

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication :

2 968 124

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national :

11 60448

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : H 01 L 21/60 (2012.01), H 01 L 41/22, G 01 H 11/06

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 16.11.11.

③0 Priorité : 30.11.10 US 12/956.194.

④3 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 01.06.12 Bulletin 12/22.

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 :

⑦1 Demandeur(s) : GENERAL ELECTRIC COMPANY —  
US.

⑦2 Inventeur(s) : TKACZYK JOHN ERIC, SMITH  
LOWELL SCOTT, BAUMGARTNER CHARLES  
EDWARD, WODNICKI ROBERT GIDEON, FISHER  
RAYETTE ANN, WOYCHIK CHARLES GERARD et  
LEWANDOWSKI ROBERT STEPHEN.

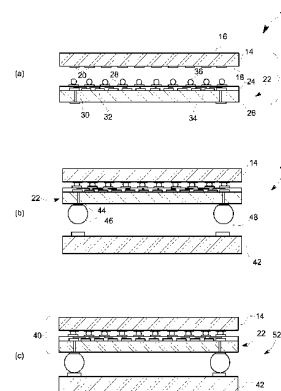
⑦3 Titulaire(s) : GENERAL ELECTRIC COMPANY.

⑦4 Mandataire(s) : BUREAU D.A. CASALONGA &  
JOSSE.

⑤4 RESEAU DE CAPTEURS EMPILABLE.

⑤7 Un réseau de détecteurs empilable est réalisé par la formation d'un module de détection comprenant la réalisation d'un réseau (14) de capteurs ayant une première face (16) et une seconde face (18), le réseau (14) de capteurs comportant une première pluralité de plages de contact (20) disposées sur la seconde face (18) du réseau (14) de capteurs, la disposition du réseau (14) de capteurs sur une couche d'interconnexion (22), la couche d'interconnexion (22) comportant une couche de redistribution (24) ayant une première face et une seconde face, la couche de redistribution (24) comportant une deuxième pluralité de plages de contact (28) disposées sur la première face, un circuit intégré (26) ayant une pluralité de trous traversants d'interconnexion (30) ménagés à travers celui-ci, une première face du circuit intégré (26) coopérant avec la seconde face de la couche de redistribution (24), le réseau (14) de capteurs étant disposé sur la couche d'interconnexion (22) de façon que la première pluralité de plages de contact (20) sur la seconde face (18) du réseau (14) de capteurs soient alignées avec la deuxième pluralité de plages de contact (28) situées sur la première face de la couche de redistribution (24), la coopération de la première pluralité de plages de contact (20) situées sur la seconde face (18) du réseau (14) de capteurs avec la deuxième pluralité de plages de contact (28)

situées sur la couche de redistribution (24) afin de former une pile (40) de capteurs, le couplage de la pile (40) de capteurs à un substrat pour former le module de détection et l'empilement d'une pluralité de modules de détection sur un deuxième substrat pour former le réseau de détecteurs empilable.



FR 2 968 124 - A1



### **Réseau de capteurs empilable**

La présente invention porte sur des réseaux de capteurs et,  
5 plus particulièrement, sur la construction de réseaux modulaires de capteurs.

Les capteurs ou les transducteurs sont des dispositifs qui transforment des signaux d'entrée, sous une première forme, en signaux de sortie sous une forme différente. Les transducteurs  
10 couramment utilisés comprennent les capteurs optiques, les capteurs thermiques et les capteurs acoustiques. Un transducteur à ultrasons constitue un exemple de capteur acoustique. Dans les dispositifs à ultrasons, les transducteurs transforment des signaux d'énergie électrique en énergie acoustique ou produisent des signaux  
15 électriques à partir d'ondes acoustiques absorbées.

Diverses applications, telles que les diagnostics biomédicaux non invasifs et les essais non destructifs (END) de matériaux nécessitent le recours à des réseaux de capteurs, où les capteurs  
20 sont souvent organisés en deux dimensions (à savoir dans le plan X-Y). Par exemple, des réseaux de transducteurs à ultrasons sont utilisés en imagerie médicale, en évaluation non destructive (END) et autres applications.

Des applications telles que l'imagerie médicale et industrielle, les essais non destructifs (END), la sécurité, le  
25 contrôle des bagages, l'astrophysique et la médecine peuvent nécessiter l'emploi de capteurs couvrant de grandes surfaces. On peut noter que, dans le contexte de scanners à rayons X et d'un système d'imagerie à tomographie par émission monophotonique (TEMP), un capteur à grande superficie peut comprendre un capteur

couvrant une surface d'environ 20 cm x 20 cm pour l'imagerie cardiaque et une surface d'environ 42 cm x 42 cm pour la radiographie thoracique. Par ailleurs, pour un système d'imagerie à tomodesitométrie (TDM), les capteurs à grande superficie peuvent couvrir une surface d'environ 16 cm x 90 cm. Dans le domaine du diagnostic médical, par exemple, pour la radiographie, la TDM, l'échographie et la mammographie, il peut être souhaitable d'employer des capteurs qui couvrent de grandes surfaces. Par exemple, dans un système d'imagerie radiographique, des transducteurs d'une grande superficie peuvent être nécessaires pour couvrir la surface du détecteur de rayons X. En outre, le dépistage d'hémorragies internes et de tumeurs implique l'utilisation de réseaux de capteurs beaucoup plus grands, ordinairement de l'ordre de 300 cm<sup>2</sup>. De plus, dans des applications non médicales, des réseaux encore plus grands peuvent être souhaitables.

Les techniques dont on dispose actuellement permettent de réaliser de tels réseaux de grandes dimensions en disposant un grand nombre de modules transducteurs en rangées et colonnes sur une même face d'un moyen de connexion, tel qu'un intercalaire, et un nombre correspondant de circuits intégrés sur l'autre face du moyen de connexion. Malheureusement, cela entraîne une plus grande densité de câblage dans l'intercalaire pour répondre aux besoins des nombreux circuits, surtout lorsque diminue l'écartement des capteurs et des circuits intégrés. Les performances de tels transducteurs à grande superficie sont fortement dégradées lorsqu'il y a de grandes variations d'espacement entre modules.

De plus, diverses applications concernant des grandes surfaces nécessitent l'utilisation de capteurs de grande surface, de différentes dimensions et formes. La complexité et les coûts associés à la construction d'un transducteur unique pour couvrir une

grande surface peuvent être très grands. En outre, les techniques de fabrication se heurtent à des limites liées aux dimensions maximales des capteurs à grande superficie susceptibles d'être fabriqués d'une manière rentable. De plus, les dépenses de remise en état de capteurs à grande superficie peuvent être considérables.

Par conséquent, il serait souhaitable de mettre au point un type de module de capteurs qui permette d'assembler des réseaux de capteurs à grande superficie afin de résoudre les problèmes tels que la complexité et les coûts associés à la fabrication et la remise en état d'un unique capteur à grande superficie. En outre, il serait souhaitable d'empiler efficacement les modules de capteurs pour former un module de capteurs haute densité à grande superficie afin de limiter le plus possible les dimensions, la complexité, les longueurs d'interconnexion du système et d'améliorer les performances des réseaux de capteurs.

Selon un aspect de la présente invention, il est proposé un procédé pour former un réseau de capteurs empilable. Le procédé comprend la formation d'un module de détection par la réalisation d'un réseau de capteurs ayant une première face et une seconde face, le réseau de capteurs comportant une première pluralité de plages de contact disposées sur la seconde face du réseau de capteurs, la disposition du réseau de capteurs sur une couche d'interconnexion, la couche d'interconnexion comportant une couche de redistribution ayant une première face et une seconde face, la couche de redistribution comportant une deuxième pluralité de plages de contact disposées sur la première face de la couche de redistribution, un circuit intégré ayant une pluralité de trous traversants d'interconnexion ménagés à travers celui-ci, une première face du circuit intégré coopérant avec la seconde face de la couche de redistribution, le réseau de capteurs étant disposé sur

la couche d'interconnexion de façon que la première pluralité de plages de contact sur la seconde face du réseau de capteurs soient alignées avec la deuxième pluralité de plages de contact sur la première face de la couche de redistribution, le couplage de la première pluralité de plages de contact sur la seconde face du réseau de capteurs à la deuxième pluralité de plages de contact sur la première face de la couche de redistribution pour former une pile de capteurs, le couplage de la pile de capteurs avec un premier substrat pour former le module de détection, et l'empilement d'une pluralité de modules de détection sur un deuxième substrat pour former le réseau de capteurs empilable.

Selon un autre aspect de la présente invention, il est proposé un réseau de capteurs empilable qui comprend un premier substrat ayant une première face et une seconde face, une pluralité de modules de détecteurs disposés sur la première face du premier substrat, chaque module de la pluralité de modules de détecteurs comprenant un réseau de capteurs ayant une première face et une seconde face, une première pluralité de plages de contact étant disposées sur la seconde face du réseau de capteurs, une couche d'interconnexion comportant une couche de redistribution ayant une première face et une seconde face, la couche de redistribution comportant une deuxième pluralité de plages de contact disposées sur la première face de la couche de redistribution, un circuit intégré ayant une pluralité de trous traversants d'interconnexion ménagés à travers celui-ci, une première face du circuit intégré coopérant avec la seconde face de la couche de redistribution, le réseau de capteurs étant disposé sur la couche d'interconnexion de façon que la première pluralité de plages de contact situées sur la seconde face du réseau de capteurs soit alignée avec la deuxième pluralité de plages de contact situées sur la première face de la

couche de redistribution, et la première pluralité de plages de contact situées sur la seconde face du réseau de capteurs coopérant avec la deuxième pluralité de plages de contact situées sur la couche de redistribution, et un moyen de couplage disposé sur la  
5 seconde face du circuit intégré, la pluralité de modules de détection étant couplés à la première face du premier substrat par l'intermédiaire du moyen de couplage disposé sur la seconde face du circuit intégré.

Selon encore un autre aspect de la présente invention, il est  
10 proposé un procédé pour former un module de détection, comprenant la réalisation d'un réseau de capteurs ayant une première face et une seconde face, le réseau de capteurs comprenant une première pluralité de plages de contact disposées sur la seconde  
15 face du réseau de capteurs, la réalisation d'un intercalaire ayant une première face et une seconde face, l'intercalaire comportant un premier ensemble de plages de contact disposées sur la première face de l'intercalaire et un second ensemble de plages de contact sur la seconde face de l'intercalaire, la fixation d'une première structure de support à la seconde face de l'intercalaire, le couplage du réseau  
20 de capteurs avec la première face de l'intercalaire en fixant la première pluralité de plages de contact, disposées sur la seconde face du réseau de capteurs, au premier ensemble de plages de contact disposées sur la première face de l'intercalaire de manière à former une pile de réseaux de capteurs à intercalaires, la fixation  
25 d'une seconde structure de support à la première face de l'intercalaire, le découpage de la première structure de support pour la retirer, la fixation de la pile de réseaux de capteurs à intercalaire à une couche d'interconnexion afin de former une pile de capteurs, et le couplage de la pile de capteurs à un substrat pour former le  
30 module de détection.

L'invention sera mieux comprise à l'étude de la description détaillée de quelques modes de réalisation pris à titre d'exemples non limitatifs et illustrés par les dessins annexés sur lesquels :

5 - la figure 1 est une illustration schématique d'un procédé de formation d'un réseau de capteurs selon la présente invention ;

- la figure 2 est une illustration schématique d'une autre forme de réalisation d'un réseau de capteurs selon la présente invention ;

10 - les figures 3 à 6 sont des représentations schématiques de différentes formes de réalisation d'un circuit intégré à travers lequel sont ménagés des trous traversants d'interconnexion en silicium et conçu pour servir dans les réseaux de capteurs des figures 1 et 2 ;

15 - la figure 7 est une illustration schématique d'une forme de réalisation d'un module de détection enfichable qui comprend un ou plusieurs réseaux de capteurs selon la figure 1 ou 2, selon la présente invention ;

20 - la figure 8 est une illustration schématique d'une autre forme de réalisation d'un module de détection soudable qui comprend un ou plusieurs réseaux de capteurs selon la figure 1 ou 2, selon la présente invention ;

- la figure 9 est une illustration schématique d'une forme de réalisation d'une unité remplaçable sur site, qui comprend un ou plusieurs modules de détection enfichables selon la figure 7 ou 8, selon la présente invention ;

25 - la figure 10 est une illustration schématique d'une forme de réalisation d'une unité remplaçable sur site, qui comprend des circuits de traitement couplés au/aux modules de détection enfichables selon la figure 7 ou 8, selon la présente invention ;

30 - la figure 11 est une illustration schématique, sous la forme d'une vue en plan de la section transversale de la figure 10 qui

représente un réseau actif de connexions de signaux, selon la présente invention ;

5           - la figure 12 est une illustration schématique d'encore une autre forme de réalisation d'un réseau de capteurs selon la présente invention ;

          - la figure 13 est une illustration schématique d'une forme de réalisation d'une unité remplaçable sur site qui comprend des circuits de traitement couplés au/aux modules de détection enfichables de la figure 12, selon la présente invention ;

10           - la figure 14 est une illustration schématique d'un procédé de formation d'un réseau de capteurs selon la figure 2, selon des aspects de la présente technique ;

          - la figure 15 est une illustration schématique d'une forme de réalisation d'un réseau de capteurs réalisé à l'aide du procédé de la figure 14, selon la présente invention ;

15           - la figure 16 est une illustration schématique d'une autre forme de réalisation d'un réseau de capteurs réalisé à l'aide du procédé de la figure 14, selon la présente invention ; et

          - la figure 17 est une illustration, sous la forme d'un schéma de principe, d'un exemple de système d'imagerie échographique utilisant les exemples de modules de détection des figures 1 à 16.

20           L'invention concerne des procédés pour former des modules de détection et diverses formes de réalisation de modules de détection. En utilisant les procédés de formation des modules de détection et les modules de détection décrits ci-après, on peut former un réseau empilable à haute densité de capteurs à grande superficie.

25           Bien que les exemples illustrés ci-après soient décrits dans le contexte d'un module de détection conçu pour servir dans un système d'imagerie médicale tel qu'un système d'imagerie

30



échographique, on notera que l'utilisation du module de détection de l'invention peut être envisagée dans d'autres systèmes d'imagerie tels que, par exemple, dans un système d'imagerie radiographique, un système d'imagerie à tomodensitométrie (TDM), un système  
5 d'imagerie à résonance magnétique (RM), un système d'imagerie à tomographie par émission de positons (PET), un système d'imagerie à TEMP, un système d'imagerie à tomographie photo-acoustique ou autre. On peut encore utiliser le module de détection de l'invention dans d'autres applications telles que des diagnostics et des examens  
10 d'équipements, des contrôles de bagages, des applications de sécurité.

Sur la figure 1, est présentée une illustration schématique 10 d'un procédé de formation d'un module de capteurs destiné à servir dans un système tel qu'un scanner à ultrasons, un détecteur de  
15 rayons X ou un système d'imagerie à TDM. Le module de capteurs ainsi formé peut servir à détecter une pluralité de signaux d'entrée. Dans la présente description, l'expression "module de capteurs" sert à désigner une pile ou un empilement de réseaux de capteurs couplé à une couche d'interconnexion. Dans la présente description,  
20 l'expression "réseau de capteurs" sert à désigner un agencement constitué d'un ou de plusieurs capteurs ou éléments de détection.

Comme illustré sur la figure 1, le procédé comprend la réalisation d'un réseau 14 de capteurs représenté sur la figure 1(a). Ce réseau 14 de capteurs peut comprendre une pluralité de capteurs  
25 (non représentés). Les capteurs sont des dispositifs généralement utilisés pour convertir un son et/ou une température et/ou une pression et/ou une lumière ou d'autres signaux en un signal électronique ou les obtenir à partir d'un signal électronique. Dans l'exemple illustré sur la figure 1, le réseau 14 de capteurs comprend  
30 une pluralité de capteurs individuels (non représentés) conçus pour

détecter une pluralité de signaux d'entrée. Par exemple, les capteurs qui composent le réseau 14 de capteurs peuvent comprendre une pluralité de dispositifs de détection tels que une photodiode, une photodiode à rétroéclairage, un capteur acoustique, un capteur  
5 thermique ou un capteur de rayonnement électromagnétique. De plus, les capteurs peuvent également comporter des systèmes micro-électromécaniques (MEM) tels que, par exemple, des transducteurs capacitifs à ultrasons à micro-usinage (CMUT).

Par ailleurs, le réseau 14 de capteurs a une première face 16  
10 et une seconde face 18. Dans une forme de réalisation, la première face 16 du réseau 14 de capteurs est conçue pour recevoir les signaux d'entrée. A titre d'exemple, dans un système d'imagerie échographique, la première face 16 du réseau 14 de capteurs est conçue pour recevoir des signaux acoustiques incidents. Par  
15 ailleurs, une première pluralité de plages de contact 20 sont disposées sur la seconde face 18 du réseau 14 de capteurs. Ces plages de contact 20 sont conçues pour faciliter le couplage du réseau 14 de capteurs à d'autres composants électroniques. On peut également noter que la longueur du réseau 14 de capteurs peut être  
20 d'environ 3 mm à environ 12 cm. Par ailleurs, le réseau 14 de capteurs peut avoir une épaisseur d'environ 50  $\mu\text{m}$  à environ 1 mm.

Lors d'une étape suivante, le réseau 14 de capteurs est disposé au voisinage immédiat d'une couche d'interconnexion 22. La couche d'interconnexion 22 peut comporter une couche de  
25 redistribution 24 et un circuit intégré 26 coopérant l'un avec l'autre. La couche de redistribution 24 est conçue pour adapter une interface du réseau 14 de capteurs à une interface du circuit intégré 26. En particulier, la couche de redistribution 24 réalise une répartition d'un réseau de cellules sur le circuit intégré 26 pour qu'il coïncide  
30 avec le réseau de capteurs existant dans le réseau 14 de capteurs.

La couche de redistribution 24 présente une première face et une seconde face. En outre, la couche de redistribution 24 comporte une deuxième pluralité de plages de contact 28 disposées sur la première face de la couche de redistribution 24. La deuxième pluralité de plages de contact 28 est agencée sur la première face de la couche de redistribution 24 de façon que l'agencement de la deuxième pluralité de plages de contact 28 corresponde à l'agencement de la première pluralité de plages de contact 20 disposées sur la seconde face du réseau 14 de capteurs. Ces plages de contact 28 sont conçues pour fournir un signal d'entrée au circuit intégré 26. A titre d'exemple, la deuxième pluralité de plages de contact 28 est conçue pour faciliter la communication d'un signal de sortie du réseau 14 de capteurs comme signal d'entrée pour le circuit intégré 26 en vue d'un traitement. On peut noter que la couche de redistribution 24 peut être formée à l'aide d'une technique à couches minces ou d'une technique à couches épaisses. La couche de redistribution 24 fabriquée à l'aide de la technique à couches minces peut avoir une épaisseur de l'ordre de 0,1  $\mu\text{m}$  à 2,0  $\mu\text{m}$ . Selon une autre possibilité, la couche de redistribution 24 fabriquée à l'aide de la technique à couches épaisses peut avoir une épaisseur de l'ordre de 2,0  $\mu\text{m}$  à 25  $\mu\text{m}$ . Par ailleurs, la longueur de la couche de redistribution 24 peut être de l'ordre de 10 mm à 50 mm sur une face pour concorder avec la largeur des composants d'un capteur et des circuits intégrés à application spécifique (ASIC).

Dans certaines formes de réalisation, le circuit intégré 26 peut comporter un circuit intégré à application spécifique (ASIC). L'ASIC peut comporter des circuits de traitement (non représentés) qui facilitent les fonctions de l'ASIC. De plus, selon un mode de réalisation de la présente invention, le circuit intégré 26 comporte un ou plusieurs trous traversants d'interconnexion 30. Dans une

forme de réalisation, les trous traversants d'interconnexion 30 peuvent être en silicium (TTS). Un trou traversant d'interconnexion en silicium constitue une connexion verticale qui traverse entièrement une plaquette ou une puce de silicium et est conçue pour faciliter le couplage de dispositifs encapsulés tout en réduisant l'encombrement du boîtier d'encapsulation. Dans la présente forme de réalisation, les TTS 30 du circuit intégré 26 permettent un acheminement direct de signaux d'alimentation électrique, de signaux de mise à la terre, de signaux analogiques et/ou de signaux numériques depuis le réseau 14 de capteurs, par l'intermédiaire des TTS 30 juste sous la puce. Dans certaines formes de réalisation, le nombre de TTS 30 dans le circuit intégré 26 peut être de l'ordre de 32 à 512. Une troisième pluralité de plages de contact 32 sont disposées sur la première face du circuit intégré 26. Ces plages de contact 32 constituent des entrées du circuit intégré 26. Dans certaines formes de réalisation, les plages de contact 32 peuvent comporter des plots métalliques.

Comme indiqué précédemment, la deuxième pluralité de plages de contact 28 facilite une répartition de connexions entre la première pluralité de plages de contact 20 et la troisième pluralité de plages de contact 32. Par exemple, la première pluralité de plages de contact 20 peuvent être organisées sous la forme d'une matrice (32 x 32) d'électrodes espacées d'environ 0,150 mm. De même, la troisième pluralité de plages de contact 32 peuvent être organisées suivant une combinaison déterminée, par exemple un réseau de cellules (32 x 32) d'ASIC espacées d'environ 0,125 mm. De la sorte, la deuxième pluralité de plages de contact 28 est conçue pour constituer une interface afin d'adapter la combinaison de la première pluralité de plages de contact 20 à la combinaison de la troisième pluralité de plages de contact 32. De plus, des rubans

métalliques 34 font coopérer la deuxième pluralité de plages de contact 28 avec la troisième pluralité de plages de contact 32. En particulier, ces rubans métalliques 34 sont conçus pour transmettre des tensions et/ou des intensités entre le réseau 14 de capteurs et les circuits de traitement présents dans le circuit intégré 26.

Toujours en référence à cette étape, le réseau 14 de capteurs est disposé au voisinage immédiat de la couche d'interconnexion 22 de façon que la première pluralité de plages de contact 20 présentes sur la seconde face 18 du réseau 14 de capteurs soient alignées avec la deuxième pluralité de plages de contact 28 présentes sur la première face de la couche de redistribution 24. Ensuite, le réseau 14 de capteurs est amené à coopérer avec la couche d'interconnexion 22 pour former une pile 40 de capteurs. Selon la présente invention, le réseau 14 de capteurs peut coopérer avec la couche d'interconnexion 22 grâce à l'utilisation d'un procédé de fixation à haute température. Dans la présente description, l'expression "procédé de fixation à haute température" sert à désigner un procédé de fixation qui crée une liaison entre le réseau 14 de capteurs et la couche d'interconnexion 22 tout en étant exécuté à une température d'environ 160°C à environ 230°C. On utilise un alliage de soudure à point de fusion élevé. L'utilisation de cet alliage de soudure assure que cette interconnexion du réseau de capteurs n'est pas mise en refusion pendant un processus ultérieur d'assemblage par soudure. Par exemple, un alliage classique de Sn-3,0Ag-0,5Cu (305SAC), qui fond à environ 217°C, est utilisé pour ce couplage. Selon une autre possibilité, le procédé de fixation à haute température peut comporter l'utilisation d'un adhésif à conductivité anisotrope élaboré sous la forme de particules conductrices dispersées dans un adhésif à haute température tel

qu'une résine époxy, la conduction n'étant obtenue que dans un seul sens.

Selon un aspect de l'invention, un procédé de fixation par billes de soudure à haute température est utilisé pour faire coopérer le réseau 14 de capteurs avec la couche d'interconnexion 22. Un  
5 procédé de fixation par billes facilite une connexion électrique directe de composants électroniques orientés vers le bas sur des substrats, des cartes de circuits ou autres supports à l'aide de bosses conductrices sur des plages de contact par billes. A cette fin, un  
10 moyen de fixation 36 conçu pour faciliter la coopération du réseau 14 de capteurs avec la couche d'interconnexion 22 est disposé sur chaque plage de la première pluralité de plages de contact 20 et/ou chaque plage de la deuxième pluralité de plages de contact 28. Dans une forme de réalisation, le moyen de fixation 36 peut comporter  
15 des bosses conductrices, les bosses conductrices comportant des bosses de soudure formées à l'aide d'un alliage métallique à point de fusion relativement élevé. Par exemple, les bosses de soudure peuvent être formées à l'aide d'un alliage de soudure riche en plomb (Pb) à point de fusion élevé, d'une valeur comprise entre environ  
20 250°C et environ 320°C. Dans certaines autres formes de réalisation, on peut utiliser une bosse de soudure riche en Pb, à composition de 97 Pb-3Sn, qui fond à environ 320°C. A cette fin, un procédé de plaquage classique est utilisé pour déposer l'alliage sur la deuxième pluralité de plages de contact 28, par exemple, puis est  
25 remis en fusion pour produire la configuration à bosses riches en Pb. La couche d'interconnexion 22 à bosses riches en Pb est ensuite mise au contact des plages de contact 20 sur le réseau 14 de capteurs, et est remise en fusion. Selon une autre possibilité, des bosses de soudure sans plomb, telles que des alliages de SnAgCu ou  
30 d'AgSn peuvent être employées. Dans certaines autres formes de

réalisation, les bosses conductrices 36 peuvent être disposées sur les plages de contact 20 ou les plages de contact 28 par évaporation, impression au pochoir, moulage par injection, électrodéposition, sérigraphie, pâte à braser ou dépôt par aiguilles.

5           A titre d'exemple, les bosses de soudure 36 peuvent être disposées sur les plages de contact 28 pour former une couche d'interconnexion à bosses. Ensuite, la couche d'interconnexion à bosses est amenée à coopérer avec le réseau 14 de capteurs en fixant les plages de contact 20 aux plages de contact 28 à l'aide des bosses  
10 de soudure 36 et en chauffant l'ensemble pour obtenir la fixation par une connexion soudée. Cet ensemble peut être appelé empilement ou pile 40 de capteurs.

          Le moyen de fixation 36 peut également comporter une bosse plaquée, une bosse à pointe en or, une bosse d'adhésif, selon les  
15 utilisations. Dans certaines autres formes de réalisation, le moyen de fixation 36 peut comporter des colonnettes de cuivre. Dans une autre forme de réalisation, on peut utiliser un procédé de liaison avec phase liquide provisoire (PLP) pour faire coopérer le réseau 14 de capteurs et la couche d'interconnexion 22.

20           Une fois que la pile 40 de capteurs est formée, la pile 40 de capteurs est associée à un substrat 42 pour former un module de capteurs, comme illustré par la figure 1(b). Le substrat 42 est formé à l'aide d'une matière rigide stable telle qu'une céramique ou une matière organique telle que du Téflon (polytétrafluoréthylène)  
25 (PTFE)). Dans une forme de réalisation, le substrat 42 comporte un intercalaire technique à faible coefficient de dilatation thermique (CTE), fabriqué par Endicott Interconnect Inc., Endicott, NY, qui possède une partie centrale métallique en cuivre-invar-cuivre, un stratifié de Téflon Rogers 2800 étant ajouté sur les deux faces. On  
30 obtient un substrat à 11 couches qui possède un CTE nominal de 11

ppm/°C et dont il a été démontré qu'il permet d'obtenir des interconnexions très fiables par billes et soudure de BGA lorsqu'il est assemblé avec une carte FR4 classique. Endicott Interconnect a donné à ce substrat le nom commercial de HyperBGA. Pour coupler la pile 40 de capteurs au substrat 42, une ou plusieurs plages métalliques d'interconnexion 44 sont disposées sur la seconde face de la couche d'interconnexion 22. Ensuite, une bosse de soudure 46 ou un autre moyen de fixation est disposé sur la ou chacune des plages métalliques 44. Par ailleurs, une série de plages métalliques d'interconnexion 48 sont disposées sur le substrat 42. Les bosses de soudure 48 facilitent le couplage de la pile 40 de capteurs au substrat 42. En particulier, ces plages métalliques 48 sont disposées sur le substrat 42 de façon que la combinaison des plages métalliques 48 coïncide avec la combinaison des plages métalliques 44 présentes sur la couche d'interconnexion 22. Une fois que les bosses de soudure 48 sont formées, la pile 40 de capteurs est couplée au substrat 42 à l'aide d'un procédé de fixation à basse température pour former le module 52 de capteur, comme représenté sur la figure 1(c). Dans une forme de réalisation, un procédé de soudage par billes peut être employé pour fixer la pile 40 de capteurs au substrat 42 tout en opérant à une température d'environ 130°C à environ 200°C. Un alliage de Pb à température de fusion inférieure à la température de fusion de l'alliage servant à coupler le réseau 14 de capteurs à la couche d'interconnexion 22 est utilisé pour coupler la pile 40 de capteurs au substrat 42. Par exemple, un alliage eutectique de Sn-Bi à température de fusion inférieure, qui fond à environ 138°C, est employé pour coupler au substrat 42 les bosses de soudure 46 présentes sur la couche d'interconnexion 22.

Le couplage du réseau 14 de capteurs à la couche d'interconnexion 22 à l'aide d'un procédé de fixation à haute



température et utilisant un moyen de fixation 36 à point de fusion plus haut que celui du moyen de fixation 46 servant à coupler la pile 40 de capteurs au substrat 42 offre l'avantage d'empêcher une refusion secondaire lorsque la pile 40 de capteurs est fixée au substrat 42.

Dans le module 52 de capteur représenté sur la figure 1, le réseau 14 de capteurs est directement fixé à la couche d'interconnexion 22. En variante, le réseau 14 de capteurs peut être fixé indirectement à la couche d'interconnexion 22. A cette fin, un intercalaire peut être employé pour effectuer le couplage indirect. Considérant maintenant la figure 2, il y est représenté une autre forme de réalisation 60 d'un module de capteur. Dans la forme de réalisation illustrée sur la figure 2, un réseau 62 de capteurs coopère avec un intercalaire 64. Un intercalaire est une interface électrique assurant un acheminement d'une connexion à une autre. En particulier, l'intercalaire a pour but de changer un espacement entre des connexions ou de créer un nouveau cheminement vers une connexion. L'intercalaire 64 peut être flexible ou rigide selon les modes de réalisation. Un intercalaire rigide peut comporter un matériau FR4 tandis qu'un intercalaire flexible peut comporter un polyimide. De plus, l'intercalaire 64 peut comporter une matière céramique ou une matière organique.

