

12

# EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 82100406.6

51 Int. Cl.<sup>3</sup>: **H 01 Q 3/36**

22 Anmeldetag: 21.01.82

30 Priorität: 23.01.81 DE 3102110

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
04.08.82 Patentblatt 82/31

84 Benannte Vertragsstaaten:  
CH DE FR GB IT LI NL

71 Anmelder: Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH  
Theodor-Stern-Kai 1  
D-6000 Frankfurt/Main 70(DE)

72 Erfinder: Petri, Ulrich, Dr.-Ing.  
Brucknerweg 17  
D-7900 Ulm(DE)

74 Vertreter: Schickle, Gerhard, Dipl.-Ing. et al,  
Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH Theodor-Stern-Kai  
1  
D-6000 Frankfurt/Main 70(DE)

## 54 Phasengesteuerte Gruppenantenne.

57 Bei phasengesteuerten Gruppenantennen, insbesondere bei seriell gespeisten Arrays, treten toleranzbedingte Abweichungen der Strahleramplituden von den zur Erzielung des gewünschten Diagramms erforderlichen Amplituden auf. Da eine Einhaltung von engeren Toleranzen vom Aufwand her nicht vertretbar ist und eine nachträgliche Amplitudenregelung nur durch zusätzliche Leistungsverluste zu erkaufen wäre, werden die Phasen der einzelnen Strahlerelemente (1 bis 6) durch zusätzliche Korrekturen so eingestellt, daß die Diagrammverzerrungen kompensiert werden. Für die Einstellung der Phasenkorrektur werden die zur Diagrammverbreiterung und Schwenkung bereits vorgesehenen Phasenschieber mit verwendet.

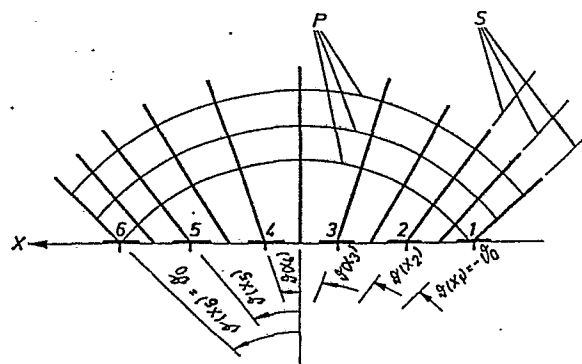


FIG. 2A

- 1 -

Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH  
 Theodor-Stern-Kai 1  
 D-6000 Frankfurt 70

NE2-UL/We/sa  
 UL 80/90  
 AZ: P 31 02 110.7

### Phasengesteuerte Gruppenantenne

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine phasengesteuerte Gruppenantenne der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art. Derartige Antennen finden insbesondere als Radarantennen für Luftraumüberwachung vor-  
 05 teilhafte Anwendung.

Es ist bekannt, daß sich die Richtung der Antennenkeule von Gruppenantennen durch Veränderung der Phase der Antennenelemente trägheitslos verändern läßt. Bei einem ebenen oder linearen Array sind die Werte der Phasen der Ströme in den  
 10 einzelnen Antennenelementen nach der folgenden bekannten Formel einzustellen:

$$\varphi_n = - \frac{2\pi}{\lambda_0} x_n \sin \vartheta \quad (1).$$

...

In dieser Formel ist  $\varphi_n$  die Größe der einzustellenden Phase des n-ten Strahlerelements,  $\sin \vartheta$  ist der Sinus des Winkels der Abstrahlrichtung  $\vartheta$  gegen die Normale auf der Antennenfläche,  $x_n$  ist die Koordinate des Antennenelementes in der Richtung parallel zur Ebenen die durch Normale und Abstrahlrichtung gebildet wird und  $\lambda_0$  ist die Wellenlänge.

Bei Radarantennen zur Luftraumüberwachung ist es darüber hinaus üblich, die Phasensteuerung nicht nur zur Strahl-  
 10 schwenkung, sondern auch zur Verbreiterung der Antennenkeule (beam spoiling) zu benutzen. Dabei wird der Steuerungsphase  $\varphi_n$  ein zweiter Wert  $\varphi_n^B$  hinzuaddiert, der bewirkt, daß das von den Antennenelementen angeregte Wellenfeld nicht mehr eine ebene Phasenfront, sondern eine ge-  
 15 krümmte Phasenfront aufweist. Als besonders geeignet hat sich z. B. ein Verlauf dieser Keulenverbreiterungsphase  $\varphi_n^B$  proportional dem Cosinus des Abstands von der Antennenmitte erwiesen

