

(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
2012 年 1 月 26 日(26.01.2012)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/011454 A1

- (51) 国際特許分類:
F02M 61/18 (2006.01) F02M 51/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/066300
- (22) 国際出願日: 2011 年 7 月 19 日(19.07.2011)
- (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 2010-164633 2010 年 7 月 22 日(22.07.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日立オートモティブシステムズ株式会社(HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 Ibaraki (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 石井 英二 (ISHII Eiji) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所

日立研究所内 Ibaraki (JP). 石川 正典 (ISHIKAWA Masanori) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP).

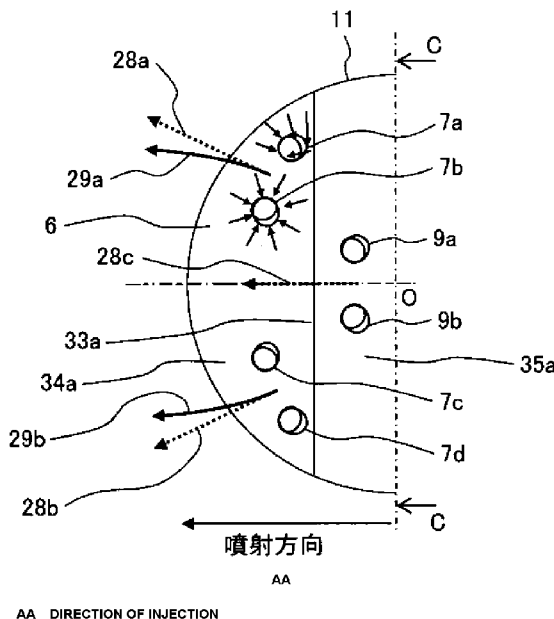
- (74) 代理人: ポレール特許業務法人(POLAIRE I.P.C.); 〒1040032 東京都中央区八丁堀二丁目 7 番 1 号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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,

[続葉有]

(54) Title: FUEL INJECTION VALVE AND VEHICLE INTERNAL COMBUSTION ENGINE INCORPORATING SAME

(54) 発明の名称: 燃料噴射弁およびそれを搭載した車両用内燃機関

[図7]



(57) Abstract: Disclosed is a fuel injection valve which includes a nozzle plate having an upper surface provided with a step height portion. The nozzle plate has a plurality of pairs of injection holes, so that fuel liquid columns injected through each pair of injection holes form a liquid film. At one of the injection holes, a fuel flow is redirected along the side of the step height portion due to the presence of the step height portion in the vicinity of the injection hole, thus forming a swirling flow at the inlet of the injection hole. Meanwhile, the other injection hole is spaced apart from the step height portion and thus has a uniform inflow formed with no swirling flow. As a result, an increase in fuel pressure would cause the shape of the liquid film to change into a liquid film in a predetermined pattern.

(57) 要約: ノズルプレート上面に段差部が設けられる。複数対の噴孔を備え、それぞれの一对の噴孔から噴射される燃料液柱により、液膜が形成される。一方の噴孔では、噴孔近傍に段差部があるために燃料流れは段差部の面に沿った方向に向きを変えられ、噴孔入口に旋回流が形成される。一方、噴孔は段差部から離れているために、旋回流の無い様な流入が形成される。この結果、燃料圧力の上昇により液膜形状は所定パターンの液膜に変化する。



MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：燃料噴射弁およびそれを搭載した車両用内燃機関 技術分野

[0001] 本発明は、内燃機関に燃料を供給するための燃料噴射弁およびそれを搭載した車両用内燃機関に関する。

背景技術

[0002] 近年、自動車の排ガス規制が強化されてきており、それに応えるために、自動車用内燃機関に搭載される燃料噴射弁には噴霧を微粒化すると共に、狙い通りの位置（例えば、吸気弁の2方向）へ噴射することで吸気管等への壁面付着を抑制し、内燃機関からの有害排出ガスHC（炭化水素）を低減することが要求されている。

[0003] 従来の燃料噴射弁には、噴霧を狙い通りの位置へ噴射するための噴霧形状制御手段として次のものが開示されている。

[0004] 一つは、特許文献1に示すように、複数の噴孔から噴射される各噴霧に旋回力を加え、かつ複数の噴孔を幾つかのグループに分けてグループ毎に旋回力を異ならせている。この従来技術では、旋回力が強い噴霧は、広角噴射となって微粒化が促進され、旋回力が弱い噴霧は、狭角噴射となって直進性が促進される。これらの旋回力が異なる噴霧を組み合わせることで、微粒化した噴霧を直進性の強い噴霧で牽引し、微粒化噴霧が吸気管等への壁面付着を抑制することを可能にしている。

[0005] また別の方式では、特許文献2に示すように、複数の噴孔からの噴霧を衝突させて扇形の噴霧を形成している。更に噴孔を選択できる二つのニードルバルブを設け、成層運転時と均質運転時とで噴射する噴孔を変えることにより、噴霧形状を変えることを可能にしている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2006-336577号公報

特許文献2：特開2003-328903号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上記の従来技術のうち、特許文献1に開示されている方式は、組み合わせられる燃料噴霧のうちの一つに、直進性の強い噴霧を使用するが、この噴霧は直進性が良い反面、微粒化性能が広角噴射の噴霧に比べて劣る傾向がある。また、弁体のストローク量や燃量圧力の変化になど応じて噴霧形状を変化させるようなことが困難である。また特許文献2では二つのニードルバルブを用いるために燃料噴射弁の構造が複雑になって製造コストが増加する。

[0008] 本発明の目的は、シンプルな構造で、かつ燃量圧力及び／若しくは弁体ストローク量に応じて噴霧形状を制御することができる燃料噴射弁およびそれを搭載した車両用内燃機関を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 上記課題を解決するために本発明では、基本的には次ぎのように構成する。

(1) すなわち、複数の燃料噴孔を有し、前記燃料噴孔は、少なくとも一対の噴孔よりなり、開弁時にこの一対の噴孔から噴射される燃料液柱が分裂前に衝突する内燃機関用の燃料噴射弁において、

前記一対の噴孔のうち少なくとも片方の噴孔に流入する燃料の流れを規制して一対の噴孔から噴射される燃料液柱同士の旋回力を異ならせる燃料流れ規制部を設けることを特徴とする。

(2) ここで、前記燃料液柱同士の旋回力は、例えば、前記燃料流れ規制部により、一方の噴孔から噴射される燃料に旋回力を与え、他方の噴孔から噴射される燃料の旋回力は前記一方の噴孔よりも小さいかほとんど発生させないものが提案される。このようにして、前記一対の噴孔からの旋回力を異ならせる。

[0010] 前記燃料流れ規制部は、例えば、一対の噴孔の入口における周方向で流速分布を異ならせて噴孔間での噴射燃料同士の旋回力を異ならせている。

(3) 前記複数の燃料噴孔は、ノズルプレートに設けられる。このようなノズルプレートにおける上流側の面となるプレート上面に、例えば次のようにして、燃料流れ規制部が構成される。

[0011] 3-1) ノズルプレート上面に高低差をつけた段差部を設けて、少なくとも前記一对の噴孔を、前記プレート上面における低い方の面となる凹部領域に設け、かつ、この一对の噴孔のうち、片方の噴孔入口が燃料流れの規制を受けるよう前記段差部の側壁近傍に配置させる。この場合には、段差部の側壁が燃料流れ規制部を構成する。

[0012] 3-2) 或いは、ノズルプレート上面における前記一对の噴孔の少なくとも片方の燃料噴孔の入口に噴孔径より拡げた座繰り部を設け、前記座繰り部を設けた噴孔の中心と前記座繰り部の中心とをオフセットさせることで、この座繰り部を前記燃料流れ規制部として構成する。

[0013] 3-3) 或いは、ノズルプレート上面に、局所的な凹部を形成し、この凹部に前記一对の噴孔のうち片方の噴孔入口を配置し、かつ凹部は、ノズルプレートの中心とこの凹部の位置する前記噴孔入口の中心とを結ぶ線に対して非対称に設けられ、噴孔入口の一部が前記凹部の近傍に位置して、この凹部の側壁が前記燃料流れ規制部を構成する。

[0014] 3-4) 或いは、ノズルプレート上面に突起を設け、前記一对の噴孔のうち片方の噴孔入口が前記突起の近傍に位置して、前記突起の側壁が前記燃料流れ規制部を構成する。

[0015] 3-5) 或いは、前記弁体の先端に平坦面を形成し、この平坦面の周りに段差部を設け、前記段差部の側壁により前記燃料流れ規制部を構成して、この弁体側の段差部の側壁に前記一对の噴孔のうちの片方の噴孔入口を近づけるよう配置する。

[0016] 以上のような構成を採用することで、燃料流れ規制部が噴孔に流入する燃料の速度成分（軸方向速度成分、旋回速度成分）の分布及び大きさを変化させることで、両噴孔間で異なる旋回成分（片方が旋回成分ゼロも含む）が発生する。そのため各噴孔から噴射される燃料液柱それぞれに異なる運動エネ

ルギーが発生する。この結果、前記一対の噴孔から噴射された燃料液柱が衝突して液膜を形成した際、液膜は両噴孔に対して対称な形にはならず、運動エネルギーが少ない燃料液柱側に曲がるようになる。このように前記液膜が曲がると、液膜が分裂した後の液滴の分布も液膜の曲がる方向に従うようになり、噴霧形状も変化する。

[0017] 前記の両噴孔間で燃料に生じる旋回成分は、燃料に加える圧力もしくは弁のストローク量を変えることで、制御することが可能である。これにより燃料圧力もしくは弁のストロークに応じて噴霧形状を変化させることが可能となる。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、シンプルな構造により、燃料圧力もしくは弁のストロークに応じて噴霧の粒径を悪化させることなく、燃料噴霧の方向及び形状を変化させることができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明の適用対象となる燃料噴射弁の全体構成を示す縦断面図。

[図2]上記燃料噴射弁の先端付近のノズル部付近を示す拡大断面図。

[図3]上記燃料噴射弁に組み込まれる従来のノズルプレートの一部及びその中に設けられる燃料噴孔の配置状態を平面図。

[図4]燃料噴射弁に用いる噴霧角の定義を示す図。

[図5]従来の燃料噴孔から出た燃料流れ及び噴霧形状を模式的に示した図3のB-B線断面矢視図。

[図6]図5の噴霧において、中央の噴霧を左側からみた図3のA-A線断面矢視図。

[図7]本発明の実施例1に係る燃料噴射弁に用いるノズルプレートの一部及びその中に設けられる燃料噴孔の配置状態を平面図。

[図8]実施例1における燃料噴孔近傍での燃料流れを模式的に示した部分拡大断面図であり、図7のC-C線断面矢視図。

[図9]実施例1の対の噴孔から噴射される燃料の軸方向速度成分及び旋回速度

成分と、噴霧形状の可変メカニズムを示す説明図。

[図10]本発明の実施例2に用いられるノズルプレート及び燃料噴孔の一部の配置状態を示す部分平面図。

[図11]本発明の実施例3に用いられるノズルプレート及び燃料噴孔の一部の配置状態を示す部分平面図。

[図12]本発明の実施例4に用いられるノズルプレート及び燃料噴孔の一部の配置状態を示す部分平面図。

[図13]本発明の実施例5に用いられるノズルプレート及び燃料噴孔の一部の配置状態を示す部分平面図。

[図14]本発明の実施例6に用いられるノズルプレート及び燃料噴孔の一部の配置状態を示す部分平面図。

[図15]本発明の実施例7に用いられるノズルプレート及び燃料噴孔の一部の配置状態を示す部分平面図。

[図16]本発明の実施例8に用いられるノズルプレート及び燃料噴孔の一部の配置状態を示す部分平面図。

[図17]本発明の実施例9に用いられるノズルプレート及び燃料噴孔の一部の配置状態を示す部分平面図。

[図18]本発明の実施例10に用いられるノズルプレート及び燃料噴孔の一部の配置状態を示す部分平面図。

[図19]本発明の実施例11に用いられるノズルプレート及び燃料噴孔の一部の配置状態を示す部分平面図。

[図20]上記実施例11に用いられるノズルプレート及びその上流近傍を示す図19のD-D線断面矢視図。

[図21]本発明の実施例12に用いられるノズルプレートの一部及び燃料噴孔の配置状態を示す部分平面図。

[図22]本発明の実施例13に用いられるノズルプレートの一部及び燃料噴孔の配置状態を示す部分平面図。

[図23]本発明の上記各実施例の燃料噴射弁を内燃機関に組み込んだ状態及び

燃料噴霧状態を示す、内燃機関の縦断面図。

[図24]図23をC方向から見た図。

発明を実施するための形態

[0020] 以下、本発明の実施の形態を実施例に基づき説明する。

実施例 1

[0021] まず、図1～図9の図面を用いて、本発明の実施例1について説明する。

[0022] 図1は、本発明の実施例1に適用される燃料噴射弁の縦断面図、図2はその燃料噴射弁のノズル部付近を示す部分拡大縦断面図である。

[0023] 図1において、燃料噴射弁1は、例えば自動車などの車両用の内燃機関に燃料を供給するものである。燃料噴射弁1は、後述するように、複数の燃料噴孔を有し、電磁コイルが通電されると、弁体3が弁シート30（図2参照）から離れて開弁し、複数の噴孔を通して燃料を噴射するマルチホール型インジェクタである。

[0024] 噴射弁のケーシング2は、プレス加工や切削加工等により、細長く肉厚が薄肉であって一部が絞り形成されている円筒形状を呈している。ケーシング2の素材は、フェライト系ステンレス材料にチタンのような柔軟性のある材料を加えたもので、磁性特性を有している。

[0025] ケーシング2の一端側（図1では、上端側）には、燃料供給口2aが、他端側には複数の燃料噴孔を有するノズルプレート6がノズル体（ノズルホルダー）5に保持されて設けられている。ノズルプレート6は、図2に示すように、ノズル体5の出口側端面に、例えば溶接などの適宜固着手段を介して固着されている。なお、燃料噴孔については、燃料噴射弁の全体概要を説明した後に後述する。

[0026] ケーシング2の外側には、電磁コイル14と、この電磁コイル14を包囲する磁性材のヨーク16が設けられている。ケーシング2の内側には、その軸方向の中間部（絞り部）付近に固定側のコア部（以下、固定コア部と称する）15が内挿且つ固定されている。固定コア部15は、電磁コイル14の内側に位置する。

[0027] ケーシング 2 における、ノズル体 5 と固定コア部 15 との間には、可動側のコア部（以下、アンカーと称する）4 と一体成形された弁体 3 が、所定のストロークで直線往復動作し得るように内装されている。すなわち、アンカー 4 の上端面は、固定コア部 15 の下端部に対向しており、弁体 3 の先端の球形部（ボール弁）が弁シート部 30 に着座している状態では、固定コア部 15 の下端部とストローク分の空隙を持って軸方向に対向している。

[0028] 弁体 3 は、その先端のボール弁以外は、中空ロッド形状であって、アンカー 4 とこの中空ロッド部は、磁性材料からなる金属粉末を MIM (Metal Injection Molding) 等の工法により射出成形されている。弁体 3 の中空ロッド部、固定コア 15、アンカー 4 の内部は、燃料通路となる。

[0029] 図 2 に示すように、弁体 3 はその先端にボール弁を使用している。ボール弁には、例えば、JIS規格品の玉軸受用鋼球を用いている。このボールは、真円度が高く鏡面仕上げが施されており、シート性を高めるに好適であること、また、大量生産により低コストであること、等がその採用のポイントである。また、弁体として構成する場合は、ボールの直径は 3 ～ 4 mm 程度のものを使用する。これは、可動弁として機能するので軽量化を図るためである。

[0030] ノズル体 5 は、ケーシング 2 の内側に、適宜の固着手段、例えば溶接により固着されている。

[0031] ノズル体 5 の内側には、弁体 3 のボール弁の軸方向移動を案内する内周面と、閉弁時に弁体 3 のボール弁と密着する弁シート部 30 を含む傾斜面（テーパ）とが形成され、テーパの下端に出口側の燃料通孔 11 が設けられている。上記テーパの開き角度は 90° 程度（80° ～ 100°）である。このテーパは、シート部 30 付近を研磨し、且つ真円度を高くするために最適な角度（研削機械をベストコンディションで使用できる）であり、上述した弁体 3 とのシート性を極めて高く維持できるものである。なお、シート部 30 を含む傾斜面を有するノズル体 5 は、焼入れによって硬度が高められており、また、脱磁処理により無用な磁気が除去されている。このような弁体構成

により、燃料漏れのない噴射量制御が可能となる。また、コストパフォーマンスに優れた弁体構造を提供できる。

[0032] 固定コア部 15 の内部及びアンカー 4 の内部に渡って、弾性部材としてのスプリング 12 が装着されている。スプリング 12 は、弁体 3 の先端をノズル体 5 に押し付ける力を与える。固定コア部 15 には、スプリング 12 の弁体 3 への押し付け力を調整するスプリングアジャスタ 13 が配設されている。また、燃料供給口 2a には、フィルタ 20 が配設されており、燃料に含まれる異物を除去する。さらに燃料供給口 2a の外周には、供給される燃料をシールするための O リング 21 が取り付けられている。

[0033] 樹脂カバー 22 は、例えば樹脂モールド等の手段により、ケーシング 2 とヨーク 16 を覆うように設けられたものであり、電磁コイル 14 に電力を供給するためのコネクタ 23 を有する。

[0034] プロテクタ 24 は、燃料噴射弁 1 の先端部に設けられた、例えば樹脂材料等よりなる筒状部材をなして、ケーシング 2 より径方向外向きに突出している。また、O リング 25 はケーシング 2 の先端側外周に装着されている。O リング 25 はヨーク 16 とプロテクタ 24 との間に抜き止め状態で配置され、例えばケーシング 2 の先端側を内燃機関の吸気管に設けられた取り付け部（図示しない）等に取り付けた場合に、これらの間をシールするものである。

[0035] 燃料噴射弁 1 は、弁駆動アクチュエータとしての電磁コイル 14 が非通電状態であるときには、スプリング 12 の押し付け力により、弁体 3 の先端がノズル体 5 のシート部 30 に密着する。このような状態では、閉弁状態となり、燃料供給口 2a から流入した燃料はケーシング 2 内部に留まる。

[0036] 電磁コイル 14 に噴射パルスとしての電流を印加すると、磁性材よりなるヨーク 16 と、コア 15 と、アンカー 4 とで磁気回路が形成される。弁体 3 は、電磁コイル 14 の電磁力によって、スプリング 12 の押し付け力に抗して固定コア部 15 の下端面に接触するまで移動する。弁体 3 が固定コア部 15 側に移動すると、開弁状態になり、弁体 3 とシート部 30 との間に燃料通

路が形成される。ケーシング 2 内の燃料は、弁体 3 の周辺よりノズル部に流入した後、燃料噴孔から噴射される。燃料噴射量の制御は、電磁コイル 14 に間欠的に印加する噴射パルスに応じて、弁体 3 を軸方向に移動することにより、開弁状態と閉弁状態の切り替えのタイミングを調整することで行っている。

[0037] ここで、本実施例に用いるノズルプレート 6（図 7～図 9 に示す）を、図 3 に示す従来のノズルプレートとの比較しながら説明する。

[0038] 図 3 の従来の燃料噴孔の配置図に示されるように、ノズルプレート 6 には、プレートを貫通してあけられた複数（例えば孔は 12 個）の燃料噴孔 7 a、7 b、7 c、7 d、8 a、8 b、8 c、8 d、9 a、9 b、10 a、10 b を有する。これらの噴孔は二つで一对の衝突噴霧を形成し、一对の組み合わせは、外側の 7 a と 7 b、7 c と 7 d、8 a と 8 b、8 c と 8 d、内側の 9 a と 9 b、10 a と 10 b からなる。図 3 で示す燃料噴孔を形成する円形のノズルプレート領域は、図 2 に示す燃料通孔 11 の投影面積に一致する。図 3 では、全ての噴孔が各対の相手方と協働して衝突噴霧形成用として使われているが、一部の噴孔を非衝突噴霧形成用として使用してもよい。それぞれの燃料噴孔の孔径については、孔径が小さい場合には燃料噴射弁 1 の流量を維持するために孔数を増やす必要があり、加工の難易性により孔あけコストが高くなる。一方、孔径が大きい場合には、大きな穴から燃料が噴射されることになるので衝突後の液膜が厚くなり、微粒化が促進されにくくなる。したがって、燃料噴孔の孔径は所定の値に設計する必要があり、本実施形態においては 100～200 μm 程度としている。

[0039] 図 4 は燃料噴射弁から噴射される燃料噴霧の噴霧角の定義を示すものである。図 4 の左側に示す燃料噴射弁の燃料噴霧は、燃料噴射弁 1 から噴射される燃料噴霧が 2 方向噴霧 18 a、18 b により形成されている状態を示す（図 3 の B-B 線の延長線上から見た図である）。この 2 方向噴霧の方向性は、図 3 に示す二つの燃料噴射方向に対応するものである。噴霧 18 a は図 3 の B-B 線を基準にして、紙面に向かって左半分のノズルプレート領域の

噴孔 7 a と 7 b、7 c と 7 d、9 a と 9 b のグループにより形成されるものである。噴霧 1 8 b は同じく紙面に向かって右半分のノズルプレート領域の噴孔 8 a と 8 b、8 c と 8 d、1 0 a と 1 0 b のグループにより形成されるものである。図 4 の右側に示す燃料噴射弁の燃料噴霧は、図 3 の B - B 線と直角の A - A 線の延長線上で見た図である。

[0040] 2 方向噴霧の噴霧角は、次のように定義（1 つの例）している。2 つの燃料噴霧 1 8 a、1 8 b の 2 方向を含む面に対し垂直な方向から見た、それぞれの噴霧 1 8 a、1 8 b の両者の中心がなす角度を $\theta 1$ 、それぞれの噴霧 1 8 a、1 8 b の広がり角を $\theta 2$ 、その直角方向よりみた噴霧 1 9 の広がり角 $\theta 3$ としている。図 4 は 2 方向の噴霧を示したものであるが、1 方向噴霧とした場合、 $\theta 1$ が無くなり、 $\theta 2$ と $\theta 3$ のみとなる。

[0041] 図 5 は従来の燃料噴孔の配置形態（図 3）における燃料噴孔近傍の燃料流れ及び噴霧形状を模式的に示したものである（図 3 の B - B 線断面の矢視方向から見た図である）。図中の矢印は燃料の流れ方向を示したものである。燃料は、開弁時に弁体 3 とノズル体 5 の傾斜面（テーパ）との間に形成される流路を通過後、ノズルプレート 6 の上面の空間 S に流れ込み、各噴孔（7 a、7 b、7 c、7 d、9 a および 9 b）を通過し、液柱形状で外部空間に噴射される。各噴孔から出た液柱は、前記の各一对の噴孔それぞれで衝突して液膜（2 6 a、2 6 b および 2 6 c）を形成する。液膜は燃料の慣性により外部空間で更に広がり、ある程度まで広がると先端部が分裂をして液滴（2 7 a、2 7 b および 2 7 c）を形成して燃料噴霧の微粒化が図られる。

[0042] 図 6 は図 5 の噴霧において、中央の噴霧 2 6 b を左（矢印 R 方向）から見たものであり、図 3 の A - A 断面で見た図と一致する。噴孔 9 b から出た燃料液柱は奥にある噴孔 9 a（図示なし）から出た液柱と衝突して液膜 2 6 b を形成する。液膜は空間中で更に広がり、ある程度まで広がると先端が糸状に千切れ、糸状に千切れたものが更に細かく分裂して液滴 2 7 b が形成される。

[0043] 図 7 は、本発明の実施例 1 に係わる、燃料噴孔の配置図である。図 7 は、

ノズルプレート6のうちの燃料通孔11の投影面積に一致する領域のうち左半分を示すものであり、右半分領域の燃料噴孔配置は図示省略しているが左半分と対称となるものである。燃料噴孔の配置形態は、図3の従来のものと一致する。

[0044] 本実施例では、ノズルプレート6の上面に段差部33aが設けられ、よってノズルプレートの上面には、高低差のついた面が形成され、そのうちの高い方（上段側）の面を凸部35aと称し、低い方（下段側）の面を凹部34aと称する。

[0045] 凸部35aは、ノズルプレート6のうち図7に示すようにノズル体5の燃料通孔11の投影輪郭（円）に沿った2つの円弧線とノズルプレート6の径方向に沿った2つの平行直線とで囲まれた領域であり、ノズルプレート6に中央付近に形成されている。凹部34aは、凸部35aを挟んで左右領域に形成される（図7では、左側だけを示している）。

[0046] 図3でも述べたように、ノズルプレート半分領域における噴孔7aと7b、噴孔7cと7d、噴孔9aと9bはそれぞれ一对をなし、本実施例では、噴孔9aと9bを、凸部35aの領域に形成し、噴孔7aと7b及び噴孔7cと7dを、一方（左側）の凹部34aの領域に形成するものである。なお、図4には図示されていないが、ノズルプレートの残りの半分領域においても同様に噴孔8aと8b、噴孔8cと8d、噴孔10aと10bはそれぞれ一对をなし（図3同様）、本実施例では、噴孔10aと10bを、凸部35aの領域に形成し、噴孔8aと8b及び噴孔8cと8dを、もう一方（右側）の凹部34aの領域に形成するものである。

[0047] 図8は図7のC-C断面矢視図を示したものであり、ノズルプレート6と弁体3及びノズル体5の一部を示している。なお、作図の便宜上、凸部35aについては、実線に代えて破線により示している。既述したように、図中の噴孔7aと7b、噴孔7cと7d、噴孔9aと9bはそれぞれ一对をなす。

