



(11) **EP 1 916 675 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
30.04.2008 Bulletin 2008/18

(51) Int Cl.:
H01F 17/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **07354055.1**

(22) Date de dépôt: **05.10.2007**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR
Etats d'extension désignés:
AL BA HR MK RS

• **Centre National de la Recherche Scientifique**
75794 Paris Cedex 16 (FR)

(72) Inventeurs:
• **Orlando, Bastien**
13170 Les Pennes Mirabeau (FR)
• **Viala, Bernard**
38360 Sassenage (FR)

(30) Priorité: **23.10.2006 FR 0609274**

(71) Demandeurs:
• **Commissariat à l'Energie Atomique**
75015 Paris (FR)
• **STMicroelectronics SA**
92120 Montrouge (FR)

(74) Mandataire: **Hecké, Gérard et al**
Cabinet Hecké
World Trade Center - Europole
5, Place Robert Schuman
BP 1537
38025 Grenoble Cedex 1 (FR)

(54) **Bobinage comportant plusieurs branches de bobinage et micro-inductance comportant l'un des bobinages**

(57) Le bobinage comporte une pluralité de spires (1) disjointes, chaque spire (1) comportant une section plane inférieure (4) rectangulaire dans un plan inférieur et une section plane supérieure (5) rectangulaire dans un plan supérieur et deux sections montantes (12a, 12b, 13). Les spires (1) remplissent la quasi-totalité de la surface enveloppe du bobinage, un écart (2) d'isolement minimum séparant les spires (1) adjacentes. Les sections supérieure (5) et inférieure (4) correspondant à une même spire sont alignées l'une par rapport à l'autre et ont une largeur supérieure à la largeur des sections montantes (12) correspondantes. Les spires constituent une pluralité de branches de bobinage sensiblement parallèles, des sections montantes (12a, 12b) de deux branches adjacentes disposées entre les deux branches adjacentes étant disposées en alternance dans un plan unique.

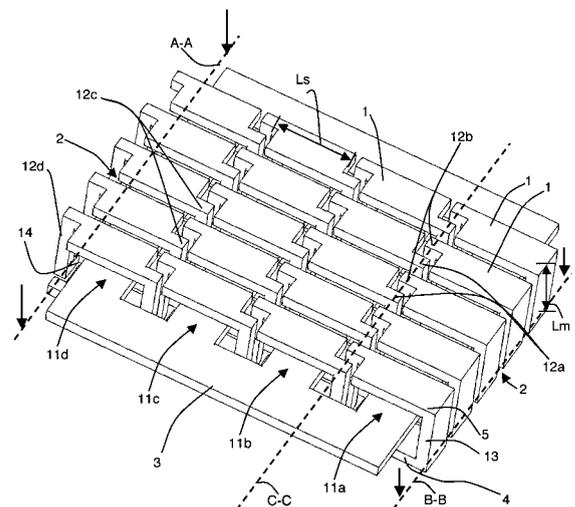


Figure 1

EP 1 916 675 A1

Description

Domaine technique de l'invention

[0001] L'invention est relative à un bobinage comportant une pluralité de spires disjointes constituant une pluralité de branches de bobinage sensiblement parallèles, chaque spire comportant une section plane inférieure rectangulaire dans un plan inférieur, une section plane supérieure rectangulaire dans un plan supérieur et deux sections montantes, les sections montantes de deux branches adjacentes disposées entre les deux branches adjacentes étant disposées en alternance dans un plan unique.

État de la technique

[0002] L'invention s'inscrit dans la thématique des micro-inductances intégrées pour des applications en électronique de puissance. Elle peut, d'une manière plus générale, s'appliquer à tous les systèmes inductifs intégrés ou non (inductances, transformateurs, têtes d'enregistrement magnétique, actionneurs, capteurs, etc...) nécessitant une haute densité de puissance électrique.

[0003] Il existe depuis de nombreuses années des micro-inductances de divers types. Cependant, les composants discrets restent très majoritairement utilisés dans des applications utilisant de fortes densités de puissance car seuls ces derniers permettent d'utiliser des fils de bobinage très épais permettant d'atteindre de très faibles niveaux de résistance électrique. La plupart des micro-inductances utilisées sur le marché sont des composants discrets fabriqués par des procédés micromécaniques de micro usinage, collage, micro-enroulement, etc... Ces procédés sont lourds à mettre en oeuvre, à traitement individuel, peu flexibles en termes de conception et limitent grandement la miniaturisation des circuits de puissance. En particulier, l'épaisseur des micro-inductances discrètes (typiquement supérieur à 0.5 mm) ne permet pas une mise en boîtier appropriée aux circuits d'alimentation utilisés actuellement pour la téléphonie mobile, par exemple.

[0004] Les techniques de fabrications utilisées en microélectronique permettent une flexibilité bien plus grande au niveau de la mise en oeuvre de conceptions différentes, assurent un traitement collectif et sont compatibles avec l'idée de miniaturisation car l'épaisseur (substrat compris) peut facilement être inférieure à 300 μm . Cependant, elles sont mal adaptées au dépôt de fortes épaisseurs (supérieures à 10 μm) de matériaux conducteurs, magnétiques ou diélectriques et à leur gravure après photolithographie.

[0005] Pour les composants intégrés, on se heurte à des contraintes de réalisation technologique. En effet, des dépôts de couches conductrices ayant une épaisseur supérieure à 100 micromètres ne sont pour l'instant pas envisageable dans un procédé industriel standard.

[0006] Des micro-inductances de type solénoïde tori-

que présentent un bon compromis entre pertes et niveau d'inductance car elles s'approchent du cas idéal du solénoïde infini.

[0007] L'article « Numerical Inductor Optimization » de A. von der Weth et al. (Trans. Magn. Soc. Japan, Vol. 2, No.5, pp.361-366, 2002) décrit une micro-inductance avec un circuit magnétique ouvert composé d'une pluralité de noyaux parallélépipédiques. Une pluralité de spires disjointes constitue un bobinage autour des branches du noyau magnétique. Chaque spire comporte une section plane inférieure dans un plan inférieur, une section plane supérieure dans un plan supérieur et deux sections planes montantes.

[0008] Les sections montantes de deux branches adjacentes disposées entre les deux branches adjacentes sont disposées en alternance dans un plan unique, ce qui permet d'obtenir un faible espacement entre deux branches adjacentes. La compacité du dispositif peut ainsi être augmentée. Pour ces dispositifs, on cherche à augmenter le niveau d'inductance et à minimiser les pertes.

Objet de l'invention

[0009] L'objet de l'invention consiste à améliorer les performances d'une micro-inductance, tout en augmentant la compacité de la micro-inductance.

[0010] Selon l'invention, ce but est atteint par un bobinage selon les revendications annexées et plus particulièrement par le fait que les sections supérieure et inférieure correspondant à une même spire étant alignées l'une par rapport à l'autre et ayant une largeur supérieure à la largeur des sections montantes correspondantes disposées entre deux branches de bobinage adjacentes, les spires remplissent la quasi-totalité de la surface enveloppe du bobinage, un écart d'isolement minimum séparant les spires adjacentes.

Description sommaire des dessins

[0011] D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés aux dessins annexés, dans lesquels :

- les figures 1 à 3 représentent un mode de réalisation particulier de l'invention, respectivement en vue de perspective, en vue de dessus et en coupe vue de dessous selon le plan défini par les deux axes A-A et B-B de la figure 2,
- la figure 4 représente, en vue de perspective, un autre mode de réalisation particulier de l'invention.

Description d'un mode préférentiel de l'invention

[0012] Les différents types de bobinage décrits ci-dessous peuvent être réalisés sans nécessairement utiliser

un noyau magnétique. De préférence, cependant, le bobinage enveloppe un noyau magnétique.

[0013] Le bobinage représentée aux figures 1 à 3 comporte une pluralité de spires 1 espacées les unes des autres par un écart 2 d'isolement minimum séparant les spires 1 adjacentes. L'écart 2 d'isolement est fixé par les contraintes de réalisation technologique et le comportement électromagnétique souhaité. Les spires 1 constituent un bobinage autour d'un noyau magnétique 3 comportant quatre branches parallèles 11 (11a, 11b, 11c, 11d). On pourrait également envisager le même bobinage sans noyau magnétique ou avec un noyau ouvert. La pluralité de spires 1 disjointes constituent un bobinage autour des branches 11 sensiblement parallèles du noyau magnétique 3. Lorsque ce bobinage est utilisé sans noyau magnétique, les spires 1 disjointes constituent une pluralité de branches de bobinage sensiblement parallèles.

[0014] Chaque spire 1 comporte une section plane inférieure 4 dans un plan inférieur, une section plane supérieure 5 dans un plan supérieur et deux sections planes montantes 12 et 13. Il est à noter que ces quatre éléments (la section plane inférieure 4, la section plane supérieure 5 et les deux sections planes montantes 12 et 13) ne sont pas reliés entre eux de façon à former une boucle comme, par exemple, dans le cas d'un bobinage solénoïde classique. En effet, les sections planes 4 et 5 peuvent appartenir à des conducteurs électriques distincts, chaque conducteur électrique passant du plan inférieur pour une branche prédéterminée au plan supérieur pour une branche adjacente et inversement. Les spires 1 remplissent la quasi-totalité de la surface enveloppe du bobinage, à l'écart 2 d'isolement minimum près.

[0015] On entend par surface enveloppe du bobinage une surface continue délimitée par le bobinage et reliant les spires adjacentes entre elles. La surface enveloppe du bobinage inclut ainsi les spires 1 et les écarts 2 d'isolement. Cette surface enveloppe du bobinage doit être remplie au maximum par les spires 1, l'écart 2 d'isolement servant uniquement à assurer l'isolation électrique entre les spires 1. Les écarts 2 d'isolement peuvent, par ailleurs être remplis par un matériau isolant.

[0016] Ainsi, sur la figure 1, les spires constituent une enveloppe quasi-totale des branches du noyau magnétique 3. Contrairement aux dispositifs de l'art antérieur, la micro-inductance utilise toute la place potentiellement disponible pour le bobinage et ne laisse pas d'espace inutilisé. La micro-inductance a ainsi une résistance plus faible pour un encombrement prédéterminé.

[0017] L'épaisseur du bobinage est un compromis entre la facilité de réalisation et le niveau de résistance désiré.

[0018] Les sections montantes 12a et 12b de deux branches adjacentes 11a et 11b disposées entre les deux branches adjacentes 11a et 11b, sont disposées en alternance (12a, 12b, 12a, 12b,...) dans un plan unique. Dans le mode de réalisation particulier représenté à la figure 1, ce plan unique est perpendiculaire au plan

du noyau magnétique 3 et passe par l'axe C-C qui passe par les sections montantes 12a et 12b. Les spires 1 constituent une enveloppe quasi-totale des branches 11 du noyau magnétique, un écart 2 d'isolement minimum séparant les spires 1 adjacentes.

[0019] Ainsi, les spires 1 remplissent la quasi-totalité de la surface enveloppe du bobinage, le bobinage étant constitué par plusieurs branches de bobinage, avec ou sans noyau magnétique.

[0020] Les sections supérieure 5 et inférieure 4 représentent, compte tenu de leur dimensions, l'essentiel de la surface des spires. Ainsi, tandis que la longueur L_m (figure 1) des sections montantes 12 est, par exemple, de l'ordre de 20 microns, la longueur L_s des sections inférieures 4 et supérieures 5 est, par exemple, de l'ordre de plusieurs centaines de microns. Les sections supérieure 5 et inférieure 4 ont, de préférence, une forme sensiblement rectangulaire (voire figures 1 à 4), à laquelle s'ajoute des raccords aux sections montantes 12. La section supérieure 5 a avantageusement les mêmes dimensions et, de préférence, la même forme que la section inférieure 4 correspondant à la même spire 1 et elles sont, de préférence, alignées l'une par rapport à l'autre. Ainsi, elles se superposent complètement, c'est-à-dire leurs projections dans un plan parallèle aux sections supérieure 4 et inférieure 5 sont les mêmes.

[0021] Sur les figures 1-3, les sections supérieure 4 et inférieure 5 ont une largeur supérieure à la largeur des sections montantes 12a et 12b correspondantes disposées entre deux branches adjacentes 11a et 11b. La largeur des sections montantes 12a et 12b disposées entre deux branches adjacentes 11a et 11b est, de préférence, inférieure à la moitié de la largeur des sections supérieure 4 et inférieure 5 afin de permettre l'enchevêtrement des spires au niveau des croisements entre les spires. Ainsi, les sections supérieure 5 et inférieure 4 ont une largeur supérieure à la somme des largeurs des sections montantes 12 correspondantes disposées entre deux branches de bobinage adjacentes. Avantageusement, les sections montantes 12a et 12b ont la même surface.

[0022] Les sections montantes 13 disposées à l'extérieur d'une branche extérieure 11a de la micro-inductance peuvent présenter la même largeur que les sections supérieure 4 et inférieure 5 des spires 1 correspondantes de la même branche 11a.

[0023] Sur les figures 1-3, les sections supérieure 4 et inférieure 5 de chaque spire 1 correspondant à la branche 11a (à droite sur la figure 1) sont reliées par les sections montantes 13 disposées à l'extérieur. Les sections supérieure 4 et inférieure 5 de chaque spire 1 correspondant à la branche 11d à l'autre extrémité (à gauche sur la figure 1) du noyau 3 sont reliées par les sections montantes 12c disposées entre les branches 11c et 11d adjacentes. Deux spires adjacentes correspondant à la branche 11d à l'extrémité du noyau 3 (représentée à gauche sur la figure 1) sont reliées par une section montante 12d disposée à l'extérieur et une section de connexion 14 disposée dans le plan inférieur correspondant aux

sections inférieures 4.

[0024] Le dimensionnement de ce bobinage peut se faire de la manière suivante illustrée à la figure 2. On définit la longueur C du noyau magnétique. On considèrera que toutes les branches du noyau sont de même largeur WMAG. Les contraintes technologiques et électriques fixent les dimensions V des sections montantes 12, la distance inter-spire INT et l'espacement M entre le bobinage et le circuit magnétique. Il est à noter que la figure 2 n'est pas à l'échelle et que l'espacement M est, ainsi, variable sur la figure 2. La distance inter-spire INT entre deux spires adjacentes correspond à l'écart 2 d'isolement minimum. L'espacement entre les branches I doit au moins être $I=V+2*M$. Le bobinage peut alors être entièrement défini. Le nombre de spires par branche N (cinq sur la figure 2) est déterminé par le niveau d'inductance désiré. La largeur WMAX des sections supérieure 5 et inférieure 4 est calculée selon la formule $WMAX=(C-2*WMAG-(N-1)*INT-2M)/N$. La largeur WMIN des sections montantes 12 est calculée selon la formule $WMIN=(WMAX-INT)/2$. L'épaisseur de matériau conducteur est finalement fixée comme un compromis entre la facilité de réalisation et le niveau de résistance souhaité.

[0025] Sur la figure 4 est illustré une micro-inductance avec un noyau magnétique fermé 3 sensiblement annulaire dont seulement deux branches parallèles 11 sont couvertes d'un bobinage constituant une enveloppe quasi-totale des deux branches 11. Le même type de bobinage que celui précédemment décrit peut être utilisé.

[0026] Le mode de réalisation particulier permet d'améliorer les performances des systèmes inductifs et notamment d'augmenter l'inductance de la micro-inductance et la compacité du bobinage.

[0027] Dans le mode de réalisation particulier décrit, les spires constituent une enveloppe quasi-complète du noyau magnétique sur les branches parallèles entières du noyau multi-branche. Seuls les écarts 2 d'isolement minimum séparent les sections planes inférieures 4 de deux spires adjacentes, les sections planes supérieures 5 de deux spires adjacentes et deux sections montantes adjacentes. L'écart 2 d'isolement minimum dépend de la technologie de fabrication utilisée et des contraintes électromagnétiques. L'écart entre spires ne dépasse pas l'écart 2 d'isolement minimum.

[0028] Pour les composants intégrés utilisant des techniques de micro-fabrication classiques, les deux variantes ne présentent aucune difficulté de fabrication additionnelle par rapport aux systèmes conventionnels préexistants. Par exemple, les sections 5 supérieures et inférieures 4 peuvent respectivement être gravées dans des couches conductrices.

comportant une section plane inférieure (4) rectangulaire dans un plan inférieur, une section plane supérieure (5) rectangulaire dans un plan supérieur et deux sections montantes (12a, 12b, 13), les sections montantes (12a, 12b) de deux branches adjacentes disposées entre les deux branches adjacentes étant disposées en alternance dans un plan unique, bobinage **caractérisé en ce que** les sections supérieure (5) et inférieure (4) correspondant à une même spire étant alignées l'une par rapport à l'autre et ayant une largeur supérieure à la largeur des sections montantes (12) correspondantes disposées entre deux branches de bobinage adjacentes les spires (1) remplissent la quasi-totalité de la surface enveloppe du bobinage, un écart (2) d'isolement minimum séparant les spires (1) adjacentes.

2. Bobinage selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les sections supérieure (5) et inférieure (4) correspondant à une même spire ont la même forme.
3. Bobinage selon l'une des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce que** les sections supérieure (5) et inférieure (4) ont une largeur supérieure à la somme des largeurs des sections montantes (12) correspondantes disposées entre deux branches de bobinage adjacentes.
4. Bobinage selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** les sections montantes (13) disposées à l'extérieur d'une branche de bobinage extérieure du bobinage présentent la même largeur que les sections supérieure (5) et inférieure (4) des spires correspondantes.
5. Micro-inductance, **caractérisée en ce qu'elle** comporte un bobinage selon l'une quelconque des revendications 1 à 4.
6. Micro-inductance selon la revendication 5, **caractérisée en ce qu'elle** comporte un noyau magnétique enveloppé par le bobinage.

Revendications

1. Bobinage comportant une pluralité de spires (1) disjointes constituant une pluralité de branches de bobinage sensiblement parallèles, chaque spire (1)

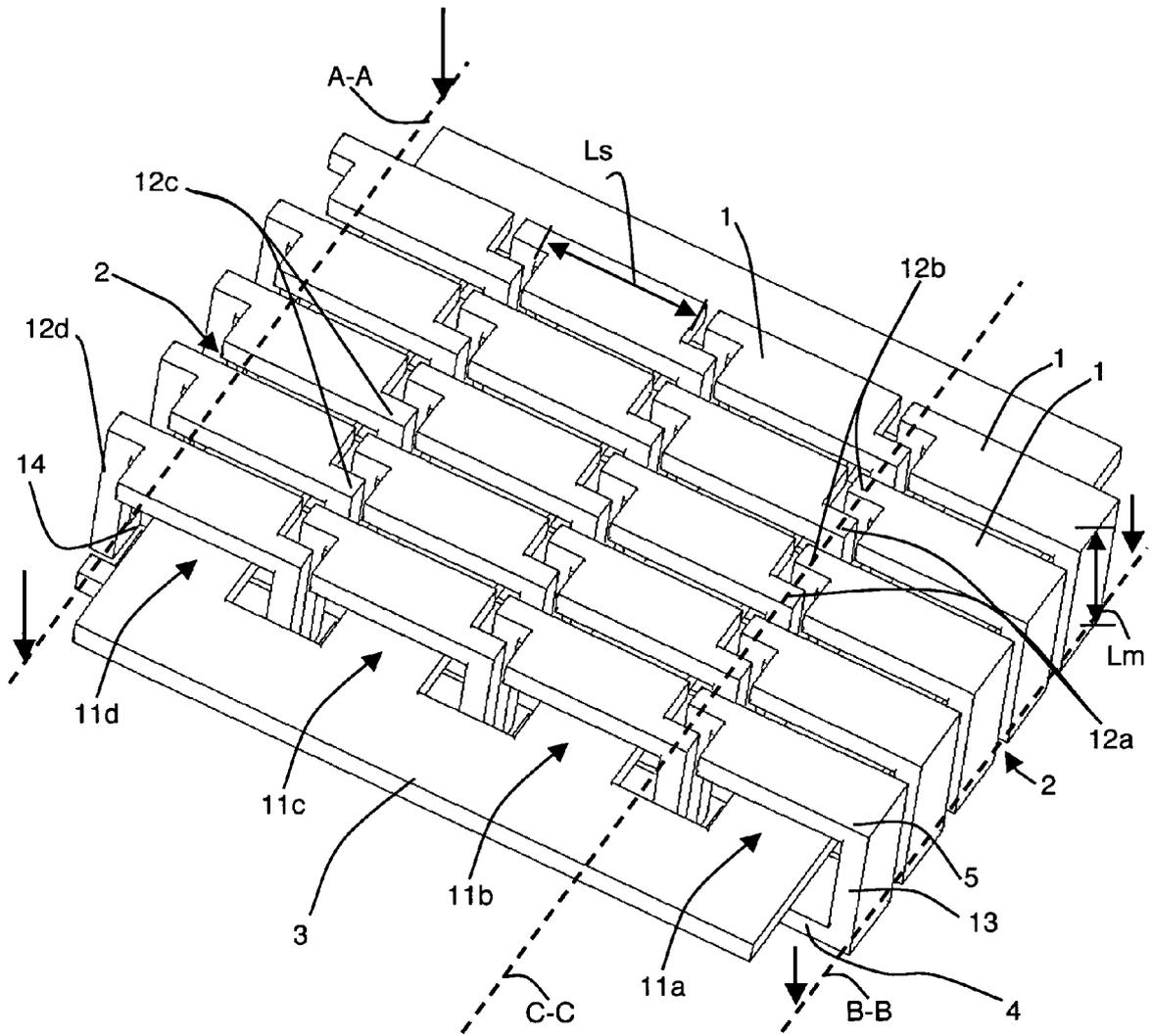


Figure 1

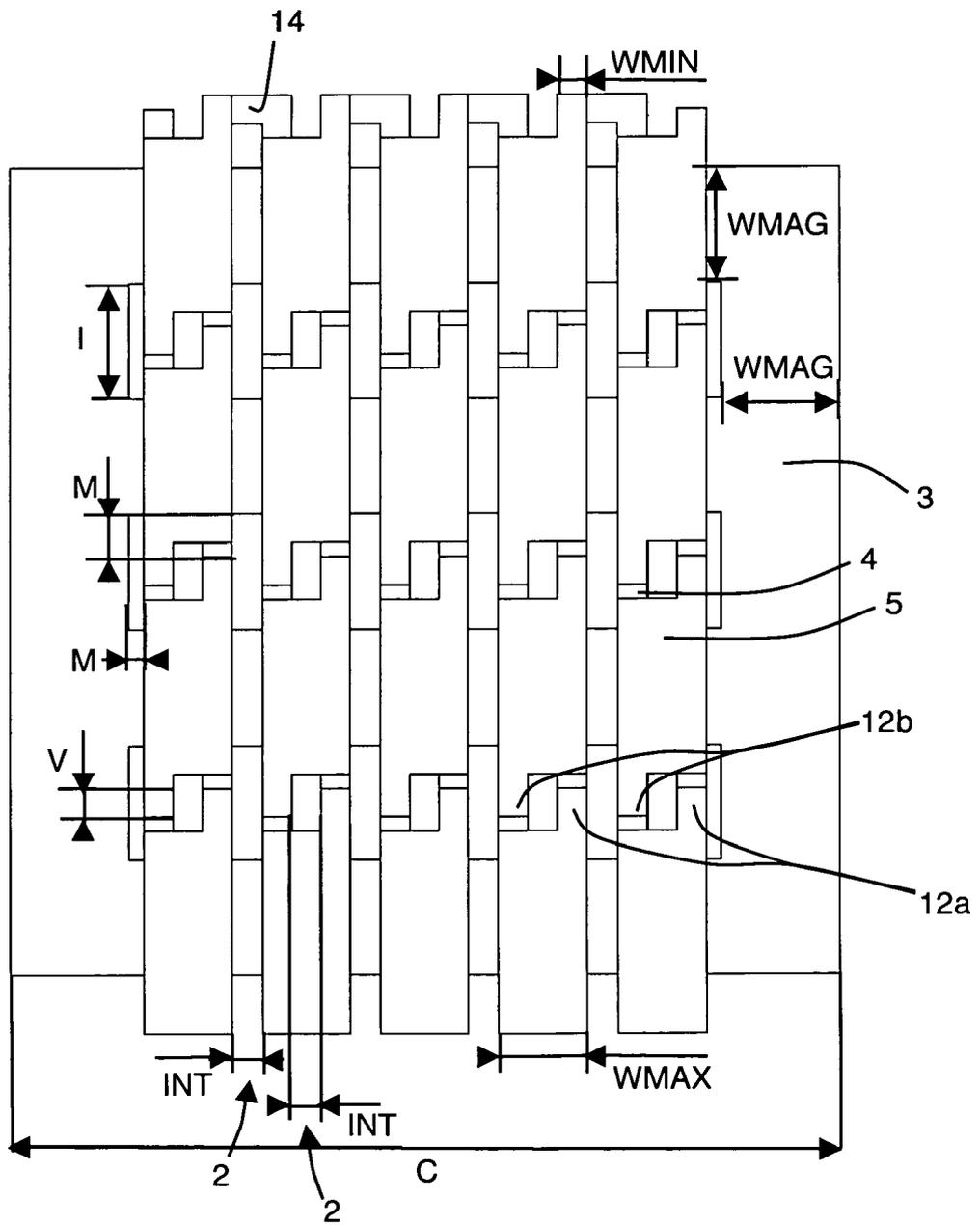


Figure 2

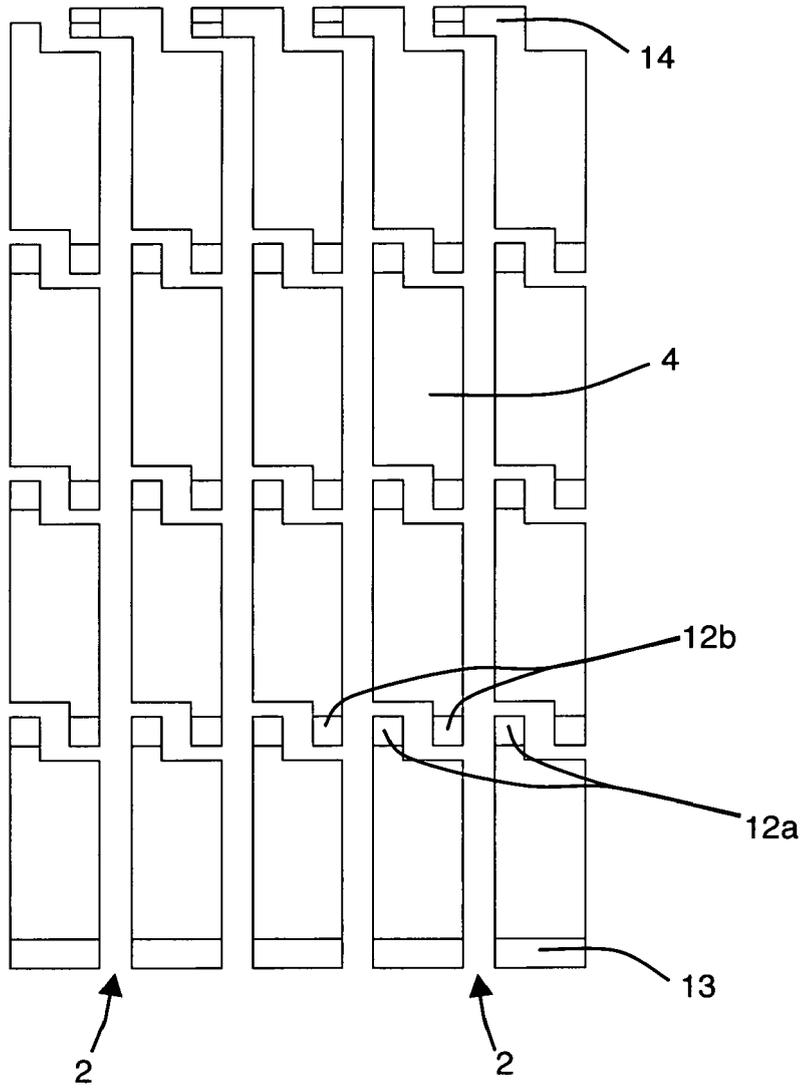


Figure 3

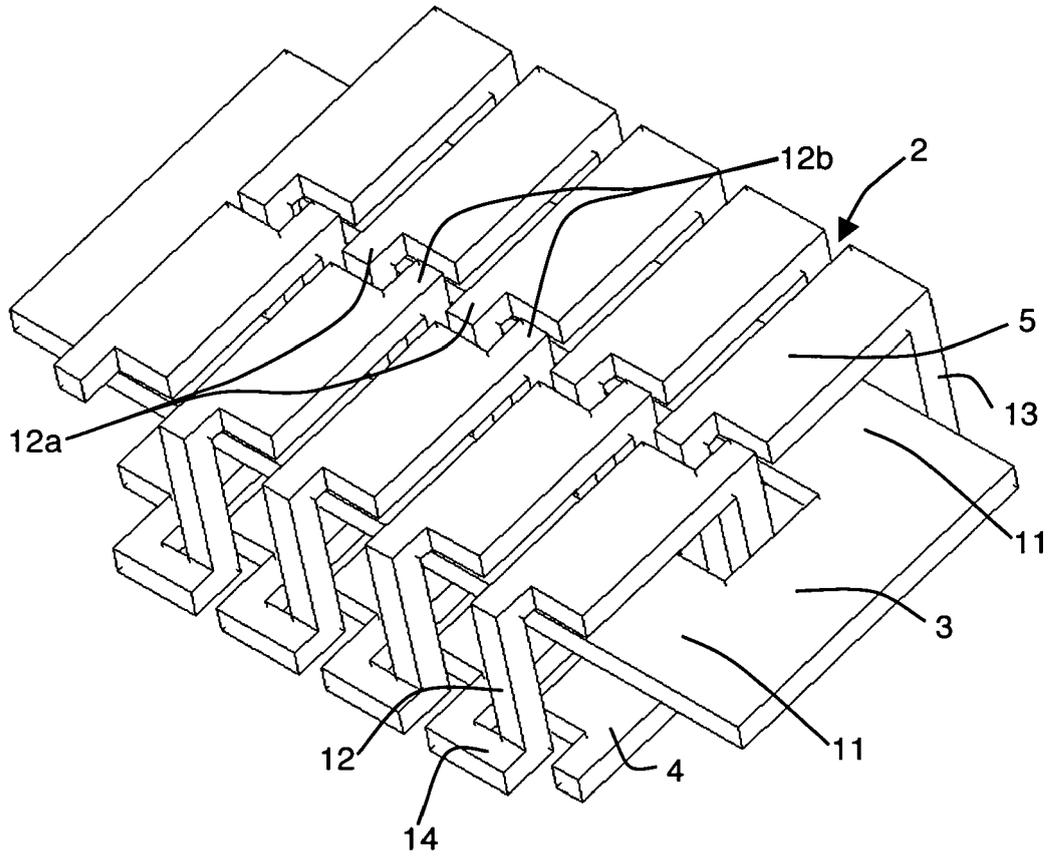


Figure 4



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
Y,D	WETH AXEL VON DER: "NUMERICAL INDUCTOR OPTIMIZATION" TRANSACTIONS OF THE MAGNETICS SOCIETY OF JAPAN, MAGNETICS SOCIETY OF JAPAN, TOKYO, JP, vol. 2, 1 décembre 2002 (2002-12-01), pages 361-366, XP008076549 ISSN: 1346-7948 * le document en entier * -----	1-6	INV. H01F17/00
Y	DE 101 04 648 A1 (KARLSRUHE FORSCHZENT [DE]) 31 janvier 2002 (2002-01-31) * le document en entier * -----	1-6	
Y	JP 05 198440 A (AMORPHOUS DENSHI DEVICE KENKYU) 6 août 1993 (1993-08-06) * figures 1-6 * -----	1-6	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H01F
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		23 janvier 2008	Teske, Ekkehard
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
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		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	

4

EPO FORM 1503 03 82 (P04C02)

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

EP 07 35 4055

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.

23-01-2008

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 10104648	A1	31-01-2002	AUCUN	

JP 5198440	A	06-08-1993	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Littérature non-brevet citée dans la description

- **A. VON DER WETH et al.** Numerical Inductor Optimization. *Trans. Magn. Soc. Japan*, 2002, vol. 2 (5), 361-366 [0007]