

負透磁率による表皮効果抑制を目的とした NiFe/Cu めっき多層膜伝送線路の特性評価 Characteristic Evaluation of RF Transmission Line with Ni-Fe/Cu Electroplated Multilayer Film aimed at Skin Effect Suppression by Negative Permeability

中山 英俊[†] 山口 正洋[‡] 柳井 武志^{‡†} ラナジット・サイ^{‡‡}

北井 佑季^{‡‡†} 佐藤 幹男^{‡‡†} 寒川 潮^{‡‡†}

Hidetoshi NAKAYAMA[†] Masahiro YAMAGUCHI[‡] Takeshi YANAI^{‡†} Ranajit SAI^{‡‡}

Yuki KITAI^{‡‡†} Mikio SATO^{‡‡†} and Ushio SANGAWA^{‡‡†}

[†]長野工業高等専門学校 [‡]東北大学 ^{‡†}長崎大学 ^{‡‡}インド理科大学院

^{‡‡†}パナソニック株式会社オートモーティブ&インダストリアルシステムズ社

概要

高速で長距離伝送が必要な通信回路をはじめとするマイクロ波帯高周波伝送線路において、低損失誘電体基板を用いた低損失化が進んでいる一方で、導体損失の低減も注目すべき課題となってきた。高周波では表皮効果が導体損失増大の一因であり、表皮効果は導体の表面に電流が集中する現象として知られており、高周波ほど交流抵抗が大きくなり損失の増大が生じてしまう。この課題に対して、軟磁性薄膜の革新的な応用可能性として、強磁性共鳴周波数(FMR)を超えた周波数帯域における負透磁率特性を利用した高周波伝送線路の表皮効果抑制が注目されている。Rejaeiらは、導体/磁性体の多層構造により、負透磁率特性を利用して線路内部の平均的な透磁率をゼロに設計することを提案した^[1]。従来、スパッタリング製膜による伝送線路やインダクタへの応用可能性については、議論されてきた^{[1]-[5]}。一方で、筆者らは、高速伝送で低遅延な入出力基板の長距離伝送をターゲットとして、表皮効果抑制技術の適用を試みた。低損失誘電体を用いた高周波伝送線路基板において、導体損失が今後の課題とされており、本研究では、従来研究のスパッタリング製膜に対して、めっき製膜による導体/磁性体多層線路を試作し、その効果を検証した^[6]。

また、本研究の多層構造を設計するための電磁界計算理論の基礎について、円筒多層断面構造の伝送線路に基づく電磁界計算理論を示し、種々の計算結果に基づき、今後の展望について述べる^[7]。

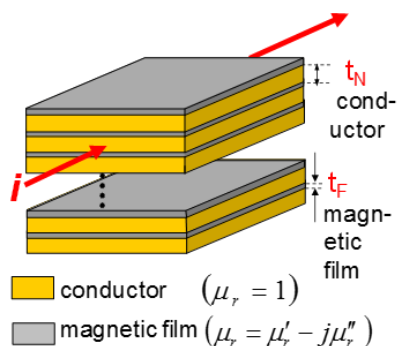


図 導体/磁性体多層伝送線路の構成^[6]

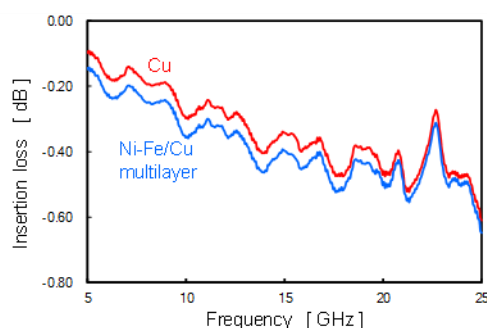


図 試作した Ni-Fe/Cu 多層 MSL の挿入損失^[6]

Abstract

In this paper, example of application of negative permeability beyond FMR frequency is shown and theoretical design method is discussed. Targeted application is skin effect suppression technology. A 11.9 μm thick Ni-Fe/Cu multilayer consisting of 0.25 μm thick Ni-Fe and 0.51 μm thick Cu in turn was electroplated as a MSL. The 40 mm long Ni-Fe/Cu multilayer exhibited the insertion loss as small as 0.7 dB up to 25 GHz, which is almost the same as copper monolayer MSL.