



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 1 253 316 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**30.10.2002 Patentblatt 2002/44**

(51) Int Cl.7: **F02P 23/04**

(21) Anmeldenummer: **02450093.6**

(22) Anmeldetag: **18.04.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(72) Erfinder:  
• **Lenz Hans Peter, Prof.-Dr.**  
**1230 Wien (AT)**  
• **Jetzinger Markus, Dipl.-Ing.**  
**1090 Wien (AT)**  
• **Kapus Paul, Dr.**  
**8111 Judendorf (AT)**

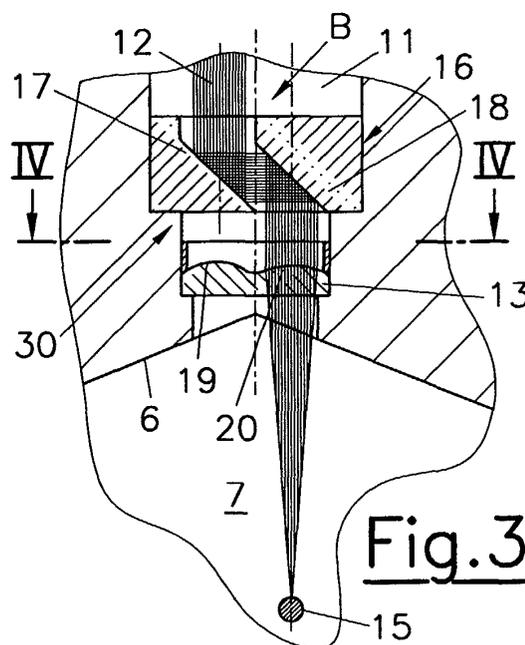
(30) Priorität: **23.04.2001 AT 3142001 U**

(71) Anmelder: **AVL List GmbH**  
**8020 Graz (AT)**

(74) Vertreter: **Babeluk, Michael, Dipl.-Ing. Mag.**  
**Patentanwalt**  
**Mariahilfer Gürtel 39/17**  
**1150 Wien (AT)**

(54) **Zündeinrichtung für eine Brennkraftmaschine mit Fremdzündung**

(57) Die Erfindung betrifft eine Zündeinrichtung für eine Brennkraftmaschine mit Fremdzündung, wobei die Zündung des Kraftstoffes durch zumindest einen auf einen Zündort (14, 15) in einem Brennraum (7) fokussierten Laserstrahl (12) erfolgt, mit einer Laserquelle (11) und einer Fokussiereinrichtung (15) zur Bereitstellung und Fokussierung des Laserstrahles (12), wobei im Strahlenweg des Laserstrahles (12) eine optische Einrichtung (30) zur Strahlumlenkung und/oder Strahlaufteilung angeordnet ist, mittels der der Laserstrahl (12) an zumindest zwei verschiedenen Zündorten (14, 15) im Brennraumes (7) fokussierbar ist. Um auf möglichst einfache Weise eine optimale Zündung des Kraftstoffes im Brennraum (7) zu erreichen, ist vorgesehen, dass die optische Einrichtung (30) ein im Strahlenweg des Laserstrahls (12) angeordnetes Spiegelsystem (16) mit zumindest einem, vorzugsweise elektrisch, schaltbaren Spiegel (17) aufweist, so dass der Laserstrahl (12) wahlweise an zumindest zwei verschiedenen Zündorten (14, 15) im Brennraum (7) fokussierbar ist.



**Fig. 3**

**EP 1 253 316 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Zündeinrichtung für eine Brennkraftmaschine mit Fremdzündung, wobei die Zündung des Kraftstoffes durch zumindest einen auf einen Zündort in einem Brennraum fokussierten Laserstrahl erfolgt, mit einer Laserquelle und einer Fokussiereinrichtung zur Bereitstellung und Fokussierung des Laserstrahles, wobei im Strahlenweg des Laserstrahles eine optische Einrichtung zur Strahlumlenkung und/oder Strahlaufteilung angeordnet ist, mittels der der Laserstrahl an zumindest zwei verschiedenen Zündorten im Brennraumes fokussierbar ist.

