

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) Nº de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 869 157

(21) Nº d'enregistrement national : 05 00908

(51) Int Cl<sup>7</sup> : H 01 H 85/17, H 01 H 85/046, 85/11

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 28.01.05.

(30) Priorité : 29.01.04 US 10767027.

(71) Demandeur(s) : COOPER TECHNOLOGIES COMPANY—US.

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 21.10.05 Bulletin 05/42.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(72) Inventeur(s) : BENDER JOAN LESLIE WINNETT et MANOUKIAN DANIEL MINAS.

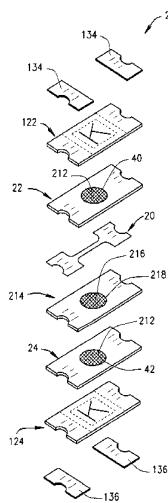
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : CABINET LAVOIX.

(54) DISPOSITIF A FUSIBLE FORME D'UNE MATRICE POLYMERÉE A FAIBLE VALEUR RESISTIVE ET PROCÉDÉ POUR SA FABRICATION.

(57) Ce fusible (10) comprend une membrane polymère (212), une couche d'élément fusible (20) située sur cette membrane et des première et seconde couches isolantes intermédiaires (22, 24) situées sur des côtés opposés de la couche d'élément fusible et couplées à cette dernière, au moins l'une de ces couches comprenant une ouverture traversante (40, 42), et ladite membrane polymère (212) supportant ladite couche d'élément fusible (20) dans ladite ouverture.

Application notamment aux dispositifs de protection contre une surintensité par fusible.



FR 2 869 157 - A1



L'invention concerne d'une manière générale des fusibles et un procédé de fabrication de ceux-ci et plus particulièrement des fusibles utilisant des éléments fusibles en forme de feuille.

5 Les fusibles sont largement utilisés en tant que dispositifs de protection contre une surintensité de manière à empêcher un endommagement coûteux de circuits électriques. De façon typique, des bornes ou contacts du fusible forment une connexion électrique entre une source  
10 d'alimentation électrique et un composant électrique ou une combinaison de composants disposés dans un circuit électrique. Une ou plusieurs liaisons ou éléments fusibles ou un ensemble d'éléments fusibles sont connectées entre les bornes ou contacts de fusibles de sorte que lorsqu'un  
15 courant électrique traversant le fusible dépasse un seuil prédéterminé, les éléments fusibles fondent, se désintègrent, se rompent ou ouvrent d'une autre manière le circuit associé au fusible pour empêcher un endommagement de composants électriques.

20 Une prolifération de dispositifs électroniques ces derniers temps a conduit à des demandes accrues concernant la technologie des fusibles. Par exemple, un fusible classique inclut un élément fusible formé d'un fil (ou sinon un élément fusible métallique estampé et/ou  
25 conformé) logé dans un cylindre ou un tube en verre et suspendu dans l'air à l'intérieur du tube. L'élément fusible s'étend entre les capuchons d'extrémité conducteurs fixés au tube pour réaliser la connexion avec un circuit électrique. Cependant, lorsqu'ils sont utilisés avec des  
30 panneaux de circuits imprimés dans des applications électroniques, les fusibles doivent, de façon typique, être très petits, ce qui pose des problèmes de fabrication et d'installation pour ces types de fusibles, qui augmentent les coûts de fabrication et d'assemblage du produit pourvu  
35 d'un fusible.

## 2

D'autres types de fusibles incluent une métallisation déposée sur un substrat diélectrique organique à haute température (par exemple FR-4, matériau basé sur une résine phénolique ou sur un autre polymère) 5 pour former un élément fusible pour des applications électroniques. L'élément fusible peut être déposé en phase vapeur, appliqué par sérigraphie, électroplaqué ou appliqué au substrat moyennant l'utilisation de techniques connues, et la géométrie de l'élément fusible peut être modifiée par 10 l'attaque chimique ou usinage au laser de la couche métallisée formant l'élément fusible. Cependant, dans un état de surintensité, ces types de fusibles tendent à véhiculer une chaleur depuis l'élément fusible en direction du substrat, ce qui accroît la valeur nominale du courant 15 du fusible, mais accroît également la valeur résistive électrique du fusible, qui peut affecter de façon nuisible des circuits électroniques basse tension. En outre, une piste en carbone peut se produire lorsque l'élément fusible est situé à proximité directe ou est déposé directement sur 20 le substrat diélectrique. La piste en carbone ne permet pas au fusible de séparer ou d'ouvrir complètement le circuit, ce pour quoi le fusible était prévu.

D'autres fusibles utilisent un substrat céramique comportant un matériau conducteur formé d'un film épais 25 imprimé, comme par exemple une encre conductrice, formant un élément fusible conformé et des plots conducteurs pour la connexion à un circuit électrique. Cependant, l'impossibilité de régler l'épaisseur d'impression et la géométrie d'impression peut conduire à une variation 30 inadmissible des dispositifs pourvus d'un fusible. De même le matériau conducteur qui forme l'élément fusible, est activé de façon typique à des températures élevées de sorte qu'il faut utiliser un substrat céramique résistant aux températures élevées. Cependant ces substrats tendent à 35 fonctionner en tant que puits thermiques dans une condition

de surintensité, ce qui évacue de la chaleur depuis l'élément fusible et augmente la valeur résistive électrique du fusible.

Dans de nombreux circuits, la valeur résistive élevée du fusible est un inconvénient pour le fonctionnement de composants de circuits actifs, et dans certaines applications, les effets de tension dus à la valeur résistive du fusible peuvent rendre inopérants des composants de circuits actifs.

Conformément à une forme de réalisation prise à titre d'exemple, on indique un fusible à faible valeur résistive. Ce fusible comporte

une membrane en polymère,

une couche d'élément fusible formée sur ladite membrane polymère, et

des première et seconde couches isolantes intermédiaires qui s'étendent sur des côtés opposés de ladite couche d'élément fusible et couplées à cette couche, au moins l'une desdites première et seconde couches isolantes intermédiaires comprenant une ouverture traversante, ladite membrane en polymère supportant ladite couche d'élément fusible dans ladite ouverture.

Selon une autre caractéristique de l'invention, ladite membrane polymère comprend un film de polyimide.

Selon une autre caractéristique de l'invention, ladite membrane polymère comprend un polymère de cristal liquide.

Selon une autre caractéristique de l'invention, ledit fusible à faible valeur résistive possède une épaisseur d'environ 0,00127 cm ou moins.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le fusible à faible valeur résistive comporte en outre un milieu d'extinction d'arc situé dans ladite ouverture, ledit milieu d'extinction d'arc entourant une partie de ladite couche d'élément fusible située dans ladite

ouverture.

Selon une autre caractéristique de l'invention, ladite couche d'élément fusible comprend une feuille formant film mince.

5 Selon une autre caractéristique de l'invention, ladite couche d'élément fusible possède une épaisseur comprise entre environ 1 micromètre et environ 20 micromètres.

10 Selon une autre caractéristique de l'invention, ladite couche d'élément fusible possède une épaisseur comprise entre environ 3 micromètres et environ 9 micromètres.

15 Selon une autre caractéristique de l'invention, ladite couche d'élément fusible comprend des premier et second plots de contact et au moins une liaison fusible s'étendant entre eux.

20 Selon une autre caractéristique de l'invention, le fusible à faible valeur résistive comprend en outre au moins un élément chauffant connecté en série avec ladite liaison fusible.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le fusible à faible valeur résistive comporte en outre un puits de chaleur situé à proximité de ladite couche d'élément fusible.

25 Selon une autre caractéristique de l'invention, le fusible à faible valeur résistive comporte en outre des première et seconde couches isolantes superposées auxdites première et seconde couches isolantes intermédiaires respectives.

30 Selon une autre caractéristique de l'invention, au moins l'une desdites première et seconde couches isolantes extérieures et au moins l'une desdites première et seconde couches isolantes intermédiaires comprennent un polymère de cristal liquide.

35 Selon une autre caractéristique de l'invention,

au moins l'une desdites première et seconde couches isolantes extérieures et au moins l'une desdites première et seconde couches isolantes intermédiaires comprennent un matériau polyimide.

5           L'invention a également pour objet un procédé pour fabriquer un fusible à faible valeur résistive, caractérisé en ce qu'il consiste à :

              prévoir une première couche isolante intermédiaire,

10           former une couche d'élément fusible possédant une liaison fusible s'étendant entre des premier et second plots de contact, et

              superposer avec fixation par adhésif d'une seconde couche isolante intermédiaire sur la première 15 couche isolante intermédiaire au-dessus de la couche d'élément fusible.

Selon une autre caractéristique de l'invention, ladite superposition avec fixation par adhésif comprend la superposition d'un film adhésif de polyimide.

20           Selon une autre caractéristique de l'invention, ladite superposition avec fixation par adhésif comprend l'application d'un adhésif formé d'un polyimide liquide à l'une desdites couches isolantes.

              Selon une autre caractéristique de l'invention, 25 ladite superposition avec fixation par adhésif comprend l'application d'un adhésif en silicium sur l'une desdites couches isolantes.

              Selon une autre caractéristique de l'invention, 30 ladite superposition avec fixation par adhésif comprend l'encapsulation de la couche de l'élément fusible avec un élément adhésif.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le procédé comprend en outre les étapes consistant à :

              prévoir une membrane en polymère,  
35           métalliser la membrane en polymère pour former la

couche d'élément fusible,

former une liaison fusible s'étendant entre lesdits premier et second plots de contact à partir de la couche d'élément fusible, et

5           coupler ladite membrane en polymère à ladite première couche isolante intermédiaire.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le procédé comprend en outre la formation d'une ouverture dans la couche isolante et le support de la liaison fusible  
10          dans l'ouverture avec la membrane en polymère.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le procédé comprend en outre la superposition de la membrane polymère à un matériau polyimide.

Selon une autre caractéristique de l'invention,  
15          le procédé comprend en outre le masquage de l'une des première et seconde couches isolantes intermédiaires et la formation, par attaque chimique, d'une ouverture dans ces couches.

Selon une autre caractéristique de l'invention,  
20          le procédé comprend en outre l'enlèvement du masque.

Selon une autre caractéristique de l'invention, ladite métallisation comprend la métallisation sur une épaisseur comprise entre environ 1 micromètre et environ 20 micromètres.

25          L'invention a également pour objet, un fusible à faible valeur résistive, caractérisé en ce qu'il comporte :  
                      une couche d'élément fusible formée d'une feuille mince,

30          des première et seconde couches isolantes intermédiaires s'étendant sur des côtés opposés de ladite couche d'élément fusible et couplées à cette dernière, ladite couche d'élément fusible étant formée sur ladite première couche isolante intermédiaire et ladite seconde couche isolante étant superposée à ladite couche d'élément fusible, au moins l'une desdites première et seconde

couches isolantes intermédiaires comprenant une ouverture traversante, et

un milieu d'extinction d'arc situé dans ladite ouverture entourant ladite couche d'élément fusible dans 5 ladite ouverture.

Selon une autre caractéristique de l'invention, ladite couche d'élément fusible possède une épaisseur comprise entre environ 1 micromètre et environ 20 micromètres.

10 Selon une autre caractéristique de l'invention, au moins l'une desdites première et seconde couches isolantes intermédiaires comprend un matériau formé de polyimide.

15 Selon une autre caractéristique de l'invention, au moins l'une desdites première et seconde couches isolantes intermédiaires comprend un polymère de cristal liquide.

20 Selon une autre caractéristique de l'invention, le fusible à faible valeur résistive comprend en outre un puits de chaleur situé à proximité de ladite couche d'élément fusible.

25 Selon une autre caractéristique de l'invention, le fusible à faible valeur résistive comporte au moins un élément chauffant en série avec ladite couche d'élément fusible.

L'invention a également pour objet un fusible à faible valeur résistive, caractérisé en ce qu'il comporte :

30 une couche d'élément fusible en forme de feuille mince,

des première et seconde couches isolantes intermédiaires s'étendant sur des côtés opposés de ladite couche d'élément fusible et couplées à cette couche, ladite couche d'élément fusible étant formée sur ladite première 35 couche isolante intermédiaire et ladite seconde couche

isolante étant superposée à ladite couche d'élément fusible, au moins l'une desdites première et seconde couches isolantes intermédiaires comprenant une ouverture traversante, et

5 un puits de chaleur couplé à l'une desdites première et seconde couches isolantes intermédiaires.

Selon une autre caractéristique de l'invention, ladite couche d'élément fusible en forme de feuille mince possède une épaisseur comprise entre environ 1 micromètre 10 et environ 20 micromètres.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le fusible à faible valeur résistive comporte en outre un milieu d'extinction d'arc situé dans ladite ouverture et entourant ladite couche d'élément fusible dans ladite 15 ouverture.

L'invention a également pour objet un fusible à faible valeur résistive, caractérisé en ce qu'il comporte :

une couche d'élément fusible en forme de feuille mince,

20 des première et seconde couches isolantes intermédiaires s'étendant sur des côtés opposés de ladite couche d'élément fusible et couplées à cette dernière, ladite couche d'élément fusible étant formée de manière à inclure une liaison fusible, ladite première couche 25 isolante intermédiaire et ladite seconde couche isolante intermédiaire étant appliquées sur les côtés opposés de ladite couche d'élément fusible, et

au moins un élément chauffant en série avec ladite liaison fusible sur ladite couche d'élément fusible.

30 Selon une autre caractéristique de l'invention, ladite couche d'élément fusible en forme de feuille mince possède une épaisseur comprise entre environ 1 micromètre et environ 20 micromètres.

Selon une autre forme de réalisation prise à 35 titre d'exemple, il est prévu un fusible à faible valeur

résistive, caractérisé en ce qu'il comprend :

une couche d'élément fusible formée d'une feuille mince,

des première et seconde couches isolantes 5 intermédiaires s'étendant sur les côtés opposés de ladite couche d'élément fusible et couplées à cette couche, ladite couche d'élément fusible étant formée sur ladite première couche isolante intermédiaire et ladite seconde couche isolante étant superposée à ladite couche d'élément fusible, au moins l'une desdites première et seconde couches isolantes intermédiaires comprenant une ouverture traversante,

des première et seconde couches isolantes extérieures étant superposées auxdites première et seconde 15 couches isolantes intermédiaires, ladite couche d'élément fusible et ladite ouverture étant configurées de manière à modéliser une enveloppe adiabatique autour d'une partie de ladite couche d'élément fusible au voisinage de ladite ouverture.

20 Selon une autre caractéristique de l'invention, ladite couche d'élément fusible en forme de feuille mince possède une épaisseur comprise entre environ 1 micromètre et environ 20 micromètres.

D'autres caractéristiques et avantages de la 25 présente invention, ressortiront de la description donnée ci-après, prise en référence aux dessins annexés, sur lesquels:

- la figure 1 est une vue en perspective d'un fusible en forme de feuille;
- 30 - la figure 2 est une vue éclatée du fusible représenté sur la figure 1;
- la figure 3 représente un organigramme de traitement d'un procédé de fabrication du fusible représenté sur les figures 1 et 2;
- 35 - la figure 4 est une vue en perspective éclatée

## 10

d'une seconde forme de réalisation d'un fusible en forme de feuille;

- la figure 5 est une vue en perspective éclatée d'une troisième forme de réalisation d'un fusible en forme  
5 de feuille;

- les figures 6 à 10 représentent des vues de dessus de géométries d'éléments fusibles pour des fusibles représentés sur les figures 1 à 5;

10 - la figure 11 est une vue en perspective éclatée d'une quatrième forme de réalisation d'un fusible;

- la figure 12 est un organigramme de traitement d'un procédé de fabrication du fusible représenté sur la figure 11;

15 - la figure 13 est une vue en perspective d'une cinquième forme de réalisation d'un fusible;

- la figure 14 est une vue éclatée du fusible représenté sur la figure 13;

- la figure 15 est une vue éclatée d'une sixième forme de réalisation d'un fusible;

20 - la figure 16 est une vue éclatée d'une septième forme de réalisation d'un fusible;

- la figure 17 est une vue éclatée d'une huitième forme de réalisation d'un fusible;

25 - la figure 18 est une vue de dessus d'une forme de réalisation d'un élément fusible;

- la figure 19 est une vue de dessus d'une autre forme de réalisation de l'élément fusible; et

- la figure 20 est une vue éclatée illustrant la fabrication d'un fusible.

30 La figure 1 représente une vue en perspective d'un fusible en forme de feuille 10 conformément à une forme de réalisation prise à titre d'exemple de la présente invention. Pour les raisons indiquées plus loin, on estime que le fusible 10 peut être fabriqué à un coût inférieur à  
35 celui de fusibles classiques tout en fournissant des

## 11

avantages notables du point de vue performances. Par exemple, on estime que le fusible 10 possède une valeur résistive réduite en rapport avec des fusibles comparables connus et une résistance d'isolation accrue une fois que le 5 fusible a fonctionné. Ces avantages sont obtenus au moins en partie grâce à l'utilisation de matériaux en forme de feuilles métalliques minces pour la formation d'une liaison fusible et de bornes de contact montées sur des films polymères. Uniquement du point de vue descriptif, on 10 considère que les matériaux formés de feuilles métalliques minces ont une épaisseur s'étageant entre environ 1 micromètre et environ 100 micromètres et de façon plus spécifique entre environ 1 micromètre et environ 20 micromètres et dans une forme de réalisation particulière 15 entre environ 3 micromètres et environ 12 micromètres.

Bien qu'au moins un fusible selon la présente invention se soit avéré être particulièrement avantageux lorsqu'il est fabriqué avec des matériaux en forme de feuilles métalliques minces, il est envisagé que d'autres 20 techniques de métallisation puissent être avantageuses. Par exemple, pour des valeurs nominales inférieures de fusibles qui requièrent moins de 3 à 5 micromètres de métallisation pour former l'élément fusible, on peut utiliser des matériaux sous la forme de films minces conformément à des 25 techniques connues dans ce domaine technique, incluant sans aucune limitation des films métalliques déposés par pulvérisation. On notera en outre que des aspects de la présente invention peuvent également s'appliquer à des structures formées d'un placage métallique autocatalytique et à des 30 structures formées par sérigraphie sur un film épais. Le fusible 10 est par conséquent décrit uniquement à titre illustratif et la description du fusible donnée ici n'est pas censée limiter les aspects de l'invention aux particularités du fusible 10.

35 Le fusible 10 possède une structure en couches,

**12**

décrise ci-après de façon détaillée et comprend un élément fusible en forme de feuille (non représenté sur la figure 1) qui s'étend électriquement entre et dans une relation de conduction avec des contacts de soudure 12 (quelquefois 5 désignés comme étant des bossages ou plots de soudure). Les contacts de soudure 12 en cours d'utilisation sont couplés à des bornes, des plots de contact ou des terminaisons de circuits d'une carte à circuits imprimés (non représentée) pour l'établissement d'un circuit électrique au moyen d'un fusible 10, ou de façon plus spécifique au moyen de 10 l'élément fusible. Lorsqu'un courant circulant dans le fusible 10 atteint des limites inadmissibles, dépendantes de caractéristiques de l'élément fusible et de matériaux particuliers utilisés dans la fabrication du fusible 10, 15 l'élément fusible fond, se vaporise ou ouvre d'une manière ou d'une autre le circuit électrique au moyen du fusible et empêche un endommagement coûteux de composants électriques dans le circuit associé au fusible 10.

Dans une forme de réalisation donnée à titre 20 d'illustration, le fusible 10 possède une forme générale rectangulaire qui inclut une largeur W, une longueur L et une hauteur H convenant pour le montage en surface du fusible 10 sur un panneau ou carte de circuits imprimés, tout en occupant un faible espace. Par exemple, dans une 25 forme de réalisation particulière, la longueur L a une valeur égale à environ 0,1524 cm et la largeur W est égale à environ 0,0762 cm, et la hauteur H est nettement inférieure à l'une ou l'autre des dimensions L ou W afin de conserver un profil faible pour le fusible 10. Comme cela 30 apparaîtra à l'évidence ci-après, la hauteur H est égale approximativement à la somme des épaisseurs des différentes couches utilisées pour fabriquer le fusible 10. Cependant on notera que les dimensions réelles du fusible 10 peuvent varier par rapport aux dimensions indiquées ici à titre 35 d'illustration et être plus grandes ou plus faibles, y

compris des dimensions de plus de 2,54 cm, sans sortir du cadre de la présente invention.

On notera également qu'au moins certains des avantages de la présente invention peuvent être obtenus moyennant l'utilisation des terminaisons du fusible autres que les contacts de soudure illustrés 12 pour la connexion du fusible 10 à un circuit électrique. Ainsi par exemple des fils de contact (c'est-à-dire des terminaisons formées de fils), des terminaisons à enveloppement ou à broches, des terminaisons avec métallisation en renforcement, des terminaisons plaquées, des contacts à galets ou d'autres systèmes de connexion peuvent être utilisés en tant qu'alternatives à des contacts de soudure 12 comme les exigences l'imposent ou comme cela est désiré.

La figure 2 représente une vue en perspective éclatée du fusible 10 illustrant les différentes couches employées pour la fabrication du fusible 10. De façon spécifique, dans une forme de réalisation prise à titre d'exemple, le fusible 10 est constitué essentiellement de cinq couches incluant une couche d'élément fusible en forme de feuille 20 enserrée entre des couches isolantes intermédiaires supérieure et inférieure 22, 24 qui à leur tour sont insérées entre des couches isolantes supérieure et inférieure 26, 28.

Dans une forme de réalisation, la couche d'élément fusible en forme de feuille 20 est une feuille de cuivre déposée au moyen d'un dépôt électrolytique d'une épaisseur de 3-5 micromètres et appliquée sur la couche intermédiaire inférieure 24 conformément à des techniques connues. Dans une forme de réalisation prise à titre d'exemple, la feuille est une feuille extra mince CopperBond® disponible auprès de la société Olin, Inc., et une couche d'élément fusible mince 20 est formée avec la forme d'un I majuscule avec une liaison fusible réduite 30 s'étendant entre des plots de contact rectangulaires 32,

34. La liaison fusible 30 est dimensionnée de manière à s'ouvrir lorsqu'un courant circulant dans la liaison fusible 30 atteint un niveau spécifié. Par exemple dans une forme de réalisation prise à titre d'exemple, la liaison fusible 30 possède une largeur d'environ 0,00762 cm de sorte que le fusible fonctionne à moins de 1 ampère. Cependant on comprendra que dans d'autres formes de réalisation, on puisse utiliser des dimensions différentes de la liaison fusible et que la couche d'élément fusible 20 peut être formée avec d'autres feuilles métalliques, incluant sans aucune limitation le nickel, le zinc, l'étain, l'aluminium, l'argent, des alliages de ces matériaux (par exemple des alliages cuivre/ étain, argent/étain et cuivre/argent) et d'autres matériaux sous la forme de feuille conductrice qu'une feuille de cuivre. Dans d'autres formes de réalisation, on peut utiliser des matériaux en forme de feuilles ayant une épaisseur de 9 micromètres ou de 12 micromètres et soumises à une attaque chimique pour réduire l'épaisseur de la liaison fusible. En outre, on peut utiliser une technique de fusion à effet M connue, dans d'autres formes de réalisation pour améliorer le fonctionnement de la liaison fusible.

Comme le noteront les spécialistes de la technique, la performance de la liaison fusible (par exemple performance de court-circuit et capacité d'interruption de tension) dépend de et est principalement déterminée par la température de fusion des matériaux utilisés et la géométrie de la liaison fusible, et moyennant une modification de chacune d'elles, on peut obtenir un nombre pratiquement illimité de liaisons fusibles ayant des caractéristiques de performances différentes. En outre, plus d'une liaison fusible peut s'étendre parallèlement de manière à modifier de façon supplémentaire la performance du fusible. Dans une telle forme de réalisation, de multiples liaisons fusibles

## 15

peuvent s'étendre parallèlement entre des plots de contact dans une seule couche d'élément fusible ou bien on peut utiliser de multiples couches d'élément fusible incluant des liaisons fusibles s'étendant parallèlement entre elles 5 dans une configuration à empilage vertical.

Pour sélectionner des matériaux pour produire une couche d'élément fusible 20 possédant un élément fusible et une valeur nominale désirée d'élément fusible ou pour déterminer une valeur nominale d'élément fusible fabriqué à 10 partir de matériaux sélectionnés, il a été établi que la performance de l'action fusible dépend principalement de trois paramètres, incluant la géométrie de l'élément fusible, la conductivité thermique des matériaux entourant l'élément fusible et une température de fusion du métal 15 fusible. Il a été établi que chacun de tous ces paramètres est directement proportionnel à la durée d'arc lorsque le fusible fonctionne, et en combinaison tous ces paramètres déterminent la caractéristique de variation du courant dans le temps du fusible. Par conséquent, grâce à un choix 20 soigneux de matériaux pour la couche d'élément fusible, de matériaux entourant la couche d'élément fusible et de la géométrie de la couche d'élément fusible, on peut produire des fusibles acceptables à faible valeur résistive.

A titre d'illustration, on va analyser tout 25 d'abord la géométrie de l'élément fusible 20, pour illustrer les caractéristiques d'une couche d'élément fusible prise à titre d'exemple. Par exemple, la figure 6 représente une vue de dessus d'une géométrie d'élément fusible relativement simple incluant des dimensions données 30 à titre d'exemples.

En référence à la figure 6, une couche d'élément fusible ayant la forme générale d'un I majuscule est formée sur une couche isolante. Les caractéristiques de fusion de la couche d'élément fusible sont déterminées par la 35 conductivité électrique ( $\rho$ ) du métal utilisé pour former la

## 16

couche d'élément fusible, les aspects dimensionnels de la couche d'élément fusible (c'est-à-dire la longueur et la largeur de l'élément fusible) et l'épaisseur de la couche d'élément fusible. Dans une forme de réalisation donnée à 5 titre d'illustration, la couche d'élément fusible 20 est formée avec une feuille de cuivre d'une épaisseur de 3 micromètres, dont on sait qu'elle présente une résistance de couche (mesurée pour une épaisseur de 1 micromètre) de  $1/\rho \cdot cm$  ou environ  $0,16779 \Omega/\square$ ,  $\square$  étant un rapport 10 dimensionnel de la partie d'élément fusible considérée exprimé en "carrés".

Par exemple, en considérant l'élément fusible représenté sur la figure 6, l'élément fusible inclut trois segments distincts identifiables avec les dimensions  $l_1$  et  $w_1$  correspondant au premier segment,  $l_2$  et  $w_2$  correspondant au second segment et  $l_3$  et  $w_3$  correspondant au troisième segment. En réalisant la sommation des carrés dans les segments, on peut déterminer approximativement la résistivité de la couche d'élément fusible déterminée d'une 15 manière assez directe. Ainsi pour l'élément fusible représenté sur la figure 6 :

$$\begin{aligned} \text{Nombre de carrés} &= (l_1/w_1 + l_2/w_2 + l_3/w_3) & (1) \\ &= (10/20 + 30/4 + 10/20) \\ &= 8,5 \square. \end{aligned}$$

25 Alors on peut déterminer la valeur résistive électrique ( $R$ ) de la couche d'élément fusible conformément à la relation suivante:

$$R \text{ élément fusible} = (\text{résistivité de couche}) * (\text{nombre de } \square) / T \quad (2)$$

30  $T$  étant une épaisseur de la couche d'élément fusible. En continuant avec l'exemple précédent et en utilisant la relation (2), on peut voir que l'on a :

$$\begin{aligned} \text{Résistance de l'élément fusible} &= (0,16779 \Omega/\square) * (8,5 \square) / 3 \\ &= 0,0475 \Omega. \end{aligned}$$

35 Naturellement une valeur résistive d'élément fusible ayant

une géométrie plus compliquée pourrait être déterminée également d'une façon analogue.

En considérant maintenant la conductivité thermique de matériaux entourant la couche d'élément fusible, les 5 spécialistes de la technique pourront noter que le flux de chaleur ( $H$ ) entre des volumes secondaires d'un matériau dissemblable est déterminé par la relation :

$$\Delta h(m,n)_{\text{à}(m+1,n)} = \frac{2(\theta_{m,n} - \theta) * Y_n * Z * K_{m,n} * \Delta t}{X_{m,n}} \quad (3)$$

$K_{m,n}$  étant une conductivité thermique d'un premier volume partiel de matériau,  $K_{m+1,n}$  la conductivité thermique d'un second volume partiel de matériau,  $Z$  l'épaisseur du matériau en question,  $\theta$  la température du volume partiel 15  $m,n$  en un point de référence sélectionné,  $X_{m,n}$  un premier emplacement de coordonnées de la première mesure de volume partiel à partir du point de référence, et  $Y_n$  une mesure en un second emplacement de coordonnées à partir du point de référence, et  $\Delta t$  une valeur de temps considérée.

Bien que l'on puisse étudier la relation (3) de façon très détaillée pour déterminer des caractéristiques précises de flux thermique d'une structure de fusible formée de couches, cette relation est indiquée ici principalement pour montrer que le flux thermique dans le 20 fusible est proportionnel à la conductivité thermique des matériaux utilisés. La conductivité thermique de certains matériaux connus pris à titre d'exemple est indiquée dans le tableau suivant, et on peut voir qu'en réduisant la conductivité des couches isolantes utilisées dans le 25 fusible autour de l'élément fusible, le flux thermique dans l'élément fusible peut être fortement réduit. Une remarque particulière concerne la conductivité nettement inférieure du polyimide qui est utilisé dans les formes de réalisation données à titre d'illustration de l'invention en tant que 30 matériau isolant au-dessus et au-dessous de la couche d'élément fusible.

## 18

Conductivités thermiques de substrat (W/mK)

Alumine ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	19
Forstérite ( $2\text{MgO-SiO}_2$ )	7
Cordiérite ( $2\text{MgO-2Al}_2\text{O}_3-5\text{SiO}_2$ )	1,3
Stéatite ( $2\text{MgO-SiO}_2$ )	3
Polyimide	0,12
FR-4 Stratifié résine époxy/fibre de verre	0,293

En considérant maintenant la température de fonctionnement du métal fusible utilisé dans la fabrication de la couche d'élément fusible, les spécialistes de la technique pourront noter que la température de fonctionnement  $\theta_t$  de la couche d'élément fusible à un instant donné est déterminée par la relation suivante :

10

$$\theta_t = (1/m*s) * \int i^2 R_{am} (1+\alpha\theta) dt \quad (4)$$

m étant la masse de la couche d'élément fusible, s la chaleur spécifique du matériau formant la couche d'élément fusible,  $R_{am}$  la valeur résistive de la couche d'élément fusible à une température ambiante de référence  $\theta$ , i un courant circulant dans la couche d'élément fusible et  $\alpha$  un coefficient de température de résistance pour le matériau de l'élément fusible. Naturellement la couche d'élément fusible agit de manière à compléter un circuit au moyen du fusible jusqu'à la température de fusion du matériau de l'élément fusible. Des exemples de points de fusion de matériaux d'éléments fusibles habituellement utilisés sont indiqués dans le tableau donné ci-après et on notera que les couches d'éléments fusibles formées de cuivre sont particulièrement avantageuses dans la présente invention en raison de la température de fusion nettement plus élevée du cuivre qui permet un courant nominal plus intense de

l'élément fusible.

Températures de fusion d'un métal et d'un alliage métallique (°C)

Cuivre (Cu)	1084
Zinc (Zn)	419
Cuivre/étain	660
Argent/étain (20Cu/80Sn)	530
Argent/étain (40Ag/60Sn)	450
Cuivre/argent (30Cu/70Ag)	788

5 Il apparaît maintenant à l'évidence que lorsque l'on considère les effets combinés de la température de fusion de matériaux pour la couche d'élément fusible, la conductivité thermique de matériaux entourant la couche d'élément fusible et la résistivité de la couche d'élément fusible, on peut obtenir des fusibles acceptables à faible 10 valeur résistive présentant une variété de caractéristiques de performances.

En se référant à nouveau à la figure 2, la couche isolante intermédiaire supérieure recouvre la couche d'élément fusible 20 et inclut des ouvertures de terminaisons rectangulaires 36, 38 ou fenêtres qui traversent la couche de manière à faciliter la connexion électrique avec des plots de contact respectifs 32, 34 de la couche d'élément fusible en forme de feuille 20. Une 20 ouverture de forme circulaire 40 de la liaison fusible s'étend entre des ouvertures de terminaison 36, 38 et recouvre la liaison fusible 30 de la couche d'élément fusible en forme de feuille 20.

La couche isolante intermédiaire inférieure 24 est située au-dessous de la couche d'élément fusible en forme de feuille 20 et inclut une ouverture de forme circulaire 42 de la liaison fusible au-dessous de la liaison fusible 30 de la couche d'élément fusible en forme de feuille 20. En tant que telle, la liaison fusible 30

s'étend à travers des ouvertures respectives 40, 42 de la liaison fusible dans des couches isolantes intermédiaires supérieure et inférieure 22, 24 de telle sorte que la liaison fusible 20 n'est en contact avec aucune surface 5 d'une quelconque couche isolante intermédiaire 22, 24 étant donné que la liaison fusible 30 s'étend entre des plots de contact 32, 34 de l'élément fusible en forme de feuille 20. En d'autres termes, lorsque le fusible 10 est complètement fabriqué, la liaison fusible 30 est effectivement suspendue 10 dans une poche d'air sous l'effet d'ouvertures 40, 42 de la liaison fusible dans des couches isolantes intermédiaires respectives 22, 24.

En tant que telles, des ouvertures 40, 42 de la liaison fusible empêchent un transfert de chaleur vers les 15 couches isolantes intermédiaires 22, 24 ce qui, dans des fusibles classiques, contribue à conférer une valeur résistive électrique accrue aux fusibles. Par conséquent le fusible 10 fonctionne avec une valeur résistive inférieure à celle de fusibles connus et par conséquent entraîne une 20 moins grande perturbation des circuits que des fusibles comparables connus. En outre, et contrairement à des fusibles connus, la poche d'air créée par des ouvertures 40, 42 de la liaison fusible empêche un cheminement d'arc et facilite la séparation complète du circuit par la 25 liaison fusible 30. Dans une autre forme de réalisation, une poche d'air de forme appropriée peut faciliter l'évacuation de gaz dans cette poche lorsque la liaison fusible fonctionne et atténuer une accumulation indésirable de gaz et une pression interne appliquée au fusible. Par 30 conséquent, bien que les ouvertures 40, 42 soient représentées comme sensiblement circulaires dans une forme de réalisation prise à titre d'exemple, des ouvertures non circulaires 40, 42 peuvent sinon être utilisées sans sortir du cadre de la présente invention. En outre, il est 35 envisagé que des ouvertures dissymétriques puissent être

utilisées en tant qu'ouvertures de liaison fusible dans des couches isolantes intermédiaires 22, 24. De plus il est envisagé cependant que les ouvertures de la liaison fusible puissent être remplies par un solide ou par un gaz pour 5 empêcher un cheminement d'arc à la place ou en supplément de l'air comme décrit précédemment.

