



(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 085 598 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
21.03.2001 Patentblatt 2001/12

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: H01Q 15/14, H01Q 15/00,  
H01Q 19/17, H01Q 19/195,  
H01Q 25/00

(21) Anmeldenummer: 00118245.0

(22) Anmeldetag: 04.09.2000

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

(30) Priorität: 20.09.1999 DE 19945062

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

(72) Erfinder:

- Ratkorn, Norbert  
81667 München (DE)
- Trümper, Michael  
85579 Neubiberg (DE)
- Hunscher, Christian  
82054 Sauerlach (DE)
- Sekora, Robert  
85614 Kirchseeon (DE)

(54) **Reflektor mit geformter Oberfläche und räumlich getrennten Foki zur Ausleuchtung identischer Gebiete, Antennensystem und Verfahren zur Oberflächenermittlung**

(57) Die Erfindung betrifft einen Reflektor mit geformter Oberfläche für elektromagnetische Wellen, wobei eine lokale Formgebung des Reflektors (1) derart ausgelegt wird, daß der Reflektor (1) mehrere, räumlich getrennte Foki (10a, 10b, 110a, 110b) aufweist. Es können dadurch von räumlich getrennten Strahlern (4a, 4b, 40a, 40b) ausgehende elektromagnetische Strahlbündel (5a, 5b, 50a, 50b), insbesondere solche verschiedener Frequenz oder Frequenzbänder, die den Reflektor (1) ausleuchten, auf ein gemeinsames Ausleuchtgebiet (3, 3a, 3b) gerichtet werden.

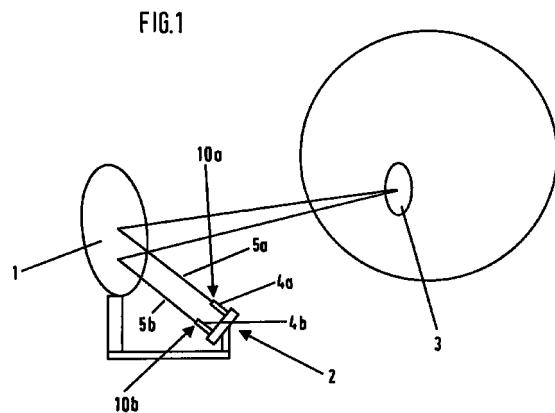


FIG.1

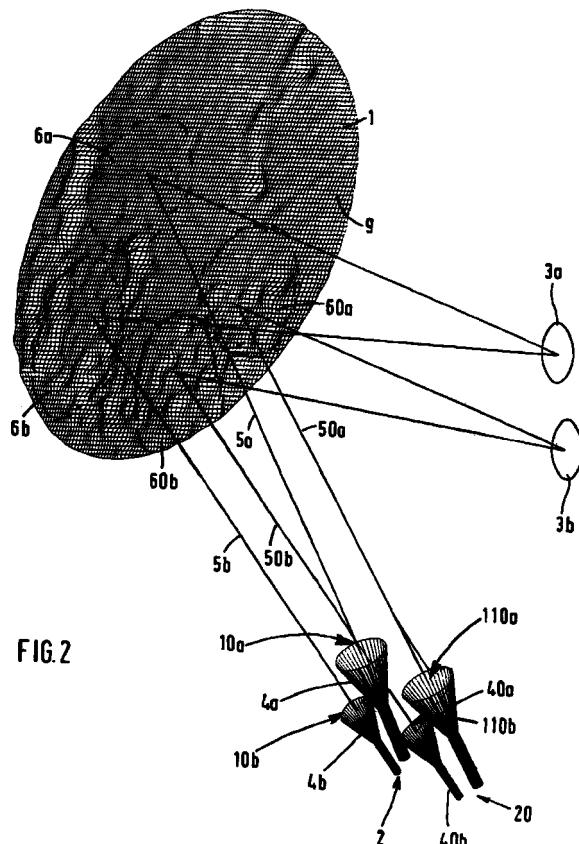


FIG.2

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Reflektor für elektromagnetische Wellen mit speziell geformter Oberfläche und ein Antennensystem mit einem Reflektor mit geformter Oberfläche. Solche Reflektoren mit geformten Oberflächen sind bereits aus dem Stand der Technik bekannt.

**[0002]** So beschreibt EP 0 920 076 ein Antennensystem mit einem Reflektor mit geformter Oberfläche, wobei zwei Strahlbündel, die von getrennten Strahlern ausgehen, auf zwei unterschiedliche Ausleuchtgebiete fokussiert werden.

**[0003]** In EP 0 915 529 wird die Möglichkeit beschrieben, mit Hilfe eines Reflektors mit geformter Oberfläche aus mehreren Strahlbündeln mehrerer Strahler, die über ein geeignetes Verteilnetzwerk zusammengeschaltet werden, ein einziges Strahlbündel zu formen, das auf ein Ausleuchtgebiet gerichtet wird.

**[0004]** US 4,298,877 beschreibt einen Reflektor mit geformter Oberfläche, der dazu dient, zwei Strahlbündel auf zwei verschiedene Empfänger (Satelliten) zu fokussieren.

**[0005]** US 5,684,494 schlägt eine Fokussierung getrennter Strahlbündel unterschiedlicher Polarisierung durch eine Reflektoranordnung aus zwei Reflektoren vor, wobei jeder der Reflektoren als Gitterreflektor ausgebildet ist und nur für eine der Polarisationsrichtungen wirksam ist.

**[0006]** Die aus dem Stand der Technik bekannten Reflektoren sind nur eingeschränkt für Anwendungen geeignet, bei denen eine bidirektionale Strahlrichtung mit einer effektiven Entkopplung für Senderichtung und Empfangsrichtung zu einem gemeinsamen Ausleuchtgebiet verwirklicht werden soll, insbesondere gekoppelt mit der Möglichkeit der Verwendung gleicher Frequenzen und/oder gleicher Polarisierung für Senderichtung und Empfangsrichtung. Es bestehen bislang folgende Probleme:

- Bei einem einfachen konstruktiven Aufbau mit einem gemeinsamen Strahler für Senderichtung und Empfangsrichtung und unter Verwendung eines Reflektors besteht keine ausreichende Entkopplung zwischen der Senderichtung und der Empfangsrichtung der elektromagnetischen Strahlung. Diese muß durch zusätzliche Bausteine wie z.B. Frequenzweichen bei getrennter Sende- und Empfangsfrequenz, wie es in der Kommunikationstechnik üblich ist, oder Zirkulatoren bei gleicher Sende- und Empfangsfrequenz, wie in der Radar-technik üblich, erzeugt werden.
- Soll eine Entkopplung durch getrennte Strahler erreicht werden, so sind aufwendige Konstruktionen wie mehrere Reflektoren im Falle der US 5,684,494 nötig, die jedoch die verwendbaren Pola-

risationsrichtungen einschränken, da unterschiedliche Polarisationsrichtungen für Senderichtung und Empfangsrichtung gegeben sein müssen. Dies schränkt die durch die Antennenanordnung übertragbaren Datenmengen deutlich ein.

**[0007]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Möglichkeit bereitzustellen, die eine entkoppelte, bidirektionale Übertragung elektromagnetischer Wellen bei maximaler übertragbarer Datenmenge erlaubt.

**[0008]** Diese Aufgabe wird gelöst mit den Merkmalen des vorliegenden Anspruchs 1. Anspruch 9 umfaßt ein Antennensystem, das einen erfindungsgemäßen Reflektor mit geformter Oberfläche beinhaltet. Außerdem umfaßt Anspruch 13 ein Verfahren zur Ermittlung der Oberflächenform eines Reflektors.

**[0009]** Erfindungsgemäß weist die Oberfläche des Reflektors eine lokale Formgebung auf, die derart ausgelegt ist, daß der Reflektor zumindest eine Gruppe räumlich getrennter Foki aufweist und von dieser Gruppe von Foki ausgehende Strahlbündel durch den Reflektor auf ein gemeinsames Ausleuchtgebiet gerichtet werden. Der Reflektor kann aber auch mehrere Gruppen von Foki aufweisen, wobei jeweils von einer Gruppe von Foki ausgehende Strahlbündel durch den Reflektor auf ein gemeinsames Ausleuchtgebiet gerichtet werden.

**[0010]** Es kann dabei im Ausleuchtgebiet eine Fokussierung auf einen gemeinsamen Ausleuchtpunkt, z.B. eine entfernte Empfangsantenne, erfolgen, es können aber auch die Strahlbündel im Ausleuchtgebiet eine bestimmte, sich deckende Ausdehnung aufweisen, die weitgehend an die Form des Ausleuchtgebietes, beispielsweise eines Teiles der Erdoberfläche, angepaßt werden kann. In der umgekehrten Strahlrichtung, d.h. ausgehend vom Ausleuchtgebiet in Richtung auf die Foki, erfolgt bei dieser ersten Ausgestaltung eine Fokussierung auf alle Foki, so daß ein Empfänger grundsätzlich in jedem der Foki angeordnet sein kann. Die Richtwirkung bzw. Fokussierungswirkung des Reflektors ist hierbei unabhängig von der Frequenz oder der Polarisierung der Strahlbündel.

**[0011]** In einer weiterführenden Ausgestaltung der Erfindung ist eine frequenzselektive Wirkung des Reflektors vorgesehen, d.h. daß sich eine unterschiedliche räumliche Position der Foki für unterschiedliche Frequenzen oder Frequenzbänder ergibt oder sich die räumliche Trennung der Foki bei unterschiedlichen Frequenzen oder Frequenzbändern verstärkt. Es werden hierbei weiterhin die von einer Gruppe von Foki ausgehenden Strahlbündel durch den Reflektor auf ein gemeinsames Ausleuchtgebiet gerichtet, in der umgekehrten Richtung erfolgt jedoch pro Frequenz oder Frequenzband lediglich eine Fokussierung auf einen der Foki. Ein Empfänger für eine bestimmte Frequenz oder ein bestimmtes Frequenzband ist daher in dem entsprechenden Fokus anzurufen.

**[0012]** In einem Betriebsfall kann der Reflektor dazu verwendet werden, einerseits Strahlbündel, die von einem Sender in einem Fokus ausgehen, auf das Ausleuchtgebiet zu richten, andererseits Strahlbündel, die von dem Ausleuchtgebiet ausgehen, auf einen Empfänger in einem der Foki zu richten. Solche Sender und Empfänger sollen im weiteren allgemein als Strahler bezeichnet werden. Dabei sind unterschiedliche Szenarien für die Wirkung der Strahler als Sender und Empfänger möglich:

a) nicht-frequenzselektive Oberflächenform des Reflektors:

**[0013]** Von jedem Strahler, der in einem der Foki angeordnet ist, ausgehende Strahlbündel werden durch den Reflektor zum Ausleuchtgebiet hin gerichtet. Entgegengesetzt gerichtete Strahlbündel werden auf alle Foki fokussiert. Es kann nun der sendende Strahler auch gleichzeitig als Empfänger wirken. Weitere Strahler in den anderen Foki sollten dann auf einer anderen Frequenz betrieben werden. Der Empfang der auf die Foki fokussierten Strahlbündel auch durch andere Strahler als den eigentlichen Empfänger führt jedoch kaum zu einer Beeinträchtigung dieser anderen Strahler, da einerseits eine frequenzspezifische Abstimmung der Strahler erfolgt und andererseits die empfangene Leistung meist weit unter der Sendeleistung der Strahler liegt.

**[0014]** Ist jedoch neben dem sendenden Strahler ein separater Strahler als Empfänger in einem anderen Fokus vorgesehen, so erfolgt ebenfalls kaum eine Beeinflussung des sendenden Strahlers durch das auch in seinen Fokus fokussierten empfangene Strahlbündel, da wiederum die empfangene Leistung meist weit unter der Sendeleistung der Strahler liegt.

b) frequenzselektive Oberflächenform des Reflektors:

**[0015]** Eine Anwendung hierfür ist, daß in einem Fokus ein Strahler angeordnet ist, der lediglich als Sender auf einer bestimmten Frequenz oder in einem bestimmten Frequenzband wirkt, während ein weiterer Strahler in einem anderen Fokus angeordnet ist, der lediglich als Empfänger für eine andere Frequenz oder ein anderes Frequenzband wirkt. Ein empfangenes Strahlbündel wird durch die frequenzselektive Wirkung des Reflektors dann lediglich auf den Empfänger fokussiert.

**[0016]** Es kann vorgesehen sein, daß die einzelnen elektromagnetischen Strahlbündel unterschiedliche Polarisation aufweisen. Es kann somit neben der räumlichen Trennung durch mehrere Foki eine weitere Entkopplung erfolgen. Andererseits kann aber auch vorgesehen sein, daß die den unterschiedlichen Foki zugeordneten Strahlbündel identische Polarisationsrichtungen aufweisen. Ein erfindungsgemäßer Reflektor weist somit den Vorteil auf, daß für eine entkoppelte

Übertragung elektromagnetische Wellen mit beliebiger Polarisationsrichtung lediglich ein einziger Reflektor benötigt wird. Somit weist die erfindungsgemäße Anordnung eine größere Einfachheit und Effektivität auf als der Stand der Technik.

**[0017]** Die geformte Oberfläche des Reflektors kann nun derart ausgelegt sein, daß der Reflektor lediglich zwei Foki besitzt, so daß elektromagnetische Strahlbündel, beispielsweise Strahlbündel verschiedener Frequenz oder Frequenzbänder, die von zwei räumlich getrennten Strahlern ausgehen, welche in den Foki angeordnet sind, auf ein gemeinsames Ausleuchtgebiet gerichtet werden. Die Anpassung der Reflektorstruktur erfolgt in diesem Fall somit lediglich auf zwei Strahlungsquellen.

**[0018]** Die Oberflächenformung des Reflektors kann jedoch auch so angepaßt werden, daß der Reflektor mehr als nur zwei Foki aufweist, so daß mehr als nur zwei Strahler Verwendung finden können, deren Strahlbündel auf entsprechende Ausleuchtgebiete fokussiert werden. Es können mehrere Gruppen räumlich getrennter Strahler vorgesehen sein, wobei die Oberflächenformung des Reflektors so ausgelegt ist, daß die von einer ersten Gruppe räumlich getrennter Strahler ausgehenden elektromagnetischen Strahlbündel, beispielsweise mit verschiedener Frequenz oder Frequenzbändern, auf ein erstes gemeinsames Ausleuchtgebiet fokussiert werden und die von einer zweiten oder ggf. weiteren Gruppe räumlich getrennter Strahler ausgehenden elektromagnetischen Strahlbündel auf ein zweites gemeinsames Ausleuchtgebiet fokussiert werden. Jede der einzelnen Gruppen kann dabei zwei oder mehr Strahler umfassen. Die einzelnen Strahler einer Gruppe untereinander können beispielsweise jeweils mit unterschiedlicher Frequenz oder Frequenzbändern betrieben werden, dagegen können die einzelnen Frequenzen oder Frequenzbänder parallel in allen Gruppen genutzt werden. Es können natürlich auch innerhalb einer Gruppe gleiche Frequenzen für mehrere Strahler genutzt werden, wie bereits vorstehend beschrieben.

**[0019]** Insbesondere kann der Reflektor einzelne Oberflächenbereiche aufweisen, die jeweils für ein Ausleuchtgebiet und gegebenenfalls auch für eine Frequenz oder ein Frequenzband wirksam sind. Somit muß nicht die gesamte Reflektorfläche so ausgelegt sein, daß sie als Ganzes die gewünschte Fokussierungswirkung für die einzelnen Strahlbündel bewirkt. Damit ist auch nicht unbedingt eine komplette Ausleuchtung des gesamten Reflektors durch die einzelnen Strahlbündel erforderlich. Die Ausleuchtung kann vielmehr auf die für ein bestimmtes Ausleuchtgebiet und gegebenenfalls für eine bestimmte Frequenz bzw. ein bestimmtes Frequenzband wirksamen Oberflächenbereiche beschränkt werden. Dies ermöglicht eine weitergehende Optimierung der Reflektoroberfläche für die einzelnen Frequenzen bzw. Ausleuchtgebiete.

**[0020]** Der Reflektor kann weiterhin Oberflächen-

bereiche aufweisen, die zur Erzielung einer Isolationswirkung in Gebieten dienen, die den Ausleuchtgebieten benachbart sind. Solch eine Isolationswirkung dient dazu, die Ausleuchtung weitgehend auf die einzelnen Ausleuchtgebiete zu reduzieren und in der Nachbarschaft der Ausleuchtgebiete, insbesondere auch zwischen den Ausleuchtgebieten, evtl. störende Streuausleuchtungen, z.B. durch Nebenkeulen oder kreuzpolare Anteile der Strahlbündel, weitgehend zu reduzieren. Auch können dadurch gewisse, den Ausleuchtgebieten benachbarte Gebiete, in denen eine Ausleuchtung in jedem Fall vermieden werden soll, ausgebendet werden. Werden auch für diesen Zweck separate Bereiche der Reflektoroberfläche vorgesehen, so können auch diese weitgehend unabhängig von den anderen Oberflächenbereichen des Reflektors optimiert werden, um die gewünschte Wirkung in möglichst idealer Weise zu erzielen. Es können zu diesem Zweck aber auch Oberflächenbereiche genutzt werden, die gleichzeitig für benachbarte Ausleuchtgebiete und gegebenenfalls andere Frequenzen oder Frequenzbänder wirksam sind.

**[0021]** Die Oberflächenform des Reflektors kann beispielsweise so ausgelegt sein, daß die Oberfläche des Reflektors eine Ebene oder gekrümmte Fläche bildet, wobei dieser Fläche eine lokale Feinstruktur aus Erhebungen und Vertiefungen überlagert ist. Die Reflexionswirkung des Reflektors wird somit einerseits durch die globale Formgebung der Reflektoroberfläche (eben oder gekrümmt) bestimmt, andererseits kann die Reflexionswirkung bezüglich der Ausleuchtgebiete oder Isolationsgebiete, gegebenenfalls auch für die einzelnen Frequenzen oder Frequenzbänder, durch die lokale Formgebung der Reflektoroberfläche angepaßt oder optimiert werden.

**[0022]** Die lokale Formgebung der Reflektoroberfläche kann, ähnlich einer fraktalen Struktur, mehrere Stufen von Feinstrukturen unterschiedlicher Größenordnungen aufweisen. Somit ist der globalen Oberflächenstruktur eine erste lokale Oberflächenstruktur einer ersten, kleineren Größenordnung überlagert, der wiederum eine zweite lokale Oberflächenstruktur mit wiederum kleinerer Größenordnung überlagert ist. Es können noch weitere Stufen von lokalen Strukturen überlagert sein, jeweils mit kleinerwerdenden Größenordnungen.

**[0023]** Die vorliegende Erfindung umfaßt außerdem ein Antennensystem, das einen erfindungsgemäßen Reflektor mit geformter Oberfläche aufweist. Bei einem solchen Antennensystem ist zumindest eine Gruppe erster und zweiter Strahler vorgesehen. Die ersten Strahler einer Gruppe sind dabei räumlich getrennt von den zweiten Strahlern angeordnet. Ohne Beschränkung der Allgemeinheit soll im folgenden von einem ersten Strahler und einem zweiten Strahler für die erste Gruppe ausgegangen werden. Der erste und zweite Strahler sind jeweils in einem Fokus des Reflektors angeordnet, so daß von dem ersten und zweiten Strahler ausge-

hende erste und zweite Strahlbündel auf ein gemeinsames Ausleuchtgebiet gerichtet werden. Der erste Strahler wirkt dabei als Sender, der zweite Strahler als Empfänger. Man erhält damit ein Antennensystem, das auf einfache Weise eine entkoppelte, bidirektionale Übertragung von elektromagnetischen Wellen erlaubt.

**[0024]** In einer Weiterbildung dieses Antennensystems ist vorgesehen, daß der erste Strahler für Strahlbündel mit einer ersten Frequenz oder einem ersten Frequenzband ausgelegt ist und der zweite Strahler für Strahlbündel mit einer zweiten, von der ersten Frequenz verschiedenen Frequenz, oder einem zweiten, von dem ersten Frequenzband verschiedenen Frequenzband dient. Eine Anwendung hierzu ist beispielsweise die Verwendung eines solchen Antennensystems in der Nachrichtentechnik, wobei für die Senderichtung eine erste Frequenz oder ein erstes Frequenzband, für die Empfangsrichtung eine zweite Frequenz oder ein zweites Frequenzband verwendet wird.

**[0025]** Es kann nun vorgesehen sein, daß jeder der ersten und zweiten Strahler und die Strukturierung der Oberfläche des Reflektors derart ausgelegt sind, daß jeder der Strahler das gesamte Ausleuchtgebiet ausleuchtet. Es ist somit eine vereinfachte Anordnung vorgesehen, die für ein Ausleuchtgebiet lediglich einen Strahler für die Senderichtung, insbesondere für eine bestimmte Frequenz oder ein bestimmtes Frequenzband, vorsieht und lediglich einen weiteren Strahler als Empfänger, insbesondere für eine weitere Frequenz oder ein weiteres Frequenzband. Grundsätzlich können natürlich auch mehr als zwei Strahler vorgesehen sein, wobei insbesondere vorgesehen sein kann, daß jeder der Strahler für eine von den anderen Strahlern verschiedene Frequenz bzw. verschiedenes Frequenzband ausgelegt ist.

**[0026]** Es können bei dem erfindungsgemäßen Antennensystem auch mehrere Gruppen einzelner Strahler vorgesehen sein. Dabei ist eine erste Gruppe mit ersten und zweiten Strahlern vorgesehen, deren Strahlbündel auf ein erstes Ausleuchtgebiet gerichtet werden. Die einzelnen Strahler können wiederum für verschiedene Frequenzen oder Frequenzbänder ausgelegt sein. Weiterhin ist zumindest eine zweite Gruppe von Strahlern vorgesehen, deren Strahlbündel auf ein zweites Ausleuchtgebiet gerichtet werden, das vom ersten Ausleuchtgebiet verschieden ist. Auch die Strahler der zweiten Gruppe können für verschiedene Frequenzen oder Frequenzbänder ausgelegt sein, wobei die einzelnen Gruppen dieselben Frequenzen oder Frequenzbänder nutzen können. Grundsätzlich können auch mehr als nur zwei Gruppen von Strahlern vorgesehen werden. Es werden dabei die erste und zumindest eine weitere Gruppe räumlich getrennt voneinander angeordnet. Jede einzelne Gruppe umfaßt dabei mindestens zwei einzelne Strahler.

**[0027]** Ein Verfahren zur Ermittlung der Oberflächenstruktur eines Reflektors, der zumindest eine Gruppe räumlich getrennter Foki aufweist, wobei die

von einer Gruppe von Foki ausgehende elektromagnetische Strahlbündel durch den Reflektor auf ein gemeinsames Ausleuchtgebiet gerichtet werden, wird nachfolgend beschrieben. Das Verfahren kann beispielsweise in Form einer Simulation mit Hilfe eines Computerprogramms oder auch durch wiederholte mechanische Verformung eines Reflektors erfolgen.

**[0028]** Ausgehend von einer globalen Oberflächenstruktur für den Reflektor (beispielsweise parabolisch gekrümmt) wird für eine vorgegebene Position von mindestens zwei Strahlern verschiedener Frequenz die Reflexionswirkung des Reflektors bestimmt. Anschließend wird durch zumindest eine erste lokale Variation der Reflektoroberfläche mit einer ersten, noch relativ groben Größenordnung, d.h. durch Ausbildung von Erhebungen und Vertiefungen auf der globalen Struktur des Reflektors, die Reflexionswirkung des Reflektors derart abgewandelt, daß für die Position der einzelnen Strahler eine grobe Richtwirkung deren Strahlbündel auf das gewünschte Ausleuchtgebiet erfolgt, d.h. es wird in einem ersten, groben Schritt die Bildung räumlich getrennter Foki am Ort der Strahler angestrebt.

**[0029]** Bevorzugt erfolgt in einem zweiten Schritt zur Optimierung der Reflexionswirkung eine zweite, feinere lokale Strukturierung der Reflektoroberfläche, nun jedoch mit geringerer Größendimension, die der ersten lokalen Strukturierung überlagert wird, d.h. es werden auf den bereits bestehenden, groben Erhebungen und Vertiefungen feinere Erhebungen und Vertiefungen gebildet. Die Optimierung erfolgt derart, daß die Richtwirkung der von den Strahlern ausgehenden Strahlbündel auf das gemeinsame Ausleuchtgebiet verbessert wird, d.h. die Ausbildung räumlich getrennter Foki am Ort der Strahler optimiert wird.

**[0030]** Diese lokale Strukturierung der Reflektoroberfläche kann bei Bedarf in noch weiteren Schritten mit jeweils feinerer Größenordnung der Strukturen iterativ fortgesetzt werden, um ein möglichst gutes Resultat zu erzielen. Man erhält damit eine Art fraktale Struktur der Reflektoroberfläche mit unterschiedlichen Strukturierungen in unterschiedlichen Größenordnungen.

**[0031]** Es kann bei den vorgenannten Optimierungsschritten auch die räumliche Position der Strahler und deren Ausrichtung, also deren Winkel zueinander und zum Reflektor, variiert werden, wodurch Lage und Größe des vom Strahler ausgeleuchteten Bereiches des Reflektors variiert werden kann. Dadurch kann sichergestellt werden, daß in jedem Fall ein globales Optimum für die einzelnen Optimierungsschritte gefunden wird.

**[0032]** Nachfolgend wird anhand der Fig. 1 bis 5 ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung erläutert.

**[0033]** Es zeigen:

Fig. 1 schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Antennensystems,

Fig. 2 schematische Darstellung der Ausleuchtung eines erfindungsgemäßen Reflektors durch mehrere Strahler,

5 Fig. 3 schematische Darstellung der Oberfläche eines erfindungsgemäßen Reflektors,

Fig. 4 schematische Darstellung der Ausleucht- und Isolationsgebiete, erzielt durch ein erfindungsgemäßes Antennensystem.

10 **[0034]** Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Antennensystem, wie es in der Nachrichtentechnik Anwendung finden kann und beispielsweise in einer

15 Bodenstation oder einen Kommunikationssatelliten integriert werden kann. Das Antennensystem weist dabei einen Reflektor mit geformter Oberfläche 1 auf. Eine Gruppe 2 von Strahlern 4a, 4b ist so angeordnet, daß sie im Sendefall den Reflektor 1 zumindest teilweise 20 ausleuchtet. Die Strahler 4a, 4b sind dabei für voneinander verschiedene Frequenzen oder Frequenzbänder ausgelegt. Außerdem sind die Strahler 4a, 4b räumlich 25 getrennt voneinander angeordnet. Die Strahler 4a, 4b sind in zwei Foki 10a, 10b des Reflektors 1 angeordnet, 30 so daß von den Strahlern 4a, 4b ausgehende Strahlbündel 5a, 5b, die von der Oberfläche des Reflektors 1 reflektiert werden auf ein gemeinsames Ausleuchtgebiet 3 gerichtet werden. Dieses Ausleuchtgebiet 3 kann sich beispielsweise bei einer Anwendung des Antennensystems in einem Kommunikationssatelliten auf der Erdoberfläche befinden.

**[0035]** Es ist jedoch vorgesehen, daß nicht beide Strahler als Sender arbeiten, sondern es soll nur der Strahler 4a als Sender arbeiten, der Strahler 4b dagegen

35 als Empfänger. Das zugehörige Strahlbündel 5b läuft in diesem Fall nicht vom Strahler 4b zum Ausleuchtgebiet 3, sondern in die entgegengesetzte Richtung. Der Reflektor 1 ist durch entsprechende lokale Formgebung der Oberfläche als frequenzselektiver 40 Reflektor ausgelegt, so daß vom Ausleuchtgebiet 3 ausgehende Strahlbündel 5b lediglich in denjenigen Fokus 10b fokussiert wird, in dem der Strahler 4b angeordnet ist.

**[0036]** Fig. 2 verdeutlicht die Ausleuchtung der 45 Oberfläche 9 des Reflektors mit geformter Oberfläche 1 durch mehrere Strahler. Es sind hierbei zwei Gruppen 2, 20 von Strahlern vorgesehen, wobei die erste Gruppe 2 aus den Strahlern 4a, 4b besteht, die in einer ersten Gruppe von Foki 10a, 10b des Reflektors 1 angeordnet 50 ist, die zweite Gruppe 20 durch die Strahler 40a, 40b gebildet wird, die in einer zweiten Gruppe 110a, 110b von Foki angeordnet ist. Die erste Gruppe 2 von Strahlern sendet das Strahlbündel 5a und empfängt das Strahlbündel 5b, wobei die beiden Strahlbündel 5a, 5b 55 voneinander verschiedene Frequenzen oder Frequenzbänder aufweisen. Analog sendet die zweite Gruppe 20 von Strahlern das Strahlbündel 50a und empfängt das Strahlbündel 50b, die wiederum voneinander verschie-

dene Frequenzen oder Frequenzbänder aufweisen. Jedoch können Strahlbündel 5a, 5b, 50a, 50b der beiden Gruppen 2, 20 von Strahlern untereinander gleiche Frequenzen oder Frequenzbänder aufweisen. So kann beispielsweise das Strahlbündel 5a dieselbe Frequenz oder dasselbe Frequenzband aufweisen, wie das Strahlbündel 50a. Entsprechendes gilt für die beiden Strahlbündel 5b und 50b.

**[0037]** Außerdem können die einzelnen Strahlbündel eine beliebige Polarisation aufweisen. So können beispielsweise die Stahlbündel 5a, 5b dieselbe Polarisation aufweisen, ohne daß dies die Funktionsfähigkeit des Systems beeinträchtigen würde.

**[0038]** Die beiden Gruppen von Strahlern 2, 20 sind derart relativ zum Reflektor 1 bzw. zu dessen Oberfläche 9 angeordnet, daß jeder der Strahler 4a, 4b, 40a, 40b im Sendefall hauptsächlich einen bestimmten Oberflächenbereich 6a, 6b, 60a, 60b des Reflektors ausleuchtet. Jeder dieser Oberflächenbereiche 6a, 6b, 60a, 60b ist somit fast ausschließlich für ein bestimmtes Ausleuchtgebiet 3a, 3b und für eine bestimmte Frequenz oder ein bestimmtes Frequenzband wirksam. Im Falle der umgekehrten Strahlrichtung gilt dies entsprechend, da die beiden Strahlrichtungen in entsprechender Weise durch den Reflektor beeinflußt werden, d.h. es liegt ein reziprokes Verhalten vor.

**[0039]** Fig. 3 verdeutlicht nochmals die Formgebung der Reflektoroberfläche. Die Reflektoroberfläche weist dabei eine globale Formgebung auf, im Fall nach Fig. 1 dabei eine leicht parabolisch gekrümmte Oberfläche. Zusätzlich weist die Reflektoroberfläche 9 eine lokale Formgebung auf, die durch lokale Erhebungen und Vertiefungen unterschiedlicher Größenordnung gebildet wird. Es sind dabei gröbere Erhebungen und Vertiefungen mit einer ersten Größenordnung weitere, feinere Erhebungen und Vertiefungen überlagert, die eine geringere Größenordnung aufweisen. Diese lokalen Erhebungen und Vertiefungen finden sich insbesondere in den Strukturbereichen 6a, 6b, 60a, 60b, die für die einzelnen Ausleuchtgebiete 3a, 3b bzw. die zugehörigen Frequenzen oder Frequenzbänder wirksam sind. Außerdem ist in Fig. 3 ein zusätzlicher Strukturbereich 7 der Reflektoroberfläche 9 dargestellt, durch den die Erzeugung eines separaten Isolationsgebietes 8 bewirkt werden kann. Dieses Isolationsgebiet dient dabei zur Abschattung eines Teiles der Erdoberfläche 12, wie aus der Fig. 4 deutlich wird. Umgekehrt dienen der Strukturbereich 6a dazu, das Strahlbündel 5a auf das zugehörige Ausleuchtgebiet 3a zu richten, welches ebenfalls in Fig. 4 dargestellt ist. Der Strukturbereich 6b dient dazu, das Strahlbündel 5b, das von dem zugehörigen Ausleuchtgebiet 3a ausgeht, auf den Strahler 4b im Fokus 10 b zu fokussieren. Analog dienen die Strukturbereiche 60a und 60b dazu, die Strahlbündel 50a auf das zweite Ausleuchtgebiet 3b bzw. das Stahlbündel 50b auf den Strahler 60b zu richten.

**[0040]** Eine weitere Isolationswirkung ist nötig, damit die Strahlbündel, die auf die Ausleuchtgebiete 3a

und 3b gerichtet werden, praktisch nur das jeweilige Ausleuchtgebiet ausleuchten und nicht bis in das benachbarte Ausleuchtgebiet reichen, in welchem sie Störungen verursachen könnten. Diese Isolation kann ebenfalls durch eine entsprechende Anpassung der Reflektoroberfläche, wie bereits vorstehend beschrieben, erreicht werden. Wird wie in diesem Beispiel die Ausleuchtung des Ausleuchtgebietes 3a durch die Reflektorbereiche 6a, 6b erzielt, und besteht die Gefahr, daß Streustrahlung auch das Ausleuchtgebiet 3b erreicht, so können z.B. die Reflektorbereiche 60a, 60b zusätzlich zu ihrer oben beschriebenen Wirkung so angepaßt werden, daß auf den Reflektor 1 auftreffende Streustrahlung des Strahlbündels 5a, die die Reflektorbereiche 60a, 60b erreicht, durch diese derart auf das Ausleuchtgebiet 3b gerichtet wird, daß sie mit der Streustrahlung, die von den Reflektorbereichen 6a, 6b auf das Ausleuchtgebiet 3b fällt, destruktiv interferiert und so die effektive Streustrahlung im Ausleuchtgebiet 3b praktisch Null wird. Analoges gilt für die Ausleuchtung des Gebietes 3b und die dadurch verursachte Streustrahlung im Ausleuchtgebiet 3a.

## Patentansprüche

1. Reflektor für elektromagnetische Wellen mit geformter Oberfläche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Oberfläche des Reflektors (1) eine lokale Formgebung aufweist, die derart ausgelegt ist, daß der Reflektor (1) zumindest eine Gruppe räumlich getrennter Foki (10a, 10b, 110a, 110b) aufweist und von einer Gruppe von Foki (10a, 10b, 110a, 110b) ausgehende elektromagnetische Strahlbündel (5a, 5b, 50a, 50b) durch den Reflektor (1) auf ein gemeinsames Ausleuchtgebiet (3, 3a, 3b) gerichtet werden.
2. Reflektor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Reflektor (1) eine erste Gruppe von zwei ersten Foki (10a, 10b) aufweist, wobei von den ersten Foki (10a, 10b) ausgehende Strahlbündel (5a, 5b) auf ein erstes Ausleuchtgebiet (3, 3a) gerichtet werden.
3. Reflektor nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Reflektor mindestens eine zweite Gruppe von zweiten Foki (110a, 110b) aufweist, wobei von den zweiten Foki (110a, 110b) ausgehende Strahlbündel (50a, 50b) auf ein zweites Ausleuchtgebiet (3b) gerichtet werden.
4. Reflektor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Reflektor (1) einzelne Oberflächenbereiche (6a, 6b, 60a, 60b) aufweist, die jeweils für ein Ausleuchtgebiet (3, 3a, 3b) wirksam sind.
5. Reflektor nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

**dadurch gekennzeichnet**, daß der Reflektor (1) einzelne Oberflächenbereiche (7) aufweist, die für die Erzielung einer Isolationswirkung in Gebieten (8, 3b, 3a) die den Ausleuchtgebieten (3, 3a, 3b) benachbart sind, wirksam sind. 5

6. Reflektor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die lokale Formgebung der Oberfläche des Reflektors (1) derart ausgelegt ist, daß die räumliche Lage der Foki (10a, 10b, 110a, 110b) frequenzabhängig ist. 10

7. Reflektor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Reflektor (1) einzelne Oberflächenbereiche (6a, 6b, 60a, 60b) aufweist, die jeweils für ein Ausleuchtgebiet (3, 3a, 3b) und eine Frequenz oder ein Frequenzband wirksam sind. 15

8. Reflektor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Reflektor (1) eine globale Oberflächenformgebung aufweist, der iterativ mehrere lokale Oberflächenformgebungen mit feiner werdenden Größenordnungen überlagert sind. 20

9. Antennensystem mit einem Reflektor mit geformter Oberfläche nach einem der Ansprüche 1 bis 8, und zumindest einer Gruppe mit zumindest einem ersten und zumindest einem zweiten Strahler (4a, 4b, 40a, 40b), wobei der erste Strahler (4a, 40a) räumlich getrennt von dem zweiten Strahler (4b, 40b) angeordnet ist und der erste und zweite Strahler (4a, 40a, 4b, 40b) jeweils in einem Fokus (10a, 10b, 110a, 110b) des Reflektors (1) angeordnet sind, so daß vom ersten und zweiten Strahler (4a, 40a, 4b, 40b) ausgehende erste und zweite Strahlbündel (5a, 50a, 5b, 50b) auf ein gemeinsames Ausleuchtgebiet (3, 3a, 3b) gerichtet werden. 25

10. Antennensystem nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß der erste Strahler (4a, 40a) als Sender und der zweite Strahler (4b, 40b) als Empfänger ausgelegt ist. 30

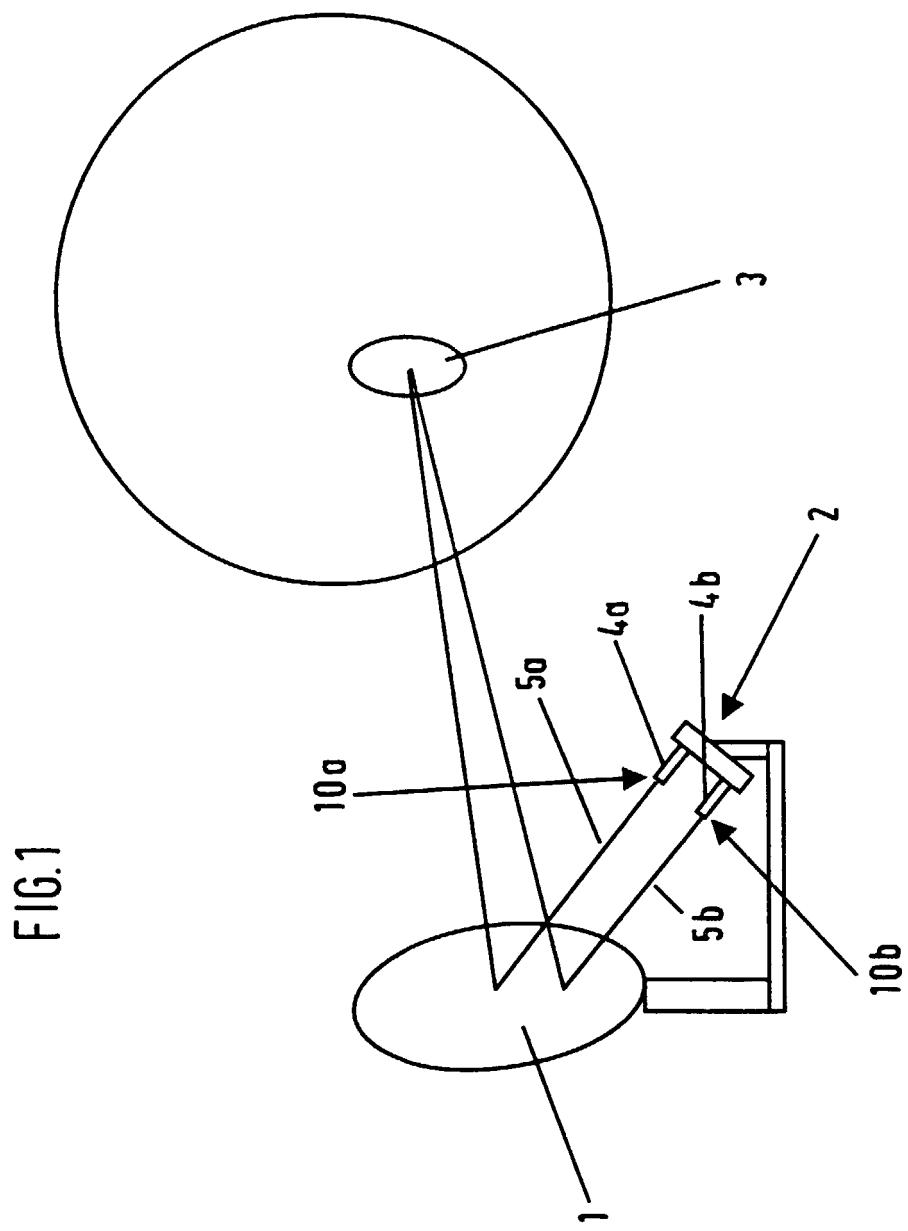
11. Antennensystem nach einem der Ansprüche 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß der erste Strahler (4a, 40a) für Strahlbündel (5a, 50a) mit einer ersten Frequenz oder einem ersten Frequenzband und der zweite Strahler (4b, 40b) für Strahlbündel (5b, 50b) mit einer zweiten Frequenz oder einem zweiten Frequenzband ausgelegt ist. 35

12. Antennensystem nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine erste Gruppe (2) von Strahlern (4a, 4b) vorgesehen ist, die so angeordnet ist, daß die von den Strahlern (4a, 4b) ausgehenden Strahlbündel (5a, 5b) auf ein erstes Ausleuchtgebiet (3a) gerichtet werden und eine zweite Gruppe (20) von Strahlern (40a, 40b), die so angeordnet ist, daß die von den Strahlern (40a, 40b) ausgehende Strahlbündel (50a, 50b) auf ein zweites Ausleuchtgebiet (3a) gerichtet werden, wobei die erste (2) und zweite Gruppe (20) räumlich getrennt voneinander angeordnet sind. 40

13. Antennensystem nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß jeder der ersten und zweiten Strahler (4a, 40a, 4b, 40b) derart angeordnet ist und die Formgebung der Oberfläche des Reflektors (1) derart ausgelegt ist, daß jeder der Strahler (4a, 40a, 4b, 40b) das gesamte Ausleuchtgebiet (3, 3a, 3b) ausleuchtet. 45

14. Verfahren zur Ermittlung der Oberflächenformgebung eines Reflektors (1), der zumindest eine Gruppe räumlich getrennter Foki (10a, 10b, 110a, 110b) aufweist, und von einer Gruppe von Foki (10a, 10b, 110a, 110b) ausgehende elektromagnetische Strahlbündel (5a, 5b, 50a, 50b) durch den Reflektor (1) auf ein gemeinsames Ausleuchtgebiet (3, 3a, 3b) gerichtet werden, wobei ausgehend von einer globalen Grundstruktur der Reflektoroberfläche für bestimmte Positionen der Strahler (4a, 4b, 40a, 40b) die lokale Oberflächenstruktur des Reflektors durch Bildung lokaler Erhebungen und Vertiefungen in mehreren iterativen Schritten derart variiert wird, daß eine Fokussierung der Strahlbündel (5a, 5b, 50a, 50b) auf ein gemeinsames Ausleuchtgebiet (3, 3a, 3b) erzielt wird. 50

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß neben einer lokalen Variation der Reflektoroberfläche auch eine Variation der Position der Strahler (4a, 4b, 40a, 40b) relativ zum Reflektor erfolgt. 55



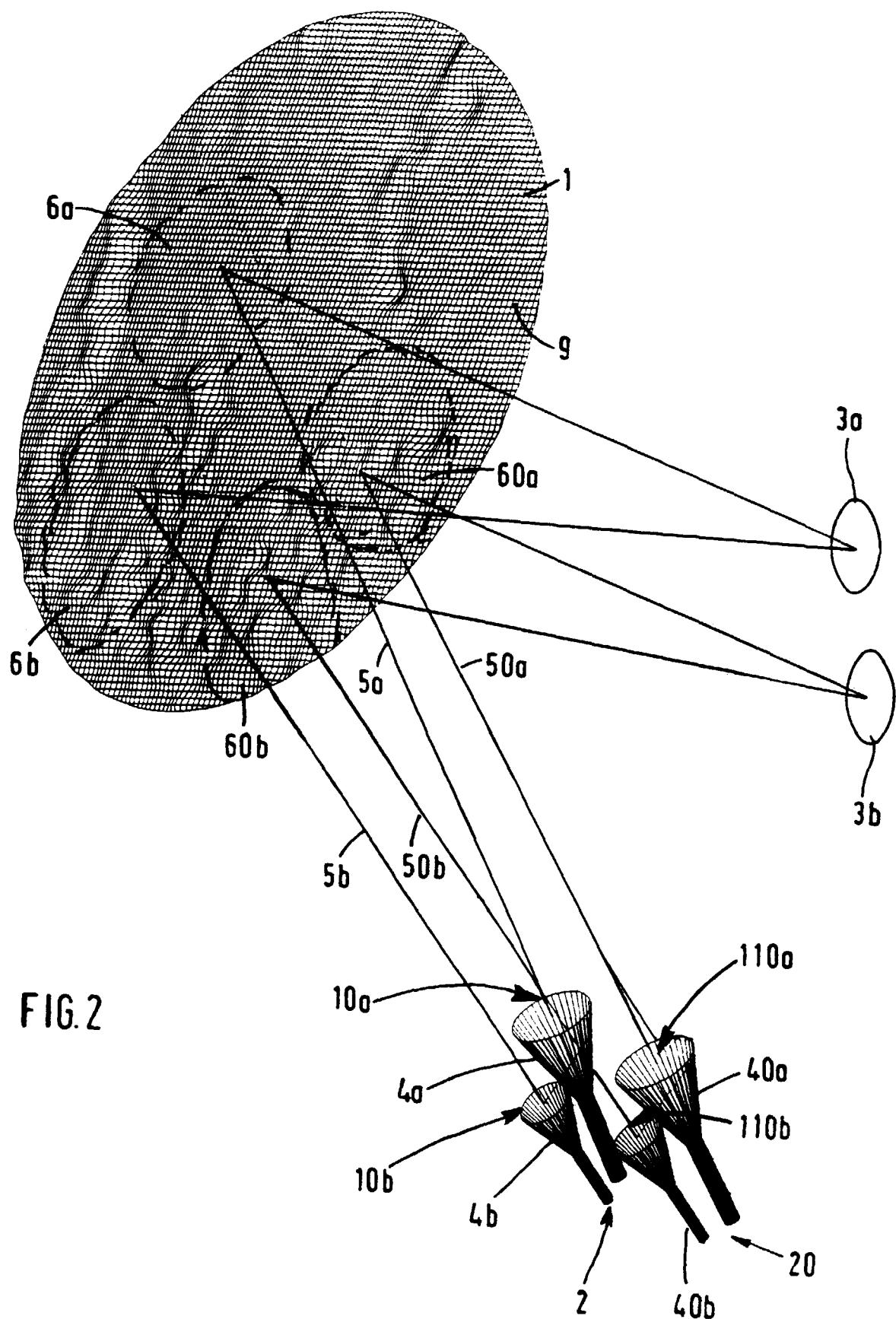
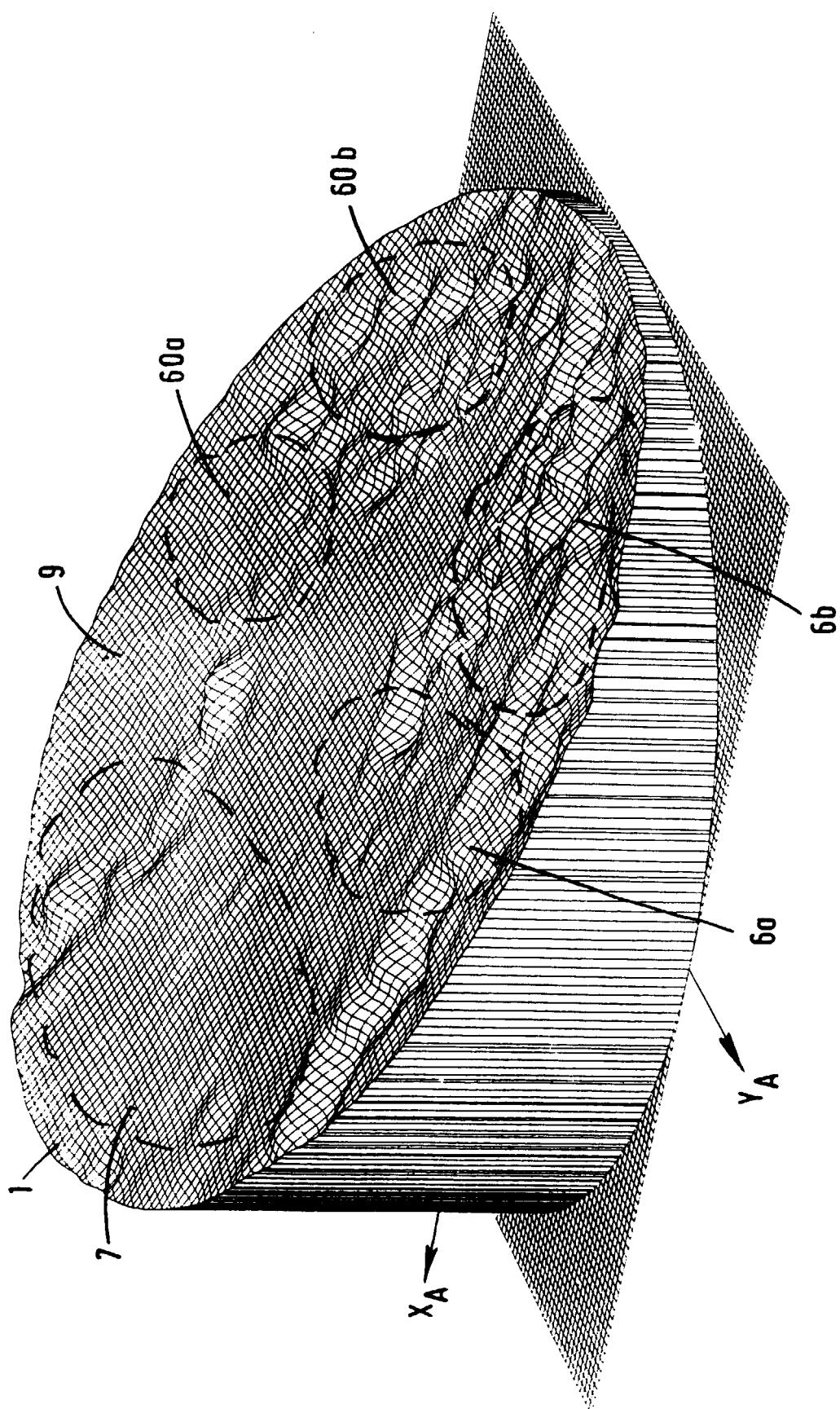


FIG.3



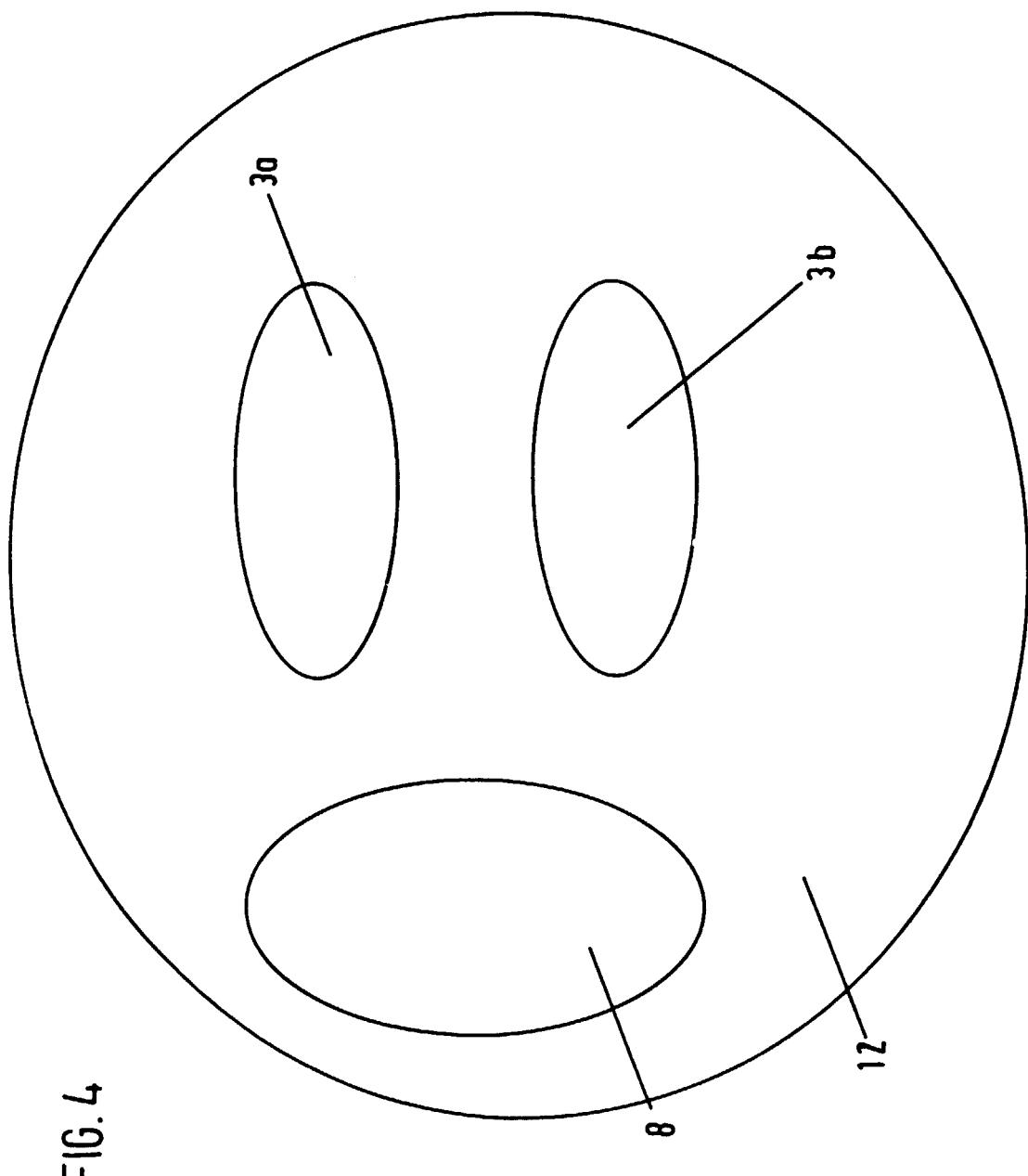


FIG. 4