



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 204 158 A2**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
08.05.2002 Patentblatt 2002/19

(51) Int Cl.7: **H01Q 1/28**, H01Q 9/40,
H01Q 9/42, H01Q 1/36

(21) Anmeldenummer: **01125860.5**

(22) Anmeldetag: **30.10.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: **EADS Deutschland GmbH**
81663 München (DE)

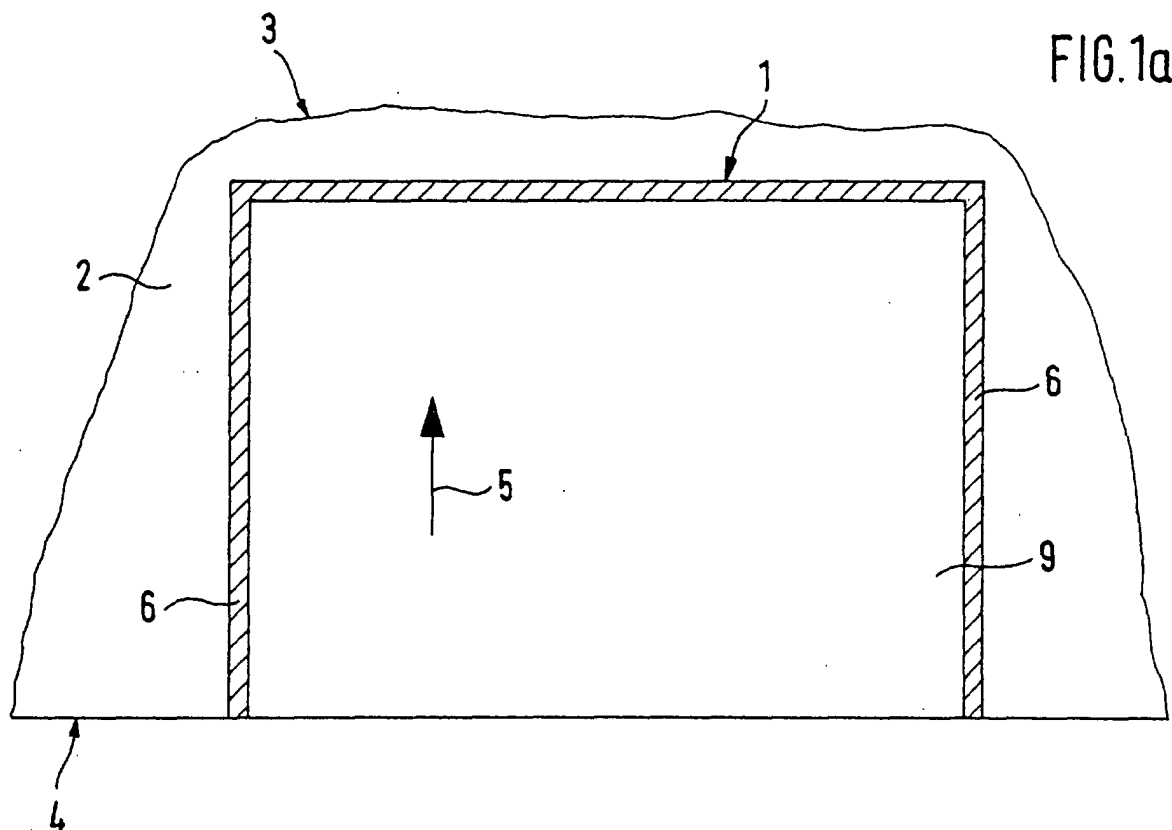
(72) Erfinder: **Mehlretter, Ludwig**
85521 Riemerling (DE)

(30) Priorität: **02.11.2000 DE 10054332**
22.10.2001 DE 10151288

(54) **Struktur-Antenne für Fluggeräte oder Flugzeuge**

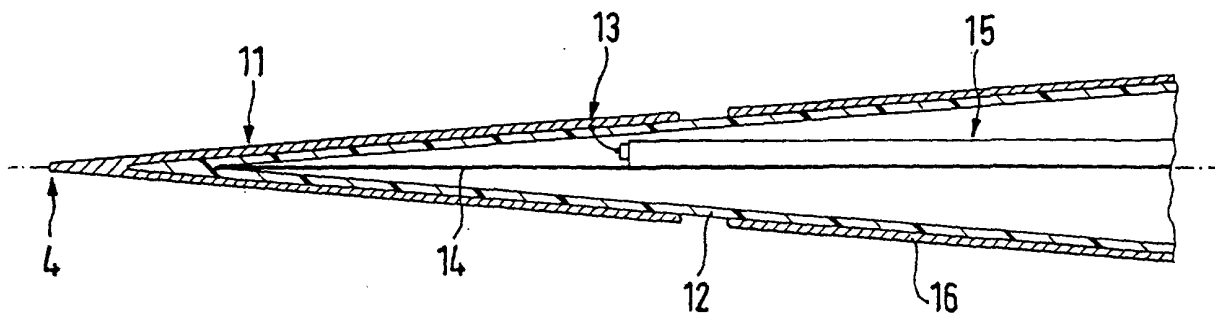
(57) Eine gefaltete Microstrip-Antenne wird bei Fluggeräten oder Flugzeugen um die Kanten dünner Strukturteile wie Tragflächen, Leitwerken oder Ruderklappen so angeordnet, dass die Oberfläche mit der Struktur identisch ist und die Faltung an der Kante der

Struktur erfolgt, wobei die Antenne so ausgebildet wird, dass der Wellenwiderstand an der Faltkante viel höher als an den kantenfernen Enden der Strukturantenne ist, wodurch letztlich eine angenäherte Rundstrahlcharakteristik erzielbar ist.



EP 1 204 158 A2

FIG. 4a



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Strukturantenne für Fluggeräte oder Flugzeuge mit annähernd rundstrahlender Abstrahlcharakteristik, die als leitfähiges Element auf einer nichtleitenden Schicht angeordnet ist, welche die Grundsicht der Oberfläche einer aerodynamischen Wirkfläche des Fluggeräts bildet, wobei das strahlende Element um eine Faltkante der aerodynamischen Wirkfläche des Fluggeräts herum angeordnet ist.

[0002] Antennen, die an Fluggeräten oder Flugzeugen verwendet werden sollen, sind einer Reihe von Anforderungen unterworfen. Die Kontur des Fluggeräts oder Flugzeugs soll möglichst nicht so weit beeinflusst werden, dass sich die aerodynamischen Verhältnisse und damit die Flugeigenschaften wesentlich verändern. Die Anordnung und die Befestigung der Antenne muss im Einklang mit dem mechanischen Aufbau der Strukturteile sein und die mechanische Festigkeit der Struktur darf nicht beeinträchtigt werden. Der Radarrückstreuquerschnitt soll möglichst nur geringfügig verändert werden.

[0003] Da der Einbauort von Antennen bei Fluggeräten oder Flugzeugen sehr begrenzt ist, werden zunehmend die Antennen in Flügel, Leitwerke oder in die dazu gehörenden Ruderklappen eingebaut. Die Anwendung von Antennen in diesen sehr schmal bauenden Elementen ist problematisch, da die Abstrahleigenschaften in Kantenrichtung wegen der in dieser Richtung kleinen Apertur stark eingeschränkt sind.

[0004] Die US-PS 5,191,351 beschreibt eine Reihe von gefalteten Breitbandantennen mit symmetrischer Strahlungscharakteristik. Die vorgeschlagenen logarithmisch-periodischen Antennen sind grundsätzlich zum Einbau an Flügelkanten geeignet und ihre Antennendiagramme entsprechen den gewünschten Anforderungen. Die Speisung der Antennen erfolgt an der Faltkante, wodurch sich bauartbedingte Einschränkungen ergeben. Bei modernen Flugzeugen besteht die Vorderkante von Tragflächen und Leitwerken aus einer scharfen durchgehenden Metallkante, um einerseits die scharfen Kanten festigkeitsmäßig zu beherrschen, die für die Anforderungen an geringer Radarerkennbarkeit erforderlich sind, und andererseits einen ausreichenden Blitzschutz der Antennen durch eine niederohmige galvanische Verbindung zur Struktur zu gewährleisten. Die in der genannten Druckschrift beschriebenen Antennen können diese Anforderungen nicht erfüllen.

[0005] Die DE 22 12 647 B2 beschreibt eine Nutantenne, die zur Anbringung an aerodynamischen Wirkflächen geeignet ist. Problematisch ist hierbei die Position des Einspeisepunktes in unmittelbarer Nähe der Faltkante, die die Einspeisung nur bei größeren Winkeln der Teilflächen der Antenne erlaubt.

[0006] Eine weitere Variante einer für aerodynamische Wirkflächen geeigneten Antenne zeigt die US 3 039 095. Die Wirkfläche darf in diesem Fall scharfe Kanten aufweisen. Da die Antennenelemente jeweils

auf den Seitenflächen der aerodynamischen Wirkfläche angeordnet sind, ergeben sich hieraus Verluste bei der Abstrahlung in Richtung der Kanten.

[0007] Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, eine Antennenbauform mit angenäherter Rundstrahlcharakteristik anzugeben, die für den Einbau an scharfkantigen Tragflächen-, Leitwerks- oder Ruderanten geeignet ist.

[0008] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Strukturantenne als flächige Antenne ausgeführt ist und in der Oberfläche der aerodynamischen Wirkfläche integriert ist. Die aerodynamische Wirkfläche besteht im Bereich der Strukturantenne aus dem dielektrisch wirksamen Material einer nichtleitenden Schicht. Die leitfähige Fläche der Strukturantenne ist ganz oder zumindest teilweise von einem Bereich der nichtleitenden Schicht umgeben, der vorzugsweise die Form eines Streifens haben kann. Die Strukturantenne wird in dem der Faltkante abgewandten Bereich der leitenden Fläche gespeist, so dass die Stromrichtung senkrecht zur Faltkante verläuft und der Wellenwiderstand an der Faltkante sehr viel niedriger ist als im Bereich der kantenfernen Enden der Strukturantenne. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Merkmalen der Unteransprüche.

[0009] Die erfindungsgemäße Strukturantenne weist gegenüber dem Stand der Technik eine Reihe von Vorteilen auf. Die Speisung erfolgt nicht an der Faltkante, sondern entfernt von der Kante in einem Bereich des Flügels oder Leitwerks, in dem aufgrund der zunehmenden Dicke der Struktur der Einbau und Anschluss der Strukturantenne erleichtert wird. Die Möglichkeit einer leitenden Verbindung zwischen der Strukturantenne und der mit der Struktur verbundenen Faltkante erweist sich als wesentlicher Vorteil wegen des Blitzschutzes und bei der Fertigung von Flugzeugen, die aus Festigkeitsgründen mit einer metallischen scharfen Kante ausgerüstet sein müssen. Die scharfe Kante beinhaltet günstige Stealth-Eigenschaften, da der Radarrückstreuquerschnitt nur wenig verschlechtert wird. Weiterhin kann diesbezüglich eine Verbesserung dadurch erzielt werden, dass die Kanten der aus metallisch leitenden Flächen bestehenden Strukturantenne schräg zur Hauptbedrohungsrichtung, die der Flugrichtung entspricht, gestellt werden und dadurch, dass die Zwischenräume zwischen der Strukturantenne und der leitenden Oberflächenschicht der aerodynamischen Wirkfläche sehr klein gewählt werden dürfen.

[0010] Einige Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Strukturantenne sind in der Zeichnung schematisch vereinfacht dargestellt und werden nachfolgend beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1a eine Draufsicht auf eine rechteckförmige Strukturantenne, die an der Kante einer aerodynamischen Wirkfläche angeordnet ist,

Fig. 1b eine Alternative zu Fig. 1a,

Fig. 2a eine rautenförmige Strukturantenne,

Fig. 2b eine Alternative zu Fig. 2a,

Fig. 3a eine kreisförmige Strukturantenne,

Fig. 3b eine Alternative zu Fig. 3a,

Fig. 4a eine asymmetrische Speisung einer Strukturantenne,

Fig. 4b eine Speisung mit Zwangssymmetrierung,

Fig. 4c eine Speisung ohne Zwangssymmetrierung.

[0011] Anhand der Fig. 1a und der Fig. 4a wird der grundsätzliche Aufbau der erfindungsgemäßen Strukturantenne, die auf einer aerodynamischen Wirkfläche 3 angeordnet ist, erläutert. Eine aerodynamische Wirkfläche 3 in Gestalt einer Tragfläche, eines Leitwerks oder einer Ruderklappe, die zu einem unbemannten Fluggerät oder einem Flugzeug gehören, weist eine scharfe Faltkante 4 auf, um die herum die Strukturantenne 1 angeordnet ist. Die Fig. 1a zeigt hierbei als Draufsicht nur eine Hälfte der Strukturantenne 1, die andere Hälfte liegt symmetrisch zur Faltkante 4 auf der hier nicht sichtbaren Seite der aerodynamischen Wirkfläche 3. Die Fig. 4a zeigt den zu Fig. 1a gehörenden Schnitt durch die Strukturantenne 1. Die aerodynamische Wirkfläche weist zumindest im Bereich der Strukturantenne 1 eine Grundsicht 6, 12 aus einem elektrisch isolierenden Material wie Kunststoff oder Keramik auf. Der leitende Teil der Strukturantenne 1 besteht aus einer leitfähigen Fläche 9, 11 wie sie beispielsweise durch Metallisierung der Oberfläche der nichtleitenden Schicht 6, 12 oder in Form eines Blechteils erzeugt werden kann. Diese leitfähige Fläche 9 ist im Ausführungsbeispiel nach Fig. 1a nicht mit der entlang der Wirkfläche durchlaufenden Faltkante 4 elektrisch verbunden. Sie kann aber, wie in Fig. 1b, 2b und 3b dargestellt, mit der Faltkante 4 und damit auch mit der Struktur des Fluggeräts bzw. -zeugs leitend verbunden sein. Wenn sie, wie in Fig. 1a, 2a und 3a dargestellt, von der Faltkante 4 isoliert ist, endet die leitfähige Fläche 9 in unmittelbarer Nähe der Faltkante 4. Die Speisung der Strukturantenne 1 ist in den Figuren 4a, 4b und 4c in verschiedenen Varianten dargestellt, sie erfolgt auf der der nichtleitenden Schicht 6 zugewandten Seite der leitfähigen Fläche 9, 11. Der Einspeisungsort ist bedarfsweise in der oberen oder unteren Hälfte des in Fig. 1a abgebildeten Teils der Strukturantenne 1. Die Strukturantenne 1 ist zumindest teilweise von einem Bereich der nichtleitenden Schicht 6, 12 umgeben, der im Ausführungsbeispiel die leitfähige Fläche 9, 11 in der Form eines Streifens umgibt. Außerhalb des Bereichs der nichtleitenden Schicht 6, 12 ist die Strukturantenne 1 von einer leitfähigen Oberfläche 2 umgeben, die auf der nichtleitenden Schicht 6, 12 aufliegt

[0012] Das Grundprinzip der hier verwendeten Strukturantenne besteht darin, dass ein flächiger Resonator mit einer Seitenlänge von etwa $1/2$ der Betriebswellenlänge h auf einem nichtleitenden Basismaterial wie Kunststoff oder Keramik oder über einem Luftraum angeordnet ist. Für die Berechnung der Stromverteilung auf dem flächigen Resonator, die der Abstrahlcharakteristik zugrunde liegt, wird vorausgesetzt, dass das Bezugspotential in einem spitzen Winkel zur flächigen Ausdehnung des Resonators verläuft. Bei der vorliegenden Erfindung reduziert sich der Abstand zu diesem Potential von den entfernt zur Faltkante 4 liegenden Enden der Strukturantenne 1 bis hin zur Faltkante 4 selbst. Als Folge davon ist der Wellenwiderstand im Bereich der Enden groß und im Bereich der Faltkante 4 sehr klein. Damit ändert sich umgekehrt proportional zum Wellenwiderstand auch die Stromverteilung über der Strukturantenne. Der Stromfluss 5 im Bereich der Faltkante 4, d. h. der Mitte der gefalteten Strukturantenne, wird gegenüber den üblichen Patch-Antennen nach dem Stand der Technik größer. Deshalb verstärkt sich dort auch die an sich geringe Abstrahlung in Richtung der Faltkante 4. Somit wird in einer gedachten Ebene, die in Flugrichtung quer zur aerodynamischen Wirkfläche liegt, näherungsweise eine Rundstrahlcharakteristik erreicht. Zusätzlich kann eine Erhöhung der Stromdichte im Bereich der Faltkante 4 dadurch erreicht werden, dass sich die von der Strukturantenne 1 bedeckte Fläche proportional zu deren Breite B mit zunehmendem Abstand von der Kante 4 verkleinert. Beispiele hierfür sind in den Fig. 2a, 2b, 3a und 3b dargestellt.

[0013] Die Strukturantenne 1 ist, wie oben bereits beschrieben, eine aus der bekannten Microstrip-Patch-Antenne abgeleitete Bauform, die in Fig. 1a schematisch vereinfacht dargestellt ist. Sie ist in ihrem Mittelbereich derart gefaltet, dass sie die Kante einer Tragfläche, eines Leitwerks oder eines Ruders umschließt. Die Fig. 2a,..., 3b zeigen verschiedene Bauformen derartiger Strukturantennen 1 in der Draufsicht. Wie bei derartigen Strukturantennen üblich, können dabei verschiedene Strukturantennenflächenformen wie quadratisch, rechteckig, drei-eckig, rautenförmig, kreisförmig, elliptisch oder ähnliche zum Einsatz kommen.

[0014] Wird jedoch an die Strukturantenne die Anforderung der geringen Radarerkennbarkeit gestellt, werden Formen mit zur Flugrichtung schräg gestellten Rändern 7 der leitfähigen Flächen 9 der Strukturantenne 1 bevorzugt. Die Funktionalität dieser Anordnung ist durch gute Messergebnisse bestätigt worden.

[0015] Aus konstruktiven Gründen werden bei Flugzeugen häufig die Kanten der im wesentlichen aus Kunststoff bestehenden Tragflächen, Leitwerke oder Ruder mit Metallschienen verstärkt. Diese Metallschienen dürfen aus Festigkeitsgründen nicht unterbrochen und auch nicht durch nichtleitende Kunststoffelemente ersetzt werden. Somit ist eine leitende Verbindung mit der übrigen metallisierten Struktur über diese Kante gegeben. Da die erfindungsgemäße Strukturantenne 1 im Bereich der Faltkante 4 eine Spannungsnullstelle auf-

weist, ist eine leitende Verbindung zwischen der Strukturantenne 1 und der metallischen Faltkante 4, wie in den Anordnungen gemäß der Figuren 1 b, 2b, 3b, realisierbar und auch nicht nachteilig. Diese Ausführungsformen werden bevorzugt verwendet, weil sie die Anforderungen an Festigkeit der Faltkante und an den Blitzschutz gut erfüllen. Bei einer Erdung im Mittelbereich der Strukturantenne 1 ist allerdings eine erdfreie Einspeisung zur Vermeidung von Unsymmetrien durch die Bildung von Erdschleifen zwingend erforderlich.

[0016] Die Fig. 4a zeigt den einfachsten Fall einer unsymmetrischen Speisung der metallischen flächenförmigen Strukturantenne 11 am Einspeisepunkt 13. Der Einspeisepunkt liegt hierbei in dem Bereich der leitenden Fläche 11 der Strukturantenne 1, der am weitesten von der Faltkante 4 entfernt ist. Die metallische Faltkante 4 ist in diesem Fall von der leitfähigen Oberfläche der Tragfläche isoliert, wie in Fig. 1a, 2a und 3a dargestellt. Im Innenbereich der Strukturantenne befindet sich eine bis fast in die Faltkante 4 reichende Metallfläche 14, die mit dem Mantel der coaxialen Zuleitung 15 verbunden ist und somit das elektrische Bezugspotential zur leitenden Fläche 11 bildet. Zusätzlich ist angedeutet, dass die nichtleitende Schicht 12 bis in die Nähe der Strukturantenne mit einer leitfähigen Beschichtung 16 versehen sein kann, wobei ein Streifen der nichtleitenden Schicht 12 freigelassen wird.

[0017] Die Fig. 4b zeigt eine bevorzugte Bauform mit einer symmetrischen Speisung unter Verwendung des an sich bekannten Lindenblad- $\lambda/4$ -Sperrtopfes 17. Durch diese Art der Einspeisung ist die Erdung der leitenden Fläche der Strukturantenne 11 an der Faltkante 4 unkritisch. Gemäß Fig. 4b erfolgt die Einspeisung über die symmetrisch angeordneten Einspeisepunkte 13a und 13b, die ebenfalls in dem Bereich der leitenden Fläche 11 der Strukturantenne 1 liegen, der am weitesten von der Faltkante 4 entfernt ist. Die metallische Faltkante 4 ist über den $h/4$ -Sperrtopf 17 zwangsweise symmetriert. Die leitfähige Fläche 11 der Strukturantenne wird an der metallischen Faltkante 4 geerdet bzw. zwangsweise symmetriert, da die Einspeisung durch den $h/4$ -Sperrtopf 17 erdfrei erfolgt.

[0018] Wie in Fig. 4c dargestellt, kann auf eine Metallfläche 14, die in dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 4b von der Faltkante 4 zum Sperrtopf 17 verläuft, auch verzichtet werden. Die Speisung erfolgt dann direkt aus der Zuleitung 15 über den Sperrtopf 17 und die Anschlüsse 13a und 13b, die auch in dem Bereich der leitenden Fläche 11 der Strukturantenne 1 liegen, der am weitesten von der Faltkante 4 entfernt ist. Hiermit wird ein besonderer Vorteil für die Fertigung erzielt, da diese Metallfläche 14 schwierig in der keilförmigen Flügelstruktur einzubringen ist. Aufgrund der erdfreien Speisung und der Erdung an der Faltkante 4 ergibt sich von selbst eine gute Symmetrierung, da sich im Bereich der gedachten Symmetrielinie (strichpunktiert dargestellt) innerhalb der Struktur ein Nullpotential ausbildet. Die Reduzierung des Wellenwiderstandes zur Faltkante 4

hin ergibt sich in der gleichen Weise wie in den vorher genannten Beispielen.

[0019] In den Fig. 1b, 2b und 3b sind jeweils Varianten zu den bereits beschriebenen Bauformen dargestellt, bei denen die leitfähige Fläche 9 zumindest mit der metallischen Faltkante 4, die längs der aerodynamischen Wirkfläche 3 verläuft, und auch mit der leitfähigen Oberfläche 2 der aerodynamischen Wirkfläche selbst verbunden ist. Sollte die nichtleitende Schicht 12 um die Strukturantenne herum nicht metallisiert sein, so ist zumindest die leitende Verbindung zwischen der leitfähigen Fläche 9 und der Faltkante 4 gegeben, die ihrerseits mit der Struktur auf gleichem Potential liegt.

Patentansprüche

1. Strukturantenne (1) für Fluggeräte oder Flugzeuge mit annähernd rundstrahlender Abstrahlcharakteristik, die als leitfähiges Element auf einer nichtleitenden Schicht angeordnet ist, welche die Grundschicht der Oberfläche einer aerodynamischen Wirkfläche (3) des Fluggeräts bildet, wobei das strahlende Element um eine Faltkante (4) der aerodynamischen Wirkfläche des Fluggeräts herum angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**,

dass die Strukturantenne (1) in Form einer leitfähigen Fläche (9, 11) in der aerodynamischen Wirkfläche (3) integriert ist, wobei die Strukturantenne auf dem dielektrisch wirksamen Material der nichtleitenden Schicht (6, 12) angeordnet ist,

dass die leitfähige Fläche (9, 11) teilweise oder ganz von einem Bereich der nichtleitenden Schicht (6, 12) umgeben ist,

dass die Strukturantenne (1) in dem der Faltkante (4) abgewandten Bereich der leitenden Fläche (9, 11) gespeist wird, so dass die Stromrichtung (5) senkrecht zur Faltkante (4) verläuft und der Wellenwiderstand an der Faltkante sehr viel niedriger ist als im Bereich der kantenfernen Enden der Strukturantenne (1).

2. Strukturantenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Breite (B) der Strukturantenne (1) sich mit zunehmender Entfernung von der Faltkante (4) verringert.
3. Strukturantenne nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Ränder (7) der leitfähigen Fläche (9, 11) vorzugsweise schräg zur Faltkante (4) angeordnet sind.
4. Strukturantenne nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, **dass**

die leitende Fläche (9, 11) an der Faltkante (4) mit einer sie umgebenden leitfähigen Oberfläche (2) leitend (8) verbunden ist.

5. Strukturantenne nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die leitfähige Fläche (9, 11) gegenüber einer sie umgebenden leitfähigen Oberfläche (2, 16) die auf der nichtleitenden Schicht (6, 12) angeordnet ist, isoliert ist. 5
10
6. Strukturantenne nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Speisung der Strukturantenne (1) über eine symmetrische erdfreie Zuleitung (15) unter Verwendung eines $\lambda/4$ -Sperrtopfes (17) erfolgt. 15
7. Strukturantenne nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Metallfläche (14), die innerhalb der Strukturantenne (1) mittig zu den leitenden Flächen (11) angeordnet ist, mit dem Außenleiter des $\lambda/4$ -Sperrtopfes (17) und der Faltkante (4) verbunden ist. 20
8. Strukturantenne nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die leitenden Flächen (11) der Strukturantenne symmetrisch über die potentialführenden Anschlüsse (13a) und (13b) der symmetrischen erdfreien Zuleitung (15) gespeist werden. 25
30

35

40

45

50

55

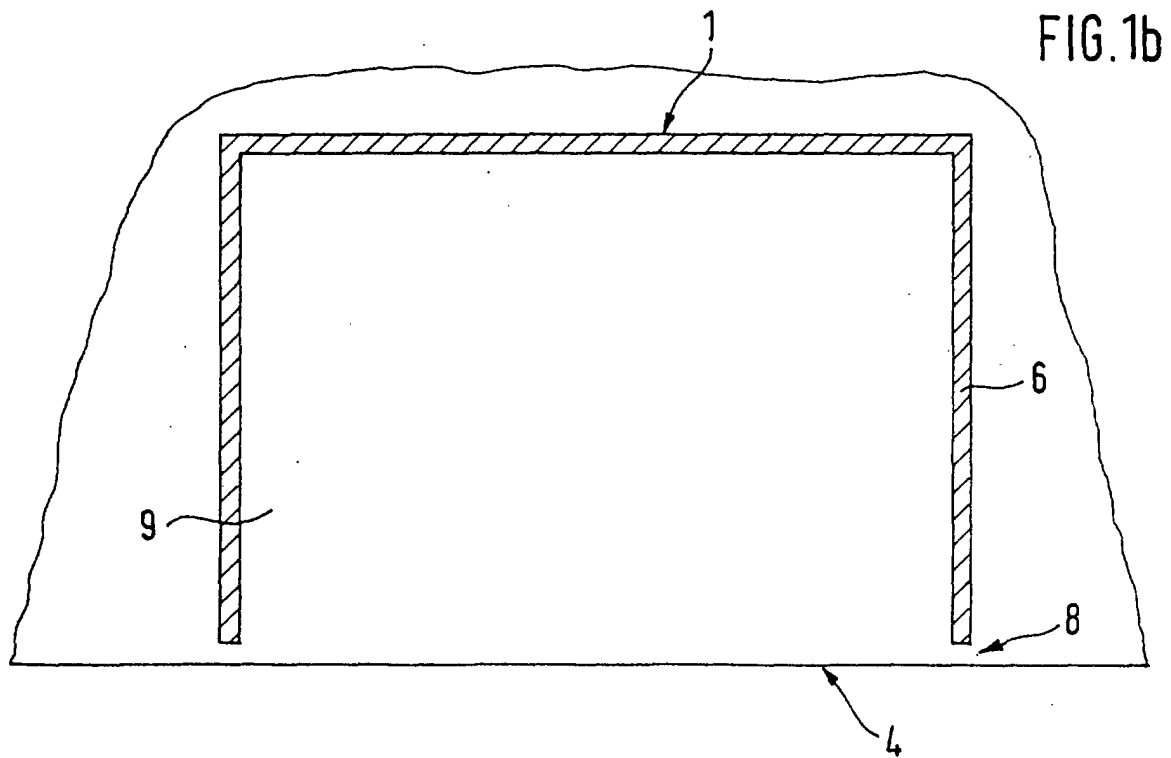
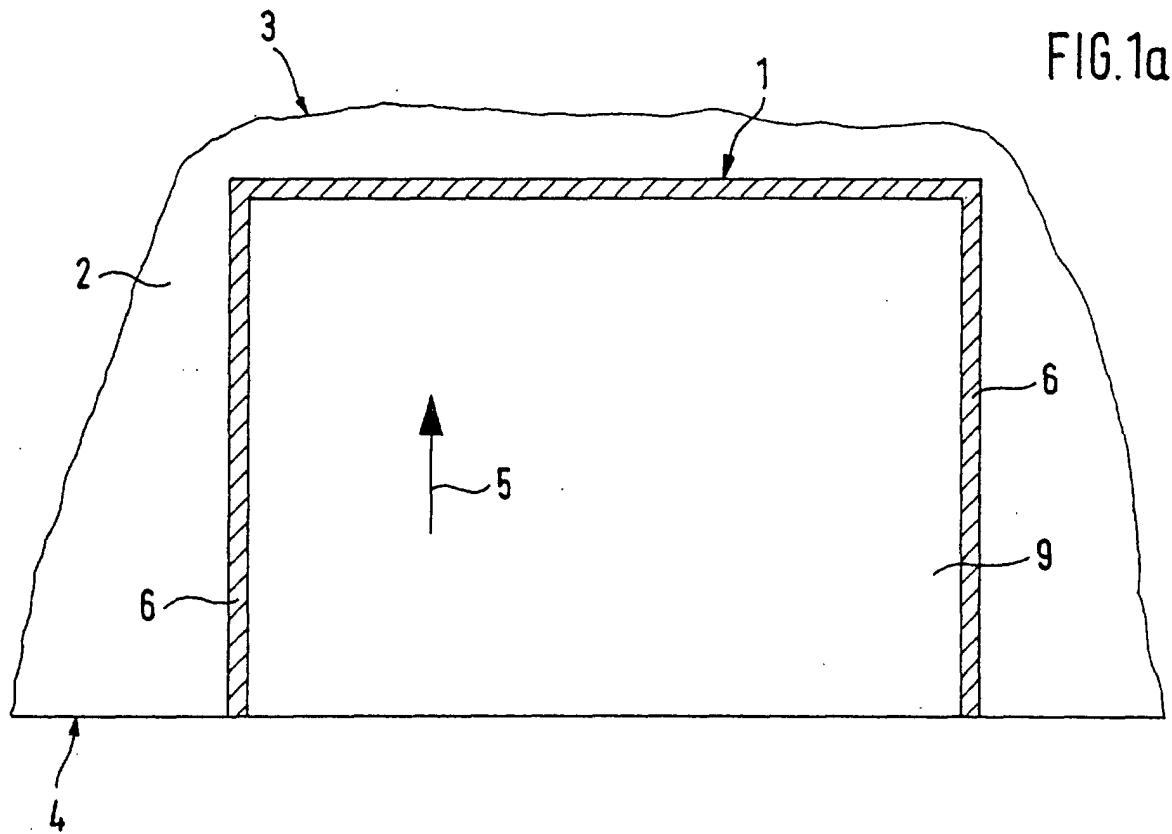


FIG. 2a

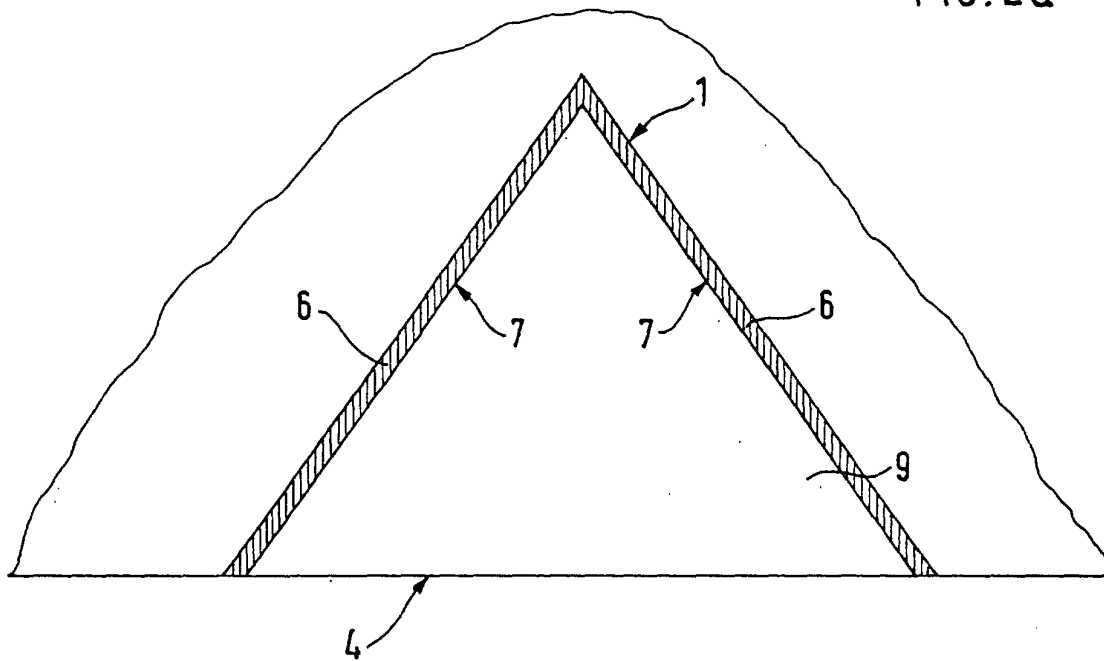


FIG. 2b

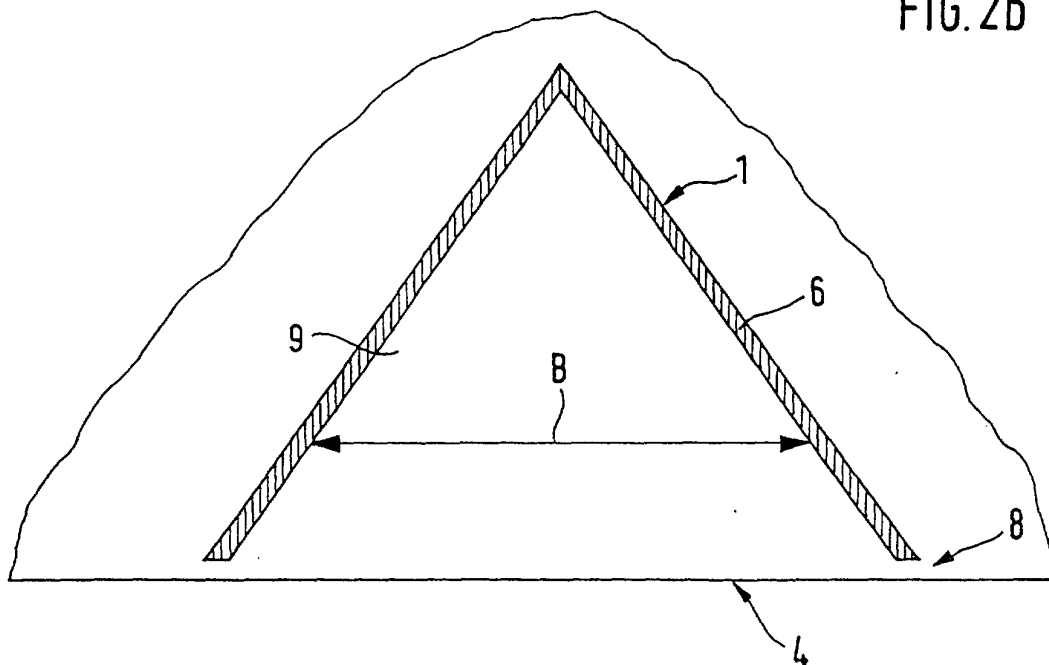


FIG. 3a

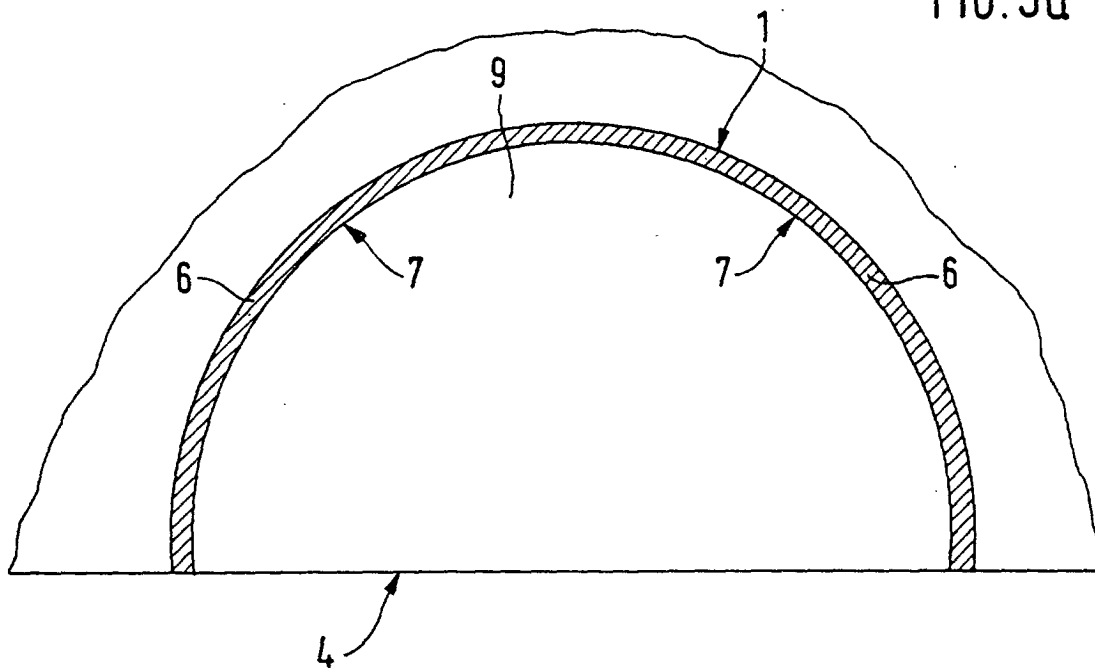


FIG. 3b

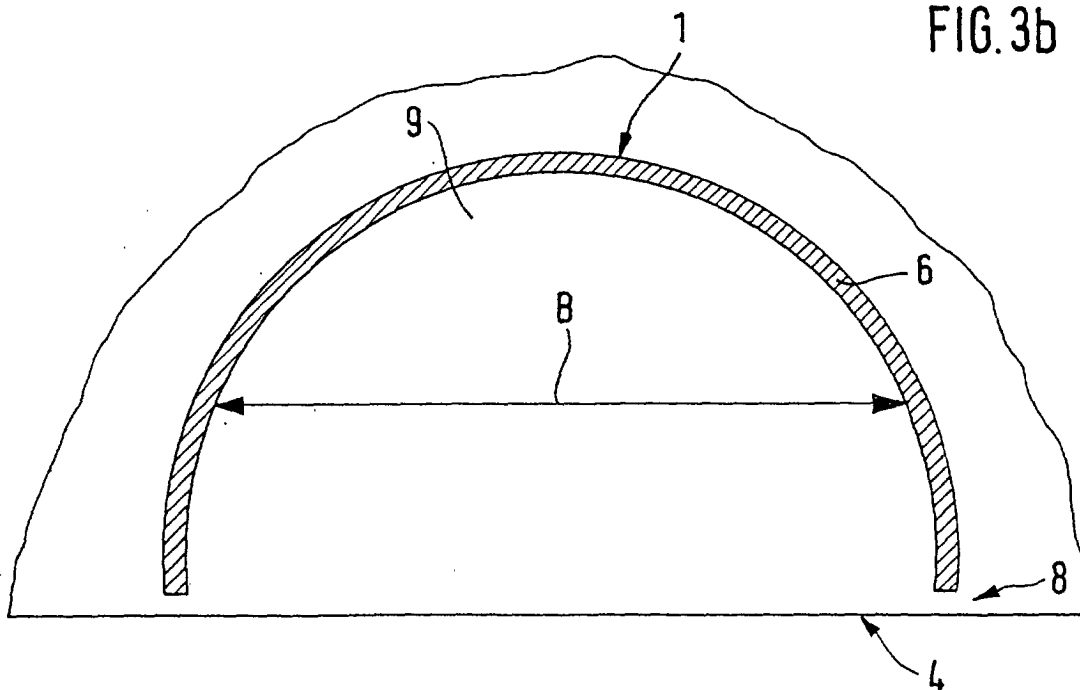


FIG. 4a

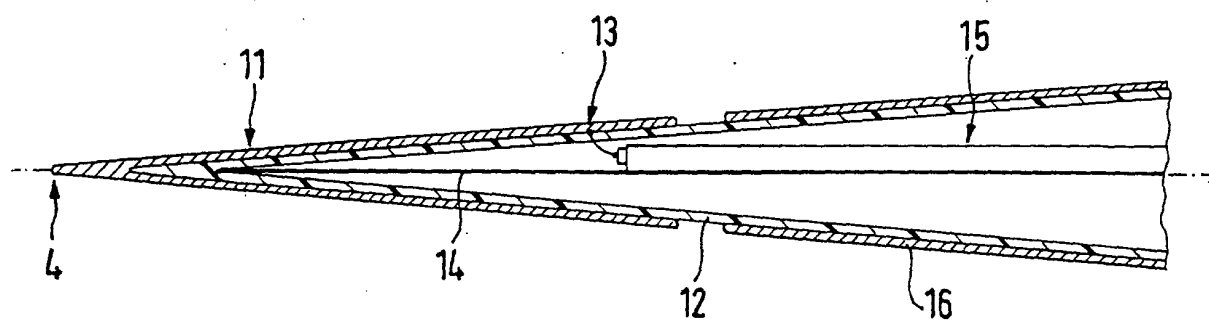


FIG. 4b

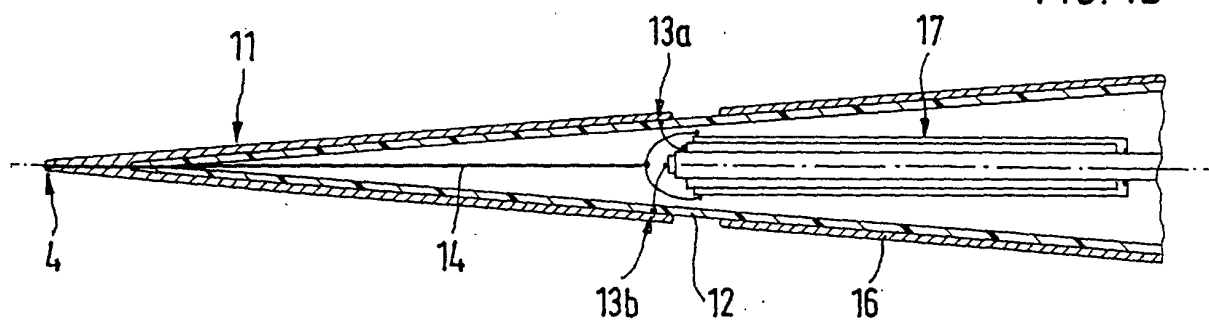


FIG. 4c

