



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 37 042 T2 2008.05.29**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 038 996 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 37 042.6**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP99/04946**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 943 276.8**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2000/015884**

(86) PCT-Anmeldetag: **10.09.1999**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **23.03.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **27.09.2000**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **05.09.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.05.2008**

(51) Int Cl.⁸: **C30B 23/08 (2006.01)**

H01L 21/203 (2006.01)

C30B 23/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

25896798 11.09.1998 JP

25896898 11.09.1998 JP

25896998 11.09.1998 JP

25897098 11.09.1998 JP

(73) Patentinhaber:

**Japan Science and Technology Agency,
Kawaguchi, Saitama, JP; Kawasaki, Masashi,
Yokohama, Kanagawa, JP**

(74) Vertreter:

Sparing · Röhl · Henseler, 40237 Düsseldorf

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

**KAWASAKI, Masashi Tokyo Inst. Tech,
Yokohama-shi Kanagawa 226-0026, JP;
KOINUMA, Hideomi Tokyo Inst. Tech,
Yokohama-shi Kanagawa 226-0026, JP**

(54) Bezeichnung: **KOMBINATORISCHE VORRICHTUNG FÜR EPITAKTISCHE MOLEKULARSCHICHT**

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

Technisches Gebiet

[0001] Diese Erfindung bezieht sich auf eine kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung, die zum Ausbilden einer anorganischen Überstruktur, einer metallischen Überstruktur oder einer organischen Überstruktur nützlich ist, insbesondere um eine effiziente Suche nach Substanzen in einer kurzen Zeitdauer durchzuführen.

[0002] Die Erfindung bezieht sich ferner auf eine kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung, die ermöglicht, dass ein Substrat oder Substrate in der Vorrichtung als Dünnschicht-Ausbildungssystem transportiert wird oder werden und in einem Zustand transportiert wird oder werden, in dem sie erhitzt bleiben, und aufeinander folgende Bearbeitungskammern als unabhängige Vakuumkammern gebildet sind, wobei der Druck und die Temperatur darin von einer Kammer unabhängig von der anderen steuerbar sind.

Stand der Technik

[0003] In letzter Zeit wurde nach der Entdeckung von supraleitenden Lanthan/Barium/Kupfer-Oxid-Materialien ein großer Fortschritt in Dünnschicht-Ausbildungstechnologien für Hochtemperatur-Supraleiteroxide gemacht. Mit einem solchen Fortschritt wurden Anstrengungen ausgedehnt aufgewendet, um nach einer Vielfalt von neuen funktionalen Substanzen für metallische, anorganische und organische Materialien zu suchen und diese zu untersuchen.

[0004] Auf dem Gebiet der Ausbildung von Dünnschichten von Hochtemperatur-Supraleiteroxiden macht es die Tatsache, dass ein funktionales Oxidmaterial wie z. B. vom Perovskit-Typ selbst ein Mehrkomponentenmaterial mit mehreren Oxiden ist, schwierig, ein optimiertes Komponentenverhältnis und eine Korrelation zwischen Dünnschicht-Herstellungsbedingungen und resultierenden Eigenschaften theoretisch vorherzusagen, und stellt keine Alternative bereit, außer eine empirische Methode zur Optimierung zu übernehmen.

[0005] Unter den Umständen führte X.-D. Xiang et al. eine Suche nach Oxid-Hochtemperatur-Supraleitern beim Kombinieren eines Mehrfach-Zerstäubungs-Dünnschicht-Ausbildungsprozesses mit einem Maskenstrukturierungsverfahren zum Abdecken von speziellen Bereichen auf einem Substrat mit Masken und Bewirken einer kombinatorischen Synthese von anorganischen Materialien durch, wobei eine Anzahl von anorganischen Substanzen parallel zueinander synthetisiert werden, und zeigte, dass diese Methode bei der funktionalen Suche nach ei-

nem Mehrkomponentenmaterial Leistung hatte (X.-D. Xiang et al., Science, 268, 1738 (1995)).

[0006] G. Briceno et al. stellte bei der Suche nach Materialien mit riesigem Magnetowiderstand (CMR) aus einem neuen Material: $\text{LnXMYCoO}_{3-\delta}$ (Ln = La, Y; M = Ba, Sr, Ca, Pb) mit Kobaltoxid als seiner Basis-komponente 128 Prüfstücke mit verschiedenen Zusammensetzungen her, die unter Verwendung einer kombinatorischen Synthese durch Zerstäuben verdampft und anschließend in einer Sauerstoffatmosphäre gesintert wurden. Und auf der Basis der Messung des Magnetwiderstandes dieser Prüfstücke deckten sie auf, dass sogar ein Mehroxidmaterial ein maximales Magnetwiderstandsverhältnis von 72 % CMR aufwies. Signifikant wurden die Entdeckung und Optimierung eines neuen CMR-Materials auf CoO_2 -Basis bei der Durchführung einer kombinatorischen Synthese nur zweimal mit verschiedenen Sinterbedingungen erreicht.

[0007] Es ist jedoch zu sehen, dass eine kombinatorische Synthese, auf die vorstehend Bezug genommen wurde, für anorganische Materialien, wobei das Ausbilden von Dünnschichten bei Raumtemperatur bewirkt wird, in beiden Fällen nur eine Rolle der einfachen Steuerung der Zusammensetzungen spielt. Keine kombinatorische Synthese wurde auch zur Realität von Dünnschichten mit einer Überstruktur, die durch epitaktisches Wachstum für jede von Molekularschichten von entweder organischen oder anorganischen Materialien ausgebildet werden.

[0008] Andererseits wird bemerkt, dass in einem herkömmlichen Dünnschicht-Herstellungssystem, das mehrere Bearbeitungsstufen beinhaltet, Wafer zwischen verschiedenen Prozessstufen durch den Menschen oder einen Roboter transportiert wurden, Druck- und Temperatur-Prozessparameter für die individuellen Bearbeitungsstufen nacheinander eingestellt wurden.

[0009] Insbesondere wenn ein Wafer eine saubere Oberfläche haben muss, müssen Wafer durch einen Transportweg transportiert werden, der in einem Reinraum hermetisch abgedichtet ist.

[0010] Da eine solche Transporteinrichtung normalerweise nicht für Hochtemperaturwafer ausgelegt ist, war es jedoch üblich, sich auf eine zeitraubende Prozedur zu verlassen, bei der in einer gegebenen Prozessstufe bearbeitete heiße Wafer auf Raumtemperatur gekühlt und dann in eine nächste Prozessstufe transportiert werden, in der sie auf eine erforderliche Temperatur zur Bearbeitung erhitzt werden.

[0011] Ferner macht es der Bedarf, die Prozessparameter wie z. B. einen Reaktionsdruck und eine Wafertemperatur nacheinander für die aufeinander folgenden Bearbeitungsstufen individuell einzurichten,

ungeeignet, Wafer kontinuierlich in verschiedenen Prozessstufen zu bearbeiten.

[0012] Folglich dient die vorliegende Erfindung dazu, Probleme wie jene, die im Stand der Technik, wie beschrieben, angetroffen werden, zu lösen, und ihre erste Aufgabe ist es, eine kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung zu schaffen, die ermöglicht, dass Molekularschichten jeweils individuell durch epitaktisches Wachstum ausgebildet werden, um eine anorganische, metallische oder organische Überstruktur solcher Molekularschichten auszubilden, und die ermöglicht, dass eine effiziente Suche nach einer Substanz in einer kurzen Zeitdauer durchgeführt wird.

[0013] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung zu schaffen, die in der Lage ist, Wafer in ihrem erhitzten Zustand zu transportieren, und die ermöglicht, dass aufeinander folgende Bearbeitungskammern als unabhängige Vakuumkammern gebildet werden, wobei der Druck und die Temperatur darin von einer Kammer unabhängig von der anderen steuerbar sind.

Offenbarung der Erfindung

[0014] Um die vorstehend erwähnte erste Aufgabe zu erfüllen, schafft die vorliegende Erfindung eine kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung, die umfasst eine gemeinsame Kammer mit einem steuerbaren Innendruck; eine oder mehrere transportierbare Substratheizeinheiten mit einem Substrathalter zum Halten von einem oder mehreren Substraten in der gemeinsamen Kammer; und eine oder mehrere Prozessausführungskammern mit einem steuerbaren Innendruck, die so vorgesehen sind, dass sie den Substratheizeinheiten entsprechen, wobei die Prozessausführungskammern eine Wachstumskammer, die Rohmaterialvielfalt-Zufuhrmittel zum Zuführen von Rohmaterialien auf das durch die Substratheizeinheit gehaltene Substrat, ein Gaszufuhrmittel zum Zuführen eines Gases auf eine Oberfläche des Substrats und ein Sofortbeobachtungsmittel zum sofortigen Beobachten des epitaktischen Wachstums einer monomolekularen Schicht für jede der Schichten auf der Substratoberfläche umfassen, wodurch ermöglicht wird, dass die Wachstumstemperatur, der Wachstumsdruck und die Zufuhr der Rohmaterialien für jedes der Substrate gesteuert werden, und eine Gruppe von Substanzen erzeugt wird, deren Wachstum jeweils epitaktisch in einer individuellen monomolekularen Schicht bewirkt wird und die in einer einzelnen Reihe von Reaktionen für jedes der Substrate systematisch gemäß Angaben des Sofortbeobachtungsmittels zusammengebracht werden.

[0015] Die vorstehend beschriebene Konstruktion

ermöglicht, dass [mehrere Rohmaterialien] × [mehrere Substrate] × [Reaktionsparameter wie z. B. Temperatur, Druck und Fluss (Aufbaurrate) aus der Gasphase] unabhängig voneinander ausgewählt oder gesteuert werden und in einer beliebigen gewünschten Kombination zusammengestellt werden, und ist daher in der Lage, in einer einzelnen Reihe von Reaktionen eine Gruppe von Substanzen in einer Epitaxiewachstums-Übergitterstruktur systematisch gesteuert zu synthetisieren oder zusammenzubringen.

[0016] In einer kombinatorischen Molekularschicht-Epitaxiewachstumsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung umfassen die Rohmaterialvielfalt-Zufuhrmittel vorzugsweise auch ein Laser-Molekularstrahl-Epitaxiemittel zum Verdampfen von mehreren Targets von verschiedenen festen Rohmaterialien mit einem Excimerlaserstrahl und zum Ausbilden einer Dünnschicht einer Zusammensetzung, wie auf jedem der Substrate angestrebt.

[0017] Diese Konstruktion ermöglicht, dass eine begrenzte Tiefe der Oberfläche eines Targets vorübergehend verdampft und vergast wird, und eine Dünnschicht mit einer Zusammensetzung, wie angestrebt, ausgebildet wird. Es ist möglich, eine Dünnschicht z. B. aus einer anorganischen Überstruktur zu bilden.

[0018] In einer kombinatorischen Molekularschicht-Epitaxiewachstumsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung können die Rohmaterialvielfalt-Zufuhrmittel vorzugsweise auch ein Laser-Molekularstrahl-Epitaxiemittel umfassen und die Substrate bestehen aus einem Material, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, YSZ, MgO, SrTiO_3 , LaAlO_3 , NdGaO_3 , YAlO_3 , LaSrGaO_4 , NdAlO_3 , Y_2O_5 , SrLaAlO_4 , CaNdAlO_4 , Si und Verbundhalbleitern besteht. Ferner können die festen Target-Rohmaterialien Substanzen umfassen, die dazu ausgelegt sind, ein Material zu bilden, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus einem Hochtemperatur-Supraleiter, einem lumineszenten Material, einem dielektrischen Material, einem ferroelektrischen Material, einem Material mit riesigem Magnetowiderstand und einem Oxidmaterial besteht.

[0019] Diese Konstruktion ermöglicht, dass ein Target-Rohmaterial konsistent zu einer Substratoberfläche geliefert wird, und macht die Wahrscheinlichkeit der Haftung zu fast 1 ungeachtet einer speziellen Komponente. Diese Merkmale wirken vorteilhafterweise bei der Bildung einer Dünnschicht von monomolekularen Schichten auf einem Substrat, die jeweils individuell zum Wachstum durch epitaktisches Wachstum veranlasst werden, eines Hochtemperatur-Supraleiters, eines lumineszenten Materials, eines dielektrischen Materials, eines ferroelektrischen Materials oder eines Materials mit riesigem Magnetowiderstand.

[0020] Ferner können in einer kombinatorischen Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung die Rohmaterialvielfalt-Zufuhrmittel vorzugsweise einen Target-Drehtisch, der so abgestützt ist, dass er drehbar und vertikal beweglich ist, um Targets zu tragen, und ein Maskierungsplattenmittel, das zwischen den Targets und den Substraten angeordnet ist und so abgestützt ist, dass es drehbar und vertikal beweglich ist, umfassen. Das Maskierungsplattenmittel kann vorzugsweise auch mehrere Maskierungsplatten mit verschiedenen Maskierungskonfigurationen umfassen, die der Reihe nach austauschbar sind, während ein epitaktisches Wachstum bewirkt wird. Ferner kann das Maskierungsplattenmittel eine Maske umfassen, die in Bezug auf die Substrate horizontal beweglich ist und dazu ausgelegt ist, eines oder beide des Substrats und eines gegebenen Bereichs davon mit der beweglichen Maske abzudecken und aufzudecken.

[0021] Diese Konstruktion mit Hilfe einer beweglichen Maske, die zur Bewegung veranlasst wird, um das Maskierungsplattenmittel mit Maskierungsmustern zu schaffen, ermöglicht, dass in der Zusammensetzung veränderte Übergitter-Dünnschichten oder eine laminierte Struktur in mehreren gegebenen Bereichen eines Substrats hergestellt werden.

[0022] In einer kombinatorischen Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung können die Rohmaterialvielfalt-Zufuhrmittel auch vorzugsweise ein Laser-Molekularstrahl-Epitaxiemittel umfassen und das Sofortbeobachtungsmittel kann dann ein Reflex-Hochenergieelektronenstrahl-Beugungsanalysemittel umfassen.

[0023] Diese Konstruktion ermöglicht das Schaffen eines Dünnschicht-Oxidmaterials beispielsweise mit hohem Schmelzpunkt und mehreren Komponenten, während die Ausbildung von Schichten jeweils individuell beim epitaktischen Wachstum überwacht wird.

[0024] Ferner kann eine kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung vorzugsweise ferner eine Target-Ladeschleusenkammer zum Laden von Targets mit Materialien in diese umfassen.

[0025] Diese Konstruktion ermöglicht den Austausch von Targets in ihrem reinen Zustand, ohne sie einer Umgebungsatmosphäre auszusetzen.

[0026] In einer kombinatorischen Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung können die Rohmaterialvielfalt-Zufuhrmittel auch vorzugsweise ein Gasquellen-Molekularstrahl-Epitaxiemittel umfassen, das dazu ausgelegt ist, einen strömungsgesteuerten Strom einer gasförmigen organometallischen Verbindung durch ein Düsenmittel auf jedes der Substrate aufzubringen und

dadurch zu diesem zu liefern.

[0027] Diese Konstruktion ermöglicht die Ausbildung z. B. einer metallischen oder organischen Struktur unter Verwendung eines gasförmigen Materials wie z. B. einer organometallischen Verbindung.

[0028] Ferner können in einer kombinatorischen Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung die Rohmaterialvielfalt-Zufuhrmittel vorzugsweise ein Gasquellen-Molekularstrahl-Epitaxiemittel umfassen und das Sofortbeobachtungsmittel kann dann ein optisches Mittel umfassen, das eine Beobachtung auf der Basis irgendeines von einem Reflexionsgrad-Differenzspektroskopie-, Oberflächenlichtabsorptions- und Oberflächenlicht-Interferometer-Prozess durchführt.

[0029] Diese Konstruktion ermöglicht das Bewirken einer Epitaxie-Dünnschicht-Wachstumsbildung einer metallischen oder organischen Struktur, während monomolekulare Schichten für jede individuelle Schicht beim Wachstum überwacht werden.

[0030] In einer kombinatorischen Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung können die Substrate vorzugsweise auch Substrate sein, die aus Si oder einem Verbundhalbleiter bestehen.

[0031] Diese Konstruktion ermöglicht das Ausbilden einer metallischen oder organischen Übergitterstruktur von monomolekularen Schichten, deren Wachstum jeweils individuell epitaktisch auf aus Si und Verbundhalbleiter bestehenden Substraten bewirkt wird.

[0032] Ferner können in einer kombinatorischen Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung die Substrate vorzugsweise Substrate umfassen, deren Oberflächen auf einem atomaren Niveau geglättet sind und deren äußerste Atomschicht identifiziert wird.

[0033] Diese Konstruktion schafft die Fähigkeit, RHEED-Oszillationen zu beobachten, die beispielsweise mit einer zusätzlichen Regelmäßigkeit und für eine verlängerte Zeitdauer bestehen, und ermöglicht folglich das Sicherstellen, dass das epitaktische Wachstum für jede individuelle monomolekulare Schicht vor sich geht.

