



CONFÉDÉRATION SUISSE  
OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

① CH 668 083 A5

⑤ Int. Cl.: C 23 C 2/00  
B 22 D 11/00  
H 01 L 27/00

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

⑲ Numéro de la demande: 3645/86

⑲ Titulaire(s):  
Battelle Memorial Institute, Carouge GE

⑳ Date de dépôt: 10.09.1986

⑳ Inventeur(s):  
Haour, Georges, Genève  
Richter, Dag Fredrik, Carouge GE  
Boswell, Peter, Les Acacias  
Wagnieres, Willy, Grand-Lancy

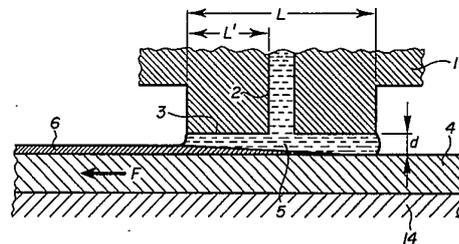
㉑ Brevet délivré le: 30.11.1988

㉑ Mandataire:  
Blasco Dousse, Carouge GE

㉒ Fascicule du brevet  
publié le: 30.11.1988

⑤④ Procédé pour former sélectivement au moins une bande de revêtement d'un métal ou alliage sur un substrat d'un autre métal et support de connexion de circuit intégré réalisé par ce procédé.

⑤⑦ Le substrat métallique (4) est recouvert d'un revêtement (6) d'un autre métal ou alliage de 4 à 50  $\mu\text{m}$  d'épaisseur par dépôt de métal ou alliage en fusion (5) à travers une buse (2), ce point de fusion étant inférieur à celui du métal du substrat. Ce revêtement comporte, à partir du substrat, une couche d'un composé intermétallique comprise entre 0,5 et 4  $\mu\text{m}$  d'épaisseur dans une limite ne dépassant pas 40% de l'épaisseur totale, le reste étant formé du métal ou de l'alliage initial utilisé pour le revêtement dans une proportion comprise entre 97% et 99,5% en poids.



## REVENDEICATIONS

1. Procédé pour former sélectivement au moins une bande de revêtement d'un métal ou alliage de 4 à 50  $\mu\text{m}$  d'épaisseur sur un substrat d'un autre métal à l'exclusion des revêtements Al sur Fe - 42% Ni ou sur Cu, Pb - 5% Sn ou Al sur Cu - 4% Sn, Cu ou Cu - 5% Pb sur acier inox et Pb 3,5% Sn, 1,5% Ag sur Ni, le point de fusion du substrat étant supérieur à celui du revêtement, en limitant la couche intermétallique à l'interface entre 0,0 et 4  $\mu\text{m}$  d'épaisseur dans une limite ne dépassant pas 40% de l'épaisseur totale, le reste étant formé du métal ou de l'alliage initial utilisé pour le revêtement dans une proportion comprise entre 97% et 99,5% en poids, caractérisé par le fait que l'on chauffe ledit substrat à une température correspondant à 0,6-0,95 du point de fusion du métal du revêtement, que l'on fond le métal ou l'alliage de revêtement entre une et deux fois son point de fusion, que l'on amène ce métal ou alliage de revêtement en fusion sur la surface de substrat que l'on déplace à une vitesse de 1-20 m/min, avec une pression comprise entre 50-500 mm de colonne d'eau à travers un conduit d'alimentation auquel on donne une dimension dans la direction d'avance du substrat comprise entre 0,3 et 1,0 mm et dont on place la sortie à une distance fixe comprise entre 50 et 500  $\mu\text{m}$  de la surface du substrat, et que l'on prolonge la face délimitant l'extrémité de sortie du conduit d'alimentation dans la direction d'avance du substrat entre environ 0,5 et 5 mm.
2. Procédé pour former au moins une bande de revêtement sur une face d'un ruban souple selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'on fixe la distance entre l'orifice de sortie du conduit d'alimentation et le substrat en faisant défiler le substrat sur un support.
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait que l'on refroidit le revers du substrat par conduction avec ledit support dont on dissipe la chaleur cédée par ledit substrat.
4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé par le fait que l'on donne à la surface dudit support une forme cylindrique et qu'on l'entraîne en rotation autour de son axe longitudinal à une vitesse périphérique correspondant à celle dudit substrat.
5. Procédé selon la revendication 3, caractérisé par le fait que l'on fait passer ledit substrat dans un fluide de refroidissement lorsqu'il quitte ledit support.
6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'on fixe la distance entre l'orifice de sortie du conduit d'alimentation et le substrat entre 150 et 200  $\mu\text{m}$ .
7. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'on oriente ledit conduit sensiblement verticalement et perpendiculairement audit substrat.
8. Support de connexion de circuit intégré comprenant au moins une couche réalisée par le procédé selon la revendication 1.
9. Support de connexion de circuit intégré selon la revendication 8, caractérisé par le fait que le substrat est composé d'un alliage Fe contenant entre 36 et 76% Ni, à l'exclusion de 42% Ni.
10. Support de connexion de circuit intégré selon la revendication 8, caractérisé par le fait qu'il comporte un substrat stratifié comprenant deux couches composées chacune d'un des métaux ou alliages suivants: acier inox, invar (NiFe), Ni, Cu, CuNiSn/P, W.
11. Support de connexion de circuit intégré selon la revendication 8, caractérisé par le fait que ladite couche présente la forme d'au moins une piste de soudage constituée par une soudure tendre du type Sn Pb, In, PbSnAg.
12. Support de connexion de circuit intégré selon la revendication 8, caractérisé par le fait que ladite couche présente la forme d'au moins une piste de soudage constituée par une soudure dure du type Au allié à au moins un des éléments suivants: Si, Ge, Sn, In.
13. Support de connexion de circuit intégré selon la revendication 8, caractérisé par le fait que ladite couche présente la forme d'au moins une piste de soudage constituée par une soudure du type Ag, Cu ou un alliage AgCu avec adjonction de Pd ou de Au et leurs alliages.

