(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2021 209 900 A1** 2022.03.24

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2021 209 900.9**
(22) Anmeldetag: **08.09.2021**
(43) Offenlegungstag: **24.03.2022**

(51) Int Cl.: ***H01M 8/1018*** (2016.01)
H01M 8/1032 (2016.01)
H01M 8/1039 (2016.01)
H01M 8/1069 (2016.01)
C25B 13/08 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
10-2020-0121133 21.09.2020 KR

(71) Anmelder:
Hyundai Motor Company, Seoul, KR; INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION GYEONGSANG NATIONAL UNIVERSITY, Jinju-si, Gyeongsangnam-do, KR; Kia Corporation, Seoul, KR

(74) Vertreter:
isarpatent - Patent- und Rechtsanwälte Barth Charles Hassa Peckmann & Partner mbB, 80801 München, DE

(72) Erfinder:
Chae, Il Seok, Seoul, KR; Oh, Jong Kil, Yongin-si, Gyeonggi-do, KR; Hong, Bo Ki, Seoul, KR; Kim, Ki Hyun, Seoul, KR; Kwon, Soon Ki, Jinju-si, Gyeongsangnam-do, KR; Kim, Mi Jeong, Gimhae-si, Gyeongsangnam-do, KR; Ko, Han Sol, Changwon-si, Gyeongsangnam-do, KR

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **ELEKTROLYTMEMBRAN EINSCHLIESSLICH EINES POLYFLUORENBASIERTEN IONOMERS UND EIN HERSTELLUNGSVERFAHREN DERSELBEN**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Offenbarung zu einer Elektrolytmembran, die ein polyfluorenbasiertes Ionomer enthält, und insbesondere zu einer Elektrolytmembran, die ein polyfluorenbasiertes Ionomer enthält, das eine Fluoren-Hauptkette, die nur aus einer Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindung zusammengesetzt ist, und eine Seitenkette hat, die aus einer Perfluorsulfonsäuregruppe zusammengesetzt ist. Die Elektrolytmembran, die das polyfluorenbasierte Ionomer enthält, hat eine hohe Protonenleitfähigkeit, eine exzellente chemische Beständigkeit, eine exzellente mechanische Eigenschaft und eine exzellente Volumenstabilität.



Beschreibung

HINTERGRUND

(a) Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf eine Elektrolytmembran, die ein polyfluorenbasiertes Ionomer enthält. Insbesondere bezieht es sich auf eine Elektrolytmembran, die ein polyfluorenbasiertes Ionomer enthält, das eine Fluoren-Hauptkette hat, die nur aus einer Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindung zusammengesetzt ist, und eine Seitenkette, die aus einer Perfluorsulfonsäuregruppe zusammengesetzt ist. Die Elektrolytmembran, die das polyfluorenbasierte Ionomer enthält, hat eine hohe Protonenleitfähigkeit, eine exzellente chemische Beständigkeit, eine exzellente mechanische Eigenschaft und eine exzellente Volumenstabilität.

(b) Stand der Technik

[0002] Eine Protonenaustauschmembran-Brennstoffzelle (PEMFC) enthält eine Anode, eine Kathode und eine Polymerelektrolytmembran, die zwischen der Anode und der Kathode angeordnet ist, und diese Konfiguration wird als Membran-Elektroden-Anordnung bezeichnet.

[0003] Wasserstoff, der Brennstoff ist, wird der Kathode zugeführt, und Sauerstoff, der Oxidationsmittel ist, wird der Anode zugeführt. Der Wasserstoff, der der Kathode zugeführt wird, verliert ein Elektron und wird ein Proton (H^+), das sich durch die Polymerelektrolytmembran zur Anode bewegt. In diesem Fall verrichtet das vom Wasserstoff erzeugte Elektron in einem externen Stromkreis einer Batterie elektrische Arbeit und bewegt sich zur Anode. In der Anode verbindet sich das Proton mit Sauerstoff und einem Elektron, um Wasser zu produzieren.

[0004] Hier ist die Polymerelektrolytmembran eine Kationenaustauschmembran und überträgt selektiv nur das Proton. Die Polymerelektrolytmembran sollte die folgenden Eigenschaften haben: 1) hohe Ionenleitfähigkeit, 2) hervorragende physikalisch-chemische Stabilität, 3) leicht skalierbar und 4) niedrige Produktionskosten.

[0005] Derzeit haben Nafion®, das eine typische perfluorierte Elektrolytmembran ist, und Gore-Select®, das eine perfluorierte Membran mit poröser besetzter Struktur von WL Gore & Associates, Inc. ist, Vorteile einer hohen Ionenleitfähigkeit und einer hohen chemischen Stabilität. Diese Membranen haben jedoch folgende Probleme: 1) Zersetzung aufgrund von Sauerstoffradikalen, 2) Umweltverschmutzung aufgrund von Fluorwasserstoffsäure und Schadstoffen in einem Verbrennungsprozess und 3) hohe Kosten aufgrund eines komplizierten Herstellungsprozesses. Daher ist es schwierig, die obigen Membranen für ein umweltfreundliches, hocheffizientes und kostengünstiges Energieumwandlungs- und -speichersystem einzusetzen.

[0006] Als eine Alternative zu den obigen Membranen wird in verschiedenen Dokumenten über die Entwicklung von kohlenwasserstoffbasierten Ionomeren und ihre Anwendbarkeit in verschiedenen Anwendungsbereichen berichtet. Die bestehenden Kohlenwasserstoff-Kationenaustauschmembranen (HC-CEM), die durch Kondensationspolymerisation entwickelt wurden, haben jedoch aufgrund der Anwesenheit von Heteroatomen mit geringer Bindungsenergie in einer Polymerhauptkette eine geringe chemische Stabilität. Zusätzlich kann aufgrund eines geringen Phasentrennungseffekts kein effizienter Ionentransportkanal gebildet werden, so dass eine Ionenleitfähigkeit gering ist. Zusätzlich zu der obigen Beschreibung, gibt es auch Probleme der geringen physikalischen Stabilität.

[0007] Es wird ein Material angestrebt, mit der Fähigkeit die oben beschriebenen Probleme der perfluoriertbasieren und kohlenwasserstoffbasierten Ionomere lösen zu können und das die erforderlichen Eigenschaften für die Polymerelektrolytmembran erfüllt. Zu diesem Zweck ist in einer Materialentwicklungsphase eine Polymerstruktur wünschenswert, in der chemisch labile Bindungen in einem Hauptkettenpolymer nicht vorhanden sind und eine feine phasengetrennte Struktur in einem Teil einer Polymerstruktur, der für Ionentransport und physikalisch-chemische Stabilität verantwortlich ist, eindeutig gebildet werden kann. Darüber hinaus ist ein Verfahren zum relativ einfachen Synthetisieren der oben beschriebenen Polymere durch Verwenden eines preiswerten Monomers erwünscht.

ZUSAMMENFASSUNG DER OFFENBARUNG

[0008] Die vorliegende Offenbarung wurde in dem Bemühen gemacht, die oben beschriebenen Probleme, die mit dem Stand der Technik verbunden sind, zu lösen.

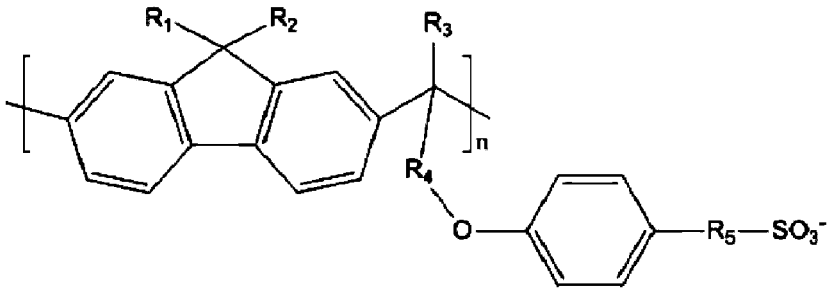
[0009] In einem Aspekt stellt die vorliegende Offenlegung eine Elektrolytmembran, die eine hohe Ionenleitfähigkeit und ausgezeichnete chemische Beständigkeit hat, bereit.

[0010] In einem weiteren Aspekt, stellt die vorliegende Offenbarung ein Herstellungsverfahren einer Elektrolytmembran, das für eine Massenproduktion vorteilhaft ist, bereit.

