



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 37 563 T2** 2007.12.27

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 957 511 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 37 563.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP97/00481**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 904 595.2**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1997/031391**

(86) PCT-Anmeldetag: **21.02.1997**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **28.08.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **17.11.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **04.04.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **27.12.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 21/31** (2006.01)

H01L 21/316 (2006.01)

H01L 21/205 (2006.01)

C23C 16/50 (2006.01)

C23C 16/48 (2006.01)

C23C 16/40 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

6028096 **23.02.1996** **JP**

15739096 **30.05.1996** **JP**

(73) Patentinhaber:

Ebara Corp., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:

Eisenführ, Speiser & Partner, 80335 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

FUJII, Toshiaki, Yamato-shi Kanagawa 242-0002,

JP; ADACHI, Motoaki, Ibaraki-shi, Osaka 567-0023,

JP; OKUYAMA, Kikuo, Higashihiroshima-shi,

Hiroshima 739-0046, JP

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR CHEMISCHEN GASPHASENABSCHEIDUNG**

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 auf ein Verfahren zum chemischen Abscheiden aus der Gasphase und bezieht sich genauer auf ein Verfahren zur Herstellung einer Dünnschicht durch Aufdampfen auf einer Oberfläche eines Hochtechnologieerzeugnisses, wie etwa eines Halbleiters, eines Flüssigkristalls oder eines Präzisionsinstruments, während eines Vorgangs zur Herstellung des Erzeugnisses.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Bei einem Vorgang zur Herstellung eines Halbleiters werden in einem Herstellungsschritt einer Dünnschicht auf einer Oberfläche eines Substrates durch CVD (chemical vapor deposition = chemisches Abscheiden aus der Gasphase) Partikel erzeugt. Die Partikel beziehen sich auf Feststoffe, die ungleichmäßige Durchmesser aufweisen und die durch eine Wechselwirkung von Bestandteilen für Dünnschichten mit begleitenden Verunreinigungen in einer Reaktionskammer der CVD-Vorrichtung und durch Aggregation der Reaktionspartner entstehen. Die Partikel stellen für die Dünnschicht Schadstoffe dar und sind eine Haupteinflussgröße für die Verringerung der Ausbeute des Erzeugnisses. Da Halbleiterschaltungen immer feiner werden, wird in letzter Zeit die Größe der Feststoffe, die als Schadstoffe wirken können, immer kleiner. Mustergrößen von 64M DRAM, 256M DRAM, 1 G DRAM, und 1T DRAM entsprechen ungefähr 0,35 μm , ungefähr 0,25 μm , ungefähr 0,18 μm , ungefähr 0,09 μm beziehungsweise ungefähr 0,03 μm . Es ist zu berücksichtigen, dass Feststoffe, deren Größe nicht weniger als ein Zehntel der Mustergröße beträgt, als Schadstoffe entfernt werden sollten. Hochreaktionsfähige Materialien werden häufig als Zutatengase verwendet, wobei diese Materialien dazu neigen, Partikel zu bilden. Daher wird eine CVD-Vorrichtung manchmal als "eine Vorrichtung zur Abfallerzeugung" bezeichnet.

[0003] Üblicherweise wird eine Menge von Zutatengasen und Temperaturen angepasst, um eine Herstellungsrates einer Dünnschicht zu verringern, wodurch die Bildung von Partikeln verhindert wird. Die verringerte Rate der Dünnschichtherstellung vermindert die Abgabeleistung an Halbleitererzeugnissen. Da die Partikel durch die Gravitationskraft in der Reaktionskammer nach unten fallen, kann alternativ eine Oberfläche des Wafers, auf dem eine Dünnschicht gebildet wird, so angeordnet sein, dass sie nach unten gerichtet ist. Alternativ werden in der Reaktionskammer thermische Migration oder Temperaturschwankungen erzeugt, um so eine Menge an Partikeln zu verringern, die sich auf einem Wafer ansammelt. Obwohl diese Methoden wirkungsvoll sind, um eine Menge von angesammelten Partikeln bis zu einem gewissen Maß zu verringern, können diese Verfahren nicht zu einem zufriedenstellendem Ergebnis führen.

[0004] Eine herkömmliche CVD-Vorrichtung wandelt einen Bestandteil für eine Dünnschicht durch molekulare oder thermische Diffusion in ein Substrat und in darauf befindliche Ablagerung um. Das Problem der herkömmlichen CVD-Vorrichtung ist jedoch, dass die Rate der Dünnschichtherzeugung langsam ist und dass die Menge an Ablagerung klein ist.

[0005] Ein Beispiel der Partikelbildung wird in einem Aufdampfungsprozess mittels einer Plasma-CVD-Vorrichtung beschrieben. [Fig. 13](#) ist eine schematische Ansicht einer Plasma-CVD-Vorrichtung. Die Vorrichtung wird verwendet, um eine SiO_2 -Schicht auf einer Oberfläche eines Wafers **6** zu erzeugen, indem ein SiH_4 -Gas als Reaktant verwendet wird. Ein Druck in einer Reaktionskammer **21** wird mittels einer Vakuumpumpe **22** verringert. Daraufhin werden reaktionsfähige Gase, genauer ein SiH_4 -Gas, das als Zutatengas dient, und ein N_2O -Gas, das als oxidierendes Gas dient, mittels eines Massendurchflussreglers **23** gemischt und dann in die Reaktionskammer **21** geleitet. Der Druck in der Reaktionskammer **21** wird mittels eines Druckeinstellventils **24** konstant gehalten. Der Wafer **6** wird durch eine Heizvorrichtung **26**, die innerhalb einer Unterstützung **13** für einen Wafer vorgesehen ist, auf eine konstante Temperatur erhitzt.

[0006] Eine Hochfrequenzspannung wird durch eine elektrische Quelle **28** an eine obere Elektrode **29** und an die Unterstützung **13** für einen Wafer angelegt, um Plasma in einem Raum zwischen diesen zu erzeugen, so dass SiH_4 -Radikale, SiH_4^+ -Ionen, N_2O -Radikale und O_2^- -Ionen in dem Raum vorliegen. Wenn diese Radikale und Ionen an eine Oberfläche des Wafers **6** gelangen, wird unter Aufnahme von thermischer Energie eine SiO_2 -Schicht gebildet.

[0007] Diese Radikale und Ionen weisen jedoch eine hohe Reaktionsfähigkeit auf und treten mit Reaktionsprodukten und einhergehenden Verunreinigungen in Wechselwirkung, wobei Partikel abgegeben werden. Die thermische Energie gelangt durch thermische Strahlung an eine Seitenwand der Reaktionskammer und somit

wird auch an der Seitenwand eine SiO₂-Schicht gebildet. Außerdem bilden sich sekundär SiH₃⁻-Ionen, SiH₂²⁺-Ionen, NO-Moleküle und so weiter, wodurch das Problem entsteht, dass die Qualität der Schicht womöglich nicht gleichmäßig ist.

[0008] In Anbetracht des Vorhergehenden ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum chemischen Abscheiden aus der Gasphase zu schaffen, das es ermöglicht, eine gleichmäßige Schicht herzustellen, indem die Bildung von Partikeln beim Schritt der Erzeugung einer Dünnschicht auf einer Oberfläche eines Substrats verhindert wird, und das es ermöglicht, die Dünnschicht mit einer höheren Rate zu bilden.

ÜBERBLICK ÜBER DIE ERFINDUNG

[0009] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Herstellung einer Dünnschicht geschaffen, das die Schritte von Anspruch 1 umfasst. Das reaktionsfähige Gas kann ausschließlich ein Zutatengas sein, das einen Bestandteil für eine Dünnschicht enthält, oder ein Gemisch aus dem Zutatengas und einem oxidierenden oder reduzierenden Gas.

