

(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
2022年1月20日(20.01.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/014426 A1

(51) 国際特許分類:
F02M 61/18 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/025563

(22) 国際出願日: 2021年7月7日(07.07.2021)

(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 2020-120814 2020年7月14日(14.07.2020) JP

(71) 出願人: 株式会社デンソー (DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).

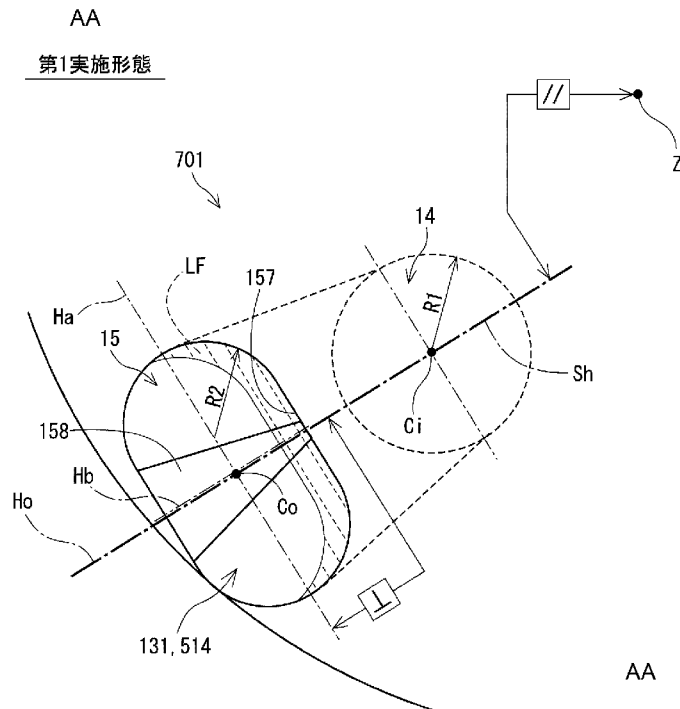
(72) 発明者: 束田 英雄(TSUKADA Hideo); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 吉丸 清考(YOSHIMARU Kiyotaka); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人服部国際特許事務所 (HATTORI & PARTNERS); 〒4600002 愛知県名古屋市中区丸の内一丁目4番12号 アレックスビル8階 Aichi (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: FUEL INJECTION VALVE

(54) 発明の名称: 燃料噴射弁



AA First embodiment

(57) Abstract: One or more of a plurality of injection holes are flat injection holes in which an outlet opening (15) has a major axis (Ha) and a minor axis (Hb), and the flat injection holes include one or more of "specific flat injection holes". In a specific flat injection hole (131), the major axis (Ha) is orthogonal to a plane (Sh) that is parallel to a valve axis (Z) and includes an injection hole axis (Ho) connecting the center of an inlet opening (14) and the center of the outlet opening (15), and the specific flat injection hole has on the inner wall thereof planar sections (157, 158) facing each other with

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, 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,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

the major axis (Ha) therebetween. On the inner wall on the side where the fuel is along the major axis (Ha) at the time of injection, the radius of curvature of the end portion of the inlet opening (14) in the major axis direction is defined as the first radius (R1) of curvature, and the radius of curvature of the end portion of the outlet opening (15) in the major axis direction is defined as the second radius (R2) of curvature. The curvature radius ratio, which is the ratio of the second radius (R2) of curvature to the first radius (R1) of curvature, is in the range of 40-100%.

(57) 要約: 複数の噴孔のうち1つ以上は、出口開口部(15)が長軸(Ha)および短軸(Hb)を有する扁平噴孔であり、扁平噴孔はさらに1つ以上の「特定扁平噴孔」を含む。特定扁平噴孔(131)は、入口開口部(14)の中心と出口開口部(15)の中心とを結ぶ噴孔軸(Ho)を含み、軸(Z)に平行な平面(Sh)に長軸(Ha)が直交し、内壁に、長軸(Ha)を挟んで対向する平面部(157、158)を有する。長軸(Ha)に対し噴射時に燃料が沿う側の内壁において、入口開口部(14)の長軸方向端部の曲率半径を第1曲率半径(R1)、出口開口部(15)の長軸方向端部の曲率半径を第2曲率半径(R2)とする。第1曲率半径(R1)に対する第2曲率半径(R2)の比である曲率半径比は40%~100%の範囲にある。

明 細 書

発明の名称：燃料噴射弁

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2020年7月14日に出願された特許出願番号2020-120814号に基づくものであり、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、燃料噴射弁に関する。

背景技術

[0003] 従来、燃料噴射弁の噴孔形状を工夫することで噴霧の改善を図る技術が知られている。例えば特許文献1に開示された燃料噴射弁は、噴孔内壁のうち燃料が流れない部分の面積が小さくなるよう噴孔の断面の形状を扁平にすることで、噴孔内壁のデポジットの堆積を抑制している。また特許文献2には、噴孔を扁平形状にすることで液膜の薄膜化が促進され、微粒化や低ペネトレーション化が図られると記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2017-2876号公報

特許文献2：特開2020-8013号公報

発明の概要

[0005] 車両用エンジンの技術分野では、近年、低温時のPM（粒子状物質）規制強化に伴い、燃料噴射系への要求が強化されている。冷間PM発生の原因として、ピストン表面に付着するWet（燃料液膜）が気化せず、燃焼時に輝炎が発生することで大粒径のPMが発生することがわかっている。

[0006] 従来技術では扁平噴孔の内壁に燃料を沿わせることで液膜の薄膜化を促進し、微粒化や低ペネトレーション化を実現している。微粒化や低ペネトレーション化により壁面Wetの総量を低減させることは可能であるが、壁面Wetの付着状態とペネトレーションとの関係についてなんら考慮されてい

い。

[0007] また、低ペネトレーション化による壁面Wetの総付着量低減とは異なる着眼点から、付着後の燃料を速やかに蒸発させることによって、壁面残留燃料の低減による輝炎の抑制を実現し、ペネトレーション低減を図ることができると考えられる。速やかに蒸発させて残留燃料を低減させるには、薄く広い壁面Wetの付着状態が求められる。そのため、噴霧の分散性を高め、燃料濃度や粒径のばらつきを低減させる必要がある。

[0008] 本開示の目的は、高分散、高均質な噴霧を実現する燃料噴射弁を提供することにある。

[0009] 本開示の燃料噴射弁は、ノズルと、ニードルと、駆動部と、を備える。ノズルは、弁軸を中心として設けられ、内側に燃料通路を形成するノズル筒部、ノズル筒部の一端を塞ぐノズル底部、「ノズル底部のノズル筒部側の面」と「ノズル筒部とは反対側の面」とを接続し燃料通路内の燃料を噴射する複数の噴孔、および、「ノズル底部のノズル筒部側の面」において噴孔の周囲に形成される環状の弁座を有する。

[0010] ニードルは、ノズルの内側で弁軸に沿って往復移動可能に設けられ、弁座に当接すると噴孔を閉じ、弁座から離間すると噴孔を開く。駆動部は、ニードルを開弁方向または閉弁方向に移動させることが可能である。

[0011] 噴孔は、「ノズル底部のノズル筒部側の面」に形成される入口開口部、および、「ノズル底部のノズル筒部とは反対側の面」に形成され、面積が入口開口部の面積より大きい出口開口部を有する。複数の噴孔のうち1つ以上は、出口開口部が長軸および短軸を有する「扁平噴孔」である。扁平噴孔はさらに1つ以上の「特定扁平噴孔」を含む。

[0012] 特定扁平噴孔は、入口開口部の中心と出口開口部の中心とを結ぶ噴孔軸を含み弁軸に平行な平面に長軸が直交する。また、特定扁平噴孔は、内壁に、長軸を挟んで対向する平面部を有する。

[0013] 長軸に対し噴射時に燃料が沿う側の内壁において、入口開口部の長軸方向端部の曲率半径を第1曲率半径、出口開口部の長軸方向端部の曲率半径を第

2 曲率半径とし、第 1 曲率半径に対する第 2 曲率半径の比を曲率半径比と定義する。曲率半径比は 40%～100%の範囲にあり、より好ましくは 50%～90%の範囲にある。

[0014] 本開示では、出口開口部が扁平な扁平噴孔において、入口開口部に対する出口開口部の曲率半径比が 40%～100%の範囲であることにより、噴霧を形成する噴孔内液膜を均質にすることができる。したがって、高分散、高均質な噴霧を実現することができる。

[0015] 例えば複数の噴孔は、弁軸を含む基準平面に対して対称に配置されており、少なくとも、弁軸に対する噴孔軸の角度である噴孔角度が最大である一対の噴孔が特定扁平噴孔を構成している。

図面の簡単な説明

[0016] 本開示についての上記目的及びその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。その図面は、

[図1]図 1 は、本実施形態による燃料噴射弁の全体構成を示す断面図であり、

[図2]図 2 は、第 1、第 6～第 9 実施形態による燃料噴射弁が搭載されるサイド搭載式エンジンの模式図であり、

[図3]図 3 は、図 2 を矢印 III 方向から見た図であり、

[図4]図 4 は、図 1 の IV 部拡大断面図（噴孔の軸方向断面図）であり、

[図5]図 5 は、比較例の噴孔形状（テーパ噴孔）を示す模式三面図であり、

[図6]図 6 は、本実施形態の噴孔形状（扁平噴孔）を示す模式三面図であり、

[図7]図 7 は、第 1 実施形態による燃料噴射弁の噴孔配置（5 孔）を示す模式図であり、

[図8]図 8 は、図 7 の V III 部拡大図であり、

[図9]図 9 は、噴射時に燃料が沿う側の内壁を示す噴孔の軸方向断面図であり、

[図10]図 10 は、第 1 実施形態による噴孔形状を示す模式図であり、

[図11]図 11 は、液膜均質性を説明する図であり、

[図12]図 12 は、曲率半径比と液膜均質性との関係を示す図であり、

[図13]図 1 3 は、第 2 実施形態による噴孔形状を示す模式図であり、
[図14]図 1 4 は、第 3 実施形態による噴孔形状を示す模式図であり、
[図15]図 1 5 は、第 4 実施形態による噴孔形状を示す模式図であり、
[図16]図 1 6 は、第 5 実施形態による噴孔形状を示す模式図であり、
[図17]図 1 7 は、第 6 実施形態による燃料噴射弁の噴孔配置（5 孔）を示す
模式図であり、
[図18]図 1 8 は、第 7 実施形態による燃料噴射弁の噴孔配置（6 孔）を示す
模式図であり、
[図19]図 1 9 は、第 8 実施形態による燃料噴射弁の噴孔配置（6 孔）を示す
模式図であり、
[図20]図 2 0 は、第 9 実施形態による燃料噴射弁の噴孔配置（6 孔）を示す
模式図であり、
[図21]図 2 1 は、第 1 0、第 1 1 実施形態による燃料噴射弁が搭載されるセ
ンター搭載式エンジンの模式図であり、
[図22]図 2 2 は、第 1 0 実施形態による燃料噴射弁の噴孔配置（5 孔）を示
す模式図であり、
[図23]図 2 3 は、第 1 1 実施形態による燃料噴射弁の噴孔配置（6 孔）を示
す模式図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本開示による燃料噴射弁に係る複数の実施形態を図面に基づいて説
明する。複数の実施形態において実質的に同一の構成には同一の符号を付し
て説明を省略する。また、第 1 ～第 1 1 実施形態を包括して「本実施形態」
という。本実施形態の燃料噴射弁は、ガソリンエンジン等のエンジンに搭載
され、エンジンの燃焼室に燃料を噴射する。

[0018] [燃料噴射弁の全体構成]

最初に図 1 ～図 4 を参照し、燃料噴射弁の全体構成、および、第 1、第 6
～第 9 実施形態の燃料噴射弁が搭載されるサイド搭載式エンジンの概略構成
を説明する。なお、第 1 0、第 1 1 実施形態の燃料噴射弁が搭載されるセン

ター搭載式エンジンの構成は、図 2 1 に示される。これらの事項は、特許文献 1、2 等の従来技術と共通するものであり、適宜、詳細な説明を省略する。

[0019] 図 2、図 3 に示すサイド搭載式エンジン 8 0 1 は、シリンダブロック 8 1、ピストン 8 2、シリンダヘッド 9 0、吸気弁 9 5、排気弁 9 6 等を備えている。シリンダブロック 8 1 の内壁とシリンダヘッド 9 0 の壁面とピストン 8 2 との間には、燃焼室 8 3 が形成されている。燃焼室 8 3 は、ピストン 8 2 の往復移動に伴って容積が増減する。

[0020] シリンダヘッド 9 0 は、インテークマニホールド 9 1 およびエギゾーストマニホールド 9 3 を有している。インテークマニホールド 9 1 には、吸気を燃焼室 8 3 に導く吸気通路 9 2 が形成されている。エギゾーストマニホールド 9 3 には、燃焼室 8 3 で生じた排気を大気側へ導く排気通路 9 4 が形成されている。吸気弁 9 5 は、燃焼室 8 3 と吸気通路 9 2 との間を開閉可能である。排気弁 9 6 は、燃焼室 8 3 と排気通路 9 4 との間を開閉可能である。

[0021] サイド搭載式エンジン 8 0 1 では、燃料噴射弁 7 0 は、吸気通路 9 2 のシリンダブロック 8 1 側、すなわち燃焼室 8 3 の側方に傾斜して設けられる。また、シリンダヘッド 9 0 の吸気弁 9 5 と排気弁 9 6 との間、すなわち、燃焼室 8 3 の中央に対応する位置に点火プラグ 9 7 が設けられている。点火プラグ 9 7 は、燃料噴射弁 7 0 から噴射される燃料が直接付着しない位置であって、燃料と吸気との混合気に着火可能な位置に設けられている。このように、エンジン 8 0 1 は、直噴式のガソリンエンジンである。

[0022] 燃料噴射弁 7 0 は、複数の噴孔 1 3 が燃焼室 8 3 の径方向外側の部分に露出するよう設けられている。燃料噴射弁 7 0 には、図示しない燃料ポンプにより加圧された燃料が供給される。燃料噴射弁 7 0 の複数の噴孔 1 3 から、円錐状の燃料噴霧 F o が燃焼室 8 3 内に噴射される。

[0023] エンジン 8 0 1 には、各 2 つの吸気弁 9 5 および排気弁 9 6 が設けられている。2 つの吸気弁 9 5 は、それぞれ、インテークマニホールド 9 1 のシリンダブロック 8 1 側の 2 つに分岐した端部に設けられている。2 つの排気弁

96は、それぞれ、エギゾーストマニホールド93のシリンダブロック81側の2つに分岐した端部に設けられている。燃料噴射弁70は、シリンダブロック81の軸を含み2つの吸気弁95の間および2つの排気弁96の間を通る中央断面S_eに弁軸Zが沿うように搭載されている。

[0024] 次に、燃料噴射弁70の基本構成について図1に基づき説明する。燃料噴射弁70は、ノズル10、ハウジング20、ニードル30、可動コア37、固定コア41、コイル45、スプリング42、43等を備えている。可動コア37、固定コア41およびコイル45は、ニードル30を開弁方向または閉弁方向に移動させることが可能な「駆動部」として機能する。

