



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 26 578 B4** 2006.01.19

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 26 578.3**
(22) Anmeldetag: **12.06.2003**
(43) Offenlegungstag: **05.01.2005**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **19.01.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 21/20** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Siltronic AG, 81737 München, DE

(74) Vertreter:
Franke, E., Dr., 81737 München

(72) Erfinder:
Hölzl, Robert, Dr. Dipl.-Chem., 84389 Postmünster, DE; Huber, Andreas, Dr. Dipl.-Phys., 84518 Garching, DE; Dantz, Dirk, Dr. Dipl.-Miner., 84489 Burghausen, DE; Lambert, Ulrich, Dr. Dipl.-Miner., 84547 Emmerting, DE; Wahlich, Reinhold, 84529 Tittmoning, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 101 31 249 A1
DE 44 14 947 A1
DE 692 25 911 T2
US2002/00 94 663 A1
US 62 32 142 B1
US 53 74 564
EP 09 05 767 A1
EP 08 66 150 A1
EP 08 29 559 A1
EP 07 07 338 A2
WO 03/0 03 430 A2
JP 09-1 62 088 A
JP 03-0 69 145 A
JP 03-0 69 144 A
JP 01-3 15 129 A

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung einer SOI-Scheibe**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Herstellung einer SOI-Scheibe, enthaltend folgende Schritte:

- Bereitstellung einer Trägerscheibe aus Silicium,
- Bereitstellung einer Spenderscheibe, welche eine Spenderschicht aus einkristallinem Silicium, deren Dicke wenigstens der Enddicke der daraus zu erzeugenden Siliciumschicht entspricht und die eine Konzentration von Vakanzen von maximal $10^{12}/\text{cm}^3$ und von Vakanzenagglomeraten von maximal $10^5/\text{cm}^3$ aufweist, trägt
- Herstellung einer Siliciumdioxidschicht mit einer Dicke von weniger als 5 nm entweder auf der Trägerscheibe oder auf der Spenderschicht der Spenderscheibe durch thermische Oxidation
- Aufbringung einer Schicht aus einem elektrisch isolierenden Material mit einer thermischen Leitfähigkeit von wenigstens $1,6 \text{ W}/(\text{Km})$ in wenigstens einer Raumrichtung auf eine Seite der Trägerscheibe und/oder auf die Seite der Spenderscheibe, die die Spenderschicht trägt, wobei diese Schicht auf derjenigen Scheibe aufgebracht wird, die nicht die Siliciumdioxidschicht trägt, danach
- Verbinden der Trägerscheibe und der Spenderscheibe derart, dass die Spenderscheibe mit der Seite, die die Spenderschicht...

Beschreibung

[0001] Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung einer SOI-Scheibe, die einen Silicium-Träger, eine elektrisch isolierende Schicht mit hoher thermischer Leitfähigkeit und eine Silicium-Schicht mit niedriger Defektdichte und hoher Schichtdickenhomogenität umfasst.

Stand der Technik

[0002] SOI-Scheiben („Silicon on Insulator“) bestehen in der Regel aus drei Schichten: Auf der Vorderseite einer Siliciumscheibe, die die unterste Schicht darstellt, befindet sich zuerst eine elektrisch isolierende Schicht, beispielsweise aus Siliciumdioxid. Auf dieser wiederum befindet sich eine dünne einkristalline Siliciumschicht, in der später die elektrischen Bauelemente gefertigt werden. Es sind jedoch auch SOI-Scheiben mit nur zwei Schichten bekannt. Diese bestehen aus einem elektrisch isolierenden Träger, beispielsweise Glas oder Saphir, und einer dünnen Siliciumschicht. Für die Bauelementefertigung in den künftig zu erwartenden Linienbreiten, insbesondere für die „fully-depleted“ Technologie (dabei ist die Verarmungszone der Transistoren gleich der Dicke der einkristallinen Siliciumschicht), muss die einkristalline Siliciumschicht sehr dünn sein, d. h. eine Dicke von 0,1 µm oder weniger aufweisen.