[0010] Eine Vorrichtung zum chemischen Abscheiden aus der Gasphase, die das obenerwähnte Verfahren ausführt, umfasst: eine Reaktionskammer, die eine Unterstützung für ein Substrat beinhaltet; Mittel zum Einleiten eines reaktionsfähigen Gases, das einen Bestandteil für eine Dünnschicht enthält, in die Reaktionskammer; Mittel zum Abführen des reaktionsfähigen Gases, das durch die Reaktionskammer strömt; Ionisierungsmittel zum Ionisieren eines Bestandteils, welches das reaktionsfähige Gas bildet; sowie Mittel zum Erzeugen eines elektrischen Feldes in der Reaktionskammer, so dass der ionisierte Bestandteil für eine Dünnschicht elektrostatisch auf dem Substrat abgeschieden wird. Vorzugsweise ist das Ionisierungsmittel ein Mittel zum Erzeugen von Photoelektronen oder ein Mittel zur Bildung von Ionen durch elektrische Entladung. Vorzugsweise ist das Ionisierungsmittel in einem Durchlass zum Einleiten des reaktionsfähigen Gases in die Reaktionskammer vorgesehen.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0011] [Fig. 1](#) bis [Fig. 6](#) sind schematische Ansichten, die CVD-Vorrichtungen zeigen, welche Mittel zum Erzeugen von Photoelektronen gemäß der vorliegenden Erfindung aufweisen.

[0012] [Fig. 7](#) bis [Fig. 10](#) sind schematische Ansichten, die CVD-Vorrichtungen zeigen, welche Mittel zur Erzeugung von Ionen mittels Koronaentladung aufweisen.

[0013] [Fig. 11](#) stellt einen Graphen dar, der Ergebnisse der Bestimmung einer Herstellungsrate einer Dünnschicht entsprechend angelegter Spannungen unter Verwendung der Vorrichtung aus [Fig. 2](#) zeigt.

[0014] [Fig. 12](#) stellt einen Graphen dar, der Ergebnisse einer Bestimmung einer Herstellungsrate einer Dünnschicht entsprechend angelegter Spannungen unter Verwendung der Vorrichtung aus [Fig. 10](#) zeigt.

[0015] [Fig. 13](#) ist eine schematische Ansicht, die eine herkömmliche CVD-Vorrichtung zeigt.

BEVORZUGTE AUSFÜHRUNGSFORMEN DER ERFINDUNG

[0016] Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen zur Ausführung der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0017] [Fig. 1](#) zeigt schematisch eine Umgebungsdruck-CVD-Vorrichtung zum Bilden einer isolierenden Schicht für eine integrierte Schaltung. Die Vorrichtung wird für die Bildung einer SiO₂-Schicht auf einem Substrat unter Verwendung von TEOS (Tetraethylorthosilikat: Si(OC₂H₅)₄) verwendet.

[0018] In [Fig. 1](#) wird TEOS **2**, das als ein Bestandteil für eine Dünnschicht dient, neben He, das als Trägergas dient, in einen Einlass einer CVD-Vorrichtung **1** eingeleitet. Eine Einrichtung A zum Beschicken von Partikeln ist in einem Durchlass vorgesehen. Die Einrichtung A umfasst einen Photoelektronen-Emitter **8**, eine Ultraviolettlampe **9** und eine Elektrode **10**. Eine elektrische Spannung wird zwischen dem Photoelektronen-Emitter **8** und der Elektrode **10** angelegt, um in dem Durchlass ein elektrisches Feld zu erzeugen. Der Photoelektronen-Emitter **8** wird im elektrischen Feld von der Ultraviolettlampe **9** mit einer Ultraviolettstrahlung bestrahlt, um Photoelektronen zu emittieren. Vorzugsweise ist eine Reflexionsoberfläche **12** in einer Umgebung der Ultraviolettlampe **9** vorgesehen, wodurch die Bestrahlungseffektivität der Ultraviolettstrahlung auf den Photoelektro-

nen-Emitter erhöht wird. Als Ergebnis werden Photoelektronen von dem Photoelektronen-Emitter **8** wirksam emittiert. Photoelektronen **11** verbinden sich mit TEOS-Molekülen, um TEOS-Ionen **3** zu erzeugen. In einem alternativen Verfahren können sich Photoelektronen mit elektrophilen Materialien verbinden, wie etwa O_2 und H_2O , die in dem Durchlass vorhanden sind, um negative Ionen zu erzeugen, wobei sich die negativen Ionen mit TEOS-Molekülen verbinden können, um TEOS-Ionen **3** zu bilden.

[0019] TEOS-Ionen **3** kreuzen in der Reaktionskammer **21** einen Ozonstrom **4**, der von einem anderen Einlass eingeleitet wird. Die TEOS-Ionen **3** werden von dem Ozon **4** oxidiert, um ein Oligomer oder ein gasförmiges Zwischenprodukt von TEOS zu erzeugen. Das Oligomer **14** weist TEOS-Ionen als Kerne auf und verfügt somit über elektrische Ladungen. Elektroden **51**, **52**, die einen plattenförmigen Aufbau aufweisen, werden in einem oberen Abschnitt und einem unteren Abschnitt der Reaktionskammer **21** angeordnet, um ein elektrisches Feld in der Reaktionskammer zu bilden, wobei eine Unterstützung **13** für einen Wafer sowie ein Wafer **6** an der positiven Elektrode **52** angeordnet sind. Daher bewegt sich das Oligomer **14** zu einer Oberfläche des Wafers **6**, wie von den Pfeilen gezeigt wird, und lagert sich elektrostatisch auf dessen Oberfläche ab.

[0020] Daraufhin wird das Oligomer von dem Ozon an der Oberfläche des Wafers weiter oxidiert, um eine SiO_2 -Schicht zu bilden.

[0021] Die Ziffern **71** und **72** beziehen sich auf Öfen zum Beschleunigen einer Reaktion des TEOS mit Ozon in der Reaktionskammer. Nach dem Mitwirken an der Reaktion strömen das TEOS und das Ozon an einer Außenseite der Vorrichtung **1** aus, wie durch Pfeil **15** dargestellt wird.

[0022] Nicht der Bestandteil für eine Dünnschicht (in diesem Fall TEOS), sondern das Ozon kann an einer Stelle in den Durchlass eingeleitet werden, wo der Photoelektronen-Emitter **8** vorgesehen ist (der obere Durchlass in [Fig. 1](#)), wobei der Bestandteil für eine Dünnschicht an einer Stelle in einen Durchlass eingeleitet werden kann, wo der Photoelektronen-Emitter **8** nicht vorgesehen ist (der untere Durchlass in [Fig. 1](#)). In diesem Fall verbinden sich Photoelektronen mit dem Ozon, um Ozon-Ionen zu bilden. Die Ozon-Ionen kreuzen einen TEOS-Strom in der Reaktionskammer **21**. Das TEOS wird nicht nur oxidiert, sondern auch durch die Ozon-Ionen ionisiert, um ein Oligomer **14** von TEOS zu bilden. Das Oligomer **14** lagert sich elektrostatisch auf der Oberfläche des Wafers ab.

[0023] Ein Verfahren zur Ionisierung von Feststoffen durch Photoelektronen wurde von den vorliegenden Erfindern in JP-B-3-5859, JP-B-7-93098, JP-A-2-303557, JP-A-3-108698 und JP-A-4-243540 beantragt, die hiermit alle durch Literaturhinweis eingefügt sind, wobei das Verfahren auf den Schritt der Ionisierung des Bestandteils des reaktionsfähigen Gases durch Photoelektronen gemäß der vorliegenden Erfindung angewendet werden kann.

[0024] Jedes Material, das Photoelektronen nach einer Bestrahlung mit Ultraviolettstrahlung emittiert, kann als Photoelektronen-Emitter **8** verwendet werden. Ein Material, das eine kleine photoelektronische Austrittsarbeit aufweist, wird jedoch bevorzugt. Im Hinblick auf Leistung und Wirtschaftlichkeit kann das Material für den Photoelektronen-Emitter eines der folgenden Elemente enthalten: Ba, Sr, Ca, Y, Gd, La, Ce, Nd, Th, Pr, Be, Zr, Fe, Ni, Zn, Cu, Ag, Pt, Cd, Pb, Al, C, Mg, Au, In, Bi, Nb, Si, Ti, Ta, U, B, Eu, Sn, P, und W; eine Verbindung oder eine Legierung dieser Elemente; oder ein Gemisch dieser Elemente, der Verbindung und/oder der Legierung. Das Material kann im Wesentlichen einer der Arten umfassen oder eine Kombination aus wenigstens zwei Arten.

