

## 明 細 書

発明の名称：

バルブ装置、流体制御装置及びバルブ装置の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、バルブ装置、流体制御装置及びバルブ装置の製造方法に関する。

背景技術

[0002] JP2016-161022Aには、流路が形成される流路ブロックと、流路を開閉するダイヤフラムと、ダイヤフラム押さえを介してダイヤフラムを押下するアクチュエータと、流路ブロックとアクチュエータとを連結するボンネットと、を備えるバルブ装置が開示されている。

発明の概要

[0003] しかしながら、JP2016-161022Aのバルブ装置では、バルブ装置を構成する各部材の寸法のばらつきによって、ダイヤフラムの全開時に流路を流れる流体の流量にばらつきが生じるという問題点があった。そこで、バルブ装置の組み付け時に、この流量に関連するCv値を調整することが求められている。なお、Cv値とは、JIS規格では、特定の動作範囲において、圧力差が1Psiとして華氏60度の水を流した時の流量をUSガロン／minで表す流量数値である。

[0004] 本発明は、上記のような事情に鑑みてなされたものであり、組み付け時にCv値を調整することができるバルブ装置、流体制御装置及びバルブ装置の製造方法を提供することを目的とする。

[0005] 本発明に係る一方の態様によれば、流路が形成される流路ブロックと、前記流路を開閉するダイヤフラムと、前記ダイヤフラムを押さえるダイヤフラム押さえと、前記ダイヤフラム押さえを介して前記ダイヤフラムを押下するアクチュエータと、内周面に雌ねじが形成されるとともに、前記流路ブロックと前記アクチュエータとを連結する筒状のボンネットと、前記雌ねじに螺

合され、前記ダイヤフラム押さえに当接することで前記ダイヤフラムの開弁位置を調整する筒状の位置調整部材と、前記雌ねじにねじ込まれることで前記位置調整部材をロックする環状のロックナットと、を備える、バルブ装置が提供される。

[0006] 本発明に係る他方の態様によれば、バルブ装置を製造するバルブ装置の製造方法であって、流路が形成される流路ブロックに、前記流路を開閉するダイヤフラムを設置するダイヤフラム設置工程と、内周面に雌ねじが形成される筒状のボンネットを、前記流路ブロックに取り付けるボンネット取付工程と、ダイヤフラム押さえを前記ダイヤフラムに当接するように前記ボンネットに設置するダイヤフラム押さえ設置工程と、筒状の位置調整部材を前記雌ねじに螺合させることで前記ダイヤフラム押さえを介して前記ダイヤフラムの開弁位置を調整する開弁位置調整工程と、環状のロックナットを前記雌ねじにねじ込むことで前記位置調整部材をロックするロック工程と、前記ダイヤフラム押さえを介して前記ダイヤフラムを押下するためのアクチュエータを、前記ボンネットに取り付けるアクチュエータ取付工程と、を含む、バルブ装置の製造方法が提供される。

[0007] 本発明の態様によれば、組み付け時にCv値を調整することができる。

### 図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、本発明の実施形態に係るバルブ装置を示す断面図である。

[図2]図2は、調整ねじ及び調整ねじを回転させる第1回転治具を示す上面図である。

[図3]図3は、ロックナットを示す上面図である。

[図4]図4は、ロックナットを回転させる第2回転治具を示す概略図であり、  
(a) 第2回転治具の概略上面図であり、(b) 第2回転治具の概略断面図である。

[図5]図5は、バルブ装置を製造するバルブ装置の製造方法を示すフローチャートである。

[図6]図6は、調整ねじの回転が第1回転治具によって規制された状態におい

て、ロックナットを第2回転治具によってねじ込むことで調整ねじをロックする状態を示す概略図である。

[図7]図7は、バルブ装置が適用される流体制御装置の一例を示す斜視図である。

[図8]図8は、第1変形例に係るバルブ装置の要部を示す断面図である。

[図9]図9は、第2変形例に係るバルブ装置の要部を示す概略断面図である。

### 発明を実施するための形態

[0009] 以下、添付図面を参照しながら本発明の実施形態（以下、本実施形態と称する。）について説明する。本明細書においては、全体を通じて、同一の要素には同一の符号を付する。

[0010] まず、図1から図4を参照しながら本実施形態に係るバルブ装置1について説明する。

[0011] 図1は、バルブ装置1を示す断面図である。図2は、調整ねじ8及び調整ねじ8を回転させる第1回転治具10を示す上面図である。図3は、ロックナット9を示す上面図である。図4は、ロックナット9を回転させる第2回転治具11を示す概略図であり、（a）第2回転治具11の概略上面図であり、（b）第2回転治具11の概略断面図である。

[0012] 本実施形態に係るバルブ装置1は、半導体の製造に用いられる流体制御装置（図示しない）に設けられる。流体制御装置は、ALD（Atomic Layer Deposition／すなわち、原子層堆積）法によって半導体ウェハ等の基板に所定の薄膜を形成する薄膜生成工程に用いられる。

[0013] 図1に示すように、バルブ装置1は、流路ブロック2、ダイヤフラム3、ダイヤフラム押さえ4、駆動部としてのアクチュエータ5、ボンネット6、スペーサ7、位置調整部材としての調整ねじ8及びロックナット9を備える。バルブ装置1は、駆動流体としての駆動エアをアクチュエータ5に導入することによりダイヤフラム3を開放するエアオペレートバルブである。

[0014] 流路ブロック2は、流路としての流体流入流路21、流体流出流路22及びボンネット6が収容される凹部23を有する。流体流入流路21の一端（

図 1 の上端) 及び流体流出流路 2 2 の一端 (図 1 の上端) は、凹部 2 3 を介して連通する。流体流入流路 2 1 の一端の周縁には、円環状の弁座 2 4 が設けられる。流路ブロック 2 は、凹部 2 3 を形成する周壁 2 3 1 を備える。凹部 2 3 には、ボンネット 6 に螺合する雌ねじ 2 3 2 が形成される。

