

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50016/2023
(22) Anmeldetag: 16.01.2023
(45) Veröffentlicht am: 15.05.2024

(51) Int. Cl.: **H01M 8/0258** (2016.01)
H01M 8/04082 (2016.01)
H01M 8/0432 (2016.01)
H01M 8/04492 (2016.01)
H01M 8/0438 (2016.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DAVID, N.A. et al. "In-fibre Bragg grating sensors for distributed temperature measurement in a polymer electrolyte membrane fuel cell" Journal of Power Sources [online]. 15. Juli 2009 (15.07.2009). Bd. 192, Nr. 2, Seiten 376–380. [ermittelt am 4. September 2023]. <doi:10.1016/j.jpowsour.2009.03.021>. Ermittelt von
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378775309005217>>
PEVEC, S. et al. "Multiparameter fiber-optic sensors: a review" Optical Engineering [online]. März 2019 (03.2019). Bd. 58, Nr. 7, Seiten 072009. [ermittelt am 1. September 2023]. <doi:10.1117/1.OE.58.7.072009>. Ermittelt von
<<https://www.spiedigitallibrary.org/journals/optical-engineering/volume-58/issue-7/072009/Multiparameter-fiber-optic-sensors-a-review/10.1117/1.OE.58.7.072009.full>>
KR 100767535 B1

(73) Patentinhaber:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)
(72) Erfinder:
Klug Andreas Dipl.-Ing. Dr. MBA
8102 Semriach (AT)
Karanovic Stefan Dipl.-Ing.
8010 Graz (AT)
Hartbauer Nikolas BSc
8010 Graz (AT)
Reiter Markus Dipl.-Ing. BSc
8020 Graz (AT)
(74) Vertreter:
Hartinger Mario Dipl.-Ing.
8020 Graz (AT)

(54) **Elektrodenplatte zur Messung eines Messparameters einer Brennstoffzelle oder eines Brennstoffzellensystems**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Elektrodenplatte (10), zur Messung eines Messparameters einer Brennstoffzelle oder eines Brennstoffzellensystems während des Betriebs, umfassend: einen Elektrodenplattenkörper (12) mit einer ersten Seitenfläche (14) und einer der ersten Seitenfläche (14) gegenüberliegenden zweiten Seitenfläche (16), wobei wenigstens eine der Seitenflächen (14, 16) einen Strömungskanal (18) aufweist; einen Lichtwellenleiterkanal (20), der zwischen der ersten Seitenfläche (14) und der zweiten Seitenfläche (16) durch einen Abschnitt des Elektrodenplattenkörpers (12) führt; einen Lichtwellenleiter (22) im Lichtwellenleiterkanal (20); und einen mit dem Lichtwellenleiter (22) gekoppelten Interrogator.

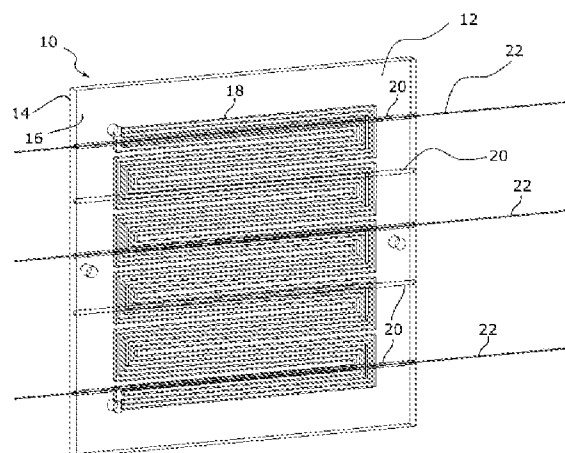


Fig. 1

Beschreibung

ELEKTRODENPLATTE ZUR MESSUNG EINES MESSPARAMETERS EINER BRENNSTOFFZELLE ODER EINES BRENNSTOFFZELLENSYSTEMS

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Elektrodenplatte zur Messung eines Messparameters einer Brennstoffzelle oder eines Brennstoffzellensystems während des Betriebs, eine Brennstoffzelle mit einer solchen Elektrodenplatte, ein Verfahren zur Messung eines Messparameters einer solchen Brennstoffzelle und ein Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Elektrodenplatte mittels additiver Fertigung.

[0002] Die vorliegende Erfindung beruht auf bekannten Elektrodenplatten mit eingebetteter Sensorik zur Messung eines Messparameters.

[0003] Zur Sicherstellung eines effizienten und sicheren Betriebs einer Brennstoffzelle, zur Optimierung von Brennstoffzellendesigns und generell zur genaueren Überwachung des Betriebs einer Brennstoffzelle ist es notwendig relevante Messparameter während des Betriebs messen und überwachen zu können. Relevante Messparameter in Brennstoffzellen sind insbesondere Temperatur, Feuchte der Prozessgase und Druck der Prozessgase und mechanische Spannung in der Elektrodenplatte. Es ist bekannt, dass manche Messparameter von Brennstoffzellen grundsätzlich mit optischen Fasern gemessen werden können.

[0004] Nachteilhaft bei den bekannten Lösungen ist es, dass die aus dem Stand der Technik bekannten Setups zur Messung eines Messparameters jedoch komplex sind und nicht alle Messparameter zur Messung mit unterschiedlichen Lösungen zugänglich sind. Die bekannten Lösungen erlauben insbesondere nicht, einen Messparameter derart zu messen, dass ein Betrieb der Brennstoffzelle, bzw. ein Gasfluss in einem Strömungskanal einer Elektrodenplatte unbeeinflusst bleibt.

[0005] Beispielsweise offenbart Dokument US11380918 B2 eine Messung von chemischen Kompositionen und Temperaturen einer Brennstoffzelle über eine optische Faser. Die optische Faser ist in einem Strömungskanal angeordnet und beeinflusst daher den Gasfluss im Strömungskanal. Das Ergebnis der Messung des von der optischen Faser gemessene Gasflusses kann aufgrund der Beeinträchtigung des Gasflusses durch die optische Faser selbst aber nicht direkt auf die anderen Flusskanäle übertragen werden.

[0006] Ferner offenbart der wissenschaftliche Artikel "In-fibre Bragg grating sensors for distributed temperature measurement in a polymer electrolyte membrane fuel cell" von DAVID, N.A. et al., publiziert im Journal of Power Sources [online], am 15. Juli 2009 (15.07.2009), Bd. 192, Nr. 2, Seiten 376-380 eine Anwendung von In-Faser-Bragg-Gitter (FBG)-Sensoren für die verteilte Messung der Temperatur in einer Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzelle. Vier FBGs wurden dafür auf Stegen zwischen den Strömungskanälen in der Kathodenkollektorplatte einer einzelnen Testzelle installiert, und zwar in gleichmäßigen Abständen vom Einlass zum Auslass.

[0007] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, in kostengünstiger und einfacher Weise die voranstehend beschriebenen Nachteile zumindest teilweise zu beheben. Insbesondere ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, in kostengünstiger und einfacher Weise eine Vorrichtung bereitzustellen, die es ermöglicht, einen Messparameter einer Brennstoffzelle während des Betriebs der Brennstoffzelle mit hoher Genauigkeit zu messen, ohne dass der Betrieb der Brennstoffzelle beeinträchtigt wird.

[0008] Die voranstehende Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung gelöst, durch eine Elektrodenplatte mit den Merkmalen des Anspruchs 1, gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung durch ein Verfahren zur Messung eines Messparameters mit den Schritten des Anspruchs 11 sowie gemäß einem dritten Aspekt durch ein Verfahren zur Herstellung einer Elektrodenplatte mit den Schritten des Anspruchs 12. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit der Elektrodenplatte beschrieben sind, selbst-

verständlich auch im Zusammenhang mit den erfindungsgemäßen Verfahren zur Messung und zur Herstellung und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird beziehungsweise werden kann.

[0009] Erfindungsgemäß soll eine Elektrodenplatte die Messung eines Messparameters einer Brennstoffzelle oder eines Brennstoffzellensystems während des Betriebs ermöglichen. Eine solche Elektrodenplatte zeichnet sich durch die folgenden Merkmale aus:

[0010] Einen Elektrodenplattenkörper mit einer ersten Seitenfläche und einer der ersten Seitenfläche gegenüberliegenden zweiten Seitenfläche, wobei wenigstens eine der Seitenflächen einen Strömungskanal aufweist, einen Lichtwellenleiterkanal, der zwischen der ersten Seitenfläche und der zweiten Seitenfläche durch einen Abschnitt des Elektrodenplattenkörpers führt, einen Lichtwellenleiter im Lichtwellenleiterkanal, und einen mit dem Lichtwellenleiter gekoppelten Interrogator.

[0011] Der Kerngedanke eines erfindungsgemäßen Verfahrens liegt darin, dass unterschiedliche Messparameter der Brennstoffzelle durch einen mit einem Interrogator verbundenen Lichtwellenleiter mit gemessen werden können, auch wenn dieser separat vom Strömungskanal in einem Lichtwellenleiterkanal angeordnet ist.

[0012] Der Erfindung liegt die überraschende Erkenntnis zugrunde, dass die Messung von Temperatur, Spannung, Feuchte oder Druck basierend auf einer solchen Konfiguration mit hoher Genauigkeit möglich ist.