**[0002]** Aus der DE 199 11 737 A1 ist eine Brennkraftmaschine mit Fremdzündung bekannt, bei der die Laserstrahlen über in der Zylinderkopfdichtung angeordnete Lichtleiter in den Brennraum geleitet werden. Am Ende jedes Lichtleiters ist eine Fokussiereinrichtung angeordnet, um den Laserstrahl im Brennraum an einem Punkt zu fokussieren. Pro Laserstrahl kann somit ein Brennpunkt im Brennraum ausgebildet werden.

**[0003]** Die US 4,852,529 A, die US 4,314,530 A und die US 4,416,226 A beschreiben Laserzündeinrichtungen für Brennkraftmaschinen, bei denen der Laserstrahl über eine Öffnung im Zylinderkopf in den Brennraum eingebracht wird. Bei der US 4,416,226 A ist eine Fokussiereinrichtung vorgesehen, um den Laserstrahl in einen Punkt im Brennraum zu fokussieren.

**[0004]** Bei den meisten bekannten Laserzündeinrichtungen für Brennkraftmaschinen kann pro Laserquelle beziehungsweise pro Lichtleiter nur ein einziger Zündort definiert werden. Bekannte Laserzündeinrichtungen ohne Fokussiereinrichtung können darüber hinaus nur mit sehr hohem Energieaufwand die zur Zündung erforderliche Energiedichte im Brennraum realisieren. Ein weiterer Nachteil ist, dass die meisten Laserzündeinrichtungen auf Grund konstruktiver und technischer Anforderungen nicht in bestehende Motorkonzepte integriert werden können.

**[0005]** Laserzündeinrichtungen für Brennkraftmaschinen mit Mitteln zur Strahlumlenkung und/oder Strahlaufteilung des Laserstrahles sind aus den Veröffentlichungen JP 63173852 A, JP 58195074 A und JP 58074875 A bekannt, wobei eine gleichzeitige Fokussierung an unterschiedlichen Zündorten möglich ist. Zwischen verschiedenen Zündorten kann aber nicht umgeschaltet werden.

**[0006]** In den Druckschriften JP 07217521 A, JP 05033755 A und JP 09042138 A werden Laserzündeinrichtungen gezeigt, bei denen der Brennpunkt eines Laserstrahles durch Verschieben des Linsensystems variiert und somit der Zündort nur entlang der Strahlenachse verändert werden kann. Eine Verschiebung des Zündortes außerhalb der Strahlenachse oder eine gleichzeitige Fokussierung an verschiedenen Zündorten ist nicht möglich.

**[0007]** Aufgabe der Erfindung ist es, diese Nachteile zu vermeiden und bei einer Brennkraftmaschine der ein-

gangs genannten Art auf möglichst einfache Weise eine optimale Zündung des Kraftstoffes im Brennraum zu erreichen.

**[0008]** In einer vorteilhaften Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass die optische Einrichtung ein im Strahlenweg des Laserstrahls angeordnetes Spiegelsystem mit zumindest einem, vorzugsweise elektrisch, schaltbaren Spiegel aufweist, so dass der Laserstrahl wahlweise an zumindest zwei verschiedenen Zündorten im Brennraum fokussierbar ist. Somit können mit einem einzigen Laserstrahl mindestens zwei verschiedene Zündorte ausgebildet werden. Elektrisch schaltbare Spiegel, wie sie etwa aus der US 5,036,042 A bekannt sind, haben gegenüber mechanisch schaltbaren Spiegeln den Vorteil kürzerer Ansprechzeiten, eines geringeren Bauraumes und der einfacheren Steuerung. In einer besonders einfachen Ausführungsvariante der Erfindung ist dabei vorgesehen, dass der Spiegel zumindest zwei Schaltstellungen mit unterschiedlichen Reflexionswinkeln und/oder Reflexionseigenschaften aufweist. Besonders günstig ist es dabei, wenn in einer Schaltstellung der schaltbare Spiegel optisch durchlässig ist. Das Spiegelsystem ist dabei der Fokussiereinrichtung vorgeschaltet.

**[0009]** In einer besonders bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung bei der der Laserstrahl gleichzeitig an zumindest zwei verschiedenen Orten fokussierbar ist, ist vorgesehen, dass die Fokussiereinrichtung ein Linsensystem aufweist, welches zumindest zwei Brennpunkte, vorzugsweise mit unterschiedlicher Brennweite, ausbildet. Um Bauraum einzusparen ist es besonders vorteilhaft, wenn das Linsensystem zumindest eine Sammellinse mit Spezialschliff aufweist, welche mehrere Brennpunkte ausbildet.

**[0010]** Eine besonders hohe Flexibilität in der Steuerung der Verbrennung wird erreicht, wenn für jede Schaltstellung des elektrisch schaltbaren Spiegels das Linsensystem einen eigenen Brennpunkt ausbildet.

**[0011]** Die vorzugsweise durch einen kompakten Festkörperlaser gebildete Laserquelle kann in einfacher Weise in einem Schacht im Zylinderkopf der Brennkraftmaschine, vorzugsweise im Zündkerzenschacht an Stelle einer Zündkerze angeordnet sein. Dadurch ist eine einfache Adaption an bestehende Motorkonzepte möglich. Durch die Verwendung eines sehr kompakten Festkörperlasers können Lichtleiter zwischen Laserquelle und Spiegelsystem beziehungsweise Fokussiereinrichtung entfallen.

**[0012]** Die Erfindung eignet sich besonders zur Anwendung bei mit Wasserstoff als Kraftstoff betriebenen Brennkraftmaschinen. Aufgrund der weiten Zündgrenzen von Luft-Wasserstoffgemischen kann es bei herkömmlichen, Zündkerzen aufweisenden Zündeinrichtungen an den Elektroden der Zündkerze zu Rückzündungen während des Ansaugtaktes kommen, was sich sehr nachteilig auf die Laufruhe derartiger Brennkraftmaschinen auswirkt, da die Verbrennung für den aktuellen und darauffolgenden Zyklus ausfällt. Durch die An-

wendung der erfindungsgemäßen Zündeinrichtung bei mit Wasserstoff betriebenen Brennkraftmaschinen kann dieser Nachteil vermieden werden.

**[0013]** Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 eine Brennkraftmaschine mit einer erfindungsgemäßen Zündeinrichtung in einem Schnitt durch einen Zylinder,

Fig. 2 ein Detail aus Fig. 1 in einer ersten Schaltstellung des Spiegels,

Fig. 3 dieses Detail aus Fig. 1 in einer zweiten Schaltstellung des Spiegels,

Fig. 4 die Fokussiereinrichtung in einer Draufsicht gemäß der Linie IV-IV in Fig. 2 und 3,

Fig. 5 Spiegelsystem und Strahlengang einer erfindungsgemäßen Zündeinrichtung in einem Schnitt analog zu den Fig. 1 bis 3 in einer zweiten Ausführungsvariante.

Funktionsgleiche Bauteile sind mit gleichen Bezugszeichen versehen.

**[0014]** Fig. 1 zeigt eine Brennkraftmaschine 1 mit einem Zylinderkopf 2 und einem Zylindergehäuse 3 in einem Längsschnitt. Im Zylinder 4 ist ein hin- und hergehender Kolben 5 angeordnet. Der Kolben 5 bildet mit der Deckfläche 6 des Zylinderkopfes 2 einen Brennraum 7 aus, in welchen die Gaswechselkanäle 8, 9 einmünden. Im Bereich der Zylinderachse 4a ist in einem Schacht 10 des Zylinderkopfes 2 eine Zündeinrichtung mit einer durch einen kompakten Festkörperlaser gebildeten Laserquelle 11 angeordnet, welche einen Laserstrahl 12 in den Brennraum 7 emittiert. Im Strahlenweg des Laserstrahles 12 ist eine optische Einrichtung 30 zur Strahlenumlenkung und/oder Strahlenaufteilung mittels der der Laserstrahl 12 an zwei verschiedenen Zündorten 14, 15 fokussiert werden kann. Über eine Fokussiereinrichtung 13, welche Teil der optischen Einrichtung 30 zur Strahlumlenkung und/oder Strahlauflteilung ist, wird der Laserstrahl 12 gebündelt.

**[0015]** In der in den Fig. 1 bis 3 dargestellten Ausführungsvariante weist die optische Einrichtung 30 ein Spiegelsystem 16 auf, welches zwischen der Laserquelle 11 und der Fokussiereinrichtung 13 angeordnet ist und zumindest einen elektrisch schaltbaren Spiegel 17 mit zumindest zwei Reflexionsschaltstellungen A, B beinhaltet. In der in Fig. 2 dargestellten Schaltstellung A ist der Spiegel 17 transparent geschaltet, so dass der Laserstrahl 12 ohne Ablenkung auf die Fokussiereinrichtung 13 trifft und auf einen ersten Zündort 14 fokussiert wird. In der in Fig. 3 dargestellten zweiten Schaltstellung B hingegen ist der Spiegel 17 aktiv geschaltet und reflektiert den Laserstrahl 12 vollständig. Der reflek-

tierte Laserstrahl 12 trifft auf einen zweiten, starr ausgebildeten Spiegel 18 und wird zur Fokussiereinrichtung 13 abgelenkt. Durch die Fokussiereinrichtung 13 wird der zweimal abgelenkte Laserstrahl 12 an einem zweiten Zündort 15 fokussiert.

**[0016]** Die Fokussiereinrichtung 13 beinhaltet ein Linsensystem 13a, welches für jede Schaltstellung A, B des Spiegels 17 eine Linse 19, 20 aufweist. Vorteilhafterweise können die Linsen 19, 20 mit unterschiedlichen Brennweiten ausgeführt sein, wodurch Zündorte 14, 15 mit unterschiedlichem Abstand von der Deckfläche 6 realisiert werden können.

**[0017]** Die Steuerung des Spiegels 17 erfolgt in Abhängigkeit des Motorbetriebszustandes beziehungsweise des Verbrennungsablaufes im Brennraum 7. Zur Erfassung des Verbrennungsvorganges kann ein optischer Sensor 21 in die Fokussiereinrichtung 13 integriert werden.

**[0018]** Fig. 5 zeigt eine Ausführungsvariante, bei der die Fokussiereinrichtung 13 ein Linsensystem aufweist, welches durch eine Linse 22 mit Spezialschliff gebildet ist, welche den auftreffenden Laserstrahl 12 in zwei Zündorten 14, 15 fokussiert. Die Linse 22 weist dabei zumindest zwei Linsenteile 23, 24 mit verschiedenen Brennpunkten und Brennweiten auf. Eine Linse 22 mit Spezialschliff kann auch in der in den Fig. 1 bis 4 dargestellten Ausführungsvariante anstelle der Einzellinsen 19, 20 eingesetzt werden.

**[0019]** Bei der in den Fig. 1 bis 4 gezeigten Ausführungsvariante wird mittels des schaltbaren Spiegels 17 zwischen zwei Zündorten 14, 15 umgeschaltet. Bei der in Fig. 5 gezeigten Ausführungsvariante dagegen wird ein einziger Laserstrahl 12 in zwei verschiedenen Zündorten 14, 15 gleichzeitig fokussiert.

**[0020]** Auch eine Kombination der beiden Ausführungsvarianten ist möglich. So kann jede der beiden Linsen 19, 20 der in den Fig. 1 bis 4 beschriebenen Ausführungsvariante durch eine Linse 22 mit Spezialschliff gebildet werden, so dass in jeder der beiden Schaltstellungen A, B des Spiegels 17 jeweils zwei Brennpunkte mit unterschiedlichen Brennweiten realisiert werden können.

**[0021]** Die beschriebene Zündeinrichtung eignet sich besonders für den Einsatz bei mit Wasserstoff betriebenen Brennkraftmaschinen. Durch das Fehlen von Elektroden einer Zündkerze können Rückzündungen zuverlässig vermieden werden.

**[0022]** Das beschriebene optische System kann weiters zur Verbrennungsdiagnose benutzt werden, wobei beispielsweise der Zeitabstand zwischen dem Zündimpuls und der Entflammung durch den optischen Sensor 21 festgestellt und zur weiteren Motorregelung verwendet wird. Dadurch ist es möglich, beispielsweise ungleiche Zündverzögerungen bei verschiedenen Zylindern einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine zu kompensieren und somit einen besseren Gleichlauf zu erreichen.

### Patentansprüche

1. Zündeinrichtung für eine Brennkraftmaschine mit Fremdzündung, wobei die Zündung des Kraftstoffes durch zumindest einen auf einen Zündort (14, 15) in einem Brennraum (7) fokussierten Laserstrahl (12) erfolgt, mit einer Laserquelle (11) und einer Fokussiereinrichtung (15) zur Bereitstellung und Fokussierung des Laserstrahles (12), wobei im Strahlenweg des Laserstrahles (12) eine optische Einrichtung (30) zur Strahlumlenkung und/oder Strahlaufteilung angeordnet ist, mittels der der Laserstrahl (12) an zumindest zwei verschiedenen Zündorten (14, 15) im Brennraumes (7) fokussierbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die optische Einrichtung (30) ein im Strahlenweg des Laserstrahl (12) angeordnetes Spiegelsystem (16) mit zumindest einem, vorzugsweise elektrisch, schaltbaren Spiegel (17) aufweist, so dass der Laserstrahl (12) wahlweise an zumindest zwei verschiedenen Zündorten (14, 15) im Brennraum (7) fokussierbar ist. 5
  
2. Zündeinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Spiegel (17) zumindest zwei Schaltstellungen (A, B) mit unterschiedlichen Reflexionswinkeln und/oder Reflexionseigenschaften aufweist. 10
  
3. Zündeinrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einer Schaltstellung (A) der schaltbare Spiegel (17) optisch durchlässig ist. 15
  
4. Zündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Spiegelsystem (16) der Fokussiereinrichtung (13) vorgeschaltet ist. 20
  
5. Zündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Laserstrahl (12) gleichzeitig an zumindest zwei verschiedenen Zündorten (14, 15) im Brennraum (7) fokussierbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fokussiereinrichtung (13) ein Linsensystem (13a, 13b) aufweist, welches zumindest zwei Brennpunkte, vorzugsweise mit unterschiedlicher Brennweite, ausbildet. 25
  
6. Zündeinrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Linsensystem (13b) zumindest eine Sammellinse mit Spezialschliff mit zumindest zwei Linsenteilen (23, 24) aufweist, welche zumindest zwei Brennpunkte ausbildet. 30
  
7. Zündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** für jede Schaltstellung (A, B) des elektrisch schaltbaren Spiegels (17) das Linsensystem (13a, 13b) zumindest einen eigenen Brennpunkt ausbildet. 35
  
8. Zündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vorzugsweise durch einen kompakten Festkörperlaser gebildete Laserquelle (11) in einem vorzugsweise durch einen Zündkerzenschacht gebildeten Schacht (10) eines Zylinderkopfes (2) angeordnet ist. 40
  
9. Verwendung einer Zündeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennkraftmaschine mit Wasserstoff als Kraftstoff betrieben wird. 45

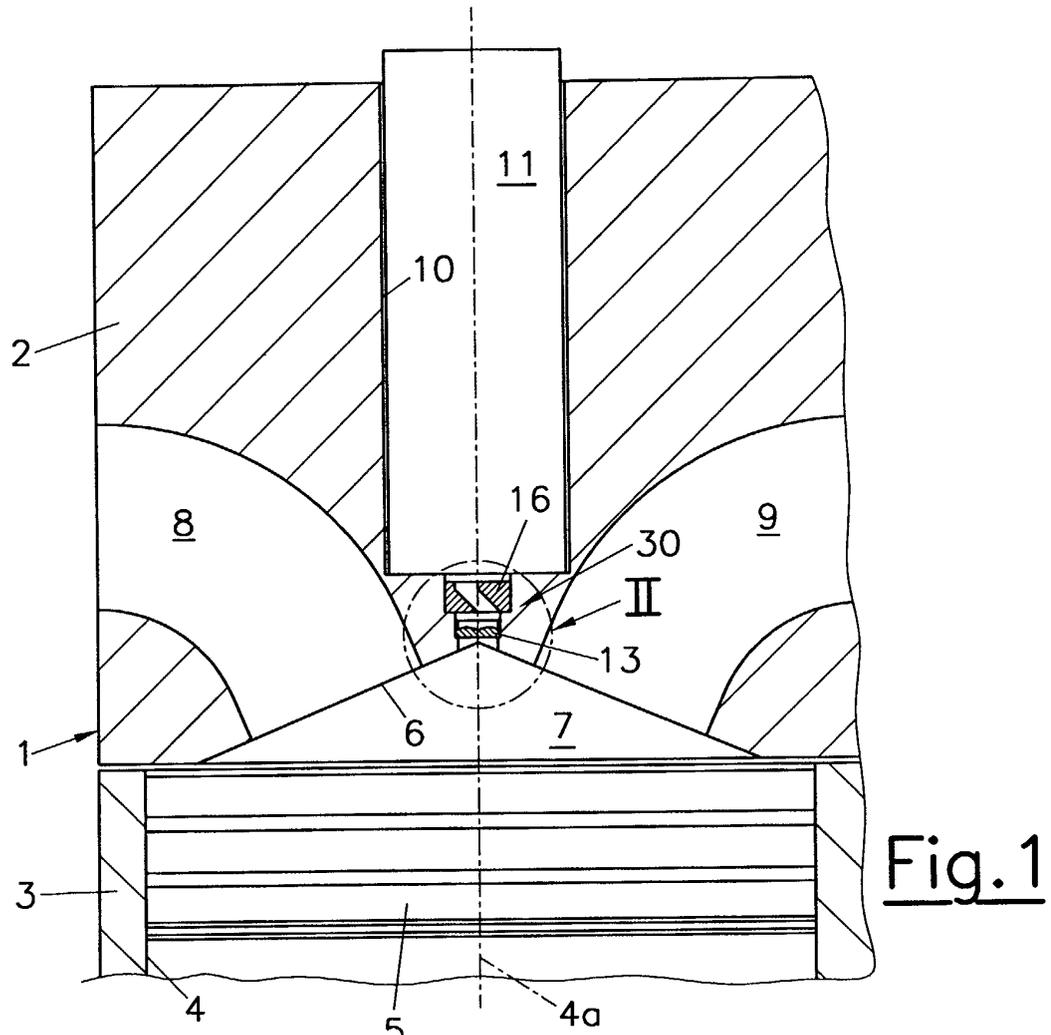


Fig. 1

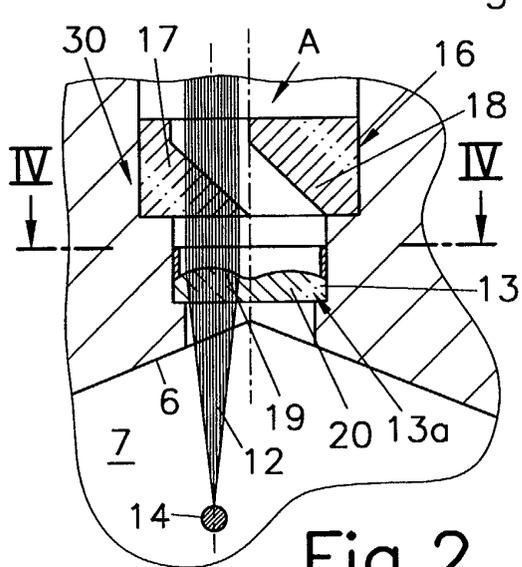


Fig. 2

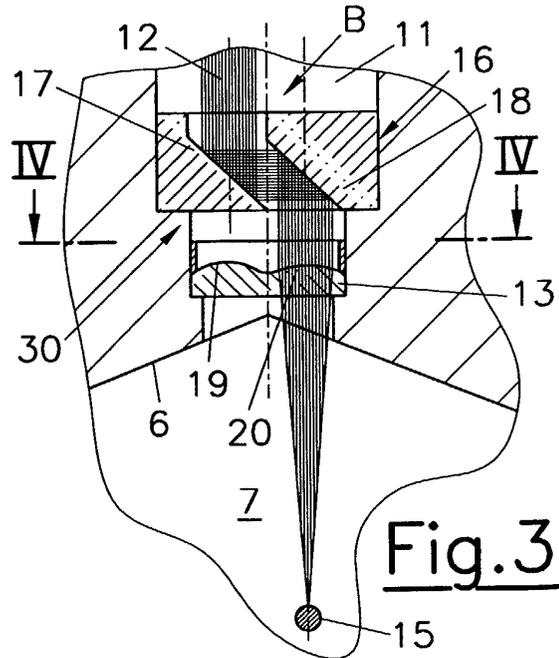


Fig. 3

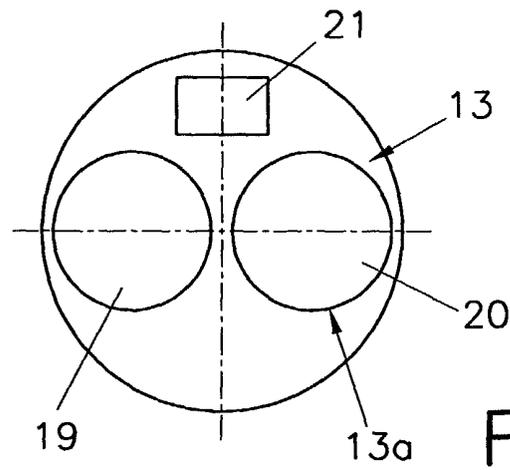


Fig. 4

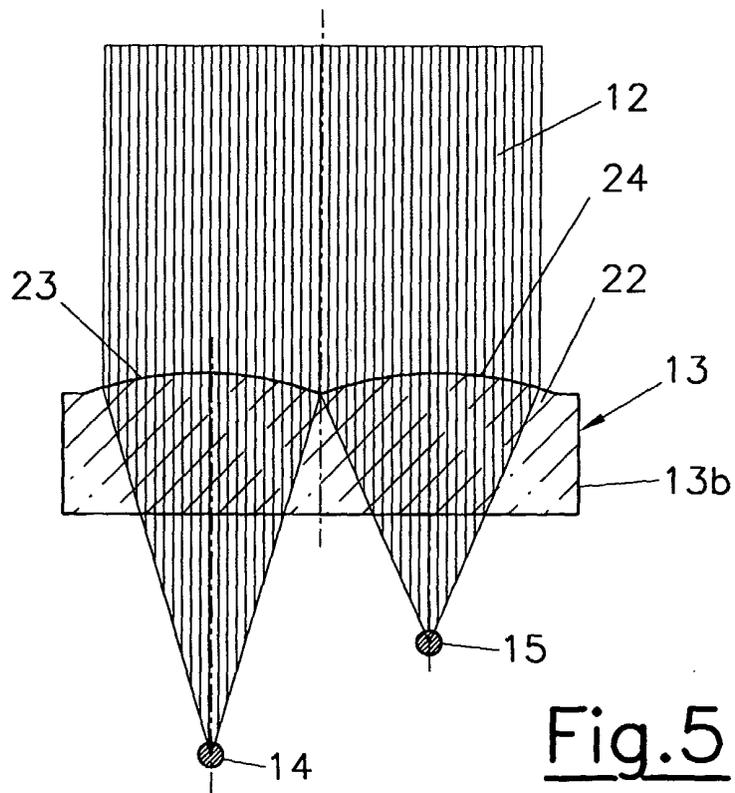


Fig. 5