RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 529 374**
(A n'utiliser que pour les commandes de reproduction).

A1

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(21) N° **82 11191**

(54) **Elément de circuit résistif et son procédé de fabrication.**

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). **H 01 C 17/22; H 01 B 5/14; H 01 C 7/00.**

(22) Date de dépôt ..... 25 juin 1982.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 52 du 30-12-1983.

(71) Déposant : Société anonyme dite : RENIX ELECTRONIQUE. — FR

(72) Invention de : Alain Chaillou.

(73) Titulaire :

(74) Mandataire : Bureau D. A. Casalonga, office Josse et Petit,
8, av. Percier, 75008 Paris.

Elément de circuit résistif et son procédé de fabrication.

La présente invention est relative à un élément de circuit résistif réalisé selon la technologie dite des couches épaisses sur un substrat isolant plan utilisant au moins deux couches conductrices de résistivité superficielle différentes associées de façon à créer une résistance de faible valeur permettant notamment de mesurer avec précision le courant électrique qui traverse l'élément de circuit.

On sait réaliser des composants électroniques traditionnels sur substrat permettant la mesure des courants. Toutefois ces composants présentent l'inconvénient d'un coût élevé et de nécessiter un report sur le substrat.

La présente invention permet de réaliser une structure résistive directement sur le substrat isolant en utilisant les mêmes produits, les mêmes techniques et les mêmes machines que lors de la réalisation habituelle des circuits hybrides en couches épaisses. Comme on le sait, dans cette technologie, les matériaux conducteurs isolants et résistifs se présentent sous forme de pâte ou d'encre pouvant être déposée par sérigraphie. On procède initialement au dépôt des encres par sérigraphie puis on sèche à l'air et on effectue enfin une cuisson ou traitement thermique à haute température qui peut se faire à l'air ou sous atmosphère contrôlée d'azote ou d'azote hydrogéné si l'on utilise des matériaux conducteurs oxydables. La température de traitement est supérieure à 500°C et dépend des qualités de matériaux utilisés. Les différents matériaux peuvent subir le traitement thermique après chaque opération de dépôt par sérigraphie ou être cuits simultanément après plusieurs opérations de dépôt.

Cette technologie connue, si elle permet bien de réaliser des résistances de faible valeur, n'autorise pas en général un ajustage précis de la valeur des résistances obtenues.

La présente invention a donc pour objet un élément de circuit résistif qui peut être utilisé notamment comme résistance shunt pour la mesure des courants électriques et se présentant sous la forme du dépôt de plusieurs conducteurs en

couches épaisses sur un substrat isolant, l'élément de circuit obtenu ayant une faible valeur de résistance et une très grande précision.

L'élément de circuit résistif selon l'invention comporte un substrat plan en matériau isolant sur lequel ont été déposés par sérigraphie au moins deux ensembles de conducteurs partiellement superposés. L'invention est basée sur l'utilisation de matériaux conducteurs de résistivités superficielles différentes. Dans ces conditions, l'élément de circuit résistif comprend deux premières bornes ou bornes d'injection réalisées en un matériau conducteur ayant une première résistivité superficielle et reliées entre elles électriquement par une zone résistive constituée d'un matériau conducteur ayant une deuxième résistivité superficielle supérieure à la première. Deux secondes bornes ou bornes de mesure, solidaires de la zone résistive et constituées du même matériau, complètent la structure de l'élément de circuit selon l'invention sous la forme d'une géométrie du type quadripôle.

La zone résistive est munie d'une ou plusieurs découpes pratiquées dans son épaisseur jusqu'au substrat isolant de façon à canaliser les lignes de courant entre les deux bornes de mesure. D'une manière générale, les découpes sont pratiquées dans la zone résistive entre les deux bornes de mesure de préférence de façon que les lignes de courant entre ces deux bornes soient canalisées pour passer sensiblement par la partie centrale de la zone résistive. On obtient ainsi une géométrie quadripôle localisant la partie précise et stable au voisinage de la partie centrale de la zone résistive. Il en résulte pour l'élément de circuit de l'invention jouant le rôle de résistance shunt, une très faible valeur de résistance, une grande précision ainsi qu'une stabilité remarquable au vieillissement après ajustage au moyen des découpes précitées.

