



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 36 880 T2** 2007.11.15

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 809 284 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 36 880.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP96/03852**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 942 663.4**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1997/024760**

(86) PCT-Anmeldetag: **27.12.1996**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **10.07.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **26.11.1997**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **31.01.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **15.11.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 21/68** (2006.01)
H01L 21/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

34408995 **28.12.1995** **JP**

15269596 **13.06.1996** **JP**

(73) Patentinhaber:

Taiyo Nippon Sanso Corporation, Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:

Patentanwälte Munk, 86150 Augsburg

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

TODA, Masayuki, Yamagata 992, JP; OHMI, Tadahiro, Sendai-shi, Miyagi 980, JP; ISHIHARA, Yoshio-Nippon Sanso Corporation, Ibaraki 300-26, JP

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Anordnung zum Transport von Substratscheiben**

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

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich im allgemeinen auf ein Transportverfahren und eine Vorrichtung zum Transport von Substratscheiben, die zur Herstellung von hochentwickelten Erzeugnissen, wie z.B. integrierte Halbleiterschaltungen, Flüssigkristallanzeigen und Solarkollektoren, eingesetzt werden, und insbesondere auf ein Verfahren und eine Vorrichtung, mit denen es möglich ist, saubere Substratoberflächen aufrechtzuerhalten, während sie transportiert werden, um bearbeitet zu werden.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Hochentwickelte Erzeugniselemente, wie integrierte Schaltungen, Halbleiterlaser, auf aktive Matrix basierende Flüssigkeitskristalldisplays und Solarkollektoren, werden durch aufeinanderfolgende Erzeugung von bestimmten Filmschichten und ähnlichen auf einer hoch-sauberen Oberfläche eines Substratmaterials, wie Silizium, Galliumarsenid und Glas, hergestellt.

[0003] Bei der Herstellung derartiger Erzeugnisteile ist höchste Genauigkeit gefordert, wobei es schwer wird, wenn die zu bearbeitenden Scheibenmaterialien durch Adhäsion oder Adsorption von mikroskopischen kontaminierenden Fremdstoffen verunreinigt werden, hochqualitative Produkte herzustellen.

[0004] Ferner sind derartige Substratscheiben während der Transportprozesse und verschiedener Bearbeitungen anfällig für angesammelte elektrostatische Aufladungen, die aus ihrem Anziehen und Festhalten von Kontaminationen aus der umgebenden Atmosphäre resultieren.

[0005] Wenn zum Beispiel Feuchtigkeit als Verunreinigung an der Oberfläche der Halbleiter-Scheibe anhaftet, wird es Probleme während der nachfolgenden Erzeugnisbearbeitung verursachen. Wenn ein an der Oberfläche anhaftendes Übermaß an Feuchtigkeit vorliegt und die umgebende Atmosphäre einen Partialdruck von Sauerstoff enthält, wird eine native Oxydschicht auf der Oberfläche der Scheibe gebildet, die sich mit nachfolgenden Bearbeitungsschritten, wie Abscheidung einer gewünschten dünnen Schicht, überlagert, bzw. die Bearbeitungsschritte stört.

[0006] Wenn während des Herstellungsprozesses von zum Beispiel in Flüssigkeitskristalldisplays verwendete Dünnschicht-Transistoren (TFT) ferner Feuchtigkeit auf einer elektrisch leitenden Schicht wie SiN_x vorhanden ist, stört diese den Bildungsprozess einer gleichmäßigen und in der Dicke kontrollierten Schicht aus amorphen Silizium (a-Si).

[0007] Wenn sich ferner während des Fertigungsprozesses von zum Beispiel Gate-Oxydschichten, Feuchtigkeit auf der Oberfläche eines n- oder p-Bereichs befindet, wird eine SiO_x -Schicht an der Verbindungsfläche zwischen einer SiO_2 -Schicht und einem Si-Substrat erzeugt, und ein derartiger MOS-Transistor würde nicht wie ein geeigneter Schalter funktionieren. In ähnlicher Weise wird, wenn während des Fertigungsprozesses von Kondensatorelektroden Feuchtigkeit auf der Oberfläche eines Kondensators vorhanden ist, eine SiO_x -Schicht auf seiner Oberfläche erzeugt, wobei die Fähigkeit des Kondensators zur Speicherung von elektrischer Ladung beeinträchtigt und seine Funktionsfähigkeit als Speicherelement zerstört wird.

[0008] Im Metallisierungsprozess wird vor der Bildung einer Wolframschicht eine Titaniumnitridschicht (TiN) abgeschieden bzw. aufgedampft, um durch das Vorhandensein von Wolframsilizid verursachte Spitzen zu vermeiden, wobei, sofern Feuchtigkeit auf dem Si-Substrat vorhanden ist, das Anhaften der Verbindungsfläche zwischen dem Si-Substrat und dem TiN verringert wird.

[0009] Andere Verunreinigungssubstanzen außer Wasser können die Leistungsfähigkeit des Erzeugnisses ebenfalls beeinflussen, zum Beispiel kann, wenn die Wärmebehandlung bei Vorhandensein von organischen Verunreinigungen wie Methan durchgeführt wird, der Kohlenstoff mit der Oberfläche zur Bildung einer SiC-Schicht reagieren, wobei die Leistungsfähigkeit der Erzeugnisse geschwächt wird.

[0010] Aus diesen Gründen werden verschiedene zur Herstellung von derartigen integrierten Halbleitererzeugnissen eingesetzte Arbeitskammern in Räumen angeordnet, die zur Filterung von üblicherweise aus Mikroteilchen bestehenden Staubeilchen geeignet sind.

[0011] Integrierte Halbleiterschaltungen werden gemäß einer Folge von aufeinanderfolgenden Fertigungsschritten hergestellt. Daher werden die in Bearbeitung befindlichen bzw. prozessinternen Substratscheiben einer Mehrzahl an Arbeitsschritten in verschiedenen Arbeitskammern und auch einem Transportprozess von einer Fertigungslinie zu einer anderen Fertigungslinie unterworfen.

[0012] Während derartiger Transportschritte werden die Scheiben der Atmosphäre in den Reinräumen ausgesetzt, welche üblicherweise auf einer Temperatur zwischen 20–25°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von etwa 50% gehalten werden. Dabei sind viele gasförmige Teilchen noch vorhanden, obwohl Mikroteilchen herausgefiltert werden. Demzufolge können einige im Reinraum vorhandene Verunreinigungen auf der Oberfläche der Scheiben adsorbiert werden. Zum Beispiel wird die in der Luftat-

mosphäre vorhandene Feuchtigkeit sofort auf der Substratoberfläche adsorbiert. Zur Verhinderung derartiger Feuchtigkeitsadsorption ist es keine geeignete Lösung, Feuchtigkeit aus allen Arbeitsräumen zu entfernen.

[0013] Deshalb wurde ein Vorschlag gemacht, die Scheiben von einer Arbeitskammer zu einer anderen Arbeitskammer zu transportieren, während sie in mit trockenem Stickstoff gefüllten Fächern in einer Transportrobotereinrichtung aufgenommen sind. Der Nachteil dieses Verfahrens ist, dass der Transportprozess übermäßig lang und die Produktivität gering ist.

[0014] Es hat einen Vorschlag zum Verbinden einer Arbeitskammer mit einer anderen Arbeitskammer über einen Tunnel gegeben, welcher mit irgendeinem inerten Gas bzw. Inertgas, wie Stickstoff, gefüllt ist, wobei die Scheiben über den gasgefüllten Tunnel transportiert werden (es wird auf Japanische Patentanmeldung, Erstveröffentlichung JP 5211225 verwiesen).

[0015] Unter Nutzung dieses Systems wird es möglich, die Scheiben von einer Arbeitskammer zu einer anderen Arbeitskammer zu transportieren, ohne die Scheiben externer Atmosphären auszusetzen. Ein derartiges System ist auch geeignet, um die Leistung des fließenden Gasstroms zum Transport der Scheiben zu nutzen.

[0016] Es hat auch eine verbesserte Version des oben offenbarten Systems gegeben, welche die Wiederverwendung des inerten Transportgases im Tunnel durch dessen Behandlung in einem Kältestickstoffgenerator umfasst (siehe T. Ohmi et al., Breakthrough for Scientific Semiconductor Manufacturing in 2001, Nr. 21, 1992).

[0017] Jedoch ist es sogar in einem offensichtlich narrensicheren System unrealistisch zu erwarten, dass kein unerwarteter Eintritt einer außen liegenden Atmosphäre oder kein Eintritt einer außen liegenden Atmosphäre durch einen unbeabsichtigten Bruch im Tunnel auftreten kann. Sogar in einem mit inertem Gas gefüllten Tunnel ist es schwer, immer alle Teilchen, insbesondere Feuchtigkeitsteilchen, aus der Tunnelumgebung herauszufiltern.

[0018] Deshalb kann, sofern die Feuchtigkeitskonzentration oder der Wasserpartialdruck in der inerten Gastunnelatmosphäre aus irgendeinem Grund ansteigen sollte, eine Adsorption von Wasser auf der Substratscheibe stattfinden, was zur Bildung einer natürlichen Oxydationsschicht, einem Verlust an Fertigungsertrag und einen möglicherweise schweren Einnahmeausfall führt.

[0019] Auch wenn ein unbeabsichtigter Bruch im

Tunnel auftreten sollte, müssen die gesamten Fertigungslinien angehalten werden, um die Fehlerursache und den Unglücksort zu prüfen und die Reparaturarbeiten durchzuführen, was zu einem anhaltenden Stillstand und Produktionseinbußen führt.

[0020] Außerdem sollte während eines derartigen unbeabsichtigten Bruchs im Tunnel berücksichtigt werden, dass neben dem Einströmen der außen liegenden Atmosphäre in den Tunnel die inerte Gasatmosphäre innerhalb des Tunnels aus dem Tunnel herausströmen würde. Sollte eine große Menge des inerten Gases in die benachbarte Umgebung austreten, könnte dies zu Sauerstoffmangel in den umliegenden Gebieten führen.

[0021] Deswegen hat es einen Vorschlag gegeben, zuvor Sauerstoff mit inertem Gas im Inertgastunnel strömen zu lassen, um das Auftreten von Sauerstoffmangel zu verhindern, sogar wenn es einen Zwischenfall gibt.

[0022] Dieses Vorgehen würde jedoch die Bildung von nativen Oxydschichten auf der Substratoberfläche fördern.

[0023] Innerhalb des Gastunnels gibt es zusätzlich eine mögliche Kontamination von zurück strömenden, in verschiedenen Arbeitskammern eingesetzten Arbeitsgasen, zum Beispiel H_2O , CO_2 und organischen Gruppengasen wie CH_4 (hierin nachstehend abgekürzt auf H-C), die mögliche Kontaminationen auf den in dem Inertgastunnel transportierten Scheiben sind.

[0024] Vor dem Hintergrund derartiger Entwicklungen ist eine Idee in Betracht gezogen worden, eine Reinigungskammer zum Reinigen der Oberfläche der Scheiben zwischen einer Arbeitskammer und dem Tunnel anzuordnen, um Fertigungsausschüsse selbst dann zu vermeiden, wenn unerwünschte Substanzen wie Feuchtigkeit zufällig innerhalb des Tunnels vorhanden sind. Mit einer derartigen Reinigungskammer kann gewährleistet werden, dass die Substratoberflächen immer sauber gehalten und sachgerechte Bearbeitung durch Ausführen bestimmter Reinigungsschritte vor der Durchführung der nächsten Bearbeitungslinie durchgeführt werden können, selbst wenn Feuchtigkeit und andere Kontaminationen an der Substratoberfläche angelagert sind.

[0025] Derartige Reinigungskammern können auf Hochtemperaturheizen (ca. $300^\circ C$) von Scheiben basieren, um an der Oberfläche der Scheiben anhaftendes Wasser zu beseitigen. Andere Arbeitsvorgänge beinhalten die Beseitigung von Kontaminationen, Wasser und einer nativen Oxydschicht durch Aktivieren der Substratoberfläche mit Plasmareinigen und Ionenreinigen.

[0026] Die Wärmetechnik wird jedoch wegen des möglichen Verzugs der Scheiben nicht für TFT Scheiben empfohlen, wobei diese Technik nicht ausreichend ist, um native Oxydschichten von den Scheiben bei einer derartig niedrigen Temperatur wie 300°C zu entfernen. Wenn die Heiztemperatur gesenkt wird, um eine Wärmeverformung zu vermeiden, wird der Vorgang der Feuchtigkeitsbeseitigung übermäßig lang oder die Ergebnisse sind unzureichend.

[0027] Die Plasma- und Ionenreinigungsverfahren zeigen nicht nur das systematische Problem, dass die Oberflächenreinheit unzureichend sein würde, sofern die Energie oder die Belichtungszeit nicht ausreicht, sondern sogar ernsthafter, dass, wenn derartige, eine hohe Wirkung für den Fall von vielen angelagerten Kontaminationen oder der Bildung von nativen Oxydschichten aufweisende Reinigungsvorgänge an Oberflächen angewandt werden, die bereits hinreichend sauber sind, die Substratoberfläche rau wird und der Substratoberfläche sogar eine ernsthaftere Schädigung zugefügt werden kann.

[0028] Es ist weiterhin bekannt, die Gaskonzentration mit Lasersystemen (vergleiche EP 469 733 A2) zu messen. Andere bekannte Transportsysteme sind in den Schriften EP 557 523 A1 und US 4,293,249 dargestellt.

Offenbarung der Erfindung

[0029] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein System zum Transport von Substratscheiben und ein Verfahren zum Bedienen des Systems zu schaffen, um den Verlust an Oberflächenqualität der Scheiben während des Transportprozesses durch ständiges Halten der Oberflächen in einem Reinzustand zu verhindern, solange sie zu verschiedenen Arbeitskammern transportiert werden, um den Fertigungsertrag in hochentwickelten Fertigungserzeugnissen zu verbessern.

[0030] Die Aufgabe dieser Erfindung ist als ein Verfahren und ein System zum Transport von Substratscheiben gemäß den Ansprüchen 1 bzw. 10 dargestellt.

[0031] Die Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Steuern eines Transportprozesses von Substratscheiben von einer Arbeitskammer zu einer anderen Arbeitskammer über einen Gastunnel gelöst, welches die folgenden Schritte umfasst: Leiten einer inerten Gas oder eine gasförmige Mischung aus einem inerten Gas und Sauerstoff enthaltene Strömung aus einem Spülgas durch den Gastunnel zur Steuerung einer Atmosphäre innerhalb eines Tunnelraums; Messen von Kontaminationsgraden innerhalb des Tunnelraums mit einem Halbleiterlaser-Erfassungssystem durch an dem Gastunnel verteilte

Fenster; und Anpassen von Transportparametern entsprechend gemessener Daten.

[0032] Gemäß dieses Verfahrens wird der Kontaminationsgrad innerhalb des Tunnels gemessen bevor die Scheiben innerhalb einer Arbeitskammer angeordnet werden, wobei die Transportparameter immer an den Transport der Scheiben angepasst werden, um reine Oberflächen entsprechend den gemessenen Daten derart zu erhalten, dass eine verschiedene Bearbeitung geeignet durchgeführt werden kann und die Erzeugung von fehlerhaften Produkten verringert wird.

[0033] Die Erfassung der Kontaminationen wird gemäß des vorliegenden Verfahrens mit einem Halbleiterlaser-Erfassungssystem derart ausgeführt, dass kein Bedarf vorliegt, den Laseroszillator oder Laserdetektor innerhalb des Tunnelraums anzuordnen, wobei der Transportprozess gestört wird. Das System ist hoch empfindlich, wobei seine Ansprechigenschaften ausgezeichnet sind.

[0034] Die Anpassung der Schwingungswellenlänge des Laserstrahls kann ziemlich schnell durchgeführt werden, wobei der Detektor auf bestimmte Kontaminationen, wie zum Beispiel H₂O, CH₄, SiH₄ und O₂, eingestellt werden kann, wobei der Laseroszillator zum Oszillieren eines Laserstrahls in einem Wellenlängenbereich von 0,75–2 µm zu Abtastzwecken eingestellt werden kann, und wobei ein Laserdetektor zur Bestimmung von Absorptionsspektren der gasförmigen Kontaminationen eingesetzt wird, um so die Erfassung von mehreren Kontaminationen zu ermöglichen.

[0035] Ein weiterer Aspekt des Verfahrens ist, dass es durch Messen der Streustrahlintensität möglich ist, einen Kontaminationsgrad an in der Tunnelatmosphäre treibenden Festkörpern zu bestimmen.

[0036] Ein weiterer Aspekt des Verfahrens ist, dass das Halbleiterlaser-Erfassungssystem eine gasförmige Kontamination getrennt von einer festen Kontamination durch Abgleichen einer Intensität eines Absorptionsspektrums erkennen kann, um eine gasförmige Kontamination mit einer Intensität eines Streuspektrums und eine feste Kontamination festzulegen.

[0037] Ein das oben beschriebene Verfahren durchführende System kann mit einem Halbleiterlaser-Erfassungssystem erreicht werden, das einen Laseroszillator, einen Laserdetektor, einen in rechten Winkeln zu einer den Laseroszillator und den Laserdetektor verbindenden Strahlachse angeordneten Detektor für einen gestreuten Strahl und ein gegenüber dem Detektor für einen gestreuten Strahl quer zu der Strahlachse angeordnetes Reflektorelement aufweist.

[0038] Durch Steuerung einer Durchflussmenge einer in dem Tunnelraum einströmenden bzw. fließenden Spülgasströmung entsprechend den Messdaten, die mittels des Halbleiterlaser-Erfassungssystems erstellt werden, kann der Kontaminationsgrad verringert werden, während eine minimale notwendige Menge an Spülgas verbraucht wird.

