

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04334

研究課題名(和文) 電磁ノイズ抑制のための近傍界ノイズ抑制素子の実用化

研究課題名(英文) Practical application of near-field noise suppression device for suppressing electromagnetic interference

研究代表者

村野 公俊 (Murano, Kimitoshi)

東海大学・工学部・教授

研究者番号：60366078

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：電気・電子機器が不要な電磁界に曝されると、機器内部のプリント回路基板上に配置されたプリント配線や伝送線路に不要な電流(電磁ノイズ)が誘導され、これが、機器の誤動作を引き起こす原因となる。機器の誤動作を抑制するためには、伝送線路を伝搬する不要な電磁ノイズの伝搬を抑制することが有効である。

本研究では、プリント配線や伝送線路を伝搬する電磁ノイズを抑制する部品として提案されている「近傍界ノイズ抑制素子」の実用化を目指して、同抑制素子の差動伝送線路への適用、ならびに、同抑制素子の装荷方法(立体的配置)について検討を行い、そのノイズ抑制効果について明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スマートフォンなどの携帯情報端末の普及に伴い、身近な生活空間における電磁環境は複雑化している。複雑な電磁環境に置かれた電気・電子機器内部の電子回路には、不要な電流(電磁ノイズ)が誘導され、誤動作を引き起こす原因となる。電子回路を外部電磁界から完全に遮蔽できない場合、電子回路上に誘導された電磁ノイズを抑制することが、電気・電子機器の誤動作を防ぐ手段として有効である。

近傍界ノイズ抑制素子は、能動素子を利用することによってノイズ抑制特性を制御することができるため、その実用化を図ることは、刻々と変化する外部電磁界に自律的に対応できる誤動作を起こしにくい電気・電子機器の実現に寄与するものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：When an electric or electronic equipment is exposed to an external electromagnetic field, an unwanted electric current is induced on an electronic circuit arranged inside the equipment. It is known that this induced current causes the malfunction of the equipment. In this case, it is effective to suppress the propagation of the current induced on the circuit for preventing the malfunction of the equipment.

Recently, near-field noise suppression device (NSD) is proposed as parts for suppressing the propagation of an unwanted current. In this study, an application of NSD to a differential transmission line was considered. In addition, the transmission characteristics of the transmission line having NSD arranged three-dimensionally were examined, and the noise suppression effects were clarified.

研究分野：環境電磁工学

キーワード：近傍界ノイズ抑制素子 近傍電磁界 電磁干渉

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

スマートフォンなどの携帯情報端末の普及により、身近な生活環境における電磁界（電磁環境）が複雑化しており、電気・電子機器類もまた同様の電磁環境での動作を余儀なくされている。不要な電磁界に曝された電気・電子機器内部の電子回路には、電磁誘導現象によって不要な電流が誘導され、これが電気・電子機器の誤動作を引き起こす原因となる。さらに、近年、外来電磁妨害波のみならず、電気・電子機器の内部で発生する電磁界が自らの誤動作を引き起こす現象も注目されている。これらの現象は、プリント回路基板上に高密度に混載された各種の回路間で電磁干渉が発生し、回路上に不要な電流が誘導されることによるものである。機器の内外から印加される電磁界に対して誤動作を起こさないよう、電気・電子機器には電磁妨害波に対する十分な耐性（イミュニティ）が求められており、複雑な電磁環境に対して「いかにして効果的に電気・電子機器のイミュニティを向上させるか」が、重要な課題となっている。

