

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①1 N° de publication : **3 028 515**

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

②1 N° d'enregistrement national : **14 02561**

⑤1 Int Cl⁸ : **C 08 J 5/04** (2017.01), B 29 C 70/04, B 32 B 5/12,
F 28 F 21/02, H 02 S 40/42, B 82 Y 30/00, B 64 G 1/50

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 STRUCTURE COMPOSITE COMPORTANT UNE RESINE CHARGEE AVEC DES FEUILLETS PLANS DE GRAPHENE A CONDUCTIVITE THERMIQUE ET CONDUCTIVITE ELECTRIQUE RENFORCEES, NOTAMMENT POUR SATELLITE.

②2 Date de dépôt : 14.11.14.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public
de la demande : 20.05.16 Bulletin 16/20.

④5 Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 12.01.18 Bulletin 18/02.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *THALES Société anonyme — FR et
CENTRE DE RECHERCHE PUBLIC HENRI TUDOR
— LU.*

⑦2 Inventeur(s) : LUTZ MARTINE, TANZILLI DIMA,
BURGER NICOLAS et LAACHACHI ABDELGHANI.

⑦3 Titulaire(s) : THALES Société anonyme,
LUXEMBOURG INSTITUTE OF SCIENCE AND
TECHNOLOGY.

⑦4 Mandataire(s) : MARKS & CLERK FRANCE%.

FR 3 028 515 - B1



Structure composite comportant une résine chargée avec des feuillets plans de graphène à conductivité thermique et conductivité électrique renforcées, notamment pour satellite

5 Le domaine de l'invention est celui des structures mécaniques composites présentant de bonnes propriétés en termes de tenue mécanique, de conductivité thermique et de conductivité électrique notamment pour applications dans le domaine du spatial, et pouvant être intégrées dans des satellites de télécommunications, d'observation scientifiques.

10 De manière générale, les dispositifs pour applications spatiales doivent satisfaire des performances de plus en plus sévères. En ce qui concerne les satellites de télécommunications, ceux-ci embarquent un nombre toujours plus grand d'équipements toujours plus complexes consommant toujours plus d'énergie, produisant plus de chaleur.

15 De plus, les futures plateformes de satellites de télécommunication doivent satisfaire des exigences de performances de plus en plus sévères (précision de pointage des antennes, masse...).

Ainsi, les satellites de télécommunications doivent être capables de dissiper la chaleur produite par les équipements embarqués de manière performante, afin de garantir la pérennité des performances de ceux-ci. Parallèlement, la multiplicité croissante des équipements embarqués, ainsi que des motifs économiques, imposent aux composants embarqués des contraintes de masse toujours plus sévères.

25 Les satellites de télécommunications utilisent habituellement des dissipateurs de chaleur sous la forme de panneaux dissipatifs, communément désignés "panneaux Nord - Sud" ou encore "murs Nord - Sud", de par leur disposition particulière sur la surface des satellites. Les murs Nord - Sud sont de manière typique composés de panneaux et de dispositifs de conduction calorifique, ces derniers étant communément désignés caloducs, et habituellement constitués de structures tubulaires mises en réseau et au sein desquelles circule un fluide caloporteur. Pour ce qui concerne la plupart des systèmes de satellites réalisés, la structure des murs Nord - Sud est typiquement réalisée en aluminium. De la même manière, les caloducs sont typiquement réalisés en aluminium. L'aluminium est privilégié car il offre de bonnes caractéristiques de conductivité thermique, ainsi que des propriétés physiques facilitant l'extrusion, procédé

30

35

de fabrication particulièrement adapté pour l'obtention de pièces de structure tubulaire. En outre, l'aluminium offre des caractéristiques connues de légèreté.

Des satellites de télécommunications peuvent également utiliser
5 des étagères, supportant les équipements et des moyens de transfert thermique permettant un transfert de la chaleur dégagée par les équipements vers des panneaux dissipatifs de type panneaux Nord - Sud par exemple. D'une manière similaire, les composants formant les étagères sont d'une manière privilégiée réalisés en aluminium.

10 En ce qui concerne les satellites d'observation et scientifiques, des missions particulières nécessitant à la fois des structures rigides et des panneaux contrôlés thermiquement par caloducs sont envisageables, notamment pour les explorations des planètes chaudes et du soleil.

Afin de satisfaire au mieux les contraintes précitées, et notamment
15 les contraintes liées à la masse des systèmes, il est envisagé de recourir à des structures alternatives aux structures en aluminium connues. Il est notamment envisagé de recourir à des matériaux composites présentant des masses moindres. Notamment, des structures composites à base de carbone sont envisagées. En effet, les développements récents permettent la
20 réalisation de structures composites contenant des fibres de carbone enrichies en graphite, ou "graphitisées". De telles fibres offrent des caractéristiques très satisfaisantes en terme de conduction thermique. Des structures composites incorporant des fibres de carbone graphitisées sont ainsi envisagées, notamment pour réaliser la structure formant le plan des
25 panneaux Nord - Sud de satellites, pour laquelle de bonnes caractéristiques de conductivité thermique sont recherchées.

Selon des techniques en elles-mêmes connues de l'état de la technique, l'utilisation de fibres de carbone hautement graphitisées peut être assortie à l'emploi d'une deuxième fibre de carbone, de type "haute
30 résistance", palliant la tenue mécanique insuffisante de la première. D'une manière typique, la première fibre, conductrice, peut être disposée de manière sensiblement perpendiculaire à l'axe principal des caloducs, et la seconde fibre, de haute résistance, sensiblement dans le sens de l'axe principal des caloducs. Ainsi, une succession de couches comprenant des
35 fibres de carbone hautement graphitisées, noyées dans une résine, et de

couches comprenant des fibres de carbone de haute résistance sensiblement alignées à la perpendiculaire des fibres des couches voisines, peut être réalisée. Il est également possible d'alterner des couches dans lesquelles des fibres de carbones sont disposées selon un alignement faisant un angle déterminé, par exemple de 45°, avec les fibres disposées dans les couches voisines ; une telle configuration, formée par une superposition de couches comprenant des fibres de nature hétérogène, permet de conférer des structures composites dont les propriétés d'isotropie sont améliorées.

Dans ce cadre, le Demandeur a déposé une demande de brevet publiée sous la référence 2 960 218, décrivant une solution à base de résine organique et de fibres de carbone, la résine étant chargée de nanotubes de carbone. Afin de réaliser un dissipateur thermique, le matériau composite est couplé à l'utilisation de caloducs, néanmoins cette solution ne permet d'assurer qu'imparfaitement un retour courant structure. Selon cette solution, la résine dopée est devenue légèrement conductrice électriquement, ce qui simplifie déjà la mise en œuvre de la métallisation (pas d'opération de grattage nécessaire contrairement aux composites standards), mais pas suffisamment pour s'affranchir de pistes de métallisation afin d'assurer le retour courant.

