

**近接電磁場制御による不要電磁波抑制体国際標準化技術の創成 (043102001)**  
Creation of International Standard Technology on Suppression of Unnecessary  
Electromagnetic Wave by The Control of Electromagnetic Near Field

**研究代表者**

山口正洋 東北大学大学院工学研究科電気・通信工学専攻  
Masahiro Yamaguchi

Department of Electrical and Communication Engineering, School of Engineering, Tohoku University

**研究分担者**

金 基炫† 池田慎治† 島田 寛† 秦 高梧† 岡本 聡††

大沼繁弘††† 小林伸聖††† 岩佐忠義†††

小野裕司†††† 伊藤哲夫†††† 高橋 正彦†††† 吉田栄吉††††

Ki Hyeon Kim† Shinji Ikeda† Yutaka Shimada† Gaowu Qin† Satoshi Okamoto††

Shigehiro Ohnuma††† Nobukiyo Kobayashi††† Tadayoshi Iwasa†††

Hiroshi Ono†††† Tetsuo Itoh†††† Masahiro Takahashi†††† Shigeyoshi Yoshida††††

† Department of Electrical and Communication Engineering, School of Engineering, Tohoku University

†† Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University

††† Research Institute for Electric and Magnetic Materials

†††† NEC-Tokin Co., Ltd.

**研究期間** 平成 16 年度～平成 18 年度

**本研究開発の概要**

本研究の第 1 の目的はデジタル機器用ノイズ抑制シートの測定法 IEC62333-1、-2 を成立させる技術基盤の確立であり、設計・解析シミュレーションと実証実験を通して所期の貢献ができ、2006 年 5 月には IS が発行された。これは大きな成果である。第 2 の目的は薄膜ノイズ抑制体による新しい不要電磁波抑制技術を確立し、新たな国際標準提案に繋げることであった。グラニューラ薄膜および複合型微粒子材料の開発から、実装プロセスの構築を通し、伝送線路上の近接電磁場制御による不要電磁波抑制基礎実験、さらには実用チップ・パッケージを使用した 2 種類の実証実験と使用方法の提案を行い、薄膜の良さを数値で示すことができた。当初予定通り、終了後 2 年以内の NP 提案を目指している。平成 19 年 1 月には IEEE EMC Society Sendai Chapter 行事の一環として本研究の報告を行い、好評を得た。以上、本研究は成功裡に完了できたと確信している。

**Abstract**

The international standard, IEC62333-1 and -2, “Noise suppression sheet for digital devices and equipment” have successfully been published in May 2006 through our contribution to the design and analytical simulation, as well as experimental verification on the measurement techniques of the sheet. Thin film noise suppressor for next generation has also been studied in terms of granular film & nano-particulate composite materials, build-up of packaging microfabrication process, experimental demonstration of electromagnetic noise suppression on thin-film transmission line and two types of practical LSI chips. A NP on thin film will be proposed within next two years as we originally planned.

**1. まえがき**

パソコンや携帯電話など情報通信機器の小形集積化、高周波化が急速に進むにしたがい、機器内部に高密度実装された電子回路における GHz 帯信号の相互干渉や電磁ノイズ放射の問題が顕在化している。これを抑制するために、磁気共鳴損失を利用した微粒子/ポリマー複合シートが日本主導で開発され、ノイズ抑制シートの名称で世界市場をほぼ占有している。本研究はまず、その測定法を日本主導で国際標準化するための学術的基盤の完成度を高め、IEC(International Electrotechnical Commission) TC51/WG10 において Committee draft (CD) レベルで審議中の標準化案を IS (International Standard) として発効させることを第 1 の目的とした。

また、次世代ノイズ抑制シートに位置づけられる薄膜ノイズ抑制体の開発と実装方法の案出が急がれる。これを実現するために、材料開発、実装プロセスの構築、伝送線路を用いた基礎実験、ならびに実用チップ・パッケージを使用した実証実験を総合的に推進するとともに、本研究終了

