

左手系疑似伝送線路型薄膜コモンモードフィルタの広帯域化

寺沢巧斗, 有賀健雄, 小山貴之, 中山英俊, 田中秀登, 足立壮平*, 曾根原誠*, 佐藤敏郎*
(長野工業高等専門学校, *信州大学)

Development of Broadband Thin Film Common-Mode Filter with Quasi Left-handed Transmission Line
Takuto TERASAWA, Takeo ARUGA, Takayuki KOYAMA, Hidetoshi NAKAYAMA, Hideto TANAKA,
Sohei ADACHI*, Makoto SONEHARA* and Toshiro SATO*
(National Institute of Technology (KOSEN), Nagano College, *Shinshu University)

研究背景・目的

高速大容量通信のノイズ対策として差動信号によるシリアル伝送方式があるが, 不平衡成分である同相電流によるノイズ(コモンモードノイズ)対策のためにコモンモードフィルタ(以下, CMF と記述)が必要不可欠である. 筆者らは, 左手系伝送線路理論をベースとした疑似伝送線路型薄膜 CMF を提案し¹⁾, 薄膜による特徴と, その小型化を検討してきた²⁾. 更なる小型化のために, 磁性薄膜を装荷したインダクタの適用などを検討している一方で, 本研究の薄膜 CMF は, 平面積層構造インダクタと MIM キャパシタの組合せにより, 大幅な小型化とデュアルバンド特性が得られたが, 信号通過周波数帯域が狭く, デジタル信号通信に適用困難である課題があった²⁾. 以上より, 本研究では, 2 GHz 帯のデジタル信号通信を対象とし, 第 5 高調波までの周波数帯域(2~10 GHz 帯)を有する広帯域 CMF の開発を目標に, 従来の薄膜 CMF を複数個並列接続して, 広帯域化を検討した結果を報告する.

薄膜 CMF の等価回路および動作原理

Fig. 1 に薄膜 CMF の等価回路ユニットを示す. 同回路は, 直列キャパシタ, 分路キャパシタおよび結合インダクタで構成されたユニット回路である. 差動信号は, 直列キャパシタおよび分路インダクタによる疑似左手系伝送線路として信号通過するのに対し, コモンモードノイズは, 2 線路間が同電位のため結合インダクタが機能せず, キャパシタのみの伝送線路により信号伝送されないため, CMF として大幅な減衰特性を示す. 本研究では同ユニット回路を 3 個並列接続して, 広帯域化を試みた結果を報告する.

広帯域薄膜 CMF の設計

2 GHz 帯の基本波と対象として, 第 5 高調波(10 GHz 帯)までのディファレンシャルモード伝送を -3 dB 以上, コモンモード伝送を -20 dB 以下とした目標仕様を満たす回路パラメータを検討した結果を Table 1 にまとめ, Fig. 2 にその伝送特性のシミュレーション結果を示す.

Table 1 Value of each element.

各回路パラメータ	C_L [pF]	C_R [pF]	C_{LL} [pF]	L_L [nH]	k
Filter①の値	12.5	0.5	0.05	1	0.75
Filter②の値	0.3	0.8	0.05	0.5	0.75
Filter③の値	0.6	0.1	0.05	4.5	0.75

まとめと今後の展望

上記のような回路パラメータの選択により, 薄膜 CMF の並列接続により広帯域化の可能性を示すことができた. ただし, 伝送特性には改善の余地があり, 今後様々な対策を検討する必要がある. また, 薄膜 CMF の具体的なデバイス構造設計および試作と評価により, 伝送特性を実証することが今後の課題である.

参考文献

- 1) H. Nakayama et al.: Intermag 2009 Digests, CU-02, (2009).
- 2) 吉作祥明, 他: 電気学会論文誌 A, 137 巻, 4 号, pp. 221-228, (2017).

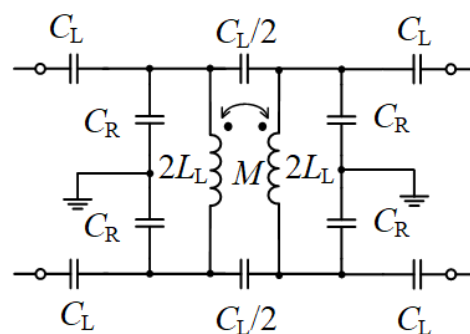


Fig. 1 Equivalent circuit of thin film CMF unit.

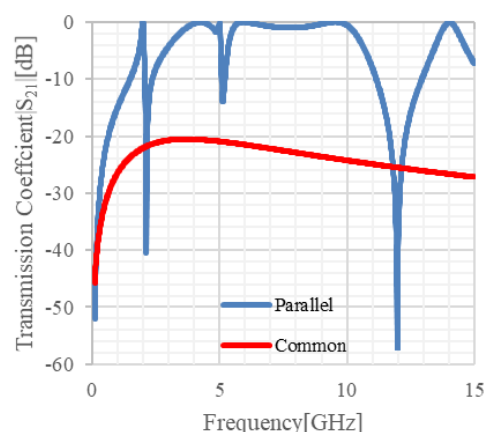


Fig. 2 Transmission coefficient of designed CMF circuit.