



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 062 182 A1** 2009.06.25

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 062 182.7**

(22) Anmeldetag: **21.12.2007**

(43) Offenlegungstag: **25.06.2009**

(51) Int Cl.⁸: **F02M 61/18** (2006.01)
F01N 3/10 (2006.01)

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

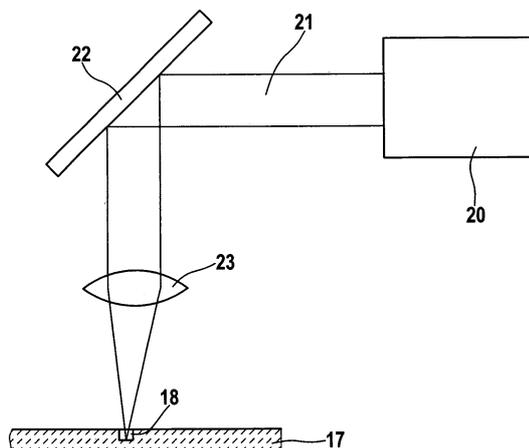
(72) Erfinder:

Dantes, Guenter, 71735 Eberdingen, DE; Graf, Ulrich, 74321 Bietigheim-Bissingen, DE; Dreyer, Manfred, 70806 Kornwestheim, DE; Heyse, Joerg, 74354 Besigheim, DE; Koenig, Jens, 71701 Schwieberdingen, DE; Maier, Martin, 71696 Möglingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Einspritzventil zum Abspritzen eines Fluids**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Einspritzventil zum Abspritzen eines Fluids, insbesondere für Kraftstoffeinspritz- oder Abgasanlagen von Brennkraftmaschinen, angegeben, das mindestens ein in einem Keramikkörper angeordnetes Spritzloch (18) aufweist. Zur Herstellung eines Spritzloches von hoher Präzisionsgeometrie mit Toleranzen kleiner als 1 µm, die zur Erzielung eines hohen Zerstäubungsgrads und reproduzierbarer Ausrichtung des abgespritzten Fluidstrahls von eminenter Bedeutung ist, ist das Spritzloch (18) mittels eines Lasers (20), der Impulse mit extrem geringer Dauer im Bereich von 0,01 bis 100 ps aussendet, in den Keramikkörper eingeschnitten.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Einspritzventil zum Abspritzen eines Fluids, insbesondere für Kraftstoffeinspritz- oder Abgasanlagen von Brennkraftmaschinen, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Ein bekanntes Einspritzventil für Kraftstoffeinspritzanlagen von Brennkraftmaschinen (DE 10 2005 061 424 A1) weist einen aus Kunststoff bestehenden, rohrförmigen Ventilsitzträger auf, in dessen stromabwärts unteres Ende ein keramischer Ventilsitzkörper eingesetzt ist. Die Verbindung zwischen Ventilsitzträger und Ventilsitzkörper erfolgt durch Einpressen, wobei sich eine am keramischen Ventilsitzkörper ausgebildete „Tannenbaumstruktur“ in den Kunststoff des Ventilsitzträgers eingräbt und dort verhakt. Am Ventilsitzkörper ist ein eine Ventilöffnung umgebender Ventilsitz ausgebildet, der mit einem Schließkörper an einer gegen die Rückstellkraft einer Ventilschließfeder angetriebenen Ventilmadel zum Schließen- und Freigeben der Ventilöffnung zusammenwirkt. Stromabwärts der Ventilöffnung ist dem Ventilsitzkörper eine Spritzlochscheibe aus Metall vorgesetzt, in der vier durch Erodieren oder Stanzen ausgeformte Spritzlöcher angeordnet sind.

