

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 1 308 969 A1

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
**07.05.2003 Bulletin 2003/19**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **H01F 5/00**

(21) Numéro de dépôt: **01204214.9**

(22) Date de dépôt: **06.11.2001**

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR**  
Etats d'extension désignés:  
**AL LT LV MK RO SI**

(71) Demandeur: **ASULAB S.A.**  
**2074 Marin (CH)**

(72) Inventeur: **Farine, Pierre-André**  
**2000 Neuchâtel (CH)**

(74) Mandataire: **Thérond, Gérard Raymond et al**  
**I C B**  
**Ingénieurs Conseils en Brevets SA**  
**Rue des Sors 7**  
**2074 Marin (CH)**

### (54) Micro-capteur inductif formé à plat sur un substrat

(57) Le micro-capteur inductif comprend sur un substrat (3) une micro-bobine (1) plane formée par des segments conducteurs longs  $S_i$  à rapport d'aspect élevé, chaque segment  $S_i$  étant disposé par rapport au segment suivant  $S_{i+1}$  selon une direction perpendiculaire

pour former une structure de type spirale à contour globalement rectangulaire ou carré. Il est caractérisé en ce que chaque segment long  $S_i$  est raccordé au segment long suivant  $S_{i+1}$  au moyen d'un segment court  $s_i$  formant avec les deux segments longs  $S_i$ ,  $S_{i+1}$  des angles  $\alpha$  et  $\alpha'$  supérieurs à  $90^\circ$ .

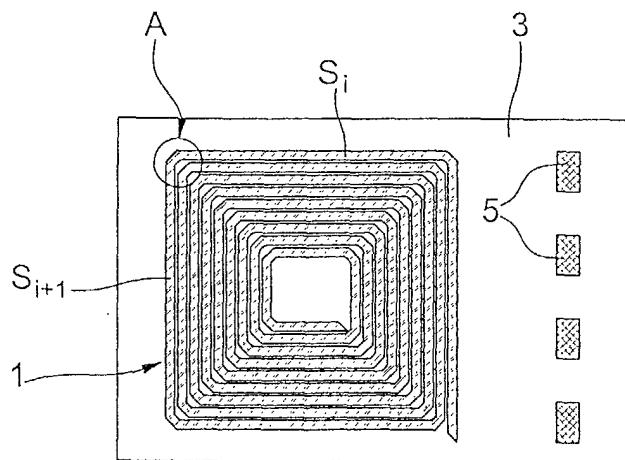


Fig.4

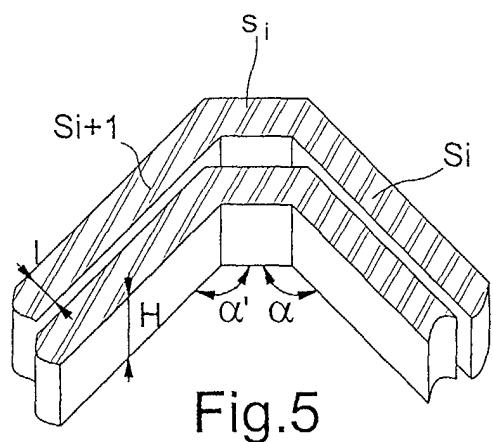


Fig.5

## Description

**[0001]** La présente invention a pour objet un micro-capteur inductif comprenant une micro-bobine formée à plat sur un substrat, et plus particulièrement un tel micro-capteur intégré à une plaque de circuit microélectronique d'un dispositif inductif de détection ou de mesure.

**[0002]** Des bobines d'induction de grande taille, réalisées par enroulement d'un fil conducteur sur un noyau ayant un diamètre de l'ordre de 30 à 50 mm sont utilisées depuis longtemps dans l'industrie, par exemple pour détecter la proximité d'objets métalliques ou leurs défauts d'aspect. Ces bobines ont d'abord servi de modèle pour passer à une échelle plus petite, avec un diamètre de l'ordre du millimètre. Cette miniaturisation permet d'utiliser ces bobines dans des microsystèmes, pour de très nombreuses applications, par exemple pour réaliser des capteurs inductifs de proximité pour le comptage de pièces, pour des dispositifs de sécurité, ou pour des asservissements tel que le contrôle angulaire d'un moteur pas à pas d'un mouvement horloger. Ces bobines à fil enroulé permettent d'avoir encore un signal suffisamment élevé, mais la bobine elle-même présente encore un encombrement qui est un inconvénient dans certains applications, en particulier dans le domaine horloger où il est de règle pour tous les composants du mouvement d'avoir une hauteur la plus faible possible et d'occuper la plus petite surface possible.

**[0003]** Pour pallier l'inconvénient ci-dessus, ces micro-bobines ont alors été réalisées sous forme plane par conformation d'un matériau conducteur sur un substrat selon les techniques connues pour la réalisation des pistes d'un circuit imprimé. Tout naturellement, la bobine a été formée par un enchaînement de segments conduisant à une structure de type spirale à contour rectangulaire ou carré. On observe alors une forte réduction de l'inductance. D'après les travaux publiés par Ph. A. Passeraub & col. ("Metallic profile and coin imaging using an inductive proximity sensor microsystem" Sensors and Actuators A, vol. 66 (1998), pp 225-230 et "First integrated inductive proximity sensor with on-chip CMOS read out circuit and electrodeposited 1mm flat coil" Sensors Series, Eurosensors XII, vol. 1, Institute of Physics Publishing, Southampton, United Kingdom, 1998, pp 575-578), on obtient une inductance de  $1,1\mu\text{H}$  ( $R_S = 2,5 \Omega$ ) avec une bobine à fil enroulé comportant 23 tours et une inductance de  $75\text{nH}$  ( $R_S = 6,2 \Omega$ ) avec une bobine plane carrée de 1mm de côté comportant un enroulement à 10 spires de  $10\mu\text{m}$  de haut et  $20\mu\text{m}$  de large. Pour compenser cette perte en inductance, divers agencements ont été proposés pour augmenter le nombre de spires d'une bobine plane sans augmenter la surface occupée sur un substrat. Dans une demande de brevet japonais publiée sous le N° JP 57050410, il est proposé de construire par sérigraphie ou électrodéposition deux enroulements du type précédent, de part et d'autre du substrat, ces deux enroulements étant in-

terconnectés à travers le substrat. Dans le brevet américain US 4,313,152, il est proposé d'avoir, d'un même côté du substrat, deux enroulements du type précédent superposés, imbriqués et séparés par un matériau isolant, c'est-à-dire des spires ici rectangulaires situées alternativement d'un côté et de l'autre du matériau isolant en ayant de multiples ponts d'interconnexion à travers le matériau isolant. De telles constructions sont à l'évidence complexes et se prêtent mal à une production de masse.

**[0004]** Avec les progrès réalisés dans la technique d'électrodéposition on a naturellement pensé à augmenter la hauteur des segments formant l'enroulement de type spirale carrée. Comme cela sera expliqué plus en détails dans la description qui suit les résultats obtenus ne sont pas totalement satisfaisants en raison du taux de rebut.

**[0005]** L'invention vise donc à pallier les inconvénients de l'art antérieur précité en procurant un micro-capteur ayant une bobine plane à enroulement de type spirale à contour rectangulaire ou carré, permettant d'avoir une inductance assez élevée, et pouvant être produite de façon simple avec un minimum de rebut.

**[0006]** A cet effet, l'invention a pour objet un micro-capteur inductif comprenant sur un substrat une micro-bobine plane formée par des segments conducteurs longs à rapport d'aspect élevé, chaque segment étant disposé par rapport au segment suivant selon une direction perpendiculaire pour former une structure de type spirale à contour globalement rectangulaire ou carré. La micro-bobine est caractérisée en ce que chaque segment long est raccordé au segment long suivant au moyen d'un segment court formant avec les deux segments longs des angles  $\alpha$  et  $\alpha'$  supérieurs à  $90^\circ$ .

**[0007]** L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description ci-après en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue de dessus d'un micro-capteur de l'art antérieur;
- la figure 2 est une représentation en perspective agrandie d'un angle du micro-capteur de la figure 1 selon un premier mode de réalisation;
- la figure 3 est une représentation en perspective agrandie d'un angle du micro-capteur de la figure 1 selon un deuxième mode de réalisation;
- la figure 4 est une vue de dessus d'un micro-capteur selon l'invention, et
- la figure 5 est une représentation en perspective agrandie d'un angle du micro-capteur de la figure 4.

**[0008]** Les figures 1 à 3 représentent un micro-capteur inductif de l'art antérieur permettant par exemple d'effectuer la détection angulaire d'un mobile dans un mouvement, comme cela est décrit par exemple dans le brevet européen EP 0 952 426. Le micro-capteur est constitué par une bobine plane 1 disposée sur la plaque 3 d'un circuit imprimé (non représenté) compor-

tant des plages de contact 5 permettant de transmettre des signaux, par exemple à une unité d'asservissement. La bobine plane 1 est formée par une enroulement de type spirale de segments  $S_i$  formant entre eux un angle droit ( $\alpha_0 = 90^\circ$ ). Dans l'exemple représenté, la bobine plane 1 comporte un enroulement de 10 "spires". Les segments  $S_i$  de cet enroulement sont réalisés par les techniques connues, telles que la sérigraphie ("screen printing") ou la photolithographie avec électrodéposition. Comme représenté à la figure 2, les segments ont un faible rapport d'aspect (quotient hauteur sur largeur inférieure à 1).

**[0009]** Avec un faible rapport d'aspect (par exemple  $H = 10\mu$  et  $I = 20\mu$ ) le raccordement à angle droit d'un segment à l'autre ne pose pas de problème particulier, par contre, comme indiqué en préambule, on observe une forte réduction de l'inductance par rapport à une micro-bobine qui aurait sensiblement la même surface de base mais comporterait un plus grand nombre de spires.

**[0010]** Pour diminuer la résistance, et donc accroître la sensibilité du micro-capteur sans augmenter la surface occupée par la micro-bobine et sans faire appel aux solutions complexes évoquées en préambule, on peut songer à augmenter la section des segments  $S_i$ , c'est-à-dire en fait leur hauteur  $H$ , comme représenté à la figure 3. L'avantage obtenu au niveau de l'inductance a comme contrepartie l'inconvénient de devoir écarter des lots de fabrication un pourcentage assez élevé de bobines défectueuses (évalué à 20 %), ce qui est économiquement désavantageux, et ce qui l'est encore plus lorsque lesdites bobines sont construites directement sur un circuit intégré. En effet, lorsque le rapport d'aspect est élevé ( $H/I > 1$ ) et que des segments sont raccordés en formant un angle  $\leq 90^\circ$  il se produit fréquemment des fissures 7 au niveau du raccordement.

**[0011]** En se reportant maintenant aux figures 4 et 5, on voit que les inconvénients ci-dessus sont réduits, voire éliminés en "cassant" les angles de raccordement des grands segments  $S_i$  par de petits segments  $s_i$ . Ainsi, l'angle  $\alpha$  formé entre un grand segment  $S_i$  et un petit segment  $s_i$ ; et l'angle  $\alpha'$  formé par le petit segment  $s_i$  et un grand segment  $S_{i+1}$  suivant est supérieur à  $90^\circ$ . L'enroulement étant de préférence régulier, l'angle  $\alpha$  est de préférence égal à  $\alpha'$ , c'est-à-dire  $135^\circ$  pour toutes les zones de raccordement des grands segments  $S_i$ .

**[0012]** Cette construction réduit évidemment légèrement la longueur de l'enroulement mais a une influence a peu près négligeable sur la diminution de l'inductance. A titre d'exemple, avec une micro-bobine plane carrée de 1mm de côté, construite selon l'art antérieur correspondant aux figures 1 et 3, comportant 10 "spires" avec des segments en or de  $20\mu\text{m}$  de largeur et  $30\mu\text{m}$  de hauteur on a une inductance de  $75\text{ nH}$  et une résistance totale de  $6,2\Omega$ . En construisant une micro-bobine ayant les mêmes caractéristiques que ci-dessus, mais en "cassant" les angles avec des petits segments de  $50\mu\text{m}$  de longueur. On n'a pas observé de variation significative de l'inductance.

**[0013]** Les segments  $S_i$  et  $s_i$  peuvent être réalisés par les techniques connues de photolithographie et d'électrodéposition. Ils peuvent également, et de préférence être réalisés par la technique de "bumping" consistant à déposer une couche supplémentaire d'or à la surface du circuit intégré, en particulier au dessus des zones des plages de contact, éventuellement au dessus de la dernière couche d'isolation. Cette technique permet, grâce à l'excellente conductibilité de l'or d'obtenir une interconnectivité optimale, ainsi que des valeurs de résistance extrêmement faibles pour les structures réalisées sur la couche d'isolation du circuit intégré.

## 15 Revendications

1. Micro-capteur inductif comprenant sur un substrat (3) une micro-bobine (1) plane formée par des segments conducteurs longs  $S_i$ ; à rapport d'aspect élevé, chaque segment  $S_i$  étant disposé par rapport au segment suivant  $S_{i+1}$  selon une direction perpendiculaire pour former une structure de type spirale à contour globalement rectangulaire ou carré, **caractérisé en ce que** chaque segment long  $S_i$  est raccordé au segment long suivant  $S_{i+1}$  au moyen d'un segment court  $s_i$  formant avec les deux segments longs  $S_i$ ,  $S_{i+1}$  des angles  $\alpha$  et  $\alpha'$  supérieurs à  $90^\circ$ .
2. Micro-capteur inductif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les angles  $\alpha$  et  $\alpha'$  sont tous les deux égaux à  $135^\circ$ .
3. Micro-capteur inductif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le substrat (3) est confondu avec la plaquette d'un circuit imprimé.
4. Micro-capteur inductif selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** les segments  $S_i$ ,  $s_i$  de la micro-bobine (1) sont formés en même temps que les pistes du circuit imprimé par la technologie de bumping.

