

Rodzaj pracy: rozprawa doktorska

Mgr inż. Tomasz Karpisz

Promotor to dr hab. inż. Bartłomiej Salski

Tytuł w języku polskim:

Nowe metody charakteryzacji materiałów dielektrycznych w zakresie mikrofalowym oraz fal milimetrowych

Streszczenie

Rozprawa poświęcona jest rozwojowi jednowymiarowego, skalarnego, wielowarstwowego, elektromagnetycznego modelu otwartego rezonatora Fabry-Perot wykorzystanego do pomiarów własności elektromagnetycznych elektrycznie cienkich warstw dielektryków na częstotliwości od 20 do 50 GHz.

W rozdziale 2 opisane zostały elektromagnetyczne własności dielektryków oraz najczęściej używane metody stosowane do ich charakteryzacji. W szczególności opisane zostały dwie metody używane do otwartych rezonatorów Fabry-Perota. Dokładniejsza metoda użyta będzie jako porównanie dla metody opisanej w tej pracy. Została także opisana teoria wiązki Gaussowskiej ponieważ posłuży ona do stworzenia nowego modelu Otwartego rezonatora Fabry-Perot.

Rozdział 3 został poświęcony na opisanie wkładu własnego rozprawy. Jako pierwszy przedstawiony został koncept transformacji konforemnej z kartezjańskiego do gaussowskiego układu współrzędnych, pozwalającego na stworzenie modelu elektromagnetycznego otwartego rezonatora Fabry-Perot z płaskimi lustrami. Następnie, opisano redukcję do jednowymiarowego skalarnego modelu wraz z omówieniem dyskretyzacji przestrzennej. Model ten zostanie użyty do obliczenia spektrum impedancji falowej dla rezonatora. Charakterystyka impedancji określa częstotliwości rezonansowe rodzajów z poprzecznym polem elektrycznym i magnetycznym. Rozdział zakończony jest opisem procedury wyznaczania przenikalności elektrycznej oraz tangensa konta strat próbki w rezonatorze za pomocą stworzonego modelu.

W rozdziale 4 przedstawiono weryfikację eksperymentalną zaproponowanego modelu rezonatora oraz zaproponowanej metody charakteryzacji. Jako pierwsza zaprezentowana została konstrukcja mechaniczna rezonatora oraz układ pomiarowy. Następnie przedstawiono pomiary pięciu próbek, na podstawie czego określono dokładność metody. Jednocześnie przeanalizowano kilka własności układu pomiarowego takich jak powtarzalność, wpływ niepewności pomiaru grubości próbki oraz zróżnicowanie grubości na niepewność pomiarową, możliwość pomiaru anizotropii w płaszczyźnie próbki, oraz możliwość wykorzystania układu pomiarowego na częstotliwościach do 110 GHz. Praca kończy się opisem ograniczeń zaproponowanej metody.

Tytuł po angielsku: "Novel methods for characterization of dielectric materials at microwave and millimeter-wave frequencies"

Streszczenie po angielsku:

This dissertation is focused on the development of a one-dimensional scalar multi-layer electromagnetic model of a Fabry-Perot open resonator (FPOR) and its use in the measurement of electromagnetic (EM) properties of electrically thin dielectric sheet materials in frequencies from 20 to 50 GHz. In Chapter 2, the electromagnetic properties of dielectrics and the methods commonly used in their characterization are described. In particular, two techniques that have been used for FPOR are addressed and the more accurate one will be used later as a reference to the results obtained with the aid of the method developed in this dissertation. The Gaussian beam theory is also described in details in this Chapter as it will be used later in this dissertation to develop a new EM model of the FPOR. In Chapter 3, the original contribution of the study presented in this dissertation is described. Firstly, the concept of conformal transformation from Cartesian to Gaussian coordinate system that allows to develop an EM model of the FPOR with planar mirrors is explained. Secondly, the reduction of the model to a one-dimensional (1D) scalar problem is proposed and its discretization is presented in details. Subsequently, the model is used to compute the spectrum of a chosen figure of merit for the FPOR, which is wave impedance, in order to determine the resonance frequencies of selected transverse EM (TEM) modes. The chapter ends with a description of the procedure of using the proposed EM model in the extraction of the dielectric constant and loss tangent of a sample inserted in the FPOR.

In Chapter 4, the proposed EM model and the corresponding characterization method are validated experimentally. Firstly, the mechanical construction of the resonator and the measurement setup are described in details. Next, the measurement results of five samples are presented and the accuracy of the method is evaluated. Subsequently, several properties of the proposed measurement system are investigated, such as repeatability, the impact of the thickness variation of a sample and the uncertainty of the measurement results, the capability of measuring in-plane anisotropy, and the possibility of extending measurement up to 110 GHz. Finally, the limitations of the proposed method are discussed.