[0003] Ein bekanntes, elektromagnetische betätigbares Einspritzventil für Kraftstoffeinspritzanlagen von gemischverdichteten, fremdgezündeten Brennkraftmaschinen (DE 44 15 850 A1) weist einen rohrförmigen Ventilsitzträger aus Metall auf, der in ein Ventilgehäuse eingeschweißt ist. In das stromabwärts gelegene, offene Rohrende des Ventilsitzträgers ist ein zylinderförmiger Ventilsitzkörper durch Schweißen montiert. In dem Ventilsitzkörper sind zwei Spritzlöcher ausgebildet. Stromaufwärts der Spritzlöcher trägt der Ventilsitzkörper einen Ventilsitz, der zum Schließen und Freigeben der Spritzlöcher mit einem Schließkörper an einer gegen die Rückstellkraft einer Ventilschließfeder elektromagnetisch betätigbaren Ventilmadel zusammenwirkt.

[0004] Bei einem bekannten Verfahren zur Erzeugung von Mikrolöchern im Bereich unterhalb 150 µm mittels eines Laserstrahls, z. B. zur Herstellung von Einspritzdüsen für Brennkraftmaschinen (DE 199 05 571 A1), wird durch Einstellung der Strahlgeometrie und/oder der Strahlparameter des Laserstrahls eines Laser, wie Fokussierzahl und Leistungsdichte, eine definierte Lochgeometrie erzeugt. Dabei wird der Lochdurchmesser am Locheintritt von dem Fokussierdurchmesser des auf die Werkstückoberfläche fokussierten Laserstrahls bestimmt und der weitere Lochverlauf sowie der Durchmesser am Lochaustritt durch die Strahlkaustik, die Laserpulsintensität und die Strahlqualität beeinflusst. Zusätzlich wird der La-

serstrahl in eine Taumelbewegung versetzt, wobei der Laserstrahl mit Kreisfrequenz so rotiert, dass seine Strahlachse eine Kegelmantelfläche beschreibt und damit der Fokus auf dem Werkstück längs einer zur Lochachse konzentrischen Kreisbahn entlanggeführt wird.

[0005] Bei einer bekannten Vorrichtung zum Materialabtragen bei Werkstücken mittels des Laserstrahls eines Lasers (DE 199 20 813 A1) ist zur Verbesserung der Bohrqualität der auf das Werkstück auftreffende Laserstrahl aus mindestens zwei Arten von Laserpulsen zusammengesetzt, die sich hinsichtlich der Laserwellenlänge und/oder Pulsdauer und/oder der Laserintensität und/oder des Pulsabstandes unterscheiden. Durch die Laserpulse mit längerer Pulsdauer wird selbst bei geringer Laserintensität ein großer Materialabtrag und damit ein schneller Bohrfortschritt bewirkt, während die Laserpulse mit kürzerer Pulsdauer, insbesondere bei hoher Laserintensität, für eine starke Plasmabildung sorgen, die Ablagerungen von Material auf der Bohrungswand beseitigt, so dass sich die Bohrpräzision erhöht. Dabei treffen die Laserpulse unterschiedlichen Typs wechselweise auf das Werkstück. Die beiden Arten von Laserpulsen können mit einem oder mit zwei getrennten Lasern erzeugt werden, wobei die Laserstrahlen mittels einer Optikanordnung zusammengeführt werden. Im letzteren Fall können die beiden getrennten Laser hinsichtlich ihrer Wirkungsweise optimiert, d. h. der eine Laser zur Erzielung einer großen Bohrgeschwindigkeit und der andere Laser zur Erzeugung einer hohen Bohrpräzision ausgelegt werden.

[0006] Bei einem bekannten Verfahren zum Einbringen eines Mikrolochs in ein metallisches Werkstück mittels eines Laserstrahls (DE 100 54 853 A1) ist der Laserstrahl aus einer Folge von kurzen Laserpulsen zusammengesetzt, die eine konstante, sehr kleine Pulsdauer im Nanosekundenbereich aufweisen. Der auf das Werkstück fokussierte Laser wird fortlaufend auf einer zur Lochachse konzentrischen Kreisbahn entlangbewegt und zusätzlich in Rotation um seine Strahlachse versetzt. Zur Erzielung einer definierten Konizität des Lochs mit zum Lochaustritt hin zunehmendem Lochquerschnitt wird die Lage des Fokus des Laserstrahls relativ zur Werkstückoberfläche in Achsrichtung des Lochs verändert und/oder die Fokussierzahl verkleinert und/oder mit zunehmender Eindringtiefe des Laserstrahls in das Werkstück die Pulsenergie vergrößert.

