



PCT
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁵ : H01L 21/306, 21/76	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 92/01309 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 23. Januar 1992 (23.01.92)		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 50%; vertical-align: top;">(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE91/00535 (22) Internationales Anmeldedatum: 27. Juni 1991 (27.06.91) (30) Prioritätsdaten: P 40 21 541.5 6. Juli 1990 (06.07.90) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstraße 54, D-8000 München 19 (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US) : HABERGER, Karl [DE/DE]; Adolf-Butenandt-Straße 2, D-8033 Planegg (DE). BUCHNER, Reinhold [DE/DE]; Berg am Laim-Straße 145, D-8000 München 80 (DE). BOLLMANN, Dieter [DE/DE]; Solothurner Straße 5, D-8000 München 70 (DE).</td><td style="width: 50%; vertical-align: top;">(74) Anwalt: SCHOPPE, Fritz; Seitnerstraße 42, D-8023 Pullach (DE). (81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), DK (europäisches Patent), ES (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), GR (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), US. Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></td></tr></table>			(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE91/00535 (22) Internationales Anmeldedatum: 27. Juni 1991 (27.06.91) (30) Prioritätsdaten: P 40 21 541.5 6. Juli 1990 (06.07.90) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstraße 54, D-8000 München 19 (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US) : HABERGER, Karl [DE/DE]; Adolf-Butenandt-Straße 2, D-8033 Planegg (DE). BUCHNER, Reinhold [DE/DE]; Berg am Laim-Straße 145, D-8000 München 80 (DE). BOLLMANN, Dieter [DE/DE]; Solothurner Straße 5, D-8000 München 70 (DE).	(74) Anwalt: SCHOPPE, Fritz; Seitnerstraße 42, D-8023 Pullach (DE). (81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), DK (europäisches Patent), ES (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), GR (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), US. Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE91/00535 (22) Internationales Anmeldedatum: 27. Juni 1991 (27.06.91) (30) Prioritätsdaten: P 40 21 541.5 6. Juli 1990 (06.07.90) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstraße 54, D-8000 München 19 (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US) : HABERGER, Karl [DE/DE]; Adolf-Butenandt-Straße 2, D-8033 Planegg (DE). BUCHNER, Reinhold [DE/DE]; Berg am Laim-Straße 145, D-8000 München 80 (DE). BOLLMANN, Dieter [DE/DE]; Solothurner Straße 5, D-8000 München 70 (DE).	(74) Anwalt: SCHOPPE, Fritz; Seitnerstraße 42, D-8023 Pullach (DE). (81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), DK (europäisches Patent), ES (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), GR (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), US. Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>			
(54) Title: PROCESS FOR THE THIN ETCHING OF SUBSTRATES (54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM DÜNNÄTZEN VON SUBSTRATEN (57) Abstract In a process for the thin etching of substrates which can be etched by chemical etching agents, a predeterminable substrate thickness is obtained with an unaffected single-crystal grid structure of the substrate in that the substrate is irradiated during the etching process by radiation impinging substantially perpendicularly to its surface, the substrate consists of a radiation absorbent material and the wavelength of the main component of the radiation is such that the absorption length of the radiation of this wavelength in this substrate material is greater than the desired substrate thickness. (57) Zusammenfassung Bei einem Verfahren zum Dünnätzen von mittels chemischen Ätzmitteln ätzbaren Substraten wird eine vorbestimmbare Substratschichtdicke bei monokristalliner, ungestörter Gitterstruktur des Substrates dadurch erhalten, daß das Substrat während des Ätzworganges mittels einer Strahlungsquelle mit einer im wesentlichen senkrecht auf die Substratoberfläche einfallenden Strahlung bestrahlt wird, daß das Substrat aus einem eine Strahlung absorbierenden Material besteht, und daß die Wellenlänge des Hauptanteiles der Strahlung so gewählt ist, daß die Absorptionslänge von Strahlung dieser Wellenlänge in diesem Substratmaterial größer als die gewünschte Substratschichtdicke ist.				