14. Support de connexion de circuit intégré selon la revendication 8, caractérisé par le fait que ladite couche constitue une couche de métallisation de ce support de connexion composée d'un des métaux suivants: Al, Cu, Ag, Ni, Pd, Au et leurs alliages.

## DESCRIPTION

La présente invention se rapporte à un procédé pour former sélectivement au moins une bande de revêtement d'un métal ou d'un alliage sur un substrat d'un autre métal ainsi qu'à un support de connexion de circuit intégré réalisé par ce procédé.

Il existe des quantités de procédés pour revêtir un substrat métallique d'un autre métal. On peut citer notamment les dépôts électrolytiques, les dépôts par CVD (dépôts chimiques de vapeur) ou par PVD (dépôts physiques de vapeur), des procédés de colaminage à chaud et enfin des procédés de revêtement avec du métal en fusion, soit en trempant le substrat dans un bain de métal liquide comme dans le cas du zingage, soit en déposant le métal liquide sur le substrat.

Les procédés électrolytiques, CVD et PVD sont chers en raison de leur lenteur, le colaminage est une opération délicate lorsque l'on désire obtenir des couches de l'ordre de 10 à 40  $\mu\text{m}$  notamment. De leur côté, les procédés de revêtement par un métal ou un alliage en fusion présentent l'inconvénient de rendre difficile la maîtrise de la structure du revêtement. En effet, lorsque l'on revêt un substrat chaud par du métal en fusion, il est nécessaire qu'il y ait un bon mouillage du métal du substrat par le métal de revêtement en fusion. Ce mouillage est fonction du temps de contact et de la température à laquelle ce contact se produit. Pendant ce processus de mouillage, une diffusion du métal du substrat dans celui de revêtement se produit. Ce processus de diffusion est interrompu par la formation d'un composé intermédiaire entre le substrat et le métal de revêtement et par la solidification du revêtement. Dans certaines applications, notamment des applications électriques où la résistivité du revêtement constitue un facteur primordial, la présence d'alliage formé par dissolution du métal du substrat n'est pas acceptable, la majeure partie du revêtement devant être constituée de métal ou d'alliage dont la pureté est de préférence supérieure à 99%. Compte tenu de la dissolution plus ou moins importante du métal du substrat dans le métal ou l'alliage de revêtement, inhérente au mouillage de ce substrat, qui est le gage d'une bonne adhérence du revêtement, les nombreux procédés de dépôts à l'aide de métal ou d'alliage fondu n'ont pas pu être utilisés pour nombre d'applications électriques ou électroniques notamment, par exemple pour des supports de connexion (lead frame) de circuits intégrés ou pour des éléments de contacts électriques. Or, l'utilisation de tels procédés permettrait d'accroître de façon notable la productivité des opérations de revêtement de tels substrats.

On a déjà proposé dans le FR-A-1.584.626 d'enrober un ruban d'acier d'une couche d'aluminium ou d'alliage d'aluminium en faisant passer verticalement ce ruban de bas en haut à travers une fente verticale d'un bec d'alimentation relié à un creuset d'aluminium en fusion. En passant dans l'aluminium liquide remplissant la fente verticale, le ruban se déplaçant de bas en haut crée des forces capillaires qui équilibrent la force de gravité s'exerçant sur le liquide et est recouvert de métal à la sortie de cette fente. Après solidification, on obtient un ruban d'acier enrobé d'aluminium. Il s'agit donc d'un procédé d'enrobage qui permet d'obtenir des couches de 20 à 100  $\mu\text{m}$  d'épaisseur avec formation à l'interface d'une couche de composé intermétallique ne dépassant pas 2  $\mu\text{m}$ .

Un tel procédé ne permet pas de réaliser des revêtements sélectifs sous forme de bandes sur un substrat, mais uniquement de l'enrober. Il ne permet pas de réaliser des revêtements dont l'épaisseur descend jusqu'à 4  $\mu\text{m}$ . Or, il existe de nombreuses applications, notamment en électronique, dans lesquelles il est nécessaire de réaliser des revêtements sous forme de bandes, dont l'épaisseur est inférieure à 10  $\mu\text{m}$ . Lorsqu'on réduit l'épaisseur du revêtement, on réduit en pro-

portion le débit de métal. De ce fait, avec le procédé décrit dans le document cité ci-dessus, dans lequel le métal liquide est maintenu en équilibre par les forces capillaires du ruban qui se déplace de bas en haut, si le débit de métal diminue, le temps de séjour du métal fondu dans le bec augmente, d'où le risque que ce métal en fusion se trouve peu à peu contaminé par le métal du substrat dont la dissolution, compte tenu du volume de métal liquide stagnant dans le bec, peut se propager dans cette masse de métal au fur et à mesure du déroulement du procédé. De ce fait, même s'il est possible de limiter l'épaisseur de la couche intermédiaire à moins de 2  $\mu\text{m}$ , il est probable que la pureté du reste du métal de revêtement sera abaissée de façon significative, c'est-à-dire au-delà de 2 à 3% par rapport à sa pureté initiale, ce qui exclut certaines applications, notamment dans le domaine de l'électronique.

Cette probabilité est d'autant plus grande que, contrairement à l'application unique décrite dans le FR-A-1.585.626 où il s'agit de ne déposer une couche d'Al ou d'alliage Al que sur un substrat en acier inoxydable ou martensitique, dans les applications destinées à l'électronique, le revêtement est en Al ou en alliage Pb-Sn notamment sur un substrat de Cu/Sn, Fe, Cu, Fe/Ni, etc. Or, il s'avère que les vitesses de dissolution des métaux des substrats utilisés pour ces applications sont toutes plus rapides que celles de l'acier inoxydable ou martensitique.

On comprend dès lors que, quand bien même les techniques de revêtement d'un métal sur un substrat d'un autre métal existent depuis plus de 50 ans et qu'elles ont fait l'objet de nombreuses applications dont la littérature fait foi, le revêtement de substrat par des bandes métalliques très minces, notamment < 20  $\mu\text{m}$  voire < 10  $\mu\text{m}$  avec du métal dont la pureté est de l'ordre de 99% sur les  $\frac{1}{2}$  de son épaisseur n'a encore pas pu être réalisé par cette technique qui n'était réservée jusqu'ici qu'à des technologies dont les exigences étaient moins contraignantes.

Le but de la présente invention est une adaptation de la technologie des revêtements en bandes par dépôt de métal liquide sur des substrats, susceptible de satisfaire les normes de pureté les plus sévères, qui ne sont réalisables actuellement que par les techniques de dépôts susmentionnées dont la productivité est très sensiblement inférieure à celle de la technique par dépôt de métal liquide.

A cet effet, la présente invention a tout d'abord pour objet un procédé pour former sélectivement au moins une bande de revêtement d'un métal ou alliage de 4 à 50  $\mu\text{m}$  d'épaisseur sur un substrat d'un autre métal dont le point de fusion est supérieur à celui du revêtement selon la revendication 1. Cette invention a également pour objet un support de connexion de circuit intégré réalisé par ce procédé. Les supports de circuits intégrés réalisés selon les exemples décrits dans la demande internationale PCT/CH86/00026 sont exclus de cette protection conformément aux termes de la revendication 1.

Les avantages de ce procédé découlent bien évidemment de sa productivité accrue par rapport aux procédés de l'état de la technique. Comme on le constatera des exemples cités ci-après, ce procédé permet un excellent contrôle de la nature de la couche déposée quel que soit le métal du substrat et le métal ou l'alliage qui y est déposé. Les bandes métalliques ainsi déposées présentent toutes, au-dessus de la couche intermétallique d'épaisseur limitée, le métal ou l'alliage avec une pureté sensiblement égale à celle de l'alliage ou du métal initial. En outre, la section de la bande de métal déposée est rectangulaire et donc constante et sa largeur est régulière.

L'avantage de cette invention est de permettre la production de substrats métalliques revêtus de métal ou d'alliage en fusion, sans que la diffusion du métal du substrat dans le revêtement affecte, avec une concentration inadmissible, une portion de l'épaisseur du revêtement telle que les propriétés physiques propres au métal ou à l'alliage choisi soient affectées, dans une proportion susceptible de le rendre, par exemple, impropre à des utilisations spécifiques qui requièrent précisément ces propriétés. C'est ainsi que l'on peut réaliser, sur des substrats conducteurs, en particulier des pistes destinées à la connexion de circuits intégrés qui ont une épaisseur de l'ordre

de 10  $\mu\text{m}$  et dont la majeure partie doit être constituée par le métal de revêtement, avec une pureté supérieure à 98%.

Le dessin annexé illustre, schématiquement et à titre d'exemple, les parties essentielles d'une installation de production du substrat métallique objet de l'invention et des diagrammes relatifs aux paramètres de fonctionnement de cette installation.

La fig. 1 est une vue générale en élévation de l'installation de revêtement.

La fig. 2 est une vue partielle en élévation latérale très schématisée et agrandie de la fig. 1 représentant les paramètres qui sont en relation avec la mise en œuvre du procédé.

Les fig. 3 et 4 sont des diagrammes relatifs à différents paramètres de fonctionnement.

L'installation proprement dite telle qu'elle est illustrée par la fig. 1 comporte un bâti 10 comprenant un canal d'entrée 11 du ruban à revêtir à la sortie d'une enceinte de préchauffage 12, un canal de sortie 13 associé à un circuit de refroidissement à l'eau froide (non représenté), un cylindre de graphite 14 monté rotativement sur le bâti et refroidi à l'eau par un circuit (non représenté). Un creuset 15 repose sur un anneau de support 16 en céramique positionné par des vis de réglage 21. Ce creuset est logé dans une enceinte fermée 17 dont la paroi latérale est constituée par un tube de quartz 18 et est chauffée par induction haute fréquence par une bobine 19 disposée autour du tube de quartz 18. L'enceinte 17 est alimentée en gaz neutre type  $\text{N}_2$  - 10%  $\text{H}_2$ . Un thermocouple 20 est placé dans le creuset 15 pour mesurer la température du métal et passe à travers un tube 22 destiné à être relié à la source de gaz neutre pour créer une pression dynamique dans le creuset destinée à s'ajouter à la pression statique résultant de la hauteur de métal liquide.

La fig. 2 montre une buse 1 comprenant un conduit d'alimentation en métal liquide 2 provenant du creuset 15 (fig. 4). Cette buse se termine par des lèvres 3 qui font saillie sous la face inférieure du creuset de part et d'autre du conduit d'alimentation 2 parallèlement à la direction de déplacement du substrat à revêtir 4. Le métal liquide 5 sortant du conduit d'alimentation 2 de la buse 1 se répartit par capillarité entre le substrat 4 et les lèvres 3 de la buse 1. Au fur et à mesure que le substrat se déplace dans le sens de la flèche F, une portion du métal liquide se solidifie au contact de ce substrat et est entraînée avec lui pour former le revêtement 6.

La première condition qui doit être réalisée est la parfaite adhérence du revêtement 6 sur le substrat 4. A cet effet, le substrat doit être chauffé à une température inférieure à sa température de fusion qui est elle-même supérieure à celle du métal destiné à former le revêtement 6. Cette adhérence est subordonnée à un parfait mouillage du substrat qui ne peut être garanti que si le temps de contact entre ce substrat et le métal en fusion est suffisant avant que ne commence la solidification du revêtement 6. Pendant cette phase de mouillage du substrat 4 par le métal liquide 5, le métal du substrat 4 diffuse dans le métal de revêtement et forme avec lui des composés intermétalliques qui altèrent les propriétés physiques du métal de revêtement. Généralement, avec ce mode de revêtement, la diffusion du métal du substrat est tellement importante que le ou les composés intermétalliques constituent la majeure partie de l'épaisseur du revêtement, le reste de ce revêtement comportant, sous forme d'alliage, le métal du substrat, de sorte que le métal du revêtement ne se trouve pas à l'état pratiquement pur dans le revêtement ou au moins à l'état suffisamment pur pour plusieurs applications auquel il est destiné.

Pour remédier à cet inconvénient, sans nuire à l'adhérence du revêtement sur le substrat, il est nécessaire de réunir un ensemble de conditions qui, une fois le mouillage du substrat 4 obtenu, une vitesse de solidification du revêtement qui soit aussi rapide que possible et plus rapide que la vitesse de diffusion du métal du substrat dans le métal liquide déposé à sa surface, pour bloquer cette diffusion aussi près que possible du substrat et assurer qu'une proportion aussi grande que possible du revêtement 6 soit formée de métal pratiquement aussi pur que le métal initial et que la couche de composé

intermétallique soit le plus mince possible. Il est évident que les paramètres entrant en jeu sont nombreux. Ils sont liés, d'une part, à des dimensions constructives de l'installation, d'autre part, à des conditions opératoires et enfin à la vitesse de diffusion du métal du substrat dans le métal de revêtement, ainsi qu'au diagramme de phase relatif aux métaux utilisés. C'est la raison pour laquelle, si le processus conduisant à la formation d'un revêtement formé en grande partie de métal aussi pur que possible (ou d'un alliage déterminé) est explicable par la théorie exposée ci-dessus relative aux vitesses de dissolution et de solidification, on comprendra aisément qu'il est difficile de fixer une règle commune, celle-ci étant non seulement tributaire des conditions opératoires, mais également des propriétés que les différents métaux en présence ont de former un ou plusieurs composés intermédiaires, à différentes températures au cours du refroidissement du revêtement. Dans certains cas, les métaux en présence ont de ce fait une tendance plus ou moins marquée à former un ou plusieurs composés intermétalliques, qui se traduit par une couche d'épaisseur plus ou moins grande de ce ou ces composés dans le revêtement. On a cependant pu établir, par une série d'essais réalisés avec différents métaux ou alliages, utilisés pour former des revêtements sur des substrats composés d'autres métaux ou alliages déposés, qu'il est possible d'obtenir des revêtements de 5 à 50  $\mu\text{m}$  d'épaisseur ne comprenant pas une couche de composé intermédiaire supérieure à 0,0 à 4  $\mu\text{m}$ , dans une limite ne dépassant pas 50% de l'épaisseur totale du revêtement et que le métal ou l'alliage de revêtement initial se retrouve avec une teneur d'au moins 97% dans le reste de ce revêtement. On verra dans les exemples qui vont suivre que, dans bien des cas, les limites susmentionnées peuvent être notablement réduites et que l'on peut obtenir des revêtements pour des technologies aussi exigeantes que les supports de connexion de circuits intégrés par exemple, où le degré de pureté requis du métal de revêtement et l'épaisseur de la couche intermétallique doivent répondre à des exigences très sévères.

Tous les exemples cités ont été réalisés avec la même installation, les lèvres 3 de la buse 1 présentant une longueur totale L de 2,5-3,5 mm, le conduit d'alimentation 2 de la buse présentant une section rectangulaire suivant la largeur du revêtement désiré. La distance d entre les lèvres 3 de la buse 1 et le substrat 4 présente une assez grande importance. Elle ne peut en aucun cas excéder 0,5 mm et se situe généralement à 0,15 mm, voire moins, quelle que soit l'épaisseur du revêtement. La longueur L des lèvres 3 situées de part et d'autre du conduit 2 doit avoir une dimension minimum de l'ordre de 2 mm, la dimension L' quant à elle doit être comprise entre 0,5 et 5 mm. Le conduit 2 peut être décentré vers l'arrière de la buse 1 et par rapport au sens de défilement F du substrat 4. Il faut signaler que, dans le cas particulier, l'installation travaille avec une buse à axe vertical, la surface du substrat sur laquelle a lieu le dépôt est horizontale. Toutefois, si cette position facilite la mise en œuvre, il n'est pas exclu que l'axe de la buse soit horizontal et que le substrat soit vertical et se déplace de bas en haut, étant donné que le métal liquide forme un ménisque entre le substrat et les lèvres 3 de la buse sous l'effet de forces capillaires.

Comme illustré par la fig. 1, le ruban-substrat 4, préalablement chauffé, passe sur le cylindre 14 qui tourne à la vitesse du ruban. Ce dernier commence à se refroidir à partir de son revers au moment où, sur l'avant, le métal fondu est déposé. Par conséquent, le refroidissement du métal liquide commence par l'interface avec le substrat, réduisant ainsi le temps pendant lequel le métal du substrat peut se dissoudre dans le métal liquide. Dans le cas d'un substrat mince, cette particularité est importante, étant donné, d'une part, que l'écartement entre le ruban 4 et la buse 1 doit être maintenu constant et, d'autre part, que l'inertie thermique du ruban étant très faible compte tenu de son épaisseur, il est important de refroidir le ruban. Or, comme il faut le supporter pour l'empêcher de vibrer, le refroidissement le plus rapide ne peut être obtenu que par l'intermédiaire du support lui-même, d'où l'intérêt d'utiliser un support rotatif dont la surface de refroidissement change constamment et a

le temps de se refroidir elle-même avant de revenir en contact avec une autre portion du ruban. La forme cylindrique du support est importante, dans la mesure où elle permet d'exercer une tension sur le ruban 4 assurant un bon contact avec le support, empêchant à la fois le ruban de vibrer et garantissant un bon transfert thermique entre le ruban et le cylindre de support 14.