C'est pourquoi, la présente invention a pour objet une nouvelle structure mécanique composite à tenue mécanique renforcée et dont la conductivité thermique et la conductivité électrique sont également améliorées. L'originalité de cette structure réside dans l'utilisation de nanofeuillets de graphène en tant que charge de la résine, de structure plane, pouvant présenter des surfaces spécifiques plus grandes que les charges actuellement proposées dans les solutions de l'art connu et notamment celle à base de nanotubes de carbone.

La solution proposée dans la présente invention consiste en une structure dont les très bonnes propriétés en termes de tenue mécanique, de très bonne conductivité thermique et très bonne conductivité électrique permet ainsi d'envisager diverses applications dans des structures embarquées à bord de satellite, tels que des dissipateurs thermiques, des boîtiers pour composants électroniques ou bien encore en tant que substrat pour des générateurs solaires.

Plus précisément, la présente invention a pour objet une structure composite comprenant une résine organique et des fibres de carbone, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre des nanofeuillets de structure plane de graphène noyés dans ladite résine.

5 L'intérêt d'utiliser des nanofeuillets de graphène réside notamment dans les très bonnes propriétés de conductivité thermique, dues à leur grande surface spécifique, leur morphologie en feuillet, leur grand facteur de forme et leur longueur, et dans les très bonnes propriétés de conductivité électrique accrue par rapport à celle de nanotubes de carbone. En effet, les
10 dimensions des nanofeuillets de structure plane sont de l'ordre de quelques dizaines de microns, permettant d'augmenter de manière conséquente, leur surface spécifique par rapport à celles de nanotubes de carbone, pouvant comprendre une longueur de nanotube du même ordre de grandeur mais avec un diamètre beaucoup plus faible.

15 Selon une variante de l'invention, ladite structure composite comprend des empilements de quelques nanofeuillets de graphène de structure plane noyés dans ladite résine.

Selon une variante de l'invention, le taux de charge massique en nanofeuillets dans la résine est compris entre 5 % et 20%.

20 Selon une variante de l'invention, la surface spécifique des nanofeuillets de graphène est supérieure ou égale à 500 m²/g, avantageusement, elle peut être supérieure à 750 m²/g.

Selon une variante de l'invention, la structure comprend une succession alternée de couches comprenant une première pluralité de fibres
25 de carbone disposées suivant un alignement déterminé, et de couches comprenant une deuxième pluralité de fibres de carbone disposées suivant un alignement sensiblement perpendiculaire à l'alignement de ladite première pluralité de fibres de carbone.

30 Selon une variante de l'invention, la structure composite est formée par un tissu réalisé par un enchevêtrement d'une première pluralité de fibres de carbone disposées suivant un alignement déterminé, et d'une deuxième pluralité de fibres de carbone disposées suivant un alignement sensiblement perpendiculaire à l'alignement de ladite première pluralité de fibres de carbone.

L'invention a aussi pour objet un dispositif de dissipation thermique, notamment pour application spatiale, comprenant au moins un panneau dissipatif, le panneau dissipatif comprenant au moins une peau réalisée dans la structure composite selon l'invention.

5 L'invention a aussi pour objet un dispositif de dissipation thermique comprenant au moins une peau réalisée dans la structure composite de l'invention.

Selon une variante de l'invention, la peau est assemblée à un réseau de caloducs.

10 Selon une variante de l'invention, le panneau dissipatif comprend une peau intérieure et une peau extérieure de forme plane disposées parallèlement l'une de l'autre et solidarisées via des éléments de structure.

Selon une variante de l'invention, le dispositif de dissipation thermique comprend une peau intérieure et une peau extérieure de forme plane disposées parallèlement l'une de l'autre et solidarisées via des éléments de structure.

15 Selon une variante de l'invention, les éléments de structure sont formés par une configuration en nid d'abeille de tubes d'aluminium.

Selon une variante de l'invention, les éléments de structure sont formés par une mousse conductrice.

20 Selon une variante de l'invention, le réseau de caloducs est disposé extérieurement au panneau dissipatif en surface de la peau intérieure.

Selon une variante de l'invention, le réseau de caloducs est disposé intérieurement au panneau dissipatif, entre les peaux intérieure et extérieure.

Selon une variante de l'invention, le réseau de caloducs comprend un ou une pluralité de caloducs de forme sensiblement tubulaire, réalisés en aluminium.

30 Selon une variante de l'invention, le réseau de caloducs comprend un ou une pluralité de caloducs de forme sensiblement tubulaire, réalisés dans un alliage d'aluminium incorporant des éléments de faible coefficient de dilatation thermique.

Selon une variante de l'invention, l'assemblage des caloducs aux peaux est réalisé au moyen de résine organique enrichie de nanofeuillets de structure plane de graphène.

L'invention a aussi pour objet un panneau dissipatif fixe pour satellite, caractérisé en ce qu'il est formé par au moins un dispositif de dissipation thermique selon l'invention.

L'invention a aussi pour objet un panneau dissipatif déployable pour satellite, caractérisé en ce qu'il est formé par au moins un dispositif de dissipation thermique selon l'invention.

L'invention a encore pour objet un boîtier d'équipement électronique, notamment pour application spatiale, comprenant des composants électroniques positionnés dans un contenant caractérisé en ce que ledit contenant comprend la structure composite selon l'invention.

Typiquement, l'épaisseur de ladite structure composite est supérieure ou égale à quelques millimètres, permettant de rigidifier ladite structure.

L'invention a aussi pour objet un substrat de générateur solaire caractérisé en ce qu'il comprend une structure composite selon l'invention. Typiquement l'épaisseur de ladite structure composite est de l'ordre du dixième de millimètre, ladite structure pouvant être flexible.

L'invention a encore pour objet un panneau solaire comprenant un substrat de générateur solaire selon l'invention et un ensemble de cellules photovoltaïques.

La présente invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre donnée à titre non limitatif et grâce aux figures annexées parmi lesquelles :

- la figure 1 illustre un nanofeuillet de graphène utilisé dans une structure composite selon l'invention ;
- la figure 2 fournit une représentation théorique des mécanismes de diffusion de chaleur dans les échantillons composites en fonction du facteur de forme des charges dispersées dans une résine ;
- la figure 3 illustre l'évolution des performances en termes de conductivité thermique exprimée en W/m.K en fonction du taux

- de charge massique dans le cas de résine chargée en nanotubes de carbone et dans le cas de résine chargée en nanofeuillets de structure plane de graphène ;
- 5 - la figure 4 illustre l'évolution des performances en termes de conductivité électrique exprimée en $\text{Log}[S/m]$ en fonction du taux de charge massique dans le cas de résine chargée en nanotubes de carbone et dans le cas de résine chargée en nanofeuillets de structure plane de graphène ;
 - 10 - la figure 5 illustre une vue en perspective illustrant une structure connue de dispositif de dissipation thermique pour un satellite de télécommunication ;
 - les figures 6 et 7 illustrent des vues en coupe d'un dispositif de dissipation thermique comprenant un panneau dissipatif avec la structure composite de l'invention et un réseau de caloducs, dans un premier exemple de réalisation ;
 - 15 - la figure 8 illustre une vue en coupe d'un dispositif de dissipation thermique comprenant un panneau dissipatif avec la structure composite de l'invention et un réseau de caloducs, dans un second exemple de réalisation ;
 - 20 - la figure 9 illustre un exemple de panneau solaire comprenant comme substrat une structure composite de l'invention.

De manière générale, la structure composite de la présente invention comporte une résine chargée en nanofeuillets de structure plane de graphène et des fibres de carbone.

De manière reconnue, un nanofeuillet plan de graphène est défini comme étant un unique feuillet de carbone pur, cristallisé en une structure de nid d'abeille, d'une épaisseur de la taille d'un atome de carbone, tel que le feuillet illustré en figure 1. Sa structure fait du graphène un matériau exceptionnel, combinant d'excellentes propriétés mécaniques, thermiques et électriques. Il est toutefois difficile d'obtenir expérimentalement un unique feuillet de graphène pur à 100%, présentant généralement des fonctions oxygénées à ces extrémités et/ou une certaine réaggrégation des feuillets conduisant à une forme plus proche du graphite.

La structure composite de la présente invention peut ainsi comprendre typiquement un empilement de quelques nanofeuillets de graphène de structure plane pouvant typiquement avoir une épaisseur comprise entre 1 nm et 10 nm et une longueur de plus d'une dizaine de
 5 nanomètres pouvant atteindre typiquement une longueur d'environ de quelques dizaines de microns, pouvant par exemple être de l'ordre de 25 μm de longueur, avec une largeur du même ordre de grandeur, et conduisant par exemple à une surface spécifique de 750 m^2/g .

Le Demandeur a mis en évidence les résultats comparatifs
 10 obtenus avec :

- une résine chargée en nanofibres de carbone (référéncée *Nanofibres Carbone*) ;
- une résine chargée avec des nanofeuillets de structure plane de graphène, utilisée dans la présente invention (référéncée
 15 *Graphène*).

Le Tableau 1 ci-après récapitule les conductivités thermiques obtenues à 10 % de charge massique et en fonction de leurs paramètres respectifs.

	Surface spécifique (m^2/g)	Facteur de forme		Longueur des charges		Conductivité thermique ($\text{W}/\text{m.K}$)
		Théorique	Observé	Théorique (μm)	Observé (μm)	
Nanofibres Carbone	100	300	10-20	30	<1	0,35
Graphène	750	2500	50-200	25	<100	2,42

20

Le Demandeur a pu ainsi montrer les très bons résultats obtenus en termes de conductivité thermique avec une résine chargée en nanofeuillets de structure plane de graphène. L'accroissement de la surface spécifique, du facteur de forme et de la taille des charges concourt à
 25 augmenter les performances.

Les charges de nanofeuillets de structure plane de graphène possèdent la meilleure combinaison de paramètres, avec une grande surface spécifique et un grand facteur de forme, ainsi qu'une taille de charge que l'on peut considérer comme relativement grande. La conductivité thermique

obtenue de 2,42 W/m.K en témoigne, résultant d'une certaine synergie de ces paramètres.

Le taux de charge en graphène dans la structure composite joue également un rôle dans les performances obtenues. Le Demandeur a ainsi
5 étudié des résines présentant respectivement des taux de charge massique de 5% et de 10%.

L'augmentation de la conductivité thermique est nettement plus marquée pour une résine chargée en graphène à 10% que pour celle chargée à 5%. Les nanofeuillets sont interconnectés à 10% avec des
10 distances inter-particulaires relativement faibles, tandis qu'à 5%, les nanofeuillets sont bien dispersés et relativement isolés les uns des autres (avec une plus grande distance moyenne inter-particulaire). Cette distance moyenne inter-particulaire dépend naturellement du taux de charge, comme mentionné précédemment, mais également du facteur de forme de la charge.
15 On peut notamment illustrer ce postulat par la figure 2, qui fournit une représentation théorique des mécanismes de diffusion de chaleur au sein d'une résine R comprenant des Charges, dans les échantillons composites en fonction du facteur de forme des charges, comparant théoriquement la diffusion de chaleur dans deux composites avec des charges à facteurs de
20 forme très différents.

On constate que l'effet bénéfique des charges à grand facteur de forme sur la conductivité thermique peut principalement s'expliquer par leur distribution et l'aspect structural du matériau. Géométriquement parlant, des charges avec un facteur de forme plus grand permettent de remplir
25 beaucoup plus d'espace dans la résine, i.e. diminuer les distances moyennes inter-particulaires, que dans le cas de charges avec un facteur de forme plus faible. Ainsi, en diminuant ces distances moyennes inter-particulaires, on obtient alors un certain réseau de nanofeuillets interconnectés, qui permettent ainsi une diffusion de chaleur beaucoup plus rapide, de charge en
30 charge.

Le Tableau 2 ci-après illustre les performances en termes de conductivité thermique et la conductivité électrique, dans le cas de résine non chargée, dans le cas de résine chargée avec un taux de charge de 5% de nanofeuillets de structure plane de graphène et avec un taux de charge
35 de 10% de nanofeuillets de structure plane de graphène.

	Conductivité électrique (S/m)	Conductivité thermique (W /mK)
Résine non chargée	$1,49. 10^{-8}$	0,23
Résine chargée à 5 %	3,24	1
Résine chargée à 10 %	$9,30. 10^{-1}$	2,42

Tableau 2

5 Les courbes associées représentées en figures 3 et 4 illustrent de plus l'évolution des performances pouvant être attendues respectivement en termes de conductivité thermique exprimée en W/m.K et en termes de conductivité électrique exprimée en Log[S /m] en fonction du taux de charge massique dans le cas de résine chargée en nanotubes de carbone et dans le
10 cas de résines chargées en nanofeuillets de structure plane de graphène. Il ressort très clairement de l'ensemble des deux courbes C_{3a} et C_{4a} (résine chargée en nanotubes) et des courbes C_{3b} et C_{4b} (résine chargée en nanofeuillets de graphène) que les performances sont meilleures avec la résine chargée utilisée dans la présente invention avec des nanofeuillets de
15 structure plane de graphène. L'évolution des courbes de conductivité électrique met en évidence l'atteinte d'une asymptote à partir d'un taux de charge massique d'environ 8 à 10%.

20 Exemple de structure pour application de dissipateur thermique destiné notamment à pouvoir être embarqué dans un satellite

Pour réaliser une peau à forte propriété de dissipation thermique, des nanofeuillets de structure plane de graphène sont mélangés à de la résine destinée à la structure composite.

25 La résine chargée est filmée pour pouvoir produire un pré-imprégné à base de renfort carbone (tissu carbone constitué de fibres longues de carbone haut module, typiquement module fibre supérieur à 400 GPa).

30 Ce pré-imprégné est alors drapé (empilement de couches quasi-isotropes) puis polymérisé sous formes de peaux. La polymérisation peut

être opérée sous pression et température, l'opération peut typiquement être menée sous presse ou dans un autoclave. On peut ainsi réaliser des structures composites selon l'invention pouvant présenter des épaisseurs variables, selon l'empilement de couches de pré-imprégné avant l'opération de polymérisation et de durcissement de ladite structure composite pouvant
5 notamment être destinées à des applications de dissipateur thermique.

La figure 5 présente à cet effet, une vue en perspective illustrant une structure connue de dispositif de dissipation thermique pour un satellite de télécommunication.

10 D'une manière typique, un satellite de communication comprend notamment un module de communication 10. Le module de communication 10 comprend une pluralité d'équipements électroniques 13 fortement dissipatifs. Les équipements électroniques 13 sont installés sur des réseaux de caloducs non représentés sur la présente figure, mais décrits en détails
15 ci-après en référence aux figures 2a, 2b et 3. Les équipements électroniques 13 sont disposés à l'intérieur du satellite de communication. Les caloducs sont disposés sur la surface interne de panneaux dissipatifs 11, 12, ou bien à l'intérieur des panneaux dissipatifs 11,12. Les réseaux de caloducs permettent le transport et la répartition de la puissance thermique sur la
20 surface totale des panneaux dissipatifs 11, 12. La surface extérieure des panneaux dissipatifs 11, 12 rayonnent alors cette puissance vers l'espace environnant. Pour un meilleur rayonnement de la puissance thermique, les surfaces extérieures des panneaux dissipatifs 11, 12 sont par exemple couvertes de réflecteurs solaires optiques, communément désignés par le
25 sigle OSR correspondant à la terminologie anglaise "Optical Solar Reflectors". La structure des panneaux Nord- - Sud est décrite en détails ci-après en référence aux figures 6, 7 et 8.

Les figures 6 et 7 présentent des vues en coupe illustrant la structure d'un dispositif de dissipation thermique comprenant un panneau dissipatif et un réseau de caloducs, dans un premier exemple de réalisation.
30

Dans le premier exemple de réalisation, un réseau de caloducs comprenant au moins un caloduc 21 peut être disposé à l'intérieur d'un panneau dissipatif 11. Les surfaces intérieure et extérieure du panneau Nord - Sud 11 peuvent être formées par deux structures de surface ou "peaux",
35 respectivement une peau intérieure 211 et une peau extérieure 212,

définissant des plans sensiblement parallèles l'un de l'autre. Les peaux 211, 212 peuvent être solidarisées via des éléments structurels 22. Les éléments structurels 22 peuvent par exemple, d'une manière typique, former une structure dite en "nid d'abeille". Les équipements électroniques 13 sont
5 disposés sur le réseau de caloducs 21.

Dans l'exemple illustré par la figure 6, un caloduc de forme essentiellement tubulaire est représenté dans une coupe transversale.

Dans l'exemple illustré par la figure 7, plusieurs sections d'un même caloduc ou bien de plusieurs caloducs, sont représentées dans une
10 vue en coupe transversale. Un fluide caloporteur circule dans les caloducs 21. D'une manière typique dans des applications de type satellites de télécommunication, le fluide caloporteur utilisé est l'ammoniac.

Dans des structures typiques connues de l'état de la technique, les caloducs 21, ainsi que les peaux 211, 212 et les éléments structurels
15 formant les panneaux dissipatifs 11 peuvent être constitués d'aluminium.

La figure 8 est une représentation schématique de la composition d'un panneau dissipatif selon une variante de réalisation.

La figure 8 présente une structure de panneau dissipatif 11 en elle-même connue de l'état de la technique, au sein de laquelle sont intégrés
20 les réseaux de caloducs 21, apparaissant dans une coupe transversale dans la figure. Dans une telle structure, les équipements électroniques 13 peuvent être disposés directement sur une peau 211, 212, sensiblement au-dessus des réseaux de caloducs 21, les réseaux de caloducs 21 étant disposés entre les deux peaux 211, 212 du panneau dissipatif 11. D'une manière
25 similaire aux structures décrites ci-dessus en référence aux figures 6 et 7, des éléments structurels 22 formant par exemple une structure en nid d'abeille, peuvent solidariser l'ensemble.

Selon la présente invention, il devient de plus possible de faire du courant structure puisque la charge en nanofeuillets de graphène permet
30 également d'avoir une bonne conductivité électrique en complément de la bonne conductivité thermique, sans avoir recours par exemple à l'emploi de pistes de métallisation en surface des panneaux de manière à récupérer le courant, la structure de la présente invention étant suffisamment bonne conductrice électrique pour obtenir directement ce retour courant structure.

Exemple de structure pour application panneau solaire destiné notamment à pouvoir être embarqué dans un satellite

La structure composite de l'invention peut également
5 avantageusement servir à des substrats de panneaux solaires. Il est en effet possible de réaliser des films très minces, présentant une grande flexibilité en raison de leur faible épaisseur (typiquement pouvant être de l'ordre de quelques dixièmes de mm) et pouvant ainsi dans une variante être enroulés pour pouvoir être déployés. La figure 9 illustre à cet effet, un exemple de
10 panneau solaire 31 comprenant l'empilement suivant :

- un substrat 311 correspondant à la structure composite de l'invention ;
- un ensemble de couches isolantes 312 entre lesquelles, est réalisé un réseau électrique 313 ;
- 15 - à la surface d'empilement 312/313 correspondant à une couverture électrique, un ensemble de cellules photovoltaïques 314 :
- une couverture anti-radiation en verre 315 ;
- des connexions électriques 316

20 Il est à noter, que selon une autre variante de l'invention, le panneau solaire peut également être un panneau solaire rigide.

Exemple de structure pour boîtier électronique destiné notamment à pouvoir être embarqué dans un satellite

25

La structure composite de l'invention peut également être conçue pour présenter une épaisseur suffisante, typiquement de quelques millimètres et être mise en forme pour servir de boîtier électronique pour des composants électroniques par exemple, permettant de constituer une
30 alternative aux alliages métalliques utilisés dans le packaging d'équipement électronique embarqué notamment dans des satellites.

De telles pièces peuvent être réalisées par moulage ou injection avec des moules adéquats à partir des pré-imprégnés décrits précédemment, pour être mis en forme, la résine étant polymérisée pour
35 durcir en phase terminale.

REVENDEICATIONS

1. Structure composite comprenant une résine organique et des fibres de
5 carbone, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre des nanofeuillets de structure
plane de graphène noyés dans ladite résine, la surface spécifique des nanofeuillets
de graphène étant supérieure ou égale à $500 \text{ m}^2/\text{g}$.

2. Structure composite selon la revendication 1, caractérisé ce qu'elle
10 comprend des empilements de quelques nanofeuillets de graphène de structure
plane noyés dans ladite résine.

3. Structure composite selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisée
en ce que le taux de charge massique en nanofeuillets dans la résine est compris
15 entre 5 % et 20%.

4. Structure composite selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée
en ce qu'elle comprend une succession alternée de couches comprenant une
20 première pluralité de fibres de carbone (41) disposées suivant un alignement
déterminé, et de couches comprenant une deuxième pluralité de fibres de carbone
(42) disposées suivant un alignement sensiblement perpendiculaire à l'alignement de
ladite première pluralité de fibres de carbone (41).

25 5. Structure composite selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée
en ce que la structure composite est formée par un tissu réalisé par un
enchevêtrement d'une première pluralité de fibres de carbone (41) disposées suivant
un alignement déterminé, et d'une deuxième pluralité de fibres de carbone (42)
disposées suivant un alignement sensiblement perpendiculaire à l'alignement de
30 ladite première pluralité de fibres de carbone (41).

6. Dispositif de dissipation thermique, notamment pour application
spatiale, comprenant au moins un panneau dissipatif (11, 12), le panneau dissipatif
(11, 12) comprenant au moins une peau (211, 212) réalisée dans la structure
35 composite selon l'une des revendications 1 à 5.

7. Dispositif de dissipation thermique selon la revendication 6, caractérisé
en ce que la peau (211, 212) est assemblée à un réseau de caloducs (21).

8. Dispositif de dissipation thermique selon l'une des revendications 6 ou 7, caractérisé en ce que le panneau dissipatif (11, 12) comprend une peau intérieure (211) et une peau extérieure (212) de forme planaire disposées parallèlement l'une de l'autre et solidarisées via des éléments de structure (22).

5

9. Dispositif de dissipation thermique selon la revendication 8, caractérisé en ce que les éléments de structure (22) sont formés par une configuration en nid d'abeille de tubes d'aluminium.

10

10. Dispositif de dissipation thermique selon la revendication 8, caractérisé en ce que les éléments de structure (22) sont formés par une mousse conductrice.

15

11. Dispositif de dissipation thermique selon l'une quelconque des revendications 7 à 10, caractérisé en ce que le réseau de caloducs (21) est disposé extérieurement au panneau dissipatif (11, 12), en surface de la peau intérieure (211).

20

12. Dispositif de dissipation thermique selon l'une quelconque des revendications 7 à 10, caractérisé en ce que le réseau de caloducs (21) est disposé intérieurement au panneau dissipatif (11, 12), entre les peaux intérieure (211) et extérieure (212).

25

13. Dispositif de dissipation thermique selon l'une quelconque des revendications 7 à 12, caractérisé en ce que le réseau de caloducs (21) comprend un ou une pluralité de caloducs de forme sensiblement tubulaire, réalisés en aluminium.

30

14. Dispositif de dissipation thermique selon l'une quelconque des revendications 7 à 12, caractérisé en ce que le réseau de caloducs (21) comprend un ou une pluralité de caloducs de forme sensiblement tubulaire, réalisés dans un alliage d'aluminium incorporant des éléments de faible coefficient de dilatation thermique.

35

15. Dispositif de dissipation thermique selon l'une quelconque des revendications 7 à 14, caractérisé en ce que l'assemblage des caloducs (21) aux peaux (211, 212) est réalisé au moyen de résine organique enrichie de nanofeuillets de graphène de structure plane.

16. Boîtier d'équipement électronique, notamment pour application spatiale, comprenant des composants électroniques positionnés dans un contenant caractérisé en ce que ledit contenant comprend la structure composite selon l'une des revendications 1 à 5.

5

17. Boîtier d'équipement électronique selon la revendication 16, caractérisé en ce que l'épaisseur de ladite structure composite est supérieure ou égale à quelques millimètres.

10

18. Substrat de générateur solaire caractérisé en ce qu'il comprend une structure composite selon l'une des revendications 1 à 5.

15

19. Substrat de générateur solaire selon la revendication 18, caractérisé en ce que l'épaisseur de ladite structure composite est de l'ordre du dixième de millimètre, ladite structure étant flexible.

20

20. Panneau solaire comprenant un substrat de générateur solaire selon l'une des revendications 18 ou 19 et un ensemble de cellules photovoltaïques.

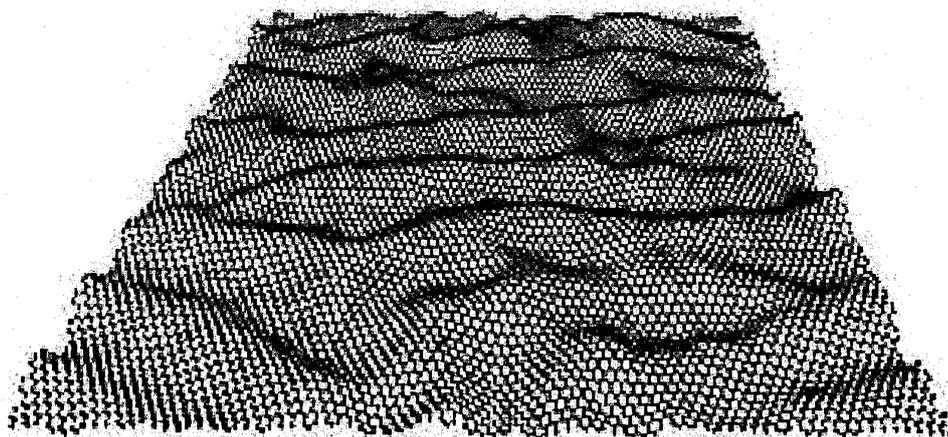


FIG.1

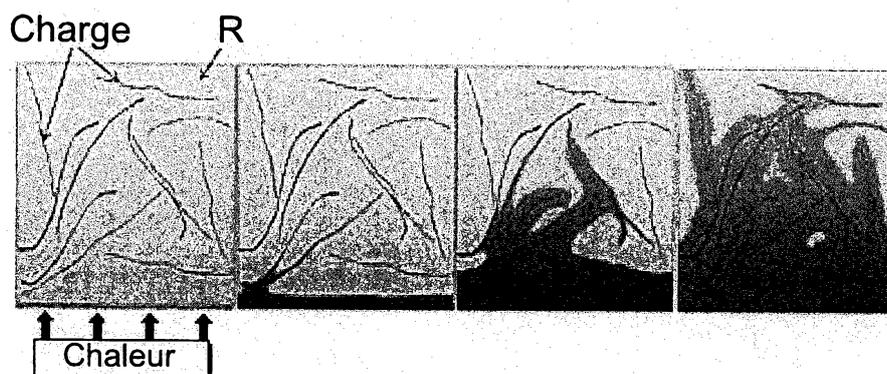
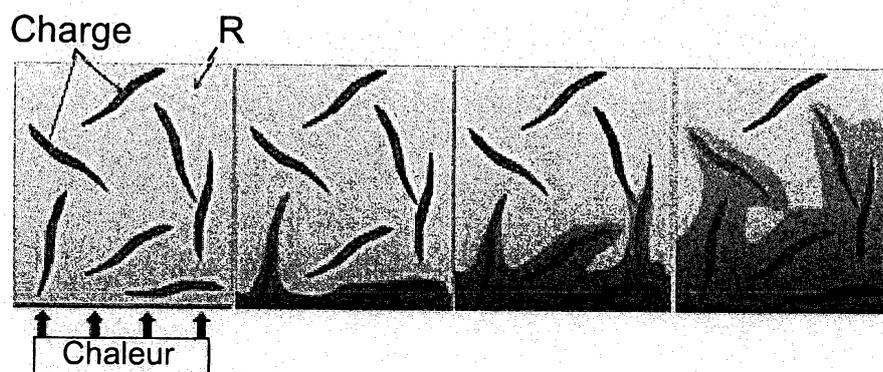


FIG.2

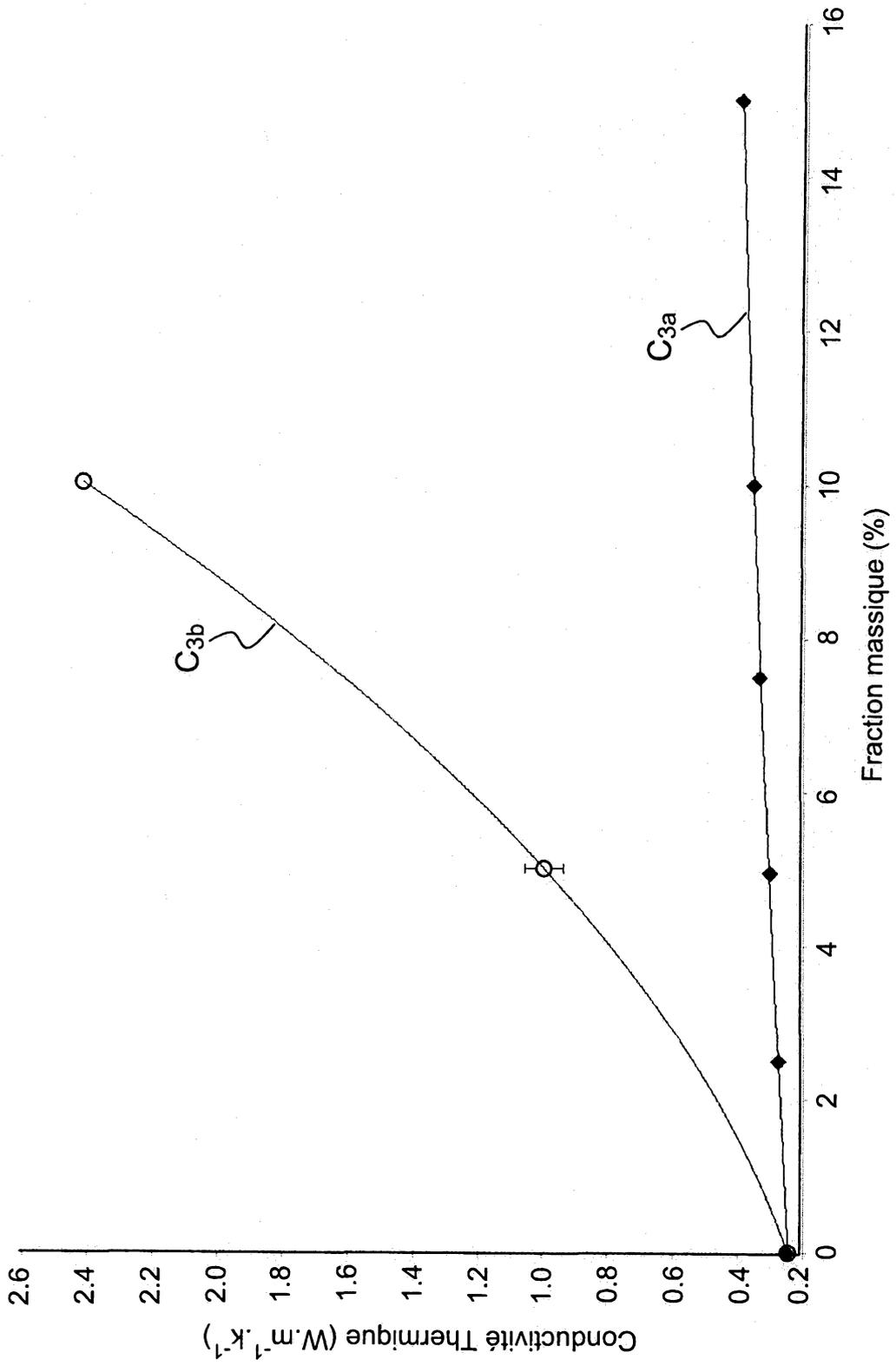


FIG.3

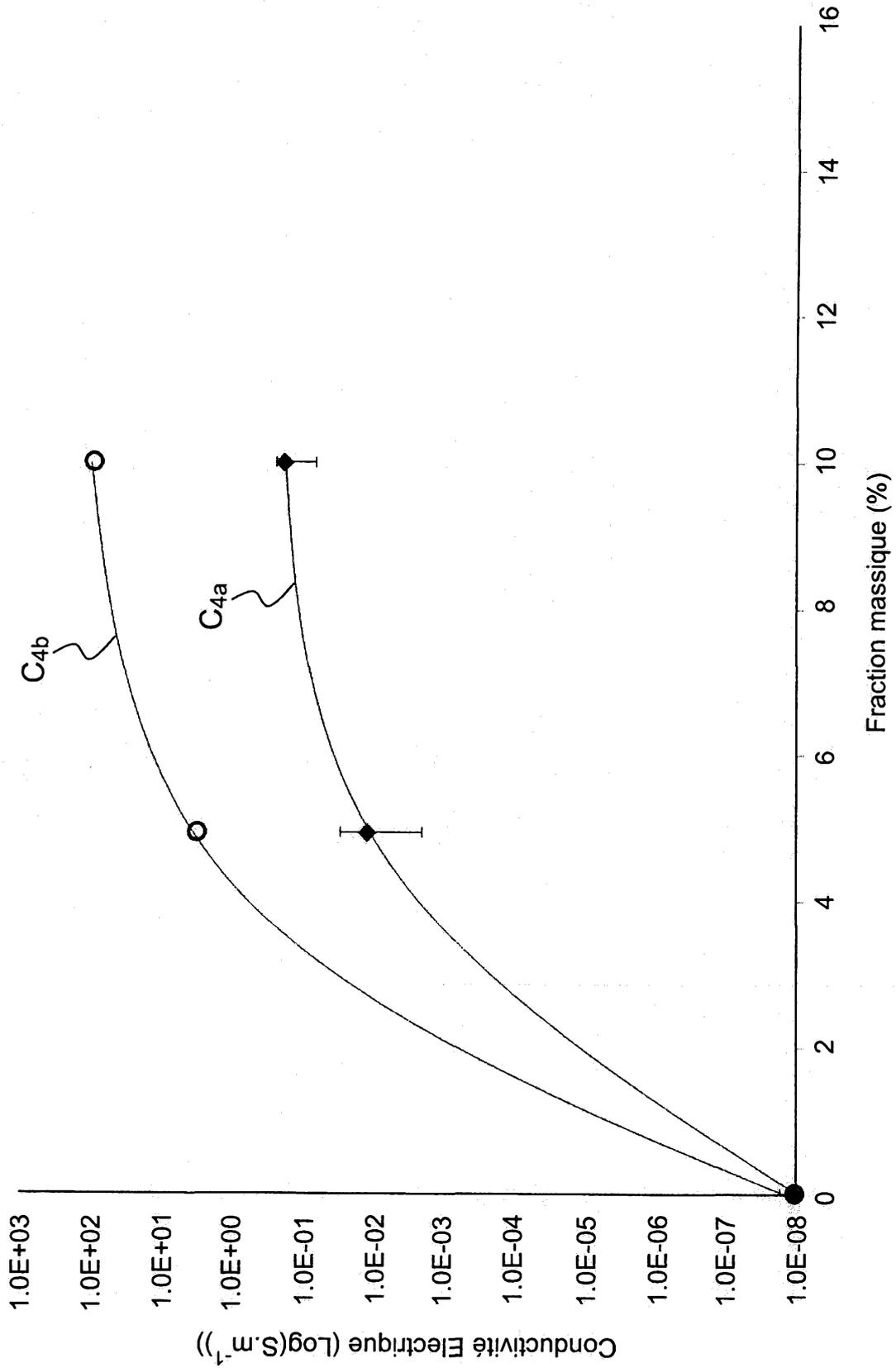


FIG.4

4/5

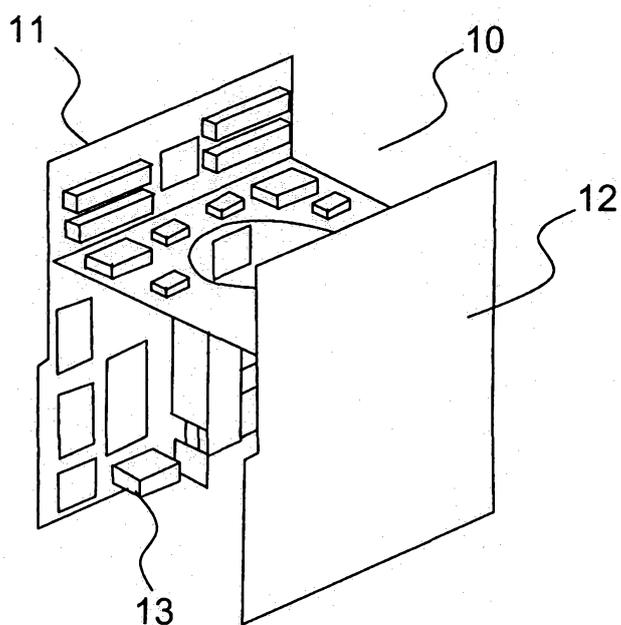


FIG. 5

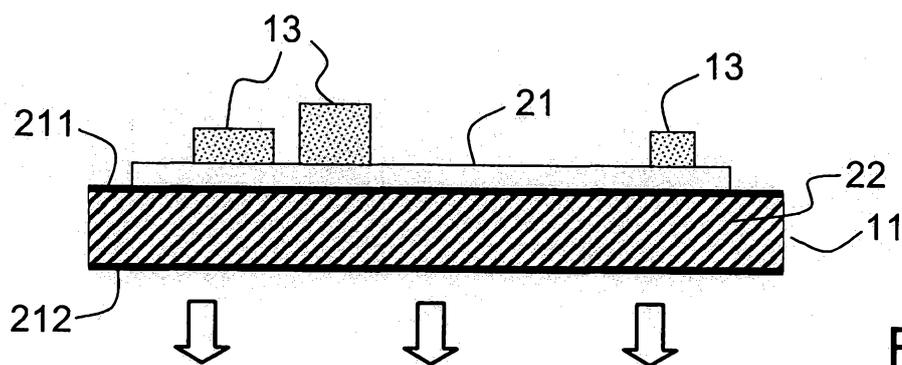


FIG. 6

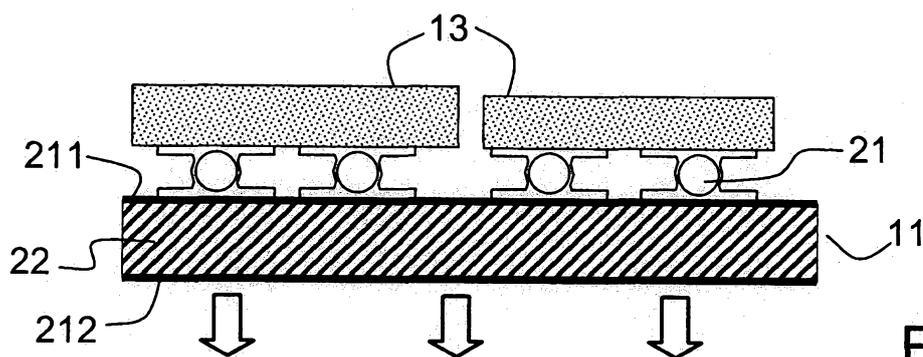


FIG. 7

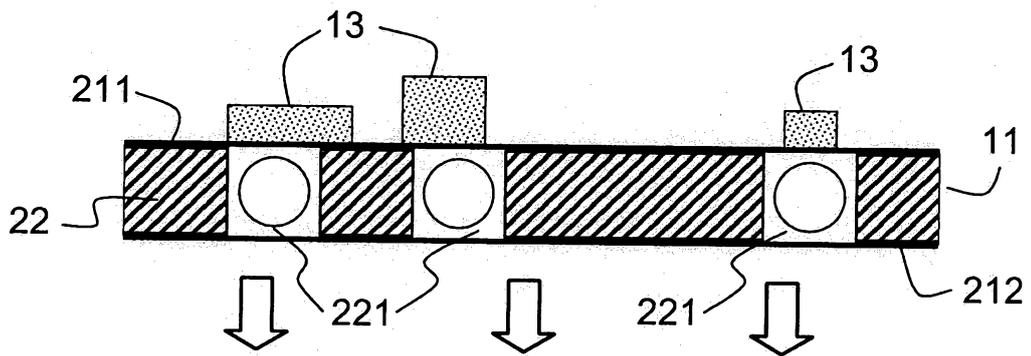


FIG. 8

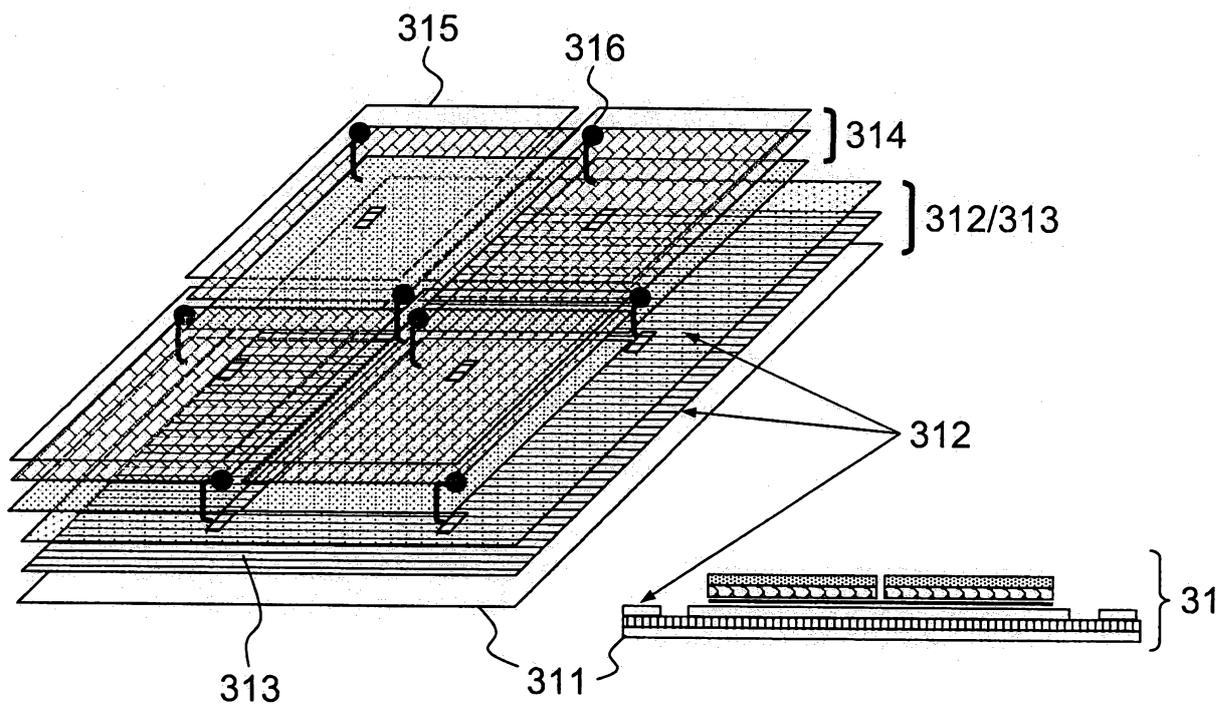


FIG. 9

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

- Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- Le demandeur a maintenu les revendications.
- Le demandeur a modifié les revendications.
- Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

- Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

MING-YUANG SHEN ET AL.: "Mechanical properties and tensile fatigue of graphene nanoplatelets reinforced polymer nanocomposites", JOURNAL OF NANOMATERIALS, vol. 2013, 565401, 9 septembre 2013 (2013-09-09), pages 1-9, XP002745596,

GB 2 494 260 A (BAE SYSTEMS PLC [GB])
6 mars 2013 (2013-03-06)

EP 2 508 832 A1 (REHBERG MICHAEL [DE])
10 octobre 2012 (2012-10-10)

FR 2 960 218 A1 (THALES SA [FR])
25 novembre 2011 (2011-11-25)

US 2014/224466 A1 (LIN YI-JUN [TW] ET AL)
14 août 2014 (2014-08-14)

TAPAS KUILLA ET AL.: "Recent advances in graphene based polymer composites", PROGRESS IN POLYMER SCIENCE, vol. 35, 27 juillet 2010 (2010-07-27), pages 1350-1375, XP002745594,

VIRENDRA SINGH ET AL.: "Graphene based materials: Past, present and future", PROGRESS IN MATERIALS SCIENCE, vol. 56, 3 avril 2011 (2011-04-03), pages 1178-1271, XP002745595,

US 2008/020193 A1 (JANG BOR Z [US] ET AL)
24 janvier 2008 (2008-01-24)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT

N° d'enregistrement national : 1402561

N° de publication : 3028515

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES