



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 28 863 T2 2008.02.07**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 168 465 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 28 863.7**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 305 355.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **20.06.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.01.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **13.06.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **07.02.2008**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 41/24 (2006.01)**
B41J 2/16 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2000185795 21.06.2000 JP

(73) Patentinhaber:
**Kiyotaka Wasa, Nara, JP; Canon K.K.,
Tokio/Tokyo, JP**

(74) Vertreter:
TBK-Patent, 80336 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(72) Erfinder:
**Kiyotaka, Wasa, Nara-shi, Nara-ken, JP; Akira,
Unno, Ohta-ku, Tokyo, JP; Tetsuro, Fukui,
Ohta-ku, Tokyo, JP; Takanori, Matsuda, Ohta-ku,
Tokyo, JP**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung einer Piezoelementstruktur sowie eines Aufzeichnungskopfes mit Flüssigkeitsausstoss**

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

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft die Herstellung eines Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopfes, der für ein Tintenstrahlauzeichnungsgerät verwendet wird. Die Erfindung betrifft auch die Herstellung einer Struktur eines piezoelektrischen Elements, das für den Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf oder dergleichen verwendet wird.

[0002] In den letzten Jahren ist ein Drucker, der ein Tintenstrahlauzeichnungsgerät, wie etwa eine Druckvorrichtung für einen PC oder dergleichen anwendet, wegen seiner guten Druckfähigkeit, genauso wie wegen seiner leichteren Handhabbarkeit und niedrigeren Kosten, unter anderen Vorteilen, verwendet worden. Tintenstrahlauzeichnungsgeräte werden in verschiedene Typen eingeteilt, wie etwa zur Erzeugung von Gläschen in der Tinte oder einige andere Aufzeichnungsflüssigkeit durch die Anlegung einer thermischen Energie, und Entladung von Flüssigkeitströpfchen mittels Druckwellen, die durch solche Gläschen ausgeübt werden; Ansaugen und Entladung von Flüssigkeitströpfchen mittels elektrostatischer Energie; oder Entladung von Flüssigkeitströpfchen unter Verwendung von Druckwellen, die durch einen Oszillator, wie etwa ein piezoelektrisches Element, ausgeübt werden.

[0003] Im Allgemeinen wird dasjenige, das das piezoelektrische Element verwendet, mit der Druckkammer, die mit einer Aufzeichnungsflüssigkeitszuführungskammer in Verbindung steht, und der Flüssigkeitsentladungsöffnung, die mit der Druckkammer in Verbindung steht, ausgestattet. Dann wird die Struktur angeordnet, um die Druckkammer mit einer vibrierenden Platte mit einem piezoelektrischen Element, das an diese gebunden ist, bereitzustellen. Mit der so angeordneten Struktur wird eine entworfene Spannung an jedes der piezoelektrischen Elemente angelegt und so ein Strecken oder Schrumpfen zur Erzeugung von wölbenden Vibrationen angelegt, um die Aufzeichnungsflüssigkeit in der Druckkammer zu komprimieren, wobei somit ermöglicht wird, dass Flüssigkeitströpfchen aus jeder der Flüssigkeitsentladungsöffnungen entladen wird. In den letzten Jahren ist das Farbtintenstrahlauzeichnungsgerät stärker verwendet worden, und hiermit einhergehend ist der Bedarf aufgetreten, dessen Druckleistung, wie etwa höhere Auflösung, höhere Druckgeschwindigkeit, und die Verlängerung des Aufzeichnungskopfes insbesondere, zu verstärken. In dieser Hinsicht ist versucht worden, die höhere Auflösung und höhere Druckgeschwindigkeit durch die Bereitstellung einer multiplen Düsenstruktur, die durch einen winzig angeordneten Aufzeichnungskopf gebildet wird, zu materialisieren. Zur genauen Anordnung des Aufzeichnungskopfes sollte das piezoelektrische Element zur Entladung von Aufzeichnungsflüssigkeit miniaturisiert werden. In dieser Hinsicht kann ein verlängerter Aufzeichnungskopf mit höherer Genauigkeit bei niedrigen Kosten hergestellt werden, indem das gesamte Verfahren, das zu vervollständigen ist, durch ein kontinuierliches Halbleiterfilmbildungsverfahren durchgeführt wird.

[0004] Jedoch ist ein hierbei angewendetes Verfahren derart, dass der piezoelektrische Film eines piezoelektrischen Elementes durch Brennen der gepulverten PbO , ZrO_2 und TiO_2 erzeugt wird, die in der Plattform geformt sind. Daher ist es schwierig, den piezoelektrischen Film in einer Dicke von z. B. weniger als $10\ \mu\text{m}$ zu bilden. So kann der piezoelektrische Film nicht leicht verarbeitet werden, und die Miniaturisierung des piezoelektrischen Elements wird erschwert. Zudem wird der piezoelektrische Film, der durch Brennen eines solchen Pulvers erzeugt wurde, durch die kristallisierten Korngrenzen beeinflusst, die nicht ignoriert werden können, wenn die Dicke des Films kleiner gemacht wird, und so ist es unmöglich, herausragende piezoelektrische Eigenschaften zu erhalten. Folglich tritt das Problem auf, dass der piezoelektrische Film, der durch Brennen des Pulvers erzeugt wurde, keine ausreichenden piezoelektrischen Eigenschaften zum Entladen von Aufzeichnungsflüssigkeit bereitstellen kann, wenn er dünner als $10\ \mu\text{m}$ hergestellt wird. Aufgrund dieser Unfähigkeit ist es unmöglich, einen kleinen Aufzeichnungskopf mit den notwendigen Eigenschaften zur Entladung von Aufzeichnungsflüssigkeit ausreichend zu verwirklichen.

[0005] Darüber hinaus können zum Erhalten von Keramiken mit hoher Dichte die Größenabmessungsänderungen aufgrund von Schrumpfung nicht bei dem gepulverten Blatt ignoriert werden, wenn dieses auf die Vibrationsplatte, und das Strukturelement der Keramik gleichzeitig bei einer so hohen Temperatur wie 100°C gebrannt wird. Es gibt automatisch eine Grenze so weit wie die Größe betroffen ist. Hierbei ist zur Zeit die Grenze $20\ \mu\text{m}$. Daher ist es schwierig, eine Mehrzahl von Flüssigkeitsentladungsöffnungen (Düsen) anzuordnen.

[0006] Zudem wird in der Patentschrift der veröffentlichten japanischen Patentanmeldung 11-348285 die Struktur eines Tintenstrahlauzeichnungskopfes, wie durch das Halbleiterverfahren unter Verwendung eines Sputterverfahrens bearbeitet wird, vorgeschlagen. Der vorgeschlagene Tintenstrahlauzeichnungskopf ist dadurch gekennzeichnet, dass ein orientierter Platinfilm auf monokristallinen MgO angeordnet wird, und dann das Perovskit, das keine Zr-Schicht enthält, und eine PZT-Schicht darauf gebildet werden, und so ein laminiertes Element bereit gestellt wird. Nun ist, wie einer der Erfinder hiervon genau auf Seiten 144 bis 146 und an-

deren in dem Artikel "Sputtering Technologies" unter gemeinsamer Autorschaft mit Kiyotaka Wasa und Shigetomo Hayakawa (veröffentlicht von Kyoritsu Publishing Co., Ltd., am 20. September 1992), bereits als ein effektives Verfahren zur PZT- oder PLZT-Filmbildung nach Filmbildung des PbTiO_3 oder PLT, das im Vorhinein kein Zr enthält, aber dessen Gitterkonstante z. B. sich nicht erheblich unterscheidet, oder indem ein Schritt zur Herstellung einer allmählichen Zunahme durch Bearbeiten eingeführt wird, um so den PZT-Film in einen aus PLT in der Reihenfolge zu ändern. Hierbei wird das Zr schließlich aus einem Substrat zuvor herausgeführt, wenn ein piezoelektrisches Element gebildet wird, das Zr wie PZT enthält.

[0007] Ferner besitzt das in der vorstehend erwähnten Druckschrift der veröffentlichten Anmeldung vorgeschlagene Verfahren signifikante Probleme, wie nachstehend angegeben. (1) Durch das Verfahren der Herstellung, das in der Patentschrift davon offenbart wurde, ist es unmöglich, irgendeinen fachorientierten Kristall oder Einkristall-PZT zu erhalten, das mit guter Reproduzierbarkeit stabilisiert wird. (2) Durch das in dessen Patentschrift offenbarte Herstellungsverfahren ist es unmöglich, orientiertes PZT zu erhalten, sondern nur die Monokristallstruktur, die extrem kostenspielig ist, wie etwa monokristallines MgO , was schließlich zu einer extrem kostenspieligen Bearbeitung führt. Zudem das MgO -Monokristallsubstrat in seiner Größe begrenzt und so wird es unmöglich, ein Substrat mit einer großen Fläche zu erhalten. (3) In Übereinstimmung mit dem in Patentschrift offenbarten Verfahren wird die Verbindung auf dem Verbindungsabschnitt der Druckkammer (Flüssigkeitskammer)element und dem piezoelektrischen Element unter Verwendung eines Klebemittels oder in der Nachbarschaft des piezoelektrischen Elements vorgenommen, und es so erschwert, eine Zuverlässigkeit hinsichtlich wiederholter Spannung oder dergleichen in der Fläche der Mikromaschinenbearbeitung, welche durch Mikrobearbeiten begleitet ist, zu erhalten.

[0008] Die europäische Patentanmeldung Nr. 0930165 offenbart einen Tintenstrahlkopf, der Ausgänge, Kompressionskammer, die mit den Ausgängen in Verbindung stehen und piezoelektrische Vibrationsabschnitte, die jeweilige Kompressionskammer entsprechen, umfasst. Die piezoelektrischen Vibrationsabschnitte umfassen einen piezoelektrischen Film, der aus zwei Schichten, einer ersten Schicht und einer zweiten Schicht, die Zirkon enthalten, gebildet sind, die jeweils eine Perovskit-Struktur besitzen. In einem Sputterverfahren zur Erzeugung der Schichten wird die Temperatur des Substrats auf zwischen 500 und 600°C eingestellt.

[0009] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen verlängerten Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf mit Flüssigkeitsentladungsöffnungen, die mit hoher Genauigkeit gebildet sind, bereitzustellen, und zudem ein hochzuverlässiges und stabiles Verfahren zur Herstellung eines solchen Aufzeichnungskopfes, genauso wie die Struktur eines piezoelektrischen Elements, das für einen solchen Aufzeichnungskopf verwendet wird, bereitzustellen, für welchen es ermöglicht wird, das Mikrobearbeiten durchzuführen, das im Allgemeinen für das Halbleiterverfahren verwendet wird, indem ein dünnes Filmmaterial mit großen piezoelektrischen Eigenschaften trotz der kleinen Filmdicke entwickelt wird, so dass das piezoelektrische Element, die vibrierende Platte, und dergleichen, die ein piezoelektrisches Element zusammensetzen, in der Form eines Dünnsfilms strukturiert sind.

[0010] In einem ersten Aspekt ist die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines piezoelektrischen Elements, wie in Anspruch 1 definiert. In einem zweiten Aspekt ist die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopfes (der ein solches piezoelektrisches Element verwendet), wie in Anspruch 2 definiert. Bevorzugte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0011] Durch die Verwendung des Verfahrens nach Anspruch 1 ist es möglich, einen Einkristall-PZT-Dünnsfilm mit einer großen piezoelektrischen Konstante mit kleiner Dicke und guten piezoelektrischen Eigenschaften zu erhalten, wobei so Mikrobearbeiten durchgeführt wird.

[0012] Für Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungsköpfe, die so aufgebaut sind, wird der piezoelektrische Film strukturiert, um die erste Schicht und die zweite Schicht zu enthalten, die jeweils mit der Perovskit-Struktur ausgestattet sind und in Kontakt miteinander gebildet sind. Dann werden diese bei hoher Temperatur zu einem Film verarbeitet und schnell abgekühlt, um die zweite Schicht, die Zr in guter Qualität enthält und eine kleine Dicke besitzt, zu erzeugen, aber mit einer großen piezoelektrischen Konstante, wobei es so ermöglicht wird, dass Mikrobearbeiten des piezoelektrischen Films durchzuführen. Folglich wird der Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf unter einer extrem hohen Genauigkeit gebildet, der klein und mit geringem Gewicht, und einer verlängerten Form dargestellt wird.

[0013] Für den erfindungsgemäßen Flüssigkeitsentladungskopf ist es bevorzugt, das Verhältnis von Zirkon/Titan in der zweiten Schicht bei 30/70 oder mehr und 70/30 oder weniger einzustellen, um die piezoelektrische Konstante des piezoelektrischen Films weiter zu verstärken.

[0014] Für einen Flüssigkeitsentladungskopf ist der piezoelektrische Film ein monoorientierter Kristall oder Einkristall, um so es zu ermöglichen, die inhärente piezoelektrische Konstante des Materials, die den piezoelektrischen Film bildet, effektiv zu verwenden.

[0015] Für einen Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf ist es bevorzugt, den piezoelektrischen Film so zu bilden, dass er in der Richtung (100) oder (111) orientiert ist. Zudem ist es für den piezoelektrischen Film, der in der Richtung (111) orientiert ist, bevorzugt, die Richtung des Polarisationsverfahrens dann eine willkürliche Richtung zu machen, und kammförmige Elektroden anzuordnen, um so ein elektrisches Feld in der horizontalen Richtung zu dem piezoelektrischen Film anzulegen, da die Ingenieurdomäne in deren Domänenstruktur auftritt. Auf diese Weise wird eine hohe piezoelektrische Leistung erhältlich gemacht.

[0016] Für einen Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf der piezoelektrische Film in einer Dicke von 10 μm oder weniger erzeugt werden, und so es ermöglichen, die Form des piezoelektrischen Films genau zu bearbeiten. Ferner wird der piezoelektrische Film in einer Dicke von 1 μm oder mehr und 4 μm oder weniger gebildet, um es zu ermöglichen, den piezoelektrischen Film genau zu bearbeiten, und eine ausreichende Flüssigkeitsentladungsleistung zu erhalten, genauso wie eine ausreichende Zuverlässigkeit für den piezoelektrischen Film. Dann kann durch die Erzeugung der ersten Schicht des piezoelektrischen Films in einer Dicke von 30 nm oder mehr und 100 nm oder weniger, die zweite Schicht in guter Qualität gebildet werden. Es besteht auch keine Möglichkeit, dass die piezoelektrische Konstante als der Flüssigkeitsaufzeichnungskopf herabgesetzt wird, wenn die Temperatur bei 500°C oder mehr zur Zeit der Dünnschichtbildung eingestellt wird, und schnelles Abkühlen von der Dünnschichtbildungstemperatur bei mindestens 450°C mit einer Abkühlgeschwindigkeit von 30°C/min oder mehr durchgeführt wird.

[0017] Für einen Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf ist der piezoelektrische vibrierende Abschnitt, der mit einer vibrierenden Platte ausgestattet ist, um es zu erleichtern, dass der piezoelektrische vibrierende Abschnitt Wölbungsvibrationen durchführt. In diesem Fall ist es bevorzugt, mindestens eines aus Materialien oder laminiertes Element aus den Materialien, die aus Ni, Cr, Al, Ti und aus der Gruppe von deren Oxiden oder deren Nitriden, Si, Si-Oxid, YSZ und organischen Polymermaterialien ausgewählt sind, zu erzeugen. Ferner ist es bevorzugt, diese unter Verwendung von Sputtern zu erzeugen.

[0018] Für einen Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf ist es bevorzugt, die vibrierende Platte durch Ioneninspritzen mit deren Eigenschaften auf dem oberen Teil des Hauptkörpersubstrats, die die Druckkammer zusammensetzen, zu bilden. Insbesondere wird auf der Oberflächenschicht des Siliziummonokristallsubstrat Bor exzessiv dotiert, um dieses als die vibrierende Platte zu bilden, und dann werden Elektroden direkt auf dem Siliziummonokristallsubstrat gebildet, um so den zweischichtig strukturierten piezoelektrischen Film zu bilden, der in der Richtung (100) oder (111) orientiert ist.

[0019] Für einen Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf ist es bevorzugt, die vibrierende Platte durch epitaxiale Entwicklung auf einem Siliziumeinkristallsubstrat zubilden.

[0020] Für einen Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf kann die zweite Schicht des piezoelektrischen Films ein piezoelektrische Element mit Antiferro-Elektrizität sein, das Niob und Zinn enthält, und Mangan enthält.

[0021] Für einen Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf ist es bevorzugt, die Elektrodenschichten, die für beide Seiten des piezoelektrischen Films angeordnet sind, mit Platin, Iridium, leitendem Oxid oder leitendem Nitrid, zu bilden. Auf diese Weise wird es möglich, zu verhindern, dass die Elektroden durch Ätzlösung beim winzigen Bearbeiten des piezoelektrischen Films, z. B. durch Ätzen, beschädigt werden. Es ist insbesondere bevorzugt, dass die Größe der Gitterkonstante um 30 % oder mehr abweicht, um das Einkristall-PZT für die Elektroden, die auf der vibrierenden Platte zu bilden sind, zu erhalten.

[0022] Für den Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf ist es bevorzugt, dass der Hauptkörperabschnitt mit einer Mehrzahl von Flüssigkeitsentladungsöffnungen ausgestattet ist, und eine Mehrzahl der Druckkammern, die jeder der Flüssigkeitsentladungsöffnungen jeweils entsprechen, und von den Elektroden, die für beide Seiten des piezoelektrischen Films angeordnet sind, mindestens diejenigen auf einer Seite zum Einbau, der den Druckkammern entspricht, separiert sind, und um den piezoelektrischen vibrierenden Abschnitt für jede Druckkammer zu strukturieren. Bei einer so angeordneten Struktur kann ein Flüssigkeitsaufzeichnungsentladungskopf mit einer Mehrzahl von Flüssigkeitsentladungsöffnungen, die in einer extrem hohen Dichte gebildet sind, hergestellt werden. In diesem Fall kann es möglich sein, den piezoelektrischen Film zu separieren, um so entsprechend den Druckkammern angeordnet zu sein, und die Elektroden auf einer Seite sind auf jeder der

separierten piezoelektrischen Filme gebildet. Hier kann genauso ein Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf hergestellt werden, der mit einer Mehrzahl von Flüssigkeitsentladungsöffnungen, die mit hoher Dichte gebildet sind, ausgestattet ist.

[0023] Für das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren ist es bevorzugt, die erste Schicht, zweite Schicht, die vibrierende Platte, und Elektrode durch das Dampfverfahren einschließlich Sputtern und CVD-Verfahren zu bilden. Der piezoelektrische Film, der durch die erste Schicht und die zweite Schicht gebildet wird, kann mit guter Genauigkeit und guter Qualität erzeugt werden.

[0024] Für das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren ist es bevorzugt, ein Siliziumsubstrat als das Substrat zu verwenden, und dann das Substrat durch Ätzen unter Verwendung einer gemischten Säure aus Salzsäure und Salpetersäure zu entfernen, um das Innere davon zu Druckkammern zu machen.

[0025] Erfindungsgemäß ist es möglich, monoorientiertes Kristall oder Einkristall-PZT zu bilden. Dann kann, verglichen mit dem herkömmlichen Beispiel, der piezoelektrische Film dünn mit einer großen piezoelektrischen Konstante ausgebildet werden. Folglich ist eine Mikrobearbeitung auf den piezoelektrischen Film anwendbar, wobei so ein verlängerter Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf mit Flüssigkeitsentladungsöffnungen, die in hoher Dichte ausgebildet sind, bereit gestellt wird, die auch eine Hochgeschwindigkeitsreaktion durchführen können.

[0026] Ferner wird es möglich, ein hoch zuverlässiges und stabiles Verfahren zum Herstellen eines solchen Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopfes bereitzustellen. Demgemäß ist es möglich, ein Tintenstrahlzeichnungsgerät zu verwirklichen, das in hoher Auflösung bei hoher Geschwindigkeit unter Verwendung des kleinen Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopfes mit den Flüssigkeitsentladungsöffnungen, die in hoher Dichte ausgebildet sind, drucken kann.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0027] [Fig. 1A](#) ist eine perspektivische Ansicht, die einen Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf zeigt, der unter Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens gebildet wurde.

[0028] [Fig. 1B](#) ist eine Querschnittsansicht, die entlang Linie 1B-1B in [Fig. 1A](#) aufgenommen wurde. [Fig. 1C](#) ist eine Teilschnittansicht, die den piezoelektrischen vibrierenden Abschnitt in Vergrößerung für den Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf zeigt.

[0029] [Fig. 2A](#), [Fig. 2B](#) und [Fig. 2C](#) sind Ansichten, die schematisch die zweischichtige Struktur des piezoelektrischen Films veranschaulichen, der unter Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens erzeugt wurde.

[0030] [Fig. 3A](#), [Fig. 3B](#), [Fig. 3C](#) und [Fig. 3D](#) sind Ansichten, die schematisch die Hauptschritte des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopfes veranschaulichen.

[0031] [Fig. 4](#) ist eine Querschnittsansicht, die schematisch die Zusammenhänge zwischen dem piezoelektrischen Film und der Druckkammer des Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopfes, der unter Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens erzeugt wurde, zeigt.

[0032] [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) sind Querschnittsansichten, die schematisch die Beziehungen zwischen dem piezoelektrischen Film und der vibrierenden Platte des Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopfes zeigen, der unter Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens erzeugt wurde.

[0033] [Fig. 6A](#), [Fig. 6B](#), [Fig. 6C](#), [Fig. 6D](#) und [Fig. 6E](#) sind Ansichten, die schematisch die Hauptschritte eines anderen erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopfes veranschaulichen.

[0034] [Fig. 7A](#), [Fig. 7B](#), [Fig. 7C](#), [Fig. 7D](#), [Fig. 7E](#), [Fig. 7F](#), [Fig. 7G](#), [Fig. 7H](#) und [Fig. 7I](#) sind Ansichten, die schematisch die Hauptschritte weiteren erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopfes veranschaulichen.

[0035] [Fig. 8A](#), [Fig. 8B](#), [Fig. 8C](#), [Fig. 8D](#), [Fig. 8E](#) und [Fig. 8F](#) sind Ansichten, die schematisch die Haupt-

schritte weiteren erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopfes veranschaulichen.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0036] Nachstehend werden die Ausführungsformen anhand der begleitenden Zeichnungen in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0037] Von [Fig. 1A](#) bis [Fig. 1C](#) ist [Fig. 1A](#) eine perspektivische Ansicht, die einen Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf zeigt, der in Übereinstimmung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugt wurde. [Fig. 1B](#) ist eine Querschnittsansicht, die entlang der Linie 1B-1B in [Fig. 1A](#) aufgenommen wurde. [Fig. 1C](#) ist eine Teilschnittansicht, die den piezoelektrischen vibrierenden Abschnitt in Vergrößerung für den Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf zeigt.

[0038] Für den Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf, der erfindungsgemäß erzeugt wurde, wird eine Filmbildung bei einer Temperatur von 500°C oder mehr unter Verwendung des sogenannten Dünnschichtorientierungsverfahrens, wie etwa Sputtern, durchgeführt, das als ein schwieriges Verfahren, das herkömmlicherweise für den Zweck durchzuführen ist, betrachtet wird. Dann wird dieser Kopf unter Verwendung eines dünnen piezoelektrischen Films aus Einkristall oder monoorientierten Kristall mit einer großen piezoelektrischen Konstante strukturiert, die durch schnelles Abkühlen von der Temperatur der Dünnschichtbildung mindestens auf 450°C bei einer Abkühlgeschwindigkeit von 60°C/min oder mehr gebildet wird. So wird, verglichen mit dem herkömmlichen Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf, dieses extrem klein gemacht, und ist dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeitsentladungsöffnungen durch ein einfaches Verfahren zur Herstellung bei kleinen Intervallen erzeugt werden. Darüber hinaus wird Silizium für das Substrat verwendet, auf welches der piezoelektrische Film aus Einkristall oder monoorientierten Kristall gebildet wird, um die Bereitstellung eines verlängerten Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopfes in hoher Dichte und hoher Genauigkeit bei niedrigen Kosten zu ermöglichen, da das Halbleiterverfahren zum Durchführen des Herstellungsverfahrens für diesen Kopf verwendet werden kann.

[0039] Wie in [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) gezeigt, wird der Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf mit einer Mehrzahl von Entladungsöffnungen **2**; einer Druckkammer **3**, die entsprechend jeder der Flüssigkeitsentladungsöffnungen **2** angeordnet ist; und einem piezoelektrischen Element **4**, das entsprechend jeder der Druckkammern **3** eingebaut und, wie nachstehend angegeben, strukturiert wird. Hierbei wird in [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) jede Flüssigkeitsentladungsöffnung **2** auf der unteren Flächenseite angeordnet, aber kann auf der Seitenflächenseite angeordnet werden.

[0040] Für den Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf **1** werden die Flüssigkeitsentladungsöffnungen **2** auf der Düsenplatte **2a** bei vorbestimmten Intervallen gebildet, und die Druckkammern **3** werden Seite an Seite auf den Hauptkörperabschnitt (Flüssigkeitskammersubstrat) **6**, das jeweils des Flüssigkeitsentladungsöffnungen **2** entspricht, gebildet. Die Druckkammer **3**, die jeder Flüssigkeitsentladungsöffnung **2** gegenübersteht, ist durch einen Flüssigkeitsentladungsweg **6a**, der für einen Hauptkörperabschnitt **6** gebildet wird, verbunden. Zudem werden auf der oberen Fläche des Hauptkörperabschnitts **6** Öffnungsabschnitte **6b** gebildet, die jeder der Druckkammer **3** entsprechen. Dann wird eine vibrierende Platte **5** auf der oberen Fläche des Hauptkörperabschnitts **6** zur Bedeckung jeder der Öffnungsabschnitte **6b** gebildet. Auf der vibrierenden Platte **5** wird jede der piezoelektrischen Elemente **4** angeordnet, um auf den Öffnungsabschnitten **6b**, die jeden der Druckkammern **3** entsprechen, positioniert zu werden.

[0041] Zudem umfasst, wie in [Fig. 1C](#) gezeigt, das piezoelektrische Element **4** Platin (Pt)-Elektroden **7** und **8**, die jeweils eine Dicke von 0,1 µm besitzen, und einen piezoelektrischen Film **9** mit einer Dicke von 3 µm, der zwischen den Elektroden **7** und **8** gebildet ist. Dann wird dieses Element auf die vibrierende Platte **5** eingebaut. Hierbei wird die vibrierende Platte **5** durch den vibrierenden Abschnitt aus YSZ-Schicht (Yttrium stabilisiertes Zirkondioxid auch stabilisiertes Zirkondioxid genannt) mit einer Dicke von 3 µm gebildet. Auf diese Weise wird ein piezoelektrischer vibrierender Abschnitt **10** durch jedes der piezoelektrischen Element **4** und die vibrierende Platte **5** gebildet.

[0042] PZT-Dünnschichtmaterial vom Perovskit-Typ, das ein Oxid ist, das durch Blei, Titan und Zirkon zusammengesetzt ist, wird als das Material des piezoelektrischen Films **9** verwendet, wobei es so ermöglicht wird, eine Vibration unter guten Bedingungen sogar bei niedriger Spannung auszuüben. In dieser Hinsicht wird, wenn in dieser Druckschrift einfach auf PZT Bezug genommen wird, das piezoelektrische Material bezeichnet, das durch die allgemeine Formel $Pb(Zr_xTi_{1-x})O_3$, die Pb, Zr und Ti enthält, ausgedrückt wird. Die Zusammen-

setzung dieses PZT-Dünnsfilms wird verdeutlicht, um den maximalen piezoelektrischen Effekt als ein gesinter-tes Element in dem Fall von $\text{Pb}(\text{Zr}_{0,53}\text{Ti}_{0,47})\text{O}_3$ anzugeben. Jedoch ist es nicht leicht, den Dünnsfilm dieser Zusammensetzung direkt auf Elektroden zu erreichen.

[0043] Nun wird daher in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung der piezoelektrische Film **9** mit zwei Schichten, wie in [Fig. 1C](#) gezeigt, strukturiert. Als eine erste Schicht **11** wird $(\text{Pb}, \text{La})\text{TiO}_3$ (nachstehend einfach als PLT bezeichnet) gebildet, indem Lanthan zu PbTiO_3 oder PbTiO_3 , das kein Zr enthält, gegeben wird. Als eine zweite Schicht **12** wird eine Zusammensetzungsschicht aus $\text{Pb}(\text{Zr}_{0,53}\text{Ti}_{0,47})\text{O}_3$ gebildet. Dann wird der piezoelektrische Dünnsfilm mit hoher Qualität (piezoelektrischer Film **9**) mit herausragenden piezoelektrischen Eigenschaften bei einer hohen Temperatur (mehr als 500°C) zur Zeit der Filmbildung erzeugt, der von dieser Filmbildungstemperatur von mindestens 450°C mit einer Abkühlgeschwindigkeit von $30^\circ\text{C}/\text{Min.}$ oder mehr schnell abgekühlt wird.

[0044] Mit anderen Worten, es wurde das Ergebnis gefunden, das ein hochqualitativer piezoelektrischer Dünnsfilm mit herausragenden piezoelektrischen Eigenschaften auf eine solche Weise vervollständigt werden kann, dass das PLT als eine erste Schicht **11** gebildet wird, indem Lanthan zu dem PbTiO_3 oder PbTiO_3 , das kein Zr enthält, gegeben wird, und als eine zweite Schicht **12** eine Zusammensetzungsschicht aus $\text{Pb}(\text{Zr}_{0,53}\text{Ti}_{0,47})\text{O}_3$, wie in [Fig. 2A](#) gezeigt, gebildet wird, und, dass der Film bei der hohen Filmbildungstemperatur und durch anschließendes schnelles Abkühlen, wie zuvor beschrieben, gebildet wird.

[0045] Nun wird nachstehend der zweischichtige piezoelektrische Film detailliert beschrieben.

[0046] Wie vorstehend beschrieben worden ist, besitzt das PZT herausragende piezoelektrische Eigenschaften. Dann ist es bekannt, dass, wenn das Zr/Ti-Verhältnis fast 50/50 wird, dieses Element einen extrem hohen piezoelektrischen Koeffizienten darstellt. Jedoch ist es nicht leicht, einen guten Film mit PZT unter Verwendung des Dünnsfilmbildungsverfahrens, wie etwa Sputtern, CVD, unter anderem, zu erzeugen. Wenn das Verhältnis von Zr gegen Ti größer wird, wird diese Tendenz auffälliger. Dies beruht, wie auf Seiten 144 bis 146 der Druckschrift "Sputtering Technologies" (herausgegeben von Kyoritsu Publishing Co., Ltd.), auf die vorstehend Bezug genommen wurde, offenbart, das Zr-Oxid an die Oberfläche des Substrats in dem Verfahren zur Erzeugung eines Dünnsfilms absorbiert wird, und es ist bekannt, dass diese Adhäsion danach das Wachstum des Films behindert. Zudem ist es klar, dass eine solche Tendenz in dem Fall auffälliger ist, dass versucht wird, den PZT-Film auf den Pt-Elektroden zu entwickeln. Jedoch wird es bei Entwicklung des PZT unter Verwendung des Dünnsfilmbildungsverfahrens auf dem $(\text{Pb}, \text{La})\text{TiO}_3$ (d. h. PLT) dessen Kristallisationstemperatur durch Zugabe von PbTiO_3 oder durch Zugabe von La in ungefähr 10 Mol-% zu PbTiO_3 herabgesetzt wird, es möglich, einen guten PZT-Film herzustellen, ohne Zr-Oxid herauszuführen. Hierbei ist dies nichtsdestotrotz nicht gut genug, um in monoaxial, monoorientierten Kristall oder Einkristallfilm zu erhalten, der erfindungsgemäß beabsichtigt ist. Die Erfinder haben daher gründliche Untersuchungen durchgeführt, um einen monoorientierten Kristall oder Einkristalldünnsfilm zu erhalten, der vollständiger gebildet wird, um gleichförmig zu sein. Folglich ist festgestellt worden, dass die Abkühlgeschwindigkeit, die bei der Filmerzeugungstemperatur beginnt, und -zeit ein extrem wichtiger Faktor ist, um einen gleichförmig monoorientierten Kristall oder Einkristall zu erhalten.

[0047] Zum Beispiel wird, wie in [Fig. 2A](#) gezeigt, PbTiO_3 oder PLT als die erste Schicht **11** auf der tragenden Basisplatte **60** als Film ausgebildet, und wenn PZT darauf als die zweite Schicht **12** gebildet wird, wird die Temperatur bei 600°C zum Zeitpunkt der Filmbildung eingestellt. Dann wird die Abkühlgeschwindigkeit variierend von der Filmbildungstemperatur bei mindestens 450°C geändert, um das Orientierungsverhältnis des PZT zur Zeit der Filmbildung zu untersuchen. Die Ergebnisse davon werden in Tabelle 1 und Tabelle 2 gezeigt. In Tabelle 1 wird das PbTiO_3 (das als die erste Schicht dient) in einer Dicke von $0,2\ \mu\text{m}$ auf einer tragenden Basisplatte **60**, die durch $\text{MgO}(100)/\text{Pt}$ gebildet wird, erzeugt, und wenn das PZT (das als die zweite Schicht dient) in einer Dicke von $2,8\ \mu\text{m}$ darauf gebildet wird, wird die Filmbildungstemperatur bei 600°C eingestellt. Dann werden die Ergebnisse der Untersuchung bezüglich des Orientierungsverhältnisses von PZT bei verschiedenen Änderungen der Abkühlgeschwindigkeit von der Filmbildungstemperatur bis 450°C angegeben. Zu diesem Zeitpunkt ist bei Filmbildung des PbTiO_3 auf dem Pt, das an der c-Achse orientiert ist, indem die Abkühlgeschwindigkeiten geändert werden, die Richtung der PbTiO_3 -Orientierung an der a-Achse oder an der c-Achse oder ferner bei deren Mischung, abhängig von den Abkühlgeschwindigkeiten. Ferner wird bei Bildung des PZT darauf der Einkristallfilm erhalten, dessen axiale Orientierung durch die Abkühlgeschwindigkeiten genauso unabhängig davon ob die Bildung kontinuierlich ist oder nicht beeinflusst wird. Insbesondere kann bei einer langsamen Abkühlgeschwindigkeit monoorientierte Kristall- oder Einkristallwachstum nicht für den Film darauf erhalten werden. Die Gründe sind nicht klar, aber die axial orientierten Abschnitte werden durch die Röntgenstrahlanalyse in einigen Fällen beobachtet. Jedoch ist es bei einer schnellen Abkühlung bei der Abkühlgeschwindigkeit von $30^\circ\text{C}/\text{min.}$ oder mehr möglich, den c-axial orientierten Einkristall mit einer großen piezoelek-

trischen Konstante zu bilden, da das PZT, das Zr enthält, in guter Qualität dünner gemacht wird, doch bei dem c-axialen Orientierungsverhältnis von 80 % oder mehr. Ferner wird bei der Abkühlgeschwindigkeit von 60°C/min., das c-axiale Orientierungsverhältnis 95% oder mehr. Auf diese Weise kann der Einkristall PZT-Dünnsfilm mit einer großen piezoelektrischen Konstante mit der c-Achsenorientierung gebildet werden, indem die Abkühlgeschwindigkeit bei 30°C/min. oder mehr eingestellt wird. In Tabelle 2 wird das PbTiO_3 (das als die erste Schicht dient) in einer Dicke von 0,2 μm auf der tragenden Basisplatte erzeugt, die durch Si(111)/YSZ(111)/Pt gebildet wird, und wenn das PZT (das als die zweite Schicht dient) in einer Dicke von 2,8 μm darauf gebildet wird, wird die Filmbildungstemperatur bei 600°C eingestellt. Dann werden die Untersuchungsergebnisse bezüglich des Orientierungsverhältnisses von PZT bei verschiedenen Änderungen der Abkühlgeschwindigkeit von der Filmerzeugungstemperatur bis 450°C angegeben. Wie aus den Ergebnissen hervorgeht, wird bei Durchführung von schnellem Abkühlen bei einer Abkühlgeschwindigkeit von 30°C/min. oder mehr von der Filmerzeugungstemperatur von 600°C bis 450°C, das axiale Orientierungsverhältnis des (111) 80% oder mehr, was es ermöglicht, dass das PZT, das Zr enthält, den dünnen Einkristall mit der (111) axialen Orientierung mit einer großen piezoelektrischen Konstante bildet. Ferner wird bei der Abkühlgeschwindigkeit von 60°C/min. das (111) axiale Orientierungsverhältnis 95 % oder mehr. Auf diese Weise kann der Einkristall PZT-Dünnsfilm mit einer großen piezoelektrischen Konstante mit der (111) Orientierung gebildet werden, indem die Abkühlgeschwindigkeit bei 30°C/min. oder mehr eingestellt wird.

Tabelle 1

Orientierungsverhältnis des PZT-Films

Abkühlgeschwindigkeit °C/min.	100	80	60	30	20	10
c-axiales Orientierungsverhältnis	100 %	98 %	95 %	80 %	50 %	10 %
a-axiales Orientierungsverhältnis	0 %	2 %	5 %	20 %	40 %	70 %
R	R0 %	R0 %	R0 %	R0 %	R10 %	R20 %

Geändertes Orientierungsverhältnis bei Abkühlungsgeschwindigkeiten ausgehend von 600°C, der Temperatur zur Bildung von PbTiO₃ in 0,2 µm und PZT in 2,8 µm auf MgO (100)/Pt-Substrat.
(Hierbei bezeichnet R zufällige Orientierungen)

Tabelle 2

Orientierungsverhältnis des PZT-Films

Abkühlgeschwindigkeit °C/min.	100	80	60	30	20	10
c-axiales Orientierungsverhältnis	100 %	98 %	95 %	80 %	50 %	30 %
a-axiales Orientierungsverhältnis	0 %	2 %	5 %	20 %	40 %	50 %
R	R0 %	R0 %	R0 %	R0 %	R10 %	R20 %

Geändertes Orientierungsverhältnis bei Abkühlungsgeschwindigkeiten ausgehend von 600°C, der Temperatur zur Bildung von PbTiO₃ in 0,2 µm und PZT in 2,8 µm auf Si (111)/YSZ (111)//Pt-Substrat.

(Hierbei bezeichnet R zufällige Orientierungen)

[0048] Mit anderen Worten wird es bei der Hochtemperaturfilmerzeugung und der schnellen Abkühlung möglich, dass PLT(100), PZT(100) zu erhalten, wenn die Basiselektrode (100) mit der Gitterkonstante ist, die fast die gleiche wie das PZT ist, und ferner das PLT(111), PZT(111) zu erhalten, wenn die Basiselektrode (111) ist.

[0049] Zudem gibt es hinsichtlich der zweischichtigen Struktur des piezoelektrischen Films diejenige, wie in [Fig. 2B](#) gezeigt, neben der Struktur, die in [Fig. 2A](#) gezeigt wird, worin die erste Schicht **11** und die zweite Schicht **12** beide durch das PZT gebildet werden, aber die Menge an Zr-Gehalt in der ersten Schicht **11** verglichen mit der Menge an Zr-Gehalt in der zweiten Schicht **12** klein gemacht wird. Dann wird der piezoelektrische Film **9** bei der Temperatur von 500°C oder mehr zur Zeit der Filmbildung bei schneller Abkühlung bei einer Abkühlgeschwindigkeit von 30°C/min. oder mehr gebildet. Durch den so gebildeten piezoelektrischen Film wird es möglich, den gleichen Effekt zu erhalten. Mit anderen Worten wird als das piezoelektrische Material für die erste Schicht (anfängliche Schicht), die den piezoelektrischen Film bildet, die PZT-Schicht, die durch das $\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$, das bei $x < 0,3$ eingestellt ist, gebildet wird, oder die Schicht, die La-Schicht als eine solche Schicht enthält, verwendet, und sogar, wenn die zweite Schicht durch Verwendung der PZT-Schicht mit dem $\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$, eingestellt bei $0,7 \geq x \geq 0,3$ gebildet wird, kann die zweite Schicht mit guter Kristallisation und einer vergleichsweise großen piezoelektrischen Konstante gebildet werden. In diesem Fall ist es bevorzugt, insbesondere als die erste Schicht die PZT-Schicht, die durch das $\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$, das bei $x < 0,2$ eingestellt ist, gebildet wird, oder die Schicht, die La für eine solche Schicht enthält, zu verwenden. Hierbei ist es genauso möglich, herausragendes piezoelektrisches Material zu erhalten, das bei der Filmbildungstemperatur von 500°C oder mehr gebildet wurde und auf 450°C bei der Abkühlgeschwindigkeit von 30°C/min. oder mehr abgekühlt wurde.

[0050] Ferner ist es möglich, den gleichen Effekt unter Verwendung des piezoelektrischen Films, der das PZT als Film bildet, als die zweite Schicht **12** durch die Zwischenschicht **13** mit der ansteigenden Zusammensetzung, in welcher die Zr-Dichte kontinuierlich von dem PbTiO_3 oder dem PLT, das kein Zr als die erste Schicht **11** enthält und kontinuierlich auf die Zusammensetzung, nahe dem $\text{Pb}(\text{Zr}_{0,5}\text{Ti}_{0,5})\text{O}_3$ geändert wird, wie in [Fig. 2C](#) gezeigt, zu erhalten. Dies wird in der vorstehend erwähnten Druckschrift "Sputtering Technologies" (veröffentlicht von Kyoritsu Publishing Co., Ltd.) Seiten 144 bis 146 und anderen offenbart.

[0051] Wie vorstehend beschrieben ist es bei Herstellung eines Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopfes durch Verwendung des Halbleiterverfahrens ein Punkt, ob oder ob nicht ein herausragender Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf hergestellt werden kann, dass die vibrierende Platte epitaxial auf dem Einkristallsubstrat in geeigneter Weise entwickelt wird, so dass die Elektroden in Übereinstimmung mit einer gewünschten Gitterkonstante als Film ausgebildet werden können oder nicht.

[0052] Nun wird die Struktur eines Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopfes des Herstellungsverfahrens hierfür beschrieben, worin alle Orientierungen erfolgreich von dem Substrat zu dem piezoelektrischen Material, das durch die Erfinder hiervon gebildet wurde, hergestellt werden.

[0053] Zunächst wird anhand von [Fig. 3A](#) bis [Fig. 3D](#), die die Hauptbearbeitungsschritte veranschaulichen, ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung eines Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopfes beschrieben.

[0054] Wie in [Fig. 3A](#) gezeigt, wird YSZ (stabilisiertes Zirkondioxid) **21** epitaxial entwickelt, indem auf ein Einkristall (100) Siliziumsubstrat **20** (500 µm) bei einer Substrattemperatur von 800°C gesputtert wird. Die Filmdicke davon beträgt 3 µm. Zu diesem Zeitpunkt wird die Oberfläche unter Verwendung von KOH zum Zweck der Entfernung des Oxidfilms auf der Siliziumoberfläche abgespült. Ferner kann zur Verhinderung seiner Oxidation ein Metall Zr als Film ausgebildet werden. Die YSZ-Schicht **21** wirkt als eine vibrierende Platte. Dann wird der Pt-Elektrodenfilm (gemeinsame Elektrode) **22**, die auf der YSZ-Schicht **21** orientiert ist, in einer Filmdicke von 0,1 µm als Film ausgebildet. Wenn dieser Pt-Elektrodenfilm **22** gebildet wird, werden SiO_2 und TiO_2 eines nach dem anderen als Pufferfilm auf der YSZ-Schicht **21** als Film ausgebildet, und dann kann auch der Pt-Elektrodenfilm **22** darauf erzeugt werden, um den orientierten Pt-Film zu erhalten.

[0055] Anschließend wird, wie in [Fig. 3B](#) gezeigt, ein piezoelektrischer Film **23** mit einer zweischichtigen Struktur durch das rf-Sputterverfahren auf dem Pt-Elektrodenfilm **22**, der so orientiert ist, gebildet. Hierin wird der piezoelektrische Film **23** durch die erste Schicht **24** des Bleidielektrikums (PbTiO_3), das kein Zr enthält, und die zweite Schicht **25** des PZT, das Zr enthält, gebildet, die bei der Filmbildungstemperatur von 500°C oder mehr erhitzt werden und bei der Abkühlgeschwindigkeit von 30°C/min. oder mehr, wie vorstehend beschrieben, abgekühlt werden. Der piezoelektrische Film **23**, der so aufgebaut ist, verwendet die Orientierungsoberfläche (100) des Siliziumeinkristallsubstrats **20**, um den orientierten YSZ-Film **21** zu einer vibrierenden Platte

(100) zu machen, wie sie ist. Dann kann das PZT, das auf dem orientierten Pt-Elektrodenfilm **22** als Film ausgebildet worden ist, auch den Einkristallfilm erhalten, der in der Richtung (100) orientiert ist. Hierbei kann für den Elektrodenfilm ein Elektrodenfilm aus Ir, Ir₂O₃, SRO oder dergleichen, das sich von dem Pt unterscheidet, epitaxial auf der vibrierenden Platte zur Erhaltung eines Einkristallfilms entwickelt werden, wobei das PZT darauf in der Richtung (100) orientiert ist. Wie beschrieben worden ist, werden das Siliziumsubstrat und das Gitter zueinander passend gemacht, wenn die vibrierende Platte erzeugt wird. Folglich wird der nahe Kontakt intensiviert, und zudem wird die mechanische Festigkeit der YSZ-Schicht selbst größer, um die Platte als die vibrierende für einen Aufzeichnungskopf zu optimieren. Die Erfinder hiervon haben dabei Erfolg gehabt, das PZT (100) unter den Bedingungen der PZT-Filmerzeugung zu erhalten, die im Allgemeinen zur Herstellung einer polykristallinen Substanz angewendet werden, aber durch Kombinieren des Filmerzeugungsverfahrens unter Berücksichtigung des Zusammenpassens mit dem Einkristallsiliziumsubstrat, der orientierten vibrierenden Platte, der Elektroden, und der Pufferfilme mit ihren jeweiligen Gittern, während die Siliziumbearbeitungsschritte zur Vervollständigung der Herstellung eines Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopfes durch ein kontinuierliches Halbleiterverfahren verwendet werden, zu erhalten.

[0056] Als nächstes wird, wie in [Fig. 3C](#) gezeigt, der piezoelektrische Film **23** separiert, indem ein Muster gebildet wird, um so jede der Druckkammern **26** zu konfigurieren, um in der geteilten Form zu sein. Dann wird das Siliziumsubstrat **20** teilweise durch Ätzen unter Verwendung einer Wasserstofffluorsäurelösung oder Kaliumhydroxidlösung entfernt, um ein Teil des Siliziumsubstrats **20** als das Strukturelement der Druckkammer **26** zu verwenden, und die obere Elektrode (individuelle Elektrode) **26** wird auf dem piezoelektrischen Film **23** gebildet.

[0057] Danach wird, wie in [Fig. 3D](#) gezeigt, die Düsenplatte **27** mit einer Mehrzahl von Flüssigkeitsentladungsöffnungen **28**, die darauf gebildet sind, auf der unteren Seite der Druckkammer **26** des Siliziumsubstrats **20**, das darauf zu finden ist, positioniert, wobei somit der Aufzeichnungskopf vervollständigt wird.

[0058] In dieser Hinsicht ist es bei Separierung des piezoelektrischen Films **23** durch Ätzen entsprechend jeder Druckkammer **26** bevorzugt, die Breite (d) von jedem piezoelektrischen Film **23** kleiner als die Breite (D) der Druckkammer **26** zu machen, wie in [Fig. 4](#) gezeigt. Das Verhältnis davon beträgt 60 % bis 90 % ($0,6 \leq d/D \leq 0,9$). Zudem kann es bei Separierung des piezoelektrischen Films **23** zur Erzeugung möglich sein, das Harz mit niedrigerer Robustheit, das keine Behinderung für das Strecken und Schrumpfen des piezoelektrischen Films, wie etwa Polyimidharz, zwischen den separierten piezoelektrischen Film **23** einzufüllen. Auf diese Weise kann der piezoelektrische Film ohne Behinderung des Streckens und Schrumpfens des piezoelektrischen Films in der horizontalen Richtung vibriert werden. So wird die Zuverlässigkeit des Aufzeichnungskopfes ohne Verschlechterung der Vibrierungseigenschaften verstärkt. Ferner wird es möglich, eine große Menge an Verletzung durch Anordnen der Dicke (t_1) der vibrierenden Platte **21** auf dem Abschnitt mit dem piezoelektrischen Film **23** (t_1) in einer größeren Größe und in einer kleineren Größe auf dem Abschnitt ohne piezoelektrischen Film **23** (t_2), wie in [Fig. 5B](#) gezeigt, zu erhalten. Insbesondere ist es bevorzugt, diese mit $t_2/t_1 \leq 0,8$ anzuordnen.

[0059] Zudem wird der in der Richtung (100) orientierte YSZ-Film auf dem Einkristall (111) Siliziumsubstrat durch den Pufferfilm gebildet. Dann werden SiO und ZrN als Pufferfilm darauf gebildet, und ferner wird der Pt-Elektrodenfilm darauf gebildet. Der Pt-Elektrodenfilm ist in der Richtung (100) orientiert, so dass das PZT, das in (100) orientiert ist, darauf als Film ausgebildet werden kann. Ferner wird das YSZ, das in (111) orientiert ist, auf dem Einkristall (100) Siliziumsubstrat durch einen Pufferfilm als Film ausgebildet, und SiO₂ und ZrN werden als Pufferfilm darauf gebildet, wobei jeder Pt-Film darauf gebildet wird. Zu diesem Zeitpunkt wird der Pt-Elektrodenfilm in der Richtung (111) orientiert, und dann wird es bei Erzeugung des PZT auf dem Pt-Elektrodenfilm möglich, das PZT, das in (111) orientiert ist, zu erhalten. Zu diesem Zeitpunkt wird das YSZ in der Richtung (111) orientiert, um eine vibrierende Platte mit herausragender Kristallisation zu werden. Dann wird unter Verwendung des Einkristall (111) Siliziumsubstrats das YSZ in der Richtung (111) orientiert, wobei es somit ermöglicht wird, genauso das PZT zu erhalten, das in der Richtung (111) orientiert ist.

[0060] Nun wird anhand von [Fig. 6A](#) bis [Fig. 6E](#), die die Hauptbearbeitungsschritte veranschaulichen, ein anderes Verfahren zur Herstellung eines Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopfes in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0061] Für die gegenwärtige Ausführungsform wird, obwohl der Aspekt, dass das orientierte PZT verwendet wird, das gleiche ist, die die vibrierende Platte nicht als Film auf dem Silizium ausgebildet. Hierbei wird die Oberflächenschicht aus Silizium für eine vibrierende Platte, wie sie ist, verwendet. Dann wird der PZT orientierte Einkristallfilm, der durch die Erfinder hiervon erfunden wurde, darauf gebildet.

[0062] Nachstehend werden die Bearbeitungsschritte beschrieben.

[0063] Wie in [Fig. 6A](#) gezeigt, wird B (Bor) ausführlich auf der Oberfläche eines Siliziumeinkristallsubstrats **30** dotiert. Dann wird bis zu der Dichte von 10^{13} Ionen injiziert. Insbesondere wird die Beschleunigungsspannung so eingestellt, dass Ionen bis zu dem Abschnitt von ungefähr 3 μm von der Oberfläche zur Erzeugung der B-dotierten Schicht **31** auf der Oberfläche des Siliziumsubstrats **30** injiziert werden, dass als eine vibrierende Platte verwendet wird.

[0064] Als nächstes wird die Pt-Elektrode (gemeinsame Elektrode) **32** auf der B-dotierten Schicht **31** erzeugt. In diesem Fall kann auch TiO_2 und SiO_2 als Pufferfilm zum Erhalten der orientierten Pt-Oberfläche verwendet werden. Für die gegenwärtige Ausführungsform wird die Pt-Elektrode **32** als Film ausgebildet, nachdem TiO_2 von 1000Å und SiO_2 von 200Å auf dem Einkristallsiliziumsubstrat **30** als Film ausgebildet werden. Die Pt-Elektrode **32**, die so erhalten wurde, ist epitaxial in (111) entwickelt worden. Neben der Röntgenstrahlbeobachtung wird das Schnittgitterbild unter Verwendung von TEM beobachtet. Die regelmäßig ausgerichteten Kristalle werden beobachtet.

[0065] Dann wird, wie in [Fig. 6B](#) gezeigt, der piezoelektrische Film **33** mit dem PbTiO_3 (der ersten Schicht) **34** und das PZT (die zweite Schicht) **35** auf der Pt-Elektrode **32** gebildet. Die Filmdicken betragen jeweils 0,1 μm und 2,9 μm und in Übereinstimmung mit der gegenwärtigen Ausführungsform wird ein multiples Sputtergerät zur kontinuierlichen Erzeugung des Films bei hoher Temperatur bei anschließender schneller Abkühlung verwendet.

[0066] Als nächstes wird der piezoelektrische Film **33** geätzt. Mit Resist aus einer Maske wird Ätzen unter Verwendung von thermisch konzentrierter Phosphorsäure durchgeführt, um die Breite des Films auf 70 % der Breite der Druckkammer **36** herzustellen, wobei so der piezoelektrische Film **33** separiert wird ([Fig. 6C](#)). Dann wird der Abschnitt des Siliziumsubstrats **30** zum Anstoßen gegen die Druckkammer **36** mittels Trockenätzung unter Verwendung eines Vakuumverfahrens entfernt ([Fig. 6D](#)).

[0067] Dann wird, wie in [Fig. 6E](#) gezeigt, die obere Elektrode (individuelle Elektrode) **39** auf dem piezoelektrischen Film **33** gebildet. Zuletzt wird die Düsenplatte **37** mit den Flüssigkeitsentladungsöffnungen (Düsen) **38** durch Silizium oder SUS gebildet, und direkt an die Druckkammer **36** gebunden, wobei so der Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf vervollständigt wird.

[0068] Zudem wird durch Verwendung der Oberflächenschicht von ungefähr 3 μm , die durch Dotieren mit B (Bor) auf eine Siliziumeinkristallschicht bis zu 10^{13} erhalten wird, die MgO-Einkristallschicht durch Sputtern darauf in einer Dicke von 0,2 μm als die vibrierende Platte **31** erzeugt. Die gemeinsame Elektrode **32** und die individuelle Elektrode **39** werden durch die Pt-Schicht jeweils 0,1 μm strukturiert. Die Dicke der Oberflächenschicht **31** sollte vorzugsweise gleich oder kleiner als die Dicke des piezoelektrischen Films **33** sein, um eine gute Flüssigkeitsentladungsleistung zu erhalten.

[0069] Es ist bevorzugt, dass der piezoelektrische Film **33** eine Breite besitzt, die kleiner als diejenige der entsprechenden Druckkammer **36** ist. Jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht hierauf begrenzt. Die Anordnung kann so sein, dass unter Verwendung eines piezoelektrischen Films, der nicht separiert ist, während die individuelle Elektrode **29** entsprechend jede der Druckkammern **36** gebildet wird, nur der Teil der piezoelektrischen Filmschicht, der jeder Druckkammer gegenübersteht, zur Entladung von Tinte vibriert wird.

[0070] Zudem kann Polyimidharz als ein Füllstoff zwischen dem separierten piezoelektrischen Film **33**, die einander benachbart sind, eingefüllt werden. Hierbei ist der Füllstoff nicht auf Polyimidharz begrenzt. Ein beliebiges Material, dessen Robustheit vergleichsweise niedrig ist, kann verwendbar sein. Bei der Verwendung eines Materials mit vergleichsweise niedriger Robustheit als ein Füllstoff kann der piezoelektrische Film ohne Behindern des Streckens und Schrumpfens des piezoelektrischen Films in der horizontalen Richtung vibriert werden. Zum Beispiel wird die Breite der Druckkammer **36** mit 70 μm angenommen, und wenn die Breite des piezoelektrischen Films **33** geringfügig kleiner als diejenige der Druckkammer **36** gemacht wird, kann sie diese 800 nm bei dem Maximum bei Anlegung einer Spannung von 10 V ändern.

[0071] Wie vorstehend beschrieben, wird erfindungsgemäß der piezoelektrische Film **33** strukturiert, um zweischichtig, die ersten und zweiten Schichten, zu sein und unter Verwendung eines Dünnschichtverfahrens, wie etwa Sputtern, erzeugt, der als eine vibrierende Platte durch exzessives Dotieren von Bor auf die Oberfläche eines Siliziumeinkristallsubstrats verwendet wird. Auf diese Weise werden Elektroden direkt auf dem Siliziumsubstrat gebildet, und der piezoelektrische Film aus der zweischichtigen Struktur kann durch Ori-

entieren von diesen in den Richtungen von (100) und (111) erzeugt werden. Zu diesem Zeitpunkt können SiO_2 und TiO_2 Pufferfilme zwischen Platin und Silizium verwendet werden. Ferner kann ein MgO-Pufferfilm verwendbar sein.

[0072] Zudem ist das Mikrobearbeiten schwierig, wenn die Dicke des piezoelektrischen Films **32** 10 μm oder mehr wird. Daher ist es bevorzugt, die Dicke des piezoelektrischen Films **32** auf weniger als 10 μm oder, weiter bevorzugt auf 8 μm oder weniger, einzustellen.

[0073] Als das Substrat wird Siliziumeinkristall verwendet, und auf dessen Oberfläche wird B (Bor) exzessiv dotiert, um so die dünne Oberflächenschicht als die vibrierende Platte zu verwenden. MgO wird darauf epitaxial entwickelt, und dann wird die erste Schicht (anfängliche Schicht), die kein Zr enthält, darauf gebildet. Danach wird der piezoelektrische Film, der durch die allgemeine Formel $(\text{Pb}_{1-x}\text{La}_x)(\text{Zr}_{1-y}\text{Ti}_y)\text{O}_3$ ausgedrückt wird, auf der anfänglichen Schicht gebildet. Auf diese Weise kann der orientierte piezoelektrische Film erzeugt werden. Wie vorstehend beschrieben wird das La zu dem piezoelektrischen Film der allgemeinen Formel $\text{Pb}(\text{Zr}_{1-y}\text{Ti}_y)\text{O}_3$ gegeben, wobei die Kristallisationstemperatur herabgesetzt wird, um die piezoelektrische Fähigkeit des dünnen piezoelektrischen Films zu verstärken. Ferner wird es mit dem so gebildeten monokristallinen $(\text{Pb}_{1-x}\text{La}_x)(\text{Zr}_{1-y}\text{Ti}_y)\text{O}_3$ möglich, die piezoelektrische Konstante mit dem zehnfachen Wert derjenigen des polykristallinen Elementes der gleichen Zusammensetzung zu erhalten. Zudem wird als das Verfahren zum Erzeugen des piezoelektrischen Films Sputtern oder CVD verwendet, um es möglich zu machen, den monokristallinen Film mit guter Kristallisation bei einer schnellen Abscheidungs geschwindigkeit von 1 μm oder mehr pro Stunde zu erzeugen. Ferner wird es unter Verwendung von Platin oder Rutheniumoxid als das piezoelektrische Material möglich, den piezoelektrischen Film zu entwickeln, während gute Oberflächeneigenschaften beibehalten werden. Zudem kann anstelle von MgO, ZrN, TiN ohne irgendein Problem verwendet werden. Ferner kann dieses Verfahren der Bearbeitung vereinfacht werden, um einen herausragenden Effekt auf die Produktivität im großen Maßstab, genauso wie auf die Herstellungskosten, auszugeben.

[0074] Als nächstes wird anhand von [Fig. 7A](#) bis [Fig. 7I](#), die die Hauptbearbeitungsschritte veranschaulichen, ein anderes Verfahren zur Herstellung eines Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopfes in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0075] Für den Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf der vorliegenden Ausführungsform ist es nicht vorgesehen, das PZT direkt auf dem Substrat zu bilden, sondern den Schritt der Bildung PZT unter Verwendung eines Zwischentransferelementes, des Schrittes zur Erzeugung der Druckkammer (Flüssigkeitskammer), und dem Schritt zum Binden von diesen zu separieren. Auf diese Weise wird es möglich, das Filmbildungsverfahren, das Blei verwendet, zu separieren. Ferner erleichtert es dieses Verfahren, eine straffe Verbindung zu erhalten, sogar wenn Binden mit einem Substrat, dessen Gitterkonstante unterschiedlich ist, durchgeführt wird. Dies ist das Merkmal, das sich von den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen unterscheidet. Insbesondere bei der niedrigen Temperatur, die hierbei anwendbar gemacht wird, wird der Bereich der Materialauswahl breiter für das Substrat, das die Druckkammer der Möglichkeit der Kostenherabsetzung einschließt, da es in der Technik bekannt ist, das PZT-Einkristall mit dem Si-Einkristallsubstrat oder dem Substrat mit einer vibrierenden Platte, die daran angebracht ist, dass eine amorphe Zwischenschicht durch die Anwendung einer Temperatur von 150°C bis 400°C erzeugt wird, und dann kann ein atomares Verbindungsniveau erhalten werden.

[0076] Nun wird anhand von [Fig. 7A](#) bis [Fig. 7I](#) ein Verfahren zur Herstellung eines Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopfes in Übereinstimmung mit der vorliegenden Ausführungsform beschrieben.

[0077] Zunächst wird, wie in [Fig. 7A](#) gezeigt, der Einkristall-Pt-Elektrodenfilm **41** orientiert und in einer Dicke von 0,1 μm auf der oberen Fläche des MgO-Einkristallsubstrats **40** mit der (111) Ebene eines 3 cm Quadrats als dessen oberen Fläche gebildet.

[0078] Dann wird, wie in [Fig. 7B](#) gezeigt, der Pt-Elektrodenfilm **41** unter Verwendung von Trockenätzen (durch Ar Ionen in Vakuum) gemustert, um so diese individuelle Elektroden **41**, die Druckkammern jeweils entsprechen, zu separieren.

[0079] Danach wird, wie in [Fig. 7C](#) gezeigt, die erste Schicht (anfängliche Schicht) **42** aus PbTiO_3 in einer Dicke von ungefähr 0,01 μm erzeugt. Dann wird der PZT-Dünnschicht **43** durch Sputtern auf der ersten Schicht **42** mit einer Dicke von ungefähr 3 μm gebildet. Hierbei wird bei dieser Verbindung die Substrattemperatur bei 500°C bis 600°C eingestellt, um den Film zu entwickeln, der schnell mit einer Abkühlungsgeschwindigkeit von 50°C/min. entwickelt wird.

[0080] Dann wird, wie in [Fig. 7D](#) gezeigt, der piezoelektrische Film **44**, der durch die erste Schicht **42** und den PZT-Dünnschicht **43** gebildet wird, durch Ätzen unter Verwendung einer starken Säurelösung gemustert, um diese individuellen piezoelektrischen Filme, die den Druckkammern jeweils entsprechen, zu separieren.

[0081] Auf jeden der separierten piezoelektrischen Filme **44** wird eine gemeinsame Elektrode gebildet. Hierbei kann als die gemeinsame Elektrode die vibrierende Platte **46** verwendet werden. In diesem Fall besteht kein Bedarf nach Bereitstellung irgendeines besonderen Schrittes zur Erzeugung der gemeinsamen Elektrode. Die in [Fig. 7A](#) bis [Fig. 7I](#) veranschaulichte Ausführungsform verwendet die vibrierende Platte **46** **46** als gemeinsame Elektroden.

[0082] Zudem wird, wie in [Fig. 7E](#) gezeigt, das Ti auf dem Siliziumeinkristallsubstrat **45** in einer Dicke von ungefähr 3 µm gebildet, um dieses zu der vibrierenden Platte **46** zu machen, die **46** als die gemeinsame Elektrode wirkt.

[0083] Dann wird, wie in [Fig. 7F](#) gezeigt, das Siliziumsubstrat **45** teilweise zur Entfernung unter Verwendung von Wasserstofffluorsäurelösung oder Kaliumhydroxidlösung geätzt, wobei so die Druckkammern **47** und Flüssigkeitsstromwege auf dem Siliziumsubstrat gebildet werden.

[0084] Danach werden, wie in [Fig. 7G](#) gezeigt, das MgO-Substrat **40** mit dem piezoelektrischen Film **44**, den Elektroden **41**, und anderen, die darauf gebildet sind, und der Substrathauptabschnitt mit dem darauf gebildeten Siliziumsubstrat **45** mit den Druckkammern **47** und anderen, genauso wie die Ti-vibrierende Platte **46** überlagert, wobei die Ti-Schicht **46** des Substrathauptabschnitts und der piezoelektrische Film **44** positioniert werden, und ohne Verwendung irgendwelcher Klebstoffe verbunden werden. Auf diese Weise werden die Druckkammern **47**, die vibrierende Platte **46**, und der elektrische PZT-Film **44** einstückig zusammen erzeugt.

[0085] Dann wird, wie in [Fig. 7H](#) gezeigt, das MgO-Substrat **40** unter Verwendung der Säurelösung entfernt. Das MgO-Substrat **40** kann stabil unter Verwendung einer Phosphorsäurelösung oder Beschädigung des piezoelektrischen Films **44** aufgelöst werden.

[0086] Ferner wird, wie in [Fig. 7I](#) gezeigt, die Düsenplatte **48** mit den Flüssigkeitsentladungsöffnungen (Düsen) **49** mit einem Durchmesser von z. B. jeweils 10 µm, die bei vorbestimmten Intervallen darauf gebildet wird, auf dem Substrathauptabschnitt eingebaut, und jede der Flüssigkeitsentladungsöffnungen **49** ist mit jeder Druckkammer **47** verbunden und steht mit dieser in Verbindung, wobei so der Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf hergestellt wird.

[0087] Zudem kann als das Variationsbeispiel der vorliegenden Ausführungsform ein Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf entlang der in [Fig. 8A](#) bis [Fig. 8F](#) gezeigten Prozesskette hergestellt werden.

[0088] Auch für die vorliegende Ausführungsform wird, wie in [Fig. 8A](#) gezeigt, auf der oberen Fläche des MgO-Einkristallsubstrats **50** mit der (111) Ebene von 3 cm im Quadrat als obere Fläche der Pt-Einkristallelektrodenfilm **51** orientiert und in einer Dicke von 0,1 µm gebildet. Dann wird die anfängliche PLT-Schicht (erste Schicht) **52** in einer Dicke von ungefähr 0,01 µm gebildet, und der PZT-Dünnschicht **53** wird auf der anfänglichen Schicht **52** durch Sputtern in einer Dicke von ungefähr 3 µm gebildet. Hierbei wird bei dieser Verbindung die Substrattemperatur bei 500°C bis 600°C zur Entwicklung des Films eingestellt, der schnell mit einer Abkühlgeschwindigkeit von 50°C/min. abgekühlt wird.

[0089] Wie in [Fig. 8B](#) gezeigt werden der piezoelektrische Film **54**, der durch die anfängliche Schicht **52** und dem PZT-Dünnschicht **53** gebildet wird, und die Pt-Elektrode **51** durch Ätzen gemustert, um diese in den individuellen Elektrodenfilm **51** und dem piezoelektrischen Film **54** zu separieren. Danach wird Ti darauf in einer Dicke von ungefähr 3 µm als die vibrierende Platte **56** gebildet. Diese vibrierende Platte **56** fungiert **56** als die gemeinsame Elektrode.

[0090] Anschließend werden, wie in [Fig. 8C](#) gezeigt, das Siliziumsubstrat **55**, und das intermediäre PZT-Transferelement des MgO-Substrats **50** mit dem piezoelektrischen Film, den Elektroden **51**, und anderen, die darauf gebildet sind, direkt ohne Verwendung von Klebstoffen verbunden.

[0091] Danach wird, wie in [Fig. 8D](#) gezeigt, das MgO-Substrat **50** unter Verwendung einer Säurelösung entfernt, und dann, wie in [Fig. 8E](#) gezeigt, das Siliziumsubstrat **55** teilweise zur Entfernung unter Verwendung von Wasserstofffluorsäurelösung oder Kaliumhydroxidlösung geätzt, wobei so die Druckkammern **57** auf dem Siliziumsubstrat **55** gebildet werden.

[0092] Dann wird, wie in [Fig. 8F](#) gezeigt, die Düsenplatte **58** mit den Flüssigkeitsentladungsöffnungen (Düsen) **59**, die bei vorbestimmten Intervallen darauf gebildet sind, auf das Siliziumsubstrat **55** eingebaut, und jede der Flüssigkeitsentladungsöffnungen **59** wird mit jeder Druckkammer **57** verbunden und steht mit dieser in Verbindung, somit wird der Flüssigkeitsentladungskopf hergestellt.

[0093] In dieser Hinsicht werden für das anhand von [Fig. 7A](#) bis [Fig. 7I](#) und [Fig. 8A](#) bis [Fig. 8F](#) beschriebene Herstellungsverfahren die piezoelektrischen Filme **44** und **54**, und die individuellen Elektroden **41** und **51** vor den gemeinsamen Elektroden (die dual als die vibrierenden Platten **46** und **56** fungieren) gemustert, aber dieses Mustern ist nicht notwendigerweise hierauf begrenzt. Es kann möglich sein, die gemeinsamen Elektroden zuerst zu erzeugen, und dann die piezoelektrischen Filme **44** und **54**, und die individuellen Pt-Elektroden **41** und **51** zu mustern, nachdem die MgO-Substrate **40** und **50** geätzt werden.

[0094] In Übereinstimmung mit dem vorstehend beschriebenen Herstellungsverfahren wird es möglich, einen dünnen piezoelektrischen Film mit guten piezoelektrischen Eigenschaften zu bilden. Dann kann durch die Anwendung von Mikrobearbeitungstechniken, die zur Halbleiterherstellung verwendet werden, ein solcher dünner piezoelektrischer Film in die piezoelektrischen Elemente gebildet werden, die extrem kleinen Druckkammern jeweils entsprechen, was es ermöglicht, einen Tintenstrahlkopf mit Flüssigkeitsentladungsöffnungen, die in hoher Dichte gebildet sind, herzustellen.

[0095] In dieser Hinsicht ist für jede der vorstehend erwähnten Ausführungsformen die Beschreibung hinsichtlich spezifischer Materialien und Zahlenwerte in geeigneter Weise gemacht worden, aber die vorliegende Erfindung ist nicht notwendigerweise auf diese Materialien und Zahlenwerte, die so beschrieben wurden, begrenzt.

[0096] Zudem ist bezüglich der ersten Schicht (anfänglichen Schicht) des piezoelektrischen Films, die erste Schicht **11** in [Fig. 2](#) eine Schicht, um die zweite Schicht **12** mit guter Kristallisation zu bilden, und die zweite Schicht **12** trägt hauptsächlich die Funktion als ein Film mit der piezoelektrischen Fähigkeit. Die hierzu elektrischen Eigenschaften des piezoelektrischen Films **9** als ein Ganzes nicht abzuschwächen gilt daher: je kleiner die Filmdicke der ersten Schicht **11** ist, desto besser, so weit dies die Funktion zur Bildung der zweiten Schicht **12** unter guten Bedingungen tragen kann. Die Erfinder haben bestätigt, dass die erste Schicht **11** seine Funktion demonstrieren kann, sogar wenn diese 5 nm oder weniger bei Verwendung eines Sputtergeräts mit guter Filmdickensteuerung beträgt. Jedoch ist es bevorzugt, den Dickenbereich innerhalb 30 nm bis 100 nm zur Bedeckung der Pt-Elektrode auf gleichförmige Weise einzustellen, genauso wie angesichts der Steuerung oder dergleichen beim Durchführen der Verfahrensschritte. Beim Einstellen innerhalb dieses Bereichs wird es möglich zu verhindern, dass die piezoelektrischen Eigenschaften des piezoelektrischen Films **9** als ein Ganzes wesentlich verschlechtert werden, während der Effekt auf die Bildung der zweiten Schicht **12** in guter Qualität ausreichend demonstriert wird. Ferner wird es möglich, die Last zu minimieren, die auf die Steuerung und Überwachung der Prozessschritte erhöht wird, wenn das Bildungsverfahren des piezoelektrischen Films **9** durchgeführt wird. Hierbei ist bestätigt worden, dass gemäß der ersten Ausführungsform ein Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopf bei einer ausreichenden Flüssigkeitsentladungsleistung sogar bei niedriger Spannung hergestellt werden kann, indem die PZT-Schicht angeordnet wird, um eine mit der PbTiO_3 -Schicht in einer Filmdicke von 0,2 μm als die erste Schicht **11** zu sein, und das $\text{Pb}(\text{Zr}_{0,53}\text{Ti}_{0,47})\text{O}_3$ in einer Filmdicke von 2,8 μm als die zweite Schicht **12** zu sein.

[0097] Zudem ist erfindungsgemäß, obwohl die Filmdicke der zweiten Schicht **12**, die durch PZT gebildet wird, nicht notwendigerweise begrenzt ist, es bevorzugt, diese bei 10 μm oder weniger, oder insbesondere bei 8 μm oder weniger einzustellen, da bei Durchführung der Filmerzeugung unter Verwendung eines dünnen Filmerzeugungsverfahrens es längere Zeit beansprucht, den Film zu erzeugen, wenn die Filmdicke groß ist. Zudem wird der piezoelektrische Film **9** nach der Filmerzeugung gemustert, um in einer vorbestimmten Form, die jeweils den Druckkammern entspricht, zu sein. Jedoch ist es angesichts des Bedarfs, der zunehmend stärker nach engeren Intervallen zwischen Flüssigkeitsentladungsöffnungen von jetzt an zu erwarten ist, es weiter bevorzugt, die Dicke des piezoelektrischen Films **9** bei 5 μm oder weniger einzustellen, so dass die Musterung in guter Genauigkeit sogar in einem solchen Fall, wie erwartet, durchgeführt wird. Zudem sollte angesichts der Filmfestigkeit und der zu schaffenden Spannung die Dicke des piezoelektrischen Films **9** vorzugsweise bei 0,5 μm oder mehr eingestellt werden. Folge der Untersuchungen der Erfinder ist es insbesondere bevorzugt, die Dicke des piezoelektrischen Films **9** bei einem Bereich von 1 bis 4 μm einzustellen. Es ist bestätigt worden, dass wenn die Filmdicke davon innerhalb dieses Bereichs eingestellt wird, eine solche Aufzeichnungsflüssigkeit wie Tinte stabil ausgestoßen werden kann, während die Zuverlässigkeit des Films bei einem bestimmten Niveau oder mehr gehalten wird.

[0098] Für die in [Fig. 7A](#) bis [Fig. 7I](#) veranschaulichte Ausführungsform wird der Substrathauptabschnitt unter Verwendung von Silizium **45** und Titan **46** gebildet, aber er ist nicht notwendigerweise darauf begrenzt. Es kann möglich sein, diesen Abschnitt aus lichtempfindlichen organischen Polymermaterial, lichtempfindlichen Glas und einem einzigen Metallmaterial, oder dergleichen zu bilden.

[0099] Zudem kann die vibrierende Platte (bezeichnet durch Bezugszeichen **5** in [Fig. 1A](#) bis [Fig. 1C](#)) fein unter Verwendung des Dünnschichtverfahrens, wie etwa Sputtern, bearbeitet werden. Für dessen Material kann YSZ metallisches Titan (Ti) für die vorstehend beschriebene Ausführungsform verwendet werden, aber das Material ist nicht notwendigerweise hierauf begrenzt. Metall, wie etwa Nickel, Chrom, Aluminium, oder SiO_2 kann verwendbar sein. Diese Metalle können auch mit Leichtigkeit unter Verwendung eines Sputterverfahrens, Chromabscheidung, und Plattierverfahren gebildet werden, um es möglich zu machen, Vibrationseigenschaften unter guten Bedingungen wie im Fall der Verwendung von metallischem Titan zu erhalten. Zudem kann bei Verwendung von Aluminiumoxid für die vibrierende Platte der gleiche Effekt wie im Fall der Verwendung von metallischem Titan oder SiO_2 erhalten werden. Die Bildung kann auch durch ein Sputterverfahren mit Leichtigkeit durchgeführt werden. Daneben kann Polyimidharz für die vibrierende Platte verwendet werden. Polyimidharz kann leicht unter Verwendung eines Spinbeschichtungsverfahrens gebildet werden, und dessen Mikrobearbeitung ist auch leicht. Daher ist dieses Material zur Verwendung als die vibrierende Platte eines Flüssigkeitsentladungsaufzeichnungskopfes geeignet. Ferner ist als die vibrierende Platte ein laminiertes Komplettmaterial aus Keramik und Metall für die Bereitstellung von Haltbarkeit und Zähigkeit anwendbar.

[0100] Unter Verwendung von jeden der vorstehend beschriebenen Materialien kann die vibrierende Platte ohne irgendeine Verschlechterung, die Risse oder dergleichen während der Vibration hervorrufen kann, erzeugt werden, um ausreichende Vibrationen zur Entladung von Aufzeichnungsflüssigkeit zu erzeugen. Zudem ist als das Material für die vibrierende Platte jedes Metalloxid verwendbar, um die gleichen Vibrationseigenschaften zu erhalten. Ferner ist es bei Verwendung des lichtempfindlichen Polyimids es leichter, das Element herzustellen.

[0101] Mit der vorstehend beschriebenen Struktur ist es möglich, die Wölbungsvibrationen unter guten Bedingungen sogar bei Anlegung einer Spannung von 50 V oder weniger zu erzeugen, wenn die Dicke der vibrierenden Platte **5**, die der Druckkammer (bezeichnet durch Bezugszeichen **3** in [Fig. 1A](#) bis [Fig. 1C](#); nachstehend das gleiche) durch eine SiO_2 -Schicht in 2 μm gebildet wird, und zudem der PZT-Dünnschicht 3 μm dick ist, der durch die Zusammensetzungsformel von $\text{Pb}(\text{Zr}_{0,5}\text{Ti}_{0,5})\text{O}_3$ ausgedrückt wird, und die Platinelektroden **7** und **8** mit einer Dicke von jeweils 0,1 μm als die zweite Schicht **12** des piezoelektrischen Films **9** verwendet werden. Jedoch ist erfindungsgemäß die Dicke der vibrierenden Platte **5** nicht notwendigerweise auf 2 μm , wie vorstehend beschrieben, begrenzt. Diese Dicke kann in geeigneter Weise angesichts der piezoelektrischen Eigenschaften des piezoelektrischen Films **9** genauso wie der inhärenten Eigenschaften der Vibration des Materials, das die vibrierende Platte **4** bildet, unter anderem eingestellt werden.

[0102] Zudem ist es für die vorliegende Erfindung möglich, den piezoelektrischen Film aus einer dielektrischen Bleischicht mit der Perovskit-Struktur mit guter Kristallisation unter Verwendung von Platin, Iridium oder Rutheniumoxid zu bilden. Unter Verwendung des piezoelektrischen Films, der auf den Elektroden unter Verwendung eines beliebigen dieser Materialien gebildet ist, kann der piezoelektrische Film in der Mehrzahl ohne kleine Variation der Eigenschaften hergestellt werden, somit wird es möglich, die Variation zwischen den Elementen hinsichtlich der Flüssigkeitsentladungsfähigkeit zu minimieren. Zudem kann die gemeinsame Elektrode als eine kontinuierliche zur Bedeckung einer Mehrzahl von piezoelektrischen Filmen gebildet werden. Jedoch kann die gemeinsame Elektrode kammförmig als die individuelle Elektrode pro Druckkammer sein. Insbesondere wird für den piezoelektrischen Film, der in der Richtung (111) orientiert ist, die Ingenieurdomäne in dessen Domänenstruktur geschaffen. So ist es möglich, diese als kammförmige Elektrode herzustellen, die das elektrische Feld in der horizontalen Richtung hinsichtlich des piezoelektrischen Films anlegen kann, während das Polarisationsverfahren, das in einer willkürlichen Richtung möglich ist, durchgeführt wird. Auf diese Weise kann eine hohe piezoelektrische Leistung erhalten werden.

