

L-47

右手系/左手系複合非線形伝送線路の作製と電磁波透過特性

Fabrication of a composite of right-handed/left-handed nonlinear transmission lines and their linear-wave transmission characteristics

○在田竣哉¹, 北原拓実¹, 鈴木薫², 胡桃聡², 松田健一²

Syunya. Zaita¹, Takumi. Kitahara¹, Kaoru. Suzuki², Satoshi. Kurumi², Ken-ichi. Matsuda²

Abstract: 右手系/左手系複合伝送線路は、従来にはない電磁波伝搬特性をもつ新しい RF - マイクロ波デバイスとして注目されている。本研究では、非線形素子を組み合わせたチューナブル左手系伝送線路を作製し、その電磁波透過特性を測定した。回路に加える DC バイアスに依存して、透過バンドにギャップが出現することを見出したので報告する。

1. 研究背景と目的

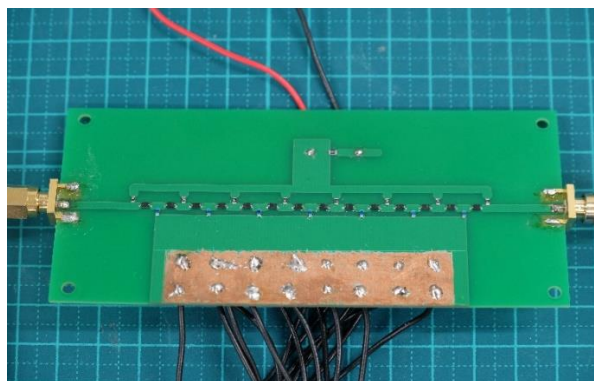
近年、新しい RF - マイクロ波デバイスとして、電磁メタ材料が注目されている。特に、右手系/左手系複合伝送線路は比較的に低損失・広帯域なものが設計可能なため開発が進められている。よく知られた簡単な例としては、LCR による右手系伝送線路と左手系伝送線路があり、それぞれがローパスフィルタ、およびハイパスフィルタとして動作する。従って、これらを組み合わせることで比較的に自由に帯域通過フィルタ等を作ることが可能である。これらは、比較的単純な回路によって実現可能であるが、他方では、デバイスの伝搬特性を調整することは難しい。

本研究の目的は、非線形素子であるバラクタダイオードを用いることで、周波数特性を調整可能な右手系/左手系複合伝送線路を作製することである。またその回路の、小振幅電磁波に対する透過特性を測定し、回路に印加する直流電圧によって透過特性が調整可能となることを確認する。

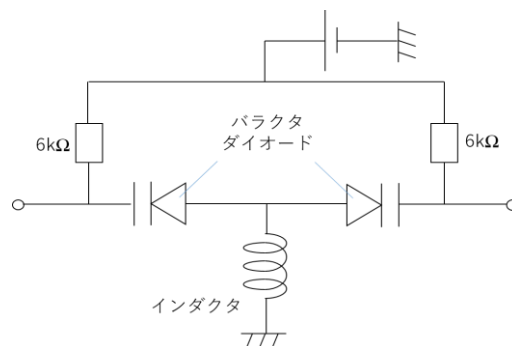
2. 実験方法

図 1 (a) に、本研究で作製した左手系非線形伝送線路を示す。厚さ 1.27 mm ($\epsilon_r = 10.2$) の基板を用い、図 1 (b) に示す回路を作製した。バラクタダイオードには、SKYWOKS 社の SMV1233-011LF を採用し、インダクタには、Murata の LQW18AN10NG00 を採用した。

測定には Tektronix 社製のベクトルネットワークアナライザ (TTR503A) を用いて測定した。



(a) 実際に作製した伝送線路



(b) 伝送線路の基本構造

図 1. 右手系/左手系複合非線形伝送線路

3. 実験結果

図2に、作製した右手系/左手系複合非線形伝送線路に対する S_{21} パラメータの周波数依存性を示す。3つの曲線は、上からそれぞれ直流バイアスが $V_{DC} = 1V$ (黒線), $2V$ (赤線), $3V$ (青線) のデータである。バイアスを増加していくと、 $1.7 - 2.1 GHz$ 付近 (図中の網掛部分) にギャップが形成されはじめる様子が見られる。定性的には、直流バイアスによってバラクタダイオードの空乏層容量が変化し、それによって右手系 (ローパスフィルタ) の透過帯域と左手系 (ハイパスフィルタ) の透過帯域が変化することによって、上記の周波数帯にギャップが生じると考えられる。

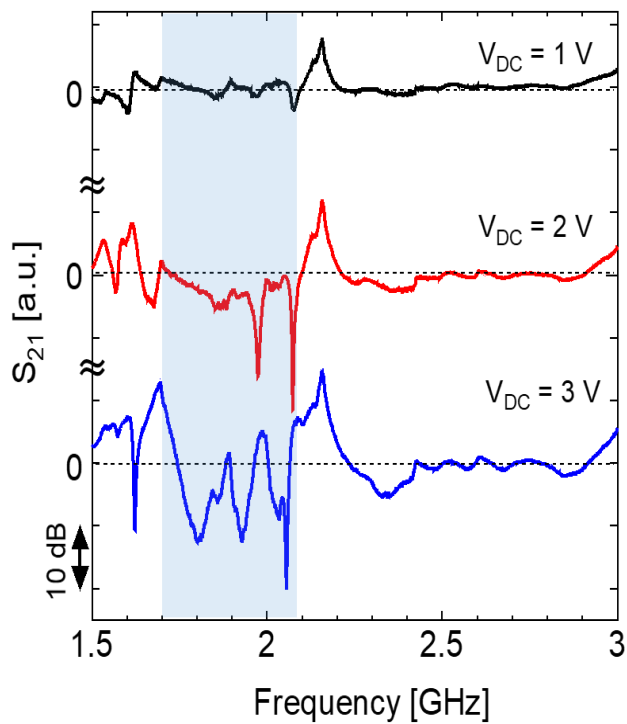


図 3 :右手系/左手系複合伝送線路に電磁波パワー 5dBmの際の S_{21} パラメーターの周波数特性

4. まとめ

本研究では、右手系/左手系非線形複合伝送線路を作製し、小振幅信号伝搬特性とその直流バイアス依存性を測定した。その結果、 $1.7 - 2.1 GHz$ 付近にギャップが形成されはじめる様子が見られた。これは、直流バイアスによってバラクタダイオード内の空乏層容量が変化し、それに伴って右手系 (ローパスフィルタ)・左手系 (ハイパスフィルタ) それぞれの周波数特性がシフトしたことを示していると考えられる。

5. 参考文献

- [1] A. B. Kozyrev, et al, "Parametric amplification in left-handed transmission line media", Appl. Phys. Lett. **88**, 264101 (2006).
- [2] I. V. Shadrivov, et al, "Nonlinear, Tunable and Active Metamaterials", Springer. pp89-101 (2014).
- [3] I. V. Shadrivov, et al, "Nonlinear metamaterials" , Rev. Mod. Phys. **86**, (2014).