[0013] Eine Elektrodenplatte ist eine Monopolarplatte oder eine Bipolarplatte. Monopolarplatten und Bipolarplatten sind Bestandteile von Brennstoffzellen. Die Elektrodenplatte besteht vorzugsweise aus Metall, insbesondere 316L Stahl, kann aber auch Grafit, Grafit-Polymer-Compound oder Keramik umfassen.

[0014] Die Messung eines Messparameters während des Betriebs bedeutet, dass durch die erfindungsgemäße Elektrodenplatte wenigstens ein Messparameter während des Betriebs der Brennstoffzelle und/oder des Brennstoffzellensystems gemessen werden kann. Das Brennstoffzellensystem ist ein System, welches wenigstens eine Brennstoffzelle umfasst und kann insbesondere auch weitere Einrichtungen wie beispielsweise einen Brennstoffspeicher, eine Steuereinrichtung und/oder einen Membranbefeuchter (engl. "membrane humidifier") umfassen. Mit der erfindungsgemäßen Elektrodenplatte ist es grundsätzlich auch möglich mehr als nur einen Messparameter zum gleichen Zeitpunkt zu messen.

[0015] Ein Messparameter einer Brennstoffzelle oder eines Brennstoffzellensystems ist eine physikalischen Größe, die der Messung zugänglich ist und für den Betrieb der Brennstoffzelle und/oder des Brennstoffzellensystems und/oder Labortests relevant ist. Beispiele für Messparameter einer Brennstoffzelle sind eine Temperatur eines Prozessgases oder der Elektrodenplatte, ein Gasdruck eines Prozessgases, eine relative Feuchte eines Prozessgases, eine Gaskonzentration, eine Stromdichte, ein Magnetfeld oder eine Verformung der Elektrodenplatte bedingt durch mechanische Spannungen. Wasser und relative Feuchte sowie mechanische Spannungen beeinflussen die Leistungsfähigkeit und die Lebensdauer der Brennstoffzelle. Temperatur und Druck eines Prozessgases beeinflussen die Reaktionsgeschwindigkeit.

[0016] Die Brennstoffzelle kann verschieden ausgebildet sein und ist allgemein eine Vorrichtung zur Erzeugung elektrischer Energie aus chemischer Energie, kann aber auch ein Stack, also einfacher Brennstoffzellenstapel umfassend mehrere Elektrodenplatten sein oder ein komplexer Brennstoffzellen-Stack, also ein Zellstapel, der eine Vielzahl von Elektrodenplatten, Membran-Elektroden-Einheiten, Dichtungen, Endplatten und/oder ein Verspannersystem umfassen. Der Begriff der Brennstoffzelle ist daher weit auszulegen.

[0017] Ein Strömungskanal ist eine kanalförmige oder rillenförmige Vertiefung, die dazu dient, den Fluss des Prozessgases über eine Oberfläche der Elektrodenplatte zu der Membran zu leiten.

[0018] Der Lichtwellenleiterkanal ist ein zumindest teilweise zwischen den Seitenflächen liegen-

der Kanal, der dazu eingerichtet ist, den Lichtwellenleiter aufzunehmen. Ein gegebenenfalls vorhandener Kühlkanal ist nicht als Lichtwellenleiterkanal zu verstehen. Die Elektrodenplatte kann auch mehrere Lichtwellenleiterkanäle zur orts aufgelösten Messung oder zur Messung von verschiedenen Messparametern umfassen.

[0019] Ein Lichtwellenleiter ist ein aus Lichtleitern bestehende und teilweise mit Steckverbindern konfektionierte Kabel und Leitungen zur Übertragung von Licht. Das Licht wird dabei in einer oder mehreren Fasern aus Quarzglas oder Kunststoff (polymere optische Faser) geführt. Ein Lichtwellenleiter besteht insbesondere aus einem Kern, einem Mantel und einer Schutzbeschichtung, wobei die Leitung des Lichts im Kern stattfindet und der Mantel das Licht im Kern hält und die Schutzbeschichtung zum Schutz des Mantels dient.

[0020] Der Interrogator ist ein optisches Messinstrument zur Messung von mittels Lichtwellenleitern gemessenen optischen Spektren. Der Interrogator umfasst hierzu eine Lichtquelle zum Anschluss an einen Lichtwellenleiter und ein Spektrometer zur Spektralanalyse des flektierten Lichts. Das Messprinzip des Interrogators basiert darauf, dass ein Spektrum in den Lichtwellenleiter emittiert wird. Das Spektrum wird vom Lichtwellenleiter teilweise transmittiert und teilweise reflektiert. Aus der Veränderung des reflektierten Spektrums wird auf eine Veränderung der Reflexionseigenschaften des Lichtwellenleiters geschlossen, woraus wiederum Rückschlüsse auf den Wert eines Messparameters gezogen werden können. Der Begriff des Interrogators soll alle auf diesem Messprinzip basierenden Vorrichtungen umfassen, auch wenn diese beispielsweise unter einem anderen Handelsnamen bekannt sind. Der Begriff „Interrogator“ ist daher weit auszulegen.

[0021] Es kann Vorteile mit sich bringen, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren der Lichtwellenleiter eine lichtreflektierende Unregelmäßigkeit aufweist.

[0022] Hierbei ist insbesondere von Vorteil, wenn die lichtreflektierende Unregelmäßigkeit ein Faser-Bragg-Gitter umfasst.

[0023] Ein Faser-Bragg-Gitter (FBG, engl. Fiber Bragg Grating) ist ein optisches Gitter, das in einen Lichtwellenleiter eingeschrieben und verwendet wird, um eine bestimmte Wellenlänge oder einen Bereich von Wellenlängen zu reflektieren, während andere Wellenlängen durchgelassen werden. Es wird oft verwendet, um Lichtwellen von einer bestimmten Wellenlänge oder in einem bestimmten Wellenlängenbereich zu separieren oder zu filtern. Wellenlängen, die innerhalb der Filterbandbreite um die die Bragg-Bedingung erfüllende Wellenlänge λ_B liegen, werden reflektiert. Die Faser-Bragg-Gitter können beispielsweise eine Länge entlang der Faser von 1 mm bis 20 mm, vorzugsweise zwischen 1 mm bis 9 mm, besonders bevorzugt eine Länge von 8 mm aufweisen. Weist der Lichtwellenleiter keine lichtreflektierende Unregelmäßigkeit auf, kann das Lichtsignal bzw. das Spektrum von einem Ende des Lichtwellenleiters reflektiert werden. Alternativ oder zusätzlich zum Faser-Bragg-Gitter kann vorgesehen sein, dass die lichtreflektierende Unregelmäßigkeit eine Fabry-Perot-Kavität, also einen Fabry-Perot-Resonator, der im Lichtwellenleiter integriert ist, umfasst.

[0024] Vorteile bringt es weiter mit sich, wenn der Lichtwellenleiter gegenüber der Elektrodenplatte spannungsfrei gelagert ist und der Messparameter eine Temperatur oder eine Temperaturverteilung ist.

[0025] Aufgrund der spannungsfreien Lagerung führt eine Temperaturänderung zu einer Längenänderung des Lichtwellenleiters. Die Längenänderung des Lichtwellenleiter selbst oder des darin befindlichen Faser-Bragg-Gitters kann vom Interrogator durch eine Verschiebung der Peak-Wellenlänge des Reflektierten Spektrums detektiert werden. Mit einer anschließenden Auswertung des reflektierten Spektrums, insbesondere der Peak-Position lässt sich die Temperatur oder die Temperaturverteilung detektieren.

[0026] Weitere Vorteile werden erreicht, wenn der Lichtwellenleiter mit dem Elektrodenplattenkörper mechanisch gekoppelt ist.

[0027] Mit einer solchen mechanischen Kopplung ist die wesentliche Ursache der Längenände-

rung des Lichtwellenleiters die in der Elektrodenplatte bestehende mechanische Spannung, die sich auf den Lichtwellenleiter überträgt. Eine solche mechanische Kopplung kann beispielsweise durch ein Auffüllen des Lichtwellenleiterkanals mit Klebstoff erfolgen. Hierdurch wird der Lichtwellenleiter über seine Länge mit dem Elektrodenplattenkörper mechanisch verbunden. Auch eine punktuelle mechanische Kopplung des Lichtwellenleiters mit dem Elektrodenplattenkörper ist denkbar, insbesondere an zwei Punkten, zwischen denen ein Faser-Bragg-Gitter angeordnet ist. Hierdurch ist eine lokale Spannungsmessung möglich. Eine zusätzliche Wärmeausdehnung sollte jedoch bei der Spannungsmessung mitberücksichtigt werden und kann durch eine naheliegende Temperaturmessung durch einen spannungsfrei gelagerten Lichtwellenleiter erfolgen.

[0028] Weitere Vorteile werden erreicht, wenn die Elektrodenplatte ferner einen Gasdurchlass zwischen dem Strömungskanal und dem Lichtwellenleiterkanal umfasst, wobei der Lichtwellenleiter einen Microwire-Abschnitt auf Höhe des Gasdurchlasses umfasst.