2. 研究の目的

電気・電子機器のイミュニティを向上させるためには、外来電磁妨害波から電気・電子機器を遮蔽することにより、機器内部の電子回路に不要な電流が誘導されないようにすることが望ましいが、不要な電流の誘導を完全に抑えることは物理的に困難である。そこで、電子回路上に誘導された不要な電流の伝搬を阻止することが、次善の策として考えられる。我々はこれまで、電子回路を伝搬する特定の周波数の電流を抑制する「近傍界ノイズ抑制素子」の検討・開発をすすめてきた。これは、プリント回路基板上のプリント配線の近傍に、コイルとコンデンサとの組み合わせによって構成された部品（近傍界ノイズ抑制素子）を配置することにより、同抑制素子の電磁誘導現象と共振現象を利用して、プリント配線を伝搬する特定の周波数成分をもつ不要な信号（電磁ノイズ）を抑制しようとするものである。この手法の特色は、同抑制素子を構成するコンデンサを、可変容量ダイオードなどの能動素子に置き換えることにより、抑制したい信号の周波数を外部から制御することができるだけでなく、同抑制素子が自律的に動作し電磁ノイズを抑制する「自律制御型近傍界ノイズ抑制素子」への発展が期待できる点にある。本研究では、これまでに得ている研究成果や知見を基礎として、近傍界ノイズ抑制素子の実用化を行い、電気・電子機器周辺の電磁環境の改善に役立てることを目的としている。

3. 研究の方法

本研究では、近傍界ノイズ抑制素子の実用化に向けて、以下の検討を行った。

(1) 差動伝送線路への適用

差動伝送線路は、シングルエンド・モードの伝送線路と比較して、電磁両立性の観点から優れた特性を有しており、近年幅広く使用されている伝送線路構造である。そこで、近傍界ノイズ抑制素子を差動伝送線路に適用した場合の電磁ノイズ抑制効果を、解析的に求める手法について検討を行い、差動伝送線路に対する近傍界ノイズ抑制素子の有効性を検証した。

(2) 立体的に配置された近傍界ノイズ抑制素子の有効性

プリント回路基板上のプリント配線に近傍界ノイズ抑制素子を装荷するにあたり、これまで、同抑制素子をプリント配線と同じ層に配置した場合について検討してきた。しかし、電子部品やプリント配線が高密度実装された層に、新たに近傍界ノイズ抑制素子を配置することは、物理的に困難な場合があると考えられる。そこで、プリント配線に対して、近傍界ノイズ抑制素子を立体的に配置した場合の電磁ノイズの抑制効果の検証を行った。

4. 研究成果

(1) 差動伝送線路への適用

近傍界ノイズ抑制素子を差動伝送線路に適用するにあたり、近傍界ノイズ抑制素子が装荷された差動伝送線路の伝送特性を、解析的に求める手法について検討した。

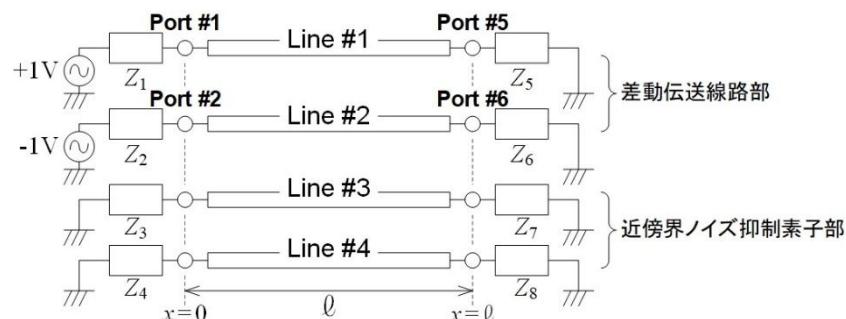
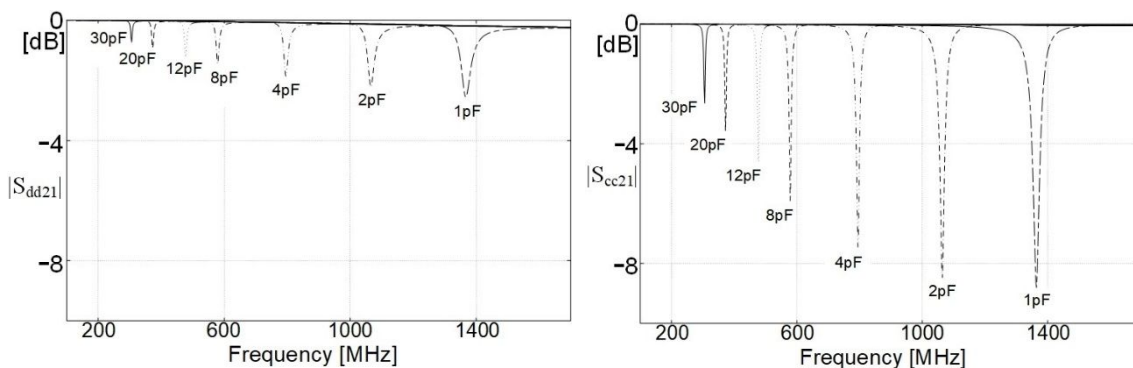


