



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 598 838 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
23.11.2005 Patentblatt 2005/47

(51) Int Cl.7: **H01F 17/04, H01F 27/29**

(21) Anmeldenummer: **05009360.8**

(22) Anmeldetag: **28.04.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR LV MK YU

(72) Erfinder: **Weger, Robert, Dr.**
86150 Augsburg (DE)

(74) Vertreter: **Liesegang, Eva**
Forrester & Boehmert,
Pettenkoferstrasse 20-22
80336 München (DE)

(30) Priorität: **21.05.2004 DE 102004025076**

(71) Anmelder: **MINEBEA Co., Ltd.**
Kitasaku-gun, Nagano-ken 3849-2100 (JP)

(54) Spulenordnung und Verfahren zu deren Herstellung

(57) Spulenordnung, die einen ersten und einen zweiten C-förmigen Kern aufweist, wobei jeder C-förmige Kern eine langgestreckte Basis und zwei kürzere Schenkel an den Enden der Basis aufweist, auf jede Ba-

sis eine Wicklung aufgebracht ist und die Enden der Wicklungen an den Schenkeln der Kerne elektrisch kontaktiert sind, und wobei die Kerne relativ zueinander so angeordnet sind, daß die Schenkel der beiden Kerne einander gegenüberliegen.

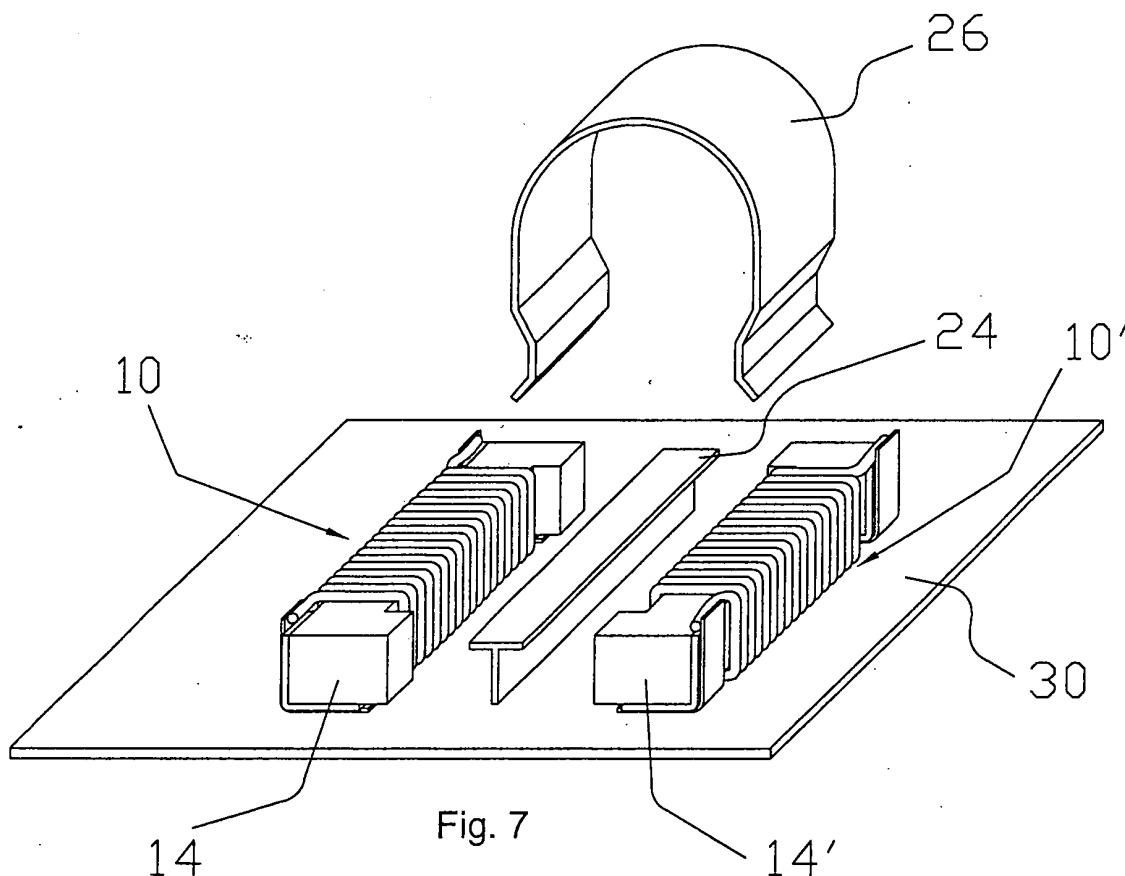


Fig. 7

EP 1 598 838 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Spulenordnung und ein Verfahren zu deren Herstellung. Insbesondere betrifft die Erfindung eine Spulenordnung, welche in Hochfrequenzanwendungen als Drossel, beispielsweise als Speicherdrossel, oder als Hochfrequenz-Transformator eingesetzt werden kann. Eine mögliche konkrete Anwendung der erfindungsgemäßen Spulenordnung ist in einem Schaltnetzteil.

[0002] Eine Spulenordnung, die als Leistungstransformator in einem Schaltnetzteil eingesetzt werden kann, ist beispielsweise beschrieben in dem U.S. Patent 5,543,773. Die darin offenbarte Spulenordnung verwendet eine erste und eine zweite Wicklung, welche auf einen trapezförmigen Kern aufgebracht und in ein- und derselben Wicklungsebene verschränkt gewickelt sind. Ziel dieser Anordnung ist es, die Dichte des Leckflusses und somit Verluste der Spulenordnung zu minimieren, und allgemeiner, Wicklungsleitungsverluste zu minimieren. Zu diesem Zweck wird ein relativ kompliziertes, verschränktes Wickelverfahren vorgesehen.

[0003] Induktive Bauelemente haben durch die rasche Entwicklung der Leistungselektronik, beispielsweise auf dem Gebiet der Schaltnetzteiltechnik, stark an Bedeutung gewonnen. Der Trend zu höheren Integrationsdichten, die bei Halbleiterbauelementen äußerst erfolgreich war, ist auch bei magnetischen Bauteilen gefordert. Bei magnetischen Bauteilen kann eine Verkleinerung insbesondere durch Vergrößerung der Arbeitsfrequenz erzielt werden (Hochfrequenzspulen für Leistungsanwendungen werden gegenwärtig in einem Bereich zwischen 100 kHz und wenigen MHz hergestellt). Die Forderung nach hoher Arbeitsfrequenz und gutem Wirkungsgrad führt zu Wicklungsstrukturen bzw. Spulenordnungen, die möglichst wenig vom Skin- bzw. Proximityeffekt betroffen sind (siehe auch: IEEE Tagungsband ICIT03: R. Weger, "Resonant Converter with Current Controlled Inductances", 2003, Maribor, Slovenia).

[0004] Konventionelle magnetische Bauteile bestehen aus einem Kern, der den magnetischen Fluß führt (bei Hochfrequenzanwendungen typischerweise ein Ferritmaterial), und einem Spulenkörper, der eine oder mehrere Wicklungen trägt. Im allgemeinen wird versucht, den Kern so klein zu wählen, daß sein Wicklungsfenster möglichst voll wird. Die resultierenden mehrlagigen Wicklungen verursachen aber erhebliche Verluste durch Skineffekt bzw. Proximityeffekt.

[0005] Ein bekannter Ansatz, induktive Bauelemente kompakter, insbesondere flacher und einfacher fertigbar zu gestalten, wird mit der so genannten Planartechnologie verfolgt. Diese setzt inhärent jedoch Windungsgeometrien voraus, deren Magnetfelder erheblich über den Nahbereich des Bauteils hinauswirken. Diese nachteilige Eigenschaft kommt insbesondere bei magnetischen Bauteilen mit niedriger relativer effektiver magnetischer Permeabilität (z.B. Speicherspulen) zum Tragen

und führt zu unerwünschten Induktionswirkungen auf benachbarte Schaltungsteile und zu zusätzlichen Energieverlusten. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Spulenordnung anzugeben, die sich als Hochfrequenzdrossel, insbesondere als Speicherdrossel, sowie zur Verwendung in Hochfrequenz-Transformatoren eignet, welche beispielsweise in Schaltnetzteilen zu finden sind. Die erfindungsgemäße Spulenordnung soll die beschriebenen Mängel des Standes der Technik vermeiden. Insbesondere soll die Erfindung zu kompakteren, flacheren und gleichzeitig effizienteren magnetischen Bauteilen führen. Die Spulenordnung soll eine gute Leistungsdichte, einen guten Wirkungsgrad und ausgezeichnete Eigenschaften hinsichtlich der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) und der elektromagnetischen Rauschemission (Electromagnetic Noise Emission) haben.

[0006] Diese Aufgabe wird durch eine Spulenordnung mit den Merkmalen von Patentanspruch 1 sowie durch ein Verfahren gemäß Anspruch 11 gelöst.

[0007] Die Erfindung sieht eine Spulenordnung vor, welche zwei C-förmige Kerne aufweist, die jeweils eine langgestreckte Basis und zwei kürzere Schenkel an den Enden der Basis umfassen. Die Länge der bewickelbaren Basis des Kerns sollte wenigstens das fünffache des Basisdurchmessers betragen. Auf jede Basis ist eine Wicklung aufgebracht, und die Enden der Wicklungen sind an den Schenkeln der Kerne elektrisch kontaktiert. Die beiden C-förmigen Kerne sind relativ zueinander so angeordnet, daß ihre Schenkel zueinander weisen und einander mit einem definierten Abstand gegenüberliegen. Die Schenkel sind im Vergleich zur Länge der Basen relativ kurz. Sie ragen nur unwesentlich über die Basis hinaus, vorzugsweise das ein- bis zweifache des Drahtdurchmessers der Wicklung. Bei Verwendung der Spulenordnung als Transformator kann der Luftspalt zwischen den C-förmigen Kernen gegen Null reduziert werden, indem die Kerne ohne Abstandshalter direkt zusammengefügt (z.B. zusammengeklebt) werden.

