

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **87106919.1**

51 Int. Cl.4: **H01Q 15/16**

22 Anmeldetag: **13.05.87**

30 Priorität: **27.06.86 DE 3621578**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.01.88 Patentblatt 88/02

84 Benannte Vertragsstaaten:
FR GB NL

71 Anmelder: **DORNIER SYSTEM GmbH**
Postfach 1360
D-7990 Friedrichshafen(DE)

72 Erfinder: **Westphal, Manfred, Ing.-grad.**
Unterer Höhenweg 12
D-7775 Bermatingen(DE)

74 Vertreter: **Landsmann, Ralf, Dipl.-Ing.**
DORNIER GMBH - Patentabteilung - Kleeweg
3
D-7990 Friedrichshafen 1(DE)

54 **Faltbarer konkav gekrümmter Antennenreflektor.**

57 Der faltbare konkav gekrümmte Antennenreflektor (1) für sehr hohe Konturgenauigkeit besteht aus starren gleichförmigen Segmenten (7) mit einem Zentralpanel (2), mit dem die Segmente (7) durch zwei einachsige Gelenke (5) verbunden sind. Das Zentralpanel (2) weist eine der Anzahl und der Anschlußbreite der Segmente (7) entsprechende kreissägeförmige Kontur auf, an deren Abschnitte (4) die Gelenke (5) mit dazu parallel verlaufenden Achsen (6) angeordnet und mit denen die Segmente (7) schwenkbar verbunden sind.

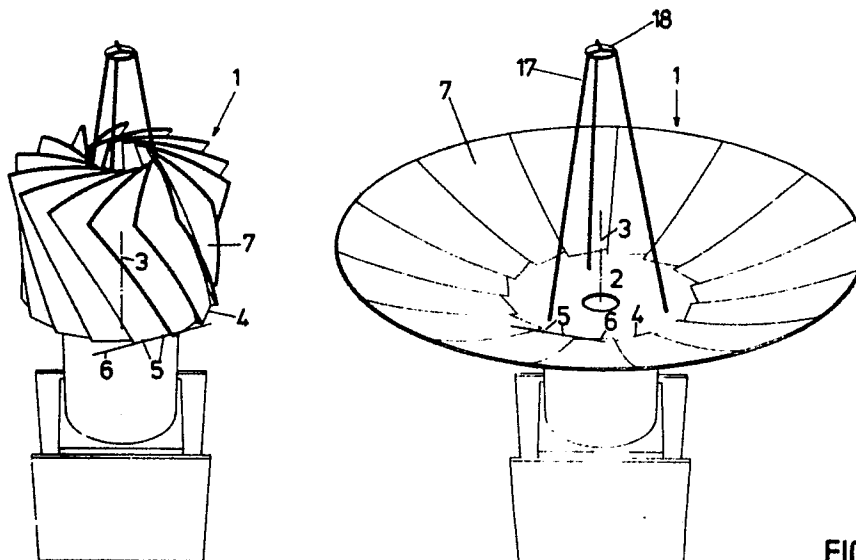


FIG. 1

EP 0 252 247 A1

Faltbarer konkav gekrümmter Antennenreflektor

Die Erfindung betrifft einen faltbaren konkav gekrümmten Antennenreflektor für sehr hohe Konturgenauigkeit aus starren gleichförmigen Segmenten mit einem Zentralpanel, mit dem die Segmente durch zwei einachsige Gelenke verbunden sind.

Durch Verwendung von kohlefaserverstärkten Kunststoffen (CFK) für starre Antennenreflektoren konnte die Forderung der Raumfahrt nach konturgenauen und damit leistungsfähigeren Antennensystemen weitgehend erfüllt werden. Der Leistungsfähigkeit solcher Antennen sind jedoch durch Größe und Begrenzung des Nutzlastraumes im Träger Grenzen gesetzt. Diese sind nur durch Anwendung faltbarer Antennen überbrückbar. Hierbei werden solche Antennen im gefalteten Zustand vom Träger transportiert und im Orbit durch geeignete Mechanismen entfaltet. Dazu stehen für die Konstruktion des Antennenreflektors prinzipiell nur zwei Alternativen zur Verfügung, der für hohe Konturgenauigkeit ungeeignete Netzreflektor und der aus faltbaren starren Segmenten bestehende Reflektor für sehr hohe Genauigkeit. Hierzu sind verschiedene Konfigurationen bekannt, wovon jene den entscheidenden Nachteil haben, welche, bedingt durch die Faltkonstruktion, eine hohe Anzahl von Gelenken und Segmenten unterschiedlicher Form und Größe benötigen und einen komplizierten Entfaltmechanismus aufweisen und die Konturen der gefalteten Segmente gegeneinander gerichtet sind. Für Versteifungen (Rippen, Fachwerke u.a.) der Segmente, welche bei großen Reflektoren zur Erhaltung der Konturgenauigkeit erforderlich sind, bleibt im Träger mangels Stauraum kein Platz mehr.

Derartige Antennenreflektoren sind z.B. aus der US-PS 3 699 576 und US-PS 3 715 760 bekannt, bei welchen die Segmente an einem Zentralpanel an Einachsgelenken schwenkbar angeordnet sind. Bei ersterer sind die Segmente auf ihren Rückflächen zum Teil durch ein kleines Gitterwerk gestützt. In beiden Ausführungsformen sind die einzelnen Segmente durch Scharniere miteinander verbunden, wodurch das Falten und Entfalten der einzelnen Segmente unterstützt wird. Eine ähnliche Ausführungsform ist auch aus der NASA-Conference Publication 2118, Nov. 1979 bekannt und unter Advanced sunflower antenna concept development (J.S. Archer) beschrieben.

Abgesehen vom relativ großen konstruktiven Aufwand und dem dadurch verursachten hohen Gewicht ist hierbei von besonderem Nachteil die aufgrund der zahlreichen Gelenke unzureichende aber erforderliche hohe Konturgenauigkeit.

Aus der DE-OS 31 28 978 ist ein faltbarer rotationssymmetrischer Strahlungsreflektor bekannt, der von einer Anzahl schwenkbarer um die Symmetrieachse angeordneter Segmente gebildet ist. Die Segmente werden hierbei aus der entfalten Stellung alle auf die gleiche Weise durch gleichsinnige Drehung um ihnen jeweils zugeordnete, zur Symmetrieachse parallele Drehachsen sowie gleichzeitig zur jeweiligen Drehachse hin gerichtetes Hochschwenken in den gefalteten Zustand gebracht. Die Überführung aus den gefalteten in den entfalten Zustand wird durch die direkte Umkehrung dieser gleichzeitig ablaufenden Dreh- und Schwenkbewegungen erreicht. Hier ist von Nachteil, daß das Falten und Entfalten der Segmente nur mittels einer komplizierten Dreh- und Schwenkmechanik möglich ist, was auch zusätzlich die Genauigkeit der entfalten Antenne nachteilig beeinflusst. Ferner ist eine aussteifende Verstrebung der Faltsegmente zum feststehenden Zentralkörper nur sehr schwierig anzubringen.

Ferner ist aus einem Vorschlag "SCI (83) 1, Seiten 7 bis 16 und 63 bis 66 für den FIRST-Satelliten eine weitere Falt antennenkonstruktion bekannt, bei welcher die Segmente am Umfang des Zentralsegments angeordnet und mittels jeweils zweier Gelenke damit verbunden sind. Das Falten und Entfalten der Segmente erfolgt einachsig nur durch radiales Schwenken der Segmente ohne zusätzliche Drehung derselben. Dadurch kann der aufwand an Schwenkmechanik reduziert und die Formgenauigkeit erhöht werden, jedoch ist hierbei sehr nachteilig die uneffektive Ausnutzung des vorhandenen Stauraumes im gefalteten Zustand und die schlechte Unterbringungsmöglichkeit einer zusätzlichen Segmentversteifung. Hinzu kommt, daß, bedingt durch die Segmentposition im gefalteten Zustand, die jeweiligen Gelenke und Segmente unterschiedliche Abmessungen haben.

Schließlich ist noch aus der De-OS 31 28 926 ein faltbarer Antennenreflektor bekannt, bei dem die gelenkige Verbindung der äußeren Enden benachbarter Segmente über einen etwa in der Mitte des äußeren Endes des einen Segments angreifenden Verbindungsstab erfolgt. Das die Segmente mit dem Zentralpanel verbindende Gelenk ist ein Zweiachsgelenk (ähnlich DE-OS 31 28 978), auf das ein zum Entfalten des Reflektors dienender Antrieb derart einwirkt, daß das Segment radial nach außen geschwenkt wird. Auch hier ist von Nachteil, daß die notwendig hohe Positionsgenauigkeit der Segmente nur mit zusätzlichen mechanischen Mitteln erreichbar ist. Außerdem sind Führungsstangen an den Kopfseiten notwendig, die die Drehbewegung der Segmente synchronisieren

und im entfalteten Zustand zusätzlich für die erforderliche Konturgenauigkeit sorgen. Die dabei verwendete Mechanik erfordert eine große Genauigkeit und ist sehr aufwendig.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Antennenreflektor so auszubilden, daß seine Segmente aus einem kompakt gefalteten Zustand durch einfache Mechanik entfaltbar sind. Dabei sollen die Segmente nur um eine Drehachse schwenkbar und durch einen zentralen Antrieb synchron aufklappbar sein. Im entfalteten Zustand sollen die Segmente mit ausreichender Stabilität und Genauigkeit fixiert, einfach zu justieren und im gefalteten Zustand gleichmäßig ausgerichtet angeordnet sein, sowie zwischen den Segmenten noch Platz für zusätzliche Versteifungen finden.

Zur Lösung der gestellten Aufgabe sind erfindungsgemäß die kennzeichnenden Merkmale von Anspruch 1 vorgesehen. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Der Vorteil der Erfindung besteht darin, daß durch die kreissägeförmige Ausgestaltung des Zentralpanels und der nicht miteinander gekoppelten Segmente der Mechanismus reduziert und die Dreh- und Schwenkbewegung der Segmente auf eine einzige beschränkt wird. Durch die Vereinfachung des Faltmechanismus wird zugleich eine sehr hohe Konturgenauigkeit im entfalteten Zustand bei guter Segmentversteifung und eine hohe Packungsdichte im gefalteten Zustand erzielt. Mit der entkoppelten Anordnung der Segmente sind diese auf die Sollkontur individuell einstellbar.

Außerdem ergibt sich durch die Reduzierung der hierzu benötigten Bauteile eine beachtliche Gewichtseinsparung. Am Zentralpanel, welches sägezahn- oder sägeblattförmig ausgebildet ist, sind an den schräg nach innen gerichteten Abschnitten je zwei einachsige Gelenke angeordnet, deren Achsen zu den Kanten der Abschnitte nahezu parallel verlaufen und um welche die durch diese Gelenke mit dem Zentralpanel verbundenen Segmente gefaltet werden. Die Anzahl der benötigten Abschnitte und zugehörigen Segmente richtet sich nach der Größe des Antennenreflektors und dem zur Verfügung stehenden Stauraum im Träger. Die Richtung der Abschnitte und der daran angeordneten Gelenke und deren Schwenkachsen richtet sich nach der Position der Segmente im gefalteten Zustand. Entsprechend der Richtung der Achsen sind die Fußkanten der Segmente abgeschrägt. Durch diese Anordnung können die Lagerpunkte der einachsigen Gelenke weit auseinander angeordnet werden, wodurch eine hohe Steifigkeit und Positionsgenauigkeit tangential zur Zentralachse des Antennenreflektors erreicht wird. Die Gelenke können entsprechend klein ausgeführt sein. Trotz einer dichten Faltpackung können die Segmente auf ihren Rückflächen entsprechend des

dort vorhandenen Stauraumes mit Rippen oder Fachwerken versehen werden.

Große Segmente können in Teilsegmente unterteilt und durch ein Fachwerk miteinander verbunden werden. Die Steuerung der Entfaltung erfolgt hierbei günstigerweise durch einen zentral angeordneten Antrieb, wobei die Schwenkbewegung der Teilsegmente durch Gestänge und Gelenke (z.B. Kniegelenke) unter Vorschaltung eines Untersetzungsgetriebes auf die Segmente übertragen wird. Die einzelnen Teilsegmente sind durch Stellglieder voneinander unabhängig justierbar.

Zu ihrer Fixierung im gefalteten Zustand dienen mehrere an sich bekannte Anschläge oder Rasten. Eine zentrale Fixierung durch Arretierung der Faltgestänge ist selbstverständlich möglich.

Ausführungsbeispiele sind folgend beschrieben und durch Skizzen erläutert.

Es zeigen:

Figur 1 einen Antennenreflektor mit Subreflektor und Subreflektorturm in gefalteter und entfalteter Konfiguration auf einer unterhalb des Reflektors befindlichen Satellitenstruktur,

Figuren 2a bis 2d einen Antennenreflektor in verschiedenen Öffnungsphasen in Schrägsicht und in der Ansicht von oben, stark schematisiert,

Figur 3 einen Ausschnitt eines Antennenreflektors mit selbsttragenden Segmenten in teilweise gefaltetem und geöffnetem Zustand in seitlicher und in der Ansicht von oben,

Figur 4 einen Antennenreflektor gemäß Figur 3 mit durch Rippen versteiftem Zentralpanel und Segmenten,

Figur 5 einen Antennenreflektor gemäß Figuren 3 und 4 mit einem Fachwerk versteiften Zentralpanel und aus Teilsegmenten zusammengesetzten Segmenten,

Figur 6 ein aus drei Teilsegmenten bestehendes und mit einem Fachwerk versteiftes Segment,

Figur 7 eine Verriegelung zur Arretierung eines durch ein Fachwerk versteiftes Segment im entfalteten Zustand.

In Figur 1 ist eine Satellitenkonfiguration dargestellt mit einem auf der Oberseite montierten Antennenreflektor 1, der in der Figur links gefaltet ist, um innerhalb einer Trägerrakete Platz zu finden. Nach dem Start und dem Verlassen der Trägerrakete wird der Antennenreflektor 1 entfaltet (Figur rechts) und die Segmente 7 in ihrer Sollstellung verriegelt. Hier ist das Zentralpanel 2 mit seiner sägezahn- oder kreis sägeblattförmigen Kontur deutlich zu erkennen. Der zentrale dreibeinige Subreflektorturm 17 trägt den für die Speisung der Antenne notwendigen Subreflektor 18 und fixiert die gefalteten Segmente 7 während der Startphase. An den schräg zur Achse 3 des Antennenreflektors 1 verlaufenden Abschnitten 4 des Zentralpanels 2

sind je zwei einachsige Gelenke 5 angeordnet, deren Achse(n) die Schwenkachse(n) 6 bilden, um welche die einzelnen Segmente 7 beim Faltvorgang geschwenkt werden. Die Schwenkachse(n) 6 verlaufen zu den Abschnitten des Zentralpanels 2 bzw. zur Fußkante der Faltsegmente 7 nahezu parallel.

Die Segmente 7 stehen in der Ausgangs- und Transportphase zum Zentralpanel 2 nicht senkrecht, sondern nehmen zu diesem eine mehr oder weniger geneigte Stellung ein (sie ist abhängig von der Gestalt des Zentralpanels 2). Die Segmente 7 liegen innerhalb eines Zylinders, der etwa dem größten Durchmesser des Zentralpanels 2 entspricht und sind so angeordnet, daß ihre Konturkrümmung gleichgerichtet ist.

Aus den Figuren 2a bis 2d sind einzelne Öffnungsphasen eines Antennenreflektors 1 in Schrägsicht (oben) und in der Ansicht von oben (unten) ersichtlich. Hierbei zeigt Figur 2a den gefalteten und Figur 2d den entfalteten Zustand des Antennenreflektors.

In Figur 3 ist ein Ausschnitt eines Antennenreflektors 1 in teilweise gefaltetem (rechts) und geöffnetem (links) Zustand in seitlicher (oben) und in der Ansicht von unten (unten) dargestellt. Hierbei sind die Segmente 7 selbsttragend durch ein auf ihren Unterflächen angeordnetes und wirkendes Faltgestänge 8 ausgebildet. Das Entfalten der Segmente 7 erfolgt durch einen unter dem Zentralpanel 2 angeordneten zentralen Antrieb 9, der auf das Faltgestänge 8 wirkt. Ist die Endstellung erreicht, so werden die Segmente 7 und das Faltgestänge 8 in dieser Position durch eine gleichfalls an der Unterseite des Zentralpanels 2 vorgesehene Verriegelung 10 gesichert. Die Verriegelung 10 ist justierbar, so daß eine Justierung der gewünschten Kontur möglich ist. Außerdem ist durch ein an der Unterseite eines jeden Segments 7 angeordnetes Stellglied 11 eine Nach- und Feinjustierung möglich. Durch einen Kniehebel 12, an welchem das Stellglied 11 angreift, ist zusätzlich eine, durch ein günstiges Übersetzungsverhältnis bedingte Feinjustierung möglich.

Diese Justierungen können sowohl erdgebunden als auch orbital vorgenommen werden.

Aus der Figur (unten) sind die Gelenke 5 und ihre Schwenkachse(n) 6 ersichtlich. Zur Bewältigung der durch das Faltgestänge 8 während des Faltvorganges auftretenden Drehmomente ist der Antrieb 9 mit einem geeigneten, in der Figur nicht näher gezeigten Untersetzungsgetriebe versehen.

In Figur 4 ist der in Figur 3 beschriebene Antennenreflektor 1 durch am Zentralpanel 2 und an den Segmenten 7 angreifende Rippen 13 verstärkt, die um die Schwenkachse(n) 6 beim Entfalten geschwenkt werden. Die Stellglieder 11 an der Unterseite eines jeden einzelnen Segments 7 ste-

hen über das Faltgestänge 8 mit den Rippen 13 in Wirkverbindung und können die Segmente 7 einzeln und unabhängig voneinander bewegen und justieren.

Die Figur 5 zeigt einen Antennenreflektor 1, ähnlich wie in Figur 3 und 4 beschrieben, mit einem durch ein Fachwerk 14 versteiften Zentralpanel 2, an dessen Abschnitte 4 und mittels der Gelenke 5 damit verbundene aus Teilsegmenten 15 zusammengesetzte Segmente 7 angeordnet sind. Die Teilsegmente 15 sind hierbei durch ein Fachwerk 14 versteift.

Eine derartige Konstruktion eignet sich besonders für große Antennenreflektoren, die eine sehr hohe Konturgenauigkeit aufweisen.

Figur 6 zeigt ein Segment 7 in seitlicher (unten) und in der Ansicht von unten (oben), welches durch ein rückseitig angeordnetes Fachwerk 14 versteift ist. Das Segment 7 selbst besteht aus drei Teilsegmenten 15, die voneinander unabhängig an wenigstens vier Punkten mit dem Fachwerk 14 verbunden sind. Durch diese Anordnung können Thermalverformungen der Teilsegmente 15 weitgehend entkoppelt werden, wodurch die Formstabilität der Fachwerkstruktur 14 weitgehend erhalten bleibt.

Figur 7 zeigt eine Verriegelung zur Arretierung der entfalteten, fachwerkversteiften Segmente 7 (Figur rechts). Primär besteht die Verriegelung aus einem Kniehebel 12, dessen Endstellung durch eine sich beim Entfalten der Segmente 7 streckende Formfeder 16 gehalten wird. An der Formfeder 16 befindet sich ein Stellglied 11, welches über die gestreckte Formfeder 16 den Kniehebel 12 derart angreift, daß, bedingt durch ein günstiges Übersetzungsverhältnis, am Kniehebel 12 die Segmente 7 mit hoher Genauigkeit justiert werden können. In Figur links ist das Segment 7 in Faltstellung.

Ansprüche

1. Faltbarer konkav gekrümmter Antennenreflektor für sehr hohe Konturgenauigkeit aus starren gleichförmigen Segmenten mit einem Zentralpanel, mit dem die Segmente durch zwei einachsige Gelenke verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Zentralpanel (2) eine der Anzahl und der Anschlußbreite der Segmente (7) entsprechende kreissägenförmige Kontur aufweist, an deren Abschnitte (4) die Gelenke (5) mit dazu parallel verlaufenden Achsen (6) angeordnet und mit denen die Segmente (7) schwenkbar verbunden sind.

2. Faltbarer konkav gekrümmter Antennenreflektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Segmente (7) im gefalteten Zustand eine gleichgerichtete Konturkrümmung aufweisen und

von deren Peripherie zur Achse (3) des Antennenreflektors (1) ausgerichtet und zum Zentralpanel (2) geneigt sind.

3. Faltbarer konkav gekrümmter Antennenreflektor nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß zum Entfalten der Segmente (7) ein unterhalb des Zentralpanels (2) angeordneter Zentralantrieb (9) vorgesehen ist. 5

4. Faltbarer konkav gekrümmter Antennenreflektor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Entfalten durch eine über an den Außenflächen der Segmente (7) angeordnete Faltgestänge (8) und Gelenke (5) eingeleitete Stellbewegung gleichzeitig erfolgt. 10

5. Faltbarer konkav gekrümmter Antennenreflektor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Segmente (7) nach dem Entfalten mittels einer am Faltgestänge (8) angeordneten Verriegelung (10) fixiert sind. 15

6. Faltbarer konkav gekrümmter Antennenreflektor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Segmente (7) einzeln über Stellglieder (11) justierbar sind. 20

25

30

35

40

45

50

55

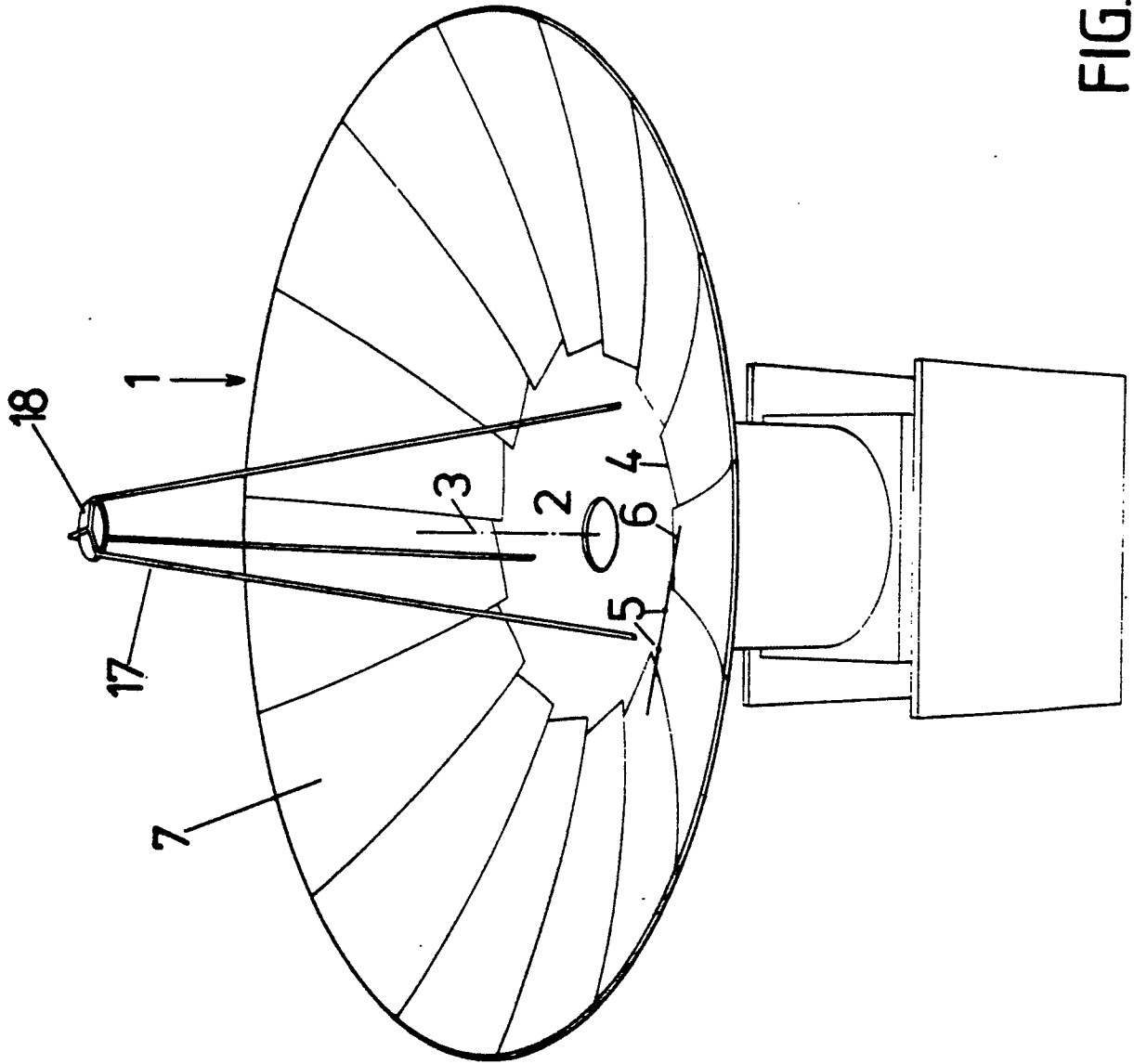
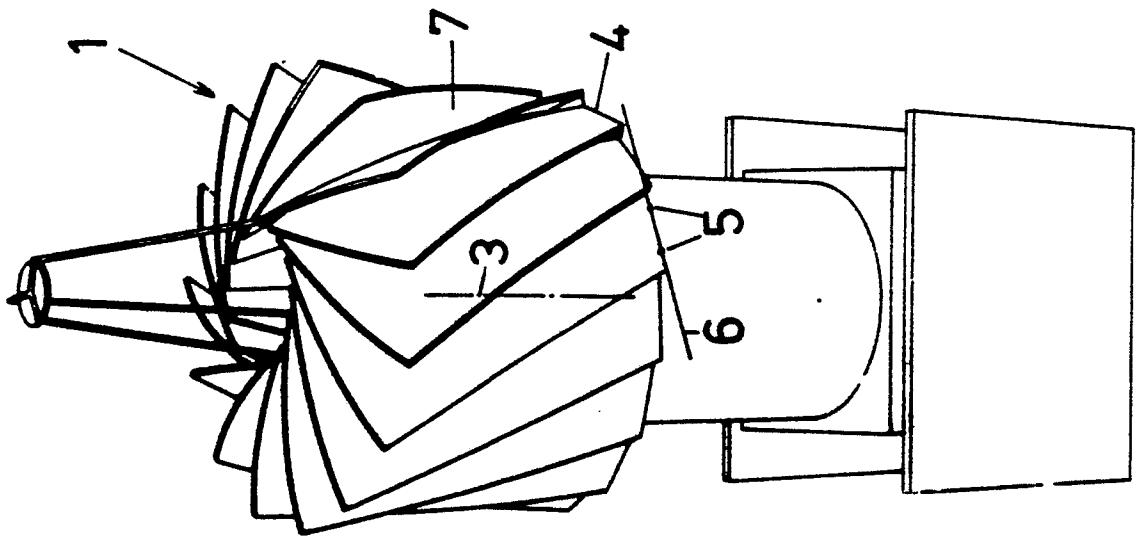


FIG. 1



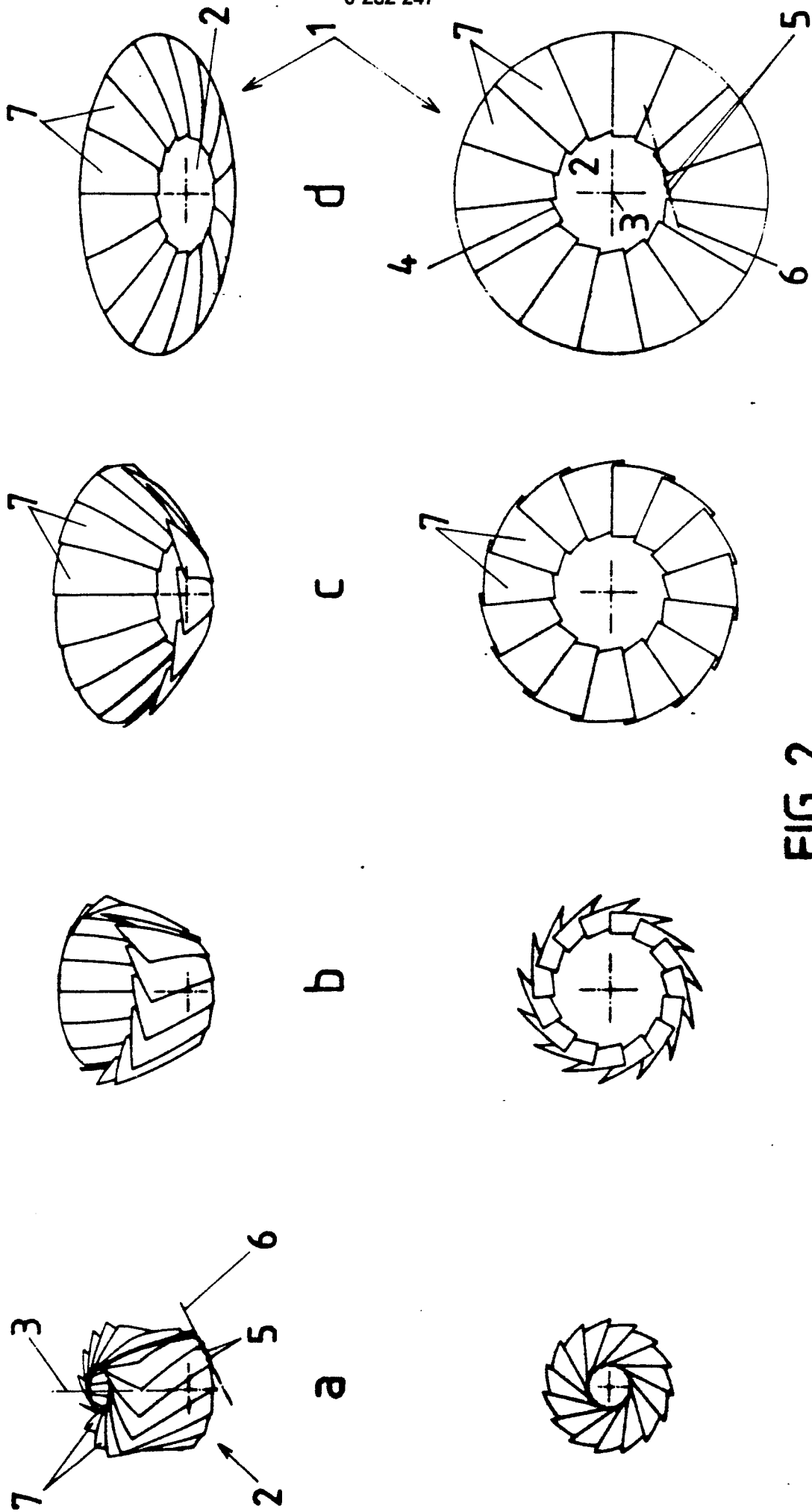


FIG. 2

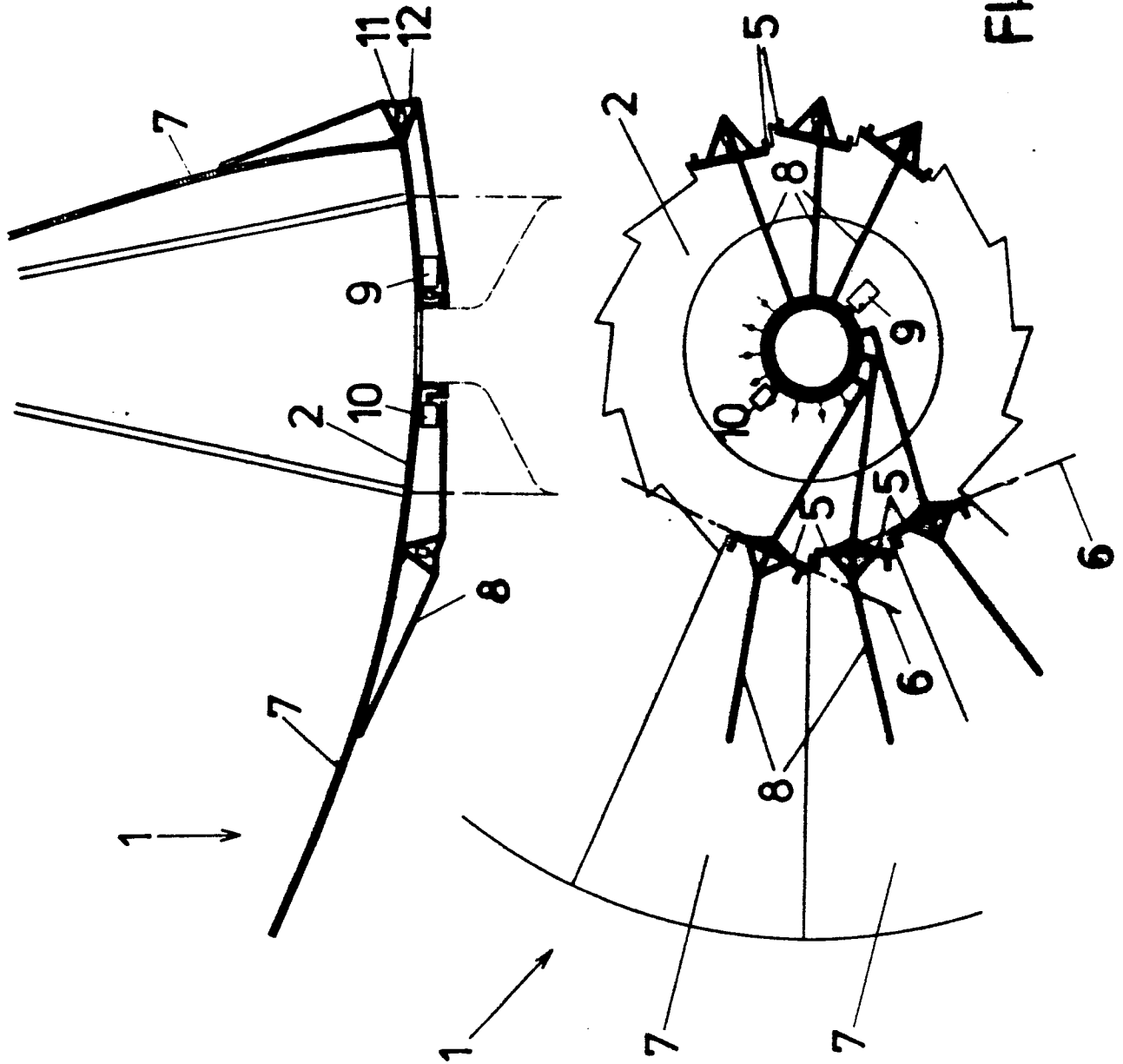


FIG. 3

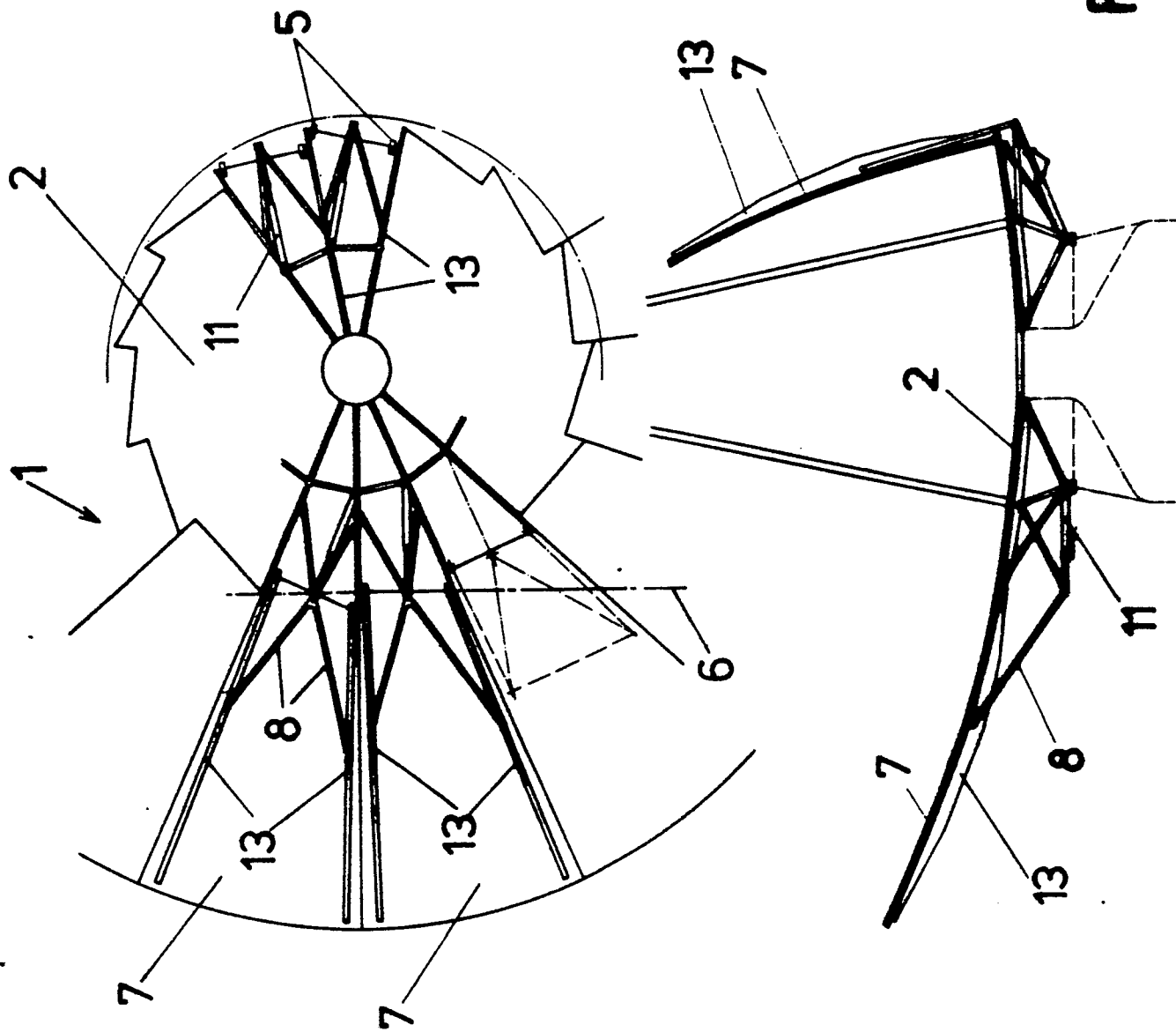


FIG. 4

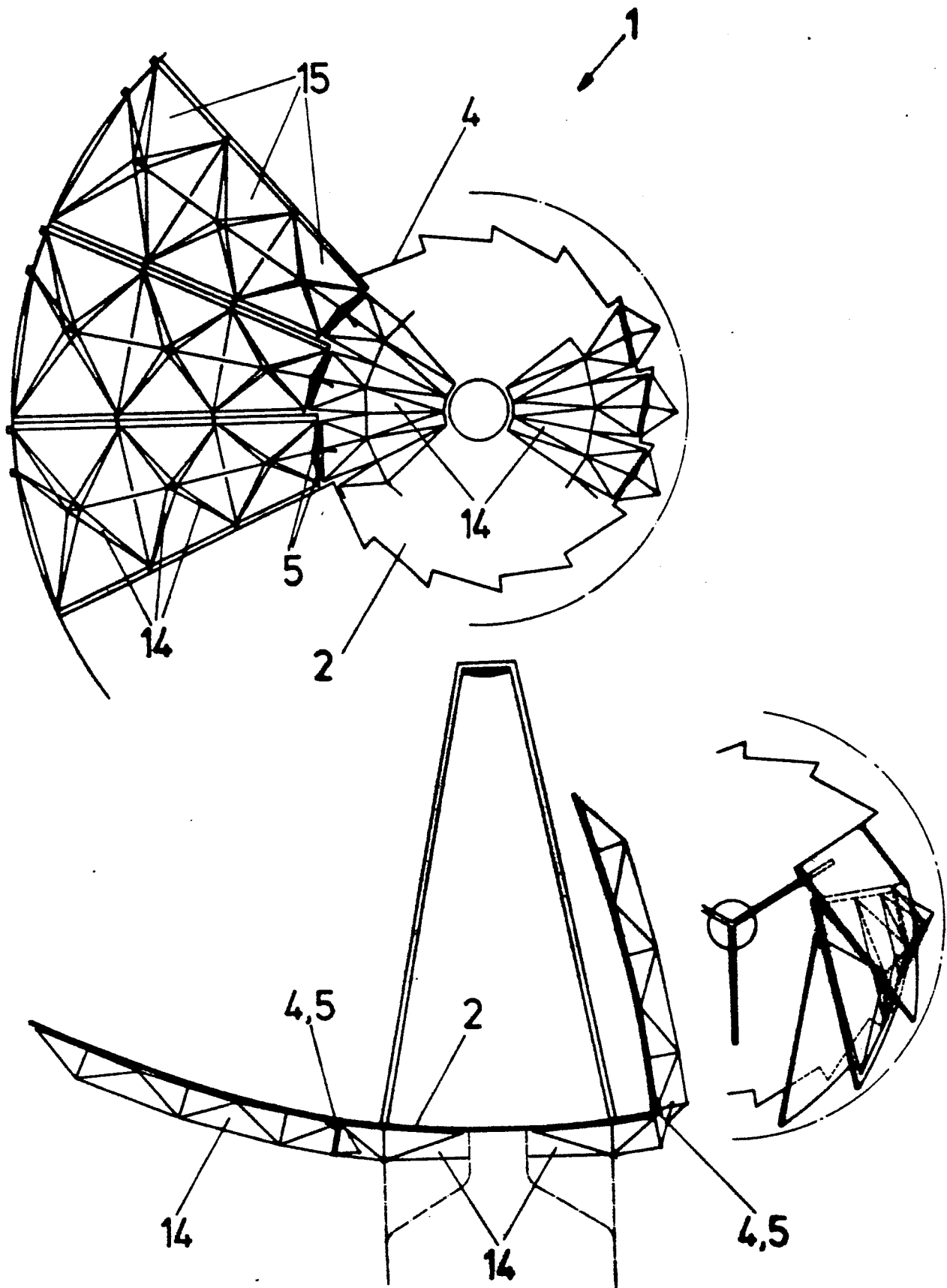


FIG. 5

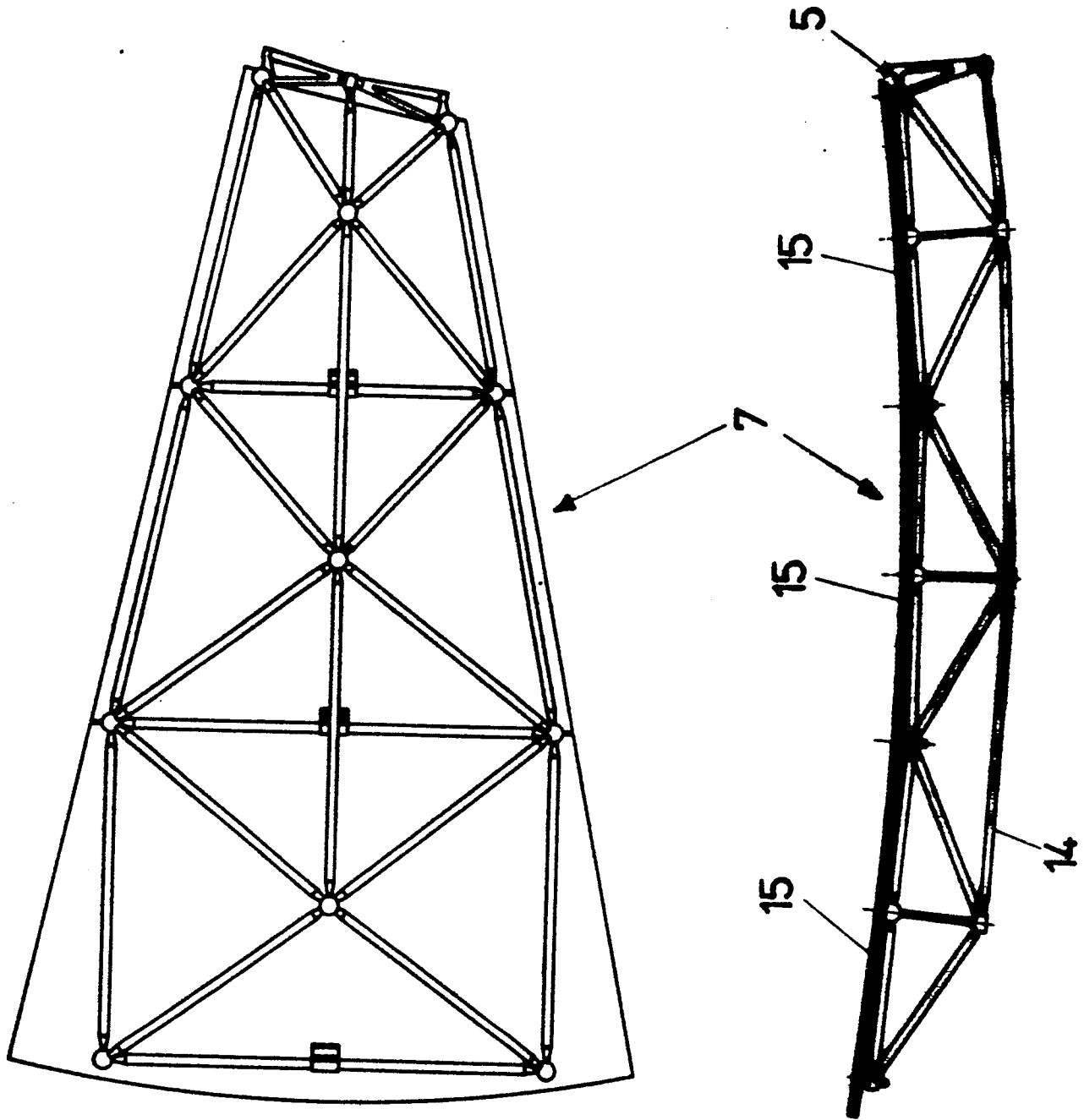


FIG. 6

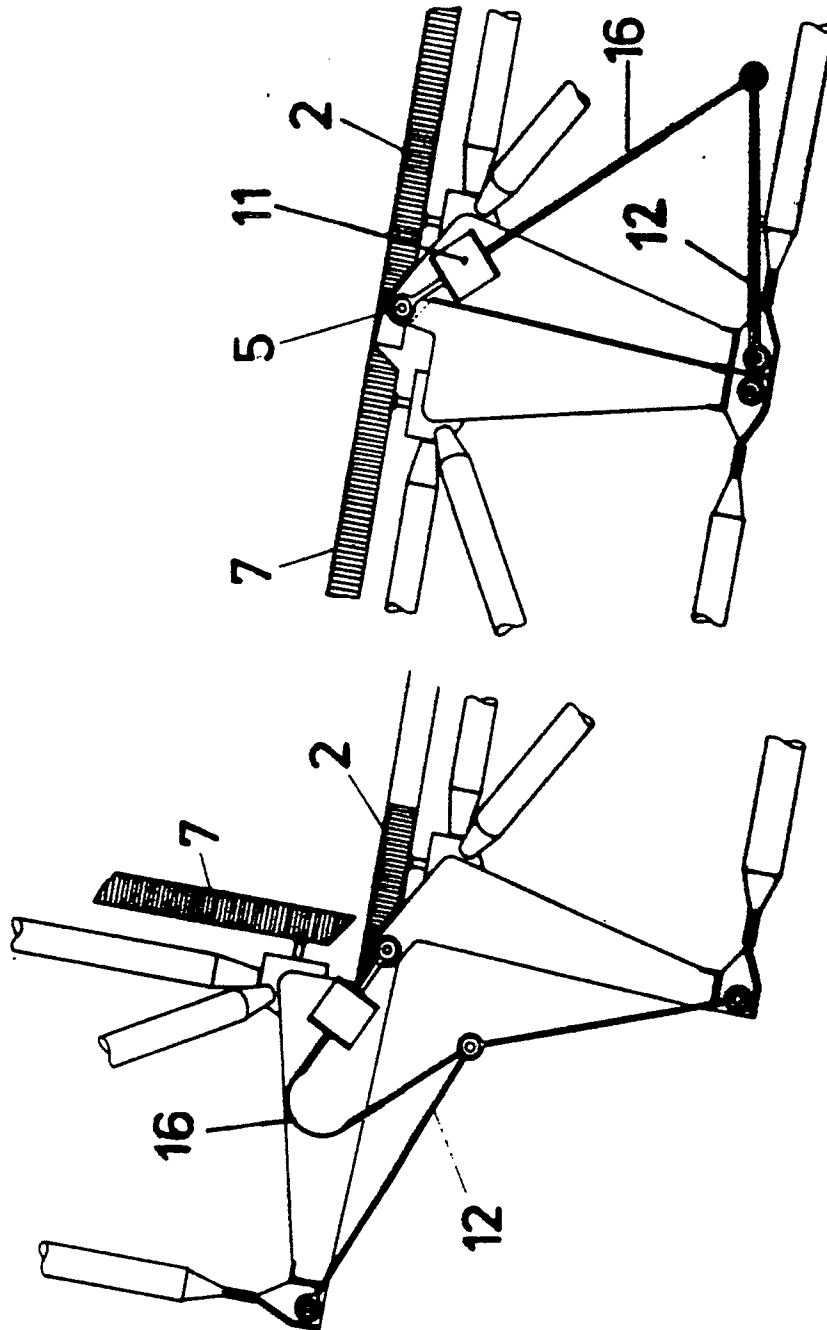


FIG. 7



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 87 10 6919

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
Y	US-A-3 541 569 (W.I. BERKS et al.) * Figur 2; Spalte 3, Zeilen 50-57 *	1	H 01 Q 15/16
A	--- * Spalte 3, Zeilen 57-70 *	3	
Y	EP-A-0 070 428 (DORNIER) * Figur 2a; Seite 5, Zeilen 9-22 * & DE - A - 3 128 926 (Kat. D)	1	
D, A	--- DE-A-3 128 978 (MESSERSCHNITT-BÖLKOW-BLOHM) * Figuren 1-3; Seite 13, Zeilen 15-21 *	2, 4	
A	--- US-A-4 315 265 (W.B. PALMER et al.) * Figur 6, Anspruch 13 *	5, 6	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4) H 01 Q 1/28 H 01 Q 15/16 H 01 Q 15/20
A	--- US-A-3 064 534 (J.W. TUMAVICUS) * Figuren 1, 4; Spalte 2, Zeilen 40-52 *		
A	--- EP-A-0 184 330 (TRW INC.) * Figur 1, Zusammenfassung *		
	--- -/-		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
BERLIN		06-10-1987	BREUSING J
EPA Form 1503 03 82 KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 87 10 6919

Seite 2

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
A	DE-U-8 121 533 (MESSERSCHMITT-BÖLKOW-BLOHM) * Figur 3; Anspruch 1 * -----		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
BERLIN Recherchenort		06-10-1987 Abschlußdatum der Recherche	BREUSING J Erüfer
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			