

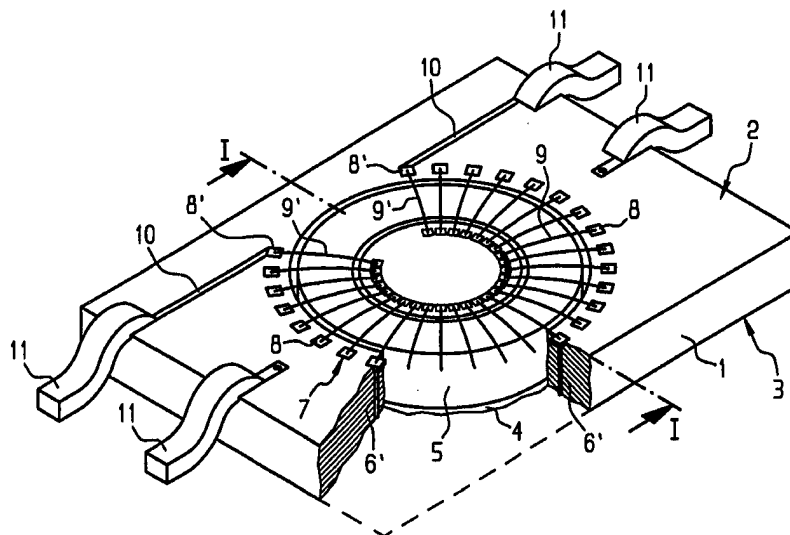
PCT
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
 Internationales Büro
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : H01F 17/00, 30/16	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/56016 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 10. Dezember 1998 (10.12.98)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE98/01487 (22) Internationales Anmeldedatum: 2. Juni 1998 (02.06.98) (30) Prioritätsdaten: 197 23 068.7 2. Juni 1997 (02.06.97) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): VACUUMSCHMELZE GMBH [DE/DE]; Grüner Weg 37, D-63450 Hanau (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HUNDT, Harald [DE/DE]; Waldstrasse 88, D-64807 Dieburg (DE). (74) Gemeinsamer Vertreter: VACUUMSCHMELZE GMBH; Epping, Wilhelm, Postfach 22 13 17, D-80503 München (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>

(54) Title: INDUCTIVE COMPONENT

(54) Bezeichnung: INDUKTIVES BAUELEMENT



(57) Abstract

The invention relates to a extra-flat miniaturized inductive component comprising a magnetic core (5) made of a soft magnetic material, a substrate (1) with conductor strips (6) and through connections. The conductor strips (6) and connections running through the substrate (1) form part of the coils of a winding. The other part of the winding is formed by wires on the upper surface (3) of the substrate (1) which are bonded to metal pads (8) on the ends (7) of the conductor strips (6).

(57) Zusammenfassung

Es wird ein induktives Bauelement in miniaturisierter, sehr flacher Bauform vorgestellt mit einem Magnetkern (5) aus weichmagnetischem Material, einem Substrat (1), das Leiterbahnzüge (6) mit Durchkontaktierungen aufweist. Die Leiterbahnzüge (6) und die Durchkontaktierungen durch das Substrat (1) bilden einen Teil der Windungen einer Wicklung. Der andere Teil der Wicklung wird aus Drähten auf der oberen Oberfläche (3) des Substrats (1) gebildet, die über bondtechnische Verfahren mit Metallpads (8) an den Enden (7) der Leiterbahnzüge (6) verbunden sind.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshjan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Beschreibung

Induktives Bauelement

- 5 Die Erfindung betrifft ein induktives Bauelement, insbesondere ein miniaturisiertes induktives Bauelement in flacher Bauform.

10 Es ist allgemein bekannt, daß induktive Bauelemente durch Umwickeln von Magnetkernen mit metallischen Drähten, insbesondere Kupferlackdrähten, hergestellt werden.

15 In einer Variante werden dabei geteilte Magnetkerne verwendet, wobei die Wicklungen in der Regel auf einen Spulenkörper aufgebracht werden und die Spulenkörper auf einen Teil des Magnetkernes aufgesteckt werden. Danach wird der Magnetkern zusammengesteckt und der so mit Wicklungen versehene Magnetkern wird in ein Gehäuse eingebracht.

20 In einer anderen Variante werden ungeteilte Magnetkerne, sogenannte Ringkerne, verwendet. Dabei werden diese ungeteilten Magnetkerne direkt bewickelt. Bei der Verwendung von geschlossenen Kernformen, z.B. Ringkernen, wird der Wicklungsdraht durch das Magnetkerninnenloch durchgezogen.

25 Bei der Verwendung von offenen Kernformen, wie z.B. Stabkernen oder Spulenkernen, werden die Wicklungen in Lagen mit oder ohne Spulenkörper auf den Magnetkern aufgebracht.

30 Aufgrund der fortschreitenden Miniaturisierung in der Elektronik besteht seit längerer Zeit ein großes Bedürfnis nach stark miniaturisierten induktiven Bauelementen, die insbesondere eine planare Bauform aufweisen und in SMD-Technik verarbeitbar sind. Insbesondere im Bereich der Telekommunikation
35 sowie in der Leistungselektronik besteht durch die steigenden Betriebsfrequenzen ein Wunsch nach kleinen bzw. flachen induktiven Bauelementen.

Bei der Verarbeitung von geschlossenen Magnetkernformen sind aber einer weiteren Miniaturisierung der induktiven Bauelemente durch die schwierigen Wickeltechniken Grenzen gesetzt.

5 Die beiden üblichen Wickelverfahren, die Bewicklung über Ringkernwickelmaschinen einerseits sowie die Bewicklung per Hand andererseits, stehen einer Verringerung der Drahtstärken sowie der Verwendung sehr kleiner Magnetkerne entgegen. Durch diese verfahrenstechnischen Vorgaben kommen typischerweise
10 nur Kupferlackdrähte im Durchmesserbereich zwischen 0,05 und 0,15 mm zum Einsatz, obwohl in vielen Fällen von der elektrischen Dimensionierung deutlich geringere Durchmesserbereiche ausreichen würden.

15 Ferner wird durch die geschlossene Magnetkernform üblicherweise ein Restloch erzwungen, welches zu einer verringerten Ausnutzung des Bauvolumens führt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein induktives Bauelement bereitzustellen, das von seinen Abmessungen
20 her nahezu beliebig klein herstellbar ist, das fertigungstechnisch einfach herzustellen ist und bei dem auch Drähte mit Durchmessern kleiner als 0,05 mm verarbeitbar sind.

25 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein induktives Bauelement gelöst, das aus einem Magnetkern, einem Substrat, auf dessen oberen Oberfläche der Magnetkern aufgebracht ist, und zumindest einer Wicklung um den Magnetkern besteht, wobei die Windungen der Wicklungen aus Leiterbahnzügen, die auf oder im
30 oder unter dem Substrat angebracht sind, und aus gebondeten über den Magnetkern geführten Drähten zwischen gegenüberliegenden Enden benachbarter Leiterbandzüge besteht.

Mit diesem Aufbau läßt sich insbesondere für geschlossene Magnetkerne ein miniaturisierter Aufbau darstellen, mit dem auf
35 preiswerte Art miniaturisierte induktive Bauelemente hergestellt werden können. Dadurch, daß die Wicklung in Teilstücke

zerlegt wird, die nicht aus dem bisher üblichen Kupferlackdraht bestehen müssen sondern aus gebondeten Drähten sowie aus Durchkontaktierungen im Substrat und Leiterbahnzügen bestehen, kann die Herstellung durch die aus der Halbleitertechnologie bekannten und erprobten Bondverfahren automatisiert werden.

Das Substrat dient gleichzeitig zur Fixierung des Magnetkerns und bietet weiterhin die Möglichkeit, die zum Anschluß des induktiven Bauelements notwendigen Kontakte zu tragen.

Zweckmäßigerweise dient als Substrat eine Leiterplatte, insbesondere ein sogenanntes Chip-On-Board-Substrat. Es können aber auch Chip-On-Flex- bzw. Chip-On-Glas-Substrate verwendet werden. Diese Substrate haben sich als sehr günstig erwiesen, da bei ihnen durch die Multi-Layer-Technik sehr komplizierte Wicklungsanordnungen mit sehr vielen Windungen erreichbar sind. Insbesondere ist mit solchen Substraten eine extrem dichte Belegung des zur Verfügung stehenden Kerninnenlochs mit gebondeten Drähten möglich, ohne daß ein Restloch verbleibt.

Es ist jedoch auch denkbar, als Substrate Halbleitersubstrate, insbesondere solche aus Silizium, bzw. Substrate aus Keramik, insbesondere aus Al_2O_3 bzw. AlN , zu verwenden. Dies hat den Vorteil, daß die zur Verfügung stehenden Metallisierungsverfahren aus der Halbleitertechnologie verwendet werden können. Des weiteren ist dadurch eine Montagekompatibilität mit aktiven Halbleiterbauelementen erreichbar, so daß mit Keramiksubstraten hergestellte induktive Bauelemente in Leistungshalbleitermodule eingebracht werden können bzw. auf Siliziumsubstraten hergestellte induktive Bauelemente z. B. in Chip-On-Chip-Technologie in integrierte Schaltkreise eingebracht werden können.

In bevorzugter Ausführung werden die Leiterbahnzüge im Inneren des Substrates angeordnet und die Enden der Leiterbahn-

züge liegen auf der oberen Oberfläche des Substrates frei. In einer alternativen Ausführungsform sind die Leiterbahnzüge auf der unteren Oberfläche des Substrates angeordnet und die Enden der Leiterbahnzüge liegen wiederum auf der oberen Oberfläche des Substrates frei. In beiden Ausführungsformen sind als Enden der Leiterbahnzüge metallische Pads vorgesehen. Diese Ausführungsformen haben zum einen den Vorteil, daß die Leiterbahnzüge gegenüber dem Magnetkern isoliert sind und zum anderen wird durch die Verwendung von Pads das Bonden in bekannter Art und Weise erleichtert.

In einer besonders einfachen Ausführungsform bestehen die Wicklungen ausschließlich aus Bonddrähten. In dieser Variante ist es nicht notwendig strukturierte Leiterbahnen auf dem Substrat vorzusehen, stattdessen sind anstatt den Leiterbahnen Bonddrähte vorgesehen, die sehr flach über dem Substrat angebracht sind. Auf jedem Metallpad werden deshalb zwei Bondverbindungen angebracht. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, daß der Herstellprozeß durch den bekannten und zuverlässigen Bondprozeß erleichtert wird und gleichzeitig ein sehr preiswertes Substrat verwendet werden kann, auf dem keine Leiterbahnen strukturiert werden müssen. Dies bringt einen Kostenvorteil mit sich.

In einer Weiterentwicklung der vorliegenden Erfindung weist das Substrat in seiner oberen Oberfläche eine Vertiefung auf, in die der Magnetkern eingebracht ist. Dadurch wird eine ganz besonders flache Bauform für die induktiven Bauelemente ermöglicht. Des weiteren erleichtert die Vertiefung die Justierung und Fixierung des Magnetkerns beim Herstellprozeß.

Zur weiteren Fixierung kann der Magnetkern auf die obere Oberfläche geklebt werden, es ist jedoch auch denkbar den Magnetkern auf die obere Oberfläche des Substrats zu löten.

Beide Arten der mechanischen Befestigung sind aus der Halbleitertechnologie als sogenanntes „Die-Bonden“ bekannt.

Die „Pads“, d.h. die Anschlüsse auf dem Substrat für die elektrischen Verbindungen, bestehen vorzugsweise aus aufgedampften Aluminium oder metallischen Mehrschichtsystemen und dienen als Schaltungsanschlüsse zum Bonden. Als Bonddrähte werden Gold- oder Aluminiumdrähte verwendet. Es ist jedoch auch denkbar, andere Werkstoffe zu verwenden.

Bei Gold können Drahtstärken von ca. 30 μm verwendet werden. Mit Hilfe einer Flamme wird das Drahtende zu einer Kugel aufgeschmolzen. Diese wird mit dem Ende aus einer Kanüle aus Hartmetall bei einer Temperatur von ca. 200°C auf das Metallpad, vorzugsweise ein Aluminiumpad, aufgequetscht. Die Haftfestigkeit dieser Thermokompression-Bondverbindung beträgt mindestens 50 mN. Beim Thermokompressions-Verfahren werden die zu verbindenden Werkstoffe unter Zufuhr von Wärme aufeinander gepreßt. Durch interatomare Kräfte und durch Diffusion an der Grenzfläche erfolgt das Verschweißen ohne das Auftreten einer flüssigen Phase.

In einer anderen Ausführung werden die Drähte über Ultraschall gebondet. Bei der Ultraschallbondung handelt es sich im Prinzip um ein Reibschweißverfahren ohne Wärmezufuhr von außen. Der Draht wird dabei durch ein Führungsloch eines keilförmigen Kontaktwerkzeuges geführt, auf die Anschlußfläche abgesenkt und durch Druck verformt. Mit Frequenzen im Ultraschallbereich werden sodann die Verbindungspartner mit geringer Amplitude parallel zueinander bewegt. Dabei reißen Oberflächenschichten, wie z.B. die Oxidschicht eines Aluminiumpads, ab. Rauigkeiten werden abgebaut, so daß eine Annäherung der Oberflächen bis zur metallischen Verbindung erreicht wird.

Sowohl das Ultraschallbonden als auch das Thermokompressionsbonden sind aus der Halbleitertechnologie bekannte Verfahren. Beiden Verfahren ist gemeinsam, daß sie schon seit über 20 Jahren Standardverfahren im Bereich der Halbleitertechnologie

sind, die erprobt sind und einen hohen Automatisierungsgrad besitzen. Die typische Kontaktfläche beträgt auf Leiterplatten ca. $150 \times 150 \mu\text{m}$, was inklusive dem Abstand zum Nachbarpad eine Kontaktflächendichte von ca. 9 Verbindungen pro mm^2 bedeutet. Dieser Wert erhöht sich bei der minimalen möglichen Padgröße von ca. $60 \times 60 \mu\text{m}$ auf ca. 40 Verbindungen pro mm^2 . Die Höhe der Bondverbindung über dem Leiterplattenniveau ist minimal 120 bis $150 \mu\text{m}$.

Für die Magnetkerne kommen vorzugsweise geschlossene Magnetkerne zum Einsatz, da hier die höchsten Permeabilitäten erreicht werden. Für Bauhöhen bis minimal ca. 1 bis 2 mm sind vorzugsweise Ringbandkerne vorgesehen. Für noch flachere Aufbauten sind eher Scheibenkerne, die z.B. durch Stanzen aus einem Blech erzeugt werden, besser geeignet. Als besonders geeignete Magnetmaterialien sind hier weichmagnetische Legierungen, insbesondere amorphe oder nanokristalline Legierungen, in Betracht zu ziehen. Der Vorteil weichmagnetischer Legierungen gegenüber Magnetkernen aus Ferriten liegt in den wesentlichen höheren Permeabilitäten, in der um den Faktor 2 bis 3 höheren Sättigungsinduktion sowie in der legierungsabhängig verschwindend geringen Magnetostriktion.

Für extrem flache Ausführungsformen sind auch Magnetkerne auf Basis von gesputterten oder anderweitig abgeschiedenen Schichten aus weichmagnetischen Legierungen möglich. Hier ist durch die abwechselnde Stapelung von Schichten aus weichmagnetischem Werkstoff und einem elektrischen Isolator eine lamelierte Struktur mit entsprechend gutem Hochfrequenzverhalten erzielbar.

Die Erfindung ist in der Zeichnung beispielsweise veranschaulicht und im nachstehenden im einzelnen anhand der Zeichnung beschrieben. Es zeigen:

- Figur 1 in schematischer Darstellung eine perspektivische Ansicht eines induktiven Bauelements gemäß der vorliegenden Erfindung,
- Figur 2 einen Schnitt entlang der Linie I-I aus Figur 1,
- 5 Figur 3 in schematischer Darstellung eine Draufsicht auf eine alternative Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,
- Figur 4 einen Schnitt entlang der Linie II-II aus Figur 3,
- Figur 5 in schematischer Darstellung eine Draufsicht auf eine
10 weitere Ausführungsform nach der vorliegenden Erfindung,
- Figur 6 einen Schnitt entlang der Linie III-III aus Figur 5
- Figur 7 in schematischer Darstellung einen Querschnitt durch
15 eine einfache Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,
- Figur 8 in schematischer Darstellung einen Querschnitt durch eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,
- 20 Figur 9 in schematischer Darstellung eine perspektivische Ansicht eines möglichen Aufbaus des induktiven Bauelements der vorliegenden Erfindung,
- Figur 10 einen Schnitt entlang der Linie IX-IX aus Figur 9,
- Figur 11 in schematischer Darstellung eine perspektivische
25 Ansicht eines weiteren Aufbaus des induktiven Bauelements gemäß der vorliegenden Erfindung,
- Figur 12 einen Schnitt entlang der Linie XI-XI aus Figur 11,
- Figur 13 in schematischer Darstellung einen Querschnitt durch
30 eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,
- Figur 14 eine Draufsicht auf das Bauelement aus Figur 13,
- Figur 15 in schematischer Darstellung einen Querschnitt durch eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,
- 35 Figur 16 in schematischer Darstellung eine perspektivische Ansicht eines Aufbaus des induktiven Bauelements mit einem Stabkern gemäß der vorliegenden Erfindung,

Figur 17 ein exemplarisches Layout auf der oberen Oberfläche
des Substrats eines Doppelübertragers mit einem Ring-
bandkern und konzentrischen Aufbau zweier Wicklungen,
Figur 18 das zu Figur 15 korrespondierende Layout auf der un-
5 teren Oberfläche des Substrats,
Figur 19 in schematischer Darstellung eine perspektivische
Ansicht einer weiteren Ausführungsform der vorliegen-
den Erfindung.

10

In Figur 1 ist eine Lösungsvariante der vorliegenden Erfin-
dung skizziert. Die Figur 2 zeigt einen Schnitt entlang der
Linie I-I des gleichen Aufbaus. Wie aus der Figur 1 zu erse-
hen ist, besteht das induktive Bauelement gemäß der vorlie-
15 genden Erfindung aus einem Substrat 1 mit einer oberen Ober-
fläche 2 und einer unteren Oberfläche 3. In die obere Ober-
fläche 2 des Substrats 1 ist eine Vertiefung 4 eingebracht. In
dieser Vertiefung 4 befindet sich ein Magnetkern 5. Der hier
gezeigte Magnetkern 5 ist ein Ringbandkern aus einer amorphen
20 weichmagnetischen Legierung.

Auf der unteren Oberfläche 3 des Substrats 1 sind Leiterbahn-
züge 6 angeordnet. Die Enden 7 dieser Leiterbahnzüge 6 liegen
auf der oberen Oberfläche 2 des Substrats 1 frei, da die Lei-
25 terbahnzüge 6 von der unteren Oberfläche 3 zur oberen Ober-
fläche 2 des Substrats 1 über Substratleiterbahnzüge 6'
durchkontaktiert sind. Die Enden 7 der Leiterbahnzüge auf der
oberen Oberfläche 2 des Substrats 1 haben die Gestalt kleiner
Metallflächen, sogenannter Pads 8.

30

Die sich gegenüberliegenden Enden 7 benachbarter Leiterbahn-
züge 6 sind über gebondete Drähte 9 miteinander verbunden.

Auf die Pads 8' der jeweiligen Wicklungsenden 7' sind Drähte
35 9' aufgebondet, die zu Anschlußleitern 10 geführt sind, die
wiederum mit Kontaktanschlüssen 11 verbunden sind. Die hier

gezeigten Kontaktanschlüsse 11 sind SMD-tauglich (SMD = Surface Mounted Device).

Wie die Figur 2 zeigt, bestehen die Windungen der Wicklung des induktiven Bauelements aus den auf der unteren Oberfläche 3 des Substrates 1 aufgebrachten Leiterbahnzüge 6 sowie aus den durch das Substrat 1 geführten Substratleiterbahnzügen 6' und aus den auf der oberen Oberfläche 2 des Substrats 1 auf die Pads 8 gebondeten Drähte 9.

Die Figuren 3 und 4 zeigen eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, bei der das Substrat 1 mittlere Ebenen E1, E2 und E3 besitzt, die jeweils mit Leiterbahnen 6 versehen sind. Das hier gezeigte Substrat 1 ist eine Chip-On-Board-Leiterplatte, die aus Epoxid-Glas besteht. Durch diese in bekannter Multilayer-Technik hergestellte Chip-on-Board-Leiterplatte wird die vorhandene Fläche des Kerninnenlochs 12 optimal für die Anordnung von Enden 7 der Leiterbahnzüge 6 genutzt. Die gezeigten Enden 7 der Leiterbahnzüge 6 weisen hier auch wieder die Gestalt von aus Aluminium bestehenden Pads 8 auf. Bei einem solchen Aufbau ist insbesondere eine exakte konzentrische Anordnung von Wicklungen möglich, so daß im Gegensatz zu Sektorwicklungen, wie z.B. in Figur 1 und 2 dargestellt, sehr gute Kopplungsverhältnisse, d.h. sehr geringe Streuinduktivitäten, erreicht werden. Durch die Verlegung der einzelnen Wicklungen auf die unterschiedlichen voneinander elektrisch isolierten Ebenen E1, E2, E3 des Substrats 1, können die Forderung nach einer Potentialtrennung sehr gut erfüllt werden. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel besitzt das Substrat die drei Ebenen E1, E2 und E3 und es sind drei Wicklungen zu je 24 Windungen eingezeichnet. Der gezeigte Magnetkern 5 ist quadratisch und besteht aus einer Vielzahl übereinander gestapelter Magnetfolienscheiben aus einer nanokristallinen Legierung.

Die Figur 5 und 6 zeigen eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, bei der ein aus Keramik bestehendes Substrat 1

Substratleiterbahnzüge 6' aufweist, die den Wechsel der Leitungsführung von der oberen Oberfläche zur unteren Oberfläche des Substrats und umgekehrt sicherstellt und die mechanische Funktion eines Magnetkernträgers besitzt. Der Magnetkern 5 sitzt hier auf radialen Verbindungsstegen 13 zwischen einem Mittelteil 14 und einem Außenteil 15 des Substrats 1. Die radiale Führung der Leiterbahnzüge 6 wird auf beiden Seiten des Magnetkerns 5 durch gebondete Drähte 9 erreicht. Zum Schutz der gebondeten Drähte 9 ist hier eine Abdeckkappe 16 aus Kunststoff eingesetzt. Außer der Schutzfunktion gewährleistet die Abdeckkappe 16 eine ebene Oberfläche zur Montage, wie sie bei SMD-Bauelementen mit Hilfe von Vakuumpipetten in der üblichen „Pick-and-Place“-Technik üblich ist.

Figur 7 zeigt eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, bei der ein Aufbau auf einen planaren Substrat realisiert ist. Das Besondere an dieser Ausführungsform besteht daran, daß der Aufbau des induktiven Bauelementes ausschließlich mit Bonddrähten realisiert ist. Zu diesem Zweck weist das Substrat 1 auf der oberen Oberfläche 2 Pads 8 auf. Die Pads sind so angeordnet, daß sie bei einem Ringbandkern konzentrisch um einen Mittelpunkt auf die obere Oberfläche 2 angeordnet sind. Jeweils zwei gegenüberliegende Pads 8 werden mit einem unteren Bonddraht 9' sowie einem oberen Bonddraht 9 verbunden. Der untere Bonddraht 9' soll mit einem möglichst flachen Bogen auf das Substrat gebondet werden, anschließend wird ein isolierter Magnetkern auf die unteren Bonddrähte 9' aufgelegt. Im nächsten Schritt werden alle oberen Bonddrähte 9 mit einem möglichst hohen Boden über den Kern gebondet. Jedes Pad 8 wird dabei zweimal kontaktiert, nämlich jeweils mit dem Ende eines oberen und unteren Bonddrahtes. Der Vorteil dieser Anordnung besteht darin, daß ein sehr preiswertes, planares Substrat verwendet werden kann. Es sind zudem keine Durchkontaktierungen durch das Substrat erforderlich. Es ist jedoch darauf zu achten, daß der Magnetkern von einer Isolierung umschlossen ist.

Figur 8 zeigt in einer anderen Variante ein Ausführungsbeispiel, in der ebenfalls die Verbindungen ausschließlich durch Bonddrähte vorgenommen sind. Das Substrat 1 weist jedoch im Gegensatz zum Ausführungsbeispiel nach Figur 7 eine an die Größe und Form des Magnetkerns angepaßte Vertiefung auf. Im dargestellten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 8 ist die Vertiefung 4 ringförmig. Auf der oberen Oberfläche 2 des Substrates 1 sind an den Rändern der Vertiefung 4 Pads 8 konzentrisch aufgebracht. Zur Herstellung des induktiven Bauelementes werden die unteren Bonddrähte 9' mit einem beim Bonden normalen Bogen auf zwei gegenüberliegende Pads 8 gebondet. Anschließend werden mit einem an die Form der Vertiefung angepaßten Werkzeug alle unteren Bonddrähte 9' derart nach unten gedrückt, so daß alle unteren Bonddrähte 9' in der Nut liegen und an den Rand der Vertiefung 4 angepaßt sind. Das hierzu erforderliche Werkzeug hat die Form eines Stempels, wobei dieser exakt an die Ränder der Vertiefung angepaßt ist. Auf die in der Vertiefung 4 befindlichen unteren Bonddrähte 9' wird wiederum der isolierte Magnetkern 5 aufgelegt. Anschließend werden die oberen Bonddrähte 9 auf den Pads 8 über dem Magnetkern 5 gebondet. Der Vorteil dieser Anordnung besteht wiederum darin, daß keine Durchkontaktierungen im Substrat vorgesehen werden müssen. Es kann deshalb ein preiswertes Substrat für die Herstellung des induktiven Bauelementes verwendet werden. Weiterhin ist ein flacher Aufbau gewährleistet, da der Magnetkern in der Vertiefung im Substrat liegt. Hierdurch ist der Kern gleichzeitig geschützt. Weiterhin wird er durch die oberen und unteren Bonddrähte gehalten bzw. fixiert.

Figur 9 zeigt eine weitere Realisierungsmöglichkeit des induktiven Bauelementes gemäß der Erfindung in einer perspektivischen Ansicht. Figur 10 zeigt einen Schnitt entlang der Linie IX-IX des gleichen Aufbaus. Wie aus Figur 9 ersichtlich ist, weist das Substrat 1 auf seiner oberen Oberfläche 2 eine ringförmige Vertiefung 4 auf. In diese Vertiefung 4 wird ein Magnetkern 5 (nicht gezeigt) eingebracht. Das Substrat 1

weist in der Vertiefung 4 eine mit Leiterbahnen 6 strukturierte Oberfläche auf. Die Leiterbahnen 6 haben innerhalb der Vertiefung 4 einen radialen Verlauf. Die Leiterbahnen verlaufen dabei sowohl auf dem Boden der Vertiefung 4 (radial) als auch auf den Wänden der Vertiefung (senkrecht vom Boden zur oberen Oberfläche 2 hin). Die Leiterbahnen 6 weisen an ihren Enden jeweils Pads 8 auf. Diese Pads 8 befinden sich jeweils auf der oberen Oberfläche 2 des Substrates 1. Nachdem der Magnetkern 5 in die Vertiefung 4 eingebracht wurde, werden jeweils zwei gegenüberliegende Pads 8 mittels eines Bonddrahtes 9 miteinander verbunden. Auch dieser Aufbau erfordert einen isolierten Kern. Es ist dabei darauf zu achten, daß die Bonddrähte 9 möglichst flach über dem Magnetkern 5 gebondet sind. Auch diese Anordnung weist den Vorteil auf, daß im Substrat keine Durchkontaktierungen vorgesehen werden müssen. Der Kern liegt weiterhin geschützt in der Vertiefung. Diese Variante erlaubt eine sehr flache Realisierung des induktiven Bauelements.

Figur 10 zeigt dieses Ausgestaltungsbeispiel mit „innenliegenden“ Leiterbahnen gemäß Figur 9 im Querschnitt. In der Figur ist zu erkennen, daß der Boden und die Wände der Vertiefung 4 Leiterbahnen 6 aufweisen, die radial von innen nach außen verlaufen. An den Enden der Leiterbahnen 6 befinden sich Pads 8 auf der oberen Oberfläche 2. Nach dem Einbringen des isolierten Magnetkerns 5 in die Vertiefung 4 werden jeweils zwei gegenüberliegende Pads 8 mittels eines Bonddrahtes 9 verbunden, wobei dieser einen möglichst flachen Bogen aufweisen soll. Hierdurch ergibt eine geringe Bauhöhe des induktiven Bauelementes.

Figur 11 zeigt eine weitere Ausgestaltungsform der Erfindung in einer perspektivischen Darstellung. Im Gegensatz zur Ausführung gemäß Figur 9 weist das induktive Bauelement nun, „außenliegende“ Leiterbahnen auf. Figur 12 zeigt einen Schnitt durch das Bauelement nach Figur 11 entlang der Linie XI-XI. Das Substrat 1 weist zwei konzentrische Vertiefungen 4

und 4' auf. Die Vertiefung 4' ist dabei im Zentrum des induktiven Bauelementes angeordnet und geht durch das ganze Substrat 1 hindurch. Die Vertiefung 4 hat eine ringförmige Umrandung und ist konzentrisch zur Vertiefung 4' angeordnet.

5 Die Vertiefung 4 ist nur teilweise in das Substrat 1 eingebracht. Das induktive Bauelement weist an der Außenseite sowie an der unteren Oberfläche und der Wand der inneren Vertiefung 4' Leiterbahnen 6 auf. Diese sind auf der unteren Oberfläche 3 radial angeordnet. An den Enden der Leiterbahnen

10 6 befinden sich auf der oberen Oberfläche 2 des Substrates 1 Pads 8. In die Vertiefung 4 wird der ringförmige Magnetkern 5 (im Bild nicht gezeigt) eingebracht. Anschließend können zwei gegenüberliegende Pads 8 mittels eines Bonddrahtes 9 miteinander verbunden werden. Der Vorteil dieser Anordnung besteht

15 darin, daß das Substrat keine Durchkontaktierungen benötigt. Weiterhin ist die Verwendung unisolierter Magnetkerne möglich.

Figur 12 zeigt die Ausgestaltungsform der Erfindung im

20 Schnitt entlang der Linie XI-XI. Aus der Zeichnung wird deutlich, daß das Substrat eine durchgehende Vertiefung 4' im Zentrum aufweist. Entlang des Randes der Vertiefung 4' verlaufen senkrecht Leiterbahnen 6 von der oberen Oberfläche 2 zur unteren Oberfläche 3 des Substrates 1. Die Leiterbahnen 6

25 verlaufen weiter in radialer Richtung zum äußeren Rand und an diesem Rand in senkrechter Richtung zur oberen Oberfläche 2. Auf der oberen Oberfläche 2 sind an den jeweiligen Enden der Leiterbahnen 6 Pads 8 angebracht. Nach dem Einbringen des Magnetkerns 5 in die Vertiefung 4 werden jeweils zwei gegen-

30 überliegende Pads 8 mit einem Bonddraht 9 verbunden. Auf eine flache Führung des Bonddrahtes 9 ist dabei zu achten. Diese Anordnung ist durch „außenliegende“ Leiterbahnen gekennzeichnet.

35 Es ist auch ein induktives Bauelement denkbar, bei dem innen- und außenliegende Leiterbahnen in einem Substrat miteinander kombiniert werden. Ein derartiges Bauelement ist im Quer-

schnitt in Figur 13 dargestellt. Figur 14 zeigt eine Draufsicht auf das in Figur 13 dargestellte Bauelement. Das Substrat 1 weist wiederum zwei Vertiefungen 4 und 4' auf. Die Vertiefung 4' ist im Zentrum des Substrates 1 angeordnet und geht durch das Substrat 1 hindurch. Die Vertiefung 4 ist zur Vertiefung 4' konzentrisch angeordnet und weist eine ringförmige Umrandung auf. Die Vertiefung 4 ist wiederum nur teilweise in das Substrat 1 eingebracht. Die Leiterbahnen 6 sind zum einen radial am Boden der Vertiefung 4 aufgebracht. Zum anderen verlaufen die Leiterbahnen 6 senkrecht auf der Wand der Vertiefung 4 vom Boden zur oberen Oberfläche 2, radial entlang der unteren Oberfläche 3 und wiederum senkrecht entlang der äußeren Umrandung des Substrates 1 zur oberen Oberfläche 2 hin. Die Leiterbahnen 6 besitzen an ihren Enden jeweils Pads 8, die auf der oberen Oberfläche 2 angeordnet sind. Es werden jeweils zwei gegenüberliegende Pads 8 der innenliegenden Leiterbahnen sowie zwei gegenüberliegende Pads 8 der außenliegenden Leiterbahnen miteinander verbunden. Auf diese Weise ist eine exakt konzentrische Anordnung von Wicklungen möglich. Hierdurch lassen sich sehr gute Kopplungsverhältnisse, d. h. sehr geringe Streuinduktivitäten, erzielen. Es ist wiederum darauf zu achten, daß die Bonddrähte 9, die zwei gegenüberliegende innenliegende Pads 8 miteinander verbinden, möglichst flach über dem Magnetkern 5 gebondet werden. Dies ermöglicht ebenfalls ein flaches Verbinden zweier Pads 8, die außenliegende Leiterbahnen 8 miteinander verbinden.

Figur 14 zeigt eine Draufsicht auf das Bauelement gemäß Figur 13 mit einer besonderen Anordnung der Pads 8. Zunächst ist in der Figur 14 die konzentrische Anordnung der Vertiefungen 4 und 4' erkennbar. Auf der oberen Oberfläche 2 des Mittelteils 14 sowie des Außenteils 15 sind die innen- bzw. außenliegenden Enden, d. h. die Pads 8 angeordnet. Die Darstellung zeigt, daß die Pads 8 der außenliegenden Leiterbahnen gegenüber den Pads 8" versetzt angeordnet sind. Dies bringt den Vorteil, daß die Bonddrähte 9, die zwei gegenüberliegende

Pads 8 der außenliegenden Leiterbahnen verbinden, gegenüber den Bonddrähten 9", die zwei gegenüberliegende Pads der innenliegenden Leiterbahn verbinden, versetzt gegeneinander angeordnet werden. Hierdurch können die Bonddrähte 9 und 9" so
5 flach als möglich über dem (hier nicht gezeigten) Magnetkern geführt werden. Dies ermöglicht eine geringe Bauhöhe des induktiven Halbleiterbauelementes.

Werden die Pads 8 bzw. 8" so angeordnet, daß sie radial vom
10 Zentrum des Bauelementes wegweisen, so kann die Anzahl der Windungen entsprechend erhöht werden. Die Bauhöhe des induktiven Bauelementes erhöht sich jedoch dadurch geringfügig, da die Bonddrähte 9 über den Bonddrähten 9" geführt werden müssen. Es ist hierbei auf eine Isolierung der Bonddrähte gegen-
15 einander zu achten. Bei einem derartigen Aufbau ist insbesondere eine exakte konzentrische Anordnung von Wicklungen möglich, so daß im Gegensatz zu den Sektorwicklungen (wie in Figur 14 dargestellt) sehr gute Kopplungsverhältnisse, d. h. sehr geringe Streuinduktivitäten erreicht werden.

20

Figur 15 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel im Querschnitt gemäß der Erfindung. In diesem Ausführungsbeispiel weist das Substrat 1 eine ringförmige Vertiefung 4 auf, in deren Boden Leiterbahnen 6 in radialer Weise eingebracht
25 sind. Die Enden der Leiterbahnen 6 weisen aus Aluminium bestehende Pads 8 auf (die sich auf dem Boden befinden). Auf der oberen Oberfläche 2 des Substrates 1 sind entlang der Umrandung der Vertiefung 4 Pads 8 aufgebracht. Die auf der oberen Oberfläche 2 befindlichen Pads 8 werden mit entsprechenden
30 Pads 8 in der Vertiefung mittels eines Bonddrahtes 9 verbunden. Nach dem Herstellen der "unteren Leitungen" durch gebondete Drähte zwischen der Substratoberfläche und dem Boden der Vertiefung wird ein isolierter Magnetkern in die Vertiefung 4 eingelegt. Anschließend werden die "oberen Leitungen" durch
35 das Verbinden von zwei gegenüberliegenden Pads 8 mittels Bonddrähten 9 hergestellt. Es ist wiederum darauf zu achten, daß die "oberen Leitungen" möglichst flach über dem Magnet-

kern 5 gebondet sind. Der Vorteil dieser Anordnung besteht darin, daß keine Durchkontaktierungen im Substrat 1 notwendig sind. Die Strukturierung des Substrates ist einfach, da sie nur in einer Ebene hergestellt werden muß. Das Substrat 1
5 läßt sich deshalb preiswert herstellen. Die restliche Verdrahtung kann mittels des bekannten Bondverfahrens hergestellt werden.

Figur 16 zeigt eine weitere Ausgestaltungsform der Erfindung mit einem stabförmigen Magnetkern 5. In das Substrat 1 ist in
10 die obere Oberfläche 2 eine rechteckige Vertiefung 4 eingebracht. Jeweils zwei gegenüberliegende Pads 8 sind z. B. mittels Durchkontaktierungen im Substrat 1 miteinander verbunden. Die Herstellung der unteren Leitungen ist durch jede der
15 vorgehend beschriebenen Möglichkeiten denkbar. So könnten die unteren Leitungen z. B. durch innenliegende Leiterbahnen in der Vertiefung 4 hergestellt sein. Jeweils zwei gegenüberliegende Pads 8 auf der oberen Oberseite 2 des Substrates 1 sind mittels Bonddrähten 9 miteinander verbunden. Bei der Herstellung der oberen Leitungen ist wiederum darauf zu achten, daß
20 die Bonddrähte 9 möglichst flach über dem Magnetkern 5 gebondet werden. Eine gemäß Figur 16 dargestellte Anordnung könnte z. B. vorteilhaft zum Aufbau kleiner bzw. flacher Drosseln verwendet werden sowie seinen Einsatz in Filteranwendungen
25 finden. Der in der Figur gezeigte Magnetkern 5 ist in diesem Fall als lamellierter Stabkern ausgeführt.

Es versteht sich von selbst, daß jede Substratvariante der in den vorstehend beschriebenen Figuren mit den verschiedenen
30 Möglichkeiten der Leiterführung (strukturierte Leiterbahn, Bonddrähte) kombiniert werden kann und sich nicht auf die gezeigten Varianten beschränkt.

Figur 17 und Figur 18 zeigen exemplarisch ein Layout auf der
35 oberen bzw. unteren Oberfläche des Substrates eines Doppelübertragers mit zwei Ringbandkernen und einem konzentrischen Aufbau jeweils zweier Wicklungen. In Figur 17 ist das Layout

auf der oberen Oberfläche des Substrates dargestellt. Es sind zwei nebeneinanderliegende Ringbandkerne 5 sowie die auf den Mittelteilen 14 bzw. auf den Außenteilen 15 liegenden Pads 8 erkennbar. Im Mittelteil 14 des Layoutes ist sichtbar, daß

5 zwei konzentrische Wicklungen um den Ringbandkern 5 vorgesehen sind. Die Pads 8 der einen Wicklung sind näher dem Zentrum angeordnet, während die Pads 8 der zweiten Wicklung näher am Ringbandkern 5 liegen. Die auf dem Außenteil 15 liegenden Pads korrespondieren mit der Anordnung der Pads im

10 Mittelteil 14. Weiterhin sind mehrere Anschlußleiter 10 vorgesehen, die mit Kontaktanschlüssen 11 verbunden sind. Der Doppelübertrager weist insgesamt 12 Kontaktanschlüsse 11 auf, dies bedeutet, daß jede Spule auf der Primär- bzw. der Sekundärseite einen Mittelabgriff besitzt.

15 In Figur 18 ist das zu Figur 17 korrespondierende Layout auf der unteren Oberfläche des Substrates 1 dargestellt. Es ist die Anordnung der Leiterbahnen 6 erkennbar, an deren Enden sich jeweils Pads 8 befinden. Die Verbindung der Pads 8 auf

20 der oberen und der unteren Oberfläche des Substrates kann z. B. mittels Durchkontaktierungen durch das Substrat erfolgen.

Ein nach dem Layout der Figuren 17 und 18 realisierter Doppelübertrager erreicht nach dem Vergießen der gebondeten Pads

25 auf der oberen Oberseite mit einer Epoxidmasse Abmaße von ca. $15,6 \times 8,5 \times 3,5$ mm. Die nach außen reichenden Kontaktanschlüsse werden z. B. über einen SMD-Header realisiert. Der Widerstand der vier Wicklungen des Doppelübertragers beträgt jeweils ca. 0,4 Ohm. Mit diesem Bauelement läßt sich eine Induktivität $L > 1,2$ mH bei einer Frequenz von

30 $f = 10$ kHz und $U_{ACeff} = 100$ mV erzielen. Die Streuinduktivität $L_s < 0,2$ µH bei einer Frequenz $f = 100$ kHz und $U_{ACeff} = 100$ mV. Die Koppelkapazität beträgt dann $C_k < 10$ pF (bei $f = 100$ kHz und $U_{ACeff} = 1$ V). Der Doppelübertrager weist

35 dabei zwei Ringbandkerne von jeweils $5,4 \times 3,4 \times 2$ mm auf.

- Die Figur 19 schließlich zeigt eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die der zunehmenden Zusammenlegung von aktiven und passiven Bauelementen in der Mikroelektronik Rechnung trägt. Hierbei befindet sich das induktive Bauelement gemäß der vorliegenden Erfindung auf einem Chip-On-Board-Substrat, das mit ungekapselten aktiven Bauelementen 16, 17 und 18 versehen ist. Die Montage des erfindungsgemäßen induktiven Bauelemente ist hier problemlos möglich, da die aktiven Bauelemente 16, 17 und 18 ebenfalls über Bondverfahren auf das Chip-On-Board-Substrat aufgebracht werden. Die gemeinsame Umhüllung aus einem Kunststoff sowie die gemeinsame Nutzung der Anschlußbeine läßt nach außen hin keinen Unterschied zu normalen IC's erkennen. Insbesondere ist diese Vorgehensweise für die Verwirklichung von DC/DC-Wandlern kleiner Leistung besonders von Vorteil, da die Leiterplatte vollautomatisch in einem Arbeitsgang mit aktiven Bauelementen und induktiven Bauelementen gemäß der vorliegenden Erfindung bestückt werden kann.
- Da üblicherweise die gebondeten Drähte 9 keinen Isolationsüberzug aufweisen, ist auf eine definierte Führung der Drähte beim Bonden, insbesondere bei Überkreuzungen zu achten. Für die Endausführung kann es notwendig sein, den Bereich der Bondverbindungen nachträglich zu verkapseln. Dies kann im einfachsten Fall durch das Abdecken mit einer aushärtenden Kunststoffmasse erfolgen. Ebenso ist die nachträgliche Isolation und mechanische Stabilisierung durch die Beschichtung der mit Bonddrähten versehenen Oberflächen mit einer dünnen Kunststoffschicht möglich.
- Diese nachträglichen Maßnahmen führen einerseits zu einer Verbesserung der mechanischen Stabilität der Bondverbindungen und andererseits zu einer Spannungsfestigkeit der Wicklungen untereinander. Besonders vorteilhaft ist natürlich die Verarbeitung von Drähten, die schon einen Isolationsüberzug aufweisen. Es ist aber hervorzuheben, daß die Verarbeitung von isolierten Drähten nicht notwendig ist.

Bei allen in der Zeichnung gezeigten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ist es möglich, die Windungszahlen der Induktivität erst beim Bonden gezielt auszuwählen. Demnach
5 ist es möglich ein Substrat mit einer sehr dichten und auf eine maximale Verbindungsanzahl ausgelegten Leiterbahnführung zu versehen, so daß ein „Universalsubstrat“ durch die gezielte Auswahl der Anzahl von Bondverbindungen die jeweils aktuelle benötigte Anzahl von Windungen und damit die jeweils
10 aktuell benötigte Induktivität hergestellt wird. Dieser Aspekt ist insbesondere unter dem Gesichtspunkt der Automatisierung bei der Bondtechnik sehr von Vorteil und bietet gegenüber allen bekannten Planarkonstruktionen die Möglichkeit sehr schnell in der Fertigungsstrecke die Wicklungszahl und
15 die Windungszahl innerhalb einer Wicklung zu variieren.

Alle in der Zeichnung gezeigten Ausführungsbeispiele sind mit der aus der Halbleitertechnologie bekannten Bondtechniken herstellbar. Die Bondtechnik ist schon seit über 20 Jahren
20 ein Standardverfahren zur Herstellung miniaturisierter elektrischer Verbindungen und besitzt unabhängig vom Verfahrenstyp sowie vom Drahtwerkstoff und vom Drahtdurchmesser allgemein eine sehr hohe Zuverlässigkeit. Die gezeigten Metallpads betragen ca. $150 \times 150 \mu\text{m}$, was inklusive dem Abstand zum
25 Nachbarpad eine Kontaktflächendichte von ca. 9 Verbindungen pro mm^2 bedeutet. Dieser Wert erhöht sich bei der minimal möglichen Padgröße von ca. $60 \times 60 \mu\text{m}$ auf ca. 40 Verbindungen pro mm^2 . Die gezeigte Höhe der Bondverbindungen liegt bei ungefähr 120 bis $150 \mu\text{m}$.

30 Für die Herstellung einer Miniaturdrossel mit einem Ringbandkern aus einer amorphen weichmagnetischen Legierung der Abmessungen $7 \times 3 \times 2 \text{ mm}$ und herkömmlicher Handbewicklung ergibt sich folgende maximal mögliche Windungszahl:

35 Mit einer volumenoptimierten Magnetkernbeschichtung, d.h. einer Dicke von ca. $30 \mu\text{m}$, ergibt sich ein effektiver Innen-

durchmesser von 2,9 mm. Dies hat einen Wickelquerschnitt von ca. 6,60 mm² zur Folge. Bei einer Handbewicklung mit einem Kupferlackdraht mit einem Durchmesser von 0,085 mm ergibt sich unter Abzug des Restloches ein effektiver Wickelquerschnitt von 3,6 mm². Diese freie Querschnittsfläche ermöglicht das Einbringen von $3,6/0,00784 = 458$ Windungen. Unter Berücksichtigung eines Kupferfüllfaktors von ca. 35 % ergibt sich eine maximal mögliche Windungszahl von 160 Windungen.

- 10 Die Wickeldauer beträgt etwa $160 \times 1,5 \text{ sec} = 240 \text{ sec} = 4 \text{ min}$. Zusätzlich wird ein Anschlußträger benötigt, an den die Drahtenden befestigt und verlötet werden.

- Bei der Ausführung in Bondtechnik gemäß der vorliegenden Erfindung ergibt sich bei der Annahme einer Padgröße von $80 \times 80 \text{ }\mu\text{m}$ in einem Abstand von $80 \text{ }\mu\text{m}$, d.h. einem Pitch von $160 \text{ }\mu\text{m}$, ein Flächenbedarf pro Pitch von $0,025 \text{ mm}^2$. Da kein Restloch notwendig ist, kann die gesamte Fläche mit Pads bedeckt werden. Berücksichtigt man einen Montagespalt von $0,2 \text{ mm}$, ergibt sich eine Fläche von $6,15 \text{ mm}^2$. Unter Einbeziehung des Randverlustes, d.h. runde Fläche gegenüber quadratischen Pads, mit einem Korrekturfaktor von ca. 0,9 ergibt sich eine maximale Windungszahl von $6,15/0,025 = 246 \times 0,9 = 221$ Windungen. Durch die erhöhte Windungszahl ergibt sich nach der Formel für die Induktivität:

$$L = \frac{n^2 \cdot A_{Fe} \cdot \mu_r \cdot 12,56 \cdot 10^{-9}}{l_{Fe}}$$

- eine um den Faktor 1,9 höhere Induktivität als bei der herkömmlichen Handbewicklung. Die Fertigungsdauer wird hier durch den Bondprozeß bestimmt und beträgt etwa $237 \times 0,55 = 188 \text{ s}$. Zusätzlich wird die Leiterplatte mit der Kernaufnahme und darin integrierte Anschlußträger benötigt. Jegliche weitere Montage sowie das Verlöten entfallen.

- Es versteht sich von selbst, daß die erhöhte Wicklungsdichte beim Bonden auch dazu genutzt werden kann, für die gleiche

Nenninduktivität einen kleineren und damit preiswerteren Magnetkern zu verwenden.

Für die Magnetkerne kommen vorzugsweise geschlossene Magnetkerne zum Einsatz, da hier die höchsten Permeabilitäten erreicht werden. Für Bauhöhen bis minimal ca. 1 bis 2 mm sind vorzugsweise Ringbandkerne vorgesehen. Für noch flachere Aufbauten sind eher Scheibenkerne, die z. B. durch Stanzen aus einem Blech erzeugt werden, besser geeignet. Als besonders geeignete Magnetmaterialien sind hier weichmagnetische Legierungen insbesondere amorphe oder nanokristalline Legierungen, in Betracht zu ziehen.

Im folgenden werden einige Legierungen für den weichmagnetischen Kern beschrieben die vorteilhaft für das erfindungsgemäße induktive Bauelement eingesetzt werden können.

Für den weichmagnetischen Kern des erfindungsgemäßen induktiven Bauelements kann eine amorphe Legierung $\text{Fe}_a\text{M}_b\text{Si}_x\text{B}_y\text{R}_z$, wobei M ein oder mehrere Elemente aus der Gruppe Co, Ni bezeichnet. R bezeichnet ein oder mehrere Elemente aus der Gruppe C, V, Nb, Mn, Ti, Cr, Mo oder W. Die Legierung setzt sich so zusammen, daß $a+b+x+y+z = 100$ at % ist, wobei $a = 61 - 82$ at %, $b = 0-20$ at %, $x = 0,5-19$ at %, $y = 7-23$ at % und $z = 0-3$ at % mit $70 < a+b < 86$ und $14 < x+y+z < 30$ at %. Vorzugsweise ist die Summe aus a und b $73 < a+b < 85$ at %.

Weiterhin kann eine amorphe Legierung mit $\text{Co}_a (\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x)_b\text{M}_c\text{Si}_x\text{B}_y\text{C}_z$ eingesetzt werden, wobei M ein oder mehrere Elemente aus der Gruppe Mb, Mo, Ta, Cr, W, Ge und/oder P bezeichnet und $a+b+c+d+e+x+y+z = 100$ at % ist. Die Anteile der einzelnen Legierungsbestandteile können sich dabei folgendermaßen aufteilen: $a = 40-82$ at % (vorzugsweise $a > 50$ at %), $x = 0-1$ at % (vorzugsweise $x < 0,5$ at %) $b = 3-10$ at %, $d = 0-30$ at % (vorzugsweise $d < 20$ at %),

e = 0-5 at % (vorzugsweise $e < 3$ at %), $x = 0-15$ at % (vorzugsweise $x > 1$ at %), $y = 8-26$ at % (vorzugsweise $y = 8-20$ at %) und $z = 0-3$ at %. Die Summe von $e+x+y+z$ soll dabei im Bereich von $15 < e+x+y+z < 30$ liegen, wobei vorzugsweise der Bereich $18 < e+x+y+z < 25$ at % gewählt werden sollte.

Nach einer Wärmebehandlung erhalten die beiden oben genannten Legierungen eine amorphe Struktur.

10

Im folgenden werden noch verschiedene nanokristalline Legierungen beschrieben, die nach einer Wärmebehandlung eine feinkristalline Struktur mit Korndurchmessern von unter 100 Nm aufweisen, wobei diese Körner von einer amorphen Phase umgeben sind, die weniger als 50% des Materialvolumens einnimmt.

15

Die Legierung des weichmagnetischen Kerns des induktiven Bauelements kann z. B. aus $Fe_xCu_yM_zSi_vB_w$ bestehen, wobei M ein oder mehrere Elemente aus der Gruppe Nb, W, Ta, Zr, Hf, Mo oder eine Kombination aus diesen bezeichnet und wobei $x+y+z+v+w = 100$ at % ist. Die Bestandteile der Legierung sind dabei folgendermaßen zu wählen:

20

$x = 100$ at %- $y-z-v-w$, $y = 0,5-2$ at% (vorzugsweise $y = 1$ at %), $z = 1-5$ at % (vorzugsweise $z = 2-3$ at %), $v = 6,5-18$ at % (vorzugsweise $v = 14-17$ at %) und $w = 5-14$ at %. Dabei ist zu beachten, daß $v + w > 18$ at %, wobei vorzugsweise für die Summe aus $v + w = 22-24$ at % zu wählen ist.

25

Alternativ kann die Legierung aus $Fe_xZr_yNb_zB_vCu_w$ bestehen, wobei die Summe aus $x+y+z+v+w = 100$ at % ist. Die Bestandteile der Legierung sind folgermaßen zu wählen:

30

$x = 100$ at %- $y-z-v-w$ (vorzugsweise $x = 83-86$ at %), $y = 2-5$ at % (vorzugsweise $y = 3-4$ at %), $z = 2-5$ at % (vorzugsweise $z = 3-4$ at %), $v = 5-9$ at % und $w = 0,5-1,5$ at % (vorzugsweise $w = 1$ at %). Es ist darauf zu achten, daß die Summe aus $y + z > 5$ at %, wobei vorzugsweise

35

ein Wert von $y + z = 7$ at % gewählt werden sollte. Weiterhin muß die Summe aus $y+z+v > 11$ at % betragen, wobei $y+z+v$ vorzugsweise im Bereich von 12-16 at % liegt.

- 5 Eine weitere Alternative besteht darin, als Legierung $\text{Fe}_x\text{M}_y\text{B}_z\text{Cu}_w$ zu wählen, wobei M ein Element aus der Gruppe Zr, Hf oder Nb bezeichnet und wobei die Summe aus $x+y+z+w = 100$ at % ist. Die Bestandteile dieser Legierung setzen sich folgermaßen zusammen: $x = 100$ at %- $y-z-w$
- 10 (vorzugsweise $x = 83-90$ at %), $y = 6-8$ at % (vorzugsweise $y = 7$ at %), $z = 3-9$ at % und $w = 0-1,5$ at %.

- Eine weitere Alternative besteht darin, die Legierung des weichmagnetischen Kerns des induktiven Bauelementes folgendermaßen auszuführen: $(\text{Fe}_{0,98}\text{Co}_{0,02})_{90-x}\text{Zr}_7\text{B}_{2+x}\text{Cu}_1$, wobei
- 15 $x = 0-3$ at % beträgt. Vorzugsweise ist jedoch für x der Wert 0 zu wählen. Es besteht weiterhin die Möglichkeit in dieser Legierungszusammensetzung den Bestandteil Co durch Ni zu ersetzen, sofern ein entsprechender Abgleich der restlichen Legierungsbestandteile durchgeführt wird.
- 20

Patentansprüche

1. Induktives Bauelement bestehend aus einem Magnetkern (5),
einem Substrat (1), auf dessen oberen Oberfläche (2) der Ma-
5 gnetkern (5) aufgebracht ist, und zumindest einer Wicklung um
den Magnetkern (5), wobei die Windungen der Wicklungen aus
Leiterbahnzügen (6), die auf oder in oder unter dem Substrat
(1) angebracht sind, und aus zwischen gegenüberliegenden En-
den (7) benachbarter Leiterbahnzüge (6) gebondeten über dem
10 Magnetkern (5) geführten Drähten (9) besteht.
2. Induktives Bauelement nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß als
Substrat (1) eine Leiterplatte vorgesehen ist.
15
3. Induktives Bauelement nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß als
Substrat (1) ein Keramiksubstrat vorgesehen ist.
- 20 4. Induktives Bauelement nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß als
Substrat (1) ein Halbleitersubstrat vorgesehen ist.
- 25 5. Induktives Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Lei-
terbahnzüge (6) im Inneren des Substrats (1) angeordnet sind
und die Enden (7) der Leiterbahnzüge (6) auf der oberen Ober-
fläche (2) des Substrats (1) frei liegen.
- 30 6. Induktives Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Lei-
terbahnzüge (6) auf der unteren Oberfläche (3) des Substrats
(1) angeordnet sind und die Enden (7) der Leiterbahnzüge (6)
auf der oberen Oberfläche (2) des Substrats (1) frei liegen.
35
7. Induktives Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Enden
7 die Gestalt von Metallpads (8) aufweisen.

8. Induktives Bauelement nach einem der Patentansprüche 1 bis
5 4,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß als Lei-
terbahnzüge (6) Bonddrähte (9') vorgesehen sind.

9. Induktives Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 8,

10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das
Substrat (1) in seiner oberen Oberfläche (2) eine Vertiefung
(4) aufweist und der Magnetkern (5) in die Vertiefung (4)
eingebracht ist.

15 10. Induktives Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Ma-
gnetkern (5) auf die obere Oberfläche (2) geklebt ist.

11. Induktives Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10,

20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Dräh-
te (9) mittels Thermokompression auf die Enden (7) der Lei-
terbahnzüge (6) gebondet sind.

12. Induktives Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10,

25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Dräh-
te (9) mittels Ultraschall auf die Enden (7) der Leiter-
bahnzüge (6) gebondet sind.

13. Induktives Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 12,

30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß als Ma-
gnetkern (5) ein Ringkern vorgesehen ist.

14. Induktives Bauelement nach Anspruch 13,

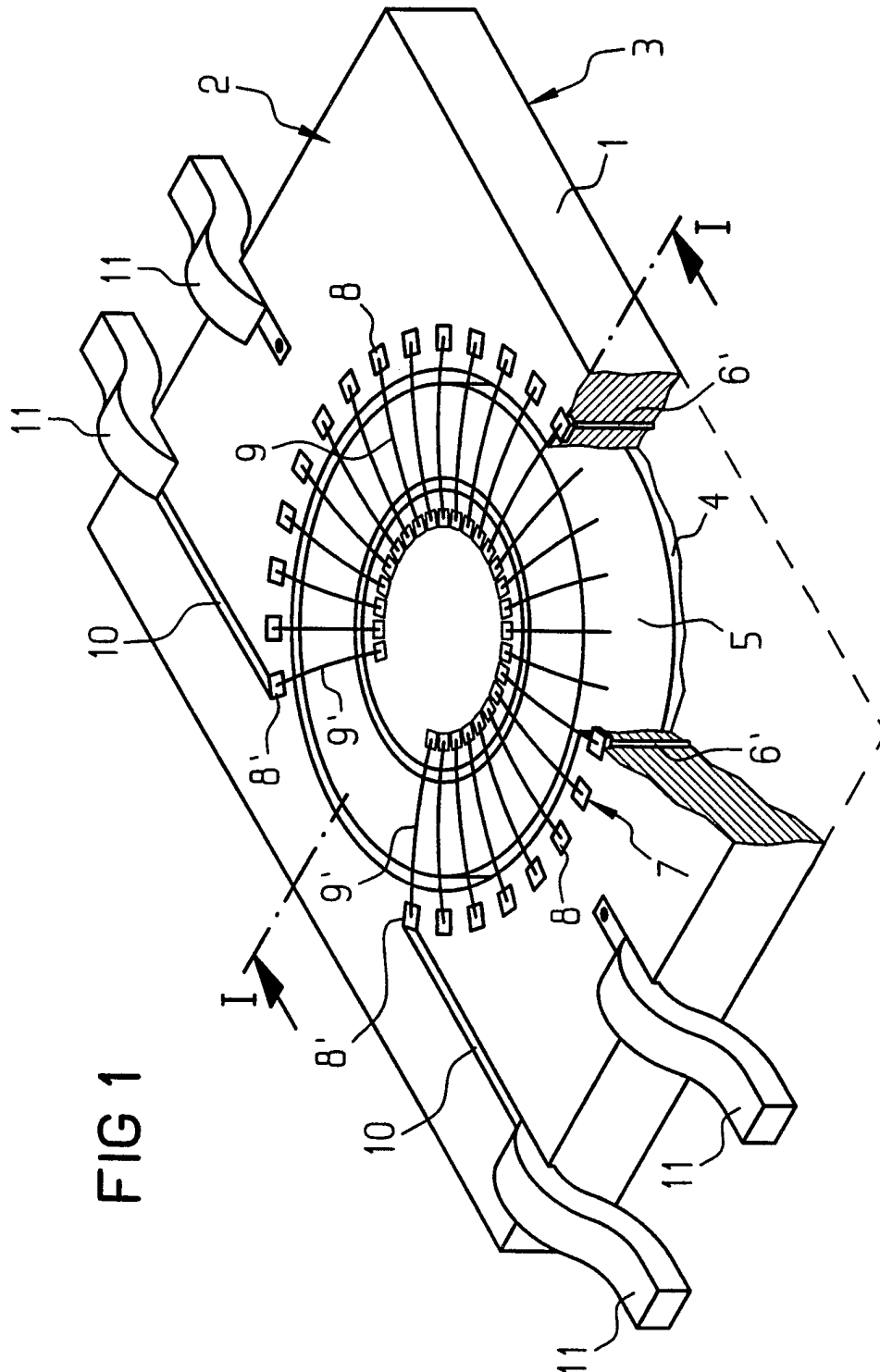
35 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß als Ma-
gnetkern (5) ein geschlossener Ringkern vorgesehen ist.

15. Induktives Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 14,

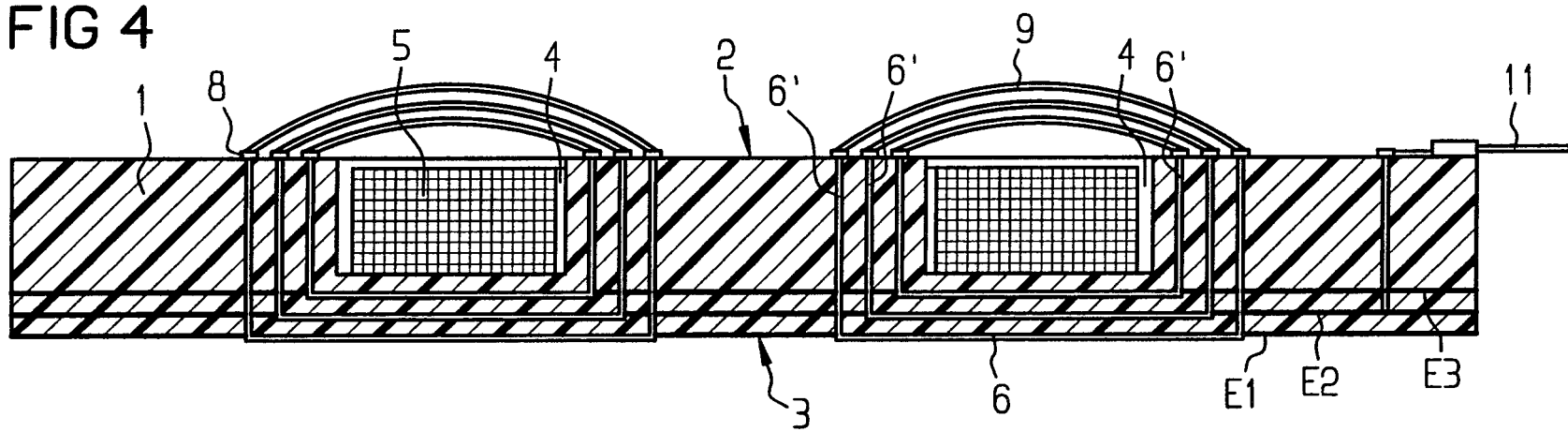
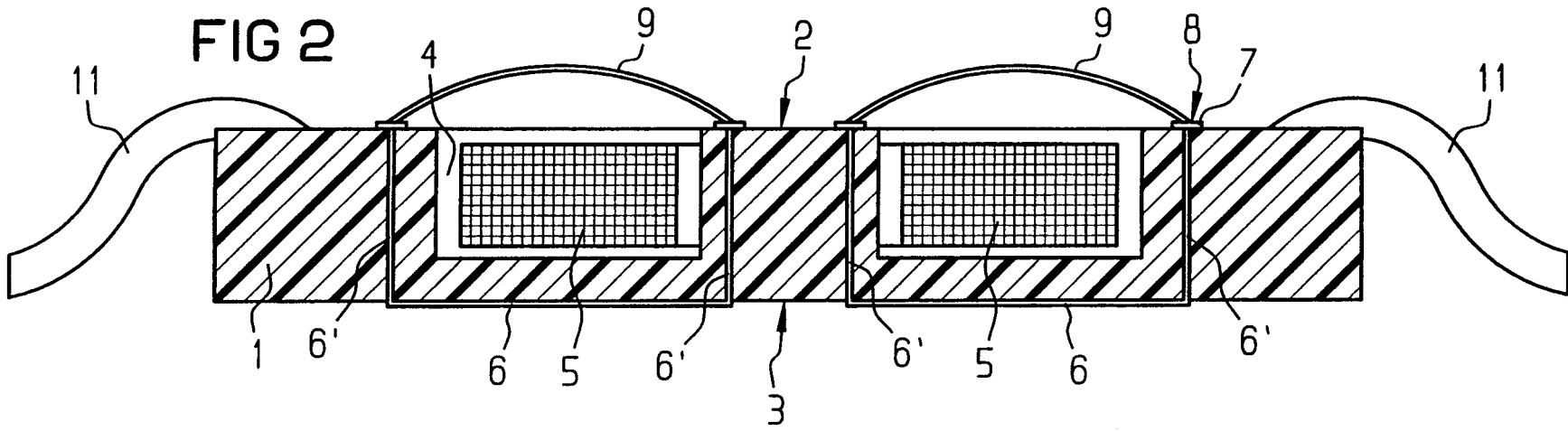
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der
Magnetkern (5) aus einer weichmagnetischen Legierung besteht.

16. Induktives Bauelement nach Anspruch 15,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Ma-
gnetkern (5) aus einer amorphen oder nanokristallinen Legie-
rung besteht.



2/12



4/12

FIG 5

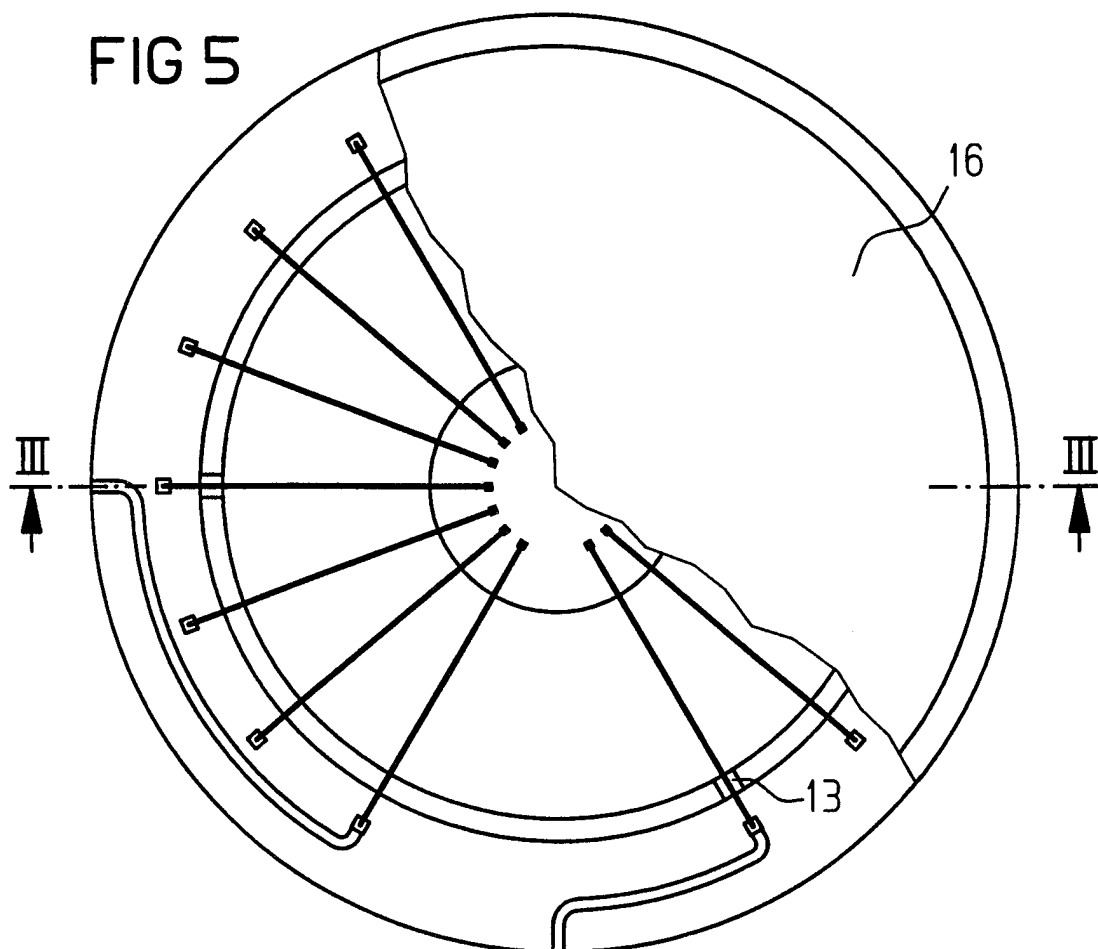
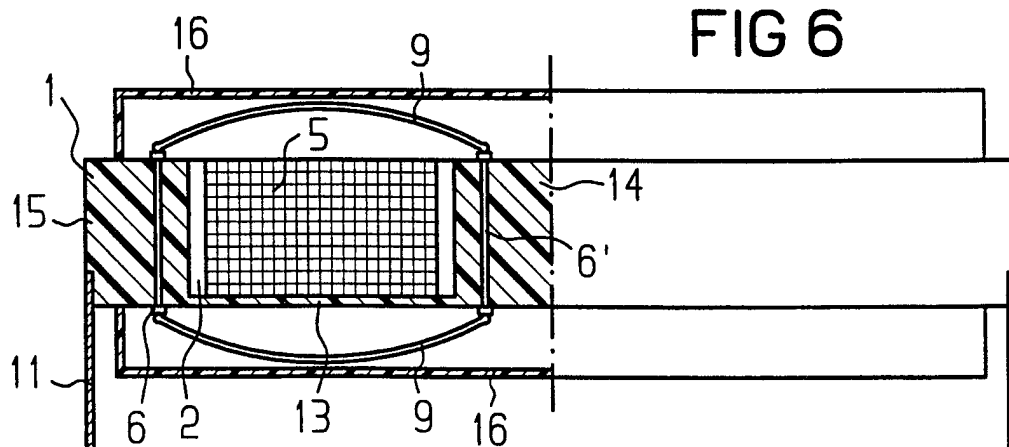


FIG 6



5/12

FIG 7

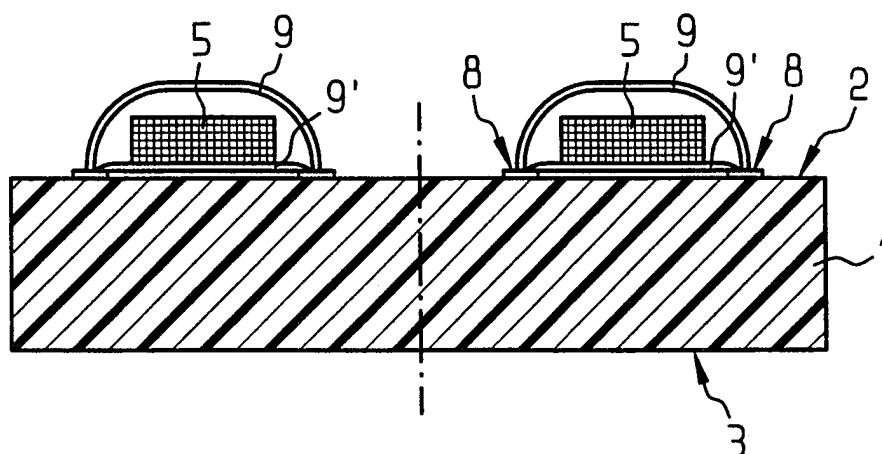
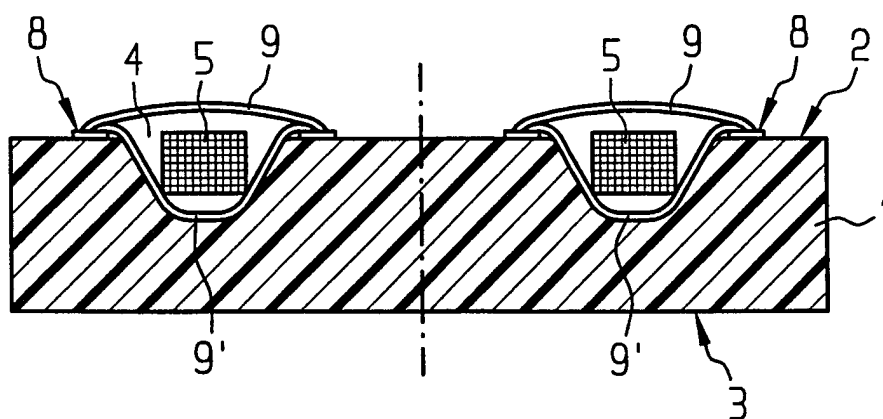


FIG 8



6/12

FIG 9

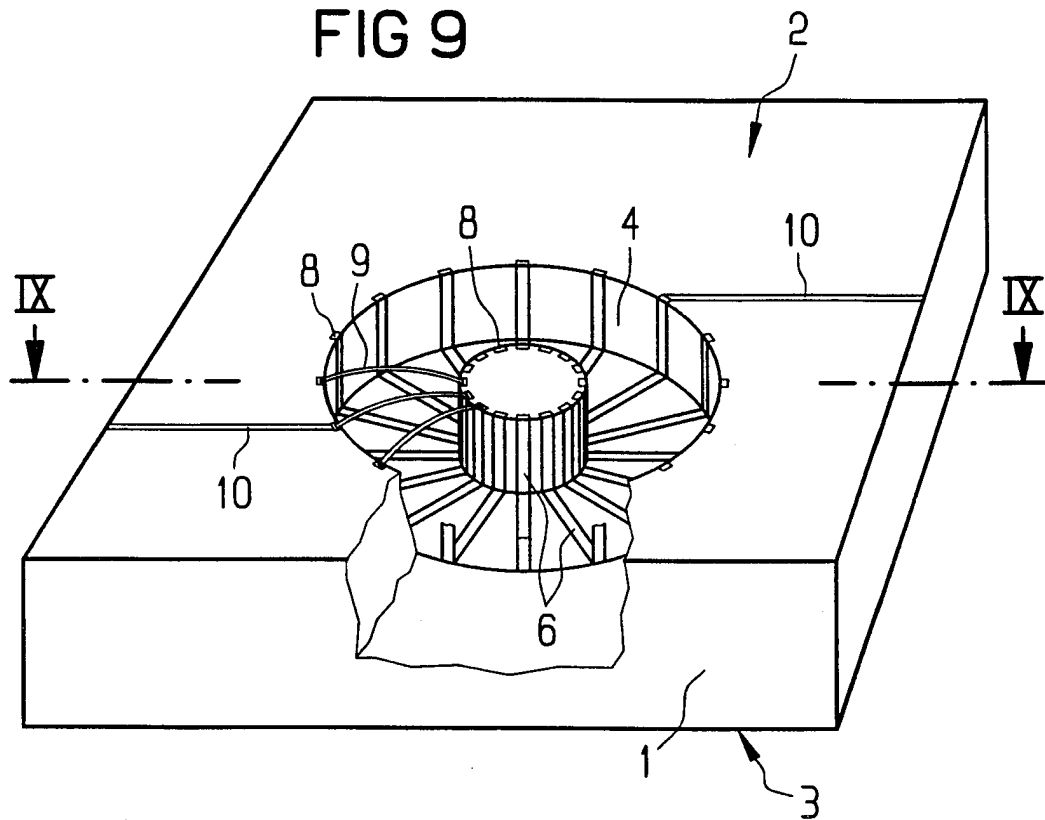
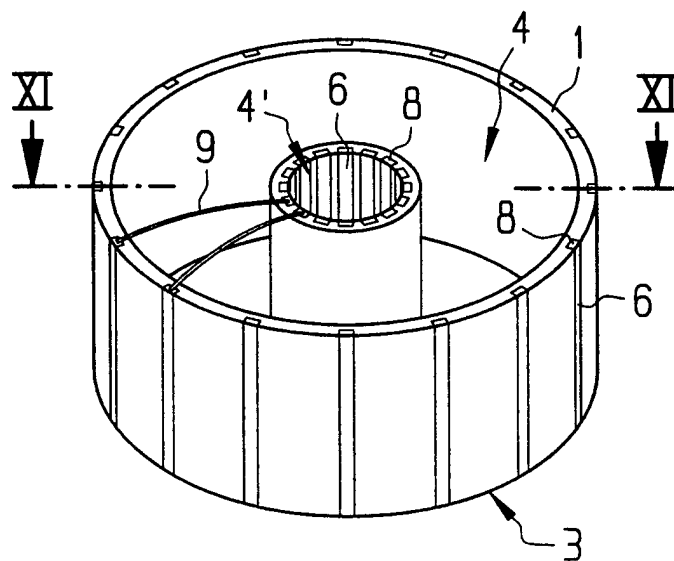


FIG 11



7/12

FIG 10

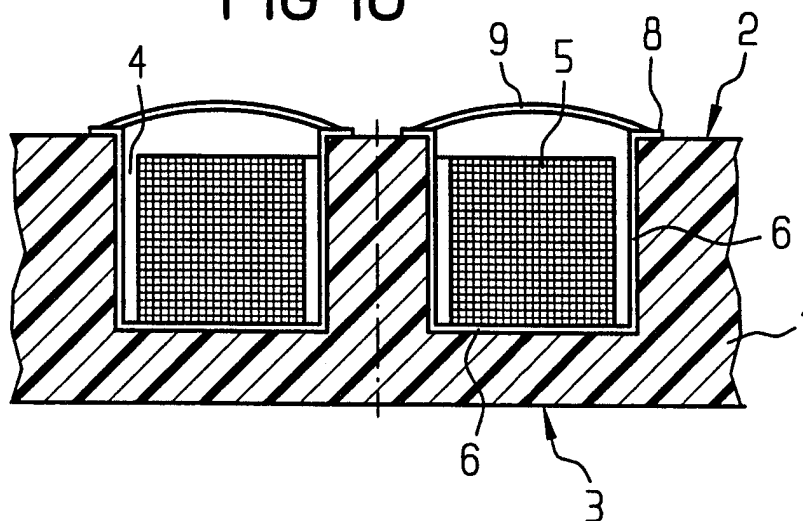
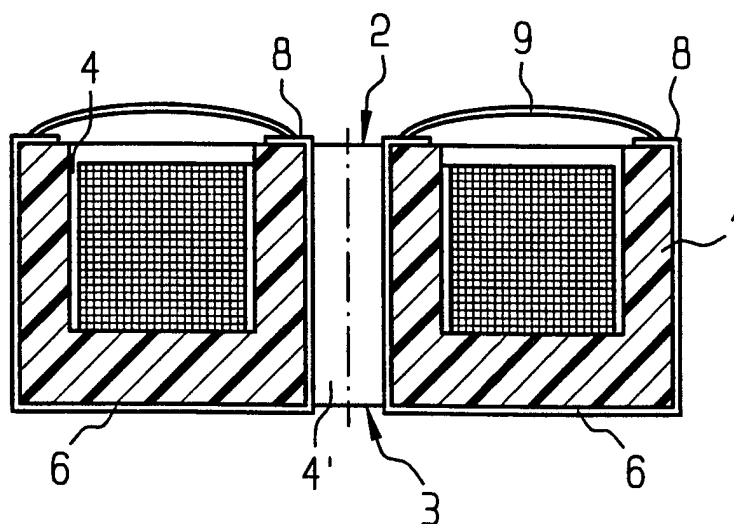


FIG 12



8/12

FIG 13

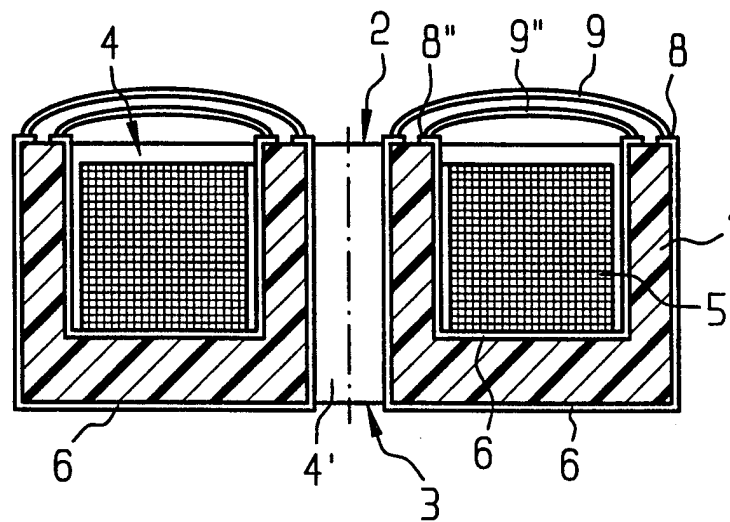
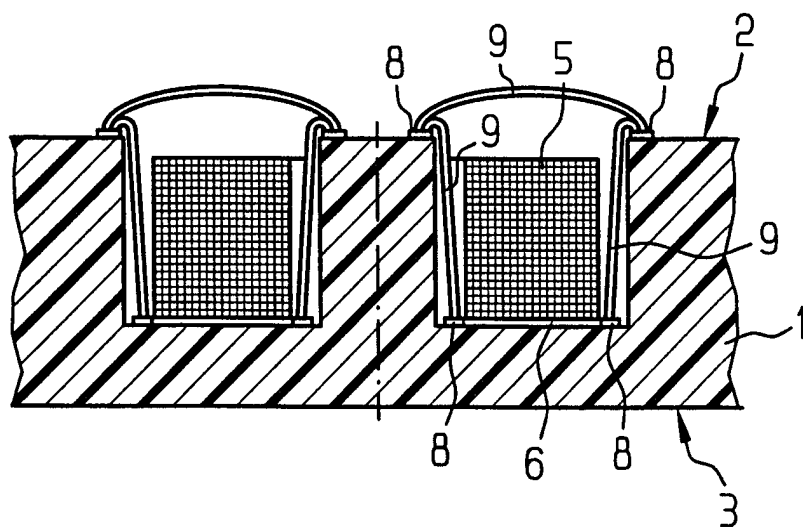


FIG 15



9/12

FIG 14

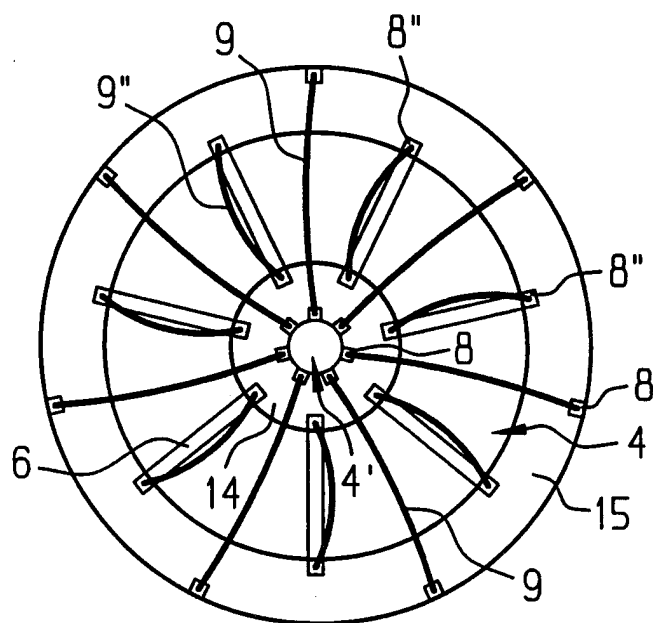
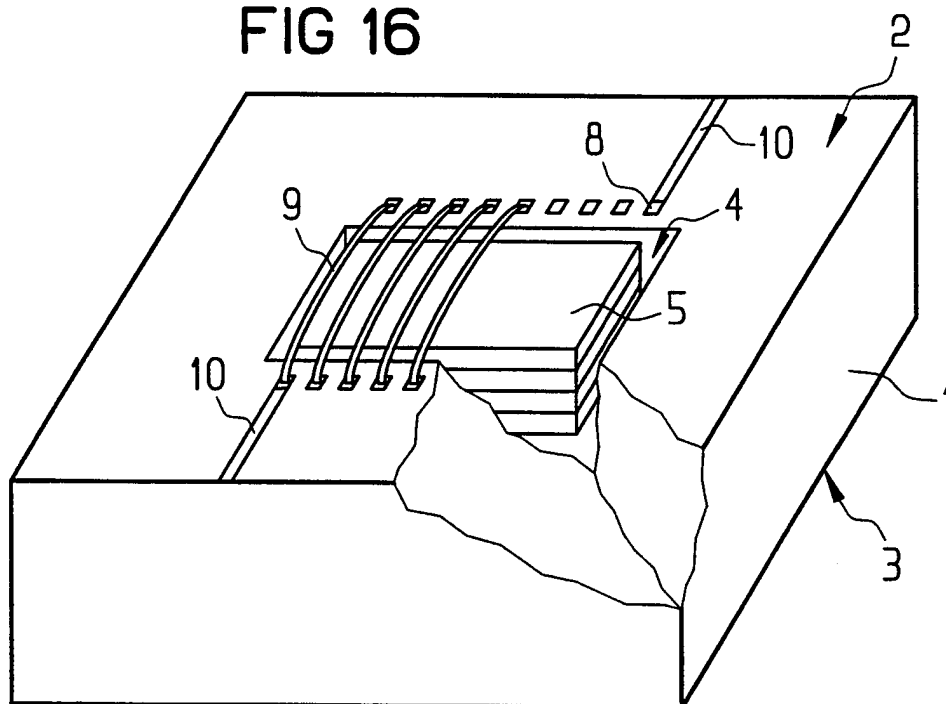
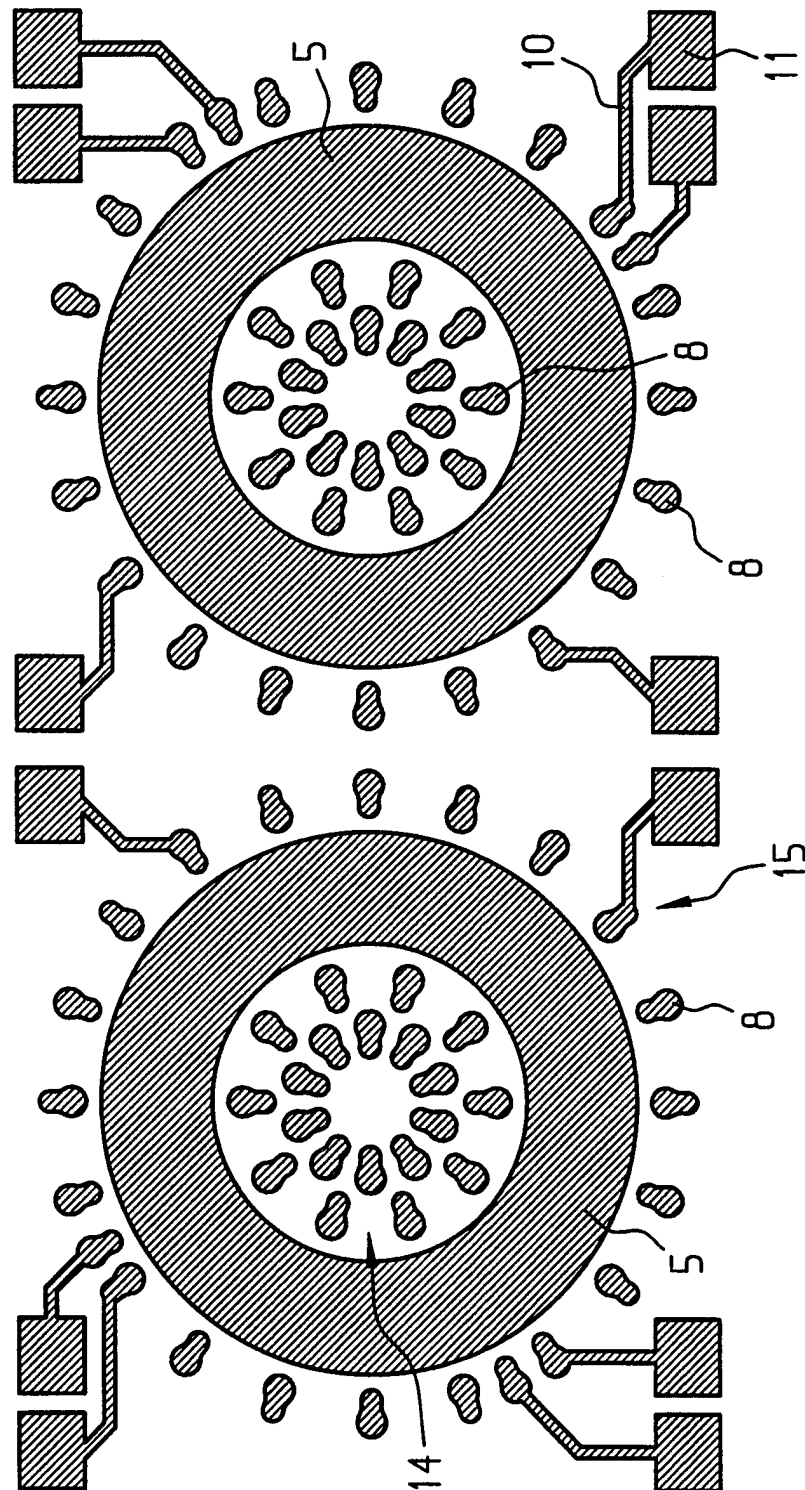


FIG 16



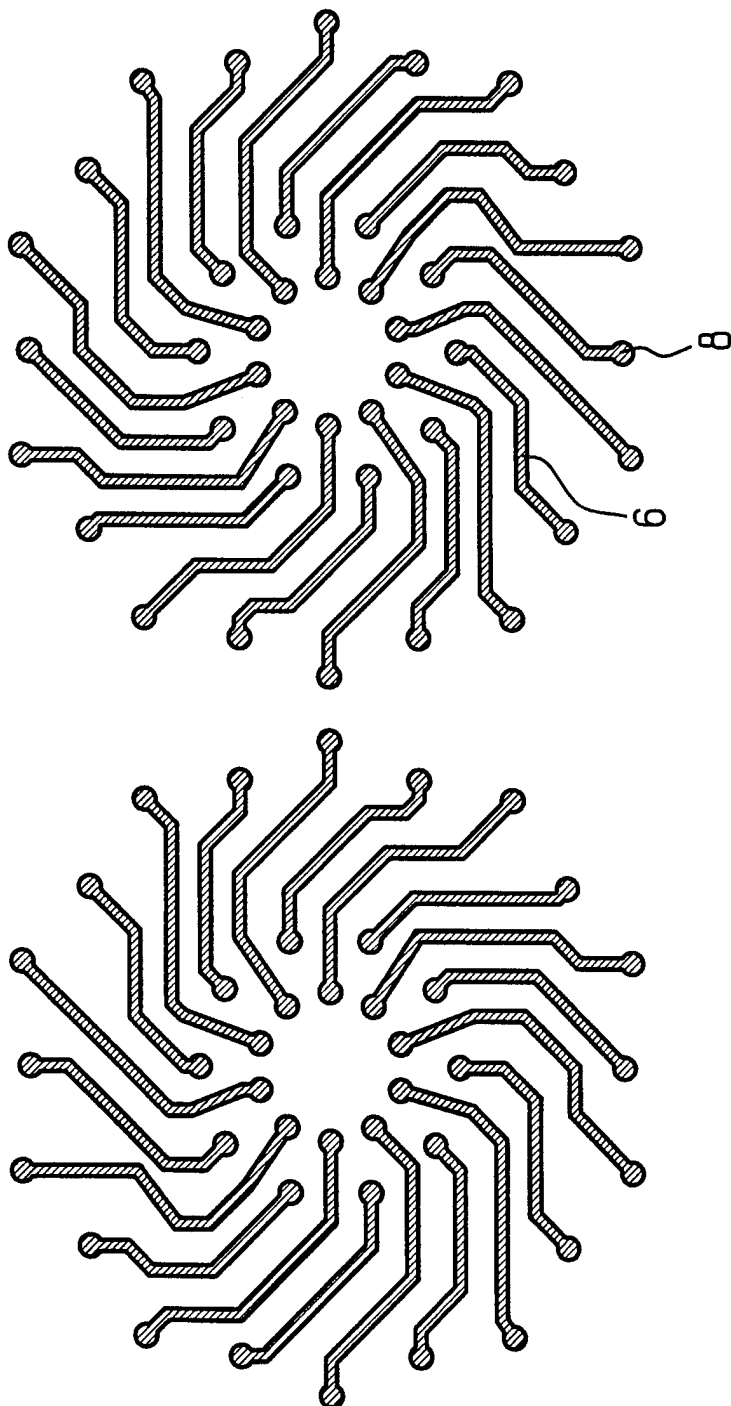
10/12

FIG 17



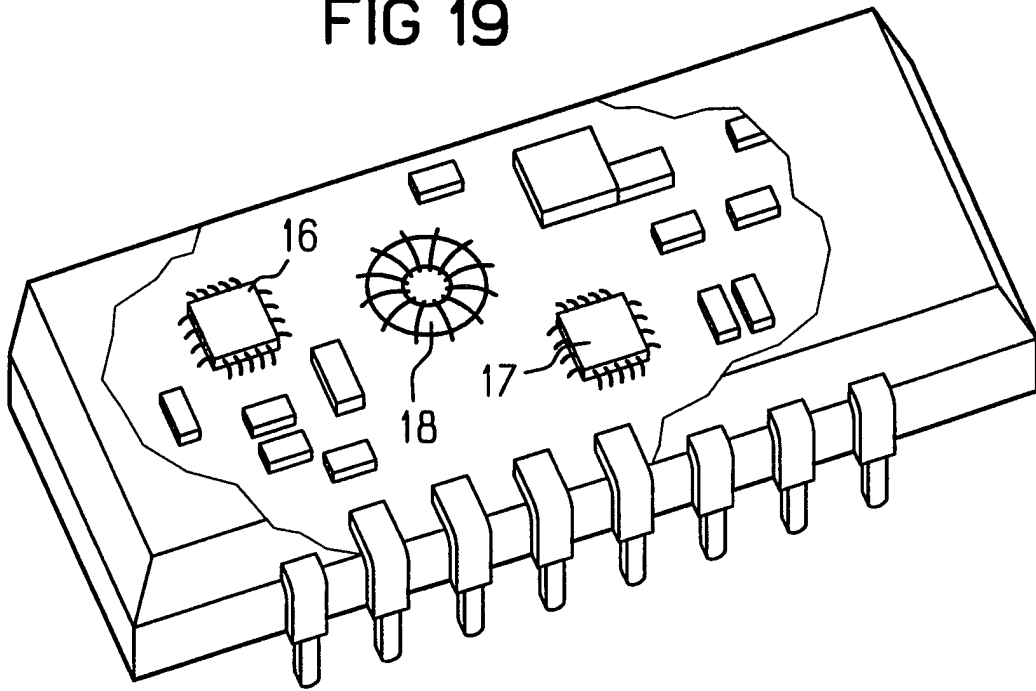
11/12

FIG 18



12/12

FIG 19



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 98/01487

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 H01F17/00 H01F30/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 103 267 A (OLSCHEWSKI WILFRED W) 25 July 1978 see column 2, line 18 - column 3, line 52; figures	1-7, 9-16
A	EP 0 473 875 A (GW ELEKTRONIK GMBH) 11 March 1992 see column 7, line 44 - column 8, line 14; figures	1, 5-7, 9
A	EP 0 555 994 A (AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH) 18 August 1993 see column 3, line 49 - column 4, last line; figures	1, 2, 5-7, 9
A	US 5 070 317 A (BHAGAT JAYANT K) 3 December 1991 see abstract	1, 4



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 October 1998

Date of mailing of the international search report

23/10/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Marti Almeda, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 98/01487

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4103267 A	25-07-1978	DE 2825854 A FR 2394878 A GB 1598717 A JP 54005526 A	21-12-1978 12-01-1979 23-09-1981 17-01-1979
EP 0473875 A	11-03-1992	DE 4027994 A DE 59100992 D ES 2051043 T HK 80894 A JP 5267062 A US 5191699 A	05-03-1992 17-03-1994 01-06-1994 19-08-1994 15-10-1993 09-03-1993
EP 0555994 A	18-08-1993	US 5257000 A CA 2087794 A DE 69310781 D DE 69310781 T ES 2101941 T JP 6013255 A	26-10-1993 15-08-1993 26-06-1997 04-09-1997 16-07-1997 21-01-1994
US 5070317 A	03-12-1991	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/01487

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 6 H01F17/00 H01F30/16

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 H01F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 103 267 A (OLSCHEWSKI WILFRED W) 25. Juli 1978 siehe Spalte 2, Zeile 18 - Spalte 3, Zeile 52; Abbildungen ---	1-7, 9-16
A	EP 0 473 875 A (GW ELEKTRONIK GMBH) 11. März 1992 siehe Spalte 7, Zeile 44 - Spalte 8, Zeile 14; Abbildungen ---	1, 5-7, 9
A	EP 0 555 994 A (AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH) 18. August 1993 siehe Spalte 3, Zeile 49 - Spalte 4, letzte Zeile; Abbildungen ---	1, 2, 5-7, 9
A	US 5 070 317 A (BHAGAT JAYANT K) 3. Dezember 1991 siehe Zusammenfassung -----	1, 4



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen:

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

16. Oktober 1998

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

23/10/1998

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Marti Almeda, R

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/01487

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4103267 A	25-07-1978	DE 2825854 A	21-12-1978
		FR 2394878 A	12-01-1979
		GB 1598717 A	23-09-1981
		JP 54005526 A	17-01-1979
EP 0473875 A	11-03-1992	DE 4027994 A	05-03-1992
		DE 59100992 D	17-03-1994
		ES 2051043 T	01-06-1994
		HK 80894 A	19-08-1994
		JP 5267062 A	15-10-1993
		US 5191699 A	09-03-1993
EP 0555994 A	18-08-1993	US 5257000 A	26-10-1993
		CA 2087794 A	15-08-1993
		DE 69310781 D	26-06-1997
		DE 69310781 T	04-09-1997
		ES 2101941 T	16-07-1997
		JP 6013255 A	21-01-1994
US 5070317 A	03-12-1991	KEINE	