



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 010 214 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
20.08.2003 Bulletin 2003/34

(51) Int Cl.7: **H01Q 21/06**, H01Q 11/08,
H01Q 3/30

(21) Numéro de dépôt: **98917183.0**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR98/00535

(22) Date de dépôt: **17.03.1998**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 98/042042 (24.09.1998 Gazette 1998/38)

(54) **ANTENNE POUR SATELLITE A DEFILEMENT**
ANTENNE FÜR SATELLITEN MIT NIEDRIGER UMLAUFBAHN
ANTENNA FOR ORBITING SATELLITE

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE**

(56) Documents cités:
US-A- 5 041 842 US-A- 5 345 248
US-A- 5 587 719

(30) Priorité: **17.03.1997 FR 9703250**

(43) Date de publication de la demande:
21.06.2000 Bulletin 2000/25

(73) Titulaire: **CENTRE NATIONAL D'ETUDES
SPATIALES**
75001 Paris (FR)

(72) Inventeur: **DIEZ, Hubert**
F-31490 Leguevin (FR)

(74) Mandataire: **Texier, Christian et al**
Cabinet Régimbeau
20, rue de Chazelles
75847 Paris cedex 17 (FR)

- **IMBRIALE ET AL.: "AN S-BAND PHASED ARRAY FOR MULTIPLE ACCESS COMMUNICATIONS" NTC 77 CONFERENCE RECORD , VOLUME 2 , 1977, vol. 2, 1977, pages 19:3-1-19:3-7, XP002048969**
- **GLÖCKLER: "PHASED ARRAY FOR MILLIMETER WAVE FREQUENCIES" INTERNATIONAL JOURNAL OF INFRARED AND MILLIMETER WAVES., vol. 11, no. 2, février 1990, NEW YORK US, pages 101-110, XP000150643**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 1 010 214 B1

Description

[0001] La présente invention est relative aux antennes pour satellites à défilement.

[0002] A ce jour, les antennes utilisées par les satellites à défilement sont soit des antennes de type omnidirectionnel (SPOT, ERS, etc) soit de type directif pointable (LANDSAT, etc).

[0003] Dans ce dernier cas, le faisceau est gaussien et le balayage est réalisé à l'aide d'un mécanisme de pointage, l'antenne se comportant quant à elle comme un réflecteur parabolique centré de conception classique.

[0004] Le document US 5 587 719 décrit un assemblage d'antennes pour satellite à communication comprenant plusieurs antennes hélicoïdales élémentaire alignées selon leur axe longitudinal. Chaque antenne élémentaire comprend quatre brins répartis régulièrement en hélice autour d'une génératrice cylindrique. Dans cet assemblage, des antennes présentant un enroulement de leurs brins dans un sens donné sont intercalées entre des antennes présentant un enroulement en sens opposé.

[0005] L'article de W.A. Imbriale et al. « An S-band phased array for multiple access communications » décrit un réseau d'antennes destiné à être installé sur un satellite pour bande S et émettant un faisceau sensiblement omnidirectionnel.

[0006] Un but de l'invention est de proposer une antenne pour satellite à défilement qui ne nécessite aucun mécanisme de pointage, qui présente un gain supérieur aux antennes omnidirectionnelles et qui est peu encombrante et d'un faible coût.

[0007] A cet effet, l'invention propose un système selon la revendication 1.

[0008] On notera qu'avec une telle répartition d'antennes élémentaires à diagramme formé, le faisceau d'émission réalisé est un faisceau de type elliptique ("fan beams" selon la terminologie anglo-saxonne) qui s'étend dans une direction parallèle à celle du vecteur vitesse du satellite.

[0009] Le dépointage de ce faisceau sur une longitude donnée permet d'atteindre, pendant tout le temps de passage d'un satellite, une station se trouvant à cette longitude, et ce sans avoir besoin de modifier ce dépointage au fur et à mesure que le satellite avance.

[0010] On comprend qu'une telle structure d'antenne ne nécessite pas une électronique compliquée et permet des hauts débits de transmission.

[0011] Cette antenne est avantageusement complétée par les différentes caractéristiques suivantes prises seules ou selon toutes leurs combinaisons possibles :

- le nombre d'éléments rayonnants élémentaires est égal ou supérieur à cinq ;
- les éléments rayonnants élémentaires sont décalés les uns par rapport aux autres avec un pas choisi de façon à éviter les lobes de réseaux ;

- pour une fréquence d'émission à 8000 MHz, le pas entre deux antennes élémentaires est de l'ordre de 19 mm ;
- les moyens de déphasage sont codés sur 3 à 8-bits ;
- les moyens de déphasage sont du type à ferrite.

[0012] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront encore de la description qui suit. Cette description est purement illustrative et non limitative. Elle doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique illustrant une antenne conforme à un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2 est un graphe sur lequel on a porté le diagramme d'un élément rayonnant élémentaire de l'antenne de la figure 1 ;
- les figures 3 à 6 illustrent différents diagrammes de couvertures obtenus avec l'antenne de la figure 1.