Les découpes sont pratiquées dans la zone résistive entre les deux bornes de mesure et au moins l'une des découpes se poursuit jusqu'à l'extérieur des limites de la zone résistive de façon à réaliser effectivement la modification désirée de la forme des lignes de courant.

La tension apparaissant entre les deux bornes de mesure est proportionnelle au courant injecté entre les bornes d'injection de manière précise et reprodutible quelle que soit la position des bornes d'injection compte tenu de l'utilisation des deux matériaux de résistivités superficielles différentes à l'endroit du recouvrement des deux ensembles de conducteurs. Il est donc possible, en mesurant cette tension de connaître avec précision la valeur du courant, la géométrie et la forme des lignes de courant entre les bornes de mesure étant ajustées avec précision au moyen des découpes précitées.

Ces découpes pratiquées dans toute l'épaisseur des couches jusqu'au substrat isolant peuvent être réalisées sous forme de lignes minces par fusion localisée au moyen d'un faisceau laser ou, dans une variante, sous forme d'une tranchée plus large par abrasion localisée, par exemple par sablage.

A titre de matériaux conducteurs on peut utiliser des matériaux à faible résistivité superficielle comprenant des métaux tels que l'or, l'argent, le platine, le cuivre, l'aluminium, le molybdène ou une association de l'un de ces métaux.

Une couche de protection également sérigraphiée constituée d'un matériau ayant une résistivité supérieure à la deuxième résistivité superficielle précitée est en outre de préférence prévue afin de recouvrir l'ensemble du circuit de l'invention. Une telle couche de protection qui doit être de préférence compatible avec les moyens de découpe utilisés tels que par exemple le faisceau laser, peut être à base d'oxydes de ruthénium, d'iridium, de palladium ou de matières analogues de préférence vitrifiables. Elle peut également être en verre ou en matière polymère. Dans tous les cas, ces matériaux sont de préférence non étamables de façon à éviter tout risque de souillure en cas d'opération de soudure proche sur d'autres éléments de circuit.

La forme générale de l'élément de circuit selon l'invention est de préférence une forme géométrique simple telle que rectangulaire ou carrée. Elle présente des dimensions compatibles avec la puissance à dissiper envisagée compte tenu de l'ajustage effectué au moyen des découpes.

Pour réaliser un élément de circuit résistif selon l'invention, on dépose tout d'abord sur un substrat isolant par sérigraphie deux premières bornes d'un matériau conducteur ayant une première résistivité superficielle. On dépose ensuite sur le substrat une zone résistive d'un matériau conducteur ayant une deuxième résistivité superficielle, supérieure à la première, en superposant partiellement ladite zone résistive et les deux premières bornes précitées et en formant deux excroissances pour définir deux secondes bornes. On notera que l'épaisseur des différentes couches déposées sur le substrat est comprise de manière générale entre 5 et 50 microns.

On découpe ensuite la zone résistive entre lesdites secondes bornes jusqu'au substrat isolant selon un tracé entraînant une modification de la forme des lignes de courant entre les secondes bornes et on poursuit la découpe jusqu'à ce que le rapport V/I entre le courant I circulant entre les deux premières bornes et la différence de potentiel V produite entre les deux secondes bornes soit ajustée à une valeur prédéterminée inférieure à 100 mΩ et ce avec une grande précision qui peut être de l'ordre de ± 1%.

La présente invention sera mieux comprise à l'étude de la description détaillée d'un mode de réalisation pris à titre d'exemple nullement limitatif et illustré par les dessins annexés, sur lesquels :

la fig. 1 est une vue en coupe schématique selon I-I montrant une configuration d'un circuit résistif selon l'invention;

la fig. 2 est une vue de dessus d'un élément de circuit selon l'invention;

la fig. 3 montre le schéma électrique équivalent de l'élément de circuit de la fig. 2.

Tel qu'il est représenté sur les fig. 1 et 2, l'élément de circuit résistif selon l'invention comprend un substrat plan en matériau isolant qui peut être réalisé par exemple en céramique réfractaire comme l'alumine, en oxyde de beryllium ou encore en métal émaillé tel que de l'acier émaillé. Le substrat 1 sert de support aux différentes couches du circuit

déposées par sérigraphie. La première couche déposée se présente sous la forme de deux zones allongées 2a, 2b prolongées par des terminaisons 3, 4 qui constituent deux premières bornes ou bornes d'injection de courant. Cette première couche est constituée d'un matériau de faible résistivité superficielle à base d'un métal tel que l'or, l'argent, le platine, le cuivre, l'aluminium ou le molybdène. A titre d'exemple, la résistivité superficielle d'un tel matériau pourra être inférieure à 2 mΩ/□ .

On dépose ensuite une zone résistive 5 de forme générale rectangulaire comme on peut le voir sur la fig. 2, dont les extrémités voisines des petits côtés se trouvent superposées dans les régions 5a et 5b avec une portion des bornes d'injection 2a et 2b. Sur l'un des grands côtés de la zone résistive rectangulaire 5 sont également déposées deux terminaisons faisant office de secondes bornes ou bornes de mesure 6 et 7. Ces bornes de mesure sont solidaires de la zone résistive 5 et réalisées dans le même matériau. Elles sont légèrement écartées l'une de l'autre comme on peut le voir sur la fig. 2 et elles sont également écartées des zones superposées 5a et 5b.

La zone résistive 5 ainsi que les bornes de mesure 6 et 7 sont réalisées en un matériau de résistivité superficielle plus importante que celle des bornes d'injection 2a, 2b et leurs terminaisons 3, 4. Ce matériau peut être également à base d'un ou plusieurs métaux tels que l'or, l'argent, le platine, le palladium, le cuivre, l'aluminium ou le molybdène. A titre d'exemple, on pourra utiliser un matériau ayant une résistivité superficielle de l'ordre de 35 mΩ/□ .

L'ensemble de la zone résistive 5 est recouvert d'une couche protectrice 8 également sérigraphiée, de même forme générale rectangulaire que la zone 5 et débordant légèrement le pourtour de cette dernière.

Les épaisseurs des différentes couches sérigraphiées superposées 2a, 2b, 5 et 8 sont en général comprises entre environ 5 et 50 microns.

Comme le montre la fig. 3 qui illustre un schéma électrique équivalent et sur laquelle les éléments analogues portent les

mêmes références, le courant électrique injecté entre les bornes d'injection 3 et 4 et matérialisé par les flèches, traverse successivement les résistances 9, 10 et 11 matérialisées par des portions de la zone résistive 5. La résistance 9 se trouve entre la borne d'injection 3 et la première borne de mesure 6. La résistance 10 se trouve entre les deux bornes de mesure 6 et 7 et la résistance 11 se trouve entre la deuxième borne de mesure 7 et la deuxième borne d'injection 4. On voit qu'un tel montage permet de mesurer le courant traversant le circuit résistif, le courant dans les bornes de mesure 6 et 7 étant négligeable.

La valeur de la résistance de la zone 5, notamment entre les bornes de mesure 6 et 7, peut être ajustée avec une grande précision au moyen de découpes 12 et 13. A titre d'exemple, ces découpes illustrées sur la fig. 2 sont ici réalisées au moyen d'un faisceau laser de moyenne puissance et présentent une forme de ligne à deux portions. Pour réaliser l'ajustage de la résistance, on pratique tout d'abord la découpe 12 qui se trouve située entre les deux bornes de mesure 6 et 7 au voisinage du côté 14 de la zone résistive 5 qui porte également lesdites bornes de mesure 6 et 7. On réalise tout d'abord une première portion rectiligne 12a qui s'étend depuis le côté 14 de la zone résistive 5 à proximité de la borne de mesure 6 et en direction de la partie centrale de la zone résistive 5. Comme on peut le voir, la portion rectiligne 12a est sensiblement parallèle à la borne de mesure 6 et s'étend au-delà du bord 14 de la zone résistive 5 et au-delà de la couche de protection 8. La découpe se fait jusqu'au substrat isolant 1. On comprend que l'existence de cette découpe 12a s'étendant en direction de la partie centrale de la zone résistive 5 entraîne une modification de la forme des lignes de courant qui doivent obligatoirement contourner l'extrémité de cette découpe 12a, dans leur trajet entre les deux bornes de mesure 6 et 7. Selon l'étendue de la découpe 12a en direction de la partie centrale de la zone résistive 5, il est donc possible de modifier plus ou moins la forme des lignes de courant ce qui permet d'ajuster avec précision la résistance de la zone 5 entre les bornes de mesure 6 et 7.