[0003] Ein Verfahren zur Herstellung von SOI-Scheiben mit einer geringen Defektdichte, insbesondere von SOI-Scheiben mit einer isolierenden Schicht aus Siliciumdioxid, ist in WO03/003430A2 beschrieben.

[0004] Die üblicherweise verwendete isolierende Schicht aus Siliciumdioxid hat den Nachteil einer geringen thermischen Leitfähigkeit von nur ca. 1,40 W/(Km). Die beim Schalten der Bauelemente erzeugte Wärme kann so nicht in ausreichendem Maß nach unten abgeführt werden, so dass Stellen mit lokal hohen Temperaturen (engl. hot spots) entstehen, die die Leistungsfähigkeit der Bauelemente, ihre maximal mögliche Taktrate sowie ihre Langzeitstabilität (engl. „reliability“) herabsetzen.

[0005] Es gibt deshalb vielfältige Bemühungen, elektrisch isolierende Materialien mit höherer thermischer Leitfähigkeit für die SOI-Technologie nutzbar zu machen. Beispielsweise kann Saphir Aluminiumoxid, Al_2O_3 als Trägermaterial für die dünne Siliciumschicht verwendet werden („Silicon on Sapphire“, SOS). Die thermische Leitfähigkeit von α -Aluminiumoxid liegt mit 30 W/(Km) deutlich über der von Siliciumdioxid. Nachteile dieser Struktur sind neben der aufwändigen Herstellung die um ca. 10 unterschiedlichen Gitterkonstanten von Silicium und Saphir sowie der Unterschied im thermischen Ausdehnungskoeffizienten (Si: $3,8 \cdot 10^{-8}/K$; Al_2O_3 : $9,2 \cdot 10^{-8}/K$). Dies

führt beispielsweise im Heteroepitaxieprozess neben Kontaminations- und Autodotiereffekten durch Aluminium zu kristallographischen Defekten (Versetzungen, Zwillingsbildung, Stapelfehler), die nur teilweise in einem nachfolgenden thermischen Ausheilschritt eliminiert werden können. Vertikale Film-Inhomogenitäten und laterale Spannungen an der Grenzfläche Silicium-Aluminiumoxid führen zur Degradation von Ladungsträgerbeweglichkeiten. Daher wird SOS nicht in der ultraschnellen Mikroelektronik, sondern vielmehr für strahlungsresistente Anwendungen eingesetzt. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass sich die Siliciumschicht elektrisch von unten nicht beeinflussen lässt, da der Träger in seiner gesamten Dicke aus dem elektrisch isolierenden Aluminiumoxid besteht.

[0006] Den letztgenannten Nachteil weisen SOI-Scheiben mit drei Schichten nicht auf, die aus einem Träger aus einem halbleitenden Material, einer elektrisch isolierenden Schicht und einer über der elektrisch isolierenden Schicht befindlichen Schicht aus halbleitendem Material bestehen.

[0007] In JP01-315129 A ist eine derartige SOI-Scheibe beschrieben, die aus einem Siliciumträger, einer isolierenden Schicht aus Aluminiumoxid und eine dünnen Siliciumschicht besteht. JP03-069144 A und JP03-069145 A beschreiben die Herstellung einer isolierenden Schicht aus Magnesiumaluminiumoxid Spinell, $MgAl_2O_4$ auf einem Siliciumträger. In JP09-162088 A ist offenbart, dass α - und γ -Aluminiumoxid (Al_2O_3), Magnesiumaluminiumoxid ($MgAl_2O_4$), Ceroxid (CeO_2) und Calciumfluorid (CaF_2) als isolierende Schicht zwischen einem Träger aus Silicium und einer dünnen Siliciumschicht dienen können. Die isolierende Schicht wird durch Abscheidung aus der Gasphase unter reduziertem Druck (engl. „low pressure chemical vapour deposition“, LPCVD) oder Molekularstrahlepitaxie (engl. „molecular beam epitaxy“, MBE) auf einem Siliciumträger erzeugt. Anschließend wird auf der isolierenden Schicht eine Siliciumschicht epitaktisch abgeschieden. Alternativ kann die Siliciumschicht auch dadurch hergestellt werden, dass eine weitere Siliciumscheibe mit der isolierenden Schicht verbunden und anschließend die gewünschte Schichtdicke durch Schleifen und Polieren eingestellt wird.

[0008] EP0707338A2 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung einer auf einem Silicium-Träger aufgebauten SOI-Scheibe mit einer elektrisch isolierenden Schicht mit hoher thermischer Leitfähigkeit. Dieses Verfahren umfasst die Herstellung der isolierenden Schicht, beispielsweise einer Diamantschicht, auf einer ersten Siliciumscheibe, und das Verbinden der Schicht mit einer zweiten Siliciumscheibe, sodass eine SOI-Struktur entsteht. Bevor die beiden Scheiben verbunden werden, kann auf der isolierenden Schicht noch eine weitere Schicht abgeschieden

werden, die das Verbinden der Scheiben erleichtern soll, beispielsweise eine Siliciumdioxid-Schicht.

[0009] SOI-Scheiben gemäß den angeführten Schriften sind jedoch für die Herstellung elektronischer Bauelemente wie Mikroprozessoren, Speicherbauelemente für Laptops oder Chips für Telekommunikationsanwendungen nur bedingt geeignet, da sie bei der Fertigung von elektronischen Bauelementen eine geringe Ausbeute ergeben.

Aufgabenstellung

[0010] Es bestand daher die Aufgabe, eine SOI-Scheibe bereitzustellen, die eine elektrisch isolierende Schicht mit hoher thermischer Leitfähigkeit aufweist und die eine erhöhte Ausbeute bei der nachfolgenden Herstellung von elektronischen Bauelementen gewährleistet.

[0011] Die Aufgabe wird gelöst durch das Verfahren gemäß Anspruch 1.

Ausführungsbeispiel

[0012] Eine erfindungsgemäß hergestellte SOI-Scheibe umfasst einen Träger aus Silicium, über wenigstens einer Fläche des Trägers wenigstens eine elektrisch isolierende Schicht mit einer thermischen Leitfähigkeit von wenigstens 1,6 W/(Km) in wenigstens einer Raumrichtung und über der elektrisch isolierenden Schicht eine einkristalline Siliciumschicht mit einer Dicke im Bereich von 10 nm bis 10 µm mit einer Standardabweichung von höchstens 5 % von der mittleren Schichtdicke und einer Dichte von höchstens 0,5 HF-Defekten/cm².

[0013] Als Materialien für die elektrisch isolierende Schicht können alle Verbindungen eingesetzt werden, die sowohl elektrisch isolierend wirken als auch eine thermische Leitfähigkeit von wenigstens 1,6 W/(Km) in wenigstens einer Raumrichtung aufweisen. Isotrope Materialien haben in allen Raumrichtungen die gleiche thermische Leitfähigkeit, anisotrope Materialien können in verschiedenen Raumrichtungen unterschiedliche Werte für die thermische Leitfähigkeit aufweisen. Erfindungsgemäß reicht es aus, wenn der angegebene Mindestwert in einer Raumrichtung erreicht oder überschritten wird. Geeignete Materialien sind beispielsweise Zirconiumsilicat (Zr[SiO₄]), Bariumtitanat (BaTiO₃) und Zirconiumoxid (ZrO₂). Bevorzugt sind Materialien mit thermischen Leitfähigkeiten von wenigstens 9 W/(Km), wie beispielsweise Aluminiumoxid (Al₂O₃), Magnesiumoxid (MgO), Magnesiumaluminiumoxid (MgAl₂O₄), Thoriumoxid (ThO₂), Bornitrid (BN), Borcarbid (BC_x) und Strontiumtitanat (SrTiO₃). Besonders bevorzugt sind Materialien mit thermischen Leitfähigkeiten von wenigstens 100 W/(Km), wie beispielsweise Diamant, Aluminiumnitrid (AlN) und Berylliumoxid (BeO).

