

CHARACTERIZATION OF HIGH-PERFORMANCE CERAMICS BY METALLIC CAVITY

M. KHALIL DRISSI¹, DAMIEN DI-MARCO², NICOLAS DELHOTE¹,
OLIVIER TANTOT¹, SERGE VERDEYME¹ THIERRY CHARTIER²,
PIERRE-MARIE GEFFROY²

¹XLIM, UMR 7252, Université de Limoges/CNRS, 123 Av A. Thomas, 87060 Limoges
Cedex

²SPCTS, UMR 7315 Université de Limoges/CNRS, 12 Rue Atlantis, 87068 Limoges Cedex
mohamed-khalil.drissi@xlim.fr

Abstract: This Paper presents the improvement in the method of ceramic materials characterisation. The ceramic resonators have a cylindric form and are placed in a metal cavity. The optimization of the centering system shows a direct impact on the error report of the resonator complex permittivity.

Keywords: Dielectric resonator, high-performance alumina, metallic cavity

1. INTRODUCTION

Le résonateur diélectrique est l'élément clé dans la plupart des systèmes de télécommunication, qui permettra une meilleure réception et plus d'utilisateur sur la même bande passante de communication. Ils sont également très utiles dans de nombreuses industries qui nécessitent la détection radar, la détection de proximité, ainsi que dans des applications militaires [1]. La méthode de caractérisation utilisée dans ce travail consiste à poser un résonateur sur un support téflon et l'ensemble est placé au milieu d'une cavité métallique. Cette méthode consiste à exciter la cavité cylindrique à l'aide de guides coaxiaux terminés par des boucles magnétiques afin de couvrir tout l'ensemble des fréquences de résonance du résonateur diélectrique. Il fonctionne sur des modes diélectriques qui concentrent l'énergie dans le résonateur. Le mode fondamental est le mode en coordonnée cylindrique TE_{01δ}, le diamètre du résonateur étant de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde dans le résonateur.

2. SYSTÈME DE CENTRAGE DE LA CAVITÉ

1.1 Principe

La cavité cylindrique et le plan de masse supérieur sont fixes, un système micrométrique (figure 1-b) vient faire varier la position du plan de masse inférieur sur lequel est posé le support et le résonateur diélectrique afin de le positionner très précisément au centre de la cavité.



Fig. 1. a) Schéma de la demi-structure b) photo du dispositif

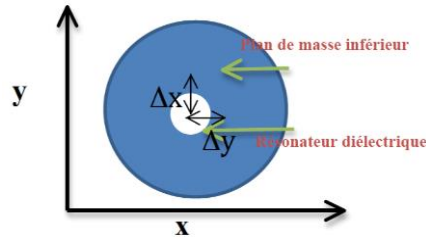


Fig. 2. Décentrage du résonateur dans la cavité.

Avec ce dispositif, il est possible de minimiser le décentrage Δx et Δy (figure 2) en réglant les verniers de manière à obtenir un minima de la fréquence de résonance. La mesure de la fréquence de résonance et du facteur de qualité du système doit se faire avec un niveau de couplage entrée-sortie faible ($|S_{21}|_{dB}$ à $f_0 < -30$ dB) pour satisfaire l'hypothèse simplificatrice $Q_{en\ charge} \gg Q_{à\ vide}$.

La courbe présentée sur la Figure 3 montre l'évolution de l'erreur sur le relevé de la fréquence de résonance quand le RD (Alumine) est décentré. On observe ainsi expérimentalement que pour un décentrage du résonateur diélectrique (ϕ 13mm) de 300 μm un décalage fréquentiel de 6 MHz est provoqué. Ce décalage fréquentiel induit une erreur de 0,15% sur la détermination de la permittivité.

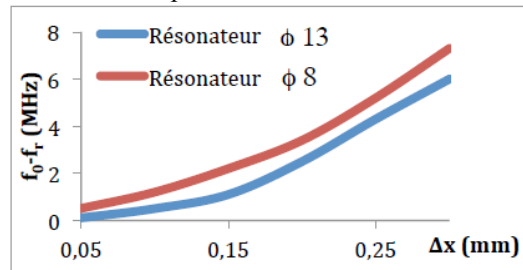


Fig. 3. Décalage fréquentiel dû au décentrage.

Cette étude sur le centrage du RD dans la cavité en utilisant un système de réglage micrométrique rend l'erreur de positionnement moins déterminante parce qu'elle est typiquement inférieure à celle de la mesure de l'analyseur qui est relevé à 0,25%.

1.2 Modélisation électromagnétique

Les fréquences de résonance ainsi que les facteurs de qualité du dispositif sont calculés à l'aide d'une modélisation par éléments finis (M.E.F) en 2D et en oscillation libre (OL) [2] [3]. L'utilisation d'un processus itératif conduit à l'extraction de la permittivité complexe des résonateurs en tenant compte de la conductivité des parois métalliques et de la permittivité complexe du support téflon avec la convergence de la fréquence de résonance et du facteur de qualité théoriques vers ceux mesurés.

2. DISPERSION DES MESURES

L'étude de dispersion des mesures a été réalisée sur un même résonateur diélectrique. Le principe consiste à mettre le résonateur à l'intérieur de la cavité, ensuite de le centrer à l'aide du système de centrage micrométrique par observation de la variation de f_0 et enfin relever la fréquence de résonance et le facteur de qualité. Cette manipulation est répétée dix fois consécutivement pour évaluer la dispersion des mesures avec notre système de positionnement micrométrique (Figure 4). Le facteur de qualité en charge et facteur de qualité à vide sont calculés à l'aide des équations 1 et 2 sous condition d'un couplage identique en entrée et en sortie:

$$Q_1 = \frac{f_0}{\Delta f_{-3dB}} \quad (1)$$

$$Q_0 = \frac{Q_1}{1 - |S_{21}|_{f_0}} \quad (2)$$

Cette étude montre qu'avec notre système de centrage micrométrique l'incertitude de mesure Δf_0 est de l'ordre de ± 200 KHz et ΔQ_0 de l'ordre de ± 150 ($\pm 0,5\%$ pour le RD $\phi=13$ mm, figure 4). La dispersion des mesures est deux fois moins grande que l'incertitude de mesure de la fréquence de l'analyseur de réseau vectoriel, et pour le facteur de qualité, la dispersion des mesures est faible devant l'incertitude de mesure due à l'analyseur ce qui rend le centrage du RD avec notre dispositif pertinent pour des matériaux à très faibles pertes diélectriques.

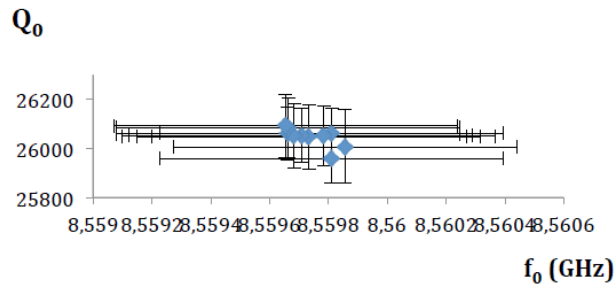


Fig. 4. Dispersion des mesures d'un résonateur.

3. INCERTITUDES SUR ϵ_r ET $\tan\delta$ DES RD

L'incertitude sur le diamètre du RD de quelques dizaines de μm induit une incertitude sur la permittivité de l'ordre de 1%. L'incertitude sur le relevé de la fréquence de résonance qui est de l'ordre de 200 KHz induit une erreur sur la permittivité généralement faible. Donc l'incertitude sur la partie réelle de la permittivité est la somme des incertitudes dues à celle sur le diamètre du RD ($\Delta\phi$) et à celle de la fréquence de résonance (Δf_{res}). L'incertitude sur la partie imaginaire de la permittivité est la somme des incertitudes dues à celle sur la conductivité des parois métallique de la cavité servant à la caractérisation ($\Delta\sigma$), à celle sur l'incertitude sur le relevé la bande passante à -3dB du facteur de qualité qui est de l'ordre de 60 kHz et à celle sur l'incertitude sur le diamètre du RD ($\Delta\phi$). Les mesures de ϵ_r et $\tan\delta$ sont présentées dans la figure (5.A-5 .B) à 22GHz, ces dernières prennent en compte l'ensemble des incertitudes étudiées dans ce travail. Ces matériaux sont aussi caractérisés à 60 GHz en utilisant une cavité ouverte et sont donnés pour $\epsilon_r \approx 9,9$ avec une $\tan\delta \approx 5.10^{-4}$.

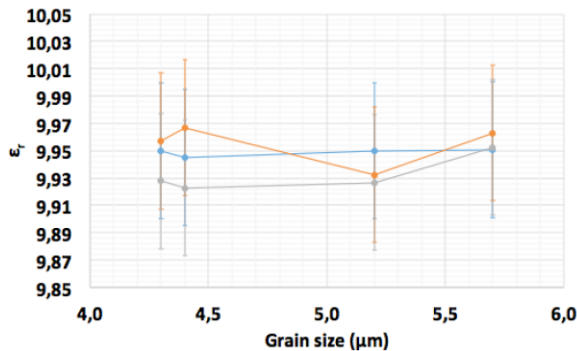


Fig. 5.A permittivité en fonction de la taille de grain à 22 GHz

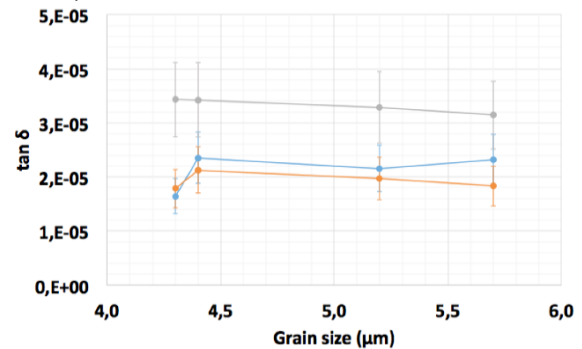


Fig. 5.B permittivité en fonction de la taille de grain à 22 GHz

3. CONCLUSIONS

Cette étude a permis de mettre en évidence l'importance du centrage micrométrique des résonateurs dans la cavité métallique. Cette technique réduit l'erreur sur la permittivité complexe et la tangente de pertes. Le dispositif de centrage micrométrique développé au cours de cette étude a rendu l'incertitude liée au centrage du résonateur à de faibles valeurs. Cette amélioration de la technique de caractérisation diminue par la suite les erreurs sur les valeurs des permittivités et tangentes de pertes extraites à l'aide d'un modèle numérique basé sur la MEF et donc rend cette technique capable de caractériser des matériaux à très faible tangente de pertes comme les Alumines élaborées par le laboratoire SPCTS plus performantes que celles disponibles commercialement.

RÉFÉRENCES

- [1] J.M. Le Floch et al., Low-Loss Dielectric Material Characterization and High-Q Resonator Design from Microwave to Millimetre Waves Frequencies. Journal of Physical Science and Application 1 (2011) 15-28.
- [2] D. Baillargeat « Analyse globale de dispositifs microondes par la méthode des éléments finis : application aux filtres à résonateurs diélectriques » Thèse de doctorat d'électronique, Janvier 1995, Limoges
- [3] A. Julien, P.Y. Guillon, « Méthode des éléments finis et technique de résonance appliquées à la caractérisation de matériaux à faibles et fortes pertes », Journées SEE de Limoges, février 1991, pp. 219-232.0