

(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
02. Mai 2024 (02.05.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/088683 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01R 31/392 (2019.01) G01R 31/396 (2019.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2023/076731

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. September 2023 (27.09.2023)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2022 128 181.7
25. Oktober 2022 (25.10.2022) DE

(71) Anmelder: BAYERISCHE MOTOREN WERKE AK-
TIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Petuelring 130, 80809
München (DE).

(72) Erfinder: MAERKL, Andreas; Ehrengutstraße 19, 80469
München (DE). WIESMEIER, Julian; St. Stephan Weg 7,
82041 Deisenhofen (DE). BIELESCH, Stefan; Hansjakob-
straße 103, 81825 München (DE). PLUCH, Kevin; Cincin-
natistrasse 34, 81549 München (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, CV, CZ, DE, DJ,
DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO,
JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST,

(54) Title: DETECTION DEVICE FOR AN ELECTRICAL ENERGY STORE OF A MOTOR VEHICLE WITH DYNAMIC
PLAUSIBILITY CHECKING

(54) Bezeichnung: DETEKTIONSVORRICHTUNG FÜR EINEN ELEKTRISCHEN ENERGIESPEICHER EINES
KRAFTFAHRZEUGS MIT DYNAMIKPLAUSIBILISIERUNG

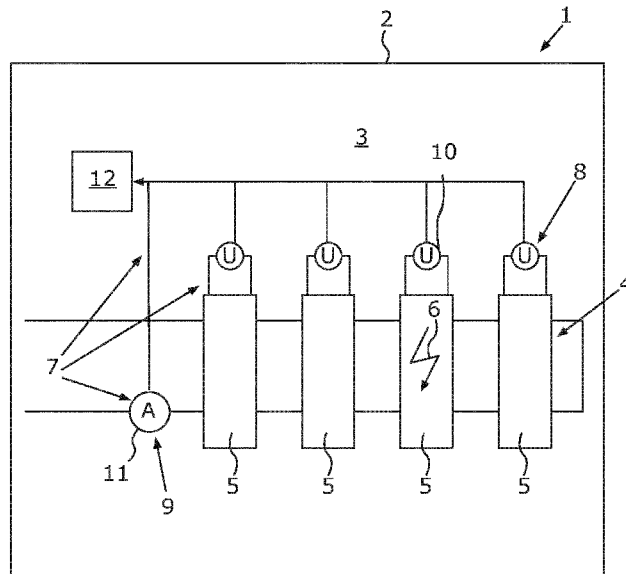


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a detection device (7) for an electrical energy store (1) of a motor vehicle for detecting a fault (6) of at least one energy store cell (5) of a circuit (4) of energy storage cells (5) of the energy store (1), having: - a current sensor apparatus (9) for detecting current values of the circuit (4), - a voltage sensor apparatus (8) for detecting cell voltage values of the energy store cells (5), and - a storage and evaluation apparatus (12) that is designed to receive the current values and the cell voltage values and to temporarily store same over a predefined time span (Δt_1 , Δt_2 , Δt_3), to compare a respective dynamic of cell voltage profiles (U_1 , U_2 , U_2') obtained from the temporarily stored cell voltage values of a time span (Δt_1 , Δt_2 , Δt_3) with a dynamic of the current profile (I) obtained from the temporarily stored current values of the time span (Δt_1 , Δt_2 , Δt_3) and to detect, on the basis of the comparison,



WO 2024/088683 A1



SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, 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)

a fault (6) of at least one energy store cell (5).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Detektionsvorrichtung (7) für einen elektrischen Energiespeicher (1) eines Kraftfahrzeugs zum Detektieren eines Fehlers (6) zumindest einer Energiespeicherzelle (5) einer Verschaltung (4) aus Energiespeicherzellen (5) des Energiespeichers (1), aufweisend: - eine Stromsensoreinrichtung (9) zum Erfassen von Stromwerten der Verschaltung (4), - eine Spannungssensoreinrichtung (8) zum Erfassen von Zellspannungswerten der Energiespeicherzellen (5), und - eine Speicher- und Auswerteeinrichtung (12), welche dazu ausgelegt ist, die Stromwerte und die Zellspannungswerte zu empfangen und über eine vorbestimmte Zeitspanne (Δt_1 , Δt_2 , Δt_3) zwischenzuspeichern, eine jeweilige Dynamik von aus den zwischengespeicherten Zellspannungswerten einer Zeitspanne (Δt_1 , Δt_2 , Δt_3) erhaltenen Zellspannungsverläufen (U_1 , U_2 , U_2') mit einer Dynamik des aus den zwischengespeicherten Stromwerten der Zeitspanne (Δt_1 , Δt_2 , Δt_3) erhaltenen Stromverlaufs (I) zu vergleichen und anhand des Vergleiches einen Fehler (6) zumindest einer Energiespeicherzelle (5) zu erkennen.

Detektionsvorrichtung für einen elektrischen Energiespeicher eines Kraftfahrzeugs mit
Dynamikplausibilisierung

Die Erfindung betrifft eine Detektionsvorrichtung für einen elektrischen Energiespeicher eines Kraftfahrzeugs zum Detektieren eines Fehlers zumindest einer Energiespeicherzelle einer Verschaltung aus Energiespeicherzellen des Energiespeichers. Die Detektionsvorrichtung weist eine Stromsensoreinrichtung zum Erfassen von Stromwerten der Verschaltung und eine Spannungssensoreinrichtung zum Erfassen von Zellspannungswerten der Energiespeicherzellen auf. Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zum Detektieren eines Fehlers einer Energiespeicherzelle, einen elektrischen Energiespeicher sowie ein Kraftfahrzeug.

Vorliegend richtet sich das Interesse auf elektrische Energiespeicher, welche beispielsweise als Traktionsbatterien für elektrifizierte Kraftfahrzeuge eingesetzt werden können. Solche elektrischen Energiespeicher weisen üblicherweise zumindest eine Verschaltung aus Energiespeicherzellen auf, welche in einem Innenraum eines Speichergehäuses des elektrischen Energiespeichers angeordnet ist. Im Falle eines Fehlers einer Energiespeicherzelle, beispielsweise eines zellinternen Kurzschlusses, kann es zu einer Entgasung der Energiespeicherzelle kommen, durch welche Hitze und Partikel in den Innenraum des Speichergehäuses transportiert werden. Dadurch können weitere Speicherkomponenten, beispielsweise weitere Energiespeicherzellen, geschädigt werden. Daher ist es wünschenswert, solche Fehler bzw. Zelldefekte erkennen zu können.

