



(10) **DE 10 2009 058 512 B4** 2017.04.13

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 058 512.5**
(22) Anmeldetag: **16.12.2009**
(43) Offenlegungstag: **08.07.2010**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **13.04.2017**

(51) Int Cl.: **H01M 8/0239 (2016.01)**
H01M 8/0247 (2016.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
12/341,062 **22.12.2008** **US**

(73) Patentinhaber:
**GM Global Technology Operations LLC (n. d. Ges.
d. Staates Delaware), Detroit, Mich., US**

(74) Vertreter:
**Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336
München, DE**

(72) Erfinder:
**Rock, Jeffrey A., Fairport, N.Y., US; Lai, Yeh-Hung,
Webster, N.Y., US; Newman, Keith E., Pittsford,
N.Y., US; Fly, Gerald W., Geneseo, N.Y., US; Liu,**

**Ping, Irvine, Calif., US; Jacobsen, Alan J., Pacific
Palisades, Calif., US; Carter, William B., Santa
Monica, Calif., US; Brewer, Peter D., Westlake
Village, Calif., US**

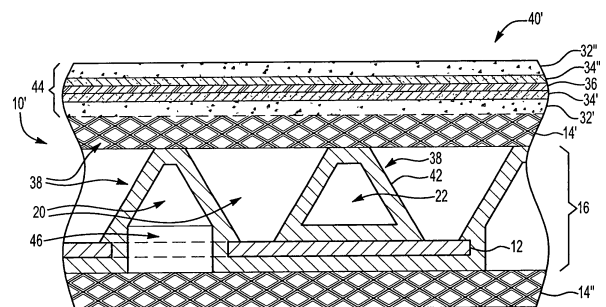
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2006 019 964	A1
DE	60 2004 008 458	T2
US	6 399 233	B1
US	7 382 959	B1
US	2003 / 0 235 738	A1

(54) Bezeichnung: **Brennstoffzellenkomponente und Verfahren zur Herstellung einer sich wiederholenden Einheit für eine Brennstoffzelle**

(57) Zusammenfassung: Brennstoffzellenkomponente, umfassend:
ein Substrat; und
zumindest eine Strömungsfeldschicht, die benachbart zu dem Substrat angeordnet ist, wobei die Strömungsfeldschicht zumindest einen einer Vielzahl von strahlungsgehärteten Reaktandenströmungskanälen und einer Vielzahl von strahlungsgehärteten Kühlmittelkanälen für die Brennstoffzelle aufweist,
wobei die Strömungsfeldschicht ferner eine Vielzahl von Stützbändern umfasst,
wobei die Brennstoffzellenkomponente eine Diffusionsmediumschicht umfasst, die eine Mikrofachwerkstruktur aufweist, wobei die Strömungsfeldschicht eine ist, die zwischen dem Substrat und der Diffusionsmediumschicht angeordnet ist oder auf der Diffusionsmediumschicht dem Substrat gegenüberliegend angeordnet ist,
wobei die zumindest eine Diffusionsmediumschicht eine erste Diffusionsmediumschicht und eine zweite Diffusionsmediumschicht umfasst und die zumindest eine Strömungsfeldschicht eine erste Strömungsfeldschicht umfasst, die eine Vielzahl von elektrisch leitfähigen Wänden aufweist, welche durch Beschichtung eines elektrisch leitfähigen Materials auf einer Vielzahl von entfernbaren Kernen gebildet sind, wobei das Substrat integral mit der ers-

ten Strömungsfeldschicht ist und die erste Strömungsfeldschicht zwischen der ersten und der zweiten Diffusionsmediumschicht angeordnet ist, und wobei eine der Diffusionsmediumschichten eine darauf angeordnete Membranelektrodenanordnung aufweist.



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Brennstoffzellenkomponente und Verfahren zur Herstellung einer sich wiederholenden Einheit für eine Brennstoffzelle.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Eine Brennstoffzelle wurde als saubere, effiziente und umweltbewusste Leistungsquelle für Elektrofahrzeuge und verschiedene weitere Anwendungen vorgeschlagen. Einzelne Brennstoffzellen können in Serie zusammen gestapelt sein, um einen Brennstoffzellenstapel für verschiedenste Anwendungen zu bilden. Der Brennstoffzellenstapel ist in der Lage, eine Menge an Elektrizität zu liefern, die ausreicht, um ein Fahrzeug zu betreiben. Im Speziellen wurde der Brennstoffzellenstapel als eine mögliche Alternative für einen traditionellen Verbrennungsmotor erkannt, der in modernen Fahrzeugen verwendet wird.

[0003] Ein Typ von Brennstoffzelle ist die Polymer-elektrolytmembran(PEM)-Brennstoffzelle. Die PEM-Brennstoffzelle umfasst drei grundlegende Komponenten: eine Elektrolytmembran; und ein Paar Elektroden, das eine Kathode und eine Anode umfasst. Die Elektrolytmembran ist zwischen den Elektroden angeordnet, um eine Membran-Elektroden-Anordnung (MEA) zu bilden. Die MEA ist typischerweise zwischen porösen Diffusionsmedien (DM) wie z. B. einem Kohlefaserpapier angeordnet, das eine Zufuhr von Reaktanden wie z. B. Wasserstoff an die Anode und Sauerstoff an die Kathode erleichtert. In der elektrochemischen Brennstoffzellenreaktion wird der Wasserstoff in der Anode katalytisch oxidiert, um freie Protonen und Elektronen zu erzeugen. Die Protonen gelangen durch den Elektrolyt zu der Kathode. Die Elektronen von der Anode können nicht durch die Elektrolytmembran gelangen und werden stattdessen als ein elektrischer Strom durch einen elektrischen Verbraucher wie z. B. einen Elektromotor zu der Kathode geleitet. Die Protonen reagieren mit dem Sauerstoff und den Elektronen in der Kathode, um Wasser zu erzeugen.

[0004] Es ist auch bekannt, in der PEM-Brennstoffzelle andere Reaktanden wie beispielsweise Methanol zu verwenden. Methanol kann katalytisch oxidiert werden, um Kohlendioxid zu bilden. Die Protonen von der Methanoloxidation werden über die Elektrolytmembran hinweg zu der Kathode transportiert, wo sie mit Sauerstoff, typischerweise aus der Luft, reagieren, um Wasser zu erzeugen. Wie bei der Wasserstoff-PEM-Brennstoffzelle werden die Elektronen als ein elektrischer Strom durch den externen Ver-

braucher wie z. B. den Elektromotor von der Anode zu der Kathode transportiert.

[0005] Die Elektrolytmembran ist typischerweise aus einer Schicht aus einem Ionomer gebildet. Ein typisches Ionomer ist ein Perfluorsulfonsäure(PFSA)-Polymer wie z. B. Nafion[®], das im Handel von E. I. du Pont de Nemours and Company erhältlich ist. Die Elektroden der Brennstoffzelle sind allgemein aus einem fein verteilten Katalysator gebildet. Der Katalysator kann ein beliebiger Elektrokatalysator sein, der katalytisch zumindest eine von einer Oxidation von Wasserstoff oder Methanol und einer Reduktion von Sauerstoff für die elektrochemische Brennstoffzellenreaktion unterstützt. Der Katalysator ist typischerweise ein Edelmetall wie z. B. Platin oder ein anderes Metall aus der Platin-Gruppe. Der Katalysator ist allgemein auf einem Kohlenstoffträger wie z. B. Rußpartikeln angeordnet und ist in einem Ionomer verteilt.

[0006] Die Elektrolytmembran, die Elektroden und die DM sind zwischen einem Paar Brennstoffzellenplatten angeordnet und z. B. mit einer Dichtung abgedichtet, die eine im Wesentlichen fluiddichte Abdichtung bereitstellt. Die Brennstoffzellenplatte kann eine Vielzahl von Kanälen aufweisen, die darin zur Verteilung der Reaktanden und Kühlmittel an die Brennstoffzelle gebildet sind. Die Brennstoffzellenplatte wird z. B. typischerweise durch ein herkömmliches Verfahren zur Formgebung eines Blechs wie z. B. Pressen, maschinelles Bearbeiten, Formpressen oder Fotoätzen durch eine fotolithographische Maske gebildet. Im Fall einer bipolaren Brennstoffzellenplatte wird die Brennstoffzellenplatte typischerweise aus einem Paar unipolarer Platten gebildet, welche dann zusammengefügt werden. Es ist auch bekannt, die Brennstoffzellenplatte aus einem Verbundmaterial wie z. B. einem Graphit-Verbundstoff oder einem graphitgefüllten Polymer zu bilden. Die bekannten Verfahren zur Herstellung einer/s jeden von der Elektrolytmembran, den Elektroden, den Diffusionsmedien und den Brennstoffzellenplatten können unerwünschterweise kostspielig und zeitaufwändig sein.

[0007] Es ist auch bekannt, Brennstoffzellenkomponenten einschließlich der Brennstoffzellenplatten in Übereinstimmung mit herkömmlichen Polymerschäumungsverfahren wie z. B. mit wiederaufbereiteten Schaummaterialien herzustellen. Allerdings führen herkömmliche Schäumungsverfahren zu ungleichmäßigen und zufälligen (ungeordneten) dreidimensionalen Mikrostrukturen. Es gibt bestimmte Techniken zur Erzeugung von Polymermaterialien mit geordneten dreidimensionalen Mikrostrukturen, z. B. stereolithographische Techniken; allerdings beruhen diese Techniken typischerweise auf einem Ansatz von unten nach oben und Schicht für Schicht, was die Skalierbarkeit des Produktionsvolumens verhindert.

[0008] Materialien, die geordnete dreidimensionale Mikrostrukturen aufweisen, sind von Jacobsen et al. in „Compression behavior of micro-scale truss structures formed from self-propagating polymer waveguides“, Acta Materialia 55, (2007) 6724–6733, beschrieben, dessen vollständiger Offenbarungsgehalt hiermit durch Bezugnahme aufgenommen ist. Ein Verfahren und ein System zum Erzeugen von Polymermaterialien mit geordneten Mikrofachwerkstrukturen ist von Jacobsen in US 7 382 959 B1 offenbart. Das System umfasst zumindest eine kollimierte Lichtquelle, die gewählt ist, um einen kollimierten Lichtstrahl zu produzieren; ein Reservoir mit einem Photomonomer, welches geeignet ist, durch den kollimierten Lichtstrahl zu polymerisieren; und eine Maske mit zumindest einer Durchbrechung, die zwischen der zumindest einen kollimierten Lichtquelle und dem Reservoir positioniert ist. Die zumindest eine Durchbrechung ist geeignet, um einen Teil des kollimierten Lichtstrahles in das Photomonomer zu leiten, um den zumindest einen Polymer-Wellenleiter durch einen Teil des Volumens des Photomonomers hindurch zu bilden. Mikrofachwerkmaterialien, die mit dem Verfahren und dem System produziert werden, sind weiter von Jacobsen in dem US-Patent US 8 197 930 B1 beschrieben, deren vollständiger Offenbarungsgehalt hiermit durch Bezugnahme aufgenommen ist. Ein Polymermaterial, das einer Strahlung ausgesetzt wird und zu einer Selbstfokussierung oder einem „Self-Trapping“ des Lichts durch die Bildung von Polymer-Wellenleitern führt, ist auch von Kewitsch et al. in US 6 274 288 B1 offenbart.

[0009] Es besteht fortgesetzter Bedarf an einer Struktur und einem Verfahren zur Herstellung von Brennstoffzellenkomponenten, welche die Brennstoffzellenlebensdauer optimieren, Werkzeugbestückungskosten minimieren, Produktionskosten minimieren und Entwicklungszeiten minimieren. Es ist wünschenswert, dass das Verfahren der Ungleichmäßigkeit und den Designeinschränkungen entgegenwirkt, die mit der Herstellung von Komponenten in Übereinstimmung mit den bekannten Verfahren verbunden sind.

[0010] Die US 7,382,959 B1 offenbart ein Verfahren und ein System zur Erzeugung von strahlungsgehärteten Mikrostrukturen, die einen oder mehrere Wellenleiter umfassen.

[0011] Die US 2003/0235738 A1 offenbart eine monolithische Brennstoffzelle, die mittels einem sogenannten "Rapid Prototyping"-Verfahren hergestellt wird, und die Brennstoff- und Luftkanäle sowie Dreifachschichten aus Anode, Elektrolyt und Kathode aufweist.

[0012] Die US 6,399,233 B1 offenbart ein Verfahren zur Herstellung von Komponenten für elektrochemische Vorrichtungen, umfassend das Strahlungs här-

ten von bestimmten Polymeren bzw. Polymervorstufen.

[0013] Die DE 10 2006 019 964 A1 offenbart eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts mittels Maskenbelichtung.

[0014] Die DE 60 2004 008 458 T2 beschreibt eine Rapid-Prototyping-Vorrichtung.

Zusammenfassung der Erfindung

[0015] In Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenlegung wurden überraschenderweise eine Struktur und ein Verfahren zur Herstellung von Brennstoffzellenkomponenten entdeckt, welche die Brennstoffzellenlebensdauer optimieren, Werkzeugbestückungskosten minimieren, Produktionskosten minimieren, Entwicklungszeiten minimieren und der Ungleichmäßigkeit und den Designeinschränkungen entgegenwirken, die mit der Herstellung von Komponenten in Übereinstimmung mit den bekannten Verfahren verbunden sind.

