

ファブリ・ペロー共振器によるミリ波帯導電率測定 Conductivity Measurement Using Fabry-Perot Resonator in Millimeter-Wave Band

平山 浩一[†] 柳本 舎那[‡] 杉坂 純一郎[†] 安井 崇[†]

Koichi HIRAYAMA[†] Syana YANAGIMOTO[‡] Jun-ichiro SUGISAKA[†] and Takashi YASUI[†]

[†]北見工業大学 [‡]EM ラボ (株)

概要

ここでは、何らかの理由で誘電体と銅箔を分離できない場合、あるいは誘電体と銅箔が接着された状態にも銅箔の実効導電率を知りたい場合に、ファブリ・ペロー共振器を用いたミリ波帯における誘電体付き銅箔に対する実効導電率の測定について説明する。具体的には、下左図の測定系に対してガウス形ビーム波を用いて定式化し、基本モード (TEM_{00q} モード, q は縦モードの次数) の共振周波数と Q 値から、銅箔の実効導電率を測定する。まず、滑らかな表面を有する 5 種類の導体試料 (誘電体無し) に対して導電率測定を行ったところ、23~110 GHz においてほぼ一定の導電率であることを確認し、それらは文献等に示されている直流での値とほぼ一致していることから、精度よく測定できていることを確認した。次に、粗面を有する 2 つの銅箔 Foil A と B (Foil B の方が粗い銅箔) に対して、23~170 GHz で実効導電率の測定ができていることを下右図に示す。比較のため、MPI 基板付き銅箔の測定値に対して、MPI 基板を無視して銅箔単体として実効導電率を測定した結果も示している。MPI 基板付き銅箔の実効導電率が、銅箔単体での値にほぼ一致していることがわかる。これは銅箔単体を測定することに比べて、新たに加わった誘電体損の影響をうまく取り除くことができていることを表している。また、粗面を有する銅箔では実効導電率は 100 %IACS (%IACS は軟銅の導電率 5.8×10^7 S/m を 100%とする値) より小さく、周波数特性を有することもわかる。一方、MPI 基板を無視すると、銅箔の実効導電率は大きく下がることになり、誘電体損を無視することはできないことがわかる。

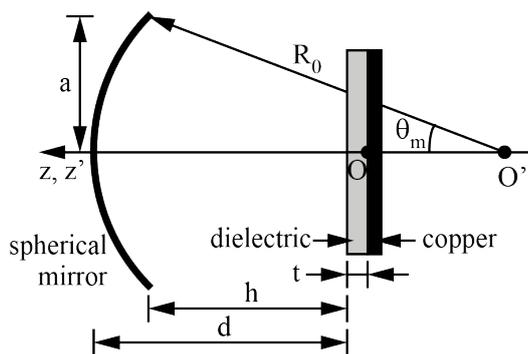


図 ファブリ・ペロー共振器を用いた誘電体付き銅箔の導電率測定系 ($d = 60$ mm, $R_0 = 96$ mm, $a = 60$ mm, $t = 45$ μ m for Foil A and 50 μ m for Foil B)

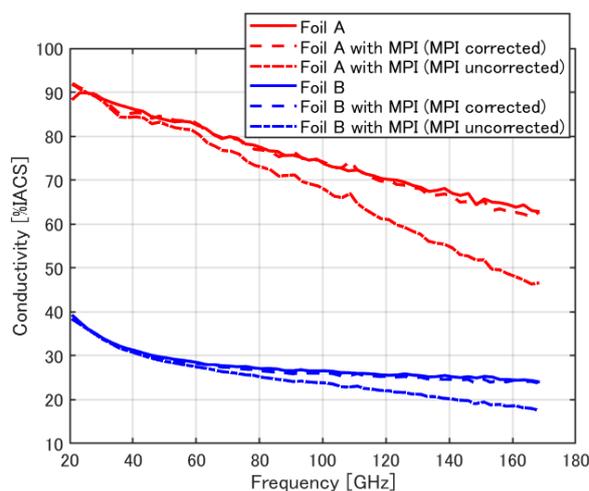


図 銅箔単体及び MPI 基板付き銅箔の実効導電率測定

Abstract

We describe a method for measuring the effective conductivity of a copper foil with dielectric using a Fabry-Perot resonator in the millimeter-wave band. The resonance frequency and Q factor are measured for both a copper foil with a rough surface and a copper foil with dielectric, and the measured effective conductivities for both are shown to agree well. This indicates that the effect of the newly added dielectric loss can be successfully removed compared to the measurement of the copper foil without dielectric.