$$\varphi_n^B \sim \cos \pi \frac{x_n}{D} \quad (2).$$

20 Dabei ist D der Durchmesser der Gruppenantenne in x-Richtung und x werde von der Mitte der Antennenfläche aus gemessen. Die Realisierung dieser verbreiterten Antennenkeulen führt in der Praxis vielfach zu unbefriedigenden Ergebnissen, da die durch Krümmung der Phasenfront verbreiterten Diagramme empfindlich bezüglich fehlerhaften Ab-  
 25 weichungen der Amplitude der Antennenelemente sind. Die Krümmung der Phasenfront bewirkt nämlich, daß die von der Antennenfläche abgestrahlte Leistung nicht mehr vorzugsweise nur in eine Raumrichtung abgestrahlt wird, sondern

...

daß jedes Antennenelement vorzugsweise in die Richtung der Senkrechten auf die Phasenfront am jeweiligen Ort des Elements strahlt. Damit ist der Verlauf der Amplitude der Hauptkeule des Antennendiagramms angenähert ein Ab-  
05 bild des Amplitudenverlaufs über die Antennenfläche. Nun weisen Leitungssysteme zur Speisung der Antennenelemente vielfach toleranzbedingte oder sogar systematische Fehler auf, insbesondere die wegen ihrer Kompaktheit bevorzugten seriellen Speisungen, vor allem bei breitbandiger Verwen-  
10 dung. Dies hat zur Folge, daß die erzielten Antennenkeulen verformt sind, welches wiederum in der Radaranwendung zu fehlerhaften Richtungsbestimmungen führt.

Eine Einschränkung der Toleranzen würde zu einem erheblichen Aufwand in der Entwicklung und Produktion solcher  
15 Speisungen führen. Eine nachträgliche Korrektur der Amplitudenwerte wäre nur durch zusätzliche Leistungsverluste zu erkaufen und ist schwierig zu realisieren.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine phasengesteuerte Gruppenantenne anzugeben, die ohne größeren zu-  
20 sätzlichen Aufwand die störenden Auswirkungen der toleranzbedingten Amplitudenfehler auf das Diagramm beseitigt, ohne zusätzliche Leistungsverluste in Kauf nehmen zu müssen.

Die erfindungsgemäße Lösung ist bei einer Antenne der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 beschriebenen Art durch  
25 die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gegeben.

Anspruch 2 beschreibt eine besonders vorteilhafte Ausführung des Erfindungsgedankens. Die Ansprüche 3 und 4 geben günstige Weiterbildungen der Erfindung an.

...

Wesentlich an der Erfindung ist also die Kompensation der Auswirkung der fehlerhaften Amplituden durch Einstellung der Steuerphasen nach Maßgabe der gemessenen Amplitudenverteilung. Nachdem die phasengesteuerte Gruppenantenne ohnehin über die dazu notwendigen Phasenschieber verfügt, ist für die erfindungsgemäße Antenne nur eine zusätzliche Funktion des zur Steuerung der Phasenschieber verwendeten Rechners (Beam Stearing Unit) nötig.

Im folgenden wird eine besonders vorteilhafte Ausführung des Erfindungsgedankens unter Bezugnahme auf die Abbildungen eingehend beschrieben.

Grundlage der nachfolgenden Herleitung einer Beziehung zwischen gemessenem Amplitudenverlauf und Einstellwerten für die Phaseeinstellung ist die Anwendung der geometrischen Optik auf die Synthese von Antennendiagrammen durch Gestaltung des Phasenverlaufs, wie sie z. B. für die Berechnung von Reflektorantennen üblich und z. B. in S. Silver: Mikrowave Antenna Theory and Design, Mc.Graw Hill 1949, pp. 497 ff. beschrieben ist.

Ziel dieser Synthese ist es, zu einer gegebenen Verteilung der HF-Leistung über den Antennenquerschnitt  $P_A(x)$  den Phasenverlauf zu finden, der bewirkt, daß diese Leistung gemäß einer gewünschten Verteilungsfunktion  $P_F(\vartheta)$  im Fernfeld abgestrahlt wird, d. h., daß in den betrachteten Schnittebenen ein Antennendiagramm mit gewünschtem Verlauf in Abhängigkeit zum Richtungswinkel  $\vartheta$  erzielt wird. Wegen der Reziprozität gelten grundsätzlich alle Ausführungen auch analog für die Empfangsantenne.

...

