



(12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication : **MA 38891 B1** (51) Cl. internationale : **G01N 22/00**

(43) Date de publication :
29.06.2018

(21) N° Dépôt :
38891

(22) Date de Dépôt :
07.03.2016

(71) Demandeur(s) :
UNIVERSITE MOHAMMED V DE RABAT, Angle avenue Allal El Fassi et Mfadel Cherkoui, Alirfane 8007.N.U, Rabat Rabat-Chellah (MA)

(72) Inventeur(s) :
Ammor hassan ; Elmajid Hassan ; Terhzaz jaouad

(74) Mandataire :
ZAOUI FATIMA

(54) Titre : **Développement d'une méthode originale de caractérisation diélectrique et magnétique des matériaux diélectriques pour les applications en microonde**

(57) Abrégé : L'invention concerne un dispositif de mesure des paramètres S d'un guide d'onde rectangulaire WR62 chargé par un échantillon diélectrique en bande Ku. Une nouvelle méthode est développée basée sur l'utilisation d'une matrice de transmission (ABCD) combiné avec un algorithme d'optimisation pour déterminer la permittivité complexe et la perméabilité complexe des matériaux diélectriques en bande Ku. Les paramètres S du guide d'onde rectangulaire chargé par un échantillon de matériau usiné d'une manière précise sont mesurés par l'analyseur de réseaux E8634A. Les paramètres S sont calculés en fonction de la permittivité complexe et de la perméabilité complexe, en se basant sur de la matrice de transmission (ABCD). L'utilisation de l'algorithme d'optimisation non linéaire basé la méthode Nelder-Mead en utilisant la fonction d'optimisation Fminsearch implémentée sur MATLAB a pour but de minimiser les erreurs entre les paramètres S mesurés et ceux calculés. La méthode présentée vise à caractériser des matériaux diélectriques afin de déterminer avec précision la permittivité diélectrique complexe et la perméabilité magnétique complexe d'un tel matériau sur une large gamme de fréquences pour des applications en microonde.

ABREGE DU CONTENU TECHNIQUE DE L'INVENTION

L'invention concerne un dispositif de mesure des paramètres S d'un guide d'onde rectangulaire WR62 chargé par un échantillon diélectrique en bande Ku.

Une nouvelle méthode est développée basée sur l'utilisation d'une matrice de transmission (ABCD) combiné avec un algorithme d'optimisation pour déterminer la permittivité complexe et la perméabilité complexe des matériaux diélectriques en bande Ku.

Les paramètres S du guide d'onde rectangulaire chargé par un échantillon de matériau usiné d'une manière précise sont mesurés par l'analyseur de réseaux E8634A.

Les paramètres S sont calculés en fonction de la permittivité complexe et de la perméabilité complexe, en se basant sur de la matrice de transmission (ABCD).

L'utilisation de l'algorithme d'optimisation non linéaire basé la méthode Nelder-Mead en utilisant la fonction d'optimisation Fminsearch implémentée sur MATLAB a pour but de minimiser les erreurs entre les paramètres S mesurés et ceux calculés.

La méthode présentée vise à caractériser des matériaux diélectriques afin de déterminer avec précision la permittivité diélectrique complexe et la perméabilité magnétique complexe d'un tel matériau sur une large gamme de fréquences pour des applications en microonde.

Titre : Développement d'une méthode originale de caractérisation diélectrique et magnétique des matériaux diélectriques pour les applications en microonde

DESCRIPTION DE L'INVENTION

La présente invention concerne la réalisation d'un dispositif de mesure qui permet de mesurer des paramètres S_{ij} en bande Ku pour déterminer les propriétés diélectriques et magnétiques des matériaux par une méthode originale que nous avons développée. Cette méthode est basée sur la matrice de transmission ABCD qui permet d'analyser les discontinuités créées par échantillons de matériau placé dans un guide d'onde rectangulaire afin de calculer les paramètres S_{ij} au plan de référence. Pour déterminer la permittivité complexe et la perméabilité complexe des matériaux diélectriques, la matrice ABCD est combinée avec une méthode d'optimisation itérative, qui cherche à minimiser l'erreur entre les paramètres S_{ij} calculés et S_{ij} mesurés à l'aide de l'analyseur de réseaux E8634A. La méthode développée a des avantages tels que la rapidité, les valeurs des permittivités diélectriques et des perméabilités magnétiques sont plus exactes et la convergence des calculs est meilleure.

La permittivité complexe et la perméabilité complexe sont des propriétés essentielles des matériaux donc leurs déterminations sont très importantes pour les applications industrielles en microonde.

Diverses techniques de micro-ondes, chacune ayant ses avantages et ses inconvénients sont introduites pour déterminer les propriétés électriques des matériaux. Il s'agit notamment des techniques résonateurs de cavité et les techniques de la ligne de transmission ou de guide d'onde. Les méthodes d'espace libre sont utilisées lorsque le matériel est disponible sous une grande forme. La technique de mesure de la cavité de résonance est plus précise, mais l'inconvénient de cette technique est qu'elle est à bande étroite.

La présente invention a pour but de remédier ces inconvénients en déterminant la permittivité complexe et la perméabilité complexe d'un matériau sur une large bande de fréquences, en utilisant un guide d'onde rectangulaire en bande Ku.

L'idée originale était de réaliser un dispositif de mesure des paramètres S_{ij} d'une cellule de mesure sous forme d'un guide d'onde rectangulaire en bande Ku chargé par un matériau diélectrique.

La présente invention est de développer une nouvelle technique afin de déterminer la permittivité complexe et la perméabilité complexe d'un matériau placé dans un guide d'onde rectangulaire en transmission/réflexion. Cette technique est basée sur l'utilisation de la méthode de matrice de transmission (ABCD) combinée avec une fonction d'optimisation sur MATLAB.

L'invention vise à mesurer avec précision la permittivité diélectrique et la perméabilité magnétique complexes d'un tel matériau sur une large gamme de fréquences.

Le principe de la méthode est basé sur le calcul des paramètres de la matrice de transmission ABCD de guide d'onde rectangulaire chargé par un échantillon diélectrique présenté dans la figure 2.

La théorie des équations différentielles nous a permis de déterminer les variations en z de la tension et du courant le long d'une ligne de transmission (figure1), donc la forme générale des équations du courant et de tension pour une ligne de transmission est écrite comme suit :

$$V(z) = V_+ e^{-\gamma z} + V_- e^{+\gamma z} \quad (1)$$

$$I(z) = Y(V_+ e^{-\gamma z} - V_- e^{+\gamma z}) \quad (2)$$

Considérons donc maintenant un tronçon de ligne de longueur L (figure 1). Conformément à l'usage le plus répandu, on fait coïncider l'origine de l'axe des abscisses, avec l'extrémité émettrice de la ligne. Le tronçon de ligne peut donc être considéré comme un quadripôle; les conventions de signe utilisées pour les tensions et les courants aux deux accès sont celles classiques en théorie des circuits de Kirchhoff. En appliquant les conditions aux limites d'où les relations dans l'équation (1) et (2) sont satisfaites aux deux accès.

Accès 1 :

$$V_1 = V(0) = V_+ + V_- \quad (3)$$

$$I_1 = I(0) = Y(V_+ - V_-) \quad (4)$$

Accès 2 :

$$V_2 = V(L) = V_+ e^{-\gamma L} + V_- e^{+\gamma L} \quad (5)$$

$$I_2 = I(L) = -Y(V_+ e^{-\gamma L} - V_- e^{+\gamma L}) \quad (6)$$

Notre objectif est d'obtenir une vision quadripolaire du tronçon de ligne de longueur (L). Les équations (3), (4), (5) et (6) font intervenir deux paramètres V_+ et V_- .

Pour définir la matrice de transmission, nous devons exprimer (V_1, I_1) en fonction de ($V_2, -I_2$).

La résolution des équations (5) et (6) permet d'obtenir les relations suivantes:

$$V_+ = \frac{1}{2}(V_2 - Z I_2) e^{+\gamma L} \quad (7)$$

$$V_- = \frac{1}{2}(V_2 + Z I_2) e^{-\gamma L} \quad (8)$$

Utilisant les relations précédentes (7) et (8), dans (3) et (4), ces relations se modifient de la façon suivante:

$$V_1 = V_+ + V_- = \frac{1}{2}(V_2 - Z I_2) e^{+\gamma L} + \frac{1}{2}(V_2 + Z I_2) e^{-\gamma L}$$

Soit :

$$V_1 = \frac{e^{+\gamma L} + e^{-\gamma L}}{2} V_2 + Z \frac{e^{+\gamma L} - e^{-\gamma L}}{2} (-I_2) \quad (9)$$

$$I_1 = Y(V_+ - V_-) = \frac{1}{2}(V_2 - Z I_2) e^{+\gamma L} - \frac{1}{2}(V_2 + Z I_2) e^{-\gamma L}$$

Soit :

$$I_1 = Y \frac{e^{+\gamma L} - e^{-\gamma L}}{2} V_2 + \frac{e^{+\gamma L} + e^{-\gamma L}}{2} (-I_2) \quad (10)$$

Avec le formalisme matriciel, les vecteurs colonnes et en utilisant les relations de définition des fonctions hyperboliques, les relations (9) et (10) peuvent se mettre sous la forme:

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cosh(\gamma L) & Z \sinh(\gamma L) \\ \sinh(\gamma L) / Z & \cosh(\gamma L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_2 \\ -I_2 \end{bmatrix} \quad (11)$$

La matrice (2 × 2) définie par la relation (11) est la matrice de transmission (ABCD) du tronçon de ligne de longueur L.

Le déterminant de cette matrice: $\Delta = \cosh^2(\gamma L) - \sinh^2(\gamma L) = 1$ indiquant que le quadripôle (longueur de ligne de transmission) est réciproque.

En supposant que seul le mode TE₁₀ dominant se propage dans le guide d'onde chargé (figure 2), la formulation des Paramètres S peut être exprimée en termes d'épaisseur de matériau d'échantillon (L) et la permittivité ϵ_r inconnue et la perméabilité μ_r inconnue en utilisant la matrice de transmission ABCD comme suit :

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cosh(\gamma L) & Z \sinh(\gamma L) \\ \sinh(\gamma L) / Z & \cosh(\gamma L) \end{bmatrix} \quad (12)$$

Où γ , Z and Z_0 sont respectivement la constante de propagation, l'impédance d'onde de matériau et l'impédance de guide d'onde dans le vide sont exprimés comme:

$$\gamma = \sqrt{\left(\frac{\pi}{a}\right)^2 - \omega^2 \mu_r^* \epsilon_r^*} \quad (13)$$

$$Z = \frac{j\omega\mu}{\gamma} \quad (14)$$

$$Z_0 = \frac{j\omega\mu_0}{\gamma_0} \quad (15)$$

Avec (a) est la dimension appropriée (maximum) de section transversale du guide d'onde, (ϵ_r^*) et (μ_r^*) sont respectivement la permittivité relative complexe et perméabilité relative complexe du matériau et ω est la pulsation.

Les paramètres ABCD peuvent être directement convertis en paramètres S en utilisant les équations suivantes:

$$S_{11} = \left(\frac{A+B/Z_0-CZ_0-D}{X} \right) \quad (16)$$

$$S_{12} = \left(\frac{2(AD-CB)}{X} \right) \quad (17)$$

$$S_{21} = \left(\frac{2}{X} \right) \quad (18)$$

$$S_{22} = \left(\frac{-A+B/Z_0-CZ_0+D}{X} \right) \quad (19)$$

$$X = (A + B/Z_0 + CZ_0 + D) \quad (20)$$

La complexité des relations liant les paramètres S_{ij} à la permittivité complexe et perméabilité complexe ne permet pas une détermination analytique de ces dernières. Il est donc nécessaire de mettre en œuvre une méthode numérique itérative pour déterminer la permittivité complexe et perméabilité complexe. Dans cette invention, nous proposons de combiner une technique d'optimisation implémentée sur MATLAB sous nom de « Fminsearch », qui est basée sur la méthode de Nelder-Mead. C'est une méthode numérique heuristique qui cherche à minimiser une fonction continue dans un espace à plusieurs dimensions.

La technique d'optimisation Fminsearch cherche le minimum d'une fonction scalaire de plusieurs variables à partir d'une estimation initiale de la permittivité complexe ($\epsilon_r'=1.6$, $\epsilon_r''=0.001$) et de la perméabilité complexe ($\mu_r'=0.6$, $\mu_r''=0.001$) avec des paramètres d'optimisation en utilisant un nombre maximal d'évaluations de la fonction = 1000, et la tolérance de terminaison sur la valeur de la fonction = 10^{-08} , afin de déterminer avec précision la permittivité complexe et la perméabilité complexe d'un matériau diélectrique en minimisant l'erreur entre les paramètres S_{ij}^m mesurés et S_{ij}^c calculés. La fonction d'erreur que nous voulons minimiser est écrite comme suit:

$$F(\epsilon_r', \epsilon_r'', \mu_r', \mu_r'') = \sum_{i,j=1,2} ((\text{Rél}(S_{ij}^c - S_{ij}^m))^2 + (\text{Imag}(S_{ij}^c - S_{ij}^m))^2) \quad (21)$$

Avec $S_{ij} = S_{ij}(\epsilon_r', \epsilon_r'', \mu_r', \mu_r'')$

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés ci-après à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux figures annexées sur lesquelles :

- La figure 1 illustre un tronçon de ligne de transmission.
- La figure 2 illustre un guide d'onde rectangulaire chargé par un échantillon diélectrique
- La figure 3 dispositif de mesure en transmission/réflexion.
 - (a) Vue détaillée du dispositif de mesure en transmission/réflexion
 - (b) Photographie du dispositif de mesure en transmission/réflexion
- La figure 4 représente un guide d'onde rectangulaire en bande Ku lié par des connecteurs SMA à l'analyseur de réseaux.
- La figure 5 représente les paramètres S mesurés et calculés du Téflon.
- La figure 6 représente l'évolution de la partie réelle de la permittivité complexe des matériaux en bande Ku.
- La figure 7 représente l'évolution de la partie imaginaire de la permittivité complexe des matériaux en bande Ku.
- La figure 8 représente l'évolution de la partie réelle de la perméabilité complexe des matériaux en bande Ku.
- La figure 9 représente l'évolution de la partie imaginaire de la perméabilité complexe des matériaux en bande Ku.
- Tableau 1 montre la moyenne de la Permittivité relative complexe et le pourcentage moyen d'erreur sur les parties réelles et imaginaires de la permittivité relative complexe en bande Ku.

- Tableau 2 montre la moyenne de la Perméabilité relative complexe et le pourcentage moyen d'erreur sur les parties réelles et imaginaires de la perméabilité relative complexe en bande Ku.

En référence à la figure 4, La mesure des paramètres S de la cellule de mesure est réalisée à l'aide du dispositif de mesure représenté sur cette figure. La cellule de mesure est un tronçon de guide d'onde rectangulaire en bande Ku [12-18] GHz avec les dimensions ($a=15.8\text{mm}$, $b=7.9\text{mm}$ et $L=6.7\text{mm}$). Ce tronçon de guide d'onde est le porte-échantillon du matériau à caractériser. Deux autres guides d'onde de longueur 12cm permettent d'éloigner les transitions coaxiales-guides de la cellule de mesure pour assurer la propagation que de mode TE_{10} .

La figure 5 représente les paramètres S calculés et mesurés d'un guide d'onde rectangulaire chargé par un échantillon de Téflon ($\epsilon_r'=2.08$, $\epsilon_r''=0.002$) et ($\mu_r'=1.00$, $\mu_r''=0.001$), les paramètres S sont calculés en utilisant la méthode présentée et l'autre mesurés à l'aide de l'analyseur de réseaux E8634A. Nous constatons à partir de ces résultats qu'il ya un bon accord entre les paramètres S calculés et mesurés.

Les figures 6 et 7 illustrent la variation de la permittivité complexe sur la bande Ku. Nous remarquons que la partie réelle (ϵ_r') est très stable sur la gamme de fréquence et à proximité de la valeur moyenne citée dans la littérature (tableau 1).

Les figures 8 et 9 représentent la variation de la perméabilité complexe sur la bande Ku. D'après les résultats obtenus nous constatons que la partie réelle (μ_r') est très stable sur la gamme de fréquence et à proximité de la valeur moyenne citée dans la littérature (tableau 2).

Les résultats obtenus dans les figures 6, 7, 8 et 9 indiquent que la méthode proposée dans ce brevet a une très bonne performance pour l'extraction de la permittivité complexe et la perméabilité complexe.

Le tableau 1 montre que l'erreur dans la partie réelle de la permittivité relative complexe est faible (moins de 0,8 %), mais dans la partie imaginaire peut être importante (à moins de 7,25%) pour les matériaux proposés.

Le tableau 2 montre que l'erreur dans la partie réelle de la perméabilité relative complexe peut être (à moins de 3,18%) ce qui explique la performance de la méthode développée.

REVENDICATIONS

1. Un système pour mesurer les propriétés diélectriques et magnétiques des matériaux solides dans un guide d'onde rectangulaire dans la bande Ku [12-18 GHz] caractérisé en ce qu'il :
 - a- Permet le calcul de la permittivité diélectrique complexe du matériau solide
 - b- Permet le calcul de la perméabilité magnétique complexe du matériau solide
2. Une cellule de mesure réalisée pour appliquer une méthode et déterminer la permittivité complexe et la perméabilité complexe des matériaux dans la bande Ku caractérisé en ce qu'elle présente : une forme d'un guide d'onde rectangulaire de dimensions ($a=15.8\text{mm}$, $b=7.9\text{mm}$ et $L=6.7\text{mm}$).
3. La méthode développée permet de calculer les coefficients de réflexion et de transmission S_{ij} dans la bande Ku pour déterminer lesdites propriétés diélectriques et magnétiques des matériaux dans un guide d'onde rectangulaire caractérisée en ce qu'elle présente :
 - a- Une analyse des discontinuités crée par un matériau pour calculer les paramètres S_{ij} au plan de référence.
 - b- Une combinaison entre la méthode basée sur la matrice de transmission (ABCD) et une technique d'optimisation itérative pour minimiser les erreurs entre les paramètres S calculés et ceux mesurés par l'analyseur de réseaux vectoriel.
 - c- La technique d'optimisation caractérisée par une fonction $F_{\text{minsearch}}$ pour assurer la convergence des valeurs réelles des permittivités et des perméabilités des matériaux.
4. La cellule selon la revendication 2 caractérisée par deux transitions coaxiales-guides assurent le passage du mode de propagation TEM au mode de propagation TE_{10} (Transverse Electrique : guide rectangulaire).
5. La cellule selon la revendication 4, caractérisée en ce que les deux transitions sont connectées par l'intermédiaire d'un câble coaxial à un analyseur de réseaux vectoriel afin de mesurer les coefficients de transmissions et de réflexions de guide d'onde rectangulaire rempli par un matériau.
6. La cellule selon les revendications 2, 4 et 5, permet de caractériser un échantillon de matériau usiné d'une manière précise afin de minimiser l'effet de l'interstice entre les parois conductrices et le matériau.
7. Selon les revendications 2 et 3, la méthode développée et la cellule réalisée ont des avantages tels que : les valeurs des permittivités diélectriques et des perméabilités magnétiques sont exactes.

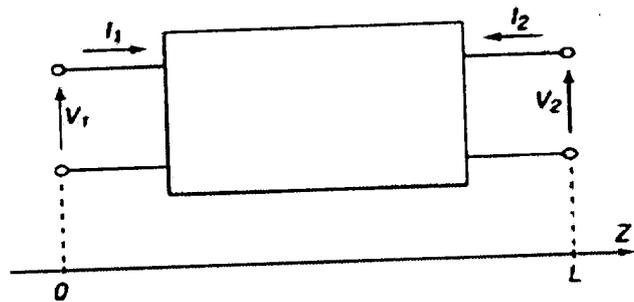


Figure 1

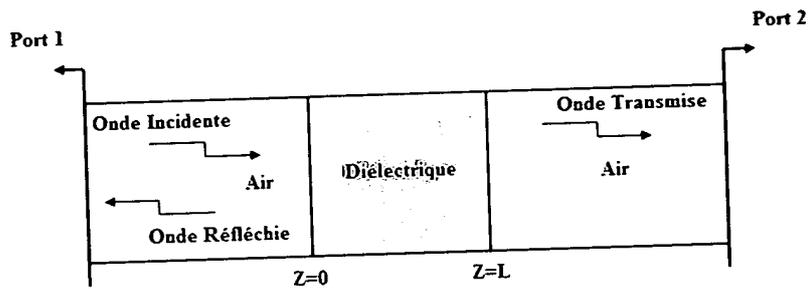
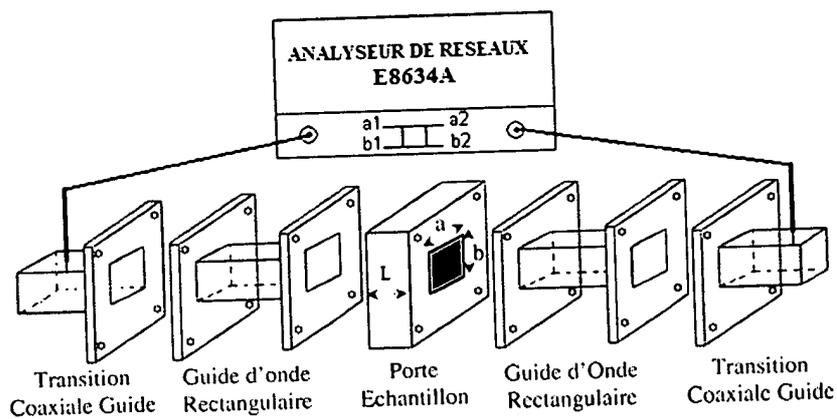


Figure 2



($a=15.8\text{mm}$, $b=7.9\text{mm}$ et $L=6.7\text{mm}$)

Figure 3(a)

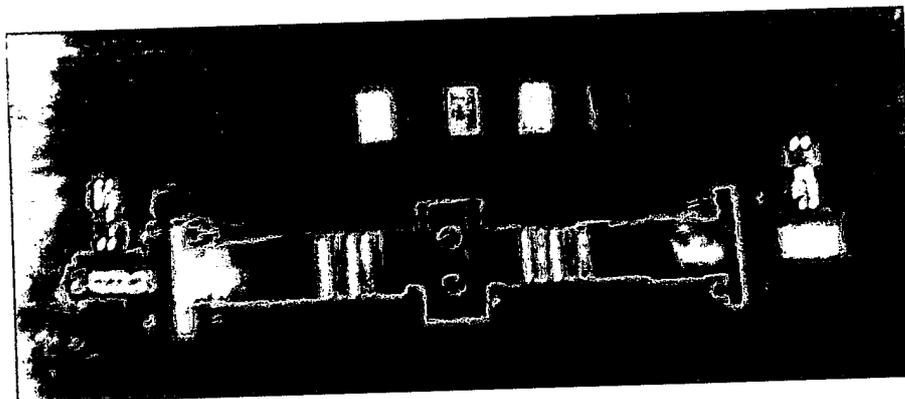


Figure 3(b)

Figure 3

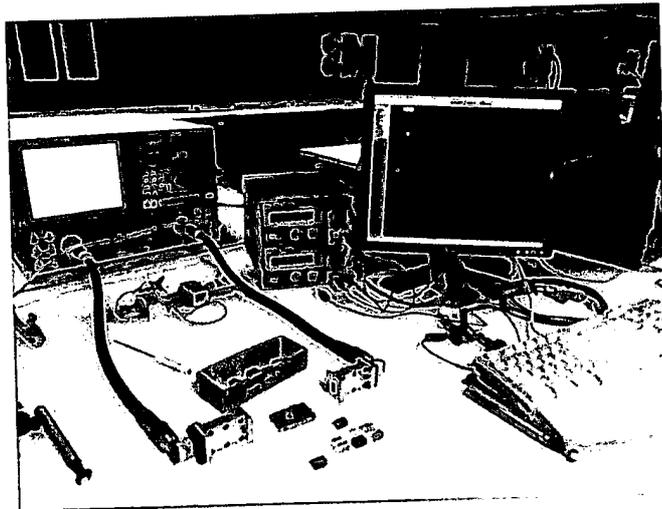


Figure 4

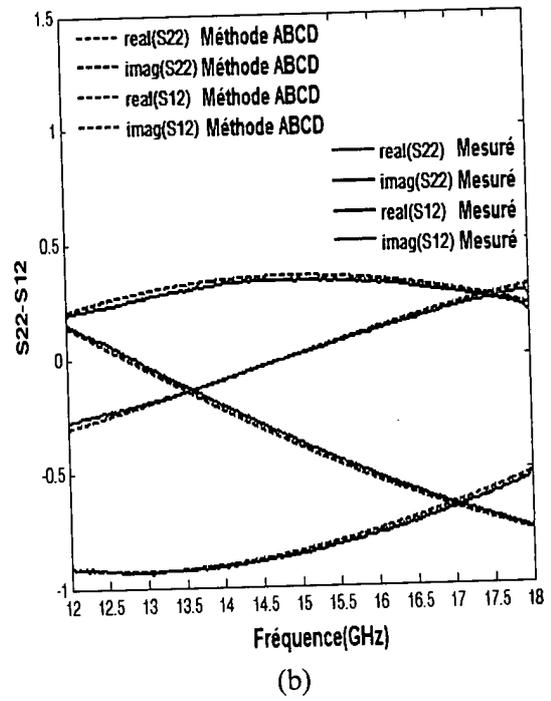
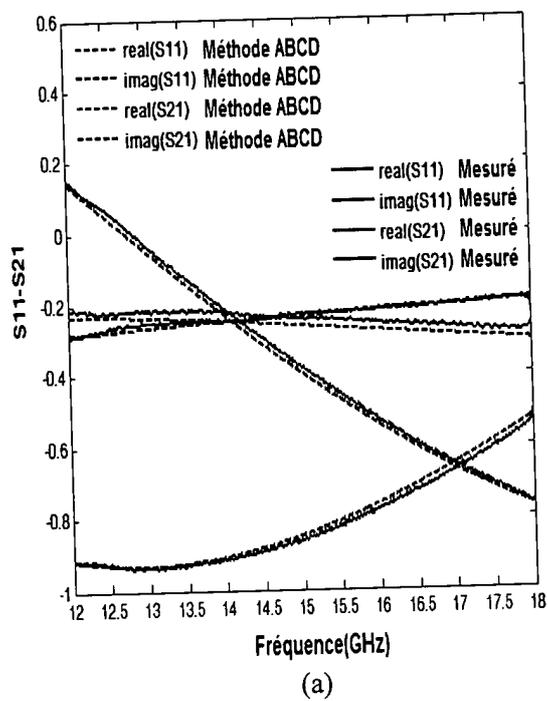


Figure 5

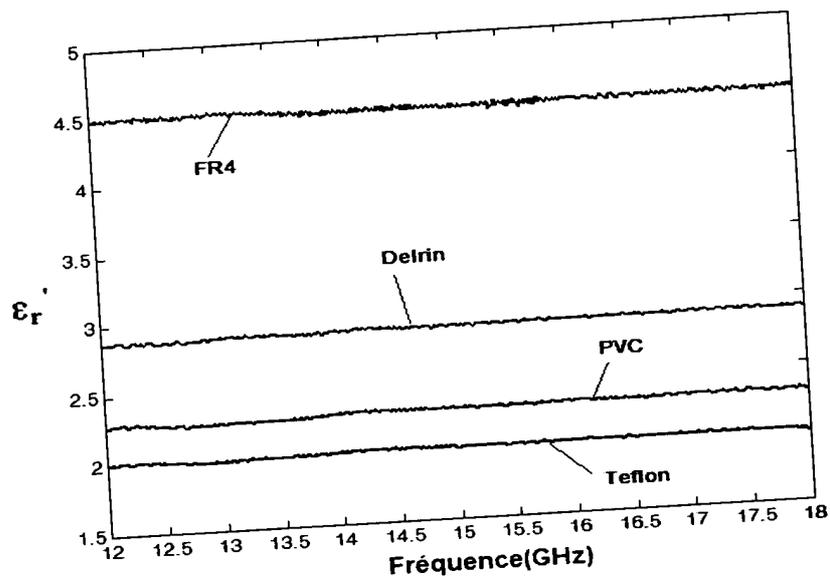


Figure 6

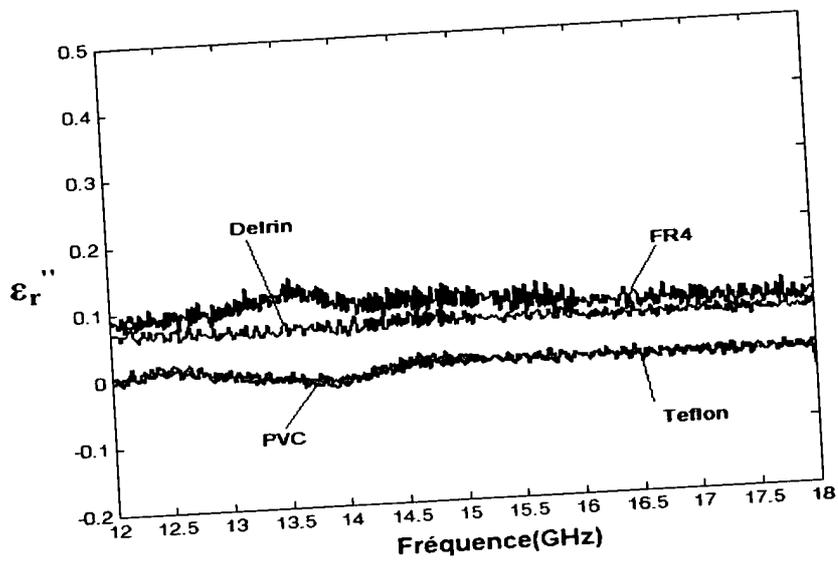


Figure 7

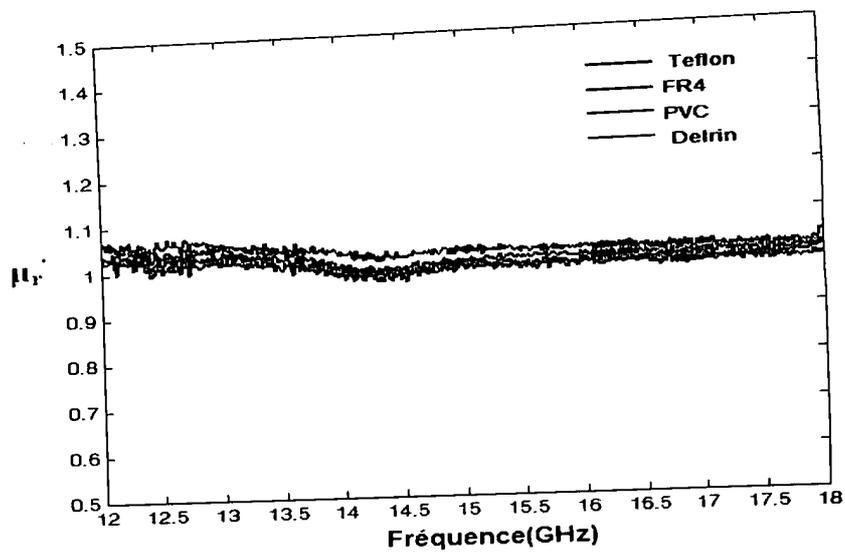


Figure 8

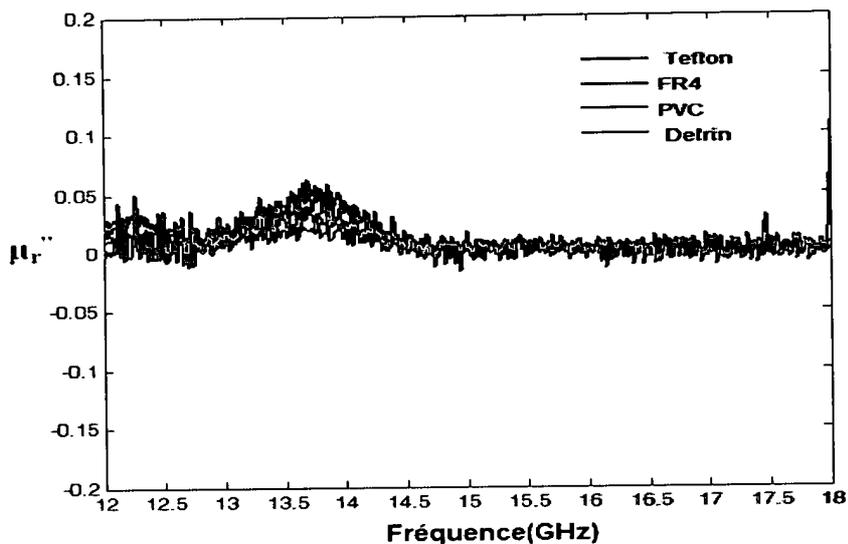


Figure 9

Tableau 1

| Matériaux | $\langle \epsilon_r^* \rangle$ | | $\langle \% \text{Erreur } \epsilon_r' \rangle$ | $\langle \% \text{Erreur } \epsilon_r'' \rangle$ |
|-----------|--------------------------------|------------------|---|--|
| | Méthode développé | littérature | | |
| Téflon | 2.0108 - j0.0029 | 2.0581 - j0.0034 | ≤ 0.8 | ≤ 7.45 |
| Delrin | 2.8875 - j0.0666 | 2.8684 - j0.0604 | | |
| PVC | 2.2895 - j0.0027 | 2.2936 - j0.0034 | | |
| FR4 | 4.4835 - j0.0945 | 4.3467 - j0.0823 | | |

Tableau 2

| Matériaux | $\langle \mu_r^* \rangle$ | | $\langle \% \text{Erreur } \mu_r' \rangle$ | $\langle \% \text{Erreur } \mu_r'' \rangle$ |
|-----------|---------------------------|------------------|--|---|
| | Méthode développé | littérature | | |
| Téflon | 1.0027 - j0.0121 | 0.9637 - j0.0006 | ≤ 3.2 | ≤ 8.85 |
| Delrin | 1.0341 - j0.0052 | 1.0124 - j0.0008 | | |
| PVC | 1.0194 - j0.0133 | 0.9782 - j0.0007 | | |
| FR4 | 1.0016 - j0.0116 | 0.9668 - j0.0005 | | |

ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE



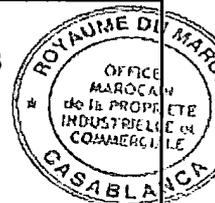
المملكة المغربية

المكتب المغربي
للملكية الصناعية والتجارية

**RAPPORT DE RECHERCHE DEFINITIF AVEC OPINION
SUR LA BREVETABILITE**

*Établi conformément à l'article 43.2 de la loi 17-97 relative à la
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et
complétée par la loi 23-13*

| | |
|--|--|
| Renseignements relatifs à la demande | |
| N° de la demande : 38891 | Date de dépôt : 07/03/2016 |
| Déposant : UNIVERSITE MOHAMMED V DE RABAT | |
| Intitulé de l'invention : Développement d'une méthode originale de caractérisation diélectrique et magnétique des matériaux diélectriques pour les applications en microonde | |
| Classement de l'objet de la demande : CIB : G 01N 22/00 | |
| Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants : | |
| Partie 1 : Considérations générales | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport <input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité | |
| Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 3 : Remarques de clarté <input type="checkbox"/> Cadre 4 : Observations à propos de revendications modifiées qui s'étendent au-delà du contenu de la demande telle qu'initialement déposée <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle <input type="checkbox"/> Cadre 6 : Défaut d'unité d'invention | |
| Examineur: I. Oubiyi | Date d'établissement du rapport : 22/06/2018 |
| Téléphone: (+212) 5 22 58 64 14 | |



Partie 1 : Considérations générales**Cadre 1 : base du présent rapport**

Les pièces suivantes servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Demande telle qu'initialement déposée
- Demande modifiée suite à la notification du rapport de recherche préliminaire :
- Revendications
7
- Observations à l'appui des revendications maintenues
- Observations des tiers suite à la publication de la demande
- Réponses du déposant aux observations des tiers
- Nouveaux documents constituant des antériorités :
- Suite à la recherche complémentaire (Couvrant les documents de l'état de la technique qui n'étaient pas disponibles à la date de la recherche préliminaire)
 - Suite à la recherche additionnelle (couvrant les éléments n'ayant pas fait l'objet de la recherche préliminaire)
- Observations à l'encontre de la décision de rejet

Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité**Cadre 3: Remarques de clarté**

La demande ne répond pas aux exigences de l'article 35 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. En effet, les revendications 1 et 7 sont de portée large et tentent de définir l'objet par le résultat recherché, ce qui revient simplement à énoncer le problème sous-jacent, sans indiquer les caractéristiques techniques nécessaires pour parvenir à ce résultat.

Cadre 5: Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle

| | | |
|--|---|------------|
| Nouveauté (N) | Revendications 1-7 Revendications aucune | Oui Non |
| Activité inventive (AI) | Revendications 2-7 Revendications 1 | Oui Non |
| Possibilité d'application Industrielle (PAI) | Revendications 1-7 Revendications aucune | Oui Non |

D1 : Publication «Méthode de caractérisation de matériaux diélectriques et magnétiques aimantés»;

1. Nouveauté (N) :

Aucun des documents cités ci-dessus ne divulgue l'ensemble des caractéristiques techniques énoncées dans les revendications 1-7. Par conséquent, l'objet des revendications 1-7 est nouveau au sens de l'art. 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

2. Activité inventive (AI) :

Le document D1, qui est considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 3, divulgue une méthode de caractérisation diélectrique et magnétique des matériaux telle que la permittivité diélectrique, la perméabilité magnétique, elle permet de déterminer les paramètres S, la permittivité et la perméabilité complexe des matériaux diélectriques. Ladite méthode est basée sur l'association d'une analyse modale avec raccordement des champs d'une ligne de transmission et d'une procédure d'optimisation numérique dans la bande de fréquence jusqu'à 10Ghz.

Par conséquent, l'objet de la revendication 3 diffère de D1 en ce que la présente méthode est utilisée pour la mesure des propriétés diélectriques et magnétiques solides dans un guide d'onde rectangulaire dans la bande Ku [12-18 Ghz], comprenant les étapes suivantes :

- Une analyse des discontinuités créées par un matériau pour calculer les paramètres S_{ij} au plan de référence ;
- Une combinaison entre la méthode basée sur la matrice de transmission ABCD et une technique d'optimisation itérative pour minimiser les erreurs entre les paramètres S calculés et ceux mesurés par l'analyseur de réseaux vectoriel ;
- Une technique d'optimisation basée sur une fonction Fminsearch pour assurer la convergence des valeurs réelles des permittivités et des perméabilités des matériaux.

Le problème que la présente invention se propose de résoudre peut donc être considéré comme celui de mesurer avec précision et rapidité la permittivité diélectrique et la perméabilité magnétique complexes d'un matériau, placé dans un guide d'onde, sur une large gamme de fréquence.

La solution à ce problème proposée dans la revendication indépendante 3 de la présente demande est considérée comme impliquant une activité inventive. En effet, l'homme du métier ne serait pas parvenu d'une manière évidente à reproduire l'invention revendiquée en partant de D1. Aussi, aucun enseignement n'a été trouvé dans le reste de l'état de la technique disponible qui aurait incité la personne du métier, en partant du document D1, à atteindre le résultat recherché.

Par conséquent, l'objet de la revendication 3 implique une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Le même raisonnement s'applique, en tenant compte des différences, à l'objet de la revendication indépendante 2 qui est donc considéré comme inventif et satisfait aux dispositions de l'article 28 de la loi 17-97.

Les revendications 4-7 dépendent de la revendication 2 dont l'objet est considéré inventif, comme indiqué

auparavant, et elles satisfont donc également, en tant que telles, aux exigences de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13 concernant l'activité inventive.

Tenant compte des remarques de clarté mentionnées dans le « cadre 3 », la revendication 1 n'implique pas une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

3. Possibilité d'application industrielle (PAI) :

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.