

申請者	学科名	情報通信工学科	職名	教授	氏名	大久保 賢祐
調査研究課題	左手系フェライト導波管型非可逆回路素子に関する研究					
調査研究組織	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，研究発表を行う。	
	分担者	安達太一 八杉 奨	博士前期課程・システム工学専攻 博士前期課程・システム工学専攻	マイクロ波工学 マイクロ波工学	数値シミュレーション，回路の試作，測定実験，研究発表を行う。	
調査研究実績の概要	<p>近年，左手系媒質と呼ばれる誘電率及び透磁率がともに負である媒質のマイクロ波デバイスへの応用の研究が進められている。フェライトには直流磁界を印加することで実効透磁率 (<math>\mu_{eff}</math>) が負となる帯域が存在する。実効誘電率が負となる遮断導波管にフェライト基板を周期的に装荷することで，左手系 (LH) フェライト導波管 (LHFWG) が構成できる。我々の研究室では，<math>\mu_{eff} &lt; 0</math> の帯域でフェライト基板を伝搬する表面波モードを考慮した数値計算を行い，基板を印加磁界の方向を軸に右回りに周回するように伝搬する表面波と基板間のエバネッセント界の連鎖によって LH モードが伝搬することを明らかにしている。筆者らは従来の RH 同士や LH 同士の非可逆動作のみならず順方向は RH，逆方向は LH のような動作を伴う非可逆位相特性を有する反平行に磁化された左手系フェライト導波管 (AP-LHFWG) を提案している。しかしながら AP-LHFWG には数ミリメートル間隔を隔てて均一で反平行な磁界を印加する必要があるが，そのための磁気回路の製作は難しい。</p> <p>そこで AP-LHFWG の界分布は，導波路の中心面に対して対称であり中心面は磁気壁となるため，本稿ではハーフモード (HM) 導波管を用い，従来のマイクロ波フェライト回路と同様に回路全体を覆う磁極を用いて均一に磁化することで動作可能である新たな構造 HM-LHFWG を提案し，AP-LHFWG と同様な非可逆位相特性が得られることを理論的，実験的に明らかにしている。</p> <p>本研究で提案する HM-LHFWG の構造を図 1 に示す。高さ <math>h</math>，幅 <math>w</math> の導波管を中央で切断した幅 <math>w/2</math> のハーフモード導波管に入出力 MSL を接続し，5 枚のフェライト基板を周期的に装荷している。入出力 MSL の接地面は HM-LHFWG の下部導体と，ストリップ導体は上部導体の磁気壁側に接続されている。伝搬方向は <math>y</math>，電界の方向は <math>z</math> である。</p> <p>有限要素法を用いた数値解析の結果，5.8GHz 付近において，順方向伝搬（端子 1 から端子 2 の方向）の散乱パラメータの位相 <math>\angle S_{21}</math> の変化に比べ逆方向伝搬の位相 <math>\angle S_{12}</math> の変化が小さくなる非可逆位相特性が見られることがわかった。</p>					

試作回路を図2に示す。HM-LHFWGの下面を接地し、上面にMSLのストリップ導体を接続している。散乱パラメータの測定結果には5.4GHz付近において $\angle S_{12}$ の位相変化よりも $\angle S_{21}$ の位相変化の方が大きくなる非可逆性が見られたが、数値計算結果のよる位相特性とは程度の異なりが見られた。また数値計算結果の $|S_{21}|$ と $|S_{12}|$ には非可逆性は見られなかったが、測定値には5.4GHz付近に $|S_{12}|$ の振幅よりも $|S_{21}|$ の振幅の方が大きくなる非可逆性が見られた。そこでHM-LHFWGと接地導体の間に100 $\mu\text{m}$ の空隙を設けた構造で再計算したところ、5.4GHz付近に $\angle S_{12}$ の位相変化よりも $\angle S_{21}$ の位相変化が大きく、 $|S_{12}|$ の振幅よりも $|S_{21}|$ の振幅の方が大きくなる実験結果を良く反映した非可逆性が見られた。このことから試作回路においてはHM-LHFWGの接地が不十分であったと考えられる。今後、試作回路の設置を改善しHM-LHFWGの非可逆特性を確かめる必要がある。

調査研究実績  
の概要

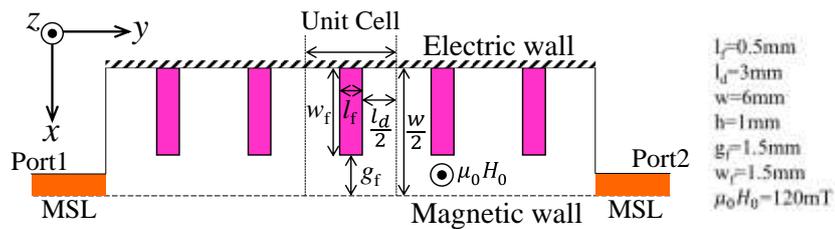


図1 入出力MSLを接続したHM-LHFWG

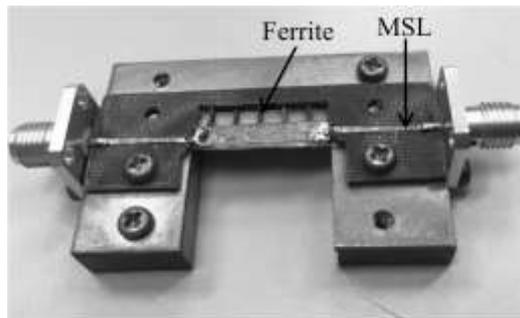


図2 試作回路

成果資料目録

[1] S.Yasugi, K.Okubo, et al, "A Study on LH Ferrite Waveguide Using Half Mode Waveguide," Thailand - Japan MicroWave 2015, TH1-14, August 6 2015, Bangkok, Thailand.

[2] S.Yasugi, K.Okubo, et al, "Nonreciprocal Characteristics of LH Ferrite Waveguide Using Half-Mode Waveguide," The 2015 Vietnam Japan Microwave, p. 94, August 10 2015, Ho Chi Minh city, Vietnam.

[3] 八杉, 大久保 他, "ハーフモード型左手系フェライト導波管に関する一考察", 第17回IEEE広島支部学生シンポジウム, B-22, pp.331-334, November 2015, 岡山大.