



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 31 019 T2** 2006.03.09

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 798 766 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 31 019.1**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 302 061.3**

(96) Europäischer Anmeldetag: **26.03.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **01.10.1997**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **06.10.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **09.03.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 21/304** (2006.01)
C30B 33/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

9904796 28.03.1996 JP

(73) Patentinhaber:

Shin-Etsu Handotai Co., Ltd., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:

**WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und
Rechtsanwälte, 81541 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

Oishi, Hiroshi, Annaka-shi, Gunma-ken, JP

(54) Bezeichnung: **Verfahren zu Herstellung eines monokristallinen Halbleiterwafers mit hochglanzpolierter Oberfläche, unter Benutzung eines Gasphasen-Ätz- und eines Aufwärm-Schrittes, und durch dieses Verfahren hergestellter Wafer**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

bereitstellen.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG**Bereich der Erfindung**

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen monokristalliner Halbleiterwafer mit Hochglanz-Oberfläche, die einen hohen Grad an Flachheit aufweisen, wobei das Verfahren einen Gasphasenätzvorgang umfasst, und insbesondere auf ein Verfahren zum Herstellen von Siliziumhalbleiterwafern mit Hochglanz-Oberfläche und auf monokristalline Halbleiterwafer mit Hochglanz-Oberfläche, die einen hohen Grad an Flachheit aufweisen und durch das Verfahren hergestellt sind.

Beschreibung verwandter Techniken

[0002] Wie durch das Vorgangsflussdiagramm in [Fig. 6](#) gezeigt, hat ein herkömmliches Verfahren zum Herstellen von Siliziumhalbleiterwafern mit Hochglanz-Oberfläche im Allgemeinen einen Schneidvorgang A, in dem ein mit einer monokristallinen Produktionsvorrichtung produzierter monokristalliner Block geschnitten wird, um dünne, scheibenartige Wafer zu erhalten; einen Abschrägungsvorgang B, in dem die Außenränder abgeschrägt werden, um die Bildung von Rissen und Defekten in dem im Vorgang A erhaltenen Wafer zu verhindern; einen Läppvorgang C, in dem der abgeschrägte Wafer geläppt wird, um eine flache Oberfläche aufzuweisen; einen Ätzvorgang D, in dem der in der abgeschrägten und geläpten Waferoberfläche verbleibende Bearbeitungsschaden eliminiert wird; einen primären Hochglanzoberflächen-Poliervorgang E, in dem die Oberfläche des geätzten Wafers grob poliert wird; einen Hochglanzoberflächen-Fertigpoliervorgang F, in dem die Oberfläche des Wafers, der der primären Hochglanzoberflächenpolierung unterzogen worden ist, Hochglanz-Fertigpolierung unterzogen wird; und einen letzten Reinigungsvorgang G, in dem der Wafer, der der Hochglanzoberflächen-Fertigpolierung unterzogen worden ist, gereinigt wird, so dass das Poliermaterial und an dem Wafer anhaftende Fremdstoffe beseitigt werden, beinhaltet.

[0003] EP-A-0588055 offenbart ein Verfahren zum Herstellen eines Wafers, das Schritte des Schneidens, des Abschrägens, des Läppens, des Äzens, der groben Hochglanzoberflächenpolierung, der endgültigen Hochglanzoberflächenpolierung und des Reinigens umfasst, wie in dem Oberbegriff des hier angehängten Anspruch 1 festgelegt.

[0004] In manchen Fällen schließt der Hochglanzoberflächen-Poliervorgang drei Stufen des Polierens ein: nämlich ein primäres Polieren, ein sekundäres Polieren und ein Fertigpolieren, oder sogar mehr Stufen, um eine gute Flachheit und Oberflächenrauheit

[0005] Des Weiteren wird in solchen Fällen, in denen Wafer aus einem Block Halbleitersilizium, das gemäß dem Czochralski-Verfahren hergestellt ist, produziert werden, eine Wärmebehandlung mit Donator-Annihilation zum Eliminieren des Effekts von residenten Sauerstoffdonatoren im Allgemeinen vor dem Hochglanzoberflächen-Poliervorgang, zum Beispiel unmittelbar nach dem Ätzvorgang D, ausgeführt.

[0006] Das oben beschriebene herkömmliche Verfahren zum Herstellen von Halbleiterwafern mit Hochglanz-Oberfläche schließt jedoch viele Vorgänge ein und ist kompliziert; obwohl die Produktionskosten dadurch hoch sind, ist das herkömmliche Verfahren des Weiteren immer noch unfähig, den genauen Grad an Flachheit, der durch den höheren Grad an Integration neuester führender Halbleitergeräte gefordert wird, bereitzustellen.

[0007] Die Untersuchung und Entwicklung von verschiedenen Techniken ist folglich fortgeführt worden, mit einem Blick auf das Erhöhen des Grads an Integration von zukünftigen Halbleitervorrichtungen und das Erhöhen des Durchmessers und das Verbessern der Flachheit von Wafern.

[0008] Darunter ist eine besonders wichtige Technik, bekannt als PACE (Hochrate-Plasmaätzen), vor kurzem entwickelt worden (siehe zum Beispiel die Offenlegungsschrift der japanischen Patentanmeldungen (kokai) Nr. 5-160074, 6-5571 und 7-288249).

[0009] Bei diesem Verfahren wird die Dicke eines Wafers durch Gasphasenätzen einheitlich gemacht. Die Menge Material, die durch Plasmaätzen beseitigt wird, wird durch das Messen der Dickenverteilung des Wafers und dann das Steuern der Geschwindigkeit der Düse, die gemäß der so gemessenen Verteilung über den Wafer tastet, gesteuert. Auf diese Weise wird die Waferdicke einheitlich gemacht und der Wafer wird sehr flach gemacht.

[0010] Wenn der PACE-Vorgang nach dem Hochglanzoberflächen-Fertigpoliervorgang F des herkömmlichen in [Fig. 6](#) gezeigten Verfahrens zum Herstellen von monokristallinen Siliziumhalbleiterwafern mit Hochglanz-Oberfläche eingefügt wird, kann der Grad an Flachheit des Wafers (TTV, Gesamtdickenabweichung; d. h. der Unterschied zwischen der Höchstdicke und der Mindestdicke über die gesamte Oberfläche eines Wafers) verglichen mit dem Fall des herkömmlichen Verfahrens (siehe [Fig. 5A](#)) merklich verbessert werden (siehe [Fig. 5B](#)). Infolgedessen kann ein zufriedenstellend hoher Grad an Flachheit, der für zukünftige Halbleiterwafer mit Hochglanz-Oberfläche erforderlich ist, durch dieses Verfahren erhalten werden.

[0011] Obwohl die vorher erwähnte PACE-Technik die Flachheit der Wafer in großem Ausmaß verbessert, wird zwangsläufig eine neue Rauheit mit einer Periodizität von ungefähr 0,01–5 µm, bekannt als Trübung, auf der Oberfläche produziert, da der Wafer Hochenergieplasma ausgesetzt wird, und die Oberflächenrauheit, die durch die Hochglanzoberflächen-Fertigpolierung verbessert worden ist, wird zwangsläufig nachteilig beeinflusst. Damit diese Trübung beseitigt werden kann, muss folglich eine Spezialpolierung, bekannt als „Kontaktpolierung“ (touch polishing), durchgeführt werden, um das Material in einer Dicke von ungefähr 10 nm zu beseitigen.

[0012] Des Weiteren ist PACE dafür verantwortlich, Schaden und Defekte in der Waferoberfläche zu verursachen, und ein weiterer Vorgang wie beispielsweise eine Polier-, Ätz- oder Wärmebehandlung muss durchgeführt werden, um solchen Schaden und solche Defekte nach der PACE-Behandlung zu beseitigen.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0013] Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Herstellen von monokristallinen Halbleiterwafern mit Hochglanz-Oberfläche bereitzustellen, die einen hohen Grad an Flachheit aufweisen, wobei das Verfahren die mit dem herkömmlichen Verfahren einhergehenden Probleme einschließlich eines Gasphasenätzvorgangs wie beispielsweise PACE, d. h. Trübung, die auf einer Waferoberfläche produziert wird, der Verursachung von Schaden und Defekten in der Oberfläche, hoher Kosten und niedriger Produktivität lösen kann.

[0014] Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung ist das Bereitstellen von monokristallinen Halbleiterwafern mit Hochglanz-Oberfläche, die durch das obige Verfahren hergestellt werden.

[0015] Um die obigen Ziele zu erreichen, stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines monokristallinen Halbleiterwafers mit Hochglanz-Oberfläche, das mindestens die Schritte des Schneidens eines monokristallinen Halbleiterblocks, um einen dünnen, scheibenförmigen Wafer zu erhalten; des Abschrägens des Außenrands des Wafers, der durch den Schneideschritt erhalten wurde; des Läppens des abgeschrägten Wafers, um die Oberfläche des abgeschrägten Wafers flach zu machen; des Durchführens von Ätzen, um den Bearbeitungsschaden, der in der abgeschrägten und geläpten Waferoberfläche verbleibt, zu beseitigen; des Unterziehens der Oberfläche des geätzten Wafers einer Hochglanzoberflächenpolierung, wobei die Hochglanzoberflächenpolierung aus einem groben Hochglanzoberflächen-Poliervorgang und einem Hochglanzoberflächen-Fertigpoliervorgang besteht; und des Reinigens des hochglanzoberflächenpolierten

Wafers beinhaltet, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche des hochglanzoberflächenpolierten Wafers Gasphasenätzen unterzogen wird, um die Oberfläche des Wafers bis zu einem hohen Grad flach zu machen, und dadurch, dass der Schritt der Hochglanzoberflächenpolierung, der vor dem Schritt des Gasphasenätzens durchgeführt wird, nur den groben Hochglanzoberflächen-Poliervorgang beinhaltet, wobei der Hochglanzoberflächen-Fertigpoliervorgang nach dem Schritt des Gasphasenätzens und vor dem Schritt des Reinigens ausgeführt wird.

[0016] Der dem Gasphasenätzen vorausgehende Hochglanzoberflächen-Poliervorgang wird wie oben beschrieben in der Stufe der groben Hochglanzoberflächenpolierung gestoppt, denn wenn der Wafer nach der Hochglanzoberflächen-Fertigpolierung wie in der Vergangenheit Gasphasenätzen unterzogen wird, wird die vorher erwähnte Trübung zwangsläufig durch den Schritt des Gasphasenätzens eingeführt, und die Oberflächenrauheit, die durch die Hochglanzoberflächen-Fertigpolierung verbessert worden ist, wird zwangsläufig nachteilig beeinflusst. Das Stoppen in der Stufe der groben Hochglanzoberflächenpolierung in dem Schritt der Hochglanzoberflächenpolierung vor dem Ausführen des Gasphasenätzens macht es möglich, einen verschwenderischen Vorgang zu vermeiden, indem das Ausführen von Hochglanzoberflächen-Fertigpolierung nach dem Schritt des Gasphasenätzens ausgeführt wird, und macht es ebenfalls möglich, Wafer zu erhalten, die eine ausgezeichnete Flachheit, bereitgestellt durch das Gasphasenätzen, besonders PACE, und eine ausgezeichnete, durch die Hochglanz-Fertigpolierung bereitgestellte Oberflächenrauheit aufweisen.

[0017] Der grobe Hochglanzoberflächen-Poliervorgang in dem dem Schritt des Gasphasenätzens vorausgehenden vorher erwähnten Schritt der Hochglanzoberflächenpolierung wird vorzugsweise derart ausgeführt, dass der quadratische Mittelwert der Wellenkomponente nicht mehr als 0,5 nm beträgt.

[0018] Der vorher erwähnte grobe Hochglanzoberflächen-Poliervorgang in dem dem Schritt des Gasphasenätzens vorausgehenden Schritt der Hochglanzoberflächenpolierung wird derart ausgeführt, dass der quadratische Mittelwert der Rauheitskomponente, die eine Periodizität von ungefähr 5–100 µm aufweist, die als Welle bekannt ist, auf nicht mehr als den spezifizierten Wert begrenzt wird, um die Beseitigung des Materials in dem Hochglanzoberflächen-Fertigpoliervorgang, der nach dem Schritt des Gasphasenätzens ausgeführt wird, so weit wie möglich zu reduzieren, und dadurch den nachteiligen Effekt auf den hohen Grad an Flachheit, die durch das Gasphasenätzen, besonders durch PACE, produziert wird, zu reduzieren.

[0019] In diesem Fall wird ein Wärmebehandlungs-

schritt vorzugsweise nach dem vorher erwähnten Schritt des Gasphasenätzens und vor dem vorher erwähnten Schritt des endgültigen Reinigens ausgeführt.

[0020] Der Oberflächenschaden und die Oberflächendefekte, die durch das Gasphasenätzen, besonders PACE, eingeführt werden, können durch das Ausführen einer Wärmebehandlung nach dem Schritt des Gasphasenätzens auf diese Weise eliminiert werden.

[0021] In diesem Fall wird der Wärmebehandlungsschritt vorzugsweise vor dem Hochglanzoberflächen-Fertigpoliervorgang ausgeführt.

[0022] Wenn die Wärmebehandlung nach dem Schritt des Gasphasenätzens und vor dem Hochglanzoberflächen-Fertigpoliervorgang ausgeführt wird, kann jeder Oxidfilm, jede Verschmutzung etc., der/die auf der Waferoberfläche als Ergebnis der Wärmebehandlung gebildet werden kann, eliminiert werden.

[0023] Der vorher erwähnte Wärmebehandlungsschritt wird vorzugsweise 20 Minuten bis 2 Stunden lang bei einer Temperatur im Bereich von 400–800°C ausgeführt.

[0024] Das Unterziehen des Wafers einer Wärmebehandlung nach dem Gasphasenätzen unter derartigen Bedingungen macht es möglich, den Oberflächenschaden und die Oberflächendefekte des Wafers, die im Gasphasenätzen – besonders durch den PACE-Vorgang – eingeführt worden sind, vollständig zu eliminieren, genauso wie Abnutzung aufgrund der Behandlungstemperaturen und Behandlungszeiten über den erforderlichen Niveaus zu bewältigen.

[0025] Die Wärmebehandlung ist vorzugsweise eine Wärmebehandlung mit Donator-Annihilation.

[0026] Die Wärmebehandlung mit Donator-Annihilation, die herkömmlicherweise vor dem Hochglanzoberflächen-Polierschritt ausgeführt wird, zum Beispiel nach dem Schritt des Ätzens, wird nach dem Schritt des Gasphasenätzens ausgeführt, so dass die Wärmebehandlung mit Donator-Annihilation auch als Wärmebehandlung zum Beseitigen des Oberflächenschadens und der Oberflächendefekte, die durch den Schritt des Gasphasenätzens produziert werden können, dienen kann. Dies macht es möglich, die Probleme des Gasphasenätzens, besonders PACE, ohne Einführung einer Erhöhung der Kosten zu lösen.

[0027] Der Halbleitermonokristall ist vorzugsweise Silizium.

[0028] Da das Verfahren der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann, um einen monokristallinen Halbleiterwafer mit Hochglanz-Oberfläche zu erhalten, der einen hohen Grad an Flachheit aufweist, wird es bei der Herstellung von zukünftigen monokristallinen Siliziumhalbleiterwafern mit Hochglanz-Oberfläche, die einen hohen Grad an Flachheit für einen erhöhten Grad an Integration erfordern, von besonderem Vorteil sein.

[0029] Die vorliegende Erfindung ist folglich effektiv, wenn als das Gasphasenätzen besonders Hochrate-Plasmaätzen ausgeführt wird.

[0030] Die durch das Verfahren der vorliegenden Erfindung hergestellten monokristallinen Halbleiterwafer mit Hochglanz-Oberfläche weisen einen hohen Grad an Flachheit auf; folglich genügen sie auf angemessene Weise dem hohen Grad an Flachheit, der für führende Wafer, die zukünftig gefragt sein werden, erforderlich ist.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0031] [Fig. 1](#) ist ein allgemeines Vorgangsflussdiagramm des Verfahrens zum Herstellen von monokristallinen Halbleiterwafern mit Hochglanz-Oberfläche gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0032] [Fig. 2](#) ist eine Zeichnung, die einen Vergleich von Wellenkomponenten zwischen der vorliegenden Erfindung und dem herkömmlichen Vorgang zeigt;

[0033] [Fig. 3](#) ist eine Zeichnung, die einen Vergleich von Trübungscomponenten zwischen der vorliegenden Erfindung und dem herkömmlichen Vorgang zeigt;

[0034] [Fig. 4](#) ist eine Zeichnung, die den Effekt der Anwesenheit oder Abwesenheit einer Wärmebehandlung und Behandlungstemperatur in der vorliegenden Erfindung und dem herkömmlichen Vorgang zeigt;

[0035] [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) sind Zeichnungen, die den flach machenden Effekt aufgrund eines PACE-Vorgangs auf einem monokristallinen Siliziumwafer mit Hochglanz-Oberfläche, der einen Durchmesser von 200 mm aufweist, darstellen, wobei [Fig. 5A](#) den Fall des herkömmlichen Vorgangs zeigt und [Fig. 5B](#) den Fall zeigt, in dem der PACE-Vorgang eingeschlossen worden ist; und

[0036] [Fig. 6](#) ist ein Flussdiagramm eines herkömmlichen Herstellungsvorgangs für Siliziumwafer mit Hochglanz-Oberfläche.

BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG UND AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0037] Die vorliegende Erfindung wird unten detail-

liert beschrieben.

[0038] In einem Vorgang, während dem unter Verwendung von Gasphasenätzen, besonders dem PACE-Vorgang, sehr flache monokristalline Halbleiterwafer mit Hochglanz-Oberfläche hergestellt werden, ist es im Allgemeinen notwendig, die Kosten so weit wie möglich zu reduzieren und Probleme wie beispielsweise Trübung und Schaden, die durch den PACE-Vorgang erzeugt werden, zu lösen, ohne den hohen Grad an Flachheit, der durch den PACE-Vorgang bereitgestellt wird, zu verlieren. Der PACE-Vorgang, der als ein Gasphasenätzverfahren dient, ist als ein Beispiel beschrieben.

[0039] Wie oben beschrieben worden ist, produziert der PACE-Vorgang eine neue Rauheit mit einer Periodizität von ungefähr 0,01–5 µm, bekannt als Trübung. Dies muss folglich durch eine auf den PACE-Vorgang nachfolgende Art von neuer Hochglanzoberflächen-Fertigpolierung eliminiert werden. Wenn dies getan wird, wird es überflüssig, als den in dem PACE-Vorgang verwendeten Wafer einen Wafer zu verwenden, der eine gute Oberflächenrauheit aufweist, die durch herkömmliches Hochglanzoberflächen-Fertigpolieren erhalten wurde, und es kann gesagt werden, dass bloß grobes Polieren zufriedenstellend ist.

[0040] Andererseits verschlechtert sich die mit PACE assoziierte Produktivität in umgekehrter Proportion zu der Materialabnahme. Hinsichtlich der Waferverarbeitungskosten ist es folglich wünschenswert, dass die durch den PACE-Vorgang zu beseitigende Materialabnahme auf nicht mehr als ein paar µm beschränkt wird. Es ist folglich wünschenswert, dass ein dem PACE-Vorgang zu unterziehender Wafer einen gewissen Grad an Flachheit aufweist und dass seine Oberfläche nicht rau ist.

[0041] Des Weiteren variiert die durch den herkömmlichen PACE-Vorgang beseitigte Materialabnahme von ein paar µm zu einigen zehnfachen von µm, und in solch einem Fall verbleibt die Oberflächenrauheit des verwendeten Wafers vor und nach dem PACE-Vorgang praktisch unverändert. Das heißt, wenn ein PACE-Vorgang zum Beispiel mit einem herkömmlichen geätzten Wafer (einem dem Ätzvorgang D aus [Fig. 6](#) folgenden Wafer) ausgeführt wird, der nicht der Hochglanzoberflächenpolierung unterzogen worden ist, gibt es eine merkliche Verbesserung des Grads an Flachheit des Wafers, aber die Oberflächenrauheit ist die gleiche wie die der geätzten Oberfläche vor dem PACE-Vorgang.

[0042] Wenn der PACE-Vorgang des Weiteren zum Beispiel mit einem Wafer ausgeführt wird, der hochglanzoberflächenpoliert worden ist, wird die vorher erwähnte Oberflächenrauheitskomponente mit einer Periodizität von 5–100 µm, bekannt als Welle, nicht

eliminiert und verbleibt weiterhin. Die Hochglanzoberflächenpolierung muss folglich nachfolgend auf den PACE-Vorgang erneut ausgeführt werden, um die Welle zu beseitigen.

[0043] Es ist jedoch sehr wahrscheinlich, dass der sehr hohe Grad an Flachheit, der durch den PACE-Vorgang produziert wird, zu dieser Zeit zwangsläufig nachteilig beeinflusst wird. Das neue Polieren nach dem PACE-Vorgang muss folglich so wenig Materialabnahme wie möglich einschließen.

[0044] Angesichts der oben beschriebenen Fakten wird in der vorliegenden Erfindung der Hochglanzoberflächen-Poliervorgang vor dem PACE-Vorgang auf der groben Polierstufe gestoppt, und die Fertigpolierung wird nach dem PACE-Vorgang ausgeführt.

[0045] Der Hochglanzoberflächen-Poliervorgang vor der PACE-Verarbeitung wird auf der groben Polierstufe gestoppt (hier bedeutet dies das Polieren vor der Fertigpolierung, wie beispielsweise primäres Polieren oder sekundäres Polieren), denn wenn PACE unter Verwendung eines Wafers nach der Fertigpolierung auf die herkömmliche Weise ausgeführt wird, wird die vorher erwähnte Trübung zwangsläufig in dem PACE-Vorgang eingeführt, und die Oberflächenrauheit, die durch die Hochglanzoberflächen-Fertigpolierung verbessert wird, wird zwangsläufig nachteilig beeinflusst. Ein verschwenderischer Vorgang kann folglich vermieden werden, und eine Reduzierung der Verarbeitungskosten kann erreicht werden, in dem der Hochglanzoberflächen-Poliervorgang vor dem PACE-Vorgang auf der groben Polierstufe gestoppt wird und die Hochglanzoberflächen-Fertigpolierung nach dem PACE-Vorgang ausgeführt wird.

[0046] In diesem Fall wird das grobe Polieren in dem Hochglanzoberflächen-Poliervorgang vor dem PACE-Vorgang vorzugsweise derart ausgeführt, dass der quadratische Mittelwert der Wellenkomponente (ausgedrückt durch den quadratischen Mittelwert der Rauheit der Oberflächenrauheit mit einer Periodizität von 5–100 µm) nicht mehr als 0,5 nm beträgt.

[0047] Wie vorher erwähnt verbleibt in Verbindung mit der Welle die Rauheit nach dem PACE-Vorgang genauso, wie sie vor dem PACE-Vorgang war. Die Wellenkomponente muss folglich in dem Hochglanzoberflächen-Poliervorgang vor dem PACE so weit wie möglich beseitigt werden, um die Materialabnahme in dem nach dem PACE-Vorgang ausgeführten Fertigpoliervorgang so weit wie möglich zu reduzieren und das Verschlechtern des hohen Grads an Flachheit, bereitgestellt durch die PACE-Verarbeitung, zu vermeiden. Dies ist der Grund für das Ausführen des groben Polierens, so dass der quadratische Mittelwert der Wellenkomponente nicht größer als 0,5 nm wird.

[0048] In der vorliegenden Erfindung wird der Hochglanzoberflächen-Poliervorgang vor dem PACE-Vorgang folglich bei der groben Polierung gestoppt, wobei nur die Reduzierung der Wellenkomponente berücksichtigt worden war, und die Fertigpolierung wird nach dem PACE-Vorgang ausgeführt.

[0049] Für einen derartigen groben Poliervorgang sollte eine Hochglanzoberflächenpolierung unter Auslassung der so genannten Fertigpolierung, die in dem herkömmlichen Vorgang ausgeführt wird, ausgeführt werden. In diesen Fällen, in denen der herkömmliche Vorgang drei Stufen mit einer primären Polierung, einer sekundären Polierung und einer Fertigpolierung oder sogar mehr Stufen beinhaltet, sollte der vorher erwähnte grobe Poliervorgang der Hochglanzoberflächen-Poliervorgang sein, bei dem, zusätzlich zu der Fertigpolierung, ein Teil des früheren Poliervorgangs ebenfalls ausgelassen wird.

[0050] Wie oben beschrieben, können die durch den PACE-Vorgang produzierte überschüssige Wellenkomponente und die Trübungscomponente eliminiert werden, ohne die durch die nach dem PACE-Vorgang ausgeführte Fertigpolierung beseitigte Materialabnahme zu erhöhen. Der durch den PACE-Vorgang produzierte hohe Grad an Flachheit wird ebenfalls nicht nachteilig beeinflusst. Des Weiteren ist dieser Vorgang einfach eine Veränderung der Reihenfolge, in der der herkömmliche Fertigpolierungsvorgang ausgeführt wird, und es besteht kein Bedarf an der Zugabe eines besonderen Vorgangs wie etwa „Kontaktpolierung“ (touch polishing), wie vorher erwähnt.

[0051] Die monokristallinen Halbleiterwafer mit Hochglanz-Oberfläche, die sowohl einen durch den PACE-Vorgang bereitgestellten guten Grad an Flachheit als auch eine durch die Hochglanzoberflächen-Fertigpolierung bereitgestellte gute Oberflächenrauheit aufweisen, können mit niedrigeren Kosten als mit dem herkömmlichen Vorgang zum Herstellen eines monokristallinen Halbleiterwafers mit Hochglanz-Oberfläche, in dem PACE eingeschlossen ist, hergestellt werden.

[0052] In dem Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine Wärmebehandlung vorzugsweise nach dem PACE-Vorgang und vor dem endgültigen Reinigungsvorgang durchgeführt.

[0053] Dies liegt daran, dass der PACE-Vorgang dafür verantwortlich ist, Schaden und Defekte in der Waferoberfläche einzuführen, und der Schaden und die Defekte müssen durch einen zusätzlichen Vorgang nachfolgend auf den PACE-Vorgang wie beispielsweise Polieren, Ätzen oder Wärmebehandlung beseitigt werden. Dies kann ebenfalls durch den Hochglanzoberflächen-Fertigpolierungsvorgang nachfolgend auf den PACE-Vorgang erreicht werden, wie

oben beschrieben. Da die Materialabnahme bei der Fertigpolierung so gering wie möglich gemacht wird, um den durch den PACE-Vorgang bereitgestellten hohen Grad an Flachheit beizubehalten, können jedoch in manchen Fällen Oberflächenschaden und -defekte nicht vollständig durch den Fertigpolierungsvorgang eliminiert werden.

[0054] Durch das Ausführen einer weiteren Wärmebehandlung nach dem PACE-Vorgang auf diese Weise können der Oberflächenschaden und die Oberflächendefekte, die durch den PACE-Vorgang eingeführt wurden, vollständig eliminiert werden, ohne den Grad an Flachheit nachteilig zu beeinflussen.

[0055] Diese Wärmebehandlung wird daher vorzugsweise nach dem PACE-Vorgang und vor der Hochglanzoberflächen-Fertigpolierung ausgeführt. Dies liegt daran, dass eine Möglichkeit der Bildung von zum Beispiel einem Oxidfilm oder einer Verschmutzung auf der Waferoberfläche als Resultat der Wärmebehandlung besteht, aber selbst in diesem Fall kann dieser/diese durch den Hochglanzoberflächen-Fertigpolierungsvorgang nachfolgend beseitigt werden.

[0056] Die Wärmebehandlung für die Eliminierung des Schadens und der Defekte in der Waferoberfläche nach dem PACE-Vorgang wird vorzugsweise bei einer Temperatur im Bereich von 400–800°C über einen Zeitraum von 20 Minuten bis 2 Stunden ausgeführt.

[0057] Eine Wärmebehandlungstemperatur unter 400°C ist unzureichend zum Eliminieren des Schadens und der Defekte, und wenn die Temperatur 800°C überschreitet, kann der Wafer verschiedenen nachteiligen Effekten unterliegen, wie beispielsweise Oxidation, und in jedem Fall ist bei Temperaturen unter 800°C der Schadeneliminierungseffekt zufriedenstellend. Der Schaden kann folglich zum Beispiel mit einer Wärmebehandlung 1 Stunde lang bei 500°C vollständig eliminiert werden, ohne Probleme wie etwa die oben angezeigten zu verursachen. Des Weiteren wird eine Wärmebehandlungszeit von 20 Minuten bis 2 Stunden bevorzugt. Dies liegt daran, dass die Eliminierung von Schaden mit Wärmebehandlung über weniger als 20 Minuten unzureichend ist und eine zufriedenstellende Eliminierung des Schadens erlangt werden kann, wenn die Wärmebehandlung 2 Stunden lang ausgeführt wird.

[0058] Hier in diesen Fällen, in denen Wafer mit einer Hochglanz-Oberfläche aus einem Block von Halbleitersilizium, hergestellt gemäß dem Czochralski-Verfahren, produziert werden, muss eine Wärmebehandlung mit Donator-Annihilation ausgeführt werden, um den Effekt von residenten Sauerstoffdonatoren zu eliminieren, und dies wird ungefähr 30 Minuten lang bei ungefähr 650°C ausgeführt, ge-

wöhnlicherweise in einem Vorgang vor dem Hochglanzoberflächen-Poliervorgang, zum Beispiel unmittelbar nach dem Ätzzvorgang.

[0059] In der vorliegenden Erfindung kann folglich die Wärmebehandlung mit Donator-Annihilation nach dem PACE-Vorgang ausgeführt werden, so dass die Wärmebehandlung mit Donator-Annihilation als eine Wärmebehandlung zur Eliminierung des/der durch den oben beschriebenen PACE-Vorgang produzierten Oberflächenschadens und der Oberflächendefekte dient. Dies macht es möglich, den Oberflächenschaden und die Oberflächendefekte zu eliminieren, die ein Problem bei PACE darstellen, ohne zu erhöhten Kosten zu führen, indem bloß die Position der Wärmebehandlung mit Donator-Annihilation innerhalb des gesamten herkömmlichen Vorgangs geändert wird.

[0060] Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden unten mit Bezug auf die Zeichnungen detailliert beschrieben, aber die Erfindung ist nicht auf diese Ausführungsformen beschränkt.

[0061] [Fig. 1](#) ist ein allgemeines Flussdiagramm des Verfahrens zum Herstellen eines monokristallinen Halbleiterwafers mit Hochglanz-Oberfläche gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0062] Wie oben detailliert beschrieben worden ist, ereignet sich zwangsläufig ein merklicher Anstieg der Produktionskosten, wenn ein PACE-Vorgang, ein Wärmebehandlungsvorgang, um den restlichen Schaden zu eliminieren, und ein neuer Hochglanzoberflächen-Poliervorgang zur Beseitigung von Trübung einfach nach einem herkömmlichen Hochglanzoberflächen-Poliervorgang, der Vorgänge bis zur Hochglanzoberflächen-Fertigpolierung umfasst, hinzugefügt werden. Des Weiteren besteht in einem solchen Fall ebenfalls die Gefahr, dass der durch den PACE-Vorgang bereitgestellte hohe Grad an Flachheit nachteilig beeinflusst wird.

[0063] Ein Beispiel eines optimalen Vorgangs für das Verfahren zum Herstellen eines monokristallinen Halbleiterwafers mit Hochglanz-Oberfläche gemäß der vorliegenden Erfindung wird nun unter Bezug auf [Fig. 1](#) für den Fall beschrieben, in dem Wafer mit Hochglanz-Oberfläche aus einem Block aus monokristallinem Halbleitersilizium, der durch das Czochralski-Verfahren hergestellt wurde, produziert werden.

[0064] Wie bei dem herkömmlichen Verfahren schließt dieser Vorgang das Ausführen eines Schneideschritts (1), in dem ein monokristalliner Block, der mit einem monokristallinen Produktionsgerät produziert worden ist, geschnitten wird, um dünne, scheibenförmige Wafer zu erhalten; eines Abschrägungsschritts (2), in dem der Außenrand abgeschrägt wird,

um die Bildung von Rissen und Defekten in dem Wafer, der in dem Schneidevorgang (1) erhalten wurde, zu verhindern; eines Läppschriffs (3), in dem die abgeschrägten Wafer geläppt und flach gemacht werden; und eines Ätzzschritts (4), in dem der Bearbeitungsschaden, der in der abgeschrägten und geläppten Waferoberfläche verbleibt, beseitigt wird, ein. Der Vorgang bis zu dieser Stufe ist somit im Prinzip unverändert von dem herkömmlichen Vorgang für die Herstellung von monokristallinen Siliziumhalbleiterwafern mit Hochglanz-Oberfläche.

[0065] Das unterscheidende Merkmal der Erfindung ist das nachfolgende Verarbeiten, und die Wärmebehandlung mit Donator-Annihilation, die normalerweise als nächstes ausgeführt werden würde, oder die bereits hätte ausgeführt werden sollen, wird hier ausgelassen. Unmittelbar nach dem Ätzzschritt (4) wird folglich ein Hochglanzoberflächen-Polierschritt (5) ausgeführt, einschließlich eines optionalen primären Hochglanzoberflächen-Poliervorgangs, und eines sekundären Hochglanzoberflächen-Poliervorgangs, in dem die Oberfläche des geätzten Wafers grober Polierung unterzogen wird.

[0066] Nachfolgend wird der Hochglanzoberflächen-Fertigpoliervorgang, in dem die Oberfläche des Wafers, die der vorher erwähnten groben Hochglanzoberflächenpolierung unterzogen worden ist, weiter poliert wird, und der gemäß dem herkömmlichen Vorgang als nächstes ausgeführt werden sollte, hier ausgelassen. Anstelle dessen wird ein Reinigungsschritt (6) ausgeführt, um den groben hochglanzoberflächenpolierten Wafer zu reinigen, wodurch das Poliermaterial und die an dem Wafer anhaftenden Fremdstoffe beseitigt werden. Nachfolgend wird ein PACE-Schritt (7) ausgeführt, in dem dem Wafer ein hoher Grad an Flachheit verliehen wird.

[0067] Ein Wärmebehandlungsschritt (8) wird dann ausgeführt, um den/die durch den PACE-Schritt produzierten Schaden und Defekte der Waferoberfläche zu eliminieren. Die Wärmebehandlung dient ebenfalls als eine Wärmebehandlung mit Donator-Annihilation.

[0068] Nach dem Wärmebehandlungsschritt wird ein Hochglanzoberflächen-Fertigpoliervorgang (9) ausgeführt, der die Welle und die Trübung – besonders die Trübung, die durch den PACE-Vorgang erzeugt worden ist – von der Waferoberfläche beseitigt und zur gleichen Zeit ebenfalls die Oberflächenoxidschicht beseitigt, die durch die Wärmebehandlung produziert worden ist. Zum Schluss wird ein endgültiger Waferreinigungsvorgang des Wafers (10) ausgeführt.

BEISPIELE

[0069] Wafer mit Hochglanz-Oberfläche mit einem

Durchmesser von 200 mm wurden aus einem Block aus Siliziumhalbleitermonokristall, der gemäß dem Czochralski-Verfahren hergestellt wurde, produziert, und die durch die vorliegende Erfindung bereitgestellte Verbesserung der Waferqualität wurde durch Vergleich mit dem herkömmlichen Vorgang evaluiert. Die erhaltenen Ergebnisse sind in [Fig. 2](#) bis [Fig. 4](#) gezeigt.

[0070] Ein Vergleich der Wellenkomponenten ist in [Fig. 2](#) gezeigt, ein Vergleich der Trübungs Komponenten ist in [Fig. 3](#) gezeigt und die Effekte der Abwesenheit oder Anwesenheit einer Wärmebehandlung und Wärmebehandlungstemperatur sind in [Fig. 4](#) gezeigt.

[0071] Des Weiteren zeigt in [Fig. 2-4\(a\)](#) einen Wafer an, der mit dem herkömmlichen Vorgang zur Produktion von monokristallinen Halbleiterwafern mit Hochglanz-Oberfläche, in [Fig. 6](#) gezeigt, erhalten wird, (b) zeigt einen Wafer unmittelbar nach dem PACE-Schritt in dem Vorgang zur Produktion von monokristallinen Halbleiterwafern mit Hochglanz-Oberfläche der vorliegenden Erfindung, in [Fig. 1](#) gezeigt, an, und (c) zeigt einen Wafer der vorliegenden Erfindung an, der allen in [Fig. 1](#) gezeigten Vorgängen der Erfindung unterzogen worden ist.

[0072] Die Wellenkomponente wurde wie folgt gemessen:

[0073] Eine optische Vorrichtung (WYKO Topo-3D™: hergestellt von WYKO) zum Messen der Oberflächenform unter Verwendung des Mirau-Interferometers wurde verwendet, um die Oberflächenrauheit des Bereichs von 250 µm × 250 µm zu messen. Das quadratische Mittel der Rauheit (quadratischer Mittelwert), das aus den Messungen berechnet wurde, wurde als eine Anzeige verwendet, die das Niveau der Welle zeigt.

[0074] Die Trübungs Komponente wurde unter Verwendung eines lichtstreuenden Partikelzählers (LS-6000: HITACHI ELECTRONICS ENGINEERING CO. LTD) in einem Modus zum Messen von Trübung gemessen.

[0075] Die Lebensdauer wurde wie folgt gemessen:

[0076] Die Oberfläche eines zu messenden Wafers wurde chemischer Passivierung unterzogen und die Lebensdauer der so verarbeitenden Oberfläche wurde durch eine Vorrichtung (LIFE-TECH-88R: hergestellt von Semitex) zum Messen einer Lebensdauer unter Verwendung einer Mikrowelle gemessen.

[0077] Wie aus [Fig. 2](#) ersichtlich ist, wurde wie bei einem herkömmlichen Wafer ein guter Wert hinsichtlich der Wellenkomponente der Oberflächenrauheit bei einem Wafer der vorliegenden Erfindung erhalten,

weil die Welle des Wafers unmittelbar nach dem PACE-Vorgang durch die Fertigpolierung beseitigt wurde.

[0078] Wie aus [Fig. 3](#) ersichtlich ist, wurde als nächstes wie bei einem herkömmlichen Wafer ein guter Wert hinsichtlich der Trübungs Komponente der Oberflächenrauheit bei einem Wafer der vorliegenden Erfindung erhalten, weil die Trübungs Komponente des Wafers unmittelbar nach dem PACE-Vorgang durch die Fertigpolierung beseitigt wurde.

[0079] Da der Wafer unmittelbar nach dem PACE-Schritt mehr Oberflächenschaden aufwies als ein herkömmlicher Wafer, versteht sich des Weiteren aus [Fig. 4](#), dass sich die Waferlebensdauer merkbar verschlechterte. Die Waferlebensdauer wurde jedoch durch Verwendung einer Wärmebehandlung wieder hergestellt. Es wurde ebenfalls herausgefunden, dass eine Temperatur von mindestens 400°C, im Allgemeinen mindestens 500°C, als Behandlungstemperatur wünschenswert ist, dass eine Temperatur unter 800°C angemessen ist, und dass, selbst wenn die Temperatur dieses Niveau überschreitet, kein weiterer Effekt erwartet werden kann.

[0080] Andererseits hatte ein Wafer der vorliegenden Erfindung, bei dem die Welle, die Trübung und der Oberflächenschaden (Lebensdauer) auf die oben beschriebene Weise verbessert worden waren, den gleichen Grad an Flachheit wie den in [Fig. 5B](#) gezeigten, und der durch den PACE-Schritt bereitgestellte hohe Grad an Flachheit wurde gehalten.

[0081] In der oben beschriebenen Ausführungsform sind flach zu machende Wafer Halbleitersiliziumwafer. Die Erfindung ist jedoch nicht hierauf beschränkt, und die vorliegende Erfindung kann auch auf Wafer anderer Halbleitermaterialien, wie beispielsweise Germanium, oder Verbindungshalbleitereinkristalle wie etwa GaAs, GaP und InP angewendet werden.

[0082] Des Weiteren ist in der oben beschriebenen Ausführungsform die Herstellung von monokristallinen Siliziumhalbleiterwafern mit Hochglanz-Oberfläche mit einem Durchmesser von 200 mm beschrieben worden. Die Erfindung ist jedoch nicht darauf beschränkt und kann auf die Herstellung von Wafern mit einem hohen Grad an Flachheit, die dadurch erhalten wird, dass Siliziumhalbleiter mit einem großen Durchmesser, die einen Durchmesser von 300 mm oder mehr oder 400 mm oder mehr aufweisen, dem PACE-Schritt unterzogen werden. In diesen Fällen können die gleiche Wirkung und gleiche Effekte ebenso erhalten werden. Die vorliegende Erfindung kann umgekehrt natürlich ebenfalls auf Wafer mit einem Durchmesser von 150 mm oder weniger angewendet werden.

[0083] Obwohl in der oben beschriebenen Ausführungsform

rungsform der PACE-Schritt als ein Beispiel des Gasphasenätzens verwendet wird, ist die vorliegende Erfindung des Weiteren nicht darauf beschränkt und kann auch in Fällen angewendet werden, in denen ein Wafer durch Gasphasenätzen zum Beispiel in dem Licht von hoher Intensität oder ein ultravioletter Laser als eine Erregungsquelle verwendet wird, flach gemacht wird. In diesen Fällen können die gleiche Wirkung und Effekte ebenso erhalten werden.

Patentansprüche

1. Ein Verfahren zum Herstellen eines monokristallinen Halbleiterwafers mit Hochglanz-Oberfläche, das mindestens die Schritte des Schneidens eines monokristallinen Halbleiterblocks, um einen dünnen, scheibenförmigen Wafer zu erhalten; des Abschrägens des Außenrands des Wafers, der durch den Schneideschritt erhalten wurde; des Läppens des abgeschrägten Wafers, um die Oberfläche des abgeschrägten Wafers flach zu machen; des Durchführens von Ätzen, um den Bearbeitungsschaden, der in der abgeschrägten und geläpten Waferoberfläche verbleibt, zu beseitigen; des Unterziehens der Oberfläche des geätzten Wafers einer Hochglanzoberflächenpolierung, wobei die Hochglanzoberflächenpolierung aus einem groben Hochglanzoberflächen-Poliervorgang und einem Hochglanzoberflächen-Fertigpoliervorgang besteht; und des Reinigens des hochglanzoberflächenpolierten Wafers beinhaltet, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Oberfläche des hochglanzoberflächenpolierten Wafers Gasphasenätzen unterzogen wird, um die Oberfläche des Wafers bis zu einem hohen Grad flach zu machen, und dadurch, dass der Schritt der Hochglanzoberflächenpolierung, der vor dem Schritt des Gasphasenätzens durchgeführt wird, nur den groben Hochglanzoberflächen-Poliervorgang beinhaltet, wobei der Hochglanzoberflächen-Fertigpoliervorgang nach dem Schritt des Gasphasenätzens und vor dem Schritt des Reinigens ausgeführt wird.

2. Verfahren zum Herstellen eines monokristallinen Halbleiterwafers mit Hochglanz-Oberfläche gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der grobe Hochglanzoberflächen-Poliervorgang, der dem Schritt des Gasphasenätzens vorausgeht, derart ausgeführt wird, dass der quadratische Mittelwert der Wellenkomponente einer Rauheit kleiner-gleich 0,5 nm wird.

3. Verfahren zum Herstellen eines monokristallinen Halbleiterwafers mit Hochglanz-Oberfläche gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Schritt des Gasphasenätzens und vor dem Schritt des Reinigens ein Wärmebehandlungsschritt ausgeführt wird.

4. Verfahren zum Herstellen eines monokristallinen Halbleiterwafers mit Hochglanz-Oberfläche ge-

mäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmebehandlungsschritt vor dem Hochglanzoberflächen-Fertigpoliervorgang ausgeführt wird.

5. Verfahren zum Herstellen eines monokristallinen Halbleiterwafers mit Hochglanz-Oberfläche gemäß Anspruch 3 oder Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmebehandlungsschritt 20 Minuten bis 2 Stunden lang bei einer Temperatur im Bereich von 400–800°C ausgeführt wird.

6. Verfahren zum Herstellen eines monokristallinen Halbleiterwafers mit Hochglanz-Oberfläche gemäß einem der Ansprüche 3–5, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmebehandlung eine Wärmebehandlung mit Donator-Annihilation ist.

7. Verfahren zum Herstellen eines monokristallinen Halbleiterwafers mit Hochglanz-Oberfläche gemäß einem der Ansprüche 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass der Halbleitermonokristall ein Siliziummonokristall ist.

8. Verfahren zum Herstellen eines monokristallinen Halbleiterwafers mit Hochglanz-Oberfläche gemäß einem der Ansprüche 1–7, dadurch gekennzeichnet, dass das Gasphasenätzen plasmagestütztes chemisches Ätzen ist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

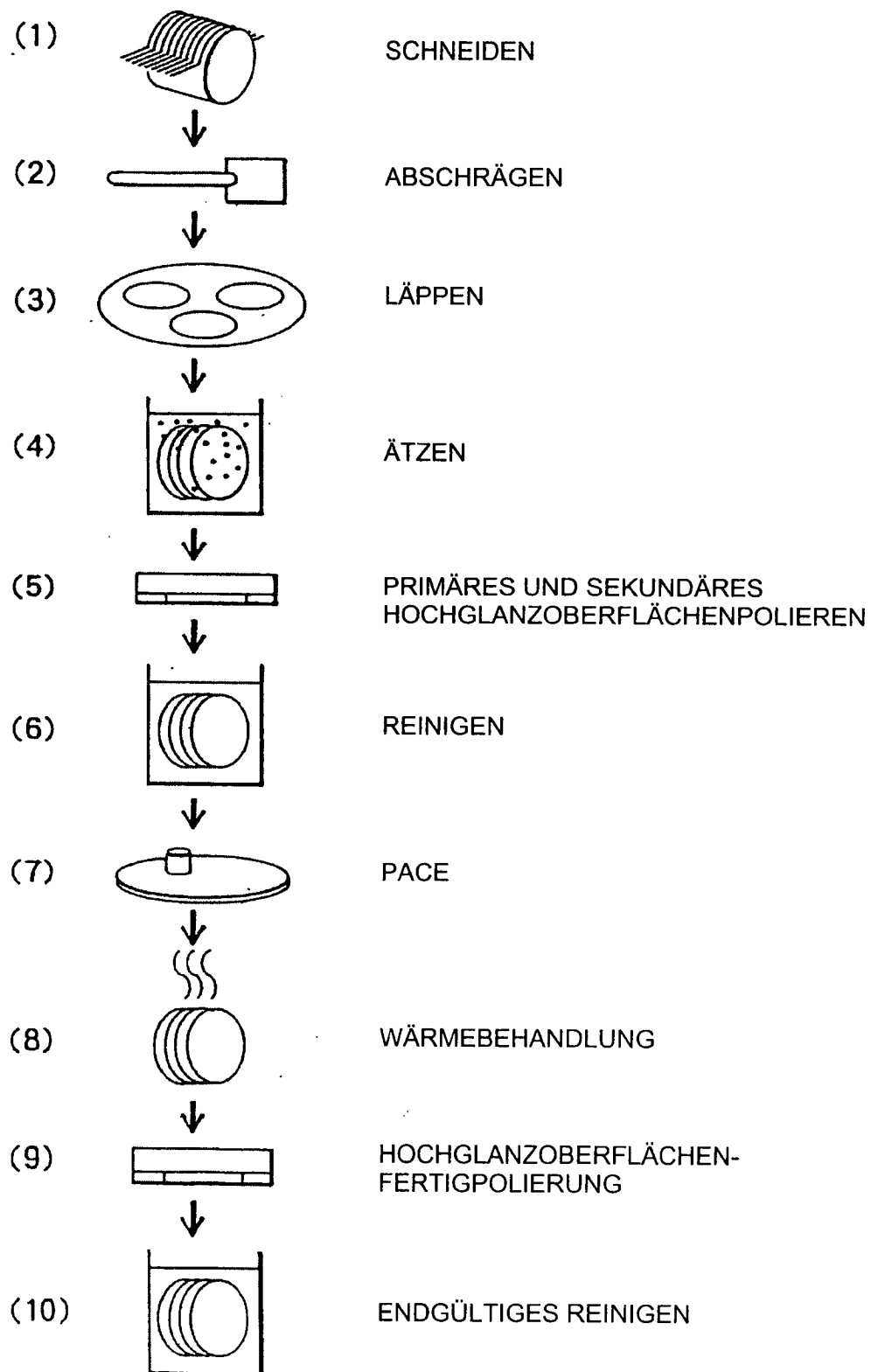


FIG. 2

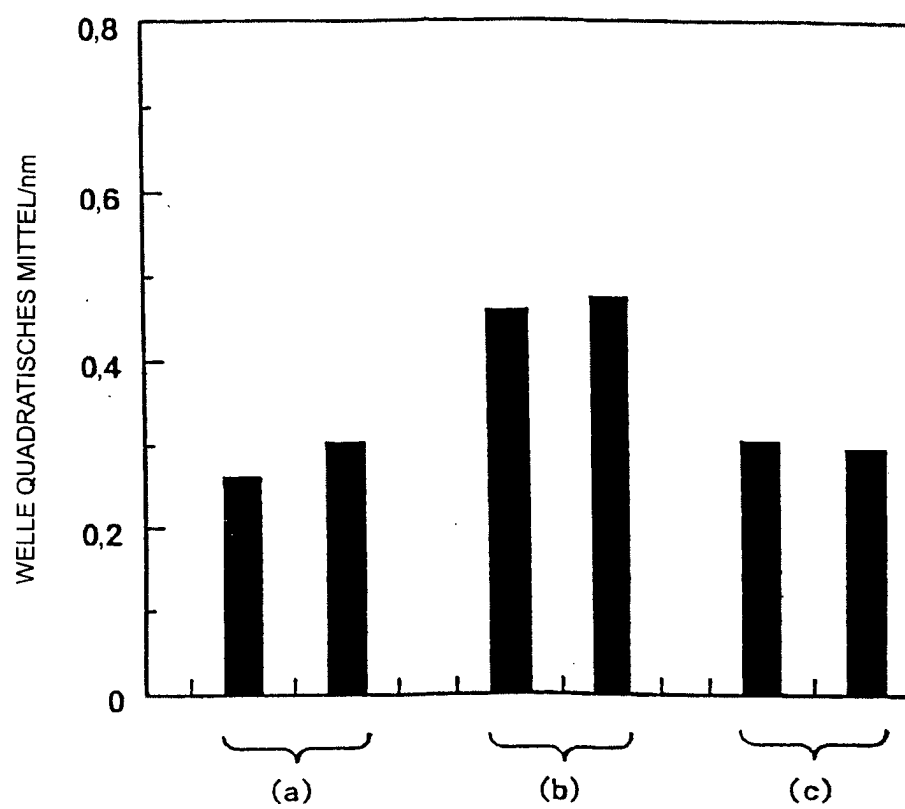


FIG. 3

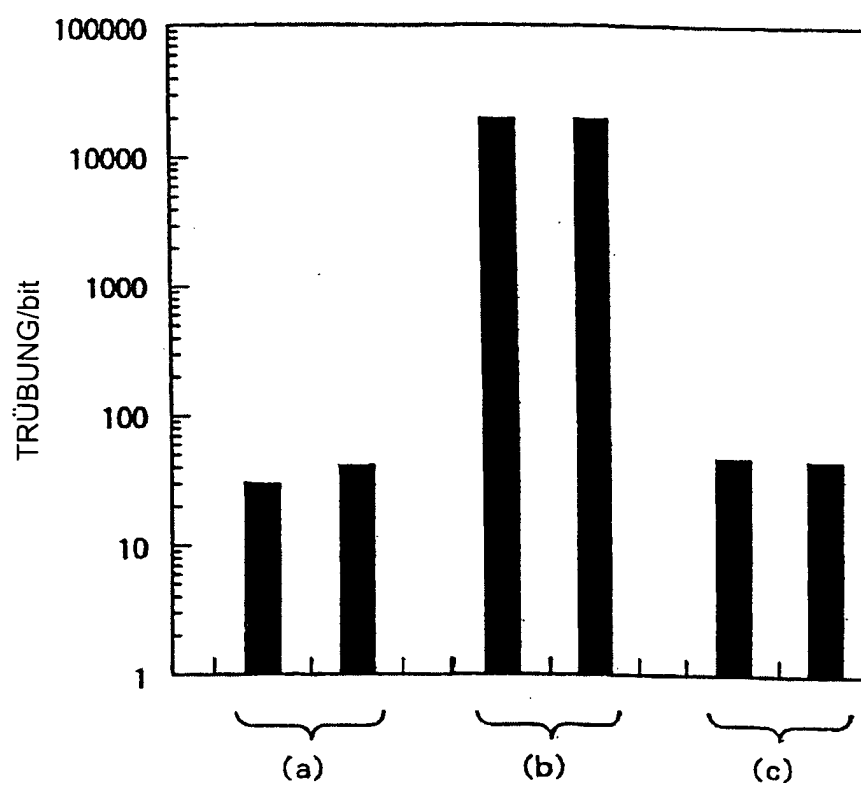


FIG. 4

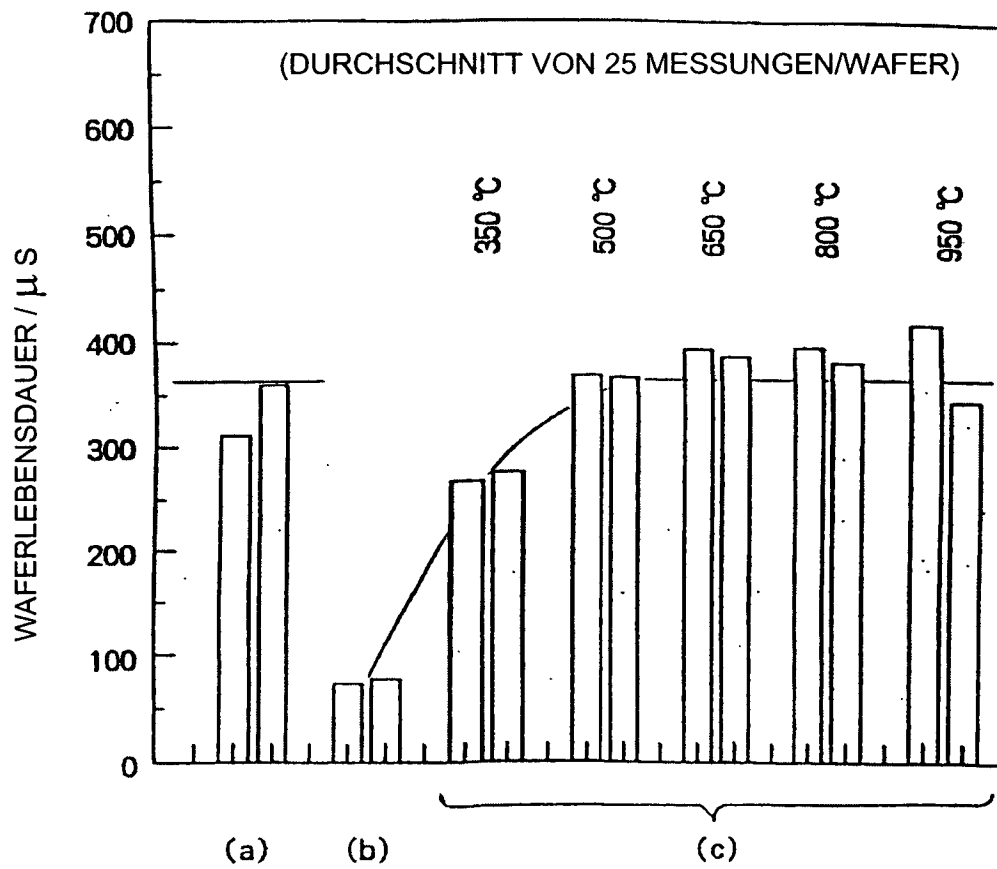


FIG. 5A

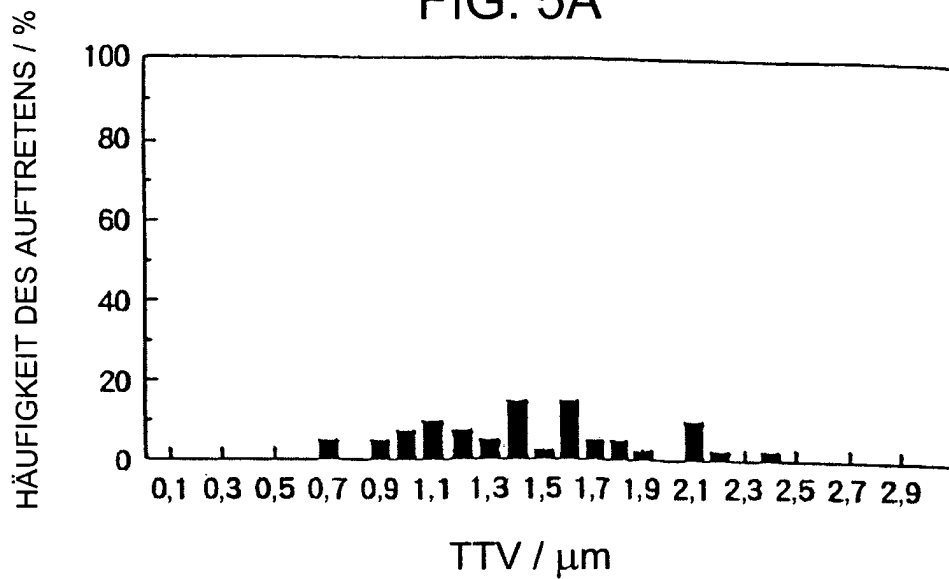


FIG. 5B

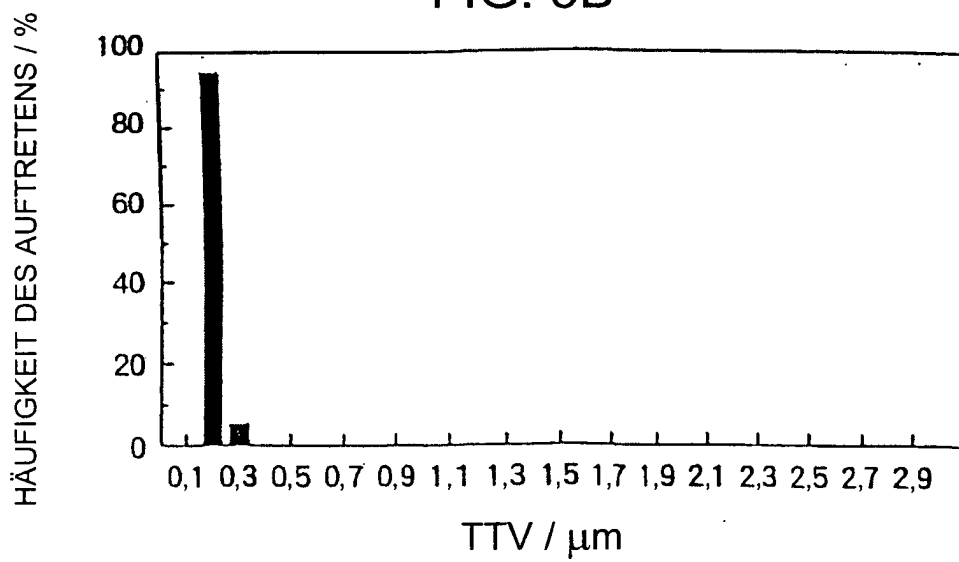


FIG. 6
STAND DER TECHNIK

