

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

②

**N° 81 23278**

---

⑤④ Substrat céramique monolithique fritté pour circuit électrique fin et son procédé de fabrication.

⑤① Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). H 05 K 1/03; C 04 B 35/08, 35/10; H 01 B 1/03;  
H 01 L 21/70.

②② Date de dépôt..... 14 décembre 1981.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée : *EUA, 15 décembre 1980, n° 06/216 397.*

④① Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 24 du 18-6-1982.

---

⑦① Déposant : Société dite : COORS PORCELAIN COMPANY, résidant aux EUA.

⑦② Invention de : Richard A. Langman, Donald R. Giovanini et Michael P. Letzig.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Rinuy, Santarelli,  
14, av. de la Grande-Armée, 75017 Paris.

L'invention concerne les substrats céramiques pour circuits électriques fins, ainsi qu'un procédé de fabrication de ces substrats.

5 Dans l'industrie électronique, des substrats céramiques sont utilisés pour le montage de plaquettes semi-conductrices ou autres et pour l'impression, l'application par dépôt en phase vapeur ou l'application de toute autre manière du circuit électrique associé aux plaquettes. Les progrès réalisés en électronique font apparaître la nécessité toujours croissante de réaliser un plus grand nombre  
10 de circuits électriques par unité de surface du substrat. Ceci exige, par suite, que les conducteurs appliqués sur le substrat pour constituer le circuit soient de moins en moins larges afin d'occuper moins de surface par unité  
15 de longueur. Ces circuits fins exigent une amélioration de la planéité de la surface du substrat sur lequel ils sont appliqués, c'est-à-dire la présence d'un minimum de défauts de surface tels que des piqûres et des vides.

Des substrats céramiques destinés à cette utilisation finale sont classiquement réalisés en céramique à  
20 l'alumine, bien que l'oxyde de béryllium puisse être employé lorsque l'on souhaite une conductivité thermique très élevée, cependant à un coût plus élevé. Mais toutes ces céramiques sont très dures et, par conséquent, le  
25 polissage de leur surface est difficile et coûteux. En outre, bien que le polissage rende la surface lisse, il n'en élimine pas nécessairement des défauts tels que des piqûres relativement profondes, soulevant des difficultés pour l'obtention d'un bon réseau de circuits fins. La  
30 solution classique aux problèmes des défauts de surface est d'appliquer une mince couche de glaçure, c'est-à-dire d'un verre, sur la surface de la céramique. Cependant, l'application de glaçure a pour résultat l'apparition de plusieurs caractéristiques indésirables telles que  
35 les diminutions de l'adhérence, de la conductivité thermique, de la résistance chimique et de l'isolation électrique entre des conducteurs adjacents dans le circuit. En effet, sur tous ces points, le verre est très inférieur

à la céramique à l'alumine ou à l'oxyde de béryllium.

Selon la présente invention, le substrat est formé d'une céramique monolithique frittée comprenant une couche de base relativement épaisse et une couche supérieure mince qui présente une surface supérieure relativement plane et une interface relativement irrégulière avec la couche de base, chacune de ces couches contenant au moins environ 90 % en poids de matière cristalline, la matière cristalline de la couche de base étant constituée pratiquement en totalité d'alumine ou d'oxyde de béryllium et la matière cristalline de la couche supérieure étant pratiquement en totalité la même que celle de la couche de base, mais ayant une grosseur de grain moyenne inférieure à, et de préférence non supérieure à la moitié de celle de la couche de base. Dans les formes préférées de réalisation selon l'invention, chacune des couches contient au moins environ 95 % en poids de la matière cristalline et au moins la couche de base contient, en plus, une phase vitreuse.

Par conséquent, la surface supérieure du substrat sur lequel le réseau de circuits est appliqué présente toutes les propriétés souhaitables caractéristiques de l'alumine ou de l'oxyde de béryllium, suivant le cas, et, de plus, elle est sensiblement plane, c'est-à-dire qu'elle ne présente qu'un minimum de défauts de surface, la couche supérieure de la structure monolithique ayant pour fonction de recouvrir les défauts de surface de la couche de base afin de former la surface exempte de défauts et relativement nivelée que l'on souhaite.

Selon une autre caractéristique de l'invention, on fabrique ce substrat en formant et frittant d'abord une plaque constituée de la céramique à l'alumine ou à l'oxyde de béryllium (qui sert de couche de base dans la structure finale), puis on revêt au moins l'une des surfaces opposées de la plaque avec une mince couche de la céramique qui sert de couche supérieure du substrat, ce dernier étant ensuite de nouveau cuit pour fritter la couche supérieure. Les particules d'alumine ou d'oxyde de

béryllium entrant dans la constitution du revêtement mince qui constitue la couche supérieure ont une dimension moyenne inférieure à, et de préférence non supérieure à la moitié de la dimension moyenne des particules d'alumine entrant dans la charge brute pour former la plaque, c'est-à-dire la plaque de base, de sorte que le revêtement assume bien la fonction prévue qui est de recouvrir les défauts de surface de la plaque pour former la surface sensiblement plane et sans défauts que l'on souhaite, et également que la grosseur finale, après cuisson, des grains d'alumine de la couche supérieure est inférieure à celle des grains de la matière cristalline, après cuisson, de la couche de base. De plus, étant donné que la dimension des particules de la céramique du revêtement est très faible, la céramique réagit davantage et, par conséquent, elle peut acquérir une structure monolithique frittée par cuisson à température inférieure, ce qui réduit l'importance de la croissance des grains pendant la cuisson.

Le procédé préféré de fabrication d'une plaque devant servir de couche de base consiste à : (1) malaxer la charge brute sous la forme d'une suspension aqueuse qui, en plus des ingrédients de la céramique, contient une petite quantité de cire ou autre liant organique ; (2) à sécher la charge brute par pulvérisation ; (3) à comprimer à sec la charge séchée par pulvérisation pour former les plaques souhaitées ; puis (4) à faire cuire les plaques pour éliminer par combustion ou vaporisation le liant organique et pour fritter la céramique. Ce procédé de formation des plaques est avantageux pour un certain nombre de raisons par rapport à d'autres procédés pouvant être utilisés tels que, par exemple, celui consistant à découper les plaques dans une bande formée par moulage de la formulation de charge souhaitée. L'avantage principal du procédé de séchage par pulvérisation et de compression à sec est qu'il offre une plus grande liberté en ce qui concerne le choix de l'épaisseur et de la forme de la plaque, avec une perte minimale par déchets. L'inconvénient habituel du procédé de séchage par pulvérisation

et de compression à sec est que les plaques ainsi fabriquées présentent des surfaces caractérisées par des configurations régulières ou irrégulières de défauts. Cependant, la mise en oeuvre de la présente invention permet de  
5 minimiser cet inconvénient.

L'invention sera décrite plus en détail en regard du dessin annexé à titre d'exemple nullement limitatif et sur lequel :

- la figure 1 est une vue partielle de dessus,  
10 à échelle agrandie, du substrat céramique selon l'invention, montrant un circuit électrique fin représentatif des circuits généralement appliqués sur un tel substrat ; et

- la figure 2 est une coupe transversale partielle, suivant la ligne 2-2 de la figure 1, montrant un  
15 petit détail du substrat à échelle beaucoup plus agrandie, mais non précise, cette coupe faisant apparaître la couche de base et la couche supérieure et leur interface.

La charge brute pour former la plaque servant de couche de base sera tout d'abord décrite. Comme indiqué  
20 précédemment, il est préférable que la couche de base du substrat soit en céramique à l'alumine et, par conséquent, dans la forme préférée de réalisation décrite ci-après, une céramique à l'alumine est utilisée. Lorsque  
25 l'on souhaite une autre céramique, par exemple une céramique à l'oxyde de béryllium, il est simple de substituer l'oxyde de béryllium à l'oxyde d'aluminium dans la charge pour former la plaque avec, peut être, d'autres  
30 petits ajustements portant sur d'autres ingrédients de la formulation, ainsi qu'il est bien connu de l'homme de l'art. Dans tous les cas, il est préférable que la couche de base contienne une phase vitreuse et, par conséquent, que la formulation de la céramique utilisée pour former la plaque devant constituer la couche de base contienne une petite quantité de silice telle quelle ou  
35 sous forme combinée, ainsi que, de préférence, une petite quantité d'un oxyde alcalino-terreux, de talc ou autre.

Une formulation de charge brute représentative pour fabriquer la plaque est :

	<u>Ingrédient</u>	<u>Pourcentage en poids</u>
	Alumine	96,6
	Silice	2,3
	Magnésie	0,8
5	Autres (oxyde de calcium, oxyde de fer, etc).	0,3

L'alumine devrait être de préférence de l'alumine alpha. La charge est malaxée et la dimension des particules est davantage réduite au moyen d'un broyeur à billes, la dimension moyenne finale des particules de la charge et, par conséquent, de l'alumine qu'elle contient, après passage au broyeur à billes, étant de préférence comprise entre 3 et 5 micromètres avec, de préférence, une répartition granulométrique d'environ 0,5 micromètre à 20 micromètres.

Pendant ou après le passage au broyeur à billes, les ingrédients de la céramique sont mis sous la forme d'une suspension aqueuse contenant une petite quantité de cire ou autre liant organique. Ainsi qu'il est bien connu de l'homme de l'art, la meilleure façon d'obtenir ce résultat consiste à mélanger une émulsion aqueuse de cire avec la formulation de la céramique, la quantité de cire utilisée étant telle que la formulation contienne d'environ 4 à 8 % de cire, en poids, sur base sèche. Cette suspension est ensuite séchée par pulvérisation au cours d'une opération classique de séchage par pulvérisation. Brièvement décrite, une telle opération consiste à pulvériser l'émulsion sous la forme de petites gouttelettes, du haut d'une tour dans laquelle un courant d'air chaud s'élève afin que l'eau contenue dans les gouttelettes s'évapore, le produit s'accumulant sur le fond de la tour sous forme de très petites sphères à peu près sphériques constituées par la céramique de charge, liée à la cire, la dimension des perles variant généralement d'environ 63,5 à 190 micromètres.

Il convient de noter que, bien que le séchage par pulvérisation soit préféré pour la préparation de la charge devant être mis sous la forme de la plaque,

ce mode de séchage n'est pas essentiel à la mise en oeuvre de l'invention quand bien même les plaques doivent être formées par compression à sec, comme cela est préféré. L'avantage d'une matière séchée par pulvérisation est sa haute aptitude à l'écoulement, ce qui simplifie la charge et le remplissage des outils avec la charge brute lors de l'opération de compression ou pressage à sec qui suit.

La formation des plaques sera à présent décrite.

Les plaques sont de préférence formées par compression à sec de la charge séchée par pulvérisation dans des outillages métalliques complémentaires ayant la forme et la dimension souhaitées, l'outil femelle présentant une ouverture à peu près plate, des dimensions souhaitées, et l'outil mâle se présentant sous la forme d'un poinçon qui s'ajuste étroitement dans l'outil femelle afin d'appliquer une pression à la dose de charge, séchée par pulvérisation, introduite dans l'outil femelle, toutes ces opérations étant bien connues de l'homme de l'art.

Dans le cas où l'on souhaite que la plaque soit traversée d'ouvertures, des aiguilles ayant les dimensions souhaitées sont disposées aux emplacements souhaités sur la surface de l'un des outils et sont alignées avec des ouvertures ménagées dans l'autre outil lorsque les deux outils sont accouplés l'un à l'autre, la matière séchée par pulvérisation étant placée entre eux. La pression appliquée pendant la compression à sec des plaques devrait de préférence être comprise entre 70 et 105 MPa. Il est cependant évident qu'au cours de l'opération suivante de cuisson, pendant laquelle le liant organique est vaporisé ou éliminé par combustion et la céramique est frittée, il se produit un certain retrait dans toutes les dimensions, généralement d'environ 15 % et, par conséquent, les plaques comprimées à sec, constituées de la charge, sont réalisées dans des dimensions proportionnellement plus grandes que celles souhaitées pour les plaques cuites finales. Dans les formes préférées de réalisation de l'invention,

l'épaisseur de la couche de base et, par conséquent, l'épaisseur de la plaque cuite est typiquement comprise entre environ 0,63 et 6,35 mm.