[0025] ノズル10は、弁軸Zを中心として設けられ、ノズル筒部11、ノズル底部12、複数の噴孔13、および、弁座17等を有している。略円筒状のノズル筒部11は、内側に燃料通路100を形成する。ノズル底部12は、ノズル筒部11の一端を塞いでいる。ノズル底部12に形成された複数の噴孔13は、燃料通路100内の燃料を噴射する。弁座17は、ノズル底部12のノズル筒部11側の面において噴孔13の周囲に環状に形成されている。噴孔13について詳しくは後述する。

[0026] ハウジング20は、第1筒部材21、第2筒部材22、第3筒部材23、インレット部24等を有している。第1筒部材21、第2筒部材22および第3筒部材23は、いずれも略円筒状の部材であって、第1筒部材21、第2筒部材22、第3筒部材23の順に同軸となるよう配置され、互いに接続している。インレット部24の一端は第3筒部材23の端部に接続しており、他端に図示しない配管が接続される。インレット部24の内側には、燃料中の異物を捕集するフィルタ25が設けられている。

[0027] ハウジング20の内側には、燃料通路100が形成されている。インレット部24から流入した燃料は、燃料通路100を経由し、ノズル筒部11の内側を通して噴孔13から噴射される。本実施形態の燃料噴射弁70の使用時に想定される燃料通路100内の燃料の圧力は、例えば20MPa程度である。

- [0028] ニードル３０は、ノズル１０の内側で弁軸Ｚに沿って往復移動可能に設けられている。ニードル３０は、棒状に形成されたニードル本体３０１、シート部３１、大径部３２、鰐部３４等を有している。シート部３１は、ニードル本体３０１のノズル１０側の端部に形成され、弁座１７に当接可能である。
- [0029] 大径部３２は、ニードル本体３０１の弁座１７側の端部のシート部３１近傍に形成されている。大径部３２は、外径がニードル本体３０１の弁座１７側の端部の外径より大きく設定されている。大径部３２は、外壁がノズル１０のノズル筒部１１の内壁と摺動するよう形成されている。燃料は、大径部３２の外壁の周方向の複数箇所形成された切欠き部３３を流通可能である。鰐部３４は、ニードル本体３０１のシート部３１とは反対側の端部から径外方向へ突出するように形成されている。
- [0030] ニードル３０は、シート部３１が弁座１７に当接すると噴孔１３を閉じ、シート部３１が弁座１７から離間すると噴孔１３を開く。以下、ニードル３０が弁座１７から離間する方向を開弁方向といい、ニードル３０が弁座１７に当接する方向を閉弁方向という。
- [0031] 可動コア３７は、磁気安定化処理が施されたフェライト系ステンレス等の磁性材料により略円筒状に形成されている。可動コア３７は、ハウジング２０の第１筒部材２１および第２筒部材２２の内側において、ニードル本体３０１に対し軸方向に相対移動可能に設けられている。
- [0032] 固定コア４１は、磁気安定化処理が施されたフェライト系ステンレス等の磁性材料により略円筒状に形成されている。固定コア４１は、可動コア３７に対しインレット部２４側において、ハウジング２０の第２筒部材２２および第３筒部材２３の内側に設けられている。
- [0033] 固定コア４１の内側には、円筒状のアジャスティングパイプ５４が圧入されている。スプリング４２は、例えばコイルスプリングであり、固定コア４１の内側のアジャスティングパイプ５４とニードル３０の鰐部３４との間に設けられている。スプリング４２は、ニードル３０とともに可動コア３７を

閉弁方向に付勢する。

[0034] コイル４５は、略円筒状に形成され、ハウジング２０のうち特に第２筒部材２２および第３筒部材２３の径方向外側を囲むようにして設けられている。また、コイル４５の径方向外側には、コイル４５を覆うようにして筒状のホルダ２６が設けられている。

[0035] 外部の制御装置からコネクタ部４７の端子４８を介してコイル４５に通電されると、磁気絞り部である第２筒部材２２を避けて、可動コア３７、第１筒部材２１、ホルダ２６、第３筒部材２３および固定コア４１に磁気回路が形成される。そのため、固定コア４１と可動コア３７との間に磁気吸引力が発生し、可動コア３７は、ニードル３０とともに固定コア４１側に吸引される。これにより、ニードル３０が開弁方向に移動し、シート部３１が弁座１７から離間して開弁する。その結果、噴孔１３が開放され、噴孔１３から燃料が噴射される。このようにコイル４５は、通電により可動コア３７を固定コア４１側に吸引し、ニードル３０を開弁方向に移動させる。

[0036] 可動コア３７が固定コア４１側に吸引されている状態でコイル４５への通電を停止すると、ニードル３０および可動コア３７は、スプリング４２の付勢力により、弁座１７側へ付勢される。これにより、ニードル３０が閉弁方向に移動し、シート部３１が弁座１７に当接し、閉弁する。その結果、噴孔１３が閉塞される。

[0037] スプリング４３は、例えばコイルスプリングであり、可動コア３７を固定コア４１側、すなわち、開弁方向に付勢する。スプリング４３の付勢力は、スプリング４２の付勢力よりも小さい。そのため、コイル４５に通電されていないとき、ニードル３０は、スプリング４２によりシート部３１が弁座１７に押し付けられ、閉弁状態となる。

[0038] インレット部２４から流入した燃料は、固定コア４１およびアジャスティングパイプ５４の内側、ニードル３０とハウジング２０の内壁および筒部１１の内壁との間の燃料通路１００を通り、噴孔１３に導かれる。なお、燃料噴射弁７０の作動時、可動コア３７およびニードル３０の周囲は燃料で満た

された状態となるため、可動コア 37 およびニードル 30 は、ハウジング 20 の内側で軸方向に円滑に往復移動可能である。

[0039] 図 4 に、図 1 の I V 部拡大断面に相当する噴孔 13 の軸方向断面を示す。なお、図 4 には、ニードル 30 の図示を省略する。ノズル 10 は、噴孔 13 の入口側である「ノズル底部 12 のノズル筒部 11 側の面 121」に、弁座 17 およびサック壁面 180 を有している。

[0040] 弁座 17 は、サック壁面 180 の周囲に環状に形成されている。弁座 17 は、ノズル筒部 11 側からサック壁面 180 側に向かうに従い弁軸 Z に近づくようテーパ状に形成されている。サック壁面 180 は、「ノズル底部 12 のノズル筒部 11 側の面 121」の中央からノズル筒部 11 とは反対側へ凹み、内側にサック室 18 を形成する。サック室 18 は、サック壁面 180 とニードル 30 のシート部 31 との間に形成される。

[0041] 噴孔 13 は、「ノズル底部 12 のノズル筒部 11 側の面 121」の一部であるサック壁面 180 と、「ノズル底部 12 のノズル筒部 11 とは反対側の面 122」とを接続し燃料通路 100 内の燃料を噴射する。なお、サック壁面 180 および「ノズル底部 12 のノズル筒部 11 とは反対側の面 122」は、曲面状に形成されている。

[0042] 噴孔 13 は、ノズル底部 12 のノズル筒部 11 側の面であるサック壁面 180 に形成される入口開口部 14、ノズル底部 12 のノズル筒部 11 とは反対側の面 122 に形成される出口開口部 15 を有する。出口開口部 15 の面積は入口開口部 14 の面積より大きい。

[0043] 入口開口部 14 の中心 C_i と出口開口部 15 の中心 C_o とを結ぶ直線を「噴孔軸 H_o 」と定義する。噴孔軸 H_o は弁軸 Z と交差するとは限らない。そこで、噴孔軸 H_o と交差し且つ弁軸 Z と平行な仮想軸 Z_v を想定し、仮想軸 Z_v に対する噴孔軸 H_o の角度を「噴孔角度 γ 」と定義する。図 4 の V I I 矢視（すなわち弁軸 Z 方向視）による入口開口部 14 の中心 C_i と出口開口部 15 の中心 C_o との距離を「中心間投影距離 P」とする。噴孔長 L がほぼ一定であれば、中心間投影距離 P が大きいほど噴孔角度 γ は大きい。

[0044] また、入口開口部 14 が真円であると仮定し、その直径を D とする。噴孔長 L と、入口開口部直径 D との比 (L/D) は、 $2.0 \sim 3.0$ に設定される。 (L/D) が 2.0 より小さいと、噴射方向が安定しない。また、 (L/D) が 3.0 より大きいと、噴孔内壁との摩擦により噴射方向速度が低下し、微粒化性能が悪化する。

[0045] 以上が燃料噴射弁 70 および噴孔 13 に関する概略説明である。ところで、エンジンでの冷間 PM 発生の原因となる壁面 W_{et} を低減させるアプローチとして、(1) 付着燃料量の低減と、(2) 付着後の蒸発燃料量の増加とがある。従来、(1) の付着燃料量低減に着眼し、噴霧の低ペネトレーション化を図るために燃料噴射弁の噴孔形状を工夫する取り組みが行われてきた。それに対し本実施形態では、(2) 付着後の蒸発燃料量増加に着眼し、高分散、高均質な噴霧の実現による微粒化や広角噴射を目指すべく、好適な噴孔形状を提案する。

[0046] 噴霧角度拡大の視点では、噴霧の広がり速度を大きくすることが有効である。高微粒化については、特開 2002-168163 号公報に開示された Fraser の液膜分裂理論式により体積平均粒径は液膜厚さの $(1/3)$ 乗に比例することから、燃料の薄膜化に着目する。よって本実施形態では、噴霧の広がり速度を大きくし、燃料を薄膜化するように、燃料噴射弁の噴孔形状を規定する。

[0047] 以下、本実施形態において好ましい条件を満たす形状の噴孔を「特定扁平噴孔」と定義する。「特定扁平噴孔」とは、出口開口部が長軸および短軸を有する「扁平噴孔」のうち後述する特定の要件を満たすものをいう。本実施形態の燃料噴射弁 70 は、複数の噴孔 13 のうち少なくとも一部が特定扁平噴孔を構成しているか、或いは全ての噴孔 13 が特定扁平噴孔を構成している。続いて、上記目的を達成する燃料噴射弁 70 の構成について、実施形態毎に詳しく説明する。

[0048] 各実施形態の構成は、複数の噴孔の配置と、個々の特定扁平噴孔の形状との組み合わせにより規定される。第 1 ～ 第 5 実施形態による各種形状の特定

扁平噴孔について、噴孔の符号は、「13」に続く3桁目に実施形態の番号を付す。第1、第6～第11実施形態による各種の噴孔配置の燃料噴射弁について、燃料噴射弁の符号は、「70」に続く3桁目に実施形態の番号を付す。

[0049] (第1実施形態)

図5～図12を参照し、第1実施形態の燃料噴射弁701の構成および作用効果について説明する。まず、「特定扁平噴孔」の上位概念である「扁平噴孔」とは、出口開口部が真円でなく、長軸および短軸を有する扁平な噴孔をいう。一般に扁平噴孔の出口開口部の形状には、特許文献2に開示された楕円形のものや卵形のもの、長円形のものなどが含まれる。その中で第1実施形態の扁平噴孔131は、出口開口部15が長円形、すなわちトラック形状であり、本明細書ではこの形状の噴孔を「トラック噴孔」という。

[0050] 「扁平噴孔」の対義語は、出口開口部が真円である「真円噴孔」、或いは、入口開口部と出口開口部とが同軸の円錐形状をなす「テーパ噴孔」である。ここで図5、図6を参照し、比較例としてのテーパ噴孔130、および、第1実施形態による扁平噴孔131の三次元形状を対比して説明する。図5に示すテーパ噴孔130では、入口開口部14および出口開口部15は真円形状であり、同軸上に形成されている。噴孔軸H_oを含む断面における噴孔130の内壁の広がり角 θ は周方向で一定である。

[0051] 図6には、扁平噴孔のうち特に出口開口部15がトラック形状であるトラック噴孔を示す。なお、一般に扁平噴孔の出口開口部の形状には、長円形のトラック噴孔の他、楕円形の楕円噴孔や卵形のオーバル噴孔等が含まれる。トラック噴孔である扁平噴孔131の入口開口部14は半径R₁の真円である。扁平噴孔131の出口開口部15は長軸H_aおよび短軸H_bを有し、長軸方向両端の半径R₂の円弧部の端点同士が平行な直線部で接続されている。

[0052] 長軸H_aに沿った断面では、互いに対向する短軸方向の内壁が入口開口部14から出口開口部15に向かって広がり角 θ で広がっている。一方、短軸

H b に沿った断面では、互いに対向する長軸方向の内壁間の距離は一定である。言い換えれば、互いに対向する長軸方向の内壁の広がり角 θ は 0° に設定されている。これは、噴孔レーザの加工性から要求される仕様でもある。

[0053] 本明細書では、入口開口部 1 4 の半径 R 1 を、真円以外の曲線の曲率半径に一般化して「第 1 曲率半径 R 1」と呼ぶ。同様に、出口開口部 1 5 の長軸方向両端の円弧部の半径 R 2 を一般化して「第 2 曲率半径 R 2」と呼ぶ。そして、第 1 曲率半径 R 1 に対する第 2 曲率半径 R 2 の比を曲率半径比 ρ ($= R 2 / R 1$) と定義する。図 6 の下部に曲率半径比 ρ の例として、(A) $\rho = 100\%$ 、(B) $\rho = 50\%$ 、(C) $\rho = 0\%$ の形状例を示す。

[0054] 次に図 7 を参照し、図 4 の V I I 矢視による第 1 実施形態の燃料噴射弁 7 0 1 の噴孔配置について説明する。図 7 に示すように、第 1 実施形態の燃料噴射弁 7 0 1 は、弁軸 Z の周りに 5 つの特定扁平噴孔 5 1 1 - 5 1 5 が配置されている。サイド搭載仕様の燃料噴射弁では、各噴孔軸 H o の方向が弁軸 Z に対して一方側（図の下方）に偏っている。

[0055] 以下、噴孔配置を説明する図では、各噴孔を位置により区別するため、第 1 実施形態の噴孔の総括符号「1 3 1」とは別の識別符号を用いる。例えば符号「5 1 1」は、5 孔仕様の第 1 パターンの 1 番噴孔を意味する。また、例えば図 2 3 の符号「6 3 4」は、6 孔仕様の第 3 パターンの 4 番噴孔を意味する。なお、「1 番」、「4 番」等は本明細書における便宜上の番号である。

[0056] 本明細書では、一つの特定扁平噴孔に着目して噴孔各部の形状等を記述する場合に「1 3 1」等の総括符号を用い、ノズル底部 1 2 の全体における複数の噴孔の並び方等を記述する場合に「5 1 1 - 5 1 5」等の識別符号を用いる。なお、特許請求の範囲の参照符号には総括符号のみを記載し、識別符号を記載しない。図 7 には、5 つの特定扁平噴孔 5 1 1 - 5 1 5 に対し、それぞれ噴孔軸 H o および長軸 H a を示す。短軸 H b は噴孔軸 H o に重なっている。そのうち 4 番噴孔 5 1 4 の拡大図を第 1 実施形態の特定扁平噴孔 1 3 1 の代表図として図 8 に示す。

