



(10) **DE 11 2017 005 827 T5** 2019.08.08

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2018/092479**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2017 005 827.9**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2017/037162**
(86) PCT-Anmeldetag: **13.10.2017**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **24.05.2018**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **08.08.2019**

(51) Int Cl.: **C01B 3/04 (2006.01)**
C01B 3/22 (2006.01)
H01M 8/04 (2016.01)
H01M 8/04225 (2016.01)
H01M 8/04302 (2016.01)
H01M 8/04313 (2016.01)
H01M 8/04746 (2016.01)
H01M 8/04858 (2016.01)
H01M 8/0612 (2016.01)
H01M 8/10 (2016.01)

(30) Unionspriorität:
2016-224912 **18.11.2016** **JP**

(71) Anmelder:
**SAWAFUJI ELECTRIC CO., LTD., Ota-shi, Gunma,
JP**

(74) Vertreter:
**CHARRIER RAPP & LIEBAU Patentanwälte PartG
mbH, 86150 Augsburg, DE**

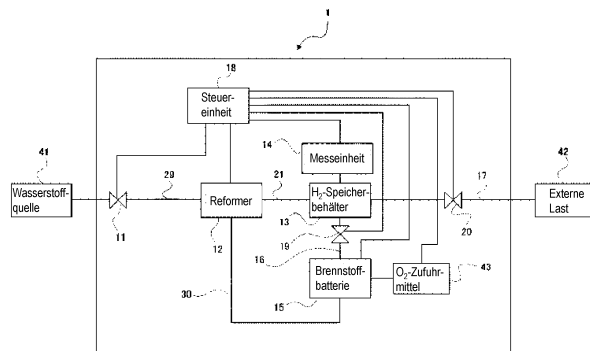
(72) Erfinder:
Miura, Tomonori, Ota-shi, Gumna, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Wasserstofferzeugungsvorrichtung und Betriebsverfahren einer
Wasserstofferzeugungsvorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Eine Wasserstofferzeugungsvorrichtung wird bereitgestellt, die ohne Empfangen einer Energieversorgung von außen starten kann. Diese Wasserstofferzeugungsvorrichtung (1) ist mit einer Eingabeeinheit (11), die mit einer Wasserstoffquelle (41) verbunden ist, einem Reformer (12), der ein Wasserstoff enthaltendes Gas erzeugt, einem Wasserstoffspeicherbehälter (13), einer Brennstoffbatterie (15), die Leistung unter Verwendung des Wasserstoff enthaltenden Gases erzeugt, und einer Steuereinheit (18) versehen. Der Wasserstoffspeicherbehälter (13) ist mit einem Brennstoffwasserstoffzufuhrweg (16) zum Zuführen von Wasserstoff zur Brennstoffbatterie (15) und mit einem externen Zufuhrweg (17), der Wasserstoff zu einer externen Last (42) zuführt, verbunden. Die Steuereinheit (18) speichert einen Schwellenwert des Wasserstoff enthaltenden Gases, der für den Start der Brennstoffbatterie (15) erforderlich ist, und steuert die im Wasserstoffspeicherbehälter (13) gespeicherte Menge, so dass sie größer als oder gleich der Menge ist, die für den Start der Brennstoffbatterie (15) erforderlich ist. Wenn die Wasserstofferzeugungsvorrichtung gestartet wird, erzeugt die Brennstoffbatterie (15) ferner Leistung durch Empfangen einer Zufuhr des im Wasserstoffspeicherbehälter (13) gespeicherten Wasserstoff enthaltenden Gases und führt Leistung zum Reformer (12) von einem Leistungsversorgungsweg (30) zu. Der Reformer (12) startet und Wasserstoff wird erzeugt.



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Wasserstofferzeugungsvorrichtungen. Insbesondere betrifft die Erfindung eine Wasserstofferzeugungsvorrichtung, die in der Lage ist, zu starten und die Wasserstofferzeugung fortzusetzen, ohne eine Energieversorgung von außen zu empfangen.

Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Wasserstoff ist im Vergleich zu anderen Brennstoffen gewöhnlich kostspieliger zu speichern und zu transportieren. Aufgrund dessen besteht ein innewohnender Bedarf an der Erzeugung von Wasserstoff an Ort und Stelle durch Installieren einer Wasserstofferzeugungsvorrichtung benachbart zu einer Vorrichtung, die Wasserstoff verwendet, oder Einbauen einer Wasserstofferzeugungsvorrichtung in eine Ausrüstung, die Wasserstoff verwendet.

[0003] Ein bekanntes Wasserstofferzeugungsverfahren besteht aus dem Zersetzen einer Wasserstoffquelle wie z. B. Ammoniak, Harnstoff oder Kohlenwasserstoffgas, um Wasserstoff zu erzeugen. Eine Vorrichtung, die zum Zersetzen einer Wasserstoffquelle verwendet wird, wird gewöhnlich Reformer genannt. Ein Reformer muss beim Start mit Energie von außen versorgt werden und eine Wasserstofferzeugungsvorrichtung wird folglich normalerweise beispielsweise mit einer externen Leistungsversorgung verbunden, um beim Start Energie zum Reformer zuzuführen. In Fällen, in denen die Energieversorgung von außen unterbrochen oder gestoppt wurde, wie z. B. während eines Stromausfalls oder einer Naturkatastrophe, war es jedoch schwierig, die Wasserstofferzeugungsvorrichtung zu starten, bis die externe Energieversorgung wiederhergestellt war.

[0004] Speicherbatterien sind bekannte Mittel zum Zuführen von Energie, die für den Start von Wasserstofferzeugungsvorrichtungen erforderlich ist, während Notfällen. Speicherbatterien mit genügend Kapazität, um eine Wasserstofferzeugungsvorrichtung zu starten, sind jedoch groß und teuer, und daher ein Faktor, der die Größe und die Kosten der Wasserstofferzeugungsvorrichtung als Ganzes hochtreibt. Wenn eine Speicherbatterie als Notfallenergiespeichermittel verwendet wird, erschöpft ferner das wiederholte Aufladen und Entladen allmählich die Kapazität der Speicherbatterie, was zu dem Risiko führt, dass die erforderliche elektrische Leistung nach einer gewissen Verwendungszeit nicht zugeführt werden könnte.

[0005] Verschiedene Techniken wurden zum Starten einer Wasserstofferzeugungsvorrichtung vorgeschlagen, ohne Energie von außen zuzuführen. Das Patentedokument 1 offenbart eine Technik zum Verringern des Leistungsverbrauchs beim Start einer Wasserstofferzeugungsvorrichtung, die eine Leistungsversorgung für den autonomen Start umfasst. Das Patentedokument 2 offenbart eine Technik zum Sicherstellen, dass die Stoppperiode einer Wasserstofferzeugungsvorrichtung nicht mit einer Stromausfallperiode überlappt, auf der Basis von Stromausfallinformationen, die im Voraus erhalten werden.

DOKUMENTE DES STANDES DER TECHNIK

Patentdokumente

Patentedokument 1: japanische ungeprüfte Patentveröffentlichung Nr. 2016-34881

Patentedokument 2: japanische ungeprüfte Patentveröffentlichung Nr. 2016-94328

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Von der Erfindung zu lösendes Problem

[0006] Herkömmliche Wasserstofferzeugungsvorrichtungen mit Reformern konnten nicht gestartet werden, ohne mit Energie wie z. B. elektrischer Energie von außen versorgt zu werden. Dies wurde insofern zu einem Problem, als ein autonomer Start während Stromausfällen oder Naturkatastrophen nicht möglich war. Folglich bestand ein Bedarf an einer Technologie, die einen leichten und sicheren Start einer Wasserstofferzeugungsvorrichtung ermöglicht, selbst wenn Energie nicht von außen zugeführt werden kann.

