



(10) **DE 10 2008 059 044 B4** 2013.08.22

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 059 044.4**
(22) Anmeldetag: **26.11.2008**
(43) Offenlegungstag: **02.06.2010**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **22.08.2013**

(51) Int Cl.: **H01L 21/304** (2006.01)
C09G 1/04 (2006.01)
H01L 21/20 (2013.01)

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. 1 Patentkostengesetz).

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

(72) Erfinder:
Schwandner, Jürgen, 84518, Garching, DE;
Koppert, Roland, 84371, Triftern, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	10 2007 019 565	A1
DE	10 2007 035 266	A1
US	5 958 794	A

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Polieren einer Halbleiterscheibe mit einer verspannt-relaxierten Si_{1-x}Ge_x-Schicht**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Polieren einer Halbleiterscheibe, die mit einer verspannt-relaxierten Schicht von Si_{1-x}Ge_x versehen ist, umfassend einen ersten Schritt einer mechanischen Bearbeitung der Si_{1-x}Ge_x-Schicht der Halbleiterscheibe in einer Poliermaschine unter Verwendung eines Poliertuchs, welches fest gebundene Abrasivstoffe mit einer mittleren Partikelgröße von 0,1–0,55 µm enthält, und unter Zufuhr einer Poliermittellösung, welche frei von Feststoffen ist und die keine Oxidationsmittel zur Auflösung von Germanium enthält, sowie einen zweiten Schritt einer chemo-mechanischen Bearbeitung der zuvor mechanisch bearbeiteten Si_{1-x}Ge_x-Schicht der Halbleiterscheibe unter Verwendung eines Poliertuchs, das keine fest gebundenen Abrasivstoffe enthält, und unter Zuführung einer Poliermittellösung, welche Abrasivstoffe enthält.

Beschreibung

[0001] Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zum Polieren einer Halbleiterscheibe, die mit einer verspannt-relaxierten $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ -Schicht versehen ist.

[0002] Moderne Anwendungen der Mikroelektronik wie beispielsweise Informations- und Kommunikationstechnik verlangen nach immer höherer Integrationsdichte und immer kürzeren Ansprechzeiten und Taktraten der zugrunde liegenden mikroelektronischen Bauelemente. Bauelemente sind beispielsweise Speicherzellen, Schalt- und Steuerelemente, Transistoren, Logik-Gatter und dergleichen. Diese werden aus Substraten aus Halbleitermaterialien hergestellt. Halbleitermaterialien umfassen Elementhalbleiter wie Silicium und gelegentlich auch Germanium oder Verbindungshalbleiter wie beispielsweise Gallium-Arsenid (GaAs). Ein Maß für die Schaltgeschwindigkeit ist die Beweglichkeit der Ladungsträger (freie Elektronen, Löcher). Die Beweglichkeit ist die auf das angelegte elektrische Feld (elektrische Spannung je Entfernungseinheit) bezogene mittlere Driftgeschwindigkeit der Ladungsträger im Kristallgitter des Halbleitermaterials. Die Elektronen-Beweglichkeit ist für reines Silicium wesentlich geringer als beispielsweise für GaAs. Dennoch ist Silicium aufgrund zahlreicher Vorteile das Standard-Material der Mikroelektronik. Silicium ist günstig, leicht und nahezu unbegrenzt verfügbar, ungiftig, sehr sauber darstellbar, kann gut und mit hoher Defektarmlast verarbeitet werden und besitzt ein stabiles Oxid (Dielektrikum). Daher besteht der Wunsch, besonders schnelle Bauelemente ebenfalls auf Silicium-Technologie basierend zu realisieren.

[0003] Bei gegebenem Material ist eine Erhöhung der Ladungsträger-Beweglichkeit nur durch eine künstliche Veränderung der Eigenschaften des Kristallgitters möglich. Aus theoretischen Untersuchungen ist bekannt, dass insbesondere eine Verspannung des Kristallgitters (Dehnung, Verzerrung) die Beweglichkeit erhöht. Der mittlere Atomabstand (Gitterkonstante) des zum Silicium homologen Germaniums ist etwa 4% größer als der des Siliciums. Ein Siliciumkristall mit eingebauten Germaniumatomen besitzt daher eine größere Gitterkonstante als reines Silicium. Zu dessen Herstellung wird auf einer defektfreien, ebenen und reinen Silicium-Startoberfläche eine Silicium-Schicht mit einem mit der Schichtdicke langsam zunehmenden Germanium-Anteil abgeschieden. Dies geschieht aus der Gasphase mittels Thermolyse („chemical vapor deposition“, CVD) gasförmiger Germanium enthaltender Vorstufen („precursor“), wie beispielsweise GeH_4 , GeCl_4 und GeHCl_3 , an der Oberfläche oder durch Bedampfung mit Teilchenstrahlen (Molekularstrahl-Epitaxie, MBE). Durch diese Gradientenschicht mit veränderlicher Si/Ge-Stöchiometrie wird die auf Grund der Gitterfehlpassung von Silicium und Germanium aufge-