[0057] 図7の紙面において、弁軸Zを含み上下方向の一点鎖線で表される平面を基準平面 S_y とし、弁軸Zを含み左右方向の一点鎖線で表される平面を基準直交平面 S_x とする。5つの特定扁平噴孔511-515のうち、1番噴孔511は基準平面 S_y 上に配置されており、2、3番噴孔512、513および4、5番噴孔514、515は、それぞれ基準平面 S_y に対して対称に配置されている。2、3番噴孔512、513および4、5番噴孔514、515は、1番噴孔511の反対側から1番噴孔511側に向かって、長軸 H_a が基準平面 S_y から離れるように配置されている。

[0058] この噴孔配置の狙いは、各噴孔511-515からの噴霧間に発生するコアンダ効果を活用して、ターゲットとする筒内空間の噴霧占有率を向上させることである。つまり、1、2、3番噴孔511、512、513に囲まれた空間では、隣り合う3噴霧間に形成される閉空間に負圧が発生し、この負圧が噴霧干渉の原因となる。一方、2噴霧間では噴霧干渉しても閉空間は形成されない。そこで、3噴霧間での噴霧干渉を回避するため、2噴霧間でのコアンダ効果を利用し、3噴霧間よりも積極的に2噴霧間を干渉させるような噴孔配置とする。

[0059] 各噴孔511-515の入口開口部14の中心は、弁軸Zを中心とする同心円 ϕ_i 上に配置されている。図7には直接図示されないが、各噴孔511-515の噴孔角度 γ は、上述の通り中心間投影距離P（図4参照）に相關する。したがって、1番噴孔511の噴孔角度 γ が最も小さく、2、3番噴孔512、513の噴孔角度 γ が次に小さい。そして、4、5番噴孔514、515の噴孔角度 γ が最大である。

[0060] 4番噴孔514を例として図8を参照し、「特定扁平噴孔」の要件について説明する。特定扁平噴孔131は、長軸 H_a および短軸 H_b を有する扁平噴孔であることを前提として、さらに3つの要件を有する。

[0061] 第1の要件として、特定扁平噴孔131の長軸 H_a は、噴孔軸 H_o を含み弁軸に平行な平面 S_h に直交する。平面 S_h は図7、図8の紙面に直交する平面である。第2の要件として、特定扁平噴孔131は、内壁に、長軸 H_a

を挟んで対向する平面部 157、158 を有する。図 8 において 2 本の直線で挟まれた領域が平面部を示す。なお、各図において一部の噴孔にのみ、平面部の境界を示す直線を図示する。

[0062] 長軸 H_a を挟んで平面部 157 側の内壁には液膜 L_F が図示されており、長軸 H_a を挟んで平面部 158 側の内壁には液膜 L_F が図示されていない。図 9 を参照して後述するように、液膜 L_F は、噴射時に内壁に沿う燃料である。図 7 の噴孔配置において、噴孔軸 H_o が弁軸 Z の径外方向に向かって傾いている 1 番噴孔 511、および、4、5 番噴孔 514、515 については、弁軸 Z 側の内壁が「噴射時に燃料が沿う側の内壁」となる。また、噴孔軸 H_o が基準平面 S_y から離れる方向に向かって傾いている 2、3 番噴孔 512、513 については、基準平面 S_y 側の内壁が「噴射時に燃料が沿う側の内壁」となる。

[0063] 特定扁平噴孔の第 3 の要件は、「曲率半径比 ρ が 40%～100% の範囲にある」ことである。文言上、「40%～100%」は「40%以上100%以下」と解釈する。図 7、図 8 に示された特定扁平噴孔 131 の曲率半径比 ρ は 100% に相当する。ここで、曲率半径比 ρ の算出に用いられる第 2 曲率半径 R_2 は、定義上は「長軸 H_a に対し噴射時に燃料が沿う側の内壁」における出口開口部 15 の長軸方向端部の曲率半径を指す。ただし、図 7、図 8 の形状では、長軸 H_a に対し両側の曲率半径とも R_2 であるため、どちら側の曲率半径を用いても違いはない。

[0064] 図 9、図 10 を参照し、第 1 実施形態の特定扁平噴孔 131 の噴孔形状について説明する。図 9 には、図 4 に示す噴孔軸 H_o の軸方向断面において、噴射時に燃料の液膜 L_F が噴孔 13 の内壁に沿う状態を示す。紙面奥行き方向が長軸方向に相当する。この例では、弁軸 Z に近い側の内壁に燃料が沿い、弁軸 Z から遠い側の内壁には燃料が沿わない。以下、長軸に対し燃料が沿う側の内壁の平面部の符号を「157」、燃料が沿わない側の内壁の平面部の符号を「158」と記す。また、「噴射時に燃料が沿わない側」については、明確性を担保する観点から、「噴射時に燃料が沿う側とは反対側」と記

載する。

[0065] 図10は、図9のX方向矢視、すなわち噴孔軸H_o方向の投影視図である。図9に破線で示す噴孔軸H_oに直交する断面が図10において入口開口部14および出口開口部15として表される。入口開口部14は真円であり、その半径が第1曲率半径R₁である。出口開口部15は長軸方向端部が半円状に形成されており、その半径が第2曲率半径R₂である。第1実施形態では、長軸H_aに対し噴射時に燃料が沿う側（すなわち平面部157側）の内壁形状と、燃料が沿う側とは反対側（すなわち平面部158側）の内壁形状とは対称である。

[0066] また、短軸H_bに沿った断面での内壁の広がり角が0°であるため、出口開口部15の短軸H_bの長さは入口開口部14の直径（=2×R₁）に等しい。したがって、第1実施形態の特定扁平噴孔131では「R₁=R₂」となる。長軸H_aに対し噴射時に燃料が沿う側とは反対側の出口開口面積をできるだけ小さくすることで、特許文献1の知見により、内壁に不完全燃焼生成物（デポジット）が堆積しにくくなる。

[0067] 次に図11、図12を参照し、「液膜均質性」について説明する。図11には、特定扁平噴孔131の内壁に沿う液膜L_Fの厚さが長軸方向の位置によってばらついている状態を模式的に示す。平均液膜厚さをL_{ave}とし、各位置における平均液膜厚さL_{ave}からの液膜厚さの差分をΔLとする。例えば液膜厚さの標準偏差σを平均液膜厚さL_{ave}で除した値（σ/L_{ave}）を「液膜均質性」と定義する。液膜均質性の値が小さいほど噴霧の分散性が高く、壁面W_{et}が低減される。

[0068] 図12に、扁平噴孔の曲率半径比ρと液膜均質性との関係についての解析結果を示す。曲率半径比ρが0%から約70%までの領域では、曲率半径比ρが大きくなるにつれて液膜均質性の値が小さくなる。曲率半径比ρが約70%から100%までの領域では、曲率半径比ρが大きくなるにつれて液膜均質性の値が大きくなる。つまり、曲率半径比ρが約70%のとき液膜均質性の値が極小となる。

[0069] 液膜均質性の目標値 t_{gt1} を一点鎖線のように設定した場合、曲率半径比 ρ が40%以上100%以下のとき液膜均質性の値が目標値 t_{gt1} 以下となる。このことが、特定扁平噴孔の第3の要件として、「曲率半径比 ρ が40%～100%の範囲にある」ことを規定した根拠である。第1実施形態の特定扁平噴孔131は「 $R1 = R2$ 」であり、曲率半径比 ρ が100%であるため、この範囲に含まれる。よって、第1実施形態による燃料噴射弁701は、高分散、高均質な噴霧を実現することができる。これにより、付着後の燃料を速やかに蒸発させ、壁面 Wet の低減を図ることができる。

[0070] また、液膜均質性の目標値 t_{gt2} を二点鎖線のように設定した場合、曲率半径比 ρ が50%以上90%以下のとき液膜均質性の値が目標値 t_{gt2} 以下となる。したがって、より良い液膜均質性を実現するには、特定扁平噴孔の曲率半径比 ρ が50%～90%の範囲にあることが好ましい。この場合、「 $R1 > R2$ 」とするため、次に挙げる第2～第5実施形態等の構成を採用することが好ましい。

[0071] [噴孔形状のバリエーション]

次に図13～図17を参照し、第2～第5実施形態として、第1実施形態に対し特定扁平噴孔の形状が異なるバリエーションについて説明する。各実施形態の特定扁平噴孔132～135の形状は、第1実施形態の図10に相当する、噴孔軸 H_o 方向の投影視図で示される。各図には、図10と同様に、噴射時に内壁に沿う燃料の液膜 LF が図示される。

[0072] 第2～第4実施形態では入口開口部14は真円であり、その半径が第1曲率半径 $R1$ である。また、第2～第5実施形態に共通に、長軸 H_a に対し噴射時に燃料が沿う側（すなわち平面部157側）の内壁における出口開口部15の長軸方向端部の曲率半径が第2曲率半径 $R2$ である。第2、第3実施形態では、出口開口部15の短軸 H_b の長さは、入口開口部14の直径（ $= 2 \times R1$ ）に等しい。

[0073] （第2実施形態）

図13に示す第2実施形態の特定扁平噴孔132は、長軸 H_a に対し両側

の内壁で同様に、出口開口部 1 5 の長軸方向端部の第 2 曲率半径 R_2 が入口開口部 1 4 の第 1 曲率半径 R_1 よりも小さく設定されている。つまり、「 $R_2 < R_1$ 」の関係が成り立つ。

[0074] 出口開口部 1 5 の短軸方向の内壁には、直線状を呈するストレート部 1 5 9 が形成されている。つまり、出口開口部 1 5 は、四角が第 2 曲率半径 R_2 の円弧状である略長形状に形成されている。第 2 実施形態では、曲率半径比 ρ の狙い値に応じて「 $R_2 < R_1$ 」の関係を単純な形状で実現することができる。

[0075] (第 3 実施形態)

図 1 4 に示す第 3 実施形態の特定扁平噴孔 1 3 3 は、長軸 H_a に対し噴射時に燃料が沿う側（すなわち平面部 1 5 7 側）の内壁において、出口開口部 1 5 の長軸方向端部の第 2 曲率半径 R_2 が入口開口部 1 4 の第 1 曲率半径 R_1 よりも小さく設定されている。また、長軸 H_a に対し噴射時に燃料が沿う側とは反対側（すなわち平面部 1 5 8 側）の内壁において、出口開口部 1 5 の長軸方向端部の曲率半径である第 3 曲率半径 R_3 が入口開口部 1 4 の第 1 曲率半径 R_1 よりも大きく設定されている。つまり、「 $R_2 < R_1 < R_3$ 」の関係が成り立つ。

[0076] 図 1 4 の例では「 $R_2 + R_3 = 2 \times R_1$ 」となるように図示されており、短軸方向の内壁にストレート部は設けられない。「 $R_2 + R_3 < 2 \times R_1$ 」の場合、短軸方向の内壁にストレート部が設けられてもよい。第 3 実施形態では、長軸 H_a に対し噴射時に燃料が沿う側とは反対側の出口開口面積を小さくすることができる。したがって、特許文献 1 の知見により、内壁に不完全燃焼生成物（デポジット）が堆積しにくくなる。

[0077] (第 4 実施形態)

図 1 5 に示す第 4 実施形態の特定扁平噴孔 1 3 4 は、第 1 実施形態の特定扁平噴孔 1 3 1 に対し、短軸 H_b の長さ（ $2 \times R_2$ ）が入口開口部 1 4 の直径（ $2 \times R_1$ ）よりも小さく設定されている。つまり、「 $R_2 < R_1$ 」の関係が成り立つ。ここで、長軸 H_a に対し噴射時に燃料が沿う側（すなわち平

面部 1 5 7 側) では、噴孔軸 H o に対する入口開口部 1 4 および出口開口部 1 5 の内壁の位置は一致している。

[0078] 一方、長軸 H a に対し噴射時に燃料が沿う側とは反対側 (すなわち平面部 1 5 8 側) では、内壁の一部が、入口開口部 1 4 から出口開口部 1 5 に向かうほど噴孔軸 H o に近づくように形成されている。つまり、一般的なテーパ噴孔とは逆勾配の面が形成されている。このような構成でも「 $R 2 < R 1$ 」の関係を実現することができる。

[0079] (第 5 実施形態)

図 1 6 に示す第 5 実施形態の特定扁平噴孔 1 3 5 は、第 1 実施形態の特定扁平噴孔 1 3 1 に対し入口開口部 1 4 が真円でない。長軸 H a に対し噴射時に燃料が沿う側 (すなわち平面部 1 5 7 側) では、入口開口部 1 4 の第 1 曲率半径 $R 1$ が出口開口部 1 5 の長軸方向端部の第 2 曲率半径 $R 2$ より大きく設定されている。一方、長軸 H a に対し噴射時に燃料が沿う側とは反対側 (すなわち平面部 1 5 8 側) では、入口開口部 1 4 の第 4 曲率半径 $R 4$ が出口開口部 1 5 の長軸方向端部の第 2 曲率半径 $R 2$ より小さく設定されている。つまり、「 $R 4 < R 2 < R 1$ 」の関係が成り立つ。

[0080] このように入口開口部 1 4 は真円でなくてもよい。例えば第 1 実施形態の特定扁平噴孔 1 3 1 の形状で加工済みの製品を第 5 実施形態の特定扁平噴孔 1 3 5 の形状で追加工することで、曲率半径比 ρ を小さくする方向に修正することができる。

[0081] [噴孔数、噴孔配置のバリエーション]

次に図 1 7 ~ 図 2 3 を参照し、第 6 ~ 第 1 1 実施形態として、第 1 実施形態に対し複数の噴孔の数や配置が異なるバリエーションについて説明する。そのうち第 6 ~ 第 9 実施形態は第 1 実施形態と同様に、図 2、図 3 に示すサイド搭載式のエンジン 8 0 1 に搭載される仕様である。第 1 0、第 1 1 実施形態は、図 2 1 に示すセンター搭載式のエンジン 8 0 2 に搭載される仕様である。

[0082] 第 6 ~ 第 1 1 実施形態の各噴孔配置は、第 1 実施形態の図 7 に相当する、

弁軸Z方向の投影視図で示される。各実施形態に共通し、入口開口部14の中心は、弁軸Zを中心とする同心円 ϕi 上に配置されている。また、上述の通り、弁軸Z方向の投影において入口開口部14の中心と出口開口部15の中心とが離れているほど、図4、図10に参照される噴孔角度 γ が大きいことを意味する。

[0083] 第9実施形態以外の実施形態では、全ての噴孔が特定扁平噴孔を構成している。すなわち、長軸Haは噴孔軸Hoを含み弁軸に平行な平面Shに直交し、内壁に、長軸Haを挟んで対向する平面部を有する。図8に示すように、平面Shは噴孔軸Hoと同一の線で表されるため、図中「Sh」の記載を省略する。曲率半径比 ρ は、40%～100%の範囲にある。なお、第9実施形態では、一部の噴孔が特定扁平噴孔を構成している。

[0084] さらに、第1実施形態について上述した「隣り合う3噴霧間に形成される閉空間に発生する負圧による噴霧干渉を回避するため、2噴霧間でのコアンダ効果を利用する」ことの説明は、第6～第11実施形態にも援用される。

[0085] (第6実施形態)

