(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 4 447 077 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
16.10.2024 Patentblatt 2024/42

(21) Anmeldenummer: **24197845.1**

(22) Anmeldetag: **07.04.2021**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H01F 27/22 *(2006.01)*

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H01F 17/04; H01F 5/00; H01F 27/22; H01F 27/292; H01F 41/04; H01F 2017/048

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **21.04.2020 DE 102020110850**

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en) nach Art. 76 EPÜ:
21717067.9 / 4 139 944

(71) Anmelder: **TDK Electronics AG**
81671 München (DE)

(72) Erfinder:
- **Bühlmaier, Stephan**
  89129 Langenau (DE)
- **Drespling, Anneliese**
  89522 Heidenheim (DE)
- **Jerez Galdeano, Felipe**
  89275 Thalfingen-Elchingen (DE)
- **Sorg, Joachim**
  73527 Schwäbisch Gmünd (DE)
- **Lux, Herbert**
  89522 Heidenheim (DE)
- **Proks, Gerhard**
  89555 Steinheim (DE)

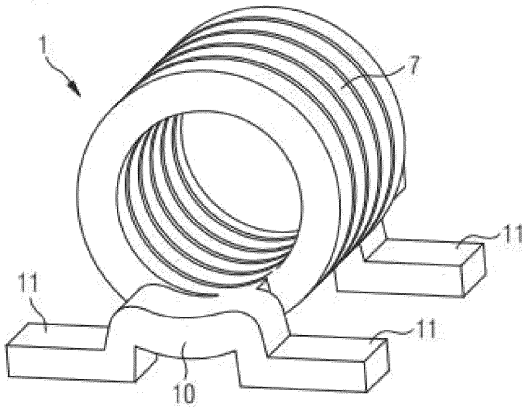
(74) Vertreter: **Epping - Hermann - Fischer**
Patentanwaltsgesellschaft mbH
Schloßschmidstraße 5
80639 München (DE)

Bemerkungen:
Diese Anmeldung ist am 02.09.2024 als Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten Anmeldung eingereicht worden.

(54) **SPULE UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG DER SPULE**

(57) Eine Spule (1), die ein Rohr (2) mit einer Rohrwand (6) aus einem elektrisch leitfähigen Material aufweist, wobei das Rohr (2) einen induktiven Abschnitt (7) aufweist, in dem ein Spalt (4) in der Rohrwand (6) angeordnet ist, der die Rohrwand (6) in dem induktiven Abschnitt (7) zu einer Wendel formt, und wobei das Rohr (2) zwei Kontaktabschnitte (8) aufweist, der einen Verbindungsbereich (10) und mindestens einen Anschlussbereich (11) aufweisen, wobei der Verbindungsbereich (10) die gleiche Kontur aufweist wie ein angrenzender Abschnitt der Wendel, und wobei der Anschlussbereich (11) einen elektrischen Anschluss der Spule (1) bildet, und wobei der Verbindungsbereich (10) den Anschlussbereich (11) mit dem induktiven Abschnitt (7) elektrisch verbindet. Weitere Aspekte betreffen ein Modul aufweisend mehrere Spulen (1), ein Verfahren zur Herstellung einer Spule (1) und ein Verfahren zur Herstellung eines Moduls.

Fig. 4



EP 4 447 077 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Spule, aufweisend ein Rohr aus leitfähigem Material, und ein Verfahren zur Herstellung der Spule.

[0002] Die Druckschrift DE 10 2019 103895 A1 beschreibt eine Spule und ein Verfahren zu dessen Herstellung.

[0003] Die Druckschrift US 5 428 337 A beschreibt eine leitfähige Windung.

[0004] Die Druckschrift JP H11 97270 A beschreibt eine flache Spule und ein Verfahren zu dessen Herstellung.

[0005] Im Zuge der Miniaturisierung von elektrischen Schaltungen ist es vom hohen Interesse, kleine induktive Bauteile bereitzustellen, die eine geringe Verlustleistung, eine hohe Stromtragfähigkeit sowie eine zuverlässige Langlebigkeit aufweisen.

[0006] Insbesondere bei Drahtspulen kann eine Schwachstelle die Verbindung des Drahtes zu einem Kontaktelement, welches zur äußeren Kontaktierung benötigt wird, sein. Die Verbindung, die meist mit Schweißstellen bzw. Lötstellen realisiert werden, können durch verwendete Legierung, die Kupfer, Zinn oder Nickel enthalten, oder durch Verunreinigungen mit Sauerstoff einen zumindest geringfügig erhöhten Widerstand aufweisen. Bei einer unsauber ausgeführten Kontaktierung kann darüber hinaus der Widerstand erheblich erhöht sein. Dadurch kann ein hoher Übergangswiderstand entstehen, der eine hohe Verlustleistung hervorruft. Dadurch kann an dieser Stelle ebenfalls eine erhöhte thermische Belastung auftreten, die im harmlosen Fall zu einem Versagen der Spule oder im folgenschweren Fall zu einem Brand führen kann.

[0007] Vor allem bei kleinen Spulen wirkt sich die Ausgestaltung der Kontaktierung und der Zuleitung der Spulen gravierend auf die elektrischen Eigenschaften der Spule aus. Das große Verhältnis der Ausmaße der Zuleitungen zu den Ausmaßen der Spule wirkt sich beträchtlich auf Eigenschaften der Spule als elektronisches Bauelement aus.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Spule mit verbesserten Eigenschaften bereitzustellen. Ferner ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Herstellungsverfahren für eine Spule bereitzustellen.

[0009] Die vorliegende Aufgabe wird durch eine Spule nach Anspruch 1 gelöst. Weitere Ausführungsformen der Spule und ein Verfahren zur Herstellung der Spule sind den weiteren Ansprüchen zu entnehmen.

[0010] Es wird eine Spule vorgeschlagen, die ein Rohr mit einer Rohrwand aus einem elektrisch leitfähigen Material aufweist, wobei das Rohr einen induktiven Abschnitt aufweist, in dem ein Spalt in der Rohrwand angeordnet ist, der die Rohrwand in dem induktiven Abschnitt zu einer Wendel formt, und wobei das Rohr mindestens einen Kontaktabschnitt aufweist, der einen Verbindungsbereich und mindestens einen Anschlussbereich aufweist, wobei der Verbindungsbereich die gleiche Kontur aufweist wie ein angrenzender Abschnitt der Wendel, und der Anschlussbereich einen elektrischen Anschluss der Spule bildet, wobei der Verbindungsbereich den Anschlussbereich mit dem induktiven Abschnitt elektrisch verbindet..

[0011] Als Rohr kann ein länglicher Hohlkörper bezeichnet werden, der eine Öffnung aufweist, die sich von einem ersten Ende des Körpers durch den gesamten Körper bis zu einem zweiten Ende, das dem ersten Ende gegenüberliegt, erstreckt. Das Rohr kann symmetrisch zu seiner Längsachse sein, wobei die Längsachse sich vom Mittelpunkt einer Grundfläche am ersten Ende bis zum Mittelpunkt einer Grundfläche am zweiten Ende erstreckt. In einer Ausführungsform kann das Rohr einen kreisrunden, ovalen oder rechteckigen Querschnitt aufweisen. Es sind jedoch auch andere Querschnitte möglich.

[0012] Als Wendel kann eine helixförmige Struktur bezeichnet werden. Die Wendel kann insbesondere Windungen der Spule ausbilden.

[0013] Das Rohr kann insbesondere einen helixförmigen Spalt in der Rohrwand aufweisen, wodurch die Windungen der Spule aus dem Rohr gebildet werden. Das Rohr besteht aus einem leitfähigen Material. Unter einem leitfähigen Material werden Materialien mit einer Leitfähigkeit von über 10^4 S/m, jedoch insbesondere Materialien mit einer Leitfähigkeit von über 10^5 S/m oder über 10^6 S/m, angesehen. Materialien mit einer sehr hohen Leitfähigkeit, beispielsweise Metalle wie Kupfer, Aluminium, Silber oder Gold können dafür geeignet sein. Ebenfalls geeignet als Ausgangsmaterial für Rohr können industrielle Stähle wie Kohlenstoffstahl, Edelstahl, legierter Stahl oder Werkzeugstahl sein.

[0014] Das Rohr weist den induktiven Abschnitt und zumindest einen Kontaktabschnitt auf. Der induktive Abschnitt kann durch die vom Spalt geformte Wendel eine Induktivität bilden. Der induktive Abschnitt und die Kontaktabschnitte sind einstückig aus einem Material der Rohrwand ausgebildet. Für die Verbindung des induktiven Abschnitts mit dem Kontaktabschnitt sind somit keine Verbindungspartner, wie etwa Lot, erforderlich. Vielmehr können der induktive Abschnitt und der Kontaktabschnitt durch eine entsprechende Strukturierung der Rohrwand gebildet werden und dabei durch das Rohrmaterial miteinander verbunden bleiben.

