



EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

 Anmeldenummer: **87100750.6**

 Int. Cl.⁴: **H 01 Q 3/44**

 Anmeldetag: **20.01.87**

 Priorität: **24.01.86 DE 3602042**

 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
05.08.87 Patentblatt 87/32

 Benannte Vertragsstaaten: **DE FR GB**

 Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft Berlin und München**
Wittelsbacherplatz 2
D-8000 München 2 (DE)

 Erfinder: **Lüdiger, Heinz, Ing.(grad)**
Am Silberberg 3
D-7758 Daisendorf (DE)

Phasengesteuerte Antenne.

 Eine linsenartige Schicht von Plasma (2) ist vor einer Strahlungsapertur (1) angeordnet, von der eine hinsichtlich ihrer Nutzfrequenz (f_2) oberhalb der Plasmafrequenz liegende Mikrowellenstrahlung ausgeht. Es ist eine Einrichtung (3) zur bereichsweise unterschiedlichen Einstellung der Ionisationsdichte der Plasmaschicht vorgesehen, wodurch eine entsprechend unterschiedliche Variation der dämpfungsarmen Phasenverschiebung der abgestrahlten Mikrowellen erreicht wird. Die Erfindung ist zur Anwendung bei phasengesteuerten Flächenantennen geeignet.

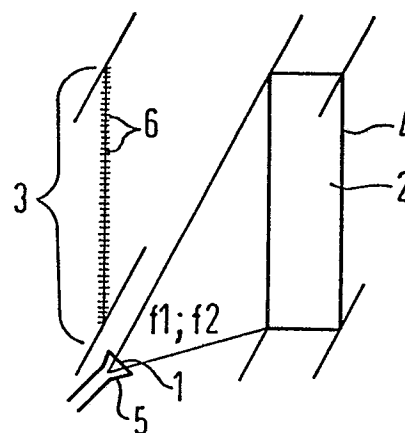


FIG 1

Beschreibung

Phasengesteuerte Antenne.

Die Erfindung bezieht sich auf eine phasengesteuerte Antenne für Mikrowellen.

Feststehende Aperturantennen mit veränderbarer Strahlungscharakteristik (Schwenkung und Veränderung des Strahlungsdiagramms) für Mikrowellen werden bisher vorzugsweise als sogenannte phasengesteuerte Antennen (Phased Arrays) aufgebaut. Sie bestehen in der Regel aus einer Matrix einzelner Mikrowellenstrahler in Hohlleiter- oder Microstriptechnik, wobei die Phase jedes einzelnen Strahlerelementes einstellbar ist. Diese Einstellung erfolgt beispielsweise mittels PIN-Dioden-Phasenschieber oder Ferritphasenschieber. Beschrieben ist die Technik der phasengesteuerten Antennen beispielsweise in dem Aufsatz von R.J.Mailloux: "Phased Array Theory and Technology", in der Zeitschrift "Proceedings of the IEEE", Vol.70, No.3, March 1982, Seiten 246-292. Der Nachteil der bekannten Technik der phasengesteuerten Antennen liegt in ihrer Komplexität, da jedes Strahlerelement einen Phasenschieber und unter Umständen einen nachgeschalteten Verstärker benötigt. Ein weiterer Nachteil liegt in der nur schwer erfaßbaren Verkopplung zwischen den einzelnen Strahlerelementen.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine die Schwenkung und Veränderung des Strahlungsdiagramms erlaubende, phasengesteuerte Antenne zu schaffen, die bei feststehendem Aufbau weniger komplex ist und der keine Strahlerelement-Verkopplungsschwierigkeiten anhaften.

Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß vor einer Strahlungsapertur eine linsenartige Schicht von Plasma, d.h. ein weitgehend ionisiertes Gas, angeordnet ist, daß die Nutzfrequenz der von der Strahlungsapertur ausgehenden Mikrowellen so gewählt ist, daß sie oberhalb der sogenannten Plasmafrequenz liegt, und daß eine Einrichtung zur bereichsweise unterschiedlichen Variation der Ionisationsdichte der Plasmaschicht vorgesehen ist.

Die Erfindung nutzt den Effekt der komplexen Ausbreitungskonstanten einer elektromagnetischen Welle in einem Plasma. Damit sich eine elektromagnetische Welle im Plasma fortpflanzen kann, muß ihre Frequenz bekanntlich größer als die Plasmafrequenz sein. Im anderen Fall können die Elektronen des Plasmas das magnetische Feld der Welle abschirmen und die Welle wird durch das Plasma stark gedämpft oder sogar total reflektiert. Dieser zuletzt erwähnte physikalische Sachverhalt ist beispielsweise aus der "Enzyklopädie Naturwissenschaft und Technik", 1980, Verlag Moderne Industrie, Landsberg/Lech, Seiten 3347-3351, insbesondere Seite 3350, linke Spalte, Begriff "Plasmaschwingungen", bekannt. Liegt die Nutzfrequenz nunmehr weit genug oberhalb dieser sogenannten Plasmafrequenz, dann läßt sich nach der Erfindung durch eine Variation der Ionisationsdichte eine dämpfungsarme Phasenverschiebung der Mikrowellenstrahlung erreichen.

Das Plasma läßt sich prinzipiell auf verschiedenen Wegen erstellen und hinsichtlich seiner Ionisationsdichte steuern. Möglich ist beispielsweise in diesem Zusammenhang eine gesteuerte Gasentladung, eine Mikrowellenaufheizung, Elektronenbeschuß oder eine Bestrahlung mit kurzwelligem Licht oder einer UV-Strahlung.

Im folgenden wird die Erfindung anhand dreier Figuren beschrieben. Es zeigen

Fig. 1 die Anordnung für ein erstes prinzipielles Ausführungsbeispiel,

Fig. 2 die Anordnung für ein zweites prinzipielles Ausführungsbeispiel,

Fig. 3 die Anordnung für einen grundlegenden Demonstrationsversuch.

In einer Schemaansicht ist in Fig.1 ein erstes prinzipielles Ausführungsbeispiel zur Realisierung der Erfindung dargestellt. Die linsenartige Schicht von Plasma 2 ist in einem quaderförmigen Hohlraum 4 eingebracht. Der quaderförmige Hohlraum 4 liegt vor der Strahlungsapertur 1 eines in sogenannter Off-set-Lage angeordneten Hornstrahlers 5, der die Mikrowellenstrahlung mit der Frequenz f1 auf das sich im Hohlraum 4 befindliche Plasma 2 bündelt. Diese Mikrowellenstrahlung mit der Frequenz f1 heizt das Plasma 2 auf eine Grundionisationsdichte auf und ist in ihrer Leistung konstant. Seitlich vom quaderförmigen Hohlraum 4 ist ein Feld mit einer Vielzahl von UV-Strahlern 6 angeordnet, das als Einrichtung 3 zur Variation der Ionisationsdichte des Plasmas 2 und damit zur Plasmamodulation dient. Von der Strahlungsapertur 1 des Hornstrahlers 5 geht eine Mikrowellenstrahlung mit einer zweiten Frequenz, nämlich der Nutzfrequenz f2, aus und wird auf den das Plasma 2 enthaltenden Hohlraum 4 abgestrahlt. Die Mikrowellenstrahlung mit der Frequenz f2 kann auch durch einen anderen Erreger, der also nicht die Heizfrequenz f1 in die Plasmaschicht 2 einstrahlt, ausgesandt werden. Das Feld mit den UV-Strahlern 6 ist gegenüber einer Seitenfläche des quaderförmigen Hohlraums 4 angeordnet und ist mit diesem etwa deckungsgleich. Die UV-Strahler 6 strahlen senkrecht auf diese Seitenfläche ein. Die parallel zur UV-Strahlungsrichtung verlaufenden Seiten des quaderförmigen Hohlraums sind hinsichtlich ihrer in Richtung der UV-Strahlung verlaufenden Länge erheblich kürzer als die übrigen Quaderseiten bemessen, so daß sich ein flacher Quader ergibt, der also in UV-Strahlungsausbreitungsrichtung relativ dünn ist. Bei der Anwendung gemäß dem Ausführungsbeispiel nach Fig.1 reicht eine einzige flächenhafte Plasmaschicht aus, um das Strahlungsdiagramm bei der Nutzfrequenz f2 in jeder möglichen Weise zu ändern.

In der Schemaansicht nach Fig.2 ist ein zweites prinzipielles Ausführungsbeispiel zur Realisierung der Erfindung dargestellt. Hierbei ist vor der Strahlungsapertur 1 eines Hohlleiterstrahlers 9, der eine Mikrowellenstrahlung mit der Nutzfrequenz f2 abgibt, eine linsenartige Plasmaschicht in Form einzelner Plasmaröhren 7 und 8 mit jeweils rechteckigem

Querschnitt vorgesehen. Das Plasma 2 befindet sich in einer Reihe gleichartiger, geradlinig verlaufender, voneinander getrennter, aber lückenlos aneinander angrenzender Plasmaröhren 7 bzw. 8, die alle einen rechteckigen Querschnitt aufweisen. Die Plasmaröhren 7 sind dabei so angeordnet, daß ihre Längsachsen vertikal verlaufen, wogegen die Längsachsen der Plasmaröhren 8 horizontal ausgerichtet sind. Die Plasmaröhren 7 einerseits und die Plasmaröhren 8 andererseits sind so angeordnet, daß sich jeweils ein schichtartiges Plasmaröhrenfeld ergibt.

Die durch die Aneinanderreihung mehrerer Plasmaröhren 7 bzw. 8 entstehenden Plasmaschichten werden von einer von der Strahlungsapertur des Hohlleiterstrahlers 9 ausgehenden ebenen Welle mit geeigneter Nutzfrequenz f_2 durchstrahlt, welche höher liegt als die Plasmafrequenz. Die Art der Polarisation der Mikrowellenstrahlung ist dabei ohne Bedeutung (vernachlässigbare Magnetfelder, z.B. nur Erdmagnetfeld). Für den Fall, daß jedes durch eine Plasmaröhre 7 realisiertes Linsenelement der der Strahlungsapertur benachbarten Schicht eine Phasenvariation bis zu 2π erlaubt, ist es möglich, die Phase entlang der x-Achse zu modulieren und damit eine Diagrammveränderung, z.B. vorzugsweise eine Schwenkung, in azimuthaler Richtung zu bewirken. Durch die dargestellte Kombination zweier hintereinander liegender Plasmaschichten besteht die Möglichkeit der Diagrammanipulation in Azimut und Elevation. Bei der Diagrammveränderung in der Elevationsrichtung wird die Phase entlang der x-Achse durch Phasenvariation der Plasmaröhren 8 erreicht. Voraussetzung ist, daß die Ionisationsdichte jeder dieser Plasmaröhren 7 bzw. 8 getrennt variiert werden kann.

Fig. 3 zeigt in einem schematischen Blockschaltbild die Anordnung für einen grundlegenden Demonstrationsversuch. Hierzu wird eine handelsübliche Leuchtstoffröhre 10 verwendet. Das HF-Signal vom Ausgang 11 eines Mikrowellensenders 12 wird über einen Richtungskoppler 13 geleitet und mittels einer Sonde 14 in einen Hohlleiter 15 eingekoppelt. An seinem Ende 16 wirkt der Hohlleiter 15 als Hohlleiterstrahler, der eine Seite der Leuchtstoffröhre 10 bestrahlt. Auf der gegenüberliegenden Seite der Leuchtstoffröhre 10 ist ebenfalls ein Hohlleiter 17 mit seinem offenen Ende 18 angeordnet, welches die die Leuchtstoffröhre 10 durchquerende Mikrowellenstrahlung aufnimmt. An einer Sonde 19 wird dem Hohlleiter 17 ein Mikrowellensignal entnommen und einem Eingang 20 eines Netzwerkanalysators 21 zugeführt. Der Analysator 21 weist noch einen zweiten Eingang 22 auf, dem zu Vergleichszwecken bei der Analyse ein über den Richtungskoppler 13 vom Ausgang 11 des Mikrowellensenders 12 unmittelbar entnommenes HF-Teilsignal zugeführt wird. Da die Plasmafrequenz der handelsüblichen Leuchtstoffröhren etwa zwischen 8 und 9 GHz liegt (10^{12} Elektronen und Ionen pro cm^3), wurden Versuche mit Signalfrequenzen von 9 bis 12,4 GHz durchgeführt. Dabei ließ sich im Bereich zwischen 10 und 11 GHz beim Durchgang einer elektromagnetischen Mikrowelle durch das Plasma 23 ein fast dämpfungsfreier Phasenhub von 90° erzielen. Die Dämpfungs- und Phasenhubwerte sind stark abhängig von den

Plasmaparametern, wie z.B. dem Druck, dem Ionisationsgrad und der Elektronentemperatur.

Patentansprüche

1. Phasengesteuerte Antenne für Mikrowellen,

dadurch gekennzeichnet, daß vor einer Strahlungsapertur (1) eine linsenartige Schicht von Plasma (2), d.h. ein weitgehend ionisiertes Gas, angeordnet ist, daß die Nutzfrequenz (f_2) der von der Strahlungsapertur ausgehenden Mikrowellen so gewählt ist, daß sie oberhalb der sogenannten Plasmafrequenz liegt, und daß eine Einrichtung (3) zur bereichsweise unterschiedlichen Variation der Ionisationsdichte der Plasmaschicht vorgesehen ist.

2. Antenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Erstellung des Plasmas (2) und zur Variation von dessen Ionisationsdichte eine gesteuerte Gasentladung vorgesehen ist.

3. Antenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Erstellung des Plasmas (2) und/oder die Variation von dessen Ionisationsdichte mittels Mikrowellenaufheizung erfolgt.

4. Antenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Erstellung des Plasmas (2) und/oder die Variation von dessen Ionisationsdichte durch Elektronenbeschuss erfolgt.

5. Antenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Erstellung des Plasmas (2) und/oder die Variation von dessen Ionisationsdichte durch Bestrahlung mit kurzwelligem Licht oder UV-Strahlung erfolgt.

6. Antenne nach den Ansprüchen 1, 3 und 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich das Plasma (2) in einem quaderförmigen Hohlraum (4) befindet, der unter schräger Anstrahlung vor der Strahlungsapertur (1), z.B. derjenigen eines Off-Set-Hornstrahlers (5), liegt, daß von der Strahlungsapertur eine leistungskonstante Mikrowellenstrahlung mit einer ersten Frequenz (f_1) ausgeht, die das Plasma (2) auf eine Grundionisationsdichte aufheizt, daß seitlich vom quaderförmigen Hohlkörper ein Feld mit einer Vielzahl von UV-Strahlern (6) angeordnet ist, das als Einrichtung (3) zur Variation der Ionisationsdichte des Plasmas und damit zur Plasmamodulation dient, und daß eine Mikrowellenstrahlung mit einer zweiten Frequenz (f_2), nämlich der Nutzfrequenz, von einer anderen oder vorzugsweise ebenfalls von der gleichen Strahlungsapertur (1) ausgeht und auf den das Plasma enthaltenden, quaderförmigen Hohlraum (4) abgestrahlt wird.

7. Antenne nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Feld mit den UV-Strahlern (6) gegenüber einer Seitenfläche des quaderförmigen Hohlraums (4) angeordnet und mit diesem etwa deckungsgleich ist, daß

die UV-Strahler senkrecht auf diese Seitenfläche einstrahlen, und daß die parallel zur UV-Strahlungsrichtung verlaufenden Seiten des quaderförmigen Hohlraums hinsichtlich ihrer Länge in dieser Richtung erheblich kürzer als die übrigen Quaderseiten bemessen sind, so daß sich ein flacher Quader ergibt, der also in UV-Strahlungsausbreitungsrichtung relativ dünn ist.

5

8. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

10

dadurch gekennzeichnet, daß sich das Plasma (2) in einer Reihe gleichartiger, gerade ausgebildeter, voneinander getrennter, aber lückenlos aneinander angrenzender Plasmaröhren (7 bzw. 8) mit jeweils rechteckigem Querschnitt befindet, daß diese Plasmaröhren so angeordnet sind, daß sich ein schichtartiges Plasmaröhrenfeld ergibt, und daß die Ionisationsdichte jeder dieser Plasmaröhren getrennt einstellbar ist.

15

20

9. Antenne nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet, daß die Plasmaröhren (7) so angeordnet sind, daß ihre Längsachsen vertikal verlaufen.

25

10. Antenne nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet, daß die Plasmaröhren (8) so angeordnet sind, daß ihre Längsachsen horizontal verlaufen.

11. Antenne nach den Ansprüchen 9 und 10, **gekennzeichnet** durch die deckungsgleiche, hintereinanderliegende Kombination zweier solcher Plasmaröhrenanordnungen.

30

35

40

45

50

55

60

65

0230969

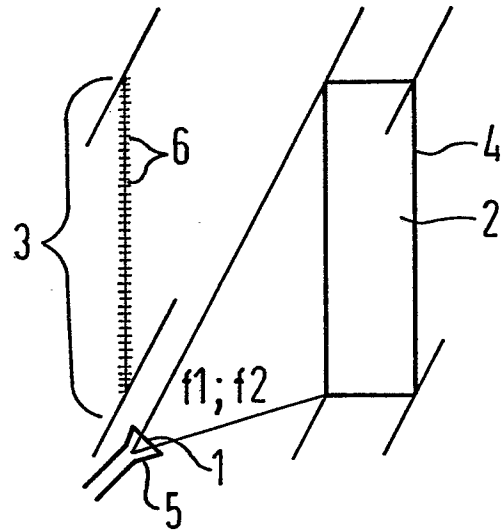


FIG 1

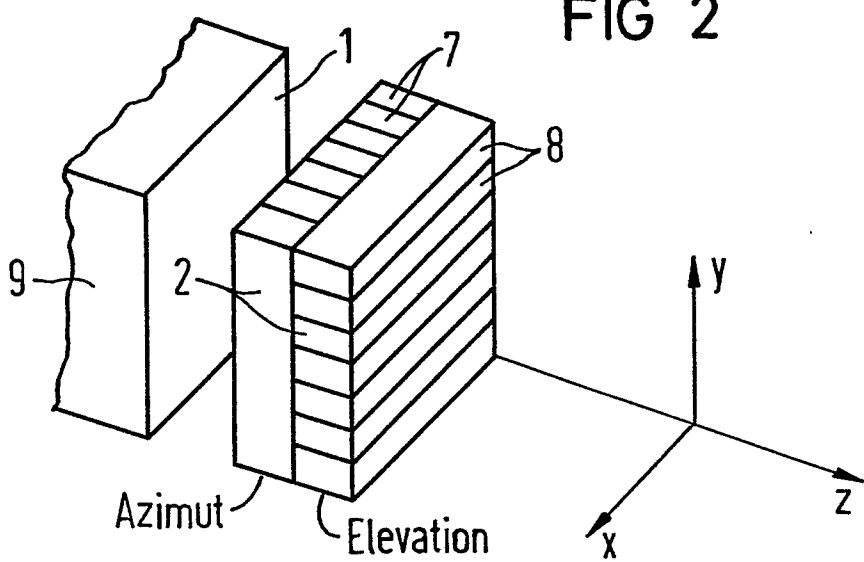


FIG 2

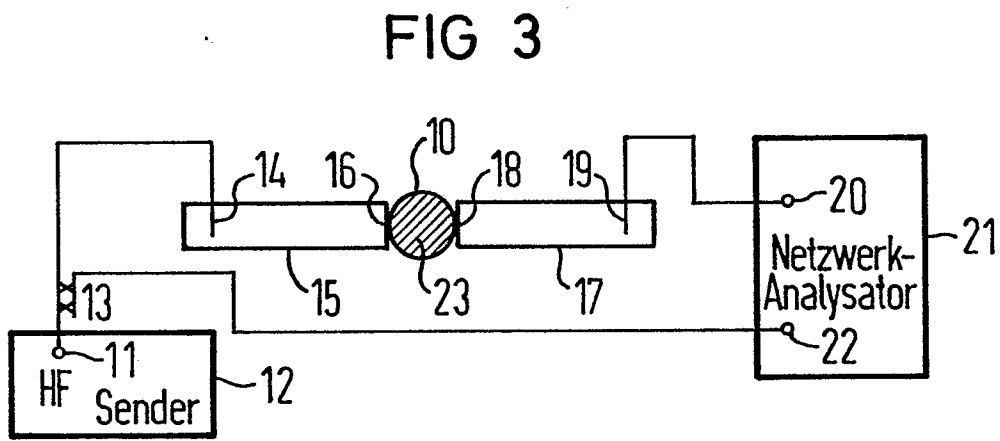


FIG 3



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
Y	US-A-3 262 118 (R.C. JONES) * Figur 1; Spalte 3, Zeilen 47-55 *	1,2	H 01 Q 3/44
Y	US-A-3 238 531 (I. KAUFMAN et al.) * Figuren 9, 10; Spalte 10, Zeile 59 - Spalte 11, Zeile 13 *	1,2	
A	DE-C- 678 078 (RCA) * Figur 5, Anspruch 6 *	1,5	
A	US-A-2 505 240 (E.J. GORN) * Figur 1; Spalte 2, Zeile 52 - Spalte 3, Zeile 13 *	4	
A	FR-A- 788 883 (RCA) * Figur 3 *	11	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.4)
A	US-A-4 090 198 (E.T. CANTY et al.) * Figuren 1, 2; Spalte 1, Zeilen 32-45 *		H 01 Q 3/34 H 01 Q 3/44
A	US-A-2 085 406 (V.K. ZWORYKIN) * Figur 8 *		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort BERLIN		Abschlußdatum der Recherche 13-04-1987	Prüfer BREUSING J
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet		E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie		D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
A : technologischer Hintergrund		L : aus andern Gründen angeführtes Dokument	
O : mündliche Offenbarung			
P : Zwischenliteratur		& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze			