

(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2022-108381
(P2022-108381A)

(43)公開日
令和4年7月26日(2022. 7. 26)

(51)Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
C O 1 B 3/04 (2006. 01)	C O 1 B 3/04 B	5 H 1 2 7
H O 1 M 8/0606 (2016. 01)	H O 1 M 8/0606	
H O 1 M 8/04 (2016. 01)	H O 1 M 8/04 N	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 15 頁)

(21)出願番号	特願2021-3332(P2021-3332)	(71)出願人	000001199
(22)出願日	令和3年1月13日(2021. 1. 13)		株式会社神戸製鋼所
			兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号
		(71)出願人	504139662
			国立大学法人東海国立大学機構
			愛知県名古屋市中種区不老町1番
		(74)代理人	100115381
			弁理士 小谷 昌崇
		(74)代理人	100067828
			弁理士 小谷 悦司
		(74)代理人	100187908
			弁理士 山本 康平

最終頁に続く

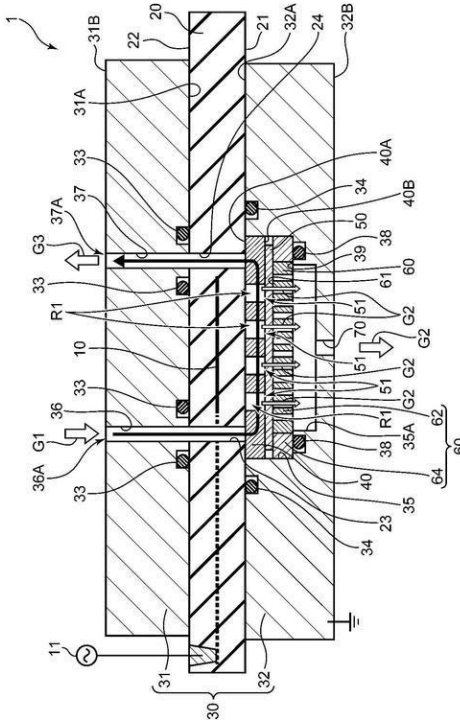
(54)【発明の名称】 アンモニア分解装置及び水素ガス製造システム

(57)【要約】

【課題】水素ガス透過膜の破れを抑制することが可能なアンモニア分解装置を提供する。

【解決手段】プラズマによりアンモニアガスを分解するアンモニア分解装置であって、交流電源が接続された電極板と、前記電極板に当接する絶縁板と、前記絶縁板に当接すると共に前記アンモニアガスの流路が形成され、前記電極板への電圧の印加によって前記流路内に発生したプラズマにより前記アンモニアガスを水素ガスに分解するアンモニア処理部と、前記流路を流れるガスのうち前記水素ガスを選択的に透過可能な水素ガス透過膜と、前記水素ガス透過膜のうち前記流路に対向する部分を前記流路と反対の背面側から押さえる押さえ面を有し、前記水素ガスが通過可能な押さえ部材と、前記押さえ部材を通過した前記水素ガスを回収する回収部と、を備える。

。 【選択図】 図 2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

プラズマによりアンモニアガスを分解するアンモニア分解装置であって、
交流電源が接続された電極板と、
前記電極板に当接する絶縁板と、
前記絶縁板に当接すると共に前記アンモニアガスの流路が形成され、前記電極板への電圧の印加によって前記流路内に発生したプラズマにより前記アンモニアガスを水素ガスに分解するアンモニア処理部と、
前記流路を流れるガスのうち前記水素ガスを選択的に透過可能な水素ガス透過膜と、
前記水素ガス透過膜のうち前記流路に対向する部分を前記流路と反対の背面側から押さえる押さえ面を有し、前記水素ガスが通過可能な押さえ部材と、
前記押さえ部材を通過した前記水素ガスを回収する回収部と、を備える、アンモニア分解装置。

10

【請求項 2】

前記押さえ部材が、
前記押さえ面を有する多孔質部材と、
前記多孔質部材を透過した前記水素ガスを前記回収部に導く流路が形成され、前記水素ガス透過膜と反対側から前記多孔質部材を支持する弾性部材と、を備える、請求項 1 に記載のアンモニア分解装置。

20

【請求項 3】

前記絶縁板は、セラミックスで形成されると共に、前記電極板を内部に保持する、請求項 1 または 2 に記載のアンモニア分解装置。

【請求項 4】

前記電極板は、前記絶縁板の内部において厚さ方向の中央よりも前記アンモニア処理部に位置する、請求項 3 に記載のアンモニア分解装置。

【請求項 5】

前記電極板は単一の部材からなる、請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載のアンモニア分解装置。

【請求項 6】

前記アンモニア処理部は金属板であり、
前記流路は、前記金属板を厚さ方向に貫通する貫通部と前記金属板の厚さ方向の一部が残った非貫通部とを含む蛇行形状を有する、請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のアンモニア分解装置。

30

【請求項 7】

前記非貫通部は、前記流路のうち少なくとも屈曲部に設けられている、請求項 6 に記載のアンモニア分解装置。

【請求項 8】

前記アンモニア処理部は金属板であり、
前記流路は、前記金属板を厚さ方向に貫通するガス入口と、前記金属板を厚さ方向に貫通するガス出口と、前記ガス入口と前記ガス出口とを繋ぐ複数の微細流路と、を含み、
前記微細流路は、前記金属板を厚さ方向に貫通する貫通部と、前記金属板の厚さ方向の一部が残った非貫通部と、を含む、請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のアンモニア分解装置。

40

【請求項 9】

アンモニア供給源からアンモニアガスを受け入れ、触媒によりアンモニアガスを分解して水素ガスを生成する第 1 アンモニア分解装置と、

請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 項に記載のアンモニア分解装置であって、前記第 1 アンモニア分解装置から排出されたアンモニアガスおよび水素ガスを含む混合ガスを受け入れ、アンモニアガスを分解して水素ガスをさらに生成するとともに水素ガスを回収する第 2 アンモニア分解装置と、

50

を備える、水素ガス製造システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、アンモニア分解装置及びこれを備えた水素ガス製造システムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、特許文献1に記載されているように、プラズマによりアンモニアを水素ガスと窒素ガスに分解する装置が知られている。

【0003】

特許文献1には、水素生成装置を備えた燃料電池システムが記載されている。この水素生成装置は、原料ガス流路が形成された誘電体と、誘電体の裏面に対向するように配置された電極と、原料ガス流路の開口部を閉鎖する水素分離膜と、水素分離膜と燃料電池セルの燃料極との間に配置された棒状のスペーサとを備えている。この装置では、誘電体の原料ガス流路で誘電体バリア放電を発生させることによりアンモニアが大気圧非平衡プラズマとなり、当該大気圧非平衡プラズマから水素が発生する。そして、発生した水素が水素分離膜の中を拡散しながら通過して燃料電池セルの燃料極側の空間に到達する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2018-125064号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1における水素生成装置では、パラジウム合金等の薄膜が水素分離膜として使用されている。このため、誘電体の原料ガス流路内で発生した水素が水素分離膜を通過する際に、水素の圧力によって水素分離膜が破れるという課題がある。

【0006】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、水素ガス透過膜の破れを抑制することが可能なアンモニア分解装置及びこれを備えた水素ガス製造システムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一局面に係るアンモニア分解装置は、プラズマによりアンモニアガスを分解するアンモニア分解装置であって、交流電源が接続された電極板と、前記電極板に当接する絶縁板と、前記絶縁板に当接すると共に前記アンモニアガスの流路が形成され、前記電極板への電圧の印加によって前記流路内に発生したプラズマにより前記アンモニアガスを水素ガスに分解するアンモニア処理部と、前記流路を流れるガスのうち前記水素ガスを選択的に透過可能な水素ガス透過膜と、前記水素ガス透過膜のうち前記流路に対向する部分を前記流路と反対の背面側から押さえる押さえ面を有し、前記水素ガスが透過可能な押さえ部材と、前記押さえ部材を通過した前記水素ガスを回収する回収部と、を備える。

【0008】

この構成によれば、水素ガス透過膜のうちアンモニア処理部の流路に対向する部分が押さえ部材により背面側から押さえられているため、当該流路内で発生した水素ガスが水素ガス透過膜を透過する際に、水素ガス透過膜が当該流路と反対側に膨らむのを抑制することができる。これにより、水素ガス透過膜が水素ガスの圧力により破れるのを抑制することができる。押さえ部材を通過した水素ガスを回収することができる。

【0009】

上記アンモニア分解装置において、前記押さえ部材が、前記押さえ面を有する多孔質部材と、前記多孔質部材を透過した前記水素ガスを前記回収部に導く流路が形成され、前記

10

20

30

40

水素ガス透過膜と反対側から前記多孔質部材を支持する弾性部材と、を備えていてもよい。

【0010】

この構成によれば、弾性部材によって多孔質部材を背面側から支持することにより、水素ガス透過膜のうちアンモニア処理部の流路に対向する部分をより確実に押さえることができる。

【0011】

上記アンモニア分解装置において、前記絶縁板は、セラミックスで形成されると共に、前記電極板を内部に保持するものでもよい。

【0012】

この構成によれば、電極板の周囲における絶縁性をより確実に確保することができる。

【0013】

上記アンモニア分解装置において、前記電極板は、前記絶縁板の内部において厚さ方向の中央よりも前記アンモニア処理部側に位置していてもよい。

【0014】

この構成によれば、絶縁板のうちアンモニア処理部と反対側の面における放電の発生を抑制することができる。

【0015】

上記アンモニア分解装置において、前記電極板は単一の部材からなるものでもよい。

【0016】

上記アンモニア分解装置において、前記アンモニア処理部は金属板であってもよい。前記流路は、前記金属板を厚さ方向に貫通する貫通部と前記金属板の厚さ方向の一部が残った非貫通部とを含む蛇行形状を有していてもよい。

【0017】

この構成によれば、金属板のうち流路を規定する櫛状部分を安定に保持することができる。その結果、当該櫛状部分のバタつきに起因して水素ガス透過膜が破れるのを抑制することができる。

【0018】

上記アンモニア分解装置において、前記非貫通部は、前記流路のうち少なくとも屈曲部に設けられていてもよい。

【0019】

この構成によれば、金属板の櫛状部分のうち特に不安定になり易い先端を安定に保持することができる。

【0020】

上記アンモニア分解装置において、前記アンモニア処理部は金属板であってもよい。前記流路は、前記金属板を厚さ方向に貫通するガス入口と、前記金属板を厚さ方向に貫通するガス出口と、前記ガス入口と前記ガス出口とを繋ぐ複数の微細流路と、を含んでいてもよい。前記微細流路は、前記金属板を厚さ方向に貫通する貫通部と、前記金属板の厚さ方向の一部が残った非貫通部と、を含んでいてもよい。

【0021】

この構成によれば、複数の微細流路を設けることにより、アンモニアガスの処理量をより多く確保することができる。そして、微細流路が非貫通部を含むため、金属板のうち微細流路の間に位置する部分を安定に保持することができる。

【0022】

本発明の他局面に係る水素ガス製造システムは、アンモニア供給源からアンモニアガスを受け入れ、触媒によりアンモニアガスを分解して水素ガスを生成する第1アンモニア分解装置と、上記アンモニア分解装置であって、前記第1アンモニア分解装置から排出されたアンモニアガスおよび水素ガスを含む混合ガスを受け入れ、アンモニアガスを分解して水素ガスをさらに生成するとともに水素ガスを回収する第2アンモニア分解装置と、を備える。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 3 】

この構成によれば、触媒反応によりアンモニアガスを分解した後、その残部をプラズマ分解することができる。これにより、アンモニアガスの処理量を確保すると共に、水素ガスの純度を高めることができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 4 】

以上の説明から明らかなように、本発明によれば、水素ガス透過膜の破れを抑制することが可能なアンモニア分解装置及びこれを備えた水素ガス製造システムを提供することができる。

【 図面の簡単な説明 】

10

【 0 0 2 5 】

【 図 1 】 本発明の実施形態 1 に係る水素ガス製造システムの構成を模式的に示す図である。

【 図 2 】 本発明の実施形態 1 に係るアンモニア分解装置の構成を模式的に示す縦断面図である。

【 図 3 】 本発明の実施形態 1 におけるアンモニア処理部の構成を模式的に示す平面図である。

【 図 4 】 図 3 中の領域 I V における拡大図である。

【 図 5 】 図 4 中の線分 V - V に沿った断面図である。

【 図 6 】 本発明の実施形態 2 に係るアンモニア分解装置の構成を模式的に示す縦断面図である。

20

【 図 7 】 本発明の実施形態 2 に係るアンモニア分解装置における水素ガスの流れを説明するための模式図である。

【 図 8 】 本発明の実施形態 3 に係るアンモニア分解装置の構成を模式的に示す縦断面図である。

【 図 9 】 本発明の実施形態 4 におけるアンモニア処理部の構成を模式的に示す平面図である。

【 図 1 0 】 本発明のその他実施形態を説明するための模式図である。

【 図 1 1 】 本発明のその他実施形態を説明するための模式図である。

【 発明を実施するための形態 】

30

【 0 0 2 6 】

以下、図面に基づいて、本発明の実施形態に係るアンモニア分解装置及び水素ガス製造システムを詳細に説明する。

【 0 0 2 7 】

（ 実施形態 1 ）

まず、本発明の実施形態 1 に係る水素ガス製造システム 1 0 0 の構成を、図 1 に基づいて説明する。水素ガス製造システム 1 0 0 は、アンモニアガス G 0 を原料ガスとして水素ガス G 2 を製造するものである。水素ガス G 2 の用途としては、例えば燃料電池が挙げられるが、これに限定されない。図 1 に示すように、水素ガス製造システム 1 0 0 は、第 1 アンモニア分解装置 4 と、第 2 アンモニア分解装置 1 とを主に備える。

40

【 0 0 2 8 】

第 1 アンモニア分解装置 4 は、アンモニア供給源 9 からアンモニアガス G 0 を受け入れ、触媒によりアンモニアガス G 0 を分解して水素ガス及び窒素ガスを生成するものである。第 1 アンモニア分解装置 4 は、第 1 ガス供給ライン 5 を介してアンモニア供給源 9 に接続されると共に、第 2 ガス供給ライン 6 を介して第 2 アンモニア分解装置 1 に接続されている。未分解のアンモニアガス、水素ガス及び窒素ガスを含む混合ガス G 1 が第 1 アンモニア分解装置 4 から排出され、第 2 ガス供給ライン 6 を介して第 2 アンモニア分解装置 1 に供給される。

【 0 0 2 9 】

第 2 アンモニア分解装置 1 は、第 1 アンモニア分解装置 4 から排出された混合ガス G 1

50

を受け入れ、アンモニアガスを分解して水素ガス G 2 をさらに生成するとともに水素ガス G 2 を回収するものである。以下、第 2 アンモニア分解装置 1 (単に「アンモニア分解装置 1」とも称する)の構成を詳細に説明する。

【0030】

アンモニア分解装置 1 は、プラズマによりアンモニアガスを水素ガスと窒素ガスに分解するものである。図 2 は、アンモニア分解装置 1 の縦断面図である。図 2 に示すように、アンモニア分解装置 1 は、電極板 10 と、絶縁板 20 と、フランジ 30 と、アンモニア処理部 40 と、水素ガス透過膜 50 と、押さえ部材 60 と、回収部 70 とを主に備える。

【0031】

電極板 10 は、単一の板部材からなり、交流電源 11 に電氣的に接続されている。絶縁板 20 は、例えば Al_2O_3 等のセラミックス (絶縁材料) で形成された板であり、上面 22 及び下面 21 を含む。絶縁板 20 は、電極板 10 に当接しており、本実施形態では、電極板 10 を内部に保持する。換言すると、電極板 10 は、絶縁板 20 の内部に埋め込まれており、当該電極板 10 の周囲全体が絶縁板 20 によって電氣的に絶縁されている。図 2 に示すように、電極板 10 は、上面 22 及び下面 21 と平行であり、径方向において絶縁板 20 の略中央に埋め込まれている。なお、絶縁板 20 は、セラミックス以外の絶縁材料からなるものでもよい。

10

【0032】

絶縁板 20 には、アンモニア処理部 40 に供給される混合ガス G 1 が流れる供給流路 23 が当該絶縁板 20 を厚さ方向に貫通するように形成されており、アンモニア処理部 40 から排出されるガスが流れる排出流路 24 が当該絶縁板 20 を厚さ方向に貫通するように形成されている。図 2 に示すように、電極板 10 は、絶縁板 20 の径方向において供給流路 23 と排出流路 24 との間に位置している。

20

【0033】

フランジ 30 は、絶縁板 20 を挟持するものであり、上フランジ 31 と、下フランジ 32 とを含む。上フランジ 31 及び下フランジ 32 は、いずれも SUS 製の板であり、絶縁板 20 よりも直径が小さい。絶縁板 20 は、上フランジ 31 と下フランジ 32 とによって厚さ方向に挟持されている。

【0034】

上フランジ 31 は、絶縁板 20 の上面 22 に当接する内面 31A と、当該内面 31A と反対側を向く外面 31B とを含む。内面 31A には、外面 31B 側に凹む環状溝が複数形成されており、O (オー) リング等のシール部材 33 が当該環状溝内に装着されている。これにより、絶縁板 20 の上面 22 と上フランジ 31 の内面 31A との間の気密性が確保されている。

30

【0035】

上フランジ 31 には、アンモニア処理部 40 に供給される混合ガス G 1 が流れる供給流路 36 が当該上フランジ 31 を厚さ方向に貫通するように形成されており、アンモニア処理部 40 から排出されるガスが流れる排出流路 37 が当該上フランジ 31 を厚さ方向に貫通するように形成されている。図 2 に示すように、上フランジ 31 の供給流路 36 は、シール部材 33 が収容される環状溝の間に形成されており、絶縁板 20 の供給流路 23 に連通している。同様に、上フランジ 31 の排出流路 37 は、シール部材 33 が収容される環状溝の間に形成されており、絶縁板 20 の排出流路 24 に連通している。供給流路 36 が外面 31B 側に開放された部分がガス入口 36A となっており、排出流路 37 が外面 31B 側に開放された部分がガス出口 37A となっている。

40

【0036】

下フランジ 32 は、絶縁板 20 の下面 21 に当接する内面 32A と、当該内面 32A と反対側を向く外面 32B とを含む。上フランジ 31 と同様に、内面 32A には、外面 32B 側に凹む環状溝が形成されており、O (オー) リング等のシール部材 34 が当該環状溝内に装着されている。これにより、絶縁板 20 の下面 21 と下フランジ 32 の内面 32A との間の気密性が確保されている。本実施形態では下フランジ 32 が接地 (グランド) さ

50

れているが、接地する箇所はこれに限定されない。

【 0 0 3 7 】

下フランジ 3 2 には、内面 3 2 A から外面 3 2 B 側に凹む空間である大径溝 3 5 と、当該大径溝 3 5 に連通すると共に大径溝 3 5 よりも小径の空間である小径溝 3 5 A とが形成されている。小径溝 3 5 A は、大径溝 3 5 と同心状で且つ大径溝 3 5 よりも外面 3 2 B 側に形成されている。また大径溝 3 5 及び小径溝 3 5 A は、いずれもシール部材 3 4 が収容される環状溝よりも径方向内側に形成されている。

【 0 0 3 8 】

図 2 に示すように、大径溝 3 5 には、アンモニア処理部 4 0、水素ガス透過膜 5 0 及び押さえ部材 6 0 が上から順に重なった状態で収容されている。大径溝 3 5 の内径は、アンモニア処理部 4 0 及び押さえ部材 6 0 の外径と略同じであり、アンモニア処理部 4 0 及び押さえ部材 6 0 の各側面が大径溝 3 5 の内面に当接している。

10

【 0 0 3 9 】

下フランジ 3 2 には、大径溝 3 5 の内面と小径溝 3 5 A の内面とを繋ぐ段差面 3 9 が設けられている。段差面 3 9 は内面 3 2 A 及び外面 3 2 B と平行な環状の平面であり、押さえ部材 6 0 の外周部が当該段差面 3 9 上に載置されている。段差面 3 9 には、外面 3 2 B 側に凹む環状溝が形成されており、O (オー) リング等のシール部材 3 8 が当該環状溝内に装着されている。これにより、押さえ部材 6 0 の下面と段差面 3 9 との間の気密性が確保されている。

【 0 0 4 0 】

アンモニア処理部 4 0 は、絶縁板 2 0 の下面 2 1 に当接すると共にアンモニアガスの流路 R 1 が形成されたものである。アンモニア処理部 4 0 は、電極板 1 0 への電圧の印加によって流路 R 1 内に発生したプラズマによりアンモニアガスを水素ガスと窒素ガスに分解する。アンモニア処理部 4 0 は、例えば S U S 等からなる金属板であり、絶縁板 2 0 の下面 2 1 に当接する上面 4 0 A と、水素ガス透過膜 5 0 に当接する下面 4 0 B とを含む。

20

【 0 0 4 1 】

ここで、アンモニア処理部 4 0 の詳細な構成を、図 3 ~ 図 5 に基づいて説明する。図 3 は、アンモニア処理部 4 0 の平面図である。図 4 は、図 3 中の領域 I V における拡大図である。図 5 は、図 4 中の線分 V - V に沿った断面図である。

【 0 0 4 2 】

図 3 に示すように、アンモニアガスの流路 R 1 は、ガス入口 4 3 とガス出口 4 4 とを繋ぐように形成されており、複数の貫通部 4 1 と複数の非貫通部 4 2 とを含む蛇行形状を有する。具体的には、貫通部 4 1 と非貫通部 4 2 が流路 R 1 に沿って交互に形成されており、非貫通部 4 2 が流路 R 1 の各屈曲部に設けられている。流路 R 1 は、例えばエッチング処理、レーザ加工又は切削等の手法により形成されている。

30

【 0 0 4 3 】

ガス入口 4 3 は、平面視半円形を有し、絶縁板 2 0 の供給流路 2 3 (図 2) に連通している。ガス出口 4 4 は、ガス入口 4 3 と反対向きの平面視半円形を有し、絶縁板 2 0 の排出流路 2 4 (図 2) に連通している。貫通部 4 1 は、平面視長方形を有し、当該貫通部 4 1 の長さ方向に直交する方向 (図 3 の横方向) に所定間隔を空けて複数形成されている。非貫通部 4 2 は、隣接する貫通部 4 1 の間に形成されている。

40

【 0 0 4 4 】

ガス入口 4 3、ガス出口 4 4 及び貫通部 4 1 は、いずれも金属板を厚さ方向に貫通するように形成されている。換言すると、ガス入口 4 3、ガス出口 4 4 及び貫通部 4 1 は、アンモニア処理部 4 0 の上面 4 0 A 側及び下面 4 0 B 側 (図 2) のいずれにも開放されている。

【 0 0 4 5 】

一方、非貫通部 4 2 は、金属板を厚さ方向に貫通せず、厚さ方向の一部を残すように当該金属板を加工することによって形成されている。具体的には、図 5 に示すように、非貫通部 4 2 には、金属板の薄肉部 4 2 A が残されている。このため、非貫通部 4 2 は、アン

50

モニア処理部 40 の上面 40A 側に開放される一方、下面 40B 側には開放されていない。

【0046】

アンモニア処理部 40 は、プレート本体 46 と、複数の櫛部 45 とを含む。図 3 に示すように、櫛部 45 は、貫通部 41 に平行な平面視長方形を有し、隣接する貫通部 41 の間に設けられている。櫛部 45 は、プレート本体 46 に直接繋がる基端 45B と、薄肉部 42A (図 5) を介してプレート本体 46 に繋がる先端 45A とを含む。

【0047】

水素ガス透過膜 50 (図 2) は、流路 R1 を流れるガスのうち水素ガス G2 を選択的に透過可能なものであり、アンモニア処理部 40 の下面 40B に張り付けられている。水素ガス透過膜 50 は、例えば Pd-Cu 合金等からなり、流路 R1 の全体を覆う薄い金属箔である (図 3 中の一点鎖線)。図 2 に示すように、水素ガス透過膜 50 は、流路 R1 に対向する部分 51 (ガス入口 43、ガス出口 44 及び貫通部 41 を下面 40B 側から塞ぐ部分) を含む。水素ガス透過膜 50 は、圧延された金属薄膜である。

10

【0048】

押さえ部材 60 は、水素ガス透過膜 50 のうち流路 R1 に対向する部分 51 を当該流路 R1 と反対の背面側から押さえる押さえ面 61 を有し、水素ガス G2 が通過可能なものである。押さえ面 61 は、水素ガス透過膜 50 の下面 (アンモニア処理部 40 と反対側の面) 全体に面接触し、当該下面全体を略均等な力で上向きに押さえる。本実施形態における押さえ部材 60 は、押さえ面 61 を含む平板状の多孔質部材 62 と、当該多孔質部材 62 を取り囲むリングプレート 64 とを含む。多孔質部材 62 としては、例えば、メッシュ状に加工された樹脂若しくは金属、パンチングメタル、多孔質金属又は多孔質セラミックス (例えば多孔質アルミナ) 等を採用することができる。リングプレート 64 は、水素ガス G2 が透過しない緻密な金属部材 (非多孔質部材) である。リングプレート 64 の上面と水素ガス透過膜 50 の下面との接触部がシール部になると共に、リングプレート 64 の下面とシール部材 38 との接触部がシール部になっている。これにより、アンモニアガスが水素ガス透過膜 50 の外周側から回り込んで回収部 70 側へ漏れるのを抑制することができる。

20

【0049】

押さえ部材 60 は、アンモニア処理部 40 と略同径の板であり、平面視において流路 R1 の全体を覆う大きさを有する。すなわち、押さえ面 61 は、水素ガス透過膜 50 を挟んで流路 R1 の全体 (ガス入口 43、ガス出口 44、貫通部 41 及び非貫通部 42 を含む領域) と対向する。このため、押さえ面 61 は、水素ガス透過膜 50 のうち流路 R1 に対向する部分 51 の全体を、当該流路 R1 と反対の背面側から押さえる。なお、図 2 に示すように、押さえ部材 60 よりも下側には、隙間 (小径溝 35A) が空いた状態となる。

30

【0050】

回収部 70 は、押さえ部材 60 を通過した水素ガス G2 を回収する部分である。図 2 に示すように、回収部 70 は、下フランジ 32 の下側中央部に形成された貫通孔であり、小径溝 35A に連通している。

【0051】

次に、水素ガス製造システム 100 による水素ガス G2 の製造プロセスを説明する。

40

【0052】

図 1 に示すように、まず、アンモニア供給源 9 から第 1 ガス供給ライン 5 を介して第 1 アンモニア分解装置 4 にアンモニアガス G0 が供給される。第 1 アンモニア分解装置 4 では、触媒反応によりアンモニアガス G0 の一部が水素ガスと窒素ガスに分解される。そして、水素ガス、窒素ガス及び未分解のアンモニアガスを含む混合ガス G1 が、第 2 ガス供給ライン 6 を介して第 2 アンモニア分解装置 1 に供給される。

【0053】

図 2 に示すように、混合ガス G1 は、ガス入口 36A からアンモニア分解装置 1 内に流入し、上フランジ 31 の供給流路 36 及び絶縁板 20 の供給流路 23 を順に流れた後、ア

50

ンモニア処理部 40 内に供給される。混合ガス G1 は、ガス入口 43 (図 3) から流路 R1 内に流入し、ガス出口 44 に向かって流路 R1 内を蛇行しつつ流れる。

【0054】

一方、交流電源 11 (図 2) から電極板 10 に所定の電圧を印加することにより、流路 R1 内 (電極板 10 と水素ガス透過膜 50 との間) にプラズマが発生する。このプラズマによって、混合ガス G1 に含まれるアンモニアガスが水素ガス G2 と窒素ガスに分解される。水素ガス G2 の分圧は、例えば大気圧程度である。そして、流路 R1 を流れるガスのうち水素ガス G2 のみが水素ガス透過膜 50 を透過し、さらに押さえ部材 60 を通過した後、回収部 70 からアンモニア分解装置 1 の外へ取り出される。一方、窒素ガス及び未分解のアンモニアガスは、ガス出口 44 (図 3) からアンモニア処理部 40 の外へ流出し、絶縁板 20 の排出流路 24 (図 2) 及び上フランジ 31 の排出流路 37 を順に流れた後、ガス出口 37A からアンモニア分解装置 1 の外へ取り出される (ガス G3)。

10

【0055】

次に、アンモニア分解装置 1 の効果について説明する。

【0056】

上述の通り、アンモニア処理部 40 でのプラズマ分解により発生した水素ガス G2 は、水素ガス透過膜 50 を透過してアンモニア分解装置 1 の外へ取り出される。ここで、水素ガス透過膜 50 は薄い金属箔であるため、水素ガス G2 の風圧により破れることが懸念される。これに対し、本実施形態に係るアンモニア分解装置 1 では、水素ガス透過膜 50 のうち流路 R1 に対向する部分 51 (図 2) を背面側から押さえる押さえ面 61 を有する押さえ部材 60 を配置することにより、水素ガス透過膜 50 が水素ガス G2 の風圧によって下向きに膨らむのを抑制することができる。このため、水素ガス G2 の風圧によって水素ガス透過膜 50 が破れるのを抑制することができる。

20

【0057】

(実施形態 2)

次に、本発明の実施形態 2 に係るアンモニア分解装置 2 の構成を、図 6 及び図 7 に基づいて説明する。実施形態 2 に係るアンモニア分解装置 2 は、基本的に実施形態 1 に係るアンモニア分解装置 1 と同様の構成を備え且つ同様の効果を奏するものであるが、押さえ部材 60 の構成において異なっている。以下、実施形態 1 と異なる点についてのみ説明する。なお、図 6 及び図 7 において、実施形態 1 に対応する構成要素には同じ参照符号を付し、その説明を省略する。

30

【0058】

図 6 に示すように、実施形態 2 における押さえ部材 60 は、多孔質部材 62 及び当該多孔質部材 62 を取り囲むリングプレート 64 に加えて、水素ガス透過膜 50 と反対側から多孔質部材 62 を支持する弾性部材 63 をさらに含む。弾性部材 63 は、例えばゴム製の板からなり、多孔質部材 62 を透過した水素ガス G2 を回収部 70 に導く孔 63A (流路) が径方向中央に形成されている。図 6 に示すように、多孔質部材 62 及びリングプレート 64 は大径溝 35 内に収容されており、弾性部材 63 は小径溝 35A 内に収容されている。弾性部材 63 は厚さ方向に押し縮められており、その反力によって多孔質部材 62 が水素ガス透過膜 50 の下面に押し付けられている。また多孔質部材 62 の外面 (リングプレート 64 の内面と接触する面) は、弾性部材 63 の外面と面一である。

40

【0059】

図 7 は、水素ガス透過膜 50 を透過した水素ガス G2 が、押さえ部材 60 の内部を通過する様子を模式的に示している。図 7 に示すように、水素ガス透過膜 50 を透過した水素ガス G2 は、多孔質部材 62 の内部において径方向中央に向かって流れる。そして、多孔質部材 62 内の径方向中央に集まった水素ガス G2 が、弾性部材 63 の孔 63A を通じてアンモニア分解装置 2 (図 6) の外へ取り出される。

【0060】

以上の通り、本実施形態に係るアンモニア分解装置 2 によれば、多孔質部材 62 と弾性部材 63 の積層体を採用することにより、弾性部材 63 によって多孔質部材 62 を背面側

50

から押さえることができる。これにより、水素ガス透過膜 5 0 のうち流路 R 1 に対向する部分 5 1 を押さえ面 6 1 によってより確実に押さえることが可能になり、水素ガス透過膜 5 0 の破れをより確実に抑制することができる。なお、実施形態 1 に記載の通り、弾性部材は本発明のアンモニア分解装置において必須の構成要素ではない。実施形態 1 のように弾性部材を採用しない場合には、水素ガス透過膜 5 0 のうち流路 R 1 に対向する部分 5 1 が押さえ面 6 1 によって確実に押さえられるように、押さえ部材 6 0 の厚さや大径溝 3 5 の深さ等を適宜調整することが好ましい。

【 0 0 6 1 】

（実施形態 3）

次に、本発明の実施形態 3 に係るアンモニア分解装置 3 の構成を、図 8 に基づいて説明する。実施形態 3 に係るアンモニア分解装置 3 は、基本的に実施形態 2 に係るアンモニア分解装置 2 と同様の構成を備え且つ同様の効果を奏するものであるが、押さえ部材 6 0 の構成において異なっている。以下、実施形態 2 と異なる点についてのみ説明する。なお、図 8 において、実施形態 2 に対応する構成要素には同じ参照符号を付し、その説明を省略する。

【 0 0 6 2 】

実施形態 3 における弾性部材 6 3 B は、バネにより構成されており、小径溝 3 5 A において圧縮された状態で配置されている。多孔質部材 6 2 は、弾性部材 6 3 B のバネ力を受けて上向きに付勢されており、その結果、押さえ面 6 1 が水素ガス透過膜 5 0 のうち流路 R 1 に対向する部分 5 1 の全体を上向きに押さえしている。

【 0 0 6 3 】

このように、実施形態 3 では、実施形態 2 のゴムに代えて、バネ等の部材全体に亘って水素ガスが通過可能な隙間を有する部材（孔を形成しなくても水素ガスが通過可能な部材）を弾性部材として採用することにより、多孔質部材 6 2 を通過後の水素ガス G 2 が回収部 7 0 までより流れ易くなる。このため、下フランジ 3 2 内での水素ガス G 2 の滞留を抑制することができる。なお、バネに代えて金属製の綿等が弾性部材 6 3 B として採用されてもよい。

【 0 0 6 4 】

（実施形態 4）

次に、本発明の実施形態 4 に係るアンモニア分解装置の構成を、図 9 に基づいて説明する。実施形態 4 に係るアンモニア分解装置は、基本的に実施形態 1 に係るアンモニア分解装置 1 と同様の構成を備え且つ同様の効果を奏するものであるが、アンモニア処理部の構成において異なっている。以下、実施形態 1 と異なる点についてのみ説明する。なお、図 9 において、実施形態 1 に対応する構成要素には同じ参照符号を付し、その説明を省略する。

【 0 0 6 5 】

図 9 は、実施形態 4 におけるアンモニア処理部 4 0 の平面図である。アンモニア処理部 4 0 の流路 R 1 は、ガス入口 4 3 と、ガス出口 4 4 と、ガス入口 4 3 とガス出口 4 4 とを繋ぐ複数（図 9 の例では 2 つ）の微細流路 R 2 とを含む。ガス入口 4 3 及びガス出口 4 4 は、いずれもアンモニア処理部 4 0 の金属板を厚さ方向に貫通する。

【 0 0 6 6 】

微細流路 R 2 は、貫通部 4 7 と非貫通部 4 8 とを含む蛇行形状を有し、互いに沿うように形成されている。貫通部 4 7 は金属板を厚さ方向に貫通するように形成されている一方、非貫通部 4 8 は当該金属板の厚さ方向の一部が残るように（薄肉部を含むように）形成されている。図 9 に示すように、非貫通部 4 8 は、微細流路 R 2 の両端（ガス入口 4 3 及びガス出口 4 4 に繋がる部分）と微細流路 R 2 の各屈曲部に設けられているが、その他の部分にさらに設けられていてもよい。

【 0 0 6 7 】

アンモニア処理部 4 0 は、プレート本体 4 6 と、蛇行部 4 9 とを含む。蛇行部 4 9 は、2 つの微細流路 R 2 により挟まれた部分であり、非貫通部 4 8 （薄肉部）を介してプレー

10

20

30

40

50

ト本体４６に繋がっている。

【００６８】

本実施形態に係るアンモニア分解装置では、複数の微細流路Ｒ２を設けることにより、アンモニアガスの処理量をより多く確保することができる。そして、各微細流路Ｒ２に非貫通部４８を設けることにより、微細流路Ｒ２により挟まれた蛇行部４９をプレート本体４６に対して安定に保持することができる。なお、実施形態２，３に係るアンモニア分解装置２，３において、複数の微細流路Ｒ２が設けられてもよい。

【００６９】

今回開示された実施形態は、全ての点で例示であって、制限的なものではないと解されるべきである。本発明の範囲は、上記した説明ではなくて特許請求の範囲により示され、特許請求の範囲と均等の意味及び範囲内での全ての変更が含まれることが意図される。したがって、以下の実施形態も本発明の範囲に含まれる。

10

【００７０】

実施形態１において、押さえ部材６０が多孔質部材であると共に弾性部材であってもよい。この場合、例えばスチールウールやスポンジ等を押さえ部材６０の材料として採用することができる。

【００７１】

下フランジ３２に代えて水素ガス透過膜５０が接地されていてもよい。

【００７２】

アンモニア処理部は金属板からなる場合に限定されず、例えばＳｉＯ₂等の他の材料からなるものでもよい。しかし、金属板を用いることにより絶縁板２０を薄くすることが可能となり、誘電損を抑制することができる。また流路Ｒ１は蛇行形状に限定されず、例えば直線状等の他の形状とすることも可能である。

20

【００７３】

実施形態１において、非貫通部４２が流路Ｒ１のうち屈曲部以外の部分にも設けられていてもよい。

【００７４】

電極板１０は、絶縁板２０の内部に保持される場合に限定されず、図１０に示すように、電極板１０が絶縁板２０上に載置されていてもよい。この場合、例えば樹脂モールド８０等の方法により電極板１０の周囲の絶縁性が確保される。

30

【００７５】

図１１に示すように、電極板１０は、絶縁板２０の内部において厚さ方向の中央よりもアンモニア処理部４０側（下面２１側）に位置していてもよい。これにより、電極板１０に電圧を印加した際に、絶縁板２０の上面２２における放電の発生を抑制することができる。

【符号の説明】

【００７６】

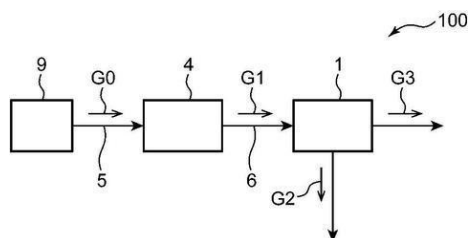
- １，２，３ アンモニア分解装置（第２アンモニア分解装置）
- ４ 第１アンモニア分解装置
- ９ アンモニア供給源
- １０ 電極板
- １１ 交流電源
- ２０ 絶縁板
- ４０ アンモニア処理部
- ４１，４７ 貫通部
- ４２，４８ 非貫通部
- ４３ ガス入口
- ４４ ガス出口
- ５０ 水素ガス透過膜
- ６０ 押さえ部材

40

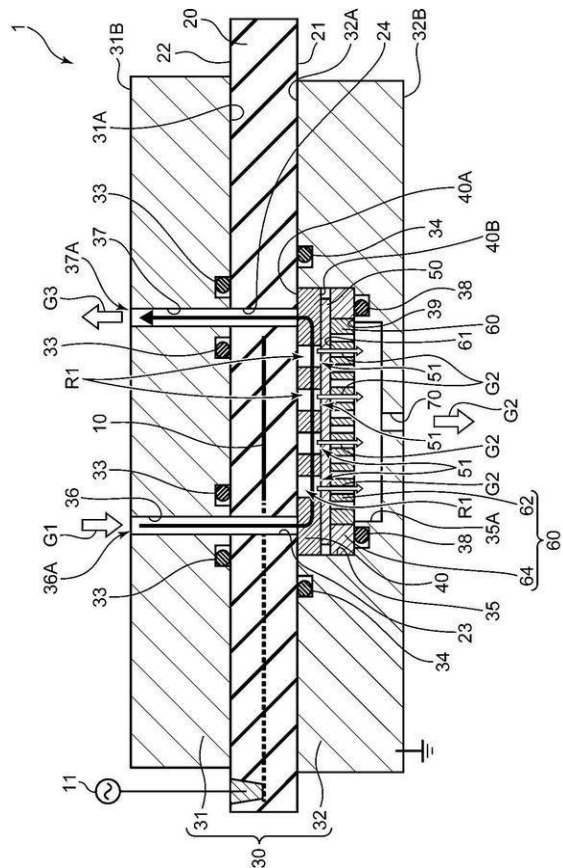
50

- 6 1 押さえ面
- 6 2 多孔質部材
- 6 3 , 6 3 B 弾性部材
- 6 3 A 孔 (流路)
- 7 0 回収部
- 1 0 0 水素ガス製造システム
- G 0 アンモニアガス
- G 1 混合ガス
- G 2 水素ガス
- R 1 流路
- R 2 微細流路

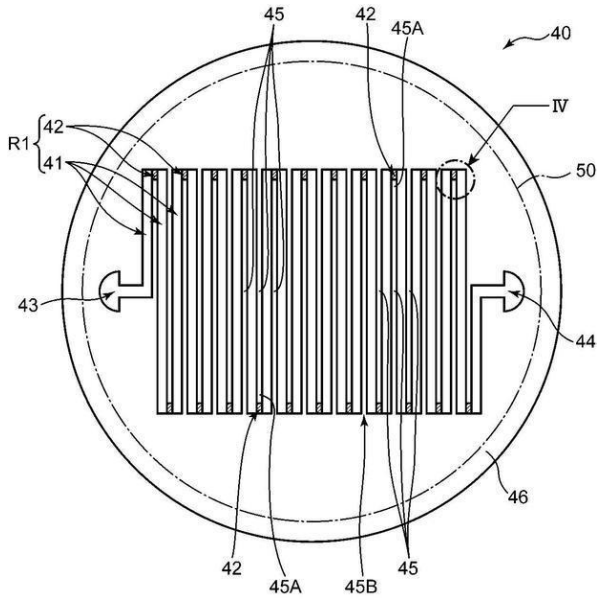
【図 1】



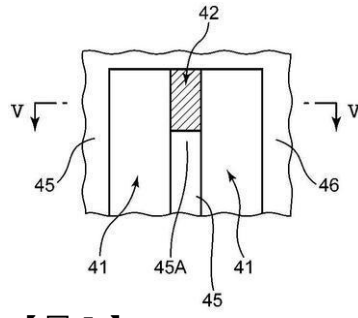
【図 2】



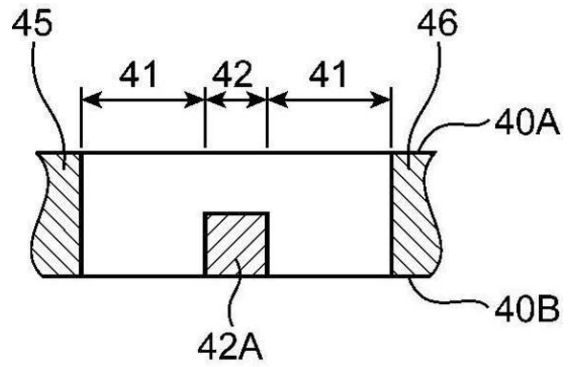
【図 3】



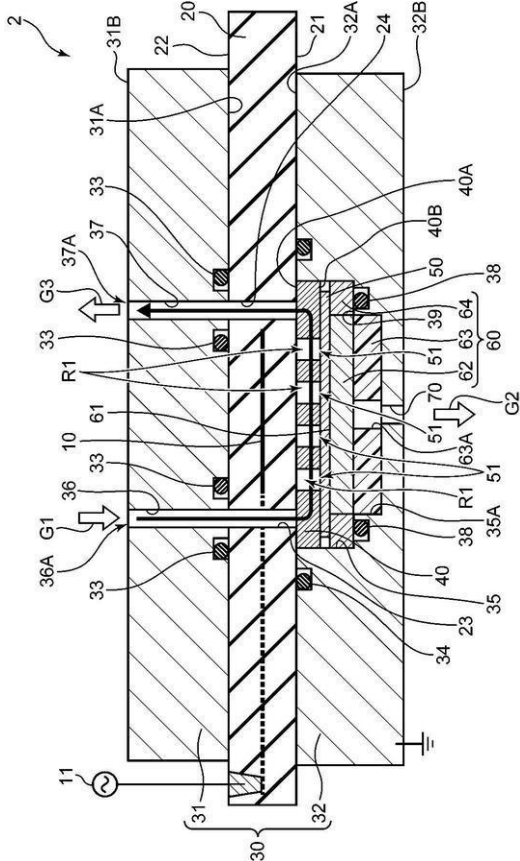
【図 4】



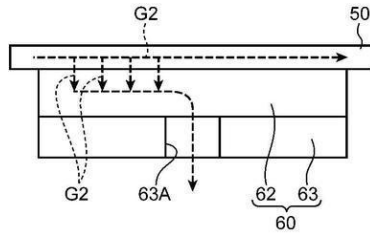
【図 5】



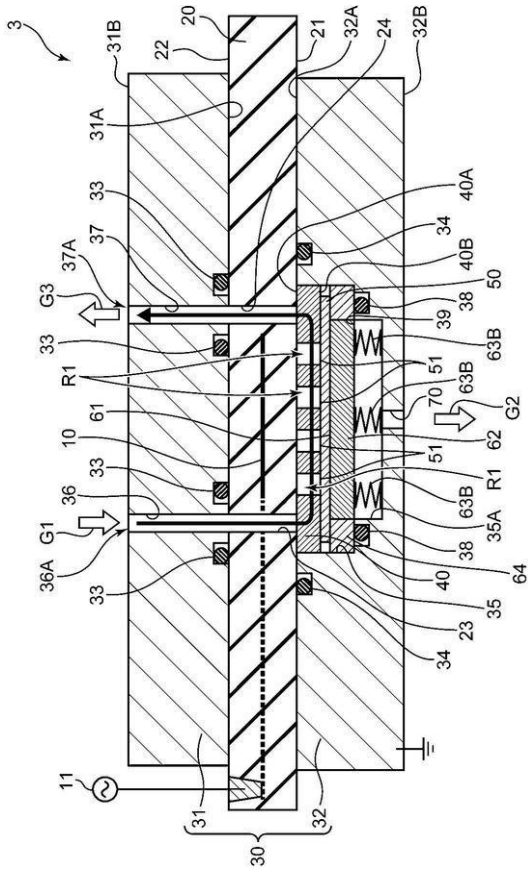
【図 6】



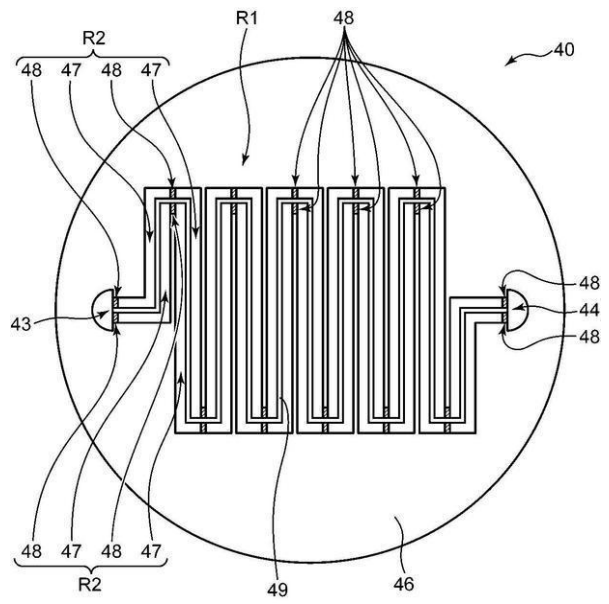
【図 7】



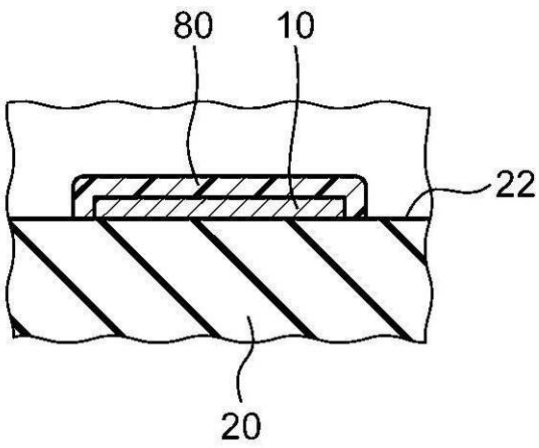
【図 8】



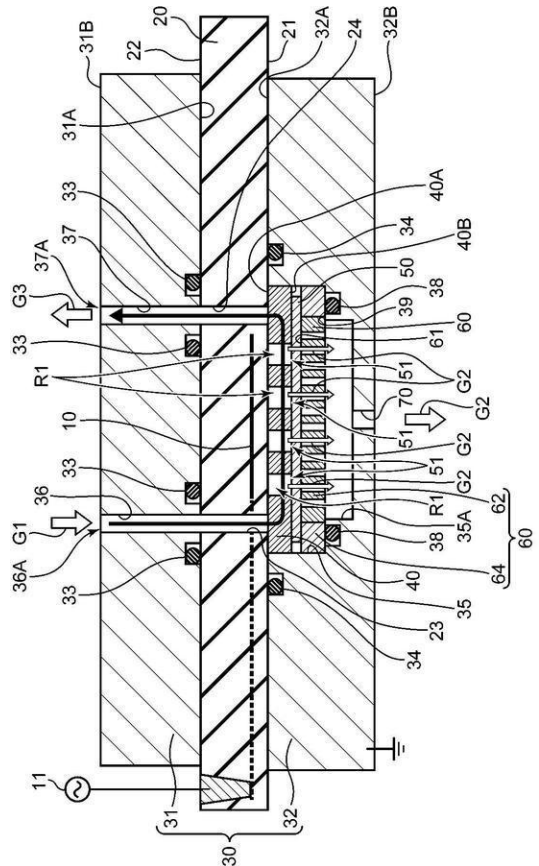
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

- (72)発明者 大園 知宏
兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 株式会社神戸製鋼所内
- (72)発明者 小林 祐之輔
兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 株式会社神戸製鋼所内
- (72)発明者 足立 成人
兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 株式会社神戸製鋼所内
- (72)発明者 佐成 弘毅
兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 株式会社神戸製鋼所内
- (72)発明者 神原 信志
岐阜県岐阜市柳戸1番1 国立大学法人東海国立大学機構内
- (72)発明者 早川 幸男
岐阜県岐阜市柳戸1番1 国立大学法人東海国立大学機構内
- Fターム(参考) 5H127 BA01 BA11 BA17 EE12