

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑭ Date de dépôt : 30.12.91.

⑮ Priorité :

⑯ Date de la mise à disposition du public de la demande : 02.07.93 Bulletin 93/26.

⑰ Liste des documents cités dans le rapport de recherche : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

⑱ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑴ Demandeur(s) : BULL (S.A.) — FR.

⑵ Inventeur(s) : Fromont Thierry.

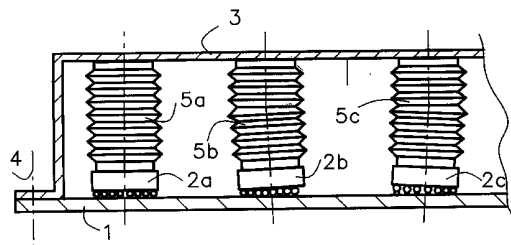
⑶ Titulaire(s) :

⑷ Mandataire : Bull S.A. Gosson Hervé.

⑸ Système de refroidissement pour module «multi-puces».

⑹ Ce système est prévu pour le refroidissement des modules "multi-puces" de moyenne dissipation. Le capot (3) thermiquement conducteur associé au substrat (1) supportant les circuits (2a, 2b, 2c,...) coopère avec des dispositifs métalliques flexibles (5a, 5b, 5c,...) à faible résistance thermique qui permettent de transférer la chaleur des circuits vers le capot. Les surfaces de contact des dispositifs (5a, 5b, 5c,...) sont planes et ont un état de surface de planéité/rugosité permettant le contrôle des lames d'air existant au niveau des contacts. Ce système permet de compenser les différences d'altitude et d'angles entre le substrat et les différents circuits et de minimiser les résistances thermiques au voisinage des contacts.

Application: Refroidissement des modules "multi-puces" de moyenne dissipation.



Systeme de refroidissement pour module "multi-puces"

La présente invention concerne un système de refroidissement pour module "multi-puces" comprenant un substrat sur lequel est agencée une pluralité de circuits électroniques sensiblement plats, associé au substrat un capot partiellement plat thermiquement conducteur coopérant avec une pluralité de moyens d'échange de chaleur, chacun en relation d'un côté avec un circuit et de l'autre avec le capot pour transférer la chaleur du circuit vers le capot.

Un tel système de refroidissement est connu de la demande de brevet européenne EP-369 115. Dans cette demande, il est décrit un système comprenant entre autres un substrat portant des circuits électroniques formant avec un capot ou chapeau une enceinte hermétique. Dans cette enceinte sont disposés vis-à-vis de chaque circuit des moyens d'échange de chaleur. En effet, chaque circuit électronique dissipe une certaine quantité de chaleur dont une partie au moins doit être nécessairement évacuée afin d'autoriser un fonctionnement nominal. Ainsi, un moyen d'échange de chaleur pour le transfert de ladite chaleur d'un circuit vers le capot est dans le cas présent constitué d'un piston cylindrique en métal dont le corps est logé dans une cavité située dans l'épaisseur du capot. Un ressort disposé dans la cavité supérieure du piston permet de maintenir en pression l'extrémité inférieure de ce dernier sur le circuit. Le transfert de chaleur du circuit vers le piston sera d'autant plus efficace que la surface du piston en contact avec le circuit sera grande, l'idéal étant que l'extrémité inférieure du piston soit comprise dans un plan parallèle au plan du circuit électronique. L'axe de la cavité contenant le piston est par construction perpendiculaire au plan du substrat et donc idéalement au plan du circuit, dans ce cas l'intégralité de l'extrémité inférieure du piston est en contact avec le circuit. Cependant, de manière générale, sur la quantité de circuits montés sur le substrat un nombre non négligeable d'entre eux présente une inclinaison par rapport

au plan dudit substrat, dans ce cas seule une partie de l'extrémité inférieure du piston est en contact avec le circuit et le transfert de chaleur n'est alors plus optimal. Pour tenter de remédier à cet inconvénient, compte tenu de
5 la rigidité mécanique des pistons, il est prévu alors dans le demande précitée de donner une forme tronconique au piston et d'augmenter le diamètre de la cavité dans laquelle est logé ledit piston pour permettre à ce dernier de prendre l'inclinaison nécessaire à l'alignement de son extrémité
10 inférieure avec le plan du circuit et imposer ainsi un contact intégral.

Une telle solution comporte néanmoins de sérieux inconvénients. En effet, pour que l'échange de chaleur se
15 fasse de manière efficace, une autre exigence doit être satisfaite : la résistance thermique globale doit être de valeur aussi réduite que possible. Or dans le cas présent, si la résistance thermique au voisinage du circuit et de la partie inférieure du piston est faible (la surface de
20 contact étant maximale, ceci implique une lame d'air entre ces deux parties de faible épaisseur), la résistance thermique au voisinage des contacts entre le piston et la cavité est elle par contre de valeur élevée et ce sur la majeure partie du domaine de variation de l'inclinaison du
25 circuit. Ainsi, lorsque l'angle d'inclinaison du circuit est nul ou de faible valeur, aucun contact n'existe entre le piston et la cavité, la résistance thermique est par conséquent élevée car la lame d'air entourant le piston dans la cavité a une épaisseur non négligeable et ceci d'autant
30 plus que le diamètre de la cavité a été augmenté. A partir d'une certaine valeur d'angle d'inclinaison, il y a contact entre piston et cavité mais ce contact est quasi-ponctuel et la valeur de la résistance thermique même réduite n'est toujours pas négligeable. Enfin, la valeur de la résistance
35 thermique est minimale mais encore significative pour un contact quasi linéaire du piston avec la cavité, c'est-à-dire pour une valeur d'angle d'inclinaison égale ou voisine de celle de l'angle spécifique de la partie tronconique du

piston.

Le but de la présente invention est de proposer un système de refroidissement pour modules "multi-puces" de préférence
5 de dissipation moyenne, qui soit simple, efficace, non hermétique et qui ne présente pas les inconvénients des systèmes connus.

Pour cela, le système de refroidissement du genre mentionné
10 dans le préambule est remarquable en ce que le moyen d'échange de chaleur est un dispositif métallique flexible à faible résistance thermique dont les surfaces en contact aux deux extrémités, sous une pression déterminée, avec le circuit d'une part et le capot d'autre part sont planes et
15 ont un état de surface de planéité et de rugosité tel qu'il permet le contrôle des deux lames d'air entre d'une part le circuit et la première des deux extrémités et d'autre part, lorsqu'elle existe, entre le capot et la seconde des deux extrémités, le dispositif métallique flexible à faible
20 résistance thermique compensant les différences d'altitude et d'angles entre le substrat et les différents circuits et minimisant les résistances thermiques au voisinage desdites lames d'air.

25 Ainsi le dispositif choisi comme moyen d'échange de chaleur, autorise, de par sa flexibilité, une déformation aisée assurant une application intégrale et systématique de ses surfaces de contact avec les surfaces du circuit d'une part et du capot d'autre part. Ces surfaces de contact sont
30 planes et usinées ou traitées de sorte à contrôler efficacement les lames d'air existant au niveau des contacts et obtenir des résistances thermiques de très faible valeur. La faible résistance thermique du dispositif lui-même entraîne une résistance thermique globale également de
35 faible valeur et donc un transfert efficace de la chaleur. L'élasticité des divers dispositifs garantit avantageusement d'une part une bonne application de ceux-ci sur les circuits sous une pression relativement faible imposée par le capot

lors de son association avec le substrat et d'autre part une compensation des dilatations différentielles entre le substrat et le capot. Un bon rendement est ainsi obtenu qui autorise une utilisation du système avec des modules "multi-
5 puces" de dissipation moyenne sans présence interne d'un fluide au niveau des "puces" et donc sans qu'il soit nécessaire d'imposer une fermeture hermétique. Le rendement peut en outre être amélioré en utilisant des graisses au niveau des contacts avec les circuits et/ou en prévoyant des
10 moyens d'extraction de la chaleur au niveau du capot par exemple une circulation de fluide à la surface supérieure de celui-ci.

Selon une application préférée, le dispositif métallique flexible à faible résistance thermique est un caloduc à soufflet dont l'évaporateur, une plaque métallique, est la partie en contact avec le circuit, le condenseur, une autre plaque métallique, la partie en contact avec le capot et le corps reliant l'évaporateur au condenseur forme un soufflet
20 métallique, l'ensemble contenant un fluide caloporteur.

De cette manière, le choix d'utilisation d'un caloduc ou tube de chaleur qui est un dispositif statique de conductibilité thermique très élevée et donc de résistance
25 thermique très faible autorise un transfert efficace de la chaleur d'un circuit vers le capot. Le choix de l'utilisation d'un caloduc entraîne de plus un important avantage. En effet, avec ce type de dispositif plus la puissance dissipée et donc l'énergie à transférer augmente
30 et plus la résistance thermique globale diminue, et ceci de manière non-linéaire, alors qu'en outre la résistance thermique diminue lorsque la température du condenseur augmente (dans des limites raisonnables bien entendu, c'est-à-dire interdisant l'assèchement du caloduc). Egalement, le
35 corps formant soufflet donne à ce dispositif la flexibilité désirée, sous une pression déterminée, autorisant la déformation nécessaire pour compenser les différences d'altitude ou d'inclinaison. En outre la plasticité due au

choix du matériau choisi pour le soufflet, par exemple un alliage de cuivre, permet de limiter la force d'appui et donc la pression du caloduc sur le circuit.

5 Dans une forme de réalisation préférée, chaque caloduc à soufflet est fixé par son condenseur au capot, l'ensemble étant associé au substrat sous une pression déterminée par l'intermédiaire de moyens de fixation. Ainsi à chaque circuit correspond une position d'un caloduc à soufflet qui
10 viendra de manière naturelle et sans réglage se présenter et s'appliquer sur le circuit associé. La flexibilité du caloduc contrairement aux systèmes rigides de l'art antérieur, entraîne nécessairement lors de l'application un contact planaire de bonne qualité qui favorise la diminution
15 de la résistance thermique, alors que les diverses dilatations sont automatiquement compensées par le mouvement de glissement de l'évaporateur par rapport au circuit, mouvement de faible amplitude permis du fait de la liberté laissée entre caloduc et circuit. La pression que le caloduc
20 doit exercer sur le circuit, qui comme cela a été vu précédemment est de valeur limitée du fait de la plasticité du matériau du soufflet, est déterminée par les moyens de fixation du capot sur le substrat. Ainsi une force d'appui par exemple d'environ 300 à 400 g est généralement
25 suffisante, celle-ci peut être aisément obtenue lors de la fermeture du capot sur le substrat au moyen de vis. En outre comme aucune fixation n'est prévue entre un caloduc et son circuit associé, il s'ensuit qu'aucune dégradation du circuit n'est entraînée, comme cela est souvent le cas dans
30 les systèmes de l'art antérieur, les circuits étant, lors du démontage du capot, retrouvés dans leur état mécanique initial.

Selon une caractéristique additionnelle du système de
35 refroidissement selon l'invention, chaque caloduc à soufflet comporte également, située le long de son évaporateur, une mèche autorisant une utilisation dans le sens horizontal. Cette mèche est de préférence constituée d'un grillage

métallique à maille fine qui permettra ainsi par capillarité de faire remonter le fluide caloporteur lorsque le système de refroidissement est utilisé avec les caloducs en position horizontale.

5

La description suivante en regard des dessins annexé, le tout donné à titre d'exemple, fera bien comprendre comment l'invention peut être réalisée.

10 La figure 1 représente de manière schématique une coupe d'un système de refroidissement pour module "multi-puces" selon l'invention.

La figure 2 montre en coupe un exemple de dispositif
15 métallique flexible à faible résistance thermique utilisable dans le système de refroidissement selon l'invention.

La figure 3 présente en coupe un autre exemple de dispositif
20 métallique flexible à faible résistance thermique utilisable dans le système de refroidissement selon l'invention.

Sur la figure 1 est proposée une coupe d'un système de refroidissement pour module "multi-puces" comprenant un substrat 1 sur lequel est agencée une pluralité de circuits
25 électroniques 2a, 2b, 2c, ..., sensiblement plats. Un capot partiellement plat 3 thermiquement conducteur est associé au substrat 1 par l'intermédiaire de moyens de fixation 4, par exemple des vis. Le capot 3 coopère avec une pluralité de moyens d'échange de chaleur 5a, 5b, 5c, ..., chacun en
30 relation d'un côté respectivement avec un circuit 2a, 2b, 2c, ..., et de l'autre avec le capot 3 pour transférer la chaleur du circuit associé vers le capot.

Conformément à l'idée de l'invention, le moyen d'échange de
35 chaleur 5a, 5b, 5c, ..., est un dispositif métallique flexible à faible résistance thermique. Selon une application préférée, ce dispositif est un caloduc à soufflet plus précisément décrit avec la figure 2. Les

surfaces aux deux extrémités du dispositif 5a, 5b, 5c, ..., en contact d'une part avec respectivement le circuit 2a, 2b, 2c, ..., et d'autre part avec le capot 3 sont planes et sont usinées ou traitées de manière à présenter un état de surface de planéité et de rugosité tel qu'il permet le contrôle des deux lames d'air entre, d'une part le circuit 2a, 2b, 2c, ..., et la première des deux extrémités et, d'autre part, lorsqu'elle existe, entre le capot 3 et la seconde des deux extrémités, le dispositif métallique flexible à faible résistance thermique compensant les différences d'altitude et d'angles entre le substrat 1 et les différents circuits 2a, 2b, 2c, ..., et minimisant les résistances thermiques au voisinage desdites lames d'air. Ainsi ces surfaces planes sont en contact intime minimisant la lame d'air et par là la résistance thermique. L'état de surface des dispositifs est prévu pour être harmonisé avec celui des circuits dont la planéité/rugosité est connue de leur spécification permettant de la sorte le contrôle du volume d'air entre les surfaces de contact. En outre, ce volume d'air peut être encore minimisé par adjonction de graisse thermique au niveau des contacts. La force d'appui du capot 3 sur les dispositifs 5a, 5b, 5c, ..., permet de maintenir une pression suffisante pour assurer la force de contact minimale nécessaire autorisant la déformation du corps flexible des dispositifs 5a, 5b, 5c, ..., et ainsi la compensation des inclinaisons. Cette force d'appui est déterminée par les moyens de fixation 4 du capot 3 sur le substrat 1, son intensité de l'ordre de 300 à 400 g par circuit, est limitée du fait de la plasticité du soufflet réduisant avantageusement ainsi les efforts appliqués sur les circuits.

Des trois dispositifs 5a, 5b, 5c représentés sur la figure 1, seul le dispositif 5 n'a pas subi de déformation, la surface supérieure du circuit 2a étant parallèle au plan du substrat. La déformation, volontairement exagérée, des dispositifs 5b et 5c permet de montrer que toute inclinaison est automatiquement et entièrement compensée tout en

maintenant l'intégralité de la surface supérieure des dispositifs 5a, 5b, 5c, ..., en contact étroit avec le capot 3 et donc sans augmentation de la résistance thermique.

5 Dans un mode de réalisation préféré les dispositifs 5a, 5b, 5c, ..., sont des caloducs à soufflet, caloduc à soufflet dont l'évaporateur, une plaque métallique, est la partie en contact avec le circuit, le condenseur, une autre plaque métallique, la partie en contact avec le capot et le corps
10 reliant l'évaporateur au condenseur forme un soufflet métallique, l'ensemble contenant un fluide caloporteur.

Les dispositifs 5a, 5b, 5c, ..., sont de préférence fixés par leur condenseur au capot 3, tout moyen de fixation
15 pouvant être utilisé : colle, soudure, vis, etc ... (selon le moyen de fixation choisi, la lame d'air entre condenseur et capot existera ou n'existera pas).

En outre, pour des modules de plus forte dissipation, des
20 moyens de pompage et d'extraction de la chaleur peuvent être associés au capot 3, moyens qui peuvent consister par exemple en un radiateur intimement lié (soit intégré, soit ajouté) au capot ou une circulation d'un fluide à la surface supérieure de ce dernier.

25

Sur la figure 2 est proposé en coupe un exemple de dispositif métallique flexible à faible résistance thermique, ici caloduc à soufflet, pouvant être utilisé dans le système de refroidissement selon l'invention.

30

Le caloduc 5 est principalement composé de trois parties métalliques : l'évaporateur 51, le condenseur 52 et reliant le condenseur à l'évaporateur, le soufflet 53. L'évaporateur 51 est constitué par une plaque métallique, par exemple en
35 cuivre, qui a la forme d'un disque dans la partie supérieure duquel a été pratiqué un évidement permettant de recevoir la partie basse du soufflet 53. La partie inférieure de ce disque est, en fonctionnement, appliquée sur le circuit à

refroidir, elle doit être parfaitement plane et son état de surface harmonisé avec celui des circuits à refroidir. Le condenseur 52 qui a, ici, la même forme et les mêmes caractéristiques que l'évaporateur 51, est symétriquement opposé à ce dernier par rapport au plan médian perpendiculaire à l'axe XX' du soufflet, il reçoit dans son évidement la partie haute du soufflet 53. Le condenseur est en contact et de préférence est fixé au capot 3. Le soufflet 53 peut être collé, soudé ou brasé, en évitant les bavures, aux parties évidées des évaporateur 51 et condenseur 52 pour former un dispositif hermétique contenant le liquide caloporteur 54. L'homme du métier saura sans difficulté définir le diamètre et l'épaisseur des plaques métalliques, l'épaisseur du soufflet et la composition du liquide caloporteur. Cependant, il doit être remarqué que l'épaisseur du soufflet doit convenir à la flexibilité désirée. Une épaisseur trop importante diminue la flexibilité alors qu'une épaisseur trop faible augmente la résistance thermique, cette dernière pouvant être néanmoins réduite en choisissant un liquide caloporteur adéquat et/ou en augmentant le diamètre des plaques métalliques en contact avec le circuit à refroidir.

De plus, afin que les caloducs puissent être utilisés en position horizontale, une mèche 55 peut être adjointe, elle sera dans ce cas située le long de l'évaporateur 51. Une telle mèche est de préférence constituée d'un grillage métallique à maille fine.

Selon un second mode de réalisation représenté à la figure 3, chaque dispositif 5a, 5b, 5c, ..., est constitué principalement d'une plaque métallique supérieure 56 en contact avec le capot 3 et d'une plaque métallique inférieure 57 en contact avec le circuit associé, les plaques 56 et 57 étant reliées entre elles par un soufflet métallique 58 et l'ensemble contenant un fluide 59 bon conducteur de la chaleur, par exemple un métal liquide dans la gamme de température désirée comme du gallium ou du

mercure. La plaque supérieure 56 comporte en outre un plongeur 56a (maintenu par ou intégré à la plaque 56 comme dessiné sur la figure 3) baignant en partie dans le fluide 59.

5

Le fluide 59 compense ainsi les différences d'inclinaison et les variations de l'écart entre le plongeur 56a et la plaque inférieure 57 induites par les différences d'altitude entre le circuit 2a, 2b, 2c, ..., et le capot 3 et permises par le soufflet métallique 58, alors que la résistance thermique globale du dispositif 5a, 5b, 5c, ..., est conservée de faible valeur. La plaque métallique 56 de chacun des dispositifs 5a, 5b, 5c, ..., est de préférence fixée au capot 3, tout moyen pouvant être utilisé : colle, soudure, 10 vis, etc, ... (selon le mode de fixation choisi, la lame d'air entre la plaque 56 et le capot 3 existera ou n'existera pas).

Ce système de refroidissement simple et efficace fonctionne 20 avantageusement dans les gammes de température classiques de l'électronique, de moins quelques dizaines de °C à plus de 100°C. Il est de préférence utilisé associé à des modules "multi-puces" de moyenne dissipation, de l'ordre de quelques dizaines de W/cm^2 .

Revendications :

1. Système de refroidissement pour module "multi-puces" comprenant un substrat sur lequel est agencée une pluralité
5 de circuits électroniques sensiblement plats, associé au substrat un capot partiellement plat thermiquement conducteur coopérant avec une pluralité de moyens d'échange de chaleur chacun en relation d'un côté avec un circuit et de l'autre avec le capot pour transférer la chaleur du
10 circuit vers le capot caractérisé en ce que le moyen d'échange de chaleur est un dispositif métallique flexible à faible résistance thermique dont les surfaces en contact aux deux extrémités, sous une pression déterminée, avec le circuit d'une part et le capot d'autre part sont planes et
15 ont un état de surface de planéité et de rugosité tel qu'il permet le contrôle des deux lames d'air entre d'une part le circuit et la première des deux extrémités et d'autre part, lorsqu'elle existe, entre le capot et la seconde des deux extrémités, le dispositif métallique flexible à faible
20 résistance thermique compensant les différences d'altitude et d'angles entre le substrat et les différents circuits et minimisant les résistances thermiques au voisinage desdites lames d'air.
- 25 2. Système de refroidissement pour module "multi-puces" selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif métallique flexible à faible résistance thermique est un caloduc à soufflet dont l'évaporateur, une plaque métallique, est la partie en contact avec le circuit, le
30 condenseur, une autre plaque métallique, la partie en contact avec le capot et le corps reliant l'évaporateur au condenseur forme un soufflet métallique, l'ensemble contenant un fluide caloporteur.
- 35 3. Système de refroidissement pour module "multi-puces" selon la revendication 2, caractérisé en ce que chaque caloduc à soufflet est fixé par son condenseur au capot, l'ensemble étant associé au substrat sous une pression

déterminée par l'intermédiaire de moyens de fixation.

4. Système de refroidissement pour module "multi-puces" selon la revendication 3, caractérisé en ce que chaque
5 caloduc à soufflet comporte également, située le long de son évaporateur, une mèche autorisant ainsi une utilisation dans le sens horizontal.

5. Système de refroidissement pour module "multi-puces"
10 selon la revendication 4, caractérisé en ce que la mèche est constituée d'un grillage métallique à maille fine.

6. Système de refroidissement pour module "multi-puces" selon la revendication 1, caractérisé en ce que le
15 dispositif métallique flexible à faible résistance thermique est constitué principalement d'une plaque métallique supérieure en contact avec le capot et d'une plaque métallique inférieure en contact avec le circuit reliées entre elles par un soufflet métallique, l'ensemble contenant
20 un fluide bon conducteur de la chaleur, la plaque métallique supérieure comportant en outre un plongeur baignant en partie dans le fluide, ce dernier compensant ainsi les différences d'inclinaison et les variations de l'écart entre le plongeur et la plaque métallique inférieure induites par
25 les différences d'altitude entre le circuit et le capot.

7. Système de refroidissement pour module "multi-puces" selon la revendication 6, caractérisé en ce que la plaque
30 métallique supérieure de chacun des dispositifs métalliques flexibles à faible résistance thermique est fixée au capot, l'ensemble étant associé au substrat sous une pression déterminée par l'intermédiaire de moyens de fixation.

8. Module "multi-puces" utilisant le système de
35 refroidissement selon l'une des revendications précédentes.

9. Dispositif, machine, ordinateur utilisant au moins un module "multi-puces" selon la revendication 8.

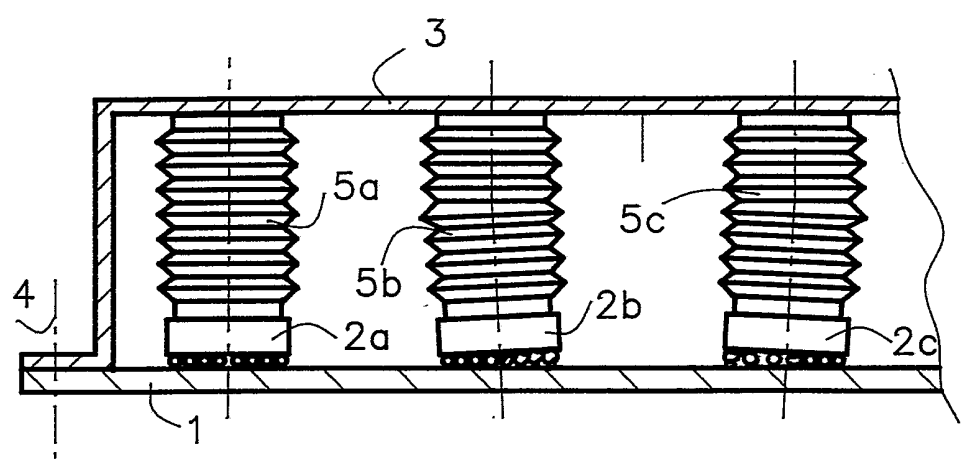


FIG. 1

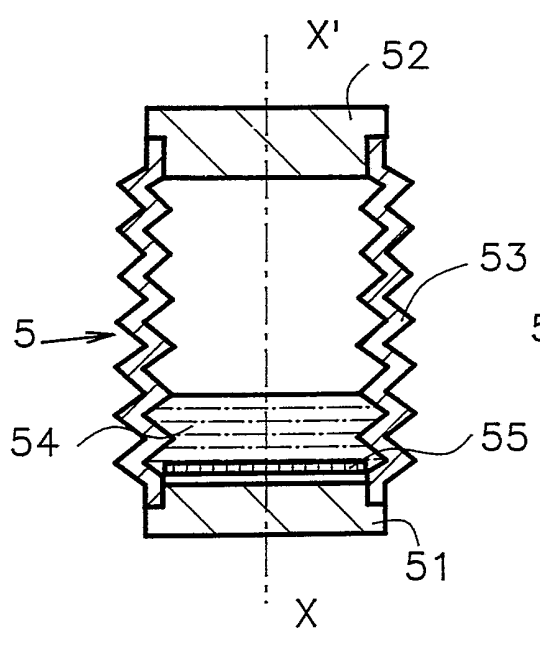


FIG. 2

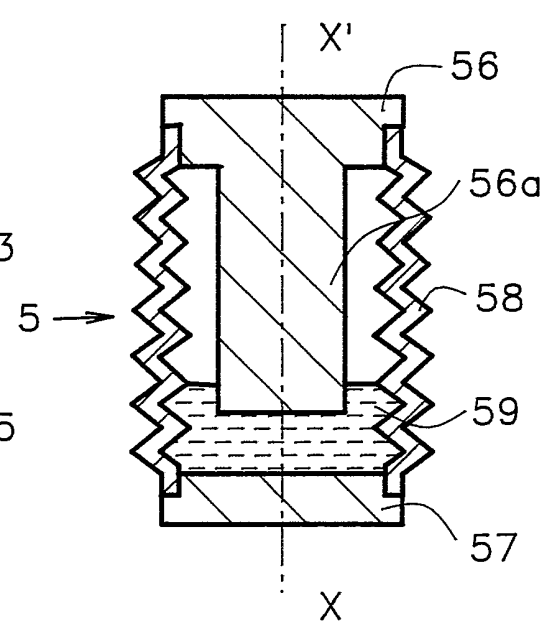


FIG. 3

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FR 9116309
FA 465796

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
Y	EP-A-0 348 838 (IBM) * revendications 1,4; figures 2A,7 *	1
A	---	2, 4-6, 8
D, Y	EP-A-0 369 115 (IBM) * revendication 1; figure 1 *	1
A	IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, vol. 21, no. 8, Janvier 1979, NEW YORK US pages 3281 - 3282; K.P. MORAN ET AL.: 'Self-regulating evaporative/conductive thermal link.' -----	1-4, 6-8
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
		H01L
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
30 MARS 1992		DE RAEVE R, A, L.
<p style="text-align: center;">CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p style="text-align: center;">T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

EPO FORM 1503 03.82 (F0412)