

(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
08. Oktober 2020 (08.10.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/201007 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01R 35/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/058538

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. März 2020 (26.03.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 108 920.4
04. April 2019 (04.04.2019) DE

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

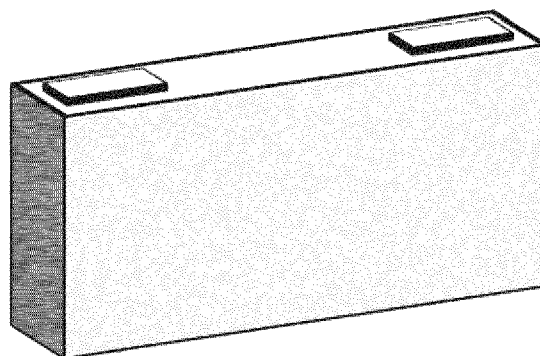
(72) Erfinder: STEINBAUER, Christian; Eichelhof 8, 93499
Zandt (DE). ROTH, Ulrich; Pullach 15, 83059 Kol-
bermoor (DE). STANGLMAIER, Martin; Schießstatt-
straße 37, 84072 Au in der Halltertau (DE). HAM-
MERSCHMIDT, Thomas; Buchenstraße 38c, 85716 Un-
terschleissheim (DE). SCHMIDT, Jan Philipp; Hohlweg
5 / 2, 73271 Holzmaden (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,

(54) Title: IMPEDANCE STANDARD

(54) Bezeichnung: IMPEDANZNORMAL

Figur 1



(57) **Abstract:** The invention relates to a calibration method for an electrochemical impedance measuring device which is provided for measuring the impedance of an electrochemical cell, in particular a lithium ion cell, the method comprising the following steps: (a) connecting the impedance measuring device to an impedance standard which has at least two excitation terminals (A1, A2) for feeding an excitation signal and two measuring terminals (M1, M2) for determining a measurement signal, and which has a fixed or adjustable impedance which corresponds to the impedance target value Z_{Target} ; (b) applying a voltage signal U_{On} to the excitation terminals and measuring the current I_{Off} flowing through the impedance standard due to U_{On} at the measuring terminals; or supplying a current signal I_{On} to the excitation terminals and measuring the dropping voltage U_{Off} at the measuring terminals; and (c) calibrating the impedance measuring device against the impedance standard to the impedance Z_{Target} using $Z = U_{\text{On}}/I_{\text{Off}} = Z_{\text{Target}}$ and $Z = U_{\text{Off}}/I_{\text{On}} = Z_{\text{Target}}$, characterized in that the geometrical arrangement of terminals A1, A2, M1, M2 of the impedance standard corresponds to the geometrical arrangement of the terminals of the cell of which impedance is to be measured, such that the impedance standard can be contacted with the impedance measuring device in the same arrangement as the cell. Furthermore, the invention relates to an impedance standard for carrying out the method.

(57) **Zusammenfassung:** Erfindungsgemäß wird ein Kalibrierverfahren für eine elektrochemische Impedanz-Messeinrichtung, die zur Messung der Impedanz einer elektrochemischen Zelle, insbesondere einer Lithiumionenzelle, vorgesehen ist,

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, 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, 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, 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)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

bereitgestellt, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst: (a) Verbinden der Impedanz-Messeinrichtung mit einem Impedanznormal, das zumindest zwei Anregungsanschlüsse (A1, A2) für die Einspeisung eines Anregungssignals und zwei Messanschlüsse (M1, M2) für die Bestimmung eines Messsignals aufweist und das eine feste oder einstellbare Impedanz besitzt, die dem Impedanz-Sollwert Z_{Soll} entspricht; (b) Anlegen eines Spannungssignals U_{Ein} an die Anregungsanschlüsse und Messung des aufgrund von U_{Ein} durch das Impedanznormal fließenden Stroms I_{AUS} an den Messanschlüssen; oder Zufuhr eines Stromsignals I_{Ein} an die Anregungsanschlüsse und Messung der abfallenden Spannung U_{AUS} an den Messanschlüssen; und (c) Kalibrieren der Impedanz-Messeinrichtung gegenüber dem Impedanznormal auf die Impedanz Z_{Soll} unter Verwendung von $Z = U_{Ein}/I_{AUS} = Z_{Soll}$ bzw. $Z = U_{AUS}/I_{Ein} = Z_{Soll}$, dadurch gekennzeichnet, dass die geometrische Anordnung der Anschlüsse A1, A2, M1, M2 des Impedanznormale der geometrischen Anordnung der Anschlüsse der Zelle entspricht, deren Impedanz gemessen werden soll, so dass das Impedanznormal mit der Impedanz-Messeinrichtung in der gleichen Anordnung wie die Zelle kontaktiert werden kann. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Impedanznormal für die Durchführung des Verfahrens,

Impedanznormal

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kalibrierung einer Impedanzmesseinrichtung für galvanische Zellen unter Verwendung eines Impedanznormal, sowie ein entsprechendes Impedanznormal.

Technischer Hintergrund

Die Elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS) ist ein etabliertes Verfahren zur Charakterisierung von elektrochemischen Systemen wie insbesondere auch galvanischen Zellen. Der Stand der Technik lehrt auch, Impedanzmessungen zur Diagnose des Zustandes von Lithiumionenzellen im Automobilbereich einzusetzen.

Die Impedanzmessung kann durch Anlegen eines vorbestimmten Wechselspannungssignals $U(t)$ an die Zelle und Messung des resultierenden Wechselstroms $I(t)$ erfolgen, oder durch Zufuhr eines vorbestimmten Wechselstromsignals $I(t)$ und Messung der dadurch an der Zelle abfallenden Wechselspannung $U(t)$. Die Impedanz Z ist im Allgemeinen komplex und ergibt sich in beiden Fällen als $Z = U(t)/I(t)$.

Zur Kalibrierung der Messeinrichtung können sogenannte Impedanznormale eingesetzt werden. Ein Impedanznormal verhält sich nach außen hin letztlich wie ein Präzisionswiderstand

mit genau definierter, vorbekannter Impedanz, nachfolgend auch als Impedanz-Sollwert Z_{Soll} bezeichnet.

Intern handelt es sich hingegen typischerweise um aktive Bauelemente, die aus dem angelegten Eingangssignal ($U(t)$ bzw. $I(t)$) ein entsprechendes Ausgangssignal $I(t)$ bzw. $U(t)$ erzeugen, so dass die Gleichung $Z_{\text{Soll}} = U(t)/I(t)$ erfüllt ist.

Die Verwendung von Impedanznormalen wurde bereits in der Literatur diskutiert („A Nonlinear Impedance Normal“, 2012, Nordmann et al.) und die Ausführung als Schaltung ist beispielsweise in DE 10 2014 011 397 A1 beschrieben.

Speziell umfasst das Impedanznormal von DE 10 2014 011 397 A1 einen Wechselstrom-Strommesswiderstand mit höchstens 0,2 Ohm sowie eine Umsetzvorrichtung, die ausgehend von der am Wechselstrom-Strommesswiderstand abfallenden Arbeitsspannung die eigentliche Ausgangsspannung erzeugt. Die Umsetzvorrichtung kann beispielsweise in Analogtechnik unter Einsatz zweier gegengekoppelter Operationsverstärker implementiert sein. Der Impedanz-Sollwert kann dabei z.B. durch Wechsel des Gegenkopplungswiderstands am ersten Operationsverstärker eingestellt werden. Eine Ausführungsform in Digitaltechnik wird ebenfalls beschrieben. Hierbei wird das am Wechselstrom-Strommesswiderstand abfallende Spannungssignal vorverstärkt und über einen A/D-Wandler zu einem digitalen Signalprozessor (DSP) geführt, der dann das Ausgangssignal anhand der digital vorgegebenen Soll-Impedanz berechnet und über einen nachfolgenden D/A-Wandler ausgibt.

In diesem Stand der Technik steht jeweils die Umsetzung des Impedanznormal als Schaltung im Vordergrund. Der Anschluss der Impedanznormale an die Messeinrichtung ist nicht näher

beschrieben und wird in der Praxis über Bananenstecker oder ähnliches realisiert.

Aufgabenstellung

Bei niederohmigen Proben (wie dies für Batteriezellen im Automobil der Fall ist) führt im Allgemeinen bereits ein Unterschied in der Anordnung der Verkabelung zu unterschiedlichen Messergebnissen für Frequenzen oberhalb von 10Hz. Somit führt die Kalibrierung über ein geometrisch beliebig ausgeführtes Impedanznormal zu Ergebnissen, die abhängig von der Kabelführung oder der Position der Anschlüsse sind. Folglich kann ein solches Impedanznormal nicht für die Kalibrierung von Prüfständen für Proben mit niederohmigen Impedanzen herangezogen werden.

Lösung der Aufgabe

In Anbetracht der obigen Problematik wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, das Impedanznormal so auszuführen, dass zumindest die Anschlüsse des Impedanznormal mit denen der zu vermessenden Zelle übereinstimmen. Auf diese Weise kann das Impedanznormal in der gleichen Anordnung mit der Messeinrichtung verbunden werden wie die Zelle, und die Abhängigkeit von der Verkabelung kann reduziert oder eliminiert werden.

Eine Kalibrierung des Prüfstands umfasst somit auch die Kabelführung und Zellhalterung. Damit können Impedanzmessdaten oberhalb von 10Hz zur weiteren Auswertung herangezogen werden. Durch die Kalibrierung kann nun auch

eine Korrekturfunktion abgeleitet werden, um die Anteile aus der Verkabelung herauszurechnen und einen erweiterten Frequenzbereich von 10Hz bis mindestens 100kHz sinnvoll auswerten zu können.

Weiterhin kann eine Vergleichbarkeit von unterschiedlichen Prüfständen erreicht werden. Somit können die Messergebnisse auf verschiedenen Prüfständen nun auch für Frequenzen >10Hz quantitativ verglichen werden.

Beschreibung der Zeichnungen

Figur 1 zeigt den Umriss einer Lithiumionenzelle im Formfaktor PHEV-1 mit plattenförmigen Anschlusskontakten.

Figur 2 ist eine Skizze des erfindungsgemäß einsetzbaren Impedanznormals, das das gleiche Format wie die in Figur 1 gezeigte Zelle aufweist und dessen zweigeteilte Anschlüsse A1/M1 bzw. M2/A1 mit den Anschlusskontakten der Zelle übereinstimmen. Auf der Platine ist die eigentliche Schaltung des Impedanznormals implementiert.

Figur 3 zeigt eine Ausführungsform der Kontakte des erfindungsgemäßen Impedanznormals, in der Source-Anschluss (A1 bzw. A2) und Sense-Anschluss (M1 bzw. M2) nebeneinander liegen.

Figur 4 zeigt eine weitere Ausführungsform, in der der Sense-Anschluss (M1, M2) innen liegt und von der Kontaktfläche des Source-Anschluss (A1, A2) vollständig umgeben ist.

Figur 5 zeigt eine weitere Ausführungsform, in der der Sense-Anschluss als Inlay in eine in die Kontaktplatte des Source-Anschlusses eingefräste Rille eingebracht ist. Der Sense-Kontakt ist zumindest nach unten hin gegenüber dem Source-Kontakt elektrisch isoliert. Weiterhin kann die Kontaktfläche des Sense-Kontakts gegenüber derjenigen des Source-Kontakts nach unten versetzt sein, beispielsweise um etwa 1 mm.

Detaillierte Beschreibung

Impedanz-Messeinrichtung

Das erfindungsgemäße Verfahren ist für beliebige Impedanz-Messeinrichtungen einsetzbar, die für die Impedanzmessung oder impedanzspektroskopische Untersuchung (EIS) von galvanischen Zellen, insbesondere Lithiumionenzellen, vorgesehen sind. Beispielsweise kann es sich um eine Prüfstand-Messeinrichtung handeln, oder um eine Messeinrichtung, die zur Online-Diagnose fest in einem elektrisch betriebenen Fahrzeug installiert ist.

Die Messeinrichtung weist zumindest einen Ausgang für das Anregungssignal (Source) und einen Eingang für das Messsignal (Sense) auf, die wiederum jeweils zwei Anschlüsse (Source+ und Source- bzw. Sense+ und Sense-) umfassen. Das Source-Signal kann grundsätzlich ein Spannungs- oder ein Stromsignal sein, dementsprechend ist das Sense-Signal ein Strom- bzw. Spannungssignal. Bevorzugt wird als Source-Signal ein Stromsignal eingesetzt (galvanostatische Messung).

Die Messfrequenz ist nicht speziell beschränkt und kann beispielsweise 5 Hz bis 100 kHz betragen.

Der Kontaktierungsabschnitt, in dem die Messeinrichtung mit der Zelle verschaltet wird, kann als Haltevorrichtung ausgestaltet sein, in das die gesamte Zelle eingebracht, beispielsweise eingespannt werden kann. Die Verbindung der Source- und Sense-Anschlüsse der Messeinrichtung mit den Anschlüssen der Zelle kann dann über entsprechend in der Haltevorrichtung vorgesehene Kontaktelemente erfolgen.

Alternativ kann die Messeinrichtung so ausgestaltet sein, dass sie ein auf die Zelle aufsteckbares Buchsenelement aufweist oder als Ganzes auf die Zelle aufgesteckt werden kann, um die Verbindung herzustellen.

In einer weiteren Ausführungsform kann die Messeinrichtung auch fest in einem elektrisch betriebenen Fahrzeug oder in einem Batteriepack installiert sein, beispielsweise um eine Kalibrierung und Validierung der Messmittel für eine online-Impedanzmessung im laufenden Betrieb zu ermöglichen.

Wenn die Messeinrichtung durch das erfindungsgemäße Verfahren kalibriert werden soll, wird anstelle der Zelle das nachfolgend beschriebene Impedanznormal eingesetzt und mit der Messeinrichtung auf die gleiche Weise kontaktiert. In einem kompletten Speicher kann auch eine einzelne durch ein Impedanznormal ersetzt werden um die korrekte Funktion der Impedanzmessungseinrichtung im Betrieb zu überwachen.

Kontaktanordnung des Impedanznormal

Das erfindungsgemäß eingesetzte Impedanznormal weist zumindest zwei Anregungsanschlüsse (A1, A2) für die Einspeisung des Source-Signals und zwei Messanschlüsse (M1,

M2) für die Bestimmung eines Messsignals auf. Erfindungsgemäß entspricht die geometrische Anordnung dieser Anschlüsse derjenigen der Anschlüsse der Zelle, deren Impedanz gemessen werden soll, so dass das Impedanznormal mit der Impedanz-Messeinrichtung in der gleichen Anordnung wie die Zelle kontaktiert werden kann.

Falls die Impedanz-Messeinrichtung für Zellen mit einem standardisierten Formfaktor vorgesehen ist, beispielsweise prismatischen Zellen vom Typ PHEV1 oder PHEV2, und für den Formfaktor auch die Anschlusspositionen festgelegt sind, dann entsprechen die Anschlüsse des Impedanznormals der Anschlussposition wie im entsprechenden Standard spezifiziert.

In einer Ausführungsform kann die Zelle, die vermessen werden soll, bereits für eine Vierpunktkontaktierung ausgelegt sein und dementsprechend zwei Anoden- bzw. Kathodenanschlüsse aufweisen, von denen jeweils einer für die Spannungsmessung vorgesehen ist. In diesem Fall sind die Kontaktflächen der Anschlüsse des Impedanznormals so angeordnet, dass sie mit der Anschluss-Anordnung der Zelle übereinstimmen.

Alternativ besitzt die Zelle nur einen Anodenanschluss und einen Kathodenanschluss. Beim entsprechenden Impedanznormal sind dann Kontaktflächen der Anschlüsse A1 und E1 so angeordnet, dass sie gemeinsam mit der Kontaktfläche des Anodenanschlusses der Zelle übereinstimmen. Gleiches gilt auch für die Anschlüsse A2 und E2 bezüglich des Kathodenanschlusses.

Wenn beispielsweise die Anschlüsse der Zelle plattenförmig sind, wie in Figur 1 am Beispiel einer PHEV-1 Zelle gezeigt,

so können die Anschlüsse des Impedanznormals jeweils zweigeteilt nebeneinanderliegend angeordnet sein, etwa mit außenliegenden Source-Kontaktflächen A1 bzw. A2 und innenliegenden Sense-Kontaktflächen M1 bzw. M2, wie in Figur 2 gezeigt.

Figur 3 zeigt die Anordnung von A1 (Source) und M1 (Sense) in Draufsicht. Zwischen A1 und M1 befindet sich zur elektrischen Isolierung typischerweise ein Luftspalt oder ein isolierendes Trennelement. Für die andere Seite (d.h. A2 bzw. M2) ist die Anordnung entsprechend gespiegelt.

Alternativ können die Kontaktflächen der Anschlüsse A1 bzw. A2 die Kontaktflächen der Anschlüsse E1 bzw. E2 zumindest teilweise umgeben. Figur 4 zeigt eine solche (koaxiale) Anordnung, in der der Sense-Kontakt E1/E2 als eine Art Insel vom Source-Kontakt A1/A2 umgeben ist, wobei die Kontaktflächen wieder durch einen Spalt oder eine Isolierung voneinander abgegrenzt sind.

In einer weiteren Ausführungsform kann der Sense-Kontakt E1 als Einlage (Inlay) in die Kontaktfläche von A1 eingebracht sein. Eine solche Anordnung ist in Figur 5 gezeigt. Hierbei ist in ein plattenförmiges Kontaktelement, das als Source-Anschluss A1 fungiert, eine rillenförmige Vertiefung eingefräst. In diese ist als Inlay das als Sense-Anschluss E1 dienende Kontaktelement eingebracht. Zwischen den beiden Kontaktelementen ist eine elektrische Isolierung vorgesehen. Vorzugsweise kann die Kontaktfläche des Inlays etwas tiefer liegen als die Kontaktfläche des plattenförmigen Kontaktelements, beispielsweise um etwa 1 mm.

Äußere Gestalt des Impedanznormal

Erfindungsgemäß entspricht zumindest die Geometrie und die räumliche Anordnung der Anschlüsse A1/A2/E1/E2 des Impedanznormal derjenigen der Zelle. Die äußere Gestalt des Impedanznormal ist nicht speziell beschränkt, solange die Messeinrichtung mit dem Impedanznormal auf die gleiche Weise wie die Zelle kontaktiert werden kann.

In einer bevorzugten Ausführungsform entsprechen auch die weiteren Abmessungen des Impedanznormal denjenigen der Zelle, deren Impedanz gemessen werden soll, so dass das Impedanznormal auf die gleiche Weise wie die Zelle in die Messeinrichtung eingebracht werden kann.

Falls die Messeinrichtung beispielsweise für PHEV1-Zellen vorgesehen ist, entsprechen die Abmessungen des Impedanznormal vorzugsweise denen einer PHEV1-Zelle, wie in Figur 1 und 2 gezeigt. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform kann das Impedanznormal auch ein Gehäuse aufweisen, das dem PHEV1-Standard entspricht.

Gleiches gilt natürlich auch für beliebige andere Formfaktoren, beispielsweise PHEV2, BEV1 oder BEV2 (nach VDA).

Interner Aufbau und Funktionsweise des Impedanznormal

Die Impedanz des Impedanznormal ist typischerweise niederohmig und liegt im Bereich der für die Zelle zu erwartenden Impedanz, beispielsweise im Bereich von 1 mOhm oder weniger, typischerweise 0,5 mOhm oder weniger.

Der interne Aufbau des Impedanznormal ist nicht speziell beschränkt, und es können alle bekannten Bauweisen eingesetzt werden. Insbesondere kommen auch die in DE 10 2014 011 397 A1 beschriebenen Bauweisen in Betracht.

Das Impedanznormal kann eine einzige festgelegte Impedanz aufweisen. Wenn mehrere Kalibrierungspunkte aufgenommen werden sollen, müssen mehrere Impedanznormale mit verschiedenen Impedanzen eingesetzt werden, die entsprechend ausgetauscht werden.

Alternativ kann das Impedanznormal mehrere einstellbare Impedanzen aufweisen, die beispielsweise durch Umschalten eines Widerstands ausgewählt werden können. Falls das Impedanznormal in Digitaltechnik ausgeführt ist und das Ausgangssignal durch einen Signalprozessor (DSP) erzeugt wird, so kann die Impedanz durch entsprechende Programmierung des DSP eingestellt werden. Insbesondere können in diesem Fall sowohl der Betrag als auch die Phasenverschiebung des Ausgangssignals frei gewählt werden, so dass diese Ausführungsform im Hinblick auf die Flexibilität bei der Auswahl der Kalibrierungspunkte bevorzugt ist.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist das Impedanznormal zusätzliche Steuerungsanschlüsse zur Einstellung des Impedanzwerts Z_{Soll} und/oder zur Abfrage des eingestellten Werts auf. Diese können über eine entsprechende Steuerungsschnittstelle mit der Messeinrichtung verbunden werden, so dass die Einstellung des Soll-Wertes, die Kalibrierung und gegebenenfalls die Wiederholung für weitere Kalibrierungspunkte automatisiert durchgeführt werden können. Hierzu kann in der Messeinrichtung ein entsprechendes

Kalibrierungsprogramm hinterlegt sein, das mehrere Messpunkte bei unterschiedlichen Impedanz-Sollwerten und/oder unterschiedlichen Frequenzen umfasst. Die Messpunkte können dann automatisiert abgefahren werden, wobei die Impedanz-Messeinrichtung über die Steuerungsschnittstelle die entsprechenden Referenz-Sollwerte des Impedanznormals programmgesteuert einstellt.

Ansprüche

1. Kalibrierverfahren für eine elektrochemische Impedanz-Messeinrichtung, die zur Messung der Impedanz einer elektrochemischen Zelle, insbesondere einer Lithiumionenzelle vorgesehen ist, umfassend:

- (a) Verbinden der Impedanz-Messeinrichtung mit einem Impedanznormal, das zumindest zwei Anregungsanschlüsse (A1, A2) für die Einspeisung eines Anregungssignals und zwei Messanschlüsse (M1, M2) für die Bestimmung eines Messsignals aufweist und das eine feste oder einstellbare Impedanz besitzt, die dem Impedanz-Sollwert Z_{Soll} entspricht;
- (b) Anlegen eines Spannungssignals U_{Ein} an die Anregungsanschlüsse und Messung des aufgrund von U_{Ein} durch das Impedanznormal fließenden Stroms I_{Aus} an den Messanschlüssen; oder Zufuhr eines Stromsignals I_{Ein} an die Anregungsanschlüsse und Messung der abfallenden Spannung U_{Aus} an den Messanschlüssen; und
- (c) Kalibrieren der Impedanz-Messeinrichtung gegenüber dem Impedanznormal auf die Impedanz Z_{Soll} unter Verwendung von $Z = U_{\text{Ein}}/I_{\text{Aus}} = Z_{\text{Soll}}$ bzw. $Z = U_{\text{Aus}}/I_{\text{Ein}} = Z_{\text{Soll}}$,

dadurch gekennzeichnet, dass die geometrische Anordnung der Anschlüsse A1, A2, M1, M2 des Impedanznormals der geometrischen Anordnung der Anschlüsse der Zelle entspricht, deren Impedanz gemessen werden soll, so dass das Impedanznormal mit der Impedanz-Messeinrichtung in der gleichen Anordnung wie die Zelle kontaktiert werden kann.

2. Verfahren nach Anspruch 1, worin die Zelle einen Anodenanschluss und einen Kathodenanschluss aufweist, und die Anordnung der Kontaktflächen der Anschlüsse A1 und E1 bzw. A2 und E2 des Impedanznormals zusammengekommen mit der Anordnung der Kontaktfläche des Anodenanschlusses bzw. Kathodenanschlusses übereinstimmt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, worin die Kontaktflächen der Anschlüsse A1 und E1 sowie A2 und E2 jeweils nebeneinanderliegend angeordnet sind.

4. Verfahren nach Anspruch 2, worin die Kontaktflächen der Anschlüsse A1 bzw. A2 die Kontaktflächen der Anschlüsse E1 bzw. E2 zumindest teilweise umgeben.

5. Verfahren nach Anspruch 4, worin die Anschlüsse A1 bzw. A2 plattenförmig sind, und die Anschlüsse E1 bzw. E2 auf der Kontaktseite der Platte als Einlage eingebracht sind.

