

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年1月2日(02.01.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/004181 A1

- (51) 国際特許分類:
F02P 23/04 (2006.01) *H05H 1/24* (2006.01)
F02B 23/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/024314
- (22) 国際出願日: 2019年6月19日(19.06.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2018-121998 2018年6月27日(27.06.2018) JP
- (71) 出願人: 国立研究開発法人産業技術総合研究所(NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY)
- [JP/JP]; 〒1008921 東京都千代田区霞が関 1丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 高橋 栄一 (TAKAHASHI Eiichi); 〒3058560 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第1 国立研究開発法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP). 瀬川 武彦 (SEGAWA Takehiko); 〒3058560 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第1 国立研究開発法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) Title: CLEANING APPARATUS FOR OPTICAL WINDOW, ENGINE, AND METHOD FOR CLEANING OPTICAL WINDOW OF ENGINE

(54) 発明の名称: 光学窓の清浄化装置、エンジンおよびその光学窓の清浄化方法

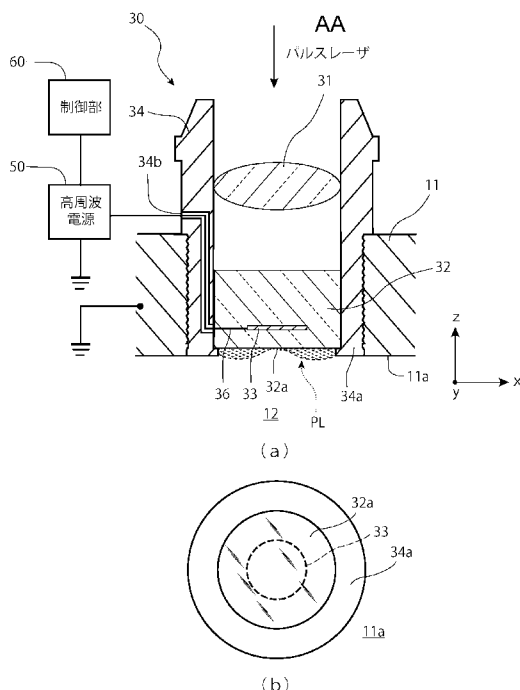


FIG. 2:
50 High frequency electric power source
60 Control unit
AA Pulsed laser

(57) Abstract: This disclosure provides an apparatus for cleaning a surface of an optical window 32. The apparatus comprises: a first electrode 33 that is provided in an interior of the optical window and covered with a dielectric material forming the optical window; a second electrode 34a that is provided around a perimeter of the optical window and is exposed at the surface on at least one side of the optical window; an electric power source 50 that is electrically connected between the first electrode and the second electrode; and a control unit 60 that controls the electric power source 50 such

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

that a high-frequency or pulsed voltage is applied across the first electrode and the second electrode by the electric power source, and a dielectric barrier discharge is generated along the surface 32a of the optical window.

(57) 要約：本開示では、光学窓 32 の表面を清浄化する装置であって、光学窓の内部に設けられ、光学窓を形成する誘電性材料に覆われる第 1 の電極 33 と、光学窓の周囲に設けられ、光学窓の少なくとも一方の側の表面に露出する第 2 の電極 34 a と、第 1 の電極と第 2 の電極との間に電氣的に接続された電源 50 と、を備え、第 1 の電極と第 2 の電極との間に電源により高周波あるいはパルス状の電圧を印加して、光学窓の表面 32 a に沿って誘電体バリア放電を発生させるように電源 50 を制御する制御部 60 と、を備える装置が提供される。

明 細 書

発明の名称：

光学窓の清浄化装置、エンジンおよびその光学窓の清浄化方法

技術分野

[0001] 本発明は、装置の光学窓の清浄化技術に関し、特にレーザにより点火するエンジンの光学窓の清浄化に関する技術に関する。

背景技術

[0002] エンジンは、従来、スパークプラグの火花によって混合気を着火して燃焼させることで運転されているが、レーザによる着火も可能であることが実証されてきた。しかし、レーザを燃焼室に導入するレンズや光学窓がエンジンの燃焼による生成物で汚れ、レーザが十分な強度で燃焼室内に届かないため点火できないという主要な問題がある。光学窓の材料を選択して光学窓の温度を高めたり、光学窓の表面にレーザパルス照射して清浄化する等の対策が検討されている（例えば、非特許文献 1 参照。）。

先行技術文献

非特許文献

[0003] 非特許文献1：S. Gupta, et al. “lens/window-fouling mitigation in laser ignited reciprocating”, OPTICS and PHOTONICS International Congress 2018, LIC5 - 6, Yokohama, Japan, 2018, April 25-27

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 本発明は、上述した問題を解決するもので、新規で有用な光学窓の清浄化を行う装置、エンジンおよび清浄化方法を提供する。

課題を解決するための手段

[0005] 本発明の一態様によれば、光学窓の表面を清浄化する装置であって、上記光学窓の内部に設けられ、該光学窓を形成する誘電性材料に覆われる第 1 の

電極と、上記光学窓の周囲に設けられ、該光学窓の少なくとも一方の側の表面に露出する第２の電極と、上記第１の電極と第２の電極との間に電氣的に接続された電源と、上記第１の電極と上記第２の電極との間に高周波あるいはパルス状の電圧を印加して、上記光学窓の上記表面に沿って誘電体バリア放電を発生させる上記電源を制御する制御部と、を備える上記装置が提供される。

[0006] 上記態様によれば、第１の電極と第２の電極との間に高周波あるいはパルス状の電圧を印加して、光学窓の表面に沿って誘電体バリア放電を発生させるように電源を制御部することで、誘電体バリア放電によってラジカルおよび誘起気流が発生し、ラジカルおよび誘起気流によって光学窓の表面の汚れを除去して清浄化することができる。

[0007] 本発明の他の態様によれば、レーザによって燃焼室内の混合気の着火を行うエンジンであって、レーザ源と、そのレーザ源からレーザを上記燃焼室内に導入する誘電性材料からなる光学窓と、上記態様の光学窓の表面を清浄化する装置と、を備える、上記エンジンが提供される。

[0008] 上記態様によれば、上記装置によって誘電体バリア放電を発生させ、それによって発生するラジカルおよび誘起気流によってレーザを導入する光学窓の燃焼室側の表面の汚れを除去でき、その結果、レーザによる混合気の点火を安定して行うことができ、エンジンの安定した運転が可能となる。

[0009] 本発明のその他の態様によれば、レーザによって燃焼室内の混合気の着火を行うエンジンの上記レーザを導入する光学窓の表面を上記態様の光学窓の表面を清浄化する装置によって清浄化する方法であって、上記エンジンの動作時の排気行程中に上記第１の電極と上記第２の電極との間に高周波あるいはパルス状の電圧を印加して、上記光学窓の上記表面に沿って誘電体バリア放電を発生させるように上記電源を制御するステップを含む、上記方法が提供される。

[0010] 上記態様によれば、エンジンの排気行程中に誘電体バリア放電を発生するように制御することで、エンジンの動作中に誘電体バリア放電によって発生

するラジカルおよび誘起気流によって光学窓の燃焼室側の表面の汚れを除去でき、誘電体バリア放電に伴って発生する燃焼に影響を与える中間化学種を排出して安定したエンジンの運転が可能となる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の一実施形態に係るエンジンの概略構成を示す図である。

[図2]本発明の実施形態に係る清浄化装置の構成を示すための図であり、レーザ点火プラグの概略構成を示す（a）断面図および（b）燃焼室側から見た図である。

[図3]本発明の他の実施形態に係る清浄化装置の構成を示すための図であり、レーザ点火プラグの光学窓の部分を拡大して示す（a）断面図および（b）燃焼室側から見た図である。

[図4]本発明のその他の実施形態に係る清浄化装置の構成を示すための図であり、レーザ点火プラグの光学窓の部分を拡大して示す（a）断面図および（b）燃焼室側から見た図である。

[図5]効果確認実験に用いた誘電体バリア放電プラグの（a）断面図および（b）燃焼室側から見た図である。

[図6]（a）～（c）は効果確認実験における光学窓に相当する誘電体部材の表面の汚れの変化を示す写真である。

[図7]（a）および（b）は、粒子状の模擬汚れに対する効果確認実験における光学窓に相当する誘電体部材の表面の汚れの変化を示す写真である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、図面に基づいて本発明の一実施形態を説明する。なお、図面間において共通する要素については同じ符号を付し、その要素の詳細な説明の繰り返しを省略する。

[0013] 図1は、本発明の一実施形態に係るエンジンの概略構成を示す図である。

[0014] 図1を参照するに、エンジン10は、シリンダヘッド部11に吸気ポート20と排気ポート21とレーザ点火プラグ30とを有し、さらに、レーザ点火プラグ30に導入されるパルスレーザのレーザ源40とレーザ点火プラグ

３０の清浄化装置（後述する）に高圧高周波信号を供給する高周波電源５０とレーザ源４０および高周波電源５０を制御する制御部６０とを有している。

[0015] シリンダヘッド部１１において、吸気ポート２０はシリンダヘッド部１１に設けられ吸気管２４が接続される。吸気管２４には、燃料を気化して空気と混合し、混合気を形成する気化器（不図示）が接続される。排気ポート２１はシリンダヘッド部１１に設けられ排気管２５が接続される。混合気は、吸気管２４を介して吸気バルブ２２の開動作およびピストン１３の下降により吸気ポート２０から燃焼室１２に供給される。混合気はピストン１３の上昇により圧縮され、レーザ点火により燃焼が発生する。燃焼後は、排気バルブ２３の開動作およびピストン１３の上昇により排気ポート２１から燃焼によって生成されたすす（煤）や、炭化水素類、酸類、アルデヒド類、フェノール類等のガス、水蒸気、粒子状物質等が排気される。この際、燃焼室１２に面する内壁やレーザ点火プラグ３０の光学窓にすすや粒子状物質が付着する。

[0016] なお、エンジン１０は、気化器の代わりに吸気管２４内に燃料を噴射するポート噴射法を用いて混合気を形成してもよく、燃焼室１２内に燃料を噴射する直噴法を用いて燃焼室１２内で混合気を形成してもよい。

[0017] 図２は、本発明の実施形態に係る清浄化装置の構成を示すための図であり、レーザ点火プラグの概略構成を示す（ａ）断面図および（ｂ）燃焼室側から見た図である。なお、図２では、図１に示されている要素の一部を図示の便宜のため省略している。

[0018] 図２を図１と合わせて参照するに、レーザ点火プラグ３０は、シリンダヘッド部１１に配置され、支持金具３４の内部に、レーザ源４０からのパルスレーザを集光する集光部３１と、燃焼室１２に露出して集光部３１を燃焼室１２から隔離し、集光されたパルスレーザを透過する光学窓３２とを有する。レーザ源４０からパルスレーザが供給され集光部３１で集光され光学窓３２を透過したパルスレーザが燃焼室１２内の混合気を点火する。パルスレー

ザの出射タイミングは、レーザ源40に信号通信可能に接続される制御部60によって制御される。制御部60は、例えば、ピストン13と連動するクランク14のクランク角検出部61からのクランク角の情報を取得して点火タイミングを制御する。レーザ源40は、例えば、YAGレーザを用いることができるが特に限定されない。なお、集光部31はレーザ源40側に設けてもよい。

[0019] 光学窓32には、その内部で、燃焼室12側の表面32aに近い部分に第1電極33が設けられる。光学窓32の周囲には、第2電極34aが燃焼室12に露出して設けられる。第2電極34aは、本実施形態ではレーザ点火プラグ30の支持金具34の燃焼室12側に露出する部分である。レーザ点火プラグ30は、紙面の上下方向に延びる（図示するz方向に平行な）軸線に対して回転体の形状を有する。

[0020] 光学窓32は、パルスレーザを透過すると共に誘電性を有する材料から形成されている。光学窓32は、エンジン10においては、混合気の燃焼により温度が上昇するため、耐熱性も有することが好ましく、例えば、サファイアを用いることができる。光学窓32は、厚さ（z方向）が例えば10mmであり、直径（x-y平面）が例えば10mmである。光学窓32は支持金具に保持される。光学窓32は、第1電極33をz方向の上下から第1電極33を挟むように2つの部材から構成してもよい。例えば、光学窓32に第1電極33を埋め込むように成形し難い材料の場合、例えば光学窓32にサファイアを用いた場合に好ましく適用できる。

[0021] 第1電極33は、パルスレーザを透過すると共に導電性を有する材料から形成されており、例えば、透明導電膜と称する材料であり、酸化インジウム（ InO_2 ）、酸化スズ（ SnO_2 ）および酸化亜鉛（ ZnO ）の少なくとも一つを主成分とする材料、あるいはそれらの混合材料を用いることができ、例えば、ITO（スズをドーピングした InO_2 ）、AZO（アルミニウム（Al）をドーピングした ZnO ）、IZO（登録商標）（ $\text{InO}_2\text{-ZnO}$ ）、GZO（ガリウム（Ga）をドーピングした ZnO ）、ATO（アンチモン（Sb）をド

ープした SnO_2)) などを用いることができる。第1電極33は、例えば円盤状の形状を有し、厚さ(z方向)は例えば、 $1\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ であり、直径(x-y平面)は、例えば $3\text{mm}\sim 30\text{mm}$ であり光学窓32よりも小さく形成されることが好ましい。第1電極33は、光学窓32の燃焼室12側の表面32aから例えば $50\mu\text{m}\sim 3000\mu\text{m}$ の範囲の距離に配置されており、燃焼室12に露出しないように光学窓32の誘電性材料により覆うように形成されている。この第1電極33を覆う燃焼室12の光学窓32の誘電性材料にサファイアを用いることが好ましい。第1電極33は、パルスレーザが入光する軸に対して垂直な面において光学窓32の中央部に配置されることが好ましい。

[0022] 第2電極34aは、本実施形態では、レーザ点火プラグ30の支持金具34の燃焼室側に露出する円環状部分であり、金属材料、特に耐熱性の良好な材料、例えば、ステンレス鋼、炭素鋼を用いることができる。第2電極34aは、内径は例えば $3\text{mm}\sim 30\text{mm}$ であり光学窓32の直径に応じて選択される。第2電極34aは、高周波電源50に電氣的に接続されるが、第2電極34aは、シリンダヘッド部11に接触して電氣的に接続されているので、エンジンプロックを介して接地されるように構成することが好ましい。

[0023] 第1電極33には、配線36が接続され、光学窓および支持金具の配線用孔34bを通じて外部の高周波電源50と電氣的に接続される。これにより、第1電極33は高周波電源50に電氣的に接続され、第2電極34aは、例えば、シリンダヘッド部11を介してアース(不図示)に接続されており、高周波電源50もアース(不図示)に接続されている。高周波電源50は、高周波あるいはパルス状の高電圧信号を供給可能な電源であれば特に限定されない。この高電圧信号は、高周波あるいはパルス状であり、周波数が、電源の装置コストを考慮した実用的な観点から、 $0.05\text{kHz}\sim 1000\text{kHz}$ に設定されることが好ましく、電圧が $0.1\text{kV}\sim 100\text{kV}$ に設定されることが好ましい。制御部60により高周波電源50の高電圧信号を制御して第1電極33と第2電極34aとの間に印加して、第1電極33に近

接する光学窓 3 2 の燃焼室 1 2 側の表面 3 2 a と第 2 電極 3 4 a との間に誘電体バリア放電 P L (Dielectric Barrier Discharge) が発生する。なお、配線用孔 3 4 b は、絶縁材料により充填されてもよい。

[0024] このように、本実施形態に係る清浄化装置は、パルスレーザを導入する光学窓 3 2 の内部に設けられ、光学窓 3 2 を形成する誘電性材料に覆われる第 1 電極 3 3 と、光学窓 3 2 の周囲に設けられ燃焼室 1 2 側の表面に露出する第 2 電極 3 4 a と、第 1 電極 3 3 と第 2 電極 3 4 a との間に電氣的に接続された高周波電源 5 0 を含み、第 1 電極 3 3 と第 2 電極 3 4 a との間に高周波電源 5 0 によって高周波あるいはパルス状の電圧を印加して、燃焼室 1 2 に露出している第 2 電極 3 4 a と第 1 電極 3 3 に近い表面 3 2 a との間に、表面 3 2 a に沿って誘電体バリア放電 P L を発生させる（この処理を以下、「清浄化処理」とも称する）。この誘電体バリア放電 P L によって、燃焼室 1 2 内の気体がイオン化され、ラジカルが発生し、誘起気流が発生する。ラジカルが光学窓 3 2 の表面 3 2 a の汚れ、例えば、デポジットやカーボンと反応して気化して誘起気流により燃焼室 1 2 に拡散し、無機粒子等の粒子状の汚れが誘起気流によって表面 3 2 a から燃焼室 1 2 に飛散する。それによって光学窓 3 2 の表面 3 2 a が清浄化される。また、第 1 電極 3 3 は、パルスレーザを透過する材料から形成されているので、パルスレーザ強度の低下を抑制することができる。

[0025] 光学窓 3 2 の清浄化処理は、エンジン停止時、つまりエンジンが動作していない時、例えば、エンジンの始動前、動作していたエンジンの停止後に行うことができ、あるいは、エンジンの動作時にも行うことができる。

[0026] 光学窓 3 2 の表面 3 2 a に付着した無機粒子を除去する場合は、後述する効果確認実験により明らかになるが、100 ミリ秒の時間幅の 1 回の誘電体バリア放電による誘起気流により除去可能である。このことから、エンジン停止時に行うことができ、また、エンジン動作時に無機粒子を除去する清浄化処理が可能である。エンジン動作時に行う場合は、下記に説明するように、排気行程中に清浄化処理を行うことが好ましい。

- [0027] 光学窓 32 の表面 32 a に付着したデポジットやカーボンを除去する場合は、後述する効果確認実験により、無機粒子の場合よりも除去しにくいことが明らかになった。このことから、エンジン停止時に比較的長い時間連続して清浄化処理を行うことが好ましい。
- [0028] また、エンジン動作時の排気行程において清浄化処理を行い、さらに好ましくは繰り返し複数回清浄化処理を行うことがさらに好ましい。エンジンの排気行程におけるピストンが下死点から上死点への移動中に誘電体バリア放電を行うことで光学窓の表面の清浄化をエンジン動作中に行うことができ、その上、誘電体バリア放電に伴って発生する燃焼に影響を与える中間化学種が排出され、吸気行程に燃焼室 12 内に残存して圧縮行程および燃焼行程における燃焼の悪影響を低減あるいは防止することができる。
- [0029] レーザ点火プラグ 30 は、燃焼室 12 に突出しないように、さらにはシリンダヘッド部の燃焼室側の表面にフラッシュマウント化されて配置されることが好ましい。これにより、レーザ点火プラグ 30 の燃焼室 12 側に露出する形状による混合気の流れの乱れを低減できる。
- [0030] 本実施形態によれば、第 1 電極 33 と第 2 電極 34 a との間に高周波電源 50 によって高周波あるいはパルス状の電圧を印加して、光学窓 32 の表面 32 a に沿って誘電体バリア放電 PL を発生させ、この誘電体バリア放電 PL によってラジカルおよび誘起気流が発生されてラジカルおよび誘起気流によって表面 32 a の汚れを除去して清浄化することができる。
- [0031] 図 3 は、本発明の他の実施形態に係る清浄化装置の構成を示すための図であり、レーザ点火プラグの光学窓の部分を拡大して示す (a) 断面図および (b) 燃焼室側から見た図である。図 3 (a) および (b) を参照するに、レーザ点火プラグ 130 は、光学窓 32 の内部に、第 1 電極 133 が、レーザの入射する軸に対して垂直な面 (x-y 面) において、中央部 133 a の方がその周囲 133 b よりも光学窓 32 の表面 32 a に近接した形状を有する。この構成により、高周波電源 50 によって配線 36 を介して高周波電圧が印加されると、光学窓 32 の表面 32 a において、第 1 電極 133 の中央

部 1 3 3 a に対向する領域と第 1 電極 1 3 3 の周辺部 1 3 3 b に対向する領域の電界強度がより均一になり、光学窓 3 2 の表面 3 2 a の周辺部から中央部に亘って誘電体バリア放電 PL がより均一に発生し、表面 3 2 a の周辺部だけでなく中央部の汚れを除去し易くなる。なお、第 1 電極 1 3 3 は図 2 に示した第 1 電極 3 3 に対して形状が異なっている点が相違し、それ以外の構成は例えば同様である。を使用して説明した上記の実施形態と同様であるので、説明を省略する。

[0032] 図 4 は、本発明のその他の実施形態に係る清浄化装置の構成を示すための図であり、レーザ点火プラグの光学窓の部分を拡大して示す (a) 断面図および (b) 燃焼室側から見た図である。図 4 (a) および (b) を参照するに、レーザ点火プラグ 2 3 0 は、光学窓 3 2 の内部に、中央部に第 1 電極 2 3 3 と、第 1 電極 2 3 3 を囲むように配置された第 3 電極 2 3 5 とが設けられている。第 3 電極 2 3 5 は、第 1 電極 2 3 3 と第 2 電極 3 4 a とは電氣的に接続されておらず、電氣的に浮いた状態である。

[0033] 第 1 電極 2 3 3 と第 2 電極 3 4 a との間に図 1 および図 2 に示した高周波電源 5 0 によって高周波あるいはパルス状の電圧を印加すると、第 3 電極 2 3 5 が第 1 電極 2 3 3 と第 2 電極 3 4 a との間で静電的な相互作用をする。このとき電氣的には浮遊している第 3 電極 2 3 5 は誘電体バリア放電が第 2 電極 3 4 a から中央部に向かって成長する初期に埋め込み電極としての役割を果たすが、誘電体バリア放電 PL が大きく進展した際には電氣的に浮遊していることから、第 1 電極に比べ放電を誘引する効果が小さくなるため、誘電体バリア放電 PL が光学窓 3 2 の表面 3 2 a の周辺部から中央部に亘って発生する。このため第 1 電極 2 3 3 の直径を図 2 に示した実施形態の第 1 電極 3 3 の直径よりも小さくできる。これにより、光学窓 3 2 の表面 3 2 a の中央部まで誘電体バリア放電 PL が広がり易くなり、中央部の汚れの除去がし易くなる。

[0034] 次に、本発明の実施形態に係る清浄化装置の効果確認の実験について説明する。この実験では、誘電体バリア放電プラグ（以下、「DBD プラグ」と

も称する。)を用いてその燃焼室側の表面に模擬汚れを付着させて誘電体バリア放電を発生させた。

[0035] 図5は、効果確認実験に用いた誘電体バリア放電プラグの(a)断面図および(b)燃焼室側から見た図である。図5(a)および(b)を先の図2と合わせて参照するに、DBDプラグ330は、第1電極に相当する中心電極333aと、第2電極に相当する円環状電極334aと、光学窓32に相当する誘電体部材332とを有し、中心電極333aと円環状電極334aとの間に高周波電圧を印加することで燃焼室に露出する誘電体部材332の表面に誘電体バリア放電を発生させた。

[0036] [効果確認実験1：燃焼室内のすす状の汚れ]

図6(a)～(c)は効果確認実験における光学窓に相当する誘電体部材の表面の汚れの変化を示す写真である。図6(a)～(c)を参照するに、DBDプラグ330をエンジンのシリンダヘッド部に取り付け、点火プラグにより従来のエンジンの運転を行って、誘電体部材332の表面(光学窓32の表面32aに相当)にすす状の汚れを蓄積させた状態を図6(a)に示している。外環の最も黒い部分が円環状電極334aでありその内側が誘電体部材332の表面である。

[0037] 次いで、DBDプラグ330の中心電極333aと円環状電極334aとの間に電圧10kV、周波数15kHzの高圧高周波信号を15秒間印加した後の状態を図6(b)に示している。これによれば、誘電体部材332の表面の周辺部つまり円環状電極334aに近い部分が白くなっており、その部分のすす状の汚れが除去されていることが分かる。

[0038] 次いで、DBDプラグ330の中心電極333aと円環状電極334aとの間に電圧10kV、周波数15kHzの正弦波をバースト20m秒幅のバースト状としてバーストの周波数を5Hzとした高圧高周波信号を18分間印加した後の状態を図6(c)に示している。これによれば、誘電体部材332の表面のほぼ全体の汚れが除去されていることが分かる。

[0039] 以上のことから、DBDプラグ330による誘電体バリア放電により誘電

体部材 3 3 2 の表面の燃焼室内のすす状の汚れが除去できることが分かった。

[0040] [効果確認実験 2 : 粒子状の模擬汚れ]

図 7 (a) および (b) は、粒子状の模擬汚れに対する効果確認実験における光学窓に相当する誘電体部材の表面の汚れの変化を示す写真である。図 7 (a) および (b) を参照するに、着色した多孔質シリカ（平均粒径：数 μm ）を燃焼室内での粒子状の汚れの模擬汚れとして、DBD プラグ 3 3 0 の誘電体部材 3 3 2 の表面に付着させた。この状態を図 7 (a) に示している。外環の最も黒い部分が円環状電極 3 3 4 a でありその内側が誘電体部材 3 3 2 の表面であり、その表面に黒っぽく多孔質シリカが付着している。

[0041] 次に、DBD プラグ 3 3 0 の中心電極 3 3 3 a と円環状電極 3 3 4 a との間に電圧 1 0 k V、周波数 1 5 k H z の高圧高周波信号を 1 0 0 m 秒間印加した後の状態を図 7 (b) に示している。これによれば、誘電体部材 3 3 2 の表面の全体の多孔質シリカが除去されていることが分かる。

[0042] 以上のことから、DBD プラグ 3 3 0 による誘電体バリア放電により誘電体部材 3 3 2 の表面の燃焼室内の粒子状の汚れが除去できることが分かった。

[0043] 以上、本発明の好ましい実施形態について詳述したが、本発明は係る特定の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。図 2 ~ 4 で示したレーザ点火プラグ 3 0、1 3 0、2 3 0 は、小型のレーザ源を組み込んでもよく、また、集光部 3 1 は省略してもよい。

[0044] 本発明は、上述したガソリンエンジンに加えてガスエンジンに適用することができ、さらに、本発明は、チャンバー内にレーザあるいは特定の波長の光を導入する半導体製造装置および半導体装置の検査装置に適用することができ、例えば、レーザを導入して被処理物に照射しアニールを行うレーザアニール処理装置や、チャンバー内の被測定物に外部からレーザを照射して深さや厚さ等を測定する装置に適用可能できることは言うまでもない。

[0045] なお、以上の説明に関してさらに実施形態として以下の付記を開示する。

(付記 1) レーザを光学窓から導入して燃焼室内の混合気の着火を行うエンジンの光学窓の表面を清浄化する装置であって、

前記燃焼室側の光学窓の表面に該光学窓を形成する誘電性材料に覆われる第 1 の電極と、

前記光学窓の周囲に設けられ、該光学窓の前記燃焼室側の表面に露出する第 2 の電極と、

前記第 1 の電極と第 2 の電極との間に電氣的に接続された電源と、

前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間に高周波あるいはパルス状の電圧を印加して、前記燃焼室側の光学窓の前記表面に沿って誘電体バリア放電を発生させるように前記電源を制御する制御部と、を備える前記装置。

符号の説明

- [0046] 1 0 エンジン
- 1 1 シリンダヘッド部
- 1 1 a 内壁
- 1 2 燃焼室
- 1 3 ピストン
- 2 0 吸気ポート
- 2 1 排気ポート
- 3 0, 1 3 0, 2 3 0 レーザ点火プラグ
- 3 1 集光部
- 3 2 光学窓
- 3 2 a 光学窓の表面
- 3 3, 1 3 3, 2 3 3 第 1 電極
- 3 4 支持金具
- 3 4 a 第 2 電極
- 3 4 b 配線用孔
- 3 6 配線

5 0	高周波電源
6 0	制御部
6 1	クランク角検出部
2 3 5	第 3 電極

請求の範囲

- [請求項1] 光学窓の表面を清浄化する装置であって、
前記光学窓の内部に設けられ、該光学窓を形成する誘電性材料に覆われる第1の電極と、
前記光学窓の周囲に設けられ、該光学窓の少なくとも一方の側の表面に露出する第2の電極と、
前記第1の電極と第2の電極との間に電氣的に接続された電源と、
前記第1の電極と前記第2の電極との間に高周波あるいはパルス状の電圧を印加して、前記光学窓の前記表面に沿って誘電体バリア放電を発生させるように前記電源を制御する制御部と、を備える前記装置。
- [請求項2] 前記光学窓は、レーザにより点火するエンジンに配置され、
前記光学窓の燃焼室側の表面の内部に前記第1の電極が配置され、該燃焼室に露出して前記第2の電極が配置され、前記光学窓の燃焼室側の表面に沿って前記誘電体バリア放電を発生させる、請求項1記載の装置。
- [請求項3] 前記第1の電極は、前記レーザの入射する軸に対して垂直な面において前記光学窓の中央部に配置されてなる、請求項2記載の装置。
- [請求項4] 前記第1の電極は、前記中央部がその周囲よりも前記光学窓の前記表面に近接した形状を有する、請求項3記載の装置。
- [請求項5] 前記第1の電極は、前記光学窓の前記表面に平行に延在する、請求項1～4のうちいずれか一項記載の装置。
- [請求項6] 前記光学窓の内部に前記第1の電極を囲むように配置され、前記第1および第2の電極とは電氣的に接続されていない第3の電極をさらに備える、請求項1～5のうちいずれか一項記載の装置。
- [請求項7] 前記光学窓は円盤状であり、前記第2の電極は該光学窓を囲む円環状である、請求項1～6のうちいずれか一項記載の装置。
- [請求項8] 前記光学窓は、その厚さ方向に配置された2つの光学窓部材からな

り、

前記第1の電極が、前記2つの光学窓部材に挟まれてなる、請求項1～7のうちいずれか一項記載の装置。

[請求項9] 前記第1の電極は、酸化スズ (SnO_2) および酸化亜鉛 (ZnO) の少なくとも一つを主成分とする材料、あるいはそれらの混合材料からなる、請求項1～8のうちいずれか一項記載の装置。

[請求項10] 前記高周波あるいはパルス状の電圧の周波数は、 $0.05\text{kHz} \sim 1000\text{kHz}$ に設定される、請求項1～9のうちいずれか一項記載の装置。

[請求項11] 前記高周波あるいはパルス状の電圧は、 $0.1\text{kV} \sim 100\text{kV}$ に設定される、請求項1～10のうちいずれか一項記載の装置。

[請求項12] レーザを光学窓から導入して燃焼室内の混合気の着火を行うエンジンの光学窓の表面を清浄化する装置であって、

前記燃焼室側の光学窓の表面に該光学窓を形成する誘電性材料に覆われる第1の電極と、

前記光学窓の周囲に設けられ、該光学窓の前記燃焼室側の表面に露出する第2の電極と、

前記第1の電極と第2の電極との間に電氣的に接続された電源と、

前記第1の電極と前記第2の電極との間に高周波あるいはパルス状の電圧を印加して、前記燃焼室側の光学窓の前記表面に沿って誘電体バリア放電を発生させるように前記電源を制御する制御部と、を備える前記装置。

[請求項13] レーザによって燃焼室内の混合気の着火を行うエンジンであって、
レーザ源と、

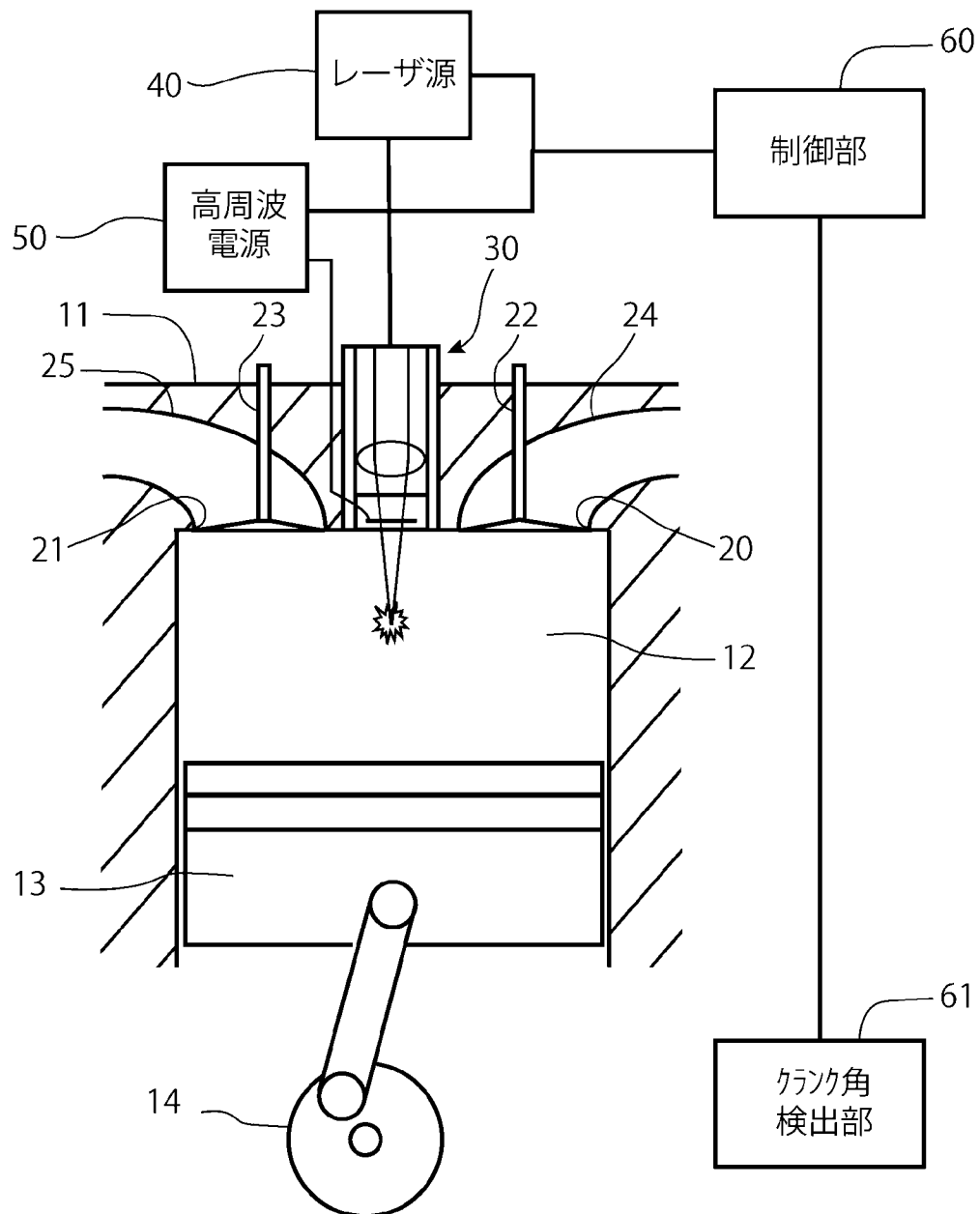
前記レーザ源からレーザを前記燃焼室内に導入する誘電性材料からなる光学窓と、

請求項1～12のうちいずれか一項記載の装置と、
を備える、前記エンジン。

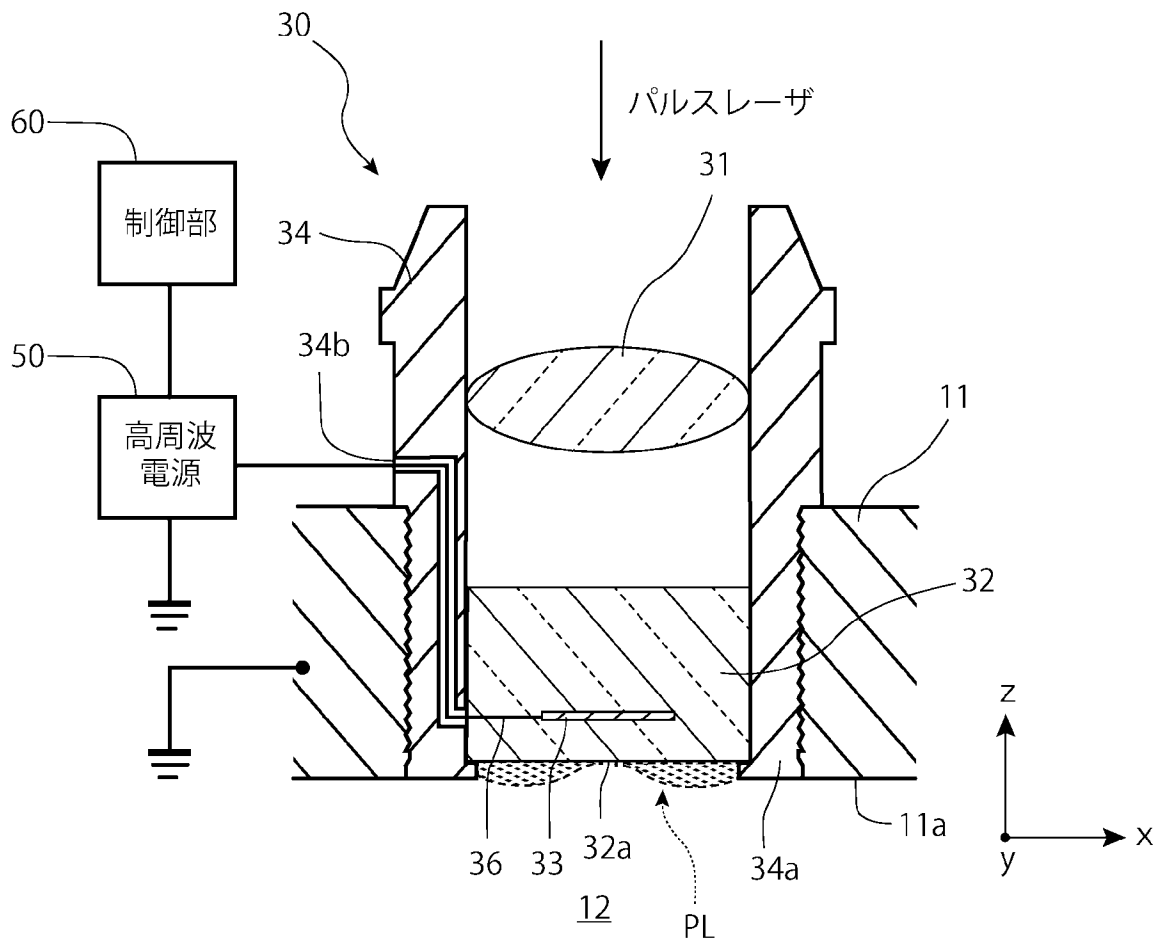
[請求項14] レーザによって燃焼室内の混合気の着火を行うエンジンの該レーザを導入する光学窓の表面を請求項1～12のうちいずれか一項記載の装置によって清浄化する方法であって、

前記エンジンの動作時の排気行程中に前記第1の電極と前記第2の電極との間に高周波あるいはパルス状の電圧を印加して、前記光学窓の前記表面に沿って誘電体バリア放電を発生させるように前記電源を制御するステップを含む、前記方法。

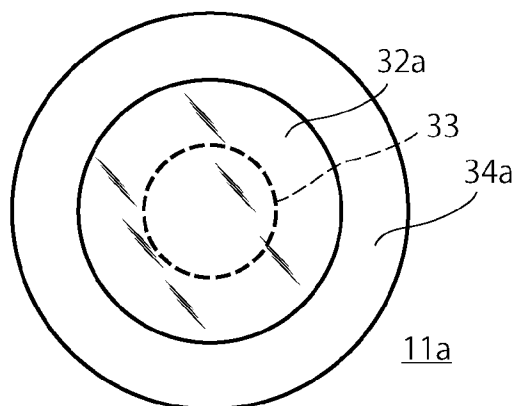
[図1]

10

[図2]

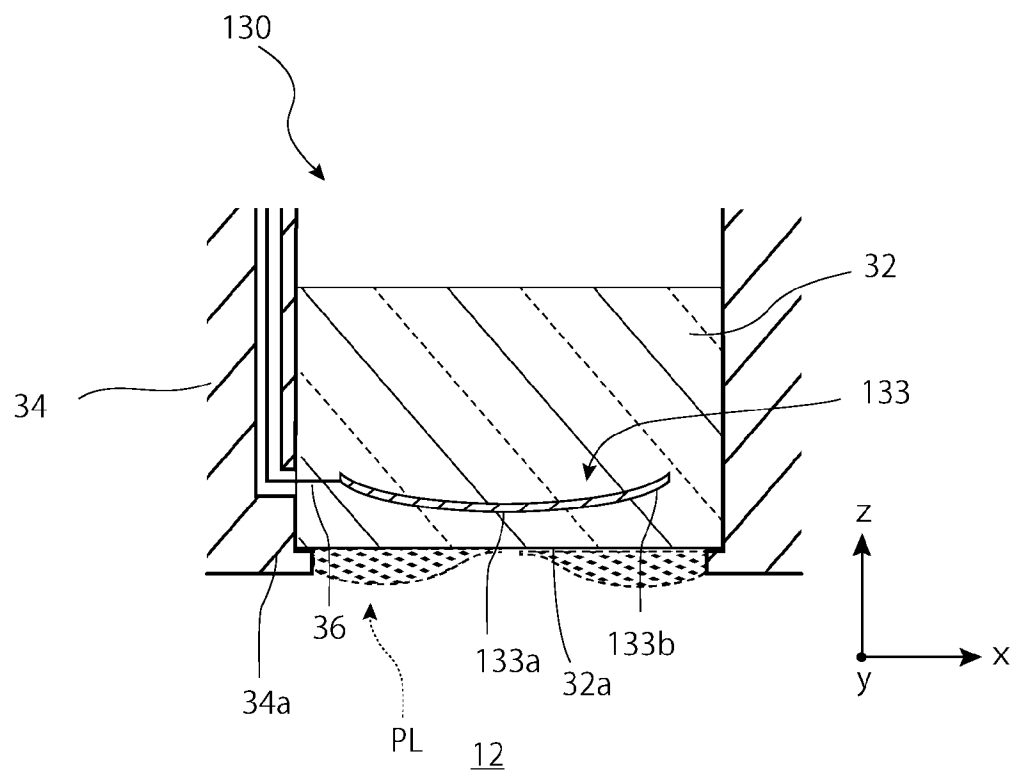


(a)

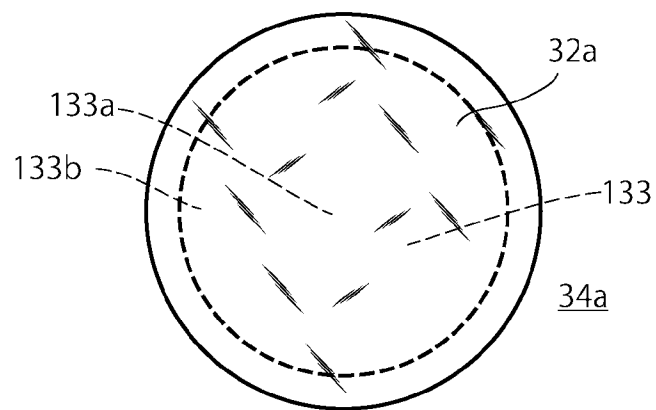


(b)

[図3]

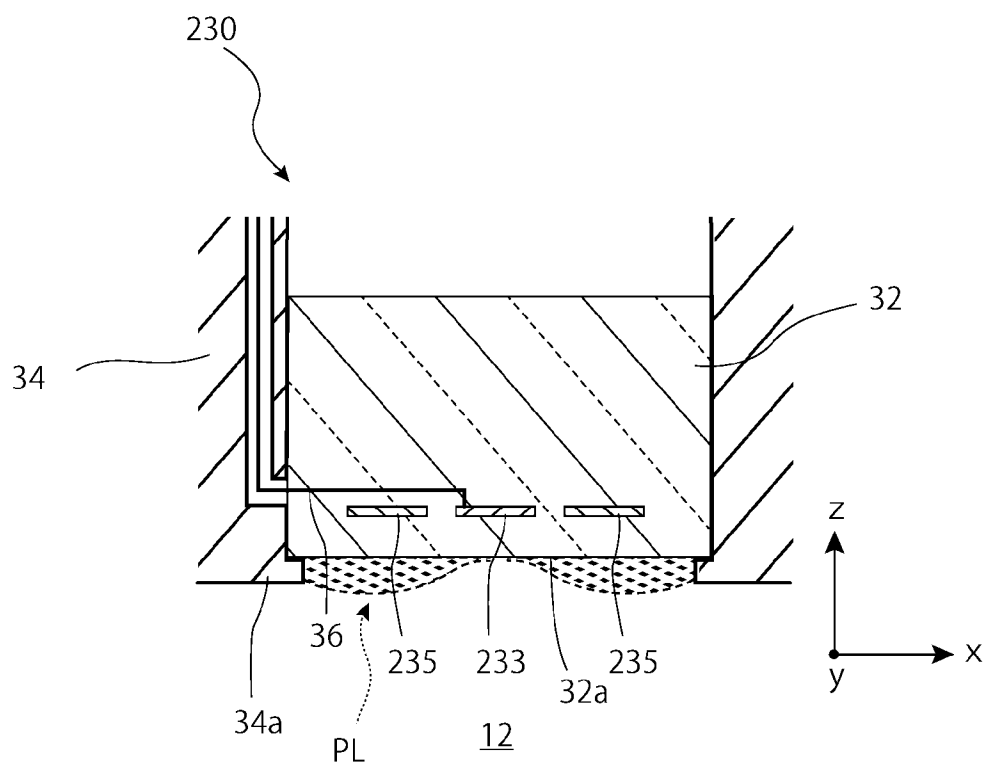


(a)

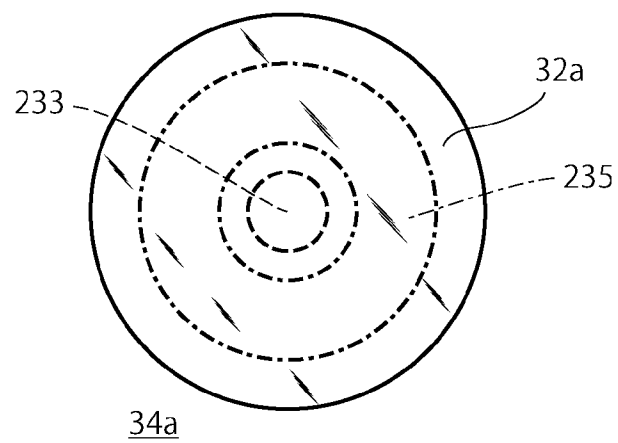


(b)

[図4]

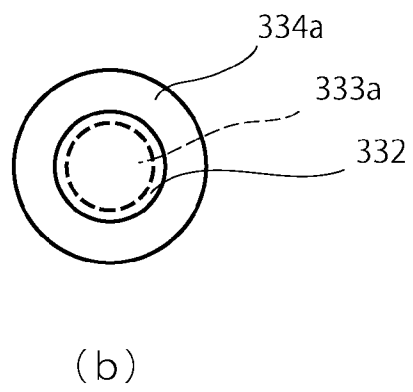
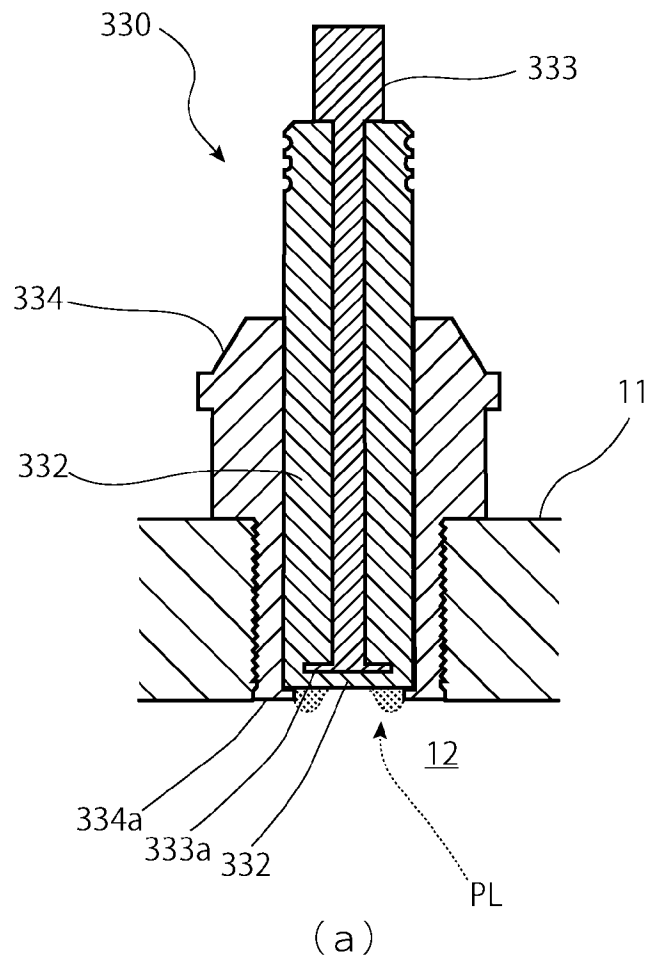


(a)

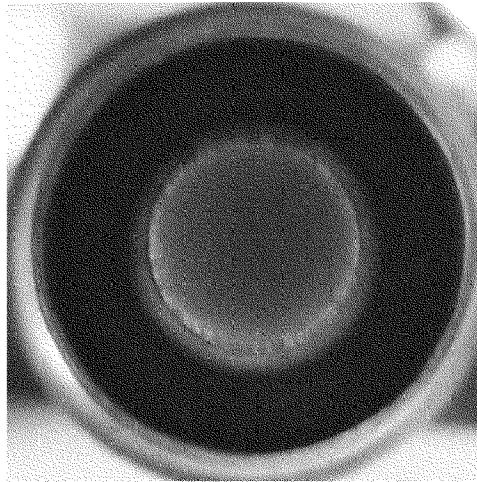


(b)

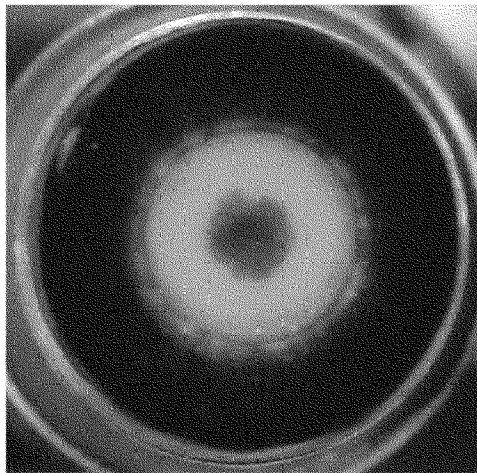
[図5]



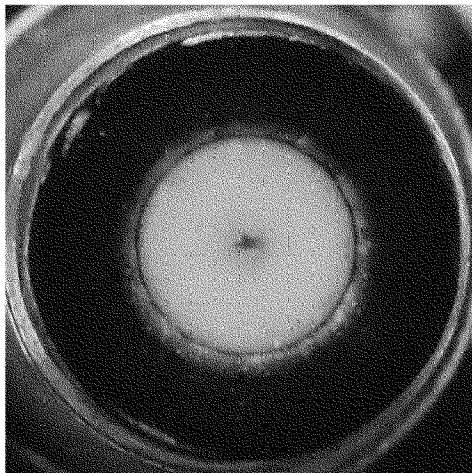
[図6]



(a)

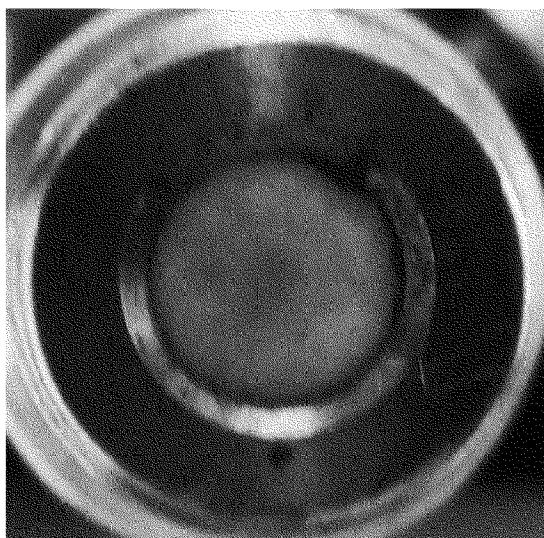


(b)

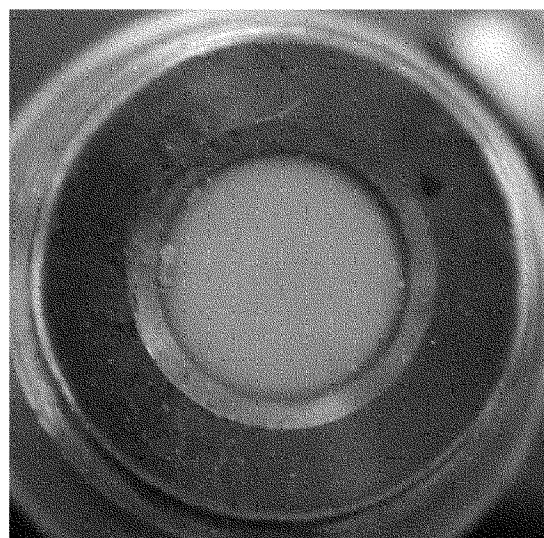


(c)

[図7]



(a)



(b)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/024314

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. F02P23/04 (2006.01) i, F02B23/08 (2006.01) i, H05H1/24 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. F02P23/04, F02B23/08, H05H1/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2016/093214 A1 (DENSO CORP.) 16 June 2016 & JP 2016-109128 A & US 2017/0373474 A1 & DE 112015005504 T5 & CN 107002626 A	1-14
A	JP 2008-2280 A (KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 10 January 2008 (Family: none)	1-14
A	JP 8-165978 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 25 June 1996 (Family: none)	1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
05 August 2019 (05.08.2019)

Date of mailing of the international search report
20 August 2019 (20.08.2019)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F02P23/04(2006.01)i, F02B23/08(2006.01)i, H05H1/24(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F02P23/04, F02B23/08, H05H1/24

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2016/093214 A1（株式会社デンソー）2016.06.16, & JP 2016-109128 A & US 2017/0373474 A1 & DE 112015005504 T5 & CN 107002626 A	1-14
A	JP 2008-2280 A（川崎重工業株式会社）2008.01.10（ファミリーなし）	1-14
A	JP 8-165978 A（三菱重工業株式会社）1996.06.25（ファミリーなし）	1-14

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

05.08.2019

国際調査報告の発送日

20.08.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

種子島 貴裕

3S

3939

電話番号 03-3581-1101 内線 3391