後 2 年以内に新規な国際標準提案に繋げることを第 2 の目的とした。

**2. 研究内容及び成果**

我々は図 1 のような新規に多層平面型微小ループアンテナを考案・試作し、ノイズ抑制シートの測定法の標準化に必要な直径 3mm、周波数帯域 6GHz に適合する磁界アンテナをはじめ得た。これは画期的な性能であり、本規格における推奨アンテナの一つとして 2004 年 11 月の CD2 提案以降、最終 IS まで盛り込まれた。また電磁界シミュレーションによって、アンテナとノイズ抑制シートの寸法、ならびに寸法や角度の許容値なども決定でき、その多くが IS に盛り込まれた。

本アンテナを用いた実験とシミュレーションによって、ノイズ抑制シートの基本性能指標である相互減結合率 (Inter-decoupling) および内部減結合率 (Intra-decoupling) について、はじめて実験値と計算値の比較が可能になった。その結果、相互・内部減結合のメカニズム

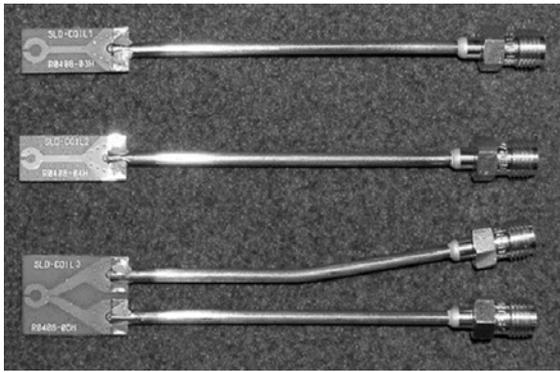


図1 試作した多層平面型微小ループアンテナ  
(最下段のアンテナが6GHz超の帯域を実現)

は基本的に磁気シールドであり、近接電磁場制御ならではの微妙な磁気回路構成の変化、ならびに磁気共鳴によって磁場位相が大きく変化することなどGHz帯の高周波に特有の振舞が認められ、これらを適切に制御すればノイズ減結合率を向上できる。これらはIS化推進に不可欠の知見であるばかりでなく、新規高性能ノイズ抑制シートの開発とその最適利用法の案出の上でも有用であり、日本の国際競争力を高める上で重要な成果と考えている。

薄膜ノイズ抑制体に関しては、まずCo-Al-O、Co-Pd-Al-O系等のナノグラニューラー軟磁性膜やCoFe-Si-B系へテロアモルファス軟磁性膜をスパッタ成膜し、0.1～5GHzの任意の周波数域で大きなノイズ抑制効果を示す膜を得ることができた。スパッタ法による膜形成能の高さを利用して $10^{-1} \sim 10^5 \Omega/\square$ という広範囲に渡ってシート抵抗を制御したところ、近接電磁場における伝送線路中のノイズ抑制効果(損失発生量)はそのシート抵抗値に大きく依存し、最適値が存在するという注目すべき成果が得られた。これはノイズ抑制体の基本設計指針に関わる重要な知見であり、従来、材料の電気抵抗率は単純に高ければよいとされてきた膜開発の指導原理そのものを発展的に修正する内容である。詳細な電磁界解析によって、膜中の渦電流損失と膜の電気抵抗率とのバランスによって最適値が定まることを明らかにできた。量産性と経済性の両立が期待される面内等方性の共蒸着膜および微粒子材料ではとくに微粒子材料について、微粒子集合体の微粒子間の磁気的結合と透磁率の関係を解明し、その制御方法・技術を開発することができた。

以上開発した薄膜をマイクロストリップライン上に装着し、高周波減衰特性を検討した。また同様にLSIチップを装着した基板全面に成膜し、あるいはLSIの樹脂パッケージを開封してチップパッシベーション膜上へ開発膜を成膜、さらには再配線層基板への開発膜集積化を行い、小形近傍磁界プローブでLSIパッシベーション表面からLSIの近傍磁界を測定した。その結果、複合微粒子材料で760MHz～1.99GHz帯において3.0～6.7dBの近傍磁界抑制効果得られたことなど、実チップ上で薄膜ノイズ抑制体が有用であることを実証できた。これは、携帯電話、モバイルパソコン、液晶・プラズマデジタルTVなど、開発サイクルが短かつ市場規模の大きなICT機器用集積回路においてEMC協調統合設計の一翼を担う新技術として今後の展開が期待できる。標準化の上では、渦電流損失の寸法依存性が大きいこと、および磁気特性の異方性の存在などがシートと異なる点に配慮が必要である。

### 3. むすび

デジタル機器用ノイズ抑制シートの測定法

IEC62333-1、-2は2006年5月にIS化が成り、第1の目標は100%達成された。これは大きな成果と考えている。第2の目標についてもグラニューラー薄膜および複合型微粒子材料の開発から、実装プロセスの構築を通し、伝送線路上の近接電磁場制御による不要電磁波抑制基礎実験、さらには実用チップ・パッケージを使用した2種類の実証実験と使用方法の提案を行うことができた。近い将来の標準化に必要なと思われる項目も抽出され、本研究は成功裡に終了できたと考えている。ご関係各位に深謝致します。

#### 【国際標準提案リスト】

- [1] IEC/TC51/WG10, IEC62333-1, 51/852/FDIS, Noise suppression sheet for digital devices and equipment - Part 1: Definitions and general properties, FDIS 提案 2006.2.3, IS 採択 2006.5.23.
- [2] IEC/TC51/WG10, IEC62333-2, 51/853/FDIS, Noise suppression sheet for digital devices and equipment - Part 2: Measuring methods, FDIS 提案 2006.2.3, IS 採択 2006.5.23.
- [3] IEC/TC51/WG10, IEC62333-3, 51/884/NP, Noise suppression sheet for digital devices and equipment - Part 3: Characteristics of parameters of Noise Suppression Sheet, NP 提案 2007.3.23.

#### 【参加国際標準会議リスト】

- [1] IEC・TC51/WG10・オースチン(アメリカ)・2005.3.8.
- [2] IEC・TC51/WG10・香港(中国)・2005.10.17.
- [3] IEC・TC51/WG10・ミュンヘン(ドイツ)・2006.11.13.

#### 【誌上发表リスト】

- [1] M. Yamaguchi, K. Maruta, H. Ono, "Operating mechanism for RF electromagnetic noise suppression sheets", IEEE Trans. Magn., **41**, 10, pp. 3565-3567 (2005.10).
- [2] S. Ohnuma, M. Ohnuma, H. Fujimori, and T. Masumoto, "Metal-insulator type nano-granular soft magnetic thin films-Investigations on mechanism and applications", J. of Magnetism and Magnetic Materials, **310**, part3, pp.2503-2509 (2006).
- [3] Y. Shimada, G. W. Qin, M. Yamaguchi, S. Okamoto, O. Kitakami and K. Oikawa, "Permeability of Submicron and Nanometer Ferromagnetic Particle Composites," J. Appl. Phys. (2007, in press).

#### 【申請特許リスト】

- [1] 電磁雑音抑制薄膜：島田寛、吉田栄吉、小野裕司、伊藤哲夫、2005/3/8、PCT/JP2005/003991.
- [2] 電磁雑音抑制薄膜：島田寛、吉田栄吉、小野裕司、伊藤哲夫(米国)、2005/3/8、PCT/JP2004/002944.
- [3] 近傍電磁界ノイズ抑制材料：大沼繁弘、岩佐忠義、増本健、(日本)、2005/3/26.

#### 【受賞リスト】

- [1] 島田寛、日本応用磁気学会平成16年度学会賞、“軟磁性アモルファス・ナノ粒子薄膜の研究”、2004.9.22.
- [2] 小野裕司、IEC1906賞、“TC51/WG10プロジェクト、特にIEC62332-2(デジタルデバイス及び装置用ノイズ抑制シート パート2:測定方法)の促進に貢献したことに対する功績”、2004.10.12.
- [3] 吉田栄吉、経済産業大臣表彰、“IEC1906賞”、2006.10.13.

#### 【報道発表リスト】

- [1] “電気技術標準化など業界貢献で表彰”、日刊工業新聞、2004.10.8.

#### 【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://www.itmag.ecei.tohoku.ac.jp/research/nss/scope-jp.html>