

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年12月24日(24.12.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/255943 A1

(51) 国際特許分類:
F02M 51/06 (2006.01) *F02M 61/18* (2006.01)

愛知県大府市中央町2丁目188番地 デン
ソーテクノ株式会社内 Aichi (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/023522

(22) 国際出願日: 2020年6月16日(16.06.2020)

(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 2019-114737 2019年6月20日(20.06.2019) 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).

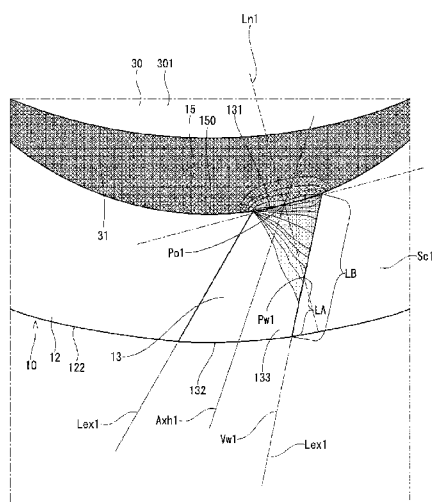
(72) 発明者: 加藤 典嗣 (KATOU Noritsugu);
〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
株式会社デンソー内 Aichi (JP). 鬼頭 孝範
(KITOU Takanori); 〒4488661 愛知県刈谷市昭
和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi
(JP). 吉留 紗緒(YOSHIDOME Sao); 〒4740025

(74) 代理人: 服部 雅紀 (HATTORI Masaki);
〒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 服部
国際特許事務所 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,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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.

(54) Title: FUEL INJECTION VALVE

(54) 発明の名称: 燃料噴射弁



(57) Abstract: A nozzle hole (13) is formed so that a normal line (Ln1) of a sack wall surface (150) in an opening intersection point (Po1), which is an intersection point between a nozzle hole axis (Axl1) and an entrance opening part (131), crosses a nozzle hole inner wall (133) or a virtual inner wall (VW1) extending through the nozzle hole inner wall (133) toward a side opposite from a nozzle tube part (11). In a cross section made by a virtual surface (Sc1) including the nozzle hole axis (Axl1), the nozzle hole (13) is formed so that $LA/LB > -0.2$, where LA is the distance from an exit opening part (132) to an inner wall intersection point (Pw1), which is an intersection point between the normal line (Ln1) and the nozzle hole inner wall (133) or the virtual inner wall (VW1), and LB is a nozzle hole length, which is the length of the nozzle hole inner wall (133) between the entrance opening part (131) and the exit opening part (132), on the side where the inner wall intersection point (Pw1) is formed.



WO 2020/255943 A1

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

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 噴孔 (13) は、噴孔軸 ($A \times h1$) と入口開口部 (131) との交点である開口交点 ($Po1$) におけるサック壁面 (150) の法線 ($Ln1$) が、噴孔内壁 (133)、または、噴孔内壁 (133) をノズル筒部 (11) とは反対側へ延長した仮想内壁 ($VW1$) に交わるよう形成されている。噴孔軸 ($A \times h1$) を含む仮想面 ($Sc1$) による断面において、出口開口部 (132) から法線 ($Ln1$) と噴孔内壁 (133) または仮想内壁 ($VW1$) との交点である内壁交点 ($Pw1$) までの距離を LA 、内壁交点 ($Pw1$) が形成される側の噴孔内壁 (133) の入口開口部 (131) と出口開口部 (132) との間の長さである噴孔長を LB とすると、噴孔 (13) は、 $LA/LB > -0.2$ となるよう形成されている。

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、2019年6月20日に出願された特許出願番号2019-114737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] 近年、高圧の燃料を噴射可能な燃料噴射弁において、燃料噴霧の微粒化や低ペネトレーション化が求められている。

例えば特許文献1の燃料噴射弁では、弁座とニードルとの間で燃料を整流し、噴孔内壁に衝突させ、液膜を形成することで、燃料噴霧の微粒化および低ペネトレーション化を図っている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特表2010-508468号公報

発明の概要

[0005] しかしながら、特許文献1の燃料噴射弁では、燃料噴射弁内の燃料の圧力が高くなるに従い、弁座とニードルとの間における圧損が大きくなるおそれがある。当該圧損が大きくなると、高圧の圧力エネルギーを有効に活用できず、燃料噴霧を十分に微粒化できなくなるおそれがある。

[0006] 本開示の目的は、燃料の圧力エネルギーを活用し、燃料噴霧を効果的に微粒化可能な燃料噴射弁を提供することにある。

[0007] 本開示に係る燃料噴射弁は、ノズルとニードルと駆動部とを備えている。ノズルは、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からノズル筒部とは反対側へ凹み内側にサック室を形成するサック壁面、サック壁面の周囲に形成される環

状の弁座、および、サック壁面とノズル底部の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を有する。

[0008] ニードルは、ノズルの内側で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。

[0009] ニードルが弁座から最も離間したときの弁座とニードルとの間の流路面積の最小値をシート絞り面積 A_s 、噴孔の流路面積の最小値を噴孔絞り面積 A_h とすると、 $A_s > A_h$ である。噴孔は、サック壁面に形成される入口開口部、ノズル底部のノズル筒部とは反対側の面に形成される出口開口部、および、入口開口部と出口開口部とを接続する噴孔内壁を有する。

[0010] 噴孔の少なくとも1つは、噴孔内壁が入口開口部側から出口開口部側へ向かうに従い噴孔の軸である噴孔軸から離れるようテーパ状に形成されたテーパ噴孔である。テーパ噴孔の少なくとも1つは、噴孔軸と入口開口部との交点である開口交点におけるサック壁面の法線が、噴孔内壁、または、噴孔内壁をノズル筒部とは反対側へ延長した仮想内壁に交わるよう形成されている。

[0011] 本開示では、 $A_s > A_h$ のため、燃料は、弁座とニードルとの間で絞られることが抑制され、圧損の小さい状態でサック室に流入する。そのため、サック室に流入した燃料は、噴孔軸と入口開口部との交点である開口交点におけるサック壁面の法線に沿って流れ、噴孔内壁に衝突する。高圧の燃料が噴孔内壁に衝突することにより、噴孔内で液膜が効果的に形成される。したがって、燃料の圧力エネルギーを活用し、噴孔から噴射される燃料噴霧を効果的に微粒化することができる。

[0012] また、本開示では、噴孔軸を含む仮想面による断面において、出口開口部から法線と噴孔内壁または仮想内壁との交点である内壁交点までの距離を L_A 、内壁交点が形成される側の噴孔内壁の入口開口部と出口開口部との間の長さである噴孔長を L_B とすると、テーパ噴孔は、 $L_A / L_B > -0.2$ となるよう形成されている。そのため、高圧の燃料を噴孔内壁に効果的に衝突

させることができ、噴孔内で液膜を効果的に形成することができる。したがって、噴孔から噴射される燃料噴霧をより一層効果的に微粒化することができる。

図面の簡単な説明

- [0013] 本開示についての上記目的およびその他の目的、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、第1実施形態による燃料噴射弁を示す断面図であり、
- [図2]図2は、第1実施形態による燃料噴射弁を内燃機関に適用した状態を示す図であり、
- [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を矢印ⅠⅤ方向から見た図であり、
- [図5]図5は、図4のⅤ－Ⅴ線断面図であり、
- [図6]図6は、第1実施形態による燃料噴射弁の噴孔およびその近傍を示す断面図であり、
- [図7]図7は、第1実施形態による燃料噴射弁の噴孔に関し、内壁交点、出口開口部から内壁交点までの距離、および、噴孔長の定義の仕方について説明するための図であり、
- [図8]図8は、第1実施形態による燃料噴射弁の噴孔に関し、内壁交点、出口開口部から内壁交点までの距離、および、噴孔長の定義の仕方について説明するための図であり、
- [図9]図9は、第1実施形態による燃料噴射弁の噴孔に関し、微粒化指標と内壁交点の位置との関係を示す図であり、
- [図10]図10は、第2実施形態による燃料噴射弁の噴孔およびその近傍を示す断面図であり、
- [図11]図11は、第3実施形態による燃料噴射弁の噴孔およびその近傍を示す断面図であり、
- [図12]図12は、第4実施形態による燃料噴射弁の噴孔およびその近傍を示す断面図であり、

[図13]図13は、第5実施形態による燃料噴射弁の噴孔およびその近傍を示す図であり、

[図14]図14は、第6実施形態による燃料噴射弁の噴孔およびその近傍を示す図であり、

[図15]図15は、第6実施形態による燃料噴射弁の真円噴孔を含む断面図であり、

[図16]図16は、第6実施形態による燃料噴射弁の真円噴孔を示す模式図であり、

[図17]図17は、第6実施形態による燃料噴射弁の非真円噴孔を示す模式図であり、

[図18]図18は、第6実施形態による燃料噴射弁の非真円噴孔を示す模式図であり、

[図19]図19は、第6実施形態による燃料噴射弁の燃料噴射中の非真円噴孔を示す図であり、

[図20]図20は、第6実施形態による燃料噴射弁の非真円噴孔を含む断面図であり、

[図21]図21は、第6実施形態による燃料噴射弁の非真円噴孔を含む断面図であり、

[図22]図22は、第6実施形態による燃料噴射弁の仮想非真円錐を説明するための図であり、

[図23]図23は、第6実施形態による燃料噴射弁の非真円噴孔の「噴孔開き角」と「非真円噴孔の形状に起因して増大する燃料噴霧の開き角」との関係を示す図であり、

[図24]図24は、第6実施形態による燃料噴射弁の非真円噴孔の噴孔軸の定義の仕方について説明するための図であり、

[図25]図25は、第6実施形態による燃料噴射弁の非真円噴孔の噴孔軸の定義の仕方について説明するための図であり、

[図26]図26は、第6実施形態による燃料噴射弁の非真円噴孔の噴孔軸の定

義の仕方について説明するための図であり、

[図27]図27は、第6実施形態による燃料噴射弁の非真円噴孔の噴孔軸の定義の仕方について説明するための図であり、

[図28]図28は、第6実施形態による燃料噴射弁の非真円噴孔の噴孔軸の定義の仕方について説明するための図であり、

[図29]図29は、第6実施形態による燃料噴射弁の非真円噴孔の噴孔軸の定義の仕方について説明するための図であり、

[図30]図30は、第6実施形態による燃料噴射弁の「噴孔開き角」と「噴霧開き角」との関係を示す図であり、

[図31]図31は、第6実施形態による燃料噴射弁の燃料噴射終了時の非真円噴孔を示す図であり、

[図32]図32は、第6実施形態による燃料噴射弁の燃料噴射終了時の非真円噴孔を示す断面図であり、

[図33]図33は、第7実施形態による燃料噴射弁の非真円噴孔を示す模式図であり、

[図34]図34は、第7実施形態による燃料噴射弁の非真円噴孔を示す模式図であり、

[図35]図35は、第7実施形態による燃料噴射弁の非真円噴孔の噴孔軸の定義の仕方について説明するための図であり、

[図36]図36は、第7実施形態による燃料噴射弁の非真円噴孔の噴孔軸の定義の仕方について説明するための図であり、

[図37]図37は、第7実施形態による燃料噴射弁の非真円噴孔の噴孔軸の定義の仕方について説明するための図であり、

[図38]図38は、第7実施形態による燃料噴射弁の非真円噴孔の噴孔軸の定義の仕方について説明するための図であり、

[図39]図39は、第7実施形態による燃料噴射弁の非真円噴孔の噴孔軸の定義の仕方について説明するための図であり、

[図40]図40は、第7実施形態による燃料噴射弁の非真円噴孔の噴孔軸の定

義の仕方について説明するための図であり、

[図41]図4 1は、第7実施形態による燃料噴射弁の「噴孔開き角」と「噴霧開き角」との関係を示す図であり、

[図42]図4 2は、第8実施形態による燃料噴射弁のノズル底部および噴孔を示す図であり、

[図43]図4 3は、第9実施形態による燃料噴射弁の噴孔およびその近傍を示す図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、複数の実施形態による燃料噴射弁を図面に基づき説明する。なお、複数の実施形態において実質的に同一の構成部位には同一の符号を付し、説明を省略する。また、複数の実施形態において実質的に同一の構成部位は、同一または同様の作用効果を奏する。

(第1実施形態)

[0015] 第1実施形態による燃料噴射弁を図1に示す。燃料噴射弁1は、例えば内燃機関としてのガソリンエンジン（以下、単に「エンジン」という）80に適用され、燃料としてのガソリンを噴射しエンジン80に供給する（図2参照）。

[0016] 図2に示すように、エンジン80は、円筒状のシリンダブロック81、ピストン82、シリンダヘッド90、吸気弁95、排気弁96等を備えている。ピストン82は、シリンダブロック81の内側で往復移動可能に設けられている。シリンダヘッド90は、シリンダブロック81の開口端を塞ぐよう設けられている。シリンダブロック81の内壁とシリンダヘッド90の壁面とピストン82との間には、燃焼室83が形成されている。燃焼室83は、ピストン82の往復移動に伴い容積が増減する。

[0017] シリンダヘッド90は、インテークマニホールド91およびエギゾーストマニホールド93を有している。インテークマニホールド91には、吸気通路92が形成されている。吸気通路92は、一端が大気側に開放されており、他端が燃焼室83に接続している。吸気通路92は、大気側から吸入され

た空気（以下、「吸気」という）を燃焼室 83 に導く。

[0018] エギゾーストマニホールド 93 には、排気通路 94 が形成されている。排気通路 94 は、一端が燃焼室 83 に接続しており、他端が大気側に開放されている。排気通路 94 は、燃焼室 83 で生じた燃焼ガスを含む空気（以下、「排気」という）を大気側へ導く。

[0019] 吸気弁 95 は、図示しない駆動軸に連動して回転する従動軸のカムの回転により往復移動可能なようシリンダヘッド 90 に設けられている。吸気弁 95 は、往復移動することで燃焼室 83 と吸気通路 92 との間を開閉可能である。排気弁 96 は、カムの回転により往復移動可能なようシリンダヘッド 90 に設けられている。排気弁 96 は、往復移動することで燃焼室 83 と排気通路 94 との間を開閉可能である。

[0020] 本実施形態では、燃料噴射弁 1 は、インテークマニホールド 91 の吸気通路 92 のシリンダブロック 81 側に搭載される。燃料噴射弁 1 は、中心線が燃焼室 83 の中心線に対し傾斜するよう、または、振れの関係となるよう設けられる。ここで、燃焼室 83 の中心線は、燃焼室 83 の軸であり、シリンダブロック 81 の軸と一致する。本実施形態では、燃料噴射弁 1 は、燃焼室 83 の側方に設けられる。すなわち、燃料噴射弁 1 は、エンジン 80 にサイド搭載されて使用される。

[0021] また、シリンダヘッド 90 の吸気弁 95 と排気弁 96 との間、すなわち、燃焼室 83 の中央に対応する位置に点火装置としての点火プラグ 97 が設けられる。点火プラグ 97 は、燃料噴射弁 1 から噴射される燃料が直接付着しない位置であって、燃料と吸気とが混合された混合気（可燃空気）に着火可能な位置に設けられる。このように、エンジン 80 は、直噴式のガソリンエンジンである。

[0022] 燃料噴射弁 1 は、複数の噴孔 13 が燃焼室 83 の径方向外側の部分に露出するよう設けられる。燃料噴射弁 1 には、図示しない燃料ポンプにより燃料噴射圧相当に加圧された燃料が供給される。燃料噴射弁 1 の複数の噴孔 13 から、円錐状の燃料噴霧 F_o が燃焼室 83 内に噴射される。

[0023] 図3に示すように、本実施形態では、吸気弁95、排気弁96は、それぞれ2つずつ、エンジン80に設けられている。2つの吸気弁95は、それぞれ、インテークマニホールド91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。2つの排気弁96は、それぞれ、エキ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1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の間を通る仮想平面VP100に中心線が沿うよう、インテークマニホールド91に設けられる。

[0024] 次に、燃料噴射弁1の基本的な構成について、図1に基づき説明する。燃料噴射弁1は、ノズル10、ハウジング20、ニードル30、可動コア40、固定コア51、弁座側付勢部材としてのスプリング52、固定コア側付勢部材としてのスプリング53、駆動部としてのコイル55等を備えている。

[0025] ノズル10は、例えばマルテンサイト系ステンレス等の金属により形成されている。ノズル10は、所定の硬度を有するよう焼入れ処理が施されている。図1、4、5に示すように、ノズル10は、ノズル筒部11、ノズル底部12、噴孔13、および、弁座14等を有している。

[0026] ノズル筒部11は、略円筒状に形成されている。ノズル底部12は、ノズル筒部11の一端を塞いでいる。噴孔13は、ノズル底部12のノズル筒部11側の面すなわち内壁と、ノズル筒部11とは反対側の面122とを接続するよう形成されている(図5参照)。噴孔13は、ノズル底部12に複数形成されている。本実施形態では、噴孔13は、6つ形成されている(図4参照)。弁座14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については、後に詳述する。

[0027] 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。

[0028] 第1筒部材21、第2筒部材22および第3筒部材23は、いずれも略円筒状に形成されている。第1筒部材21、第2筒部材22および第3筒部材23は、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。

[0029] 第1筒部材21および第3筒部材23は、例えばフェライト系ステンレス等の磁性材料により形成され、磁気安定化処理が施されている。第2筒部材22は、例えばオーステナイト系ステンレス等の非磁性材料により形成されている。第2筒部材22は、磁気絞り部として機能する。

[0030] 第1筒部材21は、第2筒部材22とは反対側の端部の内壁がノズル10のノズル筒部11の外壁に嵌合するよう設けられている。インレット部24は、例えばフェライト系ステンレス等の磁性材料により筒状に形成されている。インレット部24は、一端が第3筒部材23の第2筒部材22とは反対側の端部に接続するよう設けられている。

[0031] ハウジング20の内側には、燃料通路100が形成されている。燃料通路100は、噴孔13に接続している。すなわち、ノズル10のノズル筒部11は、内側に燃料通路100を形成している。インレット部24の第3筒部材23とは反対側には、図示しない配管が接続される。これにより、燃料通路100には、燃料供給源（燃料ポンプ）からの燃料が配管を経由して流入する。燃料通路100は、燃料を噴孔13に導く。

[0032] インレット部24の内側には、フィルタ25が設けられている。フィルタ25は、燃料通路100に流入する燃料中の異物を捕集する。

[0033] ニードル30は、例えばマルテンサイト系ステンレス等の金属により棒状に形成されている。ニードル30は、所定の硬度を有するよう焼入れ処理が施されている。

[0034] ニードル30は、燃料通路100内をハウジング20の軸方向へ往復移動可能なようハウジング20内に收容されている。ニードル30は、ニードル本体301、シート部31、大径部32、鏝部34等を有している。

[0035] ニードル本体301は、棒状に形成されている。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14に当接可能である。

[0036] 大径部32は、ニードル本体301の弁座14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 14 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。これにより、ニードル 30 は、弁座 14 側の端部の軸方向の往復移動が案内される。大径部 32 には、外壁の周方向の複数箇所が切り欠かれるようにして切欠き部 33 が形成されている。これにより、燃料は、切欠き部 33 とノズル筒部 11 の内壁との間を流通可能である。

[0037] 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方向外側へ延びるよう略円筒状に形成されている。

[0038] ニードル本体 301 には、軸方向穴部 35、径方向穴部 36 が形成されている。軸方向穴部 35 は、ニードル本体 301 のシート部 31 とは反対側の端面から軸方向に延びるようにして形成されている。径方向穴部 36 は、ニードル本体 301 の径方向に延びて軸方向穴部 35 とニードル本体 301 の外壁とを接続するよう形成されている。これにより、ニードル 30 に対しノズル 10 とは反対側の燃料は、軸方向穴部 35 および径方向穴部 36 を経由してニードル本体 301 の外壁と第 1 筒部材 21 の内壁との間へ流通可能である。

[0039] ニードル 30 は、シート部 31 が弁座 14 から離間（離座）または弁座 14 に当接（着座）し、噴孔 13 を開閉する。以下、適宜、ニードル 30 が弁座 14 から離間する方向を開弁方向といい、ニードル 30 が弁座 14 に当接する方向を閉弁方向という。

[0040] 可動コア 40 は、例えばフェライト系ステンレス等の磁性材料により筒状に形成されている。可動コア 40 は、磁気安定化処理が施されている。可動コア 40 は、ハウジング 20 の第 1 筒部材 21 および第 2 筒部材 22 の内側に設けられている。

[0041] 可動コア 40 は、略円柱状に形成されている。可動コア 40 には、凹部 41、軸穴 42、通孔 43 が形成されている。

[0042] 凹部 41 は、可動コア 40 のノズル 10 側の端面の中央からノズル 10 と

は反対側へ凹むようにして形成されている。軸穴42は、可動コア40の軸を通るよう、可動コア40のノズル10とは反対側の端面と凹部41の底面とを接続するようにして形成されている。通孔43は、可動コア40のノズル10側の端面と、可動コア40のノズル10とは反対側の端面とを接続するよう形成されている。通孔43は、凹部41の径方向外側において可動コア40の周方向に等間隔で複数形成されている。

[0043] 可動コア40は、軸穴42にニードル本体301が挿通された状態でハウジング20の内側に設けられている。すなわち、可動コア40は、ニードル本体301の径方向外側に設けられている。可動コア40は、ニードル本体301に対し軸方向に相対移動可能である。可動コア40の軸穴42を形成する内壁は、ニードル本体301の外壁と摺動可能である。

[0044] 可動コア40は、ノズル10とは反対側の端面のうち軸穴42周りの部分が、鏝部34のノズル10側の端面に当接、または、鏝部34のノズル10側の端面から離間可能である。

[0045] 固定コア51は、例えば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51は、磁気安定化処理が施されている。固定コア51は、可動コア40のノズル10とは反対側に設けられている。固定コア51は、外壁が第2筒部材22および第3筒部材23の内壁に接続するようハウジング20の内側に設けられている。固定コア51のノズル10側の端面は、可動コア40の固定コア51側の端面に当接可能である。

