



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 602 24 492 T2 2008.05.21

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 316 427 B1

(51) Int Cl.⁸: **B41J 2/14** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 24 492.7**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 026 690.4**

(96) Europäischer Anmeldetag: **29.11.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.06.2003**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **09.01.2008**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **21.05.2008**

(30) Unionspriorität:
2001365497 30.11.2001 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH, DE, FR, GB, LI

(73) Patentinhaber:
Brother Kogyo K.K., Nagoya, Aichi, JP

(72) Erfinder:
Watanabe, Hidetoshi, Nagoya-shi, Aichi-ken, JP;
Sakaida, Atsuo, Nagoya-shi, Aichi-ken, JP; Hirota,
Atsushi, Nagoya-shi, Aichi-ken, JP

(74) Vertreter:
PRÜFER & PARTNER GbR, 81479 München

(54) Bezeichnung: **Tintenstrahldruckkopf für Tintenstrahldruckgerät**

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 eingelebt, 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

Hintergrund der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Tintenstrahlkopf für ein Tintenstrahldruckgerät.

[0002] Kürzlich sind Tintenstrahldruckgeräte weit benutzt worden. Ein Tintenstrahlkopf (d.h. ein Druckkopf), der in einem Tintenstrahldruckgerät verwendet wird, ist derart aufgebaut, daß Tinte von einem Tintentank in Verteiler geliefert wird und zu einer Mehrzahl von Druckkammern verteilt wird, die in dem Tintenstrahlkopf abgegrenzt sind. Durch selektives Anlegen von Druck an die Druckkammern wird Tinte selektiv durch die Düsen ausgestoßen, die entsprechend zu den Druckkammern definiert sind. Zum selektiven Anlegen von Druck an entsprechende Druckkammern ist eine Betätigungsseinheit, die aus laminierten Platten aus piezoelektrischer Keramik zusammengesetzt ist, weit benutzt.

[0003] Ein Beispiel eines solchen Tintenstrahlkopfes ist in dem US-Patent 5,402,159 offenbart. Das oben beschriebene Patent offenbart einen Tintenstrahlkopf, der eine Betätigungsseinheit enthält mit Keramiksichten, die aufeinander folgende laminierte Ebenen darstellen, die sich über eine Mehrzahl von Druckkammern erstrecken. Bei dem Tintenstrahlkopf des oben erwähnten Patentes enthalten die piezoelektrischen Keramiksichten der Betätigungsseinheit allgemein aktive Schichten und inaktive Schichten. Die aktiven Schichten sind an der Druckkammerseite angeordnet und zwischen einer gemeinsamen Elektrode, die auf einem Massepotential gehalten ist, und Treiberelektroden (individuelle Elektroden), die entsprechend an Stellen entsprechend zu den Druckkammern angeordnet sind, eingeschlossen. Eine inaktive Schicht ist auf der Seite gegenüber zu den Druckkammern angeordnet, und eine inaktive Schicht ist an der Seite der Druckkammern vorgesehen, und sie sind nicht mit Elektroden versehen. Durch selektives Steuern des Potentials der Treiberelektroden, so daß es sich von dem der gemeinsamen Elektroden unterscheidet, expandieren die aktiven Schichten oder kontrahieren in der gestapelten Richtung der Schichten gemäß eines piezoelektrischen Längseffektes. Mit dieser Expansion/Kontraktion der aktiven Schichten variiert das Volumen innerhalb der Druckkammern, wodurch Tinte selektiv aus den Druckkammern ausgestoßen wird. Die inaktiven Schichten verformen sich sehr wenig und dienen zum Tragen der aktiven Schichten von oben, so daß die aktiven Schichten effektiv expandieren/kontrahieren in der gestapelten Richtung der Schichten.

[0004] Kürzlich hat es ein großes Verlangen für hochintegrierte Druckkammern gegeben. Der Tintenstrahlkopf des beschriebenen Types bei dem oben erwähnten Patent ist jedoch unzureichend, um solch ein Verlangen zu erfüllen.

Zusammenfassung der Erfindung

[0005] Im Hinblick auf das Obige ist die vorliegende Erfindung vorteilhaft darin, daß ein Tintenstrahlkopf mit hochintegrierten Druckkammern vorgesehen ist.

[0006] Gemäß einem Aspekt der Erfindung ist ein Tintenstrahlkopf vorgesehen, der mit einer Mehrzahl von Druckkammern versehen ist, von denen jede derart aufgebaut ist, daß ein Ende davon mit einer Ausgabedüse verbunden ist und das andere Ende mit einem Tintenlieferer verbunden ist, und einer Betätigungsseinheit für die Mehrzahl von Druckkammern. Mit diesem Aufbau ist die Betätigungsseinheit so gebildet, daß sie eine kontinuierliche planare Schicht ist, die mindestens eine inaktive Schicht, die aus piezoelektrischem Material gebildet ist, auf einer Druckkammerseite angeordnet ist, und mindestens eine inaktive Schicht, die aus piezoelektrischem Material gebildet ist, auf einer Seite gegenüber der Druckkammerseite in Bezug auf die inaktive Schicht angeordnet ist, enthält. Die planare Schicht ist zum Bedecken der Mehrzahl von Druckkammern angeordnet. Die mindestens eine aktive Schicht ist zwischen einer gemeinsamen Elektrode und einer Mehrzahl von Treiberelektroden eingeschlossen, die an Positionen entsprechend zu der Mehrzahl von Druckkammern angeordnet sind. Die kontinuierliche planare Schicht enthält eine Mehrzahl der mindestens einen aktiven Schichten und/oder eine Mehrzahl der mindestens einen inaktiven Schichten.

[0007] In einem speziellen Fall, wenn die Treiberelektroden auf ein Potential unterschiedlich von dem Potential der gemeinsamen Elektrode gesetzt ist, verformt sich die mindestens einen aktiven Schichten gemäß dem piezoelektrischen Quereffekt, wobei ein unimorpher Effekt durch die Verformung der aktiven Schichten in Verknüpfung mit der mindestens einen inaktiven Schicht erzeugt wird zum Variieren eines Volumens einer jeden der Druckkammern.

[0008] Optional kann die gemeinsame Elektrode auf einem Massepotential gehalten werden.

[0009] Optional kann die Elektrode, die am weitesten von der Druckkammer angeordnet ist, so aufgebaut sein, daß sie die dünne Elektrode unter der gemeinsamen Elektrode und der Mehrzahl von Treiberelektroden ist. Solch eine Elektrode kann durch Dampfabscheiden gebildet werden.

[0010] Optional ist die Elektrode am nächsten zu den Druckkammern die gemeinsame Elektrode.

[0011] Weiter optional beträgt eine Dicke einer jeden der mindestens einen aktiven Schicht 20 μm oder weniger.

[0012] Noch optional, die Gesamtzahl der mindestens einen aktiven Schicht und der mindestens einen inaktiven Schicht beträgt vier oder mehr.

[0013] Es soll angemerkt werden, daß es bevorzugt ist, daß t/T gleich 0,8 oder weniger beträgt, worin t eine Dicke der mindestens einen aktiven Schicht darstellt und T die Gesamtdicke der mindestens einen aktiven Schicht und der mindestens einen inaktiven Schicht darstellt. Bevorzugter beträgt t/T gleich 0,7 oder weniger.

[0014] Optional können die Bedingungen unten erfüllt sein:

$0,1\text{mm} \leq L \leq 1\text{mm}$ und

$0,3 \leq \delta/L \leq 1$,

worin L eine Breite der mindestens einen aktiven Schicht in einer kurzen Seite darstellt und δ eine Breite einer jeden der Treiberelektroden in einer Richtung ähnlich zu der Breite L der mindestens einen aktiven Schicht darstellt.

[0015] In einem speziellen Fall sind alle der mindestens einen aktiven Schicht und der mindestens einen inaktiven Schicht aus dem gleichen Material gebildet.

[0016] Optional weisen alle der mindestens einen aktiven Schicht und der mindestens einen inaktiven Schicht im wesentlichen die gleiche Dicke auf.

[0017] In einem speziellen Fall sind die Zahl der aktiven Schichten und die Zahl der inaktiven Schichten gleich 2 bzw. 1.

[0018] Die Zahl der aktiven Schichten und die Zahl der inaktiven Schichten kann zwei bzw. zwei sein. Alternativ können die Gesamtzahl der aktiven Schichten und der inaktiven Schichten fünf sein, und die Zahl der mindestens einen aktiven Schichten und der inaktiven Schichten kann drei sein. In einem speziellen Fall sind die Zahl der aktiven Schichten und die Zahl der inaktiven Schichten die gleichen. Optional kann die Differenz zwischen der Zahl der aktiven Schichten und der Zahl der inaktiven Schichten gleich eins sein.

Kurze Beschreibung der begleitenden Zeichnungen

[0019] [Fig. 1](#) ist eine Bodenansicht eines Tintenstrahlkopfes gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

[0020] [Fig. 2](#) ist eine vergrößerte Ansicht eines Gebietes, das durch eine gestrichelte Linie in [Fig. 1](#) umgeben ist;

[0021] [Fig. 3](#) ist eine vergrößerte Ansicht eines Gebietes, das durch eine gestrichelte Linie in [Fig. 2](#) umgeben ist;

[0022] [Fig. 4](#) ist eine Schnittansicht eines primären Teiles des in [Fig. 1](#) gezeigten Tintenstrahlkopfes;

[0023] [Fig. 5](#) ist eine auseinandergezogene perspektivische Ansicht des primären Teiles des in [Fig. 1](#) gezeigten Tintenstrahlkopfes;

[0024] [Fig. 6](#) ist eine vergrößerte Seitenansicht eines Gebietes, das durch eine gestrichelte Linie in [Fig. 4](#) umgeben ist;

[0025] [Fig. 7](#) ist ein Diagramm, das elektrische Effektivitäten und Gebietseffektivitäten der Tintenstrahlköpfe der Beispiele zeigt, die durch Simulation erhalten sind;

[0026] [Fig. 8](#) ist ein Diagramm, das Verformungseffektivitäten der Tintenstrahlköpfe der Beispiele zeigt, die durch Simulation erhalten sind, bei denen die Zahl der aktiven Schichten und der inaktiven Schichten von zwei bis sechs variiert wird;

[0027] [Fig. 9](#) ist ein Diagramm, das die Verformungseffektivitäten der Tintenstrahlköpfe zeigt, die durch Simulation erhalten sind, bei denen die Dicke der aktiven Schichten und der inaktiven Schichten zu 10µm, 15µm und 20µm angenommen sind; und

[0028] [Fig. 10](#) ist ein Diagramm, das die Verformungseffektivitäten der Tintenstrahlköpfe zeigt, die durch Simulation erhalten sind, bei denen die Aktivierungsbreiten zu 100µm, 150µm, 200µm, 250µm, 300µm und 350µm angenommen sind.

Detaillierte Beschreibung der Ausführungsform

[0029] Hier im Folgenden wird eine Ausführungsform der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben.

[0030] [Fig. 1](#) ist eine Bodenansicht eines Tintenstrahlkopfes **1** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. [Fig. 2](#) ist eine vergrößerte Ansicht eines Gebietes, das durch eine gestrichelte Linie in [Fig. 1](#) umgeben ist. [Fig. 3](#) ist eine vergrößerte Ansicht eines Gebietes, das durch eine gestrichelte Linie in [Fig. 2](#) umgeben ist. [Fig. 4](#) ist eine Schnittansicht eines primären Teiles des in [Fig. 1](#) gezeigten Tintenstrahlkopfes **1**. [Fig. 5](#) ist eine auseinandergezogene perspektivische Ansicht des Hauptteiles des in [Fig. 1](#) gezeigten Tintenstrahlkopfes. [Fig. 6](#) ist eine vergrößerte Seitenansicht eines Gebietes, das durch eine gestrichelte Linie in [Fig. 4](#) umgeben ist.

[0031] Der Tintenstrahlkopf **1** wird in einem Tintenstrahldruckgerät verwendet, das ein Bild auf ein Blatt durch Ausstoßen von Tinten gemäß von Bilddaten aufzeichnet. Wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, weist der Tintenstrahlkopf **1** gemäß der Ausführungsform, wenn er von dem Boden gesehen wird, eine im wesentlichen rechteckige Form auf, die in einer Richtung länglich ist (die eine Hauptabstrichtung des Tintenstrahldruckgerätes ist). Die Bodenoberfläche des Tintenstrahlkopfes **1** ist mit einer Mehrzahl von trapezförmigen Tintenausstoßgebieten **2** gebildet, die in zwei Linien angeordnet sind, die sich in der Längsrichtung (d.h. der Hauptabstrichtung) des Tintenstrahlkopfes **1** erstrecken, und sie sind ebenfalls versetzt (d.h. abwechselnd in zwei Linien angeordnet).

[0032] Eine Mehrzahl von Tintenausstoßöffnungen **8** (siehe [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#)) ist auf der Oberfläche eines jeden Tintenausstoßgebietes **2** angeordnet, wie später beschrieben wird. Ein Tintenreservoir **3** ist innerhalb des Tintenstrahlkopfes entlang der Längsrichtung davon abgegrenzt. Das Tintenreservoir **3** steht in Verbindung mit einem Tintentank (nicht gezeigt) durch eine Öffnung **3a**, die an einem Ende des Tintenreservoirs **3** vorgesehen ist, wodurch das Tintenreservoir **3** zu allen Zeiten mit Tinte gefüllt ist. Eine Mehrzahl von Paaren von Öffnungen **3b** und **3b** ist für das Tintenreservoir **3** entlang der länglichen Richtung davon (d.h. der Hauptabstrichtung) in einer versetzten Anordnung vorgesehen. Jedes Paar von Öffnungen **3b** und **3b** ist in einem Gebiet gebildet, in dem die Tintenausstoßgebiete **2** nicht gebildet sind, wenn von dem Boden gesehen wird.

[0033] Wie in [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) gezeigt ist, steht das Tintenreservoir **3** mit einem unterliegenden Verteiler **5** durch die Öffnungen **3b** in Verbindung. Optional können die Öffnungen **3b** mit einem Filter zum Entfernen von Staub in der Tinte, die da durch geht, versehen sein. Das Ende des Verteilers **5** verzweigt sich in zwei Unterverteiler **5a** und **5a** (siehe [Fig. 2](#)). Die zwei Unterverteiler **5a** und **5a** erstrecken sich in den oberen Teil des Tintenausstoßgebietes **2** von jeder der zwei Öffnungen **3b** und **3b**, die neben entsprechenden Enden des Tintenausstoßgebietes **2** in der Längsrichtung des Tintenstrahlkopfes **1** angeordnet sind. Somit erstreckt sich in dem oberen Teil von einem Tintenausstoßgebiet **2** eine Gesamtheit von vier Unterverteilern **5a** entlang der Längsrichtung des Tintenstrahlkopfes **1**. Jeder der Unterverteiler **5a** ist mit Tinte gefüllt, die von dem Tintenreservoir **3** geliefert wird.

[0034] Wie in [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) gezeigt ist, ist eine Mehrzahl von Tintenausstoßöffnungen **8** auf der Oberfläche eines jeden Tintenausstoßgebietes **2** angeordnet. Wie in [Fig. 4](#) gezeigt ist, ist jede der Tintenausstoßöffnungen **8** als Düse mit einem angeschrägten Ende gebildet und steht in Verbindung mit dem Unterverteiler **5a** durch eine Öffnung **12** und eine Druckkammer (Hohlräum) **10**. Die Druckkammer **10** weist eine planare Form auf, die allgemein ein Rhombus ist (900µm lang und 350µm breit). Ein Tintenkanal **32** ist gebildet, so daß er sich in dem Tintenstrahlkopf **1** von dem Tintentank zu der Tintenausstoßöffnung **8** durch das Tintenreservoir **3**, den Verteiler **5**, den Unterverteiler **5a**, die Öffnung **12** und die Druckkammer **10** erstreckt. Es soll angemerkt werden, daß in [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) die Druckkammern **10** und die Öffnungen **12** in durchgezogenen Linien zum

Zwecke der Klarheit gezeichnet sind, obwohl sie im Inneren des Tintenausstoßgebietes **2** gebildet sind und daher normalerweise mit gestrichelten Linien gezeichnet werden sollten.

[0035] Weiterhin sind, wie in [Fig. 3](#) gesehen werden kann, die Druckkammern **10** nahe zueinander innerhalb des Tintenausstoßgebietes **2** angeordnet, so daß eine Öffnung **12**, die in Verbindung mit einer Druckkammer **10** steht, die benachbarte Druckkammer **10** überlappt. Solch eine Anordnung kann realisiert werden, da die Druckkammern **10** und die Öffnungen **12** auf verschiedenen Niveaus (Höhen) gebildet sind, wie in [Fig. 4](#) gezeigt ist. Die Druckkammern **10** können dicht angeordnet werden, so daß Bilder hoher Auflösung mit dem Tintenstrahlkopf **1** gebildet werden können, der ein relativ kleines Gebiet belegt.

[0036] Die Druckkammern **10** sind innerhalb der Tintenausstoßgebiete **2**, die innerhalb der in [Fig. 2](#) gezeigten Ebene angeordnet sind, entlang von zwei Richtungen angeordnet, d.h. der Längsrichtung des Tintenstrahlkopfes **1** (erste Feldrichtung) und einer Richtung, die etwas in Bezug auf eine Breitenrichtung des Tintenstrahlkopfes (zweite Feldrichtung) geneigt ist. Die Tintenausstoßöffnungen **8** sind mit einer Dichte von 50dpi (Punkt pro Zoll) in der ersten Anordnungsrichtung angeordnet. Es gibt zwölf Druckkammern **10** maximal in der zweiten Feldrichtung in jedem der Tintenanordnungsgebiet **2**. Es soll angemerkt werden, daß eine relative Versetzung einer Druckkammer **10**, die an einem Ende des Feldes von zwölf Druckkammern **10** angeordnet ist, und einer anderen Druckkammer **10** an dem anderen Ende einer Größe der Druckkammer **10** in der ersten Anordnungsrichtung entspricht. Somit sind zwischen zwei Tintenausstoßöffnungen **8**, die benachbart in der ersten Feldrichtung angeordnet sind, zwölf Tintenausstoßöffnungen **8** vorhanden, obwohl sie sich in Positionen unterscheiden in der Breitenrichtung des Tintenstrahlkopfes **1**. Es soll angemerkt werden, daß in Feldern auf dem Randabschnitt in der ersten Richtung die Zahl der Druckkammern **10** weniger als zwölf ist. Der Randabschnitt des nächsten Ausstoßgebietes **2** jedoch (die Felder davon gegenüber den Feldern weisen weniger als zwölf Druckkammern **10** auf) ist so aufgebaut, daß er für jeden anderen ausgleicht, und somit ist für den Tintenstrahlkopf **1** als Ganzes der obige Zustand erfüllt.

[0037] Somit kann der Tintenstrahlkopf **1** gemäß der Ausführungsform Drucken mit einer Auflösung von 600dpi in der Hauptabtastrichtung durch Ausstoßen von Tinte aus der Mehrzahl von Tintenausstoßöffnungen **8** ausführen, die in der ersten und zweiten Feldrichtung angeordnet sind, gemäß der Bewegung des Tintenstrahlkopfes **1** in der Breitenrichtung relativ zu dem Blatt.

[0038] Als nächstes wird der Schnittaufbau des Tintenstrahlkopfes **1** beschrieben. Wie in [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) gezeigt ist, weist der Hauptteil an der Bodenseite des Tintenstrahlkopfes **1** eine laminierte Struktur auf, bei der eine Gesamtheit von 10 Plattenteilen laminiert ist. Die zehn Plattenteile sind die Betätigungsseinheit **21**, eine Hohlraumplatte **22**, einen Basisplatte **23**, eine Öffnungsplatte **24**, eine Liefererplatte **25**, Verteilerplatten **26**, **27**, **28**, eine Abdeckplatte **29** und eine Düsenplatte **30** in dieser Reihenfolge von oben.

[0039] Die Betätigungsseinheit **21** ist derart aufgebaut, wie später im einzelnen beschrieben wird, daß fünf piezoelektrische Platten laminiert sind. Elektroden sind an der Betätigungsseinheit **21** so vorgesehen, daß drei der Platten aktiv sind und die zwei anderen inaktiv sind. Die Hohlraumplatte **22** ist eine Metallplatte, die mit einer Mehrzahl von Öffnungen von einer allgemein rhombischen Form zum Bilden der Druckkammer **10** versehen ist. Die Basisplatte **23** ist eine Metallplatte mit für jede Druckkammer **10** der Hohlraumplatte **22** einem Verbindungsloch zum Verbinden der Druckkammer **10** und der Öffnung **12** und einem Verbindungsloch, das sich von der Druckkammer **10** zu der Tintenausstoßöffnung **8** erstreckt. Die Öffnungsplatte **24** ist eine Metallplatte mit zusätzlich zu den Öffnungen **12** einem Verbindungsloch, das sich von der Druckkammer **10** zu der Tintenausstoßöffnung **8** für jede Druckkammer **10** der Hohlraumplatte **22** erstreckt. Die Lieferplatte **25** ist eine Metallplatte mit für jede Druckkammer **10** der Hohlraumplatte **22** einem Verbindungsloch zum Verbinden der Öffnung **12** und des Unterverteilers **5a** und einem Verbindungsloch, das sich von der Druckkammer **10** zu der Tintenausstoßöffnung **8** erstreckt. Die Verteilerplatten **26** sind Metallplatten mit zusätzlich zu dem Unterverteiler **5a** einem Verbindungsloch, das sich von der Druckkammer **10** zu der Tintenausstoßöffnung **8** für jede Druckkammer **10** der Hohlraumplatte **22** erstreckt. Die Abdeckplatte **29** ist eine Metallplatte mit für jede Druckkammer **10** der Hohlraumplatte **22** einem Verbindungsloch, das sich von der Druckkammer **10** zu der Tintenausstoßöffnung **8** erstreckt. Die Düsenplatte **30** ist eine Metallplatte mit für jede Druckkammer **10** der Hohlraumplatte einer angeschrägten Tintenausstoßöffnung **8**, die als eine Düse dient.

[0040] Die zehn Plattenteile **21** bis **30** werden laminiert, nachdem sie ausgerichtet sind zum Bilden eines Tintenkanals **32**, wie in [Fig. 4](#) gezeigt ist. Dieser Tintenkanal **32** erstreckt sich nach oben von dem Unterverteiler **5a** und dann horizontal an der Öffnung **12**. Der Tintenkanal **32** erstreckt sich dann weiter nach oben, dann horizontal bei der Druckkammer **10** und dann schräg nach unten für eine gewisse Länge in einer Richtung weg von der Öffnung **12** und dann vertikal nach unten zu der Tintenausstoßöffnung **8**.

[0041] Wie in [Fig. 6](#) gezeigt sind, enthält die Betätigungsseinheit **21** fünf piezoelektrische Platten **41, 42, 43, 44, 45** mit im wesentlichen der gleichen Dicke von ungefähr $15\mu\text{m}$. Diese piezoelektrischen Platten **41** bis **45** sind kontinuierliche planare Schichten. Die Betätigungsseinheit **21** ist so angeordnet, daß sie sich über eine Mehrzahl von Druckkammern **10** erstreckt, die innerhalb einer der Tintenausstoßgebiete **2** des Tintenstrahlkopfes **1** vorgesehen sind. Da die piezoelektrischen Platten **41** bis **45** sich über eine Mehrzahl von Druckkammern **10** als die kontinuierlichen planaren Schichten erstrecken, weist das piezoelektrische Element eine hohe mechanische Steifheit auf und verbessert die Geschwindigkeit der Reaktion in Hinblick auf Tintenausstoßen des Tintenstrahlkopfes **1**.

[0042] Eine gemeinsame Elektrode **34a** mit einer Dichte von ungefähr $2\mu\text{m}$ ist über zwischen der obersten piezoelektrischen Platte **41** und der piezoelektrischen Platte **42** gebildet. Ähnlich zu der gemeinsamen Elektrode **34a** ist eine andere gemeinsame Elektrode **34b** mit einer Dicke von ungefähr $2\mu\text{m}$ ebenfalls über zwischen der piezoelektrischen Platte **43**, die unmittelbar unter der piezoelektrischen Platte **42** ist, und der piezoelektrischen Platte **44** unmittelbar unter der Platte **43** gebildet. Weiter sind Treiberelektroden (individuelle Elektroden) **35a** für entsprechende Druckkammern **10** auf der Oberseite der piezoelektrischen Platte **41** gebildet (siehe auch [Fig. 3](#)). Jede Treiberelektrode **35a** ist $1\mu\text{m}$ dick, und die obere Ansicht davon weist eine Form im wesentlichen ähnlich zu der der Druckkammer **10** auf (z.B. $850\mu\text{m}$ lang, $250\mu\text{m}$ breit). Jede Treiberelektrode **35a** ist derart angeordnet, daß ihre Projektion in die Schichtstapelrichtung innerhalb der Druckkammer **10** liegt. Weiter sind Treiberelektroden **35b** jeweils mit einer Dicke von ungefähr $2\mu\text{m}$ zwischen der piezoelektrischen Platte **42** und der piezoelektrischen Platte **43** auf eine ähnliche Weise zu der der Treiberelektroden **35a** gebildet. Es sind jedoch keine Elektroden zwischen der piezoelektrischen Platte **44**, die unmittelbar unter der piezoelektrischen Platte **43** ist, und der piezoelektrischen Platte **45** unmittelbar unter der Platte **44** und unter der piezoelektrischen Platte **45** gebildet.

[0043] Die gemeinsamen Elektroden **34a, 34b** liegen auf Masse. Somit wird jedes Gebiet der gemeinsamen Elektroden **34a, 34b** entsprechend zu den Druckkammern **10** gleich auf Massepotential gehalten. Die Treiberelektroden **35a** und **35b** sind mit Treibern (nicht gezeigt) durch getrennte Leitungsdrähte (nicht gezeigt) entsprechend verbunden, so daß das Potential der Treiberelektroden für jede Druckkammer **10** gesteuert werden kann. Es sei angemerkt, daß die entsprechenden Treiberelektroden **35a, 35b**, die ein Paar bilden (d.h. in Aufwärts- und Abwärtsrichtung angeordnet sind), mit dem Treiber durch den gleichen Leitungsdraht verbunden sein können.

[0044] Es soll ebenfalls angemerkt werden, daß die gemeinsamen Elektroden **34a, 34b** nicht notwendigerweise als ein Blatt gebildet sind, das sich über das gesamte Gebiet der piezoelektrischen Platte erstreckt, es können jedoch eine Mehrzahl von gemeinsamen Elektroden **34, 34b** in Verknüpfung mit den Druckkammern **10** derart gebildet sein, daß die Projektion davon in die Schichtstapelrichtung das gesamte Gebiet der entsprechenden Druckkammer **10** bedeckt, oder derart, daß die Projektion davon innerhalb des Gebietes der entsprechenden Druckkammer **10** enthalten ist. In solchen Fällen jedoch ist es notwendig, daß die gemeinsamen Elektroden elektrisch verbunden sind, so daß die Gebiete davon entsprechend zu den Druckkammern **10** auf dem gleichen Potential sind.

[0045] In dem Tintenstrahlkopf **1** gemäß der Ausführungsform fällt die Polarisationsrichtung der piezoelektrischen Platten **41** bis **45** mit der Dickenrichtung davon zusammen. Die Betätigungsseinheit **21** ist so aufgebaut, daß sie ein Betätigungslement des sogenannten unimorphen Types bildet, bei dem drei piezoelektrische Platten **41** bis **43** auf dem oberen Teil (die Platten entfernt von der Druckkammer **10**) aktive Schichten sind, und die anderen zwei piezoelektrischen Platten **44, 45** an dem unteren Teil (der Teil näher zu der Druckkammer **10**) inaktive Schichten sind. Wenn die Treiberelektroden **35a, 35b** auf ein vorbestimmtes positives/negatives Potential gesetzt werden, wenn die Richtung des elektrischen Feldes mit der Polarisationsrichtung übereinstimmt, kontrahieren die Abschnitte in den piezoelektrischen Platten **41** bis **43** (d.h. die aktiven Schichten), die zwischen den Elektroden eingeschlossen sind, in einer Richtung senkrecht zu der Polarisationsrichtung. Weiterhin kontrahieren die piezoelektrischen Platten **44, 45**, die nicht durch das elektrische Feld beeinflußt werden, nicht freiwillig. Somit verformen sich die piezoelektrischen Platten **41** bis **43** der oberen Schicht und die piezoelektrischen Platten **44, 45** der unteren Schicht unterschiedlich in der Polarisationsrichtung, und die piezoelektrischen Platten **41** bis **45** verformen sich als Gesamtes derart, daß die Seite der inaktiven Schicht konvex wird (unimorphe Verformung). Da, wie in [Fig. 6](#) gezeigt ist, die Bodenoberfläche der piezoelektrischen Platten **41** bis **45** auf der oberen Oberfläche der Hohlraumplatte **22** befestigt ist, die Unterteilungen vorsieht, die die Druckkammern **10** abgrenzen, werden die piezoelektrischen Platten **41** bis **45** konvex zu der Druckkammerseite. Folglich nimmt das Volumen der Druckkammer **10** ab, was den Druck der Tinte erhöht und bewirkt, daß die Tinte aus der Tintenausstoßöffnung **8** auszustoßen ist.

[0046] Wenn danach das Anlegen der Treiberspannung an die Treiberelektroden **35a, 35b** unterbrochen wird, nehmen die piezoelektrischen Platten **41** bis **45** die neutralen Formen wieder an (d.h. eine planare Form, wie in [Fig. 6](#) gezeigt ist), und folglich nimmt das Volumen der Druckkammer **10** wieder das normale Volumen an (d.h. vergrößert sich), was im Ansaugen von Tinte aus dem Verteiler **5** resultiert.

[0047] Es sei angemerkt, daß bei einem alternativen Treiberverfahren die Spannung anfänglich an die Treiberelektroden **35a, 35b** angelegt wird, bei jeder Ausstoßanforderung unterbrochen wird und wieder zu einem vorbestimmten Zeitpunkt nach einer bestimmten Dauer angelegt wird. In diesem Fall nehmen die piezoelektrischen Platten **41** bis **45** ihre normalen Formen wieder an, wenn das Anlegen der Spannung unterbrochen wird, und das Volumen der Druckkammer **10** erhöht sich im Vergleich mit dem anfänglichen Volumen (d.h. in dem Zustand, in dem die Spannung angelegt wird), und folglich wird Tinte aus dem Verteiler **5** gezogen. Wenn dann die Spannung wieder angelegt wird, verformen sich die piezoelektrischen Platten **41** bis **45** derart, daß die Druckkammerseite davon konvex wird zum Vergrößern des Tintendruckes durch Verringern des Volumens der Druckkammer, und somit wird Tinte ausgestoßen.

[0048] Wenn die Richtung des elektrischen Feldes entgegengesetzt zu der Polarisationsrichtung ist, expandieren sich die Abschnitte der piezoelektrischen Platten **41** bis **43** oder aktive Schichten, die durch die Elektroden eingeschlossen sind, in einer Richtung senkrecht zu der Polarisationsrichtung. Folglich biegen sich in diesem Fall die Abschnitte der piezoelektrischen Platten **41** bis **45**, die durch die Elektroden **34a, 34b, 35a, 35b** eingeschlossen sind, durch den piezoelektrischen Quereffekt, so daß die Druckkammeroberflächen konkav werden. Wenn somit die Spannung an die Elektroden **34a, 34b, 35a** und **35b** angelegt wird, nimmt das Volumen der Druckkammer **10** zu, und Tinte wird aus dem Verteiler **5** gezogen. Wenn dann das Anlegen der Spannung an die Treiberelektroden **35a, 35b** gestoppt wird, nehmen die piezoelektrischen Platten **41** bis **45** wieder ihre normale Form an, und folglich nimmt das Volumen der Druckkammer **10** wieder sein normales Volumen an, wodurch die Tinte aus der Düse ausgestoßen wird.

[0049] Der Tintenstrahlkopf **1** kann die elektrische Effektivität (d.h. Änderung des Volumens der Druckkammer **10** pro Einheit der elektrostatischen Kapazität) oder die Flächeneffektivität (die Änderung des Volumens der Druckkammer **10** pro Einheit der projizierten Fläche) im Vergleich mit jenen des Tintenstrahlkopfes verbessern, der die aktiven Schichten an der Druckkammerseite und die inaktiven Schichten an der entgegengesetzten Seite aufweist, wie in der zuvor erwähnten Veröffentlichung beschrieben ist (siehe [Fig. 7](#)), da er eine Mehrzahl von piezoelektrischen Platten **41** bis **43** als aktive Schichten und eine Mehrzahl von piezoelektrischen Platten **44, 45** als inaktive Schichten aufweist. Die Verbesserungen in der elektrischen Effektivität und der Flächeneffektivität ermöglichen Verkleinerung der Treiber für die Elektroden **34a, 34b, 35a** und **35b**, was zur Verringerung der Herstellungskosten davon beiträgt. Da weiter die Treiber für die Elektroden **34a, 34b, 35a, 35b** verkleinert werden, können die Druckkammern **10** kompakt hergestellt werden. Wenn folglich die Druckkammern **10** hochintegriert werden, kann ein ausreichender Betrag von Tinte ausgestoßen werden. Daher kann Verkleinern des Tintenstrahlkopfes **1** und hohe Dichte der gedruckten Punkte erzielt werden. Dieser Effekt ist insbesondere wichtig, wenn die Summe der Zahlen der aktiven und der inaktiven Schichten vier oder mehr ist. Es soll angemerkt werden, daß selbst bei einer Kombination von einer aktiven Schicht und einer Mehrzahl von inaktiven Schichten oder einer Mehrzahl von aktiven Schichten und einer inaktiven Schicht (z.B. eine aktive Schicht und zwei inaktive Schichten oder zwei aktive Schichten und eine inaktive Schicht) es erwartet wird, daß die elektrische Effektivität oder die Flächeneffektivität im Vergleich mit jenen des herkömmlichen Tintenstrahlkopfes verbessert wird.

[0050] Der obige Effekt ist bemerkenswert, da bei dem Tintenstrahlkopf **1** die Dicke einer jeden aktiven Schicht, d.h. jeder piezoelektrischen Platte **41** bis **43**, relativ dünn ist, d.h. 15 μm . Wie später beschrieben wird, ist es wünschenswert, die Dicke einer jeden der piezoelektrischen Platten **41** bis **43** bei 20 μm oder niedriger zu halten zum Verbessern der elektrischen Effektivität oder Flächeneffektivität (siehe [Fig. 9](#)).

[0051] Weiter ist bei dem Tintenstrahlkopf **1** die Gesamtdicke der aktiven Schichten und der inaktiven Schichten (die Gesamtdicke der piezoelektrischen Platten **41** bis **45**) 75 μm , und die Dicke der aktiven Schichten (die Gesamtdicke der piezoelektrischen Platten **41** bis **43**) ist 45 μm , und folglich beträgt das Verhältnis der beiden 45/75 = 0,6. Wegen dieses Aufbaus ist der oben erwähnte Effekt weiter bei dem Tintenstrahlkopf **1** bemerkenswert.

[0052] Wie später im größeren Detail beschrieben wird, ist es vom Gesichtspunkt des Verbesserns der elektrischen Effektivität oder der Flächeneffektivität bevorzugt, daß t/T gleich 0,8 oder niedriger ist, und bevorzugter 0,7 oder niedriger, wobei T die Gesamtdicke der aktiven und der inaktiven Schichten (die Gesamtdicke der piezoelektrischen Platten **41** bis **45**) darstellt, und t die Dicke der aktiven Schichten (die Gesamtdicke der piezo-

elektrischen Platten **41** bis **43**) darstellt.

[0053] Der oben erwähnte Effekt ist in dem Tintenstrahlkopf **1** gemäß der Ausführungsform bemerkenswert, da die Länge der Druckkammer **10** in der Querrichtung 350µm beträgt, und die Länge (Aktivierungsbreite) der Treiberelektroden **35a**, **35b** in der gleichen Richtung beträgt 250µm, und folglich ist das Verhältnis der zwei $250/350 = 0,714\dots$. Wie es später im größeren Detail beschrieben wird, ist es vom Gesichtspunkt des Verbesserens der elektrischen Effektivität und der Flächeneffektivität bevorzugt, daß Bedingungen $0,1\text{mm} \leq L \leq 1\text{mm}$ und $0,3 \leq \delta/L \leq 1$ erfüllt sind, wobei L die Länge der Druckkammer **10** in der Querrichtung darstellt und δ die Länge der Treiberelektroden **35a**, **35b** in der gleichen Richtung wie die Länge L (siehe [Fig. 10](#)) darstellt.

[0054] Weiter wird die Elektrode, die am nächsten zu der Druckkammerseite unter den vier Elektroden **34a**, **34b**, **35a** und **35b** in dem Tintenstrahlkopf **1** angeordnet ist, als die gemeinsame Elektrode (**34b**) benutzt. Dieser Aufbau verhindert instabiles Drucken aufgrund des Effektes der Potentialvariation der Treiberelektroden **35a**, **35b** auf die Tinte, die Leitfähigkeit aufweist.

[0055] Bei der Ausführungsform sind die piezoelektrischen Platten **41** bis **45** aus Bleizirkonattitanat-(PCT)Material hergestellt, das Ferroelektrizität zeigt. Die Elektroden **34a**, **34b**, **35a** und **35b** sind aus Metall aus z.B. der Ag-Pd-Familie hergestellt.

[0056] Die Betätigseinheit **21** wird durch Stapeln des Keramikmaterials für die piezoelektrische Platte **45**, des Keramikmaterials für die piezoelektrische Platte **44**, des Metallmaterials für die gemeinsame Elektrode **34b**, des Keramikmaterials für die piezoelektrische Platte **43**, des Metallmaterials für die Treiberelektrode **35b**, des Keramikmaterials für die piezoelektrische Platte **42**, des Metallmaterials für die gemeinsame Elektrode **34a** und des Keramikmaterials für die piezoelektrische Platte **41** und Backen des Staps hergestellt. Dann wird das Metallmaterial für die Treiberelektrode **35a** auf die gesamte Oberfläche der piezoelektrischen Platte **41** plattierte, und unnötige Abschnitte davon werden mittels Laserbemustern entfernt.

[0057] Alternativ werden die Treiberelektroden **35a** auf die piezoelektrische Platte **41** mittels Dampfabscheidung unter Benutzung einer Maske mit Öffnungen an Stellen beschichtet, an denen die Treiberelektroden **35a** zu bilden sind.

[0058] Im Gegensatz zu anderen Elektroden werden die Treiberelektroden **35a** nicht zusammen mit den Keramikmaterialien der piezoelektrischen Platten **41** bis **45** gebacken. Dieses ist so, da die Treiberelektroden zu der Außenseite offen liegen und daher leicht zu verdampfen sind, wenn sie bei hoher Temperatur gebacken werden, was die Steuerung der Dicke der Treiberelektroden **35a** relativ schwierig im Vergleich mit den anderen Elektroden **34a**, **34b**, **35b** macht, die mit den Keramikmaterialien bedeckt sind. Die Dicke der anderen Elektroden **34a**, **34b**, **35b** nimmt ebenfalls mehr oder weniger ab, wenn sie gebacken werden. Daher ist es schwierig, diese Elektroden dünn herzustellen, wobei sie kontinuierlich gehalten werden, selbst nach dem Backen. Dagegen können die Treiberelektroden **35a** so dünn wie möglich im Gegensatz zu den anderen Elektroden **34a**, **34b**, **35b** hergestellt werden, da die Treiberelektroden **35a** durch das oben erwähnte Verfahren nach dem Backen gebildet werden. Wie oben, bei dem Tintenstrahlkopf **1** gemäß der Ausführungsform werden die Treiberelektroden **35a** auf der obersten Schicht dünner als die anderen Elektroden **34a**, **34b**, **35b** hergestellt und behindern daher nicht die Versetzung der piezoelektrischen Platten **41** bis **43** (d.h. die aktiven Schichten) so sehr, was wiederum die Effektivität (elektrische Effektivität und Flächeneffektivität) der Betätigseinheit **21** verbessert.

[0059] Bei dem Tintenstrahlkopf **1** sind die piezoelektrischen Platten **41** bis **43** oder die aktiven Schichten und die piezoelektrischen Platten **44**, **45** oder die inaktiven Schichten aus dem gleichen Material hergestellt. Folglich kann der Tintenstrahlkopf **1** durch einen relativ einfachen Herstellungsprozeß erzeugt werden, der nicht den Austausch von Materialien benötigt. Daher wird eine Verringerung der Herstellungskosten erwartet. Da weiterhin alle die piezoelektrischen Platten **41** bis **43** oder die aktiven Schichten und die piezoelektrischen Platten **44**, **45** oder die inaktiven Schichten im wesentlichen die gleiche Dicke aufweisen, kann der Herstellungsprozeß vereinfacht werden, was weiter die Herstellungskosten verringert. Dieses ist so, es ist möglich, den Prozeß zum Einstellen der Dicke der Keramikmaterialien zu vereinfachen, die zum Bilden der piezoelektrischen Platten angelegt und gestapelt werden.

[0060] Zusätzlich werden bei dem Tintenstrahlkopf **1** gemäß der Ausführungsform die Betätigseinheiten für jedes Tintenausstoßgebiet **2** sektionalisiert. Dieses ist so, wenn die Betätigseinheiten **21** gleichförmig gebildet werden, vergrößert die kleine Versetzung zwischen der Hohlraumplatte **22** und der Betätigseinheit **21**, die darauf gelegt ist, den Abstand weiter weg von dem Ausrichtungspunkt und resultiert in großen Verset-

zungen der Treiberelektroden **35a, 35b** der Betätigungsseinheit **21** von den entsprechenden Druckkammern **10**. Folglich tritt gemäß der Ausführungsform solche Versetzung kaum auf, und eine gute Genauigkeit der Ausrichtung wird erzielt.

[0061] Die bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist im einzelnen beschrieben worden. Es soll angemerkt werden, daß die Erfindung nicht auf den Aufbau der oben beschriebenen beispielhaften Ausführungsform begrenzt ist, und verschiedene Modifikationen sind möglich, ohne daß der Geist der Erfindung verlassen wird.

[0062] Zum Beispiel sind die Materialien der piezoelektrischen Platten und der Elektroden nicht auf die oben erwähnten begrenzt und können durch andere geeignete Materialien ersetzt werden. Weiter können die planare Form, die Schnittform und die Anordnung der Druckkammern geeignet modifiziert werden. Die Zahl der aktiven und inaktiven Schichten kann unter der Bedingung geändert werden, daß die Zahl der aktiven Schichten oder der inaktiven Schichten zwei oder mehr ist. Weiter kann die aktive und die inaktive Schicht unterschiedliche Dicke aufweisen.

[Konkrete Beispiele]

[0063] Hier im Folgenden werden konkrete Beispiele der Tintenstrahlköpfe gemäß der Ausführungsform und Vergleichsbeispiele beschreiben.

ERSTES KONKRETES BEISPIEL

[0064] Bei dem ersten konkreten Beispiel sind die inaktiven Schichten auf der gegenüberliegenden Seite der Druckkammer in Bezug auf die aktiven Schichten angeordnet.

[0065] Die elektrische Effektivität und die Flächeneffektivität werden durch Simulation für einen Tintenstrahlkopf erhalten, der eine Struktur ähnlich zu der oben beschriebenen Struktur mit der Ausnahme aufweist, daß es zwei aktive Schichten (Breite der Treiberelektroden sind 200µm) und zwei inaktive Schichten gibt. Die Dicke einer jeden der aktiven und der inaktiven Schichten beträgt 15µm. Das Resultat ist in Tabelle 1 gezeigt. Die Simulation wird derart ausgeführt, daß ein Druck entsprechend zu dem maximalen Druck in der Druckkammer an die gesamte Bodenoberfläche des piezoelektrischen Elementes angelegt wird (die folgenden Simulationen werden ähnlich ausgeführt).

ZWEITES UND DRITTES KONKRETES BEISPIEL

[0066] Die elektrische Effektivität und die Flächeneffektivität werden durch Simulation für einen Tintenstrahlkopf erhalten, der auf die gleiche Weise wie die des Tintenstrahlkopfes **1** des konkreten ersten Beispiels mit der Ausnahme, daß die Breite der Treiberelektrode 250µm in dem zweiten konkreten Beispiel und 300µm in dem dritten konkreten Beispiel beträgt. Die Resultate sind in Tabelle 1 gezeigt.

VIERTES BIS SIEBTES KONKRETES BEISPIEL

[0067] Die elektrische Effektivität und die Flächeneffektivität werden durch Simulation für einen Tintenstrahlkopf erhalten, der eine Anordnung ähnlich zu der der oben beschriebenen Ausführungsform mit der Ausnahme aufweist, daß es drei aktive Schichten (Beispiel 4: die Breite der Treiberelektrode auf der oberen Schicht beträgt 250µm und jene der anderen zwei Treiberelektroden sind 300µm, Beispiel 5: die Breite der Treiberelektrode auf der oberen Schicht beträgt 200µm und jene der anderen zwei Treiberelektroden beträgt 300µm, Beispiel 6: die Breite einer jeden Treiberelektrode beträgt 300µm, Beispiel 7: die Breite der Treiberelektrode auf der oberen Schicht beträgt 150µm und jene der anderen 300µm) und zwei inaktive Schichten gibt. Die Dicke einer jeden aktiven und inaktiven Schicht beträgt 15µm. Das Resultat ist in Tabelle 1 gezeigt.

Tabelle 1

	Zahl der Schichten	Dicke der Schicht [µm]	Gesamtdicke [µm]	Breite der Treiber-elektrode			Elektrische Effektivität [p1/nF]	Flächeneffektivität [p1/mm²]	D.F. [p1²/nF • mm²]
				Erste Schicht	Zweite Schicht	Dritte Schicht			
Vergleichs-beispiel	10	30					7.143	10.204	72.886
Beispiel 1	4	15	60	200	200		13.000	33.311	433.051
Beispiel 2	4	15	60	250	250		11.260	36.064	406.085
Beispiel 3	4	15	60	300	300		9.971	38.324	382.149
Beispiel 4	5	15	75	250	300	300	8.209	44.698	366.943
Beispiel 5	5	15	75	200	300	300	8.370	42.890	358.974
Beispiel 6	5	15	75	300	300	300	7.782	44.864	349.132
Beispiel 7	5	15	75	150	300	300	8.467	40.676	344.396

D.F.:

Verformungseffektivität = Elektrische Effektivität · Flächeneffektivität

Vergleichsbeispiel

[0068] Die elektrische Effektivität und die Flächeneffektivität werden erhalten durch Simulation für einen Tintenstrahlkopf mit einer Anordnung C ähnlich zu der, die in der japanischen vorläufigen Patentveröffentlichung HEI 4-341852 offenbart ist (Zahl der Schichten: 10, Dicke der Schicht: 30µm). Das Resultat ist in Tabelle 1 gezeigt.

[0069] [Fig. 7](#) ist ein Diagramm, das die in Tabelle gezeigten Resultate bezeichnet. Wie klar in [Fig. 7](#) gezeigt ist, zeigen die Tintenstrahlköpfe des ersten bis siebten Beispiels, die eine Mehrzahl von aktiven Schichten oder eine Mehrzahl von inaktiven Schichten enthalten, hervorragende elektrische Effektivität und Flächeneffektivität im Vergleich zu jenen des Vergleichsbeispiels 1 gemäß dem Stand der Technik. Genauer, im Vergleich zu dem Vergleichsbeispiel 1 ist die elektrische Effektivität ein- bis zweimal größer und die Flächeneffektivität ist drei- bis viermal größer. Somit können die Tintenstrahlköpfe des ersten bis siebten Beispiel höhere Integrationsdichte der Druckkammern und weiteres Verkleinern der Treiber realisieren.

ZAHL DER SCHICHTEN

[0070] Hierin wird die Gesamtzahl der aktiven und der inaktiven Schichten und eine Beziehung dazwischen beschrieben.

[0071] Verformungseffektivität, die das Produkt der elektrischen Effektivität und der Flächeneffektivität ist, ei-

ner Mehrzahl von Tintenstrahlköpfen, von denen jeder eine ähnliche Anordnung zu dem des Tintenstrahlkopfes 1 aufweist, werden durch Simulation durch Ändern der Zahl der Summe der aktiven und inaktiven Schichten innerhalb des Bereiches von zwei bis sechs erhalten. Große Verformungseffektivität wird bevorzugt zum Realisieren sowohl hoher Integrationsdichte der Druckkammern als auch Verkleinern der Treiber. Das Resultat der Simulation ist in [Fig. 8](#) gezeigt. Die Dicke der aktiven und inaktiven Schichten ist die gleiche, und drei Arten von Dicken, d.h. 10µm, 15µm und 20µm werden benutzt. Als die Breite der Treiberelektroden werden vier Arten von Breiten benutzt, die von 50µm bis 150µm in 50µm-Schritten reichen. Die Zahl der Treiberelektroden wird bestimmt zu eins bis drei unter einer Bedingung, bei der mindestens eine Mehrzahl von aktiven Schichten oder eine Mehrzahl von inaktiven Schichten enthalten ist mit der Ausnahme für einen Fall, in dem die Zahl der Schichten gleich zwei ist.

[0072] Wie aus [Fig. 8](#) zu sehen ist, beträgt die Verformungseffektivität ungefähr $100\text{pl}^2/(\text{nF}\cdot\text{mm}^2)$, wenn die Zahl der Schichten zwei ist, und nimmt zu, wenn die Zahl der Schichten zunimmt. Die Verformungseffektivität ist der maximale Wert (ungefähr $600\text{pl}^2/(\text{nF}\cdot\text{mm}^2)$), wenn die Zahl der Schichten fünf beträgt, und nimmt etwas ab, wenn es sechs Schichten gibt.

[0073] Allgemein wird gedacht, daß die Verformungseffektivität größer ist, wenn die Zahl der Schichten kleiner ist, was sich von den Simulationsresultaten unterscheidet. Dies wird wie folgt erläutert. Da der innere Druck der Druckkammern auf mehrere Atmosphären steigt, muß das piezoelektrische Element eine mechanische Stärke ausreichend zum Widerstehen dieses Druckes aufweisen. Es wird gedacht, daß die piezoelektrischen Elemente, die durch laminierte Platten aufgebaut sind jeweils mit einer Dicke von 20µm oder weniger wie bei der Ausführungsform, den besten Ausgleich zwischen der Verformung des piezoelektrischen Elementes aufgrund der Spannungsanlegung und der Festigkeit vorsieht, die dem inneren Druck widersteht, der zum Verformen des piezoelektrischen Elementes zu der entgegengesetzten Richtung bei ungefähr fünf Schichten wirkt.

[0074] Die Verformungseffektivität ist höher als die des Vergleichsbeispieles 1, wenn die Zahl der Schichten zwei beträgt. Weiter wird ein hervorragendes Resultat erzielt, wenn die Zahl der Schichten drei beträgt, d.h. wenn mindestens eine Mehrzahl von aktiven Schichten oder eine Mehrzahl von inaktiven Schichten enthalten ist. Insbesondere, wenn die Zahl der Schichten vier oder mehr beträgt (d.h. vier Schichten, fünf Schichten oder sechs Schichten), werden extrem hervorragende Resultate erzielt, und das beste Resultat wird mit fünf Schichten erzielt. Nebenbei, die Gesamtzahl der aktiven und inaktiven Schichten kann sieben oder mehr sein.

[0075] Die optimale Zahl von aktiven Schichten in einem piezoelektrischen Element mit einer vorbestimmten Zahl von Schichten (d.h. die Summe der Zahlen der aktiven und inaktiven Schichten) wird durch Simulation untersucht (in diesem Fall wird angenommen, daß jede Schicht die gleiche Dicke aufweist).

[0076] Wenn die Zahl der Schichten drei ist, ist die Zahl der aktiven Schicht, die benötigt wird, eins (Dicke der aktiven Schichten/Gesamtdicke = 0,33) oder zwei (Dicke der aktiven Schichten/Gesamtdicke = 0,67) zum Erfüllen der Bedingung, daß mindestens eine Mehrzahl von aktiven Schichten oder eine Mehrzahl von inaktiven Schichten in dem piezoelektrischen Element enthalten sind, und es wird gefunden, daß die Zahl der aktiven Schichten bevorzugt zwei ist.

[0077] Wenn die Zahl der Schichten vier beträgt, ist die Zahl der aktiven Schichten, die benötigt werden, eins (aktive Schichtdicke/Gesamtdicke = 0,25), zwei (Dicke der aktiven Schichten/Gesamtdicke = 0,5) oder drei (Dicke der aktiven Schichten/Gesamtdicke = 0,75) zum Erfüllen der Bedingung, daß mindestens eine Mehrzahl von aktiven Schichten oder eine Mehrzahl von inaktiven Schichten in dem piezoelektrischen Element enthalten sind, und es wird gefunden, daß die Zahl der aktiven Schichten bevorzugt eins oder zwei unter den obigen Aufbauten ist, und der Zweischichtaufbau ist bevorzugter als der Einschichtaufbau.

[0078] Die Verformungseffektivität nimmt etwas ab, wenn es drei Schichten gibt.

[0079] Wenn die gesamte Schichtzahl fünf ist, ist die Zahl der aktiven Schichten, die notwendig sind, eins (Dicke der aktiven Schicht/Gesamtdicke = 0,2), zwei (Dicke der aktiven Schichten/Gesamtdicke = 0,4), drei (Dicke der aktiven Schichten/Gesamtdicke = 0,6) oder vier (Dicke der aktiven Schichten/Gesamtdicke = 0,8) zum Erfüllen der Bedingung, daß mindestens eine Mehrzahl von aktiven Schichten oder eine Mehrzahl von inaktiven Schichten in dem piezoelektrischen Element enthalten sind, und es wird gefunden, daß die Zahl der aktiven Schichten bevorzugt zwei oder drei ist. Die Verformungseffektivität nimmt etwas ab, wenn es vier aktive Schichten gibt.

[0080] Wenn die gesamte Schichtzahl sechs ist, ist die Zahl der aktiven Schichten, die benötigt werden eins

(Dicke der aktiven Schicht/Gesamtdicke = 0,17), zwei (Dicke der aktiven Schichten/Gesamtdicke = 0,33), drei (Dicke der aktiven Schichten/Gesamtdicke = 9,5), vier (Dicke der aktiven Schichten/Gesamtdicke = 0,67) oder fünf (Dicke der aktiven Schicht/Gesamtdicke = 0,83) zum Erfüllen der Bedingung, bei der mindestens eine Mehrzahl von aktiven Schichten oder eine Mehrzahl von inaktiven Schichten in dem piezoelektrischen Element, und es wird gefunden, daß die Zahl der aktiven Schichten zwei oder drei sein sollte, und zwischen ihnen sind drei Schichten bevorzugter als zwei Schichten. Die Verformungseffektivität nimmt etwas ab, wenn es fünf aktive Schichten gibt.

[0081] Wenn die gesamte Schichtzahl sieben ist, ist die Zahl von aktiven Schichten, die notwendig sind, eins (Dicke der aktiven Schicht/Gesamtdicke = 0,14), zwei (Dicke der aktiven Schicht/Gesamtdicke = 0,29), drei (Dicke der aktiven Schicht/Gesamtdicke = 0,43), vier (Dicke der aktiven Schicht/Gesamtdicke = 0,57), fünf (Dicke der aktiven Schicht/Gesamtdicke = 0,71) oder sechs (aktive Schichtdicke/Gesamtdicke = 0,86) zum Erfüllen der Bedingung, daß mindestens eine der aktiven und inaktiven Schichten enthalten ist, mehr als eine in dem piezoelektrischen Element, und daß drei oder vier Schichten bevorzugt sind. Die Verformungseffektivität nimmt etwas ab, wenn es sechs Schichten gibt.

[0082] Aus dem obigen Resultat wird geschlossen, daß t/T bevorzugt 0,8 oder niedriger ist und bevorzugter t/T gleich 0,7 oder niedriger ist, wobei T die Gesamtdicke der aktiven und der inaktiven Schichten darstellt und t die Dicke der aktiven Schichten darstellt. Es sei angemerkt, daß angenommen ist, daß ähnliche Resultate erzielt werden können, selbst wenn die Dicke der aktiven Schichten sich von der der inaktiven Schichten unterscheidet.

DICKE DER AKTIVEN UND INAKTIVEN SCHICHTEN

[0083] Die Verformungseffektivität, die das Produkt der elektrischen Effektivität und der Flächeneffektivität ist, einer Mehrzahl von Tintenstrahlköpfen, von denen jeder eine ähnliche Anordnung zu der des Tintenstrahlkopfes 1 aufweist, wird durch Simulation für drei verschiedene Dicken der aktiven und inaktiven Schichten erhalten, d.h. 10 μm , 15 μm und 20 μm . [Fig. 9](#) zeigt das Resultat. Die Gesamtzahl der aktiven Schichten und der inaktiven Schichten ist in dem Bereich von drei bis sechs (vier Arten), die Breite der Elektroden ist innerhalb eines Bereiches von 150 μm zu 300 μm in 50 μm -Schritt (vier Arten) und die Zahl der Treiberelektroden ist eine Schicht zu drei Schichten (mindestens eine Mehrzahl von aktiven Schichten oder eine Mehrzahl von inaktiven Schichten sind enthalten).

[0084] Wie aus [Fig. 9](#) gesehen werden kann, zeigt die Verformungseffektivität den Maximalwert von ungefähr 660 $\text{pJ}^2/(\text{nF}\cdot\text{mm}^2)$, wenn die Schichtdicke 10 μm beträgt, und nimmt ab, wenn die Dicke der Schichten zunimmt, und ist der minimale Wert (ungefähr 250 $\text{pJ}^2/(\text{nF}\cdot\text{mm}^2)$) wenn die Dicke 20 μm beträgt. Somit, je dünner die Schicht ist, desto besser ist die Effektivität. Aus dem Gesichtspunkt der praktischen Benutzung ist es bevorzugt, daß die Dicke 20 μm oder niedriger ist.

BREITE DER AKTIVEN SCHICHT

[0085] Die Verformungseffektivität, die das Produkt der elektrischen Effektivität und der Flächeneffektivität ist, einer Mehrzahl von Tintenstrahlköpfen, von denen jeder eine ähnliche Anordnung zu dem des Tintenstrahlkopfes 1 aufweist, wird durch Simulation für sechs verschiedene Aktivierungsbreiten oder Längen der Treiberelektroden in der Querrichtung erhalten, d.h. 100 μm , 150 μm , 200 μm , 250 μm , 300 μm und 350 μm . [Fig. 10](#) zeigt die Resultate. Die Gesamtzahl der aktiven Schichten und inaktiven Schichten ist in dem Bereich von drei bis sechs (vier Arten), die Dicke der aktiven Schicht oder der inaktiven Schicht beträgt 10 μm , 15 μm und 20 μm (drei Arten) und die Zahl der Treiberelektroden ist in dem Bereich von einer Schicht zu drei Schichten (mindestens eine Mehrzahl von aktiven Schichten oder eine Mehrzahl von inaktiven Schichten ist enthalten).

[0086] Wie aus [Fig. 10](#) gesehen werden kann, beträgt die Verformungseffektivität ungefähr 130 $\text{pJ}^2/(\text{nF}\cdot\text{mm}^2)$, wenn die Aktivierungsbreite 100 μm ist, und nimmt zu, wenn die Aktivierungsbreite zunimmt, bis zu einem Maximalwert von ungefähr 500 $\text{pJ}^2/(\text{nF}\cdot\text{mm}^2)$, wenn die Breite 240 μm beträgt, und nimmt danach zu 350 μm ab, wenn die Aktivierungsbreite zunimmt.

[0087] Das obige Resultat zeigt, daß die Verformungseffektivität von der des ersten Vergleichsbeispiels zunimmt, wenn die Aktivierungsbreite in den Bereich von 100 μm (das Verhältnis der Aktivierungsbreite zu der Druckkammerbreite 350 μm beträgt 100/350) zu 350 μm (das Verhältnis der Aktivierungsbreite der Druckkammerbreite 350 μm ist 350/350 = 1) ist. Von dem Gesichtspunkt des Erzielen einer weiter verbesserten Verformungseffektivität ist die Aktivierungsbreite bevorzugt in dem Bereich von 140 μm (das oben erwähnte Verhältnis

nis beträgt 0,4) bis 330µm (das oben erwähnte Verhältnis beträgt 0,94), bevorzugter in dem Bereich von 170µm (das oben erwähnte Verhältnis beträgt 0,49) bis 300µm (das oben erwähnte Verhältnis ist 0,86) und am bevorzugtesten in dem Bereich von 200µm (das oben erwähnte Verhältnis ist 0,57) bis 270µm (das oben erwähnte Verhältnis beträgt 0,77). Es soll angemerkt werden, daß die Breite der Druckkammer **10** auf 0,1mm ≤ L ≤ 1mm in der Simulation gesetzt ist.

[0088] Wie oben beschrieben wurde, ist gemäß der Ausführungsform die Betätigungsseinheit ein unimorpher Typ, der den piezoelektrischen Quereffekt benutzt, und die Betätigungsseinheit kann um einen relativ großen Betrag in der Richtung verformen, in der die aktiven und inaktiven Schichten laminiert sind. Daher kann das Volumen einer jeden Druckkammer um einen großen Betrag geändert werden, was ermöglicht, die Tinte ausreichend auszustoßen, selbst wenn die Druckkammer kleiner gemacht wird. Daher wird es gemäß der Ausführungsform möglich, die Druckkammern mit hoher Dichte anzutragen durch Verringern des Volumens der Druckkammern.

[0089] Weiter ist gemäß der Ausführungsform die Elektrode, die am weitesten von der Druckkammer ist, so gebildet, daß sie die dünste Elektrode ist, um eine große Versetzung der Betätigungsseinheit sicher zu stellen. Dieser Aufbau erlaubt es auch, die Treiberspannung zu verringern. Weiter wird der Effekt des Elektrodenpotentiales auf die Tinte zum Sicherstellen eines normalen Betriebes des Tintenstrahlkopfes beschränkt.

[0090] Noch weiter wird eine große Versetzung der Betätigungsseinheit realisiert, indem die Dicke der aktiven Schichten zu 20µm oder niedriger hergestellt wird.

[0091] Weiter kann gemäß der Ausführungsform eine relativ große Versetzung der Betätigungsseinheit realisiert werden.

[0092] Weiter kann gemäß der Ausführungsform der Herstellungsprozeß des Tintenstrahlkopfes vereinfacht werden, da die aktiven und inaktiven Schichten aus dem gleichen Material gebildet werden und die Schichten im wesentlichen die gleichen Dicken aufweisen.

Patentansprüche

1. Tintenstrahlkopf (**1**) mit:

einer Mehrzahl von Druckkammern (**10**), von denen jede derart aufgebaut ist, dass ein Ende davon mit einer Ausgabedüse (**8**) verbunden ist und das andere Ende mit einem Tintenlieferer (**3, 5**) verbunden ist; einer Betätigungsseinheit (**21**) für die Mehrzahl von Druckkammern (**10**), worin die Betätigungsseinheit (**21**) so gebildet ist, dass sie eine kontinuierliche planare Schicht ist, die mindestens eine inaktive Schicht (**44, 45**), die aus piezoelektrischem Material gebildet ist und auf der Druckkammerseite angeordnet ist, und mindestens eine aktive Schicht (**41, 42, 43**), die aus piezoelektrischem Material gebildet ist, enthält, wobei die planare Schicht zum Bedecken der Mehrzahl von Druckkammern (**10**) angeordnet ist, worin die mindestens eine aktive Schicht (**41, 42, 43**) zwischen einer gemeinsamen Elektrode (**34a, 34b**) und einer Mehrzahl von Treiberelektroden (**35a, 35b**) eingeschlossen ist, die an Positionen entsprechend zu der Mehrzahl von Druckkammern (**10**) angeordnet sind; worin die kontinuierliche planare Schicht eine Mehrzahl der aktiven Schichten (**41, 42, 43**) und/oder eine Mehrzahl der inaktiven Schichten (**44, 45**) enthält; und worin die Betätigungsseinheit (**21**) eine Betätigungsseinheit vom unimorphen Typ ist; **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine aktive Schicht auf der Seite gegenüber zu der Druckkammerseite in Bezug auf die inaktive Schicht (**44, 45**) als die oberste der piezoelektrischen Schichten angeordnet ist.

2. Tintenstrahlkopf nach Anspruch 1, bei dem die Treiberelektrode (**35a, 35b**) so gesetzt ist, dass sie ein Potential unterschiedlich von dem Potential der gemeinsamen Elektrode (**34a, 34b**) aufweist, die mindestens eine aktive Schicht (**41-43**) sich gemäß dem piezoelektrischen Quereffekt verformt, ein unimorpher Effekt durch die Verformung der mindestens einen aktiven Schicht (**41-43**) in Verknüpfung mit der mindestens einen inaktiven Schicht (**44, 45**) erzeugt wird zum Variieren eines Volumens einer jeden der Druckkammern (**10**).

3. Tintenstrahlkopf nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Elektrode (**35a**), die am weitesten von der Druckkammer (**10**) angeordnet ist, so aufgebaut ist, dass sie die dünste Elektrode unter der gemeinsamen Elektrode (**34a, 34b**) und der Mehrzahl von Treiberelektroden (**35a, 35b**) ist, und/oder die Elektrode (**34b**), die am nächsten zu den Druckkammern (**10**) ist, die gemeinsame Elektrode ist.

4. Tintenstrahlkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem eine Dicke von jeder der mindestens einen aktiven Schicht (**41-43**) gleich 20µm oder weniger ist und/oder t/T gleich 0,8 oder weniger, bevorzugt 0,7 oder weniger ist, worin t eine Dicke der mindestens einen aktiven Schicht (**41-44**) darstellt und T die Gesamtdicke der mindestens einen aktiven Schicht (**41-43**) und der mindestens einen inaktiven Schicht (**44, 45**) darstellt.

5. Tintenstrahlkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die Bedingungen:
 $0,1 \text{ mm} \leq L \leq \text{mm}$

und

$0,3 \leq \delta/L \leq 1$

erfüllt sind,

worin L eine Breite der mindestens einen aktiven Schicht (**41-43**) in einer kürzeren Seite darstellt und worin δ eine Breite einer jeden der Treiberelektroden (**35a, 35b**) in einer Richtung ähnlich zu der Breite L der mindestens einen aktiven Schicht (**41-43**) darstellt.

6. Tintenstrahlkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem alle der mindestens einen aktiven Schicht (**41-43**) und der mindestens einen inaktiven Schicht (**44, 45**) aus dem gleichen Material gebildet sind und/oder alle der mindestens einen aktiven Schicht (**41-43**) und der mindestens einen inaktiven Schicht (**44, 45**) im wesentlichen die gleiche Dicke aufweisen.

7. Tintenstrahlkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die Gesamtzahl der mindestens einen aktiven Schicht (**41-43**) und der mindestens einen inaktiven Schicht (**44, 45**) gleich vier oder mehr ist.

8. Tintenstrahlkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die Zahl der aktiven Schichten und die Zahl der inaktiven Schichten zwei bzw. eins ist oder die Zahl der aktiven Schichten und die Zahl der inaktiven Schichten zwei bzw. zwei ist oder die Gesamtzahl der aktiven Schichten (**41-43**) und der inaktiven Schichten (**44, 45**) gleich fünf ist, wobei die Zahl von einer der aktiven Schichten und inaktiven Schichten gleich drei ist.

9. Tintenstrahlkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem die Zahl der aktiven Schichten und die Zahl der inaktiven Schichten die gleiche ist oder eine Differenz zwischen der Zahl der aktiven Schichten und der Zahl der inaktiven Schichten gleich eins ist.

10. Tintenstrahlkopf nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem die gemeinsame Elektrode (**34a, 34b**) auf einem Massepotential gehalten ist.

11. Tintenstrahlkopf nach Anspruch 1, bei dem die mindestens eine aktive Schicht (**41, 42, 43**) eine Polarisationsrichtung aufweist, die mit einer Dickenrichtung der mindestens einen aktiven Schicht (**41, 42, 43**) zusammenfällt, die gemeinsame Elektrode (**34a, 34b**) und die Mehrzahl von Treiberelektroden (**35a, 35b**) ein elektrisches Feld in einer Richtung parallel zu der Polarisationsrichtung vorsehen können, und eine der mindestens einen aktiven Schichten (**41, 42, 43**), die die Polarisationsrichtung aufweist, mit der die Richtung des elektrischen Feldes parallel ist, eine unmittelbar benachbarte piezoelektrische Schicht zu einer der mindestens einen inaktiven Schichten (**44, 45**) ist.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

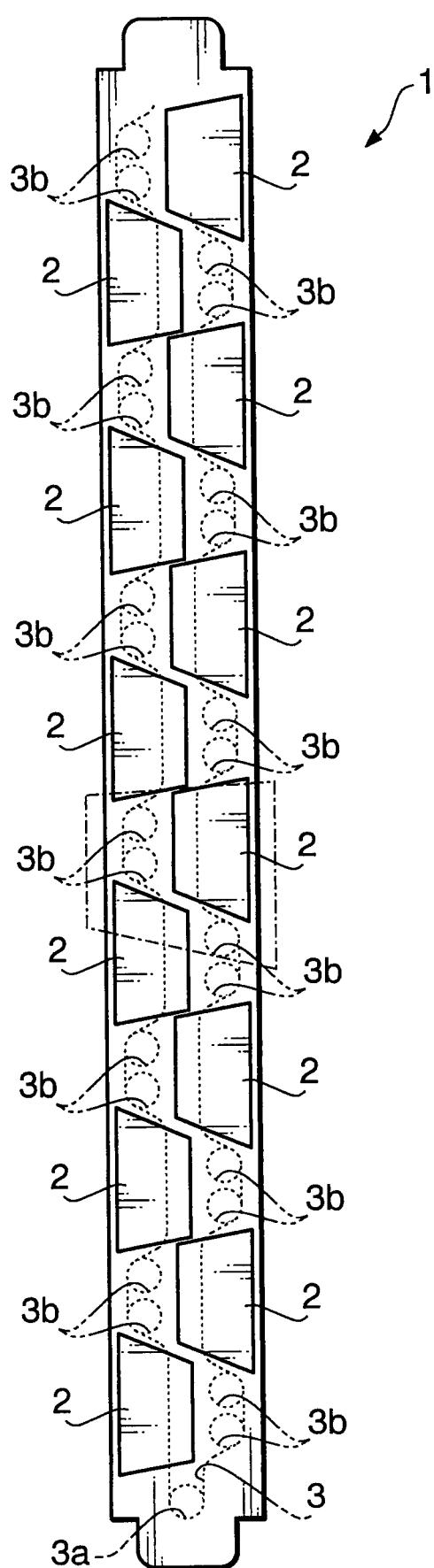


FIG. 2

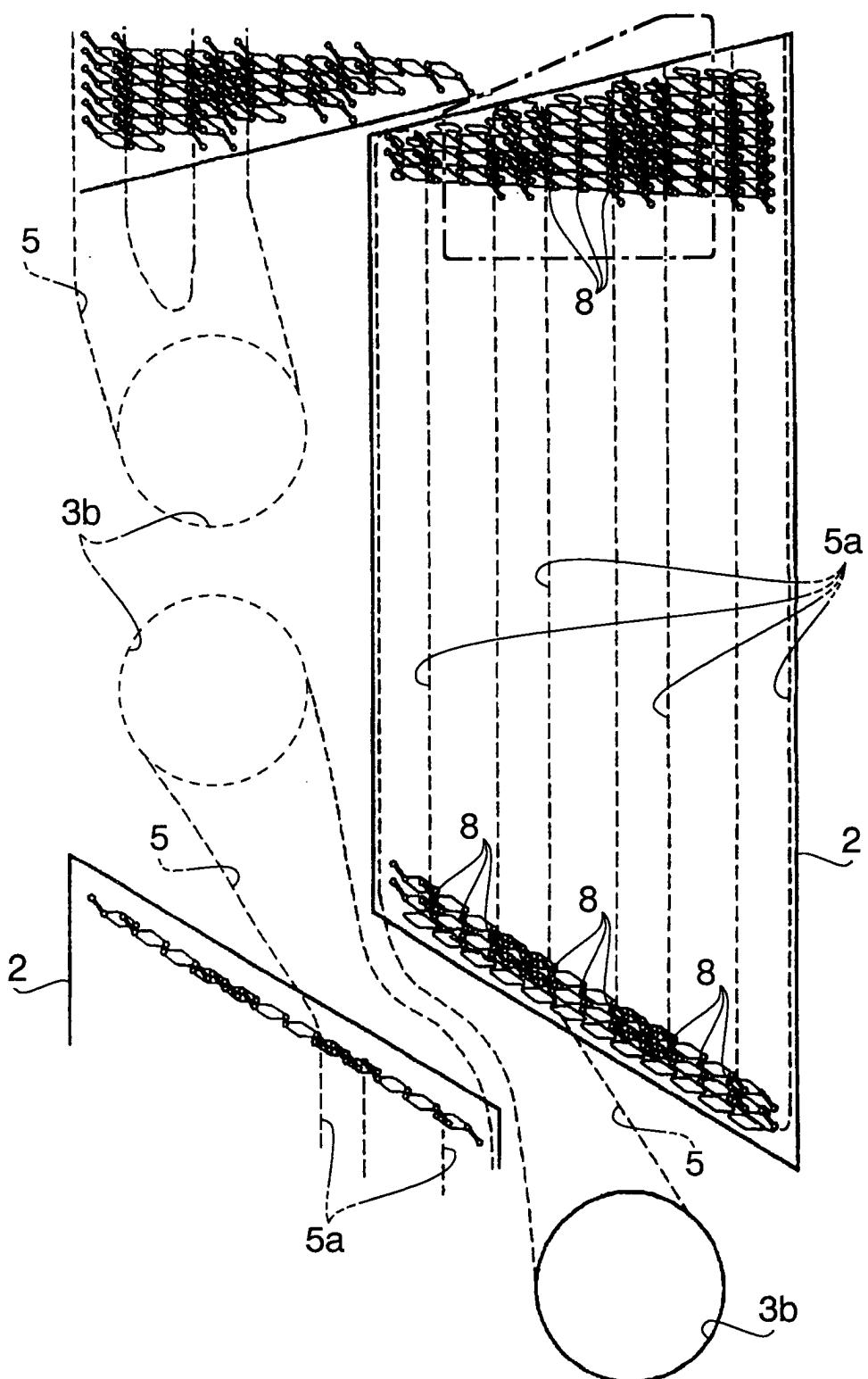
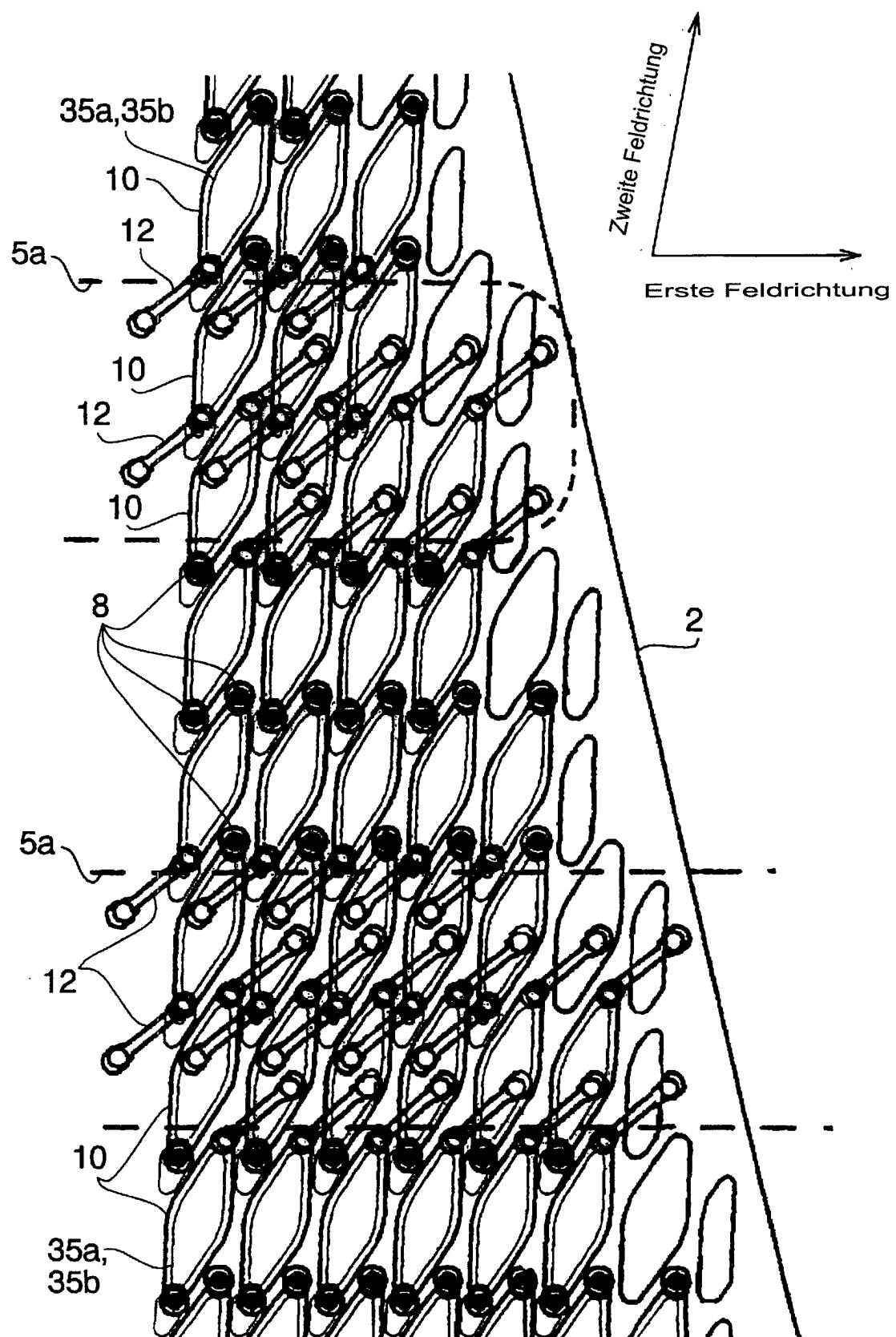


FIG. 3



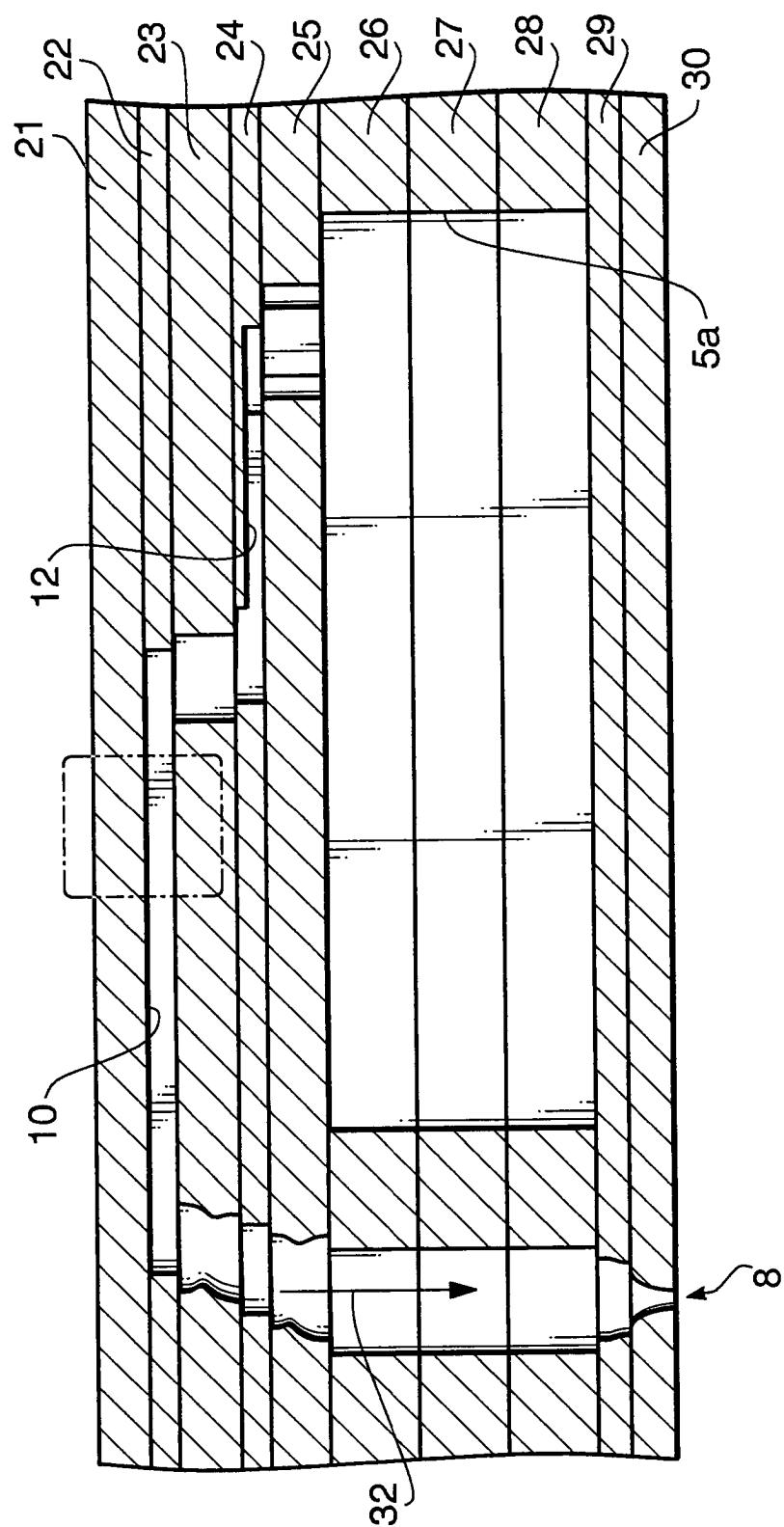
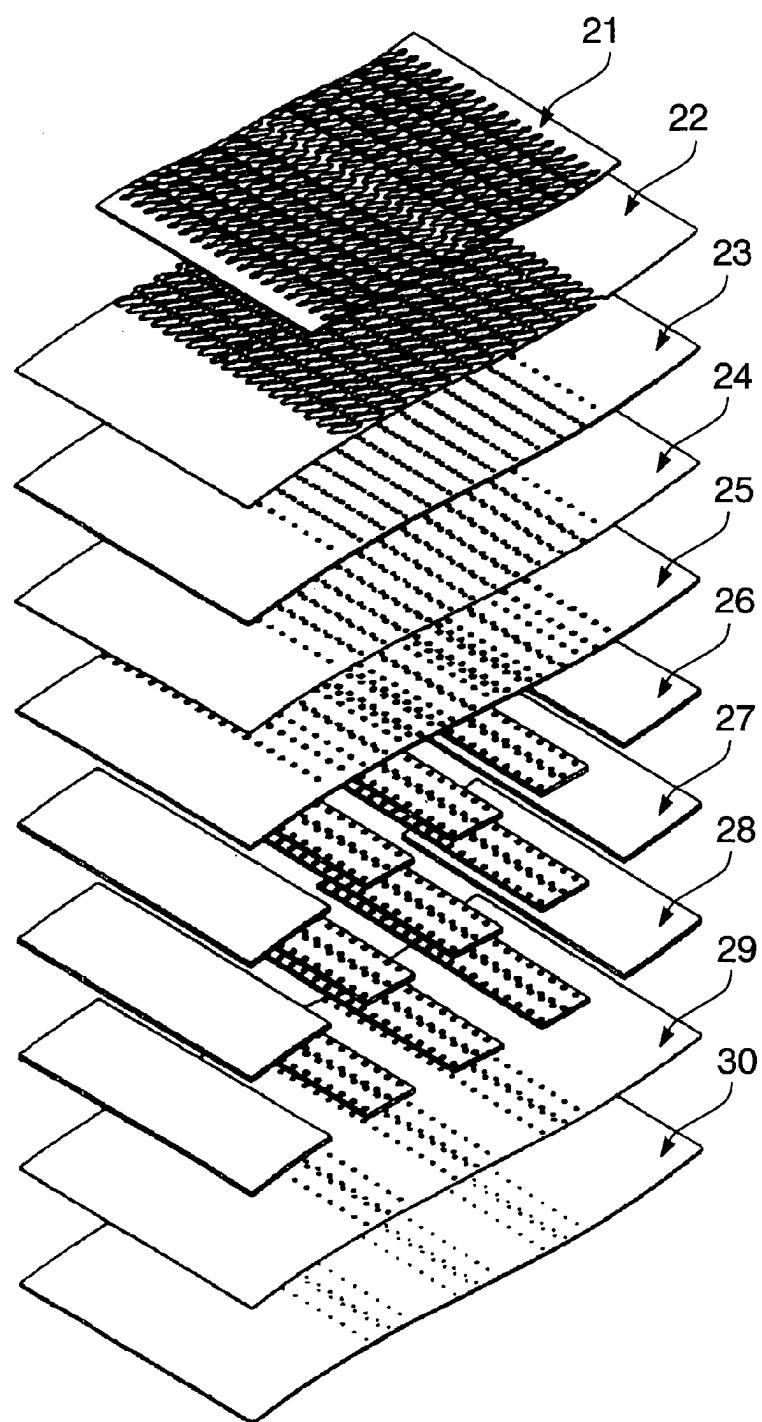


FIG. 4

FIG. 5



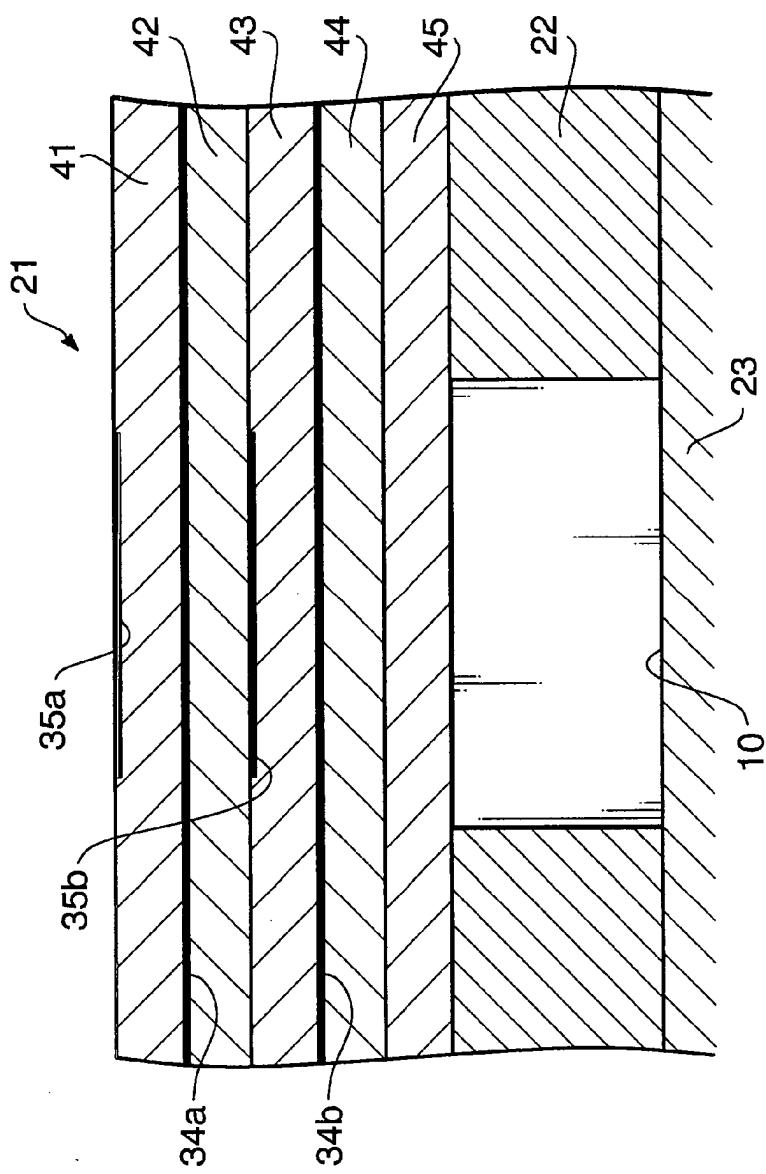


FIG. 6

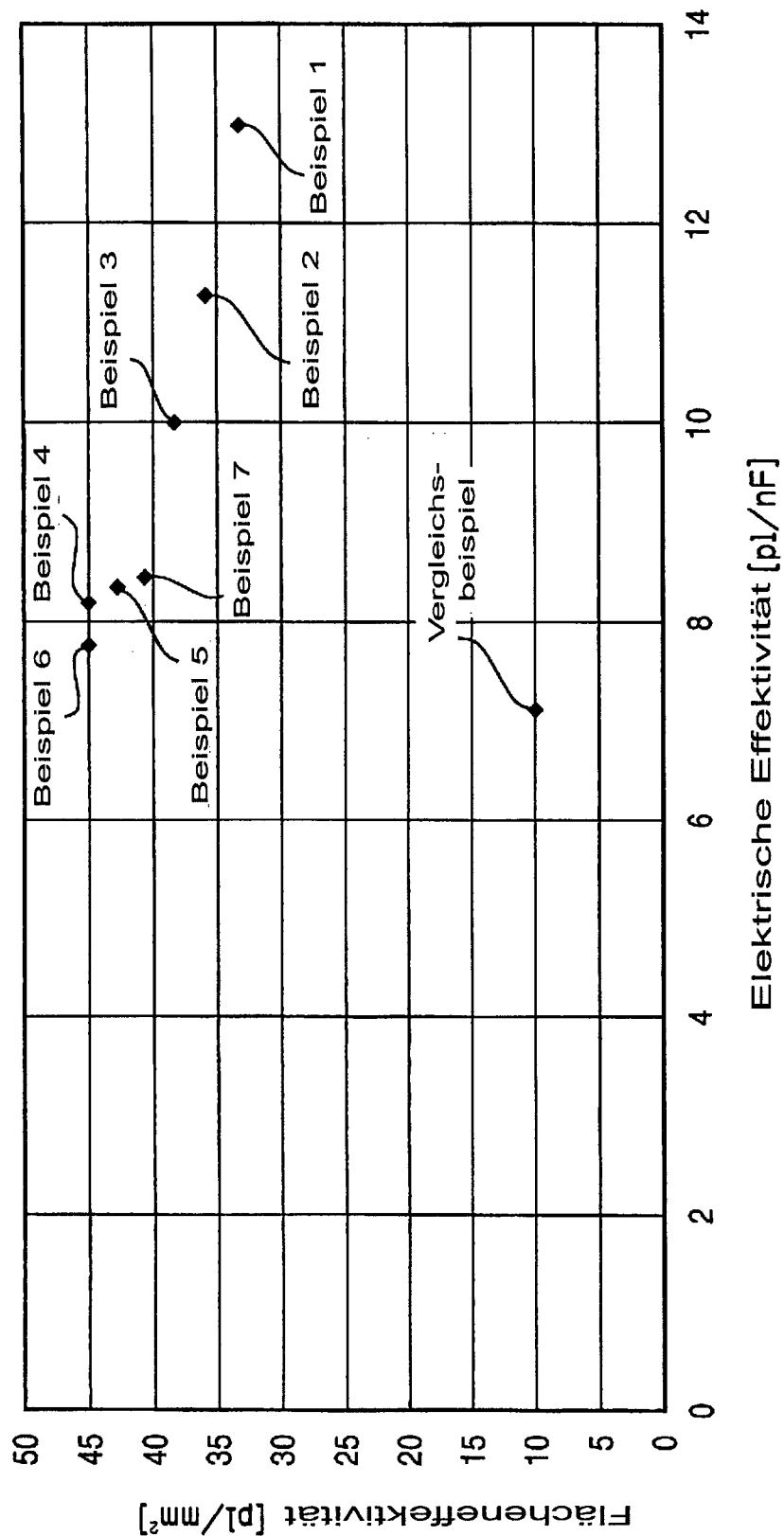


FIG. 7

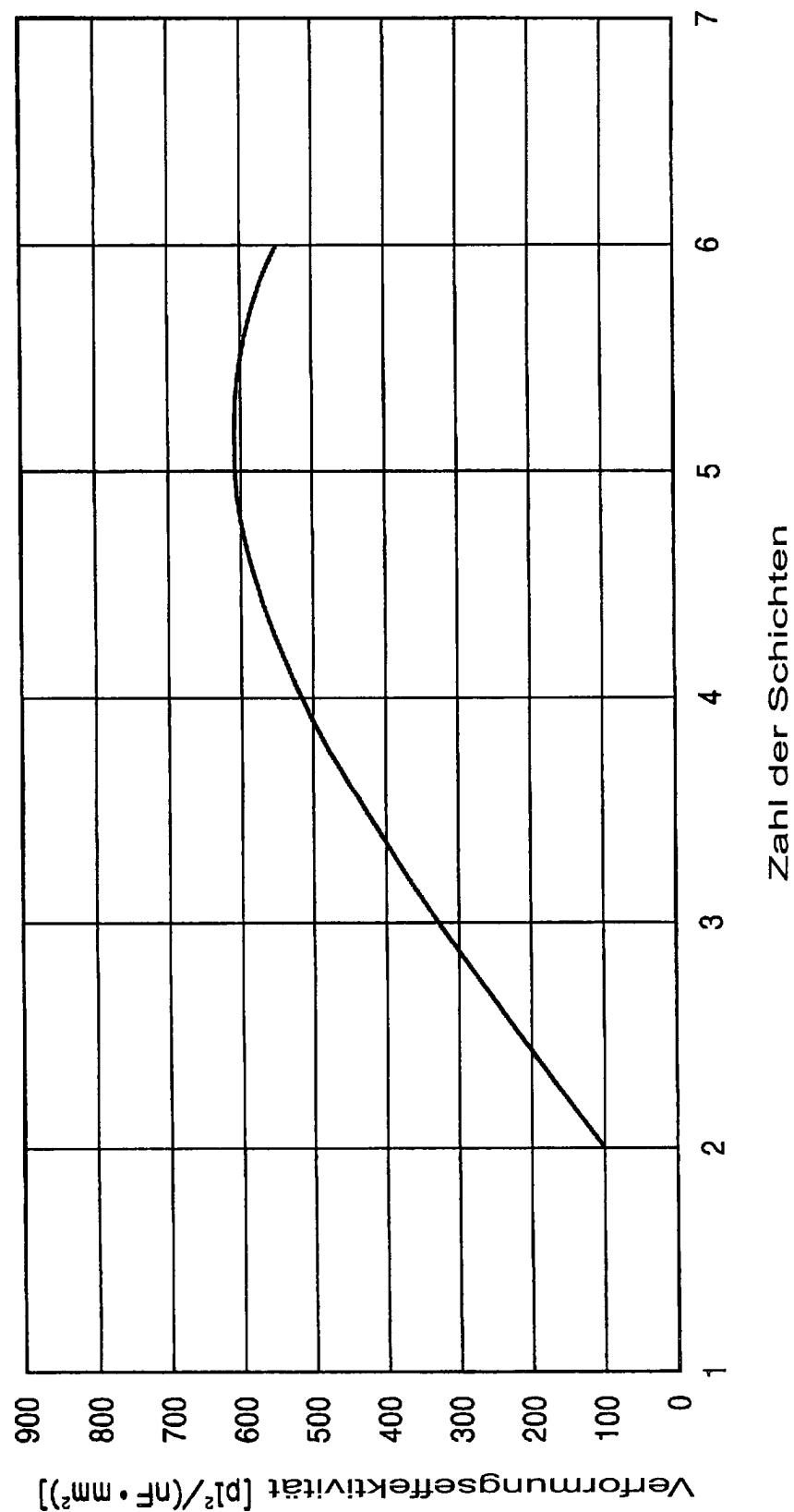


FIG. 8

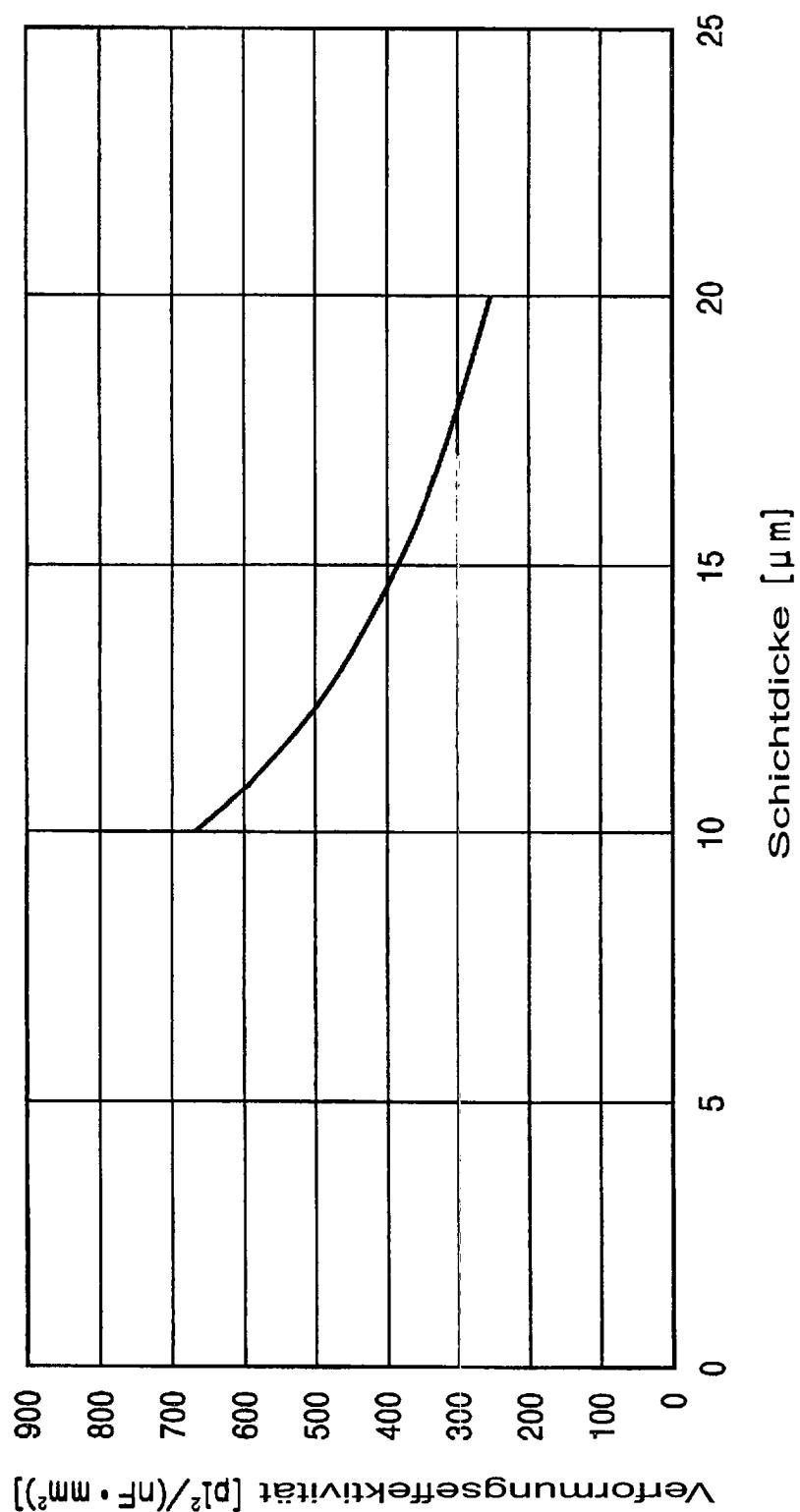


FIG. 9

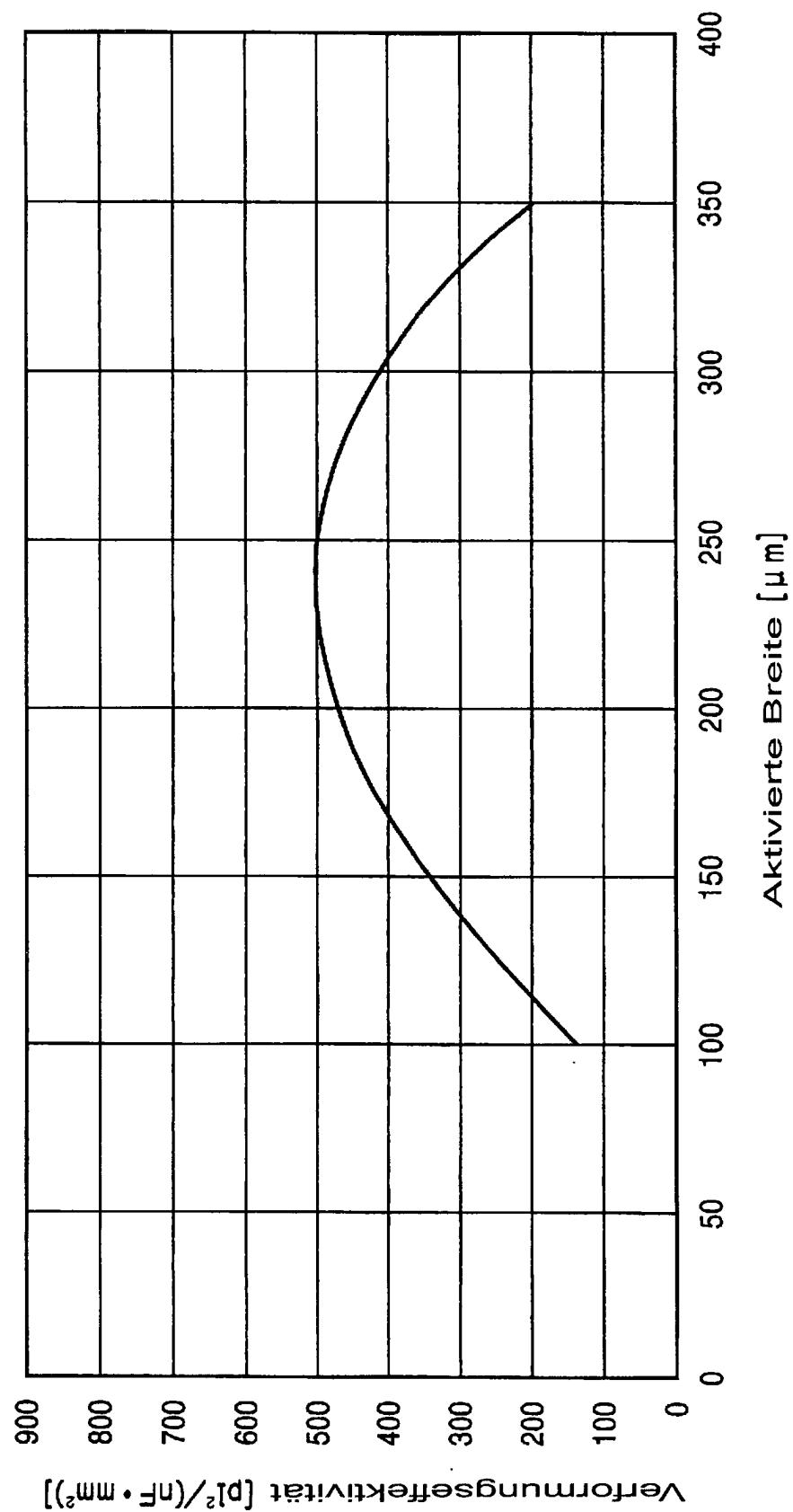


FIG. 10