Offenbarung der Erfindung

[0007] Das erfindungsgemäße Einspritzventil mit den Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, dass durch die Einbringung des mindestens einen Spritzlochs in einen Keramikkörper das Einspritzventil zum dosierten Abspritzen von Reduktionsmittel-Wasserlösungen, wie Harnstoff-Wasserlösungen

(Add Blue) oder Harnstoff-Wasserlösungen mit Ammoniumformiat (Denoxium), für die Abgasnachbehandlung von Brennkraftmaschinen geeignet ist, da einerseits der Keramikkörper im Gegensatz zu einem Metallkörper oxidations- und säurebeständig ist und andererseits funktionsstörende Harnstoffkristalle an der Keramikoberfläche weniger stark anhaften können. Durch das Schneiden des mindestens einen Spritzlochs mittels eines extrem kurze Impulse aussendenden Lasers, eines so genannten UKP-Lasers, hat das Spritzloch eine hohe Präzisionsgeometrie mit Toleranzen kleiner als 1 µm, die zur Erzielung eines hohen Zerstäubungsgrads und einer hochgenauen Ausrichtung des abgespritzten Fluidstrahls von eminenter Bedeutung ist. Die durch das UKP-Laserschneiden erzielte Oberflächenstruktur der Spritzlochwand, verbunden mit einer großen Scharfkantigkeit der Austrittsöffnung des Spritzlochs, hat daran einen wesentlichen Anteil. Eine Nachbearbeitung am hergestellten Spritzloch, wie teures Entgraten der Bohrungsränder, entfällt. Das Spritzloch kann mit beliebigen Lochformen und in beliebiger Ausrichtung hergestellt werden.

[0008] Durch die in den weiteren Ansprüchen 2 bis 7 aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Anspruch 1 angegebenen Einspritzventils möglich.

[0009] Ein vorteilhaftes Verfahren zur Herstellung des mindestens einen Spritzlochs im Keramikkörper ist im Anspruch 8 angegeben.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0010] Die Erfindung ist anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

[0011] [Fig. 1](#) ausschnittsweise einen Längsschnitt eines Einspritzventils für eine Kraftstoffeinspritzanlage einer Brennkraftmaschine,

[0012] [Fig. 2](#) eine gleiche Darstellung wie in [Fig. 1](#) eines modifizierten Einspritzventils,

[0013] [Fig. 3](#) eine schematisierte Darstellung einer Laserschneidvorrichtung zur Illustrierung der Herstellung eines Spritzlochs in einem Keramikkörper.

[0014] Das in [Fig. 1](#) ausschnittsweise im Schnitt dargestellte Einspritzventil zum Abspritzen eines Fluids dient zum Beispiel zum Einspritzen von Kraftstoff in den Gemischaufbereitungsstrakt in einer Kraftstoffeinspritzanlage einer Brennkraftmaschine. Es kann aber auch zum dosierten Einspritzen von Harnstoff-Wasserlösungen, wie Add Blue oder Denoxium, in das Abgas einer Brennkraftmaschine eingesetzt werden, um die im Abgas enthaltenen Stickoxide zu

