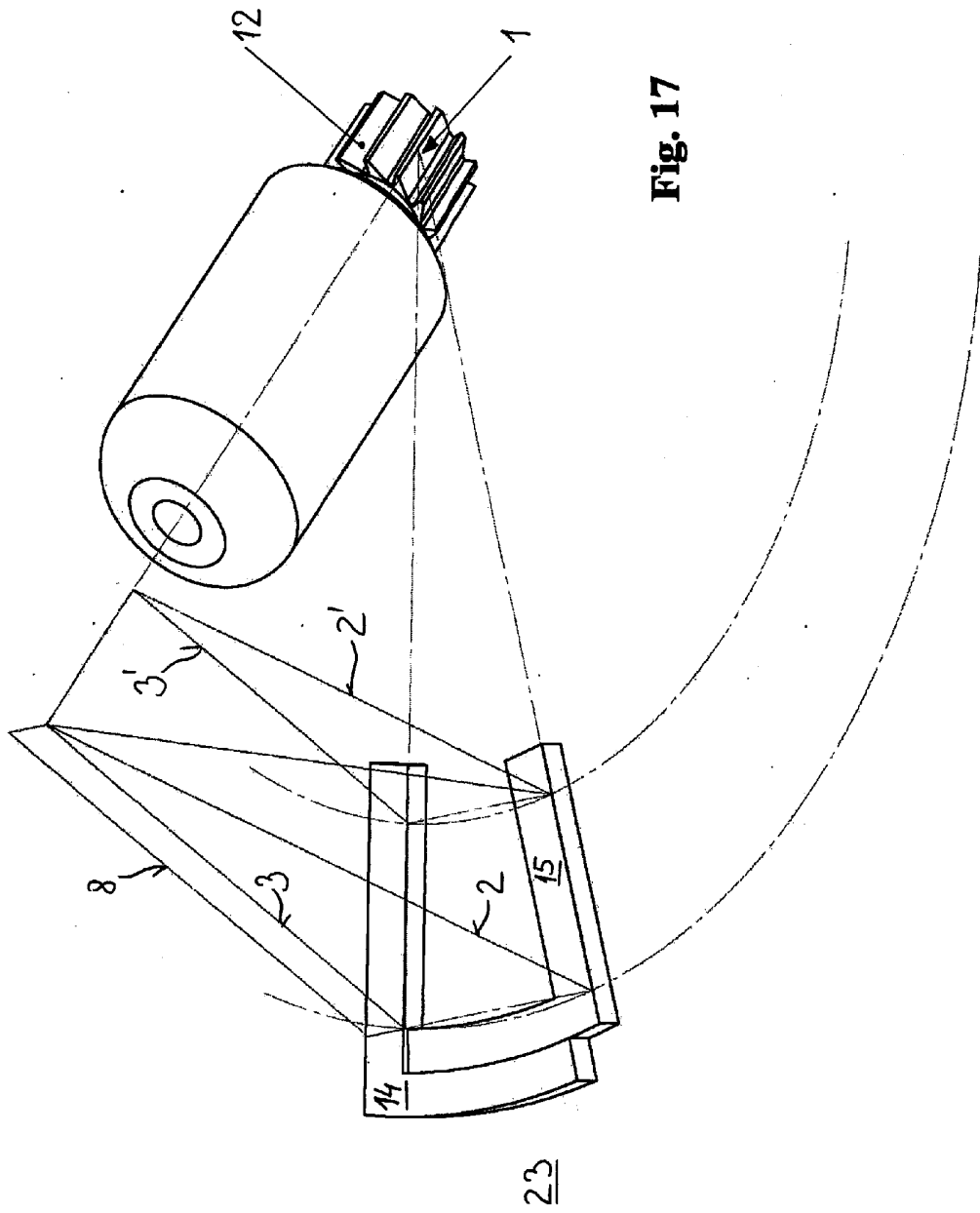


Fig. 17