Verwendbar sind auch andere binäre und ternäre Oxide der allgemeinen Formel A_xB_yO_n, wobei A und B Metalle, Halbmetalle oder Nichtmetalle sein können, O steht für Sauerstoff. x, y und n sind positive ganze Zahlen, im Fall von x und y einschließlich der Null. Je höher die thermische Leitfähigkeit der elektrisch isolierenden Schicht ist, desto günstiger die Auswirkungen auf die Bauelemente, da sogenannte „hot spots“ verringert werden können. Die Bedingung der elektrischen Isolationseigenschaft muss aber stets gewahrt sein.

[0014] An die elektrischen Isolatoren mit hoher thermischer Leitfähigkeit muss zusätzlich die Bedingung gestellt werden, dass sie die bei der Herstellung elektronischer Bauelemente erforderlichen Prozesstemperaturen unzerstört überstehen. Sie müssen temperaturbeständig bis wenigstens 1000 °C sein ohne sich zu zersetzen, ihre Kristallstruktur zu verändern oder ihre Eigenschaften als Wärmeleiter oder elektrischer Isolator zu verlieren. Diese Bedingungen werden beispielsweise durch die oben explizit genannten Materialien erfüllt. Damit sind die erfindungsgemäßen SOI-Scheiben auch für einen CMOS-Prozess („complementary metal-oxide-semiconductor“) geeignet, der Temperaturen bis 1000 °C erfordert.

[0015] Die genannten Materialien für die isolierende Schicht beeinträchtigen die elektrischen Eigenschaften der darüber liegenden Siliciumschicht nicht maßgeblich. Sie sind gegen die reduzierende Wirkung von Silicium inert, d. h. sie bilden keine Silicide und werden auch nicht bis zum reinen Metall reduziert.

[0016] Die Dicke der elektrisch isolierenden Schicht liegt im Bereich von 1 nm bis 1 µm, wobei Schichtdicken zwischen 1 nm und 100 nm bevorzugt und zwischen 2 nm und 80 nm besonders bevorzugt sind.

[0017] Die Defekte in der obersten Siliciumschicht werden üblicherweise mittels Defektätzen charakterisiert. Zur Bestimmung der sog. HF-Defekte wird die Scheibe für 15 min einem HF/H₂O-Gemisch (1:1) ausgesetzt. Zur Bestimmung der sog. Secco-Defekte wird die Scheibe einem K₂Cr₂O₇/HF/H₂O-Gemisch im Verhältnis 44g/1kg/5kg für eine Zeit ausgesetzt, bei der 75 % der dünnen Siliciumschicht abgetragen werden. Die Ätzrate der Secco-Ätze ist bekannt und beträgt 2 bis 2,5 nm/s, so dass die Ätzzeit leicht an die Dicke der Siliciumschicht angepasst werden kann. Nach dem Ätzen werden die Defekte unter einem Normarski-Mikroskop analysiert und ausgezählt. Die erfindungsgemäß hergestellte SOI-Scheibe weist eine Dichte von höchstens 0,5 HF-Defekten/cm² auf. Bevorzugt ist die Herstellung einer SOI-Scheibe, die gleichzeitig eine Dichte von höchstens 1·10⁴ Secco-Defekten/cm² aufweist.

[0018] Die erfindungsgemäß hergestellte SOI-Scheibe trägt über der elektrisch isolierenden

Schicht eine dünne einkristalline Siliciumschicht mit einer Dicke im Bereich von 10 nm bis 10 µm mit einer Standardabweichung von höchstens 5 % von der mittleren Schichtdicke.

[0019] Die niedrige Defektdichte der Siliciumschicht führt in der Bauelementherstellung zu einer hohen Ausbeute an funktionsfähigen Bauelementen. Die geringe Standardabweichung der Schichtdicke bewirkt offenbar eine enge Verteilung der Transistor-kennlinien, was wiederum die Ausbeute an verwendbaren Bauelementen sowie deren Performance verbessert. Aus diesen Gründen eignet sich die erfindungsgemäße SOI-Scheibe hervorragend zur Herstellung von elektronischen Bauelementen auch der fortgeschrittensten Generation.

[0020] Ausgangspunkt des erfindungsgemäßen Verfahrens sind zwei Scheiben, eine sog. Spenderscheibe (engl. „donor wafer“) und eine sog. Trägerscheibe (engl. „handle wafer“).

[0021] Als Trägerscheibe können sämtliche Siliciumscheiben beliebiger Durchmesser verwendet werden (z. B. 3", 4", 5", 6", 8", 12" oder größer), die polykristallin oder, bevorzugt, einkristallin sind. Die Trägerscheibe kann dotiert sein, beispielsweise mit einem oder mehreren der elektrisch aktiven Elemente Bor, Aluminium, Gallium, Phosphor, Arsen oder Antimon. Sie kann auch mit zusätzlichen Elementen wie Germanium, Stickstoff oder Kohlenstoff, dotiert sein, um eine Gitteranpassung zwischen der Trägerscheibe und der elektrisch isolierenden Schicht herzustellen. Weiterhin kann mit Hilfe einer Codotierung (z. B. Stickstoff mit einer Konzentration im Bereich von $1 \cdot 10^{14}/\text{cm}^3$ bis $1 \cdot 10^{16}/\text{cm}^3$) die mechanische Stabilität der Trägerscheibe gegen Versetzungen und Vergleitungen erhöht werden. Besonders bevorzugt ist der Einsatz von hoch mit Kohlenstoff, Stickstoff oder Bor dotierten Siliciumscheiben.

[0022] Gemäß der Erfindung wird als Spenderscheibe eine Scheibe mit einer oberflächlichen Spenderschicht aus einkristallinem Silicium verwendet, wobei die Dicke der Spenderschicht wenigstens der Enddicke der daraus zu erzeugenden Siliciumschicht entspricht. Die Spenderschicht ist im Wesentlichen frei von Vakanzan und Vakanzanagglomeraten (sog. COPs). Dies bedeutet im Sinne der Erfindung, dass die Konzentration der Vakanzan maximal $10^{12}/\text{cm}^3$ und die Konzentration der Vakanzanagglomerate maximal $10^5/\text{cm}^3$ beträgt. Die Spenderschicht befindet sich auf der Fläche der Spenderscheibe, die über die elektrisch isolierende Schicht mit der Trägerscheibe verbunden wird. Als Spenderscheibe kann beispielsweise eine Scheibe verwendet werden, deren Spenderschicht eine epitaktische Siliciumschicht ist. Die epitaktische Schicht weist aufgrund der geringen Abscheidungs-geschwindigkeit während des Epitaxieprozesses keine Vakanzan und keine Vakanzanag-

glomerate auf. Ebenfalls verwendbar ist eine Siliciumscheibe, die durch eine thermische Behandlung entweder oberflächlich oder in ihrem gesamten Volumen von Vakanzan und Vakanzanagglomeraten befreit wurde, wie beispielsweise in EP829559A1 beschrieben. Es kann auch eine Siliciumscheibe als Spenderscheibe verwendet werden, die aus einem vakanzanfreien Einkristall hergestellt wurde. Derartige Silicium-Einkristalle können mit dem Tiegelziehverfahren nach Czochralski hergestellt werden, wobei beim Kristallziehen genau definierte Bedingungen eingehalten werden müssen, wie beispielsweise in DE4414947A1 und EP0866150A1 beschrieben ist. Die wesentliche Bedingung bei der Herstellung vakanzanfreier Silicium-Einkristalle ist die Erfüllung der Ungleichung $v/G < 1,34 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/(\text{minK})$, wobei v die Wachstumsgeschwindigkeit und G der axiale Temperaturgradient an der Phasengrenze flüssig/fest ist.

[0023] Als Spenderscheibe können sämtliche Scheiben beliebiger Durchmesser verwendet werden, (z. B. 3", 4", 5", 6", 8", 12" oder größer, wobei der Durchmesser vorzugsweise mit dem der Trägerscheibe identisch ist), die eine vakanzanfreie und vakanzanagglomeratfreie Spenderschicht aus einkristallinem Silicium besitzen. Die Spenderscheibe kann beispielsweise eine einkristalline Siliciumscheibe sein. Sie kann aber auch ihrerseits mehrere Schichten aufweisen, wobei zumindest die Spenderschicht aus einkristallinem Silicium besteht. Die Siliciumscheibe oder zumindest die Spenderschicht können dotiert sein, beispielsweise mit einem oder mehreren der elektrisch aktiven Elemente Bor, Aluminium, Gallium, Phosphor, Arsen oder Antimon, worunter hierbei auch hochdotiertes Silicium verstanden werden soll. Sie kann auch mit zusätzlichen Elementen wie Germanium, Stickstoff oder Kohlenstoff, dotiert sein, um eine Gitteranpassung zwischen der Spenderschicht und der elektrisch isolierenden Schicht herzustellen.

[0024] Erfindungsgemäß wird zunächst auf der Oberfläche der Spenderscheibe, die die Spenderschicht trägt, oder auf zumindest einer Seite der Trägerscheibe eine Schicht eines elektrisch isolierenden Materials erzeugt, beispielsweise mittels der im Stand der Technik bekannten Aufdampftechnik, z. B. unter Verwendung einer sog. Telefocus-Gun. Die Beschreibung der Apparatur und der Vorgehensweise ist dem „Handbook of deposition technologies for films and coatings“, Bunshah, R. F., Noyes Publications, New Jersey (1994), 2nd ed., Seite 184ff, 134ff, zu entnehmen. Die Schichtdicke des elektrisch isolierenden Materials liegt im Bereich von 1 nm bis 1 µm, wobei Schichtdicken zwischen 1 nm und 100 nm bevorzugt und zwischen 2 nm und 80 nm besonders bevorzugt sind.

[0025] Daneben können aber auch sämtliche anderen bekannten Abscheideverfahren zur Anwendung

kommen, wie beispielsweise APCVD (atmospheric pressure chemical vapour deposition), LPCVD (low pressure chemical vapour deposition), MBE (molecular beam epitaxy) oder ALD (atomic layer deposition). Das optimale Verfahren zur Abscheidung richtet sich nach den Eigenschaften des elektrisch isolierenden Materials und wird entsprechend ausgesucht. Welche Verfahren für welche Substanzen bevorzugt verwendet werden können, ist im genannten „Handbook of deposition technologies for films and coatings“ dargestellt. Für AlN beispielsweise können das LPCVD-Verfahren oder auch das PECVD-Verfahren (Plasma enhanced chemical vapour deposition) verwendet werden.

[0026] Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird zunächst auf einer der Siliciumscheiben durch thermische Oxidation eine sehr dünne Siliciumdioxidschicht mit einer Dicke von weniger als 5 nm erzeugt. Das elektrisch isolierende Material wird auf die nicht mit einer Siliciumdioxidschicht versehene Scheibe aufgebracht. Weitere Varianten ergeben sich durch eine Kombination mehrerer Schichten, von denen jedoch zumindest eine elektrisch isolierend sein muss.

[0027] Anschließend wird die Trägerscheibe mit der Spenderscheibe derart verbunden („gebondet“), dass die Spenderscheibe mit der Seite, die frei von Vakanzen und Vakanzenagglomeraten ist, über die elektrisch isolierende Schicht und die dünne Siliciumdioxidschicht mit der Trägerscheibe verbunden ist. Wurde nur eine Seite der Trägerscheibe mit einer elektrisch isolierenden Schicht versehen, so wird diese mit der Seite der Spenderscheibe verbunden, die frei von Vakanzen und Vakanzenagglomeraten ist.

[0028] Die Verbindung der beiden Scheiben erfolgt vorzugsweise mit einem kommerziell erhältlichen Bonder.

[0029] Im letzten Schritt wird die Dicke der Spenderscheibe derart reduziert, dass aus der Spenderscheibe eine Siliciumschicht mit einer Enddicke im Bereich von 10 nm bis 10 µm mit einer Standardabweichung von höchstens 5 % von der mittleren Schichtdicke und einer Dichte von höchstens 0,5 HF-Defekten/cm² entsteht. Als letzter Schritt wird vorzugsweise eine Politur durchgeführt, wie sie beispielsweise in EP905767A1 beschrieben ist.

[0030] Vorzugsweise wird die Scheibe nach dem Verbinden der Träger- und der Spenderscheibe einer thermischen Behandlung („Bond-Anneal“) bei einer Temperatur zwischen 1000 °C und 1200 °C unterzogen, um die Eigenschaften der Grenzfläche zwischen den beiden verbundenen Scheiben zu verbessern. Auch führt diese Hochtemperaturbehandlung zu einer Teilsinterung der elektrisch isolierenden Schicht, so dass deren Eigenschaften verbessert werden. Der Bond-Anneal kann entweder vor oder nach dem

Schritt erfolgen, in dem die Dicke der Spenderscheibe auf die gewünschte Enddicke der Siliciumschicht reduziert wird.

[0031] Besonders bevorzugt ist es, die Dicke der Spenderscheibe durch Trennen entlang einer vorbereiteten Trennschicht in der Spenderscheibe zu reduzieren.

[0032] Die Trennschicht kann beispielsweise durch Implantation von Ionen, beispielsweise Wasserstoff-Ionen, wie in EP533551A1 beschrieben, erzeugt werden. Die elektrisch isolierende Schicht kann entweder vor oder nach der Implantation auf der Spenderscheibe oder unabhängig davon auf der Trägerscheibe aufgebracht werden. Die Trennung entlang der Trennschicht erfolgt nach dem Verbinden der beiden Scheiben beispielsweise durch eine thermische Behandlung (sog. „Split-Anneal“) bei Temperaturen von 300 bis 500 °C.

[0033] Die Trennschicht kann aber auch, wie in DE10131249A1 beschrieben, dadurch erzeugt werden, dass eine Siliciumscheibe mit geeignet an der Oberfläche angebrachten Vertiefungen einer thermischen Behandlung unterworfen wird, die zu einem Verschließen der Oberfläche und der Bildung von Hohlräumen unter der Oberfläche führt. Die Trennschicht wird in diesem Fall durch eine Schicht von Hohlräumen definiert. Die Spenderscheibe muss auch bei diesem Verfahren frei von Vakanzen und Vakanzenagglomeraten im Sinne der Erfindung sein. Bei diesem Verfahren wird die elektrisch isolierende Schicht vorzugsweise auf der Trägerscheibe abgeschieden. Nach dem Verbinden der beiden Siliciumscheiben erfolgt die Spaltung an der durch die Hohlräume definierten Trennschicht beispielsweise thermisch, mechanisch oder chemisch. Geeignete Verfahren sind in DE10131249A1 beschrieben.

[0034] Bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens hat sich völlig überraschend und unerwartet folgender Effekt herausgestellt: Verwendet man eine Spenderscheibe, die zumindest in der aus einkristallinem Silicium bestehenden Spenderschicht weder Vakanzen noch Vakanzenagglomerate (COPs) aufweist, und verbindet diese über eine elektrisch isolierende Schicht mit hoher thermischer Leitfähigkeit und eine dünne Siliciumdioxidschicht mit einer Trägerscheibe, so lassen sich die verbundenen Scheiben im Anschluss durch Polieren oder andere einebnende Verfahren auf eine sehr homogene Schichtdicke reduzieren. Offensichtlich führt der temperatenausgleichende Effekt der Isolationsschicht zusammen mit der Vakanzenfreiheit der Siliciumschicht zu einer Konfiguration sowohl beim Split-Anneal als auch beim Polieren, die einen sehr homogenen Abtrag beim Polieren bewirken. Als Resultat erhält man eine SOI-Scheibe, deren elektrisch isolierende Schicht eine sehr gute thermische Leitfähigkeit be-

sitzt, und deren dünne Siliciumschicht gleichzeitig eine geringe Defektdichte und eine hohe Schichtdickenhomogenität aufweist. Die Dichte der HF-Defekte liegt bei weniger als $0,5/\text{cm}^2$ und die Dichte der Secco-Defekte bei weniger als $1 \cdot 10^4/\text{cm}^2$. Die Standardabweichung von der mittleren Schichtdicke beträgt höchstens 5 %.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer SOI-Scheibe, enthaltend folgende Schritte:

- Bereitstellung einer Trägerscheibe aus Silicium,
- Bereitstellung einer Spenderscheibe, welche eine Spenderschicht aus einkristallinem Silicium, deren Dicke wenigstens der Enddicke der daraus zu erzeugenden Siliciumschicht entspricht und die eine Konzentration von Vakanzten von maximal $10^{12}/\text{cm}^3$ und von Vakanztenagglomeraten von maximal $10^5/\text{cm}^3$ aufweist, trägt
- Herstellung einer Siliciumdioxidschicht mit einer Dicke von weniger als 5 nm entweder auf der Trägerscheibe oder auf der Spenderschicht der Spenderscheibe durch thermische Oxidation
- Aufbringung einer Schicht aus einem elektrisch isolierenden Material mit einer thermischen Leitfähigkeit von wenigstens $1,6 \text{ W}/(\text{Km})$ in wenigstens einer Raumrichtung auf eine Seite der Trägerscheibe und/oder auf die Seite der Spenderscheibe, die die Spenderschicht trägt, wobei diese Schicht auf derjenigen Scheibe aufgebracht wird, die nicht die Siliciumdioxidschicht trägt, danach
- Verbinden der Trägerscheibe und der Spenderscheibe derart, dass die Spenderscheibe mit der Seite, die die Spenderschicht trägt, über die elektrisch isolierende Schicht mit der thermischen Leitfähigkeit von wenigstens $1,6 \text{ W}/(\text{Km})$ und die Siliciumdioxidschicht mit der Trägerscheibe verbunden ist, und danach
- Reduktion der Dicke der Spenderscheibe, sodass aus der Spenderschicht eine einkristalline Siliciumschicht mit einer Enddicke im Bereich von 10 nm bis $10 \mu\text{m}$ mit einer Standardabweichung von höchstens 5 % von der mittleren Schichtdicke und einer Dichte von höchstens $0,5 \text{ HF-Defekten}/\text{cm}^2$ entsteht, die über die Schicht aus elektrisch isolierendem Material mit der Trägerscheibe verbunden ist.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt der Reduktion der Dicke der Spenderscheibe einen Polierschritt enthält.

3. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Verbinden der Spenderscheibe und der Trägerscheibe in der Spenderscheibe eine Trennschicht erzeugt wird, und dass der Schritt der Reduktion der Dicke der Spenderscheibe einen Schritt enthält, bei dem die Spenderscheibe entlang der Trennschicht gespalten wird.

4. Verfahren gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Trennschicht durch Implantation von Wasserstoff in die Spenderscheibe erzeugt wird.

5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Spaltung durch eine thermische Behandlung bei einer Temperatur im Bereich von 300 bis $500 \text{ }^\circ\text{C}$ erfolgt.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen