



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/188514**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2022 006 665.2**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2022/041912**
(86) PCT-Anmeldetag: **10.11.2022**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **05.10.2023**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **12.12.2024**

(51) Int Cl.: **H03H 9/25 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:
2022-056518 30.03.2022 JP

(72) Erfinder:
**Ito, Yuki, Nagoya-shi, Aichi, JP; Takahashi, Taishi,
Nagoya-shi, Aichi, JP**

(71) Anmelder:
NGK INSULATORS, LTD., Nagoya-shi, Aichi, JP

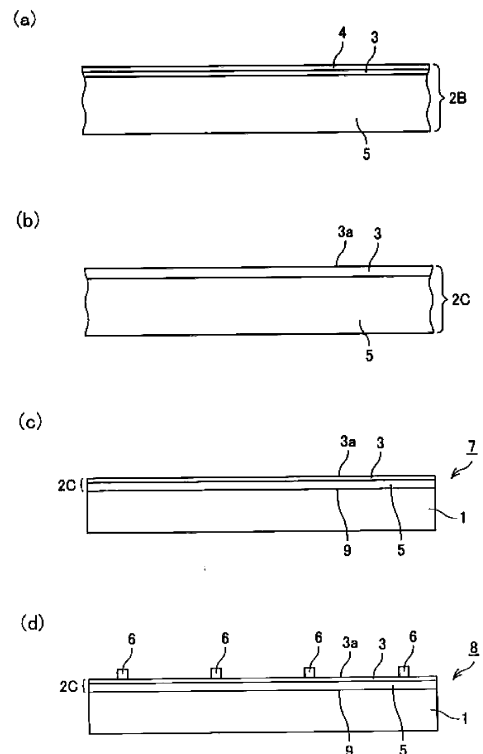
(74) Vertreter:
**Müller-Boré & Partner Patentanwälte PartG mbB,
80639 München, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Gelenkkörper und elastisches Wellenelement**

(57) Zusammenfassung: (Aufgabe) Es soll ein Verbundkörper bereitgestellt werden, der in der Lage ist, den Q-Wert eines akustischen Wellenelements zu verbessern.
(Lösung) Ein Verbundkörper 7 weist ein Trägersubstrat 1 und eine Schicht aus piezoelektrischem Material 2C auf, die mit dem Trägersubstrat 1 verbunden ist. Die Schicht aus piezoelektrischem Material 2C weist eine erste Hauptoberfläche 9, die mit dem Trägersubstrat 1 verbunden ist, und eine zweite Hauptoberfläche 3a auf der gegenüberliegenden Seite der ersten Hauptoberfläche 9 auf. Die Schicht aus piezoelektrischem Material 2C weist eine Argonatome enthaltende Schicht 3 auf, die an der zweiten Hauptoberfläche 3a freiliegt.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Verbundkörper aus einer Schicht aus piezoelektrischem Material und einem Trägersubstrat sowie ein akustisches Wellenelement.

TECHNISCHER HINTERGRUND

[0002] Eine akustische Oberflächenwellenvorrichtung, die als Filtervorrichtung oder Vibrator in einem Mobiltelefon oder dergleichen verwendet werden kann, und eine akustische Wellenvorrichtung, wie eine Lamb-Wellenvorrichtung oder ein Film-Bulk-Acoustic-Wave-Resonator (FBAR), der einen piezoelektrischen Dünnsfilm enthält, sind bekannt. Es ist eine akustische Wellenvorrichtung bekannt, die durch das Anhaften eines Trägersubstrats und eines Substrats aus piezoelektrischem Material, das akustische Oberflächenwellen ausbreitet, und durch die Bereitstellung einer Kamm-Elektrode, die in der Lage ist, die akustische Oberflächenwelle auf einer Oberfläche des Substrats aus piezoelektrischem Material in Schwingung zu versetzen, bereitgestellt wird. Das Trägersubstrat mit einem geringeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten als der des piezoelektrischen Materials substrats wird an das piezoelektrische Materials substrat als solches geklebt, so dass die Änderung der Größe des piezoelektrischen Materials substrats mit der Temperaturänderung unterdrückt wird und die Änderung der Frequenzcharakteristik des akustischen Oberflächenwellenelements unterdrückt wird.

[0003] Bei der Herstellung eines solchen akustischen Oberflächenwellenelements wird ein Substrat aus piezoelektrischem Material auf ein Trägersubstrat geklebt, und die freiliegende Oberfläche des Substrats aus piezoelektrischem Material wird dann geschliffen und poliert, so dass die Dicke des Substrats aus piezoelektrischem Material auf beispielsweise 20 µm oder weniger reduziert wird. Dadurch kann die Eigenschaft der akustischen Oberflächenwelle verbessert werden.

(Dokumente des Standes der Technik)

(Patentdokumente)

[0004] (Patentdokument 1) WO 2020-250490 A1

(Kurzdarstellung der Erfindung)

(Durch die Erfindung zu lösende Aufgabe)

[0005] Anhand des so erhaltenen akustischen Oberflächenwellenelements wird jedoch nachgewiesen, dass ein Q-Wert verbesserungsfähig ist. Es gibt

Raum zur Verbesserung insbesondere in einem Bereich von 0,3 bis 6,0 GHz.

[0006] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Verbundkörper bereitzustellen, der den Q-Wert eines akustischen Wellenelements verbessern kann.

(Lösung für die Aufgabe)

[0007] Die vorliegende Erfindung stellt einen Verbundkörper bereit, umfassend:

ein Trägersubstrat und;

eine Schicht aus piezoelektrischem Material, die mit dem Trägersubstrat verbunden bzw. gebondet ist,

wobei die Schicht aus piezoelektrischem Material eine erste Hauptoberfläche, die mit dem Trägersubstrat verbunden ist, eine zweite Hauptoberfläche, die der ersten Hauptoberfläche gegenüberliegt, und eine Argonatome enthaltende Schicht, die an der zweiten Hauptoberfläche freiliegt, aufweist.

[0008] Weiterhin stellt die vorliegende Erfindung ein akustisches Wellenelement bereit, umfassend:

den Verbundkörper und;

eine Elektrode, die auf der zweiten Hauptoberfläche der Schicht aus piezoelektrischem Material vorgesehen ist.

(Wirkung der Erfindung)

[0009] Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben versucht, ein Substrat aus piezoelektrischem Material auf ein Trägersubstrat zu bonden bzw. zu heften und die Oberfläche (freiliegende Oberfläche) des Substrats aus piezoelektrischem Material zu polieren, so dass das Substrat zur Bildung einer Schicht aus piezoelektrischem Material dünner gestaltet wird, und sie haben auf verschiedene Weise versucht, den Oberflächenzustand der Schicht aus piezoelektrischem Material zu untersuchen. Der Q-Wert einer akustischen Welle konnte jedoch nicht wesentlich verbessert werden, indem man den Grad des Polierens, das Verfahren des Polierens, die Schleifmittel oder dergleichen veränderte.

[0010] Daraufhin haben die Erfinder der vorliegenden Erfindung verschiedene Bearbeitungsverfahren der Oberfläche des piezoelektrischen Materials substrats untersucht und das Ionentrimmen mit Argonionen versucht. Als Ergebnis wurde eine dünne verarbeitungsdenaturierte Schicht auf der Oberfläche der Schicht aus piezoelektrischem Material gebildet. Da darauf eine Elektrode gebildet wird, um ein akusti-

sches Wellenelement zu erzeugen, war die Verbesserung des Q-Wertes begrenzt.

