

(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 11 月 22 日(22.11.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/157483 A1

- (51) 国際特許分類:
F02B 23/10 (2006.01) *F02D 41/04* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/061848
- (22) 国際出願日: 2012 年 5 月 9 日(09.05.2012)
- (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 2011-109745 2011 年 5 月 16 日(16.05.2011) 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): 木原 裕介(KIHARA Yusuke) [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). 助川 義寛(SUKEGAWA Yoshihiro) [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). 押領司 一浩(ORYOJI Kazuhiro) [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). 岡本 多加志(OKAMOTO Takashi) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP).

(74) 代理人: 平木 祐輔, 外(HIRAKI Yusuke et al.); 〒1056232 東京都港区愛宕 2 丁目 5 番 1 号 愛宕グリーンヒルズMORIタワー 3 2 階 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, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

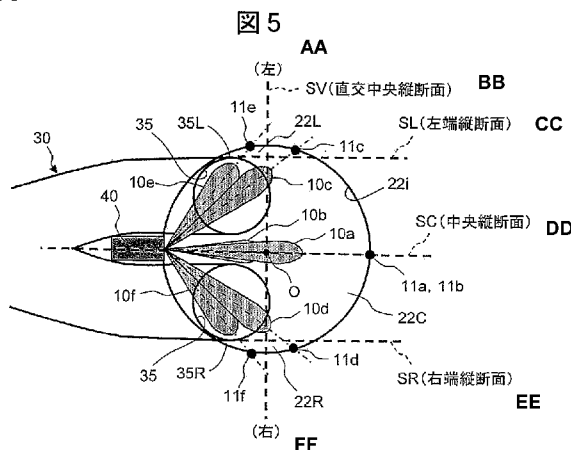
(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

[続葉有]

(54) Title: CYLINDER-INJECTION TYPE ENGINE, AND METHOD OF FUEL INJECTION FOR SAME

(54) 発明の名称: 筒内噴射式エンジン及びその燃料噴射方法

[図5]



- AA Left
BB SV (orthogonal central longitudinal section)
CC SL (left-end longitudinal section)
DD SC (central longitudinal section)
EE SR (right-end longitudinal section)
FF Right

(57) Abstract: Provided is a cylinder-injection type engine capable of producing as uniform an air-fuel mixture concentration distribution as possible in a cylinder before the time of ignition, whereby the emission of particulate matter (PM) can be effectively suppressed. In a cylinder-injection type engine (20) in which a pair of intake ports (35, 35) is provided symmetrically across a central longitudinal section (SC) equally dividing a cylinder bore, with a multi-hole type fuel injection valve (40) installed over the central longitudinal section (SC) for directly injecting fuel into a combustion chamber (27), two or more jets of atomized fuel (10c and 10e, 10d and 10f) injected from the fuel injection valve (40) are directed toward left and right areas (22L, 22R) with crescent-shaped cross section which are defined by: a left-end longitudinal section (SL) and a right-end longitudinal section (SR) passing left- and right-direction outer ends (35L, 35R) at downstream ends of the pair of the left and right intake ports (35, 35) and parallel with the central longitudinal section (SC); and a cylinder bore wall surface (22i), such that a strong air flow is produced in a direction substantially orthogonal to a tumble flow.

(57) 要約:

[続葉有]



(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))

点火時期までに筒内の混合気濃度分布を可及的に均一にすることができ、もって、粒子状物質 (P M) の排出を効果的に抑えることのできる筒内噴射式エンジンを提供する。シリンダボアを左右に等分割する中央縦断面 (S C) を挟んで左右対称的に一対の吸気ポート (3 5、3 5) が設けられるとともに、中央縦断面 (S C) 上に燃料を燃焼室 (2 7) に直接噴射するマルチホール型の燃料噴射弁 (4 0) が配備されている筒内噴射式エンジン (2 0) において、左右一対の吸気ポート (3 5、3 5) の下流端部における左右方向外端 (3 5 L、3 5 R) を通り中央縦断面 (S C) に平行な左端縦断面 (S L) 及び右端縦断面 (S R) とシリンダボア壁面 (2 2 i) とで画成される、横断面が弓形状の左右の領域 (2 2 L、2 2 R) に、それぞれ燃料噴射弁 (4 0) から噴射される 2 本以上の燃料噴霧 (1 0 c と 1 0 e 並びに 1 0 d と 1 0 f) を指向させて、タンブル流動に対して略直交する方向に強い空気流動を生成する。

明 細 書

発明の名称： 筒内噴射式エンジン及びその燃料噴射方法

技術分野

[0001] 本発明は、燃料を筒内（燃焼室）に直接噴射するマルチホール型の燃料噴射弁を備えた筒内噴射式エンジン及びその燃料噴射方法に関する。

背景技術

[0002] マルチホール型の燃料噴射弁を備えた筒内噴射式ガソリンエンジンにおいては、通常、シリンダボアを左右に等分割する中央縦断面を挟んで左右対称的に一对の吸気ポートが設けられるとともに、前記中央縦断面上に前記マルチホール型の燃料噴射弁が配備されている（特許文献1、2等を参照）。このような筒内噴射式エンジンにおいては、排ガス中に含まれる粒子状物質（PM）の低減化が優先順位の高い課題となっている。

[0003] 粒子状物質（PM）は当量比が高い領域から生成されるため、筒内噴射式エンジンから排出されるPM低減のためには、点火時期までに筒内の混合気濃度分布をできるだけ均一にすることが重要である。

[0004] そのため、従来においては、吸気ポートから燃焼室への空気吸入時に生成されるタンブル流動（縦渦）を強化することで空気と燃料の混合度合いを向上させて筒内の混合気濃度分布の均一化を図る手法が一般的に用いられている。また、タンブル流動の強化には、特許文献3に見られるように、燃料噴射弁から噴射された燃料噴霧により生成される空気流動を用いることが知られている。

特許文献1：特開2008-25534号公報

特許文献2：特開2007-107436号公報

特許文献3：特開2009-228579号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、タンブル流動は吸気ポートから燃焼室に吸入される空気の

流動であり、シリンダボアを左右に等分割する前記中央縦断面と平行な面内で回転する縦渦であるため、タンブル流動の回転方向（側面視で時計回りもしくは反時計回り）にはその空気流動で燃料がかき混ぜられて空気との混合が進むが、タンブル流動に対して直交する方向（前記中央縦断面に直交する方向）に動く流動がないため、燃料と空気との混合がさほど進まず、筒内の混合気濃度分布にむら（以下、単に「混合気むら」と称することがある）が生じる。この場合、タンブル流動を強化しても上記混合気むらを改善することはできない。

[0006] また、筒内噴射式エンジンの燃焼性等を向上させる手法として、燃料噴射弁から噴射される燃料噴霧の指向方向等（燃料噴射弁の噴孔の個数、位置、向き、燃料噴射弁の取り付け位置、姿勢、燃料噴射時期等）に工夫を施すことが知られているが、従来において、燃料噴霧の指向方向等に工夫を施すことによって混合気むらを効果的に改善し得た技術は見当たらない。

[0007] なお、燃料噴霧の指向方向等の特徴を有する筒内噴射式エンジンの例としては、特許文献 1（の図 6）に所載のように、前記中央縦断面を挟んで左右対称的に 3 対の燃料噴霧が形成されるようになり、そのうちの一对の燃料噴霧（第 3 の燃料噴霧）が、シリンダボアの中心線を通りかつ前記中央縦断面に直交する縦断面とシリンダボア壁面とが交差する交差線上を指向するようにした予混合圧縮自己着火式のものや、特許文献 2 に所載のように、燃料噴霧が吸気弁に衝突しないようにすべく、前記中央縦断面を挟んで左右対称的に、吸気弁の動作範囲外を 2 対の側方噴霧が指向するようにしたものがある。

[0008] 本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、点火時期までに筒内の混合気濃度分布を可及的に均一にすることができるようにされ、もって、粒子状物質（PM）の排出を効果的に抑えることのできる筒内噴射式エンジンを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 上記目的を達成すべく、本発明に係る筒内噴射式エンジンは、シリンダボ

アを左右に等分割する中央縦断面を挟んで左右対称的に一对の吸気ポートが設けられるとともに、前記中央縦断面上に燃料を燃焼室に直接噴射するマルチホール型の燃料噴射弁が配備されており、前記一对の吸気ポートの下流端部における左右方向の外端を通り前記中央縦断面に平行な左端縦断面及び右端縦断面とシリンダボア壁面とで画成される、横断面が弓形状の左右の領域に、それぞれ前記燃料噴射弁から噴射される燃料噴霧が2本以上指向するようにされていることを特徴としている。

発明の効果

[0010] 本発明に係る筒内噴射式エンジンでは、吸気ポートより外側に位置する横断面弓形状の左右の領域に、それぞれ燃料噴射弁から噴射される燃料噴霧が2本以上指向するようにされていることから、それら2本以上の燃料噴霧同士が近接するようされ、そのため、それら近接した燃料噴霧が相互に干渉して通常よりも大きな空気流動が生成されるとともに、この燃料噴霧によって生成された空気流動がタンブル流動に対して略直交する方向に回転する縦渦となるので、タンブル流動の影響を受けにくい前記左右の領域（よどみ領域）に存在する空気を含む燃焼室内の混合気がむらなく攪拌される。そのため、燃焼室内の混合気濃度分布を均一にすることができ、これによって、粒子状物質（PM）の排出を効果的に抑えることができる。

[0011] 上記した以外の、課題、構成、及び効果は、以下の実施形態により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明に係る筒内噴射式エンジンの第1実施形態を示す概略構成図。

