



(11) **EP 2 018 643 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**24.11.2010 Patentblatt 2010/47**

(51) Int Cl.:  
**H01F 41/02** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **07728738.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2007/054285**

(22) Anmeldetag: **03.05.2007**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2007/131884 (22.11.2007 Gazette 2007/47)**

(54) **INDUKTIVES BAUELEMENT UND VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES INDUKTIVEN BAUELEMENTS**

INDUCTIVE COMPONENT AND METHOD FOR MANUFACTURING AN INDUCTIVE COMPONENT  
COMPOSANT INDUCTIF ET PROCEDE DE REALISATION D'UN COMPOSANT INDUCTIF

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR GB HU IT**

(30) Priorität: **16.05.2006 DE 102006022785**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**28.01.2009 Patentblatt 2009/05**

(73) Patentinhaber: **Osram Gesellschaft mit beschränkter Haftung**  
**81543 München (DE)**

(72) Erfinder:  
• **GÖTSCH, Dieter**  
**85521 Ottobrunn (DE)**  
• **MATZ, Richard**  
**83052 Bruckmühl (DE)**  
• **MÄNNER, Ruth**  
**85667 Oberpfaffenhofen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 1 168 384 EP-A- 1 168 386**  
**EP-A- 1 211 701 EP-A1- 0 782 154**  
**WO-A-2005/032226 GB-A- 2 083 952**

**EP 2 018 643 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

### Technisches Gebiet

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines induktiven Bauelements, welches aus mehreren Schichten ausgebildet wird. Darüber hinaus betrifft die Erfindung auch ein derartiges induktives Bauelement.

### Stand der Technik

**[0002]** Statische Magnetvorrichtungen, wie beispielsweise Transformatoren und Induktoren, sind wesentliche Elemente von Schaltkreisen, welche zur Speicherung und Umwandlung von Energie, zur Impedanzanpassung, zur Filterung, zur Unterdrückung elektromagnetischer Störstrahlung oder aber auch zur Spannungs- oder Stromumwandlung konzipiert sind. Darüber hinaus sind diese Bauelemente auch wesentliche Komponenten von Resonanzkreisen. Induktive Bauelemente beruhen auf der Erzeugung magnetischer Wechselfelder durch Primärströme, die ihrerseits Sekundärströme induzieren. Bei hohen Frequenzen können sie deshalb mit akzeptabler Kompaktheit und Effizienz ohne magnetische Werkstoffe durch geeignete Anordnung der Strompfade hergestellt werden. Für eine Miniaturisierung haben sich gegenüber den drahtgewickelten, relativ kostenintensiven Bauteilen, teilweise planare Wicklungen bewährt, die sich in konventionelle mehrlagige Schaltungsträger aus organischen oder keramischen Werkstoffen integrieren lassen. Insbesondere sind hier die weit verbreiteten Schaltungsträger aus FR4-Material oder die LTCC (Low Temperature Cofired Ceramics)-Technologie zu nennen. Bei dieser Technologie werden ungesinterte keramische Grünfolien unter Verwendung metallgefüllter, elektrisch leitfähiger Pasten in Stanz- und Siebdruckverfahren mit Durchkontaktierungen und planaren Leitungsstrukturen versehen und anschließend im Stapel zusammen gesintert. Dabei entstehen thermisch belastbare, verlustarme, hermetisch dichte Substrate, die konventionell weiter bestückt werden können.

**[0003]** Für das weite Anwendungsfeld der Strom- und Spannungstransformation sowie der Tiefpassfilter in leistungselektronischen Schaltungen sind wegen der niedrigen Frequenzen Bauelemente mit verbesserter magnetischer Kopplung auf Basis magnetischer Werkstoffe erforderlich, die den magnetischen Fluss verstärken und formen können. Hierfür sind eine Vielzahl von Varianten von Spulen- und Transformatorkernen aus ferritischer Keramik kommerziell verfügbar, die sich nachträglich mit Hilfe von Metallklammern an den erwähnten planaren Schaltungsträgern befestigen lassen.

**[0004]** Vollkommen monolithische Lösungen, die eine kostengünstigere Herstellung im Nutzen versprechen, haben sich aufgrund tiefer gehender Ansprüche an Material- und Prozesstechnik noch nicht etablieren können. Ein Problem Punkt hierbei ist, dass eine Steigerung der

magnetischen Leistungsfähigkeit von Ferriten, d. h. der Permeabilität des Materials, mit Hilfe keramischer Technologien erfahrungsgemäß mit einer Abnahme ihres spezifischen Widerstands und damit der wichtigen Gleichspannungsisolation zwischen Primär- und Sekundärseite des Transformators einhergeht. Um dem entgegenzutreten kann prinzipiell eine Einbettung der Stromführenden Windungen in gut isolierendes Material geringer Permeabilität vorgesehen werden. Es entspricht der Drahtisolation und der Luft bei den drahtgewickelten Bauelementen.

**[0005]** Die beiden räumlichen Gebiete mit hoher magnetischer Permeabilität einerseits und guter Isolation der Windungen andererseits sind in grundlegender Form in Fig. 1 dargestellt. Dort ist ein Ringkern 1 gezeigt, welcher einerseits von einer Primärwicklung 2 und andererseits von einer Sekundärwicklung 3 umringt ist. Eine weitere grundlegende Ausgestaltung ist in Fig. 2 gezeigt. Dort sind zwei Ringkerne 1a und 1b vorgesehen, welche in horizontaler Richtung nebeneinander angeordnet sind, wobei beide Ringkerne 1a und 1b durch eine Primärwicklung 2 und eine Sekundärwicklung 3, welche horizontal übereinander angeordnet sind, umringt sind.

**[0006]** In Fig. 3 ist eine Schnittdarstellung in der Ebene der Primärwicklung 2 gemäß der Darstellung Fig. 2 gezeigt. In gestrichelter Ausführung ist dabei die Wicklung 2 zu erkennen, welche einen Zentralbereich 11 des Ferrit-Kerns, welcher durch die Ringkerne 1a und 1b gebildet wird, umgibt. Durch die Ringkerne 1a und 1b wird ein Ferrit-Kern des induktiven Bauelements gebildet. Die in der Schnittdarstellung erfassten vertikalen Ferrit-Schenkel werden durch Ferrit-Deckschichten auf der Ober- und Unterseite zu diesen Ringkernen 1a und 1b geschlossen. Die Wicklungen 2 und 3 sowie die Ringkerne 1a und 1b sind in ein Dielektrikum 4 eingebettet.

**[0007]** In Fig. 4 ist eine weitere Schnittdarstellung dargestellt, welche eine Approximation an einen Topfkern mit fünf vertikalen Schenkeln aus Ferrit-Material zeigt. Die Schenkel sind durch den Zentralbereich 11 und den vertikalen äußeren Schenkeln 1a, 1b, 1c und 1d charakterisiert. Auch hier ist die Anordnung in ein isolierendes dielektrisches Medium eingebettet.

**[0008]** Aus der US 5,349,743 ist ein Verfahren zum Herstellen eines monolithisch integrierten Planartransformators auf Basis der LTCC-Technologie bekannt. Die in den Fig. 1 und 2 gezeigten Grundstrukturen werden dabei durch Verbindung eines Werkstoffs mit niedriger Permeabilität bei höherem spezifischen Widerstand und eines Werkstoffs mit höherer Permeabilität bei geringerem spezifischen Widerstand hergestellt. Die Integration dieser beiden Werkstoffe erfolgt durch Ausstanzen von Öffnungen in den Folien des einen Werkstoffs, Füllen der Öffnungen mit Folienstücken oder Folienstapeln des anderen Werkstoffs und anschließendes gemeinsames Sintern. Dieser Intarsien-Prozess ist selbst bei gut aufeinander abgestimmten Werkstoffen aufwändig und fehleranfällig und somit auch relativ teuer, da die Folien auf Stoß verarbeitet werden müssen.

**[0009]** Darüber hinaus ist aus der US 6,198,374 ein Verfahren auf Basis konventioneller LTCC-Technik bekannt. Bei diesem Verfahren wird nur eine Foliensorte, nämlich die aus dem bestgeeigneten Ferrit eingesetzt, um die Leiterbahnen darauf aufzudrucken. Diese werden anschließend beispielsweise durch Siebdruck mit unmagnetischem, dielektrischem Material beschichtet. Dadurch soll in der Umgebung der Windungen einer Wicklung die effektive Permeabilität und die auf der Leakage von Feldlinien beruhende Streuinduktivität reduziert werden. Zusätzlich soll dadurch die elektrische Isolation zwischen den Windungen verbessert werden. Nachteilig ist die zusätzliche Materialschicht im Bereich der Windungen, die zur Vermeidung von Spannungsrissen nicht beliebig dick gewählt werden kann. Insbesondere sind bereits die Leiterbahnen selbst bei leistungselektronischen Anwendungen so dick wie möglich auszulegen, um Widerstandsverluste zu reduzieren. Das bekannte Verfahren bietet somit nur beschränkte Wirksamkeit.

**[0010]** WO 2005/032226 zeigt die Merkmale des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

### Darstellung der Erfindung

**[0011]** Der vorliegenden Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu schaffen, mit welchem ein induktives Bauelement mit hoher Spannungsfestigkeit aufwandsarm hergestellt werden kann. Darüber hinaus ist es auch Aufgabe, ein derartiges induktives Bauelement zu schaffen.

**[0012]** Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren, welches die Merkmale nach Patentanspruch 1 aufweist, und ein induktives Bauelement, welches die Merkmale nach Patentanspruch 6 aufweist, gelöst.

**[0013]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Herstellen eines induktiven Bauelements wird dieses aus mehreren Schichten ausgebildet. Dabei wird ein elektrisch leitendes Material als Windung oder Wicklung des Bauelements an einer ersten nicht-magnetischen, dielektrischen Keramikschicht angeordnet. Des Weiteren wird zumindest eine durchgängige Aussparung in der nicht-magnetischen, dielektrischen Keramikschicht ausgebildet. Eine erste magnetische Keramikschicht oder ein entsprechender Schichtenstapel wird bzw. werden an einer Oberseite dieser nicht-magnetischen dielektrischen Keramikschicht angeordnet. Eine separate zweite magnetische Keramikschicht oder ein entsprechender Schichtenstapel wird bzw. werden an einer Unterseite der nicht-magnetischen dielektrischen Keramikschicht angeordnet. Dieser so geschaffene Zwischenzustand des induktiven Bauelements wird dann zumindest einem weiteren Prozessschritt unterzogen, bei dem zumindest eine der magnetischen Keramikschichten plastisch verformt wird, derart, dass die beiden magnetischen Keramikschichten im Bereich der Aussparung kontaktiert werden und einen magnetischen Kern des Bauelements ausbilden. Durch das Verfahren kann in aufwandsarmer und somit auch kostengünstiger Weise ein induktives

Bauelement erzeugt werden. Das induktive Bauelement kann dabei mit einer optimierten Spannungsfestigkeit zwischen den Windungen bzw. den Wicklungen des induktiven Bauelements erzeugt werden. Die Reihenfolge der Prozessschritte ist durch oben genannte Aufzählung nicht festgelegt. Insbesondere die die beiden erstgenannten Schritte können auch in umgekehrter Reihenfolge durchgeführt werden.

**[0014]** Vorzugsweise wird das elektrisch leitende Material in die nicht-magnetische, dielektrische Keramikschicht eingebettet oder aufgedruckt. Die nicht-magnetische, dielektrische Keramikschicht und die magnetischen Keramikschichten sind bevorzugt als Folien bereitgestellt.

**[0015]** Die Ausmaße der Aussparung in der Ebene der Keramikschicht werden im Vergleich zur Dicke der Keramikschicht größer ausgebildet.

**[0016]** Im Vergleich zum Stand der Technik werden die Windungen bzw. Wicklungen somit bevorzugt konventionell in die unmagnetische dielektrische Keramiklage eingebettet oder zumindest dort aufgedruckt. Die Erfahrung zeigt, dass Lagenzahlen von 5 bis 10 für eine Vielzahl von Anwendungen hinreichend sind und somit eine relativ geringe Materialstärke des gesamten induktiven Bauelements von einigen wenigen 100 µm resultiert. Um eine magnetische Durchkontaktierung verwirklichen zu können, wird zumindest eine nicht-magnetische, dielektrische Keramikschicht mit bevorzugt gestanzten Öffnungen versehen, deren Ausdehnung groß im Vergleich zur Materialstärke des Multilayers ist. Beispielsweise kann hierbei vorgesehen sein, dass eine Aussparung einen Durchmesser zwischen 1 mm und 3 mm, bevorzugt etwa 2 mm, aufweist.

**[0017]** Bevorzugt werden anschließend dann auf die Oberseite und die Unterseite dieser nicht-magnetischen, dielektrischen Keramikschicht bevorzugt jeweils zumindest eine geschlossene Deckfolie aus Ferrit in vorteilhafter Weise auflaminiert.

**[0018]** Die Windungen bzw. Wicklungen werden durch eine weitere nicht-magnetische, dielektrische Keramikschicht bedeckt und sind somit im Wesentlichen vollständig von nichtmagnetischem, dielektrischem Material umgeben. Eine unmittelbare Verbindung mit den magnetischen Keramikschichten ist bei dieser Ausgestaltung nicht vorgesehen.

**[0019]** In vorteilhafter Weise wird der Prozessschritt zum plastischen Verformen zumindest einer magnetischen Keramikschicht als Sinterprozess durchgeführt. Dieser Sinterprozess wird so gefahren, dass sich die magnetischen Keramikschichten, welche bevorzugt Ferritfolien sind, durch plastische Verformung infolge der Erweichung des Glasanteils in der Aussparung des nicht-magnetischen, dielektrischen Keramikmaterials mittig aneinander legen. Bevorzugt verformen sich beide magnetischen Keramikschichten während dieses Sinterprozesses. Dadurch kann praktisch ein magnetisches Via von hinreichend großem Querschnitt erzeugt werden, welches den Magnetfluss schließt. Durch die magneti-

schen Keramikschichten kann dadurch in optimierter Weise ein magnetischer Kern des Bauelements ausgebildet werden.

**[0020]** In vorteilhafter Weise kann zumindest auf eine magnetische Keramikschicht während diesem Sinterprozess eine Auflage aufgebracht werden, welche zur Unterstützung der Verformung dieser Keramikschicht angeordnet wird. Durch eine derartige Auflage kann die Verformung ortsgenau durchgeführt werden, und die Verformung der magnetischen Keramikschichten in die Aussparung hinein und somit auch die Kontaktierung der beiden magnetischen Keramikschichten verbessert werden. Die Kontaktfläche zwischen beiden magnetischen Keramikschichten kann dadurch möglichst groß ausgebildet werden.

**[0021]** Erfindungsgemäß wird eine Mehrzahl von nicht-magnetischen, dielektrischen Schichten gestapelt, wobei in jede der nicht-magnetischen, dielektrischen Keramikschichten zumindest eine Aussparung ausgebildet wird und die nicht-magnetischen, dielektrischen Keramikschichten derart übereinander angeordnet werden, dass diese Aussparungen zumindest bereichsweise überlappen. In bevorzugter Weise wird eine Aussparung in einer nicht-magnetischen, dielektrischen Keramikschicht mit unterschiedlichen Ausmaßen zu einer Aussparung einer zumindest zweiten nicht-magnetischen, dielektrischen Keramikschicht ausgebildet. Die nicht-magnetischen, dielektrischen Keramikschichten werden dann bevorzugt derart gestapelt, dass eine durch alle nicht-magnetischen, dielektrischen Keramikschichten durchgängige Aussparung zumindest bereichsweise verjüngt ausgebildet wird. Vorzugsweise stellt sich in einer Schnittdarstellung eines derartig hergestellten induktiven Bauelements mit einer Mehrzahl an nicht-magnetischen, dielektrischen Keramikschichten eine Aussparung dar, welche zunächst verjüngt ausgebildet wird und sich dann wieder erweitert. Bevorzugt wird diese Verjüngung und anschließende Erweiterung in einer Querschnittdarstellung derart ausgebildet, dass die durchgängige Aussparung symmetrisch zu einer horizontal angeordneten Symmetrielinie in einer Querschnittdarstellung ausgebildet wird.

**[0022]** Vorzugsweise wird die Verjüngung als Stufenprofil ausgebildet. Stufenförmig ausgeprägte magnetische Vias bieten eine hohe Designfreiheit bezüglich der Zahl dielektrischer und magnetischer Lagen.

**[0023]** Vorzugsweise wird zumindest an einer magnetischen Keramikschicht ein magnetisches Material aufgetragen, wobei die magnetische Keramikschicht so an der nicht-magnetischen, dielektrischen Keramikschicht angeordnet wird, dass das magnetische Material im Bereich der Aussparung positioniert wird. Das magnetische Material wird bevorzugt mit einer derartigen Struktur aufgebracht, welche im Wesentlichen der inversen Ausgestaltung der verjüngten Aussparung der Mehrzahl an gestapelten nicht-magnetischen, dielektrischen Keramikschichten entspricht. Bei mehr Windungen und höherer Lagenzahl vermeidet ein derartiges Stufendesign im Be-

reich dieser Aussparung zu kleine Krümmungsradien der äußeren magnetischen Keramikschichten, insbesondere der Ferritlagen.

**[0024]** Vorzugsweise wird dieses magnetische Material auf die magnetischen Keramikschichten aufgedruckt. Bevorzugt kann dadurch eine Verminderung der plastischen Verformung der magnetischen Keramikschichten im Bereich der Aussparung erreicht werden. Bevorzugt wird dieses magnetische Material als ferritische Dickschichtpaste durch ein Siebdruckverfahren aufgedruckt. Zusätzlich kann im Bereich der Aussparung vor dem Laminieren Ferritpaste mehrfach auf die magnetischen Keramikschichten aufgedruckt werden, um die Aussparung vollständig schließen zu können und somit ohne Luftspalt ausbilden zu können.

**[0025]** Bevorzugt werden zumindest zwei nicht-magnetische, dielektrische Keramikschichten ausgebildet, zwischen denen eine magnetische Schicht, insbesondere eine magnetische Keramikschicht, ausgebildet wird. Bevorzugt ist diese magnetische Keramikschicht als durchgehende Schicht ausgebildet. Dadurch können gezielt Feldlinienverläufe eingestellt werden. Beispielsweise können dadurch auch Feldlinien seitlich entweichen, ohne alle Windungen zu durchdringen. Die Größe dieser Streuinduktivität kann durch die Dicke dieser zusätzlich eingebrachten magnetischen Keramikschicht gezielt eingestellt werden.

**[0026]** Bei einer Ausgestaltung mit lediglich einer nicht-magnetischen, dielektrischen Keramikschicht kann das elektrisch leitende Material zum Ausbilden von Windungen an einer Oberseite und an einer Unterseite dieser nicht-magnetischen, dielektrischen Keramikschicht ausgebildet werden.

**[0027]** Das elektrisch leitende Material kann zum Ausbilden einer Primärwicklung und einer Sekundärwicklung des induktiven Bauelements angeordnet werden.

**[0028]** Vorzugsweise wird die nicht-magnetische, dielektrische Keramikschicht mit einer Dicke zwischen 20  $\mu\text{m}$  und 200  $\mu\text{m}$ , insbesondere zwischen 50  $\mu\text{m}$  und 100  $\mu\text{m}$ , ausgebildet. Die Leiterbahnen bzw. Windungen können vollständig in hoch isolierende, dielektrische Keramik eingebettet werden. Aufgrund der hohen Durchschlagsfestigkeit können diese Keramiklagen entsprechend dünner ausgelegt werden, wodurch Kosten gespart und die Baugröße minimiert werden können.

**[0029]** Bevorzugt wird das induktive Bauelement als monolithisch integrierter Planartransformator ausgebildet.

**[0030]** Bei dem vorgeschlagenen Verfahren werden die Funktionen der magnetischen Permeabilität und der elektrischen Isolation in ihren jeweiligen Raumgebieten durch jeweils maßgeschneiderte spezifische Keramiken verwirklicht, wodurch eine hohe Wirksamkeit des Designs und der Anforderung und Anwendung des Bauteils resultieren. Bedarfsabhängig können dabei unterschiedliche Keramiken verwendet werden. Soll das induktive Bauteil bei hohen Frequenzen, beispielsweise im Bereich zwischen 1 und 2 GHz verwendet werden, können

bevorzugt Hexa-Ferrit-Keramiken, insbesondere Barium-Hexa-Ferrit-Keramiken verwendet werden. Diese weisen eine Permeabilität zwischen etwa 10 und 30 auf.

**[0031]** Eine zweite Klasse von Keramiken kann dann verwendet werden, wenn Frequenzen im mittleren Bereich von etwa 10 bis etwa 30 MHz erforderlich sind. Dabei können beispielsweise CuNiZn-Ferrit-Materialien verwendet werden. Die Permeabilität von Keramiken, welche für Bauteile zur Verwendung in diesem mittleren Frequenzbereich herangezogen werden, weisen Permeabilitätswerte von etwa 150 bis etwa 500 auf.

**[0032]** Darüber hinaus ist eine weitere Klasse von Keramiken vorgesehen, die für Bauteile im relativ niedrigen Frequenzbereich zwischen etwa 1 bis etwa 3 MHz verwendet werden. Dabei können beispielsweise MnZn-Ferrit-Materialien eingesetzt werden. Bevorzugt weisen Keramiken, welche in dieser Klasse eingesetzt werden, Permeabilitätswerte zwischen etwa 500 und 1000 auf.

**[0033]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird somit kein Mischmaterial mit eingeschränkter Performance eingesetzt, wie dies beispielsweise bei dem Verfahren in der US 6,198,374 durchgeführt wird. Darüber hinaus wird kein problematischer Prozessschritt, wie dies im Stand der Technik gemäß der US 5,349,743, erfolgt.

**[0034]** Ein erfindungsgemäßes induktives Bauelement ist aus einer Mehrzahl an Schichten aufgebaut, und insbesondere als monolithisch integrierter Planartransformator realisiert. Das induktive Bauelement umfasst zumindest eine elektrisch leitende Wicklung, welche an einer ersten nicht-magnetischen, dielektrischen Keramikschicht angeordnet ist. In diese zumindest eine nicht-magnetische, dielektrische Keramikschicht ist zumindest eine durchgängige Aussparung ausgebildet. Das induktive Bauelement umfasst des Weiteren eine erste magnetische Keramikschicht, welche an einer Oberseite der nicht-magnetischen, dielektrischen Keramikschicht angeordnet ist. Darüber hinaus ist eine zweite magnetische Keramikschicht an einer Unterseite dieser nicht-magnetischen, dielektrischen Keramikschicht angeordnet. Zumindest eine dieser beiden magnetischen Keramikschichten ist im Bereich der Aussparung derart plastisch verformt, dass sie mit der anderen magnetischen Keramikschicht im Bereich der Aussparung verbunden ist und im Gesamten ein magnetischer Kern des Bauelements durch diese beiden Keramikschichten ausgebildet ist. Das derartig bereitgestellte induktive Bauelement weist eine optimierte Spannungsfestigkeit zwischen den Windungen bzw. Wicklungen auf und kann darüber hinaus kostengünstig hergestellt werden.

**[0035]** Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben. Darüber hinausgehende vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind auch als vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen induktiven Bauelements anzusehen.

## Kurze Beschreibung der Zeichnung(en)

**[0036]** Im Nachfolgenden werden Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung anhand schematischer Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine erste bekannte Grundstruktur eines Transformators;
- Fig. 2 eine zweite bekannte Grundstruktur eines Transformators;
- Fig. 3 eine Schnittdarstellung des Transformators gemäß Fig. 2;
- Fig. 4 eine weitere Schnittdarstellung durch eine Ausführungsform eines bekannten Transformators;
- Fig. 5 eine Schnittdarstellung durch ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen induktiven Bauelements;
- Fig. 6 eine Schnittdarstellung durch ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen induktiven Bauelements;
- Fig. 7 eine Schnittdarstellung durch ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen induktiven Bauelements, welches noch nicht fertig gestellt ist; und
- Fig. 8 eine Schnittdarstellung durch ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen induktiven Bauelements.

## Bevorzugte Ausführung der Erfindung

**[0037]** In den Figuren werden gleiche und funktionsgleiche Elemente mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

**[0038]** Mit dem Ausdruck "nicht-magnetisches Material" wird hierbei ein Material bezeichnet, das im Vergleich zu dem für die magnetische Keramikschicht verwendeten magnetischen Material eine relative magnetische Permeabilität nahe oder gleich 1 aufweist.

**[0039]** In Fig. 5 ist ein Beispiel eines fertig gestellten monolithisch integrierten Planartransformators I gezeigt, der den Ausgangspunkt der dargestellten Erfindung bildet. Es ist dabei eine Längsschnittdarstellung durch einen Schichtenstapel dargestellt, wobei lediglich der für die Erfindung wesentliche Teil des Planartransformators I gezeigt ist. Die Schnittdarstellung zeigt einen Planartransformator I mit geringer Windungszahl, welcher in LTCC-Technik hergestellt wurde. Der Planartransformator I weist eine nicht-magnetische, dielektrische Keramikschicht 5 auf, welche als Folie ausgebildet ist. An einer Oberseite 51 dieser dielektrischen Keramikschicht 5

sind im Ausführungsbeispiel in sich geschlossene stromführende Leiterbahnen bzw. Windungen 511, 512, 513 und 514 angeordnet, welche den Transformatorkern in einem bestimmten Drehsinn umschließen und Windungen einer Primärwicklung des Planartransformators 1 darstellen. In einer Draufsichtdarstellung ist diese Primärwicklung spiralenförmig ausgebildet. An nicht dargestellten Enden dieser Wicklung sind Kontaktierungen angebracht, durch welche eine elektrische Verbindung mit einer Energieversorgung ermöglicht werden kann.

**[0040]** An einer Unterseite 52 der dielektrischen Keramikschicht 5 ist eine Sekundärwicklung ausgebildet, welche die Windungen 521, 522, 523 und 524 umfasst. Auch diese Sekundärwicklung weist Enden auf, welche zur weiteren elektrischen Kontaktierung vorgesehen sind. Sowohl die Windungen 511 bis 514 der Primärwicklung als auch die Windungen 521 bis 524 der Sekundärwicklung werden in konventioneller Weise auf die Oberseite 51 bzw. auf die Unterseite 52 der dielektrischen Keramikschicht 5 aufgedruckt.

**[0041]** Darüber hinaus weist der Planartransformator I eine durchgängige Aussparung 53 auf, welche durch einen Stanzprozess erzeugt ist.

**[0042]** Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist eine erste magnetische Keramikschicht 6 auf der Oberseite 51 sowie unmittelbar auf den Windungen 511 bis 514 angeordnet. Ebenso ist an der Unterseite 52 sowie unmittelbar auf den Windungen 521 bis 524 der Sekundärwicklung eine zweite magnetische Keramikschicht 7 angeordnet. Im Bereich der Aussparung 53 sind diese beiden separaten magnetischen Keramikschichten 6 und 7 plastisch verformt und mittig miteinander verbunden. Dadurch wird im Bereich der Aussparung 53 praktisch ein magnetisches Via gebildet, wodurch die beiden magnetischen Keramikschichten 6 und 7 einen magnetischen Kern des Planartransformators I ausbilden. Dazu sind die magnetischen Keramikschichten 6 und 7 auch an den der Aussparung 53 in x-Richtung abgewandten Randbereichen miteinander kontaktiert. Auch diese Kontaktierung an den Randbereichen ist durch eine plastische Verformung zumindest einer der Keramikschichten 6 oder 7 ausgebildet. Die sich aufgrund der plastischen Verformung der Keramikschichten 6 und 7 ergebenden Einbuchtungen in y-Richtung im Bereich der Aussparung 53 kann bei Bedarf durch einen nachfolgenden Rakel-Prozess planarisiert werden. Dabei kann beispielsweise eine weitere dielektrische Paste an den entsprechenden Stellen aufgetragen werden, die durch diesen Rakel-Prozess eben ausgebildet wird.

**[0043]** Der in Fig. 5 gezeigte fertig gestellte Planartransformator I wird derart ausgebildet, dass zunächst die dielektrische Keramikschicht 5 hergestellt wird und für die weitere Verarbeitung präpariert wird. Dazu wird die zumindest eine Aussparung 53 ausgestanzt. Des Weiteren werden dann das elektrisch leitende Material zum Ausbilden der Windungen 511 bis 514 sowie der Windungen 521 bis 524 auf die entsprechenden Oberflächen dieser dielektrischen Keramikschicht 5 aufgedruckt.

druckt.

**[0044]** Im Ausführungsbeispiel wird die Aussparung in x-Richtung und auch in z-Richtung (senkrecht zur Figurenebene) mit Ausmaßen ausgestanzt, welche wesentlich größer sind, als die Dicke (y-Richtung) der dielektrischen Keramikschicht 5 ist.

**[0045]** Anschließend werden dann auf die Oberseite 51 und die Unterseite 52 die zwei separat bereitgestellten magnetischen Keramikschichten 6 und 7, welche als geschlossene ungebrannte Grünfolien aus Ferrit bereitgestellt werden, derart auflaminiert, dass sich diese Keramikschichten 6 und 7 aufgrund ihres organischen Bindeanteils durch plastische Verformung in der Aussparung 53 mittig aneinander legen. In der Aussparung ist somit ein Zentralbereich 9 des magnetischen Kerns des Planartransformators I ausgebildet. Anschließend erfolgt der Sinterprozess. Im Ausführungsbeispiel erfolgt die plastische Verformung somit durch den Laminierungsprozess. An Stelle der Schichten 6 und 7 kann entsprechend den Erfordernissen des Bauelements jeweils auch ein Stapel aus mehreren magnetischen Schichten ausgebildet sein.

**[0046]** Ein Ausführungsbeispiel eines monolithisch integrierter Planartransformators II, welcher in LTCC-Technik hergestellt wurde, ist in Fig. 6 gezeigt. Auch hier ist eine Längsschnittdarstellung eines Teilausschnitts eines fertig gestellten Planartransformators II gezeigt. Die Schnittdarstellung zeigt einen Aufbau des Planartransformators II, welcher eine hohe Windungszahl aufweist.

**[0047]** Der Planartransformator II weist nicht-magnetische, dielektrische Keramikschichten 5a, 5b, 5c, 5d und 5e auf, welche übereinander angeordnet gestapelt sind. Auf den dielektrischen Keramikschichten 5a, 5b, 5d und 5e sind jeweils an den Oberseiten Windungen aufgebracht. Beispielfhaft sind dabei die Windungen 511b, 512b, 513b und 514b genannt, welche auf einer Oberseite 51b der dielektrischen Keramikschicht 5b aufgedruckt sind. Die Windungen 511a, 512a, 513a und 514a sind auf einer Oberseite 51a der dielektrischen Keramikschicht 5a aufgedruckt. Diese Windungen sind im Ausführungsbeispiel einer Primärwicklung des Planartransformators II zugeordnet. Die nicht näher gekennzeichneten, auf den dielektrischen Keramikschichten 5d und 5e aufgedruckten Windungen sind einer Sekundärwicklung des Planartransformators II zugeordnet. Die Windungen können auch derart angeordnet sein, dass auf einer Oberseite, beispielsweise auf der Oberseite der dielektrischen Keramikschicht 5a, angeordnete Windungen in x-Richtung alternierend eine davon der Primärwicklung und die nachfolgende der Sekundärwicklung zugeordnet ist.

**[0048]** Wie aus der Darstellung in Fig. 6 zu erkennen ist, ist auf der dielektrischen Keramikschicht 5b die dielektrische Keramikschicht 5c als abschließende Deckschicht angeordnet. Die Windungen des Planartransformators II sind dadurch vollständig von dielektrischem Keramikmaterial umgeben.

**[0049]** Auch hier sind magnetische Keramikschichten 6 und 7 an den gegenüberliegenden Seiten der gestapelten Schichten angeordnet.

pelten dielektrischen Keramikschicht 5a bis 5e auflaminiert, welche im Bereich einer Aussparung 53' plastisch verformt sind, so dass sie in diesem Bereich miteinander verbunden sind. Dadurch wird auch hier ein Zentralbereich 9' des magnetischen Kerns des Planartransformators II ausgebildet.

**[0050]** Wie dazu zu erkennen ist, weisen die gestapelten dielektrischen Keramikschichten 5a bis 5e jeweils Aussparungen auf, welche unterschiedliche Ausmaße aufweisen. Die dielektrischen Keramikschichten 5a bis 5e sind dabei derart gestapelt, dass die jeweils in diesen Keramikschichten ausgebildeten individuellen Aussparungen eine gemeinsame durchgängige Aussparung 53' ausbilden. Wie dabei zu erkennen ist, weist die dielektrische Keramikschicht 5c in der gezeigten Schnittdarstellung eine Aussparung auf, welche zumindest in x-Richtung größer als die in den elektrischen Keramikschichten 5b, 5a und 5d individuell ausgebildeten Aussparungen sind.

**[0051]** Darüber hinaus ist zu erkennen, dass die in den dielektrischen Keramikschichten 5b und 5d ausgebildeten Aussparungen größer sind, als die in der dielektrischen Keramikschicht 5a ausgebildete Aussparung. Im Ausführungsbeispiel sind die dielektrischen Keramikschichten 5a bis 5e derart übereinander gestapelt, dass sich ausgehend von der oberen dielektrischen Keramikschicht 5c bis zur mittig angeordneten dielektrischen Keramikschicht 5a in y-Richtung eine sich verjüngende Aussparung 53' ergibt. Im Ausführungsbeispiel ist dabei ein Stufenprofil realisiert. Ausgehend von der mittigen dielektrischen Keramikschicht 5a weitet sich diese Aussparung 53' in y-Richtung bis zur unteren dielektrischen Keramikschicht 5e wieder auf. Auch dabei ist ein Stufenprofil ausgebildet. Im Ausführungsbeispiel ist der Planartransformator II symmetrisch zu einer in x-Richtung durch die dielektrische Keramikschicht 5a gezogene Symmetrieachse ausgebildet.

**[0052]** Die verfahrensgemäße Ausgestaltung des im fertig gestellten Zustand gezeigten Planartransformators II wird bevorzugt analog zur Herstellung des in Fig. 5 gezeigten Planartransformators I durchgeführt.

**[0053]** In Fig. 7 ist eine weitere Längsschnittdarstellung durch einen Planartransformator III gezeigt, welcher in einem noch nicht fertig gestellten Prozessstadium dargestellt ist. Auch hier wird lediglich ein Teilausschnitt gezeigt, welcher die wesentliche Struktur in einem zentralen Bereich des Bauelements zeigt.

**[0054]** Die Ausgestaltung und Anordnung der nicht-magnetischen, dielektrischen Keramikschichten 5a bis 5e ist analog zur Ausgestaltung gemäß Fig. 6. Darüber hinaus ist in Fig. 7 zu erkennen, dass die erste magnetische Keramikschicht 6 oder ggf. ein entsprechender Schichtenstapel mit einer zusätzlichen Struktur versehen ist, welche die Schichten 6a und 6b aufweist. Diese Schichten 6a und 6b sind aus einem magnetischen Material, und sind im Ausführungsbeispiel aus ferritischer Dickschichtpaste mittels Siebdruck aufgebracht. Es ist zu erkennen, dass diese Schichten 6a und 6b auf der

den dielektrischen Keramikschichten 5a bis 5e zugewandten Oberfläche der magnetischen Keramikschicht 6 ausgebildet sind. Diese Schichten 6a und 6b sind als Stufenprofil ausgebildet und derart konzipiert, dass sie als komplementäre Struktur zu der Stufenausgestaltung der dielektrischen Keramikschichten 5c und 5b gestaltet sind.

**[0055]** Analog dazu sind an der zweiten magnetischen Keramikschicht 7 oder ggf. ein entsprechender Schichtenstapel ebenfalls Schichten 7a und 7b angeordnet, welche als Stufenprofil ausgebildet sind und als komplementäre Struktur im Hinblick auf das Stufenprofil, welches durch die dielektrischen Keramikschichten 5d und 5e erzeugt wird, ausgebildet sind. Die magnetischen Keramikschichten 6 und 7 werden in einem nachfolgenden Prozess derart positioniert, dass wie in Fig. 7 gezeigt ist, die Schichten 6a und 6b sowie die Schichten 7a und 7b im Wesentlichen im Bereich des Stufenprofils, welches durch die dielektrischen Keramikschichten 5a bis 5b ausgebildet wird, angeordnet sind. Vor dem abschließenden Sinterprozess werden diese Strukturen der Keramikschichten 6 und 7 derart auf die Stapelform der dielektrischen Keramikschichten 5a bis 5e auflaminiert, dass eine Aussparung 53'' ausgebildet wird. Durch diese komplementäre Strukturierung der Keramikschichten 6 und 7 kann ein luftspaltfreies Ausbilden eines Zentralbereichs des magnetischen Kerns des Planartransformators III unterstützt werden.

**[0056]** In Fig. 8 ist eine weitere Längsschnittdarstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels eines monolithisch integrierten Planartransformators IV gezeigt. Der Planartransformator IV ist dabei in einem fertig gestellten Zustand gezeigt. Es ist zu erkennen, dass zwischen einer dielektrischen Keramikschicht 5a und einer dielektrischen Keramikschicht 5f eine Zwischenschicht ausgebildet ist, welche als weitere magnetische Keramikschicht 10 ausgebildet ist. In symmetrischer Anordnung sind zu dieser magnetischen Keramikschicht 10 jeweils gestapelt und im Bereich einer Aussparung 53''' gestuft konzipierte dielektrische Keramikschichten 5a, 5b und 5c sowie 5f, 5g und 5h angeordnet. Ein Zentralbereich 9'' des magnetischen Kerns des Planartransformators IV ist ausgebildet. Durch diese Integration einer zentralen magnetischen Keramikschicht 10, welche wiederum eine Ferritfolie sein kann, werden Feldlinien der Primärwicklung (im Ausführungsbeispiel die Windungen, welche auf den Keramikschichten 5g, 5h angeordnet sind) vor der Sekundärwicklung (Windungen, welche auf den Keramikschichten 5a und 5b angeordnet sind) abgezweigt und gezielt eine Streuinduktivität erzeugt. Der Vorteil einer derartig gezielt erzeugten Streuinduktivität kann darin gesehen werden, dass kein zusätzliches separates Bauelement erforderlich ist, um die individuelle Einstellung von Impedanzen erreichen zu können. Beispielsweise kann dabei die Primärseite eine zusätzliche Streuinduktivität aufweisen, die einen weiteren Freiheitsgrad für die schaltungstechnische Gestaltung des Bauelements darstellt. In der gezeigten Ausführung kann eine

derartige gezielte Einstellung somit durch eine integrierte Ausgestaltung ermöglicht werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines induktiven Bauelements, welches aus mehreren Schichten ausgebildet wird, bei dem nachfolgende Schritte durchgeführt werden:

- a) Anordnen eines elektrisch leitenden Materials (511 bis 514; 521 bis 524) als Wicklung des Bauelements (I, II, III, IV) an einer ersten nicht-magnetischen dielektrischen Keramikschicht (5; 5a bis 5h);
- b) Ausbilden zumindest einer durchgängigen Aussparung (53, 53', 53'', 53''') in der nicht-magnetischen dielektrischen Keramikschicht (5, 5a bis 5h);
- c) Anordnen einer ersten magnetischen Keramikschicht (6) an einer Oberseite und einer zweiten magnetischen Keramikschicht (7) an einer Unterseite der nicht-magnetischen dielektrischen Keramikschicht (5, 5a bis 5h); und
- d) Durchführen eines Prozessschrittes, bei dem zumindest eine der magnetischen Keramikschichten (6, 7) plastisch verformt wird, derart, dass die beiden magnetischen Keramikschichten (6, 7) im Bereich der Aussparung (53, 53', 53'', 53''') kontaktiert werden und einen magnetischen Kern des Bauelements (I, II, III, IV) ausbilden,

wobei das Verfahren **dadurch gekennzeichnet ist, dass**

auf das elektrisch leitende Material (511 bis 514; 521 bis 524) eine weitere unmagnetische dielektrische Schicht, insbesondere Keramikschicht (5c, 5f), aufgebracht wird, wobei eine Mehrzahl von nicht-magnetischen dielektrischen Keramikschichten (5a bis 5h) gestapelt werden, in welchen jeweils zumindest eine Aussparung ausgebildet wird, wobei die nicht-magnetischen dielektrischen Keramikschichten (5a bis 5h) derart übereinander angeordnet werden, dass die Aussparungen zumindest bereichsweise überlappen, und wobei die Aussparungen in den jeweiligen Keramikschichten (5a bis 5h) mit unterschiedlichen Ausmaßen ausgebildet werden und derart gestapelt werden, dass eine durch alle nicht-magnetischen dielektrischen Keramikschichten (5a bis 5h) durchgängige Aussparung (53', 53'', 53''') zumindest bereichsweise verjüngt ausgebildet wird..

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest auf eine magnetische Keramikschicht (6,

7) während des Schrittes d) eine Auflage zur Unterstützung der Verformung dieser Keramikschicht (6, 7) angeordnet wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest auf einer magnetischen Keramikschicht (6, 7) ein magnetisches Material (6a, 6b; 7a, 7b) aufgetragen wird, wobei die magnetische Keramikschicht (6, 7) gemäß Schritt c) so an der nicht-magnetischen dielektrischen Keramikschicht (5, 5a bis 5h) angeordnet wird, dass das magnetische Material (6a, 6b; 7a, 7b) im Bereich der Aussparung (53, 53', 53'', 53''') positioniert wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest zwei nicht-magnetische dielektrische Keramikschichten (5a bis 5h) ausgebildet werden, zwischen denen eine magnetische Schicht, insbesondere eine Keramikschicht (10), ausgebildet wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die nicht-magnetischen dielektrischen Keramikschichten (5, 5a bis 5h) mit einer Dicke zwischen 20 µm und 200 µm, insbesondere zwischen 50 µm und 100 µm, ausgebildet werden.
6. Induktives Bauelement, welches eine Mehrzahl an Schichten aufweist, bei dem

- zumindest eine elektrisch leitende Wicklung des Bauelements (I, II, III, IV) an einer ersten, nicht-magnetischen dielektrischen Keramikschicht (5, 5a bis 5h) angeordnet ist, in welcher zumindest eine durchgängige Aussparung (53, 53', 53'', 53''') ausgebildet ist;
- und eine erste magnetische Keramikschicht (6) an einer Oberseite und eine zweite magnetische Keramikschicht (7) an einer Unterseite der nicht-magnetischen dielektrischen Keramikschicht (5, 5a bis 5h) angeordnet ist, wobei zumindest eine magnetische Keramikschicht (6, 7) im Bereich der Aussparung (53, 53', 53'', 53''') derart plastisch verformt ist, dass sie mit der anderen magnetischen Keramikschicht (6, 7) verbunden ist und ein magnetischer Kern des Bauelements (I, II, III, IV) ausgebildet ist,

wobei das induktive Element **dadurch gekennzeichnet ist, dass**

eine Mehrzahl von nicht-magnetischen dielektrischen Keramikschichten (5a bis 5h) gestapelt ist, in welchen jeweils zumindest eine Aussparung ausge-

bildet ist, wobei die nicht-magnetischen dielektrischen Keramikschichten (5a bis 5h) derart übereinander angeordnet sind, dass die Aussparungen zumindest bereichsweise überlappen

und wobei die Aussparungen in den jeweiligen Keramikschichten (5a bis 5h) unterschiedliche Ausmaße aufweisen und die Keramikschichten (5a bis 5h) derart gestapelt sind, dass eine durch alle nicht-magnetischen dielektrischen Keramikschichten (5a bis 5h) durchgängige Aussparung (53', 53", 53''') ausgebildet ist, welche zumindest bereichsweise verjüngt ist.

7. Induktives Bauelement nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verjüngung ein Stufenprofil ist.
8. Induktives Bauelement nach einem der Ansprüche 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest zwei nicht-magnetische dielektrische Keramikschichten (5a bis 5h) ausgebildet sind, zwischen denen eine magnetische Schicht, insbesondere eine Keramikschicht (10), ausgebildet ist.

#### Claims

1. Method for manufacturing an inductive component which is formed from a plurality of layers, in which the following steps are carried out:

- a) arrangement of an electrically conductive material (511 to 514; 521 to 524) as a winding of the component (I, II, III, IV) on a first non-magnetic, dielectric ceramic layer (5; 5a to 5h);
- b) formation of at least one cutout (53, 53', 53", 53''') which passes all the way through in the non-magnetic, dielectric ceramic layer (5, 5a to 5h);
- c) arrangement of a first magnetic ceramic layer (6) on an upper face and a second magnetic ceramic layer (7) on a lower face of the non-magnetic, dielectric ceramic layer (5, 5a to 5h); and
- d) carrying out a process step in which at least one of the magnetic ceramic layers (6, 7) is plastically deformed such that contact is made with the two magnetic ceramic layers (6, 7) in the area of the cutout (53, 53', 53", 53'''), and the two magnetic ceramic layers (6, 7) form a magnetic core of the component (I, II, III, IV),

wherein the method is **characterized in that** a further non-magnetic, dielectric layer, in particular a ceramic layer (5c, 5f) is applied to the electrically conductive material (511 to 514; 521 to 524), wherein a plurality of non-magnetic, dielectric ce-

ramic layers (5a to 5h) are stacked, in each of which ceramic layers (5a to 5h) at least one cutout is formed, with the non-magnetic, dielectric ceramic layers (5a to 5h) being arranged one on top of the other such that the cutouts overlap, at least in places, and wherein

the cutouts in the respective ceramic layers (5a to 5h) are designed with different dimensions and are stacked such that a cutout (53', 53", 53''') which passes through all the non-magnetic, dielectric ceramic layers (5a to 5h) is designed to taper, at least in places.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** a coating is arranged at least on one magnetic ceramic layer (6, 7) during step d) in order to assist the deformation of this ceramic layer (6, 7).
3. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** a magnetic material (6a, 6b; 7a, 7b) is applied at least to one magnetic ceramic layer (6, 7), with the magnetic ceramic layer (6, 7) according to step c) being arranged on the non-magnetic, dielectric ceramic layer (5, 5a to 5h) such that the magnetic material (6a, 6b; 7a, 7b) is positioned in the area of the cutout (53, 53', 53", 53''').
4. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** at least two non-magnetic, dielectric ceramic layers (5a to 5h) are formed, between which a magnetic layer, in particular a ceramic layer (10), is formed.
5. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the non-magnetic, dielectric ceramic layers (5, 5a to 5h) are formed with a thickness of between 20 µm and 200 µm, in particular of between 50 µm and 100 µm.
6. Inductive component which has a plurality of layers, in which
  - at least one electrically conductive winding of the component (I, II, III, IV) is arranged on a first non-magnetic, dielectric ceramic layer (5, 5a to 5h), in which at least one cutout (53, 53', 53", 53''') which passes all the way through is formed;
  - and a first magnetic ceramic layer (6) is arranged on an upper face, and a second magnetic ceramic layer (7) is formed on a lower face, of the non-magnetic dielectric ceramic layer (5, 5a to 5h), with at least one magnetic ceramic layer (6, 7) being plastically deformed in the area of the cutout (53, 53', 53", 53''') such that it is connected to the other magnetic ceramic layer

(6, 7) and a magnetic core of the component (I, II, III, IV) is formed,

wherein the inductive component is **characterized in that** wherein a plurality of non-magnetic, dielectric ceramic layers (5a to 5h) are stacked, in each of which ceramic layers (5a to 5h) at least one cutout is formed, with the non-magnetic, dielectric ceramic layers (5a to 5h) being arranged one on top of the other such that the cutouts overlap, at least in places, and wherein the cutouts in the respective ceramic layers (5a to 5h) have different dimensions and the ceramic layers (5a to 5h) are stacked such that a cutout (53', 53'', 53''') which passes through all the non-magnetic, dielectric ceramic layers (5a to 5h) is designed to taper, at least in places.

7. Inductive component according to Claim 6, **characterized in that** the taper is a stepped profile.
8. Inductive component according to either of Claims 6 or 7, **characterized in that** at least two non-magnetic, dielectric ceramic layers (5a to 5h) are formed, between which a magnetic layer, in particular a ceramic layer (10), is formed.

## Revendications

1. Procédé de fabrication d'un composant inductif, qui est constitué de plusieurs couches, dans lequel on effectue les stades suivants :
  - a) on met un matériau ( 511 à 514 ; 521 à 524 ), conducteur de l'électricité, comme enroulement du composant ( I, II, III, VI ) sur une première couche ( 5; 5a à 5h ) en céramique diélectrique amagnétique ;
  - b) on forme au moins un évidement ( 53, 53', 53'', 53''' ) traversant dans la couche ( 5, 5a à 5h ) diélectrique amagnétique ;
  - c) on met une première couche ( 6 ) en céramique magnétique sur une face supérieure et une deuxième couche ( 7 ) en céramique magnétique sur une face inférieure de la couche ( 5, 5a à 5h ) en céramique diélectrique amagnétique ; et
  - d) on effectue un stade opératoire, dans lequel on déforme plastiquement au moins l'une des couches ( 6, 7 ) en céramique magnétiques, de manière à ce que les deux couches ( 6, 7 ) en céramique magnétiques soient en contact dans la zone de l'évidement ( 53, 53', 53'', 53''' ) et forment un noyau magnétique du composant ( I, II, III, VI ),

dans lequel le procédé est **caractérisé en ce que** on dépose sur le matériau ( 511 à 514 ; 521 à 524 ), conducteur de l'électricité, une autre couche diélectrique amagnétique, notamment une couche ( 5c, 5f ) en céramique, dans lequel on empile une multiplicité de couches ( 5a à 5h ) en céramique diélectriques amagnétiques, dans lesquelles on forme respectivement au moins un évidement, les couches ( 5a à 5h ) en céramique diélectriques amagnétiques étant superposées, de manière à ce que les évidements se chevauchent, au moins par endroit, et dans lequel on forme et on empile les évidements des couches ( 5a à 5h ) en céramique respectives, de dimension différente, de façon à former un évidement (53', 53'', 53''') traversant toutes les couches ( 5a à 5h ) en céramique diélectriques amagnétiques et se rétrécissant au moins par endroit.

2. Procédé suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** on met au moins sur une couche ( 6, 7 ) en céramique magnétique, pendant le stade d ), un appui pour favoriser la déformation de cette couche ( 6, 7 ) en céramique.
3. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** on dépose un matériau ( 6a, 6b ; 7a, 7b ) magnétique, au moins sur une couche ( 6, 7 ) en céramique magnétique, la couche ( 6, 7 ) en céramique magnétique étant disposée suivant le stade c) sur la couche ( 5, 5a à 5h ) en céramique diélectrique amagnétique, de manière à mettre le matériau ( 6a, 6 ; 7a, 7b ) magnétique en position dans la zone de l'évidement ( 53, 53', 53'', 53''' ).
4. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** on forme au moins deux couches ( 5a à 5h ) en céramique diélectriques amagnétiques entre lesquelles on forme une couche magnétique, notamment une couche ( 10 ) en céramique.
5. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** on forme les couches ( 5, 5a à 5h ) en céramique diélectrique amagnétique en une épaisseur comprise entre 20µm et 200µm, notamment entre 50µm et 100µm.
6. Composant inductif, qui comporte une multiplicité de couches et dans lequel
  - au moins un enroulement conducteur de l'électricité du composant ( I, II, III, VI ) est disposé

sur une première couche ( 5, 5a à 5h ) en céramique diélectrique amagnétique, dans laquelle est formée au moins un évidement ( 53, 53', 53", 53''' ) traversant ;

- et une première couche ( 6 ) en céramique magnétique est disposée sur une face supérieure et une deuxième couche ( 16 ) en céramique magnétique sur une face inférieure de la couche ( 5, 5a à 5h ) en céramique diélectrique amagnétique, au moins une couche ( 6, 7 ) en céramique magnétique étant déformée plastiquement dans la zone de l'évidement ( 53, 53', 53", 53" ), de manière à être reliée à l'autre couche ( 6, 7 ) en céramique magnétique et à former un noyau magnétique du composant ( I, II, III, VI ),

dans lequel l'élément inductif est **caractérisé en ce que** une multiplicité de couches ( 5a à 5h ) en céramique diélectriques amagnétiques est empilée, couches dans lesquelles respectivement au moins un évidement est formé, les couches ( 5a à 5h ) en céramique diélectriques amagnétiques étant superposées, de manière à ce que les évidements se chevauchent au moins par endroit,

et dans lequel les évidements des couches ( 5a à 5h ) en céramique respectives ont des dimensions différentes et les couches ( 5a à 5h ) en céramique sont empilées, de manière à former un évidement ( 53', 53", 53''' ) traversant toutes les couches ( 5a à 5h ) en céramique diélectriques amagnétiques, l'évidement se rétrécissant au moins par endroit.

7. Composant inductif suivant la revendication 6, **caractérisé en ce que** le rétrécissement a un profil en gradin.
8. Composant inductif suivant l'une des revendications 6 ou 7, **caractérisé en ce qu'**au moins deux couches ( 5a à 5h ) en céramique diélectriques amagnétiques sont formées, couches entre lesquelles est formée une couche magnétique, notamment une couche ( 10 ) en céramique.

45

50

55

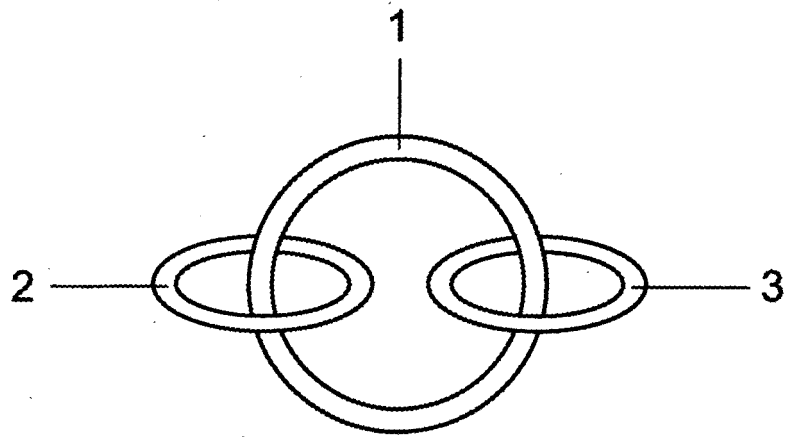


FIG 1

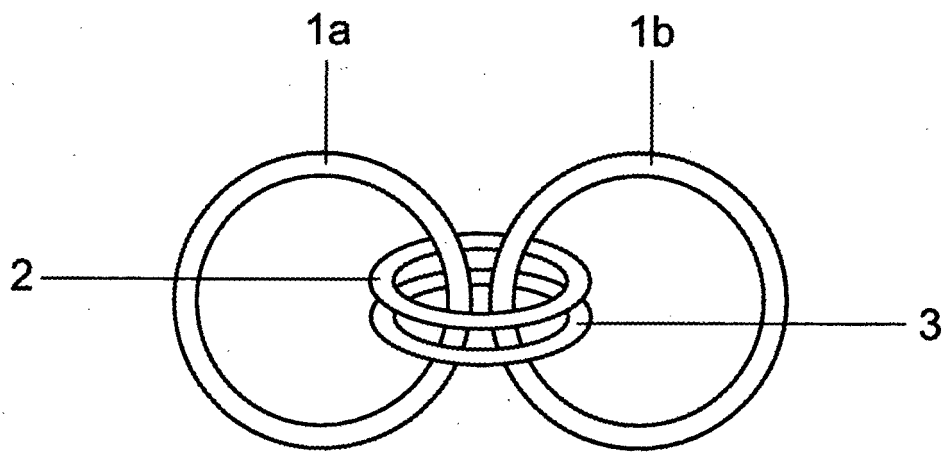


FIG 2

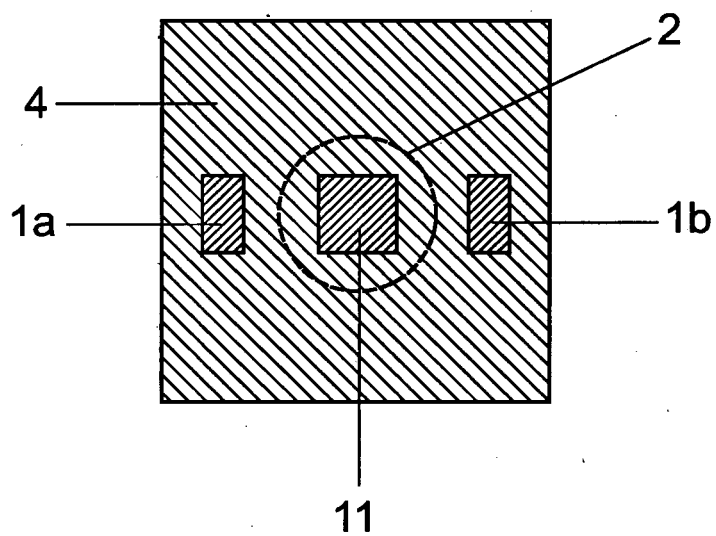


FIG 3

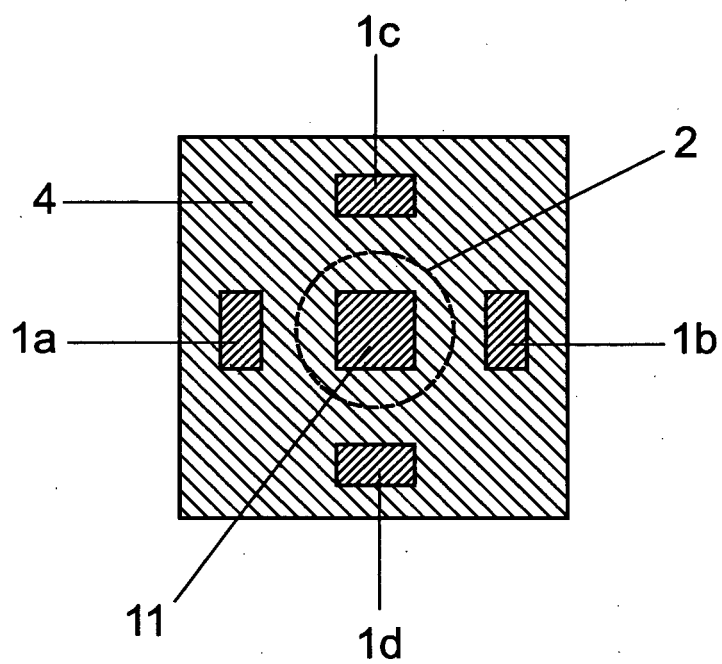


FIG 4

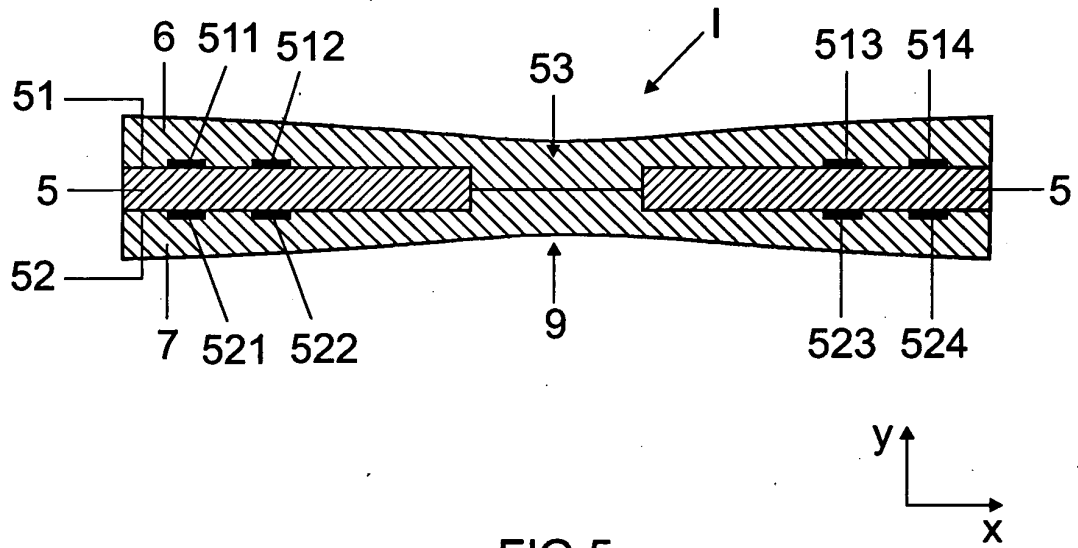


FIG 5

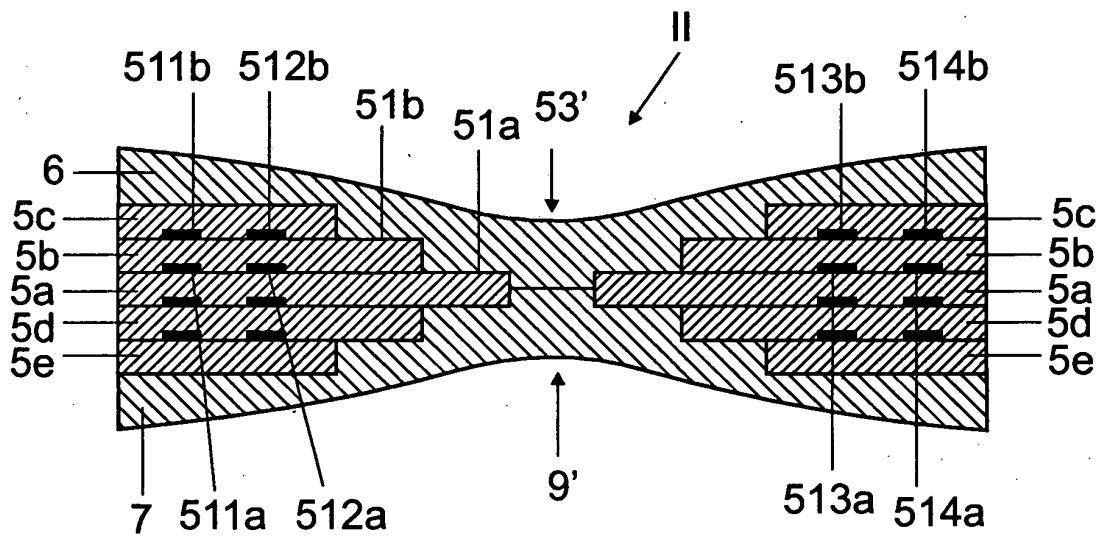
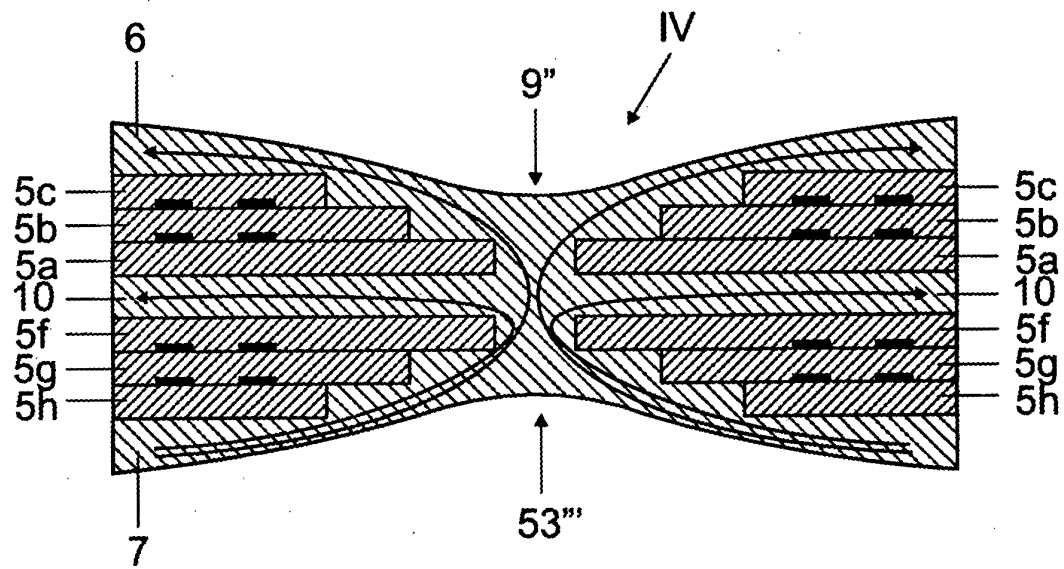
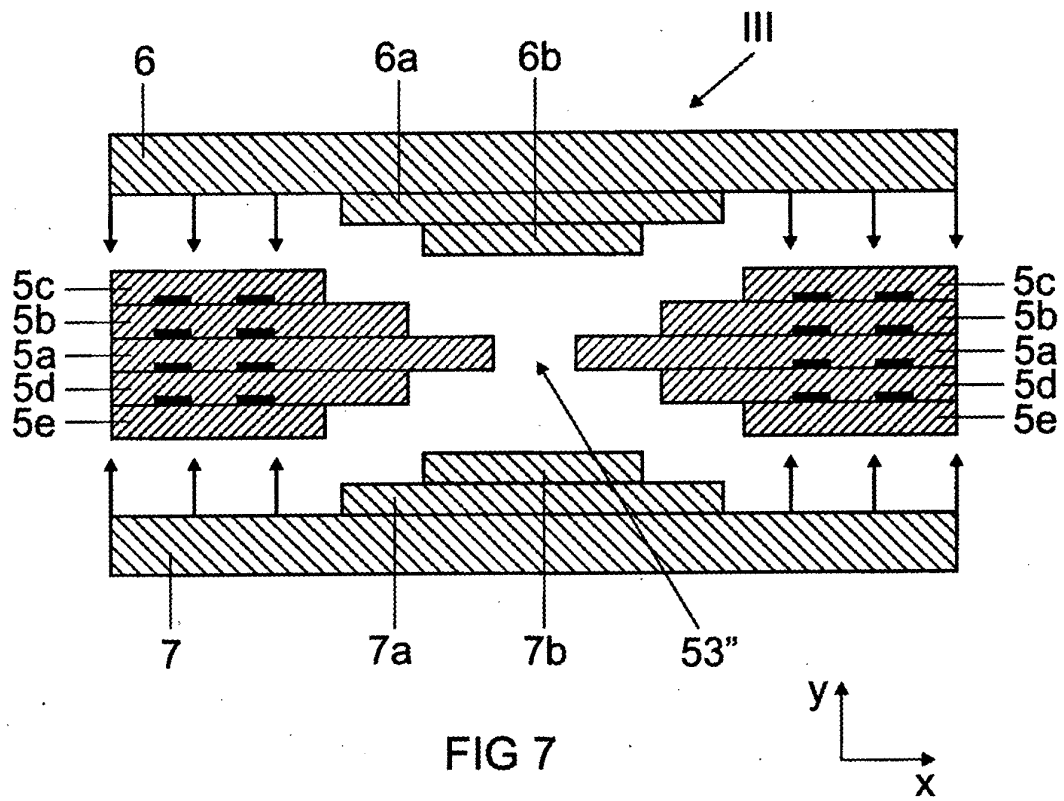


FIG 6



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- US 5349743 A [0008] [0033]
- US 6198374 B [0009] [0033]
- WO 2005032226 A [0010]