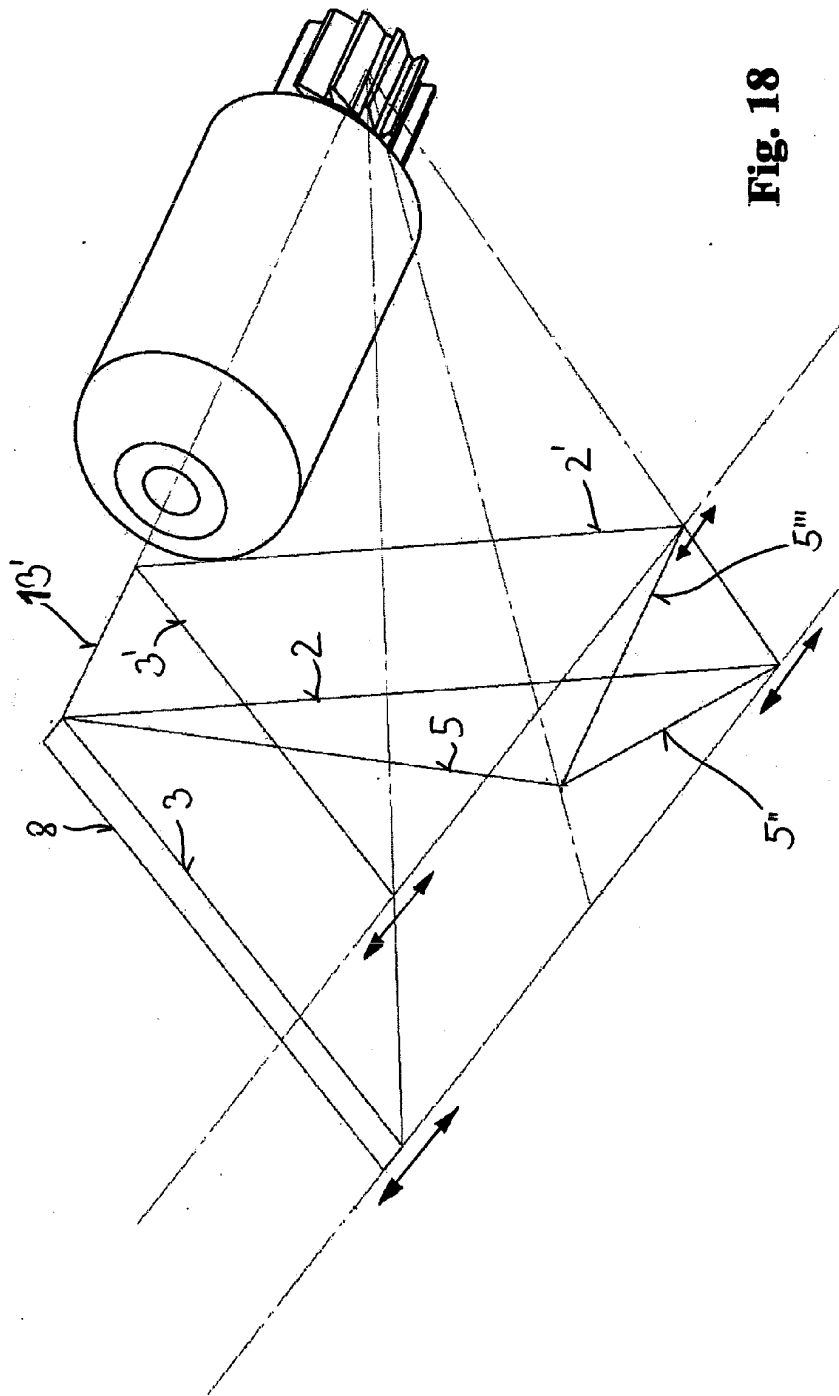
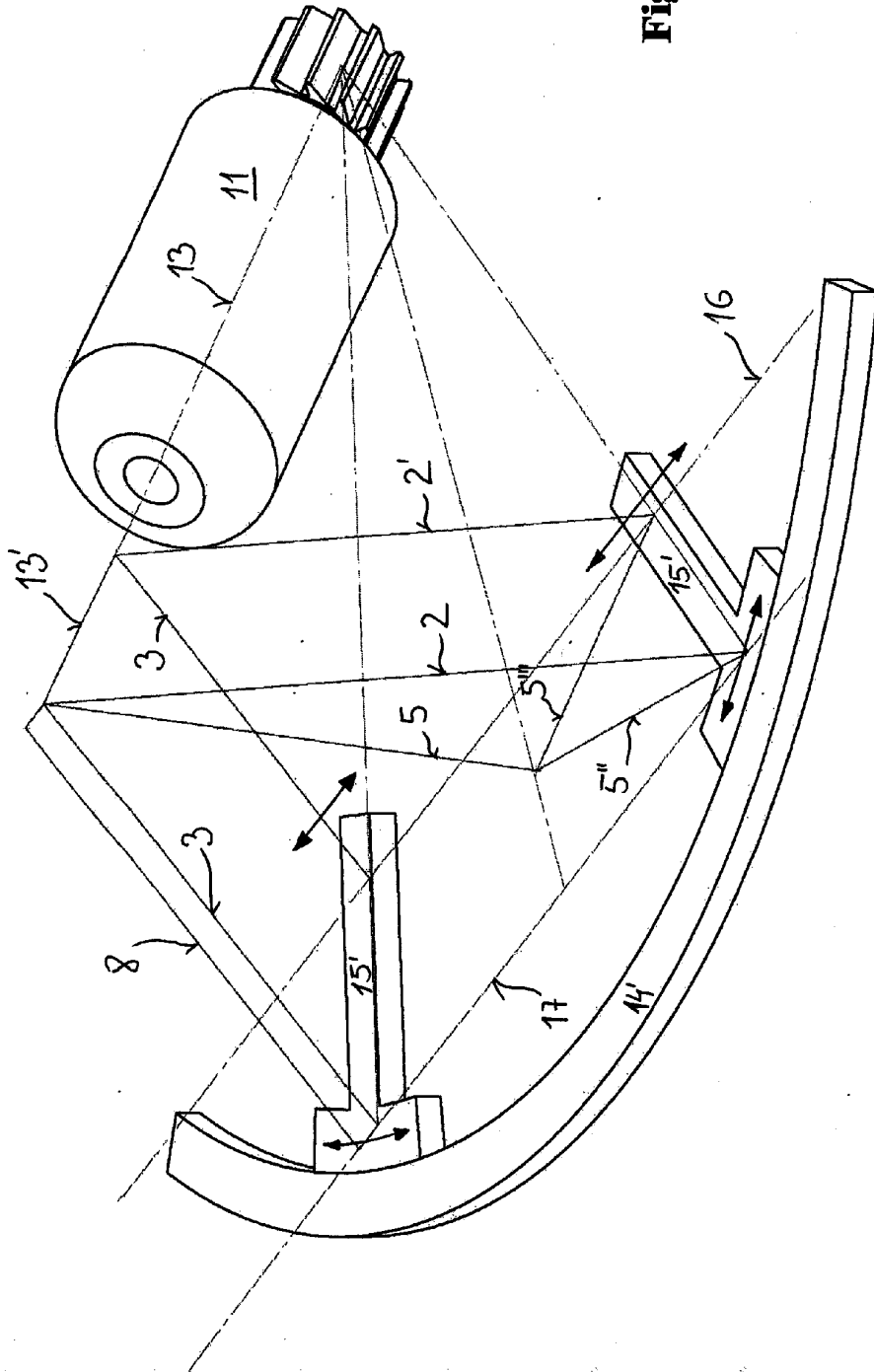


