(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
22. März 2018 (22.03.2018)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/050290 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
*C01B 3/00* (2006.01) *F17C 11/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/025251

(22) Internationales Anmeldedatum:
04. September 2017 (04.09.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 011 188.7
15. September 2016 (15.09.2016) DE

(71) Anmelder: **LINDE AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Klosterhofstrasse 1, 80331 München (DE).

(72) Erfinder: **STILLER, Christoph**; Abt-Führer-Str. 13b, 82256 Fürstenfeldbruck (DE). **KÖHLER, Joachim**; Carl-Duisberg-Str. 31, 82008 Unterhaching (DE). **GARCIA ALBA, Laura**; Plinganserstrassse 57, 81369 München (DE).

(74) Anwalt: **GELLNER, Bernd**; Linde AG, Technology & Innovation Corporate - Intellectual Property, Dr.-Carl-von-Linde-Str. 6-14, 82049 Pullach (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI,

(54) **Title:** HYDROGEN STORE

(54) **Bezeichnung:** WASSERSTOFFSPEICHER

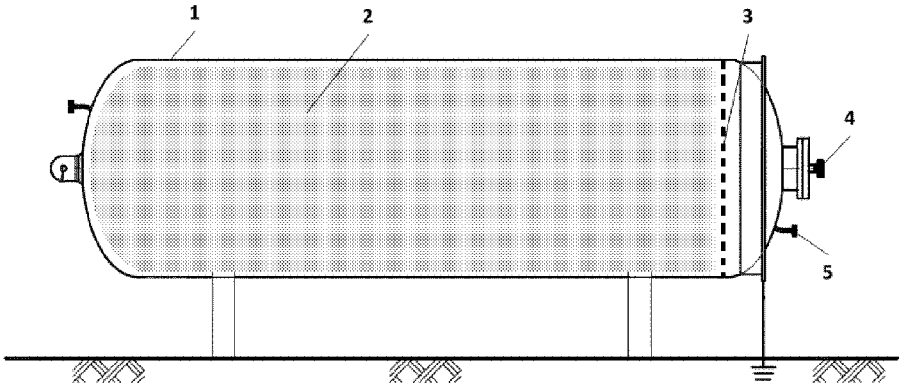



FIG 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for storing hydrogen in a storage container (1) which comprises a storage material (2), a polyaniline compound being used as the storage material (2). The invention further relates to an apparatus for storing hydrogen, comprising a storage container (1) which has at least one opening (4) for a storage material (2) and at least one opening (5) for feeding and for discharging the hydrogen, the storage container (1) containing a polyaniline compound as the storage material (2).

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Speicherung von Wasserstoff in einem Speicherbehälter (1), welcher ein Speichermaterial (2) aufweist, wobei als Speichermaterial (2) eine Polyanilinverbindung verwendet wird. Weiterhin wird zur Speicherung von Wasserstoff eine Vorrichtung angegeben, umfassend einen Speicherbehälter (1) welcher mindestens eine Öffnung (4) für ein Speichermaterial (2) aufweist und mindestens eine Öffnung (5) zur Zuführung und zum Ablassen des Wasserstoff umfasst, wobei der Speicherbehälter (1) als Speichermaterial (2) eine Polyanilinverbindung enthält.

WO 2018/050290 A1

*[Fortsetzung auf der nächsten Seite]*

SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

# Beschreibung

## Wasserstoffspeicher

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Speicherung von Wasserstoff in einem Speicherbehälter, welcher ein Speichermaterial aufweist. Wobei der Speicherbehälter mindestens eine Öffnung für ein Speichermaterial aufweist und mindestens eine Öffnung zur Zuführung und zum Ablassen des Wasserstoffs umfasst.