[0029] Ein Microwire-Abschnitt ist ein Abschnitt, der ein Microwire umfasst. Diese Konfiguration sorgt dafür, dass der Lichtwellenleiter am Microwire von einem Prozessgas umflossen werden kann. Das Microwire ändert seine Reflexionseigenschaften auch in Abhängigkeit von der Feuchte des Prozessgases, welches das Microwire umfließt. Daher kann mit dieser Konfiguration eine Feuchte des Prozessgases bestimmt werden. Das Microwire kann insbesondere einen Durchmesser von 2 µm bis 50 µm, vorzugsweise von 5 µm bis 20 µm, besonders bevorzugt von 10 µm aufweisen. Die Länge des Microwires kann insbesondere zwischen 50 µm bis 2000 µm, vorzugsweise zwischen 100 µm und 400 µm, besonders bevorzugt 300 µm betragen. Vorzugsweise ist das Microwire von zwei seitlichen Stützelementen mit Ausdehnungen entlang des Lichtwellenleiters gestützt. Weiter vorzugsweise umfasst der Microwire-Abschnitt an beiden Enden des Microwires jeweils ein reflektierendes Element ein drittes reflektierendes Element kann am Ende des Lichtwellenleiters vorhanden sein, um die Detektionseigenschaften zu verbessern. Das Microwire kann insbesondere durch Fiber-Tapering hergestellt sein. Eine solche gezogene Faser (engl. „tapered fiber“) wird durch lokales Erhitzen einer Glasfaser hergestellt. Während der Erhitzung wird die Faser an ihren Enden auseinandergezogen, so dass sie dünner und länger wird. Typische gezogene Fasern gehen dabei herstellungsbedingt über einen Übergangsbereich in die normale Faser über. Diese ermöglicht die einfache Einkopplung von Laserlicht in solche Fasern.

[0030] Weiter von Vorteil ist es, wenn der Elektrodenplattenkörper eine Membran angrenzend an einen Druckmessraum umfasst, wobei ein Ende des Lichtwellenleiters mit der Membran oder dem Druckmessraum in Druckverbindung steht.

[0031] Eine Membran ist eine ausgedünnte Struktur und kann insbesondere eine ausgedünnte metallische Struktur sein. Sie ist dazu eingerichtet, dass sich ein auf der einen Seite der ausgedünnten Struktur herrschender Druck auf die ausgedünnte Struktur und den angrenzenden Druckmessraum und den in Druckverbindung mit dem Druckmessraum stehenden Ende des Lichtwellenleiters überträgt. Eine Druckänderung im Druckmessraum überträgt sich dadurch auf den Lichtwellenleiter und dessen Länge, dessen Auswirkungen auf das vom Interrogator ausgesandte Spektrum detektiert werden können.

[0032] Ein zweiter Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft eine Brennstoffzelle, umfassend eine Elektrodenplatte nach einem der Ansprüche 1 bis 9.

[0033] Ein dritter Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung eines Messparameters in einer Brennstoffzelle während des Betriebs der Brennstoffzelle, umfassend die Schritte:

[0034] a) Bereitstellen einer Brennstoffzelle nach Anspruch 10;

[0035] b) Betreiben der Brennstoffzelle;

[0036] c) Senden eines Lichtsignals mit dem Interrogator in den Lichtwellenleiter;

[0037] d) Messen des reflektierten Lichtsignals mit dem Interrogator;

[0038] e) Auswerten des reflektierten Lichtsignals; und

[0039] f) Bestimmen des Messparameters aus dem ausgewerteten Lichtsignal.

[0040] Das Bereitstellen der Brennstoffzelle in Schritt a) ist nicht derart einschränkend zu verstehen, dass eine einzelne Brennstoffzelle bereitgestellt wird. Vielmehr kann beispielsweise auch ein Bereitstellen eines eine Brennstoffzelle nach Anspruch 10 enthaltenden Brennstoffzellensystems Schritt a) verwirklichen.

[0041] Ein vierter Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Elektrodenplatte nach einem der Ansprüche 1 bis 9 mittels additiver Fertigung, umfassend die Schritte:

[0042] a) Drucken einer Basisplatte des Elektrodenplattenkörpers mit einer Kavität und einer sich über der Kavität erstreckenden Auslassung;

[0043] b) Drucken einer Frontplatte mit einem Strömungskanal auf einer ersten Frontplatten- seite und einer der ersten Frontplattenseite gegenüber liegenden zweiten Frontplat- tenseite;

[0044] Bei dem Verfahren gemäß dem vierten Aspekt der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das Verfahren zwischen den Schritten a) und b) ferner den Schritt umfasst:

[0045] a2) Einsetzen eines Hitze-Shields in die Auslassung, wobei die Form des Hitze- Shields zumindest teilweise an die Form der Auslassung angepasst ist.

[0046] Das Hitze-Shield und/oder die Basisplatte und/oder die Frontplatte kann jeweils insbeson- dere metallisch sein und beispielsweise aus 316L Stahl bestehen.

[0047] Vorzugsweise umfasst das Verfahren ferner die Schritte: Unterbrechen des Druckens der Basisplatte; und

[0048] Einbetten eines Lichtwellenleiters und/oder eines Kupferrohrs in der Basisplatte.

[0049] Insbesondere ist die Kavität dazu vorgesehen, durch spätere Druckprozesse einen Licht- wellenleiterkanal zu bilden. Als Lichtwellenleiterkanal ist ein Kanal zu verstehen, der dazu geeig- net ist, einen Lichtwellenleiter für Messungen einzubetten. Grundsätzlich können auch andere Sensoren in einem Lichtwellenleiterkanal eingebettet werden, wie zum Beispiel drahtförmige PT100-Temperatursensoren.

[0050] Alternativ oder zusätzlich hierzu kann das Verfahren ferner die Schritte umfassen: Unter- brechen des Druckens der Frontplatte und

[0051] Einbetten eines Lichtwellenleiters und/oder eines Kupferrohrs in der Frontplatte.

[0052] Alternativ zu einer Elektrodenplatte kann das der Elektrodenplatte gemäß dem ersten As- pekt der Erfindung zugrundeliegende erfinderische Konzept auch in einem Membranbefeuchter angewandt werden. Dieses alternative Konzept umfasst insbesondere einen Membranbefeuchter zur Messung eines Messparameters des Membranbefeuchters oder einer Brennstoffzelle, um- fassend: einen Membranbefeuchterkörper mit einer ersten Seitenfläche und einer der ersten Sei- tenfläche gegenüberliegenden zweiten Seitenfläche, einen Lichtwellenleiterkanal, der zwischen der ersten Seitenfläche und der zweiten Seitenfläche durch einen Abschnitt des Elektrodenplat- tenkörpers führt, einen Lichtwellenleiter im Lichtwellenleiterkanal; und einen mit dem Lichtwellen- leiter gekoppelten Interrogator. Die in Zusammenhang mit der Elektrodenplatte beschriebenen besonderen Ausführungsformen können in gleicher oder in entsprechend angepasster Weise im Membranbefeuchter angewandt werden.

[0053] Membranbefeuchter werden in Brennstoffzellensystemen dazu verwendet, einen feuchten Abgasstrom aus der Brennstoffzelle und einen trockenen Frischluftstrom über eine semiperme- able Membran in Kontakt zu bringen, um so einen Stoffübergang von Wasser auf die trockene Seite zu ermöglichen.

[0054] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfol- genden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung im Einzelnen beschrieben sind. Es zeigen schematisch:

[0055] Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Monopolarplatte gemäß einer besonderen Ausführungsform der Erfindung;

- [0056]** Fig. 2a eine perspektivische Ansicht einer Bipolarplatte mit zwei unterschiedlichen Lichtwellenleiterkanälen gemäß einer besonderen Ausführungsform der Erfindung sowie einem exemplarischen Kühlkanal;
- [0057]** Fig. 2b eine Seitenansicht auf die Eingänge der in Fig. 2a gezeigten drei Lichtwellenleiterkanäle und Kühlkanäle;
- [0058]** Fig. 3 eine 3D-gedruckte Bipolarplatte mit Strömungskanälen auf beiden Seiten sowie mehreren Lichtwellenleiterkanälen und Kühlkanälen im Inneren;
- [0059]** Fig. 4 einen Schnitt in der mit Pfeilen gezeigten Richtung in der Schnittebene A-A von Fig. 3;
- [0060]** Fig. 5 eine Explosionsansicht einer horizontal gedruckten Monopolarplatte mit einem Hitze-Shield;
- [0061]** Fig. 6a eine Detailansicht von zwei unterschiedlichen Lichtwellenleiterkanälen 20a, 20c in perspektivischer Ansicht;
- [0062]** Fig. 6b eine Detailansicht von zwei unterschiedlichen Lichtwellenleiterkanälen 20a, 20c in Draufsicht;
- [0063]** Fig. 7 eine Elektrodenplatte zur Druckmessung mit einem Gasdurchlass zwischen Strömungskanal und Lichtwellenleiterkanal;
- [0064]** Fig. 8 eine perspektivische Ansicht einer Elektrodenplatte zur Druckmessung mit einer Membran zwischen Strömungskanal und Druckmessraum;
- [0065]** Fig. 9 eine perspektivische Ansicht eines Schnitts entlang der Ebene B-B der Elektrodenplatte von Figur 8;
- [0066]** Fig. 10 eine Schnittansicht eines vertikalen Schnitts durch einen Druckmessraum der Elektrodenplatte von Fig. 8;
- [0067]** Fig. 11 eine perspektivische Ansicht eines Lichtwellenleiters mit einem Microwire-Abschnitt; und
- [0068]** Fig. 12 eine Schnittansicht eines Lichtwellenleiters mit einem Diaphragma und einer Kavität an einem Ende des Lichtwellenleiters.

[0069] Figur 1 zeigt schematisch eine perspektivische Ansicht einer Elektrodenplatte 10, konkret eine Monopolarplatte, gemäß einer besonderen Ausführungsform der Erfindung. Die Elektrodenplatte 10 umfasst einen Elektrodenplattenkörper 12 mit einer ersten Seitenfläche 14 und einer der ersten Seitenfläche gegenüberliegenden zweiten Seitenfläche 16. Die Seitenflächen 14, 16 sind diejenigen Flächen der Elektrodenplatte mit der im Vergleich zu den übrigen Seitenflächen größten Oberfläche. Auf der ersten Seitenfläche 14 ist ein Strömungskanal 18 als mäanderförmige Vertiefung angeordnet. Der Strömungskanal dient dazu, ein Prozessgas, Wasserstoff oder Sauerstoff bzw. Luft über die Seitenflächen 14, 16 zu leiten.

[0070] Die Elektrodenplatte 10 umfasst ferner mehrere Lichtwellenleiterkanäle 20, die durch verschiedene Abschnitte des Elektrodenplattenkörpers 12 führen. In drei der Lichtwellenleiterkanäle 20 sind Lichtwellenleiter 22 angeordnet. Die Lichtwellenleiter sind mit einem Interrogator (hier nicht dargestellt) gekoppelt. In einem Testaufbau wurde ein Interrogator vom Typ HYPERION si255 der Firma LUNA innovations Germany GmbH verwendet. Dieser ermöglicht die gleichzeitige Messung von 16 parallelen Kanälen und bis zu 1000 Sensoren wie beispielsweise Faser-Bragg-Gittern.

[0071] Fig. 2a zeigt eine perspektivische Ansicht einer Elektrodenplatte 10, konkret einer Bipolarplatte, mit zwei unterschiedlichen Lichtwellenleiterkanälen 20a und 20c gemäß einer besonderen Ausführungsform der Erfindung. Ein Kühlkanal 20b verzweigt sich in weitere Kanäle 21 und wurde zu Demonstrationszwecken einer Wasserkühlung mittels gedruckter Kanäle im inneren der Platte erzeugt. Diese Bipolarplatte ist 3D-geduckt, also mit additiver Fertigung hergestellt und weist auf jeder Seitenfläche 14, 16 einen Strömungskanal 18 auf. Zwischen den Seitenflä-

chen 18 und beabstandet von den Seitenflächen 18 befinden sich ein erster Lichtwellenleiterkanal 20a, ein Kühlkanal 20b und ein zweiter Lichtwellenleiterkanal 20c.

[0072] Der erste Lichtwellenleiterkanal 20a verläuft in gerader Linie durch die Elektrodenplatte 10. In Fig. 2b ist eine Seitenansicht der Elektrodenplatte 10 dargestellt, auf der zu erkennen ist, dass der erste Lichtwellenleiterkanal 20a aus einem gedruckten Loch mit quadratischem Querschnitt besteht. Die runde Glasfaser 22 füllt einen Teil des Volumens des ersten Lichtwellenleiterkanals 20a aus. Das nicht von der Glasfaser 22 ausgefüllte Volumen des gedruckten ersten Lichtwellenleiterkanals 20a ist mit Klebstoff ausgefüllt, was eine Spannungsmessung entlang der gesamten Glasfaser 22 oder lokal an Faser-Bragg-Gittern (hier nicht im Detail dargestellt) in der Glasfaser 22 ermöglicht.

[0073] Der zweite Lichtwellenleiterkanal 20c hat, wie in Fig. 2c dargestellt ist, einen gedruckten Querschnitt mit gerader Oberseite und abgerundeten Ecken an seiner Unterseite. In den gedruckten Querschnitt ist ein Kupferrohr 24 mit rundem Querschnitt eingelegt. In dem Kupferrohr 24 ist der Lichtwellenleiter 22 angeordnet.

[0074] Das Kupferrohr 24 erleichtert die Anordnung des Lichtwellenleiters im Lichtwellenleiterkanal 20c. Lichtwellenleiter 22 werden häufig mechanisch durch die Lichtwellenleiterkanäle geschoben, um sie darin anzuordnen. Eine Platzierung des Lichtwellenleiters 22 im Lichtwellenleiterkanal 20 während der Fertigung der Elektrodenplatte 10 ist zwar grundsätzlich auch möglich, aber je nach Fertigungsmethode häufig mit großem zusätzlichen Aufwand verbunden oder nicht möglich. Bei gedruckten Lichtwellenleiterkanälen 20 bestehen je nach Material und insbesondere Querschnitt deutlich höhere mechanische Widerstände bei einem Einschieben des Lichtwellenleiters 22 in den Lichtwellenleiterkanal 22, als wenn der Lichtwellenleiterkanal ein Kupferrohr 24 enthält. Das Kupferrohr weist geringe Oberflächenrauigkeit sowie eine hohe Wärmeleitfähigkeit auf und ermöglicht es kleinste Durchmesser für den Lichtwellenleiterkanal zu realisieren, welche mittels additiver Verfahren nicht direkt gefertigt werden können. Grundsätzlich kann neben der Verwendung eines Kupferrohres 24 auch ein Rohr aus einem anderen Material, insbesondere aus einem anderen Metall verwendet werden.

[0075] Die mit dem Lichtwellenleiterkanal 20c gezeigte Konfiguration ist daher, sofern der Lichtwellenleiter gegenüber der Elektrodenplatte 10 und dem Kupferrohr 24 spannungsfrei gelagert ist, besonders gut für Messungen einer Temperatur und/oder einer Temperaturverteilung geeignet.

[0076] Fig. 3 zeigt eine 3D-gedruckte, also durch additive Fertigung hergestellte, Bipolarplatte mit einem Strömungskanal 18 auf jeder der ersten Seitenfläche 14 und der zweiten Seitenfläche 16. Ein erster Lichtwellenleiterkanal 20a ist wie in der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform gedruckt und umschließt einen ersten Lichtwellenleiter 22. Der erste Lichtwellenleiterkanal 20a ist mit Klebstoff ausgefüllt und eignet sich zur Messung einer mechanischen Spannung der Elektrodenplatte 10. Ein weiterer Lichtwellenleiterkanal 20c umfasst ein Kupferrohr 24, welches wiederum einen Lichtwellenleiter 22 umgibt. Mit diesem Lichtwellenleiterkanal 20c ist eine Temperaturmessung möglich. Zwischen den beiden Lichtwellenleiterkanälen 20a, 20c sind mehreren Kühlkanäle 26 angeordnet. Im Betrieb führen die Kühlkanäle 26 eine Kühlflüssigkeit und dienen der Kühlung der Elektrodenplatte 10. Zur Überprüfung, ob eine Temperaturmessung mit dem im Kupferrohr 24 angeordneten Lichtwellenleiter 22 exakte Ergebnisse liefert, sind zwei Widerstandstempertursensoren 28 mit Kabel in die Elektrodenplatte 10 in geringem Abstand zum Lichtwellenleiterkanal 20c angeordnet.

[0077] Fig. 4 zeigt einen Schnitt in der mit Pfeilen gezeigten Richtung in der Ebene A-A von Fig. 3. In Fig. 4 sind die Lichtwellenleiterkanäle 20a, 20c und die Kühlkanäle 26 dargestellt. In den auf der rechten Seite von Fig. 4 dargestellten, vergrößerten Ausschnitten der Schnittebene A-A sind neben den Lichtwellenleitern, 22, den Lichtwellenleiterkanälen 20a, 20c und dem Kupferrohr 24 auch die Flusskanäle im Ausschnitt gezeigt, die dieser Schnittebene eine wellenförmige Kontur geben.

[0078] Mit dieser Konfiguration wurde die Funktionsfähigkeit der Temperaturmessung mit der un-

abhängigen komplementären Messmethode der Widerstandstemperatursensoren 28 überprüft.

[0079] Figur 5 zeigt eine Explosionsansicht einer horizontal gedruckten Monopolarplatte. Die Monopolarplatte besteht aus einem Grundkörper 30, einem Hitze-Shield 32 und dem Strömungsprofil 34. Der Grundkörper 30 hat eine ebene, rechteckige Grundfläche 31 und weist zwei zur Grundfläche längs angeordnete Kavitäten 36a, 36b unterschiedlicher Breite auf, die von einer zur Grundfläche quer angeordneten Kavität 36c gekreuzt werden. Über den Kavitäten 36 ist eine kreuzförmige Auslassung 40 angeordnet. Der Grundkörper 30 kann aus 316L Stahl hergestellt werden und weist eine Form auf, die es ermöglicht, diese mittels additiver Fertigung, also einem 3D- Druckverfahren herzustellen.

[0080] Die kreuzförmige Auslassung 40 entspricht in ihrer Form einem ebenfalls metallischen Hitze-Shields 32, welche die darunterliegenden Kavitäten vor Wärme des Druckprozesses schützen soll. Zur Herstellung der Elektrodenplatte 10 werden Lichtwellenleiter 22 in die Kavitäten 36a und 36b während einer Prozessunterbrechung des 3D-Drucks eingelegt. Danach wird das Hitze-Shield 32 eingesetzt und der Druckprozess fortgesetzt, um das Strömungsprofil 34 darauf zu erzeugen. Optional ist es möglich, metallische Rohre in den Kavitäten anzuordnen bevor das Hitze- Shield 32 eingesetzt wird.