L'opération de cuisson des plaques sera à présent  
5 décrite. Les plaques formées de la charge sont en-  
suite cuites pour que le liant organique en soit éliminé  
par combustion ou vaporisation et que la céramique soit  
frittée. Ainsi qu'il est bien connu de l'homme de l'art,  
la température préférée de cuisson dépend de la formulation  
10 précise de la céramique. Pour de la céramique à l'alumine,  
des températures de cuisson de 1575 à 1675°C sont typiques,  
la température préférée de cuisson pour la formulation  
de charge de céramique à l'alumine, décrite précé-  
demment, étant d'environ 1640°C, avec maturation de 5  
15 heures à cette température. La cuisson peut s'effectuer  
dans l'atmosphère ambiante normale, c'est-à-dire oxydante.

Lors des dernières phases de l'opération de  
cuisson au cours desquelles la céramique se fritte,  
il se produit une interaction entre la silice, la magnésie  
20 et une petite quantité de l'alumine pour former une phase  
vitreuse et il se produit également une certaine croissance  
de la dimension des grains de l'alumine cristalline,  
la dimension moyenne finale des grains de l'alumine cris-  
talline, après cuisson, étant d'environ 6 à 8 micromètres.

25 La description portera à présent sur l'enfour-  
nement destiné à la formation du revêtement servant de  
couche supérieure. La charge destinée au revêtement  
devant être appliqué sur la plaque, puis cuit pour cons-  
tituer la couche supérieure, devrait contenir au moins 90 %  
30 en poids, et de préférence plus de 95 % en poids, d'alumine,  
la partie restante étant constituée pratiquement en tota-  
lité de silice, telle quelle ou sous forme combinée,  
et d'autres matières vitrifiables telles qu'un oxyde  
alcalino-terreux, du talc ou autre, qui réagissent avec  
35 la silice pour former du verre. Bien qu'il soit souhaitable  
que la couche supérieure contienne une petite quantité  
de phase vitreuse au moins à son interface avec la couche  
de base, l'inclusion de matières vitrifiables dans la

charge brute pour former le revêtement n'est pas toujours essentielle pour parvenir à ce but, car si la plaque sur laquelle le revêtement est appliqué contient elle-même une phase vitreuse, comme cela est souhaité, le verre présent à l'interface peut alors être suffisant et il peut migrer suffisamment, pendant la cuisson du revêtement, pour donner à la couche supérieure, à son interface, une phase vitreuse. Par conséquent, dans les formes préférées de réalisation, alors que la charge destinée à former les plaques contient de préférence des matières vitrifiables (c'est-à-dire de la silice telle quelle ou sous forme combinée) et des oxydes alcalino-terreux ou autres qui réagissent avec la silice pour former du verre) sous forme d'agrégats et en quantité d'au moins environ 2 % en poids, il n'est pas nécessaire et il est même préférable que la charge destinée au revêtement ne contienne pas plus d'environ 1 % en poids de matières vitrifiables dans les agrégats.

Le tableau ci-dessous donne une formulation typique et préférée de charge brute pour le revêtement à appliquer sur la surface de la plaque, puis à cuire pour former la couche supérieure :

	<u>Ingrédient</u>	<u>Pourcentage en poids</u>
	Alumine	99,4
25	Silice	0,23
	Magnésie	0,27
	Autres (oxyde de calcium, oxyde de fer, etc.)	0,1

L'alumine contenue dans la charge destinée au revêtement devrait être de préférence de l'alumine alpha sous forme de fines particules et, par conséquent, hautement réactive. La charge est malaxée et la dimension de ses particules est réduite au broyeur à billes, la dimension moyenne des particules de la charge, et par conséquent, de l'alumine qu'elle contient, après passage au broyeur à billes, étant inférieure à, et de préférence non supérieure à la moitié de la dimension moyenne finale des particules d'alumine contenues

dans la charge utilisée pour former la plaque. Dans les formes préférées de réalisation, la dimension moyenne finale des particules d'alumine dans la charge de revêtement est comprise entre 1 et 1,5 micromètre, avec une répartition granulométrique d'environ 0,1 à 10 micromètres. Pendant ou à la fin du passage dans le broyeur à billes, la charge est mise sous la forme d'une suspension par mélange avec un liquide. Bien que ce liquide puisse être de l'eau, il est préférable que le liquide soit un véhicule organique contenant une petite quantité de résine organique dissoute provoquant une bonne adhérence de la suspension sur la plaque de céramique sur laquelle elle est appliquée. Un mélange d'environ 40 % (en poids) de butylcarbitol, 40 % de méthyléthylcétone et 20 % d'alpha terpinol constitue un exemple de véhicules organiques pouvant être utilisés. La résine organique peut être, par exemple, un acrylique présent à raison d'environ 3 % en poids de la suspension. Si de l'eau est utilisée comme véhicule liquide, elle devrait, de préférence, contenir également une petite quantité de liant, par exemple de l'alcool polyvinylique ou une cire pouvant être émulsionnée à l'eau. La teneur préférée en solides de céramique pour la suspension dépend évidemment de l'épaisseur souhaitée pour la couche supérieure, cette épaisseur déterminant, elle-même, l'épaisseur sur laquelle le revêtement doit être appliqué. Dans les formes préférées de réalisation, l'épaisseur de la couche supérieure, après cuisson, est comprise entre environ 5 et 25 micromètres, cette épaisseur pouvant être typiquement de 12,5  $\mu\text{m}$ . En général, l'épaisseur de la couche supérieure cuite est égale à environ 50 % de l'épaisseur de la couche avant cuisson, mais après évaporation du véhicule liquide et, par conséquent, dans les formes préférées de réalisation, l'épaisseur de cette couche avant cuisson est comprise entre environ 10 et 50 micromètres, et elle peut être typiquement de 25 micromètres. Une suspension ayant une teneur en solides d'environ 40 à 50 % en poids s'est révélée tout à fait satisfaisante.

Le revêtement est formé sur la surface de la plaque par pulvérisation ou autre mode d'application de la suspension sur la plaque, le véhicule liquide pouvant ensuite s'évaporer.

5 L'opération de cuisson du revêtement pour former la couche supérieure du substrat sera à présent décrite. La plaque portant le revêtement appliqué comme décrit ci-dessus est cuite afin que tout liant organique présent en soit éliminé par combustion ou évaporation et que la  
10 couche supérieure mince résultante soit frittée en formant une structure monolithique avec la couche de base. De même que pour la cuisson de la plaque, dans ce cas également la température et le plan précis de cuisson dépendent de la formulation précise de la céramique de la couche  
15 supérieure. Dans le cas de la formulation préférée de la céramique, telle que décrite, pour former la couche supérieure, il est préférable d'utiliser une température de cuisson comprise entre environ 1500 et 1560°C, avec maturation de 4 à 6 heures à cette température. La cuisson  
20 peut s'effectuer dans l'atmosphère ambiante, c'est-à-dire oxydante.

Pendant la cuisson de la couche supérieure, il apparaît une certaine croissance des grains de l'alumine et, si la formulation de la charge utilisée pour la  
25 couche supérieure contient des matières vitrifiables, il se produit une interaction de ces matières vitrifiables les unes avec les autres et avec une petite quantité d'alumine pour former une phase vitreuse. Après cuisson, la dimension moyenne des grains de l'alumine cristalline  
30 de la couche supérieure devrait être, dans tous les cas, inférieure à, et de préférence non supérieure à la moitié de la dimension moyenne des grains de la matière cristalline de la couche de base. Dans les formes préférées de réalisation qui sont obtenues par les formulations et  
35 les opérations préférées décrites, la dimension moyenne finale des cristaux de l'alumine cristalline dans la couche supérieure est comprise entre 2,5 et 3,5 micromètres, alors que la dimension moyenne des cristaux de la matière

crystalline de la couche de base est comprise entre 6 et 8 micromètres.