Wasserstoff wird als Rohstoff für viele chemische Prozesse genutzt. Er gewinnt jedoch auch als Energieträger an Bedeutung. Wasserstoff wird sowohl als Kraftstoff für Brennstoffzellen verwendet als auch für die direkte Verbrennung und Energiegewinnung genutzt. Besonders als Kraftstoff für Brennstoffzellen muss Wasserstoff dezentral an öffentlichen und privaten Tankstellen gespeichert und gelagert werden.
Wasserstoff ist ein Energieträger, der insbesondere bei der Verwendung in einer Brennstoffzelle Energie erzeugt ohne dass Schadstoffe freigesetzt werden und gilt daher als umweltfreundliche Alternative zu herkömmlichen Kraftstoffen. Wasserstoff ist bisher gegenüber herkömmlichen Energieträgern jedoch nur begrenzt konkurrenzfähig, auch aufgrund der hohen Transportkosten und der aufwändigen teuren Lagerbedingungen.

Wasserstoff wird bisher gasförmig oder flüssig gespeichert und transportiert. Nachteilig an der gasförmigen Speicherung ist jedoch der benötigte hohe Druck, um eine akzeptable Speicherdichte zu erreichen. Für die Verflüssigung muss Wasserstoff stark gekühlt werden, was nur durch ein aufwändiges Verfahren möglich ist. Durch Wärmeeintrag kann ein gewisser Verlust an flüssigem Wasserstoff durch Abdampfverluste nicht vermieden werden. Die Nachteile zeigen sich insbesondere bei dem Transport und der Lagerung in kleinen Gebinden.

Die Speicherdichte von gasförmigem Wasserstoff bei 15 °C liegt bei 80 bar bei einer volumetrischen Dichte von 6,3 kg/m³ und bei 200 bar bei 21,3 kg/m³.
Flüssiger Wasserstoff wird bei -253 °C gespeichert und hat eine volumetrische Dichte von 70,8 kg/m³ bei Umgebungsdruck.

Der Gewichtsanteil von Wasserstoff eines gefüllten Speicherbehälters liegt bei 2-8 % für gasförmige Speicherung. Bei Flüssigwasserstoffbehältern ist dieser stark abhängig von der Größe des Behälters. Bei einem 12 $m^3$ Behälter liegt der Gewichtsanteil von Wasserstoff bei ca. 9 %.

Wegen der geringen Speicherdichte und der technischen Nachteile der vorhandenen Systeme wird eine Vielzahl von chemischen und physikalischen Wasserstoffspeichermaterialien und Wasserstoffspeichersystemen untersucht und entwickelt. So kann Wasserstoff beispielsweise in flüssigen organischen Wasserstoffträgern (liquid organic hydrogen carrier – LOHC) gespeichert werden und so vor allem die Lagerbedingungen vereinfacht werden. Sowohl für die Hydrierung als auch für die Dehydrierung dieser Wasserstoffträger sind jedoch Katalysatoren und aufwendige Reaktor- sowie Reinigungskonzepte notwendig. Dies ermöglicht eine mobile Anwendung oder eine Anwendung in kleinen Gebinden nur unter hohem technischem Aufwand, welcher mit hohen Kosten einhergeht.
Bei Feststoffspeichermaterialien, wie beispielsweise Metallhydridspeichern, vereinfachen sich ebenfalls die Lagerbedingungen. Aufgrund des hohen Eigengewichtes und der hohen Materialkosten stellen sie jedoch in den meisten Fällen keine günstige Alternative dar.
Beiden Systemen ist zudem gemein, dass zur Freisetzung des Wasserstoffs ein hoher Wärmeeintrag notwendig ist. Die Freisetzung beginnt meist bei Temperaturen über 100 °C und der Wärmbedarf liegt bei ca. 10 kWh je Kilogramm Wasserstoff. Falls kein Abwärmestrom aus anderen Prozessen verfügbar ist, muss die Wärme generiert werden, wodurch zusätzliche Kosten entstehen.

Wasserstoff kann demnach für den Endanwender nur günstiger werden, indem eine höhere Speicherdichte erreicht wird, ohne dass für die Freisetzung hohe Kosten entstehen. Vorteile einer hohen Speicherdichte liegen insbesondere für den Transport von Wasserstoff darin, dass auf einem Fahrzeug mehr Wasserstoff transportiert werden kann, wodurch die anteiligen Kosten des Transports sinken. Bei stationären Speichern liegen die Vorteile vor allem darin, dass die Speichervorrichtung kleiner ausgeführt werden können und so Investitionskosten gespart werden können, oder dass in Speichern der gleichen Größe mehr Wasserstoff gelagert werden kann. Insbesondere bei der Integration von Wasserstoffspeicherbehältern in bestehende

Anlagen, z.B. in bestehende Tankstellen, ist oft wenig Platz verfügbar, so dass ein kleinerer Tank große Vorteile aufweisen kann.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Wasserstoffspeichermaterial anzugeben, mit dem eine höhere Speicherdichte als bei flüssiger oder gasförmiger Speicherung realisiert werden kann und weniger Energie sowie technischer Aufwand zur Freisetzung und Einspeicherung des Wasserstoffs benötigt wird als bei anderen Wasserstoffspeichersystemen.

Verfahrensseitig wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass als Speichermaterial eine Polyanilinverbindung verwendet wird und vorrichtungsseitig dadurch, dass der Speicherbehälter als Speichermaterial eine Polyanilinverbindung enthält.
Als Polyanilinverbindung wird reines Polyanilin verstanden, jedoch können auch dotierte Verbindungen oder anderweitig modifizierte Verbindungen (dedoped, redoped) verwendet werden. Zudem können als Hilfsstoffe Tenside oder Zuckerarten oder Nanokomposite, insbesondere Nanokomposite mit anorganischen Materialen wie metallischen oder keramischen Verbindungen als Kompositpartner, verwendet werden.
Die Einspeicherung von Wasserstoff erfolgt bevorzugt durch eine Erhöhung des Drucks im Speichertank oder Speicherbehälters und eine Ausspeicherung durch eine Verringerung des Drucks.
Die Lagerung von Wasserstoff erfolgt bei 0 bis 120 bar, insbesondere bei 20 bis 90 bar. Die Lagerung von Wasserstoff erfolgt bevorzugt bei Raumtemperatur. Die Raumtemperatur kann insbesondere zwischen -20 bis + 45 °C betragen. Sie entspricht insbesondere bei der Aufstellung des Speicherbehälters im Freien der Umgebungstemperatur.
Bei der Verwendung von Polyanilin als Speichermaterial wird für die Aufnahme und Freisetzung keine nennenswerte Wärmezu- oder Wärmeabfuhr benötigt. Dies bietet einen großen Vorteil gegenüber anderen Speichermaterialien.

Bevorzugt handelt es sich bei dem Speicherbehälter um einen stationären Speicherbehälter oder einem mobilen Speicherbehälter, wobei der Speicherbehälter ein Volumen von 0,00001 bis 250 $m^3$ aufweist.
Bevorzugt wird die die Polyanilinverbindung als Faser in den Speicherbehälter eingebracht. Insbesondere wird die Polyanilinverbindung als Schüttung in den Speicherbehälter eingebracht. Die Fasern können hierbei bevorzugt als Vollfasern, als

Hohlfasern, Nanofasern, Nanoröhrchen, Pellets oder Granulat oder als gesponnene Agglomerate (z.B. Electrospinning) verwendet werden. Die Morphologie kann je nach Form nicht-porös, porös oder nano-porös sein.

Der Vorteil an einer derartigen Schüttung ist, dass sie durch relativ kleine Öffnungen in bereits vorhandene Speicherbehälter eingebracht werden können. So können insbesondere Gasflaschen oder Speicherbehälter auch nachgerüstet werden. Die Öffnung kann insbesondere bei einer Gasflasche diejenige Öffnung sein, in welche anschließend das Gasventil eingesetzt wird. So ist bei Gasflaschen bevorzugt nur eine Öffnung notwendig. Stationäre Speicherbehälter oder größere Speicherbehälter, bevorzugt Auflieger von Tanklastzügen, weisen hingegen vorteilhafterweise separate Öffnungen für das Gas und die Schüttung auf. Größere Speicherbehälter weisen zudem bevorzugt mechanische Abtrennungen, insbesondere Gitter oder Käfige, als Trägerstruktur auf um eine Beschädigung des Speicher- und Behältermaterials zu verhindern. Durch die Verwendung von Trägerstrukturen lastet weniger Gewicht auf dem im unteren Bereich befindlichen Speichermaterial und/oder den Außenwänden des Speicherbehälters.