Mittel zum Lösen des Problems

[0007] Um das vorstehend erwähnte Problem zu überwinden, stellt die vorliegende Erfindung eine Wasserstofferzeugungsvorrichtung bereit, die in der Lage ist zu starten, ohne eine Energieversorgung von außen zu empfangen. Die Wasserstofferzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst eine Eingabeeinheit, die mit einer Wasserstoffquelle verbunden ist und ein Wasserstoff enthaltendes Rohmaterial einführt, einen Reformer, der das Rohmaterial, das durch die Eingabeeinheit eingeführt wird, zersetzt, um ein Wasserstoff enthaltendes Gas zu erzeugen, einen Wasserstoffspeicherbehälter, der das durch den Reformer erzeugte Wasserstoff enthaltende Gas vorübergehend speichert, eine Messeinheit, die eine Speichermenge des Wasserstoff enthaltenden Gases im Wasserstoffspeicherbehälter misst, eine Brennstoffbatterie, die Leistung unter Verwendung des durch den Reformer erzeugten Wasserstoff enthaltenden Gases erzeugt und Leistung zum Reformer zuführt, einen Brennstoffwasserstoffzufuhrweg, der zumindest einen Teil des durch den Reformer erzeugten Wasserstoffs zur Brennstoffbatterie zuführt, einen äußeren Zufuhrweg, der einen Teil des durch den Reformer erzeugten Wasserstoffs zur Außenseite zuführt, und eine Steuereinheit, die Messdaten von der Messeinheit empfängt, um die Menge des Wasserstoff enthaltenden Gases, das durch den Reformer erzeugt wird, die Speichermenge des Wasserstoff enthaltenden Gases, das durch den Wasserstoffspeicherbehälter gespeichert wird, und die Menge an Leistung, die durch die Brennstoffbatterie erzeugt wird, zu steuern. Die Steuereinheit der Wasserstofferzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung speichert einen Schwellenwert der Messdaten, der der minimalen Menge an Wasserstoff enthaltendem Gas entspricht, die für den Start der Brennstoffbatterie erforderlich ist, vergleicht die empfangenen Messdaten mit dem Schwellenwert und führt eine Steuerung durch, um die Speichermenge des Wasserstoff enthaltenden Gases im Wasserstoffspeicherbehälter zu erhöhen, wenn die Messdaten unter dem Schwellenwert liegen. Die Brennstoffbatterie ist dadurch gekennzeichnet, dass sie beim Start den Wasserstoff verwendet, der im Wasserstoffspeicherbehälter gespeichert ist, um Leistung zu erzeugen, und Leistung zum Reformer zuführt.

[0008] Die Wasserstofferzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst eine Brennstoffbatterie (Brennstoffzelle), die eine chemische Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff verwendet, um Leistung zu erzeugen. Während des normalen Betriebs speichert der Wasserstoffspeicherbehälter, der das Wasserstoff enthaltende Gas speichert, das durch den Reformer zugeführt wird, immer eine Menge an Wasserstoff enthaltendem Gas, die für den Start der Brennstoffbatterie erforderlich ist. Wenn der Start der Wasserstofferzeugungsvorrichtung erforderlich ist, wird die Leistungserzeugung durch die Brennstoffbatterie durch Zuführen des im Wasserstoffspeicherbehälter gespeicherten Wasserstoff enthaltenden Gases zur Brennstoffbatterie eingeleitet. Ferner wird die Wasserstofferzeugung durch den Reformer durch Zuführen von Leistung von der Brennstoffbatterie zum Reformer eingeleitet. Die Brennstoffbatterie kann den durch den Reformer erzeugten Wasserstoff verwenden, um die Leistungserzeugung fortzusetzen und die erforderliche Energie stetig zum Reformer zuzuführen.

[0009] In der Wasserstofferzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist die Ausgangsleistung der Brennstoffbatterie vorzugsweise größer als die Leistung, die durch den Reformer verbraucht wird. Außerdem ist die Betriebstemperatur der Brennstoffbatterie der Wasserstofferzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung vorzugsweise größer als oder gleich der Betriebstemperatur des Reformers.

[0010] In der Wasserstofferzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst der Reformer einen Plasmareaktor zum Zersetzen von Rohmaterial und Umwandeln desselben in Plasma, wobei der Plasmareaktor einen Rohmaterialzufuhrkanal und einen Wasserstoffauslasskanal, eine Leistungsversorgung für die Plasmaerzeugung, die mit Leistung von der Brennstoffbatterie versorgt wird, und eine Wasserstofftrenneinheit, die die Wasserstoffauslasskanalseite des Plasmareaktors abgrenzt, aufweist. Die Wasserstofftrenneinheit trennt vorzugsweise Wasserstoff vom Rohmaterial, das im Plasmareaktor in Plasma umgewandelt wird, und überführt den Wasserstoff zur Wasserstoffauslasskanalseite.

[0011] Ferner ist die Wasserstofftrenneinheit der Wasserstofferzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung vorzugsweise eine Wasserstofftrennmembran, die mit der Leistungsversorgung für die Plasmaerzeugung verbunden ist, wobei die Wasserstofftrennmembran als Hochspannungselektrode funktioniert, indem sie mit Leistung versorgt wird, und Elektrizität zwischen der Wasserstofftrennmembran und einer Erdungselektrode entlädt, um das Rohmaterial in Plasma umzuwandeln.

[0012] In der Wasserstofferzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist das Wasserstoff enthaltende Rohmaterial vorzugsweise Ammoniak oder Harnstoff.

[0013] Die vorliegende Erfindung stellt auch ein Betriebsverfahren einer Wasserstofferzeugungsvorrichtung bereit. Das Betriebsverfahren der Wasserstofferzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung wird auf eine Wasserstofferzeugungsvorrichtung mit einer Eingabeeinheit, die mit einer Wasserstoffquelle verbunden ist und ein Wasserstoff enthaltendes Rohmaterial einführt, einem Reformer, der das durch die Eingabeeinheit eingeführte Rohmaterial zersetzt, um ein Wasserstoff enthaltendes Gas zu erzeugen, einem Wasserstoffspeicherbehälter, der das durch den Reformer erzeugte Wasserstoff enthaltende Gas vorübergehend speichert, einer Messeinheit, die eine Speichermenge des Wasserstoff enthaltenden Gases im Wasserstoffspeicherbehälter misst, einer Brennstoffbatterie, die Leistung unter Verwendung des durch den Reformer erzeugten Wasserstoff enthaltenden Gases erzeugt und Leistung zum Reformer zuführt, einem Brennstoffwasserstoffzufuhrweg, der zumindest einen Teil des durch den Reformer erzeugten Wasserstoffs zur Brennstoffbatterie zuführt, einem äußeren Zufuhrweg, der einen Teil des durch den Reformer erzeugten Wasserstoffs zur Außenseite zuführt, und einer Steuereinheit, die Messdaten von der Messeinheit empfängt, um die Menge des durch den Reformer erzeugten Wasserstoff enthaltenden Gases, die Speichermenge des durch den Wasserstoffspeicherbehälter gespeicherten Wasserstoff enthaltenden Gases und die Menge an Leistung, die durch die Brennstoffbatterie erzeugt wird, zu steuern, angewendet. Im Betriebsverfahren der Wasserstofferzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung speichert die Steuereinheit einen Schwellenwert der Messdaten, der der minimalen Menge des Wasserstoff enthaltenden Gases entspricht, die für den Start der Brennstoffbatterie erforderlich ist, vergleicht die empfangenen Messdaten mit dem Schwellenwert und führt eine Steuerung durch, um die Speichermenge des Wasserstoff enthaltenden Gases im Wasserstoffspeicherbehälter zu erhöhen, wenn die Messdaten unter dem Schwellenwert liegen. Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass es einen Schritt, in dem die Steuereinheit beim Start Wasserstoff vom Wasserstoffspeicherbehälter zur Brennstoffbatterie zuführt, einen Schritt, in dem die Brennstoffbatterie die Leistungserzeugung unter Verwendung des zugeführten Wasserstoffs einleitet, einen Schritt, in dem Leistung, die durch die Brennstoffbatterie erzeugt wird, zum Reformer zugeführt wird, einen Schritt, in dem der Reformer Wasserstoff durch Zersetzen des Rohmaterials und Umwandeln desselben in Plasma erzeugt, und einen Schritt, in dem der erzeugte Wasserstoff zur Brennstoffbatterie zugeführt wird, um die Leistungserzeugung fortzusetzen, umfasst.

Effekte der Erfindung

[0014] Die Wasserstofferzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist in der Lage, autonom zu starten und Wasserstoff zu erzeugen, ohne eine Energieversorgung wie z. B. elektrische Energie von außen zu empfangen. Überdies ist die Wasserstofferzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung in der Lage, ohne eine Speicherbatterie für den Start des Reformers autonom zu starten und Wasserstoff zu erzeugen.