[0025] Eine Verbindung, die für den Photoelektronen-Emitter **8** verwendet wird, enthält Oxide, Boride und Carbide. Die Oxide enthalten BaO , SrO , CaO , Y_2O_5 , Gd_2O_3 , Nd_2O_3 , ThO_2 , ZrO_2 , Fe_2O_3 , ZnO , CuO , Ag_2O , La_2O_3 , PtO , PbO , Al_2O_3 , MgO , In_2O_3 , BiO , NbO , BeO und so weiter. Die Boride enthalten YB_6 , GdB_6 , LaB_5 , NdB_6 , CeB_6 , EuB_6 , PrB_6 , ZrB_2 und so weiter. Die Carbide enthalten UC , ZrC , TaC , TiC , NbC , WC und so weiter.

[0026] Oxide können durch ein Verfahren gewonnen werden, bei dem nur Oberflächen eines Metalls an der Luft erhitzt werden, oder durch ein Verfahren zum Oxidieren des Metalls durch eine Chemikalie. Das Metall kann vor seiner Verwendung erhitzt werden, wodurch auf einer Oberfläche eine Oxidschicht gebildet wird, die über eine lange Zeitspanne stabil ist. Zum Beispiel kann eine Ag-Mg-Legierung Dampf mit 300 bis 400 °C ausgesetzt werden, um eine Oxidschicht auf ihrer Oberfläche zu bilden, wobei die Oxidschicht über eine lange Zeitspanne stabil ist.

[0027] Eine Legierung, die als Photoelektronen-Emitter **8** verwendet werden kann, umfasst Messing, Bronze, Phosphorbronze, eine Ag-Mg-Legierung (Mg: 2 bis 20 Gew.-%), eine Cu-Be-Legierung (Be: 1 bis 10 Gew.-%),

eine Ba-Al-Legierung und so weiter. Die Ag-Mg-Legierung, die Cu-Be-Legierung und die Ba-Al-Legierung sind unter diesen bevorzugt.

[0028] Wie der vorliegende Erfinder in JP-A-3-108698 vorgestellt hat, kann ein Aufbau aus mehreren Schichten verwendet werden, der eine Vielzahl von Photoelektronen-Emittern **8** aufweist.

[0029] Ein Material, das zum Emittieren von Photoelektronen geeignet ist, kann auf einem geeigneten Träger vorgesehen sein, um einen Photoelektronen-Emitter zu bilden. Zum Beispiel kann eine dünne Schicht Au auf einem Träger aus Quarzglas vorgesehen sein, das eine Ultraviolettstrahlung transmittiert (JP-B-7-93098). In diesem Fall kann weiterhin ein elektrisch leitendes Material vorgesehen sein (JP-A-5-68875). Der Photoelektronen-Emitter **8** in [Fig. 1](#) weist ein Glas auf, das mit einer dünnen Schicht Au überzogen ist.

[0030] Vorzugsweise umfasst der Photoelektronen-Emitter **8** Aufbauformen, die eine große Fläche für Ultraviolettstrahlung aufweisen. Zum Beispiel umfassen die Aufbauformen stabartige, watteartige, gitterartige, plattenartige, sickenartige, krummflächenartige, zylinderartige, sumpfnetzartige Aufbauformen, und dergleichen.

[0031] Der Photoelektronen-Emitter in einer Dünnschicht kann auf einer Oberfläche einer Ultraviolett-Quelle aufgetragen sein, wie etwa auf einer Ultraviolett-Lampe, um sich dort einzubinden (JP-A-4-24354). Alternativ kann der Photoelektronen-Emitter in der Umgebung der Ultraviolettlampe angeordnet sein.

[0032] Eine Bestrahlungsstrahlung zum Emittieren von Photoelektronen von dem Photoelektronen-Emitter umfasst eine Ultraviolettstrahlung, eine elektromagnetische Welle, einen Laser, eine Strahlung und so weiter. Unter Berücksichtigung von Funktionalität und Wirkung wird eine Ultraviolettstrahlung bevorzugt. Eine Quelle für eine Ultraviolettstrahlung umfasst eine Quecksilberlampe, eine Wasserstoff-Entladungsröhre, eine Xenon-Entladungslampe, eine Lyman-Entladungsröhre und dergleichen.

[0033] Die Elektrode **10** wird verwendet, um in einem elektrischen Feld einen Photoelektronen-Emitter mit einer Ultraviolettstrahlung zu bestrahlen. Jedes elektrisch leitende Material kann als Elektrode verwendet werden, wobei jedes Elektrodenmaterial für bekannte Vorrichtungen zum Laden von Partikeln verwendet werden kann. Die Elektrode in [Fig. 1](#) weist einen stabförmigen Aufbau auf. Die Elektrode kann jedoch auch plattenartige oder sumpfnetzartige Aufbauformen aufweisen. Vorzugsweise wird eine Spannung für das elektrische Feld auf 0,1 V/cm bis 2 kV/cm eingestellt.

[0034] Die anderen Elektroden **51**, **52** werden verwendet, um ein TEOS-Oligomer, das von Photoelektronen ionisiert und daraufhin durch Ozon oxidiert wird, zu einem Wafer in einem elektrischen Feld zu bewegen und um das Oligomer darauf elektrostatisch abzuscheiden. Der Wafer wird zwischen einem Paar von Elektroden **51**, **52** angeordnet, wobei das Anlegen einer Spannung zwischen den Elektroden ein elektrisches Feld bildet. Vorzugsweise wird eine Spannung für das elektrische Feld auf 10 V/cm bis 2 kV/cm eingestellt. Jedes elektrisch leitende Material kann als Elektrode verwendet werden, wobei jedes Elektrodenmaterial für bekannte Vorrichtungen zum Laden von Partikeln verwendet werden kann. Die Elektrode kann plattenartige, stabartige, sumpfnetzartige und andere Aufbauformen aufweisen.

[0035] [Fig. 2](#) zeigt eine weitere Ausführungsform einer CVD-Vorrichtung, die für die vorliegende Erfindung verwendet wird. Ozon **4**, das als oxidierendes Gas dient, wird über einen zentralen Durchlass zum Einleiten eines Gases in die Vorrichtung eingeleitet. TEOS **2**, das als Bestandteil für eine Dünnschicht dient, wird neben He, welches als Trägergas dient, über einen weiteren Durchlass, der ringförmig den zentralen Durchlass umgibt, in die Vorrichtung eingeleitet. TEOS **2** verbindet sich zum Ionisieren mit Photoelektronen **11**, wobei daraufhin die ionisierten TEOS-Ionen **3** für die Oxidation mit Ozon **4** gemischt werden, wodurch sich ein Oligomer **14** von TEOS bildet. Ein elektrisches Feld bewegt das Oligomer **14** zu einem Wafer **6**, wodurch sich das Oligomer elektrostatisch darauf abscheidet. Das elektrische Feld wird gebildet, indem eine Spannung zwischen einer positiven Elektrode **52**, die unter dem Wafer angeordnet ist, und einer negativen Elektrode **51** angelegt wird, die in einem oberen Abschnitt der Reaktionskammer **21** angeordnet ist. Das Oligomer **14** wird auf einer Oberfläche des Wafers **6** weiter oxidiert, um eine SiO₂-Schicht zu bilden. Ziffer **7** bezieht sich auf einen Ofen, wobei sich andere Ziffern auf dieselben Elemente beziehen, die in [Fig. 1](#) dargestellt sind.

[0036] [Fig. 3](#) zeigt eine weitere Ausführungsform einer CVD-Vorrichtung, die für die vorliegende Erfindung verwendet wird. Ozon **4** wird über einen zentralen Durchlass zum Einleiten eines Gases in die Vorrichtung eingeleitet, wobei TEOS **2** über einen Durchlass, der ringförmig den zentralen Durchlass umgibt, in die Vorrichtung eingeleitet wird. TEOS **2** verbindet sich zum Ionisieren mit Photoelektronen **11** und wird gleichzeitig oxidiert, um ein Oligomer **14** von TEOS zu bilden. In diesem Fall kann eine Oxidation durch das Ozon einer Ioni-

sierung von TEOS vorausgehen. Alternativ kann sich Ozon **4** zur Bildung von Ozon-Ionen mit Photoelektronen **11** verbinden, woraufhin die Ozon-Ionen das TEOS oxidieren können.

[0037] **Fig. 4** zeigt eine weitere Ausführungsform einer CVD-Vorrichtung, die für die vorliegende Erfindung verwendet wird. In **Fig. 4** emittiert eine Quecksilberlampe **9** mit niedrigem Druck gleichzeitig eine Ultraviolettstrahlung von 184 nm, die Wellenlänge, bei der Ozon erzeugt wird, und eine Ultraviolettstrahlung von 254 nm, die Wellenlänge, bei der Photoelektronen erzeugt werden. Ein Photoelektronen-Emitter **8** weist einen Filter auf, der eine zylindrische Aufbauform hat und eine Ultraviolettstrahlung mit einer kurzen Wellenlänge abschneidet; und Au, mit dem eine äußere Oberfläche des Filters beschichtet ist. Der Filter schneidet die Ultraviolettstrahlung von 184 nm ab, die nachteilig ist, um Eigenschaften des Emittierens von Photoelektronen durch Au über eine lange Zeitspanne zu stabilisieren, weshalb das Au lediglich mit der Ultraviolettstrahlung von 254 nm bestrahlt wird. Sauerstoff wird über einen zentralen Durchlass zum Einleiten eines Gases in die Vorrichtung eingeleitet. Wenn der Sauerstoff an der Lampe **9** entlangströmt, adsorbiert der Sauerstoff die Ultraviolettstrahlung von 184 nm, um Ozon **4** zu erzeugen. Andererseits wird TEOS **2** über einen Durchlass, der ringförmig den zentralen Durchlass umgibt, in die Vorrichtung eingeleitet. Nachdem der Photoelektronen-Emitter **8** von der Lampe mit der Ultraviolettstrahlung von 254 nm bestrahlt wurde, emittieren Photoelektronen von dem Au, wobei sich die Photoelektronen mit dem TEOS **2** verbinden, um TEOS-Ionen **3** zu bilden. Anschließend werden die TEOS-Ionen **3** zur Oxidation mit Ozon **4** gemischt, wodurch ein Oligomer von TEOS entsteht. Das Oligomer **14** wird elektrostatisch auf einem Wafer **6** abgeschieden und daraufhin weiter oxidiert, um eine SiO₂-Schicht zu bilden.

[0038] **Fig. 5** zeigt eine weitere Ausführungsform einer CVD-Vorrichtung, die für die vorliegende Erfindung verwendet wird, wobei diese Vorrichtung eine Epitaxie einer SiO₂-Schicht auf einem Wafer **6** ermöglicht. In **Fig. 5** wird SiH₄, das als Bestandteil für eine Dünnschicht dient, neben He, das als Trägergas dient, in eine Vorrichtung eingeleitet. Photoelektronen **11**, die in dem Durchlass gebildet werden, verbinden sich mit SiH₄ zu ionisiertem SiH₄, wodurch Ionen **3** entstehen. Anschließend bewegen sich die Ionen **3** in einem elektrischen Feld zu dem Wafer **6** und scheiden sich elektrostatisch auf dem Wafer **6** ab. Eine SiO₂-Schicht wird durch Epitaxie auf einer Oberfläche des Wafers **6** gebildet. In diesem Fall werden ein Druck und eine Temperatur von 200 Torr (1 Torr = 133,3 Pa) beziehungsweise 1.200 °C in der Vorrichtung beibehalten.

[0039] **Fig. 6** zeigt eine weitere Ausführungsform einer CVD-Vorrichtung, die für die vorliegende Erfindung verwendet wird, wobei diese Vorrichtung die Ausbildung einer isolierenden Schicht (hoch-dielektrische Schicht) auf einem Wafer **6** ermöglicht. Ein Bestandteil **2** für eine Dünnschicht ist ein Gasgemisch von 3 Teilen Ba(DPM)₂, 3 Teilen Sr(DPM)₂ und 4 Teilen Ti(i-OC₃H₇)₄. Sauerstoff, das als oxidierendes Gas **4** dient, wird verwendet, und diese Gase werden in einer Mischkammer **17** zusammengemischt. Es ist wichtig, den Zutatenbestandteil **2** mit dem oxidierenden Gas gleichmäßig zu mischen. Genauer wird aus dem Gemischgas bei einem Druck von 0,01 bis zu sehr vielen Torr in der Reaktionskammer **21** eine viskose Strömung, wobei es notwendig ist, eine Gasströmung mit gleichmäßigen Konzentrationen und Geschwindigkeiten zu bilden. Ein Duschkopf **18** ist vorgesehen, der eine dünne Platte aufweist, die mit einer Vielzahl von Öffnungen durchlöchert ist, um eine gleichmäßige Mischung zu beschleunigen und um eine gleichmäßige Gasströmung in Richtung des Wafers **6** zu bilden. Ein Photoelektronen-Emitter (Au) **8** ist auf einer unteren Oberfläche des Duschkopfes **18** oder auf einer Oberfläche angeordnet, die dem Wafer **6** gegenüberliegt. Eine Ultraviolettlampe **9** ist um die Reaktionskammer **21** herum angelegt, wobei die Au-Schicht durch eine Quarzplatte **19** mit einer Ultraviolettstrahlung bestrahlt wird. Eine positive Elektrode **52** ist zwischen einer Unterstützung **13** für einen Wafer und einem Heizgerät (Ofen) **7** angeordnet, wobei eine negative Elektrode an der Au-Schicht **8** in dem Duschkopf **18** angeordnet ist, der dem Wafer **6** gegenüberliegt. Eine geeignete Spannung zum Emittieren von Photoelektronen **11** wird an die Elektroden angelegt. Um eine untere Oberfläche des Duschkopfes **18** herum, der dem Wafer **6** gegenüber liegt, ist eine weitere negative Elektrode **51** angeordnet. Zum Bewegen von Ionen, die durch Ionisieren des Zutatengases entstehen, in den Wafer und zum Abscheiden auf diesem wird von den Elektroden **51**, **52** ein geeignetes elektrisches Feld gebildet.

[0040] In der Vorrichtung von **Fig. 6** wird das Zutatengas **2** in der Mischkammer **7** mit dem oxidierenden Gas **4** gemischt, um das Zutatengas zu oxidieren, wobei das Gemisch ferner im Duschkopf **18** gleichmäßig vermischt wird, um das Zutatengas weiter zu oxidieren. Das reagierte Gas wird mit einer gleichmäßigen Strömungsgeschwindigkeit dem Wafer **6** zugeführt. Gleichzeitig wird die Au-Schicht mit einer Ultraviolettstrahlung von der Ultraviolettlampe **9** bestrahlt, wodurch Photoelektronen emittieren. Photoelektronen **11** bewegen sich in Richtung der Elektrode **52** und verbinden sich zum Ionisieren mit dem reagierten Gas. Das ionisierte, reagierte Gas lagert sich auf dem Wafer **6** ab. Der Duschkopf **18** erhält eine gleichmäßige Strömungsgeschwindigkeitsverteilung in der Strömung des ionisierten, reagierten Gases und die gleiche Richtung in der Gesamtströmung aufrecht, so dass sich der Bestandteil für eine Dünnschicht wirksam auf dem Wafer abscheidet.

