

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 823 611 A1**

(12)

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:

**11.02.1998 Bulletin 1998/07**(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **F28F 13/00, H01Q 21/00**(21) Numéro de dépôt: **97401861.6**(22) Date de dépôt: **01.08.1997**

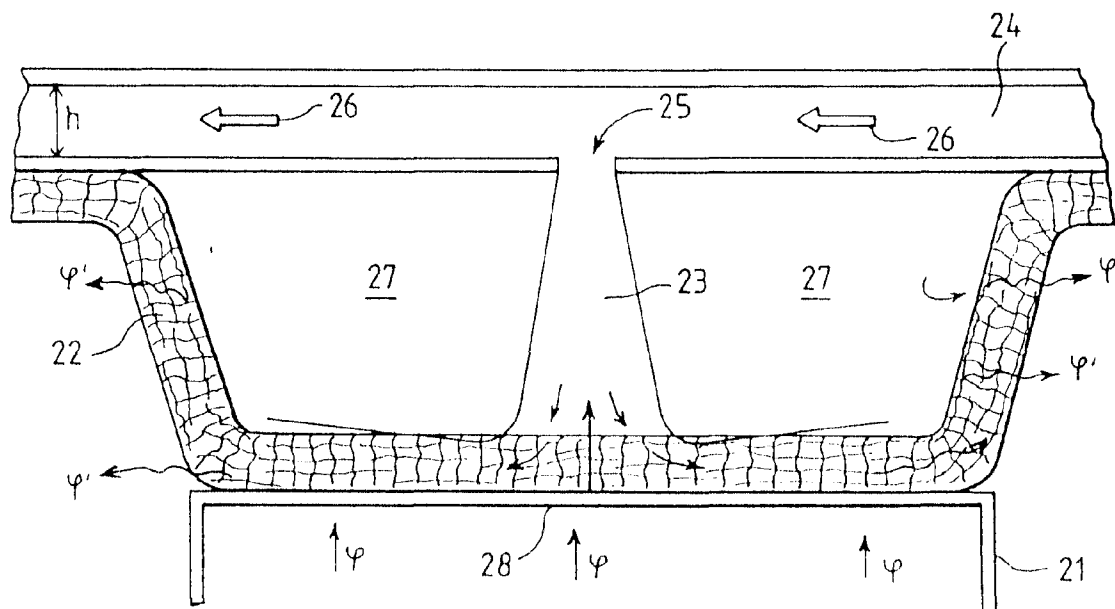
(84) Etats contractants désignés:

**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE**(30) Priorité: **06.08.1996 FR 9609906**(71) Demandeur: **THOMSON-CSF  
75008 Paris (FR)**(72) Inventeur: **Grignon, Robert,  
Thomson-CSF, S.C.P.I.  
94117 Arcueil cédex (FR)**(74) Mandataire: **Benoit, Monique et al  
THOMSON-CSF-S.C.P.I.,  
13, Avenue du Président  
Salvador Allende  
94117 Arcueil Cédex (FR)****(54) Dispositif de refroidissement de modules électroniques**

(57) L'invention concerne un dispositif de refroidissement de modules électroniques.

Le dispositif comporte des moyens (24, 25) de transfert de chaleur par impact associés à une structure

alvéolaire (22) conductrice de la chaleur et pressée sur le ou les modules (21) à refroidir par le jet de fluide (23) créé par les moyens de transfert de chaleur par impact.

**Application** : notamment refroidissement de modules électroniques dans des antennes actives.**FIG.2****EP 0 823 611 A1**

## Description

La présente invention concerne un dispositif de refroidissement de modules électroniques. Elle s'applique par exemple au refroidissement de modules électroniques associés à des éléments rayonnant d'une antenne active.

La conception d'antennes nouvelles constituées d'éléments rayonnant associés à des modules actifs disposés en réseau, notamment sur une paroi courbe, entraîne de nombreux problèmes thermiques.

Sur ces antennes, la puissance calorifique dissipée par chaque module est relativement élevée, le flux thermique pouvant atteindre par exemple 10 watt/cm<sup>2</sup>. Une autre contrainte qui caractérise ces antennes réside dans la multitude et la répartition de ces modules qui doivent fonctionner sensiblement à la même température.

Une solution connue pour refroidir ces modules consiste à faire circuler un fluide caloporteur dans un conduit sous ces derniers. Cependant, le fluide emmagasine de la chaleur tout au long de son trajet et donc se réchauffe. Tous les modules n'ont donc pas une source froide à la même température, puisque ceux-ci dissipent sensiblement la même puissance. Leurs températures de fonctionnement ne sont donc pas les mêmes, le gradient de température entre modules éloignés restant élevé. Il est alors possible de disposer un capteur de température sur chaque module, relié à un microprocesseur qui en tient compte dans la commande des paramètres des modules. Une telle régulation par microprocesseur est cependant complexe à mettre en oeuvre dans la mesure où, outre le microprocesseur, elle nécessite une multitude de capteurs de température et de liaisons électriques supplémentaires donc aussi un câblage plus compliqué. Il en résulte en plus une augmentation des coûts de réalisation.

Le recours au microprocesseur pourrait être évité en augmentant le débit du fluide caloporteur utilisé. Cependant, ici encore une telle solution s'avère complexe. De plus, un gradient de température non négligeable subsiste entre modules éloignés.

Le but de l'invention est de pallier les inconvénients précités, en privilégiant notamment le transfert de chaleur par impact de jet sur la face arrière du boîtier des modules combiné avec l'utilisation d'une structure poreuse.

A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif de refroidissement d'un module électronique tel que défini par la revendication 1 ou un dispositif de refroidissement de plusieurs modules électroniques tel que défini par la revendication 2.

L'invention a pour principaux avantages qu'elle assure une très bonne extraction de la chaleur, qu'elle est simple à mettre en oeuvre, qu'elle est économique, qu'elle permet des réalisations peu encombrantes, qu'elle s'adapte à tous types de réseaux de modules électroniques, notamment des réseaux à paroi courbe,

qu'elle permet d'atteindre un refroidissement uniforme sur des modules associés en série ou en parallèle notamment, et qu'elle ne nécessite pas de fluides caloporteurs à l'état liquide.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'aide de la description qui suit faite en regard de dessins annexés qui représentent :

- La figure 1, un exemple de réalisation de refroidissement selon l'art antérieur.
- La figure 2, un exemple de réalisation possible d'un dispositif selon l'invention.
- Les figures 3 et 4, un exemple de réalisation d'un dispositif selon l'invention appliqué à une antenne active.
- La figure 5, un exemple de réalisation d'un dispositif selon l'invention permettant notamment un gain d'encombrement.
- La figure 6, un exemple de réalisation d'un dispositif selon l'invention muni d'un circuit de retour de fluide caloporteur.

La figure 1 illustre un exemple de réalisation d'un système de refroidissement selon l'art antérieur. Cette figure présente par une vue en coupe et en perspective une partie d'une antenne active. Chaque module électronique 1, alimente un élément rayonnant 3 recouvert d'un radôme 7. Une structure multicouche 4 comporte par exemple les liaisons électriques entre les modules 1, et les éléments 3 rayonnant, les liaisons d'alimentation des modules 1, ainsi que des liaisons hyperfréquences.

Les fonds de boîtier des modules reposent par exemple sur des circuits de refroidissement 5. Ces derniers sont par exemple constitués de poutres creuses dans lesquelles circule un fluide caloporteur dont le sens de déplacement est représenté par des flèches 6. Au fur et à mesure de son passage sous les modules électroniques, le fluide s'échauffe. Entre deux modules successifs 1, selon le sens de déplacement du fluide, un gradient de température existe donc, ce gradient augmentant entre modules disjoints et éloignés. Les modules étant conçus pour dissiper chacun la même puissance, il en résulte alors entre eux une différence de température, croissant avec leur éloignement.

La figure 2 illustre un mode de réalisation possible d'un dispositif selon l'invention. Selon l'invention, l'effet d'impact d'un jet de fluide sur les modules à refroidir est notamment utilisé. L'échange thermique est ainsi amélioré. Sur la figure 2 est représenté le fond 21 d'un module électronique à refroidir. Cet élément à refroidir peut être de tout type, par exemple un module électronique relié ou non à un élément rayonnant ou à tout autre capteur. Le module électronique dissipe un flux de chaleur  $\phi$  de l'ordre de quelques W / cm<sup>2</sup>. Le dispositif selon l'invention combine des moyens de refroidissement par impact avec une structure alvéolaire poreuse 22. Cette enveloppe est à cellules ouvertes en matériau à con-

ductivité thermique élevée. C'est par exemple une mousse de cuivre dont l'épaisseur et la porosité sont calculées en fonction de la vitesse d'écoulement et du flux thermique à évacuer. Cette enveloppe alvéolaire poreuse peut également être constituée d'aluminium, ou encore d'une structure en fibres de carbone. Les moyens de refroidissement projettent un fluide 23 vers l'élément à refroidir, par exemple sur le fond de boîtier 21 d'un module électronique, l'enveloppe alvéolaire étant au contact de l'élément et intercalée entre ce dernier et l'arrivée du fluide. Ce fluide peut être avantageusement de l'air.

Les moyens de refroidissement par impact sont par exemple constitués d'une chambre de distribution 24 recevant de l'air d'un ventilateur et distribuant par un orifice calibré 25, au droit de chaque module 21, une quantité d'air adapté au refroidissement. Le calibrage d'un orifice permet notamment de bien maîtriser la quantités d'air qui le traverse et donc l'impact du jet. Dans le cas ou plusieurs dispositifs selon la figure 2 sont mis en parallèle pour refroidir des modules associés, en série ou en parallèle par exemple, la maîtrise du jet, notamment par le calibrage des orifice 25, permet de créer un refroidissement uniforme sur les modules. La chambre est par exemple de forme plate, de hauteur interne égale par exemple à quelques millimètres. Le ventilateur est par exemple de type tangentiel. Un tel ventilateur a l'avantage d'être de petite dimension tout en étant capable de fournir un débit d'air important 26.

La paroi alvéolaire est par exemple préformée mais conserve une certaine élasticité qui lui permet de s'adapter, sous l'effet de la pression interne, aux tolérances de l'espace entre les fonds de boîtier 21 et la chambre 24. La paroi alvéolaire 22 est par exemple préformée de façon à recouvrir sensiblement tous les fonds de boîtiers 21 des modules en ménageant un espace entre elle-même et la chambre. En dehors des fonds de boîtiers elle est sensiblement au contact de la chambre 24. Une cavité 27 est alors formée au niveau de chaque module à refroidir, cette cavité étant fermée par la paroi alvéolaire 22 et la chambre de distribution 24.

La force d'appui de la paroi alvéolaire 22 sur le fond de boîtier 21 dépend de la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur de la cavité 27.

Le fluide  $\phi$ , après avoir extrait les calories par impact et convection dans la paroi alvéolaire, fuit latéralement par l'espace séparant les cavités.

Le dispositif selon l'invention combine ainsi astucieusement plusieurs modes de transfert de chaleur. Un premier mode se produit par conduction dans la paroi alvéolaire 22, un deuxième mode se fait par convection forcée dans les cellules de la paroi 22 et un troisième mode se produit par convection et par impact dans la partie centrale 28 du fond de boîtier 21.

Dans le cas d'application à une antenne active, la surface de la chambre de distribution 24 correspond par exemple à celle de l'antenne. La section transversale de la chambre a une hauteur h par exemple de l'ordre

de quelques millimètres qui permet alors un écoulement interne à faible vitesse, de l'ordre de quelques mètres par seconde, donc une perte de charge réduite et des conditions de mise en vitesse, en amont de l'orifice, favorable à une équipartition des débits unitaires. A la traversée de l'orifice 25, l'écoulement de fluide s'accélère.

Le refroidissement est amélioré par la combinaison du transfert de chaleur par impact et du transfert de chaleur par convection forcée dans la structure alvéolaire 22 conductrice de la chaleur et pressée sur l'élément à refroidir 21, la paroi 22 étant pressée sur cet élément par la pression du jet 23. L'introduction de la paroi alvéolaire augmente ainsi la surface d'échange, grâce à ses nombreuses alvéoles traversées par le fluide caloporteur, ce qui permet d'améliorer très nettement le transfert global de chaleur.

Les gains résultant de cette combinaison permettent l'utilisation d'un fluide caloporteur gazeux en circuit ouvert et permettent donc d'éviter l'utilisation d'un fluide liquide, nécessitant un circuit fermé beaucoup plus complexe à mettre en oeuvre.

Le dispositif selon l'invention permet par ailleurs un transfert de chaleur à flux et température constants. Il répond notamment bien aux contraintes des équipements électroniques constituées d'une multitude de composants juxtaposés et fonctionnant en parallèle. Une température sensiblement uniforme peut alors être obtenu entre les composants, à condition notamment que les composants dissipent la même puissance, ce qui est le cas généralement des antennes à modules actifs. Cela peut par exemple être obtenu par la maîtrise des jet envoyés vers les modules, et notamment par un calibrage de leur flux. Une uniformité des effets d'impacts peut ainsi être obtenue sur plusieurs composants ou modules.

La figure 3 présente un exemple d'application du dispositif selon l'invention à une antenne active, ayant une surface courbe par exemple. Une multitude de modules électroniques alimentent chacun un élément rayonnant 3 via une structure multicouche 4. Le dispositif selon l'invention comporte une chambre de répartition 24 épousant par exemple la forme courbe de la surface rayonnante 31 de l'antenne. Une paroi alvéolaire 22 conductrice de la chaleur est préformée de façon à venir au contact des fonds de boîtier 21 des modules électroniques 1 et à créer au niveau de chaque module une cavité 27 comme décrite à la figure 2. Des orifices 25 permettent le passage de jets d'air de la chambre 24 vers la paroi alvéolaire 22 de façon à presser celle-ci contre les modules. Le refroidissement de ces derniers par le dispositif selon l'invention les maintient tous efficacement à une température donnée.

La figure 4 complète la figure 3 dans un exemple de réalisation utilisant un ventilateur 41 de type tangentiel. Ce ventilateur introduit un flux d'air 42 dans la chambre de répartition 24. La forme de ce ventilateur 41 s'adapte bien aux contraintes d'encombrement. Ses performances aérauliques, en particulier son fort débit,

correspondent bien aux besoins de refroidissement.

La figure 5 présente un exemple de réalisation d'un dispositif selon l'invention où la chambre de répartition 24 comporte des branches 51, le flux d'air 52 s'écoulant dans chacune de ces branches. Ces branches 51 sont par exemple de forme plate comme le corps principal de la chambre de répartition 24.

Chacune des branches 51 peut de chaque côté présenter des orifices 25 et être recouverte de la paroi alvéolaire pour ainsi refroidir des modules électroniques sur chacun de ses côtés. Une structure multicouche 4 peut être commune pour l'alimentation de deux séries de modules en vis-à-vis. L'architecture d'un dispositif selon l'invention permet ainsi une réduction d'encombrement.

La figure 6 présente un exemple de réalisation selon l'invention comportant un circuit de retour. Ce circuit de retour peut par exemple être nécessaire soit dans le cas d'un circuit fermé nécessitant la récupération du fluide chaud, soit dans le cas de débits de fuite latéraux 61 trop importants ou empêchés. Le circuit de retour est par exemple constitué de trous 62 traversant toute la chambre, c'est-à-dire que le flux de fluide 63 venant latéralement des cavités 27 après avoir traversé la paroi alvéolaire ne peut entrer en contact avec le flux entrant 64 qui contourne ces trous.

Dans le cas d'un circuit fermé, le fluide caloporteur transmet la chaleur prélevée sur les éléments à refroidir, sur des modules électroniques par exemple, soit à un puits de chaleur disponible et à proximité de l'équipement, soit à un circuit de refroidissement annexe de préférence en boucle fermée et constitué principalement d'un condenseur, d'un évaporateur et d'une pompe d'activation.

Les exemples de réalisation de l'invention ont été présentés pour le refroidissement de modules électronique notamment appliqués à une antenne active. L'invention peut néanmoins s'appliquer à d'autres types d'éléments à refroidir. Elle peut par exemple s'appliquer au refroidissement de diodes laser de faible ou de moyenne puissance, ou encore au refroidissement d'écrans plats.

## Revendications

1. Dispositif de refroidissement d'un module électronique, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (24, 25, 41, 51) de transfert de chaleur par impact associés à une structure alvéolaire (22) poreuse et conductrice de la chaleur et pressée sur le module par le jet de fluide (23) créé par les moyens de transfert de chaleur par impact.
2. Dispositif de refroidissement de plusieurs modules électroniques, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (24, 25, 41, 51) de transfert de chaleur par impact associés à une structure alvéolaire (22) po-

reuse et conductrice de la chaleur et pressée sur les modules (1, 21) par les jets de fluide (23) créés par les moyens de transfert de chaleur par impact.

3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens de transfert de chaleur par impact comportent une chambre (24) distribuant par un orifice calibré (25), au droit de chaque module (1; 21), une quantité de fluide.
4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que, le fluide étant de l'air, la chambre (24) reçoit de l'air au moyen d'un ventilateur tangentiel (41).
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la structure alvéolaire (22) est préformée de façon à être au contact d'un module (1, 21) et au contact de la chambre de distribution (24) de façon à créer une cavité (27) au niveau de chaque module (1, 21), cette cavité étant fermée par la paroi alvéolaire (22) et la chambre (24), un orifice (25) permettant le jet de fluide vers le module (1, 21).
6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, caractérisé en ce que la chambre de distribution (24) est plate.
7. Dispositif selon la revendication 2 et l'une quelconque des revendications 3 à 6, caractérisé en ce que la chambre de distribution (24) comporte des branches (51) qui sur chaque côté, ont des orifices (25) et sont recouvertes d'une paroi alvéolaire (22) pour permettre sur chacun des côtés le refroidissement de modules (1, 21).
8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la structure alvéolaire poreuse (22) est constituée d'une mousse de cuivre.
9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la structure alvéolaire poreuse (22) est constituée d'aluminium.
10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la structure alvéolaire poreuse (22) est constituée d'une structure en fibre de carbone.
11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la structure alvéolaire (22) recouvre sensiblement le fond de boîtier (21) d'un module.
12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 à 11, caractérisé en ce que les modules (1)

alimentant les éléments rayonnants (3) d'une antenne active, la surface de la chambre de distribution (24) épouse sensiblement la forme de la surface rayonnante de l'antenne.

5

13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est muni d'un circuit de retour du fluide dont le trajet emprunte en sortie latérale de la structure alvéolaire au moins un trou (62) réalisé dans la chambre de distribution (24), le trou traversant entièrement cette dernière de façon à ce que les flux d'entrée (64) et de sortie (61, 63) ne se mélangent pas.

10

14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 à 13, caractérisé en ce que les modules (1, 21) sont juxtaposés.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

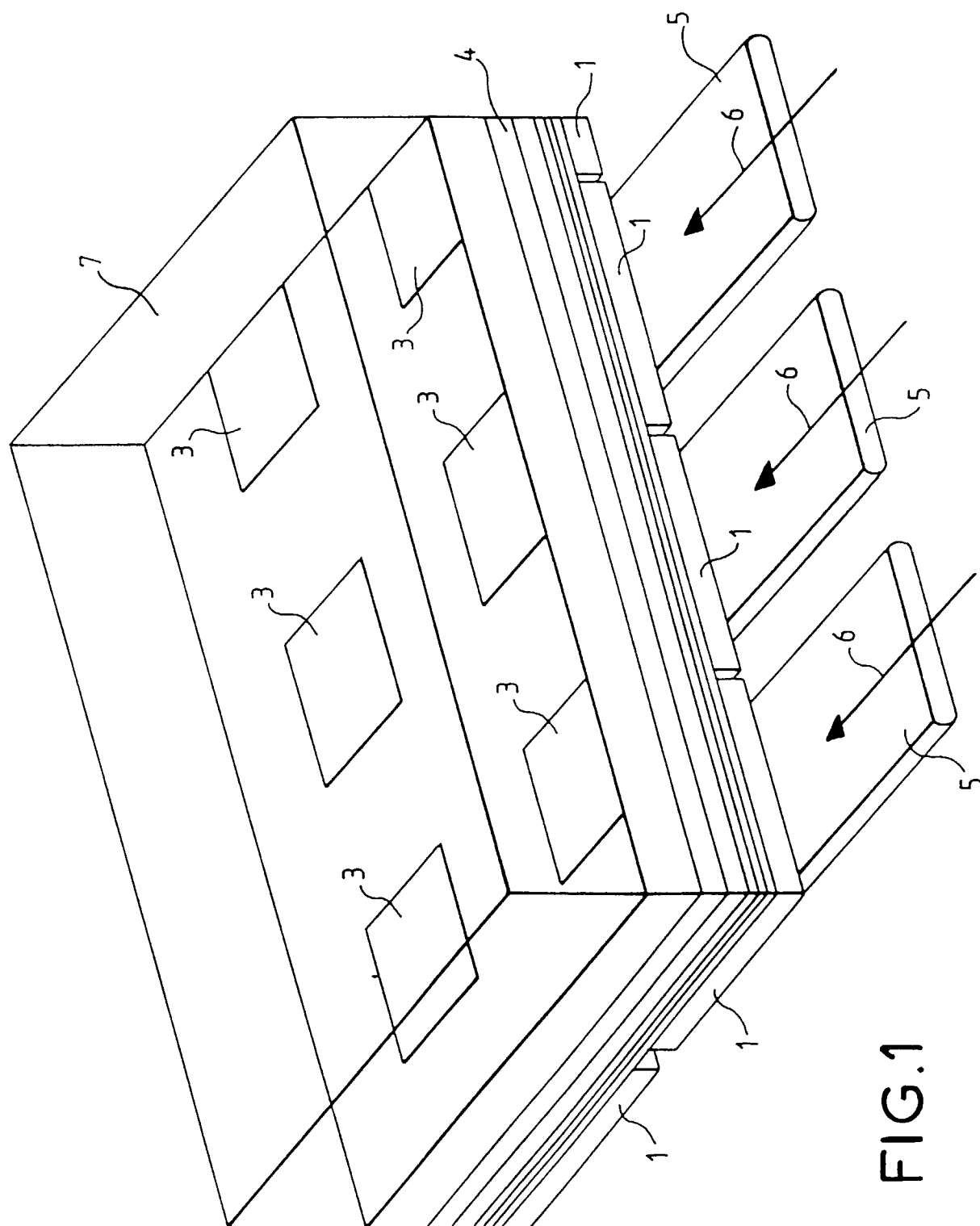


FIG.1

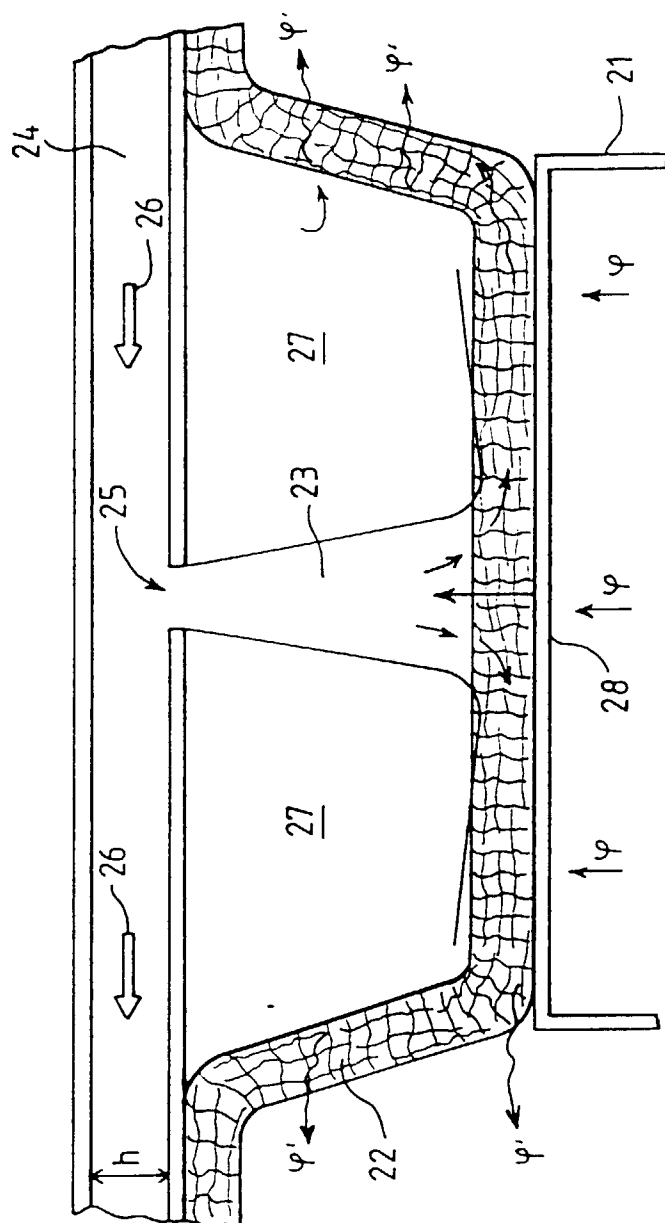
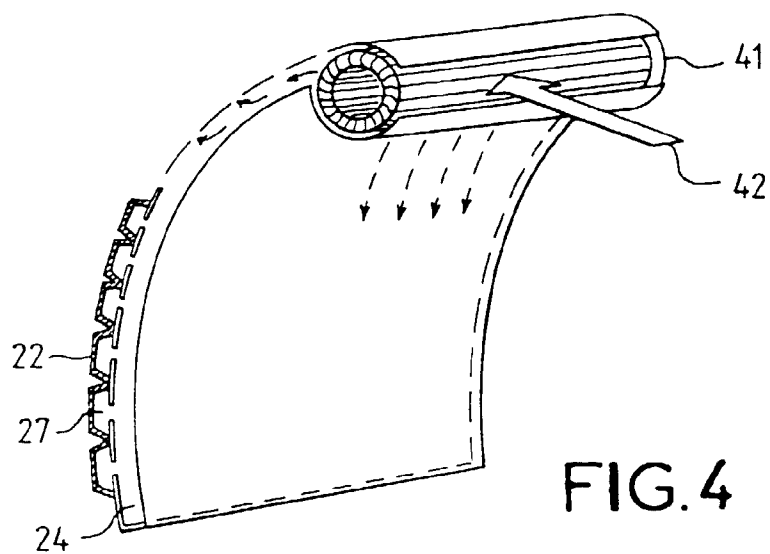
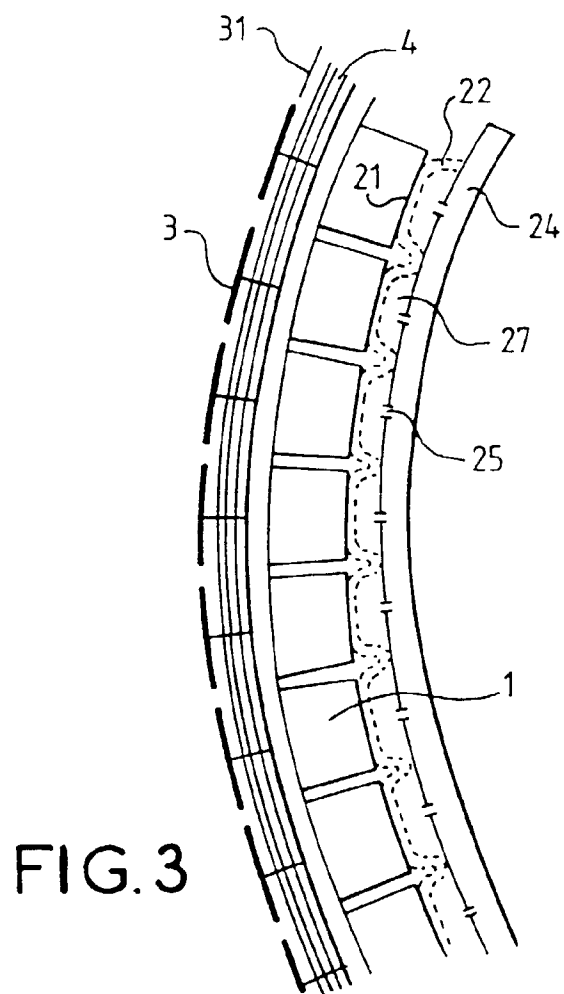


FIG. 2





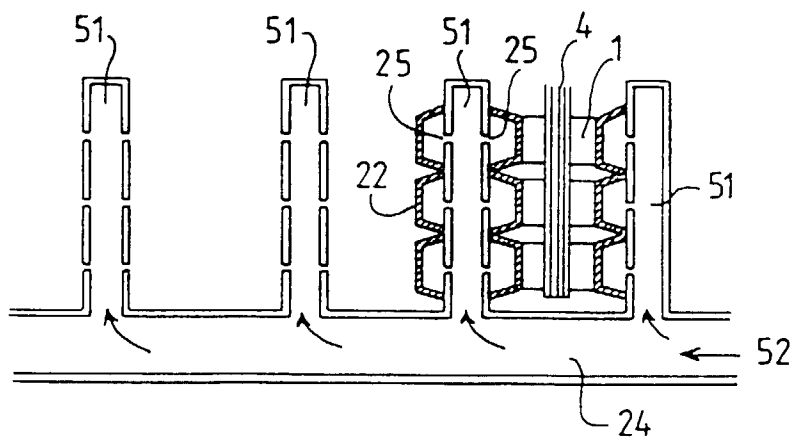


FIG. 5

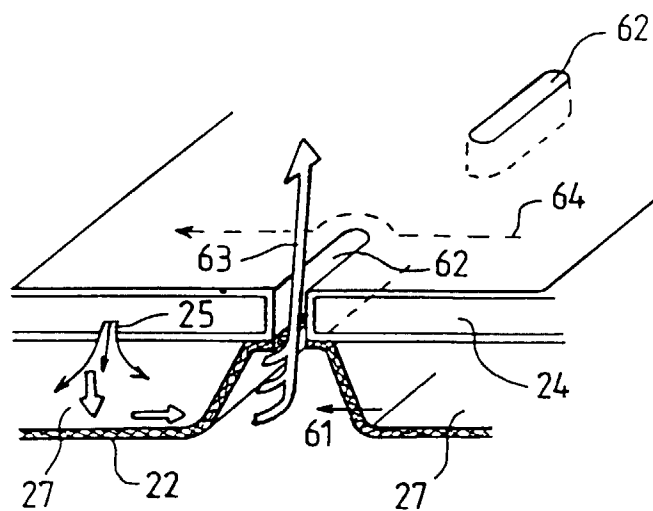


FIG. 6



Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande  
EP 97 40 1861

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
A	FR 2 588 699 A (SHIBUYA KOGYO CO LTD) 17 avril 1987 * page 3, ligne 18 - page 5, ligne 16; figures 1,2 *	1-3,5,8	F28F13/00 H01Q21/00
A	WO 95 22038 A (THOMSON TUBES ELECTRONICS; DUBROVIN ALEXIS (FR); DENIS PHILIPPE (F)) 17 août 1995 * abrégé *	1	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no. 276 (M-346), 18 décembre 1984 & JP 59 145497 A (KOGATA GAS REIBOU GIJUTSU KENKIYUUKUMIAI), 20 août 1984, * abrégé *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			F28F H01Q
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>LA HAYE</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>3 novembre 1997</b>	Examineur <b>Zaegel, B</b>
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03 82 (P04C02)