[0015] ダイヤフラム 3 は、弁座 2 4 から離間又は弁座 2 4 に押圧されて流体流入流路 2 1 を開閉するための弁体である。ダイヤフラム 3 は、流路側とアクチュエータ 5 側とを隔てる隔膜部材である。また、ダイヤフラム 3 は、自然状態においてアクチュエータ 5 側 (図 1 の上側) に向かって隆起する円弧状に形成され、例えば、ニッケル合金薄板等からなる。通常、ダイヤフラム 3 は、ダイヤフラム押さえ 4 によって弁座 2 4 に押さえられる。

[0016] ダイヤフラム押さえ 4 は、ダイヤフラム 3 を弁座 2 4 に押さえるための押さえ部材である。ダイヤフラム押さえ 4 は、ボンネット 6 に収容される。また、ダイヤフラム押さえ 4 は、被ガイド部としての円板状の押さえ本体 4 1 と、押さえ本体 4 1 からアクチュエータ 5 側 (図 1 の上側) に突出し、押さえ本体 4 1 よりも小径である円板状の上突部 4 2 と、押さえ本体 4 1 から流路ブロック 2 側 (図 1 の下側) に突出し、押さえ本体 4 1 よりも小径であるとともに上突部 4 2 よりも大径である挿入部としての円板状の下突部 4 3 と、を有する。なお、押さえ本体 4 1、上突部 4 2 及び下突部 4 3 は、同軸に形成される。

[0017] 押さえ本体 4 1 には、当接面としての上面 4 1 1 と、上面 4 1 1 とは反対である移動規制面としての下面 4 1 2 とが形成される。上面 4 1 1 は、上突部 4 2 よりも外側に位置するとともに調整ねじ 8 の流路ブロック 2 側の端面 (図 1 の下端面) に対向するように形成される。下面 4 1 2 は、下突部 4 3 よりも外側に位置するとともにスペーサ 7 のアクチュエータ 5 側の端面 (図 1 の上端面) に対向するように形成される。

[0018] また、本実施形態では、下突部 4 3 は、嵌合により押さえ本体 4 1 に設けられているが、これに限定されるものではなく、例えば、押さえ本体 4 1 と一体成形されてもよい。

- [0019] アクチュエータ 5 は、ボンネット 6 に収容されたダイヤフラム押さえ 4 を介してダイヤフラム 3 を弁座 2 4 に押圧又は離間させることにより、流体流入流路 2 1 と流体流出流路 2 2 とを遮断又は連通させる。アクチュエータ 5 は、ボンネット 6 の上方に設けられるケース 5 1 と、ケース 5 1 に摺動可能に収容されるピストン 5 2 と、ピストン 5 2 を流路ブロック 2 側に押し付ける付勢部材としてのコイルばね 5 3 と、ピストン 5 2 と連動して軸方向（図 1 の上下方向）に移動するステム 5 4 と、を有する。
- [0020] ケース 5 1 は、ピストン 5 2 及びコイルばね 5 3 を収容するための枠部材である。ケース 5 1 は、上ケースとしての有底円筒状の第 1 ケース 5 1 1 と、ねじ螺合によって第 1 ケース 5 1 1 に連結される下ケースとしての第 2 ケース 5 1 2 と、を有する。第 1 ケース 5 1 1 と第 2 ケース 5 1 2 との連結によって形成される収容空間 5 1 3 には、ピストン 5 2 が摺動可能に収容される。ピストン 5 2 の上方には、コイルばね 5 3 が収容される。
- [0021] 第 1 ケース 5 1 1 は、円筒状の周壁 5 1 1 a と、周壁 5 1 1 a の一端（図 1 の上端）に設けられる円柱状の頂壁 5 1 1 b と、を有する。周壁 5 1 1 a の他端（図 1 の下端）の内周面には、第 2 ケース 5 1 2 に螺合する雌ねじ 5 1 1 c が形成される。頂壁 5 1 1 b の中央には、ステム 5 4 の軸方向（図 1 の上下方向）に貫通するステム案内孔 5 1 1 d が形成される。駆動エアは、ステム案内孔 5 1 1 d を介して駆動エア供給制御部（図示しない）からアクチュエータ 5 に導入される。
- [0022] 頂壁 5 1 1 b には、ステム案内孔 5 1 1 d を取り囲むようにコイルばね 5 3 を収容するばね収容室としての円環溝 5 1 1 e が形成される。コイルばね 5 3 は、その一端（図 1 の上端）が円環溝 5 1 1 e の底部に当接するとともにその他端（図 1 の下端）がピストン 5 2 の後述する第 1 ピストン 5 2 1 に当接するように圧縮状態で円環溝 5 1 1 e に収容される。
- [0023] 周壁 5 1 1 a には、雌ねじ 5 1 1 c と干渉しないように径方向に貫通するエア抜き用の貫通孔 5 1 1 f 及び貫通孔 5 1 1 g が形成される。なお、貫通孔 5 1 1 g は、貫通孔 5 1 1 f よりも下方に位置する。頂壁 5 1 1 b には、

ステム案内孔 5 1 1 d と干渉しないようにアクチュエータ 5 を回転させる第 3 回転治具が係合する一対の係合穴 5 1 1 h が形成される。

[0024] 第 2 ケース 5 1 2 は、円筒状の周壁 5 1 2 a と、周壁 5 1 2 a の一端（図 1 の下端）に設けられる円板状の底壁 5 1 2 b と、底壁 5 1 2 b から流路ブロック 2 側（図 1 の下側）に延伸する円筒状の延伸部 5 1 4 と、を有する。周壁 5 1 2 a の外周面には、雌ねじ 5 1 1 c に螺合する雄ねじ 5 1 2 c が形成される。周壁 5 1 2 a には、雄ねじ 5 1 2 c と干渉しないように径方向に貫通するエア抜き用の貫通孔 5 1 2 d が形成される。第 1 ケース 5 1 1 の貫通孔 5 1 1 g と第 2 ケース 5 1 2 の貫通孔 5 1 2 d とが連通する。

[0025] 底壁 5 1 2 b 及び延伸部 5 1 4 には、ステム 5 4 が挿通する貫通孔 5 1 2 e が形成される。延伸部 5 1 4 の外周面には、ボンネット 6 に螺合する雄ねじ 5 1 5 が設けられる。底壁 5 1 2 b には、延伸部 5 1 4 よりも外周側に位置しボンネット 6 に対向する円環状の平坦な当接面 5 1 2 f が形成される。