[0041] [Fig. 7](#) zeigt eine weitere Ausführungsform einer CVD-Vorrichtung mit einem alternativen Verfahren der Bildung von ionisiertem Gas, das nicht durch die vorliegende Erfindung abgedeckt ist. In [Fig. 7](#) wird TEOS **2**, das als ein Bestandteil für eine Dünnschicht dient, neben He, das als Trägergas dient, in einen Einlass der CVD-Vorrichtung **1** eingeleitet. Eine Einrichtung A zum Beschicken von Partikeln ist in einem Durchlass vorgesehen. Die Einrichtung A umfasst eine Entladungselektrode **30**, die einen nadelförmigen Aufbau aufweist, und eine gegenüberliegende Elektrode **40**. Eine negative Korona-Spannung wird an die Entladungselektrode **30** angelegt, um eine Koronaentladung zu erzeugen, wodurch ein elektrisches Feld zwischen den Elektroden gebildet wird. Mehrere negative Ionen und Elektroden **11** werden um die Spannung **30** gebildet, wobei ein Schauer von negativen Ionen und Elektroden in Richtung der gegenüberliegenden Elektrode **40** gebildet wird, die als positive Elektrode dient. Diese negativen Ionen und Elektroden verbinden sich mit TEOS-Molekülen, um TEOS-Ionen **3** zu bilden.

[0042] TEOS-Ionen **3** kreuzen in der Reaktionskammer **21** einen Ozonstrom **4**, der von einem anderen Einlass eingeleitet wird. Die TEOS-Ionen **3** werden von dem Ozon **4** oxidiert, um ein Oligomer oder ein gasförmiges Zwischenprodukt von TEOS zu bilden. Das Oligomer **14** weist TEOS-Ionen als Kerne auf und verfügt somit über elektrische Ladungen. Die Elektroden **51**, **52**, die einen plattenförmigen Aufbau aufweisen, werden in einem oberen Abschnitt und in einem unteren Abschnitt der Reaktionskammer **21** angeordnet, um ein elektrisches Feld in der Reaktionskammer zu bilden, wobei eine Unterstützung **13** für einen Wafer sowie ein Wafer **6** auf der positiven Elektrode **52** angeordnet sind. Daher bewegt sich das Oligomer **14** in eine Oberfläche des Wafers **6**, wie von den Pfeilen gezeigt wird, und scheidet sich elektrostatisch auf dessen Oberfläche ab.

[0043] Daraufhin wird das Oligomer von dem Ozon an der Oberfläche des Wafers weiter oxidiert, um eine SiO₂-Schicht zu bilden.

[0044] Die Ziffern **71** und **72** beziehen sich auf Öfen zum Beschleunigen einer Reaktion von TEOS mit Ozon in der Reaktionskammer. Nach dem Mitwirken an der Reaktion strömen das TEOS und das Ozon an einer Außenseite der Vorrichtung **1** aus, wie durch Pfeil **15** dargestellt ist.

[0045] Ionen zum Ionisieren von Bestandteilen für eine Dünnschicht können positive Ionen sein. In diesem Fall wird eine positive Spannung an die Entladungselektrode **30** angelegt. Eine Menge von positiven Ionen, die auf diese Weise entstehen, ist größer als eine Menge von negativen Ionen, wobei dies für die Ionisierung von Vorteil ist. Im Allgemeinen weisen negative Ionen jedoch einen höheren Beweglichkeitsgrad als positive Ionen auf, wobei dies für die Ionisierung von Vorteil ist. In Anbetracht des Vorherigen ist es im Allgemeinen vorteilhaft, negative Ionen zu bilden. Die Koronaentladung, die durch das Anlegen einer negativen Spannung hervorgerufen wird, neigt zur Bildung von Ozon. Daher ist es vorteilhaft, die negative Spannung anzulegen, wenn der Bestandteil für eine Dünnschicht mit Ozon reagiert. Wenn das Ozon vorzugsweise nicht anwesend ist, kann die positive Spannung angelegt werden. Die Auswahl, ob positive Ionen oder negative Ionen als Ionen zu bilden sind, hängt von den Arten der zu ionisierenden Substanzen ab.

[0046] Wenn negative Ionen gebildet werden, um den Bestandteil für eine Dünnschicht mit negativen Ladungen aufzuladen, wird eine positive Spannung an die Sammelelektrode **52** angelegt. Wenn andererseits positive Ionen gebildet werden, wird eine negative Spannung an die Sammelelektrode **52** angelegt.

[0047] In [Fig. 7](#) weist die Entladungselektrode **30** eine nadelähnliche Aufbauform auf, wobei die gegenüberliegende Elektrode **40** eine plattenartige Aufbauform aufweist. Diese können jedoch auch gitterartige, gerade, kugelförmige, gewellte, sickenförmige oder kammförmige Aufbauformen aufweisen. Eine angelegte Spannung zur Durchführung der Koronaentladung reicht im Allgemeinen von 1 bis 80 kV.

[0048] [Fig. 8](#) zeigt eine weitere Ausführungsform einer CVD-Vorrichtung mit einem alternativen Verfahren der Bildung von ionisiertem Gas, das nicht durch die vorliegende Erfindung abgedeckt ist. Ozon **4**, das als oxidierendes Gas dient, wird über einen zentralen Durchlass in die Vorrichtung eingeleitet. TEOS **2**, das als Bestandteil für eine Dünnschicht dient, wird neben He, das als Trägergas dient, über einen weiteren Durchlass, der ringförmig den zentralen Durchlass umgibt, in die CVD-Vorrichtung eingeleitet. TEOS **2** verbindet sich zum Ionisieren mit Ionen **11**, wobei die ionisierten TEOS-Ionen **3** mit Ozon **4** vermischt werden, um ein Oligomer **14** von TEOS zu bilden.

[0049] [Fig. 9](#) zeigt eine weitere Ausführungsform einer CVD-Vorrichtung mit einem alternativen Verfahren der Bildung von ionisiertem Gas, das nicht durch die vorliegende Erfindung abgedeckt ist. Ozon **4** wird über einen zentralen Durchlass in die Vorrichtung eingeleitet. TEOS **2** wird über einen weiteren Durchlass, der ringförmig den zentralen Durchlass umgibt, in die CVD-Vorrichtung eingeleitet. TEOS **2** verbindet sich mit Ionen **11**, um

TEOS-Ionen **3** zu bilden, während die Oxidation durch Ozon fortgesetzt wird, wodurch ein Oligomer **14** von TEOS entsteht. In diesem Fall kann die Oxidation durch Ozon der Ionisierung von TEOS vorausgehen. Alternativ kann sich Ozon **4** zur Bildung von Ozon-Ionen mit Ionen **11** verbinden, woraufhin die Ozon-Ionen TEOS oxidieren können.

[0050] [Fig. 10](#) zeigt eine weitere Ausführungsform einer CVD-Vorrichtung mit einem alternativen Verfahren der Bildung von ionisiertem Gas, das nicht durch die vorliegende Erfindung abgedeckt ist. Ozon **4** wird über einen zentralen Durchlass in die Vorrichtung eingeleitet. TEOS **2** wird über einen weiteren Durchlass, der ringförmig den zentralen Durchlass umgibt, in die CVD-Vorrichtung eingeleitet. TEOS **2** verbindet sich mit Ionen **11**, um TEOS-Ionen zu bilden, woraufhin die somit ionisierten TEOS-Ionen **3** zur Oxidation mit Ozon **4** gemischt werden, wodurch ein Oligomer **4** von TEOS gebildet wird.

[0051] In den Vorrichtungen der [Fig. 7](#) bis [Fig. 10](#) kann anstatt des Einleitens des Bestandteils für eine Dünnschicht (in diesem Fall TEOS) in Durchlässe, in denen die Entladungselektrode **30** angeordnet ist (der obere Durchlass in [Fig. 7](#) und die äußeren, ringförmigen Durchlässe in den [Fig. 8](#) bis [Fig. 10](#)), Ozon in die Durchlässe eingeleitet werden, wobei der Bestandteil für eine Dünnschicht in den anderen Durchlass eingeleitet werden kann, in dem die Entladungselektrode nicht vorhanden ist (der untere Durchlass in [Fig. 7](#) und die zentralen Durchlässe in den [Fig. 8](#) bis [Fig. 10](#)). In diesem Fall verbindet sich das Ozon mit Ionen **11**, um Ozon-Ionen zu bilden. Die Ozon-Ionen werden mit einer TEOS-Strömung in der Reaktionskammer **21** gemischt. Gleichzeitig wird TEOS durch die Ozon-Ionen oxidiert und ionisiert, um ein Oligomer **14** von TEOS zu bilden. Das Oligomer **14** wird elektrostatisch auf einer Oberfläche des Wafers abgeschieden.

