

# スマートデバイス用マグネティックスの 研究開発動向

次世代スマートデバイス構築のための高周波磁気調査専門委員会編

	目	次	
1. はじめに	3	4. ノイズ抑制技術	24
1.1 本書概要 (松下委員長)	3	4.1 はじめに (遠藤幹事)	24
1.2 次世代デバイスにおける高周波磁気への期待 ースマート・ジャパンの発展に向けてー (松村氏)	3	4.2 LSI パッケージ内の EMI 対策 (山口委員・山田委員)	24
		4.3 ノイズ抑制シート (近藤委員)	28
2. スマートデバイス構築のための高周波パワーマグネ ティックス	6	5. スマートデバイス構築のための磁性材料	31
2.1 はじめに (曾根原幹事)	6	5.1 はじめに (直江幹事補佐)	31
2.2 小型電源用磁気部品の特性向上技術 (池田委員)	6	5.2 高周波フェライト 1: 溶液プロセス (松下委員長)	32
2.3 POL 用マイクロ DC-DC コンバータ (菅原委員)	8	5.3 高周波フェライト 2: 連続固溶体 (加藤委員)	35
2.4 LSI 有機インターポーザ内蔵電源 (佐藤委員)	11	5.4 高周波ナノグラニューラー膜 (直江幹事補佐)	37
2.5 SSD 向け NAND FLASH のオンチップ電源 (石田委員)	13	6. スマートデバイス構築のための解析・計測技術	40
3. スマートデバイス構築のための RF 回路素子	16	6.1 はじめに (遠藤幹事)	40
3.1 はじめに (曾根原幹事)	16	6.2 高周波磁気計測技術 (遠藤幹事)	40
3.2 フェライトを用いた小型・広帯域アンテナ (山本委員)	16	6.3 高周波透磁率測定技術 (藪上委員)	43
3.3 スピン波を用いた位相干渉素子 (後藤委員)	18	6.4 非線形磁化ダイナミクス計測技術 (能崎委員)	45
3.4 スパイラルインダクタの高 Q 化 (曾根原幹事)	20	6.5 スピンデバイスの解析技術 (鈴木氏)	47
		6.6 磁区観察 (竹澤委員)	50
		7. むすび (松下委員長)	53

# 次世代スマートデバイス構築のための 高周波磁気調査専門委員会

委員長 松下伸広（東京工業大学）  
幹事 遠藤恭（東北大学）  
幹事 曾根原誠（信州大学）  
幹事補佐 直江正幸（電磁材料研究所）  
委員 池田慎治（富山高等専門学校）  
石田光一（ドレスデン工科大学）  
越智厚雄（T D K）  
加藤充次（F D K）  
後藤太一（豊橋技術科学大学）  
近藤幸一（トーキン）  
菅原聡（福山大学）  
佐藤敏郎（信州大学）

委員 竹澤昌晃（九州工業大学）  
辻本浩章（大阪市立大学）  
中山英俊（長野工業高等専門学校）  
能崎幸雄（慶應義塾大学）  
宗像誠（崇城大学）  
藪上信（東北学院大学）  
山口正洋（東北大学）  
山田啓壽（東芝）  
山本節夫（山口大学）  
ゲスト 松村武（情報通信研究機構）  
鈴木健司（T D K）

## 1. はじめに

### 1.1 本書概要

スマートデバイスとは、ネットワークを通じた通話・通信によるコミュニケーション、インターネットによる情報検索、GPS での位置情報の利用、カメラからの画像取込、ならびにそれら情報の管理が可能な多機能装置を意味し、スマートフォンやタブレット端末に代表されるモバイルツールが具体例として挙げられる。スマートデバイスの小型化・高性能化・多機能化は、半導体・誘電体・磁性体のそれぞれの素子の微細化・集積化・高性能化に後押しされて進展してきた。次世代スマートデバイスの構築には、バッテリー等電源部の小型化・高出力密度化に加えて、インダクタに代表される磁気素子をより小型化・高集積化する研究開発が必須となっている。

次世代スマートデバイスで用いられる磁性材料や磁気技術は、マイクロトランスなど電力系の数 MHz までから、チップインダクタに代表される数百 MHz、アンテナや伝導ノイズの抑制体などを含む信号系の数十 GHz を超える非常に広い周波数帯域を対象とする。これらの幅広い周波数帯域にまたがる高周波磁気に関して、国内での磁性材料・プロセスの研究開発動向の調査、材料やデバイスの特性評価法の調査、デバイス設計法の調査に加えて、国外における高周波磁気分野における最新研究開発動向調査を行うことを目的として、我が国における第一線の研究者・技術者の参画を得て、次世代スマートデバイス構築のための高周波磁気調査専門委員会が 2014(平成 26)年 4 月に発足し、3 年の期間をかけてさまざまな視点から調査検討が進められた。

本書は、本委員会の活動成果としてスマートデバイス用マグネティックスの研究開発動向をまとめたものであり、概要は以下のとおりである。

(1) スマートデバイス構築のための高周波パワーマグネティックスの研究開発動向 高周波パワーマグネティックスとして、小型電源用磁気部品の特性向上技術、POL 用マイクロ DC-DC コンバータ、LSI 有機インターポーザ内蔵電源、SSD 向け NAND FLASH のオンチップ電源について紹介する。

(2) スマートデバイス構築のための RF 回路素子の研究開発動向 RF 回路素子として、高周波アンテナ、インダクタ、コモンモードフィルタ、位相干渉素子について紹介する。

(3) ノイズ抑制技術の研究開発動向 磁性材料を用いたノイズ抑制技術として、LSI パッケージ内の EMI 対策とノイズ抑制シートについて紹介する。

(4) スマートデバイス構築のための磁性材料の研究開発動向 スマートデバイスで用いられる磁性材料として、溶液プロセスにより作製した高周波フェライト、連続固溶体としての高周波フェライトについて紹介するとともに、代表

的な高周波磁性膜の一つであるナノグラニューラー磁性膜の研究開発動向について紹介する。

(5) スマートデバイス構築のための解析・計測技術の研究開発動向 スマートデバイスで用いられる磁気計測として、高周波磁気計測技術、高周波透磁率測定技術、非線形磁化ダイナミクス計測技術、磁区観察について、また解析技術として、スピンドバイスを対象としたものについて紹介する。

(松下 伸 広)

### 1.2 次世代デバイスにおける高周波磁気への期待 —スマート・ジャパンの発展に向けて—

#### 1.2.1 まえがき

1970 年代に自動車電話として登場したアナログ方式の移動体通信端末は、いくつかの世代を経て、性能の向上や機能の充実とともに驚異的な小型化・軽量化を成し遂げ、生活に欠かせないスマートデバイスへと進化した。昨今の高機能スマートデバイスには、多くの半導体やセンサ、それらを駆動するための様々な部品や素子が実装されている。これらの高機能化、小型化が通信デバイスの発展において大きな役割を果たしてきたことは厳然たる事実であり、これからの移動通信システムの発展においても更なる高度化が不可欠である。

次世代通信インフラとして期待される第 5 世代移動通信システム (以下、5G) は、その実用化に向けて様々な取り組みがなされている。日本も 2020 年の東京オリンピック・パラリンピックにおいて、5G 商用サービスの本格運用開始という高い目標を掲げており、2014 年 9 月に第 5 世代モバイル推進フォーラムが設立され、5G システムの早期実現を図るための研究開発等を産官学が連携して推進している。本章では、5G の目指す方向性とそれを実現するためのいくつかの取り組みについて述べ、5G に対応した次世代デバイスの要素技術に関して高周波磁気の観点で整理する。

#### 1.2.2 第 5 世代移動通信システム

(1) 性能要件 図 1.2.1 は 5G の無線アクセスネットワーク

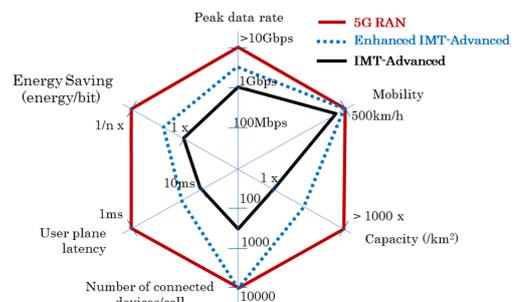


図 1.2.1 5G システムの最大性能および機能要件

Fig. 1.2.1. Maximum system capacity of 5G system

出典：ARIB 2020 and Beyond Ad Hoc Group White Paper, "Mobile Communications Systems for 2020 and beyond," p.28 (2014)