[0034] In einer kombinatorischen Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann die gemeinsame Kammer vorzugsweise auch mit einer Substrathalter-Ladeschleusenkammer zum Austauschen der Substrathalter in einem Zustand, in dem ein hohes Vakuum dafür aufrechterhalten wird, versehen sein.

[0035] Diese Konstruktion ermöglicht den Aus-

tausch von Substraten in ihrem reinen Zustand, ohne sie einer Umgebungsatmosphäre auszusetzen.

[0036] Um die vorstehend erwähnte zweite Aufgabe zu erreichen, besitzt eine kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ferner eine Substratheizeinheit, die für einen Druckkontakt mit der Prozessausführungskammer ausgelegt ist, um dieselbe vakuumdicht abzudichten, wobei die Substratheizeinheit und die Prozessausführungskammer dann zusammen eine unabhängig drucksteuerbare Vakuumkammer bilden.

[0037] Diese Konstruktion ermöglicht, dass Substrate zwischen den Prozessausführungskammern in ihrem erhitzten Zustand transportiert werden, und macht den Druck und die Temperatur der Vakuumkammern unabhängig voneinander steuerbar.

[0038] In einer kombinatorischen Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung können die Substratheizeinheiten vorzugsweise auch gemeinsam so ausgelegt sein, dass sie um eine Trägerplatte gedreht und durch diese vertikal bewegt werden, so dass sie in Zusammenhang mit den Prozessausführungskammern der Reihe nach transportiert werden.

[0039] Diese Konstruktion ermöglicht, dass sich die Substratheizeinheiten entlang eines gegebenen Weges bewegen und drehen oder umlaufen und jeweils in Zusammenhang mit einer gegebenen Prozessausführungskammer transportiert werden, und ermöglicht, dass ein Substrathalter, der mit einer Anzahl von Substraten beladen ist, in die Prozessausführungskammer transportiert wird. Sie ermöglicht folglich, dass mehrere Prozessausführungskammern die Prozesse parallel ausführen.

[0040] Ferner kann eine kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung vorzugsweise ferner eine drehbare Welle in Form eines röhrenförmigen Zylinders, der mit einer elektrischen Verdrahtung und Brauchwasserverrohrung außerhalb der gemeinsamen Kammer verbunden ist und so ausgelegt ist, dass er in einem Zustand, in dem das gemeinsame Kammermittel unter Vakuum gehalten wird, gedreht und vertikal bewegt wird, eine Kühlwasserverrohrung, die in einem Bereich von jeder der Substratheizeinheiten angeordnet ist und mit der Brauchwasserverrohrung verbunden ist, und eine Trägerplatte, deren Zentrum in Übereinstimmung mit einer Drehachse der drehbaren Welle angeordnet ist, umfassen.

[0041] Diese Konstruktion ermöglicht, dass sich eine Trägerplatte um die Drehachse der drehbaren Welle kontinuierlich dreht, um zu ermöglichen, dass die Prozesse parallel ausgeführt werden, und verhindert, dass die sich Kühlwasserverrohrung zur Zufuhr

von Kühlwasser in die Substratheizeinheiten und die elektrische Verdrahtung für die Leistungsversorgung oder ein Temperaturüberwachungs-Thermoelement verdrehen.

[0042] In einer kombinatorischen Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung sind auch an der drehbaren Welle vorzugsweise ein Gleitring, der dazu ausgelegt ist, ein oberes Ende der drehbaren Welle vakuumdicht abzudichten und dieses obere Ende mit der externen elektrischen Verdrahtung elektrisch zu verbinden, ein Kühlwasserabdichtungsmittel zur Verbindung mit der externen Brauchwasserverrohrung und ein Kühlwasserleitungsmittel, das wasserdicht mit dem Kühlwasserabdichtungsmittel verbunden ist und durch das die drehbare Welle koaxial geführt ist, um zu ermöglichen, dass sich die Welle in einem Gleitkontakt damit dreht, angebracht.

[0043] Diese Konstruktion ermöglicht, dass die Trägerplatte mittels der drehbaren Welle vertikal bewegt und gedreht wird, ohne eine Verdrehung einer Kühlwasserverrohrung oder der elektrischen Verdrahtung zu erzeugen.

[0044] Ferner kann in einer kombinatorischen Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung das Kühlwasserleitungsmittel vorzugsweise eine innere und eine äußere Kühlwasserleitung umfassen, die koaxial mit der drehbaren Welle angeordnet sind und einen einzelnen Kühlwasserdurchlass bilden.

[0045] Diese Konstruktion ermöglicht das Liefern von Kühlwasser, während die drehbare Welle, die sich vertikal bewegt und dreht, in ihrem vakuumdicht abgedichteten Zustand gehalten wird.

[0046] In einer kombinatorischen Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann eine Substratheizeinheit vorzugsweise auch einen Substratdrehmechanismus zum Drehen des Substralthalters umfassen.

[0047] Diese Konstruktion verbessert die Temperaturgleichmäßigkeit über einem Substrat, indem ermöglicht wird, dass sich der Substrathalter dreht.

[0048] Ferner können in einer kombinatorischen Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung die Substratheizeinheiten vorzugsweise drehbar sein und jeweils einen Substratdrehmechanismus umfassen, der eine Drehung von einer Antriebskraft vorsieht, um die Substratheizeinheiten umlaufen zu lassen.

[0049] Diese Konstruktion ermöglicht, dass eine einzelne Antriebskraft verwendet wird, um sowohl die Substratheizeinheiten zu drehen als auch den Subst-

rathalter zu drehen.

[0050] In einer kombinatorischen Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann eine Substratheizeinheit vorzugsweise auch einen Substratdrehmechanismus zum Drehen des Substrathalters in einer Vakuumkammer umfassen.

[0051] Diese Konstruktion ermöglicht, dass eine Substratheizeinheit und eine Bearbeitungskammer zusammen eine Vakuumkammer bilden, wobei der Druck und die Temperatur darin steuerbar sind, und dennoch ermöglicht wird, dass der Substrathalter gedreht wird.

[0052] Ferner können in einer kombinatorischen Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung die Prozessausführungskammern vorzugsweise eine Glühkammer zum Glühen von durch den Substrathalter gehaltenen Substraten, eine Vorheizkammer zum Vorheizen der durch den Substrathalter gehaltenen Substrate auf eine gegebene Temperatur in einem Hochvakuum und eine Wachstumskammer zum Ausbilden einer Dünnschicht auf dem durch den Substrathalter gehaltenen Substrat und eine Ätzkammer zum Ätzen eines Substrats mit der Dünnschicht, die dazu veranlasst wird, zu wachsen, und darauf ausgebildet wird, umfassen.

[0053] Diese Konstruktion ermöglicht die Durchführung von mehreren Prozessen nacheinander parallel.

[0054] In einer kombinatorischen Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann der Substrathalter vorzugsweise auch mit Öffnungen jeweils in Form eines Schlitzes ausgebildet sein, die so angeordnet sind, dass sie ein oder mehrere Substrate umgeben.

[0055] Diese Konstruktion ermöglicht die Verringerung eines Entweichens der Menge an Wärme vom Substrat und ermöglicht folglich, dass das Substrat gleichmäßig und effizient erhitzt wird.

[0056] Ferner kann in einer kombinatorischen Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung der Substrathalter vorzugsweise in Form einer Scheibe vorliegen, die innen hohl ist und deren Seitenwand mit einer ringförmigen Nut ausgebildet ist, die ermöglicht, dass der Substrathalter an einer Substratheizeinheit gehalten wird.

[0057] Diese Konstruktion ermöglicht das leichte Laden des Substrathalters in die Substratheizeinheit.

[0058] In einer kombinatorischen Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann der Substrathalter vorzugsweise auch einen Halterring mit einer abgestuften Kante in-

nen, dessen Seitenwand mit einer ringförmigen Nut ausgebildet ist, die ermöglicht, dass der Substrathalter an einer Substratheizeinheit gehalten wird, und eine Halterplatte in Form einer Scheibe, die auf der abgestuften Kante des Halterrings sitzen soll, um ein oder mehrere Substrate abzustützen, umfassen, wobei die Scheibenhalterplatte aus einem Material ausgebildet ist, das einen hohen Wärmeabsorptionswirkungsgrad auf ihrer Seite, die der Substratheizeinheit zugewandt ist, aufweist.

[0059] Diese Konstruktion, die ermöglicht, dass die erhitzte Halterplatte nur mit der abgestuften Kante des Halterrings in Kontakt steht, ermöglicht die Verringerung des Entweichens der Menge an Wärme durch Wärmeleitung und verbessert daher die Temperaturgleichmäßigkeit über der Halterplatte.

[0060] In einer kombinatorischen Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann die Halterplatte, die aus einem Material ausgebildet ist, das einen hohen Wärmeabsorptionswirkungsgrad aufweist, vorzugsweise ferner aus einer Inkonel-Platte mit einem bei hoher Temperatur oxidierten Oberflächenbereich bestehen.

[0061] Diese Konstruktion ermöglicht das effektive Erhitzen der Halterplatte. In einer kombinatorischen Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung umfassen die Substratheizmittel auch eine Lampenheizeinrichtung, wobei der Substrathalter und die Halterplatte so angeordnet sind, dass sie in einer Brennposition der Lampenheizeinrichtung liegen.

[0062] Diese Konstruktion ermöglicht, dass Wärmestrahlen, die auf den Substrathalter und die Halterplatte fokussiert werden, effektiv erhitzt werden.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0063] Die vorliegende Erfindung wird aus der folgenden ausführlichen Beschreibung und den hier beigefügten Zeichnungen besser verstanden, welche bestimmte erläuternde Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zeigen. In diesem Zusammenhang sollte beachtet werden, dass solche Ausführungsformen, die in den begleitenden Zeichnungen hiervon dargestellt sind, in keiner Weise die vorliegende Erfindung begrenzen sollen, sondern eine Erläuterung und ein Verständnis derselben erleichtern sollen.

[0064] [Fig. 1](#) ist eine schematische Ansicht, die eine kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0065] [Fig. 2](#) ist eine Erscheinungsbildansicht, die eine kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievor-

richtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0066] **Fig. 3** ist eine Erscheinungsbildansicht, die einen wesentlichen Abschnitt einer Wachstumskammer in einer kombinatorischen Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt, die eine unabhängige Vakuumkammer mit einer Substratheizeinheit und einer Wachstumskammer darstellt;

[0067] **Fig. 4** ist eine detaillierte Querschnittsansicht, die eine Substratheizeinheit gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt, die deren Zustand darstellt, in dem eine Trägerplatte zu ihrem unteren Ende in Druckkontakt mit einer Trennwand bewegt wurde;

[0068] **Fig. 5(a)** und **5(b)** sind eine perspektivische Erscheinungsbildansicht bzw. eine Querschnittsansicht, die einen Substrathalter darstellen;

[0069] **Fig. 6(a)** und **6(b)** sind eine perspektivische Erscheinungsbildansicht bzw. eine Querschnittsansicht, die eine Modifikation dieses Substrathalters darstellen;

[0070] **Fig. 7(a)** und **7(b)** sind eine perspektivische Erscheinungsbildansicht bzw. eine Querschnittsansicht, die einen alternativen Substrathalter darstellen;

[0071] **Fig. 8** ist eine Querschnittsansicht, die eine drehbare Welle gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0072] **Fig. 9** ist eine detaillierte Ansicht, die eine Rohr- oder Leitungsanordnung in der drehbaren Welle gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0073] **Fig. 10** ist eine Erscheinungsbildansicht einer Vorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung davon; und

[0074] **Fig. 11** ist eine detaillierte Ansicht, die eine Substratheizeinheit gemäß deren dritter Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

Beste Arten zur Ausführung der Erfindung

[0075] Nachstehend wird die vorliegende Erfindung im Einzelnen mit Bezug auf geeignete Ausführungsformen hiervon beschrieben, die in den Zeichnungen dargestellt sind. Obwohl die vorliegende Erfindung nachstehend in Bezug auf bestimmte erläuternde Ausführungsformen davon dargelegt wird, ist es für einen Fachmann leicht als offensichtlich zu erkennen, dass viele Abwechslungen davon, Auslassungen davon und Zusätze dazu vorgenommen werden können, ohne vom Wesentlichen des Schutzbereichs

reichs der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

[0076] Folglich sollte es selbstverständlich sein, dass die Erfindung nicht auf die nachstehend dargelegten speziellen Ausführungsformen davon begrenzt sein soll, sondern alle möglichen Ausführungsformen davon umfassen soll, die innerhalb des Schutzbereichs in Bezug auf die speziell in den beigefügten Ansprüchen dargelegten Merkmale hergestellt werden können, und alle Äquivalente davon einschließt.

[0077] Eine ausführliche Beschreibung wird zuerst in Bezug auf eine erste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gegeben, die für eine kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß dieser typisch ist.

[0078] **Fig. 1** ist eine schematische Ansicht, die eine kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt. Obwohl eine kombinatorische Laser-Molekularstrahl-Epitaxievorrichtung in **Fig. 1** dargestellt ist, um eine Dünnschicht-Wachstumsbewirkungsvorrichtung zu bilden, kann sie gegen eine kombinatorische Gasquellen-Organometallmolekularstrahl-Epitaxievorrichtung ausgetauscht werden.

[0079] Eine kombinatorische Molekularschicht-Epitaxiebildungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann als zwei alternative Formen verkörpert sein, die sich teilweise in der Konfiguration in Abhängigkeit von den zugeführten Rohmaterialien und von den herzustellenden Materialkomponenten unterscheiden, z. B. als kombinatorische Laser-Molekularstrahl-Epitaxievorrichtung, in der ein Rohmaterial im festen Zustand durch einen Impulslaserstrahl vergast wird, um zu ermöglichen, dass Molekularschichten epitaktisch für jede der Molekularschichten wachsen, und die folglich geeignet ist, um eine anorganische Überstruktur kombinatorisch zu synthetisieren, und eine kombinatorische Gasquellen-Organometallmolekularstrahl-Epitaxievorrichtung, die unter Verwendung eines Rohmaterials in einem gasförmigen oder vergastem Zustand, z. B. einer organometallischen Verbindung, geeignet ist, um eine metallische oder organische Überstruktur zu bilden, indem ermöglicht wird, dass Molekularschichten epitaktisch für jede der Molekularschichten wachsen. Die zwei Vorrichtungenformen können zueinander identisch sein, jedoch für verschiedene Weisen der Zuführung von Rohmaterialien.

[0080] Zuerst wird eine Erläuterung in Bezug auf eine kombinatorische Laser-Molekularstrahl-Epitaxievorrichtung gegeben.

[0081] Mit Bezug auf **Fig. 1** umfasst eine kombinatorische Laser-Molekularstrahl-Epitaxievorrichtung

gemäß dieser Ausführungsform eine Vakuumkammer **2**, eine Ultrahochvakuumpumpe **4** wie z. B. eine Turbomolekularpumpe, eine Ionenpumpe oder eine Kryopumpe, zum Auspumpen der Vakuumkammer **2** über ein Absperrventil (nicht dargestellt) auf ein Hochvakuum, einen drehbaren Substrathalter **6** zum Halten von mehreren Substraten **5** und eine Lampenheizeinrichtung **8**, die in einer Rückseite des Substrathalters **6** angeordnet ist, um die Substrate zu erhitzen.

[0082] Die Vorrichtung umfasst auch eine drehbare Welle **9**, die den Substrathalter **6** abstützt, drehbare Target-Tische **10** und **10**, die mit dem Substrathalter **6** nebeneinander gestellt sind oder diesem gegenüberliegen, mehrere verschiedene feste Rohmaterial-Targets **12**, die auf diese Target-Tische **10** und **10** geladen sind, Lichtquellen **14** und **14** für Excimerlaserstrahlen **13** und **13** zum Vergasen dieser Rohmaterial-Targets **12**, Linsen **15** und **15** zum Fokussieren dieser Laserstrahlen, Fenster **16** und **16** zum Einführen der Laserstrahlen in die Vakuumkammer **2**, eine Elektronenkanone **18** für eine Reflex-Hochenergie-Elektronenbeugungs-Analyse (nachstehend als "RHEED"-Analyse bezeichnet) für die unverzügliche oder sofortige [in der Hinsicht, dass sie in einem speziellen Moment stattfindet] Überwachung des epitaktischen Wachstums einer Molekularschicht auf einem Dünnschichtausbildungssubstrat und einen Bildschirm **17** zur RHEED-Analyse.

[0083] Eine Steuereinheit ist ferner enthalten, jedoch nicht gezeigt, die verwendet wird, um die Ruhepositionen und Drehwinkelpositionen des Substrathalters **6** und der Target-Tische **10** und **10** zu steuern. Die Steuereinheit ist auch dazu vorgesehen, spezielle Arten von Targets für und in Verbindung mit einem speziellen Substrat auszuwählen, auf dem ein Wachstum bewirkt werden soll, und ferner um eine Impulsdauer des gepulsten Bestrahlungsexcimerlasers zu steuern.

[0084] Die Ultrahochvakuumpumpe **4** sollte wünschenswerterweise eine Fähigkeit haben, die Vakuumkammer **2** auf einem Druck in der Größenordnung von 10^{-10} Torr zu halten. Die Vakuumkammer **2** ist auch so ausgelegt, dass ihr Druck durch Einstellung der Öffnung eines Ventils (nicht dargestellt) steuerbar ist. Es sollte ferner beachtet werden, dass die Ultrahochvakuumpumpe mit einer Drehpumpe als Unterstützungspumpe versehen ist.

[0085] Ein Substrat **5** wird, wenn es in einer Position liegt, in der auf diesem eine Dünnschicht wächst, durch die Lampenheizeinrichtung **8** erhitzt und es wird anderswo durch eine Vorheiz- oder Nachheiz-Lampenheizeinrichtung **7** erhitzt. Diese Lampen sind in der Umgebung des Substrathalters **6** angeordnet. Wahlweise kann eine Lampenheizeinrichtung im Substrathalter selbst angeordnet sein, in welchem

Fall sie einstellbar gemacht ist, um ein Substrat in einer Dünnschicht-Wachstumsposition auf eine Wachstumstemperatur zu erhitzen und es anderswo auf eine gegebene Temperatur zu erhitzen.

[0086] Obwohl in der in [Fig. 1](#) gezeigten Ausführungsform von der einzelnen Vakuumkammer für den Zweck des Bewirkens eines Dünnschichtwachstums und für den Vorheiz- oder Nachheizzweck allgemeiner Gebrauch gemacht wird, können einzeln eine Kammer zum Bewirken eines Wachstums von Dünnschichten auf Substraten und eine Kammer zum Vorheizen oder Nachheizen der Substrate separat und unabhängig als benachbart zueinander angeordnet vorgesehen sein.

[0087] Die Vakuumkammer ist zusätzlich dazu, dass sie ein Atmosphärenluft-Einlassmittel zum Wiederherstellen auf einen normalen Druck aufweist, einem Gaszufuhrsystem mit Düsen **19** zum Zuführen von Sauerstoff, Stickstoff und anderen reaktiven Gasen zum Bewirken eines epitaktischen Wachstums von auf Hochtemperatur-Supraleiter bezogenen Oxiden zugeordnet. In diesem Zusammenhang sollte beachtet werden, dass das Gaszufuhrsystem nur grob in [Fig. 1](#) dargestellt ist und normalerweise seine Operationen durch Massendurchflussmesser steuerbar sind und es auch in Zusammenhang mit dem Vakuumpumpensystem steuerbar ist.

[0088] Zur weiteren Erwähnung kann für die Substrate von $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, YSZ, MgO, SrTiO₃, LaAlO₃, NdGaO₃, YAlO₃, LaSrGaO₄, NdAlO₃, Y₂O₅, SrLaAlO₄, CaNdAlO₄, Si und Verbundhalbleitern Gebrauch gemacht werden.

[0089] Um RHEED-Oszillationen auf der Basis eines bewirkten Molekularschicht-Epitaxiewachstums zu erfassen und dennoch zu ermöglichen, dass das Molekularschicht-Epitaxiewachstum fortfährt, während die RHEED-Oszillationen überwacht werden, ist es im Übrigen äußerst wichtig, die Oberfläche eines Substrats auf einem atomaren Niveau zu glätten und eine äußerste Atomschicht zu identifizieren.

[0090] Hinsichtlich eines Perovskit-Oxids, das durch eine allgemeine Formel von ABO₃ ausgedrückt wird, in dem eine Atomschicht aus AO und eine Atomschicht aus BO₂ wiederholt sind, die, wenn AO, BO₂ oder sowohl AO als auch BO₂ gemeinsam existieren, die oberste Oberfläche bildet, macht beispielsweise einen Unterschied in der Art, in der eine Schicht darauf wächst.

[0091] Die oberste Oberfläche eines polierten SrTiO₃-Substrats besteht hauptsächlich aus TiO₂ mit einer Oberflächenrauheit von mehreren Nanometern. Das Nassätzen eines solchen SrTiO₃ (**100**) Substrats in einer HF/NH₃-Pufferlösung (pH = 4,5) macht seine Oberfläche auf einem atomaren Niveau flach und er-

möglich, dass seine äußerste Atomschicht aus einer TiO_2 -Schicht gebildet ist.

[0092] Ein Substrat, dessen Oberfläche auf einem atomaren Niveau geglättet ist, eignet sich zur Erfassung von RHEED-Oszillationen, die durch ein Wachstum einer einzelnen Molekularschicht verursacht werden.

[0093] Folglich verwendet diese Ausführungsform vorzugsweise ein Substrat, dessen Oberfläche auf einem atomaren Niveau geglättet ist und dessen äußerste Atomschicht spezifiziert wird.

[0094] Das feste Target-Material kann ein beliebiges Material sein, welches sich auch immer in einem festen Zustand zur Verwendung befindet. Solche verwendbaren Materialien umfassen Hochtemperatur-Supraleiter wie z. B. $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$, lumineszente Materialien wie z. B. ZnO , $(\text{ZnMg})\text{O}$, $(\text{ZnCd})\text{O}$, dielektrische oder ferroelektrische Materialien wie z. B. SrTiO_3 , BaTiO_3 , PZT und $(\text{SrBa})\text{TiO}_3$ und Materialien mit riesigem Magnetowiderstand wie z. B. $(\text{LaSr})\text{MnO}_3$.

[0095] Ferner kann von einem Ein- oder Mehrkomponentenoxid für die Zufuhr jeder einzelnen Komponente Gebrauch gemacht werden.

[0096] Als nächstes wird eine Erläuterung in Bezug auf einen Vorgang der Ausbildung einer Dünnschicht mit einer kombinatorischen Laser-Molekularstrahl-Epitaxiebildungsvorrichtung gegeben.

[0097] Der Druck in der Vakuumkammer **2** wird beispielsweise so gesteuert, dass er in der Größenordnung von 10^{-4} Torr liegt, ein Substrat **5** wird durch die Lampenheizeinrichtung **8** auf eine Wachstumstemperatur von z. B. 850°C erhitzt und der Substrathalter **6** wird rotiert oder gedreht, um das Substrat **5** in einer Wachstumsposition anzuordnen. Die Target-Tische **10** und **10** werden rotiert oder gedreht, um Targets **12** und **12** in gegebenen Positionen anzuordnen, wo sie dem Substrat gegenüberliegen. Die Targets **12** und **12** werden mit Excimerlaserstrahlen **13** und **13**, die z. B. gepulst sind, für eine gegebene Zeitdauer bestrahlt.

[0098] Die Excimerlaserstrahlen, die auf die Targets auftreffen, führen auf ihren Oberflächen sowohl einen abrupten Aufbau von Wärme als auch photochemische Reaktionen herbei und verursachen, dass Rohmaterialien explosiv vergast werden, was auf dem Substrat eine Dünnschicht bildet, die wie angestrebt zusammengesetzt ist. Dann der RHEED-Analysator, der in der Lage ist, an einem Spiegelreflexionspunkt davon Oszillationen zu beobachten, die einer Wiederholung einer Kernbildung und Abflachung für jede Schicht folgen, wobei streng eine Dicke der Schicht überwacht wird, die für jede einzelne monomolekula-

re Schicht selbststeuerbar ist.

[0099] Nach dem epitaktischen Wachstum einer Substanz, die die Dünnschicht mit der monomolekularen Schicht auf dem Substrat **5** bildet, werden die Target-Tische **10** und **10** gedreht, um die anderen Targets **12** und **12** in diesen gegebenen Positionen anzuordnen, um eine Dünnschicht einer Überstruktur einer anderen Substanz zu bewirken.

[0100] Nach dem Herstellen eines künstlichen Kristalls oder Übergitters mit einer neuen Gitterstruktur auf dem einen gegebenen Substrat wird der Substrathalter **6** zur Bearbeitung eines nächsten Substrats gedreht.

[0101] Wenn eine Epitaxiewachstumsschicht aus einem Supraleiter besteht, wird der Sauerstoffpartialdruck in der Vakuumkammer **2** eines Reaktionssystems erhöht, um erforderliche Oxidationsbedingungen zu erfüllen. In diesem Zusammenhang sollte beachtet werden, dass diese Ausführungsform der Erfindung eine erweiterte Druckverringerbarkeit bietet und ermöglicht, dass der Sauerstoffpartialdruck in einem erweiterten Bereich gesteuert wird.

[0102] Folglich ermöglicht eine kombinatorische Laser-Molekularstrahl-Epitaxievorrichtung gemäß dieser Ausführungsform der Erfindung, dass [mehrere Rohmaterialien] \times [mehrere Substrate] \times [Reaktionsparameter wie z. B. Temperatur, Druck und Fluss aus der Gasphase] unabhängig voneinander gesteuert oder ausgewählt werden und in einer beliebigen gewünschten Kombination zusammengestellt werden, und ist daher in der Lage, eine Gruppe von Substanzen zu erzeugen, die in einer einzelnen Reihe von Reaktionen zu einer systematisch gesteuerten Struktur zusammengebracht oder synthetisiert werden.

[0103] Als nächstes wird eine Erläuterung in Bezug auf eine kombinatorische Gasquellen-Organometallmolekularstrahl-Epitaxievorrichtung gegeben.

[0104] Dazu wird auf [Fig. 1](#) Bezug genommen, die verwendet wurde, um eine kombinatorische Laser-Molekularstrahl-Epitaxievorrichtung, wie vorstehend beschrieben, darzustellen, die jedoch eine Struktur aufweist, die einer Gasquellenspezies einer Ausführungsform der Erfindung ebenso stark gemeinsam ist.

[0105] Mit Bezug auf [Fig. 1](#) umfasst eine kombinatorische Gasquellen-Organometallmolekularstrahl-Epitaxievorrichtung gemäß dieser Ausführungsform eine Vakuumkammer **2** und ein Vakuumpumpensystem mit einer Ultrahochvakuumpumpe **4** wie z. B. einer Turbomolekularpumpe, einer Ionenpumpe oder einer Kryopumpe zum Auspumpen der Vakuumkammer **2** über ein Absperrventil (nicht dargestellt) auf ein Hochvakuum.

[0106] Die Vorrichtung umfasst auch einen drehbaren Substrathalter **6** zum Halten von mehreren Substraten **5** und eine Lampenheizeinrichtung **8**, die in einer Rückseite des Substrathalters **6** angeordnet ist, um die Substrate zu erhitzen, eine drehbare Welle **9**, die den Substrathalter **6** und die Lampenheizeinrichtung **8** abstützt, und Düsen **19**, die strömungsgesteuerte Ströme von mehreren reaktiven Gasen als Rohmaterialien wie z. B. organometallische Verbindungen auf ein Substrat aufbringen. Die Steuerung der Gasströmungen, ihre Einleitungs-Ein/Aus-Vorgänge und/oder Einleitungszeitpunkte können mit der Steuerung der Vakuumpumpe verbunden bewirkt werden.

[0107] In der kombinatorischen Gasquellen-Organometallmolekularstrahl-Epitaxievorrichtung, in der Rohmaterialien organometallische Gasquellenverbindungen sind, und Adsorptionsoberflächenreaktionen steuern, ist es wirksam, einen Laserstrahl als Sofortbeobachtungsmittel zum sofortigen Überwachen des epitaktischen Wachstums einer einzelnen Molekularschicht zu verwenden und folglich die wachsende Schicht mit einem Laserstrahl zu bestrahlen und Änderungen der Intensität des Laserstrahls zu überwachen.

[0108] Zur Überwachung des epitaktischen Wachstums jeder einzelnen Molekularschicht kann beispielsweise ein Reflexionsgrad-Differenz-Spektroskopieverfahren, in dem linear polarisiertes Licht zum Einfall auf ein Substrat in einem rechten Winkel zu diesem verwendet wird und die Anisotropie einer Oberflächenstruktur der Schicht im Wachstum aus Charakteristiken des reflektierten Lichts erfasst wird, oder ein Oberflächenlichtabsorptions- oder ein Oberflächenlicht-Interferometer-Verfahren, das Änderungen der Intensität des reflektierten Lichts aus Änderungen der Lichtabsorption oder optischen Phase bestimmt, die durch an der Oberfläche adsorbierte Atome oder Moleküle verursacht werden, verwendet werden.

[0109] Zur weiteren Erwähnung kann für die Substrate von einem Verbundhalbleitermaterial Gebrauch gemacht werden, das aus Elementen von z. B. Gruppen III bis V, Gruppen II bis V, Gruppen I bis VII, Gruppen II bis IV und Gruppen IV bis VI in irgendeiner von einer Vielfalt von möglichen Kombinationen besteht. Ferner können die Substrate anstelle eines solchen Verbundhalbleiters Si-Substrate (Siliciumsubstrate) sein.

[0110] Eine kombinatorische Gasquellen-Organometallmolekularstrahl-Epitaxievorrichtung ermöglicht, dass monomolekulare Schichten epitaktisch für jede der Schichten wachsen, die bei der Überwachung wachsen, und ist daher in der Lage, eine Gruppe von Substanzen zu erzeugen, die in einer einzelnen Reihe von Reaktionen zu einer hier wieder sys-

tematisch gesteuerten Struktur zusammengebracht oder synthetisiert werden.

[0111] Als nächstes wird eine Erläuterung in Bezug auf eine kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung der vorliegenden Erfindung gegeben, die in einer zweiten Ausführungsform davon implementiert wird.

[0112] [Fig. 2](#) ist eine Erscheinungsbildansicht, die eine kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0113] Eine kombinatorische Molekularepitaxievorrichtung **20**, die die zweite Ausführungsform darstellt, umfasst eine gemeinsame Kammer **22** und mehrere Bearbeitungskammern, die eine Wachstumskammer **24**, eine Glühkammer **26**, eine Vorheizkammer **28** und eine Substrathalter-Ladeschleusenkammer **34** umfassen. Diese Kammern **22**, **24**, **26**, **28** und **30** sind jeweils individuell vakuumdicht abgeschirmt oder abgedichtet, wobei Vakuumkammern gebildet werden, die unabhängig voneinander auf ein Hochvakuum ausgepumpt werden.

[0114] In der gemeinsamen Kammer **22** werden die Bearbeitungskammern, die durch die Wachstumskammer **24**, die Glühkammer **26** und die Vorheizkammer **28** gebildet sind, vakuumdicht abgeschirmt oder abgedichtet durch eine Trägerplatte **38** und beim Transport einer daran angebrachten Substrateinheit **36** in jede von diesen Bearbeitungskammern **24**, **26** und **28** mit dieser, und dann Verriegeln derselben.

[0115] Die Wachstumskammer **24** stellt eine Stufe bereit, in der eine Dünnschicht zum Wachsen auf einem Substrat veranlasst wird, die Glühkammer **26** eine Stufe, in der ein Substrat mit einer ausgebildeten Dünnschicht gegläht wird, und die Vorheizkammer **28** eine Stufe, in der ein Substrat in einer Hochvakuumatmosphäre gereinigt und vorgeheizt wird.

[0116] Obwohl die vorliegenden Ausführungsformen so gezeigt und beschrieben sind, um drei Prozesse nacheinander in diesen Stufen auszuführen, ist zu sehen, dass zusätzliche Stufen wie z. B. zum Ausführen von Prozessen zum Ätzen und Dotieren eines gegebenen Bereichs der Substrate. Dann werden fünf unabhängige Vakuumkammern eingeschlossen.

[0117] Das Zeichen "TMP" in [Fig. 2](#) steht für eine Turbomolekularpumpe typischerweise mit einer Drehpumpe als Unterstützungspumpe, durch die jede der Bearbeitungskammern auf ein Ultrahochvakuum über eine Absperrventileinheit (nicht dargestellt) ausgepumpt wird.

[0118] Jede der Vakuumkammern besitzt auch ei-

nen Innendruck, der durch eine Ventileinheit (nicht dargestellt) mit einer einstellbaren Ventilöffnung steuerbar ist, und kann mit einer weiteren Ventileinheit und einem Massendurchflussmesser (nicht dargestellt) versehen sein, um zu ermöglichen, dass Sauerstoff oder trockener Stickstoff in einer eingestellten Strömung eingelassen wird.

[0119] Die gemeinsame Kammer **22** ist so hergestellt, dass sie mit der Wachstumskammer **24**, der Glühkammer **26** und der Vorheizkammer **28** über Öffnungen **42, 42, 42**, die in einer Trennwand **39** ausgebildet sind, in Verbindung steht, von denen jede um sich eine ringförmige Nut aufweist, in die ein O-Ring **41** eingefügt ist. Ferner sind die Wachstumskammer **24**, die Glühkammer **26** und die Vorheizkammer **28** jeweils vakuumdicht abgedichtet oder abgeschirmt und werden fest an der Trennwand **39** gehalten.

[0120] In [Fig. 2](#) sind drei Substratheizeinheiten **36** in der gemeinsamen Kammer **22** gezeigt, die jeweils in einem zylindrischen Gehäuse **35** aufgenommen sind, das auch einen Substrathalter **48** und eine Aufspannvorrichtung **45** dafür sowie eine Lampenheiz-einrichtung **8** der Substratheizeinheit **36** aufnimmt (siehe [Fig. 4](#)).

[0121] Diese Substratheizeinheiten **36** sind jeweils an einem mit Flansch versehenen oberen Ende **31** des zylindrischen Gehäuses **35** an der Trägerplatte **38** vakuumdicht abgedichtet oder abgeschirmt und von dieser getragen sowohl für die Drehbeförderung als auch vertikale Bewegung durch eine drehbare Welle **43**.

[0122] Die drehbare Welle **43** ist so hergestellt, dass sie sich durch einen Drehantriebsmechanismus **60** dreht und sich durch einen Translationsbewegungs-Antriebsmechanismus **70** vertikal bewegt, beides in einem Zustand, in dem die gemeinsame Kammer **22** vakuumdicht abgeschirmt oder abgedichtet bleibt.

[0123] Das untere Ende des Gehäuses **35** ist ebenso mit einem Flansch **33** versehen, der, wenn die Trägerplatte **38** ihre Endposition erreicht, mit dem O-Ring **41** ([Fig. 4](#)), der in die ringförmige Nut um die Öffnung **42** in der Trennwand **39** eingefügt ist, in Druckkontakt gebracht wird, um das Gehäuse **35** vakuumdicht abgeschirmt oder abgedichtet, isoliert von der gemeinsamen Kammer **22** zu machen. Dann sind die Substratheizeinheiten **36, 36** und **36** und die Bearbeitungskammern, die aus der Wachstumskammer **24**, der Glühkammer **26** und der Vorheizkammer **28** bestehen, so beschaffen, dass sie ausgepumpt werden und ihr Innendruck gesteuert wird und unabhängig voneinander auf jeweilige gegebene Temperaturen erhitzt werden.

[0124] Wie in [Fig. 2](#) gezeigt, ist die Substrathal-

ter-Ladeschleusenkammer **34** über ein Absperrventil **46** an der gemeinsamen Kammer **22** angebracht und weist ein Lagergehäuse **49** auf, das darin angeordnet ist und das mehrere Substrathalter **48** trägt, die jeweils mit Substraten **5** beladen sind. Die Substrathalter-Ladeschleusenkammer **34** ist auch mit einem Klemmenelement **52** versehen, das von außen betätigbar ist, um einen Substrathalter **48** aus der Kammer **34** in die gemeinsame Kammer **22** in dem Zustand, in dem die Kammer **34** auf einem Hochvakuum gehalten wird, zur Aufnahme durch eine Aufspannvorrichtung **45** in der Substratheizeinheit **48** zu überführen.

[0125] Die Wachstumskammer **24** ist selbst identisch zu jener in der in [Fig. 1](#) gezeigten kombinatorischen Laser-Molekularstrahl-Epitaxievorrichtung konstruiert, außer dass nur eine Lampenheiz-einrichtung hier dafür vorgesehen ist.

[0126] Ferner sollte beachtet werden, dass in einer Laser-Molekularstrahl-Epitaxie, wie in [Fig. 2](#) gezeigt, eine Target-Ladeschleusenkammer **32** über ein Absperrventil **47** an der Wachstumskammer **24** befestigt ist und darin eine Platte **54** angeordnet ist, die mehrere Targets **12** trägt. Die Target-Ladeschleusen-kammer **32** ist einem Klemmenelement **56** zugeordnet, das von außen betätigbar ist, um ein Target **12** aus der Kammer **32** auf eine Target-Platte (nicht dargestellt) in dem Zustand, in dem die Kammer **32** auf einem Hochvakuum gehalten wird, zu überführen.

[0127] Als nächstes werden Details einer Wachstumskammer erwähnt.

[0128] [Fig. 3](#) ist eine Erscheinungsbildansicht, die wesentliche Abschnitte einer Wachstumskammer in einer kombinatorischen Laser-Molekularstrahl-Epitaxievorrichtung darstellt, die eine unabhängige Vakuumkammer darstellt, die aus einer Substratheizeinheit und einer Wachstumskammer konstruiert ist.

[0129] Wie in [Fig. 3](#) gezeigt, ist eine Vakuumkammer **100** mit einer Substratheizeinheit **36** und einer Wachstumskammer **24** eingerichtet, wobei die Substratheizeinheit **36** mit einer Trennwand (Darstellung weggelassen) in Druckkontakt gebracht ist. Mehrere Substrate **5** sind als durch einen Substrathalter **48** gehalten gezeigt, welcher drehbar getragen ist und an einer Substrathalter-Drehantriebseinheit **84** (in [Fig. 2](#) gezeigt) montiert ist.

[0130] Die Wachstumskammer **24** ist darin mit einem drehbaren Target-Tisch **10**, der gegenüber dem Substrathalter **48** angeordnet ist, und einer Maskierungsplatte **102**, die zwischen dem Substrathalter **48** und dem Target-Tisch **10** angeordnet ist, versehen. Die Maskierungsplatte **102** weist verschiedene darin ausgebildete Maskierungsmuster, z. B. von acht Typen, auf.

[0131] Obwohl die Maskierungsplatte als scheibenförmig gezeigt ist, kann sie als Alternative in Form einer Blende mit Blendenplatten, die von gegenüberliegenden Seiten beweglich sind, vorliegen. Dann wird eine solche Maskierungsplatte so getragen, dass sie sowohl drehbar als auch vertikal auf und ab bewegbar ist.

[0132] Mehrere Targets aus verschiedenen festen Rohmaterialien befinden sich auf dem Target-Tisch **10**. Die Vorrichtung umfasst ferner eine Lichtquelle oder einen Laser **14** für einen Excimerlaserstrahl **13** zum Verdampfen eines Target-Materials **12**, eine Linse **15** zum Fokussieren des Laserstrahls, ein Fenster **16** zum Einlassen des Laserstrahls in die Vakuumkammer **100**, eine Elektronenkanone **18** für eine Reflex-Hochenergie-Elektronenbeugungs-Analyse (nachstehend als "RHEED"-Analyse bezeichnet) und einen Bildschirm **17** für RHEED.

[0133] Der Target-Tisch **10** und der Maskierungstisch **102** werden jeweils so getragen, dass sie sowohl drehbar als auch vertikal auf und ab bewegbar sind, in dem Zustand des Haltens des Drucks der Wachstumskammer **24**, und sind mit Target-Tisch-Dreh- und -Translationsbewegungs-Antriebsmechanismen bzw. Maskierungsplatten-Dreh- und -Translationsbewegungs-Antriebsmechanismen versehen.

[0134] Insbesondere für den Maskierungs-Drehantriebsmechanismus wird von einem Schrittmotor Gebrauch gemacht, der mit Präzision angetrieben wird, um zu ermöglichen, dass eine Dünnschicht mit einer gesteuerten Schichtdicke in einem vorgewählten Bereich wächst.

[0135] Die Wachstumskammer **24** ist auch mit einem Atmosphärenluft- oder Stickstoff-Einlasssystem zum Wiederherstellen auf einen normalen Druck und einem Gaszufuhrsystem für Sauerstoff und reaktive Gase, die auf das Substrat durch Düsen zugeführt werden, wenn eine Hochtemperatur-Supraleiter-Oxidation bewirkt werden soll (kein System gezeigt), versehen.

[0136] Ferner ist die Ruheposition und die Winkelverlagerung von jedem des Substralthalters **48**, der Maskierungsplatte **102** und des Target-Tisches **10**, die rotiert oder gedreht werden, durch eine nicht gezeigte Steuereinheit steuerbar gemacht. Insbesondere ist veranlasst, dass die Steuereinheit auf ihre jeweiligen Drehantriebsmechanismen einwirkt, um zu ermöglichen, dass ein spezieller Typ von Target-Material und ein spezieller Typ von Maskierungsmuster **104** für ein gegebenes Substrat ausgewählt werden, auf dem und in einer gegebenen Position von welchem eine Dünnschicht wachsen soll, um zu ermöglichen, dass ein epitaktisches Wachstum für jede einzelne Molekularschicht sofort durch RHEED-Analyse überwacht

wird, und um zu ermöglichen, dass die Dauer eines gepulsten Bestrahlungs-Excimerlaserstrahls gemäß einer solchen Sofortüberwachung gesteuert wird.

[0137] Als nächstes wird eine Erläuterung eines Betriebs der kombinatorischen Laser-Molekularstrahl-Epitaxievorrichtung gemäß der beschriebenen zweiten Ausführungsform im Prozess der Ausbildung einer Dünnschicht auf einem Substrat gegeben.

[0138] Mit Bezug auf [Fig. 3](#) wird der Druck in der Vakuumkammer **100** auf ein Hochvakuum in der Größenordnung von z. B. 10^{-4} Torr gesteuert. Ein gegebenes Substrat **5** wird in einer Wachstumsposition durch Drehen des Substralthalters **6** angeordnet, oder während es durch die Lampenheizeinrichtung **8** auf eine Wachstumstemperatur, z. B. 850°C , erhitzt wird. Um diesem speziellen Substrat zu entsprechen, wird ein spezielles Maskierungsmuster durch den Maskierungsplatten-Drehantriebsmechanismus ausgewählt. Ein Target **12** wird so, dass es dem Substrat in seiner Wachstumsposition gegenüberliegt, in einer gegebenen entsprechenden Position durch Drehen des Target-Tisches **10** angeordnet und das Target **12** wird dann mit einem Excimerlaserstrahl, der z. B. gepulst ist, für eine vorbestimmte Zeitdauer bestrahlt. Nachbearbeitungsprozesse sind dieselben wie in der vorher beschriebenen ersten Ausführungsform.

[0139] Der vorstehend beschriebene Vorgang kann verwendet werden, um eine gegebene kombinatorische Synthese an mehreren Substraten mit einem festen Maskierungsmuster durchzuführen. Wenn mehrere Dünnschichten, die in der Zusammensetzung verschieden sind, auf mehreren gegebenen Bereichen eines Substrats ausgebildet werden sollen, oder Übergitter mit veränderlichen laminaren Strukturen auf einem Substrat hergestellt werden sollen, kann die Maskierungsplatte nacheinander verlagert werden, um verschiedene Maskierungsmuster in Position zu bringen, um gegebene Bereiche auf dem Substrat abzudecken und aufzudecken. Ferner ist die vorstehend erwähnte Maskierung unter Verwendung der Blendenplatten zum Abdecken und Aufdecken gegebener Bereiche auf dem Substrat möglich.

[0140] Die kombinatorische Laser-Molekularstrahl-Epitaxievorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform ermöglicht folglich, dass [mehrere Rohmaterialien] \times [mehrere Substrate] \times [Reaktionsparameter wie z. B. Temperatur, Druck und Fluss aus der Gasphase] unabhängig voneinander ausgewählt oder gesteuert werden und in einer beliebigen gewünschten Kombination zusammengestellt werden, und ist daher in der Lage, eine Gruppe von Substanzen in einer einzelnen Reihe von Reaktionen in eine systematisch gesteuerte Struktur zu synthetisieren oder zusammenzubringen.

[0141] Dennoch sollte beachtet werden, dass, ob-

wohl die Wachstumskammer vorstehend für die kombinatorische Laser-Molekularstrahlepitaxie beschrieben ist, die Wachstumskammer für die Gasquellen-Molekularstrahl-Epitaxie modifiziert wird, so dass sie ein Mittel zum Aufbringen einer organometallischen Gasquellenverbindung durch eine Düse auf jedes Substrat in einer gesteuerten Strömung als Rohmaterialvielfalt-Zufuhrmittel zum Zuführen eines eine Schicht bildenden Rohmaterials auf ein Substrat in einer Wachstumsposition im Substrathalter umfasst. Eine solche Modifikation stellt die für die erste Ausführungsform gezeigte und beschriebene Konstruktion dar.

[0142] **Fig. 4** ist eine detaillierte Querschnittsansicht, die eine Substratheizeinheit gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt, die die Trägerplatte darstellt, die in ihre Endposition bewegt wurde, um die Substratheizeinheit in Kontakt mit der Trennwand anzuordnen.

[0143] Wie in **Fig. 4** gezeigt, umfasst die Substratheizeinheit **36** ein zylindrisches Gehäuse **35**, dessen entgegengesetzte Enden mit Flanschen **31** und **33** versehen sind, einen Lampenhalter **82**, der über der Mittellinie des Gehäuses **35** angeordnet ist, und eine Lampenheizeinrichtung **8**, die am Lampenhalter **82** angebracht ist, sowie einen Substratdrehmechanismus zum Drehen des Substrathalters.

[0144] Die Lampenheizeinrichtung **8** muss gekühlt werden, um ihre Sicherheit und Temperaturstabilität sicherzustellen. Dazu weist die Lampenheizeinrichtung eine Wasserkühlrohrleitung **201** auf, die von der Substratheizeinheit geführt ist und über eine Massekopfvereinigung **203**, die an der Trägerplatte **38** vakuumdicht abgedichtet ist, mit einer Kühlwasserzirkulationsverrohrungsanordnung **200** verbunden ist, die so angeordnet ist, dass sie die drehbare Welle **43** umgibt, und eine Kühlwasserzufuhr- und -rückführrohrleitung **202** und **202** aufweist.

[0145] Für die Lampenheizeinrichtung ist ein Elektrodenstecker **101** als an der Trägerplatte **38** vakuumdicht abgedichtet vorgesehen. Obwohl hier nicht gezeigt, wird jedoch später im Einzelnen beschrieben, sind eine elektrische Leistungsversorgungsverdrahtung für die Lampenheizeinrichtung **8**, Signalleitungen für Temperatursteuerthermoelemente und so weiter für die Lampenheizeinrichtung so geführt, dass sie durch das Innere der drehbaren Welle **43** verlaufen, und zu ihrer Außenseite als vakuumdicht abgedichtet geführt.

[0146] Der Substratdrehmechanismus umfasst ein Substrathalter-Drehelement **84**, das außerhalb des Lampenhalters **82** angeordnet ist, und eine Aufspannvorrichtung **45**, die am Drehelement **84** angebracht ist, um den Substrathalter **48** in einem Brennpunkt zu positionieren, der von der Lampenhei-

zeleinrichtung **8** bereitgestellt wird.

[0147] Das Substrathalter-Drehelement **84** umfasst an seinem oberen Ende ein drehbares Zahnrad **83** in Eingriff mit einem Zahnrad **85**, das an einem Ende einer drehbaren Welle **86** befestigt ist, die an ihrem anderen Ende ein drehbares Zahnrad **88** in Eingriff mit einem drehbaren Zahnrad **65** aufweist. Ferner ist das Substrathalter-Drehelement an seinem unteren Ende mit einem Lager **87** versehen.

[0148] Als nächstes wird ein Substrathalter erwähnt.

[0149] **Fig. 5(a)** und **5(b)** stellen einen Substrathalter in einer perspektivischen Erscheinungsbildansicht bzw. in einer Querschnittsansicht dar. **Fig. 5(b)** stellt auch eine Orientierung des Substrathalters relativ zur Lampenheizeinrichtung **8** dar.

[0150] Mit Bezug auf **Fig. 5** liegt der gezeigte Substrathalter in Form einer Scheibe vor, die mit einem hohlen Inneren **311** ausgebildet ist und seitlich eine ringförmige Aussparung **310** aufweist, um den Substrathalter in der Aufspannvorrichtung **45** zu halten. Auf einer Oberfläche des Substrathalters sind auf seiner Seite gegenüber seiner hohlen oder unteren offenen Seite mehrere Substrate **5** angebracht. Das hohle und untere offene Innere ist so vorgesehen, dass es eine geeignete Tiefe aufweist, so dass ermöglicht wird, dass die Substrate wirksam und dennoch in einem Ausmaß erhitzt werden, das ausreicht, um die Verformung des Substrathalters zu verhindern. Obwohl Substrate als in mehrfacher Anzahl angebracht gezeigt sind, sollte ferner beachtet werden, dass nur ein Substrat angebracht sein kann. Wenn mehrere Substrate angebracht sind, ist es bevorzugt, dass sie entlang eines Kreises oder Kreisen auf der Scheibenoberfläche um ihre Mitte angeordnet sind.

[0151] Ein solcher Substrathalter mit einem mäßig hohlen Inneren verhindert die Verformung seines Körperabschnitts und ermöglicht dennoch eine effektive Erwärmung von Substraten.