図17に示す第6実施形態の燃料噴射弁706は、第1実施形態の燃料噴射弁701と同様に、弁軸Zの周りに5つの特定扁平噴孔521～525が配置されている。第1実施形態に比べ第6実施形態では、入口開口部14の径が比較的大きい。また、2～5番噴孔522～525は、短軸Hbの長さに対する長軸Haの長さの比が1番噴孔521よりも大きい。すなわち、2～5番噴孔522～525は扁平度合のより大きい扁平噴孔として形成されている。また、2、3番噴孔522、523の噴孔角度 γ が最大である。

[0086] このように、同じサイド搭載式の5孔仕様であっても、各噴孔の大きさや形状、詳細な配置等は適宜、設計されてよい。基本的に、どのような仕様の特定扁平噴孔を用いても、高分散、高均質な噴霧を実現することができる。

[0087] (第7実施形態)

図18に示す第7実施形態の燃料噴射弁707は、弁軸Zの周りに6つの特定扁平噴孔611～616が配置されている。1番噴孔611および6番

噴孔 616 は基準平面 S_y 上に配置されており、2、3 番噴孔 612、613 および 4、5 番噴孔 614、615 は、それぞれ基準平面 S_y に対して対称に配置されている。2、3 番噴孔 612、613 および 4、5 番噴孔 614、615 は、6 番噴孔 616 側から 1 番噴孔 611 側に向かって、長軸 H_a が基準平面 S_y から離れるように配置されている。

[0088] 噴孔角度 γ に着目すると、1 番噴孔 611 の噴孔角度 γ が最も小さく、2、3 番噴孔 612、613 および 6 番噴孔 616 の噴孔角度 γ が次に小さい。そして、4、5 番噴孔 614、615 の噴孔角度 γ が最大である。

[0089] 噴孔軸 H_o が弁軸 Z の径外方向に向かって傾いている 1 番噴孔 611、4、5 番噴孔 614、615、および 6 番噴孔 616 については、弁軸 Z 側の内壁が「噴射時に燃料が沿う側の内壁」となる。また、噴孔軸 H_o が基準平面 S_y から離れる方向に向かって傾いている 2、3 番噴孔 612、613 については、基準平面 S_y 側の内壁が「噴射時に燃料が沿う側の内壁」となる。

[0090] 6 つの噴孔が全て特定扁平噴孔を構成している第 7 実施形態においても高分散、高均質な噴霧を実現することができる。なお 6 孔仕様では、1、2、3 番噴孔 611、612、613 に加え、2、4、6 番噴孔 612、614、616 および、3、5、6 番噴孔 613、615、616 でも、隣り合う 3 噴霧間に形成される閉空間に負圧が発生し、噴霧干渉の原因となる。よって、2 噴霧間でのコアンダ効果による噴霧干渉の回避がより有効となる。

[0091] (第 8 実施形態)

図 19 に示す第 8 実施形態の燃料噴射弁 708 は、第 7 実施形態の燃料噴射弁 707 の噴孔配置に関する変形例に相当し、1 番噴孔 621 の配置のみが燃料噴射弁 707 と異なる。つまり、1 番噴孔 621 は、噴孔軸 H_o が入口開口部 14 から出口開口部 15 に向かって弁軸 Z 側に、すなわち弁軸 Z に対し径内方向に傾いている。この構成では、1 番噴孔 621 については、他の噴孔 612 - 616 とは逆に、弁軸 Z とは反対側、すなわち弁軸 Z に対し径方向外側の内壁が「噴射時に燃料が沿う側の内壁」となる。

[0092] このように、「噴射時に燃料が沿う側の内壁」は常に弁軸Z側の内壁であるとは限らない。1番噴孔621については、弁軸Z方向の投影において出口開口部15から見て入口開口部14側の内壁が「噴射時に燃料が沿う側の内壁」となる。この構成でも、高分散、高均質な噴霧を実現することができる。

[0093] (第9実施形態)

図20に示す第9実施形態の燃料噴射弁709は、第7実施形態の燃料噴射弁707の噴孔配置に関する別の変形例に相当する。燃料噴射弁709では、4、5番噴孔614、615のみが燃料噴射弁707と共通する特定扁平噴孔であり、他の4つの噴孔601、602、603、606は真円噴孔である。4、5番噴孔614、615は、6つの噴孔のうち「噴孔角度 γ が最大である一対の噴孔」に相当し、特定扁平噴孔の形状を採用することによる高分散、高均質な噴霧の実現効果が最も大きいと考えられる。

[0094] このように、全ての噴孔が特定扁平噴孔を構成するのではなく、一部の噴孔が特定扁平噴孔を構成し、それ以外の噴孔は、真円噴孔や、特定扁平噴孔でない扁平噴孔であってもよい。その場合、基準平面Syに対して対称に配置された複数の噴孔のうち、少なくとも、「噴孔角度 γ が最大である一対の噴孔」が特定扁平噴孔を構成していることが好ましい。例えば5孔仕様の第1実施形態の燃料噴射弁701においても、少なくとも4、5番噴孔514、515が特定扁平噴孔を構成していることが好ましい。

[0095] (第10、第11実施形態)

次に、第10、第11実施形態の燃料噴射弁について、図21～図23を参照して説明する。第10、第11実施形態の燃料噴射弁は、図21に示すセンター搭載式エンジン802において、シリンダヘッドの中央に搭載され、複数の円錐状の燃料噴霧Foを燃焼室83内に噴射する。センター搭載式エンジンは、例えば特開2018-31275号公報の図11に開示されている。図21中の燃料噴射弁の符号は、総括符号である「70」を用いる。

[0096] 図22に示す第10実施形態の燃料噴射弁710は、弁軸Zの周りに5つ

の特定扁平噴孔 531-535 がほぼ放射状に配置されている。1 番噴孔 531 は、基準平面 S_y 上の点火プラグ 97 とは反対側に配置されており、その他 4 つの噴孔 532-535 は、基準平面 S_y に対して対称に配置されている。各噴孔 531-535 は、噴孔軸 H_o が弁軸 Z の径外方向に向かって傾いており、弁軸 Z 側の内壁が「噴射時に燃料が沿う側の内壁」となる。

[0097] 図 23 に示す第 11 実施形態の燃料噴射弁 711 は、弁軸 Z の周りに 6 つの特定扁平噴孔 631-636 が基準平面 S_y に対して対称に配置されている。ただし、1、2 番噴孔 631、632 の噴孔角度 γ に比べ 3、4 番噴孔 633、634 の噴孔角度 γ が大きく、さらに 5、6 番噴孔 635、636 の噴孔角度 γ が大きく設定されている。したがって、各噴孔 631-636 は均等な放射状ではなく、3、4 番噴孔 633、634 が基準直交平面 S_x に対し点火プラグ 97 側に偏って配置されている。各噴孔 631-636 は、噴孔軸 H_o がほぼ弁軸 Z の径外方向に向かって傾いており、弁軸 Z 側の内壁が「噴射時に燃料が沿う側の内壁」となる。

[0098] このように、センター搭載式エンジン 802 に搭載される燃料噴射弁 710、711 においても、1 つ以上の噴孔を特定扁平噴孔とすることで、高分散、高均質な噴霧を実現することができる。

[0099] (他の実施形態)

(a) 扁平噴孔のうち全てが特定扁平噴孔でなくてもよい。つまり、「噴孔軸 H_o を含み弁軸 Z に平行な平面 S_h に長軸 H_a が直交しない扁平噴孔」、又は、「内壁に平面部を有しない扁平噴孔」、又は、「曲率半径比が 40 %未満の扁平噴孔」が一部に含まれていてもよい。

[0100] (b) ノズル底部 12 のノズル筒部 11 とは反対側の面 122 において、例えば特許文献 2 の図 22 に示されるような凹部が噴孔 13 の開口周囲に形成されてもよい。この構成では、凹部底面に形成される開口を出口開口部 15 とみなし、出口開口部 15 の中心を通る軸を噴孔軸 H_o と定義する。凹部が形成されることで、噴孔軸長を短く調整することができる。

[0101] (c) 燃料噴射弁における各部材の構成は図 1 に示すものに限らず、同様

の機能が得られるように変更されてもよい。例えば隣接する同材質の部材は、別体に形成されてもよいし、一体に形成されてもよい。

[0102] (d) 本開示の燃料噴射弁は、直噴式のガソリンエンジンに限らず、ディーゼルエンジンやポート噴射式のガソリンエンジン等に適用されてもよい。

[0103] 以上、本開示はこのような実施形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲において、種々の形態で実施することができる。

[0104] 本開示は実施形態に準拠して記述された。しかしながら、本開示は当該実施形態および構造に限定されるものではない。本開示は、様々な変形例および均等の範囲内の変形をも包含する。また、様々な組み合わせおよび形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせおよび形態も本開示の範疇および思想範囲に入るものである。

請求の範囲

- [請求項1] 弁軸（Z）を中心として設けられ、内側に燃料通路（100）を形成するノズル筒部（11）、前記ノズル筒部の一端を塞ぐノズル底部（12）、前記ノズル底部の前記ノズル筒部側の面（121）と前記ノズル筒部とは反対側の面（122）とを接続し前記燃料通路内の燃料を噴射する複数の噴孔（13）、および、前記ノズル底部の前記ノズル筒部側の面において前記噴孔の周囲に形成される環状の弁座（17）を有するノズル（10）と、
- 前記ノズルの内側で前記弁軸に沿って往復移動可能に設けられ、前記弁座に当接すると前記噴孔を閉じ、前記弁座から離間すると前記噴孔を開くニードル（30）と、
- 前記ニードルを開弁方向または閉弁方向に移動させることが可能な駆動部（37、41、45）と、を備え、
- 前記噴孔は、前記ノズル底部の前記ノズル筒部側の面に形成される入口開口部（14）、および、前記ノズル底部の前記ノズル筒部とは反対側の面に形成され、面積が前記入口開口部の面積より大きい出口開口部（15）を有し、
- 複数の前記噴孔のうち1つ以上は、前記出口開口部が長軸（Ha）および短軸（Hb）を有する扁平噴孔であり、前記扁平噴孔はさらに1つ以上の特定扁平噴孔（131～135）を含み、
- 前記特定扁平噴孔は、
- 前記入口開口部の中心と前記出口開口部の中心とを結ぶ噴孔軸（Ho）を含み前記弁軸に平行な平面（Sh）に長軸が直交し、
- 内壁に、長軸を挟んで対向する平面部（157、158）を有し、
- 長軸に対し噴射時に燃料が沿う側の内壁において、前記入口開口部の長軸方向端部の曲率半径を第1曲率半径（R1）、前記出口開口部の長軸方向端部の曲率半径を第2曲率半径（R2）とし、前記第1曲率半径に対する前記第2曲率半径の比を曲率半径比と定義すると、前

記曲率半径比は40%～100%の範囲にある燃料噴射弁。

[請求項2] 前記特定扁平噴孔の前記曲率半径比は50%～90%の範囲にある請求項1に記載の燃料噴射弁。

[請求項3] 複数の前記噴孔は、前記弁軸を含む基準平面（S_y）に対して対称に配置されており、

少なくとも、前記弁軸と平行な仮想軸に対する前記噴孔軸の角度である噴孔角度（ γ ）が最大である一对の噴孔が前記特定扁平噴孔を構成している請求項1または2に記載の燃料噴射弁。

[請求項4] 全ての噴孔が前記特定扁平噴孔を構成している請求項3に記載の燃料噴射弁。

[請求項5] 前記特定扁平噴孔（132）は、
前記出口開口部の短軸方向の内壁に、前記噴孔軸方向の投影視において直線状を呈するストレート部（159）が形成されている請求項1～4のいずれか一項に記載の燃料噴射弁。

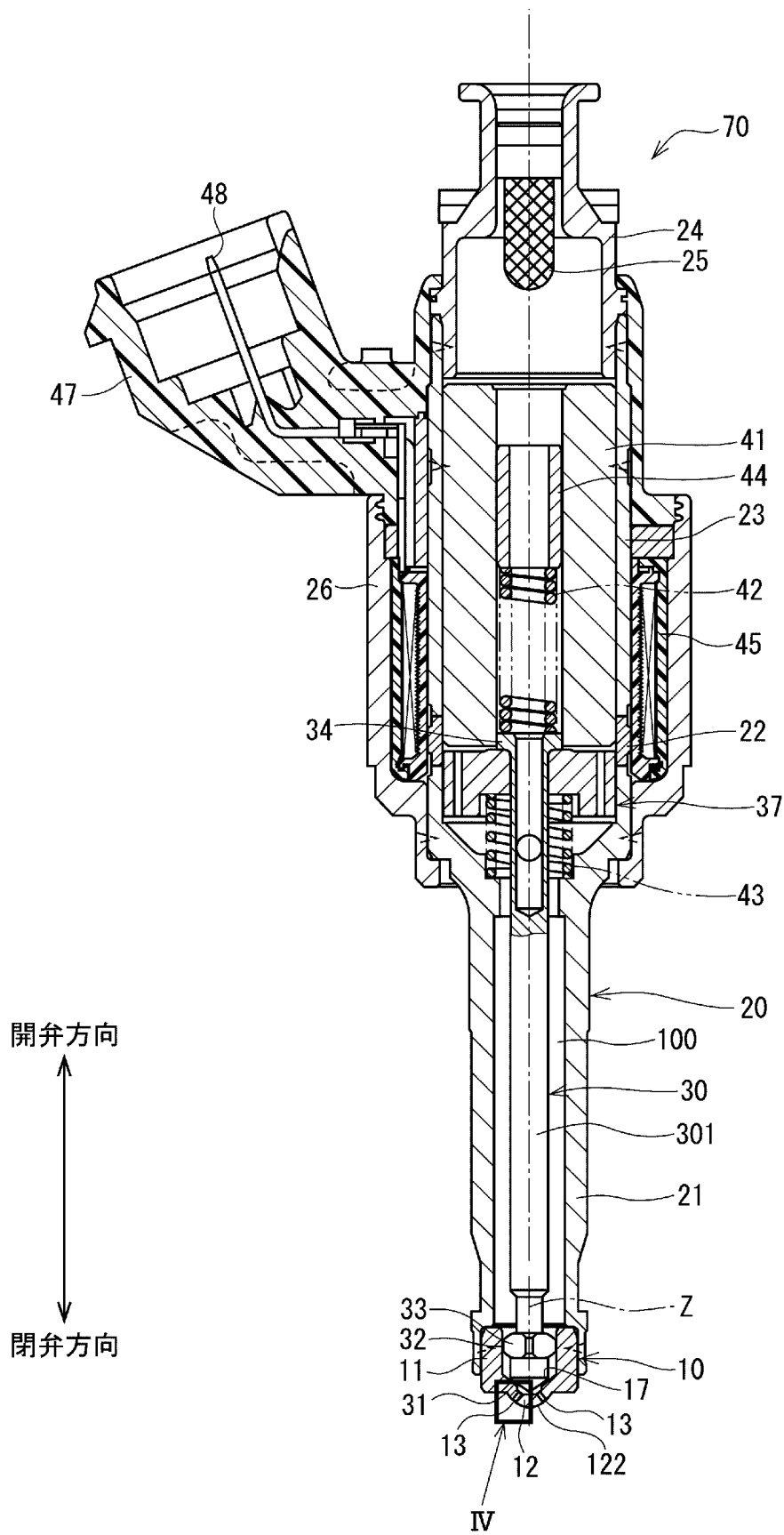
[請求項6] 前記特定扁平噴孔（133）は、
前記第1曲率半径をR₁、前記第2曲率半径をR₂とし、
長軸に対し噴射時に燃料が沿う側とは反対側の内壁において、前記出口開口部の長軸方向端部の曲率半径である第3曲率半径をR₃とすると、

