



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 04 812 T2 2004.07.01**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 173 857 B1**

(51) Int Cl.⁷: **H01F 17/00**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 04 812.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/08819**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 920 065.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/60619**

(86) PCT-Anmeldetag: **31.03.2000**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **12.10.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **23.01.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **27.08.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **01.07.2004**

(30) Unionspriorität:

283713 01.04.1999 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(73) Patentinhaber:

Midcom Inc., Watertown, S.D., US

(72) Erfinder:

ABEL, A., David, Watertown, US

(74) Vertreter:

König Szynka von Renesse, 40549 Düsseldorf

(54) Bezeichnung: **MEHRSCICHTIGE TRANSFORMATORANORDNUNG UND VERFAHREN**

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

Technischer Hintergrund der Erfindung

1. Technischer Bereich der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft mehrlagige Transformatoren, insbesondere mehrlagige Transformatoren mit verbesserter magnetischer Kopplung und dielektrischer Durchschlagsspannung zwischen Windungen in dem mehrlagigen Transformator.

2. Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Der Gebrauch von mehrlagigen Transformatoren ist weit bekannt. Im Allgemeinen wird ein mehrlagiger Transformator anhand des folgenden Prozesses konstruiert. Ein magnetisches Material, beispielsweise Ferrit, wird in ein Band gegossen. Das Band wird daraufhin in Bahnen oder Lagen zerschnitten und Durchgangslöcher werden an den benötigten Positionen in jeder der Bandschichten vorgesehen, um einen leitfähigen Pfad zu formen. Leitende Paste wird anschließend auf den Oberflächen der Bandschichten aufgetragen, so dass diese die spiralförmigen Windungen bilden, die an den Durchgangslöchern enden. Danach wird eine Anzahl von Bandlagen mit korrespondierenden leitenden Windungen zu einem Transformator-Gefüge mit mehreren Windungen aufgestapelt, wobei die Durchgangslöcher übereinstimmend angeordnet sind. Die zusammengebrachten Schichten werden unter Wärme und Druck verbunden. Das Gefüge wird dann in einem Sinterofen zu einem homogenen monolithischen Ferrit-Transformator geformt. Mit dem oben dargestellten Prozess können mehrere Transformatoren gleichzeitig hergestellt werden, indem eine Reihe von Durchgangslöchern und leitenden Windungen auf der Oberfläche der Ferrit-Lagen erzeugt werden. Der Transformator kann vor oder nach dem Brennen vereinzelt werden. Die

[0003] **Fig. 1 bis 2** zeigen ein Beispiel eines konventionellen Ferrit-Transformators, der anhand des oben dargestellten Prozesses hergestellt wurde.

[0004] Ein nach dem oben dargestellten Verfahren hergestellter Transformator weist jedoch eine gleichbleibende magnetische Permeabilität innerhalb des mehrlagigen Gefüges auf. Einige der Linien des magnetischen Flusses, der durch die leitenden Windungen erzeugt wird, treten durch die angrenzenden Windungen. Beispielsweise treten bei einem Gefüge, in dem Primär- und Sekundärwicklungen in einem verschachtelten Verhältnis auf verschiedenen Lagen angeordnet sind, nicht alle Flusslinien, die von den Primärwicklungen erzeugt werden, durch die Sekundärwicklungen. Dies ergibt eine ineffiziente Flussverketzung zwischen Primär- und Sekundärwicklungen. Die Effizienz der Flussverketzung zwischen Primär und Sekundärwicklungen kann anhand eines magnetischen Kopplungs-Faktors bestimmt werden. In der Regel ist der magnetische Kopplungs-Faktor zwi-

schen Primär- und Sekundär-Wicklung definiert als

$$\alpha = \sqrt{\frac{L_{pri} - L_{leak}}{L_{pri}}},$$

worin L_{pri} die primäre magnetische Induktivität und L_{leak} diejenige Induktivität ist, die bei einem Kurzschluss der in der Primärwicklung gemessen wird. Es wurde empirisch herausgefunden, dass die Kopplung eine Funktion des Abstands zwischen den Wicklungen ist. Ein Transformator (entsprechend **Fig. 1** und **2**) mit einer gleichbleibenden Permeabilität weist einen magnetischen Kopplungs-Faktor von 0.83 auf.

[0005] Obwohl durch einen geringeren Abstand zwischen den Wicklungen in angrenzenden Schichten ein höherer magnetischer Kopplungsfaktor erreicht werden kann, müssen die Ferrit-Lagen dick genug ausgelegt werden, um die minimale Spannung zu ertragen, bei der kein dielektrischer Durchschlag zwischen den Windungen auftritt. Beispielsweise setzt die Dicke eines typischen NiZn Ferrit Materials mehr als 7 Millizoll (mils) voraus, um 240 Volt Wechselspannung (VAC) zu widerstehen.

[0006] Um einen höheren magnetischen Kopplungsfaktor zu erzielen wird in der US Patentschrift 5,349,743 eine andere Methode vorgeschlagen. Die Patentschrift '743 schlägt zur Erhöhung der Kopplung vor, Durchlässe zu gestalten und zwei getrennte Materialien zu verwenden, um den Pfad des magnetischen Flusses auf einen definierten Kernbereich einzuschränken. Diese Methode ist jedoch sehr teuer und schränkt die Miniaturisierung des Transformators dadurch ein, dass Durchlässe vorgesehen werden müssen, die mit einem anderen als dem Bandmaterial gefüllt werden.

[0007] Folglich gibt es einen Bedarf an verbesserten mehrlagigen Transformatoren mit einer erhöhten magnetischen Kopplung zwischen den Wicklungen. Weiterhin gibt es einen Bedarf an solch einem verbesserten mehrlagigen Transformator, der kostengünstiger und in kleineren Abmessungen konstruiert und/oder der einfach automatisiert massengefertigt werden kann, sowie den angeordneten Sicherheitsanforderungen genügt.

[0008] Die Zusammenfassung des japanischen Patents JP 08 130116 A beschreibt einen Transformator mit einer mehrlagigen Schichtstruktur, entsprechend des Oberbegriffs der Patentansprüche 1, 12, 20. Der Transformator wird aufgebaut, indem elf Schichten von Lagen (2) mit geringer magnetischer Permeabilität übereinander gestapelt werden. Primäre Spiralstrukturen (3) werden auf zwei dieser Lagen gedruckt und sekundäre Spiralstrukturen (4) werden auf vier dieser Lagen (2) gedruckt. Die Lagen mit den primären Spiralstrukturen (3) werden zusammen in der Mitte zwischen zwei Gruppen von Lagen mit sekundären Spiralstrukturen (4) angeordnet. Zwischen den Lagen mit den primären Spiralstrukturen (3) und den Lagen mit den sekundären Spiralstrukturen (4), werden auf jeder Seite zwei Lagen (2) eingeführt, die

eine Paste (5) aus magnetischem Material mit hoher magnetischer Permeabilität auf Teilbereichen tragen. Eine dielektrische Schicht mit einer im Vergleich zu den Lagen (den Bändern) geringeren Permeabilität wird nicht zwischen die Lagen eingeführt.

Zusammenfassung der Erfindung

[0009] Zur Überwindung der Einschränkungen in dem zuvor beschriebenen Stand der Technik und zur Überwindung weiterer Einschränkungen, die beim Lesen und Begreifen der vorliegenden Ausführung offenkundig werden, sieht die vorliegende Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung vor, die einen mehrlagigen Transformator mit verbesserter magnetischer Kopplung bereitstellt, ohne dass dessen elektrisch isolierende Charakteristik beeinflusst wird.

[0010] Die vorliegende Erfindung stellt eine Schicht aus dielektrischem Material mit geringer Permeabilität bereit, die dünner, aber mechanisch und chemisch kompatibel zu dem Band mit hoher Permeabilität ist. Die dünne Schicht kann auf, unter oder zwischen den leitenden Windungen angeordnet sein. Es versteht sich, dass die dünne Schicht durch Siebdruck auf die Bänder aufgedruckt oder aufgeklebt werden kann. Die dünnen Schichten erzeugen innerhalb des Gefüges Bereiche mit unterschiedlicher Permeabilität. Das dielektrische Material in den dünnen Schichten reagiert während des Sinterns zusätzlich chemisch mit den Ferrit-Lagen um die Permeabilität des Ferrits gezielt in den verdeckten Bereichen zu reduzieren. Das dielektrische Material geringer Permeabilität formt einen Pfad mit einem für den magnetischen Fluss hohen magnetischen Widerstand zwischen den Wicklungen, wodurch eher die Bildung des magnetischen Flusses in dem gewünschten magnetischen Kernvolumen als Kurzschlüsse zwischen den Wicklungen unterstützt wird. Auf diese Weise wird eine bessere Flussverkettung zwischen allen Primär- und Sekundärwicklungen erwirkt, wodurch der magnetische Kopplungsfaktor bedeutend verbessert wird.

[0011] In einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung weist ein Transformator mit einer mehrlagigen Struktur eine Vielzahl von Bändern auf, die übereinandergeschichtet sind, mit einem magnetischen Kernbereich in der Nähe eines Zentrums der Bänder des Transformators, eine Primärwicklung auf mindestens einem der Bänder, eine Sekundärwicklung auf mindestens einem der Bänder, eine erste Vielzahl von Verbindungslöchern, die die Primärwicklungen zwischen den Bändern verbinden, eine zweite Vielzahl von Verbindungslöchern, die die Sekundärwicklungen zwischen den Bändern verbinden, und eine Lage in der Nähe von mindestens einer der Primär- und Sekundärwicklungen zwischen den Bändern, wobei die Schicht aus einem dielektrischen Material mit geringerer Permeabilität im Vergleich zu dem der Bänder besteht, so dass ein Pfad mit hohem Widerstand für den magnetischen Fluss zwischen den

Wicklungen entsteht, so dass der magnetische Fluss in dem magnetischen Kernbereich maximiert wird.

[0012] Weiterhin können die Primär- und Sekundärwicklungen in einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung in einem verschlungenen Verhältnis auf den Bändern angeordnet sein.

[0013] Weiterhin können die Primär- und Sekundärwicklungen in einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung auf benachbarten Bändern angeordnet sein.

[0014] Weiterhin können die Primär- und Sekundärwicklungen in einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung auf demselben Band angeordnet sein.

[0015] In einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist die Schicht mechanisch und chemisch kompatibel mit den Bändern.

[0016] Weiterhin ist die Schicht in einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung per Siebdruck auf die Primär- und Sekundärwicklungen aufgedruckt.

[0017] Weiterhin ist die Schicht in einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung auf die Primär- und Sekundärwicklungen aufgeklebt.

[0018] Weiterhin hat die Schicht in einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung eine Bandform.

[0019] Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung ist, dass die magnetische Kopplung zwischen den Primär- und Sekundärwicklungen bedeutend erhöht wird. Der magnetische Kopplungs-Faktor in der vorliegenden Erfindung kann ca. 0,95 erreichen.

[0020] In der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass das dielektrische Material mit der geringen Permeabilität (d.h. die dünne Schicht) ein höheres dielektrisches Verhältnis Volt/Millizoll (volt/mil) als das konventionelle Ferrit Material (z.B. NiZn Ferrit), welches für die Bandlagen verwendet wird, aufweist. Folglich ist ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung, dass diese eine allgemeine Reduzierung der Banddicken, die zur Bewältigung der dielektrischen Testspannungen benötigt werden, ermöglicht, wobei für jeden Transformator insgesamt weniger Material verwendet wird.

[0021] Ein dritter Vorteil der vorliegenden Erfindung liegt in den geringeren Herstellungskosten. Ein Siebdruckprozess ist deutlich schneller als das Einbringen von Öffnungen in ein Volumen. Siebe sind zudem in der Regel deutlich billiger als Werkzeuge zum Erzeugen von Öffnungen. Weiterhin wird durch die Werkzeuggröße und -geschwindigkeit eingeschränkt, wie klein Öffnungen in Bandlagen praktisch sein können, wohingegen Siebe ohne hohe Kosten mit feinen Details ausgeführt werden können. Dünne Ferrit-Bandlagen reduzieren zudem die Gesamthöhe und/oder das Gesamtgewicht des Transformators.

[0022] Die vorliegende Erfindung ermöglicht weiterhin ein Verfahren zur Herstellung eines mehrlagigen Transformators, wobei dieser die folgenden Schritte umfasst: Anfertigen eines magnetischen Materials in einem mehrlagigen Bandformat, Anordnen einer leitenden Wicklung auf mindestens einer Schicht des

mehrlagigen Bandgefüges, Anfertigen einer Vielzahl von Durchgangslöchern in den Schichten, um die leitenden Wicklungen gezielt zu verbinden, Anordnen eines nicht-magnetischen Materials in der Nähe zu wenigstens einer der leitenden Wicklungen.

[0023] Diese und verschiedene weitere Vorteile und Neuheitsmerkmale, die die Erfindung charakterisieren, werden genau in den beiliegenden und einen Teil hierzu darstellenden Ansprüchen aufgezeigt. Dennoch sollte, zum besseren Verständnis der Erfindung, ihrer Vorteile und der durch ihren Gebrauch erzielten Absichten, Bezug auf die Zeichnungen genommen werden, die einen weiteren Teil hierzu darstellen, und zu dem begleitenden schriftlichen Inhalt, in dem spezifische Beispiele einer der Erfindung entsprechenden Vorrichtung dargestellt und beschrieben werden.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0024] In den Zeichnungen stellen gleiche Referenznummern durchgehend entsprechende Teile dar:

[0025] **Fig. 1** stellt eine Explosionsansicht eines konventionellen mehrlagigen Transformators dar.

[0026] **Fig. 2** stellt eine Querschnittsansicht entlang der Linie **2-2** in **Fig. 1** eines konventionellen mehrlagigen Transformators dar.

[0027] **Fig. 3** stellt eine Explosionsansicht eines erfindungsgemäßen mehrlagigen Transformators dar.

[0028] **Fig. 4** stellt eine Querschnittsansicht entlang der Linie **4-4** des mehrlagigen Transformators in **Fig. 3** dar.

[0029] **Fig. 5** stellt eine Querschnittsansicht eines mehrlagigen Transformators in einer weiteren erfindungsgemäßen Ausgestaltung dar.

Ausführliche Beschreibung der bevorzugten Ausgestaltungen

[0030] Die vorliegende Erfindung umfasst ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ausstattung eines mehrlagigen Transformators mit einer verbesserten magnetischen Kopplung ohne dass dessen elektrische Isolationseigenschaften beeinflusst werden.

[0031] Die vorliegende Erfindung stellt eine Schicht aus einem dielektrischen Material mit geringer Permeabilität bereit, die dünner als aber mechanisch und chemisch kompatibel zu dem Band mit der höheren Permeabilität ist. Die dünnen Schichten können von oben auf, von unten auf oder zwischen den leitenden Wicklungen angeordnet sein. Die dünnen Schichten erzeugen Bereiche unterschiedlicher Permeabilität innerhalb des Gefüges. Das dielektrische Material in den dünnen Schichten reagiert während des Sinterns zusätzlich chemisch mit den Ferrit-Lagen, um die Permeabilität des Ferrits gezielt in den verdeckten Bereichen zu reduzieren. Das dielektrische Material geringer Permeabilität formt einen Pfad mit einem für den magnetischen Fluss hohen magnetischen Widerstand zwischen den Wicklungen, wodurch eher

die Bildung des magnetischen Flusses in dem gewünschten magnetischen Kernvolumen als Kurzschlüsse zwischen den Wicklungen unterstützt wird. Auf diese Weise wird eine bessere Flussverkettung zwischen allen Primär- und Sekundärwicklungen, wodurch der magnetische Kopplungsfaktor bedeutend verbessert wird.

[0032] In den bevorzugten Ausgestaltungen, dargestellt in den **Fig. 3 – 5**, ist ein Transformator mit einer mehrlagigen Struktur dargestellt. Der Transformator weist übereinander gestapelte Bänder mit Wicklungen auf mindestens einigen dieser Bändern auf. Die Wicklungen sind zwischen den Bändern über Verbindungslöcher verbunden. Der Transformator beinhaltet weiter eine dünne Schicht, die per Siebdruck auf mindestens einige der Wicklungen aufgebracht ist oder aufgeklebt wird. Die dünne Schicht besteht aus einem dielektrischen Material mit geringerer Permeabilität als das der Bänder, so dass zwischen den Wicklungen benachbarter Bänder ein Pfad hohen Widerstands für den magnetischen Fluss entsteht. Folglich wird die Flussverkettung zwischen den Primär- und Sekundärwicklungen verbessert und ein höherer magnetischer Kopplungsfaktor kann erreicht werden.

[0033] In der folgenden Beschreibung der bevorzugten Ausgestaltungen wird Bezug auf die beiliegenden Zeichnungen genommen, die Teil der Beschreibung sind und die in Form von Abbildungen eine besondere Ausgestaltung zeigen, in der die Erfindung ausgeführt werden kann. Es versteht sich, dass andere Ausgestaltungen genutzt werden können und strukturelle Änderungen vorgenommen werden können, ohne den Geltungsbereich der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0034] In **Fig. 1** besteht ein konventioneller mehrlagiger Transformator aus einer Abschlusskappe (Deckellage) **102**, einer Lage **104**, Primärwicklungs-Lagen **106**, **110** mit entsprechenden Primärwicklungen **122** und **126**, Sekundärwicklungs-Lagen **108**, **112** mit entsprechenden Sekundärwicklungen **124**, **128**, einer Bodenkappe (Bodenlage) **114** und Durchgangslöchern **119a**, **119b**, **119c**, **119d**, **120a**, **120b**, **120c**, **120d**, **121a**, **121b**, **121d**, **121e**, **123b**, **123d**, **123e**, **123f**, **125d** und **125f**. die Deckellage **102** des mehrlagigen Transformators **100** kann vier Anschlussfelder **116a–d** und vier leitende Durchgangsbohrungen **119a–d** aufweisen. Zwei der Anschlussfelder **116b**, **c** sind an eine Anfangsader der Primärwicklung und entsprechend an eine Endader der Primärwicklung angeschlossen. Die zwei weiteren Anschlussfelder sind an eine Anfangsader der Sekundärwicklung und entsprechend an eine Endader der Sekundärwicklung angeschlossen. Die Primärwicklungs-Lagen **106**, **110** und die Sekundärwicklungs-Lagen **108**, **112** können in einem verschachtelten Verhältnis übereinander gestapelt sein. Die Primärwicklung **122** ist mit dem Anschlussfeld **116c** über die Durchgangslöcher **119c** und **120c** und mit der Primärwicklung **126** über die Durchgangslöcher **121e** und **123e** verbunden. Die Primärwicklung **126** ist mit dem Anschlussfeld

116b über die Durchgangslöcher **123b**, **121b**, **120b** und **119b** verbunden.

[0035] Auf die gleiche Weise ist die Sekundärwicklung **124** mit dem Anschlussfeld **116a** über die Durchgangslöcher **119a**, **120a**, **121a** und mit der Sekundärwicklung **128** über die Durchgangslöcher **123f**, **125f** verbunden. Die Sekundärwicklung **128** ist mit dem Anschlussfeld **116d** über die Durchgangslöcher **125d**, **123d**, **121d**, **120d** und **119d** verbunden.

[0036] **Fig. 2** stellt eine Querschnittsansicht entlang der Linie **2-2** in **Fig. 1** dar. In dem Gefüge stellen die schraffierten Quadrate die Windungen der Primärwicklungen **122** und **126** und die nicht ausgefüllten Quadrate die Windungen der Sekundärwicklungen **124** und **128** dar. Die Permeabilität der Ferrit-Lage ist über den gesamten mehrlagigen Transformator gleich. Einige Wirkungslinien des magnetischen Flusses **129a-f** nehmen die Abkürzung zwischen den Wicklungen. Die Dicke der Ferrit-Lagen muss groß genug ausgelegt werden, um einen Durchschlag zwischen den Wicklungen zu verhindern.

[0037] In **Fig. 3** ist ein mehrlagiger Transformator in einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung dargestellt. Das erfindungsgemäße Gefüge besteht aus einer Abschlusskappe (Deckellage) **152**, einer Lage **154**, Primärwicklungs-Lagen **156, 160** mit entsprechenden Primärwicklungen **172** und **176**, Sekundärwicklungs-Lagen **158, 162** mit entsprechenden **174** und **178**, einem Bodendeckel (Bodenlage) **164** und leitenden Verbindungslöchern **169a, 169b, 169c, 169d, 170a, 170b, 170c, 170d, 171a, 171b, 171d, 171e, 173b, 173d, 173e, 173f, 175d** und **175f**. Die Deckellage **152** des mehrlagigen Transformators **150** kann vier Anschlussfelder **166a-d** und vier leitende Durchgangsbohrungen **169a-d** aufweisen. Zwei der Anschlussfelder **166b, c** sind an eine Anfangsader der Primärwicklung angeschlossen. Die weiteren Anschlussflächen **166a, d** sind mit einer Anfangsader der Sekundärwicklung und einer entsprechenden Endader der Sekundärwicklung verbunden. Die Primärwicklungs-Lagen **156, 160** und die Sekundärwicklungslagen **158, 162** können in einem verschachtelten Verhältnis übereinander gestapelt sein. Die Primärwicklung **172** ist mit dem Anschlussfeld **166e** über die Durchgangslöcher **169c** und **170c** und mit der Primärwicklung **176** über die Durchgangslöcher **171e** und **173e** verbunden. Die Primärwicklung **176** ist mit dem Anschlussfeld **166b** über die Durchgangslöcher **173b, 171b, 170b** und **169b** verbunden. In gleicher Weise ist die Sekundärwicklung **174** mit dem Anschlussfeld **166a** über die Durchgangsbohrungen **169a, 170a** und **171a** und mit der Sekundärwicklung **178** über die Durchgangslöcher **173f** und **175f** verbunden. Die Sekundärwicklung **178** ist mit dem Anschlussfeld **166d** über die Durchgangslöcher **175d, 173d, 171d, 170d** und **169d** verbunden. Auf die Primär- und Sekundärwicklungen **172, 174, 176** und **178** wird eine dünne Schicht **180** aus dielektrischem Material mit einer ge-

ringen Permeabilität per Siebdruck aufgebracht oder aufgeklebt (in **Fig. 3** als schraffierter Bereich dargestellt). Die dünne Schicht kann auf den Primär- und Sekundärwicklungen, unter den Primär- und Sekundärwicklungen, oder zwischen den Primär- und Sekundärwicklungen angeordnet sein. Das dielektrische Material mit geringer Permeabilität ist mechanisch und chemisch kompatibel zu dem Ferrit-Band mit höherer Permeabilität. Während des Sinterns reagiert das dielektrische Material geringer Permeabilität zudem mit dem Ferrit-Band um die Permeabilität des Ferrits gezielt in dem per Siebdruck bedruckten Bereich zu reduzieren. Auf diese Weise wird in jedem Wicklungsband ein Bereich mit unterschiedlicher Permeabilität erreicht. Die dünne Lage **180** stellt einen Pfad mit hohem magnetischem Widerstand für den magnetischen Fluss zwischen den benachbarten Primär- und Sekundärwicklungen **172, 174, 176** und **178** dar, so dass die Ausbildung des Flusses in dem gewünschten magnetischen Kernbereich **182**, der in der Nähe des Bänderschwerpunkts des Transformators **150** liegt, unterstützt wird. Eine höhere Flussverkettung zwischen den Primär- und Sekundärwicklungen wird erreicht. Dementsprechend wird der magnetische Kopplungsfaktor bedeutend erhöht. Der magnetische Kopplungsfaktor des Transformators kann ungefähr 0,95 erreichen. Weiterhin ist ein dielektrisches Material geringer Permeabilität, welches für die dünne Schicht **180** verwendet wird, vorgesehen, das ein höheres dielektrisches Verhältnis von Volt/Millizoll (volt/mil) als das NiZn-Ferrit-Material aufweist, welches für die Bandlagen verwendet werden kann. Folglich kann die erforderliche Dicke zur Beherrschung der dielektrischen Spannungen reduziert werden.

[0038] **Fig. 4** stellt eine Querschnittsansicht entlang der Linie **4-4** in **Fig. 3** dar. In **Fig. 4** stellen die schraffierten Quadrate die Windungen der Primärwicklungen **172** und **176**, die leeren Quadrate die Windungen der Sekundärwicklungen **174, 178** und die gestrichelten Linien die dünnen Schichten **180** dar. Der magnetische Fluss **184** wird davon abgehalten, in den Bereich zwischen den Wicklungen zu entweichen. Der magnetische Fluss **184** fließt in dem gewünschten magnetischen Kernbereich **182**. Es versteht sich, dass die Windungen der Wicklungen entsprechend den Anforderungen variiert werden können. Es versteht sich ebenfalls, dass die Formen und Maße der Wicklungen innerhalb des Geltungsbereichs der Erfindung verändert werden können.

[0039] **Fig. 5** zeigt eine weitere erfindungsgemäße Ausgestaltung eines Transformators **190**. In **Fig. 5** ist eine Primär- und Sekundärwicklung auf jeder der Wicklungslagen **192** aufgetragen. In **Fig. 5** stellen die schraffierten Quadrate **194** die Windungen der Primärwicklungen und die leeren Quadrate **196** die Windungen der Sekundärwicklungen dar. Die von den gestrichelten Linien umrandeten Bereiche, stellen die dünnen Schichten aus einem dielektrischen Material geringer Permeabilität dar. Der magnetische Fluss

200 (vereinfacht als eine Flusslinie dargestellt) wird durch einen gewünschten magnetischen Kernbereich **202** gezwungen. Der magnetische Fluss **200** wird davon abgehalten, in den Bereich zwischen den Wicklungen einzutreten. Der Transformator **190** hat die magnetische Kopplung und die dielektrische Durchschlagsspannung zwischen den Wicklungen verbessert.

[0040] Bei der Herstellung eines mehrlagigen Transformators, entsprechend der Bezugsnummer **150** in den **Fig. 3** und **4**, wird ein magnetisches Material in einem mehrlagigen Bandgefüge vorbereitet. Leitfähige Wicklungen werden auf einige der Bänder gedruckt. Leitfähige Verbindungslöcher werden zur Verbindung der Primär- und Sekundärwicklungen zwischen den Bändern hergestellt. Eine dünne Schicht aus einem dielektrischen Material geringer Permeabilität wird per Siebdruck auf mindestens eines der Bänder mit den leitfähigen Wicklungen aufgebracht oder aufgeklebt. Unter Wärme und Druck werden die Bänder in angepasster Ausrichtung zu einem mehrlagigen Transformator verbunden.

[0041] Der zuvor verwendete Begriff nicht-magnetisches Material bezieht sich auf ein Material, dessen Permeabilität niedrig im Vergleich zu demjenigen Material des Bauteils ist.

[0042] In dem zuvor beschriebenen Transformator kann der magnetische Kopplungsfaktor ungefähr 0,95 erreichen. Es wird geschätzt, dass die magnetische Kopplung, abhängig von den gewünschten Spezifikationen der Materialien, im Geltungsbereich der Erfindung weiter verbessert werden kann.

[0043] Die Deckellage und nachfolgende Lagen eines Transformators könne aus einem ferritischen Material in Bandform hergestellt sein. Beispielsweise können die Bänder Low-Temperature-Coriefied Ceramic (LTCC)-Bänder oder High-Temperature-Coriefied Ceramic (HTCC) Bänder sein.

[0044] Es wird geschätzt, dass eine Vielzahl an Transformatoren gleichzeitig hergestellt werden kann. Eine Massenfertigung von Transformatoren in hoher Stückzahl kann schon durch das Anordnen eines großen Aufgebots an Durchgangslöchern, leitfähigen Wicklungen und dünnen Schichten niedriger Permeabilität auf Lagen aus magnetischem Material, wie beispielsweise Ferrit-Material, realisiert werden. Die einzelnen Transformatoren können vor oder nach dem Brennen getrennt werden.

[0045] Die dünnen Schichten niedriger Permeabilität können auf allen Wicklungen angeordnet sein.

[0046] Zahlreiche Änderungen und Variationen sind im Lichte der zuvor ausgeführten Lehre möglich. Bestimmungsgemäß wird der Wirkungsbereich der Erfindung nicht durch die detaillierte Beschreibung, sondern durch die anhängenden Patentansprüche eingeschränkt.

Patentansprüche

1. Ein Transformator (**150**) mit einer mehrlagigen

Bandstruktur mit

– einer Primärwicklung (**172, 176**) auf mindestens einem der Bänder (**156, 160**);

– einer Sekundärwicklung (**174, 178**) auf mindestens einem der Bänder (**158, 162**);

gekennzeichnet durch

– eine Vielzahl von Bändern (**156, 160, 158, 162**), die übereinander geschichtet sind mit einem magnetischen Kernbereich (**182**) in der Nähe eines Zentrums der Bänder des Transformators, wobei die Bänder den magnetischen Fluss durch den magnetischen Kernbereich (**182**) leiten;

– eine erste Vielzahl von Verbindungsbohrungen (**171e, 173e**), die Primärwicklungen (**172, 176**) zwischen den Bändern verbinden und eine zweite Vielzahl von Verbindungsbohrungen (**173f, 175f**), die Sekundärwicklungen (**174, 178**) zwischen den Bändern verbinden; und

– eine dielektrische Schicht (**180**) mit einer geringeren Permeabilität im Vergleich zu derjenigen der Bänder, wobei die dielektrische Schicht in der Nähe von zumindest einer der Primär- und Sekundärwicklungen (**172, 174, 176, 178**) zwischen den Bändern angeordnet ist und die dielektrische Schicht einen Weg mit hohem magnetischem Widerstand für den magnetischen Fluss zwischen den Primär- und Sekundärwicklungen bildet.

2. Der Transformator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Primär- und die Sekundärwicklungen in einem verschachtelten Verhältnis auf den Bändern angeordnet sind.

3. Der Transformator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Primär- und die Sekundärwicklungen auf benachbarten Bändern angeordnet sind.

4. Der Transformator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Primär und die Sekundärwicklungen auf demselben Band angeordnet sind.

5. Der Transformator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht mechanisch und chemisch kompatibel zu den Bändern ist.

6. Der Transformator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht durch Siebdruck auf die Primär- und Sekundärwicklungen aufgedruckt ist.

7. Der Transformator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht auf die Primär- und Sekundärwicklungen aufgeklebt ist.

8. Der Transformator nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Schicht mit einem Format des Bandes.

9. Der Transformator nach Anspruch 1, dadurch

gekennzeichnet, dass die Schicht auf der Oberseite von mindestens einer Primär- und Sekundärwicklung zwischen den Bändern angeordnet ist.

10. Der Transformator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht auf der Unterseite von mindestens einer Primär- und Sekundärwicklung zwischen den Bändern angeordnet ist.

11. Der Transformator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht innerhalb von mindestens einer Primär- und Sekundärwicklung zwischen den Bändern angeordnet ist.

12. Ein Transformator (150) mit einer mehrlagigen Bandstruktur mit einer Vielzahl von Verbindungsbohrungen (171e, 173e, 173f, 175f), die in den Schichten zur Verbindung der leitenden Wicklungen zwischen den Schichten angeordnet sind; gekennzeichnet durch

– ein magnetisches Material (156, 160, 158, 162) in einer mehrlagigen Bandstruktur, das den magnetischen Fluss durch einen gewünschten magnetischen Kernbereich leitet (182);

– eine leitende Wicklung (172, 174, 176, 178), angeordnet auf mindestens zwei Schichten der mehrlagigen Struktur;

– ein nicht-magnetisches Material (180), angeordnet auf mindestens einer der leitenden Wicklungen, wobei das nicht-leitende Material einen Weg mit hohem magnetischem Widerstand für den magnetischen Fluss zwischen den leitenden Wicklungen bildet und das nicht-magnetische Material eine geringere Permeabilität im Vergleich zu dem mehrlagigen Band aufweist.

13. Der Transformator nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die leitenden Wicklungen in einem verschachtelten Verhältnis auf den Schichten der mehrlagigen Bandstruktur angeordnet sind.

14. Der Transformator nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die leitenden Wicklungen auf benachbarten Bändern angeordnet sind.

15. Der Transformator nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die leitenden Wicklungen auf demselben Band angeordnet sind.

16. Der Transformator nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das nicht-magnetische Material mechanisch und chemisch kompatibel zu der mehrlagigen Bandstruktur ist.

17. Der Transformator nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das nicht-magnetische Material durch Siebdruck auf die leitenden Wicklungen aufgedruckt ist.

18. Der Transformator nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das nicht-magnetische Material auf die leitenden Wicklungen aufgeklebt ist.

19. Der Transformator nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch ein nichtmagnetisches Material mit dem Format des Bandes.

20. Ein Verfahren zur Herstellung eines mehrlagigen Transformators (150) mit einer leitenden Wicklung (172, 174, 176, 178) auf mindestens zwei Schichten der mehrlagigen Bandstruktur, gekennzeichnet durch

– das Bearbeiten eines magnetischen Materials (156, 160, 158, 162) in eine mehrlagige Bandstruktur, wobei das magnetische Material den magnetischen Fluss durch einen gewünschten magnetischen Kernbereich (182) leitet;

– das Vorbereiten einer Vielzahl von Durchgangsbohrungen (171e, 173e, 173f, 175f) in den Schichten zur gezielten Verbindung der leitenden Wicklungen und – das Anordnen eines nicht-magnetischen Materials (180) in der Nähe zu mindestens einer der leitenden Wicklungen, wobei das nicht-magnetische Material einen Weg mit hohem magnetischem Widerstand für den magnetischen Fluss zwischen den leitenden Wicklungen bildet und das nicht-magnetische Material eine geringere Permeabilität im Vergleich zu dem mehrlagigen Band aufweist.

21. Das Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass eine der leitenden Wicklungen eine Primärwicklung ist, eine der leitenden Wicklungen eine Sekundärwicklung ist und die Primär- und Sekundärwicklung in einem verschachtelten Verhältnis auf der Schicht angeordnet sind.

22. Das Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass eine der leitenden Wicklungen eine Primärwicklung ist, eine der leitenden Wicklungen eine Sekundärwicklung ist und die Primär- und Sekundärwicklung auf derselben Schicht angeordnet sind.

23. Das Verfahren nach Anspruch 20, gekennzeichnet durch ein nichtmagnetisches Material mit dem Format des Bandes.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

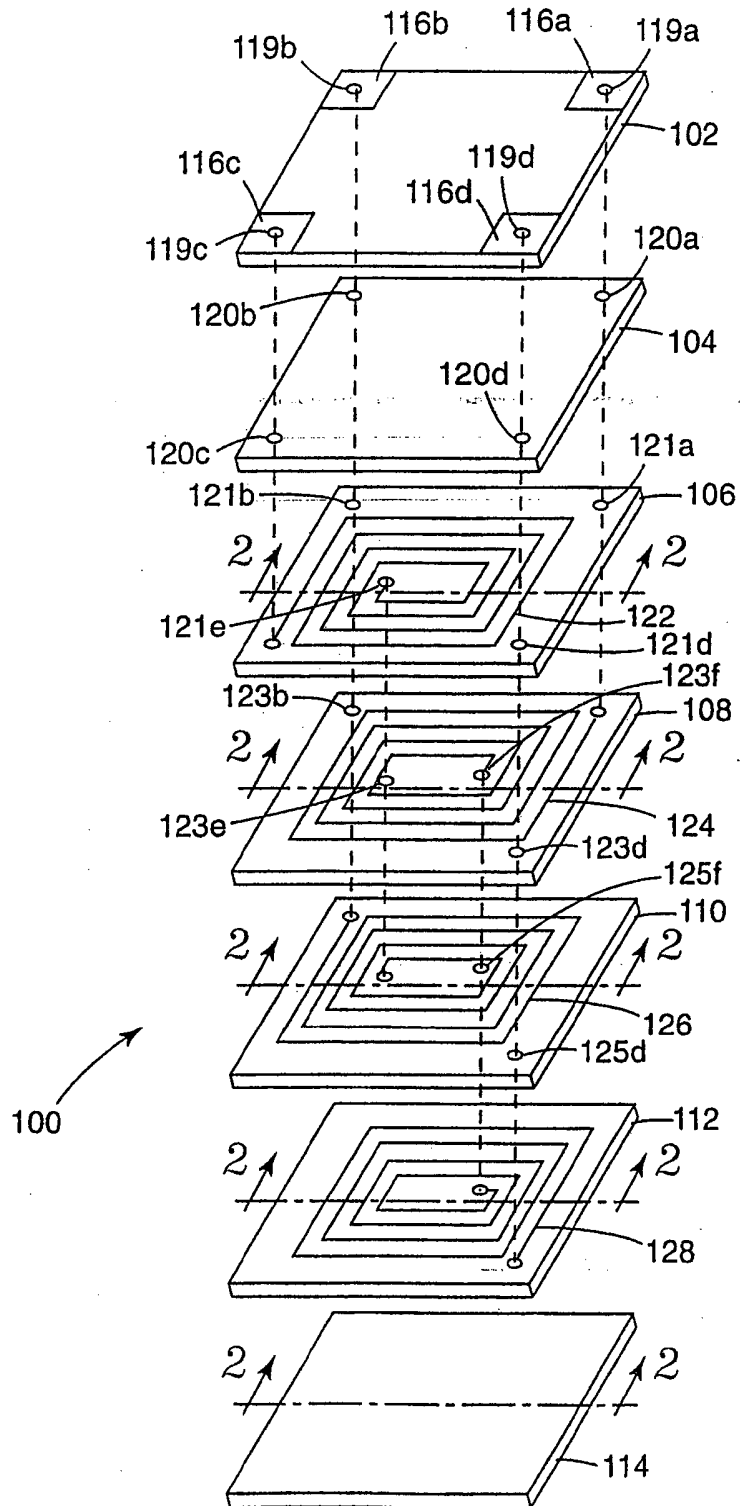


Fig. 1

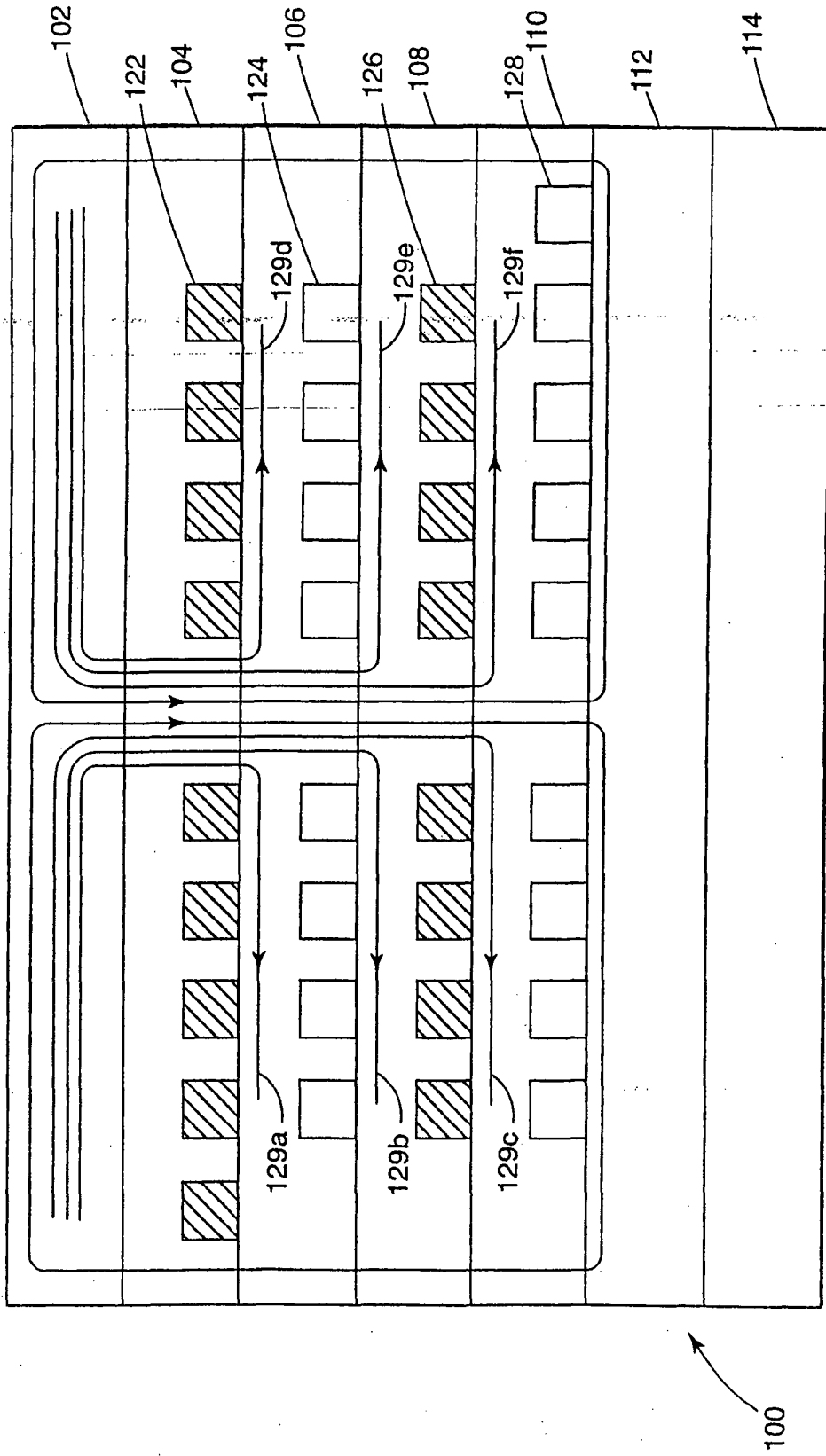


Fig. 2

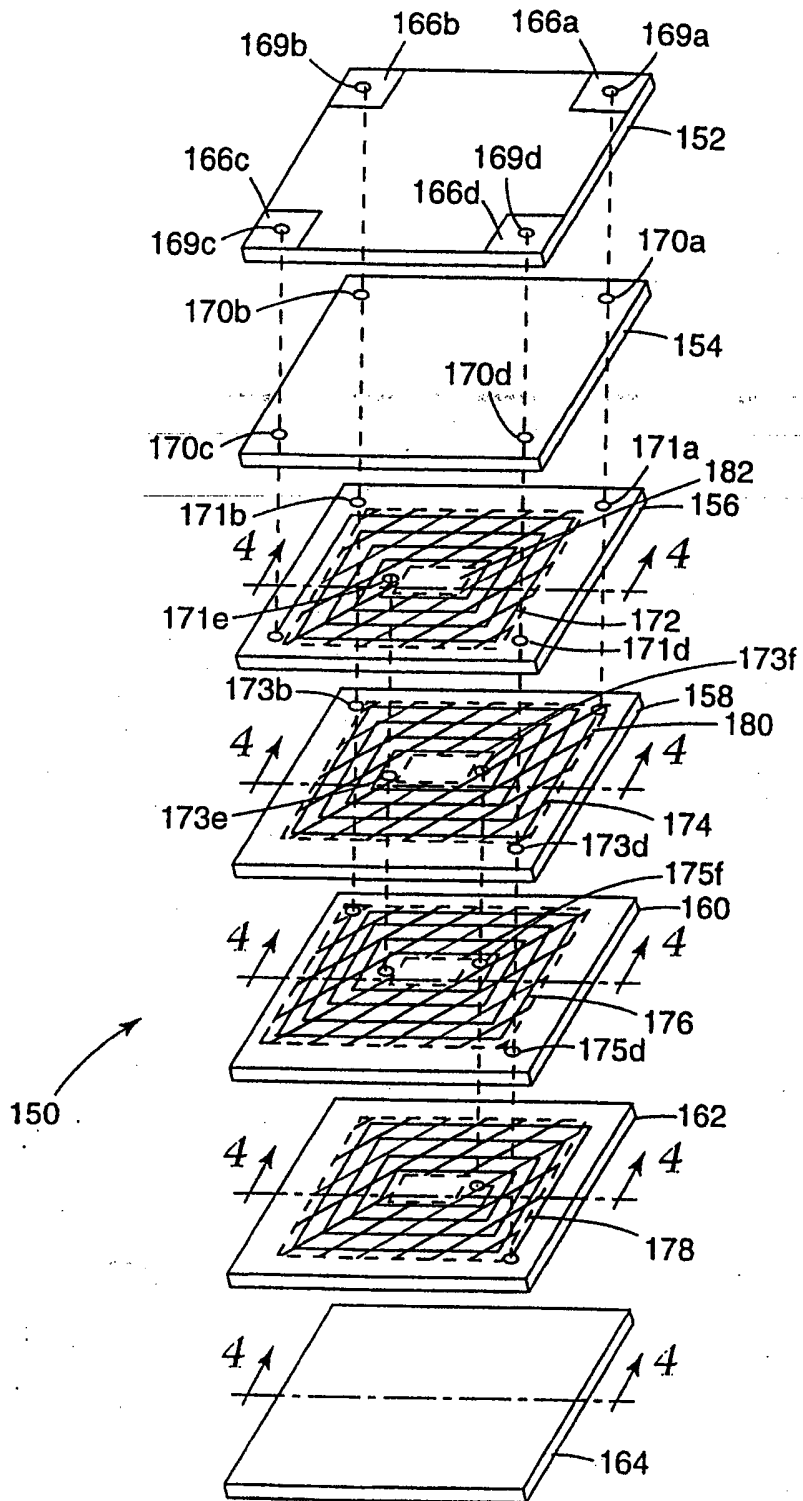


Fig. 3

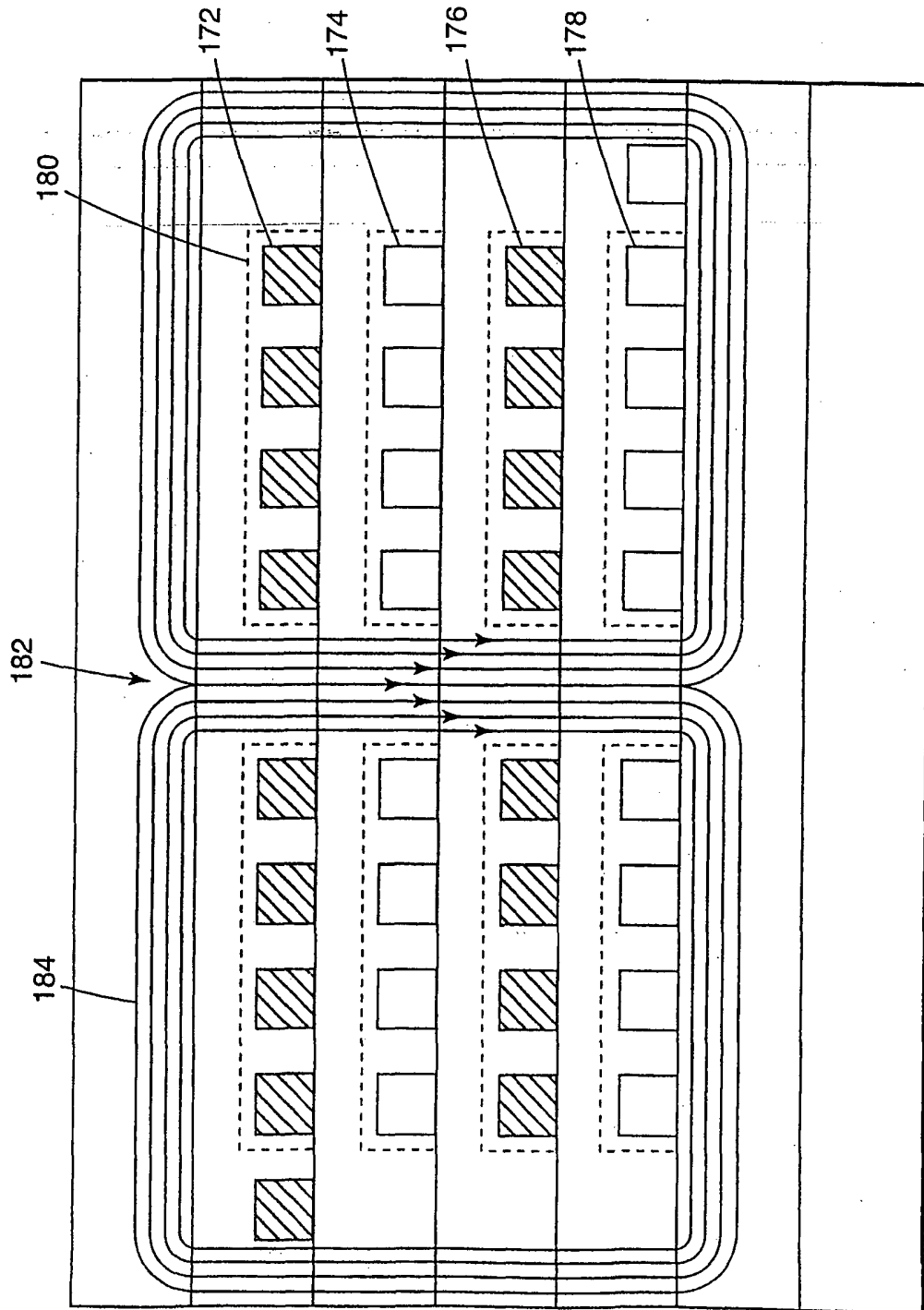


Fig. 4

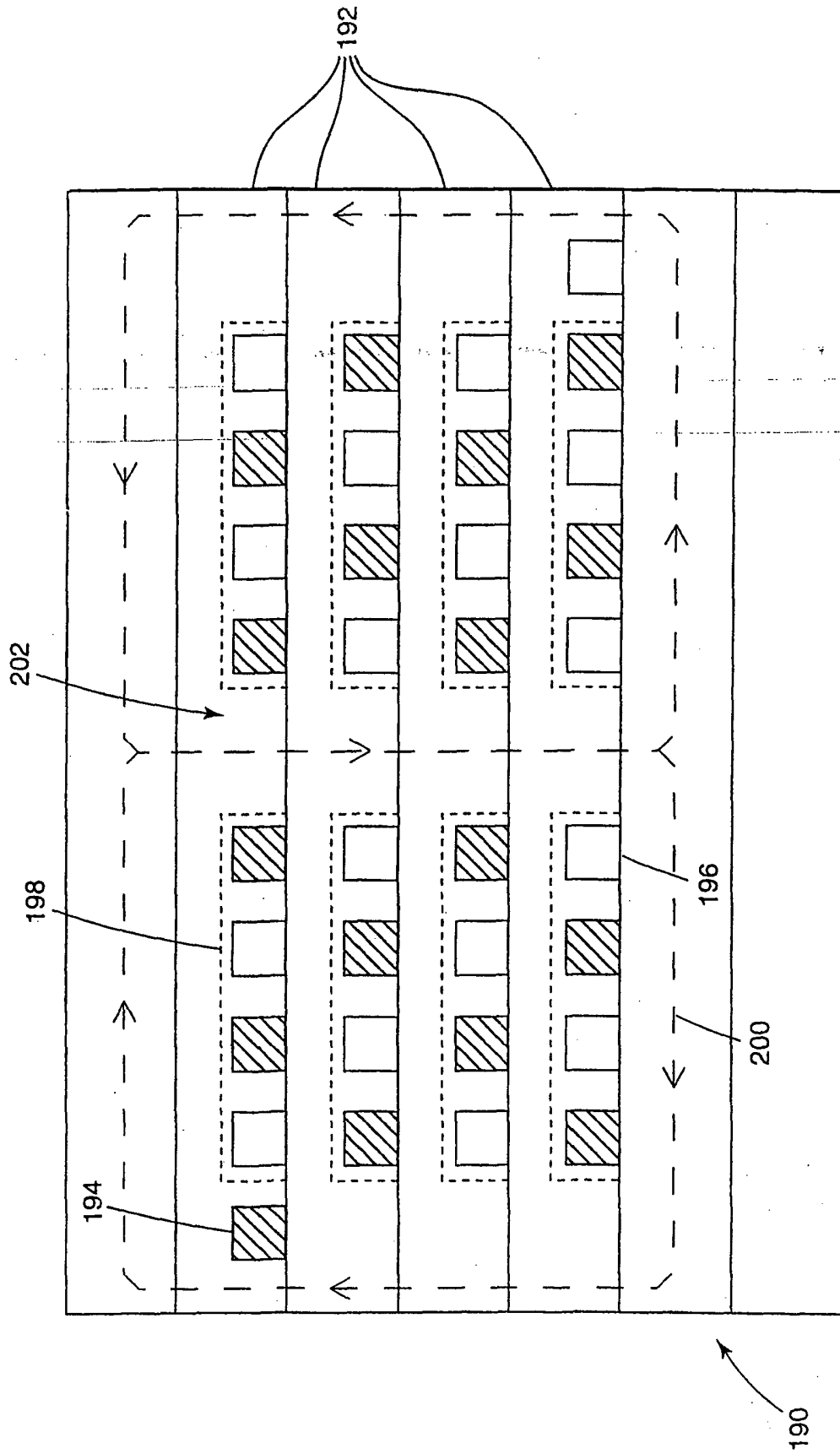


Fig. 5