[0152] **Fig. 6(a)** und **6(b)** stellen einen Substrathalter, der eine Modifikation des Substrathalters von **Fig. 5(a)** und **5(b)** darstellt, in einer perspektivischen Erscheinungsbildansicht bzw. in einer Querschnittsansicht dar. **Fig. 6(b)** zeigt auch eine Lampenheizeinrichtung **8**.

[0153] Wie in **Fig. 6(a)** und **6(b)** gezeigt, ist ein modifizierter Substrathalter **308** mit mehreren Öffnungen **309** in Form von Schlitzen ausgebildet, die so angeordnet sind, dass sie einen zentralen Bereich der Scheibe, in dem ein Substrat **5** angeordnet ist, umgeben. Mit einem solchen Substrathalter **308** wird ein Substrat **5** durch Fokussieren von Wärmestrahlen, die von der Lampenheizeinrichtung **8** emittiert wer-

den, auf eine Substrathalteroberfläche, auf der das Substrat **5** abgestützt ist, erhitzt. Obwohl das Substrat durch Wärmeleitung in einem Abschnitt des Substrathalters, der durch die Schlitzöffnungen **309** definiert ist, erhitzt wird, wird festgestellt, dass die Anwesenheit dieser Öffnungen **309** die Entweichung von geleiteter Wärme von diesem Abschnitt weg verringert. Ferner sollte beachtet werden, dass Substrate nicht einzeln sein müssen, sondern mehrere sein können. Wenn mehrere Substrate angebracht sind, können die Schlitzöffnungen **309** entweder nur sie umgebend oder um sie ausgebildet sein.

[0154] Ein solcher Substrathalter **308** ermöglicht, dass ein oder mehrere Substrate wirksam erhitzt werden, und erhöht die Gleichmäßigkeit der Erhitzungstemperatur.

[0155] Fig. 7(a) und 7(b) zeigen eine alternative Form der vorstehend beschriebenen Substrathalter in einer perspektivischen Erscheinungsbildansicht bzw. in einer Querschnittsansicht. Fig. 7(b) stellt auch eine Orientierung des alternativen Substrathalters relativ zur Lampenheizeinrichtung **8** dar.

[0156] Mit Bezug auf Fig. 7(a) und 7(b) umfasst der alternative Substrathalter **48** einen Halterring **320**, dessen äußere Umfangswand mit einer ringförmigen Aussparung **310** zum Halten des Substrathalters in einer Aufspannvorrichtung **45** ausgebildet ist und dessen innere Umfangswand mit einer inneren abgestuften Kante oder einem Schulterabschnitt endet, an der bzw. dem eine Halterplatte **330** innerhalb des Halterrings **320** und in Kontakt mit einem außen begrenzten Bereich sitzt.

[0157] Ein solcher Substrathalter **48** ist, wenn er an der Aufspannvorrichtung **45** angebracht ist, so orientiert, dass die Halterplatte **330** in einem Brennpunktbereich der von der Lampenheizeinrichtung emittierten Wärmestrahlen angeordnet wird. Es sollte ferner beachtet werden, dass die Halterplatte **330** an ihrer Seitenwand mit winzigen Vorsprüngen **315** mit abgerundeten Enden ausgebildet sein kann, so dass sie bündig in den Halterring **320** eingefügt werden kann.

[0158] Die Halterplatte **330** ist vorteilhafterweise auch aus einem Material ausgebildet, das einen hohen Wärmeabsorptionswirkungsgrad aufweist. Ferner ist ein oxidiertes oder Oxidmaterial auf der Scheibenoberfläche, die der Lampenheizeinrichtung **8** zugewandt ist, ausgebildet, um den Wärmeabsorptionswirkungsgrad der Halterplatte **330** zu maximieren. Wenn die Lampenheizeinrichtung beispielsweise aus einer Infrarotheizeinrichtung gebildet ist, ist es erwünscht, dass die Halterplatte aus Inkonel besteht und ihre Oberfläche dann bei einer hohen Temperatur um 1000°C oxidiert wird, um ein Oxid **313** zu bilden, das schwarz gefärbt ist, so dass es einen maximalen Wärmeabsorptionswirkungsgrad besitzt.

[0159] Ein so konstruierter Substrathalter ermöglicht, dass seine Halterplatte durch eine Lampenheizeinrichtung mit einem maximalen Wärmewirkungsgrad erhitzt wird, und minimiert das Entweichen von geleiteter Wärme vom Umfangsbereich der Halterplatte. Folglich hat er den Effekt, dass er die Halterplattentemperatur gleichmäßig macht.

[0160] Eine Erläuterung in Bezug auf einen Drehantriebsmechanismus zum Drehen der Trägerplatte und einen Translationsbewegungs-Antriebsmechanismus zum translatorischen vertikalen Bewegen der Trägerplatte wird als nächstes gegeben.

[0161] Mit Bezug auf Fig. 2 ist ein Drehantriebsmechanismus **60** zum Drehen der Trägerplatte **38** gezeigt, der einen Motor **61**, der an einer Translationsbewegungsplatte **72** montiert ist, eine Welle **62** zur Übertragung einer Antriebskraft des Motors **61**, und ein Antriebszahnrad **64**, das an einem Endabschnitt der Welle **62** befestigt ist, umfasst. Das Antriebszahnrad **64** steht mit dem drehbaren Zahnrad **65**, das für die Drehwelle vorgesehen ist, zur Übertragung der Drehantriebskraft auf diese in Eingriff.

[0162] Ferner sollte beachtet werden, dass veranlasst ist, dass die Drehwelle **62** durch das Innere eines flexiblen Rohrs **82** verläuft, das so enthalten ist, dass es eine Vakuumabschirmung zwischen dem Bewegungstisch **72** und der Wachstumskammer **22** bereitstellt.

[0163] Mit Bezug auf Fig. 2 und Fig. 4 besitzt die drehbare Welle **43** an ihrem Endabschnitt ein Stützelement **92**, das an dieser befestigt ist und das die Trägerplatte **38** mittels mehrerer Halterwellen **91** daran befestigt. Und das drehbare Zahnrad **65** ist mit dem Stützelement **92** so gekoppelt, dass es relativ dazu mit einem gegebenen Drehmoment über ein Lager **93** drehbar ist.

[0164] Mit Bezug auf Fig. 2 umfasst der Translationsbewegungs-Antriebsmechanismus **70** einen Träger **73**, der an einer oberen Abdeckung oder Oberseite **71** der gemeinsamen Kammer **22** befestigt ist, eine Drehwelle **75**, die mit einem Motor **74** so gekoppelt ist, dass sie durch diesen zur Drehung angetrieben wird, und die Translationsbewegungsplatte **72**, die translatorisch in vertikalen Richtungen bewegt werden soll, wenn die Drehwelle **75** gedreht wird. Die drehbare Welle **42** erstreckt sich durch das Innere des flexiblen Rohrs **83**, das enthalten ist, um eine Vakuumabschirmung oder -abdichtung zwischen der Translationsbewegungsplatte **72** und der Wachstumskammer **22** vorzusehen, ist durch eine magnetische Abschirmungseinheit **77** magnetisch abgeschirmt, die an der Translationsbewegungsplatte **72** angebracht ist, und ist dadurch drehbar abgestützt. Die magnetische Abschirmungseinheit ist hier vorgesehen, um die drehbare Welle mittels eines Magnet-

fluids vakuumdicht abzuschirmen.

[0165] Als nächstes wird ein Betrieb zuerst des Translationsbewegungs-Antriebsmechanismus erwähnt.

[0166] Mit Bezug auf [Fig. 2](#) und [Fig. 4](#) wird, wenn die Translationsbewegungsplatte **72** in einer oberen Startposition angeordnet wird, die Drehwelle **75** durch den Motor **74** gedreht, um zu bewirken, dass sich die Platte **72** absenkt. Dann schrumpfen die flexiblen Rohre **82** und **83**. Wenn sich die Platte **72** absenkt, senkt sich die drehbare Welle **43** ab. Und eine fortgesetzte Absenkung der drehbaren Welle **43** bringt den Flansch **33** der Substratheizeinheit **36**, die an der Transportplatte **38** angebracht ist, mit dem O-Ring **41** in Druckkontakt, wobei die Substratheizeinheit somit zu einem Stillstand kommt.

[0167] Folglich wird jede der Vakuumkammern an der Substratheizeinheit **36** vakuumdicht abgeschirmt oder abgedichtet, was dann ermöglicht, dass sie unabhängig ausgepumpt werden und hinsichtlich des Drucks gesteuert werden und jeweils auf eine gegebene Temperatur erhitzt werden.

[0168] Als nächstes wird eine Erläuterung in Bezug auf Operationen der Transportplatte und des Substratdrehantriebsmechanismus gegeben.

[0169] Mit Bezug auf [Fig. 2](#) und [Fig. 4](#) wird, wenn die Translationsbewegungsplatte **72** in ihrer oberen Startposition liegt, eine vom Motor **61** gelieferte Drehantriebskraft auf die Welle **62** übertragen, um das Antriebszahnrad **64** zu drehen. Das Antriebszahnrad **64** dreht, wenn es gedreht wird, das drehbare Zahnrad **65** und wiederum die drehbare Welle **43**, was bewirkt, dass sich die Trägerplatte dreht und dadurch die Substratheizeinheit **36** dreht. Dann wird bewirkt, dass sich das drehbare Zahnrad **88** dreht, wobei der Drehantrieb über die Drehwelle **86** auf das Drehzahnrad **83** übertragen wird, um das Substrathalter-Drehelement **85** zu drehen und folglich den Substrathalter **48** zu drehen. In diesem Zusammenhang sollte beachtet werden, dass jede der drehbaren Welle **43**, der Drehwelle **62** und der Drehwelle **86** zur Drehung in dem Zustand veranlasst werden, in dem jede in ihrer jeweiligen Vakuumkammer vakuumdicht abgeschirmt oder abgedichtet ist.

[0170] Daher ist es nicht nur möglich, die Substratheizeinheit an der Trägerplatte zu irgendeiner gegebenen der Vakuumkammern zu transportieren, sondern es ist auch möglich, den Substrathalter **48** zu drehen.

[0171] Wenn die Trägerplatte **38** translatorisch in ihre untere Endposition bewegt wurde, wobei die Substratheizeinheit von der gemeinsamen Kammer isoliert vakuumdicht abgeschirmt gehalten wird, er-

möglicht die Substratheizeinheit, die in Druckkontakt mit dem O-Ring verriegelt ist (daher wird die drehbare Welle vom weiteren Absenken abgehalten und somit verriegelt), dass das drehbare Zahnrad **65** mit der Drehantriebskraft, die von der Drehwelle **62** übertragen wird, relativ zur drehbaren Welle über das Lager **93** gedreht wird und das drehbare Zahnrad **88** und wiederum das Substrathalter-Drehelement **85** dreht, wodurch der Substrathalter **48** gedreht wird.

[0172] Folglich kann der Substrathalter in irgendeiner der Vakuumkammern in Drehung versetzt werden.

[0173] Als nächstes wird eine Erläuterung in Bezug auf die drehbare Welle gegeben.

[0174] [Fig. 8](#) stellt in einer Querschnittsansicht die drehbare Welle zur Verwendung in der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar.

[0175] Mit Bezug auf [Fig. 8](#) verläuft die drehbare Welle **43** durch ein Zentrum der kombinatorischen Molekularschicht-Epitaxievorrichtung **20** gemäß der zweiten Ausführungsform und erstreckt sich über die gemeinsame Kammer unter einem Vakuum und eine Außenseite davon unter einem Atmosphärendruck.

[0176] Das obere Ende der drehbaren Welle **43** ist dicht mit einem Gleitring **301** zur Vakuumabschirmung oder -abdichtung abgedichtet. Elektrische Drähte, die durch das innere der drehbaren Welle geführt sind, sind mit einer Verbindung des Gleitrings **301** verbunden, die an der drehbaren Welle befestigt ist, und die axiale Bewegung damit in Gleitkontakt mit ihrem oberen festen Entnahmeteil stellen die elektrische Verbindung sicher.

[0177] Die Verwendung eines Gleitrings ermöglicht folglich, dass die elektrischen Drähte, die durch das Innere der drehbaren Welle geführt sind, durch Gleitkontakt mit einem externen elektrischen System verbunden werden, selbst wenn die drehbare Welle gedreht und axial bewegt wird.

[0178] Daher ist kein Verdrehen der elektrischen Drähte eine Begleiterscheinung, selbst wenn eine solche Welle gedreht und axial bewegt wird.

[0179] [Fig. 9](#) stellt Details der drehbaren Welle in der zweiten Ausführungsform mit Fluiddurchlässen zum Kühlen einer Lampenheizeinrichtung dar.

[0180] Mit Bezug auf [Fig. 9](#) ist die drehbare Welle **43** mit einer inneren und einer äußeren Kühlwasserleitung **401** und **403** koaxial versehen. Kühlwasser wird von einer Kühlwassereinlassöffnung **402** einer Kühlwasser-Dichtungseinheit **405** in die innere Kühlwasserleitung **401** eingeleitet. Das Kühlwasser fließt durch eine Auslassöffnung **404** in einem En-

dabschnitt der drehbaren Welle **43** aus und dann an den Kühlwasserfluiddurchlässen der Lampenheizrichtung **201** und **202** (Fig. 2) vorbei und wird durch eine Rückführungseinlassöffnung **406** zurückgeführt. Das Rückführungswasser wird durch die äußere Leitung **403** geleitet und durch eine Ablassöffnung **408** einer Kühlwasser-Dichtungseinheit **408** abgelassen. Ferner sollte beachtet werden, dass die Kühlwasser-Dichtungseinheiten **405** und **407** miteinander verbunden und am Träger (Fig. 3) befestigt sind. Die Kühlwasser-Dichtungseinheiten **405** und **407** sind wasserdicht mit O-Ringen **409** abgedichtet.

[0181] Folglich begleitet eine Drehung dieser Leitungen, die an der drehbaren Welle getragen sind, keine Verdrehung der Kühlwasserleitungen.

[0182] Als nächstes wird eine Erläuterung in Bezug auf einen Betrieb in einem Prozess durch eine Vorrichtung der zweiten Ausführungsform der Erfindung gegeben. Es sollte beachtet werden, dass für die Wachstumskammer ein Beispiel eines Laser-Molekularstrahl-Epitaxiesystems genommen wird und spezielle angegebene Bedingungen nur für die Erläuterung dienen.

[0183] Unter einem gegebenen Druck und bei der Raumtemperatur wird die Trägerplatte **38** in ihrer oberen Startposition angeordnet und ein erster Substrathalter **48** wird in die Aufspannvorrichtung **45** geladen. Dann wird die Trägerplatte **38** abgesenkt, um die jeweiligen Substratheizeinheiten **36** mit ihren entsprechenden O-Ringen **41** in Druckkontakt zu bringen und sie zu einem Stillstand zu bringen. Die Vorheizkammer **28** wird auf einem Hochvakuum, z. B. auf 10^{-6} Torr, gehalten, in der eine Reinigung durchgeführt wird, und die Temperatur wird mit einer Rate von $10^{\circ}\text{C}/\text{Minute}$ bis auf 950°C erhöht.

[0184] Beim Ablauf einer gegebenen Zeitdauer, während die Temperatur von jeder der Substratheizeinheiten unverändert gehalten wird, werden die gemeinsame Kammer und jede der Vakuumkammern auf einen gegebenen Druck zurückgebracht und die Trägerplatte **38** wird in ihre obere Startposition bewegt. Dann wird die Trägerplatte **38** gedreht, um die Substratheizeinheit **36**, die mit dem ersten Substrathalter **48** beladen ist, in eine Position über der Wachstumskammer **24** zu transportieren. In dieser Stufe wird ein zweiter Substrathalter **48** mit als nächstes zu bearbeitenden Substraten in die Aufspannvorrichtung **45** einer anderen Substratheizeinheit **36** geladen oder wurde in diese geladen, welche der Vorheizkammer **28** bei der Raumtemperatur entspricht, nämlich von jeder Substratheizeinheit **36**, bei der die Lampenheizrichtung **8** abgeschaltet ist.

[0185] Die Trägerplatte **38** wird dann abgesenkt, um die Vakuumkammern voneinander zu isolieren. Die Wachstumskammer **24** wird ausgepumpt und auf ei-

nem Hochvakuum, z. B. auf 10^{-4} Torr, gehalten und erhitzt und auf eine Temperatur von 950°C erhitzt gehalten, in welchem Zustand ein Laser-Molekularstrahl-Epitaxiewachstum darin durchgeführt wird. In dieser Stufe wird die Vorheizkammer **28** auf einem Hochvakuum von 10^{-6} Torr gehalten und erhitzt, um ihre Temperatur mit einer Rate von $10^{\circ}\text{C}/\text{Minute}$ bis auf 950°C zu erhöhen.