[0081] Das Hitze-Shield 32 muss nicht additiv gefertigt werden und kann auch aus entsprechendem Stahlblech zugeschnitten werden. Dieses dient als Schutz der untenliegenden Bauteile und Sensoren vor Wärmeeinfluss des Laserstrahls, bei Anwendung eines metallischen 3D-Laser-Druckverfahrens.

[0082] Figur 6 zeigt eine Detailansicht von zwei unterschiedlichen Lichtwellenleiterkanälen 20a, 20c zur Temperaturmessung in perspektivischer Ansicht (a) und in Draufsicht (b). Gezeigt ist eine Detailansicht von Lichtwellenleiterkanälen 20a, 20c, die denjenigen von Fig. 2 entsprechen. Der erste Lichtwellenleiterkanal 20a weist einen runden Querschnitt auf und besteht lediglich aus dem gedruckten Material. Insbesondere ist in dieser Detailansicht zu erkennen, dass der Lichtwellenleiter 22 am Boden des Lichtwellenleiterkanals 20a aufliegt. In dem anderen Lichtwellenleiterkanal 20c, welcher ein Kupferrohr 24 aufweist, ist der gedruckte Querschnitt um die Wandstärke des Kupferrohres 24 verringert und der Lichtwellenleiter 22 ist mittig im Lichtwellenleiterkanal 20c angeordnet. Um die Sensibilität der Temperaturmessung zu erhöhen, werden möglichst kleine Abmessungen der Kanäle angestrebt, um die Luftmenge im Kanal zu minimieren. Die in 20a und 20c gezeigten Größenverhältnisse sind lediglich exemplarisch und dienen nur zur Veranschaulichung.

[0083] Figur 7 zeigt eine Elektrodenplatte 10 mit einem Strömungskanal 18, einem Lichtwellenleiterkanal 20, einem Lichtwellenleiter 22 in dem Lichtwellenleiterkanal 20 und einem Gasdurchlass 44 zwischen dem Strömungskanal 18 und dem Lichtwellenleiterkanal 20. Der Lichtwellenleiter 22 weist einen Messpunkt an der Spitze am Gasdurchlass 44 auf. Der Messpunkt kann durch ein Faser-Bragg-Gitter (nicht im Detail dargestellt) oder das Ende des Lichtwellenleiters 22 gebildet sein. Um eine besonders fehlerfreie Druckmessung zu ermöglichen ist der Lichtwellenleiterkanal 20 gasdicht verschlossen. Der Lichtwellenleiter 22 weist an seinem in Druckverbindung mit dem Messpunkt stehenden Ende ein Diaphragma aus Polyurethan (nicht im Detail dargestellt) auf, dass Licht reflektiert und zur Druckmessung verwendet wird.

[0084] Die Figuren 8 bis 10 zeigen verschiedene Ansichten einer Monopolarplatte zur Messung eines Druckwerts eines Prozessgases mit einer Membran 50 zwischen Strömungskanal 18 und Druckmessraum 48. Zur Druckmessung mit einem Lichtwellenleiter 22 sind unter des Strömungskanals 18 insgesamt sechs Druckmessräume 48 nebeneinander angeordnet. Die Druckmessräume 48 sind Kavitäten, die vom Strömungskanal 18 mit einer Membran 50 abgegrenzt sind. Die Membran 50 ist ein Bereich geringer Dicke, die dazu eingerichtet ist, auf Druckänderungen zu reagieren. Zwischen Membran und Druckmessraum 48 ist der Lichtwellenleiter 22 angeordnet. Um präzise Messergebnisse zu erhalten, ist der Lichtwellenleiter 22 an der Membran 50 fixiert. Die Membran 50 kann erzeugt werden, durch lokales Ätzen der metallischen Oberfläche der Elektrodenplatte 10 in Bereichen des Strömungskanals 18, bis eine Dicke erreicht ist, die mechanische Verformungen in den relevanten Druckbereichen zulässt. Der Lichtwellenleiter 22 ist auf

der dem Strömungskanal 18 gegenüberliegenden Seite der Membran 50 an der Membran 50 fixiert. In diesem Ausführungsbeispiel erfolgt die Fixierung durch Klebstoff. Ein auf die Membran ausgeübter Gasdruck überträgt sich somit auf den Lichtwellenleiter 22 und ist mit einem am Lichtwellenleiter 22 angeschlossenen Interrogator (nicht dargestellt) detektierbar. Die Fixierung mit Klebstoff stellt einen Messpunkt dar. Der Lichtwellenleiter umfasst ein Faser-Bragg-Gitter (nicht im Detail dargestellt) am Messpunkt.

[0085] Das Messprinzip basiert darauf, dass sich eine Druckänderung im Strömungskanal 18 auf die Membran 50 und von da aus weiter auf den Lichtwellenleiter 22 überträgt, in der diese Druckänderung als Längenänderung detektierbar ist. Um eine möglichst genaue Druckmessung zu ermöglichen ist jeder der Druckräume 48 mit einem Druckausgleichskanal 46 versehen, der zu einem Druckreservoir mit konstantem Druck führt. Hierdurch werden Messfehler durch unterschiedlichen Gegendruck im Druckmessraum vermieden.

[0086] Die den Figuren 11 und 12 zugrundeliegenden Messprinzipien und Konzepte sind teilweise, aus anderen Anwendungen als der erfindungsgemäßen Anwendung in einer Elektrodenplatte, aus der Veröffentlichung „Multiparameter fiber-optic sensors: a review“ von S. Pevec und D. Donlagić Optical Engineering 58(7), 072009 (Jul 2019) vorbekannt.

[0087] Figur 11 zeigt eine perspektivische Ansicht eines Lichtwellenleiters 22 mit einem Microwire-Abschnitt 51. Der Microwire-Abschnitt 51 umfasst ein Microwire 52 zwischen zwei Stützelementen 56 mit Ausdehnungen entlang des Microwires 52 und einer ersten lichtreflektierenden Unregelmäßigkeit 54a am Anfang des Microwires 52 und einer zweiten lichtreflektierenden Unregelmäßigkeit 54b am Ende des Microwires 52. Die erste und zweite lichtreflektierende Unregelmäßigkeit 54a, 54b sind aus einem lichtreflektierenden Material hergestellt und können ein Faser-Bragg-Gitter oder ein anderes Spiegelement umfassen. Grundsätzlich werden Faser-Bragg-Gitter für Temperaturmessungen und Spannungsmessungen verwendet. Für Druckmessungen und Feuchtemessungen werden andere faseroptische Prinzipien genutzt. Die erste und zweite lichtreflektierende Unregelmäßigkeiten 54a, 54b bilden auf diese Weise ein erstes Fabry-Perot-Interferometer auf Länge des Microwires 52. Einfallendes Licht interferiert durch diese Anordnung auf Länge des Microwires 52 mit sich selbst. Abweichungen in der Feuchte des das Microwire 52 umfließenden Gases beeinflussen die Interferenzeigenschaften am Microwire 52 und sind dadurch im Interrogator detektierbar. Am Ende des Lichtwellenleiters 22 ist eine weitere, dritte lichtreflektierende Unregelmäßigkeit 54c angeordnet. Diese bildet ein zweites Fabry-Perot-Interferometer zwischen der zweiten lichtreflektierenden Unregelmäßigkeit 54b und der dritten lichtreflektierenden Unregelmäßigkeit 54c. Durch diese wird ermöglicht, zusätzlich zur Messung der Feuchte, die Temperatur des Gases mit nur einem Lichtwellenleiter 22 zu messen.

[0088] Figur 12 zeigt eine Schnittansicht eines Lichtwellenleiters 22, der einen Kern 64 mit und einen den Kern 64 umschließenden Mantel 62 umfasst. Im Kern ist eine lichtreflektierende Unregelmäßigkeit 54 angeordnet. mit einem Diaphragma 60 und einem Hohlraum 61 vor einer Lichtwellenleiter-Endoberfläche 66. Das Diaphragma bildet zusammen mit der Lichtwellenleiter-Endoberfläche 66 über dem Hohlraum ein erstes Fabry-Perot-Interferometer über die Länge L_1 . Ein zweites Fabry-Pérot-Interferometer wird von der Lichtwellenleiter-Endoberfläche 66 und der lichtreflektierenden Unregelmäßigkeit 54 über die Länge L_2 gebildet. Mit dem ersten Fabry-Pérot-Interferometer wird über das Diaphragma eine Druckmessung ermöglicht. Mit dem zweiten Fabry-Perot-Interferometer wird eine Temperaturmessung entlang der Faser ermöglicht.

[0089] Die voranstehenden Erläuterungen zu den Ausführungsformen beschreiben die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen.

BEZUGSZEICHENLISTE

10	Elektrodenplatte
12	Elektrodenplattenkörper
14	erste Seitenfläche
16	zweite Seitenfläche
18	Strömungskanal
20	Lichtwellenleiterkanal
20a	erster Lichtwellenleiterkanal
20b	Kühlkanal
20c	zweiter Lichtwellenleiterkanal
21	Sub-Kanal
22	Lichtwellenleiter
24	Kupferrohr
26	Kühlkanal
28	Widerstandstemperatursensor
30	Grundkörper
31	Grundfläche
32	Hitze-Shields
34	Frontplatte
36a, 36b	längs angeordnete Kavität
36c	quer angeordnete Kavität
40	Auslassung
42	Unterseite
44	Gasdurchlass
46	Druckausgleichskanal
48	Druckmessraum
50	Membran
51	Microwire-Abschnitt
52	Microwire
54	lichtreflektierende Unregelmäßigkeit
56	seitliches Stützelement
58	Lichtwellenleiter-Zuführung
60	Diaphragma
61	Hohlraum
62	Mantel
64	Kern
66	Lichtwellenleiter-Endoberfläche

Patentansprüche

1. Elektrodenplatte (10), zur Messung eines Messparameters einer Brennstoffzelle oder eines Brennstoffzellensystems während des Betriebs, umfassend:
einen Elektrodenplattenkörper (12) mit einer ersten Seitenfläche (14) und einer der ersten Seitenfläche (14) gegenüberliegenden zweiten Seitenfläche (16), wobei wenigstens eine der Seitenflächen (14, 16) einen Strömungskanal (18) aufweist;
einen Lichtwellenleiterkanal (20), der zwischen der ersten Seitenfläche (14) und der zweiten Seitenfläche (16) durch einen Abschnitt des Elektrodenplattenkörpers (12) führt;
einen Lichtwellenleiter (22) im Lichtwellenleiterkanal (20); und
einen mit dem Lichtwellenleiter (22) gekoppelten Interrogator, **dadurch gekennzeichnet**, dass
der Lichtwellenleiterkanal (20) den Lichtwellenleiter (22) umschließt.
2. Elektrodenplatte (10) nach Anspruch 1, wobei der Lichtwellenleiter (22) eine lichtreflektierende Unregelmäßigkeit (54) aufweist.
3. Elektrodenplatte nach Anspruch 2, wobei die lichtreflektierende Unregelmäßigkeit (54) ein Faser-Bragg-Gitter umfasst.
4. Elektrodenplatte (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Lichtwellenleiter (22) gegenüber der Elektrodenplatte (10) spannungsfrei gelagert ist und der Messparameter eine Temperatur oder eine Temperaturverteilung ist.
5. Elektrodenplatte (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Lichtwellenleiter (22) derart mit dem Elektrodenplattenkörper (12) mechanisch gekoppelt ist, dass eine in der Elektrodenplatte bestehende mechanische Spannung, auf den Lichtwellenleiter übertragbar ist.
6. Elektrodenplatte (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend einen Gasdurchlass (44) zwischen dem Strömungskanal (18) und dem Lichtwellenleiterkanal (20).
7. Elektrodenplatte (10) nach Anspruch 6, wobei der Lichtwellenleiter (22) einen Microwire-Abschnitt (51) auf Höhe des Gasdurchlasses (44) umfasst.
8. Elektrodenplatte (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Lichtwellenleiterkanal (20) ein Kupferrohr (24) umfasst.
9. Elektrodenplatte (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Elektrodenplattenkörper (12) eine Membran (50) angrenzend an einen Druckmessraum (48) umfasst, wobei ein Ende des Lichtwellenleiters (22) mit der Membran (50) oder dem Druckmessraum (48) in Druckverbindung steht.
10. Brennstoffzelle, umfassend eine Elektrodenplatte (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
11. Verfahren zur Messung eines Messparameters einer Brennstoffzelle, umfassend die Schritte:
 - a) Bereitstellen einer Brennstoffzelle nach Anspruch 10;
 - b) Betreiben der Brennstoffzelle;
 - c) Senden eines Lichtsignals mit dem Interrogator in den Lichtwellenleiter (22);
 - d) Messen des reflektierten Lichtsignals mit dem Interrogator;
 - e) Auswerten des reflektierten Lichtsignals; und
 - f) Bestimmen des Messparameters aus dem ausgewerteten Lichtsignal.

12. Verfahren zur Herstellung einer Elektrodenplatte (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, umfassend die Schritte:
- a) Drucken einer Basisplatte (30) des Elektrodenplattenkörpers (12) mit einer Kavität (36) und einer sich über die Kavität (36) erstreckenden Auslassung (40);
 - b) Drucken einer metallischen Frontplatte (34) mit einem Strömungskanal (18) auf einer ersten Frontplattenseite und einer der ersten Frontplattenseite gegenüber liegenden zweiten Frontplattenseite;
13. Verfahren nach Anspruch 12, ferner umfassend den Schritt:
- a2) Einsetzen eines Hitze-Shields (32) in die Auslassung (40), wobei die Form des Hitze-Shields (32) zumindest teilweise an die Form der Auslassung (40) angepasst ist.

Hierzu 6 Blatt Zeichnungen

1/6

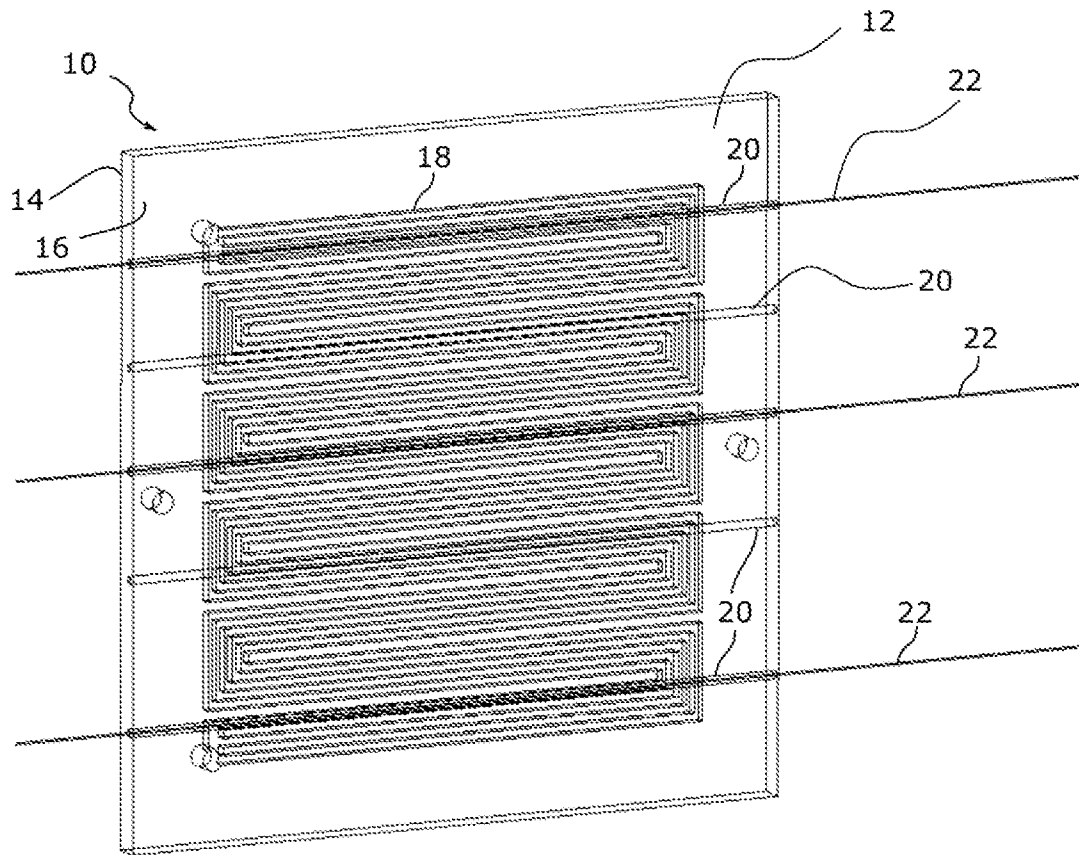


Fig. 1

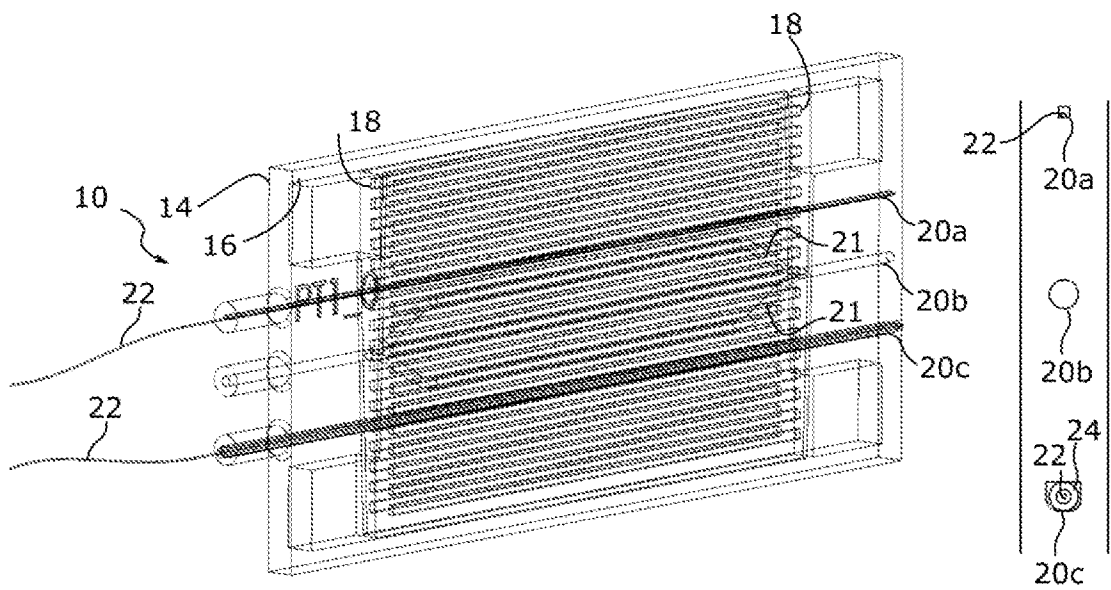


Fig. 2a

Fig. 2b

2/6

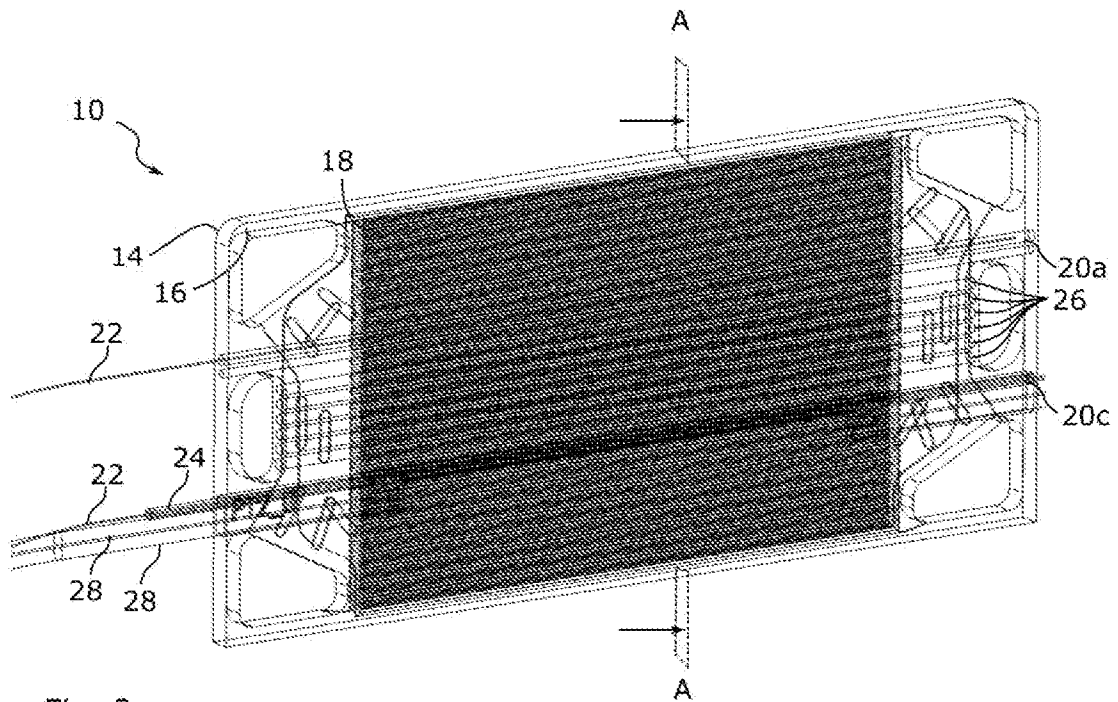


Fig. 3

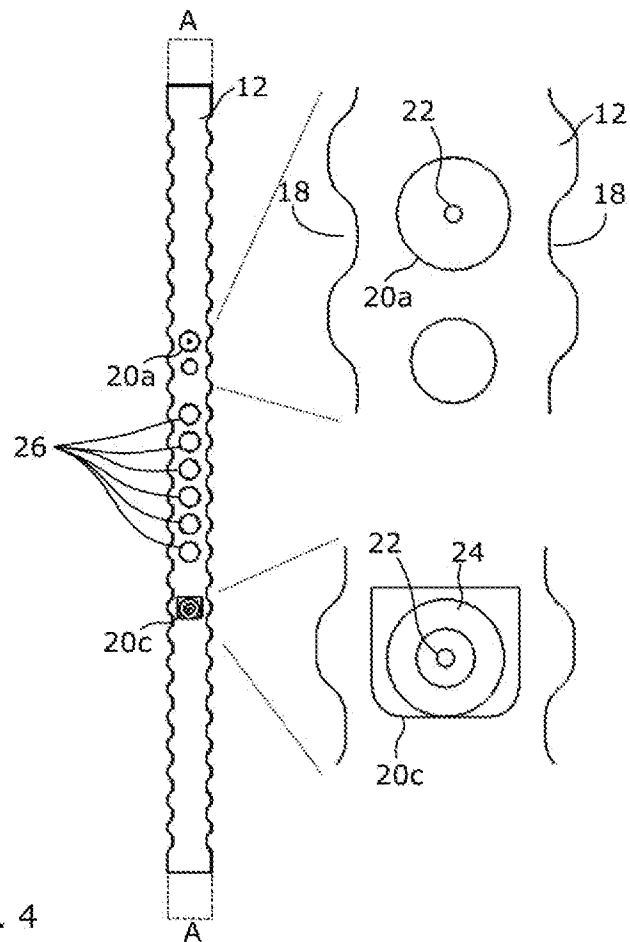


Fig. 4

3/6

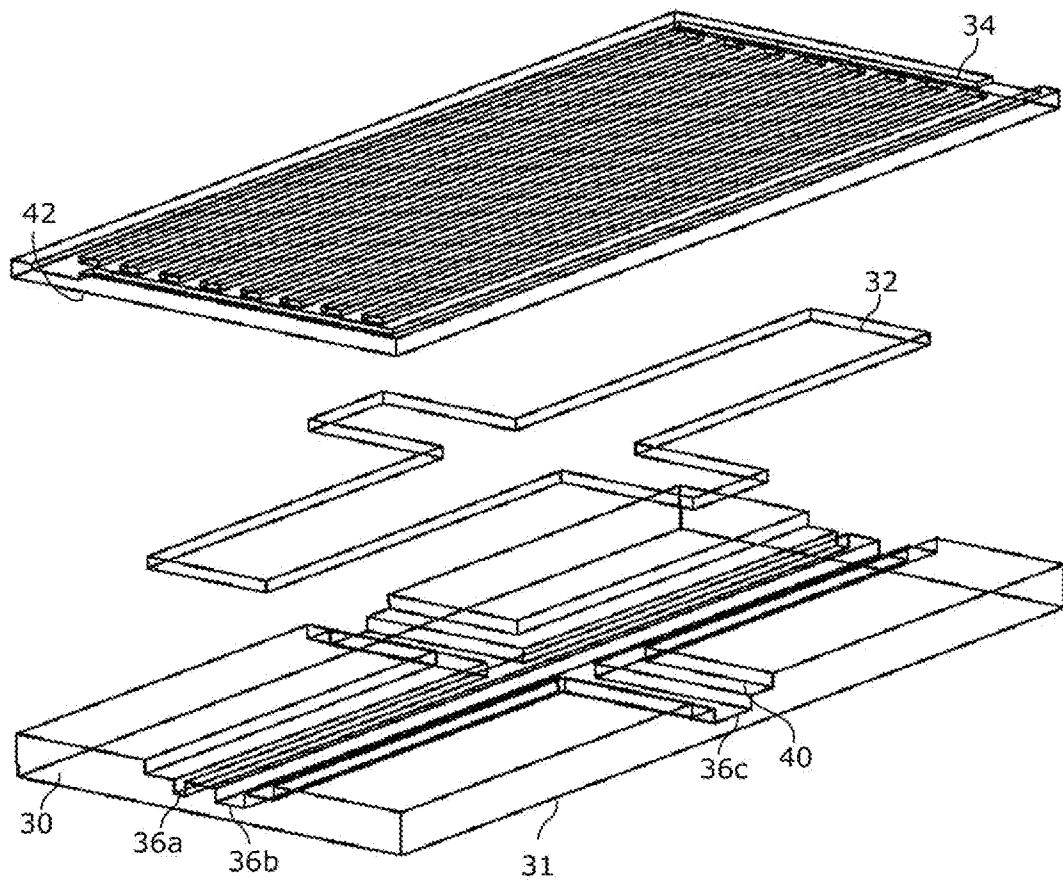


Fig. 5

Fig. 4

4/6

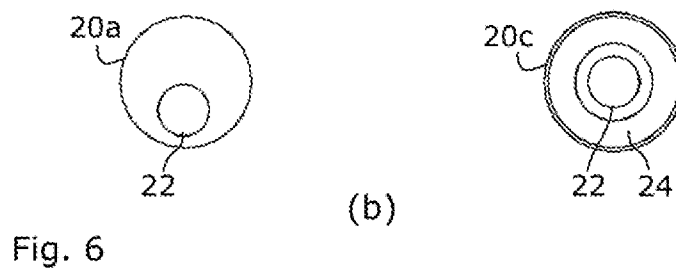
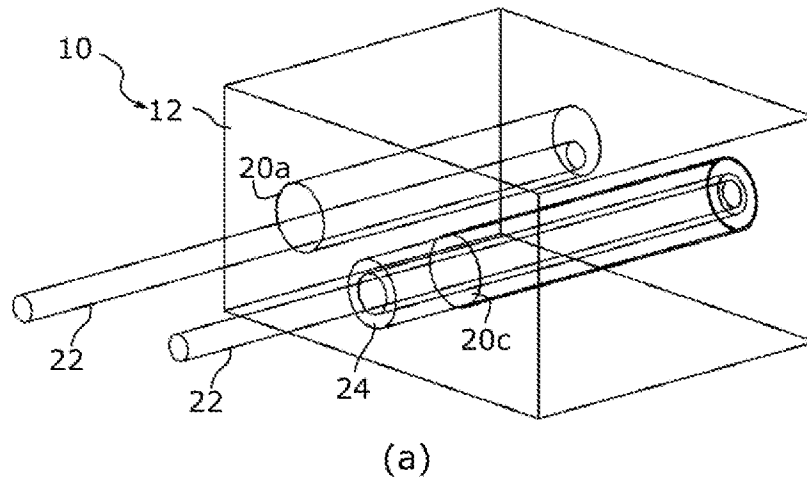


