

# 高周波磁気工学に関する研究

山口正洋

(東北大学 大学院工学研究科, 未来科学技術共同研究センター)

Research on RF Magnetics

Masahiro Yamaguchi

(Graduate School of Engineering/ New Industry Creation Hatchery Center, Tohoku University)

## 1. 概要

著者は軟磁性体の高周波応用を拓く研究を行っている。高周波とは、交流では数百ヘルツ以上、電波では数メガヘルツから数百メガヘルツの周波数のものをいうと記述した辞書がある<sup>1)</sup>。法令では3.5 kHzを超える電磁波<sup>2)</sup>、あるいは10 kHz以上<sup>3)</sup>と定義されたものがある。すなわち学術的な定義はなく、高周波とは技術分野や時代に拠って異なっている。パワーエレクトロニクス機器やスイッチング電源では1 MHzは充分高周波に属し、発熱の程度が指標であろう。通信用薄膜インダクタ・トランスでは1 GHz付近から上が高周波であり、強磁性共鳴の寄与の程度が指標であろう。今後もエネルギー利用および通信技術の社会動向との関係が深いと思われる。筆者が多くの共同研究者のお陰で推進できた高周波磁気工学のテーマには、磁気増幅器評価法、RF集積化薄膜インダクタ、GHz帯薄膜透磁率計、ICチップレベルのデジタルノイズ低減法、パワエレ機器と無線機との電磁干渉抑制法、および関連のIEC国際規格化活動などがある。本講演では、このうち本格的な5G時代に向けた無線機とパワエレ機器との電磁干渉抑制法<sup>4)6)</sup>について最近の取り組みを紹介する。今後の端的な目標は低ノイズドローンによる空の産業革命への貢献である。

## 2. 不要電波の広帯域化に対応したICチップレベルノイズ抑制技術

移動通信システムではSHF帯(3~30 GHz)に及ぶ高い周波数帯の電波利用が見込まれる一方で、SiCやGaN等の高速パワーデバイスとそれを用いたインバータ機器の普及による外来ノイズの増加が懸念されている。このため、段階的に700 MHzから6 GHz<sup>4)</sup>、次に30GHzまでの周波数において、受信部での不要電波の影響を抑制する技術を開発している。その要素技術としての透磁率測定法はIEC規格化の見込み<sup>7)</sup>である。

フリップチップ実装方式のICチップにおいて、ICダイとそのインタポーザ(微小なプリント配線板)との間隙に、Ba-Zn系Y型六方晶フェライト( $\text{Ba}_2\text{Zn}_2\text{Fe}_{12}\text{O}_{22}$ ,  $\mu_r = 1.9$  @ FMR=2.4 GHz,  $\omega \cdot \mu_r = 23.8$  @ 6 GHz, 以下同様)、Ba-CoZn系Z型六方晶フェライト( $\text{Ba}_3\text{Co}_{1.25}\text{Zn}_{0.75}\text{Fe}_{24}\text{O}_{41}$ , 0.9, 2.1 GHz, 26.7)を選び、それぞれの微粒子をエポキシ系樹脂と約50 vol%で混合し、コンポジットシートを得た。また、Ni-Cu-Znスピネルフェライト(10.0, 1.0 GHz, 60.3)の焼結体も試した。六方晶フェライト微粒子の粒径はボールミル粉碎により0.7~3  $\mu\text{m}$ とした。シート厚はいずれも約50  $\mu\text{m}$ である。近傍磁界プローブ(Langer XF-R 3-1)をICチップパッケージ上に載せ、ICチップから放射される放射ノイズの平面成分を測定した結果、Y型六方晶フェライトで4.8 GHz帯において8.7 dBのノイズ低減効果が得られ、これはLTE通信において9.7 dBもの受信感度改善効果に対応する<sup>6)</sup>。現在、30 GHzまでを目標とした高感度の透磁率・誘電率測定法を開発中で、これを通して5G端末等を搭載した低ノイズドローンの開発とその無線性能確保のための研究開発に貢献したい。

**謝辞** 2項で報告した研究は、神戸大学(永田真教授ら)、東北大学(石山和志教授、畠山賢介氏、杉本諭教授、藪上信教授、鳥光慶一教授ら)、東北学院大学(石上忍教授ら)、昭和飛行機(沖米田也恭之氏ら)、トーキン(近藤幸一氏ら)、UTI(中村篤氏ら)およびKDDI(杉田博司氏ら)との共同研究であり、深謝します。本研究の一部は総務省電波資源拡大のための研究開発(JPJ000254)によって実施した成果を含む。

## 参考文献

- 1) 三省堂 大辞林 第三版, 2006. 2) 有線電気通信設備令 第一条 九(昭和二十八年政令第百三十一号), 1953.
- 3) 電波法 第百条 一 二(昭和二十五年法律第百三十一号), 1950. 4) 山口正洋, 他, 電子情報通信学会論文誌 B J101-B(3), 204-211, 2018. 5) M. Yamaguchi, et al, Proc. EMC Compo 2019, 231-233, 2019. 6) M. Aoi, et al, IEEE EMC SI&PI, W1-WE-PM-B-3, 2020. 7) IEC DTR 63307, 2020.