[0008] Mit der Erfindung wird eine Spulenordnung geschaffen, die sich sowohl als Drossel als auch als Transformator in Hochfrequenzanwendungen ausgezeichnet eignet. Zum Beispiel kann die Spulenordnung als Speicherdrossel in einem Schaltnetzteil verwendet werden. Mit der erfindungsgemäßen Spulenordnung können ausgezeichnete Eigenschaften hinsichtlich der Leistungsdichte, des Wirkungsgrades und der elektromagnetischen Induktion erreicht werden. Zusätzlich ergibt sich der Vorteil, daß die erfindungsgemäße Spulenordnung sehr kompakt und flach ist, so daß sich die Spulenordnung ausgezeichnet für die Oberflächenmontage (SMD-Technik) auf Leiterplatten eignet.

[0009] In der bevorzugten Ausführung der Erfindung ist der Teil des Ferritkernes, der die Wicklung aufnimmt, entweder mit einer elektrisch isolierenden Beschichtung versehen oder mit isolierendem Band umwickelt, so daß kein separater Spulenträger notwendig ist. In Sonder-

fällen geringer Spannungsbelastung der Spule kann auf diese Isolation zwischen Kern und Wicklung auch verzichtet werden. Durch den Verzicht auf Spulenkörper und den einfachen Aufbau verspricht die Spulenanordnung Kostenvorteile gegenüber dem Stand der Technik.

[0010] Vorzugsweise sind die Wicklungen auf jeden der Kerne einlagig aufgebracht und gleichmäßig über die Länge der Basis verteilt, wodurch sich besonders gute magnetische Eigenschaften der Spule ergeben und Verluste durch Skineffekt und Proximityeffekt minimiert werden.

[0011] Der Durchmesser des Wicklungsdrahtes sollte die dreifache Skineindringtiefe nicht überschreiten. Die Skineindringtiefe ist eine Funktion der Arbeitsfrequenz und der spezifischen Leitfähigkeit. Für Kupferdraht berechnet man die Skineffekt-Eindringtiefe δ bei realistischen Arbeitstemperaturen (im Bereich von ungefähr 25° C - 65° C) näherungsweise wie folgt:

$$\delta[\text{mm}] \approx \frac{2.2}{\sqrt{f[\text{kHz}]}}$$

[0012] Wenn die Strombelastung einen größeren Drahtquerschnitt erfordert, können zwei oder mehrere Drähte parallel gewickelt werden (bifilar, trifilar ...) bzw. es kann auch Kupferfolie verwendet werden.

[0013] Die Schenkel der C-förmigen Kerne sind vorzugsweise nur geringfügig länger als der Durchmesser der auf die Basen aufgetragenen Wicklungsdrähte und insbesondere nur geringfügig länger als der Durchmesser einer Wicklungslage (Drahtdurchmesser). Dies hat den Vorteil, daß die C-förmigen Kerne mit ihren Basen relativ nah zusammengebracht werden können und so der Raum von der Spulenanordnung optimal genutzt wird, wobei durch die einander gegenüberliegenden kurzen Schenkel zwei Luftspalte gebildet werden. Bei der Anwendung als Speicherdrossel ist das konstruktionsbedingte Auftreten von zwei Luftspalten ein erheblicher Vorteil, da der magnetische Streufluss von zwei magnetisch in Serie liegenden Luftspalten erheblich niedriger ist als von einem äquivalenten Einfachluftspalt. Zusätzlich begünstigt die verwendete Wicklungsgeometrie ein minimiertes äußeres Streufeld. Einerseits handelt es sich um Stabspulen, deren Spulenlänge erheblich größer als der Spulendurchmesser ist. Solcherlei Stabspulen generieren von vornherein ein geringeres externes Streufeld. Andererseits liegen die beiden Stabspulen mit entgegengesetzter magnetischer Polung räumlich dicht beieinander, sodass sich deren Fernfelder gegenseitig auslöschen.

[0014] Die Schenkel der C-förmigen Kerne sind (mindestens) geringfügig länger als die Dicke der auf die Basen aufgetragenen Wicklungen. Dies ist notwendig, um den magnetischen Kreis spaltfrei schließen zu können (gegenüberliegende Schenkel von zwei Kernhälften berühren sich). Wenn ein Luftspalt vorgesehen ist, empfiehlt es sich, die Schenkel etwa eine Luftspaltbreite län-

ger zu machen als der Wicklungsdurchmesser, um das in Spaltnähe starke Magnetfeld von den Randwindungen der Wicklung fernzuhalten.

[0015] Wenn anwendungsbedingt ein besonders großes Luftspaltvolumen benötigt wird, können die zwei Teilspalte durch Einbringen von kurzen I-Kernen auf vier Teilspalte verdoppelt werden. Die Länge des eingebrachten I-Kernes soll möglichst klein andererseits aber wesentlich größer als die resultierende Spaltdistanz sein, mindestens aber das Dreifache der Spaltdistanz. Konstruktionsbedingt entstehen zwischen den gegenüberliegenden Schenkeln der beiden Kernhälften zwei gleiche Luftspalte. Durch Abstandshalter können die Luftspalte vor dem Fixieren der Kernhälften auf jede gewünschte Distanz gebracht werden. Die Abstandshalter können entweder dauerhaft zwischen die Kernhälften geklebt werden oder nur vorübergehend zwischen die Kernhälften geklemmt sein. Im letzteren Fall empfiehlt sich, eine zusätzliche Fixierung der Kernhälften mittels Epoxidharz nach Entfernen des Abstandshalters. Die Kernhälften können vor dem Lötprozess beispielsweise mit einer mechanischen Klammer zusammengedrückt werden.

[0016] Die Schenkel weisen jeweils wenigstens eine elektrisch leitende Oberfläche zum Kontaktieren der Wicklungen auf. In einer Ausführung der Erfindung haben die Schenkel einen rechteckigen Querschnitt. In dieser Ausführung sind vorzugsweise zwei aneinander grenzende Flächen der Schenkel mit einer elektrisch leitenden Kontaktfolie versehen, um die Wicklungen zu kontaktieren. Die Basen können auch runden Querschnitt haben, die Schenkel sind aber wegen der Kontaktierung vorzugsweise rechteckig. Zwischen der Schenkeloberfläche und der elektrisch leitenden Folie ist jeweils eine Isolierung vorgesehen. Die Kontaktflächen auf den Kernhälften können direkt mit Leiterbahnen verlötet werden.

[0017] Sofern eine Kernhälfte mehr als eine Wicklung trägt, z.B. im Falle einer Bifilarwicklung können die Kontaktierungsflächen auch segmentiert werden, um die Wicklungsenden getrennt anzuschließen.

[0018] Die C-förmigen Kerne sind vorzugsweise so aufgebaut, daß sich die Schenkel im wesentlichen senkrecht zu den Basen an deren äußeren Enden erstrecken.

[0019] Mit der erfindungsgemäßen Spulenanordnung können folgende Vorteile erzielt werden:

[0020] Die Spulen können mit einer sehr flachen und kompakten Geometrie hergestellt werden, wodurch eine ausgezeichnete Raumausnutzung erzielt wird. In der Praxis eignen sich die Spulenanordnungen sowohl als Speicherdrosseln (Serieninduktoren) als auch als Transformatoren. Aufgrund des erfindungsgemäßen Aufbaus der Spulenanordnung eignet sich diese sowohl für die Realisierung als miniaturisierte SMD-Drosselspule oder -Induktor als auch als Leistungs-Induktor im kW-Bereich.

[0021] Die einlagige Spulengeometrie minimiert skin-

effektbasierte Verluste in der Wicklung. Durch die langgestreckte flache C-Form wird der Anteil des magnetischen Totvolumens in den Schenkeln minimiert, und somit werden Kernverluste verringert. Die räumliche Aufteilung des Luftspaltes auf zwei Teilspalte reduziert die externen Wirbelfelder in Spaltnähe. Zusätzlich sind die Teilspalte außerhalb der Wicklungen lokalisiert, so daß Verluste in der Wicklung durch Streufeldinduktion minimal bleiben. Die Geometrie der Spulenordnung und die Aufteilung des Luftspaltes auf zwei Teilspalte garantiert minimierte magnetische Streufelder und somit exzellente elektromagnetische Verträglichkeit.

[0022] Die elektromagnetische Emission kann weiter verringert werden, indem der Doppelspalt zwischen den beiden Schenkeln zu einem Vierfachspalt erweitert wird, indem z.B. kurze I-Kerne zwischen die Schenkel der beiden C-Kerne der Spulenordnung eingefügt werden, wie oben beschrieben.

[0023] Ferner ist bei der erfindungsgemäßen Spulenordnung die Länge der Basis des Kerns im Vergleich zu ihrem Durchmesser groß, woraus eine schnelle Abnahme äußerer Streufelder resultiert.

[0024] Ein weiterer Vorteil schließlich ist der extrem einfache, kompakte und materialsparende Aufbau der Spulenordnung, die einfache Handhabung und die daraus resultierenden günstigen Kosten. Der von der Spulenordnung eingenommene Raum wird optimal ausgefüllt. Es wird kein Platz für einen Spulenkörper verbraucht. Der von der Wicklung nicht nutzbare Kernbereich am Schenkel wird für die Kontaktierung verwendet. Die erfindungsgemäße Spulenordnung ermöglicht extrem flache Magnetbauteile.

[0025] Die Erfindung schafft somit ein magnetisches Bauteil, das aufgrund seiner speziellen Geometrie bessere Eigenschaften hinsichtlich Energieeffizienz, Energiedichte und EMV hat als Bauteile gemäß dem Stand der Technik. Erreicht wird dies durch die langgestreckte, bisher sehr unübliche Kernform. In der bevorzugten Ausführung sollte die bewickelbare Länge der Basis des Kerns mindestens das fünffache des Basisdurchmessers betragen. Die Schenkel sollten nur unwesentlich über die Basis hinausragen, gerade etwa ein bis zwei Drahtdurchmesser. Die Wicklung ist einlagig, und der Drahtdurchmesser ist kleiner als die dreifache SkinEindringtiefe.

[0026] Die Erfindung sieht auch ein Verfahren zum Herstellen einer derartigen Spulenordnung vor, bei dem auf jede Basis eine Wicklung aufgebracht wird, die Enden der Wicklungen an den Schenkeln der Kerne elektrisch kontaktiert werden und die Kerne nebeneinander so angeordnet werden, daß die Schenkel der beiden Kerne einander mit einem Abstand gegenüberliegen.

[0027] Der Abstand der Kerne wird vorzugsweise mit Hilfe eines Abstandshalters eingerichtet, welcher zwischen die beiden Kerne eingefügt wird, bevor die Schenkel der Kerne auf einem Träger fixiert werden. Nach dem Fixieren der Schenkel kann der Abstandshal-

ter wieder entfernt werden. Vorzugsweise werden die Schenkel der Kerne auf eine Leiterplatte gelötet.

[0028] Insbesondere bei großen Spulenordnungen und geringen Abständen zwischen den Kernen ist es vorteilhaft, wenn die einander gegenüberliegenden Schenkel zweier Kerne zusätzlich fixiert werden, beispielsweise durch Aufbringen eines Tropfens Epoxidharz.

[0029] Die Erfindung ist im folgenden anhand bevorzugter Ausführungen mit Bezug auf die Zeichnungen näher erläutert. In den Figuren zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Darstellung eines C-Kerns zur Herstellung einer Spulenordnung gemäß der Erfindung;

Fig. 2 eine Draufsicht eines C-Kerns, auf den eine Wicklung aufgebracht ist;

Fig. 3 eine Unteransicht von zwei bewickelten, einander gegenüberliegenden C-Kernen zum Aufbau einer Spulenordnung gemäß der Erfindung;

Fig. 4 eine ähnliche Ansicht wie Fig. 3 von unten, wobei zwischen die C-Kerne Abstandshalter eingebracht sind;

Fig. 5 eine perspektivische Darstellung eines Kontaktierungskörpers für die erfindungsgemäße Spulenordnung;

Fig. 6 eine ähnliche Ansicht wie Fig. 3, wobei zwischen die C-Kerne Abstandshalter und I-Kerne eingebracht sind; und

Fig. 7 eine perspektivische Explosionsdarstellung von zwei einander gegenüberliegenden CKernen, die durch einen Abstandshalter getrennt und durch eine Spannklemme zusammengehalten werden, zum Aufbau einer Spulenordnung gemäß der Erfindung.

[0030] Die erfindungsgemäße Spulenordnung basiert auf der Verwendung von zwei gleichartigen C-förmigen Kernen oder C-Kernen, welche jeweils eine Spulenhälfte bilden. Die C-Kerne sind vorzugsweise aus einem Ferritmaterial hergestellt. Fig. 1 zeigt eine perspektivische Ansicht eines C-Kerns 10, der eine langgestreckte Basis 12 und zwei von der Basis senkrecht abstehende, vergleichsweise kurze Schenkel 14, 16 an den Enden dieser Basis aufweist. Der C-Kern der erfindungsgemäßen Spulenordnung ist vorzugsweise mit relativ kurzen Schenkeln 14, 16 ausgebildet, die wenig mehr als ein Wicklungsdurchmesser von der Basis 12 vorstehen. Der C-Kern 10 degeneriert somit in Richtung eines I-Kerns. Die gezeigte Struktur des C-Kerns 10 führt zu einem minimalen Platzbedarf für den Aufbau

der erfindungsgemäßen Spulenanordnung.

[0031] Die Basis 12 ist vorzugsweise mit einem isolierenden Material beschichtet, z.B. mit einem isolierenden Kunststoffband oder einer Epoxidbeschichtung. Dies ermöglicht das direkte Aufbringen einer Wicklung auf den Kern 10 ohne zusätzliche Isolierung oder Spulenträger. In der gezeigten Ausführung hat der Kern 10 einen rechteckigen Querschnitt. Vorzugsweise sind die Kanten des Kerns 10 geglättet oder abgerundet, um Verletzungen und Beschädigungen von Material zu vermeiden.

[0032] In Fig. 1 sind neben dem C-Kern 10 isolierende Abstandshalter 18 sowie elektrisch leitende Kontaktfolien 20 dargestellt. Die Kontaktfolien 20 können z.B. aus einer Kupferfolie geschnitten sein. Die elektrisch leitenden Kontaktfolien dienen als Kontaktflächen und werden an den Schenkeln 14, 16 des C-Kerns 10 angebracht, z.B. geklebt, wie in Fig. 2 gezeigt. Die elektrisch leitenden Kontaktfolien 20 sitzen vorzugsweise auf Isolierstücken 18, welche wenig dicker als ein Wicklungsdurchmesser sind. Die Kontaktfolien 20 bedecken bei der gezeigten Ausführung wenigstens zwei benachbarte, zueinander senkrechte Flächen der Schenkel 14 bzw. 16. Sie dienen zum Kontaktieren der Wicklungsenden, wie in Fig. 2 dargestellt, sowie zum Befestigen der Spulenanordnung an einem Träger, wie mit Bezug auf Fig. 7 erläutert. Die Kontaktfolien 20 können mit den Abstandshaltern 18 auf die C-Kerne 10 aufgeklebt werden. Sofern ein C-Kern mehr als eine Wicklung trägt, z.B. im Fall einer bifilaren Wicklung oder einer trifilaren Wicklung, können die Folien 20 auch segmentiert werden, um die Wicklungsenden getrennt anzuschließen, wie aus Fig. 5 ersichtlich.

[0033] Wie in Fig. 2 gezeigt, trägt die Basis 12 des C-Kerns 10 eine oder mehrere Wicklungen, wobei vorzugsweise eine einlagige Wicklung 22 vorgesehen ist. Der Draht der Wicklung 22 ist gleichmäßig über die Länge der Basis 12 des C-Kerns 10 verteilt. Die Enden des Wicklungsdrahtes 22 sind jeweils mit den elektrisch leitenden Folien 20 auf den Schenkeln 14 bzw. 16 des Kerns z.B. durch Löten verbunden.

[0034] Spulenanordnungen für niederfrequenzere Anwendungen, etwa unter 100 kHz, können auch eine zweite Wicklungslage aufweisen. Wie erläutert, ist es auch möglich, bifilare oder andere multifilare Wicklungen vorzusehen.

[0035] Fig. 3 zeigt zwei bewickelte C-Kerne 10, 10', welche zur Bildung der erfindungsgemäßen Spulenanordnung relativ zueinander so angeordnet sind, daß ihre Schenkel 14, 16 zueinander weisen und mit Abstand einander gegenüberliegen. Der Abstand bestimmt die Breite des Luftspaltes 32. Die beiden bewickelten C-Kerne können zum Aufbauen eines magnetischen Elementes, wie eine Drossel oder ein Transformator (ohne Luftspalt), verwendet werden.

[0036] Fig. 4 zeigt eine ähnliche Darstellung wie Fig. 3, wobei in den Spalt 32 ein Abstandshalter 24 eingebracht ist. Durch die Abstandshalter können die Luft-

spalte 32 vor dem Fixieren der C-Kerne auf jede gewünschte Distanz eingestellt werden. Die Abstandshalter 24 können entweder dauerhaft zwischen die C-Kerne geklebt werden oder nur vorübergehend zwischen den C-Kernen eingeklemmt sein. Fig. 6 zeigt eine ähnliche Ansicht wie die Figuren 3 und 4, wobei zwischen die bewickelten C-Kerne 10, 10' jeweils ein I-Kern 34 eingefügt ist, welcher von den C-Kernen 10, 10' über Abstandshalter 36 getrennt ist. Durch das Einbringen der I-Kerne 34 können die zwei Teilspalte zwischen den C-Kernen 10, 10' auf vier Teilspalte verdoppelt werden. Die Länge der I-Kerne 34 sollte möglichst klein, andererseits aber deutlich größer als die resultierende Spaltdistanz sein und vorzugsweise wenigstens das Dreifache der Spaltdistanz betragen.

[0037] Fig. 7 ist eine perspektivische Darstellung eines ersten und eines zweiten bewickelten C-Kerns 10, 10', die auf eine Leiterplatte 30 aufgebracht sind. In Fig. 7 sind ein Abstandshalter 24 und eine Klammer 26 dargestellt, welche dazu dienen, die C-Kerne 10, 10' in die richtige Lage relativ zueinander zu bringen und darin zu halten.

[0038] Der Abstandshalter 24 wird zwischen die beiden C-Kerne 10, 10' eingefügt, um den Abstand zwischen den jeweiligen Schenkeln 14, 16, 14', 16' einzustellen. Die so zusammengefügte Anordnung wird durch die Klammer 26 fest zusammen gehalten. Die gesamte Anordnung wird auf Kontaktfeldern (nicht gezeigt) der Leiterplatte 30 platziert, und die mit Kupferfolie oder dergleichen beschichteten Schenkel 14, 16, 14', 16' der C-Kerne 10, 10' werden auf die Kontaktfelder gelötet. Anschließend können die Klammer 26 und der Abstandshalter 24 entfernt werden. Sie können zur Herstellung weiterer Spulenanordnungen erneut verwendet werden.

[0039] Sofern die C-Kerne 10, 10' vergleichsweise groß und der Spalt zwischen diesen klein ist, kann es vorteilhaft sein, ein Fixiermittel, beispielsweise einen Tropfen Epoxidkleber, in jeden Spalt 32 einzufügen, um die Spaltlänge zusätzlich zu fixieren.

[0040] Im folgenden ist ein Verfahren zum Herstellen der erfindungsgemäßen Spulenanordnung beschrieben, wobei ein Fachmann verstehen wird, daß die Erfindung nicht auf die speziellen, hier gemachten Angaben beschränkt ist. Die C-Kerne 10, 10' werden zum Isolieren des Wickelraums z.B. in einem Tauchverfahren mit Epoxidharz beschichtet. Selbstverständlich können auch andere Isolatormaterialien verwendet werden, und es ist auch möglich, die Basen 12 der C-Kerne mit einem Band aus einem isolierenden Material zu umwickeln. Die Stirnflächen der Schenkel 14 sollen dabei unbeschichtet bleiben. Anschließend werden die Isolatorstücke 18 und die Kontaktfolien 20 auf die Schenkel 14 geklebt (siehe Fig. 1). Die Wicklung wird auf die Basis 12 aufgebracht. Die Wicklungsenden werden mit den Kontaktfolien 20 verlötet (siehe Fig. 2). Die bewickelten und kontaktierten C-Kerne 10, 10' werden auf einer ebenen Platte spiegelsymmetrisch zueinander angeordnet

und mittels der Klammer 26 zusammengedrückt (siehe Fig. 7). Sofern im Feldlinienweg der C-Kerne 10, 10' Luftspalte gewünscht sind, wird ein passender Abstandshalter 24, wie in Fig. 7 gezeigt, zwischen die Stirnflächen der Schenkel 14 eingefügt. Die von der Klammer 26 mechanisch zusammengehaltene Spulenanordnung kann nun direkt auf eine Leiterplatte 30 platziert und auf Leiterbahnen aufgelötet werden.

[0041] Nach dem Lötvorgang werden die Klammer 26 und der Abstandshalter 24 entfernt, und der Spalt 32 kann mit einem Epoxidharz gefüllt bzw. fixiert werden.

[0042] In einer weiteren Ausführung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß die Kerne 10, 10' als SMD-Bauteile (SMD = Small Mounted Device) ausgestaltet sind. In der Praxis werden diese SMD-Kerne durch Pick-and-Place-Maschinen auf eine SMD-Platine gesetzt und im Reflowverfahren verlötet. Bei dieser Technik ist es möglich, die Kerne ohne Klammer und Abstandshalter mit einem definierten Abstand zueinander zu positionieren und auf die Platine zu löten.

[0043] Die in der vorstehenden Beschreibung, den Figuren und den Ansprüchen offenbarten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in den verschiedenen Ausgestaltungen von Bedeutung sein.

Bezugszeichenliste

[0044]

10, 10'	C-Kerne
12	Basis
14, 16, 14', 16'	Schenkel
18	Isolatorstücke
20	Kontaktfolie
22	Wicklung
24	Abstandshalter
26	Klammer
28	Kontaktfeld
30	Leiterplatte
32	Spalt
34	I-Kern
36	Abstandshalter

Patentansprüche

1. Spulenanordnung, die einen ersten und einen zweiten C-förmigen Kern (10, 10') aufweist, wobei jeder C-förmige Kern (10, 10') eine langgestreckte Basis (12) und zwei kürzere Schenkel (14, 16, 14', 16') an den Enden der Basis aufweist, auf jede Basis (12) eine Wicklung (22) aufgebracht ist und die Enden der Wicklungen (22) an den Schenkeln (14, 16, 14', 16') der Kerne elektrisch kontaktiert sind, und wobei die Kerne (10, 10') relativ zueinander so angeordnet sind, daß die Schenkel (14, 16, 14', 16') der beiden Kerne (10, 10') einander gegenüberliegen.

2. Spulenanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen den Schenkeln der beiden Kerne jeweils ein Spalt (32) gebildet ist.

3. Spulenanordnung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Basen (12) der Kerne (10, 10') mit einem isolierenden Material beschichtet sind.

4. Spulenanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Wicklungen (22) einlagig aufgebracht sind.

5. Spulenanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Schenkel (14, 16, 14', 16') geringfügig länger sind als der Durchmesser der auf die Basen (12) aufgetragenen Wicklungen (22).

6. Spulenanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Schenkel (14, 16, 14', 16') jeweils wenigstens eine elektrisch leitende Oberfläche zum Kontaktieren der Wicklungen (22) aufweisen.

7. Spulenanordnung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** auf wenigstens eine der Oberflächen jedes Schenkels (14, 16, 14', 16') eine elektrisch leitende Kontaktfolie (20) aufgebracht ist, wobei zwischen der Schenkeloberfläche und der Folie (20) eine Isolierung (18) vorgesehen ist.

8. Spulenanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kerne (10, 10') einen im wesentlichen rechteckigen Querschnitt aufweisen.

9. Spulenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Basen der Kerne einen runden Querschnitt und die Schenkel einen rechteckigen Querschnitt aufweisen.

10. Spulenanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** sich die Schenkel (14, 16, 14', 16') im wesentlichen senkrecht zu den Basen (12) erstrecken.

11. Verfahren zum Herstellen einer Spulenanordnung, die einen ersten und einen zweiten C-förmigen Kern (10, 10') aufweist, wobei jeder C-förmige Kern (10, 10') eine langgestreckte Basis (12) und zwei kürzere Schenkel (14, 16, 14', 16') an den Enden der Basis aufweist, bei dem auf jede Basis (12) eine Wicklung (22) aufgebracht wird, die Enden der Wicklungen (22) an den Schenkeln (14, 16, 14', 16') der Kerne elektrisch kontaktiert werden und die Kerne (10, 10') nebeneinander so angeordnet werden, daß die Schenkel (14, 16, 14', 16') der beiden

Kerne einander gegenüberliegen.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Basen (12) der bewickelten Kerne (10, 10') parallel zueinander ausgerichtet werden, ein Abstandshalter (24) zwischen die Kerne eingefügt wird, um einen gewünschten Abstand zwischen den Schenkeln (14, 16, 14', 16') der Kerne einzurichten, die Kerne (10, 10') in dieser Position gehalten und die Schenkel (14, 16, 14', 16') der Kerne auf einem Träger (30) fixiert werden. 5 10
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** nach dem Fixieren der Schenkel (14, 16, 14', 16') der Abstandshalter (24) entfernt wird. 15
14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Schenkel (14, 16, 14', 16') der Kerne (10, 10') auf eine Leiterplatte (30) gelötet werden. 20
15. Verfahren nach Anspruch 12, 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen die einander gegenüberliegenden Schenkel (14, 16, 14', 16') zweier Kerne (10, 10') ein Fixiermittel, insbesondere ein Epoxidharz, eingebracht wird. 25

30

35

40

45

50

55

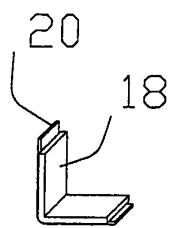
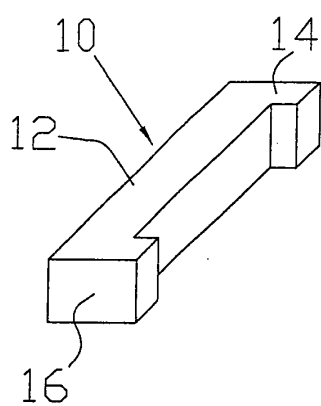


Fig. 1

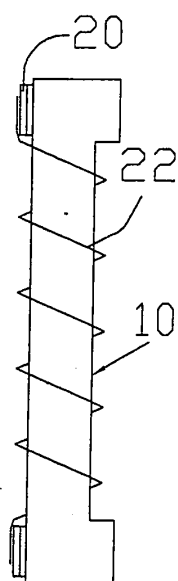
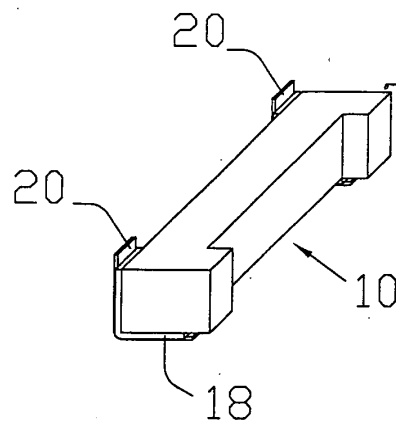


Fig. 2

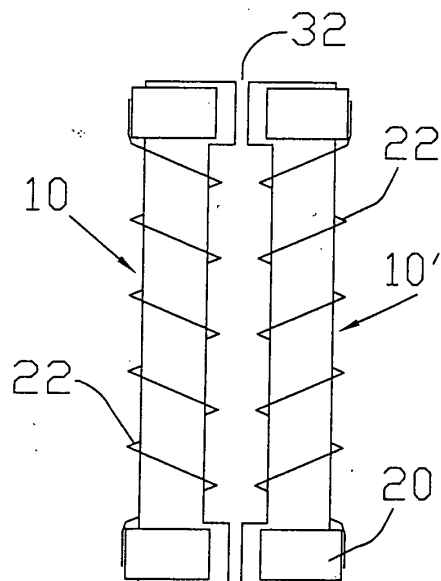


Fig. 3

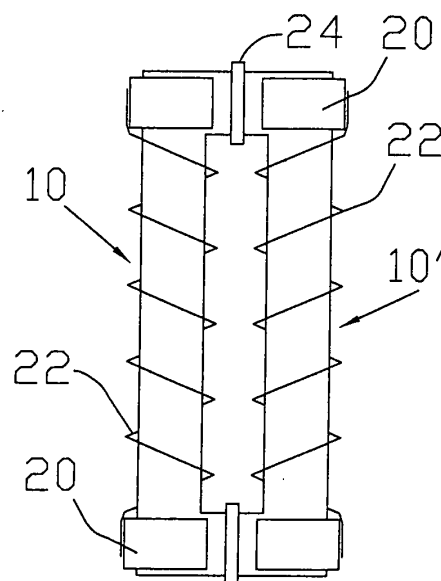


Fig. 4

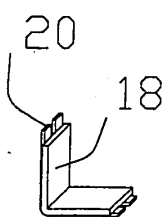


Fig. 5

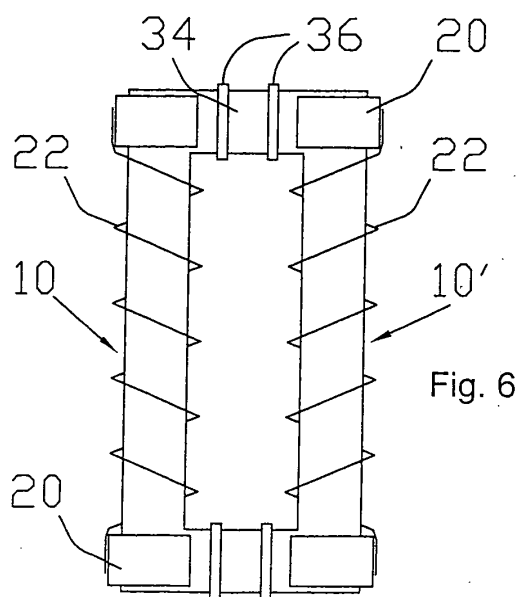


Fig. 6