Da, wie bereits dargelegt, bei diesem Verfahren der Diagrammsynthese jede Zone der Antenne hauptsächlich in eine bestimmte Raumrichtung strahlt, kann aus dem Energieerhaltungssatz folgende Zuordnung der Querschnittskordinaten  $x$  zum Winkel  $\vartheta$  gefunden werden

$$\int_{x = -\frac{D}{2}}^x P_A(\vartheta) d\vartheta = \int_{\vartheta = \vartheta_0}^{\vartheta_1(x)} P_F(\vartheta) d\vartheta \quad (3)$$

D sei der Durchmesser der Antenne und  $\vartheta_0$  die Richtung, bei der die gewünschte Abstrahlung beginnen soll. Die Verteilung der Leistung über den Antennenquerschnitt läßt sich durch Messung an der montierten Gruppenantenne bestimmen. Entweder mißt man sie an den Eingängen der Erreger - in diesem Fall ist das Integral durch die Summe über die Leistung der Erreger zu ersetzen - oder direkt vor den Erregern auf einem Nahfeldmeßplatz.

Falls es sich nicht um eine lineare Antennengruppe, sondern um ein zweidimensionales Array handelt, ist jeweils die mittlere Leistung einer Zeile von Elementen quer zu Ebenen der betrachteten Abstrahlrichtung zu nehmen.

Die gewünschte Leistungsverteilung im Fernfeld hängt vom Anwendungszweck ab. Vielfach wird ein Sektordiagramm gefordert:

$$P_F^S(\vartheta) = \begin{cases} P_0 & \text{für } -\vartheta_0 \leq \vartheta \leq \vartheta_0 \\ 0 & \text{für } |\vartheta| > \vartheta_0 \end{cases} \quad (4).$$

Dieses ideale Wunschdiagramm führt allerdings wegen der Beugungseffekte zu Realisierungen mit oszillierendem Diagrammverlauf. Daher empfiehlt es sich, anstelle der idealen Sektorfunktion (4) eine dieser ähnlichen zu wählen, die  
 05 keine scharfen Sprünge aufweist. Wenn die Antennenverwendung keine andere Leistungsverteilung im Fernfeld erfordert, ist entsprechend ein anderes Wunschdiagramm zu wählen (etwa Cosecans im Quadrat).

Sind beide Funktionen  $P_A$  und  $P_F$  gegeben, so läßt sich durch  
 10 numerische Integration von (3) jedem Koordinatenwert  $x$  auf der Antennenapertur eine Abstrahlrichtung  $\vartheta(x)$  zuordnen. Die gesuchten Phasen  $\varphi_n^B = \varphi(x_n)$  ergeben sich aus der Tatsache, daß die Abstrahlrichtung senkrecht auf der Phasenfront steht, d. h. bei Zählung des Winkels  $\vartheta$  von der Normalen auf  
 15 die  $x$ -Richtung aus ist die Ableitung der Phase nach der Koordinaten  $x$  gleich dem Tangens des Winkels  $\vartheta$

$$\frac{d\varphi}{dx} = \frac{2\pi}{\lambda_0} \operatorname{tg} \vartheta(x) \quad (5).$$

Die numerische Integration von (5)

$$\varphi_n^B = \varphi(x_n) = \text{const.} + \int_{-\frac{D}{2}}^{\frac{D}{2}} \frac{2\pi}{\lambda_0} \operatorname{tg} \vartheta(x) dx \quad (6)$$

20 liefert direkt den Einstellwert für die Steuerphase des Elements am Ort  $x_n$ .

Diese Phasenwerte werden in dem zur Steuerung des Phasenschiebers verwendeten Rechner als Konstante gespeichert.

...

Soweit die Radaranlage in mehreren Frequenzen betrieben wird und die Strahlungsamplituden der Elemente sich über die Frequenz erheblich ändern, sind die Phasenwerte für jede Frequenz gesondert zu bestimmen und abzuspeichern.

05 FIG. 1 zeigt ein Beispiel für eine lineare Gruppe von Dipolen (1-6) mit den Koordinaten  $x_1$ - $x_6$ , die von einem Sender T über eine Speiseleitung S angeregt werden. Die Phasen  $\varphi_1$ - $\varphi_6$  können durch elektronische Phasenschieber eingestellt werden. Vor den Dipolen ergibt sich eine Ver-  
10 teilung der HF-Leistung  $P_A(x)$ , die z. B. mit einem Testempfänger R gemessen werden kann.

FIG. 2A zeigt den optischen Strahlengang und Kurven gleicher Phase vor der Gruppenantenne nach FIG. 1. Durch die Phaseneinstellung geht von der Antennenapertur A eine  
15 gekrümmte Wellenfront aus. Die abgestrahlte Leistung verläuft parallel zu den optischen Strahlen S, die senkrecht auf den Kurven gleicher Phase P stehen, in die Raumrichtung  $\hat{V}$ . Die Winkellage der Strahlen  $\hat{V}(x)$  hat so zu erfolgen, daß die Leistungsdichte pro Winkeleinheit dem geforderten Verlauf  $P_F(\hat{V})$  entspricht. Ein Beispiel für eine  
20 solche gewünschte Leistungsverteilung im Fernfeld, ein Sektordiagramm, ist in FIG. 2B dargestellt.

Die FIG. 3A zeigt (in kartesischer Darstellung) einen Querschnitt durch ein Diagramm einer seriell gespeisten  
25 Gruppenantenne ohne die erfindungsgemäße Korrektur der Amplitudenfehler über die Einstellung der Steuerphasen. Deutlich erkennbar sind die assymetrischen Diagrammverzerrungen, die beim Betrieb der Antenne zu beträchtlichen Winkelmeßfehlern führen können. FIG. 3B zeigt demgegen-  
30 über das unter Anwendung des Erfindungsgedankens auf dieselbe Antenne korrigierte Diagramm.



- 8 -

Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH  
Theodor-Stern-Kai 1  
D-6000 Frankfurt 70

NE2-UL/We/sa  
UL 80/90

#### Patentansprüche

1. Phasengesteuerte Gruppenantenne mit einer Vielzahl einzelner Strahlerelemente oder Zeilen von Strahlerelementen mit je einem steuerbaren Phasenschieber, die über ein Verteilernetzwerk mit einer gemeinsamen Speiseleitung verbunden sind, wobei die Soll-Belegung der relativen Amplituden der einzelnen Strahlerelemente durch den Ort des einzelnen Strahlerelements innerhalb der Strahlergruppe und durch das gewünschte Antennendiagramm festgelegt ist, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Lesespeicher für die individuelle Einstellung der steuerbaren Phasenschieber Einstellwerte gespeichert sind, die nach Maßgabe der Abweichung des gemessenen Verlaufs der tatsächlichen relativen Amplituden der einzelnen Strahlerelemente von der Soll-Belegung so bemessen sind, daß die Einstellung der Phasenschieber durch eine Steuereinrichtung auf diese Einstellwerte eine Kompensation der durch die Amplitudenabweichungen hervorgerufenen Diagrammverzerrungen bewirkt.

...

2. Phasengesteuerte Gruppenantenne nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Einstellwert  $\varphi_n^B$  zur Steuerung der Phasen des n-ten Strahlerelements mit der gemessenen Amplitudenbelegung  $P_A(x)$  in der Antennenapertur in Abhängigkeit von der parallel zum betrachteten Diagrammschnitt verlaufenden Koordinaten  $x$  und der gewünschten Diagrammform  $P_F(\vartheta)$  in Abhängigkeit vom Winkel der Abstrahlrichtung  $\vartheta$  über die Beziehung

$$\varphi_n^B = \varphi_{\text{const.}} + \int_{-\frac{D}{2}}^{x_n} \frac{2\pi}{\lambda_0} \tan \vartheta(x) dx$$

- 10 mit  $\vartheta(x)$  so definiert, daß:

$$\int_{-\frac{D}{2}}^x P_A(\xi) d\xi = \int_{-\vartheta_0}^{\vartheta(x)} P_F(\theta) d\theta$$

- verknüpft ist, wobei  $x_n$  die Koordinate des n-ten Antennenelements,  $D$  der Durchmesser der Antennenapertur und  $-\vartheta_0$  der Winkel, bei dem die Abstrahlung beginnen soll, sind  
 15 und die Phasenverschiebung  $\varphi_{\text{const}}$  beliebig, aber für alle Strahlerelemente gleich ist.

3. Phasengesteuerte Gruppenantenne nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die steuerbaren Phasenschieber zugleich noch mit der Steuereinrichtung zur  
 20 elektronischen Schwenkung des Diagramms verbunden sind.

...

4. Phasengesteuerte Gruppenantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß für die Betriebsart mit mehreren Sendefrequenzen zu jeder Sendefrequenz ein eigener Satz Einstellwerte gespeichert ist.