reduzieren. Das Einspritzventil weist einen Ventilträger **11** aus Kunststoff auf, in dessen stromabwärts gelegenes Ende ein keramischer Ventilsitzkörper **12** eingesetzt ist. Zur dreh- und axial unverschieblichen Befestigung des Ventilsitzkörpers **12** im Ventilsträger **11** ist der Ventilsitzkörper **12** mit einer „Tannenbaumstruktur“ versehen und in den Ventilsträger **11** eingepresst, wobei sich die „Tannenbaumstruktur“ in den Kunststoff des Ventilsträgers **11** eingräbt. Zentral im Ventilsitzkörper **12** ist eine Ventilöffnung **13** ausgeformt, die von einem konischen Ventilsitz **14** umgeben ist. Der Ventilsitz **14** wirkt mit einem Schließkörper **15** zum Schließen und Freigeben der Ventilöffnung **13** zusammen. Der Schließkörper **15** ist am unteren Ende einer Ventalnadel **16** befestigt, an der eine hier nicht dargestellte Ventilschließfeder angreift und den Schließkörper **15** auf den Ventilsitz **14** aufpresst. Die Ventalnadel **16** ist elektromagnetisch, piezoelektrisch oder magnetostraktiv betätigbar und hebt den Schließkörper **15** gegen die Kraft der Ventilschließfeder mehr oder weniger weit vom Ventilsitz **14** ab. Stromabwärts der Ventilöffnung **13** ist eine Spritzlochscheibe **17** dem Ventilsitzkörper **12** vorgesetzt, die im Bereich der Ventilöffnung **13** mehrere Spritzlöcher **18** aufweist, von denen in [Fig. 1](#) zwei Spritzlöcher **18** zu sehen sind. Die Spritzlochscheibe **17** ist aus Keramik und ist zwischen einem am Ende des Ventilsträgers **11** ausgeformten, radial nach innen vorspringenden Bund und der dem Bund zugekehrten Stirnfläche des Ventilsitzkörpers **12** eingespannt. Die Spritzlöcher **18** können beliebige Querschnittsformen und Querschnittsvariationen über die Lochlänge, z. B. Konizität, aufweisen.

[0015] Das in [Fig. 2](#) ausschnittsweise mit seinem Endabschnitt längsgeschnitten dargestellte Einspritzventil unterscheidet sich von dem zuvor beschriebenen Einspritzventil lediglich dadurch, dass die Spritzlöcher **18** in den keramischen Ventilsitzkörper **12** verlegt sind und auf eine gesonderte Spritzlochscheibe **17** verzichtet ist. Der Ventilsträger **11** ist im dargestellten Beispiel aus Metall, kann aber auch wie in [Fig. 1](#) aus Kunststoff hergestellt sein. Im übrigen sind beide Einspritzventile gleich aufgebaut, so dass gleiche Bauteile mit gleichen Bezugszeichen versehen sind.

[0016] Sowohl in der keramischen Spritzlochscheibe gemäß [Fig. 1](#) als auch in dem keramischen Ventilsitzkörper **12** in [Fig. 2](#) sind die Spritzlöcher **18** mittels eines UKP-Lasers (Ultrakurzimpuls-Laser) in der gewünschten Form eingeschnitten. Ein Ultrakurzimpuls-Laser ist ein Laser, der Impulse mit extrem geringer Impulsdauer aussendet. Die Pulsdauer eines Laserpulses liegt im Bereich von 0,01 bis 100 ps (Pikosekunden) und wird vorzugsweise aus einem Bereich zwischen 0,1 und 20 ps ausgewählt. Mit diesem UKP-Laser wird beim Schneiden der Spritzlöcher **18** in die keramische Spritzlochscheibe **17** bzw. den keramischen Ventilsitzkörper **12** eine Oberfläche der

Lochwand erzeugt, die abhängig von der Wellenlänge und der Polarisation des Lasers eine homogene Feinstruktur im Mikro- und Submikrometerbereich aufweist. Die die Ein- und Austrittsöffnungen der Spritzlöcher **18** umschließenden Kanten sind scharfkantig und gratfrei und beeinträchtigen so nicht die Abspritzrichtung und die Aufspreizung der aus den Spritzlöchern **18** austretenden Fluid-Fächerstrahlen. Außerdem ist durch das Vermeiden der Grate, die unter Umständen in den Strömungsquerschnitt des Spritzlochs **18** hineinragen können, der Durchflussbeiwert der Spritzlöcher **18** hochgenau reproduzierbar. Bei entsprechender Verfahrensführung des Laserschneidens kann der Feinstruktur auf der Lochwand der Spritzlöcher **18** mindestens noch eine Grobstruktur im Mikrometerbereich überlagert werden. Durch diese Grobstruktur kann die durch die Spritzlöcher **18** strömende Fluidströmung beeinflusst werden. Mit entsprechend ausgebildeter Mikrostruktur kann z. B. der Strömungsdurchtrittswiderstand eines Spritzlochs **18** verringert werden, eine bewusste Strömungsablösung an definierten Stellen der Lochwand herbeigeführt werden oder tangentielle Strömungskomponenten erzeugt werden. Auch ist damit eine definierte Einstellung des Strömungsbeiwertes des Spritzloches **18** möglich.

