



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 06 084 T2 2006.01.12**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 229 068 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 06 084.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 002 554.0**

(96) Europäischer Anmeldetag: **04.02.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **07.08.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **14.09.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **12.01.2006**

(51) Int Cl.⁸: **C08J 7/00 (2006.01)**

H01J 37/32 (2006.01)

B65D 1/00 (2006.01)

C23C 16/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2001029176 06.02.2001 JP

(73) Patentinhaber:
Shibuya Kogyo Co., Ltd., Kanazawa, Ishikawa, JP;
Kanazawa Institute of Technology, Ishikawa, JP

(74) Vertreter:
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
Schwanhäusser, 80538 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, IT

(72) Erfinder:
Ikenaga, Noriaki, Kanazawa-shi, Ishikawa
920-8681, JP; Sakudo, Noriyuki, Kanazawa-shi,
Ishikawa, JP

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Modifizieren der inneren Oberfläche von Behältern aus Kunststoff**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Modifizieren der Oberfläche eines Behälters, der aus einer Polymerverbindung besteht, und betrifft insbesondere ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Modifizieren der Innenoberfläche beispielsweise eines PET (Polyethylenterephthalat)-Behälters zu einem Material mit einer geringen Durchlässigkeit für Gase, wie beispielsweise Hartkarbon (diamond-like carbon-DLC) gemäß dem Oberbegriffsabschnitt von Anspruch 1 und 4.

[0002] Ein derartiges Verfahren und eine Vorrichtung sind aus EP 0773166 A1 bekannt, in der ein karbonfilmbeschichteter Kunststoffbehälter hergestellt wird, indem ein Hartkarbonfilm auf einer Innenfläche eines Behälters ausgebildet wird. Ähnliche Verfahren und Vorrichtungen sind auch aus US 6112695, WO 95122413, WO 99/17334 und US 6001429 bekannt.

[0003] In den letzten Jahren werden PET-Behälter aufgrund ihres geringen Gewichts, der Schlagfestigkeit und Wiederverschleißbarkeit häufig als Behälter für Getränke eingesetzt.

[0004] Trotz dieser Merkmale wiesen die PET-Behälter einen Nachteil dahingehend auf, dass sie Sauerstoff und Kohlendioxid durchlassen. Dementsprechend waren die PET-Behälter ungeeignet für den Einsatz als Behälter, die mit Bier oder mit kohlen-säurehaltigen Getränken gefüllt wurden. So hatten die PET-Behälter dahingehend einen Nachteil, dass sie nicht als Behälter für derartige Getränke eingesetzt werden konnten.

[0005] Daher sind in der verwandten Technik eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Beschichten der Innenfläche eines PET-Behälters mit einem Hartkarbonfilm vorgeschlagen worden, um den Nachteil des PET-Behälters zu beseitigen (beispielsweise das japanische Patent Nr. 2788412).

[0006] Gemäß der Vorrichtung und dem Verfahren, die in dem Patent offenbart werden, kann nur die Innenfläche eines PET-Behälters mit einem Hartkarbonfilm beschichtet werden, so dass das Durchlassen von Sauerstoff und Kohlendioxid durch den Hartkarbonfilm verhindert werden kann.

[0007] Bei der Vorrichtung und dem Verfahren, die in dem Patent offenbart werden, wird jedoch Gas auf Kohlenstoffbasis als Ausgangsmaterial für den Hartkarbonfilm in den PET-Behälter eingeleitet, und anschließend wurde Plasma erzeugt, um das Gas auf Kohlenstoffbasis an der Innenfläche des Behälters haften zu lassen und so den Hartkarbonfilm auszubilden. Das heißt, die Vorrichtung und das Verfahren, die in dem Patent offenbart wurden, stellten lediglich ein Verfahren zum Beschichten der Innenfläche des

Behälters mit dem Hartkarbonfilm ohne Modifizierung der Innenfläche des Behälters selbst dar.

[0008] Dementsprechend bestand, wenn der PET-Behälter, der mit der Vorrichtung und dem Verfahren hergestellt wurde, die in dem Patent offenbart sind, mit einem Getränk gefüllt wurde, die Gefahr, dass der Hartkarbonfilm, mit dem der Behälter beschichtet war, sich ablöste und mit dem Getränk vermischt wurde. So bestand dahingehend ein Mangel, dass der PET-Behälter als Behälter für Getränke nicht zuverlässig genug war.

Zusammenfassung der Erfindung

[0009] Eine Aufgabe der Erfindung besteht daher darin, einen Behälter zu schaffen, bei dem das Durchlassen von Sauerstoff und Kohlendioxid verhindert oder erschwert werden kann, wobei gleichzeitig keine Gefahr besteht, dass sich die Innenfläche des Behälters ablöst, wenn der Behälter mit einem Getränk gefüllt wird.

[0010] Das heißt, gemäß der Erfindung wird ein Verfahren zum Modifizieren einer Oberfläche eines Behälters geschaffen, der aus einer Polymerverbindung besteht, die Kohlenstoff enthält, das den folgenden Schritt einschließt: Implantieren von Ionen in den Behälter, um eine Oberflächenschicht des Behälters zu einem Material, das für Kohlendioxidgas oder Sauerstoff nicht durchlässig ist, oder zu einem Material zu modifizieren, das für Kohlendioxidgas und Sauerstoff schwer durchlässig ist.

[0011] Des Weiteren wird gemäß der Erfindung eine Vorrichtung zum Modifizieren einer Oberfläche eines Behälters geschaffen, die aus einer Polymerverbindung besteht, wobei sie enthält: eine Aufnahmekammer, die den Behälter aufnehmen und Luftdichtigkeit aufrechterhalten kann, eine Vakuumpumpe zum Auspumpen der Aufnahmekammer, eine Plasmaerzeugungseinheit zum Erzeugen von Plasma in der Aufnahmekammer, eine Elektrode, die in den Behälter eingeführt wird, der in der Aufnahmekammer aufgenommen ist, und eine Hochspannungs-Energiequelle, die der Elektrode Hochspannungsimpulse zuführt, wobei eine innere Oberflächenschicht des Behälters, der in der Aufnahmekammer aufgenommen ist, zu einem Material, das für Kohlendioxidgas und Sauerstoff nicht durchlässig ist, oder zu einem Material modifiziert wird, das für Kohlendioxidgas und Sauerstoff schwer durchlässig ist.

[0012] Mit einer derartigen Konstruktion kann die Oberflächenschicht des Behälters, der aus einer Polymerverbindung besteht, zu einem Material, das für Kohlendioxidgas und Sauerstoff nicht durchlässig ist, oder zu einem Material modifiziert werden, das für Kohlendioxidgas und Sauerstoff schwer durchlässig ist. So ist es möglich, einen Behälter aus Polymerver-

bindung zu schaffen, der für Kohlendioxidgas oder Sauerstoff nicht durchlässig oder schwer durchlässig ist. Des Weiteren besteht, da die Oberflächenschicht des Behälters selbst modifiziert ist, keine Gefahr, dass sich die modifizierte Oberflächenschicht ablöst.

[0013] Dementsprechend ist es möglich, einen Behälter aus Polymerverbindung zu schaffen, der für Bier oder kohlenensäurehaltige Getränke geeignet ist.

[0014] Merkmale und Vorteile der Erfindung werden aus der folgenden ausführlichen Beschreibung der bevorzugten Ausführungen ersichtlich, die in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen beschrieben werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0015] In den beigefügten Zeichnungen ist:

[0016] [Fig. 1](#) eine Schnittansicht, die eine erste Ausführung der Erfindung zeigt;

[0017] [Fig. 2](#) eine Schnittansicht, die die erste Ausführung der Erfindung zeigt;

[0018] [Fig. 3](#) eine Seitenansicht, die einen anderen Zustand eines in [Fig. 2](#) gezeigten Hauptabschnitts zeigt;

[0019] [Fig. 4](#) eine Schnittansicht eines Hauptabschnitts eines PET-Behälters, die den Zustand der Oberfläche zeigt, die noch nicht mit der in [Fig. 1](#) gezeigten Vorrichtung modifiziert ist, sowie den Zustand der Oberfläche, die modifiziert worden ist;

[0020] [Fig. 5](#) eine Schnittansicht, die eine dritte Ausführung der Erfindung zeigt;

[0021] [Fig. 6](#) eine Schnittansicht eines Hauptabschnitts entlang der Linie VI-VI in [Fig. 5](#);

[0022] [Fig. 7](#) eine Schnittansicht, die eine vierte Ausführung der Erfindung zeigt;

[0023] [Fig. 8](#) eine Schnittansicht, die eine fünfte Ausführung der Erfindung zeigt;

[0024] [Fig. 9](#) eine Schnittansicht der fünften Ausführung, die einen anderen Zustand als den in [Fig. 8](#) zeigt;

[0025] [Fig. 10](#) eine Schnittansicht, die eine sechste Ausführung der Erfindung zeigt; und

[0026] [Fig. 11](#) eine Schnittansicht eines Hauptabschnitts entlang der Linie X-X in [Fig. 10](#).

Ausführliche Beschreibung der bevorzugten Ausführungen

[0027] Die Erfindung wird im Folgenden unter Bezugnahme auf ihre Ausführungen beschrieben, die in den Zeichnungen dargestellt sind. In [Fig. 1](#) und [Fig. 3](#) modifiziert eine Modifiziervorrichtung **1** die Innenfläche eines PET-Behälters **2**.

[0028] Diese Modifiziervorrichtung **1** hat eine becherartige Aufnahmekammer **3**, die den PET-Behälter **2** aufnehmen kann, eine Abdeckung **4**, die eine obere Öffnung der Aufnahmekammer **3** verschließt, eine röhrenförmige Elektrode **5**, die in der Abdeckung **4** vorhanden ist, eine Wicklung **6**, die in einem Innenumfangsabschnitt der Aufnahmekammer **3** angeordnet ist, und eine Elektromagnetwicklung **7**, die so angeordnet ist, dass sie die Aufnahmekammer **3** und die Wicklung **6** umgibt.

[0029] Der PET-Behälter **2**, der eine Oberfläche hat, die mit der Modifiziervorrichtung **1** modifiziert ist, weist einen Öffnungsabschnitt **2A** an seiner Oberseite und einen Gewindeabschnitt **2B** im Außenumfangsabschnitt der Oberseite auf. Eine nicht dargestellte Kappe wird auf den Gewindeabschnitt **2B** aufgeschraubt. Der PET-Behälter **2** ist transparent und farblos, und eine Vielzahl von ringförmigen Vorsprüngen **2C** sind an erforderlichen Stellen seines Körpers zu Verstärkungszwecken ausgebildet. Das heißt, der PET-Behälter **2**, der eine Oberfläche hat, die mit der Modifiziervorrichtung **1** modifiziert wird, ist ein allgemeiner PET-Behälter, wie er in der verwandten Technik bekannt ist, und ist so aufgebaut, dass Flüssigkeit, wie beispielsweise ein Getränk, in das Innere des PET-Behälters **2** über den Öffnungsabschnitt **2A** eingefüllt wird. Der so aufgebaute PET-Behälter **2** wird so in die Aufnahmekammer **3** eingeführt, dass der Öffnungsabschnitt **2A** nach oben gewandt ist.

