

平成29年度 独創的研究助成費 実績報告書

平成30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	ジャイレータを装荷した周期構造による非可逆右手/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	<p>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[1]、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[2]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理論的[1]・実験的[3]に明らかにしている。$\beta d = 0$ の点 P_0 は群速度が正(実線)すなわち順方向の伝搬のみに現れ、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みられる。一方、群速度が負(破線)すなわち逆方向の伝搬では $\beta d = \pm\pi$ の点 P_π においてもエネルギー伝搬を伴った(波長 $2d$ あるいは)隣接する単位セルが逆位相となる波が伝搬し、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。</p> <p>反転増幅器と非反転増幅器を組み合わせることでジャイレータを構成するが、試作が容易になるように動作周波数を低く(数百 kHz)設定しオペアンプを用いて図3に示す回路を試作した。ジャイレータに直列容量 $C=100$ nH を接続し(図1の破線内)BNC 端子を介して同軸線路 $Z_0=75\Omega$, $d=2$ m を用いて次の回路に接続する。この周期構造(3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。図4に示すように、順方向入力の場合 208 kHz (f_0)で同位相(点 P_0)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)となり 33 kHz (f_L) で進み 90° (点 P_L) さらに低域では急速に減衰した。逆方向入力の場合: 208 kHz ($f_0=f_\pi$)で逆位相(点 P_π)となり、これよりも高域では進み位相(LH モード)、低域では遅れ位相(RH モード)となり、33 kHz (f_L) で遅れ 90° (点 P_L) さらに低域では急速に減衰した。</p>					

※ 次ページに続く

図1の単位セルによる周期構造の分散関係式は単位セルのFマトリクスを用いて $\sin \beta d = (A+D)/2j$ のようにで表すことができる. 理論値 $f_0 = 578\text{kHz}$ に比べ測定値は低域に現れたが, 同軸線路の長さを $d = 15\text{m}$ とした計算結果は測定値とほぼ同等となった. 理論値との違いの原因は今後明らかにされる必要があるが, 試作回路が理想ジャイレータの性能に至っていないこと, 中でもオペアンプによる信号の遅延の影響によるところが大きいと考える.

本研究では G-CRLH-TL を提案し, その非可逆分散特性を数値解析によって明らかにし, 試作実験によって確かめた.

研究実績
の概要

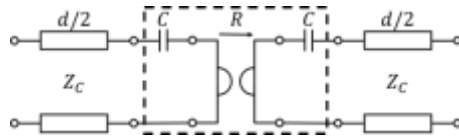


図1 G-CRLH-TLの単位セル

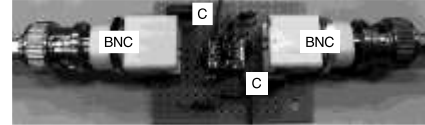


図3 試作回路

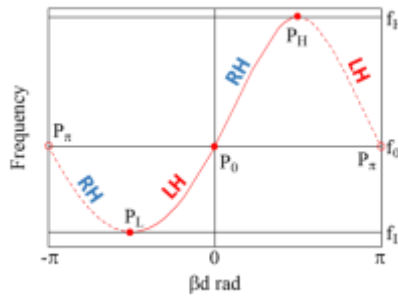


図2 分散曲線の概形

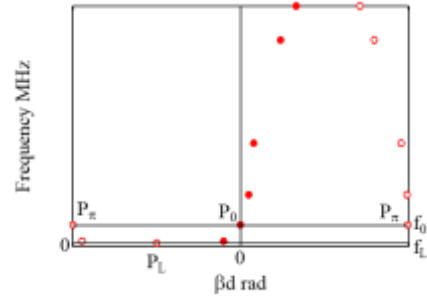


図4 分散曲線(測定値)

成果資料目録

- [1] M. Ishihara, K. Okubo, et al., "A study on non-reciprocal CRLH-TL using gyrator," Proc. of 2017 Thailand-Japan MicroWave, FR1-13, June, 2017.
- [2] K. Okubo, et al, "Nonreciprocal CRLH-TL using antiparallel magnetized and half-mode LH ferrite waveguide," Proc. of 2017 Vietnam-Japan Microwave, pp.107-111, June, 2017.
- [3] 大久保, 石原 他, "ジャイレータを用いた非可逆 CRLH-TL に関する実験的検討", 2018年電子情報通信学会総合大会, C-2-37, Mar., 2018.