Hierfür wird der Energiespeicher üblicherweise mit einer Detektionsvorrichtung zum Überwachen der Energiespeicherzellen ausgestattet, welche Sensoreinrichtungen zum Erfassen von Kenngrößen des elektrischen Energiespeichers aufweist. Solche Sensoreinrichtungen sind beispielsweise Stromsensoreinrichtungen zum Erfassen von Stromwerten der Energiespeicherzellen und Zellspannungssensoren zum Erfassen von Zellspannungswerten der Energiespeicherzellen. Beispielsweise kann durch Vergleich der erfassten Zellspannungswerten mit einem vorbestimmten Spannungssollwert eine defekte Energiespeicherzelle erkannt werden. Insbesondere in einer Parallelverschaltung von Energiespeicherzellen wird jedoch im unbelasteten Zustand das Spannungsverhalten

einer defekten Energiespeicherzelle durch die anderen Energiespeicherzellen ausgeglichen. Somit kann anhand des Vergleiches ein Fehler nicht oder nicht immer erkannt werden. Außerdem kann es vorkommen, dass sich das Spannungsverhalten der Energiespeicherzellen alterungsbedingt ändert, sodass der Spannungssollwert zum Verhindern einer Falschdiagnose über die Zeit angepasst werden muss.

Daher sind üblicherweise weitere Sensoreinrichtungen, beispielsweise Temperatursensoreinrichtungen zum Erfassen einer Temperatur in dem Innenraum des Speichergehäuses und/oder der Energiespeicherzellen, Drucksensoreinrichtungen zum Erfassen eines Drucks in den Innenraum des Speichergehäuses, Lichtsensoreinrichtungen zum Erfassen von Flammen in dem Innenraum des Speichergehäuses, etc., vorgesehen, welche primär zur Beobachtung von Fehlermerkmalen dienen, die auf einen offensichtlichen Defekt einer Energiespeicherzelle hinweisen. Solche zusätzlichen Sensoreinrichtungen erhöhen jedoch die Kosten und das Gewicht des elektrischen Energiespeichers.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine einfache und kostengünstige Lösung zur Erkennung eines Fehlers einer Energiespeicherzelle eines elektrischen Energiespeichers für ein Kraftfahrzeug bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Detektionsvorrichtung, ein Verfahren, einen elektrischen Energiespeicher sowie ein Kraftfahrzeug mit den Merkmalen gemäß den jeweiligen unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche, der Beschreibung sowie der Figuren.

Eine erfindungsgemäße Detektionsvorrichtung für einen elektrischen Energiespeicher eines Kraftfahrzeugs dient zum Detektieren eines Fehlers zumindest einer Energiespeicherzelle einer Verschaltung aus Energiespeicherzellen des Energiespeichers. Die Detektionsvorrichtung weist eine Stromsensoreinrichtung zum Erfassen von Stromwerten der Verschaltung und eine Spannungssensoreinrichtung zum Erfassen von Zellspannungswerten der Energiespeicherzellen auf. Ferner weist die Detektionsvorrichtung eine Speicher- und Auswerteeinrichtung auf, welche dazu ausgelegt ist, die Stromwerte und die Zellspannungswerte zu empfangen und über eine vorbestimmte Zeitspanne zwischenzuspeichern, eine jeweilige Dynamik von aus den zwischengespeicherten Zellspannungswerten einer Zeitspanne erhaltenen Zellspannungsverläufen mit einer Dynamik des aus den zwischengespeicherten

Stromwerten der Zeitspanne erhaltenen Stromverlaufs zu vergleichen und anhand des Vergleiches einen Fehler zumindest einer Energiespeicherzelle zu erkennen.

Zur Erfindung gehört außerdem ein Verfahren zum Detektieren eines Fehlers zumindest einer Energiespeicherzelle einer Verschaltung aus Energiespeicherzellen eines elektrischen Energiespeichers. Bei dem Verfahren werden Stromwerte der Verschaltung und Zellspannungswerte der Energiespeicherzellen erfasst. Diese Stromwerte und Zellspannungswerte werden empfangen und über eine vorbestimmte Zeitspanne zwischengespeichert. Dann wird eine jeweilige Dynamik von aus den zwischengespeicherten Zellspannungswerten einer Zeitspanne erhaltenen Zellspannungsverläufen mit einer Dynamik des aus den zwischengespeicherten Stromwerten der Zeitspanne erhaltenen Stromverlaufs verglichen und ein Fehler der zumindest einer Energiespeicherzelle anhand des Vergleiches erkannt.

Ein erfindungsgemäßer elektrischer Energiespeicher umfasst eine Verschaltung aus elektrischen Energiespeicherzellen und eine erfindungsgemäße Detektionsvorrichtung. Der elektrische Energiespeicher ist insbesondere ein Hochvoltenergiespeicher und dient als wiederaufladbare Traktionsbatterie für ein elektrifiziertes Kraftfahrzeug. Der elektrische Energiespeicher weist eine Vielzahl von Energiespeicherzellen bzw. Batteriezellen, beispielsweise prismatische Zellen, Rundzellen oder Pouchzellen, auf, welche miteinander verschaltet sind und in einem Innenraum eines Speichergehäuses des elektrischen Energiespeichers angeordnet sind. Vorzugsweise weist die Verschaltung aus Energiespeicherzellen zumindest eine Parallelschaltung bzw. einen Parallelverbund aus zumindest zwei Energiespeicherzellen auf.