[0016] Eine erfindungsgemäße Brennstoffzellenkomponente umfasst:

ein Substrat; und

zumindest eine Strömungsfeldschicht, die benachbart zu dem Substrat angeordnet ist, wobei die Strömungsfeldschicht zumindest einen einer Vielzahl von strahlungsgehärteten Reaktandenströmungskanälen und einer Vielzahl von strahlungsgehärteten Kühlmittelkanälen für die Brennstoffzelle aufweist,

wobei die Strömungsfeldschicht ferner eine Vielzahl von Stützbändern umfasst,

wobei die Brennstoffzellenkomponente eine Diffusionsmediumschicht umfasst, die eine Mikrofachwerkstruktur aufweist, wobei die Strömungsfeldschicht eine ist, die zwischen dem Substrat und der Diffusionsmediumschicht angeordnet ist oder auf der Diffusionsmediumschicht dem Substrat gegenüberliegend angeordnet ist,

wobei die zumindest eine Diffusionsmediumschicht eine erste Diffusionsmediumschicht und eine zweite Diffusionsmediumschicht umfasst und die zumindest eine Strömungsfeldschicht eine erste Strömungsfeldschicht umfasst, die eine Vielzahl von elektrisch leitfähigen Wänden aufweist, welche durch Beschichtung eines elektrisch leitfähigen Materials auf einer Vielzahl von entfernbaren Kernen gebildet sind, wobei das Substrat integral mit der ersten Strömungsfeldschicht ist und die erste Strömungsfeldschicht zwischen der ersten und der zweiten Diffusionsmediumschicht angeordnet ist, und wobei eine der Diffusionsmediumschichten eine darauf angeordnete Membranelektrodenanordnung aufweist.

[0017] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung einer sich wiederholenden Einheit für eine Brennstoffzelle umfasst die Schritte, dass:

- eine erste Brennstoffzellenkomponente vorgesehen wird, die ein erstes Substrat, eine erste Diffusionsmediumschicht mit einer Mikrofachwerkstruktur und eine erste Strömungsfeldschicht mit einer Vielzahl von strahlungsgehärteten Reaktandenströmungskanälen, wobei die erste Strömungsfeldschicht zwischen dem ersten Substrat und der ersten Diffusionsmediumschicht angeordnet ist, aufweist;
- eine zweite Brennstoffzellenkomponente vorgesehen wird, die eine zweite Diffusionsmediumschicht mit einer Mikrofachwerkstruktur und eine zweite Strömungsfeldschicht mit einer Vielzahl von strahlungsgehärteten Reaktandenströmungskanälen und einer Vielzahl von strahlungsgehärteten Kühlmittelkanälen aufweist, wobei die zweite Diffusionsmediumschicht zwischen einem zweiten Substrat und der zweiten Strömungsfeldschicht angeordnet ist;
- die erste Brennstoffzellenkomponente auf der zweiten Brennstoffzellenkomponente angeordnet wird, wobei das erste Substrat benachbart zu der zweiten Strömungsfeldschicht angeordnet ist;
- das zweite Substrat von der zweiten Brennstoffzellenkomponente entfernt wird;
- eine erste mikroporöse Schicht auf der ersten Diffusionsschicht und eine zweite mikroporöse Schicht auf der zweiten Diffusionsschicht angeordnet wird; und
- entweder
 - eine erste Elektrode auf die erste mikroporöse Schicht und eine zweite Elektrode auf die zweite mikroporöse Schicht aufgebracht wird und eine Polymerelektrolytmembran auf der ersten Elektrode angeordnet wird; oder
 - eine Membranelektrodenanordnung auf einer von der ersten und der zweiten mikroporösen Schicht angeordnet wird, wobei die Membranelektrodenanordnung die Polymerelektrolytmembran aufweist, die zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode angeordnet ist.

[0018] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung einer sich wiederholenden Einheit für eine Brennstoffzelle umfasst die Schritte, dass:

- ein erstes Substrat vorgesehen wird;
- ein erstes strahlungsempfindliches Material auf das erste Substrat aufgebracht wird;
- eine erste Maske zwischen zumindest einer Strahlungsquelle und dem ersten strahlungsempfindlichen Material angeordnet wird, wobei sich die Maske eine Einzelebene entlang erstreckt und eine Vielzahl von Durchbrechungen aufweist;
- das erste strahlungsempfindliche Material einer Vielzahl von Strahlungsbündeln ausgesetzt wird, um eine Vielzahl von negativen entfernbaren Kernen zu bilden;
- die erste Maske von den negativen entfernbaren Kernen entfernt wird; ein zweites strahlungsempfindliches

- Material auf die negativen entfernbaren Kerne aufgebracht wird;
- ein nicht ausgehärtetes Volumen des ersten strahlungsempfindlichen Materials entfernt wird;
- das erste Substrat und die negativen entfernbaren Kerne mit einer elektrisch leitfähigen Beschichtung beschichtet werden;
- ein drittes strahlungsempfindliches Material auf das erste Substrat aufgebracht wird;
- eine zweite Maske zwischen der zumindest einen Strahlungsquelle und dem zweiten strahlungsempfindlichen Material angeordnet wird;
- das zweite strahlungsempfindliche Material einer Vielzahl von Strahlungsbündeln ausgesetzt wird, um eine erste Diffusionsmediumschicht mit einer Mikrofachwerkstruktur zu bilden;
- eine dritte Maske zwischen der zumindest einen Strahlungsquelle und dem dritten strahlungsempfindlichen Material angeordnet wird;
- das dritte strahlungsempfindliche Material einer Vielzahl von Strahlungsbündeln ausgesetzt wird, um eine zweite Diffusionsmediumschicht mit einer Mikrofachwerkstruktur zu bilden;
- die negativen entfernbaren Kerne und ein nicht ausgehärtetes Volumen des zweiten und des dritten strahlungsempfindlichen Materials entfernt werden;
- die zweite und die dritte Diffusionsmediumschicht mit einer elektrisch leitfähigen Beschichtung beschichtet werden; und
- eine Membranelektrodenanordnung auf einer von der ersten und der zweiten Diffusionsmediumschicht aufgebracht wird.

Zeichnungen

[0019] Die oben stehenden sowie weitere Vorteile der vorliegenden Offenlegung sind für einen Fachmann aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung, insbesondere bei Betrachtung im Licht der nachfolgend beschriebenen Zeichnungen offensichtlich.

[0020] Fig. 1 ist eine fragmentarische seitliche Querschnittsansicht einer Brennstoffzellenkomponente gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenlegung;

[0021] Fig. 2 ist eine fragmentarische seitliche Querschnittsansicht einer Brennstoffzellenkomponente gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Offenlegung;

[0022] Fig. 3 ist eine fragmentarische seitliche Querschnittsansicht einer sich wiederholenden Brennstoffzelleneinheit, die mit den in den Fig. 1 und Fig. 2 gezeigten Brennstoffzellenkomponenten hergestellt ist und elektrisch leitfähige Beschichtungen aufweist;

[0023] Fig. 4 ist eine fragmentarische seitliche Querschnittsansicht einer Brennstoffzellenkomponente

gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Offenlegung; und

[0024] Fig. 5 ist eine fragmentarische seitliche Querschnittsansicht einer sich wiederholenden Brennstoffzelleneinheit, die mit der in Fig. 4 gezeigten Brennstoffzellenkomponente hergestellt ist.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0025] Die nachfolgende detaillierte Beschreibung und die beigefügten Zeichnungen beschreiben und veranschaulichen verschiedene Ausführungsformen der Erfindung. Die Beschreibung und die Zeichnungen dienen dazu, es einem Fachmann zu ermöglichen, die Erfindung herzustellen und zu verwenden. In Bezug auf die offenbarten Verfahren sind die dargestellten Schritte beispielhaft und sind daher nicht notwendig oder kritisch.

[0026] Wie in den Fig. 1 und Fig. 2 gezeigt, ist ein Verfahren auf Photopolymer-Basis vorgesehen, um eine von einer ersten Brennstoffzellenkomponente **10** und einer zweiten Brennstoffzellenkomponente **11** herzustellen. Die Brennstoffzellenkomponenten **10**, **11** umfassen ein Substrat **12**, zumindest eine Diffusionsmediumschicht **14**, die eine Mikrofachwerkstruktur **15** aufweist, und zumindest eine Strömungsfeldschicht **16**. In Fig. 1 ist die erste Brennstoffzellenkomponente **10** mit der zwischen dem Substrat **12** und der Diffusionsmediumschicht **14** angeordneten Strömungsfeldschicht **16** gezeigt. In Fig. 2 ist die zweite Brennstoffzellenkomponente **11** mit der zwischen dem Substrat **12** und der Strömungsfeldschicht **16** angeordneten Diffusionsmediumschicht **14** gezeigt. Das Substrat **12** kann je nach Wunsch entfernt oder dauerhaft an einer von der Diffusionsmediumschicht **14** und der Strömungsfeldschicht **16** angebracht sein.

[0027] Zumindest eine von der Diffusionsmediumschicht **14** und der Strömungsfeldschicht **16** ist aus einem strahlungsempfindlichen Material gebildet. Die Herstellung von strahlungsgehärteten Strukturen wie z. B. der Diffusionsmediumschicht **14** und der Strömungsfeldschicht **16** aus dem strahlungsempfindlichen Material sind z. B. in US 2010/0159398 A1 beschrieben.

[0028] Das Substrat **12** kann aus einem beliebigen Material gebildet sein, welches die Bildung von polymeren Strukturen darauf gestattet. Das Substrat **12** kann je nach Wunsch elektrisch nicht leitend oder elektrisch leitend sein. Zum Beispiel kann das Substrat **12** elektrisch nicht leitend sein, wenn vorgesehen ist, das Substrat **12** nach der Bildung einer von der Diffusionsmediumschicht **14** und der Strömungsfeldschicht **16** zu entfernen. Wenn vorgesehen ist, dass das Substrat **12** innerhalb der Brennstoffzelle bleibt, kann das Substrat **12** jedoch elektrisch leitfähig

sein. In einem Beispiel ist das Substrat **12** beispielsweise aus einem Metall oder einem elektrisch leitfähigen Verbundmaterial gebildet, das sich unter typischen Photopolymerisationsbedingungen nicht wesentlich zersetzt. Das Substrat **12** kann alternativ aus einem elektrisch nicht leitfähigen Material gebildet sein, das darin gebildete Löcher oder Verbindungskontaktlöcher aufweist, in denen ein elektrisch leitfähiges Material z. B. durch Galvanisieren angeordnet sein kann, um zu bewirken, dass das Substrat **12** elektrisch leitfähig wird. In einem speziellen Beispiel ist das Substrat **12** aus Edelstahlstreifen gebildet. Die Edelstahlstreifen können als gewickelte Stahlstreifen, in Regalen gelagerte Stahlstreifen oder einzelne Rohlinge vorgesehen sein. In bestimmten Ausführungsformen ist das Substrat **12** ein im Wesentlichen planarer Edelstahlstreifen. Das Substrat **12** kann je nach Wunsch auch mit einer/einem darin gebildeten Textur oder Muster versehen sein.

[0029] Das Substrat **12** kann ferner mit einer Beschichtung oder Oberflächenbehandlung zum Verbinden und Lösen mit/von einer von der Diffusionsmediumschicht **14** und der Strömungsfeldschicht **16** versehen sein. Als ein nicht einschränkendes Beispiel kann das Substrat **12** eine Beschichtung aufweisen, die geeignet ist, sich mit einem nicht ausgehärteten Polymermaterial während der Herstellung der Brennstoffzellenkomponente **10**, **11** zu verbinden. Die Oberflächenbehandlung kann weiter das Lösen eines ausgehärteten Polymers von dem Substrat **12** erleichtern. Insbesondere kann eine Rückseite des Substrats **12**, das während der Herstellung der Brennstoffzellenkomponente **10**, **11** typischerweise auf einer flachen Fläche angeordnet ist, eine Beschichtung aufweisen, um einer unerwünschten Verunreinigung oder Plattierung des Substrats entgegenzuwirken. Ein geübter Fachmann kann je nach Wunsch beliebige Oberflächenbehandlungen einschließlich Beschichtungen wählen.

[0030] In einer weiteren Ausführungsform kann das Substrat **12** darin gebildete Durchgangslöcher (nicht gezeigt) aufweisen. Die Durchgangslöcher können ein Abfließen von flüssigen Photomonomeren und Lösungsmitteln oder ein Entfernen von festen strahlungsempfindlichen Polymeren ermöglichen, die während der Herstellung der Brennstoffzellenkomponenten **10**, **11** verwendet werden. Die Durchgangslöcher können auch typische Endproduktmerkmale wie z. B. Anschlüsse und Sammleröffnungen bereitstellen, wie z. B. in der US 2008/0311437 A1 beschrieben. In weiteren Ausführungsformen können die Durchgangslöcher mit der Strömungsfeldschicht **16** zusammenwirken (wie in den Fig. 4 und Fig. 5 gezeigt). Die Durchgangslöcher können z. B. mittels mechanischer Perforation oder Laserschneiden vor dem Aufbringen der Diffusionsmediumschicht **14** oder der Strömungsfeldschicht **16** auf dem Substrat **12** gebildet werden. Es können auch andere geeigne-

te Mittel zum Bilden der Durchgangslöcher verwendet werden.