[0048] 図7において、噴孔7aと噴孔7bに関しては、各噴孔を代表して、二つ

の噴孔の入口に流れ込む燃料の方向を矢印にて示してある。燃料がノズルプレート上面へ流れ込む方向は、ノズルプレートの中心Oに向かう求心方向である。そのため、噴孔7aでは、噴孔近傍に段差部33aがあるために前記求心方向に向けて流れる燃料の一部が段差部の面に沿った方向に向きを変更され、この結果、噴孔入口に速度分布が生じて旋回流が形成される。一方、噴孔7bは段差部33aから離れているために、噴孔入口の速度分布が段差部の影響を受けることなく、旋回流の無い様な流入すなわちもっぱら噴孔軸方向速度成分の流入が形成される。他の一对の噴孔である噴孔7cと7dに関しても同様な原理により段差部に近い噴孔7dに旋回流が形成される。一方、一对の噴孔9aと9bは、その噴孔入口が凸部35a面に位置するために、燃料の流入に段差部が影響せず、旋回流の無い様な流入が形成される。

[0049] ところで、図3および図7の本実施例において燃料圧力を変化させた場合、各噴孔に流入する燃料の噴孔軸方向速度成分は燃料圧力の概ね $1/2$ 乗で変化する。従来の燃料噴孔の配置（図3）においては、燃料圧力を変化させても全ての噴孔において燃料の噴孔軸方向速度成分の変化率は同じであり、各一对の噴孔で燃料液柱の衝突力は両方の液柱で等しいために、形成される液膜の方向が曲がることは無い。一方、本実施例では、段差部に近い噴孔7a、7dでは、噴孔入口に形成された旋回流が燃料圧力の変化と共に変化するため、噴孔入口では噴孔軸方向速度成分と旋回速度成分の合成速度成分が噴孔内に流入するになり、噴射される燃料液柱の運動エネルギーが、一对を成すもう片方の燃料液柱の運動エネルギーと異なる強さとなる。この結果、一对の噴孔から出る二つの燃料液柱の衝突エネルギーが異なるものとなって、例えば、燃料圧力が上昇するに伴い噴孔7a、7bから噴射された燃料液柱の衝突後の液膜形状が図7の点線矢印28aから実線矢印29a方向へ変化する。同様に、噴孔7c、7dから噴射された燃料液柱の液膜形状が図7の点線矢印28bから実線矢印29bへ変化する。

[0050] 凸部35a上の噴孔9a、9bについては、燃料圧力が変化しても双方が

ほとんど噴孔軸方向速度成分でありその比率を同じであるので、双方の噴孔から噴射される燃料液柱の衝突エネルギーは同じであり、衝突後の燃料噴霧液膜形状の方向性は点線矢印 28 c に示すように偏ることなく同じ状態を保つ。

[0051] 液膜形状の変化量（方向性を含む）は段差部 33 a と噴孔との距離を変えることで調整できる。図 7 に示すように燃料圧力の上昇に伴い、対液膜形状は方向性を含めて実線矢印で示された液膜 29 a と 29 b に変化するため、図 4 において噴霧角 θ_3 が主に変化する。図 7 の場合には、燃料圧力が大きくなるにつれて、噴霧角 θ_3 が小さくなる。よってエンジンが冷機始動運転時は、燃料圧力を小さくして噴霧角 θ_3 を広げて噴霧表面積を拡大して自然気化を促進し、エンジンが暖機時は燃料圧力を大きくして噴霧角 θ_3 を狭めて吸気弁にぶつけて吸気弁からの受熱で気化させるようなことを行い、排気性能と出力性能を改善することが可能である。

[0052] さらに、燃料圧力を変化させる以外にも弁体のストロークを変化させると、噴孔に流入する流量が変化し、結果として燃料圧力を変化させる場合と同様に、旋回速度成分を発生させることが可能である。弁体のストロークは、駆動源として電磁コイルに代えてピエゾ素子を用いて無段階にストロークを可変制御したり、電磁コイル（ソレノイド）の場合には、駆動回路を 2 つ設けて、二段階にストロークを可変するなどが考えられる。

[0053] また、段差部 33 a については、その高さ H を、噴孔半径 R に対して、 $(1/10)R$ 以上とし、また、段差部 33 a が噴孔 7 a, 7 d の旋回力に影響を与えるためには、段差部と噴孔との距離（すなわち段差部と一对の噴孔の最短距離）を $3R$ 以下にする必要がある。その理由は、噴孔に流入する燃料の流速分布は、噴孔入口に接する噴孔入口上流の流路面積 A に依存し、すなわち、すなわち噴孔の半径 R の 2 乗に比例する。噴孔への流入速度は、前記噴孔流路面積 A に反比例するので、段差部が噴孔入口の流速分布に影響しなくなるのは、上記流路面積 A が噴孔面積 A_0 の 10 倍以上の条件である。よって噴孔径の約 3.3 倍以上で段差部が噴孔入口流速分布に影響が無くな

る。この計算より、段差部により旋回速度成分を形成するためには、前記段差部と前記一对の噴孔との最短距離を $3R$ 以下にする必要がある。また段差部の高さが噴孔内の旋回速度を形成するのみ有効であるためには、段差の高さは噴孔サイズと同じオーダーであるのが有効である。段差の高さが、噴孔半径の $(1/10)R$ になると 1 オーダー小さい寄与率となり、旋回速度形成効果が無くなる。よって段差の高さ下限値は $(1/10)R$ となる。

[0054] 図9は本発明の実施例1に係わる、噴霧形状の可変メカニズムを示したものである。図の矢印31aと31b是一对の噴孔から出た燃料液柱の軸方向速度成分を示し、矢印31cは前記段差部によって生じた旋回速度成分を示す。一对の噴孔から出た燃料液柱は、衝突して液膜を形成するが、図9の上方側（図7の段差部に近い側の噴孔7a又は7d相当）の燃料液柱の運動エネルギーに相当する液膜内での速度31dと、下方側（図7の段差部に近い側の噴孔7b又は7c相当）の燃料液柱の運動エネルギーに相当する液膜内での速度31eとの間に速度差が生じる。この結果、液膜内の速度が速い領域から遅い領域へと流れが発生して、液膜が方向を変えて、液膜が点線32cから液膜32dのような液膜の変形が可能となる。これにより液膜が分裂した後の噴霧形状も変化させることが可能である。

[0055] なお、本実施例におけるノズルプレート6は、ノズル体5のテーパの下端、すなわち出口側の燃料通孔11に臨む領域の凹部34aと、その外側の領域とは、図8に示すようにフラットに連続する面を形成するが、そのようなフラットな形状のものに限定されることはなく、燃料通孔11に臨む領域を、上面に凹部34a、凸部35aの段差を形成した状態を保ちつつ、パンチなどで下側に押し出して、下凸の形状でもよい。下凸形状にするために、凸部35aを形成するための製造工程においてパンチによる押し出しを行い、弁体3との形状をそろえるためにパンチ径は6～9mmとする。

実施例 2

[0056] ノズルプレート6における燃料通孔11に臨む領域の上面に設ける段差やそれにより形成される凹部の形態は、実施例1のようなものに限定されず、

種々のものが考えられる。

[0057] 図10は、それらの形態の他の例（実施例2）を示すものである。燃料噴射弁の構成は、ノズルプレートを除いては、実施例1同様であるので、ノズルプレート以外の部品の図示及び説明を省略する（ちなみに、図11以降の実施例を同様であるので、ノズルプレート以外の部品の図示及び説明を省略する）。

[0058] 本実施例では、図10に示すように段差部33bを噴孔7aの近傍のみに形成したものである（図示省略しているが7dも同様）。図10では、ノズルプレートのノズル体のテーパ下端の燃料通孔11に臨む領域の1/4の領域を示し、噴孔7a近傍の段差部33bのみを例示するが、噴孔7dについても近傍に同様の段差部が設けてある。よってノズルプレート上面において、凸部35bと凹部34bが形成される。段差部33bの高さHや、段差部と噴孔との距離関係は実施例1同様である（ちなみに図11以降に実施例でも同様である）。

[0059] 本実施例でも図7の実施例と同じ方向の旋回力が噴孔7aに形成され、その結果、一对の噴孔7aと7b（図示されないが7cと7dも）において両噴孔間に旋回力の差が生じ、燃料圧力の上昇によって液膜が図の点線矢印から実線矢印へと変形する。本実施例では段差部33bが曲面となっているために旋回成分を形成し易く、図7の実施例に比べて強い旋回力を形成することが可能である。また内側の一对の噴孔（9aと記載されていない噴孔9b）は、凸部に設けるのではなく凹部34bに設けたので、ノズルプレートの厚さは図7で示した実施例よりも薄くなるために、穴あけが容易になる。

実施例 3

[0060] 次に、実施例3におけるノズルプレート6の形状を図11により説明する。

[0061] 本実施例では、図11に示すように、段差部33cを、噴孔7a近傍に設けるが（図示省略しているが7dも同様）、ノズルプレートの中心から外れた領域で実施例1とは向きが異なる（例えば実施例1とは90度向きが異な

る)に設けたものである。本実施例においても、段差部33cにより、ノズルプレート上面において、凸部35cと凹部34cが形成される。凸部35cは、円弧線と直線とで囲まれる領域であり、その内側に凹部34cの領域がある。噴孔は、全て凹部34c側に形成される。

[0062] 本実施例では、図7の実施例1と逆方向の旋回力が噴孔7aに形成される。本実施例では、噴孔7aのうち段差部33cに近い箇所では、噴孔7aへの燃料の流入が規制される(流れにくい)位置にあるため、燃料圧力が低くて旋回速度成分が弱いときは、噴孔の軸方向速度成分の寄与が大きくなって、噴孔7bの方が7aよりも噴孔へ流入する燃料の運動エネルギーが強くなる。その結果、燃料液膜は図の実線から点線矢印の方へ変形する。

そして燃料圧力が上昇すると、一对の噴孔7aと7bにおいて両噴孔間に旋回力の差が大きくなり(噴孔7bの旋回力が大きくなる)、液膜が図の点線矢印から実線矢印への方へと移動する。本実施例でも、実施例2同様に、内側の一对の噴孔(9aと記載されていない噴孔9b)は、凹部34c側に設けてあるので、ノズルプレートの厚さは図7で示した実施例よりも薄くなるために、穴あけが容易になる。

実施例 4

[0063] 次に、実施例4におけるノズルプレート6の形状を図12により説明する。

[0064] 図12では図11の実施例と同様に段差部33dを、ノズルプレートの中心から外れた領域で実施例1とは向きが異なるように設けたものであるが、段差部33dは、噴孔7a付近ではS字曲線をなして噴孔7aの一部に沿ったラインとなる。ノズルプレート上面において、段差部33dにより、凸部35dと凹部34dが形成される。

[0065] 噴孔は、全て凹部34d側に設けてある。

[0066] 本実施例では、実施例3同様に、図7の実施例1と逆方向の旋回力が噴孔7aに形成される。本実施例でも、実施例3同様に、噴孔7aのうち段差部33dに近い箇所では、噴孔7aへの燃料の流入が規制される(流れにくい

）位置にあるため、燃料圧力が低くて旋回速度成分が弱いときは、噴孔の軸方向速度成分の寄与が大きくなって、噴孔 7 bの方が 7 aよりも噴孔へ流入する燃料の運動エネルギーが強くなる。

[0067] その結果、燃料液膜は図の点線矢印の方へ変形する。そして燃料圧力が上昇すると、一对の噴孔 7 a と 7 b において両噴孔間に旋回力の差が大きくなり（噴孔 7 b の旋回力が大きくなる）、液膜が図の点線矢印から実線矢印の方へと移動する。本実施例では段差部 3 3 d が曲面となっているために旋回成分を形成し易く、図 1 1 の実施例に比べて強い旋回力を形成することが可能である。

実施例 5

[0068] 次に、実施例 5 におけるノズルプレート 6 の形状を図 1 3 により説明する。

[0069] 本実施例では、段差部 3 3 e を図 7 の向きと 90 度（ほぼ 90 度を含む）異なるようにして 2 つの平行ライン（平行ラインのもう一方の段差部は、図示省略してある）で形成して、中央領域に凸部 3 5 e を形成し、その外側に凸部 3 5 e を挟むようにして凹部 3 4 e を形成するものである。噴孔 7 a （図示されない 7 d も）は凹部 3 4 e の段差部 3 3 e 近傍に設けられる。それ以外の噴孔は、凸部 3 5 e に設けられる。

[0070] 本実施例でも、既述した実施例同様にして、一对の噴孔 7 a と 7 b （図示されない 7 c と 7 d も）において燃料圧力の上昇により両噴孔間に旋回力の差が生じ、液膜が図の点線矢印から実線矢印へと変形する。

実施例 6

[0071] 次に、実施例 6 におけるノズルプレート 6 の形状を図 1 4 により説明する。

[0072] 本実施例でも、段差部 3 3 f を図 7 の向きと異なるようにして、中央領域に凸部 3 5 f を形成し、その外側に凸部 3 5 f を挟むようにして凹部 3 4 f を形成するものである。凹部 3 4 f 側に噴孔 7 a, 7 b （図示されない噴孔 7 c, 7 d も）が設けられ、凸部 3 5 f 側に噴孔 9 a （図示されない噴孔 9

bも)が設けられている。

[0073] 本実施例では、今までの実施例と異なり、噴孔7b及び図示されない噴孔7cの近傍に段差部33fを形成するものである。また、段差部33fは、噴孔7b(7c)付近ではS字曲線をなして噴孔7b(7c)の一部に沿ったラインとなる。

[0074] 本実施例でも一对の噴孔7aと7b(及び噴孔7cと7d)において両噴孔間に旋回力の差が生じ、燃料圧力の上昇により液膜が図の点線矢印から実線矢印へと変形する。

実施例 7

[0075] 次に、実施例7におけるノズルプレート6の形状を図15により説明する。

[0076] 本実施例では、今までの実施例のような段差をノズルプレートに設けるのではなく、一对の噴孔7a, 7b(図示されない7c, 7dも)において、片方の噴孔7a(7d)の入口に座繰り36aを設けたものである。

[0077] 座繰り36aは、ノズルプレートの中心Oと噴孔7a(7d)入口の中心を結ぶ線に対して座繰り中心がオフセットした位置に設けられている。よってノズルプレート上面上でノズルプレートの求心方向に流れ込む燃料は、座繰り内部に進入するときに噴孔7aの入口に示した矢印のような旋回速度成分が発生する。この効果により一对の噴孔7a, 7b(図示されない7c, 7dも)で形成される燃料液膜は、燃料圧力の上昇により図の点線矢印から実線矢印へと変形する。本実施例において設けた座繰り36aは円錐状であっても底面がフラットな円筒状であってもよい。また座繰りの形状は円形である必要はなく、楕円形や概ね円形を呈すればよい。本発明では、座繰りと噴孔を形成する際、同一のピンを用いてノズルプレートに打ち抜き加工が可能であり、低コストに製造が可能である。座繰りの半径は噴孔半径Rに対して3R以下で、深さも $(1/10)R$ 以上である必要がある。この理由は、噴孔に流入する燃料の流速分布は噴孔入口上流の流路面積に依存し、すなわち噴孔の半径Rの2乗に比例する。噴孔への流入速度は前記流路面積に反比

例するので、座繰り部が噴孔入口の流速分布に影響しなくなるのは、上記流路面積が10倍以上の条件である。よって座繰り部の半径が噴孔径の約3.3倍以上で座繰り部が噴孔入口流速分布に影響が無くなる。この計算より、座繰り部により旋回速度成分を形成するためには、座繰り部の半径を噴孔半径Rに対して3R以下とする必要がる。また座繰り部の深さは噴孔に流入する燃料の方向に寄与する役割を果たすが、段差が噴孔半径の $1/10$ 以下になると流入速度変化への寄与が無視できるようになる。この計算から前記座繰りの深さは噴孔半径の $1/10$ 以上である必要がる。また深さの上限はノズルプレートの板厚と加工コストにより制限される。

実施例 8

[0078] 次に、実施例7におけるノズルプレート6の形状を図16により説明する。

[0079] 本実施例では、全噴孔に対して噴孔の入口に座繰り36b、36c、36dを設けたものである。座繰りは、ノズルプレートの中心Oと各噴孔入口の中心を結ぶ線に対して座繰り中心がオフセットした位置に設けられている。よってノズルプレート上面上でノズルプレートの求心方向に流れ込む燃料は、座繰り内部に進入するときに噴孔7a、7b、9aの入口に示した矢印のような旋回速度成分が発生する。図17では一対の噴孔に設けた座繰りのオフセット量を両噴孔で同じにしている（旋回方向は逆である）ために、燃料圧力が上昇しても、衝突により得られる液膜は曲がることなく、図の点線矢印に加えて実線矢印の方へと液膜が広がる。これにより噴霧角の $\theta 2$ と $\theta 3$ の両方を変化させることが可能である。また、本実施例において、各噴孔の座繰りのオフセット量や座繰り半径、座繰り深さ、座繰り輪郭形状などを一対の噴孔間で異ならせることにより、液膜を曲げることも可能である。更に、前記の $\theta 2$ と $\theta 3$ が変化する効果と実施例1から実施6の $\theta 3$ を変化する効果を一対の噴孔毎に割当ててすることで、多彩な噴霧形状変化を与えることが可能である。

実施例 9

[0080] 次に、実施例 9 におけるノズルプレート 6 の形状を図 1 7 により説明する。

[0081] 本実施例では、一对の噴孔 7 a, 7 b (図示されない 7 c, 7 d も) において、片方の噴孔 7 a (7 d) の周辺を凹部 3 4 g にして、この凹部 3 4 g による段差部 3 3 g を設けたものである。よってノズルプレート上面において、凸部 3 5 g と凹部 3 4 g が形成される。

[0082] 凹部 3 4 g に噴孔 7 a (7 d) が設けられ、それ以外の噴孔が凸部 3 5 g に設けられる。

図 1 7 に示すように、凹部 3 4 g は、ノズルプレートの中心 O から噴孔 7 a (7 d) 中心を結ぶ線に対して非対称に設けられている。これにより、ノズルプレート上面上でノズルプレートの求心方向に流れ込む燃料は、凹部 3 4 g から噴孔 7 a (7 d) に流入するときに入口に示した矢印のような旋回速度成分を生じる。これにより燃料圧力の上昇により図の点線矢印から実線矢印へと液膜形状を変化させることが可能である。

実施例 10

[0083] 次に、実施例 1 0 におけるノズルプレート 6 の形状を図 1 8 により説明する。

[0084] 本実施例では、一对の噴孔の 7 a, 7 b (図示されない 7 c, 7 d も) において、片方の噴孔 7 a, 7 d の近くに突起 3 7 を設けたものである。よって、ノズルプレート上面上でノズルプレートの求心方向に流れ込む燃料の一部は、突起 3 7 によりブロックされ、その結果、噴孔 7 a の入口に示したような旋回速度成分を生じる。これにより燃料圧力の上昇により図の点線矢印から実線矢印へと液膜形状を変化させることが可能である。突起の高さ H は噴孔半径 R に対して $1/10$ 以上である必要がある。この理由は、突起部の高さは噴孔に流入する燃料の方向変化に寄与する役割を果たすが、高さが噴孔半径の $1/10$ 以下になると流入速度変化への寄与が無視できるようになる。この計算から突起部の高さは噴孔半径の $1/10$ 以上である必要がる。また高さの上限は加工コストとノズルプレートと弁体とで形成される空間サ

イズに依存する。

実施例 11

[0085] 次に、実施例 11 におけるノズルプレート 6 の形状及び弁体 3 の形状を図 19 により説明する。

[0086] 本実施例では、ノズルプレート 6 の形状および噴孔の配置については、図 3 に示す従来のものと同様に形成されている。一方、弁体 3 については、図 20 に示すように、先端をフラットに加工し、かつそのフラット面 39 を囲むように段差部 38 を形成したものである。段差部 38 は、平行な 2 つの直線と 2 つの円弧線により輪郭が形成され、対の噴孔 7a, 7b (図示されない噴孔 7c, 7d も) の一方、すなわち本実施例では噴孔 7b (7c) 側が段差部 38 の影響を受けるように、段差部 38 が噴孔 7b (7c) に接近している。

[0087] 本実施例によれば、弁体のストローク量が小さいときに、前記段差部 38 が噴孔 7b (7c) の入口に近づくために、噴孔 7b (7c) の噴孔入口に示した矢印のような旋回速度成分が形成される。したがって、弁体のストローク量が小さい状態では、一対の噴孔により形成される液膜が燃料圧力の上昇により図中の点線矢印から実線矢印へと変化させることが可能である。

[0088] 本実施例によれば、弁体のストローク量をエンジン状態に応じて変えることで、液膜形状を方向性を含めて変えることが可能となる。

実施例 12

[0089] 次に、実施例 12 におけるノズルプレート 6 について、図 21 により説明する。

[0090] 本実施例では、図 21 に示すように、燃料の噴射方向を一方向とし、図 4 の噴霧角の定義において $\theta 1$ が無く、 $\theta 2$ と $\theta 3$ のみを持つ噴霧を対象とした場合の燃料噴孔の配置図である。噴孔は、例えば合計 4 配設され、そのうちの二対 40a, 40b ともう二対 40c, 40d とがノズルプレート の中心 O を基準にして斜めライン上で対称となるように配置されている。段差部は、平行配置により形成された 41a と 41b よりなり、このうち段差部 4

1 aが噴孔4 0 bの近傍に位置し、段差部4 1 bが噴孔4 0 cの近傍に位置するように形成される。

[0091] すなわち、ノズルプレート上面には、段差部4 1 aと4 1 bを設けることにより、中央領域に形成される凸部4 1 cと、その凸部の両側に位置する凹部4 1 dと4 1 eとが形成される。凹部4 1 d側には、噴孔4 0 a, 4 0 bが配置され、凹部4 1 e側に噴孔4 0 c, 4 0 dが配置される。

[0092] 各対の噴孔同士から噴射される燃料液柱は衝突することで、液膜を形成する。この場合において、各対の噴孔のうち片方の噴孔4 0 b及び4 0 cが、段差部4 1 aと4 1 bに近接して、これらの段差部の影響を受ける。具体的には、噴孔4 0 b (4 0 c) のうち段差部4 1 a (4 1 b) に近い箇所では、噴孔4 0 b (4 0 c) への燃料の流入が規制される（流れにくい）位置にあるため、燃料圧力が低くて旋回速度成分が弱いときは、噴孔の軸方向速度成分の寄与が大きくなって、噴孔4 0 a (4 0 d) の方が噴孔4 0 b (4 0 c) よりも噴孔へ流入する燃料の運動エネルギーが強くなる。その結果、燃料液膜は図の実線から点線矢印の方へ変形する。そして燃料圧力が上昇すると、一对の噴孔4 0 b (4 0 c) と噴孔4 0 a (4 0 d) において両噴孔間に旋回力の差が大きくなり（前者の方が顕著に大きくなる。後者は、ほとんど軸方向速度成分である）、液膜が図の点線矢印から実線矢印の方へと移動する。

[0093] 本実施例のノズルプレートによれば、一方向の噴霧を形成するために、噴孔から出た液柱は、ノズルプレートに対して鉛直下方向に噴射されるため、衝突液膜を形成するときの衝突角度を二方向噴霧の場合よりも大きく取ることが可能となる。この結果、衝突力が大きくなって液膜が薄膜化して、二方向噴霧よりも微粒化効果が得られる。

実施例 13

[0094] 次に、実施例13におけるノズルプレート6について、図22により説明する。

[0095] 本実施例においても、燃料噴孔の配置は実施例12同様にして、燃料の噴

射方向を一方向にしたものであり、図4の噴霧角の定義において $\theta 1$ が無く、 $\theta 2$ と $\theta 3$ のみを持つ噴霧を対象とした場合の燃料噴孔の配置図である。

[0096] 本実施例では、実施例12の段差部41a、41bに代わって、各対の噴孔40a、40b（40c、40d）のうち、片方の噴孔40b及び40cには座繰り部42aと42bが設けられており、座繰り部の中心はノズルプレート中心Oと噴孔40b（40c）の中心を結ぶ線に対してオフセットされている。このオフセット効果により、実施例12同様の燃料の流れ規制が生じて、座繰り内部に燃料が流入する際に旋回速度成分が発生し、その結果、各対の噴孔間に旋回力の差が生じて燃料圧力の上昇により衝突液膜の形状が点線矢印から実線矢印へと変化する。

実施例 14

[0097] 図23は、既述した実施例のうち二方向噴霧の燃料噴射弁を内燃機関に搭載した場合の断面図、図24は、図23をC方向から見た図である。

[0098] 内燃機関101は、燃料噴射弁1を取り付ける吸気ポート106と、外部から空気を取り込む経路となる吸気管105と、各気筒の燃焼室102に燃料噴霧と空気とを取り込むための吸気弁107とを備える。燃料噴射弁1からの噴霧90は、開弁時の吸気弁107を介して燃焼室104に導入される。

[0099] 燃焼室102に導入された燃料と空気との混合気は、シリンダ103により圧縮され、点火プラグ104を介して着火される。燃焼された排気ガスは、排気弁108を介して排気され、その排気過程で、図示しない排気浄化用の触媒を通される。

[0100] 図24に示すように、燃料噴射弁1の噴霧90が二方向噴霧の場合には、内燃機関101の2つの吸気弁107に噴射される。一方、一方向噴霧では、燃料噴射弁1は、図24に示した噴射位置110aと110bのように吸気弁107に近い場所に配置される。

[0101] 上記各実施例によれば、シンプルな構造により、燃料圧力もしくは弁のストロークに応じて噴霧の粒径を悪化させることなく、燃料噴霧の方向及び形

状を変化させることができる。したがって、噴霧形状を変化させることが可能である

さらに、従来発明（特許文献２：特開2003-328903）のように二つのニードルバルブを使う複雑な構造と異なり、シンプルな構造により低コストで可変噴霧を実現することができる。

[0102] また従来発明（特許文献１：特開2006-336577）では、微粒化した噴霧を牽引するために、貫通力を持つ噴霧を使用するが、貫通力を向上するために噴霧の粒径が大きくなる。本実施例では、噴霧形状の変化は前記液膜を曲げることにより実現されるが、噴霧の粒径は液膜の厚さに大きく依存し、液膜の曲がりにはあまり依存しないために、噴霧の粒径を悪化させることなく、噴霧形状を変化させることが可能である。

[0103] さらに本実施例では、特にエンジンが冷機時は噴霧を広げて噴霧表面積を拡大して自然気化を促進し、エンジンが暖機時は噴霧を狭めて吸気弁にぶつけて吸気弁からの受熱で気化させるようなことで、排気性能と出力性能を改善することが可能である。

符号の説明

[0104] １、１１０…燃料噴射弁、３…弁体、５…ノズル体、６…ノズルプレート、７、８、９、１０、４０…燃料噴孔、３２…液柱・液膜、３３（３３ａ～３３ｆ、３３ｇ）…段差部（燃料流れ規制部）、３４（３４ａ～３４ｆ）…凹部、３５（３５ａ～３５ｆ）…凸部、３６（３６ａ～３６ｂ）…座繰り部、３７…突起、３８…弁体上の段差部、３９…弁体先端の平坦部、４１（４１ａ～４１ｂ）…凹部、４２（４２ａ～４２ｂ）…座繰り部、１０１…内燃機関、１０２…燃焼室、１０３…シリンダ、１０４…点火プラグ、１０５…吸気管、１０６…吸気ポート、１０７…吸気弁、１０８…排気弁。

請求の範囲

- [請求項1] 弁体と、弁シート部と、前記弁シート部の下流に配置された複数の燃料噴孔と、前記弁体を前記弁シート側に押し付けるばね部材と、開弁信号に基づき前記弁体を前記ばね部材に抗して前記弁シート部から離して弁を開く弁駆動アクチュエータと、を備え、前記燃料噴孔は、少なくとも一対の噴孔よりなり、開弁時にこの一対の噴孔から噴射される燃料液柱が分裂前に衝突する内燃機関用の燃料噴射弁において、
- 前記一対の噴孔のうち少なくとも片方の噴孔に流入する燃料の流れを規制して一対の噴孔から噴射される燃料液柱同士の旋回力を異ならせる燃料流れ規制部を設けたことを特徴とする燃料噴射弁。
- [請求項2] 前記一対の噴孔は、噴射される燃料液柱同士が衝突して液膜を形成し、液膜形成後に分裂するように設定され、
- 前記燃料液柱同士の旋回力は、前記燃料流れ規制部により、一方の噴孔から噴射される燃料に旋回力を与え他方の噴孔から噴射される燃料の旋回力は前記一方の噴孔よりも小さいかほとんど発生させないで、前記一対の噴孔からの旋回力を異ならせている請求項1記載の燃料噴射弁。
- [請求項3] 前記燃料流れ規制部は、一対の噴孔の入口における周方向で流速分布を異ならせて噴孔間での噴射燃料同士の旋回力を異ならせている請求項1又は2記載の燃料噴射弁。
- [請求項4] 前記複数の燃料噴孔を形成したノズルプレートを有し、このノズルプレートにおける上流側の面となるプレート上面には、このプレート上面に高低差をつける段差部が設けられ、この段差部の側壁により前記燃料流れ規制部が構成され、
- 少なくとも前記一対の噴孔は、前記プレート上面における低い方の面となる凹部領域に設けられ、かつ、この一対の噴孔のうち、片方の噴孔入口が燃料流れの規制を受けるよう前記段差部の側壁近傍に配置されている請求項1記載の燃料噴射弁。

- [請求項5] 前記段差部の高さHを噴孔半径Rに対して $(1/10)R$ 以上とし、前記段差部と前記一对の噴孔との最短距離を $3R$ 以下とした請求項4記載の燃料噴射弁。
- [請求項6] 前記複数の燃料噴孔を形成したノズルプレートに有し、このノズルプレートにおける上流側の面となるプレート上面における前記一对の噴孔の少なくとも片方の燃料噴孔の入口に噴孔径より拡げた座繰り部を設け、前記座繰り部を設けた噴孔の中心と前記座繰り部の中心とをオフセットさせることで、この座繰り部の壁面が前記燃料流れ規制部を構成している請求項1記載の燃料噴射弁。
- [請求項7] 前記座繰り部は、半径が前記噴孔の半径Rに対して $3R$ 以下で、深さが $(1/10)R$ 以上とした請求項6記載の燃料噴射弁。
- [請求項8] 前記座繰り部は、前記一对の噴孔の両方の入口に設けられ、前記座繰り部の直径、オフセット量、深さのうちの少なくとも一つを両噴孔間で異ならせている請求項6記載の燃料噴射弁。
- [請求項9] 前記複数の燃料噴孔を形成したノズルプレートに有し、このノズルプレートにおける上流側の面となるプレート上面には、局部的な凹部が形成され、該凹部に前記一对の噴孔のうち片方の噴孔入口を配置し、かつ該凹部は、ノズルプレートの中心とこの凹部の位置する前記噴孔入口の中心とを結ぶ線に対して非対称に設けられ、前記噴孔入口の一部が前記凹部の近傍に位置して、この凹部の側壁が前記燃料流れ規制部を構成している請求項1記載の燃料噴射弁。
- [請求項10] 前記複数の燃料噴孔を形成したノズルプレートに有し、このノズルプレートにおける上流側の面となるプレート上面には、突起が設けられ、前記一对の噴孔のうち片方の噴孔入口が前記突起に近傍に位置して、前記突起の側壁が前記燃料流れ規制部を構成している請求項1記載の燃料噴射弁。
- [請求項11] 前記弁体の先端に平坦面を形成し、この平坦面の周りに段差部を設け、前記段差部の側壁により前記燃料流れ規制部を構成して、この弁

体側の段差部の側壁に前記一对の噴孔のうちの片方の噴孔入口の片方に近づけた請求項 1 記載の燃料噴射弁。

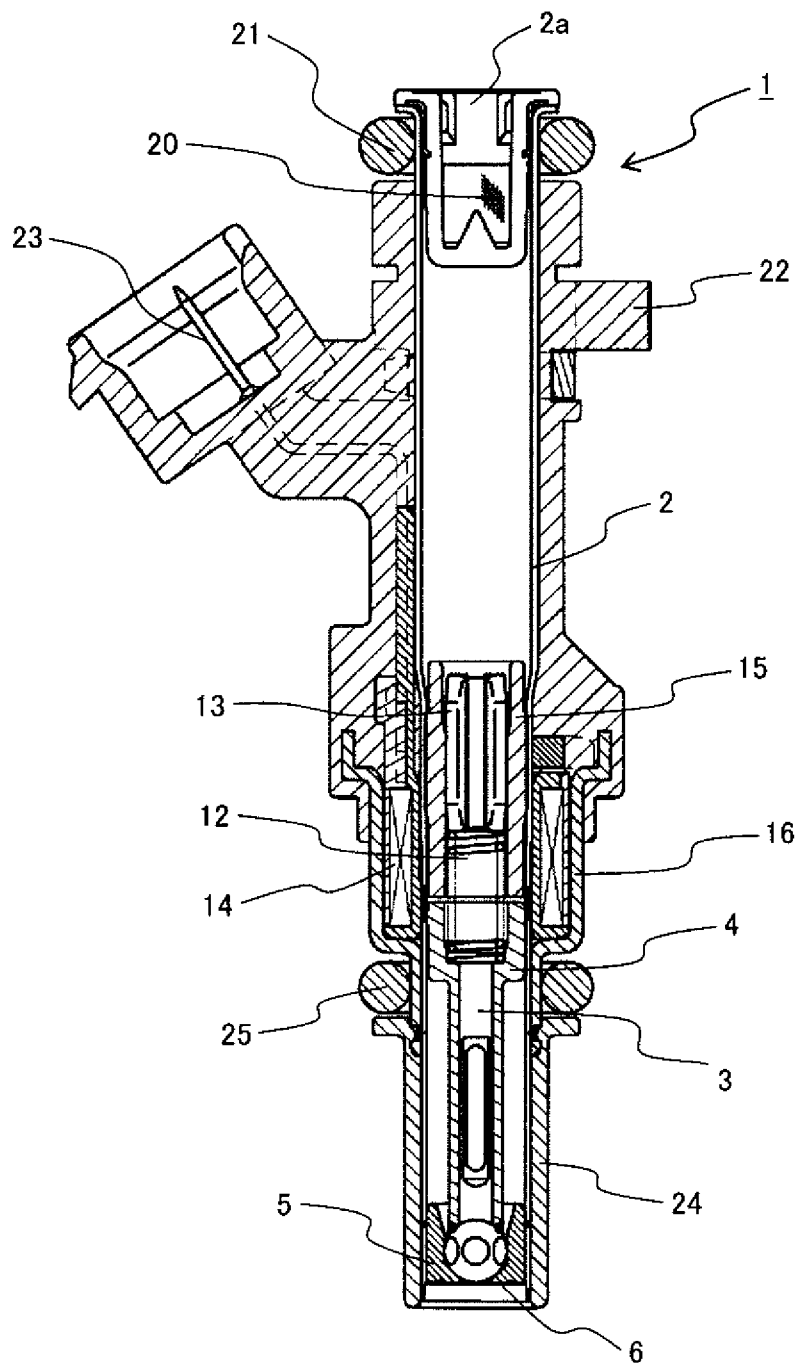
[請求項12] 弁体側の前記段差部の高さ H を噴孔半径 R に対して $(1/10)R$ 以上とし、燃料噴射弁駆動時の前記弁体の最小ストロークにおいて、前記段差部と前記一对の噴孔との最短距離を $3R$ 以下とした請求項 9 記載の燃料噴射弁。

[請求項13] 前記複数の燃料噴射孔は、2 方向の燃料噴霧を形成するグループに分けられ、各グループに前記一对の噴孔と前記燃料流れ規制部とが設けられている請求項 1 記載の燃料噴射弁。

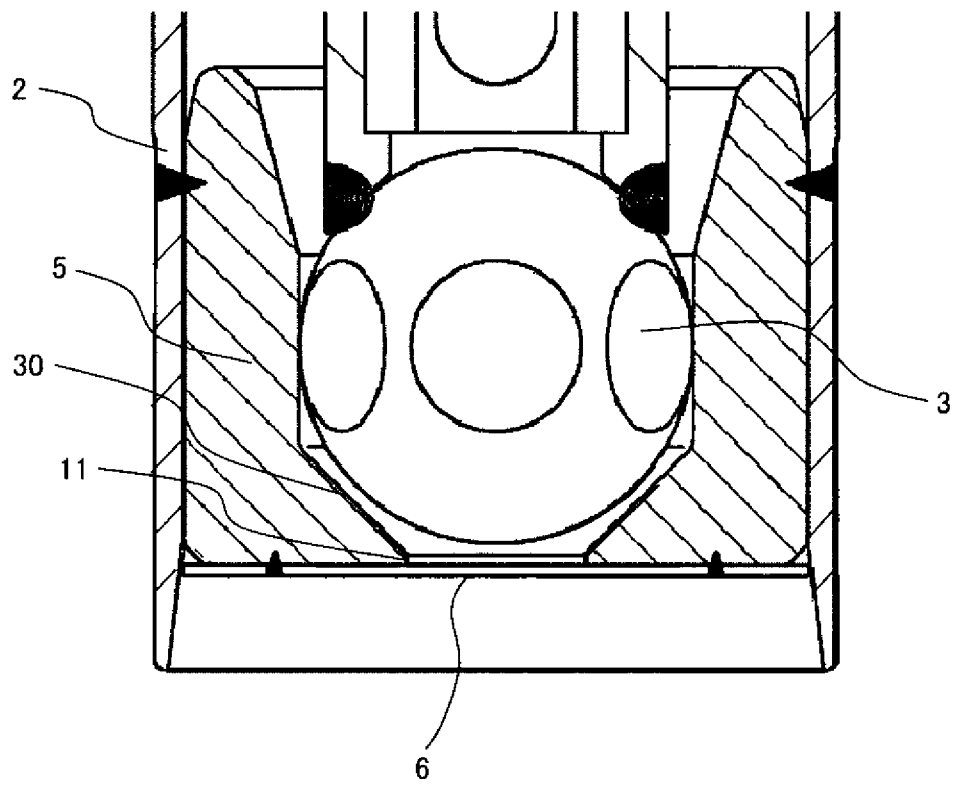
[請求項14] 吸気ポート、吸気弁、排気弁、気筒を備えた車両用内燃機関において、

前記吸気ポートに請求項 1 3 記載の燃料噴射弁が装着され、この燃料噴射弁から噴射される 2 方向の燃料噴霧が前記吸気弁に向けて噴射されるように設定され、燃料圧力の変化および弁体ストローク量の変化の少なくとも一つにより、前記一对の噴孔から噴射される燃料の方向が前記燃料流れ規制部によって変化するように構成したことを特徴とする車両用内燃機関。

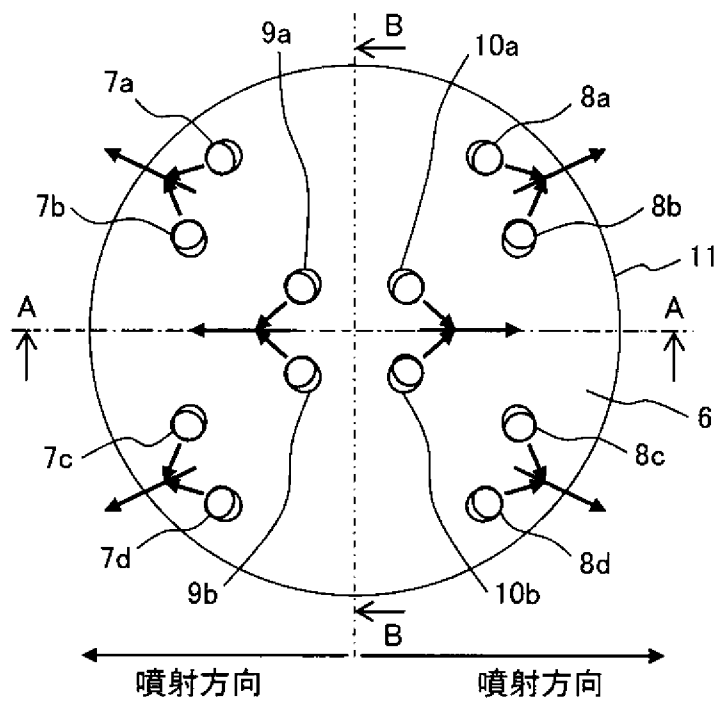
[図1]



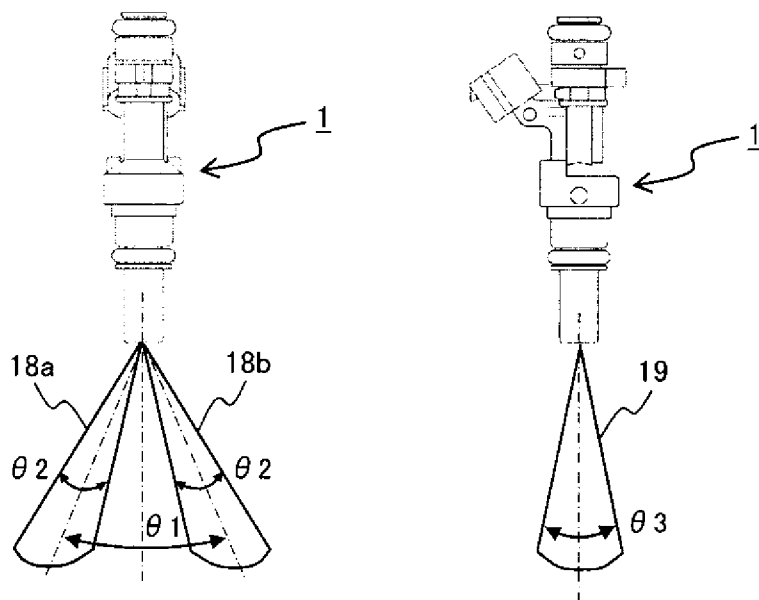
[図2]



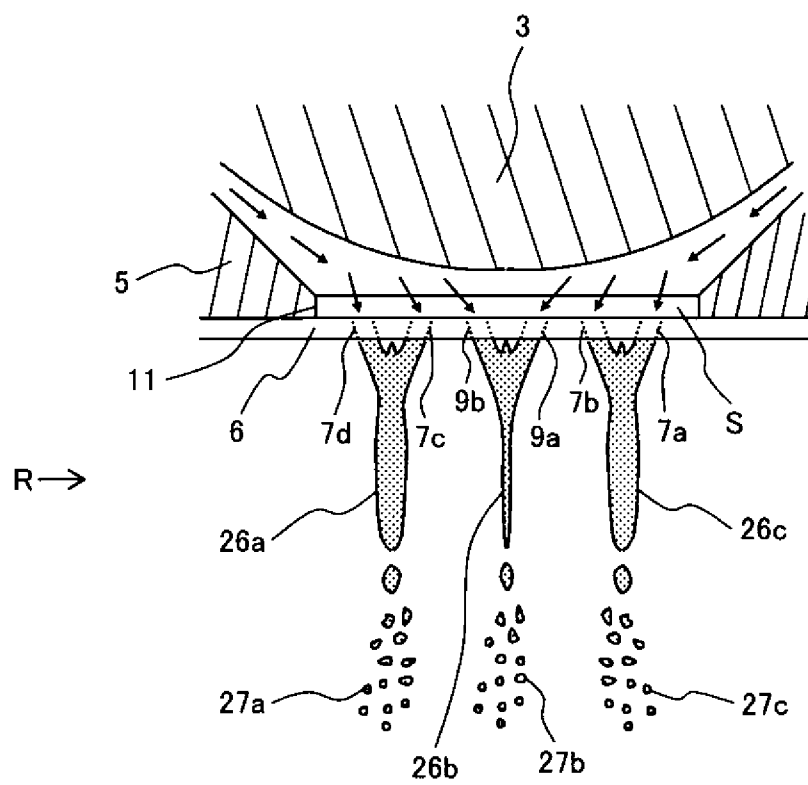
[図3]



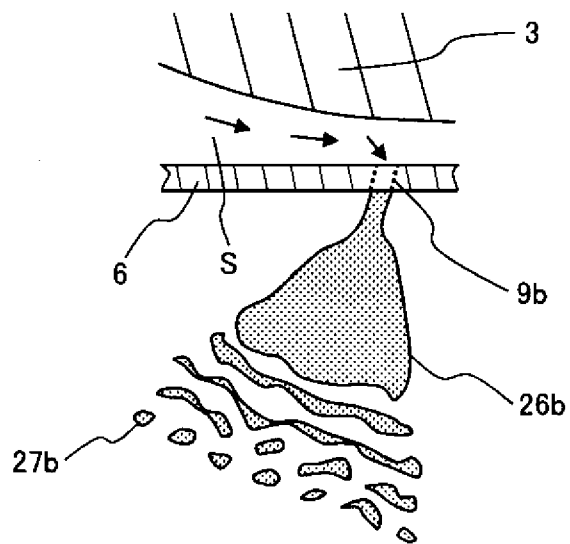
[図4]



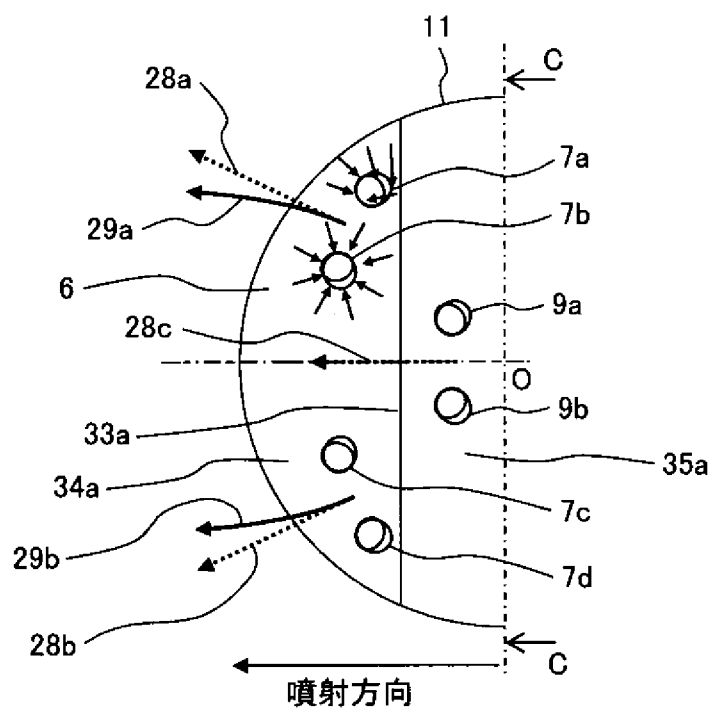
[図5]



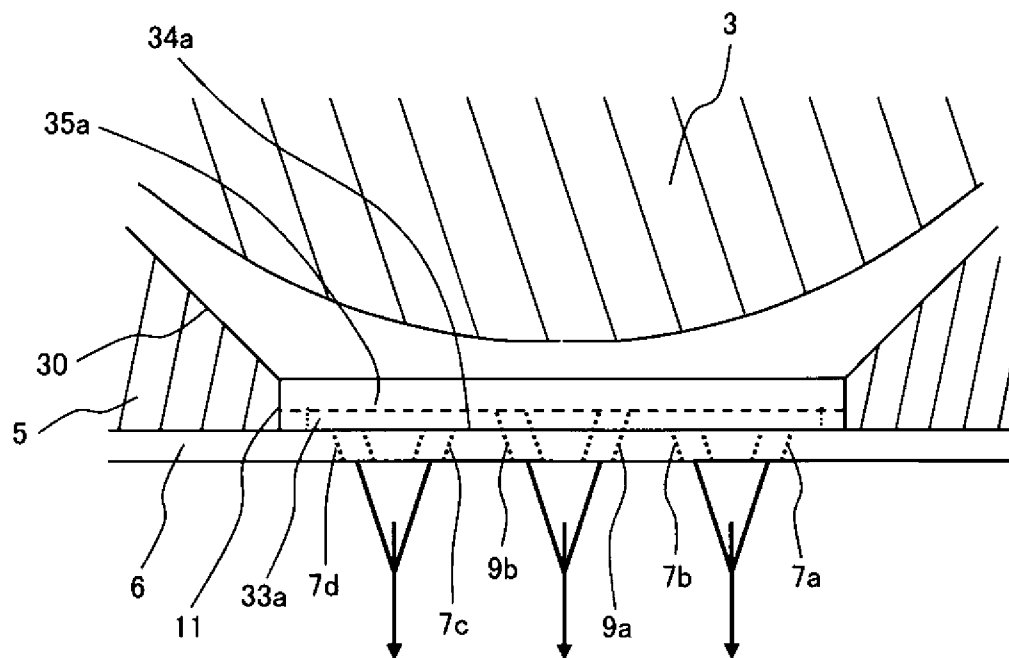
[図6]



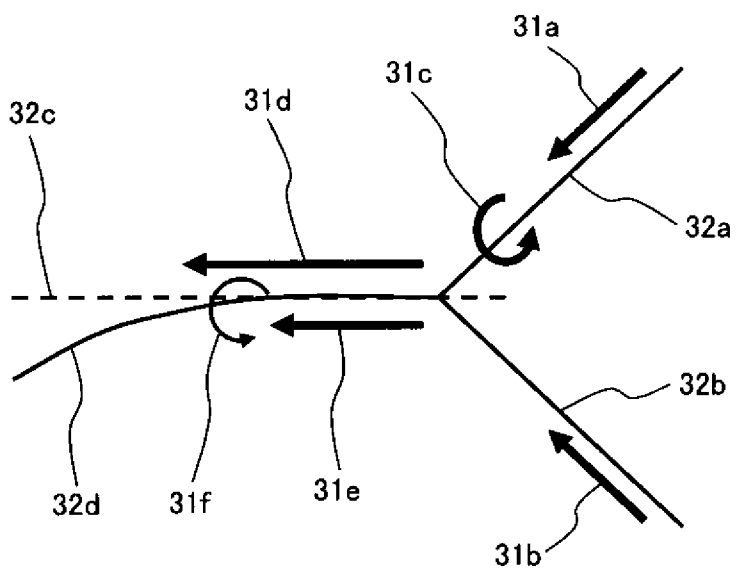
[図7]



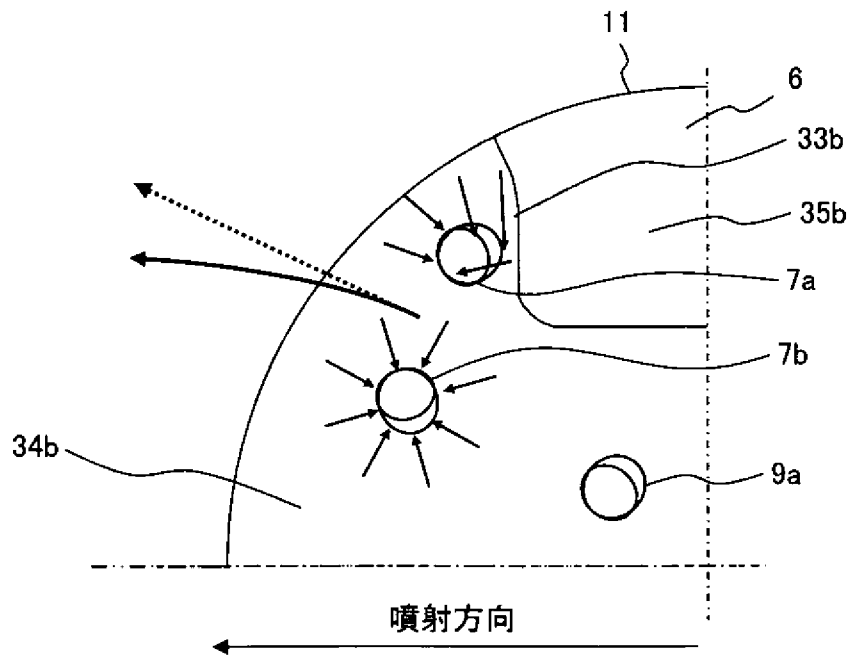
[図8]



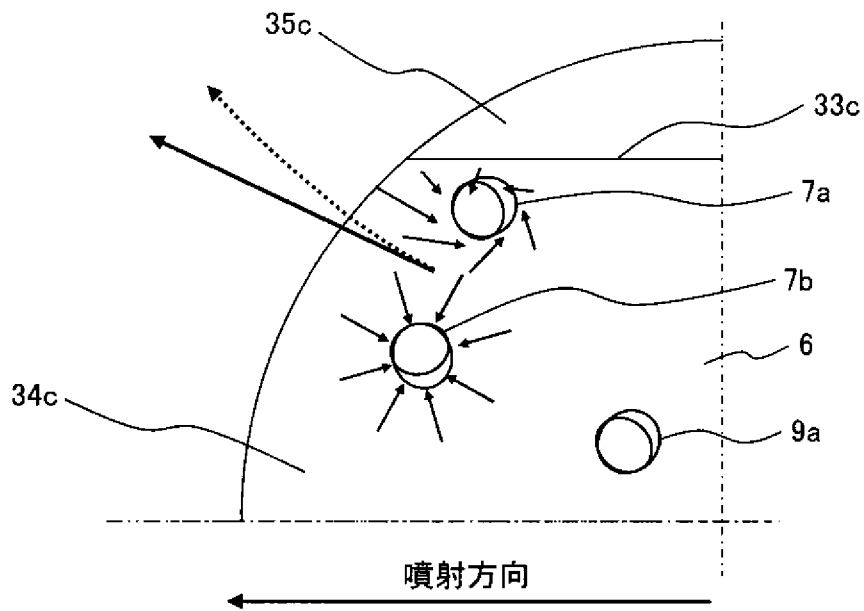
[図9]



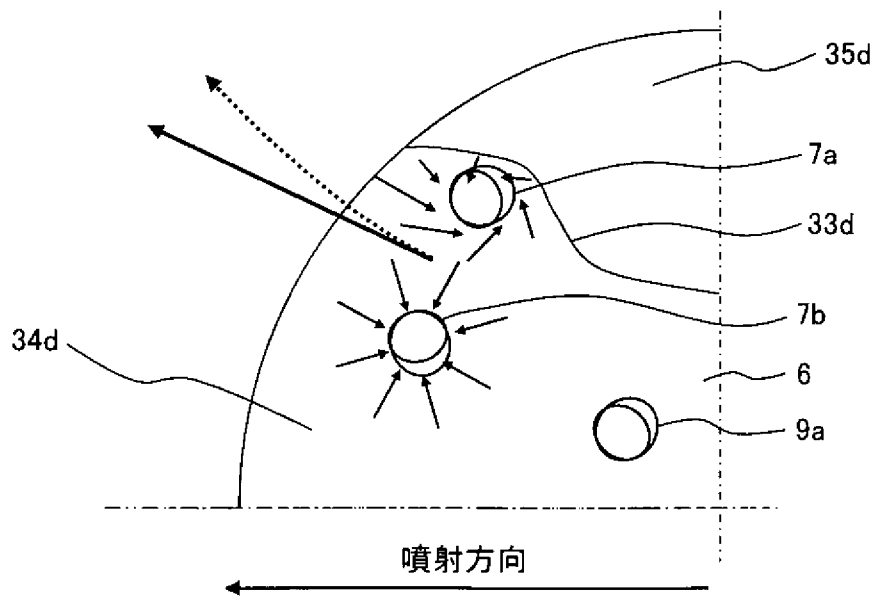
[図10]



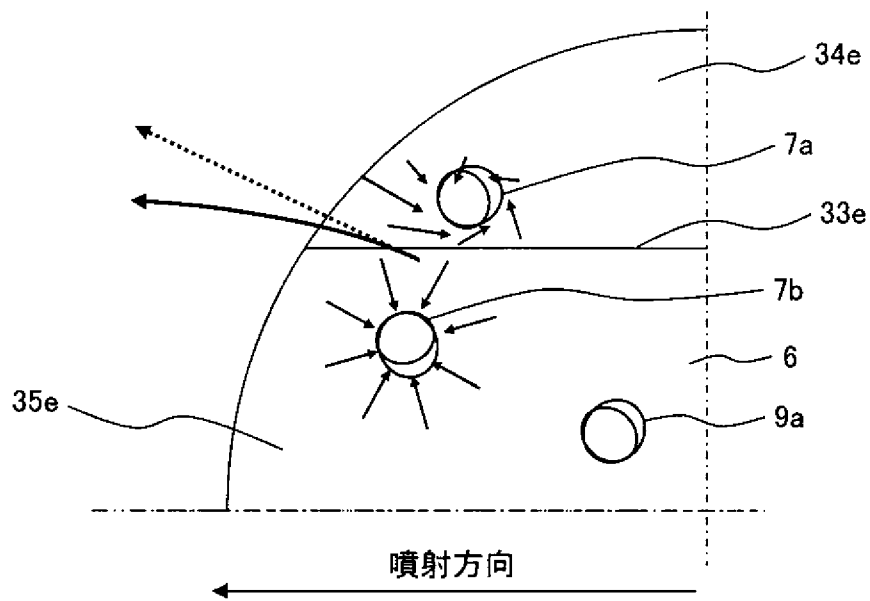
[図11]



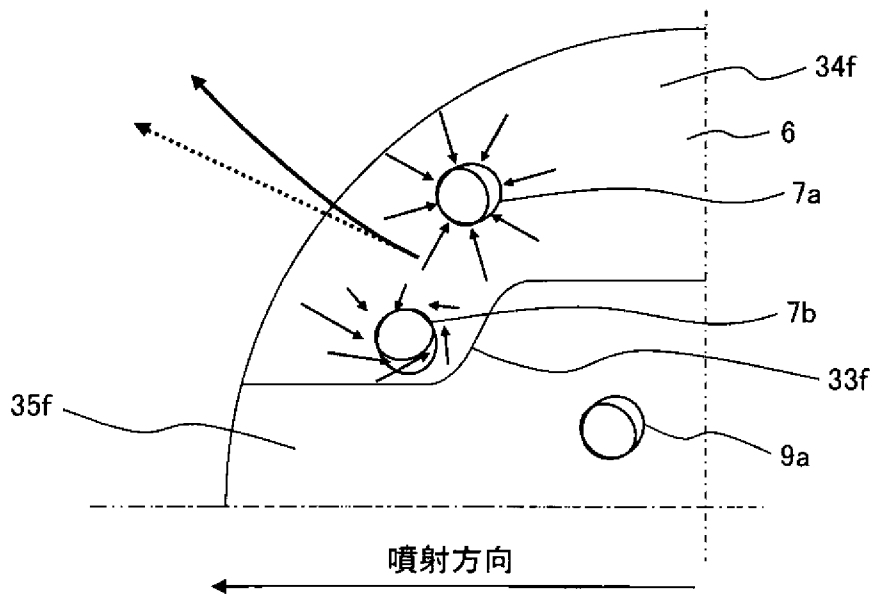
[図12]



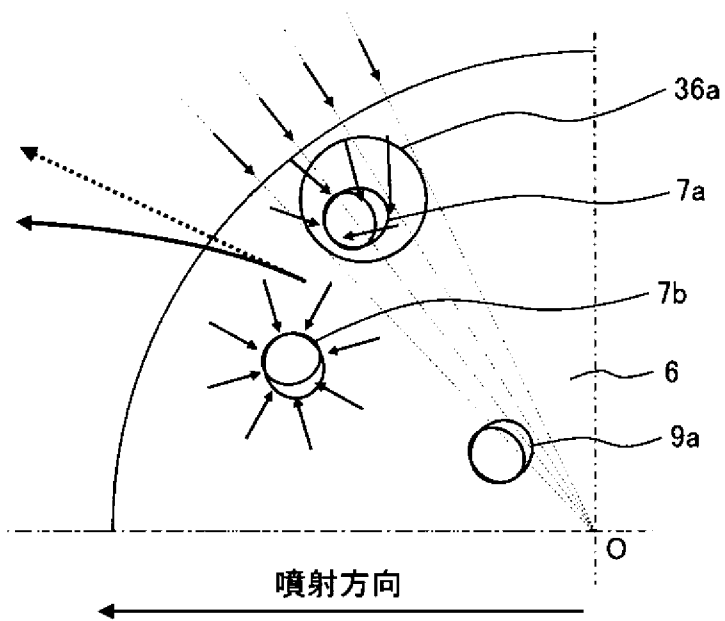
[図13]



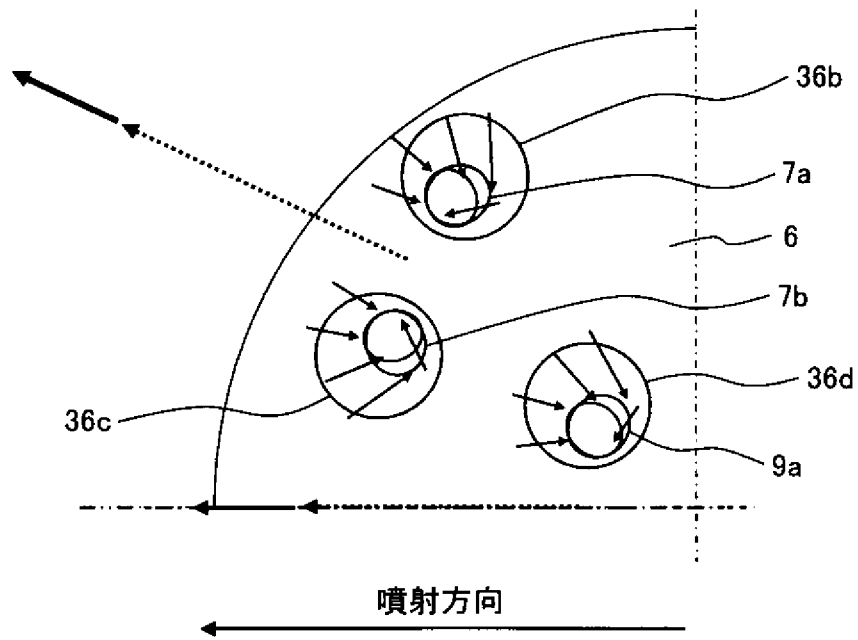
[図14]



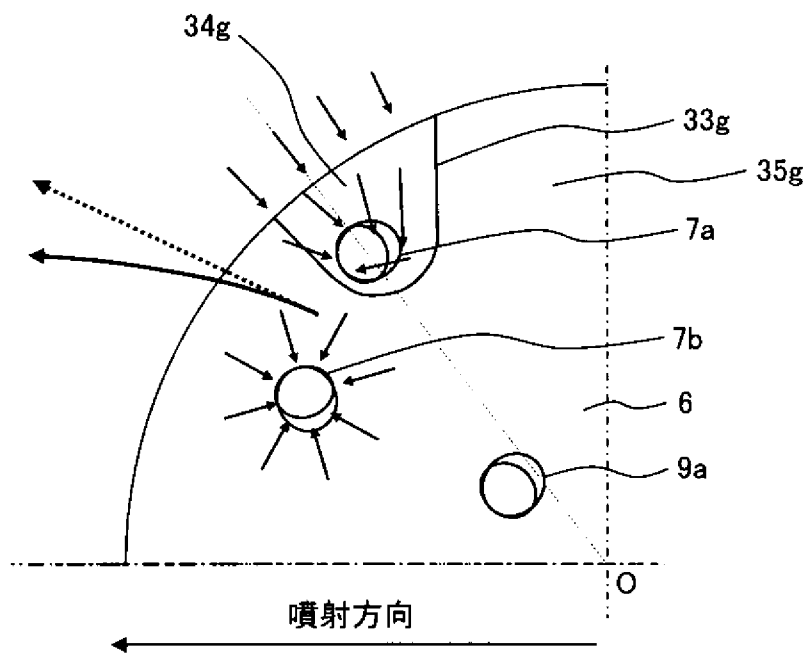
[図15]



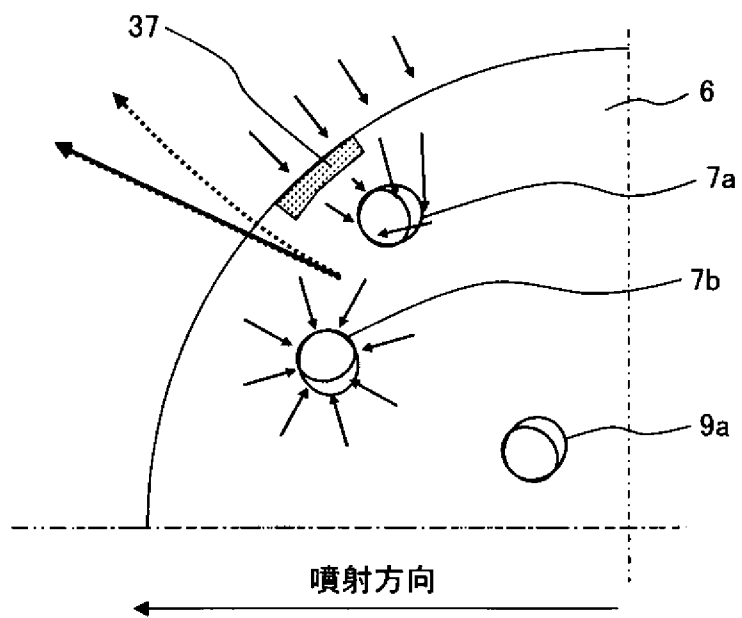
[図16]



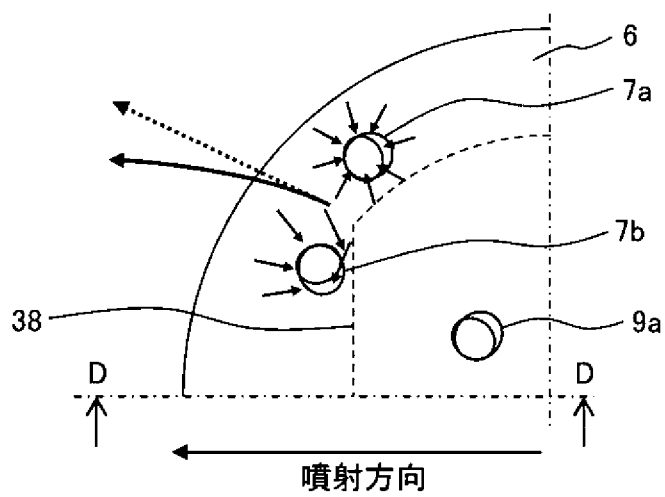
[図17]

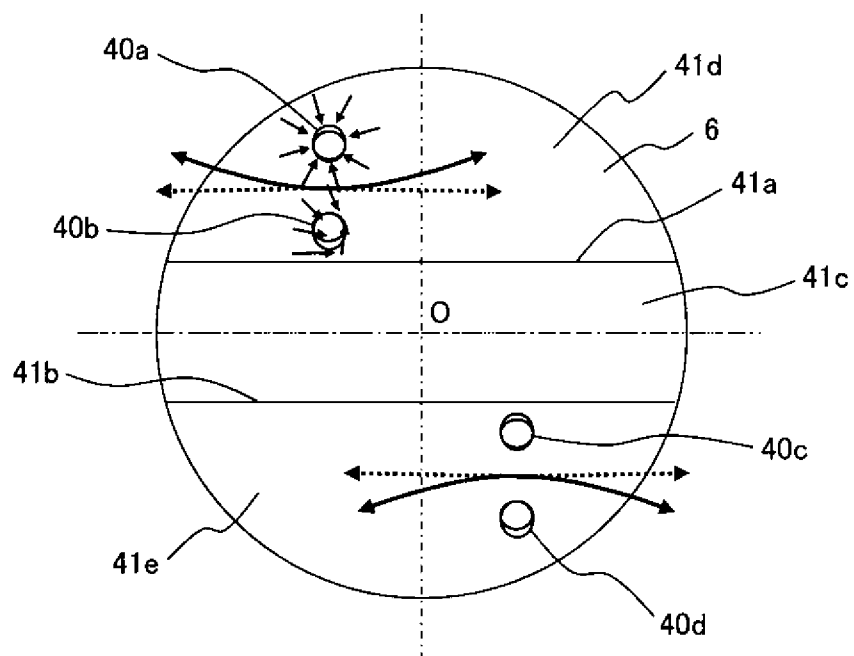


[図18]

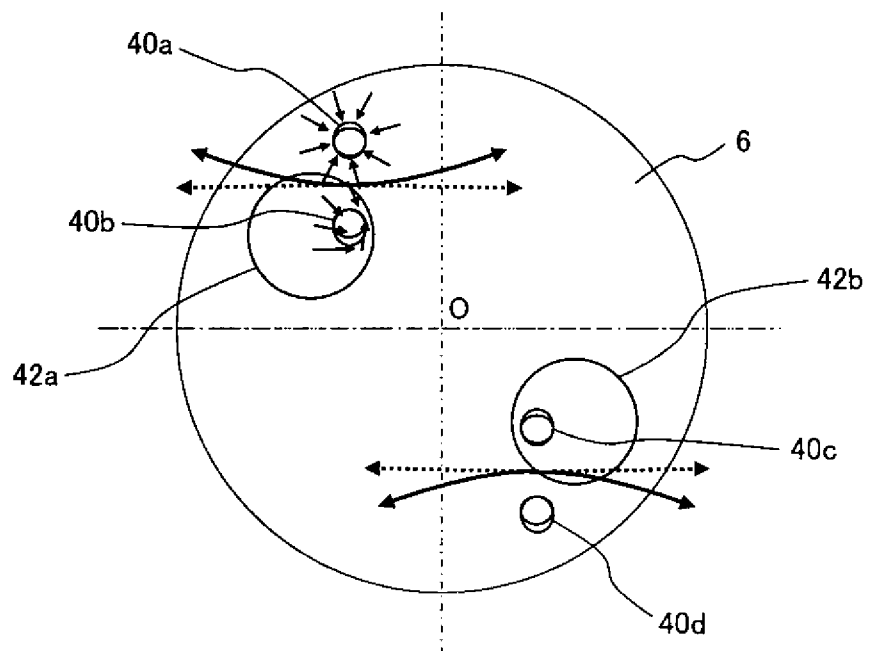


[図19]

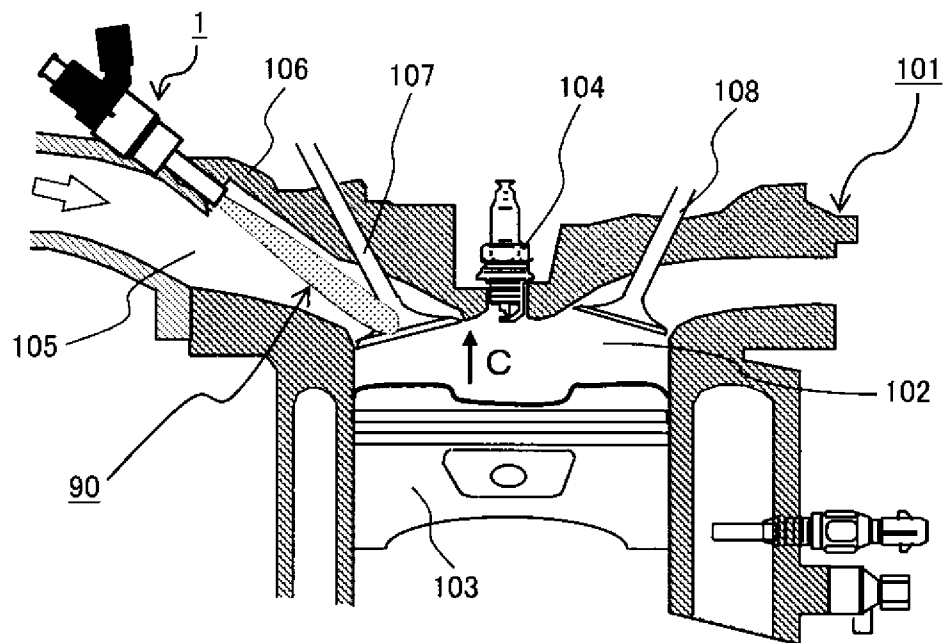




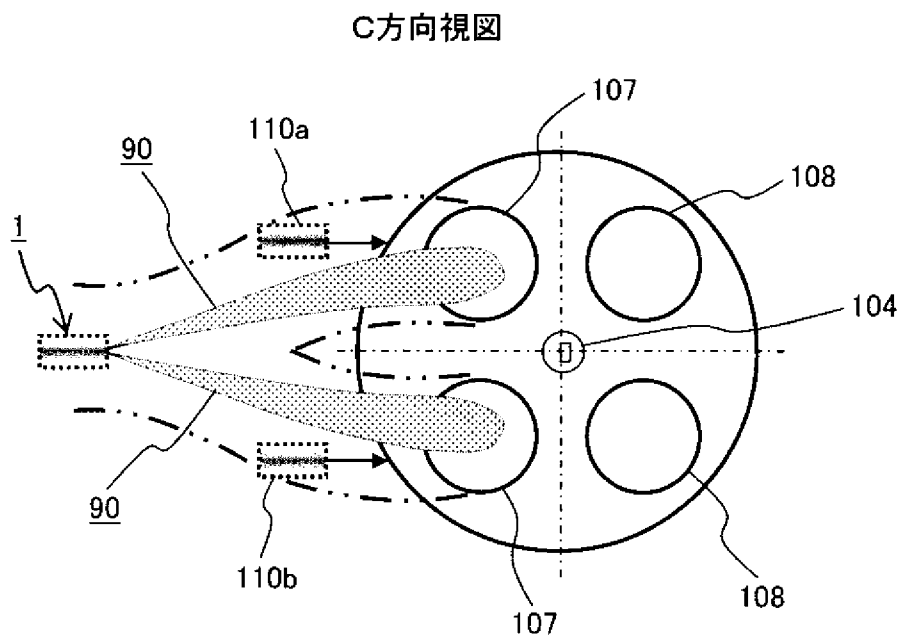
[図22]



[図23]



[図24]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/066300

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02M61/18(2006.01) i, F02M51/08(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)

F02M61/18, F02M51/08

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

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

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.
X A	JP 2009-30572 A (Toyota Motor Corp.), 12 February 2009 (12.02.2009), claims; paragraphs [0030] to [0040]; fig. 2, 3 (Family: none)	1, 2, 3 5-8, 10, 12
X Y A	JP 2004-211682 A (Denso Corp.), 29 July 2004 (29.07.2004), paragraphs [0021] to [0034], [0038] to [0040]; fig. 1, 3 to 4, 6 to 7 & US 2004/0144870 A1	1, 9, 13, 14 4, 11 5-8, 10, 12
X Y A	JP 2007-182767 A (Hitachi, Ltd.), 19 July 2007 (19.07.2007), paragraphs [0033] to [0040]; fig. 10 to 12, 16 (Family: none)	1, 9, 13, 14 4, 11 5-8, 10, 12



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

12 August, 2011 (12.08.11)

Date of mailing of the international search report

23 August, 2011 (23.08.11)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/066300

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-227748 A (Unisia Jecs Corp.), 14 August 2002 (14.08.2002), paragraphs [0066] to [0071]; fig. 12 & US 2002/0100821 A1 & DE 10203622 A	1-14

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. F02M61/18(2006.01)i, F02M51/08(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（I P C）） Int.Cl. F02M61/18, F02M51/08			
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 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 1 1 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 1 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 1 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	
X A	JP 2009-30572 A (トヨタ自動車株式会社) 2009.02.12, 【特許請求の範囲】、【0030】 - 【0040】、図2、図3（ファミリーなし）	1, 2, 3 5 - 8, 10, 12	
X Y A	JP 2004-211682 A (株式会社デンソー) 2004.07.29, 【0021】 - 【0034】、【0038】 - 【0040】、図1、図3 - 4、図6 - 7 & US 2004/0144870 A1	1, 9, 13, 14 4, 11 5 - 8, 10, 12	
☒ 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		の日の後に公表された文献	
「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		「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	
「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		「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	
「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）		「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	
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		「&」同一パテントファミリー文献	
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願			
国際調査を完了した日 1 2 . 0 8 . 2 0 1 1		国際調査報告の発送日 2 3 . 0 8 . 2 0 1 1	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / 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） 谷治 和文 電話番号 03-3581-1101 内線 3355	3G 9422

C (続き) . 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
X	JP 2007-182767 A (株式会社日立製作所) 2007.07.19, 【0033】 － 【0040】, 図10－12, 図16 (ファミリーなし)	1, 9, 13, 14
Y		4, 11
A		5－8, 10, 12
A	JP 2002-227748 A (株式会社ユニシアジェックス) 2002.08.14, 【0066】－ 【0071】, 図12 & US 2002/0100821 A1& DE 10203622 A	1－14