



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 697 28 683 T2 2005.04.07

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 0 934 433 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 697 28 683.5

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US97/02556

(96) Europäisches Aktenzeichen: 97 906 669.3

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 97/030188

(86) PCT-Anmeldetag: 20.02.1997

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 21.08.1997

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 11.08.1999

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 14.04.2004

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 07.04.2005

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: C23C 16/30  
H01L 21/02

(30) Unionspriorität:

604018 20.02.1996 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
DE, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:

Lam Research Corp., Fremont, Calif., US

(72) Erfinder:

DENISON, R., Dean, San Jose, US; LAM, James,  
Oakland, US

(74) Vertreter:

Dr. Weitzel & Partner, 89522 Heidenheim

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ABSCHEIDUNG VON FLUOR-DOTIERTEN SILIZIUMDIOXIDSCHICHTEN

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 die Abscheidung von fluor-dotierten Siliziumdioxidschichten, welche eine verbesserte Stabilität aufweisen.

**Hintergrund der Erfindung**

**[0002]** Das Dokument DUMIC Conference 1995, Feb 21–22, Seiten 43–49, Fukada et al mit dem Titel „Preparation of SiOF Films with Low Dielectric Constant by ECR Plasma CVD“, welches nachfolgend im Detail diskutiert wird, offenbart ein Verfahren des Herstellens eines fluorbeinhaltenden Siliziumoxidfilms durch die Schritte des Oberbegriffs des begleitenden Anspruchs 1.

**[0003]** Eine CVD-Vorrichtung wird herkömmlich dazu verwendet, verschiedene dünne Filme in einer halbleiterintegrierten Schaltung auszubilden. Solch eine CVD-Vorrichtung kann dünne Filme, wie zum Beispiel  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , Si oder Ähnliches, mit einer hohen Reinheit und einer hohen Qualität ausbilden. In dem Reaktionsprozess des Ausbildens eines dünnen Films kann ein Reaktionsbehälter, in welchem Halbleiter-Substrate angeordnet sind, auf einen hohen Temperaturzustand von 500 bis 1000°C aufgeheizt werden. Das Rohmaterial, welches abgeschieden werden soll, kann durch den Behälter in der Form von gasförmigen Bestandteilen zugeführt werden, so dass die gasförmigen Moleküle thermisch getrennt und in dem Gas und auf einer Oberfläche der Substrate kombiniert werden, so dass sie einen dünnen Film ausbilden.

**[0004]** Eine plasma-erweiterte (plasma-enhanced) CVD-Vorrichtung verwendet eine Plasmareaktion, um eine Reaktion ähnlich zu derjenigen der oben beschriebenen CVD-Vorrichtung zu erzeugen, aber bei einer relativ niedrigen Temperatur, um einen dünnen Film (Dünnfilm) zu erzeugen. Die Plasma-CVD-Vorrichtung umfasst eine Behandlungskammer, welche aus einer Plasmaerzeugungskammer besteht, welche getrennt sein kann von der Reaktionskammer oder ein Teil dieser sein kann, ferner aus einem Gaseinleitungssystem und einem Auslasssystem. Zum Beispiel ist eine solche plasma-erweiterte CVD-Vorrichtung in dem US-Patent mit der Nummer 4,401,504 und dem US-Patent mit der Nummer 5,200,232 desselben Patentinhabers, offenbart. In solch einer Vorrichtung wird Plasma durch eine Mikrowellenentladung mit hoher Dichte durch eine Elektron-Zyklotron-Resonanz (ECR: electron-cyclotron-resonance) erzeugt. Ein Substrattisch ist in der Reaktionskammer vorgesehen, und Plasma, welches in der Plasmabildungskammer erzeugt wird, tritt durch eine plasmextrahierende Öffnung hindurch, so dass ein Plasmastrom in der Reaktionskammer gebildet wird. Der Substrattisch kann eine hochfrequente (HF) Vorspannungskomponente (RF-biasing component) aufweisen, um eine HF-Vorspannung an das Substrat anzulegen, und einen Kühlungsmechanismus, um einen Anstieg der Temperatur des Substrats aufgrund einer Plasma-Aktion zu vermeiden.

**[0005]** Eine Plasma-Vorrichtung, welche hochdichte ECR für verschiedene Prozesse, wie zum Beispiel Abscheidung, Ätzen und Sputtern, verwendet, um Halbleiterkomponenten herzustellen, ist in dem US-Patent mit der Nummer 4,902,934 offenbart. Solch eine Plasma-Vorrichtung umfasst eine elektrostatische Festklemmvorrichtung/einen elektrostatischen Halter (ESC: electrostatic chuck) zum Halten eines Substrats (wie zum Beispiel eines Silizium-Wafers) in einem guten thermischen Kontakt und in einer vertikalen Ausrichtung. Die Festklemmvorrichtung kann ebenso mit Kühl- und Heizfähigkeiten ausgestattet sein. Im allgemeinen können solche Reaktionskammern unter Vakuum-Bedingungen betrieben werden, und die Plasmaerzeugungskammer kann durch Wände umschlossen sein, welche wassergekühlt sind. Andere Typen von Reaktoren, in welchen eine Abscheidung (Deposition) ausgeführt werden kann, umfassen Parallelplatten-Reaktoren und Reaktoren mit hochdichtem transformerkoppeltem Plasma (TCP: transformer coupled plasma), was auch induktiv gekoppeltes Plasma (ICP: inductively coupled plasma) genannt wird, des Typs, welche in den US-Patenten mit den Nummern 4,340,462 und 4,949,458 desselben Inhabers offenbart wird.

