

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 13005

(54) Procédé et dispositif d'imagerie rapide en micro-onde.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). G 03 X; A 61 B 6/00; G 01 N 22/00.

(22) Date de dépôt..... 2 juillet 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 1 du 7-1-1983.

(71) Déposant : CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS), établissement
public et SOCIETE D'ETUDE DU RADANT (SARL), résidant en France.

(72) Invention de : Jean-Charles Bolomey et Yves Michel.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : François Lerner,
5, rue Jules-Lefebvre, 75009 Paris.

La présente invention a pour objet un procédé et un dispositif d'imagerie rapide en microonde.

Des travaux récents se sont orientés vers l'obtention d'images d'objets illuminés par des ondes hyperfréquence. Des
5 approches ont notamment été faites dans le domaine biomédical. Si l'on soumet un organe à un rayonnement hyperfréquence, il est possible d'en obtenir une "image" si l'on déplace derrière l'organe à scruter une sonde qui analyse l'onde reçue transmise ou "diffractée" par l'organe.

10 Le procédé n'a actuellement pas pu déboucher sur des applications effectives et pratiques, et cela pour les difficultés suivantes.

1°- Les énergies mesurées ponctuellement par la sonde que l'on déplace derrière l'objet sont extrêmement faibles, ce
15 qui conduit à une mauvaise qualité de l'image compte tenu du niveau de "bruit" important.

2°- Si l'on veut obtenir une image de définition relativement satisfaisante, il faut effectuer un très grand nombre de mesures ponctuelles. Outre que ceci entraîne la difficulté
20 ci-dessus mentionnée en 1°-, cela entraîne également une durée de mesure beaucoup trop grande pouvant dépasser largement une heure, ce qui pratiquement n'est pas réalisable et présente d'autre part des contre-indications médicales.

3°- Si l'on tente de résoudre les difficultés susmen-
25 tionnées en multipliant le nombre de sondes de mesure, la conception de l'appareil devient rapidement très coûteuse et soulève de nombreux problèmes techniques.

L'invention propose un procédé et un dispositif qui permettent de résoudre les difficultés susmentionnées et de
30 fournir simultanément de bonnes images microonde d'objets, l'invention trouvant son application tout particulièrement dans le domaine biomédical et pouvant être également appliquée à l'industrie.

Le procédé d'imagerie rapide en microonde utilisant
35 des ondes hyperfréquence émises par une antenne en direction d'un corps à scruter se caractérise selon l'invention en ce qu'on place dans l'ordre successif suivant :

- une antenne émettrice hyperfréquence,
- le corps à scruter,
- 40 - un bloc collecteur collectant les ondes reçues après

traversée dudit corps, ledit bloc permettant un échantillonnage de l'onde transmise avec un pas de largeur inférieure à la longueur d'onde utilisée.

Le dispositif objet de l'invention se caractérise quant à lui en ce qu'il comprend :

- une antenne d'émission hyperfréquence,
- un bloc collecteur situé à une certaine distance de l'antenne, collectant les ondes reçues de l'antenne, l'espace compris entre l'antenne et ledit bloc permettant d'y placer le corps à scruter, ledit bloc comportant :
 - un panneau, en soi connu, constitué de fils continus et de fils chargés de diodes disposés parallèlement et en alternance les uns à la suite des autres parallèlement à la composante que l'on veut mesurer du vecteur \vec{E} de l'onde émise, à une distance inférieure à la longueur d'onde utilisée, ledit panneau comportant des moyens permettant de bloquer (ou de polariser en inverse) tous les fils diodes sauf l'un d'eux séquentiellement variable en position,
 - un empilage de guides d'ondes formant lentilles de convergence, placé à faible distance derrière ledit panneau, lesdits guides étant espacés d'un pas inférieur à la longueur d'onde,
 - des moyens pour recueillir séparément les signaux reçus au niveau de chaque guide d'ondes.

L'invention et sa mise en oeuvre apparaîtront plus clairement à l'aide de la description qui va suivre, faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique du principe général d'imagerie microonde connu selon l'art antérieur,
- la figure 2 est un schéma montrant plus précisément comment est construite selon l'invention l'image microonde d'un organe,
- la figure 3 montre schématiquement en vue perspective et éclatée comment peut être réalisé un bloc collecteur conformément à l'invention,
- la figure 4 montre à plus petite échelle et schématiquement comment est utilisé le bloc collecteur entrant dans le dispositif d'imagerie de l'invention.

On se reportera tout d'abord à la figure 1 dans laquelle on a illustré le principe général que divers travaux ont tenté

de mettre en oeuvre selon l'art antérieur.

Une antenne A hyperfréquence émet à partir d'un émetteur E en direction d'un organe O que l'on veut scruter. Derrière l'organe O, on déplace une sonde S qui est reliée à un récepteur

5 R.

Lorsqu'on procède de la sorte, la mesure est beaucoup trop lente, nécessitant plusieurs heures.

On se reportera maintenant à la figure 2 décrivant le principe de mise en oeuvre de l'invention.

10 Le corps O à scruter est placé devant une antenne A alimentée par son émetteur E. Des ondes qui traversent l'organe O tombent sur un bloc collecteur RC dont l'organisation et le fonctionnement seront décrits plus loin en faisant référence aux figures 3 et 4.

15 On se reportera maintenant à la figure 3 dans laquelle on décrit une réalisation du bloc collecteur RC. Ce bloc est essentiellement composé de deux parties, à savoir un panneau 1 formant "la rétine" du dispositif, et un empilage de guides d'ondes 2 formant collecteur.

20 Le panneau 1 est d'un type en soi connu, tel que décrit au brevet français 69 35239 du 15 octobre 1969 ayant pour titre "Nouveaux panneaux diélectriques". Ce panneau comprend, tendus sur une plaque diélectrique support 3 parallèlement à la composante du vecteur champ électrique E utilisée pour la mesure, un réseau de
25 fils électriques continus 4 ou chargés de diodes 5. Pour ne pas surcharger la figure 3, et comme il s'agit en outre d'un panneau connu, on n'a représenté que deux fils continus 4 et deux fils-diodes 5 dont on n'a montré que quelques diodes. Les fils-diodes peuvent être alimentés comme décrit au brevet susmentionné de fa-
30 çon que toutes les diodes d'un fil soient passantes ou au contraire soient bloquées. Si l'on respecte des espacements convenables \underline{d} et P entre fils adjacents successifs continus et fils-diodes, et si l'on respecte un certain espacement des diodes \underline{p} sur les fils, les ondes reçues sur ce panneau le traversent sans perte ni
35 déformation si les diodes sont bloquées (ou polarisées en inverse) ou réfléchissent l'onde reçue si les diodes sont passantes (ou polarisées en direct). Les grandeurs des valeurs P, \underline{p} et \underline{d} sont fonction essentiellement de la longueur d'onde d'émission, des caractéristiques de construction du panneau et des capa-

cités des diodes. Par exemple, si l'on travaille à une fréquence de 3 GHz, ce qui correspond dans l'eau à une longueur d'onde d'environ 11 millimètres, des résultats satisfaisants sont obtenus en choisissant $p = 2,5$ mm (soit sensiblement $\lambda/4$), $P = 2d = 5$ mm (soit sensiblement $\lambda/2$) avec des diodes de type PIN ayant des capacités de l'ordre de 0,4 pf.

Derrière la rétine 1, on dispose un empilage de guides d'ondes 2 dont le petit côté a est parallèle aux fils 4, 5 et au vecteur \vec{E} , et dont le grand côté L est orthogonal auxdits 10 fils 4, 5. En fonctionnement, le panneau 1 est plaqué contre la face d'entrée 6 de l'empilage 2 formant collecteur. Le côté a de chaque guide est avantageusement égal au pas p d'espacement des diodes, soit dans l'exemple ci-dessus mentionné $a = 2,5$ mm.

Le profil de chaque guide d'ondes est déterminé pour 15 obtenir en régime d'émission une loi d'illumination donnée dans leur ouverture. Un profil exponentiel, par exemple, permet d'obtenir une loi d'illumination uniforme tant en amplitude qu'en déphasage, simulant un effet de lentille. Les guides sont adaptés en fonction du milieu de rayonnement 7 (voir figure 2) qui sera 20 habituellement de l'eau si les applications sont du domaine biomédical. L'adaptation pourra se faire en introduisant dans l'ouverture du guide une lame diélectrique d'épaisseur convenable.

Le dispositif sera utilisé de la façon suivante.

25 On polarise en inverse tous les fils-diodes sauf l'un d'eux. On isole ainsi, comme schématisé à la figure 4, une tranche de la rétine 1 parallèle au vecteur champ électrique \vec{E} formant une fenêtre 8 d'opacité entre les deux fils continus 4 qui entourent le seul fil-diode 5 polarisé en direct. Le collecteur 2 30 perçoit donc au niveau de chaque guide d'ondes dont il est constitué une modification du signal correspondant au champ dans cette fenêtre. Chaque guide peut être relié à un récepteur séparé, ce qui permet d'analyser les caractéristiques du signal correspondant à chaque petit secteur rectangulaire d'intersection de la fenêtre 35 8 de rang i et du guide d'ondes de rang j . En variante, comme illustré à la figure 2, un seul récepteur R peut être prévu pour la réception de tous les signaux provenant des guides d'ondes empilés, un multiplexeur Mu étant interposé et assurant la lecture successive des signaux dans chaque guide de l'empilage (1-m).

Pour améliorer la lecture du signal, la commutation directe-inverse du fil-diode 5 de la fenêtre 8 "opaque" est modulé par un modulateur Mo. Le multiplexeur Mu' assure l'adressage successif des diverses fenêtres 8 de la première à la dernière (1-n).

Dans une réalisation, on a utilisé un empilage de trente deux guides d'ondes et une juxtaposition de trente deux fenêtres telles que 8, permettant ainsi de créer une image constituée de mille vingt quatre points. Si l'on utilise un multiplexeur tel que Mu associé au récepteur R, on peut obtenir une image dans un temps voisin de une seconde. Evidemment, si l'on utilise trente deux récepteurs, à savoir un pour chaque guide, l'image peut être obtenue en moins d'un trentième de seconde.

REVENDECATIONS

1. Dispositif d'imagerie rapide en microonde utilisant des ondes hyperfréquence émises par une antenne en direction d'un corps à scruter, caractérisé en ce qu'il comprend :

- une antenne d'émission A hyperfréquence,
- 5 - un bloc collecteur RC situé à une certaine distance de l'antenne, collectant les ondes reçues de l'antenne, l'espace compris entre l'antenne et ledit bloc permettant d'y placer le corps à scruter, ledit bloc comportant :
 - un panneau 1 en soi connu constitué de fils continus 4 et de fils 5 chargés de diodes disposés parallèlement et en alternance les uns à la suite des autres, parallèlement à la composante que l'on veut mesurer du vecteur \vec{E} de l'onde émise, à une distance inférieure à la longueur d'onde utilisée, ledit panneau comportant des moyens permettant de bloquer (ou polariser en inverse) tous les fils-diodes sauf l'un d'eux séquentiellement variable en position,
 - un empilage de guides d'ondes 2 formant lentilles de convergence placé à faible distance derrière ledit panneau 1, lesdits guides étant espacés d'un pas inférieur à la longueur d'onde utilisée,
 - 20 - des moyens R pour recueillir séparément les signaux reçus au niveau de chaque guide d'onde.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les fils-diodes 5 sont alimentés électriquement à travers un modulateur Mo par l'intermédiaire d'un multiplexeur Mu'.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisé en ce que le pas P compris entre deux fils continus est voisin de la demi-longueur d'onde.

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le pas p entre guides est voisin du quart de la longueur d'onde.

5. Procédé d'utilisation d'un dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'on effectue un balayage de la rétine 1 en polarisant en direct un seul fil-diode 5 et en recueillant ensuite séparément et/ou successivement dans chaque guide d'ondes 1 à m le signal d'image correspondant au tronçon dudit fil situé en regard, puis en recommençant l'opération avec un nouveau fil-diode jusqu'à utilisation de tous les fils-diodes 1 à n dudit panneau.

6. Procédé d'utilisation d'un dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'on baigne l'antenne A, le corps O à scruter et le bloc collecteur images RC dans un même milieu d'ambiance 7 ayant un coefficient diélectrique 5 aussi proche que possible dudit corps à scruter.

1/2

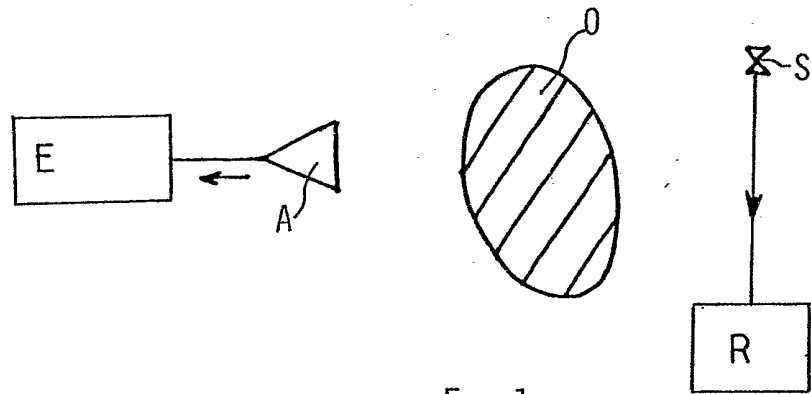


FIG. 1

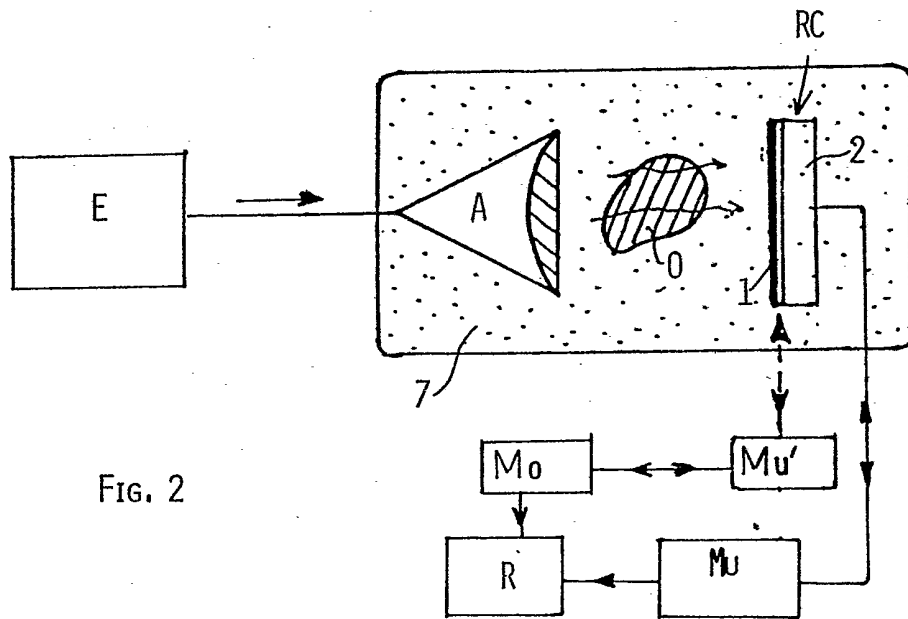


FIG. 2