[0013] L'antenne illustrée sur la figure 1 comporte une pluralité d'éléments rayonnants élémentaires référencés par 1.

[0014] Ces éléments rayonnants élémentaires 1 comportent chacun une pluralité de brins hélicoïdaux répartis régulièrement autour d'une même génératrice de révolution. La génératrice est par exemple conique ou cylindrique. Ces brins sont alimentés de façon équiamplitude.

[0015] Par exemple, ces brins sont au nombre de quatre et définissent quatre hélices identiques, décalées de $\pi/2$ les unes par rapport aux autres. Ces quatre brins sont avantageusement alimentés en quadrature de phase.

[0016] Le diagramme angulaire de rayonnement d'un tel élément rayonnant élémentaire est du type de celui illustré sur la figure 2.

[0017] Ce diagramme correspond au diagramme obtenu pour une hauteur axiale d'élément rayonnant de 0,050 m, un rayon de base de 0,018 m, ainsi qu'une fréquence d'émission de 8000 MHz. Il est rapporté à une sphère de mesure de 10 m de diamètre.

[0018] On notera que les éléments rayonnants élémentaires à plusieurs brins en hélice présentent, comme on le verra plus loin, l'avantage de présenter plus de gains à 50° qu'à 0° et donc de permettre de compenser les pertes de dépointage.

[0019] Les éléments rayonnants élémentaires 1 sont répartis en ligne dans un plan perpendiculaire à la direction du vecteur vitesse.

[0020] Ils sont disposés de façon que leurs axes soient parallèles, dans un même plan et espacés régulièrement. Le pas entre lesdits éléments rayonnants 1 est par exemple de 19 mm pour une fréquence d'émission de 8000 MHz, ce qui permet de ne pas avoir de lobes de réseau.

[0021] De façon plus générale, le pas d du réseau est tel que

$$d < \lambda / (1 + \sin \theta)$$

où λ est la longueur d'onde du rayonnement, et θ le dépointage maximal souhaité.

[0022] Les éléments rayonnants 1 sont alimentés via des déphaseurs 2 de type à ferrite et des coupleurs 3, par un répartiteur de puissance 6 (en l'occurrence 1:5), qui est par exemple de type guide d'onde.

[0023] Les déphaseurs 2 sont commandés par une unité 4, qui est le calculateur de bord du satellite, à laquelle ils sont reliés par une électronique de commande 5.

[0024] L'utilisation des déphaseurs de type à ferrite présente l'avantage de permettre de conserver toujours le même dépointage. La consommation de l'électronique de commande est alors limitée.

[0025] Les déphasages imposés aux différents éléments rayonnants 1 permettent de réaliser les dépointages souhaités, et ce jusqu'à $\pm 62^\circ$.

[0026] Le choix pour les éléments rayonnants 1 d'une structure à hélice permet de disposer d'un gain à 50° supérieur de 2 dB au gain présenté à 0° (hors terme de compensation de différence d'atténuation d'espace - 62° lever satellite par rapport au zénith) et donc de compenser naturellement les pertes de dépointage.

[0027] Le nombre optimal d'élément rayonnant élémentaire variera de cinq à douze en fonction des besoins de la mission.

[0028] Les déphaseurs 2 présentent par exemple des pas de quantification de $22,5^\circ$ et sont codés sur 4 bits.

[0029] Les faisceaux générés par une telle antenne sont elliptiques (grand axe des ellipses parallèle à la trace du satellite).

[0030] On a illustré sur la figure 3 la couverture obtenue avec l'antenne qui vient d'être décrite, dans le cas d'un déphasage nul entre les différents éléments rayonnants 1.

[0031] Il n'y a alors pas de dépointage et la directivité maximale de l'antenne est de 11,55 dB.

[0032] Sur la figure 4, on a représenté la couverture obtenue dans le cas de déphasages respectivement d'un élément rayonnant d'extrémité 1 à l'autre de 90° , 45° , 0° , -45° et -90° .

[0033] Le diagramme est alors dépointé de $+18^\circ$. La directivité est 11,52 dB.

[0034] Sur la figure 5, on a illustré la couverture obtenue dans le cas d'un déphasage respectivement de 180° , 90° , 0° , -90° , -180° .

[0035] Le dépointage est alors de 32° , la directivité de 11,49 dB.

[0036] Sur la figure 6, enfin, on a représenté la couverture obtenue respectivement pour des déphasages de 270° , 135° , 0° , -135° et -270° .

[0037] Le dépointage obtenu est de 48° , la directivité

maximale de 11,45 dB.

[0038] Sur ces différentes figures 3 à 6, les cercles représentés en traits pointillés correspondent aux cercles de visibilité respectivement à $\pm 60^\circ$ et $\pm 65^\circ$.