**[0006]** Elektrostatische Festklemmvorrichtung-Vorrichtungen sind in den US-Patenten mit den Nummern 3,993,509; 4,184,188 und 4,384,918 offenbart. Bei solchen Systemen wird ein Wafer-Substrat typischerweise auf einer dielektrischen Schicht positioniert, und die wafertragende Oberfläche von solchen Anordnungen mit einer elektrostatischen Festklemmvorrichtung kann größer oder kleiner als das Wafer-Substrat sein, welches darauf getragen wird. Die elektrostatische Spannung und die HF-Vorspannung werden an eine Elektrode angelegt, welche innerhalb einer dielektrischen Schicht eingelagert ist, und welche sich in der Wafer/Substrat-Kontaktoberfläche befindet.

**[0007]** Bei der Halbleiter-Prozessierung werden Einrichtungen mit kleineren Kabelabständen (wiring pitches)

und größeren Zwischenverbindungsleitwiderständen (Interconnect-Widerständen) aufgebaut. Um Verzögerungen in kritischen Geschwindigkeitswegen zu reduzieren, wurde vorgeschlagen, Material mit einer kleinen dielektrischen Konstante zwischen benachbarten Metallleitungen einzubetten oder die dielektrische Konstante des intermetallischen dielektrischen Materials durch Hinzufügen von Fluor zu diesem abzusenken. Ein Papier, welches am 21. und 22. Februar 1995 auf der DUMIC-Konferenz durch L. Qian et al. vorgestellt wurde, mit dem Titel „High Density Plasma Deposition and Deep Submicron Gap Fill with Low Dielectric Constant SiOF Films“, beschreibt die Abscheidung von 10 Atomprozenten Fluor beinhaltenden feuchtigkeitsresistenten SiOF-Filmen auf einer Siliziumprobe bei Raumtemperatur, bei Verwendung von Plasma hoher Dichte. Dieses Papier sagt aus, dass das Fluor in dem Film durch Hinzufügen von Wasserstoff zu der Chemie des  $\text{SiF}_4 + \text{O}_2 + \text{Ar}$ -Abscheidungsgases reduziert werden kann, der Film eine dielektrische Konstante von 3,7 aufwies und der Brechungsindex für die Abscheidungsbedingungen am niedrigsten war, in denen das  $\text{SiF}_4 : \text{SiF}_4 + \text{O}_2$ -Verhältnis 0,29 betrug.

**[0008]** Ein anderes Papier, welches auf der DUMIC-Konferenz vorgestellt wurde, stammt von D. Schuchmann et al. und trägt den Titel „Comparison of PECVC F-TEOS Films and High Density Plasma SiOF Films“. Dieses Papier beschreibt, dass fluorierte TEOS-Filme für die Lückenfüllung verwendet worden sind und vergleicht solche Filme mit Filmen, welche durch hochdichtetes Plasma (HDP) mit induktiv gekoppeltem Plasma bei Verwendung von  $\text{SiOF}_4 + \text{O}_2 + \text{Ar}$  abgeschieden wurden. Man hat festgestellt, dass die HDP-Filme eine bessere Feuchtigkeits- und thermische Stabilität als die F-TEOS-Filme aufweisen.

**[0009]** Andere Papiere, welche auf der DUMIC-Konferenz präsentiert wurden, umfassen „Preparation of SiOF Films with Low Dielectric Constant by ECR Plasma CVD“ von T. Fukada et al., „An Evaluation of Fluorine Doped PETEOS on Gap Fill Ability and Film Characterization“ von K. Hewes et al., „Dual Frequency Plasma CVD Fluorsilicate Glass Water Absorption and Stability“ von M. Shapiro et al. und „Waterabsorption mechanisms of F-doped PECVC  $\text{SiO}_2$  with Low-Dielectric Constant“ von H. Miyajima et al. Von diesen offenbart Fukada, dass SiOF-Filme, welche durch HF-biased (unter Vorspannung stehend) ECR-Plasma abgeschieden worden, gegenüber SOG und TEOS- $\text{O}_3$ -Filmen überlegen sind, dass die SiOF-Filme eine exzellente Vergleichsmäßigung der Oberfläche/Ebnung und eine Lückenfüllung unterhalb eines halben Mikrometers ohne Fehlstellen zur Verfügung stellen. Ferner kann gemäß Fukada die dielektrische Konstante von SiOF-Filmen von 4,0 auf 3,2 reduziert werden, durch Vergrößern des  $\text{SiF}_4$  ( $\text{SiF}_4 + \text{SiH}_4$ )-Gasströmungsverhältnisses in einem RF-biased ECR-Plasma-CVD-Prozess, bei Verwendung von  $\text{SiF}_4$ ,  $\text{SiH}_4$  und  $\text{O}_2$  als gasförmige Reaktionspartner ( $\text{O}_2(\text{SiF}_4 + \text{SiH}_4) = 1,6$ ) und einer Substrathalterung auf einer wassergekühlten elektrostatischen Festklemmvorrichtung (Chuck). Hewes offenbart CVD von Fluorsilikat-Glasfilmen aus TEOS,  $\text{O}_2$  und  $\text{C}_2\text{F}_6$ , eingeführt in eine Reaktionskammer durch einen Brausekopf-Gasmischer. Shapiro offenbart, dass eine ULSI-Einrichtungsgeschwindigkeit vergrößert werden kann, durch Reduzieren der Kapazitanz des Zwischenschichtisolators, wie zum Beispiel durch Hinzufügen von Fluor zu  $\text{SiO}_x$ -Filmen, aber das eine Wassereinbindung in die Filme die dielektrische Konstante anhebt und, Wassererzeugung Fehlstellen oder Korrosion in dem umgebenden Material verursachen kann. Miyajima offenbart, dass die Wasserabsorption von F-dotierten  $\text{SiO}_2$ -Filmen, welche mehr als 4% F beinhalten, ein ernstes Problem ist, weil es eine Verminderung der Einrichtungszuverlässigkeit und der Film-Adhäsionseigenschaften verursacht, und dass der Widerstand gegenüber der Wasserabsorption bei Filmen geringer ist, welche durch Parallelplatten-Plasma-CVD abgeschieden wurden, im Vergleich zu Schraubenwellenplasma (helicon-wave plasma) hoher Dichte, bei Verwendung von TEOS,  $\text{O}_2$  und  $\text{CF}_4$  als Abscheidungsgase.

