

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 764 955 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:

26.03.1997 Bulletin 1997/13

(51) Int Cl.⁶: **H01F 1/37**

(21) Numéro de dépôt: **96401962.4**

(22) Date de dépôt: **13.09.1996**

(84) Etats contractants désignés:
AT DE FR GB NL

(30) Priorité: **19.09.1995 FR 9510952**

(71) Demandeur: **THOMSON-CSF**
75008 Paris (FR)

(72) Inventeurs:

- **Delvinquier, Jean-Pierre**
92402 Courbevoie Cedex (FR)

- **Lebourgeois, Richard**
92402 Courbevoie Cedex (FR)
- **Pate, Michel**
92402 Courbevoie Cedex (FR)
- **Rohart, Claude**
92402 Courbevoie Cedex (FR)

(74) Mandataire: **Simonnet, Christine**
THOMSON-CSF-S.C.P.I.,
13, Avenue du Président
Salvador Allende
94117 Arcueil Cédex (FR)

(54) **Matériau magnétique composite à perméabilité et pertes réduites**

(57) L'invention concerne un matériau magnétique composite présentant des pertes et une perméabilité réduites lorsqu'il est soumis à un champ magnétique à des fréquences inférieures à environ 100 MHz.

Il comporte des particules magnétiques en forme de plaquettes (5) dispersées dans un liant (6) diélectri-

que. Les plaquettes en céramique magnétique polycristalline sont orientées de manière à ce que leurs faces principales soient sensiblement parallèles au champ magnétique.

Application notamment aux noyaux d'inductances ou de transformateurs.

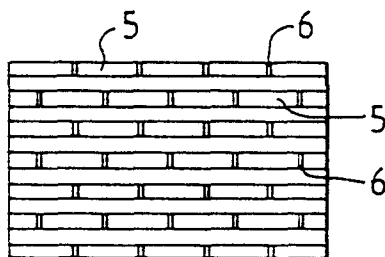


FIG.3b

EP 0 764 955 A1

Description

La présente invention concerne un matériau magnétique composite à perméabilité et pertes réduites à des fréquences inférieures à environ 100 MHz.

Le matériau est destiné à réaliser notamment des noyaux d'inductances ou de transformateurs.

Les développements des systèmes électroniques cherchent à miniaturiser les sources d'alimentation. Le passage des régulateurs à structure linéaire aux convertisseurs à découpage a constitué un pas décisif pour la diminution de l'encombrement et l'amélioration des performances des sources d'alimentation. La fréquence de découpage n'a cessé d'augmenter dans le but de poursuivre la miniaturisation. Les convertisseurs actuels atteignent et même dépassent un mégahertz. Les architectures d'inductances de faibles valeurs (quelques micro-Henry) devraient présenter des pertes totales (pertes du conducteur et du circuit magnétique) faibles sous forte induction et une faible perméabilité (inférieure à environ 200).

Les matériaux magnétiques à perméabilité réduite actuellement disponibles sur le marché présentent sous forte induction (supérieure à environ 10 mT) des pertes très élevées qui font qu'aujourd'hui les composants magnétiques sont les composants les plus encombrants des convertisseurs. Pour les matériaux magnétiques existants la faible perméabilité et les faibles pertes à haute fréquence sont des caractéristiques contradictoires.

Une inductance de quelques micro-Henry comportera quelques spires ou un noyau à faible perméabilité.

Un faible nombre de spires porté à une différence de potentiel élevée génère une induction magnétique élevée dans le noyau. Comme les pertes dans le noyau sont au moins proportionnelles au carré de l'induction, elles croissent très vite lorsque le nombre de spires décroît. Pour obtenir des pertes réduites, il faut un grand nombre de spires ce qui impose un noyau à faible perméabilité.

Il existe des inductances à air, à noyau amagnétique. Leur perméabilité est égale à un et les pertes dans le noyau sont nulles. Leur encombrement est important à cause de la perméabilité égale à un du noyau amagnétique. Les pertes "cuivre" dissipées par le bobinage sont importantes. Les perturbations électromagnétiques générées sont gênantes pour le voisinage et difficiles à éliminer.

Il existe des inductances à noyau magnétique en ferrite massif de type spinelle à entrefer localisé à air. Le ferrite malgré ses pertes de l'ordre du centième ou du dixième de W/cm^3 , selon l'induction et la fréquence, présente des perméabilités proche de 1000 ce qui est beaucoup trop élevé pour l'application des convertisseurs. Les ferrites à faible perméabilité comme le ferrite de nickel qui présente une perméabilité égale à 10 ont des pertes trop élevées pour l'application des convertisseurs.

Il existe aussi des inductances à noyau magnétique composite à entrefer réparti. Ces matériaux sont constitués d'alliages ferromagnétiques en poudre dispersée dans un liant diélectrique. Les pertes par rayonnement sont diminuées par rapport aux noyaux à entrefer localisé. Il y a essentiellement deux catégories de poudres : les poudres de fer et de fer-carbonyl dont la perméabilité va de 5 à 250 environ et les poudres à base d'alliages de fer-nickel dont la perméabilité va de 14 à 550 environ.

Les pertes dans ces matériaux sont 15 à 20 fois plus fortes que celles des ferrites de puissance massifs dans les mêmes conditions de fréquence, d'induction et de température.

Par exemple, les meilleurs matériaux magnétiques composites du marché ont les caractéristiques suivantes (données catalogue fournisseur) pour des échantillons toriques de diamètre moyen égal à 10 mm, à température ambiante, pour une induction de 30 mT à 1 MHz :

- . fer-carbonyl : pertes supérieures à $1,5 \text{ W/cm}^3$
- . fer-nickel : pertes supérieures à 2 W/cm^3

La présente invention propose un matériau magnétique composite qui, lorsqu'il est soumis à un champ magnétique, présente à la fois des pertes et une perméabilité réduites pour des fréquences inférieures à environ 100 MHz.

Ce matériau magnétique composite présente des pertes environ trois à cinq fois plus faibles que celles des matériaux magnétiques composites disponibles sur le marché et une perméabilité environ 10 à 100 fois plus faible que les ferrites de type spinelle, à des fréquences inférieures à environ 100 MHz.

Plus précisément, le matériau magnétique composite selon l'invention comporte des particules magnétiques dispersées dans un liant diélectrique, ces particules étant des plaquettes en céramique magnétique polycristalline orientées de manière à ce que leurs faces principales soient sensiblement parallèles au champ magnétique.

La céramique magnétique polycristalline est avantageusement un ferrite de type spinelle répondant à la formule $\text{M}_x\text{Zn}_y\text{Fe}_{2+x}\text{O}_4$ avec $x+y+\epsilon = 1$ où M est un ion manganèse ou nickel.

Le liant est avantageusement une résine, fluide dans un premier temps durcissant ensuite, telle qu'une résine époxyde, phénolique, polyimide ou à base acrylique.

Les plaquettes sont orientées en strates, séparées par du liant. Chaque strate peut comporter plusieurs plaquettes séparées par du liant formant un entrefer ou une seule plaquette.

Les plaquettes appartenant à des strates voisines sont de préférence soit en quinconce soit en colonne.

Plusieurs formes de plaquettes sont envisageables, notamment le carré, le tore ou la portion de tore. Le choix dépend de la forme finale du noyau magnétique réalisé avec le matériau ainsi obtenu.

La présente invention concerne aussi un procédé d'élaboration d'un tel matériau magnétique composite. Ce procédé comprend les étapes suivantes :

- la réalisation d'une poudre magnétique céramique ;
- la réalisation, à partir de la poudre magnétique céramique d'une barbotine de coulage ;
- la découpe des plaquettes dans une pellicule de la barbotine séchée ;
- le frittage des plaquettes ;
- l'élaboration du matériau magnétique composite à partir des plaquettes frittées, dispersées dans le liant et dont les faces principales sont orientées par rapport au champ magnétique.

La barbotine de coulage peut être obtenue en mélangeant la poudre céramique, au moins un liant, au moins un solvant et éventuellement un défloculent.

L'orientation des plaquettes peut être manuelle. On peut empiler les plaquettes les unes sur les autres puis les comprimer pour les casser.

On peut les déposer les unes à côté des autres, strates par strates.

L'orientation peut aussi se faire par vibration ou par un champ magnétique.

L'invention concerne aussi un noyau réalisé avec un tel matériau magnétique composite ainsi qu'une inductance ou transformateur comportant un tel noyau.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description qui suit donnée à titre d'exemple non limitatif et des figures annexées qui représentent :

- la figure 1 illustre l'évolution du pourcentage en oxygène de l'atmosphère pendant la phase de refroidissement du frittage des plaquettes ;
- les figures 2a, 2b, 2c, 2d deux exemples d'un noyau selon l'invention en vue de dessus et en coupe réalisé à partir de plaquettes en forme de tore ;
- les figures 3a, 3b un autre exemple d'un noyau selon l'invention en vue de dessus et de face ;
- les figures 4a, 4b, encore un exemple d'un noyau selon l'invention en vue de dessus et de face ;
- les figures 5a, 5b l'évolution des pertes totales d'un noyau selon l'invention en fonction de la température et de l'induction respectivement à 300 kHz et à 1 MHz ; (mesures réalisées en laboratoire)
- les figures 6a, 6b respectivement une inductance et un transformateur selon l'invention.

