

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 1011/2010
(22) Anmeldetag: 18.06.2010
(45) Veröffentlicht am: 15.11.2012

(51) Int. Cl. : **G01B 11/27** (2006.01)

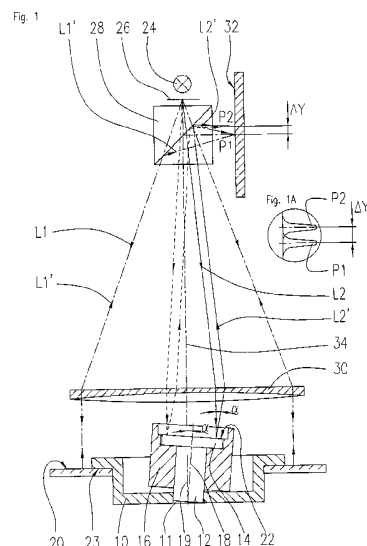
(56) Entgegenhaltungen:
SU 1269026 A1 SU 518731 A

(73) Patentinhaber:
MINEBEA CO., LTD.
4106-73 KITASAKU-GUN (JP)

(72) Erfinder:
ARNOLD MARTIN
WURMLINGEN (DE)
MATTES ELMAR
DURCHHAUSEN (DE)

(54) **VERFAHREN ZUR VERMESSUNG DER AUSRICHTUNG EINER WELLE IN BEZUG AUF EINE REFERENZFLÄCHE**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Vermessung der Ausrichtung der Rotationsachse (18) einer Welle (12) in Bezug auf eine Senkrechte (19) zu einer Referenzfläche (20, 20') eines mit der Welle (12) verbundenen Rotorbauteils (10), wobei die Welle (12) eine Messfläche (22) aufweist oder mit einer Messfläche (22') versehen wird, die senkrecht zur Rotationsachse (18) der Welle (12) angeordnet ist, wobei mittels eines Autokollimators ein Kippwinkel α zwischen der Rotationsachse (18) und der Senkrechten (19) ermittelt wird, gekennzeichnet durch die Schritte: Anordnen des Rotorbauteils (10) im Messaufbau, Ausrichten des Rotorbauteils (10) mit einer Auflagefläche (23) an der Referenzfläche (20) oder Ausbilden der Referenzfläche (20') derart, dass Teile der Referenzfläche (20, 20') und der Messfläche (22, 22') der Welle im Strahlengang (L1, L2) des Autokollimators angeordnet sind, Messen der Verkippung der Messfläche (22, 22') der Welle (12) in Bezug auf die Referenzfläche (20, 20') durch Auswertung eines Autokollimationsbildes (P1, P2) auf einer Bildebene (32).



Beschreibung

VERFAHREN ZUR VERMESSUNG DER AUSRICHTUNG EINER WELLE IN BEZUG AUF EINE REFERENZFLÄCHE

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Vermessung der Ausrichtung der Rotationsachse einer Welle in Bezug auf eine Referenzfläche nach dem Oberbegriff des Anspruch 1

STAND DER TECHNIK

[0002] Bei der Herstellung von rotierenden Teilen, beispielsweise für Elektromotoren, besteht das Problem, den Rotor, also die Nabe, coaxial zur Welle zu montieren. Hierbei soll die Rotationsachse der Welle mit der Rotationsachse der Nabe übereinstimmen, damit das Rotorbauteil möglichst keinen Schlag aufweist.

[0003] Es ist bekannt, den Rundlauf von Rotoren mittels einer Vorrichtung mit berührenden Tastnadeln und manueller oder automatischer Drehung des Rotors zu messen. Insbesondere bei miniaturisierten Spindelmotoren kann es vorkommen, dass die Toleranzen der Messkette des gesamten Messaufbaus größer sind, als die erlaubten Toleranzen der zu vermessenden Teile. Die Erfassung von genauen Messdaten ist daher oftmals von der Bedienperson abhängig und nicht objektiv zu beurteilen. Absolute Messungen, die eine quantitative Aussage über die Montage von Welle und Nabe liefern würden, sind nicht möglich. Ein Nachjustieren der Vorrichtung zur Verbindung von Welle und Nabe aufgrund der Messwerte ist ebenfalls nicht möglich.

[0004] Die SU 1 269 026 A1 betrifft eine Einrichtung, um die Schwankung der Drehgeschwindigkeit zu messen. Die SU 518 731 A offenbart eine Vorrichtung, um Drehgeschwindigkeitsabweichungen in Bandaufzeichnungsgeräten zu messen.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

[0005] Es war daher die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Vermessung der Ausrichtung der Rotationsachse einer Welle in Bezug auf eine Referenzfläche anzugeben, das genaue reproduzierbare Messungen bei geringem Zeitaufwand erlaubt.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0007] Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung und weitere vorteilhafte Merkmale sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0008] Das erfindungsgemäße Verfahren beschreibt eine Vermessung der Ausrichtung der Rotationsachse einer Welle in Bezug auf eine Senkrechte zu einer Referenzfläche eines mit der Welle verbundenen Rotorbauteils. Die Welle weist eine Messfläche auf oder wird mit einer Messfläche versehen, die senkrecht zur Rotationsachse der Welle angeordnet ist.

[0009] Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass zur Vermessung der Ausrichtung der Rotationsachse der Welle in Bezug auf die Referenzfläche ein optischer Autokollimator verwendet wird. Ein mit der Welle verbundenes Rotorbauteil wird an der Referenzfläche ausgerichtet, so dass mit dem erfindungsgemäßen Verfahren eine Verkippung der Rotationsachse der Welle in Bezug auf eine Rotationsachse des Rotorbauteils ermittelt werden kann.

[0010] Ein Autokollimator ist ein Messgerät, das einen Kollimator und ein Fernrohr in sich vereint. Sowohl eine von einer Lichtquelle erzeugte Blendenebene als auch eine Bildebene befinden sich in der Brennebene eines Autokollimator-Objektivs. Der Autokollimator projiziert das Bild der Blendenebene im parallelen Strahlengang (kollimiertes Licht) auf eine reflektierende Messfläche, beispielsweise einen Spiegel, die das Lichtbündel wieder in den Autokollimator zurückreflektiert. Hierdurch entsteht das Autokollimationsbild, das mittels eines halbdurchlässigen Spiegels/Prismas auf die Bildebene projiziert wird. Oftmals werden in der Blendenebene

Kreuzschlitzblenden angeordnet, die ein kreuzförmiges Autokollimationsbild liefern. Liegt die reflektierende Messfläche exakt senkrecht zur optischen Achse des Autokollimators, wird das Strahlenbündel in sich zurückgeworfen. Ist die reflektierende Messfläche um einen Winkel α im Bezug auf die optische Achse gekippt, fallen die reflektierten Strahlen schräg in das Objektiv ein und werden auf der Bildebene mit einem entsprechenden Versatz dargestellt. Der Versatz des Autokollimationsbildes in der Bildebene ist ein Maß für die Änderung der Winkellage der reflektierenden Messfläche in Bezug auf die optische Achse des Autokollimators.

[0011] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird das Rotorbauteil an der reflektierenden Referenzfläche angeordnet oder weist selbst eine reflektierende Referenzfläche auf. Die Referenzfläche kann senkrecht zur optischen Achse des Autokollimators ausgerichtet sein. Vorzugsweise wird dadurch auch das Rotorbauteil in Bezug auf die Referenzfläche so ausgerichtet, dass die Senkrechte der Referenzfläche parallel zur Rotationsachse des Rotorbauteils ausgerichtet ist. Die zu vermessenden Teile müssen so ausgerichtet sein, dass sowohl die Referenzfläche als auch die Messfläche der Welle zumindest partiell im Strahlengang des Autokollimators angeordnet sind. Nun kann die Verkippung der Messfläche der Welle in Bezug auf die Referenzfläche durch Autokollimation ermittelt und auf der Bildebene dargestellt werden. Diese Verkippung kann entweder frei Auge ausgewertet werden oder aber in der Bildebene kann ein optischer Sensor angeordnet werden, der das Autokollimationsbild erfasst und die erfassten Daten an eine Auswerteeinrichtung weiterleitet. In der Auswerteeinrichtung kann anhand des optischen Versatzes des Autokollimationsbildes die Verkippung der Messfläche in Bezug auf die Referenzfläche berechnet werden.

