

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 689 213 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
20.05.1998 Patentblatt 1998/21

(51) Int Cl.⁶: **H01F 41/04**

(21) Anmeldenummer: **95107377.4**

(22) Anmeldetag: **16.05.1995**

(54) Verfahren zur Herstellung einer Mikrospule

Production method for a microcoil

Procédé de fabrication d'une microbobine

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB LI NL

(30) Priorität: **20.06.1994 DE 4421494**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.12.1995 Patentblatt 1995/52

(73) Patentinhaber: **Forschungszentrum Karlsruhe
GmbH
76133 Karlsruhe (DE)**

(72) Erfinder:

- **Matthis, Barbara**
D-76297 Stutensee (DE)
- **Thommes, Alfons**
D-76137 Karlsruhe (DE)
- **Schwarz, Rolf**
D-67354 Römersberg (DE)
- **Leyendecker, Klaus**
D-76344 Eggenstein-Leopoldshafen (DE)
- **Saumer, Monika**
D-76344 Eggenstein-Leopoldshafen (DE)
- **Stark, Walter, Sr.**
D-74572 Blafelden (DE)

- **Laier, Rupert**
D-76646 Bruchsal (DE)

(74) Vertreter: **Rückert, Friedrich, Dr.**
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
Stabsabteilung
Patente und Lizenzen
Weberstrasse 5
76133 Karlsruhe (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 3 817 057 **US-A- 3 561 111**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 010 no. 001 (E-371) ,7.Januar 1986 & JP-A-60 167307 (MATSUSHITA DENKI SANGYO KK) 30.August 1985,
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 004 no. 189 (E-039) ,25.Dezember 1980 & JP-A-55 130121 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 8.Oktober 1980,
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 009 no. 310 (E-364) ,6.Dezember 1985 & JP-A-60 144922 (FUJI DENKI KAGAKU KK) 31.Juli 1985,

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 689 213 B1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Mikrospule gemäß dem ersten Patentanspruch.

In der Mikrosystemtechnik spielen Mikrospulen, deren Windungen spiralförmig um ihre Längsachse verlaufen, eine wichtige Rolle. Solche Mikrospulen werden z. B. zum Antrieb von Aktoren in Mikroelektromotoren, Mikroventilen, Mikrorelais, Mikrosensoren etc. benötigt.

Ebene, spiralförmig gewundene Mikrospulen lassen sich in nahezu beliebiger Windungszahl mit Hilfe des bekannten LIGA-(Lithographie und galvanische Abformung)-Verfahrens problemlos herstellen. Spulen mit Windungen, die spiralförmig um ihre Längsachse verlaufen, erfordern bei Anwendung dieses Verfahrens einen hohen Aufwand, da jede Windung einzeln mit Hilfe einer justierten Bestrahlung, Entwicklung und galvanischen Abformung hergestellt werden muß. Solche Spulen lassen sich zwar gemäß dem deutschen Gebrauchsmuster G 93 18 386 durch Wickeln herstellen; der Wicklungstechnik sind jedoch bei sehr dünnen Spulenwindungen Grenzen gesetzt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein weiteres Herstellungsverfahren für eine Mikrospule dieser Art anzugeben. Dieses Herstellungsverfahren soll es ermöglichen, Spulen mit sehr feinen Windungen herzustellen, die durch Wicklung nicht zugänglich sind.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch das im ersten Patentanspruch beschriebene Verfahren gelöst. Die abhängigen Ansprüche geben bevorzugte Ausgestaltungen dieses Verfahrens an.

Erfindungsgemäß wird ein Draht aus einem elektrisch leitfähigen Material, der mit einer isolierenden Schicht überzogen ist, bereitgestellt. Das elektrisch leitende Material wird so ausgewählt, daß es sich gegenüber dem Material der durch galvanische Abscheidung erzeugten Spule selektiv entfernen läßt. Vorzugsweise wird als elektrisch leitendes Material ein Metall eingesetzt, wobei sich das Metall des Drahtes gegenüber dem in einem späteren Schritt galvanisch abzuscheidenden Metall oder der Metallegierung etwa durch Säuren, Eisen(III)chlorid, Persulfatätzlösungen oder anderen bekannten Ätzmitteln selektiv entfernen läßt. Als elektrisch leitendes Material für den Draht kann prinzipiell auch Kohlenstoff eingesetzt werden, sofern das im späteren Schritt galvanisch abzuscheidende Metall oder die Metallegierung bei einer thermischen Entfernung des Kohlenstoffs ausreichend beständig ist.

Es lassen sich kommerziell angebotene Drähte einsetzen, die bereits mit einer isolierenden Schicht versehen sind. Zur Herstellung sehr feiner Mikrospulen kann, z. B. auf handelsübliche Drähte aus Silber zurückgegriffen werden, deren isolierende Schicht einige μm (z. B. 2,5 oder 5 μm) dick ist und aus Polytetrafluorethylen (PTFE) oder Polyurethan besteht. Drähte aus anderen Metallen lassen sich durch die üblichen Beschichtungs-techniken auf einfache Weise mit einer Isolierung z. B. aus Kunststoffen wie PTFE, Lacken etc. versehen.

Durch die Dicke des Drahtes ist der Innendurchmesser der fertiggestellten Spule vorgegeben, sofern keine zusätzlichen Maßnahmen vorgesehen werden. Besonders vorteilhaft ist das erfindungsgemäße Verfahren, wenn sehr dünne Drähte, z. B. mit einem Durchmesser von 500 μm bis unter 100 μm eingesetzt werden, da sich Mikrospulen einer solchen Größe durch Wickeln nur schwer herstellen lassen. Im Handel werden Drähte mit Durchmessern von 200 μm , 125 μm , 100 μm und 75 μm angeboten, die sich zur Herstellung einer Mikrospule eignen.

Nunmehr werden diejenigen Teile der isolierenden Schicht entfernt, die auf einer Schraubenlinie liegen, so daß an diesen Stellen das elektrisch leitende Material des Drahtes freiliegt. Dies kann z. B. dadurch geschehen, daß der Draht mit seiner Isolierung unter Rotation um die Längsachse und konstantem Vorschub an einem Schneidwerkzeug vorbeigeführt wird. Die Gestalt der Schraubenlinie bestimmt im wesentlichen die Gestalt der späteren Spule. Durch den Abstand der Windungen der Schraubenlinie zueinander wird in der fertiggestellten Spule die Breite der Wicklungen in ihrer Längsrichtung begrenzt.

Der Draht mitsamt den nicht entfernten Teilen der isolierenden Schicht wird nun in ein galvanisches Bad gebracht und als Kathode geschaltet. Durch Anlegen einer Spannung zwischen der Anode des Bades und dem als Kathode geschalteten Draht scheiden sich auf den von der isolierenden Schicht befreiten Teilen des Drahtes Metall oder eine Metallegierung ab. Das Metall oder die Metallegierung füllt zuerst die Windungen der Schraubenlinie aus, bis die entfernten Bereiche der isolierenden Schicht durch das Metall oder die Metallegierung ersetzt sind und die Oberfläche sowohl der verbliebenen Teile der isolierenden Schicht als auch der galvanischen Abscheidung eine glatte Fläche ausbilden. Die galvanische Abscheidung kann in diesem Stadium beendet werden, wenn die isolierende Schicht eine Dicke aufweist, die der gewünschten Dicke der Spulenwindungen in radialer Richtung entspricht.

Wird die galvanische Abscheidung fortgesetzt, überwächst das galvanisch abgeschiedene Metall oder die Metallegierung Teile der verbliebenen isolierenden Schicht und bildet dadurch einen im Querschnitt halbkreisförmigen Überstand über den ausgefüllten Windungen der Schraubenlinie. Hierdurch können Mikrospulen hergestellt werden, deren Wicklungen in radialer Richtung dicker sind als die Dicke der isolierenden Schicht. Um einen Kurzschluß in der Mikrospule zu vermeiden, muß die galvanische Abscheidung beendet werden, bevor das galvanische Seitenwachstum so weit fortgeschritten ist, daß die galvanische Abscheidung über einer Windung die galvanische Abscheidung über den benachbarten Windungen der Schraubenlinie berührt. Der Abstand der Windungen der Schraubenlinie begrenzt deshalb die erreichbare Dicke der Wicklungen der fertiggestellten Mikrospule.

Die galvanische Abscheidung des Metalls oder der

Metalllegierung erfolgt gleichmäßiger, wenn der Draht im galvanischen Bad während der Metallabscheidung in Rotation um seine Längsachse versetzt wird. Alternativ kann eine rohrförmige Anode eingesetzt werden, die den Draht umgibt.

Spulen mit besonders kleinem Innendurchmesser und vergrößerter Dicke der Wicklungen in radialer Richtung können hergestellt werden, wenn der mit der schraubenlinienartig bearbeiteten isolierenden Schicht versehene Draht vor dem Galvanikschrift angeätzt wird. Hierdurch entstehen an den freiliegenden Stellen des Drahtes vertiefte Gräben. Als Ätzmittel werden bei metallischen Drähten die bekannten Reagenzien eingesetzt. Das verwendete Ätzmittel darf die isolierende Schicht nicht angreifen. Auf diese Weise kann der Durchmesser des Drahtes an den geätzten Stellen ohne Schwierigkeiten um 20 bis 30 % reduziert werden. Bei der nachfolgenden galvanischen Abscheidung werden die vertieften Gräben ausgefüllt, wodurch der Innendurchmesser der fertigen Spule gegenüber dem Durchmesser des verwendeten Drahtes um denselben Betrag reduziert wird.

Nach der galvanischen Abscheidung des Metalls oder der Metalllegierung empfiehlt es sich besonders bei sehr kleinen Spulen, das galvanisch abgeschiedene Metall und die verbleibende Isolierung mit einem chemisch beständigen Kunststoff oder Lack zu überziehen. Hierfür eignet sich z. B. PTFE, Polyimid oder andere gegen Ätzmittel beständige Kunststoffe oder Lacke. Der Überzug darf bei der nachfolgenden selektiven Entfernung des Drahtes nicht angegriffen werden. Mit dieser Maßnahme werden besonders feine Mikrospulen mechanisch stabilisiert. Der Überzug verhindert zugleich, daß die Spulenwindungen miteinander in Kontakt kommen.

Im letzten Schritt wird der Draht selektiv gegenüber dem galvanisch abgeschiedenen Metall oder der Metalllegierung sowie gegebenenfalls selektiv gegenüber dem Überzug entfernt. Die selektive Entfernung erfolgt bevorzugt mit einem Ätzmittel. Besteht der Draht aus einem niedrig schmelzenden Metall, kann die selektive Entfernung auch durch Anwendung von Temperaturen oberhalb dessen Schmelzpunktes erreicht werden.

Wird kein Überzug angebracht, können ggf. die verbliebenen Teile der isolierenden Schicht zuvor thermisch oder durch andere Verfahren entfernt werden. Hierdurch verläuft die selektive Entfernung des Drahtes schneller, weil das Ätzmittel den Draht nicht nur an den Enden, sondern auch zwischen den Spulenwicklungen angreifen kann.

Die durch dieses Verfahren hergestellten Spulen können auch mit einem Kern versehen werden. Als Kern eignen sich feine Drähte aus den üblichen für Spulenkerne eingesetzten Metallen, die ihrerseits mit einer Isolation versehen sind. Das Anschließen der elektrischen Zuführungen für die Mikrospule und ggf. das Fixieren des Spulenkerne kann durch Bonden oder durch Anwendung leitfähiger Kleber erfolgen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Mikrospule, bei dem

- a) ein Draht aus einem elektrisch leitfähigen Material, der mit einer isolierenden Schicht überzogen ist, bereitgestellt wird,
- b) Teile der isolierenden Schicht in der Weise entfernt werden, daß der Draht aus dem elektrisch leitfähigen Material in einem zusammenhängenden Bereich, der die Form einer Schraubenlinie um den Draht aufweist, von der isolierenden Schicht befreit ist,
- c) der Draht mit der verbleibenden isolierenden Schicht in ein galvanisches Bad eingebracht und als Kathode geschaltet wird,
- d) auf den von der isolierenden Schicht befreiten Bereichen des Drahtes ein Metall oder eine Metalllegierung in Form der Schraubenlinie abgeschieden wird,
- e) der Draht selektiv gegenüber dem Metall oder der Metalllegierung entfernt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Teile der isolierenden Schicht mit Hilfe eines Schneidwerkzeugs entfernt werden, an dem der mit der isolierenden Schicht versehene Draht unter Rotation um die Längsachse und konstantem Vorschub vorbeigeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der als Kathode geschaltete Draht im galvanischen Bad in Rotation um seine Längsachse versetzt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der als Kathode geschaltete Draht im galvanischen Bad in eine rohrförmige Anode eingesetzt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem vor der selektiven Entfernung des Drahtes das galvanisch abgeschiedene Metall oder die galvanisch abgeschiedene Metalllegierung und die verbleibende isolierende Schicht mit einem chemisch stabilen Kunststoff oder Lack überzogen werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem nach der Entfernung der Teile der isolierenden Schicht der Draht in dem zusammenhängenden Bereich geätzt wird.

Claims

1. Method of producing a microcoil, wherein

- a) a wire is prepared from an electrically conductive material, which is coated with an insulating layer,

b) parts of the insulating layer are removed in such a manner that the filament formed from the electrically conductive material is stripped of the insulating layer in a continuous region, which has the configuration of a helix around the wire,

c) the wire with the remaining insulating layer is introduced into an electroplating bath and incorporated as the cathode,

c) a metal or a metal alloy is deposited in the form of the helix on the regions of the wire which have been stripped of the insulating layer, and

e) the wire is selectively removed with respect to the metal or the metal alloy.

2. Method according to claim 1, wherein the parts of the insulating layer are removed by means of a cutting tool, past which the wire, which is provided with the insulating layer, is guided during rotation about the longitudinal axis and constant advance.

3. Method according to claim 1, wherein the wire, which is incorporated as the cathode, in the electroplating bath is set in rotation about its longitudinal axis.

4. Method according to claim 1, wherein the wire, which is incorporated as the cathode, in the electroplating bath is inserted into a tubular anode.

5. Method according to claim 1, wherein, prior to the selective removal of the wire, the electrodeposited metal or the electrodeposited metal alloy and the remaining insulating layer are coated with a chemically stable plastics material or lacquer.

6. Method according to claim 1, wherein, subsequent to the removal of the parts of the insulating layer, the wire is etched in the continuous region.

5

10

15

20

25

30

35

40

lante est déposé un métal ou un alliage métallique sous la forme de l'hélice,

e) le fil est éliminé sélectivement par rapport au métal ou à l'alliage métallique.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel les parties de la couche isolante sont enlevées à l'aide d'un outil de coupe, contre lequel le fil muni de la couche isolante est soumis à une rotation autour de l'axe longitudinal et à un avancement constant.

3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le fil monté comme cathode dans le bain galvanoplastique est déplacé en rotation autour de son axe longitudinal.

4. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le fil monté en cathode dans le bain galvanoplastique est inséré dans une anode tubulaire.

5. Procédé selon la revendication 1, dans lequel avant l'élimination sélective du fil, le métal déposé par galvanoplastie ou l'alliage métallique déposé par galvanoplastie et la couche isolante restante sont recouverts d'une matière plastique ou d'une laque chimiquement stable.

6. Procédé selon la revendication 1, dans lequel après l'élimination des parties de la couche isolante le fil est corrodé dans la zone continue.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une microbobine, dans lequel :

45

a) un fil est mis à disposition en un matériau conducteur électrique qui est recouvert d'une couche isolante,

b) des parties de la couche isolante sont enlevées, de manière que le fil en un matériau conducteur électrique est libéré de la couche isolante dans une zone continue, qui a la forme d'une hélice autour du fil,

c) le fil avec la couche isolante restante est introduit dans un bain galvanoplastique et est monté comme cathode,

d) sur les zones du fil libérées de la couche iso-

50

55