[0017] In [Fig. 3](#) ist eine Vorrichtung zum Schneiden der Spritzlöcher **18** schematisiert skizziert. Die Vorrichtung umfasst einen Laser **20**, dessen Laserstrahl **21** über einen Umlenkspiegel **22** und eine Fokussieroptik **23** auf eine Stelle in der keramischen Spritzlochscheibe **17** gerichtet wird, an der ein Spritzloch **18** geschnitten werden soll. Der aus den ultrakurzen Laserpulsen bestehende Laserstrahl **21** wird auf die Oberfläche der Spritzlochscheibe **17** fokussiert. Durch die Laserpulse wird das Keramikmaterial der Spritzlochscheibe **17** in kleinen Schritten und im wesentlichen in der dampfförmigen Phase abgetragen, wobei der Bohrfortschritt entlang der Wand des erzeugten Spritzloches **18** erfolgt. In bevorzugter Durchführung des Verfahrens wechselt eine Schneidperiode, in der Laserpulse mit kürzerer Impulsdauer und geringer Energiedichte von einigen 10 J/cm² erzeugt werden, mit einer Schneidperiode, in der Laserpulse mit längerer Impulsdauer und höherer Energiedichte erzeugt werden, ab. Eine geschickte Kombination beider Schneidperioden führt zu einer schnellen und hohen Qualität und Präzision des Spritzlochs **18**.

[0018] Die keramische Spritzlochscheibe **17** in [Fig. 1](#) und [Fig. 3](#) und der keramische Ventilsitzkörper **12** in [Fig. 2](#) werden bevorzugt im CIM-Verfahren (Ceramic-Injection-Molding) hergestellt.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- DE 102005061424 A1 [\[0002\]](#)
- DE 4415850 A1 [\[0003\]](#)
- DE 19905571 A1 [\[0004\]](#)
- DE 19920813 A1 [\[0005\]](#)
- DE 10054853 A1 [\[0006\]](#)

Patentansprüche

1. Einspritzventil zum Abspritzen eines Fluids, insbesondere für eine Kraftstoffeinspritz- oder Abgasanlage von Brennkraftmaschinen, mit mindestens einem in einem Keramikkörper angeordneten Spritzloch **(18)**, **dadurch gekennzeichnet**, dass das mindestens eine Spritzloch **(18)** mittels eines Lasers **(20)**, der Impulse mit extrem geringer Impulsdauer aussendet, in den Keramikkörper eingeschnitten ist.

2. Einspritzventile Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Spritzloch **(18)** mit einer Pulsdauer der Laserimpulse geschnitten ist, die 0,01 bis 100 ps, vorzugsweise 0,1 bis 20 ps, beträgt.

3. Einspritzventile Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche der das eingeschnittene Spritzloch **(18)** umschließenden Lochwand eine von der Wellenlänge und Polarisation des Lasers **(20)** abhängige homogene Feinstruktur im Mikro- und Submikrometerbereich aufweist.

4. Einspritzventile Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Feinstruktur eine im Mikrometerbereich liegende Grobstruktur überlagert ist.

5. Einspritzventile nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die die Ein- und Austrittsöffnung des mindestens einen Spritzlochs umschließenden Kanten scharfkantig und gratfrei sind.

6. Einspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Keramikkörper ein in einem Ventilsitzträger **(11)** aufgenommener Ventilsitzkörper **(12)** ist, an dem ein mit einem Ventili glied zum Schließen und Freigeben des mindestens einen Spritzlochs **(18)** zusammenwirkender Ventilsitz **(14)** ausgebildet ist.

7. Einspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Keramikkörper eine Spritzlochscheibe **(17)** ist, die stromabwärts einer Ventilöffnung **(13)** eine die Ventilöffnung **(13)** enthaltenden Ventilsitzkörper **(12)** mit einem die Ventilöffnung **(13)** umgebenden Ventilsitz **(14)** vorgesetzt ist, der mit einem Ventili glied zum Schließen und Freigeben der Ventilöffnung **(13)** zusammenwirkt.

8. Einspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Keramikkörper im CIM(Ceramik-Injektion-Molding)-Verfahren hergestellt ist.

9. Verfahren zur Herstellung eines Spritzlochs **(18)** in einem Keramikkörper, insbesondere in einem Ventilsitzkörper **(12)** oder einer Spritzlochscheibe **(17)** eines Einspritzventils, dadurch gekennzeichnet, dass das Spritzloch **(18)** mit einem Laser **(20)**, der

Impulse mit extrem kurzer Impulsdauer aussendet, in den Keramikkörper eingeschnitten wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Impulse des Lasers **(20)** mit einer Impulsdauer eingestellt werden, die im Bereich zwischen 0,01 bis 100 ps, vorzugsweise zwischen 0,1 bis 20 ps, liegt.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Laserschneiden wechselweise mit Schneidperioden, in denen Laserimpulse von kurzer Impulsdauer und geringer Energiedichte von einigen 10 J/cm² auftreten, und mit Schneideperioden, in denen Laserimpulse mit größerer Impulsdauer und höherer Energiedichte auftreten, durchgeführt wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