Die Fasern haben bevorzugt eine Faserlänge von 0,001 bis 100 mm und eine Faserstärke von 0,0001 bis 5 mm

Während der Einspeicherphase des Wasserstoffs in den Speicherbehälter, also während der Beladung des Speichermaterials mit Wasserstoff, wird Wasserstoff in den Tank gefüllt, wobei der Druck steigt. Der Wasserstoff lagert sich von Beginn an, also auch bei niedrigem Druck, sowohl über Chemiesorption als auch über Physisorption am Polyanilin an. Dadurch, dass das Polyanilin als Schüttung in den Speicherbehälter eingebracht ist, befindet sich im freien Volumen des Reaktors ungebundener gasförmiger Wasserstoff. Dieses freie Volumen dient bevorzugt dazu, dass sich der Wasserstoff im Behälter optimal ausbreiten kann und alle aktiven Zentren des Speichermaterials zugänglich sind. Bei Raumtemperatur kann bei einer Dichte des Polyanilins von 1,4 g/cm³ eine volumetrische Speicherdichte der am Polyanilin angelagerten Fraktion von 42 kg/m³ erzielt werden.

Bei leicht höheren Temperaturen kann eine noch größere Speicherdichte erzielt werden, da eine Verschiebung von Physisorption hin zu Chemisorption stattfindet. So können bei Temperaturen bis hin zu 120 °C höhere Speicherdichten erzielt werden.

Der Druck wird während der Einspeicherphase bevorzugt auf 20 bis 90 bar erhöht.

Zum Ausgleich von Temperaturschwankungen und deren Auswirkungen auf den

Druck, ist bei den verwendeten Speicherbehältern bevorzugt ein Überdruckventil vorgesehen oder die Speicherbehälter sind für höhere Drücke ausgelegt.
Die Ausspeicherung von Wasserstoff, also die Entladung des Speichermaterials, erfolgt durch eine Erniedrigung des Drucks. Wird der Druck im Speicherbehälter durch Ablassen von Wasserstoff gesenkt, geht der Wasserstoff aus der Bindung mit dem Polyanilin in die Gasphase über und sammelt sich im freien Volumen. Zur Freisetzung des Wasserstoffs sind keine technischen Wärmeeinträge oder Katalysatoren notwendig. Zudem wird reiner Wasserstoff freigesetzt, so dass abgesehen von einer bevorzugten Partikelabtrennung keine Aufreinigung der Gasphase notwendig ist.
Bevorzugt enthält der Speicherbehälter mindestens einen Filter oder eine Membran. Durch Einbringen eines Filters, insbesondere eines Partikelfilters, oder einer Membran in den Speicherbehälter oder vor der Gasöffnung kann verhindert werden, dass Polyanilin gemeinsam mit dem Wasserstoff ausgetragen wird. Wird hochreiner Wasserstoff benötigt oder sind zusätzliche Sicherheitsvorkehrungen notwendig um nachfolgende Apparaturen vor Verunreinigung mit Partikeln zu schützen, kann auch ein weiterer Fliehkraftabscheider oder Filter nach dem Speicherbehälter vorgesehen sein.
Bei einer Beschädigung oder Deaktivierung des Speichermaterials kann der Speicher trotzdem verwendet werden, wenn auch mit reduzierter Speicherkapazität.
Das Speichermaterial kann bei unterschiedlichen Speicherbehältergrößen verwendet werden und je nach Positionierung des Filters in jeder Position aufgestellt werden.
In einer alternativen Ausgestaltung des Speicherbehälters kann der Filter auch als Rohr ausgeführt sein, welches in den Speicherbehälter hineinragt und mit der Gasöffnung verbunden ist. Das Rohr kann auch mit mehreren Gasöffnungen verbunden sein. Durch das Rohr ist eine bessere Verteilung des Wasserstoffs in dem Speicherbehälter möglich und das Speichermaterial wird gleichmäßiger be- und entladen. Dies bietet insbesondere Vorteile, wenn eine größere Packungsdichte und daher ein geringeres freies Volumen im Speicherbehälter vorliegt, da die Zugänglichkeit der aktiven Zentren des Polyanilins für den Wasserstoff optimiert ist.

Zusammenfassend liegen die Vorteile der Verwendung von Polyanilin als Speichermaterial darin, dass das Speichermaterial in bereits vorhandene Speichervorrichtungen eingebracht werden kann und die maximale Speicherdichte der Speichervorrichtung erhöht werden kann, insbesondere im Vergleich mit gasförmigem Wasserstoff bei gleichen Druckverhältnissen. Sowohl für die Einspeicherphase als

auch für die Freisetzung ist kein technisches Wärmemanagement notwendig. Der Wasserstoff kann bei Ausspeicherung über einen einfachen Filter oder eine einfache Membran vom Polyanilin abgetrennt werden. Im Vergleich zur Speicherung von flüssigem Wasserstoff sind keine zusätzlichen Verflüssigungsanlagen oder Anlagen zur Aufrechterhaltung der niedrigen Temperaturen notwendig.

In weiteren Ausgestaltungen der Erfindung können als Speichermaterial auch Polypyrolverbindungen verwendet werden.

Im Folgenden soll die Erfindung anhand der in Figur 1 und Figur 2 schematisch dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert werden.

Fig 1.: Speicherbehälter gefüllt mit Speichermaterial und horizontalem Filter
Fig 2.: Speicherbehälter gefüllt mit Speichermaterial ausgestaltet mit Filterrohr

Figur 1 zeigt einen Speicherbehälter 1, welcher mit Speichermaterial 2 gefüllt ist. Der gezeigte Speicherbehälter 1 ist horizontal aufgestellt, kann jedoch auch vertikal aufgestellt werden.
Der Speicherbehälter 1 umfasst einen Filter 3, welcher verhindert, dass während der Ausspeicherphase des Wasserstoffs Speichermaterial 2 ausgetragen wird. Die Öffnung für das Gas 5, welche sowohl zur Einspeicherung von Wasserstoff als auch zur Ausspeicherung von Wasserstoff genutzt wird, befindet sich auf der gegenüberliegenden Seite des Filters.
Über Öffnung 4 kann Speichermaterial 2 in den Speicherbehälter 1 gefüllt werden. Diese Öffnung kann auch zum Austausch oder zur Wartung des Speichermaterials 2 oder des Filters 3 verwendet werden.

Figur 2 enthält im Wesentlichen die gleichen Elemente wie Figur 1. Der Filter 3 ist jedoch als Rohr ausgestaltet, welcher Diagonal durch den Speicherbehälter 1 geführt ist. So kann der Wasserstoff an den beiden Öffnungen 5 und 5‘ zugeführt und abgezogen werden. Durch den längeren Filter 3, welcher das gesamte Speichermaterial 2 durchzieht, ist dessen Zugänglichkeit verbessert. Die Einspeicherung und Ausspeicherung von Wasserstoff kann so schneller erfolgen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Speicherung von Wasserstoff in einem Speicherbehälter (1), welcher ein Speichermaterial (2) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass als Speichermaterial (2) eine Polyanilinverbindung verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Polyanilinverbindung als Faser in den Speicherbehälter (1) eingebracht wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Lagerung von Wasserstoff bei 0 bis 120 bar, insbesondere bei 20 bis 90 bar erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine Lagerung von Wasserstoff bei Raumtemperatur erfolgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine Einspeicherung von Wasserstoff durch eine Erhöhung des Drucks im Speicherbehälter (1) erfolgt und eine Ausspeicherung durch eine Verringerung des Drucks.
6. Vorrichtung zur Speicherung von Wasserstoff umfassend einen Speicherbehälter (1) welcher mindestens eine Öffnung (4) für ein Speichermaterial (2) aufweist und mindestens eine Öffnung (5) zur Zuführung und zum Ablassen des Wasserstoff umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass der Speicherbehälter (1) als Speichermaterial (2) eine Polyanilinverbindung enthält.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Polyanilinverbindung als Schüttung in den Speicherbehälter (1) eingebracht ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Polyanilinverbindung als Fasern, insbesondere mit einer Faserlänge von 0,001 bis 100 mm und eine Faserstärke von 0,0001 bis 5 mm, in den Speicherbehälter eingebracht sind.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Speicherbehälter (1) mindestens einen Filter (3) oder eine Membran enthält.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Speicherbehälter um einen stationären Speicherbehälter oder einem mobilen Speicherbehälter handelt, wobei der Speicherbehälter ein Volumen von 0,00001 bis 250 $m^3$ aufweist.

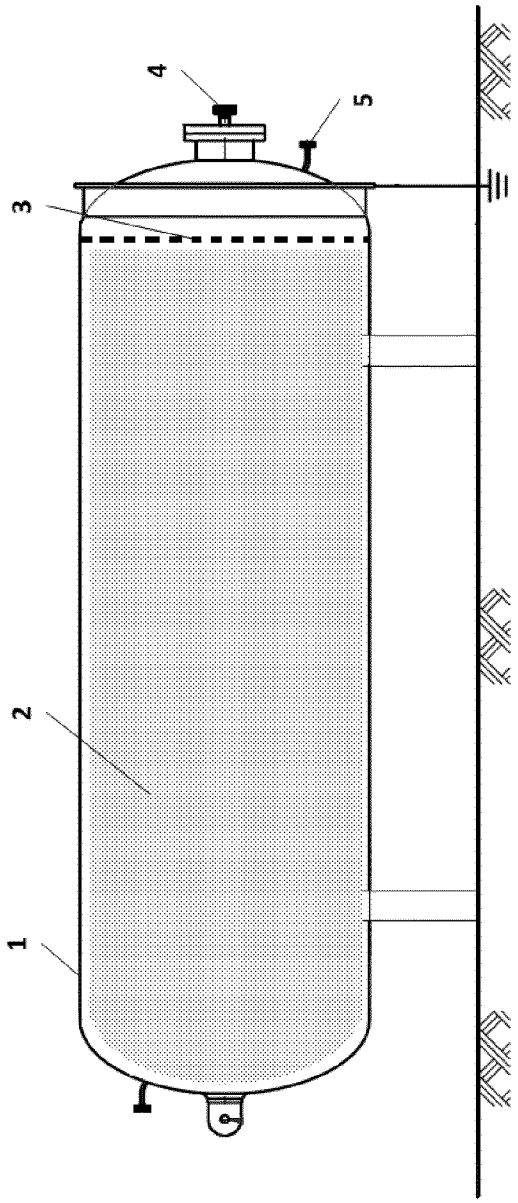



FIG 1

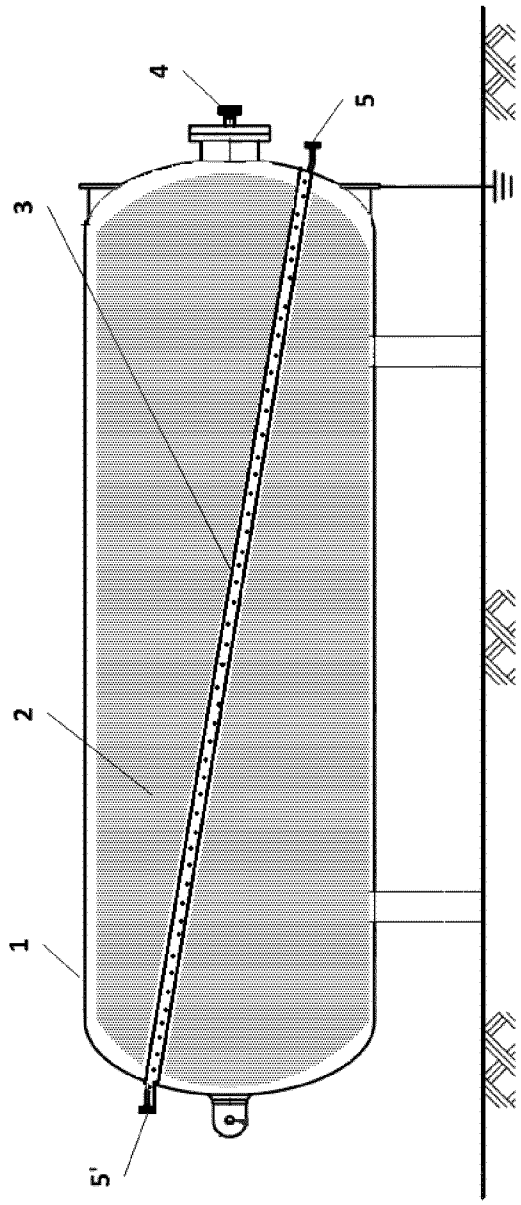



FIG 2

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/025251

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. C01B3/00 F17C11/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
C01B F17C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| X | JP 2004 026559 A (TOYOTA MOTOR CORP) 29 January 2004 (2004-01-29) paragraph [0016] | 1,3,4,6, 9 |
| X | US 2015/017414 A1 (GECKELER KURT E [KR] ET AL) 15 January 2015 (2015-01-15) paragraph [0035]; examples 1,3 | 1,2,6-8, 10 |
| X | US 2007/039473 A1 (NAZRI GHOLAM-ABBAS [US]) 22 February 2007 (2007-02-22) paragraph [0027]; figures 1,2 | 1,3,5,6, 9 |
| X | WO 2007/015597 A1 (SEOUL NAT UNIV IND FOUNDATION [KR]; IHM JI SOON [KR]; LEE HOON KYUNG [) 8 February 2007 (2007-02-08) paragraphs [0068], [0084]; example 1 | 1,4,6,9 |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

| Date of the actual completion of the international search | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| 8 November 2017 | 15/11/2017 |

| Name and mailing address of the ISA/ | Authorized officer |
|---|---|
| European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016 | Cristescu, Ioana |

1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2017/025251

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---|---|---|
| JP 2004026559 A | 29-01-2004 | NONE | |
| US 2015017414 A1 | 15-01-2015 | KR 101402851 B1 | 02-06-2014 |
| | | US 2015017414 A1 | 15-01-2015 |
| US 2007039473 A1 | 22-02-2007 | NONE | |
| WO 2007015597 A1 | 08-02-2007 | NONE | |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/025251

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. C01B3/00 F17C11/00
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )
C01B F17C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|---|---|---|
| X | JP 2004 026559 A (TOYOTA MOTOR CORP) 29. Januar 2004 (2004-01-29) Absatz [0016] | 1,3,4,6, 9 |
| X | US 2015/017414 A1 (GECKELER KURT E [KR] ET AL) 15. Januar 2015 (2015-01-15) Absatz [0035]; Beispiele 1,3 | 1,2,6-8, 10 |
| X | US 2007/039473 A1 (NAZRI GHOLAM-ABBAS [US]) 22. Februar 2007 (2007-02-22) Absatz [0027]; Abbildungen 1,2 | 1,3,5,6, 9 |
| X | WO 2007/015597 A1 (SEOUL NAT UNIV IND FOUNDATION [KR]; IHM JI SOON [KR]; LEE HOON KYUNG [) 8. Februar 2007 (2007-02-08) Absätze [0068], [0084]; Beispiel 1 | 1,4,6,9 |

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche | Absendedatum des internationalen Recherchenberichts |
|---|---|
| 8. November 2017 | 15/11/2017 |

| Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde | Bevollmächtigter Bediensteter |
|---|---|
| Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016 | Cristescu, Ioana |

1

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/025251

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|---|---|---|---|
| JP 2004026559 A | 29-01-2004 | KEINE | |
| US 2015017414 A1 | 15-01-2015 | KR 101402851 B1 | 02-06-2014 |
| | | US 2015017414 A1 | 15-01-2015 |
| US 2007039473 A1 | 22-02-2007 | KEINE | |
| WO 2007015597 A1 | 08-02-2007 | KEINE | |