[0039] Weiterhin kann durch Nutzen der gemessenen Kontaminationsdaten zur Steuerung der Führung der Scheiben die Fertigung der reinen Substratscheiben ohne Abschalten des gesamten Transportsystems fortgeführt werden, selbst wenn sich Probleme in einer örtlichen Linie ergeben.

[0040] Durch Nutzen eines Systems, in welchem die gemessenen Daten zum Festlegen eines Bedarfs nach einer Anordnung der Substratscheiben in einer als Vorstufe zu einer Arbeitskammer angeordneten Reinigungskammer eingesetzt werden, werden ferner nicht-verunreinigte Scheiben, ohne einen Reinigungsschritt anzuwenden, immer zu der Arbeitskammer geleitet, während verunreinigte Scheiben zu der Reinigungskammer geleitet werden, um angemessen gereinigt zu werden, so dass zu jeder Zeit nur die fertigungsbereiten Scheiben zu der Arbeitskammer transportiert werden. Weil die reinen Scheiben nicht zu der Reinigungskammer geleitet werden, ermöglicht das System ebenfalls, unnötigerweise zugefügte Oberflächenschädigungen an den reinen Scheiben zu vermeiden.

[0041] Ferner wird in einem die gemessenen Daten zur Steuerung des Betriebs der Reinigungskammer angewandten System ein entsprechender Reinigungsprozess zum Anpassen des Kontaminationsgrades der Scheibenoberfläche derart gewählt, dass eine geeignete Reinheitsart und Reinheitsgrad an den Scheiben vorgesehen ist, so dass eine gewünschte Bearbeitung ohne unnötige Oberflächenschädigung an der Oberfläche angewendet werden kann.

[0042] In dem obigen System zum Transport von Substratscheiben können verschiedene oben offenbarte Steuerungsverfahren derart kombiniert werden, dass mittels Steuerung der Durchflussmenge einer Spülgasströmung auf der Basis der mittels des Halbleiterlaser-Erfassungssystems erzeugten Messdaten der Kontaminationsgrad im Tunnelraum niedrig gehalten werden kann, wobei, selbst wenn der Grad sich über einen gegebenen Grad durch Änderung der Transportwegführung erhöht, der Kontakt mit den Kontaminationen verhindert werden kann oder ein angemessener Reinigungsprozess an den Scheiben vorgesehen wird, so dass die eine hinreichend reine Oberfläche und frei von Schädigung aufweisenden Scheiben immer der Arbeitskammer zugeführt werden können.

[0043] In dem oben angegebenen System ist es wünschenswert, dass die Gaszusammensetzung für den Transport die gleiche ist wie die Gaszusammensetzung zum Spülen, um die Probleme der an der Oberfläche anhaftenden Kontaminationen zu vermeiden.

[0044] Auch in Anbetracht eines möglichen Zusammenbruchs im Transportsystem, um eine Sauerstoff-unzureichende Umgebung zu ermöglichen, ist es wünschenswert, eine gasförmige Spülmischung, die ein inertes Gas und vermehrt Sauerstoff enthält, zu nutzen. Es ist in einem derartigen System wünschenswert, die Sauerstoffkonzentration im Tunnelraum mit einem Halbleiterlaser-Erfassungssystem zu messen und so die Überwachung und Messung des Sauerstoffgrades im Tunnelraum zu ermöglichen. In einem derartigen System ist es erstrebenswert, wenigstens eines von beiden, das inerte Gas oder der Sauerstoffgehalt, im Tunnelraum gemäß der Messdaten mit dem Halbleiterlaser-Erfassungssystem zu steuern.

[0045] Es ist weiterhin möglich, durch Kenntnis der Transportdauer im Tunnelraum, Art der Scheibe und dem Wasserpartialdruck zu beurteilen, ob eine native Oxydschicht gebildet worden ist oder Feuchtigkeitsadsorption auf der Scheibenoberfläche stattgefunden hat. In einem derartigen System gemäß der Beurteilung können jene Scheiben, die ohne Reinigen gefertigt werden können, sofort in einer Arbeitskammer angeordnet werden, und jene, die ein Reinigen benötigen, können durch Anwenden eines Reinigungsvorgangs entsprechend dem Grad der auf der Scheibenoberfläche gebildeten nativen Oxydschicht gereinigt werden, so dass die in die Arbeitskammer transportierten Scheiben immer einen angemessenen Reinigungsgrad entsprechend des angewandten Prozesses aufweisen, wobei eine durch Anwenden eines übermäßig starken Reinigungsvorgangs verursachte unnötige Oberflächenschädigung vermieden wird.

[0046] Es ist in einem derartigen System wünschenswert, den Feuchtigkeitsgrad bei weniger als 0,1 ppm und/oder den Wasserpartialdruck innerhalb des Gasraums bei weniger als 0,1 Pa zu halten.

[0047] In dem obigen System zum Transport von Substratscheiben

- (1) kann die Durchflussmenge der Spülgasströmung im Tunnelraum gemäß den mittels des Halbleiterlaser-Erfassungssystems erzeugten Messdaten gesteuert werden; oder
- (2) wird die Transportführung für die Substratscheiben gemäß den mittels des Halbleiterlaser-Erfassungssystems erzeugten Messdaten gesteuert; oder
- (3) können die Scheiben in einer Reinigungskammer gereinigt werden, die zwischen einer Arbeits-

kammer und dem Tunnelraum gemäß den mittels des Halbleiterlaser-Erfassungssystems erzeugten Messdaten angeordnet ist.

[0048] Um gasförmigen Sauerstoff dem Tunnelraum des Transportsystems zuzuführen, kann weiterhin der Gastunnel, der mit der Mehrzahl der Arbeitskammern zum Transport der Substratscheiben in Verbindung steht, an das Durchleiten einer Sauerstoffgas zugefügten Spülgasströmung durch den Tunnelraum und an das Halbleiterlaser-Erfassungssystem angepasst werden, das auf der Außenseite von dem Gastunnel zur Bestimmung von Sauerstoffgraden im Tunnelraum angeordnet ist, damit wenigstens eine Durchflussmenge eines Sauerstoffgases und eines inerten Gases gemäß den mittels des Halbleiterlaser-Erfassungssystems erzeugten Messdaten gesteuert wird.

[0049] Das Transportsystem kann ferner ein Druckmessgerät zum Messen eines Drucks im Tunnelraum und eine zwischen einer Arbeitskammer und dem Gastunnel angeordnete Reinigungskammer zum Reinigen der Substratscheiben aufweisen, wobei die Reinigungskammer gemäß den mittels des Halbleiterlaser-Erfassungssystems und des Druckmessgeräts erzeugten Messdaten gesteuert wird.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0050] [Fig. 1](#) ist eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels.

[0051] [Fig. 2](#) ist eine schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels.

[0052] [Fig. 3](#) ist eine perspektivische Teilansicht eines Beispiels des Gastunnels zum Transport von Substratscheiben durch die fließende Bewegung eines Transportgases.

[0053] [Fig. 4](#) ist eine Draufsicht einer Anordnung eines Halbleiterlaser-Erfassungssystems.

[0054] [Fig. 5](#) ist ein Diagramm, das die Abweichungen der Intensitäten der spektralen Absorption und die Streustrahlintensität darstellt.

[0055] [Fig. 6](#) zeigt ein Beispiel der Anordnung des Transportwegs.

[0056] [Fig. 7](#) zeigt ein anderes Beispiel der Anordnung des Transportwegs.

[0057] [Fig. 8](#) ist eine Darstellung einer Anordnung einer Arbeitskammer und einer Reinigungskammer.

[0058] [Fig. 9](#) ist eine schematische Darstellung eines dritten Ausführungsbeispiels.

[0059] [Fig. 10](#) ist ein Diagramm, das eine zeitabhängige Wachstumseigenschaft von nativen Oxidschichten darstellt.

[0060] [Fig. 11](#) ist ein Diagramm, das eine Abhängigkeit der Konzentration von adsorbierten Wasser vom Wasserpartialdruck darstellt.

[0061] [Fig. 12](#) ist ein Diagramm, das den Zeitabhängigkeitsprozess der Adsorption von organischen Kontaminationen in einer Reinraumumgebung darstellt.

[0062] [Fig. 13](#) ist ein Diagramm, das den zeitabhängigen Adsorptionsprozess von organischen Kontaminationen in einer überwachten Gasatmosphäre darstellt.

Beschreibung des bevorzugten Ausführungsbeispiels

[0063] In der vorliegenden Erfindung werden die Substratscheiben über einen Gastunnel transportiert, wobei ein Spülgas von einer Arbeitskammer zu einer anderen Arbeitskammer in einer Fertigungslinie strömt, die mehrere, gesonderte Prozesse zur selben Gruppe von Scheiben vorsehende Arbeitskammern aufweist.

[0064] Der Gastunnel ist eine hermetisch abgedichtete Anordnung, die eine außenliegende Atmosphäre zum Einströmen in den Tunnelraum abhält und die Möglichkeiten für verschiedene Kontaminationen sich mit Substratoberflächen zu verbinden durch Ausgrenzen der außenliegenden Atmosphäre reduziert.

[0065] Das Spülgas ist ein gefiltertes inertes Gas, das zum Beseitigen von Mikroteilchen und Feuchtigkeit hergestellt worden ist, und das nicht mit dem Scheibenmaterial, zum Beispiel gasförmiger Stickstoff, Argon oder Helium, reagiert.

[0066] Das Spülgas enthält auch einem inerten Gas zugefügten Sauerstoff, um die Sauerstoff unzureichende Umgebung zu vermeiden, sollte ein Bruch im Tunnel auftreten.

[0067] Verschiedene Verfahren zum Transport von Substratscheiben sind aus dem Stand der Technik bekannt, zum Beispiel aus einer Zweitveröffentlichung einer japanischen Patentanmeldung S55-38828 oder einer Erstveröffentlichung einer japanischen Patentanmeldung JP 5211225.

[0068] Das in einer Zweitveröffentlichung einer japanischen Patentanmeldung S55-38828 offenbarte Verfahren beruht auf Transportwegen der Scheiben gebildeten Kanälen, wobei ein Gas entlang der Wege ausgestoßen wird, um die Scheiben vorwärts zu trei-

ben.

[0069] Das in einer Erstveröffentlichung einer japanischen Patentanmeldung JP 5211225 offenbarte Verfahren beruht auf einen doppelten Durchlassaufbau, wie in [Fig. 3](#) gezeigt, der durch eine Teilplatte **13** zum Teilen des Tunnelraums in obere und untere Durchlässe gebildet ist, in welchem der untere Durchlass **14** unterhalb der Teilplatte **13** zum Strömen eines die Substratscheiben **10** umschwebenden Transportgases und der obere Durchlass **16** oberhalb der Teilplatte **13** für das Spülgas zum kontaminationsfreien Bewahren der Scheiben genutzt wird. Das Transportgas fließt vom unteren Durchlass **14** über zahlreiche Düsenlöcher **15** in die Teilplatte **13** und tritt in den oberen Durchlass **16** ein, wo es die Scheiben **10** umfließt und sie über den oberen Durchlass **16** transportiert.

[0070] Die Transporteinrichtung zum Bewegen der Scheiben **10** im Tunnel ist nicht auf derartige gasbetriebene Systeme beschränkt, sondern auch andere auf derartige Verfahren wie Förderband, magnetische Einrichtung oder Ultraschalleinrichtung beruhende Systeme sind geeignet.

[0071] In der vorliegenden Erfindung wird ein Halbleiterlaser-Erfassungssystem in Verbindung mit dem Tunnel zum Messen der Konzentration von Kontaminationen und/oder Sauerstoff verwendet. Das Halbleiterlaser-Erfassungssystem weist wenigstens einen Laseroszillator auf, der einen eine Ausgangswellenlänge im Infrarotbereich besitzenden Laserstrahl oszilliert und einen Laserdetektor zum Empfangen des Laserstrahls, um die Absorptionsspektren des Eingangslaserstrahls zu bestimmen.

[0072] Der Laseroszillator und der Laserdetektor sind nicht genau vorgegeben, solange sie entsprechend oszillieren und eine geforderte Wellenlänge, wie oben beschrieben, empfangen. Der eine in der vorliegenden Erfindung eingesetzte ist ein variabler Wellenlängelaser, wobei festgestellt wurde, dass ein Distributed Feedback (DFB) Halbleiterlaser im InGaAsP-System geeignet ist. Der DFB-Halbleiterlaser, der ein Einzelbetrieb-Laseroszillator ist und in einer kompakten Anlage hergestellt werden kann, hat sein Beugungsgitter innerhalb des Stromspeisungsbereichs und erfordert deshalb keinen optischen Filter wie ein Monochromator, wobei der optische Energieverlust ebenfalls klein ist. Ebenso ist auch ein Distributed Bragg Reflection (DBR) Laser geeignet, der sein Beugungsgitter außerhalb des Stromspeisungsbereichs hat und ein Einzelbetrieb-Laseroszillator ist.

[0073] Geeignete Laserdetektoren sind jene, die empfindlich gegenüber der Ausgangswellenlänge des Laseroszillators sind, zum Beispiel ein auf Ge oder InGaAs beruhender Festkörperlaserdetektor.

[0074] Es ist durch Nutzung eines derartigen Halbleiterlaser-Erfassungssystems möglich, die Kontaminationskonzentrationen oder Sauerstoffkonzentrationen im Tunnelraum mittels eines den Laserstrahl zum Tunnel leitenden Fensterabschnitts und entsprechender Anordnung des Laseroszillator und des Laserdetektors im Fensterabschnitt zu messen. Diese Anordnung vermeidet den Bedarf, das Laser-Erfassungssystem im Inneren des Tunnels so anzubringen, dass es keine Behinderung des Scheibentransportprozesses gibt. Dieses Halbleiterlaser-Erfassungssystem kann eine sehr kleine Menge an Kontaminationen (0,1 ppm -Grad) erfassen. Die auszuführenden Einstellungen der Ausgangswellenlänge und der optischen Achse sind ebenfalls einfach.

[0075] Eine Erfassungstechnik basierend auf Messgeräten, wie Gaschromatographie, ist zum Erzielen von Ergebnissen zeitaufwendig, wobei aber das Vorliegende auf die Bestimmung der Absorptionsspektren eines Halbleiterlaserstrahls beruhende Verfahren es ermöglicht, ein sofortiges Messergebnis von Konzentrationen von Kontaminationen und/oder Sauerstoff zu erzielen. Deshalb ist das Halbleiterlaserstrahlsystem zum Anwenden in der Regelung des Prozesses geeignet.

[0076] Zur Erfassung von H₂O als Kontamination im Tunnelraum ist ein Ausgangswellenlängenbereich in einem Bereich von 1,35–1,42 µm geeignet. Ebenso sollte eine Ausgangswellenlänge für CO₂ zwischen 1,43–1,46 µm, für CH₄ zwischen 1,29–1,50 µm, für SiH₄ zwischen 1,19–2,00 µm, für HF zwischen 1,25–1,35 µm, für HBr zwischen 1,34–1,37 µm und für O₂ zwischen 0,75–0,78 µm liegen.

[0077] Daraus folgt, dass durch aufeinanderfolgendes Abtasten eines Wellenlängenbereichs von 0,75–2,0 µm, um den verschiedenen Zielkontaminationen zu entsprechen, nicht nur die Sauerstoffkonzentration, sondern jene der anderen Kontaminationen, wie H₂O, CO₂, CH₄, SiH₄, HF und HBr und andere, bestimmt werden können.

[0078] Quantitative Bestimmung von Kontaminationen und/oder Sauerstoff unter Nutzung eines Halbleiterlasers sind im verschiedenen Stand der Technik vorhanden, zum Beispiel kann eine japanische Patentanmeldung, Erstveröffentlichung JP 5099845 verwendet werden. Die einfache Technik besteht aus dem Messen der Absorptionsspektren und dem Subtrahieren des Absorptionsspektrums entsprechend des Gasspektrums von dem inerten Gas (z.B. Stickstoff) im Tunnel, um die Spitzen entsprechend von Kontaminationen und Sauerstoff festzulegen und zu kennzeichnen und ihre Konzentrationen von den Werten der Absorptionsintensität der gewählten Absorptionsspitze zu bestimmen, wobei es kleine störende Spitzen in der Nähe gibt.

[0079] Ein Wellenlängenabtasten kann leicht durch Anpassung der Stromspeisung oder der Temperatur des Laseroszillators durchgeführt werden.

[0080] Es ist auch möglich, die Konzentration der schwebenden festen Teilchen im Tunnel durch Messen einer Streustrahlintensität des oszillierenden Laserstrahls zu bestimmen. Um die Konzentration der schwebenden Kontaminationsteilchen gleichzeitig mit den gasförmigen Kontaminationen zu messen, ist eine einen Laseroszillator und einen Detektor für einen gestreuten Strahl aufweisende Halbleiterlasernordnung, wie in [Fig. 4](#) dargestellt, geeignet. In diesem Beispiel ist ein Gastunnel **12** zum Transport von Substratscheiben **10** mit einem Laseroszillator **20a** versehen, der über einen Fensterabschnitt **73** angeordnet ist und einen Laserstrahl **17** oszilliert, wobei der Laserstrahl **17** mittels eines über einen Fensterabschnitt **75** angeordneten Laserdetektors **20b** erfasst wird. Der Laseroszillator **20a** und der Laserdetektor **20b** sind mit einer Spektrometersteuerung (nicht dargestellt) verbunden, wobei die Kontaminationskonzentrationen im Tunnelraum aus den gemessenen Werten der spektralen Intensität durch die Spektrometersteuerung errechnet werden. Außerdem ist ein Detektor für einen gestreuten Strahl **18** auf einer Achse in rechten Winkeln zu der Strahlachse des Laserstrahls **17** und ein sphärisches Reflektorelement **19**, welches Spiegel und ähnliches aufweist, gegenüber dem Detektor für einen gestreuten Strahl **18** quer zu der Strahlachse angeordnet. Der Detektor für einen gestreuten Strahl **18** und das Reflektorelement **19** sind auch mit der Streustrahlsteuerung (nicht dargestellt) verbunden, die die Anzahl und die Teilchengröße der im Tunnelraum des Gastunnels **12** von den gemessenen Werten der Streustrahlintensität der vorhandenen festen Kontaminationen berechnet. Es sollte erwähnt werden, dass die Spektrometersteuerung und die Steuereinrichtung für einen gestreuten Strahl getrennte oder gemeinsame Einheiten sein können.