[0012] Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung wird als Referenzfläche eine reflektierende Fläche verwendet, an welcher das Rotorbauteil lagerichtig ausgerichtet wird. Bevorzugt wird als Referenzfläche ein Planspiegel verwendet, beispielsweise eine magnetische Speicherplatte, auf die das zu vermessende Rotorbauteil mit einer Auflagefläche aufgelegt wird. Bei einem Rotorbauteil, wie es z.B. im Festplattenlaufwerk verwendet wird, kann dies eine Diskauflagefläche für die Speicherplatten sein. Alternativ kann als reflektierende Referenzfläche eine entsprechend reflektierende Fläche des Rotorbauteils selbst verwendet werden, etwa die der Diskauflage gegenüber liegende Seite des Rotorbauteils.

[0013] Die Messfläche kann eine reflektierende Stirnfläche der Welle sein, die entsprechend senkrecht zur Wellenachse geschliffen ist. Sofern die Welle keine reflektierende Fläche aufweist, kann als Messfläche ein auf die Stirnseite der Welle aufgebrachtes reflektierendes Element, beispielsweise ein Planspiegel, verwendet werden. Auch andere reflektierende Elemente, wie z.B. Prismen, sind als Referenzfläche verwendbar. Diese werden durch geeignete Maßnahmen mit der Welle verbunden und senkrecht zu deren Rotationsachse ausgerichtet.

[0014] Das erfindungsgemäße Verfahren beruht darauf, das mit der Welle verbundene Rotorbauteil auf eine reflektierende Referenzfläche aufzulegen bzw. das Rotorbauteil selbst als reflektierende Referenzfläche zu verwenden. Die Referenzfläche wird dabei vorzugsweise senkrecht zur optischen Achse des Autokollimationsfernrohrs justiert. Eine Verkippung der Referenzfläche zu dieser optischen Achse wird durch das Messverfahren direkt erkannt und kann korrigiert werden.

[0015] Nun kann eine Messung erfolgen, wobei eine Verkippung der Rotationsachse der Welle gemessen wird, indem eine Messfläche auf der Welle beleuchtet wird. Die Oberflächengüte einer metallischen gedrehten oder geschliffenen Welle kann ausreichend gut sein, so dass die Welle selbst als reflektierende Messfläche verwendet werden kann. Bei schlechterer Oberflächengüte kann als Messfläche ein Planspiegel verwendet werden, der auf die Stirnfläche der Welle aufgebracht wird.

[0016] Mit dem Autokollimations-Messverfahren kann also eine Verkippung einer in ein Rotorbauteil eingepressten Welle gemessen werden. Mit diesem einfachen Aufbau kann innerhalb von Sekundenbruchteilen ein Rotorbauteil mit eingebrachter Welle auf Verkippung mit einer Genauigkeit im Winkelsekundenbereich geprüft werden.

[0017] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungsfigur näher erläutert. Hierbei ergeben sich weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung.

[0018] Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung

[0019] Figur 1 zeigt schematisch eine Autokollimations-Messvorrichtung zur Vermessung der Verkippung der Rotationsachse einer Welle in Bezug auf die Rotationsachse eines mit der Welle verbundenen Rotorbauteils.

[0020] Figur 2 zeigt die Vorrichtung entsprechend Figur 1, bei der als Referenzfläche eine Oberfläche des Rotorbauteils verwendet wird und als Messfläche ein an der Welle angeordneter Planspiegel.

[0021] Figur 3 zeigt einen Schnitt durch eine Anordnung des Rotorbauteils und der Welle, wobei an der Welle ein Zusatzbauteil in Form eines Prismas befestigt ist, das die Messfläche ausbildet.

[0022] Figur 4 zeigt eine Draufsicht auf die Anordnung gemäß Figur 3.