[0031] Die Diffusionsmediumschicht **14** gemäß der vorliegenden Offenlegung weist die Mikrofachwerkstruktur **15** auf. Die Mikrofachwerkstruktur **15** umfasst eine Vielzahl von ersten Fachwerkelementen, die sich eine erste Richtung entlang erstrecken, eine Vielzahl von zweiten Fachwerkelementen, die sich eine zweite Richtung entlang erstrecken, und eine Vielzahl von dritten Fachwerkelementen, die sich eine dritte Richtung entlang erstrecken. Die ersten, zweiten und dritten Fachwerkelemente können einander an einer Vielzahl von Knoten **18** durchdringen. Es sollte einzusehen sein, dass die ersten, zweiten und dritten Fachwerkelemente je nach Wunsch einander nicht durchdringen können oder einander an der Vielzahl von Knoten **18** auf intermittierender Basis durchdringen können. Die ersten, zweiten und dritten Fachwerkelemente bilden eine kontinuierliche, dreidimensionale, selbsttragende Zellstruktur.

[0032] Wenngleich die Mikrofachwerkstruktur **15** mit der Vielzahl von ersten Fachwerkelementen, der Vielzahl von zweiten Fachwerkelementen und der Vielzahl von dritten Fachwerkelementen eine 4-fache architektonische Symmetrie aufweisen kann, wie oben beschrieben, sollte ein geübter Fachmann einsehen, dass andere Architekturen wie z. B. eine 3-fache Symmetrie und eine 6-fache Symmetrie innerhalb des Schutzzumfangs der vorliegenden Offenlegung verwendet werden können. Die spezielle Architektur kann z. B. gewählt sein, um den Zusammenhalt der Mikrofachwerkstruktur **15** zu erhöhen und die Anfälligkeit auf ein Durchbiegen und Knicken der Mikrofachwerkstruktur **15** unter Belastung zu reduzieren. Die gewählte Architektur kann je nach Wunsch symmetrisch oder asymmetrisch sein. Die Architektur kann auch gewählt sein, um die Festigkeit und Steifigkeit der Mikrofachwerkstruktur **15** zu optimieren. Ein Fachmann sollte ferner einsehen, dass je nach Wunsch andere Architekturen für die Mikrofachwerkstruktur **15** verwendet werden können.

[0033] Beispielhafte Architekturen der Mikrofachwerkstruktur **15** sind von Jacobsen in US 7 382 959 B1 und US 8 197 930 B1 beschrieben. Zum Beispiel kann die Vielzahl von ersten Fachwerkelementen durch eine Vielzahl von ersten sich selbst fortpflanzenden Polymer-Fachwerk-Wellenleitern definiert sein. Die Vielzahl von zweiten Fachwerkelementen kann durch eine Vielzahl von zweiten sich selbst fortpflanzenden Polymer-Fachwerk-Wellenleitern definiert sein. Die Vielzahl von dritten Fachwerkelementen kann durch eine Vielzahl von dritten sich selbst fortpflanzenden Polymer-Fachwerk-Wellenleitern definiert sein. Die ersten, zweiten und dritten Wellenleiter können z. B. aus einem flüssigen Photomonomer gebildet sein, das bei Photopolymerisation eine Verschiebung des Brechungsindex zeigt.

Es sollte einzusehen sein, dass die Mikrofachwerkstruktur **15** alternativ aus einem Material gebildet sein kann, das sich nicht über eine Verschiebung des Brechungsindex bildet, um einen Polymerwellenleiter zu bilden, wie z. B. durch gesteuerten Strahlungseinfluss auf ein im Wesentlichen festes strahlungsempfindliches Polymer, wie hierin beschrieben. Je nach Wunsch können andere geeignete Mittel zum Bilden der Mikrofachwerkstruktur **15** verwendet werden.

[0034] Ein Fachmann sollte einsehen, dass die spezielle Mikrofachwerkstruktur **15** je nach Wunsch durch zumindest eines von: 1) Wählen der Winkel und der Muster der Polymer-Fachwerkelemente in Bezug aufeinander, 2) Anpassen der Packung oder der relativen Dichte der resultierenden Zellstruktur und 3) Wählen der Querschnittsformen und Dimensionen der Polymer-Fachwerkelemente entworfen werden kann. Im Speziellen können Polymer-Fachwerkelemente mit einer elliptischen Fachwerkquerschnittsform einem Abbau mit Differenzen im thermischen Ausdehnungskoeffizienten entgegenwirken. Je nach Wunsch können auch andere Querschnittsformen verwendet werden.

[0035] In bestimmten illustrativen Ausführungsformen kann das Polymer der Mikrofachwerkstruktur **15** in ein Metalloxid oder eine Keramik umgewandelt sein, um das wünschenswerte Niveau an Biegefestigkeit vorzusehen. Zum Beispiel sind Keramik-Mikrofachwerkstrukturen **15** und Verfahren zur Herstellung von Keramik-Mikrofachwerkstrukturen **15** von Gross et al. in US 7 687 132 B2 offenbart.

[0036] Die Strömungsfeldschicht **16** gemäß der vorliegenden Offenlegung umfasst eine Vielzahl von Reaktandenströmungskanälen **20**. Die Reaktandenströmungskanäle **20** sind aus einer Vielzahl von ersten Kanalwänden **24** gebildet, die sich eine Länge der Brennstoffzellenkomponenten **10**, **11** entlang erstrecken. Wie in **Fig. 2** gezeigt, kann die Strömungsfeldschicht **16** auch eine Vielzahl von Kühlmittelkanälen **22** umfassen. Die Kühlmittelkanäle **22** sind aus der Vielzahl von ersten Kanalwänden **24** und aus einer Vielzahl von zweiten Kanalwänden **26** gebildet, die sich ebenfalls die Länge der Brennstoffzellenkomponenten **10**, **11** entlang erstrecken. Wenn die Strömungsfeldschicht **16** z. B. aus dem flüssigen Photomonomer gebildet ist, können die ersten Kanalwände **24** durch eine Vielzahl von ersten sich selbst fortpflanzenden Polymerwand-Wellenleitern definiert sein, die sich eine Richtung entlang erstrecken, und die zweiten Kanalwände **26** können durch eine Vielzahl von zweiten sich selbst fortpflanzenden Polymerwand-Wellenleitern definiert sein, die sich eine andere Richtung entlang erstrecken. Die ersten und zweiten Kanalwände **24**, **26** können einander an einer Vielzahl von Knotenpunkten **28** durchdringen. Als ein nicht einschränkendes Beispiel können die ersten und zweiten Kanalwände **24**, **26** im Wesentlichen

V-förmige Kühlmittelkanäle **22** bilden. In bestimmten Ausführungsformen können die Reaktandenströmungskanäle auch aus den ersten und zweiten Kanalwänden **24**, **26** gebildet sein. Es sollte einzusehen sein, dass das Bilden der Reaktandenströmungskanäle und Kühlmittelkanäle **20**, **22** als offene V-Formen die Rückgewinnung von überschüssigen strahlungsempfindlichen Materialien, die während der Herstellung der Brennstoffzellenkomponenten **10**, **11** verwendet werden, zulassen kann. Die Knotenpunkten **28** können je nach Wunsch benachbart zu dem Substrat **12** oder der Diffusionsmediumschicht **14** angeordnet sein, wie in **Fig. 2** gezeigt.

[0037] Die Strömungsfeldschicht **16** umfasst ferner eine Vielzahl von beabstandeten Stützbändern **30**, die eine Strömung von Reaktanden oder Kühlmittel durch die Strömungsfeldschicht **16** erleichtern und einer unerwünschten Durchbiegung der ersten und zweiten Kanalwände **24**, **26** unter typischen Brennstoffzellen-Betriebsbedingungen entgegenwirken. Die Stützbänder **30** können ferner geeignet sein, um einen Strom innerhalb der Brennstoffzelle zu transportieren. Wie die Fachwerkelemente der Mikrofachwerkstruktur **15** können die Stützbänder **30** je nach Wunsch eine elliptische Querschnittsform oder eine andere Querschnittsform aufweisen.

[0038] Die Stützbänder **30** sind zwischen den ersten und zweiten Kanalwänden **24**, **26** und einem von dem Substrat **12** und der Diffusionsmediumschicht **14** angeordnet. Wenn die Strömungsfeldschicht **16** z. B. aus einem flüssigen Photomonomer gebildet ist, können die Stützbänder **30** durch eine Vielzahl von sich selbst fortpflanzenden Polymerband-Wellenleitern definiert sein. In bestimmten Ausführungsformen kann zumindest eines der Stützbänder **30** ein weiteres der Stützbänder **30** benachbart zu dem Substrat **12** oder der Diffusionsmediumschicht **14** schneiden. Im Speziellen können die Stützbänder **30** entworfen sein, um sich der Steifigkeit wegen, und um ein unerwünschtes Verbiegen und Brechen der ersten und zweiten Kanalwände **24**, **26** zu vermeiden, benachbart zu der Diffusionsmediumschicht **14** zu schneiden.

[0039] Die strahlungsempfindlichen Materialien, die verwendet werden, um zumindest eine von der Diffusionsmediumschicht **14** und der Strömungsfeldschicht **16** gemäß der vorliegenden Offenlegung zu bilden, umfassen strahlungshärtbare Materialien und durch Strahlung zerlegbare Materialien. Der Ausdruck „strahlungshärtbares Material“ ist hierin als jedes Material definiert, das, wenn es einer Strahlung ausgesetzt ist, zumindest angeregt, polymerisiert oder vernetzt wird. Es sollte einzusehen sein, dass auch eine Erhöhung der Temperatur verwendet werden kann, um zumindest teilweise eine Polymerisation oder Vernetzung der strahlungshärtbaren Materialien anschließend an eine Anregung durch

Strahlungseinfluss zu beenden. Der Ausdruck „durch Strahlung zerlegbares Material“ ist hierin als jedes Material definiert, das zumindest eines von einer Spaltung des Polymergerüsts und einem Entnetzen durch Strahlungseinfluss zeigt. Als ein nicht einschränkendes Beispiel kann das durch Strahlung zerlegbare Material durch ein ausreichendes Brechen von Vernetzungen und/oder Spalten des Polymergerüsts des durch Strahlung zerlegbaren Materials durch Lösungsmittel löslich gemacht werden.

[0040] Als nicht einschränkende Beispiele können die strahlungshärtbaren Materialien eines von einem flüssigen Photomonomer und einem im Wesentlichen festen strahlungshärtbaren Polymer umfassen. Das flüssige Photomonomer kann ein Monomer sein, wie in US 7 382 959 B1 und US 8 197 930 B2 beschrieben. Nicht einschränkende Beispiele von geeigneten Photomonomeren umfassen Monomere, die über eine freie radikalische Polymerisation polymerisieren, wenn sie einer UV-Strahlung (Wellenlänge zwischen etwa 250 nm und etwa 400 nm) ausgesetzt sind. Das Photomonomer kann jedes frei radikalische Photopolymermaterial wie z. B. Urethane (Polyurethane), Acrylate, Methacrylate und kationische Polymere wie lichtgehärtete Epoxide umfassen. Es können auch andere geeignete Photomonomere verwendet werden.

[0041] Geeignete im Wesentlichen feste strahlungshärtbare Materialien können Negativ-Resist-Polymere umfassen. Negativ-Resist-Polymere durchlaufen einen Photoinitierungsprozess, der ein Aushärten des Negativ-Resist-Polymers z. B. durch Polymerisation oder Polykondensation zur Folge hat. Wenn eine Polymerisations- oder Polykondensationsreaktion im Wesentlichen gleichzeitig stattfindet, wird der Prozess als „lichtgehärtet“ bezeichnet. Wenn nur die Reaktionsspezies durch den Photoinitierungsprozess erzeugt werden und ein nachfolgender Schritt wie z. B. Erwärmen erforderlich ist, um die Polymerisation oder Polykondensation zu schaffen, wird der Prozess als „photoinitiert“ bezeichnet. Es sollte einzusehen sein, dass, wenngleich eine Nachhärtungswärmebehandlung notwendig sein kann, um den Polymerisationsschritt abzuschließen, während des anfänglichen Strahlungseinflusses auch im Wesentlichen stabile strahlungsgehärtete Merkmale in dem Negativ-Photoresist-Polymer erzeugt werden können. Die im Wesentlichen festen strahlungshärtbaren Polymere können gerade den Anregungsprozess durchlaufen und infolge der inhärenten Stabilität und begrenzten Diffusionsrate der chemischen Spezies innerhalb der festen strahlungshärtbaren Polymere kann der Aushärtungsprozess viel später ohne einen wesentlichen Merkmalabbau erfolgen. Es sollte einzusehen sein, dass die meisten photoinitierten Polymere den Aushärtungsprozess zu Beginn des Anregungsprozesses beginnen, aber die Kinetik der Reaktion bei der Umgebungstemperatur so langsam ist, dass eine

Polymerisation oder Polykondensation, wenn überhaupt, vor dem Erwärmen des Negativ-Resist-Polymers auf eine erwünschte Aushärtungstemperatur stattfinden kann.

[0042] Ein spezielles Negativ-Resist-Polymer ist das Negativ-Resist-Polymer SU-8 2000™ auf Epoxidbasis, das im Handel von Microchem Corporation, Newton, Massachusetts erhältlich ist. Das Negativ-Resist-Polymer SU-8 2000™ ist durch UV-Strahlung härtbar. Es sollte einzusehen sein, dass weitere im Wesentlichen feste strahlungshärtbare Polymere verwendet werden können. Zum Beispiel kann, ähnlich wie bei den oben beschriebenen Photomonomeren, das gewählte strahlungshärtbare Polymer, falls erwünscht, mit einer Strahlung mit anderen Wellenlängen als die der UV-Strahlung gehärtet werden. Das strahlungshärtbare Polymer kann z. B. auch derart gewählt sein, dass es eine langsamere Härtungsgeschwindigkeit als das flüssige Photomonomer aufweist, um dem Auftreten von Merkmalen in der langsamer härtenden Schicht beim Ausgesetztsein der schneller härtenden Schicht gegenüber einer Strahlungsquelle entgegenzuwirken.

