



(10) **DE 10 2017 113 290 B3** 2018.12.13

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 113 290.2**
(22) Anmeldetag: **16.06.2017**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **13.12.2018**

(51) Int Cl.: **H01L 21/66 (2006.01)**
H01L 21/68 (2006.01)
H01L 23/544 (2006.01)
G01N 21/41 (2006.01)
G01N 21/55 (2014.01)

Innerhalb von neun 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:
Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, dieses vertreten durch den Präsidenten der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, 38116 Braunschweig, DE; Technische Universität Braunschweig, 38106 Braunschweig, DE; Winter, Sven-Martin, 38106 Braunschweig, DE

(72) Erfinder:
Bütefisch, Sebastian, Dr., 38229 Salzgitter, DE; Weimann, Thomas, Dr., 38159 Vechelde, DE; Dietzel, Andreas, Prof. Dr., 38104 Braunschweig, DE; Winter, Sven-Martin, 38106 Braunschweig, DE

(74) Vertreter:
Gramm, Lins & Partner Patent- und Rechtsanwälte PartGmbB, 38122 Braunschweig, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:
DE 196 09 399 C2

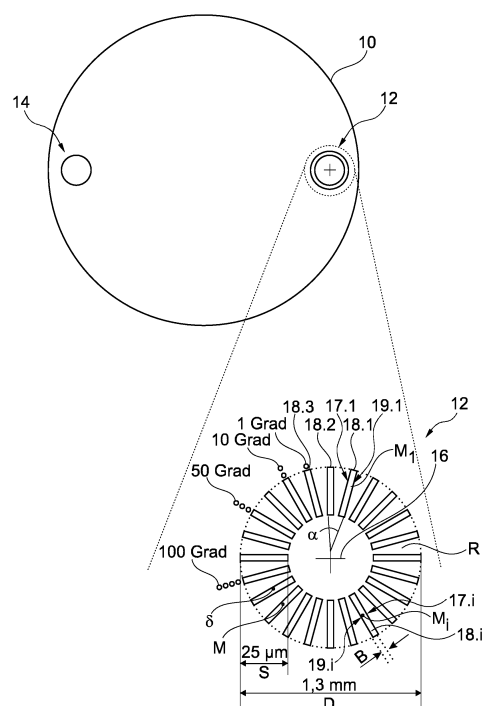
(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Bestimmung einer Kristallrichtung eines Wafers**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer Kristallrichtung (K) eines Wafers (10), mit den Schritten:

(a) anisotropes Ätzen einer Vielzahl an gleichen Strukturen (18.i) in eine Oberfläche des Wafers (10) und
(b) Ermitteln der Kristallrichtung (K) des Wafers (10) anhand von Abweichungen, die durch die Anisotropie des Ätzens bedingt sind,

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass
(c) die Strukturen (18.i) je zwei Kanten (17.i, 19.i) aufweisen, die so zueinander angeordnet sind, dass sie eine Lichtbrechung bewirken, und dass
(d) das Ermitteln der Kristallrichtung (K)

- ein Bestrahlen mit Licht (26) und
- ein lokales Erfassen der jeweiligen Farbe (F) des reflektierten Lichts umfasst.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer Kristallrichtung eines Wafers, mit den Schritten (a) anisotropes Ätzen einer Vielzahl an gleichen Strukturen in eine Oberfläche des Wafers und (b) Ermitteln der Kristallrichtung des Wafers anhand von Abweichungen der Strukturen - voneinander oder von einer Ausgangsstruktur - nach dem Ätzen, die durch die Anisotropie des Ätzens bedingt sind. Bei der Herstellung von Halbleiterbauteilen, beispielsweise von integrierten Schaltkreisen, die auch als Chips bekannt sind, ist es wichtig, dass der Wafer mit einer hohen Genauigkeit zu den Beleuchtungsmasken ausgerichtet wird, die zur Herstellung der Nutzstruktur auf dem Halbleiterbauteil verwendet werden. Unter einer genauen Ausrichtung ist zu verstehen, dass die Kristallrichtung des Wafers mit einer vorgegebenen Soll-Richtung, die von der entsprechenden Bearbeitungsmaschine vorgegeben ist, möglichst genau übereinstimmt.

[0002] Aus dem Stand der Technik ist bekannt, eine geätzte Teststruktur auf den Wafer aufzubringen, um die Kristallrichtung des Wafers mit besonders hoher Genauigkeit festzustellen. In anderen Worten wurde zunächst eine Teststruktur mit einem Verfahren geätzt, mit dem in einem nachfolgenden Schritt die eigentliche Nutzstruktur geätzt wird. Bei diesem Ätzen handelt es sich um anisotropes Ätzen, das heißt, dass der Ätzfortschritt stark von der Kristallrichtung abhängig ist. Die am weitesten verbreitete Methode zur Bestimmung der winkelabhängigen Ätzrate in Silizium verwendet den sogenannten Siemensstern oder wagon wheel. Dabei handelt es sich um eine Struktur aus radial auf einen gemeinsamen Zentralpunkt zu orientierten, spitz zulaufenden Speichen. Der Siemensstern ähnelt daher einer in kleine Stücke geschnittenen Torte. Die einzelnen Strukturelemente, die eine tortenstückähnliche Form haben, werden bei der nachfolgenden anisotropen Ätzung je nach Kristallorientierung unterschiedlich stark unterätzt. Zur Bestimmung der richtungsabhängigen Ätzrate wird der Grad der Unterätzung der jeweiligen Speiche, also der jeweiligen tortenstückförmigen Struktur, vermessen. Der Vorteil des Siemenssterns besteht darin, dass der in der Regel sehr kleine Unterätzungsrand nicht vermessen werden muss. Da nämlich die einzelnen Speichen zur Mitte hin spitz zulaufen, verkürzt sich die Länge der Speichen radialer Richtung umso mehr, je größer die Unterätzung ist. Die Speiche mit der größten radialen Länge verläuft daher in Kristallrichtung.

[0003] Aus der DE 196 09 399 C2 ist ein Verfahren zum Bestimmen der Kristallorientierung in einem Wafer bekannt, bei dem eine Ätzmaske mit länglichen Maskenöffnungen auf einen Wafer aufgebracht wird. Durch die Ätzöffnungen erfolgt dann ein Ätzen des Wafers, wobei in Abhängigkeit von der Orientierung

der Maskenöffnungen unterschiedlich starke Unterätzungen auftreten. Durch Bestrahlen der Ätzmaske mit Licht kann anhand der unterschiedlich starken Reflektionen an der Ätzmaske die Kristallorientierung bestimmt werden.

[0004] Nachteilig an bekannten Verfahren zur Bestimmung der Kristallrichtung ist, dass sie relativ ungenau sind. Nachteilig ist zudem, dass eine Automatisierung schlecht möglich ist.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Bestimmung der Kristallrichtung eines Wafers zu verbessern.

[0006] Die Erfindung löst das Problem durch ein gattungsgemäßes Verfahren, bei dem die Strukturen je zwei Kanten aufweisen, die so zueinander angeordnet sind, dass sie eine Lichtbrechung bewirken und dass das Ermitteln der Kristallrichtung ein Bestrahlen mit Licht und ein lokales Erfassen der jeweiligen Farbe des reflektierenden Lichts umfasst.

[0007] Vorteilhaft an der Erfindung ist, dass die Kristallrichtung mit sehr hoher Genauigkeit bestimmt werden kann. Es kommt daher zu einer besonders geringen Unterätzung im nachfolgenden Produktionsprozess. Das erlaubt die Herstellung besonders feiner Strukturen und damit eine weitere Miniaturisierung von integrierten Schaltkreisen.

[0008] Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist, dass die Bestimmung der Kristallrichtung des Wafers weitgehend automatisiert werden kann.

[0009] Im Rahmen der vorliegenden Beschreibung wird unter dem Merkmal, dass die Strukturen je zwei Kanten aufweisen, insbesondere verstanden, dass es selbstverständlich möglich ist, dass die Strukturen mehr als zwei Kanten aufweisen, dass aber zumindest zwei Kanten vorhanden sind, die zu einer messbaren Lichtbrechung führen.

[0010] Besonders günstig ist es, wenn die Strukturen stegförmig sind. Unter einer stegförmigen Struktur wird insbesondere eine Struktur verstanden, die zumindest abschnittsweise in so guter Näherung im Querschnitt rechteckig ist, dass die Lichtbrechung am radial einwärtigen Ende sich von der Lichtbrechung am radialen auswärtigen Ende nicht so stark unterscheidet, als dass dies die Auswertung beeinflusst.

[0011] Bei den Strukturen kann es sich um Vorsprünge oder Nuten handeln. Ein Vorsprung springt über eine Ausgleichsebene, entlang der sich die Oberfläche des Wafers erstreckt, hervor. Eine Nut ist in die Oberfläche des Wafers hineingeätzt und springt hinter die Ausgleichsebene zurück. Der Vorsprung könnte auch als positiver Steg bezeichnet

werden, die Nut könnte auch als negativer Steg bezeichnet werden.

[0012] Unter dem Merkmal, dass gleiche Strukturen geätzt werden, wird insbesondere verstanden, dass die einzelnen Strukturen im mathematischen Sinne identisch sein können, das ist aber nicht notwendig. Insbesondere ist es möglich, dass sich die einzelnen Strukturen voneinander unterscheiden, solange dies die Auswertung nicht beeinflusst. Es handelt sich in anderen Worten um eine Gleichheit im technischen Sinne. In wiederum anderen Worten sind die Strukturen so ausgebildet, dass beim Bestrahlen der Strukturen mit Licht nach dem anisotropen Ätzen das reflektierte Licht sich in seiner Farbe in Abhängigkeit davon unterscheidet, wie die jeweilige Struktur relativ zur Kristallrichtung ausgerichtet ist und dadurch beim anisotropen Ätzen verändert wurde.

[0013] Es ist möglich, dass die Strukturen Teile von größeren Strukturen sind, die insbesondere keine technische Wirkung haben. Beispielsweise ist es möglich, dass die Struktur nicht-rechteckige Bereiche aufweist, die einen Einfluss auf das Licht haben, der aber beim Ermitteln der Kristallrichtung nicht maßgeblich ist.

[0014] Benachbarte Strukturen haben vorzugsweise einen Winkelversatz zueinander. Besonders günstig ist es, wenn dieser Winkelversatz zwischen zwei benachbarten Strukturen gleich ist. In anderen Worten existiert ein Versatzwinkel zwischen zwei benachbarten Strukturen. Das erlaubt eine besonders einfache Aufbringung der Strukturen und eine einfache Ermittlung in der Kristallrichtung.

[0015] Vorzugsweise wird Licht verwendet, dessen Kohärenzlänge so groß ist, dass die Lichtbrechung an den zwei Kanten der Strukturen auftritt. Insbesondere werden die Strukturen so mit Licht bestrahlt, dass stets beide Kanten vom Licht getroffen werden.

[0016] Bei dem Licht handelt es sich vorzugsweise um sichtbares Licht. Es ist aber auch möglich, dass es sich um Infrarot- und/oder UV-Licht handelt oder dass das Licht Infrarot- und/oder Ultraviolett-Anteile enthält.

[0017] Bei dem Wafer handelt es sich insbesondere um einen Siliziumwafer, einen Silizium-Germanium-Wafer oder einen Galliumarsenid-Wafer.

[0018] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst der Schritt des Ermitteln der Kristallrichtung den Schritt eines Ermitteln eines lokalen Extremums einer Lichteigenschaft in Form der Farbe des reflektierten Lichts. Der Verlauf der Farbe, der Wellenlänge oder der Intensität ist in der Regel spiegelsymmetrisch bezüglich einer - nämlich der gesuchten - Kristallebene. In der Kristallebene ist die Unterätzung

minimal. Das heißt, dass bei der Struktur, in der das lokale Maximum der Lichteigenschaft auftritt, die minimale Unterätzung aufgetreten ist und sich die Struktur daher entlang der Kristallrichtung erstreckt. Das ist in aller Regel diejenige Kristallrichtung, die für den nachfolgenden Bearbeitungsprozess relevant ist. Je nach Unterätzung ändert sich nämlich das Verhältnis der Strukturbreite zum Abstand benachbarter Strukturen. Das verändert die Intensität des reflektierten Lichts, wenn monochromatisches Licht eingestrahlt wird. Wird weißes Licht eingestrahlt, verändert sich die Farbe des reflektierten Lichts.

[0019] Das Licht ist nicht-monochromatisch. Besonders günstig ist, wenn das Licht ein kontinuierliches Spektrum aufweist. Als besonders geeignet hat sich Weißlicht herausgestellt. Das erleichtert die Feststellung, an welcher Stelle entlang der Strukturen die Farbe des reflektierten Lichts ein lokales Extremum durchläuft.

[0020] Vorzugsweise umfasst das Verfahren die Schritte eines Ausrichtens des Wafers anhand der ermittelten Kristallrichtung und eines Ätzens einer Nutzstruktur, die sich zumindest abschnittsweise in Kristallrichtung erstreckt. Insbesondere beträgt eine Äztiefe zumindest 1 µm. Insbesondere ist ein Verfahren zum Herstellen einer integrierten Schaltung, insbesondere eines Halbleiterchips, erfindungsgemäß.

[0021] Besonders günstig ist es, wenn (a) die Strukturen Stege sind, (b) ein Mittelpunktabstand der geometrischen Mittelpunkte benachbarter Stege und eine Stegbreite so gewählt sind, dass von den Stegen reflektiertes Licht an einer Kristallrichtungs-Stelle, an der sich die Stege entlang einer Kristallrichtung erstrecken, eine erste Farbe hat und an einer Neben-Stelle, an der die Stege sich entlang der Kristallrichtung erstrecken, eine von der ersten Farbe verschiedene zweite Farbe hat, wobei (c) das Ermitteln der Kristallrichtung ein Bestimmen der Farben umfasst. Das Bestimmen der Farbe ist insbesondere ein Bestimmen der Wellenlänge des Lichts oder der Frequenz des Lichts oder eines Messwerts, der eine dieser Größen beschreibt.

[0022] An den Neben-Stellen wird die Struktur so stark unterätzt, dass sich die Reflexionsbedingungen für das Licht gegenüber den Stegen in der Kristallrichtungs-Stelle ändern. Das führt zu unterschiedlichen Farben des reflektierten Lichts. Diese Farben können einfach im Rahmen eines erfindungsgemäßen Verfahrens automatisiert erfasst werden. Aus der Farbe des reflektierten Lichts kann dann ermittelt werden, ob sich der entsprechende Steg entlang der Kristallrichtung erstreckt oder nicht.

[0023] Vorzugsweise beträgt der Mittelpunktabstand höchstens 2000 nm und zumindest 200 nm. Günstig ist, wenn die Strukturbreite höchstens 2000 nm und

zumindest 200 nm beträgt. Die Strukturbreite ist der mittlere Abstand der beiden Kanten.

[0024] Eine besonders einfache Anordnung ergibt sich, wenn die Stege entlang eines Rings angeordnet sind. Besonders günstig ist es, wenn sich die Stege mit ihren jeweiligen Längsrichtungen in radialer Richtung bezüglich eines gemeinsamen Zentralpunktes erstrecken. In anderen Worten verlaufen die Stege mit ihren Längsrichtungen auf den gemeinsamen Zentralpunkt zu. Besonders günstig ist es, wenn die Strukturen eine Drehsymmetrie aufweisen. Das heißt, dass eine Drehung des Wafers um den Zentralpunkt und um einen vorgegebenen Versatzwinkel dazu führt, dass die Gesamtheit der Strukturen aufeinander abgebildet wird. Der Versatzwinkel beträgt beispielsweise höchstens eine Winkelminute, vorzugsweise höchstens 10 Winkelsekunden.

[0025] Vorzugsweise ist der Ring geschlossen und überall konvex berandet. Bei dem Ring kann es sich um einen Kreisring handeln, das ist aber nicht notwendig. Denkbar ist beispielsweise auch, dass der Ring oval ist.

[0026] Das Ausrichtmuster ist vorzugsweise benachbart zu einem Rand des Wafers angeordnet. Dort beeinflusst es die nachfolgenden Arbeitsvorgänge besonders wenig.

[0027] Im Folgenden wird die Erfindung anhand der beigefügten Zeichnungen erläutert. Dabei zeigt

Fig. 1 schematisch einen Wafer mit einer Ausrichtstruktur zum Durchführen eines erfindungsgemäßen Verfahrens und

Fig. 2 eine Detailansicht des Ausrichtmusters nach dem Ätzen sowie die Lichtfarbe von reflektiertem Licht im Bereich der (111)-Kristallrichtung.

Fig. 3 zeigt schematisch eine Wafer-Ausrichtmaschine zum Durchführen eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0028] **Fig. 1** zeigt eine schematische Ansicht auf einen Wafer **10** in Form eines Siliziumwafers, der ein erstes Ausrichtmuster **12** und ein zweites Ausrichtmuster **14** aufweist. Das erste Ausrichtungsteil **12** umfasst ein Passkreuz **16** (vergleiche Vergrößerung unten im Bild) sowie eine Vielzahl an gleichen Strukturen **18.1**, **18.2**, ..., die im vorliegenden Fall durch Stege getrennt sind. Jeder Steg **18.i** ($i = 1, 2, \dots, N$) besitzt einen Mittelpunkt M_i und hat eine erste Kante **17.i** und eine zweite Kante **19.i**. In **Fig. 1** sind die Kanten **17.1** und **19.1** des ersten Stegs **18.1** eingezeichnet.

[0029] Eine Strukturbreite **B**, die dem mittleren Abstand der Kanten **17.i** und **19.i** eines Stegs **18.i** ent-

spricht, beträgt im vorliegenden Fall $B = 300$ nm. Ein Mittelpunktabstand $\delta_M = |M_i - M_{i-1}|$ beträgt im vorliegenden Fall $\delta_M = 600$ nm.

[0030] Die Strukturen **18.i** in Form der Stege erstrecken sich entlang ihrer Längsrichtungen L_i . Zwischen den Längsrichtungen L_i zweier benachbarter Strukturen, also zwischen L_i und L_{i-1} beziehungsweise L_i und L_{i+1} ist ein Versatzwinkel α gebildet, der beispielsweise 10 Winkelsekunden beträgt. Die Zahl **N** der Stege beträgt damit $N = 129\,600$.

[0031] Die Strukturen **18.i** sind entlang eines gedachten Ringes **R** angeordnet. Die Längsrichtungen L_i treffen sich in einem Zentralpunkt **Z**, der im vorliegenden Fall dem Mittelpunkt des Rings **R** entspricht. Das Passkreuz **16** ist, was eine bevorzugte Ausführungsform darstellt, so angeordnet, dass es den Zentralpunkt **Z** markiert. Mit anderen Worten wirkt es als Fadenkreuz für den Zentralpunkt **Z**.

[0032] Das Ausrichtungsmuster **12** wird beispielsweise dadurch aufgebracht, dass - wie bei nass-chemischen Verfahren üblich - zunächst eine Maske aufgeschleudert wird, die dann mit einem Negativ des Ausrichtmusters **12** belichtet wird, sodass das Maskenmaterial im Bereich des Ausrichtmusters **12** nicht aushärtet. Danach wird dieses nicht ausgehärtete Maskenmaterial entfernt und das Ausrichtmuster **12** beispielsweise mit KOH-Lösung in den Wafer **10** geätzt.

[0033] Es sei darauf hingewiesen, dass in **Fig. 1** die Länge **S** der Strukturen **18.i** in Richtung der jeweiligen Längsrichtungen L_i vergrößert dargestellt ist. Tatsächlich beträgt die Länge **S** = 25 μm . Vorzugsweise liegt die Länge **S** zwischen 10 μm und 250 μm .

[0034] Ein Durchmesser **D** des Rings **R** beträgt im vorliegenden Fall **D** = 1,3 mm. Der Durchmesser **D** liegt vorzugsweise zwischen 0,5 mm und 4,0 mm.

[0035] **Fig. 2** zeigt oben eine maßstabsgerechte Darstellung des Rings **R**, entlang dem sich die Struktur **18.i** erstrecken. Im unteren Bildteil ist eine REM-Aufnahme der Strukturen **18.i** gezeigt. Im unteren Abschnitt ist eine schematische Darstellung eingezeichnet, die aus einer lichtmikroskopischen Aufnahme gewonnen wurde. Die lichtmikroskopische Aufnahme zeigt reflektiertes Licht, wenn das Ausrichtmuster **12** mit weißem Licht bestrahlt wird. Es ist zu erkennen, dass die reflektierte Farbe **F** des Lichts im Bereich der Stege **18.1**, ..., **18.5** rot ist. Der Farbverlauf ist symmetrisch zum Steg **18.1**. Aus diesen Positionen einerseits sowie dem Zentralpunkt **Z** andererseits, der insbesondere mittels des Passkreuzes **16** ermittelt werden kann, kann die Lage der (111)-Kristallebene des Siliziumwafers hochgenau bestimmt werden.

[0036] Fig. 3 zeigt schematisch eine Wafer-Ausrichtmaschine 20, die eine Waferaufnahme 22 und eine Lichtquelle 24 aufweist. Die Lichtquelle 24 ist ausgebildet zum Beleuchten des Wafers mit Licht 26. Das Licht 26 ist vorzugsweise Weißlicht. Die Wafer-Ausrichtmaschine 20 besitzt einen Lichtdetektor 28 zum Erfassen.

[0037] Dieser kann beispielsweise durch eine Kamera gebildet sein. Alternativ kann Lichtdetektor 28 eine oder mehrere farbsensitive punktförmige Fotoelektroden handeln.

[0038] Die Waferaufnahme 22 ist mittels einer schematisch eingezeichneten Positioniervorrichtung 30 relativ zum Lichtdetektor 28 und/oder zur Lichtquelle 24 bewegbar. Die Positioniervorrichtung ist mit einer Auswerteeinheit 32 verbunden, die zudem mit dem Lichtdetektor 28 und optional mit der Lichtquelle 24 verbunden ist. Die Lichtquelle 24 ist so eingerichtet, dass sie das Ausrichtmuster 12 beleuchtet. Der Lichtdetektor 28 erfasst von dem Ausrichtmuster 12 reflektiertes Licht 26' und damit die Position, an der die Wellenlänge 28 einen vorgegebenen Wert erreicht, insbesondere den Ort, an dem die Wellenlänge λ maximal ist.

[0039] Die Auswerteeinheit 32 ist ausgebildet zum Berechnen der Kristallrichtung K aus diesen Positionen und zum Ansteuern der Positioniervorrichtung 30 so, dass die Kristallrichtung K auf eine vorgegebene Weise relativ zur Wafer-Ausrichtmaschine 20 verläuft.

[0040] Selbstverständlich ist es in aller Regel nicht der alleinige Zweck der Wafer-Ausrichtmaschine, den Wafer 10 auszurichten. Die Wafer-Ausrichtmaschine ist daher insbesondere zusätzlich dazu ausgebildet, zumindest einen Schritt eines Verfahrens zur Herstellung eines integrierten Schaltkreises auf den Wafer 10 durchzuführen. Beispielsweise umfasst die Wafer-Ausrichtmaschine 20 eine Vorrichtung zum Belichten des Wafers 10 und eine entsprechende Belichtungsmaske. Die Wafer-Ausrichtmaschine 20 kann dann auch als Wafer-Bearbeitungsmaschine bezeichnet werden, die eine Wafer-Ausrichtvorrichtung aufweist.

Bezugszeichenliste

| | |
|----|------------------------|
| 10 | Wafer |
| 12 | Ausrichtmuster |
| 14 | zweites Ausrichtmuster |
| 16 | Passkreuz |
| 17 | erste Kante |
| 18 | Struktur, Steg |
| 19 | zweite Kante |

| | |
|------------|----------------------------------|
| 20 | Wafer-Ausrichtmaschine |
| 22 | Waferaufnahme |
| 24 | Lichtquelle |
| 26 | Licht |
| 28 | Lichtdetektor |
| 30 | Positioniervorrichtung |
| α | Versatzwinkel |
| λ | Farbe, Wellenlänge |
| δ_M | Mittelpunktabstand |
| B | Strukturbreite |
| D | Durchmesser |
| F | Farbe |
| i | Laufindex der Struktur |
| K | Kristallrichtung |
| L_i | Längsrichtung der i-ten Struktur |
| M_i | Mittelpunkt |
| N | Zahl der Stege |
| R | Ring |
| S | Länge |
| Z | Zentralpunkt |

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung einer Kristallrichtung (K) eines Wafers (10), mit den Schritten:

(a) anisotropes Ätzen einer Vielzahl an gleichen Strukturen (18.i) in eine Oberfläche des Wafers (10) und

(b) Ermitteln der Kristallrichtung (K) des Wafers (10) anhand von Abweichungen, die durch die Anisotropie des Ätzens bedingt sind,

dadurch gekennzeichnet, dass

(c) die Strukturen (18.i) je zwei Kanten (17.i, 19.i) aufweisen, die so zueinander angeordnet sind, dass sie eine Lichtbrechung bewirken, und dass

(d) das Ermitteln der Kristallrichtung (K)

- ein Bestrahlen mit Licht (26) und

- ein lokales Erfassen der jeweiligen Farbe (F) des reflektierten Lichts umfasst.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** die Schritte:

- Ausrichten des Wafers (10) anhand der ermittelten Kristallrichtung (K) und

- Ätzen einer Nutzstruktur, die sich zumindest abschnittsweise in Kristallrichtung (K) erstreckt.

3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass

(a) die Strukturen Stege (18.i) sind,

(b) ein Mittelpunktabstand (δ_M) der geometrischen Mittelpunkte (M_i) benachbarter Stege (18.i) und eine Stegbreite (B) so gewählt werden, dass von den Stegen (18) reflektiertes Licht

- an einer Kristallrichtungs-Stelle, an der sich die Stege (18) entlang einer Kristallrichtung (K) erstrecken, eine erste Farbe hat und

- an einer Neben-Stelle, an der sich die Stege (18) nicht entlang der Kristallrichtung (K) erstrecken, eine von der ersten Farbe verschiedene zweite Farbe hat und

(c) das Ermitteln der Kristallrichtung (K) ein Bestimmen der Farbe umfasst.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mittelpunktabstand (δ_M) höchstens 2000 nm und zumindest 200 nm beträgt.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Strukturbreite (B) höchstens 2000 nm und zumindest 200 nm beträgt.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stege (18) entlang eines Rings (R) angeordnet sind.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die Stege (18) mit ihren jeweiligen Längsrichtungen in radialer Richtung bezüglich eines gemeinsamen Zentrums (Z) erstrecken.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

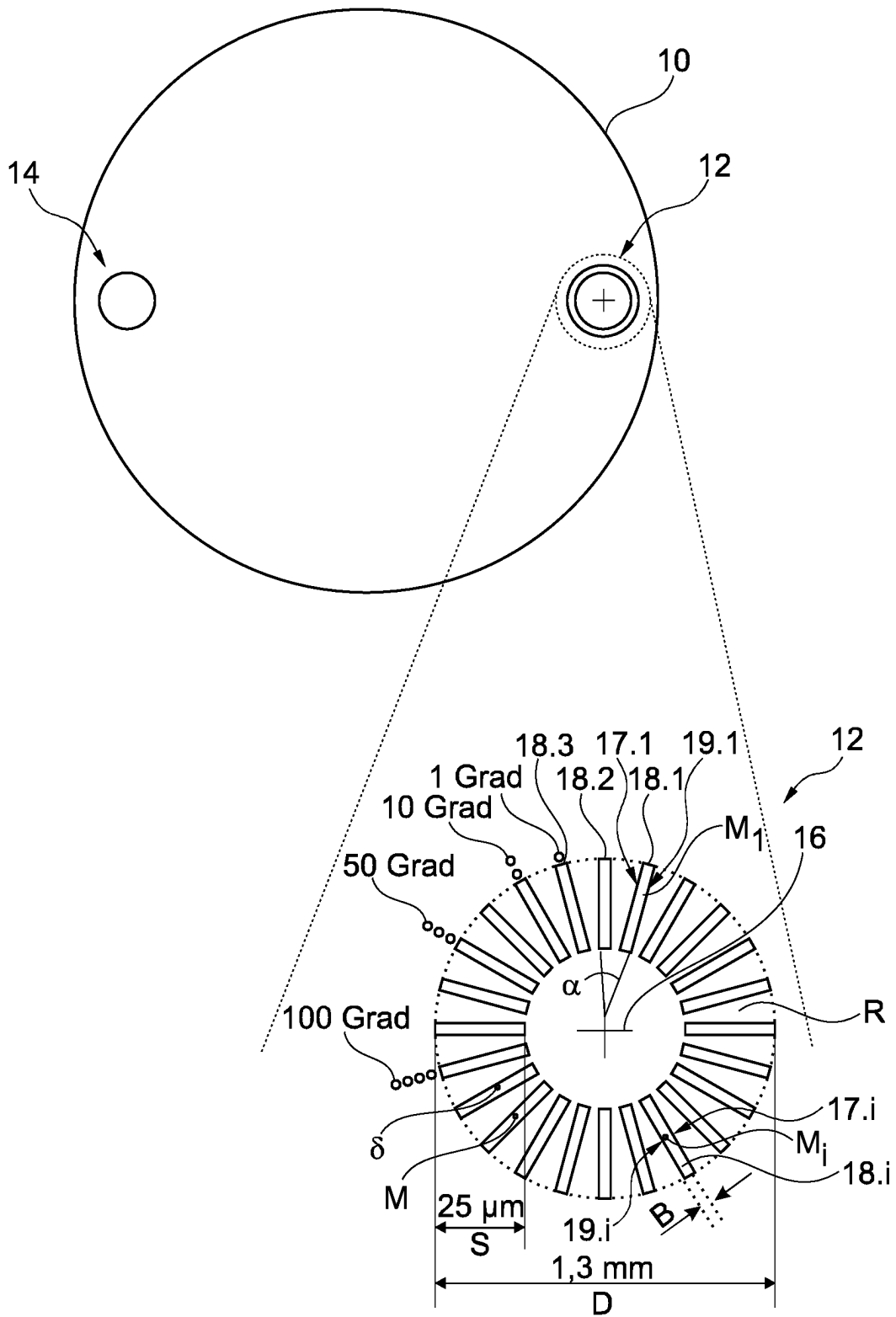


Fig. 1

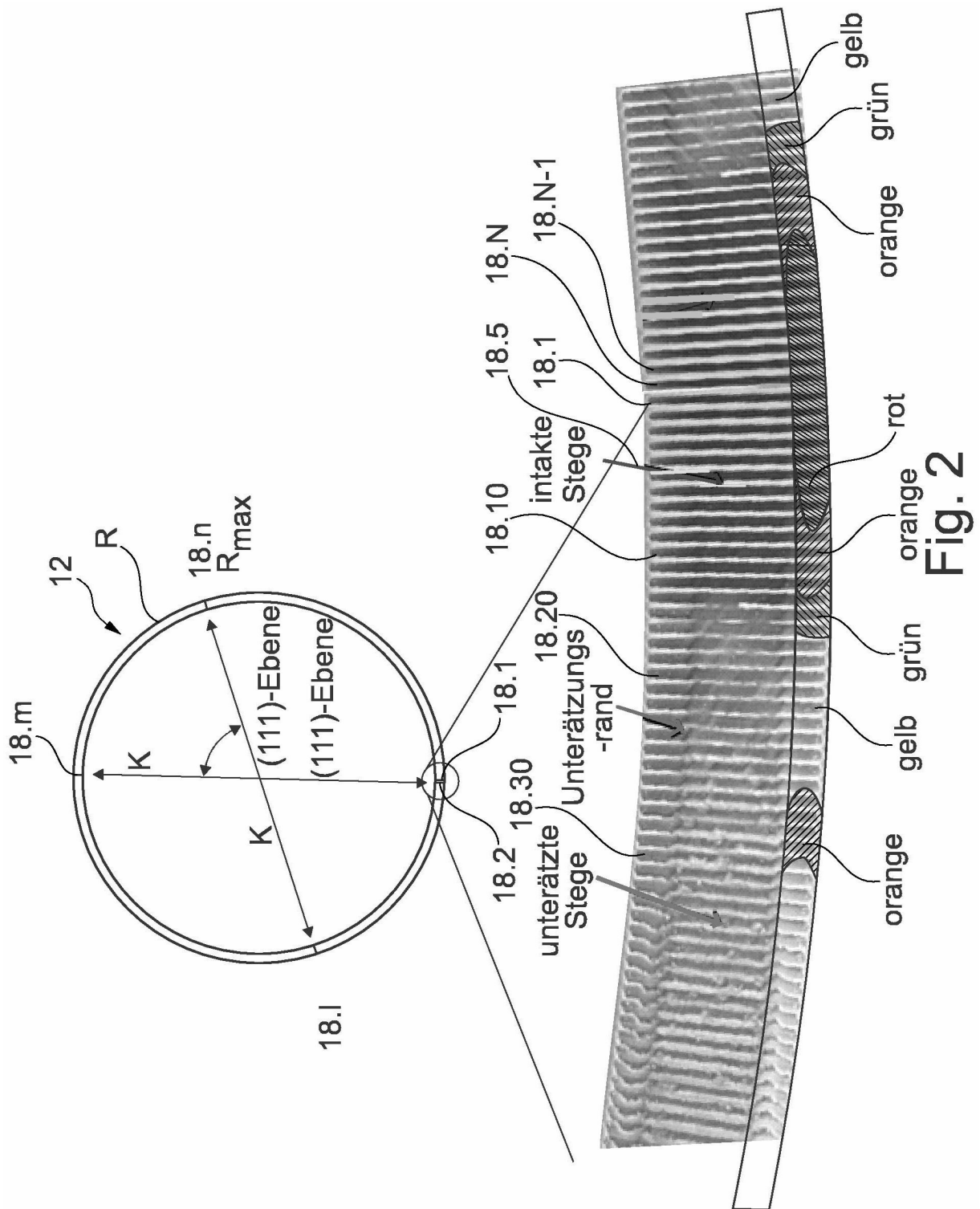


Fig. 2

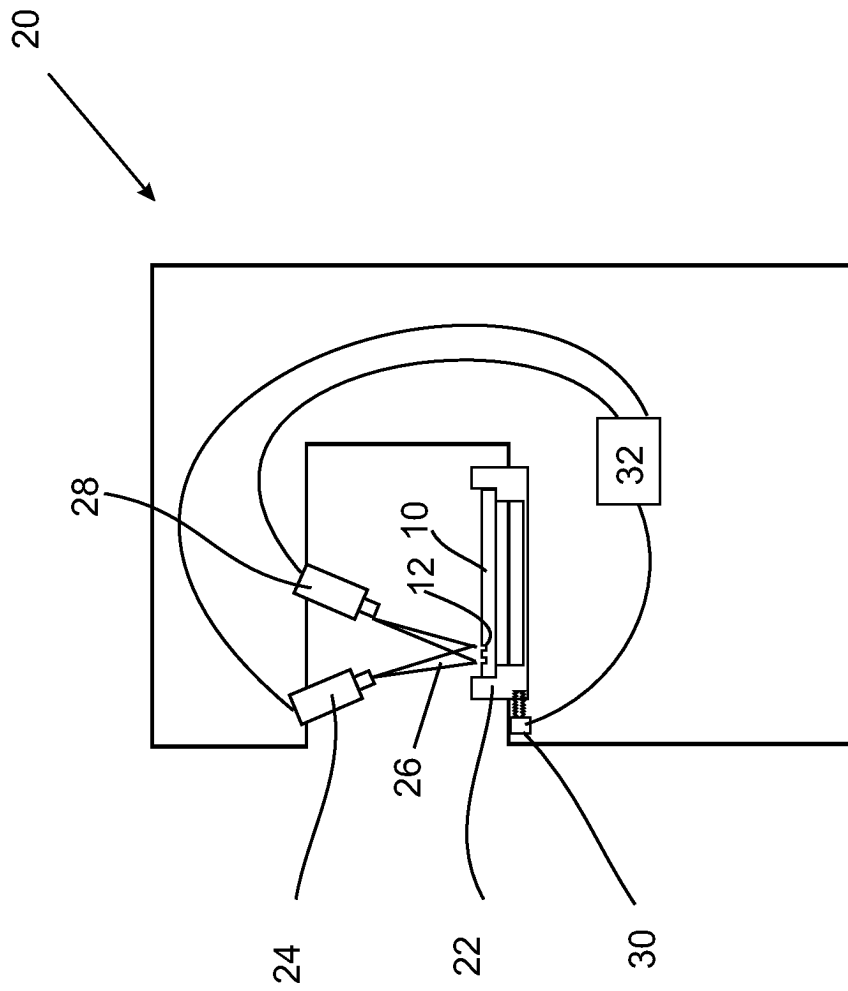


Fig. 3