[0015] Da die Ausgangsleistung der Brennstoffbatterie der Wasserstofferzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung größer ist als die durch den Reformer verbrauchte Leistung, kann der Reformer unter Verwendung von nur Leistung, die durch die Brennstoffbatterie zugeführt wird, zuverlässig gestartet werden. Sobald der Reformer gestartet hat, ist es folglich möglich, dass der Reformer eine stabile Zufuhr von Wasserstoff bereitstellt, der für den fortgesetzten Betrieb der Brennstoffbatterie erforderlich ist, so dass die Brennstoffbatterie weiterhin Leistung erzeugt. Mit anderen Worten, die Wasserstofferzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist zum autonomen Betrieb zusätzlich zum autonomen Start in der Lage durch die Leistung, die durch die Brennstoffbatterie zugeführt wird, die einen Teil der Vorrichtung bildet.

[0016] Da die Betriebstemperatur der Brennstoffbatterie der Wasserstofferzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung größer als oder gleich der Betriebstemperatur des Reformers ist, sind Heizmittel für den Reformer und Kühlmittel für das Wasserstoff enthaltende Gas, das vom Reformer zugeführt wird, nicht erforderlich. Dies ermöglicht eine einfachere Konstruktion der Wasserstofferzeugungsvorrichtung als Ganzes und ermöglicht einen verringerten Leistungsverbrauch. Es ermöglicht auch, dass das System in einem breiteren Bereich von Orten installiert wird.

[0017] Durch Gestalten des Reformers der Wasserstofferzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung als Plasmareformer mit einem Plasmareaktor, einer Leistungsversorgung für die Plasmaerzeugung und einer Wasserstofftrenneinheit ist es möglich, eine elektrische Entladung zwischen der Wasserstofftrennmembran und einer Erdungselektrode unter Raumtemperatur- und Atmosphärendruckbedingungen zu bewirken, um das Wasserstoff enthaltende Rohmaterial in Plasma umzuwandeln und dadurch Wasserstoff enthaltendes Gas zu erzeugen. Da der Plasmareformer gemäß der vorliegenden Erfindung bei Raumtemperatur arbeitet, vermeidet das Kombinieren desselben mit einer Feststoffpolymer-Brennstoffbatterie mit einer Betriebstemperatur von 100 °C oder weniger den Bedarf an irgendwelchen Heiz- oder Kühlmitteln, was eine einfachere Konstruktion des Systems als Ganzes und eine leichtere Steuerung des Reformers ermöglicht.

[0018] Da die Wasserstofferzeugungsvorrichtung als Ganzes eine einfachere Konstruktion aufweisen kann und der Leistungsverbrauch verringert werden kann, kann die Wasserstofferzeugungsvorrichtung preiswerter und kleiner gemacht werden.

Figurenliste

Fig. 1 ist ein Blockdiagramm, das die Konfiguration der Wasserstofferzeugungsvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 2 ist ein Ablaufplan, der die Startsequenz der Wasserstofferzeugungsvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 3 ist ein Ablaufplan, der die Stoppsequenz der Wasserstofferzeugungsvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 4 ist eine schematische Ansicht des vertikalen Querschnitts des Reformers gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 5 ist ein Graph, der die Beziehung zwischen dem Leistungsverbrauch und der Wasserstofferzeugungsmenge des Reformers gemäß den Beispielen zeigt.

Fig. 6 ist ein Graph, der die Beziehung zwischen der Wasserstoffzufuhr rate und der Leistungserzeugungsr ate der Brennstoffbatterie gemäß den Beispielen zeigt.

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0019] Nachstehend befindet sich eine aufgegliederte Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

(1) „Autonomer Start“ der Wasserstofferzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung bedeutet, dass der Reformer und die Brennstoffbatterie gestartet werden können, ohne elektrische Energie oder eine äquivalente Energieversorgung von außen zu empfangen, woraufhin die Wasserstofferzeugung gestartet werden kann und Wasserstoff zur Außenseite zugeführt werden kann.

(2) Die „Wasserstoffquelle“ bezieht sich auf ein Mittel zum Speichern eines Wasserstoff enthaltenden Rohmaterials und Zuführen dieser Substanz als Rohmaterial zur Wasserstofferzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung. Insbesondere bezieht sie sich auf einen Speicherbehälter für ein Wasserstoff enthaltendes Rohmaterial oder ein Zufuhrrohr in Verbindung mit diesem Speicherbehälter. Die gespeicherte oder durch die Wasserstoffquelle zugeführte Substanz ist Ammoniak, Harnstoff oder ein Kohlenwasserstoffgas wie z. B. Methan oder dergleichen.

(3) Der „Reformer“ bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Erzeugen von Wasserstoff unter Verwendung einer Wasserstoff enthaltenden Substanz als Rohmaterial. Der Reformer gemäß einer am meisten bevorzugten Ausführungsform ist ein Plasmareformer, der einen Plasmareaktor, eine Leistungsversorgung für die Plasmaerzeugung, eine Wasserstofftrenneinheit, die als Hochspannungselektrode funktioniert, und eine Erdungselektrode umfasst, wobei der Reformer die Wasserstoff enthaltende Substanz durch Bewirken einer elektrischen Entladung zwischen den Elektroden in Plasma umwandelt, und ermöglicht, dass nur Wasserstoff durch die Wasserstofftrenneinheit hindurchgeht.

(4) Als Reformer, der zu einem Plasmareformer äquivalent ist, können ein Reformer, der die Wasserstoff enthaltende Substanz unter Verwendung eines Katalysators zersetzt, um Wasserstoff zu extrahieren, und ein Reformer, der eine Plasmareaktion mit einer Katalysatorreaktion kombiniert, angewendet werden.

(5) Das Wasserstoff enthaltende Gas, das durch den Plasmareformer erzeugt wird, ist ein Gas mit Wasserstoff als seinem Hauptbestandteil und ist insbesondere Wasserstoff mit hoher Reinheit mit einer Wasserstoffkonzentration von 99,9 % oder höher.

(6) Während des normalen Betriebs führt die Steuereinheit die folgende Steuerung durch:

- Steuert die Menge an Wasserstoff enthaltendem Rohmaterial, das in die Eingabeeinheit eingeführt wird.
- Steuert den Start und den Stopp des Reformers und die Menge an Wasserstoff enthaltendem Gas, das während des Betriebs erzeugt wird.
- Überwacht und steuert die Speichermenge des Wasserstoff enthaltenden Gases des Wasserstoffspeicherbehälters unter Verwendung der Ergebnisse eines Vergleichs der Speichermenge des Wasserstoffspeicherbehälters, die durch einen Sensor detektiert wird, mit dem gespeicherten Schwellenwert.

- Steuert eine Menge an Sauerstoff, der zur Brennstoffbatterie zugeführt wird.
- Steuert den Öffnungsgrad eines ersten Steuerventils, das mit dem Wasserstoffspeicherbehälter verbunden ist, um dadurch die Menge an Leistung zu steuern, die durch die Brennstoffbatterie erzeugt wird.
- Steuert den Öffnungsgrad eines zweiten Steuerventils, das mit dem Wasserstoffspeicherbehälter verbunden ist, um dadurch die Menge an Wasserstoff zu steuern, der zur Außenseite zugeführt wird.
- Überwacht die Menge an Leistung, die durch die Brennstoffbatterie erzeugt wird, um die Menge an Leistung, die zum Reformer zugeführt wird, zu steuern.

(7) Wenn die Steuereinheit eine Anomalie detektiert, wie z. B. einen Stromausfall oder eine Naturkatastrophe, und einen Stoppbefehl von außen empfangen hat, prüft die Steuereinheit die Speichermenge des Wasserstoffspeicherbehälters und stoppt die Wasserstofferzeugung.

(8) Wenn die Steuereinheit einen Wasserstofferzeugungsstartbefehl von außen empfangen hat und eine vorgeplante Zeit erreicht ist, führt sie die Startsequenz der Wasserstofferzeugungsvorrichtung aus.

(9) Ein Druckmesser, der den Druck des Wasserstoffspeicherbehälters misst, kann als Messeinheit angewendet werden. Alternativ kann ein Gewichtssensor, der das Gewicht des im Wasserstoffspeicherbehälter gespeicherten Gases misst, verwendet werden.

(10) Die Brennstoffbatterie, die am meisten bevorzugt in der Wasserstofferzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet wird, ist eine Feststoffpolymer-Brennstoffbatterie. Andere Typen von Brennstoffbatterien können auch verwendet werden.

[0020] Eine Ausführungsform der Wasserstofferzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung wird nachstehend mit Bezug auf die Zeichnungen beschrieben.

[0021] Die Wasserstofferzeugungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung und das Betriebsverfahren der Vorrichtung werden nun mit Bezug auf **Fig. 1** bis **Fig. 4** beschrieben. Die Wasserstofferzeugungsvorrichtung **1**, die in **Fig. 1** gezeigt ist, umfasst eine Eingabeeinheit **11**, einen Reformer **12**, einen Wasserstoffspeicherbehälter **13**, eine Messeinheit **14**, eine Brennstoffbatterie **15** (Brennstoffzelle **15**), eine Steuereinheit **18** und ein Sauerstoffzufuhrmittel **43**. Die Brennstoffbatterie **15** ist mit einem Leistungsversorgungsweg **30** zum Zuführen von erzeugter Leistung zum Reformer **12** verbunden. Der Wasserstoffspeicherbehälter **13** ist mit zwei Rohren zum Ausgeben von Wasserstoff versehen und jedes Rohr ist mit einem Steuerventil versehen. Das erste Ausgaberohr ist ein Brennstoffwasserstoffzufuhrweg **16** in Verbindung mit der Brennstoffbatterie **15** und ist mit einem Steuerventil **19** versehen. Das zweite Ausgaberohr ist ein äußerer Zufuhrweg **17** zum Zuführen von Wasserstoff zur Außenseite und ist mit einem Steuerventil **20** versehen. Die Steuereinheit **18** ist jeweils in Kommunikation mit der Eingabeeinheit **11**, dem Reformer **12**, der Messeinheit **14**, der Brennstoffbatterie **15**, dem Sauerstoffzufuhrmittel **43** und den Steuerventilen **19** und **20** verbunden.

[0022] Die Eingabeeinheit **11** ist mit einer Wasserstoffquelle **41** verbunden, die ein Wasserstoff enthaltendes Rohmaterial speichert und zuführt und Rohmaterial, das von der Wasserstoffquelle **41** empfangen wird, in den Reformer **12** über einen Rohmaterialeinlassweg **29** einführt. Die Eingabeeinheit **11** besteht vorzugsweise aus einem Solenoidventil. Die Steuereinheit **18** steuert den Öffnungsgrad der Eingabeeinheit **11**, um die Menge an eingeführtem Rohmaterial zu steuern, und steuert dadurch die Menge an Wasserstoff enthaltendem Gas, das durch den Reformer **12** erzeugt wird.

[0023] Der Reformer **12** zersetzt eine vorbestimmte Menge an Rohmaterial, das über den Rohmaterialeinlassweg **29** eingeführt wird, um ein Wasserstoff enthaltendes Gas zu erzeugen. Das erzeugte Wasserstoff enthaltende Gas wird vorübergehend im Wasserstoffspeicherbehälter **13** über einen Wasserstoffzufuhrweg **21** gespeichert. Die Messeinheit **14** ist mit dem Wasserstoffspeicherbehälter **13** verbunden und misst die Speichermenge des Wasserstoff enthaltenden Gases im Wasserstoffspeicherbehälter **13**. Die Messeinheit **14** ist vorzugsweise ein Druckmesser, der den Druck innerhalb des Wasserstoffspeicherbehälters **13** misst. Der gemessene Druck wird in die Steuereinheit **18** eingegeben.

[0024] Der Wasserstoffspeicherbehälter **13** ist mit einer Rohrleitung zum Ausgeben von Wasserstoff in Form des Brennstoffwasserstoffzufuhrweges **16** und des äußeren Zufuhrweges **17** versehen. Der Brennstoffwasserstoffzufuhrweg **16** in Verbindung mit der Brennstoffbatterie **15** ist mit dem Steuerventil **19** versehen. Die Steuereinheit **18** steuert den Öffnungsgrad des Steuerventils **19**, um die Menge an Wasserstoff enthaltendem Gas zu steuern, das zur Brennstoffbatterie **15** zugeführt wird. Die Steuereinheit **18** steuert auch den Öffnungsgrad des Steuerventils **20**, das für den äußeren Zufuhrweg **17** vorgesehen ist, um die Menge an Wasserstoff, der

zur Außenseite zugeführt wird, und die Speichermenge des Wasserstoffspeicherbehälters **13** zu steuern. Die Steuerventile **19** und **20** bestehen vorzugsweise aus Solenoidventilen.

[0025] Die Brennstoffbatterie **15** verwendet Wasserstoff enthaltendes Gas, das vom Wasserstoffspeicherbehälter **13** zugeführt wird, und Sauerstoff in Luft, die vom Sauerstoffzufuhrmittel **43** zugeführt wird, um Leistung zu erzeugen. Die Brennstoffbatterie **15** ist am meisten bevorzugt eine Feststoffpolymer-Brennstoffbatterie mit einer Betriebstemperatur von 100 °C oder weniger, und führt erzeugte Leistung zum Reformer **12** über den Leistungsversorgungsweg **30** zu. Die Steuereinheit **18** überwacht die Menge an Leistung, die durch die Brennstoffbatterie **15** erzeugt wird, und steuert den Öffnungsgrad des Steuerventils **19** und die Menge an Sauerstoff, der vom Sauerstoffzufuhrmittel **43** zugeführt wird, um eine erforderliche Menge an erzeugter Leistung zu steuern. Das Sauerstoffzufuhrmittel ist vorzugsweise ein gewöhnliches Gebläse.

[0026] Während des normalen Betriebs führt die Steuereinheit **18** die erforderliche Steuerung zum Erreichen der zwei Zwecke des Sicherstellens einer erforderlichen äußeren Zufuhrmenge an Wasserstoff und des Speicherns einer Menge an Wasserstoff enthaltendem Gas, die für den Start der Brennstoffbatterie **15** erforderlich ist, im Wasserstoffspeicherbehälter **13** durch. Die Steuereinheit **18** speichert den Innendruck im Wasserstoffspeicherbehälter **13**, wenn er eine minimale Menge an Wasserstoff enthaltendem Gas, die für den Start der Brennstoffbatterie **15** erforderlich ist (nachstehend als „Startwasserstoffmenge“ bezeichnet), speichert, als Schwellenwert. Die Steuereinheit **18** empfängt dann die Messdaten von der Messeinheit **14** und vergleicht sie mit dem Schwellenwert. Wenn auf der Basis der Ergebnisse des Vergleichs bestimmt wird, dass das gespeicherte Wasserstoff enthaltende Gas unter der Startwasserstoffmenge liegt, steuert die Steuereinheit **18** die Eingabeeinheit **11**, um die Menge an Rohmaterial zu erhöhen, das zum Reformer **12** zugeführt wird, wodurch die Menge an Wasserstoff enthaltendem Gas, das durch den Reformer **12** erzeugt wird, erhöht wird, so dass die Speichermenge des Wasserstoffspeicherbehälters **13** größer als oder gleich der Startwasserstoffmenge wird.

[0027] Das Stopppverfahren der Wasserstofferzeugungsvorrichtung **1** wird nun mit Bezug auf **Fig. 3** beschrieben. Die Reihe von Schritten zum Stoppen der Wasserstofferzeugungsvorrichtung **1** wird eingeleitet, wenn ein Stoppbefehl in die Steuereinheit **18** eingegeben wird, und wird vollständig durch die Steuerung der Steuereinheit **18** durchgeführt. Beim Empfangen des Stoppbefehls schließt die Steuereinheit **18** das Steuerventil **20**, um die Wasserstoffzufuhr zur Außenseite zu stoppen (Schritt **S11**). Als nächstes prüft die Steuereinheit **18** die Messdaten der Messeinheit **14** und bestätigt, dass die Startwasserstoffmenge im Wasserstoffspeicherbehälter **13** gespeichert ist (Schritt **S12**). Nach der Bestätigung schließt die Steuereinheit **18** die Eingabeeinheit **11** (Schritt **S13**) und stoppt den Reformer **12** (Schritt **S14**). Wenn die Steuereinheit **18** bestätigt hat, dass die Wasserstofferzeugung vollständig gestoppt hat (Schritt **S15**), schließt sie das Steuerventil **19**, um den Wasserstoffspeicherbehälter **13** abzudichten und die Zufuhr von Wasserstoff zur Brennstoffbatterie **15** zu stoppen (Schritt **S16**). Die Steuereinheit **18** stoppt ferner das Sauerstoffzufuhrmittel **43** (Schritt **S17**) und stoppt schließlich die Brennstoffbatterie **15** (Schritt **S18**). Durch dieses Stopppverfahren wird die Wasserstofferzeugungsvorrichtung **1** vollständig gestoppt, wobei eine Menge an Wasserstoff enthaltendem Gas, die größer als oder gleich der Startwasserstoffmenge ist, im Wasserstoffspeicherbehälter **13** gespeichert ist.

[0028] Das Startverfahren der Wasserstofferzeugungsvorrichtung **1** wird nun mit Bezug auf **Fig. 2** beschrieben. Der Start wird vollständig durch die Steuerung der Steuereinheit **18** durchgeführt. Die Steuereinheit **18** prüft die Messdaten der Messeinheit **14** und bestätigt, dass die Startwasserstoffmenge im Wasserstoffspeicherbehälter **13** gespeichert ist (Schritt **S1**), öffnet dann das Steuerventil **19**, um Wasserstoff vom Wasserstoffspeicherbehälter **13** zur Brennstoffbatterie **15** zuzuführen (Schritt **S2**). Die Steuereinheit **18** startet dann das Sauerstoffzufuhrmittel **43**, um Sauerstoff zur Brennstoffbatterie **15** zuzuführen (Schritt **S3**), wodurch die Brennstoffbatterie **15** startet und die Leistungserzeugung eingeleitet wird (Schritt **S4**). Die erzeugte Leistung wird zum Reformer **12** über den Leistungsversorgungsweg **30** zugeführt und der Reformer **12** startet (Schritt **S5**). Die Steuereinheit **18** öffnet dann die Eingabeeinheit **11**, um Wasserstoff enthaltendes Rohmaterial zum Reformer **12** zuzuführen (Schritt **S6**). Indem er mit Leistung und Rohmaterial versorgt wird, leitet der Reformer **12** die Wasserstofferzeugung ein (Schritt **S7**). Die Steuereinheit **18** prüft zeitweilig die Messdaten der Messeinheit **14** erneut und bestätigt, dass die Startwasserstoffmenge im Wasserstoffspeicherbehälter **13** gespeichert ist (Schritt **S8**). Wenn bestätigt wird, dass die Startwasserstoffmenge gespeichert ist, ist das Ergebnis von Schritt **S8** JA und die Zufuhr von Wasserstoff zur Außenseite wird eingeleitet (Schritt **S9**).

[0029] Der Reformer **12**, der vorzugsweise bei der vorliegenden Ausführungsform verwendet wird, wird nun mit Bezug auf **Fig. 4** beschrieben. Der Reformer **12** umfasst einen Plasmareaktor **23**, eine Hochspannungselektrode **25**, die innerhalb des Plasmareaktors **23** aufgenommen ist, und eine Erdungselektrode **27**, die in Kontakt mit der Außenseite des Plasmareaktors **23** angeordnet ist. Der Plasmareaktor **23** besteht aus Quarz und ist in einer zylindrischen Form ausgebildet. Die Hochspannungselektrode **25** umfasst eine zylindrische Wasser-

stofftrennmembran **32** und scheibenförmige Stützen **33**, die beide Enden der Wasserstofftrennmembran **32** abstützen. Die Wasserstofftrennmembran **32** ist vorzugsweise ein dünner Film einer Palladiumlegierung.

[0030] Die Hochspannungselektrode **25** ist mit einer gepulsten Hochspannungsleistungsversorgung **22** verbunden, die mit der Brennstoffbatterie **15** über den Leistungsversorgungsweg **30** verbunden ist, und wird mit einer hohen Spannung versehen. O-Ringe **34** sind zwischen den Plasmareaktor **23** und die Stützen **33** eingefügt, so dass die Wasserstofftrennmembran **32** konzentrisch zur Innenwand des Plasmareaktors **23** angeordnet ist. Folglich wird ein Entladungsraum **24**, in dem ein konstanter Abstand aufrechterhalten wird, zwischen der Innenwand des Plasmareaktors **23** und der Wasserstofftrennmembran **32** gebildet. An der Innenseite der Wasserstofftrennmembran **32** ist außerdem eine abgedichtete innere Kammer **26** gebildet, die durch die Wasserstofftrennmembran **32** und die Stützen **33** eingeschlossen ist. Die Erdungselektrode **27** ist konzentrisch zum Plasmareaktor **23** und zur Wasserstofftrennmembran **32** angeordnet. In der vorliegenden Ausführungsform ist das am meisten geeignete Rohmaterial, das von der Wasserstoffquelle **41** über die Eingabeeinheit **11** und den Rohmaterialeinlassweg **29** zugeführt wird, Ammoniakgas. Dieses Ammoniakgas wird zum Entladungsraum **24** des Reformers **12** zugeführt.

[0031] Die Wasserstofftrennmembran **32** und die Erdungselektrode **27** sind einander zugewandt und der Plasmareaktor **23**, der aus Quarz besteht, ist zwischen ihnen angeordnet, so dass der Plasmareaktor **23** als Dielektrikum wirkt, das ermöglicht, dass eine dielektrische Barrierenentladung durch Anlegen einer hohen Spannung an die Hochspannungselektrode **25** in Form der Wasserstofftrennmembran **32** erzeugt wird. Die Leistungsversorgung **22**, die die hohe Spannung an die Hochspannungselektrode **25** anlegt, legt eine Spannung mit einer äußerst kurzen Retentionszeit von 10 µs an.

[0032] Die Erzeugung von Wasserstoff unter Verwendung des Reformers **12** wird durch Zuführen von Ammoniakgas zum Entladungsraum mit einer vorbestimmten Durchflussrate, Erzeugen einer dielektrischen Barrierenentladung zwischen der Hochspannungselektrode **25** in Form der Wasserstofftrennmembran **32** und der Erdungselektrode **27** und Erzeugen eines Nicht-Gleichgewichts-Plasmas auf Atmosphärendruck aus Ammoniak im Entladungsraum **24** ausgeführt. Das aus dem Nicht-Gleichgewichts-Plasma auf Atmosphärendruck aus Ammoniak erzeugte Wasserstoffgas wird durch Leiten durch die Wasserstofftrennmembran **32** und Bewegen in die innere Kammer **26** abgetrennt. Der aus dem Nicht-Gleichgewichts-Plasma auf Atmosphärendruck aus Ammoniak erzeugte Wasserstoff wird durch die Wasserstofftrennmembran **32** in Form von Wasserstoffatomen adsorbiert, die sich verteilen, wenn sie durch die Wasserstofftrennmembran **32** hindurchtreten, wonach sie sich zu Wasserstoffmolekülen rekombinieren und sich in die innere Kammer **26** bewegen. In dieser Weise wird nur Wasserstoff abgetrennt. Der Wasserstoff, der sich in die innere Kammer **26** bewegt hat, wird im Wasserstoffspeicherbehälter **13** über den Wasserstoffzufuhrweg **21** als Wasserstoff mit hoher Reinheit mit einer Wasserstoffkonzentration von 99,9 % oder höher gespeichert.

Beispiele

[0033] Nachstehend wird ein Beispiel eines autonomen Starts der Wasserstofferzeugungsvorrichtung **1** mit dem Reformer **12** und der Brennstoffbatterie **15** gezeigt. Das vorliegende Beispiel verwendet als Brennstoffbatterie **15** eine Feststoffpolymer-Brennstoffbatterie mit einer Startwasserstoffmenge von 50 Litern (0,05 m³) bei 0,1 MPa (1 Standardatmosphäre).

[0034] Im vorliegenden Beispiel wird ein Druckmesser als Messeinheit **14** zum Messen der Speichermenge des Wasserstoff enthaltenden Gases im Wasserstoffspeicherbehälter **13** verwendet. Die Steuereinheit **18** speichert einen Schwellenwert des Drucks, der der Menge des Wasserstoff enthaltenden Gases entspricht, die für den Start der Brennstoffbatterie **15** erforderlich ist. Während der Wasserstofferzeugung überwacht die Steuereinheit **18** die gemessenen Ergebnisse der Messeinheit **14** und führt eine Rückkopplungssteuerung der Menge an Wasserstoff enthaltendem Gas, das durch den Reformer **12** erzeugt wird, und der Speichermenge des Wasserstoffspeicherbehälters **13** unter Verwendung der Ergebnisse eines Vergleichs des gespeicherten Schwellenwerts mit den gemessenen Ergebnissen durch und speichert konstant Wasserstoff enthaltendes Gas, das der Wasserstoffmenge von 50 Litern entspricht, die für den Start der Brennstoffbatterie **15** erforderlich ist, im Wasserstoffspeicherbehälter **13**.

