

## 2021年度 独創的研究助成費 実績報告書

令和4年 3月22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	折り返し構造を用いた非相反右手/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>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マイクロ波の“位相”を制御する。本研究はIoTであらゆるモノがつながる Society5.0を支える高性能ワイヤレス通信のためのハードウェアの基礎研究である。電磁波の波長よりも小さな周期の人工構造を用いることで、情報の伝わる向きと波面の進む向きが逆になる左手系(LH)モードの伝搬や無限大の波長をもつ波が伝搬するΓ点など、自然界には存在しない特異な電磁応答を示す電磁メタマテリアルと呼ばれる人工媒質を構成できることが知られており、これを用いた高周波デバイスの研究が行われている。</p> <p>我々は、フェライトを装荷した折り返し導波管を用いて、順方向伝搬においてバランス型の右手/左手系複合伝送線路(CRLH-TL)として動作する非相反右手/左手系複合導波管(F-CELH-WG)を提案し、その伝送特性の周波数依存性を理論的・実験的に明らかにしている[1]。F-CRLH-WGの動作帯域はフェライト片に印加するバイアス磁界の大きさによって可変であり、かつ動作周波数を掃引してもLHモードとRHモードの間にしゃ断帯域が出現しない。したがって、バイアス磁界の大きさを調整し動作周波数を掃引することにより、RHモードによる遅れ位相からLHモードによる進み位相まで位相を連続的に変化可能な可変移相器への応用が期待できる。この可変移相特性については[1]では数値計算のみ報告されたが、本研究では試作回路の位相特性のバイアス磁界依存性の測定結果[2],[3]を報告する。</p> <p>図1にF-CRLH-TLの断面および単位セルを示す。長さ<math>l</math>、幅<math>2(w+h)+d</math>、高さ<math>h</math>の導波管を中央D-D'で折り返した構造に長さ<math>l_f</math>、幅<math>w_f</math>、高さ<math>h</math>の1対のフェライト(YIG)片が装荷されている。フェライト以外の部分はテフロンで満たされている。外部からバイアス磁界<math>H_{ex}</math>を<math>z</math>方向に印加し、電界<math>E_{rf}</math>をD'→D方向に励振すると、フェライトAではバイアス磁界<math>H_{ex}</math>は<math>E_{rf}</math>と同方向、Bでは逆方向となり、フェライトA,Bは電界に対してそれぞれ反平行に磁化される。回路全体を十分に覆う磁極内に挿入することで各フェライト片には均一なバイアス磁界<math>H_{ex}</math>が印加される。試作回路の寸法を以下に示す。<math>l_f=1.0</math> mm, <math>w_f=5.0</math> mm, <math>h=1.0</math> mm, <math>l_d=2.3</math> mm, <math>w_s=1.0</math> mm, <math>d=0.2</math> mm, <math>l=l_f+l_d=3.3</math> mm, 構造の周期は5, 入出力部の長さは<math>l_0=5.8</math> mmである[1]。</p>					

※ 次ページに続く

研究実績  
の概要

図2に測定された4.65 GHzにおける  $S_{12}$  のバイアス磁界依存性を示す[3]. 試作回路には入手しやすい汎用サイズのフェライト片を用いているため可変範囲は大きくないが、同図より、 $\mu_0 H_{ex}$  の (186.3 mT から 196.1 mT の) 9.8 mT の変化に対して振幅  $|S_{12}|$  はほぼ一定 (2 dB 以内の変化) で位相  $\angle S_{12}$  が  $79.2^\circ$  変化していることがわかる[3].

F-CRLH-WG の試作回路の測定を行い、バイアス磁界の変化に対して振幅  $|S_{12}|$  がほぼ一定で位相  $\angle S_{12}$  が変化する可変移相特性を実験的に明らかにした[2],[3].

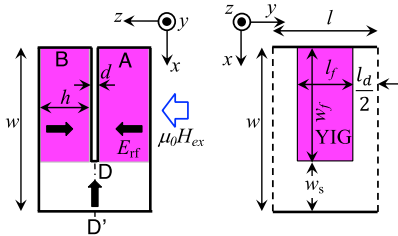


図1 F-CRLH-WG

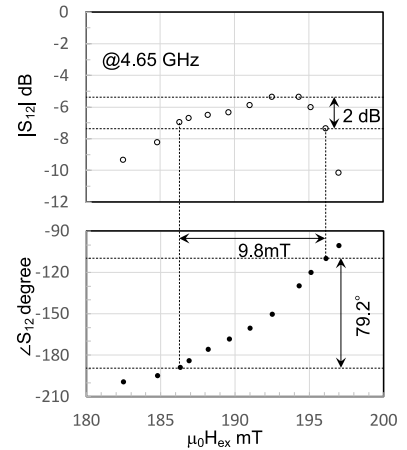


図2  $S_{12}$  のバイアス磁界依存性

成果資料目録

- [1] 大久保 ほか, "折り返し導波管を用いた非相反右手/左手系複合導波管", 電子情報通信学会論文誌, Vol. J105-C No.1, pp. 46-54, 2022 年 1 月.
- [2] R. Mori, K. Okubo et al., " An experimental verification of variable phase shifting characteristics of nonreciprocal CRLH-WG using folded rectangular waveguide," 2<sup>nd</sup> Thailand-Japan Microwave Student Workshop, 2A-5, Dec. 2021.
- [3] 大久保 ほか, "フェライト装荷折り返し導波管の可変移相特性の測定", 2022 年電子情報通信学会総合大会, C-2-22, 2022 年 3 月.