Le matériau magnétique composite selon l'invention comporte des plaquettes de céramique magnétique polycristalline dispersées dans un liant. Les faces principales des plaquettes sont orientées sensiblement parallèlement au champ magnétique.

La céramique magnétique peut être un ferrite de type spinelle répondant à la formule $M_xZn_yFe_{2+\epsilon}O_4$ avec $x+y+\epsilon = 1$ où M est un ion manganèse ou nickel.

Lorsqu'ils sont massifs, ces ferrites ont une perméabilité comprise entre 500 et 3000.

Le procédé d'élaboration du matériau magnétique composite, selon l'invention, permet de contrôler la forme des plaquettes et leur positionnement dans le composite de manière à contrôler sa perméabilité et ses pertes.

L'élaboration des plaquettes de céramique magnétique peut se faire par une technique classique d'élaboration de céramiques. Cette technique est utilisée notamment pour la fabrication de substrats d'alumine, de boîtier ou de condensateurs céramiques multicouches.

Après pesage, les matières premières nécessaires à l'obtention de la céramique magnétique peuvent être mélangées et broyées dans une jarre contenant des billes d'acier en phase aqueuse. Cette opération a pour but de mélanger et de réduire la taille des grains des différents constituants de manière à les rendre plus réactifs. Le mélange est ensuite séché puis tamisé. La poudre ainsi obtenue peut être préfrittée dans un four de manière à obtenir la phase cristalline recherchée. Cette opération est souvent dénommée chamottage.

Un second broyage peut suivre le chamottage pour réduire les grains ayant grossi pendant l'opération de chamottage. Ce second broyage peut être fait dans les mêmes conditions que le premier broyage.

Une barbotine de coulage peut être obtenue en mélangeant la poudre rebroyée avec des liants organiques, des solvants et éventuellement un défloculent. Ce mélange peut se faire dans une jarre avec des billes d'acier à l'aide d'un agitateur mécanique. La barbotine après un repos pour laisser aux bulles d'air formées pendant l'agitation le temps de remonter est coulée en bande sur un banc sur lequel coulisse une bande de mylar, par exemple, entraînée à vitesse constante. Le banc est recouvert d'un tunnel pour éviter un dépôt de poussière et pour ralentir l'évaporation des solvants. Un couteau maintenu parallèle à la bande de mylar par des vis micrométriques forme une ouverture par laquelle

EP 0 764 955 A1

passer la barbotine. Cette ouverture détermine l'épaisseur de la bande coulée. Après évaporation et séchage, la bande coulée peut être décollée et découpée à l'aide d'un emporte-pièces. Cette facilité d'obtenir des pièces complexes, des tores par exemple, est très intéressante. L'usinage de ferrites massifs est lent et coûteux car il nécessite des outils diamantés.

5 Ces plaquettes peuvent être découpées en carrés, par exemple, de 2 mm x 2 mm ou de 4 mm x 4 mm ou de 7 mm x 7 mm. Des tores minces ou des portions de tores minces (huitième, quart, demi) peuvent aussi être découpés.

Après la découpe, les plaquettes sont frittées pour assurer la cohésion des grains de poudre.

Le frittage se fait, notamment pour les ferrites Mn-Zn sous pression partielle d'oxygène contrôlée afin de fixer le taux de fer divalent dans les plaquettes.

10 Dans une étape finale, les plaquettes sont orientées et incorporées à un liant fluide, une résine de type Araldite par exemple, qui assure la cohésion mécanique du matériau composite après durcissement.

Exemple de réalisation

15 Réalisation d'un matériau magnétique composite selon l'invention destiné à fonctionner à des fréquences inférieures à environ 100 MHz.

Les composants initiaux sont pesés :

20 193,37 g de Fe_2O_3

95,75 g de MnCO_3

25 17,52 g de ZnO

0,53 g de TiO_2

30 1000 ppm de CaO

Le broyage se fait avec des billes d'acier dans de l'eau désionisée.

35 Après broyage, le mélange est séché en étuve et tamisé à travers un tamis d'ouverture 400 μm .

Le chamottage se fait à 1100°C avec un temps de palier sous air de 3 heures.

Le nouveau broyage s'effectue dans les mêmes conditions que le premier. Il est suivi d'un nouveau séchage et tamisage.

La barbotine de coulage est préparée avec :

- 40
- la poudre précédemment obtenue ;
 - deux solvants : éthanol et trichloréthylène ;
 - des liants organiques : polyéthylène-glycol, diéthyl-hexylephtalate et polyvinyl-butylal ;
 - un défloculent éventuel.

45 Ces constituants sont mélangés et agités avec des billes d'acier pendant trois heures. Un repos d'environ une demie-heure précède le coulage.

Après séchage, les plaquettes sont découpées puis frittées.

Le frittage est assuré selon le cycle suivant :

- 50
- une montée en température à 600°C en 12 heures sous air ;
 - une montée en température de 600°C à 1220°C en 6 heures ;
 - un palier à 1220°C pendant 1 heure 30 ;
 - une descente en température de 1220°C à 1200°C avec ajustement du pourcentage d'oxygène à 2,6 % dans l'atmosphère en 15 minutes ;
- 55
- un palier à 1200°C pendant 15 minutes avec le même pourcentage d'oxygène ;
 - un refroidissement de 100°C par heure avec baisse du pourcentage d'oxygène suivant la loi $\text{Log}(\text{PO}_2) = f(1/T)$ représentée sur la figure 1. PO_2 est le pourcentage d'oxygène et T la température.

Après frittage, l'épaisseur des plaquettes varie entre 100 μm et 130 μm .

La résine est versée avant ou après l'orientation, cela dépend de la méthode d'orientation utilisée.

L'orientation peut être manuelle. Cette méthode s'applique pour des plaquettes de plus grande dimension notamment les tores, les portions de tore, les carrés de 7 mm x 7 mm.

Les figures 2a, 2b montrent un noyau torique en matériau magnétique conforme à l'invention. Il est réalisé à partir de plaquettes 10 en forme de tore. On en empile plusieurs les unes sur les autres en strates. L'empilement est placé dans un moule et le liant 20, de la résine de type époxyde, phénolique, polyimide ou à base acrylique, par exemple, est versée.

Le liant 20 comble les espaces entre les différentes strates.

Pour améliorer les performances d'un tel noyau, il est possible, après avoir empilé les plaquettes 10 de les comprimer de manière à les casser en morceaux 1. Il est préférable, au préalable, de solidariser les plaquettes 10 à l'aide par exemple de ruban adhésif double face. Le liant est ajouté ensuite. La figure 2c est une vue de dessus d'un noyau torique obtenu avec cette méthode et la figure 2d en est une coupe. Les différentes strates portent la référence 2. Le liant vient combler les espaces d'une part entre les morceaux 1 cassés d'un même tore et d'autre part entre les différentes strates 2 de tores.

Les morceaux 1 sont alors séparés par des entrefers 3 en résine. Deux strates 2 sont aussi séparées par une couche 4 de résine.

Le liant est fluide dans un premier temps, et durcit ensuite.

Les figures 3a, 3b représentent une variante d'un noyau torique selon l'invention. Il est obtenu à partir de plaquettes carrées 5. Elles sont disposées strate par strate les unes à côté des autres à plat en couronne en ménageant un espace 6 ou entrefer entre elles. Les plaquettes de deux strates voisines sont en quinconce.

Les figures 4a, 4b montrent encore une variante d'un noyau torique selon l'invention. Les plaquettes 7 sont des huitièmes de tore. Elles sont disposées strate par strate les unes à côté des autres à plat, en couronne en ménageant un espace ou entrefer entre elles. Les plaquettes 7 de deux strates voisines coïncident, elles forment des colonnes. Elles auraient pu être disposées également en quinconce comme sur les figures 3a, 3b.

Au lieu d'effectuer l'orientation des plaquettes manuellement, il est possible de le faire par vibration à l'aide d'une spatule vibrante par exemple. Cette méthode utilisable pour une application industrielle convient à des plaquettes plus petites.

Une autre méthode utilisable pour une application industrielle et convenant à des plaquettes de petite taille est l'orientation magnétique. Elle conduit à une meilleure précision que l'orientation par vibration.

Les plaquettes sont placées dans un récipient transparent fermé par un bouchon troué. Le récipient est placé dans l'entrefer d'un électroaimant. Un champ magnétique est créé dans l'entrefer. En faisant tourner le récipient sur lui-même dans le champ magnétique, les plaquettes se disposent régulièrement en plusieurs strates et le contrôle visuel est aisé. La position des plaquettes peut être figée en enfonçant le bouchon pour maintenir les strates en contact.

Dans ces deux dernières méthodes, le liant peut être ajouté avant ou après l'orientation.

Suivant les fréquences d'utilisation et la perméabilité apparente désirée du matériau magnétique composite, on choisit un ferrite massif optimisé en fréquence et on détermine les dimensions des entrefers entre plaquettes.

Des mesures de pertes totales par unité de volume d'un noyau selon l'invention en matériau magnétique composite en fonction de la température et de l'induction sont consignées sur les diagrammes des figures 5a et 5b. Ces mesures sont faites pour un tore à plaquettes en ferrite MnZn à une fréquence de 300 kHz pour la figure 5a et à une fréquence de 1 MHz pour la figure 5b. Dans les deux cas, le taux de charge volumique des plaquettes magnétiques est de 42 %.

On observe des pertes très faibles sur une large gamme de température, et ces pertes sont compatibles avec la majorité des applications des convertisseurs. Les noyaux magnétiques présentent en plus une grande stabilité en température comme l'illustre les figures 5a, 5b.

Dans les mêmes conditions, à 1 MHz, les pertes d'un tore composite fer-carbonyl à 30 mT s'élèvent à au moins 2,5 W/cm³ à 80°C.

Un noyau selon l'invention a des pertes égales à 0,5 W/cm³ comme l'illustre la figure 5b, d'où un gain d'un facteur 5.

Les tableaux suivants consignent les valeurs des pertes totales par unité de volume (W/cm³) en fonction de l'induction B, à 1 MHz pour différentes variantes de noyaux toriques selon l'invention.

- plaquettes 4 mm x 4 mm en quinconce

- * taux de charge volumique compris entre 21 et 29 %
- * perméabilité 17

Pertes totales à				
	T = 30°C	T = 60°C	T = 80°C	T = 100°C
B = 10 mT	0,13	0,16	0,16	0,16
B = 20 mT	0,66	0,66	0,8	0,9
B = 30 mT	2,2	2,3	2,35	2,5

- plaquettes 4 mm x 4 mm en colonnes

- * taux de charge volumique compris entre 18 et 25 %
- * perméabilité 17
- * T = 30°C

Pertes totales	
B = 10 mT	0,48
B = 20 mT	3,1

- plaquettes 7 mm x 7 mm en quinconce

- * taux de charge compris entre 28 et 40 %
- * perméabilité 60
- * T = 60°C

Pertes totales	
B = 10 mT	0,1
B = 20 mT	0,98

- plaquettes 2 mm x 2 mm orientées sous champ magnétique

- * taux de charge volumique compris entre 30 et 42 %
- * perméabilité 40
- * T = 60°C

Pertes totales	
B = 10 mT	0,05
B = 20 mT	0,19
B = 30 mT	0,57
B = 40 mT	1,36

- plaquettes en 1/8 de tore, 8 strates

EP 0 764 955 A1

- * taux de charge volumique compris entre 39 et 55 %
- * perméabilité 60
- * $T = 60^{\circ}\text{C}$

5

10

	Pertes totales
$B = 10 \text{ mT}$	0,09
$B = 20 \text{ mT}$	0,45
$B = 30 \text{ mT}$	1,2

- plaquettes en tore 12 strates

15

- * taux de charge volumique compris entre 59 et 83 %
- * perméabilité 60
- * $T = 60^{\circ}\text{C}$

20

25

	Pertes totales
$B = 10 \text{ mT}$	0,02
$B = 20 \text{ mT}$	0,18
$B = 30 \text{ mT}$	0,51
$B = 40 \text{ mT}$	1,07

30

- Plaquettes en tore empilées, cassées, imprégnées

- * taux de charge volumique compris entre 40 et 56 %
- * perméabilité 60
- * $T = 60^{\circ}\text{C}$

35

40

45

	Pertes totales
$B = 10 \text{ mT}$	0,05
$B = 20 \text{ mT}$	0,2
$B = 30 \text{ mT}$	0,58
$B = 40 \text{ mT}$	1,4

Les figures 6a, 6b montrent de manière schématique une inductance et un transformateur selon l'invention.

L'inductance de la figure 6a comporte un noyau torique en matériau magnétique composite selon l'invention. Ce noyau est formé de plaquettes 70 en quarts de tore dispersées dans le liant diélectrique. Il y a plusieurs strates séparées par le liant et chaque strate comporte quatre plaquettes 70 séparées par un entrefer 71. Autour du noyau se trouve un bobinage 72. Le champ magnétique $\vec{H}$ s'établissant dans le noyau est matérialisé par le cercle en traits pointillés.