[0052] Die obenerwähnten Ausführungsformen verwenden TEOS und SiH_4 als Bestandteile einer Dünnschicht. Das Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung kann sich jedoch auf weitere Bestandteile einer Dünnschicht beziehen. Zutatenbestandteile werden im Folgenden erläutert. Zutatenbestandteile zur Herstellung einer Halbleiterdünnschicht umfassen SiH_4 , Si_2H_6 , SiH_2Cl_2 , $\text{SiH}_{4-x}\text{Cl}_x$ (wobei x gleich 0, 2, 3 oder 4 ist), SiCl_4 , SiHCl_3 . Zutatenbestandteile zur Herstellung einer metallischen Schicht umfassen WF_6 , ein Gemisch aus WF_6 und SiH_4 , ein Gemisch aus WF_6 und SiH_2Cl_2 , $\text{Cr}(\text{C}_2\text{H}_3\text{CH}(\text{CH}_3)_2)$, ein Gemisch aus WF_4 und GeH_4 , $\text{Al}(\text{C}_4\text{H}_9)_3$, $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Ru}$ und $(\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2)_3\text{Ir}$. Zutatenbestandteile zur Herstellung einer isolierenden Dünnschicht umfassen SiH_4 , SiH_2Cl_2 , $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$, $\text{Si}(\text{CH}_3\text{O})_4$, $[(\text{CH}_3)_2\text{SiO}]_4$, das als OMCTS bezeichnet wird, ein Gemisch aus SiH_4 und PH_3 , ein Gemisch aus $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ und $\text{PO}(\text{OCH}_3)_3$, ein Gemisch aus SiH_4 und B_2H_6 , $\text{Ba}(\text{DPM})_2$, $\text{Sr}(\text{DPM})_2$, $\text{Ti}(\text{i-OC}_3\text{H}_7)_4$, $\text{Pb}(\text{DPM})_2$, $\text{Zr}(\text{DPM})_4$, $\text{TiO}(\text{DPM})_2$, $\text{Bi}(\text{C}_6\text{H}_5)_3$, $\text{Ta}(\text{O-n-C}_6\text{H}_{11})_5$. Eine Art eines reaktionsfähigen Gases, das zusammen mit diesen Zutatenbestandteilen in die Reaktionskammer eingeleitet wird, und eine Temperatur in der Reaktionskammer und dergleichen werden geeignet ausgewählt, um Zusammensetzung und Eigenschaften der herzustellenden Dünnschicht anzupassen.

[0053] Im Folgenden werden Beispiele der vorliegenden Erfindung beschrieben. Die vorliegende Erfindung wird jedoch nicht durch die Beispiele eingeschränkt.

Beispiele

Beispiel 1

[0054] Bei Verwendung einer in [Fig. 2](#) gezeigten Umgebungsdruck-CVD-Vorrichtung wird TEOS, das als ein Bestandteil einer Dünnschicht dient, unter den folgenden Bedingungen für die Herstellung einer SiO_2 -Schicht auf einem Wafer verwendet. Gleichzeitig wird eine Herstellungsrate der Schicht in Abhängigkeit von einer zwischen der Elektrode **51** und der Elektrode **52** angelegten Spannung in der Reaktionskammer bestimmt. Die angelegte Spannung ist eine Spannung zur Bildung eines elektrischen Feldes.

Volumen der Vorrichtung:	etwa 5 Liter;
Zuführungsmenge eines Gemisches aus TEOS und He (Trägergas):	400 ml pro Minute;
TEOS-Konzentration:	$1,0 \times 10^{-5}$ mol pro Liter;
Zuführungsmenge eines Gemisches aus Ozon und Sauerstoff (Trägergas):	600 ml pro Minute;
Ozon-Konzentration:	$1,5 \times 10^4$ mol pro Liter;
Temperatur des Ofens:	300 °C;
Elektrodenmaterial zur Herstellung einer Dünnschicht oder zur elektrostatischen Abscheidung:	SUS in gitterartigen Aufbauformen;
angelegte Spannung zur Herstellung einer Dünnschicht:	0 bis 5 kV;
Photoelektronen-Emitter:	Mit Au beschichtetes Quarzglas;
Ultraviolellampe:	Quecksilberlampe (254 nm);
Elektrodenmaterial zum Emittieren von Photoelektronen:	SUS mit Aug-Plattierung;
elektrisches Feld zum Emittieren von Photoelektronen:	150 V pro cm;
Durchmesser eines Wafers:	5 Zoll;
Verfahren zur Bestimmung einer Herstellungsrate einer Dünnschicht:	Schichtdicke, bestimmt durch Ellipsometer und Zeit zur Herstellung einer Dünnschicht; und
Verfahren zur Bestimmung einer Zusammensetzung einer Dünnschicht:	FT-IR;

Ergebnis

[0055] [Fig. 11](#) zeigt einen Zusammenhang zwischen der angelegten Spannung der Elektroden zur Herstellung einer Dünnschicht und einer Herstellungsrate einer Dünnschicht. Wenn die Spannung ansteigt, steigt die Herstellungsrate einer Dünnschicht. Das Ergebnis bestätigt, dass das Ionisieren von TEOS die Dünnschicht bildet.

[0056] Dünnschichten, die bei angelegten Spannungen von 1 kV, 2 kV und 5 kV hergestellt werden, werden mittels FT-IR auf ihren Aufbau hin untersucht, wobei keine der Schichten eine Verbindung enthält, die ein Ethoxy-Radikal oder ein Hydroxy-Radikal aufweist, und wobei die Schichten qualitativ hochwertig und frei von Verunreinigungen sind. Die Topologie der Dünnschichten werden mittels SEM untersucht, wobei die Oberflächen eben sind.

Beispiel 2

[0057] Bei Verwendung einer in [Fig. 2](#) gezeigten Umgebungsdruck-CVD-Vorrichtung wird TEOS, das als ein Bestandteil einer Dünnschicht dient, unter den folgenden Bedingungen für die Herstellung einer SiO₂-Schicht auf einem Wafer verwendet. Gleichzeitig wird eine Herstellungsrate der Schicht in Abhängigkeit einer zwischen der Elektrode **51** und der Elektrode **52** angelegten Spannung in der Reaktionskammer bestimmt. Die angelegte Spannung ist eine Spannung zur Bildung eines elektrischen Feldes.

[0058] Das Experiment wurde unter den gleichen Bedingungen wie Beispiel 1 ausgeführt, außer dass anstatt des Photoelektronen-Emitters in Beispiel 1 die Entladungselektrode mit nadelartigen Aufbauformen und die gegenüberliegende Elektrode mit plattenähnlichen Aufbauformen verwendet wurden, um negative Ionen zu erzeugen, und dass eine Koronaspaltung an die Entladungselektrode angelegt wurde, um ein elektrisches Feld von 2,5 kV pro Zentimeter zwischen den Elektroden zu erzeugen.

Ergebnis

[0059] [Fig. 12](#) zeigt einen Zusammenhang zwischen der angelegten Spannung der Elektroden zur Herstel-

lung einer Dünnschicht und einer Herstellungsrate einer Dünnschicht. Wenn die Spannung ansteigt, steigt die Herstellungsrate einer Dünnschicht an. Das Ergebnis bestätigt, dass das Ionisieren von TEOS die Dünnschicht bildet.