Dans une forme de réalisation donnée à titre d'illustration, les couches isolantes intermédiaires supérieure et inférieure sont chacune réalisées avec un film 10 diélectrique, comme par exemple du polyimide d'une épaisseur de 0,00508 cm disponible dans le commerce et commercialisé sous la marque déposée KAPTON® de E.I. du Pont de Nemours et Company de Wilmington, Delaware. Cependant on notera que dans d'autres formes de 15 réalisation, d'autres matériaux d'isolation électrique appropriés (polyimide et non polyimide) tels que des matériaux de stratification formés d'un polyimide sans adhésif CIRLEX®, des matériaux formés de polyimide UPLEX® disponibles dans le commerce auprès de Ube Industries, 20 Pyrolux, du naphtalènedicarboxylate de polyéthylène (désigné quelquefois sous le sigle PEN), un matériau polymère de cristal liquide Zyvrex disponible dans le commerce auprès de Rogers Corporation, et analogue peut être utilisé à la place du KAPTON®.

La couche isolante extérieure supérieure 26 recouvre la couche intermédiaire supérieure 22 et inclut des ouvertures de terminaison rectangulaires 46, 48 qui coïncident essentiellement avec des ouvertures de terminaison 36, 38 de la couche isolante intermédiaire 30 supérieure 22. Conjointement, les ouvertures de terminaison 46, 48 dans la couche isolante extérieure supérieure 26 et les ouvertures de terminaison 36, 38 dans la couche isolante intermédiaire supérieure 22 forment des cavités respectives au-dessus des plots de contact 32, 34 de 35 l'élément fusible mince. Lorsque les ouvertures 36, 38, 46,

48 sont remplies de soudure (ce qui n'est pas représenté sur la figure 2), des plots de contact de soudure 12 (représentés sur la figure 1) sont formés dans une relation de conduction avec les plots de contact d'éléments fusibles 5 32, 34 pour la connexion à un circuit extérieur situé par exemple sur un panneau de circuits imprimés. Une surface continue 50 s'étend entre des ouvertures de terminaison 46, 48 de la couche isolante supérieure extérieure 26 qui recouvre l'ouverture 40 de la liaison fusible de la couche 10 isolante intermédiaire supérieure 22, en fermant et en isolant ainsi de façon adéquate la liaison fusible 30.

Dans une autre forme de réalisation, la couche isolante extérieure supérieure 26 et/ou la couche isolante inférieure extérieure 28 sont réalisées en des matériaux 15 translucides ou transparent qui facilitent l'indication visuelle d'un fusible ouvert dans les ouvertures 40, 42 de la liaison fusible.

La couche isolante inférieure extérieure 28 est située au-dessous de la couche isolante intermédiaire 24 et 20 est solide, c'est-à-dire ne comporte aucune ouverture. La surface solide continue de la couche isolante inférieure extérieure 24 isole par conséquent de façon adéquate la liaison fusible 30 au-dessous de l'ouverture 42 de la liaison fusible de la couche isolante intermédiaire 25 inférieure 28.

Dans une forme de réalisation à titre d'illustration, les couches isolantes extérieures supérieure et inférieure sont réalisées chacune avec un film diélectrique, comme par exemple un film de polyimide 30 d'une épaisseur de 0,0127 cm, disponible commercialement et commercialisé sous la marque KAPTON® de E.I. du Pont de Nemours and Company de Wilmington, Delaware. On notera cependant que dans d'autres formes de réalisation, on peut utiliser d'autres matériaux d'isolation électrique 35 appropriés tels que les matériaux de stratification en

polyimide sans adhésif CIRLEX®, Pyrolux, le naphtalènedicarboxylate de polyéthylène et analogues.

Pour la description d'un procédé de fabrication pris à titre d'exemple et utilisé pour fabriquer le fusible 10, les couches du fusible 10 sont désignées conformément au tableau suivant.

<u>Couche de traitement</u>	<u>Couche de la figure 2</u>	<u>Référence de la figure 2</u>
1	Couche isolante supérieure extérieure	26
2	Couche isolante supérieure intermédiaire	22
3	Couche d'élément fusible en forme de feuille	20
4	Couche isolante inférieure intermédiaire	24
5	Couche isolante inférieure extérieure	28

Avec ces désignations, la figure 3 montre un organigramme d'un procédé 60 pris à titre d'exemple pour la fabrication d'un fusible 10 (représenté sur les figures 1 et 2). La couche d'élément fusible en forme de feuille 20 (couche 3) est appliquée ou contreplaquée en 62 sur la couche inférieure intermédiaire 24 (couche 4) conformément à des techniques de stratification connues. On applique ensuite une attaque chimique à la couche d'élément fusible en forme de feuille 20 (couche 3) pour lui donner une forme désirée sur une couche isolante inférieure intermédiaire 24 (couche 4) moyennant l'utilisation de techniques connues, incluant, sans y être limitée, l'utilisation d'une solution de chlorure ferrique. Dans une forme de réalisation prise à titre d'exemple, la couche d'élément fusible en forme de feuille 20 (couche 3) est formée de telle sorte que l'élément fusible formé d'une feuille en forme de la lettre majuscule I reste tel que décrit précédemment en référence

## 24

à la figure 2, conformément à un procédé connu d'attaque chimique. Dans d'autres formes de réalisation, les opérations de découpage de la matrice peuvent être utilisées à la place d'opérations d'attaque chimique pour 5 former la liaison fusible 30 et les plots de contact 32, 34.

Une fois terminée la formation, en 64, de la couche d'élément fusible en forme de feuille (couche 3) à partir de la couche isolante inférieure intermédiaire 10 (couche 4), la couche isolante supérieure intermédiaire 22 (couche 2) est superposée, en 66, à la couche d'élément fusible en forme de feuille préappliquée 20 (couche 3) et à la couche isolante inférieure intermédiaire (couche 4) à partir de l'étape 62, conformément à des techniques connues 15 de stratification. De ce fait un stratifié à trois couches est formé avec la couche d'élément fusible en forme de feuille 20 (couche 3) enserrée entre les couches isolantes intermédiaires 22, 24 (couches 2 et 4).

Les ouvertures de terminaison 36, 38 et 20 l'ouverture 40 de la liaison fusible (toutes représentées sur la figure 2) sont alors formées, en 68, dans la couche isolante supérieure intermédiaire 22 (couche 2) conformément à un processus connu d'attaque chimique, de poinçonnage ou de perçage. L'ouverture 42 de la liaison 25 fusible (représentée sur la figure 2) est également formée en 68 dans la couche isolante inférieure intermédiaire 28 conformément à un procédé connu, incluant, sans qu'il n'y ait là aucune limitation, l'attaque chimique, le poinçonnage et le perçage. Par conséquent des plots de 30 contact 32, 34 de la couche d'élément fusible (représentés sur la figure 2) sont exposés dans les ouvertures de terminaison 36, 38 formées dans la couche isolante supérieure intermédiaire 22 (couche 2). La liaison fusible 30 (représentée sur la figure 2) est exposée dans des 35 ouvertures 40, 42 de la liaison fusible des couches

isolantes intermédiaires respectives 22, 24 (couches 2 et 4). Dans d'autres formes de réalisation, des opérations de découpage de la matrice, des opérations de perçage et de poinçonnage et analogues peuvent être utilisées à la place 5 d'opérations d'attaque chimique pour former l'ouverture 40 de la liaison fusible et les ouvertures de terminaison 36, 38.

Après la formation, en 68, des ouvertures ou des 10 fenêtres dans les couches intermédiaires isolantes 22, 24 (couches 2 et 4), on superpose ou on plaque les couches extérieures isolantes 26, 28 (couches 1 et 5) en 70 sur l'ensemble combiné formé de trois couches (couches 2, 3 et 15 4) à partir des étapes 66 et 68. On superpose les couches isolantes extérieures 26, 28 (couches 1 et 5) sur l'ensemble combiné formé de trois couches en utilisant des processus et des techniques connus dans ce domaine technique.

Après avoir superposé, en 70, des couches isolantes extérieures 26, 28 (couches 1 et 5) pour former 20 un ensemble combiné à cinq couches, on forme, en 72, des ouvertures de terminaison 46, 48 (représentées sur la figure 2), conformément à des procédés et des techniques connus, dans la couche isolante supérieure extérieure (couche 1), de telle sorte que des plots de contact 32, 34 25 d'éléments fusibles (représentés sur la figure 2) sont exposés à travers la couche isolante supérieure extérieure 26 (couche 1) et la couche isolante supérieure intermédiaire 22 (couche 2) dans des ouvertures de terminaison respectives 36, 38 et 46, 48. La couche 30 isolante inférieure extérieure 28 (couche 5) est alors marquée, en 74, avec des indices associés à des caractéristiques de fonctionnement du fusible 10 (représenté sur les figures 1 et 2), comme par exemple des valeurs nominales de tension ou de courant, un code de 35 classification de fusible, etc. Le marquage en 74 peut être

exécuté conformément à des procédés connus, comme par exemple le marquage laser, l'attaque chimique ou l'attaque plasmatique. On notera que dans d'autres formes de réalisation on peut utiliser, à la place de contacts de soudure 12, d'autres plots de contact conducteurs connus incluant sans aucune limitation des plots plaqués de nickel/or, nickel/étain, nickel/étain/plomb et étain.

Ensuite on applique, en 76, la soudure pour compléter les contacts de soudure 12 (représentés sur la figure 1), dans une communication de conduction avec des plots de contact 32, 34 d'élément fusible (représentés sur la figure 2). De ce fait, on peut établir une connexion électrique au moyen de la liaison fusible 30 (représentée sur la figure 2), lorsque des contacts de soudure 12 sont couplés à des connexions électriques de lignes et de charges d'un circuit activé.

Bien que l'on puisse fabriquer les fusibles 10 individuellement conformément au procédé décrit jusqu'alors, dans une forme de réalisation donnée à titre d'illustration, les fusibles 10 sont fabriqués collectivement sous la forme d'une feuille, puis sont séparés ou singularisés ou individualisés, en 78, en des fusibles individuels 10. Lorsqu'elles sont obtenues par une fabrication par lots, différentes formes et dimensions de liaisons fusibles 30 peuvent être formées simultanément avec une commande précise des processus d'attaque chimique et de découpage de la matrice. En outre, on peut utiliser des procédés de stratification rouleau sur rouleau dans un processus de fabrication continu pour fabriquer un grand nombre de fusibles avec un intervalle de temps minimum.

En outre, on peut fabriquer des fusibles contenant des couches additionnelles sans sortir de la méthodologie de base décrite précédemment. Ainsi on peut utiliser de multiples couches d'éléments fusibles et/ou des couches isolantes additionnelles pour fabriquer des

fusibles ayant différentes caractéristiques de performances et différentes tailles de boîtiers.

On peut former par conséquent efficacement des fusibles en utilisant des matériaux à faible coût, 5 largement disponibles, selon un processus de fabrication par lots en utilisant des techniques et processus bon marché connus. Des processus d'attaque par voie photochimique permettent une formation assez précise de la liaison fusible 30 et des plots de contact 32, 34 de la 10 couche d'élément fusible mince 20, même pour de très petits fusibles, avec une épaisseur uniforme et une conductivité uniforme pour réduire la variation de la performance finale des fusibles 10. En outre, l'utilisation de matériaux formés de feuilles métalliques minces pour former une 15 couche d'élément fusible 20 permet de réaliser des fusibles ayant une très faible valeur résistive par rapport à des fusibles comparables connus.

La figure 4 est une vue en perspective éclatée d'une seconde forme de réalisation d'un fusible en forme de feuille 90 sensiblement similaire au fusible 10 (décrit précédemment en référence aux figures 1 à 3) hormis en ce qui concerne l'agencement d'une couche isolante inférieure intermédiaire 24. Et notamment, l'ouverture 42 de liaison fusible (représentée sur la figure 2) dans la couche isolante inférieure intermédiaire 24 n'est pas présente dans le fusible 90, et la liaison fusible 30 s'étend directement en travers de la surface de la couche isolante intermédiaire inférieure 24. Cet agencement particulier est satisfaisant pour un fonctionnement du fusible à des 25 températures intermédiaires, en ce que l'ouverture 40 de la liaison fusible empêche ou tout au moins réduit le transfert de chaleur depuis la liaison fusible 30 en direction des couches isolantes intermédiaires 22, 24. La 30 valeur résistive du fusible 90 est par conséquent réduite pendant le fonctionnement du fusible, et l'ouverture 40 de 35

la liaison fusible dans la couche isolante supérieure intermédiaire 40 empêche un cheminement d'arc et facilite une séparation complète du circuit au moyen du fusible.

Le fusible 90 est fabriqué sensiblement 5 conformément au procédé 60 (décrit ci-dessus en référence à la figure 3) en dehors naturellement du fait que l'ouverture 42 de liaison fusible (représentée sur la figure 2) dans la couche isolante inférieure intermédiaire 24 n'est pas formée.

La figure 5 représente une vue en perspective éclatée d'une troisième forme de réalisation d'un fusible 10 10 en forme de feuille 100 essentiellement similaire au fusible 90 (décrit ci-dessus en référence à la figure 4) hormis pour la construction de la couche isolante 15 supérieure intermédiaire 22. En particulier l'ouverture 40 de la liaison fusible (représentée sur la figure 2) dans la couche isolante supérieure intermédiaire 22 n'est pas présente dans le fusible 100, et la liaison fusible 30 s'étend directement en travers de la surface à la fois des 20 deux couches isolantes intermédiaires supérieure et inférieure 22, 24.

Le fusible 100 est fabriqué essentiellement 25 conformément au procédé 60 (décrit précédemment en référence à la figure 3) hormis naturellement en ce que les ouvertures 40, 42 de liaison fusible (représentée sur la figure 2) dans les couches isolantes intermédiaires 22, 24 ne sont pas formées.

On notera que l'on peut utiliser des substrats céramiques minces dans n'importe laquelle des formes de 30 réalisation précédentes à la place de films polymères, mais qu'il peut être judicieux notamment de les utiliser avec un fusible 100 pour garantir un fonctionnement correct du fusible. Par exemple, on peut utiliser des matériaux céramiques pouvant être cuits conjointement à basse 35 température et analogues dans d'autres formes de

réalisation de la présente invention.

En utilisant les processus décrits précédemment d'attaque chimique et de découpage de matrice pour des matériaux en forme de feuilles métallisés minces pour la 5 formation de liaisons fusibles, on peut former une variété de liaisons fusibles formées de feuilles métalliques ayant des formes différentes pour satisfaire à des objectifs de performances particuliers. Par exemple les figures 6 à 10 représentent une pluralité de géométries d'éléments fusibles, ainsi que des dimensions données à titre d'exemples et que l'on peut utiliser dans le fusible 10 (représenté sur les figures 1 et 2), dans le fusible 90 (représenté sur la figure 4) et dans le fusible 100 (représenté sur la figure 5). On notera cependant que les géométries de la 15 liaison fusible décrite et représentée ici sont données uniquement à titre d'illustration et n'est censée en aucune manière limiter la mise en oeuvre de l'invention à une quelconque forme particulière de feuille ou de configuration de liaison fusible.

La figure 11 est une vue en perspective éclatée d'une quatrième forme de réalisation d'un fusible 120. Comme les fusibles décrits précédemment, le fusible 120 constitue un fusible à faible valeur résistive ayant une structure en couches, qui est représenté sur la figure 11. 25 De façon spécifique, dans une forme de réalisation prise à titre d'exemple, le fusible 120 est constitué essentiellement de cinq couches incluant une couche d'élément fusible en forme de feuille 20 enserrée entre des couches isolantes intermédiaires supérieure et inférieure 30 22, 24 qui à leur tour sont enserrées entre des couches isolantes extérieure supérieure et inférieure 122, 124.

Conformément aux formes de réalisation indiquées précédemment, l'élément fusible 20 est une feuille de cuivre déposée par électrodéposition ou dépôt 35 électrolytique et possédant une épaisseur de 3-5

micromètres, appliquée sur une couche inférieure intermédiaire 24 conformément à des techniques connues. La couche d'élément fusible mince 20 est réalisée avec la forme de la lettre majuscule I avec une liaison fusible 5 rétrécie 30 s'étendant entre des plots de contact rectangulaires 32, 34, et est dimensionnée de manière à s'ouvrir lorsqu'un courant circulant dans la liaison fusible 30 est inférieur à environ 7 ampères. Cependant il est envisagé que l'on puisse utiliser différentes 10 dimensions pour la liaison fusible et que la couche d'élément fusible mince 20 puisse être formée de différents matériaux et d'alliages sous la forme d'une feuille métallique, à la place d'une feuille de cuivre.

La couche isolante intermédiaire supérieure 22 15 recouvre la couche d'élément fusible en forme de feuille 20 et inclut une ouverture de liaison fusible de forme circulaire 40 qui la traverse et recouvre la liaison fusible 30 de la couche d'élément fusible en forme de feuille 20. Contrairement aux fusibles 10, 90 et 100 20 décrits précédemment, la couche isolante supérieure intermédiaire 22 dans le fusible 120 n'inclut aucune ouverture de terminaison 36, 38 (représentée sur les figures 2 à 5) mais est plutôt massive partout hormis pour l'ouverture 40 de la liaison fusible.

La couche isolante inférieure intermédiaire 24 25 est située au-dessous de la couche d'élément fusible en forme de feuille 20 et inclut une ouverture de liaison fusible de forme circulaire 42 située au-dessous de la liaison fusible 30 de la couche d'élément fusible en forme 30 de feuille 20. En tant que telle, la liaison fusible 30 s'étend dans les ouvertures respectives 40, 42 de liaison fusible des couches isolantes intermédiaires supérieure et inférieure 22, 24 de telle sorte que la liaison fusible 30 n'est en contact avec aucune surface de l'une ou l'autre 35 des couches isolantes intermédiaires 22, 24 lorsque la

liaison fusible 30 s'étend entre les plots de contact 32, 34 de l'élément fusible en forme de feuille 20. En d'autres termes, lorsque le fusible 10 est complètement fabriqué, la liaison fusible 30 est suspendue de façon efficace dans une 5 poche d'air par l'intermédiaire des ouvertures 40, 42 de la liaison fusible dans les couches isolantes intermédiaires respectives 22, 24.