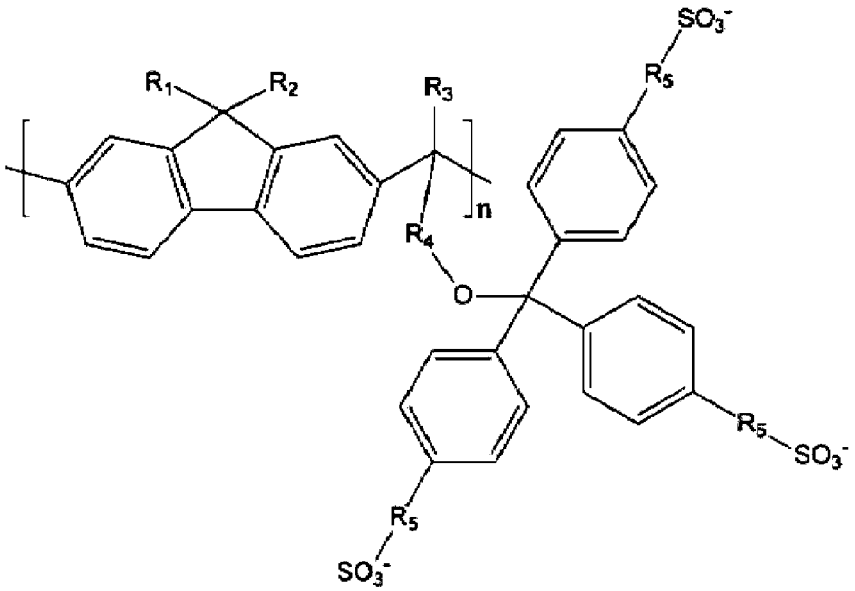
[0011] Ziele der vorliegenden Offenbarung sind nicht auf die oben beschriebenen Ziele beschränkt, und andere Ziele der vorliegenden Offenbarung, die nicht erwähnt sind, können durch die folgende Beschreibung verstanden werden und werden auch durch Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung ersichtlich sein. Ferner können die Ziele der vorliegenden Offenbarung durch Mittel, die in den beigefügten Ansprüchen beschrieben sind, und eine Kombination davon umgesetzt werden.

[0012] Eine Elektrolytmembran enthält ein Ionomer, ausgedrückt durch Formel 1a oder der Formel 1b.

[Formel 1a]



[Formel 1b]

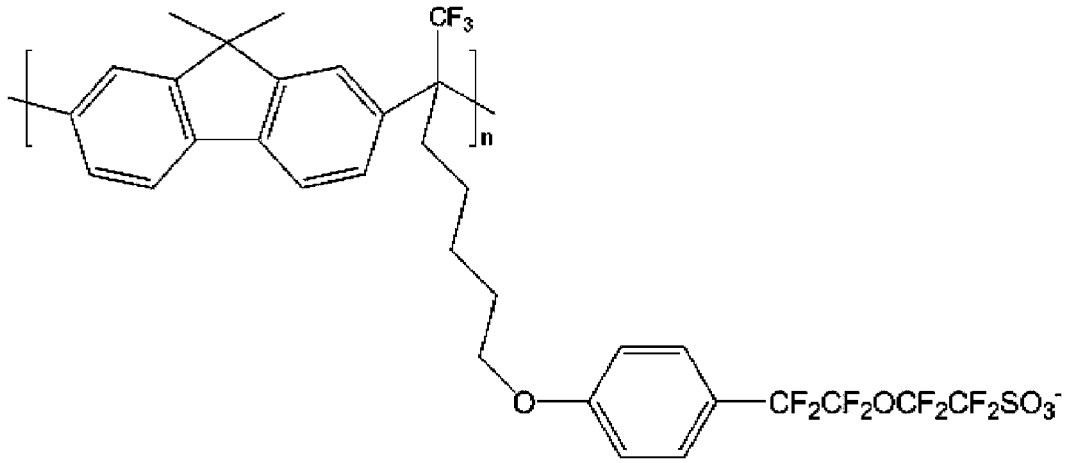


[0013] In jeder der Formeln 1a und 1b schließt R_1 Wasserstoff oder eine Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht, ein; schließt R_2 Wasserstoff oder eine Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht, ein; schließt R_3 mindestens eines aus Wasserstoff, einer unsubstituierten Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht, und einer Alkylgruppe, die mit einem Halogenelement substituiert ist, mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht, ein; schließt R_4 eine Alkylgruppe mit einer Kohlenstoff-

zahl, die von 1 bis 7 reicht, ein; schließt R_5 mindestens eines aus einer unsubstituierten Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 3 bis 7 reicht, einer Alkylgruppe, die mit einem Halogenelement substituiert ist, mit einer Kohlenstoffzahl, die von 3 bis 7 reicht, und einer Ethergruppe, in der ein Teil der Kohlenstoffe der unsubstituierten oder substituierten Alkylgruppe mit Sauerstoff substituiert ist, ein; und n ist eine ganze Zahl, die von 10 bis 2 000 reicht.

[0014] Das Ionomer kann durch nachstehende Formel 2 ausgedrückt werden.

[Formel 2]

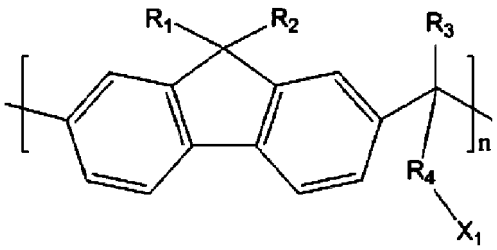


[0015] In Formel 2 kann n eine ganze Zahl, die von 10 bis 2 000 reicht, sein.

[0016] Die Elektrolytmembran kann in einer Brennstoffzelle und/oder in einer Wasserelektrolysevorrichtung eingesetzt werden.

[0017] Ein Herstellungsverfahren einer Elektrolytmembran gemäß der vorliegenden Offenbarung enthält Herstellen eines ersten Präkursors der Formel 3 durch Reagieren einer Kohlenwasserstoffverbindung mit einer Kohlenstoffzahl, die von 2 bis 10 reicht, die ein fluorenbasiertes Monomer und ein Halogenelement enthält, in Gegenwart eines sauren Katalysators:

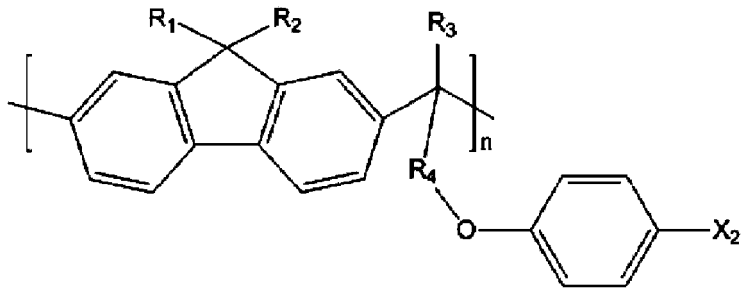
[Formel 3]



(in Formel 3 schließt R_1 Wasserstoff oder eine Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht, ein; R_2 schließt eines aus Wasserstoff oder einer Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht, ein; R_3 schließt mindestens eines aus Wasserstoff, einer unsubstituierten Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht, und einer Alkylgruppe, die mit einem Halogenelement substituiert ist, mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht, ein; R_4 schließt eine Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 7 reicht, ein; X_1 schließt ein Halogenelement ein; und n ist eine ganze Zahl, die von 10 bis 2 000 reicht);

[0018] Herstellen eines zweiten Präkursors, ausgedrückt durch Formel 4, durch Reagieren des ersten Präkursors mit einer phenolischen Verbindung:

[Formel 4]



(in Formel 4 sind R_1, R_2, R_3 und R_4 die gleichen wie in Formel 3, X_2 schließt ein Halogenelement ein, und n ist eine ganze Zahl, die von 10 bis 2 000 reicht);

[0019] Herstellen eines Ionomers, ausgedrückt durch Formel 1a, durch Reagieren des zweiten Präkursors mit einer sulfonsäurebasierten Verbindung; Herstellen einer Polymerlösung, die das Ionomer und ein Lösungsmittel enthält; und Aufbringen der Polymerlösung auf ein Substrat, um eine Elektrolytmembran herzustellen.

[0020] Der saure Katalysator kann mindestens eines enthalten, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Aluminiumchlorid, Trifluormethansulfonsäure (TFSA), Chlorwasserstoffsäure, Fluorwasserstoffsäure, Paratoluolsäure und eine Kombination davon.

[0021] Der erste Präkursor kann durch Reaktion bei einer Temperatur, die von 5 °C bis 25 °C reicht, für eine Stunde oder zwei Stunden hergestellt werden.

[0022] Ein Gewichtsmittel des Molekulargewichts des ersten Präkursors kann von 10 000 g/mol bisd 1 000 000 g/mol reichen.

[0023] Ein Gewichtsmittel des Molekulargewichts des zweiten Präkursors kann von 10 000 g/mol bis 1 500 000 g/mol reichen.

[0024] Weitere Aspekte und bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung werden infra erörtert.

[0025] Die obigen und andere Merkmale der vorliegenden Offenbarung werden infra erläutert.

Figurenliste

[0026] Die obigen und andere Merkmale der vorliegenden Offenbarung werden nun im Detail unter Bezugnahme auf bestimmte beispielhafte Ausführungsformen davon beschrieben, die in den beigefügten Zeichnungen dargestellt sind, die nachstehend nur zur Veranschaulichung angegeben werden und daher die vorliegende Offenbarung nicht einschränken, und wobei:

Fig. 1 eine Fotografie ist, die eine Elektrolytmembran gemäß der vorliegenden Offenbarung zeigt;

Fig. 2 eine Grafik ist, die die Ergebnisse des Bewertens einer chemischen Beständigkeit der Elektrolytmembran gemäß der vorliegenden Offenbarung zeigt;

Fig. 3 eine Grafik ist, die die Ergebnisse des Bewertens einer mechanischen Eigenschaft der Elektrolytmembran gemäß der vorliegenden Offenbarung zeigt;

Fig. 4 ein Diagramm ist, das die Ergebnisse des Bewertens einer Volumenstabilität der Elektrolytmembran gemäß der vorliegenden Offenbarung zeigt; und

Fig. 5 eine Grafik ist, die die Ergebnisse des Bewertens einer Ionenleitfähigkeit der Elektrolytmembran gemäß der vorliegenden Offenbarung zeigt.

[0027] Die beigefügten Zeichnungen sind nicht notwendigerweise maßstabsgetreu und stellen eine etwas vereinfachte Darstellung verschiedener bevorzugter Merkmale dar, die die Grundprinzipien der vorliegenden

Offenbarung veranschaulichen. Die spezifischen Konstruktionsmerkmale der vorliegenden Offenbarung, wie sie hierin offenbart sind, einschließlich z. B. spezifischer Abmessungen, Ausrichtungen, Positionen und Formen, werden zum Teil durch die jeweilige beabsichtigte Anwendung und Einsatzumgebung bestimmt.

[0028] In den Figuren beziehen sich die Referenznummern auf die gleichen oder gleichwertigen Teile der vorliegenden Offenbarung in den verschiedenen Figuren der Zeichnung.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0029] Die obigen und andere Ziele, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Offenbarung werden aus der folgenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen deutlicher.

[0030] Die vorliegende Offenbarung ist jedoch nicht auf die hier offengelegten Ausführungsformen beschränkt und kann in anderen Formen umgesetzt werden. Die hier offengelegten Ausführungsformen werden bereitgestellt, um diese Offenbarung gründlich und vollständig zu machen und den Geist der vorliegenden Offenbarung den Fachleuten vollständig zu vermitteln.

[0031] Bei der Beschreibung der einzelnen Zeichnungen werden ähnlichen Bauteilen ähnliche Bezugsziffern zugeordnet. In den beigefügten Zeichnungen sind die Abmessungen der Strukturen in einem vergrößerten Maßstab dargestellt, um die vorliegende Erfindung zu verdeutlichen. Obwohl die Begriffe „erste“, „zweite“ und dergleichen hier verwendet werden können, um verschiedene Komponenten zu beschreiben, sollten diese Komponenten nicht auf diese Begriffe beschränkt werden. Die Begriffe werden nur verwendet, um eine Komponente von einer anderen Komponente zu unterscheiden. Ohne den Rahmen der vorliegenden Offenbarung zu sprengen, kann zum Beispiel eine erste Komponente als zweite Komponente bezeichnet werden, und ebenso kann eine zweite Komponente als erste Komponente bezeichnet werden. Sofern aus dem Kontext nicht eindeutig etwas anderes hervorgeht, schließt die Singularform die Pluralform ein.

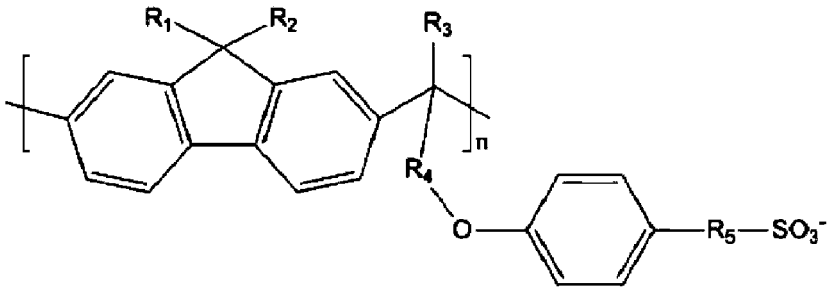
[0032] Es ist zu verstehen, dass die Begriffe „umfassen“, „einschließen“ und „haben“ das Vorhandensein der hierin genannten Merkmale, Zahlen, Schritte, Operationen, Komponenten, Elemente oder Kombinationen davon spezifizieren, aber nicht das Vorhandensein oder die Möglichkeit des Hinzufügens eines oder mehrerer anderer Merkmale, Zahlen, Schritte, Operationen, Komponenten, Elemente oder Kombinationen davon ausschließen. Wenn ein Teil einer Schicht, eines Films, eines Bereichs, einer Platte oder dergleichen als „auf“ einem anderen Teil liegend bezeichnet wird, schließt dies nicht nur den Fall ein, dass der Teil „direkt auf“ dem anderen Teil liegt, sondern auch den Fall, dass sich ein anderer Teil zwischen dem Teil und dem anderen Teil befindet. Wenn dagegen ein Teil einer Schicht, eines Films, eines Bereichs, einer Platte oder dergleichen als „unter“ einem anderen Teil liegend bezeichnet wird, schließt dies nicht nur den Fall ein, in dem der Teil „direkt unter“ dem anderen Teil liegt, sondern auch den Fall, in dem ein anderer Teil zwischen dem Teil und dem anderen Teil vorhanden ist.

[0033] Sofern nicht anders angegeben, sind alle Zahlen, Werte und/oder Ausdrücke, die hier verwendete Inhaltsstoffe, Reaktionsbedingungen, Polymerzusammensetzungen und Mengen von Kombinationsprodukten angeben, Näherungswerte, in denen sich verschiedene Messunsicherheiten widerspiegeln, wobei die verschiedenen Unsicherheiten bei der Gewinnung dieser Werte neben im Wesentlichen anderen Dingen auftreten, so dass es zu verstehen ist, dass alle Zahlen, Werte und/oder Ausdrücke durch den Begriff „etwa“ modifiziert sind. Wenn hier ein Zahlenbereich angegeben wird, ist dieser Zahlenbereich kontinuierlich und umfasst, sofern nicht anders angegeben, alle Werte von einem Mindestwert bis zu einem Höchstwert. Wenn sich der Zahlenbereich auf ganze Zahlen bezieht, sind, sofern nicht anders angegeben, alle ganzen Zahlen von einem Minimalwert bis zu einem Maximalwert eingeschlossen.

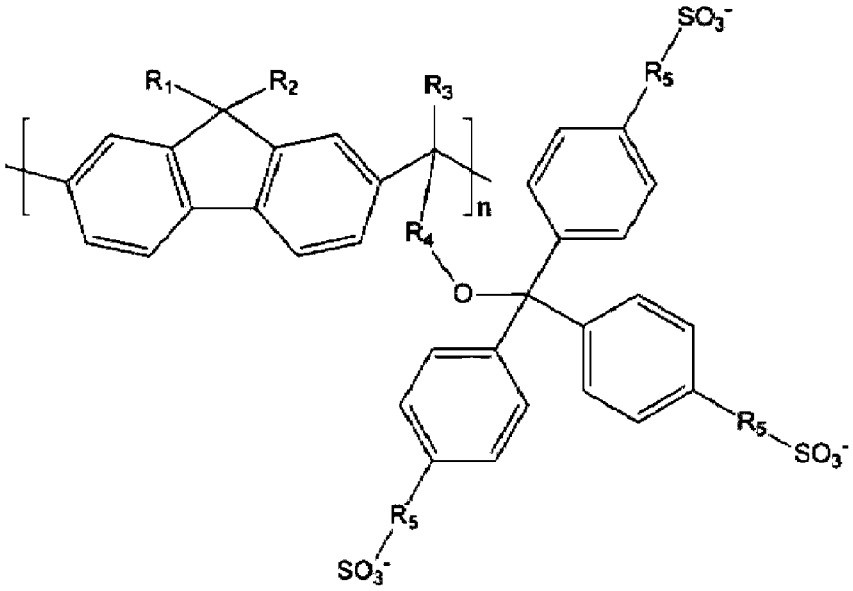
[0034] Es versteht sich, dass der Begriff „Fahrzeug“ oder „Fahrzeug...“ oder ein ähnlicher Begriff, wie er hier verwendet wird, Kraftfahrzeuge im Allgemeinen umfasst, wie z. B. Personenkraftwagen einschließlich Sport Utility Vehicles (SUV), Busse, Lastkraftwagen, verschiedene Nutzfahrzeuge, Wasserfahrzeuge einschließlich einer Vielzahl von Booten und Schiffen, Flugzeuge und dergleichen, und auch Hybridfahrzeuge, Elektrofahrzeuge, Plug-in-Hybrid-Elektrofahrzeuge, wasserstoffbetriebene Fahrzeuge und andere Fahrzeuge mit alternativen Kraftstoffen (z. B. Kraftstoffe, die aus anderen Ressourcen als Erdöl gewonnen werden). Ein Hybridfahrzeug ist ein Fahrzeug, das über zwei oder mehr Antriebsquellen verfügt, z. B. sowohl benzinbetriebene als auch elektrisch betriebene Fahrzeuge.

[0035] Eine Elektrolytmembran gemäß der vorliegenden Offenbarung enthält ein Ionomer, ausgedrückt durch Formel 1a oder Formel 1b.

[Formel 1a]



[Formel 1b]



[0036] In jeder der Formeln 1a und 1b schließt R_1 Wasserstoff oder eine Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht, ein.

[0037] Zusätzlich schließt R_2 Wasserstoff oder eine Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht, ein.

[0038] Zusätzlich schließt R_3 mindestens eines aus Wasserstoff, einer unsubstituierten Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht, und einer Alkylgruppe, die mit einem Halogenelement substituiert ist, mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht, ein.

[0039] Zusätzlich schließt R_4 eine Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 7 reicht, ein.

[0040] Zusätzlich schließt R_5 mindestens eines aus einer unsubstituierten Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 3 bis 7 reicht, eine Alkylgruppe, die mit einem Halogenelement substituiert ist, mit einer Kohlenstoffzahl, die von 3 bis 7 reicht, und eine Ethergruppe, in der ein Teil des Kohlenstoffs der unsubstituierten oder substituierten Alkylgruppe mit Sauerstoff substituiert ist, ein.

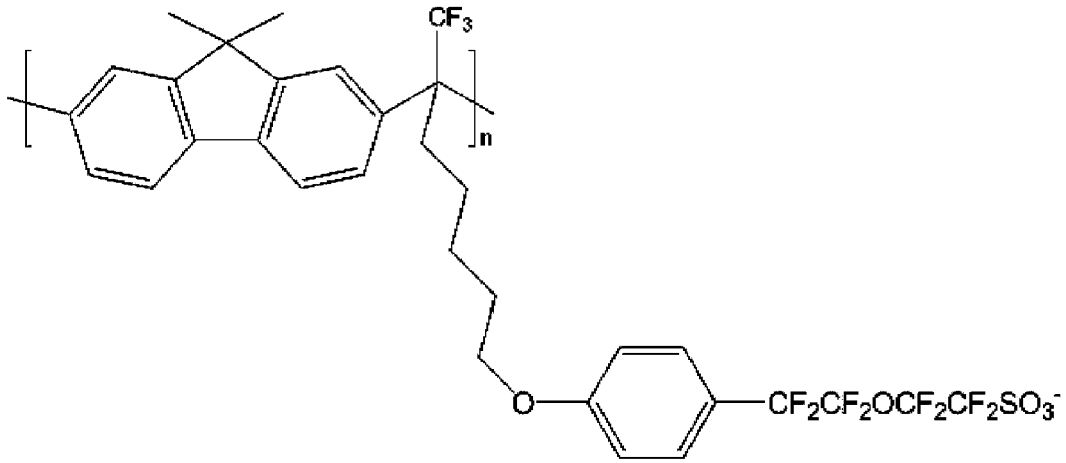
[0041] Darüber hinaus ist n eine ganze Zahl, die von 10 bis 2 000 reicht.

[0042] In jüngster Zeit wurde in verschiedenen Forschungsergebnissen über Probleme berichtet, bei denen ein kohlenwasserstoffbasiertes Ionomer mit einer Aryletherbindung (Csp2-O) oder einer Bindung (benzylische C-H-Bindung) mit niedriger Bindungsenergie unter den Betriebsbedingungen deren Anwendung zersetzt wird. Das kohlenwasserstoffbasierte Ionomer gemäß der vorliegenden Offenbarung ist technisch dadurch gekennzeichnet, dass eine schwache Bindung in einer Hauptkette nicht vorhanden ist und ein Polymer ist, das nur aus Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen zusammengesetzt ist. Somit hat das hier offenbarte Ionomer eine exzellente chemische Stabilität, da eine Hauptkette vollständig nur aus Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen zusammengesetzt ist.

[0043] Zusätzlich ist es dadurch gekennzeichnet, dass das kohlenwasserstoffbasierte Ionomer als ein verzweigtes Polymer konstruiert ist, um eine hydrophile/hydrophobe Feinphasen-Trennstruktur zu fördern, und aus einer Alkylstruktur, die eine flexible und lange Seitenkette hat, gebildet wird, und eine funktionelle Kationenaustauschgruppe wie eine Perfluorsulfonsäuregruppe an einem Ende des kohlenwasserstoffbasierten Ionomers eingeführt ist. Ein Großteil der Feuchtigkeit/Elektrolyte, die eine wichtige Rolle in einer Ionenleitung des kohlenwasserstoffbasierten Ionomers spielen, sind um die funktionelle Ionenaustauschgruppe herum verteilt. Gemäß der vorliegenden Offenbarung wird eine Kettenlänge der Seitenkette unterschiedlich gesteuert, um eine Wechselwirkung des Wassers/Elektrolyten mit der Hauptkette zu blockieren. Zusätzlich ist die vorliegende Offenbarung dadurch gekennzeichnet, dass die perfluorierte Sulfonsäure, die eine ausgezeichnete Ionendissoziation hat, nur in einen Teil des Endes der Seitenkette eingebracht wird, so dass Ionenleitungsverhalten und physikochemische Stabilität aufgrund eines ausgeprägten hydrophilen/hydrophoben Phasentrennungseffekts gleichzeitig verbessert werden.

[0044] Das kohlenwasserstoffbasierte Ionomer gemäß der vorliegenden Offenbarung kann durch nachstehende Formel 2 ausgedrückt werden.

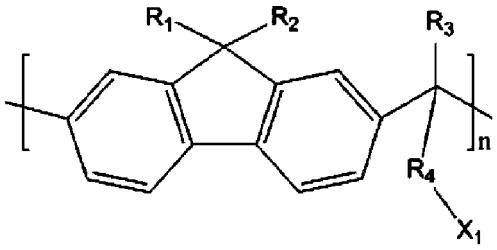
[Formel 2]



In Formel 2 ist n eine ganze Zahl, die von 10 bis 2 000 reicht.

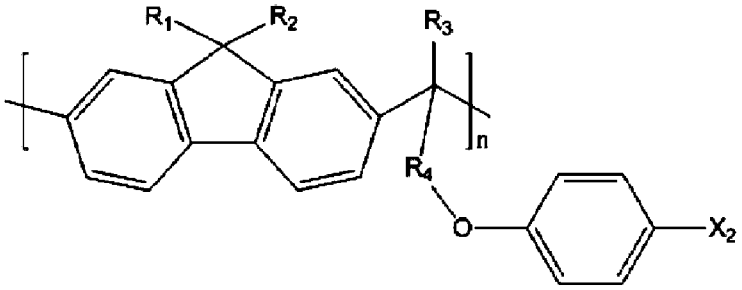
[0045] Das Herstellungsverfahren einer Elektrolytmembran gemäß der vorliegenden Offenbarung enthält ein Herstellen eines ersten Präkursors der Formel 3 durch Reagieren einer Kohlenwasserstoffverbindung mit einer Kohlenstoffzahl, die von 2 bis 10 reicht, die ein fluorenbasiertes Monomer und ein Halogenelement enthält, in Gegenwart eines Säurekatalysators:

[Formel 3]



(In Formel 3 schließt R_1 Wasserstoff oder eine Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht, ein; R_2 schließt Wasserstoff oder eine Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht, ein; R_3 schließt mindestens eines aus Wasserstoff, einer unsubstituierten Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht, und einer Alkylgruppe, die mit einem Halogenelement substituiert ist, mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht, ein; R_4 schließt eine Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 7 reicht, ein; X_1 ist ein Halogen; und n ist eine ganze Zahl, die von 10 bis 2 000 reicht); Herstellen eines zweiten Präkursors, ausgedrückt durch Formel 4, durch Reagieren des ersten Präkursors mit einer phenolischen Verbindung:

[Formel 4]



(In Formel 4 sind R_1, R_2, R_3 und R_4 die gleichen wie in Formel 3, X_2 ist ein Halogen und n ist eine ganze Zahl, die von 10 bis 2 000 reicht); Herstellen eines Ionomers, ausgedrückt durch Formel 1a, durch Reagieren des zweiten Präkursors mit einer sulfonsäurebasierten Verbindung; Herstellen einer Polymerlösung, die das Ionomer und ein Lösungsmittel enthält; und Aufbringen der Polymerlösung auf ein Substrat, um eine Elektrolytmembran herzustellen.

[0046] Das Herstellungsverfahren gemäß der vorliegenden Offenbarung ist dadurch gekennzeichnet, dass ein Monomer verwendet wird, dessen Herstellungsbedingungen mild sind und das für Massenproduktion und Industrialisierung vorteilhaft ist, um für Massenproduktion geeignet zu sein. Ein kohlenwasserstoffbasiertes Polymer, das in der vorhandenen Kationenaustauschmembran verwendet wird, kann durch Kondensationspolymerisation bei hoher Temperatur für einen langen Zeitraum in Gegenwart eines Basenkatalysators erhalten werden. Derweil kann das Ionomer gemäß der vorliegenden Offenbarung durch Kondensationspolymerisation bei Raumtemperatur für einen Zeitraum von einer Stunde bis zwei Stunden in Gegenwart eines sauren Katalysators erhalten werden. In der vorliegenden Spezifikation bedeutet „Raumtemperatur“ eine Temperatur, die von 0 °C bis 40 °C oder von 5 °C bis 25 °C reicht.

[0047] Der saure Katalysator, der bei der Herstellung des ersten Präkursors verwendet wird, kann mindestens eines enthalten, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Aluminiumchlorid, Trifluormethansulfonsäure (TFSA), Chlorwasserstoffsäure, Fluorwasserstoffsäure, Paratoluolsäure und einer Kombination davon.

[0048] Zusätzlich kann der erste Präkursor durch Reagieren eines fluorenbasierten Monomers und einer Kohlenwasserstoffverbindung bei einer Temperatur von 5 °C bis 25 °C für eine Stunde bis zwei Stunden erhalten werden.

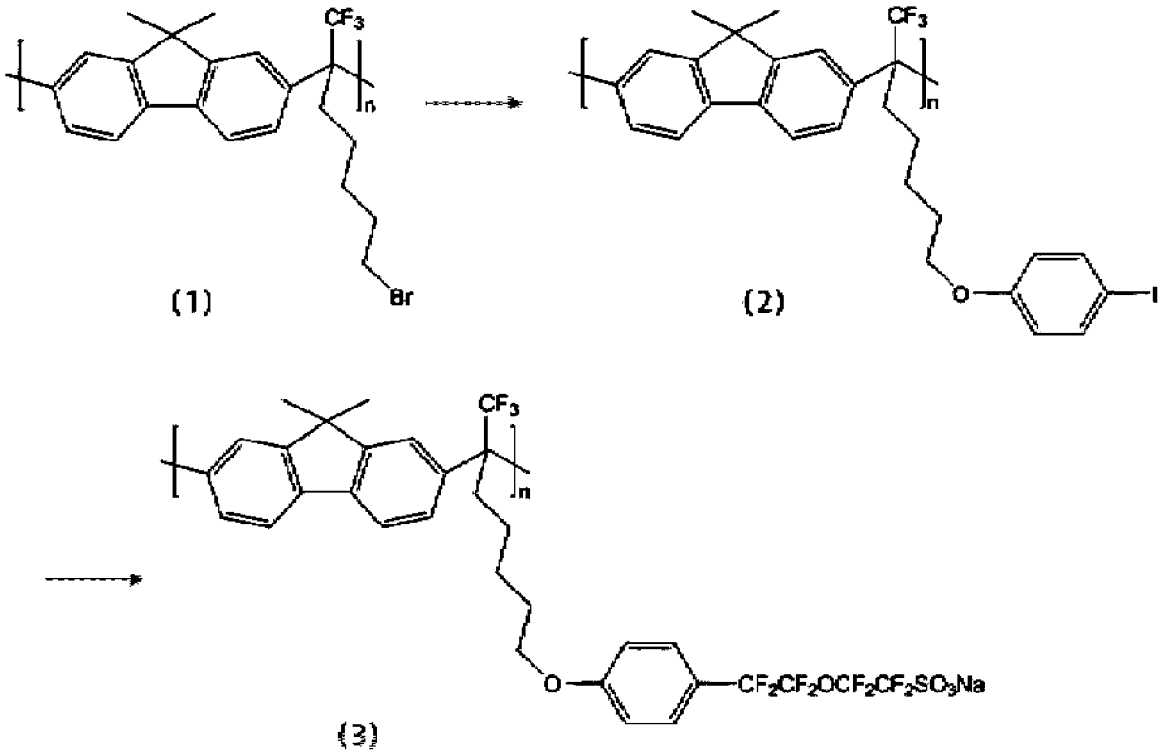
[0049] Derweil kann das Gewichtsmittel des Molekulargewichts des ersten Präkursors von 10000 g/mol bis 1 000 000 g/mol reichen. Zusätzlich kann das Gewichtsmittel des Molekulargewichts des zweiten Präkursors von 10 000 g/mol bis 1 500 000 g/mol reichen.

[0050] Nachfolgend wird die vorliegende Offenbarung anhand von Beispielen näher beschrieben, doch ist die vorliegende Offenbarung durch die folgenden Beispiele nicht beschränkt.

Herstellungsbeispiel - Herstellung eines Ionomers

[0051] Ein Ionomer wurde gemäß der nachstehenden Reaktionsformel 1 hergestellt.

[Reaktionsformel 1]



(1) Herstellung eines ersten Präkursors

[0052] Als Monomere wurden 9,9-Dimethylfluoren (2 g und 10,40 mmol) und 7-Brom-1,1,1-trifluorhepta-n-2-on (2,83 g und 11,44 mmol) verwendet. TFSA (9,2 g und 104,02 mmol) wurde als ein Säurekatalysator verwendet. 26,5 Gew.-% Dichlormethan (DCM), basierend auf Gewichten der Monomere, wurde als ein Reaktionslösungsmittel verwendet. Die Monomere und ein Katalysator wurden in das Reaktionslösungsmittel gegeben und bei einer Temperatur von etwa 5 °C etwa eine Stunde lang reagiert, um einen ersten Präkursor zu synthetisieren. Nach der Reaktion wurde der erste Präkursor in Methanol (500 ml) ausgefällt, mehrmals mit dem Methanol gewaschen und in einem Vakuumofen bei einer Temperatur von 50 °C getrocknet.

(2) Herstellen eines zweiten Präkursors

[0053] Als Rohstoffe wurden der erste Präkursor (2 g und 4,72 mmol) und 4-Iodphenol (2,60 g und 11,81 mmol) verwendet. Als ein Katalysator wurde Kaliumcarbonat (1,63 g und 11,81 mmol) verwendet. 8 Gew.-% N,N-Dimethylformamid (DMF), basierend auf einem Gewicht der Ausgangsstoffe, wurde als ein Reaktionslösungsmittel verwendet. Die Rohstoffe und ein Katalysator wurden in das Reaktionslösungsmittel gegeben und bei einer Temperatur von etwa 90 °C etwa drei Stunden lang reagiert, um einen zweiten Präkursor zu synthetisieren. Nach der Reaktion wurde der zweite Präkursor in einer Lösung ausgefällt, in der Methanol (1.000 ml) mit Chlorwasserstoffsäure (100 ml und 2 M) gemischt wurde, mehrmals mit destilliertem Wasser gewaschen und in einem Vakuumofen bei einer Temperatur von 50 °C getrocknet.

[0054] In diesem Fall wurde ein Molekulargewicht des ersten Präkursors und des zweiten Präkursors jeweils gemessen. Eine Gelpermeationschromatographie-Analyse wurde durchgeführt, wobei Tetrahydrofuran (THF) als ein Lösungsmittel und Polystyrol als ein Standardmaterial verwendet wurden. Die Ergebnisse sind in nachstehender Tabelle 1 gezeigt.

[Tabelle 1]

Items	Mn [g/mol]	Mw [g/mol]	PDI
Erster Präkursor	69,100	366,100	5,30
Zweiter Präkursor	75,200	345,600	4,60

(3) Synthese eines Ionomers

[0055] Der zweite Präkursor (1 g und 1,78 mmol) und Natrium-1,1,2,2-tetrafluor-2-(1,1,2,2-tetrafluor-2-iodoethoxy)-ethansulfonat ($ICF_2CF_2OCF_2CF_2SO_3Na$) (2,3 g und 5,33 mmol) wurden als Ausgangsstoffe verwendet. Kupferpulver (1,13 g und 17,78 mmol) wurde als ein Katalysator verwendet. 10 Gew.-% N,N-Dimethylacetamid (DMAc), basierend auf einem Gewicht der Ausgangsstoffe, wurden als ein Reaktionslösungsmittel verwendet. Die Rohstoffe und ein Katalysator wurden in das Reaktionslösungsmittel gegeben, eine Temperatur wurde auf 95 °C, 120 °C und 165 °C erhöht, und die Rohstoffe und der Katalysator wurden drei Stunden und vierundzwanzig Stunden reagiert, um ein Ionomer zu synthetisieren. Nach der Reaktion wurde das Ionomer gefiltert und zentrifugiert, um den Katalysator zu entfernen, und in einem Vakuumofen bei einer Temperatur von 50 °C getrocknet. Nachfolgend wird das Ionomer als $FL1C_7ArF_4$ bezeichnet. Zusätzlich, obwohl das Ionomer in Reaktionsformel 1 in der Form eines Natriumsalzes dargestellt wurde, wird eine Elektrolytmembran aus dem Ionomer hergestellt, und wenn die Elektrolytmembran Wasser enthält, wird das Natrium ionisiert.

Beispiel

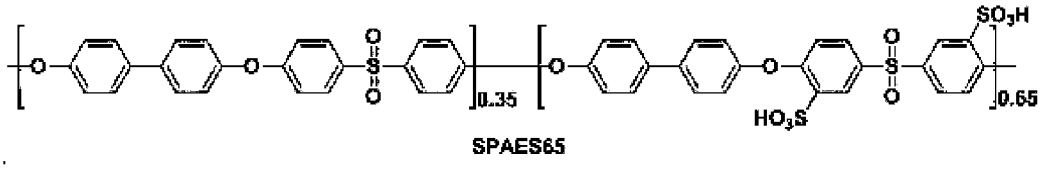
[0056] Zum Herstellen einer Membran wurde eine Lösung durch Mischen von 0,5 g $FL1C_7ArF_4$ mit 2,0 g DMAc hergestellt, auf eine Glasplatte gegossen und anschließend für sechs Stunden in einem Vakuumofen bei einer Temperatur von 50 °C getrocknet. Die hergestellte Membran wurde durch Verwenden einer Wasserinfiltrationsmethode von der Glasplatte getrennt, in einen Exsikkator gelegt und getrocknet, um schließlich eine Elektrolytmembran, die eine Dicke von 20 µm hat, zu erhalten. Die Ergebnisse sind in **Fig. 1** gezeigt.

Experimentelles Beispiel 1 - Bewertung chemischer Beständigkeit

[0057] Chemische Beständigkeit der Elektrolytmembran ($FL1C_7ArF_4$) gemäß der vorliegenden Erfindung wurde durch das folgende Verfahren gemessen.

[0058] Ein Fentons-Reagenz wurde durch Zugeben von 4 ppm Eisen(II)sulfat in eine wässrige 3%ige Wasserstoffperoxidlösung hergestellt. Die getrocknete Elektrolytmembran wurde in eine Größe von 1 cm x 1 cm geschnitten, in ein Fläschchen mit dem Fenton-Reagenz gegeben und dann in einen Ofen mit einer Temperatur von 80 °C gestellt, und ein Zustand der Elektrolytmembran wurde alle zehn Minuten beobachtet. τ1 bedeutet eine Zeit, wenn ein Film beginnt, sich zu zersetzen, und τ2 bedeutet eine Zeit, wenn der Film vollständig zersetzt und visuell verschwunden ist.

[0059] Als Vergleichsbeispiel wurde SPAES65 verwendet, das ein typisches Kohlenwasserstoff-Ionomer, ausgedrückt durch nachstehende Formel, ist.



SPAES65

Die Ergebnisse sind in **Fig. 2** gezeigt. Bezüglich der Ergebnisse zeigt die Elektrolytmembran gemäß der vorliegenden Offenbarung verglichen zum Vergleichsbeispiel dreifache oder höhere chemische Beständigkeit in τ1 und eine dreiundzwanzigfache oder höhere in τ2. Es wurde bestätigt, dass, da die Hauptkette nur aus Koh-

lenstoff-Kohlenstoff-Bindungen zusammengesetzt ist, die Elektrolytmembran gemäß der vorliegenden Offenbarung exzellente chemische Beständigkeit verglichen zum Vergleichsbeispiel hatte, bei dem die Hauptkette nicht nur aus Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen zusammengesetzt ist.

Experimentelles Beispiel 2 - Bewertung mechanischer Eigenschaften

[0060] Mechanischen Eigenschaften der Elektrolytmembran ($FL1C_7ArF_4$) gemäß der vorliegenden Offenbarung wurden durch Lloyd LR-10K gemessen, und die Proben wurden gemäß der ASTM-Norm D638 (Typ-V--Proben) hergestellt. Zugfestigkeit wurde mit einer Rate von 10 mm pro Minute bei einer Bedingung gemessen, bei der eine Temperatur 25 °C war und eine relative Luftfeuchtigkeit (RH) von 20 % bis 40 % reichte. Bei einem Messexperiment der mechanischen Eigenschaft wurden mindestens fünf Proben hergestellt und gemessen, und es wurde ein Durchschnittswert daraus berechnet.

[0061] Nafion 212 (Sigma-Aldrich Co.) wurde als Vergleichsbeispiel verwendet.

[0062] Die Ergebnisse sind in **Fig. 3** gezeigt. Bezüglich den Ergebnissen ist es ersichtlich, dass die Zugfestigkeit der Elektrolytmembran gemäß der vorliegenden Offenbarung etwa 43,8 MPa war und dem Vergleichsbeispiel (30,1 MPa) überlegen war.

Experimentelles Beispiel 3 - Bewertung der Volumenstabilität

[0063] Wasserabsorption und eine Änderung der Abmessung der Elektrolytmembran ($FL1C_7ArF_4$) gemäß der vorliegenden Offenbarung wurden gemessen. Die Elektrolytmembran wurde durch einen Exsikkator getrocknet und auf eine Größe von 1 cm x 4 cm geschnitten, und eine Dicke und ein Gewicht der Elektrolytmembran wurden gemessen. Die Elektrolytmembran wurde in ein Fläschchen gelegt, das Fläschchen wurde mit destilliertem Wasser gefüllt und die Elektrolytmembran wurde in einen Trockenofen bei einer Temperatur von 30 °C gelegt. Nach zwölf Stunden wurden eine Fläche, eine Dicke und ein Gewicht der gequollenen Membran gemessen, und eine Änderung der Abmessung wurde anhand der folgenden Gleichungen ermittelt.

$$\text{Wasseraufnahme}(WU)[\%] = \left[\left(W_{nass} - W_{trocken}\right)/W_{trocken}\right] \times 100$$

$$\text{Änderung der Abmessung } [\%] = \left[\left(\left(A_{nass} \times T_{nass}\right) - \left(A_{trocken} \times T_{trocken}\right)\right)/\left(A_{trocken} \times T_{trocken}\right)\right] \times 100$$

[0064] $W_{trocken}$ und W_{nass} sind Gewichte der getrockneten und der gequollenen Membran, $A_{trocken}$ und A_{nass} sind Flächen der getrockneten und der gequollenen Membran und $T_{trocken}$ und T_{nass} sind Dicken der getrockneten und der gequollenen Membran.

[0065] Nafion 212 (Sigma-Aldrich Co.) wurde als Vergleichsbeispiel verwendet.

[0066] Die Ergebnisse sind in **Fig. 4** und Tabelle 2 gezeigt.

[Tabelle 2]

Items	WU[%]	Änderung der Abmessung [%]			
		ΔLänge	ΔBreite	ΔDicke	ΔVolumen
Vergleichs beispiel	12,7	8,8	5,0	10,3	26,0
Beispiel	10,3	5,9	5,6	10,3	23,3

[0067] Aus **Fig. 4** und Tabelle 2 ist es ersichtlich, dass die Änderung der Abmessung der Elektrolytmembran gemäß der vorliegenden Offenbarung kleiner war.

Experimentelles Beispiel 4 - Bewertung von lonenleitfähigkeit

[0068] Protonenleitfähigkeit der Elektrolytmembran ($FL1C_7ArF_4$) gemäß der vorliegenden Offenbarung wurde gemessen. Eine Elektrolytmembranprobe von 1 x 4 cm^2 wurde hergestellt und in eine Vier-Sonden--

Zelle eingelegt, und dann wurde Protonenleitfähigkeit mit Verwenden von einer BekkTech BT-552MX Apparatur gemessen.

[0069] Eine Messbedingung wurde auf eine Temperatur von 80 °C und einen Gesamtluftfeuchtigkeitsbereich eingestellt. Relative Luftfeuchtigkeit wurde anhand der folgenden Gleichung berechnet, indem ein Verhältnis eines Dampfdrucks P(Td) am Taupunkt von Wasser zu einem Sättigungsdampfdruck eines Gases bei einer Temperatur von 80 °C verwendet wurde.

$$RH(\%) = P(Td)/P(Ts) \times 100$$

[0070] Vor der Messung, nachdem ein Temperatur/Luftfeuchtigkeits-Gleichgewicht bei einer Bedingung, bei der eine Temperatur 80 °C und eine relative Luftfeuchtigkeit 70 % war, für zwei Stunden beibehalten wurde, wurde die Ionenleitfähigkeit gemessen, indem die Luftfeuchtigkeit von 70 % RH auf 20 % RH gesenkt wurde. Nochmals wurde die Ionenleitfähigkeit, indem eine Luftfeuchtigkeit von 20 % RH auf 100 % RH erhöht wurde, gemessen. Ein RH Bereich wurde auf 10 % eingestellt, ein Widerstandswert wurde bei jedem 10 % RH gemessen, ein Leitfähigkeitswert wurde anhand einer Gleichung zum Messen der Protonenleitfähigkeit in einer Oberflächenrichtung berechnet, und ein Luftfeuchtigkeitsgleichgewicht wurde fünfzehn Minuten für jede Luftfeuchtigkeitsbedingung beibehalten. Ein für jede Luftfeuchtigkeit extrahierter Ionenleitfähigkeitswert (reduzierte Protonenleitfähigkeit) wurde aufgenommen.

[0071] Nafion 212 (Sigma-Aldrich Co.) wurde als Vergleichsbeispiel verwendet.

[0072] Die Ergebnisse sind in **Fig. 5** dargestellt. Bezüglich der Ergebnisse ist es ersichtlich, dass die Elektrolytmembran gemäß der vorliegenden Offenbarung das gleiche Niveau an Protonenleitfähigkeit zeigt wie die Nafion-basierte Elektrolytmembran, die eine typische Elektrolytmembran ist.

[0073] In Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung ist es möglich, eine Elektrolytmembran, die hohe Ionenleitfähigkeit und ausgezeichnete chemische Beständigkeit hat zu erhalten.

[0074] Zusätzlich ist es gemäß der vorliegenden Offenbarung möglich, die obige Elektrolytmembran in einem einfachen Verfahren in Massenproduktion herzustellen.

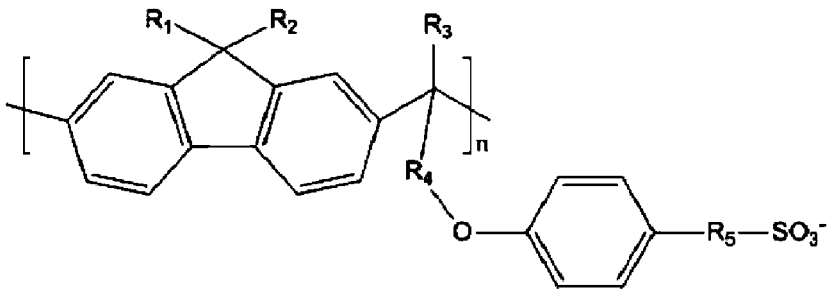
[0075] Die Effekte der vorliegenden Offenbarung sind nicht auf die oben beschriebenen Effekte beschränkt. Es ist davon auszugehen, dass die Effekte der vorliegenden Offenbarung alle Effekte umfassen, die sich aus der obigen Beschreibung ableiten lassen.

[0076] Während die Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben wurden, kann der Fachmann verstehen, dass die vorliegende Offenbarung in anderen spezifischen Formen umgesetzt werden kann, ohne vom technischen Geist oder den notwendigen Merkmalen der vorliegenden Offenbarung abzuweichen. Es sollte daher verstanden werden, dass die oben beschriebenen Ausführungsformen nicht einschränkend, sondern in allen Aspekten illustrativ sind.

Patentansprüche

1. Elektrolytmembran, die ein Ionomer, ausgedrückt durch Formel 1a oder Formel 1b, enthält:

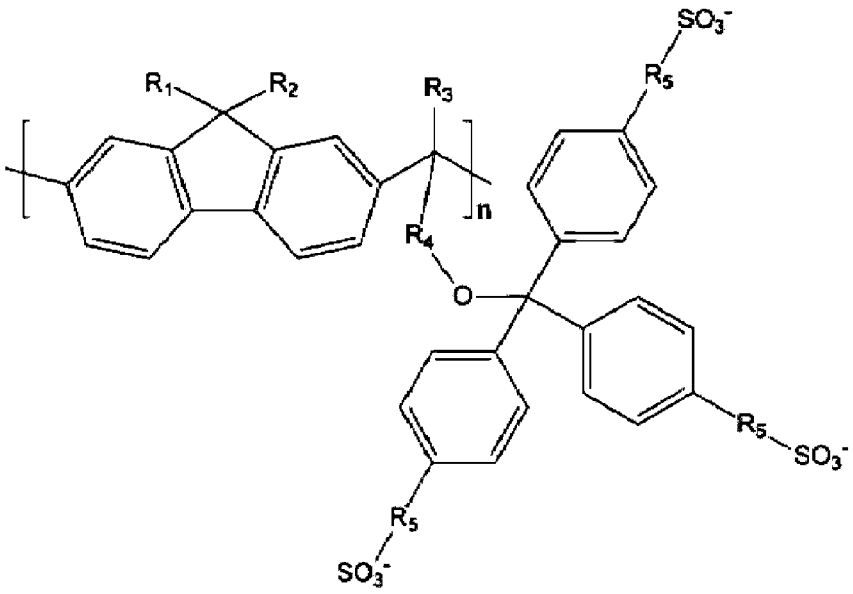
[Formel 1a]



,

und

[Formel 1b]

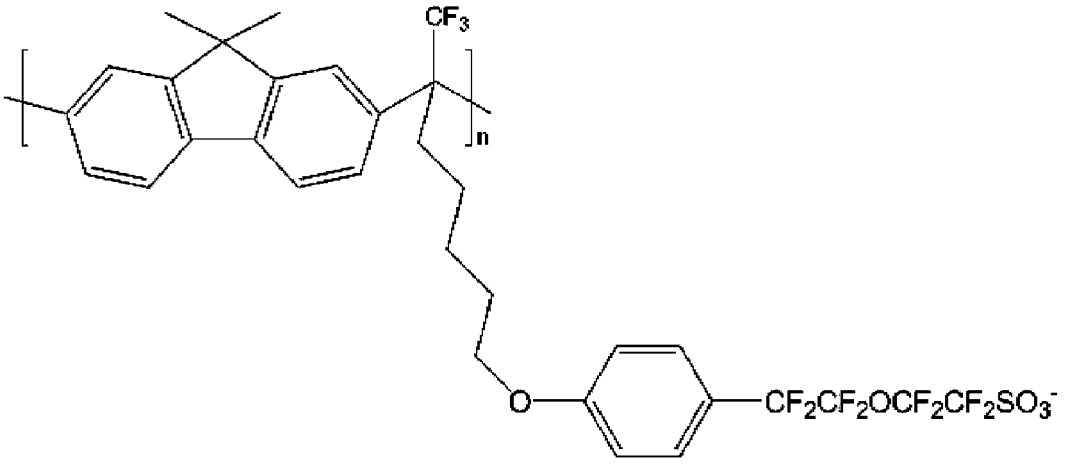


,

wobei in jeder der Formeln 1a und 1b, R_1 = Wasserstoff oder eine Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht; R_2 = Wasserstoff oder eine Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht; R_3 = mindestens eines aus Wasserstoff, einer unsubstituierten Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht, und einer Alkylgruppe, die mit einem Halogenelement substituiert ist, mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht; R_4 = eine Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 7 reicht; R_5 = mindestens eines aus einer unsubstituierten Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 3 bis 7 reicht, einer Alkylgruppe, die mit einem Halogen substituiert ist, mit einer Kohlenstoffzahl, die von 3 bis 7 reicht, und einer Ethergruppe, in der ein Teil des Kohlenstoffs der unsubstituierten oder substituierten Alkylgruppe mit Sauerstoff substituiert ist; und n eine ganze Zahl, die von 10 bis 2 000 reicht, ist.

2. Elektrolytmembran nach Anspruch 1, wobei das Ionomer durch nachstehende Formel 2 ausgedrückt wird:

[Formel 2]



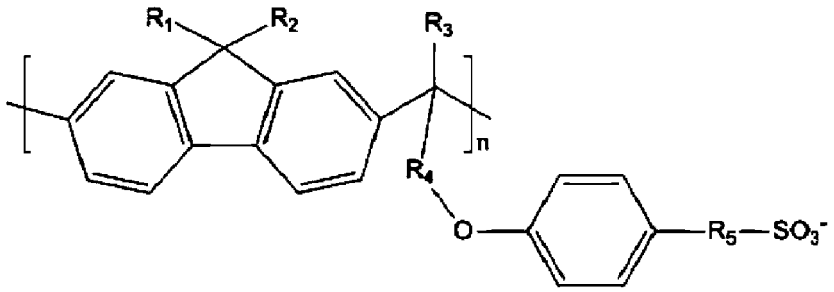
wobei in Formel 2 n eine ganze Zahl, die von 10 bis 2 000 reicht, ist.

3. Brennstoffzelle, die die Elektrolytmembran nach Anspruch 1 umfasst.

4. Wasserelektrolysevorrichtung, umfassend die Elektrolytmembran gemäß Anspruch 1.

5. Herstellungsverfahren einer Elektrolytmembran, umfassend:
Herstellen eines ersten Präkursors durch Reagieren einer Kohlenwasserstoffverbindung mit einer Kohlenstoffzahl, die von 2 bis 10 reicht, die ein fluorenbasiertes Monomer und ein Halogenelement enthält, in der Gegenwart eines Säurekatalysators;
Herstellen eines zweiten Präkursors durch Reagieren des ersten Präkursors mit einer phenolischen Verbindung;
Herstellen eines Ionomers, ausgedrückt durch Formel 1a, durch Reagieren des zweiten Präkursors mit einer sulfonsäurebasierten Verbindung:

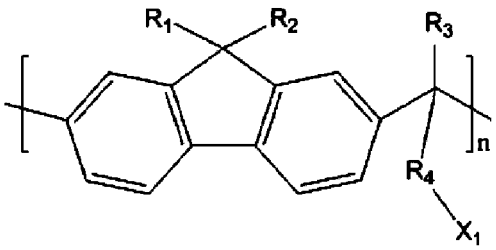
[Formel 1a]



wobei in Formel 1a, R_1 = Wasserstoff oder eine Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht; R_2 = Wasserstoff oder eine Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht; R_3= mindestens eines aus Wasserstoff, einer unsubstituierten Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht, und einer Alkylgruppe, die mit einem Halogenelement substituiert ist, mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht; R_4= eine Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 7 reicht; R_3= mindestens eines aus einer unsubstituierten Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 3 bis 7 reicht, einer Alkylgruppe, die mit einem Halogen substituiert ist, mit einer Kohlenstoffzahl, die von 3 bis 7 reicht, und einer Ethergruppe, in der ein Teil des Kohlenstoffs der unsubstituierten oder substituierten Alkylgruppe mit Sauerstoff substituiert ist; und n eine ganze Zahl, die von 10 bis 2 000 reicht, ist;
Herstellen einer Polymerlösung, die das Ionomer und ein Lösungsmittel enthält; und
Aufbringen der Polymerlösung auf ein Substrat, um eine Elektrolytmembran herzustellen.

6. Herstellungsverfahren nach Anspruch 5, wobei der erste Präkursor durch nachstehende Formel 3 ausgedrückt wird:

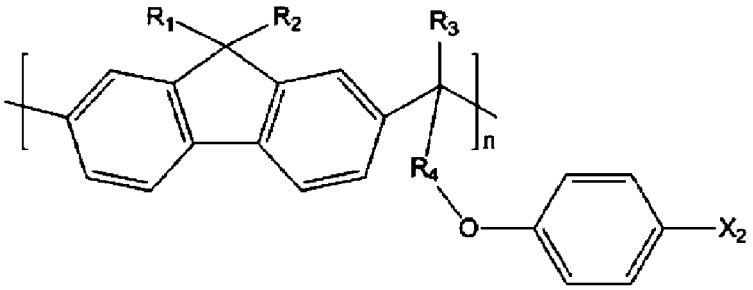
[Formel 3]



wobei in Formel 3, R_1 = Wasserstoff oder eine Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht; R_2 = Wasserstoff oder eine Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht; R_3= mindestens eines aus Wasserstoff, einer unsubstituierten Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht, und einer Alkylgruppe, die mit einem Halogenelement substituiert ist, mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht; R_4= eine Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 7 reicht; X_1 ein Halogen ist; und n eine ganze Zahl, die von 10 bis 2 000 reicht, ist.

7. Herstellungsverfahren nach Anspruch 5, wobei der zweite Präkursor durch nachstehende Formel 4 ausgedrückt wird:

[Formel 4]



wobei in Formel 4, R_1 = Wasserstoff oder eine Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht; R_2 = Wasserstoff oder eine Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht; R_3 = wenigstens eines aus Wasserstoff, einer unsubstituierten Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 3 reicht, und einer Alkylgruppe, die mit einem Halogenelement substituiert ist, mit einer Kohlenstoffzahl, die 1 bis 3 reicht; R_4 = eine Alkylgruppe mit einer Kohlenstoffzahl, die von 1 bis 7 reicht; X_2 ein Halogen ist; und n eine ganze Zahl, die von 10 bis 2 000 reicht, ist.

8. Herstellungsverfahren nach Anspruch 5, wobei der Säurekatalysator mindestens eines enthält, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Aluminiumchlorid, Trifluormethansulfonsäure (TFSA), Chlorwasserstoffsäure, Fluorwasserstoffsäure und Paratoluolsäure.

9. Herstellungsverfahren nach Anspruch 5, wobei der erste Präkursor durch Reaktion bei einer Temperatur, die von 5 °C bis 25 °C reicht, über einen Zeitraum von einer Stunde bis zwei Stunden hergestellt wird.

10. Herstellungsverfahren nach Anspruch 5, wobei ein Gewichtsmittel des Molekulargewichts des ersten Präkursors von 10 000 g/mol bis 1 000 000 g/mol reicht.

11. Herstellungsverfahren nach Anspruch 5, wobei ein Gewichtsmittel des Molekulargewichts des zweiten Präkursors von 10 000 g/mol bis 1 500 000 g/mol reicht.

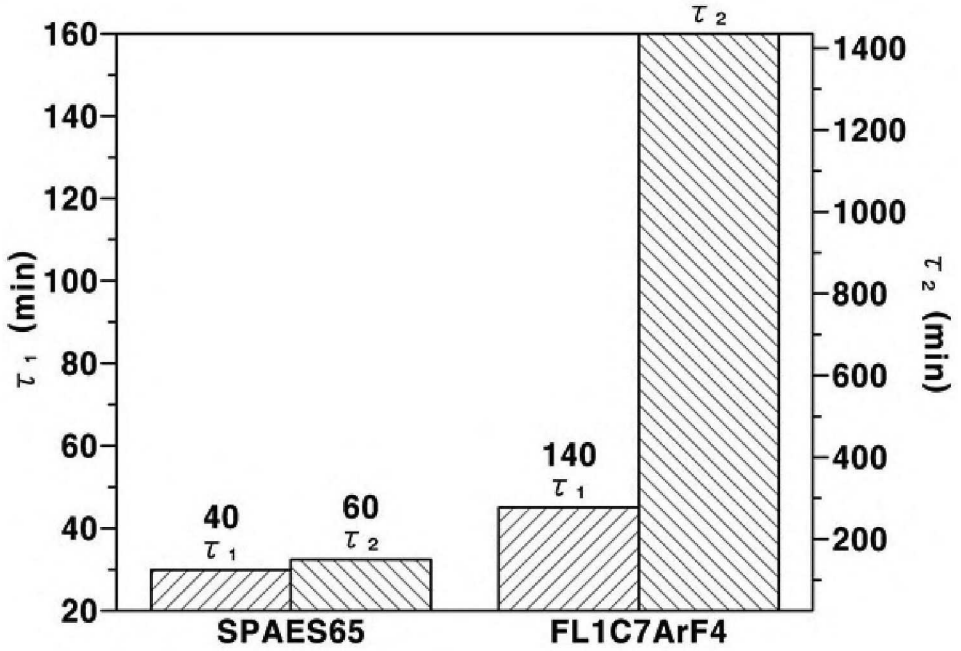
Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

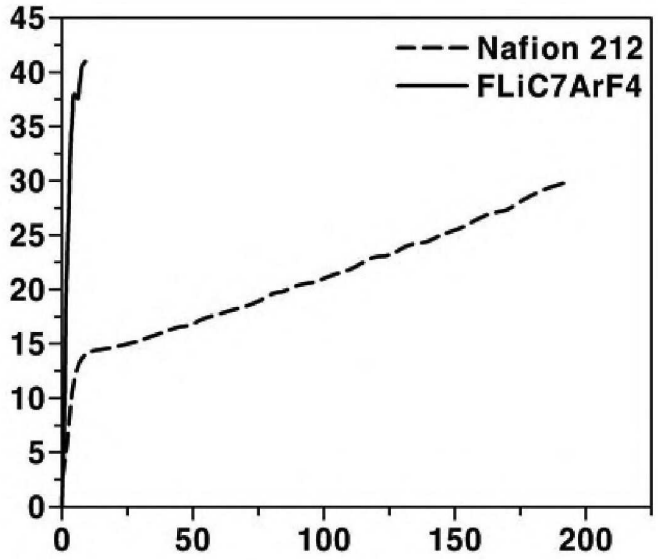
[FIG. 1]



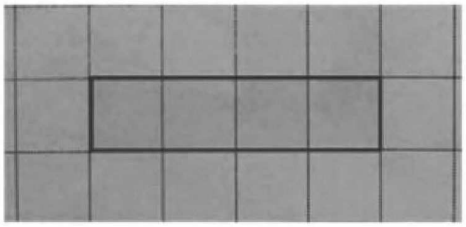
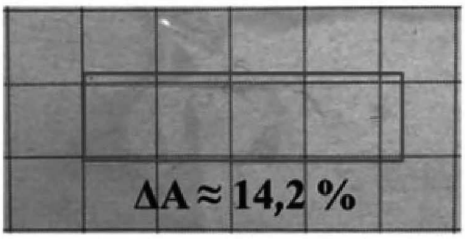
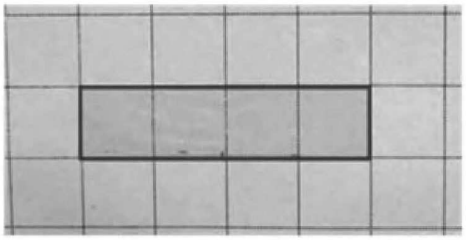
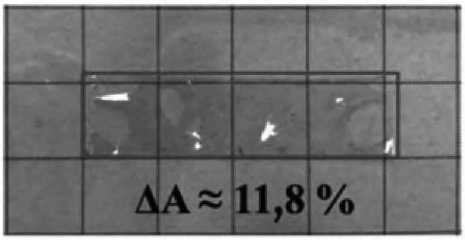
[FIG. 2]



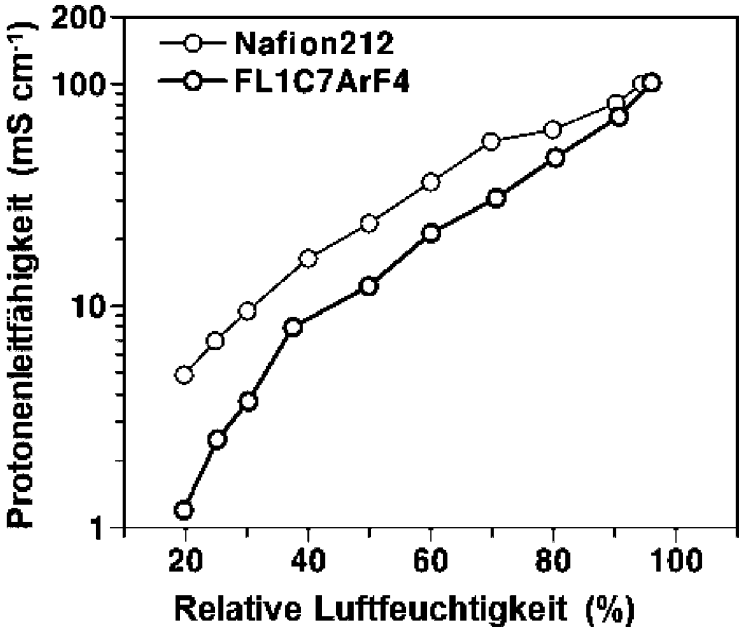
[FIG. 3]



[FIG. 4]

Probe	Trockener Zustand	Nasser Zustand
Nafion 212		
FL1ArF4		

[FIG. 5]



 Das Dokument wurde durch die Firma Jouve hergestellt.