

フリースペース法を用いた誘電率の測定

近年、5G通信や車載レーダーなどミリ波帯における電磁波の利用が活発に進められており、それに伴ってミリ波帯域での材料の誘電率測定の需要が増加しています。当センターでもフリースペース法でSパラメータを測定し、誘電率を算出するシステムを導入しておりますが、これまでは対応できる試料の厚さに制限がありました。今回誘電率計算についてシステムの改良を行い、厚さの制限を大きく改善しました。その概要を報告します。

フリースペース法による誘電率測定

当センターで導入しているシステムは図1の構成となっております。アンテナ、誘電体レンズ、試料ホルダーで構成されており、Port1、Port2のアンテナはベクトルネットワークアナライザーに接続され、反射波がS11、透過波がS21のSパラメータとして測定されます。試料の誘電率はこの反射波、透過波の強度と位相から計算により求めます。本装置により、周波数18GHzから110GHzの誘電率測定が可能です。

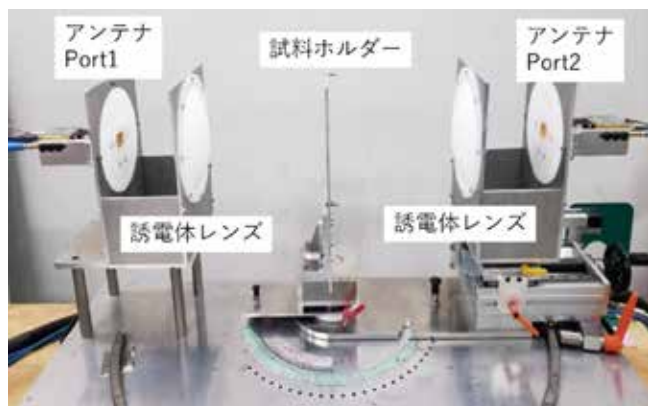


図1. フリースペース法測定システム

本システムでは、Sパラメータの測定値をシステムに付属のソフトウェアで処理することで行っておりました。しかし、付属ソフトウェアには試料の厚みに制限があり、試料中を伝搬する波長の1/2未満に制限されていました。例えば周波数100GHz、誘電率10の試料では、測定可能な厚みは0.47mmが最大となります。このような制約のため誘電率測定を断念する場合もありました。そこで今回、標準的な誘電率の計算方法であるNicolson-Ross-Weir法(NRW法)を用いてSパラメータから誘電率の計算を行いました。

測定

計算結果の妥当性を検討するために、誘電率が既知の試料について測定を行いました。比誘電率2.04のPoly tetra fluoro ethylene (PTFE)、比誘電率8~10のアルミナ及び比誘電率1の空気を採用し、試料の厚さはそれぞれ1mmと5mmのものを用意しました。

NRW法による誘電率計算

まず、既設のソフトにより各試料の比誘電率を計算した結果

を図2に示します。厚さ1mmの空気とPTFEのみ文献値と同じ比誘電率が得られましたが、その他の条件ではいずれも誘電率は正しく計算されませんでした。

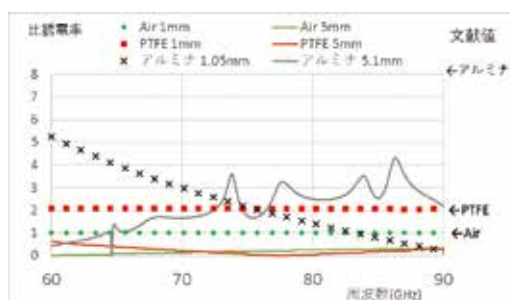


図2. 既設のソフトによる比誘電率の計算値

次に、NRW法により計算した比誘電率の値を図3に示します。

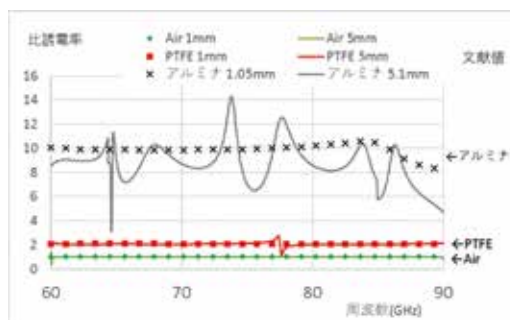


図3. NRW法により計算した比誘電率

空気とPTFEについては、厚みが5mmの場合でも文献値どおりの比誘電率が得られました。また、アルミナについては、厚み1mmでは文献値に近い比誘電率が得られました。一方で厚さ5mmのアルミナでは比誘電率は周波数により大きく変動し、有意な値が得られませんでした。このあたりでは、計算方法による制約よりも、Sパラメータの測定の誤差の方が大きく影響していると考えられます。

まとめ

本研究より当センターにおいて、誘電率を測定できる試料の範囲を、大幅に拡大することができました。今回の結果については当センターで発行する技報にも掲載しております。本システムでは誘電率だけでなく、透磁率についても同時に測定が可能です。測定に興味のある方は応用技術課電気通信係にお問い合わせください。