Le transformateur de la figure 6b comporte un noyau en E à jambes rectangulaires dont une centrale 760 et deux extrêmes 761, en matériau magnétique composite selon l'invention. Ce noyau comporte des plaquettes carrées 73 noyées dans le liant. Deux bobinages 74, 75 autour des jambes extrêmes 761 contribuent à former le primaire et le secondaire du transformateur. Les deux bobinages auraient pu être autour de la jambe centrale 760. Le champ magnétique $\vec{H}$ s'établissant dans le noyau est matérialisé par les pointillés. Les faces principales des plaquettes sont sensiblement parallèles au champ magnétique $\vec{H}$.

Les noyaux selon l'invention ont été représentés en tore ou en E mais l'invention n'est pas limitée à ces types. Elle s'applique aux autres types en U, en pots etc...

5 Revendications

1. Matériau magnétique composite présentant des pertes et une perméabilité réduites lorsqu'il est soumis à un champ magnétique à des fréquences inférieures à environ 100 MHz, comportant des plaquettes magnétiques polycristallines (5) en céramique dispersées dans un liant (6) diélectrique, orientées de manière à ce que leurs faces principales soient sensiblement parallèles au champ magnétique, caractérisé en ce que les plaquettes sont sans contact les unes avec les autres.
2. Matériau magnétique selon la revendication 1, caractérisé en ce que la céramique magnétique polycristalline est un ferrite de type spinelle répondant à la formule $M_xZn_yFe_{2+\varepsilon}O_4$ avec $x+y+\varepsilon = 1$, où M est un ion manganèse ou nickel.
3. Matériau magnétique selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le liant est une résine époxyde, phénolique, polyimide ou à base acrylique.
4. Matériau magnétique selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte plusieurs strates (2) formées d'une ou plusieurs plaquettes (10), ces strates (2) étant séparées par du liant (20).
5. Matériau magnétique selon la revendication 4, caractérisé en ce que, lorsqu'une strate comporte plusieurs plaquettes (5), elles sont séparées par du liant constituant un entrefer (6).
6. Matériau magnétique selon l'une des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce que les plaquettes (5) appartenant à des strates voisines sont en quinconce.
7. Matériau magnétique selon l'une des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce que les plaquettes (7) appartenant à des strates voisines sont en colonne.
8. Matériau magnétique selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les plaquettes sont des carrés, des tores ou des portions de tore.
9. Matériau magnétique selon la revendication 8, caractérisé en ce que les plaquettes (10) sont cassées en morceaux (1).
10. Procédé d'élaboration du matériau magnétique composite selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :
 - la réalisation d'une poudre magnétique céramique ;
 - la réalisation, à partir de la poudre magnétique céramique d'une barbotine de coulage ;
 - la découpe des plaquettes dans une pellicule de la barbotine séchée ;
 - le frittage des plaquettes ;
 - l'élaboration du matériau magnétique composite à partir des plaquettes frittées dispersées dans le liant et dont les faces principales sont orientées par rapport au champ magnétique.
11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que la barbotine de coulage est obtenue en mélangeant la poudre céramique, au moins un liant, au moins un solvant et éventuellement un défloculent.
12. Procédé selon l'une des revendications 10 ou 11, caractérisé en ce que l'orientation des plaquettes est manuelle.
13. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que les plaquettes sont empilées les unes sur les autres puis comprimées pour les casser.
14. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que les plaquettes sont déposées les unes à côté des autres, strates par strates.

EP 0 764 955 A1

15. Procédé selon l'une des revendications 10 ou 11, caractérisé en ce que les plaquettes sont orientées par vibration.

16. Procédé selon l'une des revendications 10 ou 11, caractérisé en ce que les plaquettes sont orientées par un champ magnétique.

5

17. Noyau magnétique caractérisé en ce qu'il est réalisé dans un matériau magnétique selon l'une des revendications 1 à 9.

18. Inductance caractérisée en ce qu'elle comporte un noyau selon la revendication 17.

10

19. Transformateur caractérisé en ce qu'il comporte un noyau selon la revendication 17.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

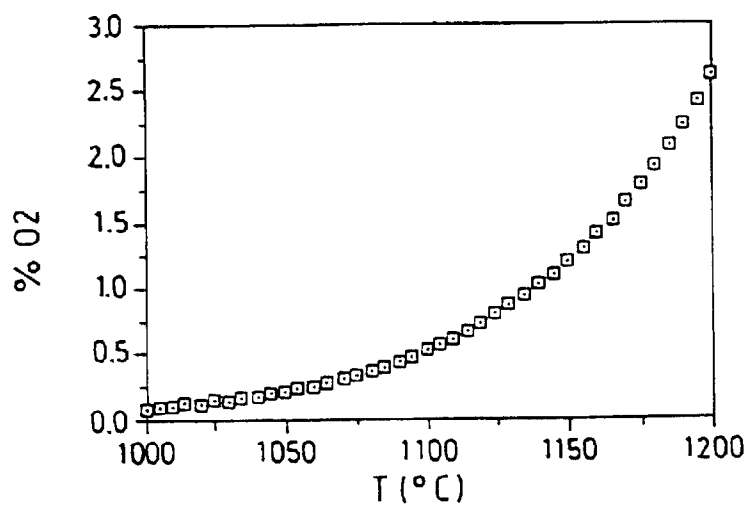


FIG.1

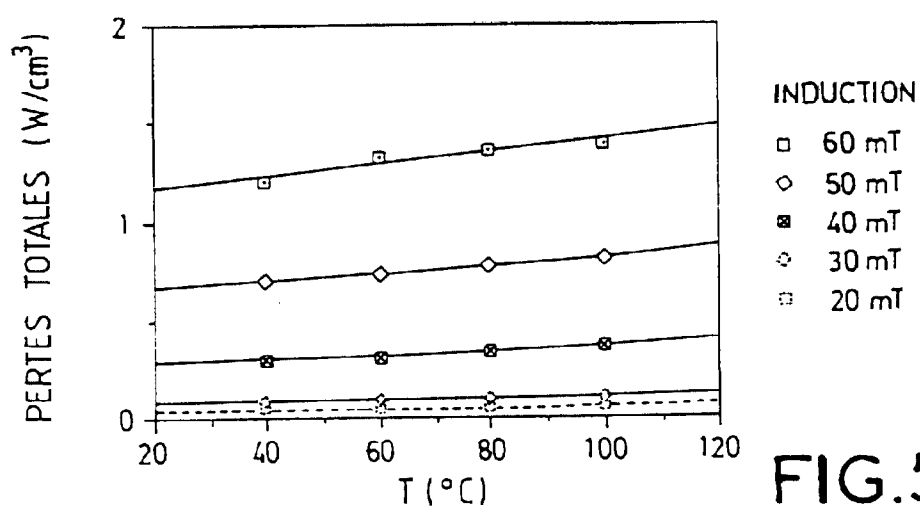


FIG.5a

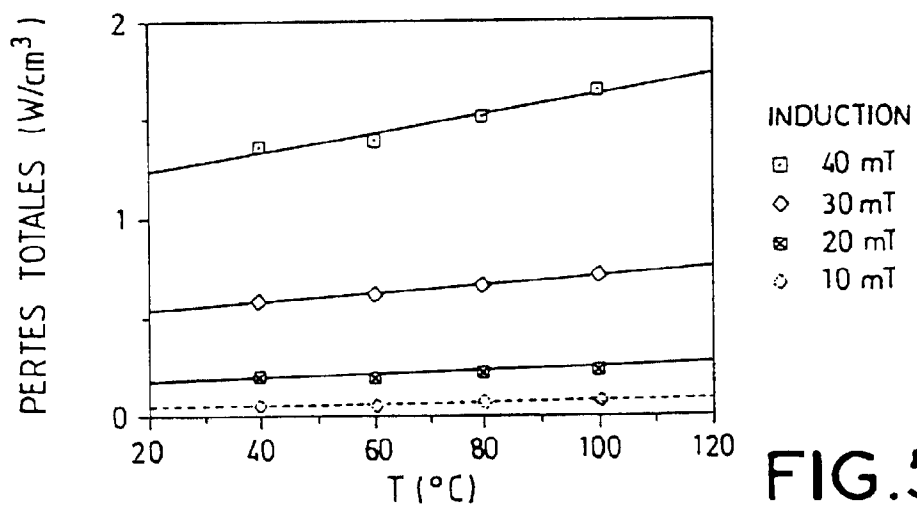


FIG.5b

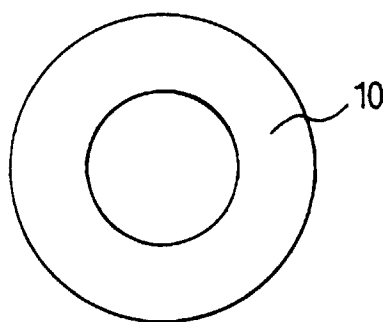


FIG. 2a

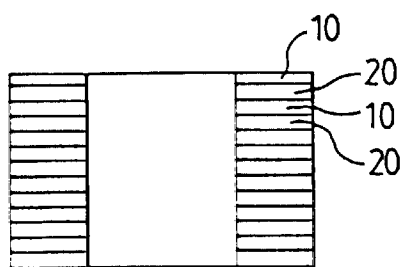


FIG. 2b

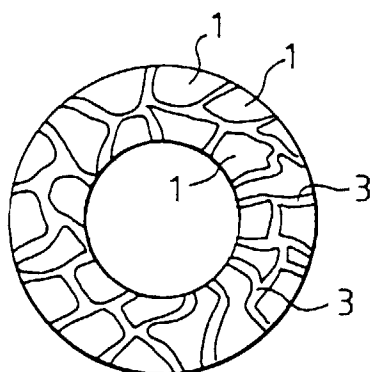


FIG. 2c

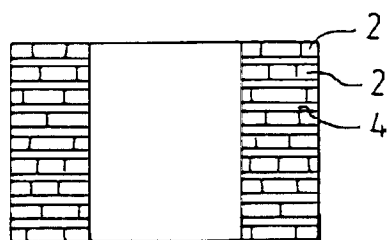


FIG. 2d

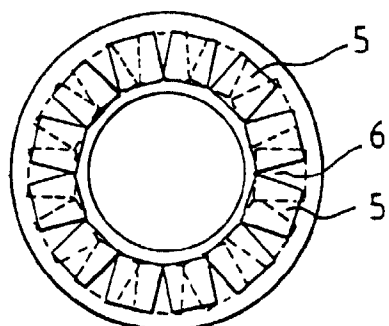


FIG. 3a

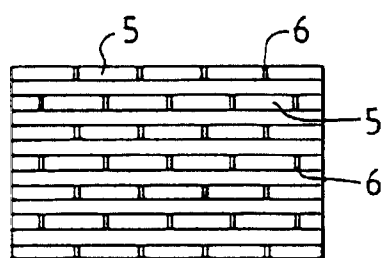


FIG. 3b

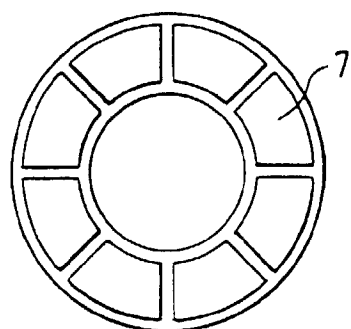


FIG. 4a

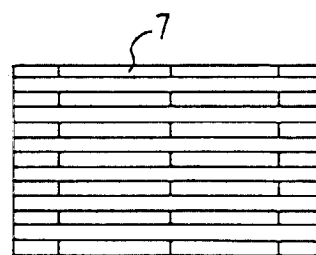


FIG. 4b

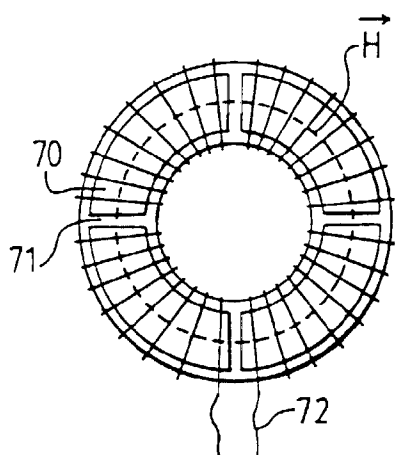


FIG. 6a

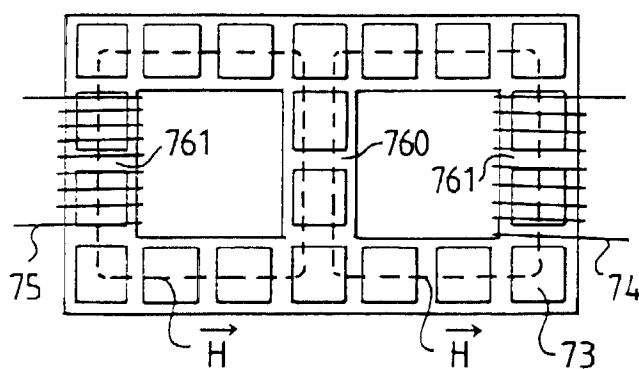


FIG. 6b



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 96 40 1962

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
Y	DE-A-42 14 376 (SIEMENS MATSUSHITA COMPONENTS) 4 Novembre 1993 * colonne 1, ligne 1 - colonne 2, ligne 42; revendications 1-3; figure 3 *	1-3, 17-19	H01F1/37
Y	EP-A-0 044 592 (PHILIPS NV) 27 Janvier 1982	1-3, 17-19	
A	* page 10, ligne 6 - ligne 34; revendications 1,4-6,8,11,12; exemples A,G *	4-6, 10-12	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			H01F
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 20 Novembre 1996	Examineur Decanniere, L
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 I : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.92 (P/4/C02)