Au cours de l'opération de cuisson finale pendant laquelle la couche supérieure est frittée, la couche  
5 supérieure forme une structure monolithique avec la couche de base et, ce faisant, elle remplit pratiquement toutes les irrégularités de surface de la couche de base, ce qui a pour résultat que l'interface entre la couche  
10 supérieure et la couche de base est irrégulière par rapport à la surface supérieure relativement plane de la couche supérieure, qui est pratiquement exempte de défauts pouvant autrement rendre difficile l'obtention d'un réseau de circuits fins satisfaisant sur le substrat.

La figure 1 représente un réseau typique de  
15 circuits fins appliqué ensuite sur le substrat, les minces lignes 2 de matière conductrice étant appliquées sur la surface supérieure relativement plane du substrat, par exemple par impression, dépôt de couche mince, techniques photolithographiques ou autres, bien connues de l'homme  
20 de l'art. Dans la forme particulière de réalisation représentée, le substrat est traversé de plusieurs trous 4 destinés à recevoir des conducteurs électriques qui réalisent des contacts avec les tronçons 6 de circuit entourant ces trous.

25 La figure 2 montre l'interface irrégulière 10 entre la couche de base 12 et la couche supérieure 14, la surface supérieure 16 de cette couche supérieure étant relativement plane et exempte de défauts.

30 Etant donné que le substrat monolithique à deux couches selon l'invention présente une surface relativement exempte de défauts, l'application du réseau de circuits fins est optimisée, ce qui diminue le risque de court-circuit ou de ruptures apparaissant dans le circuit.

35 Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent être apportées au substrat décrit et représenté sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Substrat céramique monolithique fritté pour circuit électrique fin, caractérisé en ce qu'il comprend une couche de base (12) relativement épaisse et une couche supérieure (14) relativement mince qui présente une surface supérieure (16) relativement plane et qui réalise une interface (10) relativement irrégulière avec la couche de base, chacune des couches contenant au moins environ 90 % en poids de matière cristalline, la matière cristalline de la couche de base étant constituée pratiquement en totalité du groupe comprenant de l'alumine et de l'oxyde de béryllium et la matière cristalline de la couche supérieure étant à peu près totalement la même que celle de la couche de base, mais présentant une dimension moyenne de grains inférieure à celle de la matière cristalline de la couche de base.

2. Substrat selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'au moins la couche de base contient une phase vitreuse.

3. Substrat selon la revendication 2, caractérisé en ce que la dimension moyenne des grains de la matière cristalline de la couche supérieure ne dépasse pas la moitié de celle des grains de la matière cristalline de la couche de base, la dimension moyenne des grains de la matière cristalline de la couche de base pouvant notamment être comprise entre environ 6 et 8 micromètres et celle de la matière cristalline de la couche supérieure pouvant notamment être comprise entre 2,5 et 3,5 micromètres.

4. Substrat selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'épaisseur de la couche supérieure est comprise entre environ 5 et 25 micromètres.

5. Substrat selon la revendication 1, caractérisé en ce que chacune des couches contient au moins 95 % en poids de ladite matière cristalline.

6. Substrat selon la revendication 1, caractérisé en ce que la matière cristalline est l'alumine.

7. Procédé de fabrication d'un substrat céramique monolithique fritté pour circuit électrique fin, caractérisé

en ce qu'il consiste à former une charge céramique brute contenant, comme ingrédients de céramique, au moins 90 % en poids de particules de matière cristalline choisie entre l'alumine et l'oxyde de béryllium, à donner à la charge la forme d'une plaque (12), à cuire cette plaque à une température de frittage afin de former une plaque frittée, à revêtir une surface de la plaque d'une mince couche (14) de céramique contenant, comme ingrédients de céramique, au moins 90 % en poids de particules d'une matière cristalline sensiblement la même que celle utilisée dans la charge pour la plaque, mais dont la dimension moyenne des particules est inférieure à celle de la matière cristalline utilisée dans la charge pour la plaque, et à cuire la plaque pour fritter ladite couche.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que la charge pour former la plaque contient des matières vitrifiables, la charge pour former la plaque et le revêtement pouvant notamment contenir au moins 95 % de ladite matière cristalline.

9. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que la dimension moyenne des particules de la matière cristalline du revêtement n'est pas supérieure à la moitié de celle de la matière cristalline de la charge pour ladite plaque.

10. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que la matière cristalline est l'alumine.

11. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que la charge est mise sous forme de plaque par compression à sec, la charge pouvant notamment être séchée par pulvérisation avant d'être comprimée à sec pour former la plaque.

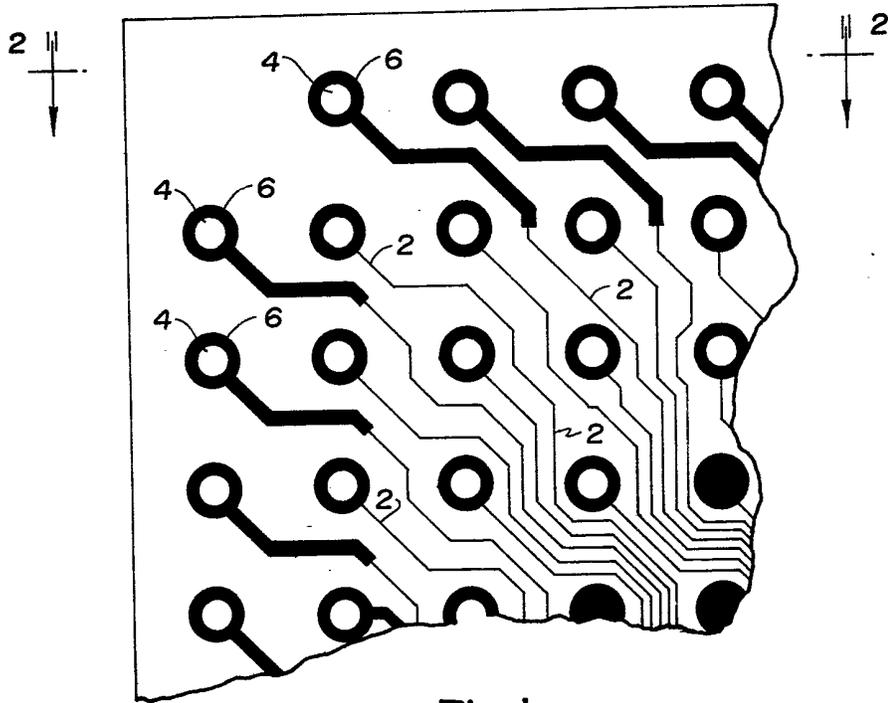


Fig. 1

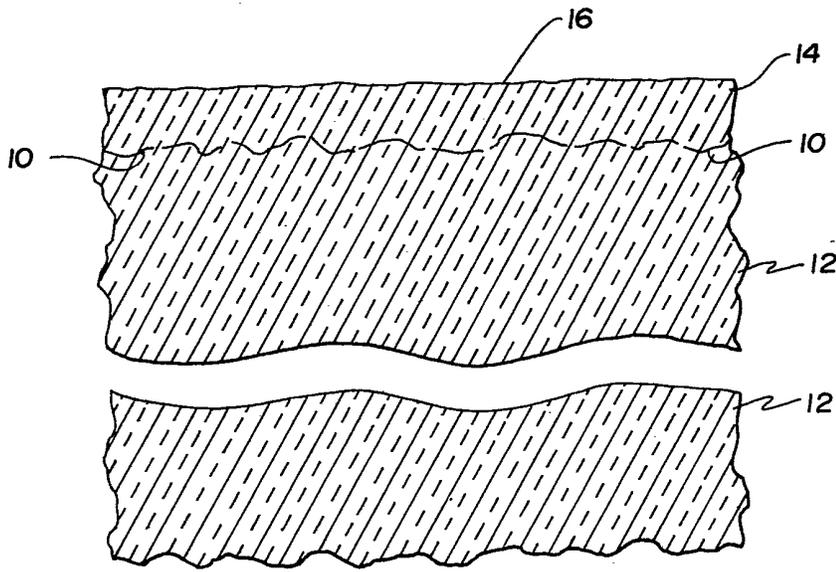


Fig. 2