

ノイズ抑制シート

(1995年～現在)

ノイズ抑制シートは、薄く扁平な金属フレークをポリマー中に向きを揃えて高密度に分散・配列した複合材料からなる可とう性と加工性に富む磁性シートで、高い電気抵抗とUHF帯(300MHz～3GHz)に大きな磁気損失を兼ね備えるので、副作用を伴わずに高周波ノイズ成分を吸収する(熱に変える)ことができる。携帯電話機やデジタルカメラのようなモバイル電子機器の内部では、多くの部品が高密度に実装されているために設計段階では予測の難しいさまざまな電磁干渉が生じ、外部へのノイズ輻射や内部での誤動作を引き起こす現象が多発している。ノイズ抑制シートは、このような高周波電磁障害に対し「貼るだけで効く」簡便な対策手段として、特に小型のデジタル電子機器に広く用いられている。

1. 製品適用分野

電子機器の高周波電磁干渉に伴うノイズ輻射およびシグナルインテグリティ劣化の抑制

2. 適用分野の背景

最近の携帯電話機には高画素デジタルカメラや電子マネー機能のためのRFID^{注1)}ユニット等さまざまな機能が盛り込まれ、パーソナルIT端末として飛躍的な進化を遂げている。そのためにさまざまな電子部品が高密度に実装され、それに伴って自家中毒と呼ばれる携帯電話機内部での高周波電磁障害(Intra-system Electro-Magnetic Interferences)が頻発しており、全ての機能を設計通りに高速・高信頼に動作させる上で、高周波電磁干渉が重大な障害となっている。この深刻化する高周波電磁干渉の抑制に、フレーク状の軟磁性金属粉末をポリマー中に分散した複合構造のノイズ抑制シート(バスタレイド[®])が提案、実用化されている¹⁾。ノイズ抑制シートは、高い電気抵抗と磁気共鳴による周波数選択性の損失特性を有し、信号波形の劣化などの副作用を伴わずに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」簡便なソリューションとして急速に普及し、国際電気標準会議(IEC)^{注2)}での標準化も進められている。携帯型電子機器では、静電気放電(ESD)の抑止やRFID通信距離の確保も大きな課題になっており、ESD対策にはノイズ抑制シートのもつ静電容量が、RFID対策には磁気シールド性能が大きいに役立っている。

3. 製品の特徴と仕様(ノイズ抑制シートの構造と作用)

図1はマイクロストリップ構造の伝送線路にノイズ抑制シートを装着した時に、信号とノイズがどのように伝送されるかを示している。ノイズ成分を含む信号が入射すると、ノイズ抑制シートの直下で信号/ノイ

ズの反射がわずかに生じる(反射の割合を S_{11} と呼ぶ)。一般的なノイズ対策部品の場合は、信号とノイズの周波数の差を利用して信号(低周波成分)を極力反射させずにノイズ(高周波成分)のみを反射させることによりノイズの伝送を抑えるが、反射したノイズ成分が新たな電磁障害を引き起こす危険がある。ノイズ抑制シートの場合には、信号もノイズも極力反射させずに伝送線路に入射させ、直上に配置されたノイズ抑制シートの磁気的な損失によって高周波電流、即ちノイズ成分を吸収(電流を熱に変える)する。ノイズ抑制シートは、吸収型のローパスフィルタとして作用する。したがって、ノイズ抑制シートには、①反射を防ぐための高い電気抵抗と、②ローパスフィルタのカットオフを急峻にするための共鳴型の大きな損失成分(μ'' , ϵ'' , ρ)が必要になる。図2は、ノイズ抑制シートの断面SEM像である。厚さがおよそ $1\mu\text{m}$ と極めて薄いフレーク状の軟磁性金属(Fe-Si-Al合金)粉末をシート面内に向きを揃えてポリマー中に密に分散させた複合構造をもっている。この二次元的な粉末形状とシート形状によってシート面内方向の反磁界が大幅に減少し、磁気損失項である透磁率虚部 μ'' を高めることができると

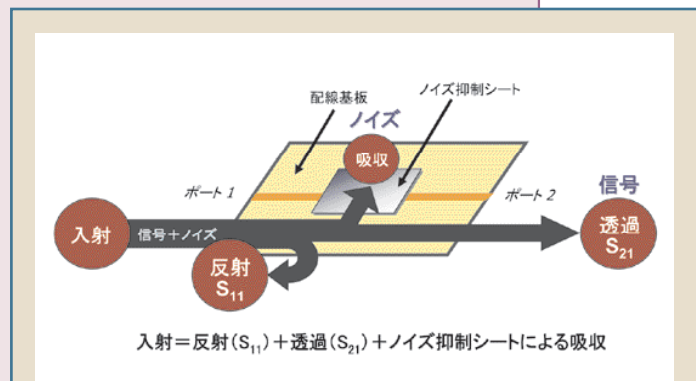


図1 ノイズ抑制シートによる伝送特性の変化

ノイズを含む信号(入力)がノイズ抑制シート(NSS)の付設された回路に入射すると、NSSの直下でインピーダンスの不整合による入力の反射(S_{11})がわずかに生じる。入力の残りのうち、ノイズ成分(即ち高周波成分)の多くはNSSの高周波磁気損失により吸収(熱に変える)され、信号成分のほとんどはそのまま透過(S_{21})する。

見学可能:

東京工業大学フロンティア創造共同研究センターに一部展示
神奈川県 横浜市
<http://www.fcrc.titech.ac.jp>

Key-words: 携帯電話機、高周波電磁干渉、ノイズ輻射、ノイズ抑制シート、磁気損失

注1 微小な無線チップにより人やモノを識別・管理する仕組み、流通業界でバーコードに代わる商品識別・管理技術として開発されたが、それに留まらず社会のIT化・自動化にも盛んに応用展開されている。

注2 電気、電子、通信、原子力分野の規格の調整、標準化を行う国際機関。1906年に設立され、1947年以降はISOの電気・電子部門を担当している。本部はスイスのジュネーブ。

ともに、透磁率の周波数特性を阻害する渦電流の発生も抑止できるので、UHF帯でも大きな透磁率と共鳴型の透磁率分散が得られ、副作用の少ない吸収型のノイズソリューションが創出される。

注3 ある材質に入射した電磁界が $1/e$ ($\approx 1/2.718 \approx -8.7\text{dB}$) に減衰する深さ。透磁率が μ 、導電率が σ の材料において、 $1/\sqrt{f\mu\sigma}$ で与えられる。

13.56MHz帯を用いるID認証システム(RFID)が普及し、携帯電話機にもRFIDタグが実装されお財布やクレジットの機能を提供している。ここで、RFIDタグ被装物の導電性が高いと渦電流によって逆向きの磁界が生じ送受信距離が大きく劣化してしまう。この問題をノイズ抑制シートの磁気シールド特性を利用してアンテナから発生する高周波磁界をシャントさせることで防いでいる。図3にノイズ抑制シートの複素透磁率の周波数特性を示す。磁性体の厚さが表皮深さ^{注3)}よりも薄ければ、特定周波数で磁気スピンの共鳴が現れて実部透磁率(μ')が増加しはじめると共に、虚部透磁率(μ'')が現れる。ここで、 μ'' が立ち上がる前の周波数領域(領域A)は磁束の収束作用(磁気シールド効果)を示し、 μ'' が大きい領域Bは磁束の減衰作用を示す。RFIDタグの送受信感度改善に求められる機能は磁気シールド作用であるので、キャリア周波数領域で大きな実部透磁率 μ' とともに出来るだけ小さな μ'' が必要になる。図4に、各種ノイズ抑制シートの周波数特性を例示する。

4. 製品の作用・効果

ノイズ抑制シートの最も重要な効果は伝導ノイズ抑制効果であり、図1の「吸収」の割合の周波数特性が重要になる。図5は、吸収の割合を $P_{\text{loss}}/P_{\text{in}}$ なる指標(入射した電力から、反射分と透過分を除いた残り)で表した周波数特性である。伝導ノイズの吸収は周波数特性をもつ等価抵抗による信号/ノイズの周波数領域分離、吸収によってなされ、吸収の割合 $P_{\text{loss}}/P_{\text{in}}$ は磁気損失項 μ'' と周波数 f の積に比例するので、ノイズ抑制シートには共鳴型

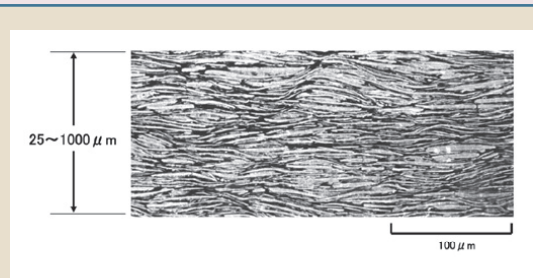


図2 ノイズ抑制シートの断面SEM像

ノイズ抑制シートは、アスペクト比の大きな扁平形状の軟磁性金属粉末を向きを揃えてポリマー中に密に配列させた構造を有している。このような構造にすることで、シート面内方向の実効的な透磁率(μ_{eff})を低下させる要因である反磁界($N_d \cdot M_d$)と変位電流を抑え、高周波領域で大きな μ_{eff} と高い電気抵抗を実現している。

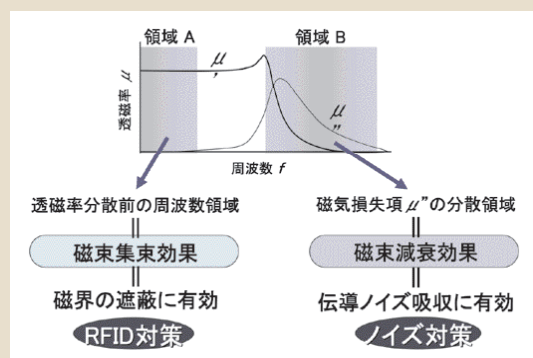


図3 ノイズ抑制シートの二つの機能

外部磁界の周波数が高くなると磁化の反転が周波数に追従できなくなる。この状態の透磁率を実部(μ')と虚部(μ'')に分離して周波数の関数として表したものが図3である。高周波のノイズ抑制には、磁気損失項である虚部透磁率(μ'')の大きい領域(領域B)を利用し、RFIDの送受信距離改善のような磁界の遮蔽用途には実部透磁率(μ')が大きく虚部透磁率(μ'')が小さい領域(領域A)を利用する。

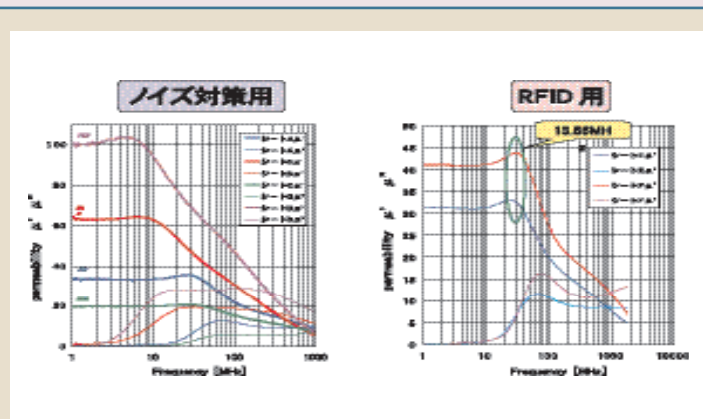


図4 ノイズ抑制シートの透磁率特性例

図3に示したように、ノイズ抑制シートの使用目的によって透磁率の周波数特性に対する要求が異なる。この図(図4)は、ノイズ対策用とRFID用の各々の用途に設計されたノイズ抑制シートの透磁率の周波数特性の実例である。

