

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 20073

(54) Transformateur électrique miniaturisé.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). H 01 F 10/00, 27/00; H 05 K 3/12.

(22) Date de dépôt..... 26 octobre 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *EUA, 14 novembre 1980, n° 206.838.*

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 20 du 21-5-1982.

(71) Déposant : Société dite : ANALOG DEVICES, INCORPORATED, résidant aux EUA.

(72) Invention de : Delip R. Bokil et William H. Morong III.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Lavoix,
2, place d'Estienne-d'Orves, 75441 Paris Cedex 09.

La présente invention est relative aux transformateurs. Plus particulièrement, l'invention concerne des transformateurs miniaturisés adaptés pour être utilisés dans des dispositifs électriques de petite taille tels que des composants de circuits intégrés hybrides ou des composants modulaires de petite taille.

Du fait que la demande de composants électriques de petite taille s'est accrue au fil des années, il s'est créé un besoin correspondant de transformateurs miniaturisés destinés à des composants qui nécessitent de tels éléments. De façon générale, le problème de la miniaturisation des transformateurs a été très difficile par rapport à la miniaturisation d'autres types d'éléments électriques, et ceci a été particulièrement vrai lorsqu'il s'agissait d'applications à basse fréquence.

Pour un certain nombre de raisons, les concepts traditionnels de la réalisation des transformateurs n'ont pas constitué une base appropriée pour fabriquer de tels transformateurs miniaturisés. Par exemple, les transformateurs à bobinages classiques sont difficiles à réaliser en petites dimensions, en particulier du fait que les bobinages doivent, de façon typique, être constitués de fil métallique très petit. Le coût de fabrication est également considérable, du fait de la grande quantité de travail pénible qui est nécessaire. De plus, il a été difficile d'obtenir des performances élevées avec de tels dispositifs de petite taille de conception classique.

Diverses propositions ont été faites de temps en temps pour tenter d'aboutir à une solution du problème de la réalisation de transformateurs miniaturisés, mais aucune de ces propositions n'a eu pour résultat une construction de transformateur véritablement satisfaisante.

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention qui sera décrit en détail plus loin, il est prévu une construction compacte de transformateur dans laquelle les enroulements du transformateur sont agencés suivant une configuration plane en spirale, chaque enroulement

étant noyé dans une couche de diélectrique isolant solide fixée à un substrat rigide. Le substrat et le diélectrique isolant présentent tous deux une ouverture commune autour de laquelle sont disposés les enroulements, et un noyau magnétique massif traverse cette ouverture pour former un circuit magnétique fermé à faible réluctance pour les enroulements du transformateur. De façon avantageuse, un transformateur suivant l'invention peut comprendre ceux tels substrats rigides portant des jeux identiques d'enroulements plans en spirale disposés autour du noyau magnétique massif commun.

Les couches de diélectrique isolant et les enroulements enrobés dans ces couches sont de préférence déposés sur le substrat par des méthodes bien connues de dépôt en pellicule épaisse. Il est ainsi possible de réaliser à faible coût un transformateur robuste à plusieurs couches qui présente en combinaison de petites dimensions, d'excellentes performances, une haute fiabilité et une bonne adaptabilité aux techniques standards d'assemblage de composants.

Ainsi, l'invention a pour but de fournir un transformateur perfectionné de petite taille. Un autre but de l'invention est de fournir un tel transformateur qui puisse être réalisé de façon économique et qui soit approprié pour les techniques standards d'assemblage. L'invention a encore pour but de fournir un tel transformateur pouvant être utilisé dans des applications à basse fréquence et qui possèdent des performances élevées dont un excellent couplage magnétique, une bonne linéarité et une capacité à supporter des tensions élevées entre les enroulements.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description qui va suivre d'un mode de réalisation préféré de l'invention, cette description étant donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et en regard des dessins annexés, sur lesquels:

la Fig. 1 est une vue en plan d'un transformateur conforme à l'invention, les couches opaques de diélectrique isolant n'étant pas représentées afin de montrer

la configuration générale des enroulements métallisés enrobés dans le diélectrique;

la Fig. 2 est une vue en élévation latérale du transformateur de la Fig. 1;

5 la Fig. 3 est une coupe verticale prise suivant la ligne 3-3 de la Fig. 1;

la Fig. 4 est une vue en plan à plus grande échelle d'un substrat du transformateur, montrant les trois enroulements de transformateur comme si le diélectrique
10 isolant était transparent;

la Fig. 5 est une vue en coupe de détail prise suivant la ligne 5-5 de la Fig. 4; et

la Fig. 6 est une vue en coupe de détail prise suivant la ligne 6-6 de la Fig. 4.

15 En se référant maintenant aux Fig. 1 à 3, le transformateur suivant l'invention comprend un premier et un second substrats rectangulaires rigides 10 et 12 en alumine maintenus ensemble suivant une configuration superposée et décalés longitudinalement sur une courte distance. Chaque
20 substrat porte sur une surface plate une pellicule désignée dans son ensemble par la référence 14 et 16. Ces pellicules comprennent une série de couches distinctes d'un diélectrique isolant dans chacune desquelles est enrobé un enroulement plan correspondant en forme de spirale qui présente
25 la forme illustrée de façon générale en 18 à la Fig. 1. Dans le présent mode de réalisation, chacun des deux substrats 10 et 12 porte trois de ces couches à enroulement, pour un total de six enroulements du transformateur.

Les pellicules multicouches 14 et 16 sont de
30 préférence réalisées par des techniques classiques de fabrication de pellicules épaisses. Dans un de ces procédés, chaque couche à enroulement individuelle de la pellicule est obtenue par impression à l'écran de soie d'un dessin de métallisation comprenant une matrice de particules conductrices
35 agencées (dans ce cas) suivant une configuration en spirale, et une sur-couche d'un matériau diélectrique isolant tel qu'un diélectrique vitreux cristallisable à haute température. Le matériau imprimé à l'écran de soie est ensuite

chauffé à haute température, soit seul soit en combinaison, pour compléter le processus.

Le chauffage du matériau imprimé à l'écran de soie a pour résultat que les particules conductrices du dessin de métallisation sont frittées et fondues en un conducteur continu qui forme un enroulement plan en spirale tel qu'indiqué de façon générale en 18 à la Fig. 1. Le chauffage solidifie également le diélectrique isolant vitreux pour former une structure rigide en forme de galette dans laquelle est enrobé l'enroulement plan en spirale.

Comme on l'a indiqué ci-dessus, chaque substrat 10, 12 porte trois telles couches à enroulement. Comme on le décrira plus en détail ci-dessous, une quatrième couche est également déposée sur la couche à enroulement supérieure pour définir des conducteurs électriques transversaux destinés à établir les connexions entre les extrémités intérieures des trois enroulements et des points de connexion correspondants situés sur le bord de chaque substrat. Le processus d'impression à l'écran de soie et de chauffage est effectué pour chaque couche à enroulement, et également pour la quatrième couche qui établit les connexions électriques transversales. Chacune des quatre couches imprimées à l'écran de soie possède ordinairement une épaisseur d'environ 0,025 mm, tandis que le substrat de support en alumine peut avoir une épaisseur d'environ 0,38 mm.

Les parties centrales des substrats 10 et 12 sont enfermées dans un noyau magnétique 20 à trois branches constitué de préférence de noyaux conjugués en E et en I qui se font face et sont collés l'un à l'autre dans les régions de jonction. Ces noyaux en E et en I sont assemblés aux substrats complétés avec la branche centrale 22 du noyau en E ajustée dans des trous rectangulaires alignés 24 (voir aussi la Fig. 4) découpés dans les substrats avant d'effectuer le processus de réalisation de pellicules épaisses. Les branches latérales 26 et 28 du noyau en E descendent le long des côtés des substrats jusqu'aux régions de jonction avec le noyau plat en I, pour établir des circuits magnétiques fermés traversant les ouvertures 24 des substrats.

Les pellicules 14 et 16 imprimées à l'écran de soie et appliquées sur les substrats 10 et 12 s'étendent à peu près jusqu'au bord des ouvertures centrales 24 découpées dans les substrats. La branche 22 du noyau magnétique est dimensionnée de façon à s'ajuster de façon raisonnablement étroite dans les ouvertures 24, et contribue à maintenir les substrats en position.

Comme on le voit à la Fig. 1, chaque substrat 10, 12 est pourvu à une de ses extrémités d'un jeu de plots de connexion 30, 32 destinés à réaliser les connexions électriques des enroulements en spirale désignés de façon générale par la référence 18. Grâce à l'agencement décalé longitudinalement des substrats, les plots de connexion 30 et 32 sont facilement accessibles depuis le même côté du transformateur pour y établir les connexions.

On voit que le transformateur de l'invention est particulièrement approprié pour s'adapter à des composants de circuits intégrés hybrides, et peut facilement être monté sur un substrat principal en même temps que d'autres éléments. Des techniques de connexion classiques, telles que la liaison par fil métallique, peuvent être utilisées avantageusement pour réaliser les connexions électriques sur les plots de connexion 30 et 32. Comme indiqué plus haut, dans le présent mode de réalisation, chaque substrat porte trois enroulements séparés (contenus dans les couches correspondantes des pellicules épaisses 14 et 16), ce qui nécessite six bornes sur chaque substrat. Un tel transformateur est particulièrement adapté pour être utilisé dans un circuit d'isolement à un seul transformateur du type décrit dans la demande de brevet français N° 80 27 885 déposée le 31 Décembre 1980 au nom de la Demanderesse.

Dans ce mode de réalisation, les deux substrats 10 et 12 sont identiques, et des pellicules multicouches 14 et 16 essentiellement identiques contiennent les jeux de trois enroulements de transformateur en spirale. Du fait que les agencements des enroulements sont essentiellement identiques, seul un jeu d'enroulements

va être décrit ci-dessous.

En se référant maintenant à la vue en plan de la Fig. 4 et aux vues en coupe des Fig. 5 et 6, on peut voir que les conducteurs en spirale de chacun des trois enroulements 34, 36 et 38 sont plans, les spires adjacentes de la spirale étant uniformément espacées. Les conducteurs des enroulements inférieur et supérieur 34, 38 sont alignés verticalement, tandis que les conducteurs de l'enroulement intermédiaire sont décalés latéralement par rapport à ceux des deux autres enroulements, pour obtenir un espacement optimal. Le diélectrique isolant 40 est déposé pour chaque couche, y compris pour la quatrième couche 42 des conducteurs transversaux. Le matériau diélectrique s'étend entre les couches de métallisation et autour de celles-ci et comprend une couche extérieure 40^a.

En se référant plus particulièrement aux Fig. 4 et 6, la quatrième couche 42 en pellicule épaisse comprend un jeu de conducteurs transversaux de retour tel que le conducteur illustré en 44. Ce conducteur transversal est relié à son extrémité intérieure 44^a à l'extrémité intérieure de l'enroulement en spirale 36 correspondant au moyen d'un conducteur vertical 46. Ce conducteur est réalisé en escalier par une série de métallisations effectuées pendant la formation des couches à enroulement 34, 36 et 38. Ce conducteur vertical en escalier est situé dans une ouverture verticale rectangulaire 50 correspondante (Fig. 4) prévue dans le diélectrique isolant 40 pendant l'impression à l'écran de soie des couches à enroulement. L'extrémité extérieure 44^b du conducteur transversal 44 est reliée à la borne correspondante 52 faisant partie des plots de connexion 26 au moyen d'un conducteur vertical 54 qui est également réalisé en escalier au moyen d'une série de métallisations, exactement de la même façon que pour la réalisation du conducteur vertical intérieur 46.

La réalisation des couches multiples à enroulement décrites ci-dessus, y compris celle des conducteurs verticaux 46, 54, est obtenue au moyen de techniques de fabrication de pellicules épaisses multicouches qui sont

bien connues et fréquemment utilisées et qui font partie de l'art antérieur dans ce domaine technologique. Par conséquent, pour simplifier la présente description, on omettra de décrire en détail ces techniques.

5 Bien que l'on ait décrit ci-dessus en détail un mode de réalisation spécifique préféré de la nouvelle construction de transformateur de l'invention, il faut bien noter que cette description détaillée n'a été fournie
10 pas être considérée comme limitant le cadre de cette invention, car il est clair que diverses variantes et modifications peuvent être envisagées par les spécialistes de la technique afin de satisfaire aux impératifs des applications particulières. Par exemple, les transformateurs suivant
15 l'invention peuvent être pourvus de différents nombres d'enroulements, et différentes sortes de matières conductrices et de techniques peuvent être utilisées pour réaliser les enroulements. Différents types de matières diélectriques isolantes peuvent être utilisés. De plus, bien que l'agencement décrit comporte un enroulement unique dans chaque
20 couche, d'autres agencements sont possibles. Par exemple, chacune de deux couches pourrait porter une moitié d'enroulement en spirale, l'enroulement complet étant obtenu en réalisant des connexions verticales entre les extrémités
25 intérieures des deux demi-enroulements. De plus, chaque couche pourrait comporter plus d'un seul enroulement (ou d'un seul demi-enroulement) en utilisant des agencements en spirale entrelacés. Ainsi, il est clair qu'il existe de nombreuses manières de mettre en oeuvre l'invention en
30 obtenant les importants avantages qu'elle apporte.

- REVENDEICATIONS -

1.- Transformateur, caractérisé en ce qu'il comprend: un premier et un second enroulements (18) comprenant chacun au moins un tour de spirale disposé autour d'une région centrale, ces tours de spirale étant à peu près plans et étant situés dans des plans parallèles, les enroulements 5 étant noyés dans un diélectrique isolant rigide (40) de forme générale plate, les côtés latéraux de ce diélectrique étant parallèles auxdits enroulements plans; un substrat (10, 12) qui porte le diélectrique isolant, ce substrat et 10 ce diélectrique isolant étant traversés par une ouverture centrale (24) disposée de façon à correspondre avec ladite région centrale des enroulements en spirale; un noyau magnétique massif (20) traversant ladite ouverture et couplant magnétiquement lesdits premier et second enroulements (18); 15 et des moyens de connexion (30, 32) reliés aux extrémités des enroulements et destinés à permettre la connexion électrique de ceux-ci.

2.- Transformateur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les enroulements (18) comprennent une 20 matrice de particules conductrices disposée à l'intérieur du diélectrique (40) et chauffée à haute température de façon à fritter ensemble les particules conductrices pour former des conducteurs continus (34, 36, 38) pour les enroulements.

25 3.- Transformateur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que ledit diélectrique isolant (40) comprend au moins une première et une seconde couches adjacentes portées par un substrat unique (10, 12), un enroulement en spirale correspondant (34, 36, 38) étant noyé dans chacune 30 de ces couches.

4.- Transformateur suivant la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comprend une couche supplémentaire (42) de diélectrique isolant qui définit des conducteurs transversaux (44) destinés à réaliser la connexion des extrémités intérieures d'au moins un desdits enroulements (34, 35 36, 38).

5.- Transformateur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le noyau magnétique (20) possède une construction à trois branches, la branche centrale (22) traversant ladite ouverture (24) et le reste du noyau entourant ledit substrat (10, 12).

6.- Transformateur suivant la revendication 5, caractérisé en ce que le noyau magnétique (20) comprend des noyaux conjugués en E et en I.

7.- Transformateur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le substrat (10, 12) comprend un premier (10) et un second (12) substrats individuels portant chacun au moins une couche de diélectrique isolant (40) dans laquelle est noyé un enroulement en spirale (34, 36, 38).

8.- Transformateur suivant la revendication 7, caractérisé en ce que chacun desdits premier (10) et second (12) substrats individuels comprend une série de couches de diélectrique (40) dans lesquelles sont noyées des enroulements plans en spirale (34, 36, 38).

9.- Transformateur suivant la revendication 7, caractérisé en ce que le noyau magnétique (20) possède une structure à trois branches, la branche centrale (22) traversant ladite ouverture (24), et en ce que les deux substrats individuels (10, 12) sont fixés l'un à l'autre dans des positions parallèles étroitement adjacentes et traversent les espaces compris entre la branche centrale (22) et les branches extérieures (26, 28) du noyau.

10.- Transformateur suivant la revendication 7, caractérisé en ce que les substrats individuels (10, 12) sont constitués par des éléments de forme allongée fixés l'un à l'autre dans des positions parallèles et superposées et décalés longitudinalement d'une courte distance, ces substrats individuels étant pourvus à des extrémités opposées de moyens de connexion (30, 32) accessibles depuis le même côté par suite du décalage longitudinal.

11.- Transformateur, caractérisé en ce qu'il comprend: un premier (10) et un second (12) substrats fixés l'un à l'autre dans des positions parallèles, chacun

de ces substrats portant au moins une couche de diélectrique isolant (40) qui entoure un enroulement correspondant (18) en forme de conducteur en spirale, les enroulements en spirale étant disposés de façon que leurs régions centrales
5 soient alignées verticalement, les couches de diélectrique isolant et les substrats étant tous traversés par une ouverture commune (24) qui s'étend dans une direction perpendiculaire aux plans des substrats et qui traverse lesdites régions centrales des deux enroulements en spirale (18); un
10 noyau magnétique massif (20) qui traverse ladite ouverture (24) pour coupler magnétiquement lesdits premier et second enroulements (18); et des moyens de connexion (30, 32) reliés aux extrémités desdits enroulements pour permettre la connexion électrique de ceux-ci.

