(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 23 764 T2** 2004.04.15

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 807 522 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 23 764.8**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 107 724.3**
(96) Europäischer Anmeldetag: **12.05.1997**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **19.11.1997**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **30.07.2003**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **15.04.2004**

(51) Int Cl.[7]: **B41J 2/14**
B41J 2/05

(30) Unionspriorität:
14220996 13.05.1996 JP

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

(73) Patentinhaber:
Canon K.K., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner GbR, 80336 München

(72) Erfinder:
Komuro, Hirokazu, Ohta-ku, Tokyo, JP

(54) Bezeichnung: **Tintenstrahldruckkopf und damit versehene Tintenstrahlvorrichtung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Tintenstrahlaufzeichnungskopf, der Tinte aus einer Mündung in der Form von Tintentröpfchen ausstößt, sowie ein Tintenstrahlgerät, das den Tintenstrahlaufzeichnungskopf verwendet. Genauer betrifft die vorliegende Erfindung einen Tintenstrahlaufzeichnungskopf, der Tinte in einer Richtung ausstößt, die senkrecht zu einem Substrat ist, das mit Heizungen versehen ist, die in einer zeitlich geschachtelten Weise angesteuert werden und bewirken, dass die Tinte auf die korrekte Stelle auf dem Aufzeichnungsträger auftreffen, indem die Position der Heizung und der entsprechenden Ausstoßöffnung verschoben sind, da die zeitlich geschachtelte Ansteuerung verursacht, dass die Stelle, wo die Tinte auftrifft, verschoben wird, sowie ein Tintenstrahlgerät, das den Tintenstrahlaufzeichnungskopf verwendet.

Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Ein beispielsweise in der japanischen Offenlegungsschrift Nr. 54-51837 offenbartes Tintenstrahlaufzeichnungsverfahren unterscheidet sich von anderen Tintenstrahlaufzeichnungsverfahren dahingehend, dass die Wirkung thermische Energie auf Tinte als Antriebskraft zum Ausstoß von Tintentröpfchen verwendet wird. Genauer erzeugt bei dem Aufzeichnungsverfahren der vorstehend erwähnten Offenbarung die Erhitzung der Tinte Luftblasen darin, die die Tinte in Tintentröpfchen formen, die aus einer Mündung (Ausstoßöffnung) an dem vorderen Ende des Aufzeichnungskopfes ausgestoßen werden und an einem Aufzeichnungsträger anhaften, wodurch Informationen auf dem Aufzeichnungsträger aufgezeichnet werden.

[0003] Im allgemeinen weist der Aufzeichnungskopf bei diesem Aufzeichnungsverfahren einen Tintenausstoßabschnitt, einen Heizungswiderstand (Heizung), eine obere Schutzschicht und eine untere Schutzschicht auf. Der Tintenausstoßabschnitt weist eine Mündung zum Ausstoß von Tinte und einen Tintenpfad auf, der mit der Mündung kommuniziert und einen Teil eines Wärmeeinwirkungsabschnitts bildet, bei dem thermische Energie auf Tinte einwirkt, um Tinte in der Form von Tröpfchen auszustoßen. Der Heizwiderstand dient als elektrothermisches Umwandlungsteil, bei dem es sich um eine thermische Energie erzeugende Einrichtung handelt. Die obere Schutzschicht schützt die Heizung vor der Tinte, wohingegen die untere Schicht Wärme akkumuliert.

[0004] Um den Vorteil der Eigenschaften des vorstehend beschriebenen Kopfes voll auszunutzen, ist es notwendig, eine große Anzahl von Heizungen zu verwenden, die nahe aneinander in einer hochdichten Anordnung für einen Betrieb mit hoher Geschwindigkeit angeordnet sind.

[0005] Eine große Anzahl von Heizungen führt zu einer größeren Anzahl von elektrischen Verbindungen mit einer externen Verdrahtungsplatte. Zusätzlich wird, wenn die Heizungen nahe aneinander mit einer hochdichten Anordnung angeordnet sind, der Abstand zwischen den Heizungselektroden kleiner, wodurch es unmöglich wird, elektrische Verbindungen unter Verwendung normaler elektrischer Verbindungsverfahren wie Drahtbonden herzustellen.

[0006] In der japanischen Offenlegungsschrift Nr. 57-72867 wird dieses Problem durch Bilden eines Antriebselementes auf einem Substrat überwunden.

[0007] Die japanische Offenlegungsschrift Nr. 59-95154 offenbart einen Aufzeichnungskopf der Bauart, der Tinte in einer Richtung ausstößt, die senkrecht zu einer Oberfläche eines wärmeeinwirkenden Abschnitts ausstößt, indem eine Mündungsplatte an einem Substrat angeheftet ist.

[0008] Im allgemeinen werden, wenn ein derartiger Kopf eine große Anzahl von Heizungen aufweist, die Heizungen in einer zeitlich geschachtelten Weise angesteuert, um die Spitzenspannung zu verringern, die auftritt, wenn alle Heizungen angesteuert werden.

[0009] Wenn die Heizungen in einer zeitlich geschachtelten Weise angesteuert werden, wird jedoch eine Spannung an die Heizungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten angelegt, so dass die Ausstoßzeitverläufe sich unterscheiden, wodurch bewirkt wird, dass Tinte auf dem Aufzeichnungspapier in einer Zickzack-Weise auftrifft.

[0010] Zur Überwindung eines derartigen Problems in dem Aufzeichnungskopf der vorstehend beschriebenen Art wurde vorgeschlagen, die Positionen der Heizungen entsprechend dem Zeitverlauf der zeitlich geschachtelten Ansteuerung zu verschieben.

[0011] **Fig.** 5 zeigt eine Darstellung der Umgebung der Heizungen in einem herkömmlichen Aufzeichnungskopf. Wie es in **Fig.** 5 gezeigt ist, variiert, wenn die Ansteuerungselemente seitlich nebeneinander angeordnet sind und eine gemeinsame Elektrode an den Ansteuerungselementen ausgebildet ist, der Widerstandswert einer Auswahlelektrode mit der Position der Heizung, da eine Verschiebung in der Heizungsposition die Trennabstände zwischen der Heizung und der Antriebselementverdrahtung ändert.

[0012] Zusätzlich ändert sich der Widerstandswert der Verdrahtung zwischen der Heizung und der gemeinsamen Elektrode, da der Abstand zwischen der Heizung und der gemeinsamen Elektrode sich ändert.

[0013] Weiterhin weist das vorstehend beschriebene Muster die folgenden zwei Probleme auf. Das erste Problem besteht darin, dass die Verdrahtungen, die zwischen den Heizungen gelangen, im Weg stehen, wenn die Heizungen sehr nahe aneinander in einer hochdichten Anordnung angeordnet werden. Zusätzlich wird es schwierig, die Heizungen mit hoher Frequenz zu betreiben, weil diese weniger frei in seitlicher Richtung angeordnet werden können. Das zweite Problem besteht darin, dass eine gefaltete Elektrode (folded electrode), die zwischen der Heizung und der Tintenzufuhröffnung vorgesehen ist,

den Abstand zwischen der Heizung und der Tintenzufuhröffnung erhöht, wodurch der Strömungswiderstandswert zwischen der Heizung und der Tintenzufuhröffnung erhöht wird. Dies verschlechtert die Ausstoßfrequenzeigenschaften, so dass der Ausstoß nicht mit hoher Frequenz (hoher Häufigkeit) ausgeführt werden kann.

[0014] Dementsprechend wurde zur Überwindung des vorstehend beschriebenen Problems vorgeschlagen, das Muster ohne die gefalteten Elektroden zwischen den Heizungen und der Tintenzufuhröffnung auszubilden, wie es in **Fig.** 6 dargestellt ist.

[0015] In einem derartigen Muster verursacht jedoch die Verschiebung der Heizungsposition, dass die Abstände zwischen den Heizungen und den Ansteuerungselementen unterschiedlich werden, als auch dass die Abstände zwischen den Heizungen und der gemeinsamen Elektrode unterschiedlich werden, wodurch verursacht wird, dass die Widerstandswerte der einzelnen Auswahlverdrahtungen der Heizungen als auch die Widerstandswerte der Verdrahtungen zwischen den Heizungen unterschiedlich werden. Daher wird eine unterschiedliche Spannung an den Heizungen angelegt, was zu einer unzureichenden Druckleistung führt. Im schlechtesten Fall kann in Abhängigkeit von der Heizungsposition Tinte nicht ausgestoßen werden.

[0016] Dementsprechend ist es bei dem in **Fig.** 6 gezeigten Muster erforderlich, die Elektroden und die Ansteuerungselemente derart auszulegen, dass eine feste Spannung an die Heizungen entsprechend ihren Positionen angelegt wird. Insbesondere ist es notwendig, dem Verfahren zur Korrektur der Widerstandswerte ausreichende Beachtung zu schenken, da die Verdrahtungswiderstände nur innerhalb eines engen Freiraums zwischen den Ansteuerungselementen und den Heizungen korrigiert werden können, wenn ein Ansteuerungselement an dem Substrat ausgebildet wird.

[0017] Dementsprechend liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Tintenstrahlaufzeichnungskopf bereitzustellen, der ein konstantes Ausstoßverhalten ohne Variationen in der Druckqualität bereitstellen kann, indem eine feste Spannung an jede der verschobenen Heizungen angelegt wird. In dem Tintenstrahlaufzeichnungskopf wird Tinte senkrecht zu dem Substrat ausgestoßen, wobei Heizungen bereitgestellt sind, die in einer zeitlich geschachtelten Weise angesteuert werden. Die zeitlich geschachtelte Ansteuerung verursacht, dass die Auftreffstelle der Tinte auf dem Aufzeichnungsträger verschoben wird. Somit wird Tinte dazu gebracht, auf die korrekte Stelle aufzutreffen, indem die Stelle der Heizungen und der entsprechenden Ausstoßöffnungen verschoben werden.

Zusammenfassung der Erfindung

[0018] Erfindungsgemäß wird ein Tintenstrahlaufzeichnungskopf geschaffen mit: einer Vielzahl elektrothermischer Umwandlungsteile, wobei jedes Teil einen Heizwiderstand, der zum Ausstoß von Tinte verwendet wird, und ein Paar Elektroden aufweist, die elektrisch mit dem Heizwiderstand verbunden sind, einer Vielzahl von Ansteuerelementen, wobei jedes Element elektrisch mit einer Elektrode aus dem Paar der Elektroden seines zugehörigen elektrothermischen Umwandlungselements verbunden ist, um seinen zugehörigen Heizwiderstand anzusteuern, einer gemeinsamen Verdrahtung, die elektrisch mit der anderen Elektrode aus dem Paar der Elektroden jedes elektrothermischen Umwandlungsteils verbunden ist, einer Vielzahl von Ausstoßöffnungen, die zum Ausstoß von Tinte verwendet werden, die oberhalb der Heizwiderstände vorgesehen sind, entsprechend ihrer jeweiligen Heizwiderstände, einem Tintenweg, der mit den Ausstoßöffnungen kommuniziert, und einer schlitzförmigen Tintenzufuhröffnung zur Zufuhr der Tinte zu dem Tintenweg. In dem Tintenstrahlaufzeichnungskopf ist die Vielzahl der Heizwiderstände entlang der Tintenzufuhröffnung in Längsrichtung davon derart angeordnet, dass die kürzesten Abstände der Vielzahl der Heizwiderstände zu der Tintenzufuhröffnung sich auf der Grundlage der zeitlich geschachtelten Ansteuerungszeitverläufe der Heizwiderstände unterscheiden. Zusätzlich sind die Verdrahtungswiderstandswerte von zumindest einer Elektrode aus jedem Paar der Elektroden im wesentlichen dieselben für all elektrothermischen Umwandlungselemente.

[0019] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann eine Struktur angewandt werden, die ermöglicht, dass eine feste Spannung an jede der Heizungen angelegt wird, indem zumindest die Breite der einzelnen Auswahlelektrodenverdrahtungen in Bezug auf jede Heizung und die Breite der Verdrahtung zwischen jeder Heizung und der gemeinsamen Elektrode verändert wird.

[0020] Zusätzlich kann gemäß der vorliegenden Erfindung eine Struktur angewandt werden, die ermöglicht, dass eine feste Spannung an jede der Heizungen angelegt wird, indem zumindest die Verbindungsstellen der Ansteuerungselementverdrahtung und der einzelnen Elektrodenverdrahtung für jede Heizung und die Verbindungsstellen der Verdrahtungen zwischen jeder Heizung und der gemeinsamen Elektrode verändert werden.

[0021] Weiterhin kann gemäß der vorliegenden Erfindung eine Struktur angewandt werden, die ermöglicht, dass eine feste Spannung an jede der Heizungen angelegt wird, indem die Position des Ansteuerungselementes in Bezug auf jede Heizung geändert wird.

[0022] Weiterhin kann gemäß der vorliegenden Erfindung eine Struktur angewandt werden, die ermöglicht, dass eine feste Spannung an jede der Heizungen angelegt wird, indem die Widerstandswerte der zum Anlegen elektrischer Energie an die Ansteuerungselemente verwendeten elektrischen Energieverdrahtungen in Bezug auf jede der Heizungen kor-

rigiert werden.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0023] **Fig.** 1 zeigt eine detaillierte Darstellung der Umgebung der Heizungen gemäß Ausführungsbeispiel 1 gemäß der vorliegenden Erfindung.
[0024] **Fig.** 2 zeigt eine ausführliche Darstellung der Umgebung der Heizungen gemäß einem Ausführungsbeispiel 2 gemäß der vorliegenden Erfindung.
[0025] **Fig.** 3 zeigt eine ausführliche Darstellung der Umgebung der Heizungen gemäß einem Ausführungsbeispiel 3 gemäß der vorliegenden Erfindung.
[0026] **Fig.** 4 zeigt eine ausführliche Darstellung der Umgebung der Heizungen gemäß Ausführungsbeispiel 4 gemäß der vorliegenden Erfindung.
[0027] **Fig.** 5 zeigt eine ausführliche Darstellung der Umgebung von herkömmlichen Heizungen.
[0028] **Fig.** 6 zeigt eine ausführliche Darstellung der Umgebung der herkömmlichen Heizungen gemäß einem weiteren Beispiel.
[0029] **Fig.** 7 zeigt eine schematische perspektivische Darstellung eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfes gemäß der vorliegenden Erfindung.
[0030] **Fig.** 8 zeigt eine Schnittdarstellung des Hauptabschnitts des Tintenstrahlaufzeichnungskopfes, die entlang einer Linie A-A' gemäß **Fig.** 7 genommen ist.
[0031] **Fig.** 9 zeigt eine Darstellung der Form jedes Tintenpfads und der Anordnung der Heizungen in dem Tintenstrahlaufzeichnungskopf gemäß **Fig.** 7.
[0032] **Fig.** 10 zeigt eine schematische perspektivische Darstellung eines Tintenstrahlaufzeichnungsgerätes, an das ein Tintenstrahlaufzeichnungskopf gemäß der vorliegenden Erfindung angebracht werden kann.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele

[0033] Wie es vorstehend beschrieben ist, kann eine feste Spannung an jede der verschobenen Heizungen durch eine Struktur angelegt werden, die ermöglicht, dass die Elektrodenverdrahtungsbreite entsprechend der Position der Heizung geändert wird, um den Wert des Verdrahtungswiderstands fest einzustellen.
[0034] Genauer ist die Heizung dicker ausgeführt, wenn es einen großen Trennabstand zwischen der Heizung und dem Verbindungsabschnitt mit der Ansteuerungselementverdrahtung oder einen großen Trennabstand zwischen der Heizung und einer gemeinsamen Elektrode gibt, wohingegen die Heizung dünner ausgeführt wird, wenn einer dieser Trennabstände klein ist.
[0035] Wenn die Verdrahtungsbreite zu ändern ist, kann entweder die Elektrode zwischen der Heizung und der Ansteuerungselementverdrahtung oder die Elektrode zwischen der Heizung und der gemeinsamen Elektrode oder beide in der Breite geändert werden.
[0036] Zusätzlich kann eine feste Spannung an die Heizungen angelegt werden, indem der Trennabstand zwischen der Heizung zu der Verbindungsstelle mit der Ansteuerungselementverdrahtung fest eingestellt wird, oder der Trennabstand zwischen der Heizung und der Verbindungsstelle der gemeinsamen Elektrodenverdrahtung fest eingestellt wird. Dieses Verfahren wird verwendet, wenn die Elektrode zwischen der Heizung und dem Ansteuerungselement oder der Abstand zwischen der Heizung und der gemeinsamen Elektrode insgesamt kurz ist, oder wenn Widerstandswertkorrekturen dazwischen nicht ausgeführt werden können, oder wenn Verdrahtungskorrekturen nicht entsprechend der Auslegung ausgeführt werden können, da das Verdrahtungs-Überätzausmaß (wiring over-etch amount) nicht konstant ist, oder wenn der Abstand zwischen der Verbindungsstelle mit der Ansteuerungselementverdrahtung und der Heizung fest eingestellt ist, um zu verhindern, dass Tinte in Kontakt mit der Verbindungsstelle gelangt.
[0037] Da die Ansteuerungselementelektroden breiter ausgeführt werden können, sind die Widerstandswerte im wesentlichen unverändert, selbst wenn die Abstände zwischen den Verbindungsstellen und den Ansteuerungselementen differieren.
[0038] Die gemeinsame Elektrode hat eine große Breite, selbst wenn die Verbindungsstelle der Verdrahtung zwischen der Heizung und der gemeinsamen Elektrode sich ändert.
[0039] Zur Änderung der Verbindungsstelle kann entweder der Trennabstand zwischen der Heizung und der Verbindungsstelle mit dem Ansteuerungselement oder der Abstand zwischen der Heizung und der gemeinsamen Elektrode oder beides geändert werden.
[0040] Das Problem unterschiedlicher Widerstandswerte aufgrund unterschiedlicher Trennabstände zwischen der Verbindungsstelle der Ansteuerungselementverdrahtung und dem Ansteuerungselement kann durch Verschieben der Position des Ansteuerungselements überwunden werden.
[0041] Wenn es schwierig ist, das Ansteuerungselement zu verschieben, sowie wenn es schwierig ist, die Logikverdrahtung zu verlegen, kann eine feste Spannung an die Heizungen unter Korrektur des Widerstandswertes einer elektrischen Energieverdrahtung angelegt werden, die zur Zufuhr elektrischer Energie zu dem Ansteuerungselement verwendet wird.
[0042] Der Widerstandswert kann durch Korrektur der Breite der Verdrahtung zwischen dem Ansteuerungselement und der elektrischen Energieverdrahtung oder durch Fixieren des Abstands zwischen der Verbindungsstelle und dem Ansteuerungselement korrigiert werden.
[0043] Die verschiedenen Verfahren, die zum Lösen der Aufgabe beschrieben worden sind, können einzeln oder in Kombination verwendet werden. Es ist vorzuziehen, dass die Aufgabe durch eine optimale Kombination gelöst wird, wenn die Heizungen positi-

oniert werden.

[0044] Nachstehend sind bevorzugte Ausführungsbeispiele beschrieben.

Ausführungsbeispiel 1

[0045] **Fig.** 7 zeigt eine perspektivische Darstellung eines Tintenstrahlaufzeichnungskopfes gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel.

[0046] Der Tintenstrahlaufzeichnungskopf gemäß der vorliegenden Erfindung ist ein Kopf der Bläschenstrahlbauart, der Tinte in einer zu der Heizung senkrechten Richtung durch den Druck von unter hohem Druck gesetzten Luftbläschen ausstößt, die erzeugt werden, indem Spannung in Form von Impulsen an die auf einem Substrat gebildete Heizung angelegt wird. In **Fig.** 7 bezeichnet das Bezugszeichen **301** ein Siliziumsubstrat (Si-Substrat), bezeichnet das Bezugszeichen **302** eine Schicht, die eine Tintenpfadwand bildet, und bezeichnet das Bezugszeichen **303** eine Mündungsplatte mit Ausstoßöffnungen. Das Bezugszeichen **304** bezeichnet eine L-förmige Grundplatte aus Aluminium (Al), wobei eine Seite der L-förmigen Fläche mit dem Substrat **301** verbunden ist. Das Bezugszeichen **305** bezeichnet einen Behälter, der Tinte enthält.

[0047] Das Bezugszeichen **306** bezeichnet ein flexibles Kabel, das Bezugszeichen **307** bezeichnet einen Bonddraht zur Verbindung einer Verdrahtung auf dem Substrat **301** mit dem flexiblen Kabel **306**, und das Bezugszeichen **308** bezeichnet einen elektrischen Kontakt zum elektrischen Anschluss an die Geräteaufbauseite eines Druckerwagens (Druckerschlittens), der den Kopf trägt.

[0048] Die Bezugszeichen n1 bis n32 bezeichnen Ausstoßöffnungen in der Mündungsplatte **303**, die in zwei Reihen angeordnet sind, wobei die Reihen gegeneinander um die Hälfte der Unterteilung der Ausstoßöffnungen versetzt sind. Das heißt, dass die Ausstoßöffnungen n1 bis n32 in einer Zickzack-Weise angeordnet sind. Der Kopf wird durch den Wagen eines Druckers getragen, der im weiteren Verlauf der Beschreibung beschrieben ist, und stößt Tinte aus, wenn der Kopf sich in der Richtung des Pfeils X gemäß **Fig.** 7 bewegt.

[0049] **Fig.** 8 zeigt eine Schnittansicht des Hauptabschnitts des Tintenstrahlaufzeichnungskopfes, die entlang einer Linie A-A' gemäß **Fig.** 7 genommen ist.

[0050] Aus einem Tintenbehälter **305** fließt Tinte durch eine Öffnung **310** in einer Grundplatte **304**, durch eine Öffnung **108** (die nachstehend als "Tintenzufuhröffnung" bezeichnet ist) in das Si-Substrat **301**, über einen Tintenpfad **312** zu einer Kammer einschließlich einer Heizung und wird aus jeder Ausstoßöffnung nk (k = 1, 2, ..., 32) ausgestoßen. In **Fig.** 8 bezeichnet das Bezugszeichen hk (k = 1, 2, ..., 32) eine Heizung, die auf dem Si-Substrat **301** ausgebildet ist. Die Heizungen, die entsprechend den Ausstoßöffnungen vorgesehen sind, sind direkt unter ihren jeweiligen Ausstoßöffnungen angeordnet, so dass die Mitte jeder Heizung mit der Mitte ihrer zugehörigen Ausstoßöffnung ausgerichtet ist.

[0051] **Fig.** 9 zeigt eine Darstellung der Form jedes Tintenpfads **312** und die Anordnung jeder Heizung hk in ihrem zugehörigen Tintenweg.

[0052] Gemäß **Fig.** 9 entsprechen die relativen Positionen der Heizungen hk den relativen Positionen der Ausstoßöffnungen hk. Die Heizungen h1 bis h16 sind in Bezug auf die Heizungen h17 bis h32 um die Hälfte der Unterteilung der Ausstoßöffnungen versetzt, wie es vorstehend beschrieben ist.

[0053] Der Kopf weist **32** Heizungen auf, die 16mal angesteuert werden, deren Zeitverläufe vorab auf der Grundlage der zeitlichen Schachtelung (time-sharing) für eine gleiche Anzahl von Heizungen eingestellt worden sind. Daher werden maximal zwei Heizungen mit dem gleichen Zeitverlauf entsprechend ihren Ausstoßdaten angesteuert. Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel bezieht sich der Ausdruck "Abstand von einer Kante einer Tintenzufuhröffnung" auf den Abstand von der linken Kante der Tintenzufuhröffnung in Bezug auf die linke Reihe der Heizungen, wohingegen derselbe Ausdruck sich auf den Abstand von der rechten Kante der Tintenzufuhröffnung in Bezug auf die rechte Reihe der Heizungen bezieht.

[0054] Bei dem Tintenstrahlaufzeichnungskopf gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel verursacht die Tatsache, dass die zwei Heizungen mit demselben Zeitverlauf angesteuert werden, dass die Tinte stets auf Stellen auftrifft, die durch einen Abstand von 10 Punkten in der Hauptabtastrichtung oder in der Richtung der Wagenbewegung getrennt sind.

[0055] **Fig.** 1 zeigt eine ausführliche Draufsicht der Umgebung der Heizungen gemäß dem Ausführungsbeispiel 1 gemäß der vorliegenden Erfindung. Das Bezugszeichen **101** bezeichnet ein Substrat, die Bezugszeichen **102** bezeichnen Heizungen, das Bezugszeichen **103** bezeichnet eine Auswahlelektrode, das Bezugszeichen **104** bezeichnet eine Verdrahtungselektrode zwischen den Heizungen und einer gemeinsamen Elektrode, das Bezugszeichen **105** bezeichnet ein Ansteuerungselement, das Bezugszeichen **106** bezeichnet eine Ansteuerungselementverdrahtung, das Bezugszeichen **107** bezeichnet die gemeinsame Elektrode und das Bezugszeichen **108** bezeichnet eine Tintenzufuhröffnung.

[0056] Bei der Herstellung des Aufzeichnungskopfes gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel werden die Ansteuerungselemente und Logikelemente auf dem Siliziumsubstrat durch einen Bi-CMOS-Prozess ausgebildet.

[0057] Der Abstand der Ansteuerungselemente ist derselbe wie der Abstand der Heizungen, der 300 dpi (dot per inch, Punkte pro 2,54 cm) beträgt.

[0058] In dem letzten Schritt der Herstellung des Ansteuerungselementes werden die Verdrahtungselektroden der Ansteuerungselemente unter Verwendung von Al-Cu-Material hergestellt, das in einer Di-

cke von 1,0 μm ausgebildet ist, woraufhin ein Mustern und eine Erzeugung einer Zwischenisolierschicht folgt, die aus einem SiO_2-Material ausgebildet ist, das in einer Dicke von 1,5 μm ausgebildet ist.

[0059] Dann wird eine 20 μm × 20 μm große Durchgangsöffnung **109** an einer Stelle jeder Zwischenschutzschicht geätzt, wo die Ansteuerungselementverdrahtung und eine einzelne Elektrode der Heizung miteinander verbunden werden.

[0060] Die Heizung ist aus einem TaN-Material gebildet, das in einer Dicke von 0,1 μm ausgebildet ist.

[0061] Auf der Heizung ist eine Elektrodenschicht ausgebildet, die aus einem Al-Material gebildet ist, das in einer Dicke von 0,6 μm gebildet ist, woraufhin ein Mustern unter Verwendung von Photolithographie folgt, wie es in **Fig.** 1 dargestellt ist.

[0062] Jede Heizung weist eine Größe von 30 μm × 30 μm auf.

[0063] Wie es in **Fig.** 1 gezeigt ist, sind die Heizung **102-1** und die Heizung **102-2** bei unterschiedlichen Abständen von der Tintenzufuhröffnung **108** angeordnet.

[0064] Der Abstand A zwischen einem Heizungsseitenende der Durchgangsöffnung **109**, bei dem es sich um einen Verbindungsabschnitt mit der Ansteuerungselementverdrahtung und einem Ende der Heizungselektrode handelt, beträgt 100 μm für die Heizung **102-1** und 75 μm für die Heizung **102-2**.

[0065] Der Abstand B zwischen einem Ende der Heizungselektrode und der gemeinsamen Elektrode beträgt 150 μm für die Heizung **102-1** und 125 μm für die Heizung **102-2**.

[0066] Daher ist, wenn die Elektrodenverdrahtungen dieselbe Breite aufweisen, der Widerstandswert der Elektrodenverdrahtung für die Heizung **102-1** 1,25x größer als der Widerstandswert der Elektrodenverdrahtung für die Heizung **102-2**. Daher sind, wenn die Heizungsverdrahtungen dieselbe Breite aufweisen, die an die Heizungen angelegten Spannungen unterschiedlich, wodurch bewirkt wird, dass die Heizungen unterschiedliche Ausstoßeigenschaften aufweisen, wodurch Druckeigenschaften verschlechtert werden.

[0067] Daher werden gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die Widerstandswerte der Verdrahtungen durch Ändern der Dicke der Verdrahtungen korrigiert.

[0068] Die Breite der Auswahlelektrode zwischen der Heizung und dem Ansteuerungselement und die Breite der Verdrahtungselektrode zwischen der Heizung und der gemeinsamen Elektrode betragen beide 200 μm für die Heizung **102-1** und 16 μm für die Heizung **102-2**. Wenn die Dicke der Verdrahtung für die Heizung **102-1** 1,25x größer als die Dicke der Verdrahtung für die Heizung **102-2** ausgeführt ist, beträgt der Widerstandswert der Verdrahtung für die Heizung **102-2** zwischen dem Heizungsseitenende der Durchgangsöffnung **109**, der ein Verbindungsabschnitt mit der Ansteuerungselementverdrahtung ist, und einem Ende der Heizungselektrode genauso viel wie der Widerstandswert der Verdrahtung für die Heizung **102-1** zwischen einem Ende der Heizungselektrode und der gemeinsamen Elektrode.

[0069] Zusätzlich wird dieselbe Spannung an die Heizungen angelegt, da die Elektrodenwiderstandswerte dieselben sind.

Ausführungsbeispiel 2

[0070] **Fig.** 2 zeigt eine ausführliche Draufsicht der Umgebung der Heizungen gemäß Ausführungsbeispiel 2 gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0071] Wie gemäß dem Ausführungsbeispiel 1 werden die Ansteuerungselemente und Logikelemente auf dem Siliziumsubstrat durch den Bi-CMOS-Prozess erzeugt.

[0072] Der Abstand der Ansteuerungselemente ist derselbe wie der Abstand der Heizungen, der 300 dpi beträgt.

[0073] In dem letzten Schritt der Erzeugung des Ansteuerungselementes wird die Verdrahtungselektrode unter Verwendung von Al-Cu-Material ausgebildet, das in einer Dicke von 1,0 μm ausgebildet ist, woraufhin ein Mustern und die Erzeugung einer Zwischenisolierschicht folgt, die aus einem SiO_2-Material gebildet ist, die in einer Dicke von 1,5 μm ausgebildet ist.

[0074] Dann wird eine 10 μm × 10 μm große Durchgangsöffnung **109** an einer Stelle jeder Zwischenschutzschicht geätzt, wo die Ansteuerungselementverdrahtung und die einzelne Heizungselektroden miteinander verbunden werden.

[0075] Wie es in **Fig.** 2 dargestellt ist, sind die Durchgangsöffnungen **109** entsprechend den Positionen der Heizungen ausgebildet, so dass der Abstand A zwischen jeder Heizung und der Durchgangsöffnung **109** fest 50 μm beträgt.

[0076] Jede Heizung ist aus einem TaN-Material gebildet, das in einer Dicke von 0,1 μm ausgebildet ist.

[0077] Eine Elektrodenschicht ist auf jeder Heizung unter Verwendung von Al-Material ausgebildet, das in einer Dicke von 0,6 μm ausgebildet ist, woraufhin ein Mustern unter Verwendung von Photolithographie folgt, wie es in **Fig.** 2 dargestellt ist.

[0078] Wie es in **Fig.** 2 gezeigt ist, sind die Heizungen und die gemeinsame Elektrode an einer Stelle miteinander verbunden, die der Stelle der Heizungen entspricht, so dass der Abstand B zwischen jeder Heizung und der gemeinsamen Elektrode derselbe ist, nämlich 100 μm.

[0079] Die Größe jeder Heizung beträgt 30 μm × 30 μm.

[0080] Die Dicke der Elektroden sind jeweils dieselben, nämlich 20 μm.

[0081] Dementsprechend ist es möglich, den Widerstandswert einer Verdrahtung für jede beliebige Heizung auf einen bestimmten Wert fest einzustellen, und somit eine feste Spannung an jede Heizung anzulegen. Der Abstand zwischen der Heizung und der Stelle, an der sie mit der Ansteuerungselementver-

drahtung verbunden ist, als auch der Abstand zwischen der Heizung und der gemeinsamen Elektrode sind fest eingestellt, so dass der Verdrahtungswiderstandswert für jede Heizung fest eingestellt werden kann, ungeachtet von ihrer Position, selbst wenn das Überätzausmaß (over-etch amount) der Elektrodenschicht sich ändert.

[0082] Zusätzlich können, da der Verdrahtungswiderstand nicht durch den Abstand zwischen der Heizung und der Ansteuerungselementelektrode eingestellt ist, die Durchgangsöffnung **109** und die Heizung ausreichend voneinander entfernt werden, wodurch ermöglicht wird, dass die Durchgangsöffnung **109** mit organischem Harz oder einem anderen Düsenerzeugungsmaterial abgedeckt werden kann.

Ausführungsbeispiel 3

[0083] **Fig.** 3 zeigt eine ausführliche Draufsicht der Umgebung der Heizungen gemäß dem Ausführungsbeispiel 3 gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0084] Gemäß den Ausführungsbeispielen 1 und 2 sind die Verdrahtungen **106** zwischen den Ansteuerungselementen und den Durchgangsöffnungen in Abhängigkeit von der Stelle der Heizungen in unterschiedliche Längen ausgebildet. Da die Verdrahtungen, die sich von den Ansteuerungselementen zu den Durchgangsöffnungen **109** erstrecken, mit einer größeren Filmdicke und einer größeren Breite hergestellt werden können, wurde der Unterschied in den Widerstandswerten der Verdrahtungen gemäß den Ausführungsbeispielen 1 und 2 ignoriert.

[0085] Die Verdrahtungswiderstandswerte müssen korrigiert werden, wenn die Heizungen stark voneinander versetzt sind, oder wenn das Ausstoßverhalten stark entsprechend der den Heizungen angelegten Spannung variiert, oder wenn die Verdrahtung von dem Ansteuerungselement zu der Durchgangsöffnung **109** nicht dicker ausgeführt werden kann. Dies kann durch Änderung der Position des Ansteuerungselementes ausgeführt werden.

[0086] Nachstehend ist das vorliegende Ausführungsbeispiel ausführlich beschrieben.

[0087] Wie gemäß dem Ausführungsbeispiel 1 werden Ansteuerungselemente und Logikelemente auf einem Siliziumsubstrat durch den Bi-CMOS-Prozess erzeugt.

[0088] Der Abstand der Ansteuerungselemente ist derselbe wie der Abstand der Heizungen, der 300 dpi beträgt, wobei die Ansteuerungselemente entsprechend dem Versatz der Heizungen angeordnet sind, wie es in **Fig.** 3 dargestellt ist.

[0089] In dem letzten Schritt der Erzeugung der Ansteuerungselemente wird eine Verdrahtungselektrode für jedes Ansteuerungselement aus einem Al-Cu-Material hergestellt, das in einer Dicke von 1,0 µm ausgebildet ist, woraufhin ein Mustern und die Erzeugung einer Zwischenisolierschicht aus einem SiO_2-Material folgt, das in einer Dicke von 1,5 µm ausgebildet ist.

[0090] Dann wird eine 20 µm × 20 µm große Durchgangsöffnung **109** in einem Abschnitt jeder Zwischenschutzschicht geätzt, wo die Ansteuerungselementverdrahtung und eine einzelne Elektrode der Heizung miteinander verbunden werden.

[0091] Wie gemäß dem Ausführungsbeispiel 2 sind die Durchgangsöffnungen **109** entsprechend der Stellen der Heizungen derart ausgebildet, dass der Abstand A zwischen jeder Heizung und der Durchgangsöffnung **109** auf 50 µm fest eingestellt ist. Die Heizungen werden jeweils aus einem TaN-Material gebildet, das in einer Dicke von 0,1 µm ausgebildet ist.

[0092] Auf jeder Heizung ist eine Elektrodenschicht ausgebildet, die aus Al zusammengesetzt ist, das in einer Dicke von 0,6 µm ausgebildet ist, woraufhin ein Mustern unter Verwendung von Photolithographietechniken folgt, wie es in **Fig.** 3 gezeigt ist.

[0093] Wie gemäß dem Ausführungsbeispiel 2 ist jeder Heizung und die gemeinsame Elektrode an einer Stelle entsprechend der Stelle der Heizung derart miteinander verbunden, dass der Abstand B zwischen der Heizung und der gemeinsamen Elektrode auf 100 µm fest eingestellt ist.

[0094] Die Größe jeder Heizung beträgt 25 µm × 50 µm. Die Elektroden sind alle 30 µm dick. Dementsprechend sind die Verdrahtungswiderstandswerte und die Ansteuerungselementverdrahtungswiderstandswerte für jede Heizung fest eingestellt, wodurch ermöglicht wird, dass eine feste Spannung an die Heizungen mit hoher Genauigkeit angelegt wird.

Ausführungsbeispiel 4

[0095] **Fig.** 4 zeigt eine ausführliche Darstellung der Umgebung der Heizungen gemäß dem Ausführungsbeispiel 4 gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0096] Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel kann, wenn die Position des Ansteuerungselementes aufgrund der Verlegung einer Logikverdrahtung oder dergleichen gemäß dem Ausführungsbeispiel 3 nicht geändert werden kann, eine feste Spannung an die Heizungen durch Energieverdrahtungen **410** zur Zufuhr elektrischer Energie zu ihren jeweiligen Ansteuerungselementen angelegt werden.

[0097] Wie es in **Fig.** 4 gezeigt ist, kann der Widerstandswert der Ansteuerungselementverdrahtung durch Ändern der Verbindungspositionen der Energieverdrahtung geändert werden, die zur Zufuhr elektrischer Energie zu dem Ansteuerungselement verwendet wird.

[0098] Dies ermöglicht, dass eine feste Spannung an die Heizungen mit hoher Genauigkeit angelegt werden kann, ohne dass die Position des Ansteuerungselementes geändert wird.

[0099] **Fig.** 10 zeigt eine schematische perspektivische Darstellung eines Tintenstrahldruckers, der den vorstehend beschriebenen Tintenstrahlaufzeichnungskopf verwenden kann.

[0100] Die Tintenstrahlköpfe gemäß jeden der vor-

stehend beschriebenen Ausführungsbeispiele sind entsprechend jedem Tintentyp, Gelb (Y), Magenta (M), Cyan (C) und Schwarz (BK) vorgesehen. Diese vier Tintenstrahlköpfe und Behälter, die jeden ihrer jeweiligen Köpfe zugeführte Tinte enthalten, sind entnehmbar durch einen Wagen **12** getragen. Der Wagen **12** ist gleitfähig an einer Führungswelle **11** angebracht, die ein Abtasten entlang der Führungswelle **11** durch ein Band **52** ermöglicht, das durch einen (nicht gezeigten) Motor angetrieben wird. Ein Druckmedium P wird intermittierend an Abschnitten transportiert, die den Ausstoßöffnungen der Tintenstrahlköpfe gegenüberliegen, während der Wagen **12** abtastet. Anders ausgedrückt wird das Druckmedium P intermittierend durch zwei Paare von Transportwalzen **15** und **16** sowie **17** und **18** transportiert, die durch einen (Motor) in Drehung versetzt werden, wenn sie das Druckmedium P an den vorstehend beschriebenen Abschnitten, die den Ausstoßöffnungen gegenüberliegen, zwischen sich in dem Walzenspalt tragen (nip).

[0101] An der Ausgangsposition des Wagens ist eine Wiedergewinnungseinheit **19** zur Durchführung von Ausstoßwiedergewinnungsvorgängen für jeden der Tintenstrahlköpfe vorgesehen.

[0102] Wie aus der vorstehenden Beschreibung hervorgeht, kann der Tintenstrahlaufzeichnungskopf gemäß der vorliegenden Erfindung konstant ein gutes Tintenausstoßverhalten ohne Variationen in der Druckqualität durch Anlegen einer festen Spannung an die Heizungen bereitstellen, die voneinander versetzt sind. In dem Tintenstrahlaufzeichnungskopf wird Tinte senkrecht auf ein Substrat ausgestoßen, das mit einer Tintenausstoßeinrichtung versehen ist, und jede der Heizungen, die seitlich nebeneinander auf dem Substrat angeordnet sind, werden in einer zeitlich geschachtelten Weise angesteuert, was bewirkt, dass die Auftreffstelle der Tinte auf dem Aufzeichnungsmedium verschoben wird. Dies wird dadurch gelöst, indem die Tinte auf den korrekten Stellen zum Auftreffen gebracht wird, indem die Stelle der Heizungen und der entsprechenden Ausstoßöffnungen verschoben werden. Ein Element zur Ansteuerung jeder der Heizungen ist auf dem Substrat ausgebildet.

[0103] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist eine Verdrahtung dicker ausgeführt, wenn es einen großen Trennabstand zwischen der Heizung und dem Verbindungsabschnitt mit der Antriebselementverdrahtung gibt, oder wenn es einen großen Trennabstand zwischen der Heizung und der gemeinsamen Elektrode gibt, und die Verdrahtung wird dünner ausgeführt, wenn diese Trennabstände klein sind. Dies bewirkt, dass die Verdrahtungswiderstandswerte fest eingestellt sind, wodurch ermöglicht wird, dass eine feste Spannung an die Heizungen angelegt wird.

[0104] Zusätzlich ist es gemäß der vorliegenden Erfindung ebenfalls möglich, eine feste Spannung an die Heizungen anzulegen, indem die Trennabstände zwischen der Heizung zu der Verbindungsstelle mit der Antriebselementverdrahtung fest eingestellt wird, oder der Trennabstand zwischen der Heizung und der Verbindungsstelle der gemeinsamen Elektrodenverdrahtung fest eingestellt wird. Dieses Verfahren wird verwendet, wenn die Elektrode zwischen der Heizung und dem Antriebselement oder der Abstand zwischen der Heizung und der gemeinsamen Elektrode insgesamt kurz ist, oder wenn Widerstandswertkorrekturen dazwischen nicht ausgeführt werden können, oder wenn Verdrahtungskorrekturen nicht entsprechend dem Entwurf ausgeführt werden können, da das Verdrahtungsüberätzausmaß nicht konstant ist, oder wenn der Abstand zwischen der Verbindungsstelle mit der Ansteuerungselementverdrahtung und der Heizung fest eingestellt ist, um zu vermeiden, dass Tinte in Kontakt mit der Verbindungsstelle gerät.

[0105] Weiterhin kann gemäß der vorliegenden Erfindung, wenn es einen Unterschied in den Widerstandswerten aufgrund eines Unterschieds in den Trennabständen zwischen den Verbindungsstellen der Ansteuerungselementverdrahtungen und den Ansteuerungselementen gibt, eine feste Spannung an die Heizungen angelegt werden, indem die Positionen der Ansteuerungselemente verschoben werden.

[0106] Weiterhin kann gemäß der vorliegenden Erfindung, wenn es schwierig ist, die Ansteuerungselemente zu verschieben, sowie beispielsweise, wenn das Verlegen der Logikverdrahtung schwierig ist, eine feste Spannung an die Heizungen angelegt werden, indem der Widerstandswert einer elektrischen Energieverdrahtung korrigiert wird, der zur Zufuhr elektrischer Energie zu dem Ansteuerungselement verwendet wird.

Patentansprüche

1. Tintenstrahlaufzeichnungskopf mit

einer Vielzahl elektrothermischer Umwandlungsteile, wobei jedes Teil einen Heizwiderstand (**102**), der zum Ausstoß von Tinte verwendet wird, und ein Paar Elektroden (**104**, **103**) aufweist, die elektrisch mit dem Heizwiderstand (**102**) verbunden sind,

einer Vielzahl von Ansteuerelementen (**105**), wobei jedes Element elektrisch mit einer Elektrode aus dem Paar der Elektroden (**103**) seines zugehörigen elektrothermischen Umwandlungselements verbunden ist, um seinen zugehörigen Heizwiderstand (**102**) anzusteuern,

einer gemeinsamen Verdrahtung (**107**), die elektrisch mit der anderen Elektrode aus dem Paar der Elektroden (**104**) jedes elektrothermischen Umwandlungsteils verbunden ist,

einer Vielzahl von Ausstoßöffnungen (n), die zum Ausstoß von Tinte verwendet werden, die oberhalb der Heizwiderstände (**102**) vorgesehen sind, entsprechend ihrer jeweiligen Heizwiderstände (**102**),

einem Tintenweg (**312**), der mit den Ausstoßöffnungen (n) kommuniziert, und

einer schlitzförmigen Tintenzufuhröffnung (**108**) zur Zufuhr der Tinte zu dem Tintenweg,
wobei die Vielzahl der Heizwiderstände (**102**) entlang der Tintenzufuhröffnung (**108**) in Längsrichtung davon derart angeordnet sind, dass die kürzesten Abstände der Vielzahl der Heizwiderstände (**102**) zu der Tintenzufuhröffnung (**108**) sich auf der Grundlage der zeitlich geschachtelten Ansteuerungszeitverläufe der Heizwiderstände unterscheiden,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Verdrahtungswiderstandswerte von zumindest einer Elektrode (**103**, **104**) aus jedem Paar der Elektroden (**103**, **104**) im wesentlichen dieselben für all elektrothermischen Umwandlungselemente sind.

2. Tintenstrahlaufzeichnungskopf nach Anspruch 1, wobei das Elektrodenpaar des elektrothermischen Umwandlungsteils nicht zwischen dem Heizwiderstand und der Tintenzufuhröffnung angeordnet ist.

3. Tintenstrahlaufzeichnungskopf nach Anspruch 1, wobei die Elektroden der gemeinsamen Verdrahtung mit gleichen Abständen zu ihren jeweiligen Heizwiderständen für alle elektrothermischen Umwandlungsteile verbunden sind.

4. Tintenstrahlaufzeichnungskopf nach Anspruch 1, wobei die Elektroden und die Ansteuerungselemente bei gleichen Abständen von ihren jeweiligen Heizwiderständen für alle elektrothermischen Umwandlungsteile verbunden sind.

5. Tintenstrahlaufzeichnungskopf nach Anspruch 1, wobei, je näher die Verbindungsstelle der Elektrode und der gemeinsamen Verdrahtung an dem Heizwiderstand liegt oder je näher die Verbindungsstelle der Elektrode und des Ansteuerungselements an dem Heizwiderstand liegt, desto kleiner die Breiten des Paars der Elektroden sind.

6. Tintenstrahlaufzeichnungskopf nach Anspruch 1, wobei die Ansteuerungselemente voneinander derart versetzt sind, dass sie an gleichen Abständen von deren jeweiligen Heizwiderständen angeordnet sind, die mit den Ansteuerungselementen zu verbinden sind.

7. Tintenstrahlaufzeichnungskopf nach Anspruch 1, weiterhin mit einer elektrischen Energieversorgungsverdrahtung zur Versorgung des Ansteuerungselements mit elektrischer Energie, wobei die elektrische Energieversorgungsleitung bei gleichen Abständen von den Heizwiderständen angeordnet ist, die elektrisch mit der elektrischen Energieversorgungsleitung zu verbinden sind.

8. Tintenstrahlaufzeichnungsgerät, das an einen Tintenstrahlaufzeichnungskopf nach Anspruch 1 angebracht ist, wobei das Gerät aufweist:
einen Wagen, der in einer Anordnungsrichtung der Heizwiderstände und in einer Richtung senkrecht zu der Anordnungsrichtung abtasten kann, wobei der Wagen den Kopf aufweist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

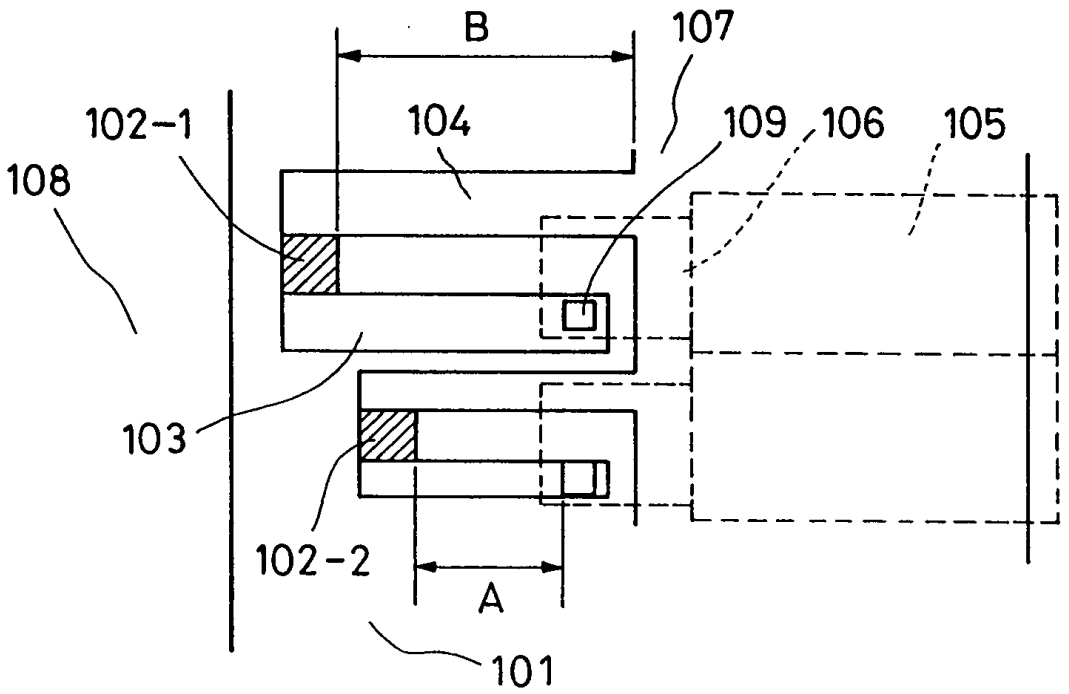


FIG. 2

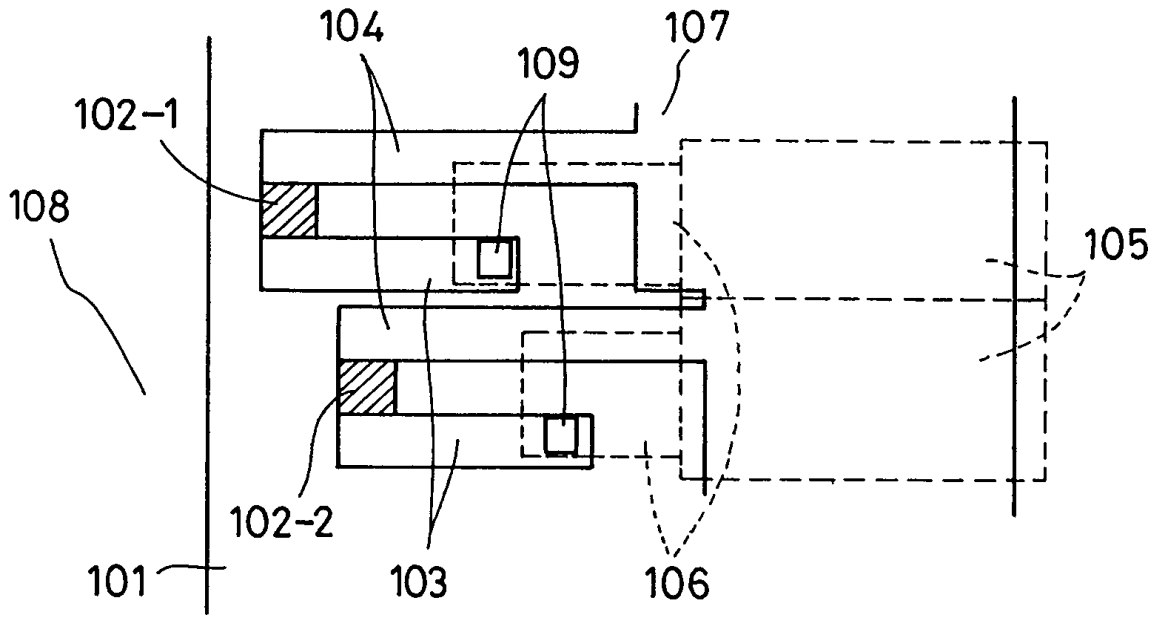


FIG. 3

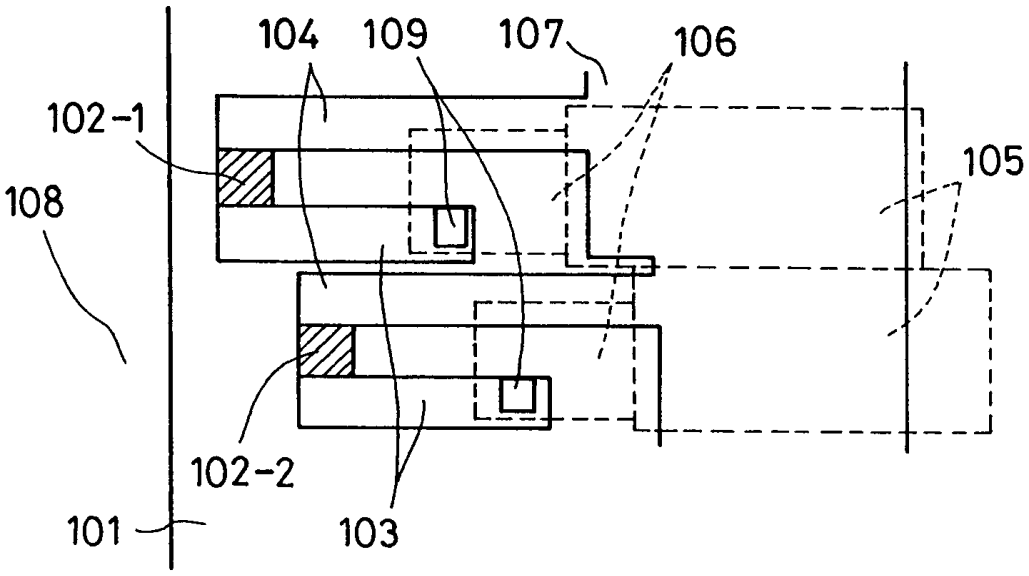

104
109
107
106
102-1
105
108
102-2
101
103

FIG. 4

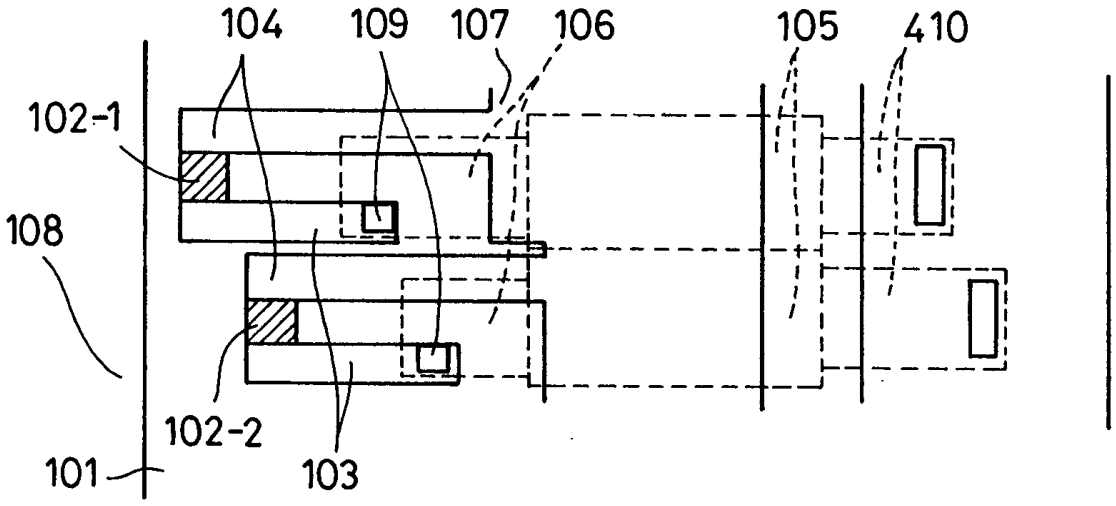

104
109
107
106
105
410
102-1
108
102-2
101
103

FIG. 5

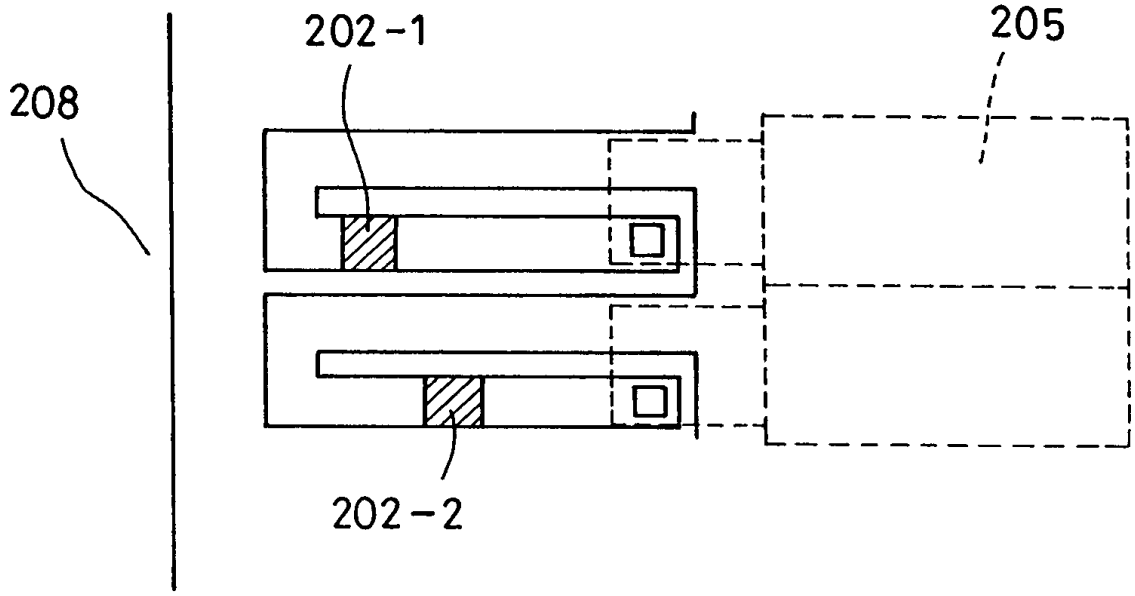


FIG. 6

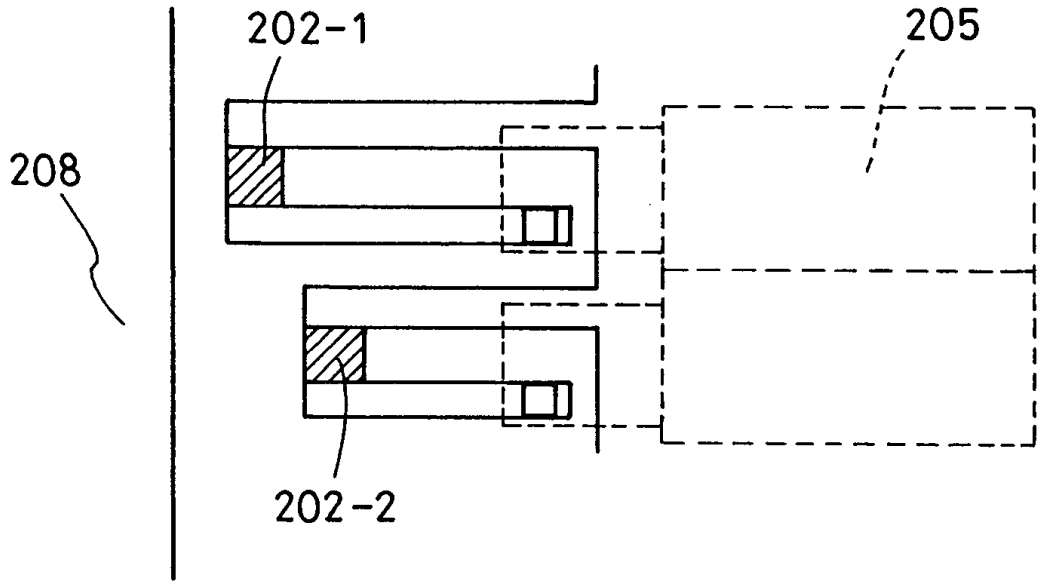


FIG. 7

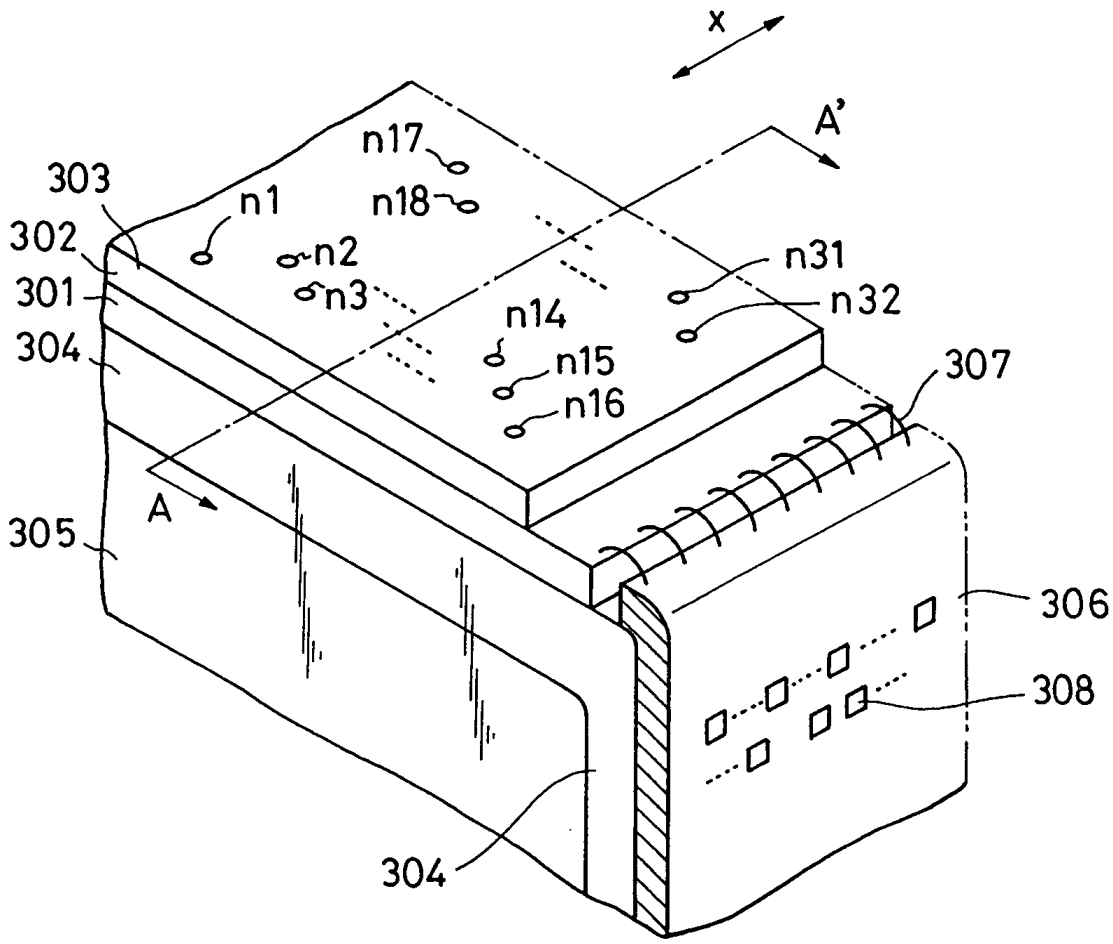

x
A'
n17
303
n1
n18
302
n2
n31
301
n3
n32
n14
304
n15
307
n16
A
305
306
308
304

FIG. 8

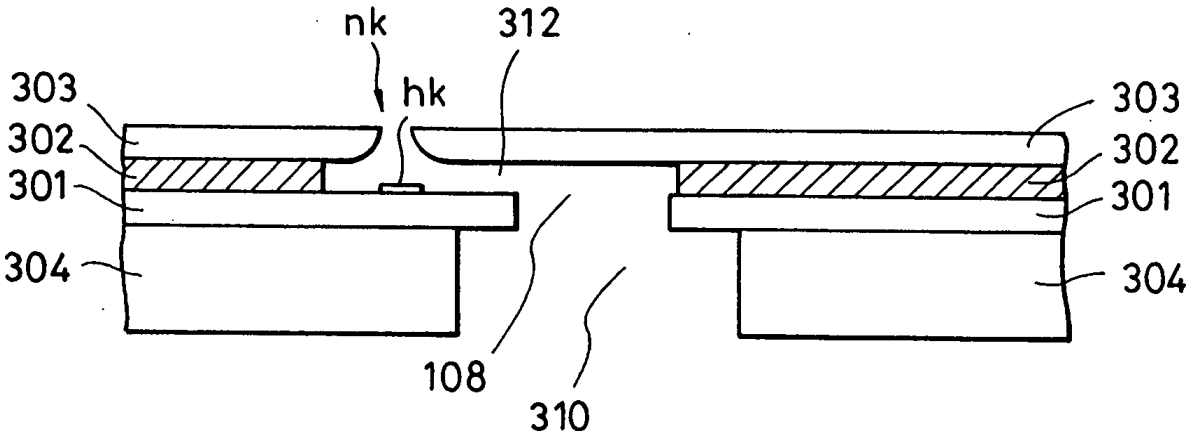

nk
312
303
hk
303
302
302
301
301
304
304
108
310

FIG. 9

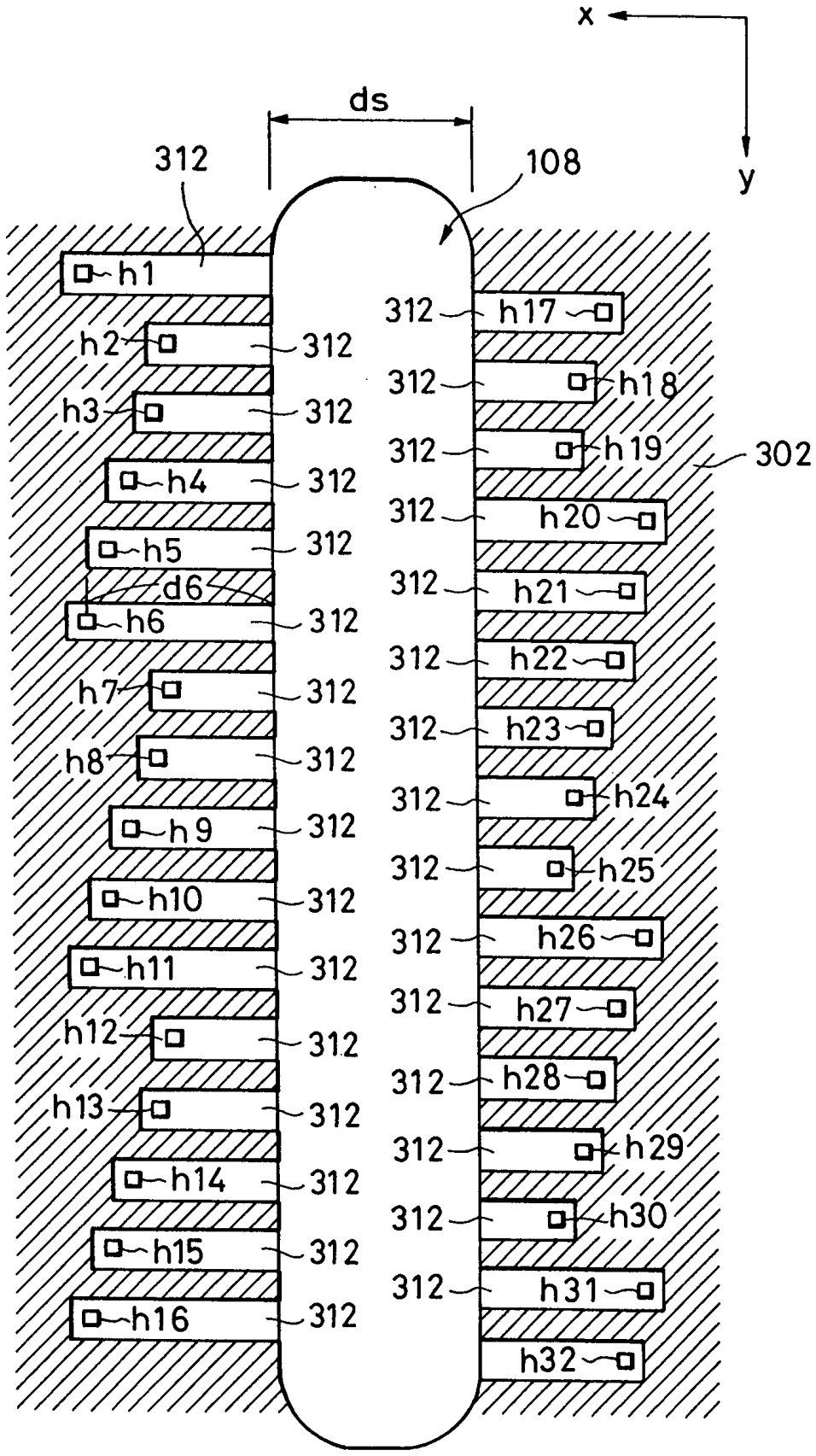

x
y
ds
312
108
302
h1
h2
h3
h4
h5
d6
h6
h7
h8
h9
h10
h11
h12
h13
h14
h15
h16
h17
h18
h19
h20
h21
h22
h23
h24
h25
h26
h27
h28
h29
h30
h31
h32

FIG. 10