Fig. 18

Fig. 19



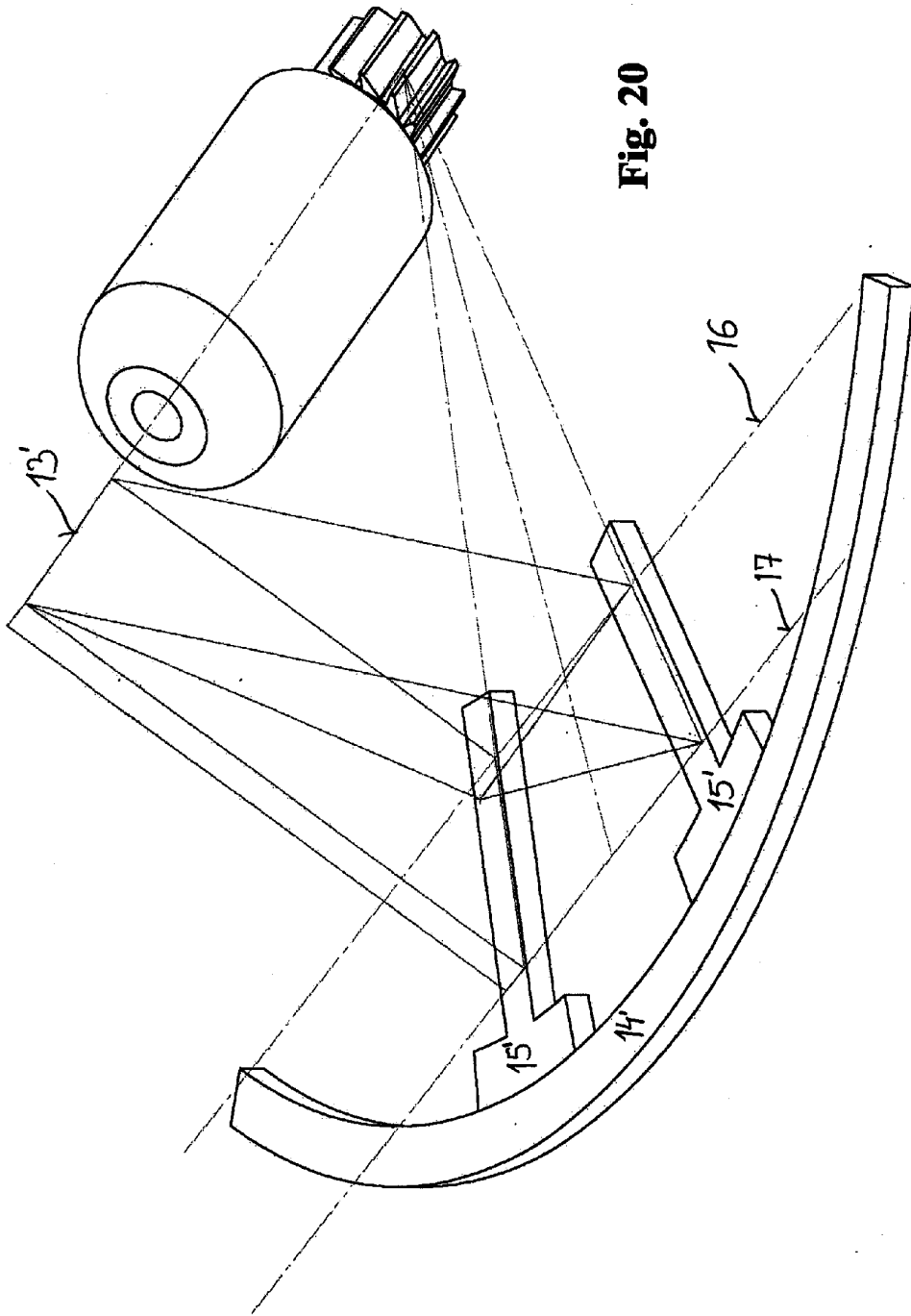


Fig. 20

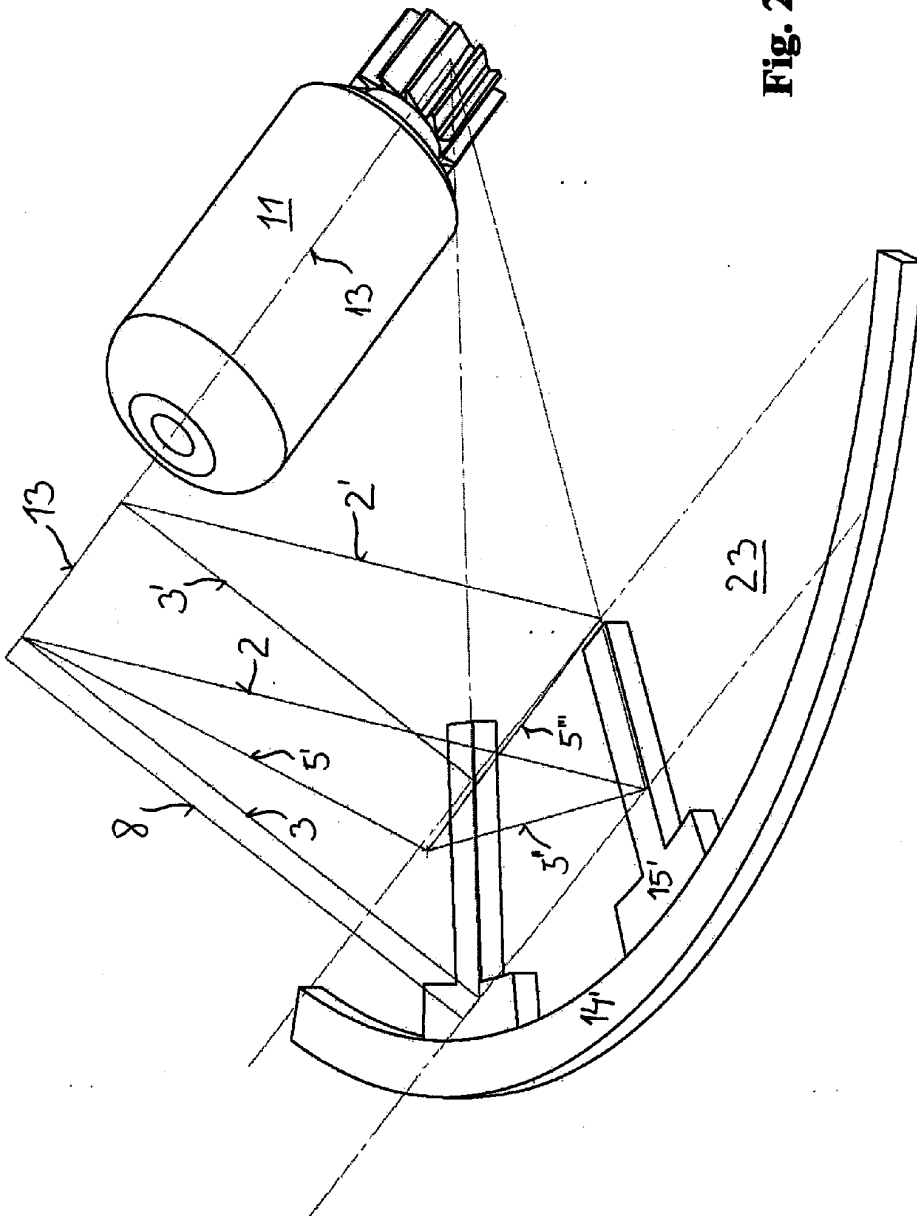