[0046] 固定コア51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52は、例えばコイルスプリングであり、固定コア51の内側のアジャスティングパイプ54とニードル30との間に設けられている。スプリング52の一端は、アジャスティングパイプ54に当接している。スプリング52の他端は、ニードル本体301および鏝部34のノズル10とは反対側の端面に当接している。スプリング52は、可動コア40をニードル30とともにノズル10側、すなわち、閉弁方向に付勢可能である。スプリング52の付勢力は、固定コア51に対するアジャスティングパイ

プ54の位置により調整される。

[0047] コイル55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55の径方向外側には、コイル55を覆うようにして筒状のホルダ26が設けられている。ホルダ26は、例えばフェライト系ステンレス等の磁性材料により形成されている。ホルダ26は、一端の内壁が第1筒部材21の外壁に接続し、他端の内壁が第3筒部材23の外壁に磁氣的に接続している。

[0048] コイル55は、電力が供給（通電）されると磁力を生じる。コイル55に磁力が生じると、磁気絞り部としての第2筒部材22を避けて、可動コア40、第1筒部材21、ホルダ26、第3筒部材23および固定コア51に磁気回路が形成される。これにより、固定コア51と可動コア40との間に磁気吸引力が発生し、可動コア40は、ニードル30とともに固定コア51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14から離間し、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55は、通電されると、可動コア40を固定コア51側に吸引しニードル30を弁座14とは反対側、すなわち開弁方向に移動させることが可能である。

[0049] なお、可動コア40が磁気吸引力により固定コア51側（開弁方向）に吸引されると、ニードル30の鏑部34は、固定コア51の内側を軸方向に移動する。このとき、鏑部34の外壁と固定コア51の内壁とは摺動する。そのため、ニードル30は、鏑部34側の端部の軸方向の往復移動が固定コア51により案内される。

[0050] また、可動コア40は、磁気吸引力により固定コア51側（開弁方向）に吸引されると、固定コア51側の端面が固定コア51の可動コア40側の端面に衝突する。これにより、可動コア40は、開弁方向への移動が規制される。

[0051] 可動コア40が固定コア51側に吸引されている状態でコイル55への通

電を停止すると、ニードル３０および可動コア４０は、スプリング５２の付勢力により、弁座１４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１４に当接し、閉弁する。その結果、噴孔１３が閉塞される。

[0052] スプリング５３は、例えばコイルスプリングであり、一端が可動コア４０の凹部４１の底面に当接し、他端がハウジング２０の第１筒部材２１の内壁の段差面に当接した状態で設けられている。スプリング５３は、可動コア４０を固定コア５１側、すなわち、開弁方向に付勢可能である。スプリング５３の付勢力は、スプリング５２の付勢力よりも小さい。そのため、コイル５５に通電されていないとき、ニードル３０は、スプリング５２によりシート部３１が弁座１４に押し付けられ、可動コア４０は、スプリング５３により鍔部３４に押し付けられる。

[0053] 図１に示すように、第３筒部材２３の径方向外側は、樹脂からなるモールド部５６によりモールドされている。当該モールド部５６から径方向外側へ突出するようコネクタ部５７が形成されている。コネクタ部５７には、コイル５５へ電力を供給するための端子５７１がインサート成形されている。

[0054] インレット部２４から流入した燃料は、フィルタ２５、固定コア５１およびアジャスティングパイプ５４の内側、軸方向穴部３５、径方向穴部３６、ニードル３０とハウジング２０の内壁との間、ニードル３０とノズル筒部１１の内壁との間、すなわち、燃料通路１００を流通し、噴孔１３に導かれる。なお、燃料噴射弁１の作動時、可動コア４０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。また、燃料噴射弁１の作動時、可動コア４０の通孔４３、ニードル３０の軸方向穴部３５、径方向穴部３６を燃料が流通する。そのため、可動コア４０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。

[0055] 本実施形態の燃料噴射弁１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１ＭＰａ以上である。本実施形態は、燃料通路１００内の燃料の圧力が３０ＭＰａや１００ＭＰａといった高圧になるほど有利である

。

[0056] 本実施形態では、ニードル30が弁座14から最も離間したときの弁座14とニードル30との間の流路面積の最小値をシート絞り面積 A_s 、噴孔13の流路面積の最小値を噴孔絞り面積 A_h とすると、 $A_s > A_h$ である。ここで、シート絞り面積 A_s は、ニードル30のシート部31が弁座14から最も離間したとき、すなわち、可動コア40の固定コア51側の端面が固定コア51および鍔部34に当接した状態のときの弁座14とシート部31との間に形成される環状の流路の面積の最小値に対応する。また、噴孔絞り面積 A_h は、6つの噴孔13すべての流路の面積を合計した面積の最小値に対応する。つまり、噴孔絞り面積 A_h は、各噴孔13の噴孔軸 A_{xh1} に垂直な流路面積の最小値を合計した面積である。

[0057] 本実施形態では、 $A_h / A_s < 0.18$ である。そのため、ニードル30のシート部31の絞りによる圧損を極力低減し、サック室15内に大きな圧力エネルギーを導入できる。

[0058] 次に、本実施形態の噴孔13について、詳細に説明する。なお、図5では、ニードル30の図示を省略している。

[0059] 図5に示すように、ノズル10は、サック壁面150、入口開口部131、出口開口部132、噴孔内壁133、噴孔13、弁座14を有している。

[0060] サック壁面150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15を形成する。サック室15は、サック壁面150とニードル30のシート部31との間に形成される。

[0061] 弁座14は、面121のサック壁面150の周囲に環状に形成されている。弁座14は、ノズル筒部11側からサック壁面150側に向かうに従いノズル筒部11の軸 A_{x1} に近付くようテーパ状に形成されている。

[0062] 噴孔13は、サック壁面150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。サック壁面150は、曲面状に形成されている。

[0063] 図5に示すように、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150に形成される入口開口部131、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132、および、入口開口部131と出口開口部132とを接続する噴孔内壁133を有する。

[0064] ここで、入口開口部131は、ノズル底部12に孔（噴孔13）を開けることによりサック壁面150に沿って形成される仮想的な面としての閉じられた領域を意味し、この領域の面積を入口開口部131の面積とする。また、出口開口部132は、ノズル底部12に孔（噴孔13）を開けることによりノズル底部12のノズル筒部11とは反対側の面122に沿って形成される仮想的な面としての閉じられた領域を意味し、この領域の面積を出口開口部132の面積とする。6つの噴孔13は、いずれも、出口開口部132の面積が入口開口部131の面積より大きい。

[0065] 本実施形態では、6つの噴孔13は、噴孔内壁133が入口開口部131側から出口開口部132側へ向かうに従い噴孔13の軸である噴孔軸 $A \times h$ 1から離れるようテーパ状に形成されている。ここで、6つの噴孔13は、「テーパ噴孔」に対応する。

[0066] 図4に示すように、本実施形態では、噴孔13の入口開口部131は、ノズル底部12の周方向に並ぶよう6つ形成されている。ここで、説明のため、6つの噴孔13のそれぞれを噴孔61、62、63、64、65、66とする。本実施形態では、噴孔61、62、63、64、65、66の入口開口部131の中心は、軸 $A \times 1$ を中心とするピッチ円 $Cp1$ 上に等間隔で配置されている。

[0067] 噴孔61、64は、間にノズル筒部11の軸 $A \times 1$ が位置するよう、ノズル筒部11の軸 $A \times 1$ を含む仮想平面 $VP101$ 上に形成されている。すなわち、仮想平面 $VP101$ は、噴孔61、64を通る。また、噴孔61、64は、それぞれの噴孔軸 $A \times h$ 1が仮想平面 $VP101$ に含まれるよう形成されている。噴孔61、64は、ノズル筒部11の軸 $A \times 1$ に対し噴孔軸 A

$x h 1$ が交差しており、軸 $A x 1$ に対し噴孔軸 $A x h 1$ がねじれの関係にない（図 4 参照）。

[0068] 噴孔 6 2、6 6 の入口開口部 1 3 1 は、ノズル筒部 1 1 の軸 $A x 1$ を含み仮想平面 $V P 1 0 1$ に垂直な仮想平面 $V P 1 0 2$ に対し噴孔 6 1 側に形成されている。噴孔 6 3、6 5 の入口開口部 1 3 1 は、仮想平面 $V P 1 0 2$ に対し噴孔 6 4 側に形成されている。噴孔 6 2、6 3、6 5、6 6 は、ノズル筒部 1 1 の軸 $A x 1$ に対し噴孔軸 $A x h 1$ が交差しておらず、軸 $A x 1$ に対し噴孔軸 $A x h 1$ がねじれの関係にある（図 4 参照）。

[0069] 図 6 に示すように、噴孔 1 3 は、噴孔軸 $A x h 1$ と入口開口部 1 3 1 との交点である開口交点 $P o 1$ におけるサック壁面 1 5 0 の法線 $L n 1$ が、噴孔内壁 1 3 3、または、噴孔内壁 1 3 3 をノズル筒部 1 1 とは反対側へ延長した仮想内壁 $V W 1$ に交わるよう形成されている。すなわち、噴孔 1 3 は、法線 $L n 1$ と噴孔軸 $A x h 1$ を含む断面において、噴孔軸 $A x h 1$ と入口開口部 1 3 1 との交点におけるサック壁面 1 5 0 の法線 $L n 1$ が噴孔内壁 1 3 3 または噴孔内壁 1 3 3 の延長線 $L e x 1$ に交わるよう形成されている。図 6 では、噴孔 1 3 が、法線 $L n 1$ が噴孔内壁 1 3 3 に交わるよう形成されていることを示している。

[0070] 図 6 に示すように、噴孔軸 $A x h 1$ を含む仮想面 $S c 1$ による断面において、出口開口部 1 3 2 から、法線 $L n 1$ と噴孔内壁 1 3 3 または仮想内壁 $V W 1$ との交点である内壁交点 $P w 1$ までの距離を $L A$ 、内壁交点 $P w 1$ が形成される側の噴孔内壁 1 3 3 の入口開口部 1 3 1 と出口開口部 1 3 2 との間の長さである噴孔長を $L B$ とすると、噴孔 1 3 は、 $L A / L B > -0.2$ となるよう形成されている。より詳細には、噴孔 1 3 は、 $1 > L A / L B > -0.2$ となるよう形成されている。

[0071] ここで、法線 $L n 1$ が噴孔内壁 1 3 3 と交わる時（図 6 参照）、 $L A$ は正の値をとる。そのため、 $L A / L B$ は正の値となる。一方、法線 $L n 1$ が仮想内壁 $V W 1$ と交わる時、 $L A$ は負の値をとる。そのため、 $L A / L B$ は負の値となる。

- [0072] 本実施形態では、法線 L_{n1} は、仮想面 S_{c1} による断面において示される2つの噴孔内壁133のうちノズル筒部11の軸 $A \times 1$ 側の噴孔内壁133と交わる。
- [0073] 法線 L_{n1} の方向は、入口開口部131が形成されるサック壁面150の形状により決定される。
- [0074] 図4、5に示すように、開弁時、燃料は、弁座14に沿ってノズル底部12の径方向内側へ向かって流れる（図4、5の矢印F1参照）。また、サック室15内の燃料は、各噴孔13の噴孔軸 $A \times h1$ に沿ってノズル10の外部側へ流れる（図4、5の矢印F2参照）。図4に示すように、例えば、軸 $A \times 1$ に対し噴孔軸 $A \times h1$ がねじれの関係にある噴孔66については、弁座14に沿ってノズル底部12の径方向内側へ向かって流れた燃料（F1）は、ねじれ角に相当する角度分、流れる方向が変化し、サック室15内から噴孔軸 $A \times h1$ に沿ってノズル10の外部側へ流れる（F2）。
- [0075] 次に、上流からの流れ込みに対し噴孔軸 $A \times h1$ がねじれの関係にある噴孔62、63、65、66について、内壁交点 P_{w1} 、距離 L_A 、噴孔長 L_B の定義の仕方を説明する。なお、点火プラグを有するガソリンエンジンでは、サイド搭載はもちろん、センター搭載であっても点火源へ向かう噴孔とシリンダ内に均一な噴霧を形成する噴孔を備える必要があるため、全噴孔の噴射方向が弁軸（軸 $A \times 1$ ）径方向と一致することはほぼなく、噴孔の少なくとも一つはねじれを有する。
- [0076] 図7、8に示すように、ノズル筒部11の軸 $A \times 1$ と入口開口部131の中心とを結んだ線を延長した線 L_{e1} と、噴孔軸 $A \times h1$ との投影角 θ_{p1} が 0° となるように入口開口部131を固定し、噴孔軸 $A \times h1$ をノズル筒部11の軸 $A \times 1$ を中心に回転させた際の噴孔軸 $A \times h1$ の軌跡に形成される仮想面による断面において、法線 L_{n1} と噴孔内壁133との交点を内壁交点 P_{w1} とし、出口開口部132から内壁交点 P_{w1} までの距離を L_A 、内壁交点 P_{w1} が形成される側の噴孔内壁133の入口開口部131と出口開口部132との間の長さを噴孔長 L_B と定義する。

[0077] 次に、本実施形態の燃料噴射弁 1 の効果について説明する。上述のように、本実施形態では、シート絞り面積 A_s は、噴孔絞り面積 A_h より大きい。そのため、ニードル 30 のシート部 31 が弁座 14 から離間したとき、燃料は、シート部 31 による絞りがほとんどなく、圧損が小さい状態でサック室 15 に流入する。これにより、法線 L_{n1} 方向に圧力ベクトルが作用する。したがって、法線 L_{n1} 方向に燃料が噴射される。また、本実施形態では、法線 L_{n1} と噴孔内壁 133 とが交差する。そのため、噴孔 13 内で燃料の液膜が形成される。

[0078] 図 6 は、ニードル 30 のシート部 31 が弁座 14 から最も離間したときのサック室 15 内、噴孔 13 内の状態を示している。図 6 では、図面が煩雑になることを避けるため、部材の断面のハッチングを省略している。また、図中、網掛けが濃い部分ほど、圧力が高いことを意味している。図 6 に示すように、サック室 15 の圧力は高く、噴孔 13 内のうち法線 L_{n1} と噴孔内壁 133 との交点である内壁交点 P_{w1} より入口開口部 131 側の部分の圧力が高いことがわかる。このように、本実施形態では、入口開口部 131 で発生する燃料流を噴孔内壁 133 に衝突させ、サック室 15 内の圧力を効率よく液膜を形成するエネルギーに変換でき、燃料の微粒化が可能である。

[0079] 次に、Fraser モデルに基づく微粒化指標により、本実施形態の燃料噴射弁 1 の効果を示す。Fraser の液膜分裂理論では、燃料の分裂後の体積平均粒径 D_{30} は、下記式 1 により計算される。

$$D_{30} = 3.78 (2/E)^{1/3} (h r / V^2)^{1/3} (\sigma^2 / \rho_L \rho_a)^{1/6} \quad \dots \text{式 1}$$

[0080] 式 1 において、 E 、 h 、 r 、 V 、 σ 、 ρ_L 、 ρ_a は、それぞれ、実験定数、液膜厚さ、距離、液膜速度、表面張力、燃料密度、空気密度である。上記式 1 のうち $(h r / V^2)^{1/3}$ を微粒化指標とすると、上記投影角 θ_{p1} 、すなわち、ねじれ角（図 4 参照）が 0° 、 30° 、 60° である噴孔 13 についての微粒化指標と LA/LB との関係は、図 9 のとおりである。図 9 には、解析による値を示している。なお、解析で求めているのは、液膜厚さと液膜速度である。ここで、微粒化指標は、液膜速度（噴霧速度）および液膜厚さに基

づく値であり、微粒化指標が小さいほど、燃料噴霧が微粒化されていることを意味する。

[0081] 図9に示すように、 $LA/LB > -0.2$ の範囲では、いずれのねじれ角でも微粒化指標が小さくなり、燃料噴霧が同等に微粒化され、噴霧特性が均一化されることがわかる。ここで、 LA が負の値であっても効果があるのは、噴霧に幅があるためである。

[0082] 本実施形態では、噴孔13は、 $LA/LB > -0.2$ となるよう形成されている。そのため、噴孔13から噴射される燃料噴霧を効果的に微粒化できる。

[0083] 本実施形態では、 $As > Ah$ のため、サック室15内の燃料は、弁座14側からの流れ込みの影響を受け難く、入口開口部131にて法線 $Ln1$ 方向に流速が発生し、ノズル筒部11の軸 $Ax1$ に対し噴孔軸 $Axh1$ がねじれの関係にある噴孔13においても噴孔内壁133に衝突する際の運動エネルギーに依存するため、微粒化指標（ X 、 Y 、 Z 方向の運動エネルギーに依存）で整理可能である。

[0084] 以上説明したように、本実施形態では、ニードル30が弁座14から最も離間したときの弁座14とニードル30との間の流路面積の最小値をシート絞り面積 As 、噴孔13の流路面積の最小値を噴孔絞り面積 Ah とすると、 $As > Ah$ である。噴孔13は、噴孔軸 $Axh1$ と入口開口部131との交点である開口交点 $Po1$ におけるサック壁面150の法線 $Ln1$ が、噴孔内壁133、または、噴孔内壁133をノズル筒部11とは反対側へ延長した仮想内壁 $VW1$ に交わるよう形成されている。

[0085] 本実施形態では、 $As > Ah$ のため、燃料は、弁座14とニードル30との間で絞られず、圧損の小さい状態でサック室15に流入する。そのため、サック室15に流入した燃料は、噴孔軸 $Axh1$ と入口開口部131との交点である開口交点 $Po1$ におけるサック壁面150の法線 $Ln1$ に沿って流れ、噴孔内壁133に衝突する。高圧の燃料が噴孔内壁133に衝突することにより、噴孔13内で液膜が効果的に形成される。したがって、燃料の圧

力エネルギーを活用し、噴孔13から噴射される燃料噴霧F_oを効果的に微粒化することができる。

[0086] また、本実施形態では、噴孔軸A×h1を含む仮想面Sc1による断面において、出口開口部132から法線Ln1と噴孔内壁133または仮想内壁VW1との交点である内壁交点Pw1までの距離をLA、内壁交点Pw1が形成される側の噴孔内壁133の入口開口部131と出口開口部132との間の長さである噴孔長をLBとすると、噴孔13は、 $LA/LB > -0.2$ となるよう形成されている。そのため、高圧の燃料を噴孔内壁133に効果的に衝突させることができ、噴孔13内で液膜を効果的に形成することができる。したがって、噴孔13から噴射される燃料噴霧F_oをより一層効果的に微粒化することができる。

[0087] また、本実施形態では、法線Ln1は、仮想面Sc1による断面において示される2つの噴孔内壁133のうちノズル筒部11の軸A×1側の噴孔内壁133と交わる。このような構成であっても、高圧の燃料が噴孔内壁133に衝突することにより、噴孔13内で液膜が効果的に形成される。したがって、燃料の圧力エネルギーを活用し、噴孔13から噴射される燃料噴霧F_oを効果的に微粒化することができる。

[0088] (第2実施形態)

第2実施形態による燃料噴射弁の一部を図10に示す。第2実施形態は、ノズル10の構成が第1実施形態と異なる。

[0089] 本実施形態では、入口開口部131が形成されるサック壁面150の形状が第1実施形態と異なる。そのため、法線Ln1は、仮想面Sc1による断面において示される2つの噴孔内壁133のうちノズル筒部11の軸A×1とは反対側、すなわち、弁座14側の噴孔内壁133と交わる(図10参照)。このような構成であっても、高圧の燃料が噴孔内壁133に衝突することにより、噴孔13内で液膜が効果的に形成される。したがって、燃料の圧力エネルギーを活用し、噴孔13から噴射される燃料噴霧F_oを効果的に微粒化することができる。

[0090] 第2実施形態は、上述した点以外の構成は、第1実施形態と同様である。

[0091] (第3実施形態)

第3実施形態による燃料噴射弁の一部を図11に示す。第3実施形態は、ノズル10の構成が第1実施形態と異なる。

[0092] 本実施形態では、ノズル筒部11の軸A×1を含む断面におけるサック壁面150の曲率が第1実施形態と異なる。そのため、本実施形態では、法線Ln1と噴孔内壁133との交点である内壁交点Pw1の位置が第1実施形態と異なる。なお、本実施形態では、第1実施形態と同様、法線Ln1は、仮想面Sc1による断面において示される2つの噴孔内壁133のうちノズル筒部11の軸A×1側の噴孔内壁133と交わる。このような構成であっても、高圧の燃料が噴孔内壁133に衝突することにより、噴孔13内で液膜が効果的に形成される。したがって、燃料の圧力エネルギーを活用し、噴孔13から噴射される燃料噴霧Foを効果的に微粒化することができる。

[0093] 第3実施形態は、上述した点以外の構成は、第1実施形態と同様である。

[0094] (第4実施形態)

第4実施形態による燃料噴射弁の一部を図12に示す。第4実施形態は、ノズル10の構成が第1実施形態と異なる。

[0095] 本実施形態では、サック壁面150は、ノズル筒部11側からノズル底部12側へ向かうに従いノズル筒部11の軸A×1に近づくようテーパ状に形成されている。入口開口部131は、テーパ状のサック壁面150に形成されている。法線Ln1は、仮想面Sc1による断面において示される2つの噴孔内壁133のうちノズル筒部11の軸A×1側の噴孔内壁133と交わる。

[0096] 第4実施形態は、上述した点以外の構成は、第1実施形態と同様である。

[0097] (第5実施形態)

第5実施形態による燃料噴射弁の一部を図13に示す。第5実施形態は、噴孔13の構成が第1実施形態と異なる。

[0098] 本実施形態では、噴孔61、62、64、66の入口開口部131の中心

は、軸 $A \times 1$ を中心とするピッチ円 $C_p 1$ 上に配置されている。噴孔 63、65 の入口開口部 131 の中心は、ピッチ円 $C_p 1$ の外側に配置されている。

[0099] 本実施形態では、第1実施形態と同様、 $A_s > A_h$ であり、サック室 15 内における燃料の横流れを用いないため、サック壁面 150 における入口開口部 131 の形成位置を自由に設定できる。つまり、噴孔 13 の入口開口部 131 の中心をピッチ円 $C_p 1$ 上に配置しなくても、複数の噴霧の微粒化を実現できる。

[0100] (第6実施形態)

第6実施形態による燃料噴射弁の一部を図14、15に示す。第6実施形態は、噴孔 13 の構成等が第1実施形態と異なる。

[0101] 本実施形態の燃料噴射弁1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。

[0102] 次に、本実施形態の噴孔13について、詳細に説明する。なお、図15では、ニードル30の図示を省略している。

[0103] 図15に示すように、噴孔軸 $A \times h 1$ を含む断面において、1の噴孔13の2つの噴孔内壁133の成す角を、「噴孔開き角」という。また、噴孔軸 $A \times h 1$ を含む断面において、1の噴孔13から噴射された燃料噴霧 F_o の2つの輪郭の成す角を、「燃料噴霧の開き角」という。

[0104] 噴孔 63、65 は、出口開口部 132 の最長径 a_1 と最短径 b_1 との比が 1 より大きい。そのため、噴孔 63、65 は、噴孔軸 $A \times h 1$ 方向から見たとき、出口開口部 132 の形状が楕円形状、すなわち、非真円形状となる（図14参照）。ここで、噴孔 63、65 を、「非真円噴孔」とする。噴孔 63、65 を、適宜、「オーバル噴孔」または「楕円噴孔」とよぶ。ここで、「オーバル噴孔」とは、出口開口部 132 の形状が、非真円であって、卵型、楕円、トラック形状等のオーバル形状である噴孔のことである。楕円は、2つの焦点からの距離の和が一定の円である。本実施形態では、噴孔 63、65 の出口開口部 132 の形状は、2つの焦点を有する楕円である。以下、

「オーバル噴孔」といった場合、出口開口部 1 3 2 の形状が卵型、楕円またはトラック形状である噴孔 1 3 を含むものとする。また、「非真円噴孔」は、「オーバル噴孔」、「楕円噴孔」、「トラック噴孔」を含むものとする。また、「最長径」とは、その形状の幅のうち最も長い幅を意味し、噴孔 6 3、6 5 の出口開口部 1 3 2 の形状では長軸の長さに対応する。「最短径」とは、その形状の幅のうち最も短い幅を意味し、噴孔 6 3、6 5 の出口開口部 1 3 2 の形状では短軸の長さに対応する。

[0105] 噴孔 6 1、6 2、6 4、6 6 は、出口開口部 1 3 2 最長径 a_2 と最短径 b_2 との比が 1 である。そのため、噴孔 6 1、6 2、6 4、6 6 は、噴孔軸 $A \times h_1$ 方向から見たとき、出口開口部 1 3 2 の形状が真円形状となる（図 1 4 参照）。ここで、噴孔 6 1、6 2、6 4、6 6 を、「真円噴孔」とする。

[0106] 上述のように、本実施形態では、複数の噴孔 1 3 のうち 1 つ以上（2 つ）の噴孔 1 3 は、出口開口部 1 3 2 の最長径と最短径との比が 1 より大きい噴孔 1 3 である非真円噴孔である。

[0107] 図 1 6 に示すように、真円噴孔としての噴孔 6 1、6 2、6 4、6 6 は、入口開口部 1 3 1 および出口開口部 1 3 2 の形状が真円形状である。また、入口開口部 1 3 1 および出口開口部 1 3 2 は、同軸上に形成されている。そのため、噴孔軸 $A \times h_1$ を含む仮想平面である第 1 仮想平面 VP_1 による断面において、噴孔内壁 1 3 3 の成す角 θ は、出口開口部 1 3 2 の周方向で一定である。

[0108] 図 1 7 に示すように、非真円噴孔としての噴孔 6 3、6 5 は、入口開口部 1 3 1 および出口開口部 1 3 2 の形状が楕円形状である。また、入口開口部 1 3 1 および出口開口部 1 3 2 は、長軸および短軸の方向が一致するよう、同軸上に形成されている。そのため、噴孔軸 $A \times h_1$ を含む仮想平面である第 2 仮想平面 VP_2 による断面において、噴孔内壁 1 3 3 の成す角が最大となる角を θ_1 、噴孔軸 $A \times h_1$ を含む仮想平面である第 3 仮想平面 VP_3 による断面において、噴孔内壁 1 3 3 の成す角が最小となる角を θ_2 とすると、第 2 仮想平面 VP_2 と第 3 仮想平面 VP_3 とは直交する。

[0109] また、出口開口部 1 3 2 の長径の長さを a_1 、短径の長さを b_1 とし、入口開口部 1 3 1 の長径の長さを a_{10} 、短径の長さを b_{10} とすると、非真円噴孔としての噴孔 6 3、6 5 の扁平率は、 $a_1 / b_1 = a_{10} / b_{10}$ となる。つまり、非真円噴孔は、入口開口部 1 3 1 および出口開口部 1 3 2 が同じ扁平率の楕円形状である。ここで、「長径」とは、その形状の幅のうち最も長い幅を意味し、楕円における「長軸」に対応する。「短径」とは、その形状の幅のうち最も短い幅を意味し、楕円における「短軸」に対応する。

[0110] 図 1 8 に示すように、非真円噴孔としての噴孔 6 3、6 5 は、出口開口部 1 3 2 の短径方向が、非真円噴孔から噴射される燃料の噴射方向に沿うよう形成されている。なお、短径方向と噴射方向とが一致する場合、噴孔軸 $A \times h_1$ を通り軸 $A \times 1$ に平行な仮想平面上に短軸があることになる。また、加工によるばらつき程度を含んでいても、「沿う」と表現する。ここで、「短径方向」は、ノズル筒部 1 1 の軸 $A \times 1$ 方向から見たとき、出口開口部 1 3 2 の短径すなわち短軸に沿う方向に対応する。また、「燃料の噴射方向」は、ノズル筒部 1 1 の軸 $A \times 1$ 方向から見たとき、噴孔軸 $A \times h_1$ に沿う方向に対応する。なお、図 1 8、1 9 において、「長径方向」は、出口開口部 1 3 2 の長径すなわち長軸に沿う方向に対応する。

[0111] 図 1 5 に示すように、複数の噴孔 1 3 のうち出口開口部 1 3 2 の最長径と最短径との比が 1 の噴孔 1 3 である真円噴孔 (6 4) の噴孔開き角を θ (deg)、真円噴孔から噴射される燃料噴霧 F_o の開き角を θ_f (deg)、真円噴孔から燃料が噴射されときの燃料通路 1 0 0 内の燃料の平均圧力を P (MPa) とする。

[0112] 真円噴孔の噴孔軸 $A \times h_1$ と出口開口部 1 3 2 との交点を頂点 P_{v1} とし、真円噴孔の噴孔軸 $A \times h_1$ を含む第 1 仮想平面 V_{P1} による断面において 2 つの母線の成す角を

$$\theta_f = \theta + 0.5 \times P^{0.6} \quad \cdots \text{式 2}$$

とする仮想錐を仮想真円錐 V_{c1} と定義する (図 1 5 参照)。ここで、「 $\wedge$ 」は、べき乗を表す。ここで、上記式 2 における「 $0.5 \times P^{0.6}$ 」は

、「噴孔開き角」(θ)と「燃料噴霧の開き角」($\theta_f = \theta + 0.5 \times P^{0.6}$)との差であり、「燃料通路100内の燃圧により増大する燃料噴霧の開き角」に対応する。 P が20(MPa)の場合、 $0.5 \times P^{0.6}$ は約3.0である。

[0113] 図20、21に示すように、非真円噴孔(63)の最大の噴孔開き角を θ_1 (deg)、最小の噴孔開き角を θ_2 (deg)、非真円噴孔から噴射される燃料噴霧F0の最大の開き角を θ_{f1} (deg)、非真円噴孔から噴射される燃料噴霧F0の最小の開き角を θ_{f2} (deg)とする。

[0114] 非真円噴孔の噴孔軸Axh1と出口開口部132との交点を頂点Pv2とし、非真円噴孔の噴孔軸Axh1を含む第2仮想平面VP2による断面において2つの母線の成す角が最大となる角を

$$\theta_{f1} = \theta_1 + 0.5 \times P^{0.6} + 1.7 \times e^{(-0.13 \times \theta_1)} \quad \cdots \text{式3}$$

とする(図20参照)。ここで、上記式3における「 $1.7 \times e^{(-0.13 \times \theta_1)}$ 」は、「噴孔開き角」(θ_1)および「燃料通路100内の燃圧により増大する燃料噴霧の開き角」($0.5 \times P^{0.6}$)の和と「燃料噴霧の開き角」($\theta_{f1} = \theta_1 + 0.5 \times P^{0.6} + 1.7 \times e^{(-0.13 \times \theta_1)}$)との差であり、「非真円噴孔の形状に起因して増大する燃料噴霧の開き角」に対応する。

[0115] 非真円噴孔の噴孔軸Axh1を含み第2仮想平面VP2と交差する第3仮想平面VP3による断面において2つの母線の成す角が最小となる角を

$$\theta_{f2} = \theta_2 + 0.5 \times P^{0.6} \quad \cdots \text{式4}$$

とする仮想錐を仮想非真円錐Vc2と定義したとき(図20、21、22参照)、6つの噴孔13のうち、少なくとも隣り合う2つの噴孔13は、仮想真円錐Vc1または仮想非真円錐Vc2と、仮想真円錐Vc1または仮想非真円錐Vc2とが干渉しないよう形成されている。ここで、上記式4における「 $0.5 \times P^{0.6}$ 」は、「噴孔開き角」(θ_2)と「燃料噴霧の開き角」($\theta_{f2} = \theta_2 + 0.5 \times P^{0.6}$)との差であり、「燃料通路100

0内の燃圧により増大する燃料噴霧の開き角」に対応する。

[0116] 本実施形態では、6つの噴孔13のうち、全ての噴孔13は、仮想真円錐 $Vc1$ または仮想非真円錐 $Vc2$ と、仮想真円錐 $Vc1$ または仮想非真円錐 $Vc2$ とが干渉しないよう形成されている。

[0117] 図23に示すのは、「噴孔開き角」($\theta 1$)を変化させた場合の「噴孔開き角」($\theta 1$)と「非真円噴孔の形状に起因して増大する燃料噴霧の開き角」(非真円噴孔+ α 噴霧開き角)との関係を示す実験結果である。図23に示すように、「噴孔開き角」($\theta 1$)が大きくなる程、「非真円噴孔の形状に起因して増大する燃料噴霧の開き角」は小さくなる。ここで、「噴孔開き角」($\theta 1$)と「非真円噴孔の形状に起因して増大する燃料噴霧の開き角」(非真円噴孔+ α 噴霧開き角)との関係の近似曲線 $Lcs1$ は、上記式3における「 $1.7 \times e^{(-0.13 \times \theta 1)}$ 」に対応する。

[0118] 次に、「楕円噴孔」の噴孔軸 $Axh1$ の定義の仕方について説明する。

[0119] <手順1>

図24、25に示すように、適当な2つの平行な平面 $P101$ 、 $P102$ で噴孔13を切断する。

[0120] <手順2>

図26に示すように、手順1で切断した噴孔13の各断面 $SD1$ 、 $SD2$ の幅が最長となる部分を通る直線 $L1$ 、 $L2$ と各断面 $SD1$ 、 $SD2$ の外縁端との交点を $Pe11$ 、 $Pe12$ 、 $Pe21$ 、 $Pe22$ とする。

[0121] <手順3>

図27に示すように、手順2で設定した交点 $Pe21$ と交点 $Pe11$ とを結んで延長した直線 $L3$ と、交点 $Pe22$ と交点 $Pe12$ とを結んで延長した直線 $L4$ との交点を仮想錐 $Vc101$ の頂点 $Pv101$ とする。

[0122] <手順4>

図28に示すように、手順3で設定した頂点 $Pv101$ を中心とする球 $B101$ を作成し、球 $B101$ と仮想錐 $Vc101$ (噴孔内壁133)との交線 $Lx101$ の内側に形成される面を仮想面 $VPx101$ とする。仮想面 V

P x 1 0 1 の内側において、仮想面 V P x 1 0 1 の幅が最長となる部分を通る直線 L 1 0 1 を 2 分する点 P t 1 0 1（図 2 9 参照）と頂点 P v 1 0 1 とを結ぶ直線が噴孔軸 A x h 1 となる。

[0123] 図 3 0 に示すように、真円噴孔から噴射される燃料噴霧の開き角（噴霧開き角）は、「噴孔開き角」に、「燃料通路 1 0 0 内の燃圧により増大する燃料噴霧の開き角」に対応する「 $0.5 \times P^{0.6}$ 」を足した大きさとなる。また、非真円噴孔から噴射される燃料噴霧の開き角（噴霧開き角）は、長径側においては、「噴孔開き角」に「 $0.5 \times P^{0.6}$ 」を足し、さらに、「非真円噴孔の形状に起因して増大する燃料噴霧の開き角」に対応する「 $1.7 \times e^{(-0.13 \times \theta 1)}$ 」を足した大きさとなる。

[0124] 図 3 0 に示すように、長径側との比較として、非真円噴孔から噴射される燃料噴霧の開き角は、真円噴孔から噴射される燃料噴霧の開き角より大きい。

[0125] 非真円噴孔の噴霧広角化により、非真円噴孔から噴射された燃料噴霧の長さは、真円噴孔から噴射された燃料噴霧の長さより短くなる。よって、非真円噴孔は、真円噴孔と比べ、燃料噴霧の低ペネトレーション化の効果が高いといえる。

[0126] 本実施形態では、真円噴孔としての噴孔 6 1、6 2、6 4、6 6、および、非真円噴孔としての噴孔 6 3、6 5 を図 1 4 に示すように配置し、全ての噴孔 1 3（噴孔 6 1～6 6）は、仮想非真円錐 V c 2 と、仮想真円錐 V c 1 または仮想非真円錐 V c 2 とが干渉しないよう形成されている。そのため、燃料噴霧間に閉空間は形成されず、負圧も発生せず、空気を導入することができる。これにより、燃料噴霧同士が収縮し合体するのを抑制できる。したがって、噴霧の高ペネトレーション化によるシリンダ内の濡れや噴霧特性の悪化を抑制できる。よって、少なくとも 1 つの非真円噴孔を含むことで噴孔内壁 1 3 3 のデポジットの堆積を抑制するとともに燃料噴霧の低ペネトレーション化を図りつつ、噴孔 1 3 から噴射される燃料噴霧同士が干渉しないよう噴孔 1 3 を形成し噴孔開き角を適宜設定することで噴霧の高ペネトレーシ

ョン化によるシリンダ内の濡れや噴霧特性の悪化を抑制できる。

[0127] 本実施形態では、サイド搭載においてシリンダ内壁に近い噴孔63、65、すなわち、「楕円噴孔」から噴射された燃料噴霧F₀の低ペネトレーション化が実現される。よって、シリンダ内壁の濡れを効果的に抑制できる。

[0128] 図19に示すように、非真円噴孔において、燃料の噴射中は、長径方向（長軸側）に燃料を延ばし、液膜状に燃料を噴出することで、分裂を促進し、燃料噴霧の微粒化を図ることができる。一方、オーバル噴孔においては、ニードル30着座後の噴射終了時、噴孔内の燃料は、長径方向（長軸側）のR部に集まり、液糸状に噴出されるため、燃料キレが悪くなり、ノズル10の外壁の噴孔周りの濡れが多くなることがある（図31、32参照）。

[0129] また、図14に示すように、非真円噴孔としての噴孔63の出口開口部132の扁平率 a_1/b_1 (>1) は、真円噴孔としての噴孔64の出口開口部132の扁平率 a_2/b_2 ($=1$) より大きい。また、出口開口部132の扁平率が大きい非真円噴孔（63、65）の入口開口部131の面積は、出口開口部132の扁平率が小さい真円噴孔（61、62、64、66）の入口開口部131の面積より小さい。

[0130] 本実施形態では、ニードル30着座後の噴孔13からの燃料の噴射終了時、入口開口部131の面積が小さいため燃料が流れづらく出口開口部132の扁平率が大きい非真円噴孔（63、65）からサック室15に空気が流入するとともに、入口開口部131の面積が大きいため燃料が流れ易く出口開口部132の扁平率が小さい真円噴孔（61、62、64、66）から燃料を噴き切って噴射終了する。そのため、燃料濡れし易い扁平率の大きい噴孔13からの低圧燃料の噴射量が低減し、燃料濡れを抑制できる。したがって、燃料噴霧の広角化と噴霧変化の影響の最小化とを両立しながら、チップウェットを従来技術と同等レベルに抑えることが可能である。

[0131] 以上説明したように、本実施形態では、複数の噴孔13のうち1つ以上の噴孔13を、出口開口部132の最長径と最短径との比が1より大きい噴孔である非真円噴孔とすることで、噴孔内壁133のデポジットの堆積を抑制

できる。

[0132] また、非真円噴孔および真円噴孔についてそれぞれ仮想非真円錐 $Vc2$ と仮想真円錐 $Vc1$ を定義し、少なくとも隣り合う2つの噴孔13を、仮想非真円錐 $Vc2$ と、仮想真円錐 $Vc1$ または仮想非真円錐 $Vc2$ とが干渉しないよう形成することで、噴孔13から噴射される燃料噴霧同士の干渉を抑制できる。そのため、燃料噴霧間に閉空間は形成されず、負圧も発生せず、空気を導入することができる。これにより、燃料噴霧同士が収縮し合体するのを抑制できる。したがって、噴霧の高ペネトレーション化によるシリンダ内の濡れや噴霧特性の悪化を抑制できる。

[0133] また、本実施形態では、非真円噴孔としての噴孔63、65は、出口開口部132の短径方向が、非真円噴孔から噴射される燃料の噴射方向に沿うよう形成されている。そのため、長軸方向の噴孔内壁133に燃料を沿わせて液膜を薄膜化し、微粒化できる。

[0134] また、本実施形態では、1つ以上の非真円噴孔(63、65)は、入口開口部131および出口開口部132が同じ扁平率の楕円形状である。そのため、噴孔13をレーザ加工する場合において、焦点を固定してレーザの走査ができ、非真円噴孔を容易に形成することができる。

[0135] 第6実施形態は、上述した点以外の構成は、第1実施形態と同様である。

[0136] 本実施形態では、第1実施形態と同様、ニードル30が弁座14から最も離間したときの弁座14とニードル30との間の流路面積の最小値をシート絞り面積 A_s 、噴孔13の流路面積の最小値を噴孔絞り面積 A_h とすると、 $A_s > A_h$ である。また、噴孔13は、噴孔軸 A_{xh1} と入口開口部131との交点である開口交点 P_{o1} におけるサック壁面150の法線 L_{n1} が、噴孔内壁133、または、噴孔内壁133をノズル筒部11とは反対側へ延長した仮想内壁 $VW1$ に交わるよう形成されている(図15参照)。そのため、上述の効果に加え、第1実施形態と同様の効果を奏することができる。

[0137] (第7実施形態)

第7実施形態による燃料噴射弁の一部を図33に示す。第7実施形態は、

非真円噴孔の構成が第6実施形態と異なる。

[0138] 図33に示すように、本実施形態では、非真円噴孔としての噴孔63、65は、入口開口部131が半径R1の真円形状であり、出口開口部132が入口開口部131の形状と同じ曲率の2つの半円Ch1を直線Lh1で繋いだ形状である。そのため、噴孔63、65は、噴孔軸Axh1方向から見たとき、出口開口部132の形状がトラック形状、すなわち、非真円形状となる（図33参照）。ここで、噴孔63、65を、「非真円噴孔」とする。また、噴孔63、65を、適宜、「トラック噴孔」とよぶ。半円Ch1の半径R2は、入口開口部131の半径R1と同じである。

[0139] 非真円噴孔としての噴孔63、65は、入口開口部131の最長径a10と最短径b10との比、および、扁平率 $a10/b10$ が1である（図33参照）。

[0140] 非真円噴孔としての噴孔63、65は、出口開口部132の最長径a1と最短径b1との比、および、扁平率 $a1/b1$ が1より大きい（図33参照）。本実施形態では、入口開口部131の最短径b10と出口開口部132の最短径b1とは同じである。なお、出口開口部132を形成する2つの半円Ch1の中心間の距離Xは、噴孔63、65の噴孔開き角により決定する。

[0141] 図34に示すように、非真円噴孔としての噴孔63、65は、出口開口部132の短径方向が、非真円噴孔から噴射される燃料の噴射方向に沿うよう形成されている。ここで、「短径方向」は、ノズル筒部11の軸Ax1方向から見たとき、出口開口部132の短径すなわち出口開口部132の幅のうち最も小さい幅の方向D1に沿う方向に対応する。また、「燃料の噴射方向」は、ノズル筒部11の軸Ax1方向から見たとき、噴孔軸Axh1に沿う方向に対応する。なお、図34において、「長径方向」は、出口開口部132の長径すなわち出口開口部132の幅のうち最も大きい幅の方向D2に沿う方向に対応する。

[0142] 本実施形態では、非真円噴孔としての噴孔63、65について、第1実施

形態の非真円噴孔と同様に仮想非真円錐 $Vc2$ を定義したとき、6つの噴孔13のうち、全ての噴孔13は、仮想真円錐 $Vc1$ または仮想非真円錐 $Vc2$ と、仮想真円錐 $Vc1$ または仮想非真円錐 $Vc2$ とが干渉しないよう形成されている。

[0143] 次に、「非真円噴孔」すなわち「トラック噴孔」の噴孔軸 $Axh1$ の定義の仕方について説明する。

[0144] <手順1>

図35に示すように、適当な2つの平行な平面 $P101$ 、 $P102$ で噴孔13を切断する。

[0145] <手順2>

図36、37に示すように、手順1で切断した噴孔13の各断面 $SD1$ 、 $SD2$ のそれぞれにおいて、断面 $SD1$ 、 $SD2$ の外縁端の2つの直線部に平行、かつ、等距離の直線 $L1$ 、 $L2$ を設定する。

[0146] <手順3>

図38、39に示すように、手順2で設定した直線 $L1$ 、 $L2$ を含む平面 $P103$ で噴孔13を切断する。

[0147] <手順4>

図40に示すように、手順3で切断した噴孔13の断面 $SD3$ の外縁端のうち噴孔内壁133に対応する部分を延長した直線 $L3$ 、 $L4$ の交点 $Px101$ と、直線 $L3$ 、 $L4$ から等距離の位置を通る直線が噴孔軸 $Axh1$ となる。

[0148] 図41に示すように、トラック噴孔から噴射される燃料噴霧の開き角（噴霧開き角）は、楕円噴孔から噴射される燃料噴霧の開き角より大きい。よって、トラック噴孔は、楕円噴孔と比べ、燃料噴霧の低ペネトレーション化の効果が高いことがわかる。

[0149] 以上説明したように、本実施形態では、1つ以上の非真円噴孔（63、65）は、入口開口部131が真円形状であり、出口開口部132が入口開口部131の形状と同じ曲率の2つの半円 $Ch1$ を直線 $Lh1$ で繋いだ形状で

ある。そのため、楕円噴孔と比べ、出口開口部 132 の外縁端の R 部の曲率半径を大きくでき、燃料が R 部から抜け易くなる。これにより、ノズル 10 の先端の濡れを抑制できる。

[0150] 第 7 実施形態は、上述した点以外の構成は、第 6 実施形態と同様である。

[0151] (第 8 実施形態)

第 8 実施形態による燃料噴射弁について図 42 に基づき説明する。第 8 実施形態は、噴孔 13 の構成が第 6 実施形態と異なる。

[0152] 本実施形態では、ノズル 10 は、第 1 実施形態で示した噴孔 64 を有していない。つまり、本実施形態では、噴孔 13 は、ノズル 10 に 5 つ形成されている。ここで、噴孔 61、62、63、65、66 の入口開口部 131 の中心は、軸 A x 1 を中心とするピッチ円 C p 1 上に等間隔で配置されている。

[0153] (第 9 実施形態)

第 9 実施形態による燃料噴射弁の一部を図 43 に示す。第 9 実施形態は、非真円噴孔としての噴孔 13 の構成が第 6 実施形態と異なる。

[0154] 本実施形態では、非真円噴孔としての噴孔 63 は、入口開口部 131 および出口開口部 132 の形状がともに長方形状となるよう形成されている。ここで、噴孔 63 は、出口開口部 132 の長辺の長さ a_3 と短辺の長さ b_3 との比、および、扁平率 a_3 / b_3 が 1 より大きい。

[0155] また、非真円噴孔としての噴孔 65 は、入口開口部 131 が真円形状であり、出口開口部 132 がトラック形状である。ここで、噴孔 65 は、出口開口部 132 の長径の長さ a_1 と短径の長さ b_1 との比、および、扁平率 a_1 / b_1 が 1 より大きい。つまり、噴孔 65 は、第 7 実施形態における噴孔 65 と同じ構成である。

[0156] 第 9 実施形態は、上述した点以外の構成は、第 6 実施形態と同様である。

[0157] (他の実施形態)

他の実施形態では、噴孔 13 は、法線 L_{n1} が、噴孔内壁 133 ではなく、噴孔内壁 133 をノズル筒部 11 とは反対側へ延長した仮想内壁 VW1 に

交わるよう形成されていてもよい。この場合、 $L A / L B > -0.2$ となるよう形成されていることが望ましい。

[0158] また、上述の第1実施形態では、法線 $L n 1$ が、仮想面 $S c 1$ による断面において示される2つの噴孔内壁133のうちノズル筒部11の軸 $A \times 1$ 側の噴孔内壁133と交わる例を示した。これに対し、他の実施形態では、法線 $L n 1$ は、仮想面 $S c 1$ による断面において示される2つの仮想内壁 $VW 1$ のうちノズル筒部11の軸 $A \times 1$ 側の仮想内壁 $VW 1$ と交わることもよい。

[0159] また、上述の第2実施形態では、法線 $L n 1$ が、仮想面 $S c 1$ による断面において示される2つの噴孔内壁133のうちノズル筒部11の軸 $A \times 1$ とは反対側の噴孔内壁133と交わる例を示した。これに対し、他の実施形態では、法線 $L n 1$ は、仮想面 $S c 1$ による断面において示される2つの仮想内壁 $VW 1$ のうちノズル筒部11の軸 $A \times 1$ とは反対側の仮想内壁 $VW 1$ と交わることもよい。

[0160] また、他の実施形態では、複数の噴孔13のうち少なくとも1つが、噴孔内壁133が入口開口部131側から出口開口部132側へ向かうに従い噴孔軸 $A \times h 1$ から離れるようテーパ状に形成されたテーパ噴孔であればよい。

[0161] また、他の実施形態では、少なくとも1つのテーパ噴孔のうち少なくとも1つが、開口交点 $P o 1$ におけるサック壁面150の法線 $L n 1$ が、噴孔内壁133または仮想内壁 $VW 1$ に交わるよう形成されていればよい。

[0162] また、上述の第6実施形態では、噴孔から燃料が噴射されときの燃料通路内の燃料の平均圧力 P (MPa)が20 (MPa)の例を示した。これに対し、他の実施形態では、複数の噴孔が上記式1～3の関係を満たすよう形成されるのであれば、 P は、20より低くてもよいし、20より高くてもよい。つまり、噴孔は、燃料噴射弁の使用時に想定される燃料通路内の燃料の圧力に応じ、適宜、形成できる。

[0163] また、他の実施形態では、燃料噴射弁は、どのような姿勢でエンジン80

に搭載してもよい。

[0164] また、他の実施形態では、ノズルのノズル筒部とノズル底部とは、別体に形成されていてもよい。また、他の実施形態では、ハウジング20の第1筒部材21とノズルまたはノズル筒部とは、一体に形成されていてもよい。

[0165] また、他の実施形態では、ハウジング20の第1筒部材21と第2筒部材22と第3筒部材23とは、一体に形成されていてもよい。この場合、例えば、第2筒部材22を薄肉に形成し、磁気絞り部とすればよい。

[0166] また、上述の実施形態では、直噴式のガソリンエンジンに燃料噴射弁を適用する例を示した。これに対し、他の実施形態では、燃料噴射弁を、例えば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してもよい。

[0167] このように、本開示は、上記実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々の形態で実施可能である。

[0168] 本開示は、実施形態に基づき記述された。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]

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から前記ノズル筒部とは反対側へ凹み内側にサック室（15）を形成するサック壁面（150）、前記サック壁面の周囲に形成される環状の弁座（14）、および、前記サック壁面と前記ノズル底部の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）を有するノズル（10）と、

前記ノズルの内側で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（55）と、を備え、

前記ニードルが前記弁座から最も離間したときの前記弁座と前記ニードルとの間の流路面積の最小値をシート絞り面積 A_s 、前記噴孔の流路面積の最小値を噴孔絞り面積 A_h とすると、 $A_s > A_h$ であり、

前記噴孔は、前記サック壁面に形成される入口開口部（131）、前記ノズル底部の前記ノズル筒部とは反対側の面（122）に形成される出口開口部（132）、および、前記入口開口部と前記出口開口部とを接続する噴孔内壁（133）を有し、

前記噴孔の少なくとも1つは、前記噴孔内壁が前記入口開口部側から前記出口開口部側へ向かうに従い前記噴孔の軸である噴孔軸（ $A \times h1$ ）から離れるようテーパ状に形成されたテーパ噴孔であり、

前記テーパ噴孔の少なくとも1つは、前記噴孔軸と前記入口開口部との交点である開口交点（ $Po1$ ）における前記サック壁面の法線（ $Ln1$ ）が、前記噴孔内壁、または、前記噴孔内壁を前記ノズル筒部とは反対側へ延長した仮想内壁（ $VW1$ ）に交わるよう形成され、

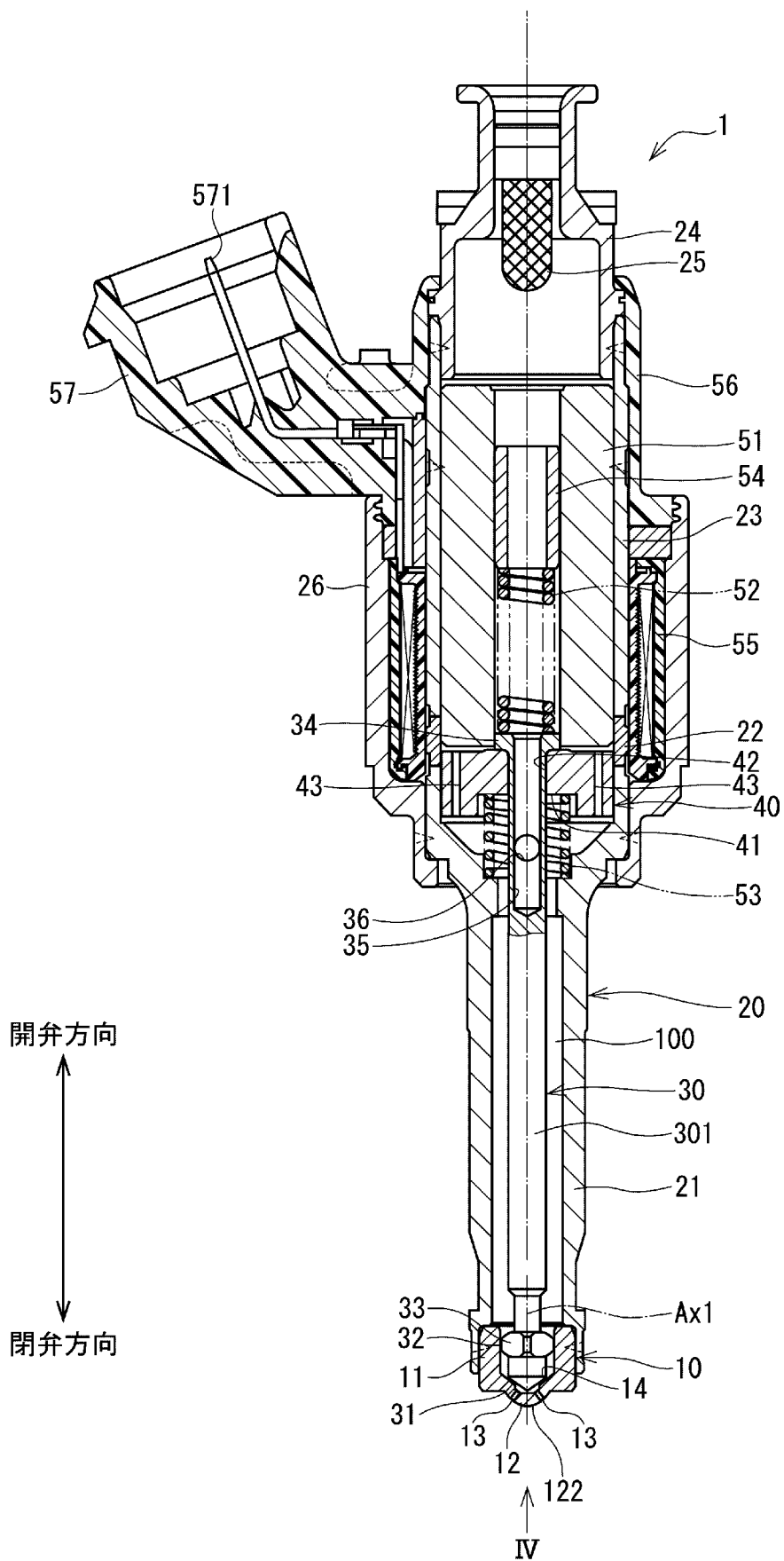
前記噴孔軸を含む仮想面（ $S_c 1$ ）による断面において、前記出口開口部から前記法線と前記噴孔内壁または前記仮想内壁との交点である内壁交点（ $P_w 1$ ）までの距離を L_A 、前記内壁交点が発生される側の前記噴孔内壁の前記入口開口部と前記出口開口部との間の長さである噴孔長を L_B とすると、

前記テーパ噴孔は、 $L_A / L_B > -0.2$ となるよう形成されている燃料噴射弁。

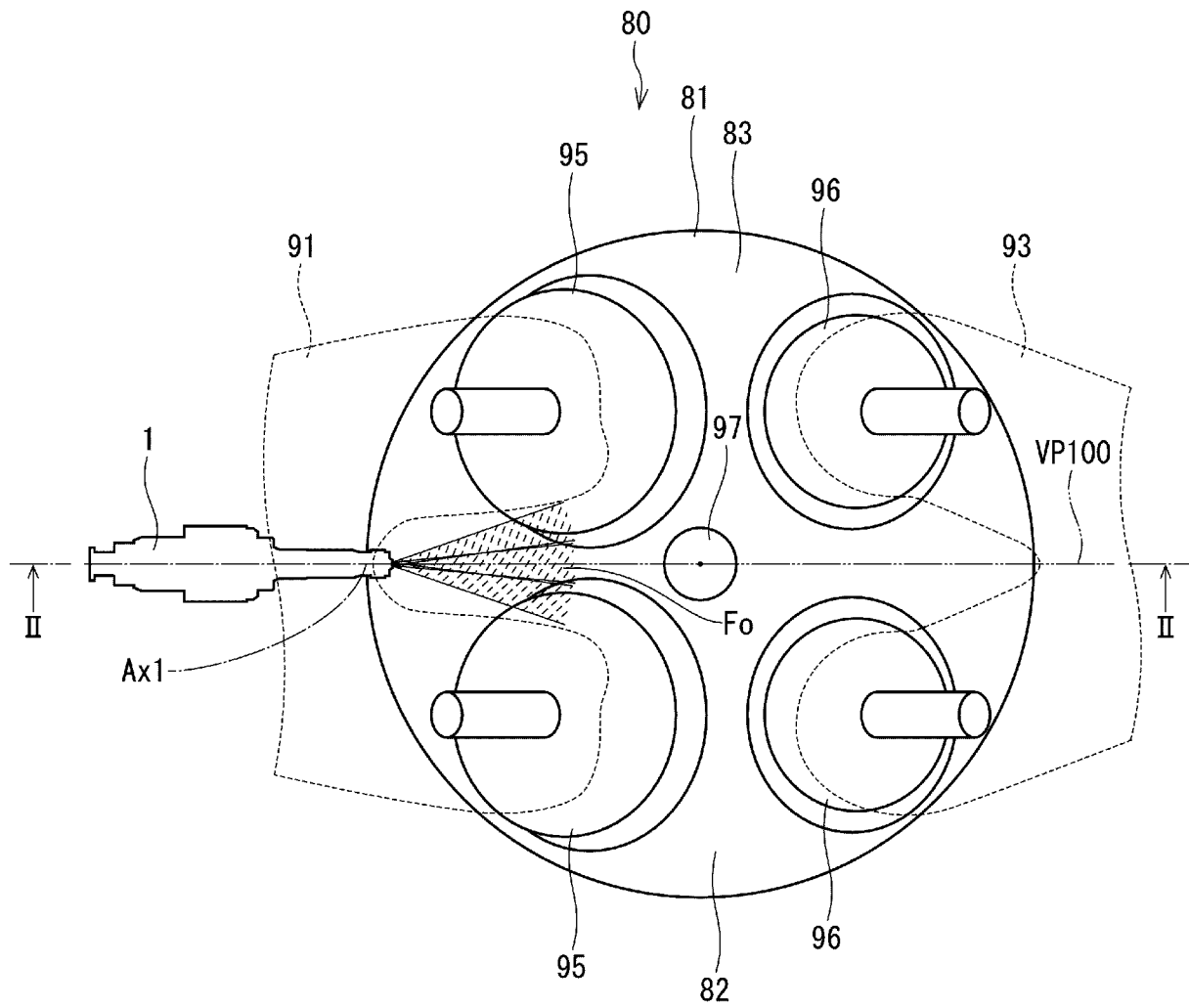
[請求項2] 前記法線は、前記噴孔軸を含む仮想面（ $S_c 1$ ）による断面において示される2つの前記噴孔内壁または2つの前記仮想内壁のうち前記ノズル筒部の軸（ $A_x 1$ ）とは反対側の前記噴孔内壁または前記仮想内壁と交わる請求項1に記載の燃料噴射弁。

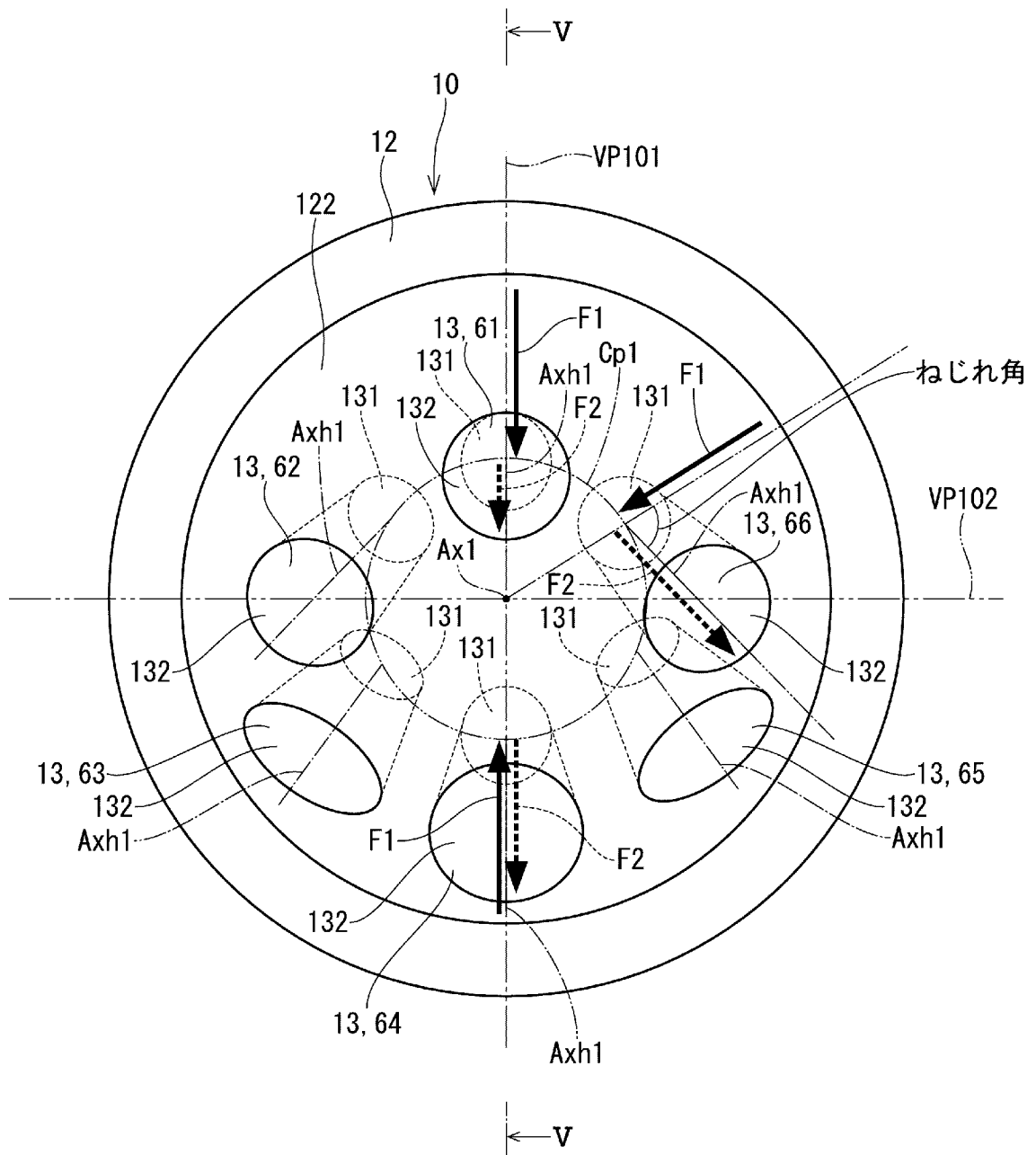
[請求項3] 前記法線は、前記噴孔軸を含む仮想面（ $S_c 1$ ）による断面において示される2つの前記噴孔内壁または2つの前記仮想内壁のうち前記ノズル筒部の軸（ $A_x 1$ ）側の前記噴孔内壁または前記仮想内壁と交わる請求項1に記載の燃料噴射弁。

[図1]

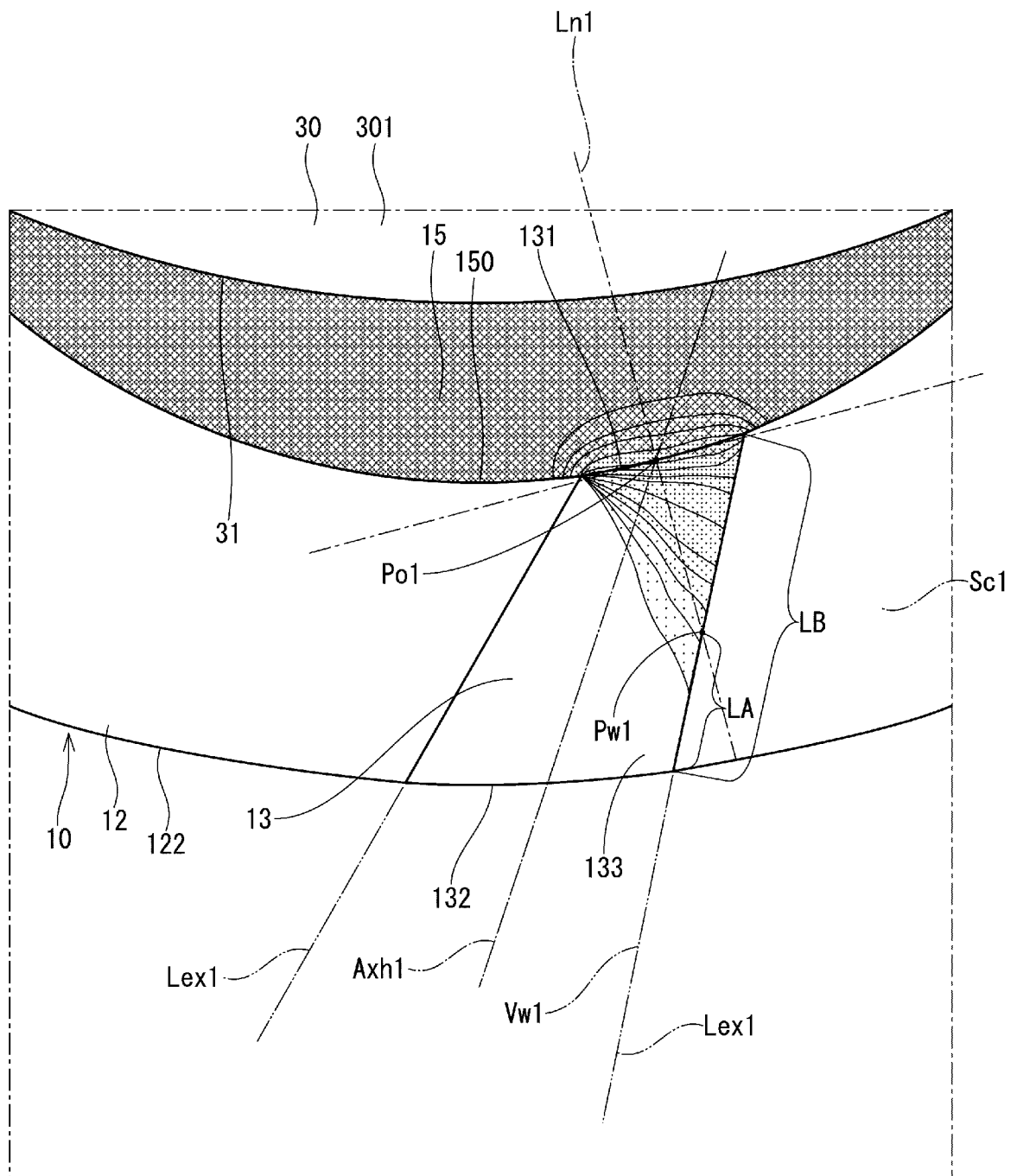


[図3]

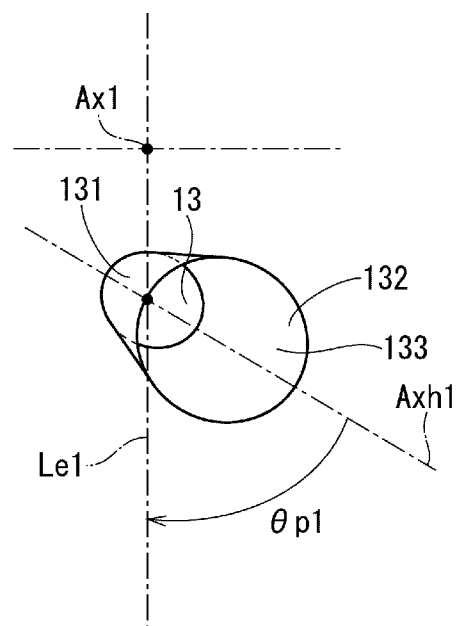




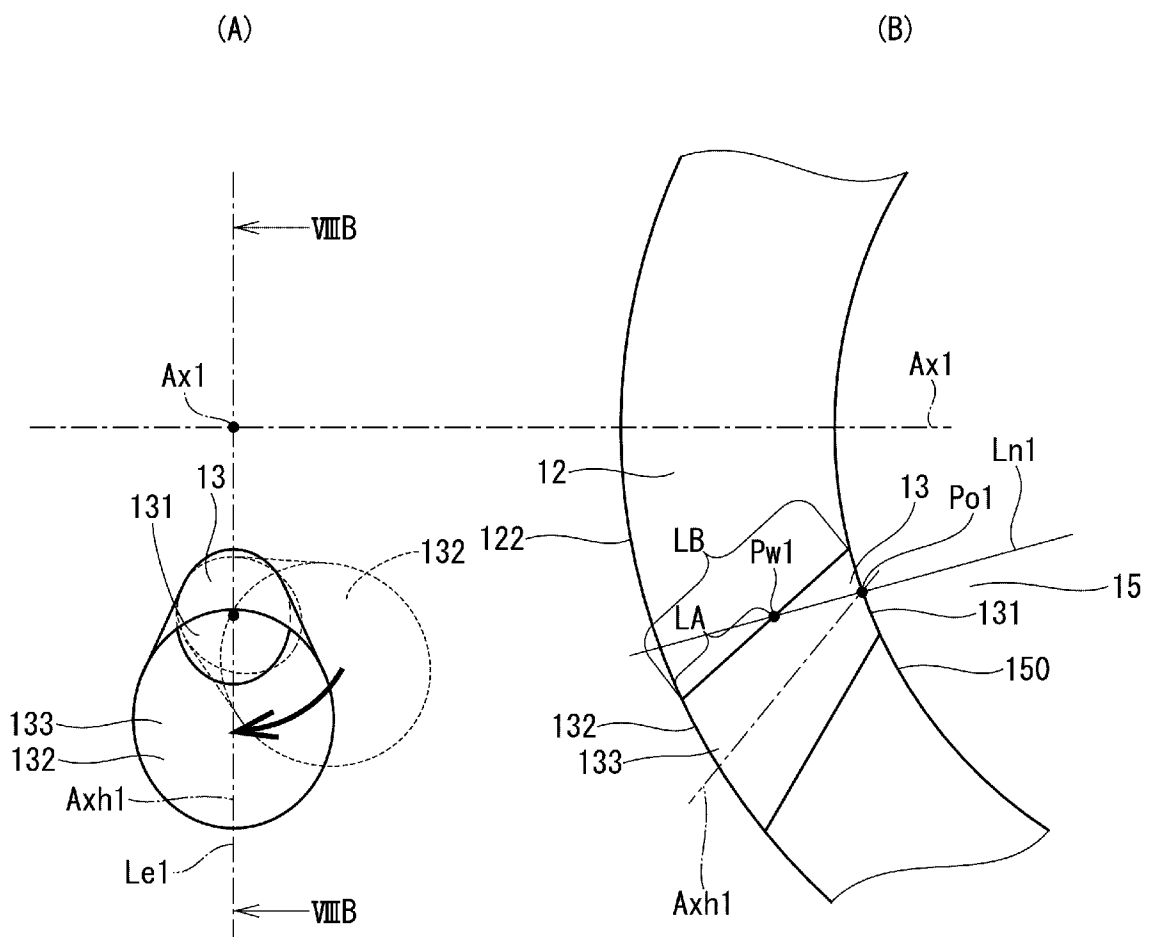
[図6]



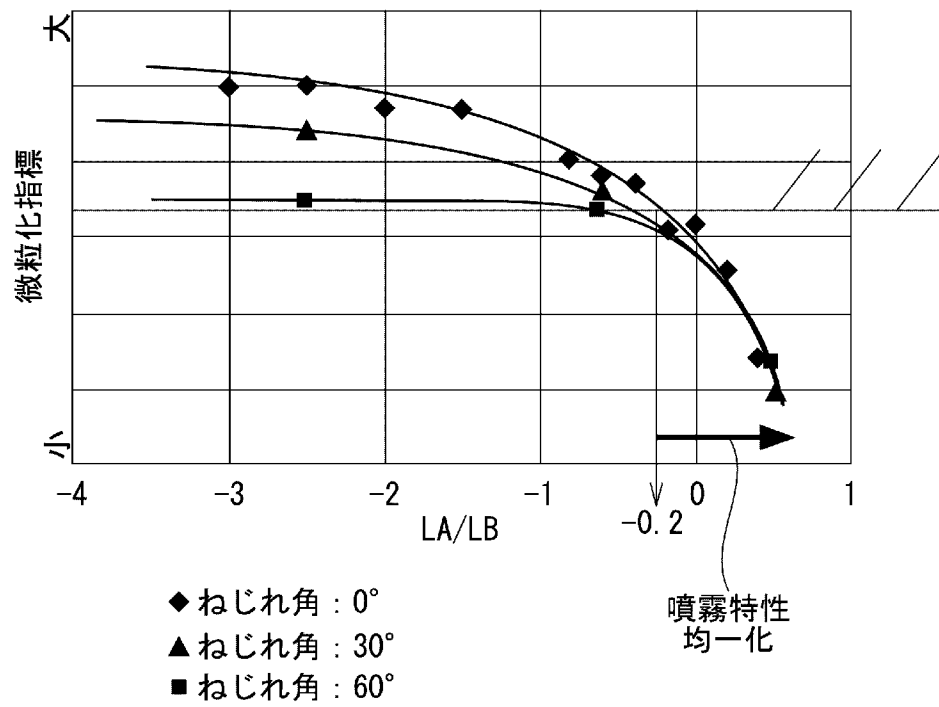
[図7]



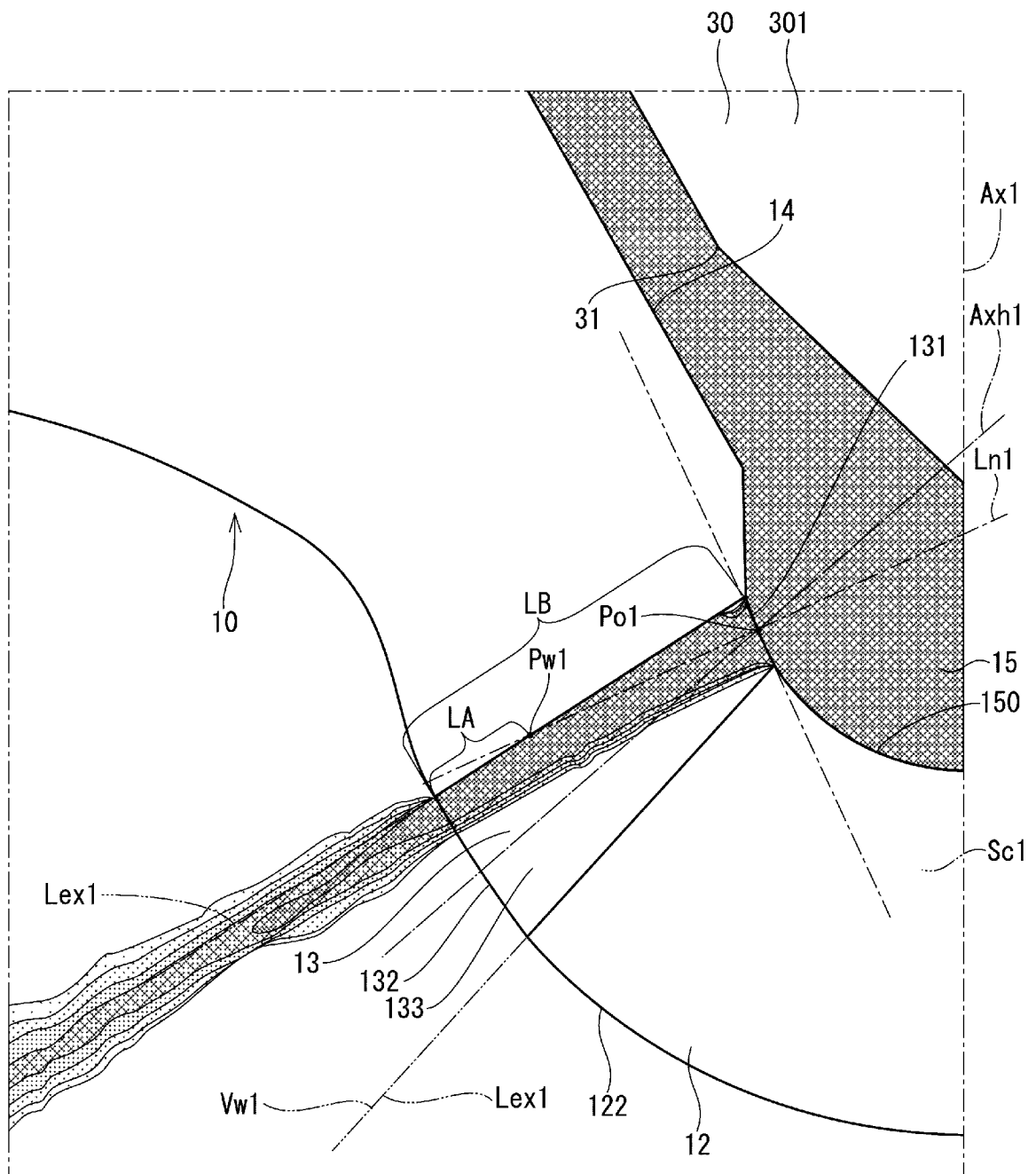
[図8]

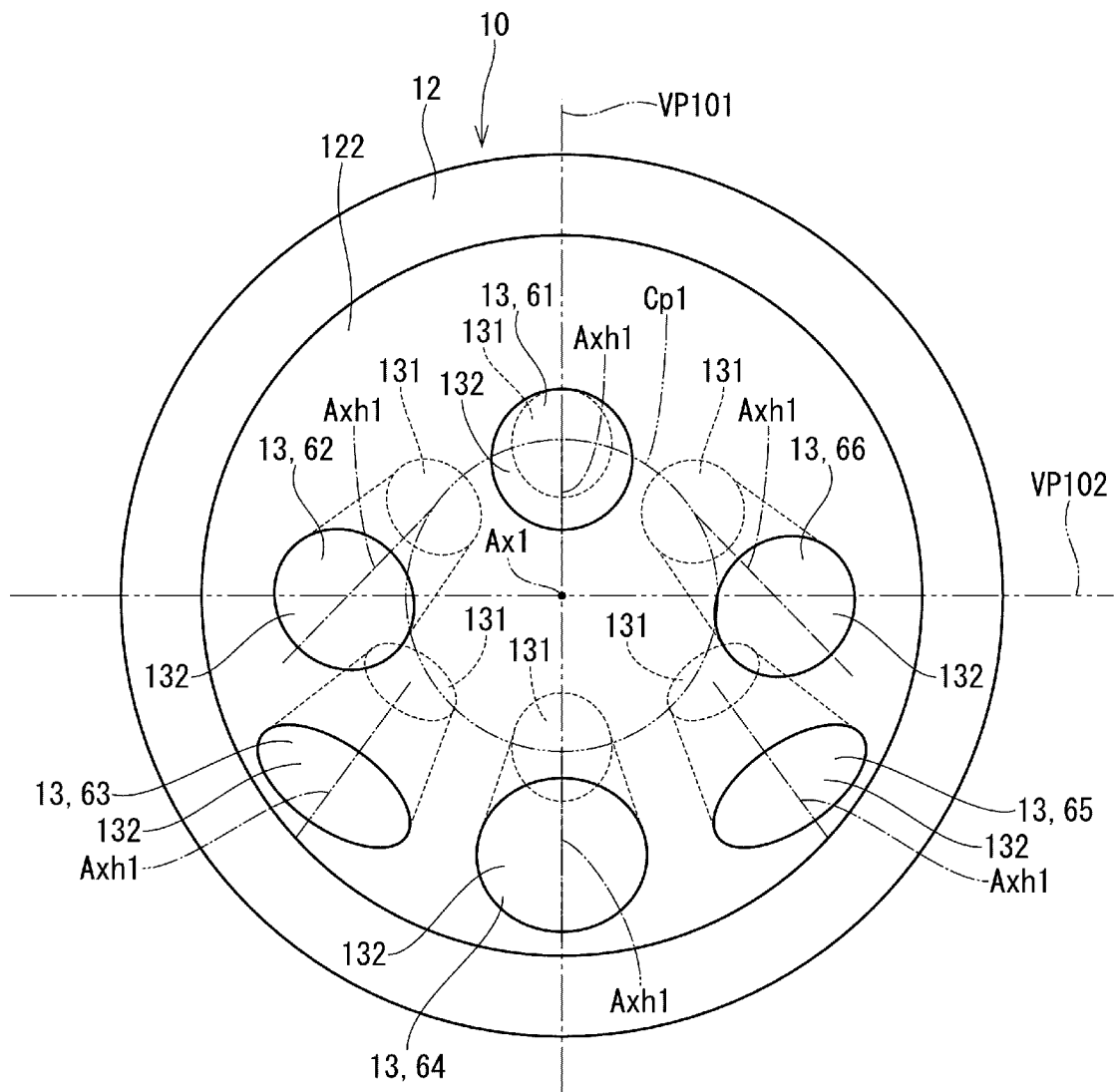


[図9]

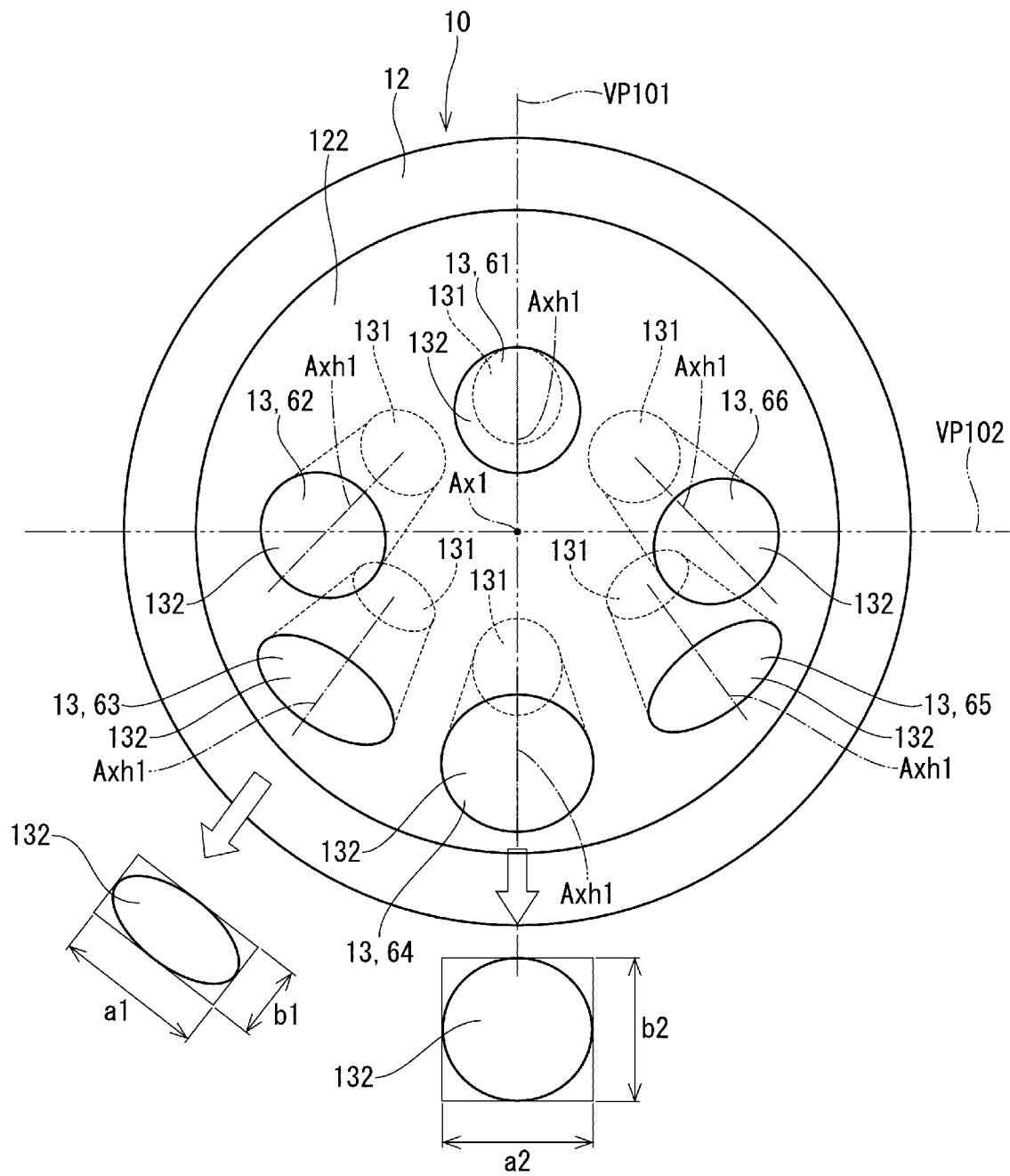


[図10]

