(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 504 565 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
15.11.2017 Patentblatt 2017/46

(21) Anmeldenummer: **10770515.4**

(22) Anmeldetag: **23.09.2010**

(51) Int Cl.:
F02P 23/04 *(2006.01)* ***H01S 3/04*** *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2010/064053

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2011/060983 (26.05.2011 Gazette 2011/21)

(54) **LASERZÜNDKERZE UND BETRIEBSVERFAHREN HIERFÜR**

LASER SPARK PLUG AND METHOD FOR OPERATING THE SAME

BOUGIE D'ALLUMAGE LASER ET PROCÉDÉ PERMETTANT DE FAIRE FONCTIONNER LADITE BOUGIE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **23.11.2009 DE 102009047010**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.10.2012 Patentblatt 2012/40

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
- **WEINROTTER, Martin**
  70195 Stuttgart-Botnang (DE)
- **WOERNER, Pascal**
  70469 Stuttgart (DE)
- **RAIMANN, Juergen**
  71263 Weil der Stadt (DE)
- **ASTNER, Martin**
  71691 Freiberg A.N. (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-2009/043608
AT-A4- 505 766
DE-A1-102009 000 487

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 504 565 B1

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft eine Laserzündkerze, insbesondere für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, mit einem in einem brennraumzugewandten Endbereich angeordneten Brennraumfenster, wie aus WO2009/043608 bekannt. Die Erfindung betrifft ferner ein Betriebsverfahren für eine derartige Laserzündkerze.

[0002] Während des Betriebs von solchen Laserzündkerzen bilden sich Ablagerungen auf einer brennraumzugewandten Oberfläche des Brennraumfensters, durch das Laserstrahlung in einen der Laserzündkerze zugeordneten Brennraum eingestrahlt wird. Die aus Verbrennungsprodukten bestehenden Ablagerungen beeinträchtigen einen zuverlässigen Betrieb der Laserzündkerzen und reduzieren insbesondere deren Standzeit.

Offenbarung der Erfindung

[0003] Es ist demgemäß Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Laserzündkerze und ein Betriebsverfahren der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern, dass eine gesteigerte Zuverlässigkeit und Standzeit erreicht wird.

Diese Aufgabe wird bei einer Laserzündkerze der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass Mittel zur Kühlung eines in dem Bereich des Brennraumfensters befindlichen Volumenbereichs und/oder eines in dem Volumenbereich befindlichen Mediums vorgesehen sind.

[0004] Erfindungsgemäß ist erkannt worden, dass der Niederschlag einiger während eines Betriebs der Laserzündkerze entstehender Verbrennungsprodukte, insbesondere von Kohlenstoff und Kohlenstoffverbindungen, auf der brennraumzugewandten Oberfläche des Brennraumfensters eine erfolgreiche - an sich bekannte - Abreinigung dieser Oberfläche unter Beaufschlagung mit Laserstrahlung hoher Leistungs- bzw. Energiedichte begünstigt.

[0005] Erfindungsgemäß ist ferner erkannt worden, dass eine Kühlung eines die betreffende Oberfläche des Brennraumfensters umgebenden Volumenbereichs beziehungsweise eines darin befindlichen Mediums die Bildung und den Niederschlag der für die ablative Reinigung förderlichen Verbrennungsprodukte auf der Brennraumfensteroberfläche begünstigt.

[0006] Die erfindungsgemäßen Kühlungsmittel ermöglichen daher vorteilhaft die gezielte Erzeugung und Einbringung von solchen Verbrennungsprodukten auf die Oberfläche des Brennraumfensters, die eine effiziente Reinigung durch Beaufschlagung des Brennraumfensters mit Laserimpulsen hoher Leistungs- bzw. Energiedichte begünstigen.

[0007] Einer besonders vorteilhaften da wenig komplexen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Laserzündkerze zufolge weisen die Mittel zur Kühlung einen Kühlkörper auf, der Material mit einer verhältnismäßig großen Wärmeleitfähigkeit aufweist, insbesondere mit einer Wärmeleitfähigkeit von etwa 90 Watt je Kelvin und Meter bei Raumtemperatur oder mehr. Bevorzugt kann der Kühlkörper Nickel oder eine Nickellegierung aufweisen. Es ist ferner möglich, den gesamten Kühlkörper vollständig aus Nickel oder einer Nickellegierung zu bilden.

[0008] Der Kühlkörper wird bevorzugt unlösbar mit dem Gehäuse der Laserzündkerze verbunden, beispielsweise mittels Schweißen.

[0009] Eine besonders effiziente und gleichmäßige Kühlung des interessierenden Volumenbereichs ergibt sich erfindungsgemäß dann, wenn die Mittel zur Kühlung, insbesondere der mindestens eine Kühlkörper, eine optische Achse der Laserzündkerze umgeben, insbesondere konzentrisch umgeben.