Pour obtenir un ajustage encore plus précis, la découpe 12 est ensuite poursuivie par une deuxième portion 12b perpendiculaire à la précédente et s'étendant donc parallèlement au côté 14. On évite ainsi un reserrement exagéré des lignes de courant au voisinage du point extrême de la première portion 12a si celle-ci était utilisée seule. Il y a lieu de noter que l'extrémité de la deuxième portion 12b qui s'étend en direction de la deuxième borne de mesure 7, ne doit pas dépasser la verticale de cette dernière par rapport à la fig. 2. Bien que dans l'exemple illustré, la découpe 12 ne comporte que deux portions 12a et 12b comme il vient d'être expliqué, on comprendra qu'il serait possible d'ajuster encore plus la valeur de la résistance en poursuivant la découpe 12 par une troisième portion qui ferait suite à la deuxième portion 12b et qui reviendrait en direction du bord 14 parallèlement à la première portion 12a à condition de rester entre les deux bornes de mesure 6 et 7.

Dans l'exemple illustré, l'ajustage précis de la valeur de la résistance est encore amélioré au moyen d'une deuxième découpe 13 qui est pratiquée au voisinage du côté opposé 15 de la zone résistive 5. La découpe supplémentaire 13 comprend une première portion rectiligne 13a qui s'étend depuis le côté 15 de la zone résistive 5 en direction de la partie centrale. La portion 13a se trouve disposée entre la verticale de la deuxième borne de mesure 7 et la zone de recouvrement 5b. La découpe supplémentaire 13 se poursuit par une deuxième portion 13b parallèle au bord 15 et s'étendant en direction de la première borne de mesure 6 jusqu'au voisinage de la verticale de cette dernière.

Comme on peut le voir sur la fig. 2 les deuxièmes portions 12b et 13b des découpes 12 et 13 définissent un canal à bords parallèles au voisinage de la partie centrale de la zone résistive 5. Les lignes de courant se trouvent donc canalisées avec une grande précision dans ladite partie centrale de la zone résistive 5 qui constitue donc la partie précise et stable de la structure quadripôle de l'élément résistif de l'invention.

Pour procéder à la mesure précise des courants, on utilise l'élément résistif de l'invention comme une résistance shunt. Lorsqu'un courant électrique circule entre les bornes d'injection 3 et 4, la chute de tension mesurée entre les bornes de mesure 6 et 7 représente très précisément la valeur du courant traversant la structure. En effet, la mesure de la tension V entre les bornes de mesure 6 et 7 est proportionnelle au courant I injecté entre les bornes 2a et 2b de manière précise et reproductible quelle que soit la position des points d'injection par les terminaisons 3 et 4 grâce à la différence de résistivité superficielle des deux matériaux superposés dans les zones 5a et 5b.

La modification de géométrie des lignes de courant obtenue par les découpes 12 et 13 s'étendant sur toute l'épaisseur de la structure jusqu'au substrat permet de fixer un rapport V/I prédéterminé avec une grande précision par exemple de l'ordre de ± 1% entre le courant I circulant entre les deux premières bornes et la différence de potentiel V produite entre les deux secondes bornes.

La présente invention permet d'obtenir des éléments de circuit résistif dans lesquels le rapport V/I est inférieur à 100 mΩ avec une grande précision, cette valeur restant stable après vieillissement. Il semble en effet que l'obtention de lignes de courant régulières et bien parallèles dans la partie centrale de la zone résistive constitue un facteur favorable à la stabilité. De la même manière, la diffusion des métaux constituant les bornes 2a et 2b dans la zone résistive 5 ne peut modifier que la valeur de la résistance entre les deux terminaisons 3 et 4 mais n'a pas d'influence sur la valeur de la résistance entre les bornes de mesure 6 et 7 ce qui est également un facteur favorable à la stabilité au vieillissement.