Fig. 1

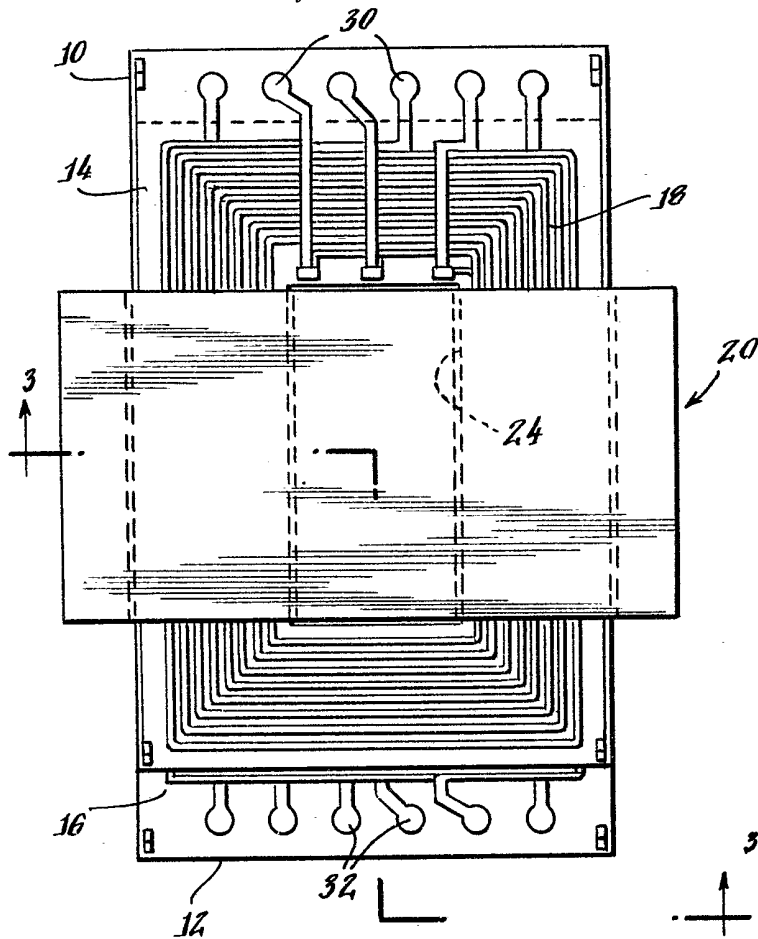


Fig. 2

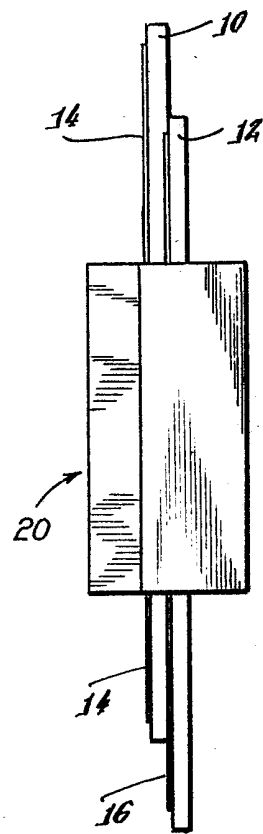


Fig. 3

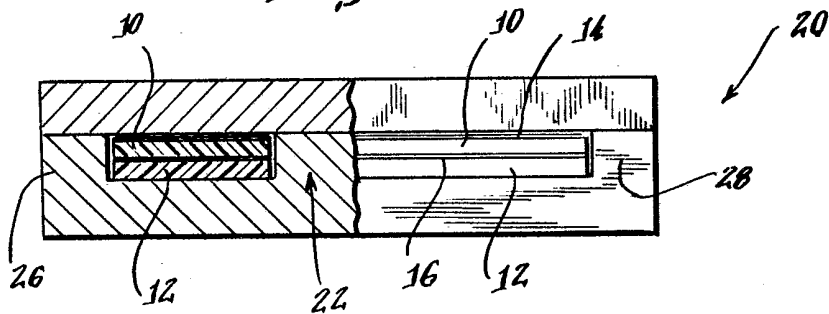


Fig. 4.

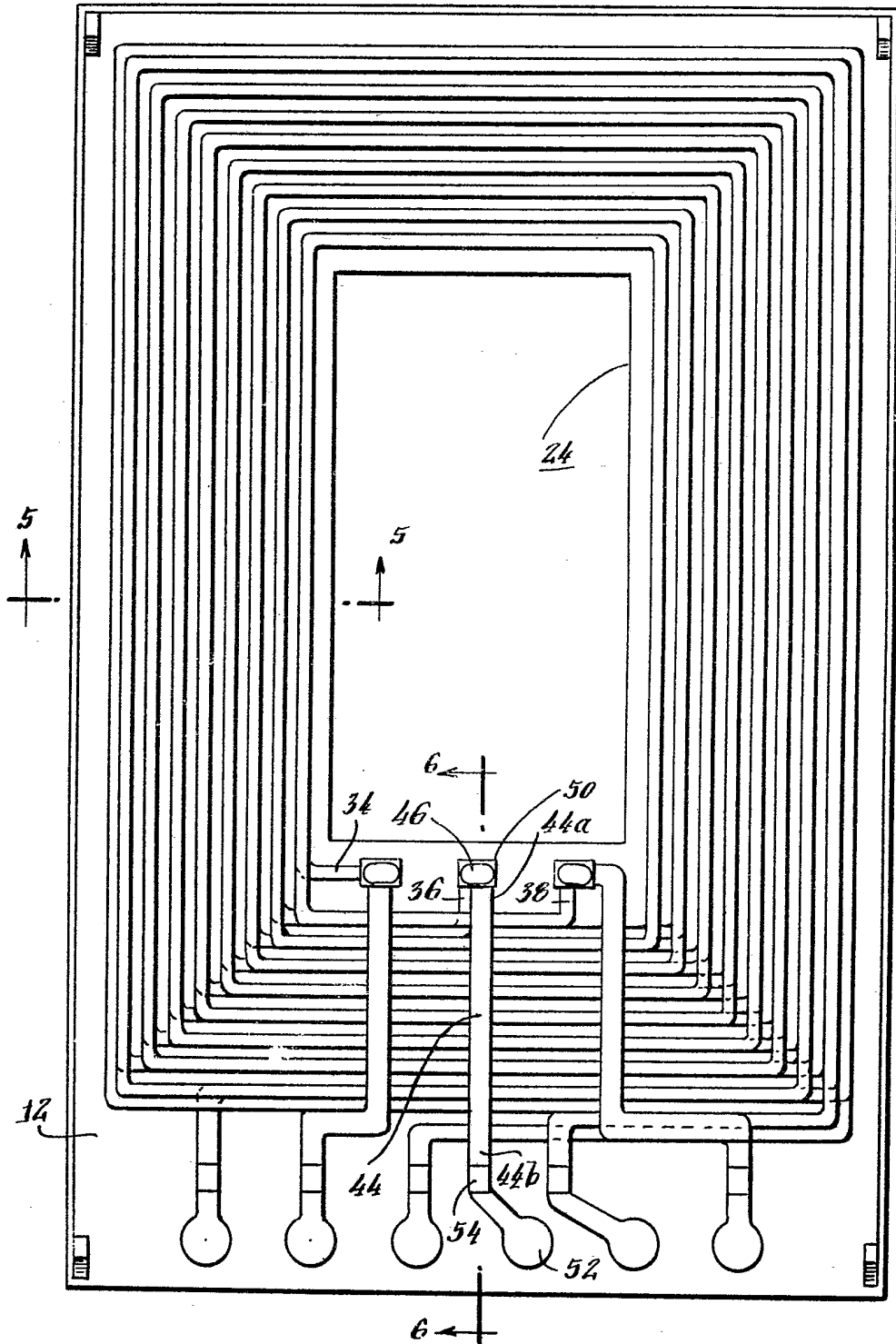


Fig. 5.

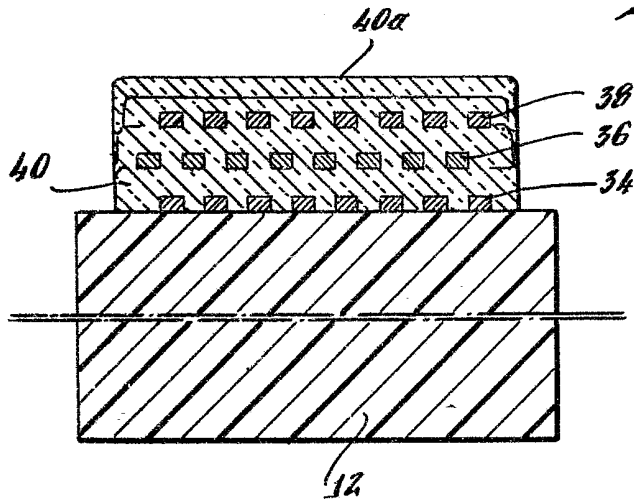


Fig. 6.