の透磁率特性が必要であり、扁平な金属粉末をポリマー中に配列させた複合磁性体は、高周波伝導ノイズの「吸収」に大変都合の良い材料である。

5. 将来展望

増加の一途をたどっている複雑な電磁干渉に伴う放射ノイズの発生や信号品質の劣化への対応がますます重要になっており、今や高周波電磁干渉の解決なくして設計通りの動作品質は望めない。半導体素子のような微細な電子回路でさまざまな電磁干渉障害が起こっている今日、ノイズ抑制シートの厚さへの要求は10 μm に到達しそうな勢いであり、微小領域での電磁干渉対策材料としてフェライトめっき膜²⁾(図6)やナノグラニューラ磁性薄膜³⁾が注目されている。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発明されたバイндаなどの非磁

性介在物を含まない新しい電磁干渉対策材料である⁴⁾。高い電気抵抗と共鳴型の大きな磁気損失を有し配線基板などに直接成膜でき、厚さわずか3 μm で実用レベルの優れた伝導ノイズ吸収特性を示すので、半導体素子や多層配線基板内部で高周波電磁干渉の抑制が可能になる。

文献

- 1) 佐藤光晴, 吉田栄吉, 菅原英州, 島田 寛, 日本応用電気学会誌, **20**, 4214-4216 (1996).
- 2) 吉田栄吉, 近藤幸一, 小野裕司, 日経エレクトロニクス, No.918, 119-126 (2006).
- 3) S. Yoshida et. al, *IEEE Trans Magn.*, **37**, 2401-2403 (2001).
- 4) 阿部正紀, 科学と工業, **75**, 8, 342-344 (2001).

[連絡先] 吉田 栄吉 (よしだ しげよし)
NEC トーキョー (株) 研究開発本部
〒982-8510 仙台市太白区郡山6-7-1
yoshidas@nec-tokin.com

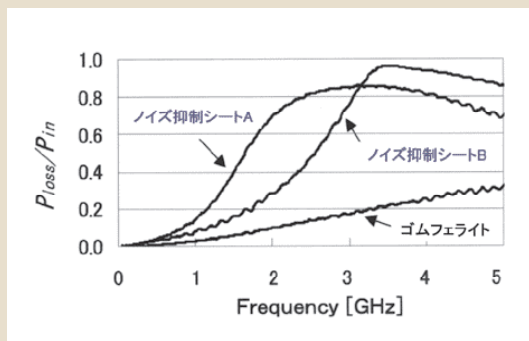


図5 ノイズ抑制シートの伝導ノイズ吸収 (P_{loss}/P_{in}) 特性

ノイズ抑制シートを図1に示したように配線基板に配設したときの伝導ノイズ吸収特性 (P_{loss}/P_{in} : 図1の「吸収」の割合) の周波数特性である。ノイズ抑制シートはスピネル型フェライトの粉末をゴムに分散したゴムフェライトと比較して、吸収の割合が大きく周波数の上昇に対する吸収量の変化も鋭い特徴がある。

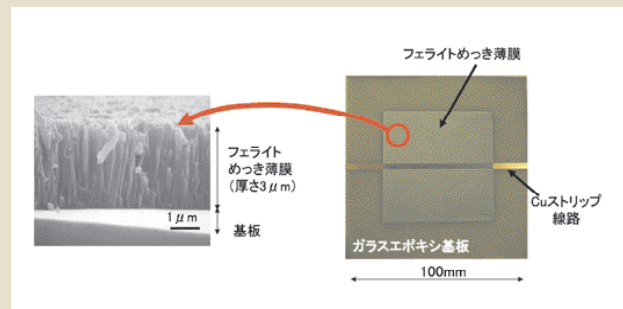


図6 ガラスエポキシプリント配線板に直接成型したフェライトめっき薄膜
a) 微細構造 (SEM 像) b) 外観写真

ノイズ抑制シートに代わる次世代のノイズ抑制素材として注目されているフェライトめっき薄膜を代表的な配線基板であるガラスエポキシ基板に直接成膜した外観写真(図6-b)と、断面SEM写真(図6-a)である。フェライトめっき薄膜は実効透磁率 μ_{eff} が大きく配線基板に直接成膜できるので、厚さ数 μm で十分なノイズ抑制効果が得られる。