[0043] Als ein nicht einschränkendes Beispiel können die durch Strahlung zerlegbaren Materialien Positiv-Resist-Polymere umfassen. Positiv-Resist-Polymere beginnen als vernetzte Polymere, können jedoch Photoinitiatoren enthalten, die, wenn sie einer speziellen Strahlung ausgesetzt sind, chemische Spezies erzeugen, welche das Polymer zerlegen, indem sie die Vernetzungen aufbrechen und/oder das Polymergerüst spalten. Die Zerlegung macht das Positiv-Resist-Polymer in den Bereichen löslich, die der Strahlung ausgesetzt waren. Bereiche, in denen das Positiv-Resist-Polymer gehärtet bleibt, werden maschiert und nicht exponiert, wie im Fall der oben beschriebenen Negativ-Resist-Polymere. In bestimmten Ausführungsformen sind die Positiv-Resist-Polymere empfindlich gegenüber Strahlung, z. B. Ultraviolett oder einem Elektronenstrahl, ohne dass Photoinitiatoren notwendig sind. Zum Beispiel kann das Positiv-Resist-Polymer selbst durch die Strahlung beschädigt werden und die restlichen gespaltenen Ketten werden in einem Lösungsmittel löslich. Es können je nach Wunsch andere Arten von Positiv-Resist-Polymeren verwendet werden.

[0044] Die Strahlung, die verwendet wird, um die strahlungsempfindlichen Materialien zu härten oder zu zerlegen, umfasst z. B. einen UV-Strahl von einer Quecksilberdampflampe. Je nach Wunsch kann die Strahlung eine elektromagnetische Strahlung oder eine Teilchenstrahlung sein. Für einen geübten Fachmann ist einzusehen, dass auch Strahlung mit anderen Wellenlängen wie z. B. Infrarot, sichtbare oder Röntgenstrahlung und von anderen Quellen wie z. B. weißglühenden Lichts und von Lasern verwendet werden können. Es kann auch eine Teilchenstrah-

lung wie z. B. ein Elektronenstrahl von einer Kathodenstrahlquelle verwendet werden. Es sollte ferner einzusehen sein, dass die Strahlung je nach Wunsch kollimiert, teilweise kollimiert oder nicht kollimiert sein kann.

[0045] Die Strahlung wird typischerweise über zumindest eine Maske zu dem strahlungsempfindlichen Material geleitet, die darin gebildete Durchbrechungen oder Öffnungen aufweist, durch die hindurch die Strahlung mit dem strahlungsempfindlichen Material in Kontakt treten kann. Die Durchbrechungen können im Wesentlichen strahlungsdurchlässige Durchbrechungen sein, die z. B. in einem ansonsten lichtundurchlässigen oder Strahlung blockierenden Material gebildet sind. Die Maske kann z. B. aus einer Ebene aus Glas oder Mylarlage gebildet sein und das Leiten der Strahlenbündel unter einem Winkel in Bezug auf entweder die Maske oder das darunter liegende Substrat **12** erleichtern. Die Maske kann nach einer Exposition weggehoben und zur Wiederverwendung gereinigt werden. Die in der Maske gebildeten Öffnungen und Durchbrechungen besitzen Formen, die Strahlenbündel bereitstellen, um Polymerstrukturen mit einer gewünschten Querschnittsform zu bilden. Die Durchbrechungen können im Wesentlichen kreisförmig sein, um elliptische Querschnittsformen zu erzeugen, die sich den Differenzen im thermischen Ausdehnungskoeffizienten (CTE von coefficient of thermal expansion) im Inneren der Brennstoffzellenkomponente **10**, **11** besser anpassen können.

[0046] In einer illustrativen Veranschaulichung weist die Maskenoberfläche eine Vielzahl von Löchern auf. Die Löcher können jeweils einen Durchmesser von z. B. 10 Mikrometer aufweisen. In einer weiteren Ausführungsform sind die Durchbrechungen längliche Schlitze, die Strahlungslagen bereitstellen, um Polymerwände mit z. B. im Wesentlichen rechteckigen Querschnittsformen zu bilden, um den zumindest einen von den Reaktandenströmungskanälen **20** und den Kühlmittelkanälen **22** der Brennstoffzellenkomponente **10**, **11** zu bilden. Die Strahlenexposition kann z. B. intermittierend in einer Reihe von kurzen Expositionen oder längeren Perioden erfolgen um den gewünschten strukturellen Aufbau vorzusehen. Ein geübter Fachmann kann je nach Wunsch geeignete Masken, Materialien, Durchbrechungs- und Öffnungsgrößen und -formen und daraus folgende strukturelle Konfigurationen wählen.

[0047] Unter nunmehriger Bezugnahme auf **Fig. 3** weisen gleiche Strukturen wie in den **Fig. 1** und **Fig. 2** zum besseren Verständnis die gleichen Bezugsziffern und einen Strich (') oder einen Doppelpunkt (") auf. Zumindest eine von der Diffusionsmediumschicht **14'**, **14''** und der Strömungsfeldschicht **16'**, **16''** kann ferner mit einem elektrisch leitfähigen Material **38'**, **38''** beschichtet sein. Zum Beispiel kann zumindest eine von der Diffusionsmediumschicht **14'**,

14" und der Strömungsfeldschicht **16', 16"** mit einer Metallschicht plattiert sein, die im Wesentlichen oxidationsbeständig, reduktionsbeständig und säurebeständig ist. Die Metallbeschichtung kann in mehreren Plattierungsschritten gebildet werden. Zum Beispiel kann die Metallbeschichtung durch Aufbringen einer ersten Schicht aus einer autokatalytischen Nickelbasis gefolgt von einer zweiten Schicht aus einer NiCr- oder Cr-Plattierung zur Korrosionsbeständigkeit und einer dritten Schicht einer Überdeckung mit Au oder Pd zur Minimierung des Kontaktwiderstandes zwischen der Diffusionsmediumschicht **14', 14"** und der Strömungsfeldschicht **16', 16"** gebildet sein. Beispielsweise können die erste Schicht und die zweite Schicht aufplattiert und die dritte Schicht durch physikalische Gasphasenabscheidung aufgebracht sein, um eine Abdeckung zu minimieren. Es können je nach Wunsch auch andere Verfahren zum Beschichten des elektrisch leitfähigen Materials **38', 38"** auf die zumindest eine von der Diffusionsmediumschicht **14', 14"** und der Strömungsfeldschicht **16', 16"** verwendet werden.

[0048] In bestimmten Ausführungsformen umfasst das elektrisch leitfähige Material **38', 38"** ein Edelmetall, welches aus der Gruppe gewählt ist, die aus Ruthenium (Ru), Rhodium (Rh), Palladium (Pd), Silber (Ag), Iridium (Ir), Platin (Pt) und Osmium (Os) und Legierungen daraus besteht. In einer speziellen Ausführungsform ist das elektrisch leitfähige Material **38', 38"** Gold (Au). In einer weiteren speziellen Ausführungsform ist das elektrisch leitfähige Material **38', 38"** Tantal (Ta). Eine weitere geeignete Metallbeschichtung kann Nickel(Ni)-legierungen wie z. B. Legierungen aus Nickel und Chrom (Cr) oder Nickel und Kobalt (Co) umfassen. Wie für einen Fachmann einzusehen sein sollte, kann das elektrisch leitfähige Material **38', 38"** Mischungen oder Legierungen aus den oben angeführten Metallen umfassen. Es können je nach Wunsch andere elektrisch leitfähige Metalle und Materialien verwendet werden.

[0049] Das elektrisch leitfähige Material **38', 38"** kann auf zumindest einer von der Diffusionsmediumschicht **14', 14"** und der Strömungsfeldschicht **16', 16"** mittels z. B. Elektronenstrahlverdampfung oder Magnetron-Sputtern oder physikalische Gasphasenabscheidung oder chemische Gasphasenabscheidung oder Atomlagenabscheidung oder elektrolytische Abscheidung oder stromlose Abscheidung oder Flammgespritzabscheidung oder Bürstengalvanisierung und weitere ähnliche Verfahren abgeschieden werden. Es können auch elektrolytische Metallabscheidetechniken auf Lösungsbasis, die das Eintauchen von zumindest einer von der Diffusionsmediumschicht **14', 14"** und der Strömungsfeldschicht **16', 16"** in einem Galvanisierungsbad umfassen, verwendet werden. Es kann auch das Aufbringen des elektrisch leitfähigen Materials **38', 38"** in der Form eines Schlämmpulvers und anschließendes Brennen

des Schlämmpulvers, um die Beschichtung zu bilden, verwendet werden. Ein geübter Fachmann kann mehr als eine Abscheidetechnik wählen, um Unterschiede zwischen Sichtlinien- und Nicht-Sichtlinieneigenschaften der gewählten Abscheideverfahren zu berücksichtigen. In bestimmten Ausführungsformen kann das elektrisch leitfähige Material im Wesentlichen gleichmäßig auf sowohl den Innen- als auch den Außenflächen der Diffusionsmediumschicht **14', 14"** und der Strömungsfeldschicht **16', 16"** abgeschieden sein. In weiteren Ausführungsformen kann die Beschichtung des elektrisch leitfähigen Materials **38', 38"** auf der Diffusionsmediumschicht **14', 14"** eine geringere Dicke aufweisen als die Beschichtung des elektrisch leitfähigen Materials **38', 38"** auf der Strömungsfeldschicht **16', 16"**. Es können je nach Wunsch geeignete Mittel zum Beschichten und Dicken des elektrisch leitfähigen Materials **38', 38"** gewählt werden.

[0050] Es sollte einzusehen sein, dass zumindest eine von der Diffusionsmediumschicht **14', 14"** und der Strömungsfeldschicht **16', 16"** aus einem strahlungsempfindlichen Material gebildet sein kann, das elektrisch leitfähig ist, wenn es ausgehärtet ist. Wenn das strahlungsempfindliche Material elektrisch leitfähig ist, kann die Beschichtung des elektrisch leitfähigen Materials **38', 38"** auf zumindest einer von der Diffusionsmediumschicht **14', 14"** und der Strömungsfeldschicht **16', 16"** gegebenenfalls nicht verwendet werden, falls erwünscht.

[0051] Die erste und die zweite Brennstoffzellenkomponente **10, 11** können auch zumindest eine mikroporöse Schicht **32', 32"** und zumindest eine Elektrode **34', 34"** aufweisen. Die mikroporöse Schicht **32', 32"** kann auf der Diffusionsmediumschicht **14', 14"** angeordnet sein. Die Elektrode **34', 34"** kann auf der mikroporösen Schicht **32', 32"** gegenüber der Diffusionsmediumschicht **14', 14"** angeordnet sein. Es sollte einzusehen sein, dass die Elektrode **34', 34"** je nach Wunsch auch direkt auf der Diffusionsmediumschicht **14', 14"** angeordnet sein kann. Eine der Elektroden **34', 34"** kann ferner eine darauf angeordnete Polymerelektrolytmembran (PEM) **36** aufweisen.

[0052] Wie in **Fig. 3** gezeigt, können die erste und die zweite Brennstoffzellenkomponente **10, 11** zusammengesetzt sein, um eine einzelne sich wiederholende Einheit **40** für eine Brennstoffzelle zu bilden. Eine Vielzahl von sich wiederholenden Einheiten **40** kann zusammen gestapelt sein, um einen Brennstoffzellenstapel (nicht gezeigt) zu bilden. Die sich wiederholende Einheit **40** umfasst die erste Diffusionsmediumschicht **14'** und die zweite Diffusionsmediumschicht **14"**. Die erste Diffusionsmediumschicht **14'** weist die Mikrofachwerkstruktur **15'** mit den Knoten **18'** auf. Die zweite Diffusionsmediumschicht **14"** umfasst die Mikrofachwerkstruktur **15"** mit den Knoten **18"**. Die sich wiederholende Einheit **40** umfasst fer-

ner die erste Strömungsfeldschicht **16'** und die zweite Strömungsfeldschicht **16''**. Die erste Strömungsfeldschicht **16'** umfasst die ersten Kanalwände **24'**, die sich schneiden, und die Vielzahl von Stützbändern **30'**. Die zweite Strömungsfeldschicht **16''** umfasst die ersten und zweiten Kanalwände **24''**, **26''**, die sich an dem Knotenpunkt **28''** schneiden, und die Vielzahl von Stützbändern **30''**. Das Substrat **12'** der ersten Brennstoffzellenkomponente **10** ist zwischen der ersten und der zweiten Strömungsfeldschicht **16'**, **16''** angeordnet. Das Substrat **12'** und die erste und zweite Strömungsfeldschicht **16'**, **16''** sind ferner zwischen der ersten und der zweiten Diffusionsmediumschicht **14'**, **14''** angeordnet. Jede der Diffusionsmediumschichten **14'**, **14''** weist eine mikroporöse Schicht **32'**, **32''** auf, die darauf angeordnet ist. Jede der mikroporösen Schichten **32'**, **32''** weist eine Elektrode **34'**, **34''** auf, die darauf gegenüber der Diffusionsmediumschicht **14'**, **14''** angeordnet ist. Eine der Elektroden **34'**, **34''** weist eine darauf angeordnete Polymerelektrolytmembran **36** auf.

[0053] Unter nunmehriger Bezugnahme auf die **Fig. 4** und **Fig. 5** weisen gleiche Strukturen wie in den **Fig. 1**, **Fig. 2** und **Fig. 3** zum besseren Verständnis die gleichen Bezugsziffern und einen Strich (') oder einen Doppelstrich (") auf. Eine alternative Brennstoffzellenkomponente **10'** gemäß der vorliegenden Offenlegung ist in **Fig. 4** veranschaulicht und ist vorgesehen, um eine einzelne sich wiederholende Einheit **40'** für die Brennstoffzelle zu bilden, wie in **Fig. 5** gezeigt.

[0054] Die Brennstoffzellenkomponente **10'** umfasst die erste und die zweite Diffusionsmediumschicht **14'**, **14''** und die einzelne Strömungsfeldschicht **16**. Die Strömungsfeldschicht **16** ist aus einer Vielzahl von elektrisch leitfähigen Wänden **42** gebildet, welche die Vielzahl von Reaktandenströmungskanälen **20** und die Vielzahl von Kühlmittelkanälen **22** definieren. Die elektrisch leitfähigen Wände **42** können z. B. durch Aufbringen der Beschichtung aus dem elektrisch leitfähigen Material **38** auf einer Vielzahl von entfernbaren negativen Kernen und anschließendes Entfernen der Kerne, um das elektrisch leitfähige Material **38** als die Wände **42** zurückzulassen, gebildet werden. Es können auch andere Mittel verwendet werden, um die elektrisch leitfähigen Wände **42** zu bilden.

[0055] Das Substrat **12** kann mit der Strömungsfeldschicht **16** gekoppelt sein. Als ein nicht einschränkendes Beispiel kann die Beschichtung **38**, welche die elektrisch leitfähigen Wände **42** bildet, auch über dem Substrat **12** angeordnet sein, um das Substrat **12** mit der Strömungsfeldschicht **16** zu verbinden. Die Strömungsfeldschicht **16** ist zwischen der ersten und der zweiten Diffusionsmediumschicht **14'**, **14''** angeordnet. Eine der Diffusionsmediumschichten **14'**, **14''** weist eine darauf angeordnete Membranelektrodenanordnung (MEA) **44** auf. Die Membranelektroden-

anordnung **44** umfasst die mikroporösen Schichten **32'**, **32''**, die Elektroden **34'**, **34''** und die PEM **36**. Die Strömungsfeldschicht **16** stellt die Vielzahl von Reaktandenströmungskanälen **20** und die Vielzahl von Kühlmittelkanälen **22** bereit. Wie gezeigt, umfasst die Vielzahl von Reaktandenströmungskanälen **20**, die durch die Strömungsfeldschicht in der alternativen Brennstoffzellenkomponente **10'** gebildet ist, Reaktandenströmungskanäle **20**, welche benachbart zu der ersten Diffusionsmediumschicht **14'** gebildet sind, und Reaktandenströmungskanäle **20**, welche benachbart zu der zweiten Diffusionsmediumschicht **14''** gebildet sind. Ein/e Perforation, Schlitz oder eine Reihe von Löchern **46** ist durch das Substrat **12** hindurch gebildet und wirkt mit der Strömungsfeldschicht **16** zusammen, um eine fluidtechnische Verbindung zwischen der Vielzahl von Reaktandenströmungskanälen **20** benachbart zu der zweiten Diffusionsmediumschicht **14''** bereitzustellen. Es sollte einzusehen sein, dass die alternative Struktur der Brennstoffzelle **10'** dadurch die Bildung der einzelnen sich wiederholenden Einheit **40'** für die Brennstoffzelle ermöglicht, ohne einen Zusammenbau der ersten und der zweiten Brennstoffzellenkomponente **10**, **11**, wie in den **Fig. 1** bis **Fig. 3** gezeigt, zu erfordern.

[0056] Die vorliegende Offenlegung umfasst ein Verfahren zur Herstellung der sich wiederholenden Einheit **40** für die Brennstoffzelle. Das Verfahren umfasst die Schritte, dass: die erste Brennstoffzellenkomponente **10** vorgesehen wird und die zweite Brennstoffzellenkomponente **11** vorgesehen wird. Die erste Brennstoffzellenkomponente **10** wird auf der zweiten Brennstoffzellenkomponente **11** angeordnet. Das erste Substrat **12'** wird benachbart zu der zweiten Strömungsfeldschicht **16''** der zweiten Brennstoffzellenkomponente **11** angeordnet. Das zweite Substrat **12''** auf der zweiten Brennstoffzellenkomponente **11** wird von der zweiten Brennstoffzellenkomponente **11** entfernt, je nach Wunsch entweder bevor oder nachdem die zweite Brennstoffzellenkomponente **11** auf der ersten Brennstoffzellenkomponente **10** angeordnet wird/wurde. Die erste und die zweite Brennstoffzellenkomponente **10**, **11** können z. B. mithilfe eines schweren Galvanisierungsverfahrens zusammengefügt werden, um die V-förmigen Kühlmittelkanäle **22''** zu schließen. Es können elektrisch leitfähige Positionierungskleber verwendet werden, um die erste und die zweite Brennstoffzellenkomponente **10**, **11** zusammenzufügen. Es können auch andere geeignete Mittel zum Zusammenfügen der ersten und der zweiten Brennstoffzellenkomponente **10**, **11** in einer wünschenswert abgedichteten und elektrisch leitfähigen Weise verwendet werden.

[0057] Die erste mikroporöse Schicht **32'** wird dann auf der ersten Diffusionsschicht **14'** angeordnet und die zweite mikroporöse Schicht **32''** wird auf der zweiten Diffusionsschicht **14''** angeordnet. Die erste Elektrode **34'** wird auf der ersten mikroporösen Schicht

32' angeordnet und die zweite Elektrode **34''** wird auf der zweiten mikroporösen Schicht **32''** angeordnet. Dann wird die PEM **36** auf einer von der ersten und der zweiten Elektrode **34'**, **34''** angeordnet, um die sich wiederholende Einheit **40** für die Brennstoffzelle zu vervollständigen. Der Zusammenbau der mikroporösen Schichten **32'**, **32''**, der Elektroden **34'**, **34''** und der PEM **36** kann je nach Wunsch erfolgen, bevor oder nachdem die erste Brennstoffzellenkomponente **10** mit der zweiten Brennstoffzellenkomponente **11** zusammengefügt wird/wurde.

[0058] Der Schritt zum Vorsehen der ersten Brennstoffzellenkomponente **10** kann ferner die Schritte umfassen, dass das erste Substrat **12'** vorgesehen wird und ein erstes strahlungsempfindliches Material auf dem ersten Substrat **12'** angeordnet wird. Zum Beispiel kann das erste Substrat **12'** in ein Volumen eines flüssigen Photopolymers getaucht werden. Dann wird eine erste Maske zwischen der zumindest einen Strahlungsquelle und dem ersten strahlungsempfindlichen Material angeordnet. Die erste Maske erstreckt sich eine Einzelebene entlang und weist eine Vielzahl von darin gebildeten länglichen Schlitzen auf. Die erste Maske kann derart gewählt sein, dass sie eine gewünschte Strömungsfeldgeometrie mit der Vielzahl von ersten Polymerwänden **24'** vorsieht. Dann wird das erste strahlungsempfindliche Material einer Vielzahl von Strahlungslagen ausgesetzt, die durch die länglichen Schlitze der ersten Maske hindurch geleitet werden, um die erste Strömungsfeldschicht **16'** mit der Vielzahl von Reaktandenströmungskanälen **20'** zu bilden.

[0059] Anschließend an die Bildung der ersten Strömungsfeldschicht **16'** wird ein zweites strahlungsempfindliches Material auf die erste Strömungsfeldschicht **16'** aufgebracht. Das zweite strahlungsempfindliche Material kann je nach Wunsch das gleiche wie oder ein anderes als das erste strahlungsempfindliche Material sein. Als ein nicht einschränkendes Beispiel kann ein im Wesentlichen festes strahlungsempfindliches Polymer auf die erste Strömungsfeldschicht **16'** laminiert werden. Eine zweite Maske wird zwischen der zumindest einen Strahlungsquelle und dem zweiten strahlungsempfindlichen Material angeordnet. Die zweite Maske kann derart gewählt sein, dass sie eine gewünschte Diffusionsmediumgeometrie bereitstellt. Die zweite Maske erstreckt sich eine Einzelebene entlang und weist eine Vielzahl von Durchbrechungen auf. Das zweite strahlungsempfindliche Material wird einer Vielzahl von Strahlenbündeln ausgesetzt, die durch die Durchbrechungen der zweiten Maske hindurch geleitet werden, um die Diffusionsmediumschicht **14'** mit der gewünschten Mikrofachwerkstruktur **15'** zu bilden.

[0060] Der Schritt zum Vorsehen der zweiten Brennstoffzellenkomponente **11** kann ferner die Schritte umfassen, dass das zweite Substrat **12''** vorgese-

hen wird und ein drittes strahlungsempfindliches Material auf das zweite Substrat **12''** aufgebracht wird. Das dritte strahlungsempfindliche Material kann das gleiche wie oder ein anderes als das erste und das zweite strahlungsempfindliche Material sein. Als ein nicht einschränkendes Beispiel kann das zweite Substrat **12''** mit einem im Wesentlichen festen strahlungsempfindlichen Polymer laminiert werden. Eine Dicke des auf das zweite Substrat **12''** aufgebrachten dritten strahlungsempfindlichen Materials kann auf der Basis einer gewünschten Dicke der nicht zusammengedrückten Diffusionsmediumschicht **14''** gewählt sein, die mit dem dritten strahlungsempfindlichen Material hergestellt werden soll. Dann wird eine dritte Maske zwischen zumindest einer Strahlungsquelle und dem dritten strahlungsempfindlichen Material angeordnet. Die dritte Maske erstreckt sich eine Einzelebene entlang und weist eine Vielzahl von darin gebildeten Durchbrechungen auf. Dann wird das dritte strahlungsempfindliche Material einer Vielzahl von Strahlenbündeln von der Strahlungsquelle je nach Wunsch z. B. aus einer oder mehreren Richtungen, gleichzeitig oder nacheinander, ausgesetzt. Die Strahlenbündel werden durch die in der dritten Maske gebildeten Durchbrechungen hindurch zu dem dritten strahlungsempfindlichen Material geleitet. Die Strahlenbündel bewirken, dass die Mikrofachwerkstruktur **15''** die zweite Diffusionsmediumschicht **14''** bildet.

[0061] Anschließend an die Bildung der Mikrofachwerkstruktur **15''** wird die dritte Maske von der zweiten Diffusionsmediumschicht **14''** entfernt. Dann wird ein viertes strahlungsempfindliches Material auf die zweite Diffusionsmediumschicht **14''** aufgebracht. Das vierte strahlungsempfindliche Material kann je nach Wunsch das gleiche wie oder ein anderes als das erste, das zweite und das dritte strahlungsempfindliche Material sein. Als ein nicht einschränkendes Beispiel ist das vierte strahlungsempfindliche Material ein Volumen eines flüssigen Photopolymers. Eine vierte Maske wird zwischen der zumindest einen Strahlungsquelle und dem vierten strahlungsempfindlichen Material angeordnet. Die vierte Maske kann sich eine Einzelebene entlang erstrecken und eine Vielzahl von darin gebildeten länglichen Durchbrechungen aufweisen. Dann wird das vierte strahlungsempfindliche Material einer Vielzahl von Strahlungslagen ausgesetzt, die durch die länglichen Schlitze der vierten Maske hindurch geleitet werden, um die zweite Strömungsfeldschicht **16''** mit der Vielzahl von Reaktandenströmungskanälen **20''** und der Vielzahl von V-förmigen Kühlmittelkanälen **22** zu bilden.

[0062] Es sollte einzusehen sein, dass, um die gewünschte Mikrofachwerkstruktur **15'**, **15''** zu bilden, die Strahlenbündel ein erstes Strahlenbündel, ein zweites Strahlenbündel und ein drittes Strahlenbündel umfassen können. Das erste, das zweite und das dritte Strahlenbündel werden von zumindest einer Strahlungsquelle in Richtung zumindest einer

Durchbrechung geleitet, um entsprechend das erste, das zweite und das dritte Polymer-Fachwerkelement in einem Teil des Volumens des strahlungsempfindlichen Materials zu bilden. Im Fall des Photomonomers können die Polymer-Fachwerkelemente aus Polymerwellenleitern gebildet sein, die einen von dem umgebenden Photomonomer verschiedenen Brechungsindex besitzen.

[0063] Als ein nicht einschränkendes Beispiel kann das erste Strahlenbündel unter einem ersten Winkel in Bezug auf die Einzelebene geleitet werden und das zweite Strahlenbündel kann unter einem zweiten Winkel in Bezug auf die Einzelebene geleitet werden; der zweite Winkel ist von dem ersten Winkel verschieden. Das dritte Strahlenbündel wird unter einem dritten Winkel in Bezug auf die Einzelebene geleitet; der dritte Winkel ist von dem ersten Winkel und dem zweiten Winkel verschieden. Das erste Polymer-Fachwerkelement bildet einen vierten Winkel in Bezug auf die Einzelebene; der vierte Winkel entspricht dem ersten Winkel. Das zweite Polymer-Fachwerkelement bildet einen fünften Winkel in Bezug auf die Einzelebene; der fünfte Winkel entspricht dem zweiten Winkel. Das dritte Polymer-Fachwerkelement bildet einen sechsten Winkel in Bezug auf die Einzelebene; der sechste Winkel entspricht dem dritten Winkel. Jedes von dem ersten, dem zweiten und dem dritten Polymer-Fachwerkelement kann die anderen schneiden, um die Mikrofachwerkstruktur **15'**, **15''** zu bilden. Es sollte jedoch einzusehen sein, dass je nach Wunsch zumindest ein Teil der Fachwerkelemente derart gewählt sein kann, dass keine Überschneidung vorhanden ist.

[0064] Das Verfahren zur Herstellung der sich wiederholenden Einheit **40** für die Brennstoffzelle umfasst ferner den Schritt, dass zumindest eine von der ersten Diffusionsmediumschicht **14'**, der zweiten Diffusionsmediumschicht **14''**, der ersten Strömungsfeldschicht **16'** und der zweiten Strömungsfeldschicht **16''** mit einer elektrisch leitfähigen Beschichtung **38'**, **38''** beschichtet wird, wie hierin oben stehend beschrieben. Es sollte einzusehen sein, dass die elektrisch leitfähige Beschichtung **38'**, **38''** den Kontaktwiderstand minimieren und die Effizienz der Brennstoffzelle optimieren kann.

[0065] Die vorliegende Offenlegung umfasst ein weiteres Verfahren zur Herstellung der sich wiederholenden Einheit **40'** für die Brennstoffzelle. Das Verfahren umfasst die Schritte, dass das Substrat **12** vorgesehen wird und ein erstes strahlungsempfindliches Material auf das Substrat **12** aufgebracht wird. Zum Beispiel kann das Substrat **12** in ein Volumen eines flüssigen Photopolymers getaucht werden. Das Substrat **12** kann mit der Vielzahl von darin ausgebildeten Perforationen oder Löchern **36** versehen sein. Dann wird die erste Maske zwischen zumindest eine Strahlungsquelle und dem ersten strahlungsempfindlichen Material angeordnet. Die erste Maske er-

streckt sich eine Einzelebene entlang und weist eine Vielzahl von Durchbrechungen auf. Dann wird das erste strahlungsempfindliche Material einer Vielzahl von Strahlenbündeln ausgesetzt, die durch die Durchbrechungen der ersten Maske hindurch zu dem ersten strahlungsempfindlichen Material geleitet werden, um eine Vielzahl von negativen entfernbaren Kernen zu bilden. Die negativen entfernbaren Kerne können beispielsweise auch mithilfe eines anderen Mittels wie z. B. Siebdruck gebildet werden. Die erste Maske wird von den negativen entfernbaren Kernen und dem restlichen nicht ausgehärteten ersten strahlungsempfindlichen Material entfernt. Es sollte einzusehen sein, dass der Ausdruck „nicht ausgehärtetes strahlungsempfindliches Material“ innerhalb des Schutzzumfanges der vorliegenden Offenlegung auch zersetztes strahlungsempfindliches Material umfassen kann. Das restliche nicht ausgehärtete Volumen des ersten strahlungsempfindlichen Materials kann anschließend, z. B. durch Ablauen im Fall eines Photomonomers, entfernt und wieder verwendet werden. Der Schritt zum Entfernen des restlichen nicht ausgehärteten Volumens des ersten strahlungsempfindlichen Materials kann das Abspülen des Substrats und der Kerne mit einem Lösungsmittel umfassen. Ein Fachmann sollte einsehen, dass geeignete Lösungsmittel die exponierten negativen entfernbaren Kerne nicht wesentlich angreifen.

[0066] Die entfernbaren Kerne weisen die negative Form der Wände **42** auf, die erwünscht sind, um die Vielzahl von Reaktandenströmungskanälen **20** und die Vielzahl von Kühlmittelkanälen **22** zu bilden. Der Schritt zum Bilden der Vielzahl von negativen entfernbaren Kernen kann z. B. umfassen, dass das strahlungsempfindliche Material einer Vielzahl von schrägen und vertikalen Strahlenbündeln ausgesetzt wird.

[0067] Es wird ein zweites strahlungsempfindliches Material auf die negativen entfernbaren Kerne angeordnet und ein drittes strahlungsempfindliches Material wird auf dem Substrat **12** angeordnet. Als nicht einschränkende Beispiele können das zweite und das dritte strahlungsempfindliche Material im Wesentlichen feste strahlungsempfindliche Polymere sein, die auf jedes der negativen entfernbaren Kerne und das Substrat **12** laminiert werden. Das Substrat **12** und die negativen entfernbaren Kerne werden mit der elektrisch leitfähigen Beschichtung **38** beschichtet. Es sollte einzusehen sein, dass eine Maske oder eine andere physikalische Abdeckung wie z. B. ein physikalischer Kontakt mit einer weiteren Oberfläche auf der Außenfläche des laminierten strahlungsempfindlichen Polymers verwendet werden kann, um der Bildung einer unerwünschten schweren Plattierung darauf während der Aufbringung der elektrisch leitfähigen Beschichtung **38** entgegenzuwirken.

[0068] Dann wird eine zweite Maske zwischen der zumindest einen Strahlungsquelle und dem zwei-

ten strahlungsempfindlichen Material angeordnet und das zweite strahlungsempfindliche Material wird einer Vielzahl von Strahlenbündeln ausgesetzt, um die erste Diffusionsmediumschicht **14'** mit der Mikrofachwerkstruktur **15'** zu bilden. Es wird eine dritte Maske zwischen der zumindest einen Strahlungsquelle und dem dritten strahlungsempfindlichen Material angeordnet und das dritte strahlungsempfindliche Material wird einer Vielzahl von Strahlenbündeln ausgesetzt, um die zweite Diffusionsmediumschicht **14''** mit der Mikrofachwerkstruktur **15''** zu bilden. Das erste, das zweite und das dritte strahlungsempfindliche Material können je nach Wunsch dasselbe oder verschiedene sein. Die negativen entfernbareren photopolymerisierten Kerne und das zweite und das dritte strahlungsempfindliche Material, die nicht ausgehärtet sind, werden entfernt, um die durch die elektrisch leitfähige Beschichtung **38** gebildeten Wände **42** zurückzulassen.

[0069] Das Verfahren umfasst ferner die Schritte, dass die erste und die zweite Diffusionsmediumschicht **14'**, **14''** mit dem elektrisch leitfähigen Material **38** beschichtet werden. Es sollte jedoch einzusehen sein, dass die auf den Diffusionsmediumschichten **14'**, **14''** angeordnete Beschichtung eine geringere Dicke aufweisen kann als die Beschichtung, die auf den negativen entfernbareren Kernen angeordnet ist, welche die Wände **42** der Strömungsfeldschicht **16'** bilden. Ein Fachmann wird je nach Wunsch geeignete elektrisch leitfähige Beschichtungsdicken für jede der Schichten wählen.

[0070] Um die sich wiederholende Einheit **40'** für die Brennstoffzelle zu vervollständigen, wird die MEA **44** auf eine von der ersten und der zweiten Diffusionsmediumschicht **14'**, **14''** aufgebracht. Der Schritt zum Aufbringen der MEA **44** umfasst die Schritte, dass: die erste mikroporöse Schicht **32'** auf der ersten Diffusionsmediumschicht **14'** aufgebracht wird; die erste Elektrode **34'** auf die erste mikroporöse Schicht **32'** aufgebracht wird; die PEM **36** auf der ersten Elektrode **34'** angeordnet wird; die zweite Elektrode **34''** auf die PEM **36** aufgebracht wird; und die zweite mikroporöse Schicht **32''** auf der zweiten Elektrode **34''** angeordnet wird.

[0071] Mit Bezug auf die hierin beschriebenen sich wiederholenden Einheiten **40**, **40'** können ferner auch Sammlerdurchbrechungen (nicht gezeigt), die typischerweise der Bildung von Einlass- und Auslasssammlern der Brennstoffzelle zugeordnet sind, vorgesehen sein. Ebenso können Dichtungs- und Anschlussmerkmale, die den Zusammenbau und den Betrieb der Brennstoffzelle erleichtern, vorgesehen sein. Die Sammlerdurchbrechungen, Dichtungen und Anschlussmerkmale können mit herkömmlichen Mitteln oder mithilfe der hierin oben beschriebenen Polymerisationstechniken gebildet werden.

[0072] Es wurde überraschenderweise festgestellt, dass die Verwendung von Mikrofachwerkstrukturen **15**, **15'**, **15''** die kostengünstige Produktion von Brennstoffzellenkomponenten **10**, **10'**, **11** gestattet, welche verwendet werden, um Brennstoffzellen für Kraftfahrzeug- und andere Anwendungen wie z. B. Mikrobrennstoffzellen für tragbare Vorrichtungen zu bilden. Die Brennstoffzellenkomponenten **10**, **10'**, **11** der vorliegenden Offenlegung verwenden Polymere, die in der Form des gewünschten Brennstoffzellenteils gebildet werden, anstatt negativ geformte entfernbare Kerne zu bilden. Die vorliegende Offenlegung erweitert die von den bekannten Mikrofachwerkverfahren verfügbaren Konstruktionsmerkmale, um eine größere Vielfalt von Merkmalen zu produzieren, die zur Produktion von Brennstoffzellenkomponenten wie z. B. Diffusionsmedien, Separatorplatten und zur Membranverstärkung wünschenswert sind.

[0073] Die hoch geordnete Struktur der mit den Verfahren der vorliegenden Offenlegung hergestellten Brennstoffzellenkomponenten **10**, **10'**, **11**, **40**, **40'** sieht ein gleichmäßigeres Komprimieren und eine erhöhte Haltbarkeit im Vergleich mit herkömmlichen Polymerschäumteilen vor. Die vorliegende Fabrikationsmethodik ist auch weniger kostspielig als herkömmliche Herstellungsverfahren und gestattet es, Brennstoffzellenkomponenten mit deutlich verkürzten Vorlaufzeiten zu erzeugen. Im Speziellen können sich Produktionskostenreduktionen durch den Ersatz der herkömmlichen Kohlefaserpapierdiffusionsmedien und durch das Vorgehen gegen Kosten, die typischerweise mit der Bildung gewünschter Kontaktwiderstand-Grenzflächen zwischen herkömmlichen und separat hergestellten Brennstoffzellenkomponenten verbunden sind, ergeben.

Patentansprüche

1. Brennstoffzellenkomponente, umfassend:
ein Substrat; und
zumindest eine Strömungsfeldschicht, die benachbart zu dem Substrat angeordnet ist, wobei die Strömungsfeldschicht zumindest einen einer Vielzahl von strahlungsgehärteten Reaktandenströmungskanälen und einer Vielzahl von strahlungsgehärteten Kühlmittelkanälen für die Brennstoffzelle aufweist, wobei die Strömungsfeldschicht ferner eine Vielzahl von Stützbändern umfasst,
wobei die Brennstoffzellenkomponente eine Diffusionsmediumschicht umfasst, die eine Mikrofachwerkstruktur aufweist, wobei die Strömungsfeldschicht eine ist, die zwischen dem Substrat und der Diffusionsmediumschicht angeordnet ist oder auf der Diffusionsmediumschicht dem Substrat gegenüberliegend angeordnet ist,
wobei die zumindest eine Diffusionsmediumschicht eine erste Diffusionsmediumschicht und eine zweite Diffusionsmediumschicht umfasst und die zumindest eine Strömungsfeldschicht eine erste Strömungsfeld-

schicht umfasst, die eine Vielzahl von elektrisch leitfähigen Wänden aufweist, welche durch Beschichtung eines elektrisch leitfähigen Materials auf einer Vielzahl von entfernbaren Kernen gebildet sind, wobei das Substrat integral mit der ersten Strömungsfeldschicht ist und die erste Strömungsfeldschicht zwischen der ersten und der zweiten Diffusionsmediumschicht angeordnet ist, und wobei eine der Diffusionsmediumschichten eine darauf angeordnete Membranelektrodenanordnung aufweist.

2. Brennstoffzellenkomponente nach Anspruch 1, wobei die Mikrofachwerkstruktur eine Vielzahl von ersten Fachwerkelementen, die sich eine erste Richtung entlang erstrecken, und eine Vielzahl von zweiten Fachwerkelementen, die sich eine zweite Richtung entlang erstrecken, und eine Vielzahl von dritten Fachwerkelementen, die sich eine dritte Richtung entlang erstrecken, umfasst, wobei das erste, das zweite und das dritte Fachwerkelement einander an einer Vielzahl von Knoten durchdringen, um eine im Wesentlichen kontinuierliche, dreidimensionale, selbsttragende Struktur zu bilden, und/oder

wobei zumindest eine von der Diffusionsmediumschicht und der Strömungsfeldschicht eine elektrisch leitfähige Beschichtung aufweist, und/oder

wobei die zumindest eine Strömungsfeldschicht die erste Strömungsfeldschicht und eine zweite Strömungsfeldschicht umfasst, wobei das Substrat zwischen der ersten und der zweiten Strömungsfeldschicht angeordnet ist, das Substrat und die erste und die zweite Strömungsfeldschicht zwischen der ersten und der zweiten Diffusionsmediumschicht angeordnet sind, jede der Diffusionsmediumschichten eine darauf angeordnete mikroporöse Schicht aufweist und jede der mikroporösen Schichten eine Elektrode aufweist, die daran der Diffusionsmediumschicht gegenüberliegend aufgebracht ist, wobei eine der Elektroden eine darauf angeordnete Polymerelektrolytmembran aufweist.