[図2]図1に示される燃料噴射弁から噴射される燃料噴霧を示す側面図。

[図3]図2のJ-J断面図。

[図4]第1実施形態の燃料噴射弁から燃料が噴射された直後の燃料噴霧の様子を示す概略側面透視図。

[図5]第1実施形態の燃料噴射弁から燃料が噴射された直後の燃料噴霧の様子を示す概略平面透視図。

[図6]第1実施形態のエンジンにおけるタンブル流動領域とよどみ領域の説明に供される図。

[図7]単一もしくは噴霧周りに十分な空間がある場合の燃料噴霧の挙動説明に供される図。

[図8]単一もしくは噴霧周りに十分な空間がある場合の燃料噴霧の挙動説明に供される図。

[図9]2本の燃料噴霧が近接している場合の燃料噴霧の挙動説明に供される図。

[図10]2本の燃料噴霧が近接している場合の燃料噴霧の挙動説明に供される図。

[図11]第1実施形態における燃料噴射（100degATDC）直後の燃焼室内の様子を示す概略図。

[図12]第1実施形態における燃料噴射（100degATDC）直後の燃焼室内の様子を示す概略図。

[図13]第1実施形態の140degATDCにおける燃焼室内の様子を示す概略図。

[図14]第1実施形態の140degATDCにおける燃焼室内の様子を示す概略図。

[図15]第1実施形態の180degATDCにおける燃焼室内の様子を示す概略図。

[図16]第1実施形態の180degATDCにおける燃焼室内の様子を示す概略図。

[図17]第1実施形態の燃焼室内の空気流動の様子を示す概略図。

[図18]第1実施形態の変形例1を示す、図3に相当する図。

[図19]第1実施形態の変形例1を示す概略平面透視図。

[図20]第1実施形態の変形例2を示す、図3に相当する図。

[図21]第1実施形態の変形例2を示す概略平面透視図。

[図22]従来例を示す、図3に相当する図。

[図23]従来例を示す概略平面透視図。

[図24]従来例での点火時期における混合気分布を示す図。

[図25]本発明実施形態での点火時期における混合気分布を示す図。

[図26]従来例と本発明実施形態との過濃混合気の燃料量を比較した結果を示すグラフ。

[図27]本発明に係る筒内噴射式エンジンの第2実施形態を示す概略構成図。

[図28]図27に示される燃料噴射弁から噴射される燃料噴霧を示す側面図。

[図29]図28のJ-J断面図。

[図30]第2実施形態の燃料噴射弁から燃料が噴射された直後の燃料噴霧の様子を示す概略側面透視図。

[図31]第2実施形態の燃料噴射弁から燃料が噴射された直後の燃料噴霧の様子を示す概略平面透視図。

[図32]第1実施形態の変形の2回目の燃料噴射（60deg B T D C）直後の燃焼室内の様子を示す概略図。

[図33]第1実施形態の変形の2回目の燃料噴射（60deg B T D C）直後の燃焼室内の様子を示す概略図。

[図34]第1実施形態の変形の20deg B T D Cにおける燃焼室内の様子を示す概略図。

[図35]第1実施形態の変形の20deg B T D Cにおける燃焼室内の様子を示す概略図。

符号の説明

[0013] 10a～10f 燃料噴霧

11a～11f 噴霧交点

16 タンブル流動

17 燃料噴霧（10c、10e、10d、10f）による空気流動

20 筒内噴射式エンジン

22 シリンダ

22i シリンダボア壁面

22 L、22 R よどみ領域

25 ピストン

27 燃焼室

30 吸気通路

35 吸気ポート

37 吸気弁

40 燃料噴射弁

45 点火プラグ

50 排気通路

SC 中央縦断面

SL 左端縦断面

SR 右端縦断面

発明を実施するための最良の形態

[0014] 以下、本発明の実施の形態を図面を参照しながら説明する。

[0015] 図1は、本発明に係る筒内噴射式エンジンの第1実施形態を示す概略構成図である。

[0016] 図示実施形態のエンジン20は、例えば、1気筒500cc、圧縮比10程度の直列4気筒の筒内噴射式ガソリンエンジンであって、シリンダヘッド22a及びシリンダブロック22bからなるシリンダ22と、このシリンダ22の各気筒内に摺動自在に嵌挿されたピストン25とを有し、ピストン25はコンロッド26を介してクランク軸24に連結されている。ピストン25上方には、所定形状（例えばペントルーフ形）の天井部を持つ燃焼室27が画成され、各気筒の燃焼室27の天井部中央には、点火コイルから高電圧化された点火信号が供給される点火プラグ45が臨設されている。

[0017] 燃料の燃焼に供せられる空気は、図外のエアークリーナから、電制スロットル（弁）が配在された管状通路部分（スロットルボディ等）、コレクタ23、吸気マニホールド（多岐管）34、吸気ポート35、35等からなる吸気通路30を通り、その下流端（吸気ポート35、35端部）に配在された

、吸気カム軸 36 により開閉駆動される吸気弁 37、37 を介して各気筒の燃焼室 27 に吸入される。

[0018] また、前記シリンダヘッド 22a の吸気側下部には、マルチホール型の燃料噴射弁 40（後で詳述する）が配備されており、燃焼室 27 に吸入された空気と燃料噴射弁 40 から噴射された燃料との混合気は、点火プラグ 45 による火花点火により燃焼せしめられ、その燃焼排ガス（排気ガス）は、燃焼室 27 から、排気カム軸 46 により開閉駆動される排気弁 47 を介して排気ポート、排気マニホールド、排気管等からなる排気通路 50 を通って外部（大気中）に排出される。排気通路 50 には、排気浄化用触媒（三元触媒）55 が配備されるとともに、図示はされていないが空燃比センサ等が配備されている。

[0019] また、前記エンジン 20 の種々の制御、つまり、各気筒毎に配備された燃料噴射弁 40 による燃料噴射制御（燃料噴射量、燃料噴射時期等の制御）、前記点火プラグ 45 による点火時期制御等を行なうべく、マイクロコンピュータを内蔵するコントロールユニット（それ自体はよく知られているので図示及び説明は省略）が備えられている。

[0020] また、前記燃料噴射弁 40 には、燃料タンク内の燃料が燃料ポンプや燃圧レギュレータ等を備えた燃料供給機構により所定燃圧に調圧されて供給され、燃料噴射弁 40 は、前記コントロールユニットから所定のタイミングで供給される、そのときの運転状態に応じたデューティ（＝パルス幅＝開弁時間に相当する）を持つ燃料噴射（駆動）パルス信号により開弁駆動され、その開弁時間に応じた量の燃料を燃焼室 27 内に噴射するようになっている。

[0021] なお、図示例のエンジン 20 においては、排気弁 47 は排気行程上死点（TDC）で閉じ、吸気弁 37 は排気行程上死点（TDC）で開くようになっており、吸気弁 37 の開弁期間はクランク角度で 220deg となっている。

[0022] 次に、前記燃料噴射弁 40 及びその周りの構成を詳細に説明する。

[0023] 図 5、図 6 に平面透視図で示されているように、各気筒に接続された吸気通路 30 の下流部分（吸気マニホールド 34 及び吸気ポート 35 部分）は二

股に分岐されており、シリンダボア（壁面）２２ｉを左右（図５、図６では上下）に等分割する中央縦断面ＳＣ（シリンダボア２２ｉの中心線Ｏを通り、前（吸気）－後（排気）方向に伸びている）を挟んで左右対称的に一对の吸気ポート３５、３５が設けられるとともに、シリンダヘッド２２ａの吸気側下部における前記中央縦断面ＳＣ上（吸気ポート３５－３５間）に燃料を燃焼室２７に直接噴射する６つの噴孔を有するマルチホール型の燃料噴射弁４０が配備されている。

[0024] 本実施形態のエンジン２０では、吸気行程に吸気弁３７、３７が開き、ピストン２５が下降することで燃焼室２７に吸気ポート３５、３５から空気が流入する。図１、図４に示されているように、吸気ポート３５は側面視で楕円弧状に湾曲しているため、曲率の小さな内側から流れが剥離し、吸気弁３７から流入する時期には吸気ポート３５の上側に流動が偏り、上側の流速が速くなる。そのため、燃焼室２７において、図１１、図１３、図１５、図１７等において符号１６で示される如くの、側面視時計回りに回転するタンブル流動（縦渦）が生成される。

[0025] ここで、図５、図６において、左右一对の吸気ポート３５、３５の下流端部における左右方向の外端（左端３５Ｌ、右端３５Ｒ）を通り前記中央縦断面ＳＣに平行な縦断面をそれぞれ左端縦断面ＳＬ及び右端縦断面ＳＲとすると、前記タンブル流動は吸気ポート３５、３５から流入する空気流動で生成されるため、図６に示される如くに、前記左端縦断面ＳＬ及び右端縦断面ＳＲとシリンダボア壁面２２ｉとで画成される、横断面が弓形状の領域２２Ｌ、２２Ｒは、流動が非常に弱いよどみ領域となり、前記左端縦断面ＳＬと右端縦断面ＳＲとの間の領域２２Ｃは、タンブル流動が存在する空気流動が強い領域となる。

[0026] 一方、燃料噴射弁４０の６つの噴孔から噴射される燃料噴霧１０ａ～１０ｆは、図２、図４に側面視で示される如くに、先端側ほど拡がる円錐状のものとなり、噴孔先端から３０ｍｍ下のＪ－Ｊ断面をとると、図３に示される如くに、前記中央縦断面ＳＣを中心として左右対称的に形成され、また、図

5に示される如くに、噴霧10cと10e並びに噴霧10dと10fとはさほど離れず、かつ、噴霧10cと10dとがなす角度が比較的大きく設定されるとともに、噴霧10eと10fとがなす角度は上記噴霧10cと10dとがなす角度よりさらに大きく設定されている。

[0027] そして、燃料噴射弁40の取り付け姿勢、位置は、次のようになっている。すなわち、図4、図5に示される如くに、燃料噴霧10a、10b（の中心軸線）が前記中央縦断面SC上に位置し、燃料噴霧10aが点火プラグ45に最も近く（最上部に）なり、かつ、燃料噴霧10c、10eが前記した横断面弓形状の左よどみ領域22Lを指向するとともに、燃料噴霧10d、10fが前記した横断面弓形状の右よどみ領域22Rを指向するような姿勢、位置で設置されている。言い換えれば、各燃料噴霧10a～10fの中心軸線とシリンダボア壁面22iとが交差する点を噴霧交点11a～11fとすると、噴霧交点11cと11eが前記した左端縦断面SLより外側に存在し、噴霧交点11dと11fが前記した右端縦断面SRより外側に存在するようにされている。

[0028] 次に、上記した如くの構成とされた筒内噴射式エンジン20の動作、作用、効果等を説明する。ここでは、暖機後の所定運転条件下（例えば、エンジン回転数1200r/min、充填効率60%、空燃比14.7の中負荷状態）で、燃料噴射（開始）時期は100degATDCの場合について説明する。

[0029] 図4、図5は、燃料噴射直後の様子を示しており、燃料噴霧10c、10eが左よどみ領域22Lを指向し、燃料噴霧10d、10fが右よどみ領域22Rを指向している。このように左右のよどみ領域22L、22Rにそれぞれ2本の噴霧10c、10eと噴霧10d、10fを指向させると、必然的に噴霧10cと10eの間隔並びに噴霧10dと10fの間隔が狭くなり噴霧干渉を発生させることができる。噴霧干渉の目的は、噴霧により生成される空気流動の強化であり、噴霧干渉により燃料噴霧の断面積を大きくすることで燃料噴霧が占める空間を増加させ、干渉させない場合よりも強い空気

流動を生成することができる。

[0030] 噴霧干渉の効果について図7～図10を用いて説明する。図7、図8は、噴霧が1本もしくは噴霧間隔が十分広い場合での様子を示す。噴射された噴霧は、噴霧自身で空気を押すことで空気流動が生成され、更に噴霧が動くことで燃料液滴と空気のためにせん断力が生じ、燃料噴霧の周囲に空気流動が生成される。噴霧の周りに十分な空間がある場合は噴霧周りの空気流動はバランスするため、図8に示される如くに、噴霧形状は維持されて直進する挙動となり、噴霧と同じ進行方向の空気流動が噴霧の周囲に維持される。しかし、図9に示される如くに、2本の噴霧を近接させると、噴霧と噴霧の間に生成された空気流動が干渉し、噴霧同士を引き寄せる空気流動となる。そのため、図10に示される如くに、噴霧が結合して噴霧の幅が大きくなる一つの噴霧になり、2本の噴霧が干渉せず進行する場合に比べ、より多くの空気を動かすことになり、生成される空気流動を強くすることができる。

[0031] ここで、本実施形態における燃料噴射（開始）時期は、燃料噴霧10c～10fがピストン25の冠面25aに衝突することなくシリンダボア壁面22iに達するように、言い換えれば、燃料噴霧10c～10fの交点11c～11fがピストン25の冠面25aよりも上側に位置するように100deg ATDCに設定されている。

[0032] 燃料噴射後の燃料噴霧の様子を図11、12に示す。燃焼室27内にはタンブル流動16が生成され、タンブル流動の回転方向に流されつつ燃料噴霧10a、10bは排気側へ、燃料噴霧10c～10fは側方のよどみ領域22L、22Rへ進行する。燃料噴霧10c、10e並びに燃料噴霧10d、10fは相互に干渉することで結合した噴霧状態となっている。

[0033] 燃料噴射（開始）時期から40deg経過した、140deg ATDCでの燃料噴霧の様子を図13、14に示す。排気側に向かう燃料噴霧10a、10bは排気側のシリンダボア壁面22iに到達し、壁面22iに沿って移動している途中で合流し、その後はタンブル流動16と同じ回転方向（側面視で時計回り）に流されて移動していく。そのため、燃料噴霧10a、10bで生

成された空気流動はタンブル流動 16 と合流し、タンブル流動 16 はより速度が大きくなる。

[0034] それに対し、よどみ領域 22 L、22 R に向かう燃料噴霧 10 c、10 e 並びに燃料噴霧 10 d、10 f は、それらがよどみ領域 22 L、22 R に入ることによってタンブル流動 16 の影響を受けにくくなる。そして、よどみ領域 22 L、22 R のシリンダボア壁面 22 i に到達後、燃料噴霧 10 c、10 e 並びに燃料噴霧 10 d、10 f で生成された空気流動によって壁面 22 i 到達位置から下方に進行する。

[0035] 燃料噴射（開始）時期から 80 deg 経過した、180 deg A T D C での燃料噴霧の様子を図 15、16 に示す。燃料噴霧 10 a、10 b はタンブル流動 16 に流されて移動している。しかし、燃料噴霧 10 c、10 e 並びに燃料噴霧 10 d、10 f はよどみ領域 22 L、22 R の壁面 22 i に沿って下降しており、ピストン冠面 25 a に到達すると、空気はピストン冠面 25 a に沿って流れていくため、進行方向を半径方向内方に変えることとなる。ここで、前述したようにタンブル流動 16 は前記中央縦断面 S C と平行な面内で回転する縦渦であるため、燃料噴霧 10 c、10 e 並びに燃料噴霧 10 d、10 f で生成された空気流動 17、17 は、タンブル流動 16 に対して略直交する方向（前記中央縦断面 S C に直交する直交中央縦断面 S V（図 5 参照）と平行な面内）で回転する縦渦となる。

[0036] 180 deg A T D C での空気流動の様子を図 17 に示す。燃焼室 27 内にはタンブル流動 16 と、タンブルに対して略直交する方向に回転する流動 17、17 が生成されている。そのため、空気と気化燃料との混合気はタンブル流動 16 によって側面視時計回りにかき混ぜられるとともに、燃料噴霧 10 c、10 e 並びに燃料噴霧 10 d、10 f によって生成されたタンブル流動 16 に対して略直交する方向の流動 17、17 でもかき混ぜられることになる。

[0037] 以上のように本実施形態では、よどみ領域 22 L、22 R にそれぞれ 2 本の燃料噴霧 10 c、10 e 並びに燃料噴霧 10 d、10 f が指向するように

されて、それら2本の燃料噴霧10cと10e並びに燃料噴霧10dと10fが近接するようされるので、それら近接した燃料噴霧10cと10e並びに燃料噴霧10dと10fが相互に干渉して通常よりも大きな空気流動が生成されるとともに、この燃料噴霧10cと10e並びに燃料噴霧10dと10fによって生成された空気流動17、17がタンブル流動16に対して略直交する方向に回転する縦渦となる。そのため、タンブル流動の影響を受けにくいよどみ領域22L、22Rに存在する空気を含む燃焼室27内の混合気がむらなく攪拌され、燃焼室27内の混合気濃度分布を均一にすることができ、これによって、粒子状物質（PM）の排出を効果的に抑えることができる。

[0038] また、タンブル流動は左右対称的な流動であるので、燃料噴霧10a～10fを左右対称的に形成することで、燃焼室27内の混合気がよりむらなく攪拌され、燃焼室27内の混合気濃度分布を一層均一にすることができる。

[0039] さらに、左右のよどみ領域22L、22Rを指向する燃料噴霧10c、10e並びに燃料噴霧10d、10fがピストン冠面25aに衝突することなくシリンダボア壁面22iに達するように燃料噴射（開始）時期が設定されているので、シリンダボア壁面22iに到達した空気流動はシリンダボア壁面22iに沿ってピストン25に向かって流れるため、減衰しにくい空気流動を生成でき、これによっても混合気濃度分布の均一化が一層促進される。

[0040] なお、上記実施形態では、よどみ領域22L、22Rに指向させる噴霧の本数はそれぞれ2本ずつ（燃料噴霧10c、10e並びに燃料噴霧10d、10f）とされているが、本発明は複数本の燃料噴霧を相互に干渉させてタンブル流動に対して直交する方向に回転する強い空気流動を生成することが目的であるので、よどみ領域22L、22Rに指向させる噴霧の本数は2本以上であればよく、例えば、図18、図19に示される如くに、よどみ領域22L、22Rにそれぞれ3本ずつ（燃料噴霧1c、1e、1g並びに燃料噴霧1d、1f、1h）を指向させるようにしてもよい。なお、図18、図19において、燃料噴霧1a、1bは、上記実施形態（図3、図5）の燃料

噴霧 10 a、10 b に相当し、噴霧交点 2 a ~ 2 h も上記実施形態の噴霧交点 11 a ~ 11 f と同様のものである。

[0041] さらに、よどみ領域 22 L、22 R 以外に指向させる燃料噴霧は必須ではなく、図 20、図 21 に示される如くに、前記燃料噴霧 1 a、1 b を無くして、すべての燃料噴霧 1 c、1 e、1 g 並びに燃料噴霧 1 d、1 f、1 h をよどみ領域 22 L、22 R に向けるようにしてもよい。

[0042] 次に、図 22 ~ 26 を参照しながら本発明の効果を数値シミュレーションにより解析した結果を説明する。

[0043] 図 22、23 は、従来例（例えば、前記特許文献 1、2 の記載内容から推測したもの）を示し、よどみ領域 22 L、22 R に 1 本ずつ（燃料噴霧 1 e 並びに燃料噴霧 1 f）を指向させ、残りの 4 本の燃料噴霧 1 a ~ 1 d は排气側を指向させている。なお、図 22、図 23 において、燃料噴霧 1 a、1 b は、上記実施形態（図 3、図 5）の燃料噴霧 10 a、10 b に相当し、噴霧交点 2 a ~ 2 f も上記実施形態の噴霧交点 11 a ~ 11 f と同様のものである。ここでの運転条件は、上記実施形態と同じ（エンジン回転数 1200 r/min、充填効率 60%、空燃比 14.7 の中負荷状態）で、燃料噴射（開始）時期は 100 deg A T D C である。

[0044] 従来例での、点火時期である 15 deg B T D C の混合気分布を図 24 に、上記した本発明実施形態での混合気分布を図 25 に示す。混合気分布結果の黒い領域は当量比が 2 よりも大きい粒子状物質（PM）が発生する領域である。図 24 に示される従来例では点火時期においても黒い領域が広く存在していることが分かる。それに対し、図 25 に示される本発明実施形態では、黒い領域が大幅に低減されている。当量比が大きい混合気に含まれる燃料量を比較した結果を図 26 に示す。従来例での燃料量を 100% とすると、本発明実施形態では 40% まで低減されており、PM 発生量を大幅に低減できることが理解されよう。

[0045] 次に、本発明に係る筒内噴射式エンジンの第 2 実施形態を図 27 に示す。図 1 に示される第 1 実施形態のものとの違いは、燃料噴射弁 40' と点火プ

ラグ４５が燃焼室２７の天井部中央に近接して配備されている点であり、燃料噴射弁４０’は吸気側、点火プラグ４５が排気側となっている。

[0046] 該実施形態における燃料噴射弁４０’から噴射される燃料噴霧１０a～１０fを図２８～図３１（上記第１実施形態の図２～図５に相当し、対応する部分には同一の符号が付されている）に示す。燃料噴射弁４０’は燃料噴霧１０aが点火プラグ４５側に来るように設置されている。この燃料噴射弁４０’から噴射される燃料噴霧１０a～１０fのうちの燃料噴霧１０c、１０e並びに燃料噴霧１０d、１０fの２本ずつをよども領域２２L、２２Rに指向させている。そのため、第１実施形態と同様に、燃料噴霧１０cと１０e並びに燃料噴霧１０dと１０fが干渉してタンブル流動に対して直交する方向に回転する強い空気流動を生成することができ、その結果、タンブル流動の影響を受けにくいよども領域２２L、２２Rに存在する空気を含む燃焼室２７内の混合気がむらなく攪拌され、燃焼室２７内の混合気濃度分布を均一にすることができ、これによって、粒子状物質（PM）の排出を効果的に抑えることができる。

[0047] なお、本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれることは言うまでもない。

[0048] 上記のようにエンジン暖機後は混合気むらをなくすことでPMを低減できるが、始動直後のファストアイドルにおいては未燃炭化水素の低減も必要である。そのために触媒早期活性化を図るが、その方法として点火リタードにより後燃えを促進して排気ガス温度を上昇させる手法がある。点火リタード時に安定した燃焼を実現するためには暖機条件とは逆に、点火プラグ周りに成層混合気を形成する必要がある。実施例１のファストアイドルでの動作を以下に示す。

[0049] エンジン回転数は1200r/minの無負荷条件であるが、点火時期を15degATDCに設定しているため、充填効率は50%相当となっている。混合気成層化によりPMを増加させないために、ファストアイドルでは燃料を２回に分けて噴射する。１回目の燃料噴射は均一な混合気を形成することを目的としており

、暖機条件と同じ噴射時期は100degATDCに設定している。2回目の燃料噴射は点火プラグ周りに理論混合比よりも少し高い成層混合気を形成することを目的としており、圧縮行程60degBTDCに設定される。この時、2回目の噴射割合は全体の4割に相当する量を噴射している。

[0050] 100degATDCで噴射された1回目の燃料は、噴霧により生成される空気流動によって均一な混合気を形成する(実施形態1の記述と同等であり省略)。

[0051] 2回目の60degBTDCでの燃料噴射直後の状態を図32～33に示す。60degBTDCではピストン冠面が上死点に近く、噴射された燃料はシリンダボア壁面ではなくピストン冠面に衝突する。そのため、1回目の噴射と異なり、噴霧によって生成された空気流動はピストン冠面に沿って流れることとなる。

[0052] 20degBTDCでの燃料の挙動を図34～35に示す。燃料噴霧10a, 10bはピストン冠面上で一つの塊になる。圧縮行程後期では燃焼室内の空気流動は減衰しており、燃料噴霧10a, 10bは噴霧で生成された空気流動にのって吸気側から排気側に向かって移動し、シリンダボア壁面に到達後は上昇流に変わり、点火プラグに向かって移動する。燃料噴霧10c, 10e及び燃料噴霧10d, 10fはピストン冠面に到達後、噴霧で生成された空気流動によってピストン冠面に沿ってシリンダボア壁面に向かって移動する。そしてシリンダボア壁面に到達後は上昇流に変わり、更にシリンダヘッド壁面に沿って内側に向かい、点火時期である15degATDCには点火プラグに混合気を形成する。圧縮行程後期に燃料を噴射するため拡散時間が短く、点火プラグ周りに成層混合気を形成することができる。このように本発明の燃料噴霧においても噴射時期を遅らせて暖機条件とは逆方向の空気流動を形成することで成層混合気を形成することができ、PM低減と未燃炭化水素低減の両立を図ることができる。

請求の範囲

- [請求項1] シリンダボアを左右に等分割する中央縦断面を挟んで左右対称的に一对の吸気ポートが設けられるとともに、前記中央縦断面上に燃料を燃焼室に直接噴射するマルチホール型の燃料噴射弁が配備されている筒内噴射式エンジンであって、
- 前記一对の吸気ポートの下流端部における左右方向の外端を通り前記中央縦断面に平行な左端縦断面及び右端縦断面とシリンダボア壁面とで画成される、横断面が弓形状の左右の領域に、それぞれ前記燃料噴射弁から噴射される燃料噴霧が2本以上指向するようにされていることを特徴とする筒内噴射式エンジン。
- [請求項2] シリンダボアを左右に等分割する中央縦断面を挟んで左右対称的に一对の吸気ポートが設けられるとともに、前記中央縦断面上に燃料を燃焼室に直接噴射するマルチホール型の燃料噴射弁が配備されている筒内噴射式エンジンであって、
- 前記燃料噴射弁から噴射される各燃料噴霧は、その中心軸線とシリンダボア壁面とが交差する点を噴霧交点として、前記一对の吸気ポートの下流端部における左右方向の外端を通り前記中央縦断面に平行な左端縦断面及び右端縦断面より外側に、前記噴霧交点が左右にそれぞれ2個以上ずつ合計4個以上存在するようにされていることを特徴とする筒内噴射式エンジン。
- [請求項3] 前記燃料噴霧は、前記中央縦断面を中心として左右対称的に形成されることを特徴とする請求項1又は2に記載の筒内噴射式エンジン。
- [請求項4] 前記2本以上指向するもしくは前記2個以上存在する前記左右対称的な燃料噴霧の各々は、右左のなす角度が前記他の左右対称的な燃料噴霧と異なることを特徴とする請求項3に記載の筒内噴射式エンジン。
- [請求項5] 暖機後の所定運転条件下では、前記横断面弓形状の左右の領域を指向する燃料噴霧がピストン冠面に衝突することなくシリンダボア壁面