[0081] Diese Anordnung ermöglicht, die Konzentration der gasförmigen Kontaminationen durch Messen der spektralen Absorptionsintensität des Laserstrahls mit dem Laserdetektor **20b** zu bestimmen, während die Konzentration der festen Kontaminationen durch Messen der Streustrahlintensität des Laserstrahls mit dem Detektor für einen gestreuten Strahl **18** bestimmt wird.

[0082] Der Ausgangswellenlängenbereich des Laserstrahls von 0,75–0,78 μm ist zum Bestimmen der Konzentration der festen Kontaminationen von den Messungen der Streustrahlintensität geeignet, wobei derselbe, zum Abtasten von verschiedenen Gaskontaminationen eingesetzte Wellenlängenbereich, wie vorher erwähnt, zufriedenstellend verwendet werden kann.

[0083] Es ist weiterhin möglich, feste Kontaminationen getrennt durch Abgleichen des Abtastprozesses über einen Wellenlängenbereich für beide der Intensität von Absorptionsspektren für die Messung der gasförmigen Kontaminationen und der Streustrahlintensität für die Messung der festen Kontaminationen von den gasförmigen Kontaminationen zu ermitteln.

[0084] [Fig. 5](#) zeigt die durch Abgleichen der Messprozesse für die Intensität von Absorptionsspektren und der Streustrahlintensität erhaltenen Ergebnisse. Die horizontale Achse stellt die Zeit in Sekunden und die vertikale Achse die Intensität der Absorptionsspektren oder des gestreuten Strahls in entsprechenden Einheiten dar.

[0085] In diesem Beispiel ist die Abtastwellenlänge des Laserstrahls bei 0,761 μm festgelegt, so dass die Sauerstoffkonzentrationen über die Intensität von Absorptionsspektren und die Konzentrationen der festen Kontaminationen über die Streustrahlintensität gemessen werden.

[0086] Im Punkt „a“ in [Fig. 5](#) sind die Spitzen in beiden Kurven der Intensität der spektralen Absorption und der Streustrahlintensität vorhanden, was darauf hinweist, dass einige feste Kontaminationen vorhanden sind, um Streuung des Laserstrahls hervorzurufen. In diesem Fall wurde die Spitze in der Kurve der Intensität der spektralen Absorption bei einer gleichen Menge des Streustrahls betrachtet, welcher die an dem Laserdetektor ankommende Strahlintensität reduziert. Dagegen gab es im Punkt „b“ keine Veränderung in der Streustrahlintensität, wobei die Spitze nur in der Intensität der spektralen Absorption vorhanden war. Dieses Ergebnis deutete eine hohe Sauerstoffkonzentration in diesem Punkt „b“ an. Durch Abgleichen der Messungen der Kurve der Streustrahlintensität und der Intensität der spektralen Absorption ist es, wie beschreiben, möglich, das Vorhandensein von festen Kontaminationen getrennt von den gasförmigen Kontaminationen zu identifizieren.

[0087] Die Größe der festen Kontaminationen verändert die Streustrahlintensität für einen festen Wert der Laserstrahlintensität, so dass die Größe von den Messungen der Streustrahlintensität bestimmt werden kann.

[0088] In der vorliegenden Anmeldung wird der Transportprozess auf Basis der von dem Halbleiterlaser-Erfassungssystem ausgegebenen Konzentrationsdaten der Kontamination und des Sauerstoffs gesteuert, um die Substratscheiben jederzeit unter hochreiner Bedingung zu jeder Arbeitskammer zu transportieren.

[0089] Ein Beispiel des Substrattransportverfahrens ist, das Durchflussvolumen des im Tunnelraum strö-

menden Spülgases auf der Basis der von den Konzentrationsdaten der Kontamination im Tunnelraum erhaltenen, oben erwähnten Daten zu steuern.

[0090] Bei niedrigen Durchflussmengen des reinen Spülgases im Tunnelraum besteht die Gefahr des Erhöehens der Kontaminationsmenge, wobei umgekehrt das Erhöhen der Durchflussmenge die Senkung der Kontaminationsmenge ermöglicht.

[0091] Wenn jedoch die Durchflussmenge auf das zum Transport der Scheiben erforderliche Volumen konstant eingestellt ist, obwohl die Konzentration der Kontamination niedrig gehalten werden kann, wird das Spülgasvolumen, das ebenso wie die Belastung des Kompressors behandelt werden muss, erhöht, wodurch ein derartiger Betrieb unwirtschaftlich und unerwünscht ist.

[0092] Bei ständigem Überwachen der Konzentration der Kontamination im Tunnelraum und entsprechender Steuerung der Durchflussmengen des Spülgases gemäß des aktuellen Kontaminationsgrads ist es jedoch möglich, nicht nur eine Erhöhung des Kontaminationsgrads und seine Anhaftung an die Substratscheibe zu vermeiden, sondern auch einen wirtschaftlichen Produktionsbetrieb unter Verwendung der minimal möglichen Menge an zum Transport der Scheiben erforderlichen Spülgas vorzunehmen, ohne unnötiger Menge an strömendem Spülgas.

[0093] Bei Zuführung von Sauerstoff in den Tunnelraum, ist es wünschenswert, die Sauerstoffzufuhrmenge oder inertes Gas auf Basis der gemäß des oben vorgelegten Ablaufs gemessenen Sauerstoffkonzentrationsdaten zu steuern.

[0094] Wenn die Sauerstoffkonzentration im fließenden Spülgas im Tunnelraum niedriger als 18 Volumenprozent (v/o) wird, gibt es eine Möglichkeit, dass eine große, geringe Sauerstoff aufweisende Gasmenge in die Umgebung ausweicht, sollte ein Bruch im Tunnel auftreten. Falls dies während der Gewährleistungszeit auftritt, werden die Wartungsarbeiter Schwierigkeiten ausgesetzt. Falls die Sauerstoffkonzentration im Tunnelraum hingegen größer als 22 v/o wird, besteht die Gefahr, dass das elektrostatische Fünkchen ein Feuer auslösen könnte. Insbesondere im Tunnelraum, wo der Feuchtigkeitsgehalt niedrig ist, ist der elektrostatische Strom geneigt, durch Reibung zwischen den Gasmolekülen und den Tunnelwänden erzeugt zu werden. Um die elektrostatische Aufladung zu beseitigen, wird manchmal die Glimmentladungsmethode angewendet, jedoch in einer Umgebung, wo die Sauerstoffkonzentration größer als 22 v/o ist, kann diese Methode nicht angewendet werden. Durch Anpassen der Sauerstoffzufuhrmenge oder inertem Gas zum Spülgas gemäß der vorhandenen Sauerstoffmenge im Tunnelraum ist es jedoch möglich, die zum effektiven Behandeln

bei möglichen Sauerstoff mangelnden Zuständen erforderlichen Kosten und Einrichtungen zu vermeiden, um die potentielle durch elektrostatische Aufladung verursachte Feuergefahr zu vermeiden. Es gibt weiterhin keinen Bedarf am Strömen von unnötig großen Spülgasvolumen, um die Sauerstoffkonzentration, das Durchflussvolumen des inerten Gases ebenso wie das Sauerstoffzufuhrvolumen zu steuern, wobei somit ermöglicht wird, die minimale notwendige Spülgasmenge zu nutzen und die Wirtschaftlichkeit des Produktionsprozesses zu verbessern.

[0095] Falls die Kontamination Wasser ist, ist es wünschenswert, seine Konzentration unter 0,1 ppm zu halten. Durch Bewahren des Feuchtigkeitsgrads im Tunnelraum bei weniger als 0,1 ppm kann die Bildung der nativen Oxydschicht auf der Substratoberfläche verhindert werden.

[0096] Die Reduzierung des Feuchtigkeitsgrads auf weniger als 0,1 ppm kann auch über die Steuerung des Durchflussvolumens des Spülgases erfolgen.

[0097] Für ein ein Transportgas und ein Spülgas verwendendes System, wie oben beschrieben, wird der im oberen Durchlass **16** bestimmte Kontaminationsgrad zum Steuern der Durchflussmenge des Spülgases gemessen.

[0098] Die folgende Beziehung kann durch Bezeichnen einer Durchflussmenge des Transportgases mit Q_1 (cc/s), einer Durchflussmenge des Spülgases mit Q_2 (cc/s), einer Feuchtigkeitsbeseitigungsgeschwindigkeit im Tunnelraum mit V (cc/s), einer Feuchtigkeitskonzentration an der Eintrittsöffnung des Gastunnels mit C_1 , einem Feuchtigkeitsgrad an der Austrittsöffnung des Tunnels mit C_2 , wobei $C_1 \ll C_2$, hergestellt werden.

$$C_2 = (C_1 \cdot Q_1 + C_1 \cdot Q_2 + V) / (Q_1 + Q_2)$$

[0099] In der obigen Beziehung sind C_1 und V Konstanten und Q_1 wird durch die Transportbedingungen bestimmt. Deshalb ist es notwendig, Q_2 anzupassen, um C_2 zu reduzieren.

[0100] Wenn zum Beispiel $C_1 = 10$ ppb, $V = 0,5$ cc/s, $Q_1 = 2,8 \times 10^6$ cc/s ist, muss Q_2 angepasst werden, damit es größer als 9920 m³/h ist, um die Feuchtigkeitskonzentration C_2 auf unter 0,1 ppm zu reduzieren. Wenn im Übrigen die Spülgasdurchflussmenge $Q_2 = \text{Null}$ und die Feuchtigkeitskonzentration $C_2 = 0,19$ ppm ist, ist eine derartig hohe Feuchtigkeitskonzentration geneigt, eine Feuchtigkeitsanhaftung auf der Substratoberfläche und das Wachstum einer nativen Oxydschicht zu begünstigen.

[0101] Es ist auch wünschenswert, einige mit einer Absaugpumpe am Tunnel in Verbindung stehende Abtransportöffnungen zu schaffen, damit wenigstens

das Gas um die Abtransportöffnungen herum abgesaugt werden kann. Sollte so etwas im Tunnelraum auftreten, ermöglichen derartige Abtransportöffnungen die schnelle Beseitigung lokal erzeugter hoher Konzentrationen an Kontaminationen durch das Betätigen einer mit derartigen Abtransportöffnungen verbundenen Vakuumpumpe.

[0102] Durch Kombinieren dieser Methode des Absaugens von lokalen Kontaminationen mit der Erhöhung der Durchflussmenge von Spülgas ist es möglich, Kontaminationen nahezu unverzüglich zu entfernen.

[0103] Ein anderes Beispiel der Steuerungsarten zum Transport von Substratscheiben im Gastunnel ist, eine alternative Transportführung zu schaffen. Wenn durch anhaftende Kontaminationen an der Scheibenoberfläche verursachte Fertigungsprobleme in einer Arbeitskammer auftreten, ist es in herkömmlichen Systemen notwendig gewesen, das gesamte Transportsystem herunterzufahren.

[0104] Gemäß des vorliegenden Ausführungsbeispiels der Erfindung gibt es keinen Bedarf, das gesamte System herunterzufahren, indem die Scheiben vom Durchlaufen nur der fehlerhaften lokalen Bereiche abgehalten werden, damit die Scheiben in fehlerfreien umgebenden Bereichen weiter gewöhnlich bearbeitet werden können.

[0105] [Fig. 6](#) zeigt beispielsweise ein Beispiel eines derartigen Wegführungsplans. In [Fig. 6](#) besteht die Hauptlinie **46** aus Feldern A1-A2-A3 und A4. Eine von der Hauptlinie verzweigende Nebenlinie **48** besteht aus Feldern B1-B2-B3-B4-B5-B6-B7-B8 und B9. In ähnlicher Weise besteht die Nebenlinie **50** aus Feldern C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7-C8 und C9. Von der Nebenlinie **48** aus sind Seitenlinien D1, D2, E1, E2, F1, F2 und von der Nebenlinie **50** aus sind Seitenlinien D3, D4, E3, E4, F3, F4 vorgesehen. Zusätzlich sind untereinander austauschbare Arbeitskammern **34**, **36**, **38**, **40**, **42** und **44** vorgesehen, um allen ihnen zugeführten Scheiben den gleichen Prozess bereitzustellen. Arbeitskammer **34** ist mit den Seitenlinien D1, D2; Arbeitskammer **36** mit den Seitenlinien D3, D4; Arbeitskammer **38** mit den Seitenlinien E1, E2; Arbeitskammer **40** mit den Seitenlinien E3, E4; Arbeitskammer **42** mit den Seitenlinien F1, F2 und Arbeitskammer **44** mit den Seitenlinien F3, F4 verbunden.

[0106] Des Weiteren ist ein Halbleiterlaser-Erfassungssystem vorgesehen, das einen Laseroszillator **20a** im Feld A2 und einen Laserdetektor **20b** im Feld B9 zum Empfangen von von einem Laseroszillator **20a** oszillierte Laserstrahlen aufweist. Ebenso vorgesehen sind: ein Lasererfassungssystem, das einen Laseroszillator **21a** im Feld A3 und einen Laserdetektor **21b** im Feld **9C** zum Zusammenwirken mit einem

Laseroszillator **21a** aufweist; ein Lasererfassungssystem, das einen Laseroszillator **22a** im Feld D1 und einen Laserdetektor **22b** im Feld D2 zum Zusammenwirken mit einem Laseroszillator **22a** aufweist; ein Lasererfassungssystem, das einen Laseroszillator **23a** im Feld D3 und einen Laserdetektor **23b** im Feld D4 zum Zusammenwirken mit einem Laseroszillator **23a** aufweist; ein Lasererfassungssystem, das einen Laseroszillator **26a** im Feld E1 und einen Laserdetektor **26b** im Feld E2 zum Zusammenwirken mit einem Laseroszillator **26a** aufweist; ein Lasererfassungssystem, das einen Laseroszillator **27a** im Feld E3 und einen Laserdetektor **27b** im Feld E4 zum Zusammenwirken mit einem Laseroszillator **27a** aufweist; ein Lasererfassungssystem, das einen Laseroszillator **30a** im Feld F1 und einen Laserdetektor **30b** im Feld F2 zum Zusammenwirken mit einem Laseroszillator **30a** aufweist; ein Lasererfassungssystem, das einen Laseroszillator **31a** im Feld F3 und einen Laserdetektor **31b** im Feld F4 zum Zusammenwirken mit einem Laseroszillator **31a** aufweist. Auf die gleiche Weise sind vorgesehen: ein Lasererfassungssystem, das einen Laseroszillator **24a** im Feld D1 und einen Laserdetektor **24b** im Feld D3 zum Zusammenwirken mit einem Laseroszillator **24a** aufweist; ein Lasererfassungssystem, das einen Laseroszillator **25a** im Feld D2 und einen Laserdetektor **25b** im Feld D4 zum Zusammenwirken mit einem Laseroszillator **25a** aufweist; ein Lasererfassungssystem, das einen Laseroszillator **28a** im Feld E1 und einen Laserdetektor **28b** im Feld E3 zum Zusammenwirken mit einem Laseroszillator **28a** aufweist; ein Lasererfassungssystem, das einen Laseroszillator **29a** im Feld E2 und einen Laserdetektor **29b** im Feld E4 zum Zusammenwirken mit einem Laseroszillator **29a** aufweist; ein Lasererfassungssystem, das einen Laseroszillator **32a** im Feld F1 und einen Laserdetektor **32b** im Feld F3 zum Zusammenwirken mit einem Laseroszillator **32a** aufweist; ein Lasererfassungssystem, das einen Laseroszillator **33a** im Feld F2 und einen Laserdetektor **33b** im Feld F4 zum Zusammenwirken mit einem Laseroszillator **33a** aufweist.

[0107] Das Transportsystem in seiner Steuerung arbeitet wie folgt. Die über die Hauptlinie **46** transportierten Substratscheiben können entlang einer der folgenden Richtungen zum Erhalten einer gleichen Bearbeitung verfahren: A1-A2-B1-B2-D1-Arbeitskammer **34**-D2-B3-C3-C2-C1-A3-A4; oder A1-A2-B1-B2-B3-B4-B5-E1-Arbeitskammer **38**-E2-B6-C6-C5-C4-C3-C2-C1-A3-A4; oder A1-A2-B1-B2-B3-B4-B5-B6-B7-B8-B9-C9-F4-Arbeitskammer **44**-F3-C8-C7-C6-C5-C4-C3-C2-C1-A3-A4.

[0108] Gesetzt den Fall, dass zum Beispiel die geplante Substratwegführung A1-A2-B1-B2-D1-Arbeitskammer **34**-D2-B3-C3-C2-C1-A3-A4 war, kann, falls das Lasererfassungssystem mit Laseroszillator **20a** und Laserdetektor **20b** oder mit Laseroszillator

22a und Laserdetektor **22b** hohe Kontaminationswerte anzeigte, die Substratwegführung zum Beispiel auf A1-A2-A3-C1-C2-C3-D4-Arbeitskammer 36-D3-C2-C1-A3-A4 ausweichen.

[0109] Andere Beispiele beinhalten einen Fall des Wechsels der Arbeitskammern derart, dass von einer geplanten Arbeitskammer auf eine andere Arbeitskammer ausgewichen wird, sobald das den Laseroszillator **27a** und den Laserdetektor **27b** aufweisende Lasererfassungssystem hohe Kontaminationen erfasst.

