

(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2005-145748

(P2005-145748A)

(43) 公開日 平成17年6月9日(2005.6.9)

(51) Int. Cl.⁷

C01B 3/04
// HO1M 8/06
HO1M 8/10

F I

C01B 3/04
 HO1M 8/06
 HO1M 8/10

テマコード (参考)

B 5H026
 R 5H027

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2003-384994 (P2003-384994)
 (22) 出願日 平成15年11月14日 (2003.11.14)

(71) 出願人 800000080
 タマティーエルオー株式会社
 東京都八王子市旭町9番1号 八王子スク
 エアビル11階
 (74) 代理人 100105131
 弁理士 井上 満
 (72) 発明者 雑賀 高
 東京都八王子市中野町2665-1工学部
 国際基礎工学科クリーンエネルギーシス
 テム研究室内
 (72) 発明者 野原 徹雄
 東京都八王子市中野町2665-1工学部
 国際基礎工学科クリーンエネルギーシス
 テム研究室内

最終頁に続く

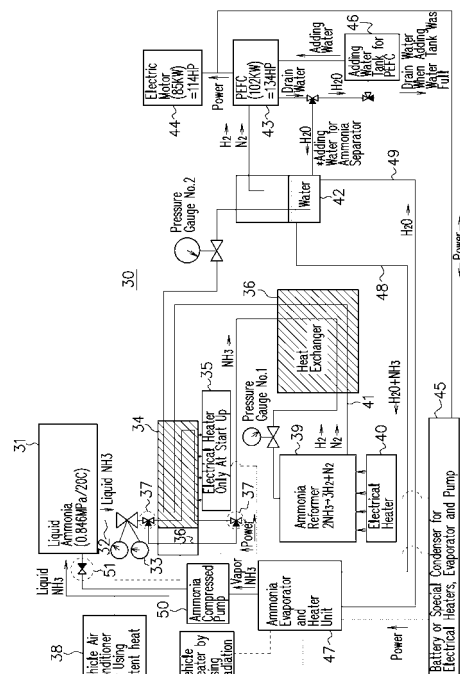
(54) 【発明の名称】 水素生成装置

(57) 【要約】

【課題】 車載PEFCの実使用条件下において、残留アンモニア濃度を数ppmのオーダーに低減した改質ガスを供給することが可能な水素生成装置を提供する。

【解決手段】 液化アンモニアを貯蔵するアンモニア貯蔵容器と、アンモニア貯蔵容器に接続され、液体アンモニアを気化させる気化器と、気化器により気化されたアンモニアガスを昇温させる昇温器と、ニッケル/アルミナ触媒を収容し、昇温器から供給されるアンモニアガスを800~900で分解し、水素及び窒素を主成分とする改質ガスを生成する改質器と、改質ガス中のアンモニアを水中に溶解除去するアンモニア除去器とを備える。

【選択図】 図7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

液化アンモニアを貯蔵するアンモニア貯蔵容器と、
前記アンモニア貯蔵容器に接続され、液体アンモニアを気化させる気化器と、
前記気化器により気化されたアンモニアガスを昇温させる昇温器と、
ニッケル/アルミナ触媒を収容し、前記昇温器から供給されるアンモニアガスを 800
～ 900 で分解し、水素及び窒素を主成分とする改質ガスを生成する改質器と、
前記改質ガス中のアンモニアを水中に溶解除去するアンモニア除去器とを備えることを
特徴とする水素生成装置。

【請求項 2】

前記アンモニア除去器は、水中に前記改質ガスを潜らせることによりアンモニアを溶解
除去するバブリング水槽であることを特徴とする請求項 1 に記載の水素生成装置。

【請求項 3】

前記アンモニア除去器から排出されるアンモニア溶解水を加熱してアンモニアを蒸発さ
せる蒸発器を更に備えることを特徴とする請求項 2 に記載の水素生成装置。

【請求項 4】

前記蒸発器に接続され、アンモニアを圧縮液化する圧縮ポンプを更に備えることを特徴
とする請求項 3 に記載の水素生成装置。

【請求項 5】

前記気化器、昇温器が、前記改質ガスとの熱交換によりアンモニアの気化、昇温を行う
ことを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の水素生成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、アンモニアを原料として、主として燃料電池の燃料として使用される水素を
生成するための水素生成装置に関し、特に、固体高分子型燃料電池 (PEFC) での使用
に適するアンモニア濃度が低減された水素を生成することができる水素生成装置に関する
。

【背景技術】

【0002】

COP3 (地球温暖化防止会議 / 京都議定書) などで地球温暖化の主要な原因とされて
いる二酸化炭素を大量に排出する自動車からの排出量削減が急務とされている。また、石
油エネルギーの枯渇が懸念される中、石油の代替エネルギーについても考慮しなければなら
ない。

【0003】

こうした状況の中で、理想的なクリーンエネルギー源として水素が注目されており、水
素を燃料として使用する燃料電池自動車の実用化が検討されている。

【0004】

しかし、水素は取り扱いが困難な物質であり、液体状態での貯蔵運搬には、超高压ポン
プや -250 度以下の極低温に保冷できる容器を使用することが必要である。

【0005】

水素を安全かつ簡便に貯蔵運搬する目的で水素吸蔵合金の開発も進められているが、単
位重量当たりの水素吸蔵量が小さいため、実用化には至っていない。また、貯蔵運搬性に
優れるメタノールを水素源として使用することも検討されているが、メタノールはその改
質反応において二酸化炭素を生成してしまうという問題がある。

【0006】

これに対して、アンモニアは、貯蔵運搬性に優れ、燃料ステーションや輸送タンクロー
リーなどのインフラとして既存の LPG 用の設備を転用できる利点があり、表 1 にその物
性値を示す通り、単位質量、及び、単位体積当たりのエネルギー密度はメタノールと遜色
のない値であり、更に、アンモニアは、水素原子、及び、窒素原子のみから構成されてい

10

20

30

40

50

るために、その分解反応において二酸化炭素などの有害物質を排出しない点で、最も優れた水素供給源であると考えられる。

【表 1】

特性	液体水素	メタノール	アンモニア	ガソリン
水素含有量	100	12.6	17.8	15
沸点(°C)	-253	64.4	-33.3	-
比重(kg/L)	0.071	0.795	0.680	0.728
エネルギー密度(kJ/kg)	119.2	19.96	18.49	43.44
“(kJ/L)	84.68	158.57	126.04	316.03
飽和蒸気圧(kg/cm ²)	-	0.12	9.03	-

10

【0007】

また、IFA (International Fertilizer Industry Association) の1999年の調査結果によると世界のアンモニア製造能力は、1998年度は1億5200万tであり、すでに成熟した製造体制を有しているといえることができる。

【0008】

アンモニア製造には、現状では、主として軽炭化水素系のナフサやGTL、LPG等の天然ガスが使用されており、アンモニア1000tの製造には32kWhの電力と27.21GJ(LHV)の原料天然ガスが必要とされているものの、廃プラスチックからのアンモニア原料の製造、下水処理場からのアンモニアの回収、太陽光を用いたアンモニアの光合成、風力発電などによる水の電解によるアンモニア製造など、より低コストで有害な副生成物を生じないアンモニア製造方法の検討も行われており、これらの問題も今後クリアされていくものと考えられる。

20

【非特許文献1】F. Uribe, et. al., "Effect of Ammonia as Potential Fuel Impurity on Proton Exchange Membrane Fuel Cell Performance", Journal of The Electrochemical Society, 149, 2002.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

アンモニアの分解反応は、平衡反応であるため、生成した改質ガス中には未反応の残留アンモニアが含有されている。また、本発明者らの研究によると、改質器への原料アンモニアガスの供給速度を大きくする程、残留アンモニア濃度は増大することが分かっている。

30

【0010】

一方、アンモニアは高濃度では人体に悪影響を与える有毒性のガスであり、米国政府衛生学者会議(ACGIH)によると、アンモニアの人体に対する許容値は25ppmとされている。従って、高濃度の残留アンモニアを含む改質ガスを燃料電池の燃料ガスとして使用した場合には、その排ガス中にアンモニアが含まれることになり、好ましくないという問題がある。

40

【0011】

また、現在、車載用燃料電池として実用化が有力視されている固体高分子形燃料電池(PEFC)に関しては、燃料ガス中のアンモニア濃度が13ppmの場合には、1時間後に出力電流が低下することが報告されている(F. Uribe, et. al., "Effect of Ammonia as Potential Fuel Impurity on Proton Exchange Membrane Fuel Cell Performance", Journal of The Electrochemical Society, 149, 2002.)。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明は、上記の状況に鑑み、車載PEFCの実使用条件下において、PEFCに供給する改質ガス中の残留アンモニア濃度を数ppmのオーダーに低減し、人体への悪影響や

50

出力電流の低下などを生じることのない水素生成装置を実現したものであり、液化アンモニアを貯蔵するアンモニア貯蔵容器と、前記アンモニア貯蔵容器に接続され、液体アンモニアを気化させる気化器と、前記気化器により気化されたアンモニアガスを昇温させる昇温器と、ニッケル/アルミナ触媒を収容し、前記昇温器から供給されるアンモニアガスを800～900で分解し、水素及び窒素を主成分とする改質ガスを生成する改質器と、前記改質ガス中のアンモニアを水中に溶解除去するアンモニア除去器とを備えることを特徴とする水素生成装置である。

【0013】

即ち、本発明は、安価なニッケル/アルミナ触媒の使用を前提とし、水中への溶解方式のアンモニア除去器との組み合わせにより、数ppmの残留アンモニア濃度の実現を可能とするために、改質器におけるアンモニア分解反応の温度を800～900とした点に特徴を有するものである。

10

【0014】

本発明のアンモニア貯蔵容器は、アンモニアを液体状態で貯蔵するものであるが、アンモニアは、0.846MPaで圧縮液化されるため、LPGとほぼ同じ仕様の高圧タンクを使用することができる。

【0015】

また、本発明の気化器は、液体アンモニアを加熱してアンモニアを気化するものであり、当該気化のための熱源は、電気加熱式のヒーターと、改質器から排出される改質ガスとの熱交換を行う熱交換手段との併用とすることが可能であり、運転開始時にはヒーターの加熱により、また、運転中は改質器からの改質ガスの熱量により気化を行うことで、エネルギーの有効利用を図ることが可能である。

20

【0016】

更に、本発明の水素生成装置を燃料自動車に搭載して使用する場合には、アンモニアの気化潜熱をエアコンディショナーの冷却用に使用することも可能であり、この場合には、エアコンディショナー用の車載コンプレッサーを不要とすることが可能となる。

【0017】

また、本発明の昇温器は、気化されたアンモニアを予備加熱して改質器に供給するものであり、予備加熱のための熱は、改質器からの改質ガスとの熱交換により得るものとして可能であり、これにより、エネルギーの有効利用を図ることが可能である。

30

【0018】

本発明の改質器は、アンモニア分解の反応触媒として安価なニッケル/アルミナを使用するものである。

【0019】

車載可能な改質器のサイズを考慮すると、改質器に収容できるニッケル/アルミナ触媒の最大量は、嵩体積で10Lのオーダーであると考えられるが、本発明では、アンモニア改質反応の温度を800～900に設定とすることで、10Lのオーダーのニッケル/アルミナ触媒を収容する改質器を使用して、残留アンモニア濃度を増加させることなく、車両走行に十分な量の水素を供給することを可能にしたものである。

【0020】

また、本発明のアンモニア除去器は、改質器から排出された改質ガス中のアンモニアを水中に溶解することにより除去するものである。なお、アンモニアの水中への溶解は、改質ガスと水の接触面積を十分に大きくできる任意の方式により行うことが可能であり、例えば、改質ガスをバブリング方式で水中を潜らせるバブリング水槽を使用することが可能である。

40

【0021】

なお、本発明の水素生成装置は、アンモニア除去器から排出されるアンモニア溶解水を加熱、乃至は、減圧させてアンモニアを蒸発させる蒸発器を更に備えることが可能であり、これにより、アンモニア除去器の水を循環利用することが可能となる。

【0022】

50

また、本発明の水素生成装置は、蒸発器に接続され、アンモニアを圧縮液化する圧縮ポンプを更に備えることが可能であり、これにより、改質ガス中の残留アンモニアを回収利用することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

水素1molを酸素で燃焼させると、標準状態で $H = 286 \text{ kJ/mol}$ の燃焼熱が発生する。このエンタルピー変化 H は、ギブス自由エネルギー変化 G 、反応の標準エントロピー変化 S 、絶対温度 T を用い、 $H = G + T S$ で表わされる。

【0024】

燃料電池では、電気エネルギーに変換できるのは、ギブス自由エネルギー G に相当するエネルギーであり、 $T S$ に相当するエネルギーは熱となる。水素燃焼のギブス自由エネルギー変化 G は、 237.3 kJ/mol であるので、水素-酸素燃料電池の理想発電効率は、 $G / H = 82.9\%$ である。

【0025】

従って、水素1g当たりのエンタルピーは、 118.65 kJ/g であり、アンモニア1g当たりのエンタルピーは、 20.94 kJ/g であることになる。

【0026】

一方、アンモニアを水素と窒素に分解する際の分解エネルギーは、1mol当たり、約 46 kJ/mol であり、アンモニア1gを水素解離するためには、 2.71 kJ/g の熱量を要することになり、アンモニア1g当たりの使用可能なエンタルピー（エネルギー密度）は、 18.23 kJ/g である。

【0027】

現在までに公表されている最大出力の燃料電池は、は米ゼネラルモーターズ社（GM）が2001年に発表した最大出力102kWの自動車用固体高分子型燃料電池（PEFC）である。

【0028】

このGM製PEFCの最大出力を得るためには、 $102 \text{ kW} (= 102 \text{ kJ/sec}) / 18.23 \text{ kJ/g} = 5.59 \text{ g/sec}$ 、即ち、 28940 L/hour のアンモニア流量が必要であり、車載可能な触媒の嵩体積として10Lを想定すると、アンモニアの改質器内の空間速度（SV：25の標準状態のアンモニアの体積流量を触媒の嵩体積（L）で除した値）としては、最大、 $28940 \text{ L/hour} / 10 \text{ L}$ より、約3000/hourでアンモニアの改質を行う必要があることが判る。

【0029】

図1は、水素燃料電池自動車への燃料源として本発明の水素生成装置を使用した場合の有効性を実証するための実験機として製作された、本発明の一実施形態に係る水素生成装置1である。

【0030】

図示されるように、ポンプ2に収容される 0.846 MPa の液化アンモニアは、レギュレーター3により圧力調整されて減圧され、流量調整用のニードルバルブ4を経て、最高820まで昇温可能とされたヒーター6を備える加熱シェル5に導かれる。

【0031】

なお、ニードルバルブ4の周辺の配管には、アンモニアの潜熱によるガス温度低下を防止し、ガス温度を一定温度（20）として流量変動を防ぐためにリボンヒーター4aが設けられている。

【0032】

加熱シェル5で昇温されたアンモニアガスは、粒径10mm程度の球状のニッケル/アルミナ触媒11が収容される改質器7に導かれ、水素と窒素を主成分とする改質ガスに分解される。

【0033】

ここで、改質器7内のアンモニアガスの温度は、900まで昇温可能とされたヒータ

10

20

30

40

50

－ 8 により調整可能とされており、改質器 7 に送られるアンモニアガスの圧力、及び、改質器 7 内のアンモニアガスの温度は、それぞれ、圧力計 9、及び、温度計 10 によりモニターされる。

【 0 0 3 4 】

改質器 7 から排出された改質ガスは、冷却槽 12 にて冷却され、レギュレーター 13 で常圧に調整された後、精製水中で改質ガスをバブリングさせることにより改質ガス中のアンモニアを溶解除去するアンモニア除去器 14 に送られる。

【 0 0 3 5 】

アンモニア除去器 14 から排出された改質ガスは、窒素ガス 16 により希釈された後、FT - IR 分析器 17、GC アナライザ 18 により、残留アンモニア濃度、及び、水素、窒素濃度の測定が可能とされ、また、アンモニア除去器 14 の水はサンプリングされて、PH 測定器 19 により PH 測定が可能とされている。

10

【 0 0 3 6 】

なお、レギュレーター 13 とアンモニア除去器 14 の間には、分岐バルブ 15 が設けられ、アンモニア除去器 14 を経ない改質ガスを直接 FT - IR 分析器 17、GC アナライザ 18 に導いて、残留アンモニア、水素、窒素の各濃度の比較測定が可能になっている。

【 0 0 3 7 】

図 2、3 は、図 1 に示す水素生成装置において、改質器 7 内のアンモニアガスの温度、及び、圧力を 400 ~ 800、及び、100 ~ 500 kPa の範囲で変動させたときのアンモニア除去器 14 を経ない改質ガス中の水素、窒素、及び、残留アンモニア濃度の計測結果を示している。

20

【 0 0 3 8 】

アンモニア改質の平衡計算によれば、400 以上から安定的に改質が行われる筈であるが、図 2 から、実際には 400 では殆ど改質は行われず、700 以上の温度において、ほぼ完全な改質が行われることが分かる。

【 0 0 3 9 】

また、図 3 から、アンモニアガスが高温、低圧である程、残留アンモニア濃度が低減することが分かる。

【 0 0 4 0 】

次に、改質器 7 中の触媒量、及び、アンモニア流量を調整することにより、空間速度 SV を 600 / hour ~ 6000 / hour の範囲で変化させ、アンモニア除去器 14 を経ない改質ガス中の残留アンモニア濃度の空間速度に対する推移を計測した結果を図 4、5 に示す。

30

【 0 0 4 1 】

図 4、5 から、反応温度 700 では、SV が 1800 / hour 以上において残留アンモニア濃度が 10000 ppm を越えているのに対し、反応温度 800 では、実車仕様において必要と考えられる 3000 / hour を大幅に上回る空間速度においても、残留アンモニア濃度は、300 ppm 以下で安定であることが分かる。

【 0 0 4 2 】

また、図 6 は、反応温度 800 でアンモニア改質を行い、水温を 25 に保ったアンモニア除去器 14 を通過させた改質ガスの残留アンモニア濃度の測定結果である。

40

【 0 0 4 3 】

図 6 から、反応温度 800 であれば、空間速度に関わらず、10 分以上に渡って、残留アンモニア濃度は数 ppm 以下のオーダーに留まっていることが分かる。

【 0 0 4 4 】

また、残留アンモニア濃度の時間による上昇は、アンモニア除去器 14 の精製水中のアンモニア濃度の上昇によるものであるため、別途精製水中のアンモニアを蒸発させる蒸発器を設け、当該蒸発器とアンモニア除去器 14 の間で精製水を循環させるなどにより精製水中のアンモニア濃度をコントロールすることで、より長時間の連続運転においても、改質ガス中の残留アンモニア濃度を数 ppm 以下のオーダーに保つことが可能である。

50

【0045】

なお、上記の通り、反応温度を高温にする程、改質ガス中の残留アンモニア濃度は低減されることになるが、改質器の高耐熱仕様化によるコスト増を考慮すると、反応温度を900以上に設定することは好ましくない。

【0046】

図7は、本発明の他の実施例に係る水素生成装置であり、実車搭載仕様に設計された水素生成装置30の構成を示す説明図である。

【0047】

図中31は、液化アンモニアを常温、0.846MPaで貯蔵する容量80Lのアンモニア貯蔵容器である。

【0048】

容量80Lのアンモニアは、重量に直すと54.08kgであり、上記GM製PEFCの最大出力運転時のアンモニア消費量が5.59g/secであることから、上記アンモニア貯蔵器31中のアンモニア量は、最大出力で2.7時間連続供給が可能な量に相当し、時速80km/hを想定した場合でも、航続距離は216kmとなり、定常走行でのアンモニア消費量は最大出力の場合の数十%で済むことから、現在のガソリン自動車と同等、或いは、それ以上の長距離走行が可能と考えられる。

【0049】

図示されるように、アンモニア貯蔵容器31内の液化アンモニアは、配管32により、レギュレーター33を経て気化器34に導かれる。

【0050】

気化器34中の配管32は、後述の改質器39からの配管41と熱接触を保った状態でガス流が相互に対向する方向で配置されており、配管32中のアンモニアは、約150で気化器34に導かれる配管41中の改質ガスの熱により、0.1MPa、20のアンモニアガスに減圧、気化される一方、配管41中の改質ガスは、約100度に冷却されるようになっている。

【0051】

また、気化器34には、始動時における気化安定化のために必要な約0.576kWの熱量を発生させるためのヒーター35が設けられている。

【0052】

また、図中の36はエアコンディショナー用の気化経路であり、エアコンディショナー38使用時にNC(Normally Closed)バルブ37を切り替えて、アンモニアの気化潜熱をエアコンディショナー38の冷却に利用できるようになっている。

【0053】

気化器34で気化されたアンモニアガスは、更に配管32中を昇温器36に導かれる。

【0054】

昇温器36においても配管32は、改質器39からの配管41と対向方向に熱接触を保った状態で配置されており、配管32中のアンモニアは、約800で昇温器36に導入される配管41中の改質ガスの熱により、約670まで昇温される一方、配管41中の改質ガスは、これにより約150度に冷却されるようになっている。

【0055】

昇温器36で昇温されたアンモニアガスは、粒径10mm程度の球状のニッケル/アルミナ触媒を10L収容する改質器39に導かれ、約1.498kWの熱量を発生させるヒーター40により、800まで昇温された状態で、水素、及び、窒素を主成分とし、残留アンモニア濃度が300ppm以下の改質ガスに分解される。

【0056】

なお、始動時においては、昇温器36における予備加熱が行われなため、8.989kWの熱量を改質器39のヒーター40により発生させることが必要である。

【0057】

改質ガスは、改質器39から配管41に導出され、昇温器36、気化器34を経る間に

10

20

30

40

50

100 まで降温され、更に、20 ~ 30 に温度調整されたバブリング水槽よりなるアンモニア除去器42においてアンモニアが除去され、残留アンモニア濃度が数ppmのオーダーとされた改質ガスが、最大出力102kWのGM製PEFC43に供給される。

【0058】

PEFC43は、改質ガス中の水素を大気中の酸素と反応させて発電を行い、定格85kWの電気モーター44に電力を供給する。また、PEFC43で発電された余剰電力は、バッテリー45において蓄電され、ヒーター35、40などにおいて使用される。

【0059】

なお、PEFC43の発電において副成される水は、貯水タンク46に導かれるようになっており、必要に応じてアンモニア除去器42、及び、PEFC43の給水に使用され、反応に寄与しない窒素は、排ガスとして系外に排出される。 10

【0060】

また、アンモニア除去器42には、蒸発器47との間で精製水を循環させるための配管48、49が接続されている。

【0061】

蒸発器47では、自動車用ヒーターの熱を利用して精製水を40 ~ 100 に昇温することで精製水中のアンモニアを蒸発除去するようにされており、これにより、アンモニア除去器42内の精製水を常に所定値以下のアンモニア濃度に保つようになっている。

【0062】

蒸発器47において発生したアンモニアガスは、圧縮ポンプ50において0.846MPa 20 Pa以上に加圧液化され、逆止弁51を介してアンモニア貯蔵容器31に戻すようにされており、これにより、系外への有害物質の排出が極力抑制されたゼロ・エミッション・システムとされている。

【0063】

なお、上記した実施形態において示したPEFCや電気モーターの特性値、触媒の形状、粒径、その他の諸条件は、説明のための例として示したものであり、本発明の水素生成装置は、特許請求の範囲に限定のないこれらの諸条件に限定されるものではない。

【0064】

また、上記した実施形態では、特に残留アンモニアにより出力電流の低下が問題となるPEFCへの利用を前提に説明を行ったが、排ガスなどにおけるアンモニア濃度の低減は 30 全ての燃料電池において共通の課題であり、本発明の水素生成装置は、アルカリ型(AFC)や固形酸化物型(SOFC)など、他の種類の水素燃料電池の水素供給源として使用することが可能である。

【0065】

同様に、本発明の水素生成装置は、水素を燃料とする内燃機関など、燃料水素中のアンモニア濃度を低減することが有益である他の種類の機関における水素供給源としても使用することが可能である。

【0066】

また、上記した実施形態では、主として、現在最も高い関心を集めている自動車への応用を念頭において説明を行ったが、本発明の水素生成装置は、他のあらゆる用途における 40 水素供給源としても同様に使用することができ、本発明の効果を発揮できるものである。

【図面の簡単な説明】

【0067】

【図1】本発明の一実施形態に係る水素生成装置の構成を示す説明図である。

【図2】アンモニア改質反応時のアンモニアガスの温度、及び、圧力と残留アンモニア濃度の関係を示す特性図である。

【図3】アンモニア改質反応時のアンモニアガスの温度、及び、圧力と残留アンモニア濃度の関係を示す特性図である。

【図4】反応温度、空間速度と、残留アンモニア濃度の関係を示す特性図である。

【図5】反応温度、空間速度と、残留アンモニア濃度の関係を示す特性図である。 50

【図6】反応温度800 での改質ガスがアンモニア除去器を経た後の残留アンモニア濃度の時間推移を示す特性図である。

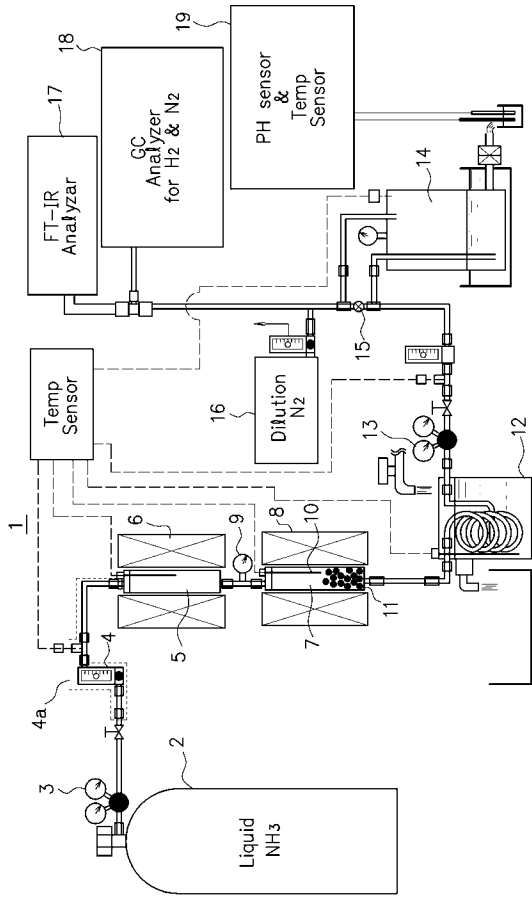
【図7】本発明の他の実施形態に係る水素生成装置の構成を示す説明図である。

【符号の説明】

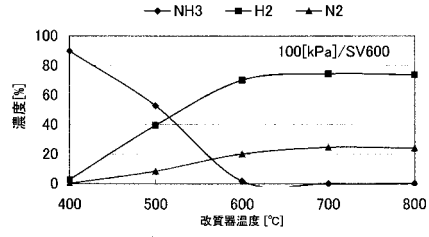
【0068】

- | | | |
|-------|-------------|----|
| 1 | 水素生成装置 | |
| 2 | ポンペ | |
| 3 | レギュレーター | |
| 4 | ニードルバルブ | |
| 4 a | リボンヒーター | 10 |
| 5 | 加熱シェル | |
| 6 | ヒーター | |
| 7 | 改質器 | |
| 8 | ヒーター | |
| 9 | 圧力計 | |
| 10 | 温度計 | |
| 11 | アルミナ触媒 | |
| 12 | 冷却槽 | |
| 13 | レギュレーター | |
| 14 | アンモニア除去器 | 20 |
| 15 | 分岐バルブ | |
| 16 | 窒素ガス | |
| 17 | 分析器 | |
| 18 | アナライザ | |
| 19 | 測定器 | |
| 30 | 水素生成装置 | |
| 31 | アンモニア貯蔵容器 | |
| 32 | 配管 | |
| 33 | レギュレーター | |
| 34 | 気化器 | 30 |
| 35、40 | ヒーター | |
| 36 | 昇温器 | |
| 37 | バルブ | |
| 38 | エアーコンディショナー | |
| 39 | 改質器 | |
| 41 | 配管 | |
| 42 | アンモニア除去器 | |
| 43 | PEFC | |
| 44 | 電気モータ | |
| 45 | バッテリー | 40 |
| 46 | 貯水タンク | |
| 47 | 蒸発器 | |
| 48、49 | 配管 | |
| 50 | 圧縮ポンプ | |
| 51 | 逆止弁 | |

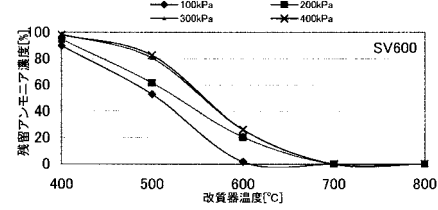
【 図 1 】



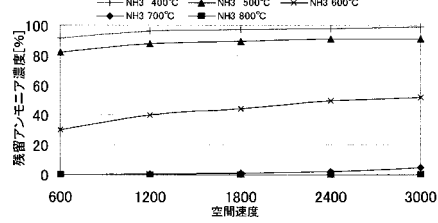
【 図 2 】



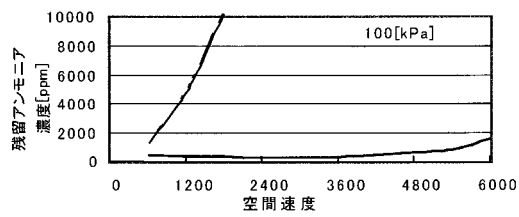
【 図 3 】



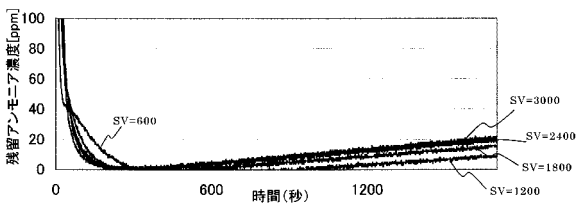
【 図 4 】



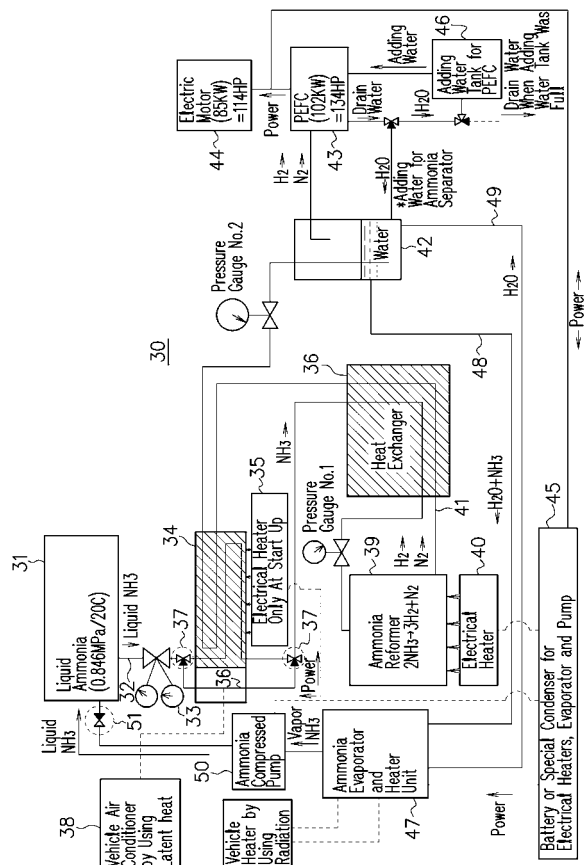
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(72)発明者 石松 慎司

東京都八王子市中野町2 6 6 5 - 1 工学部国際基礎工学科クリーンエネルギーシステム研究室内

Fターム(参考) 5H026 AA02 AA03 AA06 HH08

5H027 AA02 AA03 AA06 BA01 BA16