

2019年度 独創的研究助成費 実績報告書

令和2年 3月26日

報告者	学科名	情報通信工学科	職名	教授	氏名	大久保 賢祐
研究課題	透磁率が正となる帯域で動作する非可逆フェライト右手/左手系複合導波管に関する研究					
研究組織	氏名	所属・職	専門分野	役割分担		
	代表 大久保 賢祐	情報通信工学科・ 教授	マイクロ波工学	研究全体を統括し遂行する。 論文執筆、研究発表（国際会議、全国規模の学会）を行う。		
	分担者					
研究実績の概要	<p>本研究はあらゆるモノがインターネットでつながる IoT 時代を支えるワイヤレス通信の高性能化を実現するハードウェアの基礎研究である。電磁波に信号（情報）を乗せたり、アレイアンテナのビーム方向を変化させたりするには“位相”を変化させる。位相は電磁波を伝える経路（媒質）の屈折率によって変化させることができる。</p> <p>我々はこれまでに印加する直流磁界によって負の実効透磁率特性 ($\mu_{\text{eff}} < 0$) を示す帯域が発生する“フェライト”という磁性材料を金属導波管に装荷した構造による左手系 (LH) モードを用いた帯域通過フィルタや移相器、また非可逆特性を与えることで無限大の波長の電磁波の伝搬が起こる Γ 点を実現する非可逆フェライト右手/左手系複合導波管を提案している。さらにフェライトの磁気損失が少ない正の透磁率を有する帯域を用いて Γ 点を実現させる構造を提案しその特性を数値計算によって明らかにしている。</p>					

※ 次ページに続く

本研究ではフェライトの透磁率が正の領域で伝搬する体積波モードを用いた非可逆右手/左手系複合(CRLH)導波管を提案し、その伝送特性を理論的・実験的に明らかにしている[1]。筆者らはこれまでにフェライトの実効比透磁率が負($\mu_{\text{eff}} < 0$)となる帯域で動作する左手系フェライトモードを用いた非可逆 CRLH 導波管を提案しているが、本導波管はその帯域の低域側に存在する実効比透磁率が正($0 < \mu_{\text{eff}}$)の帯域で動作する。

高さ $h = 0.5$ mm, 幅 $w = 6.0$ mm, 長さ $l = 3.5$ mm の方形導波管に幅 $w_f = 2.75$ mm, 長さ $l_f = 2.3$ mm, 厚さ $h = 0.5$ mm のフェライト基板 2 枚を間隔 $g_{\text{ff}} = 0.5$ mm を介して並べ直流磁界 $\mu_0 H_0 = 100$ mT を反平行に印加した構造の単位セルに周期境界条件を適用し解析を行うと図 1 のような分散曲線を得る。破線 P_B - P_T は順方向の伝搬を示す分散曲線であり通常の CRLH 線路と同様の特性を示すことがわかる。すなわち周波数 f_G (点 P_G) において $\beta d = 0$ すなわち波長無限大の Γ 点, f_G 以上で右手系 (RH), f_G 以下で左手系 (LH) の伝搬がみられる。一方, 実線 P_B - P_T は逆方向の伝搬を示す分散曲線で, P_B から $\beta d = \pm \pi$ の点 P_P (周波数 f_P) を経て P_T に至り, f_P 以下は RH, 以上は LH となる非可逆 CRLH 線路特有の伝搬を示している。

図 2 に試作回路を示す。試作回路は汎用の寸法 ($w_f = l_f = 5$ mm, $h = 1$ mm) のフェライトを用い, 導波管はハーフモードとした。図 3 に測定した散乱パラメータを示す。同図から単位セル間の位相差を直接読取することはできないが, 図 1 の分散曲線の位相特性を反映した, 逆方向に比べ順方向の変化率が小さな位相特性がみられ Γ 点を有する非可逆 CRLH 導波管の動作が実験的にも明らかにされた。

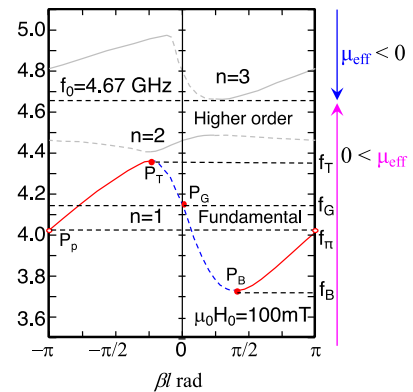


図 1 分散曲線[1]

研究実績
の概要

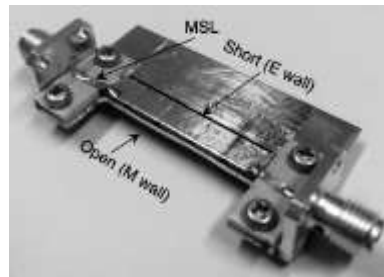


図 2 試作回路[1]

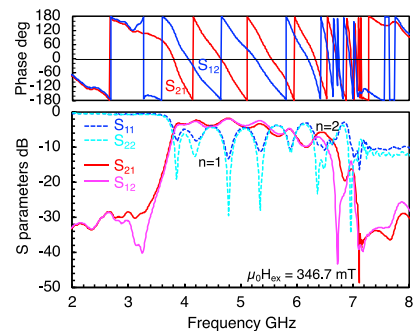


図 3 散乱パラメータ (測定値) [1]

成果資料目録

[1] K. Okubo, et al., "A study on nonreciprocal CRLH-TL using ferrite volume mode in ferrite loaded rectangular waveguide," Proc. of 2019 Asia-Pacific Microwave Conference, F4-7-2, Dec. 2019. DOI: 10.1109/APMC46564.2019.9038498