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	ES	Spanien	ML	Mali
AU	Australien	FI	Finnland	MN	Mongolei
BB	Barbados	FR	Frankreich	MR	Mauritanien
BE	Belgien	GA	Gabon	MW	Malawi
BF	Burkina Faso	GB	Vereinigtes Königreich	NL	Niederlande
BG	Bulgarien	GN	Guinea	NO	Norwegen
BJ	Benin	GR	Griechenland	PL	Polen
BR	Brasilien	HU	Ungarn	RO	Rumänien
CA	Kanada	IT	Italien	SD	Sudan
CF	Zentrale Afrikanische Republik	JP	Japan	SE	Schweden
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SN	Senegal
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SU	Sowjet Union
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	TD	Tschad
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	TG	Togo
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	US	Vereinigte Staaten von Amerika
DE	Deutschland	MC	Monaco		
DK	Dänemark	MG	Madagaskar		

Verfahren zum Dünnätzen von Substraten

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Dünnätzen von mittels chemischen Ätzmitteln ätzbaren Substraten auf eine wenigstens bereichsweise gleiche, vorbestimmbare Substratschichtdicke.

Allgemein befaßt sich die Erfindung mit einem Verfahren zum Herstellen extrem dünner Substrate oder extrem dünner Substratschichten mit Schichtdicken in der Größenordnung von weniger als einem Mikrometer.

Bei der Entwicklung und Fertigung hochintegrierter Schaltungen wurden in den letzten Jahren zunehmend Techniken zur gegenseitigen lateralen Isolation der einzelnen, planar auf der Halbleiteroberfläche angeordneten Bauelemente eingesetzt, um den gegenseitigen Abstand der Einzelbauelemente zu vermindern und somit die Integrationsdichte der integrierten Schaltung zu erhöhen. Typische Isolationstechniken für die gegenseitige laterale Isolation von Halbleiterbauelementen innerhalb von Halbleiterschaltungen sind dem Fachmann unter den Begriffen LOCOS sowie Trench-Ätztechnik bekannt.

Der Grund für den Einsatz lateraler Isolationstechniken liegt darin, daß elektrisch relevante Vorgänge in Halbleiterschaltungen typischerweise in einem etwa 1 μm dicken, obersten Schichtbereich des Halbleiterkristalles ablaufen. Aus mechanischen Gründen ist es üblicherweise erforderlich, daß der Halbleiterkristall viele 100 μm dick sein muß. Abgesehen von seiner mechanischen Trägerfunktion erweist sich das dicke Halbleiterkristallmaterial als bezüglich seiner elektrischen Eigenschaften nachteilig. Gegenüber derartig dicken Halbleiterkristallen haben dünne Substrate einige technologische Vorteile, die die verglichen mit dickeren

Materialien einfachere laterale Isolation, durch die bei CMOS-Schaltungen ein latch-up-Effekt unterdrückt werden kann, sowie das Fehlen von ausgedehnten Raumladungszonen umfassen.

Die Vorteile solcher dünner Substrate versucht man seit längerer Zeit durch verschiedenartige Technologien auszunutzen, bei denen jeweils eine dünne Halbleiterschicht oder Nutzschiicht oberhalb einer Isolationsschiicht angeordnet ist, die ihrerseits auf einem Trägersubstrat liegt.

Eine dieser Technologien ist die sogenannte SOS (Silicon on Sapphire)-Technik, bei der eine Siliziumschicht heteroepitaktisch auf einen Saphirkristall aufgewachsen wird. Mit dieser Technologie können jedoch lediglich Siliziumschichten von schlechter Kristallqualität erzeugt werden.

Bei der SIMOX (Silicon implanted Oxygen)-Technologie wird Sauerstoff in hohen Dosen in Silizium implantiert und bildet nach einem Temperaturschritt in einer Entfernung von ungefähr $0,2 \mu\text{m}$ unter der Halbleiteroberfläche eine vergrabene, isolierende SiO_2 -Schicht. Bei diesem Verfahren zum Erzeugen der vergrabenen isolierenden Schicht entstehen jedoch Kristallschäden.

Die oben angesprochenen Techniken umfassen ferner die sogenannte ZMR (Zone Melting Recrystallization)-Technologie. Hierbei wird auf einem oxidierten Wafer zunächst eine amorphe oder mikrokristalline Siliziumschicht abgeschieden. Mittels Laserstrahlen oder Elektronenstrahlen wird die amorphe Siliziumschicht in ihrem Oberflächenbereich umgeschmolzen, um große Kristallbereiche zu erzeugen. Jedoch ist es bei dieser Technik nicht möglich, die gesamte erneut kristallisierte Schicht als Einkristall von hoher Qualität auszubilden.

Ein vielversprechender Weg zum Erzeugen der oben angespro-

chenen SOI-Substrate, bei denen die Halbleiterschicht oberhalb einer isolierenden Schicht liegt, ist die Wafer-Bonding-Technologie, da durch diese Technologie prinzipiell perfekt monokristalline Nutzsichten erzeugt werden können. Hierbei werden zwei Wafer unter extrem staubfreien Bedingungen mit ihren polierten Oberflächen zusammengebracht. In der Regel sind ein oder beide Wafer mit einer Siliziumdioxidschicht versehen, die durch thermische Oxidation oder Abscheiden einer Oxidschicht erzeugt wird. Diese Oxidschicht kann auch dotiert sein und beispielsweise Bor-Silikatglas, Phosphorsilikatglas oder Bor-Phosphor-Silikatglas umfassen. Ebenfalls können andere, isolierende und chemisch resistente Materialien für die Isolationsschicht verwendet werden.

Auch können ein Wafer oder beide Wafer bereits Strukturen bis hin zu fertigen Bauelementen enthalten. Die Oberfläche der Wafer kann mit einem Isolator, wie beispielsweise Siliziumdioxid, bedeckt sein oder unter Anwendung eines der an sich bekannten Planarisierungsverfahren, das die Verwendung von Fließgläsern und Spin-On-Gläsern und das Rückätzen umfaßt, eingeebnet worden sein.

Die Haftung zwischen den beiden Waferflächen beruht zunächst auf der Ausbildung von Wasserstoffbrücken zwischen adsorbierten OH-Gruppen. Bei der anschließenden Erwärmung der Wafer bilden sich bei etwa 300 °C Si-O-Si-Bindungen aus, wobei schließlich bei Temperaturen um 1000 °C durch einen viskosen Fluß des Oxids eine feste, von einem gewachsenen Oxid nicht unterscheidbare Verbindung eintritt. Nach dem so durchgeführten Bonden der beiden Wafer können die gebondeten Wafer einseitig gedünnt werden, so daß die dünne SOI-Nuttschicht unlösbar gebondet mit dem Trägerwafer zurückbleibt.

Das technologische Hauptproblem liegt hier im Dünnen der Nuttschicht des gebondeten Wafers, da Schichtdicken der Nuttschicht von bis herab zu 0,1 µm angestrebt werden. Das Dünnen erfolgt zunächst mechanisch durch Schleifen und im letzten Stadium des Dünnens durch eine naßchemische Behand-

lung. Das Problem liegt hierbei in der Gleichförmigkeit des Dünnungsprozesses, durch die natürlich die letztendlich nicht unterschreitbare Restdicke der Nutzschrift festgelegt wird.

Zu diesem Zweck wird in der Fachveröffentlichung J.B. Lasky, S.R. Stiffler, F.R. White und J.R. Abernathy, IEDM Techn. Dipl. 684 (1985), vorgeschlagen, eine hochdotierte (Bor-p⁺)-Schicht zu implantieren oder einzudiffundieren, die bei dem naßchemischen Ätzen zum Dünnen der Nutzschrift als Ätzstopp dient, wobei man zum Erzielen von hochohmigen Nutzschriften auf der Ätzstoppschicht noch eine niedrigdotierte Epischicht aufbringt. Die implantierte Ätzstoppschicht hat zwar eine über die Oberfläche des Halbleiters konstante Tiefe, durch die eine konstante Dicke der Nutzschrift im Sub-Mikrometer-Bereich garantiert werden kann. Jedoch entstehen bei der Implantation der Ätzstoppschicht und der Epitaxie Kristallschäden oder es tritt ein Dotieren durch Autodoping auf. Ferner erfordert diese Technik einen hohen Fertigungsaufwand und damit zusätzliche Kosten.

In der Fachveröffentlichung T. Matsushita, H. Satoh, M. Shimanoe, A. Nieda, A. Ogasawara, M. Yamagishi, A. Yagi, 47. th Annual Device Research Conference, Juni 1989, Cambridge, Mass., wird ein anderes Verfahren zum definierten flächenhomogenen Dünnen der Nutzschrift angegeben. Hierbei werden photolithographisch erzeugte, teilweise vergrabene Stützgitter aus Hartstoffen, wie beispielsweise SiO₂ oder Si₃N₄ verwendet, um bei dem mechanischen Schleifen eine gleichmäßige Schichtdicke der Nutzschrift zu gewährleisten. Mit diesem Verfahren wurden SOI-Schichten mit einer Schichtdicke von 80 nm +/- 20 nm über die Schichtdicke eines 5-Inch-Wafers erzielt. Durch das Stützgitter ist es jedoch nicht möglich, eine perfekt monokristalline Halbleiternutzschrift über die gesamte Waferfläche zu erhalten.

Aus der Fachveröffentlichung A. Yamada, B.L. Jiang, H. Shirotori, O. Okabayashi, T. Iizuka, G.A. Rozgonyi, Elektro-

- 5 -

chemical Society Spring Meeting, Vol. 90, Seite 458, ist es bekannt, das Dünnen der Nutzschrift durch elektrochemisches und numerisch gesteuertes Polieren vorzunehmen. Dieses Verfahren ist aufgrund des hohen apparativen Aufwandes für die Praxis kaum einsetzbar.

Es ist bekannt, die Schichtdicke einer zu ätzenden Schicht während des Ätzvorganges mittels Licht zu überwachen, wobei der Ätzvorgang beendet wird, sobald die zu ätzende Schicht für das Überwachungslicht durchsichtig ist.

Aus der JP 2-44728 A2 (Abstract) ist es bekannt, zur Steigerung der Ätzgeschwindigkeit eines isolierenden Filmes auf einer Metallschicht die aus dem isolierenden Film und der Metallschicht bestehende Struktur mit Infrarotstrahlung zu bestrahlen. Die Infrarotstrahlung wird durch Metallschichtbereiche reflektiert. Die reflektierte Strahlung erfährt innerhalb des isolierenden Filmes oberhalb der Metallschichtbereiche eine stärkere Absorption als außerhalb der Metallschichtbereiche, so daß es zu einer stärkeren Ätzrate des isolierenden Filmes oberhalb der Metallschichtbereiche kommt. Diese Technik dient ausschließlich dazu, die Ätzgeschwindigkeit für das Abätzen isolierender Bereiche oberhalb eines Metallschichtbereiches verglichen mit der Ätzgeschwindigkeit von isolierenden Bereichen, die nicht oberhalb von Metallschichtbereichen liegen, anzuheben, um dadurch Erhöhungen der isolierenden Schicht oberhalb der Metallschichtbereiche verstärkt abzutragen. Dies soll zu einer Reduktion der topographischen Stufen führen, die der isolierende Film aufgrund der darunterliegenden Metallschichtbereiche hat. Diese Schrift befaßt sich somit nicht mit der Problematik der Erzeugung von bereichsweise gleichen, vorbestimmbaren Substratschichtdicken.

Aus der Fachveröffentlichung IBM TDB, Band 23, Nr. 3, August 1980, Seiten 1260 und 1261 ist ein Ätzverfahren zum maskenfreien Ätzen von undotierten Bereichen eines Substrates bekannt. Bei diesem Verfahren bedient man sich der verstärkten

Absorption von Laserlicht entweder in dotierten oder in undotierten Bereichen eines Halbleitersubstrates während des Ätzvorganges, um dadurch die Ätzrate innerhalb des jeweils stärker absorbierenden Bereiches zu erhöhen. Mit der Erzeugung von ungestörten Schichten von zumindest bereichsweise gleicher, vorbestimmbarer Schichtdicke befaßt sich diese Schrift nicht.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Dünnsätzen von mittels chemischen Ätzmitteln ätzbaren Substraten auf eine wenigstens bereichsweise gleiche, vorbestimmbare Substratschichtdicke anzugeben, das lediglich einen niedrigen Aufwand erfordert und bei dem ferner Störungen innerhalb der Substratschicht vermieden werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 1 gelöst.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß durch Bestrahlung des Substrates während des Ätzvorganges mittels einer Strahlungsquelle mit einer im wesentlichen senkrecht auf die Substratoberfläche einfallenden Strahlung bei Substraten aus solchen Materialien, die die verwendete Strahlung absorbieren, eine von der momentanen Restschichtdicke bezogen auf die Absorptionslänge der Strahlung abhängige Erwärmung der Substratschicht auftritt. Da die Ätzrate bei praktisch allen chemischen Ätzen stark temperaturabhängig ist, ist die erzielte Ätzrate abhängig von der Erwärmung der Substratschichtdicke, die schichtdickenabhängig ist. Sobald die verbleibende Substratschichtdicke die Absorptionslänge der Strahlung der verwendeten Wellenlänge in dem Substratmaterial unterschreitet, läßt die Erwärmung aufgrund der Strahlung nach, da der absorbierte Anteil der Strahlung nachläßt. Durch Variation der Wellenlänge der verwendeten Strahlung im Falle einer einfrequanten Strahlung bzw. eines monochromatischen Lichtes bzw. durch Variation des Hauptspektrums der verwendeten Strahlung, zum Beispiel im Falle eines Strahlers

mit einem breiten Strahlungsspektrum, kann die Absorptionslänge der Strahlung in dem Substratmaterial eingestellt werden. Unter der Absorptionslänge wird diejenige Eindringtiefe verstanden, innerhalb der die Reststrahlung bezogen auf die eingetretene Strahlung um den Faktor 1 geteilt durch e abgefallen ist. Die Absorptionslänge wird so gewählt, daß sie größer als die gewünschte Substratschichtdicke ist. Damit kann durch Wahl der Strahlung die erzielbare Substratschichtdicke im wesentlichen frei eingestellt werden.

Nachfolgend wird eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens näher erläutert. Bei dem bevorzugten Verfahren nach der vorliegenden Erfindung wird zunächst ein Wafer-Bonding-SOI-Substrat in einer im Stand der Technik an sich bekannten Art hergestellt, die oben bereits erläutert wurde. Bei der bevorzugten Ausführungsform werden zwei Siliziumwafer an ihre Oberfläche durch thermische Oxidation mit einer Siliziumdioxidschicht versehen. Nach Polieren der Waferoberflächen werden diese unter extremen straubfreien Bedingungen mit ihren polierten Oberflächen zusammengefügt. Anschließend werden die zusammengefügten Wafer auf Temperaturen zwischen etwa 300 °C und etwa 1000 °C erwärmt. Bei Temperaturen von etwa 300 °C bilden sich Si-O-Si-Bindungen aus, während bei einer Erwärmung auf Temperaturen um ungefähr 1000 °C ein viskoser Fluß des Oxids zu einer festen, von einem gewachsenen Oxid nicht unterscheidbaren Verbindung führt.

Nunmehr wird die Siliziumschicht des Nutzwafers mittels an sich bekannter mechanischer Verfahren auf eine Restdicke von etwa 10 - 20 μm mechanisch gedünnt. Das mechanische Dünnen kann beispielsweise durch Schleifen erfolgen.

Dieser erste Dünnpzess kann auch durch ein naßchemisches Ätzen erfolgen. Gleichfalls ist es denkbar, bei geeignet dünnen Nutzwafers auf einen derartigen ersten Dünnpzess vollständig zu verzichten.

Das Wafer-Bonding-Substrat wird nun auf eine Ansaughaltevorrückung aufgebracht und gegenüber dieser z.B. mittels Unterdruck festgelegt, sodaß ein guter thermischer Kontakt entsteht. Die Ansaughaltevorrückung wird zusammen mit dem Substrat in ein Ätzbad eingebracht. Dieses kann beispielsweise eine verdünnte Kalilauge sein.

In dieses Ätzbad wird von einer Strahlungsquelle eine Strahlung derart eingestrahlt, daß sie im wesentlichen senkrecht auf die Substratoberfläche des Nutzwafers einfällt. Unter dem Begriff "im wesentlichen senkrecht" sei im Sinne der Terminologie der vorliegenden Anmeldung verstanden, daß die Strahlung in einem solchen Winkel auf die Substratoberfläche einfällt, daß sie in diese eindringt. In der Regel wird man bemüht sein, die Strahlung senkrecht auf die Oberfläche des Nutzwafers auftreffen zu lassen.

Bei dem bevorzugten beispielhaften Verfahren ist die Strahlungsquelle ein Argonlaser, der Licht mit einer Leistungsdichte von etwa 100 W/cm^2 abgibt.

Das von einem Argonlaser abgegebene monochromatische Licht liegt im sichtbaren Bereich und hat eine Wellenlänge, die der Farbe Grün entspricht.

Anstelle eines monochromatischen Lichts kann auch ein Licht oder eine andere elektromagnetische Strahlung mit einem verteilten Frequenzspektrum verwendet werden.

Die Wellenlänge des Hauptanteiles der Strahlung wird derart gewählt, daß die Absorptionlänge der Strahlung bei dieser Wellenlänge in dem Substratmaterial, das im Ausführungsbeispiel Silizium ist, größer ist als die gewünschte Substratschichtdicke.

Da die gewünschte Schichtdicke der Nutzschrift bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel $0,2 \text{ }\mu\text{m}$ beträgt, wurde als Strahlungsquelle der Argonlaser mit der Wellenlänge von

$\lambda = 0,512 \text{ } \mu\text{m}$ gewählt, da Licht von dieser Wellenlänge in Silizium eine Absorptionslänge von etwa $0,3 - 0,5 \text{ } \mu\text{m}$ hat.

Solange nun die Dicke der Nutzschrift des bestrahlten Wafer-Bonding-SOI-Substrates oberhalb von etwa $0,3 \text{ } \mu\text{m}$ liegt, führt das absorbierte Licht zu einer Temperaturerhöhung der Nutzschrift, welches sich gegenüber dem Bonding-Oxid etwa proportional zu der absorbierten Leistung und etwa proportional zu der Oxiddicke sowie etwa umgekehrt proportional zu der Wärmeleitfähigkeit des Oxids erwärmt. Die Wärmeleitfähigkeit von Siliziumdioxid liegt etwa um den Faktor 10 unter derjenigen von Silizium bei Raumtemperatur.

Die sich einstellende Temperaturerhöhung der SOI-Nutzschrift liegt je nach der eingestrahnten Leistung zwischen 10 und $100 \text{ } ^\circ\text{C}$. Die Ätzrate praktisch aller chemischen Ätzmittel ist stark temperaturabhängig. Da das KOH-Si-System eine Aktivierungsenergie von etwa $0,6 \text{ eV}$ hat, führt eine Temperaturerhöhung von $25 \text{ } ^\circ\text{C}$ zu einer Erhöhung der Ätzrate um etwa den Faktor 10.

Infolgedessen nimmt die Ätzrate der Nutzschrift stark ab, sobald deren Dicke unter die Absorptionslänge der verwendeten Lichtstrahlung abfällt. Sobald die Nutzschrift eine Dicke von ungefähr $0,2 \text{ } \mu\text{m}$ erreicht hat, läßt sie das einfallende Argonlaserlicht praktisch vollständig durch, so daß dessen Energie von dem Trägerwafer absorbiert wird und ohne nennenswerte Temperaturerhöhung desselben aufgrund der hohen Wärmeleitfähigkeit des Siliziums zu der Ansaughaltevorrichtung abgeleitet wird.

In praktischen Versuchen konnte nachgewiesen werden, daß eine Nutzschriftdicke von $0,2 \text{ } \mu\text{m}$ über die Gesamtfläche eines 6-Inch-Wafers bei hoher Nutzschriftickenkonstanz erzielbar ist.

Für den Fachmann ist es offenkundig, daß der Verlauf des Ätzprozesses durch geeignete Parameterwahl steuerbar ist, wobei zu diesem Parametern in erster Linie die Strahlungs-

- 10 -

wellenlänge und Strahlungsleistungsdichte, die Ätzmittelzusammensetzung und die Grundtemperatur zählen.

Bei Verwendung von lokalen Lichtquellen oder Punktlichtquellen erlaubt das erfindungsgemäße Verfahren eine Bestrahlung unterschiedlicher Waferbereiche mit unterschiedlichen Wellenlängen und Leistungsdichten, wodurch Gebiete mit unterschiedlicher, aber über das Gebiet konstanter Dicke erzeugbar sind.

Daher ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren die Herstellung von Halbleiterstrukturen mit Nuttschichtbereichen unterschiedlicher Dicke, wobei die jeweilige Dicke optimal auf den jeweiligen Anwendungszweck der Nuttschicht abgestimmt werden kann. Besondere Bedeutung hat dies beispielsweise bei integrierten Schaltungen, die einerseits Hochspannungsbau-elemente umfassen, welche dicke Substratstärken benötigen, und andererseits Ansteuererlogiken haben, bei denen eine dünne Substratstärke ausreicht. Das erfindungsgemäße Verfahren kann beispielsweise auch bei integrierten Sensoren oder mikromechanischen Bauelementen eingesetzt werden, die Logik-schaltungen oder Verstärkerschaltungen aufweisen und beispielsweise dünne, freitragende Halbleitermembranen umfassen.

In Abweichung von dem beschriebenen, bevorzugten Ausführungsbeispiel können mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens auch Bonding-Wafer gedünnt werden, deren Trägersubstrat beispielsweise aus einem bei der Wellenlänge des sichtbaren Lichtes durchsichtigen Material besteht, wofür zum Beispiel Quarzglas oder Saphir herangezogen werden kann. Diese Ausgestaltung des Trägers führt zu einer besonders niedrigen Leistungsaufnahme durch diesen, wodurch in erwünschter Weise die Temperaturdifferenzen zwischen zu ätzenden Bereichen von noch unterschiedlicher Dicke der Nuttschicht verstärkt werden, so daß es zu einer verbesserten Kontinuität der erzielbaren Nuttschichtdicke kommt.

In weiterer Abweichung von dem beschriebenen Ausführungsbeispiel kann das erfindungsgemäße Verfahren auch bei anderen Halbleitermaterialien, Metallen und dielektrischen Schichten eingesetzt werden, soweit das zu ätzende Material Strahlungen über eine bestimmte Absorptionslänge absorbiert.

Anstelle des bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel eingesetzten Argonlasers kann als Lichtquelle ein gepulster Strahler dienen, der beispielsweise eine Blitzlichtlampe sein kann. Gleichfalls kommt als Lichtquelle ein thermischer Strahler in Betracht, der gegebenenfalls mit Filtern versehen ist. Nur beispielsweise sei hier eine Glühfadenlampe oder eine Gasentladungslampe genannt. Auch ist es möglich, eine Blitzlichtlampe zu verwenden, die dynamische Temperaturerhöhungen bewirkt.

Zur Einstellung der Ätzgeschwindigkeit kann auch innerhalb des Verfahrens die Zusammensetzung des Ätzmittels variiert werden. Anstelle der bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel verwendeten flüssigen Ätzlösung kann auch ein Ätzgas oder ein Ätzgasgemisch verwendet werden.

Zur weiteren Vergleichmäßigung des Ätzverfahrens kann die Strahlungsquelle gegenüber dem zu ätzenden Substrat bewegt werden. Obwohl es ausreichend ist, die Wellenlänge des Strahlers derart zu wählen, daß die Absorptionslänge dieser Strahlung innerhalb des zu ätzenden Materiales größer ist als die zu erzielende Schichtdicke, wird ein besonders einfaches Einstellen der Schichtdicke und ein besonders stabiler Ätzstop dann erreicht, wenn die Absorptionslänge der Strahlung mit der gewählten Wellenlänge um den Faktor 3 bis 8 oberhalb der gewünschten Schichtdicke liegt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Dünnätzen von mittels chemischen Ätzmitteln ätzbaren Substraten auf eine vorbestimmbare Substratschichtdicke,

bei dem das Substrat zur schichtdickenabhängigen Steuerung der Ätzgeschwindigkeit mittels einer Strahlungsquelle mit einer im wesentlichen senkrecht auf die Substratoberfläche einfallenden Strahlung bestrahlt wird,

bei dem das Substrat aus einem eine Strahlung absorbierenden Material besteht, und

bei dem die Wellenlänge des Hauptanteiles der Strahlung so gewählt ist, daß die Absorptionslänge der Strahlung dieser Wellenlänge in dem Substratmaterial größer als die gewünschte Substratschichtdicke ist, so daß das Substrat, solange es eine größere Dicke als die gewünschte Schichtdicke hat, durch hohe Strahlungsabsorption zunächst relativ stark thermisch angeregt wird und damit mit hoher Ätzgeschwindigkeit abgeätzt wird, während die Strahlungsabsorption bei Erreichen der gewünschten Schichtdicke abnimmt, wodurch die thermische Anregung vermindert wird und ein Ätzstopp erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

bei dem das dünnzuätzende Substrat die Nuttschicht eines Wafer-Bonding-SOI-Substrates ist, welches eine Trägerschicht, eine auf dieser angeordnete Isolatorschicht und eine auf letzterer angeordnete Nuttschicht aufweist.

3. Verfahren nach Anspruch 2,

bei dem die Trägerschicht aus einem Halbleitermaterial

- 13 -

besteht.

4. Verfahren nach Anspruch 2,

bei dem die Trägerschicht aus einem die Strahlung nicht oder nur geringfügig absorbierenden Material besteht.

5. Verfahren nach Anspruch 4,

bei dem die Trägerschicht aus einem im sichtbaren Wellenlängenbereich durchsichtigen Material besteht.

6. Verfahren nach Anspruch 5,

bei dem die Trägerschicht aus Quarzglas besteht.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 6,

bei dem die Absorptionslänge um den Faktor 3 - 8 oberhalb der gewünschten Substratschichtdicke liegt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 7,

bei dem die Strahlung monochromatisches Licht ist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 7,

bei dem die Strahlung eine thermische, nicht-monochromatische Strahlung ist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 9,

bei dem die Strahlungsquelle unterschiedliche Bereiche des Substrates mit Strahlung von unterschiedlicher Wellenlänge und/oder unterschiedlicher Leistungsdichte bestrahlt, um über das Substrat definiert veränderbare, unterschiedliche Substratschichtdicken zu erzeugen.

- 14 -

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 10,

bei dem das Substrat sequentiell mit Licht von unterschiedlicher Wellenlänge bestrahlt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 11,

bei dem das Ätzmittel flüssig oder gasförmig ist.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/DE 91/00535

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) ⁶ According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> INT.CL. ⁵: H 01 L 21/306; H 01 L 21/76 </div>		
II. FIELDS SEARCHED <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">Minimum Documentation Searched ⁷</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> Classification System Classification Symbols </div> <div style="margin-top: 20px;"> INT.CL. ⁵: H 01 L </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px; font-size: small;"> Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸ </div>		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹		
Category ⁹	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
A	IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN. vol. 23, No: 3, August 1980, NEW YORK, US pages 1260 - 1261; FR. T. HODGSON: 'METHOD OF ETCHING UNDOPED REGIONS OF A SUBSTRAZE WITHOUT MASKING' cited in the application see the whole document <div style="text-align: right;">--</div>	1
A	APPLIED PHYSICS A. SOLIDS AND SURFACES. vol. A37, No: 2, June 1985, HEIDELBERG DE pages 117 - 119; F.V. BUNKIN ET AL.: 'SI ETCHING AFFECTED BY IR IRRADIATION' see the whole document <div style="text-align: right;">--</div>	1
A	US, A, 3 830 665 (MOTOROLA) 20 August 1974 see claims 1,2,17 <div style="text-align: right;">--</div>	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 14, No: 205 (E-291)(4148) 26 April 1990 & JP-A-02 044 728 (MATSUSHITA) 14 February 1990 cited in the applications <div style="text-align: right;">./.</div>	
<div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: x-small;"> <div style="width: 45%;"> <p>¹⁰ Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&" document member of the same patent family</p> </div> </div>		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search		Date of Mailing of this International Search Report
30 September 1991 (30.09.91)		22 October 1991 (22.10.91)
International Searching Authority		Signature of Authorized Officer
European Patent Office		

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT (CONTINUED FROM THE SECOND SHEET)

Category *	Citation of Document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No
A	<p>see the whole document</p> <p>---</p> <p>JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS. vol. 28, No: N08, August 1989, TOKYO JP pages 1426 - 1443; J. HAISMA ET AL.: 'SILICON-ON-INSULATOR WAFER BONDING-WAFER THINNING TECHNOLOGICAL EVALUATION S '</p> <hr/>	


ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.

DE 9100535
SA 48611

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

30/09/91

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A-3830665	20-08-74	JP-A- 49090083	28-08-74

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugehen) ⁶		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC ⁷		
Int.Kl. 5 H01L21/306 ; H01L21/76		
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff ⁷		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int.Kl. 5	H01L	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehorende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁸		
III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN ⁹		
Art. ⁹	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³
A	IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN. Bd. 23, Nr. 3, August 1980, NEW YORK US Seiten 1260 - 1261; FR.T. HODGSON: 'METHOD OF ETCHING UNDOPE REGIONS OF A SUBSTRAZE WITHOUT MASKING ' in der Anmeldung erwähnt siehe das ganze Dokument ---	1
A	APPLIED PHYSICS A. SOLIDS AND SURFACES. Bd. A37, Nr. 2, Juni 1985, HEIDELBERG DE Seiten 117 - 119; F.V. BUNKIN ET AL.: 'SI ETCHING AFFECTED BY IR IRRADIATION ' siehe das ganze Dokument ---	1
A	US,A,3 830 665 (MOTOROLA) 20. August 1974 siehe Ansprüche 1,2,17 ---	1
-/-		
<p>⁹ Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen¹⁰:</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"T" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"I" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"S" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
IV. BESCHEINIGUNG		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts	
30. SEPTEMBER 1991	22. 10. 91	
Internationale Recherchenbehörde	Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten	
EUROPAISCHES PATENTAMT	VANCRAEYNST F. 	

III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2)

Art °	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 14, no. 205 (E-291)(4148) 26. April 1990 & JP-A-02 044 728 (MATSUSHITA) 14. Februar 1990 in der Anmeldung erwähnt siehe das ganze Dokument ---	
A	JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS. Bd. 28, Nr. N08, August 1989, TOKYO JP Seiten 1426 - 1443; J. HAISMA ET AL.: 'SILICON-ON-INSULATOR WAFER BONDING-WAFER THINNING TECHNOLOGICAL EVALUATION S ' ---	

ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.

DE 9100535
SA 48611

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

30/09/91

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US-A-3830665	20-08-74	.JP-A- 49090083	28-08-74

EPO FORM P0473

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtshlatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82