baute Verspannung im Kristall während des Wachstums gering gehalten. Eine weitere Relaxation wird durch abschließendes Abscheiden einer stöchiometrisch konstanten Pufferschicht mit dem Germaniumanteil der letzten Lage der $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ -Gradientenschicht erreicht. Der Gesamt-Schichtaufbau wird als relaxierte Lage bezeichnet („strain-relaxed layer“).

[0004] Wird auf der relaxierten Lage reines Silicium in geringer Schichtdicke abgeschieden, zwingt die Lage den Siliciumatomen ihren Atomabstand auf. Die abgeschiedene Silicium-Schicht ist lateral gedehnt und wird daher als Gitter verspanntes Silicium bezeichnet („strained silicon“). In einer solchen verspannten Silicium-Schicht strukturierte Bauteile weisen eine nach dem Grad der Verspannung und damit nach dem Germanium-Anteil der relaxierten Lage erhöhte Ladungsträger-Beweglichkeit auf.

[0005] Voraussetzung für funktionstüchtige Bauteile mit kürzeren Schalt- und Ladungsträger-Transportzeiten ist eine weitgehende Defektfreiheit der verspannten Silicium-Schicht. Es zeigt sich, dass sich ein Teil der Verspannung der $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ -Gradientenschicht auf Grund der Gitterfehlpassung in Form regelmäßig auftretender Gitterfehler entlädt. Diese bilden an den Durchstoßpunkten der Wachstumsoberfläche ein Netzwerk sogenannter Versetzungsdefekte aus (Schraubenversetzungen). Dieses Defekt-Netzwerk führt zu regelmäßigen Höhenmodulationen der Oberfläche. Auf dem bevorzugten Si(100)-Substrat ähneln diese Verwerfungen einer rautenförmigen Schraffur der Oberfläche und werden daher als „cross-hatch defect pattern“ bezeichnet.

[0006] Die Oberfläche von $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ -Schichten ist also häufig durch ein als „cross hatch“ bekanntes und durch Versetzungen verursachtes Muster gekennzeichnet und muss in der Regel geglättet werden, bevor eine oder mehrere weitere Schichten darauf abgeschieden werden können.

[0007] Die US 6,475,072 wie auch Sawano et al., Materials Science and Engineering B89 (2002) 406–409, beschreiben Polierverfahren, die darauf gerichtet sind, $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ -Schichten zu glätten. Bei den Verfahren handelt es sich um eine chemo-mechanische Politur (CMP), bei der die Halbleiterscheibe unter Anwendung von Polierdruck über einen mit einem Poliertuch versehenen rotierenden Polierteller bewegt wird, während ein Poliermittel zwischen das Poliertuch und die zu polierende $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ -Schicht zugeführt wird. Die verbleibende Rauigkeit, gemessen mit AFM („atomic force microscopy“), beträgt im besten Fall 5 Å RMS („root mean square“), bezogen auf ein Messraster mit der Fläche von $10\ \mu\text{m} \times 10\ \mu\text{m}$. Eine auf diese Weise polierte Oberfläche weist jedoch störende Kratzer auf, die wegen ihrer typischen Breiten und Tiefen im Sub-Mikrometer-Bereich häufig auch als „Nanokratzer“ bezeichnet werden. Nach

bekanntem Verfahren planarisierte $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ -Schichten sind demnach noch zu rau, um darauf eine verspannte Silicium-Schicht abscheiden zu können, die für besonders anspruchsvolle Anwendungen ausreichend defektfrei, glatt und eben ist.

[0008] DE 10 2007 035 266 A1 lehrt ein Verfahren zum Polieren eines Substrates aus Halbleitermaterial, umfassend mindestens zwei Polierschritte, wobei im ersten Polierschritt ein Poliertuch verwendet wird, das im Poliertuch gebundene Abrasive enthält, und im zweiten Polierschritt ein Poliertuch verwendet wird, das keine gebundenen Abrasive enthält. Dieses mindestens zweistufige Polierverfahren eignet sich insbesondere für Substrate aus Materialien wie Silicium und $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$.

[0009] Poliertücher, die fest gebundene Abrasive enthalten, werden beispielsweise in der Anmeldeschrift US 2005 0 227 590 A1 offenbart. Das US Patent 5,958,794 lehrt ein Verfahren zur Behandlung einer Substratoberfläche aus Halbleitermaterial mit einem Tuch, welches gebundene Abrasive enthält.

[0010] Da die Politur von Substratoberflächen mit Poliertüchern, die gebundene Abrasive enthalten, immer zu leichten Oberflächenschäden führen, ist bei dieser Politur immer eine zweite chemisch-mechanische Politur mit einem Poliertuch, das keine gebundenen Abrasive enthält, notwendig. Die Schriften JP 2003-158 102 AA und US 2006 0218 867 A1 lehren Verfahren zur Politur von SiGe -Oberflächen in Gegenwart eines Abrasivstoffhaltenden Poliermittels mit einem Poliertuch, das keine gebundenen Abrasivstoffe enthält.

[0011] DE 102 007 019 565 A1 offenbart ein Verfahren zum einseitigen Polieren von Halbleiterscheiben, die mit einer relaxierten $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ -Schicht versehen sind, umfassend das Polieren einer Vielzahl von Halbleiterscheiben in mehreren Polierfahrten, wobei eine Polierfahrt mindestens einen Polierschritt beinhaltet und am Ende jeder Polierfahrt mindestens eine der Vielzahl von Halbleiterscheiben mit polierter $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ -Schicht erhalten wird; und das Bewegen der mindestens einen Halbleiterscheibe während des mindestens einen Polierschritts unter Anwendung von Polierdruck über einen mit einem Poliertuch versehenen rotierenden Polierteller und Zuführen von Poliermittel zwischen das Poliertuch und die mindestens eine Halbleiterscheibe, wobei ein Poliermittel zugeführt wird, das eine alkalische Komponente und eine Germanium lösende Komponente enthält.

[0012] Als Ursache für die vergleichsweise hohe Rauigkeit und die Nanokratzer nach der Politur gemäß den zuvor bekannten Verfahren werden Partikel angesehen, die Germanium enthalten und zurückbleiben, wenn Silicium unter den Bedingungen der chemisch-mechanischen Politur gelöst wird.

DE 102 007 019 565 A1 zufolge reicht es nicht aus, diese Partikel mechanisch zu entfernen, beispielsweise im Zuge einer Konditionierung des Poliertuchs. Es ist vielmehr notwendig, schon während der Politur damit zu beginnen, diese Partikel chemisch zu lösen.

[0013] Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es, eine Alternative zu dem in DE 102 007 019 565 A1 vorgeschlagenen Verfahren bereitzustellen.

[0014] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zum Polieren einer Halbleiterscheibe, die mit einer verspannt-relaxierten Schicht von $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ versehen ist, umfassend einen ersten Schritt einer mechanischen Bearbeitung der $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ -Schicht der Halbleiterscheibe in einer Poliermaschine unter Verwendung eines Poliertuchs, welches fest gebundene Abrasivstoffe mit einer mittleren Partikelgröße von 0,1–0,55 μm enthält, und unter Zufuhr einer Poliermittellösung, welche frei von Feststoffen ist und die keine Oxidationsmittel zur Auflösung von Germanium enthält, sowie einen zweiten Schritt einer chemomechanischen Bearbeitung der zuvor mechanisch bearbeiteten $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ -Schicht der Halbleiterscheibe unter Verwendung eines Poliertuchs, das keine fest gebundenen Abrasivstoffe enthält, und unter Zuführung einer Poliermittelsuspension, welche Abrasivstoffe enthält.

[0015] Grundsätzlich wird die Halbleiterscheibe, auch „Wafer“ genannt, mit Hilfe eines Polierkopfes („polishing head“) mit der zu polierenden Seitenfläche (die mit der $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ -Schicht) gegen das auf einem Polierteller liegende Poliertuch gedrückt.

[0016] Zu einem Polierkopf gehört auch ein Führungsring („retainer ring“) der das Substrat seitlich umschließt und daran hindert, während der Politur vom Polierkopf zu gleiten.

[0017] Bei modernen Polierköpfen liegt die dem Poliertuch abgewandte Seitenfläche der Halbleiterscheibe auf einer elastischen Membran auf, die den ausgeübten Polierdruck überträgt. Die Membran ist Bestandteil eines gegebenenfalls unterteilten Kammer-systems, das ein Gas- oder Flüssigkeitskissen bildet.

[0018] Es sind aber auch Polierköpfe in Verwendung, bei denen an Stelle einer Membran eine elastische Unterlage („backing pad“) verwendet wird. Diese elastische Unterlage wird in der Regel auf einer massiv gefertigten Platte („backing plate“) aufgebracht. Zwischen dem „backing pad“ und der Scheibenrückseite kann dann optional ein Luftpolster über verschiedene Zonen auf der Scheibenrückseite erzeugt werden. Ferner sind auch Polierköpfe in Verwendung, bei denen mit Hilfe eines sogenannten „templates“, d. h. mittels einer „backing plate“ und eines Rückhalteringes, welcher auf die elastische Un-

terlage („backing pad“) aufgebracht ist, die Scheibe poliert wird. Der Rückhaltering, welcher eine definierte Dicke besitzt, sorgt dafür, dass die Scheibe während der Politur ihre Position im Carrier beibehält. Die Dicke dieses Rückhalteringes kann so gewählt werden, dass er entweder dicker ist als die Scheibe selbst – man spricht dann von einem sogenannten „Waferunterstand“ – oder dünner ist, in diesem Fall handelt sich um einen sogenannten Waferüberstand.

[0019] Die Politur der Halbleiterscheibe erfolgt unter Zuführen eines Poliermittels zwischen das Substrat und das Poliertuch und unter Drehen der Polierkopfes und des Poliertellers.

[0020] Der Polierkopf kann dabei zusätzlich auch translatorisch über das Poliertuch bewegt werden, wodurch eine umfassendere Nutzung der Poliertuchfläche erzielt wird.

[0021] Des Weiteren kann das erfindungsgemäße Verfahren gleichermaßen auf Einteller- und Mehrteller-Poliermaschinen durchgeführt werden.

[0022] Bevorzugt ist die Verwendung von Mehrteller-Poliermaschinen mit vorzugsweise zwei, ganz besonders bevorzugt drei Poliertellern und Polierköpfen. Dabei können auch unterschiedliche Poliertücher und unterschiedliche Poliermittel zum Einsatz kommen.

[0023] Der erste Schritt des Verfahrens entspricht einem mechanischen Feinstschleifen mit einem Poliertuch, welches äußerst feine Abrasive in gebundener Form enthält. Vom herkömmlichen ein- oder beidseitigen Feinstschleifen, welches in der Siliciumtechnologie teilweise zum Einsatz kommt, z. B. als DDG („double disc grinding“)-Schritt unter Verwendung von Schleifscheiben mit feiner Körnung unterscheidet sich dieses Verfahren dadurch, dass a) die Bearbeitung in einer Poliermaschine erfolgt (andere Kinematik, keine Schleifscheiben, die zugestellt werden) und b) die Schleifscheiben beim Feinstschleifen im Vergleich zu den verwendeten Poliertüchern mit Abrasiven eine deutlich höhere Körnung aufweisen. Verfahren und Vorrichtungen zum Oberflächenschleifen einer Halbleiterscheibe sind beispielsweise aus der US 5,400,548 oder aus EP 0955126 bekannt. Bei diesen Verfahren werden üblicherweise Schleifscheiben mit einer Korngröße von 2000–8000 mesh verwendet (Korngrößen nach Japanese Industrial Standard JIS R 6001:1998). Schleifscheiben mit 2000–8000 mesh weisen nach JIS-Standard einen mittleren Korndurchmesser von 1–7 µm auf. Dagegen entspricht ein mittlerer Korndurchmesser von gleich oder kleiner als 0,55 µm wie im ersten Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens nach JIS einer Körnung von 10000 mesh oder feiner. Insbesondere der Bereich von 0,1 bis 0,3 µm wird für das vorliegende Verfahren als besonders bevorzugt beansprucht,

was einer Körnung von 15000–30000 mesh (JIS) entspricht.

[0024] Beim zweiten Schritt handelt es sich vorzugsweise um eine herkömmliche CMP-Politur.

[0025] Der Anteil des Abrasivstoffes in der Poliermittelsuspension gemäß dem zweiten Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens beträgt vorzugsweise 0, 25 bis 20 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,25 bis 1 Gew.-%.

[0026] Die Größenverteilung der Abrasivstoff-Teilchen ist vorzugsweise monomodal ausgeprägt.

[0027] Die mittlere Teilchengröße beträgt 5 bis 300 nm, besonders bevorzugt 5 bis 50 nm.

[0028] Der Abrasivstoff besteht aus einem das Substratmaterial mechanisch abtragendem Material, vorzugsweise aus einem oder mehreren der Oxide der Elemente Aluminium, Cer oder Silicium. Besonders bevorzugt ist eine Poliermittelsuspension, die kolloid-disperse Kieselsäure enthält (Kieselso), z. B. die unter der Bezeichnung „Glanzox 3900“ allgemein bekannte Poliermittelsuspension.

[0029] „Glanzox 3900“ ist der Produktname für eine Poliermittelsuspension, die von Fujimi Incorporated, Japan, als Konzentrat angeboten wird. Das Konzentrat mit einem pH von 10,5 enthält ca. 9 Gew.-% kolloidales SiO₂ mit einer mittleren Teilchengröße von 30 bis 40 nm.

[0030] Der pH-Wert der Poliermittelsuspension liegt vorzugsweise in einem Bereich von 9 bis 11,5 und wird vorzugsweise durch Zusätze wie Natriumcarbonat (Na₂CO₃), Kaliumcarbonat (K₂CO₃), Natriumhydroxid (NaOH), Kaliumhydroxid (KOH), Ammoniumhydroxid (NH₄OH), Tetramethylammoniumhydroxid (TMAH) oder beliebige Mischungen dieser Verbindungen eingestellt. Ganz besonders bevorzugt ist die Verwendung von Kaliumcarbonat.

[0031] Die Poliermittelsuspension kann darüber hinaus einen oder mehrere weitere Zusätze enthalten, beispielsweise oberflächenaktive Additive wie Netzmittel und Tenside, als Schutzkolloide wirkende Stabilisatoren, Konservierungsmittel, Biozide, Alkohole und Komplexbildner.

[0032] Vorzugsweise erfolgt auch der zweite Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens auf einem Poliertuch, welches fest gebundene Abrasivstoffe enthält.

[0033] Ebenso bevorzugt ist es, ein herkömmliches Abtragspoliertuch, das keine gebundenen Abrasive enthält, zu verwenden. Hierzu eignet sich beispiels-

weise ein typisches CMP-Poliertuch („Finishing Pad“) wie das SPM 3100 von Rodel®.

[0034] Vorzugsweise handelt es sich um ein Poliertuch, welches wie im ersten Schritt feine Abrasive einer Körnung von 0,55 µm oder kleiner enthält, besonders bevorzugt 0,1–0,55 µm, ganz besonders bevorzugt 0,1–0,3 µm.

[0035] Ganz besonders bevorzugt ist es, beide Schritte auf ein- und demselben Polierteller unter Verwendung desselben Poliertuchs durchzuführen, wobei sich die beiden Bearbeitungsschritt im Wesentlichen dadurch unterscheiden, dass im ersten Schritt eine Poliermittellösung, welche frei von Feststoffen ist und keine Polierchemie (welche chemischen, also z. B. Ätzabtrag verursachen würde) enthält, zugesetzt wird, der erste Schritt also rein mechanischen Materialabtrag bewirkt, während im zweiten Schritt eine bei CMP übliche Poliermittelsuspension zugesetzt wird, die Bearbeitung im zweiten Schritt also einen gleichzeitigen chemischen und mechanischen Abtrag bedeutet.

[0036] Die Poliermittellösung gemäß dem ersten Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens ist im einfachsten Fall Wasser, vorzugsweise deionisiertes Wasser (DIW) mit der für die Verwendung in der Halbleiterindustrie üblichen Reinheit.

[0037] Die Poliermittellösung kann aber auch Verbindungen wie Natriumcarbonat (Na_2CO_3), Kaliumcarbonat (K_2CO_3), Natriumhydroxid (NaOH), Kaliumhydroxid (KOH), Ammoniumhydroxid (NH_4OH), Tetramethylammoniumhydroxid (TMAH) oder beliebige Mischungen davon enthalten. Ganz besonders bevorzugt ist die Verwendung von Kaliumcarbonat. In diesem Fall liegt der pH-Wert der Poliermittellösung vorzugsweise in einem Bereich von 0 bis 12,5 und der Anteil der genannten Verbindungen in der Poliermittellösung beträgt vorzugsweise 0,01 bis 10 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,01 bis 0,2 Gew.-%.

[0038] Die Poliermittellösung kann darüber hinaus einen oder mehrere weitere Zusätze enthalten, beispielsweise oberflächenaktive Additive wie Netzmittel und Tenside, als Schutzkolloide wirkende Stabilisatoren, Konservierungsmittel, Biozide, Alkohole und Komplexbildner.

[0039] Im ersten Schritt wird ein Poliertuch verwendet, welches gebundenen Abrasivstoff mit einer mittleren Teilchengröße von 0,55 µm oder kleiner enthält, erfindungsgemäß Abrasive einer mittleren Partikelgröße von größer oder gleich 0,1 µm und kleiner oder gleich 0,55 µm, oder anders ausgedrückt 30000–10000 mesh nach JIS.

[0040] Geeignete Abrasivstoffe umfassen beispielsweise Partikel von Oxiden der Elemente Cer, Alumi-

nium, Silicium, Zirkon, Eisen, Chrom sowie Partikel von Hartstoffen wie Siliciumcarbid, Bornitrid und Diamant.

[0041] Besonders geeignete Poliertücher weisen eine von replizierten Mikrostrukturen geprägte Oberflächentopografie auf. Diese Mikrostrukturen („posts“) haben beispielsweise die Form von Säulen mit einem zylindrischen oder mehreckigen Querschnitt oder die Form von Pyramiden oder Pyramidenstümpfen.

[0042] Nähere Beschreibungen solcher Poliertücher, die auch als FAP-Poliertücher bekannt sind (FAP = „Fixed Abrasive Polishing“) sind beispielsweise mittels WO 92/13680 A1 und US 2005/227590 A1 zugänglich.

[0043] Besonders gut geeignet ist die Verwendung von Poliertüchern mit Abrasiven aus Aluminiumoxid (Mikroreplikat in Pyramidenform) und einer mittleren Partikelgröße von 0,3 µm. Solche Poliertücher sind bei 3M Corp, USA erhältlich.

[0044] Ebenfalls ganz besonders bevorzugt ist die Verwendung von Poliertüchern mit Abrasiven aus Diamant und einer mittleren Partikelgröße von 0,1–0,55 µm, mit Abrasiven aus Aluminiumoxid („Weisses Aluminiumoxid“) und einer mittleren Partikelgröße von 0,1–0,55 µm oder mit Abrasiven aus Siliciumcarbid („Grünes Siliciumcarbid“) und einer mittleren Partikelgröße von 0,1–0,55 µm.

[0045] Derartige Poliertücher werden z. B. von Nihon Micro Coating Co., Ltd. angeboten, sind jedoch nicht für die Politur von Silicium oder Silicium-Germanium, sondern speziell zum Polieren von Glas (LCD Glas Panels/Fiberoptik) vorgesehen. Daher weisen diese Tücher, falls nicht auf Wunsch anders angefertigt, eine nicht für die Verwendung in herkömmlichen Silicium-Poliermaschinen passende Größe und/oder Form auf. Dies lässt sich jedoch dadurch beheben, dass diese Tücher zugeschnitten und z. B. auf ein FAP-Poliertuch aufgeklebt werden, wobei zuvor die oberste Schicht des FAP-Tuchs, nämlich der Teil mit den Mikroreplikaten (replizierte Mikrostrukturen) entfernt wird.

[0046] Es hat sich gezeigt, dass das erfindungsgemäße Verfahren besonders gut geeignet ist, um $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ -Schichten mit hohem Ge-Anteil zu planarisieren. Scheiben mit hohem Ge-Anteil werden aufgrund der Tatsache, dass gewünscht ist, vermehrt spezielle Schichtstrukturen auf solchen $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ -Schichten abzuscheiden, zunehmend interessant.

[0047] Bei der Halbleiterscheibe, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bearbeitet wird, handelt es sich vorzugsweise um eine Scheibe aus monokristallinem Silicium, die mit einer verspanntrelaxierten $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ -Schicht versehen ist.

[0048] Vorzugsweise beträgt der Ge-Anteil der verspannt-relaxierten $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ -Schicht mindestens 20%, d. h. x ist größer oder gleich 0,2.

[0049] Vorzugsweise beträgt der Ge-Anteil der verspannt-relaxierten $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ -Schicht der mit dem Verfahren bearbeiteten Halbleiterscheibe größer oder gleich 20% und kleiner oder gleich 80%.

[0050] Für Scheiben mit einem derart hohen Ge-Anteil ist eine herkömmliche CMP-Politur nicht mehr ausreichend, um die erforderliche Planarität, Geometrie und Nanotopologie zu erreichen. Hierfür bietet aber das erfindungsgemäße Verfahren nun eine Lösung an.

[0051] Der erste Bearbeitungsschritt, im wesentlichen ein mechanischer Feinstschleifschritt, ermöglicht es, die notwendige Geometrie der Scheibe zu erreichen, während der nachfolgende chemisch-mechanische Bearbeitungsschritt speziell auf die Oberflächeneigenschaften der $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ -Schicht Einfluss nimmt, indem die Rauigkeit nach mechanischem Feinstschleifen reduziert sowie die Defekte der Scheibenoberfläche eliminiert werden.

[0052] Insbesondere hat sich gezeigt, dass die unterschiedlichen Eigenschaften von Silicium und Germanium, die mit einem unterschiedlichen Abtragsverhalten einhergehen, chemischer Natur sind und bei einem rein mechanischen Abtrag wie im ersten Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens praktisch keine Rolle spielen. Dies kommt überraschend. Es zeigt sich, dass das Abtragsverhalten wesentlich homogener verläuft. Selektiver Abtrag von Si und Ge ist nicht zu beobachten. Zusätzliche Polierchemie wie Mittel zur Auflösung von Germanium (z. B. Wasserstoffperoxid, Ozon, Natriumhypochlorit, Natriumperchlorat, Natriumchlorat oder andere Oxidationsmittel) wie im Stand der Technik sind nicht nötig, was den Prozess leichter handhabbar und kostengünstiger gestaltet gegenüber dem nächsten Stand der Technik. Insgesamt resultieren gute Eigenschaften bezüglich Geometrie und Nanotopologie, gute Rauigkeit sowie Defektfreiheit der Oberfläche.

[0053] Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eignen sich – wie zuvor bereits erwähnt – sowohl Einteller- als auch Mehrtellerpoliermaschinen.

[0054] Beispielsweise eignet sich eine CMP-Maschine der Fa. Strasbaugh Inc. vom Typ „nHance 6EG“. Ebenso geeignet ist eine Mehrtellermaschine wie die AMAT Reflection von Applied Materials Inc.

[0055] Die Poliervorrichtung von Strasbaugh Inc. besitzt einen Polierteller mit einem Poliertuch und einen Polierkopf, der eine Halbleiterscheibe vollautomatisch bearbeitet. Der Polierkopf ist kardanisch ge-

lagert und umfasst eine feste Basisplatte, die mit einem „backing pad“ beschichtet ist, und einen beweglichen Führungsring. Durch Bohrungen in der Basisplatte können in zwei konzentrischen Druckzonen, einer inneren und einer äußeren, Luftkissen aufgebaut werden, auf denen die Halbleiterscheibe während der Politur schwimmt. Der bewegliche Führungsring kann mittels eines Druckluftbalgs mit Druck beaufschlagt werden, um so das Poliertuch beim Kontakt mit der Halbleiterscheibe vorzuspannen und plan zu halten.

[0056] Die AMAT Reflection besitzt dagegen drei Polierteller, die unterschiedliche Poliertücher tragen können, und umfasst einen Turm, der mehrere Polierköpfe in fester Anordnung zueinander trägt, die jeweils eine Halbleiterscheibe aufnehmen. Die Halbleiterscheiben können synchron von einem Polierteller zum nächsten weiterbewegt und nacheinander jeweils auf einem der drei Polierteller bearbeitet werden. Diese Poliermaschine umfasst einen 5 Zonen-Membrancarrier, der es erlaubt, das Druckprofil des Carriers in 5 Zonen unterschiedlich einzustellen.

[0057] Die Polierparameter hängen davon ab, welche Poliermaschine zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens benutzt wird. Dem Fachmann auf dem Gebiet des Polierens von Halbleiterscheiben sind die gängigen Prozesseinstellungen für herkömmliche Poliermaschinen bekannt.

[0058] Im Folgenden werden besonders geeignete Prozessparameter bei Verwendung einer AMAT Reflection Poliermaschine und wesentliche Unterschiede zu den zu wählenden Parametern, wenn eine Strasbaugh nHance 6EG zum Einsatz kommt, dargestellt. Die angegebenen Parameterbereiche geben Prozessfenster an, in denen gearbeitet werden kann, um das erfindungsgemäße Verfahren erfolgreich anzuwenden, sollen jedoch den allgemeinen Erfindungsgedanken in keiner Weise einschränken.

[0059] Die bevorzugten Druckprofile des Membran-carriers der AMAT Reflection sowohl beim ersten als auch beim zweiten Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens liegen im Bereich von etwa 3 bis etwa 4 psi. Der Anpressdruck des Retainerrings liegt bei 7–8 psi.

[0060] Bei Verwendung einer Poliermaschine der Fa. Strasbaugh Inc. vom Typ „nHance 6EG“ wird als Polierdruck vorzugsweise 3–7 psi gewählt, ganz besonders bevorzugt 6–7 psi.

[0061] Der Volumenstrom des Schleif- bzw. Poliermediums (Wasser/Poliermittel) liegt bevorzugt bei etwa 0,3 bis etwa 1,0 Liter pro Minute. Bei der Strasbaugh nHance 6EG ist auch ein deutlich höherer Volumenstrom von bis zu 3,0 Liter pro Minute bevorzugt.

[0062] Die Polierzeiten liegen vorzugsweise im Bereich von 10 sec bis 300 sec.

[0063] Die Drehzahl des Poliertellers liegt vorzugsweise bei 60 bis 200 U/min. Besonders bevorzugt ist der Bereich von 80 bis 140 U/min.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Polieren einer Halbleiterscheibe, die mit einer verspannt-relaxierten Schicht von $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ versehen ist, umfassend einen ersten Schritt einer mechanischen Bearbeitung der $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ -Schicht der Halbleiterscheibe in einer Poliermaschine unter Verwendung eines Poliertuchs, welches fest gebundene Abrasivstoffe mit einer mittleren Partikelgröße von 0,1–0,55 μm enthält, und unter Zufuhr einer Poliermittellösung, welche frei von Feststoffen ist und die keine Oxidationsmittel zur Auflösung von Germanium enthält, sowie einen zweiten Schritt einer chemo-mechanischen Bearbeitung der zuvor mechanisch bearbeiteten $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ -Schicht der Halbleiterscheibe unter Verwendung eines Poliertuchs, das keine fest gebundenen Abrasivstoffe enthält, und unter Zuführung einer Poliermittelsuspension, welche Abrasivstoffe enthält.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Anteil des Abrasivstoffes in der Poliermittelsuspension gemäß dem zweiten Schritt des Verfahrens 0,25 bis 20 Gew.-% beträgt.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei der Anteil des Abrasivstoffes in der Poliermittelsuspension gemäß dem zweiten Schritt des Verfahrens 0,25 bis 1 Gew.-% beträgt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die mittlere Teilchengröße in der Poliermittelsuspension 5 bis 300 nm beträgt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die mittlere Teilchengröße in der Poliermittelsuspension 5 bis 50 nm beträgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Abrasivstoff in der Poliermittelsuspension aus einem oder mehreren der Oxide der Elemente Aluminium, Cer oder Silicium besteht.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die Poliermittelsuspension kolloid-disperse Kieselsäure enthält.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei es sich bei der Poliermittellösung gemäß dem ersten Schritt des Verfahrens um Wasser handelt.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei es sich um deionisiertes Wasser handelt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Poliermittellösung eine oder mehrere Verbindungen, ausgewählt aus einer Gruppe bestehend aus Natriumcarbonat (Na_2CO_3), Kaliumcarbonat (K_2CO_3), Natriumhydroxid (NaOH), Kaliumhydroxid (KOH), Ammoniumhydroxid (NH_4OH), Tetramethylammoniumhydroxid (TMAH), enthält.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei der Anteil der genannten Verbindungen in der Poliermittellösung 0,01 bis 10 Gew.-% beträgt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei der pH-Wert der Poliermittellösung in einem Bereich von 10 bis 12,5 liegt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei im ersten Schritt des Verfahrens ein Poliertuch verwendet wird, welches gebundene Abrasive einer mittleren Partikelgröße von größer oder gleich 0,1 μm und kleiner oder gleich 0,3 μm enthält.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei der Abrasivstoff des im ersten Schritt verwendeten Poliertuchs ausgewählt wird aus einer Gruppe bestehend aus Partikeln von Siliciumcarbid, Bornitrid, Diamant sowie Oxiden der Elemente Cer, Aluminium, Silicium, Zirkon, Eisen oder Chrom.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die Halbleiterscheibe, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bearbeitet wird, eine verspannt-relaxierte $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ -Schicht umfasst, wobei x größer oder gleich 0,2 beträgt.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen