(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 924 798 B1

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
26.01.2005 Bulletin 2005/04

(51) Int Cl.[7]: **H01Q 17/00**

(21) Numéro de dépôt: **98402984.3**

(22) Date de dépôt: **30.11.1998**

(54) **Matériau composite structural absorbant les ondes radar et utilisation d'un tel matériau**

Radarabsorbierendes Verbundmaterial und dessen Verwendung

Composite radar absorbing material and use of such a material

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE DK ES FI GB GR IE IT LI NL PT SE

(30) Priorité: **11.12.1997 FR 9715681**

(43) Date de publication de la demande:
23.06.1999 Bulletin 1999/25

(73) Titulaire: **GIAT INDUSTRIES**
78000 Versailles (FR)

(72) Inventeur: **Escarmant, Jean-Francois**
18000 Bourges (FR)

(74) Mandataire: **Célanie, Christian**
Cabinet Célanie SARL
5, avenue de Saint Cloud
BP 214
78002 Versailles Cedex (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 121 655
EP-A- 0 370 421
EP-A- 0 420 137
DE-A- 1 441 626
DE-A- 3 117 245
GB-A- 2 257 302
US-A- 3 568 195
US-A- 3 631 492

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 0 924 798 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Description

[0001] Le secteur technique de la présente invention est celui des matériaux composites structuraux absorbant les ondes radar.

[0002] On utilise actuellement sur le champ de bataille de nombreuses menaces mettant en oeuvre la détection et/ou le guidage par ondes radar. Ce sont les radars de terrain portés par un véhicule ou par un fantassin, les radars aéroportés sur hélicoptères, les autodirecteurs de missiles notamment à ondes millimétriques pour munitions dites intelligentes. Vis-à-vis de ce type de détection, le char de bataille moderne et tous les véhicules blindés de reconnaissance doivent être rendus les plus discrets possible.

[0003] Une des solutions envisageables pour réduire les possibilités de détecter un char de bataille consiste à utiliser des matériaux de recouvrement ou de structure de coffres aptes à atténuer de manière importante la réflexion de l'onde radar incidente.

[0004] Une difficulté réside dans la conception d'un matériau composite ayant des propriétés d'absorption radar dans les bandes de fréquences utilisées actuellement sur le champ de bataille et qui sont situées à 8-18 GHz, à 35 GHz et à 94 GHz.

[0005] On ne connaît pas actuellement des matériaux composites aptes à offrir une telle performance.

[0006] Le brevet EP 0 121 655 décrit un matériau composite réalisé par un empilement de cinq couches de tissus préimprégné. Chacune des cinq couches est décrite comme ayant des charges conductrices avec une concentration croissante d'une couche à l'autre, les charges pouvant être de la poudre de fer, de graphite, de carbone, de ferrites ou de céramiques.

[0007] Le matériau décrit utilise donc un gradient d'impédance, par augmentation progressive des charges conductrices, afin d'obtenir des propriétés d'absorption des ondes radar.

[0008] Le but de la présente invention est de fournir un matériau composite structural apte à absorber le rayonnement radar incident.

[0009] L'invention a donc pour objet un matériau composite structural apte à absorber les ondes radar de fréquences 8 à 18 GHz, 35 GHz et 94 GHz, ce matériau étant caractérisé en ce qu'il comprend au moins trois couches de matériaux diélectriques non magnétiques obtenues à partir d'un empilement de plis imprégnés :

- une couche externe faiblement réflectrice et à faibles pertes ayant une permittivité diélectrique réelle de l'ordre 3, pour favoriser la pénétration des ondes radar incidentes,
- une couche intermédiaire ayant une permittivité diélectrique réelle de l'ordre de 5,
- et une couche interne chargée de particules électriquement conductrices et ayant une permittivité diélectrique réelle de l'ordre de 15 à 20, ces trois couches coopérant afin de provoquer, par le jeu des résonances internes des différentes couches, l'absorption des dites ondes radar.

[0010] Selon un exemple de réalisation, les plis imprégnés sont des fibres de verre ou de Nylon® associées à des résines époxy.

[0011] D'une manière générale, le matériau composite peut présenter une épaisseur de l'ordre de 4 à 10 mm.

[0012] A titre d'exemple, la couche externe présente une épaisseur de l'ordre de 1,5 à 4 mm, la couche intermédiaire une épaisseur de l'ordre de 0,5 à 2,5 mm et la couche interne une épaisseur de l'ordre de 1,5 à 3,5 mm.

[0013] Selon un autre exemple de réalisation, le matériau composite présente une épaisseur totale de l'ordre de 6,75 mm, les couches externe, intermédiaire et interne ayant les épaisseurs respectives de 2,75 mm, 1,5 mm et 2,5 mm.

[0014] D'une manière générale, les particules électriquement conductrices sont des grains de carbone ayant un diamètre inférieur à 0,1 mm avec une proportion inférieure à 10% en masse.

[0015] L'invention concerne également une utilisation de ce matériau pour la fabrication de parois pour véhicules blindés dotées d'une résistance mécanique résistant à une pression de l'ordre de 1 tonne/cm^2 et procurant une atténuation en réflexion des ondes radar supérieure à 10 dB.

[0016] En variante, un tel matériau composite peut être également utilisé pour la réalisation de coffres de servitude ou de protection pour des véhicules blindés.

[0017] Le matériau composite selon l'invention offre l'avantage de remplacer tous les composites utilisés sur les véhicules blindés aux endroits où un besoin de réduction de la réflectivité radar est nécessaire. En plus des performances d'absorption radar, il possède toutes les caractéristiques de tenue mécanique des composites habituels mis en oeuvre sur les véhicules blindés.

[0018] Ainsi, le matériau selon l'invention peut être utilisé notamment pour fabriquer des coffres de lot de bord, le double-toit et toutes les doubles parois composites destinées à l'isolation thermique et à l'évacuation des flux de chaleur, par exemple à l'arrière près de l'échappement.

[0019] Enfin, le matériau composite selon l'invention est obtenu sans modification du procédé de fabrication actuel des composites structuraux existants.

[0020] D'autres caractéristiques, détails et avantages de l'invention ressortiront à la lecture du complément de description qui va suivre d'un mode de réalisation de l'invention donné à titre d'exemple en relation avec des dessins sur lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe montrant la disposition des couches du matériau composite selon l'invention, et
- les figures 2 à 4 sont dès courbes illustrant la performance d'atténuation des ondes radar de ce ma-

tériau composite dans les trois bandes de fréquences précitées.

[0021] Le concept de l'invention repose sur l'adaptation d'une structure multicouche permettant par le jeu des résonances internes des différentes couches d'obtenir une absorption importante sur plusieurs bandes de fréquences. On a donc trouvé qu'un matériau à trois couches offrait un compromis satisfaisant pour obtenir les performances d'absorption radar et les performances mécaniques. Ainsi, un coffre de servitude fabriqué avec le matériau selon l'invention peut être piétiné par un homme équipe de son paquetage, d'une masse de l'ordre de 100 kg, sans induire des cassures ou une déformation permanente, ce qui représente une résistance à une pression de l'ordre de 1 tonne par cm^2.

[0022] Sur la figure 1, le matériau composite structural 1 est appliqué sur un support 2 constitué par la paroi d'un véhicule blindé (non représenté).

[0023] La couche externe 3 est constituée par un matériau diélectrique non magnétique faiblement réflecteur des ondes radar, à faible perte diélectrique et doué d'une permittivité diélectrique réelle de l'ordre de 3. Cette couche doit favoriser la pénétration de l'onde radar dans la structure par adaptation d'impédance. Une telle couche peut être constituée par des fibres de Nylon® et d'une résine époxy, par exemple.

[0024] La couche intermédiaire 4 est constituée par un matériau diélectrique non magnétique dont les pertes diélectriques sont plus importantes que celles de la couche externe 3, avec une permittivité diélectrique réelle de l'ordre de 5.

[0025] La couche interne 5 est constituée par un matériau diélectrique non magnétique chargé de particules de carbone ayant une conductivité électrique importante, et conférant à ce matériau une absorption des ondes électromagnétiques plus importante que celles des deux premières couches. La permittivité diélectrique réelle de cette couche est plus importante, de l'ordre de 15 à 20.

[0026] Il est à noter qu'aucune de ces trois couches en elle-même n'est suffisamment absorbante pour donner à elle-seule et quelle que soit son épaisseur les performances d'absorption radar recherchées.

[0027] Le matériau 1 est complété de manière connue par une couche métallique 6 constituée par un film d'aluminium de l'ordre de 0,1 mm d'épaisseur, par exemple.

[0028] Les couches 4 et 5 sont des composites fabriqués à base de résine époxy et de tissu de fibres de verre E.

[0029] Il faut noter que le procédé d'obtention de ces trois couches est tout à fait classique et ne nécessite aucune adaptation du procédé classique de fabrication des matériaux composites structuraux.

[0030] Le matériau 1 selon l'invention peut avoir une épaisseur de l'ordre de 4 à 10 mm, avantageusement 6,75 mm environ. Les couches externe 3, intermédiaire 4 et interne 5 peuvent avoir respectivement une épaisseur de l'ordre de 1,5 à 4 mm, 0,5 à 2,5 mm et 1,5 à 3,5 mm. Avantageusement, ces trois couches ont des épaisseurs respectives de 2,75 mm, 1,5 mm et 2,5 mm.

[0031] Sur les figures 2 à 4, on a représenté graphiquement la variation du coefficient de réflexion en fonction de la fréquence. On constate que pour les trois bandes 8 à 18 GHz, 35 GHz et 94 GHz, on obtient une atténuation en réflexion supérieure à 13 dB. Cette performance d'atténuation est tout à fait satisfaisante dans le domaine d'utilisation visé.

Revendications

1. Matériau composite structural (1) apte à absorber des ondes radar de fréquences 8 à 18 GHz, 35 GHz et 94 GHz, **caractérisé en ce qu'**il comprend au moins trois couches (3,4,5) de matériaux diélectriques non magnétiques obtenues à partir d'un empilement de plis imprégnés :

   - une couche externe (3) faiblement réflectrice et à faibles pertes ayant une permittivité diélectrique réelle de l'ordre de 3, pour favoriser la pénétration des ondes radar incidentes,
   - une couche intermédiaire (4) ayant une permittivité diélectrique réelle de l'ordre de 5, et
   - une couche interne (5) chargée de particules électriquement conductrices et ayant une permittivité diélectrique réelle de l'ordre de 15 à 20,

   ces trois couches coopérant afin de provoquer, par le jeu des résonances internes des différentes couches, l'absorption des dites ondes radar.

2. Matériau composite structural selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les plis imprégnés sont des fibres de verre ou de Nylon® qui sont associées à des résines époxy.

3. Matériau composite structural selon la revendication 2, **caractérisé en ce qu'**il présente une épaisseur de l'ordre de 4 à 10 mm.

4. Matériau composite structural selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** la couche externe (3) présente une épaisseur de l'ordre de 1,5 à 4 mm, la couche intermédiaire (4) une épaisseur de l'ordre de 0,5 à 2,5 mm, et la couche interne (5) une épaisseur de l'ordre de 1,5 à 3,5 mm.

5. Matériau composite structural selon la revendication 4, **caractérisé en ce qu'**il présente une épaisseur de l'ordre de 6,75 mm, les couches externe (3), intermédiaire (4) et interne (5) ayant des épaisseurs respectives de 2,75 mm, 1,5 mm et 2,5 mm.

6. Matériau composite structural selon l'une quelcon-

que des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les particules électriquement conductrices sont des grains de carbone, ayant un diamètre inférieur à 0,1 mm, avec une proportion inférieure à 10 % en masse.

7. Utilisation du matériau composite tel que défini par l'une quelconque des revendications précédentes à la fabrication de parois pour véhicules blindés, dotées d'une résistance mécanique résistant à une pression de l'ordre de 1 tonne/cm^2 et procurant une atténuation en réflexion des ondes radar supérieure à 10 dB.

8. Utilisation selon la revendication 7 pour la réalisation de coffres de servitude ou de protection pour des véhicules blindés.

Claims

1. A structural composite material (1) able to absorb radar waves at frequencies of 18 GHz, 35 GHz and 94 GHz, ***characterised in that*** it comprises at least three layers (3, 4, 5) of non-magnetic, dielectric material obtained by stacks of impregnated plies:

- an outer layer (3) with a low reflection index and losses having an effective dielectric permittivity of around 3, to promote the penetration of the incident radar waves,
- an intermediate layer (4) having an effective dielectric permittivity of around 5,
- and an inner layer (5) loaded with electrically conductive particles and having a substantial effective dielectric permittivity of around 15 to 20 these three layers cooperating in order to enable by acting on the internal resonance of the different layers the absorption of the radar waves.

2. A structural composite material according to Claim 1, **characterised in that** the impregnated plies are glass fibre or Nylon® combined with epoxy resin.

3. A structural composite material according to Claim 2, **characterised in that** has a thickness of around 4 to 10 mm.

4. A structural composite material according to Claim 3, **characterised in that** the external layer (3) has a thickness of around 1.5 to 4 mm, the intermediate layer (4) a thickness of around 0.5 to 2.5 mm and the inner layer (5) a thickness of around 1.5 to 3.5 mm.

5. A structural composite material according to Claim 4, **characterised in** it has a total thickness of around 6.75 mm, the external (3), intermediate (4) and inner (5) layers having respective thicknesses of 2.75 mm, 1.5 mm and 2.5 mm.

6. A structural composite material according to any one of the above Claims, **characterised in that** the electrically conductive particles are carbon granules having a diameter of less than 0.1 mm with a proportion in mass of less than 10%.

7. The use of the composite material as defining in one of the preceding claims in the manufacture of walls for armoured vehicles having mechanical strength able to withstand pressure of around 1 tonne per cm^2 and providing reflection attenuation of the radar waves of more than 10 dB.

8. Use according to Claim 7 for the manufacture utility or protection chests for armoured vehicles.

Patentansprüche

1. Struktureller Verbundwerkstoff (1), der geeignet ist, Radarwellen mit der Frequenz von 8 bis 18 GHz, 35 GHz und 94 GHz zu absorbieren, **dadurch gekennzeichnet, dass** er wenigstens drei Schichten (3, 4, 5) aus dielektrischem, nicht magnetischem Material umfasst, die ausgehend von einem Stapel aus imprägnierten Lagen erzielt werden:

- eine schwach reflektierende Außenschicht (3) mit geringen Verlusten, die eine tatsächliche Dielektrizitätskonstante in der Größenordnung von 3 aufweist, um das Eindringen der auftreffenden Radarwellen zu begünstigen,
- eine Zwischenschicht (4) mit einer tatsächlichen Dielektrizitätskonstante in der Größenordnung von 5, und
- eine Innenschicht (5), die mit elektrisch leitfähigen Partikeln gefüllt ist und eine tatsächliche Dielektrizitätskonstante in der Größenordnung von 15 bis 20 aufweist,

  wobei diese drei Schichten zusammenwirken, um durch das Spiel der inneren Resonanzen der verschiedenen Schichten die Absorbierung der Radarwellen zu bewirken.

2. Struktureller Verbundwerkstoff nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die imprägnierten Lagen Fasern aus Glas oder Nylon® sind, die mit Epoxydharz verbunden sind.

3. Struktureller Verbundwerkstoff nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** er eine Dicke in der Größenordnung von 4 bis 10 mm aufweist.

4. Struktureller Verbundwerkstoff nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet, dass die Außenschicht (3) eine Dicke in der Größenordnung von 1,5 bis 4 mm, die Zwischenschicht (4) eine Dicke in der Größenordnung von 0,5 bis 2,5 mm und die Innenschicht (5) eine Dicke in der Größenordnung von 1,5 bis 3,5 mm aufweist.

5. Struktureller Verbundwerkstoff nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** er eine Gesamtdicke in der Größenordnung von 6,75 mm aufweist, wobei die Außen- (3), Zwischen- (4) und Innenschicht (5) die jeweiligen Dicken von 2,75 mm, 1,5 mm und 2,5 mm besitzen.

6. Struktureller Verbundwerkstoff nach irgendeinem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrisch leitfähigen Partikel Kohle-Körnchen mit einem Durchmesser von kleiner als 0,1 mm mit einem Massenverhältnis von weniger als 10% sind.

7. Verwendung des Verbundwerkstoffs nach irgendeinem der vorhergehenden Ansprüche für die Herstellung von Wänden für gepanzerte Fahrzeuge, die mit einer mechanischen Widerstandsfähigkeit versehen sind, die einem Druck in der Größenordnung von 1 Tonne/cm^2 widersteht und eine Dämpfung bei der Reflektion der Radarwellen von größer als 10 dB bewirkt.

8. Verwendung nach Anspruch 7 für die Herstellung von Geräteoder Schutzkästen für gepanzerte Fahrzeuge.

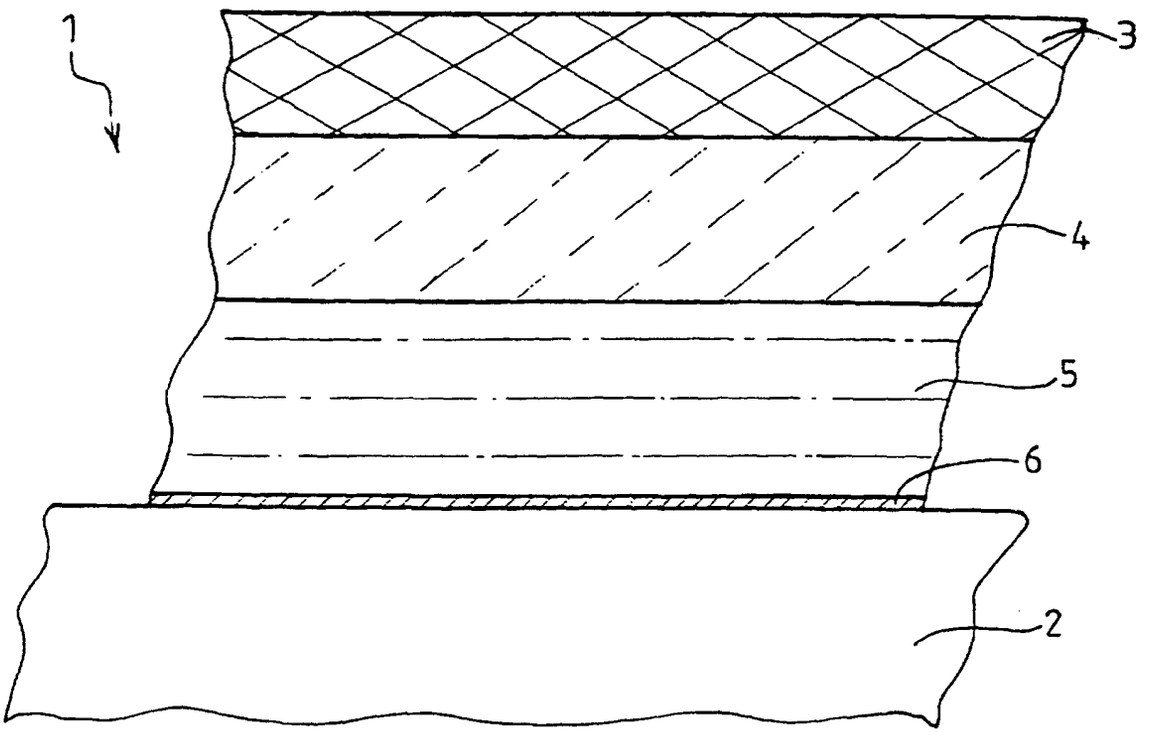


FIG.1

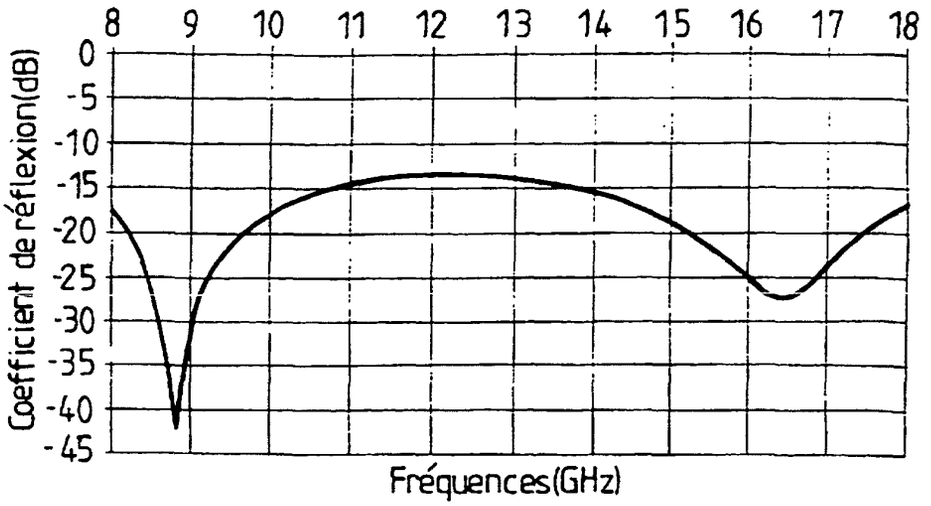


FIG.2

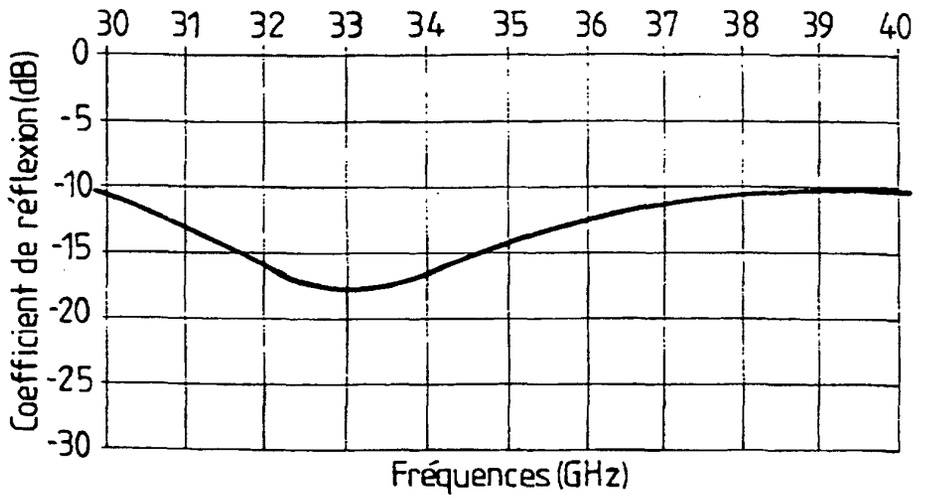


FIG.3

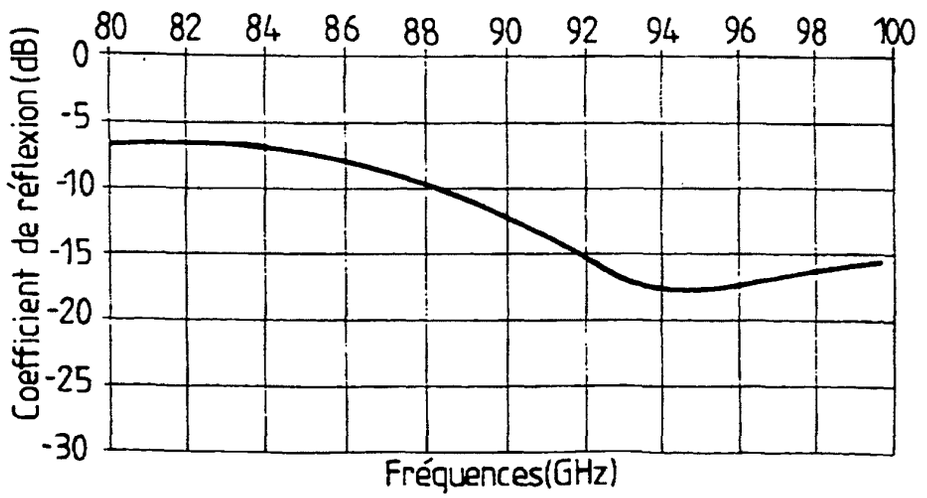


FIG.4