[0010] Zusätzlich zu der erfindungsgemäß angestrebten Kühlung ergibt sich bei einer weiteren sehr vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Laserzündkerze eine wirksame Abschirmung der brennraumzugewandten Oberfläche des Brennraumfensters vor Schadpartikeln, wenn der Kühlkörper im Wesentlichen kreisringförmig ausgebildet ist und ein Innendurchmesser des Kühlkörpers im Bereich einer brennraumzugewandten Stirnseite des Kühlkörpers maximal etwa 105 Prozent bis etwa 200 Prozent eines Strahldurchmessers der von der Laserzündkerze abgestrahlter Laserstrahlung beträgt.

[0011] Es ist einer weiteren Erfindungsvariante zufolge ferner vorteilhaft, dass ein Innendurchmesser des Kühlkörpers im Bereich einer brennraumzugewandten Stirnseite des Kühlkörpers kleiner ist als ein Innendurchmesser des Kühlkörpers im Bereich einer brennraumabgewandten Stirnseite des Kühlkörpers. Hierdurch kann vorteilhaft eine maximal mögliche Kühlwirkung erzielt werden, ohne gleichzeitig die durch den Kühlkörper hindurchtretende Laserstrahlung zu beeinträchtigen, weil der von dem erfindungsgemäßen Kühlkörper umgebene Volumenbereich optimal formangepasst ist an die von der Laserzündkerze abgegebene fokussierte Laserstrahlung.

[0012] Bei einer weiteren sehr vorteilhaften Erfindungsvariante ist vorgeschlagen, dass Wärmeleitmittel vorgesehen sind, die eine Ableitung von Wärme aus einem brennraumzugewandten Endbereich der Laserzündkerze in Richtung eines brennraumabgewandten Endbereichs ermöglichen, wobei die Wärmeleitmittel vorzugsweise in einem Innenraum der Laserzündkerze angeordnet sind und/oder in mindestens einen Wandabschnitt eines Gehäuses der Laserzündkerze integriert sind.

[0013] Ganz besonders vorteilhaft stehen die erfindungsgemäßen Mittel zur Kühlung in gutem thermischen Kontakt zu den Wärmeleitmitteln, so dass eine effiziente Ableitung von Wärme aus dem Bereich der brennraumzugewandten Oberfläche des Brennraumfensters in den brennraumabgewandten Bereich der Laserzündkerze möglich ist.

[0014] Die Wärmeleitmittel können beispielsweise in einem weiter brennraumabgewandten Bereich der Laserzündkerze Kontaktbereiche aufweisen, welche bei einem Einbau der Laserzündkerze in einen Zylinderkopf einer Brennkraftmaschine, beispielsweise eines stationären Großgasmotors, einen guten thermischen Kontakt mit dem Zylinderkopf herstellen.

[0015] Die erfindungsgemäßen Kühlungsmittel können neben einem oder mehreren Kühlkörpern u.a. auch ein fluidbasiertes Kühlsystem aufweisen, bei dem Wärmeenergie von der brennraumzugewandten Oberfläche des Brennraumfensters unter Verwendung eines Fluids abtransportiert wird.

[0016] Alternativ oder ergänzend zu dem Kühlkörper bzw. den Kühlkörpern können auch Wärmerohre ("heatpipes") oder andere Wärmeleitmittel eingesetzt werden, um den interessierenden Volumenbereich abzukühlen. Wärmerohre können vorteilhaft auch direkt in ein Gehäuse der Laserzündkerze integriert werden.

[0017] Als eine weitere Lösung der Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren gemäß Patentanspruch 9 angegeben. Das erfindungsgemäße Verfahren sieht vor, dass ein in dem Bereich des Brennraumfensters befindlicher Volumenbereich und/oder ein in dem Volumenbereich befindliches Medium gekühlt wird, vorzugsweise auf eine Temperatur von etwa unter 350° C bis etwa unter 300° C.

[0018] Untersuchungen der Anmelderin zufolge ergibt sich bei einem derartigen Betrieb der erfindungsgemäßen Laserzündkerze eine besonders zweckmäßige Bildung von und Beaufschlagung der brennraumzugewandten Oberfläche des Brennraumfensters mit solchen Verbrennungsprodukten, die ein Abreinigen des Brennraumfensters unter Beaufschlagung mit Laserstrahlung hoher Leistungs- bzw. Energiedichte befördern.

[0019] Erfindungsgemäß ist erkannt worden, dass insbesondere Kohlenstoffablagerungen das Abreinigen begünstigen. Die erfindungsgemäße Kühlung des brennraumzugewandten Endbereichs der Laserzündkerze, insbesondere des das Brennraumfenster umgebenden Volumenbereichs, ermöglicht vorteilhaft die Einbringung von halb- und unverbrannten Kohlenwasserstoffen (beispielsweise in Form von Ruß) in diesen Bereich, so dass eine optimale Unterstützung einer Abreinigung des Brennraumfensters mittels Laserstrahlung möglich ist.

[0020] Untersuchungen der Anmelderin zufolge bedingen erfindungsgemäß begünstigte Kohlenstoffablagerungen auf der Oberfläche des Brennraumfensters eine einfachere Entfernung von sonstigen, anorganischen Verbrennungsrückständen, die sich während des Betriebs der Laserzündkerze auf der brennraumzugewandten Oberfläche des Brennraumfensters niederschlagen.

[0021] Beispielsweise können durch die erfindungsgemäße Einbringung von Kohlenstoffverbindungen im Wege der Kühlung des Endbereichs der Laserzündkerze Kalziumsulfat ($CaSO_4$)-Beläge unter Verwendung von Laserstrahlung abgereinigt werden, wobei die Strahldichte der Laserstrahlung um bis zu eine Größenordnung geringer sein kann im Vergleich zu herkömmlichen Abreinigungsvorgängen, bei denen keine erfindungsgemäß eingebrachten Kohlenstoffverbindungen beziehungsweise Ruß auf der brennraumzugewandten Oberfläche des Brennraumfensters vorhanden sind.

[0022] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnung verschiedene Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt sind. Dabei können die in den Ansprüchen und in der Beschreibung erwähnten Merkmale jeweils einzeln für sich oder in beliebiger Kombination erfindungswesentlich sein.

[0023] In der Zeichnung zeigt:

Figur 1	schematisch einen teilweisen Querschnitt einer erfindungsgemäßen Laserzündkerze,
Figur 2a, 2b	unterschiedliche Ausführungsformen von Kühlkörpern für die Verwendung mit den erfindungsgemäßen Kühlmitteln, und
Figur 3	ein vereinfachtes Flussdiagramm einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0024] Figur 1 zeigt eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Laserzündkerze 100 in einem teilweisen Querschnitt. Die Laserzündkerze 100 wird beispielsweise in Brennkraftmaschinen von Kraftfahrzeugen oder auch in stationären Großgasmotoren dazu eingesetzt, Laserstrahlung 20 auf einen in einem Brennraum 200 der Brennkraftmaschine angeordneten Zündpunkt ZP gebündelt einzustrahlen, um ein in dem Brennraum 200 befindliches Luft-/Kraftstoffgemisch zu entzünden.

[0025] Die Laserstrahlung 20 kann dabei in an sich bekannter Weise lokal in der Laserzündkerze 100 erzeugt werden, beispielsweise unter Verwendung einer Lasereinrichtung 110, die u.a. einen laseraktiven Festkörper (nicht gezeigt) und eine passive Güteschaltung aufweist.

[0026] Alternativ hierzu kann der Laserzündkerze 100 von einer entfernt angeordneten Laserquelle zugeführte Laserstrahlung durch die Laserzündkerze 100 gebündelt und auf den Zündpunkt ZP eingestrahlt werden.

[0027] Während des Betriebs der Laserzündkerze 100 schlagen sich verschiedene Verbrennungsprodukte, insbesondere anorganische Komponenten, die unter anderem aus Additiven des Motoröls der Brennkraftmaschine stammen, auf der dem Brennraum 200 zugewandten Oberfläche 120a des Brennraumfensters 120 der Laserzündkerze 100 nieder.

[0028] Es ist bereits bekannt, das Brennraumfenster 120 mit Laserimpulsen hoher Leistungs- bzw. Energiedichte zu beaufschlagen, um derartige anorganische Beläge von dem Brennraumfenster 120 abzureinigen.

[0029] Erfindungsgemäß ist erkannt worden, dass die

Anwesenheit von Kohlenstoff beziehungsweise Kohlenstoffverbindungen auf der Oberfläche 120a des Brennraumfensters 120 das Abreinigen begünstigt. Untersuchungen der Anmelderin zufolge sind um bis zu etwa eine Größenordnung geringere Strahldichten der Laserstrahlung 20 erforderlich, um die vorstehend beschriebenen Beläge unter Anwesenheit von Kohlenstoff abzureinigen.

[0030] Demgegenüber werden bei herkömmlichen Abreinigungsverfahren Strahldichten benötigt, welche in der Größenordnung der Zerstörungsschwelle des Materials des Brennraumfensters 120 liegen.

[0031] Erfindungsgemäß ist ferner erkannt worden, dass eine Herabsetzung der Temperatur des in dem Bereich des Brennraumfensters 120 liegenden Volumenbereichs 210 bzw. eines darin befindlichen Fluids während des Betriebs der Laserzündkerze 100 einen Niederschlag von Kohlenstoff beziehungsweise Kohlenstoffverbindungen im Bereich der Oberfläche 120a des Brennraumfensters 120 begünstigt. Auf diese Weise können demnach die für ein effizientes Abreinigen erforderlichen Kohlenstoffverbindungen besonders zweckmäßig aus den während der Laserzündung entstehenden Verbrennungsprodukten gewonnen werden.

[0032] Daher verfügt die erfindungsgemäße Laserzündkerze 100 über Mittel 130 zur Kühlung des in dem brennraumzugewandten Endbereich 100a befindlichen Volumenbereichs 210 und/oder eines in dem Volumenbereich 210 befindlichen Mediums wie beispielsweise der Verbrennungsabgase.

[0033] Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform weisen die Mittel 130 zur Kühlung mindestens einen Kühlkörper 131 auf, der wie aus Figur 1 ersichtlich vorliegend in etwa kreisringförmig ausgebildet ist und vorzugsweise unlösbar mit dem Gehäuse 101 der Laserzündkerze 100 in ihrem brennraumzugewandten Endbereich 100a verbunden ist.

[0034] Der Kühlkörper 131 weist bevorzugt Material auf, das eine verhältnismäßig große Wärmeleitfähigkeit besitzt, insbesondere eine Wärmeleitfähigkeit von etwa 90 Watt je Kelvin und Meter bei Raumtemperatur oder mehr; beispielsweise kann Nickel oder eine Nickellegierung hierfür Anwendung finden.

[0035] Eine besonders gleichmäßige Kühlung des in dem Endbereich 100a beziehungsweise dem Volumenbereich 210 anwesenden Mediums ist erfindungsgemäß vorteilhaft dadurch gegeben, dass der Kühlkörper 131 eine optische Achse OA der Laserzündkerze 100 umgibt, insbesondere konzentrisch umgibt.

[0036] Neben der vorstehend beschriebenen vorteilhaften Kühlwirkung dient der erfindungsgemäße Kühlkörper 131 einer weiteren Erfindungsvariante zufolge gleichzeitig zur Abschirmung der Oberfläche 120a des Brennraumfensters 120 vor im Bereich des Zündpunkts ZP entstehenden Verbrennungspartikeln, welche bei ihrem Auftreffen auf die Oberfläche 120a das Brennraumfenster 120 beschädigen könnten. Hierzu ist der Kühlkörper 131 im Wesentlichen kreisringförmig ausgebildet, und ein Innendurchmesser D1 des Kühlkörpers 131 im Bereich seiner brennraumzugewandten Stirnseite 131a beträgt maximal etwa 105 Prozent bis etwa 200 Prozent eines Strahldurchmessers DS (Figur 2a) der mittels der Laserzündkerze 100 abgestrahlten Laserstrahlung 20.

[0037] Für eine effiziente Ableitung der in den Kühlkörper 131 eingetragenen Wärmeenergie können in dem Gehäuse 101 der Laserzündkerze 100 Wärmeleitmittel 140 vorgesehen sein, die eine Ableitung von Wärme aus dem brennraumzugewandten Endbereich 100a der Laserzündkerze 100 in Richtung eines brennraumabgewandten Endbereichs 100b ermöglichen. Bevorzugt weisen die Wärmeleitmittel 140 Nickel- und/oder Kupfer- und/oder Silbereinlagen 142 bzw. Einlagen aus entsprechenden Legierungen auf, die entweder direkt in dem Innenraum der Laserzündkerze 100 angeordnet sind oder auch direkt in mindestens einen Wandabschnitt des Gehäuses 101 der Laserzündkerze 100 integriert sein können.

[0038] Die Wärmeleitmittel 140 können auch ein fluidbasiertes System aufweisen, insbesondere auch ein oder mehrere Wärmerohre oder dergleichen.

[0039] Der Kühlkörper 131 ist vorzugsweise unlösbar, insbesondere stoffschlüssig, so mit dem Gehäuse 101 der Laserzündkerze 100 verbunden, dass er in gutem thermischem Kontakt mit den Wärmeleitmitteln 140 bzw. Einlagen 142 steht.

[0040] Die Wärmeleitmittel 140 weisen einen Kontaktbereich 141 auf, der bei einer Einbaulage der Laserzündkerze 100 in einem Zylinderkopf (nicht gezeigt) einer Brennkraftmaschine einen guten thermischen Kontakt herstellt mit dem Zylinderkopf, so dass eine effiziente Ableitung von in die Laserzündkerze 100, insbesondere in den Kühlkörper 131, eingetragener Wärme möglich ist.

[0041] Figur 2a zeigt eine Draufsicht auf die brennraumzugewandte Stirnseite 131a (Figur 1) des Kühlkörpers 131. Aus Figur 2a ist ersichtlich, dass der Innendurchmesser D1 des Kühlkörpers 131 im Bereich der Stirnfläche 131a (Figur 1) nur unwesentlich größer ist als der Strahldurchmesser DS der Laserstrahlung 20, so dass sich ein effektiver Schutz der Oberfläche 120a des Brennraumfensters 120 vor Partikeln ergibt, die von dem Zündpunkt ZP oder sonstigen Bereichen des Brennraums 200 ausgehen können. Der Innendurchmesser D1 beträgt einer Ausführungsform zufolge maximal etwa 105 Prozent bis etwa 200 Prozent des Strahldurchmessers DS.

[0042] Besonders bevorzugt ist der Innendurchmesser D1 des Kühlkörpers 131 im Bereich der brennraumzugewandten Stirnseite 131a (Figur 1) kleiner als ein Innendurchmesser D2 des Kühlkörpers 131 im Bereich der brennraumabgewandten Stirnseite des Kühlkörpers 131, so dass sich eine effiziente Kühlung des Volumens 210 und eine zweckmäßige Formanpassung des Innenbereichs des Kühlkörpers 131 an die von der Laserzündkerze 100 abgestrahlte Laserstrahlung 20 ergeben.

[0043] Figur 2b zeigt eine Draufsicht auf eine weitere Variante eines erfindungsgemäßen Kühlkörpers 131, bei

dem insgesamt vier sich radial erstreckende Schlitzungen 131' vorgesehen sind, welche eine verbesserte Fluidkommunikation zwischen dem Brennraum 200 (Figur 1) und dem durch den Kühlkörper 131 umgebenen Volumenbereich 210 ermöglichen, so dass eine effiziente Spülung des Volumenbereichs 210 mit Frischgas möglich ist. Dadurch kann vorteilhaft die Ausbildung eines Restgaspolsters im Bereich der Oberfläche 120a des Brennraumfensters 120 verhindert werden, was dazu beiträgt, dass die Oberfläche 120a des Brennraumfensters 120 nicht durch ein frühzeitiges Quenching der Flamme verrußt.

[0044] Alternativ zu den Schlitzungen 131' können auch eine oder mehrere Bohrungen (nicht gezeigt) in dem Kühlkörper 131 vorgesehen sein, um einen verbesserten Fluidaustausch zwischen dem Brennraum 200 und dem Volumenbereich 210 zu ermöglichen.

[0045] Figur 3 zeigt ein Flussdiagramm einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0046] In einem ersten Schritt 300 wird der Volumenbereich 210 beziehungsweise ein darin befindliches Medium gekühlt, vorzugsweise bis auf eine Temperatur von etwa unter 350° C bis etwa unter 300° C. Dadurch ergeben sich vorteilhaft Niederschläge von Kohlenstoff beziehungsweise Kohlenstoffverbindungen im Bereich der Oberfläche 120a des Brennraumfensters 120.

[0047] Diese Kohlenstoffniederschläge ermöglichen ein einfacheres Abreinigen des Brennraumfensters 120, das in dem weiteren Schritt 310 dadurch bewerkstelligt wird, dass die Oberfläche 120a des Brennraumfensters 120 mit Laserimpulsen 20 hoher Leistungs- bzw. Energiedichte beaufschlagt wird.

[0048] Die benötigte Laserstrahldichte zur Abreinigung ist generell abhängig von dem Belagmaterial. Insbesondere anorganische Beläge, die unter anderem aus den Additiven von Motoröl und dergleichen stammen, sind nur mit sehr hohen Strahldichten, die bei herkömmlichen Reinigungsverfahren nahe an den Zerstörschwellen des Materials des Brennraumfensters 120 liegen, abzureinigen. Die erfindungsgemäß ermöglichte Einbringung von Kohlenstoff in die parasitären Beläge des Brennraumfensters 120 ermöglicht vorteilhaft eine Reduktion der zur Abreinigung erforderlichen Strahldichte. Insbesondere $CaSO_4$-haltige Beläge werden durch die erfindungsgemäße Hinzufügung von Kohlenstoffverbindungen derart konditioniert, dass vorteilhaft nur noch eine um bis zu etwa eine Größenordnung geringere Strahldichte für die Reinigung verwendeten Laserstrahlung erforderlich ist.

[0049] Generell kann unter Anwendung des Erfindungsgedankens die Konstruktion des brennraumzugewandten Endbereichs 100a der Laserzündkerze 100 daraufhin optimiert werden, dass eine effiziente Kühlung des Volumenbereichs 210 möglich ist, um halb- und unverbrannte Kohlenwasserstoffverbindungen im Bereich des Brennraumfensters 120 zu erzeugen. Die hieraus entstehenden Kohlenstoffanteile in dem sich auf der Oberfläche 120 abbildenden Belag anorganischer Verbrennungsrückstände ermöglichen vorteilhaft eine effiziente Abreinigung mittels Laserstrahlung 20 ohne eine gleichzeitige Zerstörung des Brennraumfensters 120.

[0050] Insbesondere in einem Temperaturbereich von etwa 300° C bis etwa 350° C ist eine besonders effiziente Ablagerung von Kohlenstoff beziehungsweise Kohlenstoffverbindungen auf der Brennraumfensteroberfläche 120a möglich.

[0051] Die erfindungsgemäßen Mittel 130 zur Kühlung ermöglichen eine effiziente Reduktion der Temperatur im Volumenbereich 210 vor dem Brennraumfenster 120, so dass ein kontrolliertes Verlöschen von Flammen vor dem Brennraumfenster 120 bei der Laserzündung erreicht wird. Darüberhinaus ist es wichtig, eine hinreichende Menge von Frischgemisch zu dem Brennraumfenster 120 zu transportieren, damit es nicht zu einem Restgaspolster vor dem Brennraumfenster 120 kommt, das ein Verrußen des Fensters 120 durch frühzeitiges Quenching der Flamme verhindert.

[0052] Der Bildung des Restgaspolsters kann durch die erfindungsgemäß vorgesehen Schlitzung 131' (Figur 2b) in dem Kühlkörper 131 und/oder durch weitere Bohrungen in dem Kühlkörper 131 begegnet werden.

[0053] Gleichzeitig ist jedoch darauf zu achten, dass eine zu starke Anströmung des Brennraumfensters 120 durch aus dem Brennraum 200 stammendes Fluid vermieden wird, damit sich keine Partikel aus dem Verbrennungsprozess auf dem Brennraumfenster 120 ablegen. Dies wird durch die in Figur 1 beispielhaft abgebildete Geometrie des Kühlkörpers 131 ermöglicht.