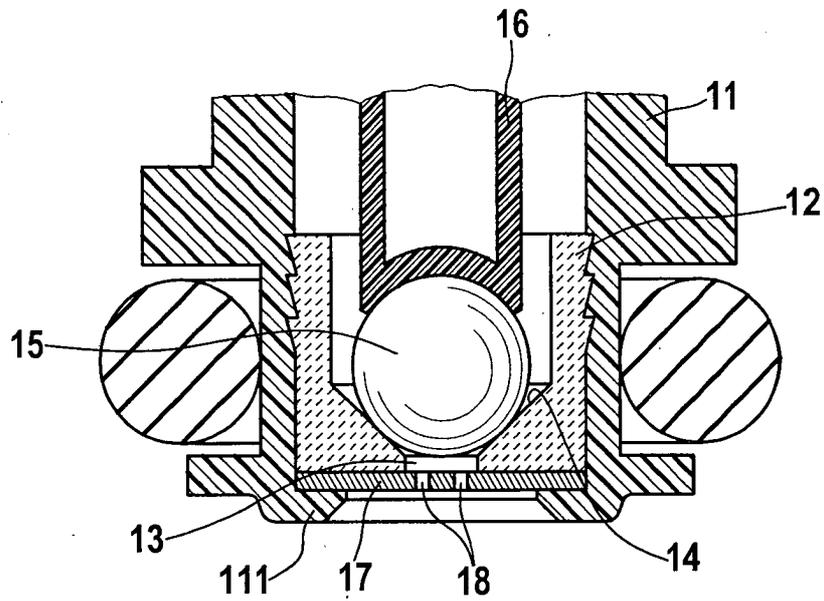


Fig. 1

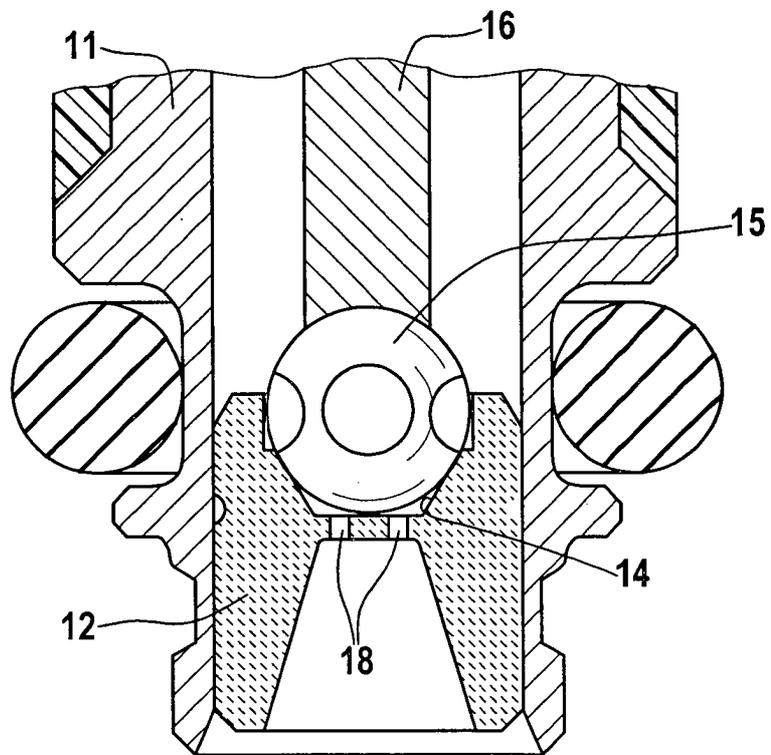


Fig. 2

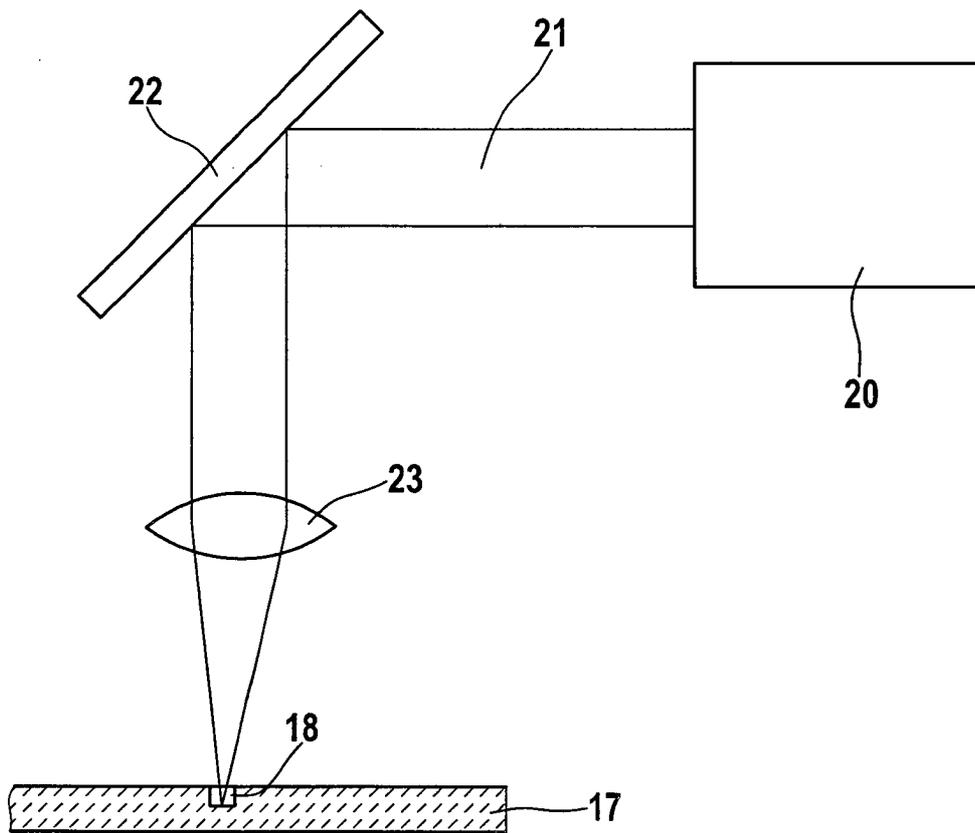


Fig. 3