に到達するようにされていることを特徴とする請求項 1 に記載の筒内噴射式エンジン。

[請求項6] シリンダボアを左右に等分割する中央縦断面を挟んで左右対称的に一对の吸気ポートが設けられるとともに、前記中央縦断面上に燃料を燃焼室に直接噴射するマルチホール型の燃料噴射弁が配備されている筒内噴射式エンジンの燃料噴射方法であって、

前記一对の吸気ポートの下流端部における左右方向の外端を通り前記中央縦断面に平行な左端縦断面及び右端縦断面とシリンダボア壁面とで画成される、横断面が弓形状の左右の領域に、それぞれ前記燃料噴射弁から噴射される燃料噴霧を 2 本以上指向させることにより、タンブル流動に対して略直交する方向に強い空気流動を生成することを特徴とする筒内噴射式エンジンの燃料噴射方法。

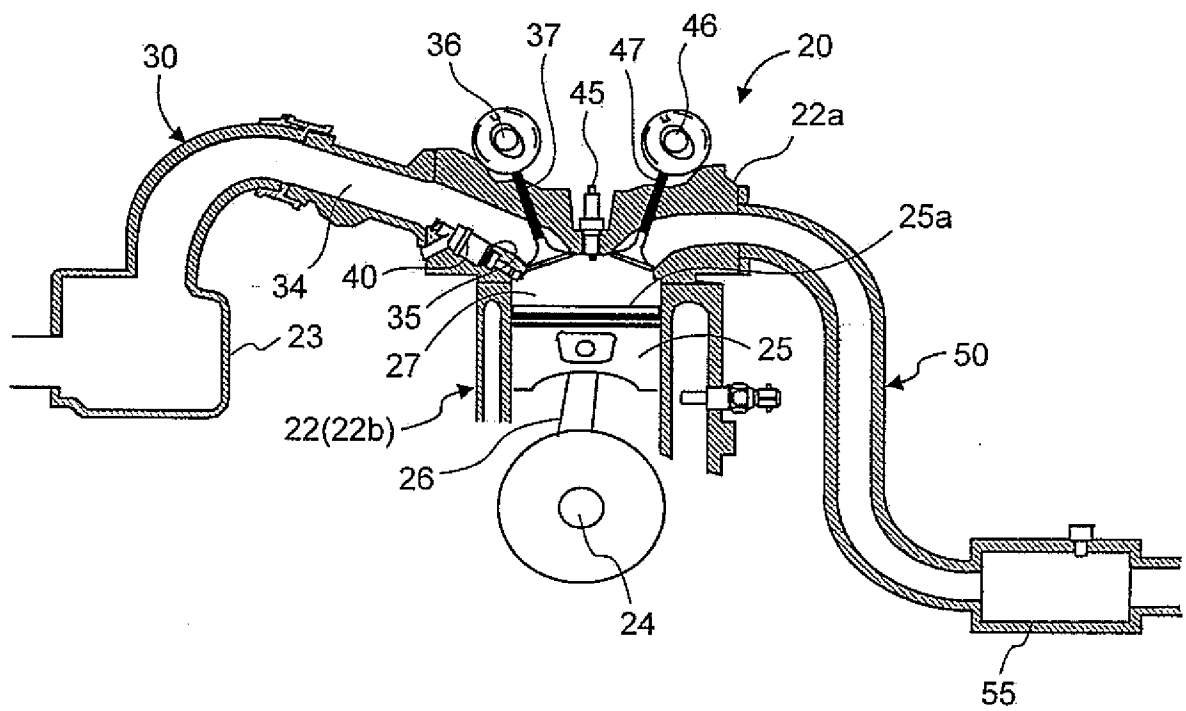
[請求項7] シリンダボアを左右に等分割する中央縦断面を挟んで左右対称的に一对の吸気ポートが設けられるとともに、前記中央縦断面上に燃料を燃焼室に直接噴射するマルチホール型の燃料噴射弁が配備されている筒内噴射式エンジンの燃料噴射方法であって、

前記燃料噴射弁から噴射される各燃料噴霧の中心軸線とシリンダボア壁面とが交差する点を噴霧交点として、前記一对の吸気ポートの下流端部における左右方向の外端を通り前記中央縦断面に平行な左端縦断面及び右端縦断面より外側に、前記噴霧交点を左右にそれぞれ 2 個以上ずつ合計 4 個以上存在させることを特徴とする筒内噴射式エンジンの燃料噴射方法。

[請求項8] 暖機後の所定運転条件下では、前記横断面弓形状の左右の領域を指向する燃料噴霧がピストン冠面に衝突することなくシリンダボア壁面に到達するように燃料噴射時期を設定することを特徴とする請求項 6 に記載の筒内噴射式エンジンの燃料噴射方法。

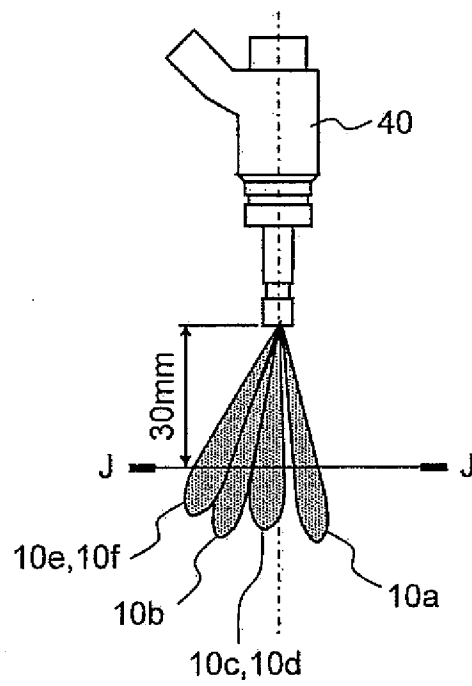
[図1]

図 1



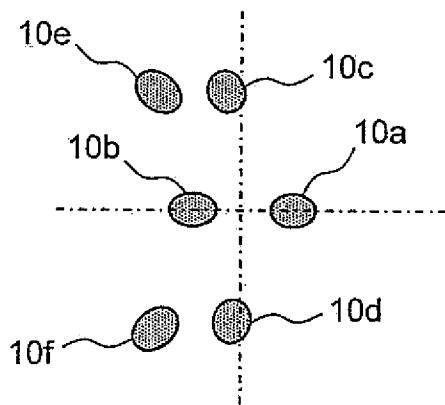
[図2]

図 2



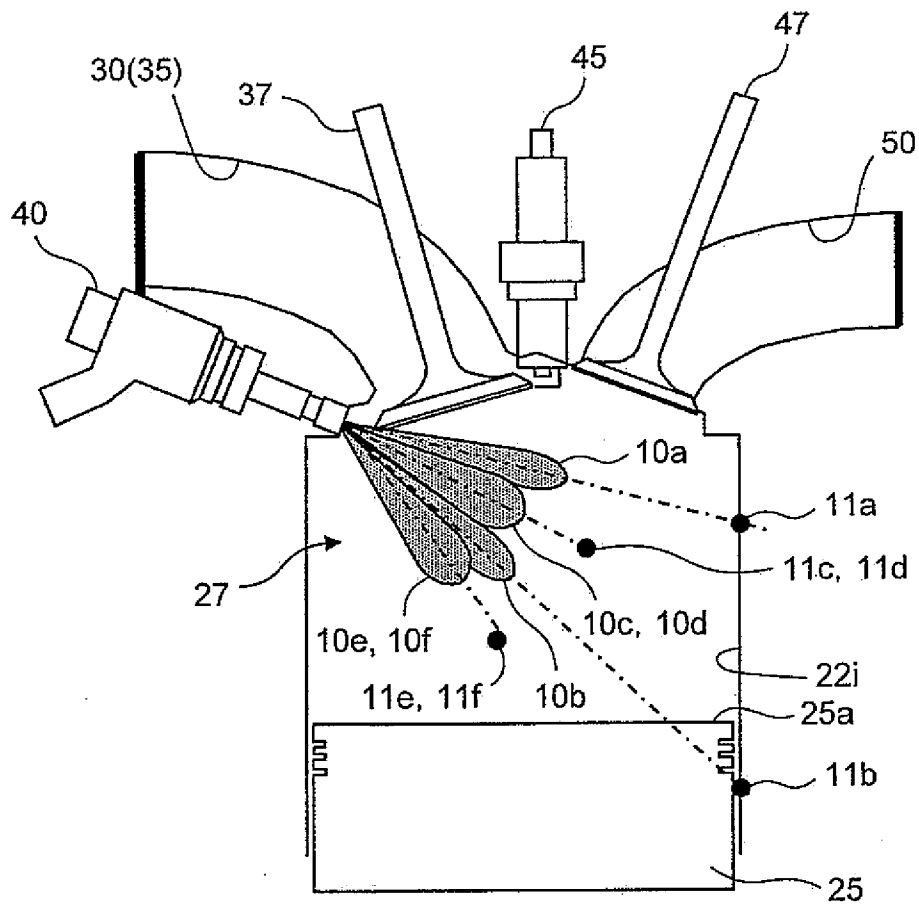
[図3]

図 3



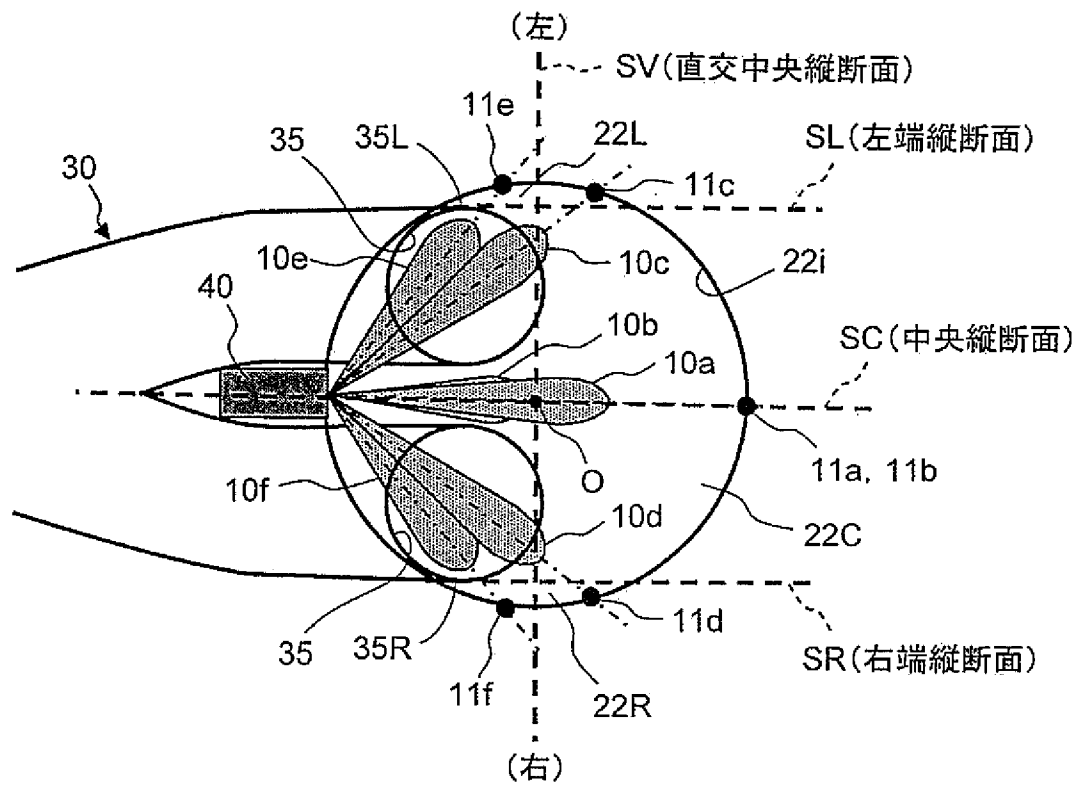
[図4]

図 4



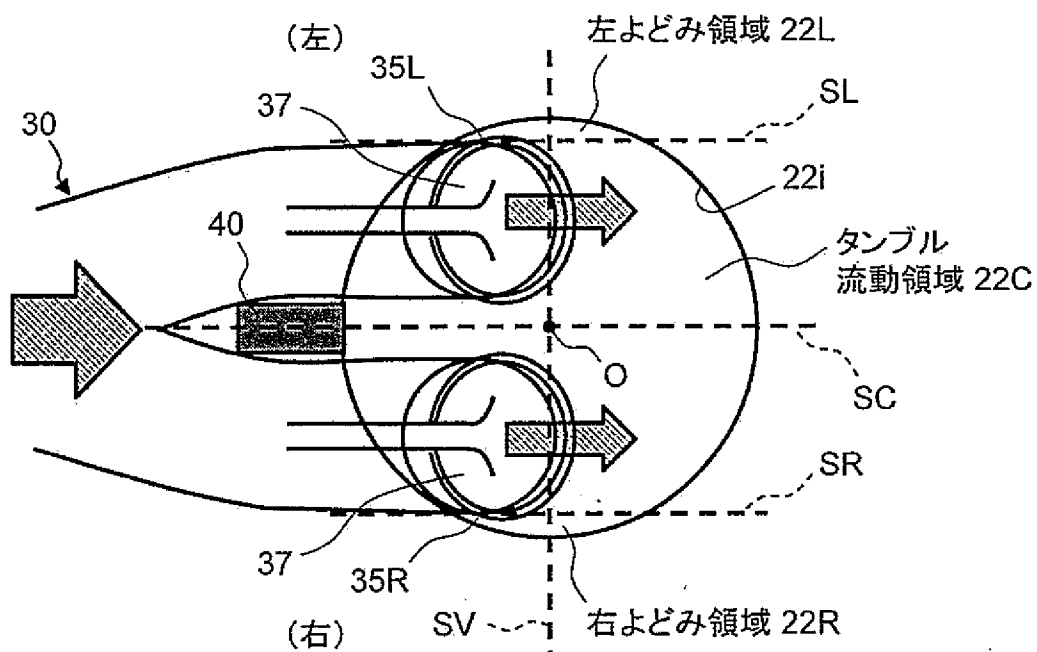
[図5]

図 5



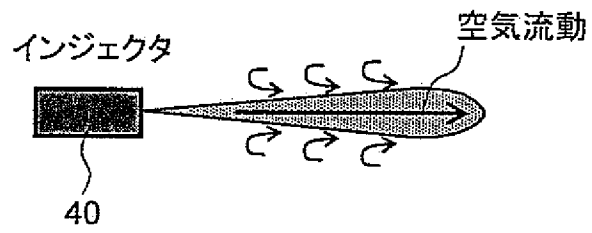
[図6]

図 6



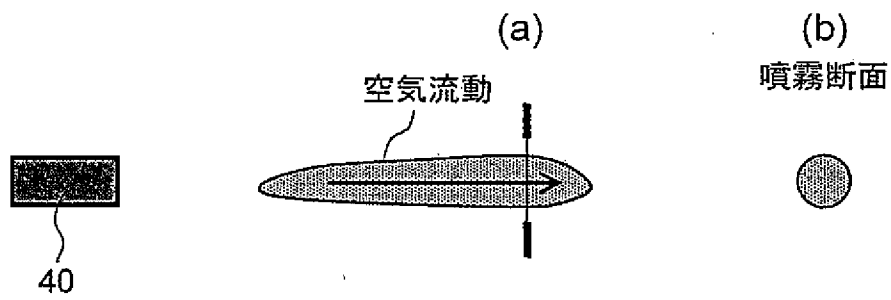
[図7]

図 7



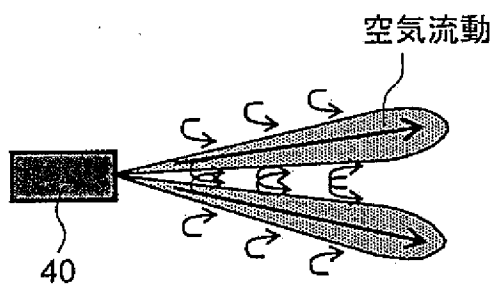
[図8]

図 8



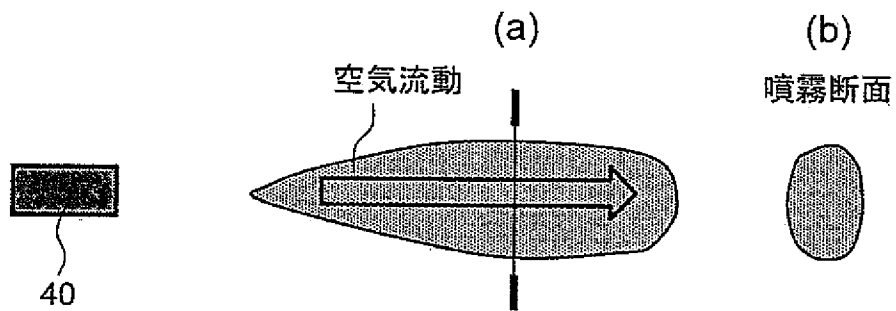
[図9]

図 9



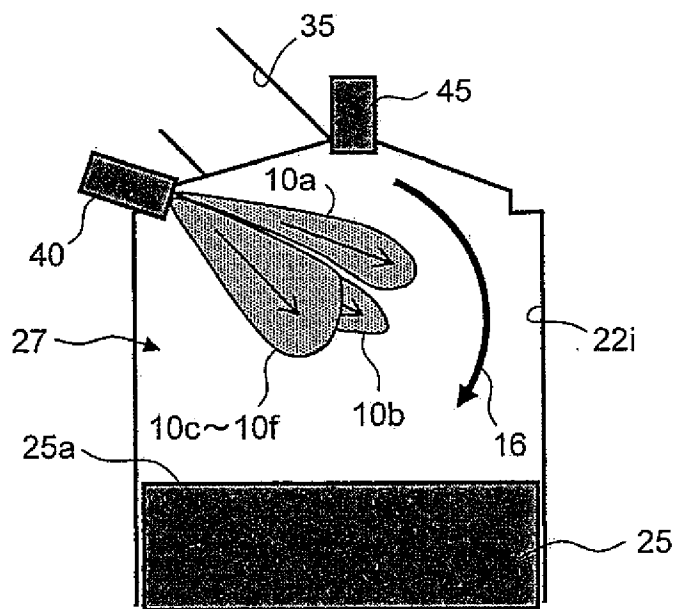
[図10]

図 1 0



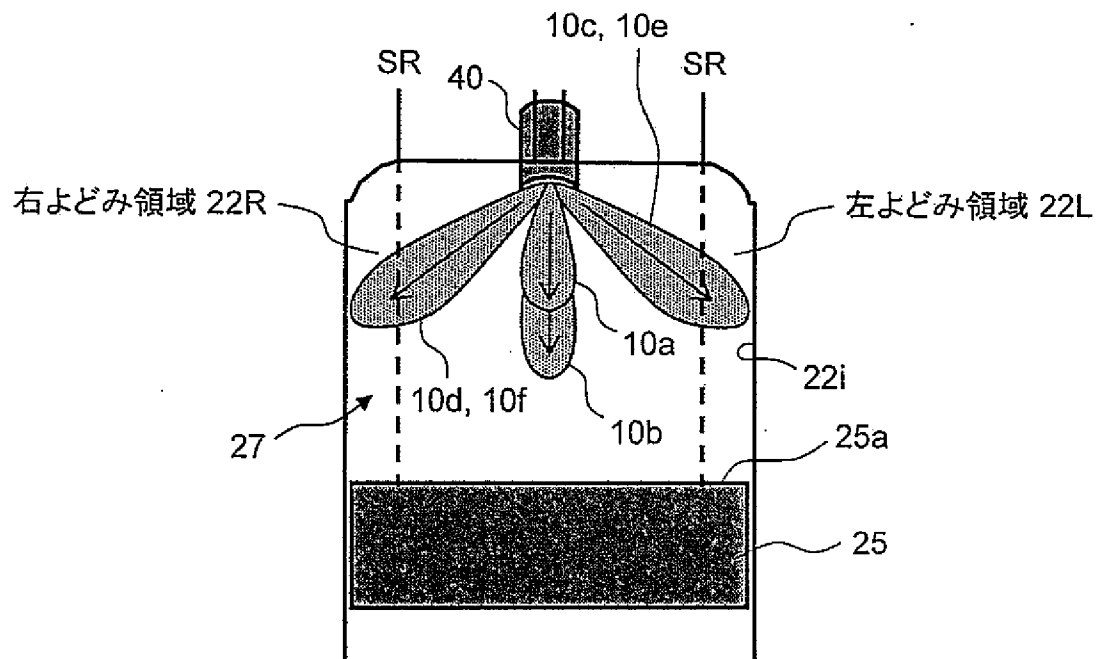
[図11]

図 1 1



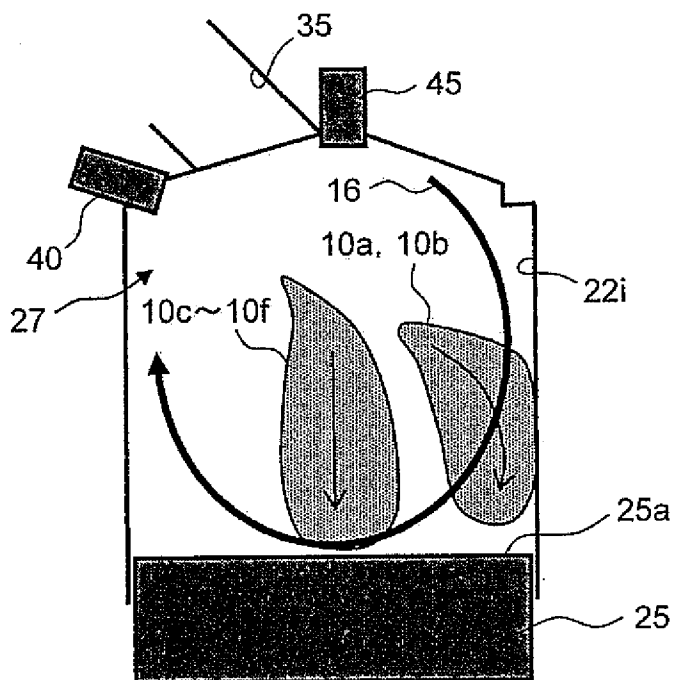
[図12]

図 1 2



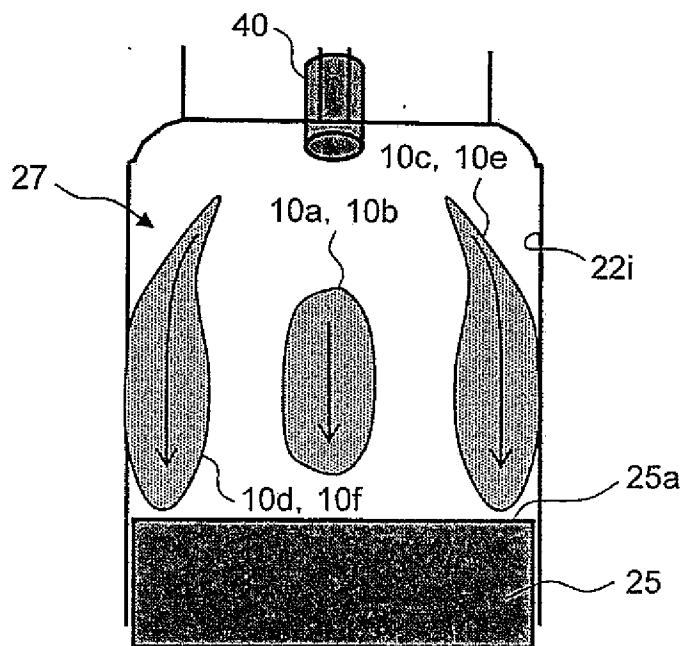
[図13]