**[0010]** Die Wirkungen von thermischem Glühen auf die Verdichtung von  $\text{SiO}_2$ , welches durch eine Flüssigphasen-Abscheidung bei 15°C hergestellt worden ist, wird von C. Yeh et al. in „Controlling Fluorine Concentration and Thermal Annealing Effect on Liquid-Phase Deposited  $\text{SiO}_{2-x}\text{F}_x$  Films“, J. Electrochem. Vol. 142, No. 10, October 1995, beschrieben. Yeh offenbart, dass eine Restrukturierung während des Glühens auftritt, weil H-Atome zwischen F- und O-Atomen sehr elektronegativ sind und das Glühen bei 300 bis 500°C die SiO-H-Bindungen aufbrechen kann, wodurch  $\text{SiO}^-$  gebildet wird, wohingegen das Glühen bei mehr als 700°C ebenso die SiF-Bindungen aufbricht, was  $\text{Si}^+$  bildet.

#### Zusammenfassung der Erfindung

**[0011]** Die Erfindung stellt ein Verfahren des Herstellens eines feuchtigkeitsresistenten Fluor beinhaltenden  $\text{SiO}_x$ -Films dar, wie in Anspruch 1 beschrieben wird.

**[0012]** Wenn es gewünscht wird, kann das Gas eine oder mehrere zusätzliche Komponenten, wie zum Beispiel Argon, in einem Ausmaß beinhalten, welcher ausreichend ist, um bei dem Lücken-/Spaltfüllen zu unterstützen, und/oder das Plasma kann ein Plasma mit hoher Dichte (High Density Plasma) sein. Ferner kann das

Verfahren in der Behandlungskammer eines ECR- oder TCP (ICP)-Reaktors ausgeführt werden. Das Substrat kann ein Halbleiter-Wafer sein, oder der Film kann über einer Metallschicht auf dem Substrat abgeschieden werden. Ferner kann der Substratträger einen Gasdurchlass umfassen, welcher ein Temperatursteuergas in einen Raum zwischen entgegengesetzte Oberflächen des Substrats und des Substratträgers zuführt.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0013]** Die **Fig. 1** ist eine schematische Ansicht eines ECR-Reaktors mit einem Plasma hoher Dichte, welcher verwendet werden kann, um das Verfahren gemäß der Erfindung auszuführen;

**[0014]** die **Fig. 2** ist eine schematische Ansicht eines TCP-Reaktors mit einem Plasma hoher Dichte, welcher verwendet werden kann, um das Verfahren gemäß der Erfindung auszuführen;

**[0015]** die **Fig. 3** zeigt einen Graphen des Fluorgehalts des Filmes über der Temperatur des Filmes während der Abscheidung; und

**[0016]** die **Fig. 4** zeigt einen Graphen der Feuchtigkeitsabsorption über der Filmtemperatur während der Abscheidung.

#### Detaillierte Beschreibung der vorzuziehenden Ausführungen

**[0017]** Die Erfindung stellt Verbesserungen in der Stabilität eines fluor-dotierten Filmes/einer fluor-dotierten Schicht aus Siliziumdioxid zur Verfügung. Solche fluor-dotierten Filme weisen niedrige Dielektrizitätskonstanten auf und sind wünschenswert bei der Herstellung von integrierten Schaltungen, bei welchen Substrate, wie zum Beispiel Silizium-Wafer, mit Metallschichten und dielektrischen Zwischenschichten beschichtet werden. Um die HF-Zeitkonstante für die Signalausbreitung zu vermindern, die gegenseitige Beeinflussung von Signalleitungen (Crosstalk) zu reduzieren und um den Leistungsverbrauch zu reduzieren, bewirken fluor-dotierte Siliziumdioxidfilme, welche 2 bis 12 Atomprozenten Fluor aufweisen, die gewünschten Wirkungen, durch Vermindern der Zwischenelektrodenkapazitanz. Ein Problem tritt jedoch dann auf, wenn solche Filme einer Feuchtigkeit ausgesetzt sind, wie zum Beispiel der atmosphärischen Feuchtigkeit oder beim Untertauchen in einer Flüssigkeit, wie zum Beispiel während des chemischen/mechanischen Polierens der Substrate.

**[0018]** Gemäß der Erfindung hat man festgestellt, dass die Feuchtigkeitsstabilität der fluor-dotierten Dioxidfilme zu der Zeit der Abscheidung der Filme verbessert werden kann. Zum Beispiel können Filme, welche resisternt gegenüber einem Feuchtigkeitsqualitätsverlust sind, durch Abscheidungen hoher Dichte erzielt werden, bei Verwenden einer Mischung aus Siliziumwasserstoff ( $\text{SiH}_4$ ) und Tetrafluorsilizium ( $\text{SiF}_4$ ). Der Fluor-Gehalt und die dielektrische Konstante des abgeschiedenen Films kann durch Einstellen des Verhältnisses von dem  $\text{SiH}_4$  und  $\text{SiF}_4$  gesteuert werden. Der Fluss (Flux) und die Energie des Sauerstoffs aus dem Plasma beeinflusst ebenso den Fluor-Gehalt und die dielektrische Konstante des abgeschiedenen Films. Optional kann ein Inertgas, wie zum Beispiel Argon, zu der Gasmischung hinzugefügt werden, um beim Lückenfüllen zu helfen/zu unterstützen.

