



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 18 793 T2** 2004.09.30

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 930 165 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 18 793.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP98/01691**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 912 786.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 98/046429**

(86) PCT-Anmeldetag: **14.04.1998**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **22.10.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **21.07.1999**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **08.10.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **30.09.2004**

(51) Int Cl.7: **B41J 2/14**
B41J 2/16

(30) Unionspriorität:
9549197 14.04.1997 JP

(73) Patentinhaber:
**Matsushita Electric Industrial Co., Ltd., Kadoma,
Osaka, JP**

(74) Vertreter:
Eisenführ, Speiser & Partner, 28195 Bremen

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT, NL

(72) Erfinder:
**KANNO, Isaku, Yamatokoriyama-shi, Nara
639-1124, JP; FUJII, Satoru, Takatsuki-shi, Osaka
569-1036, JP; TAKAYAMA, Ryoichi, Suita-shi,
Osaka 564-0081, JP; KAMADA, Takeshi, Nara-shi,
Nara 631-0027, JP**

(54) Bezeichnung: **TINTENSTRAHLKOPF**

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

Gebiet der Erfindung:

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Tintenstrahlköpfe für die Verwendung in Tintenstrahl-aufzeichnungsvorrichtungen.

Hintergrund der Erfindung:

[0002] Seit kurzem kommen Drucker, die Tintenstrahl-aufzeichnungsvorrichtungen enthalten, in breite Verwendung als Drucker für Personalcomputer und dergleichen, auf Grund ihrer hohen Druckleistungsfähigkeit, ihrer einfachen Handhabung und ihrer günstigen Kosten und dergleichen. Es gibt eine Vielfalt von Tintenstrahl-aufzeichnungsvorrichtungen dieses Typs. Einige von diesen stoßen Tintentröpfchen unter Verwendung von Druckwellen aus, die durch Blasen hervorgerufen werden, die in der Tinte mittels Wärmeenergie gebildet werden; einige von diesen saugen Tintentröpfchen unter Verwendung statischer elektrischer Leistung an und stoßen diese aus; einige von diesen stoßen Tintentröpfchen unter Verwendung von Druckwellen aus, die durch Vibratoren hervorgerufen werden, wie z. B. piezoelektrische Elemente und dergleichen.

[0003] Im Allgemeinen umfassen Tintenstrahl-aufzeichnungsvorrichtungen, die piezoelektrische Elemente verwenden, z. B. Kompressionskammern, die mit Tintenzuführungskammern in Verbindung stehen, sowie Tintenauslässe, die mit den Kompressionskammern in Verbindung stehen, wobei die Kompressionskammern mit Schwingungsplatten versehen sind, die mit piezoelektrischen Elementen verbunden sind. Wenn in einer solchen Struktur eine gegebene Spannung an die piezoelektrischen Elemente angelegt wird, um diese zu expandieren oder zu kontrahieren, schwingen die piezoelektrischen Elemente, wobei sie sich selbst biegen, um die Tinte in den Kompressionskammern zu komprimieren, wodurch Tintentröpfchen aus den Auslässen ausgestoßen werden. Während heutzutage Farbtintenstrahl-Aufzeichnungsvorrichtungen breite Verwendung finden, wird eine Verbesserung der Druckleistungsfähigkeit, insbesondere eine hohe Auflösung und ein schnelles Drucken, gefordert. Es gab daher viele Versuche, eine hohe Auflösung und eine hohe Druckgeschwindigkeit zu verwirklichen, indem Mehrfachdüsen-Köpfe verwendet werden, die durch eine feine Bearbeitung von Tintenköpfen erhalten werden. Um Tintenköpfe fein zu bearbeiten, wird es notwendig, piezoelektrische Elemente für die Verwendung beim Ausstoßen von Tintentröpfchen zu miniaturisieren.

[0004] Inzwischen werden piezoelektrische Schichten von piezoelektrischen Elementen ausgebildet durch Formen von Pulver aus PbO , ZrO_2 und TiO_2 zu Bahnen und Brennen der geformten Bahnen, weshalb es schwierig ist, piezoelektrische Dünnschichten mit einer Dicke von z. B. 20 μm oder weniger auszu-

bilden. Aus diesem Grund wird die Feinbearbeitung von piezoelektrischen Schichten von Schwierigkeiten begleitet, was zu Schwierigkeiten bei der Miniaturisierung der piezoelektrischen Elemente führt. Wenn ferner bei den oben erwähnten piezoelektrischen Schichten, die durch Brennen des Pulvers gebildet werden, ihre Dicke kleiner wird, wird der Einfluss der Dicke auf die Korngrenze groß, so dass keine ausreichenden piezoelektrischen Eigenschaften erhalten werden können. Als Ergebnis besteht das Problem, dass die piezoelektrischen Schichten, die durch Brennen des Pulvers gebildet werden, keine ausreichenden piezoelektrischen Eigenschaften zum Ausstoßen von Tintentröpfchen bereitstellen können, wenn die Dicke der Schichten gleich 15 μm oder weniger ist. Miniaturisierte Tintenköpfe mit Eigenschaften, die zum Ausstoßen von Tintentröpfchen erforderlich sind, wurden somit nicht verwirklicht.

[0005] JP 8-118630 offenbart einen Druckkopf für einen Tintenstrahldrucker und dessen Herstellung.

Offenbarung der Erfindung:

[0006] Die Aufgaben der vorliegenden Erfindung sind, Strukturen für Tintenstrahlköpfe zu schaffen, die Tintenauslässe aufweisen, die mit einer hohen Dichte ausgebildet sind, indem Dünnschichtmaterialien entwickelt werden, die hohe piezoelektrische Eigenschaften trotz ihrer sehr kleinen Dicke aufweisen, und Ausbilden piezoelektrischer Schichten, Schwingungsplatten und dergleichen hieraus mit sehr geringer Dicke, um piezoelektrische Elemente zu bilden, um somit zu ermöglichen, Feinbearbeitungstechniken zu nutzen, die auf dem Gebiet der Halbleiterbearbeitung angewendet worden sind, und ferner Verfahren zum Herstellen von Tintenstrahlköpfen mit solchen Strukturen zu schaffen.

[0007] Ein erster Tintenstrahlkopf gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst einen Körper mit Tintenauslässen und Kompressionskammern, die jeweils mit einem der Tintenauslässe in Verbindung stehen, sowie piezoelektrische Schwingungsabschnitte, die jeweils auf einem Abschnitt jeder Kompressionskammer vorgesehen sind und eine piezoelektrische Schicht enthalten, die Pb, Ti und Zr enthält, sowie Elektroden, die auf beiden Seiten der piezoelektrischen Schicht vorgesehen sind, wobei jeder der piezoelektrischen Schwingungsabschnitte eine Biegeschwingung erzeugt, um somit Tintentröpfchen aus den jeweiligen Tintenauslässen auszustoßen, dadurch gekennzeichnet, dass die obige piezoelektrische Schicht eine erste Schicht mit einer Sr oder Ba enthaltenden Perovskit-Struktur, und eine zweite Schicht, die in Kontakt mit der ersten Schicht ausgebildet ist und eine Pb, Ti und Zr enthaltende Perovskit-Struktur aufweist, umfasst.

[0008] Wie oben erwähnt ist, kann durch Ausbilden der zweiten Schicht in Kontakt mit der ersten Schicht, die eine Sr oder Ba enthaltendes Perovskit-Struktur aufweist, die Zr enthaltende zweite Schicht dünner

mit einer höheren Qualität und einer größeren piezoelektrischen Konstante ausgebildet werden. Mit dieser Konfiguration kann der erste Tintenstrahlkopf der vorliegenden Erfindung sehr klein und leicht gemacht werden.

[0009] Ein zweiter Tintenstrahlkopf gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst einen Körper mit Tintenauslässen und Kompressionskammern, die jeweils mit einem der Tintenauslässe in Verbindung stehen, sowie piezoelektrischen Schwingungsabschnitten, die jeweils auf einem Abschnitt der jeweiligen Kompressionskammern vorgesehen sind und eine piezoelektrische Schicht, die Pb, Ti und Zr enthält, sowie Elektroden aufweist, die auf beiden Seiten der piezoelektrischen Schicht vorgesehen sind, wobei jeder der piezoelektrischen Schwingungsabschnitte eine Biegeschwingung erzeugt, um somit Tintentröpfchen aus den jeweiligen Tintenauslässen auszustoßen, dadurch gekennzeichnet, dass die obige piezoelektrische Schicht eine erste Lage sowie eine zweite Lage umfasst, die jeweils eine Perovskit-Struktur aufweisen und in Kontakt miteinander ausgebildet sind und dass der Gehalt an Zr in der ersten Lage kleiner ist als in der zweiten Lage.

[0010] Wie oben erwähnt worden ist, kann durch Zusammensetzen der piezoelektrischen Schicht der ersten Lage und der zweiten Lage, die in Kontakt miteinander ausgebildet sind, die zweite Lage, die eine vergleichsweise größere Menge an Zr enthält, dünner mit einer guten Qualität und einer größeren piezoelektrischen Konstanten ausgebildet werden. Mit dieser Konfiguration kann der zweite Tintenstrahlkopf der vorliegenden Erfindung sehr klein und leicht gemacht werden.

[0011] Ein dritter Tintenstrahlkopf gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst einen Körper mit Tintenauslässen und Kompressionskammern, die jeweils mit einem der Tintenauslässe in Verbindung stehen, sowie piezoelektrischen Schwingungsabschnitten, die jeweils auf einem Abschnitt der jeweiligen Kompressionskammern vorgesehen sind und eine piezoelektrische Schicht, die Pb, Ti und Zr enthält, sowie Elektroden aufweisen, die auf beiden Seiten der piezoelektrischen Schicht vorgesehen sind, wobei jeder der piezoelektrischen Schwingungsabschnitte eine Biegeschwingung erzeugt, um Tintentröpfchen aus den jeweiligen Tintenauslässen auszustoßen, dadurch gekennzeichnet, dass die obige piezoelektrische Schicht eine erste Lage, die kein Zr enthält, und eine zweite Zr enthaltende Lage umfasst, die jeweils eine Perovskit-Struktur aufweisen und in Kontakt miteinander ausgebildet sind. Somit kann im Vergleich zum obigen zweiten Tintenstrahlkopf die zweite Lage eine bessere Qualität und eine höhere piezoelektrische Konstante aufweisen.

[0012] In den zweiten und dritten Tintenstrahlköpfen der vorliegenden Erfindung wird für eine einfache Ausbildung der ersten Lagen bei geringen Temperaturen bevorzugt, dass die ersten Lagen La enthalten.

[0013] Ferner wird in den ersten bis dritten Tinten-

strahlköpfen der vorliegenden Erfindung bevorzugt, dass die zweiten Lagen ein Verhältnis Zr/Ti innerhalb eines Bereiches von 30/70 bis 70/30 aufweisen, um somit die piezoelektrischen Konstanten der obigen piezoelektrischen Schichten weiter zu erhöhen.

[0014] Ferner wird in den ersten bis dritten Tintenstrahlköpfen der vorliegenden Erfindung noch mehr bevorzugt, dass jede der obigen ersten und zweiten Lagen ein Einzelkristall ist, so dass die piezoelektrischen Konstanten, die die die piezoelektrischen Schichten bildenden Materialien inhärent besitzen, effektiv genutzt werden können.

[0015] Ferner wird in den ersten bis dritten Tintenstrahlköpfen der vorliegenden Erfindung bevorzugt, dass die obigen piezoelektrischen Schichten mit einer Dicke von 10 µm oder weniger ausgebildet werden, so dass die piezoelektrischen Schichten fein bearbeitet werden können.

[0016] Ferner wird in den ersten bis dritten Tintenstrahlköpfen der vorliegenden Erfindung mehr bevorzugt, dass die obigen piezoelektrischen Schichten mit einer Dicke innerhalb eines Bereiches von 1 bis 3 µm ausgebildet werden, so dass die piezoelektrischen Schichten fein bearbeitet werden können, und dass gleichzeitig die Tintenköpfe ausreichende Tintenausstoßleistungen und ausreichend zuverlässige piezoelektrische Schichten aufweisen können. In diesem Fall wird bevorzugt, dass die ersten Lagen mit einer Dicke innerhalb eines Bereiches von 50 bis 100 nm ausgebildet werden, so dass die zweiten Lagen mit besseren Qualitäten ausgebildet werden können. Die piezoelektrischen Konstanten der piezoelektrischen Schichten werden somit insgesamt nicht beeinträchtigt.

[0017] Ferner können in den ersten bis dritten Tintenstrahlköpfen der vorliegenden Erfindung durch Versehen der obigen piezoelektrischen Schwingungsabschnitte mit Schwingungsplatten die piezoelektrischen Schwingungsabschnitte leicht eine Biegeschwingung erzeugen. In diesem Fall wird bevorzugt, dass die obigen Schwingungsplatten aus wenigstens einem Material gebildet werden, das ausgewählt wird aus der Gruppe, die Ni, Cr, Al und deren Oxide, Si, Si-Oxid, und hochmolekulare Verbindungen umfasst.

[0018] Ferner können in den ersten bis dritten Tintenstrahlköpfen der vorliegenden Erfindung die jeweiligen obigen piezoelektrischen Schwingungsabschnitte Biegeschwingungen durch zwei piezoelektrische Schichten erzeugen: d. h., es ist eine weitere piezoelektrische Schicht verschieden von der obigen piezoelektrischen Schicht zwischen den jeweiligen obigen Elektroden vorgesehen, die einander über eine Zwischenelektrodenschicht gegenüberliegen. Durch den piezoelektrischen Schwingungsabschnitt, der zwei piezoelektrische Schichten verwendet, wie oben erwähnt worden ist, kann im Vergleich zu den Tintenköpfen, die Schwingungsplatten verwenden, eine größere Schwingungsamplitude erhalten werden.

[0019] Ferner kann in den ersten bis dritten Tinten-

strahlköpfen der vorliegenden Erfindung jede der zweiten Lagen der obigen piezoelektrischen Schichten ein piezoelektrisches Material sein, das Nb und Sn enthält und antiferroelektrisch ist.

[0020] Ferner kann in den ersten bis dritten Tintenstrahlköpfen der vorliegenden Erfindung die erste Lage der jeweiligen obigen piezoelektrischen Schichten als eine Lage ausgebildet sein, in der die Dichte von Zr so verteilt ist, dass sie längs der Dickenrichtung der ersten Lage kontinuierlich zunimmt, und die die zweite Lage an ihrer einen Seite mit der höheren Zr-Dichte berührt.

[0021] Ferner sind in den ersten bis dritten Tintenstrahlköpfen der vorliegenden Erfindung vorzugsweise die obigen Elektrodenlagen auf beiden Seiten jeder piezoelektrischen Schicht aus Pt oder Au gebildet. Hierdurch werden die Elektroden durch das Ätzmittel nicht beschädigt, wenn z. B. die piezoelektrische Schicht durch Ätzen feinbearbeitet wird.

[0022] Ferner weist in den ersten bis dritten Tintenstrahlköpfen der vorliegenden Erfindung jeder der Körper mehrere Tintenauslässe und mehrere Kompressionskammern auf, die jeweils entsprechend einem Tintenauslass vorgesehen sind, wobei wenigstens eine der Elektroden, die auf beiden Seiten der piezoelektrischen Schicht vorgesehen sind, in solche Muster unterteilt ist, die separat entsprechend den jeweiligen Kompressionskammern angeordnet sein können, so dass ein Tintenstrahlkopf geschaffen werden kann, der piezoelektrische Schwingungsabschnitte umfasst, die jeweils den Kompressionskammern zugeordnet sind. Mit den obenerwähnten Strukturen kann ein Tintenstrahlkopf geschaffen werden, der mehrere mit einer sehr hohen Dichte ausgebildete Tintenauslässe aufweist. In diesem Fall kann die piezoelektrische Schicht in separate piezoelektrische Schichten unterteilt werden, die den Kompressionskammern jeweils zugeordnet sind, wobei eine der obigen Elektroden über den geteilten piezoelektrischen Schichten ausgebildet werden kann. Dies kann ebenfalls einen Tintenstrahlkopf schaffen, der mit einer hohen Dichte ausgebildete Tintenauslässe aufweist. Wie oben beschrieben worden ist, ist dort, wo die unterteilten piezoelektrischen Schichten separat ausgebildet sind, so dass sie jeweils den Kompressionskammern zugeordnet sind, vorzugsweise die Breite jeder der piezoelektrischen Schichten kleiner als diejenige der jeweiligen Kompressionskammern. Ferner kann dort, wo die unterteilten piezoelektrischen Schichten separat ausgebildet sind, ein Kunstharz mit einer solchen niedrigen Steifigkeit, dass es die Expansion oder Kontraktion der piezoelektrischen Schicht nicht verhindert, in die Zwischenräume zwischen die getrennten piezoelektrischen Schichten gepackt sein. Hierdurch kann die Zuverlässigkeit des Tintenstrahlkopfes verbessert werden.

[0023] Ferner kann in den ersten bis dritten Tintenstrahlköpfen der vorliegenden Erfindung jeder der piezoelektrischen Schwingungsabschnitte an seinem Umfang an den Umfang der jeweiligen Kompressi-

onskammer mittels einer Kunstharzschicht mit einer Elastizität und einer Dicke von 3 µm oder weniger geklebt werden. Hierdurch wird eine Verformung des piezoelektrischen Schwingungsabschnitts verhindert, wenn er an die Kompressionskammer geklebt ist, so dass die Fertigungsausbeute erhöht wird und die Zuverlässigkeit des Tintenstrahlkopfes verbessert wird.

[0024] Der piezoelektrische Schwingungsabschnitt ist vorzugsweise an seinen Umfang mit dem Umfang der Kompressionskammer über einen Halter verbunden, der aus einer Keramik, einem Metall oder einem Kunstharz gebildet wird. Hierdurch kann der verbundene Abschnitt vom piezoelektrischen Schwingungsabschnitt beabstandet sein, so dass der obige piezoelektrische Schwingungsabschnitt stabil schwingen kann.

[0025] Indessen ist das Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung zur Herstellung eines Tintenstrahlkopfes, der einen Körper mit Tintenauslässen und Kompressionskammern, die jeweils mit einem der Tintenauslässe in Verbindung stehen und eine Öffnung an einem ihrer Abschnitte aufweisen; sowie piezoelektrische Schwingungsabschnitte umfasst, die so vorgesehen sind, dass sie die Öffnungen der Kompressionskammern verschließen, wie folgt beschaffen. Das Verfahren umfasst:

einen ersten Schritt des Ausbildens der piezoelektrischen Schwingungsabschnitte, die jeweils ein Substrat und eine darauf befindliche piezoelektrische Schicht enthalten, wobei der Schritt einen Schritt enthält zum Ausbilden der piezoelektrischen Schicht, die aus einer ersten Lage und einer zweiten Lage besteht, durch Ausbilden der ersten Lage, die ein Pb und Ti enthaltende Perovskit-Struktur aufweist, auf dem Substrat und Ausbilden der zweiten Lage, die eine Zr, Pb und Ti enthaltende Perovskit-Struktur aufweist, auf der ersten Lage, einen zweiten Schritt, bei dem die Ränder der Öffnungen des Körpers den Rändern der piezoelektrischen Schwingungsabschnitte gegenüberliegend angeordnet werden und diese miteinander verbunden (gebondet) werden; und einen dritten Schritt des Entfernens des Substrats nach dem Verbinden (Bonden), wobei das Verfahren dadurch gekennzeichnet ist, dass die erste Lage im ersten Schritt so ausgebildet wird, dass sie kein Zr enthält, oder so, dass sie eine kleinere Menge an Zr enthält als in der zweiten Lage enthalten ist.

[0026] Durch das Verfahren der vorliegenden Erfindung kann die zweite Lage, die eine vergleichsweise größere Menge an Zr enthält, mit einer kleinen Dicke ausgebildet werden und weist eine gute Qualität und eine große piezoelektrische Konstante auf. Gemäß dem Verfahren der vorliegenden Erfindung kann somit ein Tintenstrahlkopf geschaffen werden, der sehr klein und leicht ist.

[0027] In dem Verfahren der vorliegenden Erfindung wird vorzugsweise der Sputter-Prozess oder der chemische Gasphasenabscheidungsprozess (CVD-Pro-

zess) angewendet, um somit die erste Lage und die zweite Lage mit guten Qualitäten genau auszubilden. [0028] In dem Verfahren der vorliegenden Erfindung können unter Verwendung eines MgO-Substrats für das obige Substrat die erste Lage und die zweite Lage als Einzelkristallschichten ausgebildet werden. In diesem Fall kann das Substrat durch Ätzen unter Verwendung von Phosphorsäure im dritten Schritt entfernt werden.

[0029] In den Verfahren der vorliegenden Erfindung kann ein Siliziumsubstrat oder ein Glassubstrat für das obige Substrat verwendet werden. Bei Verwendung eines solchen Substrats kann ein Tintenstrahlkopf im Vergleich zu demjenigen, der unter Verwendung eines MgO-Substrats hergestellt wird, mit geringeren Kosten hergestellt werden. In diesem Fall kann das Substrat durch Ätzen unter Verwendung einer Fluorwasserstoffsäurelösung oder einer Natriumhydroxidlösung im dritten Schritt entfernt werden.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen:

[0030] **Fig. 1A** ist eine perspektivische Ansicht eines Tintenstrahlkopfes der ersten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung, die die Struktur des Tintenstrahlkopfes zeigt, während **Fig. 1B** eine Schnittansicht des Tintenstrahlkopfes längs der Linie A-A' der **Fig. 1A** ist.

[0031] **Fig. 2** ist eine vergrößerte Teilschnittansicht eines piezoelektrischen Schwingungsabschnitts des Tintenstrahlkopfes der ersten Ausführungsform.

[0032] **Fig. 3** ist eine vergrößerte Teilschnittansicht einer piezoelektrischen Schicht (**5**) des Tintenstrahlkopfes der ersten Ausführungsform.

[0033] **Fig. 4** ist eine Schnittansicht des piezoelektrischen Schwingungsabschnitts, der auf einem MgO-Substrat (**10**) ausgebildet ist, die ein Verfahren zur Herstellung des Tintenstrahlkopfes der ersten Ausführungsform zeigt.

[0034] **Fig. 5A** ist ein Flussdiagramm zur Beschreibung der Hauptschritte eines Beispiels der Verfahren zur Herstellung eines Tintenstrahlkopfes der ersten Ausführungsform, während **Fig. 5B** ein Flussdiagramm ist, das ein anderes Beispiel der Verfahren zeigt.

[0035] **Fig. 6** ist eine Vorderansicht des Tintenstrahlkopfes der ersten Ausführungsform.

[0036] **Fig. 7** ist ein Graph, der ein Biegemäß der Schwingungsplatte relativ zu einer angelegten Spannung in einem Beispiel der Tintenstrahlköpfe der ersten Ausführungsform zeigt.

[0037] **Fig. 8** ist ein Graph, der ein Biegemäß der Schwingungsplatte relativ zu einer angelegten Spannung in einem weiteren Beispiel der Tintenstrahlköpfe der ersten Ausführungsform zeigt.

[0038] **Fig. 9** ist eine Schnittansicht eines piezoelektrischen Schwingungsabschnitts, der auf einem Siliziumsubstrat (**15**) ausgebildet ist, die den Schritt der Ausbildung desselben im Prozess der Herstellung eines Tintenstrahlkopfes der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

rungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0039] **Fig. 10** ist ein Flussdiagramm zur Beschreibung der Hauptschritte der Herstellung eines Tintenstrahlkopfes der zweiten Ausführungsform.

[0040] **Fig. 11** ist eine Teilschnittansicht eines Tintenstrahlkopfes, der mit einem Verfahren zur Herstellung der dritten Ausführungsform hergestellt wird, und zeigt die Merkmale desselben.

[0041] **Fig. 12** ist ein Flussdiagramm zur Beschreibung der Hauptschritte des Verfahrens zur Herstellung des Tintenstrahlkopfes der dritten Ausführungsform.

[0042] **Fig. 13A** ist eine perspektivische Ansicht eines Tintenstrahlkopfes der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, während **Fig. 13B** eine Schnittansicht des Tintenstrahlkopfes längs der Linie C-C' der **Fig. 13A** ist.

[0043] **Fig. 14** ist eine Schnittansicht des Tintenstrahlkopfes längs der Linie D-D' der **Fig. 13A**.

[0044] **Fig. 15** ist eine Teilschnittansicht eines piezoelektrischen Schwingungsabschnitts einer Modifikation der vierten Ausführungsform, die die Struktur desselben zeigt.

[0045] **Fig. 16** ist eine Teilschnittansicht einer bevorzugten Verbindungsstruktur der vierten Ausführungsform.

[0046] **Fig. 17** ist eine Teilschnittansicht einer weiteren bevorzugten Verbindungsstruktur der vierten Ausführungsform.

[0047] **Fig. 18** ist eine Teilschnittansicht der Struktur eines Tintenstrahlkopfes der fünften Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0048] **Fig. 19** ist eine perspektivische Ansicht eines Tintenstrahlkopfes der sechsten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0049] Beste Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung: Im Folgenden werden mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben.

Erste Ausführungsform

[0050] Ein Tintenstrahlkopf (**100**) gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst eine dünne piezoelektrische Schicht mit einer großen piezoelektrischen Konstanten, die durch das gebildet wird, was als Dünnschichtausbildungsprozess bezeichnet wird, wie z. B. ein Sputter-Prozess, der bisher auf diesem Gebiet kaum angewendet wurde. Der Tintenstrahlkopf (**100**) der vorliegenden Erfindung weist die Merkmale auf, dass er sehr klein hergestellt werden kann, Tintenauslässe aufweist, die im Vergleich zu herkömmlichen Tintenstrahlköpfen in engen Intervallen voneinander beabstandet sind.

[0051] **Fig. 1A** ist eine perspektivische Ansicht des Tintenstrahlkopfes (**100**) gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, während **Fig. 1B** eine Schnittansicht des Tintenstrahlkopfes (**100**) längs der Linie A-A' ist.

[0052] Der Tintenstrahlkopf (**100**), wie er in den

Fig. 1A und **1B** gezeigt ist, umfasst mehrere Auslässe (**2**); mehrere Kompressionskammern (**1**), die jeweils einem Auslass (**2**) zugeordnet vorgesehen sind; und mehrere piezoelektrische Elemente (**3**), die jeweils für eine Kompressionskammer (**1**) vorgesehen sind.

[0053] Im Tintenstrahlkopf (**100**) sind die Auslässe (**2**) in regelmäßigen Intervallen in einer Seitenebene des Körpers (**50**) ausgebildet, wobei die Kompressionskammern (**1**) entsprechend den Auslässen (**2**) und parallel mit dem Körper (**5**) ausgebildet sind. Jeder der Auslässe (**2**) steht jeweils mit einer Kompressionskammer (**1**) über einen jeweiligen Tintendurchlass (**2a**), der im Körper (**50**) ausgebildet ist, in Verbindung. Ferner sind jeweils Öffnungen (**51**) entsprechend den jeweiligen Kompressionskammern (**1**) in der Oberseite des Körpers (**50**) ausgebildet, wobei ferner Schwingungsplatten (**4**) auf der Oberseite des Körpers (**50**) so ausgebildet sind, dass sie die Öffnungen (**51**) verschließen. Ferner sind piezoelektrische Elemente (**3**) jeweils auf der Schwingungsplatte (**4**) so vorgesehen, dass sie auf den jeweiligen Öffnungen (**51**) positioniert sind, entsprechend den jeweiligen Kompressionskammern (**1**).

[0054] Jedes der piezoelektrischen Elemente (**3**), wie in **Fig. 2** gezeigt ist, umfasst Elektroden (**6**) und (**7**), die jeweils aus Platin mit einer Dicke von $0,1\ \mu\text{m}$ gebildet sind; und eine piezoelektrische Schicht (**5**), die mit einer Dicke von $3\ \mu\text{m}$ zwischen den Elektroden (**6**) und (**7**) ausgebildet ist, wobei diese auf der Schwingungsplatte (**4**) angeordnet sind. Die Schwingungsplatte (**4**) umfasst eine SiO_2 -Lage mit einer Dicke von $2\ \mu\text{m}$ im Schwingungsabschnitt. Wie oben erwähnt worden ist, umfasst ein piezoelektrischer Schwingungsabschnitt (**30**) das piezoelektrische Element (**3**) und die Schwingungsplatte (**4**).

[0055] Die Verwendung eines Perovskit-Typ-PZT-Dünnschichtmaterials, das Oxide von Blei, Titan und Zirkonium umfasst, als Material für die piezoelektrische Schicht (**5**) kann ausreichende Schwingungen selbst bei einer niedrigen Spannung bereitstellen. Die Abkürzung "PZT", auf die in der Beschreibung der Spezifikation Bezug genommen wird, bezeichnet ein piezoelektrische Material, das Pb, Zr und Ti enthält, und wird durch die allgemeine Formel $\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$ dargestellt. Es wird bestätigt, dass dann, wenn die Zusammensetzungsformel einer PZT-Dünnschicht gleich $\text{Pb}(\text{Zr}_{0,53}\text{Ti}_{0,47})\text{O}_3$ ist, die Schicht eine maximale Piezoelektrizität in der Form eines gesinterten Körpers aufweist. Es ist jedoch schwierig, eine Dünnschicht mit dieser Zusammensetzungsformel direkt auf der Elektrode auszubilden.

[0056] Um das obige Problem zu lösen, umfasst in der ersten Ausführungsform die piezoelektrische Schicht (**5**) zwei Lagen, wie in **Fig. 3** gezeigt ist. Als erste Lage (**8**) wird eine Lage der Zusammensetzungsformel PbTiO_3 , oder PLT, d. h. PbTiO_3 und zusätzliches Lanthan (La), ausgebildet, wobei als zweite Lage (**9**) eine Lage mit der Zusammensetzungsformel $\text{Pb}(\text{Zr}_{0,53}\text{Ti}_{0,47})\text{O}_3$ ausgebildet wird. Die piezoelek-

trische Schicht (**5**), die so ausgebildet worden ist, ist eine qualitativ hochwertige piezoelektrische Schicht mit ausreichenden piezoelektrischen Eigenschaften. Das heißt, die vorliegende Erfindung wurde auf der Grundlage der Entdeckung entwickelt, dass eine qualitativ hochwertige piezoelektrische Schicht mit ausreichenden piezoelektrischen Eigenschaften geschaffen werden kann durch Ausbilden einer ersten Lage aus PbTiO_3 , die kein Zr enthält, oder aus PLT, d. h. PbTiO_3 , zu dem Lanthan (La) hinzugefügt ist, und Ausbilden einer zweiten Lage von $\text{Pb}(\text{Zr}_{0,53}\text{Ti}_{0,47})\text{O}_3$. Im Folgenden wird die piezoelektrische Schicht (**5**), die zwei Lagen umfasst, genauer beschrieben.

[0057] Wie oben beschrieben worden ist, ist bekannt, dass PZT hervorragende piezoelektrische Eigenschaften aufweist und einen sehr hohen piezoelektrischen Koeffizienten aufweisen kann, wenn das Verhältnis von Zr/Ti etwa gleich 50/50 ist. Es ist jedoch schwierig, eine hervorragende Lage aus PZT mittels des Dünnschichtausbildungsprozesses, wie z. B. des Sputter-Prozesses, des CVD-Prozesses oder dergleichen, auszubilden, wobei mit zunehmendem Verhältnis von Zr zu Ti die Schwierigkeit der Ausbildung einer ausreichenden Lage zunimmt. Dieses Problem wurde studiert und untersucht, wobei entdeckt wurde, dass ein Oxid von Zr die Oberfläche eines Substrat im Prozess der Ausbildung einer Dünnschicht adsorbiert und anschließend die Züchtung einer Schicht behindert. Ferner wurde entdeckt, dass diese Tendenz deutlicher wird, wenn das Züchten einer PZT-Schicht auf einer Pt-Elektrode zugelassen wird. Dieses Problem kann jedoch wie folgt gelöst werden: eine hervorragende PZT-Schicht kann ohne Abscheidung eines Zr-Oxids ausgebildet werden, wenn ermöglicht wird, dass das PZT mittels des Dünnschichtausbildungsprozesses gezüchtet wird auf einer Lage von PbTiO_3 oder einer Lage von $(\text{Pb},\text{La})\text{TiO}_3$ (im Folgenden einfach mit "PLT" bezeichnet), d. h. einer Mischung von PbTiO_3 und etwa 10 Mol-% an La, das die Kristallisierungstemperatur senkt. PbTiO_3 und PLT weisen eine Perovskit-Struktur auf, ebenso wie PZT, und können leicht in Schichten auch auf Pt-Elektroden mittels des Dünnschichtausbildungsprozesses ausgebildet werden. Als eine wesentliche Anforderung ist es notwendig, dass die erste Lage eine Perovskit-Struktur aufweist. Wie haben bereits in unseren Studien gezeigt, dass eine ähnliche Wirkung mit SrTiO_3 , PaTiO_3 , SrRuO_3 und dergleichen neben PbTiO_3 und PLT erreicht werden kann. Ferner kann die erste Lage unter Verwendung einer RF-Sputter-Vorrichtung ausgebildet werden, ebenso wie eine PZT-Lage. Durch die Verwendung der Sputter-Vorrichtung, auf der Multielement-Ziele montiert werden können, können die erste Lage (**8**) und die zweite Lage (**9**) in sequenziellen Schritten ausgebildet werden.

[0058] In der vorliegenden Erfindung kann die gleiche Wirkung erzielt werden, wenn die piezoelektrische Schicht (**5**) eine erste Lage umfasst, die eine abfallende Zusammensetzungsformel aufweist, in

der die Zusammensetzung kontinuierlich von PbTiO_3 , das kein Zr enthält, zu näherungsweise $\text{Pb}(\text{Zi}_{0,5}\text{Ti}_{0,5})\text{O}_3$ variiert.

[0059] Im Folgenden wird mit Bezug auf das in **Fig. 5A** gezeigte Flussdiagramm ein Verfahren zur Herstellung eines Tintenstrahlkopfes gemäß der ersten Ausführungsform beschrieben.

[0060] In dem Verfahren zur Herstellung der ersten Ausführungsform wird zuerst einem Einzelkristall aus Pt erlaubt, sich auszurichten, um eine Elektroden-schicht mit einer Dicke von 0,1 μm auf einer oberen Oberfläche (**100**) eines Einzelkristall-MgO-Substrats (**10**) von 2 cm im Quadrat auszubilden (Schritt S1 in **Fig. 5A**).

[0061] Als Nächstes wird die Pt-Elektroden-schicht einer Musterung in getrennte und einzelne Elektroden (**11**) mittels Trockenätzen (unter Verwendung von Aufbringen von Ar-Ionen unter Vakuum) unterworfen, um somit den jeweiligen Kompressionskammern zu entsprechen (Schritt S2 in **Fig. 5A** in Verbindung mit **Fig. 4**).

[0062] Als Nächstes wird eine Anfangslage (eine erste Lage) von PbTiO_3 mit einer Dicke von etwa 0,01 μm ausgebildet (Schritt S3 in **Fig. 5A**).

[0063] Anschließend wird eine PZT-Dünnschicht mit einer Dicke von etwa 3 μm auf der Anfangslage mittels des Sputter-Prozesses ausgebildet (Schritt S4 in **Fig. 5A**).

[0064] Hierbei wird in den Schritten S3 und S4 die Temperatur des Substrats auf 500 bis 600° C geregelt, um die Schicht zu züchten.

[0065] Wie oben beschrieben worden ist, wird in dem Verfahren für die erste Ausführungsform die Anfangslage von PbTiO_3 vor der Ausbildung der PZT-Dünnschicht ausgebildet, so dass die Einzelkristall-PZT-Dünnschicht gebildet werden kann, die die in Richtung der Achse c ausgerichteten Kristalle aufweist, mit einer geringen Ungleichmäßigkeit in der Zusammensetzung und mit einer hohen Kristallinität. Außerdem weist die PZT-Schicht den höchsten piezoelektrischen Koeffizienten in Axialrichtung c auf.

[0066] Als Nächstes wird die PZT-Dünnschicht (einschließlich der Anfangslage) einer Musterung unterworfen, mittels Ätzen unter Verwendung einer stark saueren Lösung, so dass die PZT-Dünnschicht in getrennte und einzelne piezoelektrische Schichten (**12**) geformt wird, die den jeweiligen Kompressionskammern entsprechen (Schritt S5 in **Fig. 5A** in Verbindung mit **Fig. 4**).

[0067] Als Nächstes wird eine Masselektrode (**13**) auf den piezoelektrischen Schichten (**12**) ausgebildet (Schritt S6 in **Fig. 5A** in Verbindung mit **Fig. 4**). Die Masselektrode kann in Form einzelner Elektroden ausgebildet werden, die den einzelnen piezoelektrischen Schichten (**12**) jeweils zugeordnet sind, wie in **Fig. 4** gezeigt ist, oder kann als eine kontinuierliche Elektrode über mehrere einzelne piezoelektrische Schichten (**12**) ausgebildet werden.

[0068] Anschließend wird eine Schwingungsplatte (**4**) aus SiO_2 mit einer Dicke von 2 μm auf der Mas-

seelektrode (**13**) ausgebildet (Schritt S7 in **Fig. 5A**). Obwohl in **Fig. 4** nicht gezeigt, wird ein Kunstharz an beiden Seiten der einzelnen piezoelektrischen Schichten (**12**) aufgebracht, um eine Oberfläche für die Ausbildung der Schwingungsplatte (**4**) einzuebnen, bevor die Schwingungsplatte (**4**) ausgebildet wird.

[0069] Nach Abschluss der Ausbildung der jeweiligen obigen Lagen auf dem MgO-Substrat wird die Schwingungsplatte (**4**) mit einem Klebstoff auf einen Körper geklebt, der aus rostfreiem Stahl gefertigt ist und im Voraus darin ausgebildete Kompressionskammern und Tintendurchlässe aufweist. Somit werden die Kompressionskammern und die Tintendurchlässe auf der Schwingungsplatte ausgebildet (Schritt S8 in **Fig. 5A**). Der Klebstoff weist vorzugsweise eine vergleichsweise hohe Härte auf, so dass er die piezoelektrischen Schwingungen nicht absorbiert.

[0070] Als nächstes wird schließlich das MgO-Substrat (**10**) unter Verwendung einer sauren Lösung entfernt (S9 in **Fig. 5A**). Das MgO-Substrat (**10**) kann sicher ohne irgendeine Beschädigung auf den piezoelektrischen Schichten aufgelöst werden, indem eine Phosphorsäurelösung als saure Lösung verwendet wird.

[0071] Ferner ist an die Seitenebene des Körpers eine Ebene mit Auslässen mit einem Durchmesser von z. B. 10 μm , die in gegebenen Intervallen ausgebildet sind, angefügt. Somit wird der Tintenstrahlkopf der ersten Ausführungsform fertiggestellt.

[0072] In dem Verfahren, wie oben mit Bezug auf das Flussdiagramm der **Fig. 5A** beschrieben worden ist, werden die piezoelektrische Schicht und die einzelnen Elektroden (**11**) vor der Ausbildung der Masselektrode (**13**) gemustert. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf dieses Verfahren beschränkt, wobei die piezoelektrische Schicht und die einzelnen Pt-Elektroden nach der Ausbildung der Masselektrode (**13**) und dem Ätzen des MgO-Substrats (**10**) der Musterung unterworfen werden können, wie im Flussdiagramm in **Fig. 5B** beschrieben ist.

[0073] Gemäß dem Fertigungsverfahren, wie es oben beschrieben worden ist, kann eine dünne piezoelektrische Schicht mit hervorragenden piezoelektrischen Eigenschaften gebildet werden. Durch Anwenden von Feinbearbeitungstechniken für die Verwendung bei der Fertigung von Halbleitern auf die resultierende dünne piezoelektrische Schicht kann ferner ein piezoelektrisches Element gebildet werden, das einer sehr kleinen Kompressionskammer entspricht, so dass ein Tintenstrahlkopf mit in einer hohen Dichte ausgebildeten Auslässen geschaffen werden kann.

[0074] Zum Beispiel werden bei der Fertigung eines Düsenkopfes mit einer Dichte von 150 dpi die Breiten der Kompressionskammern üblicherweise auf 100 μm gesetzt, und diejenigen der Trennwände zwischen den jeweiligen benachbarten Kompressionskammern auf etwa 66 μm gesetzt. Wenn jedoch die Dicke einer PZT-Dünnschicht auf 5 μm oder weniger

verringert wird, wird es in ausreichendem Maß möglich, die PZT-Dünnschicht zu Schichtstreifen mit einer Breite von 50 µm oder weniger zu verarbeiten, so dass sichergestellt wird, dass die piezoelektrische Schicht zu geformten Schichten mit einer solchen Größe verarbeitet wird, die einer Kompressionskammer mit einer Breite von 100 µm entsprechen kann. Diesbezüglich bestehen Schwierigkeiten bei der Bearbeitung einer herkömmlichen piezoelektrischen Schicht mit einer Dicke von 20 µm oder mehr zu piezoelektrischen Schichtstreifen mit einer Breite von 50 µm. Andererseits ist es in der ersten Ausführungsform möglich, die piezoelektrische Schicht zu Schichtstreifen mit einer Breite von 20 µm oder weniger zu verarbeiten. Dementsprechend ist es auch möglich, einen Düsenkopf mit einer Dichte von 500 dpi oder mehr zu schaffen, in Abhängigkeit von den möglichen Formen und Größen der bearbeiteten piezoelektrischen Schichten. **Fig. 6** ist eine Vorderansicht eines Düsenkopfes, der mit dem obigen Verfahren geschaffen wird, mit Auslässen (oder Düsen), die in einer Dichte von 200 dpi ausgebildet sind.

[0075] Durch Verringern der Breite der Kompressionskammern kann ferner die Resonanzfrequenz der Kompressionskammer erhöht werden, was zu dem Vorteil führt, dass der Düsenkopf mit einer proportional erhöhten Frequenz angesteuert werden kann. Ferner führt das Ansteuern des Düsenkopfes mit einer höheren Frequenz zu einer schnelleren Antwort auf eine angelegte Spannung, so dass es möglich wird, die Tintenausstoßmenge subtil zu kontrollieren. Somit kann die Farbabstufung eines gedruckten Bildes verbessert werden. Wenn diesbezüglich die Breite der Kompressionskammer gleich 100 µm (entsprechend 150 dpi) ist, beträgt die Resonanzfrequenz etwa 1 MHz.

[0076] Die Tintenausstoßleistung wird im allgemeinen ausgedrückt durch ein Produkt aus dem Biegemaß Y und dem erzeugten Druck P . Dieser Wert wird durch die folgende Gleichung (1) ausgedrückt, vorausgesetzt, dass die Dicke einer piezoelektrischen Schicht gleich t ist, die piezoelektrische Konstante gleich d_{31} ist, und die Spannung V ist. Dementsprechend bietet dies den Vorteil, dass die Verwendung einer Dünnschicht ermöglicht, die angelegte Spannung zu verringern.

$$Y \cdot P = k \cdot d_{31}^2 \cdot V^2 / t \quad \text{Gleichung (1)}$$

[0077] Gemäß dem obigen Verfahren wird eine PZT-Dünnschicht, in der das Verhältnis von Zr/Ti gleich 50/50 ist, einer Musterung unterworfen, um somit Proben zu erhalten, die jeweils eine Breite von 10 µm und eine Länge von 1 mm aufweisen, was den jeweiligen Kompressionskammern (1) entspricht. Unter Verwendung dieser Proben wurde eine Beziehung zwischen einer angelegten Spannung und einem maximalen Biegemaß einer Schwingungsplatte (4) gemessen. **Fig. 7** zeigt die Ergebnisse. Es ist aus dem in **Fig. 7** gezeigten Graphen bekannt, dass das Anle-

gen einer erhöhten Spannung die Schwingungsplatte biegt, und dass die Schwingungsplatte bei Anlegen von 30 V um etwa 2 µm verschoben wird. Somit wird bestätigt, dass ein Tintenstrahlkopf mit einer hohen Tintenausstoßleistung geschaffen werden kann, indem die obigen hervorragenden piezoelektrischen Eigenschaften genutzt werden.

[0078] Wie oben beschrieben worden ist, wird der Tintenstrahlkopf der ersten Ausführungsform ausgebildet durch Bearbeiten der dünnen piezoelektrischen Schicht (5), die hervorragende piezoelektrische Eigenschaften aufweist und zusammengesetzt ist aus der ersten Lage des Perovskit-Typs, die kein Zr enthält, und der zweiten Lage, die aus Zr enthaltendem PZT gebildet ist. Hierdurch können fein bearbeitete piezoelektrische Schichten (5) mit hervorragenden piezoelektrischen Eigenschaften gebildet werden. Somit kann ein Tintenstrahlkopf geschaffen werden, der sehr klein ist und darin mit einer hohen Dichte ausgebildete Tintenauslässe aufweist, im Vergleich zu herkömmlichen Tintenstrahlköpfen.

[0079] Die vorangehende Beschreibung wurde unter der Voraussetzung spezifischer Materialien und numerischer Werte gemacht, jedoch ist die vorliegende Erfindung durch die obigen numerischen Werte nicht eingeschränkt.

[0080] Für die erste Lage (die Anfangslage) der piezoelektrischen Schicht wird die erste Lage (8) geschaffen, um die zweite Lage (9) mit hoher Kristallinität zu bilden, wie oben erwähnt worden ist, wobei zu beachten ist, dass die zweite Lage (9) vorherrschend für die die Piezoelektrizität aufweisende Funktion verantwortlich ist. Je dünner die erste Lage (8) ist, desto besser ist dies daher, bis zu einem Ausmaß, bei dem die erste Lage (8) eine Funktion aufweisen kann, die dazu dient, eine hervorragende zweite Lage zu bilden, und bei dem die piezoelektrischen Eigenschaften der piezoelektrischen Schicht (5) insgesamt nicht verringert werden. Es wurde bestätigt, dass die erste Lage (8) ihre Funktion ausreichend erfüllen kann, selbst wenn sie 5 nm oder weniger dick ist, wenn eine Sputter-Vorrichtung verwendet wird, die bei der Filmdicken-Kontrollierbarkeit hervorragend ist. Die Dicke der ersten Lage wird jedoch vorzugsweise innerhalb eines Bereiches von 50 bis 100 nm unter Berücksichtigung der gleichmäßigen Beschichtung der Pt-Elektrode und der Steuerung der Produktionsschritte gesteuert. Innerhalb dieses Bereiches kann eine wesentliche Beeinträchtigung der piezoelektrischen Eigenschaften der piezoelektrischen Schicht (5) insgesamt verhindert werden, wobei die erste Lage ausreichend zur Ausbildung einer qualitativ hochwertigen zweiten Schicht beitragen kann, und wobei ferner zusätzliche Belastungen für die Steuerung der Schritte der Ausbildung der piezoelektrischen Schicht (5) verringert werden können. Ferner wurde bestätigt, dass in der ersten Ausführungsform durch Ausbilden der ersten Lage (8) als eine $PbTiO_3$ -Lage mit einer Dicke von 0,1 µm und der zweiten Lage (9) als eine PZT-Lage mit einer Dicke

von 2,9 µm, die eine Zusammensetzungsformel von $\text{Pb}(\text{Zr}_{0,53}\text{Ti}_{0,47})\text{O}_3$ aufweist, ein Tintenstrahlkopf geschaffen werden kann, der eine ausreichende Tintenausstoßfähigkeit selbst bei einer niedrigen Spannung aufweisen kann.

[0081] In der vorliegenden Erfindung ist wiederum die Dicke der zweiten Lage (9), die aus PZT besteht, nicht besonders eingeschränkt. Jedoch wird vorgezogen, dass die Dicke der zweiten Lage (9) auf 10 µm oder weniger gesteuert wird, da dann, wenn die zweite Lage mittels des Dünnschichtausbildungsprozesses ausgebildet wird, es eine lange Zeitspanne bei der Ausbildung der Schicht erfordert, wenn die Dicke der zweiten Lage groß wird. Inzwischen wird die piezoelektrische Schicht (5), nachdem sie ausgebildet worden ist, der Musterung unterworfen, um somit eine gegebene Form und eine Größe entsprechend den jeweiligen Kompressionskammern aufzuweisen. Diesbezüglich wird vorgezogen, dass die Dicke der piezoelektrischen Schicht (5) auf 5 µm oder weniger gesteuert wird, um somit eine genaue Musterung zu erreichen, die den Intervallen zwischen den jeweiligen Tintenauslässen (2) entsprechen kann, von denen angenommen wird, dass sie in Zukunft noch enger nötig sein werden. Andererseits wird bevorzugt, dass die Dicke der piezoelektrischen Schicht (5) auf 0,5 µm oder mehr gesteuert wird, im Hinblick auf die Festigkeit der Schicht und eine Beanspruchung, die auftreten kann. Gemäß unserer Untersuchung wird am meisten bevorzugt, wenn die Dicke der piezoelektrischen Schicht (5) innerhalb eines Bereiches von 1 bis 3 µm gesteuert wird. Innerhalb dieses Bereiches wird festgestellt, dass die Tintentröpfchen stabil ausgestoßen werden kann, und dass die Zuverlässigkeit der Schicht konstant oder höher gehalten werden kann.

[0082] In der ersten Ausführungsform wird der Körper (50) aus rostfreiem Stahl (SUS) gebildet, jedoch kann er neben rostfreiem Stahl aus einem photosensitiven organischen Polymermaterial, photosensitivem Glas, Silizium oder dergleichen gebildet werden.

[0083] Ferner wird die Feinbearbeitung der Schwingungsplatte (4) einfach durch Verwendung des Dünnschichtausbildungsprozesses, wie z. B. des Sputter-Prozesses. In der ersten Ausführungsform wird die Schwingungsplatte (4) aus Siliziumdioxid (SiO_2) gebildet, jedoch kann sie aus einem anderen Metall als Siliziumoxid, wie z. B. Nickel, Chrom, Aluminium oder dergleichen gebildet werden. Die Schwingungsplatte kann leicht aus irgendeinem dieser Metalle mit dem Sputter-Prozess, mittels Vakuumabscheidungsprozess oder einem Metallisierungs-Plattierungsprozess ausgebildet werden, mit Schwingungseigenschaften, die so hervorragend sind wie diejenigen der SiO_2 -Schwingungsplatte. Ferner kann eine aus Aluminiumoxid gebildete Schwingungsplatte (4) eine ähnliche Wirkung wie die SiO_2 -Schwingungsplatte aufweisen, und kann ferner leicht durch den Sputter-Prozess gebildet werden. Außerdem kann ein Polyimid-Kunstharz verwendet

werden, um eine Schwingungsplatte (4) zu bilden, wobei die Schwingungsplatte (4) leicht aus einem Polyimid-Harz gebildet werden kann durch den Schleuderbeschichtungsprozess, und wobei dessen Feinbearbeitung ebenfalls einfach ist. Somit werden Polyimid-Kunstharze als geeignete Materialien für die Schwingungsplatten von Tintenstrahlaufzeichnungs-vorrichtungen betrachtet.

[0084] Keine der Schwingungsplatten (4), die aus den obenerwähnten Materialien gebildet wird, weist Beeinträchtigungen auf, wie z. B. Risse, die während der Schwingungsoperation auftreten, und können in ausreichender Weise schwingen, um Tintentröpfchen auszustoßen. Ferner können die aus Oxiden der obenerwähnten Metalle gebildeten Schwingungsplatten (4) die gleichen Schwingungseigenschaften aufweisen wie diejenigen der aus den obigen Metallen gebildeten Schwingungsplatten. Ferner ist die Verwendung einer Schwingungsplatte (4), die aus photosensitivem Polyimid gebildet wird, wirksam, um die Ausbildung piezoelektrischer Elemente zu erleichtern.

[0085] Ferner wird in der obenbeschriebenen Struktur als Schwingungsplatte (4), die der Kompressionskammer (1) gegenüberliegt, eine SiO_2 -Lage mit einer Dicke von 2 µm verwendet; als zweite Lage (9) der piezoelektrischen Schicht (5) wird eine PZT-Dünnschicht der Zusammensetzungsformel $\text{Pb}(\text{Zr}_{0,5}\text{Ti}_{0,5})\text{O}_3$ mit einer Dicke von 3 µm verwendet; und als Elektroden (6) und (7) werden Platinlagen mit einer Dicke von 0,1 µm verwendet. Unter den obigen Bedingungen kann die Schwingungsplatte (4) veranlasst werden, eine ausreichende Biegeschwingung zu erzeugen, selbst wenn 50 V oder weniger angelegt werden. Es ist jedoch zu beachten, dass die Dicke der Schwingungsplatte (4) nicht auf 2 µm beschränkt ist, wie oben spezifiziert ist, wobei die Dicke der Schwingungsplatte (4) geeignet gewählt werden sollte, unter Berücksichtigung der piezoelektrischen Eigenschaften und der Dicke der piezoelektrischen Schicht (5), der inhärenten Schwingungseigenschaften der Materialien, die die Schwingungsplatte (4) bilden und dergleichen.

[0086] Ferner können in der vorliegenden Erfindung durch die Verwendung von Platin, Gold oder einem Rutheniumoxid als Material für die Elektrode (11), die auf dem MgO-Substrat (10) auszubilden ist, die piezoelektrischen Filme (5, 12), die aus dielektrischen Schichten auf Bleibasis mit Perovskit-Strukturen bestehen, mit einer guten Kristallinität versehen werden. Die piezoelektrischen Schichten (5, 12), die eine geringe Schwankung der Eigenschaften aufweisen, können auf einer Elektrode ausgebildet werden, die aus irgendeinem der obenerwähnten Materialien gebildet ist, so dass eine Schwankung der Tintenausstoßfähigkeit zwischen den jeweiligen Elementen verringert werden kann.

[0087] Obwohl ferner die Feinbearbeitung der PZT-Dünnschicht unter Verwendung einer starken sauren Lösung wie z. B. Flurwasserstoffsäure und

Salbetersäure ausgeführt wird, kann eine Korrosion der Elektrodenmaterialien verhindert werden, indem Platin, Gold oder ein Rutheniumoxid als Material für die Elektrode verwendet wird, so dass die Elemente zuverlässig ausgebildet werden können.

[0088] Ferner wird vorzugsweise PZT für die Verwendung als piezoelektrisches Material für zweite Lage, die die piezoelektrischen Schichten (5, 12) bildet, in einer PZT-Lage ausgebildet, in der das Verhältnis von Zr/Ti von 30/70 bis 70/30 reicht, um der PZT-Lage hervorragende piezoelektrische Eigenschaften zu verleihen. Ferner können in der vorliegenden Erfindung neben PZT z. B. piezoelektrische Materialien verwendet werden, die andere Elemente als Pb, Ti und Zr enthalten und eine Zusammensetzungsformel von $Pb_{0,99}Nb_{0,02}[(Zr_{0,6}Sn_{0,4})_{1-y}Ti_y]_{0,98}O_3$ ($0,060 \leq y \leq 0,065$) aufweisen, als piezoelektrische Materialien für die zweite Lage verwendet werden. In diesem Zusammenhang besteht kein Problem bei der Verwendung des piezoelektrischen Materials mit der Zusammensetzungsformel $Pb_{0,99}Nb_{0,02}[(Zr_{0,6}Sn_{0,4})_{1-y}Ti_y]_{0,98}O_3$ ($0,060 \leq y \leq 0,065$), obwohl dieses ein Antiferroelektrikum ist. Der Graph in Fig. 8 zeigt eine Beziehung zwischen einer angelegten Spannung und der maximalen Verschiebung der Schwingungsplatte (4) in diesem Fall. Wenn eine Spannung von 15 V angelegt wird, findet eine Phasenänderung vom Antiferroelektrikum zum Ferroelektrikum statt, so dass diskontinuierliche Verschiebungseigenschaften gezeigt werden. Wenn eine Spannung von 20 V angelegt wird, zeigt die Schwingungsplatte (4) eine Verschiebung von etwa 0,8 µm. Wenn ein bestimmter Spannungswert von mehr als 20 V angelegt wird, kann eine nahezu konstante Verschiebung hervorgerufen werden, so dass die Schwankung der Tintenausstoßmenge verringert werden kann. Ferner kann ein piezoelektrisches Element vorgesehen sein, dass eine stabile Tintenausstoßfähigkeit aufweist, obwohl es eine polykristalline Dünnschicht ist, wenn die antiferroelektrische Dünnschicht der Zusammensetzungsformel $Pb_{0,99}Nb_{0,02}[(Zr_{0,6}Sn_{0,4})_{1-y}Ti_y]_{0,98}O_3$ ($0,060 \leq y \leq 0,065$) verwendet wird.

[0089] Ferner wird in der ersten Ausführungsform als am meisten bevorzugtes Beispiel der piezoelektrischen Schichten ein Beispiel angegeben, das die erste Lage (8) bestehend aus einer Lage von $PbTiO_3$, das kein Zr enthält, oder aus einer Lage von PLT, das $PbTiO_3$ und zusätzlich Lanthan (La) enthält, und die zweite Lage (9) bestehend aus einer Lage aus $Pb(Zr_{0,53}Ti_{0,47})O_3$ umfasst. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf diese piezoelektrische Schicht beschränkt. Ansonsten kann eine zweite Lage mit guter Kristallinität und vergleichsweise großer piezoelektrischer Konstante ausgebildet werden, wenn eine PZT-Lage der Zusammensetzungsformel $Pb(Zr_xTi_{1-x})O_3$ ($x < 0,3$) oder die PZT-Lage, die ferner La enthält, als piezoelektrisches Material für die erste Lage (die Anfangslage) verwendet wird, die die piezoelektrischen Schichten (5, 12) bildet, und eine

PZT-Lage der Zusammensetzungsformel $Pb(Zr_xTi_{1-x})O_3$ ($0,7 \geq x \geq 0,3$) als zweite Lage verwendet wird. In diesem Fall wird vorzugsweise eine PZT-Lage der Zusammensetzungsformel $Pb(Zr_xTi_{1-x})O_3$ ($x < 0,2$) oder die PZT-Lage, die ferner La enthält, als erste Lage verwendet.

Zweite Ausführungsform:

[0090] Die Fig. 9 und 10 zeigen das Verfahren zur Herstellung eines Tintenstrahlkopfes gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Das Herstellungsverfahren für die zweite Ausführungsform ist nahezu dasselbe wie bei der ersten Ausführungsform, mit der Ausnahme, dass ein Siliziumsubstrat (Si-Substrat) anstelle des in der ersten Ausführungsform verwendeten MgO-Substrats verwendet wird.

[0091] Wie in den Fig. 9 und 10 gezeigt ist, wird zuerst eine Pt-Lage für die Ausbildung einzelner Elektroden (11) auf einem Siliziumsubstrat (15) ausgebildet, wobei eine piezoelektrische Schicht (12), die aus einer dielektrischen Schicht auf Bleibasis besteht, als ein piezoelektrisches Material auf den einzelnen Elektroden (11) mittels des Sputter-Prozesses ausgebildet wird. Die piezoelektrische Schicht (12), die aus der dielektrischen Lage auf Bleibasis besteht, wird vorgesehen durch Ausbilden einer ersten Lage aus einem dielektrischen Material auf Bleibasis, das kein Zr enthält, und anschließendes Ausbilden einer zweiten Lage aus Zr enthaltendem PZT, wie in der ersten Ausführungsform. Obwohl die piezoelektrische Schicht (12), die so ausgebildet wird, polykristallin ist, kann die zweite Lage, die sehr hervorragende piezoelektrische Eigenschaften aufweist, ausgebildet werden, da die erste Lage aus dem dielektrischen Material auf Bleibasis, das kein Zr enthält, gebildet wird, woraufhin die zweite Lage aus Zr enthaltendem PZT gebildet wird. Die piezoelektrische Schicht (12) kann eine hervorragende Piezoelektrizität aufweisen, indem eine polykristalline Lage auf PZT-Basis mit einer Dicke von 3 µm ausgebildet wird. Beim Ausbilden der piezoelektrischen Schicht (12) kann eine piezoelektrische Dünnschicht mit einer hohen Kristallinität ausgebildet werden mittels des Schleuderbeschichtungsprozesses unter Verwendung von MOCVD oder einer Sol-Gel-Lösung anstelle des obenerwähnten Sputter-Prozesses. Als nächstes wird eine Pt-Lage für eine Masseelektrode (13) auf der piezoelektrischen Schicht (12) ausgebildet. Dort, wo der Schleuderbeschichtungsprozess unter Verwendung einer Sol-Gel-Lösung angewendet wird, wird zuerst eine Sol-Gel-Lösung, die kein Zr enthält, aufgetragen, um die erste Lage zu bilden, woraufhin eine Zr enthaltende Sol-Gel-Lösung auf die erste Lage aufgetragen wird, um somit die zweite Lage mit einer gegebenen Dicke auszubilden, wobei die Lagen gebrannt werden, um eine piezoelektrische Schicht (12) zu bilden. Somit kann die piezoelektrische Schicht (12), die eine polykristalline Lage ist,

ebenso ausgebildet werden wie diejenige, die mit dem Sputter-Prozess gebildet wird.

[0092] Eine Schwingungsplatte (4) wird aus einem Material aus SiO_2 auf der Masseelektrode (13) mit dem Sputter-Prozess ausgebildet. Anschließend wird auf der Schwingungsplatte (4) ein Körper montiert, der Kompressionskammern (1) aufweist, wie darin aus einem photosensitiven Harz ausgebildet sind, wobei schließlich das Siliziumsubstrat (15) durch Ätzen unter Verwendung einer Flurwasserstofflösung oder einer Natriumhydroxidlösung entfernt wird. Die Kompressionskammern (1), die im Körper so unterteilt sind, dass sie jeweils den Auslässen zugeordnet sind, werden aus einem photosensitiven Glas oder einem photosensitivem Kunstharz gebildet. Im Flussdiagramm der Fig. 10 werden die einzelnen Elektroden (11) durch Mustern vor der Ausbildung der piezoelektrischen Schicht (12) ausgebildet, jedoch können die einzelnen Elektroden (11) durch Mustern nach dem Ätzen des Siliziumsubstrats (15) ausgebildet werden. Ferner wird die piezoelektrische Schicht 12 der Musterung unterworfen, bevor die Masseelektrode (13) im Flussdiagramm der Fig. 10 ausgebildet wird, jedoch kann die piezoelektrische Schicht (12) so gemustert werden, dass sie in geformte Stücke unterteilt wird, die den unterteilten Kompressionskammern (1) nach dem Ätzen des Siliziumsubstrats (15) entsprechen. Gemäß dem Herstellungsverfahren, das in der vorliegenden Ausführungsform beschrieben worden ist, wird es möglich, ein Siliziumsubstrat (15) zu verwenden, das ein besser verfügbares Einzelkristallsubstrat ist, das eine größere Fläche bei geringeren Kosten aufweisen kann als das MgO-Substrat (10). Somit wird es möglich, mehrere piezoelektrische Elemente zum gleichzeitigen Ausstoßen von Tintentröpfchen zu bilden, und ferner Dünnschichtmaterialien mit hervorragenden piezoelektrischen Eigenschaften zu bilden. Ferner können die Feinbearbeitungstechniken, die auf dem Gebiet des Siliziums verbreitet sind, auf piezoelektrische Elemente angewendet werden, wobei dies die Multielementausbildung erleichtert, die durch eine sehr genaue Feinbearbeitung erreicht würde. Der mit dem obigen Verfahren erzeugte Tintenstrahlkopf kann die gleiche Struktur aufweisen, wie in Fig. 6 gezeigt ist, und weist Düsen mit einer Dichte von 200 dpi auf. Ferner ist es möglich, einen Tintenstrahlkopf mit Düsen mit einer höheren Dichte herzustellen.

[0093] Bei der Herstellung der Tintenstrahlköpfe mit der obigen Struktur kann außerdem Siliziumsubstrat (15) ein Glassubstrat verwendet werden, wobei es möglich ist, einen Tintenstrahlkopf herzustellen, der eine ähnliche Multielement-Ausbildungsstruktur unter Verwendung eines Glassubstrats aufweist. In diesem Fall wird das Glassubstrat durch Ätzen unter Verwendung einer Flurwasserstoffsäurelösung entfernt. Somit kann ein Tintenstrahlkopf geschaffen werden, der die gleiche Multielement-Ausbildungsstruktur aufweist, wie diejenige, die in Fig. 6 gezeigt ist.

[0094] Eine piezoelektrische Schicht (12) mit einer Perovskit-Struktur und einer hohen Kristallinität kann gebildet werden unter Verwendung eines Rutheniumoxids für die obigen einzelnen Elektroden (11), statt des Platins. Die piezoelektrische Schicht kann daher hervorragende Eigenschaften aufweisen, so dass ein Tintenstrahlkopf mit einer geringen Schwankung der Tintenausstoßfähigkeit zwischen den jeweiligen Elementen geschaffen werden kann, obwohl er eine Multielement-Ausbildungsstruktur aufweist. Ferner weist als piezoelektrische Schicht (12) für die Verwendung als piezoelektrisches Material eine PZT-Lage mit einem Verhältnis von Zr/Ti innerhalb eines Bereiches von 30/70 bis 70/30 noch bessere piezoelektrische Eigenschaften auf, wodurch ein Tintenstrahlkopf mit einer hohen Tintenausstoßfähigkeit geschaffen wird. Wenn wiederum eine Dünnschicht aus einem Antiferroelektrikum mit der Zusammensetzungsformel $\text{Pb}_{0,99}\text{Nb}_{0,02}[(\text{Zr}_{0,6}\text{Sn}_{0,4})_{1-y}\text{Ti}]_{0,98}\text{O}_3$ ($0,060 \leq y \leq 0,065$) als piezoelektrische Schicht (12) verwendet wird, kann eine stabile Antwort bezüglich des Anlegens einer Spannung erhalten werden, so dass eine Schwankung der Tintenausstoßmenge zwischen den jeweiligen Elementen verringert werden kann.

[0095] Als Materialien für die Schwingungsplatte (4) können neben Siliziumdioxid (SiO_2) Metall, wie z. B. Nickel und Aluminium, leicht mittels des Sputter-Prozesses, des Vakuumabscheidungsprozesses oder des Metallisierungs-Plattierungsprozesses zu Schichten ausgebildet werden, wobei die resultierenden Schichten hervorragende Schwingungseigenschaften aufweisen können, ebenso wie die SiO_2 -Schwingungsplatte. Ferner kann eine Schwingungsplatte, die aus einem Oxid wie z. B. Aluminiumoxid oder dergleichen gebildet ist, die gleiche Wirkung wie diejenige, die mittels der SiO_2 -Schwingungsplatte erhalten wird, wobei das Oxid, wie z. B. Aluminiumoxid oder dergleichen, leicht zu einer Schicht mittels des Sputter-Prozesses geformt werden kann. Ansonsten können hochmolekulare organische Substanzen, wie z. B. Polyimid-Harze, mittels des Schleuderbeschichtungsprozesses leicht zu Schichten geformt werden, wobei deren Bearbeitung ebenfalls einfach ist. Somit werden hochmolekulare organische Substanzen, wie z. B. Polyimid-Harze, als geeignete Materialien für die Schwingungsplatten von Tintenstrahlköpfen betrachtet.

Dritte Ausführungsform:

[0096] Mit Bezug auf die Fig. 11 und 12 wird ein Tintenstrahlkopf gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0097] Beim vorliegenden Verfahren, wie in Fig. 11 und im Flussdiagramm der Fig. 12 gezeigt ist, wird zuerst eine Schwingungsplatte (4) aus Siliziumdioxid (SiO_2) mit einer Dicke von 2 μm auf einem Siliziumsubstrat (15) mit dem Sputter-Prozess oder durch thermisches Oxidieren des Siliziumsubstrats ausgebildet. Anschließend wird eine Pt-Lage für eine Mas-

seelektrode (13) weiter auf der Schwingungsplatte (4) ausgebildet. Anschließend wird eine piezoelektrische Schicht (12), die aus einem dielektrischen Material auf Bleibasis gebildet wird, auf der Masseelektrode (13) mit dem RF-Sputter-Prozess ausgebildet. Wie in der ersten Ausführungsform wird die piezoelektrische Schicht (12) ausgebildet durch Formen einer ersten Lage aus einem dielektrischen Material auf Bleibasis, das kein Zr enthält, und Ausbilden einer zweiten Lage aus Zr enthaltendem PZT. Die piezoelektrische Schicht (12), die so ausgebildet wird, ist polykristallin, kann jedoch die zweite Lage mit sehr hervorragenden piezoelektrischen Eigenschaften aufweisen, da die zweite Lage, die aus der Zr enthaltenden PZT-Lage besteht, nach der Ausbildung der ersten Lage gebildet wird, die aus dem dielektrischen Material auf Bleibasis, das kein Zr enthält, besteht. Die piezoelektrische Schicht (12) kann hervorragende piezoelektrische Eigenschaften aufweisen, in dem eine polykristalline PZT-Typ-Lage mit einer Dicke von 3 µm ausgebildet wird. Als eines der Verfahren zum Ausbilden von piezoelektrischen Schichten (12) kann eine piezoelektrische Dünnschicht mit einer hohen Kristallinität auch mit dem Schleuderbeschichtungsprozess unter Verwendung von MOCVD oder einer Sol-Gel-Lösung gebildet werden. Als nächstes wird eine Pt-Lage für die einzelnen Elektroden (11) auf der piezoelektrischen Schicht (12) ausgebildet. Die einzelnen Elektroden (11) werden ausgebildet, in dem die Pt-Schicht einer Feinbearbeitung durch Ionenätzen unterworfen wird, so dass sie in unterteilte geformte Stücke geformt wird, die den jeweiligen Kompressionskammern (1) zugeordnet sind. Während die Schwingungsplatte (4) aus einer isolierenden Substanz gebildet wird, können indessen die einzelnen Elektroden (11) auf der Schwingungsplatte (4) ausgebildet werden, wobei die Masseelektrode (13) auf der piezoelektrischen Schicht (12) ausgebildet werden kann.

[0098] Als nächstes wird das Siliziumsubstrat (15) teilweise entfernt, indem unter Verwendung einer Flurwasserstoffsäurelösung oder einer Natriumhydroxidlösung geätzt wird, wobei die übrigen Abschnitte des Siliziumsubstrats (5) als Strukturabschnitte der Kompressionskammern (1) verwendet werden. Die piezoelektrische Schicht (12) wird einer Musterung unterworfen, so dass sie in geformte Stücke unterteilt wird, die den jeweiligen Kompressionskammern (1) entsprechen, bevor die Masseelektrode (13) ausgebildet wird. In diesem Verfahren werden die Kompressionskammern (1) unter Verwendung der Abschnitte des Substrats zum Ausbilden des piezoelektrischen Elements gebildet, so dass der Herstellungsschritt vereinfacht werden kann. Ferner wird es möglich, fein geformte Elemente zu schaffen, indem die Feinbearbeitungstechniken für Silizium angewendet werden. Der mit dem obigen Verfahren hergestellte Tintenstrahlkopf kann die gleiche Struktur aufweisen wie derjenige, der in Fig. 6 gezeigt ist, und besitzt Düsen mit einer Dichte von 200 dpi oder mehr.

[0099] Bei der Herstellung des Tintenstrahlkopfes mit dieser Struktur kann außer dem Siliziumsubstrat (15) ein kostengünstigeres Glassubstrat verwendet werden, wobei ferner durch die Verwendung des Glassubstrats ein Tintenstrahlkopf mit der gleichen Multielement-Ausbildungsstruktur wie diejenige, die in Fig. 6 gezeigt ist, geschaffen werden kann.

[0100] Wenn statt Platin ein Rutheniumoxid verwendet wird, um die einzelnen Elektroden (11) auszubilden, kann eine piezoelektrische Schicht (12) mit einer Perovskit-Struktur mit hoher Kristallinität ausgebildet werden. Die piezoelektrische Schicht kann hervorragende Eigenschaften aufweisen, so dass ein Tintenstrahlkopf mit einer geringen Schwankung der Tintenausstoßfähigkeit zwischen den jeweiligen piezoelektrischen Elementen geschaffen werden kann, obwohl er die Multielement-Ausbildungsstruktur aufweist. Wenn ferner die piezoelektrische Schicht (12), die als ein piezoelektrisches Material verwendet werden soll, eine PZT-Lage mit einem Verhältnis Zr/Ti innerhalb des Bereiches von 30/70 bis 70/30 ist, kann das piezoelektrische Material noch bessere piezoelektrische Eigenschaften aufweisen, wobei der resultierende Tintenstrahlkopf eine hervorragende Tintenausstoßfähigkeit aufweisen kann.

[0101] Wenn ferner eine antiferroelektrische Dünnschicht mit der Zusammensetzung $Pb_{0,99}Nb_{0,02}[(Zr_{0,6}Sn_{0,4})_{1-y}Ti_y]_{0,98}O_3$ ($0,060 \leq y \leq 0,65$) als piezoelektrische Schicht (12) verwendet wird, kann ein auf der obigen Schicht ausgebildetes piezoelektrisches Element stabil auf eine angelegte Spannung antworten, wobei eine Schwankung der Tintenausstoßmenge verringert wird. Wenn ferner eine antiferroelektrische Dünnschicht mit der Zusammensetzungsformel $Pb_{0,99}Nb_{0,02}[(Zr_{0,6}Sn_{0,4})_{1-y}Ti_y]_{0,98}O_3$ ($0,060 \leq y \leq 0,65$) als piezoelektrische Schicht verwendet wird, kann ein piezoelektrisches Element geschaffen werden, das eine stabile Tintenausstoßfähigkeit aufweist, selbst wenn es aus einer polykristallinen Dünnschicht gebildet wird.

[0102] Ferner kann die Schwingungsplatte (4) leicht aus einem Metall, wie z. B. Nickel und Aluminium, statt aus Siliziumdioxid SiO_2 , mittels des Sputter-Prozesses, eines Vakuumabscheidungsprozesses oder eines Metallisierungs-Plattierungsprozesses ausgebildet werden, wobei die resultierende Schwingungsplatte (4) hervorragende Schwingungseigenschaften aufweisen kann, ebenso wie die SiO_2 -Schwingungsplatte. Ferner kann Aluminiumoxid verwendet werden, um eine Schwingungsplatte auszubilden, wobei die Aluminiumoxid-Schwingungsplatte leicht mit dem Sputter-Prozess ausgebildet werden kann und die gleiche Wirkung aufweisen kann wie die SiO_2 -Schwingungsplatte. Außerdem kann die Schwingungsplatte leicht aus einem Polyimid-Kunstharz mittels des Schleuderbeschichtungsprozesses ausgebildet werden, wobei die Verarbeitung der Polyimid-Kunstharz-Schwingungsplatte ebenfalls einfach ist. Polyimid-Kunstharze werden daher als geeignete Materialien für Tintenstrahlköpfe betrachtet.

Vierte Ausführungsform:

[0103] **Fig. 13A** ist eine perspektivische Ansicht eines Tintenstrahlkopfes (**200**) gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; **Fig. 13B** ist eine Schnittansicht desselben längs der Linie C-C' der **Fig. 13A**; und **Fig. 14** ist eine Schnittansicht desselben längs der Linie D-D' der **Fig. 13A**.

[0104] Der Tintenstrahlkopf (**200**) umfasst einen Körper (**250**) mit mehreren Auslässen (**202**) und mehreren Kompressionskammern (**201**), die den mehreren Auslässen (**202**) zugeordnet ausgebildet sind; eine Schwingungsplatte (**204**), die auf der Oberseite des Körpers (**250**) vorgesehen ist; und ein piezoelektrisches Element (**203**), das auf der Schwingungsplatte (**204**) vorgesehen ist.

[0105] Im Körper (**250**) sind die Auslässe (**202**) in vorgegebenen Intervallen in der unteren Ebene des Körpers (**250**) ausgebildet, wobei die Kompressionskammern (**201**) parallel mit dem Körper (**250**) und den jeweiligen Auslässen (**202**) entsprechend ausgebildet sind. Jeder der Auslässe (**202**) steht mit jeweils einer der Kompressionskammern (**201**) über einen im Körper (**250**) ausgebildeten Tintendurchlass (**202a**) in Verbindung. Der Körper (**250**) ist aus einem sehr starren Material gebildet, wie z. B. einem Kunstharz, Glas, rostfreiem Stahl, Keramiken, Silizium oder dergleichen.

[0106] Das piezoelektrische Element (**203**) umfasst, wie in **Fig. 14** gezeigt ist, eine Masseelektrode (**208**), die auf der Schwingungsplatte (**204**) ausgebildet ist; piezoelektrische Schichten (**205**), die auf der Masseelektrode (**208**) in vorgegebenen Intervallen entsprechend den jeweiligen Kompressionskammern (**201**) ausgebildet sind; und einzelne Elektroden (**209**), die jeweils auf den piezoelektrischen Schichten (**205**) vorgesehen sind, wobei ferner ein Füllstoff eines Polyimid-Harzes in die Zwischenräume zwischen die jeweiligen piezoelektrischen Schichten (**5**), die nebeneinander liegen, gepackt ist. In diesem Zusammenhang wird die piezoelektrische Schicht (**205**) mit einer ersten Lage (**8**), die eine Lage aus PbTiO_3 , die kein Zr enthält, oder PLT, das PbTiO_3 und Lanthan enthält, besteht, und einer zweiten Lage (**9**), die aus einer Lage mit der Zusammensetzungsformel $\text{Pb}(\text{Zr}_{0,53}\text{Ti}_{0,47})\text{O}_3$ besteht, mit einer Dicke von 3 μm ausgebildet, wie in der ersten Ausführungsform. Somit wird die piezoelektrische Schicht (**205**) mit hervorragenden piezoelektrischen Eigenschaften ausgebildet, ebenso wie diejenige der ersten Ausführungsform.

[0107] Die Schwingungsplatte (**204**) umfasst eine Aluminiumoxidlage, die mit einer Dicke von 2 μm mit dem Sputter-Prozess ausgebildet wird, wobei sowohl die Masseelektrode (**208**) als auch die einzelnen Elektroden (**209**) Pt-Lagen mit einer Dicke von 0,1 μm umfassen. Als Materialien für die Schwingungsplatte (**204**) können Ni, Cr, Ti, Al und Zr neben Aluminiumoxid verwendet werden, wobei jedes dieser Materialien eine Schwingungsplatte schaffen kann, die

eine hervorragende Haftung an der piezoelektrischen Schicht (**205**) und am Elektrodenmaterial, sowie hervorragende Schwingungseigenschaften aufweist. In der vorliegenden Erfindung können Oxide von Ni, Cr, Ti, Al und Zr, Siliziumoxid und Kunstharze als Materialien für die Schwingungsplatte (**204**) verwendet werden. Ferner ist vorzugsweise die Dicke der Schwingungsplatte (**204**) gleich oder kleiner als diejenige der piezoelektrischen Schicht (**205**), um somit eine hervorragende Tintenausstoßfähigkeit zu erhalten.

[0108] Die piezoelektrische Schicht (**205**) wird vorzugsweise mit einer schmaleren Breite ausgebildet als die Kompressionskammer, der die piezoelektrische Schicht (**205**) zugeordnet ist.

[0109] Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf die obige piezoelektrische Schicht (**205**) beschränkt. Eine einzelne, ungeteilte und kontinuierliche piezoelektrische Schicht kann anstelle der unterteilten piezoelektrischen Schichten verwendet werden, wobei die einzelnen Elektroden (**209**) so ausgebildet werden können, dass sie den jeweiligen Kompressionskammern (**201**) zugeordnet sind. Mit dieser Konstruktion werden Tintentröpfchen ausgestoßen, indem nur Abschnitte der piezoelektrischen Schicht zum Schwingen gebracht werden, die bestimmten Kompressionskammern zugeordnet sind.

[0110] Das Material für den Füllstoff (**210**), der zwischen die jeweiligen nebeneinanderliegenden piezoelektrischen Schichten (**205**) gepackt wird, ist nicht auf das oben erwähnte Polyimid-Kunstharz beschränkt, wobei ein beliebiges Material verwendet werden kann, das eine vergleichsweise geringe Steifigkeit aufweist. Die Verwendung eines Materials mit vergleichsweise geringerer Steifigkeit als Füllstoff ermöglicht, dass die piezoelektrische Schicht (**205**) schwingt, ohne eine laterale Expansion oder Kontraktion der piezoelektrischen Schicht (**205**) zu behindern. Somit werden die Schwingungseigenschaften nicht beeinträchtigt.

[0111] Wenn z. B. jede der Kompressionskammern (**201**) mit einer Breite von 70 μm ausgebildet wird und die piezoelektrische Schicht (**205**) mit einer Breite etwas schmaler als diejenige der Kompressionskammer (**201**) ausgebildet wird, kann die Schwingungsamplitude um maximal 50 nm geändert werden, wenn eine Spannung von 10 V angelegt wird.

[0112] Wie oben beschrieben worden ist, wird gemäß der vierten Ausführungsform die piezoelektrische Schicht (**205**) mit der ersten Lage und der zweiten Lage als eine Zwei-Lagen-Struktur mittels des Dünnschicht-Ausbildungsprozesses, wie z. B. des Sputter-Prozesses, ausgebildet, wie in der ersten Ausführungsform. Die piezoelektrische Schicht (**205**) kann daher eine sehr hohe Dichte, hohe Kristallinität und hervorragende Schwingungseigenschaften aufweisen, trotz der vergleichsweise einfachen Struktur. Dies liegt daran, dass die Ausbildung der piezoelektrischen Schicht (**205**) mit einer hohen Kristallinität ermöglicht, dass das piezoelektrische Element durch Anlegen einer solch hohen Spannung angesteuert

wird, die einen herkömmlichen gesinterten Körper veranlassen würde, dielektrisch zerstört zu werden. Da ferner die piezoelektrische Schicht (205) mit einer sehr kleinen Dicke ausgebildet werden kann, wie in der ersten Ausführungsform, kann eine Feinbearbeitung für eine solche Schicht leicht durchgeführt werden, so dass ein Tintenstrahlkopf mit Düsen mit einer Dichte von 200 dpi leicht hergestellt werden kann.

[0113] Die piezoelektrische Schicht (205) kann mit einem Dünnschicht-Ausbildungsprozess ausgebildet werden, wie z. B. dem CVD-Prozess, statt des Schleuderbeschichtungsprozesses, wie oben erwähnt worden ist.

[0114] Die Dicke der piezoelektrischen Schicht (205) beträgt vorzugsweise 10 µm oder weniger, da dann, wenn sie 10 µm oder mehr beträgt, kaum eine Feinbearbeitung durchgeführt werden kann.

[0115] In der vierten Ausführungsform wird die piezoelektrische Schicht (205) unter Verwendung eines MgO-Substrats oder eines Si-Substrats ausgebildet, wie in der ersten oder zweiten Ausführungsform.

[0116] Genauer wird als Substrat ein Einzelkristall-MgO-Substrat verwendet, das gespalten wird, um eine Ebene (100) als Oberfläche aufzuweisen, wobei eine Anfangslage, die kein Zr enthält, auf der Ebene (100) des MgO-Substrats ausgebildet wird. Anschließend wird eine piezoelektrische Schicht mit der allgemeinen Formel $(\text{Pb}_{1-x}\text{La}_x)(\text{Zr}_{1-y}\text{Ti}_y)\text{O}_3$ auf der Anfangslage ausgebildet, um somit eine piezoelektrische Schicht auszubilden, in der die Kristalle in einer Richtung der Achse c ausgerichtet sind. Wie oben beschrieben worden ist, verringert die Zugabe von La zu der piezoelektrischen Schicht, die durch die allgemeine Formel $\text{Pb}(\text{Zr}_{1-y}\text{Ti}_y)\text{O}_3$ repräsentiert wird, die Kristallisierungstemperatur, so dass die Piezoelektrizität der piezoelektrischen Dünnschicht verbessert werden kann. Ferner kann die piezoelektrische Einzelkristall-Schicht mit der Formel $(\text{Pb}_{1-x}\text{La}_x)(\text{Zr}_{1-y}\text{Ti}_y)\text{O}_3$, die so ausgebildet wird, eine piezoelektrische Konstante aufweisen, die 1,5-mal so groß ist wie diejenige einer polykristallinen Schicht mit der gleichen Zusammensetzung.

[0117] Ferner kann bei der Ausbildung der piezoelektrischen Schicht (205) unter Verwendung des Sputter-Prozesses oder des CVD-Prozesses eine Einzelkristall-Schicht mit einer hohen Kristallinität bei einer hohen Abscheidungsrate von 1 µm oder mehr pro Stunde ausgebildet werden. Unter Verwendung von Platin oder Rutheniumoxid als Material für die Elektrode kann ferner die piezoelektrische Schicht wachsen, während gute Grenzflächeneigenschaften aufrechterhalten werden. Wenn Platin oder Rutheniumoxid für die Elektrode verwendet werden, wird es möglich, neben Magnesiumoxid (MgO) auch Silizium, Glas, oder rostfreies Stahlmaterial, die eine hohe Steifigkeit aufweisen und mit Leichtigkeit fein bearbeitet werden können, als Material für das Substrat zu verwenden. Als Ergebnis können die Fertigungskosten für die Tintenstrahlköpfe reduziert werden.

[0118] Wenn ferner die piezoelektrische Schicht mit

der allgemeinen Formel $(\text{Pb}_{1-x}\text{La}_x)(\text{Zr}_{1-y}\text{Ti}_y)\text{O}_3$ auf der Elektrode aus Platin oder Rutheniumoxid ausgebildet wird, kann die piezoelektrische Schicht (205) mit hoher Kristallinität ausgebildet werden, da die Abscheidung einer Störstellenlage von Zr auf der Elektrode verhindert werden kann, indem insbesondere der Wert von y auf 0,7 oder mehr (durch Verringern der Menge von Zr) in der Zusammensetzungsformel eines Teils der piezoelektrischen Schicht, die mit der Elektrode in Kontakt ist, eingestellt wird. Durch Ausbilden einer Anfangslage, die eine verringerte Menge an Zr enthält, direkt auf der Elektrode, und Ausbilden einer piezoelektrischen Schicht, die eine große piezoelektrische Konstante und eine Dicke von mehreren µm aufweist und durch die Zusammensetzungsformel repräsentiert wird, bei der "y" auf 0,7 oder weniger eingestellt ist, auf der Anfangslage kann die piezoelektrische Schicht (205) mit einer großen piezoelektrischen Konstanten und mit hoher Kristallinität ausgebildet werden.

[0119] Da ferner der Tintenstrahlkopf der vorliegenden Erfindung eine dünne piezoelektrische Schicht und eine Schwingungsplatte umfasst, wie oben erwähnt worden ist, ist es notwendig, bei der Verbindung des Körpers, der die darin ausgebildeten Kompressionskammern aufweist, mit der Schwingungsplatte Sorgfalt zu verwenden. Das heißt, wenn die Trennwände des Körpers mit der Schwingungsplatte mittels Klebstoff verbunden werden, wird eine große Beanspruchung auf die dünne piezoelektrische Schicht (205) ausgeübt, aufgrund der Expansion oder Kontraktion des Klebstoffes beim Prozess seiner Aushärtung, so dass die Schicht reißt oder abblättert. Auch wenn die Schicht nicht so stark beschädigt würde, dass sie reißt oder abblättert, würde eine stabile Schwingung behindert.

[0120] Um das obige Problem zu lösen, werden in der vierten Ausführungsform vorzugsweise die Trennwände (207) des Körpers über eine Kunstharzlage (212), die eine Dicke von 2 µm oder dergleichen und eine geringe Steifigkeit aufweist, mit der Schwingungsplatte (204) verbunden, wie in Fig. 16 gezeigt ist. Die Kunstharzlage (212) wird aus z. B. Polyimid mittels des Schleuderbeschichtungsverfahrens oder dergleichen ausgebildet. In diesem Zusammenhang bezeichnet die Zahl 213, die in Fig. 16 erscheint, den Klebstoff.

[0121] Wie oben beschrieben worden ist, kann durch Vorsehen der Polyimid-Kunstharzlage (212) eine Beanspruchung auf Grund der Expansion oder Kontraktion des Klebstoffes (213) daran gehindert werden, auf die piezoelektrische Schicht (205) einzuwirken, so dass die piezoelektrische Schicht stabil schwingen kann, wobei gleichzeitig eine Beschädigung der piezoelektrischen Schicht verhindert werden kann. Durch Vorsehen der Polyimid-Kunstharzlage kann ferner vermieden werden, dass eine Tinte direkt die Schwingungsplatte berührt, so dass die Lebensdauer der Schwingungsplatte verlängert werden kann. Diesbezüglich beträgt die Dicke der Kunstharz-

lage (212) vorzugsweise 3 µm oder weniger. Wenn sie 3 µm oder mehr beträgt, absorbiert die Kunstharzlage die Schwingungen der Schwingungsplatte, so dass die Tintenausstoßleistungsfähigkeit deutlich verringert wird.

[0122] Ferner ist es notwendig, die Mengen und die Dicke der Kunstharzlage (212) und des Klebstoffes (213) genau zu kontrollieren, um die Tintenausstoßleistungsfähigkeit effektiver zu steigern und Schwankungen der Tintenausstoßmenge und der Tintenausstoßgeschwindigkeit zu verringern. In Fig. 17 ist gezeigt, dass eine Aluminiumoxidlage (214) mit einer Dicke von 7 µm auf Abschnitten des piezoelektrischen Schwingungsabschnitts (230) (der das piezoelektrische Element und die Schwingungsplatte umfasst) ausgebildet ist, an die die Trennwände geklebt werden. Die Aluminiumoxidlage (214) wird wie folgt ausgebildet: eine Aluminiumoxidlage wird mit einer Dicke von 7 µm auf dem piezoelektrischen Schwingungsabschnitt (230) ausgebildet, woraufhin die Aluminiumoxidlage einem Nassätzen unter Verwendung einer sauren Lösung unterworfen wird, so dass die Abschnitte der Aluminiumoxidlage, die den Trennwänden entsprechen, übriggelassen werden können. Durch Verkleben der Trennwände (207) mit dem piezoelektrischen Schwingungsabschnitt (230) über die Aluminiumoxidlage (214) können nur die Abschnitte des piezoelektrischen Schwingungsabschnitts (230), die den Kompressionskammern (201) entsprechen, in Schwingung versetzt werden, so dass die Schwankung der Tintenausstoßmenge oder dergleichen verringert werden kann. In der vorliegenden Erfindung kann anstelle der Aluminiumoxidlage (214) eine Lage verwendet werden, die aus Keramiken, die verschiedene Metalloxide umfassen, einem sehr starren Kunstharz, wie z. B. Epoxydharz, aus Cr oder dergleichen gebildet ist. Das heißt, es kann ein beliebiges Material verwendet werden, das eine gute Haftung am piezoelektrischen Schwingungsabschnitt (230) aufweist und eine Feinbearbeitung erlaubt.

[0123] Im obigen piezoelektrischen Schwingungsabschnitt umfasst die piezoelektrische Schicht (205) eine Lage, jedoch ist die piezoelektrische Schicht der vorliegenden Erfindung nicht auf die obige Ein-Lagen-Struktur beschränkt und kann zwei Lagen aufweisen, nämlich die piezoelektrischen Schichten 205a und 205b, wie in Fig. 15 gezeigt ist. In diesem Fall wird die einzelne Elektrode (209) in Form separater Elektroden (209a) und (209b) ausgebildet, wobei die Elektrode (209a) auf der piezoelektrischen Schicht (205a) ausgebildet wird und die Elektrode (209b) auf der Unterseite der piezoelektrischen Schicht (205b) ausgebildet wird, und wobei eine Zwischenelektrode (211) als eine gemeinsame Erdungselektrode zwischen den piezoelektrischen Schichten (205a) und (205b) ausgebildet wird. Wie oben beschrieben worden ist, kann durch Aufbauen der piezoelektrischen Schicht (205) aus zwei Lagen der piezoelektrischen Schichten (205a) und (205b) der piezoelektrische Schwingungsabschnitt eine Verschie-

bung aufweisen, die zweimal größer ist als diejenige, die ein piezoelektrischen Schwingungsabschnitt aufweist, der eine piezoelektrische Schicht umfasst. In diesem Zusammenhang umfasst jede der piezoelektrischen Schichten (205a) und (205b) eine Anfangslage (eine erste Lage) und eine zweite Lage. Mit dieser Anordnung erzeugt der piezoelektrische Schwingungsabschnitt eine Biegeschwingung unter Verwendung der piezoelektrischen Schichten (205a) und (205b), so dass es theoretisch unnötig wird, die Schwingungsplatte (204) vorzusehen, die in Kooperation mit der piezoelektrischen Schicht zum Schwingen veranlasst wird. Als Ergebnis reicht es aus, eine Kunstharzlage, z. B. mit einer Dicke von 1 µm oder dergleichen, zum Schutz der piezoelektrischen Schicht vor einer Tinte auszubilden. Mit anderen Worten, auf Grund der in Fig. 15 gezeigten Struktur kann der piezoelektrische Schwingungsabschnitt geschaffen werden durch Ausbilden von zwei piezoelektrischen Schichten (205a) und (205b), ohne die Notwendigkeit des Vorsehens einer Schwingungsplatte.

Fünfte Ausführungsform:

[0124] Fig. 18 ist eine Teilschnittansicht eines Tintenstrahlkopfes gemäß der fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die die Struktur des Tintenstrahlkopfes zeigt. Der Tintenstrahlkopf gemäß der fünften Ausführungsform wird mit den folgenden Schritten hergestellt.

[0125] Zuerst wird eine Pt-Lage für eine Masseelektrode (208) auf einem Einzelkristall-Siliziumsubstrat ausgebildet, wobei piezoelektrische Schichten (205) mit einer Dicke von 3 µm und einzelne Elektroden (209), die jeweils einer Kompressionskammer zugeordnet sind, auf der Masseelektroden (208) ausgebildet werden, in derselben Weise wie in der ersten Ausführungsform. Anschließend werden Aluminiumoxidlagen mit einer Dicke von 2 µm als Schwingungsplatten (204a) auf den einzelnen Elektroden (209) ausgebildet. Ein Füllstoff-Polyimid-Kunstharz (210) wird in den Raum zwischen jeweils benachbarten piezoelektrischen Schichten (205) gepackt. Als Nächstes wird das Siliziumsubstrat auf eine Dicke von 0,1 µm poliert, wobei das polierte Siliziumsubstrat einem Ätzen unter Verwendung einer alkalischen Lösung, wie z. B. einer wässrigen KOH-Lösung, unterworfen wird, so dass Abschnitte des Siliziumsubstrats (Siliziumbasis (15)), die den Trennwänden zum Trennen der jeweiligen Kompressionskammern entsprechen, zurückgelassen werden. Anschließend werden die Trennwände eines Körpers, der die darin ausgebildeten Kompressionskammern aus einem rostfreien Stahl, einem Kunstharz oder Glas aufweist, der Siliziumbasis (15) gegenüberliegend angeordnet und damit verbunden (gebondet). Somit wird der Tintenstrahlkopf gemäß der fünften Ausführungsform, wie in Fig. 18 gezeigt, fertiggestellt. In der fünften Ausführungsform beträgt die Breite der Kompressions-

kammer (201) 70 µm.

[0126] Wie oben beschrieben worden ist, wird im Tintenstrahlkopf der fünften Ausführungsform das Siliziumsubstrat fein bearbeitet, wobei Abschnitte des Siliziumsubstrat verwendet werden, um die Kompressionskammern auszubilden, und wobei die Klebeabschnitte des Körpers von den piezoelektrischen Schichten beabstandet gehalten werden. Somit kann eine Verschlechterung der Schwingungseigenschaften auf Grund der Beeinflussung der Klebeabschnitte im Wesentlichen eliminiert werden. Als Ergebnis kann beim Tintenstrahlkopf der fünften Ausführungsform die Schwankung der Tintenausstoßleistungsfähigkeit deutlich verringert werden. Ferner wird in der vorliegenden Ausführungsform bestätigt, dass dann, wenn eine Anfangslage mit der Zusammensetzungsformel $(\text{Pb}_{0,95}\text{La}_{0,05})\text{TiO}_3$ im Prozess zur Ausbildung der piezoelektrischen Schicht (205) ausgebildet wird, festgestellt wird, dass die Anfangslage mit einer hohen Kristallinität auf der Pt-Masselektrode (208) bei einer Temperatur von lediglich 500°C ausgebildet werden kann. In praktischer Hinsicht ist es sehr nützlich, dass die Anfangslage bei einer solchen niedrigen Temperatur ausgebildet werden kann.

[0127] Ferner kann in der fünften Ausführungsform für das Substrat anstelle des Siliziums Quarzglas verwendet werden. Die Verwendung von Quarzglas für das Substrat ermöglicht, das Substrat fein zu bearbeiten mittels Ätzen unter Verwendung von Fluorwasserstoffsäure, so dass der Tintenstrahlkopf mit noch geringeren Kosten hergestellt werden kann. Ferner kann durch die Verwendung eines MgO-Substrats, bei dem die MgO-Kristalle auf der Ebene (100) ausgerichtet sind, eine piezoelektrische Schicht (205) mit der Zusammensetzungsformel $\text{Pb}(\text{Zr}_{0,53}\text{Ti}_{0,47})\text{O}_3$, in der die Kristalle in Richtung der Achse c ausgerichtet sind, über der Anfangslage auf den Pt-Elektroden ausgebildet werden, wie in der ersten Ausführungsform beschrieben ist. Somit kann die resultierende piezoelektrische Schicht eine piezoelektrische Konstante aufweisen, die etwa 1,5-mal größer ist als diejenige der piezoelektrischen Schicht, die aus einer polykristallinen Dünnschicht mit der gleichen Zusammensetzungsformel besteht. Wenn ein MgO-Substrat verwendet wird, wird indessen das Substrat bis zu einer Dicke von etwa 0,1 mm in ähnlicher Weise poliert oder geätzt, woraufhin es wie in Fig. 18 gezeigt bearbeitet wird, wobei die bearbeiteten Abschnitte mit den Trennwänden des Körpers verbunden werden.

[0128] Sechste Ausführungsform:

[0129] Fig. 19 ist eine perspektivische Ansicht eines Tintenstrahlkopfes gemäß der sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Der Tintenstrahlkopf der sechsten Ausführungsform umfasst einen Körper (350), der aus einer Laminierung von vier rostfreien Stahlplatten (351, 352, 353 und 354) besteht, und einen piezoelektrischen Schwingungsabschnitt (bestehend aus einem piezoelektrischen Element (303) und einer Schwingungsplatte (304), der

so vorgesehen ist, dass er die Kompressionskammern (301) verschließt, die im Körper (350) ausgebildet sind. Wie in Fig. 19 gezeigt ist, sind zusätzlich Tintenauslässe (302) längs der Breitenrichtung parallel zueinander in der Unterseite der rostfreien Platte (354) ausgebildet. Die Tintenkamern (301), die durch die (nicht gezeigten) Trennwände unterteilt sind, sind entsprechend den Tintenauslässen (302) vorgesehen. Das piezoelektrische Element (303) umfasst eine (nicht gezeigte) Masselektrode, eine piezoelektrische Schicht (305) und einzelne Elektroden (309). Jede der einzelnen Elektroden (309) ist direkt auf einer der Kompressionskammern (301) ausgebildet, so dass einzelne piezoelektrische Elemente, die jeweils einer Kompressionskammer (301) zugeordnet sind, geschaffen werden. Die piezoelektrische Schicht (305) wird in der gleichen Weise ausgebildet wie in den ersten bis fünften Ausführungsformen.

[0130] In der sechsten Ausführungsform umfasst der Körper (350) die rostfreien Stahlplatten (351) bis (354), jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht auf diese Struktur beschränkt, wobei der Körper (350) eine Laminierung von Glasplatten umfassen kann. Ferner kann der Körper mit der in Fig. 19 gezeigten Struktur unter Verwendung von Kunstharzplatten ausgebildet werden.

Industrielle Anwendbarkeit:

[0131] Wie oben genauer beschrieben worden ist, wird es gemäß der vorliegenden Erfindung möglich, piezoelektrische Schichten im Vergleich zum Stand der Technik mit kleinerer Dicke und größeren piezoelektrischen Konstanten auszubilden, indem der Dünnschichtausbildungsprozess, wie z. B. der Sputter-Prozess und der CVD-Prozess, verwendet werden, so dass es möglich wird, die piezoelektrischen Schichten fein zu bearbeiten. Somit können miniaturisierte Tintenköpfe für Tintenstrahlauzeichnungs-vorrichtungen geschaffen werden, die Tintenauslässe aufweisen, die mit höheren Dichten ausgebildet sein können, und die mit höheren Geschwindigkeiten antworten können. Durch die Verwendung von miniaturisierten Tintenstrahlköpfen, die Auslässe aufweisen, die darin mit, hohen Dichten ausgebildet sind, wird es möglich, Tintenstrahlauzeichnungs-vorrichtungen zu schaffen, die ein sehr schnelles Drucken mit hoher Auflösung erlauben.

Patentansprüche

1. Tintenstrahlkopf, enthaltend einen Körper mit Tintenauslässen und Kompressionskammern, die jeweils mit einem der Tintenauslässe in Verbindung stehen, sowie mit piezoelektrischen Schwingungsabschnitten, wobei jeder Schwingungsabschnitt auf einem Abschnitt jeder Kompressionskammer vorgesehen ist und eine piezoelektrische Schicht, die Pb, Ti und Zr enthält, sowie Elektroden aufweist, die an beiden Seiten der piezoelektrischen Schicht vorgesehen

sind, wobei die piezoelektrischen Schwingungsabschnitte Biegeschwingungen erzeugen, um Tintenstrahltröpfchen aus den Tintenauslässen auszustoßen,

dadurch gekennzeichnet, dass die piezoelektrische Schicht eine erste Lage, die eine Perovskitstruktur besitzt, welche Sr oder Ba enthält, und eine zweite Lage aufweist, die eine Perovskitstruktur besitzt, welche Pb, Ti und Zr enthält, und die in Kontakt mit der ersten Lage ausgebildet ist.

2. Tintenstrahlkopf, enthaltend einen Körper mit Tintenauslässen und Kompressionskammern, die jeweils mit einem der Tintenauslässe in Verbindung stehen, sowie mit piezoelektrischen Schwingungsabschnitten, wobei jeder Schwingungsabschnitt auf einem Abschnitt jeder Kompressionskammer vorgesehen ist und eine piezoelektrische Schicht, die Pb, Ti und Zr enthält, sowie Elektroden aufweist, die an beiden Seiten der piezoelektrischen Schicht vorgesehen sind, wobei die piezoelektrischen Schwingungsabschnitte Biegeschwingungen erzeugen, um Tintenstrahltröpfchen aus den Tintenauslässen auszustoßen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die piezoelektrische Schicht eine erste Lage sowie eine zweite Lage aufweist, welche jeweils Perovskitstrukturen besitzen und welche in Kontakt miteinander ausgebildet sind, und dass der Gehalt von Zr in der ersten Lage kleiner ist als in der zweiten Lage.

3. Tintenstrahlkopf, enthaltend einen Körper mit Tintenauslässen und Kompressionskammern, die jeweils mit einem der Tintenauslässe in Verbindung stehen, sowie mit piezoelektrischen Schwingungsabschnitten, wobei jeder Schwingungsabschnitt auf einem Abschnitt jeder Kompressionskammer vorgesehen ist und eine piezoelektrische Schicht, die Pb, Ti und Zr enthält, sowie Elektroden aufweist, die an beiden Seiten der piezoelektrischen Schicht vorgesehen sind, wobei die piezoelektrischen Schwingungsabschnitte Biegeschwingungen erzeugen, um Tintenstrahltröpfchen aus den Tintenauslässen auszustoßen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die piezoelektrische Schicht eine erste Lage, welche kein Zr enthält, sowie eine zweite Lage aufweist, die Zr enthält, wobei die Lagen jeweils eine Perovskitstruktur besitzen und in Kontakt miteinander ausgebildet sind.

4. Tintenstrahlkopf nach Anspruch 2 oder 3, bei dem die erste Lage La enthält.

5. Tintenstrahlkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem das Verhältnis von Zr/Ti, die in der zweiten Lage enthaltend sind, innerhalb eines Bereiches von 30/70 bis 70/30 eingestellt ist.

6. Tintenstrahlkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem sowohl die erste als auch die zweite

Lage eine einzelne Kristallschicht ist.

7. Tintenstrahlkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die piezoelektrische Schicht mit einer Dicke von 10 µm oder weniger ausgebildet ist.

8. Tintenstrahlkopf nach Anspruch 7, bei dem die piezoelektrische Schicht mit einer Dicke von 1 µm bis 3 µm ausgebildet ist.

9. Tintenstrahlkopf nach Anspruch 7 oder 8, bei dem die erste Lage mit einer Dicke von 50 bis 100 nm ausgebildet ist.

10. Tintenstrahlkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem der piezoelektrische Schwingungsabschnitt weiterhin eine Schwingungsplatte enthält und Biegeschwingungen erzeugt.

11. Tintenstrahlkopf nach Anspruch 10, bei dem die Schwingungsplatte aus zumindest einem der folgenden Elemente einer Gruppe ausgewählt ist, die sich aus Ni, Cr, Al sowie ihren Oxiden, Si, Si-Oxid und höher molekularen organischen Substanzen zusammensetzt.

12. Tintenstrahlkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem der piezoelektrische Schwingungsabschnitt weiterhin eine weitere piezoelektrische Schicht enthält, die zwischen jeder der Elektroden vorgesehen ist, wobei diese weitere piezoelektrische Schicht von der vorstehenden piezoelektrischen Schicht unterschiedlich ist und dieser Schicht durch eine Zwischenelektrodenlage gegenüberliegt, und wobei die piezoelektrischen Schwingungsabschnitte Biegeschwingungen durch die beiden piezoelektrischen Schichten erzeugen.

13. Tintenstrahlkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem die zweite Lage der piezoelektrischen Schicht Nb und Sn enthält sowie antiferroelektrisch ist.

14. Tintenstrahlkopf nach Anspruch 1 oder 2, bei dem in der ersten Lage der piezoelektrischen Schicht die Dichte von Zr so verteilt ist, dass sie kontinuierlich entlang der Dickenrichtung zunimmt, und bei dem die zweite Lage in Kontakt mit einer Oberfläche der ersten Lage steht, in der die Dichte von Zr höher ist.

15. Tintenstrahlkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 14, bei dem die Elektrodenlagen, die an beiden Seiten der piezoelektrischen Schicht vorgesehen sind, aus Pt oder Au gebildet sind.

16. Tintenstrahlkopf nach einem der Ansprüche 1

bis 15,
bei dem der Körper eine Reihe an Tintenauslässen sowie eine Reihe an Kompressionskammern, die entsprechend zu den Tintenauslässen ausgebildet sind, aufweist und bei dem zumindest eine der Elektroden, die an beiden Seiten der piezoelektrischen Schicht vorgesehen sind, so aufgeteilt ist, dass sie zu den Kompressionskammern korrespondiert, so dass die piezoelektrischen Schwingungsabschnitte jeweils entsprechend den Kompressionskammern vorgesehen sind.

17. Tintenstrahlkopf nach Anspruch 16, bei dem die piezoelektrische Schicht so aufgeteilt ist, dass sie zu den Kompressionskammern korrespondiert, und bei dem eine der Elektroden über den aufgeteilten piezoelektrischen Schichten ausgebildet ist.

18. Tintenstrahlkopf nach Anspruch 16, bei dem ein Harz, welches eine solche geringe Festigkeit aufweist, dass es nicht die piezoelektrischen Schichten daran hindert, sich zu expandieren oder zu kontrahieren, in die Räume zwischen jedem der aufgeteilten piezoelektrischen Schichten gepackt ist.

19. Tintenstrahlkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 18, bei dem die Außenseiten der piezoelektrischen Schwingungsabschnitte an die Außenseiten der Kompressionskammern durch Harzlagen, die elastisch sind und eine Dicke von 3 µm oder weniger aufweisen, gebondet sind.

20. Tintenstrahlkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 18, bei dem die Außenseiten der piezoelektrischen Schwingungsabschnitte an die Außenseiten der Kompressionskammern durch Montageelemente, welche aus einer Keramik, Metall oder Harz gebildet sind, gebondet sind.

21. Verfahren zum Herstellen eines Tintenstrahlkopfes, welcher einen Kopf mit Tintenauslässen und Kompressionskammern, die jeweils mit einem der Tintenauslässe verbunden sind und die eine Öffnung aufweisen, welche an einem Abschnitt der Kompressionskammer ausgebildet sind, sowie mit piezoelektrischen Schwingungsabschnitten aufweist, die jeweils so vorgesehen sind, dass sie die Öffnung jeder Kompressionskammer verschließen, wobei das Verfahren die folgenden Schritte enthält:
einen ersten Schritt des Herstellens des piezoelektrischen Schwingungsabschnittes mit einer piezoelektrischen Schicht auf einem Substrat, wobei der Schritt den Schritt des Herstellens der piezoelektrischen Schicht mit einer ersten Lage sowie einer zweiten Lage enthält durch Ausbilden der ersten Lage, die eine Perovskitstruktur aufweist, welche Pb und Ti enthält, und durch Ausbilden der zweiten Lage, die eine Perovskitstruktur besitzt, welche Zr, Pb und Ti

enthält, auf der ersten Lage; einen zweiten Schritt, bei dem die Außenseite der Öffnungen des Körpers zu den Außenseiten der piezoelektrischen Schwingungsabschnitte einander gegenüberliegend angeordnet und miteinander gebondet werden; und einen dritten Schritt des Entfernens des Substrats nach dem Bonden;
dadurch gekennzeichnet, dass in dem ersten Schritt die erste Lage so ausgebildet ist, dass sie kein Zr oder eine geringere Menge an Zr enthält, als es in der zweiten Lage enthalten ist.

22. Verfahren nach Anspruch 21, bei dem die erste Lage und die zweite Lage durch einen Sputtervorgang erzeugt werden.

23. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22, bei dem ein MgO-Substrat als das Substrat verwendet wird und bei dem in den dritten Schritt das MgO-Substrat durch Ätzen unter Verwendung einer Phosphorsäure entfernt wird.

24. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22, bei dem ein Silikon- oder Glassubstrat als das Substrat verwendet wird.

25. Verfahren nach Anspruch 24, bei dem in den dritten Schritt das Substrat durch Ätzen unter Verwendung Fluorwasserstoffsäurelösung oder Kaliumhydroxidlösung entfernt wird.

Es folgen 13 Blatt Zeichnungen

Fig. 1A

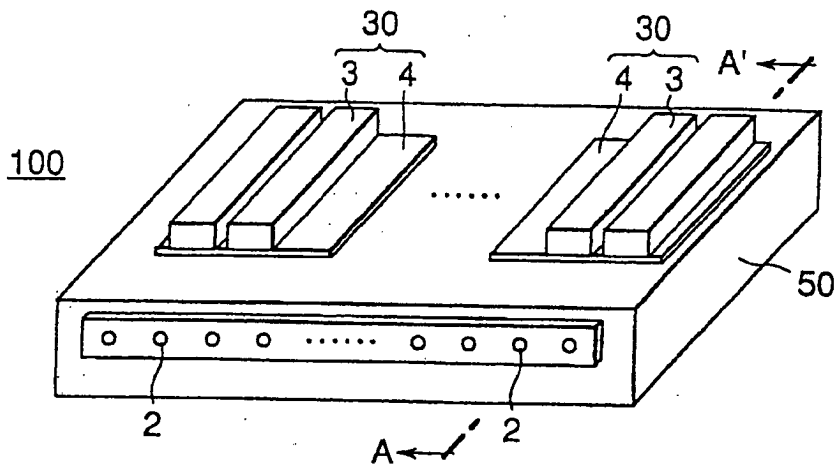


Fig. 1B

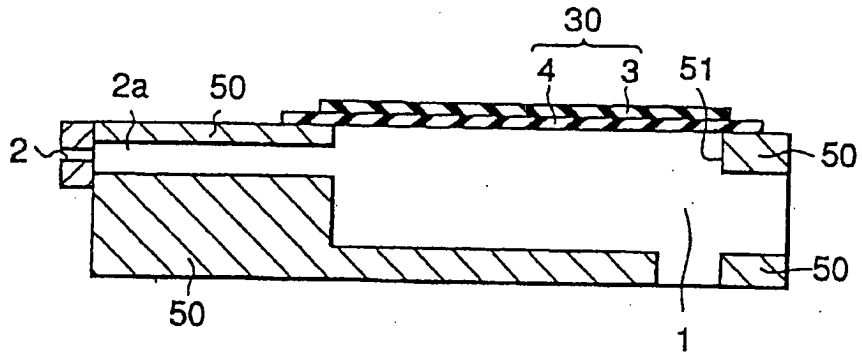


Fig. 2

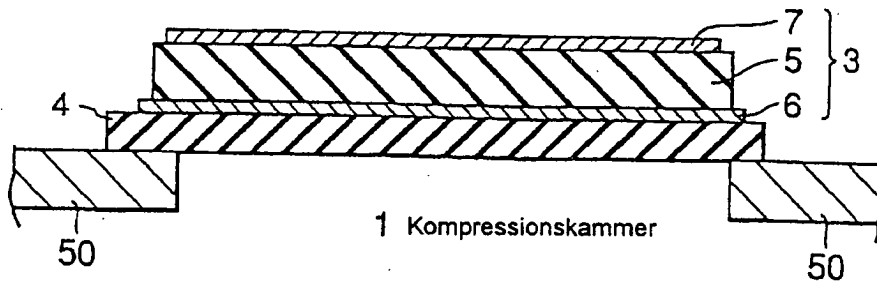


Fig. 3

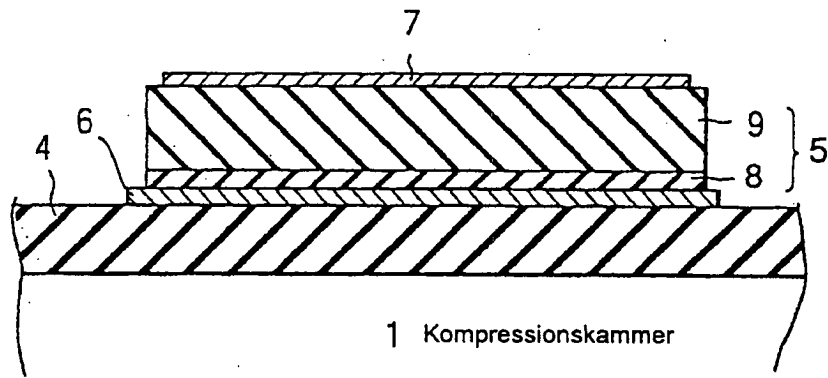


Fig. 4

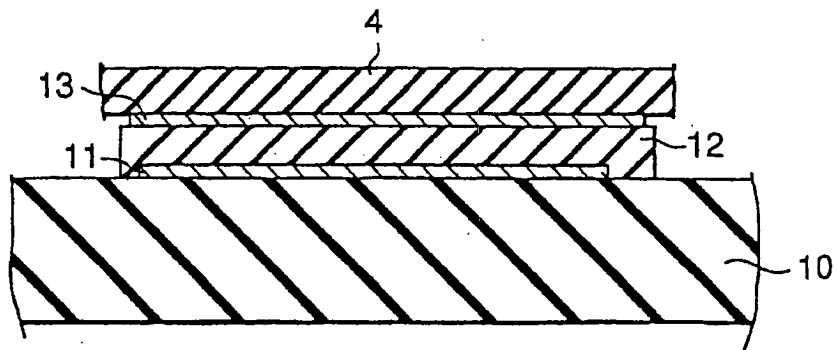


Fig.5A

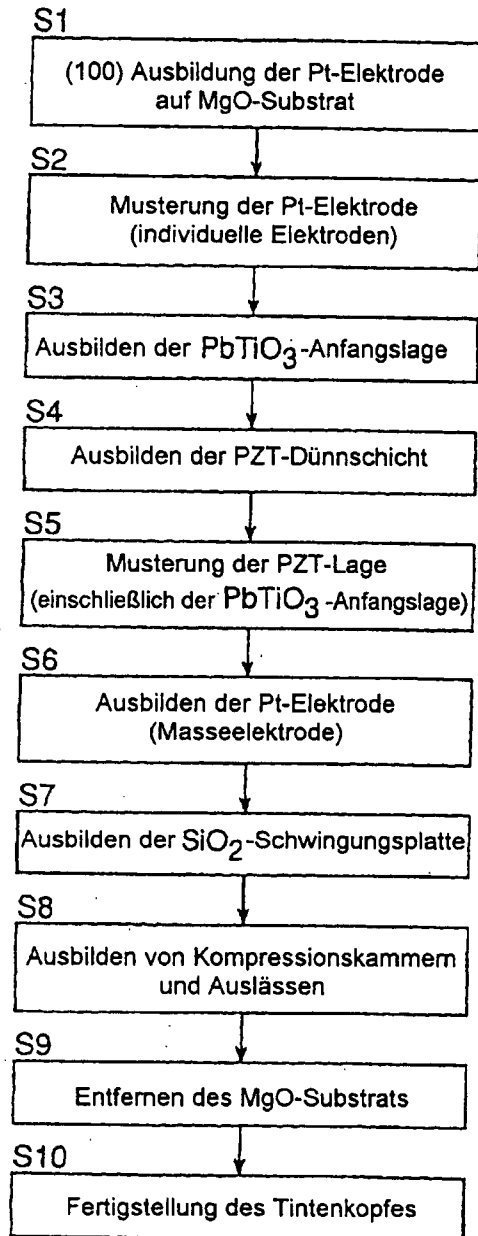


Fig.5B

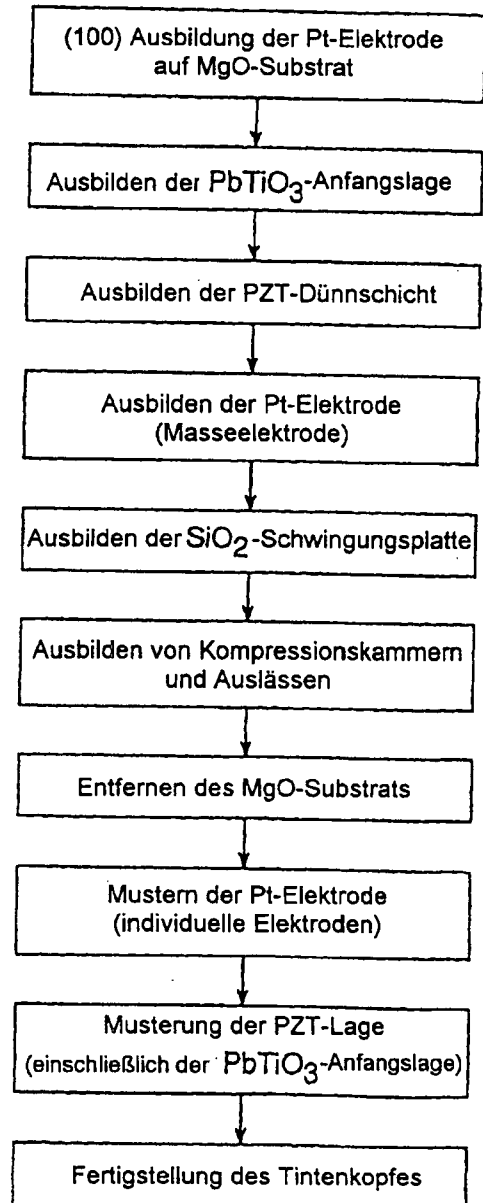


Fig. 6

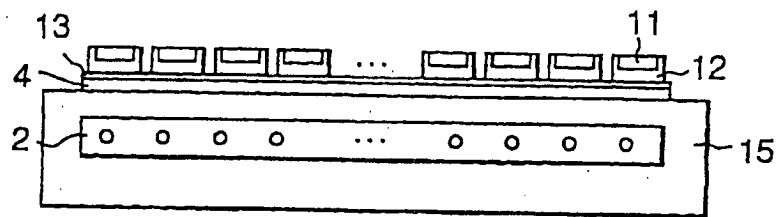


Fig. 7

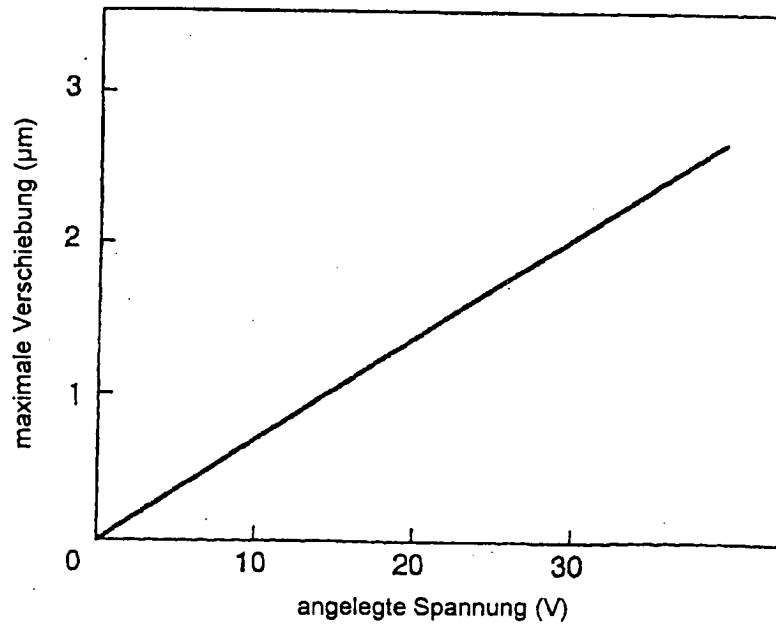


Fig. 8

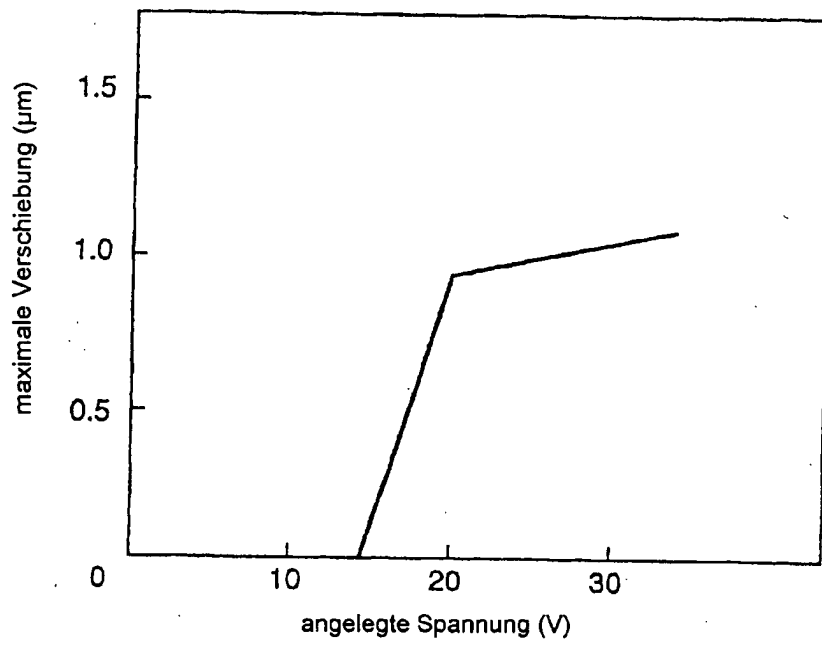


Fig. 9

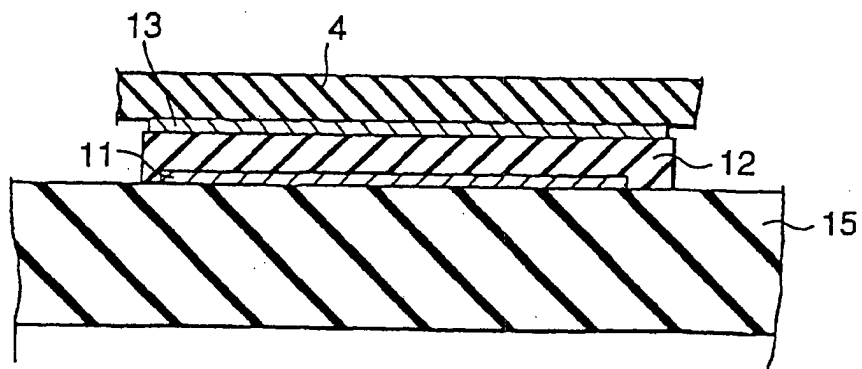


Fig.10

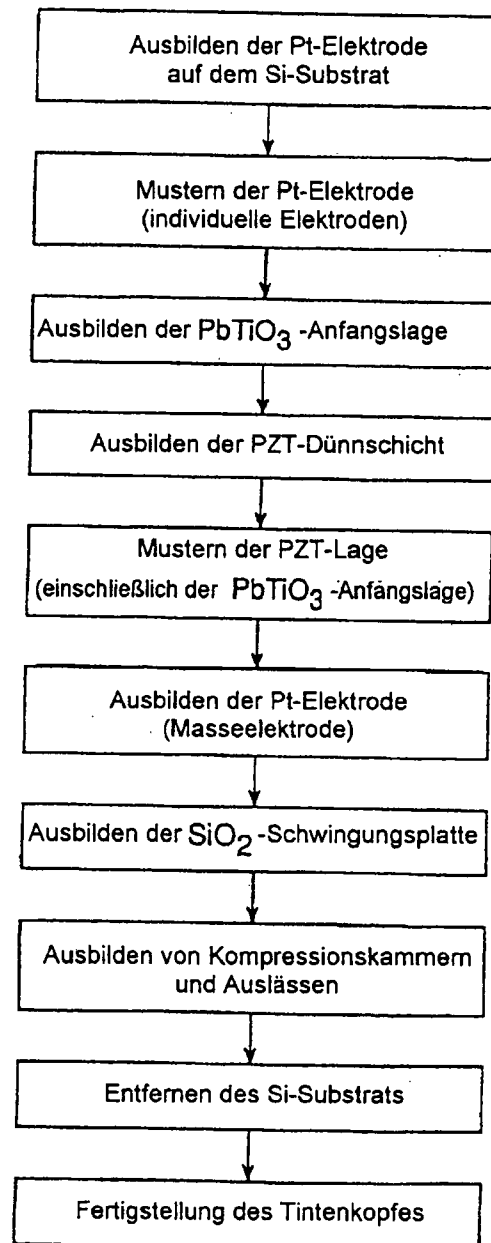


Fig. 11

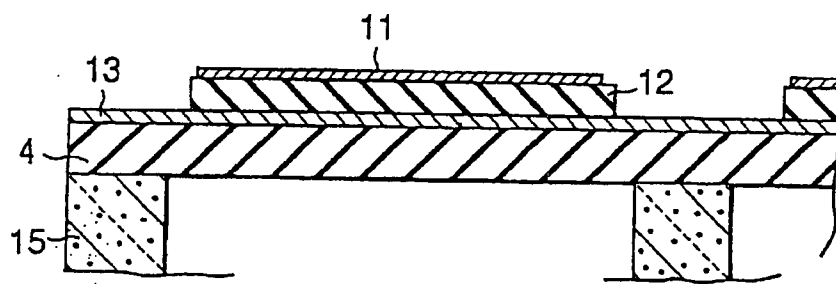


Fig.12

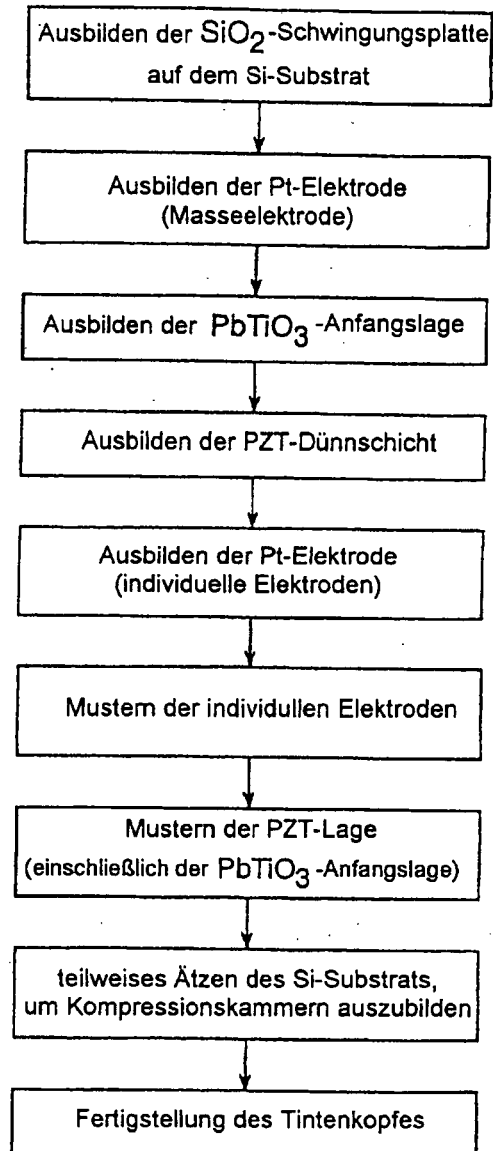


Fig. 13A

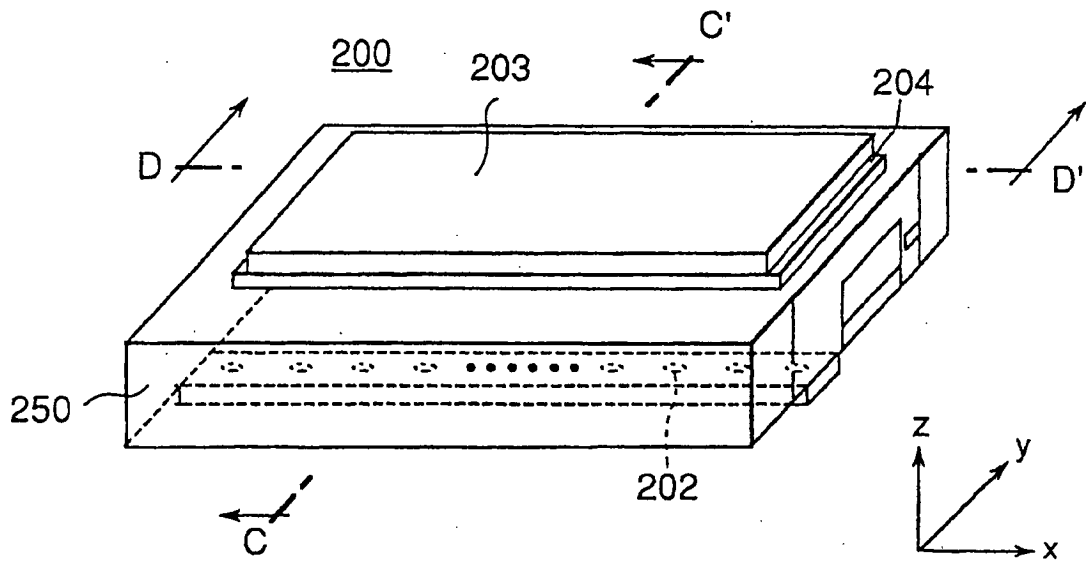


Fig. 13B

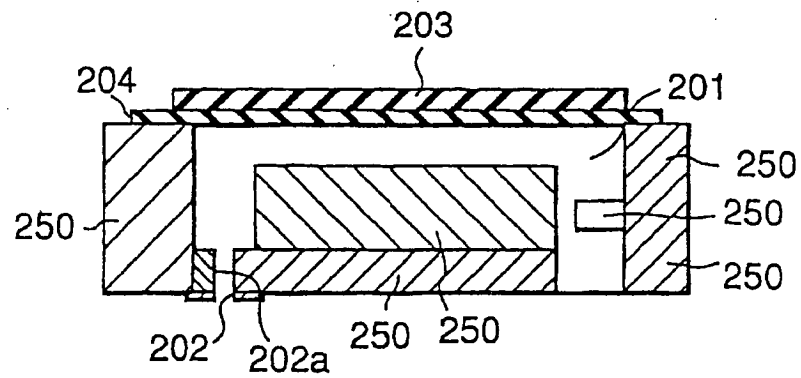


Fig. 14

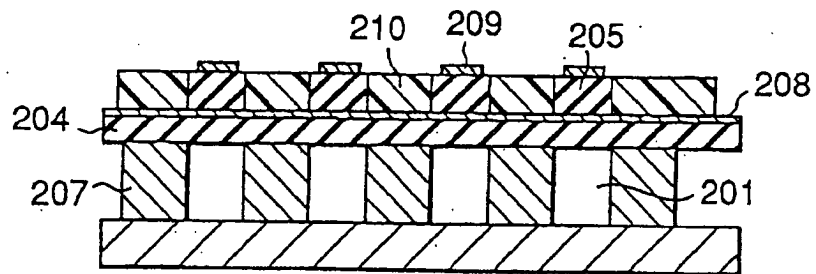


Fig. 15

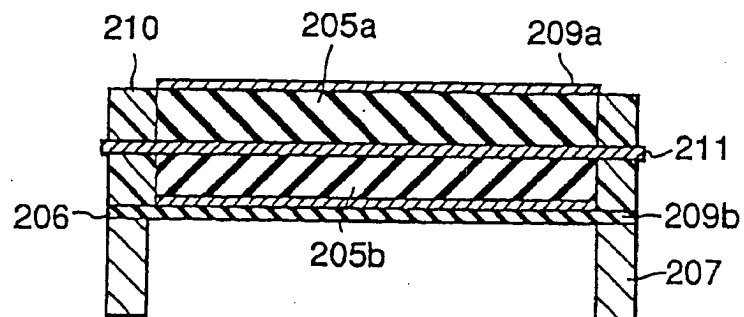


Fig. 16

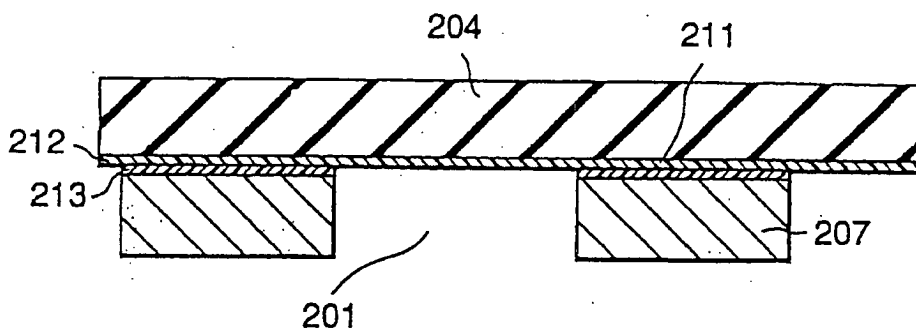


Fig. 17

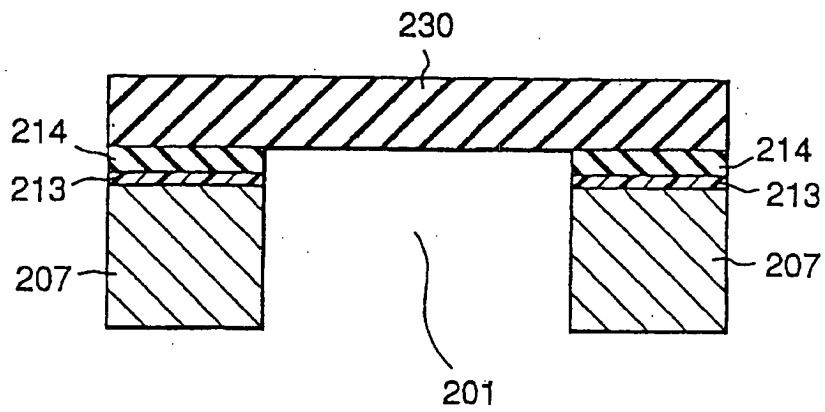


Fig. 18

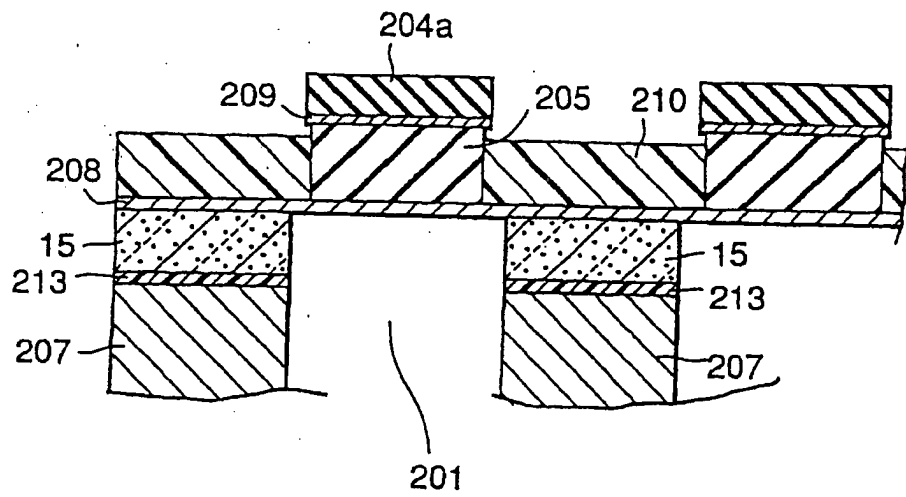


Fig. 19