$$R_2 < R_1 < R_3$$

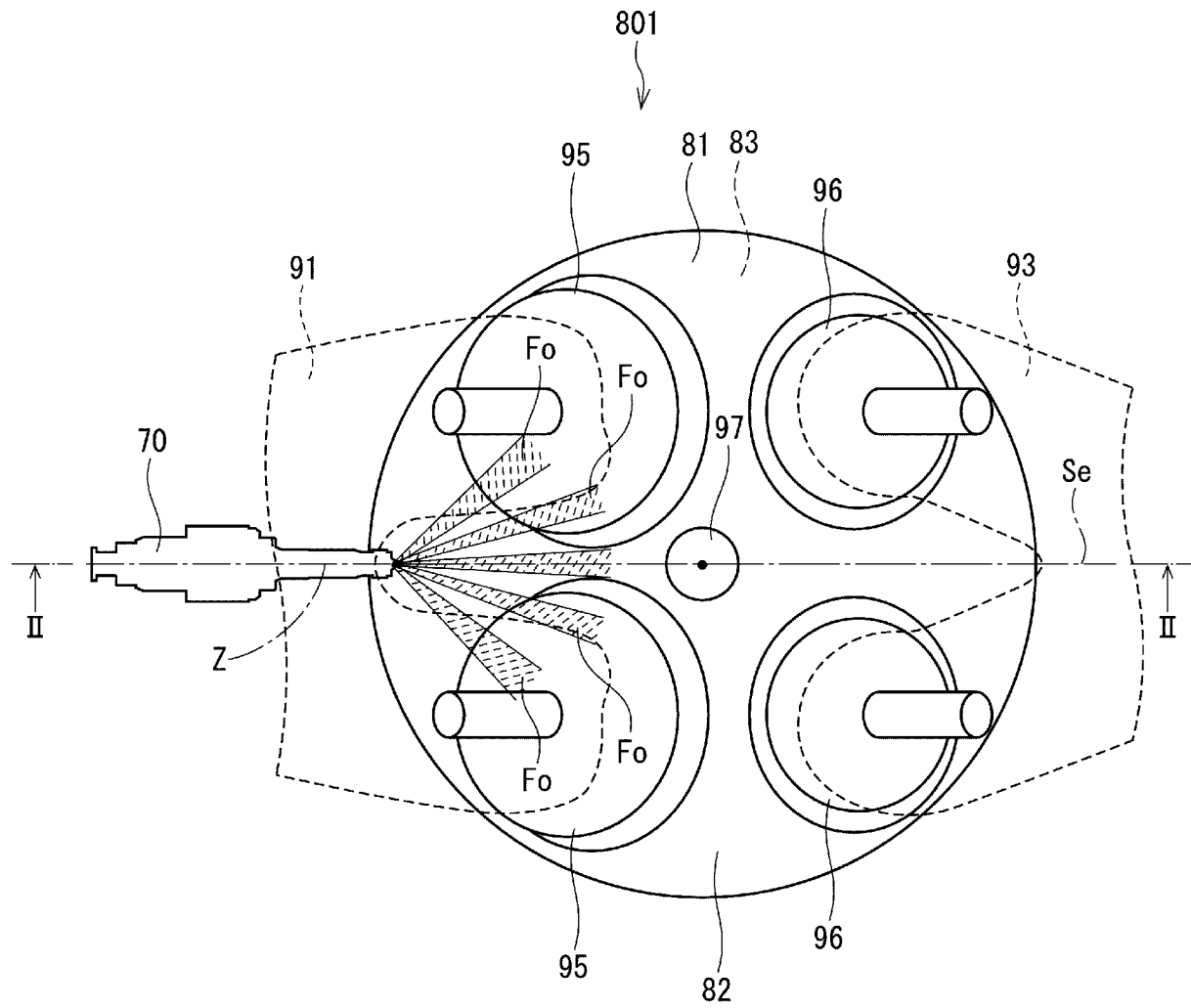
の関係が成り立つ請求項1～4のいずれか一項に記載の燃料噴射弁。

[請求項7] 前記特定扁平噴孔（134）は、
長軸に対し噴射時に燃料が沿う側とは反対側の内壁の一部が、前記入口開口部から前記出口開口部に向かうほど前記噴孔軸に近づくように形成されている請求項1～4のいずれか一項に記載の燃料噴射弁。

[図1]

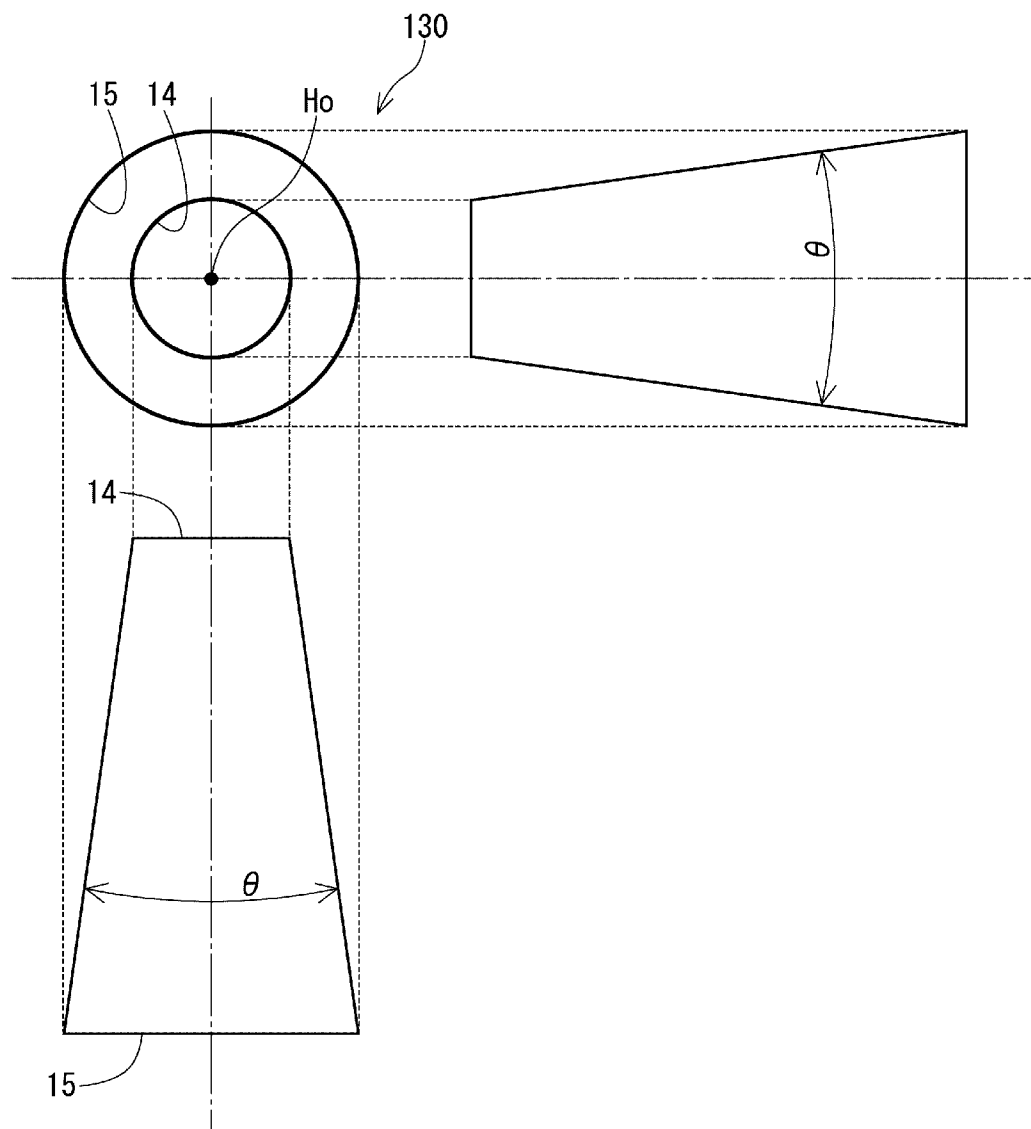


[図3]



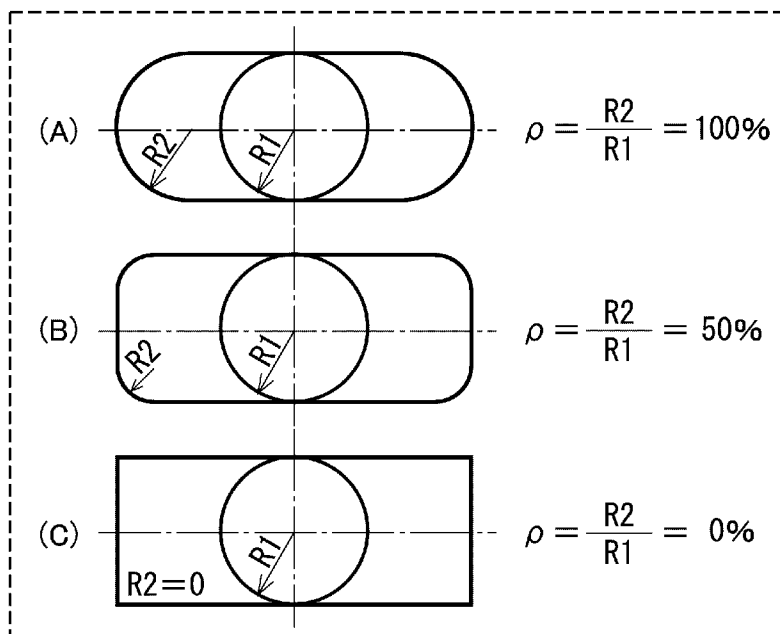
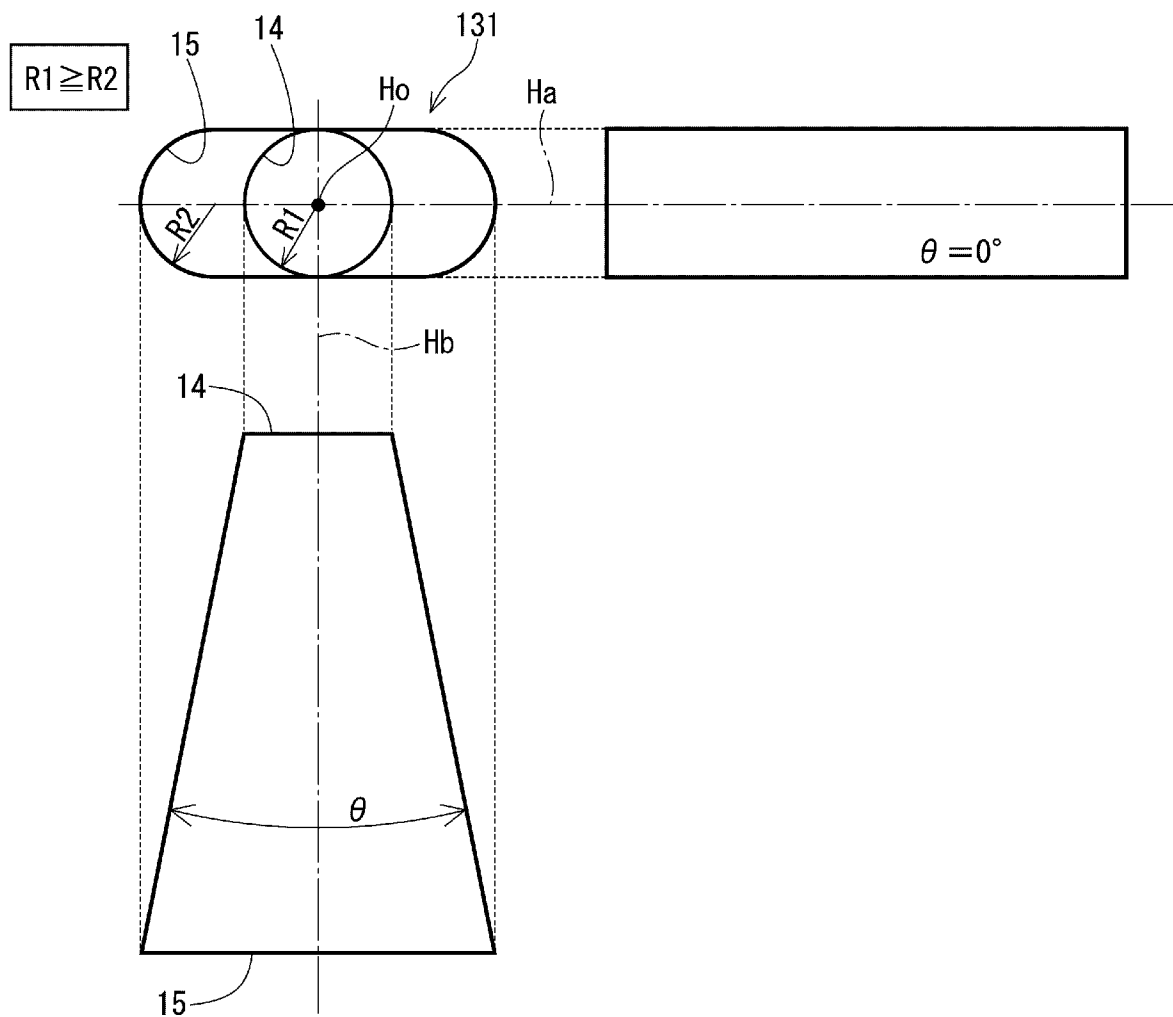
[図5]

