



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 44 602 A1** 2005.05.19

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 44 602.8**

(22) Anmeldetag: **25.09.2003**

(43) Offenlegungstag: **19.05.2005**

(51) Int Cl.7: **H01L 21/304**
C30B 33/08

(71) Anmelder:

Siltronic AG, 81737 München, DE

(74) Vertreter:

Rimböck, K., Dr., 81737 München

(72) Erfinder:

**Lundt, Holger, Dr., 84489 Burghausen, DE; Rieger,
Alexander, Dipl.-Ing. (FH), 84375 Kirchdorf, DE;
Vandamme, Roland, Portland, Oreg., US;
Hildebrand, Greg, Keizer, Oreg., US**

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

DE 198 23 904 A1

DE 101 42 400 A1

US 61 62 730 A

US 61 55 908 A

US 60 66 565 A

US 61 68 506 B1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung von Halbleiterscheiben**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Halbleiterscheiben, enthaltend folgende Schritte in der angegebenen Reihenfolge:

a) Auftrennen eines Halbleiter-Einkristalls in Scheiben,

d) simultanes Schleifen der Vorder- und Rückseiten der Halbleiterscheiben,

f) Ätzen der Vorder- und Rückseiten der Halbleiterscheiben,

g) Polieren wenigstens der Vorderseiten der Halbleiterscheiben,

dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt d) mehrere Halbleiterscheiben, die in jeweils einer Aussparung einer von mehreren mittels eines ringförmigen äußeren und eines ringförmigen inneren Antriebskranzes in Rotation versetzten Läuferscheiben liegen und dadurch auf einer bestimmten geometrischen Bahn gehalten werden, zwischen zwei rotierenden, mit gebundenem Schleifmittel belegten Arbeitsscheiben materialabtragend bearbeitet werden und dass in Schritt f) der Materialabtrag je Scheibenseite zwischen 1 und 10 µm beträgt.

Beschreibung

[0001] Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung von Halbleiterscheiben, insbesondere von Siliciumscheiben.

Stand der Technik

[0002] Halbleiterscheiben, insbesondere Siliciumscheiben, die in der Herstellung elektronischer Bauelemente Verwendung finden, werden aus stabförmigen Einkristallen des Halbleitermaterials hergestellt. Der Einkristallstab wird zunächst, meist mittels einer Drahtgattersäge (engl. „multi wire saw“, MWS), in dünne Scheiben aufgetrennt. Um daraus Halbleiterscheiben zu erhalten, die hinsichtlich Geometrie, Oberflächenbeschaffenheit und Kristallschäden für die Produktion elektronischer Bauelemente geeignet sind, ist eine Vielzahl zusätzlicher Prozessschritte notwendig, mit denen die Scheiben maßhaltig gemacht und von den durch den Trennvorgang verursachten Schäden befreit werden. In der Regel werden zunächst die Kanten der gesägten Scheiben verrundet, d. h. mit einem definierten Profil versehen.

[0003] Um die beim Auftrennen des Einkristalls verursachten Schäden, insbesondere die dadurch erzeugte Welligkeit (engl. „waviness“) sowie die geschädigten Bereiche des Kristallgitters zu entfernen und die Anforderungen an die Nanotopographie und Geometrie der Halbleiterscheiben zu erfüllen, sind weitere Prozessschritte notwendig.

[0004] Die Welligkeit kann am besten durch einen zwangskräftefreien (engl. „free floating“) mechanischen Abtragsschritt entfernt werden. Dabei werden beide Seiten der Halbleiterscheiben simultan einem mechanischen Abtrag unterworfen, wobei die Halbleiterscheiben keinen Zwangskräften durch eine Haltevorrichtung unterworfen sind. Als derartige Prozesse sind das Läppen und das simultane Doppelseitenschleifen (engl. „double disk grinding“, DDG) bekannt.

[0005] Im Stand der Technik sind unterschiedlichste Fertigungsabläufe bekannt, die einen der genannten mechanischen Abtragsschritte enthalten. Beispielsweise beschreibt die US6114245 verschiedene Fertigungsabläufe, bei denen jeweils, neben anderen Schritten, zuerst beide Seiten der Halbleiterscheibe sequenziell geschliffen werden. Danach wird die Halbleiterscheibe einem Läppschrift unterworfen. Dagegen werden in der US6491836 Fertigungsabläufe dargestellt, die jeweils einen DDG-Schritt enthalten, gefolgt von einem Ätzschritt und einer Politur.

[0006] Sowohl das Läppen als auch das DDG-Verfahren haben spezifische Vor- und Nachteile. Der Nachteil des Läppens ist die Bildung eines Randabfalls (engl. „edge roll-off“) im Randbereich auf beiden

Seiten der Halbleiterscheibe. Dagegen kann das DDG-Verfahren, bedingt durch die Anordnung der Schleifscheiben und der Kinematik des Schleifprozesses, zu einer als „center mark“ bezeichneten Erhebung in der Mitte der Halbleiterscheibe führen. Beide Effekte wirken sich negativ auf die Nanotopographie und die lokale Geometrie aus, wobei im ersten Fall der Randbereich und im zweiten Fall der zentrale Bereich betroffen ist.

[0007] Die Bereiche unter der Scheibenoberfläche, in denen das Kristallgitter durch die beim Auftrennen des Einkristallstabs sowie bei den nachfolgenden mechanischen Abtragsschritten wirkenden Kräfte geschädigt ist (engl. „subsurface damage“, SSD), können durch chemischen Materialabtrag mittels eines Ätzschritts entfernt werden. Durch den Ätzschritt werden jedoch die Nanotopographie und/oder die lokale Geometrie negativ beeinflusst. Der negative Einfluss steigt mit zunehmendem Materialabtrag beim Ätzen an.

[0008] Am Ende der Bearbeitungskette stehen ein oder mehrere Polierschritte, die als Doppelseiten- oder Einseitenpolitur ausgeführt werden. Eine Einseitenpolitur wird in der Regel auf die Vorderseite der Halbleiterscheiben angewendet, auf der später die Bauelemente gefertigt werden. Durch die Einseitenpolitur können jedoch die beim Läppen, DDG oder Ätzen erzeugten Fehler in der Nanotopographie und der Geometrie der Halbleiterscheiben unter Umständen nicht mehr vollständig beseitigt werden, da auf Grund der starren Trägerplatten die aufgeprägten Oberflächenstörungen beim Polierprozess „durchkopiert“ werden.

[0009] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe besteht daher darin, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, das zu einer Halbleiterscheibe mit verbesserter Geometrie und Nanotopographie führt.

[0010] Gelöst wird die Aufgabe durch ein Verfahren zur Herstellung von Halbleiterscheiben, enthaltend folgende Schritte in der angegebenen Reihenfolge:

- a) Auftrennen eines Halbleiter-Einkristalls in Scheiben,
- d) simultanes Schleifen der Vorder- und Rückseiten der Halbleiterscheiben,
- f) Ätzen der Vorder- und Rückseiten der Halbleiterscheiben,
- g) Polieren wenigstens der Vorderseiten der Halbleiterscheiben, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt d) mehrere Halbleiterscheiben, die in jeweils einer Aussparung einer von mehreren mittels eines ringförmigen äußeren und eines ringförmigen inneren Antriebskranzes in Rotation versetzten Läuferscheiben liegen und dadurch auf einer bestimmten geometrischen Bahn gehalten werden, zwischen zwei rotierenden, mit gebundenem Schleifmittel belegten Arbeitsscheiben mate-

rialabtragend bearbeitet werden, und dass in Schritt f) der Materialabtrag je Scheibenseite zwischen 1 und 10 μm beträgt.

[0011] Erfindungsgemäß wird zur Durchführung des simultanen Doppelseitenschleifschritts d) keine DDG-Maschine verwendet, sondern eine Maschine, deren Aufbau mit dem einer Läppmaschine identisch ist. Die Halbleiterscheiben werden in der Regel mit mehreren Läuferscheiben zwischen der oberen und der unteren Schleifscheibe bewegt. Eine Läppmaschine weist einen Vierwegeantrieb auf, wobei die vier unabhängig steuerbaren Antriebe eine obere Arbeitsscheibe, eine untere Arbeitsscheibe, einen inneren Antriebskranz und einen äußeren Antriebskranz in Rotation versetzen. Die Läuferscheiben befinden sich über einen Zahnkranz mit dem inneren und dem äußeren Antriebskranz im Eingriff. Die Drehzahlen der vier Antriebe bestimmen die Kinematik, mit der sich die Läuferscheiben bzw. die Halbleiterscheiben relativ zu den Arbeitsscheiben bewegen.

[0012] Die materialabtragende Wirkung wird im Gegensatz zum Läppen jedoch nicht durch eine Läppsuspension erzeugt, die während der Bearbeitung zugeführt wird, sondern durch ein Schleifmittel, das fest an der Oberfläche der beiden Arbeitsscheiben gebunden ist. Das Verfahren kann daher auch als „Schleifen mit Läppkinematik“ bezeichnet werden. Geeignete Maschinen und Schleifwerkzeuge sind in mav 1997, Seite 24-25, IDR 1997, Seite 12-16, und in IDR 1999, Seite 314-318 beschrieben. Die US6007407 beschreibt ein weiteres Schleifwerkzeug, das für Schritt d) eingesetzt werden kann. Das Schleifwerkzeug kann auf verschiedene Weise montiert werden, sei es in Form von Pellets, die auf eine spezielle Trägerplatte geklebt werden oder von Pads, die in Tuchform direkt auf eine herkömmliche Läppscheibe geklebt werden können.

[0013] Der Vorteil des erfindungsgemäßen Fertigungsablaufs besteht darin, dass beim zentralen mechanischen Bearbeitungsschritt die vorteilhafte Kinematik des Läppens beim Schleifprozess genutzt werden kann. Damit ist es möglich, gleichzeitig sowohl die Welligkeit und die „center mark“ zu reduzieren als auch den Randabfall. Damit lässt sich die Nanotopographie der Halbleiterscheibe deutlich verbessern. Das Schleifen mit Läppkinematik ermöglicht darüber hinaus hohe Abtragsraten von bis zu 20 $\mu\text{m}/\text{min}$ und verursacht nur vergleichsweise geringe Schäden am Kristallgitter der oberflächennahen Bereiche („sub-surface damage“). Aus diesem Grund ist es möglich, den Materialabtrag und die damit verbundene Geometrieverschlechterung in einem nachfolgenden Ätzschritt zu reduzieren.

[0014] Die Erfindung stellt somit eine neuartige Kombination von Verfahrensschritten zur Herstellung von Halbleiterscheiben zur Verfügung, die es erlaubt,

sowohl die Geometrie als auch die Nanotopographie der Halbleiterscheiben zu verbessern.

[0015] Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung beschrieben. Die nach den einzelnen mechanischen oder chemischen Bearbeitungsschritten notwendigen und üblichen Reinigungsschritte sind nicht Gegenstand der Erfindung und werden daher nicht explizit erläutert.

[0016] In Schritt a) wird der Halbleiter-Einkristall mittels eines beliebigen Verfahrens nach dem Stand der Technik in Scheiben aufgetrennt, beispielsweise mittels einer Drahtgattersäge oder einer Innenlochsäge. Bevorzugt wird jedoch eine Drahtgattersäge (MWS) eingesetzt, die simultan eine Vielzahl von Scheiben von einem Einkristall abtrennt.

[0017] Nach Schritt a) kann zunächst, was bevorzugt ist, ein DDG-Schritt b) durchgeführt werden. Beim DDG handelt es sich um ein Schleifverfahren, bei dem beide Seiten einer Halbleiterscheibe simultan bearbeitet werden. Beide Schleifscheiben befinden sich gleichzeitig im Eingriff an der Oberfläche der Halbleiterscheibe. Der Schleifvorschub erfolgt mittels eines Mitnehmers, der die Halbleiterscheibe dreht. Dieses Verfahren arbeitet ohne Scheibenaufgabe. Einseiten-Schleifverfahren, die eine Scheibenaufgabe benutzen, haben gegenüber dem DDG-Verfahren den Nachteil, dass eventuelle Unebenheiten der auf der Scheibenaufgabe liegenden Oberfläche der Halbleiterscheibe während des Schleifens auf die gegenüberliegende Oberfläche der Halbleiterscheibe „durchkopiert“ werden. Der Materialabtrag wird vorzugsweise beidseitig durch eine Online-Messung geregelt. Der Materialabtrag in Schritt b) wird vorzugsweise an das in Schritt a) erzeugte Damage angepasst und liegt bei 50 bis 90 μm Gesamtabtrag.

[0018] Optional kann, was bevorzugt ist, nach dem DDG-Schritt b) und vor dem Schleifschritt d) ein Ätzschritt c) durchgeführt werden. Dieser Schritt umfasst ein nasschemisches Ätzen beider Seiten der Halbleiterscheiben nach dem Stand der Technik. Dabei kann sowohl alkalisch als auch sauer geätzt werden. Wegen einer effektiveren Entfernung von Metallkontaminationen wird bei Schritt c) jedoch eine saure Ätze bevorzugt. Um die Verschlechterung der vor dem Ätzen erreichten Geometrie möglichst gering zu halten, ist es bevorzugt, das Ätzmedium möglichst laminar an der Oberfläche der Halbleiterscheiben entlang strömen zu lassen und Turbulenzen weitgehend zu unterdrücken. Der Ätzabtrag beträgt 7 bis 25 μm je Scheibenseite, bevorzugt 10 bis 20 μm je Scheibenseite und entfernt die beim Schleifen geschädigten Kristallbereiche bei gleichzeitiger Verminderung der Oberflächenrauigkeit (siehe DE10142400A1).

[0019] Nach dem Auftrennen des Halbleiter-Einkristalls in Scheiben in Schritt a) und ggf. nach den opti-

onalen Schritten b) und c) werden erfindungsgemäß im Schritt d) beide Seiten der Halbleiterscheiben simultan mit Läppkinematik, wie oben beschrieben, geschliffen. Der Materialabtrag beträgt bei diesem Schritt zwischen 30 und 90 µm.

[0020] Nach Schritt d) werden die Halbleiterscheiben vorzugsweise einem Feinschleifschritt e) unterzogen, wobei dieser Schritt auch entfallen kann. Schritt e) wird so durchgeführt, wie er in DE10215960A1 beschrieben ist.

[0021] Schritt f) ist wiederum ein Ätzschritt, der vorzugsweise so durchgeführt wird, wie für den optionalen Schritt d) beschrieben. Der Ätzabtrag in Schritt f) ist aber dem Subsurface Damage des vorangegangenen Schleifschritts angepasst und beträgt zwischen 1 und 10 µm je Scheibenseite, vorzugsweise zwischen 5 und 10 µm je Scheibenseite.

[0022] Schritt g) ist eine Politur, wobei ein bekanntes Verfahren nach dem Stand der Technik zum Einsatz kommt. Vorzugsweise wird nur die Vorderseite der Halbleiterscheibe poliert, d. h. einer Einseitenpolitur unterzogen. Bei der Politur wirkt sich vorteilhaft aus, dass aufgrund der reduzierten Oberflächenrauigkeit der geschliffen-geätzten Scheibe eine Abtragsreduzierung erfolgen kann und der Polierabtrag vorzugsweise weniger als 10 µm beträgt.

[0023] Das erfindungsgemäße Verfahren kann bei der Herstellung von Halbleiterscheiben, insbesondere von Siliciumscheiben, besonders bevorzugt von einkristallinen Siliciumscheiben, angewendet werden. Auch wenn in der Beschreibung der Erfindung und der bevorzugten Ausführungsformen nur die für die Erfindung wesentlichen Schritte beschrieben sind, können selbstverständlich weitere Schritte, z. B. zur Profilierung der Scheibenkante, zur Reinigung, zur thermischen Behandlung oder zum Aufbringen epitaktischer Schichten, durchgeführt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Halbleiterscheiben, enthaltend folgende Schritte in der angegebenen Reihenfolge:

- a) Auftrennen eines Halbleiter-Einkristalls in Scheiben,
- d) simultanes Schleifen der Vorder- und Rückseiten der Halbleiterscheiben,
- f) Ätzen der Vorder- und Rückseiten der Halbleiterscheiben,
- g) Polieren wenigstens der Vorderseiten der Halbleiterscheiben,

dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt d) mehrere Halbleiterscheiben, die in jeweils einer Aussparung einer von mehreren mittels eines ringförmigen äußeren und eines ringförmigen inneren Antriebskranzes in Rotation versetzten Läuferscheiben liegen

und dadurch auf einer bestimmten geometrischen Bahn gehalten werden, zwischen zwei rotierenden, mit gebundenem Schleifmittel belegten Arbeitsscheiben materialabtragend bearbeitet werden, und dass in Schritt f) der Materialabtrag je Scheibenseite zwischen 1 und 10 µm beträgt.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Materialabtrag in Schritt f) je Scheibenseite zwischen 5 und 10 µm beträgt.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass Schritt a) mit einer Drahtgattersäge durchgeführt wird.

4. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbleiterscheiben zwischen Schritt a) und Schritt d) in einem Schritt b) einem simultanen Schleifen der Vorder- und Rückseiten der Halbleiterscheiben unter Verwendung einer DDG-Maschine unterzogen werden, wobei insgesamt 50 bis 90 µm Material abgetragen werden.

5. Verfahren gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbleiterscheiben zwischen Schritt b) und Schritt d) in einem Schritt c) einem Ätzen der Vorder- und Rückseiten der Halbleiterscheiben unterzogen werden, wobei von jeder Scheibenseite zwischen 7 und 25 µm Material abgetragen werden.

6. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbleiterscheiben zwischen Schritt d) und Schritt f) einem Feinschleifschritt e) unterzogen werden.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen