

平成30年度 独創的研究助成費 実績報告書

平成31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	ジャイレータを用いた非可逆右手/左手系複合伝送線路の検討					
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	石原 雅之 小松原 拓矢	博士前期課程・システム工学専攻	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（支部連合大会、など）を行う。	
研究実績の概要	電磁波の波長よりも小さな人工構造を用いることで自然界には存在しない負の屈折率特性を示す左手系(LH)の伝搬など特異な電磁応答が現れる媒質を構成できることが知られている。本研究は図1に示す単位セルによる周期構造で構成されるジャイレータを用いた非可逆CRLH-TL(G-CRLH-TL)を提案し、その分散曲線(図2)は、反平行に磁化された左手系フェライト導波管と同様に、頂点 P_H および最下点 P_L が $\beta_d=0$ および $\pm\pi$ と異なる位置に現れる左右非対称となり、伝搬方向の正負によって位相定数の大きさ(波長)が異なるだけでなく、右手系/左手系の違いも含んだ非可逆な伝搬特性を示すことを数値計算および実験によって明らかにしている。					

※ 次ページに続く

研究実績
の概要

試作が容易になるように、直列容量をジャイレータ側に配置し、図1の破線内を基板上に作製する(図3)。ジャイレータは反転増幅器と非反転増幅器を組み合わせることで構成している。試作と観測が容易になるように動作周波数を大幅に低く設定するため、直列容量 $C=10\text{nF}$ としジャイレータに接続し BNC 端子を介して同軸線路 $Z_c=50\Omega$, $d=2\text{m}$ を用いて次の回路に接続する。この周期構造(5 周期)に正弦波を入力し、中央の単位セルの入出力波形をオシロスコープで観測した。理論値と測定値の動作周波数をそれぞれ f_0 , f_m とする。図4に示すように、順方向入力の場合、 $f_m=1.2\text{MHz}$ で同位相となり、これよりも高域では遅れ位相(RH モード)、また低域では進み位相(LH モード)となった。さらに 183kHz で進み 90° 、それより低域では急速に減衰した。 $\beta_d=0$ の点 P_0 は順方向の伝搬(実線、●印)のみに表れ、ここでは従来のバランス型の CRLH-TL と同様にエネルギー伝搬を伴った波長無限大の波が伝搬し、LH モードから RH モードへの連続的な遷移が見られる。一方、逆方向の伝搬(破線、○印)では、 $\beta_d=\pm\pi$ の点 P_π において隣接する単位セルが逆位相となる波がエネルギー伝搬を伴って伝搬し、RH モードから LH モードへの連続的な遷移が見られる。こちらは従来の CRLH-TL には見られない特徴である。また、測定値は理論値よりも低域側に表れ、動作周波数は 380kHz 低い 1.2MHz で観測された。

観測された動作周波数は理論値よりやや低かったが、AP-CRLH-TL では理論計算結果を十分に反映した特性が観測できなかった非可逆位相特性はこの G-CRLH-TL によって観測された。また増幅器の遅延時間について考慮することで、理論値と測定値はよく一致することが分かった。

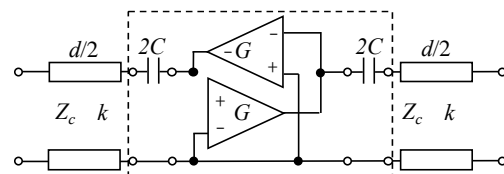


図1 G-CRLH-TL の単位セル

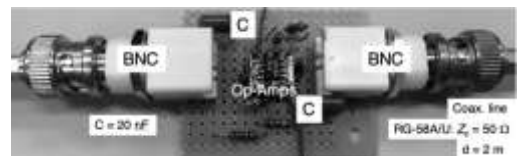


図3 試作回路

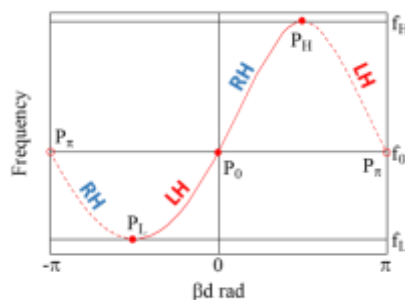


図2 分散曲線の概形

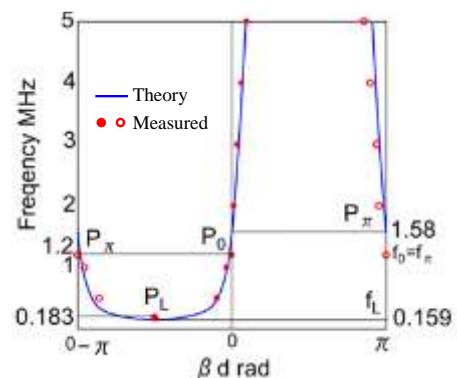


図4 分散曲線(測定値)

成果資料目録

[1] K. Okubo, M. Ishihara, et al., "A study on nonreciprocal CRLH-TL composed of gyrator and series capacitor," Proc. of 2018 Asia-Pacific Microwave Conference, FR2-D-1, pp.1193-1195, Nov. 2018. DOI: 10.23919/APMC.2018.8617249