[0060] Ergebnisse der Untersuchung der Dünnschichten mittels FT-IR hinsichtlich deren Aufbau und Ergebnisse der Beobachtung der Dünnschichten mittels SEM sind dieselben wie diejenigen von [Fig. 1](#) und bestätigen, dass die Schichten hochwertig sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ausbildung einer Dünnschicht, umfassend:
Einleiten eines reaktionsfähigen Gases, das ein Zutatengas enthält, in eine Reaktionskammer, wobei ein Substrat in der Reaktionskammer unterstützt ist, und wobei das Zutatengas ein Bestandteil ist, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Bestandteilen für die Herstellung von Halbleiterdünnschichten, metallischen Dünnschichten und isolierenden Dünnschichten;
Erzeugen von Photoelektronen durch Bestrahlen eines photoelektrischen Emitters mit einer UV-Strahlung;
Ionisieren des Zutatengases mittels der erzeugten Photoelektronen, um einen ionisierten Zutatengasbestandteil zu erzeugen;
Bewegen des ionisierten Zutatengasbestandteils mittels eines elektrischen Feldes in Richtung des Substrats und elektrostatisches Abscheiden des Bestandteils auf der Oberfläche des Substrats; und
Unterziehen des ionisierten Zutatengasbestandteils einer chemischen Reaktion an der Oberfläche des Substrats, um eine Dünnschicht auszubilden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das reaktionsfähige Gas ferner ein oxidierendes Gas umfasst.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei vor dem Einleitungsschritt das Zutatengas mit dem oxidierenden Gas gemischt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei nach dem Ionisierungsschritt ein oxidierendes Gas in die Reaktionskammer geleitet wird, um das ionisierte Zutatengas zu oxidieren.
5. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Zutatengas ein Bestandteil zum Erzeugen einer Halbleiterdünnschicht ist und aus der Gruppe ausgewählt wird, die besteht aus SiH_4 , Si_2H_6 , SiH_2Cl_2 , $\text{SiH}_{4-x}\text{Cl}_x$, wobei x gleich 0, 2, 3 oder 4 ist, SiCl_4 und SiHCl_3 .
6. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Zutatengas ein Bestandteil zum Erzeugen einer metallischen Schicht ist und aus der Gruppe ausgewählt ist, die besteht aus WF_6 , einem Gemisch von WF_6 und SiH_4 , einem Gemisch aus WF_6 und SiH_2Cl_2 , $\text{Cr}(\text{C}_2\text{H}_3\text{CH}(\text{CH}_3)_2)$, einem Gemisch aus WF_4 und GeH_4 , $\text{Al}(\text{C}_4\text{H}_9)_3$, $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Ru}$ und $(\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2)_3\text{Ir}$.
7. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Zutatengas ein Bestandteil zum Erzeugen einer isolierenden Dünnschicht ist und aus der Gruppe ausgewählt ist, die besteht aus SiH_4 , SiH_2Cl_2 , $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$, $\text{Si}(\text{CH}_3\text{O})_4$, $[(\text{CH}_3)_2\text{SiO}]_4$, einem Gemisch aus SiH_4 und PH_3 , einem Gemisch aus $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ und $\text{PO}(\text{OCH}_3)_3$, einem Gemisch aus SiH_4 und B_2H_6 , $\text{Ba}(\text{DPM})_2$, $\text{Sr}(\text{DPM})_2$, $\text{Ti}(\text{i-OC}_3\text{H}_7)_4$, $\text{Pb}(\text{DPM})_2$, $\text{Zr}(\text{DPM})_4$, $\text{TiO}(\text{DPM})_2$, $\text{Bi}(\text{C}_6\text{H}_5)_3$ und $\text{Ta}(\text{O-n-O}_5\text{H}_{11})_5$.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Fig.1

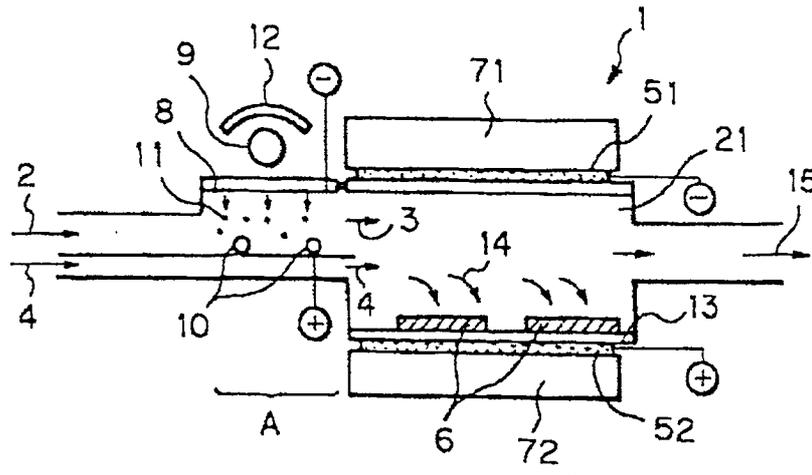


Fig.2

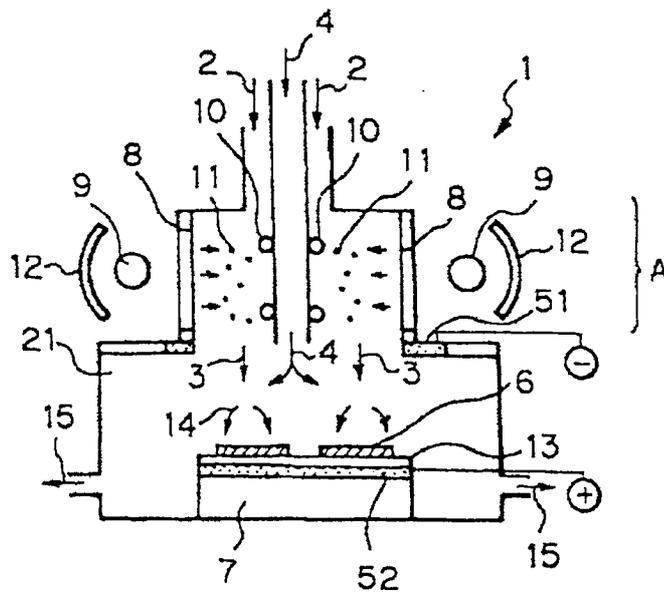


Fig.5

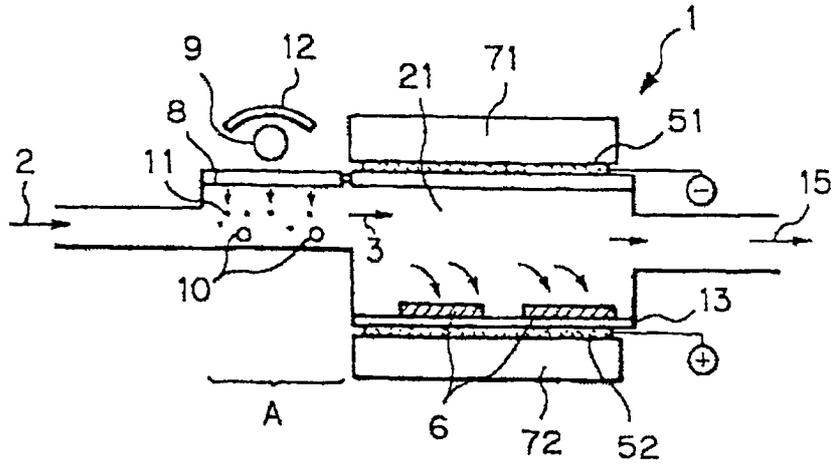


Fig.6

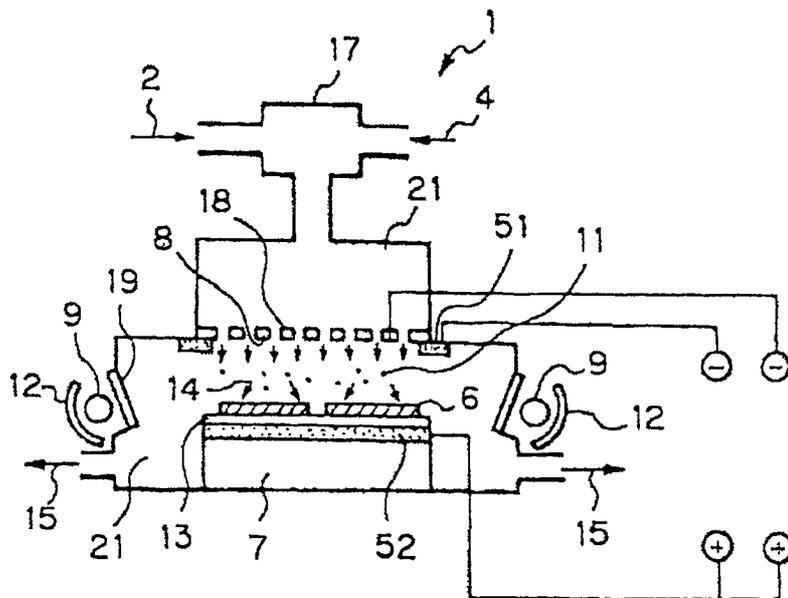


Fig. 7

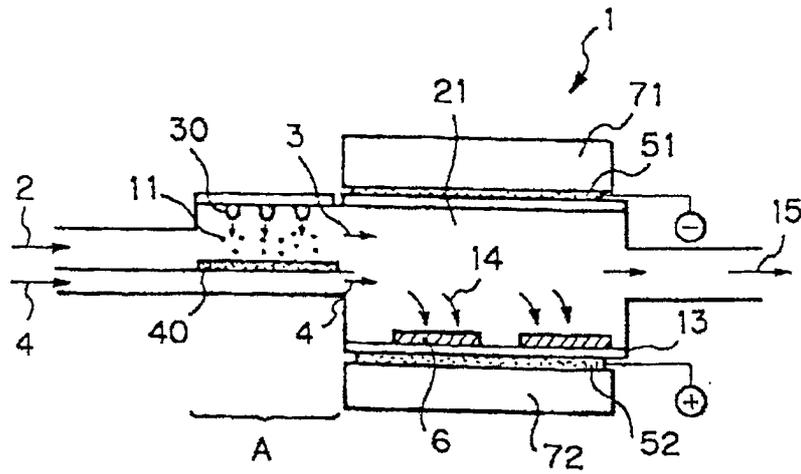


Fig. 8

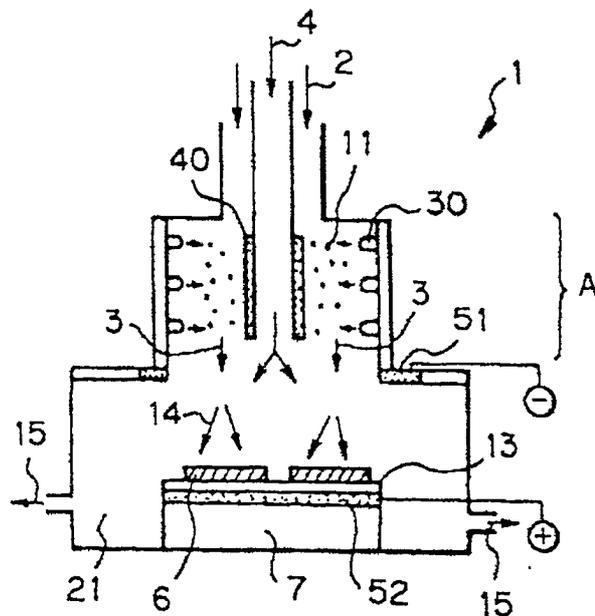


Fig.9

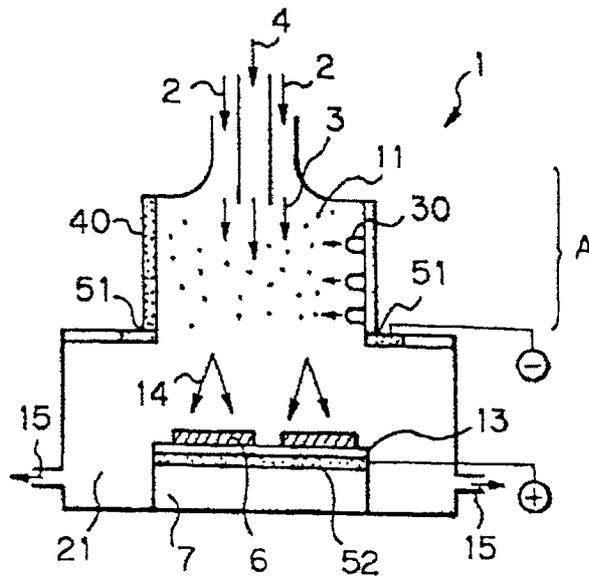
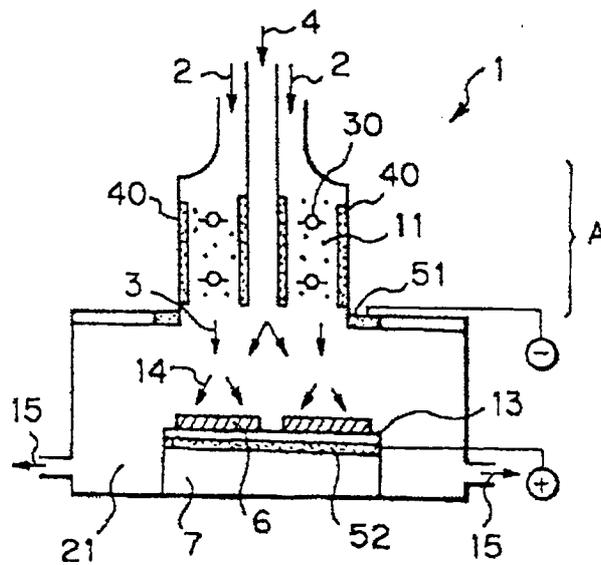
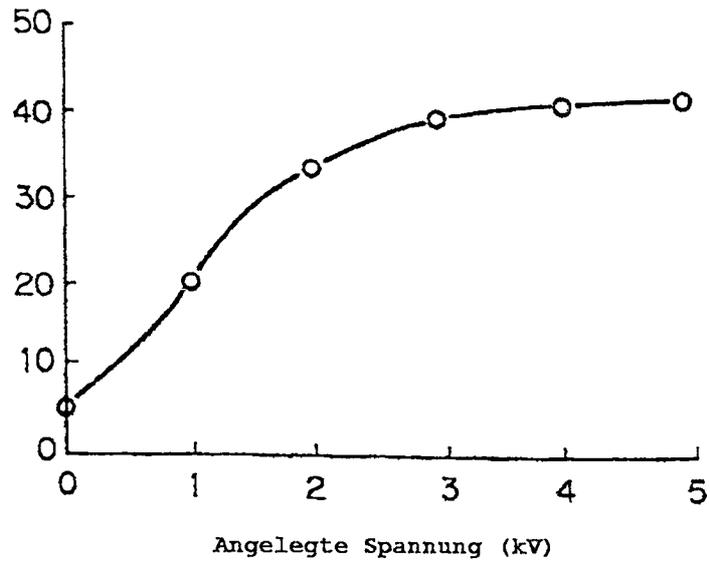


Fig.10



Herstellungsrates einer Dünnschicht (Å/min)

Fig.11



Herstellungsrates einer Dünnschicht (Å/min)

Fig.12

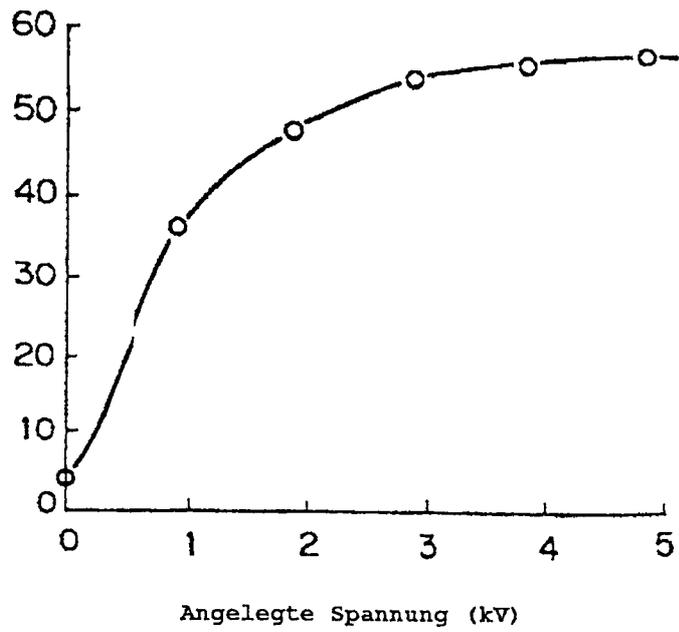


Fig.13