比較例（テーパ噴孔）



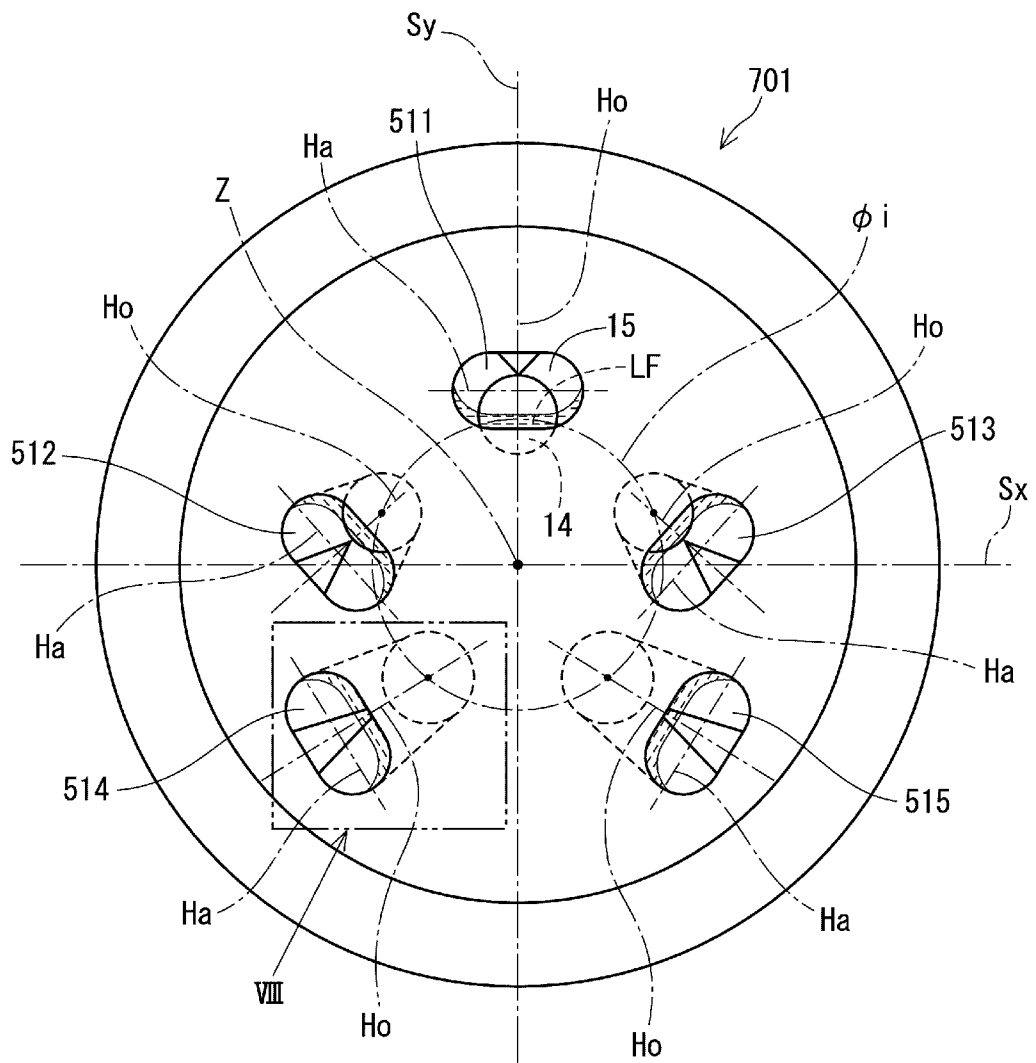
[図6]

本実施形態（扁平噴孔・トラック噴孔）



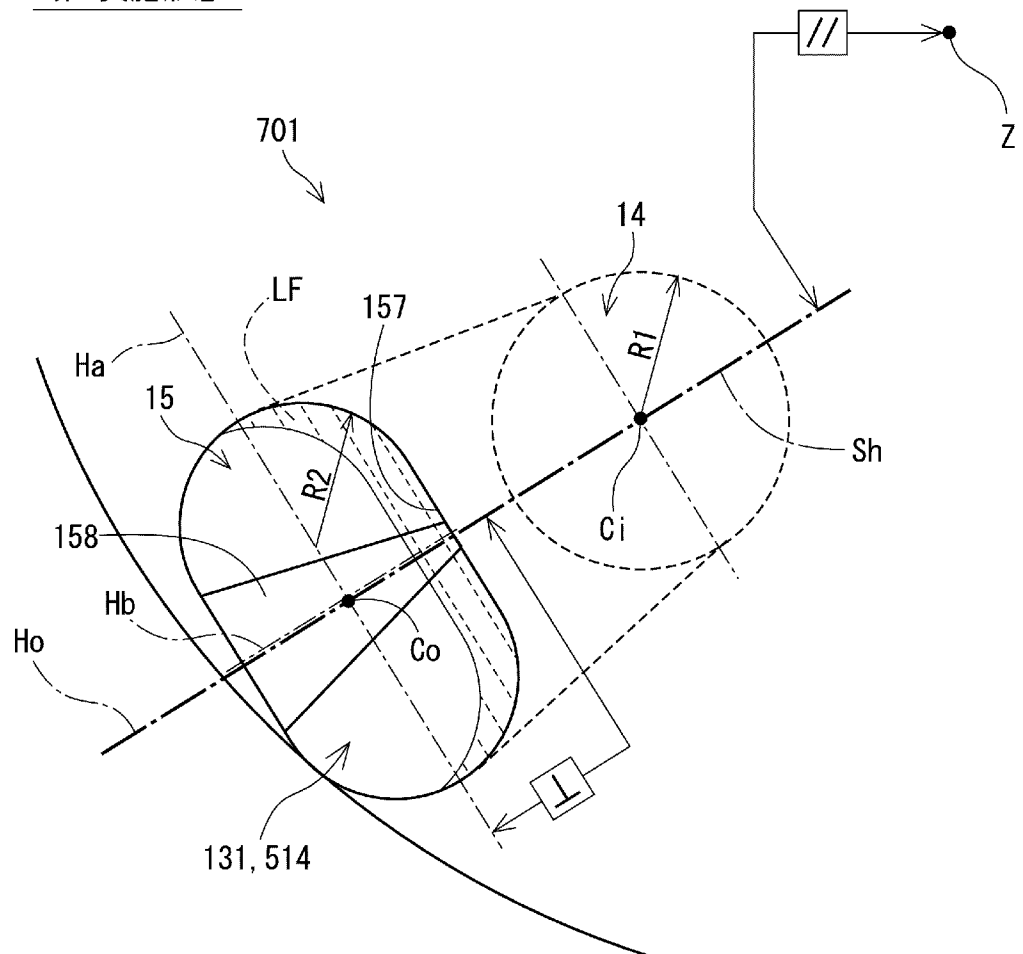
[図7]

第1実施形態

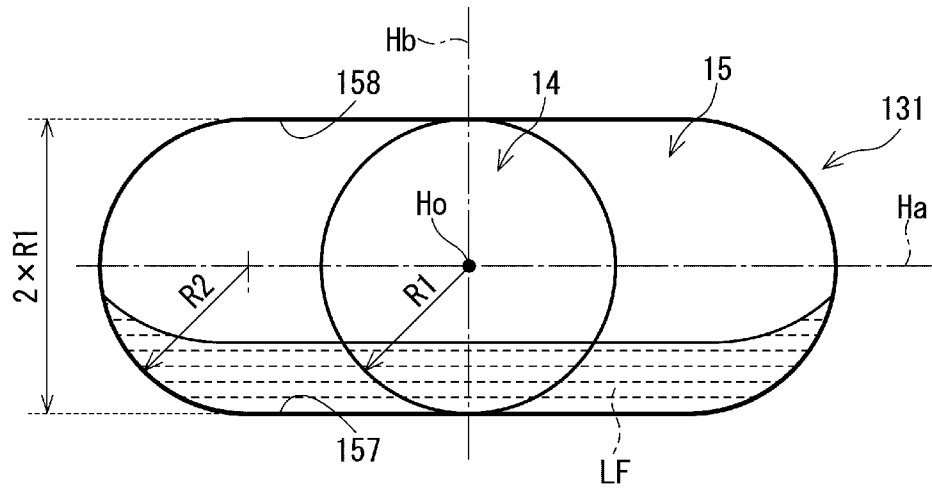


[図8]

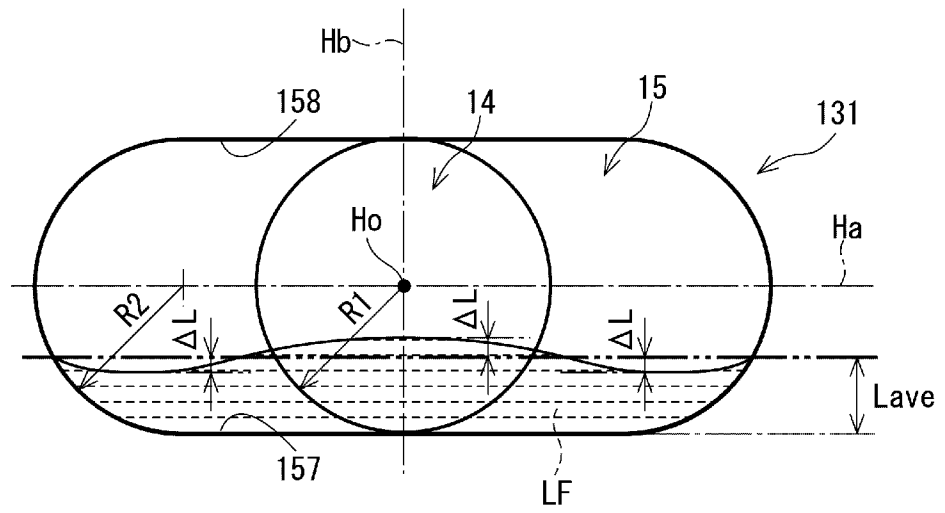
第1実施形態



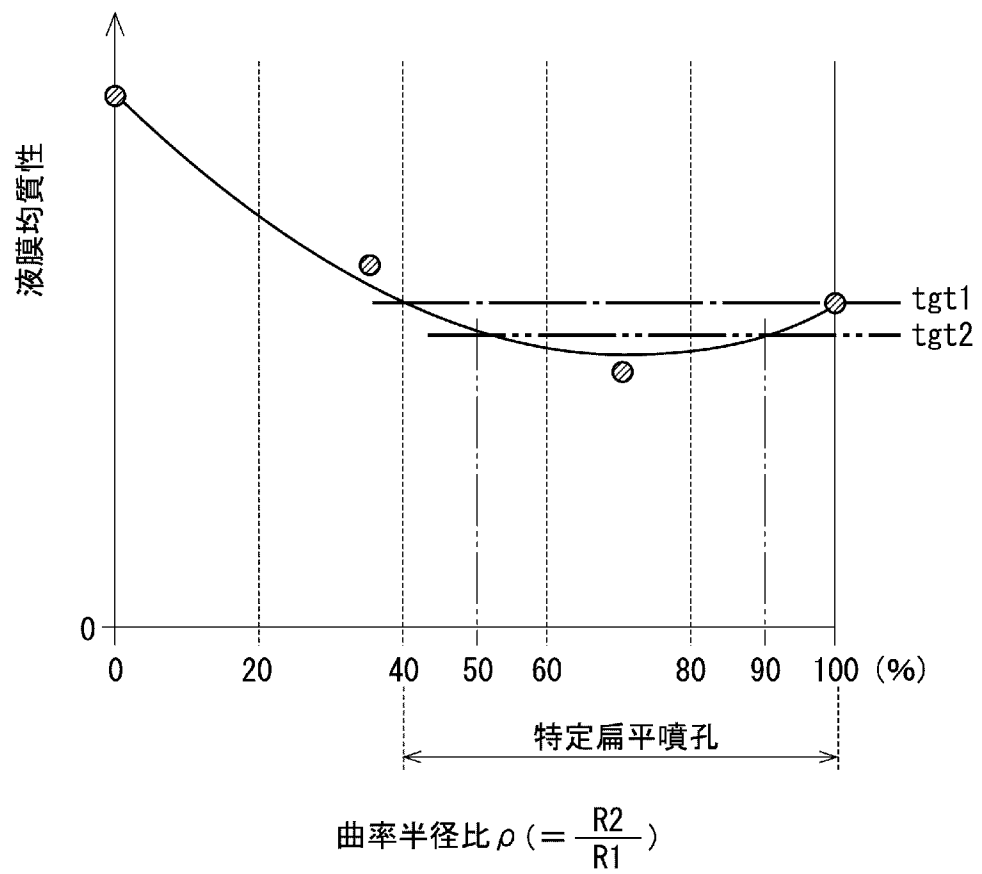
[図10]

第1実施形態

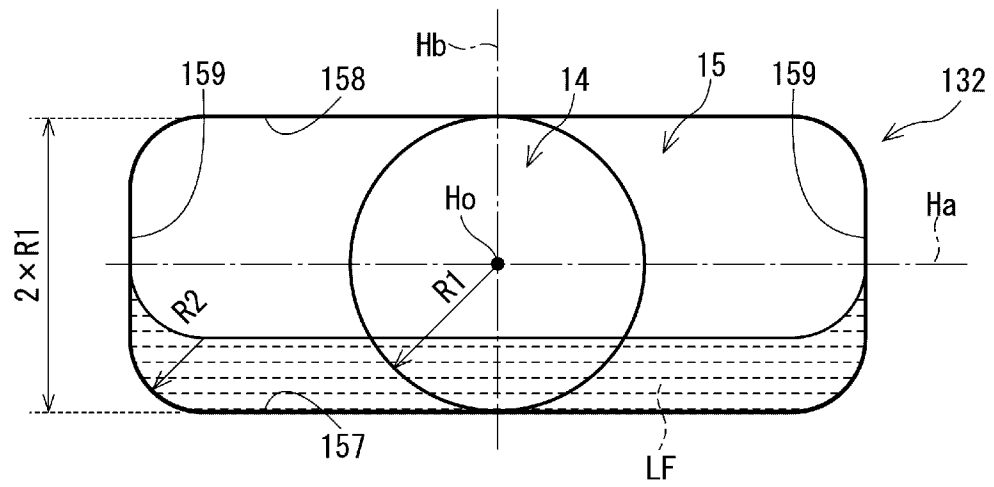
[図11]



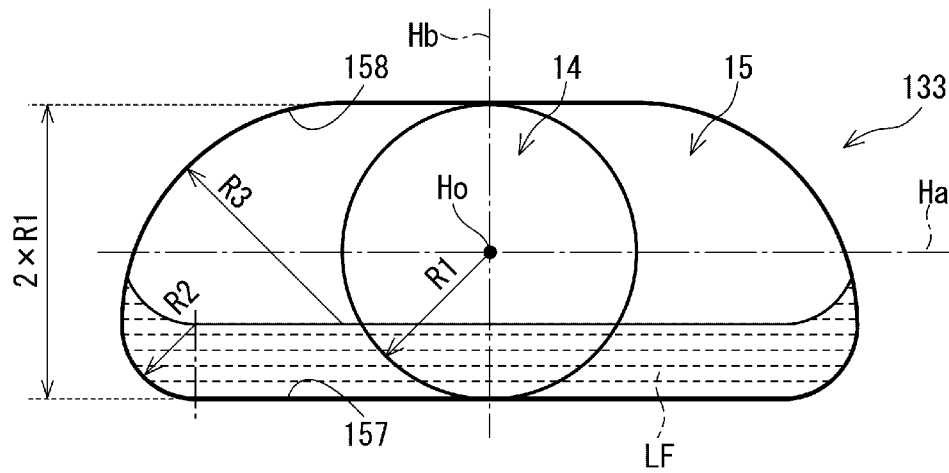
[図12]



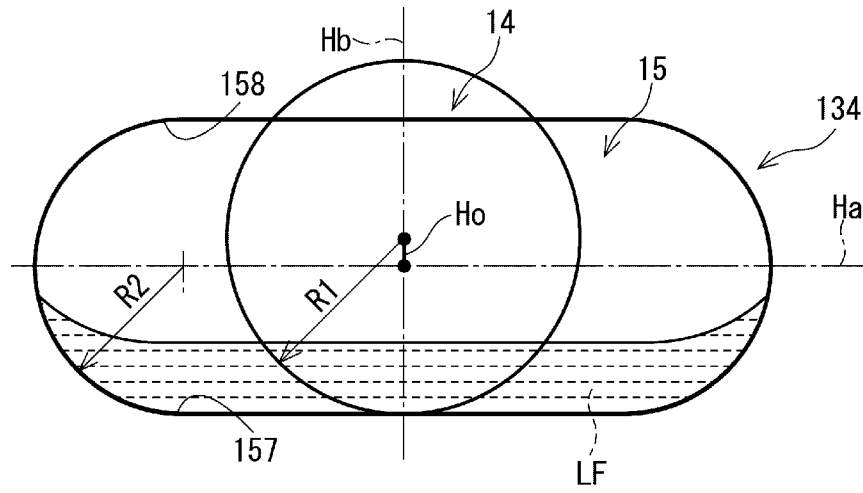
[図13]