5 [0039] On note que, d'un diagramme à l'autre, la directivité maximale n'évolue que très peu (11,54 dB à 11,45dB).

[0040] La directivité obtenue à 65° est supérieure à 9-dB, soit un gain supérieur à 7,5 dB si l'on considère des pertes de 0,5 dB sur les répartiteurs, de 0,5 dB pour les déphaseurs, de 0,25 dB au niveau de la connectique et de 0,25 dB au niveau de l'alimentation.

[0041] L'antenne à dépointage qui vient d'être décrite permet des débits de retransmission au sol importants et permet des retransmissions d'images Haute résolution.

[0042] La commutation du faisceau s'effectue préférentiellement avant passage, de façon à éviter les problèmes de saut de phase sur la couverture générée.

20 [0043] Dans le cas où le diagramme antenne ne compense pas l'atténuation d'espace, on peut envisager des changements de vitesse de transmission pour utiliser au mieux les gains de l'antenne dans les zones proches du passage au zénith.

25 [0044] L'antenne à dépointage qui vient d'être décrite présente l'avantage d'être d'un faible coût et surtout d'un faible encombrement. L'encombrement de la partie rayonnante est de 90mm en longueur, de 5 mm en largeur et de 50 mm en hauteur.

30 [0045] Avantageusement encore, l'antenne comporte plusieurs antennes en ligne du type qui vient d'être décrit et des moyens de commutation permettant de basculer d'une antenne en ligne à une autre en fonction des mouvements du satellite, et notamment de ses mouvements de roulis.

35 [0046] En variante, l'antenne comporte des moyens de motorisation qui permettent de modifier l'orientation de la (ou des) ligne(s) d'éléments rayonnants élémentaires pour compenser les mouvements potentiels du satellite, notamment ses mouvements de roulis.

Revendications

- 45 1. Système comportant un satellite à défilement et une antenne pour la retransmission au sol d'images collectées par des instruments de prise de vue dudit satellite, **caractérisé en ce que** ladite antenne comporte une pluralité d'antennes élémentaires de rayonnement (1) du type présentant une pluralité de brins répartis régulièrement en hélice autour d'une même génératrice de révolution ainsi que des moyens d'alimentation équi-amplitude des différents brins, **en ce que** les axes des différentes antennes élémentaires sont parallèles et sont alignés dans un même plan dans lequel ils sont espacés régulièrement, **en ce que** le plan dans lequel ces différentes antennes élémentaires sont réparties
- 50
- 55

est destiné, lorsque le satellite est en orbite, à être perpendiculaire à la direction du vecteur vitesse du satellite et **en ce que** l'antenne comporte également des moyens (2) de déphasage de l'alimentation de ces différentes antennes élémentaires qui sont aptes à réaliser un dépointage électronique du faisceau allongé généré par lesdites antennes élémentaires.

2. Système selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le nombre d'éléments rayonnants élémentaires (1) est égal ou supérieur à cinq. 10
3. Système selon l'une des revendications précédentes, - **caractérisé en ce que** les éléments rayonnants élémentaires (1) sont décalés les uns par rapport aux autres avec un pas choisi de façon à éviter les lobes de réseaux. 15
4. Système selon la revendication 3, **caractérisé en ce que**, pour une fréquence d'émission de 8000 MHz, le pas entre deux éléments rayonnants élémentaires est de l'ordre de 19 mm. 20
5. Système selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les moyens de déphasage sont codés sur trois à huit bits. 25
6. Système - selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les moyens de déphasage (2) sont du type à ferrite. 30
7. Système **caractérisé en ce que** l'antenne comporte plusieurs antennes en ligne selon l'une des revendications précédentes et des moyens de commutation permettant de basculer d'une antenne en ligne à une autre en fonction des mouvements du satellite, et notamment de ses mouvements de roulis. 35
8. Système selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** l'antenne comporte des moyens de motorisation qui permettent de modifier l'orientation de la (ou des) ligne(s) d'éléments rayonnants élémentaires pour compenser les mouvements potentiels du satellite, notamment ses mouvements de roulis. 40 45

Patentansprüche 50

1. System mit einem Umlaufsatelliten und einer Antenne für die Rückübertragung von Bildern zur Erde, die von Sichtaufnahmegeräten des Satelliten gesammelt werden, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Antenne mehrere elementare Strahlungsantennen (1) vom Typ, der mehrere Stränge aufweist, die spiralförmig um die gleiche Dreherzeu- 55

gende gleichmäßig verteilt sind, sowie Mittel zum Versorgen der verschiedenen Stränge mit gleicher Amplitude umfassen, und daß die Achsen der verschiedenen elementaren Antennen parallel sind und in einer gleichen Ebene ausgerichtet sind, in der sie gleichmäßig beabstandet sind, und daß die Ebene, in der diese verschiedenen elementaren Antennen verteilt sind, so bestimmt ist, daß sie senkrecht zur Richtung des Geschwindigkeitsvektors des Satelliten ist, wenn sich der Satellit im Orbit befindet, und daß die Antenne auch Mittel (2) zur Phasenverschiebung der Versorgung dieser verschiedenen elementaren Antennen umfaßt, die geeignet sind, einen elektronischen Richtversatz des länglichen Strahls zu verwirklichen, der von den elementaren Antennen erzeugt wird.