En quittant la surface du cylindre 14, le ruban rentre dans le canal de refroidissement dans lequel un brouillard de liquide est pulvérisé pour finir de le refroidir.

#### Exemple 1

On dépose de l'Al 99,99% sur un substrat Fe - 36% Ni, préchauffé à 650° C, l'aluminium étant fondu à une température de 850° C. La buse 1 est en graphite et le conduit d'alimentation 2 a une section rectangulaire de 0,7  $\times$  1,1 mm, le grand axe de cette section étant dans un plan perpendiculaire au dessin, la longueur L' étant de 1,5 mm. On applique sur le métal liquide une pression de 200 mm de colonne d'eau. Avant le revêtement, la surface du substrat est dégraissée dans du trichloréthylène. Le revêtement est réalisé dans une atmosphère de N<sub>2</sub> - 10% H<sub>2</sub> et le refroidissement du substrat revêtu est réalisé à l'eau. La vitesse de défilement du substrat est de 2 m/min.

Les caractéristiques du produit obtenu sont les suivantes: l'épaisseur maximum du revêtement est de 8  $\mu\text{m}$  et l'épaisseur moyenne est de 7  $\mu\text{m}$ , la rugosité entre les creux et les bosses est de 0,5  $\mu\text{m}$ . La couche de composé intermétallique à l'interface est < 0,2  $\mu\text{m}$  d'épaisseur, la durée du revêtement est de 65 Vickers et la composition de la couche d'aluminium au-dessus de la couche de composé intermétallique comporte < 1,5% de Ni + Fe.

#### Exemple 2

On dépose de l'Al 99,99% sur un substrat Fe - 36% Ni, préchauffé à 600° C, l'aluminium étant fondu à une température de 920° C. La buse 1 est identique à celle de l'exemple précédent. La pression appliquée sur le métal liquide est aussi de 200 mm de colonne d'eau et la préparation du substrat ainsi que l'atmosphère de revêtement sont identiques à l'exemple 1. La vitesse de défilement du substrat est de 6 m/min. L'épaisseur maximum du revêtement est de 15  $\mu\text{m}$  et l'épaisseur moyenne de 12  $\mu\text{m}$ , la rugosité étant de 0,3  $\mu\text{m}$ . L'épaisseur de la couche intermédiaire est < 0,2  $\mu\text{m}$  et la teneur en Fe + Ni dans le reste du revêtement est < 1,5%. La dureté est de 60 Vickers.

#### Exemple 3

On dépose de l'Al 99,99% sur un substrat Fe - 76% Ni en préchauffant ce substrat à 550° C, l'aluminium étant fondu à une température de 940° C. La buse 1 a une section rectangulaire de 0,7  $\times$  5 mm, le grand axe de cette section étant dans un plan perpendiculaire au dessin, la longueur L' étant de 2 mm. On applique sur le métal liquide une pression de 100 mm de colonne d'eau. La surface du substrat a été préalablement dégraissée dans une solution alcaline puis décapée à l'acide picrique. Le revêtement est réalisé dans une atmosphère de N<sub>2</sub> - 10% H<sub>2</sub> et le refroidissement du substrat revêtu est réalisé à l'eau. La vitesse de défilement du substrat est de 1,5 m/min.

L'épaisseur maximum du revêtement est de 5  $\mu\text{m}$  et l'épaisseur moyenne de 4  $\mu\text{m}$  avec une rugosité de 0,1  $\mu\text{m}$ . La couche intermétallique est < 0,2  $\mu\text{m}$  et la teneur en Ni + Fe de la couche d'aluminium au-dessus de la couche intermétallique est < 1,5%. La dureté de la couche est de 68 Vickers.

#### Exemple 4

Cet exemple est semblable au précédent, à l'exception de la température de préchauffage du substrat qui est de 500° C et de celle de l'Al qui est de 980° C, la pression exercée sur ce métal fondu étant de 200 mm de colonne d'eau.

L'épaisseur maximum du revêtement est de 14  $\mu\text{m}$  et l'épaisseur moyenne de 12  $\mu\text{m}$ , la rugosité étant de 0,4  $\mu\text{m}$ . La couche intermé-

tallique est  $< 0,2 \mu\text{m}$  et le reste de la couche présente une teneur en Ni + Fe  $< 1,5\%$ . La dureté de cette couche est de 58 Vickers.

#### Exemple 5

On dépose de l'or sur un substrat de Fe - 42% Ni en le préchauffant à  $600^\circ\text{C}$ , alors que l'or est chauffé à  $1300^\circ\text{C}$ , la pression exercée sur ce métal en fusion étant de 100 mm de colonne d'eau. La vitesse d'avance du substrat est de 4 m/min au-dessous d'une buse de distribution du métal en fusion en graphite présentant un orifice rectangulaire de  $0,7 \times 5 \text{ mm}$ , dont le grand axe de la section est perpendiculaire au dessin, la dimension  $L'$  étant de 1,5 mm. L'épaisseur moyenne du revêtement est de 10  $\mu\text{m}$ .

#### Exemple 6

On dépose de l'or sur un substrat de bronze comprenant Cu - 9% Ni - 2% Sn que l'on préchauffe à  $400^\circ\text{C}$ , alors que l'or est fondu à  $1000^\circ\text{C}$ , la pression exercée sur le métal liquide étant de 100 mm de colonne d'eau. La vitesse d'avance du substrat est de 5 m/min au-dessous d'une buse de distribution du métal en fusion en graphite dont l'orifice présente une section rectangulaire de  $0,5 \times 5 \text{ mm}$ , dont le grand axe de la section est perpendiculaire au dessin, la dimension  $L'$  étant de 1 mm. L'épaisseur moyenne du revêtement est de 5  $\mu\text{m}$ .

#### Exemple 7

On dépose du Cu sur un substrat de Fe - 42% Ni en le préchauffant à  $700^\circ\text{C}$ , la température de fusion du cuivre étant de  $1200^\circ\text{C}$  et la pression exercée sur ce métal en fusion étant de 300 mm de colonne d'eau. La buse de distribution de ce métal en fusion est en graphite et présente un orifice rectangulaire de  $0,8 \times 15 \text{ mm}$ , dont le grand axe de la section est perpendiculaire au plan du dessin, la dimension  $L'$  étant de 2 mm. La vitesse d'avance du substrat est de 5 m/min. L'épaisseur moyenne du revêtement est de 40  $\mu\text{m}$ .

#### Exemple 8

On dépose du Pb - 63% Sn sur de l'acier inox (A312) en le préchauffant à  $250^\circ\text{C}$ , la température de fusion du Pb - 63% Sn étant de  $450^\circ\text{C}$  et la pression exercée sur ce métal en fusion étant de 100 mm de colonne d'eau. La buse de distribution de ce métal est en graphite et la section de son orifice est rectangulaire  $0,7 \times 2 \text{ mm}$ , le grand axe de cette section étant perpendiculaire au plan du dessin, la dimension  $L'$  étant de 0,5 mm. La vitesse d'avance du substrat est de 16 m/min. L'épaisseur du revêtement est de 10  $\mu\text{m}$ .

#### Exemple 9

On dépose de l'Ag sur un substrat de Cu en préchauffant le substrat à  $400^\circ\text{C}$ , la température de fusion de l'argent étant de  $990^\circ\text{C}$  et la pression exercée sur ce métal en fusion étant de 200 mm de colonne d'eau. La buse en graphite pour distribuer ce métal en fusion présente un orifice de section rectangulaire de  $0,7 \times 2 \text{ mm}$ , dont le grand axe de la section est perpendiculaire au plan du dessin, la dimension  $L'$  étant de 2 mm. La vitesse d'avance du substrat est de 8 m/min. L'épaisseur moyenne du revêtement est de 20  $\mu\text{m}$ .

#### Exemple 10

On dépose du Cu sur un substrat de Ni en le préchauffant à  $800^\circ\text{C}$ , la température de fusion de l'argent étant de  $1200^\circ\text{C}$  et la pression exercée sur ce métal en fusion étant de 300 mm de colonne d'eau. La buse de distribution de ce métal en fusion est en graphite et présente un orifice rectangulaire, dont la section est de  $0,7 \times 12 \text{ mm}$ , le grand axe de cette section étant perpendiculaire au plan du dessin, la dimension  $L'$  étant de 2 mm. La vitesse d'avance du substrat est de 10 m/min. L'épaisseur moyenne de revêtement est de 40  $\mu\text{m}$ .

#### Exemple 11

On dépose de l'Ag sur un substrat de Ni que l'on préchauffe à  $700^\circ\text{C}$ , la température de fusion du métal de revêtement étant de  $1200^\circ\text{C}$  et la pression exercée sur lui de 200 mm de colonne d'eau. La buse de distribution de ce métal en fusion est en graphite et présente un orifice rectangulaire, dont la section est de  $0,6 \times 12 \text{ mm}$ , le grand axe de cette section étant perpendiculaire au plan du dessin, la dimension  $L'$  étant de 2 mm. La vitesse d'avance du substrat est de 8 m/min. L'épaisseur moyenne du revêtement est de 30  $\mu\text{m}$ , sans couche intermédiaire.

#### Exemple 12

On dépose un alliage Au - 20% Si sur un substrat de Fe - 42% Ni que l'on préchauffe à  $600^\circ\text{C}$ , la température de fusion du métal de revêtement étant de  $1000^\circ\text{C}$ . La buse de distribution de ce métal en fusion est en nitrure de bore et présente un orifice de section rectangulaire de  $0,7 \times 5 \text{ mm}$ , le grand axe de cette section étant perpendiculaire au plan du dessin, la dimension  $L'$  étant de 1,5 mm. La vitesse d'avance du substrat est de 4 m/min. L'épaisseur est de 20  $\mu\text{m}$ .

#### Exemple 13

On dépose du Cu sur un substrat de W que l'on préchauffe à  $900^\circ\text{C}$ , la température de fusion du métal de revêtement étant de  $1200^\circ\text{C}$  et la pression exercée sur lui de 100 mm de colonne d'eau. L'épaisseur moyenne est de 10  $\mu\text{m}$ .

#### Exemple 14

On dépose de l'Ag sur un substrat de W que l'on préchauffe à  $800^\circ\text{C}$ , la température de fusion du métal de revêtement étant de  $1100^\circ\text{C}$  et la pression exercée sur lui de 100 mm de colonne d'eau. La buse de distribution est identique à celle de l'exemple précédent et la vitesse d'avance du substrat est aussi de 4 m/min.

Comme on l'a précisé précédemment, le procédé objet de la présente invention est particulièrement destiné à réaliser des supports de connexion (lead frame) de circuits intégrés. C'est ainsi que ce procédé permet de former aussi bien un revêtement complet du substrat en vue de réaliser un substrat stratifié que des pistes destinées, soit à la métallisation, soit au soudage de puces de circuits intégrés et/ou des pattes de connexion de ces puces sur le support de connexion. Ces pistes peuvent être formées à l'endroit désiré du substrat aussi bien au centre que sur les bords. Bien entendu, les exemples précédents ne sauraient en aucun cas couvrir toutes les combinaisons possibles, notamment en ce qui concerne les substrats stratifiés qui peuvent être réalisés d'un couple de différents métaux ou alliages, dont celui qui présente évidemment le point de fusion le plus élevé est utilisé comme substrat de base sur lequel on dépose l'autre métal ou alliage selon le procédé objet de l'invention pour obtenir un substrat stratifié. Ces métaux ou alliages sont choisis parmi l'acier inoxydable, l'invar (Fe - 42% Ni), Ni, Cu, CuNiSnP ou le W.

Ces substrats stratifiés peuvent être utilisés pour recevoir des pistes de métallisation, ou de soudage pour la connexion des circuits intégrés. Ces pistes peuvent aussi être déposées sur un substrat non stratifié.

Les pistes de métallisation peuvent être en différents métaux bon conducteurs électriques tels que Al, Cu, Ag, Ni, Pd, Au, ou alliage de ces métaux.

Quant aux pistes de soudage, celles-ci peuvent être en soudure tendre du type SnPb, In, PbSnAg ou en soudure durcie comme de l'or associé à un ou plusieurs des éléments suivants Si, Ge, Sn, In. On peut encore utiliser comme pistes de soudage de l'Ag ou du Cu ou un alliage AgCu avec adjonction de Pd ou de Au.

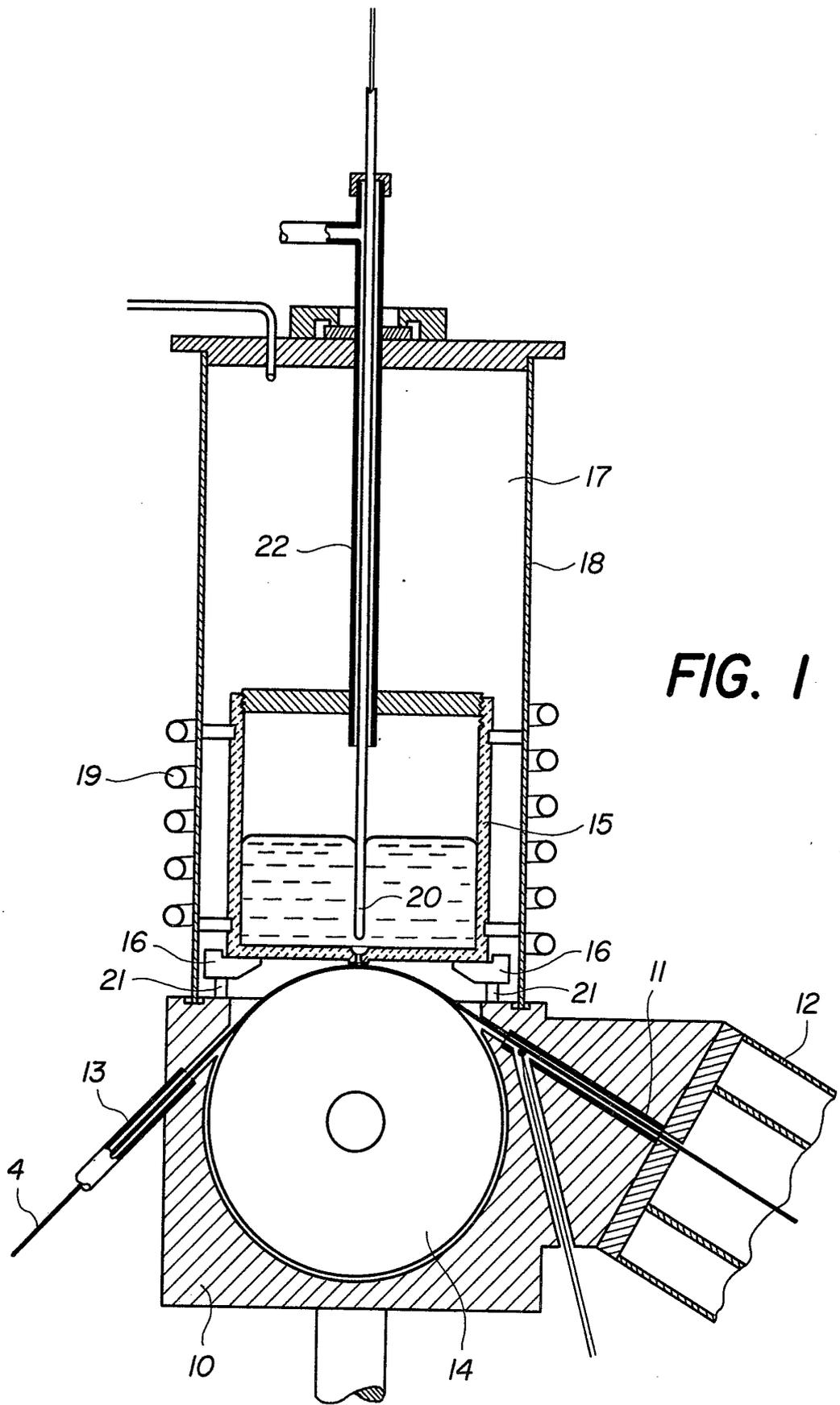


FIG. 2

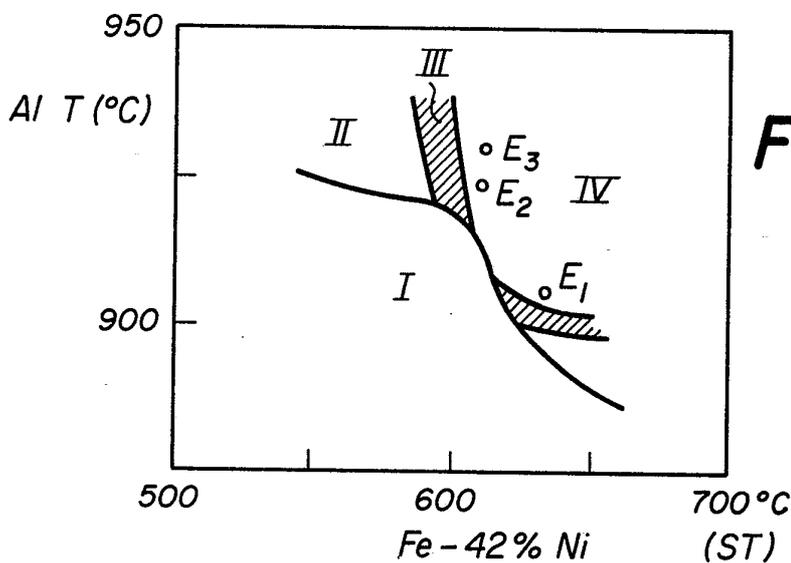
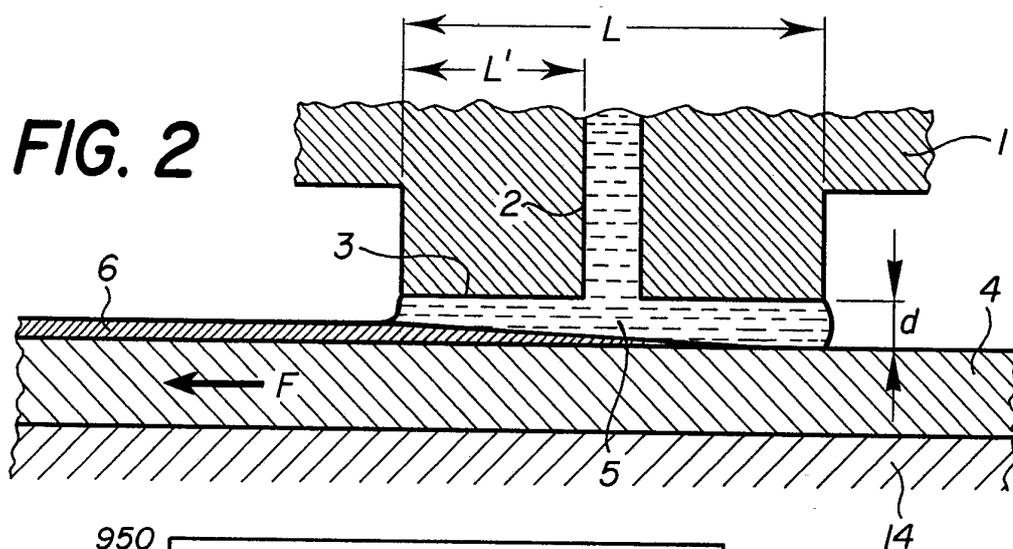


FIG. 3

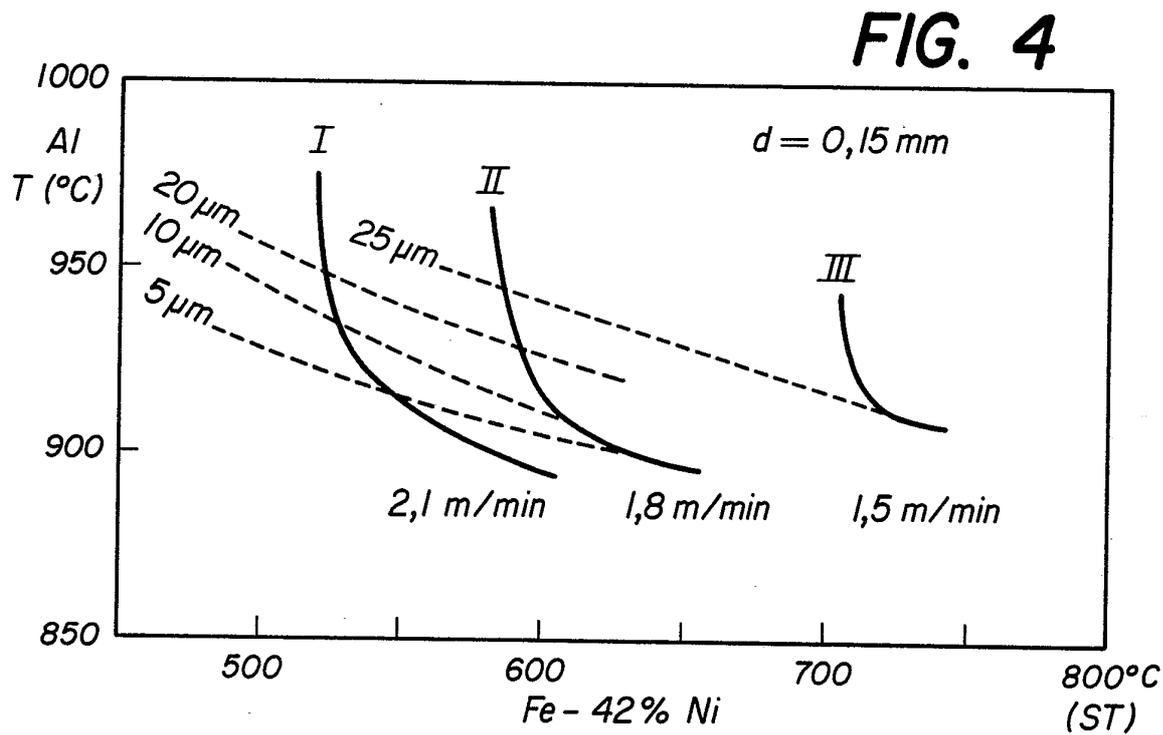


FIG. 4