Fig. 6

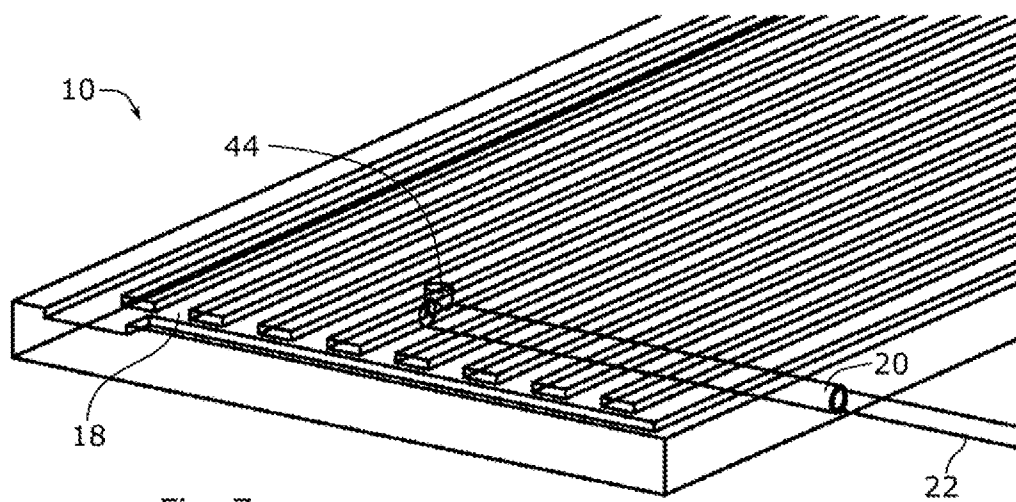


Fig. 7

5/6

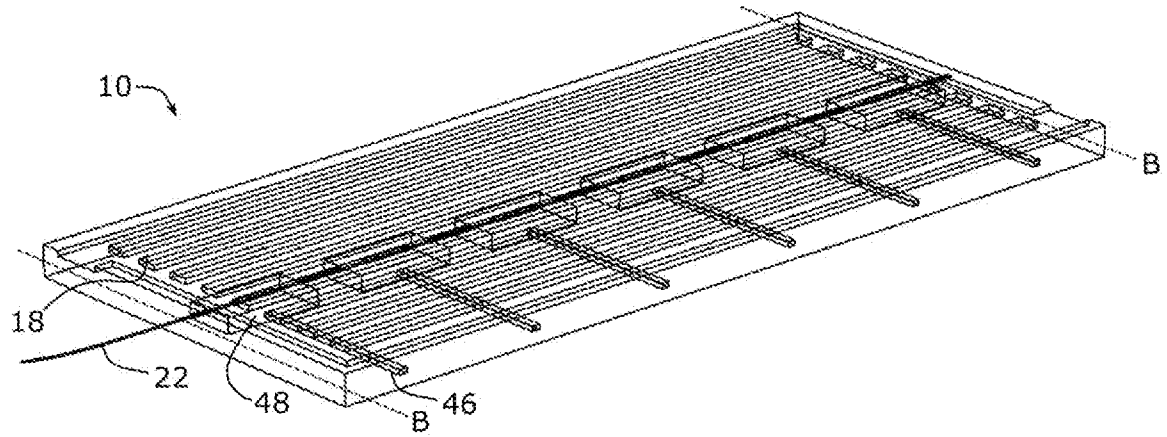


Fig. 8

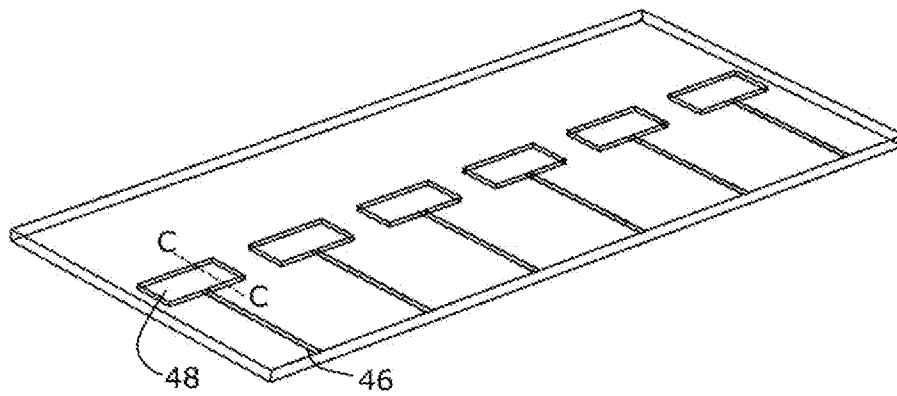


Fig. 9

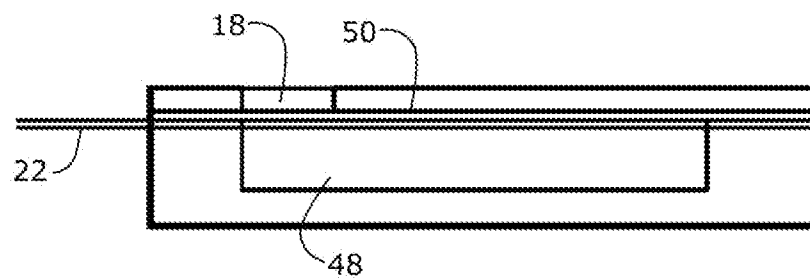


Fig. 10

6/6

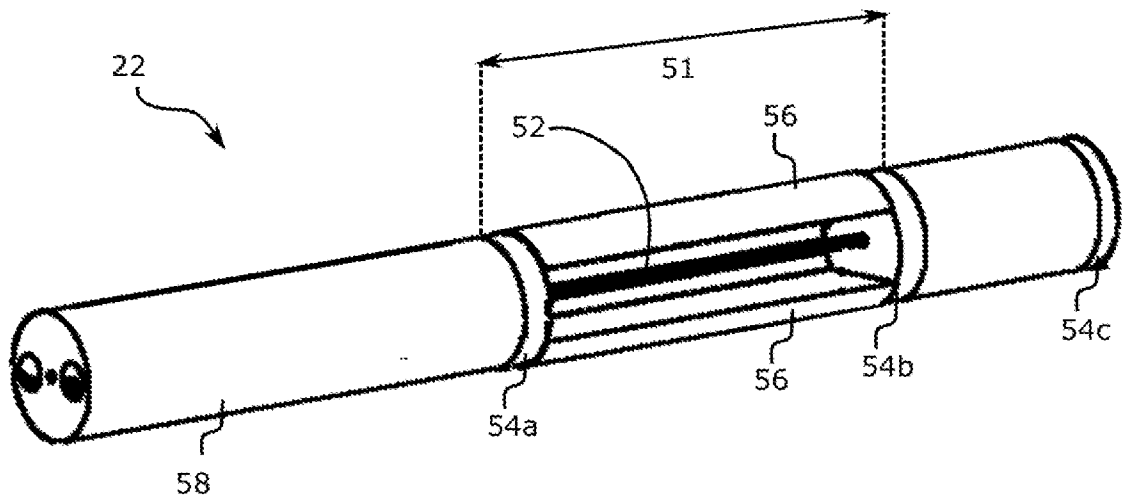


Fig. 11

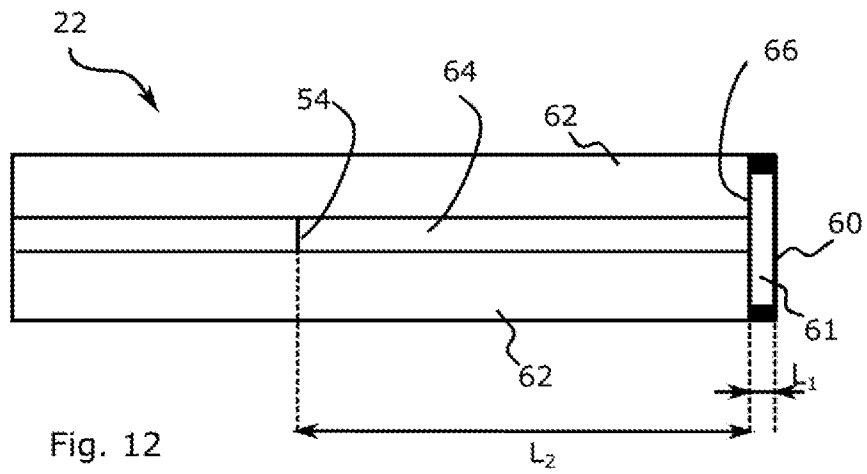


Fig. 12