Dans une configuration avantageuse, une seconde face du réseau 62 de capteurs est couplée à une première face de l'intercalaire 64 pour former une pile 63 de réseaux de capteurs à intercalaires. Une première pluralité de plages de contact 66 est disposée sur une seconde face de l'intercalaire 64, les plages de contact 66 étant conçues pour faciliter le couplage de la pile 63 de réseaux de capteurs à intercalaire à d'autres composants électroniques. Par exemple, la pile 63 de réseaux de capteurs à

intercalaire est couplée à une couche d'interconnexion 68. La couche d'interconnexion 68 peut comporter une couche de redistribution 70 et un circuit intégré 72 coopérant l'un avec l'autre. Dans la forme de réalisation de la figure 2, la couche de redistribution 70 est conçue pour faire coïncider une interface de la pile 63 de réseaux de capteurs à intercalaires avec une interface du circuit intégré 72. En particulier, la couche de redistribution 70 comporte une deuxième pluralité de plages de contact 74 disposées sur une première face de la couche de redistribution 70. La deuxième pluralité de plages de contact 74 sont disposées sur la première face de la couche de redistribution 70 de façon que l'agencement de la deuxième pluralité de plages de contact 74 corresponde à l'agencement de la première pluralité de plages de contact 66 disposées sur la seconde face de l'intercalaire 64.

Le circuit intégré 72 comporte un ou plusieurs trous traversants d'interconnexion 76. Des signaux d'alimentation électrique, des signaux de mise à la terre, des signaux analogiques et/ou des signaux numériques sont acheminés directement à partir du réseau 62 de capteurs par l'intermédiaire des TTS 76 juste sous la puce. Par ailleurs, une troisième pluralité de plages de contact 78 sont disposées sur une première face du circuit intégré 72. De plus, des rubans métalliques 80 associent la deuxième pluralité de plages de contact 74 à la troisième pluralité de plages de contact 78 et sont conçus pour transmettre des tensions et/ou des intensités entre le réseau 62 de capteurs et les circuits de traitement présents dans le circuit intégré 72.

La pile 63 de réseaux de capteurs à intercalaires coopère avec la couche d'interconnexion 68 pour former une pile 81 de capteurs. En particulier, la pile 63 de réseaux de capteurs à intercalaires coopère avec la couche d'interconnexion 68 pour

former une pile 81 de capteurs à l'aide d'un procédé de fixation à haute température. Dans une forme de réalisation, on utilise un procédé de fixation par billes de soudure à haute température pour associer la pile 63 de réseaux de capteurs à intercalaire à la couche d'interconnexion 68. A cette fin, un moyen de fixation 82, conçu pour faciliter l'association de la pile 63 de réseaux de capteurs à intercalaires à la couche d'interconnexion 68, est disposé sur chaque plage de la première pluralité de plages de contact 66 ou sur chaque plage de la deuxième pluralité de plages de contact 74. Comme indiqué précédemment, le moyen de fixation 82 peut comporter des billes de soudure, des colonnettes de cuivre ou une matière en phase liquide temporaire (PLT).

Ensuite, la pile 81 de capteurs est associée à un substrat 84 pour former le module 60 de capteur. Pour réaliser ce couplage, une ou plusieurs plages métalliques 86 sont disposées sur la seconde face de la couche d'interconnexion 72. Ensuite, une bosse de soudure 88 est disposée sur la plage ou sur chacune des plages métalliques 86. En outre, une série de plages métalliques 90 sont disposées sur le substrat 84 pour faciliter le couplage du substrat 84 à la seconde face de la couche d'interconnexion 68. Le substrat 84 peut être couplé à la seconde face de la couche d'interconnexion 68 à l'aide d'un procédé de fixation à basse température afin de former le module 60 de capteur.

Les figures 3 à 6 illustrent diverses formes de réalisation d'un circuit intégré, tel que le circuit intégré 26 de la figure 1. Dans une première forme de réalisation 100 illustrée sur la figure 3, un circuit intégré 102 présente des TTS 104 à deux faces ménagées à travers celui-ci. La pluralité de trous traversants d'interconnexion 104, tels que les trous traversants en silicium (TTS) 30 de la figure 1 sont ménagés dans une première face et une seconde face du

circuit intégré 102. Dans certaines formes de réalisation, un agencement des TTS dans la première face du circuit intégré 102 peut être différent d'un agencement des TTS dans la seconde face du circuit intégré 102. Cependant, l'agencement des TTS dans la première face et la seconde face du circuit intégré 102 peut, dans certaines autres formes de réalisation, être sensiblement le même. Considérant maintenant la figure 4, il y est représenté une forme de réalisation 110 d'un circuit intégré 112 ayant une pluralité de TTS 114 ménagés sous la forme d'un groupe partiel dans le circuit intégré 112. Par ailleurs, une forme de réalisation 120 illustrée sur la figure 5 représente un agencement de TTS 124 qui sont ménagés sur un pourtour d'un circuit intégré 122. Dans la présente description, l'expression "groupe partiel" sert à désigner un groupe de TTS qui ne recouvre pas toute la surface d'une puce avec un réseau en deux dimensions (2D) de TTS. La figure 6 montre une forme de réalisation 130 d'un circuit intégré 132 ayant une pluralité de TTS 134 organisés sous la forme d'un groupe complet dans le circuit intégré 132. Dans la présente description, l'expression "groupe complet" est employée pour désigner un groupe de TTS qui recouvre toute la surface d'une puce avec un réseau en 2D de TTS.

Comme indiqué précédemment, il est difficile de créer un grand réseau de capteurs à l'aide de techniques d'encapsulation classiques. De la sorte, il est souhaitable de mettre au point un type de pile de capteurs qui permette de construire un module de détection à grande superficie. L'empilement est une approche qui offre une solution intéressante aux problèmes liés à la construction d'un module de capteurs à grande superficie. Un exemple de module de détection selon la présente invention peut être construit en empilant des modules de capteurs individuels, plus petits, tels que

la pile 40 de capteurs (cf. figure 1), afin de former un module de détection d'une grande superficie (X, Y).

Selon une forme de réalisation de la présente invention, une pluralité de piles 40 de capteurs sont fabriquées. Par exemple, une  
5 plaquette comportant la pluralité de piles 40 de capteurs peut être fabriquée. La plaquette est ensuite découpée en puces pour former des piles individuelles de capteurs. Les piles individuelles de capteurs sont ensuite testées et les piles de capteurs satisfaisantes sont identifiées pour construire un module de détection à grande  
10 superficie.

Considérant maintenant la figure 7, il y est illustré une forme de réalisation 150 d'un exemple de module de détection. Une pluralité de piles 40 de capteurs (cf. figure 1) sont disposées suivant une combinaison déterminée sur une première face d'un  
15 substrat 152 afin de former un module de détection. Ordinairement, le substrat 152 peut comporter un matériau semiconducteur tel que du silicium, ou une matière flexible telle que du polyimide, bien que d'autres types de matières à propriétés similaires puissent être utilisés. Le substrat 152 peut également comporter d'autres  
20 composants, tels que des composants électroniques discrets.

Selon un exemple de la présente invention, la pluralité de piles 40 de capteurs sont fixées au substrat 152 afin de créer un réseau empilable à haute densité de piles 40 de capteurs à l'aide d'un processus de fixation par billes de soudure. L'utilisation d'un  
25 procédé de fixation par billes de soudure permet une mise en place précise des piles 40 de capteurs sur le substrat 152 pour former un module de détection à très haute densité 150, avec un très faible espacement d'une bille à une autre. La pluralité de piles 40 de capteurs peuvent être disposées de façon qu'un intervalle entre les  
30 piles 40 de capteurs soit relativement faible. Par exemple,

l'intervalle entre des piles 40 de capteurs disposées au voisinage immédiat les unes des autres peut être d'environ 5  $\mu\text{m}$  à environ 5200  $\mu\text{m}$ . Dans certaines formes de réalisation, l'intervalle entre piles de capteurs adjacentes 40 peut être d'environ 5  $\mu\text{m}$  à environ 50  $\mu\text{m}$ .

Le substrat 152 peut comporter des broches disposées sur une seconde face du module de détection 150 afin de former un module de détection enfichable. De la sorte, des moyens de couplage 154 sont formés sur une seconde face du substrat 152, les moyens de couplage 154 facilitant le couplage du module de détection 150 avec d'autres composants électroniques. A cette fin, une pluralité de plages métalliques 156 sont disposées sur la seconde face du substrat 152. Les moyens de couplage 154 sont disposés sur les plages métalliques 156. Dans une configuration avantageuse, les moyens de couplage 154 comportent une ou plusieurs colonnettes de cuivre. De la sorte, une colonnette de cuivre 154 est disposée sur chacune des plages métalliques 156. La combinaison de la pluralité de piles 40 de détecteurs (capteurs) avec le substrat 152 sur la seconde face duquel sont disposés des moyens de couplage 154 constitue le module de détection enfichable 150.

La figure 8 illustre une autre forme de réalisation 160 d'un exemple de module de détection à grande superficie. Comme indiqué précédemment en référence à la figure 7, une pluralité de piles 40 de capteurs sont disposées suivant une combinaison organisée sur une première face d'un substrat 162 afin de former le module de détection à grande superficie. Plus particulièrement, de multiples piles 40 de capteurs sont fixées au substrat 162 par des billes de soudure pour créer un module de détection 160 à très haute densité, avec un très faible espacement entre les billes. Là encore, des moyens de couplage 164 sont disposés sur une seconde face du

substrat 162, les moyens de couplage 164 facilitant le couplage du module de détection 160 à d'autres composants électroniques. En particulier, une pluralité de plages métalliques 166 sont disposées sur la seconde face du substrat 162. Les moyens de couplage 164 sont disposés sur les plages métalliques 166. Par ailleurs, dans la configuration de la figure 8, le moyen de couplage 164 comporte un boîtier matriciel à billes (BGA). Dans une forme de réalisation, le boîtier matriciel 164 à billes comporte une pluralité de billes de soudure facilitant le soudage du module de détection 160 à un niveau suivant du boîtier. En particulier, une bille de soudure 164 du boîtier matriciel à billes peut être disposée sur chacune des plages métalliques 166 pour former le module de détection 160, lequel est soudable à d'autres composants électroniques dans un boîtier.

Selon d'autres aspects de la présente invention, les modules de détection individuels enfichables 150 de la figure 7 peuvent être empilés pour former un réseau de détecteurs empilable plus grand. Considérant maintenant la figure 9, il y est illustré une forme de réalisation 170 d'un tel réseau de détecteurs à grande superficie. Dans une configuration avantageuse, une pluralité de modules de détection enfichables 150 sont disposés suivant une combinaison déterminée pour former un réseau de détecteurs plus grand. En particulier, les modules de détection individuels enfichables 150 peuvent être enfichés dans une carte mère 172 pour créer un grand réseau empilable ( $M \times N$ ), comme illustré sur la figure 9. Ainsi qu'on le comprendra, la carte mère 172 peut comporter d'autres composants tels que des réseaux prédiffusés programmables par l'utilisateur (FPGA), des circuits de conditionnement de courant, des régulateurs, des sources de courant continu et autres. Le repère 174 désigne globalement un support de connexion disposé sur la

carte mère 172, qui facilite le montage des modules de détection enfichables 150 sur la carte mère 172. On peut également noter que, si les modules de détection 160 de la figure 8 sont utilisés pour former un grand ( $M \times N$ ) réseau empilable, les différents modules de détection 160 sont fixés par soudage à la carte mère 172 par l'intermédiaire des supports 174. La conception du réseau 170 de détecteurs à grande superficie permet le remplacement de chaque module de détection, ce qui crée donc une unité remplaçable sur site (URS) permettant de démonter et de remplacer facilement un module de détection défectueux.

De plus, selon d'autres aspects de la présente invention, on peut réaliser un réseau empilé à grande superficie avec traitement numérique et analogique local des signaux. La figure 10 représente une vue en coupe 180 d'un réseau de détecteurs empilé à grande superficie. En particulier, dans la forme de réalisation illustrée sur la figure 10, une pluralité de modules de détection empilables, tels que les modules de détection 160 (cf. figure 8), est organisée suivant une combinaison déterminée pour former le réseau de détecteurs à grande superficie. En particulier, la pluralité de modules de détection 160 sont disposés sur un deuxième substrat 182 afin de créer un grand ( $M \times N$ ) réseau empilable, comme illustré sur la figure 10. Le deuxième substrat 182 peut globalement être appelé substrat commun du système.

Comme décrit précédemment en référence à la figure 8, chaque module de détection empilable 160 est composé d'une série de piles 40 de capteurs empilées disposées sur le premier substrat 162 (cf. figure 8). Selon des aspects de la présente invention, le module de détection 160 peut en outre comporter des circuits de traitement disposés sur une seconde face du substrat 162. Les circuits de traitement peuvent comporter des composants



électroniques de commande 184 et/ou d'autres composants électroniques frontaux 188. Les composants électroniques de commande 184 coopèrent, dans certaines formes de réalisation, avec la seconde face du premier substrat 162 par l'intermédiaire de boss

5 boss 186 de soudure. De même, les composants électroniques frontaux 188 coopèrent eux aussi avec la seconde face du premier substrat 162 par l'intermédiaire de boss 190 de soudure.

Les circuits de traitement que comportent les composants électroniques de commande 184 et/ou les composants électroniques frontaux 188 servent à exécuter des fonctions locales de traitement et de commande de signaux. Dans certaines formes de réalisation, les fonctions locales de traitement et de commande de signaux comprennent le stockage de données de configuration pour les piles respectives de capteurs, la synchronisation et la commande de la programmation et du fonctionnement des ASIC des piles respectives de capteurs, l'amplification, la commande de gain variable et la conversion analogique-numérique pour traiter les signaux issus des piles de capteurs, la régulation de tension, le découplage des sources d'alimentation ainsi que le conditionnement et l'émission/réception appropriée de signaux pour la mise en tampon des données reçues dans un bus de système en vue d'un traitement ultérieur. Les moyens d'émission/réception peuvent être de nature électronique (par exemple, la signalisation différentielle à basse tension (LVDS)), optique ou radioélectrique (RF).

10  
15  
20

Par ailleurs, le deuxième substrat 182 peut comporter une matière classique (par exemple, FR4) pour cartes de circuits imprimés, un substrat en silicium, un substrat en céramique, des circuits flexibles (par exemple, en capton) à substrat de support rigide, du verre ou autres matières. Le deuxième substrat 82 peut être plat ou peut avoir une forme différente. Par exemple, le

25  
30

deuxième substrat 182 peut être courbe, ce qui facilite la formation d'un réseau courbe destiné à servir en imagerie abdominale. De plus, le deuxième substrat 182 peut comporter un acheminement approprié de signaux pour fournir du courant et réaliser une mise à la terre ainsi que pour transmettre des signaux vers et depuis les différents modules empilables 160. En outre, le deuxième substrat 182 peut également servir uniquement de support physique pour les modules empilables 160, une interconnexion entre les modules empilables 160 étant réalisée à l'aide de moyens secondaires tels que des circuits souples fixés par un connecteur à chaque module empilable 160. De plus, les modules empilables 160 peuvent être fixés au deuxième substrat 182 à l'aide de billes de soudure, de bosses à pointe ou de colonnettes.

Une vue en plan 200 d'un réseau empilable de détecteurs est également illustrée sur la figure 11. En particulier, comme illustré sur la figure 11, une pluralité de modules de détection empilables tels que les modules empilables 160 (cf. figure 8) peuvent être empilés suivant une configuration  $(2 \times N)$  avec des intervalles minimales entre eux. Les repères 201 et 202 désignent respectivement un premier module de détection empilable et un second module de détection. Dans la forme de réalisation de la figure 11, les connexions pour signaux entre les modules empilables 201 et 202 peuvent être créées au-dessus et au-dessous d'une zone active du réseau 203 représenté. Le repère 204 désigne globalement des connexions pour signaux. De plus, pour un réseau entièrement empilé en 2D, les connexions pour signaux peuvent être amenées à passer juste derrière le réseau, comme illustré sur la vue en coupe de la figure 10.

La figure 12 est une illustration schématique d'une autre forme de réalisation 206 d'un module de capteurs. Dans la forme de

réalisation illustrée sur la figure 12, un réseau 207 est couplé de manière indirecte à un circuit intégré 214, par l'intermédiaire d'un intercalaire 208. De la sorte, le réseau 207 de capteurs coopère avec l'intercalaire 208. Comme indiqué précédemment, l'intercalaire 208 est une interface électrique transmettant des signaux entre deux connexions successives. Dans certaines formes de réalisation, l'intercalaire 208 peut comporter un intercalaire rigide alors que, dans certaines autres formes de réalisation, l'intercalaire 208 peut comporter un intercalaire flexible. Par exemple, l'intercalaire rigide peut comporter un matériau FR4 tandis que l'intercalaire flexible peut comporter un polyimide. De plus, l'intercalaire 208 peut comporter une matière céramique ou une matière organique.

Dans une configuration avantageuse, une seconde face du réseau 207 de capteurs est couplée à une première face de l'intercalaire 208 afin de former une pile de réseaux de capteurs à intercalaire. Pour faciliter ce couplage, une première pluralité de plages de contact 209 sont disposées sur une seconde face du réseau 207 de capteurs, les plages de contact 209 étant conçues pour faciliter le couplage du réseau 207 de capteurs à l'intercalaire 208. De plus, une deuxième pluralité de plages de contact 211 sont disposées sur une première face de l'intercalaire 208, tandis qu'une troisième pluralité de plages de contact 212 sont disposées sur une seconde face de l'intercalaire 208. La deuxième pluralité de plages de contact 211 facilitent le couplage du réseau 207 de capteurs avec l'intercalaire 208. En particulier, la deuxième pluralité de plages de contact 211 disposées sur la première face de l'intercalaire 208 est disposée sur la première face de l'intercalaire 208 de façon que, dans une forme de réalisation, l'agencement de la deuxième pluralité de plages de contact 211 coïncide avec l'agencement de la première pluralité de plages de contact 209 disposées sur la seconde face du

réseau 207 de capteurs. De plus, des rubans métalliques 213 font coopérer la deuxième pluralité de plages de contact 211 avec la troisième pluralité de plages de contact 212 et sont conçus pour transmettre des tensions et/ou des intensités entre le réseau 207 de capteurs et les circuits de traitement présents dans un circuit intégré 214.

De plus, selon des aspects de la présente invention, le réseau 207 de capteurs coopère avec l'intercalaire 208 grâce à un procédé de fixation à haute température. Dans une forme de réalisation, on utilise un procédé de fixation à haute température à billes de soudure pour faire coopérer le réseau 207 de capteurs avec l'intercalaire 208. A cette fin, un moyen de fixation 210 conçu pour favoriser la coopération du réseau 207 de capteurs avec l'intercalaire 208 est disposé sur chaque plage de la première pluralité de plages de contact 209 ou sur chaque plage de la deuxième pluralité de plages de contact 211. Comme indiqué précédemment, le moyen de fixation 210 peut comporter des billes de soudure, des colonnettes de cuivre ou une matière en phase liquide temporaire (PLT).

Selon d'autres aspects de la présente invention, un circuit intégré 214 coopère avec la seconde face de l'intercalaire 208. Pour réaliser ce couplage, une ou plusieurs plages de contact 215 sont disposées sur une première face du circuit intégré 214. En particulier, dans une forme de réalisation, la/les plages de contact 215 disposées sur la première face du circuit intégré 214 est/sont organisées sur la première face du circuit intégré 214 de façon que l'agencement de la/les plages de contact 215 coïncident avec l'agencement de la troisième pluralité de plages de contact 212 disposées sur la seconde face de l'intercalaire 208. De plus, un moyen de couplage 216 est disposé sur la troisième pluralité de

plages de contact 212 situées sur la seconde face de l'intercalaire 208 ou sur une ou plusieurs plages de contact 215 situées sur la première face du circuit intégré 214. Le moyen de couplage 216 est conçu de manière à faciliter la coopération du circuit intégré 214 avec l'intercalaire 208. Ici encore, le moyen de couplage 216 peut comporter des billes de soudure, des colonnettes de cuivre ou une matière en phase liquide transitoire (PLT). De plus, le circuit intégré 214 peut être couplé à l'intercalaire 208 à l'aide d'un procédé de fixation à haute température.

En outre, une série de plages métalliques 217 sont disposées sur la seconde face de l'intercalaire 208. Ces plages métalliques 217 facilitent le couplage, à un substrat 220, de la pile composée du réseau 207 de capteurs, de l'intercalaire 208 et du circuit intégré 214. En particulier, le substrat 220 est couplé à la seconde face de l'intercalaire 208. De plus, des plages métalliques 219 sont disposées sur une première face du substrat 220. Un moyen de couplage 218 est disposé sur les plages métalliques 217 ou sur les plages métalliques 219. Le moyen de couplage 218 facilite le couplage du substrat 220 avec la seconde face de l'intercalaire 208. En particulier, selon des aspects de la présente invention, le substrat 220 est couplé à la seconde face de l'intercalaire 208 à l'aide d'un procédé de fixation à basse température, afin de former le module 206 de capteurs.

Considérant maintenant la figure 13, il y est représenté une vue en coupe 222 d'un réseau de détecteurs à grande superficie à empilement. En particulier, dans la forme de réalisation illustrée sur la figure 13, une pluralité de modules de détection empilables 223 est organisée sous la forme d'une combinaison déterminée afin de former un réseau de détecteurs à grande superficie. En particulier, la pluralité de modules de détection 223 est agencée sur un

deuxième substrat 226 afin de créer un grand ( $M \times N$ ) réseau empilable, représenté sur la figure 13. Le deuxième substrat 226 peut globalement être appelé substrat commun du système.

On peut noter que chaque module de détection empilable 223  
5 est composé d'une série de piles de capteurs empilés 206 (cf. figure 12) installées sur le premier substrat 220 (cf. figure 12). Selon des aspects de la présente invention, le module de détection 223 peut en outre comprendre des circuits de traitement disposés sur une seconde face du substrat 220. Les circuits de traitement peuvent  
10 comporter des composants électroniques de commande 227 et/ou d'autres composants électroniques frontaux 229. Les composants électroniques de commande 227 coopèrent, dans certaines formes de réalisation, avec la seconde face du premier substrat 220 par l'intermédiaire de bosses de soudure 228. De même, les composants  
15 électroniques frontaux 229 coopèrent également avec la seconde face du premier substrat 220 par l'intermédiaire de bosses de soudure 231.

Comme indiqué plus haut, les circuits de traitement qui comportent les composants électroniques de commande 227 et/ou  
20 les composants électroniques frontaux 229 servent à exécuter des fonctions locales de traitement et de commande de signaux. Par ailleurs, le deuxième substrat 226 peut comporter une matière ordinaire (par exemple FR4) de carte de circuit imprimé, un substrat en silicium, un substrat en céramique, des circuits flexibles (par  
25 exemple, en capton) avec un substrat rigide de support, du verre ou d'autres matières. Le deuxième substrat 226 peut être plat ou peut avoir une forme différente. De plus, les modules empilables 223 peuvent être fixés au deuxième substrat 226 à l'aide de moyens de couplage 225. Les moyens de couplage 225 peuvent comporter des  
30 billes de soudure, des bosses à pointe ou des colonnettes. Le repère

224 représente globalement des plages métalliques disposées sur la seconde face du substrat 220. Les moyens de couplage 225 peuvent être disposés sur ces plages métalliques 224 pour faciliter le couplage de la pluralité de modules de détection empilables 223 au deuxième substrat 226. Selon des aspects de la présente technique, la pluralité de modules de détection empilables 223 peuvent être couplés au deuxième substrat 226 à l'aide d'un procédé de fixation à basse température.

Par ailleurs, comme illustré sur la figure 2, un réseau de capteurs peut être couplé indirectement à une couche d'interconnexion par l'intermédiaire d'un intercalaire. La figure 14 illustre schématiquement un procédé pour former le module de capteur de la figure 2. Le procédé comprend la réalisation d'un intercalaire 232, identique à l'intercalaire 64 de la figure 2, comme indiqué par la figure 14(a). L'intercalaire 232 a une première face 234 et une seconde face 236. Dans une configuration avantageuse, l'intercalaire 232 comporte un intercalaire organique. On peut noter que l'intercalaire peut également être formé à l'aide d'autres matières à propriétés similaires. De plus, selon des aspects de la présente technique, l'intercalaire 232 comporte un ou plusieurs trous traversants d'interconnexion 238, le/les trous traversants d'interconnexion 238 étant remplis d'une résine époxy destinée à optimiser les performances d'un réseau de capteurs. De plus, une première série de plages de contact 240 sont disposées sur les trous traversants d'interconnexion 238 sur la première face 234 de l'intercalaire 232, tandis qu'une seconde série de plages de contact 242 sont disposées sur les trous traversants d'interconnexion 238 sur la seconde face 236 de l'intercalaire 232. La première série de plages de contact 240 facilitent le couplage d'un réseau de capteurs avec la première face 234 de l'intercalaire 232, tandis que la

seconde série de plages de contact 242 facilitent le couplage de la seconde face 236 de l'intercalaire 232 avec d'autres composants électroniques tels qu'un ASIC.

De plus, un premier raidisseur 244 est disposé sur la seconde  
5 face 236 de l'intercalaire 232. Dans une forme de réalisation, le premier raidisseur 244 peut également être collé sur une partie de la seconde face 236 de l'intercalaire 232. Par exemple, le premier raidisseur 244 peut, dans une forme de réalisation, être fixé sur le pourtour de la seconde face 236 de l'intercalaire 232. Le premier  
10 raidisseur 244 est conçu pour supporter l'intercalaire 232 afin de maintenir la rigidité et la planéité de l'intercalaire 232. Le premier raidisseur 244 peut être réalisé en acier inoxydable ou peut être constitué par un élément en céramique. On peut noter que l'acier inoxydable sert à former le premier raidisseur 244, car l'acier  
15 inoxydable a une valeur de coefficient de dilatation thermique (CDT) de 11 ppm/°C, ce qui correspond à peu près à la valeur de CDT du substrat. Par ailleurs, le premier raidisseur 244 peut avoir une forme annulaire, une forme de boîtier, une forme circulaire, une forme rectangulaire ou autres.

20 Ensuite, comme illustré sur la figure 14(b), une couche 246 de capteurs est réalisée. En particulier, la couche 246 de capteurs est disposée sur la première face 234 de l'intercalaire 232 afin de former une pile 256 de réseau de capteurs à intercalaire. Cette couche 246 de capteurs peut comporter un réseau 248 de capteurs et  
25 une couche de support 250. Le réseau 248 de capteurs peut aussi avoir une épaisseur d'environ 50  $\mu\text{m}$  à environ 3000  $\mu\text{m}$ . Dans certaines formes de réalisation, la couche de support 250 est conçue pour assurer le soutien du réseau 248 de capteurs. En outre, si le réseau 248 de capteurs comporte un réseau de transducteurs à  
30 ultrasons, la couche de support 250 peut également être conçue pour



servir de réflecteur d'ultrasons. Par exemple, pour une sonde échographique, la couche de support 250 est constituée de carbure de tungstène (WC) et sert à favoriser le guidage des ultrasons vers l'extérieur.

5           Par ailleurs, comme illustré en outre par la figure 14(b), le réseau 248 de capteurs peut être découpé en puces pour former une pluralité d'éléments détecteurs 252 avant la fixation de la pile 256 de réseau de capteurs à intercalaire à d'autres composants électroniques. Le repère 254 représente globalement les traits de  
10       scie. Le découpage en puces du réseau 248 de capteurs pour former les éléments détecteurs 252 après la formation de la pile 256 de réseau de capteurs à intercalaire mais avant le couplage de la pile 256 de réseau de capteurs à intercalaire à d'autres composants électroniques évite avantageusement l'exposition de composants  
15       électroniques sensibles tels que les ASIC aux fortes vibrations et à la poussière produites pendant le processus de découpage. Par ailleurs, l'utilisation de l'intercalaire 232 permet de séparer le processus de formation de réseau de capteurs du processus de fixation à des composants micro-électroniques plus propres servant  
20       à fixer la pile 256 de réseau de capteurs à intercalaire à l'ASIC.

          On peut noter que si le réseau 248 de capteurs comporte un réseau de transducteurs à ultrasons, le réseau 248 de transducteurs à ultrasons peut, dans un exemple, comporter des transducteurs capacitifs micro-usinés (cMUT). Dans ce cas, l'étape de découpage  
25       en puces de la figure 14(b) pour former la pluralité d'éléments détecteurs peut être supprimée.

          De plus, comme illustré par la figure 14(c), un second raidisseur 258 est disposé sur la première face 234 de l'intercalaire 232. Le second raidisseur 258 est formé à l'aide d'éléments en acier  
30       ou en céramique. En particulier, le second raidisseur 258 est formé

à l'aide d'une matière à module relativement élevé. En outre, le second raidisseur 258 est conçu pour supporter la couche d'intercalaire 232 qui est ordinairement formée à l'aide d'une matière à module relativement bas. De plus, le second raidisseur 258 est conçu pour assurer un soutien mécanique de la structure de l'intercalaire 232 sur la première face 234, en créant de ce fait une surface plane, non encombrée, qui permet la sérigraphie et d'autres opérations. Dans une forme de réalisation, on utilise un procédé à basse température pour fixer le second raidisseur 258 à la première face 234 de l'intercalaire 232. Par ailleurs, le premier raidisseur 244 est scié, comme illustré par la figure 14(d), ce qui donne une configuration de la pile de capteurs qui permet de déposer à basse température sur les plages de contact 242, par sérigraphie, une résine époxy, avec de faibles espacements. Dans ce cas, le premier raidisseur 244 sert à soutenir la structure pendant la fabrication de la couche 246 de capteurs. Cependant, le premier raidisseur 244 est ensuite éliminé pour permettre l'exécution d'autres opérations sur les plages de contact 242. Par ailleurs, comme indiqué par la figure 14(e), une pile 260 de capteurs est formée. Cette pile 260 de capteurs peut ensuite être fixée à une première face d'une couche d'interconnexion pouvant comporter un ou plusieurs ASIC.

La figure 15 illustre une forme de réalisation 270 d'un module de capteurs analogue au module 60 de capteur de la figure 2. Sur la figure 15, la pile 246 de capteurs (cf. figure 14) coopère avec une couche d'interconnexion 272. Comme indiqué précédemment, la couche d'interconnexion 272 peut comporter une couche de redistribution 274 et un circuit intégré 276 tel qu'un ASIC. En particulier, pour coupler la pile 246 de capteurs à la couche d'interconnexion 272, une pluralité de bosses à pointes 278 peuvent, dans une forme de réalisation, être disposées sur la

seconde série de plages métalliques 242 (cf. figure 14). Dans certaines formes de réalisation, les bosses à pointes 278 peuvent comporter des bosses à pointes en or (Au). Un procédé de fixation par résine époxy est employé pour fixer les bosses à pointes en or à la seconde série de plages métalliques 242. Ces bosses à pointes en or 278 contribuent à maintenir une hauteur uniforme entre la pile 246 de capteurs et la couche d'interconnexion 272. La pile 246 de capteurs peut être fixée à la couche d'interconnexion 272 à l'aide d'un procédé à basse température afin de former le module 270 de capteurs.

On peut noter que, puisque le procédé de fixation du second raidisseur 258 à la première face 234 de l'intercalaire 232 et le procédé de fixation de la couche 256 de réseaux de capteurs à intercalaire à la couche d'interconnexion 232 sont exécutés à des températures relativement basses (par exemple, des températures inférieures à 100°C), le module 70 de capteurs n'est pas endommagé. Par exemple, la température basse pour une matière de transducteur à ultrasons signifie que la matière n'a pas à être repolarisée pour assurer sa propriété piézoélectrique. Par ailleurs, pour un détecteur de rayonnement, la matière conserve une grande résistivité et une bonne efficacité de collecte de charges. En outre, certains modules de capteurs sont thermosensibles. En particulier, les matières piézoélectriques telles que le zirconate et titanate de plomb (PZT) couramment utilisées perdent leurs caractéristiques piézoélectriques à mesure que la température s'approche d'une température caractéristique,  $T_c$ , la température de Curie. Pour une formulation courante PZT-5H, la température de Curie est de 190°C. La possibilité de traiter l'interconnexion à  $T \ll T_c$  est avantageuse, car cela évite des étapes de traitement supplémentaires qui seraient

nécessaires pour régénérer l'activité piézoélectrique dans la matière. On notera que ce processus est appelé repolarisation.

5 Selon d'autres aspects de la présente invention, la pile 246 de capteurs peut être amenée à coopérer avec la couche d'interconnexion 272 à l'aide de colonnettes de cuivre au lieu de la combinaison avec des bosses à pointes en or 278 de la figure 15. La figure 16 illustre une autre forme de réalisation 280 d'un module de capteurs analogue au module 60 de capteur de la figure 2. En particulier, sur la figure 16, la pile 246 de capteur (cf. figure 14) 10 coopère avec une couche d'interconnexion telle que la couche d'interconnexion 272 (cf. figure 15) à l'aide de colonnettes 282 en cuivre. De la sorte, les colonnettes 282 en cuivre sont disposées sur la seconde série de plages métalliques 242 pour faciliter le couplage de la pile 246 de capteurs à la couche d'interconnexion 272.

15 Les diverses formes de réalisation des modules de détection décrits plus haut peuvent être employées dans un système d'imagerie médicale tel qu'un système d'imagerie échographique. La figure 17 est un schéma de principe d'une forme de réalisation d'un système d'imagerie échographique 290. Le système d'imagerie échographique 290 est représenté comme comprenant un sous-système d'acquisition 292 et un sous-système de traitement 294. Le sous-système d'acquisition 292 peut comporter un ensemble transducteur 306. De plus, le sous-système d'acquisition 292 comporte des circuits de commutation d'émission/réception (E/R) 308, un émetteur 310, un 20 récepteur 312 et un conformateur de faisceau 314.

Dans une forme de réalisation, l'ensemble transducteur 306 peut être disposé dans un dispositif d'acquisition d'image tel qu'une sonde échographique. Par ailleurs, dans certaines formes de réalisation, l'ensemble transducteur 306 comporte ordinairement une 30 pluralité d'éléments transducteurs (non représentés) disposés de

manière mutuellement espacée pour former une matrice de transducteurs, par exemple une matrice de transducteurs unidimensionnelle ou bidimensionnelle. Dans une configuration avantageuse, les modules de détection 150, 160, 170 et 180 peuvent être utilisés dans l'ensemble transducteur 306. De plus, l'ensemble transducteur 306 peut comporter une structure d'interconnexion (non représentée) conçue pour faciliter la coopération du réseau de transducteurs avec un dispositif extérieur (non représenté) tel qu'un ensemble de câblages ou des composants électroniques associés. La structure d'interconnexion peut être conçue pour coupler la matrice de transducteurs aux circuits de commutation E/R 308.

Le sous-système de traitement 294 comprend un processeur de commande 316, un démodulateur 318, un processeur 320 de mode d'imagerie, un convertisseur de balayage 322 et un processeur d'affichage 324. Le processeur d'affichage 324 est en outre couplé à un écran d'affichage 300 pour afficher des images. L'interface utilisateur 302 coopère avec le processeur de commande 316 et l'écran 300. Le processeur de commande 316 peut également être couplé à un sous-système de connectivité distant 326 comportant un serveur Internet 328 et une interface de connectivité distante 330. Le sous-système de traitement 294 peut en outre être couplé à une base de données 298 conçue pour recevoir des données d'images échographiques. La base de données 298 coopère avec un poste de travail d'imagerie 334.

Les organes ci-dessus peuvent être des éléments matériels spécialisés tels que des cartes de circuits avec des processeurs numériques de signaux ou peuvent être un logiciel exécuté dans un ordinateur polyvalent ou un processeur tel qu'un ordinateur personnel standard (PC). Les divers organes peuvent être combinés ou séparés suivant diverses formes de réalisation de la présente

invention. On comprendra que le système d'imagerie échographique 290 est présenté ici à titre d'exemple nullement limitatif d'application de l'invention.

5 Dans le sous-système d'acquisition 292, l'ensemble transducteur 306 est au contact d'un patient 332. L'ensemble transducteur 306 est couplé aux circuits de commutation d'émission/réception (E/R) 308. Les circuits de commutation E/R 308 coopèrent également avec une sortie de l'émetteur 310 et une entrée du récepteur 312. La sortie du récepteur 312 est une entrée  
10 du conformateur de faisceau 314. De plus, le conformateur de faisceau 314 est en outre couplé à une entrée de l'émetteur 310 et à une entrée du démodulateur 318. Le conformateur de faisceau 314 coopère également avec le processeur de commande 316 représenté sur la figure 17.

15 Dans le sous-système de traitement 294, la sortie du démodulateur 318 coopère avec une entrée du processeur 320 de mode d'imagerie. De plus, le processeur de commande 316 est en interface avec le processeur 320 de mode d'imagerie, le convertisseur de balayage 322 et le processeur d'affichage 324. Une  
20 sortie du processeur 320 du mode d'imagerie est couplée à une entrée du convertisseur de balayage 322. Une sortie du convertisseur de balayage 322 coopère également avec une entrée du processeur d'affichage 324. La sortie du processeur d'affichage 324 est couplée à l'écran d'affichage 300.

25 Le système échographique 290 émet des ultrasons en direction du patient 332 et reçoit et traite des signaux rétrodiffusés depuis le patient 332 afin de créer et d'afficher une image. Pour générer un faisceau d'ultrasons émis, le processeur de commande 316 envoie une instruction sous forme de données au conformateur  
30 de faisceau 314 afin de générer des paramètres d'émission pour

créer un faisceau d'une forme voulue émanant d'un certain point à la surface de l'ensemble transducteur 306, suivant un angle d'orientation voulu. Les paramètres d'émission sont envoyés à l'émetteur 310 depuis le conformateur de faisceau 314. L'émetteur 310 utilise les paramètres d'émission pour coder convenablement des signaux d'émission à envoyer à l'ensemble transducteur par l'intermédiaire des circuits de commutation E/R 308. Les signaux d'émission sont réglés à certains niveaux et phases les uns par rapport aux autres et sont fournis à des éléments transducteurs individuels de l'ensemble transducteur 306. Les signaux d'émission excitent les éléments transducteurs pour émettre des ultrasons ayant les mêmes relations de phase et de niveau. De la sorte, un faisceau d'ultrasons émis est formé dans le patient 332 sur une ligne de balayage lorsque l'ensemble transducteur 306 est couplé acoustiquement au patient 332, par exemple à l'aide d'un gel d'échographie. Le processus est appelé balayage électronique.

Dans une forme de réalisation, l'ensemble transducteur 306 peut être un transducteur bidirectionnel. Lorsque des ultrasons sont émis en direction du patient 332, les ultrasons sont rétrodiffusés depuis les échantillons de tissus et de sang à l'intérieur du patient 332. L'ensemble transducteur 306 reçoit à différents instants les ondes (ultrasons) rétrodiffusées, en fonction de la distance aux tissus depuis laquelle ils reviennent et de l'angle par rapport à la surface de l'ensemble transducteur 306 sur laquelle ils reviennent. Les éléments transducteurs convertissent en signaux électriques l'énergie ultrasonore des ultrasons rétrodiffusés.

Les signaux électriques sont ensuite acheminés jusqu'au récepteur 312 via les circuits de commutation E/R 308. Le récepteur 312 amplifie et numérise les signaux reçus et assure d'autres fonctions telles que la compensation de gain. Les signaux numérisés

reçus correspondant aux ultrasons rétrodiffusés reçus à différents instants par chaque élément transducteur dépendent de la longueur des trajets acoustiques dans les tissus. Par ailleurs, les signaux numérisés reçus préservent les informations d'amplitude et de phase  
5 des ultrasons rétrodiffusés.

Les signaux numérisés sont envoyés au conformateur de faisceau 314. Le processeur de commande 316 envoie des instructions sous forme de données au conformateur de faisceau 314. Le conformateur de faisceau 314 utilise les instructions pour  
10 former un faisceau de réception émanant d'un point à la surface de l'ensemble transducteur 306 suivant un angle d'orientation correspondant normalement au point et à l'angle d'orientation du faisceau d'ultrasons précédent émis suivant une ligne de balayage. Le conformateur de faisceau 314 agit sur les signaux appropriés  
15 reçus en effectuant une temporisation et une focalisation, conformément aux instructions des données fournies par le processeur de commande 316, afin de créer des signaux de faisceaux reçus correspondant à des volumes d'échantillons sur une ligne de balayage dans le patient 332. Les informations de phase,  
20 d'amplitude et de synchronisation des signaux reçus des divers éléments transducteurs servent à créer les signaux de faisceaux reçus.

Les signaux de faisceaux reçus sont envoyés au sous-système de traitement 294. Le démodulateur 318 démodule les signaux de  
25 faisceaux reçus afin de créer des paires de valeurs de données démodulées I et Q correspondant à des volumes d'échantillons le long de la ligne de balayage. La démodulation s'effectue en comparant la phase et l'amplitude des signaux de faisceaux reçus avec une fréquence de référence. Les valeurs des données



démodulées I et Q préservent les informations de phase et d'amplitude des signaux reçus.

Les données démodulées sont transmises au processeur 320 de mode d'imagerie. Le processeur 320 de mode d'imagerie utilise des techniques d'estimation de paramètres pour générer des valeurs de paramètres d'imagerie à partir des données démodulées au format de la séquence de balayage. Les paramètres d'imagerie peuvent comporter des paramètres correspondant à divers modes d'imagerie possibles tels que, par exemple, le mode B, le mode vitesse et couleur, le mode Doppler spectral et le mode d'imagerie par vitesse dans les tissus. Les valeurs des paramètres d'imagerie sont communiquées au convertisseur de balayage 322. Le convertisseur de balayage 322 traite les données de paramètres en effectuant une transcription du format de séquence de balayage en format d'affichage. La transcription comporte l'exécution d'opérations d'interpolation sur les données de paramètres pour créer des données de pixels d'affichage au format d'affichage.

Les données de pixels de balayage converties sont envoyées au processeur d'affichage 324 pour exécuter un éventuel filtrage spatial ou temporel final des données de balayage converties en pixels, afin d'appliquer une échelle de gris ou une couleur aux données de balayage converties en pixels, et pour convertir les données numériques de pixels en données analogiques en vue d'un affichage sur l'écran 300. L'interface utilisateur 302 est couplée au processeur de commande 316 pour permettre à un utilisateur de travailler en interface avec le système d'imagerie échographique 290 d'après les données affichées sur l'écran 300.

Par ailleurs, les exemples, démonstrations et étapes de traitement telles que celles exécutables par le système d'imagerie 290, le sous-système d'acquisition 292 et/ou le sous-système de

traitement 294 peuvent être mis en œuvre par un code adéquat sur un système à processeur, par exemple un ordinateur polyvalent ou spécialisé. Il faut également souligner que différentes mises en œuvre de la présente technique peuvent exécuter tout ou partie des

5 étapes décrites ici, dans des ordres différents ou sensiblement en même temps, c'est-à-dire en parallèle. Par ailleurs, les fonctions peuvent être exécutées dans divers langages de programmation, dont, mais d'une manière nullement limitative, C++ ou Java. Ce code peut être stocké ou adapté pour être stocké sur un ou plusieurs

10 supports physiques lisibles par une machine, par exemple sur des puces de bases de données, des disques durs locaux ou distants, des disques optiques (à savoir des CD ou des DVD), dans une mémoire ou autres supports, auxquels un système à processeur peut accéder pour exécuter le code stocké. On notera que les supports physiques

15 peuvent comporter du papier ou un autre support approprié sur lequel sont imprimées les instructions. Par exemple, les instructions peuvent être saisies électroniquement par balayage optique du papier ou autre support, puis compilées, interprétées ou autrement traitées d'une manière adéquate si nécessaire, puis stockées dans la

20 base de données 298 ou la mémoire.

Les procédés pour former les modules de détection et les diverses formes de réalisation des modules de détection décrites plus haut accroissent énormément la possibilité de former des réseaux bidimensionnels empilables à haute densité de capteurs. En

25 particulier, les trous traversants en silicium (TTS) de l'ASIC permettent d'acheminer les signaux de courant, les signaux de mise à la terre, les signaux analogiques et/ou les signaux numériques directement sous la puce. De plus, les procédés décrits plus haut permettent de fixer le réseau de capteurs sur le dessus de l'ASIC à

30 l'aide d'un procédé de fixation à haute température de manière à

former une pile de capteurs. Par ailleurs, l'empilement du capteur directement par-dessus l'ASIC traversé par les TTS permet la formation d'un élément empilable qui peut être manipulé à la manière d'une puce de type « Flip Chip ».

5           De plus, de multiples piles de capteurs peuvent être fixées par des billes de soudure à un substrat pour créer un module de détection à très haute densité, avec un très faible espacement d'une bille à une autre. Par ailleurs, ces modules de détection peuvent être adaptés sous la forme de modules de détection enfichables. Ces  
10 modules de détection enfichables peuvent ensuite servir à créer un plus grand réseau empilable. Ce concept de regroupement offre la possibilité de créer des réseaux de détecteurs à haute densité, de telle sorte que, lorsque toute la pile est fixée, l'interconnexion ne subisse pas de refusion. Par ailleurs, un module de détection d'URS  
15 peut être formé soit en enfichant soit en soudant les modules de détection sur un substrat. De plus, le procédé contribue à créer une pile de capteurs sur un intercalaire et au couplage de cette pile sur l'ASIC. De plus, ce concept de regroupement peut être utilisé pour créer un boîtier très bas et très petit, destiné à des systèmes  
20 portatifs.

### Liste des repères

	10	Organigramme d'un procédé pour former un module de capteurs
5	12	Etape de réalisation d'un réseau de capteurs
	14	Réseau de capteurs
	16	Première face du réseau de capteurs
	18	Seconde face du réseau de capteurs
	20	Plages de contact
10	22	Couche d'interconnexion
	24	Couche de redistribution
	26	Circuit intégré
	28	Plages de contact
	30	Trous traversants d'interconnexion
15	32	Plages de contact
	34	Rubans métalliques
	36	Moyen de fixation
	38	Etape de formation de la pile de capteurs
	40	Pile de capteurs
20	42	Substrat
	44	Plages métalliques
	46	Bosses de soudure
	48	Plages métalliques
	50	Etape représentant le module de capteur formé
25	52	Module de capteur
	60	Module de capteur
	62	Réseau de capteurs
	63	Pile de réseaux de capteurs à intercalaire
	64	Intercalaire
30	66	Plages de contact

	68	Couche d'interconnexion
	70	Couche de redistribution
	72	Circuit intégré
	74	Plages de contact
5	76	Trous traversants d'interconnexion
	78	Plages de contact
	80	Rubans métalliques
	81	Pile de capteurs
	82	Moyen de fixation
10	84	Substrat
	86	Plages métalliques
	88	Bosses de soudure
	90	Plages métalliques
	100	Circuit intégré avec trous traversants en silicium (TTS)
15	102	Circuit intégré
	104	TTS
	110	Circuit intégré à trous traversants en silicium (TTS)
	112	Circuit intégré
	114	TTS
20	120	Circuit intégré à trous traversants en silicium (TTS)
	122	Circuit intégré
	124	TTS
	130	Circuit intégré à trous traversants en silicium (TTS)
	132	Circuit intégré
25	134	TTS
	150	Module de détection
	152	Substrat
	154	Moyen de couplage
	156	Plages métalliques
30	160	Module de détection

	162	Substrat
	164	Moyen de couplage
	166	Plages métalliques
	170	Réseau de détecteurs à grande superficie
5	172	Carte mère
	174	Support
	180	Réseau de détecteurs à grande superficie
	182	Substrat commun du système
	184	Composants électroniques de commande
10	186	Bosses de soudure
	188	Composants électroniques frontaux
	190	Bosses de soudure
	200	Vue en plan d'un réseau de détecteurs à grande superficie
	201	Première pile
15	202	Seconde pile
	203	Réseau actif
	204	Connexions pour signaux
	206	Pile de capteurs
	207	Réseau de capteurs
20	208	Intercalaire
	209	Plages de contact
	210	Bosses de soudure
	211	Plages de contact
	212	Plages de contact
25	213	Rubans métalliques
	214	Circuit intégré
	215	Plages de contact
	216	Bosses de soudure
	217	Plages métalliques
30	218	Bosse de soudure

	219	Plages métalliques
	220	Substrat
	222	Réseau de détecteurs à grande superficie
	223	Module de détecteurs
5	224	Plages de contact
	225	Bosses de soudure
	226	Substrat commun du système
	229	Composants électroniques de commande
	228	Bosses de soudure
10	229	Composants électroniques frontaux
	230	Procédé pour former un module de capteurs ayant un intercalaire
	231	Bosses de soudure
	232	Intercalaire
15	234	Première face de l'intercalaire
	236	Seconde face de l'intercalaire
	238	Trous traversants d'interconnexion
	240	Plages de contact
	242	Plages de contact
20	244	Premier raidisseur
	246	Couche de capteurs
	248	Réseau de capteurs
	250	Couche de support
	252	Eléments détecteurs
25	254	Traits de scie
	256	Pile de réseaux de capteurs à intercalaire
	258	Second raidisseur
	260	Pile de capteurs
	270	Module de détection
30	272	Couche d'interconnexion

	274	Couche de redistribution
	276	Circuit intégré
	278	Bosses à pointes
	280	Module de détection
5	282	Colonnettes de cuivre
	290	Système d'imagerie médicale
	292	Sous-système d'acquisition
	294	Sous-système de traitement
	298	Base de données
10	300	Ecran
	302	Interface utilisateur
	306	Ensemble transducteur
	308	Circuits de commutation E/R
	310	Emetteur
15	312	Récepteur
	314	Conformateur de faisceau
	316	Processeur de commande
	318	Démodulateur
	320	Processeur de mode d'imagerie
20	322	Convertisseur de balayage
	324	Processeur d'affichage
	326	Sous-système de connectivité à distance
	328	Serveur Internet
	330	Interface
25	332	Patient
	334	Poste de travail d'imagerie



## REVENDICATIONS

1. Procédé pour former un réseau de détecteurs empilable, comprenant :

la formation d'un module de détection, comprenant :

5 la réalisation d'un réseau de capteurs ayant une première face et une seconde face, le réseau de capteurs comportant une première pluralité de plages de contact disposées sur la seconde face du réseau de capteurs ;

10 la disposition du réseau de capteurs sur une couche d'interconnexion, la couche d'interconnexion comportant :

une couche de redistribution ayant une première face et une seconde face, la couche de redistribution comportant une deuxième pluralité de plages de contact disposées sur la première face de la couche de redistribution ;

15 un circuit intégré ayant une pluralité de trous traversants d'interconnexion ménagés à travers celui-ci, une première face du circuit intégré coopérant avec la seconde face de la couche de redistribution ;

20 le réseau de capteurs étant disposé sur la couche d'interconnexion de façon que la première pluralité de plages de contact sur la seconde face du réseau de capteurs soient alignées avec la deuxième pluralité de plages de contact sur la première face de la couche de redistribution ;

25 la coopération de la première pluralité de plages de contact situées sur la seconde face du réseau de capteurs avec la deuxième pluralité de plages de contact situées sur la première face de la couche de redistribution afin de former une pile de capteurs ;

le couplage de la pile de capteurs à un premier substrat pour former le module de détection ; et

l'empilement d'une pluralité de modules de détection sur un deuxième substrat pour former le réseau de détecteurs empilable.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la coopération de la première pluralité de plages de contact situées sur la seconde face du réseau de capteurs avec la deuxième pluralité de plages de contact situées sur la première face de la couche de redistribution comporte l'emploi d'un procédé de fixation par billes de soudure à haute température pour former la pile de capteurs.

3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'empilement de la pluralité de modules de détection comporte l'utilisation d'un procédé de fixation par billes de soudure pour fixer la pluralité de modules de détection au deuxième substrat.

4. Procédé selon la revendication 1, comprenant en outre la disposition d'une pluralité de billes de soudure, d'une pluralité de pointes ou d'une combinaison de celles-ci sur une seconde face du deuxième substrat pour former un module de détection enfichable.

5. Procédé selon la revendication 4, comprenant en outre la disposition d'une pluralité de modules de détection enfichables sur un troisième substrat afin de former une unité remplaçable sur site.

6. Procédé selon la revendication 1, comprenant en outre le couplage de circuits de traitement à une seconde face du deuxième substrat, les circuits de traitement comportant des composants électroniques de commande, des composants électroniques frontaux ou à la fois des composants électroniques de commande et des composants électroniques frontaux.

7. Réseau de détecteurs empilable (170), comprenant :  
un premier substrat (162) ayant une première face et une seconde face ;

une pluralité de modules de détection (160) organisés sur la première face du premier substrat (170), chaque module de la pluralité de modules de détection (160) comprenant :

5 un réseau (14) de capteurs ayant une première face et une seconde face, une première pluralité de plages de contact (20) étant disposées sur la seconde face du réseau (14) de capteurs ;

une couche d'interconnexion (22) comportant :

10 une couche de redistribution (24) ayant une première face et une seconde face, la couche de redistribution (24) comportant une deuxième pluralité de plages de contact (28) disposées sur la première face de la couche de redistribution (24) ;

15 un circuit intégré (26) ayant une pluralité de trous traversants d'interconnexion (30) ménagés à travers celui-ci, une première face du circuit intégré (26) coopérant avec la seconde face de la couche de redistribution (24),

20 le réseau (14) de capteurs étant disposé sur la couche d'interconnexion (22) de façon que la première pluralité de plages de contact (20) situées sur la seconde face du réseau (14) de capteurs soient alignées avec la deuxième pluralité de plages de contact (28) situées sur la première face de la couche de redistribution, et la première pluralité des plages de contact (20) sur la seconde face du réseau (14) de capteurs coopérant avec la deuxième pluralité de plages de contact (28) sur la couche de redistribution (24) ; et

25 un moyen de couplage (154) disposé sur une seconde face du circuit intégré (26),

30 la pluralité de modules de détection (160) étant couplés à la première face du premier substrat (162) par l'intermédiaire du moyen de couplage (154) disposé sur la seconde face du circuit intégré (26).

8. Réseau de détecteurs empilable (170) selon la revendication 7, comprenant en outre une pluralité de broches, une pluralité de billes de soudure ou une combinaison de celles-ci disposées sur la seconde face du substrat pour former un module de détection enfichable.

9. Réseau de détecteurs empilable (170) selon la revendication 8, comprenant en outre un deuxième substrat coopérant avec un ou plusieurs modules de détection enfichables afin de former une unité remplaçable sur site.

10. Procédé pour former un module de détection, comprenant :

la réalisation d'un réseau de capteurs ayant une première face et une seconde face, le réseau de capteurs comportant une première pluralité de plages de contact disposées sur la seconde face du réseau de capteurs ;

la réalisation d'un intercalaire ayant une première face et une seconde face, l'intercalaire comportant une première série de plages de contact disposées sur la première face de l'intercalaire et une seconde série de plages de contact sur la seconde face de l'intercalaire ;

la fixation d'une première structure de support à la seconde face de l'intercalaire ;

le couplage du réseau de capteurs à la première face de l'intercalaire en fixant la première pluralité de plages de contact disposées sur la seconde face du réseau de capteurs à la première série de plages de contact disposées sur la première face de l'intercalaire pour former une pile de réseaux de capteurs à intercalaire ;

la fixation d'une seconde structure de support à la première face de l'intercalaire ;

la suppression de la première structure de support par sciage ;

la fixation de la pile de réseaux de capteurs à intercalaire à une couche d'interconnexion pour former une pile de capteurs ; et

- 5 le couplage de la pile de capteurs à un substrat pour former le module de détection.

FIG. 1

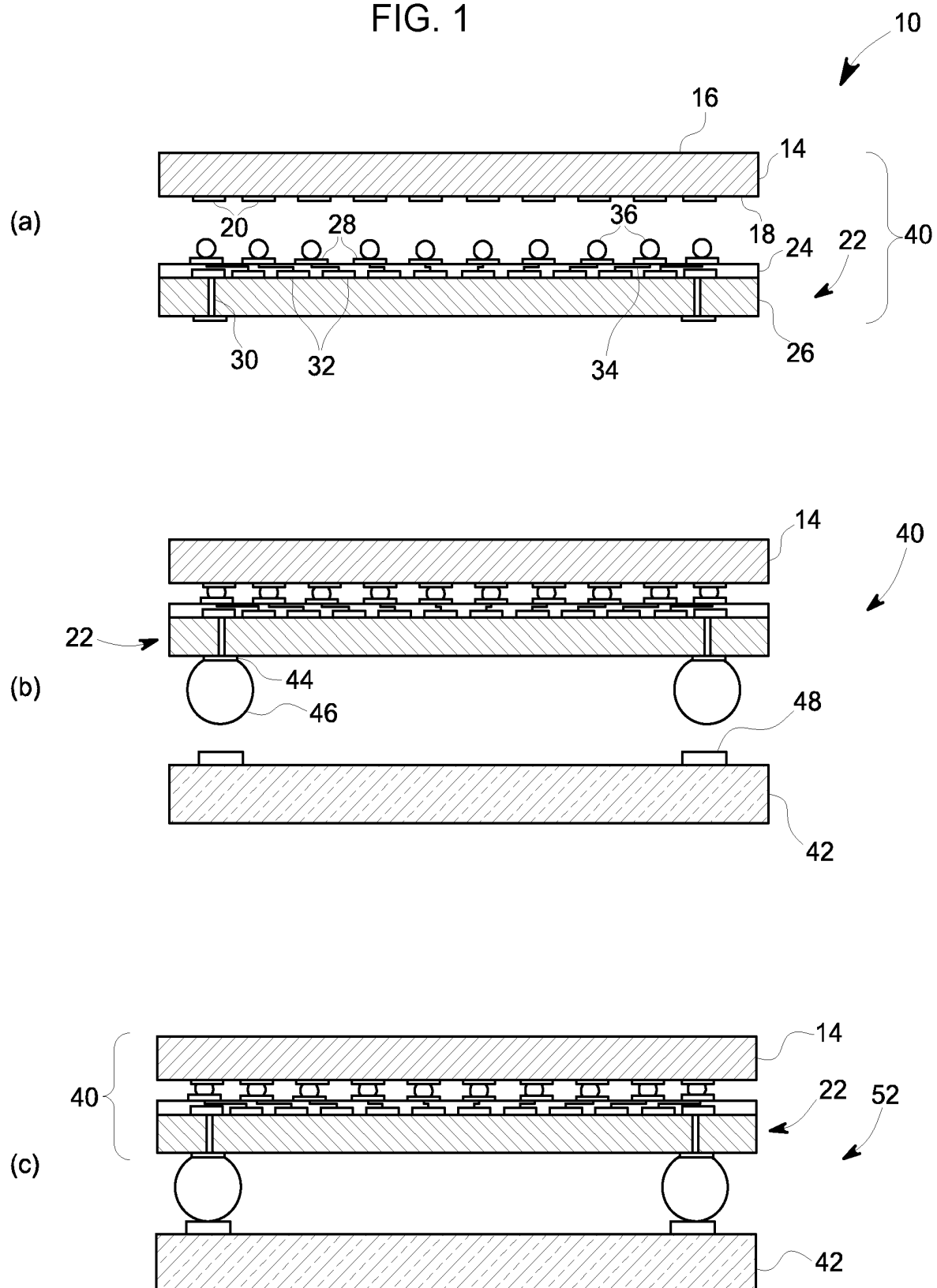
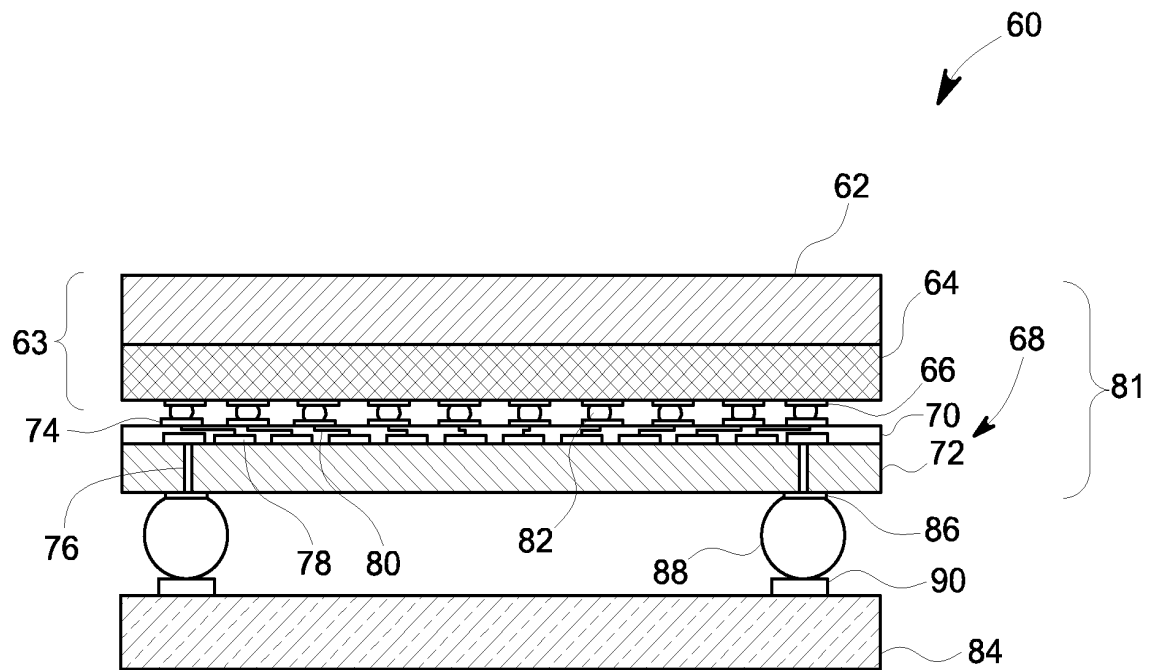


FIG. 2



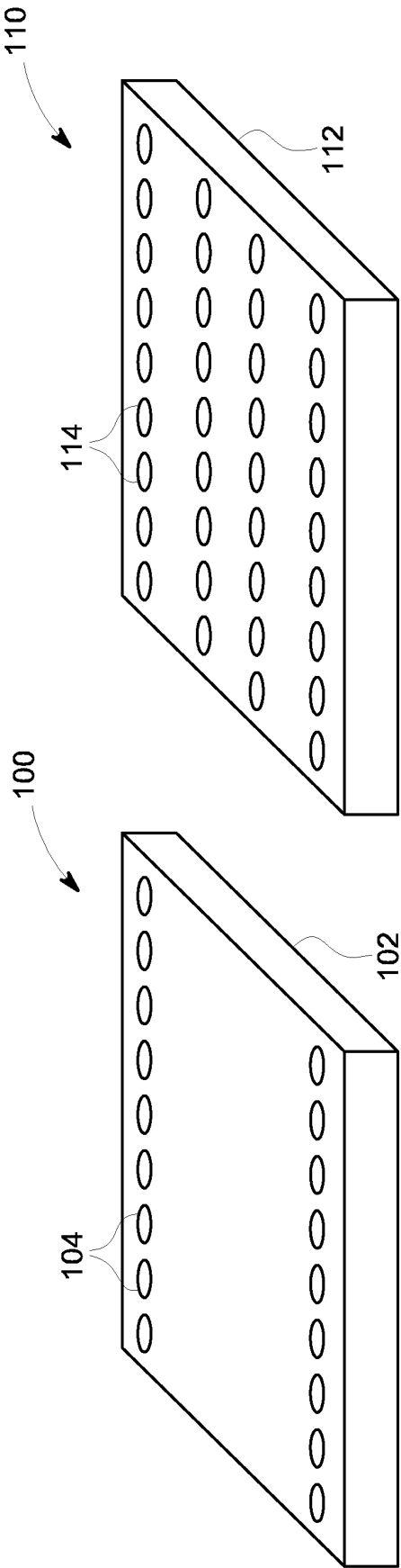


FIG. 4

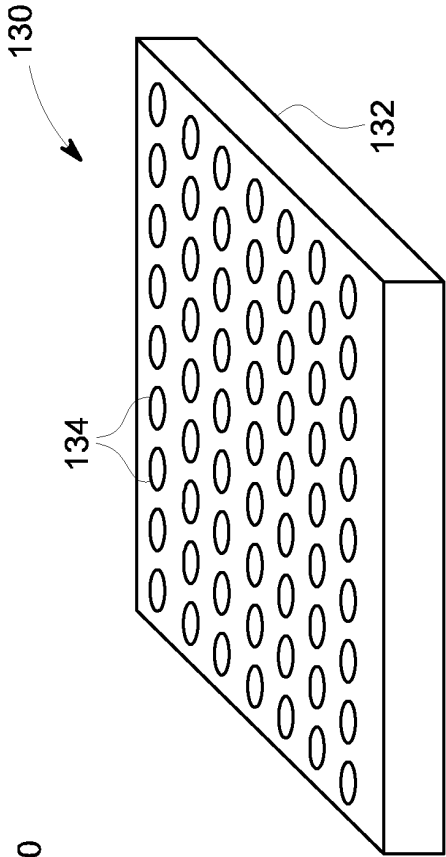


FIG. 6

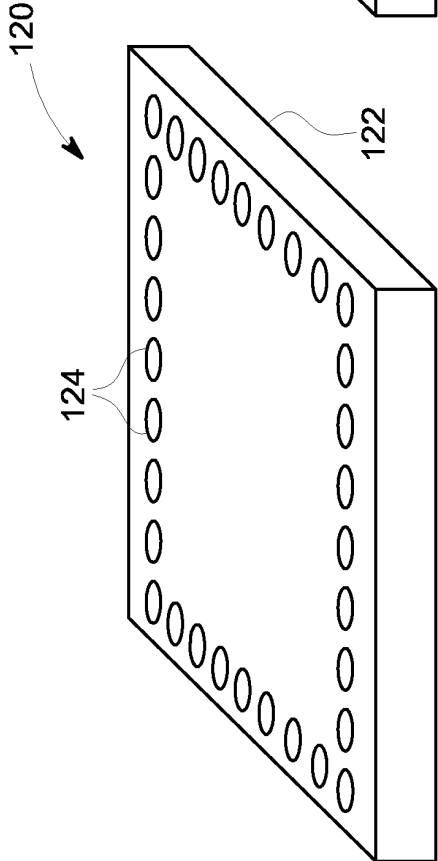


FIG. 5



4/10

FIG. 7

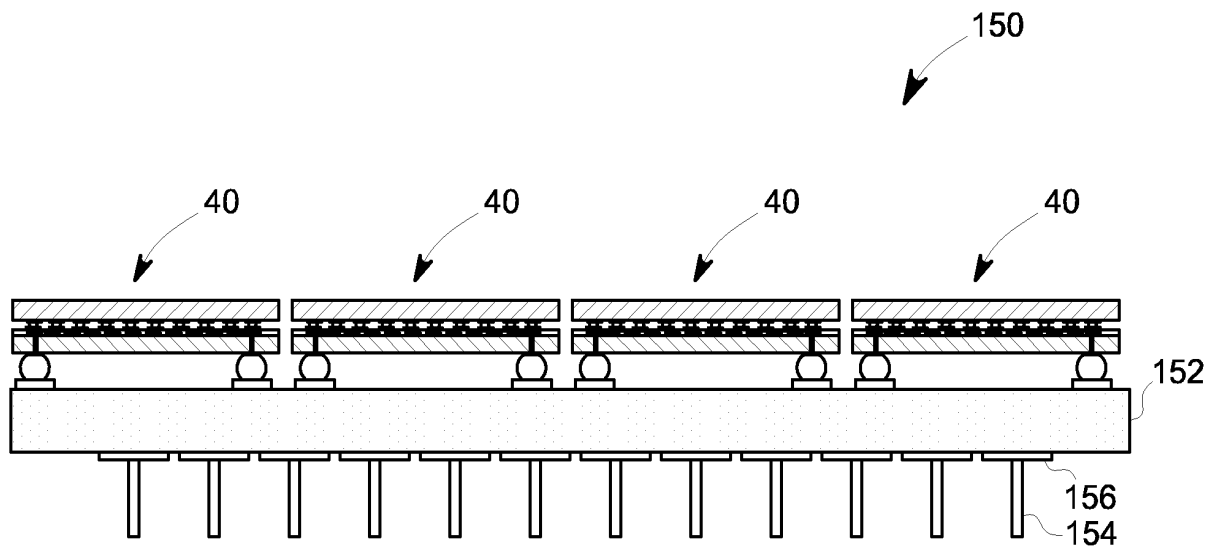
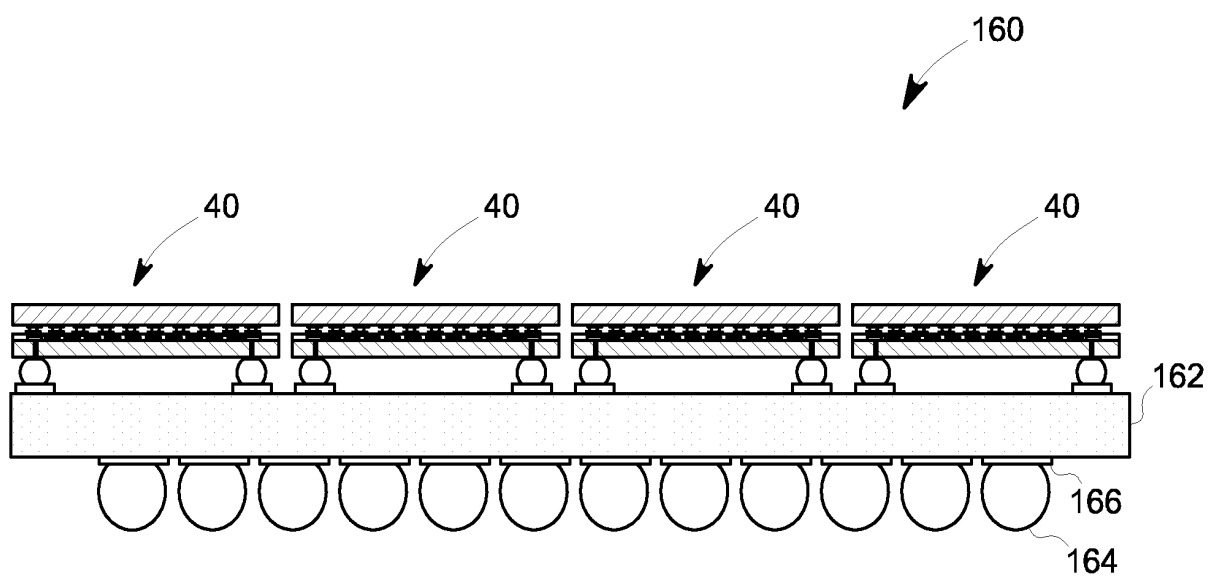


FIG. 8



5/10

FIG. 9

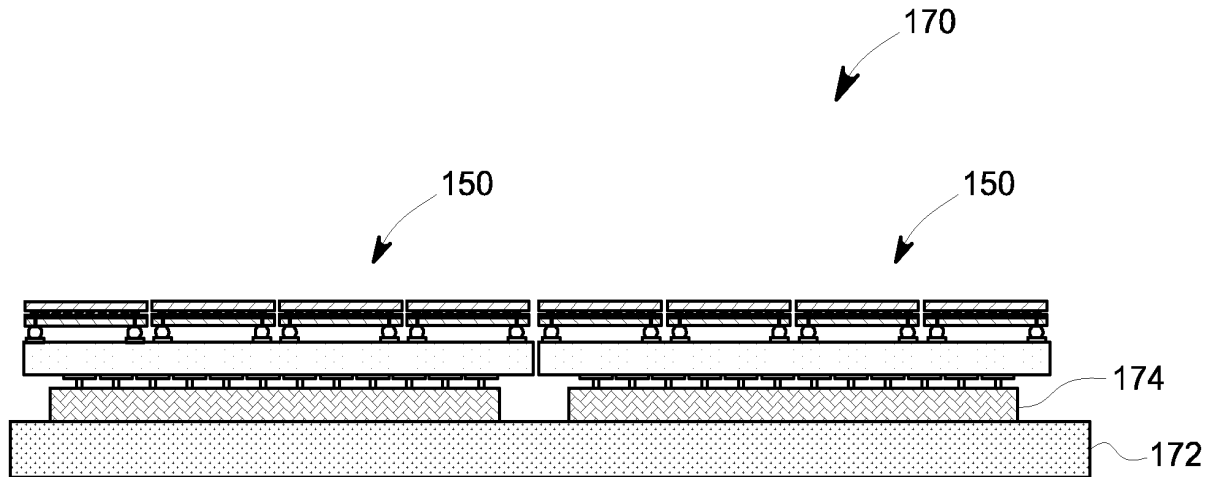
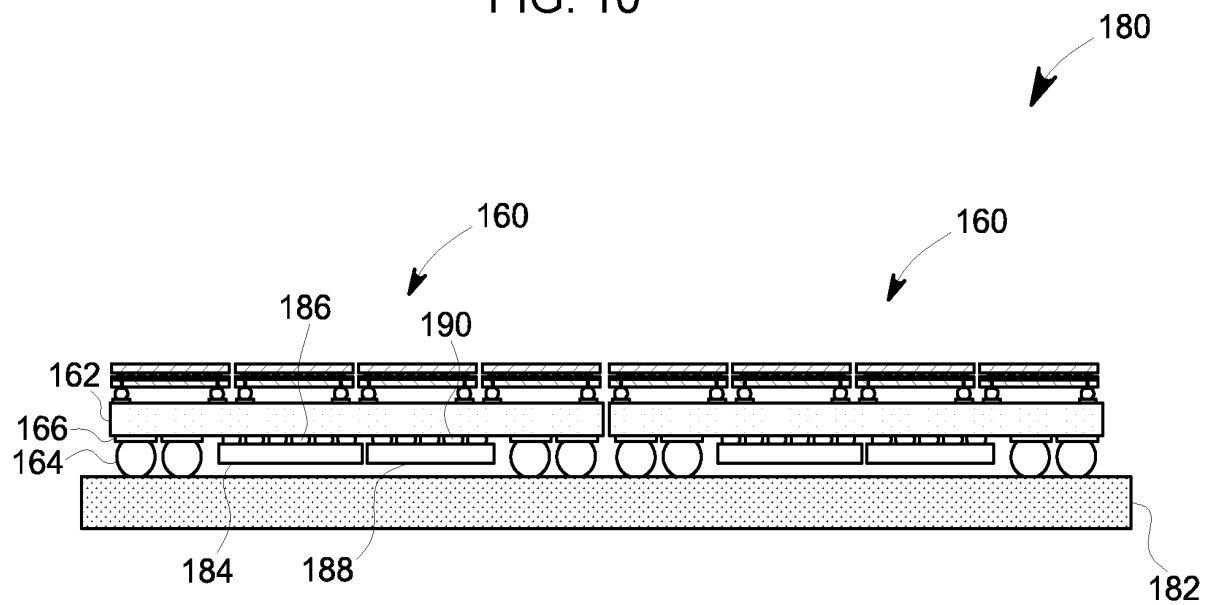
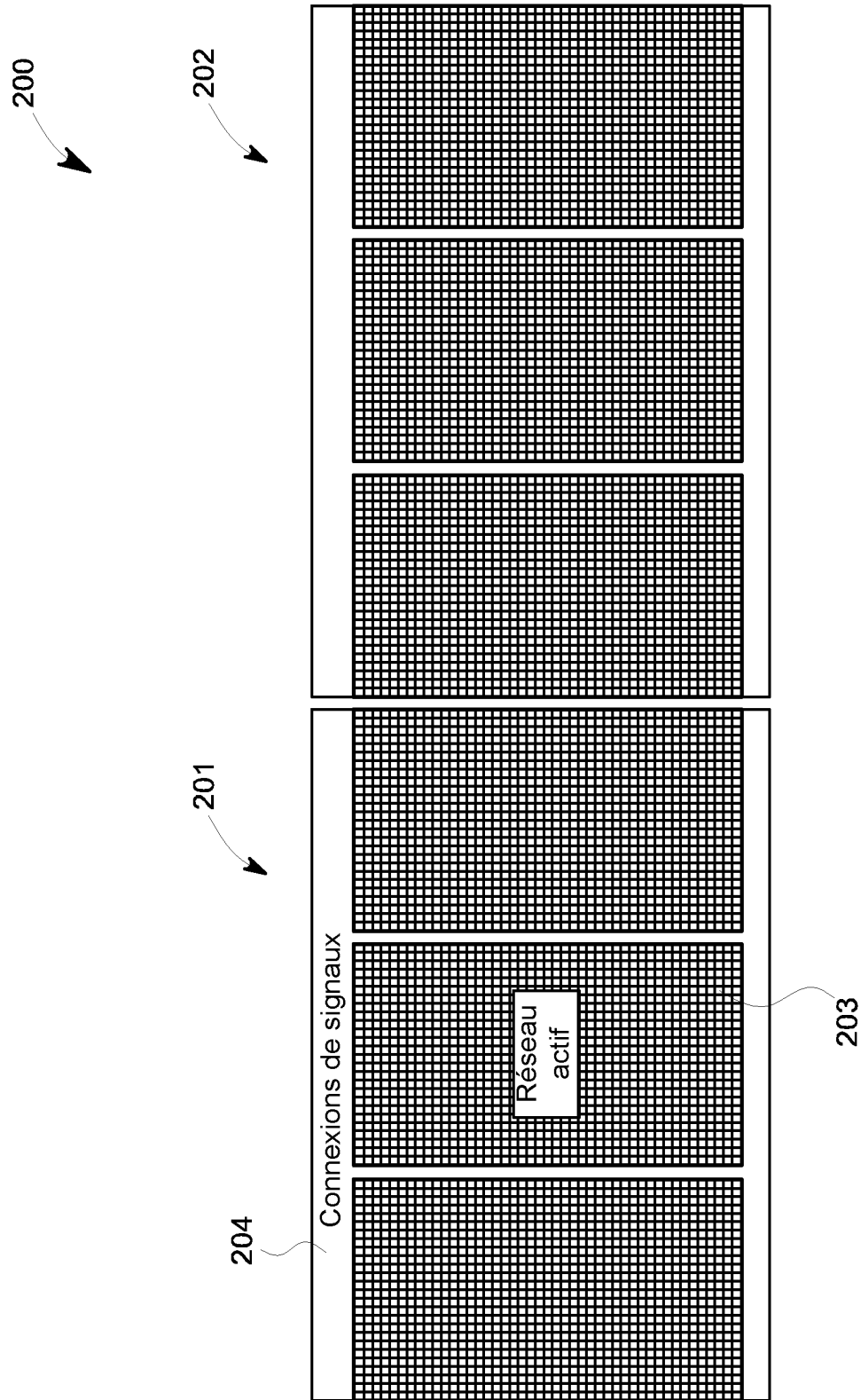


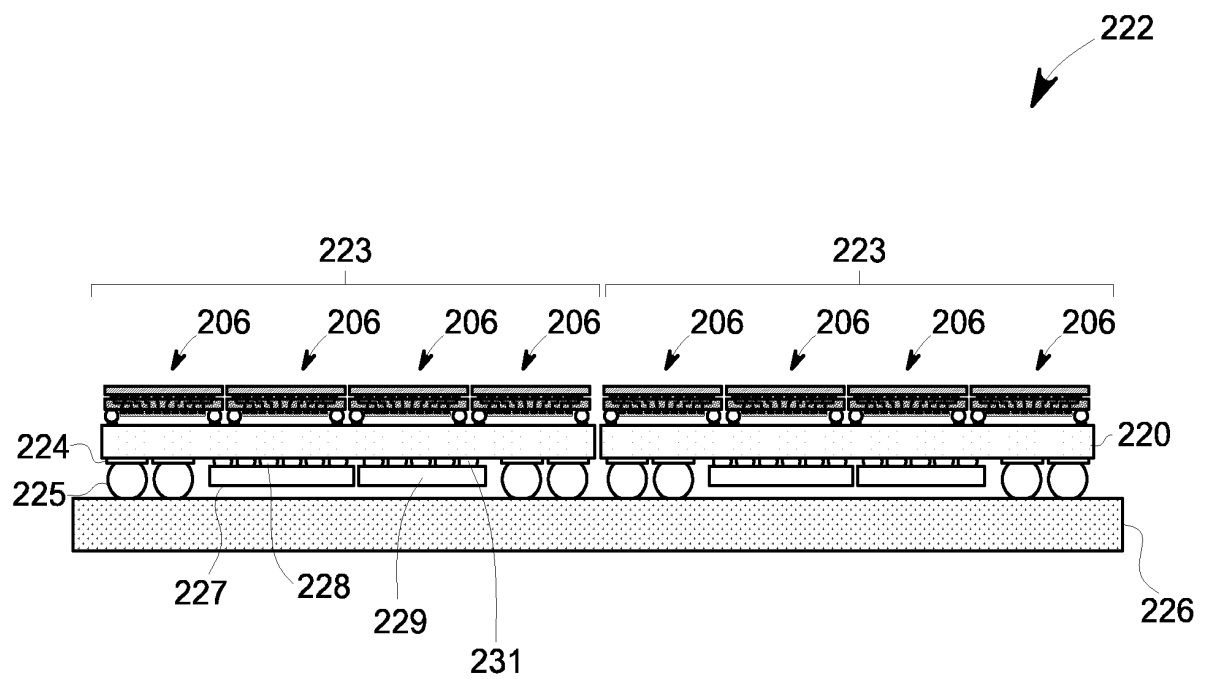
FIG. 10



6/10

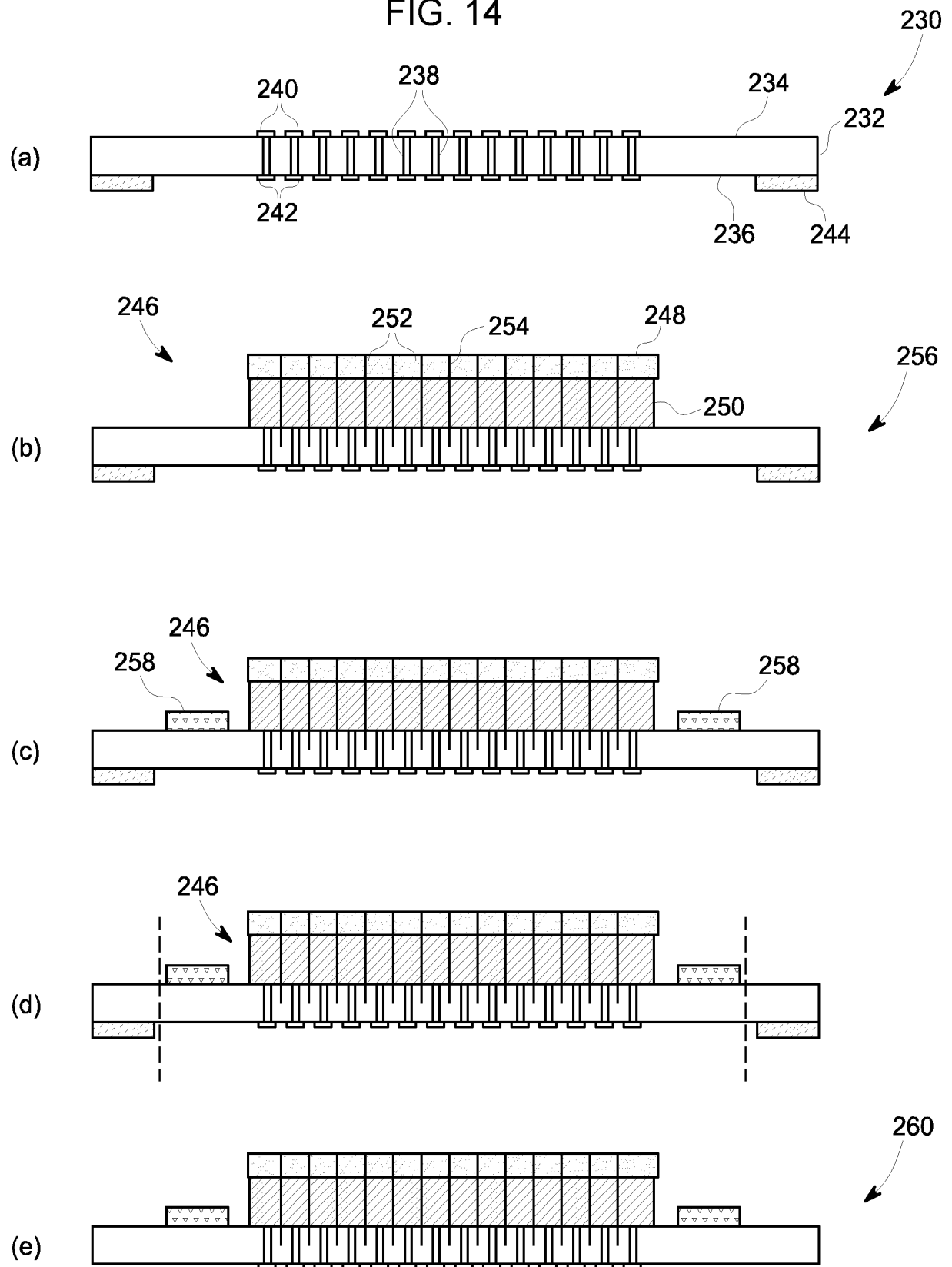
FIG. 11





8/10

FIG. 14



9/10

FIG. 15

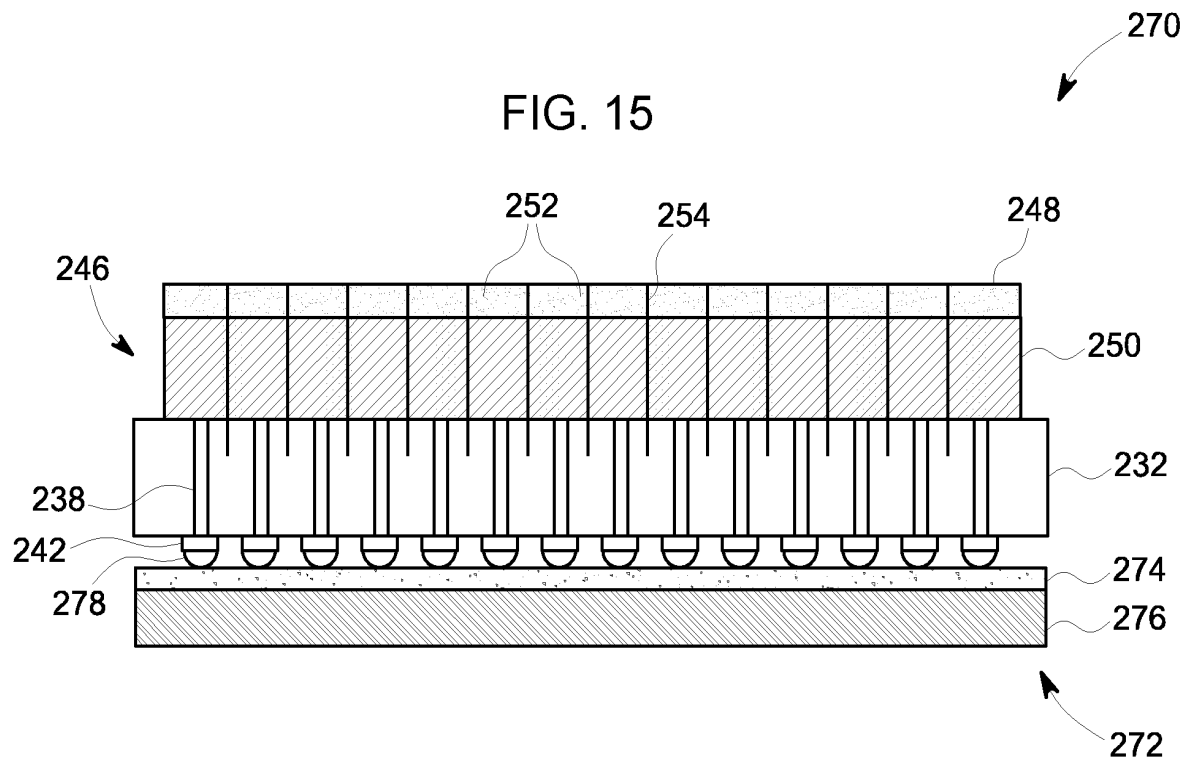


FIG. 16

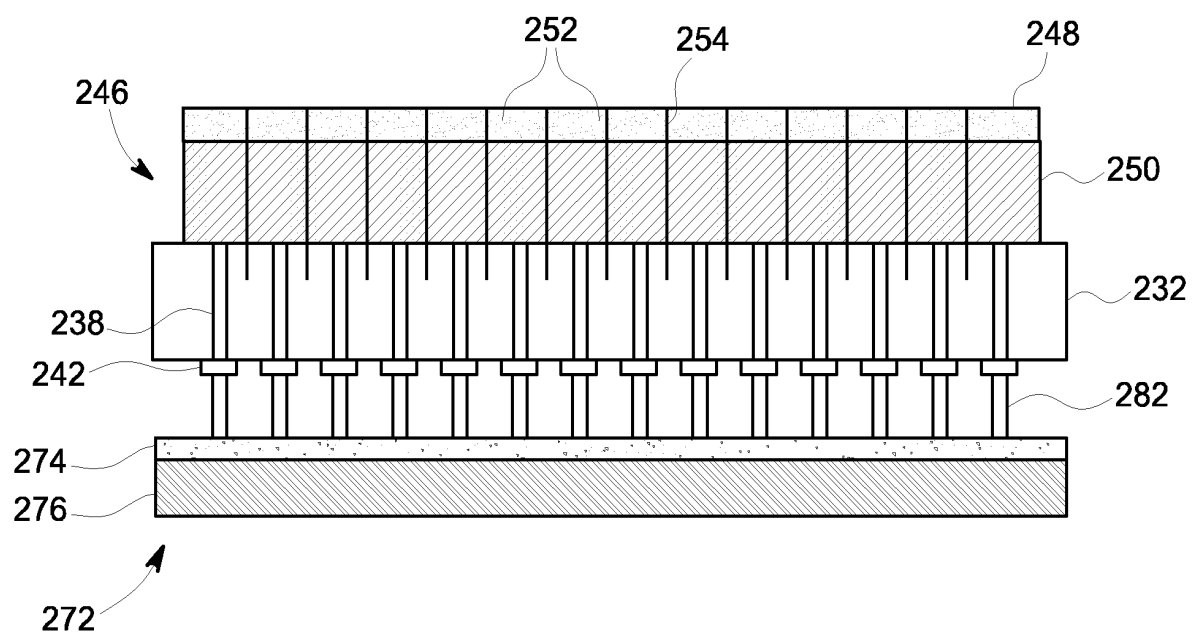


FIG. 17