6. Verfahren nach Anspruch 1, worin die Zelle für eine Vierpunktkontaktierung vorgesehen ist und jeweils zwei Anoden- bzw. Kathodenanschlüsse aufweist, und die Anordnung der Anschlüsse A1 und E1 bzw. A2 und E2 des Impedanznormals mit der Anordnung der Anoden- bzw. Kathodenanschlüssen der Zelle übereinstimmt.

7. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, worin die Schritte (b) bis (d) für mehrere verschiedene Impedanzwerte Z_{S011} und/oder mehrere verschiedene Anregungssignale wiederholt werden.

8. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, worin das Impedanznormal zusätzliche Steuerungsanschlüsse zur

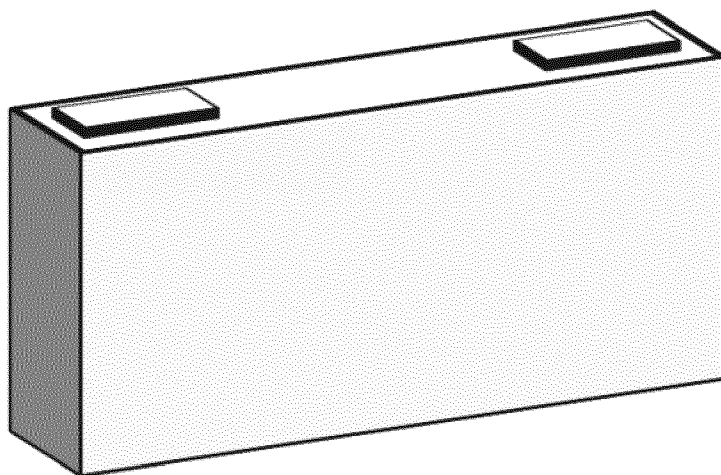
Einstellung des Impedanzwerts Z_{Soll} und/oder zur Abfrage des eingestellten Werts aufweist.

9. Impedanznormal zur Kalibrierung für eine elektrochemische Impedanz-Messeinrichtung für Lithiumionenzellen, das für das Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8 konfiguriert ist.

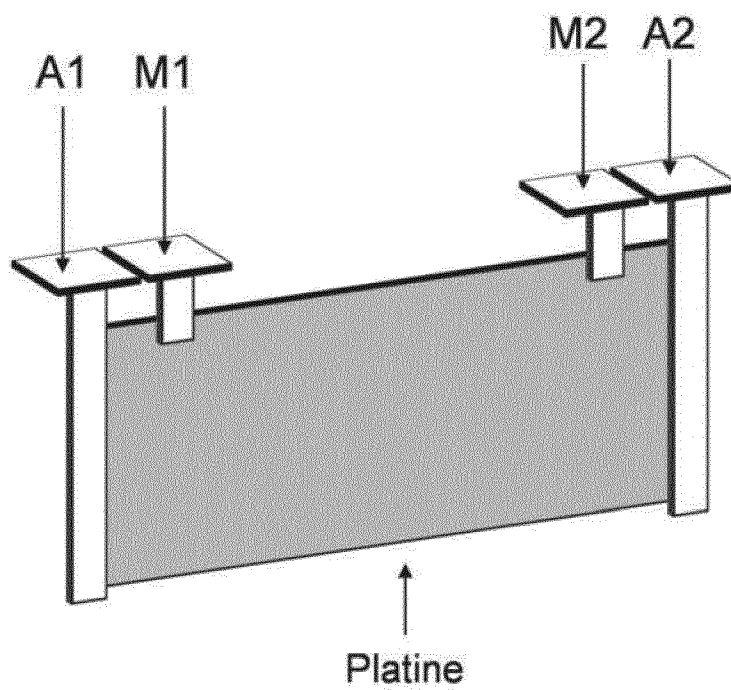
10. Impedanznormal gemäß Anspruch 9, dessen Anschlussanordnung dem Formfaktor PHEV1, PHEV2, BEV1 oder BEV2 entspricht.