Zur Überwachung der Energiespeicherzellen weist der elektrische Energiespeicher die Detektionsvorrichtung auf. Die Detektionsvorrichtung ist dazu ausgelegt, anhand der gemessenen Stromwerte der Energiespeicherzellen und der gemessenen Zellspannungswerte der Energiespeicherzellen einen Fehler zumindest einer Energiespeicherzelle, also einen Zelldefekt, zu erkennen. Insbesondere ist die Detektionsvorrichtung dazu ausgelegt, nur anhand der gemessenen Stromwerte und der gemessenen Zellspannungswerte, ohne die Verwendung von Sensordaten anderer Sensoreinrichtungen und ohne einen Vergleich der gemessenen Werte mit vorbestimmten Sollwerten, den Fehler zu erkennen. Dazu weist die Detektionsvorrichtung die Spannungssensoreinrichtung, welche pro Energiespeicherzelle insbesondere einen Spannungssensor zum Messen von zellspezifischen Zellspannungswerten aufweist, und die Stromsensoreinrichtung, welche pro Verschaltung insbesondere zumindest einen

Stromsensor zum Messen eines durch die Verschaltung hindurchfließenden Stromes aufweist, auf. Der durch die Verschaltung fließende Strom korrespondiert dabei mit einem durch die einzelnen Energiespeicherzellen korrespondierenden Strom.

Die von der Stromsensoreinrichtung und den Spannungssensoreinrichtungen erfassten Stromwerte und Zellspannungswerte werden der Speicher- und Auswerteeinrichtung der Detektionsvorrichtung übermittelt und dort für eine vorbestimmte Zeitspanne, beispielsweise für höchstens einige Sekunden, zwischengespeichert bzw. gebuffert. Die Speicher- und Auswerteeinrichtung kann beispielsweise in ein energiespeicherinternes Steuergerät integriert sein und kommunikationstechnisch, beispielsweise leitungsgebunden, mit der Stromsensoreinrichtung und der Spannungssensoreinrichtung verbunden sein. Die Speicher- und Auswerteeinrichtung weist insbesondere einen Puffer bzw. einen Zwischenspeicher zum temporären Speichern der Stromwerte und Zellspannungswerte auf, welcher dazu ausgelegt ist, die Stromwerte und Zellspannungswerte kontinuierlich fortlaufend über die vorbestimmte Zeitspanne zu speichern. Es werden also kontinuierlich Strom- und Zellspannungswerte über die vorbestimmte Zeitspanne in dem Puffer zwischengespeichert, wobei für jeden neu eintreffenden, aktuellen Wert der älteste Wert wieder gelöscht werden kann. Der Puffer weist somit insbesondere eine fixe Fensterbreite auf, wobei die Fensterbreite der Zeitspanne entspricht. Der Puffer weist also die aktuellen Strom- und Zellspannungswerte sowie eine vorbestimmte Anzahl an zurückliegenden, in der Vergangenheit erfassten Strom- und Zellspannungswerten auf.

Anhand der über die Zeitspanne zwischengespeicherten Stromwerte und Zellspannungswerte können ein Stromverlauf bzw. Stromsignal und Zellspannungsverläufe bzw. Zellspannungssignale bestimmt werden. Die Zellspannungsverläufe werden nun mit dem Stromverlauf abgeglichen. Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die Dynamik der Zellspannungsverläufe bei fehlerlosen Energiespeicherzellen der Dynamik des Stromverlaufs folgen sollte. Weicht die Dynamik eines Zellspannungsverlaufs von der Dynamik des Stromverlaufs ab, so deutet dies auf einen Defekt der zugehörigen Energiespeicherzelle hin. Zur Zellüberwachung wird also die Dynamik der Zellspannungsverläufe anhand der Dynamik des Stromverlaufes plausibilisiert.

Beispielsweise ist die Speicher- und Auswerteeinrichtung dazu ausgelegt, zum Bestimmen und Vergleichen der Dynamiken Gradienten der Zellspannungsverläufe und des Stromverlaufes zu bestimmen und den Fehler zumindest einer Energiespeicherzelle

zu erkennen, falls der Gradient des zugehörigen Zellspannungsverlaufes zumindest abschnittsweise entgegengesetzt zu dem Gradienten des Stromverlaufes gerichtet ist. Einem positiven Gradienten des Stromsignals, welcher aus ansteigenden Stromwerten resultiert, sollte also im fehlerlosen Fall ein positiver Gradient des Zellspannungssignals, welcher aus ansteigenden Zellspannungswerten resultiert, folgen. Umgekehrt sollte einem negativen Gradienten des Stromsignals, welcher aus sinkenden Stromwerten resultiert, im fehlerlosen Fall ein negativer Gradient des Zellspannungssignals, welcher aus sinkenden Zellspannungswerten resultiert, folgen. Weicht der Gradient eines Zellspannungssignals zumindest abschnittsweise vorzeichenmäßig von dem Gradienten des Stromsignals ab, so wird der Fehler der zugehörigen Energiespeicherzelle erkannt.

Das mittels der Detektionsvorrichtung durchgeführte Verfahren, bei welchem zur Fehlerdetektion lediglich die Dynamiken des Stromverlaufs und der Zellspannungsverläufe zueinander plausibilisiert werden, ist besonders vorteilhaft, da es unabhängig von alterungsbedingten Änderungen des Spannungsverhaltens der Energiespeicherzellen ist. Es müssen also keine Sollwerte bereitgestellt und fortlaufend kalibriert werden. Außerdem werden mittels des Verfahrens auch Defekte erkannt, welche aufgrund des defektausgleichenden Parallelverbunds der Energiespeicherzellen anhand des bloßen Spannungsverhaltens nicht erkannt werden könnten.

Zur Erfindung gehört außerdem ein Kraftfahrzeug mit einem erfindungsgemäßen elektrischen Energiespeicher. Das Kraftfahrzeug ist ein elektrisch antreibbares Kraftfahrzeug in Form von einem Elektro- oder Hybridfahrzeug und weist den elektrischen Energiespeicher als Traktionsbatterie auf.

Die mit Bezug auf die Detektionsvorrichtung vorgestellten Ausführungsformen und deren Vorteile gelten entsprechend für das erfindungsgemäße Verfahren, für den erfindungsgemäßen elektrischen Energiespeicher sowie für das erfindungsgemäße Kraftfahrzeug.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, den Figuren und der Figurenbeschreibung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren allein gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar.

Die Erfindung wird nun anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels sowie unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines elektrischen Energiespeichers eines Kraftfahrzeugs,
- Fig. 2a-2c Strom- und Zellspannungsverläufe von fehlerlosen Energiespeicherzellen des elektrischen Energiespeichers; und
- Fig. 3 Strom- und Zellspannungsverläufe von einer fehlerlosen und einer fehlerbehafteten Energiespeicherzelle.

In den Figuren sind gleiche sowie funktionsgleiche Elemente mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Fig. 1 zeigt einen elektrischen Energiespeicher 1 für ein Kraftfahrzeug. Der elektrische Energiespeicher 1 weist ein Speichergehäuse 2 auf, in dessen Innenraum 3 zumindest eine Verschaltung 4 aus Energiespeicherzellen 5 angeordnet ist. Zur Erkennung eines Fehlers 6 bzw. Zelldefekts einer Energiespeicherzelle 5 der Verschaltung 4, beispielsweise einer bevorstehenden Zellentgasung aufgrund eines zellinternen Kurzschlusses, weist der elektrische Energiespeicher 1 außerdem eine Detektionsvorrichtung 7 auf, welche eine Spannungssensoreinrichtung 8 und eine Stromsensoreinrichtung 9 aufweist. Die Spannungssensoreinrichtung 8 weist hier für jede Energiespeicherzelle 5 einen Spannungssensor 10 zum Messen von Zellspannungswerten der jeweiligen Energiespeicherzelle 5 auf. Die Stromsensoreinrichtung 9 weist hier pro Verschaltung 4 einen Stromsensor 11 zum Messen von Stromwerten der Verschaltung 4 auf. Die Detektionsvorrichtung 7 weist außerdem eine Speicher- und Auswerteeinrichtung 12 auf, welche mit der Spannungssensoreinrichtung 8 und der Stromsensoreinrichtung 9 gekoppelt ist und welcher die erfassten Zellspannungswerte und Stromwerte übermittelt werden. Die übermittelten Zellspannungswerte und Stromwerte werden von der Speicher- und Auswerteeinrichtung 12 über eine vorbestimmte Zeitspanne Δt_1 , Δt_2 , Δt_3 zwischengespeichert.

Fig. 2a, Fig. 2b und Fig. 2c zeigen einen mit dem aktuellen Zeitpunkt t_1^* , t_2^* , t_3^* fortschreitenden Stromverlauf I der Verschaltung 4 und zwei mit dem aktuellen Zeitpunkt t_1^* , t_2^* , t_3^* fortschreitende Zellspannungsverläufe U_1 , U_2 zweier fehlerloser

Energiespeicherzellen 5 über die Zeit t . Außerdem ist ein mit dem aktuellen Zeitpunkt $t1^*$, $t2^*$, $t3^*$ fortlaufendes Pufferfenster $Pt1$, $Pt2$, $Pt3$ der Breite B gezeigt, wobei die Breite B des Pufferfensters $Pt1$, $Pt2$, $Pt3$ der jeweiligen Zeitspanne $\Delta t1$, $\Delta t2$, $\Delta t3$ entspricht, innerhalb welcher die von den Sensoreinrichtungen 8, 9 gemessenen Werte in der Speicher- und Auswerteeinrichtung 12 zwischengespeichert und analysiert werden. Zur Fehlererkennung wird das aktuelle Pufferfenster $Pt1$, $Pt2$, $Pt3$, welches die Strom- und Zellspannungswerte des aktuellen Zeitpunktes $t1^*$, $t2^*$, $t3^*$ und die in der aktuellen Zeitspanne $\Delta t1$, $\Delta t2$, $\Delta t3$ zurückliegenden Strom- und Zellspannungswerte umfasst, betrachtet. Anders ausgedrückt wird eine „Vergangenheit“ der Stromwerte und Zellspannungswerte, welche einen vorbestimmten Zeitraum abdeckt, kontinuierlich bewertet.

Pro Pufferfenster $Pt1$, $Pt2$, $Pt3$ werden die Dynamiken der Zellspannungsverläufe $U1$, $U2$ mit der Dynamik des Stromverlaufes I verglichen. Zusätzlich können die Dynamiken der Zellspannungsverläufe $U1$, $U2$ auch untereinander verglichen werden und somit gegeneinander plausibilisiert werden. In Fig. 2a bis Fig. 2c sind in jedem Pufferfenster $Pt1$, $Pt2$, $Pt3$ die Dynamiken der Zellspannungsverläufe $U1$, $U2$ gleich zu der Dynamik des Stromverlaufes I . Zur Dynamikplausibilisierung kann eine Abfolge der Gradienten der Zellspannungsverläufe $U1$, $U2$ und des Stromverlaufes I innerhalb der jeweiligen Zeitspanne $\Delta t1$, $\Delta t2$, $\Delta t3$ betrachtet werden. Beispielsweise weisen die Gradienten der Verläufe $U1$, $U2$, I im Abschnitt $\Delta t1a$ der ersten Zeitspanne $\Delta t1$ jeweils negative Vorzeichen und im darauffolgenden Abschnitt $\Delta t1b$ der ersten Zeitspanne $\Delta t1$ jeweils positive Vorzeichen auf. Im Abschnitt $\Delta t1c$ weisen die Gradienten der Verläufe $U1$, $U2$, I negative Vorzeichen auf und im darauffolgenden Abschnitt $\Delta t1d$ wieder positive Vorzeichen auf. Auch im Pufferfenster $Pt2$ ist die Abfolge von Abschnitten mit negativen und positiven Gradienten bei den Zellspannungssignalen $U1$, $U2$ und dem Stromsignal I gleich. Im dritten Zeitfenster $B3$ weisen alle Verläufe $U1$, $U2$, I einen Gradienten von 0 auf, sodass auch hier die Gradienten aller Verläufe $U1$, $U2$, I dasselbe Vorzeichen aufweisen. Sobald also die Gradienten der Zellspannungsverläufe $U1$, $U2$ und der Gradient des Stromverlaufes I in zueinander korrespondierenden Abschnitten der Zeitspannen $\Delta t1$, $\Delta t2$, $\Delta t3$ gleichgerichtet sind, sind die Dynamiken gleich und die Energiespeicherzellen 5 werden als fehlerlos klassifiziert.

Fig. 3 zeigt den Zellspannungsverlauf $U2'$ für eine defekte Energiespeicherzelle 5. Hier weicht im Pufferfenster $Pt1$ die Dynamik des Zellspannungsverlaufes $U2'$ von der Dynamik des Stromsignals I ab. Dies ist ersichtlich an dem Abschnitt $\Delta t1d$, bei welchem der Gradient des Stromsignals I positiv ist, während der Gradient des Zellspannungssignals

U_2' zumindest teilweise negativ ist. Der Gradient des Zellspannungssignals U_2' ist also entgegengesetzt zum Gradienten des Stromsignals I gerichtet. Diese Abweichung der Dynamik des Zellspannungsverlaufes U_2' zu der Dynamik des Stromverlaufs I wird von der Speicher- und Auswerteeinrichtung 12 erkannt und die zu dem Zellspannungsverlauf U_2' gehörige Energiespeicherzelle 5 wird als fehlerbehaftet bzw. defekt klassifiziert.

Patentansprüche

1. Detektionsvorrichtung (7) für einen elektrischen Energiespeicher (1) eines Kraftfahrzeugs zum Detektieren eines Fehlers (6) zumindest einer Energiespeicherzelle (5) einer Verschaltung (4) aus Energiespeicherzellen (5) des Energiespeichers (1), aufweisend:
 - eine Stromsensoreinrichtung (9) zum Erfassen von Stromwerten der Verschaltung (4),
 - eine Spannungssensoreinrichtung (8) zum Erfassen von Zellspannungswerten der Energiespeicherzellen (5),gekennzeichnet durch eine Speicher- und Auswerteeinrichtung (12), welche dazu ausgelegt ist, die Stromwerte und die Zellspannungswerte zu empfangen und über eine vorbestimmte Zeitspanne (Δt_1 , Δt_2 , Δt_3) zwischenzuspeichern, eine jeweilige Dynamik von aus den zwischengespeicherten Zellspannungswerten einer Zeitspanne (Δt_1 , Δt_2 , Δt_3) erhaltenen Zellspannungsverläufen (U_1 , U_2 , U_2') mit einer Dynamik des aus den zwischengespeicherten Stromwerten der Zeitspanne (Δt_1 , Δt_2 , Δt_3) erhaltenen Stromverlaufs (I) zu vergleichen und anhand des Vergleiches einen Fehler (6) zumindest einer Energiespeicherzelle (5) zu erkennen.
2. Detektionsvorrichtung (7) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannungssensoreinrichtung (8) pro Energiespeicherzelle (5) einen Spannungssensor (10) aufweist.
3. Detektionsvorrichtung (7) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Stromsensoreinrichtung (9) pro Verschaltung (4) einen Stromsensor (11) aufweist.
4. Detektionsvorrichtung (7) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Speicher- und Auswerteeinrichtung (12) dazu ausgelegt ist, zum Bestimmen und Vergleichen der Dynamiken Gradienten der Zellspannungsverläufe (U_1 , U_2 , U_2') und des Stromverlaufes (I) zu bestimmen und den Fehler (6) zumindest einer Energiespeicherzelle (5) zu erkennen, falls der Gradient des zugehörigen Zellspannungsverlaufes (U_2') zumindest abschnittsweise entgegengesetzt zu dem

Gradienten des Stromverlaufes (I) gerichtet ist.

5. Detektionsvorrichtung (7) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Speicher- und Auswerteeinrichtung (12) einen Puffer aufweist, welche dazu ausgelegt ist, die Stromwerte und Zellspannungswerte temporär und kontinuierlich fortlaufend über die vorbestimmte Zeitspanne (Δt_1 , Δt_2 , Δt_3) zu speichern.
6. Verfahren zum Detektieren eines Fehlers (6) zumindest einer Energiespeicherzelle (5) einer Verschaltung (4) aus Energiespeicherzellen (5) eines elektrischen Energiespeichers (1), mit den Schritten:
 - Erfassen von Stromwerten der Verschaltung (4),
 - Erfassen von Zellspannungswerten der Energiespeicherzellen (5),
 - Empfangen und Zwischenspeichern der Stromwerte und der Zellspannungswerte über eine vorbestimmte Zeitspanne (Δt_1 , Δt_2 , Δt_3),
 - Vergleichen einer jeweiligen Dynamik von aus den zwischengespeicherten Zellspannungswerten einer Zeitspanne (Δt_1 , Δt_2 , Δt_3) erhaltenen Zellspannungsverläufen (U_1 , U_2 , U_2') mit einer Dynamik des aus den zwischengespeicherten Stromwerten der Zeitspanne (Δt_1 , Δt_2 , Δt_3) erhaltenen Stromverlaufs (I), und
 - Erkennen eines Fehlers (6) zumindest einer Energiespeicherzelle (5) anhand des Vergleiches.
7. Elektrischer Energiespeicher (1) für ein Kraftfahrzeug, aufweisend zumindest eine Verschaltung (4) aus elektrischen Energiespeicherzellen (5) und eine Detektionsvorrichtung (7) nach einem der Ansprüche 1 bis 5.
8. Elektrischer Energiespeicher (1) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschaltung (4) aus Energiespeicherzellen (5) zumindest eine Parallelschaltung aus zumindest zwei Energiespeicherzellen (5) aufweist.
9. Kraftfahrzeug mit einem elektrischen Energiespeicher (1) nach Anspruch 7 oder 8.

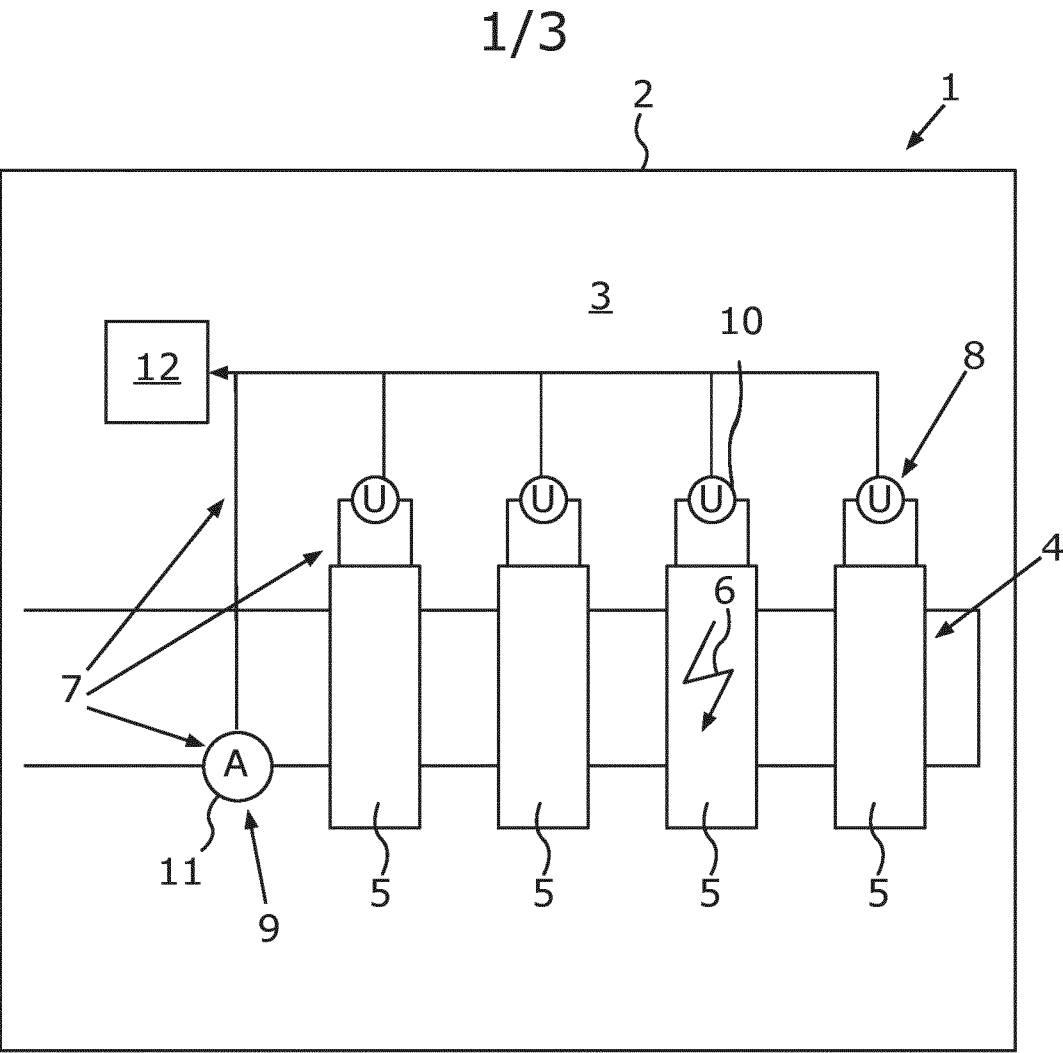
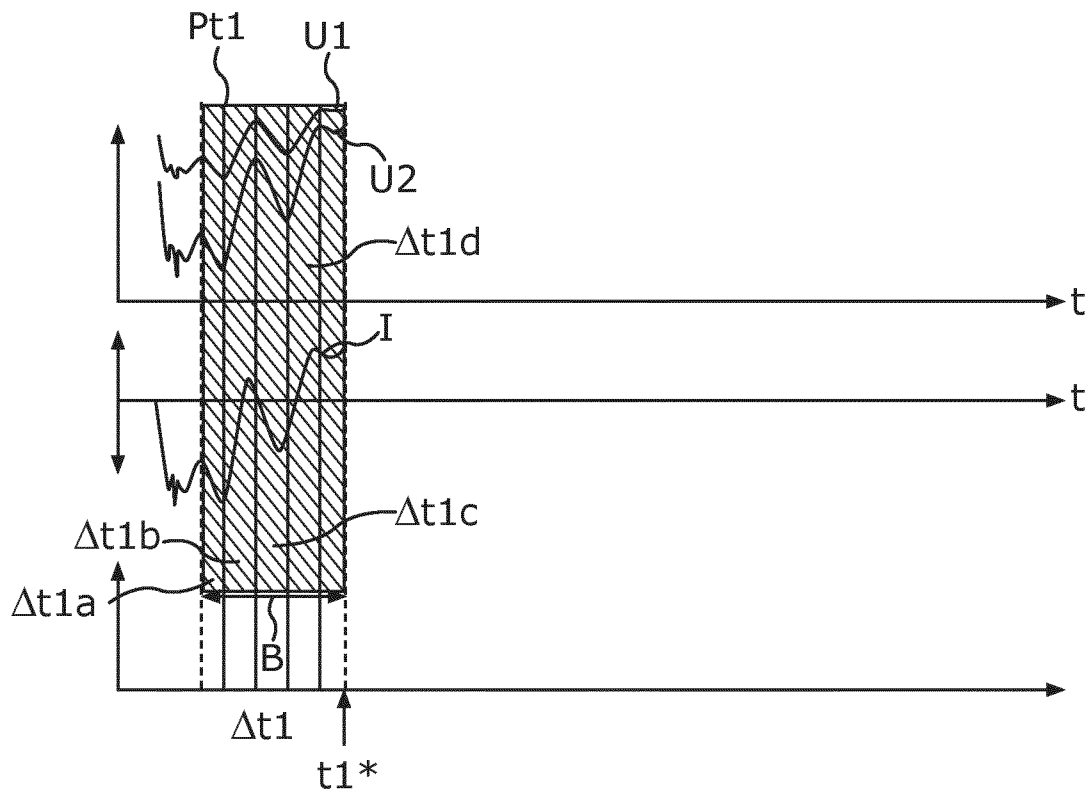
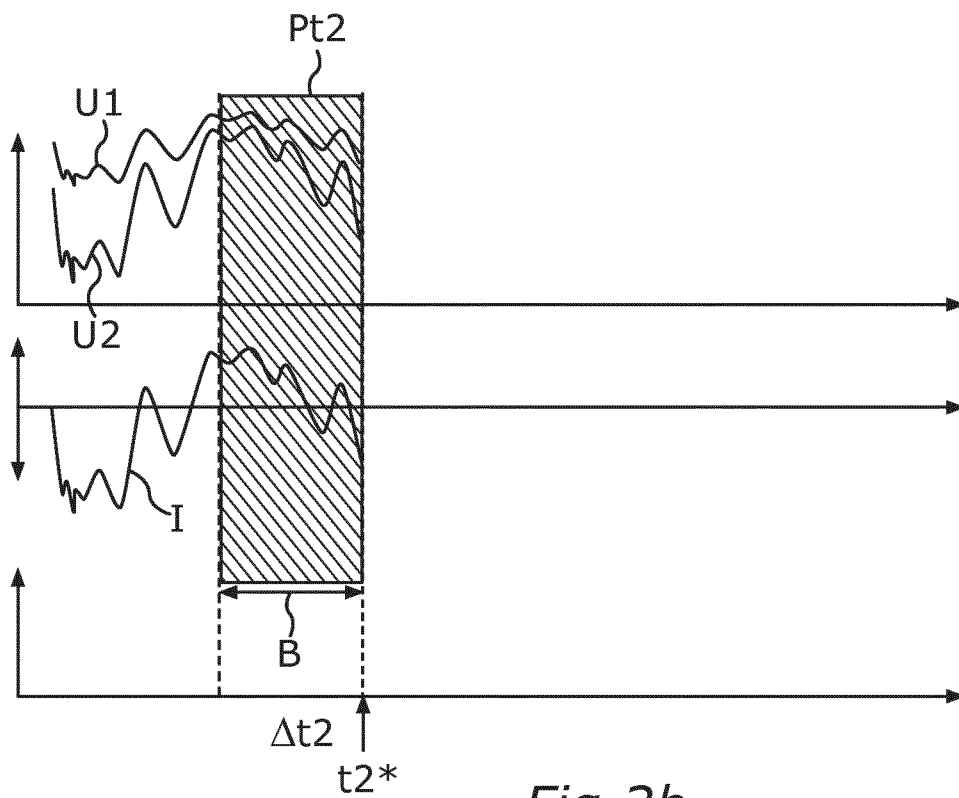


Fig. 1

2/3

*Fig.2a**Fig.2b*

3/3

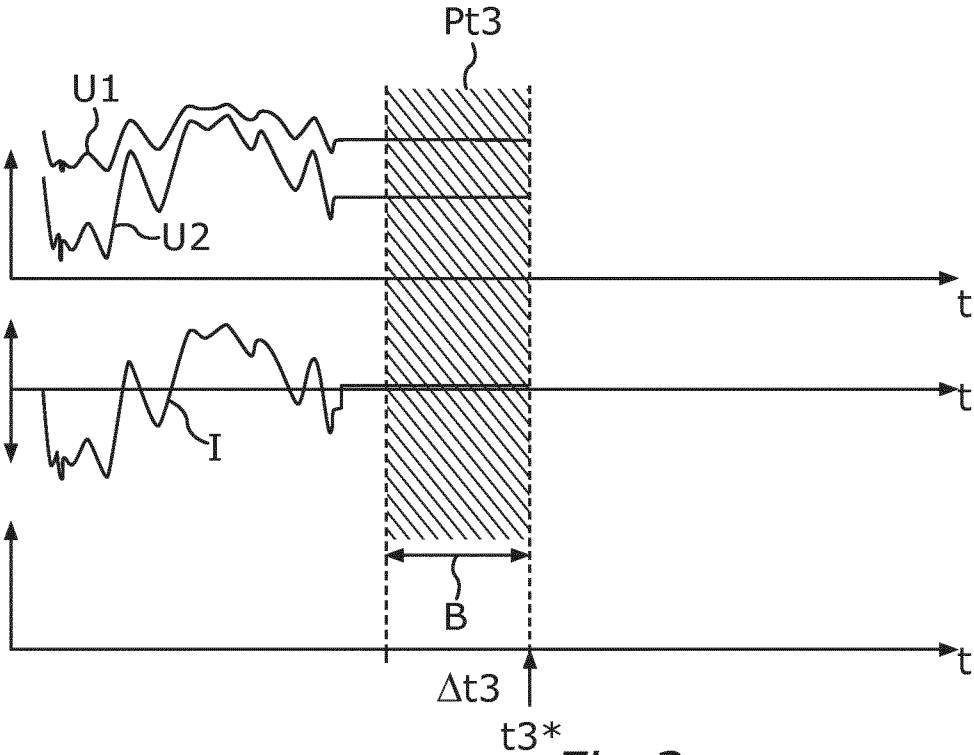


Fig.2c

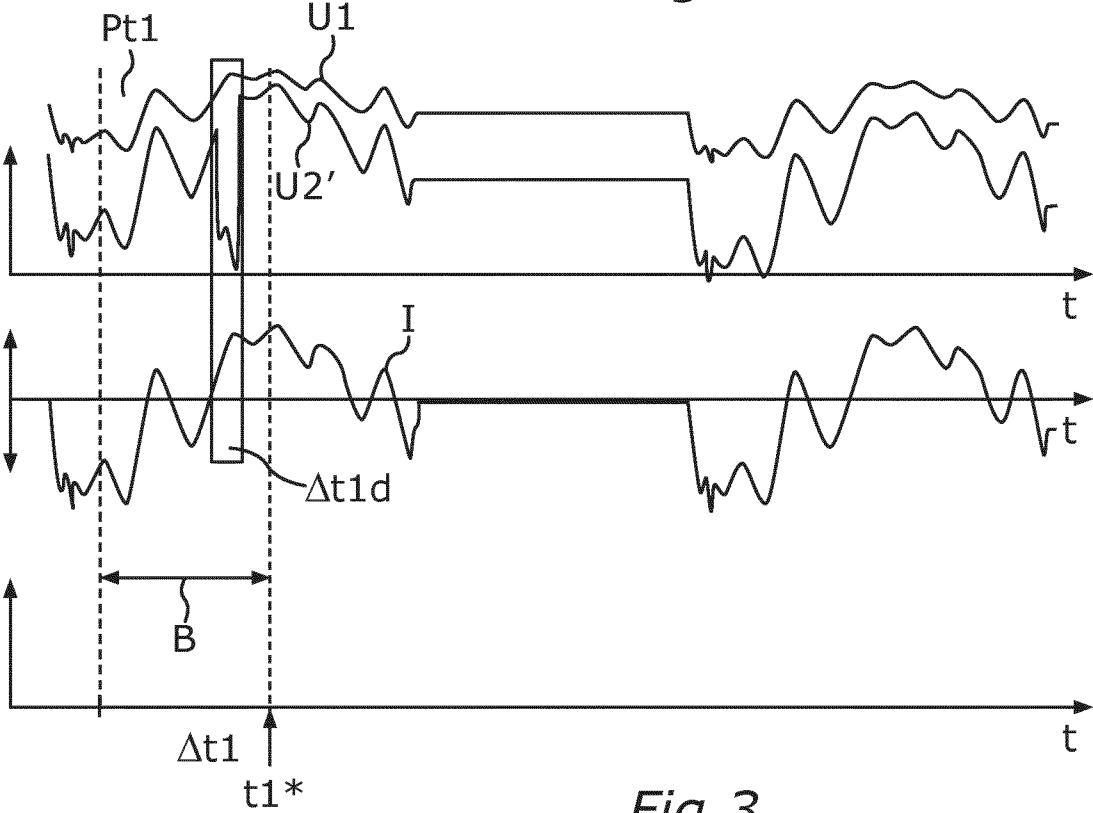


Fig.3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/076731**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G01R 31/392**(2019.01)i; **G01R 31/396**(2019.01)i

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)

G01R

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2014285156 A1 (MUKAITANI ICHIRO [JP] ET AL) 25 September 2014 (2014-09-25) figures claims paragraphs [0020] - [0050]	1-3, 5-9
A	US 2020025832 A1 (CHO YOUNG SHIN [KR] ET AL) 23 January 2020 (2020-01-23) figures claims paragraphs [0049] - [0102]	1-9
A	EP 2397863 B1 (ACCUMULATEURS FIXES [FR]) 12 December 2012 (2012-12-12) figures claims paragraphs [0032] - [0080]	1-9



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

21 December 2023

Date of mailing of the international search report

08 January 2024

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Moulara, Guilhem

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2023/076731

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2014285156	A1	25 September 2014	CN	103917882	A	09 July 2014
				CN	103917883	A	09 July 2014
				CN	103917884	A	09 July 2014
				EP	2778697	A1	17 September 2014
				EP	2778698	A1	17 September 2014
				EP	2778699	A1	17 September 2014
				JP	5403191	B2	29 January 2014
				JP	5816906	B2	18 November 2015
				JP	5924346	B2	25 May 2016
				JP	WO2013069328	A1	02 April 2015
				JP	WO2013069346	A1	02 April 2015
				JP	WO2013069423	A1	02 April 2015
				PL	2778697	T3	29 November 2019
				TW	201319602	A	16 May 2013
				US	2014285156	A1	25 September 2014
				US	2014306667	A1	16 October 2014
				US	2014312915	A1	23 October 2014
				WO	2013069328	A1	16 May 2013
				WO	2013069346	A1	16 May 2013
				WO	2013069423	A1	16 May 2013
US	2020025832	A1	23 January 2020	CN	110764015	A	07 February 2020
				EP	3599694	A1	29 January 2020
				HU	E061079	T2	28 May 2023
				PL	3599694	T3	06 March 2023
				TW	202014723	A	16 April 2020
				US	2020025832	A1	23 January 2020
EP	2397863	B1	12 December 2012	EP	2397863	A1	21 December 2011
				FR	2961351	A1	16 December 2011
				US	2011307202	A1	15 December 2011

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01R31/392 G01R31/396 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01R		
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		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2014/285156 A1 (MUKAITANI ICHIRO [JP] ET AL) 25. September 2014 (2014-09-25) Abbildungen Ansprüche Absätze [0020] - [0050] -----	1-3, 5-9
A	US 2020/025832 A1 (CHO YOUNG SHIN [KR] ET AL) 23. Januar 2020 (2020-01-23) Abbildungen Ansprüche Absätze [0049] - [0102] -----	1-9
A	EP 2 397 863 B1 (ACCUMULATEURS FIXES [FR]) 12. Dezember 2012 (2012-12-12) Abbildungen Ansprüche Absätze [0032] - [0080] -----	1-9
☐ 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 21. Dezember 2023		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 08/01/2024
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Moulara, Guilhem

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2023/076731

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2014285156 A1	25-09-2014	CN 103917882 A	09-07-2014
		CN 103917883 A	09-07-2014
		CN 103917884 A	09-07-2014
		EP 2778697 A1	17-09-2014
		EP 2778698 A1	17-09-2014
		EP 2778699 A1	17-09-2014
		JP 5403191 B2	29-01-2014
		JP 5816906 B2	18-11-2015
		JP 5924346 B2	25-05-2016
		JP WO2013069328 A1	02-04-2015
		JP WO2013069346 A1	02-04-2015
		JP WO2013069423 A1	02-04-2015
		PL 2778697 T3	29-11-2019
		TW 201319602 A	16-05-2013
		US 2014285156 A1	25-09-2014
		US 2014306667 A1	16-10-2014
		US 2014312915 A1	23-10-2014
		WO 2013069328 A1	16-05-2013
		WO 2013069346 A1	16-05-2013
		WO 2013069423 A1	16-05-2013
US 2020025832 A1	23-01-2020	CN 110764015 A	07-02-2020
		EP 3599694 A1	29-01-2020
		HU E061079 T2	28-05-2023
		PL 3599694 T3	06-03-2023
		TW 202014723 A	16-04-2020
		US 2020025832 A1	23-01-2020
EP 2397863 B1	12-12-2012	EP 2397863 A1	21-12-2011
		FR 2961351 A1	16-12-2011
		US 2011307202 A1	15-12-2011