[0023] Mit Bezug auf Figur 1 erkennt man das Rotorbauteil 10, in Form beispielsweise einer topfförmigen Nabe, welches eine zentrale Öffnung 11 aufweist. In der Öffnung 11 ist eine Welle 12 befestigt, so dass sich ein komplettes Welle-Nabe-Bauteil, beispielsweise als Rotor für einen Spindelmotor, ergibt. Die Welle 12 ist in einer Lagerbohrung einer Lagerbuchse 16 beispielsweise fluiddynamisch gelagert und weist einen Stopperring 14 auf, der ein Herausfallen der Welle 12 aus der Lagerbuchse 16 verhindert. Beim Zusammenbau der Welle 12 mit dem Rotorbauteil 10 ist es wichtig, dass die Rotationsachse 18 der Welle 12 möglichst genau mit der Senkrechten zur Referenzfläche 19 des Rotorbauteils zusammenfällt. Wird die Welle 12 schief in der Öffnung 11 des Rotorbauteils 10 befestigt, so ergibt sich zwischen den beiden Achsen 18, 19 ein Kippwinkel α . Ein solcher Kippwinkel α soll jedoch möglichst vermieden oder minimiert werden, um einen Schlag der magnetischen Speicherplatten z.B. eines Disklaufwerkes zu minimieren. Der maximal zulässige Kippwinkel α darf bei Spindelmotoren zum Antrieb von Festplattenlaufwerken nur einige Winkelsekunden betragen.

[0024] Zur Messung des Kippwinkels α kann das erfindungsgemäße Verfahren eingesetzt werden. Hierbei wird das Rotorbauteil 10 auf eine reflektierende Referenzfläche 20 aufgelegt und so ausgerichtet, dass die Rotationsachse des Rotorbauteils parallel zur Senkrechten 19 an der Referenzfläche 20 verläuft.

[0025] Zur Messung des Winkels α wird ein Autokollimations-Fernrohr verwendet, das eine Reihe von Bauelementen umfasst, die in einem Tubus oder Gehäuse montiert sind. Die Bauelemente sind entlang einer mechanischen und optischen Achse 34 angeordnet. Das Autokollimations-Fernrohr umfasst eine Lichtquelle 24, eine Blende 26, einen Strahlteiler 28 und ein Objektiv 30 sowie eine quer zur optischen Achse angeordnete Bildebene 32. Die Blende 26 sowie die Bildebene 32 sind so angeordnet, dass sie sich beide in der Brennebene des Objektivs 30 befinden. Der Strahlteiler 28 ist als Prisma oder halbdurchlässiger Spiegel ausgebildet und lässt jeweils die Hälfte des ankommenden Lichtes durch und reflektiert die andere Hälfte in einem Winkel von 90° in Richtung der Bildebene 32.

[0026] Das von der Lichtquelle 24 durch die Blende 26 ausgestrahlte Lichtbündel durchläuft den Strahlteiler 28 und wird vom Objektiv 30 als Strahlenbündel L1 in Richtung der Referenzfläche 20 gerichtet. An der Referenzfläche wird das Strahlenbündel L1 reflektiert und gelangt als Strahlenbündel L1' durch das Objektiv 30 zurück zum Strahlteiler, der einen Anteil des Strahlenbündels in Richtung der Bildebene 32 ablenkt und auf einem Bildpunkt P1 abbildet. Es ist vorteilhaft aber nicht unbedingt notwendig, wenn die Senkrechte 19 zu der Referenzfläche 20 parallel zur optischen Achse 34 des Autokollimations-Fernrohrs verläuft. Stimmt die Senkrechte 19 nicht mit der optischen Achse 34 überein, so ist dies aus dem Autokollimationsbild sofort ersichtlich und kann bei der Kalibrierung der Messvorrichtung berücksichtigt werden. Ein weiteres Strahlenbündel L2 gelangt durch die Blende 26 und den Strahlteiler 28 auf die Oberfläche des Stopperrings 14 der Welle 12, die als Messfläche 22 verwendet wird. Wenn die Welle 12

bzw. die Rotationsachse 18 der Welle 12 um einen Kippwinkel α gegenüber der Senkrechten 19 der Referenzfläche 20 verkippt ist, wird das Strahlenbündel L2 von der Messfläche 22 nicht in sich zurückreflektiert, sondern ebenfalls in einem Kippwinkel α reflektiert und gelangt über das Objektiv 30 als Strahlenbündel L2' zum Strahlteiler 28, wo es um 90° umgelenkt und auf einem Bildpunkt P2 abgebildet wird, der sich in einem Abstand ΔY vom Bildpunkt P1 befindet.