図1 近傍界ノイズ抑制素子が装荷された差動伝送線路の等価回路

図 1 に示すように、近傍界ノイズ抑制素子が装荷された部分の差動伝送線路の構造を平行 4 本線路と考えると、多線条線路理論を応用することにより、近傍界ノイズ抑制素子が装荷された差動伝送線路の特性を、解析的に求めることができる。平行 4 本線路のキャパシタンス行列から、同線路の縦続行列が得られるため、線路の始端側と終端側の電流を得ることができる。これらの電流から、近傍界ノイズ抑制素子が装荷された差動伝送線路の伝送特性を推定できると考えられる。



(a) $|S_{dd21}|$ 透過振幅特性

(b) $|S_{cc21}|$ 透過振幅特性

図 2 近傍界ノイズ抑制素子が装荷された差動伝送線路の透過振幅特性の解析結果の一例

図 2 (a), (b) は、それぞれ、近傍界ノイズ抑制素子が装荷された差動伝送線路のディファレンシャル・モードおよびコモンモードに対する透過振幅特性 $|S_{dd21}|$, $|S_{cc21}|$ の解析結果の一例である。いずれの結果も、近傍界ノイズ抑制素子を構成するコンデンサの容量を変化させることにより、差動伝送線路を伝搬する特定の周波数の信号を、周波数選択的に抑制することが可能であることを示している。このことから、差動伝送線路に対しても、周波数選択的に電磁ノイズを抑制することができることがわかる。また、コモンモードに対して、より大きな減衰量を示していることから、近傍界ノイズ抑制素子の構造や配置位置の最適化を行うことによって、コモンモードノイズを効果的に抑制できる可能性があることを示している。

(2) 立体的に配置された近傍界ノイズ抑制素子の有効性

プリント配線に対して、近傍界ノイズ抑制素子を 3 次的に配置することができれば、高密度実装された実際のプリント回路基板にも対応可能であると考えられる。また、電磁ノイズによる近傍界が近傍界ノイズ抑制素子に鎖交しやすくなれば、効率のよい電磁ノイズの抑制が期待できる。そこで、図 3 に示すように、マイクロストリップ線路と同層ではない位置に近傍界ノイズ抑制素子を配置した場合について検討した。

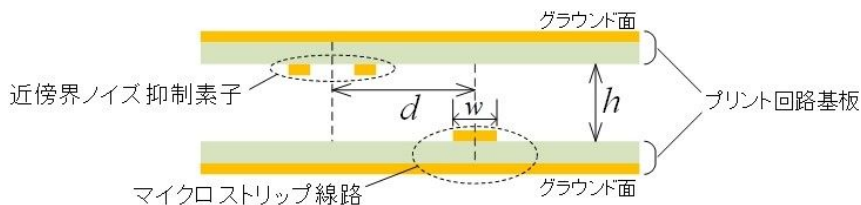
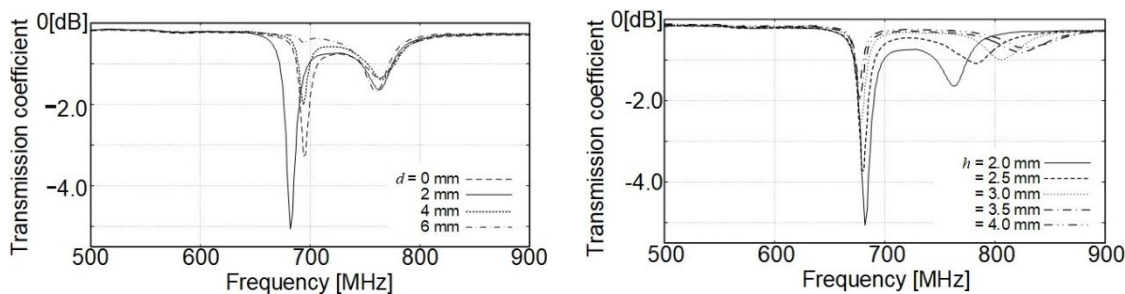


図 3 3 次的に近傍界ノイズ抑制素子を装荷したマイクロストリップ線路の断面図



(a) 距離 d に対する透過振幅特性の変化

(b) 高さ h に対する透過振幅特性の変化

図 4 近傍界ノイズ抑制素子を立体的に装荷したマイクロストリップ線路の透過振幅特性の実験結果の一例

図 4 (a) , (b) は , 3 次元的に近傍界ノイズ抑制素子が装荷されたマイクロストリップ線路の透過振幅特性の測定結果の一例である . 特定の周波数に対して透過係数が低下していることから , 特定の周波数の信号の伝搬を抑制できることを確認できる . また , 図 4 (a) の実験結果は , 特定の配置位置のとき , 減衰量が最大となることを示している . このことは , マイクロストリップ線路周辺に発生する近傍界分布に関係すると推定されることから , 今後 , マイクロストリップ線路周辺の近傍界分布を考慮した , 近傍界ノイズ抑制素子の物理的構造及び配置位置の最適化が求められる .

< 引用文献 >

上 芳夫 , “ 差動伝送の基礎 , ” エレクトロニクス実装学会誌 , vol.16, no.3, pp.176-180, May 2013.

C. R. Paul, Analysis of Multiconductor Transmission Lines, John Wiley & Sons, USA, 2007.

村野公俊 , 小塚洋司 , “ 自律制御を目指した能動素子装荷型近傍界ノイズ抑制素子の基本特性 , ” 電子情報通信学会論文誌 (B) , vol. J96-B, no.4, pp.410-416, Apr. 2013.

村野公俊 , 上 芳夫 , 小塚洋司 , “ 多線条線路理論を用いた近傍界ノイズ抑制素子のノイズ抑制効果の計算法 , ” 電子情報通信学会論文誌 (B) , vol. J102-B, no.3, pp.281-283, Mar. 2019.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kimitoshi Murano, Yoshio Kami, Youji Kotsuka	4. 巻 vol. 10, no. 8
2. 論文標題 Method of suppressing noise in a differential transmission line using a near-field noise-suppression device	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEICE Communications Express	6. 最初と最後の頁 522-527
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/comex.2021ETL0035	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 村野 公俊, 上 芳夫, 小塚 洋司
2. 発表標題 近傍界ノイズ抑制素子を装荷した差動伝送線路の伝送特性解析
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告(環境電磁工学)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 村野 公俊, 伊與部 雅矩, 鶴見 直矢, 渡部 航雅, 佐藤 圭, 上 芳夫, 小塚 洋司
2. 発表標題 多線条線路理論を用いた近傍界ノイズ抑制素子装荷差動伝送線路の伝送特性解析
3. 学会等名 2020年電子情報通信学会総合大会通信講演論文集1
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yihang Cheng and Kimitoshi Murano
2. 発表標題 Basic characteristics of microstrip line loaded with noise suppression device arranged in three dimensions
3. 学会等名 2021 International Conference on Emerging Technologies for Communications (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------