3. Brennstoffzellenkomponente nach Anspruch 1, wobei die Strömungsfeldschicht eine Vielzahl von ersten Kanalwänden umfasst, die sich eine Richtung entlang erstrecken, wobei die ersten Kanalwände die Reaktandenströmungskanäle bilden, wobei die Strömungsfeldschicht eine Vielzahl von zweiten Kanalwänden umfasst, die sich eine andere Richtung entlang erstrecken, wobei die ersten und zweiten Kanalwände einander an einer Vielzahl von Knotenpunkten durchdringen, um die Reaktandenströmungskanäle und die Kühlmittelkanäle zu bilden.

4. Brennstoffzellenkomponente nach Anspruch 1, wobei die Stützbänder durch eine Vielzahl von sich selbst fortpflanzenden Polymerbandwellenleitern definiert sind, wobei die Stützbänder zwischen Kanalwänden und dem Substrat oder der Diffusionsmedi-

umschicht angeordnet sind, wobei die Stützbänder einer Durchbiegung einer ersten und zweiten Kanalwand entgegenwirken, wobei eine Vielzahl von ersten Kanalwänden durch eine Vielzahl von ersten sich selbst fortpflanzenden Polymerwandwellenleitern definiert ist und eine Vielzahl von zweiten Kanalwänden durch eine Vielzahl von zweiten sich selbst fortpflanzenden Polymerwandwellenleitern definiert ist.

5. Verfahren zur Herstellung einer sich wiederholenden Einheit für eine Brennstoffzelle, umfassend die Schritte, dass:

eine erste Brennstoffzellenkomponente vorgesehen wird, die ein erstes Substrat, eine erste Diffusionsmediumschicht mit einer Mikrofachwerkstruktur und eine erste Strömungsfeldschicht mit einer Vielzahl von strahlungsgehärteten Reaktandenströmungskanälen, wobei die erste Strömungsfeldschicht zwischen dem ersten Substrat und der ersten Diffusionsmediumschicht angeordnet ist, aufweist;

eine zweite Brennstoffzellenkomponente vorgesehen wird, die eine zweite Diffusionsmediumschicht mit einer Mikrofachwerkstruktur und eine zweite Strömungsfeldschicht mit einer Vielzahl von strahlungsgehärteten Reaktandenströmungskanälen und einer Vielzahl von strahlungsgehärteten Kühlmittelkanälen aufweist, wobei die zweite Diffusionsmediumschicht zwischen einem zweiten Substrat und der zweiten Strömungsfeldschicht angeordnet ist;

die erste Brennstoffzellenkomponente auf der zweiten Brennstoffzellenkomponente angeordnet wird, wobei das erste Substrat benachbart zu der zweiten Strömungsfeldschicht angeordnet ist;

das zweite Substrat von der zweiten Brennstoffzellenkomponente entfernt wird;

eine erste mikroporöse Schicht auf der ersten Diffusionsschicht und eine zweite mikroporöse Schicht auf der zweiten Diffusionsschicht angeordnet wird; und entweder

eine erste Elektrode auf die erste mikroporöse Schicht und eine zweite Elektrode auf die zweite mikroporöse Schicht aufgebracht wird und eine Polymerelektrolytmembran auf der ersten Elektrode angeordnet wird; oder

eine Membranelektrodenanordnung auf einer von der ersten und der zweiten mikroporösen Schicht angeordnet wird, wobei die Membranelektrodenanordnung die Polymerelektrolytmembran aufweist, die zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode angeordnet ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei der Schritt zum Vorsehen der ersten Brennstoffzellenkomponente die Schritte umfasst, dass:

das erste Substrat vorgesehen wird;

ein erstes strahlungsempfindliches Material auf das erste Substrat aufgebracht wird;

eine erste Maske zwischen zumindest einer Strahlungsquelle und dem ersten strahlungsempfindlichen Material angeordnet wird, wobei sich die erste Maske

eine Einzelebene entlang erstreckt und eine Vielzahl von länglichen Schlitzen aufweist;
 das erste strahlungsempfindliche Material einer Vielzahl von Strahlungslagen ausgesetzt wird, um die erste Strömungsfeldschicht mit der Vielzahl von Reaktandenströmungskanälen zu bilden;
 ein zweites strahlungsempfindliches Material auf die erste Strömungsfeldschicht aufgebracht wird;
 eine zweite Maske zwischen der zumindest einen Strahlungsquelle und dem zweiten strahlungsempfindlichen Material angeordnet wird, wobei sich die zweite Maske eine Einzelebene entlang erstreckt und eine Vielzahl von Durchbrechungen aufweist; und
 das zweite strahlungsempfindliche Material einer Vielzahl von Strahlungsbündeln ausgesetzt wird, um die erste Diffusionsmediumschicht mit einer Mikrofachwerkstruktur zu bilden,
 und/oder
 ferner die Schritte umfassend, dass zumindest eine von der ersten Diffusionsmediumschicht, der zweiten Diffusionsmediumschicht, der ersten Strömungsfeldschicht und der zweiten Strömungsfeldschicht mit einer elektrisch leitfähigen Beschichtung beschichtet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5, wobei der Schritt zum Vorsehen der zweiten Brennstoffzellenkomponente die Schritte umfasst, dass:
 das zweite Substrat vorgesehen wird;
 ein drittes strahlungsempfindliches Material auf das zweite Substrat aufgebracht wird;
 eine dritte Maske zwischen zumindest einer Strahlungsquelle und dem dritten strahlungsempfindlichen Material angeordnet wird, wobei sich die dritte Maske eine Einzelebene entlang erstreckt und eine Vielzahl von Durchbrechungen aufweist;
 das dritte strahlungsempfindliche Material einer Vielzahl von Strahlungsbündeln ausgesetzt wird, um die zweite Strömungsfeldschicht mit der Mikrofachwerkstruktur zu bilden;
 die dritte Maske von der zweiten Diffusionsmediumschicht entfernt wird;
 ein viertes strahlungsempfindliches Material auf das zweite Diffusionsmedium aufgebracht wird;
 eine vierte Maske zwischen der zumindest einen Strahlungsquelle und dem vierten strahlungsempfindlichen Material angeordnet wird, wobei sich die vierte Maske eine Einzelebene entlang erstreckt und eine Vielzahl von länglichen Schlitzen aufweist; und
 das vierte strahlungsempfindliche Material einer Vielzahl von Strahlungslagen ausgesetzt wird, um die zweite Strömungsfeldschicht mit der Vielzahl von Reaktandenströmungskanälen und der Vielzahl von Kühlmittelkanälen zu bilden,
 wobei die Strahlungsbündel ein erstes Strahlungsbündel, ein zweites Strahlungsbündel und ein drittes Strahlungsbündel umfassen, die von der zumindest einen Strahlungsquelle in Richtung der zumindest einen Durchbrechung geleitet werden, um jeweils erste, zweite und dritte Polymer-Fachwerkelemente in

einem Abschnitt des Volumens des strahlungsempfindlichen Materials zu bilden, wobei das erste Strahlungsbündel unter einem ersten Winkel in Bezug auf die Einzelebene geleitet wird, das zweite Strahlungsbündel unter einem zweiten Winkel in Bezug auf die Einzelebene geleitet wird, wobei der zweite Winkel von dem ersten Winkel verschieden ist, das dritte Strahlungsbündel unter einem dritten Winkel in Bezug auf die Einzelebene geleitet wird, wobei der dritte Winkel von dem ersten Winkel und dem zweiten Winkel verschieden ist, das erste Polymer-Fachwerkelement einen vierten Winkel in Bezug auf die Einzelebene bildet, wobei der vierte Winkel dem ersten Winkel entspricht, das zweite Polymer-Fachwerkelement einen fünften Winkel in Bezug auf die Einzelebene bildet, wobei der fünfte Winkel dem zweiten Winkel entspricht, und das dritte Polymer-Fachwerkelement einen sechsten Winkel in Bezug auf die Einzelebene bildet, wobei der sechste Winkel dem dritten Winkel entspricht, wobei die ersten, zweiten und dritten Polymer-Fachwerkelemente einander schneiden, um die Mikrofachwerkstruktur zu bilden.

8. Verfahren zur Herstellung einer sich wiederholenden Einheit für eine Brennstoffzelle, umfassend die Schritte, dass:
 ein erstes Substrat vorgesehen wird;
 ein erstes strahlungsempfindliches Material auf das erste Substrat aufgebracht wird;
 eine erste Maske zwischen zumindest einer Strahlungsquelle und dem ersten strahlungsempfindlichen Material angeordnet wird, wobei sich die Maske eine Einzelebene entlang erstreckt und eine Vielzahl von Durchbrechungen aufweist;
 das erste strahlungsempfindliche Material einer Vielzahl von Strahlungsbündeln ausgesetzt wird, um eine Vielzahl von negativen entfernbaren Kernen zu bilden;
 die erste Maske von den negativen entfernbaren Kernen entfernt wird;
 ein zweites strahlungsempfindliches Material auf die negativen entfernbaren Kerne aufgebracht wird;
 ein nicht ausgehärtetes Volumen des ersten strahlungsempfindlichen Materials entfernt wird;
 das erste Substrat und die negativen entfernbaren Kerne mit einer elektrisch leitfähigen Beschichtung beschichtet werden;
 ein drittes strahlungsempfindliches Material auf das erste Substrat aufgebracht wird;
 eine zweite Maske zwischen der zumindest einen Strahlungsquelle und dem zweiten strahlungsempfindlichen Material angeordnet wird;
 das zweite strahlungsempfindliche Material einer Vielzahl von Strahlungsbündeln ausgesetzt wird, um eine erste Diffusionsmediumschicht mit einer Mikrofachwerkstruktur zu bilden;
 eine dritte Maske zwischen der zumindest einen Strahlungsquelle und dem dritten strahlungsempfindlichen Material angeordnet wird;

das dritte strahlungsempfindliche Material einer Vielzahl von Strahlungsbündeln ausgesetzt wird, um eine zweite Diffusionsmediumschicht mit einer Mikrofachwerkstruktur zu bilden;
 die negativen entfernbaren Kerne und ein nicht ausgehärtetes Volumen des zweiten und des dritten strahlungsempfindlichen Materials entfernt werden;
 die zweite und die dritte Diffusionsmediumschicht mit einer elektrisch leitfähigen Beschichtung beschichtet werden; und
 eine Membranelektrodenanordnung auf einer von der ersten und der zweiten Diffusionsmediumschicht aufgebracht wird.

schrägen und vertikalen Strahlungsbündeln ausgesetzt wird,
 und/oder
 wobei der Schritt zum Entfernen des nicht ausgehärteten Volumens des ersten strahlungsempfindlichen Materials umfasst, dass das Substrat und die Kerne mit einem Lösungsmittel abgespült werden.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei der Schritt zum Aufbringen der Membranelektrodenanordnung die Schritte umfasst, dass:
 eine erste mikroporöse Schicht auf der Diffusionsmediumschicht angeordnet wird;
 eine erste Elektrode auf die erste mikroporöse Schicht aufgebracht wird;
 eine Polymerelektrolytmembran auf der ersten Elektrode aufgebracht wird;
 eine zweite Elektrode auf die Polymerelektrolytmembran angeordnet wird; und
 eine zweite mikroporöse Schicht auf der zweiten Elektrode angeordnet wird, und/oder
 wobei die Strahlungsbündel ein erstes Strahlungsbündel, ein zweites Strahlungsbündel und ein drittes Strahlungsbündel umfassen, die von der zumindest einen Strahlungsquelle in Richtung der zumindest einen Durchbrechung geleitet werden, um jeweils erste, zweite und dritte Polymer-Fachwerkelemente in einem Abschnitt des Volumens des ersten und des zweiten strahlungsempfindlichen Materials zu bilden, wobei das erste Strahlungsbündel unter einem ersten Winkel in Bezug auf die Einzelebene geleitet wird, das zweite Strahlungsbündel unter einem zweiten Winkel in Bezug auf die Einzelebene geleitet wird, wobei der zweite Winkel von dem ersten Winkel verschieden ist, das dritte Strahlungsbündel unter einem dritten Winkel in Bezug auf die Einzelebene geleitet wird, wobei der dritte Winkel von dem ersten Winkel und dem zweiten Winkel verschieden ist, das erste Polymer-Fachwerkelement einen vierten Winkel in Bezug auf die Einzelebene bildet, wobei der vierte Winkel dem ersten Winkel entspricht, das zweite Polymer-Fachwerkelement einen fünften Winkel in Bezug auf die Einzelebene bildet, wobei der fünfte Winkel dem zweiten Winkel entspricht, und das dritte Polymer-Fachwerkelement einen sechsten Winkel in Bezug auf die Einzelebene bildet, wobei der sechste Winkel dem dritten Winkel entspricht, wobei die ersten, zweiten und dritten Polymer-Fachwerkelemente einander schneiden, um die Mikrofachwerkstruktur zu bilden,
 und/oder
 wobei der Schritt zum Bilden der Vielzahl von negativen entfernbaren Kernen umfasst, dass das erste strahlungsempfindliche Material einer Vielzahl von

Anhängende Zeichnungen

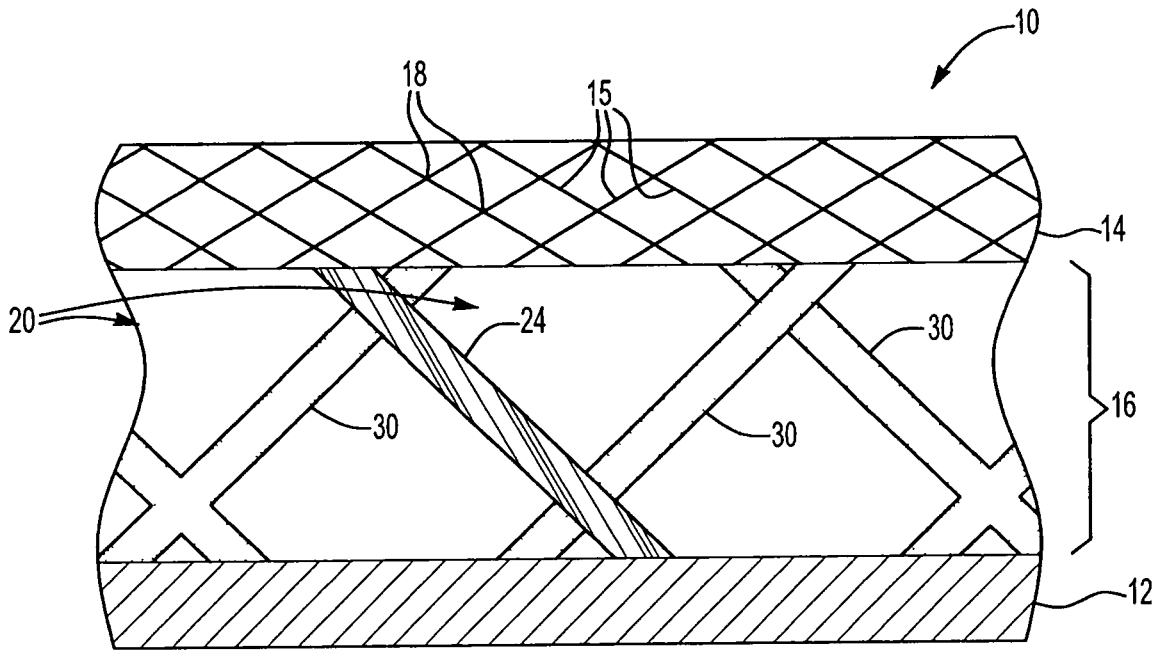


FIG. 1

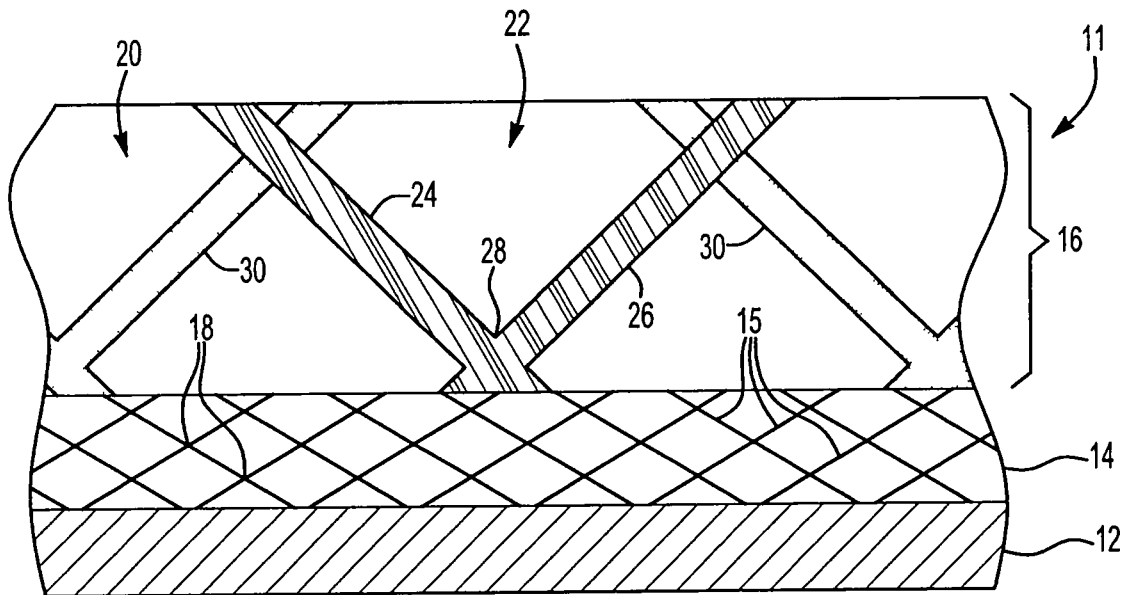


FIG. 2

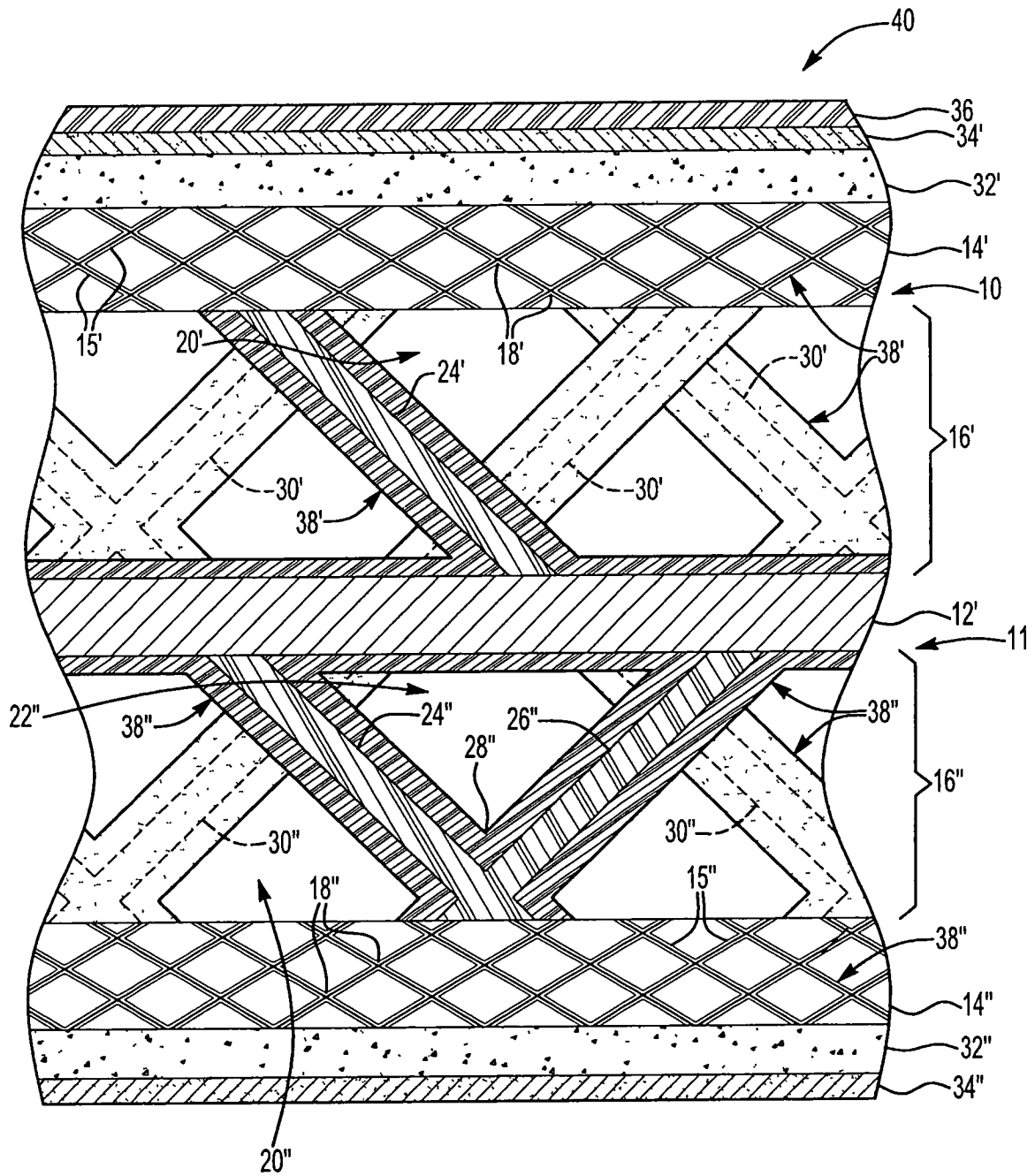


FIG. 3

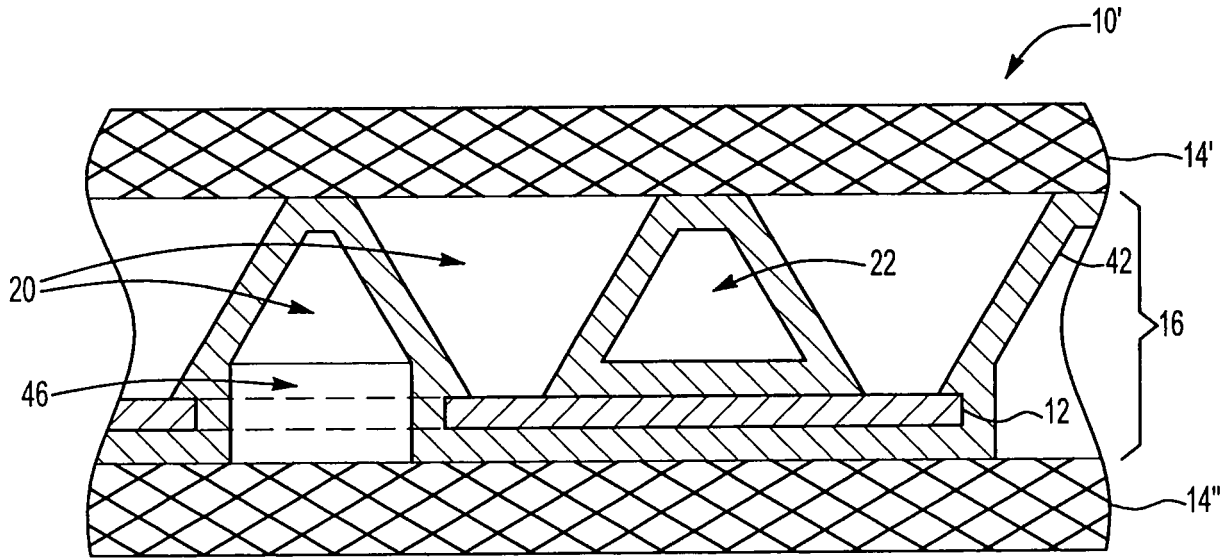


FIG. 4

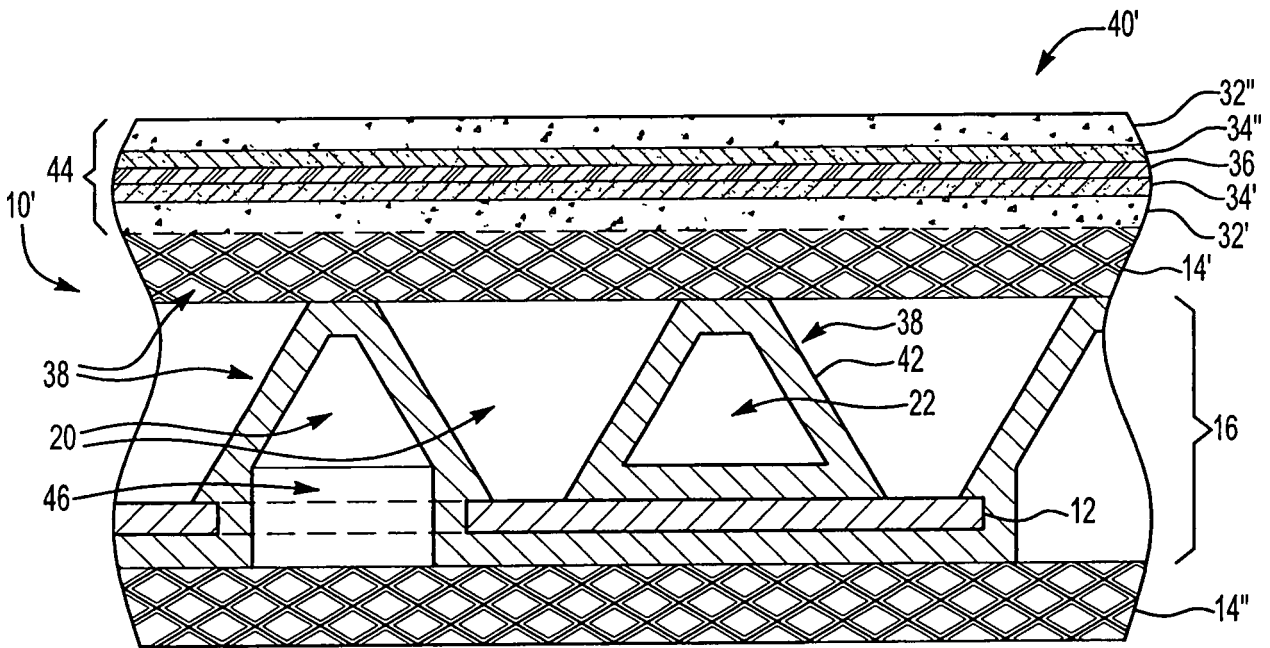


FIG. 5