[0054] Eine im Bezug auf die Stirnfläche 131a (Figur 1) des Kühlkörpers 131 zurückgezogene Einbaulage des Brennraumfensters 120 in der Laserzündkerze 100 ermöglicht auf eine besonders einfache Art eine Reduzierung der Temperatur im Bereich des Brennraumfensters 120.

[0055] Die erfindungsgemäße Laserzündkerze 100 wird bevorzugt bei Brennkraftmaschinen von Kraftfahrzeugen und stationären (Groß-)Gasmotoren oder auch (Gas-)Turbinen eingesetzt.

Patentansprüche

1. Laserzündkerze (100), insbesondere für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, mit einem in einem brennraumzugewandten Endbereich (100a) angeordneten Brennraumfenster (120) mit Mitteln (130) zur Kühlung eines in dem Bereich des Brennraumfensters (120) befindlichen Volumenbereichs (210) und/oder eines in dem Volumenbereich (210) befindlichen Mediums, wobei die Mittel zur Kühlung (130) einen Kühlkörper (131) aufweisen, der eine optische Achse (OA) der Laserzündkerze (100) umgibt, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Innendurchmesser (D1) des Kühlkörpers (131) im Bereich einer brennraumzugewandten Stirnseite (131a) des Kühlkörpers (131) kleiner ist als ein Innendurchmes-

ser (D2) des Kühlkörpers (131) im Bereich einer brennraumabgewandten Stirnseite des Kühlkörpers (131)

2. Laserzündkerze (100) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kühlkörper (131) Material mit einer verhältnismäßig großen Wärmeleitfähigkeit aufweist, insbesondere mit einer Wärmeleitfähigkeit von etwa 90 Watt je Kelvin und Meter bei Raumtemperatur oder mehr.

3. Laserzündkerze (100) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kühlkörper (131) Nickel oder eine Nickellegierung aufweist, insbesondere im wesentlichen vollständig aus Nickel oder einer Nickellegierung gebildet ist.

4. Laserzündkerze (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kühlkörper (131), die optische Achse (OA) der Laserzündkerze (100) konzentrisch umgibt.

5. Laserzündkerze (100) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kühlkörper (131) im wesentlichen kreisringförmig ausgebildet ist, und dass ein Innendurchmesser (D1) des Kühlkörpers (131) im Bereich einer brennraumzugewandten Stirnseite (131a) des Kühlkörpers (131) maximal etwa 105 Prozent bis etwa 200 Prozent eines Strahldurchmessers (DS) von mittels der Laserzündkerze (100) abgestrahlter Laserstrahlung (20) beträgt.

6. Laserzündkerze (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Wärmeleitmittel (140) vorgesehen sind, die eine Ableitung von Wärme aus einem brennraumzugewandten Endbereich (100a) der Laserzündkerze (100) in Richtung eines brennraumabgewandten Endbereichs (100b) ermöglichen, wobei die Wärmeleitmittel (140) vorzugsweise in einem Innenraum der Laserzündkerze (100) angeordnet sind und/oder direkt in mindestens einen Wandabschnitt eines Gehäuses (101) der Laserzündkerze (100) integriert sind.

7. Laserzündkerze (100) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zur Kühlung (130) in thermischem Kontakt stehen zu den Wärmeleitmitteln (140).

8. Verfahren zum Betreiben einer Laserzündkerze (100) nach Anspruch 1, insbesondere für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, mit einem in einem brennraumzugewandten Endbereich (100a) angeordneten Brennraumfenster (120), **dadurch gekennzeichnet, dass** ein in dem Bereich des Brennraumfensters (120) befindlicher Volumenbereich (210) und/oder ein in dem Volumenbereich (210) befindliches Medium auf eine Temperatur von etwa unter 350 °C bis etwa unter 300 °C gekühlt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem brennraumzugewandten Endbereich (100a) der Laserzündkerze (100) angeordnete Mittel (130) zur Kühlung verwendet werden.

Claims

1. Laser ignition plug (100), in particular for an internal combustion engine of a motor vehicle, having a combustion chamber window (120) which is arranged in an end region (100a) facing toward a combustion chamber and which has means (130) for cooling a volume region (210) situated in the region of the combustion chamber window (120) and/or for cooling a medium situated in the volume region (210), wherein the means for cooling (130) have a cooling body (131) which surrounds an optical axis (OA) of the laser ignition plug (100), **characterized in that** an inner diameter (D1) of the cooling body (131) in the region of a face side (131a), facing toward the combustion chamber, of the cooling body (131) is smaller than an inner diameter (D2) of the cooling body (131) in the region of a face side, averted from the combustion chamber, of the cooling body (131).

2. Laser ignition plug (100) according to Claim 1, **characterized in that** the cooling body (131) has material with a relatively high thermal conductivity, in particular with a thermal conductivity of approximately 90 watts per metre-kelvin at room temperature or higher.

3. Laser ignition plug (100) according to Claim 2, **characterized in that** the cooling body (131) has nickel or a nickel alloy, in particular is formed substantially entirely from nickel or a nickel alloy.

4. Laser ignition plug (100) according to one of the preceding claims, **characterized in that** the cooling body (131) concentrically surrounds the optical axis (OA) of the laser ignition plug (100).

5. Laser ignition plug (100) according to Claim 1, **characterized in that** the cooling body (131) is of substantially circular-ring-shaped form, and **in that** an inner diameter (D1) of the cooling body (131) in the region of a face side (131a), facing toward the combustion chamber, of the cooling body (131) amounts to at most approximately 105 percent to approximately 200 percent of a beam diameter (DS) of laser radiation (20) emitted by means of the laser ignition plug (100).

6. Laser ignition plug (100) according to one of the preceding claims, **characterized in that** heat-conduct-

ing means (140) are provided which permit a dissipation of heat from an end region (100a), facing toward the combustion chamber, of the laser ignition plug (100) in the direction of an end region (100b) averted from the combustion chamber, wherein the heat-conducting means (140) are preferably arranged in an interior space of the laser ignition plug (100) and/or are directly integrated into at least one wall section of a housing (101) of the laser ignition plug (100).

7. Laser ignition plug (100) according to Claim 6, **characterized in that** the means for cooling (130) are in thermal contact with the heat-conducting means (140).

8. Method for operating a laser ignition plug (100) according to Claim 1, in particular for an internal combustion engine of a motor vehicle, having a combustion chamber window (120) which is arranged in an end region (100a) facing toward a combustion chamber, **characterized in that** a volume region (210) situated in the region of the combustion chamber window (120) and/or a medium situated in the volume region (210) is cooled to a temperature of approximately below 350 °C to approximately below 300 °C.

9. Method according to Claim 8, **characterized in that** means (130) for cooling are used which are arranged in the end region (100a), facing toward the combustion chamber, of the laser ignition plug (100).

Revendications

1. Bougie d'allumage à laser (100), en particulier pour un moteur à combustion interne d'un véhicule automobile, avec une fenêtre de chambre de combustion (120) disposée dans une région d'extrémité (100a) tournée vers la chambre de combustion avec des moyens (130) pour le refroidissement d'une zone volumique (210) se trouvant dans la région de la fenêtre de chambre de combustion (120) et/ou d'un fluide se trouvant dans la zone volumique (210), dans laquelle les moyens de refroidissement (130) présentent un corps de refroidissement (131), qui entoure un axe optique (OA) de la bougie d'allumage à laser (100), **caractérisée en ce qu'**un diamètre intérieur (D1) du corps de refroidissement (131) dans la région d'un côté frontal (131a) du corps de refroidissement (131) tourné vers la chambre de combustion est plus petit qu'un diamètre intérieur (D2) du corps de refroidissement (131) dans la région d'un côté frontal du corps de refroidissement (131) détourné de la chambre de combustion.

2. Bougie d'allumage à laser (100) selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le corps de refroidissement (131) présente un matériau avec une conductibilité thermique relativement élevée, en particulier avec une conductibilité thermique d'environ 900 watts par kelvin et par mètre à la température ambiante, ou plus.

3. Bougie d'allumage à laser (100) selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** le corps de refroidissement (131) présente du nickel ou un alliage de nickel, en particulier est formé essentiellement entièrement de nickel ou d'un alliage de nickel.

4. Bougie d'allumage à laser (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le corps de refroidissement (131) entoure de façon concentrique l'axe optique (OA) de la bougie d'allumage à laser (100).

5. Bougie d'allumage à laser (100) selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le corps de refroidissement (131) est réalisé essentiellement en forme d'anneau circulaire, et **en ce qu'**un diamètre intérieur (D1) du corps de refroidissement (131) dans la région d'un côté frontal (131a) du corps de refroidissement (131) tourné vers la chambre de combustion vaut au maximum environ 105 pour cent à environ 200 pour cent d'un diamètre de faisceau (DS) d'un rayonnement laser (20) émis au moyen de la bougie d'allumage à laser (100).

6. Bougie d'allumage à laser (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'**il est prévu des moyens de conduction de la chaleur (140), qui permettent une évacuation de chaleur depuis une région d'extrémité (100a) tournée vers la chambre de combustion de la bougie d'allumage à laser (100) en direction d'une région d'extrémité (100b) détournée de la chambre de combustion, dans laquelle les moyens de conduction de la chaleur (140) sont disposés de préférence dans une chambre intérieure de la bougie d'allumage à laser (100) et/ou sont intégrés directement dans au moins une partie de paroi d'un boîtier (101) de la bougie d'allumage à laser (100).

7. Bougie d'allumage à laser (100) selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** les moyens de refroidissement (130) se trouvent en contact thermique avec les moyens de conduction de la chaleur (140).

8. Procédé de fonctionnement d'une bougie d'allumage à laser (100) selon la revendication 1, en particulier pour un moteur à combustion interne d'un véhicule automobile, avec une fenêtre de chambre de combustion (120) disposée dans une région d'extrémité (100a) tournée vers la chambre de combustion,

caractérisé en ce que l'on refroidit une zone volumique (210) se trouvant dans la région de la fenêtre de chambre de combustion (120) et/ou un fluide se trouvant dans la zone volumique (210) à une température d'environ moins de 350°C à environ moins de 300°C.

9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** l'on utilise pour le refroidissement des moyens (130) disposés dans la région d'extrémité (100a) de la bougie d'allumage à laser (100) tournée vers la chambre de combustion.

FIG. 1

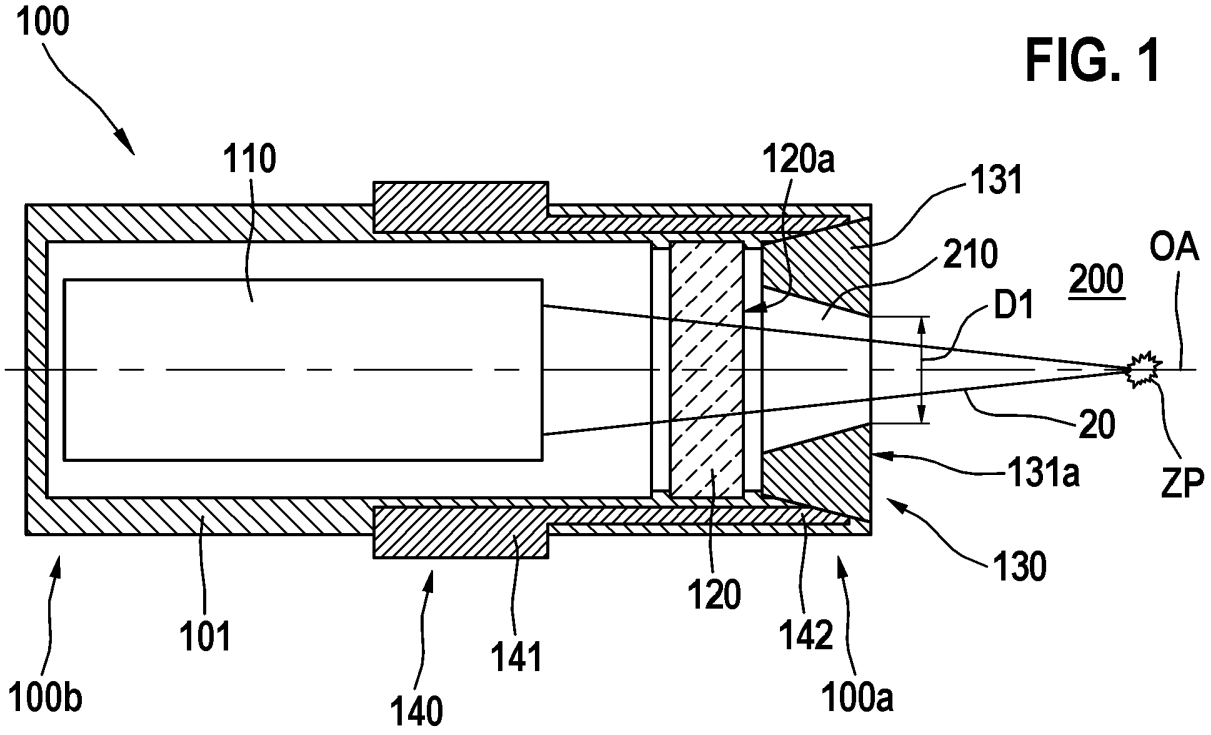


FIG. 2A

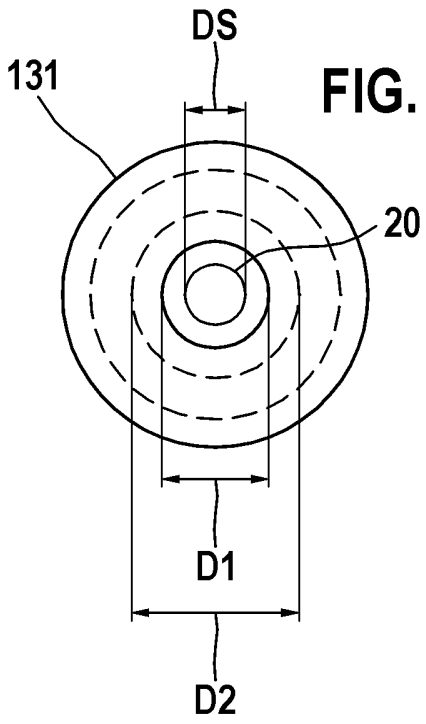


FIG. 2B

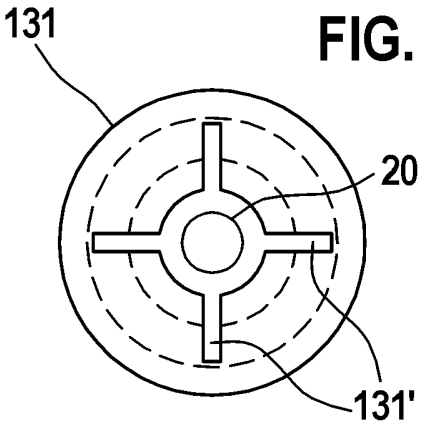
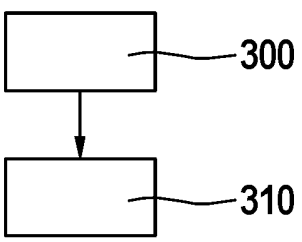


FIG. 3



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2009043608 A **[0001]**