[0027] Figur 1a zeigt beispielsweise die Intensitätsverteilung der auf die Bildebene 32 geworfenen Bildpunkte P1 und P2, die aufgrund der Verkipfung um den Winkel α nicht deckungsgleich sind sondern einen entsprechenden Versatz ΔY aufweisen. Der Abstand ΔY der beiden Bildpunkte P1 und P2 ist direkt abhängig vom Kippwinkel α . Hierbei gilt die Beziehung:

[0028] $\alpha = \arctan(\Delta Y/2f) \approx \Delta Y/2f$,

[0029] wobei f die Brennweite des Objektivs 30 darstellt.

[0030] Die Auswertung des Abstands ΔY der beiden Bildpunkte P1 und P2 auf der Bildebene 32 kann manuell, d. h. durch einen Benutzer, erfolgen, der den Wert ΔY beispielsweise an einem an der Bildebene angeordneten Maßstab abliest. In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird die Bildebene 32 durch einen Sensor, beispielsweise einen CCD Bildsensor, gebildet. Die Ausgangssignale des Bildsensors können von einer Auswerteeinrichtung erfasst und der Abstand ΔY automatisch ermittelt werden. Daraus lässt sich dann in der Auswerteeinrichtung anhand der oben stehenden Beziehung der Winkel α der Verkipfung der Rotationsachse der Welle in Bezug auf die Rotationsachse des Rotorelementes berechnen und an den Benutzer ausgeben.

[0031] Mit diesem absoluten Messwert des Winkels α lässt sich der Herstellungsprozess bzw. Verbindungsprozess zwischen der Welle und dem Rotorbauteil korrigieren, so dass eine Verkipfung der Welle in Bezug auf die Achse des Rotorbauteils auf einen tolerierbaren Wert reduziert werden kann. Die Messung des Verkipfungswinkels kann sehr schnell und kostengünstig durchgeführt werden, so dass das Verfahren auch zur Vermessung einer größeren Menge an Bauteilen in kurzer Zeit geeignet ist.

[0032] Figur 2 zeigt die Vorrichtung aus Figur 1, wobei gleiche Bauteile mit denselben Bezugszeichen bezeichnet sind. Es gilt daher allgemein die Beschreibung von Figur 1.

[0033] Im Unterschied zu Figur 1 wird beim Messaufbau gemäß Figur 2 als Referenzfläche 20' eine plane Oberfläche des Rotorbauteils 10 verwendet. Die Referenzfläche 20' am Rotorbauteil ist so bearbeitet, dass sie möglichst senkrecht zur Rotationsachse des Rotorbauteils 10 verläuft.

[0034] Als Messfläche 22' wird ein reflektierendes Bauteil, beispielsweise ein Planspiegel 36, verwendet, der senkrecht zur Rotationsachse 18 der Welle 12 auf die Stirnseite der Welle 12 bzw. des Stopperrings 14 aufgelegt wird.

[0035] Figur 3 zeigt einen Schnitt durch eine Anordnung des Rotorbauteils 10 und der im Rotorbauteil befestigten Welle 12, entsprechend des in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiels. Eine Lagerbuchse 16 ist nicht dargestellt. Figur 4 zeigt eine Aufsicht auf die Anordnung.

[0036] An der Welle 12 ist ein Zusatzbauteil 38, beispielsweise in Form eines Prismas, befestigt. Das Zusatzbauteil 38 muss sehr genau gefertigt und an der Welle ausgerichtet werden, so dass dessen obere Stirnfläche, die als Messfläche 22" verwendet wird, mit hoher Genauigkeit senkrecht zur Rotationsachse 18 der Welle 12 verläuft. Die Messung des Kippwinkels α wird nun mit Hilfe der am Zusatzbauteil 38 angeordneten Messfläche 22" durchgeführt, wie es mit Bezug auf Figur 1 beschrieben ist.