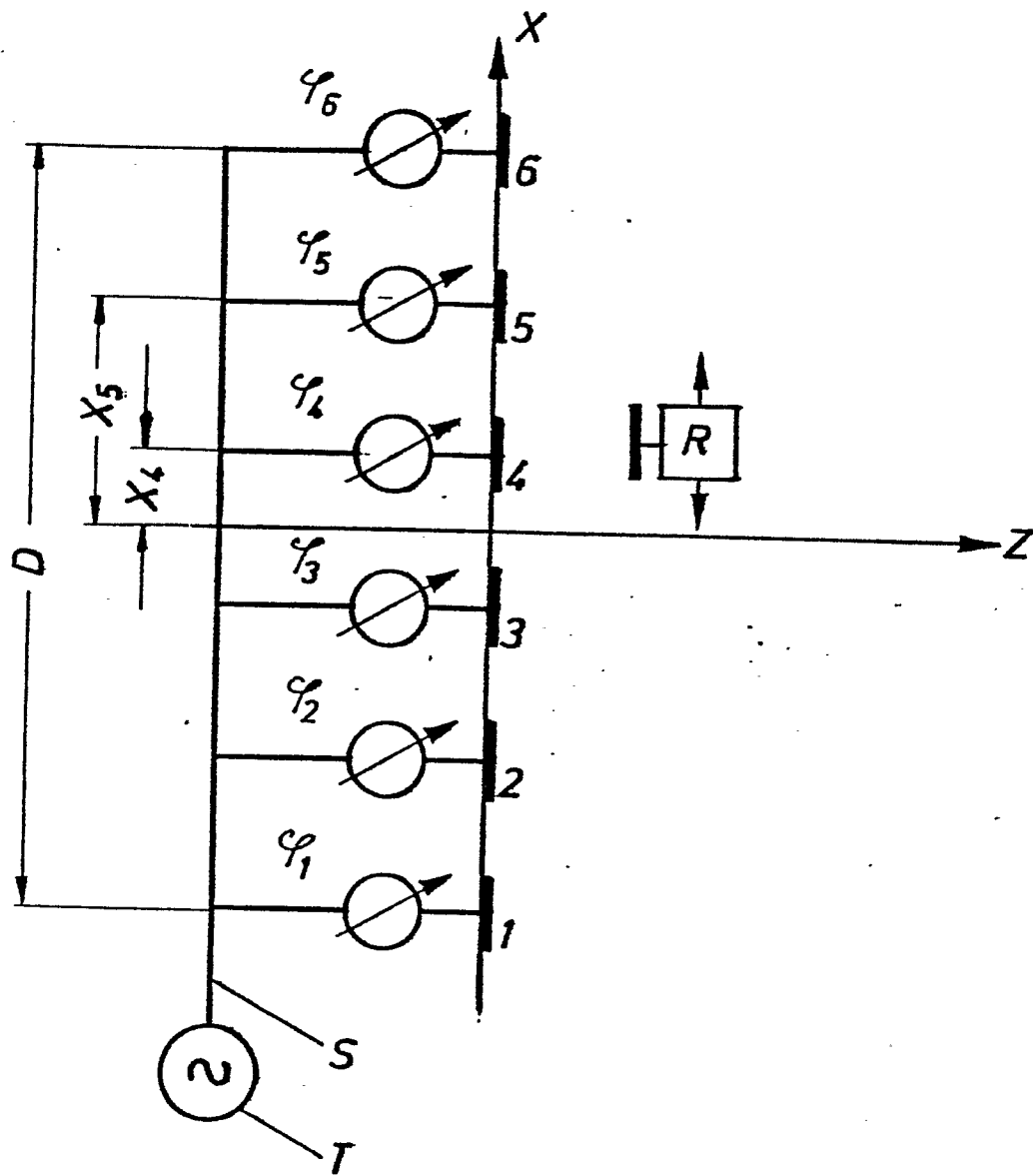


FIG. 1

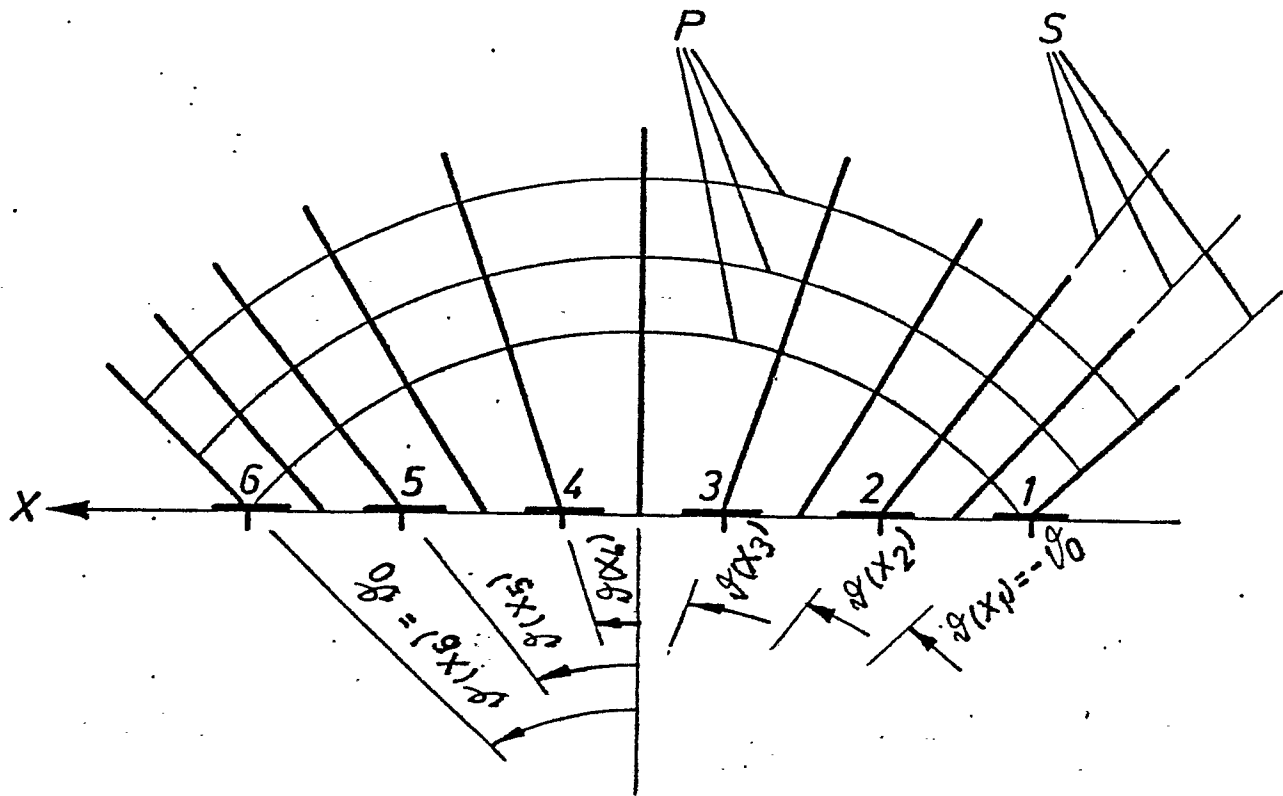


FIG. 2A

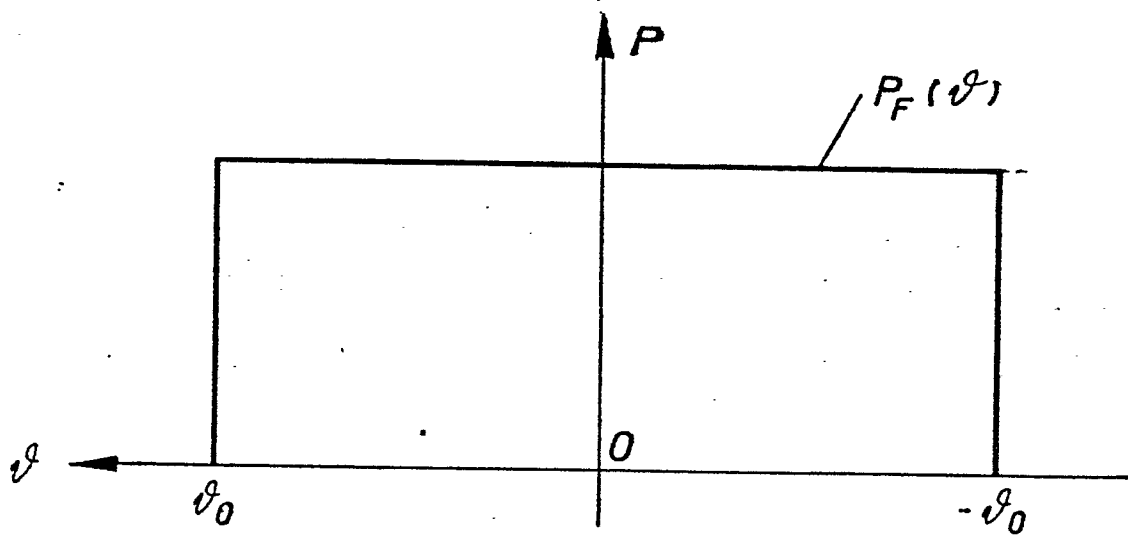
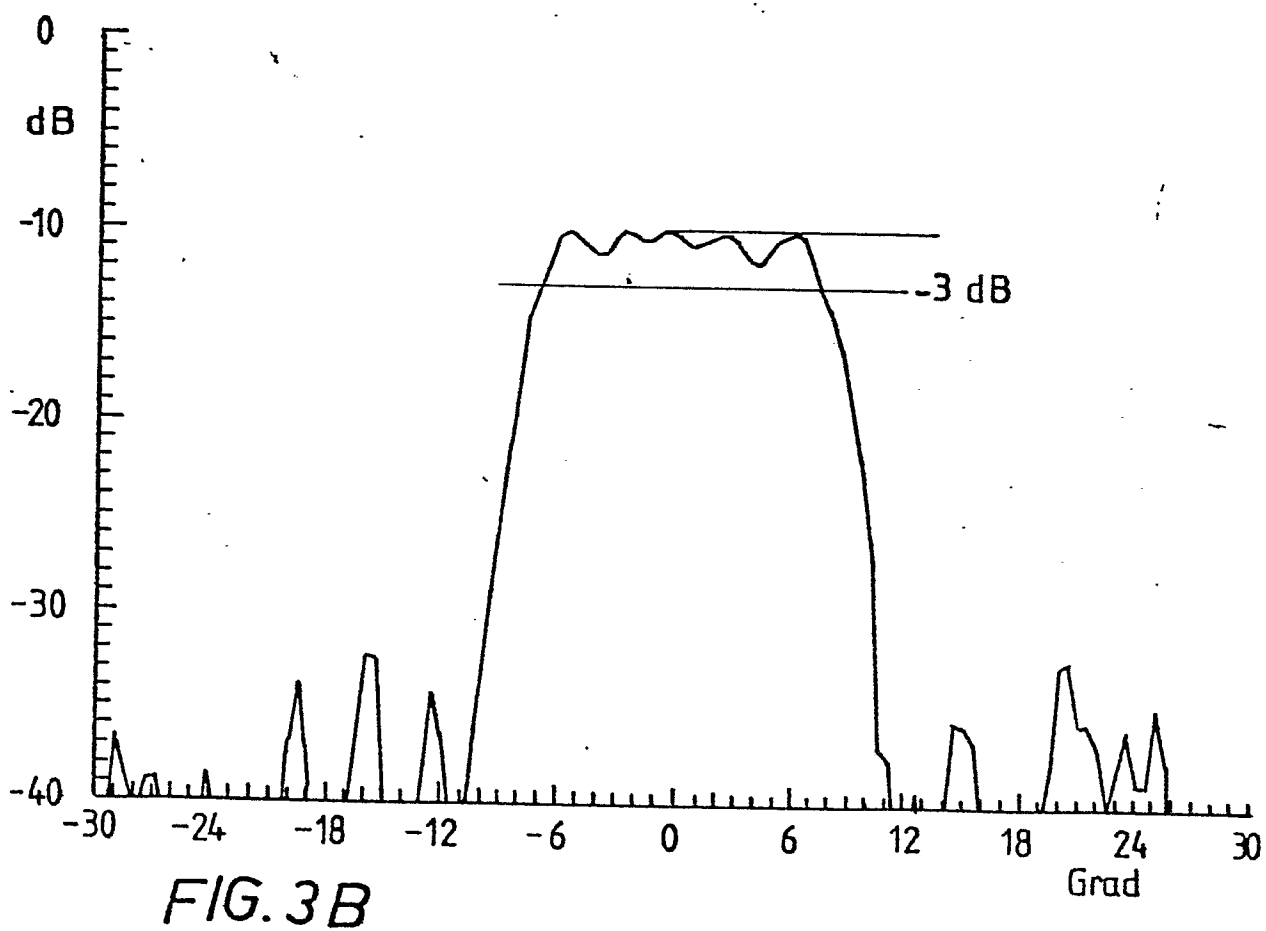
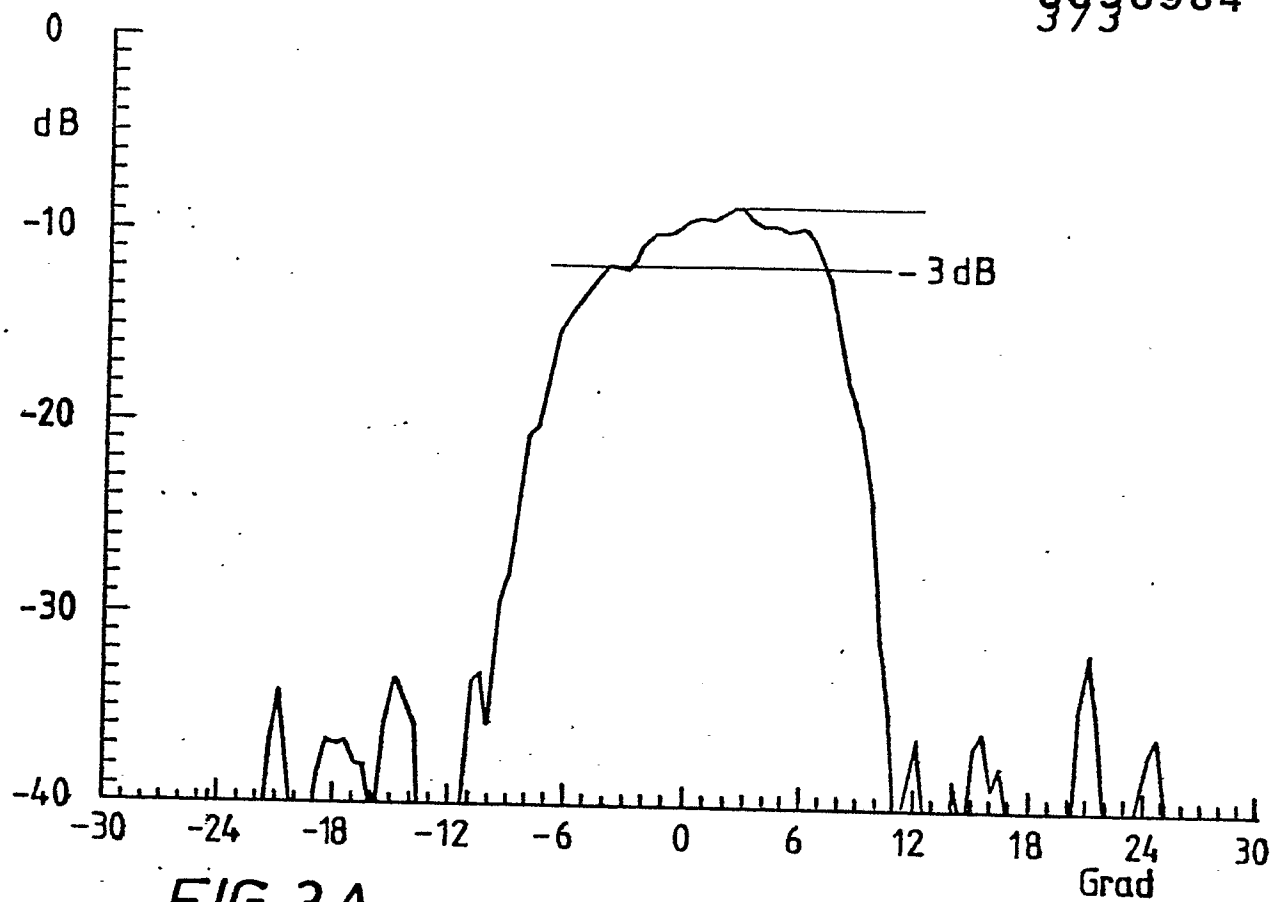


FIG. 2B





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0056984

Nummer der Anmeldung

EP 82 10 0406.6

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch	
P,X	US - A - 4 253 098 (J.H. BLYTHE) * Spalte 1, Zeile 41 ff. *	1	H 01 Q 3/36
Y	DE - A1 - 2 612 147 (SIEMENS) * Seite 4, Zeilen 21 bis 33 *	3	
Y	DE - A - 2 113 856 (LICENTIA PATENT- VERWALTUNG) * Anspruch 3 *	3	
A	DE - A - 2 110 231 (LICENTIA PATENT- VERWALTUNG) * Fig. 1 *	4	
A	DE - A1 - 2 612 148 (SIEMENS) * Fig. 1 *		
A	GB - A - 1 353 617 (EMI LTD.) * Fig. 1 *		
A	US - A - 3 903 524 (R. J. GIANNINI) * Fig. 2 * & DE - A - 2 423 899		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.)
			H 01 Q 3/26 H 01 Q 3/30 H 01 Q 3/34 H 01 Q 3/36 H 01 Q 21/00 H 01 Q 21/29
			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 Patentdokument, 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
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>X</p> <p>Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.</p> </div> <div> <p>Recherchenort</p> <p>Berlin</p> </div> <div> <p>Abschlußdatum der Recherche</p> <p>30-03-1982</p> </div> <div> <p>Prüfer</p> <p>BREUSING</p> </div> </div>			