45

50

55

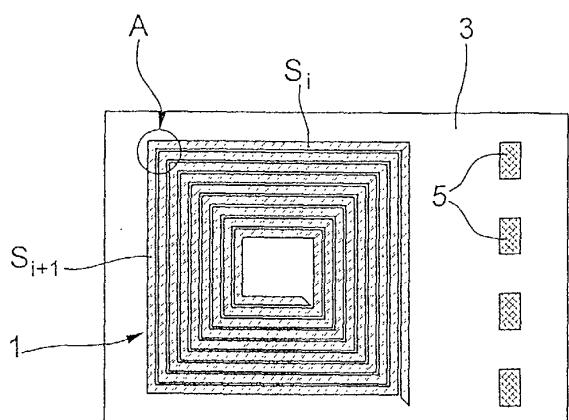


Fig.1

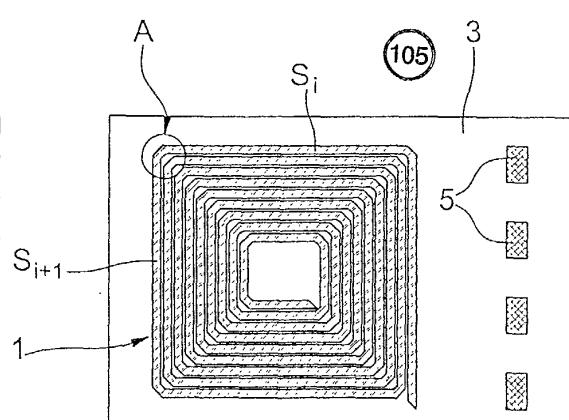


Fig.4

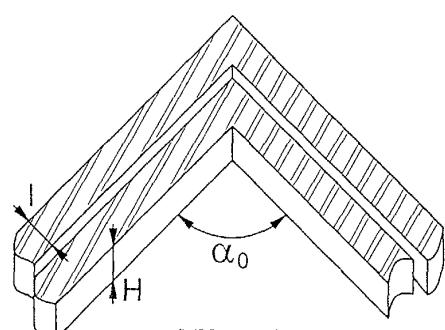


Fig.2

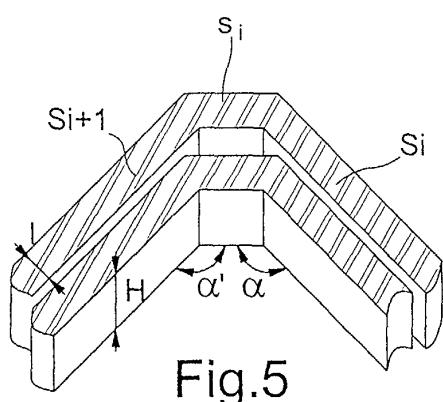


Fig.5

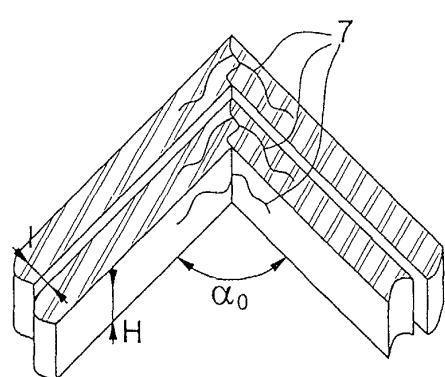


Fig.3



Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 01 20 4214

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)		
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée			
X	DE 42 05 084 A (KARL HARMS HANDELS GMBH & CO K) 2 septembre 1993 (1993-09-02) * abrégé * * colonne 2, ligne 53 - colonne 3, ligne 22; figures * ----	1,2	H01F5/00		
A	DE 37 21 759 A (CEAG LICHT & STROM) 12 janvier 1989 (1989-01-12) * revendication 1; figure 3 * ----	1-3			
A	DE 197 31 969 A (SIEMENS AG) 27 août 1998 (1998-08-27) * colonne 3, ligne 38 - ligne 55; figures * ----	1			
D, A	PASSERAUB P A ET AL: "First integrated inductive proximity sensor with on-chip CMOS readout circuit and electrodeposited 1 mm flat coil" SENSORS AND ACTUATORS A, ELSEVIER SEQUOIA S.A., LAUSANNE, CH, vol. 76, no. 1-3, 30 août 1999 (1999-08-30), pages 273-278, XP004184448 ISSN: 0924-4247 * abrégé; figure 1 * -----	1,3	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7) H01F		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications					
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur			
LA HAYE	20 février 2002	Marti Almeda, R			
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES	T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant				
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non écrite P : document intercalaire					

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 01 20 4214

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

20-02-2002

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 4205084	A	02-09-1993	DE	4205084 A1	02-09-1993
DE 3721759	A	12-01-1989	DE	3721759 A1	12-01-1989
DE 19731969	A	27-08-1998	DE	19731969 A1	27-08-1998