

# 磁性膜の強磁性共鳴を利用した 次世代移動体通信機器の誘導性減結合

Inductive Noise De-coupling Using Ferromagnetic Resonance of Magnetic Films  
for Next-generation Mobile Devices

H31助自89

代表研究者 室 賀 翔 秋田大学 大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻 講師  
Sho Muroga Lecturer, Graduate School of Engineering Science  
Department of Mathematical Science and  
Electrical-Electronic-Information Science, Akita University

Crosstalk suppression (inductive noise de-coupling) between lines and circuits is one of the most significant and fundamental problems of next generation electronic devices with high-speed data processing, broadband communication, low power consumption and multifunctionality. The conventional methods related to crosstalk suppression are layout modification of wires and ground planes and additions of guard traces. Furthermore, another idea has been proposed that magnetic composite filled between two signal lines suppressed the far-end crosstalk about 10-20 dB at the frequency of 1 GHz. However, these methods require additional footprints, besides, cannot obtain the large suppression in the GHz frequency range.

In this research, the crosstalk suppressions of three-type noise suppressors using some kinds of soft magnetic films, Co-Zr-Nb, Ni-Fe, (Co-Pd)-CaF<sub>2</sub> films, etc. were demonstrated. Simple two parallel microstrip lines (MSLs) with the line width of 95 μm were fabricated and used as a test bench to evaluate crosstalk suppression. The films placed on the MSLs suppressed both near- and far-end crosstalks around effective ferromagnetic resonance (FMR) frequencies. By applying an external magnetic field to the films, the FMR contribution to crosstalk suppressions was clarified. Furthermore, the magnetic flux coupling between the MSLs was calculated by a simple magnetic circuit analysis considering the magnetic flux path of the DUT. Mutual inductance was evaluated with the calculated magnetic flux coupling. As a result, it was clarified that the magnetic flux coupling between the two parallel MSLs was decreased due to the negative permeability of the magnetic film, and the mutual inductance decreased. These results indicate usefulness of the magnetic films to increase a design freedom of IC chips and packages.

## 研究目的

スマートフォン、ウェアラブル端末の内部などの狭小な空間において、次世代移動体通信周波数で用いる高周波かつ広・多周波数帯域に対応した電磁ノイズ結合対策（クロスト

ク対策）は限界に近づいている。この問題の解決には、周波数帯域への対応に加え、対策用の面積の増加を伴わずに、周波数選択性をもつ、新たなクロストーク対策法の確立が急務な状況である。本研究では、磁性膜が強磁性共鳴周波数以上で発現する負の透磁率を用い

て、機器内の磁束を制御することにより、誘導結合を低減する(誘導減結合)デバイスを提案することを目的として研究を遂行する。この目的を実現するため、次の3点の実施項目に基づいて研究を遂行する。

- ① 磁性膜の負の透磁率による誘導性クロストーク抑制の実証と機構解析
- ② クロストークの抑制周波数・抑制量を決定する主要パラメータの抽出
- ③ 広帯域・多帯域な次世代移動体通信技術に対応した磁性体設計

以上を通して、磁性膜による誘導結合の抑制効果を実証し、その機構を明らかにすることにより、GHz帯域において機器内の誘導結合を制御する革新的なノイズ対策手法を確立する。さらに、次世代移動体通信技術で用いるためのクロストーク抑制デバイスの設計指針を検討する。

## 概 要

Society 5.0の実現に向けて、通信機器の小型薄型化、多機能化、高周波数化、低消費電力化が進展する一方、ICチップ・パッケージ、ボード内の狭い領域における電磁ノイズ結合(クロストーク)の制御は限界に達しつつある。特に、誘導結合は、空気、基板の比透磁率はどちらも1であるため、磁束は空間中に広く分布することから、対策が困難である。

現状の対策として、線路・回路間の距離を離す、あるいは線路の平行部分を減らす、また、高透磁率な磁性体を配線間に配置し、磁束を局所化、シールドする手法が検討されている。しかし、いずれも対策用の空間が必要である。また、磁性体を用いる場合、スネークの限界によりGHz帯以上の高い周波数帯域では、高透磁率が期待できない。

そこで、本研究では、磁性膜が強磁性共鳴

周波数以上で発現する負の透磁率を用いて、機器内の磁束を制御することにより、誘導結合を低減する(誘導減結合)デバイスを提案した。さらに、磁気回路を用いることで、磁性膜を配置した場合の磁束の変化を解析することにより、材料・寸法パラメータと誘導結合の関係を明確化し、クロストーク抑制のための磁性膜の設計指針を構築した。

測定・評価対象は、パッケージ・PCB内の配線を模擬した単純な、寸法の異なる平行2導体マイクとストリップ線路(MSL)とした。平行2導体MSLの一方の線路をノイズ源(Aggressor)、もう一方を混入先(Victim)と仮定した。平行2導体MSLは、比誘電率10の低温同時焼成セラミックス基板を用いて試作した。2本のMSLは同一の形状、寸法である。各寸法は、磁性膜を配置しない場合にMSL単線で50Ω整合するよう設計した。1つのMSLの寸法は、信号線幅 $w_s = 95 \mu\text{m}$ 、厚さ $t_s = 3 \mu\text{m}$ 、線路長 $l_s = 10,000 \mu\text{m}$ 、線路間幅 $g = 50 \mu\text{m}$ である。その直上に異なる磁性膜を配置した。磁性膜は、アモルファスのCo-Zr-Nb膜に加え、ナノグラニューラの(Co-Pd)-CaF<sub>2</sub>膜、また工業応用の機会の多いパーマロイNi-Fe膜等とした。

まず、磁性膜の負の透磁率による誘導性クロストーク抑制の実証として、Co-Zr-Nb膜を配置した平行2導体マイクロストリップ線路のネットワーク測定を行った。その結果、磁性体の強磁性共鳴周波数以上の特定の周波数帯域において、配線間クロストークを抑制可能であることを実験的に示した。

次に、クロストークの抑制機構解析と周波数・抑制量を決定する主要パラメータの抽出のため、平行2導体マイクロストリップ線路の断面の磁気回路を構築・解析した。その結果、平行2線MSL間の結合磁束は、磁性膜外部の磁束と、磁性膜内の負の透磁率により逆方向

を向いた磁束が相殺することにより、減少することを示した。これにより、線路間の相互インダクタンスが低減する機構を明らかにした。また、構築した磁気回路解析を用いて、必要な周波数で相互インダクタンスを低減するための磁性膜の透磁率や膜厚の条件を推定することが可能であることを示した。

さらに、広帯域・多帯域な次世代移動体通信技術に対応した磁性体設計の検討のため、異なる磁性膜を配置した平行2導体マイクロストリップ線路のネットワーク測定を行った。その結果、必要な周波数で負の透磁率を実現する磁性膜を適切に選択することにより、10 GHz以下の周波数帯域において、数～十数 dB のクロストーク抑制効果が得られることを実験的に示した。一方で、次世代移動体通信技術で用いられる更に高い周波数帯域でクロストーク抑制効果を得るためには、さらに高い周波数に対応した磁性膜、あるいはメタマテリアルの利用が必要となることを磁気回路解析により予測した。

以上を通して、磁性膜が強磁性共鳴周波数以上で発現する負の透磁率を用いて、機器内の磁束を制御することにより、誘導結合を低減する(誘導減結合)デバイスを提案した。

－以下割愛－