[0103] Zudem wird für die Mikrobearbeitung des PZT-Dünnschicht eine Lösung mit starker Azidität, wie etwa Wasserstofffluorsäure oder Salpetersäure verwendet, aber durch Verwendung von Platin, Iridium, oder Rutheniumoxid für die Elektrode wird es möglich, zu verhindern, dass das Elektrodenmaterial korrodiert wird, um die Herstellung der Elemente zu stabilisieren. Zudem ist es für das PZT, das als das piezoelektrische Material der zweiten Schicht, das den piezoelektrischen Film bildet, verwendet wird, bevorzugt, die PZT-Schicht mit dem Zr/Ti-Verhältnis zu verwenden, das die guten piezoelektrischen Eigenschaften darstellt, um innerhalb eines Bereichs von 30/70 bis 70/30 zu sein. Zudem kann erfindungsgemäß das piezoelektrische Material, das die Elemente enthält, die sich von Pb, Ti, und Zr unterscheiden, das die Zusammensetzung von

$\text{Pb}_{0,99}\text{Nb}_{0,02}[(\text{Zr}_{0,6}\text{Sn}_{0,4})_{1-y}\text{Ti}]_{y,0,98}\text{O}_3$ ($0,060 \leq y \leq 0,065$) oder dergleichen zum Beispiel besitzt, neben dem vorstehend erwähnten PZT verwendet wird. In dieser Hinsicht ist das $\text{Pb}_{0,99}\text{Nb}_{0,02}[(\text{Zr}_{0,6}\text{Sn}_{0,4})_{1-y}\text{Ti}]_{y,0,98}\text{O}_3$ ($0,060 \leq y \leq 0,065$) das antiferroelektrische Material, aber es gibt kein Problem. In diesem Fall erscheinen die diskontinuierlichen Versetzungseigenschaften bei einer Spannung von 15 V aufgrund des Phasenübergangs von antiferroelektrisch zu ferroelektrisch, und bei einer Spannung von 20 V tritt eine Versetzung von ungefähr 0,8 μm auf. Wenn eine Spannung von 20 V oder mehr angelegt wird, wird fast eine konstante Versetzung hervorgerufen, wobei es so möglich wird, die Variation der Entladungsmengen an Flüssigkeit klein zu machen. Ferner wird es bei dem antiferroelektrischen Film mit der Zusammensetzung von $\text{Pb}_{0,99}\text{Nb}_{0,02}[(\text{Zr}_{0,6}\text{Sn}_{0,4})_{1-y}\text{Ti}]_{y,0,98}\text{O}_3$ ($0,060 \leq y \leq 0,065$) möglich, das piezoelektrische Element mit einer stabilisierten Flüssigkeitsentladungsfähigkeit sogar bei einem dünnen polykristallinen Film zu erzeugen.

[0104] In dieser Hinsicht zeigt die Tabelle 3 ein Beispiel für die Materialien jeweils für das monokristalline Substrat, die vibrierende Platte, die Elektrode, und die erste Schicht (des piezoelektrischen Films). Dann wird, wenn nur die Gittergröße kombinierten Materialien angeordnet wird, um 30 % oder mehr voneinander abzuweichen, es möglich, das monokristalline PZT, das in (100) oder (111) orientiert ist, zu erhalten, indem diese Materialien in geeigneter Weise kombiniert werden.

Tabelle 3

	Substrat	vibrierende Platte	Pufferfilm	Elektrode	erste Schicht
PZT (100) Einkristall	Si (100)	YSZ	TiO ₂	Pt	PbTiO ₃
	Si (111)	SiO ₂	SiO ₂	SRO	PLT
	MgO (100)	Al ₂ O ₃	TiN	Au	BaTiO ₃
	SrTiO ₃ (100)	Ti/Cr/SUS	ZrN	Cr/SUS/Ti	CaTiO ₃
	SiO ₂	B dotiertes Si			
PZT (111) Einkristall	Si (100)	YSZ	TiO ₂	Pt	PbTiO ₃
	Si (111)	SiO ₂	SiO ₂	SRO	PLT
	MgO (100)	Al ₂ O ₃	TiN	Au	BaTiO ₃
	SrTiO ₃ (100)	Ti/Cr/SUS	ZrN	Cr/SUS/Ti	CaTiO ₃
	SiO ₂	B dotiertes Si			

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines piezoelektrischen Elements mit einem tragenden Substrat und einem piezoelektrischen Film, der auf dem tragenden Substrat getragen wird, und mit einer Monokristall- oder einer Monoorientierungskristall-Perowskitstruktur, wobei das Verfahren umfasst:

Bilden einer ersten, Blei und Titan enthaltenden Schicht auf dem tragenden Substrat durch ein Sputter- oder CVD-Verfahren bei einer Temperatur von 500°C oder mehr des tragenden Substrats und einer zweiten, Zirkonium, Blei und Titan enthaltenden Schicht, wobei die erste Schicht kein Zirkonium oder Zirkonium in einer geringeren Menge als die zweite Schicht enthält;

gekennzeichnet durch Bilden des piezoelektrischen Films mit der ersten und zweiten Schicht durch Ausführen schnellen Abkühlens des tragenden Substrats bei einer Kühlrate von 60°C/Minute oder mehr bei einer Temperatur zwischen 500°C oder mehr und mindestens bis 450°C.

2. Verfahren zur Herstellung eines Flüssigkeitsausstoß-Aufzeichnungskopfes mit einer Flüssigkeitsausstoßöffnung, einer mit der Flüssigkeitsausstoßöffnung verbundenen Druckkammer und einem piezoelektrischen Element, das auf dem tragenden Substrat getragen wird und eine Monokristall- oder Monoorientierungskristall-Perowskitstruktur aufweist, wobei das Verfahren umfasst:

Anheben der Temperatur des tragenden Substrats auf 500 °C oder mehr während der Bildung einer ersten, Blei und Titan enthaltenden Schicht und einer zweiten, Zirkonium, Blei und Titan enthaltenden Schicht nacheinander auf dem tragenden Substrat durch ein Sputter- oder CVD-Verfahren, wobei die erste Schicht kein Zirkonium enthält oder Zirkonium in einer geringeren Menge als die zweite Schicht enthält;

gekennzeichnet durch Bilden des piezoelektrischen Films mit der ersten und zweiten Schicht durch Ausführen schnellen Abkühlens des tragenden Substrats bei einer Kühlrate von 60°C/Minute oder mehr bei einer Temperatur zwischen 500°C oder mehr und mindestens bis 450°C.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, welches ferner Bilden einer Zwischenschicht auf der ersten Schicht umfasst, wobei die Zwischenschicht Zirkonium in einer Konzentration enthält, welche durch die Dicke der Schicht von der Seite der ersten Schicht zu der Seite der zweiten Schicht ansteigt.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei das Verhältnis von Zirkonium/Titan in der zweiten Schicht von 30/70 bis 70/30 ist.

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei der piezoelektrische Film mit Orientierung in der Richtung (100) gebildet ist.

6. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei der piezoelektrische Film in der Richtung (111) orientiert ist.

7. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei der piezoelektrische Film in einer Dicke von 10 µm oder weniger gebildet ist.

8. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei der piezoelektrische Film in einer Dicke von 1 µm bis 4 µm gebildet ist.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die erste Schicht des piezoelektrischen Films in einer Dicke von 30 nm bis 100 nm gebildet ist.

10. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei die zweite Schicht des piezoelektrischen Films Niob, Zinn und Mangan enthält und Antiferroelektrizität bereitstellt.

11. Verfahren nach Anspruch 2, welches ferner Bilden einer vibrierenden Platte auf dem Substrat umfasst.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei die vibrierende Platte aus mindestens einem Material oder einem laminierten Bauteil aus den Materialien gebildet ist, die aus Nickel, Chrom, Aluminium, Titan, Zirkonium oder aus der Gruppe der Oxide oder Nitride davon, Silicium, Siliciumoxid, organischen Polymermaterialien und YSZ ausgewählt werden.

13. Verfahren nach Anspruch 11, wobei die vibrierende Platte auf einem Silizium-Einkristallsubstrat durch epitaxialen Aufbau gebildet ist.

14. Verfahren nach Anspruch 11, wobei die vibrierende Platte durch ein Dampfverfahren einschließlich Sputtern und CVD gebildet ist.

15. Verfahren nach Anspruch 11, wobei die vibrierende Platte durch Ioneneinspritzung auf einer Oberfläche des Substrats gebildet ist.

16. Verfahren nach Anspruch 2, welches ferner das Bilden einer gemeinsamen Elektrode auf dem Substrat und Bilden einer oberen Elektrode auf der freiliegenden Oberfläche der zweiten Schicht umfasst.

17. Verfahren nach Anspruch 11, wobei die vibrierende Platte durch Ioneneinspritzung auf einer Oberfläche des Substrats gebildet wird, wobei die vibrierende Platte zugleich als eine gemeinsame Elektrode wirkt.

18. Verfahren nach Anspruch 17, welches ferner Bilden einer oberen Elektrode auf der freiliegenden Oberfläche der zweiten Schicht umfasst.

19. Verfahren nach Anspruch 2, welches ferner Mustern des piezoelektrischen Films umfasst, um individuelle piezoelektrische Elemente auf dem Substrat zu bilden.

20. Verfahren nach Anspruch 2, welches ferner Mustern des piezoelektrischen Films, um individuelle piezoelektrische Elemente zu bilden, und Bilden von Druckkammern in dem Substrat passgenau mit entsprechenden individuellen piezoelektrischen Elementen durch Ätzen des Substrats umfasst.

21. Verfahren nach Anspruch 20, welches ferner Einbinden einer Düsenplatte über den Druckkammern umfasst, wobei die Düsenplatte entsprechende Flüssigkeitsausstoßöffnungen aufweist, die in Fluidverbindung mit den Druckkammern stehen.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

FIG. 1A

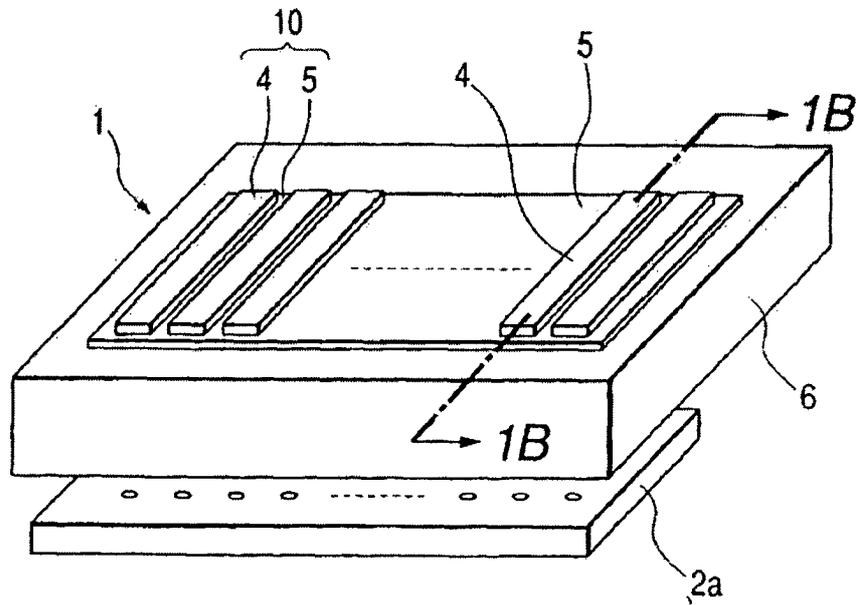


FIG. 1B

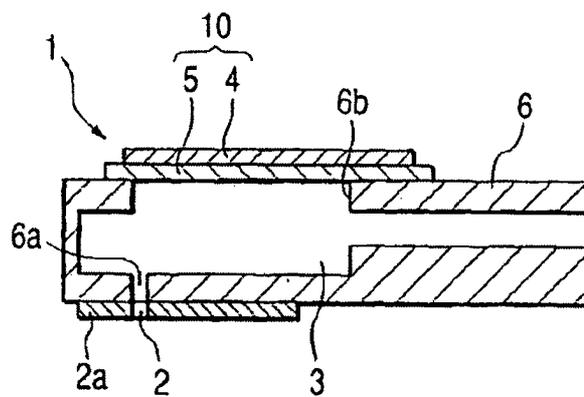


FIG. 1C

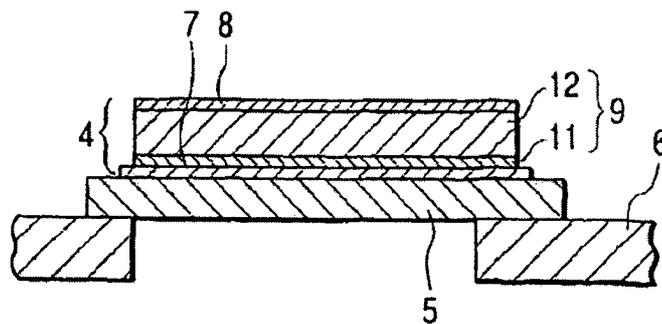


FIG. 2A

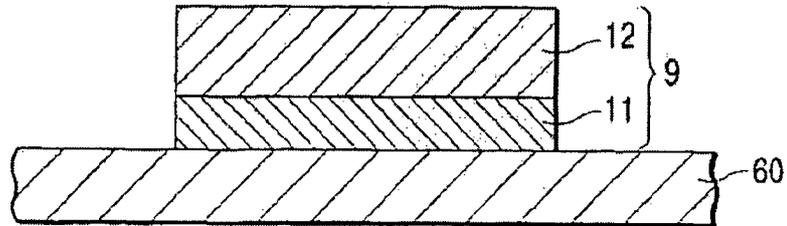


FIG. 2B

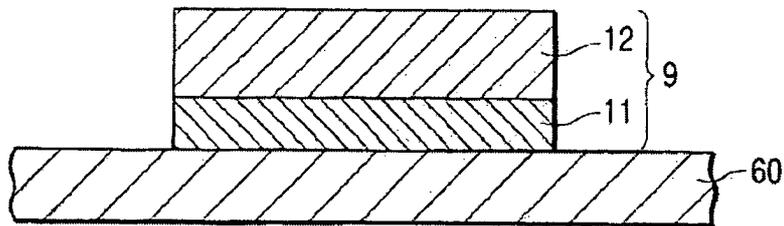


FIG. 2C

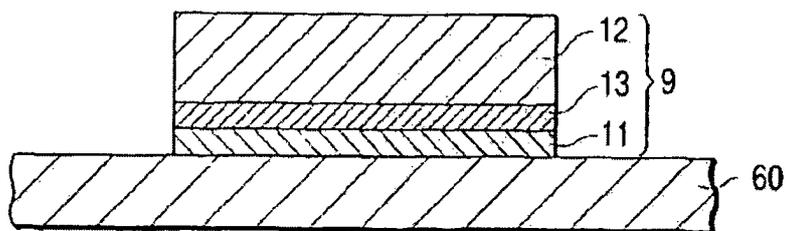


FIG. 3A

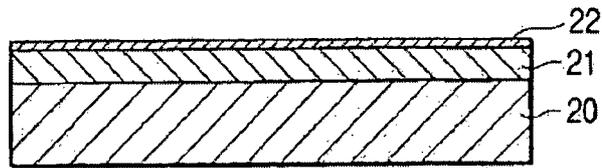


FIG. 3B

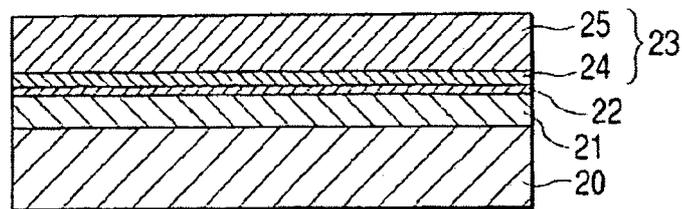


FIG. 3C

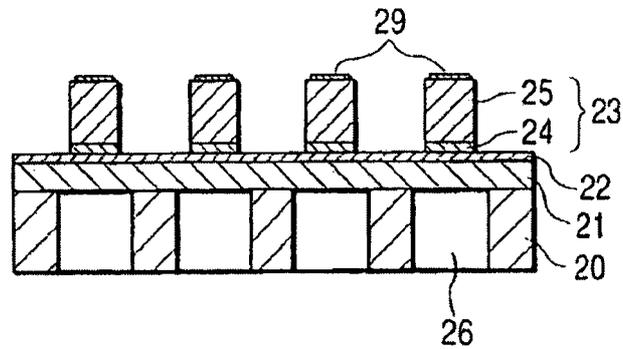


FIG. 3D

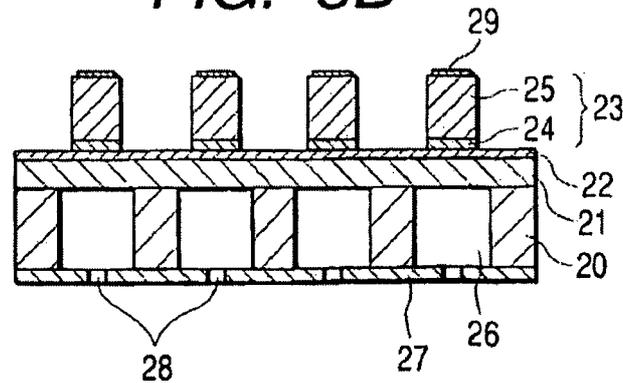


FIG. 4

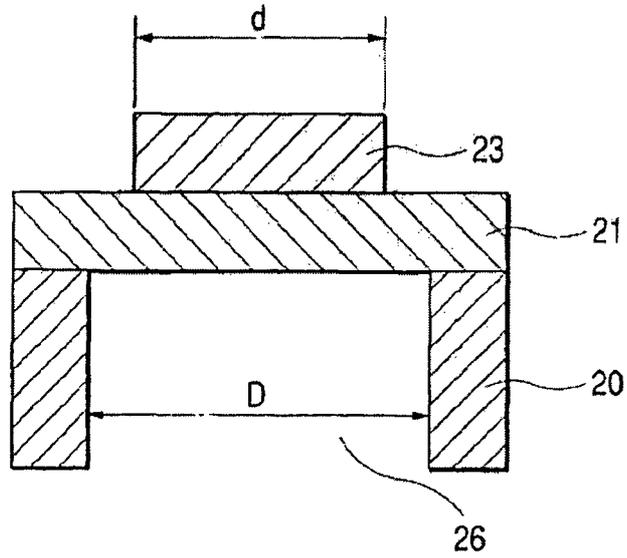


FIG. 5A

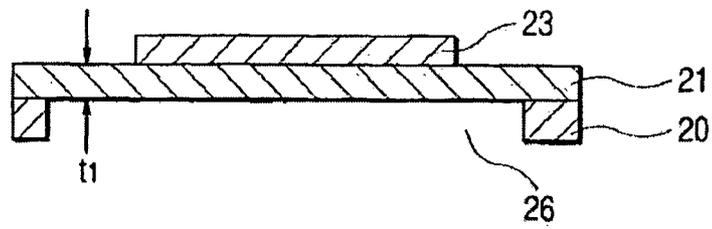


FIG. 5B

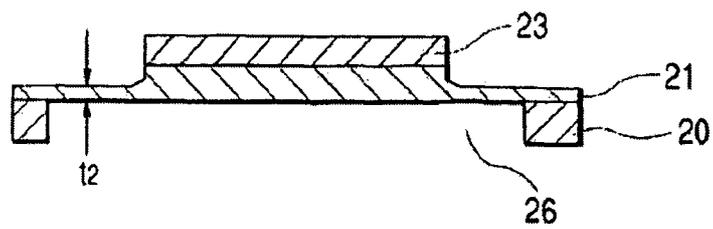


FIG. 6A

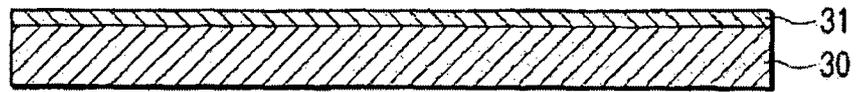


FIG. 6B

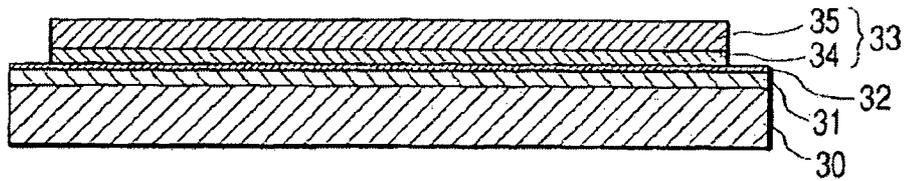


FIG. 6C

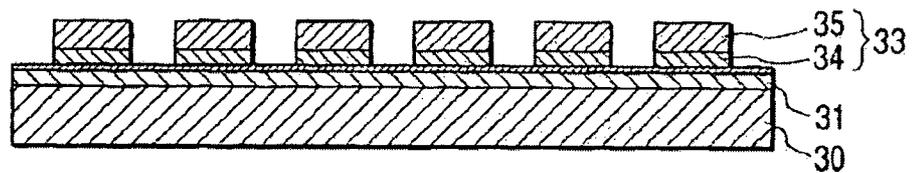


FIG. 6D

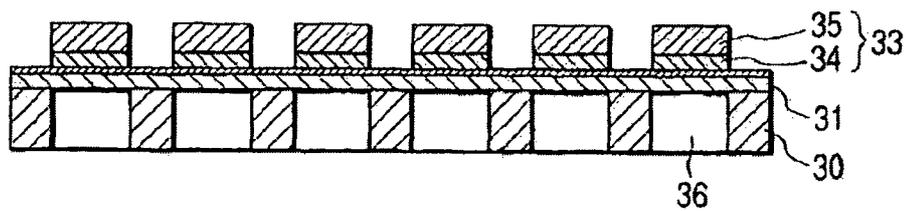


FIG. 6E

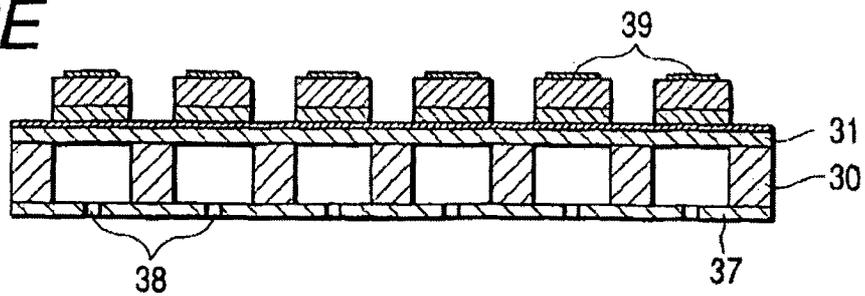


FIG. 7A



FIG. 7B



FIG. 7C

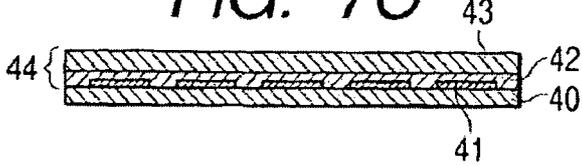


FIG. 7D

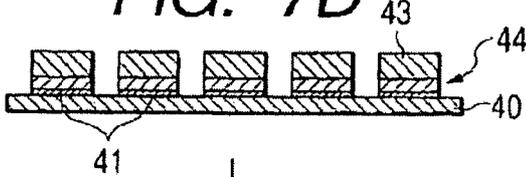


FIG. 7E

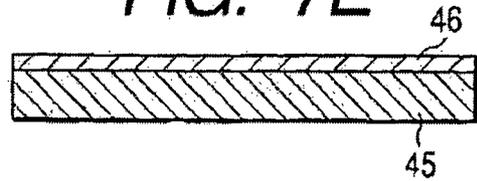


FIG. 7F

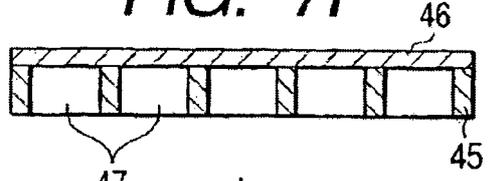


FIG. 7G

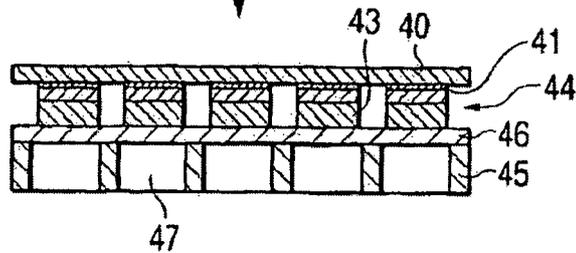


FIG. 7H

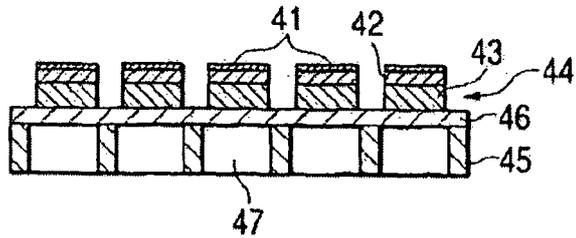


FIG. 7I

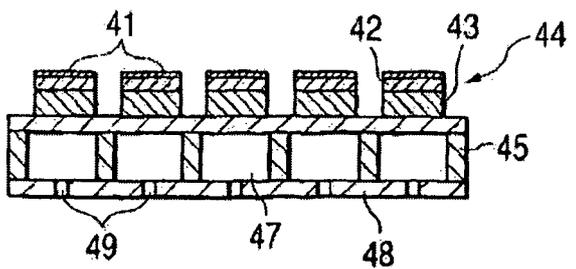


FIG. 8A

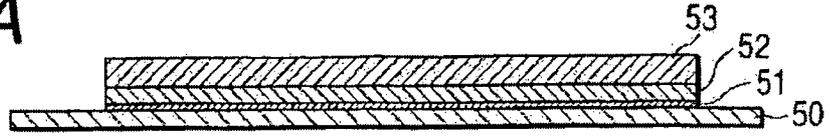


FIG. 8B

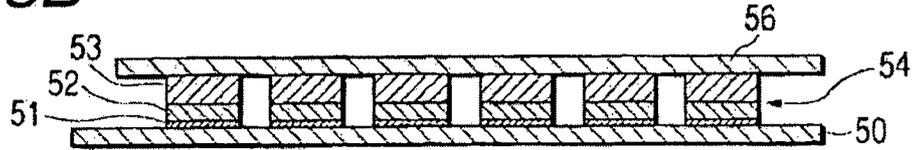


FIG. 8C

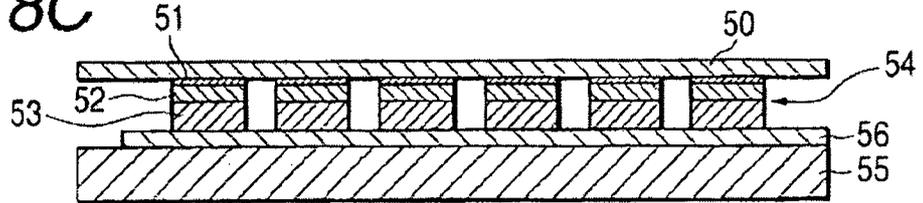


FIG. 8D

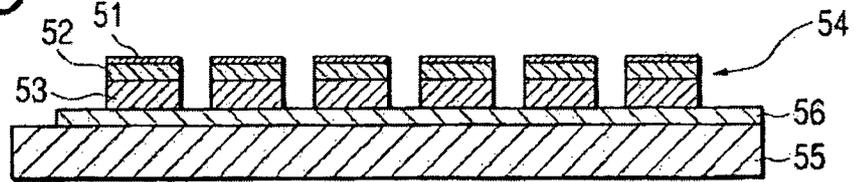


FIG. 8E

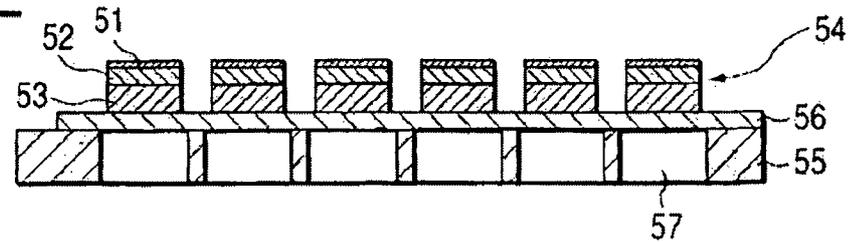


FIG. 8F