[0035] Der Reformer **12** des vorliegenden Beispiels ist ein Plasmareformer, der einen Plasmareaktor **23**, eine Hochspannungselektrode **25**, die innerhalb des Plasmareaktors **23** aufgenommen ist, und eine Erdungselektrode **27**, die in Kontakt mit der Außenseite des Plasmareaktors **23** angeordnet ist, umfasst. Ein Beispiel der Beziehung zwischen der Leistung, die durch den Reformer **12** verbraucht wird, und der Menge an erzeugtem

Wasserstoff ist in Tabelle 1 und **Fig. 5** gezeigt. Die nachstehend gezeigten Wasserstoffvolumina werden auf der Basis von Standardbedingungen (1 Standardatmosphäre, 0 °C) berechnet.

[Tabelle 1]

Durch den Plasmareformer verbrauchte Leistung (Wh)	Menge an erzeugtem Wasserstoff (L/min)
37,5	2,09
75	4,18
150	8,35
225	12,53
300	16,70

[0036] Wie in Tabelle 1 und **Fig. 5** gezeigt, kann der Plasmareformer **12** im vorliegenden Beispiel Wasserstoff im Verhältnis zur zugeführten Leistung erzeugen. Insbesondere wenn das Rohmaterial Ammoniak mit 1,39 Litern pro Minute (auf der Basis von Standardbedingungen berechnet) zugeführt wird, werden 2,09 Liter Wasserstoff pro Minute mit einem Leistungsverbrauch von 37,5 W erzeugt.

[0037] Ein Beispiel der Beziehung zwischen der Menge an Wasserstoff, die zur Brennstoffbatterie **15** zugeführt wird, und der Menge an erzeugter Leistung ist in Tabelle 2 und **Fig. 6** gezeigt. Die Brennstoffbatterie **15** gemäß dem vorliegenden Beispiel kann Leistung im Verhältnis zur Menge an zugeführtem Wasserstoff erzeugen.

Durch die Brennstoffbatterie erzeugte Leistung (Wh)	Menge an zur Brennstoffbatterie zugeführtem Wasserstoff (L/min)
37,5	0,31
75	0,63
150	1,25
225	1,88
300	2,51

[0038] Die durch die Brennstoffbatterie **15** erzeugte Leistung wird zum Reformer **12** über den Leistungsverorgungsweg **30** zugeführt. Beim Empfangen der Leistung startet der Reformer **12** und die gepulste Hochspannungsleistungsverorgung **22** legt eine hohe Spannung an die Hochspannungselektrode **25** an, um eine dielektrische Barrierenentladung zwischen der Hochspannungselektrode **25** in Form der Wasserstofftrennmembran **32** und der Erdungselektrode **27** zu erzeugen, wodurch die Wasserstofferzeugung eingeleitet wird. Wie aus der in **Fig. 5** gezeigten Beziehung klar ist, kann der Reformer **12** 5,57 Liter Wasserstoff pro Minute mit 100 W Leistung erzeugen. Die Steuereinheit **18** speichert den erzeugten Wasserstoff im Wasserstoffspeicherbehälter **13**. Dann wird ein Teil des gespeicherten Wasserstoffs zur Brennstoffbatterie **15** über den Brennstoffwasserstoffzufuhrweg **16** zugeführt, um die Leistungserzeugung durch die Brennstoffbatterie **15** fortzusetzen. In dieser Weise kann durch Starten der Brennstoffbatterie **15** und des Reformers **12** und Aufbauen einer stabilen Leistungsverorgung die Wasserstofferzeugung fortgesetzt werden.

[0039] Die Konfiguration und das Betriebsverfahren der Wasserstofferzeugungsvorrichtung **1**, die im vorliegenden Beispiel beschrieben sind, können nach Bedarf geändert werden. Beispielsweise kann in einer Variante des Reformers **12** die zylindrische Wasserstofftrennmembran **32**, die im Plasmareaktor **23** aufgenommen ist, geerdet sein und eine Elektrode, die in Kontakt mit der Außenseite des Plasmareaktors **23** angeordnet ist, kann mit der gepulsten Hochspannungsleistungsverorgung **22** verbunden sein. Zu dieser Zeit wirkt die Wasserstofftrennmembran **32** als Erdungselektrode und eine dielektrische Barrierenentladung kann wie in dem Beispiel erzeugt werden. Selbst in diesem Fall ist die Wasserstofftrennmembran **32** dem Plasma ausgesetzt und Wasserstoff kann folglich abgetrennt werden.

[0040] In der vorliegenden Ausführungsform wurde ein Beispiel beschrieben, in dem der Wasserstoffspeicherbehälter **13** und die Steuerventile **19** und **20** an separaten Stellen angeordnet waren, aber die Steuerventile **19** und **20** können auch an den Auslässen der Wasserstoffzufuhrwege in einem Stück mit dem Wasserstoffspeicherbehälter **13** angeordnet sein. Außerdem kann die Messeinheit **14**, die die Speichermenge des Wasserstoffspeicherbehälters **13** misst, eine andere Messvorrichtung abgesehen von einem Druckmesser sein. Ein

Gewichtssensor, der das Gewicht des Wasserstoffs misst, kann beispielsweise verwendet werden. Die Verdrahtung und das Strom/Spannungs-Steuermittel des Leistungsverorgungsweges **30** zum Zuführen von Leistung von der Brennstoffbatterie **15** zum Reformer **12** können auch in Abhängigkeit von der gesamten Anordnung und Funktion der Vorrichtung als Ganzes geändert werden.

Bezugszeichenliste

1	Wasserstofferzeugungsvorrichtung
11	Eingabeeinheit
12	Reformer
13	Wasserstoffspeicherbehälter
14	Messeinheit
15	Brennstoffbatterie
16	Brennstoffwasserstoffzufuhrweg
17	äußerer Zufuhrweg
18	Steuereinheit
19, 20	Steuerventil
21	Wasserstoffzufuhrweg
22	gepulste Hochspannungsleistungsversorgung
23	Plasmareaktor
24	Entladungsraum
25	Hochspannungselektrode
27	Erdungselektrode
29	Rohmaterialeinlassweg
30	Leistungsverorgungsweg
32	Wasserstofftrennmembran
33	Stütze
41	Wasserstoffquelle
42	externe Last
43	Sauerstoffzufuhrmittel

Patentansprüche

1. Wasserstofferzeugungsvorrichtung, die umfasst:
 eine Eingabeeinheit, die mit einer Wasserstoffquelle verbunden ist und dazu ausgelegt ist, ein Wasserstoff enthaltendes Rohmaterial einzuführen;
 einen Reformer, der dazu ausgelegt ist, das durch die Eingabeeinheit eingeführte Rohmaterial zu zersetzen, um ein Wasserstoff enthaltendes Gas zu erzeugen;
 einen Wasserstoffspeicherbehälter, der dazu ausgelegt ist, das durch den Reformer erzeugte Wasserstoff enthaltende Gas vorübergehend zu speichern;
 eine Messeinheit, die dazu ausgelegt ist, eine Speichermenge des Wasserstoff enthaltenden Gases im Wasserstoffspeicherbehälter zu messen;
 eine Brennstoffbatterie, die dazu ausgelegt ist, Leistung unter Verwendung von durch den Reformer erzeugtem Wasserstoff zu erzeugen und Leistung zum Reformer zuzuführen;
 einen Brennstoffwasserstoffzufuhrweg, der dazu ausgelegt ist, zumindest einen Teil des durch den Reformer erzeugten Wasserstoffs zur Brennstoffbatterie zuzuführen;
 einen äußeren Zufuhrweg, der dazu ausgelegt ist, einen Teil des durch den Reformer erzeugten Wasserstoffs zur Außenseite zuzuführen; und

eine Steuereinheit, die dazu ausgelegt ist, Messdaten von der Messeinheit zu empfangen und die Menge des durch den Reformer erzeugten Wasserstoff enthaltenden Gases, die Speichermenge des Wasserstoff enthaltenden Gases des Wasserstoffspeicherbehälters und die Menge an Leistung, die durch die Brennstoffbatterie erzeugt wird, zu steuern,

dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit einen Schwellenwert der Messdaten speichert, der einer minimalen Menge an Wasserstoff enthaltendem Gas entspricht, die für den Start der Brennstoffbatterie erforderlich ist, die empfangenen Messdaten mit dem Schwellenwert vergleicht und eine Steuerung durchführt, um die Speichermenge des Wasserstoffspeicherbehälters zu erhöhen, wenn die Messdaten niedriger sind als der Schwellenwert, und

die Brennstoffbatterie beim Start den im Wasserstoffspeicherbehälter gespeicherten Wasserstoff verwendet, um Leistung zu erzeugen, und Leistung zum Reformer zuführt.

2. Wasserstofferzeugungsvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausgangsleistung der Brennstoffbatterie größer ist als die durch den Reformer verbrauchte Leistung.

3. Wasserstofferzeugungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Betriebstemperatur der Brennstoffbatterie größer als oder gleich einer Betriebstemperatur des Reformers ist.

4. Wasserstofferzeugungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Reformer umfasst:

einen Plasmareaktor zum Zersetzen des Rohmaterials, wobei der Plasmareaktor einen Rohmaterialzufuhrkanal und einen Wasserstoffauslasskanal aufweist;

eine Leistungsversorgung für die Plasmaerzeugung, die eine Leistungsversorgung von der Brennstoffbatterie empfängt; und

eine Wasserstofftrenneinheit, die die Wasserstoffauslasskanalseite des Plasmareaktors abgrenzt, wobei die Wasserstofftrenneinheit Wasserstoff vom Rohmaterial abtrennt, das innerhalb des Plasmareaktors in Plasma umgewandelt wird, und den Wasserstoff zur Wasserstoffauslasskanalseite überführt.

5. Wasserstofferzeugungsvorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wasserstofftrenneinheit eine Wasserstofftrennmembran ist, die mit der Leistungsversorgung für die Plasmaerzeugung verbunden ist, wobei die Wasserstofftrennmembran als Hochspannungselektrode wirkt, indem sie mit Leistung versorgt wird, und eine elektrische Entladung zwischen der Wasserstofftrennmembran und einer Erdungselektrode bewirkt, um das Rohmaterial in Plasma umzuwandeln.

6. Wasserstofferzeugungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Wasserstoff enthaltende Rohmaterial Ammoniak oder Harnstoff ist.

7. Betriebsverfahren einer Wasserstofferzeugungsvorrichtung, wobei die Vorrichtung umfasst:

eine Eingabeeinheit, die mit einer Wasserstoffquelle verbunden ist und dazu ausgelegt ist, ein Wasserstoff enthaltendes Rohmaterial einzuführen;

einen Reformer, der dazu ausgelegt ist, das durch die Eingabeeinheit eingeführte Rohmaterial zu zersetzen, um ein Wasserstoff enthaltendes Gas zu erzeugen;

einen Wasserstoffspeicherbehälter, der dazu ausgelegt ist, das durch den Reformer erzeugte Wasserstoff enthaltende Gas vorübergehend zu speichern;

eine Messeinheit, die dazu ausgelegt ist, eine Speichermenge des Wasserstoff enthaltenden Gases im Wasserstoffspeicherbehälter zu messen;

eine Brennstoffbatterie, die dazu ausgelegt ist, Leistung unter Verwendung des Wasserstoff enthaltenden Gases, das durch den Reformer erzeugt wird, zu erzeugen und Leistung zum Reformer zuzuführen;

einen Brennstoffwasserstoffzufuhrweg, der dazu ausgelegt ist, zumindest einen Teil des durch den Reformer erzeugten Wasserstoffs zur Brennstoffbatterie zuzuführen;

einen äußeren Zufuhrweg, der dazu ausgelegt ist, einen Teil des durch den Reformer erzeugten Wasserstoffs zur Außenseite zuzuführen; und

eine Steuereinheit, die dazu ausgelegt ist, Messdaten von der Messeinheit zu empfangen und die Menge des durch den Reformer erzeugten Wasserstoff enthaltenden Gases, die Speichermenge des Wasserstoff enthaltenden Gases des Wasserstoffspeicherbehälters und die Menge an Leistung, die durch die Brennstoffbatterie erzeugt wird, zu steuern,

wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

die Steuereinheit speichert einen Schwellenwert der Messdaten, der einer minimalen Menge an Wasserstoff enthaltendem Gas entspricht, die für den Start der Brennstoffbatterie erforderlich ist, vergleicht die empfangene

nen Messdaten mit dem Schwellenwert und führt eine Steuerung durch, um die Speichermenge des Wasserstoffspeicherbehälters zu erhöhen, wenn die Messdaten niedriger sind als der Schwellenwert, beim Start führt die Steuereinheit Wasserstoff vom Wasserstoffspeicherbehälter zur Brennstoffbatterie zu; die Brennstoffbatterie leitet die Leistungserzeugung mittels des zugeführten Wasserstoffs ein; die Brennstoffbatterie führt erzeugte Leistung zum Reformer zu; der Reformer erzeugt Wasserstoff durch Zersetzen des Rohmaterials und Umwandeln desselben in Plasma; und erzeugter Wasserstoff wird zur Brennstoffbatterie zugeführt, um die Leistungserzeugung fortzusetzen.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

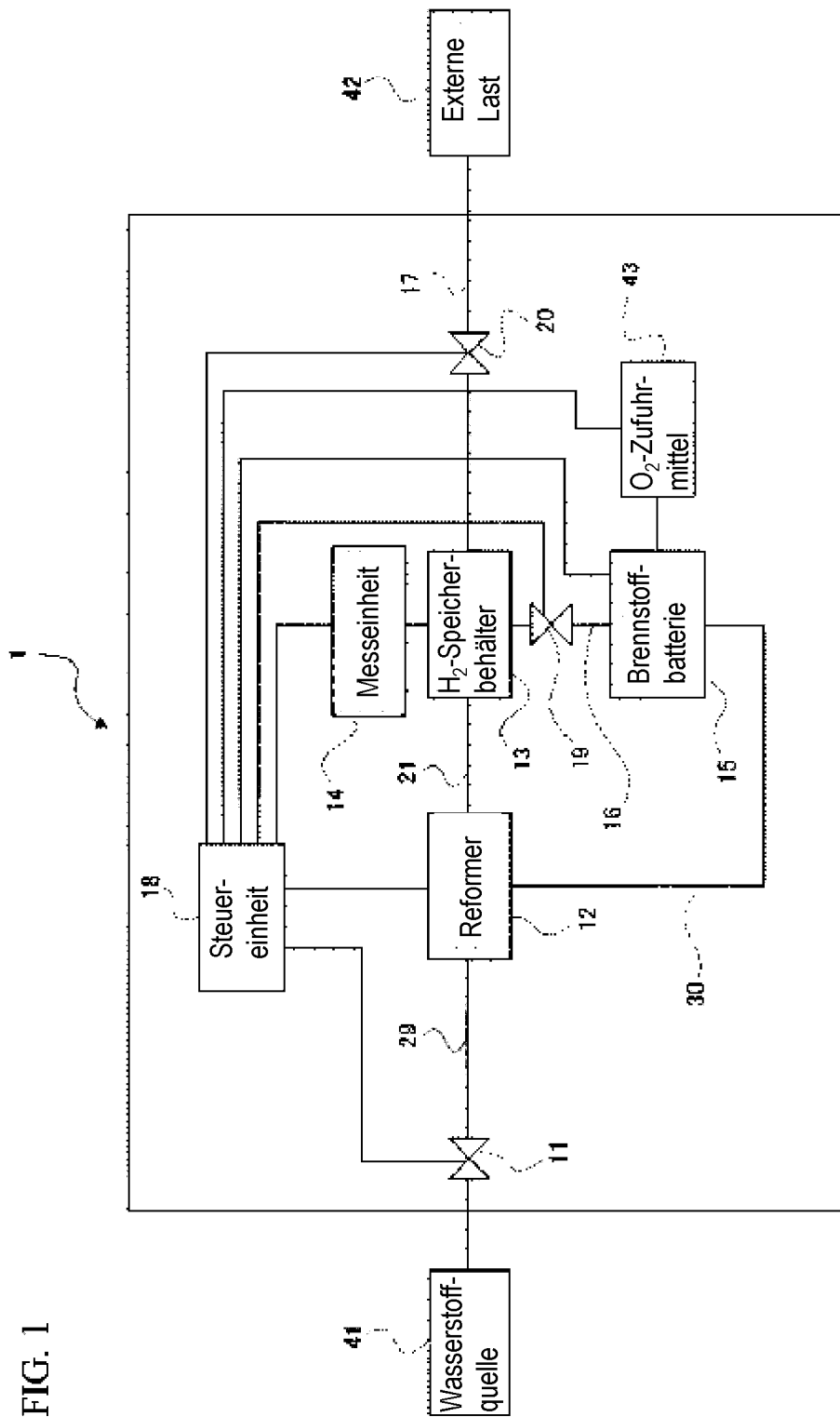


FIG. 2

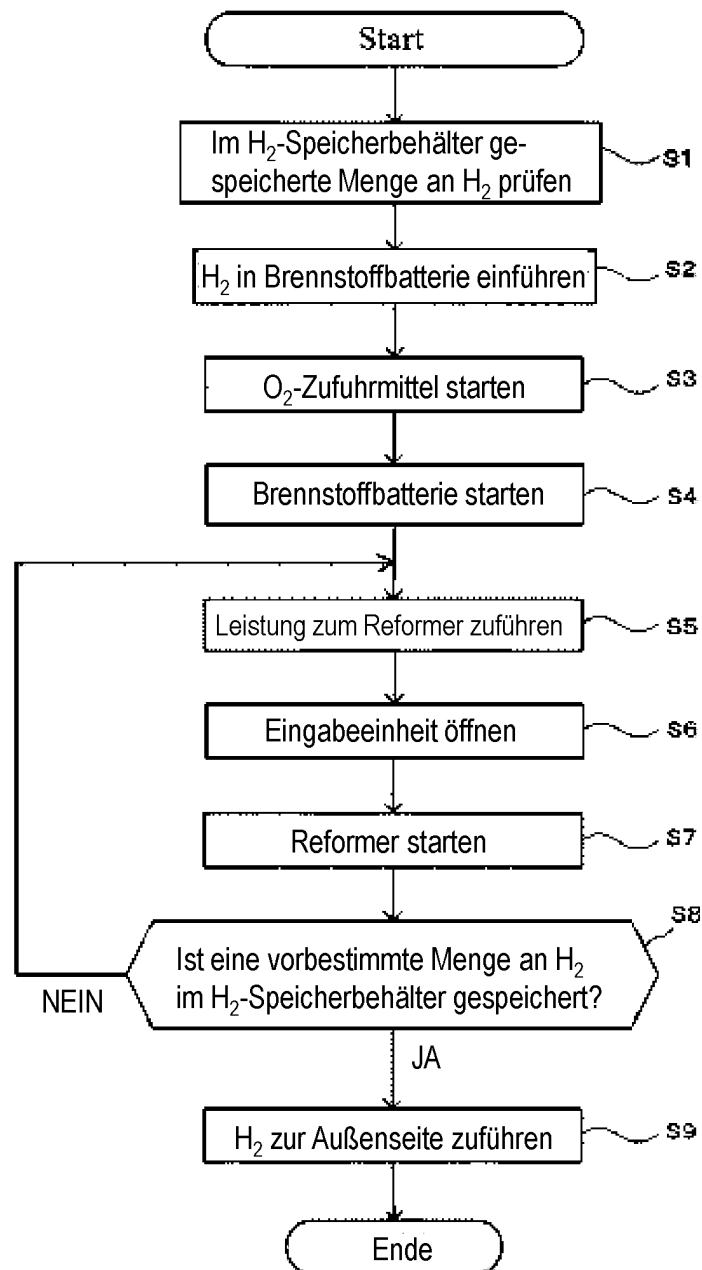


FIG. 3

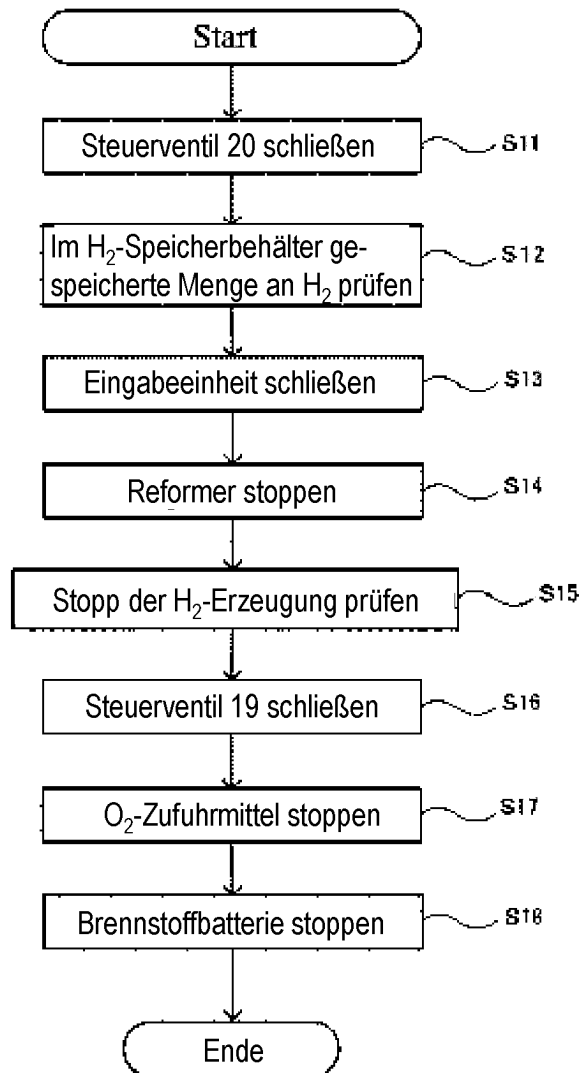


FIG. 4

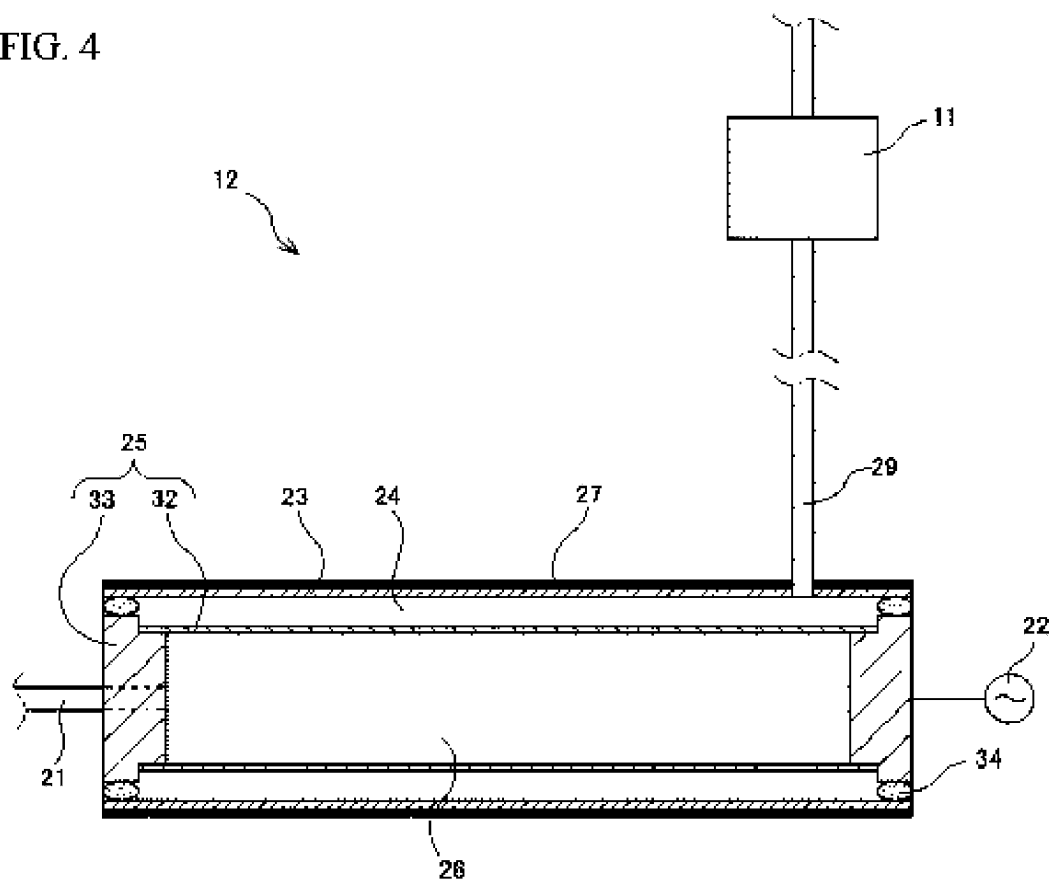


FIG. 5