[0011] Da die Verhältnisse der jeweiligen Atome in einer Oberflächenregion einer solchen Schicht aus piezoelektrischem Material mittels EDX gemessen werden, zeigt sich, dass die Verhältnisse der Niobatome und Tantalatome in der verarbeitungsdenaturierten Schicht der Oberfläche niedrig sind und von der Oberfläche aus allmählich in Tiefenrichtung zunehmen. Bei einer Dicke von mehreren nm ab der Oberfläche der Schicht aus piezoelektrischem Material sind die Verhältnisse von Niob- und Tantalatomen 30 bis 40 Atom-% und im Wesentlichen stabilisiert. Es wird davon ausgegangen, dass die kristalline Struktur von Lithiumniobat oder Tantalniobat in der Nähe der Oberfläche der Schicht aus piezoelektrischem Material stark gebrochen ist. Andererseits sind zwar keine Argonatome in der verarbeitungsdenaturierten Schicht vorhanden, aber es hat sich gezeigt, dass darunter eine Argonatome enthaltende Schicht mit einer relativ großen Menge an Argonatomen vorhanden ist. Dann versuchten die Erfinder der vorliegenden Erfindung, die verarbeitungsdenaturierte Schicht zu entfernen, die Argonatome enthaltende Schicht freizulegen, darauf eine Elektrode zu bilden und das akustische Wellenelement herzustellen. Als Ergebnis wird festgestellt, dass der Q-Wert erheblich verbessert wird, und die vorliegende Erfindung wurde erzielt.

[0012] Obwohl der Grund, warum solche Effekte und Ergebnisse erhalten werden, unklar ist, wird davon ausgegangen, dass der Ausbreitungsverlust in der Oberflächenregion der Schicht aus piezoelektrischem Material durch die Argonatome enthaltende Schicht vermindert wird und der Q-Wert erheblich verbessert wird.

KURZBESCHREIBUNG ZU DEN ZEICHNUNGEN

Fig. 1(a) ist eine schematische Ansicht, die einen Verbundkörper aus einem Trägersubstrat 1 und einem Substrat aus piezoelektrischem Material 2 zeigt, **Fig. 1(b)** ist eine schematische Ansicht, die den Zustand zeigt, in dem das Substrat aus piezoelektrischem Material dünner gestaltet ist, um eine Schicht aus piezoelektrischem Material 2A zu bilden, und **Fig. 1(c)** ist eine schematische Ansicht, die den Zustand zeigt, in dem die Schicht aus piezoelektrischem Material 2A einem Argonionentrimmen unterzogen wird.

Fig. 2(a) ist eine schematische Ansicht, die eine Schicht aus piezoelektrischem Material 2B nach dem Argonionentrimmen zeigt, **Fig. 2(b)** ist eine schematische Ansicht, die eine Schicht aus piezoelektrischem Material 2C zeigt, in der eine Argonatome enthaltende Schicht 3 freiliegt, **Fig. 2(c)** zeigt einen Verbundkörper 7 aus der

Schicht aus piezoelektrischem Material 2C und dem Trägersubstrat 1, und **Fig. 2(d)** zeigt ein akustisches Wellenelement 8, das eine Elektrode 6 enthält, die auf der Schicht aus piezoelektrischem Material 2C des Verbundkörpers vorgesehen ist.

Fig. 3 ist eine mit einem Transmissionselektronenmikroskop aufgenommene Fotografie, die den Oberflächenzustand des Substrats aus piezoelektrischem Material nach dem Argonionentrimmen zeigt.

Fig. 4 ist eine schematische Ansicht, die mit **Fig. 3** übereinstimmt.

Fig. 5 ist ein Diagramm mit EDX-Daten einer Oberflächenregion des piezoelektrischen Materialsubstrats aus **Fig. 3**.

Fig. 6 ist eine mit einem Transmissionselektronenmikroskop aufgenommene Fotografie, die die Umgebung der Argonatome enthaltenden Schicht des piezoelektrischen Materialsubstrats zeigt.

Fig. 7 ist ein Diagramm zur Veranschaulichung der Fotografie von **Fig. 6**.

Fig. 8 ist ein Diagramm, das EDX-Daten der Oberflächenregion des piezoelektrischen Materialsubstrats von **Fig. 6** zeigt.

Fig. 9 ist ein Diagramm, das die S_{11} -Charakteristik des erfindungsgemäßen Beispiels 1 zeigt.

AUSFÜHRUNGSFORM DER ERFINDUNG

[0013] Die vorliegende Erfindung wird unter Bezugnahme auf die Zeichnungen im Einzelnen beschrieben.

[0014] Wie in **Fig. 1(a)** gezeigt, sind ein Trägersubstrat 1 und ein Substrat aus piezoelektrischem Material 2 miteinander verbunden, um einen Verbundkörper zu bereitzustellen. Das Substrat aus piezoelektrischem Material 2 weist eine erste Hauptoberfläche 9 und eine zweite Hauptoberfläche 2a auf. Dann wird die zweite Hauptoberfläche 2a des piezoelektrischen Materialsubstrats 2 einem Poliervorgang unterzogen, um eine dünne Schicht aus piezoelektrischem Material 2A zu bilden, wie in **Fig. 1(b)** gezeigt. 2b stellt eine polierte Oberfläche dar.

[0015] Dann wird, wie in **Fig. 1(c)** gezeigt, die polierte Oberfläche 2b der Schicht aus piezoelektrischem Material 2A einem Argonionentrimmen unterzogen, wie Pfeile A. Die piezoelektrische Schicht 2B wird dadurch erzeugt, wie in **Fig. 2(a)** als vergrößerte Ansicht gezeigt. Auf der Oberfläche der Schicht aus piezoelektrischem Material 2B wird eine verarbeitungsdenaturierte Region 4 freigelegt, und direkt unter der verarbeitungsdenaturierten Schicht 4 wird eine Argonatome enthaltende Schicht 3 erzeugt.

Eine Ziffer 5 steht für eine nicht denaturierte Region, die durch die Bearbeitung nicht denaturiert wird.

[0016] Anschließend wird die durch verarbeitungsdenaturierte Schicht 4 durch Bearbeitung entfernt, um eine Schicht aus piezoelektrischem Material 2C zu erhalten, wie in **Fig. 2(b)** gezeigt. Die Argonatome enthaltende Schicht 3 wird erzeugt und auf der Seite der zweiten Hauptoberfläche 3a der Argonatome enthaltenden Schicht 2C freigelegt. Dadurch entsteht der in **Fig. 2(c)** gezeigte Verbundkörper 7. Der Verbundkörper 7 ist aus dem Trägersubstrat 1 und der Schicht aus piezoelektrischem Material 2C aufgebaut, die mit dem Trägersubstrat 1 verbunden bzw. gebondet ist.

[0017] Dann wird, wie in **Fig. 2(d)** gezeigt, eine Elektrode 6 auf der zweiten Hauptoberfläche 3a der Schicht aus piezoelektrischem Material 2C gebildet, um ein akustisches Wellenelement 8 zu erzeugen.

[0018] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann das Trägersubstrat aus einem Einkristall oder einem Polykristall aufgebaut sein. Das Material des Trägersubstrats ist vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Silizium, Sialon, Saphir, Cordierit, Mullit und Aluminiumoxid. Aluminiumoxid ist vorzugsweise ein transluzentes Aluminiumoxid.

[0019] Silizium kann monokristallines oder polykristallines Silizium sein und es kann ein hochohmiges Silizium sein. Sialon ist ein keramisches Material, das durch Sintern eines Gemisches aus Siliziumnitrid und Aluminiumoxid gewonnen wird und die folgende Zusammensetzung aufweist.



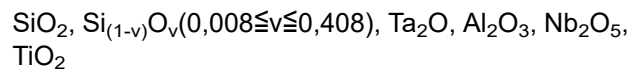
w kann bevorzugter 0,5 oder höher sein. Weiterhin kann w bevorzugter 4,0 oder niedriger sein.

[0020] Saphir ist ein Einkristall mit einer Zusammensetzung von Al_2O_3 und Aluminiumoxid ist ein Polykristall mit einer Zusammensetzung von Al_2O_3 . Cordierit ist eine Keramik mit einer Zusammensetzung von $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$. Mullit ist eine Keramik mit einer Zusammensetzung von $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ bis $2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$.

[0021] Obwohl das Material des piezoelektrischen Trägermaterials nicht beschränkt ist, soweit es die erforderliche Piezoelektrizität aufweist, ist ein Einkristall mit der Zusammensetzung LiAO_3 bevorzugt. Dabei steht A für ein oder mehrere Elemente, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Niob und Tantal. LiAO_3 kann also Lithiumniobat, Lithiumtantalat oder eine feste Lithiumniobat-Lithiumtantalat-Lösung sein.

[0022] Das Trägersubstrat und das Substrat aus piezoelektrischem Material können direkt miteinander verbunden werden. Das Verfahren des direkten Bondings kann eine Oberflächenaktivierung durch Plasma oder ein Oberflächenaktivierungsverfahren durch neutralisierte Atomstrahlen sein.

[0023] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform können eine oder mehrere Schichten der Bondingschichten zwischen dem Substrat aus piezoelektrischem Material und dem Trägersubstrat vorgesehen werden. Als Material einer solchen Bondingschicht werden beispielsweise folgende Materialien verwendet.



[0024] Gemäß der vorliegenden Erfindung weist die Schicht aus piezoelektrischem Material an der zweiten Hauptoberfläche die Argonatome enthaltende Schicht auf. Mit der Argonatome enthaltenden Schicht ist hier eine Schicht gemeint, in der Argonatome im piezoelektrischen Material enthalten sind.

[0025] Insbesondere ist die Argonatome enthaltende Schicht als ein Teil definiert, in dem das Atomverhältnis der Argonatome 1 Atom% oder höher beträgt, wenn es durch EDX gemessen wird.

[0026] Darüber hinaus beträgt das Atomverhältnis der Argonatome in der Argonatome enthaltenden Schicht in vielen Fällen 5 Atom-% oder weniger.

[0027] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform beträgt die Dicke der Argonatome enthaltenden Schicht 1 bis 10 nm und bevorzugter 3 bis 8 nm.

[0028] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform beträgt der Gehalt an Argonatomen in der Argonatome enthaltenden Schicht im Durchschnitt 5 bis 7 Atom-% und bevorzugter 7 bis 10 Atom-%.

[0029] Weiterhin beträgt in der Argonatome enthaltenden Schicht das Atomverhältnis (Gesamtwert) der Atome, die aus einem Material stammen, das die nicht denaturierte Region der Schicht aus piezoelektrischem Material bildet, im Durchschnitt 99,0 bis 99,9 Atom% und bevorzugter 99,5 bis 99,9 Atom%. Das Material, das die nicht denaturierte Region der Schicht aus piezoelektrischem Material bildet, ist hier ein piezoelektrisches Material. Wenn das piezoelektrische Material LiAO_3 ist, ist ein Gesamtwert des Atomverhältnisses des Elements A und des Atomverhältnisses von O (das Atomverhältnis von Lithium ist nicht messbar.).

[0030] Die Messung der jeweiligen Atomverhältnisse mittels TEM-EDX ist dabei wie folgt durchzuführen.

[0031] Zunächst wird ein Elektronenstrahl auf einen zu analysierenden Gegenstand eingestrahlt. Durch die Bestrahlung des Elektronenstrahls wird charakteristische Röntgenstrahlung von dem zu analysierenden Gegenstand erzeugt. Da die Energie der charakteristischen Röntgenstrahlung für jedes Element einzigartig ist, werden die Verhältnisse der jeweiligen Elemente durch Messung der Art und Anzahl des Auftretens der Energie gemessen.

[0032] Zur Herstellung des erfindungsgemäßen Verbundkörpers wird bevorzugt das folgende Verfahren angewendet.

[0033] Zunächst wird eine zweite Hauptoberfläche eines Substrats aus piezoelektrischem Material einem Poliervorgang unterzogen, um das Substrat aus piezoelektrischem Material dünner zu gestalten und eine Schicht aus piezoelektrischem Material bereitzustellen. Zu diesem Zeitpunkt wird die Hauptoberfläche vorzugsweise durch einen präzisen Poliervorgang geglättet, wobei das Verfahren des Glättens Läppen, chemisch-mechanisches Polieren (CMP) oder dergleichen sein kann. Weiterhin kann die Ebenheit der Hauptoberfläche Ra vorzugsweise 1 nm oder weniger und bevorzugter 0,3 nm oder weniger betragen.

[0034] Anschließend wird vorzugsweise die Hauptoberfläche der Schicht aus piezoelektrischem Material gereinigt, um Rückstände eines Poliermittels und die durch die verarbeitungsdenaturierte Schicht zu entfernen. Das Verfahren zur Reinigung der Hauptoberfläche kann Nassreinigung, Trockenreinigung, Schrubbreinigung oder dergleichen sein und die Schrubbreinigung wird bevorzugt, um eine leicht und effizient gereinigte Oberfläche zu erhalten.

[0035] Dann wird die Hauptoberfläche der Schicht aus piezoelektrischem Material mit Argonionen getrimmt, so dass die verarbeitungsdenaturierte Schicht und die Argonatome enthaltende Schicht auf der Seite der Hauptoberfläche der Schicht aus piezoelektrischem Material gebildet werden können. Das Argonionentrimmen ist eine Technik, die sich das Phänomen zunutze macht, dass kollidierende Ar-Atome, die in einem elektrischen Feld beschleunigt werden, auf einen zu bearbeitenden Gegenstand gesputtert werden und dass Atome auf der Oberfläche des zu bearbeitenden Gegenstands abgeschlagen werden. In diesem Fall wird der Argonionenstrahl fokussiert und dann auf den zu bearbeitenden Gegenstand gestoßen.

[0036] Die bevorzugten Bedingungen für das Argonionentrimming sind wie folgt.

Durchmesser des fokussierten Ionenstrahls: 10 mm oder kleiner

Beschleunigungsleistung: 120W

[0037] Im Hinblick auf die Eigenschaften der Vorrichtung kann die Dicke der Schicht aus piezoelektrischem Material vorzugsweise 1 µm oder weniger und bevorzugter 0,5 µm oder weniger betragen. Weiterhin kann die Dicke der Schicht aus piezoelektrischem Material unter dem Gesichtspunkt der Verarbeitbarkeit vorzugsweise 0,1 µm oder größer sein.

[0038] Die Anwendungen des Verbundkörpers der vorliegenden Erfindung sind nicht besonders begrenzt und er kann zum Beispiel für ein akustisches Wellenelement oder ein optisches Element verwendet werden.

[0039] Als akustisches Wellenelement ist eine akustische Oberflächenwellenvorrichtung, eine Lamb-Wellen-Vorrichtung, ein Dünnschichtresonator (FBAR) oder dergleichen bekannt. Die akustische Oberflächenwellenvorrichtung wird beispielsweise hergestellt, indem eingangsseitige IDT-Elektroden (Interdigital Transducer) (auch als Kamm-Elektroden oder interdigitale Elektroden bezeichnet) für oszillierende akustische Oberflächenwellen und IDT-Elektroden auf der Ausgangsseite für den Empfang der akustischen Oberflächenwellen auf der Oberfläche des piezoelektrischen Materialsubstrats bereitgestellt werden. Durch Anlegen eines Hochfrequenzsignals an die IDT-Elektroden auf der Eingangsseite wird ein elektrisches Feld zwischen den Elektroden erzeugt, so dass die akustische Oberflächenwelle in Schwingung versetzt wird und sich auf dem piezoelektrischen Materialsubstrat ausbreitet. Anschließend wird die sich ausbreitende akustische Oberflächenwelle als elektrisches Signal von den IDT-Elektroden auf der Ausgangsseite abgeleitet, die in Ausbreitungsrichtung vorgesehen sind.

[0040] Auf der unteren Oberfläche des Substrats aus piezoelektrischem Material kann ein Metallfilm aufgebracht werden. Nachdem die Lamb-Vorrichtung als akustische Wellenvorrichtung hergestellt ist, spielt der Metallfilm eine Rolle bei der Verbesserung des elektromechanischen Kopplungsfaktors in der Nähe der unteren Oberfläche des Substrats aus piezoelektrischem Material. In diesem Fall weist die Lamb-Vorrichtung die Struktur auf, dass ineinandergreifende Elektroden auf der Oberfläche des Substrats aus piezoelektrischem Material gebildet werden und dass der Metallfilm auf dem Substrat aus piezoelektrischem Material durch einen im Träger-substrat vorgesehenen Hohlraum freigelegt wird. Die Materialien solcher Metallfilme können beispielsweise Aluminium, eine Aluminiumlegierung, Kupfer, Gold oder dergleichen sein. Weiterhin kann bei der Herstellung der Lamb-Wellen-Vorrichtung ein Verbundsubstrat mit der Schicht aus piezoelektrischem Material ohne den Metallfilm auf der unteren Oberfläche verwendet werden.

[0041] Weiterhin können ein Metallfilm und ein isolierender Film auf der unteren Oberfläche des Substrats aus piezoelektrischem Material vorgesehen sein. Der Metallfilm spielt die Rolle von Elektroden, wenn der Dünnschichtresonator als akustische Wellenvorrichtung hergestellt wird. In diesem Fall weist der Dünnschichtresonator die Struktur auf, dass Elektroden auf der oberen und unteren Oberfläche des Substrats aus piezoelektrischem Material gebildet werden und der isolierende Film einen Hohlraum bildet, um den Metallfilm auf dem Substrat aus piezoelektrischem Material freizulegen. Die Materialien solcher Metallfilme können beispielsweise Molybdän, Ruthenium, Wolfram, Chrom, Aluminium oder dergleichen sein. Weitere Materialien für die Isolierfilme sind z.B. Siliziumdioxid, Phosphorsilikatglas, Borphosphorsilikatglas oder dergleichen.

[0042] In dem Fall, dass ein Gegenstand der vorliegenden Erfindung das akustische Wellenelement ist und das Material des Substrats aus piezoelektrischem Material Lithiumtantalat ist, ist es bevorzugt, das Substrat zu verwenden, das von der Y-Achse zur Z-Achse um 123 bis 133° (z.B. 128°) um die X-Achse gedreht ist, die eine Ausbreitungsrichtung einer akustischen Oberflächenwelle ist, wegen eines geringen Ausbreitungsverlustes.

[0043] Wenn das Substrat aus piezoelektrischem Material aus Lithiumniobat aufgebaut ist, ist es bevorzugt, das Substrat von der Y-Achse zur Z-Achse um 86 bis 94° (z.B. 90°) um die X-Achse zu drehen, die die Ausbreitungsrichtung der akustischen Oberflächenwelle ist, um einen geringen Ausbreitungsverlust zu erreichen. Obwohl die Größe des Substrats aus piezoelektrischem Material nicht besonders begrenzt ist, beträgt der Durchmesser beispielsweise 50 bis 150 mm und die Dicke 0,2 bis 60 µm.

BEISPIELE

(Erfindungsgemäßes Beispiel 1)

[0044] Ein akustisches Oberflächenwellenelement wurde nach dem unter Bezugnahme auf die **Fig. 1** und **2** beschriebenen Verfahren hergestellt.

[0045] Insbesondere wurde ein Lithiumniobat-Substrat (LN-Substrat) mit einem OF-Teil, einem Durchmesser von 4 Inch und einer Dicke von 250 µm als Substrat aus piezoelektrischem Material 2 verwendet. Als LN-Substrat wurde ein 42°Y-geschnittenes LN-Substrat mit X-Ausbreitung verwendet, bei dem die Ausbreitungsrichtung der akustischen Oberflächenwelle (SAW) X ist und der Schnittwinkel eine gedrehte Y-Schneideplatte ist. Die erste Hauptoberfläche 9 des Substrats aus piezoelektrischem Material 2 wurde einer Hochglanzpolitur unterzogen, so dass die arithmetische Durchschnittsrauigkeit Ra

0,3 nm erreichte. Weiterhin wurde Ra mit einem Rasterkraftmikroskop (AFM) in einem Sichtfeld von 10µm×10µm gemessen.

[0046] Des Weiteren wurde das Trägersubstrat 1 mit einem flachen Orientierungsteil (OF), einem Durchmesser von 4 Inch und einer Dicke von 500 µm, das aus Silizium (Si (111)) aufgebaut ist, als Trägersubstrat 1 hergestellt. Die Oberflächen des Trägersubstrats 1 wurden durch chemisch-mechanisches Polieren (CMP) bearbeitet, so dass die jeweiligen arithmetischen Durchschnittsrauigkeiten Ra 0,2 nm betragen. Anschließend werden die Hauptoberfläche 9 des Substrats aus piezoelektrischem Material 2 und die Oberfläche des Trägersubstrats 1 mit Plasma bestrahlt, um die Oberflächen zu aktivieren und anschließend direkt verbunden.

[0047] Dann wurde die Hauptoberfläche 2a des piezoelektrischen Materialsubstrats 2 einem Schleif- und Poliervorgang unterzogen, bis die Dicke von ursprünglich 250 µm auf 20 µm geändert wurde, um eine Schicht aus piezoelektrischem Material 2A zu erhalten. Die Hauptoberfläche 2b der Schicht aus piezoelektrischem Material 2A wurde unter den folgenden Bedingungen mit Argonionen getrimmt.

Gasflussrate: 6 sccm

Ausgangsleistung: 120 W

[0048] **Fig. 3** zeigt eine Fotografie, die die Nähe der Oberfläche der so erhaltenen Schicht aus piezoelektrischem Material 2B zeigt, und **Fig. 4** zeigt ein Diagramm der Abbildung. In **Fig. 3** entspricht eine helle Region auf der Oberseite eines Schutzfilms 10 und die nicht denaturierte Region 5 der Schicht aus piezoelektrischem Material befindet sich auf der untersten Seite. Die Argonatome enthaltende Schicht 3 und die verarbeitungsdenaturierte Schicht 4 befinden sich über der nicht denaturierten Schicht 5.

[0049] **Fig. 5** zeigt das Ergebnis der Messung der Oberflächenregion der in **Fig. 3** und **4** dargestellten Schicht aus piezoelektrischem Material mittels EDX. Die horizontale Achse gibt den Abstand von der Oberfläche (Hauptoberfläche) der Schicht aus piezoelektrischem Material an und die vertikale Achse zeigt die Verhältnisse der Sauerstoffatome, Argonatome und Niobatome. Das Verhältnis der Sauerstoffatome wird von der Oberfläche des Substrats aus piezoelektrischem Material bis zu einer Tiefe von etwa 5 nm von 100 Atom% auf etwa 60 Atom% verringert, und gleichzeitig wird das Verhältnis der Niobatome von 0 Atom% auf etwa 30 Atom% erhöht. Diese Region entspricht der verarbeitungsdenaturierten Schicht. Da die verarbeitungsdenaturierte Schicht durch die Zerstörung der kristallinen Struktur des Lithiumniobats entsteht, ist das Verhältnis des Niobats niedriger und das Verhältnis des Sauerstoffs höher, da er näher an der Oberfläche liegt. Außer-

dem wurde das Verhältnis der Lithiumatome nicht gemessen. Andererseits wurden Argonatome im Bereich von etwa 5 nm von der Hauptoberfläche der Schicht aus piezoelektrischem Material kaum nachgewiesen.

[0050] Weiterhin wurde die Argonatome enthaltende Schicht mit einer Dicke von 5 nm in einer Region von etwa 5 nm bis 10 nm von der Hauptoberfläche der Schicht aus piezoelektrischem Material gebildet. Der Gehalt an Argonatomen in der Argonatome enthaltenden Schicht beträgt 2 bis 6 Atom%, wobei im Durchschnitt 4 Atom% Argonatome enthalten sind. Dann sind sowohl die Verhältnisse der Sauerstoffatome als auch der Niobatome unter der Argonatome enthaltenden Schicht stabil und bilden die nicht denaturierte Region.

[0051] Anschließend wurde die Hauptoberfläche der Schicht aus piezoelektrischem Material durch CMP (chemisch-mechanisches Polieren) behandelt, um die verarbeitungsdenaturierte Schicht zu entfernen.

[0052] Fig. 6 zeigt eine mit einem Transmissions-Elektronenmikroskop aufgenommene Fotografie der Oberflächenregion des Substrats aus piezoelektrischem Material und Fig. 7 zeigt ein Diagramm, das Fig. 6 illustriert. In Fig. 7 entspricht eine helle Region auf der Oberseite der Schutzschicht 10 und die nicht denaturierte Region 5 des Substrats aus piezoelektrischem Material befindet sich auf der Unterseite. Die Argonatome enthaltende Schicht 3 befindet sich auf der nicht denaturierten Region 5. Die verarbeitungsdenaturierte Schicht wird entfernt.

[0053] Fig. 8 zeigt im Wesentlichen die Ergebnisse der EDS der Oberflächenregion. Das heißt, da die verarbeitungsdenaturierte Schicht des Substrats aus piezoelektrischem Material durch Polieren über etwa 5 nm entfernt wurde, liegt die Argonatome enthaltende Schicht an der Hauptoberfläche der Schicht aus piezoelektrischem Material frei. Somit sind Argonatome im Bereich von etwa 5 nm von der Hauptoberfläche der Schicht aus piezoelektrischem Material enthalten, wie vorstehend beschrieben, und die nicht denaturierte Region ist in diesem Bereich vorhanden.

[0054] Ein Elektrodenmuster für die Messung wurde auf der Oberfläche der Argonatome enthaltenden Schicht der Schicht aus piezoelektrischem Material gebildet, um ein akustisches Oberflächenwellenelement bereitzustellen. Insbesondere wurde ein SAW-Resonator (Surface Acoustic Wave) auf der Oberfläche des Wafers durch Photolithographie gebildet. Das heißt, 50 Zeilen von Reflektoren wurden auf beiden Seiten einer Kamm-Elektrode, die aus 100 Sätzen von Elektrodenstücken aufgebaut ist, angebracht. Die Elektrodenperioden der Kamm-Elektrode und der Reflektoren betragen jeweils 5,66

µm. Die Frequenzcharakteristik S_{11} wurde mit einem Netzwerkanalysator „E5072A“ der Keysight Corporation gemessen. Die Messergebnisse sind in Fig. 9 dargestellt. Die Resonanzfrequenz f_r und die Halbwertsbreite Δf_r wurden aus den so erhaltenen Frequenzkennlinien berechnet und $f_r/\Delta f_r$ ergab den Q-Wert.

[0055] Da der Q-Wert (Bode-Q) auf der Grundlage des so erhaltenen Parameters S_{11} berechnet wurde, ergab sich ein Wert von 2800 als Maximum.

(Erfindungsgemäßes Beispiel 2)

[0056] Es wurde ein Verbundkörper aus einem Trägersubstrat und einer Schicht aus piezoelektrischem Material bereitgestellt, dessen Argonatome enthaltende Schicht auf der Seite der zweiten Hauptoberfläche wie im erfindungsgemäßen Beispiel 1 freiliegt. Weiterhin wurde gemäß dem erfindungsgemäßen Beispiel 2, anders als im erfindungsgemäßen Beispiel 1, die Ausgangsleistung für den Beschleunigungszustand der Argonionen während des Argonionentrimmens auf 60 W eingestellt.

[0057] Da die Oberflächenregion der Schicht aus piezoelektrischem Material einer EDX-Analyse unterzogen wurde, wurde die Argonatome enthaltende Schicht im Bereich von 4 nm von der Hauptoberfläche erzeugt. Der Maximalwert und der Durchschnittswert des Verhältnisses der Argonatome lagen bei 3 Atom-% bzw. 2 Atom-%.

[0058] Als der Verbundkörper zur Herstellung des akustischen Oberflächenwellenelements gemäß dem erfindungsgemäßen Beispiel 1 verwendet und der Q-Wert gemessen wurde, stellte sich heraus, dass er maximal 2400 beträgt.

(Vergleichsbeispiel 1)

[0059] Ein Verbundkörper aus einer Schicht aus piezoelektrischem Material und einem Trägersubstrat wurde als erfindungsgemäßes Beispiel 1 bereitgestellt. Im Vergleichsbeispiel 1 wurde jedoch, anders als im erfindungsgemäßen Beispiel 1, das Argonionentrimmen der Hauptoberfläche der Schicht aus piezoelektrischem Material nicht durchgeführt. Somit wurde Lithiumniobat an der Hauptoberfläche der Schicht aus piezoelektrischem Material freigelegt und die verarbeitungsdenaturierte Schicht und die Argonatome enthaltende Schicht wurden nicht erzeugt.

[0060] Als der Verbundkörper zur Herstellung des akustischen Oberflächenwellenelements gemäß dem erfindungsgemäßen Beispiel 1 aufgebracht und der Q-Wert gemessen wurde, wurde der Maximalwert von 1800 erhalten.

(Vergleichsbeispiel 2)

[0061] Ein Verbundkörper aus einer Schicht aus piezoelektrischem Material und einem Trägersubstrat wurde wie im erfindungsgemäßen Beispiel 1 bereitgestellt. In diesem Vergleichsbeispiel 2 wurde das Argonionentrimmen der Hauptoberfläche der Schicht aus piezoelektrischem Material unter den gleichen Bedingungen wie im erfindungsgemäßen Beispiel 1 durchgeführt. Allerdings wurde das Polieren nicht nach dem Ionentrimmen durchgeführt. So entstand auf der Hauptoberfläche der Schicht aus piezoelektrischem Material eine verarbeitungsdenaturierte Schicht, die keine Argonatome enthält.

[0062] Als der Verbundkörper zur Herstellung des akustischen Oberflächenwellenelements gemäß dem erfindungsgemäßen Beispiel 1 aufgebracht und der Q-Wert gemessen wurde, wurde ein Höchstwert von 1150 erhalten.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- WO 2020-250490 A1 [0004]

Patentansprüche

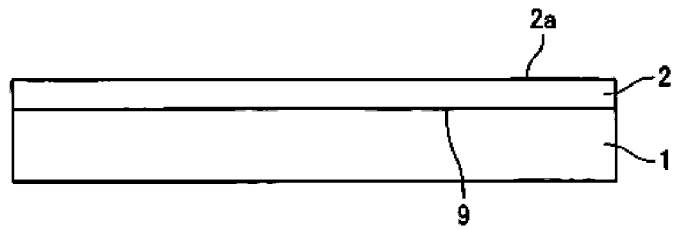
1. Verbundkörper, umfassend:
ein Trägersubstrat; und
eine Schicht aus piezoelektrischem Material, die mit dem Trägersubstrat verbunden ist,
wobei die Schicht aus piezoelektrischem Material eine erste Hauptoberfläche, die mit dem Trägersubstrat verbunden ist, eine zweite Hauptoberfläche, die der ersten Hauptoberfläche gegenüberliegt, und eine Argonatome enthaltende Schicht, die an der zweiten Hauptoberfläche freiliegt, umfasst.
2. Verbundkörper nach Anspruch 1, wobei die Argonatome enthaltende Schicht eine Dicke von 1 bis 10 nm aufweist.
3. Verbundkörper nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Argonatome enthaltende Schicht einen durchschnittlichen Gehalt an Argonatomen von 1 bis 10 Atom% aufweist.
4. Verbundkörper nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Schicht aus piezoelektrischem Material Lithiumniobat, Lithiumtantalat oder Lithiumniobat-Lithiumtantalat umfasst.
5. Akustisches Wellenelement, umfassend:
den Verbundkörper nach einem der Ansprüche 1 bis 4, und
eine Elektrode, die auf der zweiten Hauptoberfläche der Schicht aus piezoelektrischem Material vorgesehen ist.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

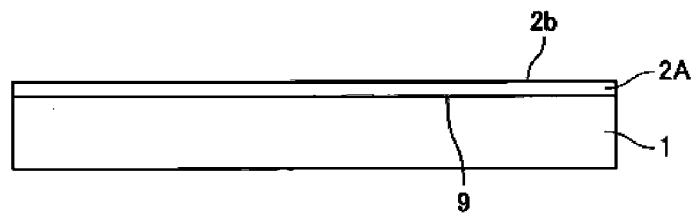
Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

(a)



(b)



(c)

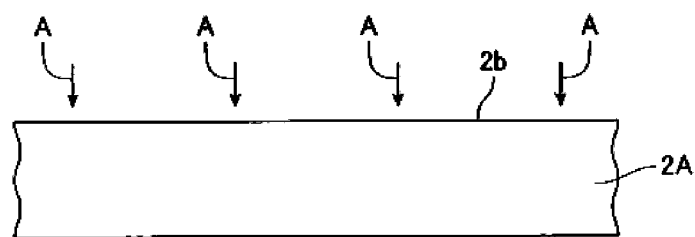


FIG. 2

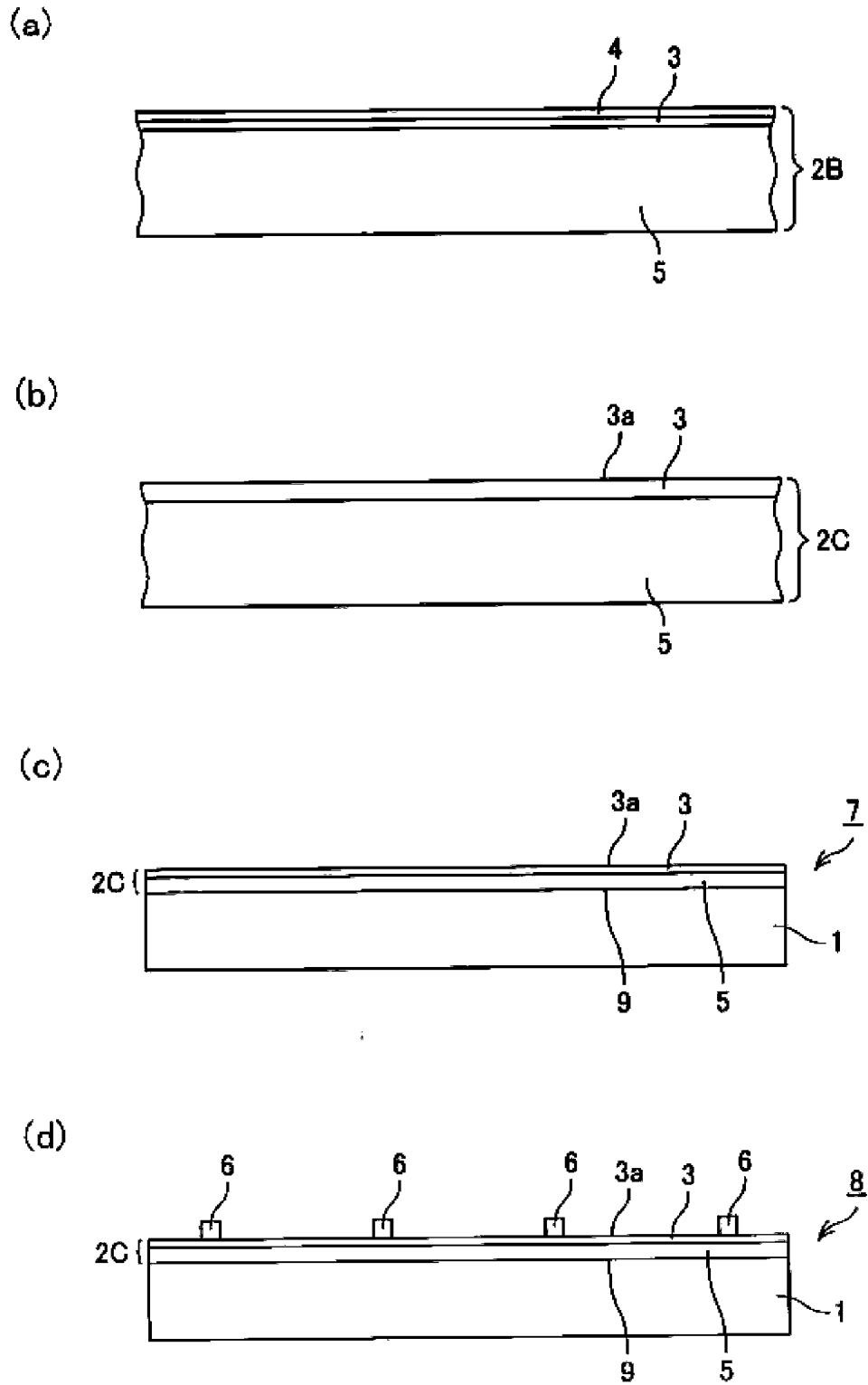


FIG. 3

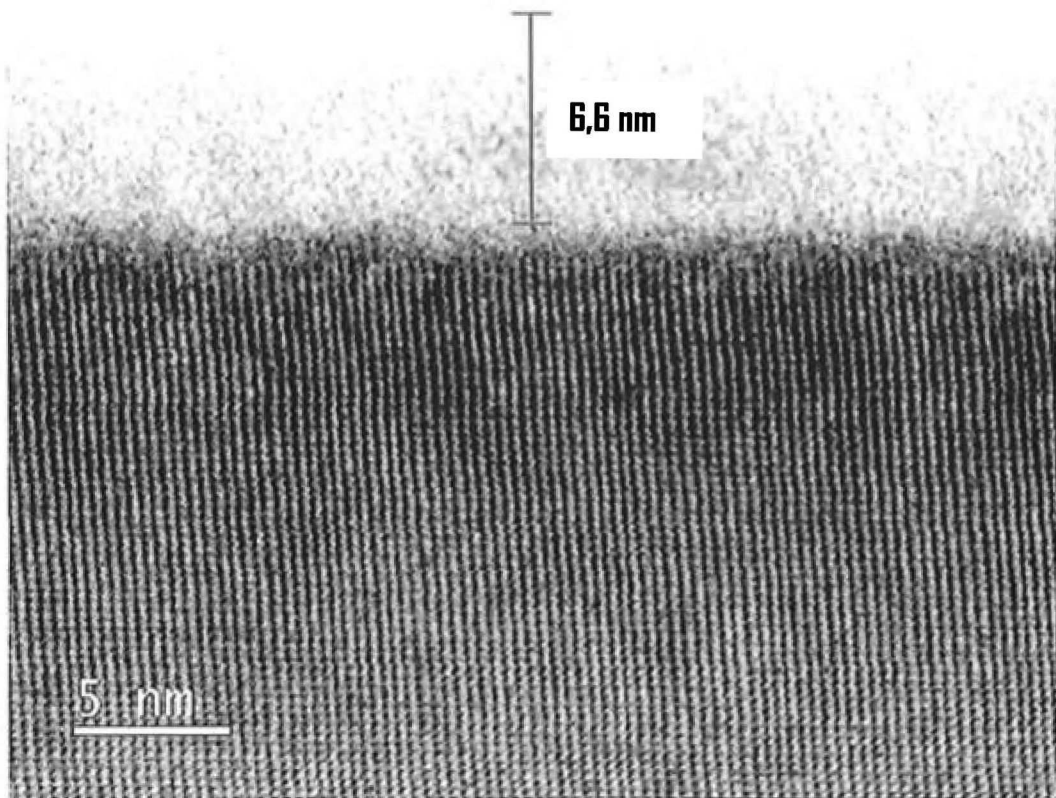


FIG. 4

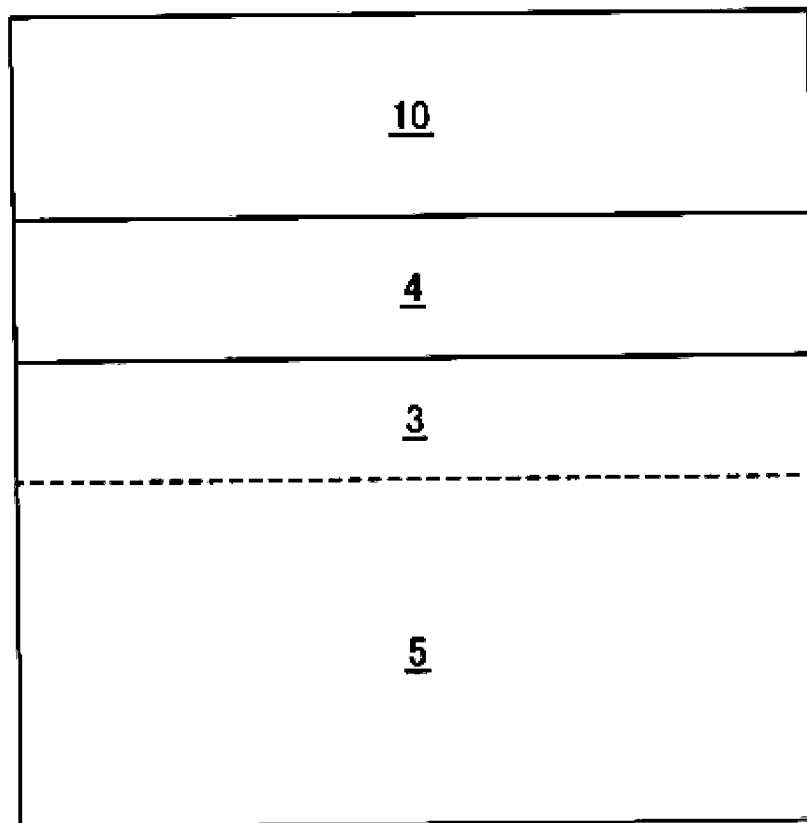


FIG.5

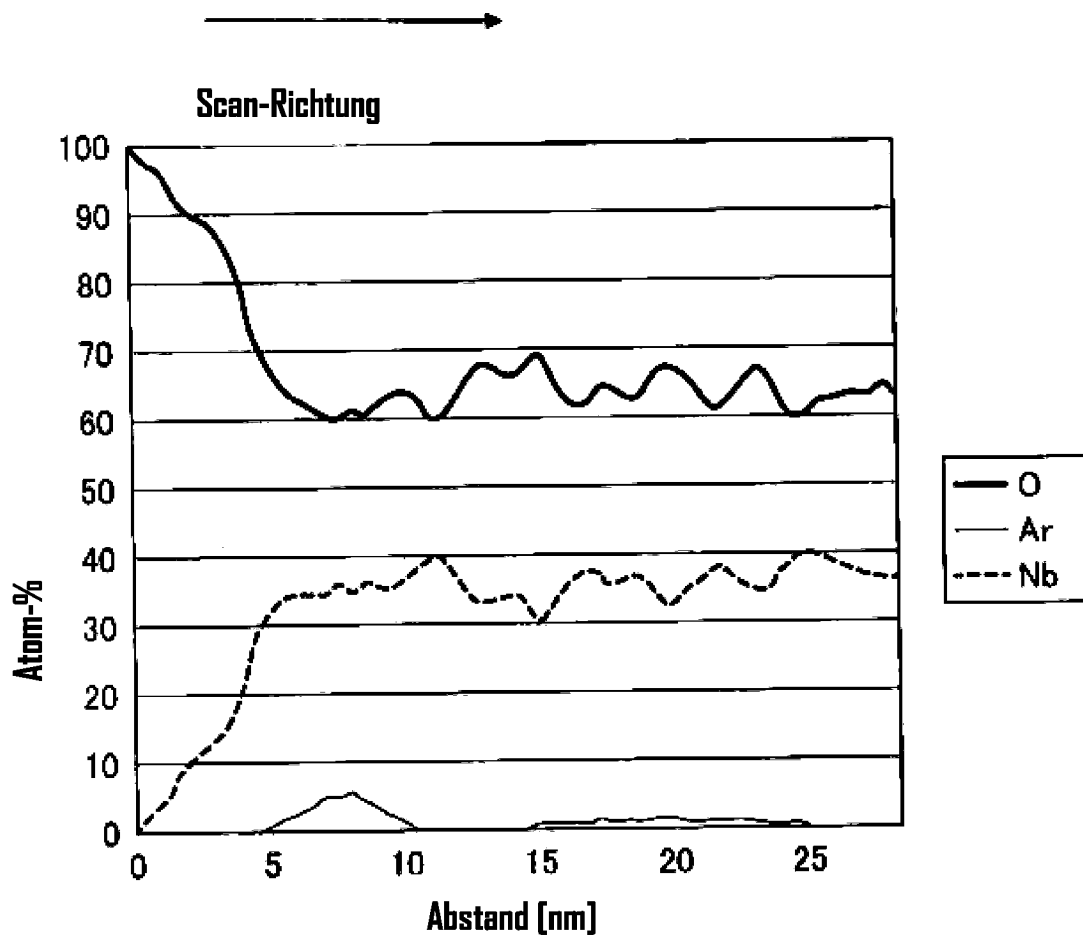


FIG. 6

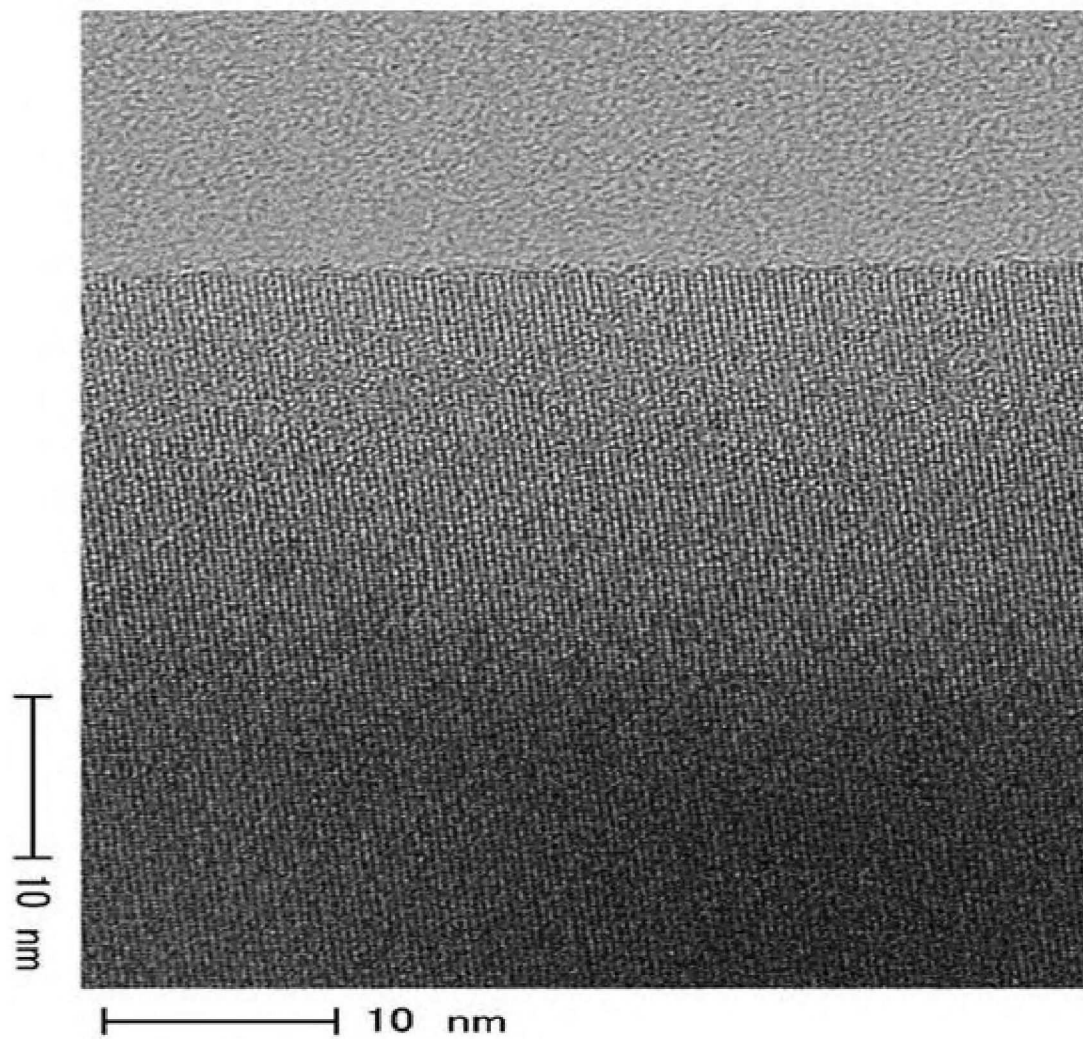


FIG.7

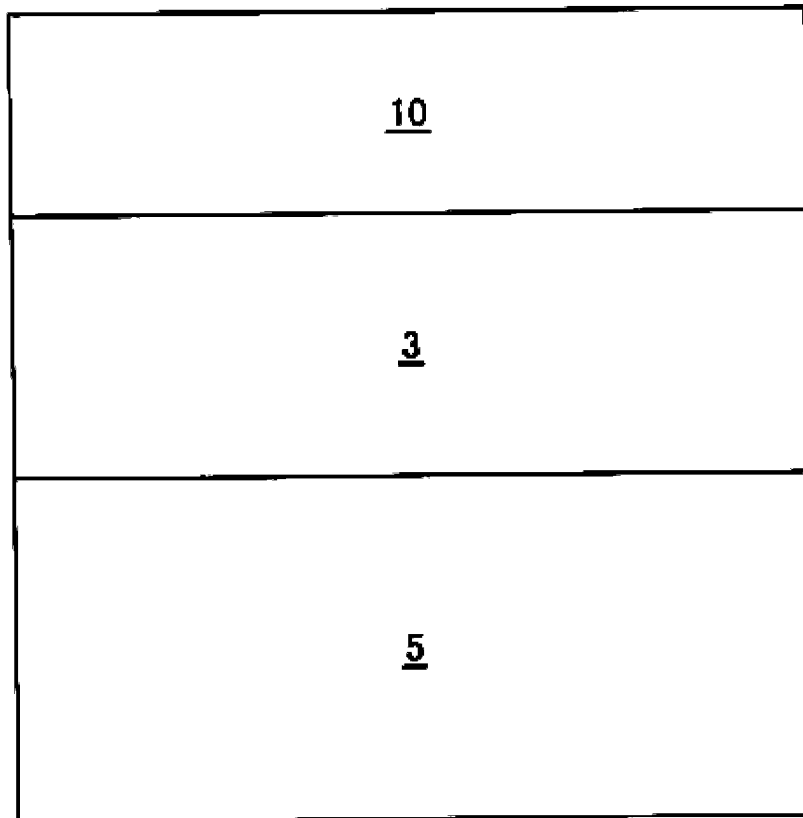


FIG. 8

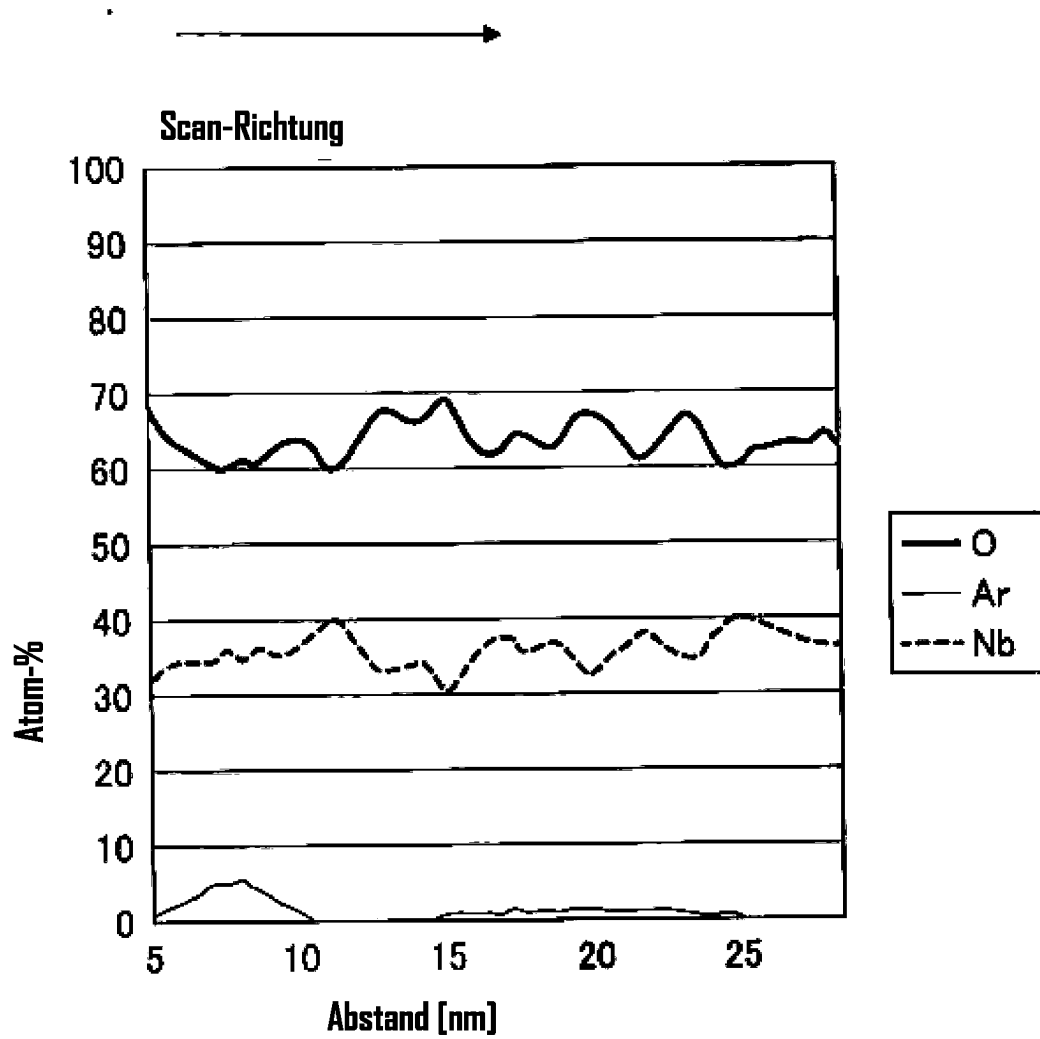


FIG. 9

