



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

 (51) Int. Cl.³: H 01 C
 H 01 C
 G 01 B

 17/12
 3/12
 7/20

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein



(12) FASCICULE DU BREVET A5

(11)

620 545

(21) Numéro de la demande: 7016/77

(22) Date de dépôt: 07.06.1977

 (30) Priorité(s): 08.06.1976 FR 76 17269
 30.11.1976 FR 76 36052

(24) Brevet délivré le: 28.11.1980

 (45) Fascicule du brevet
 publié le: 28.11.1980

 (73) Titulaire(s):
 Société Française de l'Electro-Résistance, Paris
 15ème (FR)

 (72) Inventeur(s):
 Paul Simon, Nice (FR)

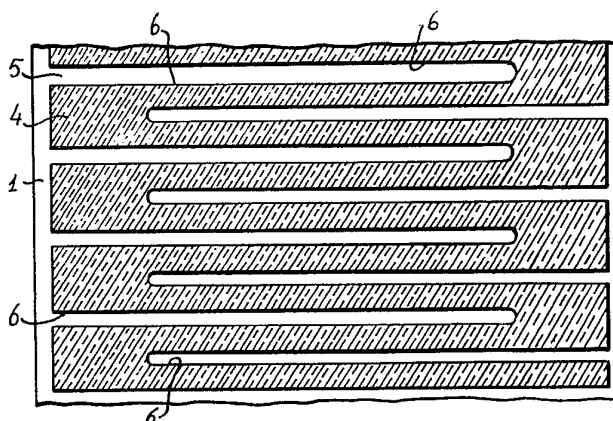
 (74) Mandataire:
 Bovard & Cie., Bern

(54) Procédé de fabrication de résistances électriques à partir d'une feuille ou film métallique, application pour obtenir des sondes thermo-électriques ou jauges de contrainte.

(57) Dans le procédé pour la fabrication de résistances électriques, on utilise une feuille métallique (1) fixée sur un support isolant, et on applique sur ladite feuille (1) un masque (4) comportant des sillons (5) dont les bords (6) correspondent au contour du circuit résistant électrique à graver sur ladite feuille (1).

On grave ledit circuit en plaçant l'ensemble constitué par le masque (4), la feuille (1) et le support dans un faisceau d'ions présentant une énergie cinétique supérieure à l'énergie de liaison des atomes constituant le masque (4) et la feuille (1).

Application à la production de résistances électriques à fortes valeurs ohmiques par unité de surface, aux sondes thermométriques et aux jauges de contraintes.



REVENDECATIONS

1. Procédé pour la fabrication de résistances électriques à partir d'une feuille ou d'un film mince d'un métal ou d'un alliage métallique fixé sur un support isolant, dans lequel on applique sur ladite feuille un masque comportant des sillons dont les bords correspondent au contour du circuit résistant électrique à graver sur ladite feuille, caractérisé en ce qu'on grave ledit circuit en plaçant l'ensemble constitué par le masque, la feuille et le support dans un faisceau d'ions présentant une énergie cinétique supérieure à l'énergie de liaison des atomes constituant le masque et la feuille de métal ou d'alliage.

2. Procédé conforme à la revendication 1, caractérisé en ce que l'énergie cinétique des ions du faisceau utilisé est de l'ordre de quelques KeV.

3. Procédé conforme à la revendication 1, caractérisé en ce que le matériau utilisé pour le masque présente sous l'effet du faisceau d'ions une vitesse d'érosion plus grande que celle du matériau constituant la feuille métallique à graver.

4. Procédé conforme à la revendication 3, caractérisé en ce que le masque et la feuille sont soumis à l'action du faisceau d'ions au moins jusqu'à l'élimination du masque et du métal de la feuille en regard des sillons du masque.

5. Procédé conforme à la revendication 4, caractérisé en ce que l'action du faisceau d'ions est poursuivie au-delà de l'élimination du masque, jusqu'à l'obtention d'une résistance présentant la valeur ohmique requise.

6. Procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le masque est une pellicule photosensible comprenant une couche à base de dérivés d'orthoquinone-diazide, la feuille à graver étant en alliage de nickel et de chrome.

7. Procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le faisceau d'ions est constitué par des ions argon positifs d'énergie cinétique comprise entre 1 et 2 KeV et de densité de courant ionique comprise entre 0,5 et 5 mA/cm².

8. Procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 7, appliqué à la fabrication de résistances présentant des valeurs ohmiques différentes, caractérisé en ce qu'on utilise des feuilles de métaux ou d'alliages d'épaisseurs identiques et qu'on applique sur celles-ci des masques présentant des sillons identiques mais dont l'épaisseur est prédéterminée en fonction de la quantité de métal à éliminer de la feuille à graver.

9. Application du procédé selon la revendication 1 à la fabrication de sondes thermométriques et/ou de jauges de contrainte, caractérisée en ce qu'on utilise un faisceau d'ions argon présentant une densité de courant d'ions sensiblement égale à 1 mA/cm² et une énergie cinétique égale à 1 KeV environ.

10. Application conforme à la revendication 9, à la réalisation de sondes thermométriques, caractérisée en ce qu'on utilise une feuille d'un métal ou d'un alliage dont le coefficient de température est une fonction sensiblement linéaire de la température entre -200°C et +600°C.

11. Application conforme à la revendication 10, caractérisée en ce qu'on utilise une feuille d'un métal ou d'un alliage choisi dans le groupe comprenant le platine, le nickel et les alliages de platine et de tungstène.

12. Application conforme à la revendication 9, à la réalisation de jauges de contrainte, caractérisée en ce qu'on utilise une feuille en alliage de nickel et de chrome.

minces d'un métal ou d'un alliage métallique fixés sur un support isolant.

L'invention concerne également l'application de ce procédé à la fabrication de sondes thermo-électriques et de jauges de contrainte.

On connaît différents procédés pour fabriquer des résistances, jauges ou sondes du genre précité. Dans ces procédés connus, on grave au travers d'une feuille de métal ou d'alliage métallique des fenêtres ou sillons de façon à obtenir un ensemble de filaments résistants électriques de faible section reliés les uns aux autres. On peut, de ce fait, augmenter considérablement la longueur effective du parcours du courant électrique à travers la feuille, et obtenir ainsi des résistances présentant de très fortes valeurs ohmiques par unité de surface.

Selon un procédé connu, on applique sur la feuille de métal ou d'alliage métallique, un masque comportant des fenêtres ou sillons correspondant au contour des filaments résistants à réaliser dans la feuille ou le film mince, et on plonge cette feuille ou ce fil dans un bain chimique ou électrochimique approprié pour éliminer le métal ou l'alliage en regard des fenêtres ou sillons du masque (voir brevet français 1 324 156).

Selon un autre procédé décrit dans la Demande de brevet français No 7 607 889, on grave la feuille métallique recouverte par un masque isolant par usinage électrochimique.

L'inconvénient du procédé de gravure par attaque chimique tient au fait qu'on obtient des filaments dont les bords présentent des aspérités. En raison de ces aspérités, il est impossible de graver dans le métal des fenêtres ou sillons à bords très rapprochés, sous peine de compromettre la stabilité de la résistance obtenue en raison des gradients de champ électrique susceptibles d'exister entre les aspérités des bords adjacents des filaments. Ce procédé à, par contre, l'avantage d'être de mise en œuvre relativement aisée.

Dans ce procédé, on applique sur un support isolant un film ou une feuille métallique et on recouvre l'ensemble par une pellicule photosensible d'un type spécial. Après illumination à travers un masque approprié et développement de cette pellicule, l'ensemble est plongé dans un bain chimique. L'opération de gravure terminée, la pellicule photosensible est enlevée et la surface gravée est recouverte par une couche de protection et isolante en matière plastique.

L'inconvénient du procédé d'usinage électrochimique est de nécessiter une série d'opérations coûteuses et compliquées, tels que le dépôt d'une couche de cuivre sur la surface à graver, le transfert de l'ensemble sur une autre surface, un nouveau transfert sur le substrat isolant définitif, l'élimination de la couche de cuivre, etc. . . .

Ce procédé permet par contre, d'obtenir une gravure très régulière. Les filaments résultants présentent des tranches extrêmement lisses et parfaitement perpendiculaires à la surface gravée. Les résistances ainsi obtenues présentent de ce fait des valeurs ohmiques par unité de surface très élevées avec une dispersion extrêmement faible lors de leur fabrication en série.

Le but de la présente invention est de remédier aux inconvénients des procédés précités en permettant de fabriquer des résistances présentant des valeurs ohmiques par unité de surface très élevées et parfaitement reproductibles lors de leur fabrication en grande série, tout en évitant la série d'opérations compliquées nécessaires dans le procédé de gravure par usinage électrochimique. Pour atteindre ce but le procédé proposé par l'invention, dans lequel on applique sur la feuille de métal ou d'alliage un masque comportant des sillons dont les bords correspondent au contour du circuit résistant électrique à graver sur ladite feuille, est caractérisé en ce qu'on grave ledit circuit en plaçant l'ensemble constitué par le

La présente invention concerne un procédé pour la fabrication de résistances électriques à partir de feuilles ou films

masque, la feuille et le support dans un faisceau d'ions présentant une énergie cinétique supérieure à l'énergie de liaison des atomes constituant le masque et la feuille de métal ou d'alliage.

Lors de la collision des ions avec la feuille de métal et le masque, l'énergie cinétique de ces ions est transférée aux atomes de la feuille et du masque précités. Si cette énergie est supérieure à l'énergie de liaison des atomes, ceux-ci quittent la surface de la feuille de métal et du masque. Ce phénomène encore appelé pulvérisation cathodique (voir par exemple G. K. Wehner; *Advance in electronics and Electron Physics* ed: Marton p. 239 [1955]) a pour résultat une érosion de la surface de la feuille métallique et du masque, qui est fonction entre autres, de la nature du matériau constituant la feuille ou le masque, de la nature des ions incidents et de la durée d'action du faisceau d'ions.