REVENDICATIONS

1. Elément de circuit résistif permettant notamment la mesure des courants électriques, du type comportant un substrat plan en matériau isolant (1) sur lequel ont été déposés par sérigraphie au moins deux ensembles de conducteurs partiellement superposés, caractérisé par le fait qu'il comprend deux premières bornes ou bornes d'injection (2a, 2b, 3, 4) réalisées en un matériau conducteur ayant une première résistivité superficielle, reliées électriquement entre elles par une zone résistive (5) constituée d'un matériau conducteur ayant une deuxième résistivité superficielle supérieure à la première, deux secondes bornes ou bornes de mesure (6, 7) solidaires de la zone résistive (5) et constituées du même matériau, la zone résistive (5) comportant une ou plusieurs découpes (12, 13) pratiquées dans son épaisseur jusqu'au substrat isolant (1) de façon à canaliser les lignes de courant entre les deux bornes de mesure (6, 7).

2. Elément de circuit résistif selon la revendication 1, caractérisé par le fait que les découpes (12, 13) sont pratiquées dans la zone résistive (5) entre les deux bornes de mesure (6, 7) de façon que les lignes de courant entre ces deux bornes soient canalisées pour passer sensiblement par la partie centrale de la zone résistive (5).

3. Elément de circuit résistif selon la revendication 2, caractérisé par le fait que les découpes (12, 13) sont pratiquées dans la zone résistive (5) entre les deux bornes de mesure (6, 7) et qu'au moins l'une des découpes se poursuit jusqu'à l'extérieur des limites de la zone résistive (5).

4. Elément de circuit résistif selon les revendications 2 ou 3, caractérisé par le fait que les découpes (12, 13) sont réalisées sous forme de lignes par exemple par laser.

5. Elément de circuit résistif selon les revendications 2 ou 3, caractérisé par le fait que les découpes sont réalisées sous forme de tranchées par exemple par sablage.

6. Elément de circuit résistif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que les deux bornes de mesure (6, 7) sont disposées d'un même côté de

la zone résistive (5), au moins l'une des découpes s'étendant depuis ledit côté vers la partie centrale de la zone résistive.

7. Elément de circuit résistif selon les revendications 4 et 6, caractérisé par le fait que la zone résistive (5) est munie d'une découpe sous la forme d'une ligne comprenant une première portion (12a) s'étendant depuis le côté (14) de la zone résistive (5) à proximité de l'une des bornes de mesure (6) en direction de la partie centrale de la zone résistiv- (5) et une deuxième portion (12b) s'étendant depuis l'extrémité de la première portion (12a) sensiblement parallèle au côté (14) de la zone résistive (5) en direction de l'autre borne de mesure (7) sans dépasser cette dernière.

8. Elément de circuit résistif selon la revendication 7, caractérisé par le fait que ladite découpe comprend une troisième portion s'étendant depuis l'extrémité de la deuxième portion (12b) en direction dudit côté (14) de la zone résistive (5).

9. Elément de circuit résistif selon les revendications 7 ou 8, caractérisé par le fait que la zone résistive (5) est en outre munie d'une découpe supplémentaire (13) sous forme d'une ligne comprenant une première portion (13a) s'étendant depuis le côté opposé (15) de la zone résistive (5) en direction de la partie centrale de ladite zone et une deuxième portion (13b) s'étendant depuis l'extrémité de la première portion (13a) sensiblement parallèlement au côté (15) de la zone résistive (5), les deuxièmes portions (12b, 13b) parallèles entre elles des deux découpes (12, 13) définissant une portion de la zone résistive canalisant les lignes de courant entre les deux bornes de mesure (6, 7).

10. Elément de circuit résistif selon les revendications 5 et 6, caractérisé par le fait que la zone résistive (5) est munie d'une découpe sous forme d'une tranchée s'étendant depuis le côté (14) de la zone résistive (5) entre les deux bornes de mesure (6, 7) en direction de la partie centrale de la zone résistive (5).

11. Elément de circuit résistif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que la

zone résistive (5) est recouverte d'une couche protectrice sérigraphiée constituée d'un matériau ayant une résistivité superficielle supérieure à la deuxième résistivité superficielle précitée et de préférence non étamable.

12. Elément de circuit résistif selon la revendication 11, caractérisé par le fait que le substrat (1) est constitué d'une céramique à base d'alumine, d'oxyde de beryllium ou en acier émaillé et que la couche de protection (8) est constituée d'un matériau de résistivité au moins égale à 100Ω/□ tel que les oxydes de ruthénium, d'iridium ou de palladium, de préférence vitrifiables.

13. Procédé de fabrication d'un élément de circuit résistif dans lequel on dépose par sérigraphie au moins deux ensembles de conducteurs sur un substrat plan en matériau isolant, caractérisé par le fait que

a) on dépose sur le substrat deux premières bornes d'un matériau conducteur ayant une première résistivité superficielle;

b) on dépose sur le substrat une zone résistive d'un matériau conducteur ayant une deuxième résistance superficielle supérieure à la première en superposant partiellement ladite zone résistive et les deux premières bornes précitées et en formant deux excroissances pour définir deux secondes bornes;

c) on découpe la zone résistive entre lesdites secondes bornes jusqu'au substrat isolant selon un tracé entraînant une modification de la forme des lignes de courant entre les secondes bornes;

d) on poursuit la découpe jusqu'à ce que le rapport V/I entre la différence de potentiel V produite entre les deux secondes bornes et le courant I circulant entre les deux premières bornes soit ajusté à une valeur prédéterminée inférieure à 100 mΩ.

FIG.1

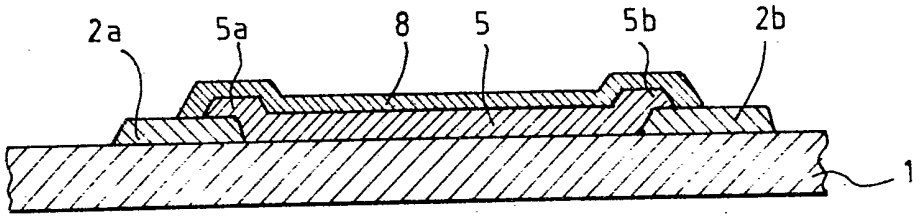

FIG.2

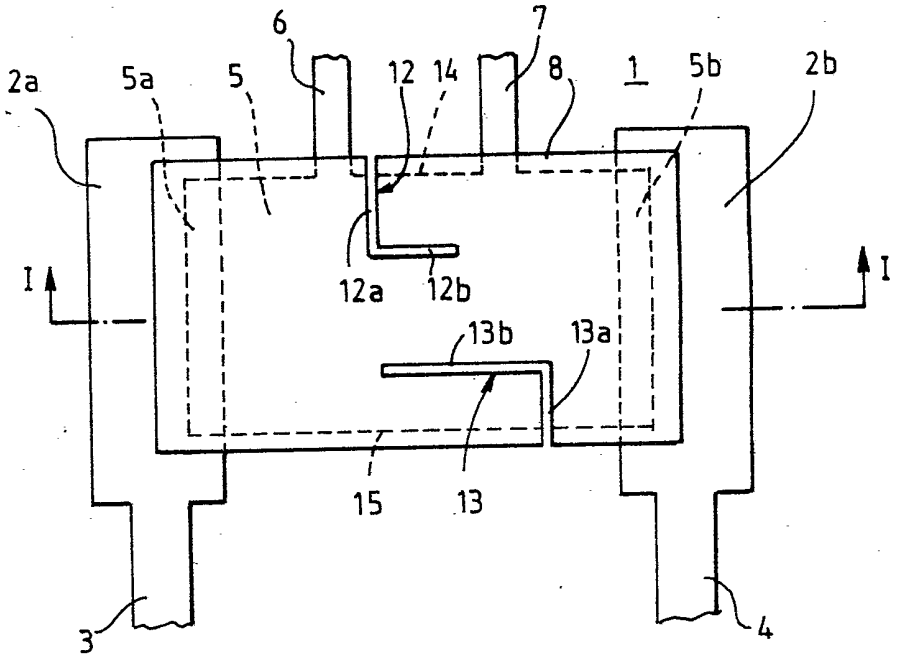

FIG.3