2. System nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Anzahl an elementaren Strahlungselementen (1) gleich oder größer als fünf ist.
3. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die elementaren Strahlungselemente (1) um eine Schrittweite gegeneinander versetzt sind, die derart ausgewählt ist, daß die Gitterkeulen vermieden werden.
4. System nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** für eine Sendefrequenz von 8000 MHz die Schrittweite zwischen zwei elementaren Strahlungselementen in der Größenordnung von 19 mm liegt.
5. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Phasenverschiebungsmittel auf drei bis acht Bits codiert sind.
6. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Phasenverschiebungsmittel (2) vom Ferrit-Typ sind.
7. System, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Antenne mehrere Antennen in Reihe gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche und Umschaltmittel umfaßt, die das Kippen einer Antenne in Reihe zu einer anderen abhängig von Bewegungen des Satelliten ermöglichen, und insbesondere von dessen Wankbewegungen.
8. System nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Antenne Motorisierungsmittel umfaßt, die es ermöglichen, die Orientierung der Reihe(n) an elementaren Strahlungselementen zu ändern, um die möglichen Bewegungen des Satelliten zu kompensieren, insbesondere dessen Wankbewegungen.

Claims

1. System comprising an orbiting satellite and an antenna for retransmitting to the ground images collected by image-capture instruments of said satellite, **characterized in that** said antenna comprises a plurality of elementary radiating antennas (1) of the type having a plurality of cords regularly distributed in a helix about one and the same generatrix of revolution as well as means for the equi-amplitude power supply of the various cords, **in that** the axes of the various elementary antennas are parallel and are aligned in the same plane in which they are regularly spaced, and **in that** the plane in which these various elementary antennas are distributed is intended, when the satellite is in orbit, to be perpendicular to the direction of the speed vector of the satellite and **in that** the antenna also comprises means (2) for phase-shifting the power supply to these various elementary antennas which are able to carry out electronic steering of the elongate beam generated by the said elementary antennas.

5
10
15
20
2. System according to claim 1, **characterized in that** the number of elementary radiating elements (1) is equal to or greater than five.

25
3. System according to one of the preceding claims, **characterized in that** the elementary radiating elements (1) are staggered one with respect to another with a spacing which is chosen so as to avoid the grating lobes.

30
4. System according to claim 3, **characterized in that**, for a transmission frequency of 8000 MHz, the spacing between two elementary radiating elements is of the order of 19 mm.

35
5. System according to one of the preceding claims, **characterized in that** the phase-shifting means are coded over three to eight bits.

40
6. System according to one of the preceding claims, **characterized in that** the phase-shifting means (2) are of the ferrite type.

45
7. System **characterized in that** the antenna comprises several in-line antennas according to one of the preceding claims and switching means making it possible to switch over from one in-line antenna to another as a function of the movements of the satellite, and in particular of its roll movements.

50
8. System according to one of claims 1 to 6, **characterized in that** the antenna comprises motorization means which make it possible to modify the orientation of the line or lines of elementary radiating elements so as to compensate for the potential move-

ments of the satellite, in particular its roll movements.

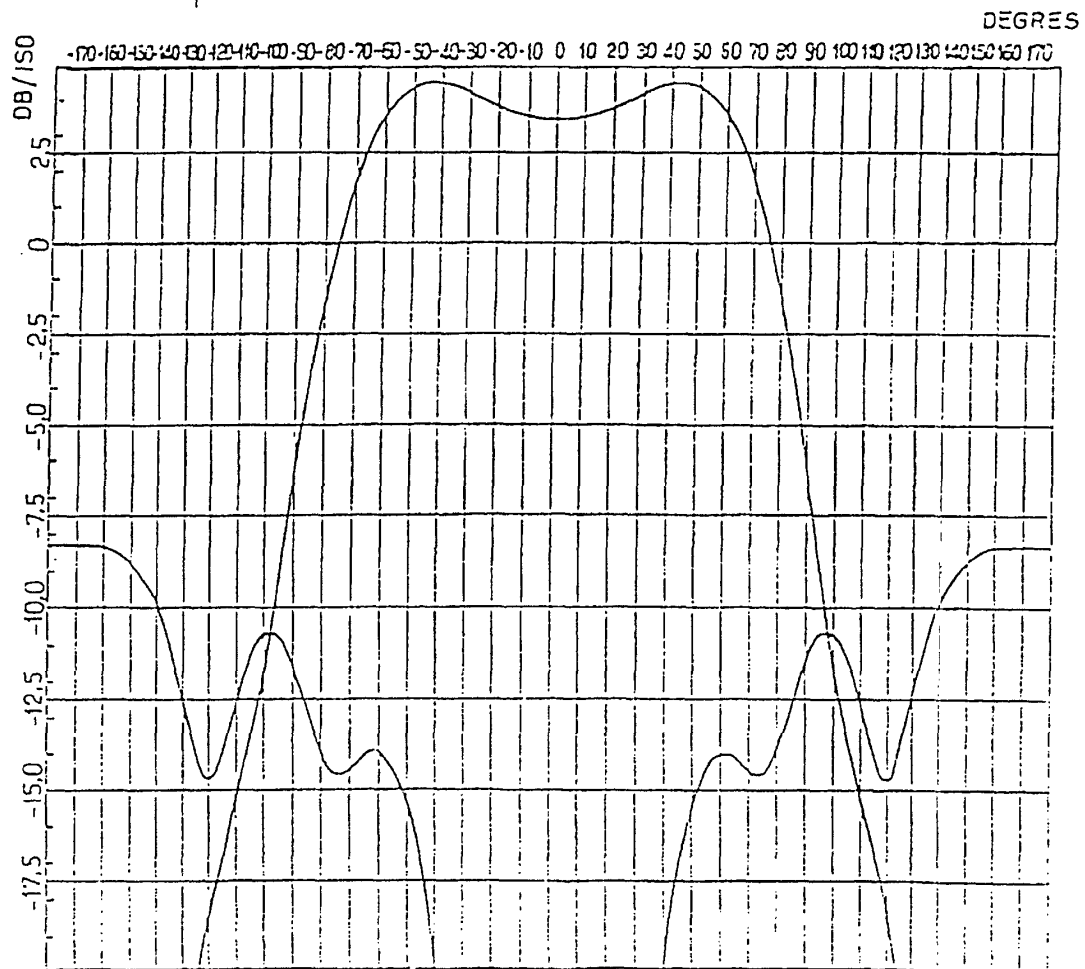
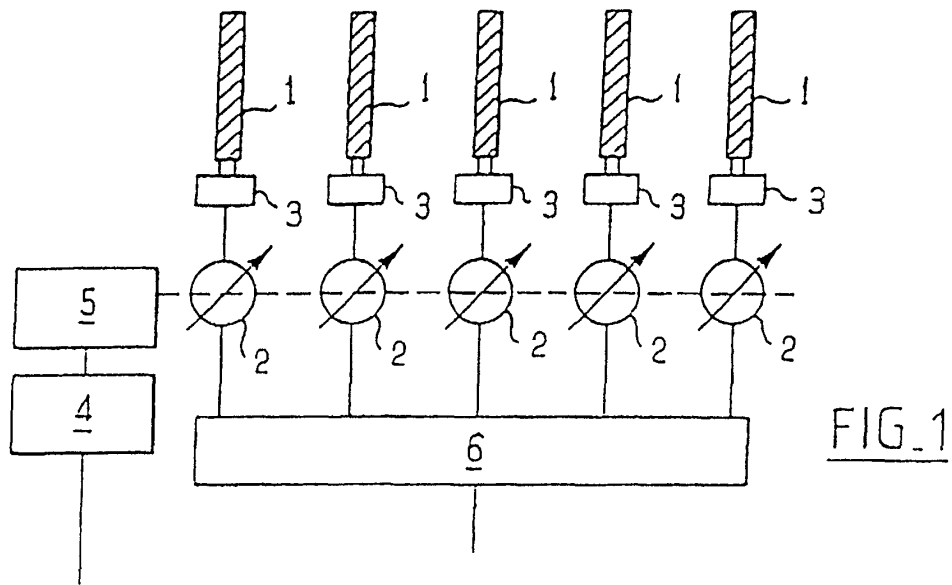


FIG. 2

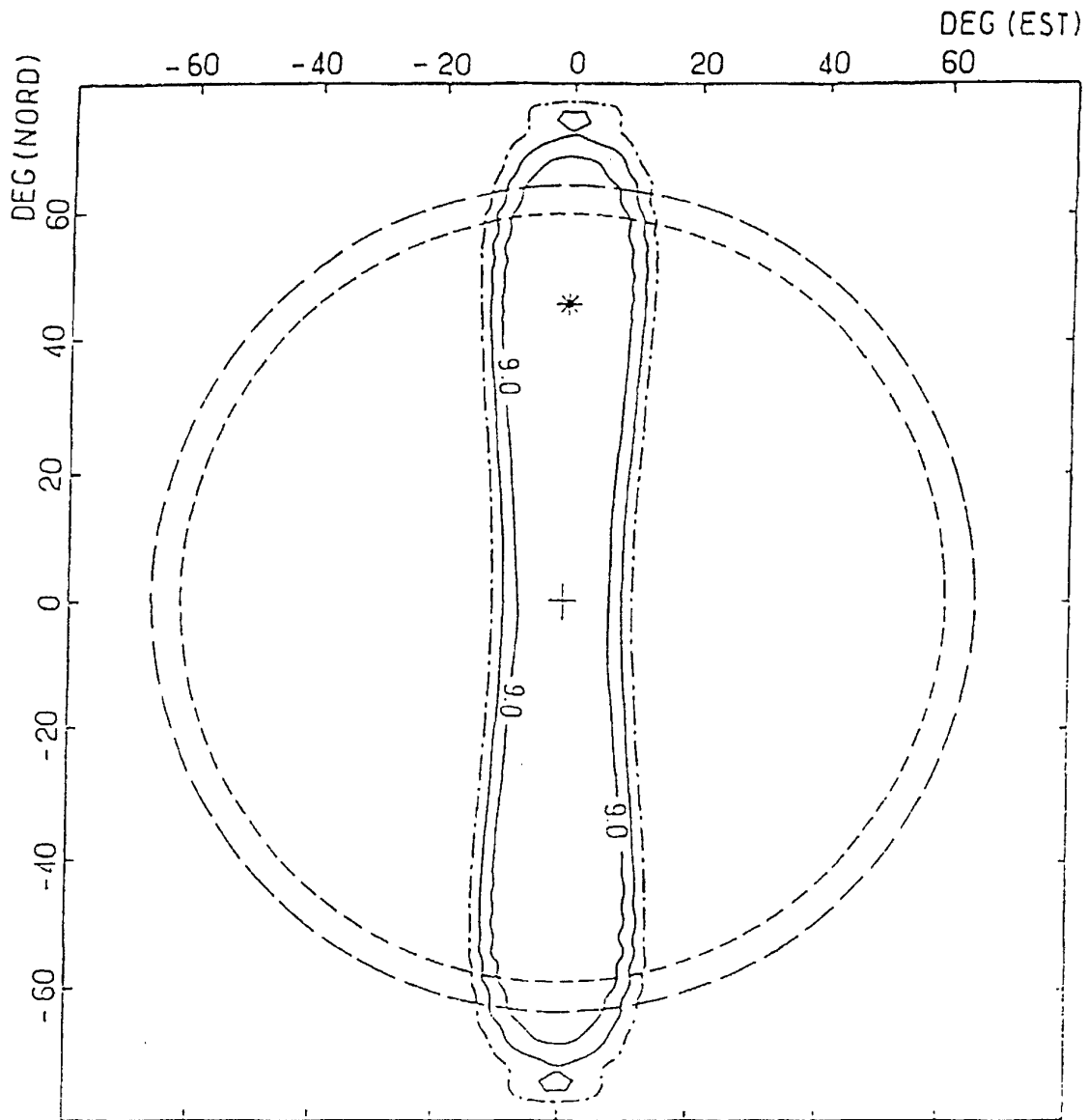


FIG. 3

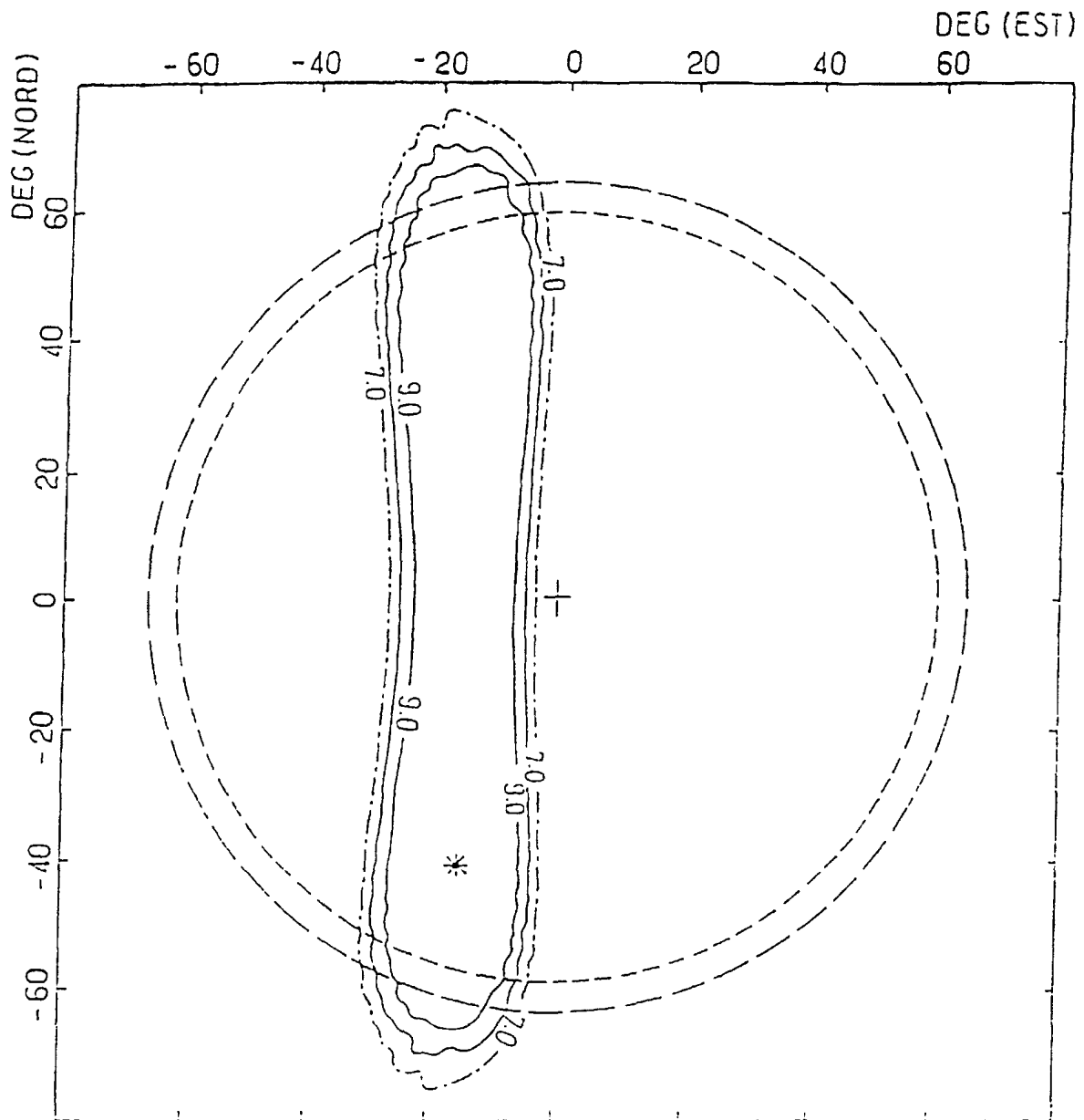


FIG. 4

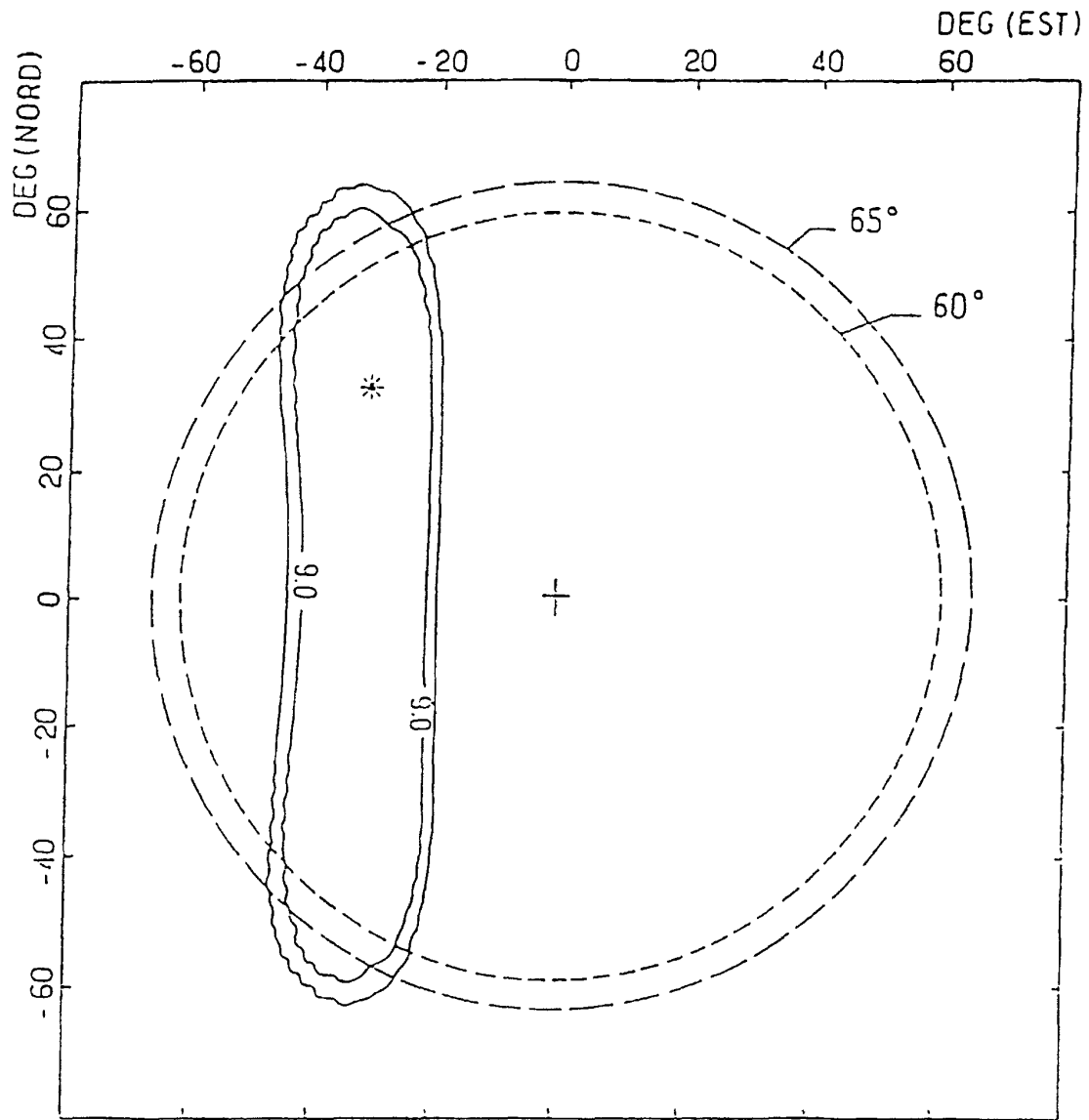


FIG. 5

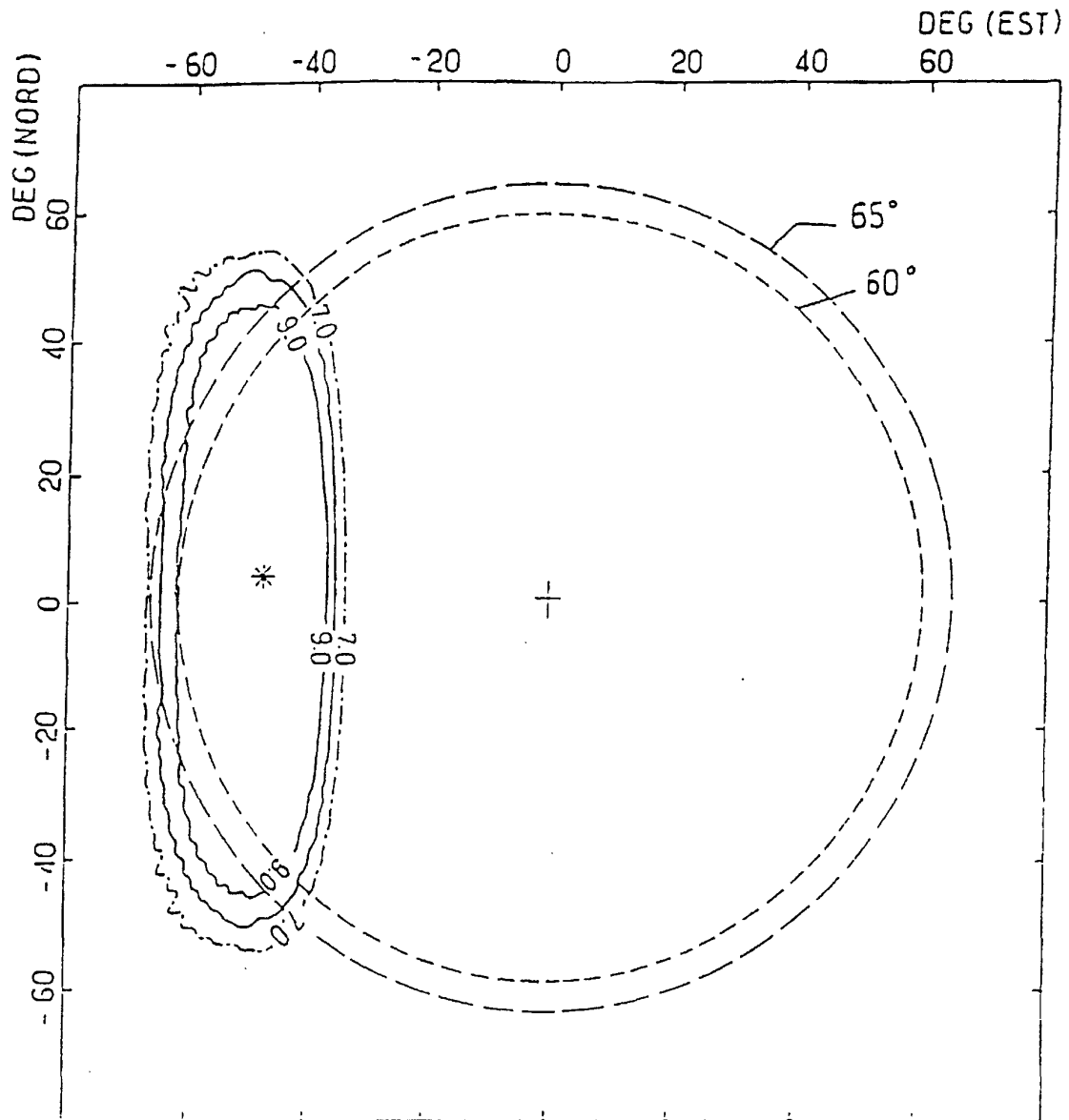


FIG. 6