



(10) **DE 10 2015 107 203 A1** 2015.11.19

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 107 203.3**

(22) Anmeldetag: **08.05.2015**

(43) Offenlegungstag: **19.11.2015**

(51) Int Cl.: **H01F 27/28** (2006.01)

**H01F 41/04** (2006.01)

**H01F 19/00** (2006.01)

**H01F 30/16** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**61/993,942**      **15.05.2014**    **US**  
**14/702,522**      **01.05.2015**    **US**

(74) Vertreter:

**Fleuchaus & Gallo Partnerschaft mbB, 81369  
München, DE**

(71) Anmelder:

**Analog Devices, Inc., Norwood, Mass., US**

(72) Erfinder:

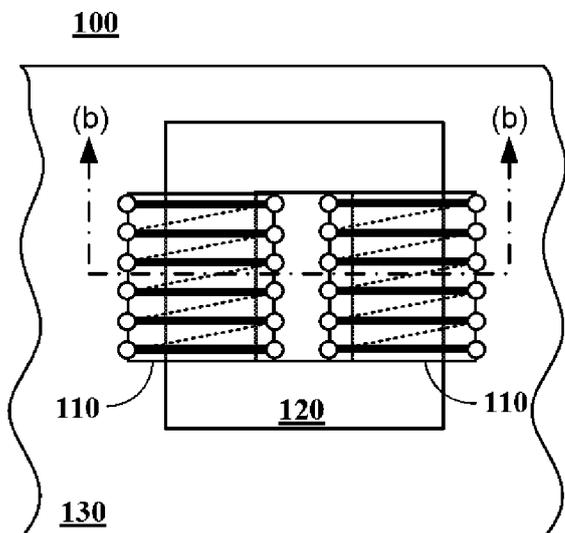
**Lee, Check F., Bedford, Mass., US**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Magnetvorrichtungen und Herstellungsverfahren die Flex-Schaltkreise verwenden**

(57) Zusammenfassung: Magnetvorrichtung und zugehörige Herstellungsverfahren, die Flex-Schaltkreise verwenden. Leitfähige Flex-Schaltkreisspuren oder Kombinationen dieser Spuren mit Spuren einer leitfähigen gedruckten Leiterplatte oder eines anderen Substrats bilden Wicklungen um ferromagnetische Ringkerne. Ein Biegen des Flex-Schaltkreises in eine teilweise Schleife oder eine vollständige Schleife bildet teilweise bzw. vollständige Schleifen. Ein Kleben oder Schwalllöten stellt eine elektrische Verbindung der Wicklungen untereinander und mit einer gedruckten Leiterplatte oder einem anderen Substrat her. Die Verfahren liefern Transformatoren mit einem hohen Wandlungswirkungsgrad, sie sind kompatibel mit herkömmlichen gedruckten Leiterplatten und stehen in einfacher Weise für Massenfertigungsanlagen zur Verfügung, und sie vermeiden die höheren Kosten der von Hand hergestellten Wicklungen.



**Beschreibung**

## GEGENSTAND DER OFFENBARUNG

**[0001]** Der Gegenstand dieser Anmeldung bezieht sich auf Induktionsspulen und Transformatoren und Verfahren zum Herstellen dieser elektrischen Vorrichtungen und insbesondere auf Verfahren, die flexible Schaltkreissteckverbinder oder „Flex-Schaltkreise“ für einen vereinfachten kostensparenden Zusammenbau von Transformatoren und Induktionsspulen mit magnetischen Kernen verwenden.

## HINTERGRUND

**[0002]** Transformatoren übertragen elektrische Energie durch eine induktive Kopplung zwischen leitfähigen Wicklungen. Ein Transformator kann zum Beispiel erlauben, dass Wechselspannungen und/oder Wechselströme von mechanisch gekoppelten Wicklungen herauf- oder heruntertransformiert werden. Das Verhältnis der Windungen in einer Primärwicklung zu denen in einer Sekundärwicklung bestimmt das Transformationsverhältnis in idealen Transformatoren. Die Wicklungen können einen Ringkern umgeben, der Ferrit oder ein anderes einfach magnetisiertes ferromagnetisches Material umfasst. Ein ferromagnetischer Ringkern stellt eine geschlossene magnetische Schleife bereit, um den magnetischen Fluss wirkungsvoller zu erhalten und die Wicklungen induktiv miteinander zu verbinden.

**[0003]** Die Hersteller bauen Transformatoren abhängig von der betreffenden Anwendung in verschiedenen Größen. Wenn der Transformator ausreichend groß ist z.B. größer als eine Größe von drei Zoll, kann eine herkömmliche Wicklungsmaschine verwendet werden, um die Leiterbahnen um den Ringkern zu platzieren. Wenn der Ringkern in einem Größenbereich von einem Zoll liegt, kann eine Zug-Und-Haken-Maschine verwendet werden, um den Handwicklungsprozess zu unterstützen. Bei kleineren Ringkernen werden die Wicklungen typischerweise all von Hand gewickelt, was zu erheblichen Herstellungskosten führt.

**[0004]** Ein bekanntes Verfahren, um zu vermeiden, dass die Wicklungen eines Ringkerns von Hand gewickelt werden, umfasst ein Verwenden eines geteilten ferromagnetischen Kerns, der es erlaubt, dass mit Maschinen hergestellte Wicklung eingesetzt werden. Der Hersteller kann dann die ferromagnetischen Materialteile mechanisch befestigen. Dieses Zusammenbauverfahren kann jedoch den magnetischen Wirkungsgrad der zusammengesetzten Vorrichtung im Vergleich zu einer mit einem durchgehenden ungeteilten Ringkern hergestellten Vorrichtung verringern. Andere Verfahren betten ferromagnetische Materialien in eine gedruckte Leiterplatte, was die Herstellungskosten im Vergleich zur Verwendung her-

kömmlicher gedruckter Leiterplatten weiter ansteigen lässt. Obwohl Ferritinduktionsspulen oder -transformatoren mit einem Ringkern in vielen Anwendungen aufgrund ihres hohen Wirkungsgrades verwendet werden, bleiben somit die Schwierigkeiten hinsichtlich der Herstellungskosten und -komplexitäten ungelöst.

**[0005]** Folglich besteht im Stand der Technik ein Bedarf für ein kostengünstiges Wickeln kleiner Induktionsspulen und Transformatoren mit einem Ringkern wie zum Beispiel denjenigen die für eine Befestigung auf herkömmlichen gedruckten Leiterplatten ausgelegt sind.

## KURZDARSTELLUNG DER OFFENBARUNG

**[0006]** Bei bestimmten Ausführungsformen wird eine Magnetvorrichtung bereitgestellt, die einen einteiligen Ringkern und mindestens einen Flex-Schaltkreis offenbart, der mindestens eine leitfähige Spur umfasst, die mindestens eine Windung um den Ringkern bildet, um durch mindestens einen elektrischen Strom induktiv mit dem Ringkern gekoppelt zu werden. Bei bestimmten Ausführungsformen wird ein Verfahren zum Herstellen einer Magnetvorrichtung bereitgestellt, das ein Ausführen eines Zusammenbaus durch ein Winden eines Flex-Schaltkreises offenbart, der mindestens eine leitfähige Spur umfasst, um einen einteiligen Ringkern, um mindestens eine Windung zu bilden, um mindestens einen elektrischen Strom induktiv mit dem Ringkern zu koppeln. Bei bestimmten Ausführungsformen wird ein Transformator bereitgestellt, der ein Substrat, das eine Vielzahl von Spurenssegmenten aufweist, die in dem Substrat gebildet sind, einen Magnetringkern und ein Paar Flex-Schaltkreise offenbart, wobei sich jeder Flex-Schaltkreis um einen jeweiligen Schenkel oder einen Winkelbereich des Kerns windet und eine Vielzahl von Spurenssegmenten aufweist, die in den Flex-Schaltkreisen gebildet sind, wobei eine erste Teilgruppe von Spurenssegmenten aus dem ersten Flex-Schaltkreis, eine erste Teilgruppe von Spurenssegmenten aus dem zweiten Flex-Schaltkreis und eine erste Teilgruppe von Spurenssegmenten aus dem Substrat elektrisch miteinander verbunden sind, um eine erste Wicklung des Transformators zu bilden, und wobei eine zweite Teilgruppe von Spurenssegmenten aus dem ersten Flex-Schaltkreis, eine zweite Teilgruppe von Spurenssegmenten aus dem zweiten Flex-Schaltkreis und eine zweite Teilgruppe von Spurenssegmenten aus dem Substrat elektrisch miteinander verbunden sind, um eine zweite Wicklung des Transformators zu bilden.

## KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0007]** Fig. 1 ist eine Darstellung, die einen beispielhaften Transformator gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0008] Fig. 2 ist eine Darstellung, die einen zweiten beispielhaften Transformator gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0009] Fig. 3 ist eine Darstellung, die einen dritten beispielhaften Transformator gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0010] Fig. 4 ist eine Darstellung, die einen vierten beispielhaften Transformator gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0011] Fig. 5 ist eine Darstellung, die einen fünften beispielhaften Transformator gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0012] Fig. 6 ist eine Darstellung, die beispielhafte ferromagnetische Ringkerne mit verschiedenen Querschnitten gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0013] Fig. 7 ist ein Ablaufplan, der Verfahren zum Herstellen einer Magnetvorrichtung mit einem Flex-Schaltkreis gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung zeigt.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0014] Diese Beschreibung beschreibt Induktionsspulen und Transformatoren mit einem Ringkern, die auf Flex-Schaltkreisen und gedruckten Leiterplatten beruhen, sowie Verfahren für deren Herstellung. Die Flex-Schaltkreise umfassen flexible dielektrische Dünnschichten, die mindestens eine flexible Leiterbahnschicht enthalten und in der Industrie weit verbreitet sind. Die Wicklungen in diesen Magnetvorrichtungen können durch ein Biegen des Flex-Schaltkreismaterials in einen Teil einer Schleife oder in eine vollständige Schleife um den ferromagnetischen Ringkern erzeugt werden. Teile der Wicklungen oder Windungen können leitfähige Spuren auf einer gedruckten Leiterplatte oder einem anderen Substrat wie zum Beispiel einem anderen Flex-Schaltkreis umfassen. Zum Beispiel können Klebe- oder Schwallötverfahren die Wicklungen eines Flex-Schaltkreises und/oder leitfähiger Kontaktstellen oder Spuren mit einer gedruckten Leiterplatte oder einem anderen Substrat elektrisch und mechanisch verbinden.

[0015] Fig. 1 stellt einen Transformator **100** gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar. Fig. 1(a) stellt eine Draufsicht des Transformators **100** dar. Fig. 1(b) stellt eine Querschnittsansicht des Transformators **100** entlang der Linie (b)-(b) in Fig. 1(a) dar. Fig. 1(c) stellt die Komponenten des Transformators **100** vor dem Zusammenbau dar. Der Transformator **100** kann ein Paar Flex-Schaltkreise **110**, einen ferromagnetischen Kern **120** und ein Substrat **130** umfassen. Der ferromagnetische Kern **120** kann auf dem Substrat **130** befestigt werden. Jeder

Flex-Schaltkreis **110** kann um einen Teil des ferromagnetischen Kerns **120** gewunden werden. Die Flex-Schaltkreise **110** und das Substrat **130** können leitfähige Spuren **106** und **108** enthalten, die elektrisch miteinander verbunden sein können, um ein Paar Wicklungen um den ferromagnetischen Kern **120** zu bilden, die den Transformatorschaltkreis vervollständigen.

[0016] Bei dieser Ausführungsform kann das Substrat **130** ein dielektrisches Material mit mindestens einer leitfähigen Schicht umfassen, die hier der Einfachheit halber als eine Außenfläche gezeigt wird. Die leitfähige Schicht kann tatsächlich unter einer äußeren dielektrischen Schicht angebracht sein, durch die einige Zugangspfade in Form von geätzten Durchkontaktierungen oder mithilfe anderer Herstellungstechniken geöffnet wurden. Das Substrat **130** kann mehrere leitfähige Schichten enthalten, die an vorbestimmten Stellen wiederum über Durchkontaktierungen oder andere Strukturen von außen elektrisch zugänglich sind. Bei einer Ausführungsform kann das Substrat **130** eine gedruckte Leiterplatte sein. Bei einer Ausführungsform kann das Substrat **130** ein Substrat-Flex-Schaltkreis sein.

[0017] Das Substrat **130** kann eine oder mehrere der leitfähigen Spuren **106** umfassen, die so angeordnet sind, dass sie eine Schnittstelle mit den Spuren **108** des entsprechenden Flex-Schaltkreises **110** bilden. Bei dem Beispiel in Fig. 1 werden die Spuren **106** als parallele Liniensegmente mit gleicher Länge gezeigt, wobei jedes Liniensegment durch einen vorbestimmten Abstand von dem nächsten getrennt ist. Das Ende jeder leitfähigen Spur **106** wird so gezeigt, dass es bei dieser Ausführungsform auf das entgegengesetzte Ende einer benachbarten Spur **106** ausgerichtet ist. Wenn die Spuren **106** mit den Spuren **108** des Flex-Schaltkreises **110** verbunden werden, vervollständigen sie eine Wicklung mit mehreren Windungen, die um den ferromagnetischen Kern **120** geschlungen ist.

[0018] Der Flex-Schaltkreis **110** kann eine dielektrische Dünnschicht umfassen, die aus Materialien wie zum Beispiel Polyamid hergestellt ist und eine oder mehrere leitfähige Flex-Schaltkreisspuren **108** enthält. Bei diesem Beispiel werden sechs leitfähige Flex-Schaltkreisspuren **108** gezeigt. Die leitfähigen Flex-Schaltkreisspuren **108** können parallel, mit gleichen Abständen voneinander und in Längsrichtung zu dem Flex-Schaltkreis **110** ausgerichtet sein, so wie es in dieser Ausführungsform gezeigt wird. Die leitfähigen Flex-Schaltkreisspuren **108** können aus formbaren Metallschichten wie zum Beispiel Kupfer- oder Gold hergestellt sein, die zum Beispiel eine Dicke von zehn bis fünfundzwanzig Mikrometer aufweisen können. Die Flex-Schaltkreise **110** können einen Mindestbiegeradius von ungefähr dem zehnfachen der Dicke der leitfähigen Flex-Schaltkreisspuren **108** auf-

weisen, um zu vermeiden, dass sich Risse in den leitfähigen Flex-Schaltkreisspuren **108** bilden.

**[0019]** Die Geometrien der Flex-Schaltkreise **110** können in Beziehung stehen zu den leitfähigen Flex-Schaltkreisspuren **108**, die oftmals um das Doppelte der Leiterbahndicke des Flex-Schaltkreises **110** voneinander getrennt sind. Die leitfähigen Flex-Schaltkreisspuren **108** können regelmäßig zum Beispiel in Stufenintervallen  $P$  von **50** Mikrometern voneinander getrennt sein. Die Geometrien der Flex-Schaltkreise können sich auch auf die Dimensionen der Substratmerkmale beziehen, wobei die leitfähigen Flex-Schaltkreisspuren **108** oftmals um das Doppelte der Spurenbreiten **106** voneinander getrennt sind, um eine ordnungsgemäße Verbindung sicherzustellen.

**[0020]** Die leitfähigen Flex-Schaltkreisspuren **108** können auf einer oder auf beiden Seiten der dielektrischen Dünnschicht des Flex-Schaltkreises **110** angebracht sein. Die leitfähigen Flex-Schaltkreisspuren **108** sind üblicherweise zwischen verschiedenen dielektrischen Schichten eingebettet und können an speziellen Stellen von außen elektrisch zugänglich sein. Die Kontaktöffnungen können zum Beispiel photolithografisch oder durch eine Laserabtragung oder ein anderes herkömmliches Herstellungsverfahren gebildet werden. In dieser Figur können zwei dieser Kontaktöffnungen **112** und **114** mit Kontaktstellen **116** bzw. **118** auf dem Substrat verbunden werden. Die Kontaktöffnungen und -stellen werden zur Verdeutlichung allgemein überdimensioniert gezeigt, aber sie können im Wesentlichen die gleiche Größe wie die Breiten der leitfähigen Flex-Schaltkreisspuren **108** aufweisen.

**[0021]** Der ferromagnetische Kern **120** kann an dem Substrat **130** zum Beispiel mithilfe eines Klebstoffs oder eines anderen Mittels befestigt werden, das einem Fachmann in der Schaltkreisherstellung bekannt ist. Der Flex-Schaltkreis **110** kann im Wesentlichen in Längsrichtung um den ferromagnetischen Kern **120** gewunden werden und mithilfe eines Klebens, Schwallötens oder anderen bekannten Herstellungsverfahrens an dem Substrat **130** befestigt werden. Der Flex-Schaltkreis **110** wird so zusammengebaut, dass die leitfähigen Flex-Schaltkreisspuren **108** mit entsprechenden Anteilen des Substrats **130** wie zum Beispiel den leitfähigen Spuren **106**, den Kontaktstellen wie **116** und **118** oder zugehörigen Durchkontaktierungen elektrisch verbunden sind.

**[0022]** Das Ergebnis des Zusammenbaus des Flex-Schaltkreises **110** und der leitfähigen Spuren **106** des Substrats ist das Bilden einer induktiven Wicklung, die einen elektrischen Strom durch die leitfähigen Spuren **106** des Substrats und die leitfähigen Flex-Schaltkreisspuren **108** leiten kann. Der Strom in der in dieser Figur gezeigten zusammengebauten Wicklung kann zum Beispiel von der Kontaktstel-

le **118** durch die Kontaktöffnung **114**, aufwärts durch eine erste leitfähige Flex-Schaltkreisspur **108**, nach rechts durch den ferromagnetischen Kern **120**, und nach unten zu einer ersten leitfähigen Spur **106** einer gedruckten Leiterplatte und nach links durch die leitfähige Spur **106** der gedruckten Leiterplatte usw. kommen, bis er die Kontaktstelle **116** der gedruckten Leiterplatte erreicht. Der Strom kann somit den ferromagnetischen Kern **120** bei diesem Beispiel auf ungefähr 5,75 vollständigen Windungen umrunden, um einen magnetischen Fluss zu induzieren. Der Flex-Schaltkreis **110** kann mechanisch auch an dem ferromagnetischen Kern **120** zum Beispiel mithilfe eines Klebstoffes befestigt sein, um dabei zu helfen, dass verhindert wird, dass eine Verbiegung oder eine Vibration die geklebten oder gelöteten Verbindungen beschädigt.

**[0023]** Obwohl **Fig. 1** ein Transformator **100** mit zwei Wicklungen zeigt, erlauben die Prinzipien der vorliegenden Erfindung dass die beschriebenen Techniken auf eine Induktionsspule mit einer einzigen Wicklung angewandt werden, indem sich ein einziger Flex-Schaltkreis **110** um einen Schenkel oder Winkelbereich des ferromagnetischen Kerns **120** windet. Alternativ kann eine Induktionsspule mehrere Wicklungen aufweisen, die elektrisch miteinander verbunden sind, um ein größeres Induktionsspulenelement zu bilden. Zusätzliche Wicklungen können um eine gegenüberliegende Seite des ferromagnetischen Kerns **120** gebildet werden, wie es in der Querschnittsansicht gezeigt wird, obwohl die erfinderischen Ausführungsformen nicht auf diese Anordnung beschränkt sind. Eine oder mehrere Wicklungen können auch um eine oder mehrere benachbarte Seiten des ferromagnetischen Kerns **120** gebildet werden. Tatsächlich können im Allgemeinen mehrere Wicklungen um eine spezielle Seite oder um spezielle Seiten des ferromagnetischen Kerns **120** gebildet werden. Obwohl **Fig. 1** einen Transformator **100** mit zwei Wicklungen zeigt, jeweils eine auf einem separaten Flex-Schaltkreis **110**, fallen außerdem auch Ausführungsformen mit jeweils mehreren Wicklungen auf einem einzigen Flex-Schaltkreis **110** in den Umfang der vorliegenden Erfindung.

**[0024]** Ferromagnetische Kerne **120**, die eine gerade Wand aufweisen, können ein festeres Winden von jedem Flex-Schaltkreis **110** ermöglichen, als es mit einem ferromagnetischen Kern mit einem kreisförmigen Querschnitt möglich wäre. Dieses Merkmal einer geraden Wand kann eine größere Anzahl an einzelnen Flex-Schaltkreisen **110** ermöglichen, die fest um eine gegebene Seite des ferromagnetischen Kerns **120** gewunden werden. Diese ferromagnetischen Kerne werden in **Fig. 6** gezeigt und weiter unten beschrieben.

**[0025]** **Fig. 2** stellt einen zweiten Transformator **200** gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorlie-

genden Erfindung dar. Bei dieser Ausführungsform kann der Transformator **200** ein Paar Flex-Schaltkreise **210**, einen ferromagnetischen Kern **220** und ein Substrat **230** umfassen. Der ferromagnetische Kern **220** kann auf dem Substrat **230** befestigt werden. Jeder Flex-Schaltkreis **210** kann um einen Teil des ferromagnetischen Kerns **220** gewunden werden. Die Flex-Schaltkreise **210** und das Substrat **230** können leitfähige Spuren enthalten, die elektrisch miteinander verbunden sein können, um ein Paar Wicklungen um den ferromagnetischen Kern **220** zu bilden, die den Transformatorschaltkreis vervollständigen.

**[0026]** Diese Ausführungsform kann sich von derjenigen in **Fig. 1** darin unterscheiden, dass die leitfähigen Spuren des Substrats **206** in einem Winkel angeordnet sind, sodass jede weitere leitfähige Spur des Substrats **206**, wie gezeigt, ausgerichtet werden kann. Andere Winkel oder Formen der leitfähigen Spuren des Substrats können so gewählt werden, dass im Allgemeinen jede n-te leitfähige Spur ausgerichtet werden kann. Bei dieser Ausführungsform bildet ein Teil der Spuren **208** der beiden Flex-Schaltkreise **210** Schnittstellen mit entsprechenden Spuren **206** in dem Substrat, um eine erste Wicklung **230** zu bilden. Ein verbleibender Teil der Spuren der zwei Flex-Schaltkreise **210** kann Schnittstellen mit entsprechenden Spuren in dem Substrat **230** bilden, um, wie vorher beschrieben, eine zweite Wicklung zu bilden oder um, wie gezeigt, ungenutzt zu bleiben.

**[0027]** Die Variation beim Winkel der leitfähigen Spur **206** kann die Bildung von Symmetriegliedern oder Transformatoren für Übertragungsleitungen ermöglichen. Bei diesem Beispiel kann jeder der gebildeten Wicklungen drei vollständigen Windungen umfassen, da nicht alle leitfähigen Flex-Schaltkreisspuren **208** oder leitfähigen Spuren **206** des Substrats verwendet werden um einen Strom zu leiten. Es ist wiederum zu beachten, dass es möglich ist, einige der leitfähigen Flex-Schaltkreisspuren **208** eines Flex-Schaltkreises **210** für eine erste Wicklung zu verwenden und weitere leitfähige Flex-Schaltkreisspuren **208** des selben Flex-Schaltkreises **210** für eine zweite Wicklung zu verwenden, sodass ein einziger zusammengebauter Flex-Schaltkreis **210** allein einen Transformator **200** bilden kann.

**[0028]** **Fig. 3** stellt einen dritten Transformator **300** gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar. Diese Ausführungsform eines Transformators kann einen Flex-Schaltkreis **310** umfassen, der im Wesentlichen vollständig um eine Seite des ferromagnetischen Kerns **320** gewunden ist, um eine induktive Wicklung herzustellen. Eine zweite Wicklung, die hier als ein nicht einschränkender zweiter Flex-Schaltkreis **310** gezeigt wird, kann den Transformator **300** vervollständigen. Es werden keine leitfähigen Spuren des Substrats benötigt, um als Teil einer Wicklungswindung zu dienen, wie es in vor-

her beschriebenen Ausführungsformen gezeigt wurde.

**[0029]** Transformatoren, die wie zum Beispiel der Transformator **300** vollständig aus Flex-Schaltkreisschleifen bestehen, können aus dem ferromagnetischen Kern **320** und einer Anzahl von Flex-Schaltkreisen **310** zusammengebaut werden und für eine spätere Befestigung an einem Substrat wie zum Beispiel einer gedruckten Leiterplatte oder einem anderen Flex-Schaltkreis gelagert werden. Dieser Unterschied ermöglicht, dass die Vorgänge für den Zusammenbau eines Schaltkreises, parallel und/oder in einem gewissen Maße geografisch verteilt ausgeführt werden können, was von speziellem Nutzen sein kann. Alternativ kann der Zusammenbau von Transformatoren mit vollständigen Flex-Schaltkreisschleifen ein im Wesentlichen gleichzeitiges Befestigen der Komponenten an einer gedruckten Leiterplatte oder einem anderen Flex-Schaltkreis beinhalten, der als ein Substrat dient. Obwohl dieser letzte Ansatz nachfolgend ausführlicher beschrieben wird, sind die erfinderischen Ausführungsformen nicht darauf beschränkt.

**[0030]** Der Flex-Schaltkreis **310** kann sich von den Flex-Schaltkreisen der weiter oben beschriebenen Ausführungsformen eines Transformators mit teilweiser Schleife unterscheiden, indem seine leitfähigen Flex-Schaltkreisspuren **308** nicht unbedingt in Längsrichtung auf die Kanten der Flex-Schaltkreise **310** ausgerichtet sind. Stattdessen können die leitfähigen Flex-Schaltkreisspuren **308** schräg gestellt sein, sodass der Anfang einer gegebenen Spur **308** mit dem gegenüberliegenden Ende einer anderen Spur **308** ausgerichtet ist. Bei dieser Ausführungsform kann der Anfang einer gegebenen Spur **308** auf das gegenüberliegende Ende einer unmittelbar benachbarten Spur **308** ausgerichtet sein. Das Ergebnis ist, dass eine spiralförmige Wicklung gebildet wird, wenn der Flex-Schaltkreis **310** um eine Seite des ferromagnetischen Kerns **320** gewunden wird. Bei dem gezeigten Beispiel umfasst die sich ergebende Wicklung sechs vollständige Windungen, da jede der sechs leitfähigen Flex-Schaltkreisspuren **308** den gleichen elektrischen Strom um den ferromagnetischen Kern **320** leitet.

**[0031]** Die Kontaktstellen **312** und **314** auf dem Flex-Schaltkreis **310** sind zur Verdeutlichung wieder überdimensioniert dargestellt und können für das Verbinden des Flex-Schaltkreises **310** nicht nur mit sich selbst, sondern auch mit spezifischen Kontakten auf einer gedruckten Leiterplatte oder einem anderen (nicht gezeigten) Substrat verwendet werden. Genau wie bei früheren Ausführungsformen können strukturierte Kontaktöffnungen in dem Flex-Schaltkreis **310** externe elektrische Verbindungen zwischen den verschiedenen leitfähigen Flex-Schaltkreisspuren **308** auf Wunsch ermöglichen. Auf ähnliche Weise

können ein Kleben, ein Schwalllöten oder andere bekannte Herstellungsverfahren dauerhafte elektrische und mechanische Verbindungen zwischen den Enden von jedem Flex-Schaltkreis **310** und/oder mit einer gedruckten Leiterplatte oder einem anderen Substrat bilden.

**[0032]** Bei einer Ausführungsform können spezielle Enden der Flex-Schaltkreise **310** in einer Position auf einem Substrat befestigt werden, danach können gegenüberliegende Enden der Flex-Schaltkreise **310** durch den ferromagnetischen Kern **320** im Wesentlichen in Längsrichtung geführt und um den ferromagnetischen Kern **320** gewunden werden, um vollständige Schleifen zu bilden. Die Reihenfolge der Vorgänge kann während der Herstellung auch umgekehrt werden, sodass jeder der Flex-Schaltkreise **310** vor dem Winden zuerst durch den ferromagnetischen Kern **320** geführt werden kann. Jeder Flex-Schaltkreis **310** kann mithilfe eines Klebstoffes oder eines anderen bekannten Mittels an dem ferromagnetischen Kern **320** befestigt werden, um ein Ablösen aufgrund einer Biegung oder Vibration vor dem Kleben oder Löten zu verhindern.

**[0033]** Fig. 4 zeigt einen vierten beispielhaften Transformator **400** gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Bei dieser Ausführungsform kann der Transformator **400** ein Paar Flex-Schaltkreise **410** und einen ferromagnetischen Kern **420** umfassen. Diese Ausführungsform eines Transformators kann einen Flex-Schaltkreis **410** umfassen, der im Wesentlichen vollständig um eine Seite des ferromagnetischen Kerns **420** gewunden ist, um eine induktive Wicklung herzustellen. Eine zweite Wicklung, die hier als ein nicht einschränkender zweiter Flex-Schaltkreis **410** gezeigt wird, kann den Transformator **400** vervollständigen. Es werden keine leitfähigen Spuren des Substrats benötigt, um als Teil einer Wicklungswindung zu dienen.

**[0034]** Diese Ausführungsform kann sich von derjenigen in Fig. 3 darin unterscheiden, dass die leitfähigen Flex-Schaltkreisspuren **408** in einem Winkel angeordnet sind, sodass jede weitere leitfähige Flex-Schaltkreisspur **408** in Linie gebracht ist. Andere Winkel können so gewählt werden, dass im Allgemeinen jede n-te leitfähige Flex-Schaltkreisspur **408** in Linie gebracht werden kann. Die Variation beim Winkel der leitfähigen Flex-Schaltkreisspur **408** kann die Bildung von Symmetriegliedern oder Transformatoren für Übertragungsleitungen ermöglichen. Bei diesem Beispiel kann die am weitesten außen gebildete Wicklung drei vollständige Windungen umfassen, da nur die beiden außen liegenden und die zentrale leitfähigen Flex-Schaltkreisspuren **408** verwendet werden, um den elektrischen Strom zu leiten. Eine zweite von dem gleichen Flex-Schaltkreis **410** gebildete Wicklung umfasst, wie gezeigt, zwei vollständige Windungen, da nur die zweite und die vierte der

gezeigten leitfähigen Flex-Schaltkreisspuren **408** verwendet werden, um den elektrischen Strom zu leiten. Jede beliebige Anzahl von leitfähigen Flex-Schaltkreisspuren kann auf jedem Flex-Schaltkreis bei jeder Ausführungsform angeordnet werden, so lange ausreichen Raum in der zentralen Öffnung des ferromagnetischen Kerns vorhanden ist.

**[0035]** Fig. 5 zeigt einen fünften beispielhaften Transformator **500** gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Bei dieser Ausführungsform kann der Transformator **500** ein Paar Flex-Schaltkreise **510** und einen ferromagnetischen Kern **520** umfassen. Diese Ausführungsform eines Transformators kann einen Flex-Schaltkreis **510** umfassen, der im Wesentlichen vollständig um eine Seite des ferromagnetischen Kerns **520** gewunden ist, um eine induktive Wicklung herzustellen. Eine zweite Wicklung, die hier als ein nicht einschränkender zweiter Flex-Schaltkreis **510** gezeigt wird, kann den Transformator **500** vervollständigen. Es werden keine leitfähigen Spuren des Substrats benötigt, um als Teil einer Wicklungswindung zu dienen.

**[0036]** Diese Ausführungsform kann sich von derjenigen in Fig. 3 darin unterscheiden, dass die leitfähigen Flex-Schaltkreisspuren **508** die (der Deutlichkeit halber erneut überdimensioniert gezeigten) Kontaktstellen **512** und **514** aufweisen können, die seitlich um das Zentrum des Flex-Schaltkreises **510** voneinander getrennt angeordnet sind. Jedes separate Ende des Flex-Schaltkreises **510** kann für eine Verbindung auf der gegenüberliegenden Seite (oder der „Oberseite“) des ferromagnetischen Kerns **520** „aufwärts“ um den ferromagnetischen Kern **520** gewunden werden. Auf diese Weise kann die Platzierung der Kontaktpunkte der leitfähigen Flex-Schaltkreisspuren **508** auf dem Flex-Schaltkreis **510** allgemein so variiert werden, dass die Verbindungen bestmöglich für eine einfachste Handhabung der Herstellungsvorgänge und zur Kostenreduzierung angeordnet werden.

**[0037]** Fig. 6 zeigt beispielhafte ferromagnetische Ringkerne **602** bis **608** in verschiedenen Draufsichten auf Querschnitte gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. In dieser Figur werden die Querschnitte durch jeden ferromagnetischen Kern entlang einer Ebene gelegt, die senkrecht zur Achse der zentralen Öffnung steht; das heißt, wenn die Öffnung des ferromagnetischen Kerns nach oben zeigt, wird der Querschnitt durch eine horizontale Ebene gelegt. Die hier beschriebenen ferromagnetischen Ringkerne sind nicht unbedingt kreisförmig, sie können stattdessen eher eine quadratische oder rechteckige Form aufweisen. Während zum Beispiel der Ringkern **602** nur mit rechteckigen Ecken ausgestattet ist, weist der Ringkern **604** sowohl abgerundete innere Ecken als auch abgerundete äußere Ecken auf. Der Ringkern **606** ist rechteckig mit Ausnahme eines

Endes, das sowohl innen als auch außen abgerundet ist. Der Ringkern **608** weist eine ovale Form auf, besitzt aber zwei gerade Seiten. Die Ringkerne können ein Ferritpolymer oder ähnliche bekannte ferromagnetische Materialien umfassen und sie können mechanisch starr sein.

**[0038]** Bei dieser Beschreibung wird auf jeden dieser beispielhaften und nicht einschränkenden ferromagnetischen Kerne nur als ein „Ringkern“ Bezug genommen, und er kann in jeder beliebigen der beschriebenen Ausführungsformen verwendet werden. Diese ferromagnetischen Kerne können mindestens eine Seite aufweisen, die eine geradere Form besitzt als es der Fall bei einem ferromagnetischen Kern mit einem kreisförmigen Querschnitt wäre. Das Merkmal einer geraden Kante bei den ferromagnetischen Kernen kann insbesondere vorteilhaft sein und kann von besonderem Nutzen für die Herstellung von Transformatoren mithilfe der beschriebenen Flex-Schaltkreise sein. Nichtsdestotrotz gehören ferromagnetische Kerne mit einem kreisförmigen horizontalen Querschnitt auch in den Umfang der erfinderischen Ausführungsformen. Die Dimensionen des typischen Ringkerns können kleiner als ein Zentimeter entlang der äußeren Kante sein und sie können entlang einer inneren Kante eine Länge bis hinab auf ungefähr einen Millimeter aufweisen, obwohl auch größere Ringkerne zu dem Umfang der erfinderischen Ausführungsformen gehören.

**[0039]** In Fig. 7 wird jetzt ein Ablaufplan gezeigt, der Herstellungsverfahren für weiter oben beschriebenen Vorrichtungen gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung beschreibt.

**[0040]** Der Ablaufplan kann Vorgänge beschreiben, die von einem Prozessor ausgeführt werden, indem zum Beispiel ausführbare Befehle befolgt werden, die in einem nichtflüchtigen Computerprogrammprodukt gespeichert sind. Die Befehle können die Herstellung der Magnetvorrichtungen der verschiedenen oben beschriebenen beispielhaften Ausführungsformen steuern.

**[0041]** In **702** kann das Verfahren aus den Eingangsdaten ermitteln, ob eine Magnetvorrichtung mit teilweiser Schleife oder eine Magnetvorrichtung mit vollständiger Schleife zusammengebaut werden soll, sowie die Anzahl der Flex-Schaltkreise, die Anzahl der Wicklungen und die Anzahl der Windungen für jede Wicklung ermitteln. Es können auch die passenden Geometrien für den (die) ausgewählten Flex-Schaltkreis(e) und den ausgewählten ferromagnetischen Kern erkannt werden. In **704** kann das Verfahren einen ferromagnetischen Kern selektiv an einer gedruckten Leiterplatte oder einem anderen Substrat befestigen und es kann eine bestimmte Anzahl von Flex-Schaltkreisen befestigen, um Magnetvorrichtungen mit teilweisen Flex-Schaltkreisschleifen zu bil-

den. In **706** kann das Verfahren selektiv eine Anzahl von Flex-Schaltkreisen um einen ferromagnetischen Kern winden, um Magnetvorrichtungen mit vollständigen Flex-Schaltkreisschleifen zu bilden. In **708** kann das Verfahren ein Kleben oder Schwallöten oder andere Herstellungsvorgänge ausführen, um die Flex-Schaltkreise gemäß den Eingangsauslegungsdaten elektrisch zu verbinden.

**[0042]** Obwohl spezielle Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben wurden, ist es selbstverständlich, dass verschiedene unterschiedliche Veränderungen innerhalb des Umfangs und des Erfindungsgedankens möglich sind. Die Erfindung wird nur durch den Umfang der angefügten Ansprüche beschränkt.

**[0043]** Wie oben beschrieben, bezieht sich ein Aspekt der vorliegenden Erfindung auf Magnetvorrichtungen und ihre Herstellungsverfahren. Die bereitgestellte Beschreibung wird dargestellt, um jedem Fachmann zu ermöglichen, die Erfindung auszuführen und zu verwenden. Zu Erklärungszwecken werden spezifische Fachausdrücke erläutert, um ein sorgfältiges Verständnis der vorliegenden Erfindung bereitzustellen. Die Beschreibung spezifischer Anwendungen und Verfahren wird nur als Beispiel bereitgestellt. Verschiedene Veränderungen an den bevorzugten Ausführungsformen sind für den Fachmann einfach offensichtlich und die hier definierten allgemeinen Prinzipien können auf andere Ausführungsformen und Anwendungen angewandt werden, ohne von dem Erfindungsgedanken und dem Umfang der Erfindung abzuweichen. Somit ist die vorliegende Erfindung nicht so zu verstehen, dass sie auf die gezeigten Ausführungsformen beschränkt ist, sondern es muss der breiteste Umfang eingeräumt werden, der mit den hier offenbarten Prinzipien und Schritten übereinstimmt.

**[0044]** So wie die Begriffe „ein“ oder „eine“ hier verwendet werden, bedeuten sie ein oder eine oder mehr als ein oder eine. Der Begriff „Vielzahl“ bedeutet zwei oder mehr. Der Begriff „andere“ oder „weitere“ ist definiert als ein Zweiter/eine Zweite oder mehr. Die Begriffe „enthalten“ und/oder „aufweisen“ sind offen (und bedeuten z.B. umfassen). In dem gesamten Dokument bedeutet der Bezug auf „eine Ausführungsform“ „bestimmte Ausführungsformen“, oder einen ähnlichen Begriff dass ein spezielles Merkmal, eine spezielle Struktur oder eine spezielle Eigenschaft, die im Zusammenhang mit der Ausführungsform beschrieben wird, bei mindestens einer Ausführungsform enthalten ist. Somit beziehen sich die Verwendungen dieser Ausdrücke an verschiedenen Stellen der gesamten Beschreibung nicht unbedingt immer auf die gleiche Ausführungsform. Außerdem können die speziellen Merkmale, Strukturen oder Eigenschaften bei einer oder mehreren Ausführungsformen ohne Einschränkung in einer geeigneten Wei-

se kombiniert werden. Der Begriff „oder“, so wie er hier verwendet wird, muss als einschließend oder in der Bedeutung von „jeder“ oder „jeder Kombination“ interpretiert werden. Daher hat „A, B oder C“ jede der folgenden Bedeutungen: A; B; C; A und B; A und C; B und C; A, B und C“. Eine Ausnahme von dieser Definition tritt nur auf, wenn eine Kombination von Elementen, Funktionen, Schritten oder Handlungen in gewisser Weise an sich gegenseitig ausschließend ist.

### Patentansprüche

1. Magnetvorrichtung, umfassend: einen einteiligen Ringkern (**120**); und mindestens einen Flex-Schaltkreis (**110**), der mindestens eine leitfähige Spur umfasst, die mindestens eine Windung um den Ringkern bildet, um einen magnetischen Fluss von mindestens einem elektrischen Strom induktiv mit dem Ringkern zu koppeln.

2. Vorrichtung nach dem vorangehenden Anspruch, wobei die Vorrichtung aufgrund einer Anzahl von verschiedenen elektrischen Strömen als einer aus einer Induktionsspule und einem Transformator betrieben wird.

3. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Ringkern Ferrit umfasst.

4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der mindestens eine Flex-Schaltkreis mehrere Flex-Schaltkreise umfasst, wobei jeder Flex-Schaltkreis mindestens eine Wicklung um den Ringkern bildet.

5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der mindestens eine Flex-Schaltkreis verschachtelte Flex-Schaltkreise umfasst, wobei jeder Flex-Schaltkreis mindestens eine Wicklung um einen speziellen Teil des Ringkerns bildet.

6. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Ringkern nur mithilfe des Flex-Schaltkreises an einer gedruckten Leiterplatte befestigt wird.

7. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Ringkern starr ist.

8. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die mindestens eine leitfähige Spur benachbarte leitfähige Spuren auf einer speziellen Schicht des Flex-Schaltkreises umfasst, wobei jede benachbarte leitfähige Spur mindestens eine separate Wicklung bildet.

9. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die mindestens eine leitfähige Spur mehrere Spuren umfasst, und wobei eine schräge

Orientierung der Spuren eine Anzahl von Wicklungswindungen bestimmt.

10. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Flex-Schaltkreis mehrere Wicklungen umfasst.

11. Verfahren für das Herstellen einer Magnetvorrichtung, umfassend:

Ausführen eines Zusammenbaus durch ein Winden eines Flex-Schaltkreises, der mindestens eine leitfähige Spur umfasst, um einen einteiligen Ringkern, um mindestens eine Windung zu bilden, um einen magnetischen Fluss von mindestens einem elektrischen Strom induktiv in den Ringkern zu koppeln.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei die Vorrichtung aufgrund einer Anzahl von verschiedenen elektrischen Strömen als einer aus einer Induktionsspule und einem Transformator betrieben wird.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, das außerdem ein Winden zusätzlicher Flex-Schaltkreise um den Ringkern umfasst, wobei jeder Flex-Schaltkreis mindestens eine Wicklung um den Ringkern bildet.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, das außerdem ein Verschachteln von Flex-Schaltkreisen um den Ringkern umfasst, wobei jeder Flex-Schaltkreis mindestens eine Wicklung um einen speziellen Teil des Ringkerns bildet.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, das außerdem ein Befestigen des Zusammenbaus an einer gedruckten Leiterplatte umfasst.

16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei der Zusammenbau nur mithilfe des Flex-Schaltkreises an der gedruckten Leiterplatte befestigt wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 16, wobei die mindestens eine leitfähige Spur benachbarte leitfähige Spuren auf einer speziellen Schicht des Flex-Schaltkreises umfasst, wobei jeder benachbarte Flex-Schaltkreis mindestens eine separate Wicklung bildet.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 17, wobei die mindestens eine leitfähige Spur mehrere Spuren umfasst, und wobei eine schräge Orientierung der Spuren eine Anzahl von Wicklungswindungen bestimmt.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 18, wobei der Flex-Schaltkreis mehrere Wicklungen umfasst.

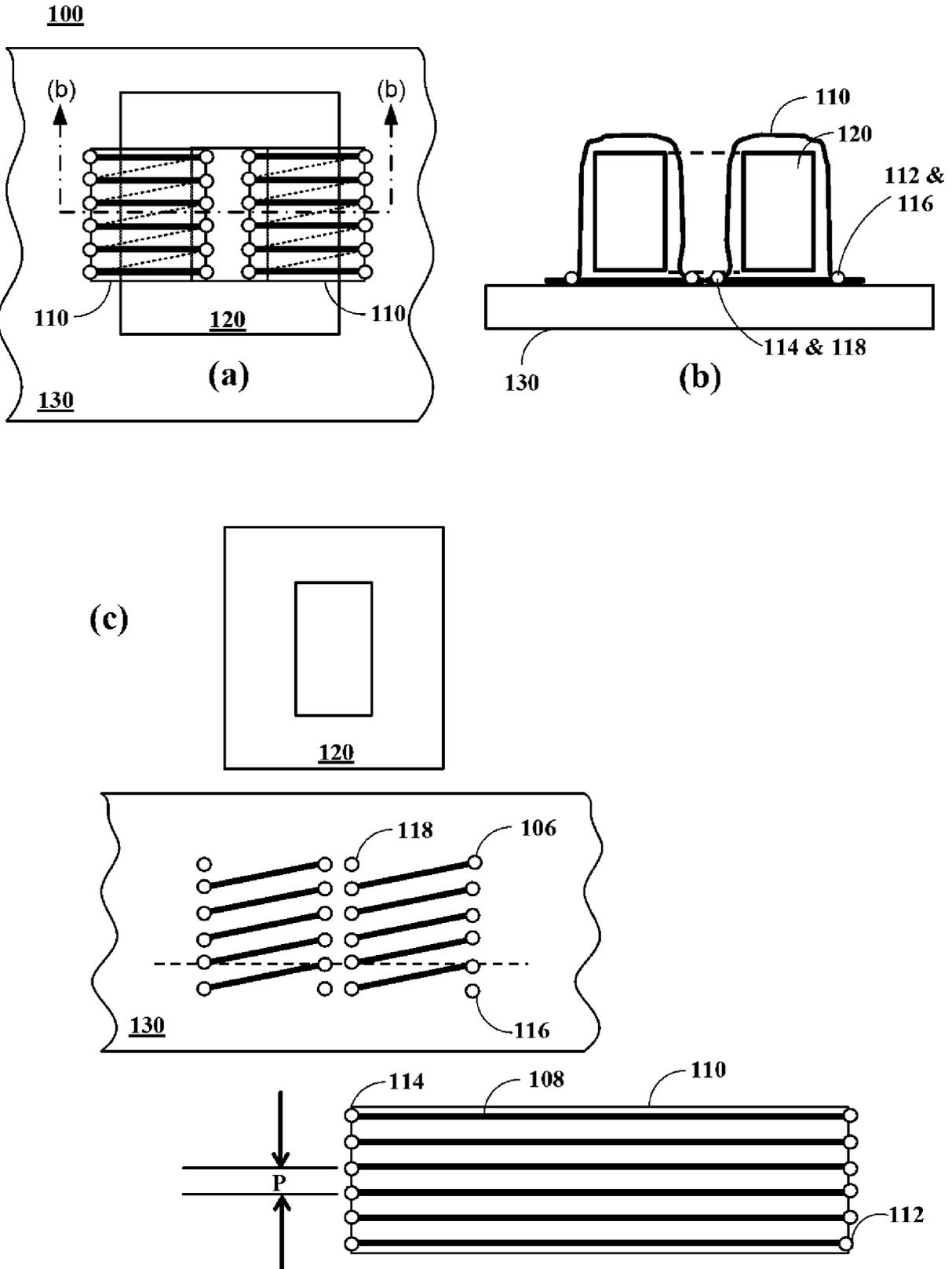
20. Transformator, umfassend:

ein Substrat, das eine Vielzahl darin ausgebildeter Spurenssegmente aufweist;  
einen magnetischen Ringkern; und  
ein Paar Flex-Schaltkreise, wobei jeder Flex-Schaltkreis um einen jeweiligen Winkelbereich des Kerns gewunden ist und eine Vielzahl darin ausgebildeter Spurenssegmente aufweist,  
wobei eine erste Teilgruppe von Spurenssegmenten aus dem ersten Flex-Schaltkreis, eine erste Teilgruppe von Spurenssegmenten aus dem zweiten Flex-Schaltkreis und eine erste Teilgruppe von Spurenssegmenten aus dem Substrat elektrisch miteinander verbunden sind, um eine erste Wicklung des Transformators zu bilden, und wobei eine zweite Teilgruppe von Spurenssegmenten aus dem ersten Flex-Schaltkreis, eine zweite Teilgruppe von Spurenssegmenten aus dem zweiten Flex-Schaltkreis und eine zweite Teilgruppe von Spurenssegmenten aus dem Substrat elektrisch miteinander verbunden sind, um eine zweite Wicklung des Transformators zu bilden.

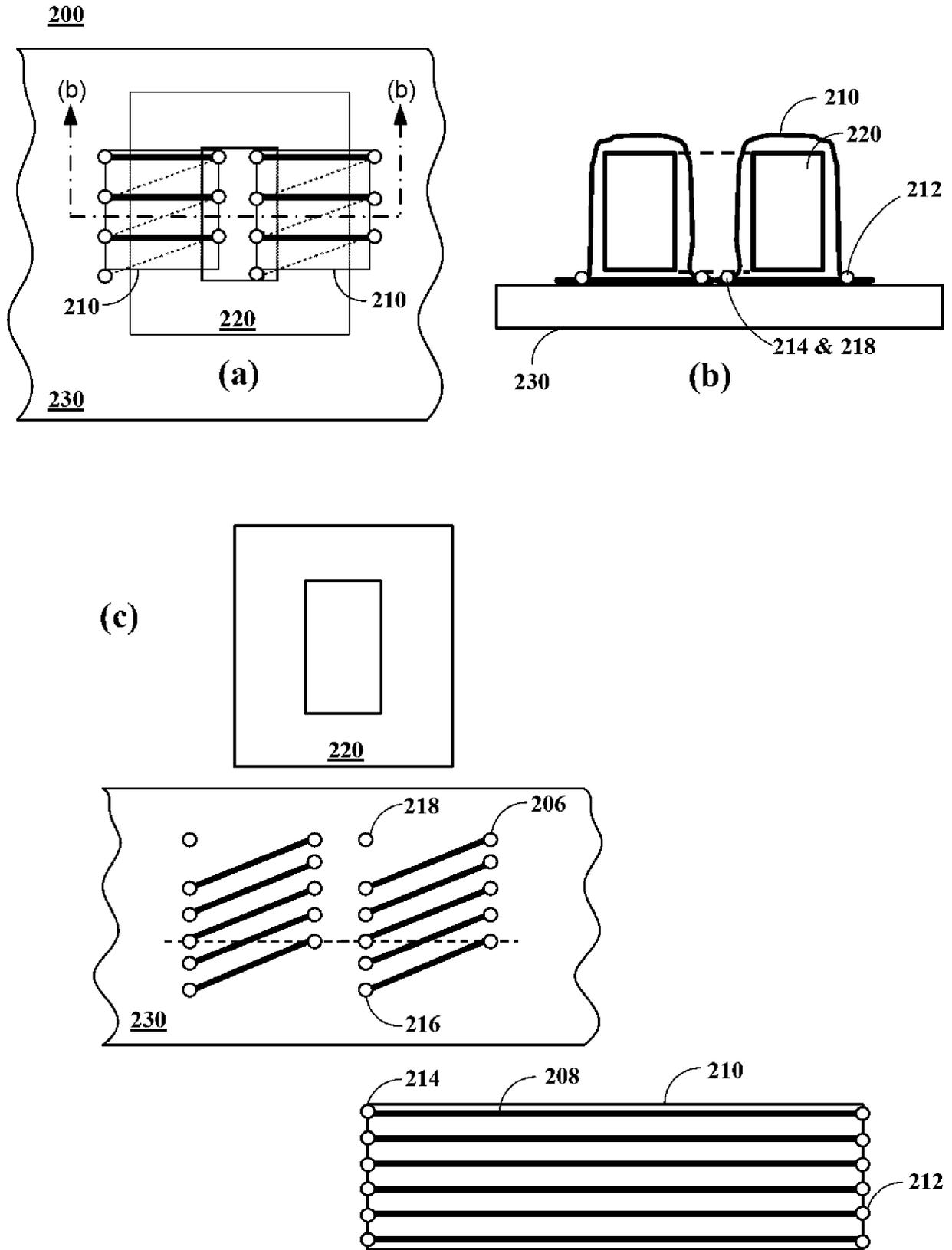
Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

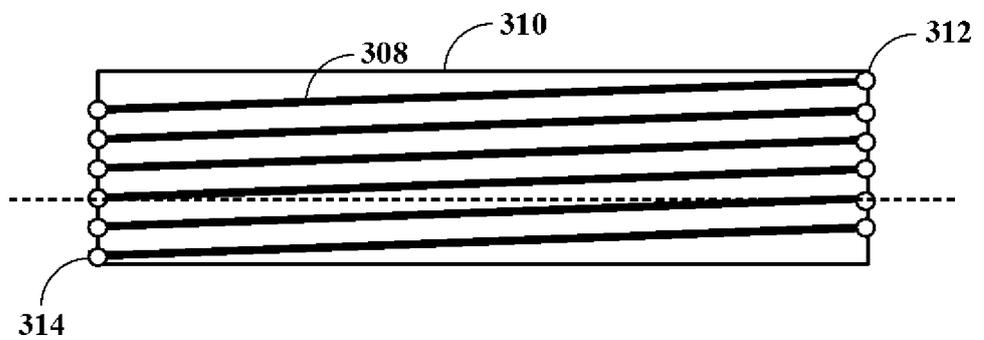
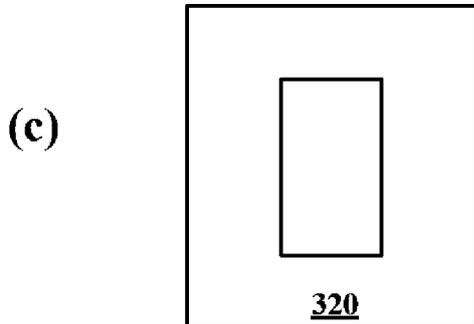
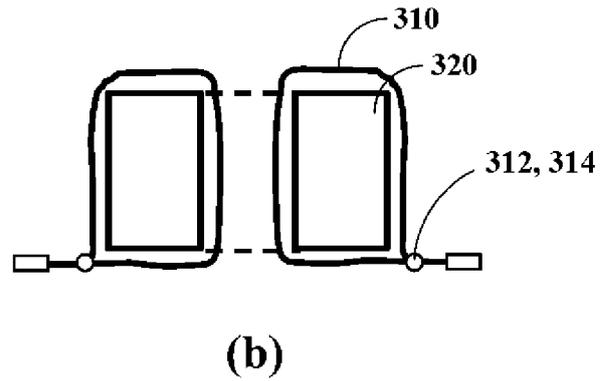
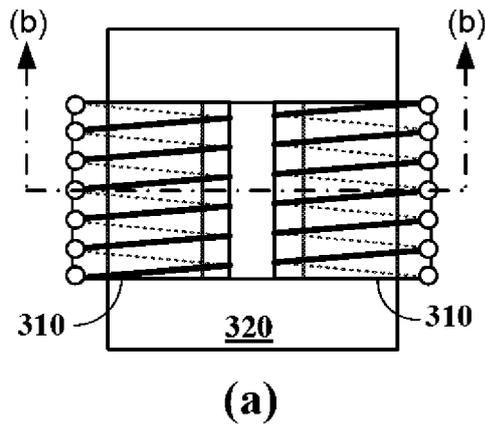
FIG. 1



**FIG. 2**

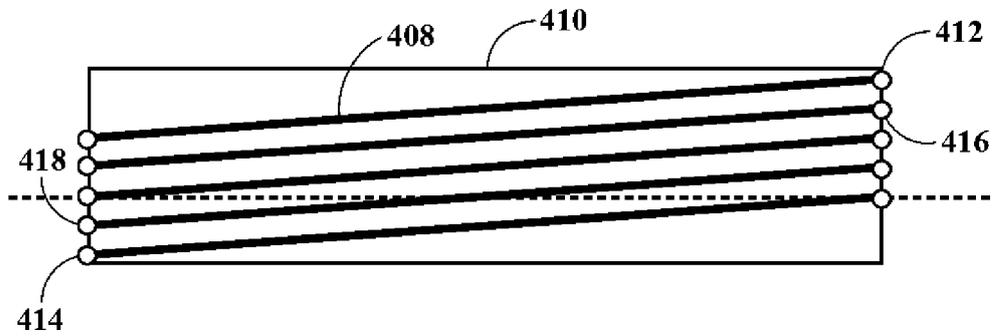
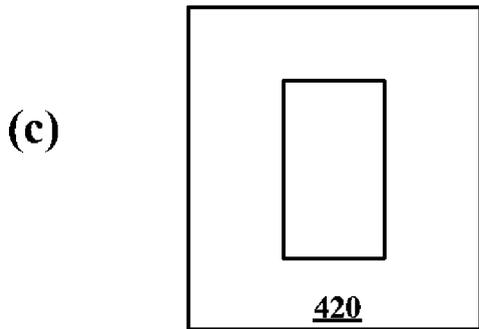
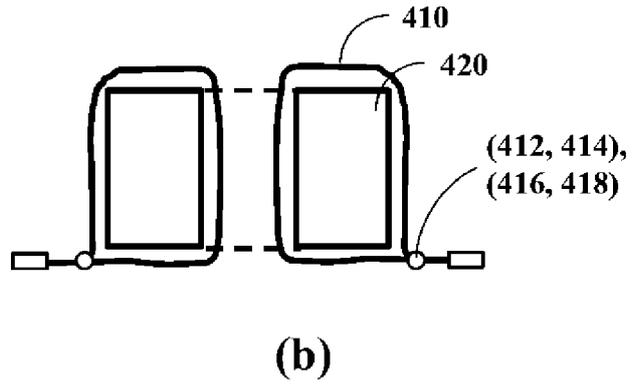
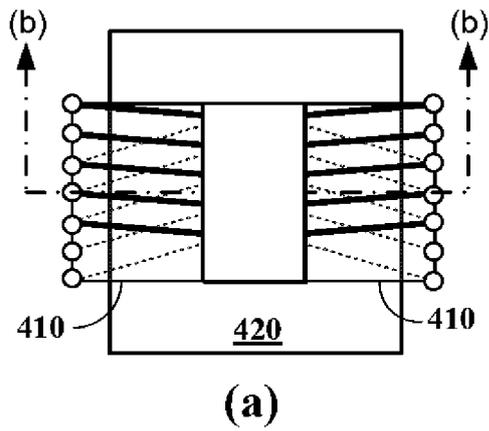


**FIG. 3**  
**300**



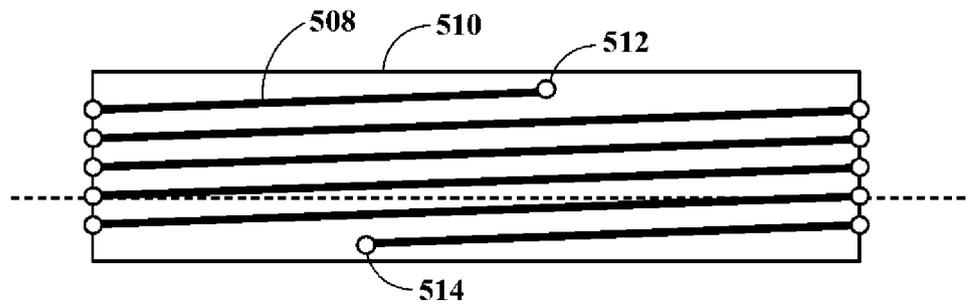
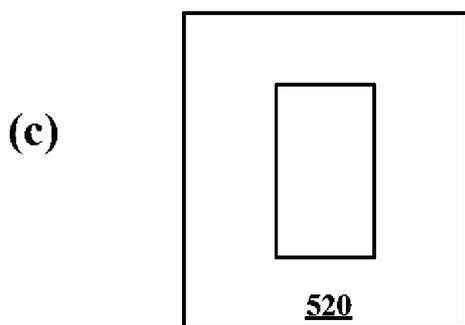
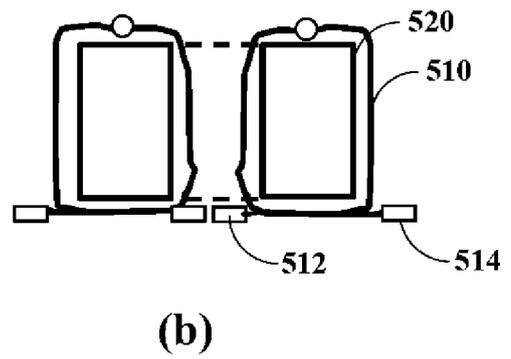
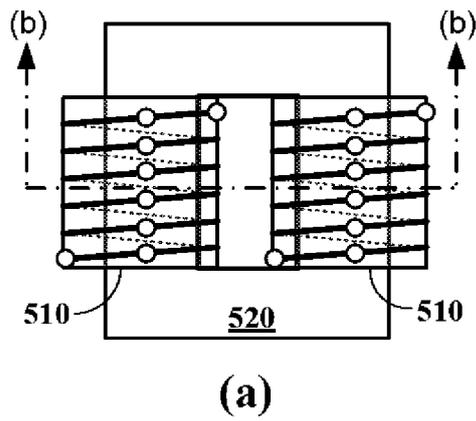
**FIG. 4**

400



**FIG. 5**

500



**FIG. 6**

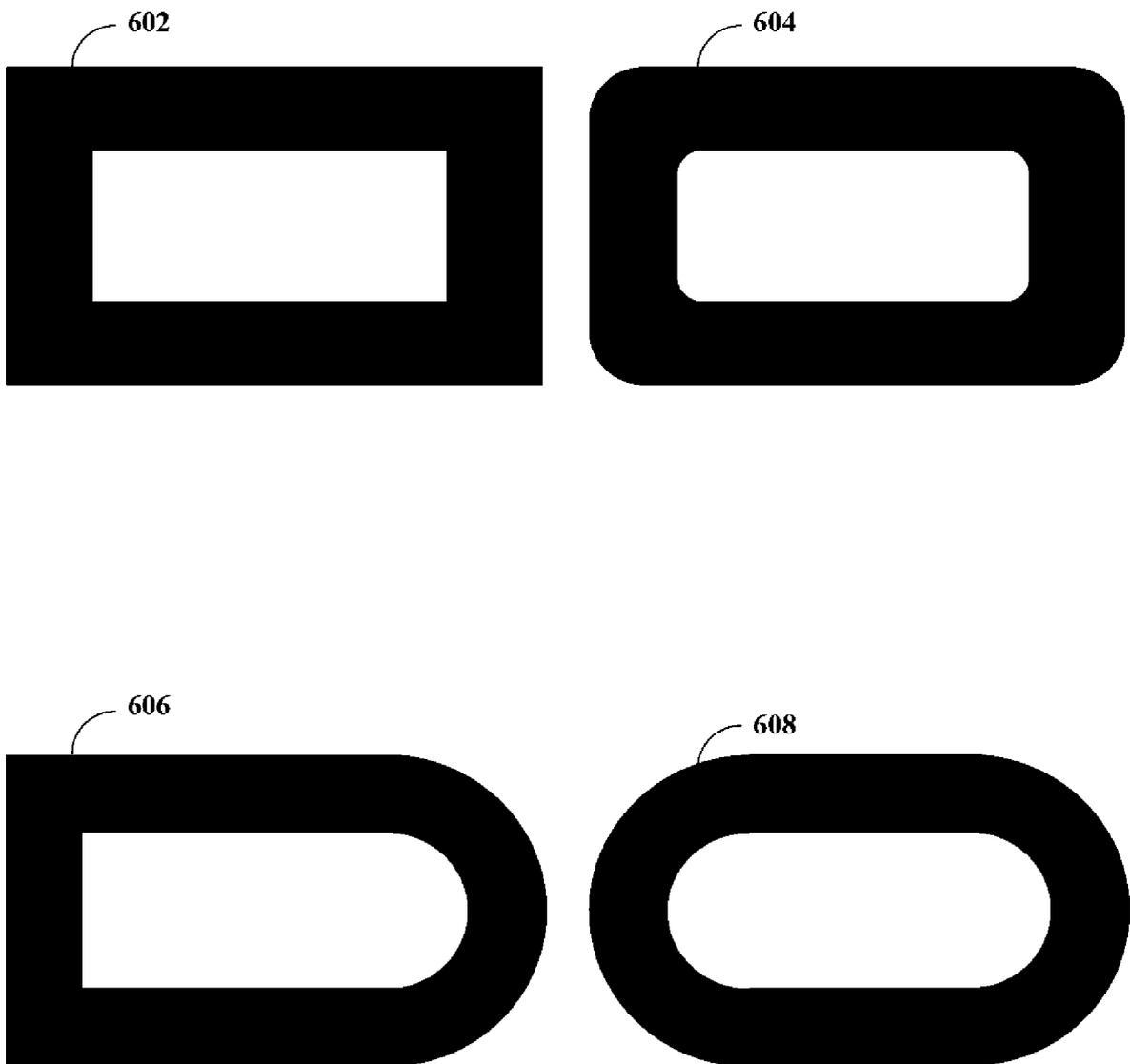


FIG. 7

