

(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
2011年10月13日(13.10.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/125154 A1

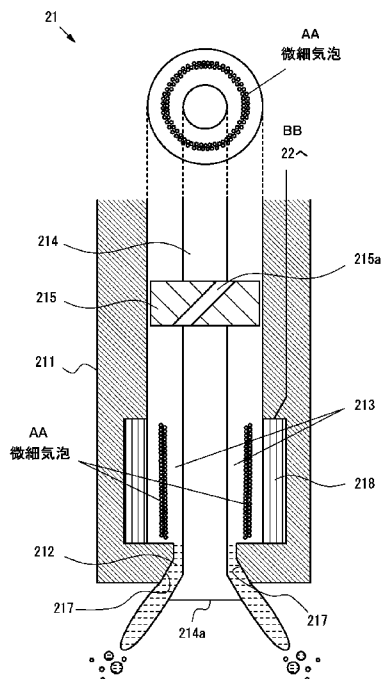
- (51) 国際特許分類:
F02M 51/06 (2006.01) F02M 61/18 (2006.01)
F02M 61/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/056091
- (22) 国際出願日: 2010年4月2日(02.04.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 小林辰夫 (KOBAYASHI, Tatsuo) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 片山修平 (KATAYAMA, Shuhei); 〒1040031 東京都中央区京橋1-6-1 三井住友海上テプコビル 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, JP, 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, 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 (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,

[続葉有]

(54) Title: FUEL INJECTION VALVE AND FUEL INJECTION DEVICE

(54) 発明の名称: 燃料噴射弁及び燃料噴射装置

[図2]



AA MICROBUBBLES
BB TO 22

(57) Abstract: Disclosed are a fuel injection valve and a fuel injection device, wherein a fuel injection valve (21) comprises a nozzle body (211) equipped with a fuel injection valve seating section (217), and a needle (214) provided slidably inside the nozzle body (211) which stops the injection of fuel by seating on the seating section (217). The fuel injection valve (21) also comprises an expanding/contracting ultrasonic transducer (218) disposed on the upstream side of the seating section (217) between the nozzle body (211) and the needle (214), which both forms one part of a fuel rail (213) disposed cylindrically between the ultrasonic transducer and the outer surface wall of the needle (214) and expands/contracts the surface area (S) of the fuel rail (213).

(57) 要約: 燃料噴射弁21は、燃料噴射弁シート部217を備えたノズルボディ211と、このノズルボディ211内に摺動自在に配置され、シート部217に着座することによって、燃料の噴射を停止するニードル214を備える。また、燃料噴射弁21は、シート部217の上流側において、ノズルボディ211とニードル214との間に筒状に配置されてニードル214の外周壁との間に燃料流路213の一部を形成するとともに、燃料流路213の流路面積Sを拡大及び/又は縮小するように伸縮する超音波振動子218を備えている。

WO 2011/125154 A1

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, 添付公開書類:
TD, TG).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 燃料噴射弁及び燃料噴射装置

技術分野

[0001] 本発明は燃料噴射弁及び燃料噴射装置に関する。

背景技術

[0002] 内燃機関の燃費や排気エミッションを改善するために、噴射燃料の噴霧粒径を微細化して燃焼性を向上させることが要求されている。噴霧粒径を微細化する手段の一つとして、従来、噴射前の燃料に所定の超音波振動を付与する手法が知られている。

[0003] 近年では、超音波振動の付与による噴霧粒径の微細化の新たな手法も提案されている。例えば、高周波の超音波振動によって燃料中にキャビテーションによる微細気泡を発生させ、噴射後に微細気泡が圧壊するときのエネルギーによって噴霧粒径を微細化する提案がされている。この提案によれば、燃料に付与する超音波振動の周波数が高いほどより微細な気泡が多量に発生し、より大きな気泡の圧壊エネルギーを得られることから、従来手法よりも噴霧粒径を微細化することが可能である。

[0004] このような提案を具現化するものとして、例えば、特許文献１が開示されている。特許文献１には、ニードルの先端部における開閉面部に囲まれた平面部に、円板状の超音波振動子を一体的に固着して配置し、これに対向するように設けられた反射部材を備えた燃料噴射弁が開示されている。このような燃料噴射弁は、超音波振動子の表面と反射部材の平面との間で超音波によりキャビテーションの気泡を容易に発生させる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献１：特開２００８－２５４８５号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、前記のような燃料噴射弁は、超音波振動子によって燃料に付与される振動の方向は燃料の流れ方向と同一方向となる。このため、微細気泡が含まれる時期と微細気泡が含まれない時期とが存在し、微細気泡を均一に分布させることができないおそれがある。また、超音波振動子が、ニードルの先端部における開閉面部に囲まれた平面部に配置されているため、噴孔から噴射される燃料の全量に微細気泡を混入させることは非常に困難である。

[0007] そこで本発明は、噴射される燃料に均一に微細気泡を混入させることを課題とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上記課題を解決するために本明細書開示の燃料噴射弁は、シート部を備えたノズルボディと、前記ノズルボディ内に摺動自在に配置され、前記シート部に着座することによって、燃料の噴射を停止するニードルと、前記シート部の上流側において、前記ノズルボディと前記ニードルとの間に筒状に配置されて前記ニードルの外周壁との間に燃料流路の一部を形成するとともに、前記燃料流路の流路面積を変化させるように伸縮する超音波振動子と、を備えたことを特徴する。ここで、前記超音波振動子は、前記流路面積を拡大及び／又は縮小するように伸縮することができる。

[0009] シート部よりも上流側に超音波振動子を備えることによって、シート部よりも下流に設けられる噴孔から噴射される燃料に微細気泡を混入した状態としておくことができる。また、超音波振動子の伸縮により燃料流路の流路面積を変化させることにより、噴射される燃料の全量に対して超音波振動を付与することができる。これにより噴射される燃料に均一に微細気泡を混入させることができる。均一に微細気泡が混入した燃料は、順次燃料噴射孔から噴射される。

[0010] 燃料噴射弁内で維持された微細気泡が、噴射後に圧壊することによって燃料の微粒化が図られる。

[0011] この結果、着火遅れ期間の短縮、燃焼速度の増加、燃料によるオイル希釈

の抑制、デポジット堆積の抑制、ノッキング発生の抑制を高い次元でバランスよく実現することができる。

[0012] 前記超音波振動子のニードル軸線に対する長さ、と、流路面積とで規定される前記燃料流路の環状容積は、前記ニードルが前記シート部から離座し、その後、再びシート部に着座するまでの一回の噴射によって噴射される燃料量の最大量以上に設定されていることが望ましい。ここで、前記環状容積は、前記超音波振動子への駆動信号が入力されておらず、前記超音波振動子が静止した状態において、前記のように規定される。環状容積をこのように設定しておくことにより、一回に噴射される燃料量がどのような場合であっても均一に微細気泡が混入した燃料を噴射することができる。

[0013] 前記のような燃料噴射弁は、前記超音波振動子よりも上流側に、前記超音波振動子が配置された領域に流れ込む燃料流れに旋回流を付与する旋回流付与手段を備えることができる。旋回流付与手段を備えることにより、超音波振動子が配置された領域に流れ込む燃料流れが旋回整流される。これにより、燃料噴射弁内での微細気泡の圧壊を抑制することができる。

[0014] このような旋回流付与手段は、例えば、前記ニードルの外周壁及び／又は前記ノズルボディの内周壁に設けられた斜流溝とすることができる。また、前記ニードルに一体に設けられ、前記ノズルボディの内周面に摺接する偏心抑制部の外周面に設けられた斜流溝とすることができる。

[0015] 前記のような燃料噴射弁において、前記超音波振動子の内側表面と前記ニードルの外周面との距離は、 n を自然数とし、 λ を前記超音波振動子が発する超音波の波長としたときに、 $(n \pm 1/4) \times \lambda$ に設定することができる。このような波長とすることにより、超音波振動子から発振された振動がニードルの外周面において反射され、この反射波が振動を増幅させる。この結果、効率よく微細気泡を発生させることができる。

[0016] 本明細書開示の燃料噴射装置は、シート部を備えたノズルボディと、前記ノズルボディ内に摺動自在に配置され、前記シート部に着座することによって、燃料の噴射を停止するニードルと、前記シート部の上流側において、前

記ノズルボディと前記ニードルとの間に筒状に配置されて前記ニードルの外周壁との間に燃料流路を形成するとともに、前記燃料流路の流路面積を変化させるように伸縮する超音波振動子と、前記ニードルの開弁とともに前記超音波振動子を駆動する制御部と、を備えたことを特徴する。

[0017] 前記制御部は、前記超音波振動子の駆動開始時に前記燃料流路の流路面積を拡大する方向に前記超音波振動子を駆動することができる。燃料流路の流路面積が拡大され、超音波振動子で囲まれた領域の容積が拡大するとその領域の圧力が低下し、キャビテーションによる微細気泡が発生する。駆動開始時に即座に流路面積を拡大することによって、迅速に微細気泡が発生させ、燃料噴射に備えることができる。

[0018] また、前記制御部は、前記超音波振動子が前記燃料流路の流路面積を拡大する方向に振動するように半波整流した電圧を前記超音波振動子に印加することができる。微細気泡は、超音波振動子で囲まれた領域の容積が拡大するとその領域の圧力が低下することによって発生する。このため、半波整流した電圧によって超音波振動子を駆動することによって連続的に微細気泡を発生させることができる。

発明の効果

[0019] 本明細書に開示された燃料噴射弁及び燃料噴射装置によれば、噴射される燃料に均一に微細気泡を混入させることができる。

図面の簡単な説明

- [0020] [図1] 図1は実施例のエンジンシステムの一構成例を示した図である。
- [図2] 図2は実施例の燃料噴射弁の一構成例を示した図である。
- [図3] 図3は実施例の燃料噴射弁の図2におけるA-A線断面図である。
- [図4] 図4は燃料噴射弁内の環状容積の説明図である。
- [図5] 図5（A）はニードルに斜流溝を設けた例を示す説明図である。図5（B）はノズルボディに斜流溝を設けた例を示す説明図である。
- [図6] 図6は偏心抑制部の他の形状を示す説明図である。
- [図7] 図7は気泡の発生周波数と気泡径との相関を示している。

[図8] 図8は気泡の発生周波数と気泡の相対強度との相関を示している。

[図9] 図9は気泡径と気泡圧壊時間との相関を示している。

[図10] 図10は水溶液の気泡の破壊観察を示している。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、本発明を実施するための形態を図面と共に詳細に説明する。

実施例

[0022] 本発明の実施例について図面を参照しつつ説明する。図1は、本発明の燃料噴射制御装置を搭載したエンジンシステム1の一構成例を示した図である。なお、図1にはエンジンの一部の構成のみを示している。

[0023] 図1に示すエンジンシステム1は、動力源であるエンジン100を備えており、エンジン100の運転動作を総括的に制御するエンジンECU（Electronic Control Unit）10を備えている。また、エンジンシステム1は、エンジン100の燃焼室11内へ燃料を噴射する燃料噴射弁21と、燃料噴射弁21内の超音波振動子218を駆動させる超音波駆動装置22とを備えている。エンジンECU10は、制御部の機能を備える。エンジンECU10、超音波振動子218を備えた燃料噴射弁21及び超音波駆動装置22は、燃料噴射装置に含まれる。エンジンECU10は、演算処理を行うCPU（Central Processing Unit）と、プログラム等を記憶するROM（Read Only Memory）と、データ等を記憶するRAM（Random Access Memory）やNVRAM（Non Volatile RAM）と、を備えるコンピュータである。

[0024] エンジン100は、車両に搭載されるエンジンであって、燃焼室11を構成するピストン12を備えている。ピストン12は、エンジン100のシリンダに摺動自在に嵌合されている。そして、ピストン12は、コネクティングロッドを介して出力軸部材であるクランクシャフトに連結されている。

[0025] 吸気ポート13から燃焼室11内へ流入した吸入空気は、ピストン12の上昇運動により燃焼室11内で圧縮される。エンジンECU10は、クラン

ク角センサからのピストン１２の位置、および吸気カム角センサからのカム軸回転位相の情報に基づき、燃料噴射タイミングを決定し燃料噴射弁２１に信号を送る。燃料噴射弁２１は、エンジンＥＣＵ１０の信号に従って、指示された噴射タイミングで燃料を噴射する。燃料噴射弁２１より噴射された燃料は、霧化して圧縮された吸入空気と混合される。そして、吸入空気と混合された燃料は、点火プラグ１８によって点火されることで燃焼し、燃焼室１１内を膨張させてピストン１２を下降させる。この下降運動がコネクティングロッドを介してクランクシャフトの軸回転に変更されることにより、エンジン１００は動力を得る。

[0026] 燃焼室１１には、それぞれ燃焼室１１と連通する吸気ポート１３と、吸気ポート１３に連結し、吸入空気を吸気ポート１３から燃焼室１１へと導く吸気通路１４とが接続されている。更に、各気筒の燃焼室１１には、それぞれ燃焼室１１と連通する排気ポート１５と、燃焼室で発生した排気ガスをエンジン１００の外部へと導く排気通路１６が接続されている。

[0027] 吸気通路１４には、エアフロメータ、スロットルバルブ１７およびスロットルポジションセンサが設置されている。エアフロメータおよびスロットルポジションセンサは、それぞれ吸気通路１４を通過する吸入空気量、スロットルバルブ１７の開度を検出し、検出結果をエンジンＥＣＵ１０に送信する。エンジンＥＣＵ１０は、送信された検出結果に基づいて吸気ポート１３および燃焼室１１へ導入される吸入空気量を認識し、スロットルバルブ１７の開度を調整することで吸入空気量を調節する。

[0028] スロットルバルブ１７は、ステップモータを用いたスロットルバイワイヤ方式を適用することが好ましいが、例えばステップモータの代わりにワイヤなどを介してアクセルペダル（図示しない）と連動し、スロットルバルブ１７の開度を変更されるような機械式スロットル機構を適用することもできる。

[0029] 排気通路１６には、ターボチャージャ１９が設置されている。ターボチャージャ１９は、排気通路１６を流通する排気ガスの運動エネルギーを利用し

てタービンを回転させ、エアクリーナーを通過した吸入空気を圧縮してインタークーラーへと送り込む。圧縮された吸入空気は、インタークーラーで冷却された後に吸気通路 14 へと導入される。この場合、エンジン 100 は、ターボチャージャ 19 を備える過給機付エンジンに限られず、自然吸気 (Natural Aspiration) エンジンであってもよい。

[0030] ピストン 12 は、その頂面にキャビティを有する。キャビティは、燃料噴射弁 21 の方向から点火プラグ 18 の方向へと連続するなだらかな曲面によってその壁面が形成されており、燃料噴射弁 21 から噴射された燃料を壁面形状に沿って点火プラグ 18 近傍へと導く。この場合、ピストン 12 は、その頂面の中央部分に円環状にキャビティが形成されるリエントラント型燃焼室等、エンジン 100 の仕様に依じて任意の位置・形状でキャビティを形成することができる。

[0031] 燃料噴射弁 21 は、吸気ポート 13 下部の燃焼室 11 に斜め方向に装着されている。燃料噴射弁 21 は、エンジン ECU 10 の指示に基づいて、フューエルポンプから燃料流路を通じて高圧供給された燃料をノズルボディ 211 先端部の円周方向に等間隔で設けられた燃料噴射孔 212 より燃焼室 11 内へ直接噴射する。噴射された燃料は、燃焼室 11 内で霧化し吸入空気と混合されつつキャビティの形状に沿って点火プラグ 18 近傍へと導かれる。燃料噴射弁 21 のリーク燃料は、リリーフ弁からリリーフ配管を通じて燃料タンクへと戻される。

[0032] この場合、燃料噴射弁 21 は、吸気ポート 13 下部に限られず燃焼室 11 の任意の位置に設置することができる。更に、燃料噴射弁 21 は、燃焼室 11 に限られず吸気ポート 13 に設けてもよいし、燃焼室 11 と吸気ポート 13 との両方に設けてもよい。

[0033] なお、エンジン 100 は、ガソリンを燃料とするガソリンエンジンに限られず、軽油を燃料とするディーゼルエンジン、ガソリンとアルコールとを任意の割合で混合した燃料を使用するフレキシブルフューエルエンジンのいずれでもよい。また、エンジンシステム 1 は、エンジン 100 と複数の電動モ

ータとを組み合わせたハイブリッドシステムであってもよい。

[0034] つづいて、本発明の燃料噴射手段の一構成例である燃料噴射弁 21 の内部構成について詳細に説明する。図 2 は、実施例の燃料噴射弁 21 の概略構成を示した構成図である。図 3 は、図 2 における A-A 線断面図である。なお、図 2 には燃料噴射弁 21 の先端部分の構成のみを示している。

[0035] 燃料噴射弁 21 は、ノズルボディ 211 と、このノズルボディ 211 内に摺動自在に配置されたニードル 214 を備えている。燃料噴射弁 21 は、ニードル 214 がノズルボディ 211 の外側に向かって移動することによって開弁状態となる外開弁である。ノズルボディ 211 は、先端部に燃料噴射孔 212 を備えている。この燃料噴射孔 212 の内周面にシート部 217 が位置している。ニードル 214 の先端部には、笠状部 214a が設けられている。ニードル 214 は、この笠状部 214a がシート部 217 に着座することによって燃料の噴射を停止する。なお、ニードル 214 は、笠状部 214a を備えた外開弁に限られず、その先端部が鋭角な針形状の内開弁であってもよい。

[0036] ノズルボディ 211 は、エンジン 100 の燃焼室 11 内に突出している。フューエルポンプより圧送されて、ノズルボディ 211 内部の燃料流路 213 に蓄積された高圧燃料は、エンジン ECU 10 の指示に従い、燃料噴射孔 212 よりエンジン気筒内に噴射される。

[0037] また、燃料噴射弁 21 は、シート部 217 の上流側に超音波振動子 218 を備えている。超音波振動子 218 は、図 2、図 3 に示すようにノズルボディ 211 とニードル 214 との間に筒状に配置されている。これにより、超音波振動子 218 は、ニードル 214 の外周壁との間に燃料流路 213 の一部を形成している。超音波振動子 218 は、筒状に配置され、流路面積 S を変化させるように伸縮する。より具体的には、超音波振動子 218 は、燃料流路 213 の流路面積 S を拡大及び縮小するように伸縮する。ここで、燃料流路 213 の流路面積 S は、図 3 に示すように、超音波振動子 218 が配置された直径 D_{pz} である筒状の断面積と外径 D_n であるニードル 214 の断

面積との差となる。

[0038] ここで、超音波振動子 218 のニードル軸線に対する長さ L_{pz} と、流路面積 S とで規定される図 4 に示すような燃料流路 213 の環状容積 V は、図 3 で示した流路面積 S に超音波振動子 218 の長さ L_{pz} を掛け合わせることで算出される。超音波振動子 218 が縮小すると燃料流路 213 の流路面積 S が拡大し、環状容積 V が膨張することによって燃料の圧力が下がる。この結果、キャビテーションによる微細気泡が発生する。このような環状容積 V は、超音波振動子 218 への駆動信号が入力されておらず、超音波振動子 218 が静止している状態において、燃料噴射弁 21 の一回の噴射によって噴射される燃料量の最大量 Q_f 以上に設定されている。ここで、一回の噴射とは、ニードル 214 がシート部 217 から離座し、その後、再びシート部 217 に着座するまでの期間に行われる燃料噴射である。環状容積 V をこのように設定しておくことにより、一回に噴射される燃料量がどのような場合であっても均一に微細気泡が混入した燃料を噴射することができる。

[0039] 具体的な、超音波振動子 218 の長さ L_{pz} は、 $V = Q_f$ として、以下の (1) ~ (2) 式で求めることができる。

[超音波振動子の高さ寸法]

$$L_{pz} = Q_f / ((D_{pz}^2 - D_n^2) \times \pi / 4) \quad \dots (1)$$

$$\text{微細気泡発生領域の厚み} = (u / F_p) \times N \quad \dots (2)$$

(L_{pz} : 超音波振動子の長さ寸法, Q_f : 最大噴射量, D_{pz} : 超音波振動子の内径, D_n : ニードル外径, u : 燃料の音速, F_p : 超音波振動の周波数, N : 距離係数)

上記 (1) (2) 式より、1 度の超音波振動の付与による微細気泡の発生領域、すなわち、環状容積 V を求めることができる。これより、燃料噴射弁 21 が一度に噴射できる燃料の最大量にキャビテーションによる微細気泡が発生させるための超音波振動子 218 の適切な長さ寸法を決定することができる。

[0040] つぎに、超音波振動子 218 の厚み寸法について説明する。噴射前の燃料

は、燃料流路 2 1 3 内に高圧（例えば 1 MP a）で蓄積されている。この高圧の燃料中にキャビテーションによる微細気泡を適切に発生させるためには、超音波振動子 2 1 8 の変形によって燃料流路 2 1 3 の容積が増大した際に、燃料流路 2 1 3 内の圧力が燃料の蒸気圧以下とする。そのため、超音波振動子 2 1 8 は、燃料流路 2 1 3 内の圧力を燃料の蒸気圧以下にするための適切な体積変化量が得られるように十分な厚み寸法を有することが求められる。超音波振動子 2 1 8 の適切な厚み寸法は以下の（３）～（５）式で求めることができる。

[超音波振動子の厚み寸法]

$$\sigma_v = k \times P_f \times 1000 \times Q_c \quad \dots (3)$$

$$\sigma_{pz} = \left((D_{pz}^2 + 4 \times \sigma_v / (L_{pz} \times \pi))^{0.5} - D_{pz} \right) / 2 \times 1000 \quad \dots (4)$$

$$T_{pz} = \sigma_{pz} / 1000 / K_{pz} / Neg \quad \dots (5)$$

（ σ_v ：超音波振動子の体積変化量， k ：燃料の圧縮率， P_f ：燃料圧力， Q_c ：燃料流路容積， σ_{pz} ：超音波振動子の変位量， D_{pz} ：超音波振動子の内径， L_{pz} ：超音波振動子の高さ寸法， T_{pz} ：超音波振動子の厚み， K_{pz} ：超音波振動子の変位率， Neg ：逆極性変位割合）

上記（３）～（５）式より、高圧燃料中にキャビテーションによる微細気泡を適切に発生させるための超音波振動子 2 1 8 の適切な厚み寸法を決定することができる。

[0041] ニードル 2 1 4 には、ニードル 2 1 4 の軸と直交する偏心抑制部 2 1 5 が設けられている。偏心抑制部 2 1 5 は、ニードル 2 1 4 と一体に設けられている。この偏心抑制部 2 1 5 は、ノズルボディ 2 1 1 の内周面に摺接し、ニードル 2 1 4 のガイドとなってニードル 2 1 4 の偏芯を抑制する。偏心抑制部 2 1 5 の外周面には、斜流溝 2 1 5 a が設けられている。偏心抑制部 2 1 5 は、超音波振動子 2 1 8 よりも上流側に位置しており、超音波振動子 2 1 8 が配置された領域に流れ込む燃料流れに旋回流を付与する。ここで、超音波振動子 2 1 8 が配置された領域は、環状容積 V である。斜流溝 2 1 5 a は

、超音波振動子 218 が配置された領域に流れ込む燃料流れに旋回流を付与することにより燃料噴射弁内での微細気泡の圧壊を抑制することができる。

[0042] 偏心抑制部 215 および斜流溝 215a は、1 つに限られず複数設けてもよい。また、斜流溝 215a に代えて、また、斜流溝 215a とともに、図 5 (A) に示すようなニードル 214 の外周壁に設けられた斜流溝 214b や、図 5 (B) に示すようなノズルボディ 211 の内周壁に設けられた斜流溝 211a を採用することもできる。このように斜流溝 214b や斜流溝 211a を設ける場合、又は、斜流溝自体を設けない場合は、図 6 に示すような偏心抑制部 216 を採用することもできる。偏心抑制部 216 は、数か所にノズルボディ 211 の内周面に摺接する摺接部 216a を備える。そして、摺接部 216a 間に燃料を流通させることができる。

[0043] 斜流溝 215a は、ニードル 214 軸に対して所定の角度 θ で傾斜している。これにより、燃料流路 213 内をニードル 214 が動くときに、燃料が斜流溝 215a を流通することで、燃料流路 213 内の燃料に微細気泡が圧壊しない程度の適切な旋回流を生じさせることができる。よって、超音波振動の付与により発生した微細気泡を、適切な旋回流によって燃料中に均質化させて安定化することができる。

[0044] 斜流溝 215a の傾斜角度 θ について説明する。斜流溝 215a の傾斜角度 θ と燃料の旋回周波数との関係は以下の式で表すことができる。

[燃料の旋回周波数]

$$\text{旋回周波数} = (\text{噴射率} \times \text{斜流溝面積比} / \text{斜流溝面積} \times \cos(\theta / 180\pi)) / D_{pz} / 2\pi \quad \dots (6)$$

(θ : 斜流溝の角度, D_{pz} : 超音波振動子の内径)

燃料中の微細気泡が圧壊しない程度の適切な旋回流としては、微細気泡の粒径にもよるが、燃料の旋回周波数を例えば 100Hz 以下とすることが好ましい。この場合、上記 (6) 式より、燃料の旋回周波数を 100Hz 以下とするための適切な斜流溝 215a の傾斜角度 θ を決定することができる。

[0045] つぎに、超音波振動子 218 の内側表面とニードル 214 の外周面との距

離について説明する。超音波振動子 218 が付与する超音波振動は、燃料流路 213 内の燃料を伝達してニードル 214 に到達し、その一部は反射波となり超音波振動子 218 の方向へ進む。この場合、超音波振動子 218 とニードル 214 とを同軸とすると、それらの距離を超音波波長 λ に対し $(n \pm 1/4)\lambda$ (n は自然数) とすることで、超音波振動子 218 が付与する振動波とニードル 214 で反射した反射波との疎密ピークが重なり合う。そのため、燃料に付与された超音波振動が増幅されることから、キャビテーションによる燃料中への微細気泡の発生をより効果的に実行することができる。この場合、以下の (7) 式より、超音波振動が増幅されるための適切な超音波振動子の内径とニードル外径との関係を求めることができる。

[超音波振動子の内径とニードル外径との関係]

$$D_n = D_{pz} - (u / F_p) \times N \times 2 \quad \dots (7)$$

(D_n : ニードル外径, D_{pz} : 超音波振動子の内径, u : 燃料の音速, F_p : 超音波振動の周波数, N : 距離係数)

[0046] つぎに、以上のような燃料噴射装置における超音波振動子 218 の作用について説明する。超音波振動子 218 は、燃料噴射孔 212 近傍の燃料流路 213 壁面に、円筒状に設けられている。超音波振動子 218 は、超音波駆動装置 22 からの通電による電圧の印加によって、その体積が膨張または収縮する圧電素子である。超音波振動子 218 は、正電圧を印加された際に体積が膨張し、燃料流路 213 の容量（環状容積 V ）を減少させて、正電圧の印加が終了するとその体積が元に戻り、環状容積 V を元に戻す。また、超音波振動子 218 は、負電圧を印加された際に体積が収縮し、燃料流路 213 の容量（環状容積 V ）を増大させて、負電圧の印加が終了するとその体積が元に戻り、燃料流路 213 の容量を元に戻す。このように、超音波振動子 218 は、電圧を連続で印加されることで体積の膨張、収縮を繰り返し、交流電圧の周波数に同期して燃料流路 213 の容積を増大、減少させる。そして、環状容積 V が収縮すると、環状容積 V 内の燃料の圧力が低下してキャビテーションによる微細気泡が発生する。なお、超音波振動子 218 は、負電圧

を印加された際に体積が膨張し、正電圧を印加された際に体積が収縮するようにしてもよい。このような超音波振動子 218 は、本発明の超音波振動付与手段の一構成例である。

[0047] 図 1 に戻り、超音波駆動装置 22 は、燃料噴射弁 21 内部の超音波振動子 218 を通電する駆動ユニットである。超音波駆動装置 22 は、エンジン ECU 10 からの指示に基づき交流電圧を超音波振動子 218 に印加することで、超音波振動子 218 の体積を膨張、収縮させる。

[0048] 超音波振動子 218 の駆動は、燃料噴射が開始されたときに行う。換言すれば、閉弁時に超音波振動子 218 の駆動は行わない。閉弁時に燃料噴射弁 21 内で微細気泡が発生し、その微細気泡が燃料噴射弁 21 内部で圧壊すると、エロージョンによる燃料噴射弁 21 内の破損のおそれがある。これを回避するために超音波振動子 218 は、燃料噴射弁 21 が開弁状態にあるときに行われる。

[0049] このため、本実施例では、燃料噴射が開始されたときに超音波振動子 218 の駆動が開始される。このとき、本実施例では、超音波振動子 218 の駆動開始時に燃料流路 213 の流路面積を拡大する方向に超音波振動子 218 を駆動する。すなわち、まずは燃料流路 213 の流路面積を拡大し、超音波振動子 218 で囲まれた領域の環状容積 V を拡大する。これによりその領域の圧力が低下し、キャビテーションによる微細気泡が発生する。駆動開始時に即座に流路面積を拡大することによって、迅速に微細気泡を発生させ、燃料噴射に備えることができる。本実施例における「駆動開始時」とは、燃料噴射弁 21 による燃料噴射の開始と同時刻のみならず、その前後の微小時間も含むものである。よって、エンジン ECU 10 は、燃料噴射弁 21 による燃料噴射の開始と同時に限られずに、その前後の微小時間内に第 1 の超音波振動の付与を開始させてもよい。

[0050] また、エンジン ECU 10 は、超音波振動子 218 が燃料流路 213 の流路面積 S を拡大する方向に振動するように半波整流した電圧を超音波振動子 218 に印加する。微細気泡は、超音波振動子が周囲に配置された領域の容

積（環状容積 V ）が拡大するとその領域の圧力が低下することによって発生する。このため、半波整流した電圧によって超音波振動子を駆動することによって連続的に微細気泡を発生させることができる。

[0051] ここで、超音波振動の付与による燃料中への微細気泡の成長メカニズムについて詳説する。液体に超音波を付与すると液中に存在する気泡が超音波のエネルギーを吸収して運動するが、特に、気泡径が超音波の波長の共振する大きさの場合に、超音波から気泡へのエネルギーの移動が最も効率よく行われる。そして、MHz帯の超音波に共振する気泡の直径は数 μm である。しかしながら、一般的に、液体中にはこのような数 μm の気泡は存在しないが、液体中にはより微細な気泡片が安定的に存在し、この気泡片がキャビテーションの気泡を生じるための核として働く。ここで、この気泡片の大きさは超音波の共振径と大きく異なるので、気泡片には僅かな膨張、収縮しか生じない。しかし、次の2つの効果によるRectified Diffusionによって、超音波を連続的に付与することで気泡片は徐々に成長する。

[0052] [面積効果]

気泡が液中に圧平衡状態で存在している場合、圧力が加わり気泡が収縮すると、気泡内のガス濃度が上昇するために、ガスは気泡周囲の液体中に拡散する。そして、圧力が低下すると気泡が膨張してガス濃度が低下するために、液中に拡散していたガスが気泡内に侵入する。このとき、拡散により移動するガス量は気泡の表面積に比例することから、気泡の膨張時に気泡内に侵入するガス量は拡散したガス量よりも多くなる。よって、ガスの拡散および侵入が繰り返されることで、気泡径が徐々に大きくなる。

[0053] [シェル効果]

気泡周囲に体積一定の液体シェルを考えると、気泡が収縮するとシェルは厚くなるために液体中の気体の濃度勾配は小さくなり、気泡が膨張するとシェルが薄くなるために気体の濃度勾配は大きくなる。液体中の気体の拡散速度は、気体の濃度勾配に比例するので、気泡の膨張時に侵入するガス量が気泡の収縮時に拡散するガス量を上回る。よって、気泡の膨張、収縮が繰り返

されることで、気泡径が徐々に大きくなる。

[0054] このように、上記 2 つの効果の *Rectified Diffusion* により液中の微細な気泡片が徐々に成長するが、その成長は超音波の 1 周期で極僅かである。そのため、超音波の付与をある程度持続することで、キャビテーションによる気泡を超音波の共振径まで成長させることができる。

[0055] また、液体中への微細気泡の発生は、液体圧力が液体の蒸気圧以下となることで促進される。そのため、エンジン ECU 10 は、第 1 の超音波振動の付与の際に、超音波振動子 218 を燃料流路 213 の容積が増大する方向に振動させることで、燃料流路 213 内の燃料圧力を燃料の蒸気圧以下にして効率よく微細気泡を発生させることができる。

この場合、エンジン ECU 10 は、第 1 の超音波振動の付与の際に、超音波振動子 218 に交流電圧を印加させて、燃料流路 213 の容積が増大および減少する方向に振動させることもできる。また、エンジン ECU 10 は、第 1 の超音波振動の付与の際に、超音波振動子 218 に正電圧に半波整流された電圧を印加させて、燃料流路 213 の容積が減少する方向に振動させることもできる。しかしながら、いずれの制御も燃料流路 213 内の燃料圧力が上昇するために、上記の制御ほどの高い微細気泡の発生効率を得ることは望めない。

[0056] 次に、図 7～9 により、超音波振動の付与条件について説明する。液体への超音波振動の付与によって発生する気泡径は、その周波数が高いほど微細になり（図 7 参照）、微細な気泡ほど相対強度が低下するために（図 8 参照）より短時間で圧壊する（図 9 参照）。そのため、燃料中の微細気泡の圧壊によって噴霧粒径の微細化を促進するためには、微細気泡の発生から圧壊までの時間を考慮することが求められる。

[0057] この場合、燃料流路 213 内の燃料が噴射されるまでの時間を考慮すると、微細気泡はその発生後に ms オーダーで圧壊することが求められる。そのため、液中の気泡径を $10\ \mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $7\ \mu\text{m}$ 以下とすることが望まれる（図 6, 8 参照）。よって、第 1 の超音波振動の付与は、その周

波数を50kHz以上とすることが好ましく、例えば、周波数を1MHzとすることができる。

[0058] また、超音波振動の付与を長時間継続すると、超音波振動が微細気泡の共振径に達することで発生した微細気泡が圧壊してしまうおそれがある。よって、超音波振動を付与する所定の期間は、超音波振動が微細気泡の共振径に達しないような適切な期間に設定することが好ましく、例えば、燃料噴射の開始から数周期（4～10周期）のパルス波とすることができる。

[0059] つぎに、燃料中の微細気泡の圧壊エネルギーによる噴霧粒径の微細化メカニズムについて説明する。図10は、水溶液の気泡の破裂観察を示している。水溶液の気泡は、時間と共に表面張力による自己加圧効果で気泡内圧および気液界面における電荷量の上昇と気泡径の収縮が進み、やがて圧壊して消滅する。この時、気泡内圧および気液界面における電荷量が一気に解放されるエネルギーによって気泡の液膜が粉碎され、液滴が超微細化される（図10下段参照）。この場合、外部からの刺激（トリガ）によって強制的に気泡を圧壊させたときも、同様のメカニズムにより液滴が超微細化される。

[0060] このように、液中の微細気泡の圧壊エネルギーによって液滴が超微細化される。よって、燃料中の微細気泡の圧壊エネルギーを活用することで、内燃機関の噴射燃料の微粒化を促進することができる。

[0061] このような制御を実行することにより、噴射前の燃料中に多量の微細気泡を発生させ、燃料噴射後にそれら多量の微細気泡を速やかに圧壊させることができる。よって、燃料中の微細気泡の圧壊エネルギーを活用して、内燃機関の噴射燃料の微粒化を促進することができる。微細気泡の圧壊は噴射後に行われるので、エロージョンを回避することができる。また、燃料噴霧の微粒化によって、着火遅れ期間の短縮、燃焼速度の増加、燃料によるオイル希釈の抑制、デポジット堆積の抑制、ノッキング発生の抑制を高い次元でバランスよく実現することができる。

[0062] 上記実施例は本発明を実施するための一例にすぎない。よって本発明はこれらに限定されるものではなく、請求の範囲に記載された本発明の要旨の範

図内において、種々の変形、変更が可能である。

符号の説明

- [0063] 1 エンジンシステム
- 1 0 エンジン E C U （制御部）
- 1 1 燃焼室
- 1 2 ピストン
- 2 1 燃料噴射弁
- 2 2 超音波駆動装置
- 1 0 0 エンジン
- 2 1 1 ノズルボディ
- 2 1 2 燃料噴射孔
- 2 1 3 燃料流路
- 2 1 4 ニードル
- 2 1 4 a 笠状部
- 2 1 5 偏心抑制部
- 2 1 5 a 斜流溝
- 2 1 8 超音波振動子

請求の範囲

- [請求項1] シート部を備えたノズルボディと、
前記ノズルボディ内に摺動自在に配置され、前記シート部に着座することによって、燃料の噴射を停止するニードルと、
前記シート部の上流側において、前記ノズルボディと前記ニードルとの間に筒状に配置されて前記ニードルの外周壁との間に燃料流路の一部を形成するとともに、前記燃料流路の流路面積を変化させるように伸縮する超音波振動子と、を備えたことを特徴する燃料噴射弁。
- [請求項2] 前記超音波振動子は、前記流路面積を拡大及び／又は縮小するように伸縮することを特徴とする請求項1記載の燃料噴射弁。
- [請求項3] 前記超音波振動子への駆動信号が入力されておらず、前記超音波振動子が静止した状態において、前記超音波振動子のニードル軸線に対する長さと、流路面積とで規定される前記燃料流路の環状容積は、前記ニードルが前記シート部から離座し、その後、再びシート部に着座するまでの一回の噴射によって噴射される燃料量の最大量以上に設定されていることを特徴とする請求項1又は2記載の燃料噴射弁。
- [請求項4] 前記超音波振動子よりも上流側に、前記超音波振動子が配置された領域に流れ込む燃料流れに旋回流を付与する旋回流付与手段を備えたことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか一項記載の燃料噴射弁。
- [請求項5] 前記旋回流付与手段は、前記ニードルの外周壁及び／又は前記ノズルボディの内周壁に設けられた斜流溝であることを特徴する請求項4記載の燃料噴射弁。
- [請求項6] 前記旋回流付与手段は、前記ニードルに一体に設けられ、前記ノズルボディの内周面に摺接する偏心抑制部の外周面に設けられた斜流溝であることを特徴とした請求項4記載の燃料噴射弁。
- [請求項7] n を自然数とし、 λ を前記超音波振動子が発する超音波の波長としたときに、前記超音波振動子の内側表面と前記ニードルの外周面との距離が $(n \pm 1 / 4) \times \lambda$ に設定されたことを特徴とする請求項1乃至6のいずれか一項記載の燃料噴射弁。

至 6 のいずれか一項記載の燃料噴射弁。

[請求項8]

シート部を備えたノズルボディと、

前記ノズルボディ内に摺動自在に配置され、前記シート部に着座することによって、燃料の噴射を停止するニードルと、

前記シート部の上流側において、前記ノズルボディと前記ニードルとの間に筒状に配置されて前記ニードルの外周壁との間に燃料流路を形成するとともに、前記燃料流路の流路面積を変化させるように伸縮する超音波振動子と、

前記ニードルの開弁とともに前記超音波振動子を駆動する制御部と、
、
を備えたことを特徴する燃料噴射装置。

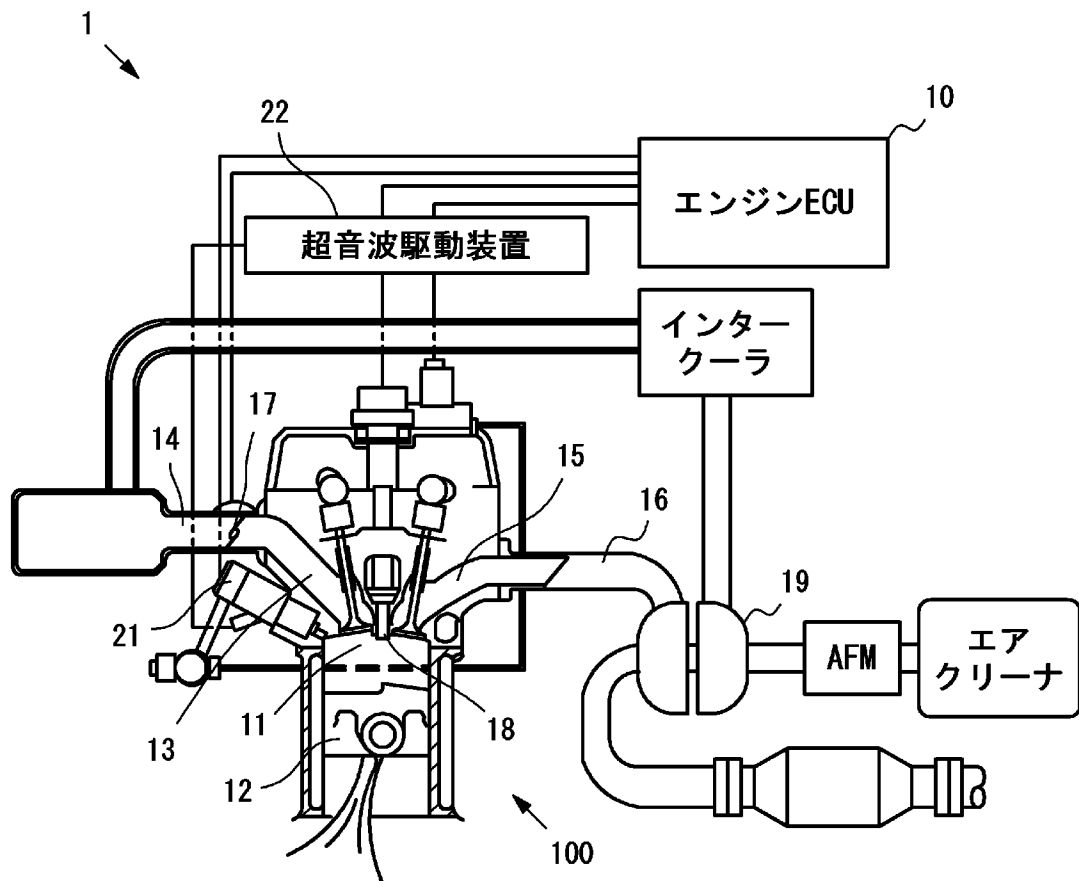
[請求項9]

前記制御部は、前記超音波振動子の駆動開始時に前記燃料流路の流路面積を拡大する方向に前記超音波振動子を駆動することを特徴とした請求項 8 記載の燃料噴射装置。

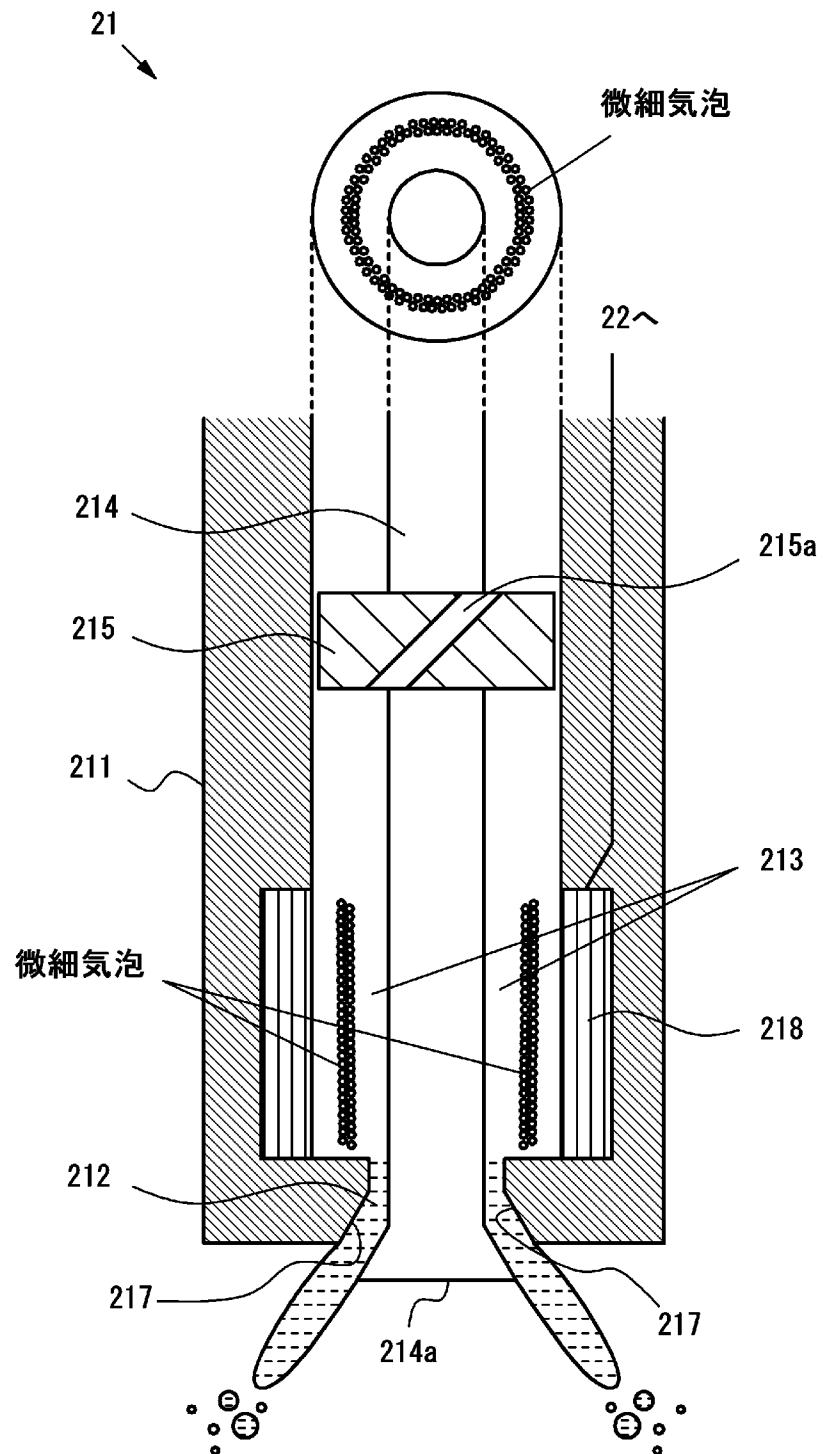
[請求項10]

前記制御部は、前記超音波振動子が前記燃料流路の流路面積を拡大する方向に振動するように半波整流した交流電圧を前記超音波振動子に印加することを特徴とした請求項 8 又は 9 記載の燃料噴射装置。

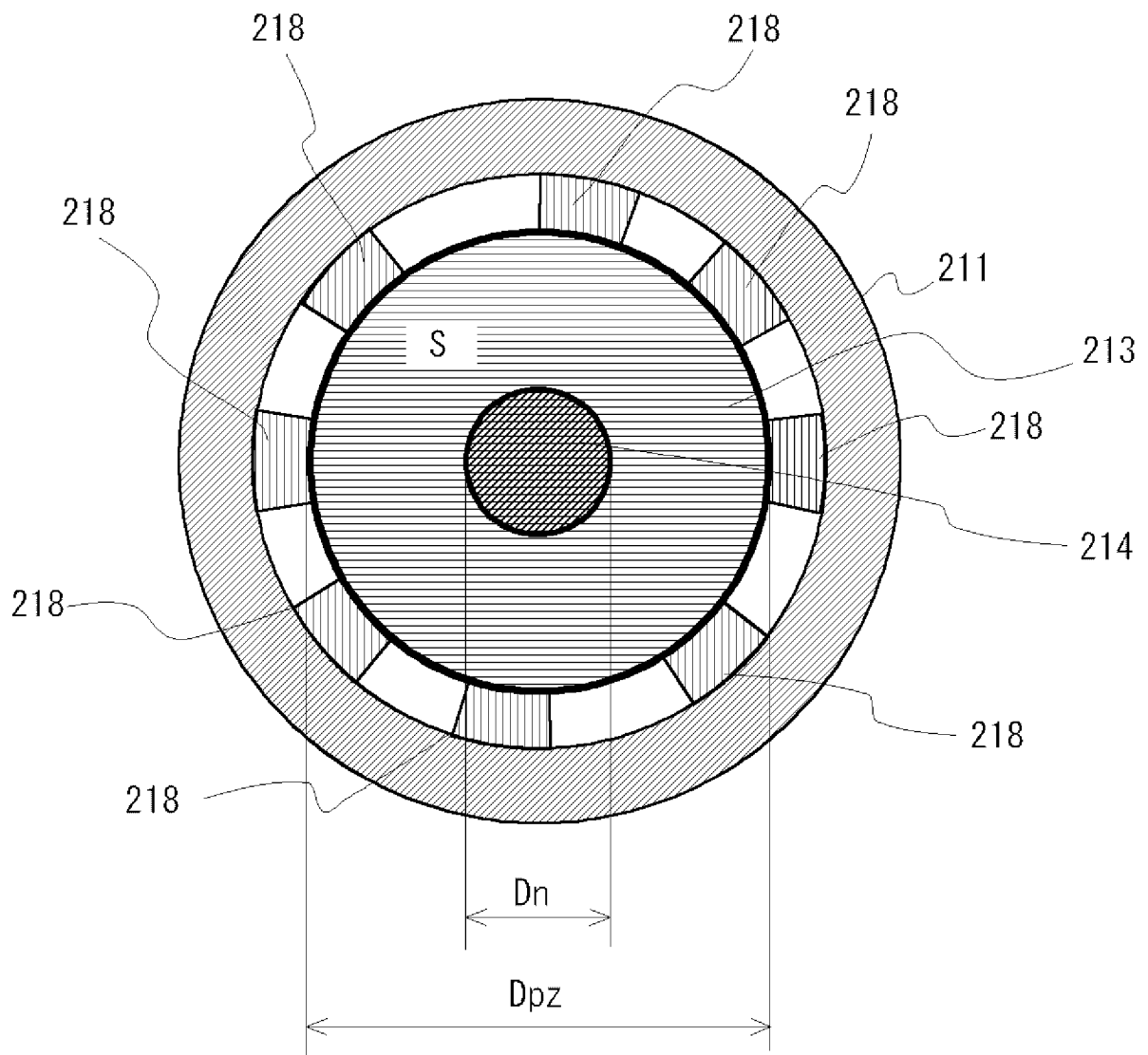
[図1]



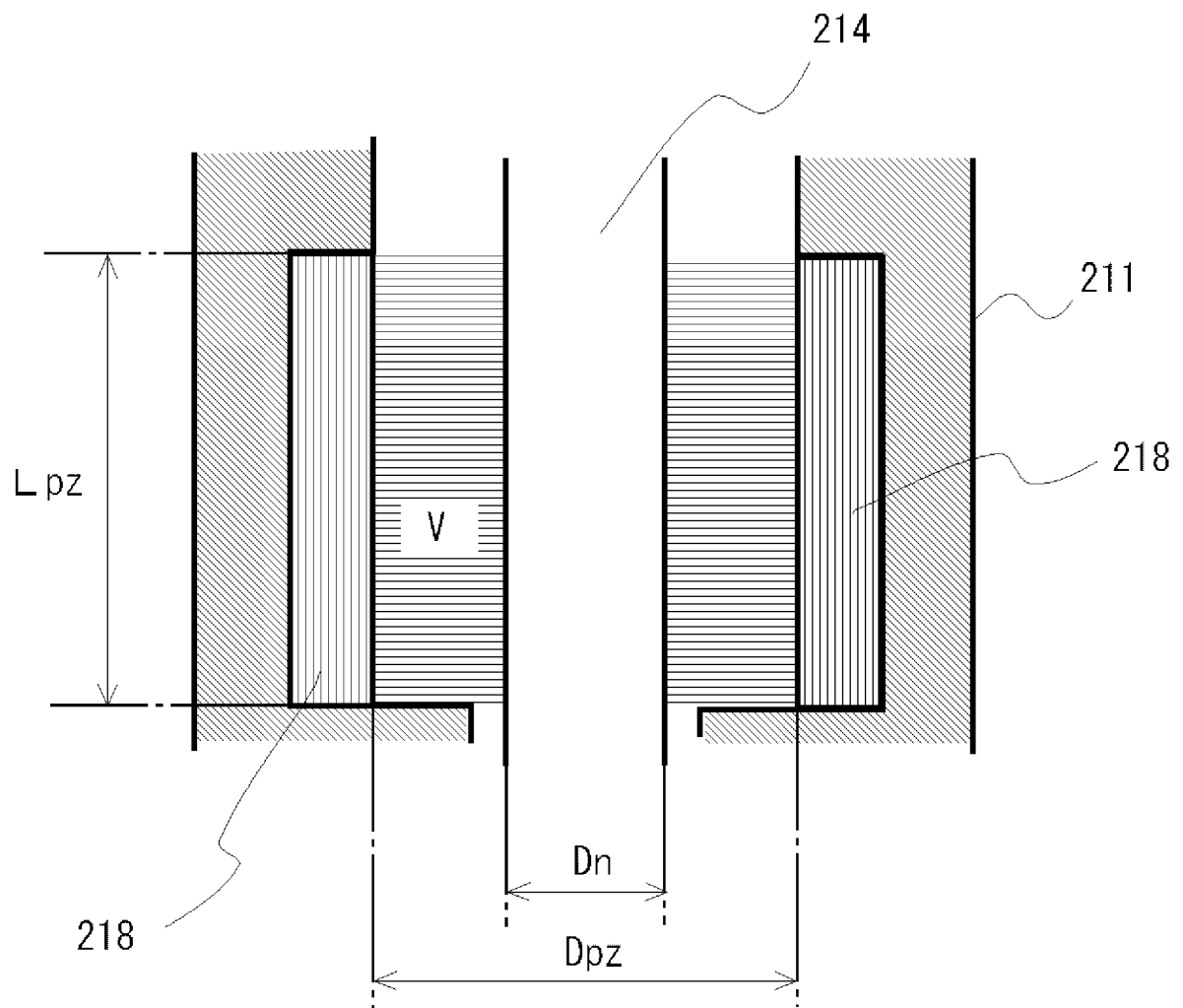
[図2]



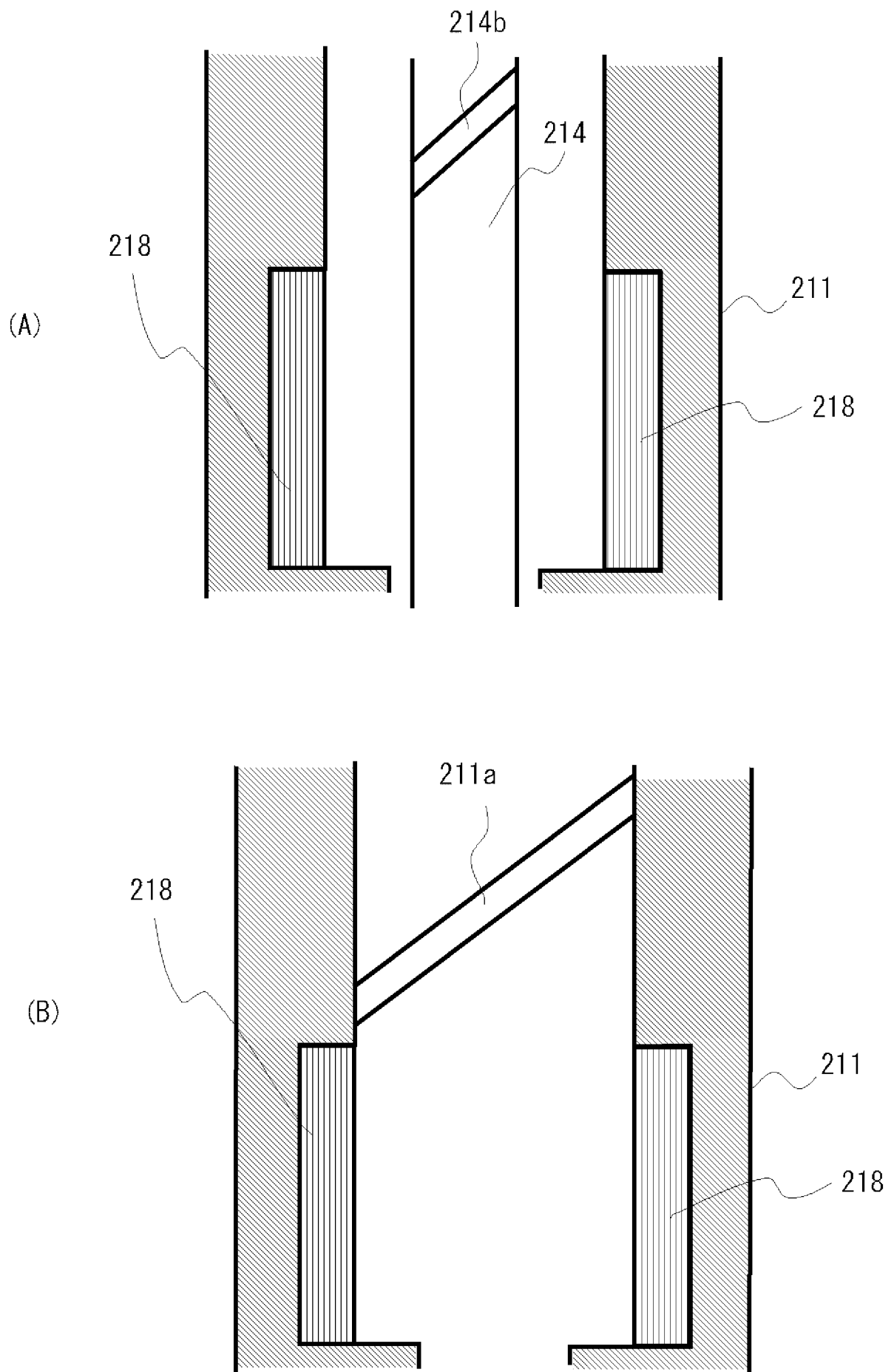
[図3]



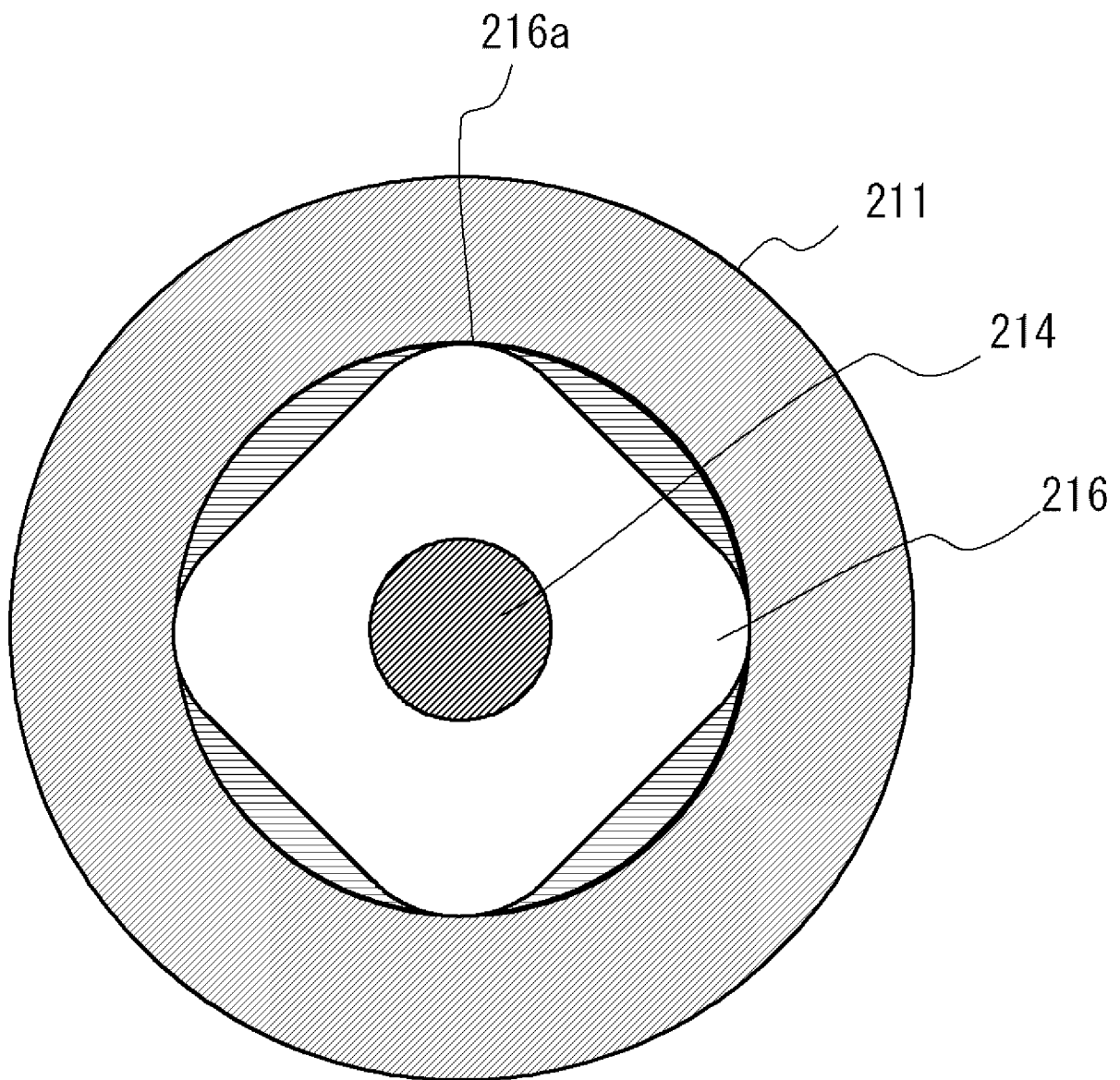
[図4]



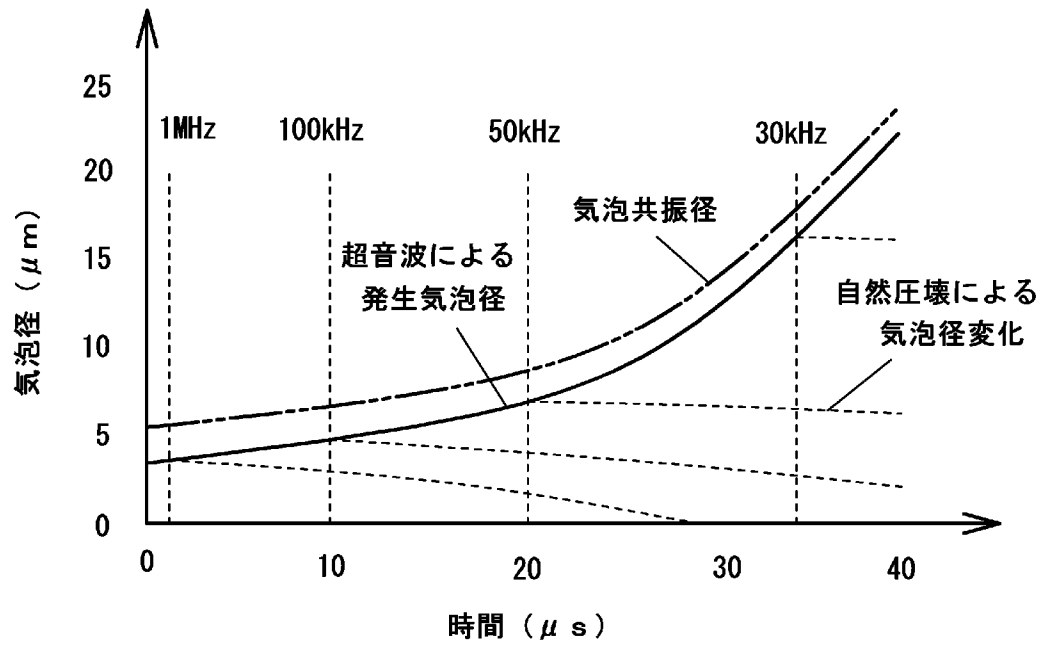
[図5]



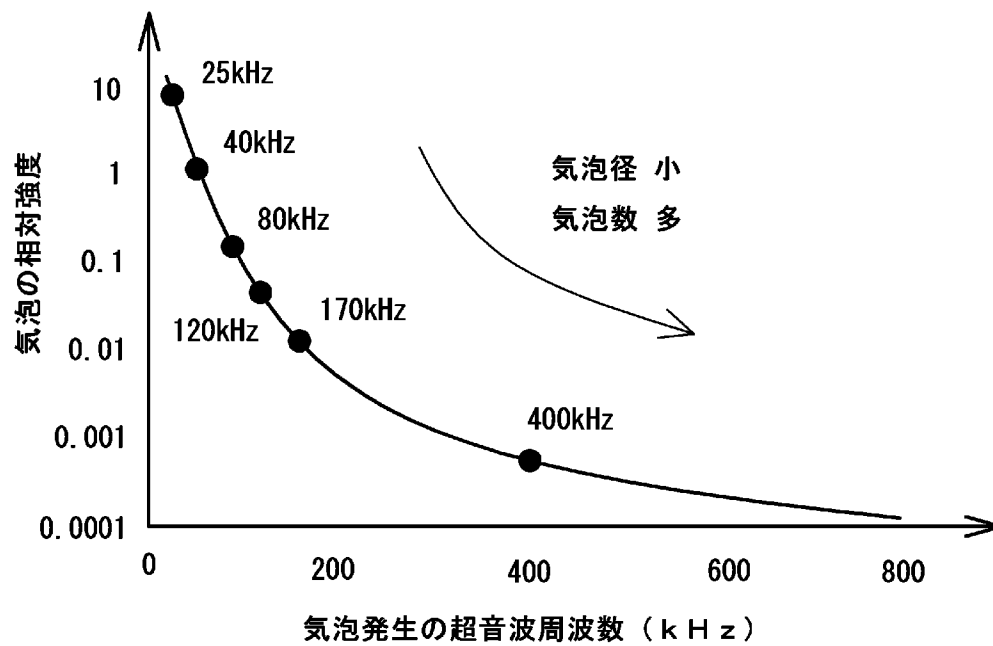
[図6]



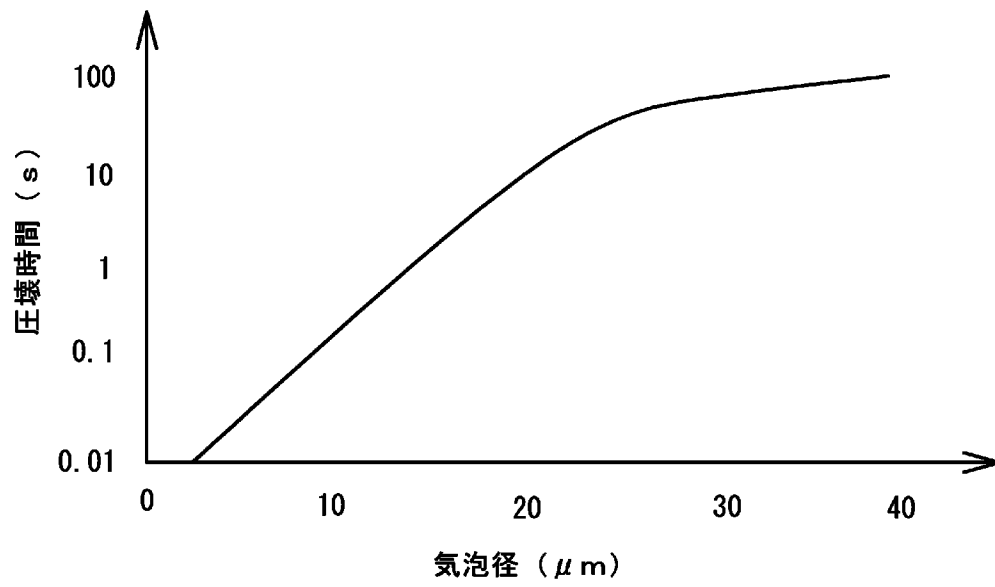
[図7]



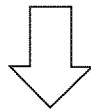
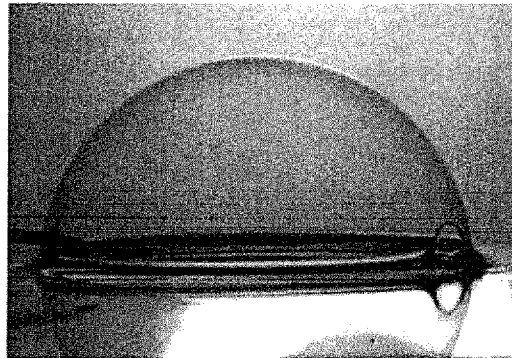
[図8]



[図9]



[図10]



超微細化粒



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/056091

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02M51/06(2006.01)i, F02M61/08(2006.01)i, F02M61/18(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)

F02M51/06, F02M61/08, F02M61/18

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 1996-2010

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2010 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2010

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 Y	JP 2007-224816 A (Denso Corp.), 06 September 2007 (06.09.2007), paragraphs [0007] to [0129]; fig. 1 to 13 (Family: none)	1-3, 7-10 4-6
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 69282/1988 (Laid-open No. 174566/1989) (Diesel Kiki Co., Ltd.), 12 December 1989 (12.12.1989), specification, page 5, line 18 to page 13, line 7; fig. 1, 2 (Family: none)	4-6

☒ 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
08 June, 2010 (08.06.10)Date of mailing of the international search report
22 June, 2010 (22.06.10)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/056091

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2008/026438 A1 (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 06 March 2008 (06.03.2008), page 7, line 23 to page 13, line 5; fig. 1 to 5 & US 2008/0308657 A1 paragraphs [0067] to [0117]; fig. 1 to 5 & EP 1965070 A1 & CN 101365874 A & JP 2008-57458 A	4-6
Y	JP 6-147057 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 27 May 1994 (27.05.1994), paragraphs [0010] to [0027]; fig. 1 (Family: none)	4-6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. F02M51/06 (2006.01)i, F02M61/08 (2006.01)i, F02M61/18 (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. F02M51/06, F02M61/08, 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

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 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 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 Y	JP 2007-224816 A (株式会社デンソー) 2007.09.06, 段落【0007】～【0129】、図1～13 (ファミリーなし)	1-3, 7-10 4-6
Y	日本国実用新案登録出願 63-69282 号 (日本国実用新案登録出願公開 1-174566 号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマ イクロフィルム (ジーゼル機器株式会社) 1989.12.12, 明細書 5 ページ 18 行目～13 ページ 7 行目、第 1, 2 図参照 (ファミリ ーなし)	4-6

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 8 . 0 6 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

2 2 . 0 6 . 2 0 1 0

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 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

赤間 充

3 G

3 9 2 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 5

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
Y	WO 2008/026438 A1 (三菱重工業株式会社) 2008. 03. 06, 7 ページ 23 行目～13 ページ 5 行目、Fig1～5 & US 2008/0308657 A1 段落【0067】～【0117】、Fig1～5 & EP 1965070 A1 & CN 101365874 A & JP 2008-57458 A	4-6
Y	JP 6-147057 A (日産自動車株式会社) 1994. 05. 27, 段落【0010】～【0027】、図1 (ファミリーなし)	4-6