図 1 3



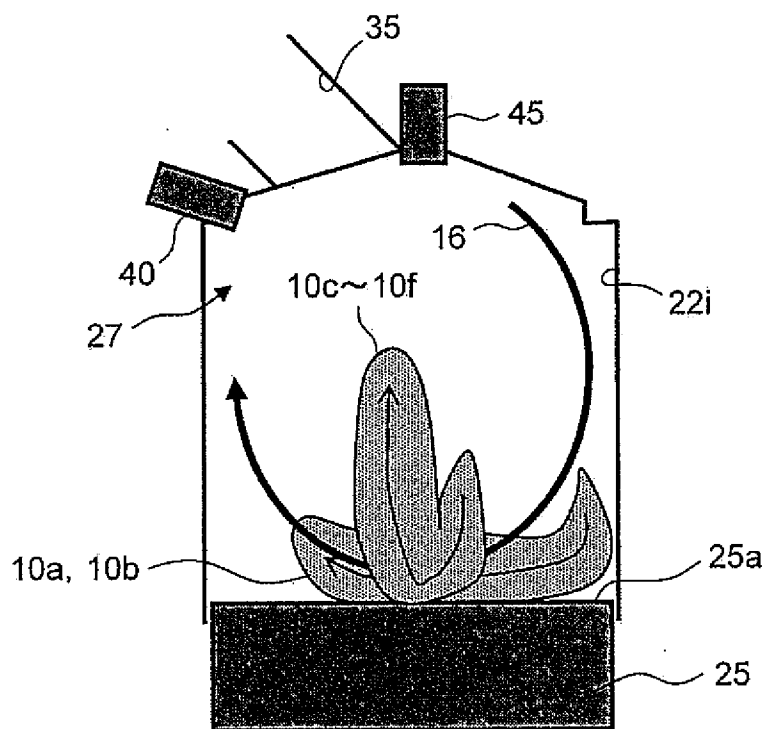
[図14]

図 1 4



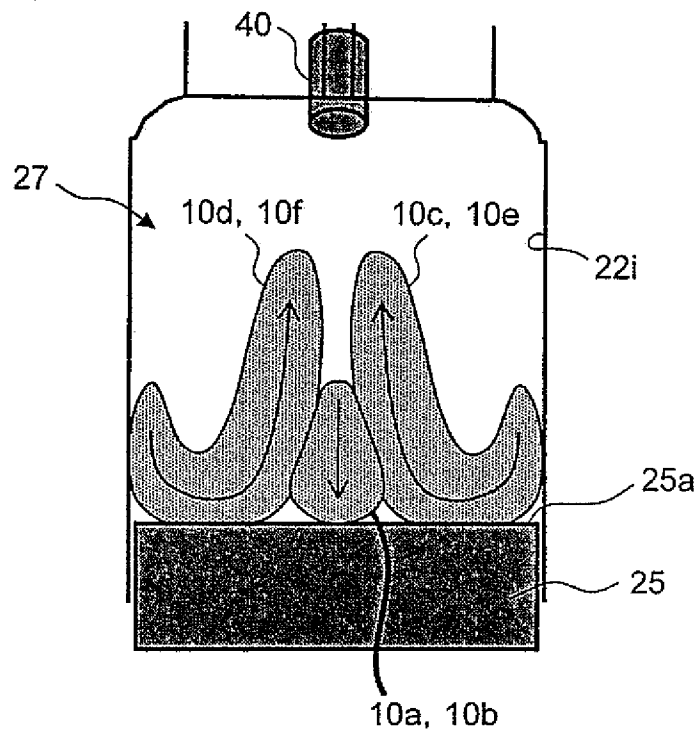
[図15]

図 1 5



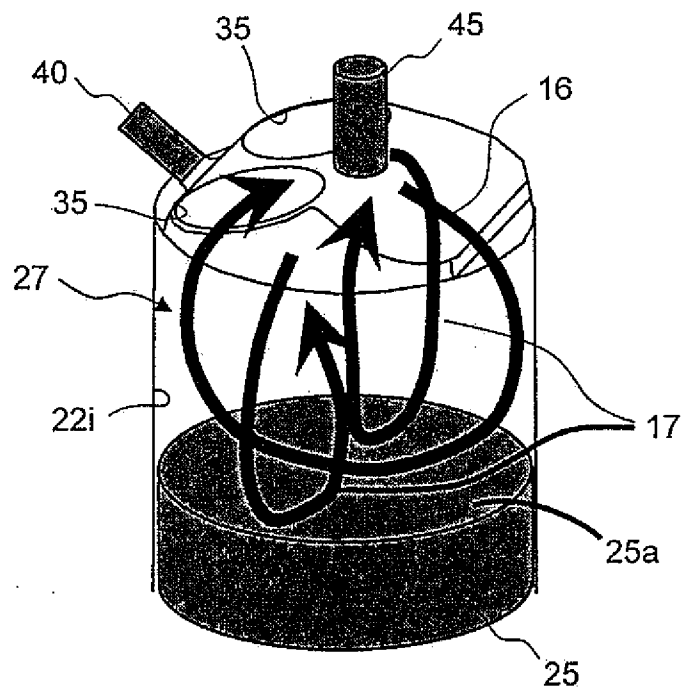
[図16]

図 1 6



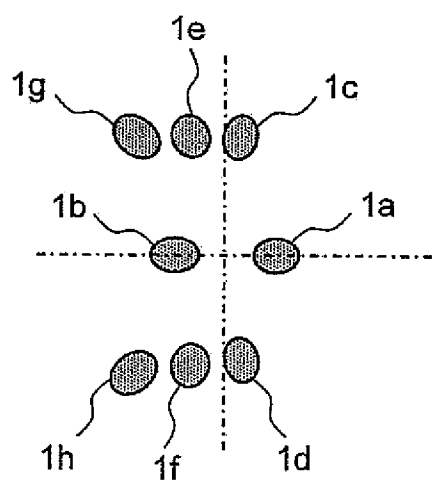
[図17]

図 1 7



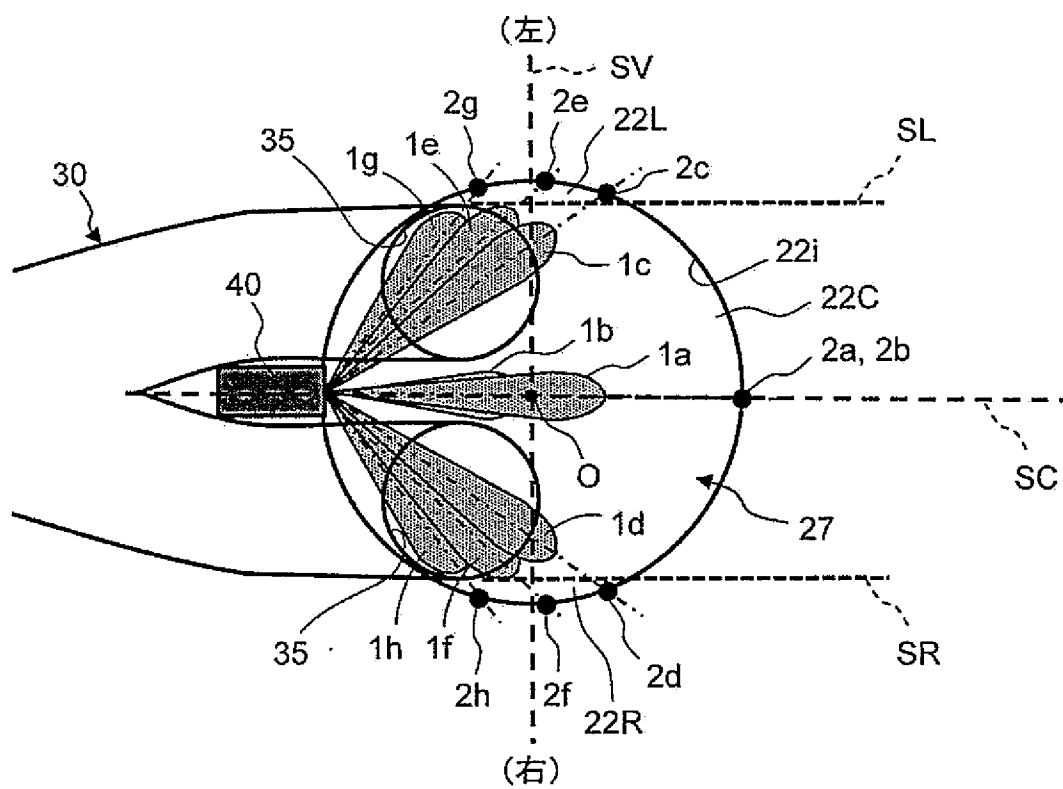
[図18]

図 18



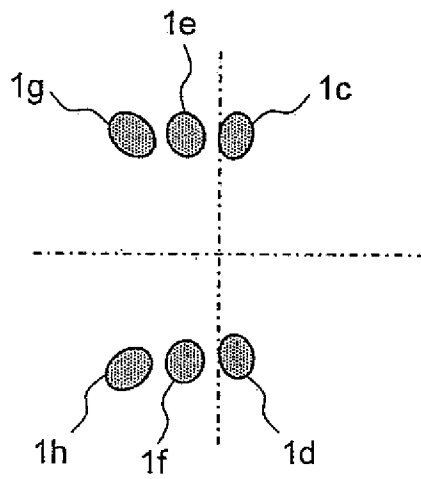
[図19]

図 19



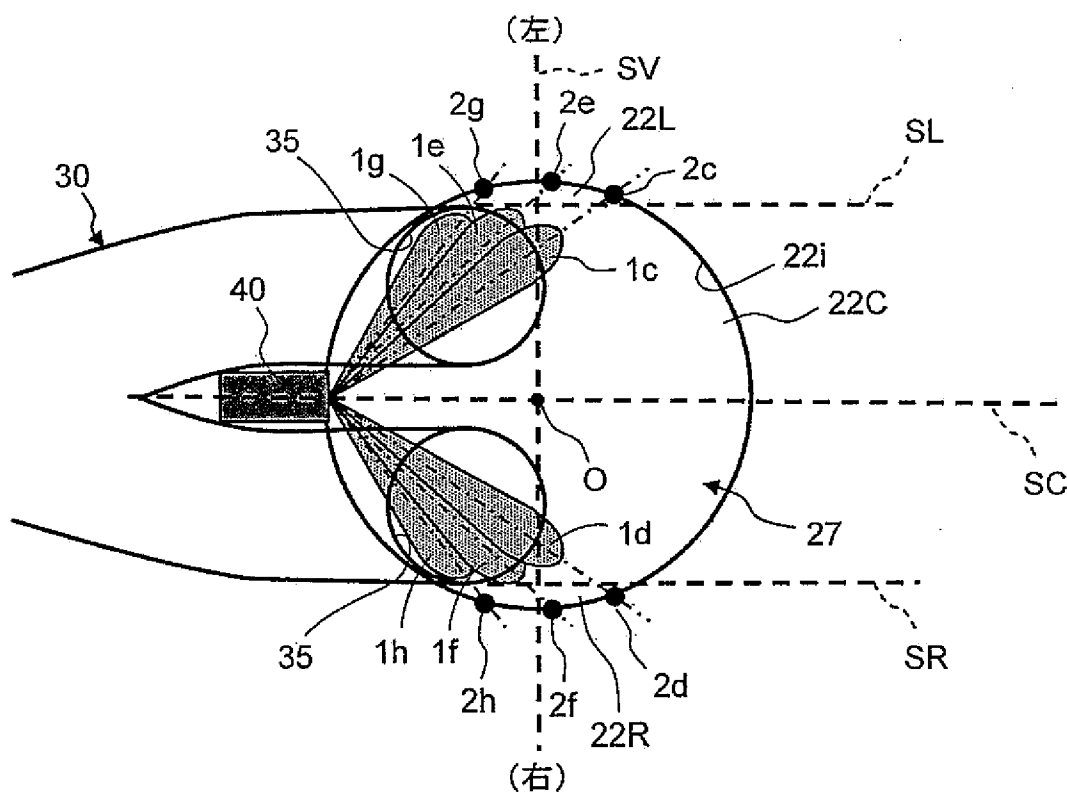
[図20]

図 20



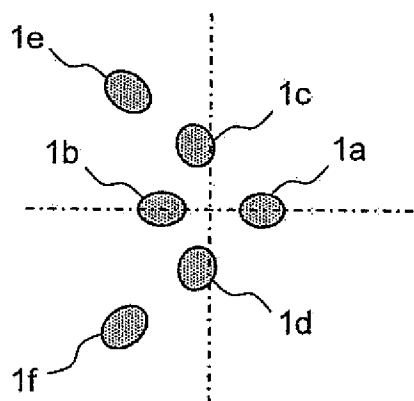
[図21]

図 21



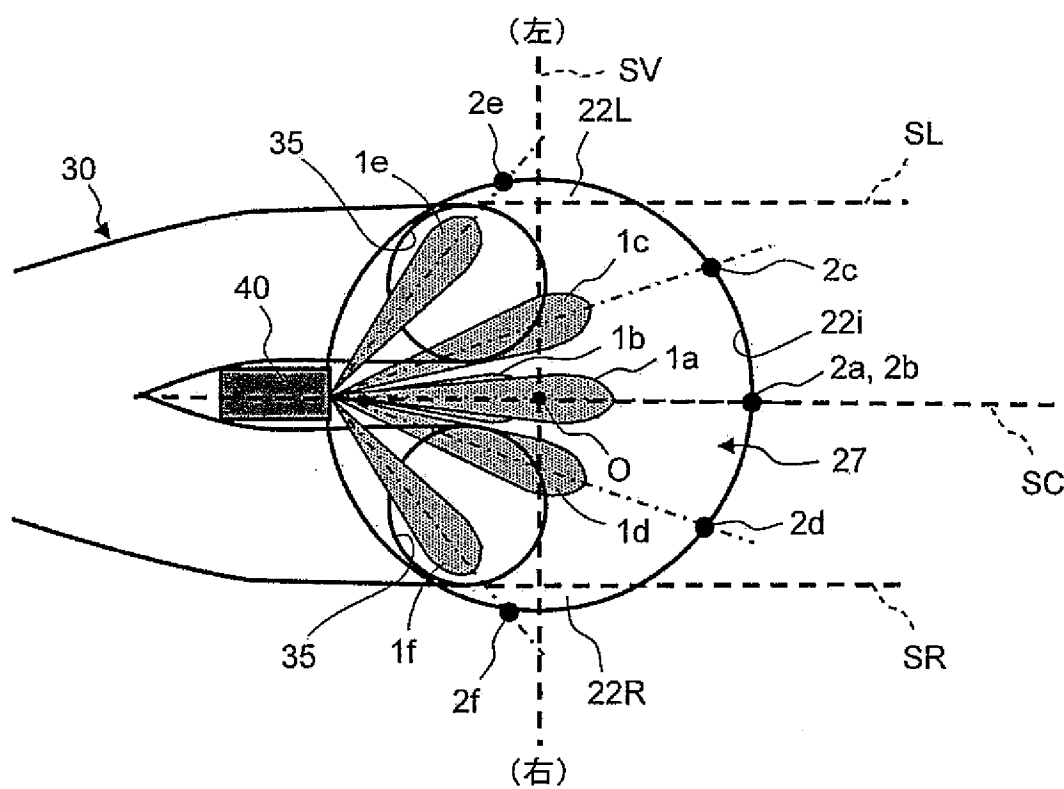
[図22]

図 2 2



[図23]

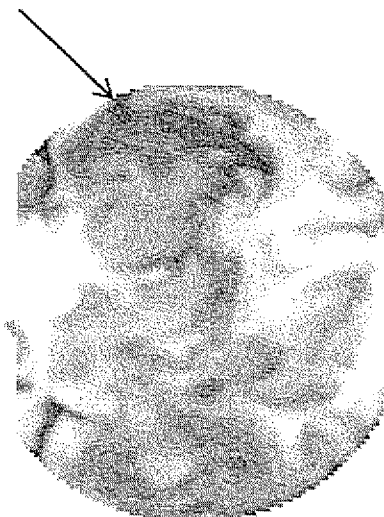
図 2 3



[図24]

図 2 4

<従来例>

当量比2以上の
PM発生領域

[図25]

図 2 5

<本発明>

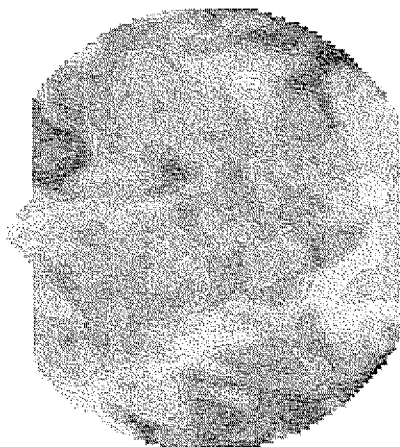


图 26

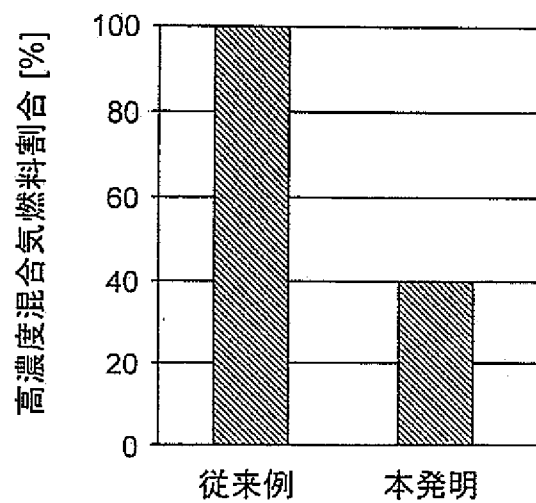
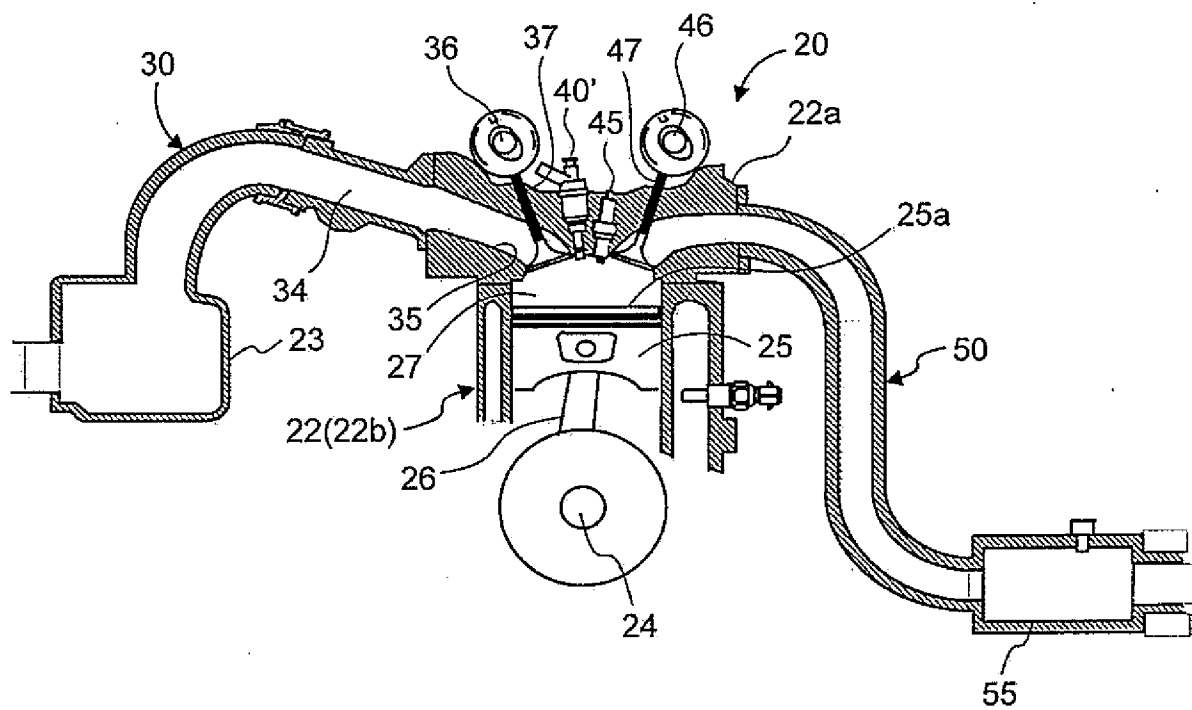
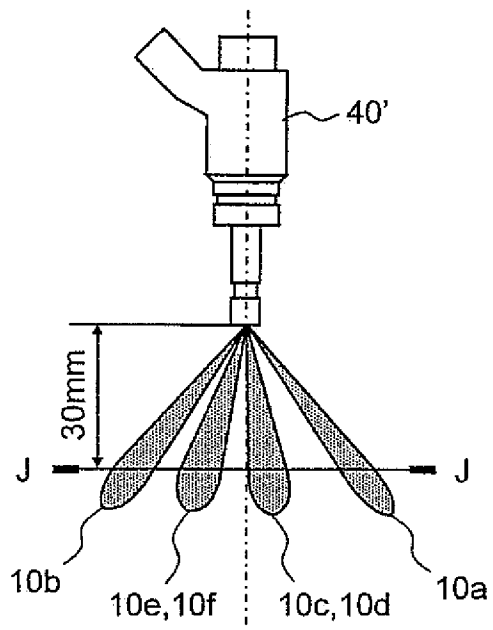


図 27



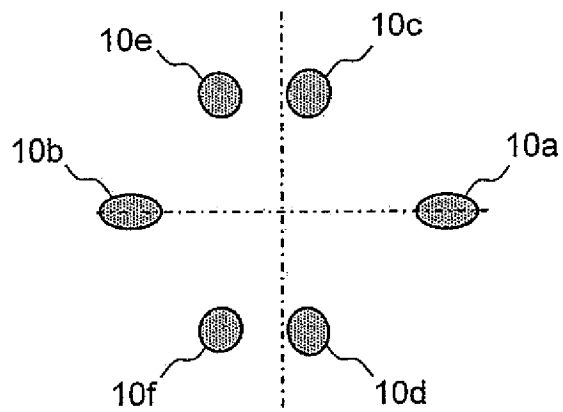
[図28]

図 28



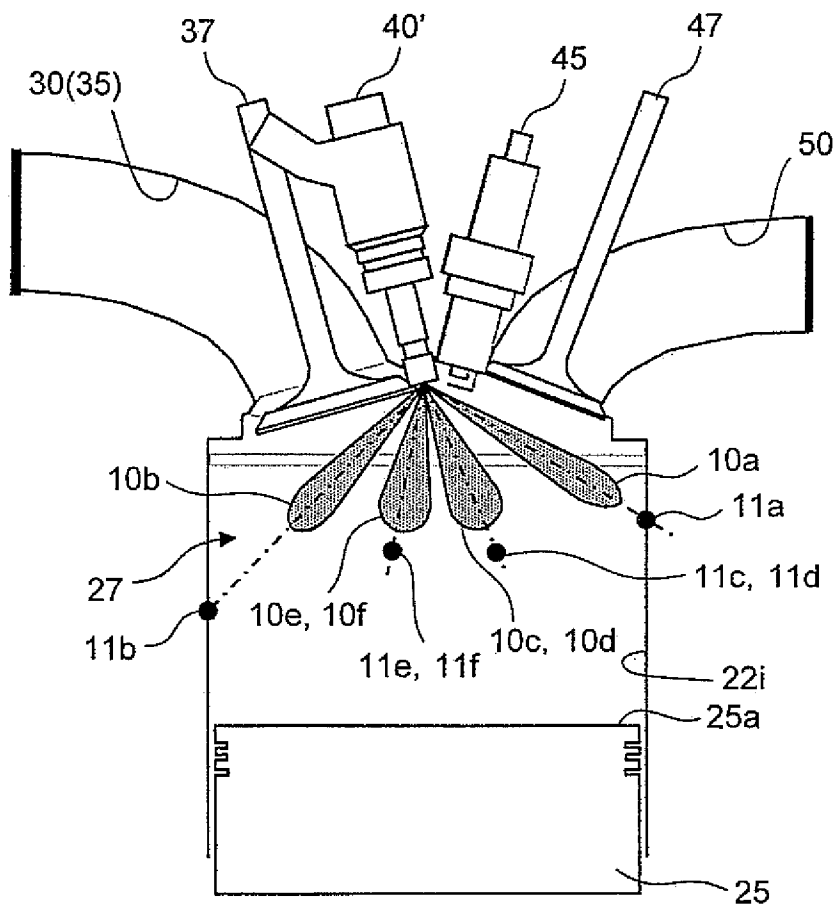
[図29]

図 29



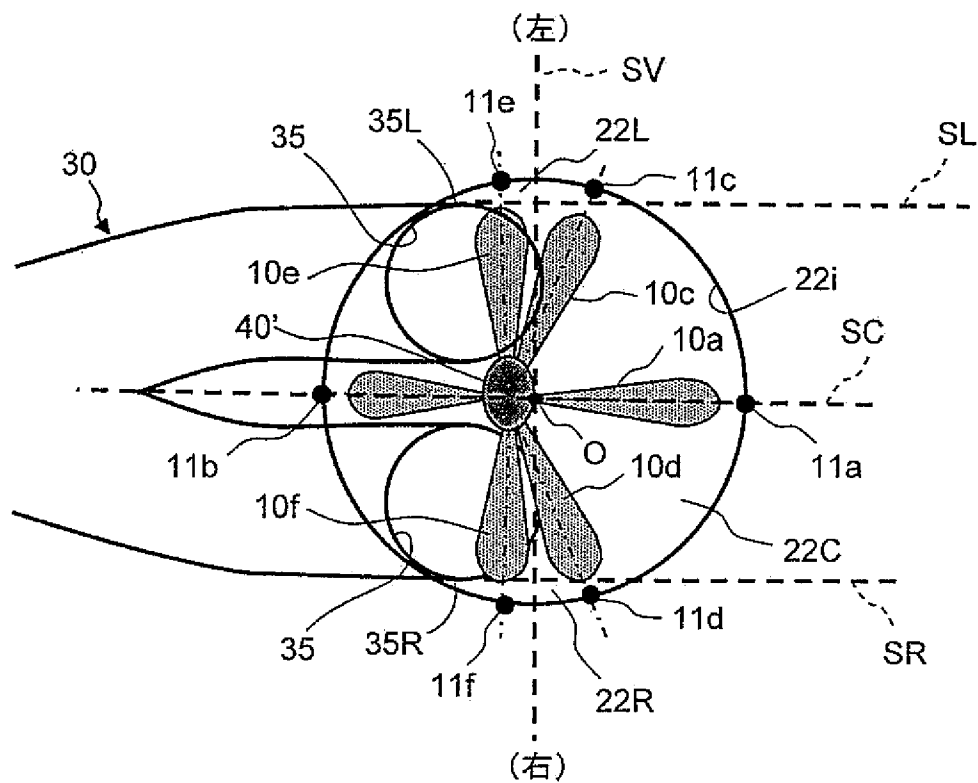
[図30]

図 30



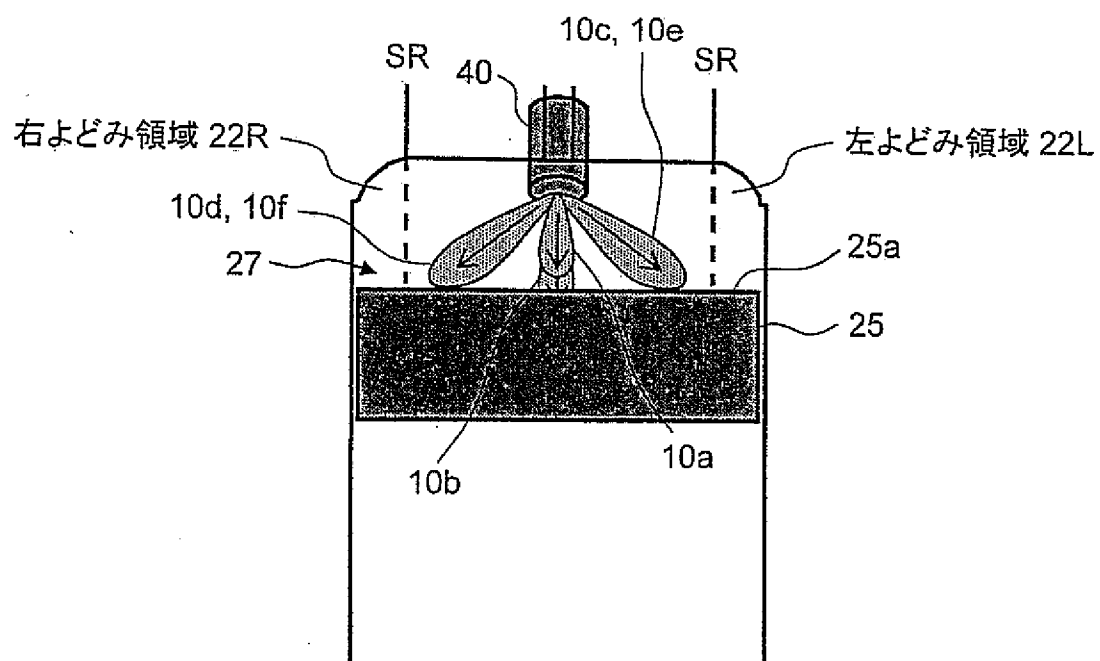
[図31]

図 3 1



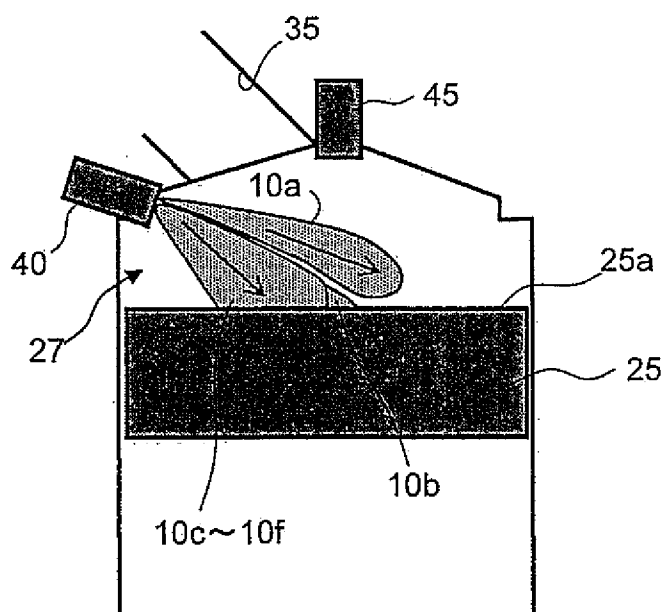
[図32]

図 3 2



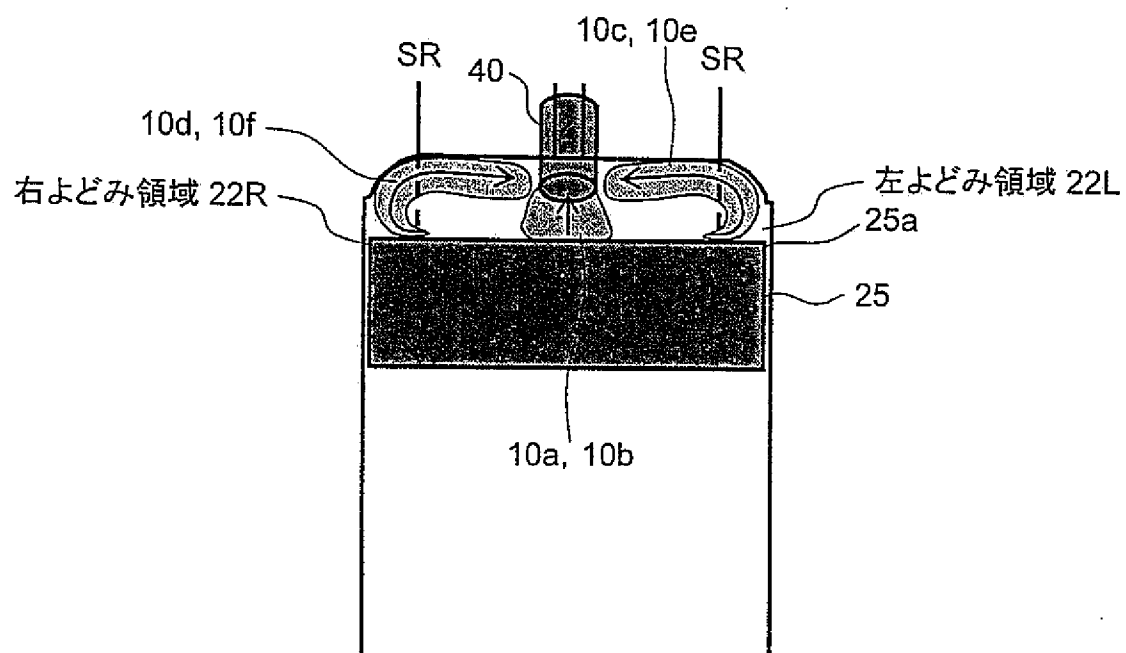
[図33]

図 3 3



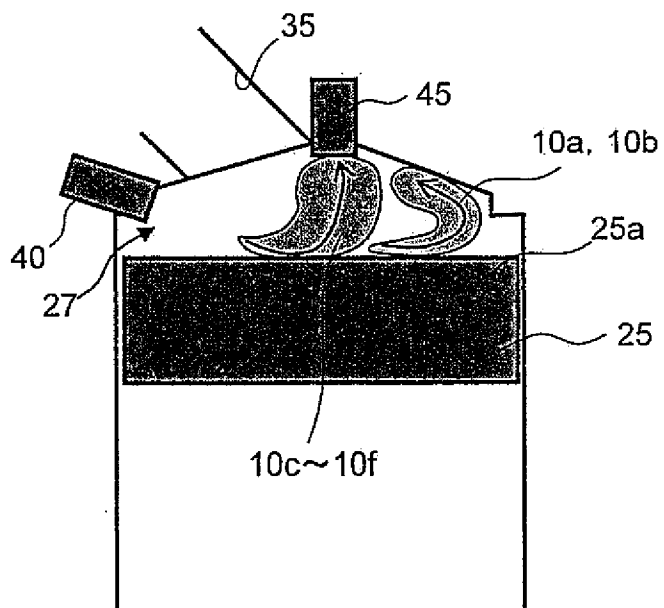
[図34]

図 3 4



[図35]

図 3 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/061848

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02B23/10 (2006.01) i, F02D41/04 (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)

F02B23/10, F02D41/04

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 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

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 2010-31724 A (Toyota Motor Corp.), 12 February 2010 (12.02.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
Y	JP 2009-293443 A (Denso Corp.), 17 December 2009 (17.12.2009), paragraphs [0029], [0030], [0035]; fig. 1, 9 & DE 102009002323 A1	1-8



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

23 July, 2012 (23.07.12)

Date of mailing of the international search report

31 July, 2012 (31.07.12)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. F02B23/10(2006.01)i, F02D41/04(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. F02B23/10, F02D41/04		
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 1971-2012年 日本国実用新案登録公報 1996-2012年 日本国登録実用新案公報 1994-2012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
Y	JP 2010-31724 A（トヨタ自動車株式会社）2010.02.12, 全文、全図（ファミリーなし）	1-8
Y	JP 2009-293443 A（株式会社デンソー）2009.12.17, 段落0029、段落0030、段落0035、第1図、第9図 & DE 102009002323 A1	1-8
☐ 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 23.07.2012	国際調査報告の発送日 31.07.2012	
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） 山田 由希子 電話番号 03-3581-1101 内線 3355	3G 3023