En tant que telles les ouvertures 40, 42 de liaison fusible empêchent la transmission de chaleur vers 10 les couches isolantes intermédiaires 22, 24, ce qui, dans des fusibles classiques, contribue à conférer une résistance électrique accrue au fusible. Le fusible 120 fonctionne par conséquent avec une résistance inférieure à celle de fusibles connus et par conséquent il existe une 15 moins grande perturbation de circuits que dans des fusibles comparables connus. En outre, et contrairement à des fusibles connus, la poche d'air créée par les ouvertures 40, 42 de liaison fusible empêche un cheminement d'arc et facilite un détachement ou séparation complet du circuit au 20 moyen de la liaison fusible 30. En outre, les poches d'air permettent une évacuation des gaz lorsque la liaison fusible fonctionne et atténuent une accumulation et une pression de gaz indésirables à l'intérieur du fusible.

Comme cela a été indiqué précédemment, les 25 couches isolantes supérieure et inférieure intermédiaires sont fabriquées chacune à partir d'un film diélectrique dans une forme de réalisation donnée à titre d'illustration, comme par exemple une feuille de polyimide d'une épaisseur de 0,00508 cm disponible dans le commerce 30 et commercialisée sous la marque KAPTON® de E. I. du Pont de Nemours and Company de Wilmington, Delaware. Dans d'autres formes de réalisation, on peut utiliser d'autres matériaux électriquement isolants appropriés comme par exemple des matériaux stratifiés de polyimide sans adhésif 35 CIRLEX®, du Pyrolux, du naphtalènedicarboxylate de

polyéthylène (quelquefois désigné par PEN), du Zyyrex, un matériau polymère de cristal liquide disponible commercialement auprès de Rogers Corporation, et autres.

La couche isolante supérieure extérieure 26 est située au-dessus de la couche supérieure intermédiaire 22 et inclut une surface continue 50 qui s'étend au-dessus de la couche isolante extérieure supérieure 26 et de l'ouverture 40 de liaison fusible de la couche isolante supérieure intermédiaire 22, ce qui ferme et isole de façon adéquate la liaison fusible 30. Et notamment, comme cela est également représenté sur la figure 11, la couche supérieure intermédiaire 122 n'inclut aucune ouverture de terminaison 46, 48 (représentée sur les figures 2 à 5).

Dans une autre forme de réalisation, la couche isolante supérieure extérieure 122 et/ou la couche isolante inférieure extérieure 124 sont réalisées en des matériaux translucides ou transparents qui facilitent l'indication visuelle d'un fusible ouvert dans les ouvertures 40, 42 de la liaison fusible.

La couche isolante inférieure extérieure 124 est située au-dessous de la couche isolante inférieure intermédiaire 24 et est massive, c'est-à-dire ne comporte aucune ouverture. La surface massive continue de la couche isolante inférieure extérieure 24 isole par conséquent de façon adéquate la liaison fusible 30 au-dessous de l'ouverture 42 pour liaison fusible de la couche isolante inférieure intermédiaire 28.

Dans une forme de réalisation donnée à titre d'illustration, les couches isolantes supérieure et inférieure extérieures sont réalisées chacune en un film diélectrique, comme par exemple un film de polyimide d'une épaisseur de 0,0127 cm disponible dans le commerce et commercialisé sous la marque KAPTON® de E. I. du Pont de Nemours and Company de Wilmington, Delaware. On notera cependant que l'on peut utiliser, dans d'autres formes de

réalisation, d'autres matériaux électriquement isolants appropriés tels que le CIRLEX®, des matériaux de stratification formés de polyimide sans adhésif, du Pyrolux, du naphtalènedicarboxylate de polyéthylène et 5 analogues.

Contrairement aux formes de réalisation indiquées précédemment de fusibles représentés sur les figures 2 à 5 qui incluent des terminaisons de bossages formés de soudure, la couche isolante supérieure extérieure 122 et la 10 couche isolante inférieure extérieure 124 comprennent chacune des fentes de terminaison allongées 126, 128 formées dans chaque côté latéral des couches et s'étendant au-dessus et au-dessous des plots de contact de la liaison fusible. Lorsque les couches du fusible sont assemblées, 15 les fentes 126, 128 sont métallisées sur une de leurs faces verticales de manière à former une terminaison de contact sur chaque extrémité latérale du fusible 120, conjointement avec des faces latérales verticales métallisées 130, 132 de la couche isolante supérieure intermédiaire et de la couche 20 isolante inférieure intermédiaire 22, 24, et de bandes métallisées 134, 136 s'étendant sur les surfaces extérieures des couches isolantes supérieure et inférieure extérieures respectives 122, 124. Par conséquent le fusible 120 peut être monté en surface sur un panneau de circuits 25 imprimés, tout en établissant une connexion électrique avec les plots de contact 32, 34 de l'élément fusible.

Pour la description d'un procédé de fabrication pris à titre d'exemple et utilisé pour fabriquer le fusible 120, on va se référer aux couches du fusible 120 conformément au tableau donné ci-après.

Couche de traitement	Couche de la figure 11	Référence figure 11
1	Couche isolante supérieure extérieure	122
2	Couche isolante supérieure intermédiaire	22

## 34

3	Couche d'élément fusible en forme de feuille	20
4	Couche isolante inférieure intermédiaire	24
5	Couche isolante inférieure extérieure	124

En utilisant ces désignations, la figure 12 est un organigramme d'un procédé pris à titre d'exemple 150 de fabrication d'un fusible 120 (représenté sur la figure 11).

5 On superpose, en 152, la couche d'élément fusible en forme de feuille 20 (couche 3) sur la couche inférieure intermédiaire 24 (couche 4) conformément à des techniques de stratification connues pour former une structure métallique. Puis on forme, en 154, la couche d'élément

10 fusible en forme de feuille 20 (couche 3) pour lui donner la forme désirée, sur la couche isolante inférieure intermédiaire 24 (couche 4) en utilisant des techniques connues, incluant sans y être limitées l'utilisation d'un processus d'attaque chimique dans une solution de chlorure ferrique. Dans une forme de réalisation prise à titre d'exemple, la couche 20 de l'élément fusible (couche 3) est formée de telle sorte que l'élément fusible en forme de feuille en forme de lettre majuscule I subsiste comme décrit précédemment. Dans d'autres formes de réalisation,

15 20 des opérations de coupe peuvent être utilisées à la place d'opérations d'attaque chimique pour former les plots de contact 32, 34 de la liaison fusible 30. On comprendra qu'une variété de formes d'éléments fusibles peuvent être utilisées pour d'autres formes de réalisation et/ou des

25 formes de réalisation alternative de l'invention, incluant, sans qu'il n'y ait là aucune limitation, celles représentées sur les figures 6 à 10. Il est en outre envisagé, dans d'autres formes de réalisation et/ou dans des formes de réalisation différentes, que la couche

30 d'élément fusible puisse être métallisée et formée en

utilisant un processus de pulvérisation, un processus de placage, un processus de sérigraphie et analogue, comme le noteront les spécialistes de la technique.

Une fois que la formation, en 154, de la couche 5 d'élément fusible en forme de feuille (couche 3) à partir de la couche isolante intermédiaire (couche 4), est achevée, on applique, en 156, la couche isolante supérieure intermédiaire 22 (couche 2) sur la couche d'élément fusible en forme de feuille préalablement déposée 20 (couche 3) et 10 la couche isolante inférieure intermédiaire 24 (couche 4) à partir de l'étape 152, conformément à des techniques connues de stratification. De ce fait, une structure stratifiée à trois couches est formée avec la couche d'élément fusible en forme de feuille 20 (couche 3) 15 enserrée entre des couches isolantes intermédiaires 22, 24 (couches 2 et 4).

Des ouvertures 40 de liaison fusible (représenté sur la figure 11) sont alors formées, en 158, dans la couche isolante supérieure intermédiaire 22 (couche 2) et 20 une ouverture 42 pour l'élément de liaison fusible (représenté sur la figure 11) est formée, en 158, dans la couche isolante inférieure intermédiaire 28. La liaison fusible 30 (représentée sur la figure 3) est exposée à l'intérieur d'ouvertures 40, 42 de liaison fusible des 25 couches isolantes intermédiaires respectives 22, 24 (couches 2 et 4). Dans des formes de réalisation prises à titre d'exemples, les ouvertures 40 sont formées conformément à des opérations connues d'attaque chimique, de poinçonnage, de perçage et de découpage de matrice pour 30 former des ouvertures 40 et 42 d'éléments de liaison fusibles.

Après l'attaque chimique, réalisée en 158, des ouvertures dans les couches intermédiaires isolantes 22, 24 (couches 2 et 4), les couches isolantes extérieures 122, 35 124 (couches 1 et 5) sont appliquées, en 160, sur la

5 combinaison formée de trois couches (couches 2, 3 et 4) à partir des étapes 156 et 158. En 160, on superpose des couches isolantes extérieures 122, 124 (couches 1 et 5) sur la combinaison à trois couches en utilisant des procédés et des techniques connus dans ce domaine technique.

Dans une forme de stratification, qui peut être particulièrement avantageuse pour l'objet de la présente invention, on utilise des matériaux préimprégnés formés de polyimide non fluide, tels que les matériaux disponibles 10 auprès de Arlon Materials for Electronics of Bear, Delaware. De tels matériaux possèdent des caractéristiques de dilatation inférieures à celles d'adhésifs acryliques, ce qui réduit la probabilité de défaillances par trous traversants, tout en supportant mieux un traitement 15 thermique cyclique, sans délaminer, que d'autres agents de liaison de stratification. On notera cependant que les exigences concernant l'agent de liaison peuvent varier en fonction des caractéristiques du fusible qui est fabriqué, et par conséquent que des agents de liaison de stratification, qui peuvent être inappropriés pour un type de fusible 20 ou de valeur nominale de fusible, sont acceptables pour un autre type de fusible ou de valeur nominale de fusible.

Contrairement aux couches isolantes extérieures 26, 28 représentées sur la figure 2, les couches isolantes extérieures 122, 124 (représentées sur la figure 11) sont métallisées avec une feuille de cuivre sur une surface extérieure situées à l'opposé des couches isolantes intermédiaires. Dans une forme de réalisation prise à titre d'illustration, ceci peut être obtenu avec une technologie 30 utilisant un polyimide CIRLEX® incluant une feuille de polyimide superposée à une feuille de cuivre sans adhésif qui puisse compromettre un fonctionnement correct du fusible. Dans une autre forme de réalisation prise à titre d'exemple, ceci peut être obtenu avec des matériaux formés 35 d'une feuille de polyimide Espanex auquel est superposé un

film métallique pulvérisé sans additif. Il est envisagé que l'on puisse utiliser d'autres matériaux et alliages conducteurs à la place d'une feuille de cuivre dans ce but, et en outre que les couches isolantes extérieures 122, 124 puissent être métallisées au moyen d'autres processus et techniques à la place de matériaux CIRLEX® dans d'autres formes de réalisation.

Après que les couches isolantes extérieures 26, 28 (couches 1 et 5) aient été stratifiées ou appliquées en 10 160 pour former une combinaison à cinq couches, les trous traversants allongés correspondant aux fentes 126, 128 sont formés, en 164, au travers de la combinaison à cinq couches formée lors de l'étape 160. Dans différentes formes de réalisation, les fentes 126, 128 sont usinées par laser, 15 soumises à l'attaque chimique, soumises à une attaque plasmatische, poinçonnées ou perforées lorsqu'elles sont formées, en 164. Les bandes de terminaison pour fentes 134, 166 sur les surfaces extérieures métallisées des couches 20 isolantes extérieures 122, 124 au moyen d'un processus d'attaque chimique, et la couche d'élément fusible 20 est attaquée chimiquement en 166 pour exposer les plots de contact 32, 34 de la couche d'élément fusible (représentés sur la figure 11) dans les fentes de terminaison 126, 128. 25 Après attaque chimique, en 166, de la combinaison de couches pour former des bandes de terminaison 134, 136 et appliquer une attaque chimique à la couche d'élément fusible 20 pour exposer des plots de contact 32, 34 de la couche d'élément fusible, les fentes de terminaison 126, 30 128 sont métallisées en 168 conformément à un processus de placage pourachever les terminaisons de contact métallisées dans les fentes 126, 128. Dans des formes de réalisation prises à titre d'exemples, on peut utiliser du nickel/or, du nickel/étain, du nickel/étain/plomb et de 35 l'étain dans des processus de placage connus pourachever

les terminaisons dans les fentes 126, 128. En tant que tels, on peut fabriquer des fusibles 120 qui sont particulièrement appropriés pour le montage en surface par exemple d'un panneau de circuits imprimés, bien que dans 5 d'autres applications, on puisse utiliser d'autres systèmes de liaison à la place de la surface de montage.

Dans une autre forme de réalisation, on peut utiliser des terminaisons de contact alvéolaires crénelées incluant des trous traversants cylindriques à la place des 10 métallisations de trous traversants des fentes 126, 128 mentionnées précédemment.

Une fois que les terminaisons de contact dans les fentes 126, 128 sont terminées, on marque alors, en 170, la couche isolante inférieure extérieure (couche 5) avec des 15 indices associés à des caractéristiques de fonctionnement du fusible 120 (représenté sur la figure 12) comme par exemple les valeurs nominales de tension ou de courant, un code de classification de fusible, etc. Les marquages 170 peuvent être exécutés conformément à des processus connus, 20 comme par exemple le marquage laser, l'attaque chimique ou l'attaque plasmatique.

Bien que des fusibles 120 puissent être fabriqués uniquement conformément au procédé ainsi décrit jusqu'alors, dans une forme de réalisation donnée à titre 25 d'illustration, les fusibles 120 sont fabriqués collectivement sous la forme d'une feuille, puis ensuite séparés ou singularisés, en 172, en des fusibles individuels 120. Lors de la formation selon un processus de fabrication par lots, on peut former différentes formes et 30 dimensions de liaisons fusibles 30 (représentées sur la figure 11) simultanément avec une commande de précision des processus d'attaque chimique et du découpage à la matrice. En outre, on peut utiliser des processus de stratification rouleau à rouleau employés dans un processus de fabrication 35 continu pour fabriquer un nombre élevé de fusibles en un

temps minimum. D'autres couches additionnelles d'éléments fusibles et/ou d'autres couches isolantes additionnelles peuvent être utilisées pour former des fusibles ayant des valeurs nominales et accrues et une taille physique accrue.

5       Une fois que la fabrication est achevée, on peut établir une connexion électrique par l'intermédiaire de la liaison fusible 30 (représentée sur la figure 11) lorsque les terminaisons de contact sont couplées à la ligne et des connexions électriques de la ligne et de la charge d'un  
10 circuit activé.

On notera que le fusible 120 peut en outre être modifié comme décrit précédemment en référence aux figures 4 et 5 par suppression d'une ou des deux ouvertures 40, 42 de la liaison fusible dans les couches isolantes  
15 intermédiaires 22, 24. La valeur résistive du fusible 120 peut par conséquent être modifiée pour différentes applications et pour différentes températures de fonctionnement du fusible 120.

Dans une autre forme de réalisation, une ou les  
20 deux couches isolantes extérieures 122, 124 peuvent être réalisées en un matériau transparent pour fournir une indication d'état local de fusible par l'intermédiaire des couches isolantes extérieures 122, 124. Par conséquent, lorsque la liaison fusible 30 fonctionne, le fusible 120  
25 peut être aisément identifié pour être remplacé, ce qui peut être particulièrement avantageux lorsqu'on utilise un grand nombre de fusibles dans un système électrique.

Conformément à la méthodologie décrite précédemment, on peut par conséquent former d'une manière efficace des fusibles en utilisant des matériaux à faible coût, largement disponibles, selon un processus discontinu ou de fabrication par lots en utilisant des techniques et procédés connus bon marché. Les processus d'attaque photochimique permettent une formation assez précise de la  
35 liaison fusible 30 et des plots de contact 32, 34 de la

couche d'élément fusible mince 20, même pour des fusibles très petits, avec une épaisseur uniforme et une conductivité uniforme pour réduire la variation dans la performance finale des fusibles 10. En outre, l'utilisation 5 de matériaux en forme de feuille métallique mince pour former la couche d'élément fusible 20 permet de construire des fusibles ayant une valeur résistive très faible en rapport avec des fusibles comparables connus.

Les figures 13 et 14 sont respectivement une vue 10 en perspective et une vue éclatée d'une cinquième forme de réalisation d'un fusible 200 agencé conformément à un aspect pris à titre d'exemple de l'invention. Comme les fusibles décrits précédemment, le fusible 200 est un fusible à faible valeur résistive ayant une structure en 15 couches. Le fusible 200 est constitué de manière à être essentiellement similaire au fusible 120 (représenté sur la figure 11) hormis comme indiqué ci-après, et des caractères de référence identiques du fusible 120 sont indiqués avec des caractères de référence identiques sur les figures 13 20 et 14.

Dans une forme de réalisation prise à titre d'exemple, le fusible 200 inclut une couche d'élément fusible en forme de feuille 20 enserrée entre des couches isolantes supérieure et inférieure intermédiaires 22, 24 25 qui à leur tour sont enserrées entre des couches isolantes supérieure et inférieure extérieures 122, 124. La couche d'élément fusible 20 et les couches 22, 24, 122, 124 sont réalisées et assemblées comme décrit ci-dessus en référence aux figures 11 et 12.

Contrairement aux formes de réalisation indiquées 30 précédemment, dans lesquelles la couche d'élément fusible 20 est suspendue au voisinage des ouvertures 40 et 42 de liaison fusible ou en contact direct avec les couches isolantes supérieure et inférieure intermédiaires 22 et 24, 35 la couche d'élément fusible 20 est supportée par une

membrane en polymère 202. La membrane en polymère 202 sert à supporter l'élément fusible 20 et à former une surface, sur laquelle on peut former la couche d'élément fusible 20. En fonctionnement, la liaison fusible métallique 30 de la 5 couche d'élément fusible 20 fond et sépare le circuit au moyen du fusible 200, sans carbonisation de la membrane en polymère 202 ni cheminement d'arc sur la surface de la membrane 202.

Certaines géométries et longueurs de liaisons fusibles dans la couche d'élément fusible 20 rendent particulièrement judicieuse la membrane polymère 202. Par exemple, lorsqu'on utilise une liaison en serpentin ou une liaison entaillée dans la couche d'élément fusible 20, la membrane en polymère 202 supporte la liaison fusible de 10 telle sorte que la couche d'élément fusible 20 ne touche pas une surface des ouvertures 40 et 42 de liaison fusible, situées au-dessus et au-dessous de la liaison fusible avant le détachement du circuit. Pour des fusibles à une tension plus élevée et/ou les éléments fusibles avec un retard 15 ayant des éléments fusibles de longueur accrue et lorsque des liaisons fusibles ayant des formes et/ou des géométries multiples sont utilisées, on estime que la membrane en polymère 202 joue un rôle important pour l'obtention d'un fonctionnement acceptable du fusible. Dans la conception de 20 fusibles formés de longs éléments et à retard, la couche d'élément fusible 20 se dilate dans des conditions de surcharge conformément au coefficient associé de dilatation thermique du métal utilisé pour former la couche d'élément fusible 20. Un chauffage thermique de la couche d'élément fusible 20 se poursuit jusqu'à ce qu'au moins une partie de 25 la couche d'élément fusible 20 fonde dans un état liquide. La dissipation thermique dans la membrane polymère 202 pendant le chauffage thermique de la couche d'élément fusible 20 peut conduire à une modification substantielle, 30 et également souhaitable, de la caractéristique 35

temps/courant du fusible 200.

La membrane en polymère 202 fournit en outre des avantages structurels supplémentaires dans le fusible 200. Par exemple, la membrane en polymère 202 fournit une résistance structurelle à la liaison fusible par le fait qu'elle supporte la couche d'élément fusible 20 pendant le procédé de fabrication, en rigidifiant de ce fait la liaison fusible pour éviter une fracture potentielle pendant des processus de stratification séquentiels à une température élevée et à une pression élevée. En outre la membrane en polymère 202 renforce la couche d'élément fusible pour éviter une fracture potentielle de la liaison fusible lors du traitement et de l'installation du fusible. En outre, la membrane en polymère 202 réduit une probabilité de fracture de la liaison fusible en raison de contraintes thermiques pendant une commande cyclique du courant en cours d'utilisation, ce qui entraîne une dilatation thermique et une contraction thermique de la couche d'élément fusible. La fatigue subie par la liaison fusible jusqu'à défaillance sous l'effet de la commande cyclique de ce courant, est par conséquent atténuée par la résistance structurelle de la membrane en polymère 202.

C'est pourquoi, en incorporant la membrane en polymère 202 ou une autre structure de support pour la couche d'élément fusible 20, l'élément fusible 200 présente une résistance améliorée aux chocs mécaniques, aux chocs thermiques et aux impacts, une endurance améliorée aux vibrations et peut-être même une performance supérieure par rapport par exemple avec le fusible 120 (représenté sur la figure 11), dans lequel la liaison fusible 30 est suspendue dans l'air.

Bien que l'on notera que la membrane polymère 202 soit souhaitable pour certains types d'applications de fusibles comme indiqué précédemment, dans des fusibles à action rapide et dans des fusibles comportant des liaisons

fusibles comparativement plus courtes, les liaisons fusibles peuvent posséder une intégrité structurelle suffisante et une performance acceptable pour rendre optionnelle la membrane en polymère 202. Dans une liaison 5 fusible courte et dans le cas de fusibles à action rapide, il est improbable que le fait de prévoir la membrane en polymère 202 ait un effet substantiel sur la caractéristique temps/courant du fusible 200.

Dans une forme de réalisation prise à titre 10 d'exemple, la membrane en polymère 202 est une membrane mince possédant une épaisseur d'environ 0,00127 cm ou moins, bien que l'on notera que des épaisseurs plus élevées de membranes peuvent être utilisées dans d'autres formes de réalisation. De façon idéale, une membrane en polymère 15 mince fond, se vaporise ou se désintègre d'une manière ou d'une autre pendant le fonctionnement du fusible. Des matériaux pris à titre d'exemples pour la membrane en polymère 202 incluent, sans y être limités, des matériaux polymères de cristal liquide (LCP) et des matériaux formés 20 de film de polyimide, tels que ceux décrits précédemment. Un matériau formé de polyimide liquide peut être également utilisé pour former une membrane de support 202 pour la couche d'élément fusible 20 conformément à un procédé ou 25 une technique connu, incluant sans aucune limitation, des opérations d'enduction par centrifugation ou une application à l'aide d'une racle. La membrane en polymère 202 peut être également réalisée sous une variété de formes comme cela est désiré ou nécessaire pour constituer un fusible possédant une caractéristique fusible particulière.

Le fusible 200 peut être réalisé conformément au procédé 150 représenté sur la figure 12 avec une modification appropriée de manière à former la couche d'élément fusible 20 sur, ou la faire supporter d'une autre manière par, la membrane en polymère 202.

La figure 15 est une vue éclatée d'une sixième 35

forme de réalisation d'un fusible 210 formé conformément à un aspect de l'invention pris à titre d'exemple. Comme le fusible décrit précédemment, le fusible 210 fournit un fusible de faible valeur résistive ou une structure à couches. Le fusible 210 est agencé sensiblement de la même manière que le fusible 120 (représenté sur la figure 11) hormis comme indiqué ci-après, et les chiffres de référence concernant le fusible 120 sont choisis identiques aux chiffres de référence de la figure 15.

Dans une forme de réalisation prise à titre d'exemple, le fusible 210 inclut une couche d'élément fusible en forme de feuille 20 enserrée entre des couches isolantes supérieure et inférieure intermédiaires 22, 24 qui à leur tour sont insérées entre des couches isolantes supérieure et inférieure extérieures 122, 124. La couche d'élément fusible 20 et les couches 22, 24, 122, 124 sont fabriquées et assemblées comme décrit précédemment en référence aux figures 11 et 12.

Contrairement aux formes de réalisation indiquées précédemment, un support 212 d'extinction d'arc est prévu dans les ouvertures 40 et 42 de liaison fusible des couches isolantes supérieure ou inférieure intermédiaires 22 et 24. La dissipation de l'énergie de l'arc lorsque la couche d'élément fusible 20 s'ouvre, est par conséquent facilitée, ce qui est avantageux lorsque la tension nominale du fusible est accrue. Si une énergie d'arc venait à rompre le fusible et à s'échapper dans l'environnement ambiant, l'équipement électronique sensible et les composants électroniques associés au fusible peuvent être affectés et des conditions dangereuses pour du personnel à proximité peuvent en résulter. Lorsque l'amorçage d'un arc se produit, le support enveloppant 212 d'extinction de l'arc s'échauffe et est le siège d'une transition de phase, et une énergie d'amorçage d'arc est absorbée par le milieu d'extinction de l'arc, sous l'effet de l'entropie. L'éner-

## 45

gie de l'arc est de ce fait contenue d'une manière efficace dans les limites des ouvertures 40 et 42 de liaison fusible en un emplacement situé à l'intérieur du fusible 210. L'endommagement de l'équipement et des composants 5 électriques est de ce fait évité, et un environnement de fonctionnement sûr est conservé.

A titre d'exemple, on peut utiliser un matériau céramique, un matériau silicone et des matériaux composites céramique/silicone dont on sait qu'il présente des 10 caractéristiques de suppression d'arc, en tant que milieu 212 d'extinction d'arc. Comme les spécialistes de la technique pourront le noter, les produits céramiques sous la forme d'une poudre, d'une pâte ou d'un adhésif peuvent être utilisés et appliqués aux ouvertures 40 et 42 de 15 liaison fusible conformément à des procédés et techniques connus. De façon plus spécifique, on peut utiliser des silicones, tels que du RTV ou silicone obtenu par vulcanisation à température ambiante, et de l'alcoxy-silicone modifié en tant que milieu 212 d'extinction d'arc. 20 De façon analogue on peut utiliser comme milieu 212 d'extinction d'arc des matériaux céramiques tels que l'alumine ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), de la silice ( $\text{SiO}_2$ ), de l'oxyde de magnésium ( $\text{MgO}$ ), le trihydrate d'alumine ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) et/ou n'importe quel composé dans le système ternaire 25  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ . De même le composé  $\text{MgO} \cdot \text{ZrO}_2$  et les spinelles tels que  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{MgO}$  et d'autres milieux d'extinction d'arc avec une chaleur élevée de transformation, comme par exemple du nitrate de sodium ( $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{NaNO}_3$ ) sont également appropriés pour être utilisés en tant que milieux 30 d'extinction d'arc 210.

Comme cela est représenté sur la figure 15, on peut prévoir une ou plusieurs couches additionnelles de matériaux isolants 214 à proximité de la couche d'élément fusible 20, et une ouverture 216 pour la liaison fusible 35 peut être prévue dans ces couches. La couche isolante 214

## 46

peut être réalisée avec les mêmes matériaux ou des matériaux similaires en tant que couches supérieure et inférieure isolantes 22 et 24 décrites plus haut. Un milieu d'extinction d'arc 212 remplit l'ouverture 216 dans la 5 couche isolante 214. Une capacité additionnelle d'isolation et d'extinction d'arc est par conséquent fournie pour l'obtention de caractéristiques fusibles désirées pour des fusibles fonctionnant à des tensions plus élevées.

On comprendra que la membrane polymère 202 10 (représentée sur la figure 14) peut être utilisée en combinaison avec le fusible 210 comme cela est souhaité. On comprendra également que le fusible 210 peut être fabriqué conformément au procédé 150 représenté sur la figure 12, avec une modification appropriée pour incorporer le support 15 d'extinction d'arc 212 et une ou plusieurs des couches isolantes additionnelles 214.

La figure 16 est une vue éclatée d'une septième forme de réalisation d'un fusible 220 agencé conformément à un aspect de l'invention pris à titre d'exemple. Comme pour 20 les fusibles décrits précédemment, le fusible 210 est un fusible à faible valeur résistive ayant une structure en couches. Etant donné que le fusible 220 inclut des éléments communs avec le fusible 120 (représenté sur la figure 11) des caractères de référence identiques du fusible 120 sont 25 indiqués avec les mêmes chiffres de référence que sur la figure 16.

Dans une forme de réalisation prise à titre d'exemple, le fusible 220 inclut une couche d'élément fusible en forme de feuille 20 enserrée entre des couches 30 isolantes supérieure et inférieure intermédiaires 23, 24 qui à leur tour, sont insérées entre des couches isolantes supérieure et inférieure 122, 124. La couche d'élément fusible 20 et les couches 22, 24, 122 et 124 sont décrites dans ce qui précède en référence aux figures 11 et 12.

35 Contrairement aux formes de réalisation indiquées

précédemment, qui sont sans adhésif, le fusible 220 inclut des éléments adhésifs 222 (représentés par une ligne en trait mixte sur la figure 16) fixant la couche d'élément fusible 20 aux couches isolantes supérieure et inférieure 5 intermédiaires 22 et 24 et également fixant les couches isolantes supérieure et inférieure intermédiaires 22 et 24 aux couches isolantes extérieures 122 et 124. Contrairement à des adhésifs classiques, les éléments adhésifs 222 dans une forme de réalisation prise à titre d'illustration ne 10 carbonisent pas ou ne réalisent pas un cheminement d'arc lorsque la couche d'élément fusible 20 s'ouvre et détache un circuit au moyen du fusible 220. En outre les éléments adhésifs 222 permettent une température et une pression inférieures de stratification pendant la fabrication des 15 fusibles 220, alors que les formes de réalisation sans adhésif décrites précédemment requièrent des température et pression comparativement plus élevées de stratification. La température et la pression réduites de stratification lors de la fabrication du fusible 120 fournissent un certain 20 nombre d'avantages incluant, sans aucune limitation, une consommation d'énergie réduite pour la fabrication des fusibles 220 et des procédures de fabrication simplifiées, chacune avec des coûts réduits de fabrication des fusibles 220.

25 Dans différentes formes de réalisation, les éléments adhésifs 222 peuvent être par exemple un adhésif liquide à base de polyimide, un film adhésif de polyimide ou un adhésif au silicium. De façon plus spécifique, on peut utiliser des matériaux tels que des films liés par du 30 Espanex SPI et du Espanex SPC. Sinon, on peut faire déposer par sérigraphie ou coulée un polymère liquide, puis le faire durcir pour former un élément adhésif 222.

35 Lorsqu'on utilise des films adhésifs en tant qu'éléments adhésifs 222, le film adhésif peut être préalablement poinçonné pour la formation d'ouvertures 40 et 42

## 48

de liaison fusible dans les couches isolantes supérieure et inférieure intermédiaires 22 et 24. Une fois que les ouvertures 40 et 42 sont formées, on superpose les éléments adhésifs 222 aux couches isolantes intermédiaires 5 respectives 22 et 24 et aux couches extérieures 122 et 124. On peut utiliser des précurseurs formés de polyimide sous la forme d'un film de recouvrement et d'encre dans le processus de stratification, et, une fois qu'on les a fait durcir, toutes les caractéristiques électriques, mécaniques 10 et dimensionnelles du polyimide sont en place, conjointement avec les avantages du polyimide comme cela est décrit ci-dessus de façon détaillée.

Dans une autre forme de réalisation, les éléments adhésifs 222 peuvent encapsuler la couche d'élément fusible 15 en forme de feuille métallique 20. On peut utiliser un agent d'encapsulation à température de cuisson inférieure, par exemple lorsqu'on utilise un alliage ou un métal fondant à une température de fusion plus faible, soit lorsqu'on utilise un système d'alliage du type Metcalf.

Alors que quatre éléments adhésifs 222 sont représentés sur la figure 16, on notera que l'on peut utiliser un plus grand nombre ou un nombre plus petit 20 d'éléments adhésifs 222 dans d'autres formes de réalisation, tout en obtenant au moins certains des 25 avantages du fusible 220 et sans sortir du cadre de la présente invention.

On comprendra que la membrane polymère 202 (représentée sur la figure 14) peut être utilisée en combinaison avec le fusible 220 comme cela est souhaité. On 30 comprendra également que le fusible 220 peut être fabriqué conformément au procédé 150 représenté sur la figure 12 avec une modification appropriée pour incorporer les éléments adhésifs 222. En outre on comprendra que des milieux d'extinction d'arc 212 (représentés sur la figure 35 15) et une ou plusieurs couches isolantes additionnelles

214 (également représentées sur la figure 15) peuvent être utilisés dans le fusible 220, comme on le désire.

La figure 17 est une vue schématique d'une huitième forme de réalisation d'un fusible 230 agencé 5 conformément à un exemple d'aspect de l'invention. Comme les fusibles décrits précédemment, le fusible 230 fournit un fusible de faible valeur résistive ayant un agencement en couches. Lorsque le fusible 230 inclut des éléments en commun avec les formes de réalisation précédentes, on 10 utilisera pour les mêmes éléments du fusible 230 les mêmes chiffres de référence dans la figure 17.

Dans une forme de réalisation prise à titre d'exemple, le fusible 230 inclut une couche d'élément fusible en forme de feuille 20 enserrée entre des couches 15 isolantes supérieure ou inférieure intermédiaires 22, 24 qui à leur tour sont enserrées entre des couches isolantes supérieure et inférieure 122, 124. La couche d'élément fusible 20 et les couches 22, 24, 122 et 124 sont décrites ci-dessus en référence aux figures 11 et 12.

Contrairement aux formes de réalisation précédentes, le fusible 230 inclut un puits de chaleur 232 et une couche isolante additionnelle 214 (également représentée sur la figure 15). Le puits de chaleur thermique 232 est placé à proximité directe de la liaison fusible 30 de la couche d'élément fusible 20 et le puits de chaleur 232 améliore la caractéristique de retard pour certaines applications du fusible. Etant donné qu'un échauffement localisé apparaît de façon typique au centre de la couche d'élément fusible 20 (c'est-à-dire à 25 l'emplacement de liaison fusible 30 représentée sur la figure 17), le puits de chaleur 232 évacue la chaleur de la couche d'élément fusible 20 lorsqu'un courant le traverse. Par conséquent un intervalle de temps accru est requis pour chauffer la couche d'élément fusible 20 pour l'amener à son 30 point de fusion de manière à ouvrir ou à actionner le 35

fusible 230 dans une condition de surintensité spécifiée.

Dans une forme de réalisation prise à titre d'exemple, le puits de chaleur 232 est un élément céramique ou métallique situé à proximité directe de l'élément fusible, soit au-dessus, soit au-dessous de la couche d'élément fusible 20, bien que l'on note que d'autres matériaux formant puits de chaleur et d'autres positions relatives du puits de chaleur 232 peuvent être utilisés dans d'autres formes de réalisation. Dans une certaine forme de réalisation, comme cela est représenté sur la figure 17, le puits de chaleur 232 est positionné à l'écart de la partie la plus chaude de la couche d'élément fusible 20 en fonctionnement. C'est-à-dire que le puits de chaleur 232 est positionné dans une position éloignée ou espacée du centre de la couche d'élément fusible 20 ou de la liaison fusible 30 dans la forme de réalisation représentée de la figure 17. En écartant le puits de chaleur 232 de la liaison fusible 30, le puits de chaleur 232 n'interfère pas avec l'ouverture et la séparation du circuit produite par la couche d'élément fusible 20.

On comprendra que la membrane en polymère 202 (représentée sur la figure 14) peut être utilisée en combinaison avec le fusible 220 comme cela est souhaité. En outre, on comprendra que le milieu d'extinction d'arc 212 (représenté sur la figure 15) et une ou plusieurs couches isolantes additionnelles 214 (également représentées sur la figure 15) peuvent être utilisées dans le fusible 230 lorsque cela est souhaité. Des éléments adhésifs 222 (représentés sur la figure 16) peuvent être utilisés de façon analogue dans le fusible 230. On comprendra également que le fusible 220 peut être fabriqué conformément au procédé 150 représenté sur la figure 12 avec une modification appropriée pour incorporer les caractéristiques mentionnées précédemment.

La figure 18 est une vue de dessus d'une forme de

réalisation prise à titre d'exemple d'une couche d'élément fusible 20 qui peut être utilisée avec n'importe laquelle des formes de réalisation précédentes de fusible. Comme représenté sur la figure 18, l'élément fusible 20 inclut 5 des éléments chauffants 240. En particulier lorsque des matériaux à température de fusion plus faibles sont utilisés pour former la couche d'élément fusible 20, l'addition des éléments chauffants 240 peut faciliter la réalisation 10 d'un fusible avec des caractéristiques d'action rapide et de résistance à une surtension transitoire élevée. De façon typique un fusible ayant une caractéristique d'action très rapide n'est pas à même de résister à des courants d'appel qui apparaissent par exemple dans des applications telles que des dispositifs d'affichage à panneaux plats LCD. Les 15 éléments chauffants 240 permettent à la couche d'élément fusible 20 de résister à de tels courants d'appel sans ouverture du fusible.

Dans une forme de réalisation prise à titre d'exemple, des alliages de dispositifs de chauffage tels 20 que le nickel, le Balco, le platine, le Kanthal ou le nichrome peuvent être utilisés en tant qu'éléments chauffants 240 et être appliqués à la couche d'élément fusible 20 conformément à des procédés techniques connus. Ces matériaux et métaux et d'autres matériaux et métaux 25 peuvent être sélectionnés pour les éléments chauffants 240 sur la base de propriétés des matériaux tels que la résistivité volumique, le coefficient de résistance de température (TCR), la stabilité, la linéarité et le coût.

Bien que deux éléments chauffants 240 soient 30 représentés dans une couche d'élément fusible particulière 20 sous la forme d'une lettre en majuscule I sur la figure 18, on notera que la couche d'élément fusible peut être réalisée avec une variété de formes géométriques incluant, sans aucune limitation, les formes représentées sur les 35 figures 6-10, sans sortir du cadre de la présente

invention, et que l'on peut utiliser un nombre plus ou moins élevé d'éléments chauffants 240 pour s'adapter à différentes géométries d'éléments fusibles ou pour satisfaire à des spécifications applicables pour des 5 paramètres de performances particuliers.

La figure 19 est une vue de dessus d'une forme de réalisation prise à titre d'exemple d'une partie d'une couche d'élément fusible 250 formée sur une couche isolante 252. La couche d'élément fusible 250 est formée comme cela 10 est décrit en rapport avec la couche d'élément fusible 20 comme indiqué ci-dessus dans une géométrie en forme de serpentin rappelant celle représentée sur la figure 10. La couche isolante 252 est formée comme cela est décrit en rapport avec la couche isolante inférieure intermédiaire 24 15 comme indiqué précédemment. La couche d'élément fusible peut être utilisée dans n'importe laquelle des formes de réalisation de fusibles précédents et peut être utilisée en combinaison avec n'importe quelle caractéristique sélectionnée mentionnée précédemment en référence aux figures 14 20 à 18 (c'est-à-dire la membrane polymère 202, le milieu d'extinction d'arc 212, les éléments adhésifs 222, le puits de chaleur 232 ou les dispositifs chauffants 240).

Une liaison fusible 254 s'étend en travers d'une ouverture 256 de liaison fusible formée dans la couche 25 isolante 252, et la liaison fusible possède une largeur réduite par rapport au reste de la couche d'élément fusible en forme de serpentin 250. La couche d'élément fusible en forme de serpentin 250 et la liaison fusible 254 établissent un trajet conducteur relativement long sur la 30 couche isolante 252 et sont bien appropriées pour un fusible à retardement.

Comme le noteront les spécialistes de la technique, un point de fusion de la couche d'élément fusible 250 dans le temps peut être déterminé par calcul 35 d'une capacité d'absorption d'énergie maximale ( $Q$ ) de la

couche d'élément fusible 250. De façon plus spécifique la capacité d'absorption d'énergie maximale est calculée conformément à la relation suivante :

$$Q = \int i^2 R dt = C_p \Delta T \delta v = C_p \Delta T \delta A l \quad (5)$$

5  $v$  étant le volume du matériau de la géométrie de la couche d'élément fusible formée,  $i$  étant une valeur instantanée du courant traversant l'élément fusible,  $t$  la valeur de temps pour le courant circulant dans l'élément fusible,  $\Delta T$  la différence entre la température de fusion du matériau utilisé pour former la couche d'élément fusible et une température ambiante du matériau à l'instant  $t$ ,  $C_p$  la capacité calorifique spécifique du matériau de la couche d'élément fusible,  $\delta$  la densité du matériau de la couche d'élément fusible,  $A$  la surface en coupe transversale de l'élément fusible et  $L$  la longueur de l'élément fusible.

La surface en coupe transversale, la longueur et le type du matériau utilisé pour la couche d'élément fusible affectent la valeur résistive ( $R$ ) de ce dernier conformément à la relation :

$$R = \rho l / A \quad (6)$$

$\rho$  étant la résistivité du matériau de la couche d'élément fusible,  $l$  la longueur de l'élément fusible et  $A$  la surface en coupe transversale de l'élément fusible.

En considérant les équations (4) et (5), on peut concevoir la couche d'élément fusible avec une surface en coupe transversale appropriée et une longueur appropriée pour obtenir des caractéristiques de fusion spécifiées au niveau ou au-dessous d'une résistance électrique prédéterminées pour le fusible. Des fusibles à faible valeur résistive peuvent par conséquent être réalisés de manière à satisfaire ou à dépasser des objectifs spécifiques.

Par exemple, un ou plusieurs éléments chauffants 240 (représentés sur la figure 18) en série avec une couche d'élément fusible 250 fabriquée à partir d'un alliage à

faible température de vaporisation en combinaison avec des ouvertures 256 de liaison fusible dans des couches isolantes positionnées à la fois au-dessus et au-dessous de la couche d'élément fusible 250, des conditions 5 adiabatiques optimales sont créées pour le fonctionnement du fusible.

Des conditions idéales de fusion sont adiabatiques là où il n'existe aucun gain ni perte de chaleur pendant un état de surintensité. Dans un état 10 adiabatique, le circuit est détaché sans échange de chaleur avec des éléments environnants situés alentour. D'une manière réaliste, des conditions adiabatiques apparaissent uniquement pendant des événements d'ouverture très rapides, dans lesquels la chaleur a peu de temps ou n'a pas de temps 15 pour se dissiper soit depuis les terminaisons des fusibles, soit depuis les couches du fusible. Cependant on peut réaliser des conditions adiabatiques approximatives uniformes en modélisant une enveloppe adiabatique autour de la liaison fusible, ce qui a pour effet d'entourer la 20 liaison fusible dans un système thermodynamique, dans lequel il n'existe aucun gain ni aucune perte de chaleur.

Une enveloppe modèle adiabatique peut être obtenue au moins en partie en entourant la liaison fusible avec un matériau possédant une faible conductivité 25 thermique. Par exemple, une poche d'air entourant l'élément fusible par l'intermédiaire des ouvertures de liaison fusible dans les couches isolantes supérieure et inférieure de chaque côté de la couche d'élément fusible isolent la liaison fusible et empêchent une dissipation de chaleur à 30 travers les couches du fusible. En outre, l'agencement de la géométrie de l'élément fusible avec un taux d'aspect minimum ou une largeur de l'élément divisée par l'épaisseur de l'élément réduit une zone de surface de la couche d'élément fusible pour un transfert de chaleur par exemple 35 aux couches isolantes intermédiaires supérieure et

## 55

inférieure. En outre, le fait de disposer un élément chauffant, tel que l'élément chauffant 240 décrit précédemment, en série avec l'élément fusible empêche un transfert de chaleur depuis l'élément fusible aux couches 5 du fusible et aux terminaisons du fusible. En modélisant une enveloppe adiabatique comme décrit précédemment, la chaleur dégagée par effet Joule n'est pas absorbée lors de l'apparition d'une surintensité et l'élément fusible peut fondre rapidement. Même si après que l'élément fusible ait 10 fondu, un arc se produit, la vapeur métallique, qui génère probablement l'arc, est confinée dans l'enveloppe.

Pour les formes de réalisation précédentes de fusibles, on peut prédire des caractéristiques électriques du fusible en considérant la diffusivité thermique de la 15 matrice du fusible en combinaison avec la capacité d'absorption d'énergie maximale de l'élément fusible comme décrit ci-après. La diffusivité thermique dans l'équation de conduction thermique est la constante

$$\frac{\delta t(r,t)}{\delta t} = K \Delta^2(r,t) \quad (7)$$

qui décrit la cadence à laquelle de la chaleur est transmise par un milieu et est reliée à la conductivité thermique  $k$ , la chaleur spécifique  $C_p$  et la densité  $\rho$  25 conformément à la relation :

$$K = I_{mfpv=k/\rho C_p} \quad (8)$$

La figure 20 est une vue éclatée d'un fusible 260 fabriqué conformément à un aspect pris à titre d'exemple de l'invention. Comme les fusibles décrits précédemment, le 30 fusible fabriqué 260 est un fusible à faible valeur résistive formé d'une structure en couche. Lorsque le fusible fabriqué 260 inclut des éléments communs avec les formes de réalisation précédentes, pour ces éléments communs on utilisera les mêmes chiffres de référence que 35 pour la figure 17.

Dans une forme de réalisation prise à titre d'exemple, le fusible fabriqué 260 inclut une couche d'élément fusible en forme de feuille 20 enserrée entre les couches isolantes supérieure et inférieure intermédiaires 22, 24 qui à leur tour sont insérées entre les couches isolantes supérieure et inférieure extérieure 122, 124. La couche d'élément fusible 20 et les couches 22, 24, 122, 124 ont été décrites dans ce qui précède en référence aux figures 11 et 12. Une couche isolante additionnelle 214 est également prévue comme cela a été décrit précédemment en référence à la figure 15.

Contrairement aux formes de réalisation indiquées précédemment, un masque 262 est prévu pour faciliter la formation d'une ou de plusieurs des couches. Le masque 262 définit une ouverture 264 correspondant à une ouverture de liaison fusible dans l'une des couches, et des gorges de terminaison arrondies 266 pour la mise en forme de la couche respective. Le masque 262 est utilisé pour faciliter la formation des ouvertures de liaison fusible et des terminaisons des couches respectives du fusible pendant des processus de fabrication. Dans une forme de réalisation prise à titre d'exemple, le masque 262 est un masque formé d'une feuille de cuivre utilisée avec un processus d'attaque plasmatique, bien qu'il soit envisagé que l'on puisse utiliser d'autres matériaux et d'autres techniques comme cela s'avère souhaité pour former et mettre en forme les ouvertures et les terminaisons des couches du fusible.

Dans une forme de réalisation prise à titre d'exemple, le masque 262 est retiré physiquement de la structure avant la superposition conjointe des couches du fusible. Dans une autre forme de réalisation, le masque peut être incorporé dans une couche dans le produit formant le fusible final.

Bien que l'invention ait été décrite en ce qui concerne différentes formes de réalisation spécifiques, les

spécialistes de la technique constateront que l'invention peut être mise en oeuvre en étant modifiée dans l'esprit et le cadre des revendications.

REVENDICATIONS

1. Fusible à faible valeur résistive, caractérisé en ce qu'il comprend :
  - une membrane en polymère (202),
  - une couche d'élément fusible (20) formée sur ladite membrane polymère, et
  - des première et seconde couches isolantes (22, 24) intermédiaires qui s'étendent sur des côtés opposés de ladite couche d'élément fusible et couplées à cette couche,
- 10 au moins l'une desdites première et seconde couches isolantes intermédiaires comprenant une ouverture traversante (40, 42), ladite membrane en polymère supportant ladite couche d'élément fusible dans ladite ouverture.
- 15 2. Fusible à faible valeur résistive selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite membrane polymère (202) comprend un film de polyimide.
- 20 3. Fusible à faible valeur résistive selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite membrane polymère (202) comprend un polymère de cristal liquide.
- 25 4. Fusible à faible valeur résistive selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit fusible à faible valeur résistive possède une épaisseur d'environ 0,00127 cm ou moins.
- 30 5. Fusible à faible valeur résistive selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un milieu d'extinction d'arc (212) situé dans ladite ouverture (40, 42), ledit milieu d'extinction d'arc (212) entourant une partie de ladite couche d'élément fusible (20) située dans ladite ouverture.
- 35 6. Fusible à faible valeur résistive selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite couche d'élément fusible (20) comprend une feuille formant film mince.
7. Fusible à faible valeur résistive selon la

revendication 6, caractérisé en ce que ladite couche d'élément fusible (20) possède une épaisseur comprise entre environ 1 micromètre et environ 20 micromètres.

8. Fusible à faible valeur résistive selon la  
5 revendication 6, caractérisé en ce que ladite couche d'élément fusible (20) possède une épaisseur comprise entre environ 3 micromètres et environ 9 micromètres.

9. Fusible à faible valeur résistive selon la  
10 revendication 1, caractérisé en ce que ladite couche d'élément fusible (20) comprend des premier et second plots de contact (32, 34) et au moins une liaison fusible (30) s'étendant entre eux.

10. Fusible à faible valeur résistive selon la  
revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend en outre  
15 au moins un élément chauffant (240) connecté en série avec ladite liaison fusible (30).

11. Fusible à faible valeur résistive selon la  
revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte en outre  
un puits de chaleur (232) situé à proximité de ladite  
20 couche d'élément fusible (20).

12. Fusible à faible valeur résistive selon la  
revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte en outre  
des première et seconde couches isolantes (26, 28 ; 122,  
124) superposées auxdites première et seconde couches  
25 isolantes intermédiaires (22, 24) respectives.

13. Fusible à faible valeur résistive selon la  
revendication 12, caractérisé en ce qu'au moins l'une  
desdites première et seconde couches isolantes extérieures  
(26, 28 ; 122, 124) et au moins l'une desdites première et  
30 seconde couches isolantes intermédiaires (22, 24)  
comprennent un polymère de cristal liquide.

14. Fusible à faible valeur résistive selon la  
revendication 12, caractérisé en ce qu'au moins l'une  
desdites première et seconde couches isolantes extérieures  
35 (26, 28 ; 122, 124) et au moins l'une desdites première et

seconde couches isolantes intermédiaires (22, 24) comprennent un matériau polyimide.

15. Procédé pour fabriquer un fusible à faible valeur résistive, caractérisé en ce qu'il consiste à :

5 prévoir une première couche isolante intermédiaire (24),

former une couche d'élément fusible (20) possédant une liaison fusible (30) s'étendant entre des premier et second plots de contact (32,34), et

10 superposer avec fixation par adhésif (222) une seconde couche isolante intermédiaire (22) sur la première couche isolante intermédiaire (24) au-dessus de la couche d'élément fusible (20).

15. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que ladite superposition avec fixation par adhésif comprend la superposition d'un film adhésif de polyimide.

17. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que ladite superposition avec fixation par adhésif comprend l'application d'un adhésif formé d'un polyimide liquide à l'une desdites couches isolantes.

20. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que ladite superposition avec fixation par adhésif comprend l'application d'un adhésif en silicium sur l'une desdites couches isolantes.

19. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que ladite superposition avec fixation par adhésif comprend l'encapsulation de la couche de l'élément fusible avec un élément adhésif.

30. 20. Procédé selon la revendication 15, comprenant en outre les étapes consistant à :

prévoir une membrane en polymère (202), métalliser la membrane en polymère pour former la couche d'élément fusible,

35 former une liaison fusible (30) s'étendant entre

lesdits premier et second plots de contact (32,34) à partir de la couche d'élément fusible, et

coupler ladite membrane en polymère à ladite première couche isolante intermédiaire (24).

5 21. Procédé selon la revendication 20, caractérisé en ce qu'il comprend en outre la formation d'une ouverture (42) dans la couche isolante et le support de la liaison fusible dans l'ouverture avec la membrane en polymère.

10 22. Procédé selon la revendication 21, comprenant en outre la superposition de la membrane en polymère à un matériau polyimide.

15 23. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce qu'il comprend en outre le masquage de l'une des première et seconde couches isolantes intermédiaires et la formation, par attaque chimique, d'une ouverture dans ces couches.

20 24. Procédé selon la revendication 23, caractérisé en ce qu'il comprend en outre l'enlèvement du masque.

25 25. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que ladite métallisation comprend la métallisation sur une épaisseur comprise entre environ 1 micromètre et environ 20 micromètres.

26. Fusible à faible valeur résistive, caractérisé en ce qu'il comporte :

une couche d'élément fusible (20) formée d'une feuille mince,

30 des première et seconde couches isolantes intermédiaires (22, 24) s'étendant sur des côtés opposés de ladite couche d'élément fusible (20) et couplées à cette dernière, ladite couche d'élément fusible étant formée sur ladite première couche isolante intermédiaire (24) et ladite seconde couche isolante (22) étant superposée à 35 ladite couche d'élément fusible, au moins l'une desdites

première et seconde couches isolantes intermédiaires (22, 24) comprenant une ouverture traversante (40, 42), et

un milieu d'extinction d'arc (212) situé dans ladite ouverture entourant ladite couche d'élément fusible  
5 dans ladite ouverture.

27. Fusible à faible valeur résistive selon la revendication 26, caractérisé en ce que ladite couche d'élément fusible (20) possède une épaisseur comprise entre environ 1 micromètre et environ 20 micromètres.

10 28. Fusible à faible valeur résistive selon la revendication 26, caractérisé en ce qu'au moins l'une desdites première et seconde couches isolantes intermédiaires (22, 24) comprend un matériau formé de polyimide.

15 29. Fusible à faible valeur résistive selon la revendication 26, caractérisé en ce qu'au moins l'une desdites première et seconde couches isolantes intermédiaires (22, 24) comprend un polymère de cristal liquide.

20 30. Fusible à faible valeur résistive selon la revendication 26, comprenant en outre un puits de chaleur (232) situé à proximité de ladite couche d'élément fusible.

25 31. Fusible à faible valeur résistive selon la revendication 26, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un élément chauffant (240) en série avec ladite couche d'élément fusible.

32. Fusible à faible valeur résistive, caractérisé en ce qu'il comporte :

une couche d'élément fusible (20) en forme de  
30 feuille mince,

des première et seconde couches isolantes intermédiaires (130, 132) s'étendant sur des côtés opposés de ladite couche d'élément fusible (20) et couplées à cette couche, ladite couche d'élément fusible étant formée sur  
35 ladite première couche isolante intermédiaire et ladite

seconde couche isolante étant superposée à ladite couche d'élément fusible, au moins l'une desdites première et seconde couches isolantes intermédiaires comprenant une ouverture traversante (40, 42), et

5 un puits de chaleur (232) couplé à l'une desdites première et seconde couches isolantes intermédiaires.

33. Fusible à faible valeur résistive selon la revendication 32, caractérisé en ce que ladite couche d'élément fusible (20) en forme de feuille mince possède 10 une épaisseur comprise entre environ 1 micromètre et environ 20 micromètres.

34. Fusible à faible valeur résistive selon la revendication 32, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un milieu d'extinction d'arc (212) situé dans ladite 15 ouverture (40) et entourant ladite couche d'élément fusible dans ladite ouverture.

35. Fusible à faible valeur résistive, caractérisé en ce qu'il comporte :

une couche d'élément fusible (20) en forme de 20 feuille mince,

des première et seconde couches isolantes intermédiaires (22, 24) s'étendant sur des côtés opposés de ladite couche d'élément fusible et couplées à cette dernière, ladite couche d'élément fusible étant formée de 25 manière à inclure une liaison fusible (30), ladite première couche isolante intermédiaire et ladite seconde couche isolante intermédiaire étant appliquées sur les côtés opposés de ladite couche d'élément fusible, et

au moins un élément chauffant (240) en série avec 30 ladite liaison fusible (30) sur ladite couche d'élément fusible.

36. Fusible à faible valeur résistive selon la revendication 32, caractérisé en ce que ladite couche d'élément fusible en forme de feuille mince possède une 35 épaisseur comprise entre environ 1 micromètre et environ 20

## 64

micromètres.

37. Fusible à faible valeur résistive, caractérisé en ce qu'il comprend :

une couche d'élément fusible (20) formée d'une  
5 feuille mince,

des première et seconde couches isolantes intermédiaires (22, 24) s'étendant sur les côtés opposés de ladite couche d'élément fusible et couplées à cette couche, ladite couche d'élément fusible étant formée sur ladite 10 première couche isolante intermédiaire (24) et ladite seconde couche isolante (22) étant superposée à ladite couche d'élément fusible, au moins l'une desdites première et seconde couches isolantes intermédiaires comprenant une ouverture traversante (40, 42),

15 des première et seconde couches isolantes extérieures (26, 28 ; 122, 124) étant superposées auxdites première et seconde couches isolantes intermédiaires, ladite couche d'élément fusible et ladite ouverture étant configurées de manière à modéliser une enveloppe 20 adiabatique autour d'une partie de ladite couche d'élément fusible au voisinage de ladite ouverture.

38. Fusible à faible valeur résistive selon la revendication 37, caractérisé en ce que ladite couche d'élément fusible (20) en forme de feuille mince possède 25 une épaisseur comprise entre environ 1 micromètre et environ 20 micromètres.

1/13

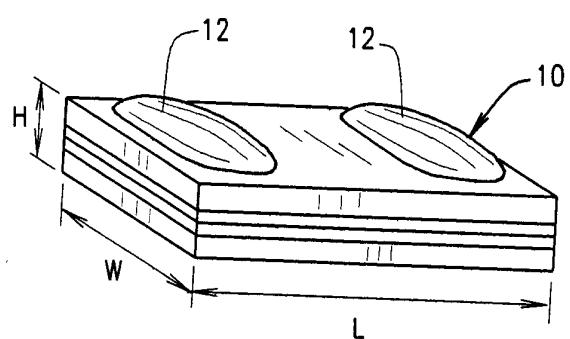


FIG. 1

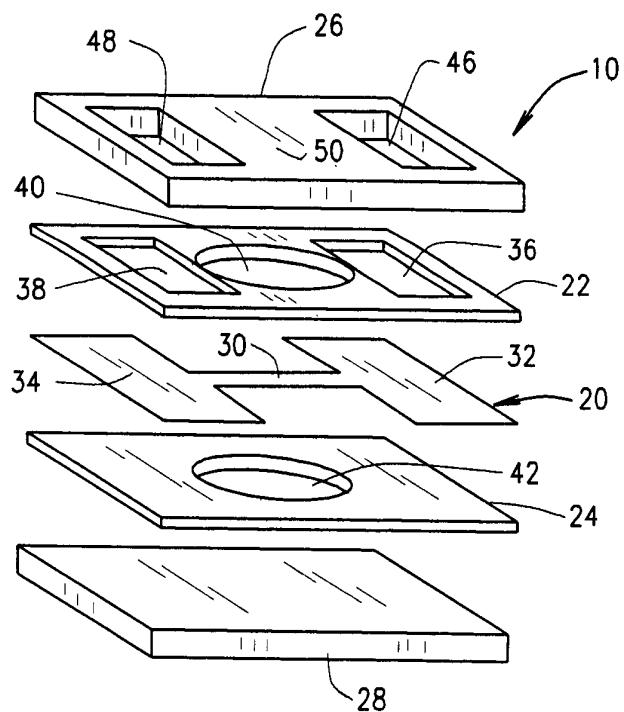


FIG. 2

2/13

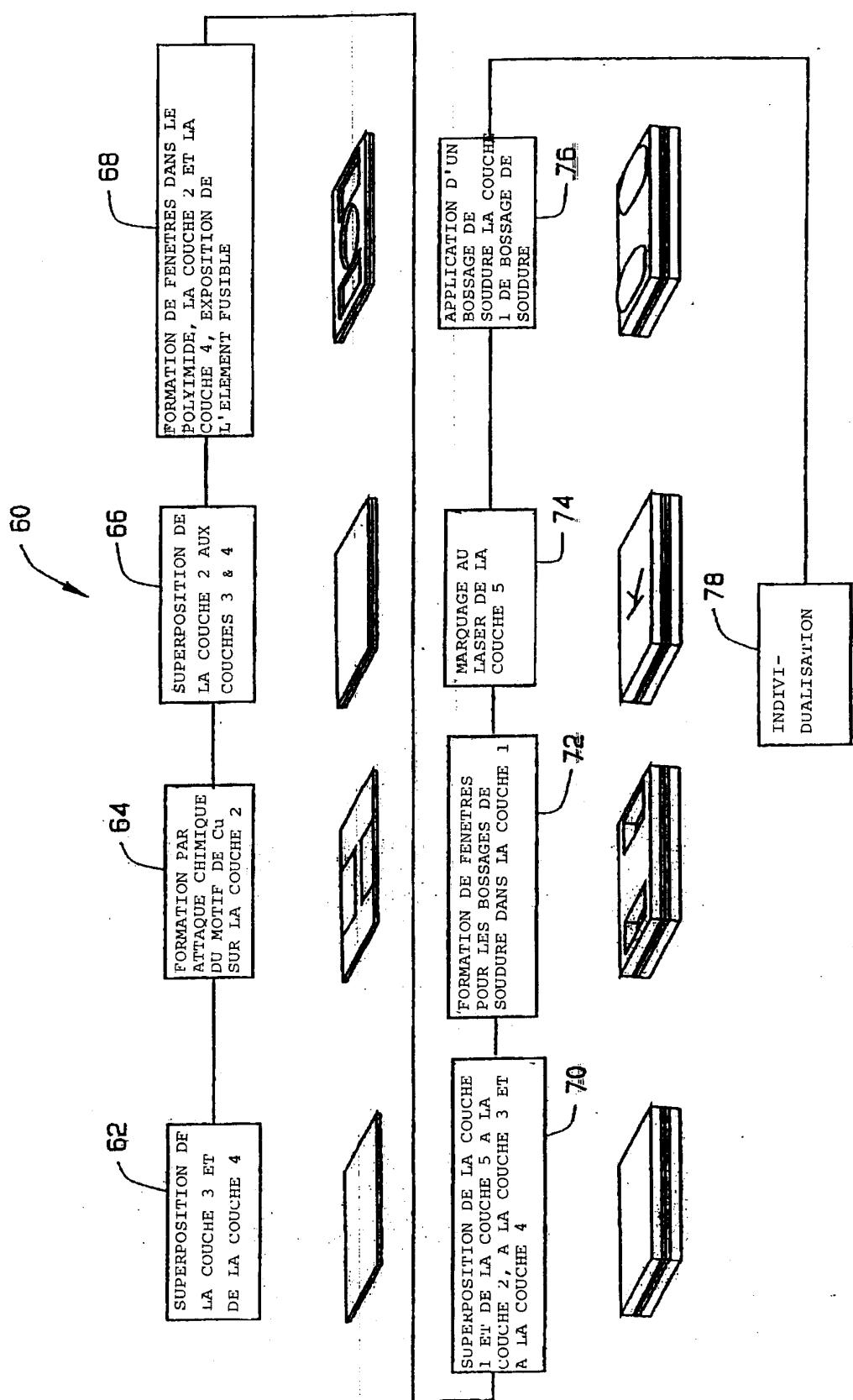
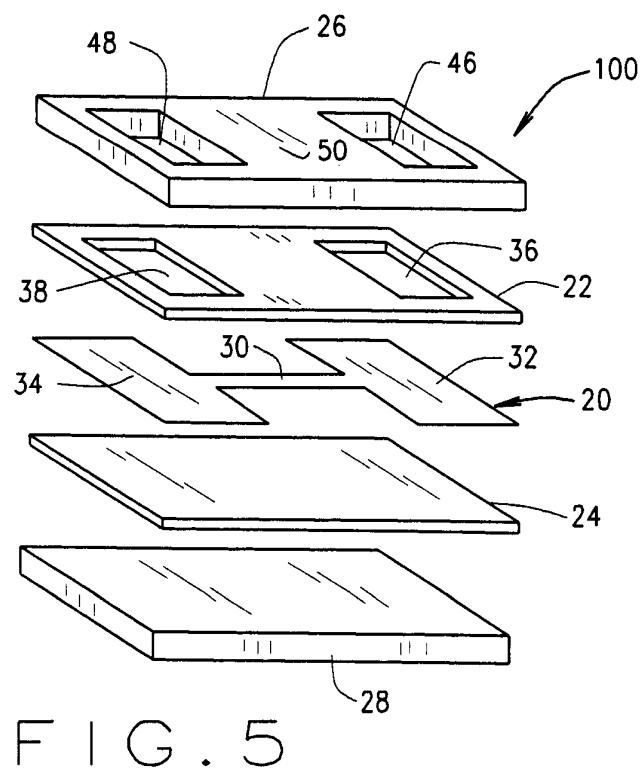
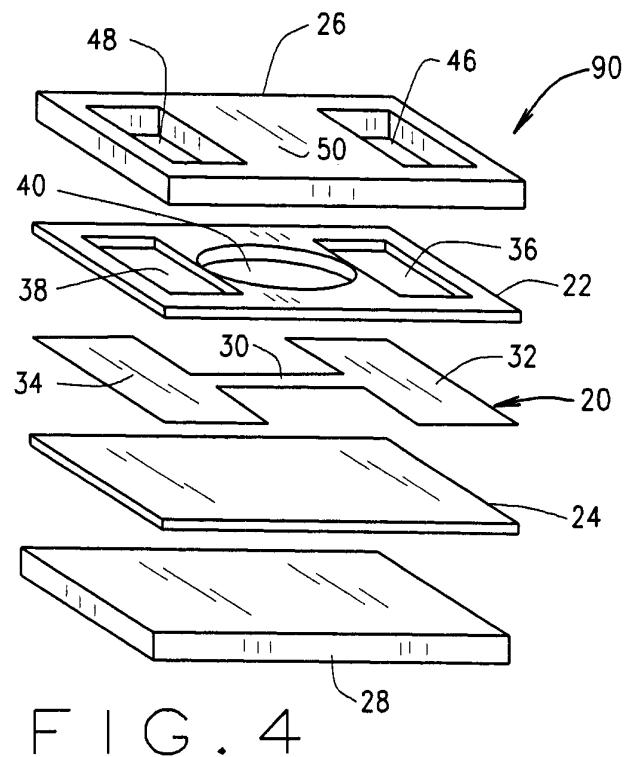


FIG. 3

3/13



4/13

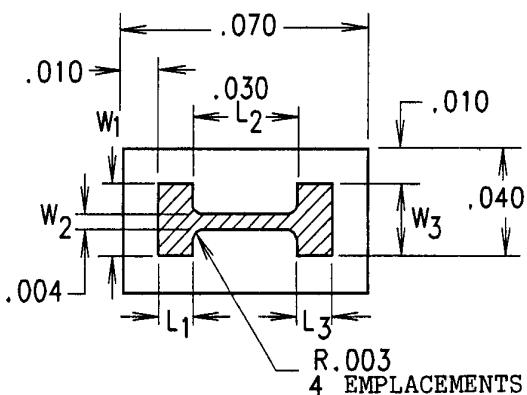


FIG. 6

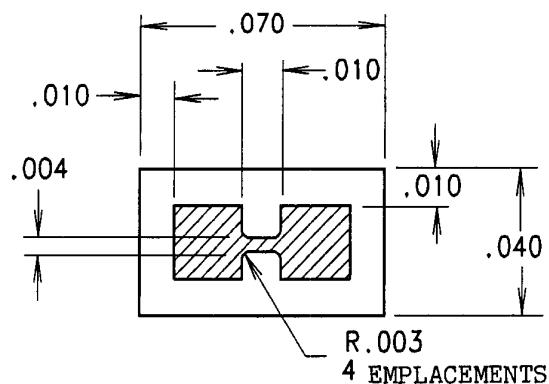


FIG. 7

5/13

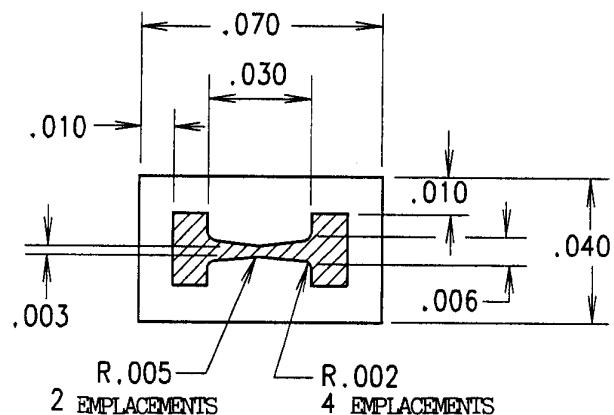


FIG. 8

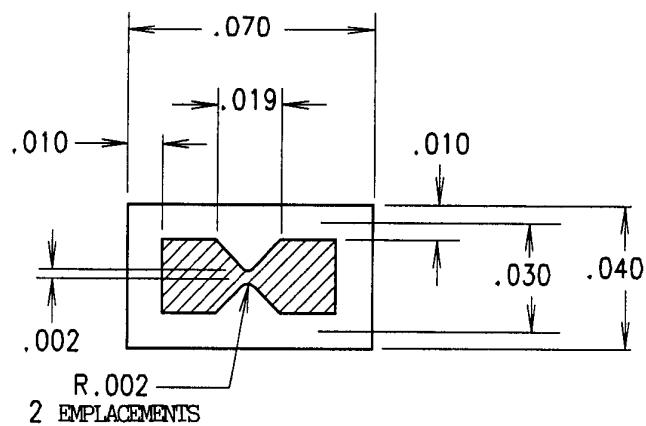


FIG. 9

6/13

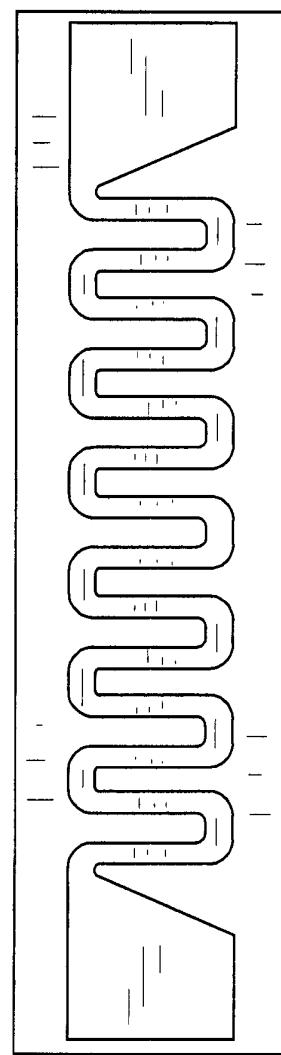


FIG. 10

7/13

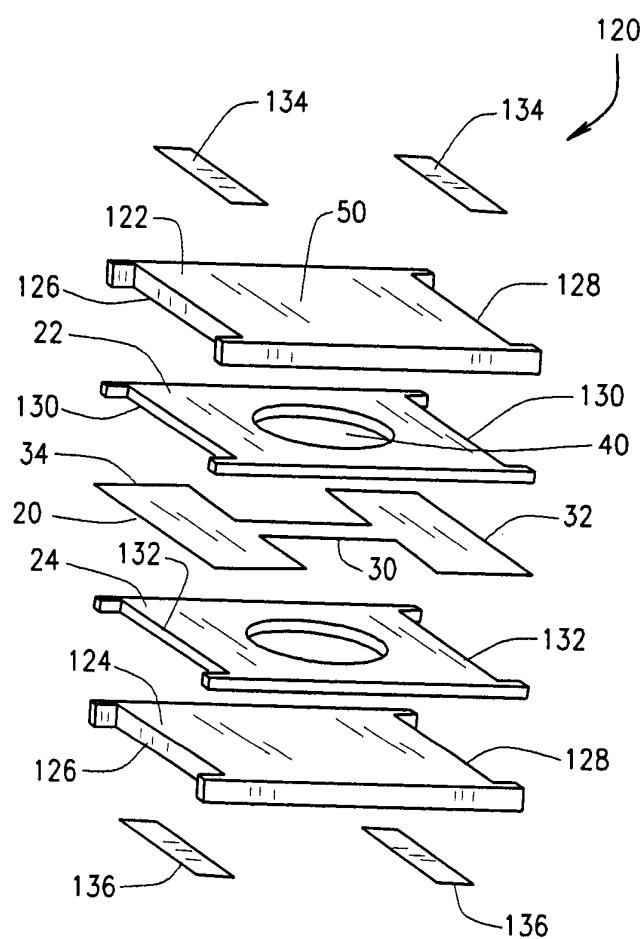


FIG. 11

8/13

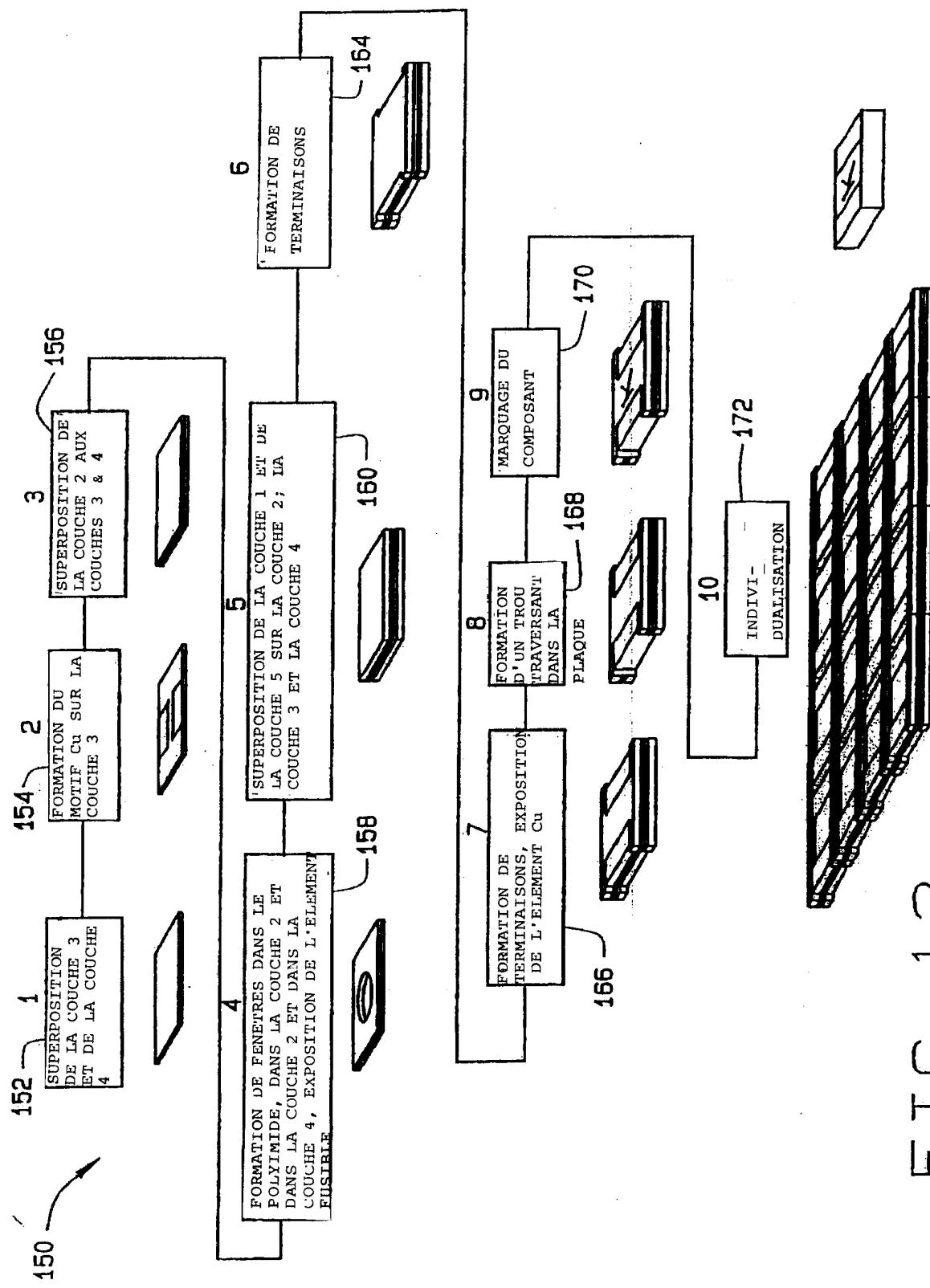


FIG. 12

9/13

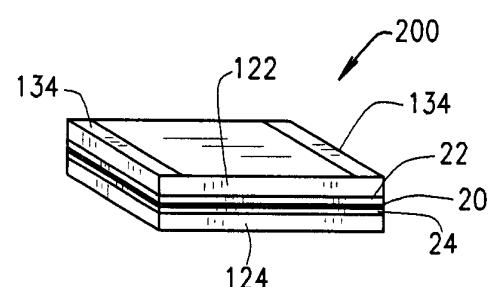


FIG. 13

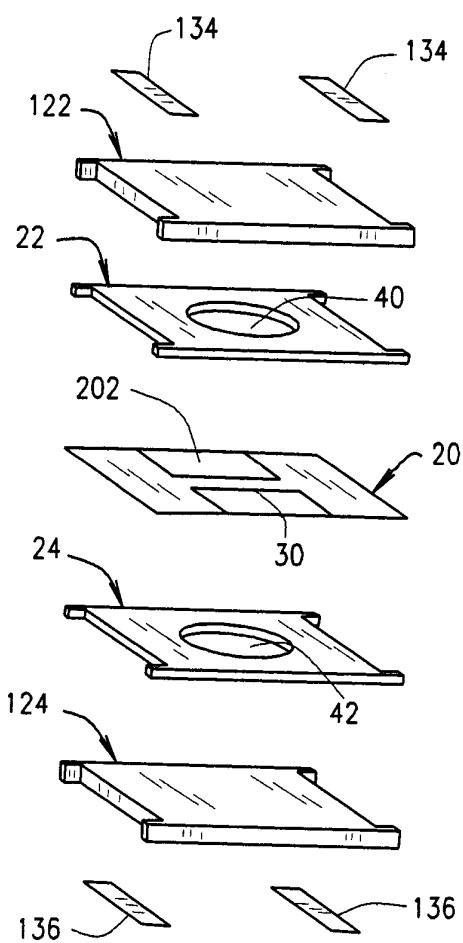


FIG. 14

10/13

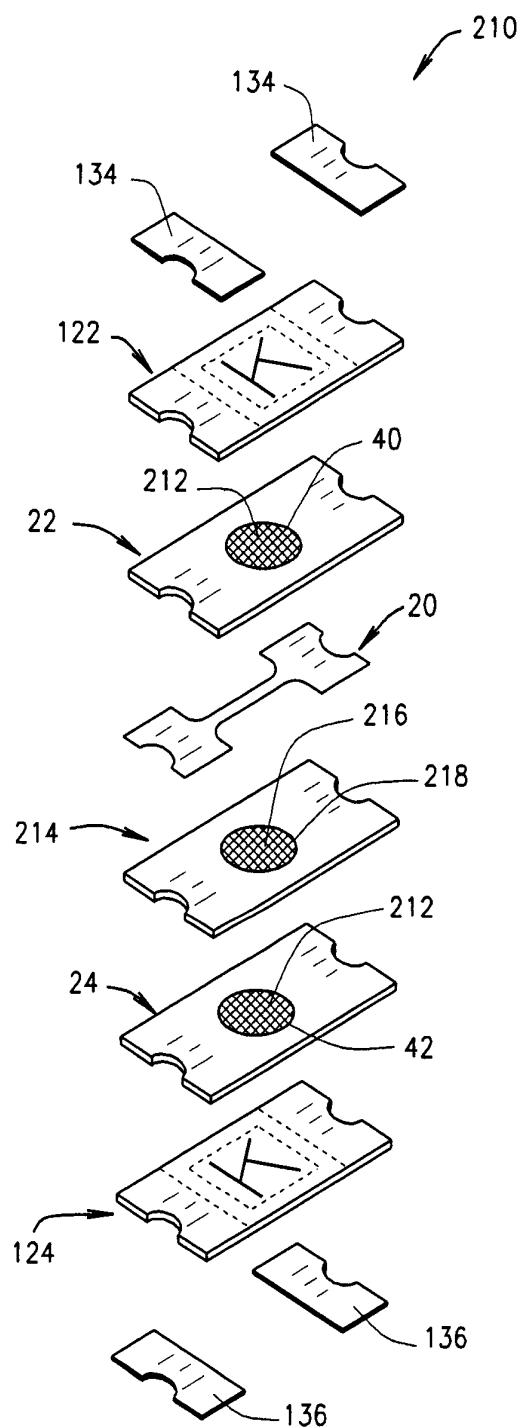
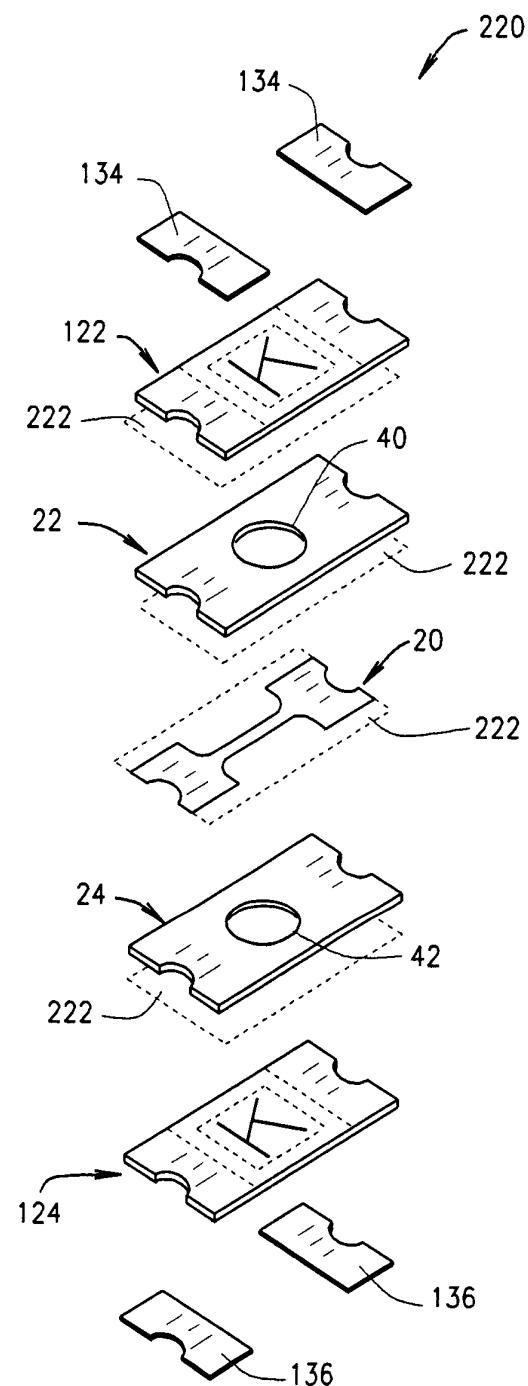


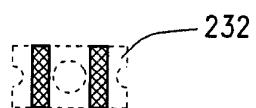
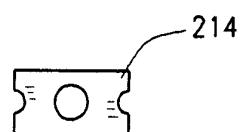
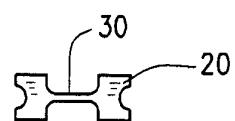
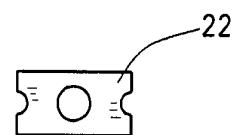
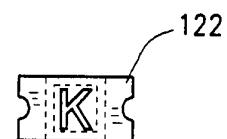
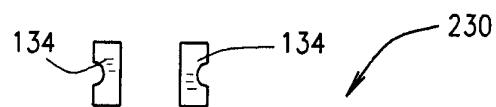
FIG. 15

11/13



F I G . 1 6

12/13



F I G . 1 7

13/13

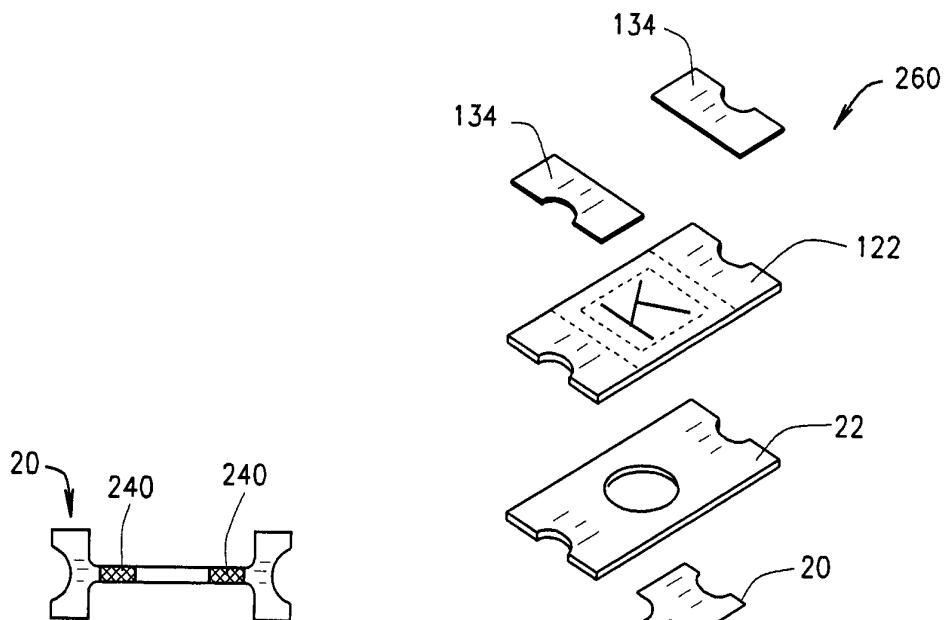


FIG. 18

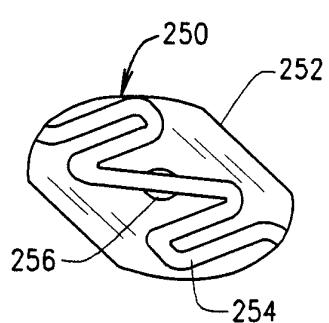


FIG. 19

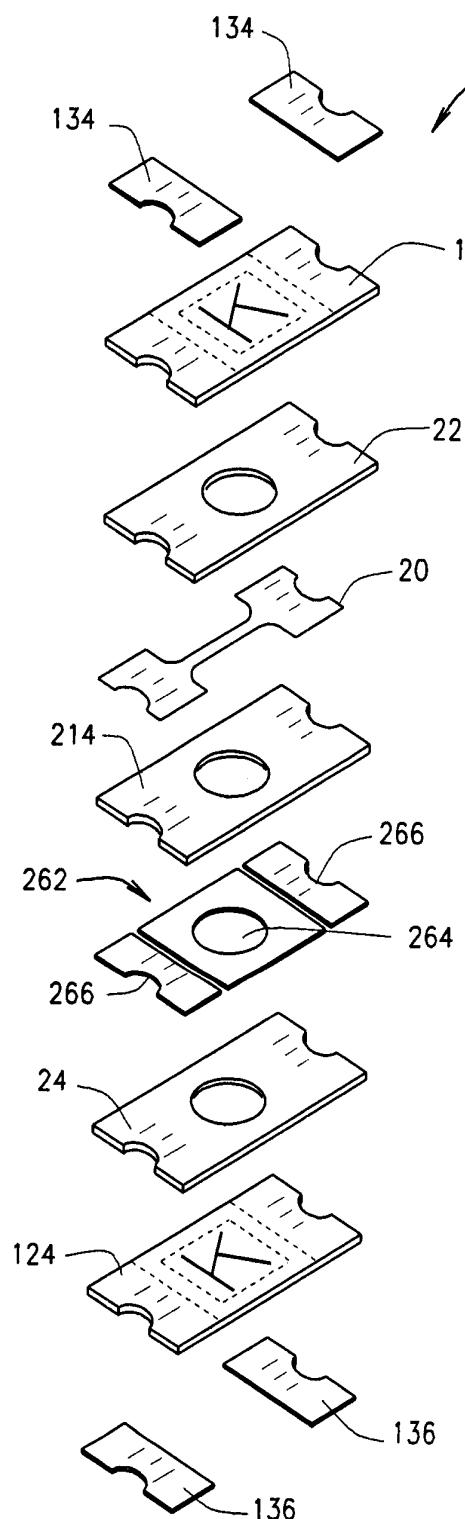


FIG. 20