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

(11) **EP 1 538 698 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
07.02.2018 Patentblatt 2018/06

(51) Int Cl.:
H01Q 1/28 *(2006.01)* ***H01Q 1/32*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **04028642.9**

(22) Anmeldetag: **03.12.2004**

(54) Aussenstruktur-konforme Antenne in einer Trägerstruktur eines Fahrzeugs

Conformal antenna provided in the body of a vehicle

Antenne conformée dans le chassis d'un véhicule

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FI FR GB IT SE

(30) Priorität: **03.12.2003 DE 10356395**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.06.2005 Patentblatt 2005/23

(73) Patentinhaber: **Airbus Defence and Space GmbH**
85521 Ottobrunn (DE)

(72) Erfinder:
- **Blaschke, Detlev, Dr.**
  82008 Unterhaching (DE)
- **Brand, Clemens, Dr.**
  85290 Geisenfeld (DE)
- **Kay, Dittrich**
  85051 Ingolstadt (DE)
- **Nagy, Oliver, Dr.**
  80796 München (DE)
- **Ritter, Jan**
  27339 Riede (DE)
- **Sekora, Robert**
  85051 Ingolstadt (DE)
- **Zippold, Herbert**
  83052 Bruckmühl (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-00/74171 US-A- 5 184 141

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 007, Nr. 229 (E-203), 12. Oktober 1983 (1983-10-12) -& JP 58 120302 A (NISSAN JIDOSHA KK), 18. Juli 1983 (1983-07-18)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 538 698 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf die Trägerstruktur eines Fahrzeugs, insbesondere eines Fluggeräts, mit einer außenstruktur-konforme Antenne und insbesondere einer flachen Breitbandantenne und, wobei die Trägerstruktur insbesondere eine Primärstruktur ist.

[0002] Der Begriff "Fluggeräte" betrifft alle nur denkbaren Geräte, die mit beliebigen Antrieben durch die Luft bewegt werden können, wie Flugzeuge, Hubschrauber, Luftschiffe, Drohnen, Raketen und dergleichen. Die Raketen sind ein Beispiel dafür, dass die Erfindung auch Fluggeräte bzw. Flugkörper betreffen kann, die geeignet sind, sowohl in der Luft als auch im luftleeren Raum zu fliegen.

[0003] Die zunehmende Anzahl von Avionikfunktionen bei Fluggeräten, im besonderen bei Flugzeugen lässt auch die erforderliche Anzahl von Antennen entsprechend ansteigen; bis zu sechzig Antennensysteme und mehr sind bereits heute keine Seltenheit mehr. Diese Problematik erfordert neue Wege für den Einbau bzw. die Unterbringung von Antennen beispielsweise bei Flugzeugen. Eine mögliche Lösung dieses Problems ist die Integration der Antennen in die Trägerstrukturen von Fahrzeugen und/oder Fluggeräten.

[0004] Bei der Lösung der aufgezeigten Problematik ist auch zu bedenken, dass der Einsatz künftiger luftgestützter Datenübertragungssysteme wegen immenser Datenmengen eine große HF-Bandbreite erfordert. Aus diesem Grund kommen immer höhere Frequenzen zur Anwendung. Der Markt bietet derzeit überwiegend Systeme im X- oder Ku-Band an.

[0005] Neben der Forderung nach einer großen Bandbreite wird naturgemäß eine große Reichweite für die Datenübertragung gefordert. Dies kann nur durch Antennen mit entsprechend großer Apertur oder mit Arrays erreicht werden, die aus mehreren Einzelstrahlern bestehen. Luftgestützte schwenkbare Reflektorantennen sind derzeit als kommerzielle Produkte erhältlich. Deren Unterbringung ist jedoch meistens ein Problem. Es wurde daher auch schon überlegt, anstatt einer relativ großen Reflektorantenne Teile beispielsweise der Flugzeugoberfläche als strahlende Apertur zu nutzen.

[0006] Bislang hatte zum Beispiel eine Flugzeugstruktur ausschließlich die Funktion, lasttragende und aerodynamische Aufgaben zu übernehmen. Die strukturelle Oberfläche musste dementsprechend verschiedene mechanische Belastungen aushalten.

[0007] Mit der Funktionserweiterung der Strukturoberfläche von Fluggeräten auch als Antenne wirksam zu werden ergeben sich zusätzliche Probleme hinsichtlich der Stabilität der Strukturen. Elektronisch bedingt müssen für die Antennen geeignete Materialien eingesetzt werden; dabei darf aber die lasttragende Funktion der Struktur nicht negativ beeinflusst werden.

[0008] Aus den eingangs genannten Gründen geht die Fachwelt mehr und mehr davon ab, Antennen zu bauen bzw. anzuwenden, die sich in Form von Stäben, Spiralen, Hornteilen oder anderen Gebilden von der Struktur bzw. der Außenhaut von Fahrzeugen und/oder Fluggeräten abheben. Dadurch können Strömungswiderstände verringert und die Gefahr von rein mechanischen Beschädigungen der Antennen zumindest das reduziert werden.

[0009] Die zitierte Problematik hat dazu geführt, außenstruktur-konforme Antennen zu entwickeln und diese weitmöglich bzw. optimal, das heißt identisch der vorgegebenen Form von Strukturen bei Fahrzeugen und/oder Fluggeräten anzupassen.

[0010] Zum diesbezüglich bekannten Stand der Technik sei verwiesen auf eine Publikation von Dipl.-Ing. Robert Sekora u.a. unter dem Titel: "Conformal Airborne Array Antenna for Broad Band Data Link Applications in the X-Band". Diese Abhandlung zeigt im Wesentlichen die Unterschiede auf zwischen herkömmlichen und aktuelleren außenstruktur-konformen Antennensystemen, die eng an die Struktur - in diesem Falle von Flugzeugen - angepasst sind.

[0011] Eine weitere einschlägige Vorveröffentlichung ist ein Aufsatz, ebenfalls von Dipl.-Ing. Robert Sekora, unter dem Titel: "Strukturintegrierte Flugzeugantenne für Breitbandanwendungen im X-Band". Der Autor erklärt in dieser Publikation die strukturelle Integrierbarkeit einer Array-Antenne. Des Weiteren wird der strukturelle Aufbau hinsichtlich seiner elektromagnetischen Funktion bestätigt.

[0012] Die US 5,184,141 beschreibt eine mehrschichtige Trägerstruktur mit integrierter außenstruktur-konformer Antenne eines Flugzeugs. Die Antenne ist zwischen zwei benachbarten Schichten angeordnet, wobei die nach innen gerichtete Schicht eine Klebeschicht sein kann.

[0013] In Patent Abstracts of Japan Bd. 007, Nr. 229 (E-203), 12. Oktober 1983 und der zugehörigen JP 58120302 A ist eine weitere außenstruktur-konforme Antenne beschrieben, wobei die Antenne in einer Mulde einer dielektrischen Schicht eingebracht wird. Die Antenne ist mit einer Abdeckplatte abgedeckt, welche mittels Schrauben an der Trägerstruktur befestigt wird. Die Abdeckplatte ist durchgehend als planparallele Platte ausgebildet, die an ihren Rändern auf einer Auflagefläche der Trägerstruktur aufliegt, die parallel zur Außenkontur ist.

[0014] In der WO 00/74171 ist eine weitere außenstruktur-konforme Antenne beschrieben, die in der Mulde einer Trägerstruktur eingebracht ist. Die Antenne ist mit einer Abdeckplatte abgedeckt, die mit einer umlaufenden Nase, die in eine an der Trägerstruktur vorhandene Nut eingreift, befestigt ist. Die Abdeckplatte ist durchgehend als planparallele Platte ausgebildet, die an ihren Rändern auf einer Auflagefläche der Trägerstruktur aufliegt, die parallel zur Außenkontur ist.

[0015] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, außenstruktur-konforme Antennen derart in die Trägerstrukturen von Fahrzeugen und/oder Fluggeräten zu integrieren, dass jegliche aerodynamischen Nachteile vermieden werden und die Strukturfestigkeit in den Integra-

tionsbereichen weitestgehend erhalten bleibt, bei gleichzeitiger Gewährleistung der Antennen-Funktionalität.

[0016] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Weitere Ausführungsformen sind in den auf diese rückbezogenen Unteransprüchen angegeben.

[0017] Erfindungsgemäß ist eine außenstruktur-konforme Antenne in Form eines flach ausgebildeten EM-Funktionskerns in eine entsprechende Einbuchtung einer Trägerstruktur kraftschlüssig derart eingebettet, dass die obere bzw. äußere Abdeckung der Antenne außenstruktur-konform durch eine Abdeckplatte realisiert ist, welche ihrerseits in ihren Randbereichen ebenfalls kraftschlüssig mit der Trägerstruktur verbunden ist.

[0018] Die kraftschlüssige Verbindung wird durch eine Kleberschicht realisiert.

[0019] Die oben erwähnte Abdeckplatte ist aus antennen-technischen Gründen vorteilhaft als sogenanntes Frontdielektrikum ausgebildet.

[0020] Die Erfindung bietet damit gegenüber konventionellen Antennenkonstruktionen signifikante Gewichts- und Volumeneinsparungen, die sich besonders vorteilhaft bei Flugzeugen auswirken. Aerodynamische Nachteile können im Rahmen der Erfindung überhaupt nicht auftreten, da die Form der Außenhaut der Strukturen vollends unverändert erhalten bleibt. Praktische Untersuchungen haben inzwischen ergeben, dass die Strukturfestigkeit durch die Erfindung allenfalls in vernachlässigbar geringem Umfang beeinflusst wird.

[0021] Des weiteren bieten strukturintegrierte Antennen gemäss der Erfindung vor allem bei Fluggeräten die Möglichkeit der Anordnung in Bereichen, die bislang für herkömmliche Antennen nicht vertretbar oder gar ungeeignet waren. Darüber hinaus können durch die Erfindung beim Flugzeug in Ruder- oder Klappenstrukturen Antennen eingebaut werden und auch in betankte Strukturen, wenn hinsichtlich der Hochfrequenzleitungen entsprechende Vorsichtsmassnahmen getroffen werden.

[0022] In elektronischer Hinsicht führt die erfindungsgemäße Strukturintegration der Antenne zu einem beachtlichen Potential hinsichtlich der Reduktion der Radarsignatur gegenüber herkömmlichen Antennenbauweisen. Hierdurch bieten sich die erfindungsgemäßen Antennen auch für den Einsatz bei Tarnkappenflugzeugen (Stealth-Fluggeräte) an.

[0023] Grundsätzlich kann nicht zuletzt auch festgestellt werden, dass die elektronischen respektive die elektromagnetischen Eigenschaften der erfindungsgemäßen Antennenkonstruktion den an sie gestellten Erwartungen bzw. Anforderungen vollends gerecht werden.

[0024] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen sowie aus der Abbildungsbeschreibung.

[0025] In den Abbildungen ist die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels zeichnerisch erläutert.

[0026] Es zeigen:

- Figur 1a eine Draufsicht auf eine strukturintegrierte, außenstruktur-konforme Antenne;
- Figur 1b ein Beispiel für ausschließlich kommerziell verfügbare, unförmige, mechanisch schwenkbare, zentral gespeiste Reflektor-Antenne;
- Figur 2 ein Struktur-Design für eine außenstruktur-konforme Antenne, wie sie erfindungsgemäß verwendet kann;
- Figur 3 die erfindungsgemäße Integration einer außenstruktur-konformen Antenne gemäß Figur 2 in eine Flugzeug-Trägerstruktur.

[0027] Figur 1a verdeutlicht sehr anschaulich die Vorteile einer Antenne nach der Erfindung gegenüber einer herkömmlichen Antenne gemäß der Abbildung 1 b. In der Figur 1a ist ein vollends außenstruktur-konformes Antennensubsystem, beispielsweise für einen Breitband-Datenlink im Mikrowellenbereich, dargestellt. Die erfindungsgemäße Integration der Antenne in die Flugzeugstruktur vermeidet jegliche aerodynamischen Nachteile, die durch eine Antenne entstehen könnten bei weitestgehender Erhaltung der Strukturfestigkeit.

[0028] Elektronisch gesehen verfügt die erfindungsgemäße Antenne, bezogen auf einen geringen Reflexionsfaktor, über eine große relative Hochfrequenzbandbreite.