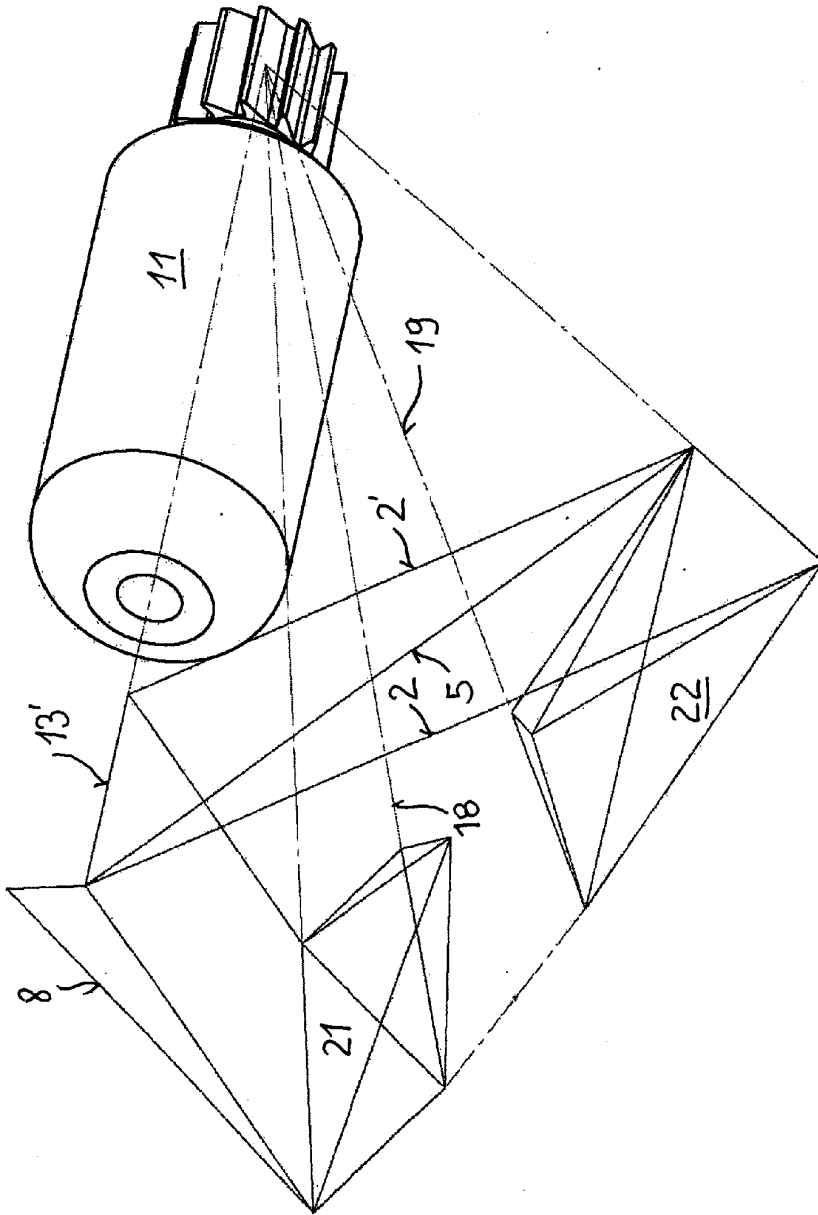


Fig. 21

Fig. 23



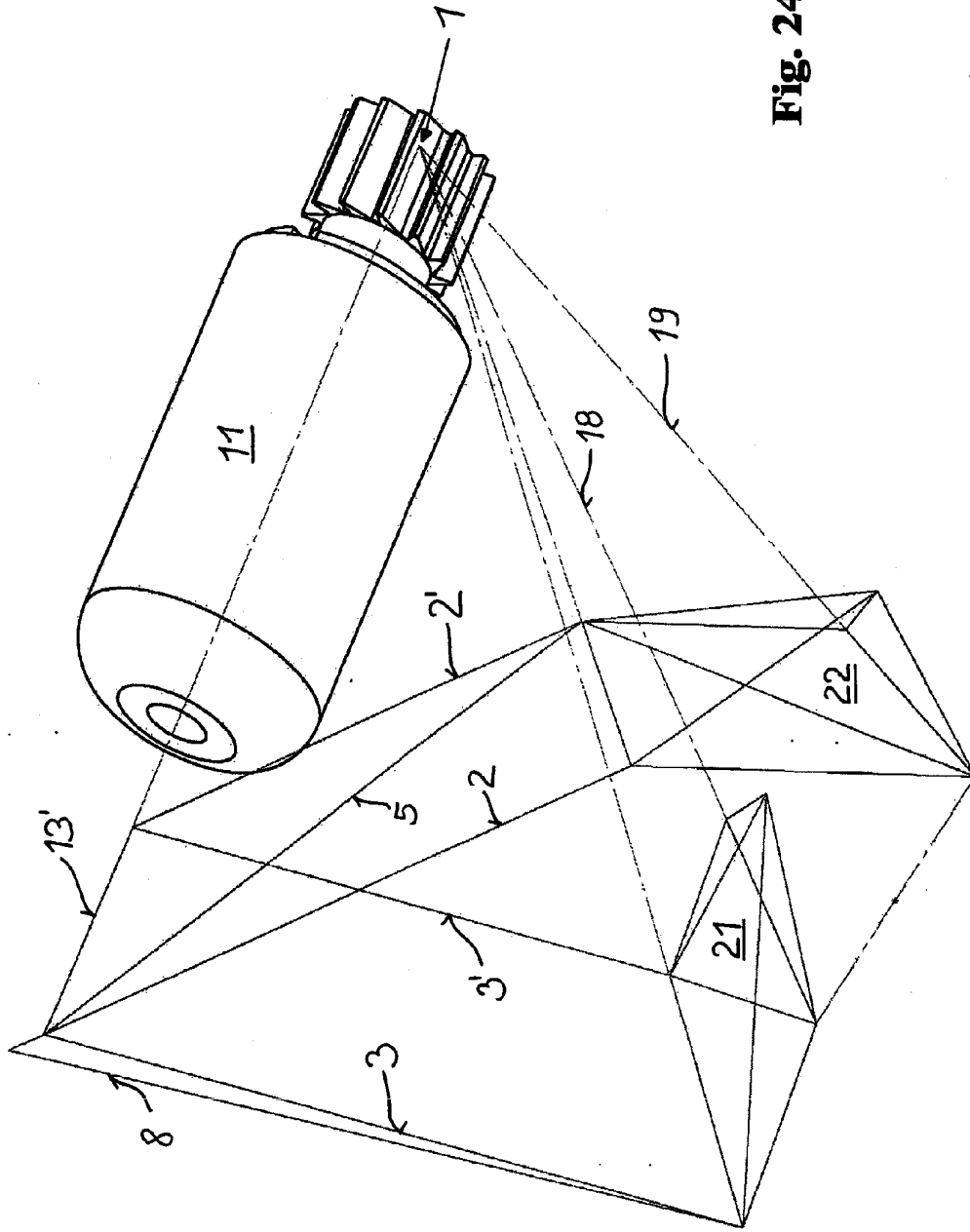
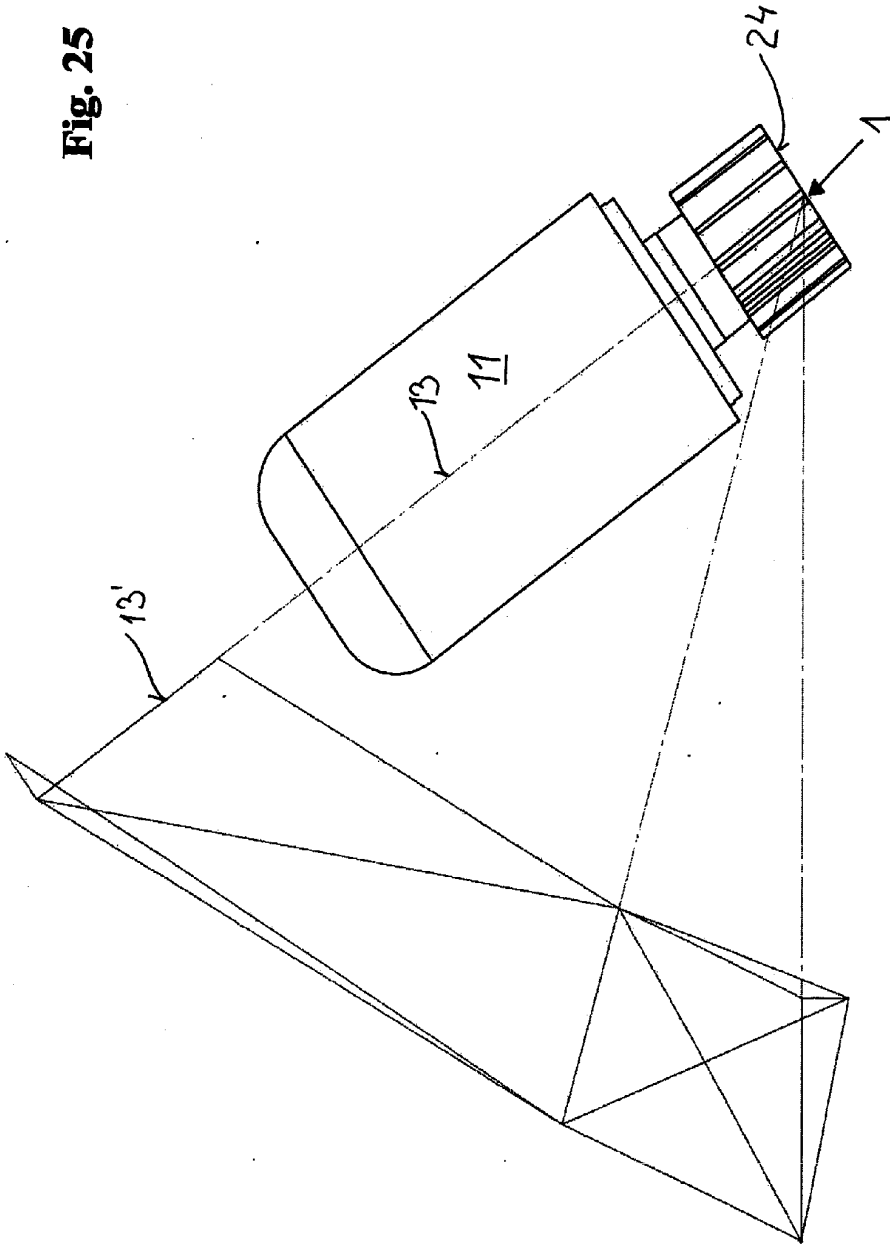


Fig. 24

Fig. 25



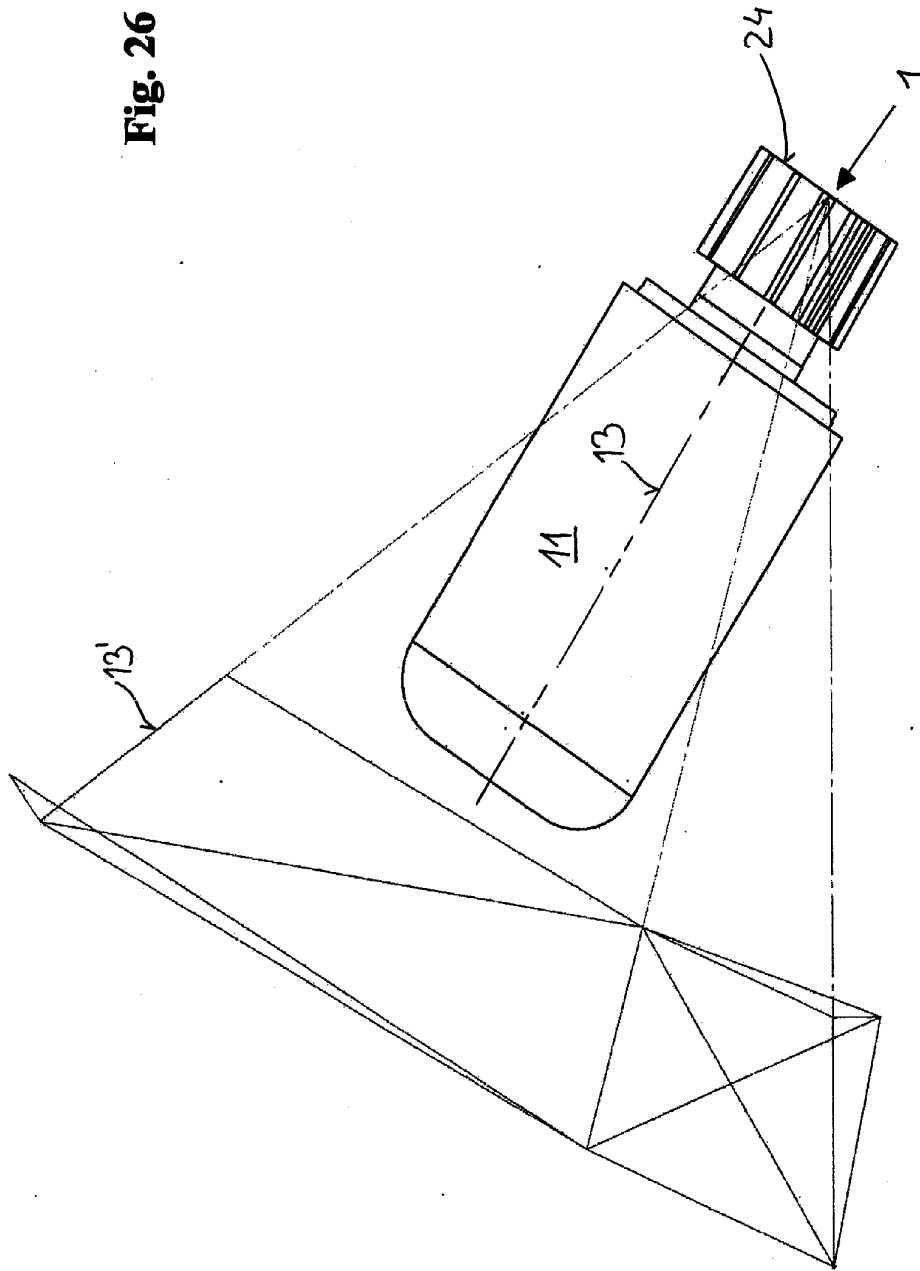


Fig. 26