

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 689 213 A1**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **95107377.4**

51 Int. Cl.⁸: **H01F 41/04**

22 Anmeldetag: **16.05.95**

30 Priorität: **20.06.94 DE 4421494**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.12.95 Patentblatt 95/52

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

71 Anmelder: **Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH**
Weberstrasse 5
D-76133 Karlsruhe (DE)

72 Erfinder: **Matthis, Barbara**
Waldstr. 19
D-76297 Stutensee (DE)
Erfinder: **Thommes, Alfons**
Karlstrasse 128 a
D-76137 Karlsruhe (DE)
Erfinder: **Schwarz, Rolf**
Martin-Greif-Str. 52

D-67354 Römersberg (DE)
Erfinder: **Leyendecker, Klaus**
Frankfurter-Str. 15b
D-76344 Eggenstein-Leopoldshafen (DE)
Erfinder: **Saumer, Monika**
Nordring 3
D-76344 Eggenstein-Leopoldshafen (DE)
Erfinder: **Stark, Walter, Sr.**
Goetheweg 43
D-74572 Blaufelden (DE)
Erfinder: **Laier, Rupert**
Marienstr. 22
D-76646 Bruchsal (DE)

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

54 Verfahren zur Herstellung einer Mikrospule

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Mikrospule bei dem ein Draht aus einem elektrisch leitfähigen Material, der mit einer isolierenden Schicht überzogen ist, bereitgestellt wird, 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, der Draht mit der verbleibenden isolierenden Schicht in ein galvanisches Bad eingebracht und als Kathode geschaltet wird, auf den von der isolierenden Schicht befreiten Bereichen des Drahtes ein Metall oder eine Metallegierung in Form der Schraubenlinie abgeschieden wird, der Draht selektiv gegenüber dem Metall oder der Metallegierung entfernt wird.

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 zugäng-

lich sind.

EP 0 689 213 A1

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 abzuschcheidenden 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 abzuschcheidende 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 Poly-

urethan besteht. Drähte aus anderen Metallen lassen sich durch die üblichen Beschichtungstechniken auf einfache Weise mit einer Isolierung z. B. aus Kunststoffen wie PTFE, Lacken etc. versehen.

5 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.

10 Nunmehr werden diejenigen Teile der isolierenden Schicht entfernt, die auf einer Schraubelinie 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 Schraubelinie bestimmt im wesentlichen die Gestalt der späteren Spule. Durch den Abstand der Windungen der Schraubelinie zueinander wird in der fertiggestellten Spule die Breite der Wicklungen in ihrer Längsrichtung begrenzt.

20 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 Schraubelinie 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.

30 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 Schraubelinie. 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 Metallegierung 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 Galvanischschritt 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 Metallegierung 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 Metallegierung 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 Spulenkern eingesetzten Metallen, die ihrerseits mit einer Isolation versehen sind. Das Anschließen der elektrischen Zuführungen für die Mikrospule und ggf. das Fixieren des Spulenkerns kann durch Bonden oder durch Anwendung leitfähiger Kleber erfolgen.

15 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 Metallegierung in Form der Schraubenlinie abgeschieden wird,
 - e) der Draht selektiv gegenüber dem Metall oder der Metallegierung 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 Metallegierung 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. 5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

4



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 95 10 7377

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.CL.6)
A	DE-A-38 17 057 (BOSCH GMBH ROBERT) 24.Mai 1989 * Spalte 1, Zeile 54 - Spalte 2, Zeile 17; Ansprüche 1,3,7; Abbildungen 1,2 *	1,2	H01F41/04
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010 no. 001 (E-371) ,7.Januar 1986 & JP-A-60 167307 (MATSUSHITA DENKI SANGYO KK) 30.August 1985, * Zusammenfassung *	1,5,6	
A	US-A-3 561 111 (BECK ALFRED B ET AL) 9.Februar 1971 * Anspruch 1 *	1	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 004 no. 189 (E-039) ,25.Dezember 1980 & JP-A-55 130121 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 8.Oktober 1980, * Zusammenfassung *	1	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 009 no. 310 (E-364) ,6.Dezember 1985 & JP-A-60 144922 (FUJI DENKI KAGAKU KK) 31.Juli 1985, * Zusammenfassung *		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.CL.6)
			H01F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 28.September 1995	Prüfer Decanniere, L
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P/M/C/O)