[0029] Die Erfindung bietet damit eine echte Alternative zu den herkömmlichen Antennen, vor allem auch zu den in Abbildung 1b gezeigten Reflektorantennen, zumal im Rahmen der Erfindung vergleichbare elektronische Eigenschaften erreicht werden bei gleichzeitig erheblich geringerem Einbauvolumen und geringeren Massen. Darüber hinaus bietet die Erfindung vor allem bei Flugzeugstrukturen zusätzliche Anordnungsbereiche für Antennen, die für herkömmliche Antennen aus verschiedenen Gründen unzugänglich sind.

[0030] Figur 2 zeigt ein Beispiel für den Aufbau einer Antenne, beispielsweise in planarer Bauform nach der Erfindung in ihren wesentlichen Einzelteilen. Die Basis für die Befestigung der Antenne bildet hier eine Trägerstruktur 1 eines Fluggeräts, die in vielen Anwendungsfällen aus CFK besteht. Der eigentliche elektromagnetische (im Folgenden kurz mit EM bezeichnet) Funktionskern 2 der Antenne wird über eine geeignete Kleberschicht 3 mit der Trägersystem-Primärstruktur 1 verbunden. Den wesentlichen oberen respektive äußeren strukturangepassten Abschluss der Antenne bildet eine Abdeckplatte in Form eines sogenannten Frontdielektrikums 4, welches ebenfalls über eine Kleberschicht 3 mit dem elektromagnetischen Funktionskern 2 verbunden wird. Die oberen Flächenstrahler der Antenne, die auf dem Frontdielektrikum 4 befestigt sind, tragen das Bezugszeichen 5.

[0031] Die Abdeckplatte ist vorzugsweise aus einem Faserverbundmaterial mit folgenden Kombinationen aus Faser/Matrix gebildet: Quarzglas/Epoxy, E-Glas/Epoxy

oder Q-Glas/Polyester.

[0032] Bei den deckungsgleichen Bohrungsreihen 6 und 7 handelt es sich um Durchbrüche für die elektrische Verkabelung der erfindungsgemäßen außenstrukturkonformen Antenne.

[0033] Die Gesamtdicke der erfindungsgemäßen Antenne beträgt vorzugsweise einige Millimeter, so dass deren Integration in eine Flugzeugstruktur keine oder allenfalls nur eine vernachlässigbar geringe Strukturbeeinflussung bedeutet.

[0034] Die Abbildung 3 zeigt eine Möglichkeit der optimalen Einbringung bzw. Integration einer Antenne in die Trägerstruktur 1, beispielsweise bei einem Flugzeug. Hierzu besitzt die Trägerstruktur 1 eine Mulde 8 oder eine bereichsweise Vertiefung, die durch spitzwinkliges Einbiegen der Bereiche 9 und 10 der Trägerstruktur 1 herbeigeführt wird. Alternativ dazu sind gegebenenfalls auch stumpfwinklige bzw. stufenweise Übergänge realisierbar; so könnte bei einem Winkel ß = 90° der Bereich 9 der Trägerstruktur 1 im Extremfall vertikal nach unten abgebogen sein, so dass der EM-Funktionskern 2 in seinen Kantenbereichen ebenfalls rechteckig ausgebildet sein könnte.

[0035] Demgegenüber sollte im Rahmen der Erfindung der Winkel α spitzwinklig bleiben, da von seiner Bemessung die Größe der Klebefläche im Bereich 10 der struktur 1 für den entsprechend abgeschrägten Teil 11 des Frontdielektrikums 4 abhängt; je kleiner, das heißt je spitzwinkliger der Winkel α ist, umso größer wird die Klebefläche im Bereich 10 der Trägerstruktur 1.

[0036] Der Bereich 9 liefert in radialer Sicht Raum für die Unterbringung des EM-Funktionskerns 2, während das Einbiegen der Trägerstruktur 1 im Bereich 10 das lasttragende, außenkontur-erhaltende Einkleben einer Abdeckplatte in Form eines Frontdielektrikums 4 ermöglicht.

Patentansprüche

1. Trägerstruktur eine Fahrzeugs mit einer außenstruktur-konformen Antenne,
   wobei die Antenne einen flach ausgebildeten EM-Funktionskern (2) aufweist, der in einer Mulde (8) der Trägerstruktur (1) eingebettet ist;
   eine Abdeckplatte (4), die als eine außenstrukturkonforme obere bzw. äußere Abdeckung des EM-Funktionskernes (2) ausgebildet, und welche in ihrem Randbereichen (11) mit der Trägerstruktur (1) verbunden ist,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   der EM-Funktionskern (2) wie auch die Abdeckplatte (4) jeweils über eine Kleberschicht (3) mit der Trägerstruktur (1) verbunden sind und,
   dass der äußere Randbereich (10) der Mulde (8) durch Einwinkeln der Trägerstruktur (1) unter einem spitzen Winkel (α) bezogen auf die Außenstruktur des Fahrzeugs gebildet ist, und dass die Abdeckplatte (4) in ihrem Randbereich (11) entsprechend spitzwinklig abgeschrägt ist und dort mit der Trägerstruktur (1) verklebt ist.

2. Trägerstruktur eines Fahrzeugs nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abdeckplatte (4) aus einem dielektrischem Material gebildet ist.

3. Trägerstruktur eines Fahrzeugs nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abdeckplatte (4) aus einem Faserverbundmaterial aus einem der folgenden Kombinationen aus Faser/Matrix gebildet ist:

   - Quarzglas/Epoxy,
   - E-Glas/Epoxy,
   - Q-Glas/Polyester.

Claims

1. Supporting structure of a vehicle with an antenna that is conformal with the outer structure,
   wherein the antenna has a flat-formed EM functional core (2), which is embedded in an indentation (8) of the supporting structure (1);
   a covering plate (4), which is formed as an upper or outer covering of the EM functional core (2) that is conformal with the outer structure and which is connected in its peripheral regions (11) to the supporting structure (1),
   characterized in that
   the EM functional core (2) and also the covering plate (4) are respectively connected to the supporting structure (1) by way of an adhesive layer (3) and
   in that the outer peripheral region (10) of the indentation (8) is formed by angling of the supporting structure (1) at an acute angle (α) with respect to the outer structure of the vehicle, and **in that** the covering plate (4) is correspondingly bevelled on its peripheral legion (11) at an acute angle and adhesively bonded there to the supporting structure (1).

2. Supporting structure of a vehicle according to Claim 1, **characterized in that** the covering plate (4) is formed from a dielectric material.

3. Supporting structure of a vehicle according to Claim 2, **characterized in that** the covering plate (4) is formed from a fibre-composite material comprising one of the following combinations of fibre/matrix:

   - quartz glass/epoxy,
   - E glass/epoxy,
   - Q glass/polyester.

Revendications

1. Structure de support d'un véhicule avec une antenne épousant la forme de la structure extérieure,
dans laquelle l'antenne présente un noyau fonctionnel EM de forme plate (2), qui est logé dans une cuvette (8) de la structure de support (1);
une plaque de recouvrement (4), qui est réalisée sous la forme d'un couvercle supérieur ou extérieur, épousant la forme de la structure extérieure, du noyau fonctionnel EM (2), et qui est assemblée dans ses régions de bord (11) à la structure de support (1), **caractérisée en ce que** le noyau fonctionnel EM (2) ainsi que la plaque de recouvrement (4) sont assemblés respectivement à la structure de support (1) au moyen d'une couche de colle (3), et **en ce que** la région de bord extérieure (10) de la cuvette (8) est formée en inclinant la structure de support (1) sous un sangle aigu (α) par rapport à la structure extérieure du véhicule, et **en ce que** la plaque de recouvrement (4) est biseautée de façon correspondante sous un angle aigu dans sa région de bord (11) et y est collée à la structure de support (1).

2. Structure de support d'un véhicule selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la plaque de recouvrement (4) est constituée d'un matériau diélectrique.

3. Structure de support d'un véhicule selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** la plaque de recouvrement (4) est constituée d'un matériau composite fibreux présentant une des combinaisons suivantes de fibres/matrice:

- verre de quartz/époxy,
- E-Glas/époxy,
- Q-Glas/polyester.

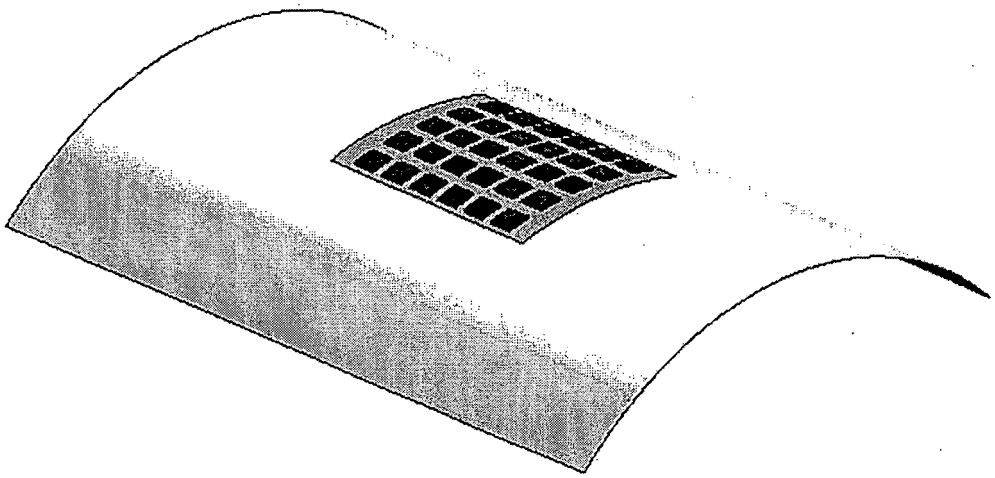


Fig. 1a

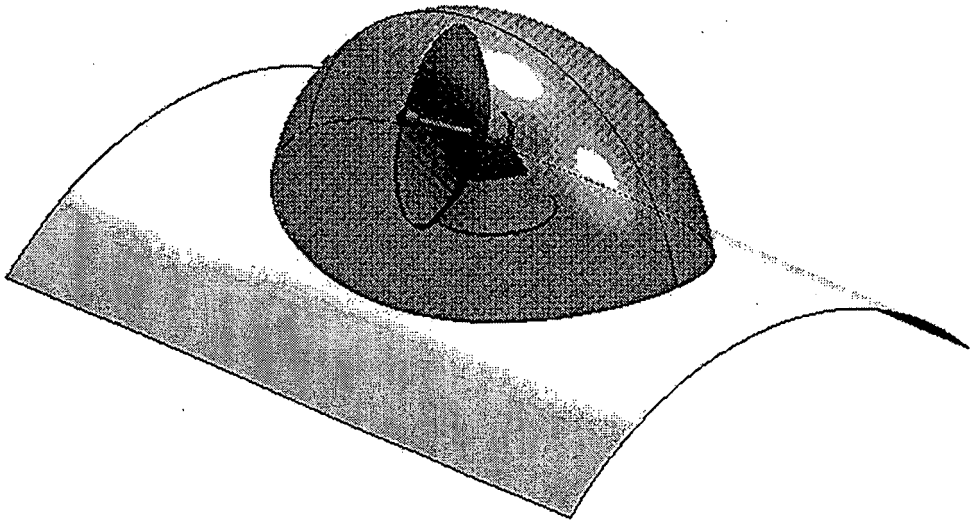


Fig. 1b

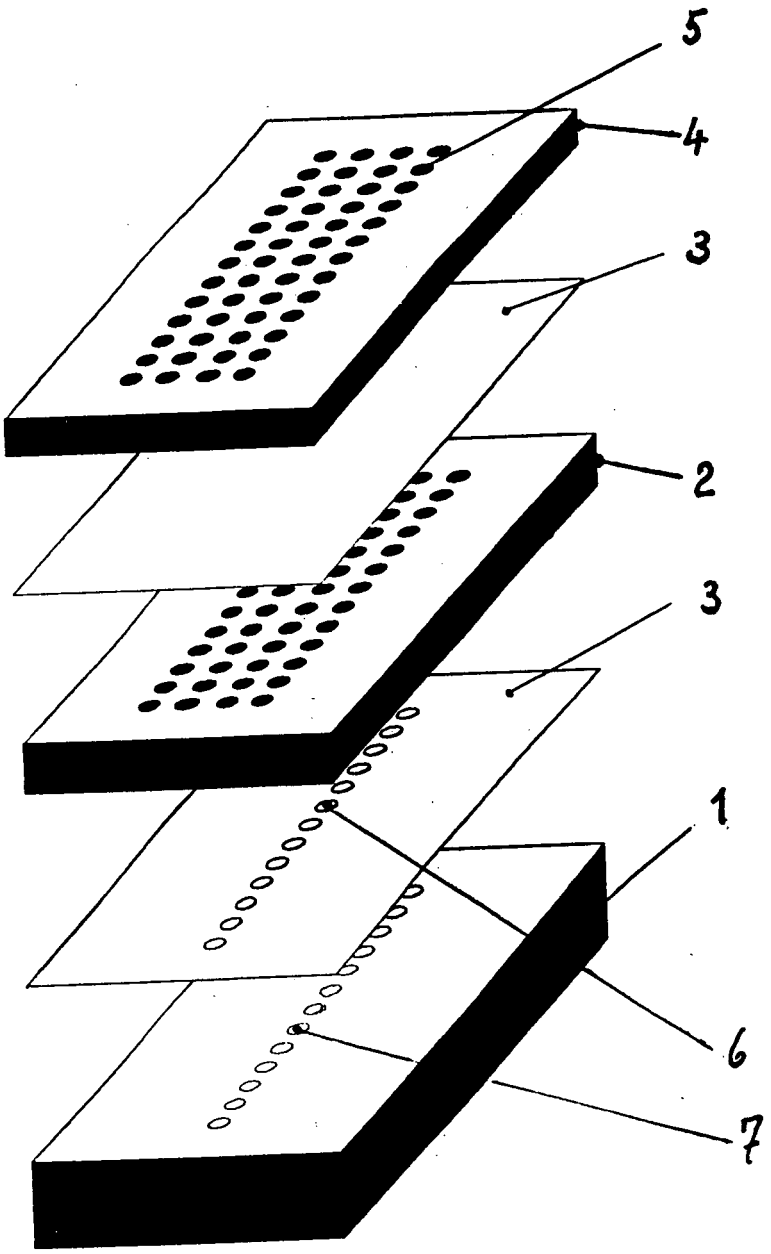


Fig. 2

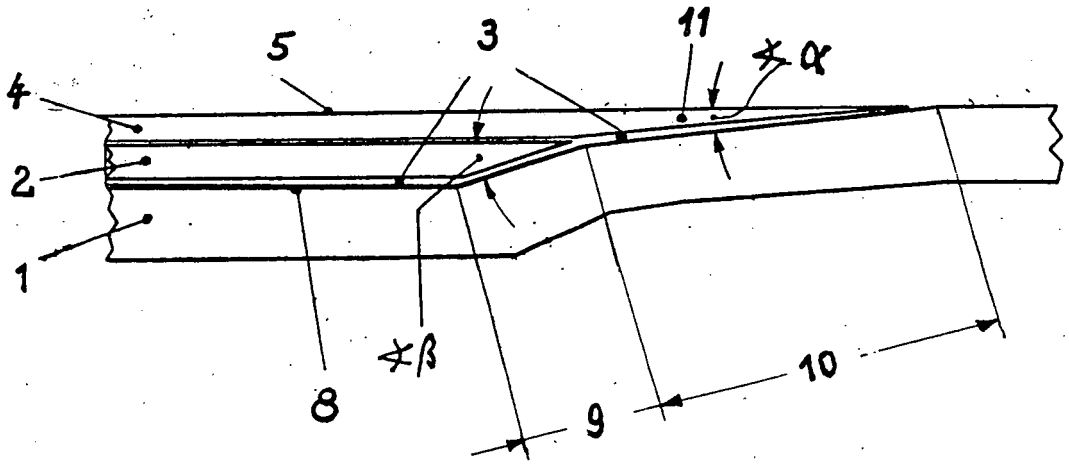


Fig. 3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 5184141 A **[0012]**
- JP 58120302 A **[0013]**
- WO 0074171 A **[0014]**