[0015] Die Spule hat den Vorteil, dass keine internen Verbindungsstellen zur Verbindung einer Induktivität mit einem Anschluss erforderlich sind. Der induktive Bereich und der Kontaktbereich können vielmehr integral ausgebildet sein. Die Spule weist einen geringeren Gesamtwiderstand auf als eine Spule, bei der interne Verbindungsstellen zur Verbindung einer Induktivität mit einem Anschluss erforderlich sind. Darüber hinaus fallen durch den Verzicht auf interne Kontaktierungen auch die thermische sowie die mechanische Belastung weg, die andernfalls an den möglichen internen Kontaktierungen auftreten würden, wodurch die Fehleranfälligkeit der Spule reduziert wird.

[0016] Das Rohr muss dafür im Querschnitt nicht rund sein, sondern kann beispielsweise oval, quadratisch, rechteckig, vieleckig, quadratisch mit abgerundeten Ecken, rechteckig mit abgerundeten Ecken oder vieleckigen mit abgerundeten Ecken sein. Ein quadratischer Querschnitt bietet den Vorteil einer optimalen Ausnutzung eines zur Verfügung stehenden Bauraums bei vorgegebener Höhe bzw. Breite.

[0017] Je nach Anwendungsbestimmung für die Spule kann die Grundfläche des Rohres flächig, d.h. die Ausdehnungen des Rohres, die die Grundfläche aufspannen, groß gegenüber der Ausdehnung in eine Höhe, und die Höhe gering sein. Oder das Rohr kann eine geringe Grundfläche bei einer beträchtlichen Höhe aufweisen. Ist die Spule beispielweise auf einer Leiterplatte verbaut, die in einem schmalen Gehäuse montiert ist, kann eine flächige und flache Form vorteilhaft sein. Falls hingegen wenig Platz auf der Leiterplatte selbst bereitgestellt werden kann, ist möglicherweise eine Rohrform vorteilhaft, die eine geringe Grundfläche, aber dafür eine nennenswerte Höhe aufweist.

[0018] Der Verbindungsbereich weist die gleiche Kontur auf wie der angrenzende Bereich des Wickels. Daher kann auf eine Verformung des Verbindungsbereichs, die sich auf die unmittelbar verbundene Wendel übertragen würde, verzichtet werden. Mit einer Verformung sind insbesondere Biegungen und Prägungen gemeint. Eine solche Krafteinwirkung auf den Verbindungsbereich wirkt sich unmittelbar als Biegemoment auf den induktiven Abschnitt aus und führt zu einer Verformung der Wendel. Die Teilung der Wendel, damit ist die Regelmäßigkeit der Windungen und der Spalte in der Wendel gemeint, kann sich selbst bei einer geringen Krafteinwirkung auf den Verbindungsbereich verschlechtern. Beispielsweise kann eine Wendel hierdurch eine geringere Spaltbreite auf der einen Seite und eine größere Spaltbreite auf der entgegengesetzten Seite aufweisen. Eine stärkere Krafteinwirkung im Verbindungsbereich kann auch leicht einen Kurzschluss in der Wendel bewirken, da Windungen der Wendel, vor allem die dem Verbindungsbereich naheliegenden, zusammengebogen werden können und sich dann berühren.

[0019] Unter der Kontur wird eine äußere Form verstanden, die der Bereich oder Abschnitt der Wendel, in einer Richtung parallel zu der Längsachse des Rohres betrachtet, aufweist. Ist das Rohr beispielsweise viereckig und der Verbindungsbereich befindet sich auf einer geraden Seite des Vierecks, so ist der Verbindungsbereich ebenfalls gerade. Wenn der angrenzende Abschnitt der Wendel eine Ecke aufweist, ist die Kontur der Ecke auch im Verbindungsabschnitt vorhanden sein. Bei einem runden Rohr weist der Verbindungsabschnitt entsprechend die Kontur eines Kreissegments auf. Ein angrenzender Abschnitt der Wendel und der Verbindungsbereich, die die gleiche Kontur aufweisen, können insbesondere parallel zueinander angeordnet sein.

[0020] Ein Übergang vom Verbindungsbereich zum induktiven Abschnitt kann in einer Richtung einer Längsachse des Rohrs gerade sein. Durch den Verzicht auf einen Knick oder einen Winkel zwischen dem Verbindungsbereich und dem induktiven Abschnitt kann eine Schwächung des Materials an dieser Stelle vermieden werden, womit einem Bruch vorgebeugt wird. Weiterhin wird durch einen geraden Übergang eine Wegänderung oder Krümmung eines fließenden Stroms vermieden und somit ungeplante Induktivitäten in der Spule vermieden.

[0021] Bevorzugt kann der induktive Bereich keine Verformung aufweisen. Da der Verbindungsbereich die gleiche Kontur hat wie der angrenzende Abschnitt der Wendel, kann eine Verformung des Verbindungsbereichs und somit auf eine Krafteinwirkung auf den Verbindungsbereich verzichtet werden. Eine Krafteinwirkung auf den Verbindungsbereich, die auch zu einer Verformung des Verbindungsbereichs führt, kann leicht zu Verformungen innerhalb der Wendel zu führen. Bereits eine kleine Verformung des induktiven Bereichs kann zu Änderungen der Teilung, womit das Verhältnis Wendel zu Spalt sowie die Regelmäßigkeit der Windungen der Wendel charakterisiert wird, und zu Variationen der elektrischen Eigenschaften der Spule führen, womit diese nicht mehr den geplanten Anforderungen genügen. Stärkere Verformungen können einzelne Windungen der Wendel zusammendrücken, und so sogar zu einem Kurschluss in der Spule führen. Ein Kurzschluss zwischen zwei Windungen muss nicht zu einer funktionsunfähigen Spule führe, allerdings würde die kurzgeschlossene Windung ohne einen durchfließenden Strom nicht zu der Induktivität der Spule beitragen.

[0022] Weiterhin kann der Anschlussbereich durch eine Verformung der Rohrwand gebildet werden. Auf diese Weise kann eine integrale Bauweise der Spule vom Anschlussbereich bis einschließlich dem induktiven Abschnitt verwirklicht werden und ein serieller Widerstand der Spule gering gehalten werden.

[0023] Der Anschlussbereich und der Verbindungsbereich können in einer Ebene sein, die senkrecht zu einer Längsachse des Rohres steht. So angeordnete Anschlussbereiche verlängern die Ausmaße der gesamten Spule nicht, da der Anschlussbereich nicht in Richtung der Längsachse des Rohres an den Verbindungsbereich anschließt. Die gesamte Spulenlänge kann so relativ zur Wendel kurz gehalten werden und ein günstiger Formfaktor für die Spule erzielt werden.

[0024] Überdies kann der Anschlussbereich eine ebene Fläche aufweisen, die einen lötbaren Anschluss bildet. Dementsprechend kann die Spule insbesondere dazu ausgestaltet sein, auf eine Leiterbahn, zum Beispiel einer Leiterplatte, aufgelötet zu werden.

[0025] Der induktive Abschnitt kann durch einen Teil vom Anschlussbereich von einer Auflagefläche beabstandet sein. Dies hat den Vorteil einer mechanischen und thermischen Isolation des induktiven Bereichs gegenüber einer Auflagefläche, auf der die Spule montiert wird. So werden Übertragungen von Vibrationen der Spule oder von Hitze auf eine Montageoberfläche, wie etwa einer Leiterplatte, gehemmt. Auch das Magnetfeld

der Spule wird weniger stark von einer beabstandeten Montageoberfläche beeinflusst, womit die Spule erwartungsgemäße elektrische Eigenschaften aufweist. In einer Ausführungsform, in der die Spule von einem magnetischen Material umgeben oder darin eingebettet sein kann, wird durch die Beabstandung der Spule von einer Auflagefläche sichergestellt, dass auch ausreichend magnetisches Material zwischen Spule und Auflagefläche angeordnet werden kann. Auf diese Weise kann die Spule gleichmäßig vom magnetischen Material eingehüllt werden, womit ein gleichmäßiges Magnetfeld um die Spule herum erzeugt werden kann und die Spule zusätzlich von allen Seiten geschützt wird.

[0026] Eine Beabstandung des induktiven Abschnitts kann beispielsweise durch L-förmige Anschlussbereiche bewerkstelligt werden. Ein senkrechter Teil des L-förmigen Anschlussbereichs wirkt hierbei als Abstandshalter und ein waagerechter Teil kann die ebene Fläche zur elektrischen Kontaktierung sein. Der senkrechte Teil des Anschlussbereichs beabstandet den induktiven Abschnitt der Spule von einer Montageoberfläche, wie einer Leiterplatte, mit der die Spule über den waagerechten Teil elektrisch verbunden sein kann.

[0027] Ferner kann die Spule einen magnetischen Kern aufweisen. Ein Einsatz z.B. eines ferromagnetischer Kerns kann für eine höhere magnetische Flussdichte in der Spule und eine erhöhte Induktivität der Spule sorgen. Geeignete Materialien für den Kern können die Metalle Nickelzink, Manganzink und Kobalt, sowie andere Legierungen sein. Hierbei begrenzt sich der Kern nicht nur auf ausschließlich im Inneren der Spule angeordnete Kerne, sondern schließt auch Kerne mit ein, die den Kern integral als Teil eines modularen Spulen-Gehäuses ausbilden. Die Ausführungsform einer Spule mit einem modularen Spulengehäuse kann die elektromagnetische Verträglichkeit der Spule verbessern. Indem beispielsweise ein EP-Kern als Gehäuse verwendet wird kann die elektromagnetische Abschirmung durch das Gehäuse, vor allem bei hochfrequenten Anwendungen, verbessert werden und die elektromagnetische Verträglichkeit damit erhöht werden.

[0028] Des Weiteren kann das Rohr in einen Kunststoff eingebettet werden, um das Rohr vor allem gegen mechanische aber auch gegen Temperatur- und Chemikalieneinflüssen zu schützen. Als Kunststoff eignen sich Epoxidharz, Phenylharz aber auch Silikone. Indem das Rohr in ein Kunststoff gebettet wird, ist das Spulen-Bauteil geeigneter mit Hilfe eines Bestückungsautomaten, beispielsweise in einem Pick-and-Place-Verfahren, montiert zu werden.

[0029] In den Kunststoff kann Pulver mit magnetischen Eigenschaften, wie Eisenpulver, oder magnetische Nanopartikel gemischt sein. Mit der Zugabe von magnetischen Partikeln in den Kunststoff kann die Induktivität der Spule erhöht werden und die elektrischen Eigenschaften verbessert werden. Über den Anteil der magnetischen Partikel im Kunststoff kann die Induktivität angepasst werden. Die Spule kann weiterhin auch beim Einbetten in einen Kunststoff, unabhängig davon ob dieser einen Anteil an magnetischen Pulver aufweist, einen magnetischen Kern aufweisen, um die Induktivität der Spule zu erhöhen. Durch das Einbetten der Spule in einen Kunststoff, insbesondere in einen Kunststoff, der einen Anteil an einem Pulver mit magnetischen Eigenschaften aufweist, kann die elektromagnetische Abschirmung des Bauteils, vor allem auch bei hochfrequenten Anwendungen, verbessert werden und die elektromagnetische Verträglichkeit erhöht werden.

[0030] Ferner kann die Spule einen Außendurchmesser von 0,2 bis 50 mm aufweisen. Vorzugsweise kann der Außendurchmesser der Spule im Bereich zwischen 0,5 bis 20 mm liegen. Diese Größe ist besonders dafür geeignet Spulen bereitzustellen, die für Anwendungen auf einer Leiterplatte geeignet ist. Der Außendurchmesser sollte nicht kleiner als 0,2 mm, vorzugsweise nicht kleiner als 0,5 mm, sein, da ansonsten eine derart kleine Spule erzeugt würde, dass das automatische Teilehandling mit erheblichen technischen Schwierigkeiten verbunden wäre. Der Außendurchmesser sollte nicht größer als 50 mm, vorzugsweise nicht größer als 20 mm sein, da ansonsten die Herstellung der Spule aus einem Rohr unwirtschaftlich erscheint.

[0031] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Anmeldung betrifft ein Modul, das zumindest zwei Spulen aufweist. Bei den Spulen kann es sich insbesondere um die oben beschriebenen Spulen handeln. Die zumindest zwei Spulen sind in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet. Das Gehäuse kann durch einen Kunststoff gebildet werden, in den beide Spulen eingebettet sind. Die beiden Spulen können dabei räumlich parallel zueinander angeordnet sein.

[0032] Bevorzugter Weise werden die Spulen so angeordnet, dass die Spulen elektrisch einzeln kontaktiert werden können und im Modul nicht miteinander verschaltet sind. In einer alternativen Ausführungsform können die Spulen elektrisch parallel oder seriell untereinander verschaltet werden, um dem gesamten Modul eine gewünschte Induktivität zu verleihen.

[0033] Auf diese Weise ist es möglich, aus mehreren Spulen ein Modul so zusammenzusetzen, dass das gesamte Modul eine höhere oder niedrigere Induktivität als die einzelnen Spulen aufweist.

[0034] Der Gebrauch des Moduls kann eine Bestückung einer Leiterplatte mit einer Vielzahl von Spulen verkürzen und so zu einer Taktzeitverkürzung bei einem Herstellungsverfahren führen. Indem das Modul, statt einer Vielzahl an einzelnen Spulen montiert wird, muss bei der Montage der Spulen, beispielsweise mit einem Pick-and-Place-Automat, nur ein Modul, statt mehrerer einzelner Spulen auf der Leiterplatte positioniert werden. Das Modul kann somit einen Folgeprozess, bei dem das Modul eingebaut wird, vereinfachen.

[0035] Darüber hinaus wird durch die Anordnung von mehreren Spulen innerhalb eines Moduls, im Vergleich zur Anordnung von mehreren einzelnen Spulen nebeneinander, Platz eingespart. Bei Anwendungen, bei denen

ein zur Verfügung stehender Platz sehr gering ist, beispielsweise bei einer Leiterplatte für ein mobiles Gerät wie einem Smartphone, kann diese Platzersparnis ein wesentlicher Vorteil sein. Ferner kann bei Verwendung des Moduls statt einzeln eingebetteter Spulen Gehäusematerial eingespart werden.

[0036] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Anmeldung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Spule. Bei der Spule kann es sich insbesondere um die vorher beschriebene Spule handeln.

[0037] Das Verfahren umfasst die Schritte:

a. Bereitstellen eines Rohres mit einer Rohrwand aus einem elektrisch leitfähigen Material, und
b. Erzeugen eines Spalts in einem induktiven Abschnitt des Rohres, wobei der Spalt in dem induktiven Abschnitt die Rohrwand zu einer Wendel formt, und das Formen von zumindest zwei Abschnitten des Rohres zu Kontaktabschnitten,
c. Verformen von einem ersten Teil der Kontaktabschnitte zu jeweils mindestens einem Anschlussbereich, wobei ein zweiter Teil der Kontaktabschnitte die Form der Rohrwand beibehält und einen Verbindungsbereiche bildet, wobei der Verbindungsbereich den Anschlussbereich mit dem induktiven Abschnitt elektrisch verbindet.

[0038] Die Induktivität des induktiven Abschnitts kann dabei erst durch das Erzeugen des Spalts erstellt werden. Der Spalt kann ein Schneidespalt sein, der mit einem Laser erzeugt wird. Die Form des Kontaktabschnittes kann ebenfalls mit einem Laser, insbesondere in einem Laserprozess zusammen mit der Erzeugung des Spaltes, erzeugt werden.

[0039] Zur Erzeugung des Spalts in den induktiven Abschnitten, aber auch zum Erzeugen einer Ausnehmung in den Kontaktabschnitten des Rohres ist ein Laserprozess geeignet. Der Laserprozess hat den Vorteil flexibel einsetzbar und schnell zu sein. Darüber hinaus hat der Laserprozess den Vorteil keine mechanische Beanspruchung zu erzeugen, da er kontaktfrei arbeitet und wenige Rückstände hinterlässt. Weitere Alternativen, um den Spalt zu erzeugen, können beispielsweise ein Fräsprozess, ein Sägeprozess oder Wasserstrahlschneiden sein.

[0040] Der oben genannte Schritt b. kann einen weiteren Teilschritt aufweisen, wobei in dem Kontaktabschnitt des Rohres eine Ausnehmung gebildet wird, indem ein Bereich der Rohrwand entfernt wird. Die Ausnehmung in dem Kontaktabschnitt des Rohres und der Spalt in dem induktiven Bereich können in einem einzigen Verfahrensschritt gemeinsam erzeugt werden.

[0041] Dementsprechend kann der gesamte Schritt b. in einem einzigen Prozessschritt, beispielsweise mittels Laserschneiden, erzeugt werden.

[0042] Ferner kann in Schritt c. der Anschlussbereich durch eine Verformung des ersten Teils des Kontaktabschnittes in eine zur Längsachse des Rohrs senkrechte Richtung gebildet werden. Da der Anschlussbereich nicht in einer Richtung der Längsachse des Rohres verformt wird, verlängert die Verformung des Anschlussbereichs in die zur Längsachse senkrechte Richtung die Spule nicht. Durch einen Anschlussbereich, der sich vorwiegend in einer Richtung senkrecht zu Längsachse eines Rohres ausdehnt, kann es vermieden werden die Länge der gesamten Spule gegenüber der Länge des induktiven Abschnitts bzw. der Wendel zu sehr zu erhöhen.

[0043] Weiterhin kann in Schritt c. ein erster Teil von den Kontaktabschnitten durch einen Stempelprozess zu einem Anschlussbereich geformt werden. Eine Umformung, etwa eine Biegung oder eine Prägung, mit Hilfe eines Stempelprozesses ist effizient, zuverlässig und reproduzierbar.

[0044] Ein zweiter Teil der Kontaktabschnitte, der durch den Stempelprozess zum Verbindungsbereich werden kann, kann durch einen Gegenstempel bzw. eine Auflagefläche beim Stempelprozess gestützt werden, so dass keine Biegekräfte auf den zweiten Teil beim Stempelprozess wirken. Der Gegenstempel kann formangepasst an die Kontur bzw. Außenform des Rohres sein. Da kein Biegemoment auf den Verbindungsabschnitt wirkt, behält der Verbindungsbereich die Kontur der Rohrwand aus der er gebildet wird und ist daher gleich zu der Kontur des angrenzenden induktiven Abschnitts. Auch eine Krafteinwirkung auf den induktiven Abschnitt, der zu einer unerwünschten Verformung des induktiven Abschnitts führen würde, wird vermieden. Selbst bei einer geringfügigen Verformung des induktiven Abschnitts kann es zu einer Veränderung der elektrischen Eigenschaften der Spule kommen. Eine größere Krafteinwirkung auf den Verbindungsbereich kann sogar zu einem Kurzschluss im induktiven Bereich führen, indem zwei benachbarte Wicklungen der Wendel sich als Folge der Krafteinwirkung berühren. Indem auf ein Biegemoment im Verbindungsbereich verzichtet werden kann, werden die elektrischen Eigenschaften einer Spule, die mit dem vorgenannten Prozess hergestellt wurden, reproduzierbarer und planbarer.

[0045] Zusätzlich kann in Schritt b. zunächst ein Spulenstrang dadurch erzeugt werden, dass entlang des Rohres mehrere induktive Abschnitte erzeugt werden, in denen jeweils ein Spalt erzeugt wird, der in dem jeweiligen induktiven Abschnitt die Rohrwand zu einer Wendel formt, und zwischen zwei induktiven Abschnitten jeweils ein Kontaktabschnitt geformt wird. In Schritt c. kann ein erster Teil der Kontaktabschnitte zu jeweils mindestens einem Anschlussbereich geformt werden, und ein zweiter Teil der Kontaktabschnitte die Form der Rohrwand beibehalten und einen Verbindungsbereich bilden, wobei der Verbindungsbereich den Anschlussbereich mit dem induktiven Abschnitt elektrisch verbindet.

[0046] Durch einen solchen Spulenstrang kann die Handhabung der Spulen in der Produktion optimiert werden. So können mehrere Spulen gleichzeitig prozessiert werden, was wiederum zu einer Taktzeitverkürzung in

der Produktion führen kann. Außerdem kann durch das Erzeugen von mehreren induktiven Abschnitten in einem Rohr Material eingespart werden.

[0047] Hinzukommend kann der Anschlussbereich durch eine Verformung der Rohrwand in einer zur Längsachse des Rohrs senkrechten Richtung gebildet werden. Eine Verformung der Rohrwand zu einem Anschlussbereich in einer zu Längsachse des Rohres senkrechten Richtung erlaubt es, einen Anschlussbereich zu bilden ohne eine Längenänderung des Spulenstrangs, sei es eine Dehnung oder Stauchung, herbeizuführen. Eine Verformung in einer Richtung parallel zu Längsachse würde unweigerlich eine Veränderung der Länge des Spulenstrangs zu Folge haben. Daher behält ein so geformter Spulenstrang, trotz dem Umformungsprozess für den Anschlussbereich, seine definierte Gesamtlänge. Die Handhabung der Spulenstränge wird verbessert, weil in der Prozesslinie in verschiedenen Herstellungsschritten von gleichen Abmessungen und damit Rahmenbedingungen ausgegangen werden kann. Vor allem im Herstellungsprozess ist eine über die gesamte Produktion gleichbleibende Länge der Spulenstränge von Vorteil, da in verschiedenen Produktionsschritte, wie etwa der Vereinzelung des Spulenstrangs, keine zusätzlichen Ausmessungen oder eine neue Eingabe der Rahmenbedingungen nötig sind.

[0048] Zusätzlich kann im weiteren Schritt d. eine Vereinzelung des Spulenstrangs senkrecht zur Längsachse des Rohres zwischen zwei induktiven Abschnitten stattfinden. Ein Spulenstrang kann so im Anschluss zu mehreren Spulen aufgetrennt werden. Die Spulen können einzeln aufgeteilt werden, so dass jeweils nur ein induktiver Abschnitt mit zwei angrenzenden Kontaktabschnitten erzeugt wird. Es ist jedoch auch möglich mehrere induktive Abschnitte, die jeweils über einen Kontaktabschnitt zusammengehalten werden, zu einer passenden Gesamtspule, die aus mehreren einzelnen Spulen besteht, aus dem Spulenstrang herauszutrennen.

[0049] Mehrere Spulen oder Spulenstränge können in Kunststoff eingebettet werden und somit ein Package bilden. Die Spulen oder Spulenstränge können an dieser Stelle bereits einen magnetischen Kern aufweisen. Hierbei ist es von Vorteil, die Spulenstränge vor dem Einbetten parallel zueinander anzuordnen. Indem mehrere Spulenstränge gleichzeitig, und nicht einzeln, eingebettet werden, kann der Herstellungsprozess beschleunigt werden. Der Kunststoff schützt die Spulen vor mechanischen sowie vor Temperatur- und Chemikalieneinflüssen. In den Kunststoff kann auch Pulver mit magnetischen Eigenschaften oder magnetische Nanopartikel gemischt sein. Mit der Zugabe von magnetischen Partikeln in den Kunststoff kann die Induktivität der Spule erhöht werden und über Anteil der magnetischen Partikel im Kunststoff auch angepasst werden.

[0050] Es kann vorteilhaft sein, magnetische Kerne in die Spulenstränge oder den Spulen anzuordnen. Dies kann die Induktivität der Spulen bzw. Spulenstränge erhöhen. Darüber hinaus ermöglicht eine Anordnung der Kerne in den Spulensträngen vor dem Einbetten in einen Kunststoff, Spulen mit einem magnetischen Kern herzustellen, die in einem Kunststoff, der auch magnetische Anteile aufweisen kann, eingebettet sind. Dies kann die Induktivität und die elektromagnetische Verträglichkeit der Spulen erhöhen.

[0051] Nach dem Einbetten mehrerer paralleler Spulenstränge in ein Package können die Spulen quer und parallel zur Längsachse der Spulenstränge vereinzelt werden. Hierbei ist es von Vorteil die Trennlinie durch die Kontaktabschnitte der Spulen zu führen. Somit wird das Package zu einzelnen Spulen vereinzelt. Es ist sowohl möglich, das Package erst quer und anschließend parallel zu vereinzeln als auch das Package erst parallel und dann quer zu vereinzeln.

[0052] Ein weiterer Aspekt betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Moduls. Dabei kann das Package, das mehrere parallel angeordnete Spulenstränge aufweist, quer zur Längsachse der Stränge vereinzelt werden. Auch bei dieser Option ist es von Vorteil die Trennlinie durch die Kontaktabschnitte der Spulen zu führen. Es erfolgt keine Vereinzelung in einzelne Spulen parallel zur Achse.

[0053] Das Modul weist zumindest zwei Spulen in einem gemeinsamen Gehäuse auf, wobei das Rohr einen Kontaktabschnitt aufweist, der in einen Verbindungsbereich und einen Anschlussbereich aufgeteilt ist. Das Verfahren zur Herstellung des Moduls weist die folgenden Schritte auf:

- Erzeugen von zumindest zwei Spulensträngen, dadurch dass entlang jedes der Rohre mehrere induktive Abschnitte erzeugt werden, in denen jeweils ein Spalt erzeugt wird, der in dem jeweiligen induktiven Abschnitt die Rohrwand zu einer Wendel formt, und wobei zwischen zwei induktiven Abschnitten jeweils ein Kontaktabschnitt geformt wird, und wobei ein erster Teil der Kontaktabschnitte zu jeweils mindestens einem Anschlussbereich geformt wird, und wobei ein zweiter Teil der Kontaktabschnitte die Form der Rohrwand beibehält und einen Verbindungsbereiche bildet, wobei der Verbindungsbereich den Anschlussbereich mit dem induktiven Abschnitt elektrisch verbindet,
- Paralleles Anordnen der Spulenstränge,
- Einbetten der Spulenstränge in einen Kunststoff, der das Gehäuse bildet, und
- Vereinzeln der durch den Kunststoff verbundenen Spulenstränge entlang Trennlinien, die quer zu einer Längsachse der Spulenstränge verläuft zu dem Modul.

[0054] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von schematischen Darstellungen von Ausführungsbeispielen näher beschrieben.

Figur 1a zeigt eine räumliche Darstellung einer möglichen Ausführungsform eines Rohrs.

Figur 1b zeigt eine räumliche Darstellung einer möglichen zweiten Ausführungsform eines Rohrs.

Figur 2 zeigt eine räumliche Darstellung eines Spulenstrangs.

Figur 3 zeigt eine räumliche Darstellung eines Zwischenprodukts bei der Herstellung einer Spule aus dem Spulenstrang.

Figur 4 zeigt eine räumliche Darstellung einer Spule gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

Figur 5 zeigt eine räumliche Darstellung von mehreren Spulensträngen, die in Kunststoff zu einem Package eingebettet sind.

Figur 6 zeigt eine räumliche Darstellung einer Spule, die in Kunststoff eingebettet wurde und ein einsatzbereites Einzelbauteil ist.

[0055] Gleiche Elemente, ähnliche oder augenscheinlich gleiche Elemente sind in den Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die Figuren und die Größenverhältnisse in den Figuren sind nicht maßstabsgetreu.

[0056] In Figur 1a und 1b wird ein Rohr 2 mit jeweils einer runden und einer abgerundeten quadratischen Querschnittsfläche gezeigt. Ein Rohr 2 ist ein länglicher Hohlkörper, der eine Öffnung aufweist, die sich von einem ersten Ende des Körpers durch den gesamten Körper bis zu einem zweiten Ende, das dem ersten Ende gegenüberliegt, erstreckt. Das Rohr 2 kann symmetrisch zu seiner Längsachse 3 sein, wobei die Längsachse 3 sich vom Mittelpunkt der Grundfläche am ersten Ende bis zum Mittelpunkt der Grundfläche des zweiten Endes erstreckt. In einer Ausführungsform kann das Rohr 2 eine kreisrunde, ovale, rechteckige oder vieleckige Querschnittsfläche aufweisen. Es sind auch andere Querschnitte möglich.

[0057] Das Rohr 2 kann einen Außendurchmesser von 0,2 bis 50 mm aufweisen. Vorzugsweise kann der Außendurchmesser des Rohrs 2 im Bereich zwischen 0,5 bis 20 mm liegen. Diese Größe ist besonders dafür geeignet Spulen 1 herzustellen, die für Anwendungen auf einer Leiterplatte geeignet sind. Die Rohrwand 6, deren Dicke vom Abstand zwischen Innenradius zum Außenradius des Rohrs 2 bestimmt wird, kann je nach benutzten Rohr 2 stark variieren, wobei eine Dicke von weniger als 1 mm vorteilhaft für die Bearbeitung sein kann. Entlang des Außenradius in Richtung der Längsachse 3 verläuft die Manteloberfläche 5 des Rohres 2. Das Rohr 2 besteht aus einem in erster Linie elektrisch leitfähigen Material.

[0058] Das Rohr 2 stellt ein Ausgangsmaterial dar, das bei der Fertigung einer Spule 1 verwendet wird. Im Laufe des Herstellungsverfahrens kann das in Figur 1a gezeigte Rohr 2 zunächst zu einem Spulenstrang strukturiert werden. Figur 2 zeigt den Spulenstrang. Dabei kann das Rohr 2 insbesondere durch einen Laserprozess strukturiert werden, bei dem im Rohr 2 induktive Abschnitte 7 und Kontaktabschnitte 8 ausgebildet werden. Die induktiven Abschnitte 7 und die Kontaktabschnitte 8 wechseln sich entlang des Rohres 2 ab.

[0059] In den induktiven Abschnitten 7 wird ein Spalt 4 erzeugt, der eine Rohrwand 6 durchdringt und die Rohrwand 6 zu einer Wendel formt. Dadurch wird eine Induktivität der induktiven Abschnitte 7 ausgebildet. Die Kontaktabschnitte 8 werden im Laufe des Herstellungsprozesses zum Teil in einen Anschlussbereich 11 umgeformt, wobei ein anderer Teil des Kontaktabschnitts zu einem Verbindungsbereich 10 wird. In den Kontaktabschnitten 8 wird bei der Strukturierung des Rohres 2 eine Ausnehmung gebildet, wobei ein Teil der Rohrwand 6 entfernt wird.

[0060] Durch den Spulenstrang wird die Handhabung der Spulen 1 in der Produktion optimiert. So können mehrere Spulen 1 gleichzeitig behandelt werden, was zu einer Taktzeitverkürzung in der Produktion führt. Außerdem kann durch das Erzeugen von mehreren induktiven Abschnitten 7 in einem Rohr 2 Material eingespart werden.

[0061] Die induktiven Abschnitte 7 sind integral durch die Kontaktabschnitte 8 miteinander verbunden und weisen keine unnötigen Übergangswiderstände zwischen einander auf.

[0062] Die unterschiedlichen induktiven Abschnitte 7 des Spulenstrangs können unterschiedliche oder gleiche Induktivitäten aufweisen. Somit ist es möglich, aus einem Rohr 2 unterschiedliche Spulen 1 zu erzeugen, die jeweils in der Induktivität variiert werden können, und daher für unterschiedlichste Anwendungen geeignet sind. Die Induktivitäten können beispielsweise über die Anzahl der Windungen, die mit dem Spalt 4 gebildet werden, oder mit dem Abstand der Spalte 4 in Richtung der Längsachse 3 nach einem Umlauf um das Rohr 2, was der Breite der Windungen entspricht, variiert werden. In dem Ausführungsbeispiel aus Figur 2 sind die gezeigten Spalte 4 gleich und folglich auch die Induktivität der einzelnen induktiven Abschnitte 7 gleich.

[0063] In Figur 3 wird eine räumliche Darstellung eines Zwischenprodukts bei der Herstellung einer Spule 1 aus dem Spulenstrang gezeigt. Der Spulenstrang wurde entlang von Trennlinien 12, die quer zur Längsachse 3 des Spulenstrangs verlaufen, vereinzelt.

[0064] Die Spule 1 weist ein Rohr 2 aus elektrisch leitfähigem Material auf, wobei ein Spalt 4, der entlang einer Manteloberfläche 5 und um die Längsachse 3 des Rohres 2 verläuft, erzeugt wurde und somit einen induktiven Abschnitt 7 ausbildet. In einer alternativen Ausführungsform kann das gesamte Rohr 2 derart strukturiert werden, dass sich nur ein einziger induktiver Abschnitt 7 und zwei an diesen angrenzende Kontaktabschnitte 8 ergeben. Dementsprechend kann das Rohr 2 zu dem in Figur 3 gezeigten Zwischenprodukt strukturiert werden, wobei das Rohr 2 auf eine geeignete Länge geschnitten wird.

Der Kontaktabschnitt 8 und der induktiven Abschnitt 7 sind direkt miteinander verbunden. Der Kontaktabschnitt 8 und der induktive Abschnitt 7 sind integral und einstückig aus der strukturierten Rohrwand 6 geformt.

[0065] Figur 4 zeigt die Spule 1 nachdem mit Hilfe eines Stempelprozesses ein erster Teil der Kontaktabschnitte zu jeweils zwei Anschlussbereichen 11 gebogen wurde, wobei ein nicht verformter zweiter Teil der Kontaktabschnitte den Verbindungsbereich 10 bildet. Der zweite Teil der Kontaktabschnitte wurde zu dem Zwecke beim Stempelprozess durch einen Gegenstempel bzw. eine Auflagefläche gestützt, um keine Biegekräfte bzw. Momente auf den zweiten Teil beim Stempelprozess wirken zu lassen. Vorzugsweise ist der Gegenstempel formangepasst an die Kontur bzw. Außenform des Rohres 2. Auf Grund des fehlenden Biegemoments auf den Verbindungsbereich 10 bleibt der Verbindungsbereich 10 unverändert und weist die gleiche Kontur der Rohrwand 6 auf wie die Kontur des angrenzenden induktiven Abschnitts.

[0066] Da mit Hilfe des Gegenstempels beim Umformen des ersten Teils der Kontaktabschnitte zum Anschlussbereich 11 die Krafteinwirkung des Stempelprozess im Verbindungsbereich 10 neutralisiert wird, wirkt auch kein Biegemoment auf die angrenzende Wendel. Somit behält die Wendel ihre Form und ihre Teilung bei und auch mögliche Kurzschlüsse zwischen benachbarten Windungen können ausgeschlossen werden.

[0067] In der Ausführungsform, die in Figur 4 gezeigt wird, hat der Verbindungsbereich 10 die Form eines Kreissegments, da das Rohr 2, aus dem die Spule 1 hergestellt worden ist, kreisrund ist. In einem Ausführungsbeispiel, in dem das Rohr 2 eine viereckige Grundform hat, könnte der Verbindungsbereich 10 also beispielsweise eine gerade Kontur haben. Die Form des Verbindungsbereiches 10 wird hierdurch jedoch nicht beschränkt. Vielmehr kann der Verbindungsbereich 10 jegliche Form und Kontur haben, die der des Rohres 2 in einem angrenzenden Abschnitt gleicht.

[0068] Der Anschlussbereich 11 in Figur 4 wurde durch eine Verformung der Rohrwand 6, in einer zur Längsachse 3 des Rohrs 2 senkrechten Richtung, gebildet. Die Verformung zu einem Anschlussbereich 11 in einer zur Längsachse 3 des Rohres 2 senkrechten Richtung erlaubt es, den Anschlussbereich 11 zu bilden, ohne eine Längenänderung des Spulenstrangs, sei es eine Dehnung oder Stauchung, herbeizuführen. Eine Verformung in einer Richtung parallel zu Längsachse 3 würde unweigerlich eine Veränderung der Länge des Spulenstrangs zu Folge haben. Würde der Anschlussbereich 11 beispielsweise in Richtung der Längsachse 3 des Rohres 2 (in Figur 4 also aus der Darstellung heraus) gebildet werden, würde ein Spulenstrang, der mehrere solcher Abschnitte aufweist, auf Grund der Verformung verkürzt sein. Wird der Anschlussbereich 11 hingegen senkrecht zu Längsachse 3 des Rohres 2 umgebogen, behält ein so geformter Spulenstrang, trotz dem Umformungsprozess für den Anschlussbereich 11, seine definierte Gesamtlänge. Insofern wird die Handhabe der Spulenstränge vor allem im Herstellungsprozess verbessert, weil in der Prozesslinie in verschiedenen Herstellungsschritten von gleichen Abmessungen und den damit einhergehenden Rahmenbedingungen, wie der der Position der induktiven Abschnitte, ausgegangen werden kann. Beim Vereinzeln des Spulenstrangs kann so beispielsweise automatisiert und ohne weitere Messungen ein mittiger Schnitt zwischen zwei induktiven Abschnitten erfolgen.

[0069] Ein weiterer Vorteil die Anschlussbereiche 11 senkrecht zur Längsachse 3 des Rohres 2 anzuordnen ist, dass die gesamte Spulenlänge, vor allem im Vergleich zur Länge der Wendel, kurz gehalten werden kann, um einen besseren Formfaktor für die Spule 1 zu erzielen.

[0070] Ferner wird der induktive Abschnitt, der im in Fig. 4 gezeigten Ausführungsbeispiel L-förmig gestaltet ist, durch einen Teil des Anschlussbereichs 11 von der Auflagefläche beabstandet. Auf diese Weise wird der induktive Abschnitt mechanischen und thermischen gegenüber einer Auflagefläche isoliert. So werden Übertragungen von Vibrationen der Spule 1 oder von Hitze auf eine Auflageoberfläche, die etwa eine Leiterplatte sein kann, gehemmt. Zusätzlich sorgt der Abstand zwischen dem induktiven Abschnitt 7 und einer Auflagefläche, dass für ausreichend Platz geschaffen wird, um den induktiven Abschnitt komplett in einen Kunststoff 9 einzubetten. Auch das Magnetfeld der Spule 1, und damit verbunden die Induktivität, wird weniger von einer beabstandeten Auflageoberfläche beeinflusst.

[0071] Ein waagerechte Teil des in Fig. 4 gezeigten L-förmigen Anschlussbereichs 11 bildet eine ebene Fläche aus, die einen lötbaren Anschluss bildet. Entsprechend ist es möglich die Spule 1 auf eine Leiterbahn, zum Beispiel einer Leiterplatte, aufzulöten. Die integrale Ausbildung der Spule 1 aus dem Rohr 2 ermöglicht es, auf zusätzliche Verbindungstechniken zu verzichten. Aus diesem Grund weist die Spule 1 einen geringeren Gesamtwiderstand auf, der wiederum zu einer geringen Verlustleistung führt. Darüber hinaus sinkt auch die thermische Belastung, vor allem an möglichen Kontaktierungen, wodurch die Fehleranfälligkeit der Spule 1 reduziert wird.

[0072] In Figur 5 sind vier Spulenstränge in Kunststoff 9 eingebettet, wobei die Längsachsen 3 der Spulen 1 parallel zueinander angeordnet sind. Eine solche Anordnung wird auch Package genannt. Die vier Spulenstränge weisen hier jeweils vier induktive Abschnitte 7 und vier Kontaktabschnitte 8 auf. In dem in Figur 7 gezeigten Package handelt es sich lediglich um ein Beispiel und es können mehr Spulensträngen, und insbesondere mehr als 20 Spulenstränge, mit einer beliebig anderen Anzahl an induktiven Abschnitten 7 und Kontaktabschnitten 8 benutzt werden. Die Kontaktabschnitte 8 sind in diesem Ausführungsbeispiel durch Ausnehmungen geöffnet und anschließend zu einem nicht verformten Verbindungsbereich 10 und zwei Anschlussbereiche 11 gestempelt worden. Die gestrichelten Linien weisen mehrere mögli-

che Trennlinien 12 zur Vereinzelung auf, die quer oder parallel zur Längsachse 3 der Spulen 1 und durch die Kontaktabschnitte 8 verlaufen. Auch alternative Ausführungsformen sind denkbar, bei denen eine Vereinzelung entlang einer anderen beliebigen Anzahl von Trennlinien 12 erfolgt. Wird die Spule 1 parallel zur Längsachse 3 des Rohres 2 vereinzelt, sind die induktiven Abschnitte 7 seriell miteinander verbunden. Indem mehrere Spulenstränge gleichzeitig, und nicht einzeln, eingebettet werden, kann der Herstellungsprozess beschleunigt werden.

[0073] Der Kunststoff 9 stellt als eine Art Gehäuse einen Schutz gegen mögliche Gefahren aus der direkten Umgebung dar. Die Schutzfunktion des Kunststoffes kann pragmatisch erweitert werden, indem Partikel mit gewünschten magnetischen Eigenschaften beigefügt werden. Über die Menge oder Konzentration der magnetischen Partikel im Kunststoff kann ebenfalls die Induktivität angepasst werden. In einer alternativen Ausführungsform könnte eine Spule 1 mit einem EP-Kern verbunden sein, wobei der EP-Kern integral auch ein Gehäuse bildet. Der EP-Kern könnte aus zwei Hälften bestehen, die im Anschluss verklebt werden können. Durch einen EP-Kern kann die Spule 1, insbesondere bei hochfrequenten Anwendungen, elektromagnetisch abgeschirmt sein und somit die elektromagnetische Verträglichkeit des Bauteils erhöht werden.

[0074] Das Erzeugen eines Moduls, das in einem Gehäuse mehrere Spulen 1 aufweist, aus einem Package ist ebenfalls einfach möglich. Hierbei wird ein Package, wie in Fig. 5 gezeigt, je nach Bedarf parallel und/oder senkrecht zur Längsachse 3 des Rohres 2 vereinzelt. Das in Fig. 5 gezeigte Package ist lediglich ein Beispiel und es können wesentlich längere Spulenstränge, mit mehr Spulen 1, und eine größere Anzahl an Spulensträngen, in dem Package angeordnet sein.

Die Kontaktflächen eines Moduls selbst sind von unten und gegebenenfalls von der Seite kontaktierbar und können beispielweise über Lötpads oder Leiterbahnen über einen Lötprozess oder Klebeprozess kontaktiert werden. Der Gebrauch eines Moduls kann zu einer Taktzeitverkürzung bei der Montage der Spulen 1 führen. Indem ein Modul statt einzelner Spulen 1 verbaut wird, muss beispielsweise ein Pick-and-Place-Automat nur einmal, statt mehrmals, das Bauteil auf einer Leiterplatte positionieren. Darüber hinaus wird durch die Anordnung von mehreren Spulen 1 innerhalb eines Moduls, im Vergleich zur Anordnung von mehreren einzelnen Spulen 1 nebeneinander, Platz eingespart.

[0075] Die Spulen 1 im Modul können dazu vorgesehen sein, miteinander parallel, seriell oder gar nicht verschaltet zu werden. In einer Ausführungsform in der mehrere Spulen 1 nebeneinander angeordnet sind, kann jede Spule 1 einzeln kontaktiert werden. Wird ein solches Modul hingegen mit zwei senkrecht zur Längsachse 3 laufenden Leiterbahnen kontaktiert, können die induktiven Abschnitte 7 elektrisch parallel zueinander verschaltet werden. Wird die Leiterbahn mäanderförmig unter dem Modul angelegt, können die induktiven Abschnitte 7 seriell verschaltet werden. Somit können die Spulen 1 selbst in einem Modul auf unterschiedlichste Weisen miteinander aber auch innerhalb eines elektronischen Geräts verschaltet werden.

[0076] Figur 6 zeigt eine einzelne Spule 1 die in Kunststoff 9 eingebettet worden ist. An der Stirnseite der eingebetteten Spule 1 ist der Kontaktabschnitt angeordnet, der einen kreissegmentförmigen Verbindungsbereich 10 und zwei L-förmige Anschlussbereiche 11 hat. Die Spule 1 kann entweder durch ein Vereinzeln der Spulen 1 aus einem Package, oder durch Einbetten einer einzelnen Spule 1, wie aus Figur 4, in Kunststoff 9 hergestellt worden sein.

Bezugszeichenliste

[0077]

1	Spule
2	Rohr
3	Längsachse
4	Spalt
5	Manteloberfläche
6	Rohrwand
7	induktiver Abschnitt
8	Kontaktabschnitt
9	Kunststoff
10	Verbindungsbereich
11	Anschlussbereich
12	Trennlinien

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Modulen, die jeweils zumindest zwei Spulen (1) in einem gemeinsamen Gehäuse aufweisen, aufweisend die Schritte:

   - Erzeugen von zumindest zwei Spulensträngen, dadurch dass entlang jedem von zwei Rohren (2) mehrere induktive Abschnitte (7) erzeugt werden, in denen jeweils ein Spalt (4) erzeugt wird, der in dem jeweiligen induktiven Abschnitt (7) eine Rohrwand (6) zu einer Wendel bildet, und wobei zwischen zwei induktiven Abschnitten (7) jeweils ein Kontaktabschnitt (8) geformt wird, und
   wobei ein erster Teil der Kontaktabschnitte (8) zu jeweils mindestens einem Anschlussbereich (11) gebildet wird, und wobei ein zweiter Teil der Kontaktabschnitte (8) eine Kontur der Rohrwand (6) beibehält und einen Verbindungsbereich (10) bildet, wobei der Verbindungsbereich (10) den Anschlussbereich (11) mit dem induktiven Abschnitt (7) elektrisch verbindet,
   - Paralleles Anordnen der Spulenstränge,
   - Einbetten der Spulenstränge in einen Kunst-

stoff (9), der das Gehäuse bildet,
- Vereinzeln der durch den Kunststoff (9) verbundenen Spulenstränge entlang Trennlinien (12), die senkrecht zu einer Längsachse (3) der Spulenstränge und zwischen induktiven Abschnitten (7) verläuft zu dem Modul.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
wobei ein Laserprozess zur Erzeugung des Spalts (4) und zur Formung der Kontaktabschnitte (8) verwendet wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
wobei in den Kontaktabschnitten (8) des Rohres (2) eine Ausnehmung gebildet wird, indem ein Bereich der Rohrwand (6) entfernt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3,
wobei die Ausnehmung in den Kontaktabschnitten (8) des Rohres (2) und der Spalt (4) in dem induktiven Abschnitt (7) in einem einzigen Verfahrensschritt gemeinsam erzeugt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4,
wobei die Anschlussbereiche (11) jeweils durch eine Verformung des ersten Teils des Kontaktabschnittes (8) in eine zur Längsachse (3) des Rohrs (2) senkrechte Richtung gebildet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
wobei der erste Teil von den Kontaktabschnitten (8) durch einen Stempelprozess mit Gegenstempel zu dem Anschlussbereich (11) geformt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6,
wobei der zweite Teil der Kontaktabschnitte (8), der durch den Stempelprozess zum Verbindungsbereich (10) wird, durch den Gegenstempel beim Stempelprozess gestützt wird, so dass keine Biegekräfte auf den zweiten Teil beim Stempelprozess wirken.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, zuzüglich aufweisend den folgenden Schritt:
Vereinzeln der Spulenstränge parallel zu einer Längsachse (3) der Spulenstränge.

Fig. 1a

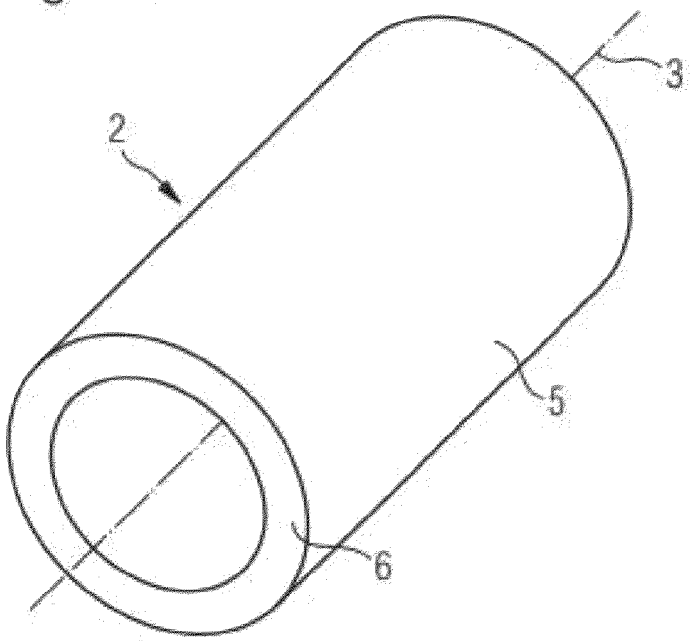
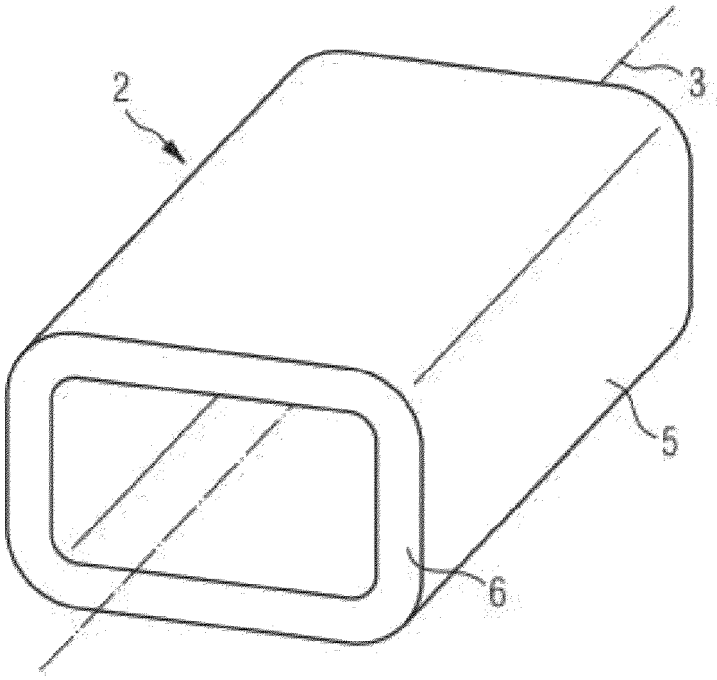


Fig. 1b



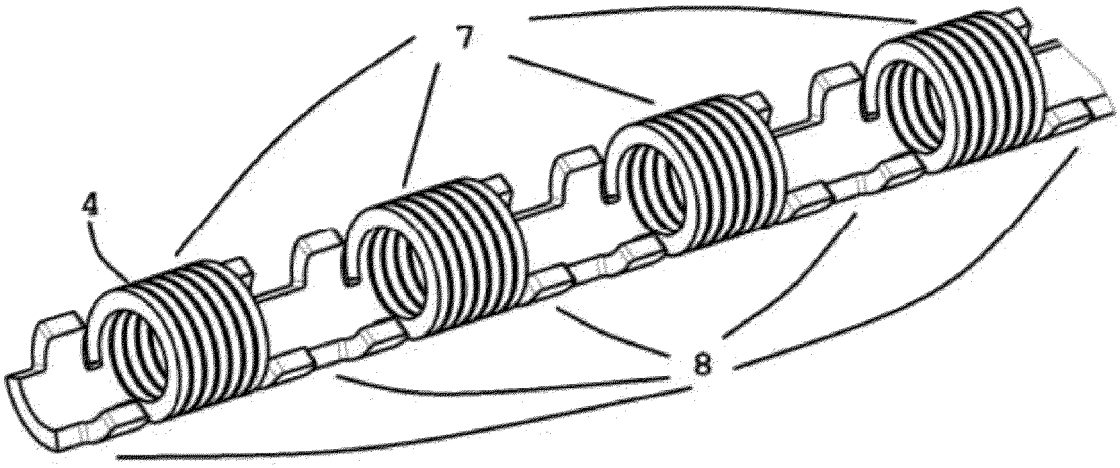


Fig. 2

Fig. 3

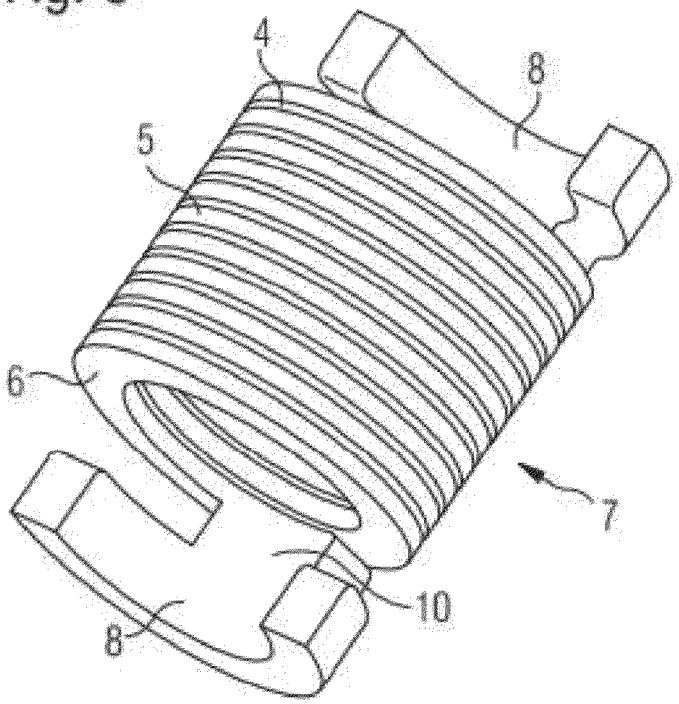
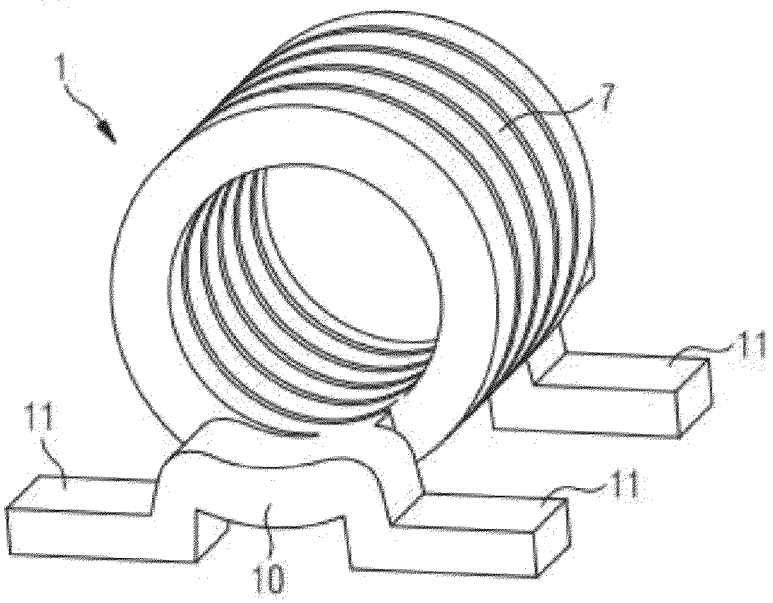


Fig. 4



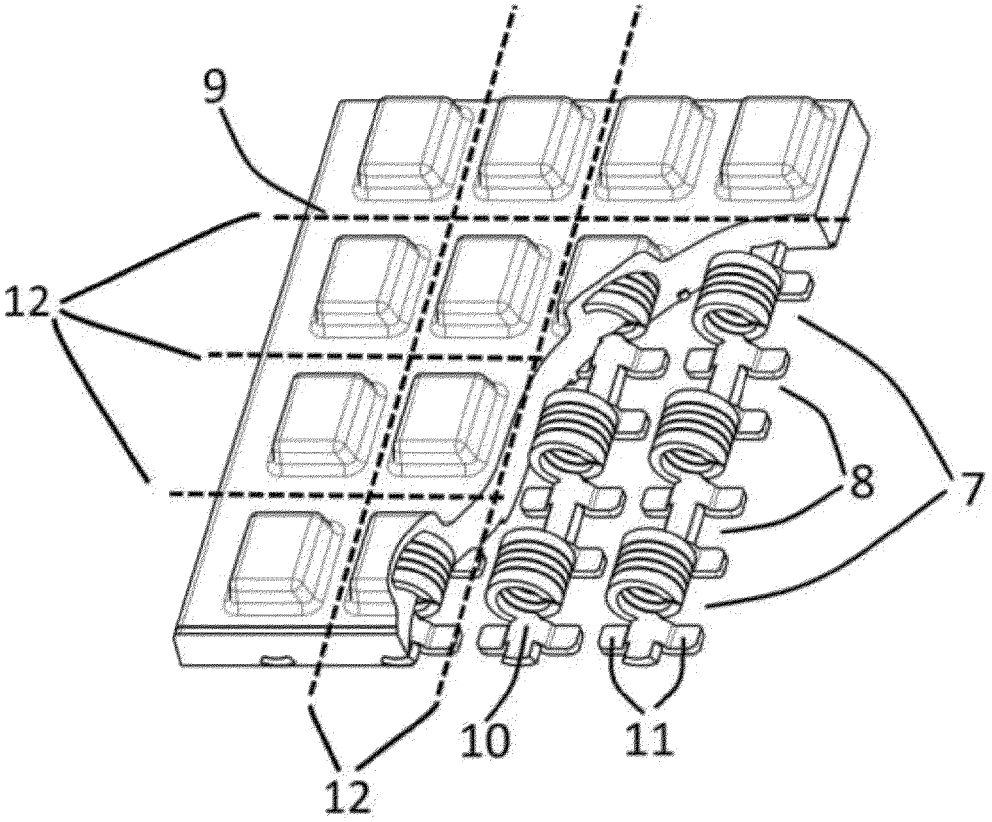
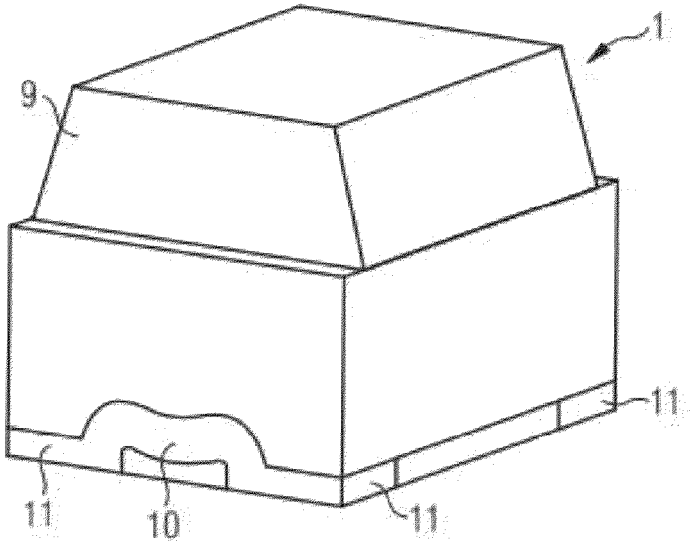


Fig. 5

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

- DE 102019103895 A1 **[0002]**
- US 5428337 A **[0003]**
- JP H1197270 A **[0004]**