Figuren

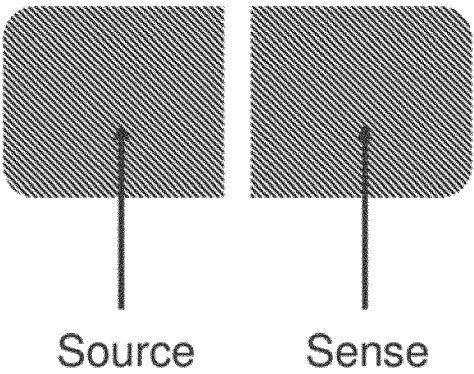
Figur 1



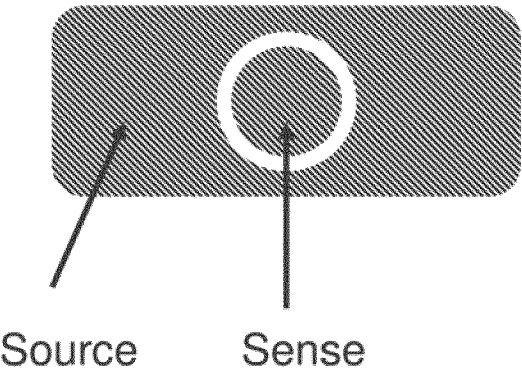
Figur 2



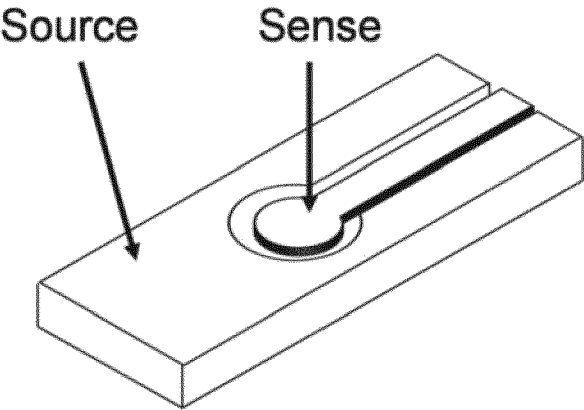
Figur 3



Figur 4



Figur 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/058538

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01R 35/00**(2006.01)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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 102014011397 A1 (BUNDESREP DEUTSCHLAND [DE]) 11 February 2016 (2016-02-11) cited in the application the whole document	1-10
A	DE 10065644 A1 (ROLFES ILONA [DE]; MUSCH THOMAS [DE]; SCHIEK BURKHARD [DE]) 04 July 2002 (2002-07-04) the whole document	1-10
A	DE 102011078334 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 03 January 2013 (2013-01-03) the whole document	1-10



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

02 September 2020

Date of mailing of the international search report

18 September 2020

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

Jedlicska, István

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/058538

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE	102014011397	A1	11 February 2016	NONE	
DE	10065644	A1	04 July 2002	NONE	
DE	102011078334	A1	03 January 2013	DE 102011078334 A1	03 January 2013
				EP 2726885 A1	07 May 2014
				JP 5813220 B2	17 November 2015
				JP 2014520269 A	21 August 2014
				KR 20140034863 A	20 March 2014
				US 2014184199 A1	03 July 2014
				WO 2013000621 A1	03 January 2013

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01R35/00
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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2014 011397 A1 (BUNDESREP DEUTSCHLAND [DE]) 11. Februar 2016 (2016-02-11) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1-10
A	DE 100 65 644 A1 (ROLFES ILONA [DE]; MUSCH THOMAS [DE]; SCHIEK BURKHARD [DE]) 4. Juli 2002 (2002-07-04) das ganze Dokument -----	1-10
A	DE 10 2011 078334 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 3. Januar 2013 (2013-01-03) das ganze Dokument -----	1-10



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

2. September 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

18/09/2020

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

Jedlicska, István

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/058538

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102014011397 A1	11-02-2016	KEINE	
DE 10065644 A1	04-07-2002	KEINE	
DE 102011078334 A1	03-01-2013	DE 102011078334 A1	03-01-2013
		EP 2726885 A1	07-05-2014
		JP 5813220 B2	17-11-2015
		JP 2014520269 A	21-08-2014
		KR 20140034863 A	20-03-2014
		US 2014184199 A1	03-07-2014
		WO 2013000621 A1	03-01-2013