

Nom et Prénom : OUHASSAN YOUSSEF

Date de soutenance : 30/06/2022

Directeur de Thèse : HABIBI MOHAMED

Sujet de Thèse :

Caractérisation hyperfréquences des matériaux composites à matrice céramiques dans les bandes X et Ku

Abstract :

In recent years, ceramic composites have attracted the attention of researchers. These materials have been used in many fields, particular in: mobile communications, protection against electromagnetic interference, electronic equipment, stealth technology of aircraft and for the design of materials absorbing the waves emitted by radars. The knowledge of the complex permittivity of a material as a function of frequency plays a very important role in understanding and modeling its dielectric behavior at microwave frequencies.

This thesis deals with the numerical modeling of the dielectric properties of ceramic composites based on alumina matrix Al₂O₃ and SiC ceramic matrix in quasi-static and microwave. The objective is to study the complex permittivity and microwave absorption property in the X and Ku bands frequency.

First, we have described the simulation method for obtaining numerical results that contribute to the acceptance or rejection of a particular mixing law. Secondly, we used the finite element method to calculate the complex effective permittivity of the materials studied using a transmission line based on the rectangular waveguide and we demonstrated the effect of the volume fraction and the permittivity contrast on this dielectric property. The use of the iterative microwave transmission / reflection (T / R) characterization technique allows the evaluation and extraction of dielectric and microwave absorption properties over a wide frequency band. We also applied the Nicholson-Ross-Weir (NRW) technique, based on the measurement of the reflection and transmission parameters S_{ij} to determine the complex permittivity of these materials at microwave frequencies.

Keywords: Dielectric Permittivity, Ceramic Composite Materials, Finite Element Method, Transmission/Reflection (T/R), Mixing Laws, Reflection Loss, Microwave, Rectangular Waveguide, Dielectric Characterization, X-Band, Ku-Band

Résumé:

Au cours des dernières années, les composites céramiques ont attiré l'attention des chercheurs. Ces matériaux ont été utilisés dans nombreux domaines, en particulier dans : les communications mobiles, la protection contre les interférences électromagnétiques, les équipements électroniques, la technologie furtive des avions et pour la conception des matériaux absorbant les ondes émises par les radars. La connaissance de la permittivité complexe d'un matériau en fonction de la fréquence joue un rôle très important dans la compréhension et la modélisation de son comportement diélectrique en hyperfréquences.

Ce travail de thèse porte sur la modélisation numérique des propriétés diélectriques des matériaux composites céramiques à base d'alumine Al₂O₃ et à matrice céramique du carbure de silicium SiC en quasi-statique et en micro-onde. L'objectif est l'étude de la permittivité complexe et la propriété d'absorption micro-onde dans les bandes de fréquences X et Ku.

Premièrement, nous avons décrit la méthode de simulation permettant d'obtenir des résultats numériques qui contribuent à l'acceptation ou au rejet de telle ou telle loi de mélange. Dans un deuxième temps, nous avons utilisé la méthode des éléments finis pour calculer la permittivité effective complexe des matériaux étudiés à l'aide d'une ligne de transmission basée sur le guide d'ondes rectangulaire et nous avons mis en évidence l'effet de la fraction volumique et le contraste

de permittivité sur cette propriété diélectrique. L'utilisation de la technique itérative de caractérisation microonde en transmission/réflexion (T/R) permet d'évaluer et d'extraire les propriétés diélectriques et d'absorption microondes sur une large bande de fréquence. Nous avons appliqué aussi la technique de Nicholson-Ross-Weir (NRW) basée sur la mesure des paramètres de réflexion et de transmission S_{ij} pour remonter à la permittivité complexe de ces matériaux en hyperfréquences.

Mots clés : Permittivité diélectrique, Matériaux composites céramiques, Méthode des éléments finis, Transmission/Réflexion (T/R), Lois de mélange, Perte par réflexion, Micro-onde, Guide d'onde rectangulaire, Caractérisation diélectrique, Bande X, Bande Ku