[0026] ピストン 5 2 は、上ピストンとしての第 1 ピストン 5 2 1 と、第 1 ピストン 5 2 1 よりも図 1 の下方に位置する下ピストンとしての第 2 ピストン 5 2 2 と、を有する。

[0027] 第 1 ケース 5 1 1 の内周面には、第 1 ピストン 5 2 1 と第 2 ピストン 5 2 2 との間に位置するカウンタプレート 5 5 が固定される。カウンタプレート 5 5 の中央には、ステム 5 4 が挿通する貫通孔が形成される。

[0028] 第 2 ピストン 5 2 2 と第 2 ケース 5 1 2 との間には、第 1 エア導入室 5 6 が形成される。第 1 ピストン 5 2 1 とカウンタプレート 5 5 との間には、第 2 エア導入室 5 7 が形成される。

[0029] ステム 5 4 は、その一端（図 1 の上端）が第 1 ケース 5 1 1 のステム案内孔 5 1 1 d に挿入される。ステム 5 4 には、第 1 エア導入室 5 6 及び第 2 エア導入室 5 7 に駆動エアを導入するための軸方向流路 5 4 a、第 1 径方向流路 5 4 b 及び第 2 径方向流路 5 4 c が形成される。また、本実施形態では、ステム 5 4 は、第 1 ピストン 5 2 1 の中央部から上方に延伸する第 1 軸部と、第 1 軸部とは別体に形成され第 2 ピストン 5 2 2 の中央部から上下方向に

延伸する第2軸部と、を有しているが、これに限定されるものではなく、例えば、第1軸部と第2軸部とが一体に形成される軸部を有してもよい。

[0030] 軸方向流路54aは、ステム案内孔511dに連通する。第1径方向流路54bは、軸方向流路54aの先端（図1の下端）に形成され、軸方向流路54aと第1エア導入室56とを連通する。第2径方向流路54cは、軸方向流路54aの中央付近に形成され、軸方向流路54aと第2エア導入室57とを連通する。

[0031] 第1ピストン521と第1ケース511との間には、第1連通室58が形成される。第1連通室58は、貫通孔511fを介して外部に連通する。第2ピストン522とカウンタプレート55との間には、第2連通室59が形成される。第2連通室59は、貫通孔511g及び貫通孔512dを介して外部に連通する。

[0032] ステム案内孔511dとステム54の一端との間には、Oリング12が介装される。第1ピストン521と第1ケース511との間には、Oリング13が介装される。カウンタプレート55と第1ケース511との間には、Oリング14が介装される。カウンタプレート55とステム54との間には、Oリング15が介装される。第2ピストン522と第2ケース512との間には、Oリング16が介装される。ステム54と貫通孔512eとの間には、Oリング17が介装される。

[0033] ボンネット6は、流路ブロック2とアクチュエータ5とを連結する円筒状の連結部材である。ボンネット6には、ダイヤフラム押さえ4、調整ねじ8及びロックナット9が収容される。

[0034] ボンネット6の外周面には、流路ブロック2の凹部23の雌ねじ232に螺合する雄ねじ61が形成される。これにより、ボンネット6は、雌ねじ232と雄ねじ61とのねじ螺合によって流路ブロック2に取り付けられる。また、ボンネット6の外周面には、モンキー等に係合可能な六角突出部62が設けられる。六角突出部62は、雄ねじ61よりもアクチュエータ5側（すなわち、雄ねじ61よりも上方）に位置する。

- [0035] ボンネット 6 のアクチュエータ 5 (図 1 の上方) 側に位置する内周面には、雌ねじ 6 3 が形成される。雌ねじ 6 3 には、順に調整ねじ 8、ロックナット 9 及びアクチュエータ 5 の延伸部 5 1 4 が螺合される。
- [0036] ボンネット 6 の上端には、アクチュエータ 5 の当接面 5 1 2 f に対向する円環状の平坦な位置決め面 6 4 が形成される。そして、延伸部 5 1 4 の雄ねじ 5 1 5 とボンネット 6 の雌ねじ 6 3 との螺合によって、当接面 5 1 2 f と位置決め面 6 4 とが当接するまでアクチュエータ 5 の延伸部 5 1 4 をボンネット 6 の内周面にねじ込むことができる。これにより、アクチュエータ 5 は、当接面 5 1 2 f と位置決め面 6 4 との当接によって位置決めされる。
- [0037] ボンネット 6 の流路ブロック 2 (図 1 の下方) 側に位置する端部としての下端には、雌ねじ 6 3 の内径よりも小さい内径を有する円環状の環状部 6 5 が形成される。そして、ダイヤフラム押さえ 4 の押さえ本体 4 1 は、環状部 6 5 の内周面によって上下方向にガイドされる。なお、ボンネット 6 は、雌ねじ 6 3 と環状部 6 5 とが上下方向に沿って重ならないように形成される。
- [0038] ボンネット 6 の下端と流路ブロック 2 の凹部 2 3 の底面との間には、環状部 6 5 の内径よりも小さい内径を有する円環状のスペーサ 7 が設けられる。ダイヤフラム 3 の外周縁は、スペーサ 7 と凹部 2 3 の底面との間で保持され、ボンネット 6 を凹部 2 3 の雌ねじ 2 3 2 にねじ込むことにより固定される。スペーサ 7 の内周側には、ダイヤフラム 3 と接触するダイヤフラム押さえ 4 の下突部 4 3 が挿入される。
- [0039] 調整ねじ 8 は、そのボンネット 6 の雌ねじ 6 3 に対するねじ込み量に応じてダイヤフラム押さえ 4 を介してダイヤフラム 3 の開弁位置を調整するための円筒状の位置調整部材である。ここでは、ダイヤフラム 3 の開弁位置とは、ダイヤフラム 3 の頂点の位置を指す。また、調整ねじ 8 は、上下方向に沿ってロックナット 9 とダイヤフラム押さえ 4 との間に設けられる。本実施形態では、調整ねじ 8 の内周側には、アクチュエータ 5 のステム 5 4 とダイヤフラム押さえ 4 の上突部 4 2 とが当接するように挿入されているが、これに限定されるものではなく、例えば、ステム 5 4 及び上突部 4 2 のうちのい

れか一方が挿通されてもよい。

- [0040] 調整ねじ 8 は、雌ねじ 6 3 に螺合する螺合部としての円筒状の大径部 8 1 と、大径部 8 1 よりも流路ブロック 2（図 1 の下方）側に位置するとともに大径部 8 1 の外径よりも小さい外径を有する円筒状の小径部 8 2 と、を有する。なお、大径部 8 1 及び小径部 8 2 は、同軸に形成される。
- [0041] 大径部 8 1 の外周面には、ボンネット 6 の雌ねじ 6 3 に螺合する雄ねじ 8 1 1 が形成される。大径部 8 1 のアクチュエータ 5 側の端面（図 1 の上端面）は、ロックナット 9 に当接する。
- [0042] 小径部 8 2 は、その先端（図 1 の下端）がボンネット 6 の環状部 6 5 に挿入されるように設けられる。小径部 8 2 の流路ブロック 2 側の端面（図 1 の下端面）は、ダイヤフラム押さえ 4 の押さえ本体 4 1 の当接面としての上面 4 1 1 に当接する。
- [0043] 図 1 及び図 2 に示すように、調整ねじ 8 の内周面には、調整ねじ 8 を回転させる第 1 回転治具 1 0 が係合する第 1 係合部 8 3 が形成される。図 2 に示すように、第 1 係合部 8 3 は、上面視において調整ねじ 8 の内周面に所定の間隔を空けて形成された六つの半円状の凹溝 8 3 1 からなる。第 1 回転治具 1 0 は、六角レンチからなる。六つの凹溝 8 3 1 にそれぞれ第 1 回転治具 1 0 の角部を収容させることができる。
- [0044] 本実施形態では、凹溝 8 3 1 は、上下方向に沿って大径部 8 1 を貫通して小径部 8 2 まで延伸するように設けられているが、これに限定されるものではなく、例えば、上下方向に沿って大径部 8 1 のみを貫通するように設けられてもよいし、上下方向に沿って大径部 8 1 の一部のみに設けられてもよい。
- [0045] 調整ねじ 8 は、第 1 回転治具 1 0 によって一方向（例えば、時計回り方向）に回転されることで、ボンネット 6 の雌ねじ 6 3 にねじ込まれながら流路ブロック 2（図 1 の下方）側に移動する。これにより、ダイヤフラム押さえ 4 は、調整ねじ 8 とともに流路ブロック 2（図 1 の下方）側に移動する。そして、ダイヤフラム 3 は、ダイヤフラム押さえ 4 の移動によって流路ブロッ

ク 2（図 1 の下方）側に押し付けられることで、ダイヤフラム 3 の頂点と弁座 2 4 との間に形成される隙間（すなわち、C v 値）が小さくなる。

[0046] 一方、調整ねじ 8 は、第 1 回転治具 1 0 によって他方向（例えば、反時計回り方向）に回転されることで、ボンネット 6 の雌ねじ 6 3 に対し緩められながらアクチュエータ 5（図 1 の上方）側に移動する。これにより、ダイヤフラム押さえ 4 は、ダイヤフラム 3 の復元力によってアクチュエータ 5（図 1 の上方）側に移動することで、ダイヤフラム 3 の頂点と弁座 2 4 との間に形成される隙間（すなわち、C v 値）が大きくなる。

[0047] 以上のように、調整ねじ 8 は、そのボンネット 6 の雌ねじ 6 3 に対するねじ込み量に応じてダイヤフラム押さえ 4 を介してダイヤフラム 3 の開弁位置を調整することにより、バルブ装置 1 の組み付け時に C v 値を調整することができる。したがって、全開時に流体流入流路 2 1 及び流体流出流路 2 2 を流れる流体の流量ばらつきを抑制することができる。

[0048] さらに、ダイヤフラム押さえ 4 の流路ブロック 2（図 1 の下方）側への移動は、押さえ本体 4 1 の移動規制面としての下面 4 1 2 とスペーサ 7 の上面との当接によって規制される。これにより、ダイヤフラム 3 の頂点と弁座 2 4 との間に形成される隙間（すなわち、C v 値）が小さくなりすぎて調整ねじ 8 を雌ねじ 6 3 に過剰にねじ込むこと、及び閉弁時にダイヤフラム押さえ 4 がダイヤフラム 3 を弁座 2 4 に過剰に押圧することの両方を抑制することができる。

[0049] ロックナット 9 は、ダイヤフラム 3 の開弁位置が調整された後に調整ねじ 8 をロックするための円環状のロック部材である。また、ロックナット 9 は、上下方向に沿ってアクチュエータ 5 の延伸部 5 1 4 と調整ねじ 8 との間に設けられる。本実施形態では、ロックナット 9 の内周側には、アクチュエータ 5 のステム 5 4 が挿通されているが、これに限定されるものではなく、例えば、ダイヤフラム押さえ 4 の上突部 4 2 が挿通されてもよいし、ステム 5 4 と上突部 4 2 とが当接するように挿入されてもよい。

[0050] ロックナット 9 の外周面には、ボンネット 6 の雌ねじ 6 3 に螺合する雄ね

じ 9 1 が形成される。ロックナット 9 の流路ブロック 2 側の端面（図 1 の下端面）は、調整ねじ 8 の大径部 8 1 の端面に当接する。

[0051] 図 1、図 3 及び図 4 に示すように、ロックナット 9 のアクチュエータ 5 側の端面（図 1 の上端面）には、ロックナット 9 を回転させる第 2 回転治具 1 1 が係合する第 2 係合部 9 2 が形成される。図 1 及び図 3 に示すように、第 2 係合部 9 2 は、一対の係合孔 9 2 1 からなる。

[0052] 図 4 に示すように、第 2 回転治具 1 1 は、円筒状の治具本体 1 1 1 と、治具本体 1 1 1 の一端の外周面に設けられ六角レンチに係合可能な六角突出部 1 1 2 と、治具本体 1 1 1 の他端から突出し一対の係合孔 9 2 1 に係合可能な一対の突起 1 1 3 と、を有する。第 2 回転治具 1 1 の治具本体 1 1 1 には、第 1 回転治具 1 0 が挿通可能な貫通孔が形成されるため、第 1 回転治具 1 0 を第 2 回転治具 1 1 の治具本体 1 1 1 の内周側に挿通させて使用することができる。

[0053] ロックナット 9 は、第 2 回転治具 1 1 によって一方向（例えば、時計回り方向）に回転されることで、ボンネット 6 の雌ねじ 6 3 にねじ込まれる。これにより、ロックナット 9 は、調整ねじ 8 をロックすることができるので、調整ねじ 8 の緩みによる C v 値の変動を抑制することができる。したがって、全開時に流体流入流路 2 1 及び流体流出流路 2 2 を流れる流体の流量ばらつきをより抑制することができる。

[0054] また、上面視においてロックナット 9 と重ならない調整ねじ 8 の領域には、第 1 回転治具 1 0 が係合する第 1 係合部 8 3 が形成され、上面視において調整ねじ 8 と重なるロックナット 9 の領域には、第 2 回転治具 1 1 が係合する第 2 係合部 9 2 が形成される。これにより、第 1 回転治具 1 0 は、ロックナット 9 と干渉することなく、調整ねじ 8 の第 1 係合部 8 3 に係合すると同時に、第 1 回転治具 1 0 が挿通される第 2 回転治具 1 1 は、ロックナット 9 の第 2 係合部 9 2 に係合することができる（図 6 参照）。

[0055] そして、調整ねじ 8 の回転が第 1 回転治具 1 0 によって規制された状態において、ロックナット 9 を第 2 回転治具 1 1 によってねじ込むことで調整ね

じ８を確実に締め付けてロックする。これにより、ロックナット９のねじ込みによる調整ねじ８の回転（共回り）を抑制することができるので、一旦調整されたＣｖ値の変化を無くすることができる。したがって、全開時に流体流入流路２１及び流体流出流路２２を流れる流体の流量ばらつきをさらに抑制することができる。

[0056] 調整ねじ８の第１係合部８３は、ロックナット９の第２係合部９２よりも内径側に位置する。これにより、第１回転治具１０は、一对の係合孔９２１間にあるロックナット９の内周側を挿通して、第２係合部９２よりも内径側に位置する第１係合部８３に係合することができる（図６参照）。

[0057] 以上により、第１回転治具１０及び第２回転治具１１を、互いに干渉することなく、それぞれ同時に第１係合部８３及び第２係合部９２に係合させて使用することができる。

[0058] 本実施形態では、第１係合部８３及び第２係合部９２は、それぞれ上面視においてロックナット９と重ならない調整ねじ８の領域及び上面視において調整ねじ８と重なるロックナット９の領域に形成されている。しかしながら、第１係合部８３及び第２係合部９２は、これに限定されるものではなく、例えば、それぞれ上面視においてロックナット９と重なる調整ねじ８の領域及び上面視において調整ねじ８と重なるロックナット９の領域に形成されてもよい。

[0059] さらに、アクチュエータ５の当接面５１２ｆとボンネット６の位置決め面６４とが、アクチュエータ５の延伸部５１４の雄ねじ５１５とボンネット６の雌ねじ６３との螺合によって当接した状態において、延伸部５１４とロックナット９との間にクリアランスが形成される。これにより、延伸部５１４とロックナット９との当接を回避することができるので、アクチュエータ５の位置決めを当接面５１２ｆと位置決め面６４との当接によって精度良くすることができる。また、バルブ装置１の上下方向における寸法を一定にすることができる。

[0060] 次に、図５及び図６を参照しながらバルブ装置１を製造するバルブ装置１

の製造方法について説明する。

- [0061] 図5は、バルブ装置1を製造するバルブ装置1の製造方法を示すフローチャートである。図6は、調整ねじ8の回転が第1回転治具10によって規制された状態において、ロックナット9を第2回転治具11によってねじ込むことで調整ねじ8をロックする状態を示す概略図である。
- [0062] 図5に示すように、まず、工程S1において、ダイヤフラム3を流路ブロック2に設置する。具体的には、工程S1において、ダイヤフラム3を、流体流入流路21及び流体流出流路22の両方を覆うように流路ブロック2の凹部23の底面に設置する。
- [0063] 次に、工程S2において、ボンネット6を流路ブロック2に取り付ける。具体的には、工程S2は、スペーサ7を、ダイヤフラム3の外周縁を覆うようにダイヤフラム3上に載置するスペーサ載置工程と、ボンネット6を流路ブロック2の凹部23にねじ込むことによりスペーサ7及びダイヤフラム3の外周縁を固定するボンネットねじ込み工程と、を含む。
- [0064] 次に、工程S3において、ダイヤフラム押さえ4をダイヤフラム3に当接するようにボンネット6に設置する。次に、工程S4において、調整ねじ8を第1回転治具10によってボンネット6の雌ねじ63に螺合させることで、ダイヤフラム押さえ4を介してダイヤフラム3の開弁位置を調整する。これにより、バルブ装置1の組み付け時にCv値を調整することができる。
- [0065] 次に、工程S5において、ロックナット9を第2回転治具11によってボンネット6の雌ねじ63にねじ込むことで調整ねじ8をロックする。具体的には、工程S5において、図6に示すように、調整ねじ8の回転が第1回転治具10によって規制された状態において、ロックナット9を第2回転治具11によってねじ込むことで調整ねじ8を確実に締め付けてロックする。
- [0066] これにより、ロックナット9のねじ込みによる調整ねじ8の回転（共回り）を抑制することができるので、一旦調整されたCv値の変化を無くすることができる。したがって、全開時に流体流入流路21及び流体流出流路22を流れる流体の流量ばらつきをさらに抑制することができる。

- [0067] 最後に、工程 S 6 において、アクチュエータ 5 をボンネット 6 に取り付ける。具体的には、工程 S 6 において、組み付け状態のアクチュエータ 5 の延伸部 5 1 4 をボンネット 6 の雌ねじ 6 3 にねじ込むことで、アクチュエータ 5 の当接面 5 1 2 f とボンネット 6 の位置決め面 6 4 とが当接し、アクチュエータ 5 の位置決めをすることができる。
- [0068] 次に、バルブ装置 1 の動作について説明する。
- [0069] 駆動エア供給制御部が駆動エアをステム案内孔 5 1 1 d を介してバルブ装置 1 のアクチュエータ 5 に供給する場合、駆動エアは、軸方向流路 5 4 a 及び第 1 径方向流路 5 4 b を経由して第 1 エア導入室 5 6 に導入されるとともに、軸方向流路 5 4 a 及び第 2 径方向流路 5 4 c を経由して第 2 エア導入室 5 7 に導入される。
- [0070] これにより、第 1 エア導入室 5 6 及び第 2 エア導入室 5 7 の容積が増大するように、ピストン 5 2 は、コイルばね 5 3 の付勢力に抗してステム 5 4 と一体に図 1 の上方に移動する。そして、ダイヤフラム 3 は、自身の復元力によってダイヤフラム押さえ 4 とともに上昇することで弁座 2 4 から離間する。すなわち、ダイヤフラム 3 は、ピストン 5 2 及びステム 5 4 の上昇によって流体流入流路 2 1 を開放する。このため、プロセスガス等の流体は、流体流入流路 2 1 から弁座 2 4 とダイヤフラム 3 との間に形成される隙間を経由して流体流出流路 2 2 に供給される。
- [0071] 一方、駆動エア供給制御部が駆動エアをステム案内孔 5 1 1 d を介してバルブ装置 1 のアクチュエータ 5 に供給しない場合、ピストン 5 2 は、コイルばね 5 3 の付勢力によってステム 5 4 と一体に図 1 の下方に移動する。そして、ダイヤフラム 3 は、ステム 5 4 の下方移動によってダイヤフラム押さえ 4 を介して弁座 2 4 に押圧される。すなわち、ダイヤフラム 3 は、ピストン 5 2、ステム 5 4 及びダイヤフラム押さえ 4 の移動によって流体流入流路 2 1 を閉塞する。このため、気化されたプロセスガス等の流体は、流体流入流路 2 1 から流体流出流路 2 2 に供給されない。
- [0072] 第 1 エア導入室 5 6 及び第 2 エア導入室 5 7 の容積は、ピストン 5 2 及び

ステム54の移動によって減少する。このとき、第1エア導入室56のエアは、第1径方向流路54b、軸方向流路54a及びステム案内孔511dを経由して駆動エア供給制御部に導出されるとともに、第2エア導入室57のエアは、第2径方向流路54c、軸方向流路54a及びステム案内孔511dを経由して駆動エア供給制御部に導出される。

[0073] このように、駆動エア供給制御部は、バルブ装置1のアクチュエータ5への駆動エアの供給を制御することにより、弁座24に対するダイヤフラム3の開閉を切り替えることができる。したがって、このようなバルブ装置1によれば、流体流入流路21から流体流出流路22への流体供給の制御が可能となる。なお、本実施形態では、バルブ装置1は、常時閉（ノーマル・クローズ）のバルブ装置からなっているが、これに限定されるものではなく、例えば、常時開（ノーマル・オープン）のバルブ装置からなってもよい。

[0074] 次に、図7を参照しながら、本実施形態に係るバルブ装置1が適用される流体制御装置の一例を説明する。

[0075] 図7は、バルブ装置1が適用される流体制御装置の一例を示す斜視図である。

[0076] 図7に示す流体制御装置には、幅方向W1、W2に沿って配列され長手方向G1、G2に延伸する金属製のベースプレートBSが設けられる。なお、W1は正面側、W2は背面側、G1は上流側、G2は下流側の方向を示している。ベースプレートBSには、複数の流路ブロック992を介して各種流体機器991A～991Eが設置され、複数の流路ブロック992によって、上流側G1から下流側G2に向かって流体が流通する図示しない流路がそれぞれ形成される。

[0077] ここで、「流体機器」とは、流体の流れを制御する流体制御装置に使用される機器であって、流体流路を画定するボディを備え、このボディの表面で開口する少なくとも2つの流路口を有する機器である。具体的には、開閉弁（2方弁）991A、レギュレータ991B、プレッシャーゲージ991C、開閉弁（3方弁）991D、マスフローコントローラ991E等が含まれ

るが、これらに限定されるものではない。なお、導入管 993 は、上記した図示しない流路の上流側の流路口に接続されている。

- [0078] 本実施形態に係るバルブ装置 1 は、上記した開閉弁 991 A、991 D、レギュレータ 991 B 等の種々のバルブ装置に適用可能である。
- [0079] 次に、本実施形態による作用効果について説明する。
- [0080] 本実施形態に係るバルブ装置 1 は、流体流入流路 21 が形成される流路ブロック 2 と、流体流入流路 21 を開閉するダイヤフラム 3 と、ダイヤフラム 3 を押さえるダイヤフラム押さえ 4 と、ダイヤフラム押さえ 4 を介してダイヤフラム 3 を押下するアクチュエータ 5 と、内周面に雌ねじ 63 が形成されるとともに、流路ブロック 2 とアクチュエータ 5 とを連結する円筒状のボンネット 6 と、雌ねじ 63 に螺合され、ダイヤフラム押さえ 4 に当接することでダイヤフラム 3 の開弁位置を調整する円筒状の調整ねじ 8 と、雌ねじ 63 にねじ込まれることで調整ねじ 8 をロックする環状のロックナット 9 と、を備える。
- [0081] 本実施形態に係る流体制御装置は、上流側から下流側に向かって複数の流体機器が配列される流体制御装置であって、複数の流体機器は、上述したバルブ装置 1 を含む。
- [0082] 本実施形態に係るバルブ装置 1 を製造するバルブ装置 1 の製造方法は、流体流入流路 21 が形成される流路ブロック 2 に、流体流入流路 21 を開閉するダイヤフラム 3 を設置するダイヤフラム設置工程と、内周面に雌ねじ 63 が形成される円筒状のボンネット 6 を、流路ブロック 2 に取り付けるボンネット取付工程と、ダイヤフラム押さえ 4 をダイヤフラム 3 に当接するようにボンネット 6 に設置するダイヤフラム押さえ設置工程と、円筒状の調整ねじ 8 を雌ねじ 63 に螺合させることでダイヤフラム押さえ 4 を介してダイヤフラム 3 の開弁位置を調整する開弁位置調整工程と、円環状のロックナット 9 を雌ねじ 63 にねじ込むことで調整ねじ 8 をロックするロック工程と、ダイヤフラム押さえ 4 を介してダイヤフラム 3 を押下するためのアクチュエータ 5 を、ボンネット 6 に取り付けるアクチュエータ取付工程と、を含む。

- [0083] これらの構成によれば、調整ねじ8は、そのボンネット6の雌ねじ63に対するねじ込み量に応じてダイヤフラム押さえ4を介してダイヤフラム3の開弁位置を調整することで、バルブ装置1の組み付け時にCv値を調整することができる。また、ロックナット9をねじ込むことで調整ねじ8を締め付けてロックすることができるので、調整ねじ8の緩みによるCv値の変動を抑制することができる。したがって、全開時に流体流入流路21及び流体流出流路22を流れる流体の流量ばらつきをより抑制することができる。
- [0084] また、本実施形態では、ロックナット9と重ならない調整ねじ8の領域には、第1回転治具10に係合する第1係合部83が形成され、ロックナット9には、第2回転治具11に係合する第2係合部92が形成される。
- [0085] この構成によれば、第1回転治具10は、ロックナット9と干渉することなく、調整ねじ8の第1係合部83に係合すると同時に、第2回転治具11は、ロックナット9の第2係合部92に係合することができる。
- [0086] また、本実施形態では、第1係合部83は、第2係合部92よりも内径側に位置する。
- [0087] この構成によれば、第1回転治具10は、一对の係合孔921間にあるロックナット9の内周側を挿通して、第2係合部92よりも内径側に位置する第1係合部83に係合することができる。
- [0088] また、本実施形態では、アクチュエータ5は、ケース51を有し、ケース51は、流路ブロック2側に延伸するように設けられ、外周面に雌ねじ63に螺合する雄ねじ515が形成される円筒状の延伸部514と、延伸部514よりも外周側に位置しボンネット6に対向する円環状の当接面512fと、を有し、ボンネット6には、当接面512fに対向する円環状の位置決め面64が形成され、当接面512fと位置決め面64とが、雄ねじ515と雌ねじ63との螺合によって当接した状態において、延伸部514とロックナット9との間にクリアランスが形成される。
- [0089] この構成によれば、延伸部514とロックナット9との当接を回避することができるので、アクチュエータ5の位置決めを当接面512fと位置決め

面 6 4 との当接によって精度良くすることができる。また、バルブ装置 1 の上下方向における寸法を一定にすることができる。

[0090] また、本実施形態では、ボンネット 6 の流路ブロック 2 側に位置する下端には、雌ねじ 6 3 の内径よりも小さい内径を有する環状部 6 5 が形成され、下端と流路ブロック 2 との間には、環状部 6 5 の内径よりも小さい内径を有する円環状のスペーサ 7 が設けられ、ダイヤフラム押さえ 4 は、スペーサ 7 に対向する下面 4 1 2 を有するとともに、環状部 6 5 によってガイドされる押さえ本体 4 1 と、スペーサ 7 の内周側に挿入され押さえ本体 4 1 よりも流路ブロック 2 側に位置する下突部 4 3 と、を有し、ダイヤフラム押さえ 4 の流路ブロック 2 側への移動は、押さえ本体 4 1 の下面 4 1 2 とスペーサ 7 との当接によって規制される。

[0091] この構成によれば、ダイヤフラム 3 の頂点と弁座 2 4 との間に形成される隙間（すなわち、C v 値）が小さくなりすぎて調整ねじ 8 を雌ねじ 6 3 に過剰にねじ込むことを抑制することができる。

[0092] また、本実施形態では、ロック工程において、調整ねじ 8 の回転が規制された状態において、ロックナット 9 を雌ねじ 6 3 に螺合させることで調整ねじ 8 をロックする。

[0093] この構成によれば、ロックナット 9 のねじ込みによる調整ねじ 8 の回転（共回り）を抑制することができるので、一旦調整された C v 値の変化を無くすることができる。したがって、全開時に流体流入流路 2 1 及び流体流出流路 2 2 を流れる流体の流量ばらつきをより抑制することができる。

[0094] 以上、本実施形態について説明したが、上述した実施形態は、本発明の適用例の一部を示したに過ぎず、本発明の技術的範囲を上述した実施形態の具体的構成に限定する趣旨ではない。

[0095] （第 1 変形例）

次に、図 8 を参照しながら第 1 変形例に係るバルブ装置 1 a について説明する。なお、本変形例では、上述した実施形態と同様の点については説明を省略し、主に上述した実施形態と異なる点について説明する。

- [0096] 図8は、第1変形例に係るバルブ装置1aの要部を示す断面図である。
- [0097] 上述した実施形態では、調整ねじ8のねじ込み量は、押さえ本体41の下面412とスペーサ7との当接によって規制されているが、これに限定されるものではなく、例えば、図8に示すように調整ねじ8のねじ込み量規制部としての中径部84と環状部65との当接によって規制されてもよい。
- [0098] 図8に示すように、本変形例では、調整ねじ8は、大径部81及び小径部82に加え、大径部81の外径よりも小さく、かつ小径部82の外径よりも大きい外径を有する円環状の中径部84を有する。中径部84は、ボンネット6の環状部65に対向するように上下方向に沿って大径部81と小径部82との間に設けられる。
- [0099] 本変形例に係るバルブ装置1aによれば、上述した実施形態と同様に調整ねじ8を雌ねじ63に過剰にねじ込むことを抑制することができる。くわえて、円環状のスペーサ7の内径を環状部65の内径と同じ大きさにすることができるとともに、上述した実施形態におけるダイヤフラム押さえ4の下突部43を廃止してダイヤフラム押さえ4の構造の簡易化を図ることができる（図8参照）。
- [0100] （第2変形例）
- 次に、図9を参照しながら第2変形例に係るバルブ装置1bについて説明する。なお、本変形例では、上述した実施形態と同様の点については説明を省略し、主に上述した実施形態と異なる点について説明する。
- [0101] 図9は、第2変形例に係るバルブ装置1bの要部を示す断面図である。
- [0102] 上述した実施形態では、調整ねじ8とロックナット9とは、上下方向に沿って重ならないように設けられているが、これに限定されるものではなく、例えば、図9に示すように上下方向に沿って重なるように設けられてもよい。
- [0103] 図9に示すように、本変形例では、第1係合部83は、調整ねじ8のアクチュエータ5側の端面に形成される一対の係合孔831aからなる。第2係合部92は、上面視においてロックナット9の内周面に所定の間隔を空けて

形成された六つの半円状の凹溝 9 2 1 a からなる。このように、第 1 係合部 8 3 及び第 2 係合部 9 2 は、それぞれ六つの半円状の凹溝 8 3 1 及び一对の係合孔 9 2 1 からなるとは限らない。

[0104] 本変形例に係るバルブ装置 1 b によれば、調整ねじ 8 とロックナット 9 とを上下方向に沿って重なるように設けることで、調整ねじ 8 及びロックナット 9 を収容するボンネット 6 の上下方向における寸法を小さくすることができる。したがって、バルブ装置 1 の小型化を図ることができる。

[0105] 本願は 2 0 1 9 年 7 月 3 1 日に日本国特許庁に出願された特願 2 0 1 9 - 1 4 1 0 7 3 に基づく優先権を主張し、この出願の全ての内容は参照により本明細書に組み込まれる。

### 請求の範囲

- [請求項1] 流路が形成される流路ブロックと、  
前記流路を開閉するダイヤフラムと、  
前記ダイヤフラムを押さえるダイヤフラム押さえと、  
前記ダイヤフラム押さえを介して前記ダイヤフラムを押下するアクチュエータと、  
内周面に雌ねじが形成されるとともに、前記流路ブロックと前記アクチュエータとを連結する筒状のボンネットと、  
前記雌ねじに螺合され、前記ダイヤフラム押さえに当接することで前記ダイヤフラムの開弁位置を調整する筒状の位置調整部材と、  
前記雌ねじにねじ込まれることで前記位置調整部材をロックする環状のロックナットと、を備える、バルブ装置。
- [請求項2] 前記ロックナットと重ならない前記位置調整部材の領域には、第1回転治具に係合する第1係合部が形成され、  
前記ロックナットには、第2回転治具に係合する第2係合部が形成される、請求項1に記載のバルブ装置。
- [請求項3] 前記第1係合部は、前記第2係合部よりも内径側に位置する、請求項2に記載のバルブ装置。
- [請求項4] 前記アクチュエータは、ケースを有し、  
前記ケースは、  
前記流路ブロック側に延伸するように設けられ、外周面に前記雌ねじに螺合する雄ねじが形成される筒状の延伸部と、  
前記延伸部よりも外周側に位置し前記ボンネットに対向する環状の当接面と、を有し、  
前記ボンネットには、前記当接面に対向する環状の位置決め面が形成され、  
前記当接面と前記位置決め面とが、前記雄ねじと前記雌ねじとの螺合によって当接した状態において、前記延伸部と前記ロックナットと

の間にクリアランスが形成される、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載のバルブ装置。

- [請求項5] 前記ボンネットの前記流路ブロック側に位置する端部には、前記雌ねじの内径よりも小さい内径を有する環状部が形成され、
- 前記端部と前記流路ブロックとの間には、前記環状部の内径よりも小さい内径を有する環状のスペーサが設けられ、
- 前記ダイヤフラム押さえは、
- 前記スペーサに対向する移動規制面を有するとともに、前記環状部によってガイドされる被ガイド部と、
- 前記スペーサの内周側に挿入され前記被ガイド部よりも前記流路ブロック側に位置する挿入部と、を有し、
- 前記ダイヤフラム押さえの前記流路ブロック側への移動は、前記被ガイド部の前記移動規制面と前記スペーサとの当接によって規制される、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載のバルブ装置。

- [請求項6] 前記ボンネットの前記流路ブロック側に位置する端部には、前記雌ねじの内径よりも小さい内径を有する環状部が形成され、
- 前記位置調整部材は、
- 前記雌ねじに螺合する螺合部と、
- 前記環状部に対向するように前記螺合部よりも前記流路ブロック側に位置するねじ込み量規制部と、を有し、
- 前記位置調整部材のねじ込み量は、前記ねじ込み量規制部と前記環状部との当接によって規制される、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載のバルブ装置。

- [請求項7] 上流側から下流側に向かって複数の流体機器が配列される流体制御装置であって、
- 複数の前記流体機器は、請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載のバルブ装置を含む、流体制御装置。

- [請求項8] バルブ装置を製造するバルブ装置の製造方法であって、

流路が形成される流路ブロックに、前記流路を開閉するダイヤフラムを設置するダイヤフラム設置工程と、

内周面に雌ねじが形成される筒状のボンネットを、前記流路ブロックに取り付けるボンネット取付工程と、

ダイヤフラム押さえを前記ダイヤフラムに当接するように前記ボンネットに設置するダイヤフラム押さえ設置工程と、

筒状の位置調整部材を前記雌ねじに螺合させることで前記ダイヤフラム押さえを介して前記ダイヤフラムの開弁位置を調整する開弁位置調整工程と、

環状のロックナットを前記雌ねじにねじ込むことで前記位置調整部材をロックするロック工程と、

前記ダイヤフラム押さえを介して前記ダイヤフラムを押下するためのアクチュエータを、前記ボンネットに取り付けるアクチュエータ取付工程と、を含む、バルブ装置の製造方法。

[請求項9]

前記ロック工程において、前記位置調整部材の回転が規制された状態において、前記ロックナットを前記雌ねじにねじ込むことで前記位置調整部材をロックする、請求項8に記載のバルブ装置の製造方法。