第2実施形態

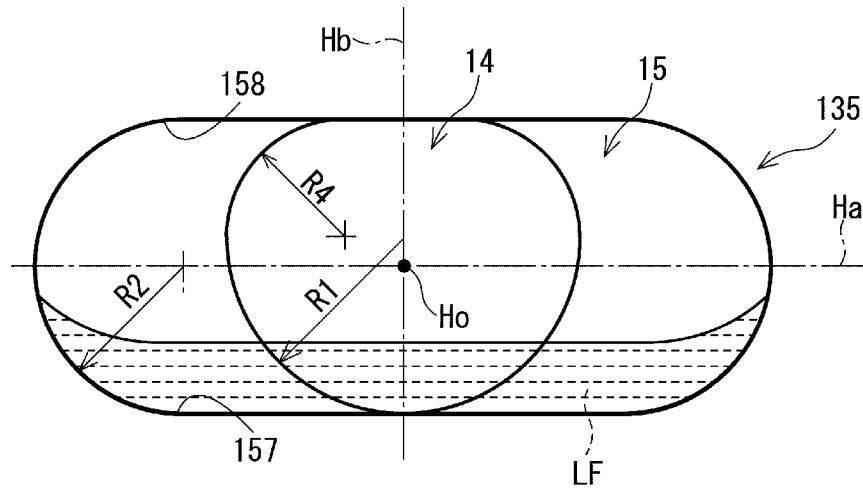
[図14]

第3実施形態

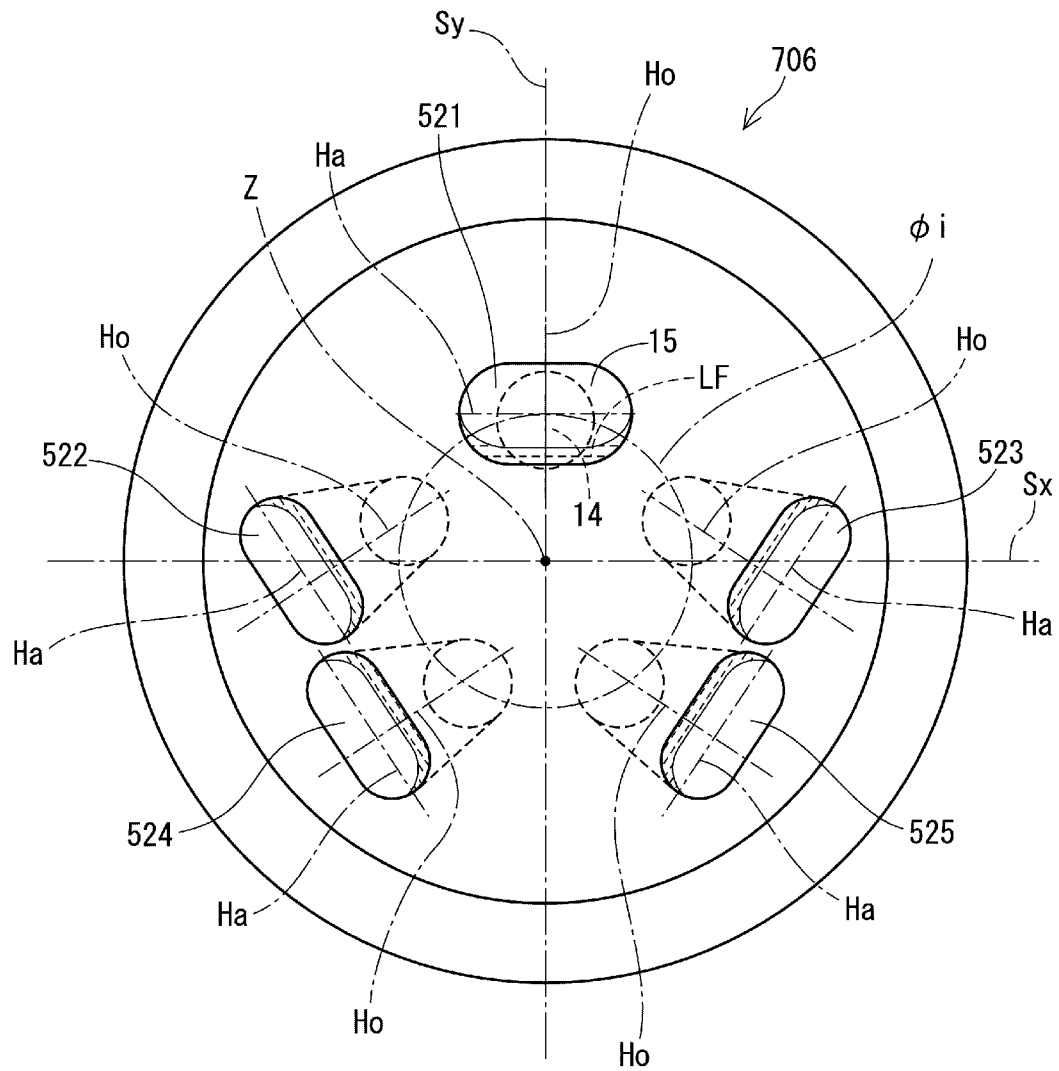
[図15]

第4実施形態

[図16]

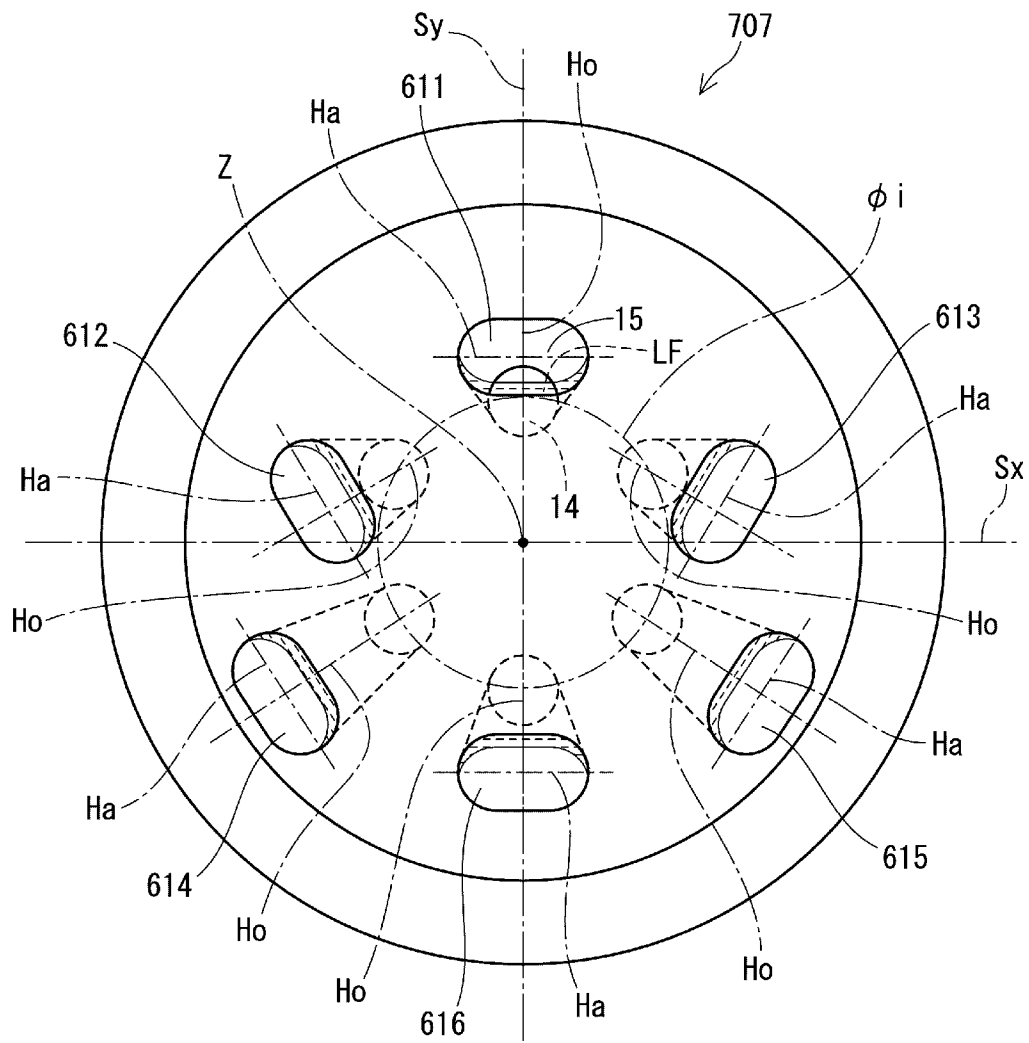
第5実施形態

[図17]

第6実施形態

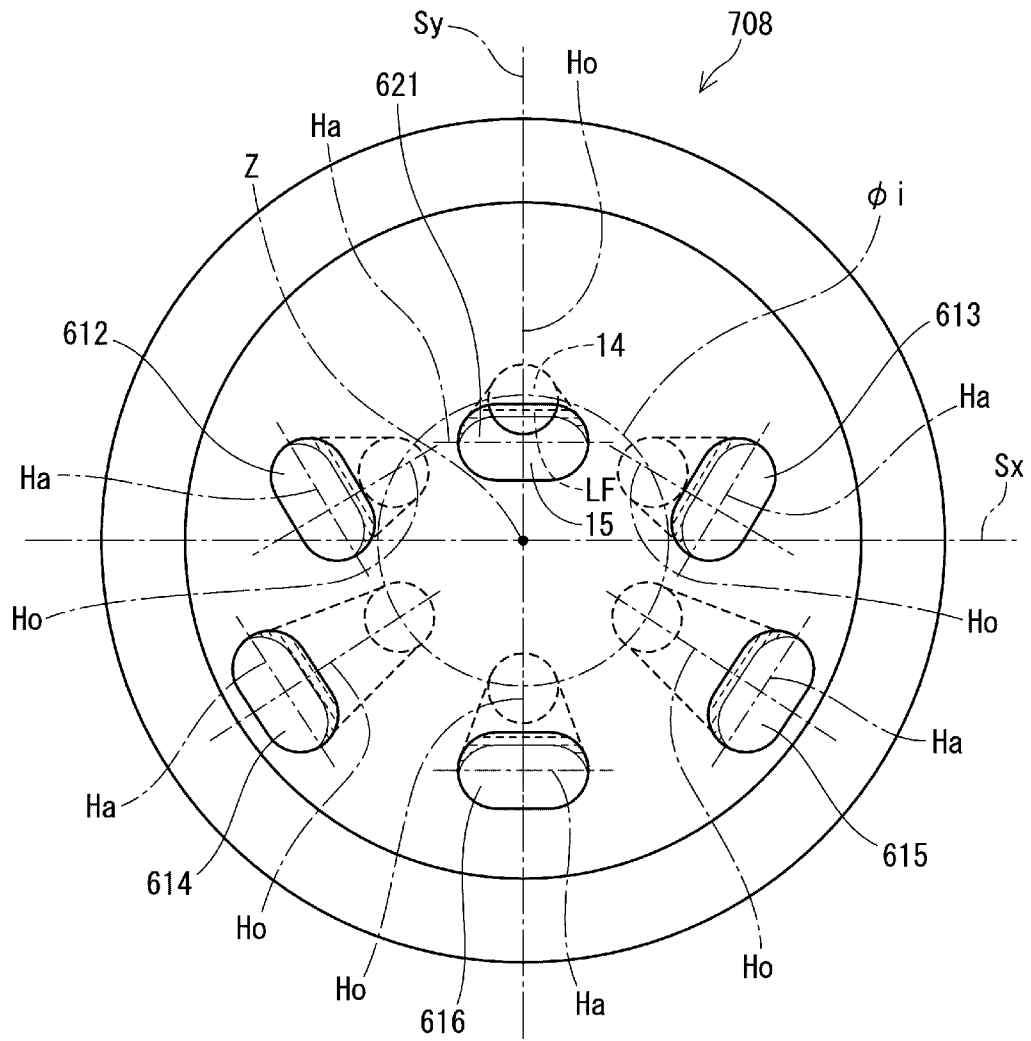
[図18]

第7実施形態



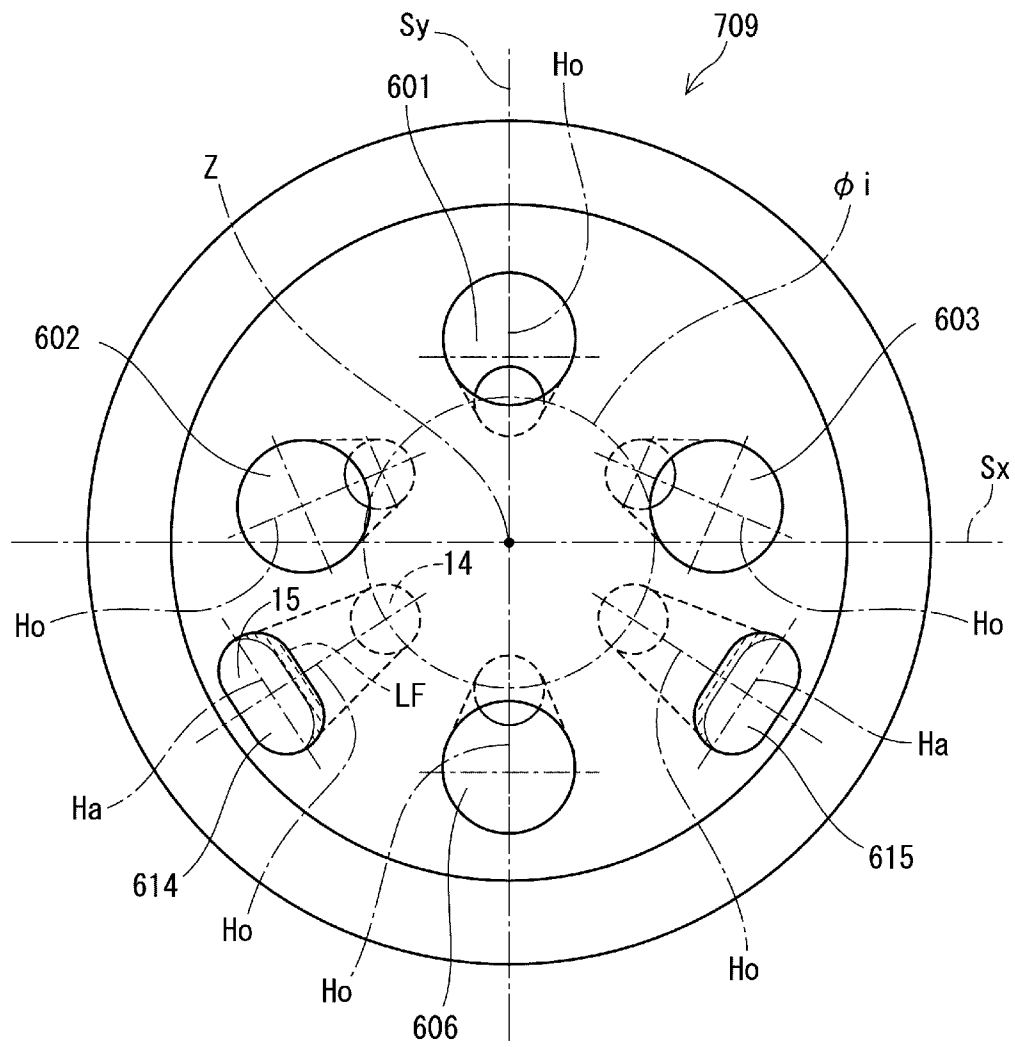
[図19]