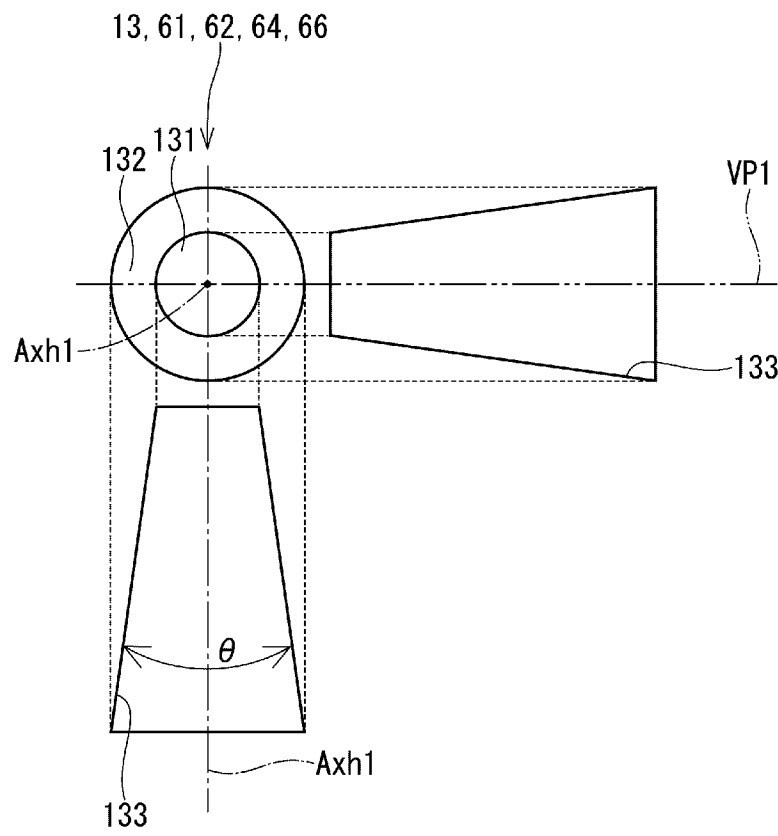




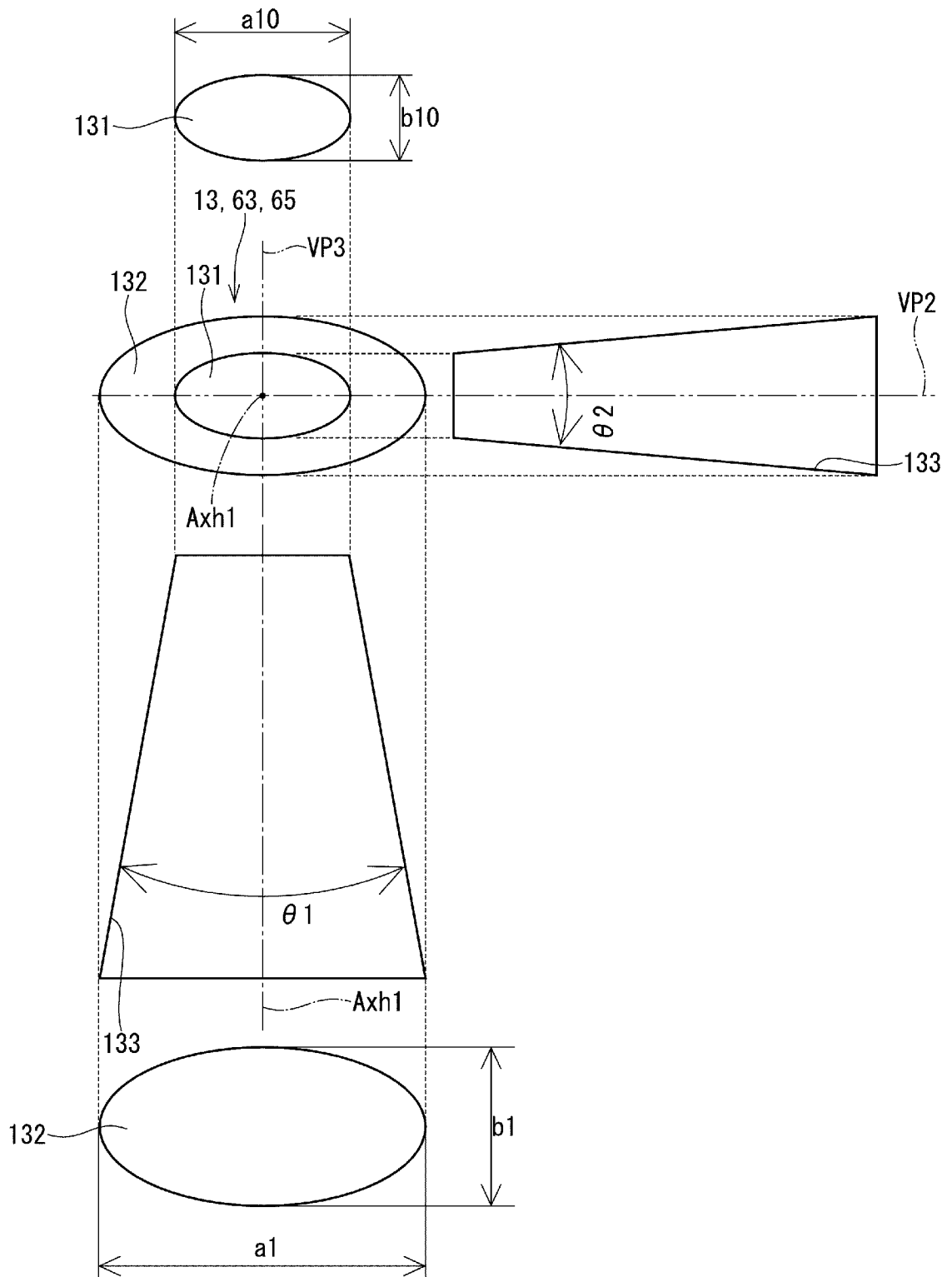
[図14]



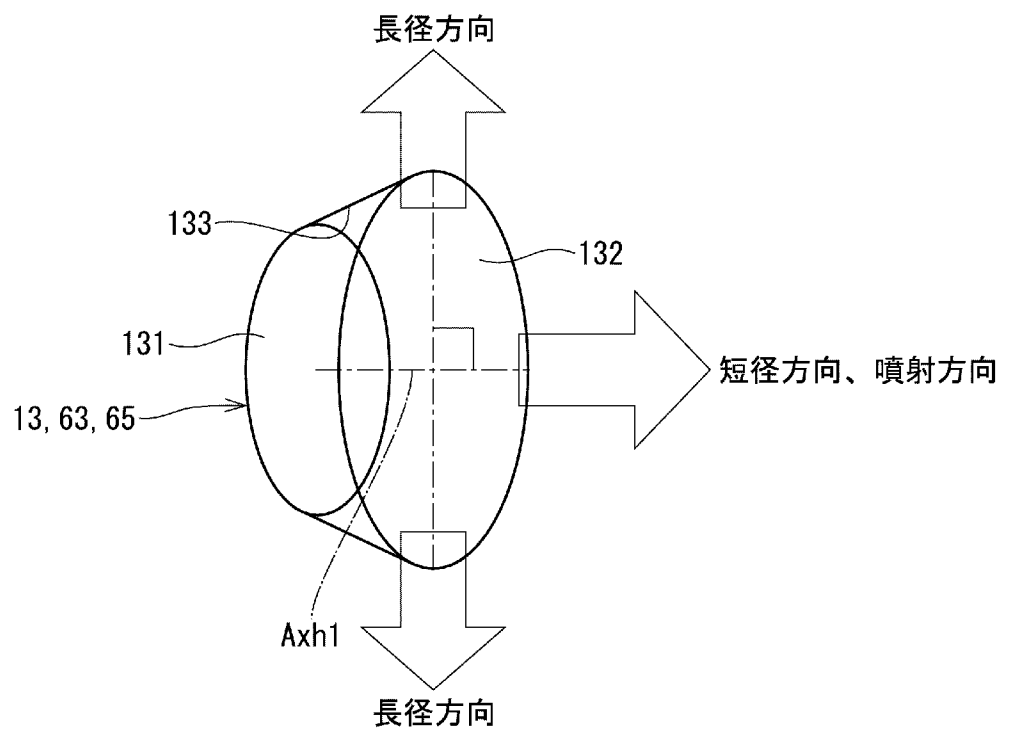
[図16]



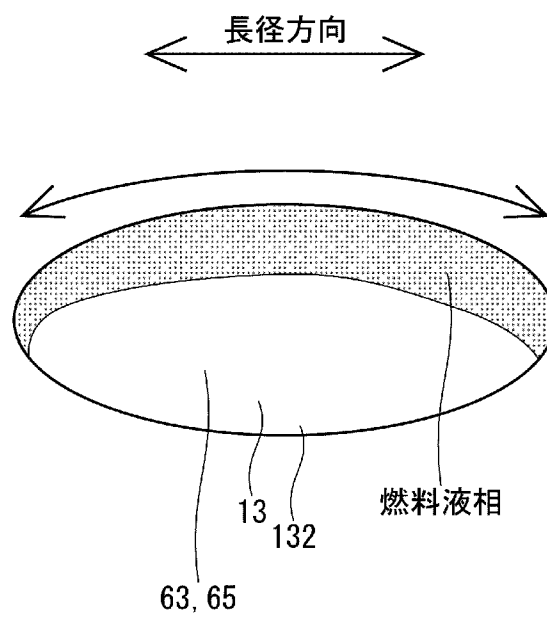
[図17]



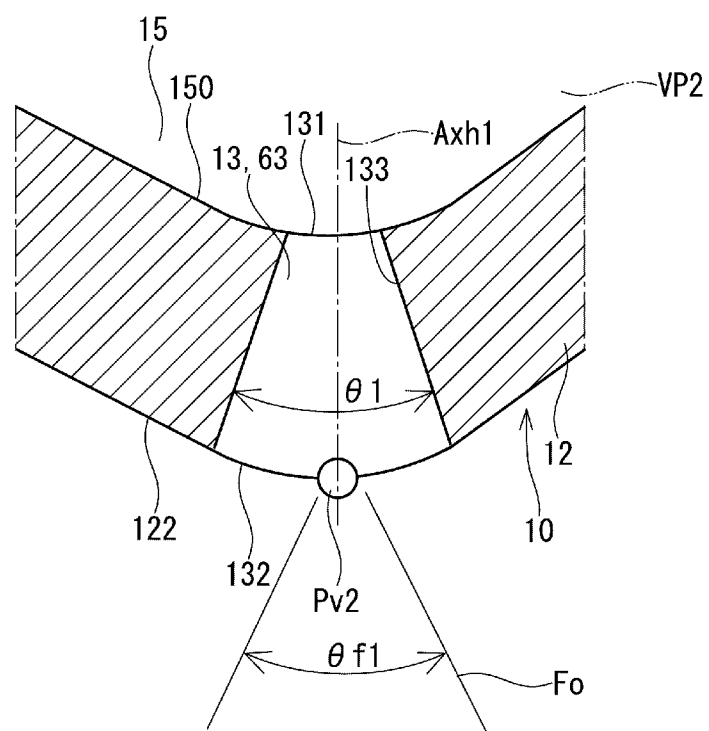
[図18]



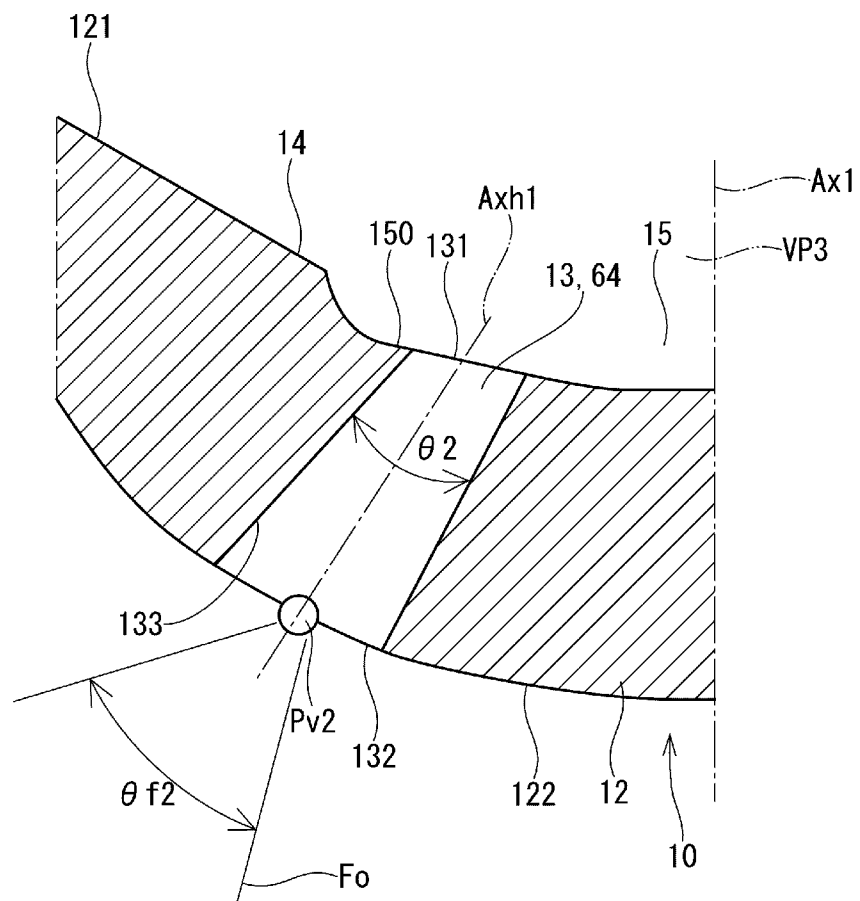
[図19]



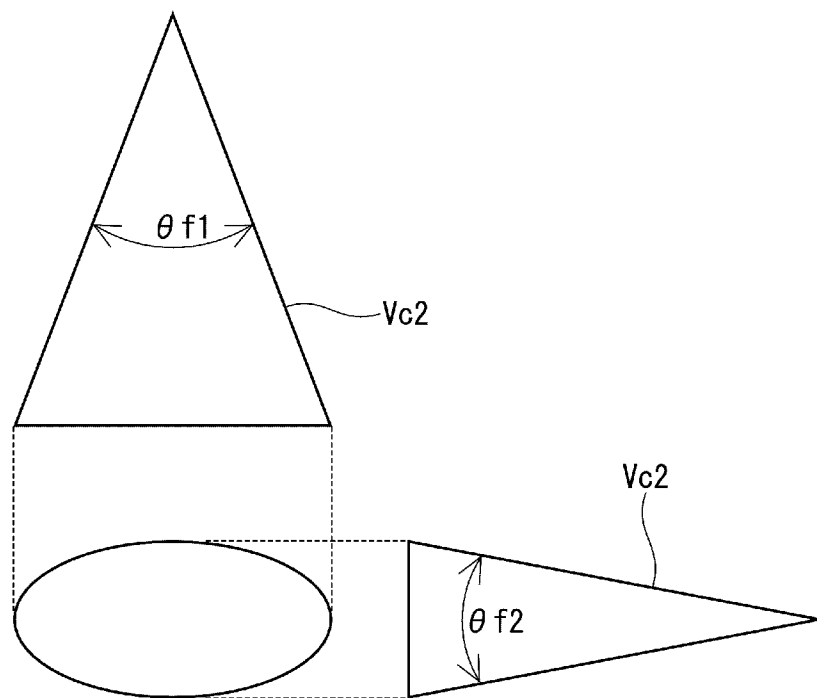
[図20]



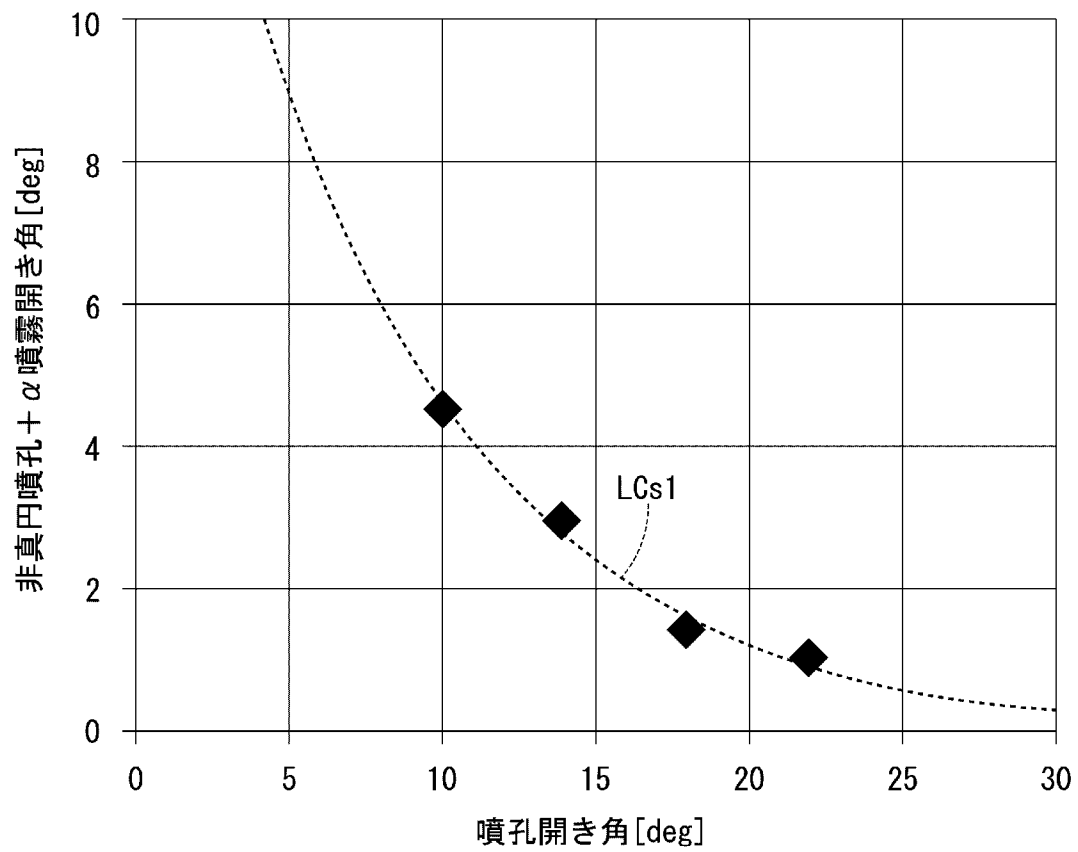
[図21]



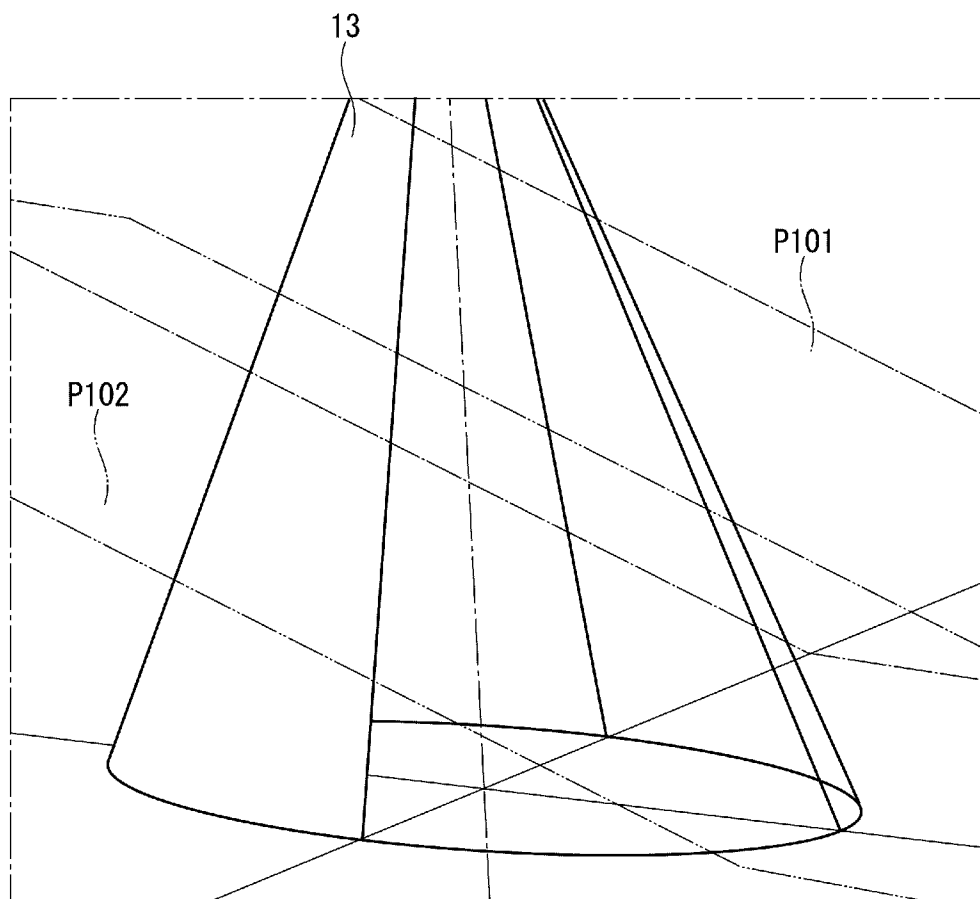
[図22]



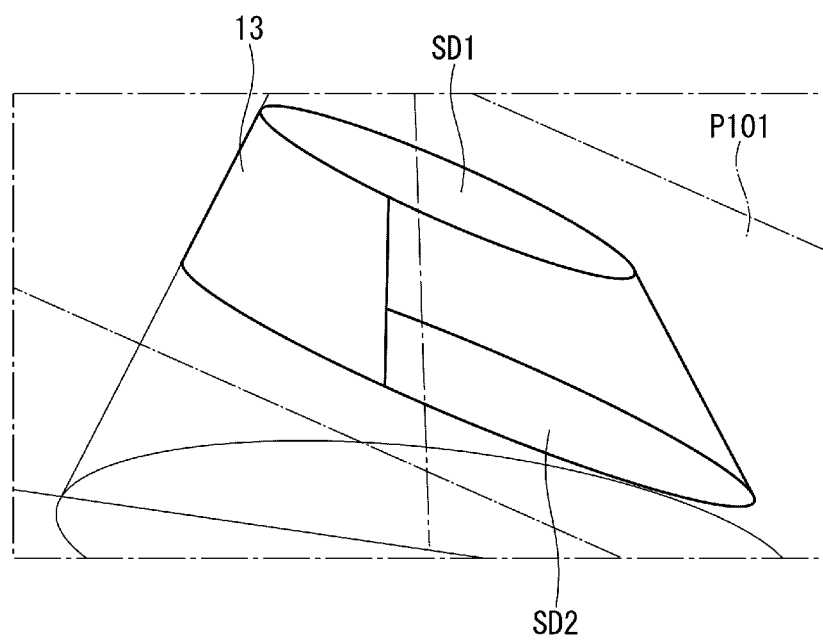
[図23]



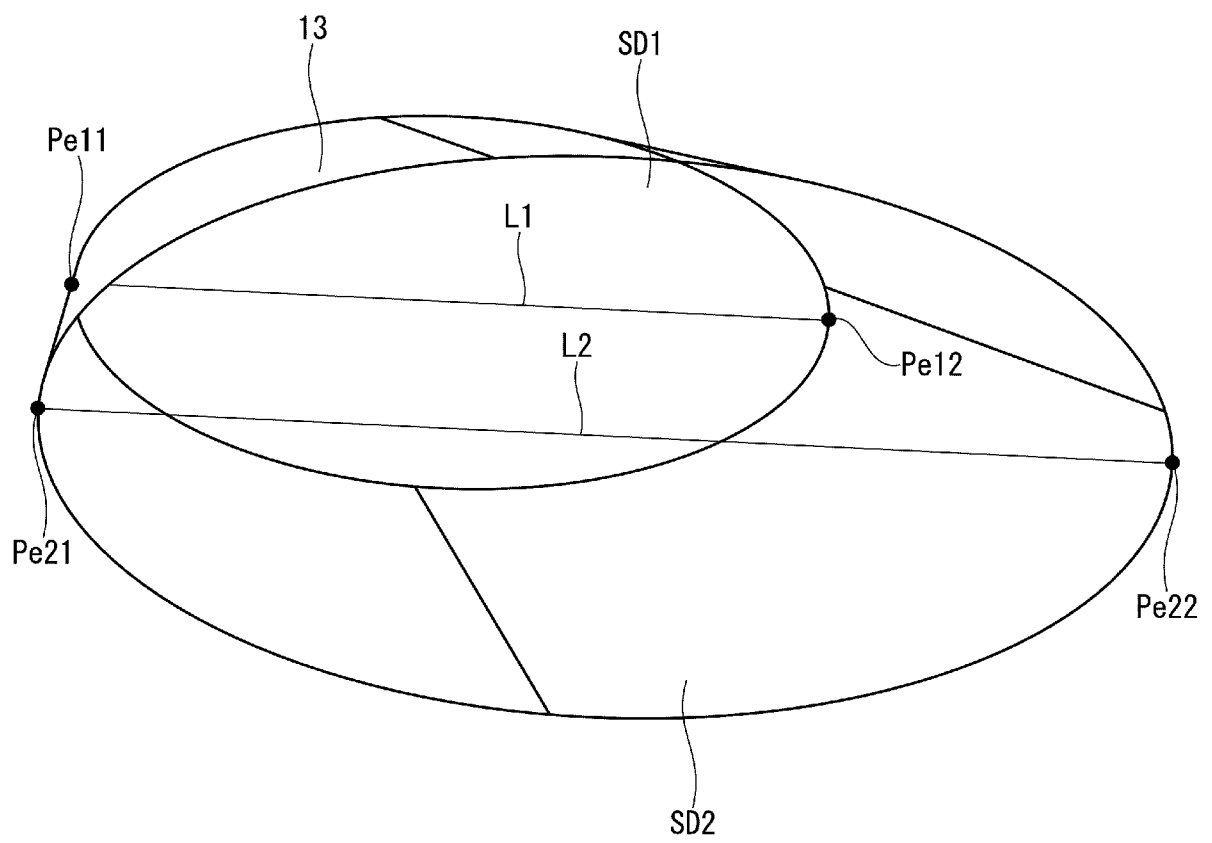
[図24]



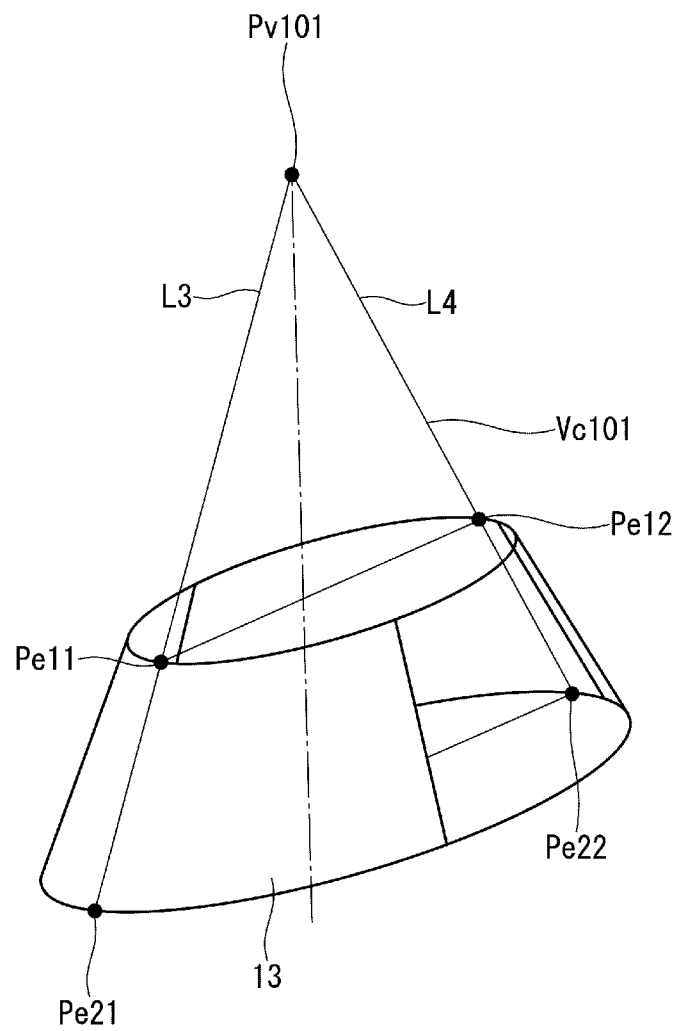
[図25]



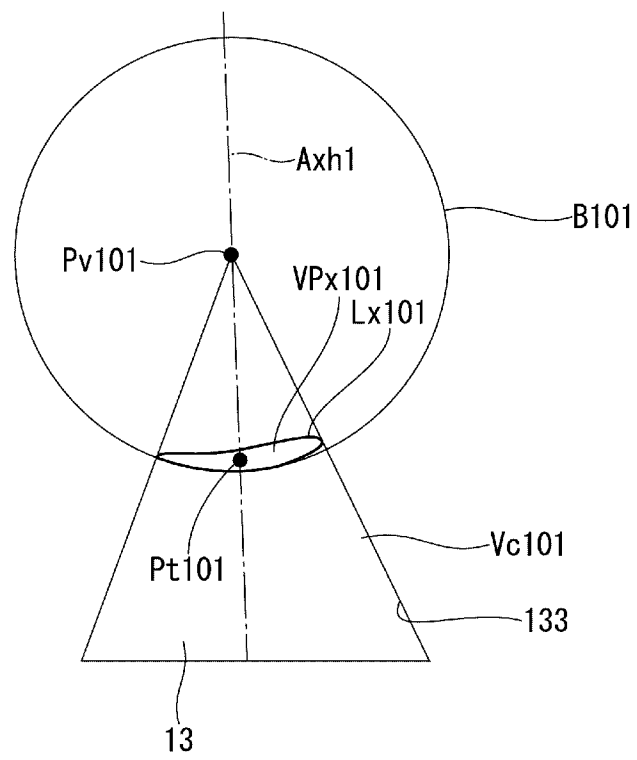
[図26]



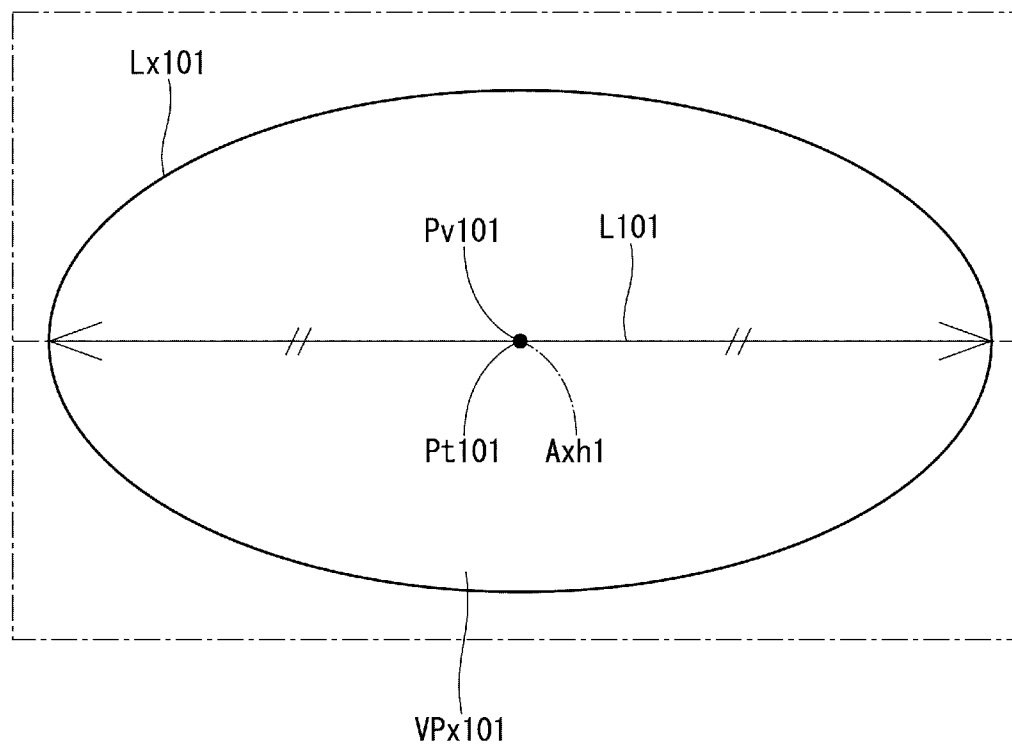
[図27]



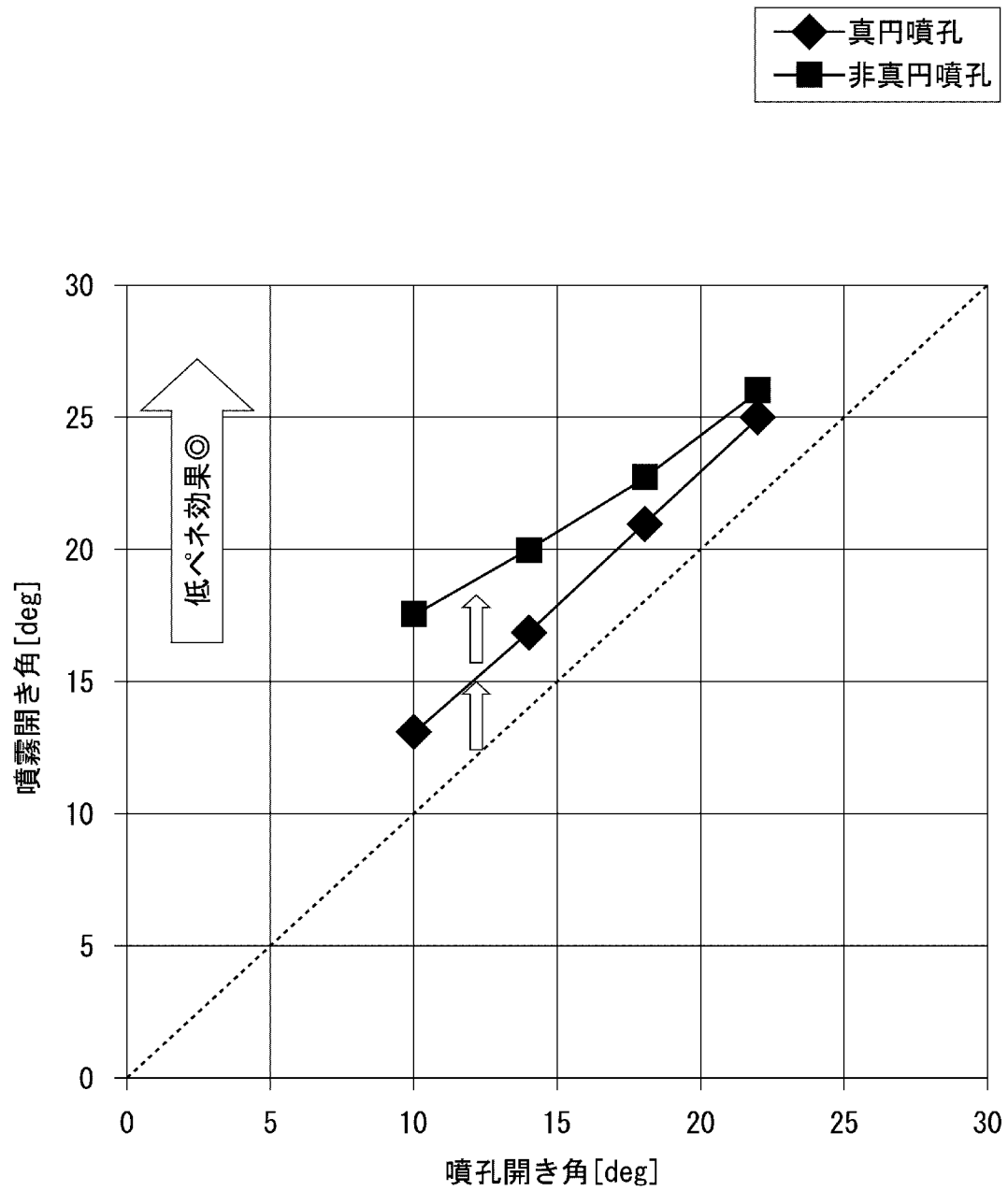
[図28]



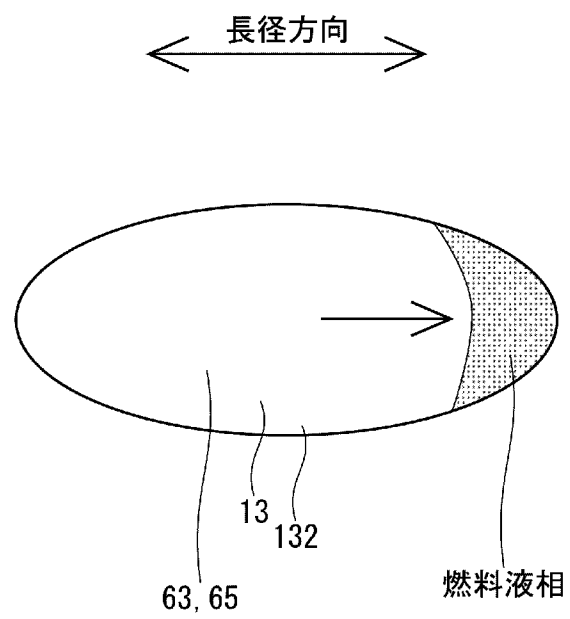
[図29]



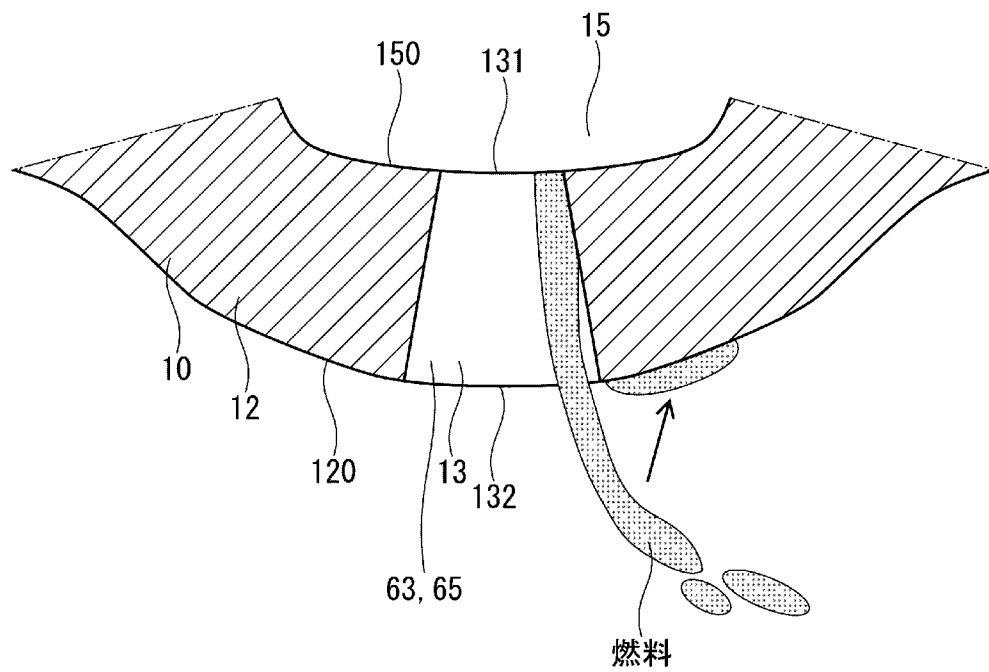
[図30]



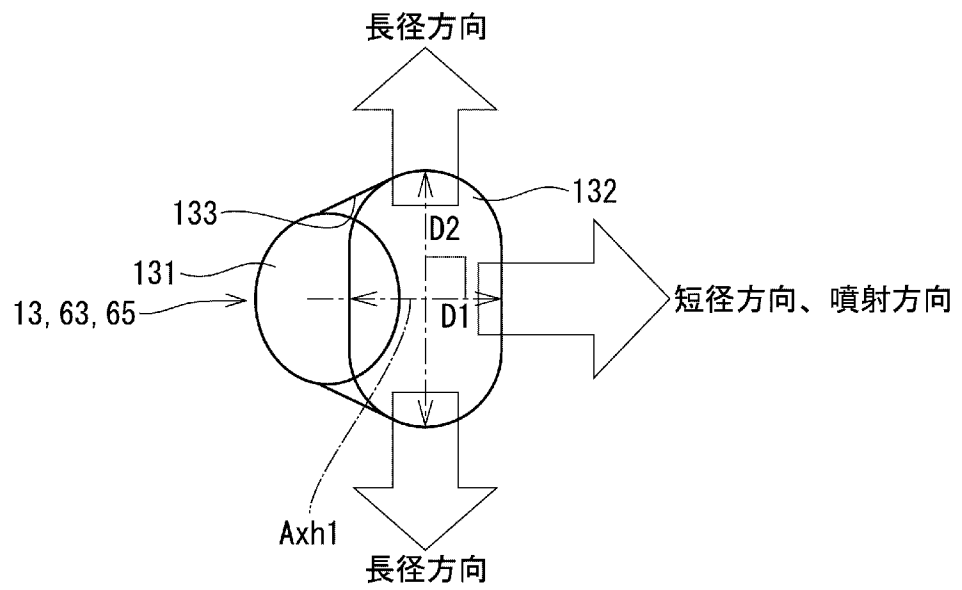
[図31]



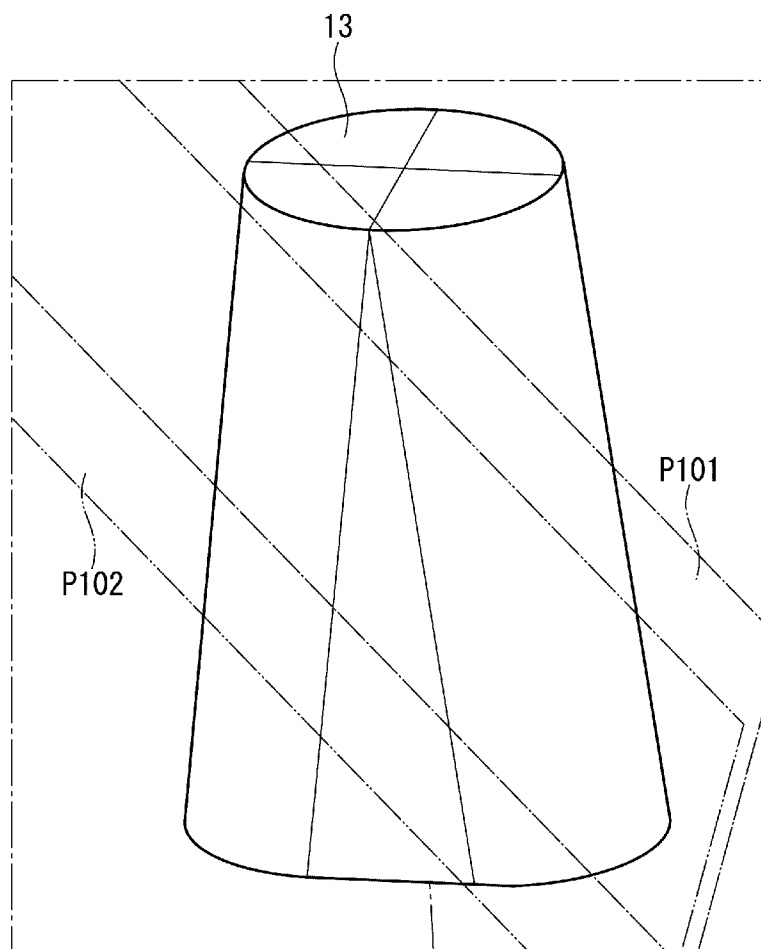
[図32]



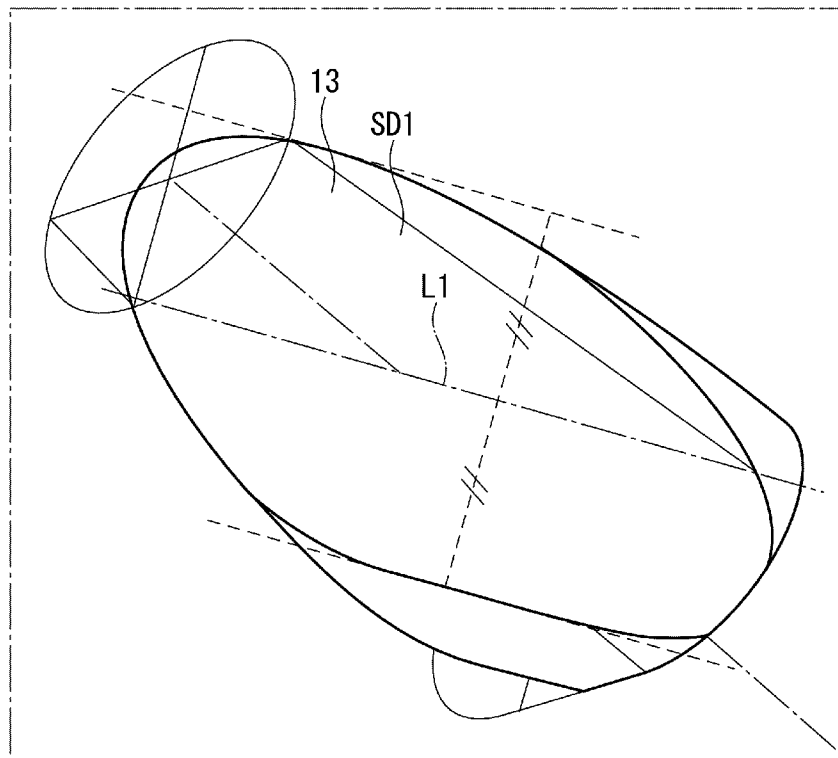
[図34]



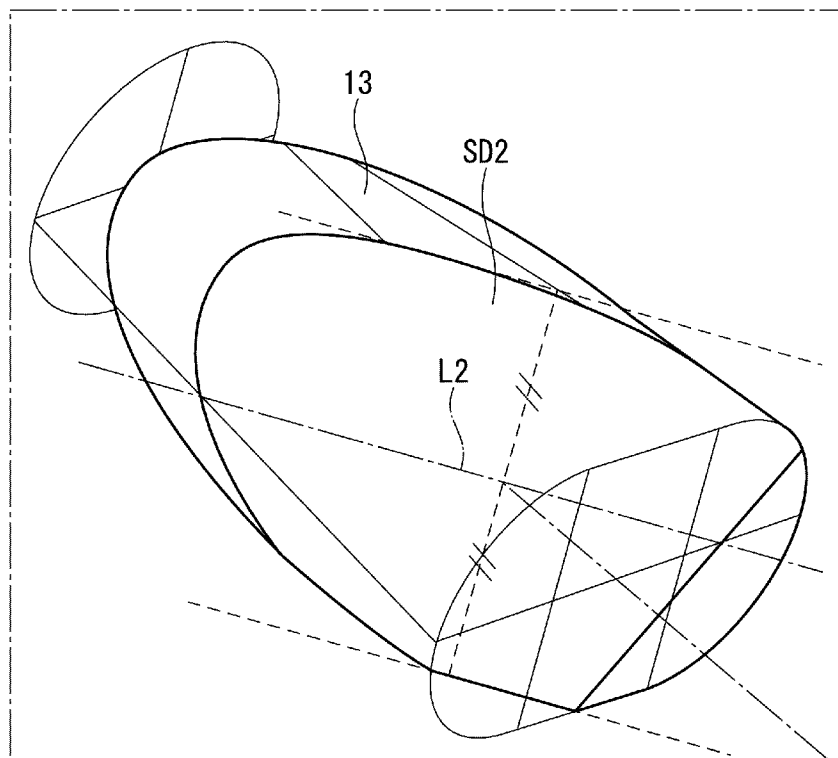
[図35]



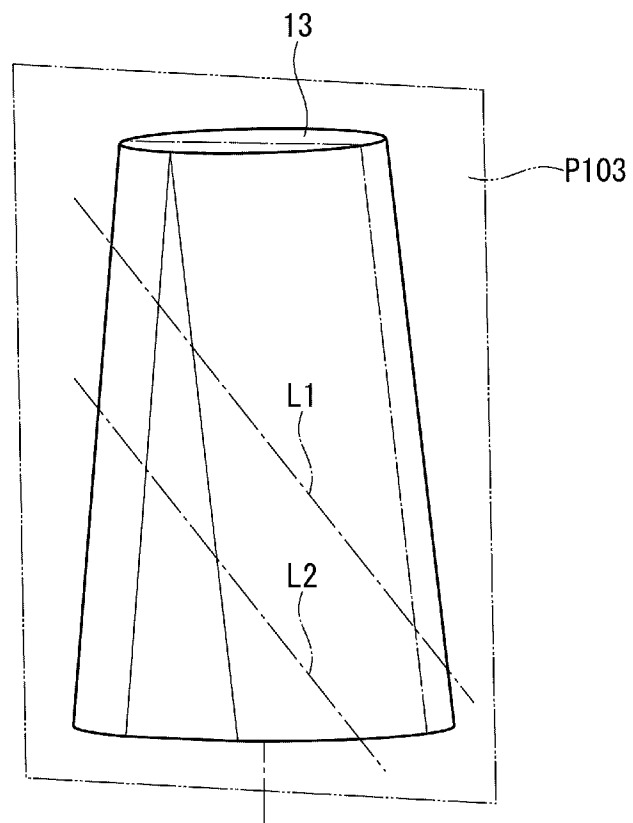
[図36]



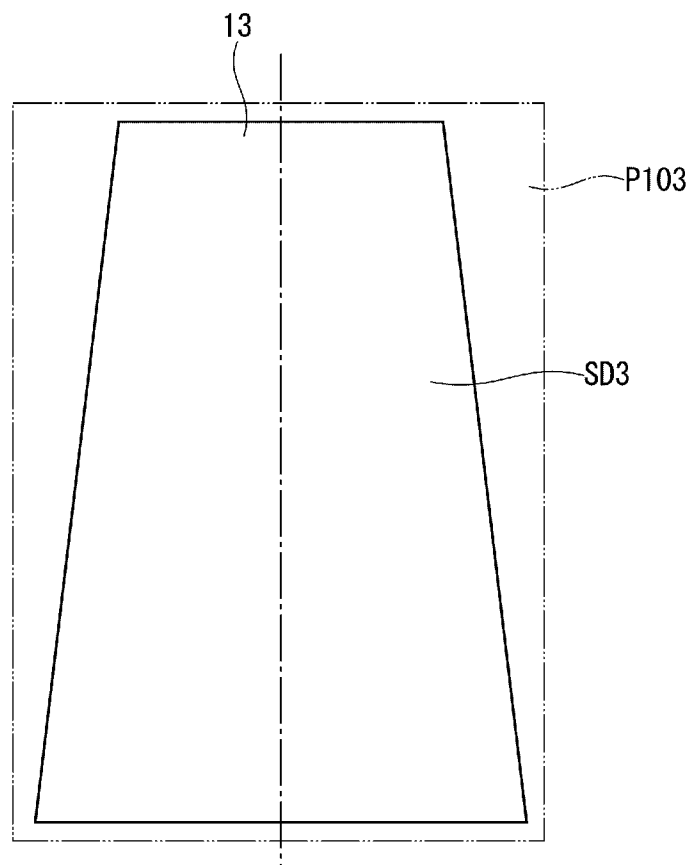
[図37]



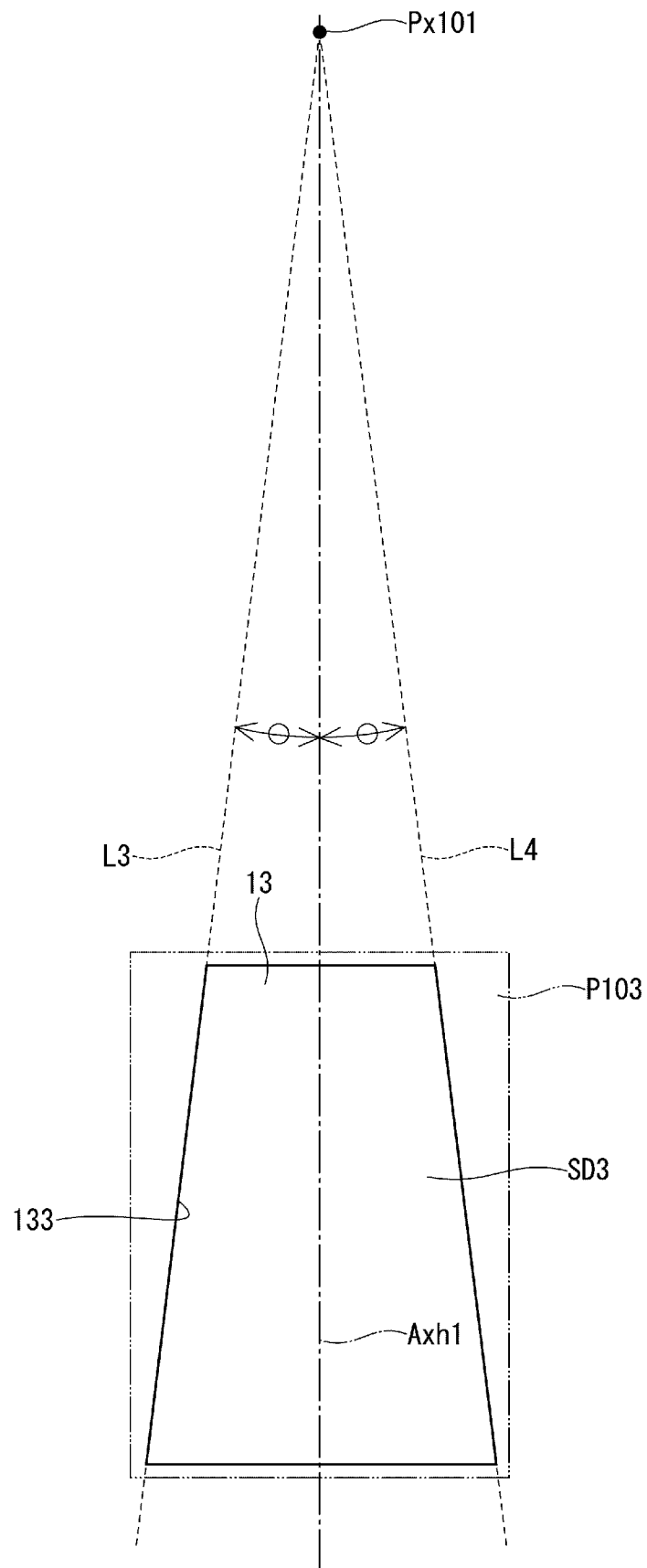
[図38]



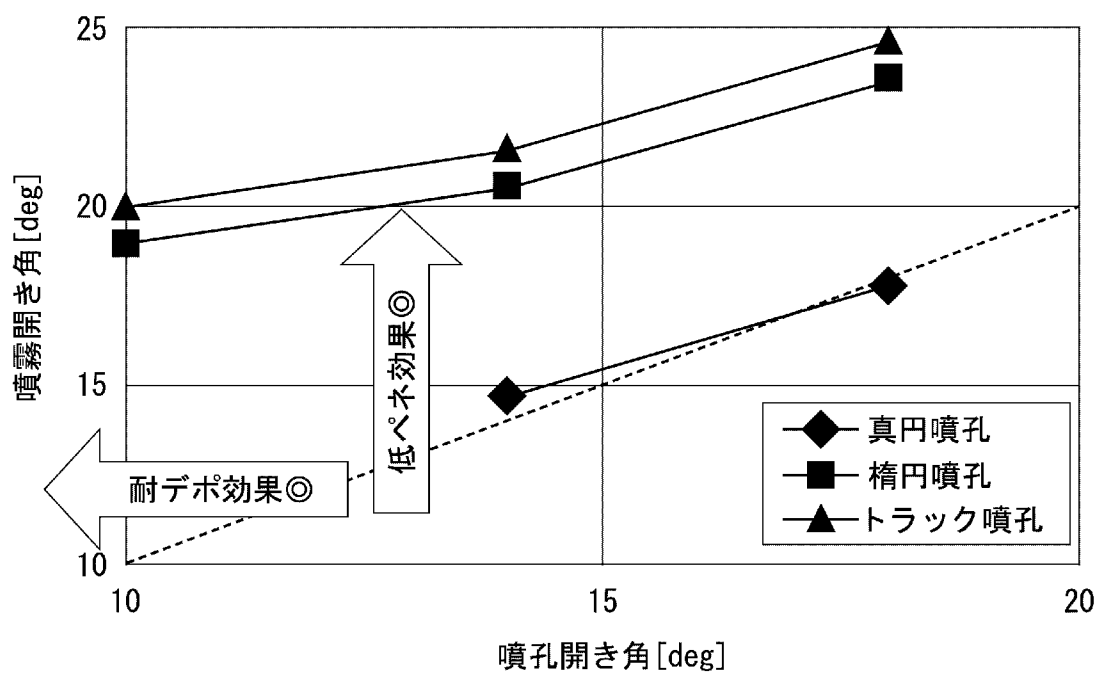
[図39]



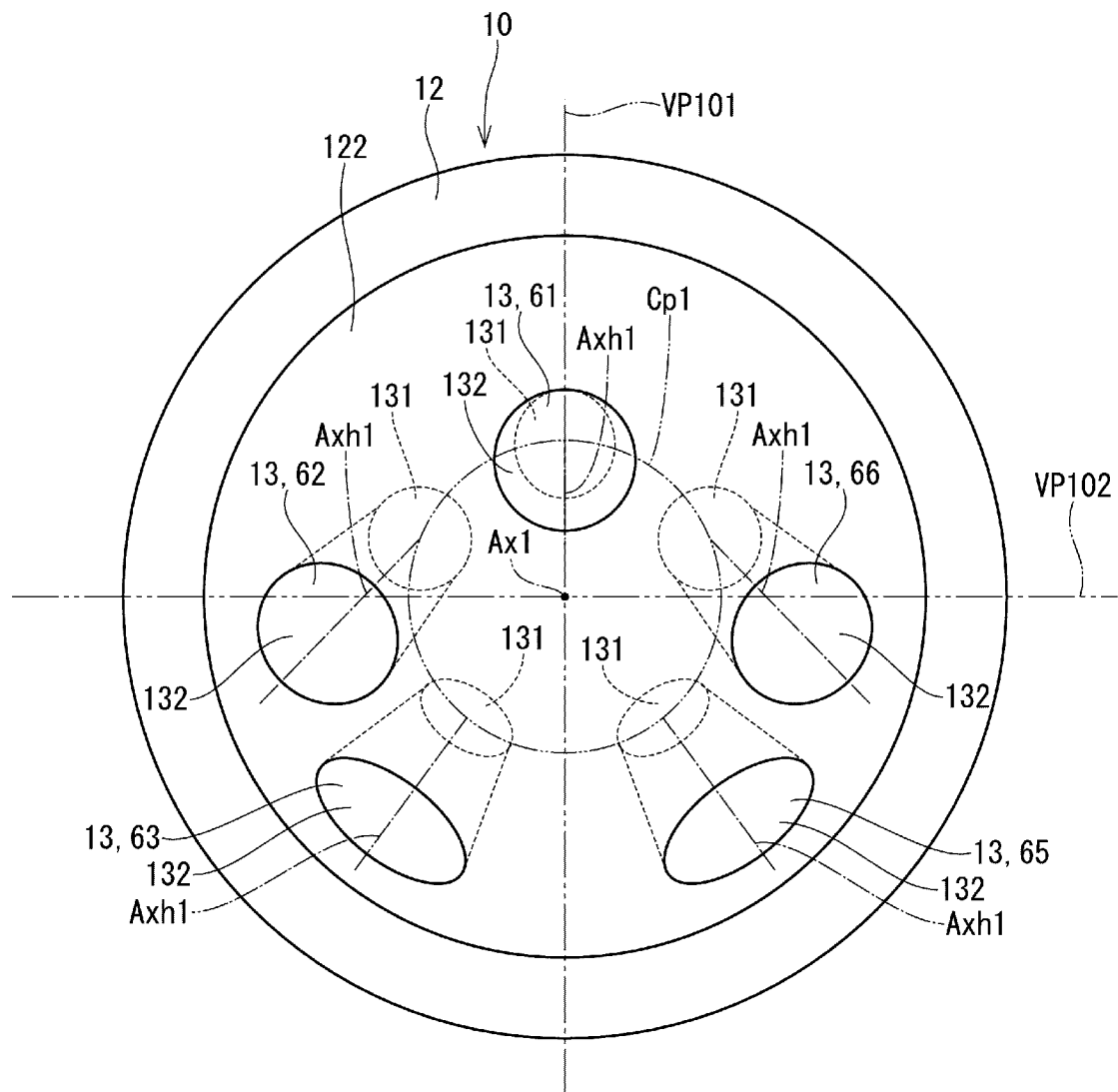
[図40]



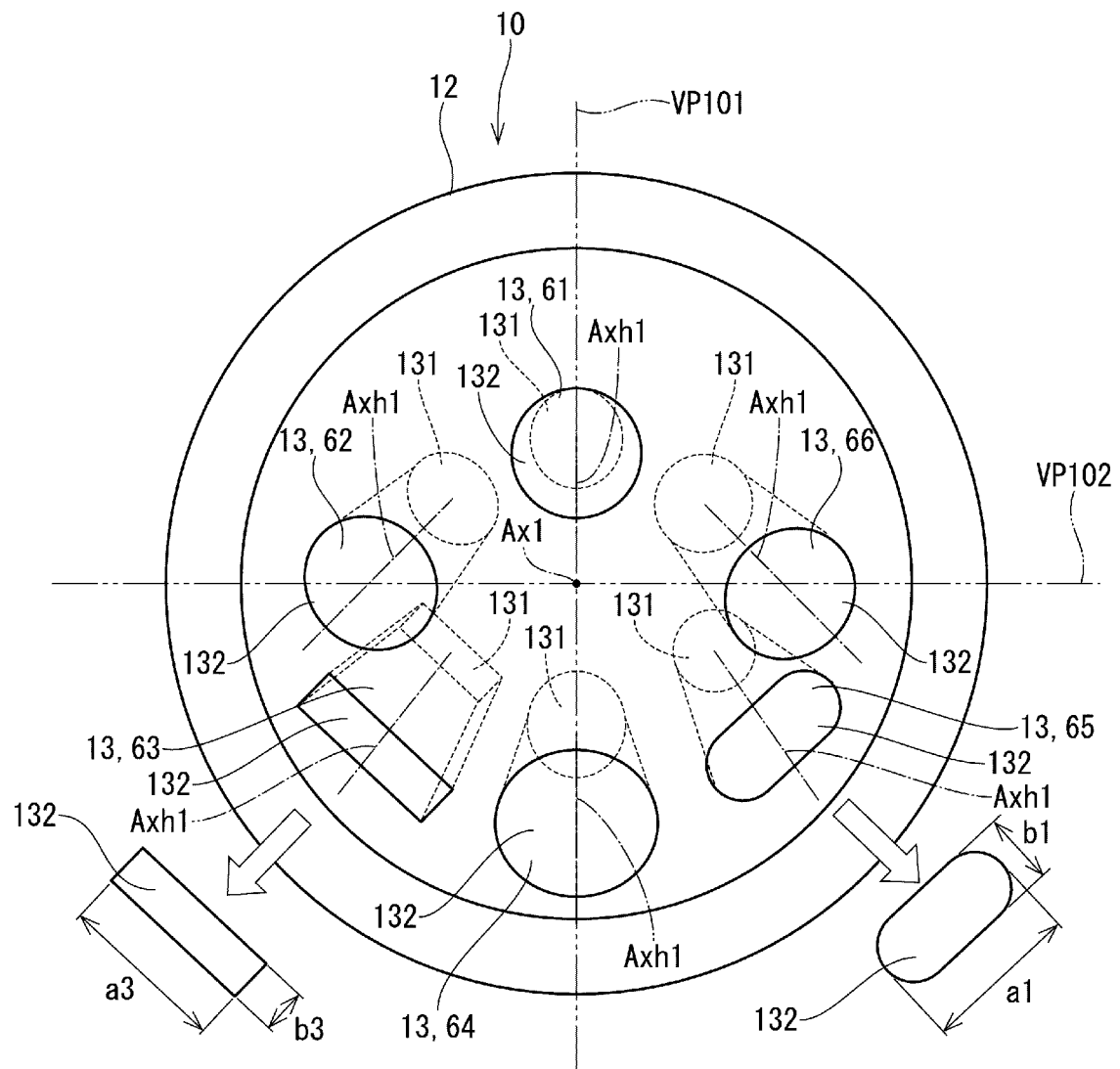
[図41]



[図42]



[図43]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/023522

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02M 51/06(2006.01)i; F02M 61/18(2006.01)i

FI: F02M61/18 330Z; F02M61/18 320C; F02M61/18 350Z; F02M51/06 L

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)

F02M51/06; 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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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 2012-246897 A (DENSO CORP.) 13.12.2012 (2012-12-13) paragraphs [0004]-[0032], fig. 1-5	1-3
Y	JP 2015-025406 A (DENSO CORP.) 05.02.2015 (2015-02-05) paragraph [0037]	1-3
A	JP 2004-169572 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 17.06.2004 (2004-06-17) paragraph [0021], fig. 6	1-3
A	WO 2013/027257 A1 (TOYOTA MOTOR CORP.) 28.02.2013 (2013-02-28) entire text, all drawings	1-3
A	JP 2014-202078 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 27.10.2014 (2014-10-27) entire text, all drawings	1-3

☐ 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

31 July 2020 (31.07.2020)

Date of mailing of the international search report

01 September 2020 (01.09.2020)

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/JP2020/023522

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2012-246897 A	13 Dec. 2012	(Family: none)	
JP 2015-025406 A	05 Feb. 2015	(Family: none)	
JP 2004-169572 A	17 Jun. 2004	(Family: none)	
WO 2013/027257 A1	28 Feb. 2013	US 2014/0191065 A1 entire text, all drawings EP 2749762 A1 CN 103748352 A	
JP 2014-202078 A	27 Oct. 2014	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F02M 51/06(2006.01)i; F02M 61/18(2006.01)i FI: F02M61/18 330Z; F02M61/18 320C; F02M61/18 350Z; F02M51/06 L														
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）） F02M51/06; 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 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020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 - 2020年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020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 2012-246897 A（株式会社デンソー）13.12.2012（2012 - 12 - 13） 段落[0004]-[0032], 図1-5	1-3												
Y	JP 2015-025406 A（株式会社デンソー）05.02.2015（2015 - 02 - 05） 段落[0037]	1-3												
A	JP 2004-169572 A（三菱電機株式会社）17.06.2004（2004 - 06 - 17） 段落[0021], 図6	1-3												
A	WO 2013/027257 A1（トヨタ自動車株式会社）28.02.2013（2013 - 02 - 28） 全文, 全図	1-3												
A	JP 2014-202078 A（トヨタ自動車株式会社）27.10.2014（2014 - 10 - 27） 全文, 全図	1-3												
☐ 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>* 引用文献のカテゴリー</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>			* 引用文献のカテゴリー	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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 31.07.2020	国際調査報告の発送日 01.09.2020													
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） 沼生 泰伸 3G 3825 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/JP2020/023522

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2012-246897	A	13.12.2012	(ファミリーなし)	
JP	2015-025406	A	05.02.2015	(ファミリーなし)	
JP	2004-169572	A	17.06.2004	(ファミリーなし)	
WO	2013/027257	A1	28.02.2013	US 2014/0191065	A1
				全文, 全図	
				EP 2749762	A1
				CN 103748352	A
JP	2014-202078	A	27.10.2014	(ファミリーなし)	