LISTE DER BEZUGSZEICHEN

10	Rotorbauteil
11	Öffnung
12	Welle
14	Stopperring
16	Lagerbuchse
18	Rotationsachse (Welle)
19	Senkrechte zur Referenzfläche
20, 20'	Referenzfläche
22, 22', 22"	Messfläche
23	Auflagefläche
24	Lichtquelle
26	Blende
28	Strahlteiler
30	Objektiv
32	Bildebene
34	Optische Achse
36	Planspiegel
38	Zusatzbauteil mit senkrecht auf die Fläche stehender und reflektierender Stirnseite
L1	Lichtbündel (Referenzfläche)
L1'	Lichtbündel reflektiert (Referenzfläche)
L2	Lichtbündel (Messfläche)
L2'	Lichtbündel reflektiert (Messfläche)
P1	Bild von Referenzfläche
P2	Bild von Messfläche
α	Kippwinkel
ΔY	Abstand

Patentansprüche

1. Verfahren zur Vermessung der Ausrichtung der Rotationsachse (18) einer Welle (12) in Bezug auf eine Senkrechte (19) zu einer Referenzfläche (20, 20') eines mit der Welle (12) verbundenen Rotorbauteils (10), wobei die Welle (12) eine Messfläche (22) aufweist oder mit einer Messfläche (22') versehen wird, die senkrecht zur Rotationsachse (18) der Welle (12) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels eines Autokollimators ein Kippwinkel α zwischen der Rotationsachse (18) und der Senkrechten (19) ermittelt wird, umfassend die Schritte:
Anordnen des Rotorbauteils (10) im Messaufbau,
Ausrichten des Rotorbauteils (10) mit einer Auflagefläche (23) an der Referenzfläche (20) oder Ausbilden der Referenzfläche (20') derart, dass Teile der Referenzfläche (20, 20') und der Messfläche (22, 22') der Welle im Strahlengang (L1, L2) des Autokollimators angeordnet sind,
Messen der Verkipfung der Messfläche (22, 22') der Welle (12) in Bezug auf die Referenzfläche (20, 20') durch Auswertung eines Autokollimationsbildes (P1, P2) auf einer Bildebene (32).
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Referenzfläche (20, 20') vorzugsweise senkrecht zur optischen Achse (34) des Autokollimators angeordnet wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Referenzfläche (20) eine reflektierende Fläche verwendet wird, an welcher das Rotorbauteil (10) lagerichtig ausgerichtet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Referenzfläche (20') eine reflektierende Fläche des Rotorbauteils (10) verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Messfläche (22) eine reflektierende Fläche der Welle verwendet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Messfläche (22') ein auf die Stirnseite der Welle (12) aufgebrachtes reflektierendes Element (36) verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Messfläche die Messfläche (22") eines an der Wellenoberfläche ausgerichteten Adapters (z.B. Prisma) verwendet wird.
8. Verwendung des Verfahrens gemäß den Ansprüchen 1 bis 7 zur Vermessung von Welle-Nabe-Verbindungen von Spindelmotoren.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

