

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-40322

(P2007-40322A)

(43) 公開日 平成19年2月15日(2007.2.15)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
F 1 6 K 17/04 (2006.01)	F 1 6 K 17/04	G 3 H 0 5 9
H 0 1 M 8/04 (2006.01)	H 0 1 M 8/04	N 5 H 0 2 6
H 0 1 M 8/10 (2006.01)	F 1 6 K 17/04	H 5 H 0 2 7
	H 0 1 M 8/10	

審査請求 有 請求項の数 17 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2005-222099 (P2005-222099)	(71) 出願人	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成17年7月29日 (2005.7.29)	(74) 代理人	100069017 弁理士 渡辺 徳廣
		(72) 発明者	中窪 亨 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
		Fターム(参考)	3H059 AA14 BB22 CA04 CA13 CA20 CA21 CB02 CB19 CB21 EE01 FF05 5H026 AA06 BB04 CX04 HH09 5H027 AA06 BA13 KK01 KK11

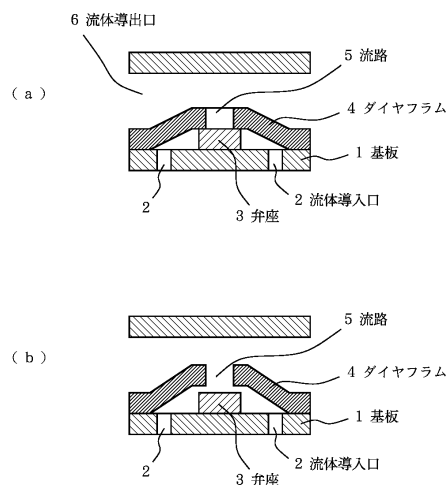
(54) 【発明の名称】 リリーフバルブ、その製造方法および燃料電池

(57) 【要約】

【課題】 ダイヤフラムまたはダイヤフラムの支持部を通して流路を設けることにより、導出口がダイヤフラムを介して導入口の反対側にある、小型の単純な構成のリリーフバルブを提供する。

【解決手段】 半導体基板を材料とし、流体の導入口2の圧力が導出口6の圧力に比べて設定圧力値よりも高くなった場合に動作する圧力調整用のリリーフバルブであって、流体の導入口2と導出口6を結ぶ流路5と、流体の導入口と導出口の圧力差により変形して流路を開閉するダイヤフラム4とを有し、前記流路5がダイヤフラム4を貫通、あるいは、ダイヤフラム面側面に配置され、該ダイヤフラム4と弁座3とが接触して設けられ、ダイヤフラム4が変形することにより流路を開閉するリリーフバルブ。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

流体の導入口の圧力が導出口の圧力に比べて設定圧力値よりも高くなった場合に動作する圧力調整用のリリーフバルブであって、半導体ウェハを材料として形成されており、流体の導入口と導出口を結ぶ流路と、流体の導入口と導出口の圧力差により変形して流路を開閉するダイヤフラムとを有することを特徴とするリリーフバルブ。

【請求項 2】

前記流路が前記ダイヤフラムまたはダイヤフラムを支持している支持部を貫通して設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載のリリーフバルブ。

【請求項 3】

前記流路がダイヤフラムを貫通し、該ダイヤフラムと弁座とが接触して設けられ、ダイヤフラムが変形することによりダイヤフラムと弁座との接触を開閉することを特徴とする請求項 2 に記載のリリーフバルブ。

【請求項 4】

前記流路がダイヤフラムを支持している支持部を貫通し、該支持部と弁座とが接触して設けられ、ダイヤフラムが変形することにより支持部と弁座との接触を開閉することを特徴とする請求項 2 に記載のリリーフバルブ。

【請求項 5】

前記ダイヤフラムを支持している支持部が弁体であることを特徴とする請求項 4 に記載のリリーフバルブ。

【請求項 6】

前記流路がダイヤフラムを支持している支持部の一部分を貫通し、該支持部の他の部分と弁座とが接触して設けられ、ダイヤフラムが変形することにより支持部の他の部分と弁座との接触を開閉することを特徴とする請求項 2 に記載のリリーフバルブ。

【請求項 7】

前記ダイヤフラムを支持している支持部の他の部分が弁体であることを特徴とする請求項 6 に記載のリリーフバルブ。

【請求項 8】

前記流体の導入口と導出口の圧力差の調整が、前記ダイヤフラムにたわみを生じさせるかまたは応力を生じさせるかのいずれかによることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかの項に記載のリリーフバルブ。

【請求項 9】

流体の導入口と導出口を結ぶ流路と流体の導入口と導出口の圧力差により変形して流路を開閉するダイヤフラムとを有し、流体の導入口の圧力が導出口の圧力に比べて設定圧力値よりも高くなった場合に動作する圧力調整用のリリーフバルブの製造方法であって、半導体ウェハにダイヤフラムおよび流路を形成する工程、基板に流路を形成する工程を有することを特徴とするリリーフバルブの製造方法。

【請求項 10】

前記半導体ウェハに弁体を形成する工程を含むことを特徴とする請求項 9 に記載のリリーフバルブの製造方法。

【請求項 11】

前記基板に弁座を形成する工程を含むことを特徴とする請求項 9 または 10 に記載のリリーフバルブの製造方法。

【請求項 12】

前記半導体ウェハと前記基板とを接合する工程を含むことを特徴とする請求項 9 乃至 11 のいずれかの項に記載のリリーフバルブの製造方法。

【請求項 13】

前記半導体ウェハと基板とを接合する前に犠牲層を形成する工程と、接合後に犠牲層を取り除く工程を含むことを特徴とする請求項 12 に記載のリリーフバルブの製造方法。

【請求項 14】

10

20

30

40

50

前記ダイヤフラム表面に薄膜を成膜する工程を含むことを特徴とする請求項 9 乃至 13 のいずれかの項に記載のリリーフバルブの製造方法。

【請求項 15】

さらに、リリーフバルブの表面を改質あるいはコーティングする工程を含むことを特徴とする請求項 9 乃至 14 のいずれかの項に記載のリリーフバルブの製造方法。

【請求項 16】

前記基板として半導体ウェハを用いることを特徴とする請求項 9 乃至 15 のいずれかの項に記載のリリーフバルブの製造方法。

【請求項 17】

請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載のリリーフバルブを搭載した燃料電池。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は半導体加工技術を用いて製造したリリーフバルブ、その製造方法および燃料電池に関する。詳しくは直動型ダイヤフラムを有するリリーフバルブに関するものである。また、前記リリーフバルブを搭載した、小型電気機器に搭載可能な発電量が数ミリワットから数百ワットまでの小型固体高分子型燃料電池に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、リリーフバルブは機械加工技術を用いて様々なタイプのものが製造されてきた。これらは、駆動機構によって、直動型、パイロット型に大別される。直動型はパイロット型に比べ、構成が単純であるという利点を有する。また、微小な差圧で動作するため、動作流体が気体である場合に多く用いられる。しかしながら、圧力に対して敏感に動作しすぎて、使用圧力領域によっては、弁体が振動するチャタリング現象が発生する場合もある。また、感圧部分には、ポペットやダイヤフラム、ペローズが使用されてきた。中でも、微小な圧力差によって動作させるには、ダイヤフラムが多く使用されてきた。特許文献 1 には、ダイヤフラムを用いた直動型リリーフバルブの例が開示されている。特許文献 1 においては、ダイヤフラムによって差圧を感知し、ダイヤフラムが弁座より離れた後、弁体が動作する構造となっている。

20

【0003】

また、ダイヤフラム直動型リリーフバルブの中で、流路を有するダイヤフラムが差圧によって変形し、流体を制御するものには、特許文献 2 に示すようなリリーフバルブがある。

30

【0004】

一方、半導体加工技術を用いて様々な微小機械要素が製造されてきた。半導体加工技術は、サブミクロンオーダーの微細加工が可能な上、バッチプロセスにより大量生産化が容易であるという特徴を有する。非特許文献 1 においては、複数の半導体基板（シリコン材料）を用い、半導体加工技術を用いて製造したアクティブ駆動のマイクロバルブについて開示している。このマイクロバルブは圧電素子である P Z T (P b 、 Z r 、 T i) に電圧をかけることによって駆動される。

40

【0005】

小型の電気機器に搭載するエネルギー源として、小型の燃料電池が注目されている。燃料電池が小型電気機器の駆動源として有用な理由としては、体積当たり、重量当たりの供給可能なエネルギー量が従来のリチウムイオン二次電池に比べて、数倍から十倍近くであることが挙げられる。特に、大きな出力を得るための燃料電池に用いられる燃料としては、水素が最適である。しかし、水素は常温で気体であるため、小型の燃料タンクの中に高密度に水素を貯蔵するための技術が必要である。

【0006】

水素を高密度で保存する第一の方法は、水素を圧縮して高圧ガスとしてタンク内に保存する方法である。タンク内のガスの圧力を 200 気圧にすると体積水素密度は 18 mg /

50

cm^3 程度となる。第二の方法は、水素を低温にして、液体として貯蔵する方法である。水素を液化するためには、大きなエネルギーが必要であること、また、液化状態を維持するための冷却機構が必要となることが問題であるが、高密度な保存が可能である。第三の方法は、水素吸蔵合金を使用して水素を貯蔵する方法である。この方法では、水素吸蔵合金の2wt%程度の水素を吸蔵することが可能である。

【0007】

一方、固体高分子型燃料電池の発電は以下の様にして行われる。高分子電解質膜には、パーフルオロスルホン酸系の陽イオン交換樹脂がよく用いられる。例えば、このような膜としては、デュボン社のナフィオン（登録商標）などがよく知られている。固体高分子電解質膜を、白金などの触媒を担持した一对の多孔質電極、すなわち、燃料極と酸化剤極とで挟持した膜電極複合体によって発電セルが構成される。この発電セルに対して、酸化剤極には酸化剤を、燃料極には燃料を供給することにより、高分子電解質膜中をイオンが移動し、発電が行われる。

10

【0008】

高分子電解質膜は機械的強度を保ち、また、燃料が透過しないようにするために通常50～100 μm 程度の厚さのものが使用される。これらの固体高分子電解質膜の強度は300～500kPa（3～5 kg/cm^2 ）程度である。従って、差圧による膜の破断を防ぐためには、燃料電池の酸化剤極室と燃料極室との差圧が、平常時には50kPa（0.5 kg/cm^2 ）、非常時でも100kPa（1 kg/cm^2 ）以下になるように制御することが好ましい。

20

【0009】

そこで、燃料極室内の圧力が上記圧力より高くなった場合、高分子電解質膜の破断を避けるため、極室内の圧力を下げる必要がある。特許文献3においては、燃料電池の燃料流路にリリーフバルブを備え、流路内が設定圧力より高くなった場合に、燃料ガスを外部に排出することにより、システムの破損を防ぐ機構を開示している。

【特許文献1】特開平6-94147号公報

【特許文献2】特開昭64-64609号公報

【特許文献3】特開平10-284098号公報

【非特許文献1】H. J e r m a n , " J . M i c r o m e c h . M i c r o e n g . " , 4 , 2 1 0 - 2 1 6 , 1 9 9 4 年

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

超小型のバルブを作製するのに、従来の機械加工技術・組み立て技術では、精度が十分でなく、超小型のリリーフバルブを製造するのは非常に困難であった。また、製造コストが高くなってしまふという問題を有していた。

【0011】

また、半導体加工技術を用いて作製されたマイクロバルブ類の中にはリリーフバルブはなかった。また、従来の半導体加工技術を用いたマイクロバルブは、アクティブ駆動を前提としたものが多く、リリーフバルブとして最適な圧力設定が可能な構造にはなっていない

40

【0012】

本発明は、この様な背景技術に鑑みてなされたものであり、半導体ウェハを材料とし、半導体加工技術を用いてバルブを製造することにより、非常に小型化したリリーフバルブを提供するものである。

【0013】

また、本発明は、半導体ウェハ部材同士を接合してバルブを製造することにより、部材間の隙間からの漏れが非常に少ない圧力調整用のリリーフバルブの製造方法を提供するものである。

【0014】

50

また、本発明は、上記のリリーフバルブを搭載することによって、燃料タンクからの燃料ガスの圧力を一定に保って燃料電池セルに供給することができる燃料電池を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明のリリーフバルブは、流体の導入口の圧力が導出口の圧力に比べて設定圧力値よりも高くなった場合に動作する圧力調整用のリリーフバルブであって、以下の特徴を有する。該リリーフバルブは半導体ウェハを材料とし、流体の導入口と導出口を結ぶ流路と、流体の導入口と導出口の圧力差により変形して流路を開閉するダイヤフラムとを有する。

【0016】

前記流路が前記ダイヤフラムまたはダイヤフラムを支持している支持部を貫通して設けられていることが好ましい。

前記流路がダイヤフラムを貫通し、該ダイヤフラムと弁座とが接触して設けられ、ダイヤフラムが変形することによりダイヤフラムと弁座との接触を開閉するのが好ましい。

【0017】

前記流路がダイヤフラムを支持している支持部を貫通し、該支持部と弁座とが接触して設けられ、ダイヤフラムが変形することにより支持部と弁座との接触を開閉するのが好ましい。

【0018】

前記ダイヤフラムを支持している支持部が弁体であるのが好ましい。

前記流路がダイヤフラムを支持している支持部の一部分を貫通し、該支持部の他の部分と弁座とが接触して設けられ、ダイヤフラムが変形することにより支持部の他の部分と弁座との接触を開閉するのが好ましい。

【0019】

前記ダイヤフラムを支持している支持部の他の部分が弁体であるのが好ましい。

前記流体の導入口と導出口の圧力差の調整が、前記ダイヤフラムにたわみを発生させるかまたは応力を発生させるかのいずれかによるのが好ましい。

【0020】

また、本発明は、流体の導入口と導出口を結ぶ流路と流体の導入口と導出口の圧力差により変形して流路を開閉するダイヤフラムとを有し、流体の導入口の圧力が導出口の圧力よりも高くなった場合に動作する圧力調整用のリリーフバルブの製造方法であって、半導体ウェハにダイヤフラムおよび流路を形成する工程、基板に流路を形成する工程を有することを特徴とするリリーフバルブの製造方法である。

【0021】

本発明のリリーフバルブの製造方法には、更に前記半導体ウェハに弁体を形成する工程を含むことが好ましい。

本発明のリリーフバルブの製造方法には、更に前記基板に弁座を形成する工程を含むことが好ましい。

本発明のリリーフバルブの製造方法には、更に前記半導体ウェハと基板とを接合する工程を含むことが好ましい。

【0022】

本発明のリリーフバルブの製造方法には、更に前記半導体ウェハと基板とを接合する前に犠牲層を形成する工程と、接合後に犠牲層を取り除く工程を含むことが好ましい。

本発明のリリーフバルブの製造方法には、更に前記ダイヤフラム表面に薄膜を成膜する工程を含むことが好ましい。

【0023】

本発明のリリーフバルブの製造方法には、更にリリーフバルブの表面を改質あるいはコーティングする工程を含むことが好ましい。

本発明のリリーフバルブに用いられる前記基板が半導体ウェハであることが好ましい。

【0024】

10

20

30

40

50

さらに、本発明に係る燃料電池は、上記のリリーフバルブを搭載した燃料電池である。

【発明の効果】

【0025】

本発明により、半導体ウェハを材料とし、小型の単純な構成のリリーフバルブを提供できる。

また、本発明により、半導体ウェハを材料とし、半導体加工技術を用いてバルブを製造することにより、小型化したリリーフバルブの製造方法を提供できる。

【0026】

また、本発明により、半導体ウェハ部材同士を接合してバルブを製造することにより、部材間の隙間からの漏れが非常に少ない圧力調整用のリリーフバルブの製造方法を提供できる。

10

【0027】

また、本発明により、上記のリリーフバルブを小型燃料電池に搭載することによって、燃料タンクからの燃料ガスの圧力を一定に保って燃料電池セルに供給することができる燃料電池を提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

本発明のリリーフバルブは、半導体ウェハを材料とし、流体の導入口と導出口を結ぶ流路と、流体の導入口と導出口の圧力差により変形して流路を開閉するダイヤフラムとを有することを特徴とする。

20

【0029】

以下、図面に基づいて、本発明のリリーフバルブの構成について説明する。図1は、本発明のリリーフバルブの一実施態様を示す断面図である。図1(a)はバルブが閉じた状態、図1(b)はバルブが開いた状態を示す。図1に示されたバルブは、流路がダイヤフラムを貫通し、該ダイヤフラムと弁座とが接触して設けられ、ダイヤフラムが変形することにより流路を開閉するリリーフバルブである。図1(a)において、ダイヤフラム4は流体導入口2と流体導出口6との間に配置され、流路5がダイヤフラムを貫通している。流路5はダイヤフラム4が弁座3に押し付けられることにより閉じている。流体導入口2の圧力が流体導出口6での圧力を設定値よりも上回った場合に、ダイヤフラム4が流体導出口側に押し上げられて変形することにより、弁座3とダイヤフラム4の間に隙間ができ、流体は流体導入口2から流体導出口6へと流れる(図1(b))。一方、流体導入口2の圧力が流体導出口6での圧力に比べ、設定値以下になった場合、ダイヤフラム4は着座し、ダイヤフラム4が弁座3に押し付けられ(図1(a))、流体の流通は停止する。

30

【0030】

バルブの開放圧力を設定する第一の方法は、弁座3の厚さを調節することにより、ダイヤフラムにあらかじめ所定量のたわみを持たせることである。また、開放圧力を設定する第二の方法は、ダイヤフラムに内部応力を有する材料を使用することである。また、バルブの応答性は、ダイヤフラムの材料および厚さや径により決定される。

【0031】

図2は、本発明のリリーフバルブの他の実施態様を示す断面図である。図2(a)~図2(c)はバルブが閉じた状態を示す。図2(a)のリリーフバルブにおいては、ダイヤフラム4は、支持部71aである弁体7の両側に支持されている。この場合、弁体7とダイヤフラム4は一体に形成されているのが、好ましい。弁体7の両側に形成されたダイヤフラム4は流体導入口2と流体導出口6との間に配置され、流路5がダイヤフラム4を貫通して設けられている。ダイヤフラム4と一体に形成されている弁体7が弁座3に押し付けられることにより流体は遮断されている。流体導入口の圧力が流体導出口での圧力を設定値よりも上回った場合に、ダイヤフラム4が流体導出口側に押し上げられて変形することにより、弁体7と弁座3との間に隙間ができる。すると流体は、ダイヤフラム4を貫通している流路5を通り、流体導入口から流体導出口へと流れる。一方、流体導入口の圧力が流体導出口での圧力に比べ、設定値以下になった場合、ダイヤフラム4は着座し、弁体

40

50

7は弁座3に押し付けられ流体の流通は停止する。

【0032】

また、図2(b)のリリーフバルブは、流路をダイヤフラム外に設けた場合であり、流路5がダイヤフラム4を支持している支持部71bを貫通して設けられ、図2(a)と同様の動作が行われて、ダイヤフラムが変形することにより流路を開閉する構成からなる。

【0033】

また、図2(c)のリリーフバルブは、ダイヤフラム4と一体に形成されている弁体7に突起部8を有する構成からなる。この場合、図2(a)と同様の動作が行われて、ダイヤフラムの両面にかかる圧力差により、ダイヤフラムが変形することにより流路を開閉する。

10

【実施例】

【0034】

以下、実施例と比較例に基づいて本発明を説明する。

比較例1

まず、比較例として、従来の機械加工技術を用いてリリーフバルブを作製した場合の構成について説明する。図3は、機械加工技術により作製されたリリーフバルブを示す概略図である。図3(a)は断面図、図3(b)は平面図、図3(c)は底面図である。基板101は、流体導入口102および弁座103を有している。基板材料としてはステンレスやアルミなどの金属材料のほか、アクリルなどのプラスチック材料が用いられる。

【0035】

ダイヤフラム104は弾性材料からなり、中央に流路105を有している。ダイヤフラムの材料には、フッ素ゴムやシリコンゴム、ウレタンゴムなどのプラスチック材料や、ステンレス、りん青銅、ベリリウムなどの金属材料が用いられる。金属材料を使用する場合には、より小さな力で大きな変位を得るために、波型に整形しておくことも可能である。

20

【0036】

ダイヤフラム104を基板101に設置した後、流体導出口106を有する蓋107によって、ダイヤフラム104を固定する。このように組み立てられたリリーフバルブは、ネジ部109によって流路に取り付けられる。ネジ部には、シール108があり、流体がネジ部を通して外に漏れるのを防いでいる。シール108にはシリコンゴムやフッ素ゴムなどが使用される。

30

【0037】

ダイヤフラム104に金属材料を使用する場合、シール性を高めるために、弁座103と接する部分にシリコンゴムやフッ素ゴムなどゴム材料からなる部材を用いることもできる。一方、ダイヤフラム104にゴム材料を使用する場合、弁座103と接する部分の裏側に金属などの固い材料で補強することも可能である。

【0038】

リリーフバルブの動作圧力 p はダイヤフラム104の初期たわみと材料、半径 r 、厚さ h によって決定される。これらの関係はおよそ以下の式(1)に従う。ただし、 E :ヤング率、 m :ポアソン比 $^{-1}$ とする。

40

【0039】

【数1】

$$\omega = \frac{pr^4}{64D} \quad (1)$$

【0040】

50

ここで、Dは、
【0041】
【数2】

$$D = \frac{m^2 E h^3}{12 (m^2 - 1)}$$

10

【0042】

である。

表1は、ダイヤフラムの材料、径、厚さ、初期たわみ（予圧用たわみ）を変えたときの、リリースバルブが開く時の流体導入口と流体導出口との圧力差（クラッキング圧力）を表す。

【0043】

【表 1】

表 1

材料名	直径 [mm]	厚さ [mm]	クラッキング圧 [Pa (G)]	予圧用 たわみ [m]	たわみ量 [m] /10kPa	固有 振動数 [Hz]
ステンレス	4.00	0.10	2.00E + 05	2.71E - 06	1.36E - 07	9.60E + 06
ステンレス	4.00	0.20	2.00E + 05	3.39E - 07	1.70E - 08	1.92E + 07
ステンレス	6.00	0.10	2.00E + 05	1.37E - 05	6.87E - 07	4.27E + 06
アルミ	4.00	0.10	2.00E + 05	7.58E - 06	3.79E - 07	9.89E + 06
アルミ	4.00	0.20	2.00E + 05	9.48E - 07	4.74E - 08	1.98E + 07
アルミ	6.00	0.10	2.00E + 05	3.84E - 05	1.92E - 06	4.39E + 06
シリコン	4.00	0.03	2.00E + 05	2.12E - 04	1.06E - 05	4.03E + 06
シリコン	4.00	0.05	2.00E + 05	2.65E - 05	1.32E - 06	8.05E + 06
シリコン	6.00	0.03	2.00E + 05	1.07E - 03	5.36E - 05	1.79E + 06
シリコーン	4.00	0.10	2.00E + 05	9.67E - 02	4.83E - 03	1.31E + 05
シリコーン	4.00	0.20	2.00E + 05	1.21E - 02	6.04E - 04	2.63E + 05
シリコーン	6.00	0.10	2.00E + 05	4.89E - 01	2.45E - 02	5.84E + 04
シリコーン	5.00	0.30	5.00E + 04	2.19E - 03	4.37E - 04	2.52E + 05
シリコーン	5.00	0.50	5.00E + 04	4.72E - 04	9.44E - 05	4.20E + 05

【 0 0 4 4 】

このように、ダイヤフラムに初期たわみを与えておくことにより、動作圧力を変えることが可能である。また、流体導入口と導出口との圧力差が 10 kPa 増加した場合の、バルブの変位量を表したものである。圧力差が大きくなるに従い、バルブの変位量は増加する。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

一方、バルブが開いているときの、バルブを通過する流体の流量は、流路径、ダイヤフラムの変位量および流体導入口と導出口との圧力差によって決定される。ダイヤフラムの変位、および、流体導入口と導出口との圧力差による、流量 Q の変化は以下の式 (2) によって表される。

【 0 0 4 6 】

【 数 3 】

$$D = \frac{\pi dx^3}{12 \mu (d_2 - d_1)} \times \frac{P_1^2 - P_0^2}{P_0} \quad (2)$$

10

【 0 0 4 7 】

ただし、 d_1 : ダイヤフラムの穴径、 d_2 : 弁座径、 d : ダイヤフラム穴径と弁座径の平均、 P_1 : 導入口側圧力、 P_0 : 導出口側圧力、 μ : 粘度、 x : 変位である。

表 2 は、ダイヤフラムの変位量が変化したときの、バルブを通過する流体の流量を表したものである。また、ダイヤフラムの変位量が大きくなるほど、また、圧力差が大きくなるほど、流量は大きくなる。

20

【 0 0 4 8 】

【表 2】

表 2

ダイヤ フラム 穴径 d_1 [mm]	弁座径 d_2 [mm]	内圧 p_1 [Pa]	外圧 p_0 [Pa]	変位 x [μ m]	流量 [m^3/s]
1.00	2.00	4.00E + 05	1.00E + 05	1.00E + 00	8.92E - 08
1.00	2.00	4.00E + 05	1.00E + 05	2.00E + 00	7.14E - 07
1.00	2.00	4.00E + 05	1.00E + 05	3.00E + 00	2.41E - 06
1.00	2.00	4.00E + 05	1.00E + 05	4.00E + 00	5.71E - 06
1.00	2.00	4.00E + 05	1.00E + 05	5.00E + 00	1.12E - 05
1.00	2.00	1.50E + 05	1.00E + 05	1.00E + 00	7.43E - 09
1.00	2.00	1.50E + 05	1.00E + 05	2.00E + 00	5.95E - 08
1.00	2.00	1.50E + 05	1.00E + 05	3.00E + 00	2.01E - 07
1.00	2.00	1.50E + 05	1.00E + 05	4.00E + 00	4.76E - 07
1.00	2.00	1.50E + 05	1.00E + 05	5.00E + 00	9.29E - 07
0.50	2.00	4.00E + 05	1.00E + 05	1.00E - 01	5.95E - 11
0.50	2.00	4.00E + 05	1.00E + 05	2.00E + 00	4.76E - 07
0.50	2.00	4.00E + 05	1.00E + 05	3.00E + 00	1.61E - 06
0.50	2.00	4.00E + 05	1.00E + 05	4.00E + 00	3.81E - 06
0.50	2.00	4.00E + 05	1.00E + 05	5.00E + 00	7.43E - 06
0.50	2.00	1.50E + 05	1.00E + 05	1.00E + 00	4.96E - 09
0.50	2.00	1.50E + 05	1.00E + 05	2.00E + 00	3.96E - 08
0.50	2.00	1.50E + 05	1.00E + 05	3.00E + 00	1.34E - 07
0.50	2.00	1.50E + 05	1.00E + 05	4.00E + 00	3.17E - 07
0.50	2.00	1.50E + 05	1.00E + 05	5.00E + 00	6.19E - 07

10

20

30

40

【 0 0 4 9 】

バルブの最大流量 Q は、流路 1 0 5 の大きさによって以下の式 (3) によって、決定される。

【 0 0 5 0 】

【数 4】

$$Q = C_d A \sqrt{2 \rho \Delta P} \quad (3)$$

【0051】

ただし、 C_d ：流量係数（通常は 0.7）、 ρ ：流体密度、 P ：流路前後の圧力差、 A ：流路の断面積である。

流路 105 の径を変えた場合の流体導入口と流体導出口との圧力差による最大流量の変化を表 3 に示す。 10

【0052】

【表 3】

表 3

流量 [m ³ /s]	差圧 [Pa]	穴径 [m]
1.67 × 10 ⁻⁸ (100 [ccm])	50000	3.02 × 10 ⁻⁴
	300000	1.93 × 10 ⁻⁴
1.67 × 10 ⁻⁷ (1000 [ccm])	50000	9.55 × 10 ⁻⁴
	300000	6.10 × 10 ⁻⁴
1.67 × 10 ⁻⁶ (10000 [ccm])	50000	3.02 × 10 ⁻³
	300000	1.93 × 10 ⁻³

20

30

【0053】

バルブの応答速度は、ダイヤフラム 104 の固有振動数によって決定される。固有振動数が大きなバルブほど、応答性は速くなり感度が向上するが、チャタリングなどの問題を起こす可能性もある。ダイヤフラム 104 の質量を m 、バネ定数を k とすると、固有振動数 $f = \sqrt{k/m}$ で表されるので、表 1 にダイヤフラム 104 の材料、サイズなどを変えた場合の固有振動数を示す。 40

【0054】

ダイヤフラム 104 にかかる最大応力 (σ_{max}) は以下の式 (4) で表される。

【0055】

【数 5】

$$\sigma_{\max} = \frac{3}{4} \left(\frac{r}{h} \right)^2 p \quad (4)$$

【0056】

ただし、 r ：ダイヤフラム半径、 h ：ダイヤフラム厚さ、 p ：圧力である。上式に従って、使用圧力範囲でバルブが破損しない材料、寸法を決定する。 10

実施例 1

本発明のリリーフバルブを半導体加工技術を用いて製造する第 1 の方法について説明する。本発明のリリーフバルブは、第 1 のウェハに流体導入口および弁座を作製する工程と、第 2 のウェハにダイヤフラムおよび流体導出口を作製する工程と、第 1 のウェハと第 2 のウェハを接合する工程の後、最後に弁体をリリースすることによって、製造される。

【0057】

図 4 A ~ 図 4 C は、本発明の実施例 1 のリリーフバルブの製造方法を示す工程図である。本発明のリリーフバルブ製造方法を説明する。

まず、図 4 (a) に示す第 1 の工程は、第 1 のウェハにダイヤフラムおよび弁体のマスクを作製する工程である。ウェハには厚さ 300 μm 両面研磨シリコンウェハ 201 を用いる。まず、2 枚のアルミマスクを順番にシリコンウェハ 201 にパターンニングする。1 枚目のアルミニウムマスク 203 は、Shipley 社、商品名 S1805 をフォトレジストに使用し、ダイヤフラム 211 と弁体 212 を形成するためのマスクをパターンニングする。さらに、その上に、2 枚目のアルミニウムマスク 204 を真空蒸着によって成膜し、パターンニングする。マスク材料にはその他にシリコン酸化膜や厚膜のフォトレジストなどを使用することも可能である。 20

【0058】

図 4 (b) に示す第 2 の工程では、ダイヤフラム 211 を作製する。ICP-RIE エッチング（反応性イオンエッチング）によってシリコンウェハを垂直に 150 μm エッチングする。 30

【0059】

図 4 (c) に示す第 3 の工程では、エッチング時間を制御することによって、2 枚目のアルミニウムマスク 204 のみをウェットエッチングによって取り除く。

図 4 (d) に示す第 4 の工程では、残ったマスクを用いて、ICP-RIE エッチング（反応性イオンエッチング）によって 125 μm シリコンウェハを垂直にエッチングする。これにより 25 μm のシリコンウェハ部分が残し、これがダイヤフラム 211 となる。また、中央部は厚さ 175 μm となり、これが弁体 212 となる。

【0060】

図 4 (e) に示す第 5 の工程では、アルミニウムマスクをウェットエッチングによって取り除く。 40

図 4 (f) に示す第 6 の工程では、流路形成のためのマスク 205 を作製する。ウェハ 201 の裏面にアルミニウムを真空蒸着し、フォトレジストを用いて、パターンニングして、流路形成のためのマスク 205 を作製する。

【0061】

図 4 (g) に示す第 7 の工程では、流路を形成する。ICP-RIE エッチング（反応性イオンエッチング）によってシリコンウェハを垂直にエッチングし径 500 μm の貫通孔 216 を形成する。

【0062】

図 4 (h) に示す第 8 の工程では、アルミニウムマスクをウェットエッチングによって 50

取り除く。

図4(i)に示す第9の工程では、第2のウェハ202に弁座を形成するためのマスクを作製する。ウェハ202の表面にアルミニウムを真空蒸着し、フォトレジストを用いて、パターニングしてマスク206を作製する。

【0063】

図4(j)に示す第10の工程では、弁座214を形成する。ICP-RIEエッチング(反応性イオンエッチング)によってシリコンウェハを垂直にエッチングする。ウェハには厚さ300 μ mのシリコンウェハを使用し、150 μ mエッチングする。この際のエッチング量によって、接合後の、ダイヤフラムの初期たわみが決定される。この場合は初期たわみは25 μ mとなる。

10

【0064】

図4(k)に示す第11の工程では、アルミニウムマスクをウェットエッチングによって取り除く。

図4(l)に示す第12の工程では、流体導入口形成のためのマスクを作製する。ウェハ202の裏面にアルミニウムを真空蒸着し、フォトレジストを用いて、パターニングする(207)。

【0065】

図4(m)に示す第13の工程では、流体導入口215を形成する。ICP-RIEエッチング(反応性イオンエッチング)によってシリコンウェハを垂直にエッチングし径300 μ mの貫通孔を4本形成する。

20

【0066】

図4(n)に示す第14の工程では、アルミニウムマスクをウェットエッチングによって取り除く。

図4(o)に示す第15の工程では、第1のシリコンウェハ201の表面を酸化して第1の酸化シリコンウェハ201aを形成する。熱酸化により、ウェハ表面を厚さ1 μ m酸化する。

【0067】

図4(p)に示す第16の工程では、第1のウェハ201と第2のウェハ202を接合する工程である。2枚のウェハを赤外線によって位置決めし、重ね合わせた後、450kPa(約4.5atm)の圧力で10分間保持する。その後、試料を3時間で1100

30

【0068】

図4(q)に示す第17の工程は、弁体212をリリースする工程である。フッ酸によって25 μ mの長さをサイドエッチングする。

以上により本発明のリリースバルブは形成される。

【0069】

これらの工程においてICP-RIEの代わりに、KOHやTMAHなどによる異方性エッチングを使用することもできる。

また、第1のウェハにハンドル層、あるいは、デバイス層の厚さが弁座の高さとなっているSOIウェハを用いると、弁座高さの誤差を小さくすることができ、より設定圧のばらつきを少なくすることができる。

40

【0070】

また、第2のウェハにハンドル層、あるいは、デバイス層の厚さがダイヤフラムの厚さとなっているSOIウェハを用いると、シリコン酸化物層をエッチングのエッチストップレイヤーとして利用することができ、均一なダイヤフラムを作製することができる。

【0071】

また、各ウェハのボンディング工程において、ウェハ同士の結晶面をずらすことで、バルブ全体の機械強度を向上させることができる。

また、基板と半導体ウェハとは、基板表面と半導体ウェハとの隙間が十分に小さく、リークが発生しない場合には第16の工程の接合工程を省くことも可能である。この際には

50

、犠牲層となる第 14 の成膜工程、および、第 17 のリリース工程も不要になる。

【0072】

また、第 9 の工程において、ウェハを裏返さずに表面にマスクを作製し、エッチングを行うことも可能である。

また、以下に挙げる方法により、ダイヤフラムに反りをもたせることができる。ダイヤフラム表面に TiNi などの形状記憶合金膜や残留応力を有する薄膜をスパッタリングなどによって成膜する。ダイヤフラム表面を酸化や窒化などの処理により改質する。ダイヤフラムの部分にホウ素やリンなどをドーピングする。これにより、バルブに予圧がかけられ、本バルブが開閉する圧力を変化させることができる。この場合、第 6 乃至第 8 の工程を省略することも、あわせて用いることも可能である。

10

【0073】

また、リリースバルブのシール性を向上させるために、リリースバルブ表面をコーティングする工程を付け加えても良い。コーティングにはポリパラキシリレンやポリモノクロキシリレン等が使用できる。コーティングには、シール性の高い弾性材料が好ましく、さらには気相成長可能なものが好ましい。このようなコーティング材には、例えば、パリレンがある。パリレン 026 (商品名、日本パリレン(株)社製)を表面に 1 ~ 2 μm の厚さにコーティングする。

【0074】

その他のコーティング材料にはサイトップ(登録商標)や PTFE (ポリテトラフルオロエチレン)などがある。PTFE のコーティングには、例えば、RIE (リアクティブイオンエッチング)装置などを使用することが可能である。

20

【0075】

また、コーティング工程の前に、コーティング材の密着性を向上させ、また、コーティングに伴い、各部材が厚くなってしまうのを相殺するため、リリースバルブ表面をエッチングする工程を付け加えても良い。エッチングには、例えば、XeF₂ガスが使用できる。本ガスを使用することにより、等方的にエッチングすることができ、また、表面を粗くすることができる。エッチング量は次のコーティング厚さとのバランスで決定する。

【0076】

また、弁座および弁体でのシール性を向上させる別の方法としては、弁体と弁座との接触面積を小さくし、シール面の面圧を上昇させることも有効である。

30

面圧を上昇させるには、例えば、XeF₂ガスなどにより、弁座、あるいは、弁体の少なくとも一方の表面を粗くすることにより実現できる。

【0077】

あるいは、図 11 に示すように弁体にリング状の凹凸 18 をつけることも有効である。上記リング状構造の形成には、ICP-RIE による垂直エッチングや KOH や TMAH による異方性エッチング、フォトレジストのリフローなどが使用可能である。

【0078】

上記リング形状は弁座に形成することも可能である。

また、リリースバルブのダイヤフラムを押し上げ、リリースバルブを開いた状態で、コーティング工程を行うことで、弁体と弁座がコーティング材によって接着してしまうのを防ぐことができる。

40

【0079】

実施例 2

本発明のリリースバルブを半導体加工技術を用いて製造する第 2 の方法について説明する。大きな工程の流れは実施例 1 と同様である。

【0080】

図 5A ~ 図 5B は、本発明の実施例 2 のリリースバルブの製造方法を示す工程図である。実施例 2 の第 1 の工程において、マスクパターンを図 5(a) に示すように、マスク 204 をマスク 203 よりも厚く形成する。以下、第 2 乃至 5 の工程を図 5(b) ~ (e) に示すように進めると、弁体 212 が周囲よりも厚くなる。

50

【0081】

その後、実施例1における第6乃至8の工程と同様に行い、流路213を形成する。ここで、実施例2における第9の工程におけるマスクパターンを図5(i)に示すように変更する。以下、第10および第11の工程(図5(j)、(k))により、流体導入口215が形成される。実施例1における第12乃至14の工程は省き、第15乃至17の工程を行うことにより、図5(o)~(q)のようにリリーフバルブを作製する。

さらに、実施例1の場合と同様に、表面の改質やコーティング、成膜を行うことができる。

【0082】

実施例3

本発明のリリーフバルブを半導体加工技術を用いて製造する第3の方法について説明する。大きな工程の流れは実施例1と同様である。

【0083】

図6A~図6Cは、本発明の実施例3のリリーフバルブの製造方法を示す工程図である。本実施例の構成では、弁座部に流体導入口を有し、ダイヤフラム部に流路を有することを特徴とする。

【0084】

実施例1における第1乃至5の工程を行い、ダイヤフラム部を形成する。次に、第6の工程におけるマスクパターンを図6(f)に示すように変更し、続いて、第7、第8の工程を図6(g)、(h)に示すように行うことで、ダイヤフラム211に流路が形成される。第2のウェハには、まず、実施例2における第9乃至11の工程を行い、第12の工程におけるマスクパターンを図6(l)に示すように変更することで、第13、第14の工程において、図6(m)、(n)に示すように流体導入口215を弁座214に形成する。さらに、実施例1における第15乃至17の工程を、図6(p)、(q)に示すように進め、リリーフバルブが完成する。

【0085】

さらに、実施例1の場合と同様に、表面の改質やコーティング、成膜を行うことができる。

また、実施例2のように、弁体部を周囲に比べて厚くすることで、ダイヤフラム211に初期たわみを与えることも可能である。

【0086】

実施例4

本発明のリリーフバルブを半導体加工技術を用いて製造する第4の方法について説明する。大きな工程の流れは実施例1と同様である。

【0087】

図7A~図7Bは、本発明の実施例4のリリーフバルブの製造方法を示す工程図である。本実施例の構成では、弁座部に流体導入口を有し、ダイヤフラム外に流路を有することを特徴とする。

【0088】

実施例1の第1の工程において第2のアルミマスクパターンを図7(a)に示すように変更する。以下実施例1における第2乃至5の工程を図7(b)~(e)のように進めることで、ダイヤフラム211とともに流路213が形成される。次に、第2のウェハを実施例3の第9乃至14の工程と同様に加工する。その後、実施例1における第15乃至17の工程を、図7(p)、(q)に示すように進め、リリーフバルブが完成する。

【0089】

さらに、実施例1の場合と同様に、表面の改質やコーティング、成膜を行うことができる。

また、実施例2のように、弁体部を周囲に比べて厚くすることで、ダイヤフラム211に初期たわみを与えることも可能である。

【0090】

実施例 5

本発明のリリーフバルブを小型燃料電池に搭載した場合について説明する。

図 8 は本発明の燃料電池の概観を表す斜視図である。図 9 は本発明の燃料電池のシステムの概要図である。

【0091】

燃料電池の外寸法は 50 mm × 30 mm × 10 mm であり、通常コンパクトデジタルカメラで使用されているリチウムイオン電池の大きさとほぼ同じである。このように本発明の燃料電池は小型で一体化されているため、携帯機器に組み込みやすい形状となっている。本発明の燃料電池は、酸化剤として反応に用いる酸素を外気から取り入れるため、上下面、及び側面に外気を取り入れるための通気孔 13 を有する。また、この通気孔は生成した水を水蒸気として逃がしたり、反応により発生した熱を外に逃がす働きもしている。また、一方の側面には、電気を取り出すための電極 12 がある。電池は高分子電解質膜 112、酸化剤極 111、燃料極 113 からなる燃料電池セル 11、燃料を貯蔵する燃料タンク 14、燃料の流量を制御するレギュレータ 15、流路内の圧力が高くなった場合に燃料を外に放出するリリーフバルブ 16 によって構成されている。

10

【0092】

燃料タンク 14 について説明する。タンクの内部には水素を吸蔵することが可能な水素吸蔵合金が充填されている。燃料電池に用いる高分子電解質膜の耐圧が 0.3 ~ 0.5 MPa であることから、外気との差圧が 0.1 MPa 程度で用いる必要がある。

【0093】

水素の解放圧が常温で 0.2 MPa の特性を持つ水素吸蔵合金として、例えば LaNi_5 などがある。燃料タンクの容積を燃料電池全体の半分とし、タンク肉厚を 1 mm、タンク材質をチタンとすると、この時、燃料タンクの重量は 50 g 程度となり、また、燃料タンク体積は 5.2 cm³ になる。 LaNi_5 は重量当たり 1.1 wt% の水素を吸脱着可能なので、燃料タンクに蓄えられている水素量は 0.4 g であり、発電可能なエネルギーは、約 11.3 [W・hr] であり、同体積の従来のリチウムイオン電池の約 4 倍である。

20

【0094】

一方、水素の解放圧が常温で 0.2 MPa を超える場合には、燃料タンク 14 と燃料極 113 との間に減圧のためのレギュレータ 15 を設ける必要がある。尚、 LaNi_5 の各温度における解離圧は下記の表 4 に示すようになっている。タンクに蓄えられた水素はレギュレータ 15 で減圧され、燃料極 113 に供給される。また酸化剤極 111 には通気孔 13 から外気が供給される。燃料電池セルで発電された電気は電極 12 から小型電気機器に供給される。

30

【0095】

しかしながら、レギュレータの応答特性などによっては、燃料極室内の圧力が一時的に上昇してしまう場合がある。このような場合、燃料流路内に設けられたリリーフバルブ 16 が動作することにより、燃料極室内の圧力の上昇を避けることができる。

【0096】

図 3 に示すリリーフバルブを従来の機械加工技術を使用して作製した場合、ダイヤフラム 104 の材料をシリコンゴム、直径 5 mm、厚さ 0.8 mm、流路 105 の直径を 0.5 mm とし、弁座 103 によりダイヤフラム 104 に 0.07 mm の変位を与える。この場合、リリーフバルブ 104 は、燃料極室内の圧力が 30 kPa G を超えた場合に開き、50 kPa G ~ 100 kPa G の範囲において、流量は 270 ~ 390 sccm 程度なので、燃料電池を破損することなく、燃料極室内の圧力を開放することができる。また、バルブ自体も 900 kPa G 程度まで破損しないため、十分な強度を有する。また、固有振動数は 670 kHz 程度となり、十分な応答速度を有する。

40

【0097】

一方、図 4 に示すリリーフバルブを半導体加工技術を利用して作製した場合、ダイヤフラム 211 の材料をシリコン、直径 5 mm、厚さを 0.025 mm、流路 213 の直径 0.5 mm とし、弁座 214 によりダイヤフラムに 0.007 mm の変位を与える。この場

50

合、リリーフバルブは、燃料極室内の圧力が30kPaを超えた場合に開き、50kPa～100kPaの範囲において、流量は29～390sccm程度なので、燃料電池を破損することなく、燃料極室内の圧力を開放することができる。また、バルブ自体も900kPa程度まで破損しないため、十分な強度を有する。また、固有振動数は8.6MHz程度となり、十分な応答速度を有する。

【0098】

特にリリーフバルブにおける流路抵抗が、燃料電池における他の部分の各流路抵抗よりも小さくなるように設計しておけば、流路内での過剰な圧力上昇を防ぐことができる。

【0099】

【表4】

10

表4

温度 (°C)	20	25	50	100
解離圧 (MPa)	0.15	0.20	0.40	2.0

20

【0100】

実施例6

本発明のリリーフバルブを小型燃料電池に搭載した場合の第2の実施例を説明する。図10は本実施例の燃料電池システムの概要図である。本システムは実施例5におけるレギュレータ15のかわりに第2のリリーフバルブ17を使用する。第2のリリーフバルブ17の設定圧力は、第1のリリーフバルブ16の設定圧力よりも低くなっており、さらに、燃料タンク14の通常使用温度における圧力が導入口に供給された場合に、導出口の圧力が燃料電池の駆動に最適な圧力になるように調節されている。これにより、燃料タンク14の圧力が通常範囲であれば、発電に最適な圧力の燃料が燃料極113に供給され、さら

30

【産業上の利用可能性】

【0101】

本発明のリリーフバルブは簡単な構造を有するため、小型化しやすい。また、本発明の半導体ウェハを材料としたリリーフバルブは、半導体加工技術を用いて、バルブを非常に小型化することが可能である。さらに本発明のリリーフバルブを小型燃料電池に搭載した場合、燃料流路内の圧力が異常に上昇して燃料電池が破損するのを防ぐことができる。

【図面の簡単な説明】

40

【0102】

【図1】本発明のリリーフバルブの一実施態様を示す断面図である。

【図2】本発明のリリーフバルブの他の実施態様を示す断面図である。

【図3】機械加工技術により作製された本発明のリリーフバルブを示す概略図である。

【図4A】本発明の実施例1のリリーフバルブの製造方法を示す工程図である。

【図4B】本発明の実施例1のリリーフバルブの製造方法を示す工程図である。

【図4C】本発明の実施例1のリリーフバルブの製造方法を示す工程図である。

【図5A】本発明の実施例2のリリーフバルブの製造方法を示す工程図である。

【図5B】本発明の実施例2のリリーフバルブの製造方法を示す工程図である。

【図6A】本発明の実施例3のリリーフバルブの製造方法を示す工程図である。

50

- 【図 6 B】本発明の実施例 3 のリリーフバルブの製造方法を示す工程図である。
 【図 6 C】本発明の実施例 3 のリリーフバルブの製造方法を示す工程図である。
 【図 7 A】本発明の実施例 4 のリリーフバルブの製造方法を示す工程図である。
 【図 7 B】本発明の実施例 4 のリリーフバルブの製造方法を示す工程図である。
 【図 8】本発明の燃料電池を表す斜視図である。
 【図 9】本発明の燃料電池のシステムの概要図である。
 【図 10】本発明の燃料電池の第 2 のシステムの概要図である。
 【図 11】本発明のリリーフバルブのシール面の (a) 平面図および (b) 断面図である。

【符号の説明】

10

【 0 1 0 3 】

- 1 基板
 2 流体導入口
 3 弁座
 4 ダイヤフラム
 5 流路
 6 流体導出口
 7 弁体
 8 突起部

1 2 電極

20

- 1 3 通気孔
 1 4 燃料タンク
 1 5 レギュレータ
 1 6 リリーフバルブ
 1 7 第 2 のリリーフバルブ
 1 8 リング状の凹凸
 7 1 a、7 1 b 支持部

1 0 1 基板

1 0 2 流体導入口

1 0 3 弁座

30

1 0 4 ダイヤフラム 1 0 5 流路

1 0 6 流体導出口

1 0 7 蓋

1 0 8 シール

1 0 9 ネジ部

2 0 1 第 1 のウェハ (シリコンウェハ 1)

2 0 1 a 第 1 の酸化ウェハ (第 1 の酸化シリコンウェハ)

2 0 2 第 2 のウェハ (シリコンウェハ 2)

2 0 3 第 1 のマスク

2 0 4 第 2 のマスク

40

2 0 5 第 3 のマスク

2 0 6 第 4 のマスク

2 0 7 第 5 のマスク

2 1 1 ダイヤフラム

2 1 2 弁体

2 1 3 流路

2 1 4 弁座

2 1 5 流体導入口

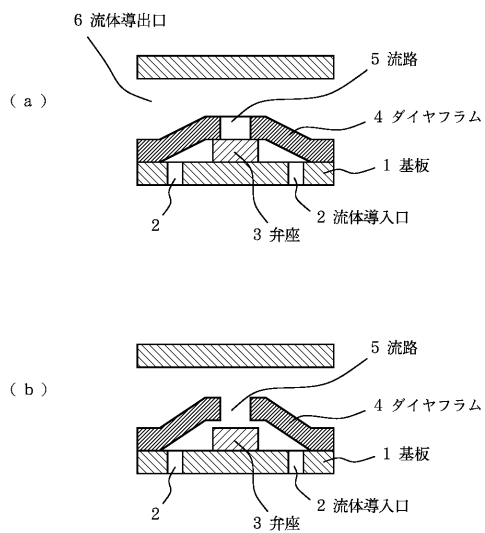
2 1 6 貫通孔

1 1 燃料電池セル

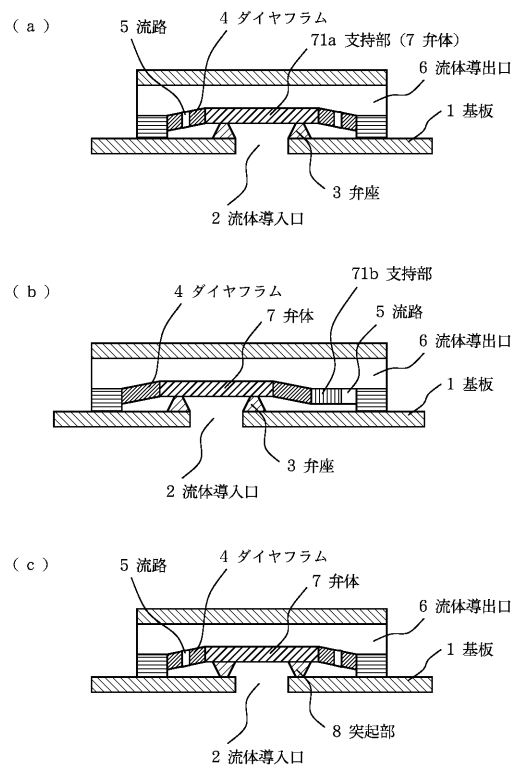
50

- 1 1 1 酸化剤極
- 1 1 2 高分子電解質膜
- 1 1 3 燃料極

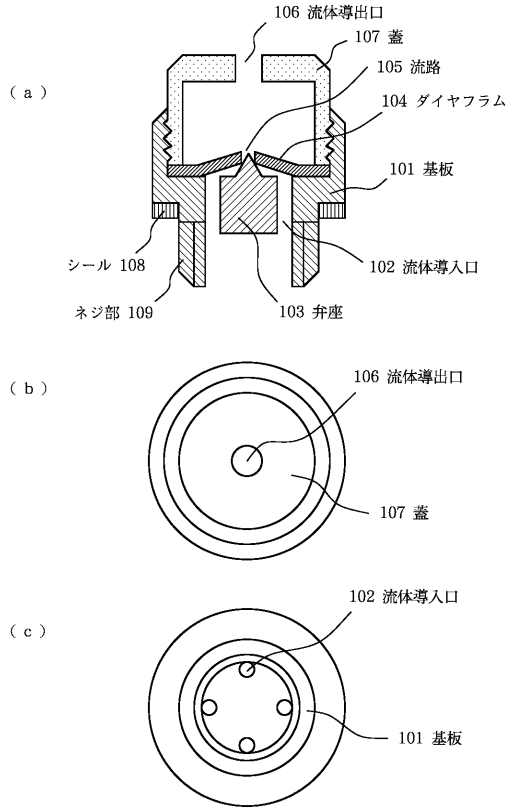
【 図 1 】



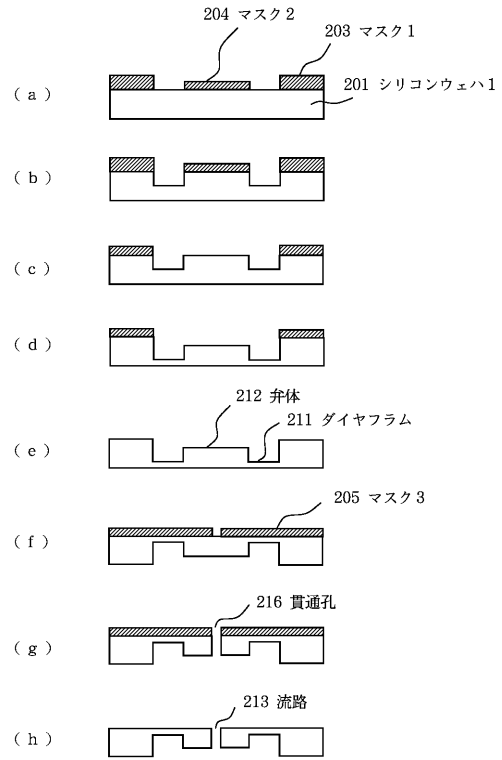
【 図 2 】



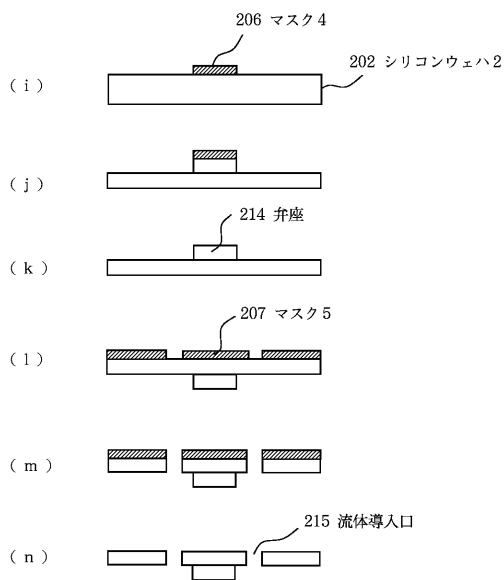
【 図 3 】



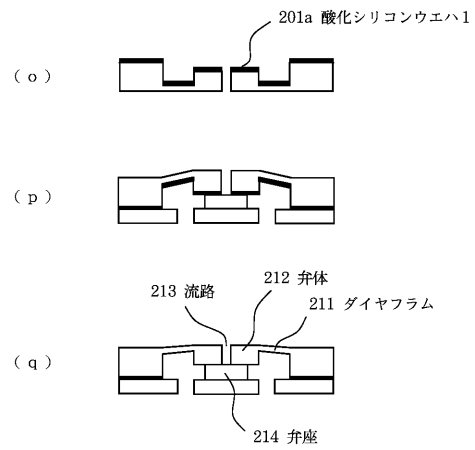
【 図 4 A 】



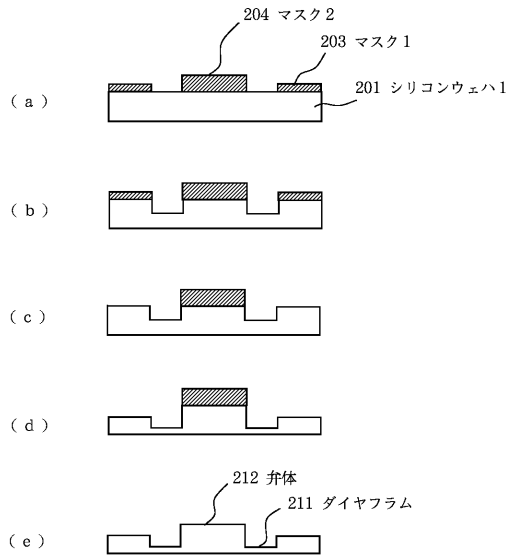
【 図 4 B 】



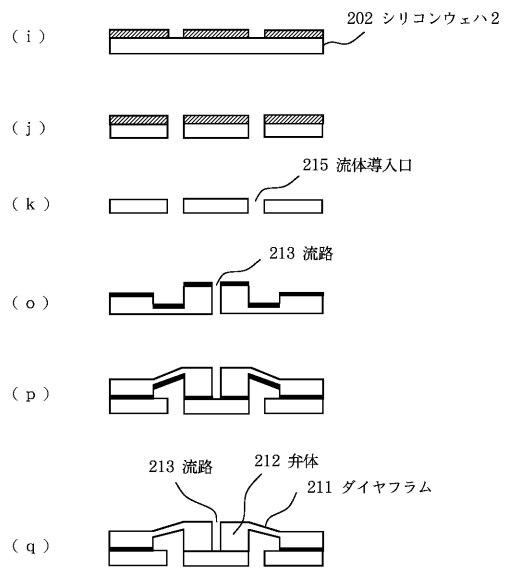
【 図 4 C 】



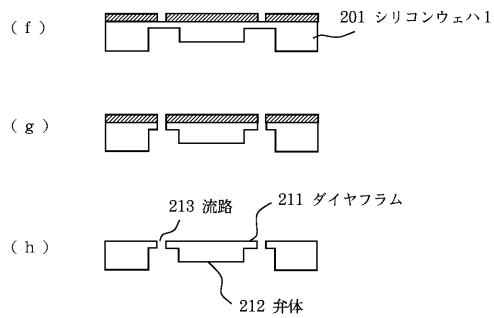
【図 5 A】



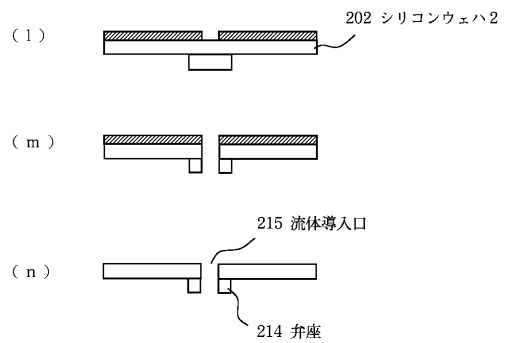
【図 5 B】



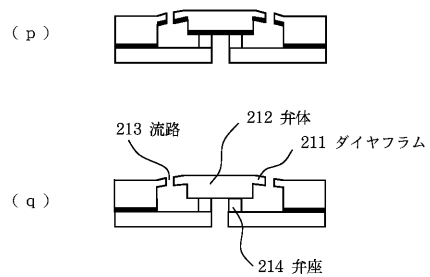
【図 6 A】



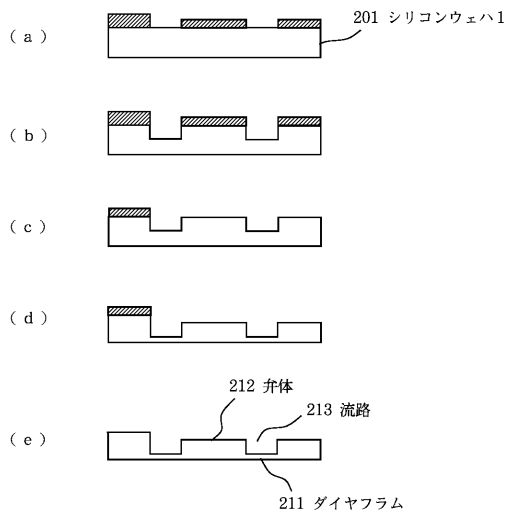
【図 6 B】



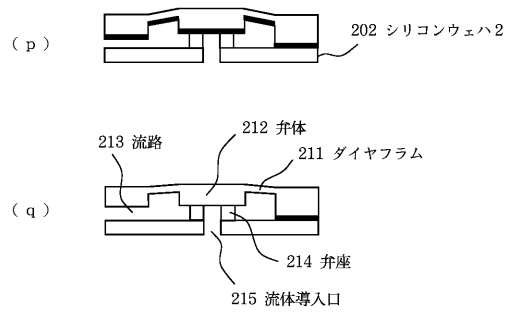
【図 6 C】



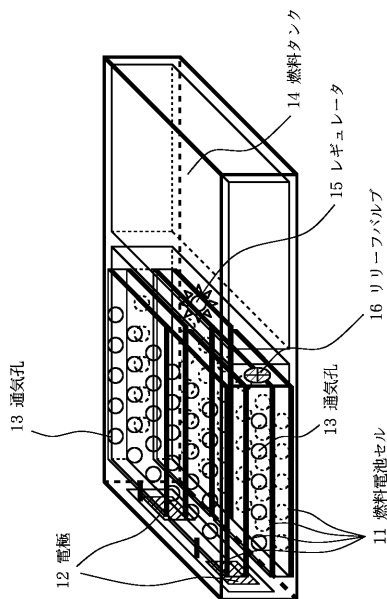
【図7A】



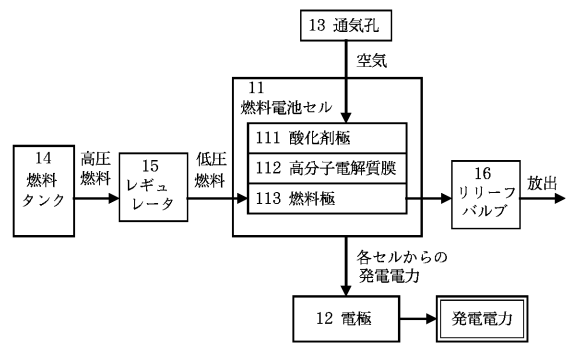
【図7B】



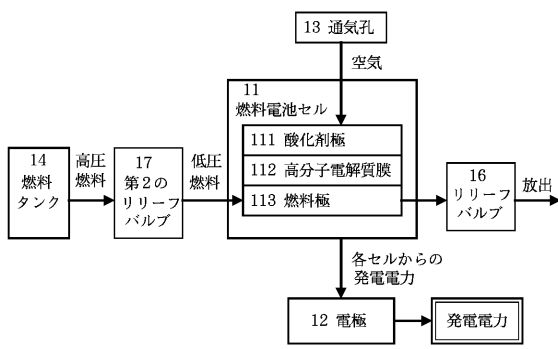
【図8】



【図9】



【 図 1 0 】



【 図 1 1 】