第8実施形態

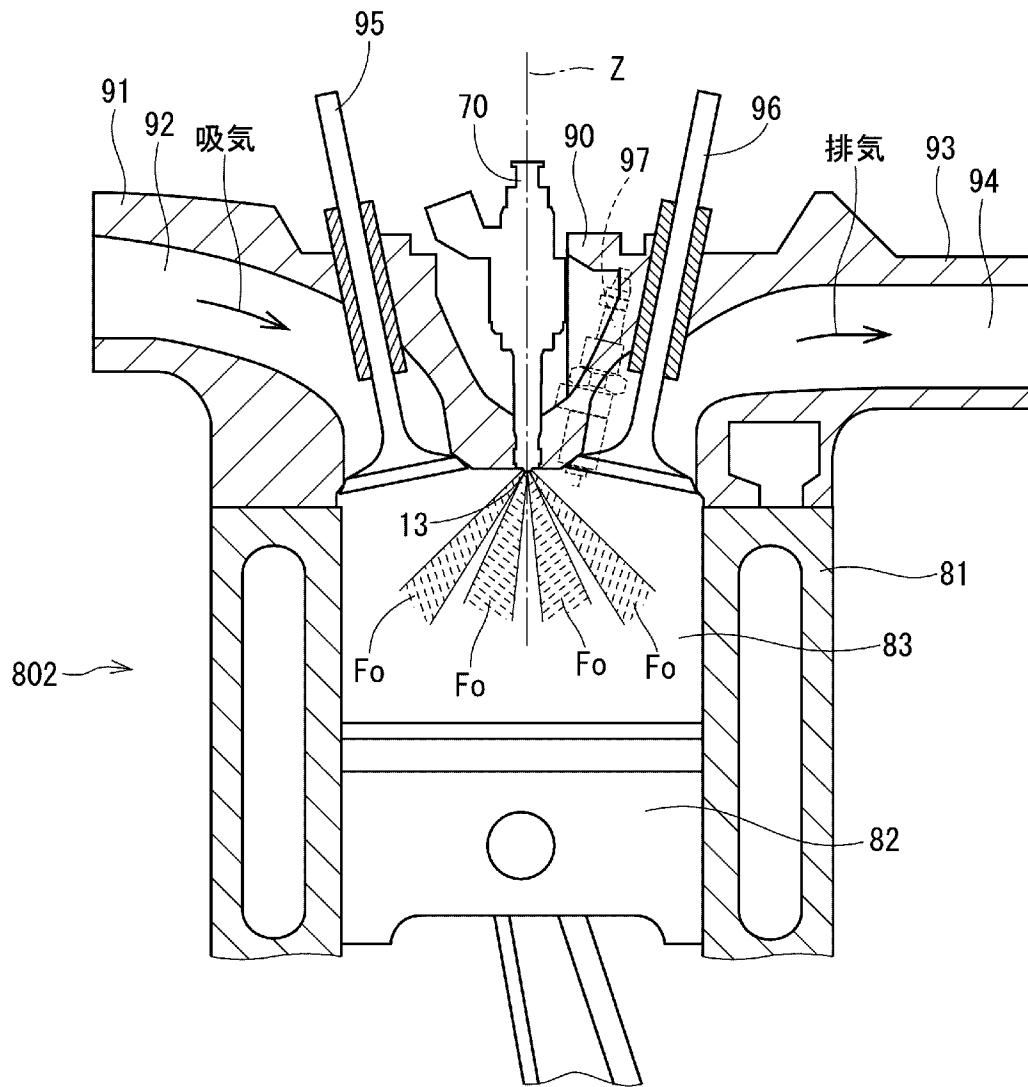


[図20]

第9実施形態

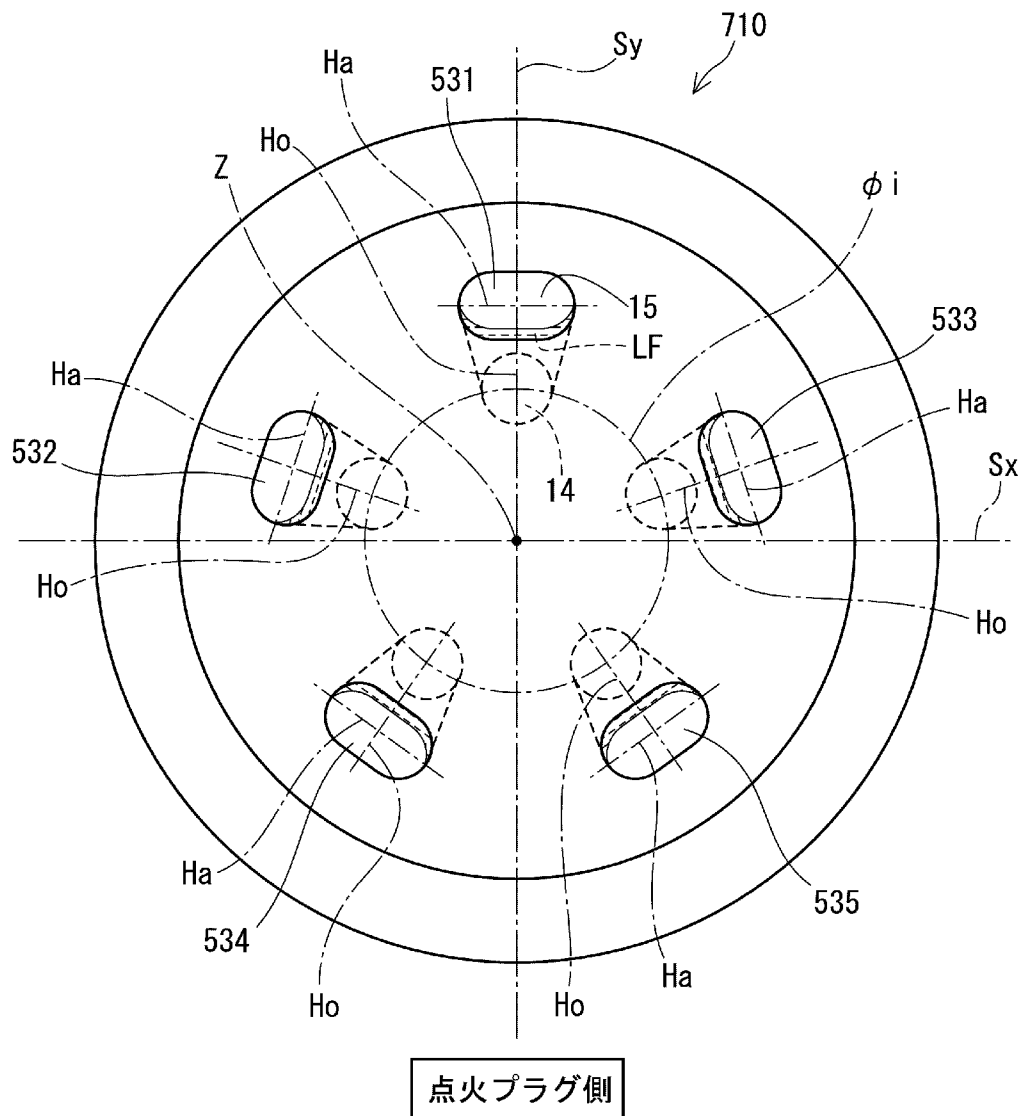


[図21]



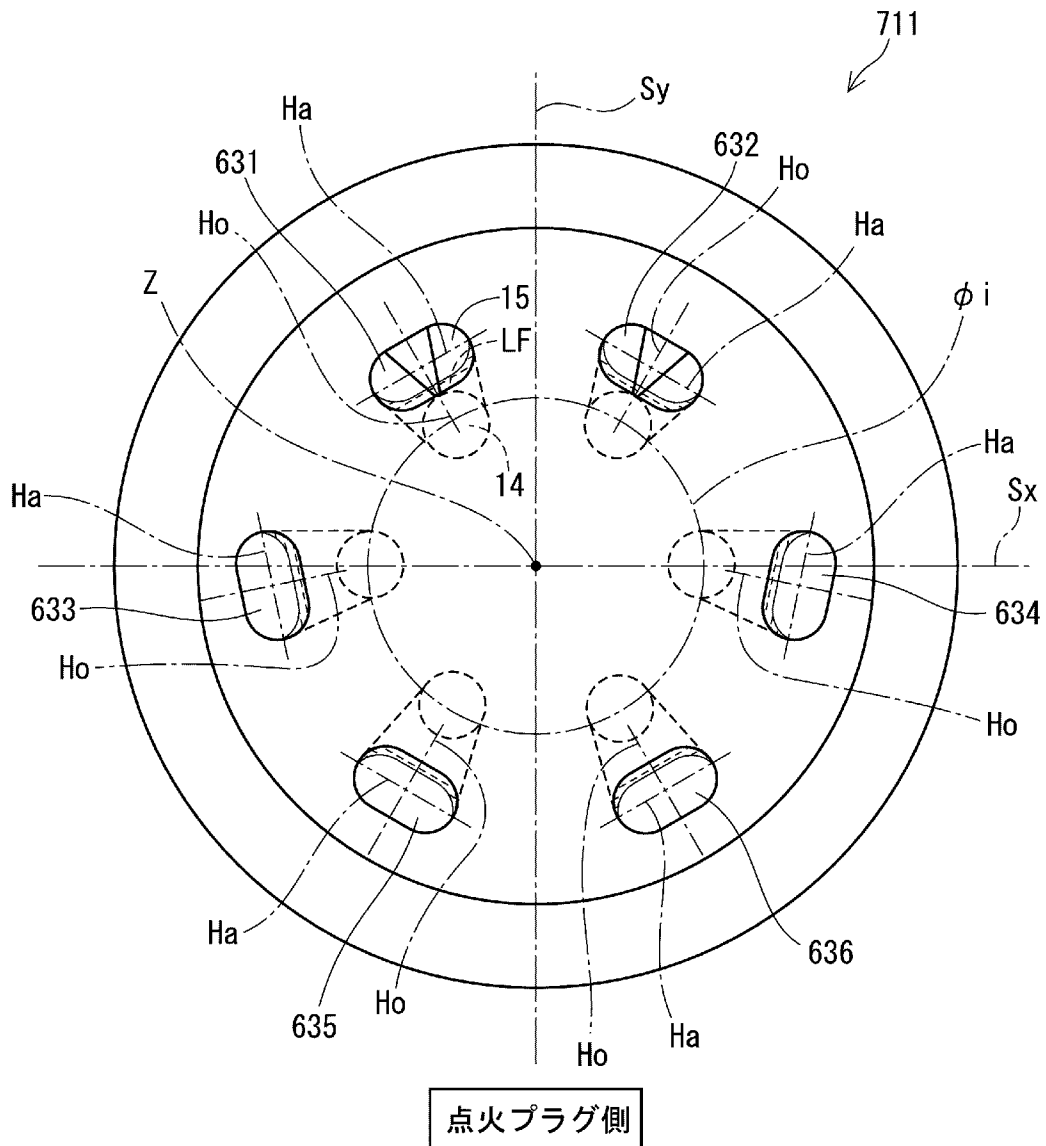
[図22]

第10実施形態



[図23]

第11実施形態



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/025563

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02M 61/18 (2006.01) i

FI: F02M61/18 330A; F02M61/18 330C; F02M61/18 320C

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)

F02M61/18

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 1971-2021

Registered utility model specifications of Japan 1996-2021

Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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.
Y	JP 2004-332543 A (DENSO CORP.) 25 November 2004 (2004-11-25) paragraphs [0015]-[0037], fig. 1-7	1, 2, 5
Y	JP 11-343947 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 14 December 1999 (1999-12-14) paragraphs [0007]-[0016], fig. 1-7	1, 2, 5
A	JP 2017-2876 A (NIPPON SOKEN, INC., DENSO CORP.) 05 January 2017 (2017-01-05) paragraphs [0009]-[0084], fig. 1-17	1-7
A	JP 2020-8013 A (SOKEN, INC., DENSO CORP.) 16 January 2020 (2020-01-16) paragraphs [0019]-[0079], fig. 1-31	1-7

☐ 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

"T" 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
27 August 2021 (27.08.2021)

Date of mailing of the international search report
07 September 2021 (07.09.2021)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/025563

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2004-332543 A	25 Nov. 2004	US 2004/0178287 A1 paragraphs [0052]- [0081], fig. 1-7 DE 102004005526 A1 paragraphs [0049]- [0075], fig. 1-7	
JP 11-343947 A	14 Dec. 1999	EP 0961026 A1 paragraphs [0008]- [0020], fig. 1-7 US 6142392 A column 2, line 45 to column 6, line 44, fig. 1-7 CN 1243197 A page 2, line 21 to page 6, line 26, fig. 1-7	
JP 2017-2876 A	05 Jan. 2017	(Family: none)	
JP 2020-8013 A	16 Jan. 2020	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F02M 61/18(2006.01)i FI: F02M61/18 330A; F02M61/18 330C; F02M61/18 320C														
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）） F02M61/18 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年													
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												
Y	JP 2004-332543 A（株式会社デンソー）25.11.2004（2004 - 11 - 25） 段落0015-0037、図1-7	1, 2, 5												
Y	JP 11-343947 A（トヨタ自動車株式会社）14.12.1999（1999 - 12 - 14） 段落0007-0016、図1-7	1, 2, 5												
A	JP 2017-2876 A（株式会社日本自動車部品総合研究所、株式会社デンソー） 05.01.2017（2017 - 01 - 05） 段落0009-0084、図1-17	1-7												
A	JP 2020-8013 A（株式会社SOKEN、株式会社デンソー）16.01.2020（2020 - 01 - 16） 段落0019-0079、図1-31	1-7												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 参考文献のカテゴリー</td> <td>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 参考文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 参考文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 27.08.2021	国際調査報告の発送日 07.09.2021													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 二之湯 正俊 3G 3728 電話番号 03-3581-1101 内線 3355													

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/025563

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2004-332543	A	25.11.2004	US 2004/0178287 A1 段落0052-0081、図1-7 DE 102004005526 A1 段落0049-0075、図1-7	
JP	11-343947	A	14.12.1999	EP 0961026 A1 段落0008-0020、図1-7 US 6142392 A 第2欄第45行－第6欄第44 行、図1-7 CN 1243197 A 第2ページ第21行－第6ペー ジ第26行、図1-7	
JP	2017-2876	A	05.01.2017	(ファミリーなし)	
JP	2020-8013	A	16.01.2020	(ファミリーなし)	