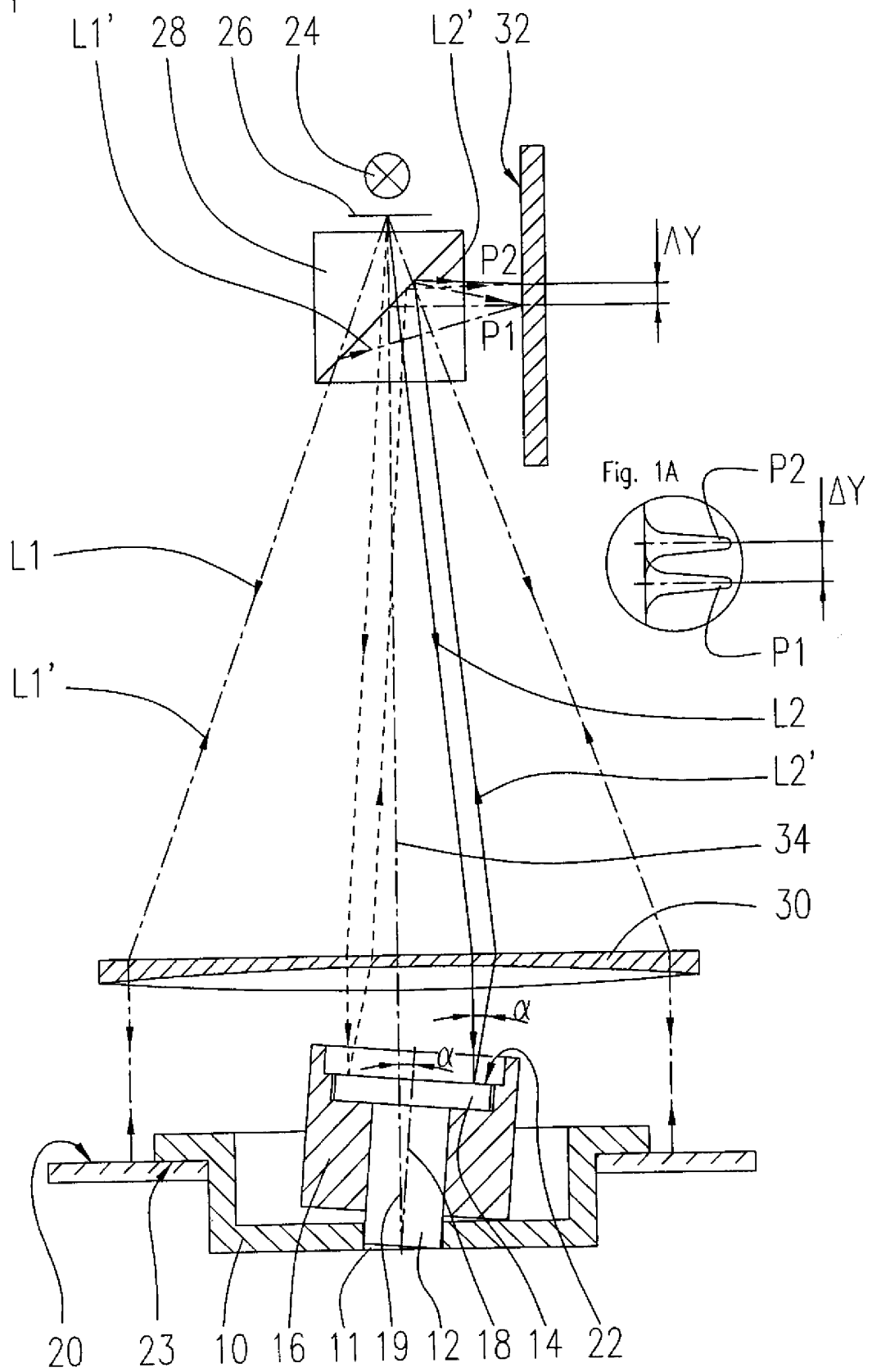


Fig. 2

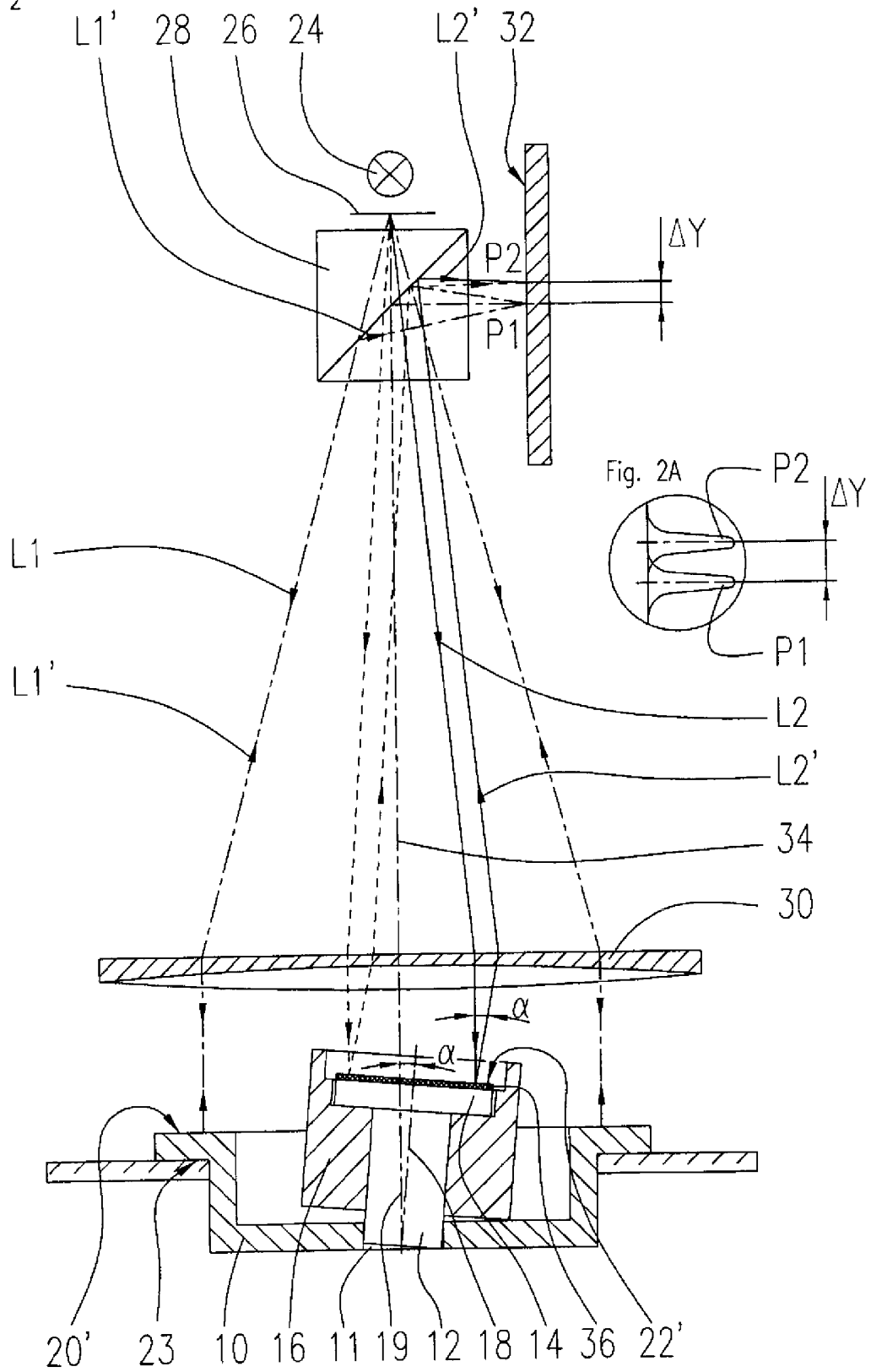


