



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2006 003 103 T5** 2008.11.06

(12)

## Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2007/058839**  
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)  
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2006 003 103.1**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2006/043426**  
(86) PCT-Anmeldetag: **07.11.2006**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **24.05.2007**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **06.11.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H01M 4/88** (2006.01)  
**H01M 4/86** (2006.01)

(30) Unionspriorität:  
**11/272,887**      **14.11.2005**      **US**

(74) Vertreter:  
**Vossius & Partner, 81675 München**

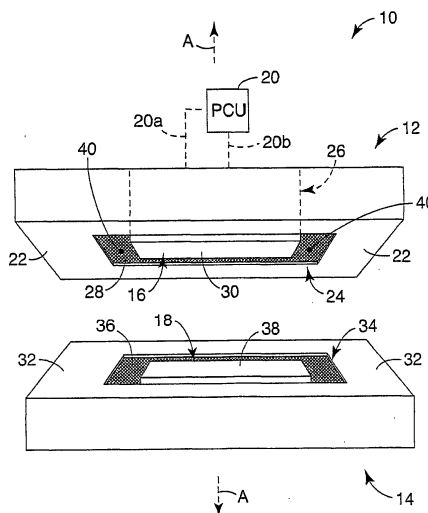
(71) Anmelder:  
**3M Innovative Properties Co., Saint Paul, Minn.,  
US**

(72) Erfinder:  
**Ferguson, Dennis E., Saint Paul, Minn., US**

(54) Bezeichnung: **Dichtungsformsystem für Membran-Elektroden-Einheiten**

(57) Hauptanspruch: System zum Anformen einer Dichtung an eine Membran-Elektroden-Einheit, wobei das System aufweist:

einen Hohlraum, der mindestens teilweise durch verschließbare Formblöcke gebildet ist;  
mindestens einen Einspritzanschluß zum Einspritzen von Dichtungsmaterial in den Hohlraum;  
eine Halterung zum Halten der Membran-Elektroden-Einheit benachbart zum Hohlraum; und  
einen Formeinsatz, der relativ zu den verschließbaren Formblöcken unabhängig beweglich ist, zum Ausüben von Druck auf die Membran-Elektroden-Einheit, die auf der Halterung gehalten wird.



**Beschreibung**

## GEBIET DER ERFINDUNG

**[0001]** Die Erfindung betrifft Membran-Elektroden-Einheiten zur Verwendung in elektrochemischen Vorrichtungen wie z. B. Brennstoffzellen. Insbesondere betrifft die Erfindung Systeme zum Anformen von Dichtungen an Membran-Elektroden-Einheiten.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

**[0002]** Brennstoffzellen sind elektrochemische Vorrichtungen, die nutzbare Elektrizität durch die katalysierte Kombination eines solchen Brennstoffs wie z. B. Wasserstoff und eines Oxidationsmittels wie z. B. Sauerstoff erzeugen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Triebwerken, z. B. Verbrennungsgeneratoren, nutzen Brennstoffzellen keine Verbrennung. Somit erzeugen Brennstoffzellen kaum gesundheitsgefährdende Abprodukte. Brennstoffzellen wandeln Wasserstoff als Brennstoff und Sauerstoff direkt in Elektrizität um und können mit höheren Wirkungsgraden verglichen mit Verbrennungsgeneratoren betrieben werden. Da einzelne Brennstoffzellen nicht viel Energie erzeugen (z. B. zwischen etwa 0,7–0,9 Volt), können mehrere Brennstoffzellen in einem Stapel gemeinsam angeordnet werden, um genügend Elektrizität zu erzeugen, um Kraftfahrzeuge zu betreiben und Elektrizität zu entfernten Standorten zu liefern.

**[0003]** Eine Brennstoffzelle, z. B. eine Protonenaustauschmembran-(PEM-)Brennstoffzelle, enthält normalerweise eine Membran-Elektroden-Einheit (MEE), die durch eine katalysatorbeschichtete Membran gebildet ist, die zwischen einem Paar Gasdiffusionsschichten angeordnet ist. Die katalysatorbeschichtete Membran selbst weist normalerweise eine Elektrolytmembran auf, die zwischen einem Paar Katalysatorschichten angeordnet ist. Die jeweiligen Seiten der Elektrolytmembran bezeichnet man als Anodenabschnitt und als Kathodenabschnitt. In einer typischen PEM-Brennstoffzelle wird Wasserstoff als Brennstoff in den Anodenabschnitt eingeleitet, wo der Wasserstoff reagiert und sich in Protonen und Elektronen aufteilt. Die Elektrolytmembran transportiert die Protonen zum Kathodenabschnitt, während sie einem Strom von Elektronen ermöglicht, durch einen externen Kreis zum Kathodenabschnitt zu fließen, um Leistung bereitzustellen. Sauerstoff wird in den Kathodenabschnitt eingeleitet und reagiert mit den Protonen und Elektronen, um Wasser und Wärme zu erzeugen.

**[0004]** Normalerweise sind MEE mit Dichtungen abgedichtet, um das Entweichen von Druckgasen und -flüssigkeiten zu verhindern. Um zu gewährleisten, daß die Druckgase und Flüssigkeiten nicht die Elektrolytmembranen umgehen, werden die Dichtungen allgemein um die Umfangskanten der MEE geformt.

Ein verbreitetes Problem bei Dichtungsformsystemen ist aber, daß die Systeme die MEE zu stark komprimieren oder zu schwach komprimieren können. Durch zu starkes Komprimieren können sich die Anodenabschnitte und die Kathodenabschnitte der MEE durch die jeweiligen Elektrolytmembranen kontaktieren, was zu elektrischen Kurzschlüssen führt. Alternativ kann zu schwaches Komprimieren dazu führen, daß Dichtungsmaterialien an unerwünschten Stellen um die MEE geformt werden. Somit besteht Bedarf an einem Dichtungsformsystem, das die Gefahr von zu starkem Komprimieren und zu schwachem Komprimieren von MEE im Verlauf von Dichtungsformvorgängen verringert.

## KURZE ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0005]** Die Erfindung betrifft ein System zum Anformen einer Dichtung an eine MEE. Das System verfügt über einen Formhohlraum, der mindestens teilweise durch verschließbare Formblöcke gebildet ist, und mindestens einen Einspritzanschluß zum Einspritzen von Dichtungsmaterial in den Formhohlraum. Ferner verfügt das System über eine Halterung zum Halten der MEE benachbart zum Formhohlraum und einen Formeinsatz, der relativ zu den verschließbaren Formblöcken unabhängig beweglich ist, zum Ausüben von Druck auf die MEE, die an der Halterung gehalten wird. Das System vermag geeignete Druckwerte auf MEE im Verlauf von Dichtungsformvorgängen auszuüben, was die Gefahr von zu starkem Komprimieren und zu schwachem Komprimieren verringert.

## KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0006]** [Fig. 1](#) ist eine isometrische Seitenansicht eines Formsystems der Erfindung.

**[0007]** [Fig. 2](#) ist eine Seitenschnittansicht des Formsystems.

**[0008]** [Fig. 3](#) ist eine expandierte Ansicht von Teilstück **3** in [Fig. 2](#) und zeigt eine an eine MEE angeformte Dichtung in einem Hohlraum des Formsystems.

**[0009]** [Fig. 4](#) ist eine weggeschnittene Perspektivansicht einer alternativen MEE, die zur Verwendung mit dem Formsystem geeignet ist, und einer an die alternative MEE angeformten Dichtung.

**[0010]** [Fig. 5a–Fig. 5c](#) sind Draufsichtdarstellungen alternativer Elektrolytmembranen, die zur Verwendung mit dem Formsystem geeignet sind.

**[0011]** [Fig. 6](#) ist eine expandierte Schnittansicht eines Abschnitts eines alternativen Formsystems der Erfindung.

[0012] **Fig. 7** ist eine expandierte Ansicht von Teilstück **7** in **Fig. 6** und zeigt eine an eine MEE angeformte Dichtung in einem Hohlraum des alternativen Formsystems.

[0013] **Fig. 8** ist eine weggeschnittene Perspektivansicht einer alternativen MEE, die zur Verwendung mit dem alternativen Formsystem geeignet ist, und einer an die alternative MEE angeformten Dichtung.

[0014] **Fig. 9a** und **Fig. 9b** sind expandierte Schnittansichten eines Abschnitts eines zweistufigen Formsystems der Erfindung.

[0015] Während die zuvor aufgeführten Zeichnungen mehrere Ausführungsformen der Erfindung zeigen, sind auch andere Ausführungsformen erwogen, wie aus der Diskussion hervorgeht. In allen Fällen präsentiert die Offenbarung die Erfindung als Veranschaulichung und nicht als Einschränkung. Verständlich sollte sein, daß zahlreiche andere Abwandlungen und Ausführungsformen vom Fachmann gestaltet werden können, die dem Schutzzumfang und Grundgedanken der Grundsätze der Erfindung entsprechen. Die Darstellungen sind möglicherweise nicht maßstäblich. Gleiche Bezugszahlen dienen in den Darstellungen durchweg zur Bezeichnung gleicher Teile.

#### NÄHERE BESCHREIBUNG

[0016] **Fig. 1** ist eine isometrische Seitenansicht eines Formsystems **10** der Erfindung, das zum Anformen von Dichtungen an MEE geeignet ist. Darstellungsgemäß verfügt das Formsystem **10** über einen oberen Block **12**, einen unteren Block **14**, einen Formeinsatz **16**, eine Halterung **18** und eine Ablaufsteuereinheit **20**. Der obere Block **12** und untere Block **14** sind verschließbare Spritzgießblöcke, wobei sich der obere Block **12** entlang einer Achse A zum Öffnen und Schließen am unteren Block **14** mit Hilfe von Standard-Bewegungssystemen bewegen kann, z. B. hydraulischen, mechanischen oder pneumatischen Systemen. In einer alternativen Anordnung kann der untere Block **14** der Formgebungsblock sein, der sich entlang der Achse A bewegen kann, und der obere Block **12** ist feststehend. Richtungsorientierungen wie "oben" und "unten" dienen hierin zur Erleichterung der Diskussion und sollen nicht einschränkend sein.

[0017] Der obere Block **12** weist eine Umfangs- bzw. Umfassungswand **22** auf, die sich seitlich um einen vertieften Abschnitt **24** erstreckt und ihn abgrenzt. Außerdem weist der obere Block **12** eine Öffnung **26** (gestrichelt gezeigt) auf, durch die der Formeinsatz **16** beweglich festgehalten wird. Der vertiefte Abschnitt **24** ist eine Vertiefung in der Umfassungswand **22**, die sich seitlich um den Formeinsatz **16** erstreckt. Der vertiefte Abschnitt **24** verfügt über eine

gemusterte Oberfläche **28**, die mehrere replizierte Muster aufweist, um Dichtungen mit "mikrostrukturierten Kontaktmustern mit erhabenen Stegen" und "replizierten Strukturen" gemäß der Offenbarung in Wald et al., US-Patentanmeldung Nr. 2003/0211378 und in der anhängigen US-Patentanmeldung mit dem Titel "Gasketed Subassembly For Use In Fuel Cells" (Anwaltsaktenzeichen Nr. 61026US002) zu bilden, die beide gemeinsam übertragen sind.

[0018] Der Formeinsatz **16** weist eine Kontaktfläche **30** auf, die eine ebene Oberfläche zur Druckausübung auf eine MEE (nicht gezeigt) ist, die im Formsystem **10** während eines Dichtungsformbetriebs festgehalten wird. Die Kontaktfläche **30** des Formeinsatzes **16** kann eine nachgiebige Oberfläche (z. B. eine Gummioberfläche) aufweisen, um die Gleichmäßigkeit von Druck zu erhöhen, der über die MEE ausgeübt wird. Alternativ kann die Kontaktfläche **30** des Formeinsatzes **16** eine Umfassungslippe (nicht gezeigt) aufweisen, die sich um die Seitenkanten der Kontaktfläche **30** erstreckt. In dieser Ausführungsform ist der Mittelabschnitt der Kontaktfläche **30** von der Umfassungslippe vertieft (z. B. höchstens etwa 200 Mikrometer), und die Umfassungslippe kontaktiert die Seitenkanten einer MEE und übt Druck um diese aus, die im Formsystem **10** während eines Dichtungsformbetriebs festgehalten ist.

[0019] Wie später diskutiert wird, kann sich der Formeinsatz **16** entlang der Achse A in der Öffnung **26** unabhängig vom oberen Block **12** bewegen. Dadurch kann der Formeinsatz **16** den auf eine MEE ausgeübten Druck unabhängig einstellen, was die Gefahr von zu starker Kompression und zu schwacher Kompression der MEE verringert. Der Formeinsatz **16** kann mit Standard-Bewegungssystemen bewegt werden, z. B. mit hydraulischen, mechanischen oder pneumatischen Systemen. Solche Bewegungssysteme können mit der Ablaufsteuereinheit **20** über eine Signalleitung **20a** kommunizieren. Die Ablaufsteuereinheit **20** ist ein automatisiertes System, das den Druck überwacht, den der Formeinsatz **16** auf eine bestimmte MEE ausübt. Überwachen läßt sich der ausgeübte Druck mit einem Kraftsensor, z. B. einem Druckkissen oder einer Druckmeßdose (z. B. Meßdose mit Dehnstreifen), die mit der Ablaufsteuereinheit **20** über eine Signalleitung **20b** kommuniziert. Die Ablaufsteuereinheit **20** kann jedes geeignete System zum Steuern der Bewegung des Formeinsatzes **16** auf der Grundlage des erfaßten ausgeübten Drucks sein. In alternativen Ausführungsformen kann die Bewegung des Formeinsatzes **16** ohne Verwendung der Ablaufsteuereinheit **20** manuell gesteuert werden.

[0020] Der untere Block **14** weist eine Umfassungswand **32** auf, die sich seitlich um einen vertieften Abschnitt **34** erstreckt und ihn abgrenzt. Der vertiefte Abschnitt **34** ist eine Vertiefung in der Umfassungswand **32**, die sich seitlich um den Formeinsatz **16** erstreckt. Der vertiefte Abschnitt **34** verfügt über eine

wand **32**, die sich seitlich um die Halterung **18** ähnlich wie der vertiefte Abschnitt **24** erstreckt. Der vertiefte Abschnitt **34** verfügt über eine gemusterte Oberfläche **36**, die die gleichen replizierten Muster wie die gemusterte Oberfläche **28** aufweist. In alternativen Ausführungsformen können die gemusterte Oberfläche **28** und **26** unterschiedliche Muster beinhalten, oder alternativ können die gemusterte Oberfläche **28** und/oder **26** frei von replizierten Mustern sein.

**[0021]** Die Halterung **18** ist ein Einsatz, der am unteren Block **14** befestigt und zum Formeinsatz **16** ausgerichtet ist. In einer alternativen Ausführungsform kann die Halterung **18** in einem Stück mit dem unteren Block **14** gebildet sein. Die Halterung **18** weist eine Oberfläche **38** zum Halten einer MEE während eines Dichtungsformbetriebs auf. Die Oberfläche **38** des Formeinsatzes **16** kann auch eine nachgiebige Oberfläche (z. B. eine Gummioberfläche) aufweisen, um die Gleichmäßigkeit von Druck zu erhöhen, der über die MEE ausgeübt wird.

**[0022]** Wie [Fig. 1](#) weiter zeigt, weist der obere Block **12** auch Einspritzanschlüsse **40** auf, die Öffnungen in der gemusterten Oberfläche **28** zum Einspritzen von Dichtungsmaterial sind. Während es mit einem Paar Einspritzanschlüssen **40** gezeigt ist, kann das Formsystem **10** mehrere Einspritzanschlüsse an vielfältigen Stellen aufweisen, z. B. in den gemusterten Oberflächen **28** und **36**, in den Umfassungswänden **22** und **32** (mit Austritt in die vertieften Abschnitte **24** bzw. **34**) und deren Kombinationen. In einer Ausführungsform können die Einspritzanschlüsse **40** an Positionen in der resultierenden Dichtung liegen, an denen Verteileröffnungen erzeugt werden (zum Erleichtern von Gas- und/oder Flüssigkeitstransport durch die Dichtung).

**[0023]** Wie später näher diskutiert, ist das Formsystem **10** zum Anformen von Dichtungen an MEE geeignet, wobei der Formeinsatz **16** entlang der Achse A eingestellt werden kann, um die Gefahr von zu starkem Komprimieren und zu schwachem Komprimieren der MEE zu verringern. Dies wahrt die strukturelle Unversehrtheit der MEE und verbessert die Verbindungen zwischen den MEE und den Dichtungen.

**[0024]** [Fig. 2](#) ist eine Seitenschnittansicht des Formsystems **10** und zeigt den oberen Block **12** geschlossen am unteren Block **14**, wobei eine MEE **42** zwischen dem Formeinsatz **16** und der Halterung **18** angeordnet ist. Zur leichteren Diskussion ist die Dicke der Schichten der MEE **42** in [Fig. 2](#) übertrieben. Während eines Dichtungsformbetriebs kann die MEE **42** auf der Halterung **18** automatisch oder manuell plaziert werden. Wird die MEE **42** auf der Halterung **18** festgehalten, kann der obere Block **12** gegen den unteren Block **14** geschlossen werden, um einen Hohlraum **44** zu bilden. Der Hohlraum **44** erstreckt sich seitlich um die MEE **42** und hat ein Volumen, das

den vertieften Abschnitten **24** und **34** (gemäß [Fig. 1](#)) entspricht. Schließt der obere Block **12** gegen den unteren Block **14**, drückt außerdem die Kontaktfläche **30** des Formeinsatzes **16** an die MEE **42**, wodurch die MEE **42** an der Oberfläche **38** der Halterung **18** komprimiert wird.

**[0025]** Der obere Block **12** schließt gegen den unteren Block **14** mit einem voreingestellten Kraftbetrag, um die Umfassung **22** an der Umfassung **32** wirksam abzudichten. Damit wird verhindert, daß Dichtungsmaterial während eines Dichtungsformbetriebs aus dem Formsystem **10** austritt. Wäre also der Formeinsatz **16** am oberen Block **12** befestigt (d. h. nicht unabhängig beweglich), so wäre der Relativabstand zwischen der Kontaktfläche **30** des Formeinsatzes **16** und der Oberfläche **38** der Halterung **18** für jeden Einspritzvorgang konstant. Dadurch würde der auf eine an der Halterung **18** gehaltene MEE (z. B. MEE **42**) ausgeübte Druck in Abhängigkeit von der Schichtdicke der jeweiligen MEE variieren. Hat z. B. eine bestimmte MEE eine hohe Schichtdicke (z. B. 1000 Mikrometer), kann die MEE zu stark komprimiert werden, was potentiell zu einem elektrischen Kurzschluß führt. Hat die jeweilige MEE alternativ eine niedrige Schichtdicke (z. B. 200 Mikrometer), kann die MEE zu schwach komprimiert werden, was dazu führen kann, daß eingespritztes Dichtungsmaterial zwischen der MEE und den Oberflächen **30** und **38** unerwünscht fließt.

**[0026]** Allerdings ist der Formeinsatz **16** relativ zum oberen Block **12** (und unteren Block **14**) unabhängig beweglich. Daher kann der durch den Formeinsatz **16** auf die MEE **42** ausgeübte Druck durch Einstellen der Position des Formeinsatzes **16** entlang der Achse A konstant gehalten werden. Dies verringert die Gefahr von zu starkem Komprimieren oder zu schwachem Komprimieren der MEE **42** während eines Dichtungsformbetriebs. Während also der obere Block **12** am unteren Block **14** schließt, kann sich der Formeinsatz **16** gemeinsam mit dem oberen Block **12** zur Halterung **18** und MEE **42** bewegen. Dabei überwacht die Ablaufsteuereinheit **20** den vom Formeinsatz **16** ausgeübten Druck in Echtzeit.

**[0027]** Kontaktiert der Formeinsatz **16** die MEE **42**, steigt der überwachte Druck entsprechend, der auf die MEE **42** ausgeübt wird. Der Formeinsatz **16** fährt fort die MEE **42** an der Halterung **18** zu komprimieren, bis ein voreingestellter Solldruck erreicht ist. Danach hält die Ablaufsteuereinheit **20** die MEE **42** in dieser Lage relativ zum unteren Block **14** und zur Halterung **18** unabhängig von der Bewegung des oberen Blocks **12**. Hat z. B. die MEE **42** eine hohe Schichtdicke, kann der Formeinsatz **16** den Solldruck erreichen und seine Position halten, bevor der obere Block **12** den unteren Block **14** erreicht. Dies verringert die Gefahr von zu starkem Komprimieren der MEE **42**, während sich der obere Block **12** weiter zum

unteren Block **14** bewegt. Hat alternativ die MEE **42** eine niedrige Schichtdicke, kann der Formeinsatz **16** die MEE **42** weiter komprimieren, nachdem der obere Block **12** am unteren Block **14** abgedichtet ist, bis der Soll-Druck erreicht ist. Damit verringert sich entsprechend die Gefahr, daß die MEE **42** zu schwach komprimiert wird.

**[0028]** Sind der obere Block **12** und untere Block **14** aneinander abgedichtet und hat der Formeinsatz **16** die MEE auf den Soll-Druck komprimiert, kann Dichtungsmaterial durch die Einspritzanschlüsse **40** in den Hohlraum **44** eingespritzt werden. Zu Beispielen für Dichtungsmaterialien, die zur Bildung einer Dichtung **46** verwendet werden können, zählen Elastomermaterialien, z. B. Kautschuke, Silikonelastomere, thermoplastische Elastomere, duroplastische Elastomere, Elastomerkleber, styrolhaltige Diblock- und Triblockcopolymere und deren Kombinationen.

**[0029]** Das eingespritzte Dichtungsmaterial füllt im wesentlichen den Hohlraum **44** und paßt sich an die Umfangskanten der MEE **42** und die gemusterten Oberflächen **28** und **36** an. Nach Erstarren bildet das Dichtungsmaterial eine Dichtung (nicht gezeigt), die an den Umfangskanten der MEE **42** befestigt ist. Außerdem hat die Dichtung replizierte Muster, die durch die zuvor diskutierten gemusterten Oberflächen **28** und **36** gebildet sind und die Abdichtwirkung der Dichtung verbessern.

**[0030]** [Fig. 3](#) ist eine expandierte Ansicht des Teilstücks **3** in [Fig. 2](#), das die im Hohlraum **44** gebildete Dichtung **46** zeigt. Wie in [Fig. 3](#) weiter gezeigt, weist die MEE **42** eine Elektrolytmembran **48** auf, die zwischen Gasdiffusionsschichten **50** und **52** angeordnet ist, wobei sich die Gasdiffusionsschichten **50** und **52** über die Umfangskante der Elektrolytmembran **48** hinaus erstrecken, um einen Spalt **53** zu bilden. Wird das Dichtungsmaterial in den Hohlraum **44** eingespritzt, dringt das Dichtungsmaterial in den Spalt **53** ein, um die Verbindung zwischen der MEE **42** und der resultierenden Dichtung **46** zu verstärken.

**[0031]** Ein verbreitetes Problem bei einspritzbaren Dichtungsmaterialien ist, daß die Viskosität und andere Fließkennwerte eines bestimmten Dichtungsmaterials zwischen Produktionschargen erheblich variieren können. Als Ergebnis kann die Kraft des eingespritzten Dichtungsmaterials zwischen Einspritzungen variieren, was beeinflussen kann, wie weit das Dichtungsmaterial in den Spalt **53** eindringt. Um dies zu berücksichtigen, kann die Position des Formeinsatzes **16** eingestellt werden, um den auf die MEE **42** ausgeübten Druck entsprechend einzustellen. Dadurch kann die Sollmenge von Dichtungsmaterial in den Spalt **53** eindringen. Hat z. B. das Dichtungsmaterial eine hohe Viskosität, kann der Druck, den der Formeinsatz **16** auf die MEE **42** ausübt, reduziert werden, um die zum Eindringen in den Spalt **53** erforderliche

Kraft zu verringern. Hat alternativ das Dichtungsmaterial eine niedrige Viskosität, kann der ausgeübte Druck erhöht werden, um zu verhindern, das Dichtungsmaterial unter hohem Druck zwischen der Elektrolytmembran **48** und den Gasdiffusionsschichten **50/52** fließt.

**[0032]** Nachdem die Dichtung **46** an die MEE **42** angeformt ist, können sich der obere Block **12** und Formeinsatz **16** vom unteren Block **14** öffnen, und die resultierende abgedichtete MEE **42** kann entfernt werden. Die Dichtung **46** erstreckt sich um die Umfangskanten der MEE **42**, um Druckgase und -flüssigkeiten am Umgehen der Elektrolytmembran **48** im Gebrauch in einer elektrochemischen Vorrichtung (z. B. einer Brennstoffzelle) zu hindern. Durch Steuern des auf die MEE **42** ausgeübten Drucks während des Dichtungsformbetriebs kann die Dichtung **46** sicher mit den Umfangskanten der MEE **42** verbunden werden, während zugleich die Gefahr von zu starkem Komprimieren und zu schwachem Komprimieren der MEE **42** verringert wird.

**[0033]** [Fig. 4](#) ist eine weggeschnittene Perspektivansicht einer MEE **42a** und der Dichtung **46**, wobei die MEE **42a** eine alternative Gestaltung der MEE **42** ist und eine Elektrolytmembran **48a** sowie Gasdiffusionsschichten **50a** und **52a** aufweist. Darstellungsgemäß hat die Elektrolytmembran **48a** ein Sägezahn-Kantenprofil, das sich um die gesamte Umfangskante der Elektrolytmembran **48a** im Spalt **53** erstreckt. Das Sägezahn-Kantenprofil vergrößert die Oberfläche zwischen der MEE **42a** und Dichtung **46**, wodurch es die Verbindung zwischen der MEE **42a** und Dichtung **46** weiter verstärkt. Beim Einspritzen in den Hohlraum **44** dringt das Dichtungsmaterial in den Spalt **53** ein und paßt sich dem Sägezahn-Kantenprofil der Elektrolytmembran **48a** an. Wie zuvor diskutiert, kann der Druck, den der Formeinsatz **16** auf die MEE **42a** ausübt, eingestellt werden, um Viskositätsschwankungen des eingespritzten Dichtungsmaterials Rechnung zu tragen. Dies verbessert das Ausmaß, in dem das Dichtungsmaterial in den Spalt **53** eindringen und sich dem Sägezahn-Kantenprofil der Elektrolytmembran **48a** anpassen kann.

**[0034]** [Fig. 5a–Fig. 5c](#) sind Draufsichtdarstellungen von Elektrolytmembranen **48a**, **48b** bzw. **48c**, die Beispiele für geeignete Kantenprofile für die MEE **42** zeigen. Zusätzlich zum Sägezahn-Kantenprofil gemäß [Fig. 4](#) und [Fig. 5a](#) können geeignete Kantenprofile für Elektrolytmembranen T-Einschnitte (Elektrolytmembran **48b**) und Schlitzeinschnitte (Elektrolytmembran **48c**) aufweisen. Im wesentlichen kann jede Kantenprofilgestaltung verwendet werden, die die Kontaktfläche zwischen der MEE **42** und Dichtung **46** im Spalt **53** vergrößert.

**[0035]** [Fig. 6](#) ist eine expandierte Schnittansicht eines Abschnitts eines Formsystems **110**, das ein dem

zuvor diskutierten Formsystem **10** ähnelndes System ist (entsprechende Bezugszahlen sind um "100" erhöht). Das Formsystem **110** ist zum Anformen von Dichtungen an eine MEE **142** geeignet, die der MEE **42** mit der Ausnahme ähnelt, daß sich eine Elektrolytmembran **148** in einen Hohlraum **144** erstreckt. Die Elektrolytmembran **148** kann Teildichtungsschichten (nicht gezeigt) aufweisen, die auf jeder Seite der Elektrolytmembran **148** angeordnet sind, um die MEE **142** weiter abzudichten und um den Abschnitt der Elektrolytmembran **148** mechanisch abzustützen, der im Hohlraum **144** angeordnet ist.

**[0036]** Wie weiter gezeigt ist, weist das Formsystem **110** Einspritzanschlüsse **140a** und **140b** auf, wobei der Einspritzanschluß **140a** mit den zuvor in [Fig. 2](#) diskutierten Einspritzanschlüssen **40** identisch ist. Der Einspritzanschluß **140b** ähnelt auch den Einspritzanschlüssen **40** mit der Ausnahme, daß sich der Einspritzanschluß **140b** durch einen unteren Block **114** erstreckt. Durch die Verwendung der Einspritzanschlüsse **140a** und **140b** kann Dichtungsmaterial von jeder Seite der Elektrolytmembran **148** in den Hohlraum **144** eingespritzt werden, wodurch Dichtungen (nicht gezeigt) auf jeder Seite der Elektrolytmembran **148** gebildet werden.

**[0037]** [Fig. 7](#) ist eine expandierte Ansicht des Teilstücks **7** in [Fig. 6](#), das Dichtungen **146a** und **146b** zeigt, die im Hohlraum **144** benachbart zu den gegenüberliegenden Oberflächen der Elektrolytmembran **148** gebildet sind. Nach Erstarrung sind die Dichtungen **146a** und **146b** an der Elektrolytmembran **148** befestigt und funktionieren auf die gleiche Weise wie die Dichtung **46** zum Verhindern, daß Druckgase und -flüssigkeiten die Elektrolytmembran **148** im Gebrauch umgehen.

**[0038]** [Fig. 8](#) ist eine weggeschnittene Perspektivansicht einer MEE **142a**, die eine alternative Gestaltung der MEE **142** ist und eine Elektrolytmembran **148a** sowie Gasdiffusionsschichten **150a** und **152a** aufweist. Darstellungsgemäß haben die Gasdiffusionsschichten **150a** und **152a** jeweils ein Sägezahn-Kantenprofil, das sich um die gesamte Umfangskante der MEE **142a** erstreckt, was die Verbindung zwischen der MEE **142a** und der Dichtung **146** verbessert. Beim Einspritzen in den Hohlraum **144** paßt sich das Dichtungsmaterial an die Sägezahn-Kantenprofile der Gasdiffusionsschichten **150a** und **152a** an. Der Druck, den ein Formeinsatz **116** auf die MEE **142a** ausübt, kann ebenfalls eingestellt werden, um Viskositätsschwankungen der eingespritzten Dichtungsmaterialien auf die gleiche Weise wie zuvor diskutiert Rechnung zu tragen. Damit verbessert sich das Ausmaß, in dem sich die Dichtungsmaterialien den Sägezahn-Kantenprofilen der Gasdiffusionsschichten **150a** und **152a** anpassen können. In alternativen Ausführungsformen können die Gasdiffusionsschichten **150a** und **152a** alternative Kanten-

profilgestaltungen beinhalten, z. B. die zuvor für die Elektrolytmembranen **48a–48c** in [Fig. 5a–Fig. 5c](#) diskutierten.

**[0039]** [Fig. 9a](#) und [Fig. 9b](#) sind expandierte Schnittansichten eines Abschnitts eines Formsystems **210**, das ein alternatives System zu den zuvor diskutierten Formsystemen **10** und **110** ist (entsprechende Bezugszahlen sind gegenüber dem Formsystem **10** um "200" erhöht). Wie später diskutiert, ist das Formsystem **210** ein zweistufiges Formsystem, das Dichtungsmaterial auf jeder Seite einer Elektrolytmembran **248** einer MEE **242** einspritzt.

**[0040]** Gemäß [Fig. 9a](#) weisen ein oberer Block **212** und ein unterer Block **214** keine gemusterte Oberfläche ähnlich wie die gemusterten Oberflächen **28** und **36** des Formsystems **10** auf. Statt dessen weist das Formsystem **210** Hohlraumeinsätze **254** und **256** auf, die auf gegenüberliegenden Seiten der Elektrolytmembran **248** liegen. Die Hohlraumeinsätze **254** und **256** weisen gemusterte Oberflächen **228** und **236** auf, die auf die gleiche Weise wie in der vorstehenden Diskussion für die gemusterten Oberflächen **28** und **36** in [Fig. 1](#) funktionieren.

**[0041]** Der Hohlraumeinsatz **254** ist so am oberen Block **212** befestigt, daß die gemusterte Oberfläche **228** zur Elektrolytmembran **248** weist, um allgemein einen oberen Hohlraum **244a** zu bilden. Allerdings ist der Hohlraumeinsatz **256** an einer versetzten Stelle im Hohlraum **244** von der Oberfläche des unteren Blocks **214** (als Oberfläche **258** bezeichnet) beweglich festgehalten. Der Hohlraumeinsatz **256** ist von der Oberfläche **258** um einen Abstand versetzt, der ermöglicht, daß die gemusterte Oberfläche **236** des Hohlraumeinsatzes **256** die Elektrolytmembran **248** während einer ersten Einspritzstufe des zweistufigen Formvorgangs abstützt.

**[0042]** Während der Hohlraumeinsatz **256** die Elektrolytmembran **248** abstützt, kann Dichtungsmaterial in den oberen Hohlraum **244a** aus einem Einspritzanschluß **240a** eingespritzt werden. Dies füllt im wesentlichen den oberen Hohlraum **244a** und ermöglicht dem Dichtungsmaterial, sich der Elektrolytmembran **248**, einer Gasdiffusionsschicht **250** und der gemusterten Oberfläche **228** anzupassen. Nach dem Erstarren bildet das Dichtungsmaterial eine erste Dichtung (nicht gezeigt), die an der Elektrolytmembran **248** und Gasdiffusionsschicht **250** befestigt ist. Nachdem die erste Dichtung im oberen Hohlraum **244a** erstarrt ist, kann der Hohlraumeinsatz **256** zum Einspritzen von Dichtungsmaterial aus einem Einspritzanschluß **240b** zur Oberfläche **258** abgesenkt werden. An diesem Punkt kann die erste Dichtung als Stütze für die Elektrolytmembran **248** fungieren, während Dichtungsmaterial aus dem Einspritzanschluß **240b** eingespritzt wird.

**[0043]** Ist gemäß [Fig. 9b](#) der Hohlraumeinsatz **256** an der Oberfläche **258** angeordnet, bilden die gemusterte Oberfläche **236** und die Elektrolytmembran **248** allgemein einen unteren Hohlraum **244b**. Dann kann Dichtungsmaterial in den unteren Hohlraum **244b** aus dem Einspritzanschluß **240b** eingespritzt werden. Dies füllt im wesentlichen den unteren Hohlraum **244b** und ermöglicht dem Dichtungsmaterial, sich der Elektrolytmembran **248**, einer Gasdiffusionsschicht **252** und der gemusterten Oberfläche **236** anzupassen. Nach Erstarrung bildet das Dichtungsmaterial eine zweite Dichtung (nicht gezeigt), die an der Elektrolytmembran **248** und Gasdiffusionsschicht **252** befestigt ist.

**[0044]** Die Hohlraumeinsätze **254** und **256** sind geeignete Einsätze zum strukturellen Abstützen der Elektrolytmembran **248** im Verlauf von mehrstufigen Dichtungsformvorgängen. Dies verringert die Gefahr von Beschädigung der Elektrolytmembran **248**, während die einzelnen Einspritzungen von Dichtungsmaterialien stattfinden.

**[0045]** Wie zuvor diskutiert, können MEE auf den Halterungen der Formsysteme **10**, **110** und **210** automatisch oder manuell platziert werden. In einer Ausführungsform kann das Formsystem der Erfindung in einem kontinuierlichen Verfahren verwendet werden, in dem die MEE (z. B. MEE **42**, **142** und **242**) dem Formsystem auf einem Förderband (nicht gezeigt) automatisch zugeführt werden. In dieser Ausführungsform kann das Förderband direkt über der Halterung (z. B. Halterungen **18**, **118** und **218**) zum Positionieren einer bestimmten MEE auf der Halterung verlaufen. Danach können der obere Block und der Formeinsatz am unteren Block schließen, um einen Dichtungsformbetrieb durchzuführen. Nach Abschluß können sich der obere Block und der Formeinsatz dann vom unteren Block öffnen. Danach kann das Förderband die mit Dichtung versehene MEE entfernen und eine neue MEE auf der Halterung **18** positionieren. Dann kann das Verfahren wiederholt werden. Die Formsysteme der Erfindung sind zur Verwendung mit kontinuierlichen Verfahren besonders geeignet, da die Formeinsätze (z. B. Formeinsätze **16**, **116** und **216**) einen konstanten Druck auf jede MEE trotz Schichtdickenschwankungen zwischen den vorgegebenen MEE ausüben können. Dies verringert die Zeit und den Aufwand, die zur Herstellung von MEE erforderlich sind.

**[0046]** Obwohl die Erfindung anhand von bevorzugten Ausführungsformen beschrieben wurde, wird der Fachmann erkennen, daß Änderungen in Form und Detail vorgenommen werden können, ohne vom Grundgedanken und Schutzzumfang der Erfindung abzuweichen.

## Zusammenfassung

**[0047]** Bei der Erfindung handelt es sich um ein System zum Anformen einer Dichtung an eine Membran-Elektroden-Einheit. Das System weist auf: einen Hohlraum, der mindestens teilweise durch verschließbare Formblöcke gebildet ist, mindestens einen Einspritzanschluß zum Einspritzen von Dichtungsmaterial in den Hohlraum, eine Halterung zum Festhalten der Membran-Elektroden-Einheit benachbart zum Hohlraum und einen Formeinsatz, der relativ zu den verschließbaren Formblöcken unabhängig beweglich ist, zum Ausüben von Druck auf die Membran-Elektroden-Einheit, die auf der Halterung festgehalten ist.

## Patentansprüche

1. System zum Anformen einer Dichtung an eine Membran-Elektroden-Einheit, wobei das System aufweist: einen Hohlraum, der mindestens teilweise durch verschließbare Formblöcke gebildet ist; mindestens einen Einspritzanschluß zum Einspritzen von Dichtungsmaterial in den Hohlraum; eine Halterung zum Halten der Membran-Elektroden-Einheit benachbart zum Hohlraum; und einen Formeinsatz, der relativ zu den verschließbaren Formblöcken unabhängig beweglich ist, zum Ausüben von Druck auf die Membran-Elektroden-Einheit, die auf der Halterung gehalten wird.
2. System nach Anspruch 1, wobei der Hohlraum seitlich um die Halterung angeordnet ist.
3. System nach Anspruch 1, wobei die Membran-Elektroden-Einheit eine Umfassungskante hat und wobei die Halterung so konfiguriert ist, daß sich die Umfassungskante der Membran-Elektroden-Einheit in den Hohlraum erstreckt.
4. System nach Anspruch 1, wobei der durch den Formeinsatz auf die Membran-Elektroden-Einheit ausgeübte Druck einstellbar ist.
5. System nach Anspruch 1, ferner mit einer Ablaufsteuereinheit zum Steuern von Bewegung des Halterungseinsatzes, wobei die Bewegung des Halterungseinsatzes mindestens teilweise auf dem Druck beruht, der auf die Membran-Elektroden-Einheit ausgeübt wird.
6. System nach Anspruch 1, wobei der Hohlraum mehrere replizierte Muster zum Bilden replizierter Strukturen in der geformten Dichtung aufweist.
7. System nach Anspruch 1, ferner mit einem beweglichen Hohlraumeinsatz, der im Hohlraum angeordnet ist.

8. System zum Anformen einer Dichtung an eine Membran-Elektroden-Einheit, wobei das System aufweist:

einen ersten Formblock;  
einen zweiten Formblock, wobei der erste Formblock und der zweite Formblock so konfiguriert sind, daß sie aneinander schließen, um einen Hohlraum zu bilden;  
mindestens einen Einspritzanschluß zum Einspritzen von Dichtungsmaterial in den Hohlraum;  
eine am ersten Formblock befestigte Halterung zum Halten der Membran-Elektroden-Einheit benachbart zum Hohlraum; und  
einen im zweiten Formblock angeordneten Formeinsatz zum Ausüben eines einstellbaren Drucks auf die durch die Halterung gehaltene Membran-Elektroden-Einheit.

9. System nach Anspruch 8, wobei der Formeinsatz relativ zum ersten Formblock und zum zweiten Formblock unabhängig beweglich ist.

10. System nach Anspruch 9, ferner mit einer Ablaufsteuereinheit zum Steuern von Bewegung des Halterungseinsatzes, wobei die Bewegung des Halterungseinsatzes mindestens teilweise auf dem Druck beruht, der auf die Membran-Elektroden-Einheit ausgeübt wird.

11. System nach Anspruch 8, wobei sich der ausgeübte einstellbare Druck als Reaktion auf einen oder mehrere Fließkennwerte des Dichtungsmaterials einstellt.

12. System nach Anspruch 8, wobei der Hohlraum mehrere replizierte Muster zum Bilden replizierter Strukturen in der geformten Dichtung aufweist.

13. System nach Anspruch 8, ferner mit einem beweglichen Hohlraumeinsatz, der im Hohlraum angeordnet ist.

14. System nach Anspruch 8, wobei der mindestens eine Einspritzanschluß an einer Stelle angeordnet ist, die einer Verteileröffnung in der Dichtung entspricht.

15. Verfahren zum Anformen einer Dichtung an eine Membran-Elektroden-Einheit mit einer Umfassungskante, wobei das System aufweist:  
Positionieren der Membran-Elektroden-Einheit zwischen einem ersten Formblock und einem zweiten Formblock;  
Schließen des ersten Formblocks am zweiten Formblock, um einen Hohlraum zu bilden, wobei die Umfassungskante der Membran-Elektroden-Einheit im Hohlraum angeordnet ist;  
Bewegen eines Formeinsatzes, um Druck auf die Membran-Elektroden-Einheit auszuüben; und  
Einspritzen von Dichtungsmaterial in die Form, um

die Dichtung auf der Umfassungskante der Membran-Elektroden-Einheit zu bilden.

16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei der Formeinsatz bewegt wird, bis ein voreingestellter Druck auf die Membran-Elektroden-Einheit ausgeübt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei der voreingestellte Druck mindestens teilweise auf einem oder mehreren Fließkennwerten des Dichtungsmaterials beruht.

18. Verfahren nach Anspruch 15, ferner mit Festhalten der Membran-Elektroden-Einheit auf einer Halterung, wobei der Hohlraum seitlich um die Halterung angeordnet ist.

19. Verfahren nach Anspruch 15, ferner mit Bilden mehrerer replizierter Strukturen in der Dichtung.

20. Verfahren nach Anspruch 15, wobei die Umfassungskante der Membran-Elektroden-Einheit mehrere Kantenformen hat und wobei sich das eingespritzte Dichtungsmaterial den Kantenformen anpaßt.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

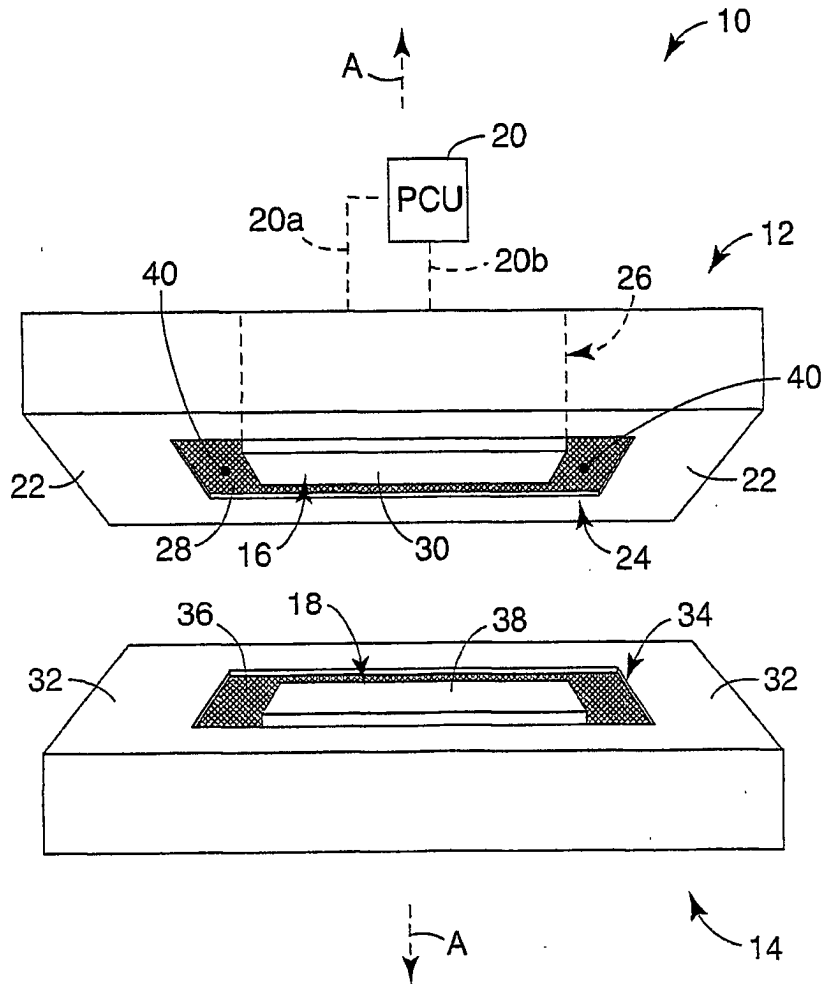
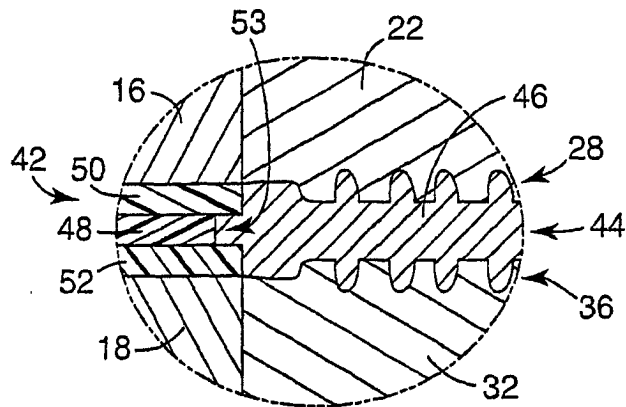
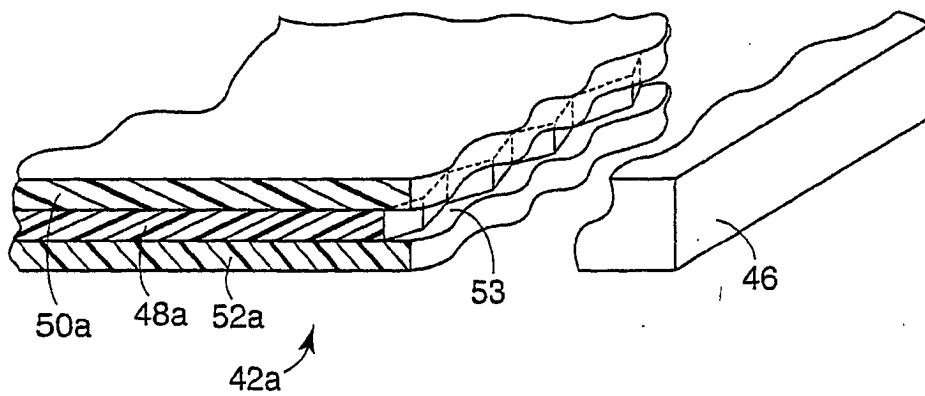


Fig. 1

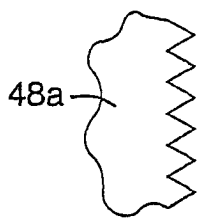




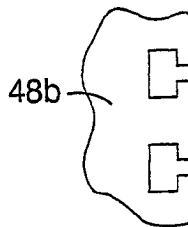
*Fig. 3*



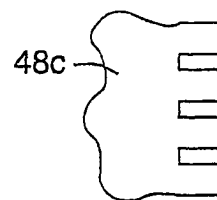
*Fig. 4*



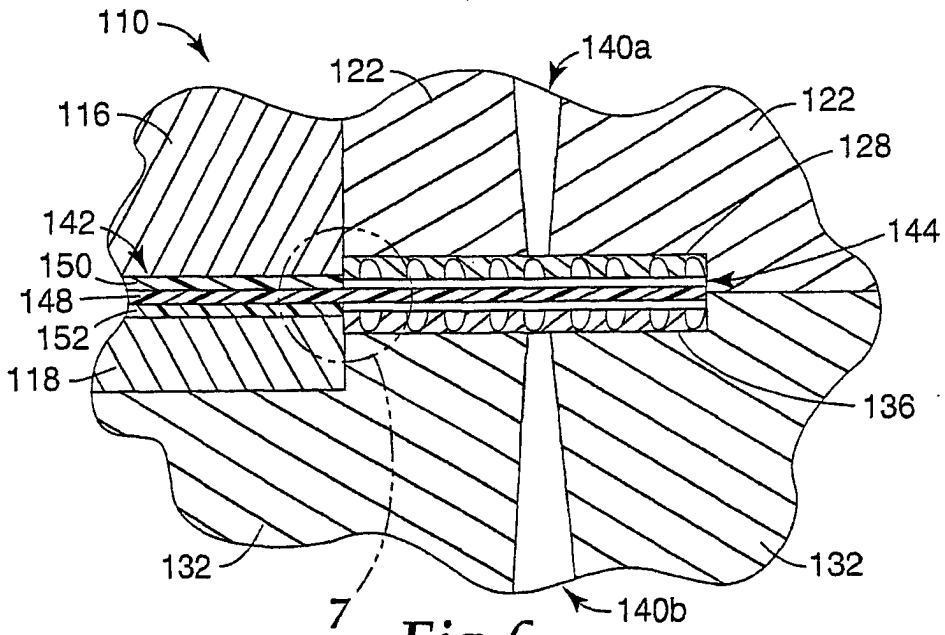
*Fig. 5a*



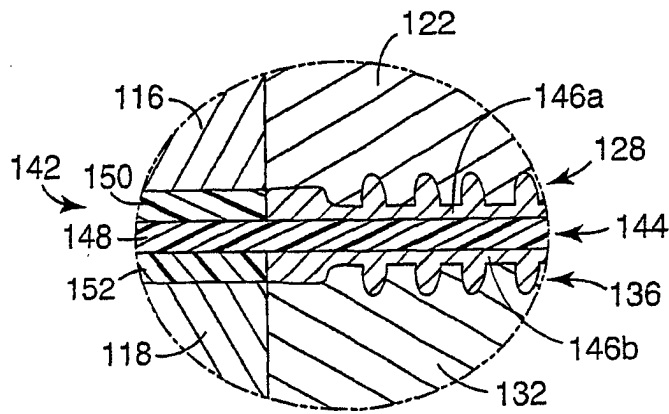
*Fig. 5b*



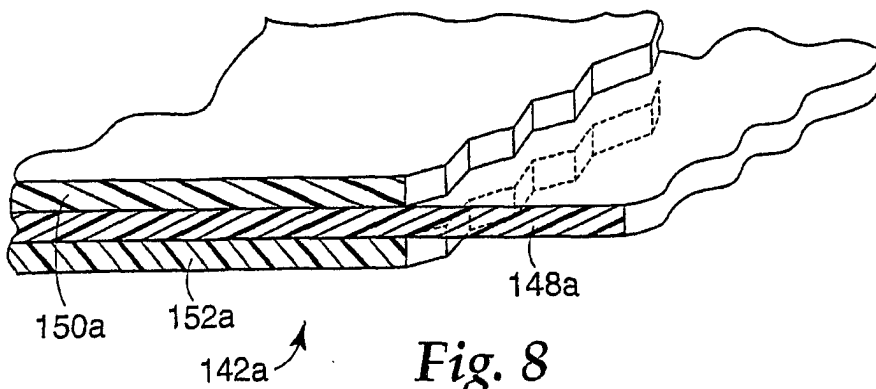
*Fig. 5c*



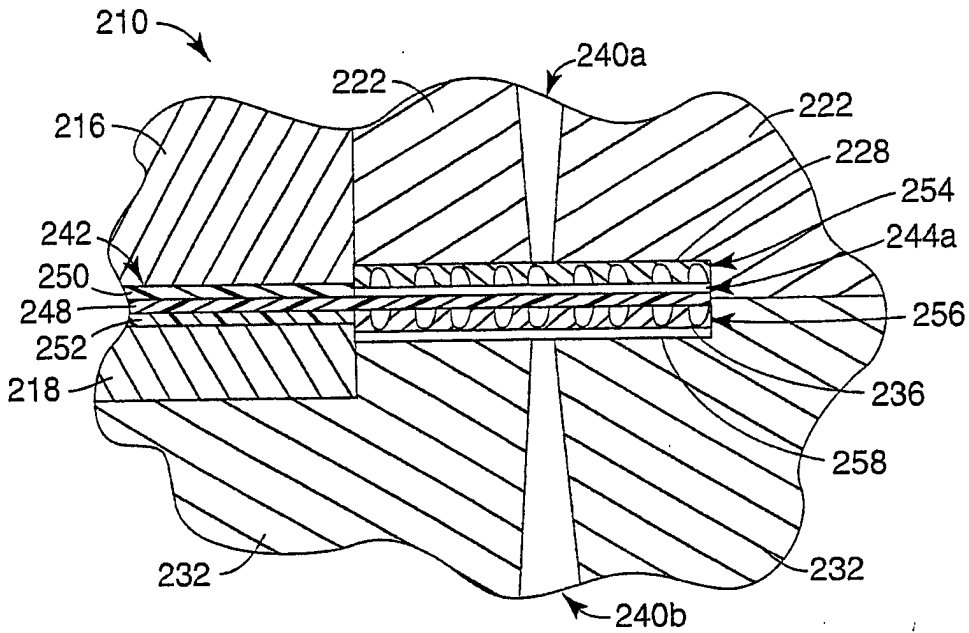
**Fig. 6**



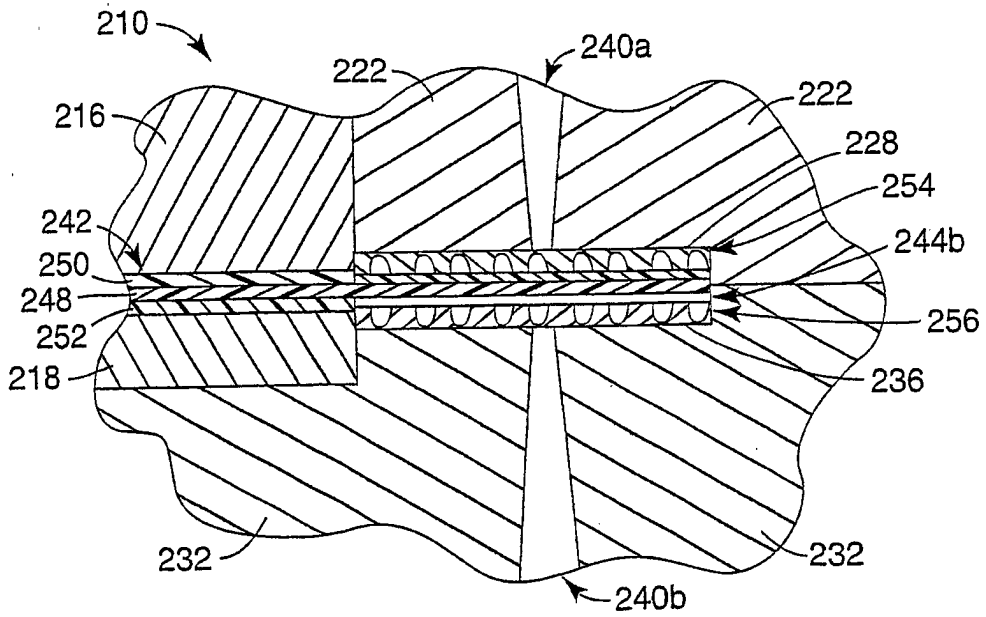
**Fig. 7**



**Fig. 8**



*Fig. 9A*



*Fig. 9B*