[0030] Die Aufnahmekammer **3** besteht aus einem leitenden Material und ist in einer becherartigen Form mit einer breiten Öffnung im oberen Abschnitt ausgebildet. Ein Sauganschluss **3A** ist an einer Position nahe an dem oberen Abschnitt ausgebildet.

[0031] Ein Ende einer Leitung **8** ist mit dem Sauganschluss **3A** verbunden, während das andere Ende der Leitung **8** mit einer Vakuumpumpe **11** verbunden ist. Ein im Ruhezustand geschlossenes elektromagnetisches Schaltventil **13** ist in der Mitte der Leitung **8** vorhanden. Die Betätigung des elektromagnetischen Schaltventils **13** wird von einer Steuereinheit **14** gesteuert.

[0032] Wenn das elektromagnetische Schaltventil **13** durch die Steuereinheit **14** geöffnet wird, wird die Aufnahmekammer **3** über die Leitung **8** und die Saugöffnung **3A** ausgepumpt. Dabei ist die Aufnahmekammer **3**, die aus einem leitenden Material besteht,

elektrisch mit einem Körper mit konstanter Spannung, wie beispielsweise Erde, verbunden.

[0033] Weiterhin besteht die Abdeckung **4** aus einem leitenden Material, das in einer scheibenartigen Form ausgebildet ist. Die Abdeckung **4** kann über der Aufnahmekammer **3** mit einem nicht dargestellten Hebemechanismus auf und ab bewegt werden. Ein Durchgangsloch **4A** ist in einem Mittelabschnitt der Abdeckung **4** ausgebildet. Ein Trageabschnitt **5A** der Elektrode **5** durchdringt das Durchgangsloch **4A** und erhält dabei Luftdichtigkeit aufrecht. Der Trageabschnitt **5A** besteht aus einem zylindrischen Isoliermaterial und ist an einer vorgegebenen Position der Elektrode **5** angebracht. Dabei ist ein ringförmiges Dichtungselement **29** in den Außenumfangsabschnitt der Unterseite der Abdeckung **4** eingesetzt. So wird, wenn die Abdeckung **4** an dem oberen Öffnungsabschnitt der Aufnahmekammer **3** angebracht ist, um so die Aufnahmekammer **3** zu verschließen, Luftdichtigkeit zwischen dem oberen Öffnungsabschnitt der Aufnahmekammer **3** und der Abdeckung **4** aufrecht erhalten.

[0034] Die Elektrode **5** besteht aus einem leitenden Rohr und ist elektrisch mit einer Hoch-Gleichspannungs-Energiequelle **15** verbunden. Der obere Endabschnitt der Elektrode **5** steht über die Oberseite der Abdeckung **4** vor. Ein Ende einer Leitung **16** ist mit dem oberen Endabschnitt der Elektrode **5** verbunden. Das andere Ende der Leitung **16** ist mit einer Gaszuführquelle **12** verbunden. In der vorliegenden Ausführung wird Argongas in der Gaszuführquelle **12** aufbewahrt. Ein im Ruhezustand geschlossenes elektromagnetisches Schaltventil **21** ist in der Mitte der Leitung **16** vorhanden: Die Betätigung des elektromagnetischen Schaltventils **21** wird ebenfalls von der Steuereinheit **14** gesteuert. Wenn das elektromagnetische Schaltventil **21** durch die Steuereinheit **14** geöffnet wird, wird Argongas von der Zuführquelle **12** über die Leitung **16** in die Aufnahmekammer **3** zugeführt. So dient die Elektrode **5** in dieser Ausführung auch als Gaseinleitrohre.

[0035] Der PET-Behälter **2** wird, wie weiter unten beschrieben, mit einem nicht dargestellten Fördermechanismus in dem Zustand in der Aufnahmekammer **3** aufgenommen, in dem die Abdeckung **4** durch den Hebemechanismus an ihrer obersten Grenzposition von der Oberseite der Aufnahmekammer **3** entfernt befindet. Anschließend wird die Abdeckung **4** durch den Hebemechanismus bis an ihre untere Grenzposition nach unten bewegt, so dass die Elektrode **5** in den Behälter **2** in der Aufnahmekammer **3** eingeführt wird. Anschließend wird die Abdeckung **4** an dem oberen Abschnitt der Aufnahmekammer **3** angebracht, um den oberen Öffnungsabschnitt der Aufnahmekammer **3** zu verschließen. In diesem luftdichten Zustand wird die Aufnahmekammer **3** über die Leitung **8** ausgepumpt, und Argongas wird dann

dem gesamten Bereich des Innenraums der Aufnahmekammer **3** einschließlich des Innenraums des PET-Behälters **2** über die Leitung **16** und die Elektrode **5** zugeführt.

[0036] Des Weiteren befindet sich, wie in [Fig. 2](#) dargestellt, in dem Zustand, in dem die obere Öffnung der Aufnahmekammer **3** durch die Abdeckung **4** verschlossen ist, der Trageabschnitt **5A** der Elektrode **5** an der Innenseite des oberen Öffnungsabschnitts **2A** und des Gewindeabschnitts **2B** des PET-Behälters **2**. In diesem Zustand kann die Elektrode **5** selbst durch den Hebemechanismus ([Fig. 3](#)) weiter um eine vorgegebene Strecke relativ zu der Abdeckung **4** angehoben werden. In diesem Zustand in [Fig. 3](#) befindet sich der Trageabschnitt **5A**, der aus einem isolierenden Material besteht, über dem oberen Öffnungsabschnitt **2A** des PET-Behälters **2**.

[0037] Die Betätigung der Hoch-Gleichspannungs-Energiequelle **15**, die mit der Elektrode **5** verbunden ist, wird durch die Steuereinheit **14** gesteuert. Die Hochspannungs-Energiequelle **15** ist so ausgeführt, dass sie der Elektrode **5** positive Hochspannungsimpulse zuführt, wenn ein Betätigungsbefehl von der Steuereinheit **14** zu der Hochspannungs-Energiequelle **15** übertragen wird.

[0038] Des Weiteren ist die Wicklung **6** im Innenumfangsabschnitt der Aufnahmekammer gegenüber der Aufnahmekammer **3** elektrisch isoliert. Die Wicklung **6** ist mit einer Hochfrequenz-Energiequelle **18**, die von einigen MHz bis zu mehreren hundert MHz reicht, über eine Anpassungsschaltung **17** verbunden, die außerhalb der Aufnahmekammer **3** angeordnet ist. Die Betätigung der Hochfrequenz-Energiequelle **18** wird ebenfalls durch die Steuereinheit **14** gesteuert. Die Hochfrequenz-Energiequelle **18** ist so ausgeführt, dass sie einen Hochfrequenzstrom, der von einigen MHz bis zu einigen hundert MHz reicht, an die Wicklung **6** anlegt, wenn ein Betätigungsbefehl von der Steuereinheit **14** an die Hochfrequenz-Energiequelle **18** angelegt wird.

[0039] Des Weiteren ist die Elektromagnetspule **7**, die so angeordnet ist, dass sie die Aufnahmekammer **3** umgibt, mit einer nicht dargestellten Energiequelle verbunden. Wenn ein Betätigungsbefehl von der Steuereinheit **14** zu der Energiequelle übertragen wird, wird die Elektromagnetwicklung **7** erregt und erzeugt ein Gleichstrom-Magnetfeld.

[0040] In dieser Ausführung wird eine Plasmaerzeugungseinheit zum Erzeugen von Plasma durch die Wicklung **6**, die Anpassungsschaltung **17** und die Hochfrequenz-Energiequelle **18** gebildet.

Beschreibung der Funktion

[0041] In der oben beschriebenen Anordnung wird

die Innenfläche des PET-Behälters **2** durch den folgenden Prozess mit der Modifizierungsvorrichtung **1** modifiziert.

[0042] Das heißt, wenn der PET-Behälter **2** noch nicht in der Aufnahmekammer **3** aufgenommen worden ist, wird die Abdeckung **4** durch einen nicht dargestellten Hebemechanismus in ihrer oberen Grenzposition vom oberen Abschnitt der Aufnahmekammer **3** nach oben entfernt gehalten. In diesem Zustand wird der PET-Behälter **2** durch einen nicht dargestellten Fördermechanismus an eine Position über der Aufnahmekammer **3** befördert und dann in der Aufnahmekammer **3** aufgenommen ([Fig. 1](#)).

[0043] Dann wird die Abdeckung **4** durch den Hebemechanismus an ihre untere Grenzposition bewegt. So wird die Elektrode **5** über den Öffnungsabschnitt **2A** in den PET-Behälter **2** eingeführt, während der obere Öffnungsabschnitt der Aufnahmekammer **3** durch die Abdeckung **4** luftdicht verschlossen wird ([Fig. 2](#)).

[0044] Dann schaltet die Steuereinheit **14** die Energiequelle für die Elektromagnetwicklung **7** ein, so dass ein Strom in die Elektromagnetwicklung **7** fließt und so die Elektromagnetwicklung **7** erregt. So wird ein Magnetfeld über den gesamten Innenraum der Aufnahmekammer **2** erzeugt, die den PET-Behälter **2** aufnimmt.

[0045] Dann öffnet die Steuereinheit **14** das elektromagnetische Schaltventil **13** über einen vorgegebenen Zeitraum. So wird die Aufnahmekammer **3** über die Leitung **8** ausgepumpt, so dass der Druck im Innenraum der Aufnahmekammer **3** unter den atmosphärischen Druck fällt.

[0046] Dann öffnet in diesem Zustand die Steuereinheit **14** das elektromagnetische Schaltventil **21**, das in der Leitung **16** vorhanden ist, über einen vorgegebenen Zeitraum. So wird Argongas über die Leitung **16** in den Innenraum des PET-Behälters **2** eingeleitet. Das heißt, das Argongas dringt zwischen die Räume innerhalb und außerhalb des PET-Behälters **2** in der Aufnahmekammer **3** ein.

[0047] Anschließend überträgt die Steuereinheit **14** einen Betätigungsbefehl zu der Hochfrequenz-Energiequelle **18**, so dass ein Hochfrequenzstrom, der von einigen MHz bis zu mehreren hundert MHz reicht, von der Hochfrequenz-Energiequelle an die Wicklung **6** angelegt wird. So wird Plasma in der Aufnahmekammer **3** erzeugt.

[0048] Des Weiteren überträgt in diesem Zustand die Steuereinheit **14** einen Betätigungsbefehl zu der Hochspannungs-Energiequelle **15**, so dass eine Reihe positiver Hochspannungsimpulse von der Hochspannungs-Energiequelle **15** an die Elektrode **5** an-

gelegt werden. So werden Ionen des Plasma-Innenraums des PET-Behälters **2** in seine Innenfläche implantiert.

[0049] Dabei steigt, da der PET-Behälter **2** ein Isolator ist, das Oberflächenpotenzial aufgrund der Ionen-Aufladung während der Ionen-Implantation. Die Oberfläche wird jedoch dem Plasma während der Pause des Impulses ausgesetzt. So wird die Oberfläche neutralisiert und gewinnt ihr ursprüngliches Potenzial wieder. Dann wird Ionen-Implantation erneut bis zum nächsten Impuls ausgeführt.

[0050] Dann wird in diesem Zustand die Elektrode **5** durch den Hebemechanismus ([Fig. 3](#)) um eine vorgegebene Höhe relativ zu der Abdeckung **4** nach oben bewegt. Anschließend werden Hochspannungsimpulse angelegt, um erneut Ionenimplantation auszuführen. Dementsprechend wird der Trageabschnitt **5A** der Elektrode **5** über dem oberen Abschnitt des PET-Behälters **2** getragen. So werden Ionen auch dort sicher in die Innenfläche des Gewindeabschnitts **2B** implantiert, wo sich der Trageabschnitt **5A** befunden hat.

[0051] In dieser Ausführung werden Ionen so in den gesamten Bereich der Innenfläche des PET-Behälters **2** implantiert. Dementsprechend wird das Material der Innenfläche des PET-Behälters **2** selbst, das ursprünglich Kohlenstoff enthielt, vollständig zu Hartkarbon modifiziert (siehe [Fig. 4](#)). Das heißt, in dieser Ausführung wird die ursprüngliche Oberfläche des PET-Behälters **2** nicht mit Hartkarbon beschichtet, sondern das Material der Oberfläche des PET-Behälters **2** selbst wird zu Hartkarbon modifiziert, so dass eine Hartkarbonschicht **22** auf der gesamten Innenfläche ausgebildet wird, wie dies auf der rechten Seite von [Fig. 4](#) dargestellt ist.

[0052] Dabei muss bei dem Verarbeitungsverfahren die Elektrode **5** nicht ständig von der Position in [Fig. 2](#) nach Ionen-Implantation an die Position in [Fig. 3](#) nach oben bewegt werden.

[0053] Wenn die Bearbeitung zum Modifizieren der Oberfläche eines PET-Behälters **2** auf diese Weise abgeschlossen ist, wird die Abdeckung **4** durch den Hebemechanismus an ihre obere Grenzposition nach oben bewegt, um die Aufnahmekammer **3** zu öffnen und die Elektrode **4** aus dem PET-Behälter **2** heraus zu ziehen. Dabei wird die Abdeckung **4** vorzugsweise nicht direkt in dem Zustand nach oben bewegt, in dem die Aufnahmekammer **3** geschlossen ist, sondern durch den Hebemechanismus nach oben bewegt, nachdem die Aufnahmekammer **3** über die Leitung **8** zur Atmosphäre hin geöffnet worden ist.

[0054] Anschließend wird der der Behandlung unterzogene PET-Behälter mit einem nicht dargestellten Entnahmemechanismus entnommen, wobei

gleichzeitig ein neuer PET-Behälter **2** in der Aufnahmekammer **3** aufgenommen wird. Dann wird die Innenfläche des neuen PET-Behälters **2** in dem oben beschriebenen Prozess zu einer Hartkarbonschicht **22** modifiziert.

[0055] Der gesamte Bereich der Innenfläche des PET-Behälters **2** wird, wie oben beschrieben, in dieser Ausführung zu der Hartkarbonschicht **22** modifiziert. Dementsprechend ist es möglich, den PET-Behälter **2** zu schaffen, der transparent und farblos oder leicht eingefärbt ist, und der das Hindurchlassen von Kohlendioxidgas und Sauerstoff verhindert oder für Kohlendioxidgas und Sauerstoff schwer durchlässig ist. Es ist daher möglich, den PET-Behälter **2** zu schaffen, der nicht nur als Behälter für allgemeine Getränke, wie beispielsweise Mineralwasser, geeignet ist, sondern auch als Behälter für kohlenstoffhaltige Getränke, wie beispielsweise Bier.

[0056] Des Weiteren wird im Unterschied zu der verwandten Technik, bei der ein Hartkarbonfilm auf der Innenfläche eines Behälters **2** so abgeschieden wird, dass die Innenfläche mit dem Hartkarbonfilm beschichtet ist, bei dieser Ausführung das Material der Innenfläche des PET-Behälters **2** selbst zu Hartkarbon modifiziert. Daher besteht keine Gefahr, dass sich die Hartkarbonschicht **22** ablöst. Dementsprechend besteht, wenn Flüssigkeit, wie beispielsweise ein Getränk, in den PET-Behälter **2** gefüllt wird, keine Gefahr, dass Stücke des abgelösten Hartkarbons mit der Flüssigkeit vermischt werden. Es ist möglich, einen sicheren Behälter für den Einsatz mit Getränken zu schaffen.

[0057] Des Weiteren macht der Zeitraum, der zum Ausbilden der Hartkarbonschicht **22** an der Innenfläche des PET-Behälters **2** in dieser Ausführung erforderlich ist, einen Bruchteil dessen bei der verwandten Technik aus, bei der die Oberfläche mit einem Hartkarbonfilm beschichtet wird. Es ist daher möglich, die Modifizierungsvorrichtung **1** und das Modifizierungsverfahren zu schaffen, die schnelle Behandlungsgeschwindigkeit aufweisen.

[0058] Des Weiteren kann der PET-Behälter, der eine Innenfläche aufweist, die gemäß dieser Ausführung modifiziert worden ist, vollständig recycelt werden. Dabei kann, obwohl in dieser Ausführung der Fall beschrieben worden ist, in dem Argongas, das in der Gaszuführquelle **12** aufbewahrt wird, der Aufnahmekammer **3** zugeführt wird, Kohlenwasserstoffgas oder Stickstoffgas anstelle des Argongas verwendet werden.

Zweite Ausführung

[0059] Des Weiteren kann, obwohl nicht dargestellt, die folgende Anordnung als eine zweite Ausführung der Modifizierungsvorrichtung **1** eingesetzt werden.

Das heißt, die Gaszuführquelle **12**, die Leitung **16** und das elektromagnetische Schaltventil **21** in der in **Fig. 1** bis **Fig. 3** dargestellten Ausführung können in der zweiten Ausführung weggelassen werden, während die anderen Elemente ähnlich wie bei der ersten Ausführung angeordnet werden. Dabei wird in der zweiten Ausführung keine rohrartige, sondern eine stangenartige Elektrode **5** eingesetzt. In dieser zweiten Ausführung wird eine Plasmaerzeugungseinheit zum Erzeugen von Plasma durch die Wicklung **6**, die Anpassungsschaltung **17** und die Hochfrequenz-Energiequelle **18** gebildet. Bei einer derartigen Modifizierungsvorrichtung **1** gemäß der zweiten Ausführung wird die Behandlung in dem folgenden Prozess durchgeführt.

[0060] Das heißt, während die Abdeckung **4** und die Elektrode **5** durch einen Hebemechanismus in ihrer oberen Grenzposition gehalten werden, wird der PET-Behälter **2** durch einen nicht dargestellten Fördermechanismus an eine Position über der Aufnahmekammer **3** befördert und anschließend in der Aufnahmekammer **3** aufgenommen.

[0061] Dann wird die Abdeckung **4** durch den Hebemechanismus an ihre untere Grenzposition bewegt. So wird die Elektrode **5** in den PET-Behälter **2** eingeführt, während der obere Öffnungsabschnitt der Aufnahmekammer **3** durch die Abdeckung **4** verschlossen wird.

[0062] Gleichzeitig schaltet die Steuereinheit **14** die Energiequelle für die Elektromagnetwicklung **7** so, dass ein Stromfluss in die Elektromagnetwicklung **7** hinein stattfindet, um die Elektromagnetwicklung **7** zu erregen. So wird ein Magnetfeld in der Aufnahmekammer **3** erzeugt.

[0063] Anschließend öffnet die Steuereinheit **14** das elektromagnetische Schaltventil **13** über einen vorgegebenen Zeitraum. So wird die Aufnahmekammer **3** ausgepumpt.

[0064] Anschließend überträgt die Steuereinheit **14** einen Betätigungsbefehl zu der Hochfrequenz-Energiequelle **18**, so dass ein Hochfrequenzstrom, der von mehreren MHz bis zu mehreren hundert MHz reicht, von der Hochfrequenz-Energiequelle an die Wicklung **6** angelegt wird. So wird Plasma in der Aufnahmekammer **3** erzeugt.

[0065] Des Weiteren überträgt in diesem Zustand die Steuereinheit **14** einen Betätigungsbefehl zu der Hochspannungs-Energiequelle **15**, so dass positive Hochspannungsimpulse von der Hochspannungs-Energiequelle **15** an die Elektrode **5** angelegt werden. So werden Ionen des Plasmas im Inneren des PET-Behälters von der Innenfläche des PET-Behälters **2** in diesen implantiert.

[0066] So wird der gesamte Bereich der Innenfläche des PET-Behälters **2** zu einer Hartkarbonschicht **22** modifiziert.

[0067] Des Weiteren ist es auch bei der so aufgebauten zweiten Ausführung möglich, Funktionen und Effekte zu erzielen, die denen der ersten Ausführung gleichen.

Dritte Ausführung

[0068] Des Weiteren zeigen [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) eine dritte Ausführung der Erfindung. Bei dieser Ausführung wird, kurz gesagt, eine Vielzahl von Permanentmagneten **25** statt der Elektromagnetwicklung **7** in der ersten Ausführung verwendet, und desgleichen wird ein Magnetron **26** anstelle der Wicklung **6**, der Anpassungsschaltung **17** und der Hochfrequenz-Energiequelle **18** eingesetzt.

[0069] Das heißt, in der Aufnahmekammer **3** in der dritten Ausführung ist ein Flanschabschnitt **3C** in einem unteren Außenumfangsabschnitt eines zylindrischen Körperabschnitts ausgebildet. Ein Quarzfilm wird auf die Unterseite des Flanschabschnitts **3C** aufgebracht. Eine untere Fläche **3B** der Aufnahmekammer **3** wird durch den Quarzfilm gebildet. Des Weiteren wird in diesem Zustand ein flanschartiger Verbindungsabschnitt **27A**, der an der Seite eines Wellenleiters **27** ausgebildet ist, an den Außenumfangsabschnitt der Quarzfolie (untere Fläche **3B**) und des Flanschabschnitts **3C** angebracht. So werden die Aufnahmekammer **3** und der Wellenleiter **27** verbunden. Dabei ist ein ringförmiges Dichtungselement **28** zwischen dem Flanschabschnitt **3C** und dem Quarzfilm als der unteren Fläche **3B** vorhanden, um Luftdichtigkeit zwischen diesen zwei Elementen aufrechtzuerhalten.

[0070] Dann wird das Magnetron **26** mit dem anderen Ende des Wellenleiters **27** verbunden, wobei Luftdichtigkeit aufrechterhalten wird. Die Funktion des Magnetrons **26** wird ebenfalls durch die Steuereinheit **14** gesteuert. Wenn das Magnetron **26** durch die Steuereinheit **14** betätigt wird, wird eine Mikrowelle von 2,45 GHz in die Aufnahmekammer **3** eingeleitet.

[0071] Weiterhin sind bei dieser Ausführung in dem Außenumfangsabschnitt der Aufnahmekammer **3** die stabartigen Permanentmagneten **25** in gleichmäßigen Abständen in der Umfangsrichtung angeordnet. Dabei sind die Permanentmagneten **25** aneinandergrenzend so angeordnet, dass Magnetpole, die mit der Außenumfangsfläche der Aufnahmekammer **3** in Kontakt sind, sich voneinander unterscheiden. So wird bei der dritten Ausführung stets ein Magnetfeld in der Nähe des Innenumfangsabschnitts der Aufnahmekammer **3** nahe an diesen Permanentmagneten **25** durch die Permanentmagneten **25** ausgebil-

det.

[0072] Des Weiteren ist bei dieser Ausführung ein ringförmiges Dichtungselement **29** an dem Außenumfangsabschnitt der Unterseite der Abdeckung **4** angebracht. Wenn die obere Öffnung der Aufnahmekammer **3** durch die Abdeckung **4** verschlossen wird, wird die Luftdichtigkeit zwischen der Abdeckung **4** und dem oberen Umfangsabschnitt der Aufnahmekammer **3** durch das Dichtungselement **29** aufrechterhalten. In der dritten Ausführung wird eine Plasmaerzeugungseinheit zum Erzeugen von Plasma durch den Wellenleiter **27** und das Magnetron **26** gebildet.

[0073] Ansonsten ist der Aufbau der gleiche wie der bei der ersten Ausführung, und eine ausführliche Beschreibung desselben wird daher weggelassen.

Beschreibung der Funktion der dritten Ausführung

[0074] Die Oberfläche des PET-Behälters **2** wird durch die Modifizierungsvorrichtung **1**, die gemäß der dritten Ausführung so aufgebaut ist, auf die folgende Weise modifiziert.

[0075] Das heißt, in dem Zustand, in dem die Abdeckung **4** und die Elektrode **5** durch einen nicht dargestellten Hebemechanismus in ihrer oberen Grenzposition gehalten werden, wird der durch einen nicht dargestellten Fördermechanismus beförderte PET-Behälter **2** in der Aufnahmekammer **3** aufgenommen.

[0076] Dann wird die Abdeckung **4** durch den Hebemechanismus an ihre untere Grenzposition nach unten bewegt. So wird die Elektrode **5** über den Öffnungsabschnitt **2A** in den PET-Behälter **2** eingeführt, während der obere Öffnungsabschnitt der Aufnahmekammer **3** durch die Abdeckung **4** luftdicht gemacht wird ([Fig. 5](#)).

[0077] Da ein Magnetfeld im Innenumfangsabschnitt der Aufnahmekammer **3** durch die Vielzahl von Permanentmagneten erzeugt wird, wirkt Magnetkraft durch die Permanentmagneten **25** auch auf den PET-Behälter **2**, der in der Aufnahmekammer **3** aufgenommen ist.

[0078] Dann öffnet die Steuereinheit **14** das elektromagnetische Schaltventil **13** über einen vorgegebenen Zeitraum. So wird die Aufnahmekammer **3** über die Leitung **8** ausgepumpt, so dass der Druck im Innenraum der Aufnahmekammer **3** niedriger wird als der atmosphärische Druck.

[0079] Dann öffnet in diesem Zustand die Steuereinheit **14** das elektromagnetische Schaltventil **21**, das in der Leitung **16** vorhanden ist, über einen vorgegebenen Zeitraum. So wird Argongas über die Leitung **16** in den Innenraum des PET-Behälters **2** ein-

geleitet. Das heißt, das Argongas dringt zwischen die Räume innerhalb und außerhalb des PET-Behälters **2** in der Aufnahmekammer **3** ein. Dabei ist der Druck in der Aufnahmekammer **3** zu diesem Zeitpunkt nicht höher als der atmosphärische Druck.

[0080] Anschließend betätigt die Steuereinheit **14** das Magnetron **26**, so dass eine Mikrowelle von 2,45 GHz von dem Magnetron **26** zur unteren Fläche **3B** der Aufnahmekammer **3** geleitet wird. So wird die Mikrowelle so in die Aufnahmekammer **3** eingeleitet, dass Plasma in dem Argongas in der Aufnahmekammer **3** erzeugt wird.

[0081] Des Weiteren überträgt in diesem Zustand die Steuereinheit **14** einen Betätigungsbeehl zu der Gleich-Hochspannungs-Energiequelle **15**, so dass positive Hochspannungsimpulse von der Hochspannungs-Energiequelle **15** an die Elektrode **5** angelegt werden. So werden Ionen des Plasmas im Inneren des PET-Behälters in seine Innenfläche implantiert.

[0082] Dabei kann, wenn erforderlich, nachdem die Elektrode **5** dann durch den Hebemechanismus um eine vorgegebene Höhe relativ zu der Abdeckung **4** nach oben bewegt worden ist, ein Betätigungsbeehl erneut zu der Hochspannungs-Energiequelle **15** übertragen werden. So werden Ionen erneut in die Innenfläche des PET-Behälters implantiert.

[0083] Auch mit der so aufgebauten dritten Ausführung ist es möglich, Funktionen und Effekte zu erzielen, die denen der ersten Ausführung gleichen.

Vierte Ausführung

[0084] Weiterhin zeigt [Fig. 7](#) eine vierte Ausführung der Erfindung. Bei dieser vierten Ausführung werden, kurz gesagt, ein Wellenleiter **27** und ein Magnetron **26** anstelle der Wicklung **6**, der Anpassungsschaltung **17** und der Hochfrequenz-Energiequelle **18** in der ersten Ausführung eingesetzt.

[0085] Das heißt, bei der vierten Ausführung ist ein Ende des Wellenleiters **27** mit dem Mittelabschnitt der oberen Fläche der Abdeckung **4** verbunden, die aus leitendem Material besteht. Der obere Abschnitt der Elektrode **5** ist so ausgeführt, dass er den Wellenleiter **27** durchdringt und dabei Luftdichtigkeit aufrechterhält und so nach oben vorsteht. Ein Endabschnitt der Leitung **16** ist mit dem oberen Abschnitt der Elektrode **5** verbunden. Das Magnetron **26**, das dem der dritten Ausführung gleicht, ist mit dem anderen Ende des Wellenleiters **27** unter Aufrechterhaltung von Luftdichtigkeit verbunden. Die Funktion des Magnetrons **26** wird ebenfalls von der Steuereinheit **14** gesteuert. Wenn das Magnetron **26** von der Steuereinheit **14** betätigt wird, wird eine Mikrowelle zur unteren Fläche **3B** der Aufnahmekammer **3** hin geleitet.

[0086] In der vierten Ausführung ist der Endabschnitt des Wellenleiters **27** mit der Abdeckung **4** verbunden. Daher bewegt ein nicht dargestellter Hebemechanismus die Abdeckung **4**, die Elektrode **5** und den Wellenleiter **27** nach oben.

[0087] Des Weiteren ist in dieser Ausführung ein ringförmiges Dichtungselement **29** am Außenumfangsabschnitt der Unterseite der Abdeckung **4** vorhanden. Wenn die obere Öffnung der Aufnahmekammer **3** durch die Abdeckung **4** verschlossen wird, wird die Luftdichtigkeit zwischen der Abdeckung **4** und dem oberen Öffnungsabschnitt der Aufnahmekammer **3** durch das Dichtungselement **29** aufrechterhalten. In der vierten Ausführung wird eine Plasmaerzeugungseinheit zum Erzeugen von Plasma durch den Wellenleiter **27** und das Magnetron **26** gebildet.

[0088] Der sonstige Aufbau ist der gleiche wie der bei der ersten Ausführung, und eine ausführliche Beschreibung desselben wird daher weggelassen.

Beschreibung der Funktion der vierten Ausführung

[0089] Die Oberfläche des PET-Behälters **2** wird durch die so gemäß der vierten Ausführung aufgebaute Modifizierungsvorrichtung **1** auf folgende Weise modifiziert.

[0090] Das heißt, in dem Zustand, in dem die Abdeckung **4**, die Elektrode **5** und der Wellenleiter **27** durch einen nicht dargestellten Hebemechanismus an ihrer oberen Grenzposition gehalten werden, wird der PET-Behälter **2**, der durch einen nicht dargestellten Fördermechanismus befördert wird, in der Aufnahmekammer **3** aufgenommen.

[0091] Dann werden die Abdeckung **4** usw. durch den Hebemechanismus an ihre untere Grenzposition nach unten bewegt. So wird die Elektrode **5** über den Öffnungsabschnitt **2A** in den PET-Behälter **2** eingeführt, während der obere Öffnungsabschnitt der Aufnahmekammer **3** durch die Abdeckung **4** luftdicht gemacht wird ([Fig. 7](#)).

[0092] Gleichzeitig schaltet die Steuereinheit **15** die Energiequelle für die Elektromagnetwicklung **7** so, dass ein Strom in die Elektromagnetwicklung **7** fließt, um so die Elektromagnetwicklung **7** zu erregen. So wird ein Magnetfeld in der Aufnahmekammer **3** erzeugt.

[0093] Dann öffnet die Steuereinheit **14** das elektromagnetische Schaltventil **13** über einen vorgegebenen Zeitraum. So wird die Aufnahmekammer **3** über die Leitung **8** ausgepumpt, so dass der Druck in dem Innenraum der Aufnahmekammer **3** unter den atmosphärischen Druck fällt.

[0094] Dann öffnet in diesem Zustand die Steuer-

einheit **14** das elektromagnetische Schaltventil **21**, das in der Leitung **16** vorhanden ist, über einen vorgegebenen Zeitraum. So wird Argongas über die Leitung **16** in den Innenraum des PET-Behälters **2** eingeleitet. Das heißt, das Argongas dringt zwischen die Räume innerhalb und außerhalb des PET-Behälters **2** in der Aufnahmekammer **3** ein. Dabei ist der Druck in der Aufnahmekammer **3** zu diesem Zeitpunkt nicht höher als der atmosphärische Druck.

[0095] Anschließend betätigt die Steuereinheit **14** das Magnetron **26** so, dass eine Mikrowelle von dem Magnetron **26** zu der Abdeckung **4** geleitet wird. So wird Plasma in dem Argongas in der Aufnahmekammer **3** erzeugt.

[0096] Des Weiteren überträgt in diesem Zustand die Steuereinheit **14** einen Betätigungsbeefehl an die Hoch-Gleichspannungs-Energiequelle **15**, so dass positive Hochspannungsimpulse von der Hochspannungs-Energiequelle **15** an die Elektrode **5** angelegt werden. So werden Ionen in dem Plasma an der Innenseite des PET-Behälters **2** von seiner Innenfläche her in den PET-Behälter **2** implantiert.

[0097] Dabei kann, wenn erforderlich, nachdem die Elektrode **5** dann durch den Hebemechanismus um eine vorgegebene Höhe relativ zu der Abdeckung **4** nach oben bewegt worden ist, wieder ein Betätigungsbeefehl zu der Hochspannungs-Energiequelle **15** übertragen werden. So werden erneut Ionen in die Innenfläche des PET-Behälters **2** implantiert.

[0098] Auch mit der so aufgebauten vierten Ausführung ist es möglich, Funktionen und Effekte zu erzielen, die denen der ersten Ausführung gleichen.

Fünfte Ausführung

[0099] Des Weiteren zeigen [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) eine fünfte Ausführung der Erfindung. In der fünften Ausführung sind daher die Wicklung **6**, die Anpassungsschaltung **17** und die Hochfrequenz-Energiequelle **8** in der ersten Ausführung weggelassen. Der sonstige Aufbau ist der gleiche wie der der ersten Ausführung, und eine ausführliche Beschreibung desselben wird weggelassen. In der fünften Ausführung wird die Hochspannungs-Energiequelle **15** ebenfalls als eine Plasmaerzeugungseinheit zum Erzeugen von Plasma verwendet. In der fünften Ausführung wird die Oberfläche des PET-Behälters **2** auf folgende Weise modifiziert.

[0100] Das heißt, in dem Zustand, in dem die Abdeckung **4** und die Elektrode **5** durch einen nicht dargestellten Hebemechanismus an ihren oberen Grenzpositionen gehalten werden, wird der durch einen nicht dargestellten Fördermechanismus beförderte PET-Behälter **2** in der Aufnahmekammer **3** aufgenommen.

[0101] Dann wird die Abdeckung **4** durch den Hebemechanismus an ihre untere Grenzposition nach unten bewegt. So wird die Elektrode **5** über den Öffnungsabschnitt **2A** in den PET-Behälter **2** eingeführt, während der obere Öffnungsabschnitt der Aufnahmekammer **3** durch die Abdeckung **4** luftdicht gemacht wird ([Fig. 8](#)).

[0102] Gleichzeitig schaltet die Steuereinheit **14** die Energiequelle für die Elektromagnetwicklung **7** so, dass ein Strom in die Elektromagnetwicklung **7** fließt, um so die Elektromagnetwicklung **7** zu erregen. So wird ein Magnetfeld in der Aufnahmekammer **3** ausgebildet.

[0103] Dann öffnet die Steuereinheit **14** das elektromagnetische Schaltventil **13** über einen vorgegebenen Zeitraum. So wird die Aufnahmekammer **3** über die Leitung **8** ausgepumpt, so dass der Druck in dem Innenraum der Aufnahmekammer **3** unter den atmosphärischen Druck fällt.

[0104] Dann öffnet in diesem Zustand die Steuereinheit **14** das elektromagnetische Schaltventil **21**, das in der Leitung **16** vorhanden ist, über einen vorgegebenen Zeitraum. So wird Argongas über die Leitung **16** in den Innenraum des PET-Behälters **2** eingeleitet. Das heißt, das Argongas dringt zwischen die Räume innerhalb und außerhalb des PET-Behälters **2** in der Aufnahmekammer **3** ein. Dabei ist der Druck in der Aufnahmekammer **3** zu diesem Zeitpunkt niedriger als der atmosphärische Druck.

[0105] Anschließend überträgt die Steuereinheit **14** einen Betätigungsbeefehl zu der Gleich-Hochspannungs-Energiequelle **15**, so dass positive Hochspannungsimpulse von der Hochspannungs-Energiequelle **15** an die Elektrode **5** angelegt werden. So werden zur gleichen Zeit, zu der Plasma an der Innenseite des PET-Behälters **2** erzeugt wird, Ionen in dem erzeugten Plasma in den PET-Behälter **2** von seiner Innenfläche implantiert. Dadurch wird die Innenfläche des PET-Behälters **2** zu Hartkarbon modifiziert.

[0106] Dabei kann, wenn erforderlich, nachdem die Elektrode **5** dann durch den Hebemechanismus um eine vorgegebene Höhe relativ zu der Abdeckung **4** nach oben bewegt worden ist, erneut ein Betätigungsbeefehl zu der Hochspannungs-Energiequelle **15** übertragen werden. So werden, sobald wieder Plasma an der Innenseite des PET-Behälters **2** erzeugt wird, erneut Ionen in die Innenfläche des PET-Behälters **2** implantiert.

[0107] Auch bei der so aufgebauten fünften Ausführung ist es möglich, Funktionen und Effekte zu erzielen, die denen der ersten Ausführung gleichen.

Sechste Ausführung

[0108] Des Weiteren zeigen [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) eine sechste Ausführung der Erfindung. In der sechsten Ausführung ist die Elektromagnetwicklung 7 in der in [Fig. 7](#) dargestellten vierten Ausführung weggelassen, und anstelle der Elektromagnetwicklung 7 ist eine Vielzahl von Permanentmagneten 25 vorhanden.

[0109] Das heißt, in der sechsten Ausführung sind im Innenumfangsabschnitt der Elektrode 5 unter dem Tragabschnitt 5A stabartige Permanentmagneten 25 in gleichmäßigen Abständen in der Umfangsrichtung angeordnet. Die Permanentmagneten sind, wie in [Fig. 11](#) dargestellt, aneinandergrenzend so angeordnet, dass die Positionen von Magnetpolen, die mit der Innenumfangsfläche der Elektrode 5 in Kontakt sind, sich voneinander unterscheiden. So wird in der sechsten Ausführung stets ein Magnetfeld in der Elektrode 5 selbst durch die Vielzahl von Permanentmagneten 25 erzeugt. Der sonstige Aufbau ist der gleiche wie der der in [Fig. 7](#) gezeigten vierten Ausführung, und eine ausführliche Beschreibung desselben wird daher weggelassen.

Beschreibung der Funktion der sechsten Ausführung

[0110] Die Oberfläche des PET-Behälters 2 wird durch die gemäß der sechsten Ausführung so aufgebaute Modifizierungsvorrichtung 1 auf folgende Weise modifiziert.

[0111] Das heißt, in dem Zustand, in dem die Abdeckung 4, die Elektrode 5 und der Wellenleiter 27 durch einen nicht dargestellten Hebemechanismus an ihrer oberen Grenzposition gehalten werden, wird der durch einen nicht dargestellten Fördermechanismus beförderte PET-Behälter in der Aufnahmekammer 3 aufgenommen.

[0112] Dann werden die Abdeckung 4 usw. durch den Hebemechanismus an ihre untere Grenzposition nach unten bewegt. So wird die Elektrode 5 über den Öffnungsabschnitt 2A in den PET-Behälter 5 eingeführt, während der obere Öffnungsabschnitt der Aufnahmekammer 3 durch die Abdeckung 4 luftdicht gemacht wird ([Fig. 10](#)).

[0113] Durch die Vielzahl von Permanentmagneten 25 wird ein Magnetfeld in der Elektrode 5 erzeugt, die in die Aufnahmekammer 3 eingeführt ist.

[0114] Anschließend öffnet die Steuereinheit 14 das elektromagnetische Schaltventil 13 über einen vorgegebenen Zeitraum. So wird die Aufnahmekammer 3 über die Leitung 8 ausgepumpt, so dass der Druck in dem Innenraum der Aufnahmekammer 3 niedriger wird als der atmosphärische Druck.

[0115] Dann öffnet in diesem Zustand die Steuereinheit 14 das elektromagnetische Schaltventil 21, das in der Leitung 16 vorhanden ist, über einen vorgegebenen Zeitraum. So wird Argongas über die Leitung 16 in den Innenraum des PET-Behälters 2 eingeleitet. Das heißt, das Argongas dringt zwischen die Räume innerhalb und außerhalb des PET-Behälters 2 in der Aufnahmekammer 3 ein. Dabei ist der Druck in der Aufnahmekammer 3 zu diesem Zeitpunkt nicht höher als der atmosphärische Druck.

[0116] Anschließend betätigt die Steuereinheit 14 das Magnetron 26 so, dass eine Mikrowelle von dem Magnetron 26 zu der Abdeckung 4 geleitet wird. So wird Plasma in dem Argongas in der Aufnahmekammer 3 erzeugt.

[0117] Des Weiteren überträgt die Steuereinheit 14 in diesem Zustand einen Betätigungsbefehl an die Gleich-Hochspannungs-Energiequelle 15, so dass positive Hochspannungsimpulse von der Hochspannungs-Energiequelle 15 an die Elektrode 5 angelegt werden. So werden Ionen in dem Plasma an der Innenseite des PET-Behälters 2 in den PET-Behälter 2 von seiner Innenfläche implantiert.

[0118] Dabei kann, nachdem die Elektrode 15 dann durch den Hebemechanismus relativ zu der Abdeckung 4 um eine Höhe nach oben bewegt worden ist, die der vertikalen Länge des Tragabschnitts 5A gleich ist, erneut ein Betätigungsbefehl zu der Hochspannungs-Energiequelle 15 übertragen werden. So werden erneut Ionen in den PET-Behälter 2 von seiner Innenfläche implantiert.

[0119] Des Weiteren ist es auch mit der so aufgebauten sechsten Ausführung möglich, Funktionen und Effekte zu erzielen, die denen jeder der bisher beschriebenen Ausführungen gleichen.

[0120] Gemäß der Erfindung ist es, wie oben beschrieben, möglich, einen Effekt dahingehend zu erzielen, dass die Oberflächenschicht eines Behälters, der aus einer Polymerverbindung besteht, zu einem Material modifiziert werden kann, das für Kohlendioxidgas und Sauerstoffgas nicht durchlässig ist oder das für Kohlendioxidgas und Sauerstoff schwer durchlässig ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Modifizieren einer Oberfläche eines Behälters (2), der aus einer Polymerverbindung besteht, die Kohlenstoff enthält, um so eine Oberflächenschicht des Behälters zu einem Material, das für Kohlendioxidgas und Sauerstoff nicht durchlässig ist, oder zu einem Material, das für Kohlendioxidgas und Sauerstoff schwer durchlässig ist, zu modifizieren wobei Ionen durch ein Plasma im Inneren des Behälters (2)

erzeugt werden,

dadurch gekennzeichnet, dass:

die Oberflächenmodifikation (22) erreicht wird, indem die Ionen in die bereits vorhandene Oberflächenschicht des Behälters (2) implantiert werden, wobei die Ionen implantiert werden, indem Hochspannungsimpulse an eine Elektrode (5) angelegt werden, die im Inneren des Behälters (2) angeordnet ist.

2. Verfahren zum Modifizieren einer Oberfläche eines Behälters (2), der aus einer Polymerverbindung besteht, nach Anspruch 1, wobei die Hochspannungsimpulse, die an die Elektrode (5) angelegt werden, positiv sind.

3. Verfahren zum Modifizieren einer Oberfläche eines Behälters (2), der aus einer Polymerverbindung besteht, nach Anspruch 1, wobei der Behälter (2), der aus einer Polymerverbindung besteht, ein Behälter ist, der aus Polyethylenterephthalat besteht, oder ein Behälter ist, der aus Kunstharz besteht.

4. Vorrichtung zum Modifizieren einer Oberfläche eines Behälters (2), der aus einer Polymerverbindung besteht, die umfasst:

eine Aufnahmekammer (3), die so eingerichtet ist, dass sie den Behälter aufnimmt und dabei Luftdichtigkeit aufrechterhält,

eine Vakuumpumpe (11), zum Auspumpen der Aufnahmekammer (3); und gekennzeichnet durch

das Vorhandensein sowohl einer Plasmaerzeugungseinheit (6, 17, 18; 26, 27) in der Aufnahmekammer (3) als einer Einrichtung zum Erzeugen von Plasma;

als auch einer Elektrode (5), die so eingerichtet ist, dass sie in den Behälter (2), der in der Aufnahmekammer (3) aufgenommen ist, zusammen mit einer Hochspannungs-Energiequelle (15) zum Anlegen von Hochspannungsimpulsen an die Elektrode (5) als eine Einrichtung zum Implantieren von Ionen eingeführt wird;

wobei die Oberflächenschicht an der Innenseite des Behälters (2), der in der Aufnahmekammer (3) aufgenommen ist, zu einem Material, das für Kohlendioxidgas und Sauerstoff nicht durchlässig ist, oder zu einem Material, das für Kohlendioxidgas und Sauerstoff schwer durchlässig ist, modifiziert wird.

5. Vorrichtung zum Modifizieren einer Oberfläche eines Behälters (2), der aus einer Polymerverbindung besteht, nach Anspruch 4, die des Weiteren eine Magnetfeld-Erzeugungseinheit zum Erzeugen eines Magnetfelds in der Aufnahmekammer (3) umfasst.

6. Vorrichtung zum Modifizieren einer Oberfläche eines Behälters (2), der aus einer Polymerverbindung besteht, nach Anspruch 5, die des Weiteren eine Gaszuführquelle (12) zum Zuführen von Gas in

die Aufnahmekammer (3) umfasst.

7. Vorrichtung zum Modifizieren einer Oberfläche eines Behälters (2), der aus einer Polymerverbindung besteht, nach Anspruch 5, wobei die Plasmaerzeugungseinheit enthält:

eine Wicklung (6), die in einem Innenumfangsabschnitt der Aufnahmekammer (3) vorhanden ist; und eine Hochfrequenz-Energiequelle (18), zum Anlegen eines Hochfrequenzstroms an die Wicklung eine Anpassungsschaltung (17) anlegt.

8. Vorrichtung zum Modifizieren einer Oberfläche eines Behälters (2), der aus einer Polymerverbindung besteht, nach Anspruch 5, wobei die Plasmaerzeugungseinheit enthält:

ein Magnetron (26) zum Einleiten von Mikrowellen in die Aufnahmekammer (3) über einen Wellenleiter (27).

9. Vorrichtung zum Modifizieren einer Oberfläche eines Behälters (2), der aus einer Polymerverbindung besteht, nach Anspruch 5, wobei die Magnetfeld-Erzeugungseinheit eine Elektromagnetwicklung (7), die so vorhanden ist, dass sie die Aufnahmekammer (3) umgibt, oder eine Vielzahl von Permanentmagneten (25) enthält, die so angeordnet sind, dass sie die Aufnahmekammer (3) umgeben.

10. Vorrichtung zum Modifizieren einer Oberfläche eines Behälters (2), der aus einer Polymerverbindung besteht, nach Anspruch 4, wobei die Hochspannungs-Energiequelle (12) positive Hochspannungsimpulse an die Elektrode (5) anlegt.

11. Vorrichtung zum Modifizieren einer Oberfläche eines Behälters (2), der aus einer Polymerverbindung besteht, nach Anspruch 4, wobei der Behälter (2), der aus einer Polymerverbindung besteht, ein Behälter (2) ist, der aus Polyethylenterephthalat besteht, oder ein Behälter ist, der aus Kunstharz besteht.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

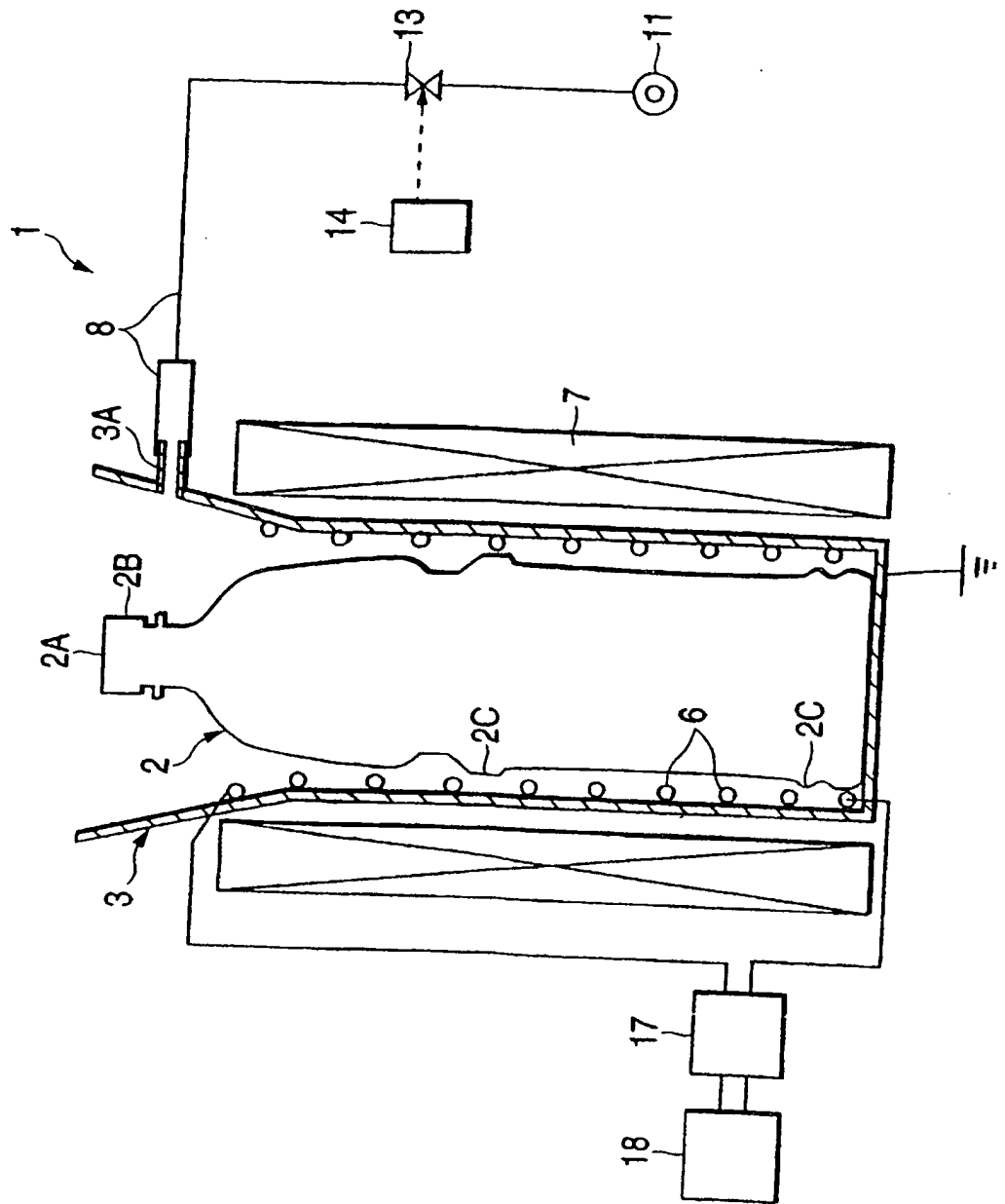


FIG. 2

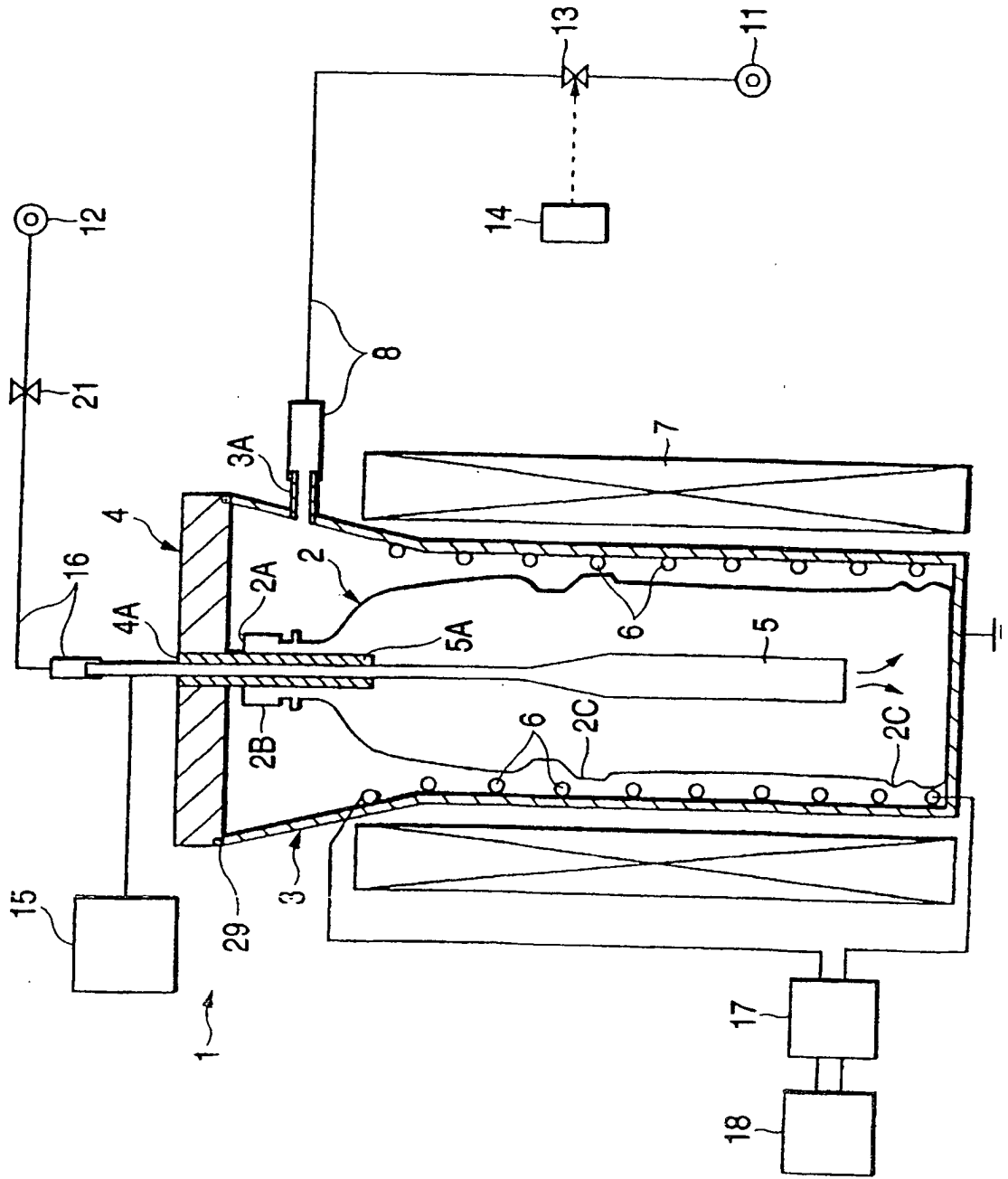


FIG. 3

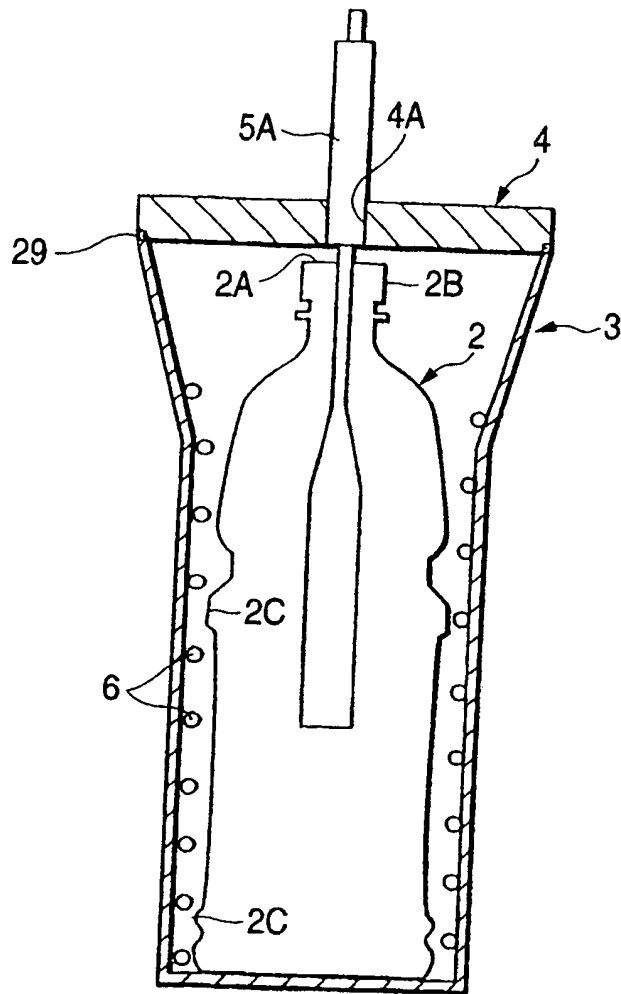


FIG. 4

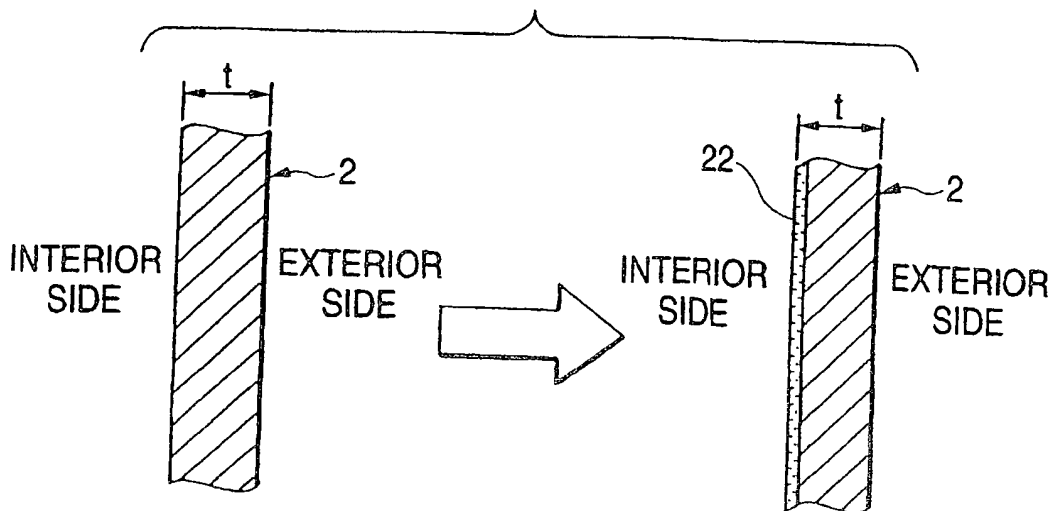


FIG. 5

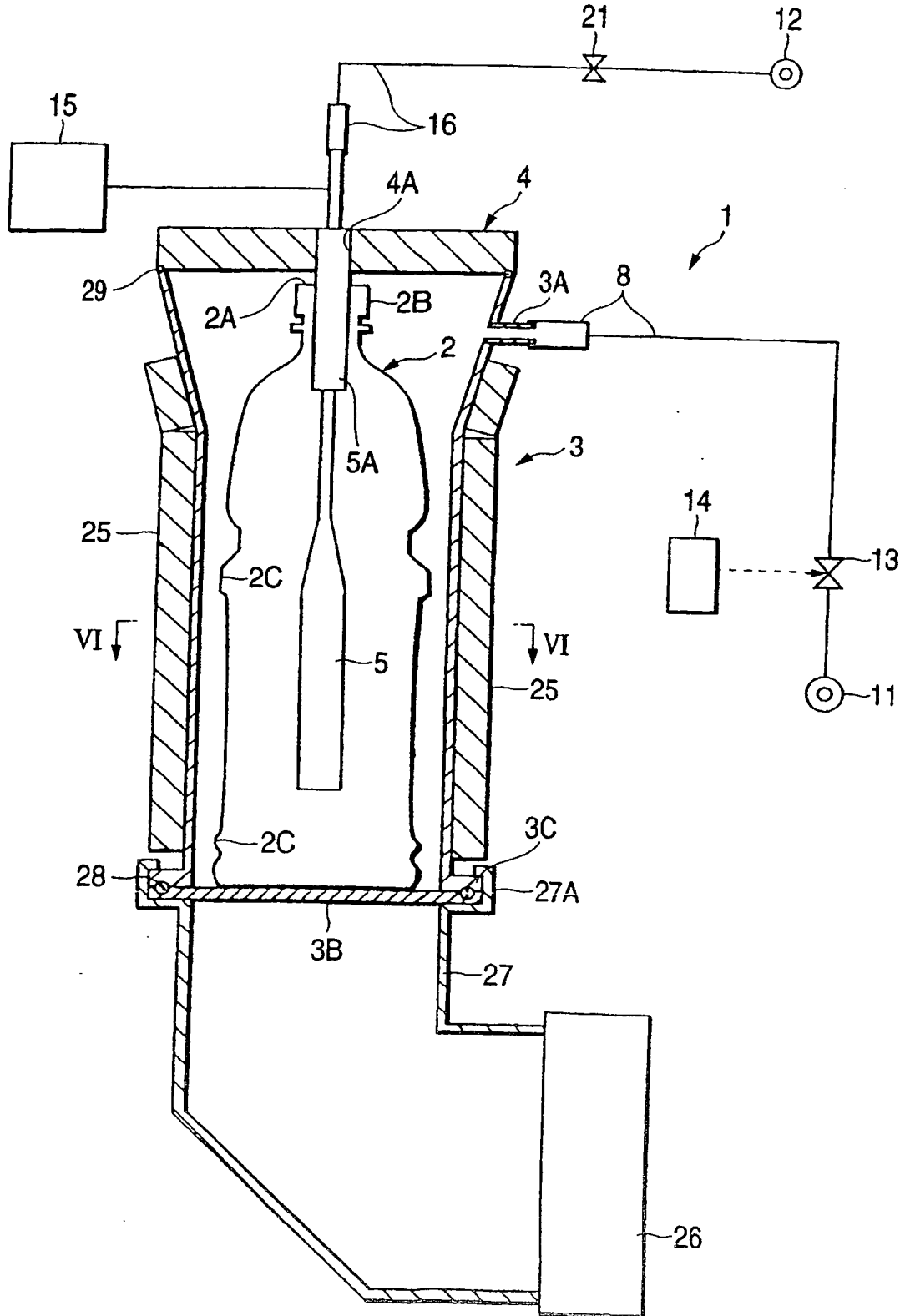


FIG. 6

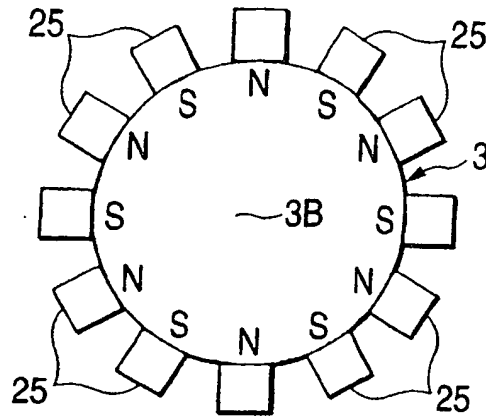


FIG. 7

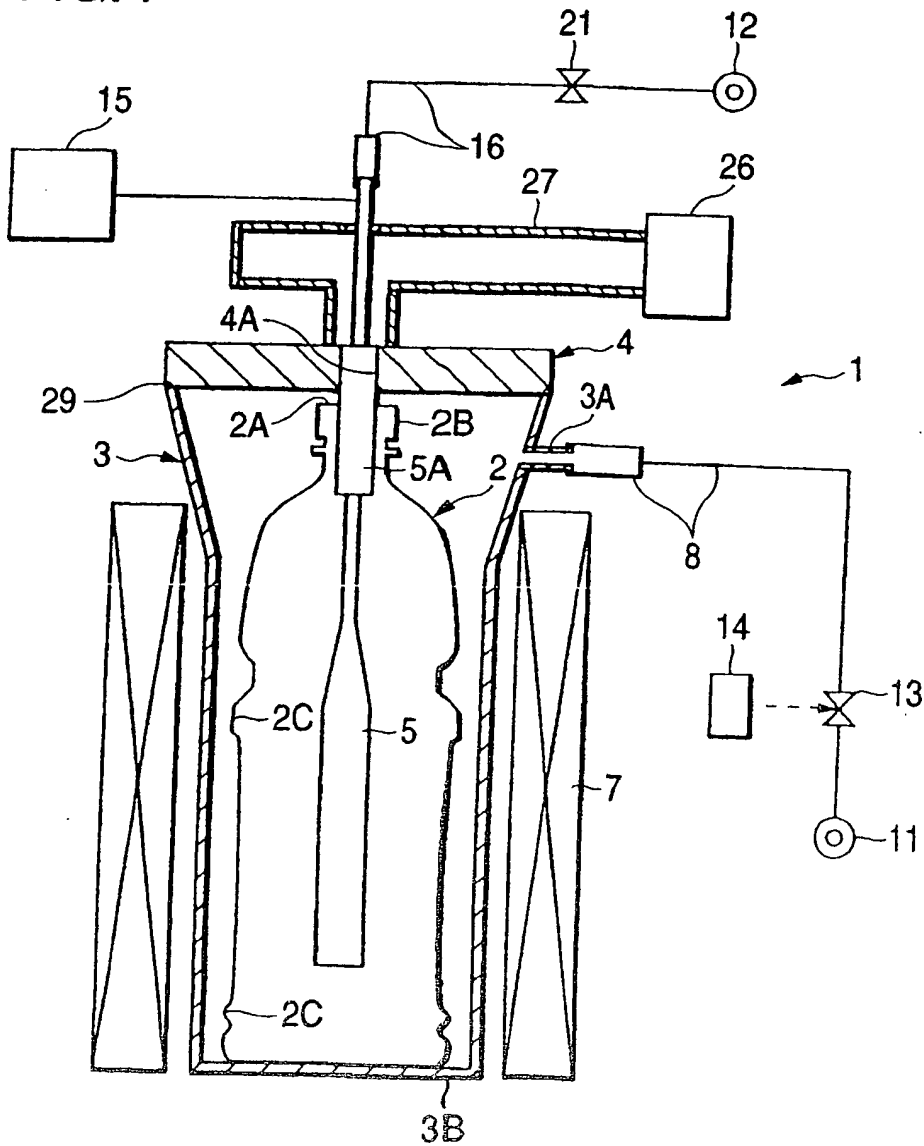


FIG. 8

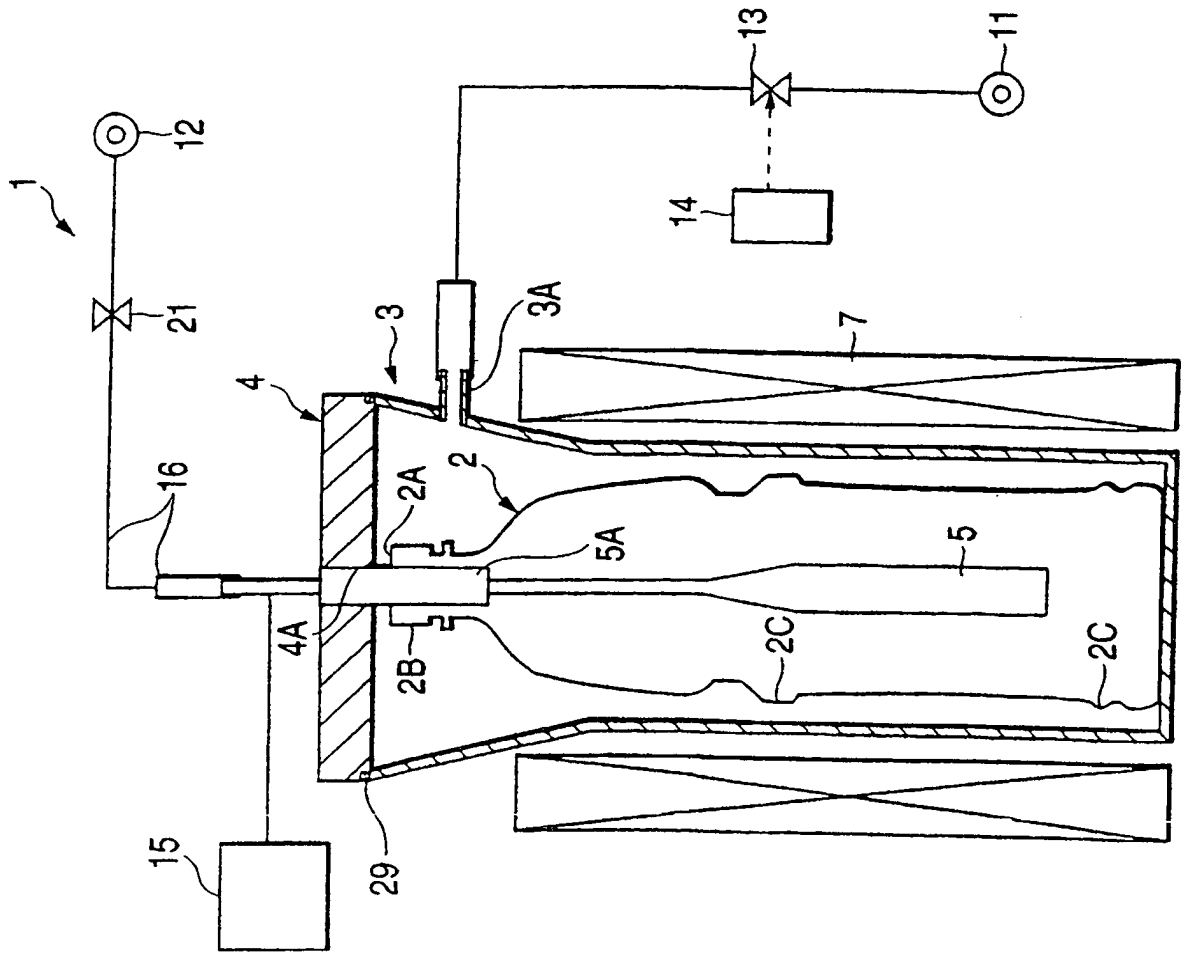


FIG. 9

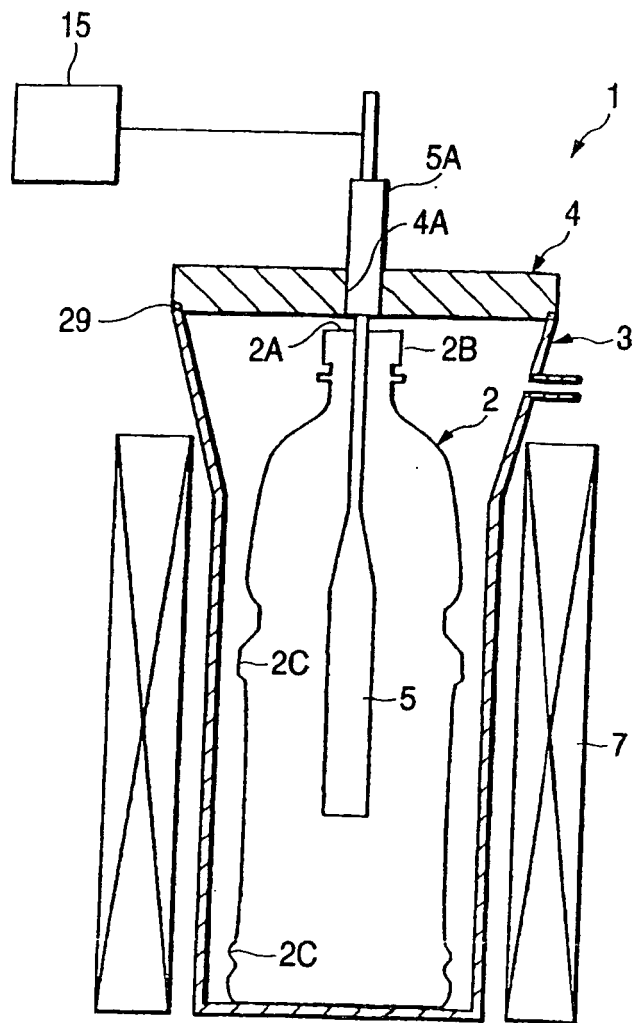


FIG. 10

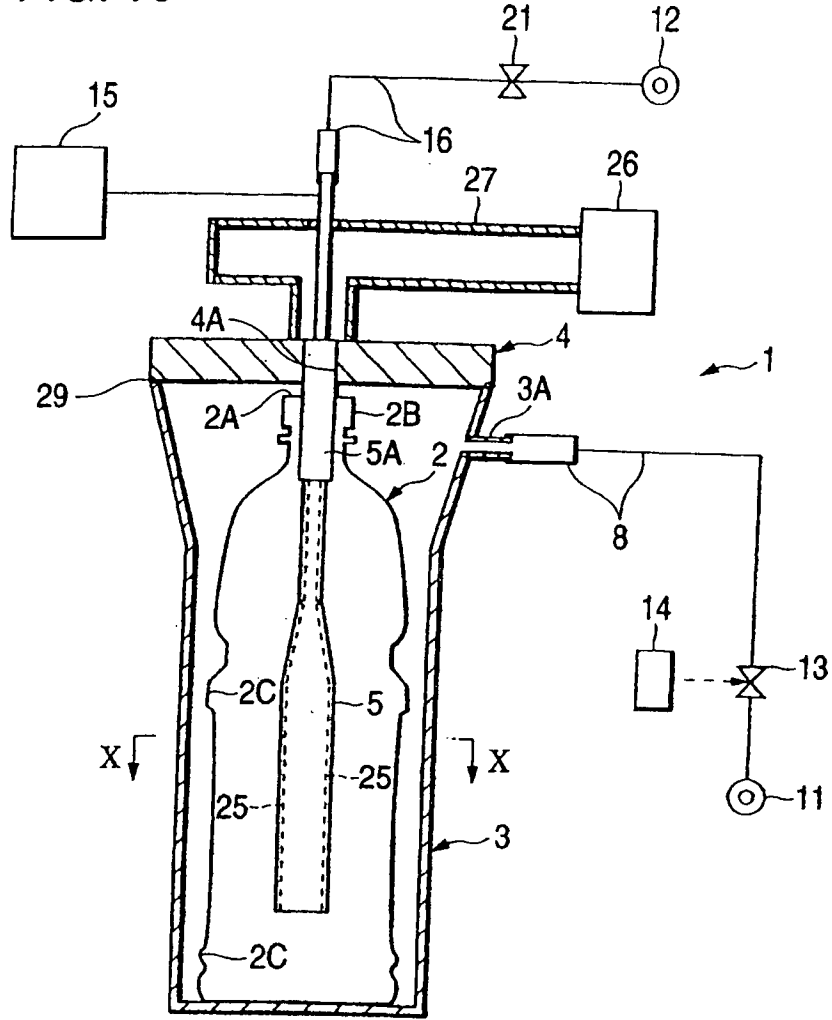


FIG. 11