Fig. 3
 A-A

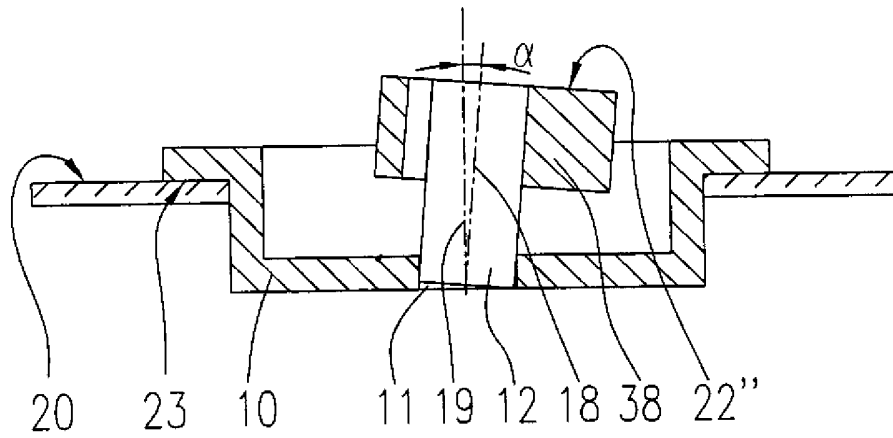


Fig. 4

