

フェライトめっき膜による 高周波ノイズ抑制

吉田 栄吉・近藤 幸一・小野 裕司

要 旨

フェライトめっき膜は、常温で成膜できる可とう性を有する磁性シートで、高い電気抵抗を持ちUHF帯まで大きな透磁率を保つので、厚さわずか数 μm の膜で高周波電磁ノイズを副作用を伴わずに効果的に抑制できます。電子部品や回路基板にも直接成膜できる上、ポリマーなどの有機物を含まないため、リフロー処理にも耐え、半導体集積素子の内部や多層基板の内層への実装も可能です。今後ますます複雑化する電子デバイスの高周波ノイズ対策やシグナルインテグリティ改善の簡便なソリューションとして応用開発が進んでいます。

キーワード

●ノイズ抑制シート ●フェライトめっき膜 ●高周波ノイズ ●EMI ●自家中毒 ●シグナルインテグリティ

1. はじめに

深刻化する高周波ノイズ障害の抑制にノイズ抑制シート(バスタレイド)が広く用いられています¹⁾。ノイズ抑制シートは、高い電気抵抗と周波数選択性の損失特性を有し、二次的な電磁障害のような副作用を伴うことなく高周波ノイズだけを効果的に抑制できるので、「貼るだけで効く」簡便な対策部品として急速に普及し、実装評価法が国際電気標準会議(IEC)で標準化されるに至っています²⁾。

一方、ノイズ抑制シートへの厚さの要求は、余分な空間のない携帯電話やDSC(デジタルスチルカメラ)への用途拡大のために今や10 μm に到達しような状況で、現在主流となっている複合構造のシートでは抑制能力(シート厚さと透磁率 μ の積に比例)の確保が難しくなりつつあり、次世代のノイズ抑制シートとして優れた高周波透磁率特性を有するフェライトめっき膜やナノグラニューラ薄膜が注目を集めています。

本稿で紹介するフェライトめっき膜(バスタフェリックス)は、東京工業大学の阿部教授により成膜法が開発され³⁾、NECトーチンが実用化をめざしている新しい薄膜磁性体で、厚さがわずか数ミクロンの膜で優れたノイズ抑制効果を発揮し、めっきの対象となる物質の種類をあまり選ばないので、電子素子が高度に集積されたSiP(System In Package)や高密度実装されたプリント配線板の微小領域で生じる電磁障害を簡便に抑制できる新しいノイズソリューションとして注目されています。また急速に普及しつつあるRFIDの送受信特性改善にも、フェ

ライトめっき膜の薄さと優れた高周波透磁率特性に加えて磁気共鳴の急峻さが効力を発揮するので、複合型の磁性シートでは実現が難しいUHF帯RFIDのシグナルインテグリティ(信号品質)ソリューションとしても期待が寄せられています。

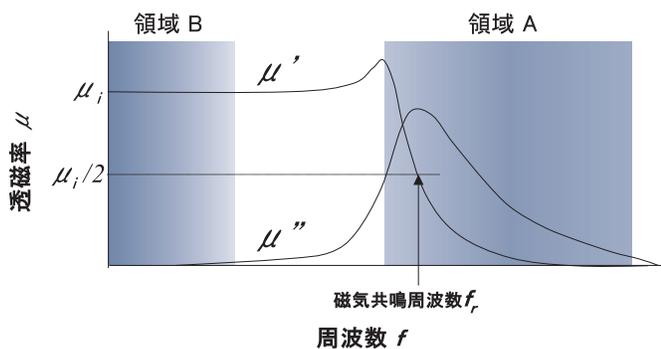
本稿では、フェライトめっき膜の特徴と伝導ノイズ抑制効果を示すとともに、マイコンを実装したプリント配線板の表面にフェライト膜を直接めっきして放射ノイズの変化を調べた結果を紹介します。

2. 高周波ノイズ抑制に求められる磁気特性

図1は、磁性体の透磁率 μ (複素透磁率 $\mu = \mu' - j\mu''$)の周波数分散特性(以下、透磁率プロファイル)を模式的に示したものです。高周波でのノイズ対策や信号品質の改善に必要な磁性体の透磁率特性について図1に基づいて説明します。

ノイズ抑制シートやフェライトめっき膜による高周波ノイズの抑制は、磁性体の組成や形状で制御可能な磁気共鳴を利用した周波数領域分離によってなされます。したがって、ノイズ成分のみを減衰させるには、信号周波数領域に磁気損失があってはならず、ノイズ領域には大きな損失が求められるので、図1の領域Aを用います。

一方、RFID磁気回路への応用では、磁気共鳴による透磁率の周波数分散が始まる前の状態、すなわち図1の領域Bを使って磁気シールド効果を得るので、信号周波数を考慮した共鳴周波数 f_r の設定が必要となります。したがって、高いノイズ抑



領域A: 磁気共鳴による損失が大きくノイズ抑制に適した領域
 領域B: 磁気損失が小さくRFIDの送受信特性などシグナルインテグリティの改善に適した領域

図1 透磁率の周波数分散と用途別の使用領域

制効果や磁気シールド性能を得るために、透磁率プロファイルには、①初透磁率 μ_i と共鳴周波数 f_r の積 $\mu_i \cdot f_r$ が大きいこと、②共鳴周波数 f_r が広い周波数範囲で制御可能なこと、および③共鳴損失が鋭く立ち上がることが求められます。

図2にフェライトめっき膜の透磁率プロファイルを示します。共鳴周波数 f_r はバルクに比べて半桁から一桁高く、大きな $\mu_i \cdot f_r$ 積が得られることが分かります。

図3にフェライトめっき膜と複合型のノイズ抑制シートについて、各々の断面構造の模式図と対応する透磁率(μ'')プロファイルを示します。両者の比較からフェライトめっき膜の立ち上がりの鋭さが見て取れ、高周波ノイズの抑制のみならずRFIDなどの信号品質改善に対してたいへん使いやすい特性であることが理解できます。

3. フェライトめっき膜の伝導ノイズ抑制効果

フェライトめっき膜はPETなどのポリマーフィルム、ポリイミドからなるFPC基板、電子部品が実装されたガラスエポキシ配線基板、半導体封止材などの主要な電子部品の表面など様々な対象物に成膜できます。本章では簡便なノイズ抑制評価法の1つであるマイクロストリップ線路に装着したときの抑制効果について説明します。

伝送線路上に装着されたノイズ抑制シートやフェライトめっき膜による伝導ノイズ抑制効果は、単位線路長当たりの大きさ P_{loss} として次式で表されます。

$$P_{loss} \propto M \cdot \mu'' \cdot f \cdot \delta \quad (1)$$

ここで、 M は伝送線路に流れる電流により生じる高周波磁

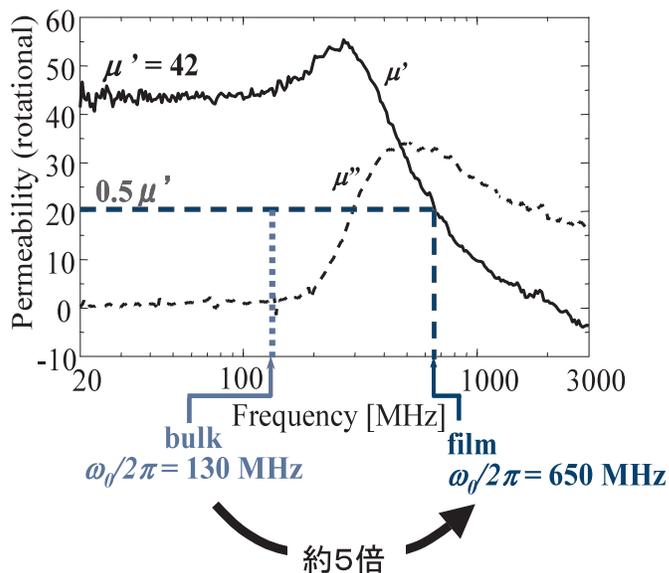


図2 フェライトめっき膜の透磁率特性の一例
 (NiZnフェライト($\rho = 5 \times 10^6 \Omega \text{cm}$)での比較)

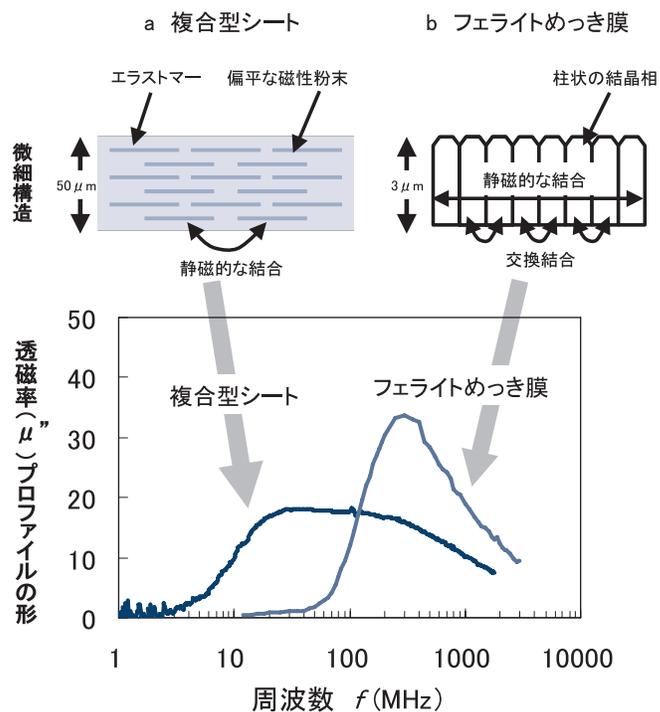


図3 複合型ノイズ抑制シートとフェライトめっきの微細構造と透磁率(μ'')プロファイルの違い

フェライトめっき膜による高周波ノイズ抑制

束とノイズ抑制シートとの結合係数、 δ は高周波電流によって磁化された深さです。(1)式の結合係数 M には伝送線路とノイズ抑制シート間に入る粘着テープのような隙間の影響が含まれ、伝送線路に流れるノイズ電流が微弱な場合には M も δ も小さくなるのでノイズ抑制効果が低下してしまいます。

したがって、大きな抑制効果を得るためには結合係数劣化の原因である隙間の排除が必要です。そのため複合構造のノイズ抑制シートでは自己粘着性を持つものも開発されていますが、装着強度を確保するために通常は粘着テープを用いることになります。一方フェライトめっき膜は、対象部品/回路に直接成膜できるので複合型のシートに比べて大きな結合係数 M を得ることができ、実装の点からもたいへん優れた材料といえます。図4は、マイクロストリップ線路上に厚さ $50\mu\text{m}$ の複合型ノイズ抑制シート($\mu_r=50$)を粘着シートなしで密着させたときと、厚さ $3\mu\text{m}$ のフェライトめっき膜($\mu_r=45$)を直接成膜したときの伝導ノイズ抑制効果 P_{loss} を比較した結果です。図5は、各々の磁性膜を実際の回路に実装したときのイメージであり、図5(a)および図5(b)は、各々複合型のノイズ抑制シート、およびフェライトめっき膜に対応します。

このように、フェライトめっき膜は電子部品や回路に直接成膜でき、厚さわずか $3\mu\text{m}$ で十分なノイズ抑制効果を発揮するので、高密度実装された電子回路や微細な電子部品への実装や多層配線基板への内装化など複合構造のノイズ抑制シートでは実現が困難な場所での高周波伝導ノイズの抑制が可能になります。

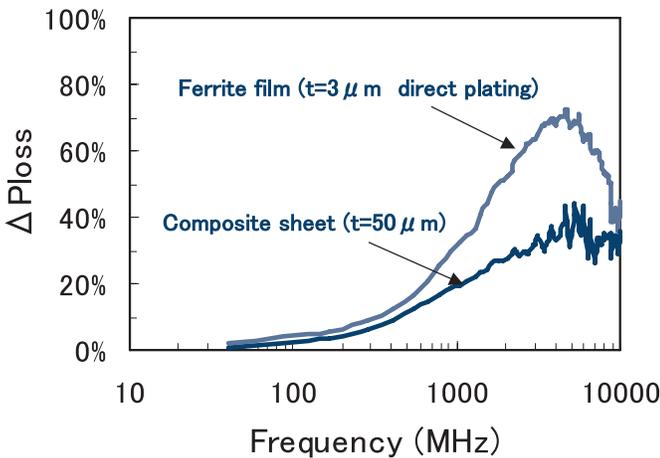
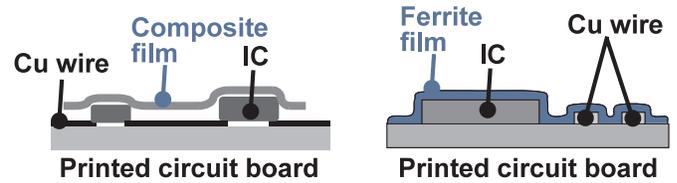


図4 フェライトめっき膜と複合型ノイズ抑制シートの伝導ノイズ抑制効果 P_{loss}



(a) 複合型ノイズ抑制シート (b) フェライトめっき膜(直接成膜)

図5 フェライトめっき膜と複合型ノイズ抑制シートの実装模式図

4. プリント配線板に直接めっきしたときの放射ノイズ抑制効果

20MHzのクロックで動作するマイコンチップを搭載したプリント配線板の表面に、厚さが $3\mu\text{m}$ のNi-Znフェライト膜をスピンスプレー法により直接成膜しました。図6にフェライト膜の透磁率プロファイルを示します。NiおよびZnの組成制御により、マイコンのクロック周波数の5倍に当たる周波数100MHz以上で磁気損失が支配的となる透磁率プロファイルを実現しています。このフェライト膜が成膜されたプリント配線板をTEMセルに固定し、増幅器を介してスペクトラムアナライザに接続し、マイコン動作時の放射ノイズを計測、評価しました。

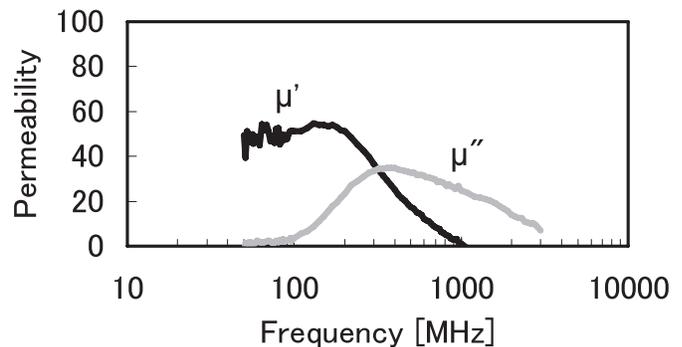
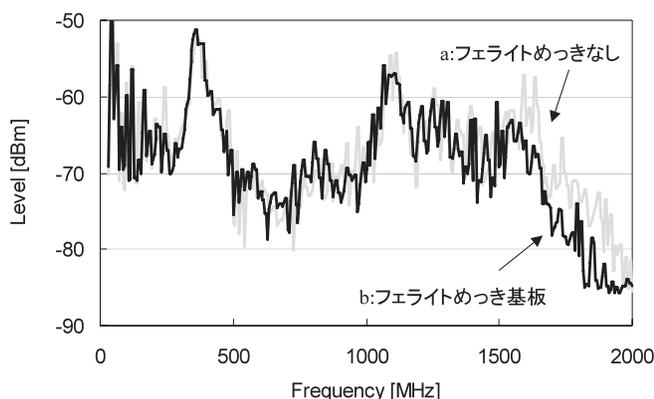


図6 マイコン基板上に直接成膜したフェライトめっき膜の比透磁率特性



a: フェライトめっき膜なしの基板
b: フェライトめっき膜を直接成膜した基板

図7 マイコン搭載基板からの放射ノイズスペクトル

図7に放射ノイズスペクトルを示します。フェライトめっき膜を直接成膜したプリント配線板では、フェライト膜のない配線板と比べて放射ノイズレベルが低下し、その効果は周波数の増加とともに顕著となり1.5GHz以上では明瞭な差として認識できます。

この結果は、前節で示したフェライト膜を伝送線路に配置したときの伝導ノイズ抑制効果の周波数依存性とよく似ています。すなわち、プリント配線板のほぼ全面にフェライトめっき膜を設けたことで、基板に伝播するマイコンチップの高調波電流をフェライト膜の磁気損失によって効率良く吸収した結果と判断できます。

本実験で用いたプリント配線板にはマイコンチップの他にキャパシタなど複数の電子部品が搭載されていますが、フェライトめっき膜を直接成膜したことによる動作の不具合など性能に影響を及ぼすような問題は認められませんでした。これはフェライトめっき膜が80℃程度の比較的低い温度で成膜でき高い電気抵抗を示し熱的にも安定であることに由来しています。

5. まとめ

携帯電話など進展著しいIT関連機器においては、高周波電磁干渉問題の解決なくして設計通りの性能確保が困難な状況となりつつあり、ノイズ抑制シートには高周波ノイズ(EMIや自家中毒)を抑制するための大きな磁気損失機能に加えて、高周波電流に誘起される磁束の流れを工夫して信号品質を改善

するための高周波磁気シールド機能が求められています。

このような状況下、フェライトめっき膜の高い電気抵抗と優れた透磁率特性を活かした配線基板への直接成膜やUHF帯RFIDの送受信特性改善などの新たなアプリケーションが育ちつつあり、高周波電磁干渉問題に対する新しいソリューションを提供する素材として期待が高まっています。

本開発を行うに当たり、ご指導・ご協力いただきました東京工業大学大学院の阿部正紀教授、東北大学の島田寛名誉教授に深謝します。

参考文献

- 1) S. Yoshida et al. : Abstract of 1997 EMC Symposium, 4-1-1 (1997).
- 2) IEC : New work item proposal for "Noise suppression sheet for digital devices and equipment", 51/652/NP (2001).
- 3) 阿部正紀 : 科学と工業, 75, 8, 342 (2001).

執筆者プロフィール

吉田 栄吉
NECトーキン
研究開発本部
副本部長

近藤 幸一
NECトーキン
研究開発本部材料開発センター
主任

小野 裕司
NECトーキン
研究開発本部材料開発センター
主任