Les essais ont montré que ce procédé permettait d'obtenir une gravure extrêmement fine et par suite des résistances de haute valeur ohmique par unité de surface ($1 \text{ à } 1,5 \text{ M}\Omega/\text{cm}^2$), avec une très faible dispersion lors d'une fabrication en grande série.

Selon une version préférée de l'invention, le matériau utilisé pour le masque présente sous l'effet du faisceau d'ions une vitesse d'érosion plus grande que celle du matériau constituant la feuille métallique à graver.

Ce choix peut paraître surprenant étant donné que les procédés de gravure connus utilisent tous des masques non attaqués par l'agent responsable de la gravure. La caractéristique précitée du masque est cependant particulièrement avantageuse comme on l'expliquera au détail plus loin.

De préférence, le masque est une pellicule photosensible à base d'orthoquinone-diazide et la feuille à graver est un alliage nickel-chrome.

Ce type de pellicule photosensible est couramment utilisé en photogravure. Les alliages nickel-chrome présentent l'avantage d'avoir un très faible coefficient de température, ce qui permet d'obtenir des résistances dont les caractéristiques électriques varient peu en fonction de la température. De plus, le rapport entre la vitesse d'érosion de la pellicule précitée et celle de l'alliage nickel-chrome ci-dessus est particulièrement bien adapté au procédé conforme à l'invention.

Les particularités et avantages de l'invention apparaîtront dans la description ci-après.

Au dessin annexé donné à titre d'exemple non limitatif: 45

la figure 1 est une vue schématique en coupe transversale et à grande échelle d'une feuille métallique appliquée sur un support;

la figure 2 est une vue en coupe, montrant un masque appliqué sur la feuille métallique de la figure 1;

la figure 3 est une vue de dessus, montrant le masque appliqué sur la feuille métallique des figures 1 et 2;

la figure 4 est le schéma d'un dispositif de production d'un faisceau d'ions pour la mise en œuvre du procédé conforme à l'invention;

la figure 5 est une vue en coupe transversale de la feuille métallique fixée sur son support, après mise en œuvre du procédé conforme à l'invention;

la figure 6 est une vue schématique montrant l'évolution en fonction du temps de la gravure du masque et de la feuille métallique, lors de la mise en œuvre du procédé conforme à l'invention;

la figure 7 est une vue en plan d'une jauge de contrainte.

Sur la figure 1, on voit une feuille 1 de métal ou d'alliage métallique appliquée sur un support isolant 2, par exemple en céramique, au moyen d'une couche de colle 3.

Dans le procédé, la feuille 1 présente une épaisseur égale à quelques microns. La feuille 1 peut également être appliquée directement sur le support 2, sous la forme d'un film mince obtenue par dépôt chimique ou électrochimique ou encore par évaporation sous vide.

Dans une première étape du procédé, on applique sur la feuille 1 un masque 4 comportant des sillons 5 (voir figures 2 et 3), dont les bords 6 correspondent au contour du circuit résistant électrique à graver sur la feuille 1.

Conformément à l'invention, on grave le circuit précité en plaçant l'ensemble constitué par le masque 4, la feuille 1 et le support 2 dans un faisceau d'ions présentant une énergie cinétique supérieure à l'énergie de liaison des atomes constituant le masque 4 et la feuille 1 de métal ou d'alliage métallique.

La mise en œuvre de ce procédé de gravure peut être réalisée par exemple au moyen du dispositif de la figure 4. Ce dispositif comprend une enceinte 7 reliée par le conduit 8 à une pompe à vide (non représentée) capable de réaliser un vide de l'ordre de $5 \cdot 10^{-7}$ mm de mercure.

Le dispositif comprend en outre une chambre d'ionisation et d'accélération 10 du faisceau d'ions 9. Cette chambre 10 est du type décrit par Kaufman et Reader (*ARS Electrostatic Propulsion Conf. Monterey col. 960, Rapport no 1374*). L'ionisation du gaz constitué dans cet exemple par de l'argon introduit par la tubulure 10a est produite dans un champ magnétique homogène de quelques dizaines de Gauss obtenu par une bobine d'induction 11, entre une anode cylindrique 12 et un filament 12a émetteur d'électrons.

Le faisceau d'ions 9 est constitué de préférence par des ions argon positifs d'énergie cinétique comprise entre 1 et 2 KeV et de densité de courant ionique comprise entre 0,5 et 5 mA/cm². L'enceinte sous vide 7 contient un support 13 dont la surface 13a exposée au faisceau d'ions 9 et perpendiculaire à celui-ci peut recevoir une ou plusieurs feuilles 1 à graver.

Dans l'exemple représenté, le support 13 est monté en rotation autour de l'axe du faisceau 9. Cette rotation permet d'assurer une gravure homogène de la ou des feuilles métalliques 1 exposées au faisceau d'ions 9.

Dans cet exemple, en outre, l'intérieur du support 13 est parcouru par un liquide réfrigérant 14 assurant le refroidissement du support 13.

L'interaction entre les ions du faisceau 9 et les surfaces du masque 4 et de la feuille 1 exposée à ces ions donne lieu à un arrachement d'atomes qui entraîne une érosion du masque 4 et de la feuille 1.

Le matériau constituant le masque 4 présente sous l'effet du faisceau d'ions 9, une vitesse d'érosion plus grande que celle du matériau constituant la feuille 1 à graver.

Le masque 4 est constitué de préférence par une pellicule photosensible du genre «photoresist» réserve photographique constituée par un mélange de dérivés d'orthoquinone-diazide (par exemple du sulfochlorure de 2,1-naphtoquinone, 5-diazide, voir brevet des Etats-Unis d'Amérique No 3 046 120) et de résine phénol-formaldéhyde.

Sous l'effet d'un faisceau d'ions A⁺ d'énergie égale à 1 KeV et une densité de courant comprise entre 0,5 et 0,6 mA/cm², le masque 4 réalisé dans le matériau précité subit une érosion à la vitesse de 4,5 Å/sec. Cette vitesse d'érosion est supérieure à celle des métaux ou alliages pouvant convenir pour la feuille 1. Par exemple, lorsque celle-ci est en alliage de Ni (80%) et de Cr (20%) la vitesse d'érosion est égale à 2,7 Å/sec dans les conditions précitées.

Le masque 4 et la feuille 1 sont soumis à l'action du faisceau d'ions 9 au moins jusqu'à l'élimination du masque 4 et du métal en regard des sillons 5 du masque 4. Ceci est possible du fait que la vitesse d'érosion du masque 4 est plus grande que celle de la feuille 1. On évite ainsi d'avoir à éliminer le masque

4 dans une étape séparée, comme dans le cas des procédés chimiques et électrochimiques antérieurs.

De préférence, l'action du faisceau d'ions 9 est poursuivie, au-delà de l'élimination du masque 4, et jusqu'à ce que la feuille 1 gravée présente la valeur ohmique requise.

Sur la figure 5, on a représenté le résultat de la gravure par le faisceau d'ions 9. Le masque 4 a été éliminé complètement et il subsiste des filaments métalliques 1a à bords arrondis et séparés par des sillons 15 de largeur maximum l_{sup} supérieure à la largeur initiale l_0 des sillons 5 du masque 4.

Sur la figure 6, on a représenté l'évolution en fonction du temps de l'érosion du masque 4 et de la feuille métallique 1 sous l'effet du faisceau d'ions 9. On donne ci-après les caractéristiques numériques de l'expérimentation considérée par cette figure.

Exemple 1

épaisseur e_1 du masque 4: 1,3 micron

épaisseur e_2 de la feuille 1 (Ni-Cr): 2,5 microns

faisceau d'ions 9: A^+ , énergie = 1 KeV

densité de courant = 0,6 mA/cm².

Les lignes A, B, C, D correspondant aux fronts d'érosion obtenus au bout des temps indiqués dans le Tableau ci-dessous:

Tableau I

lignes	temps (sec.)
A	676
B	1000
C	2955 (t_1)
D	5000
E	9200 (t_2)

t_1 = temps nécessaire pour éliminer complètement le masque 4

t_2 = temps nécessaire pour obtenir une gravure complète de la feuille 1, c'est-à-dire pour éliminer complètement le métal en regard des sillons 5 d'origine du masque 4.

Au bout du temps t_2 , les filaments 1a de métal obtenus présentent dans cet exemple une épaisseur e_3 égale à environ 1 micron.

Exemple 2 et 3

A titre de comparaison, on donne ci-après les valeurs de t_1 , t_2 et e_3 obtenues dans les mêmes conditions que dans l'exemple précédent, mais en partant d'un masque 4 ayant des épaisseurs initiales e_1 égales à 2 et 3 microns.

Tableau II

Epaisseur e_1 du masque 4	t_1	t_2	Epaisseur e_3 des filaments 1a
2 microns	4545	9200	1,5 micron
3 microns	6818	9200	1,9 micron

Des résultats indiqués dans les Tableaux I et II précités, il ressort par conséquent qu'en utilisant des masques 4 présentant des épaisseurs e_1 croissantes, on obtient au bout de temps t_2 identiques des filaments 1a d'épaisseurs croissantes. Cette particularité est remarquable en ce qu'elle permet d'appliquer aisément le procédé conforme à l'invention à la fabrication de résistances présentant des valeurs ohmiques différentes.

Ainsi, conformément à une version avantageuse du procédé conforme à l'invention, on utilise des feuilles 1 de métaux ou d'alliage d'épaisseurs identiques et on applique sur celles-ci des masques 4 présentant des sillons 5 de configurations identiques mais dont seules les épaisseurs e_1 varient en fonction de la

quantité de métal à éliminer de la feuille, c'est-à-dire de l'épaisseur e_3 que l'on veut obtenir pour les filaments 1a.

On peut soumettre ensuite toute une série de feuilles 1 fixées sur leur support isolant 2 et recouvertes par leurs masques 4 d'épaisseur e_1 variable, à l'action d'un faisceau d'ions 9 pendant une durée prédéterminée.

On donne ci-après d'autres exemples de mise en œuvre du procédé conforme à l'invention.

Exemple 4

On utilise une feuille 1 d'alliage Ni (80%) et Cr (20%) d'épaisseur égale à 2,5 microns collée sur une plaque en céramique. On applique sur la feuille de Ni-Cr un masque 4 du type «photoresist» d'épaisseur e_1 égale à 1,5 micron présentant des sillons 5 de largeur l_0 égale à 6 microns, ces sillons 5 étant distants les uns des autres d'une longueur L égale à 14 microns (voir fig. 2). L'ensemble est porté sous un faisceau d'ions A^+ (argon positif) d'énergie cinétique égale à 2 KeV et de densité de courant ionique comprise entre 1 et 1,2 mA/cm².

On obtient ainsi une résistance électrique en forme de carré d'arrête égale à 5,4 mm constituée de 204 filaments 1a parallèles (voir figure 5) d'épaisseur e_3 égale à 1 micron, de largeur L_1 égale à 11 microns, séparés par des sillons 15 de largeur l_1 égale à 9 microns.

En fin d'opération, les filaments métalliques 1a sont protégés et isolés électriquement par un revêtement (non représenté) de matière plastique telle qu'une résine époxy.

La valeur ohmique de la résistance obtenue est égale à 130 Kilo-ohms. A titre de comparaison, en soumettant une feuille 1 identique à celle ci-dessus à une attaque par usinage électrochimique, la valeur ohmique obtenue n'est pas supérieure à 45 Kilo-ohms.

Exemple 5

On procède comme dans l'exemple 4, en partant d'un masque 4 présentant une épaisseur e_1 égale à 3 microns, la largeur l_0 et le nombre de sillons 5 étant égaux aux valeurs indiquées dans l'exemple 4. On obtient une résistance de valeur ohmique égale à 90 Kilo-ohms.

On peut encore augmenter les valeurs ohmiques des résistances électriques obtenues selon les exemples 4 et 5, en continuant l'exposition au faisceau d'ions 9 au-delà de la durée t_2 requise pour éliminer complètement le métal de la feuille 1 en regard des sillons initiaux 5 du masque 4.

Exemple 6

On veut ajuster la valeur ohmique de la résistance électrique obtenue selon l'exemple 1 à 135 Kilo-ohms. A cet effet, on connecte la résistance à un pont de mesure et on arrête le faisceau d'ions 9 lorsque le pont de mesure indique que la résistance est égale à 135 Kilo-ohms. Dans l'exemple considéré, la durée d'action complémentaire du faisceau d'ions est de l'ordre de 15 à 18 secondes.

La description précitée a mis en évidence que le procédé conforme à l'invention présente les avantages suivants:

- il permet de fabriquer des résistances électriques présentant de très fortes valeurs ohmiques par unité de surface;
- sa mise en œuvre est très rapide, plusieurs centaines de résistances pouvant être soumises en même temps à l'action du faisceau d'ions 9 et la durée de la gravure complète ne dépassant pas quelques heures;
- sa mise en œuvre est simple du fait qu'il ne comporte qu'un très petit nombre d'étapes;
- il peut être appliqué à la gravure d'un nombre de métaux ou d'alliages beaucoup plus élevé que les procédés d'attaque chimique et électrochimique connus; ceci rend le procédé applicable à la réalisation d'une large gamme de résistances;
- il peut être appliqué à la fabrication en série de résistances présentant des valeurs ohmiques différentes, sans modi-

fier d'autres paramètres du procédé que l'épaisseur du masque 4.

L'invention vise également, en tant que produits industriels nouveaux, les résistances électriques obtenues selon le procédé conforme à l'invention. De telles résistances se distinguent des procédés antérieurs par le fait que les filaments métalliques 1a (voir figure 5) présentent une section transversale de profil arrondi et convexe, la convexité étant tournée vers l'extérieur de la résistance.

Les essais ont montré que de telles résistances présentaient des valeurs ohmiques par unité de surface nettement plus grandes que celles des résistances obtenues selon les procédés de gravure connus. Ce résultat peut s'expliquer d'une part, du fait que les sillons 15 obtenus en fin de bombardement ionique sont plus larges que les sillons 5 d'origine du masque et d'autre part, du fait que la section transversale des filaments 1a est un profil arrondi et convexe.

Le procédé conforme à l'invention peut également être appliqué à la fabrication de sondes thermométriques et de jauges de contraintes.

La figure 7 annexée, donnée à titre d'exemple non limitatif, est une vue en plan d'une jauge de contrainte réalisée suivant le procédé conforme à l'invention.

Cette jauge de contrainte comprend un circuit résistant électrique 20 obtenu par gravure d'une feuille de métal ou d'alliage appliquée sur un support isolant 21 constitué par une plaque de céramique ou de verre. Le circuit 20 est constitué par de minces filaments parallèles 22, 22a dont les extrémités 23 sont reliées entre elles pour définir un trajet sinueux de longueur totale beaucoup plus grande que les dimensions du support isolant. Dans l'exemple représenté, les filaments 22a situés le long de deux bords opposés du support isolant 21 comportent des extrémités élargies 24 servant à la connexion de la jauge de contrainte au circuit électrique extérieur. Pour fabriquer une telle jauge de contrainte, on procède comme suit:

- on applique sur le support isolant 21 la feuille de métal ou d'alliage approprié;
- on applique sur cette feuille un masque constitué par une pellicule photosensible, on expose cette dernière à un rayonnement et on développe cette pellicule de façon à obtenir des sillons reproduisant le circuit 20 à graver dans la feuille de métal ou d'alliage;

- on soumet le masque ainsi obtenu et la feuille de métal ou d'alliage à l'action d'un faisceau d'ions jusqu'à l'élimination du métal en regard des sillons du masque.

On donne ci-après un exemple non limitatif de mise en œuvre

du procédé conforme à l'invention appliqué à la fabrication d'une jauge de contrainte.

Exemple 7

On utilise une feuille d'alliage Ni (80%) et Cr (20%) d'épaisseur égale à 2,5 microns collée sur une plaque 21 en céramique. On applique sur la feuille un masque photosensible présentant des sillons reproduisant le contour du circuit à graver. On expose l'ensemble au bombardement d'un faisceau d'ions A⁺ (argon⁺) d'énergie cinétique égale à 1 KeV, la densité du courant d'ions A⁺ étant de l'ordre de 1 mA/cm².

Dans des conditions, la vitesse d'érosion du masque est comprise entre 4 et 5 Å/seconde et celle de la feuille de Ni-Cr entre 2,5 et 3 Å/seconde.

On obtient ainsi une jauge de contrainte de forme rectangulaire de longueur égale à 14 mm et de largeur égale à 7 mm. En fin d'opération, la feuille gravée est isolée électriquement et protégée à l'égard des chocs mécaniques par un revêtement de matière plastique telle qu'une résine époxy.

Pour fabriquer des sondes thermométriques, on procède comme spécifié ci-dessus en partant de préférence d'une feuille d'un métal ou d'un alliage pour lequel le coefficient de température est une fonction sensiblement linéaire de la température entre -200°C et +600°C. Cette condition est satisfaite dans le cas du platine, du nickel et des alliages de platine et de tungstène. Dans le cas du platine et des alliages de platine et de tungstène, la sonde thermométrique peut être utilisée jusqu'à des températures atteignant 2000°C.

On donne ci-après un exemple non limitatif de la mise en œuvre du procédé de fabrication d'une sonde thermométrique.

Exemple 8

On procède comme indiqué dans l'exemple 7, en partant d'une feuille de platine d'épaisseur égale à 2,5 ou 4 microns. Selon cette méthode, on peut obtenir une sonde thermométrique de résistance égale à environ 60 kilo-ohms/cm².

L'expérience a montré que le procédé conforme à l'invention permettait d'obtenir des sondes thermométriques et des jauges de contrainte présentant des valeurs ohmiques par unité de surface plus grandes que celles des jauges ou des sondes obtenues selon les procédés classiques. On peut ainsi réaliser des sondes thermométriques et des jauges de contrainte de dimensions très réduites, ce qui présente un intérêt considérable dans certaines applications de l'électronique.

De plus, du fait que le procédé conforme à l'invention n'est pas tributaire du métal ou de l'alliage constituant la feuille à graver, ce procédé permet d'utiliser des métaux ou des alliages inertes vis-à-vis des réactifs chimiques ou électrochimiques classiques, mais particulièrement adaptés à la réalisation de sondes thermométriques ou de jauges de contrainte.

Fig.1

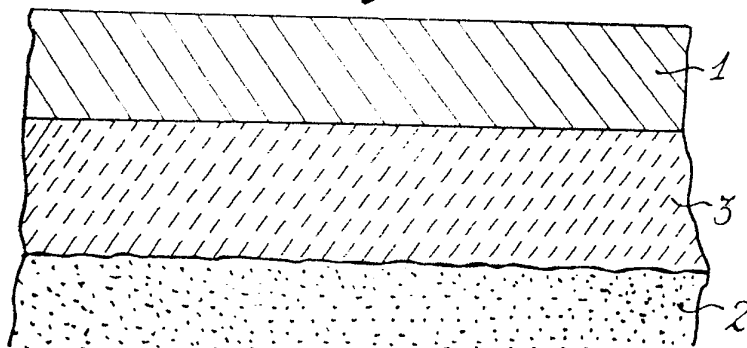


Fig.2

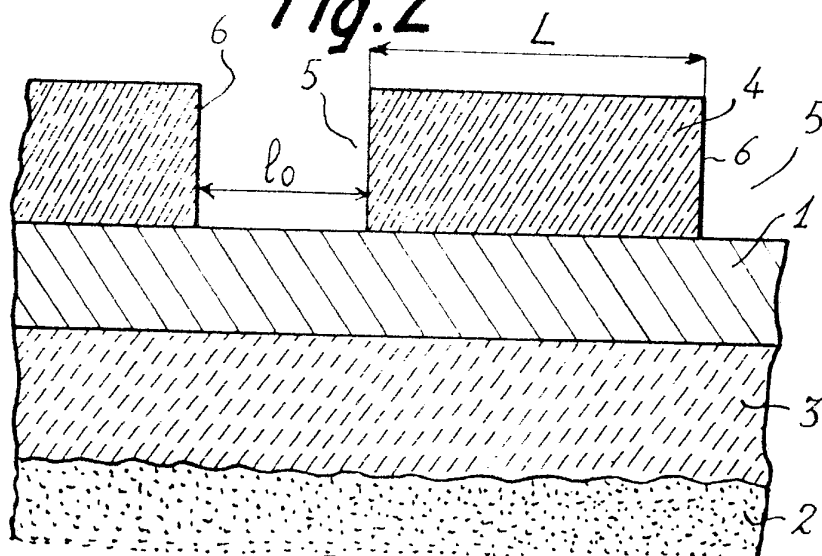


Fig.3

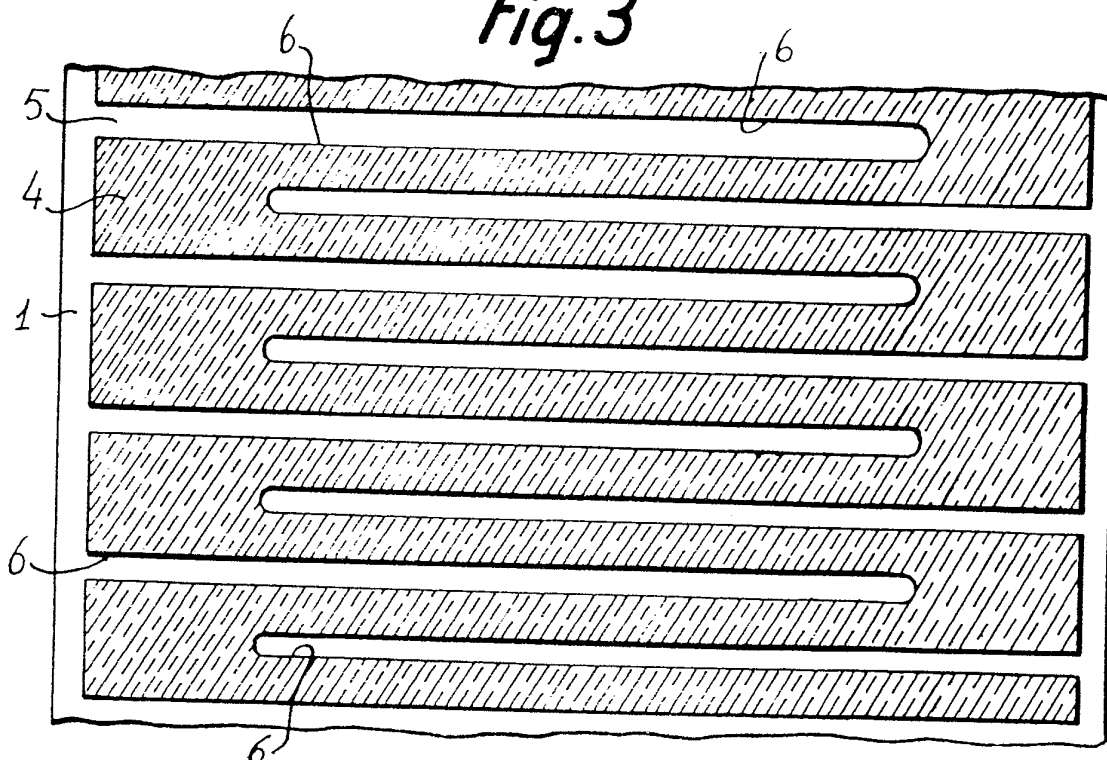


Fig. 4

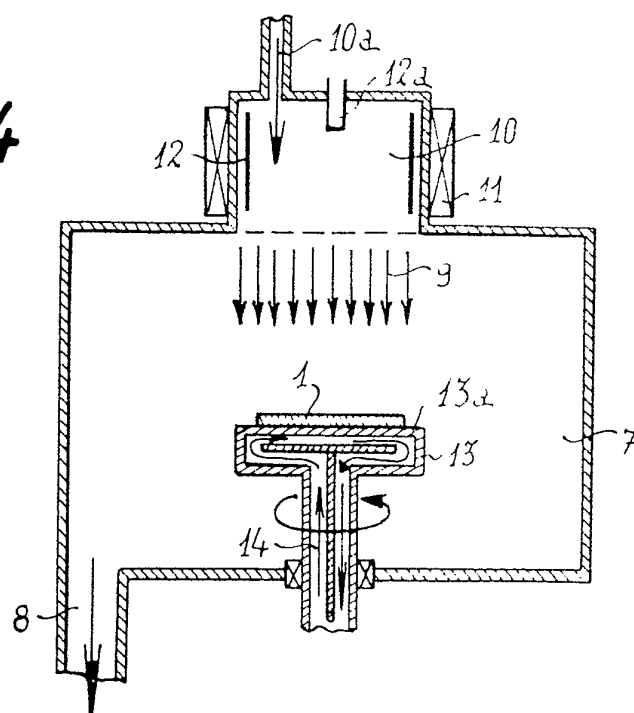


Fig. 5

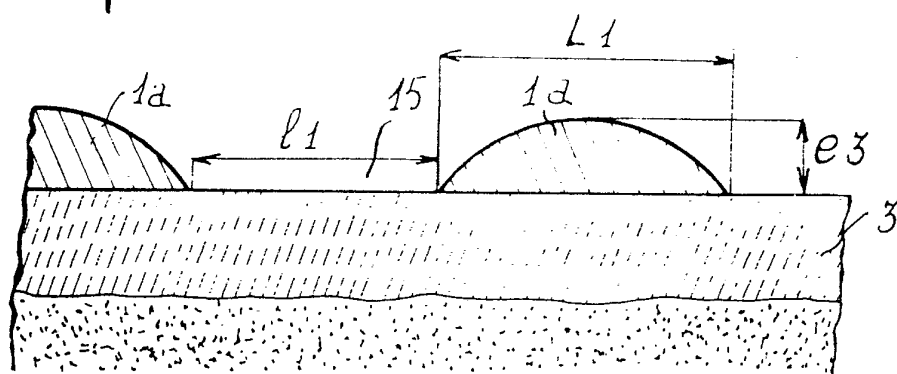


Fig. 6

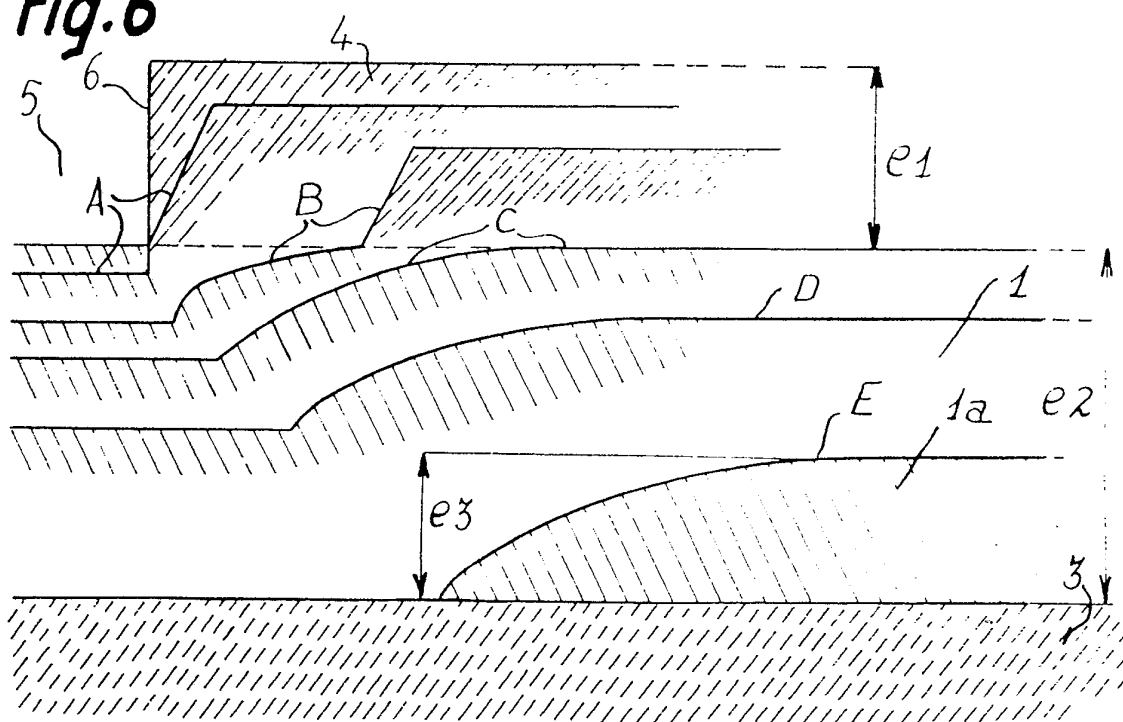


Fig. 7