[0110] Wenn das den Laseroszillator **20a** und den Laserdetektor **20b** aufweisende Lasererfassungssystem sowie das den Laseroszillator **24a** und den Laserdetektor **24b** aufweisende Lasererfassungssystem hohe Kontaminationen anzeigen, kann erkannt werden, dass das Feld B2 hohe Kontaminationen besitzt. Deshalb sollte der Substratweg derart gewählt werden, dass dieses Feld B2 umgangen wird. Folglich muss die Erfassung der Kontaminationen durch Anordnen mehrerer Einheiten von Lasererfassungssystemen im Transportsystem nicht auf Reihenanordnungen begrenzt werden, sondern kann in bestimmten lokalen Anordnungen durchgeführt werden.

[0111] Weil lokale Bereiche mit hohen Kontaminationen erfasst werden können, ist es gemäß dem vorliegenden Transportsystem möglich, durch Wählen eines kontaminierten Bereiches vermeidenden Weges fortwährend zu arbeiten, ohne das Transportsystem herunterzufahren oder dass das Werkstück auf die Bearbeitung warten muss.

[0112] Das System kann durch Isolierschlüsse zum Blockieren jedes Feldes, wie der Anlass erfordert, flexibler gestaltet werden, so dass durch Isolieren der hoch kontaminierten Bereiche von reinen Bereichen im Tunnelraum das Eindringen von Kontaminationen in die reinen Bereiche verhindert und somit jeglicher potentieller Schaden für den Ablauf verringert und die Wiederaufnahme der Tätigkeiten erleichtert wird.

[0113] Das vorliegende Transportsystem erlaubt auch, dass eine Mehrzahl an Lasererfassungssystem-Einheiten im Tunnelraum geeignet verteilt sind, so dass jene Bereiche, die durch Anordnen mehrerer Einheiten in diesen Bereichen kontaminationsanfällig sind, besonders betont werden können. Solange auch Fensterabschnitte im Tunnel vorinstalliert sind, können die Detektoreinheiten von einem Fensterabschnitt zum anderen Fensterabschnitt eines Problemereichs bewegt werden.

[0114] In dem in [Fig. 7](#) dargestellten Transportsystem stehen Hauptlinie **52** und Arbeitskammer **56** mit einer Nebenlinie **60** in Verbindung, die mit einem ei-

nen Laseroszillator **58a** und einen Laserdetektor **58b** in einem Endabschnitt der Nebenlinie **60** aufweisenden Lasererfassungssystem versehen sind. Das Transportsystem ist in diesem Ausführungsbeispiel weiterhin mit einem Lagerplatz **54** zum Lagern vieler Substratscheiben **62** versehen, wobei der Lagerplatz **54** mit der Hauptlinie **52** im Feld G1 und mit der Arbeitskammer im Feld G2 verbunden ist.

[0115] In diesem Transportsystem werden die Scheiben **62** normalerweise über den Ablauf A1-A2-A3-A4-Nebenlinie **60**-Arbeitskammer **56**-Nebenlinie **60**-A4-A5 weitergeleitet. Wenn das Lasererfassungssystem einen Laseroszillator **58a** und einen hohen Kontaminationen in der Nebenlinie **60** erfassenden Laserdetektor **58b** aufweist, werden die Scheiben **62** zu A1-A2-G1-Lagerplatz **54** umgeleitet, und bis die Probleme in der Nebenlinie **60** behoben sind, werden die Scheiben **62** nacheinander in den Lagerplatz **54** befördert und gelagert. Wenn die Probleme in Nebenlinie **60** gelöst worden sind, werden die Scheiben **62** über Feld G2 zur Arbeitskammer **56** transportiert, wo die in der Arbeitskammer **56** verarbeiteten Scheiben **62** von der Nebenlinie **60** zu der Hauptlinie **52** geführt werden, um zu einer anderen Arbeitskammer weiterzuleiten.

[0116] Wie im oberen Ausführungsbeispiel ersichtlich, ist es, sogar wenn es nur eine Arbeitskammer gibt, durch Schaffen eines Lagerplatzes **54** möglich, das Herunterfahren des gesamten der Hauptlinie **52** beinhaltenden Systems zu vermeiden.

[0117] Sogar wenn ein lokaler Bereich des Systems einen Schaden erleidet, gibt es keinen Bedarf zum Herunterfahren des gesamten Systems, so dass eventuelle Verluste verringert werden können.

[0118] Ein sich auf das vorliegende Substrattransportsystem beziehendes Ausführungsbeispiel der Steuermethodik ist ein Einbeziehen einer Reinigungskammer vor Eintreten in eine der Arbeitskammern derart, dass, abhängig von den Kontaminationsdaten im Tunnelraum, ein entsprechender Reinigungsschritt durchgeführt werden kann. Ein Beispiel wird mit Bezug auf [Fig. 8](#) dargestellt.

[0119] Das in [Fig. 8](#) gezeigte System beinhaltet eine Hauptlinie **46** und eine Nebenlinie **48**, die mit einer Arbeitskammer **34** zum Beispiel zum Durchführen eines Schichtaufbringungsprozesses versehen ist. Als Vorstufe zu der Arbeitskammer **34** ist eine Reinigungskammer **70** zum Reinigen der Substratscheibe mit einem Reinigungsprozess wie Plasma-Ionen-Reinigung vorgesehen.

[0120] Der Arbeitsablauf eines derartigen Systems ist wie folgt. Die Substratscheiben, die auf der Hauptlinie **46** transportiert worden sind, treten in die Nebenlinie **48** ein. Ein auf der Hauptlinie **46** angeordnetes

Lasererfassungssystem wird zum Messen des Kontaminationsgrads im Tunnelraum verwendet. Wenn der Kontaminationsgrad klein genug ist, um vernachlässigt zu werden, wird den Scheiben ermöglicht, in die Arbeitskammer **34** einzutreten, um bearbeitet zu werden, wobei die Scheiben sofort zu der Arbeitskammer **34** transportiert werden und der beschriebene Prozess, wie eine Schichtaufbringung, in der Arbeitskammer **34** durchgeführt wird. Die bearbeiteten Scheiben werden von der Nebenlinie **48** zu der Hauptlinie **46** transportiert, um zu einer anderen Arbeitskammer weitergeleitet zu werden.

[0121] Andererseits, wenn der Kontaminationsgrad im Tunnelraum hoch ist und die Scheiben nicht in ihrem Ist-Zustand bearbeitet werden können, werden dann kontaminierte Scheiben, die von der Hauptlinie **46** zu der Nebenlinie **48** transportiert worden sind, zuerst in der Reinigungskammer **70** angeordnet. Nachdem die Scheiben mit einigen Reinigungsprozessen in der Reinigungskammer **70** gereinigt worden sind, wird den Scheiben ermöglicht, in die Arbeitskammer **34** einzutreten, um bearbeitet zu werden, wobei die Scheiben von dort zu anderen Arbeitskammern transportiert werden. Deshalb werden vor Eintritt in die Arbeitskammer **34** nur jene kontaminierte Scheiben zur Reinigungskammer **70** geleitet.

[0122] Gemäß dieses Transportsystems werden nicht-kontaminierte, zum Reinigen nicht-erforderliche Scheiben sofort in der Arbeitskammer **34** angeordnet, so dass nur gereinigte Scheiben in der Arbeitskammer **34** angeordnet werden, um über einen entsprechenden Prozess bearbeitet zu werden. Nicht-kontaminierte Scheiben unterliegen auch keinem Reinigungsprozess, wobei somit diese Scheiben vom Erfahren unnötiger Reinigung und möglichen Schäden auf der Oberfläche geschützt sind.

[0123] Ein anderes Ausführungsbeispiel des Transportsystems ist ein Steuern von Reinigungsmoden abhängig vom Kontaminationsgrad im Tunnelraum.

[0124] Der Ablauf in diesem System kann auch mit Bezug auf [Fig. 8](#) erklärt werden. In diesem Fall werden alle Scheiben vom Gastunnel (Hauptlinie **46**) in die Nebenlinie **48** und in die Reinigungskammer **70** bewegt und nachdem der Reinigungsprozess beendet worden ist, werden die Scheiben in andere Arbeitskammern weitergeleitet. Wenn der Kontaminationsgrad niedrig ist und nur eine kleine Menge an Kontaminationen an der Oberfläche anhaften, wird ein einfacher Reinigungsprozess oder ein Niedrigenergieprozess an den Scheiben angewandt, während, wenn der Kontaminationsgrad hoch ist (zum Beispiel ist der Feuchtigkeitsgrad hoch), es eine hohe Wahrscheinlichkeit gibt, dass natives Oxydwachstum auf der Oberfläche stattgefunden hat, was bedeutet, dass ein ausreichend starker Reinigungsprozess oder anhaltende Reinigungsdauer an den Scheiben

angewandt werden sollte, so dass native Oxydschichten beseitigt werden können. Nach dem gründlichen Reinigen der Oberflächen wird den Scheiben ermöglicht, in die Arbeitskammer **34** einzutreten.

[0125] Gemäß dieses Transportsystems wird abhängig vom Kontaminationsgrad ein entsprechender Reinigungsprozess immer an den Scheiben derart angewandt, dass die in die Arbeitskammer **34** eintretenden Scheiben nicht nur immer fertig zum Bearbeiten sind, sondern auch vom Erhalten vom durch den unnötigerweise harten Reinigungsprozess verursachten Oberflächenschaden bewahrt werden.

[0126] Auch kann mehr als eine Arbeitskammer vorgesehen sein, damit zusätzlich zum Schaffen des entsprechenden Reinigungsgrads an den Scheiben verschiedene Reinigungsvermögen oder Reinigungsarten an den Scheiben ermöglicht werden können, zum Beispiel eine Reinigungskammer zugeschnitten auf adsorbierte Wasserbeseitigung, eine Reinigungskammer zugeschnitten auf eine native Oxydschicht oder eine Reinigungskammer zugeschnitten auf organische Kontaminationen, so dass abhängig von der Kontaminationsart die Scheiben zu jeder entsprechenden Reinigungskammer geleitet werden können.

[0127] Was den Feuchtigkeitsgrad im Gastunnel anbelangt, kann ein Wasserpartialdruck als ein Hinweis gewählt werden, um die Bedingungen im Tunnelraum anzupassen, wobei es in einem derartigen Fall wünschenswert ist, den Wasserpartialdruck bei weniger als 0,1 Pa zu halten. Bei Halten des Partialdrucks bei weniger als 0,1 Pa kann das Wachstum der nativen Oxydschicht auf der Substratoberfläche gesteuert werden.

[0128] Wenn die Durchflussmenge des reinen inerten, im Tunnelraum strömenden Gases oder Sauerstoffs zu gering ist, besteht die Gefahr des Erhöehens des Kontaminationsgrads im Tunnelraum. Weil der Kontaminationsgrad, insbesondere Feuchtigkeit, oft durch die inneren Wände des Gastunnels verlassende Feuchtigkeit verursacht wird, ist es möglich, den Partialdruck von Feuchtigkeit durch Erhöhen der Durchflussmenge zu verringern. Wenn jedoch die Durchflussmenge konstant auf einen Betrag weit über dem zum Transport der Substratscheiben erforderlichen Grad eingestellt wird, obwohl der Wasserpartialdruck niedrig gehalten werden kann, werden andere Probleme wie Aufbereitung von verbrauchtem Gas und Speisen des Kompressors zum Senden des Gases durch das System sich vergrößern und unerwünschte Extrakosten neigen dazu anzufallen. Deshalb kann eine von beiden Durchflussmengen für das inerte Gas oder Sauerstoff durch Steuern der Durchflussmengen von inertem Gas oder Sauerstoff gemäß dem durch Partialdruckmessungen bestimmten Feuchtigkeitsgrad im Tunnelraum geeignet ge-

steuert werden, um eine Erhöhung des Wasserpartialdrucks zu vermeiden. Dadurch wird Feuchtigkeitsadsorption auf den Scheiben genauso wie übermäßiges Nutzen von inertem Gas oder Sauerstoff vermieden, so dass der Systemablauf wirtschaftlich wird.

[0129] Ein herkömmlicher Ansatz zur Bestimmung des Vorhandenseins einer nativen Oxydschicht auf der Scheibenoberfläche ist die Anwendung von Röntgen-Photoelektronenspektroskopie (XPS). Bei der Anwendung der XPS-Analyse müssen jedoch die Scheiben in einer Ultrahochvakuum-Umgebung angeordnet werden, wobei die Produktivitätsanalyse sehr gering war. Wenn eine Anzahl von XPS-Einrichtungen zum Verbessern der Produktivität verwendet werden, werden die anfänglichen Investitionskosten zu hoch, um zweckmäßig zu sein.

[0130] Eine native Oxydschicht wird unter Koexistenz von Wasser und Sauerstoff hergestellt. Daher wird einmalig für einen gegebenen Satz von Tunnelbedingungen, wie den Sauerstoffgrad und die Umgebungstemperatur, das Vorhandensein oder die Abwesenheit einer nativen Oxydschicht für eine gegebene Art an Substratmaterial über den Betrag des Wasserpartialdrucks in der Tunnelumgebung, welche die Scheibenoberfläche ausgesetzt ist, sowie durch die Belichtungsdauer bei diesem Partialdruck bestimmt. Deshalb ist es durch Messen des Wasserpartialdrucks, welchem die Scheiben ausgesetzt worden sind, und der Wegzeit im Tunnelraum möglich, zu beurteilen, ob eine native Oxydschicht auf der Scheibenoberfläche vorhanden ist oder nicht.

[0131] Die Art von Substratmaterial ist exakt auf Basis von Informationen von der vorigen Arbeitskammer bekannt, wobei auch die Belichtungszeit und Wegzeit bei einem Wasserpartialdruck im Tunnelraum durch Messgeräte derart genau bestimmt werden können, dass nicht nur das mögliche Vorhandensein einer nativen Oxydschicht, sondern ihre Dicke genau bestimmt werden kann.

[0132] Deshalb ist es wünschenswert, dass ähnlich zu den vorherigen Fällen vom Wählen, die Scheiben in einer Reinigungskammer zu reinigen oder Auswählen eines entsprechenden Reinigungsprozesses gemäß der Daten für den Kontaminationsgrad, die Scheiben abhängig vom Vorhandensein oder Abwesenheit einer nativen Oxydschicht gereinigt werden.

[0133] Zum Beispiel sind mit Wiederbezug auf [Fig. 8](#) ein Lasererfassungssystem und ein Druckmessgerät in der Hauptlinie **46** bereitgestellt, um den Wasserpartialdruck im Gastunnel zu messen. Wenn der Wasserpartialdruck hinreichend niedrig ist, um kein Problem darzustellen, so dass die Scheiben sofort bearbeitet werden können, werden die in die Nebenlinie **48** eintretenden Scheiben sofort in die Arbeitskammer **34** geladen, um dort eine bestimmte

Bearbeitung zu erhalten, wobei die bearbeiteten Scheiben wieder von der Nebenlinie **48** zu der Hauptlinie **46** transportiert werden, um zu anderen Arbeitskammern weitergeleitet zu werden.

[0134] Wenn der Wasserpartialdruck einigermaßen hoch ist, werden die Scheiben von der Hauptlinie **46** über die Nebenlinie **48** in die Reinigungskammer **70** transportiert und nachdem die Scheiben in der Reinigungskammer **70** gereinigt worden sind, werden sie in der Arbeitskammer **34** bearbeitet, um zu anderen Arbeitskammern transportiert zu werden. In diesem Fall existiert auf der Scheibenoberfläche adsorbierte Feuchtigkeit als Wasser, wenn der Partialdruck weniger als 0,1 Pa ist. Deshalb wird ein energiearmer Reinigungsprozess angewendet, um die Oberfläche leicht zu reinigen. Andererseits wird dann, wenn beurteilt wird, dass eine native Oxydschicht vorhanden ist, eine hinreichend hohe Energie zum Ermöglichen der Beseitigung der Schicht verwendet und die gereinigten Scheiben dürfen dann in die Arbeitskammer **34** eintreten. Das oben beschriebene Transportsystem kann abhängig vom thermodynamischen Zustand der adsorbierten Feuchtigkeit, ob sie in Form einer nativen Oxydschicht oder als einfache Wassermoleküle existiert, genau in entsprechender Weise auf den Reinigungsbedarf reagieren. Damit eine Bearbeitung immer an beschädigungsfreien, hinreichend reinen Oberflächen angewandt wird, werden die Scheiben nicht unnötigerweise mit einem harten Reinigungsprozess behandelt, der einen möglichen Oberflächenschaden verursacht, um eine Erzeugung von fehlerhaften Substraten zu verhindern.

[0135] In den folgenden Abschnitten werden verschiedene Anwendungsmöglichkeiten des vorliegenden Transportsystems durch Ausführungsbeispiele veranschaulicht.

Ausführungsbeispiel 1

[0136] Mit Bezug auf [Fig. 1](#) steht ein Gastunnel **64** zum Transport der Substratscheiben **10** mit einer Arbeitskammer **67**, **68** und **69** und einer Reinigungskammer **70** aufweisenden Transportkammer **66** in Verbindung. Der Gastunnel **64** weist eine Zugangseinrichtung für inertes Gas **72** auf, die ein inertes Gas, wie Stickstoff, in den Tunnelraum **64** über ein Ventil **71** einlässt. Das inerte Gas fungiert als Spülgas sowie als Transportgas zum Bewegen der Scheiben **10**.

[0137] Der Gastunnel **64** weist einen Fensterabschnitt **73** für den Laseroszillator **74** und einen Laserdetektor **76** zum Erfassen eines Laserstrahls **79** durch einen Fensterabschnitt **75** auf. Der Laseroszillator **74** und der Laserdetektor **76** sind mit einer Spektrometersteuerung **78** zum Berechnen des Kontaminationsgrads im Tunnelraum **64** von der gemessenen spektralen Absorptionsintensität verbunden.

[0138] Der Gastunnel **64** ist mit einem Satz aus einem Detektor für einen gestreuten Strahl **88** und seinem Reflektor **89** und einem anderen Satz aus einem Detektor für einen gestreuten Strahl **90** und einem Reflektor **91** versehen. Sie sind ebenfalls mit der Spektrometersteuerung verbunden und berechnen die Konzentrationen aus festen Kontaminationen von der gemessenen Streustrahlintensität.

[0139] Die Transportkammer **66** steht mit dem Gastunnel **64** über ein Schieberventil **80**, mit Arbeitskammern **67**, **68**, **69** jeweils über Schieberventile **81** und mit der Reinigungskammer **70** über ein Schieberventil **82** in Verbindung. In diesem Ausführungsbeispiel sind drei Arbeitskammern zum Durchführen von verschiedenen Prozessen vorgesehen, jedoch kann auch abhängig vom Bedarf des Systems eine von zwei Arbeitskammern oder mehr als vier Arbeitskammern vorgesehen werden. Nur eine Reinigungskammer ist dargestellt, allerdings können ebenso mehr als eine Reinigungskammer eingesetzt werden.

[0140] Die Transportkammer **66** ist mit einem Scheibenverteiler **83** versehen. Der Scheibenverteiler **83** wird zum Zustellen oder Aufnehmen von Substratscheiben zwischen den verschiedenen Orten, wie zwischen Gastunnel **64** und der Transportkammer **66** oder zwischen der Transportkammer **66** und den Arbeitskammern **67**, **68**, **69** oder zwischen der Transportkammer **66** und der Reinigungskammer **70** verwendet.

[0141] Die Arbeitskammern **67**, **68** und **69** werden zum Bereitstellen einer bestimmten Bearbeitung an den Scheiben **10** verwendet, zum Beispiel eine CVD-Einrichtung und eine in Dünnschichtbildungsverfahren verwendete Verdampfungseinrichtung, einen für Dotierungsprozesse verwendeten Diffusionshochofen und eine für Ätzprozesse verwendete Plasmaeinrichtung.

[0142] Die Reinigungskammer **70** ist zum Reinigen der Oberflächen der Scheiben **10** und beinhaltet eine Ionenreinigungseinrichtung zum Bombardieren der Oberfläche mit Argon-Ionen und eine Plasmareinigungseinrichtung.

[0143] Der Betrieb dieser Komponenteneinrichtungen, wie Scheibenverteiler **83**, Arbeitskammern **67**, **68** und **69** und Reinigungskammer **70**, wird über eine Prozessschrittsteuerung **84** gesteuert.

[0144] Es sollte beachtet werden, dass mehrere Transportkammern **66** mit einer Linie des Gastunnels **64** in Verbindung stehen können, obwohl nur eine Transportkammer **66** dargestellt ist. Eine Mehrzahl von Transportkammern können in Reihe miteinander in Verbindung stehen.

[0145] Die Prozessschrittsteuerung **84** ist mit der

Spektrometersteuerung **78** verbunden, wobei die Prozessschrittsteuerung **84** den Betrieb der Kammern, wie eine Reinigungskammer, auf der Basis von von der Spektrometersteuerung **78** ausgegebenen Kontaminationsdaten steuert.

[0146] In dem in [Fig. 1](#) dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Spektrometersteuerung **78** ebenfalls mit der Zugangseinrichtung für inertes Gas **72** verbunden, die auf der Basis der von der Spektrometersteuerung **78** ausgegebenen Kontaminationsdaten agiert.

[0147] Auch in dem in diesem Ausführungsbeispiel dargestellten Transportsystem ist der Druck im Gastunnel **64** höher als der in der Transportkammer **66**. Deshalb sind Absperrventile **86** zum Isolieren der Scheiben **10** im Tunnelraum **64** vorgesehen, sobald der Scheibenverteiler **83** die Scheiben **10** vom Gastunnel **64** in die Transportkammer **66** aufnehmen wird.

[0148] Auch wenn es mehrere Prozessschrittsteuerungen **84** zum Übereinstimmen mit mehreren Transportkammern **66** gibt, kann eine einzige Spektrometersteuerung **78** zum Ausgeben von Daten an diese Prozessschrittsteuerungen **84** verwendet werden oder wenn bevorzugt, kann eine Anzahl von Spektrometersteuerungen **78** entsprechend zu jeder der Prozessschrittsteuerungen **84** vorgesehen werden.

[0149] In diesem Ausführungsbeispiel des Transportsystems werden die durch den Tunnelraum **64** transportierten Scheiben vor dem Schieberventil **80** gestoppt, wobei die Absperrventile **86** die Scheiben **10** von anderen Scheiben **10** im Tunnelraum **64** isolieren. Sobald das Schieberventil **80** geöffnet wird, werden die Scheiben in der Transportkammer **66** mittels des Scheibenverters **83** angeordnet.

[0150] Der Scheibenverteiler **83** überführt die Scheiben **10** in die Reinigungskammer **70**, wobei die Scheiben **10** darin gereinigt werden.

[0151] Zu dieser Zeit sind die Kontaminationsdaten bezüglich der Umgebung im Tunnelraum **64** bereits vom Lasererfassungssystem zur Prozessschrittsteuerung **84** übermittelt worden, wobei die Reinigungskammer **70** die Scheibenoberfläche auf Basis dieser Daten reinigt. Das heißt, wenn der Kontaminationsgrad im Tunnelraum **64** niedrig ist, wird ein energiearmer Reinigungsprozess (beispielsweise weniger als 0,2 eV) angewendet, um keine Schädigung auf die Oberfläche auszuüben. Wenn der Grad der festen Kontaminationen im Tunnelraum **64** hoch ist, so dass feste Teilchen im Verdacht stehen, an der Scheibenoberfläche festgehalten zu werden, wird die Oberfläche, während ein inertes Gas bei einer niedrigen Temperatur fließt, mit einer hohen Ionendichte bestrahlt oder die Oberfläche wird mit an der Oberfläche

angewandtem, destilliertem Wasser gereinigt. Wenn der Kontaminationsgrad sogar höher zu sein scheint (beispielsweise höher als 0,1 ppm), wird die Reinigung auf einer höheren Energieebene (beispielsweise 0,3–5 eV) hinreichend durchgeführt, um irgendeine native Oxydschicht, die sich auf der Scheibenoberfläche gebildet haben kann, zu beseitigen.

[0152] Nach Durchlauf der Reinigungsprozesse entsprechend dem im Tunnelraum **64** existierenden Kontaminationsgrad werden die Scheiben **10** in der Reinigungskammer **70** mittels des Scheibenverteilers **83** in die Arbeitskammer **67** weitergeleitet, um ein bestimmtes Bearbeitungsverfahren, wie Schichtaufbringung, an den Scheiben **10** vorzunehmen.

[0153] Wenn der Kontaminationsgrad im Tunnelraum **64** hinreichend niedrig ist, so dass die Scheiben **10** im wesentlichen nicht kontaminiert sind, kann der Transportweg so geschaltet werden, dass die Scheiben **10** ohne Durchlauf der Reinigungskammer **70** sofort mittels des Scheibenverteilers **83** der Arbeitskammer **67** zugeführt werden können.

[0154] Nach Beendigung der Bearbeitung in der Arbeitskammer **67** und den anderen werden die Scheiben **10** von der Arbeitskammer **67** und den anderen mittels des Scheibenverteilers **83** dem Gastunnel **64** wieder zugeführt.

[0155] In diesem Ausführungsbeispiel werden auch die Kontaminationsdaten der Zugangseinrichtung für inertes Gas **72** zugeführt, so dass, wenn der Kontaminationsgrad hoch ist, die Durchflussmenge des inertes Gases erhöht wird, um die Konzentration der Kontaminationen im Tunnelraum **64** herabzusetzen.

[0156] Entsprechend des kombinierten Ablaufs von Senken des Kontaminationsgrads im Tunnelraum **64** mit einem Reinigungsprozess entsprechend des Kontaminationsgrads der Oberfläche ist es möglich, eine ununterbrochene Zufuhr von Substratscheiben von hoch überwachter Reinheit zu den Arbeitskammern vorzusehen.

[0157] Wenn der Kontaminationsgrad hoch und die zähe native Oxydschicht auf der Oberfläche gebildet worden ist, dann kann über 1 v/o des gasförmigen, HF enthaltenden Stickstoffgases eingesetzt werden, um eine Beseitigung der Oxydschicht zu erleichtern. In einem solchen Fall kann jedoch die Substratoberfläche mit Fluormolekülen verunreinigt werden. Falls dies passieren sollte, kann ein Bestrahlen der Oberfläche mit einer Strahlung einer Wellenlänge weniger als 800 nm das Fluor von der Oberfläche desorbieren.

[0158] Um die Lebensdauer des zwischen dem Tunnel **64** und der Transportkammer **66** vorgesehenen Schieberventils **80** zu erhöhen oder eine Erzeu-

gung von Kontaminationen infolge von Verschleiß des Schieberventils **80** zu verhindern, ist es vorzuziehen, dass die Drücke im Tunnelraum **64** und in der Transportkammer **66** die gleichen sein sollten, wenn das Schieberventil **80** betätigt wird. Um die Lebensdauer des zwischen der Transportkammer **66** und jeder Arbeitskammer **67–69** vorgesehenen Schieberventils **81** zu erhöhen oder eine Erzeugung von Kontaminationen infolge von Verschleiß des Schieberventils **81** zu verhindern, ist es in ähnlicher Weise vorzuziehen, dass die Drücke in den Arbeitskammern **67–69** und in der Transportkammer **66** die gleichen sind, wenn das Schieberventil **81** betätigt wird.

[0159] Der Normaldruck im Gastunnel ist jedoch über 760 Torr (1 Torr = 133,32 Pa) und die Drücke in den Arbeitskammern **67–69** sind weniger als 1 Torr. Daher ist in der Transportkammer **66** ein Druckregler derart bereitgestellt, dass, wenn das Schieberventil **80** geöffnet werden soll, der Druck in der Transportkammer **66** erhöht werden sollte (760 Torr), um die Drücke zwischen dem Tunnelraum **64** und der Transportkammer **66** auszugleichen, und wenn das Schieberventil **82** geöffnet werden soll, der Druck in der Transportkammer **66** herabgesetzt werden sollte (1 Torr), um die Drücke in den Arbeitskammern **67–69** und in der Transportkammer **66** auszugleichen.

[0160] Beim Regeln der Drücke kann es in Erwägung gezogen werden, die Drücke in jeder Arbeitskammer **67–69** nach dem Beenden der Bearbeitung auf 760 Torr anzuheben, anstatt in der Transportkammer **66**. Allerdings ist dies nicht wünschenswert, weil die Staubteilchen, die während der Bearbeitung erzeugte Nebenprodukte sind, durch das plötzliche Ansteigen von hohem Gasdruck umherfliegen, was eine unerwünschte Wirkung der an den bereits bearbeiteten Scheiben anhaftenden Staubteilchen verursacht.

[0161] Eine Regelung von Drücken in der Transportkammer **66** erfordert eine Druckregulierungseinrichtung, die ein Hochgeschwindigkeitsgaspumpen handhaben kann und hohe Reinheit aufrechterhält. Eine geeignete Einrichtung ist eine zweistufige Anordnung einer ölfreien Turbomolekularpumpe und einer Trockenpumpe, die direkt in Reihe geschaltet sind. Zum schnellen Absaugen der Transportkammer **66** sollte eine leistungsstarke Absaugpumpe gewählt werden.

[0162] Anstatt eine Druckregulierungseinrichtung in der Transportkammer **66** bereitzustellen, ist es wünschenswerter, eine Druckregulierungseinrichtung zum Absaugen des Gases zwischen den Absperrventilen **86** bereitzustellen.

[0163] In einem System mit einer derartigen Druckregulierungseinrichtung sind, wenn die Scheiben **10** durch den Tunnelraum **64** transportiert werden und vor der Transportkammer **66** ankommen, die Ab-

sperrventile **86** geschlossen, um die Scheiben **10** im Tunnelraum **64** zu isolieren. Danach wird die Druckregulierungseinrichtung betätigt, um den Druck im durch die Absperrventile **86** gebildeten Isolierungsraum zu mindern. Der Druck im Isolierungsraum wird auf weniger als 1 Torr gemindert, so dass der gleiche Druck vorliegt, wie der in der Transportkammer **66**.

[0164] Nach diesem Schritt wird das Schieberventil **80** geöffnet und die Scheiben **10** werden vom Tunnelraum **64** in die Transportkammer **66** transportiert und danach zu der Reinigungskammer **70** oder zu der Arbeitskammer **67**, um eine festgelegte Bearbeitung vorzunehmen.

[0165] Nach der Beendigung des Bearbeitungsschritts werden die Scheiben **10** von der Transportkammer **66** in den Tunnelraum **64** transportiert. Nachdem das Schieberventil **80** geschlossen ist, wird der Druck im von den Absperrventilen **86** begrenzten Isolierungsraum erhöht, die Absperrventile **86** werden geöffnet und die Scheiben **10** werden zu anderen Arbeitskammern weitergeleitet.

[0166] Diese Anordnung hat den Vorteil, dass der von den Absperrventilen **86** begrenzte Isolierungsraum kleiner ist als die Transportkammer **66**. Das heißt, der Raum zum Regeln des Drucks ist klein, es kann bei einer viel schnelleren Geschwindigkeit abgesaugt werden und die Bearbeitungsproduktivität wird erhöht.

[0167] Es ist auch vorzuziehen, den gesamten Tunnelraum **64** bei einem gleichen geminderten Druck wie der in der Transportkammer **66** zu halten. Beim Ausgleichen der Drücke im Tunnelraum **64** und in der Transportkammer **66** können die Absperrventile **86** entfernt werden, um das System einfacher zu machen.

[0168] Durch Mindern des Drucks im gesamten Tunnelraum **64** wird die Gasmolekül-Stromgeschwindigkeit erhöht. Dadurch wird es einem kleinen Transportgasvolumen ermöglicht, die Substratscheiben zu bewegen und die Durchflussmenge des für den Gastunnel **64** benötigten Transportgases zu verringern. Durch Mindern des Drucks im Tunnelraum **64** kann das Lasererfassungssystem die Kontaminationsdaten eher als sekundäre Differentialsignale als direkte Absorptionssignale durch die Kontamination erzeugen, um empfindlichere Daten vorzusehen.

Ausführungsbeispiel 2

[0169] Ausführungsbeispiel 2 wird mit Bezug auf [Fig. 2](#) dargelegt werden. Ausführungsbeispiel 2 ist grundsätzlich das gleiche wie Ausführungsbeispiel 1, außer dass eine Zugangseinrichtung für inertes Gas **72a** und eine Zugangseinrichtung für Sauerstoffgas **72b** derart für den Tunnelraum **64** vorgesehen sind,

dass ein inertes Gas, wie Stickstoff, und ein Sauerstoffgas in den Tunnelraum **64** über die Ventile **71a** und **71b** zugeführt werden können. Ein im Gastunnel **64** vorgesehener Laseroszillator **74** und ein Laserdetektor **76** messen die Intensitätswerte der Absorptionsspektren und die Spektrometersteuerung **78** berechnet die Sauerstoffkonzentration im Tunnelraum **64**.

[0170] Der Tunnelraum **64** wird mit einem Druckmesser **92** instrumentiert, der mit der Spektrometersteuerung **78** zum Berechnen eines Wasserpartialdrucks im Tunnelraum **64** verbunden ist. Die Spektrometersteuerung **78** ist mit der Zugangseinrichtung für inertes Gas **72a** und mit der Zugangseinrichtung für Sauerstoffgas **72b** verbunden. Beide die Zugangseinrichtung für inertes Gas **72a** und die Zugangseinrichtung für Sauerstoffgas **72b** werden über die Spektrometersteuerung **78** gesteuert und entsprechend den Ausgangsdaten von der Steuerung **78**, die ihre Durchflussmengen begrenzt, um den Wasserpartialdruck bei weniger als 0,1 Pa zu halten, betätigt.

[0171] In diesem Ausführungsbeispiel werden die Partialdruckdaten im Tunnelraum **64** von der Spektrometersteuerung **78** zu der Bearbeitungsschrittsteuerung **84** übermittelt, wobei die Reinigungskammer **70** die Oberfläche der Scheiben **10** auf Basis der Ausgangsdaten reinigt. Das heißt, wenn der Wasserpartialdruck im Tunnelraum **64** weniger als 0,1 Pa ist, dann wird ein Reinigungsprozess auf einer energiearmen Ebene durchgeführt, zum Beispiel 0,2 eV, um keine Schädigung auf die Scheiben auszuüben. Andererseits wird, wenn beurteilt wird, dass eine native Oxydschicht auf der Oberfläche gebildet worden ist, ein Energieniveau verwendet, das zum Beseitigen derartiger Schichten ausreicht, zum Beispiel ein Energiebereich von 0,3–5 eV, oder eine Reinigung mit verdünnter Flusssäure und Spülung mit destilliertem Wasser.

[0172] In diesem Ausführungsbeispiel werden die Kontaminationsdaten, wie Wasserpartialdruck, der Zugangseinrichtung für inertes Gas **72a** und der Zugangseinrichtung für Sauerstoffgas **72b** so zugeführt, dass, wenn der Kontaminationsgrad hoch ist, die Durchflussmengen von inertem Gas und Sauerstoff erhöht werden, um den Kontaminationsgrad im Tunnelraum **64** herabzusetzen. Dadurch kann, durch Kombinieren der Abläufe des Herabsetzens des Kontaminationsgrads im Tunnelraum **64** mit dem an den Kontaminationsgrad angepassten Reinigungsprozess, ein hoch präziser Reinheitsgrad auf der Scheibenoberfläche aufrechterhalten werden, damit die Bearbeitung unter stabilen Bedingungen durchgeführt werden kann, wobei auch die Verwendung von beidem inertes Gas und Sauerstoff im Gastunnel **64** die Investitionskosten und nebensächliche Anlagekosten zum Abhandeln von mit Sauerstoff mangelnder Umgebung einhergehenden Problemen redu-

ziert.

Ausführungsbeispiel 3

[0173] Ausführungsbeispiel 3 wird mit Bezug auf [Fig. 9](#) dargelegt werden. Ausführungsbeispiel 3 ist im wesentlichen das gleiche wie Ausführungsbeispiel 1, außer dass zusätzlich zu dem Schieberventil **80** ein anderes Schieberventil **85** zwischen dem Gastunnel **64** und der Transportkammer **66** bereitgestellt ist, wobei eine Moderatorkammer bzw. Vermittlerkammer **87** zwischen dem Schieberventil **80** und dem Schieberventil **85** vorgesehen ist.

[0174] In der Moderatorkammer **87** ist eine Druckregulierungseinrichtung (nicht dargestellt) bereitgestellt, so dass der Druck in der Kammer frei reguliert werden kann.

[0175] Im Falle von einem eine derartige Moderatorkammer **87** aufweisenden Transportsystem werden die Scheiben **10**, die durch den Tunnelraum **64** bei einem Druck von 760 Torr transportiert worden sind, in der bei einem Druck von 760 Torr aufrechterhaltenen Moderatorkammer **87** angeordnet und das Schieberventil **80** wird geschlossen. Danach wird die Druckregulierungseinrichtung betätigt, um den Druck in der Moderatorkammer **87** so zu mindern, dass ihr Druck der gleiche ist wie der in der Transportkammer **66**. Wenn die Drücke ausgeglichen sind, wird das Schieberventil **85** geöffnet und die Scheiben **10** werden aus der Moderatorkammer **87** in die Transportkammer **66** transportiert, um eine geeignete Bearbeitung an den Scheiben **10** vorzunehmen.

[0176] Die bearbeiteten Scheiben **10** werden aus der Transportkammer **66** herausbewegt und zurück zu der Moderatorkammer **87** geführt. Nachdem das Schieberventil **85** geschlossen worden ist, wird der Druck in der Moderatorkammer **87** auf 760 Torr wiederhergestellt. Dann wird das Schieberventil **80** geöffnet und die Scheiben **10** in der Moderatorkammer **87** werden zum Gastunnel **64** transportiert.

[0177] Weil die Moderatorkammer **87** kleiner als die Transportkammer **66** ist, kann der Druckregulierungsprozess viel schneller und zuverlässiger für die Moderatorkammer **87** durchgeführt werden als bei einem ähnlichen Prozess für die Transportkammer **66**, wobei solch ein System einen anderen Vorteil hat, da die Durchlaufleistung erhöht wird.

[0178] Weil die Transportkammer **66** zwischen der Moderatorkammer **87** und den Arbeitskammern **67–69** angeordnet ist, ist ferner die Möglichkeit minimiert, dass die in den Arbeitskammern **67–69** erzeugten Nebenprodukte bis zur Moderatorkammer **87** eindringen. Insbesondere weil es in der Transportkammer **66** durch einen verminderten Druck dünn ist, können die Mikroteilchen, wie Staubteilchen, leicht

auf den Boden fallen und erfolgreich daran gehindert werden, die Moderatorkammer **87** zu erreichen. Deshalb gibt es, sogar wenn eine Druckregulierung über Absaugen oder Zuführen von inertem Gas schnell durchgeführt wird, eine kleine Gefahr des Herumfliegens von Staubteilchen.

Wachstumsänderung von nativen Oxydschichten mit der Zeit

[0179] Die Auswirkungen von Feuchtigkeitsgraden in der Atmosphäre auf die Oberfläche der Substratscheibe wurden untersucht.

[0180] Das Substratmaterial war n-leitend. (100)-orientiertes Siliziumsubstratmaterial weist einen Bereich des spezifischen Widerstands von 2–4 Ωcm auf. Die Substratscheiben wurden einer Reinraumatmosfera, die einen Wasserpartialdruck von höher als 10 Pa enthält, und einer Gastunnelatmosfera, die N_2 und O_2 bei einem Wasserpartialdruck von 0,1 Pa enthält, ausgesetzt. In jedem Fall wurde das Wachstum einer Oxydschicht auf der Oberfläche der Substratscheibe als eine Funktion der Belichtungsdauer der Umgebung untersucht. Die Ergebnisse sind in [Fig. 10](#) angegeben.

[0181] Wenn die Scheiben einer Atmosphäre bei einem Wasserpartialdruck höher als 10 Pa ausgesetzt wurden, setzte sofort nach der Belichtung eine Wasseradsorption von mehr als zehn Molekularschichten auf der Scheibenoberfläche ein und mit vorübergehender Zeit fing Sauerstoff aus der Umgebung an, in die adsorbierte Schicht aufgenommen zu werden. Obwohl eine native Oxydschicht nicht sofort nach der Belichtung gebildet wurde, begann der Oxydationsprozess nach ca. 200 Minuten und die Schicht wuchs auf eine Dicke von 0,3 nm nach ca. 1000 Minuten an. Die Dicke erhöhte sich in Schritten mit der Zeit und nach ca. 20000 Minuten erreichte die Schichtdicke 0,5 nm.

[0182] Im Vergleich zu den Scheiben, die einer einen Wasserpartialdruck von 0,1 Pa im Tunnelraum enthaltenden Atmosphäre ausgesetzt wurden, wurde Feuchtigkeit auf der Oberfläche adsorbiert. Jedoch ist die Schichtdicke weniger als eine Molekularschicht, und sogar nach 10000 Minuten der Belichtung der Umgebung gab es kein Erhöhen der Dicke der adsorbierten Schicht und kaum irgendeine Oxydschicht wurde erfasst. Es wurde beobachtet, dass auf der Oberfläche adsorbierte Feuchtigkeit als Wassermoleküle existierte.

Abhängigkeit des adsorbierten Wasservolumens vom Wasserpartialdruck

[0183] Die Abhängigkeit des adsorbierten Wasservolumens vom Wasserpartialdruck wurde für eine Anzahl von Substratmaterialien untersucht.

[0184] Die Substratmaterialien wurden als eine Beschichtung in einem Edelstahlrohr von 4 m Länge und 4,35 mm Innendurchmesser bereitgestellt. Die Beschichtungsmaterialien wurden in vier Formen bereitgestellt: gefälltes Chromoxyd (Cr_2O_3); abgelagertes und oxydiertes Silizium zum Bilden von Siliziumdioxid (SiO_2); elektropolierte (EP) Oberfläche und gefälltes Magnetit (Fe_3O_4).

[0185] Zum Testen der Auswirkungen von Wasserpartialdrücken weniger als 0,15 Pa nachdem die Feuchtigkeit auf der innenseitigen Oberfläche des Testmaterials vollständig durch Hitze beseitigt wurde, wird eine einen gewünschten Wasserpartialdruck enthaltende Argongasströmung von einer Einlaufseite des Rohres durchgeleitet und die Zeitspanne, die benötigt wurde, um ein Einleiten von etwas Feuchtigkeit enthaltendes Argon zu beginnen, wurde durch Überwachen des Feuchtigkeitsgehalts an der Auslaufseite des Rohres bestimmt. Wenn der Feuchtigkeitsgrad im strömenden Argongas niedrig ist, wird für eine kurze Zeitspanne nach Strömen des Gases alle Feuchtigkeit im Gas auf dem Testmaterial adsorbiert und es wurde kein Wasser im verlassenden Argon erfasst. Nach Sättigung der Oberflächenadsorption auf dem Testmaterial wurde damit begonnen, Wasser im Argongas an der Auslaufseite des Rohres zu erfassen. Damit war es, durch Messen der Zeitspanne zwischen dem Gasflussbeginn und dem Beginn einer Feuchtigkeitserfassung, möglich, die Konzentration von Wasser, das auf dem Testmaterial entsprechend jedem Wasserpartialdruck im durchgeströmten Argongas adsorbiert wurde, zu berechnen.

[0186] Wenn der Wasserpartialdruck größer als 10 Pa ist, wird eine große Wassermenge sofort auf der Oberfläche adsorbiert und Feuchtigkeit enthaltendes Argon wird sofort an der Auslaufseite des Rohres erfasst. Aus diesem Grund war es nicht möglich, diese Vorgehensweise anzuwenden, um die Adsorptionskonzentration zu bestimmen. Deshalb wurde eine andere Vorgehensweise festgesetzt. In dieser Vorgehensweise wurde, nach der Sättigung der Oberfläche mit adsorbierten Wasser durch Strömen eines einen gewünschten Feuchtigkeitsgrad für eine hinreichende Dauer enthaltenden Argongases, getrockneter Fluorwasserstoff (HF) durch das Rohr geleitet und ein Gleichgewicht am Wasseradsorptionsgrad durch Messen des elektrischen Widerstands der ergebenden Ätzlösung berechnet. Getrocknetes HF ist hoch polarisiert und leicht in Wasser löslich, so dass es durch Strömen durch das Rohr möglich ist, all das adsorbierte Wasser von der Innenfläche zu beseitigen. Die elektrische Leitfähigkeit von HF reagiert auf die Menge an gelöstem Wasser. Deshalb war es durch Messen der elektrischen Leitfähigkeit der Ätzlösung möglich, die Menge an auf der Oberfläche des Testmaterials adsorbierten Wassers zu berechnen.

[0187] Die Testergebnisse sind in [Fig. 11](#) angege-

ben. Es wurde festgestellt, dass es, wenn der Wasserpartialdruck höher als 10 Pa ist, keine Veränderung im Grad des adsorbierten Wassers zwischen den verschiedenen Materialien Cr_2O_3 , SiO_2 , EP, Fe_2O_3 gibt, was darauf hinweist, dass die gleiche Menge an Wasser auf allen Materialien adsorbiert wurde.

[0188] Von den in [Fig. 11](#) dargestellten Ergebnissen kann erkannt werden, dass, wenn der Wasserpartialdruck weniger als 0,15 Pa ist, die Konzentration von adsorbierten Wasser weniger als 3×10^{14} Moleküle/ cm^2 ist. Es ist bekannt, dass Wassermoleküle keine Mehrschichten bilden, wenn ihre Konzentration weniger als 1×10^{15} Moleküle/ cm^2 ist. Damit kann beim beobachteten Anreicherungs-niveau hergeleitet werden, dass Mehrschichtadsorption in diesem Konzentrationsbereich nicht stattfand. Für eine Monoschichtadsorption wird der Adsorptionsgrad durch die Aktivierungsenergie der adsorbierenden Oberfläche beeinflusst, so dass die adsorbierte Menge für verschiedene Materialien unterschiedlich ist. Deshalb ist es auch selbstverständlich, wenn der Wasserpartialdruck geringer als 0,15 Pa ist, dass die Adsorptionskonfiguration eine Monoschicht ist.

[0189] Die Ergebnisse in [Fig. 11](#) zeigen weiterhin, dass im Bereich des Wasserpartialdrucks höher als 10 Pa die Adsorptionskonzentration höher als 7×10^{15} Moleküle/ cm^2 ist, die höher als ein Grenzwert von 1×10^{15} Moleküle/ cm^2 für eine Monoschichtadsorption ist, was darauf hinweist, dass Adsorption in einer Mehrschicht in diesen Bereichen auftritt. Auch die Tatsache, dass Adsorptionskonzentrationen nicht von der Materialart abhängig sind, ist auch ein Hinweis dafür, dass die Konfiguration eine Mehrschichtadsorption ist.

[0190] Es ist bekannt, dass eine Monoschichtadsorption nicht die Bildung einer nativen Oxydschicht begünstigt. Jedoch beginnen bei einer Mehrschichtadsorption die Wassermoleküle in Anhäufungen wegen der Wirkung einer Wasserstoffbrückenbindung zu existieren und die Bildung einer nativen Oxydschicht kann stattfinden. Die Ergebnisse in [Fig. 11](#) stimmen mit dieser Theorie überein, wobei nachgewiesen wurde, dass bei dem Wasserpartialdruck von 0,1 Pa oder niedriger eine Bildung einer nativen Oxydschicht kaum beobachtet wird.

Adsorption von organischen Substanzen

[0191] Teste wurden durchgeführt, um die Adsorptionseffekte von organischen Substanzen zu untersuchen, die in der umgebenden Atmosphäre auf einer Oberfläche der Substratscheibe enthalten sind.

[0192] [Fig. 12](#) zeigt, was herauskommt, wenn Siliziumsubstratscheiben einer Reinraum-Atmosphäre ausgesetzt werden, indem der Zeitverlauf der Menge

an adsorbierten organischen Substanzen auf den Substratscheiben mittels einer Fourier-Transformations-Infrarot-Analyse (FT-IR) bestimmt wird. Die horizontale Achse bezieht sich auf eine Absorptionswellenzahl und die vertikale Achse auf die adsorbierte Menge.

[0193] Siliziumsubstratscheiben, die von adsorbierten organischen Substanzen durch Abspülen mit ultra-destilliertem, mit Ozon dotiertem Wasser gereinigt wurden, wurden verwendet. Sofort nach dem Abspülschritt (Stunde 0) wurden keine adsorbierten Substanzen auf den Substratscheiben beobachtet. Jedoch war mit der Expositionszeit im Reinraum ersichtlich, dass die Menge an adsorbierten Substanzen sich erhöht hat.

[0194] Andererseits vergleicht [Fig. 13](#) die oben aufgeführten Expositionsergebnisse vom Reinraum mit den Expositionsergebnissen der auf die gleiche Art gereinigten Scheiben in der Tunnelraumatmosphäre bei einem Wasserpartialdruck von 0,1 Pa und einem strömenden Spülgas einer Mischung aus Stickstoff und Sauerstoff. In diesem Ausführungsbeispiel gibt es, sogar nach vierundzwanzig Stunden der Exposition der Tunnelatmosphäre, keine Adsorption von organischen Substanzen, weil die Tunnelumgebung durch Regulieren der Durchflussmenge von Spülgas entsprechend den gemessenen Daten an organischen Kontaminationen im Tunnelraum gesteuert wird, um ein Eintreten von organischen Kontaminationen in den Tunnelraum nicht zu ermöglichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Transport von Substratscheiben (10) über einen Gastunnel (12) von einer Arbeitskammer zu einer anderen Arbeitskammer, wobei eine ein inertes Gas oder eine gasförmige Mischung aus einem inerten Gas und Sauerstoff enthaltene Strömung aus einem Spülgas durch den Gastunnel (12) geleitet wird, gekennzeichnet durch Messen von Kontaminationsgraden innerhalb des Gastunnels (12) mit einem Halbleiterlaser-Erfassungssystem und Anpassen von Transportparametern an gemessene Daten.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbleiterlaser-Erfassungssystem einen Laseroszillator (74) zum Oszillieren von Laserstrahlen in einem Wellenlängenbereich von 0,75–2 µm zum Abtasten von Kontaminationen beinhaltet, um eine Konzentration gasförmiger Kontaminanten aus spektralen Absorptionsdaten zu bestimmen.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbleiterlaser-Erfassungssystem einen gasförmigen Kontaminationsgrad bezüglich spektraler Absorptionsdaten eines durch einen Laseroszillator (74) oszillierten Laserstrahls, sowie einen

festen Kontaminationsgrad bezüglich Strahlstreuungsdaten des durch den Laseroszillator (74) oszillierten Laserstrahls bestimmt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbleiterlaser-Erfassungssystem eine gasförmige Kontamination getrennt von einer festen Kontamination durch gleichzeitiges Messen einer Intensität eines Absorptionsspektrums und einer Intensität eines Streuspektrums ermittelt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Durchflussmengen des Spülgases in dem Gastunnel (12) entsprechend der gemessenen Daten gesteuert werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Transportweg entsprechend der gemessenen Daten gesteuert wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Reinigungskammer (70) als Vorstufe zu einer Arbeitskammer (34) angeordnet ist und die gemessenen Daten angewandt werden, um zu entscheiden, ob die Substratscheiben (10) in die Reinigungskammer (70) eingebracht werden oder nicht.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Reinigungskammer (70) als Vorstufe zu einer Arbeitskammer (34) angeordnet ist und ein Betrieb der Reinigungskammer (70) entsprechend den gemessenen Daten gesteuert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Substratscheiben (10) durch Fließen eines Transportgases, welches eine übliche Zusammensetzung wie ein Spülgas hat, transportiert werden.

10. System zum Transport von Substratscheiben (10), mit:
einer Mehrzahl von Arbeitskammern (67–69) als Mittel zum Bearbeiten der Substratscheiben (10); und
einen in Verbindung mit der Mehrzahl der Arbeitskammern (67–69) stehenden Gastunnel (12) zum Transport der Substratscheiben (10) und zum Durchleiten einer Spülgasströmung durch einen Tunnelraum (64),
dadurch gekennzeichnet, dass

ein Halbleiterlaser-Erfassungssystem zum Messen von Kontaminationsgraden im Tunnelraum (64) an dem Gastunnel (12) angeordnet ist, und
eine Steuereinrichtung zum Steuern von Durchflussmengen des Spülgases entsprechend gemessener Daten vorhanden ist, wobei die Daten durch das Halbleiterlaser-Erfassungssystem erzeugt werden.

11. System nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuereinrichtung zum Steuern

eines Transportweges für Substratscheiben (10) entsprechend gemessener Daten vorgesehen ist, wobei die Daten durch das Halbleiterlaser-Erfassungssystem erzeugt werden.

12. System nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine als Vorstufe zu einer Arbeitskammer (34) angeordnete Reinigungskammer (70) zum Reinigen der Substratscheiben (10) entsprechend gemessener Daten vorgesehen ist, wobei die Daten durch das Halbleiterlaser-Erfassungssystem erzeugt werden.

13. System nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbleiterlaser-Erfassungssystem aufweist:
einen Laseroszillator (74);
einen Laserdetektor (76);
einen Detektor für einen gestreuten Strahl (88), welcher in rechten Winkeln zu einer Strahlachse, die den Laseroszillator (74) und den Laserdetektor (76) verbindet, angeordnet ist; und
ein Reflektorelement (89), welches gegenüber dem Detektor für einen gestreuten Strahl (88) quer zu der Strahlachse angeordnet ist.

14. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch Überwachen und Messen von Sauerstoffkonzentrationen in einem Tunnelraum (64) mit einem Halbleiterlaser-Erfassungssystem.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass eine Durchflussmenge von zumindest dem inerten Gas oder dem Sauerstoff entsprechend gemessener Daten gesteuert wird, wobei die Daten durch das Halbleiterlaser-Erfassungssystem erzeugt werden.

16. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass ein Partialdruck von Wasser im Tunnelraum (64) nicht größer als 0.1 Pa ist.

17. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass ein Bedarf nach einer Reinigung der Substratscheiben (10) auf Basis von Adsorption von Feuchtigkeit oder einer Anwesenheit oder einer Abwesenheit von einer nativen Oxydschicht entsprechend eines Partialdrucks von Wasser im Tunnelraum (64) entschieden wird.

18. System nach Anspruch 19, gekennzeichnet durch Steuern zumindest einer Durchflussmenge eines Sauerstoffgases oder eines inerten Gases als Antwort auf Messdaten, welche durch das Halbleiterlaser-Erfassungssystem erzeugt werden.

19. System nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch ein Druckmessgerät zum Messen eines Drucks im Tunnelraum (64) und zum Erzeugen von Daten des Drucks; eine zwischen einer Arbeitskammer

(67–69) und dem Gastunnel (12) angeordnete Reinigungskammer (70) zur Reinigung der Substratscheiben (10); und eine Steuereinrichtung zum Steuern des Betriebes der Reinigungskammer (70) als Antwort auf die gemessenen Daten, welche durch das Halbleiterlaser-Erfassungssystem und dem Druckmessgerät erzeugt werden.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

FIG.1

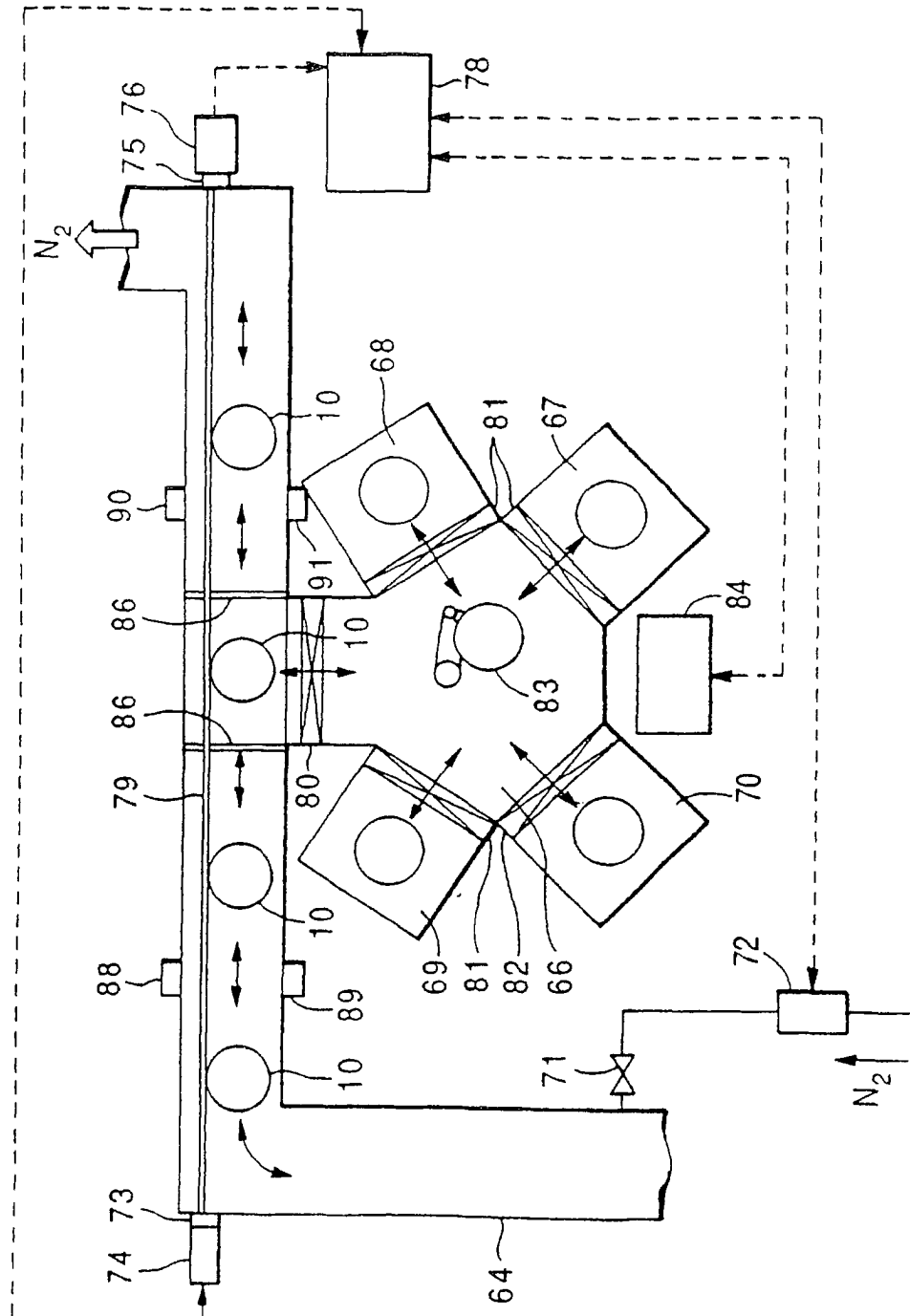


FIG. 2

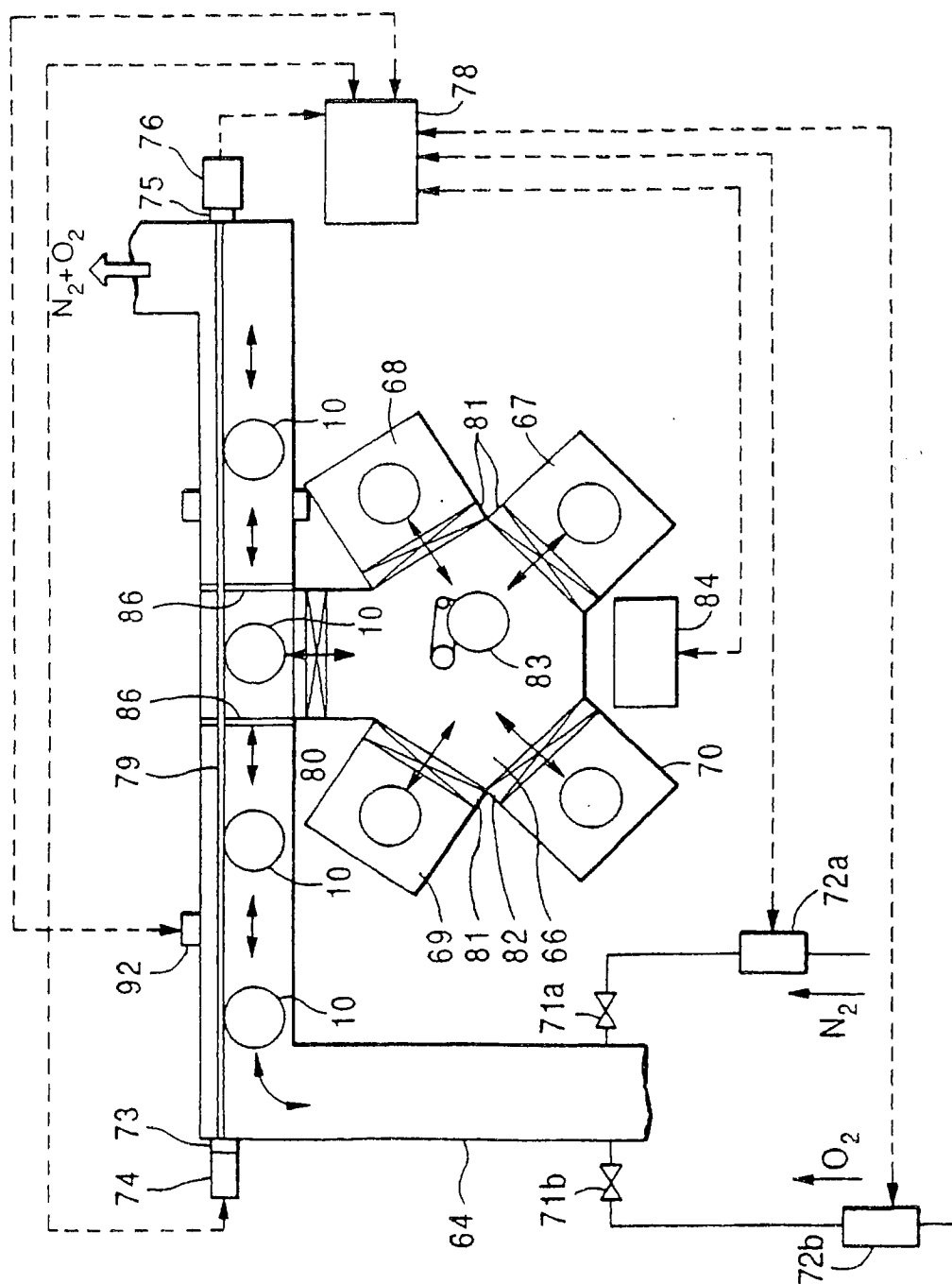


FIG.3

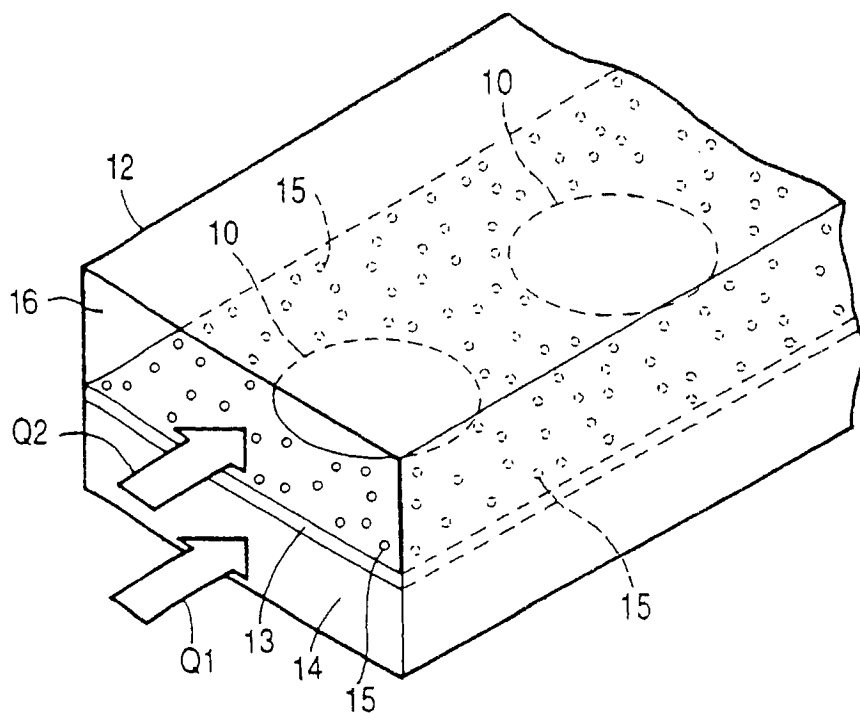


FIG.4

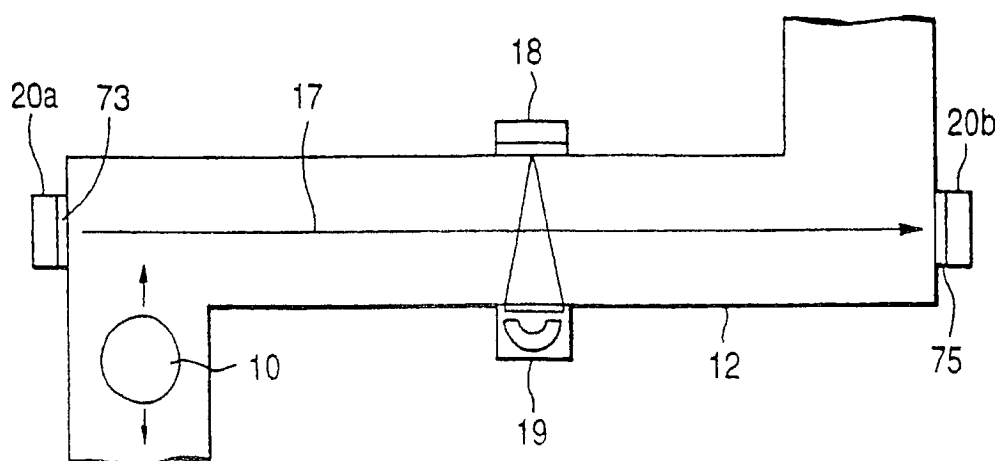


FIG.5

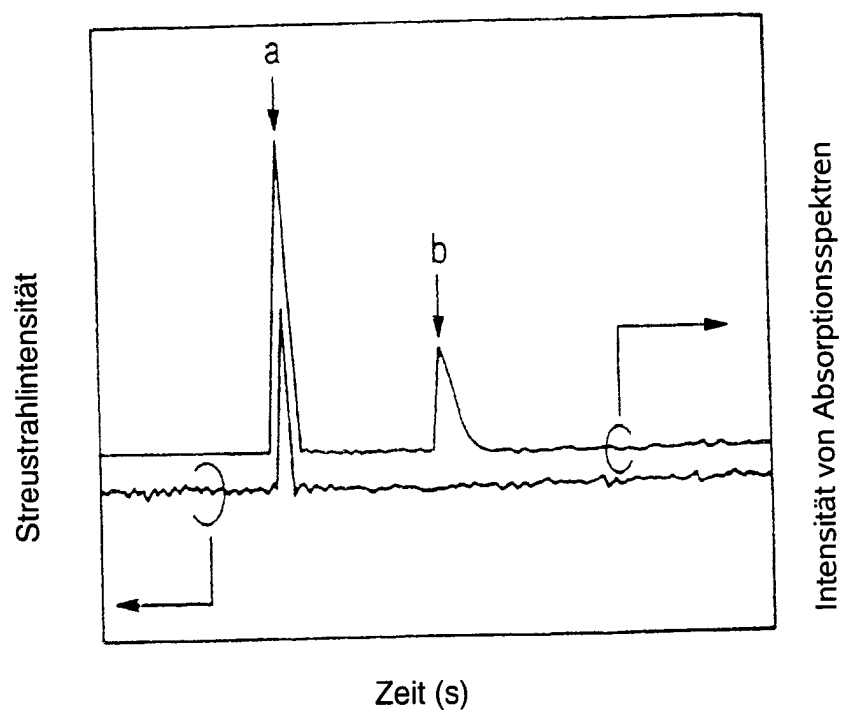


FIG.6

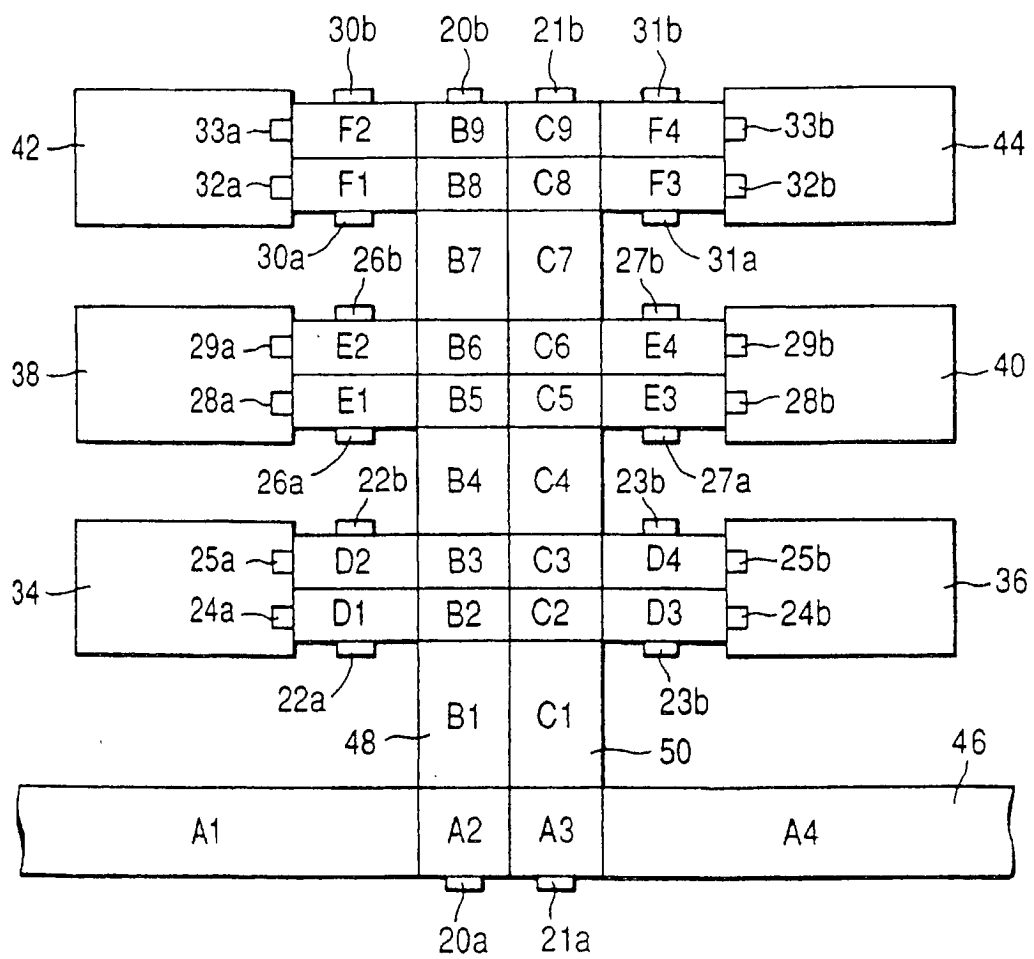


FIG.7

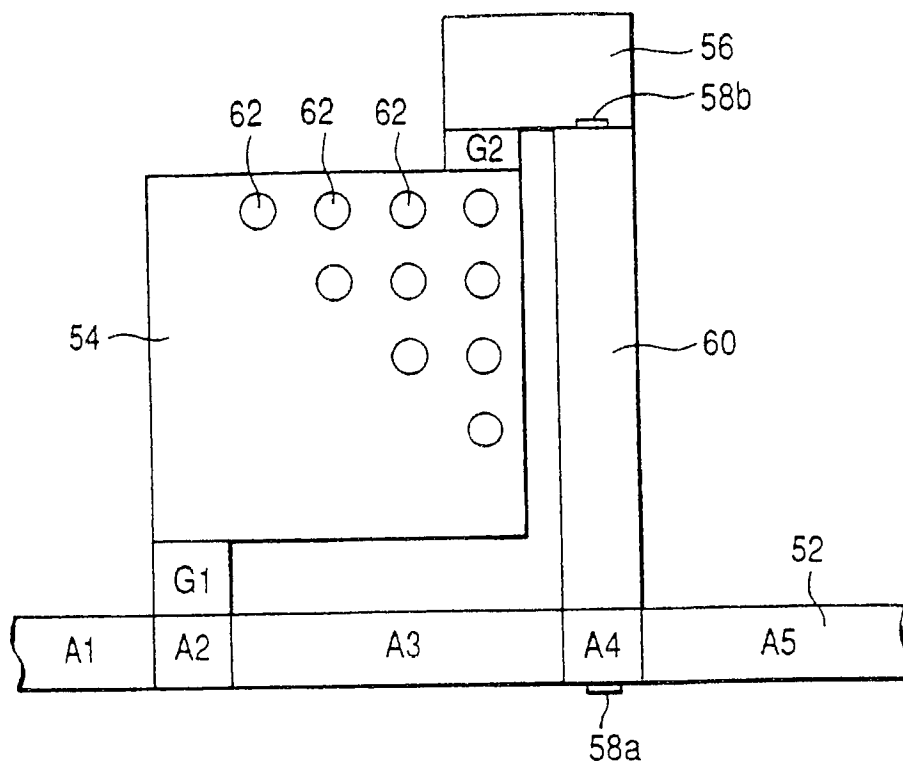


FIG.8

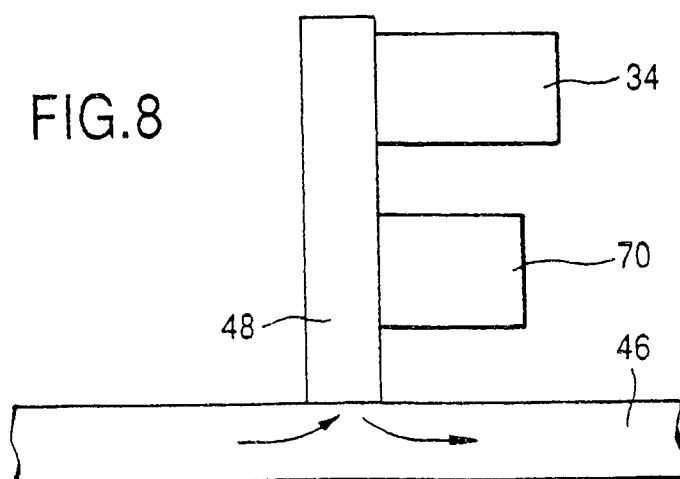


FIG. 9

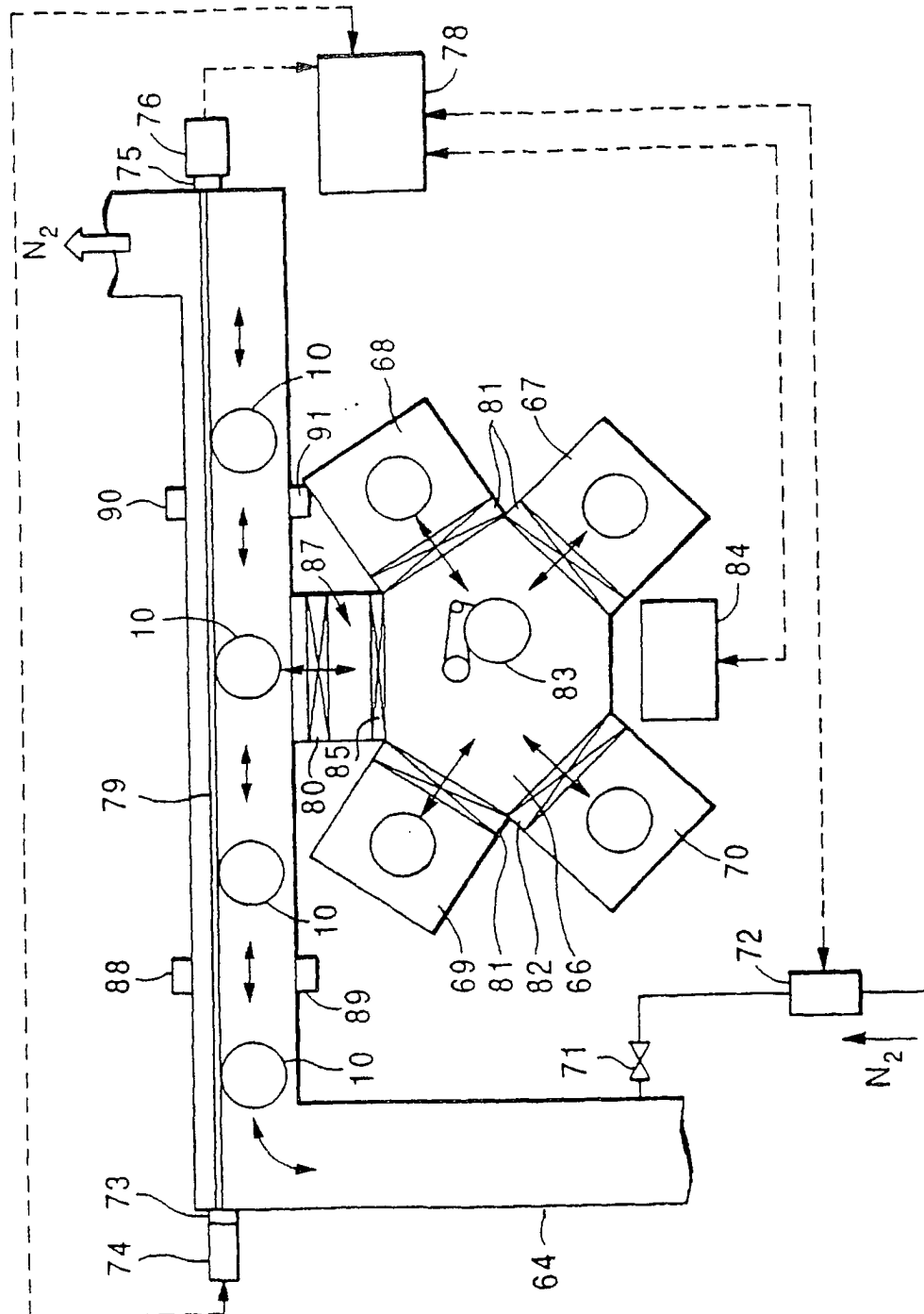


FIG.10

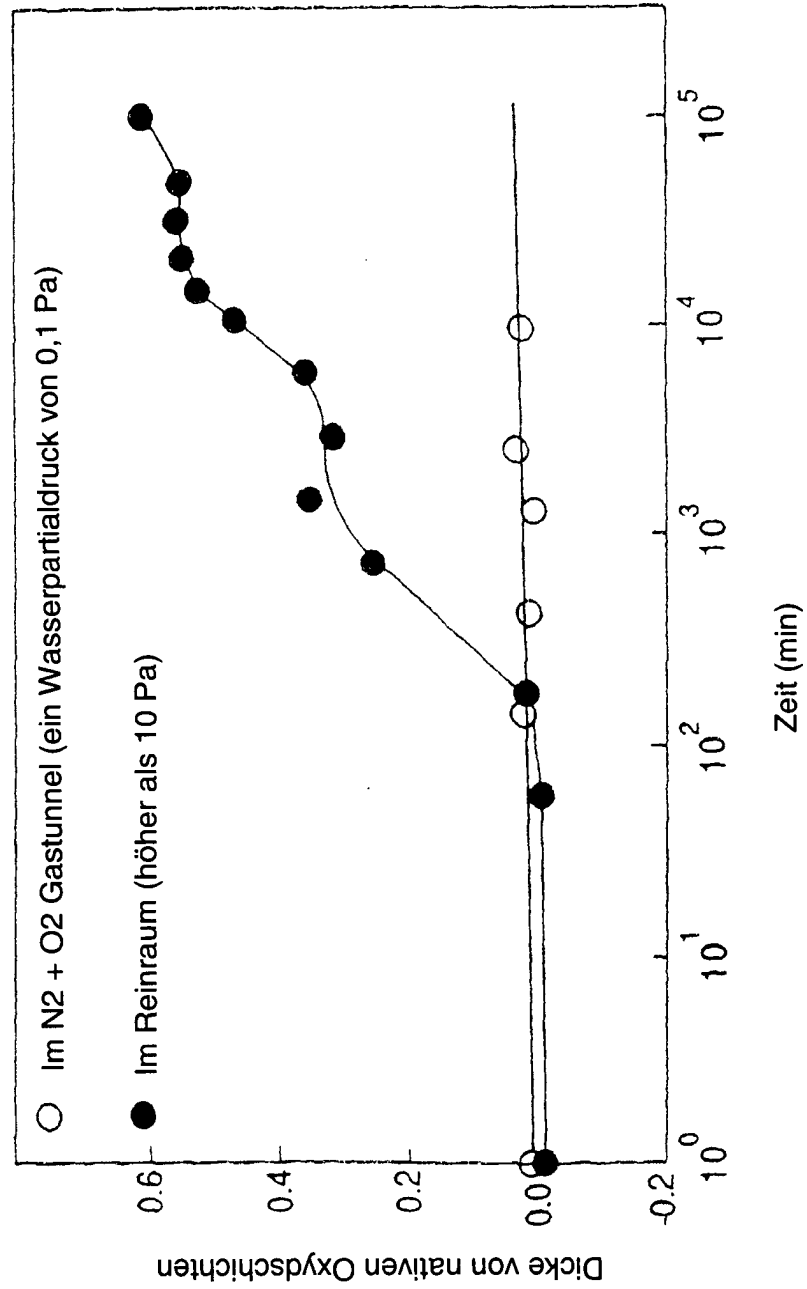


FIG.11

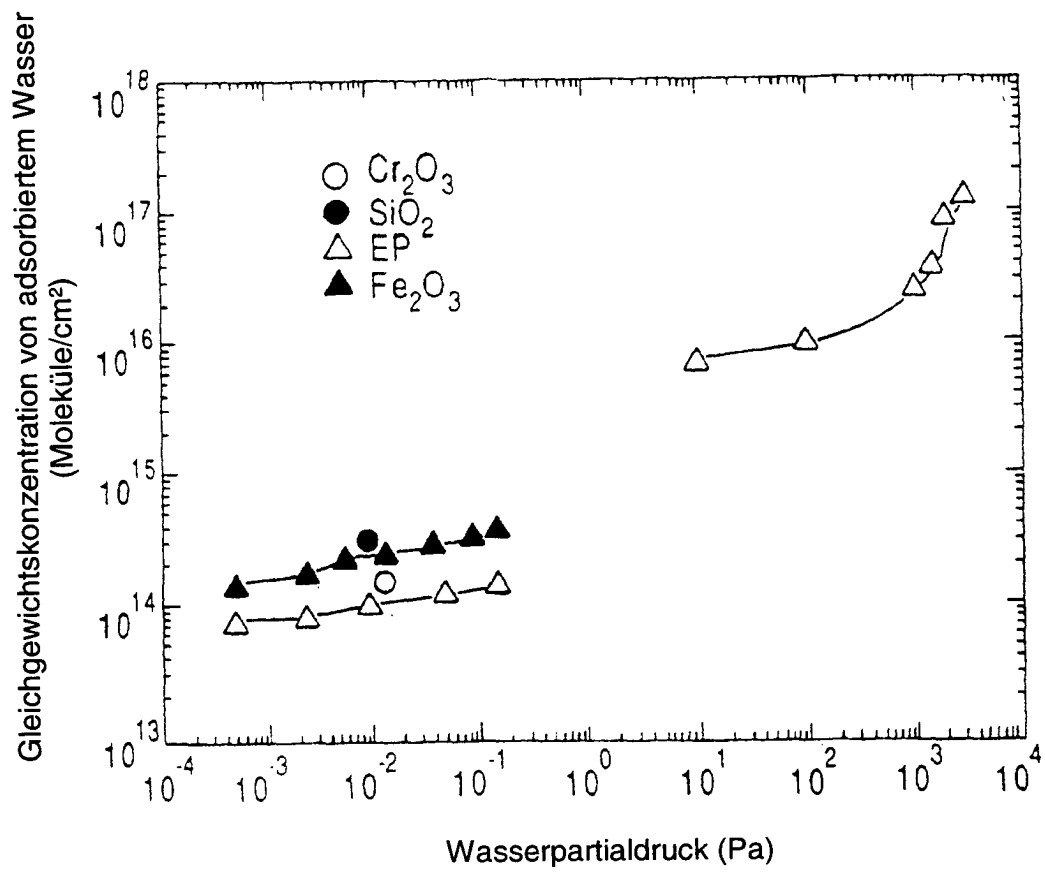


FIG.12

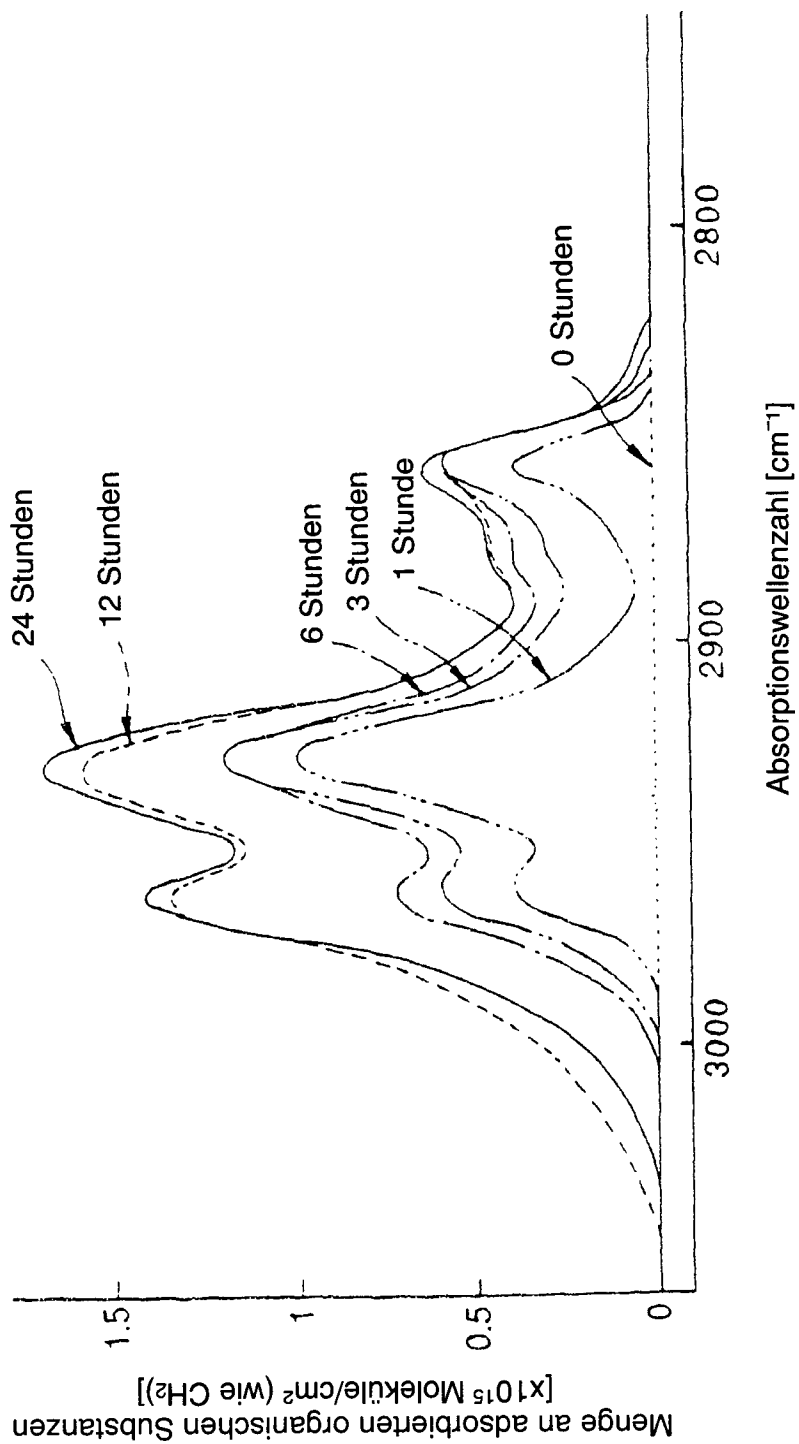


FIG.13