[0186] In der Wachstumskammer **24** kann das Molekularschicht-Epitaxiewachstum für individuelle monomolekulare Schichten bewirkt werden, um eine Überstruktur oder ein Übergitter nacheinander auf jedem der Substrate auszubilden, indem ermöglicht wird, dass der Substrathalter gedreht wird. Danach werden jede der Vakuumkammern und die gemeinsame Kammer **22** auf einen gegebenen Druck zurückgebracht, während die eingestellte Temperatur von 950°C aufrechterhalten wird. Dann wird die Trägerplatte **38** wieder in ihre obere Startposition bewegt und ihre Drehung folgt, um die Substratheizeinheit **36**, die mit dem ersten Substrathalter **48** beladen ist, in eine Position über der Glühkammer **26** zu transportieren. In dieser Stufe wird oder wurde ein dritter Substrathalter **48** in die Aufspannvorrichtung **45** der Substratheizeinheit **36** geladen, die der Vorheizkammer **28** entspricht.

[0187] Die Trägerplatte **38** wird dann wieder abgesenkt, um die Vakuumkammern voneinander zu isolieren. Die Glühkammer **28** wird im Druck verringert und auf einem Druck von z. B. 1 Torr gehalten und von einer Temperatur von z. B. 950°C mit einer Kühlrate von $10^{\circ}\text{C}/\text{Minute}$ für eine gegebene Zeitdauer zum Glühen abgekühlt. In der Glühkammer wird eine Steuerung durchgeführt, um den Sauerstoffpartialdruck optimal zu machen. Nachdem die Lampenheizrichtung **8** abgeschaltet ist, um die Glühkammer auf Raumtemperatur zu bringen, werden jede der Vakuumkammern und die gemeinsame Kammer **22** auf einen gegebenen Druck gebracht, während die anderen Substratheizeinheiten **36** und **36** auf 950°C belassen werden. In diesem Zustand wird die Trägerplatte **38** in ihre obere Startposition bewegt und wird dann gedreht, um sie in ihre Ruheposition zurückzubringen. Der Substrathalter mit den Substraten mit jeweils dem epitaktischen Wachstum wird entfernt und in das Lagergehäuse **49** transportiert. Dann wird die Aufspannvorrichtung **45** der Substratheizeinheit **36** mit einem neuen, vierten Substrathalter beladen, der mit zu bearbeitenden Substraten beladen ist.

[0188] Die vorstehend beschriebene Ausführungsform der Erfindung ermöglicht folglich ebenso, dass [mehrere Rohmaterialien] \times [mehrere Substrate] \times [Reaktionsparameter wie z. B. Temperatur, Druck und Fluss aus der Gasphase] unabhängig voneinander ausgewählt oder gesteuert werden und in einer beliebigen gewünschten Kombination zusammengestellt werden, und ist daher in der Lage, in einer ein-

zelen Reihe von Reaktionen eine Gruppe von Substanzen zu einer systematisch gesteuerten Struktur zu synthetisieren oder zusammenzubringen.

[0189] Überdies wird eine Anordnung geschaffen, in der die Wachstumskammer **24** zum Ausbilden von monomolekularen Epitaxiewachstumsschichten auf Substraten, die Glühkammer **28** zum Glühen des auf Substraten ausgebildeten Dünnschichtwachstums und die Reinigungskammer **28** zum Vorreinigen von Substraten jeweils entsprechenden Heizeinheiten **36**, **36** und **36** zugeordnet sind, und die den Druck und die Temperaturen für jedes der Kammer/Einheits-Paare, folglich für ein Paar unabhängig vom anderen, individuell steuerbar gemacht hat. Folglich ist es möglich gemacht, Substrate ohne den Bedarf für die Kühlung oder Temperaturverringerung zu transportieren und die aufeinander folgenden Prozesse nacheinander oder ohne Unterbrechung auszuführen.

[0190] Als nächstes wird eine Erläuterung einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gegeben.

[0191] [Fig. 10](#) stellt die dritte Ausführungsform in ihrer Erscheinungsbildansicht dar.

[0192] In der dritten Ausführungsform verwendet die Erfindung eine Konstruktion, in der Heizeinheiten nicht auf einem Kreis, sondern in einer Reihe angeordnet sind und Vakuumkammern so entsprechend den Heizeinheiten angeordnet sind. Dennoch sollte beachtet werden, dass die Substrathalter-Ladeschleusenkammer und so weiter weggelassen sind.

[0193] Wie in [Fig. 10](#) gezeigt, umfasst eine kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der dritten Ausführungsform **400** eine gemeinsame Kammer **422**, in der Substratheizeinheiten **436** in ihre jeweiligen Bearbeitungskammern transportiert werden, die aus einer Vorheizkammer **410**, einer Wachstumskammer **412**, einer Ätzkammer **414** und einer Glühkammer **416** gebildet sind, und jeweils damit verriegelt werden. Jede der Prozesskammern wird dadurch vakuumdicht abgeschirmt oder abgedichtet, um eine unabhängige Vakuumkammer zu bilden, die ein unabhängiges Auspumpen auf ein gegebenes Hochvakuum ermöglicht.

[0194] Die gemeinsame Kammer **422** ist so ausgelegt, dass sie mit der Vorheizkammer **410**, der Wachstumskammer **412**, der Ätzkammer **414** und der Glühkammer **413** durch ihre jeweiligen Öffnungen **42**, die in einer Trennwand **439** ausgebildet sind, in Verbindung steht, von denen jede einen O-Ring aufweist, der in eine ringförmige Nut eingefügt ist, die um sie ausgebildet ist. Ferner ist jede der Vakuumkammern an der Trennwand **439** vakuumdicht abgedichtet und dadurch sicher gehalten.

[0195] Die Substratheizeinheiten **436** werden durch eine Trägerplatte **438** getragen, die so ausgelegt ist, dass sie durch vertikal bewegliche Wellen **401** und **401** vertikal bewegt wird, und z. B. an einer Kettenfördereinrichtung abgestützt sind, um sich entlang eines schleifenförmigen Weges **402** zu bewegen, der in der Trägerplatte **438** ausgebildet ist. Es sollte ferner beachtet werden, dass ein Motor **429** vorgesehen ist, um die Substratheizeinheiten **436** entlang des schleifenförmigen Kettenförderweges **402** zu befördern, und Motoren **421** auch vorgesehen sind, um die in den Substratheizeinheiten **436** gehaltenen Substrathalter jeweils zu drehen.

[0196] [Fig. 11](#) stellt in einer etwas detaillierten Ansicht eine Substratheizeinheit in der dritten Ausführungsform der Erfindung dar, in der dieselben Bezugszeichen wie in [Fig. 2](#) verwendet Teile oder Komponenten darstellen, die jenen in der zweiten Ausführungsform gemeinsam sind.

[0197] Mit Bezug auf [Fig. 11](#) wird die Substratheizeinheit in der dritten Ausführungsform **436** durch die Trägerplatte **438** mittels einer Welle **406** getragen und ist mit einem Drehantriebsmechanismus zum Drehen des Substrathalters in einer Konfiguration, wie in [Fig. 2](#) gezeigt, versehen. Der Motor **421** zum Aufbringen einer Drehantriebskraft auf die Drehwelle **86** ist an einer Oberseiten- oder oberen Abdeckung **418** getragen.

[0198] Als nächstes wird ein Betrieb der dritten Ausführungsform erwähnt.

[0199] Die Trägerplatte **438** wird abgesenkt, um den Flansch **33** der Substratheizeinheit **436** mit dem O-Ring an der Trennwand in Druckkontakt zu bringen.

[0200] Der zusammengedrückte O-Ring bewirkt, dass die Substratheizeinheit zu einem Stillstand kommt. In dieser Stufe wird oder wurde jede der Vakuumkammern vakuumdicht abgedichtet, individuell auf ein gegebenes Vakuum mit gesteuertem Druck ausgepumpt und wird oder wurde auf eine gegebene Temperatur unabhängig voneinander erhitzt.

[0201] Anschließend wird veranlasst, dass sich die Trägerplatte **438** anhebt und in ihrer oberen Startposition zu einem Stillstand kommt, was ermöglicht, dass sich die Substratheizeinheiten horizontal zur Positionierung über ihren jeweiligen Vakuumkammern bewegen. Bei der Bewegung der Substratheizeinheiten wird der Substrathalter gedreht und eine gegebene Temperatur wird dafür gehalten.

[0202] Diese Anordnung ermöglicht hier wiederum, dass jede der Vakuumkammern gegenüber ihrem Erwärmungsgegenstück vakuumdicht abgeschirmt oder abgedichtet wird, individuell auf ein gegebenes

Vakuum mit gesteuertem Druck ausgepumpt wird und unabhängig voneinander auf eine gegebene Temperatur erhitzt wird.

[0203] Es sollte in Verbindung mit dem Obigen beachtet werden, dass die Wachstumskammer eine Konstruktion wie in der ersten oder zweiten Ausführungsform aufweisen kann.

Industrielle Anwendbarkeit

[0204] Wie aus der vorangehenden Beschreibung ersichtlich ist, ist eine kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung als Epitaxievorrichtung für monomolekulare Schichten äußerst nützlich, um eine effiziente Suche nach einem Material oder einer Substanz effizient in einer kurzen Zeitdauer durchzuführen.

Patentansprüche

1. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung, die umfasst:
eine gemeinsame Kammer, deren Innendruck steuerbar ist; ein oder mehrere transportierbare Substratheizeinheiten mit einem Substrathalter zum Halten eines oder mehrerer Substrate in der gemeinsamen Kammer; und eine oder mehrere Prozessausführungskammern, deren Innendruck steuerbar ist und die so vorgesehen sind, dass sie den Substratheizeinheiten entsprechen,
wobei die Prozessausführungskammern eine Wachstumskammer, die Rohmaterialvielfalt-Zufuhrmittel zum Zuführen von Rohmaterialien auf ein durch eine Substratheizeinheit gehaltenes Substrat, ein Gaszufuhrmittel zum Zuführen eines Gases auf eine Oberfläche des Substrats und ein Sofortbeobachtungsmittel zum sofortigen Beobachten des epitaktischen Wachstums monomolekularer Schichten für jede der Schichten auf der Substratoberfläche besitzt,
wodurch es möglich ist, systematisch in Übereinstimmung mit Angaben der Sofortbeobachtungsmittel die Wachstumstemperatur, den Druck und die Zufuhr der Rohmaterialien für jedes der Substrate zu steuern und eine Gruppe von Substanzen herzustellen, deren epitaktisches Wachstum in einer individuellen monomolekularen Schicht hervorgerufen wird und die für jedes der Substrate zusammengebracht werden.

2. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohmaterialvielfalt-Zufuhrmittel ein Laser-Molekularstrahl-Epitaxiemittel zum Verdampfen mehrerer Targets unterschiedlicher fester Rohmaterialien mit einem Excimer-Laser und zum Bilden einer Dünnschicht mit einer Zusammensetzung, die auf jedem der Substrate angestrebt wird, enthält.

3. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohmaterialvielfalt-Zufuhrmittel ein Laser-Molekularstrahl-Epitaxiemittel enthält und ein Substrat aus einem Material zusammengesetzt ist, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, YSZ, MgO, SrTiO₃, LaAlO₃, NdGaO₃, YAlO₃, LaSrGaO₄, NdAlO₃, Y₂O₅, SrLaAlO₄, CaNdAlO₄, Si und Verbundhalbleitern besteht.

4. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohmaterialvielfalt-Zufuhrmittel ein Laser-Molekularstrahl-Epitaxiemittel enthält und die festen Rohmaterialien des Targets Substanzen enthalten, die so beschaffen sind, dass sie ein Material bilden, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus einem Hochtemperatur-Supraleiter, einem lumineszenten Material, einem dielektrischen Material, einem ferroelektrischen Material, einem Material mit riesigem Magnetwiderstand und einem Oxidmaterial besteht.

5. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohmaterialvielfalt-Zufuhrmittel einen Target-Drehtisch, der drehbar unterstützt und vertikal beweglich ist, um Targets zu tragen, und ein Maskierungsplattenmittel, das zwischen den Targets und den Substraten angeordnet und drehbar unterstützt und vertikal beweglich ist, umfasst.

6. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Maskierungsplattenmittel mehrere Maskierungsplatten mit unterschiedlichen Maskierungskonfigurationen, die nacheinander austauschbar sind, während ein epitaktisches Wachstum erfolgt, umfasst.

7. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Maskierungsplattenmittel eine Maske enthält, die in Bezug auf die Substrate horizontal beweglich und so beschaffen ist, dass sie das Substrat und/oder einen gegebenen Bereich hiervon mit der beweglichen Maske abdeckt oder aufdeckt.

8. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohmaterialvielfalt-Zufuhrmittel ein Laser-Molekularstrahl-Epitaxiemittel umfasst und das Sofortbeobachtungsmittel ein Reflex-Hochenergieelektronenstrahl-Beugungsanalysemittel umfasst.

9. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung ferner eine Target-Ladeschleusenkammer zum Laden von Targets in die

Wachstumskammer umfasst.

10. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohmaterialvielfalt-Zufuhrmittel ein Gasquellen-Molekularstrahl-Epitaxiemittel umfasst, das so beschaffen ist, dass es einen strömungsgeordneten Strom einer gasförmigen organometallischen Verbindung durch ein Düsenmittel auf jedes der Substrate sprüht und dadurch zuführt.

11. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohmaterialvielfalt-Zufuhrmittel ein Gasquellen-Molekularstrahl-Epitaxiemittel umfasst und das Sofortbeobachtungsmittel ein optisches Mittel umfasst, das Beobachtungen auf der Grundlage von Reflexionsgrad-Differenzspektroskopie- und/oder Oberflächenlichtabsorptions- und/oder Oberflächenlicht-Interferometer-Prozessen ausführt.

12. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 10 und 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohmaterialvielfalt-Zufuhrmittel ein Gasquellen-Molekularstrahl-Epitaxiemittel umfasst und die Substrate solche Substrate umfassen, die aus Si oder einem Verbundhalbleiter aufgebaut sind.

13. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Substrate ein Substrat umfassen, dessen Oberfläche auf atomarem Niveau geglättet ist und dessen äußerste Atomschicht identifiziert wird.

14. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die gemeinsame Kammer mit einer Substrathalter-Ladeschleusenkammer versehen ist, um die Substrathalter in einem Zustand, in dem für sie ein Hochvakuum aufrechterhalten wird, auszutauschen.

15. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Substratheizeinheit so beschaffen ist, dass sie mit ihrer entsprechenden Prozessausführungskammer in Kontakt ist, um diese vakuumdicht abzudichten, wobei die Substratheizeinheit und die Prozessausführungskammer dann eine Vakuumkammer mit unabhängig steuerbarem Druck bilden.

16. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach Anspruch 1 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Substratheizeinheiten gemeinsam so beschaffen sind, dass sie um eine Trägerplatte gedreht und durch diese vertikal bewegt werden können, um so in Zuordnung zu den Prozessausführungskammern nacheinander transportiert zu werden.

17. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach Anspruch 1, ferner gekennzeichnet durch eine drehbare Welle in Form eines röhrenförmigen Zylinders, der mit einer elektrischen Verdrahtung und einer Brauchwasser-Verrohrung außerhalb der gemeinsamen Kammer verbunden und so beschaffen ist, dass er in einem Zustand, in dem das gemeinsame Kammermittel unter Vakuum gehalten wird, gedreht und vertikal bewegt werden kann, wobei eine Kühlwasser-Verrohrung, die in einem Bereich jeder der Substratheizeinheiten angeordnet ist, mit der Brauchwasser-Verrohrung verbunden ist, und eine Trägerplatte, deren Zentrum so angeordnet ist, dass es mit einer Drehachse der drehbaren Welle zusammenfällt.

18. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass an der Drehwelle ein Gleitring, der so beschaffen ist, dass er ein oberes Ende der Drehwelle vakuumdicht abdichtet und das obere Ende elektrisch mit der externen elektrischen Verdrahtung verbindet, ein Kühlwasser-Abdichtungsmittel für die Verbindung mit der externen Brauchwasser-Verrohrung und ein Kühlwasser-Leitungsmittel, das mit dem Kühlwasser-Abdichtungsmittel wasserdicht verbunden ist und durch die die Drehwelle koaxial verläuft, damit sich die Welle in Gleitkontakt hiermit drehen kann, befestigt sind.

19. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Kühlwasser-Leitungsmittel eine innere und eine äußere Kühlwasser-Leitung umfasst, die koaxial zu der Drehwelle angeordnet sind und einen einzigen Kühlwasserdurchlass bilden.

20. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach einem der Ansprüche 1 und 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass eine Substratheizeinheit einen Substratdrehmechanismus zum Drehen des Substralthalters enthält.

21. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach einem der Ansprüche 1 und 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Substratheizeinheiten drehbar sind und jede von ihnen einen Substratdrehmechanismus enthält, der eine Drehung anhand einer Antriebsleistung zum Umlaufenlassen der Substratheizeinheiten bereitstellt.

22. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 15 bis 18, 21 und 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Substratheizeinheit einen Substratdrehmechanismus umfasst, um den Substrathalter in der Vakuumkammer zu drehen.

23. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

net, dass die Prozessausführungskammern eine Glühkammer zum Glühen von durch Substrathalter gehaltenen Substraten, eine Vorheizkammer zum Vorheizen der durch die Substrathalter gehaltenen Substrate auf eine gegebene Temperatur in einem Hochvakuum und eine Wachstumskammer zum Bilden einer Dünnschicht auf den durch die Substrathalter gehaltenen Substraten sowie eine Ätzkammer zum Ätzen des Substrats mit der Dünnschicht, die zu einem Wachstum veranlasst und darauf gebildet ist, umfassen.

24. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 14 und 20 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Substrathalter mit Öffnungen ausgebildet ist, wovon jede die Form eines Schlitzes hat und so angeordnet ist, dass sie eines oder mehrere Substrate umgeben.

25. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 14 und 20 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Substrathalter die Form einer Scheibe hat, die innen hohl ist und in deren Seitenwand eine ringförmige Nut ausgebildet ist, die ermöglicht, dass der Substrathalter auf der Substratheizeinheit gehalten werden kann.

26. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 14 und 20 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Substrathalter einen Halterring, der innen eine gestufte Kante besitzt und in dessen Seitenwand eine ringförmige Nut ausgebildet ist, die ermöglicht, dass der Substrathalter auf der Substratheizeinheit gehalten werden kann, und eine Halterplatte in Form einer Scheibe, die auf der gestuften Kante des Halterrings zu liegen kommen soll, um ein oder mehrere Substrate auf ihrer der Substratheizeinheit zugewandten Seite zu unterstützen, umfasst, wobei die Scheibenhalterplatte aus einem Material hergestellt ist, das einen hohen Wärmeabsorptionswirkungsgrad besitzt.

27. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Halterplatte, die aus dem Material mit hohem Wärmeabsorptionswirkungsgrad gebildet ist, durch eine Inkonel-Platte, wovon ein Oberflächenbereich bei hoher Temperatur oxidiert worden ist, gebildet ist.

28. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach einem der Ansprüche 1 und 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Substratheizmittel eine Lampenheizvorrichtung umfasst.

29. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass der Substrathalter so angeordnet ist, dass er an einer Fokussierungsposi-

tion der Lampenheizvorrichtung liegt.

30. Kombinatorische Molekularschicht-Epitaxievorrichtung nach Anspruch 26 oder Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Halterplatte so angeordnet ist, dass sie an einer Fokussierungsposition der Lampenheizvorrichtung, die die Substratheizeinheit bildet, liegt.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

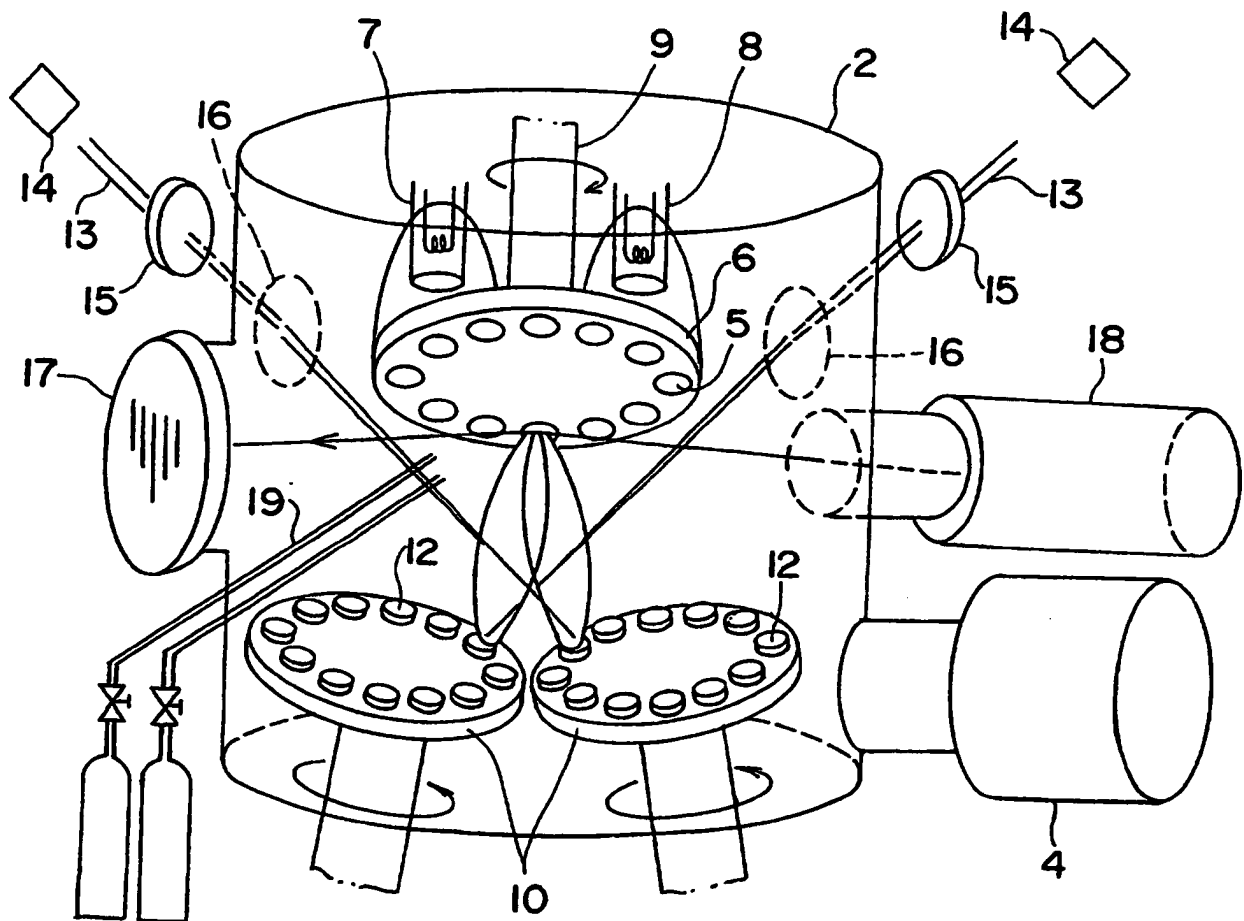


FIG. 2

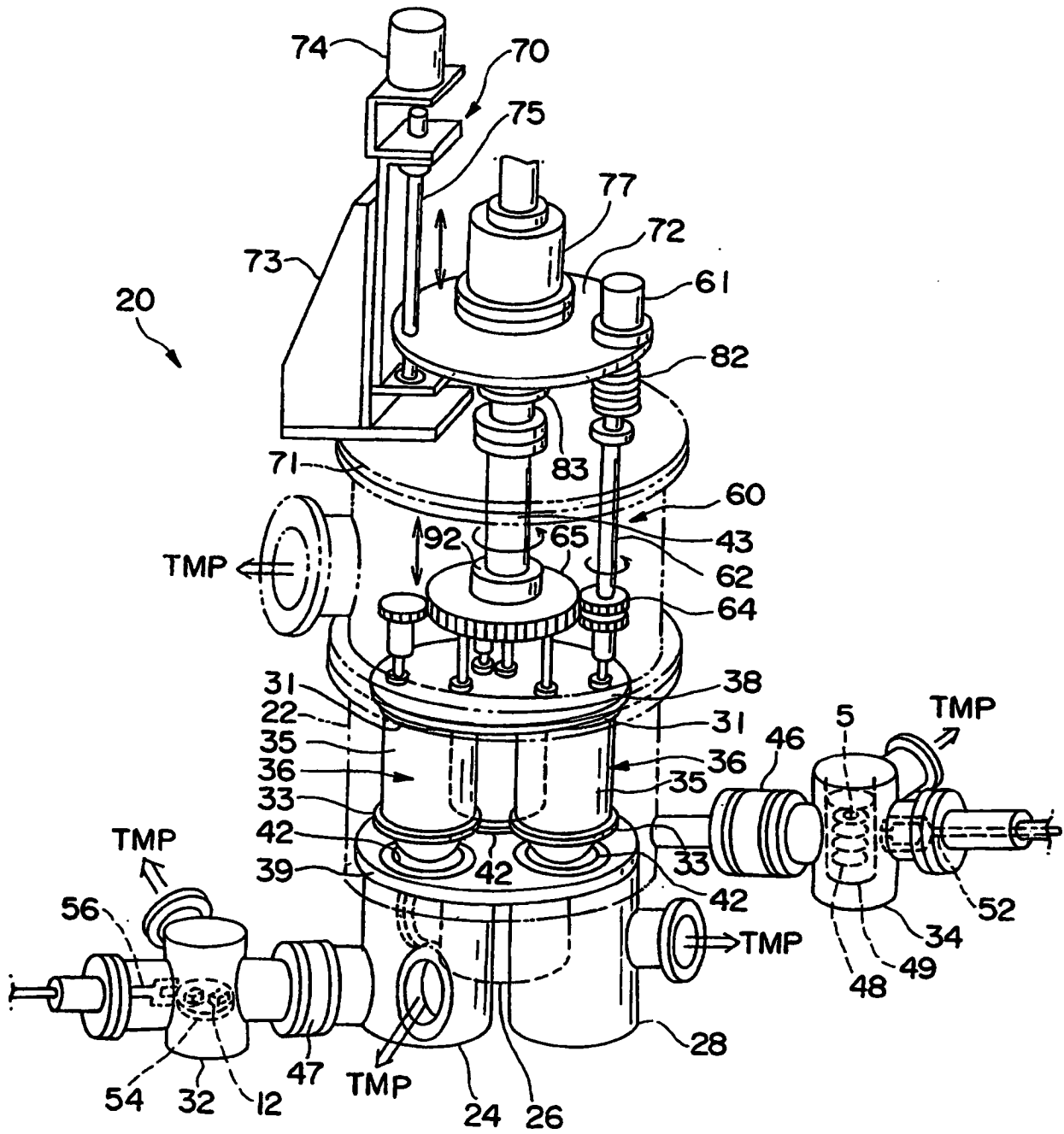


FIG. 3

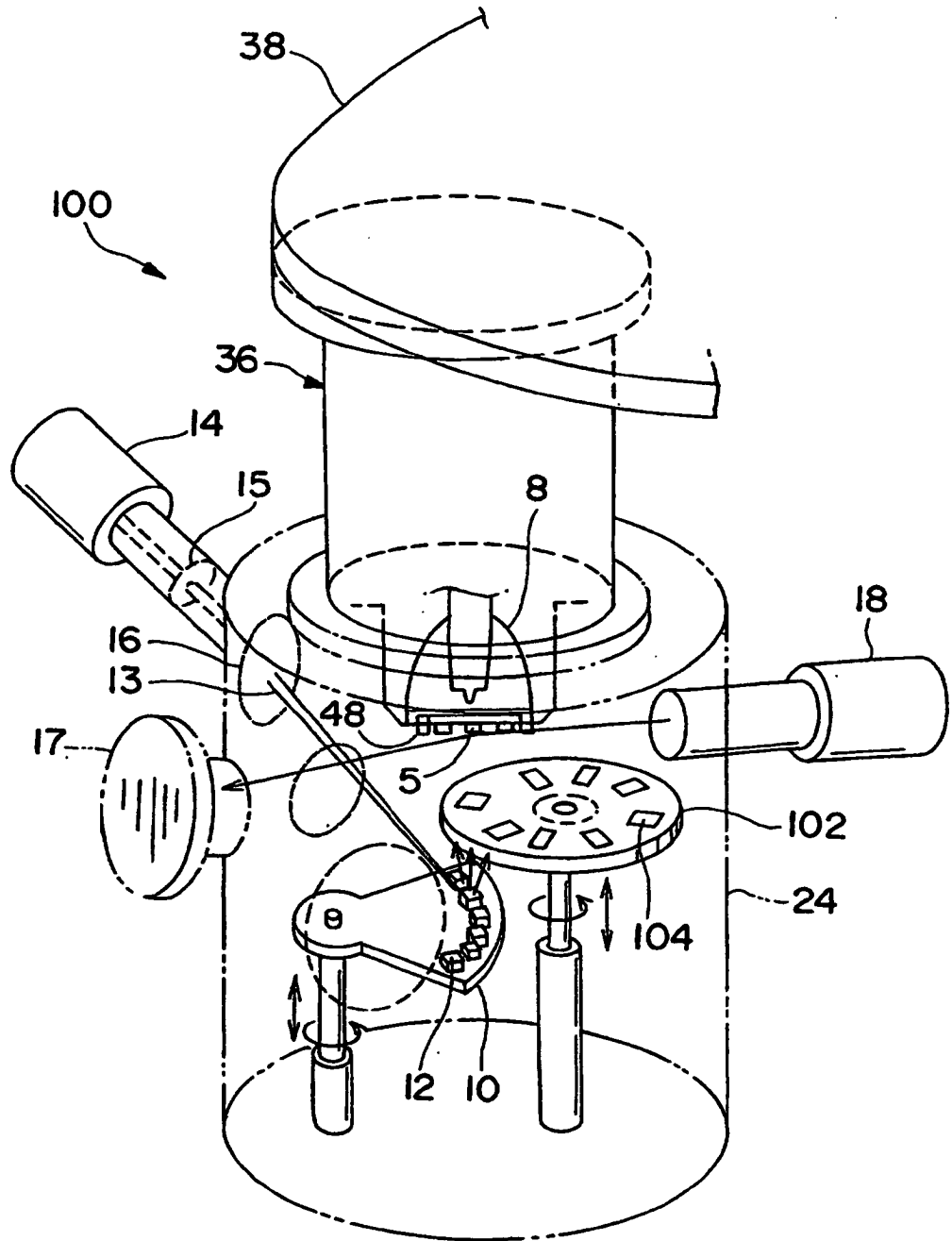


FIG. 4

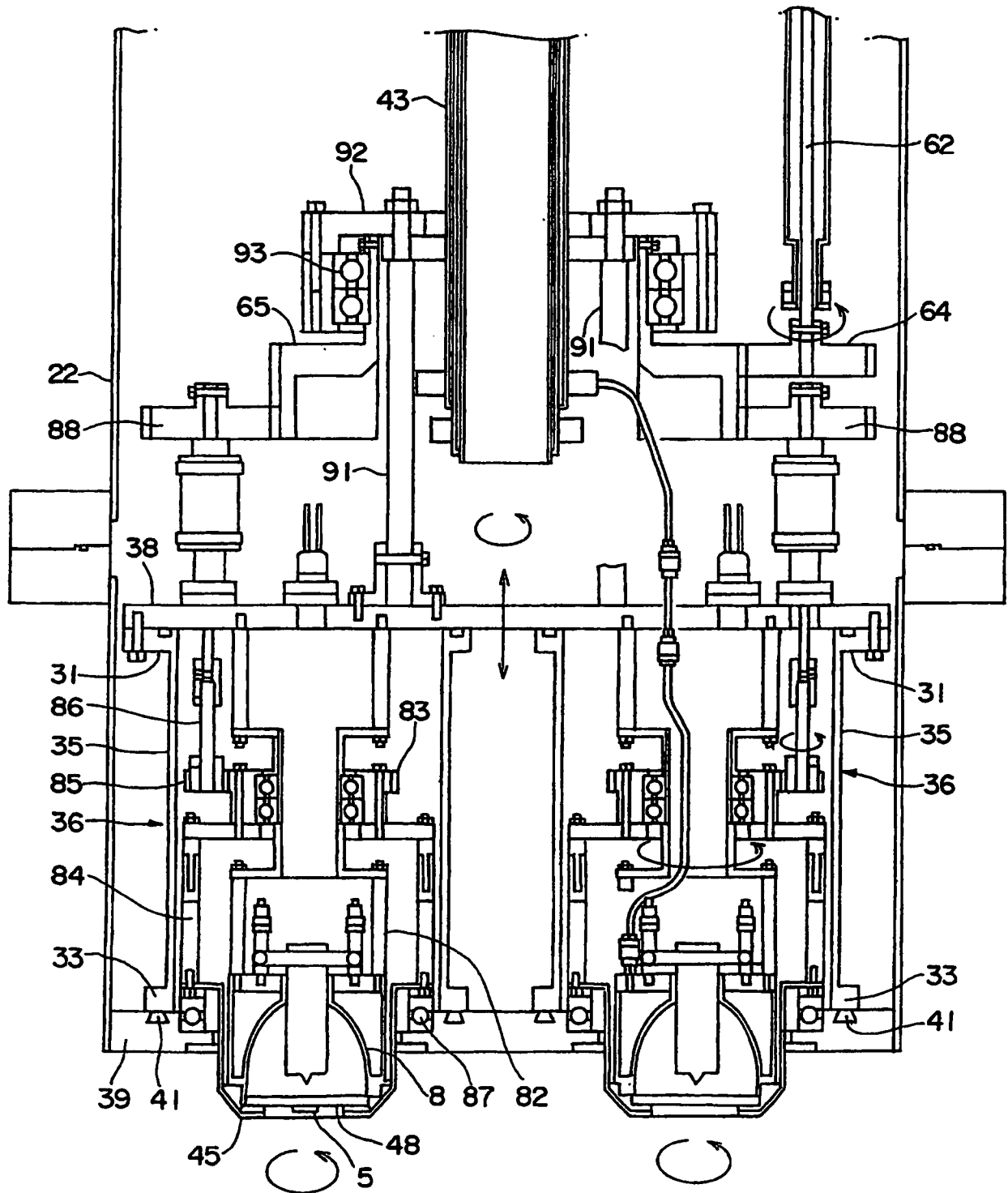
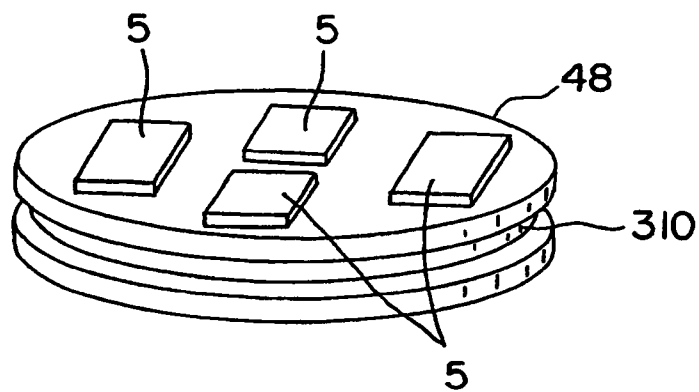
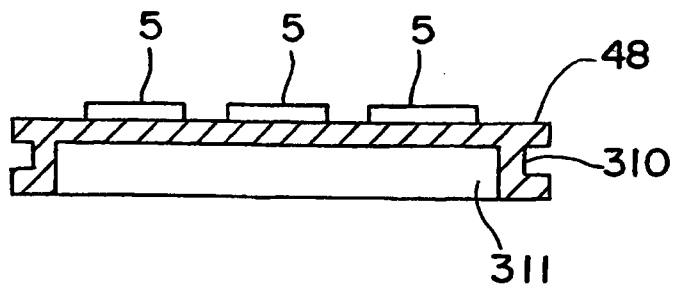


FIG. 5

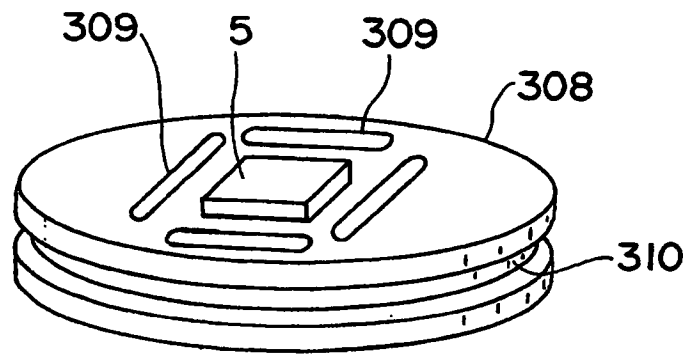


(a)

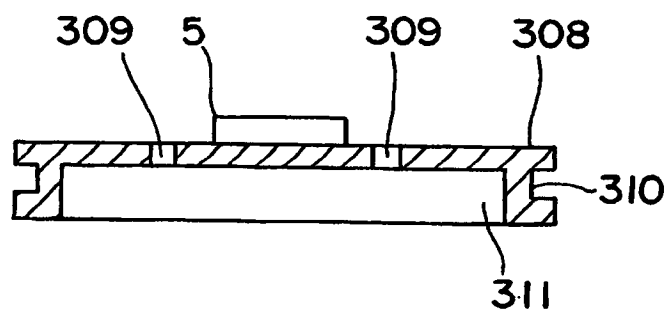


(b)

FIG. 6



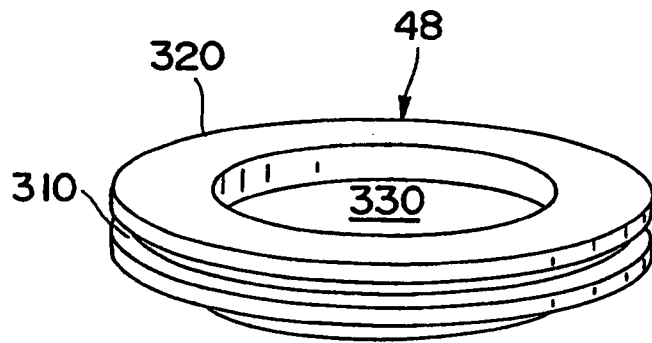
(a)



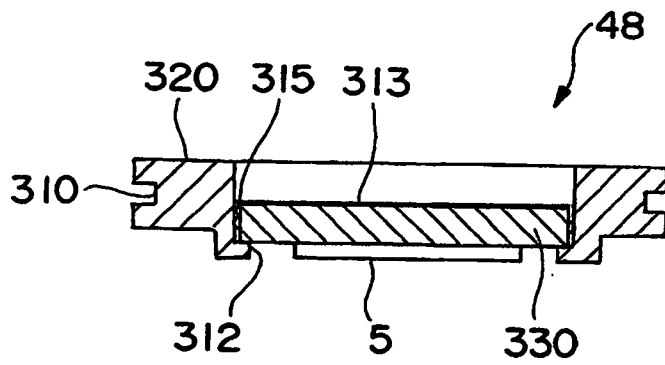
(b)



FIG. 7



(a)



(b)

FIG. 8

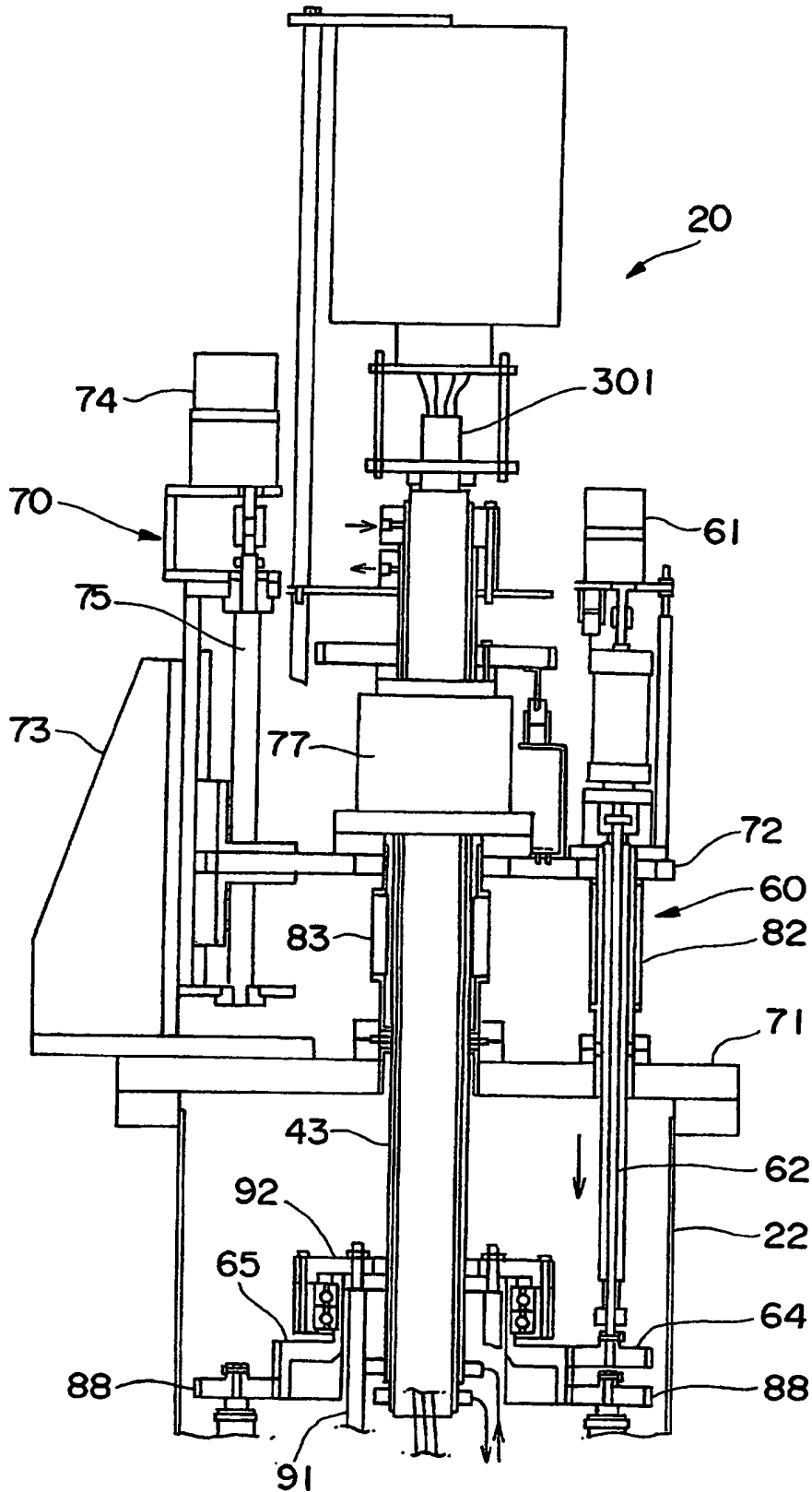


FIG. 9

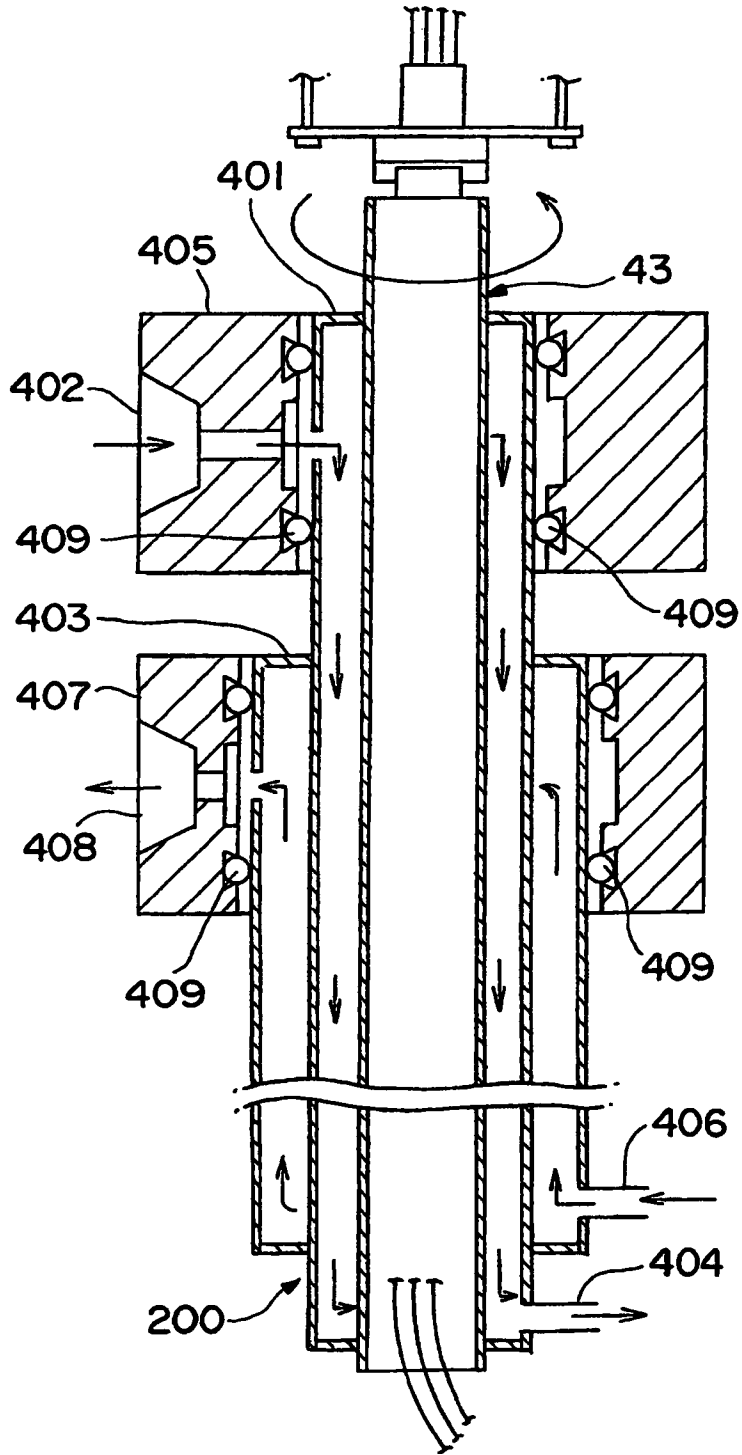


FIG. 10

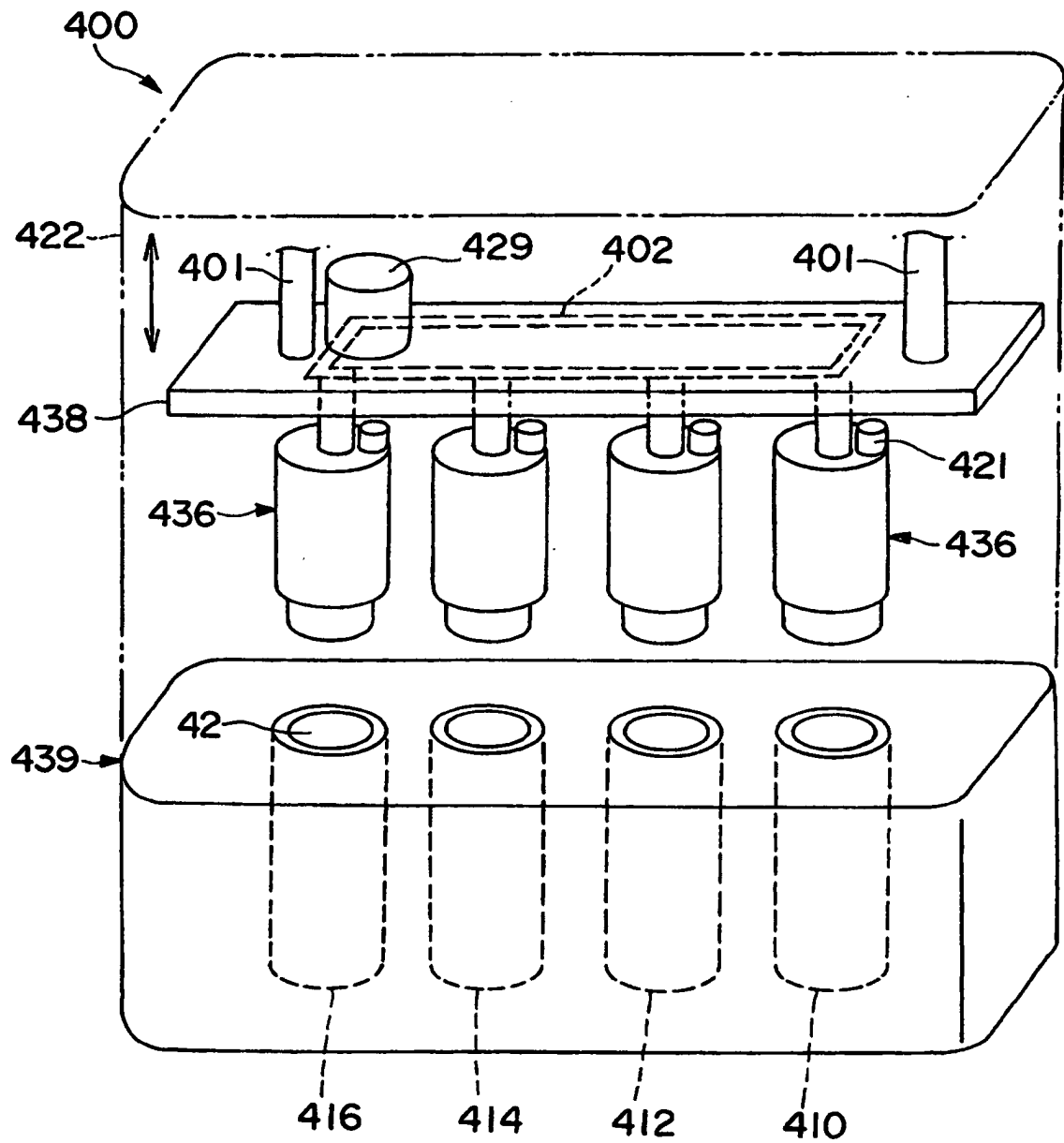


FIG. 11