**[0019]** Man hat festgestellt, dass zusätzlich zu dem Steuern des Verhältnisses der Reaktionspartner (Reaktanten) die Temperatur des wachsenden Filmes die Feuchtigkeitsstabilität des abgeschiedenen Films beeinflusst. Die Filmtemperatur zum Erreichen der Feuchtigkeitsstabilität hängt jedoch, wie durch die nachfolgende Tabelle gezeigt ist, wenigstens teilweise von dem Verhältnis von  $\text{SiH}_4$  zu  $\text{SiF}_4$  ab. Im allgemeinen können niedrigere Filmtemperaturen bei kleineren  $\text{SiH}_4$  ( $\text{SiH}_4 + \text{SiF}_4$ )-Verhältnissen verwendet werden.

TABELLE

$\text{SiH}_4$ ( $\text{SiH}_4 + \text{SiF}_4$ ) Gas-Verhältnis	280° C	320° C	360° C
0,0	X	O	O
0,1	X	O	O
0,2	X	O	O
0,3	X	O	O
0,4	X	X	O
0,5	X	X	X

[0020] In der obigen Tabelle stellen die X'e Filme dar, welche nicht feuchtigkeitsresistent sind, wohingegen die O's die feuchtigkeitsresistenten Filme darstellen. In Abhängigkeit des  $\text{SiH}_4$  ( $\text{SiH}_4 + \text{SiF}_4$ )-Verhältnisses ist es notwendig, die Temperatur bei 320° und oberhalb oder sogar bei 360° und oberhalb zu halten.

[0021] Das Verfahren der Erfindung wird vorzugsweise in einem Plasma mit hoher Dichte ausgeführt. Solch ein Plasma mit hoher Dichte kann in verschiedenen Reaktoren, wie zum Beispiel einem ECR- oder TCP (ICP)-Reaktor, produziert werden.

[0022] Die **Fig. 1** zeigt einen ECR-Reaktor **1**, welcher ein Substrat mit einem Plasma hoher Dichte prozessieren kann. Der Reaktor umfasst eine Reaktionskammer **2**, in welcher ein Substrat einer Behandlung mit einem Plasma-Gas ausgesetzt wird. Um das Plasma mit hoher Dichte zu erzeugen, umfasst der Reaktor eine Plasmaerzeugungskammer **3**, in welcher ein Plasma mit hoher Dichte durch die Kombination von Mikrowellenenergie, welche durch eine Mikrowellenleitung **4** übertragen wird, und von magnetischer Energie, welche durch die elektromagnetischen Spulen **5** erzeugt wird, erzeugt wird. Das Plasma mit hoher Dichte kann aus einem geeigneten Gas oder einer Gasmischung, wie zum Beispiel Sauerstoff und/oder Argon, erzeugt werden, und ein Ionenstrahl wird aus der Plasmakammer durch die Öffnung **3a** extrahiert. Ein Substrat **6** wird auf einem Substratträger **7**, wie zum Beispiel einer elektrostatischen Festklemmvorrichtung (Chuck), getragen, welcher einen Mechanismus zur Steuerung der Substrattemperatur, der diesem zugeordnet ist, aufweist.

[0023] Das Plasma mit hoher Dichte, welches in der Kammer **3** erzeugt wird, kann innerhalb des Hörns **8** eingeschlossen werden und zu dem Substrat **6** durch Anlegen einer HF-Vorspannung an das Substrat mittels einer HF-Quelle **9** und der zugeordneten Schaltung **10** für eine Impedanzabgleichung etc. geleitet werden. Die Reaktionskammer **2** wird durch eine geeignete Vakumanordnung, welche im allgemeinen durch den Evakuierungsanschluss **11** dargestellt ist, evakuiert. Um einen oder mehrere Silizium und/oder Fluor beinhaltende Reaktanten in das Plasma hoher Dichte einzuleiten, kann das Horn **8** eine oder mehrere Gasinjektionseinrichtungen, wie zum Beispiel Gasverteilungsringe, an dem inneren Umfang desselben umfassen, wobei Reaktanten, wie zum Beispiel  $\text{SiH}_4$  und  $\text{SiF}_4$  in das Plasma mit hoher Dichte eingeleitet werden können. Der Reaktant oder die Reaktanten können durch einen oder mehrere Durchlässe zugeführt werden, welche im allgemeinen mit **12** bezeichnet sind. Um ein Plasma in der Plasmaerzeugungskammer **3** zu erzeugen, können Sauerstoff und Argon in die Plasmaerzeugungskammer **3** durch einen oder mehrere Durchlässe, welche im allgemeinen mit **13** bezeichnet sind, eingeleitet werden.

[0024] Die Mikrowellenenergie, welche durch den Pfeil **14** dargestellt wird, wandert durch das dielektrische Fenster **15** und tritt in die Plasmaerzeugungskammer **3** ein, wobei die Wände der Plasmaerzeugungskammer durch den Wasserzuführkanal **17** wassergekühlt werden. Elektromagnetische Spulen **18** unterhalb des Substrathalters **7** werden für die Formung des magnetischen Feldes in der Nähe des Substrates **6** verwendet. Eine Gleichstrom-Leistungsquelle **19** stellt die Leistung für den Substrathalter **7** zum elektrostatischen Festklemmen/Fixieren des Substrates **6** zur Verfügung.

[0025] Die **Fig. 2** zeigt einen TCP-Reaktor **20**, welcher Substrate mit einem Plasma mit hoher Dichte behandeln (prozessieren) kann. Der Reaktor umfasst eine Behandlungskammer **21**, in welcher Plasma **22** in der Nähe des Substrates **23** erzeugt wird. Das Substrat wird auf dem wassergekühlten Substratträger **24** getragen, und die Temperatursteuerung des Substrates wird durch Zuführen von Heliumgas durch den Kanal **25** in einen

Raum zwischen dem Substrat und dem Substratträger erreicht. Der Substratträger kann eine Aluminiumelektrode oder einen keramischen Werkstoff umfassen, in welchem eine Elektrode eingebettet ist, wobei die Elektrode durch eine HF-Quelle **26** und die zugeordnete Schaltung **27** zum Vorsehen von HF-Abgleichung etc. mit Leistung versorgt wird. Die Temperatur des Substrates während der Behandlung desselben wird durch die Temperaturüberwachungseinrichtung **28** überwacht, welche an die Temperatursonde **29** angeschlossen ist.

**[0026]** Um ein Vakuum in der Kammer **21** zur Verfügung zu stellen, ist eine Turbopumpe an die Auslassöffnung **30** angeschlossen, und ein Druckregelventil kann verwendet werden, um den gewünschten Vakuumdruck aufrecht zu erhalten. Reaktanten, wie zum Beispiel Sauerstoff und Silan, können in die Kammer durch Kanäle **31, 32**, welche die gasförmigen Reaktionspartner zu einem Verteilungsring zuführen, welcher sich um die Unterseite des dielektrischen Fensters **33** herum erstreckt, zugeführt werden, oder die Reaktanten können durch ein dielektrisches Brausekopf-Fenster zugeführt werden. Einer TCP-Spule **34**, welche außerhalb der Kammer in der Nähe des Fensters angeordnet ist, wird HF-Leistung durch die HF-Quelle **35** und die zugeordnete Schaltung **36** zum Impedanzabgleichen etc. zugeführt. Wenn ein Substrat in der Kammer behandelt wird, versorgt die HF-Quelle **35** die TCP-Spule **34** mit HF-Strom bei 13,56 MHz, und die HF-Quelle **26** versorgt die untere Elektrode mit HF-Strom bei 400 kHz.

**[0027]** Die **Fig. 3** und **4** zeigen die Ergebnisse der Fourier-Transform-Infrarot-Spektroskopie (FTIR). Die **Fig. 3** zeigt einen Graphen eines Filmfluorgehalts über der Filmtemperatur während der Abscheidung, wohingegen die **Fig. 4** einen Graphen der Feuchtigkeitsresistenz des fluor-dotierten Filmes zeigt, bestimmt durch Untertauchen des Filmes in kochendes Deionat (vollentsalztes Wasser) für eine Stunde und durch Messen der Feuchtigkeitsabsorption durch FTIR. Wie man aus der **Fig. 3** sehen kann, wobei die Si-F-Absorptionsspitzenintensität nahe 933/cm und die Si-O-Absorptionsspitzenintensität nahe 1092/cm als Absorptionsverhältnis 933/cm/1090/cm gezeigt sind, ist es für Filme mit einem höheren Fluorgehalt wünschenswert, die Temperatur des Filmes bei niedrigeren Temperaturen während der Abscheidung desselben zu halten. Wie man aus der **Fig. 4** sehen kann, wobei die Si-ON-Absorptionsspitzenintensität nahe 3675/cm und die Si-O-Absorptionsspitzenintensität nahe 1090/cm als Absorptionsverhältnis 3675/cm/1090/cm gezeigt sind, ist das Halten des wachsenden Filmes auf höheren Temperaturen vorteilhaft bei der Reduzierung des OH-Gehalts des Films, wodurch die Feuchtigkeitsstabilität des Films verbessert wird.

**[0028]** Das Vorhergehende hat die Prinzipien, vorzuziehender Ausführungen und Betriebsmodi der vorliegenden Erfindung beschrieben. Die Erfindung soll jedoch nicht derart ausgelegt werden, dass sie auf die besonderen beschriebenen Ausführungen beschränkt ist. Somit sollen die oben beschriebenen Ausführungen eher als Beispiel denn als einschränkend betrachtet werden, und es soll verständlich sein, dass Abwandlungen in diesen Ausführungen durch den Fachmann ausgeführt werden können, ohne vom Schutzmfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen, wie er durch die folgenden Ansprüche beschrieben wird.

### Patentansprüche

1. Ein Verfahren des Herstellens eines Fluor-beinhaltenden Siliziumoxidfilms, umfassend die folgenden Schritte:

das Zuführen von gasförmigen Reaktionspartnern, beinhaltend Silizium, Sauerstoff und Fluor in eine Behandlungskammer (**2, 3; 21**) und das Erzeugen von Plasma in der Behandlungskammer (**2, 3; 21**), wobei die gasförmigen Reaktionspartner  $\text{SiF}_4$  und  $\text{SiH}_4$  oder nur  $\text{SiF}_4$  in einem  $\text{SiH}_4/(\text{SiH}_4 + \text{SiF}_4)$ -Verhältnis umfassen; das Tragen eines Substrates (**6; 23**) auf einem Substratträger (**7; 24**); und das Anwachsenlassen des fluor-beinhaltenden Siliziumoxidfilms auf dem Substrat (**6; 23**) durch Kontaktieren des Substrates (**6; 23**) mit dem Plasma;

**dadurch gekennzeichnet**, dass das Verhältnis von  $\text{SiH}_4/(\text{SiH}_4 + \text{SiF}_4)$  nicht größer ist als 0,4 und dadurch, dass der Schritt des Anwachsenlassens ausgeführt wird, während des Haltens der Temperatur des wachsenden Filmes oberhalb von 320°C, wobei die Temperatur des wachsenden Films als eine Funktion des  $\text{SiH}_4/(\text{SiH}_4 + \text{SiF}_4)$ -Verhältnisses gesteuert wird, so dass der wachsende Film feuchtigkeitsresistent ist, wobei während des Schrittes des Anwachsenlassens die Temperatur des Filmes auf nicht weniger als 360°C gehalten wird und das Verhältnis von  $\text{SiH}_4/(\text{SiH}_4 + \text{SiF}_4)$  nicht größer ist als 0,4 oder die Temperatur des Filmes auf nicht weniger als 320°C gehalten wird und das Verhältnis von  $\text{SiH}_4/(\text{SiH}_4 + \text{SiF}_4)$  nicht größer ist als 0,3, wobei der wachsende Film einen Fluor-Gehalt von 2 bis 12 Atomprozent aufweist.

2. Ein Verfahren, wie beansprucht in Anspruch 1, wobei das Verfahren ein Lückenfüllverfahren ist, in welchem der Siliziumoxidfilm in Lücken zwischen elektrisch leitenden Leitungen auf dem Substrat (**6; 23**) abgeschieden wird, wobei das Gas Argon in einem Ausmaß beinhaltet, welches ausreichend ist, um beim Lückenfüllen zu unterstützen.

3. Ein Verfahren, wie beansprucht in Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei das Plasma ein Plasma mit hoher Dichte ist.
4. Ein Verfahren, wie beansprucht in Anspruch 3, wobei das Verfahren in der Prozesskammer (**2, 3**) einer Elektron-Zyklotron-Resonanz-Plasma-Vorrichtung (**1**) ausgeführt wird.
5. Ein Verfahren, wie beansprucht in Anspruch 4, wobei das Verfahren in der Behandlungskammer (**21**) einer transformer-gekoppelten-Plasma-Vorrichtung (**20**) oder einer induktiv gekoppelten Plasma-Vorrichtung ausgeführt wird.
6. Ein Verfahren, wie beansprucht in einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Substrat (**16; 23**) ein Halbleiter-Wafer ist.
7. Ein Verfahren, wie beansprucht in einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Film über einer Metallschicht abgeschieden wird.
8. Ein Verfahren, wie beansprucht in einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Substrathalter (**7; 24**) einen Gasdurchlass umfasst, welcher ein Temperatursteuergas in einen Raum zwischen entgegengesetzte Oberflächen des Substrates (**6; 23**) und dem Substratträger (**7; 24**) zuführt.
9. Verwendung des Verfahrens aus einem der vorhergehenden Ansprüche bei der Herstellung einer integrierten Schaltung.
10. Verwendung des Verfahrens aus einem der Ansprüche 1 bis 8, um einen Film einer dielektrischen intermetallischen Schicht herzustellen.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

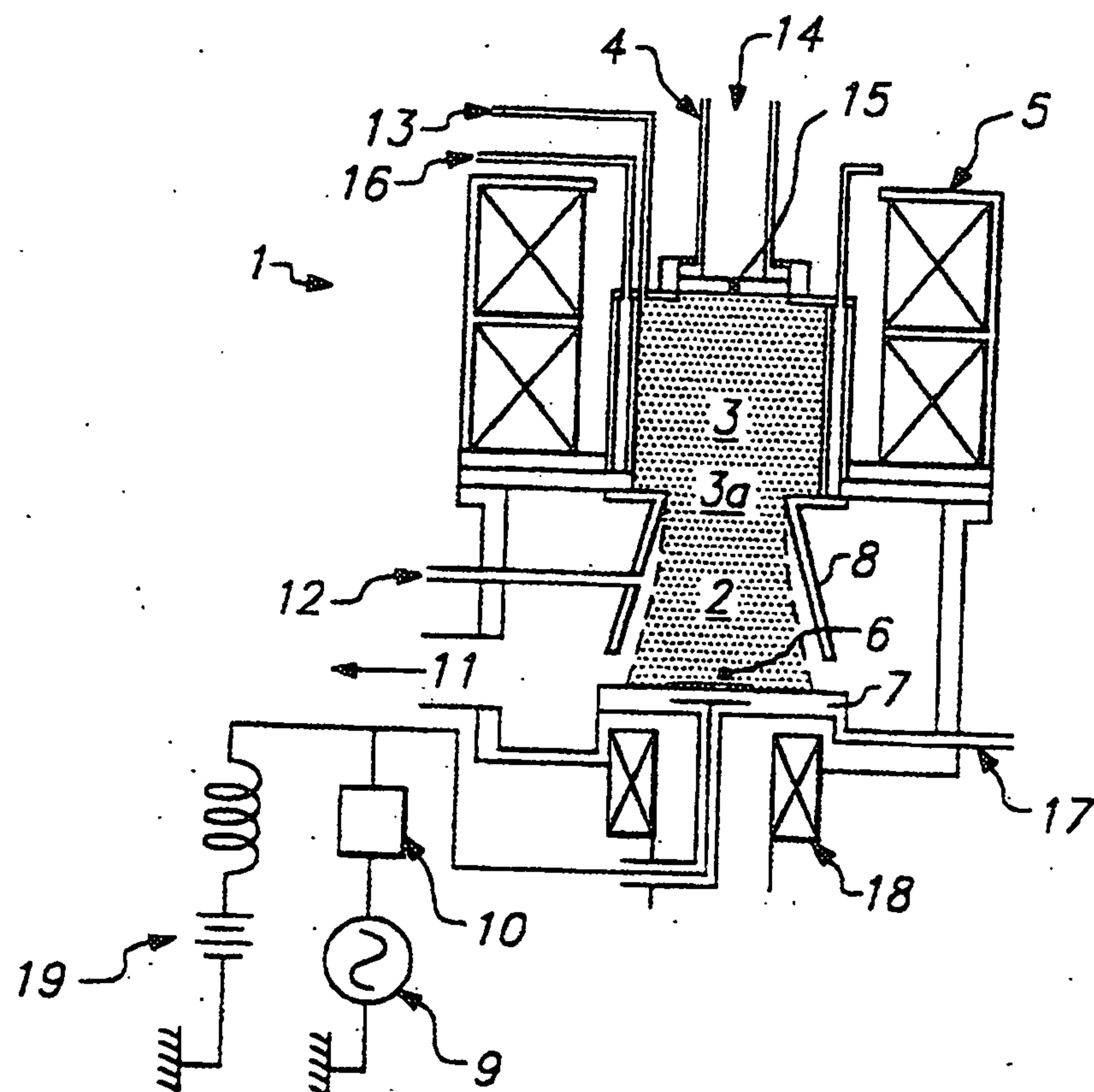


FIG. 1

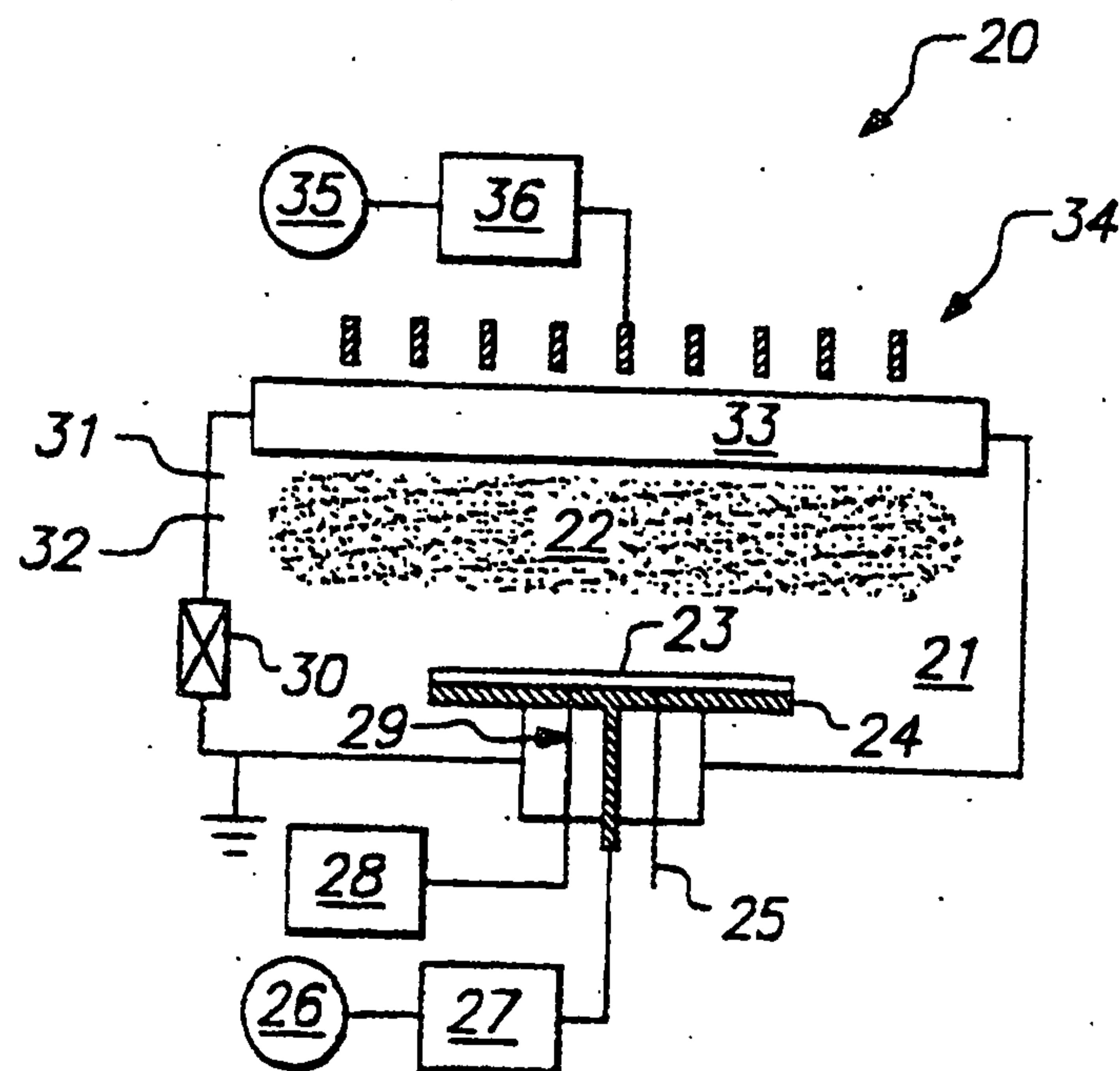


FIG. 2

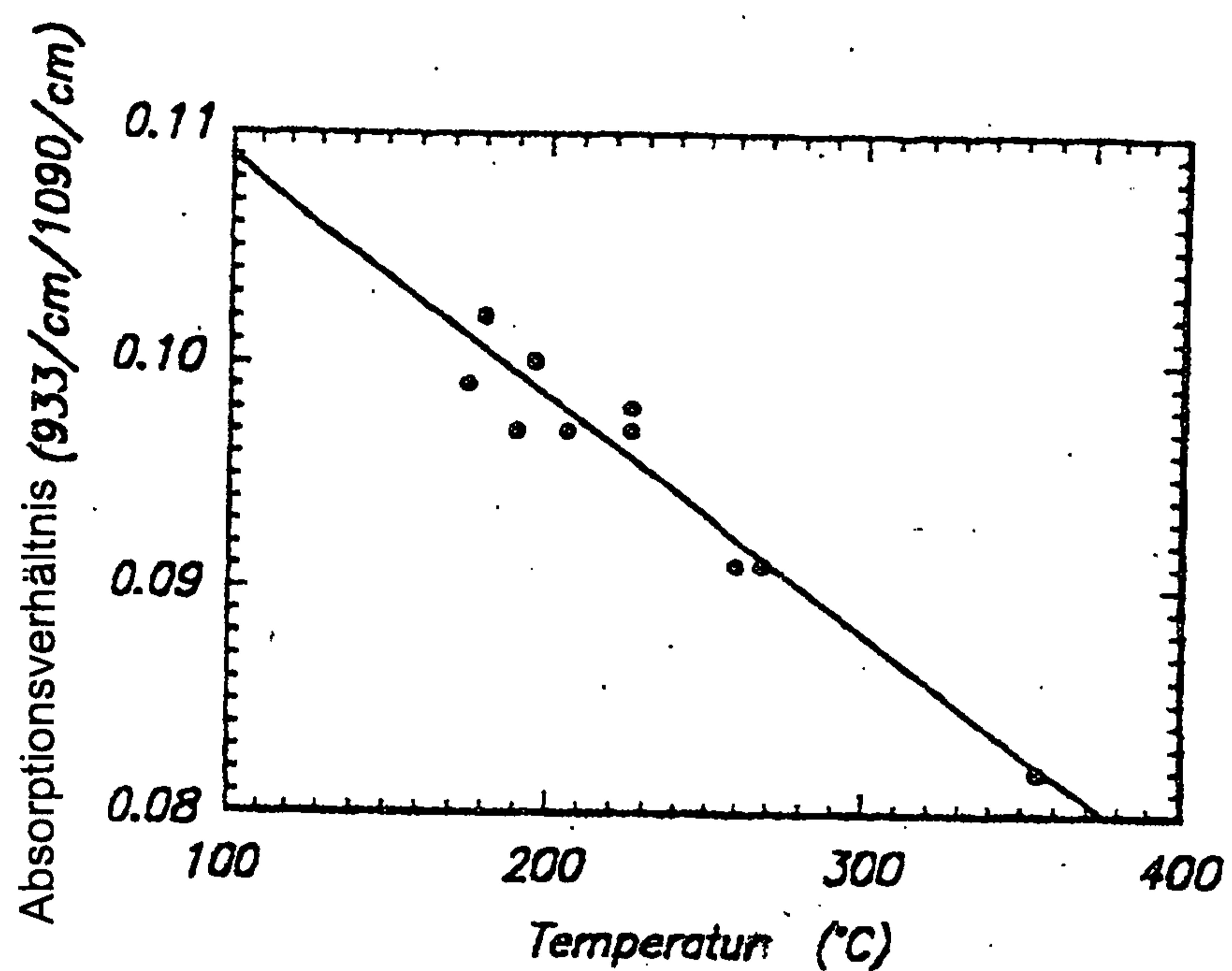


FIG. 3

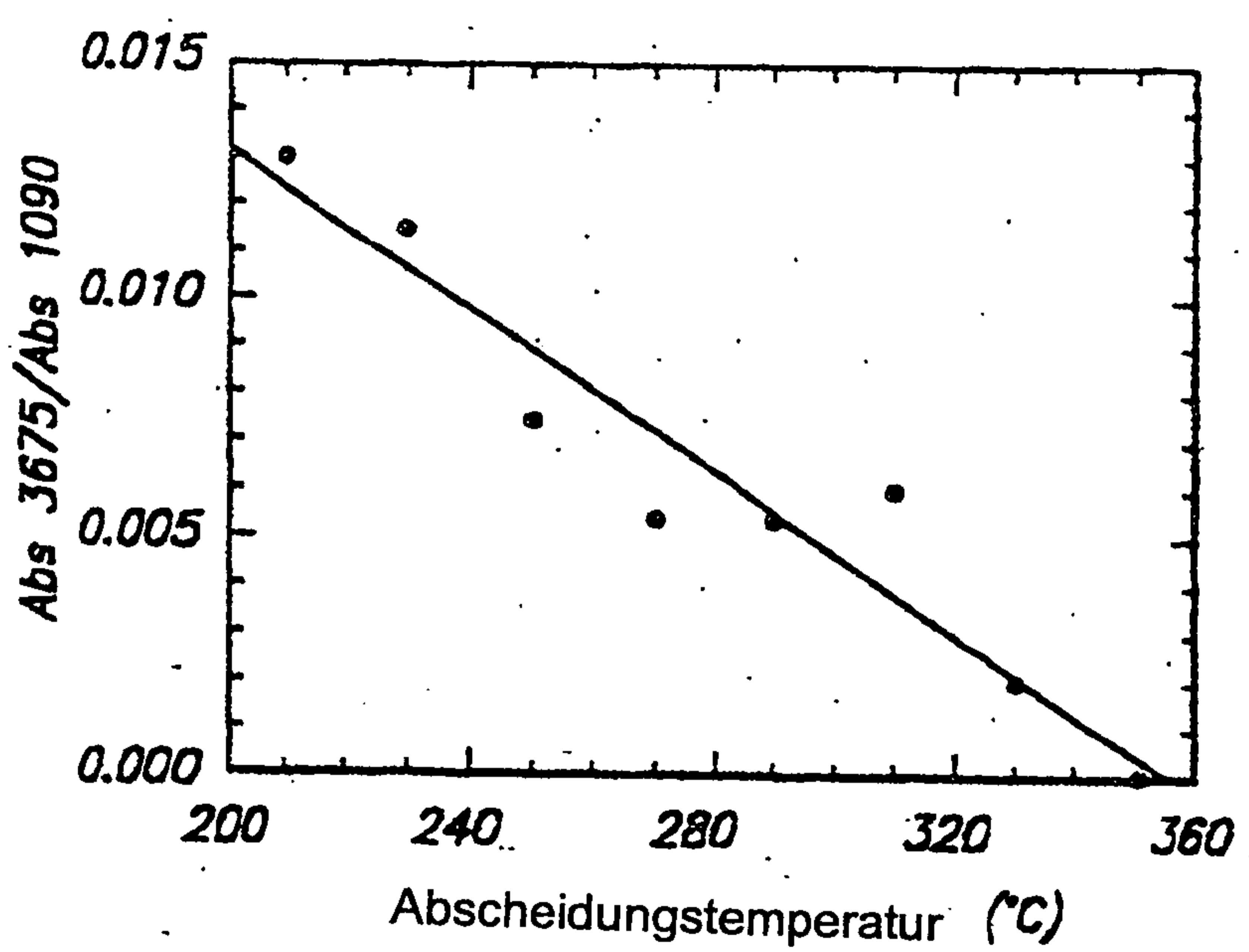


FIG. 4