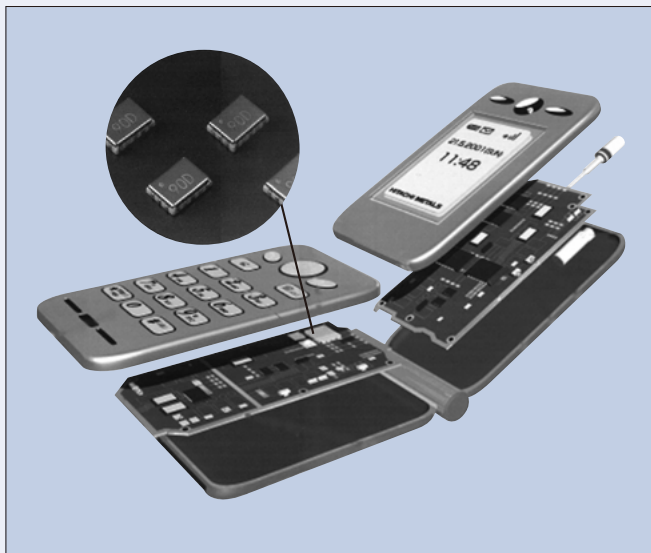


高度情報化社会に対応する 携帯情報機器用材料・部品

Key Materials and Components for Mobile Communications for Highly Information Oriented Society

佐野 博久 Hirohisa Sano 楯 尚史 Hisashi Tate
伊藤 博之 Hiroyuki Itô 福地 圭介 Keisuke Fukuchi



携帯電話やノートパソコンなどの携帯情報機器と、これらの高性能化を支える高周波部品

拡充を続ける携帯電話や急速に普及が進む無線LAN(Local Area Network)向けに、高周波セラミック材料とその応用製品や、多周波対応高利得アンテナを開発し、「ユビキタス情報社会」を支えている。

携帯電話機に代表される無線通信技術の進展に伴い、任意の場所・時間で情報を自由に享受できる「ユビキタス情報社会」の実現が目前に迫っている。提供されるサービスも、これまでの音声に加え、メール、ファイルなどのデータ通信、さらに動画などのマルチメディア情報にまで拡大され、伝送容量の増加が著しい。

伝送容量の増大に伴って使用される周波数域も拡大しており、広帯域かつマルチバンド対応の高速無線

通信の実現が必須となっている。このため、高周波信号を取り扱うアンテナやスイッチなどのキーデバイスで、小型かつ低損失であることに加えて、多周波数域への対応や耐ノイズ性など、多岐にわたる性能が要求されている。

日立グループは、高性能携帯情報機器を実現し、さらに利便性を高めるため、高周波セラミック部品と高性能小型アンテナを開発し、製品への展開を進めている。

1 はじめに

いつでも、どこでも、誰もが情報を入手できる「ユビキタス情報社会」が標ぼうされ始めてから、すでに数年が過ぎようとしている。この間、携帯電話機や無線LAN(Local Area Network)の普及により、職場内や家庭から、町なかのホットスポットでも高速の無線通信が利用できるようになっている。また、そのサービスも、これまでの音声通話に加え、メールや、ファイルなどのデータ通信、さらに、動画などのマルチメディア情報に

まで拡大され、情報伝送量も著しく増加している。

携帯機器のように、限られた電源容量で長時間の高速無線伝送を行うためには、電子回路部の消費電力低減とともに、効率よく電磁波を受送信する高周波回路の実現が必須となる。中でも、アンテナと、それに直接接続される高周波フィルタ、スイッチは無線通信の性能を左右するキーデバイスであり、高周波設計技術とともに、高度の材料・プロセス技術が重要となる。日立グループは、これらの技術を深化させることで、携帯電話からノートパソコンなどに至る多様な携帯情報機器に向けた製品展開を進めている。

ここでは、高周波セラミック部品とアンテナを取り上げ、その開発状況について述べる。

2 高周波セラミック材料と部品

2.1 高周波セラミック材料・プロセス技術

高周波信号のフィルタリング、合分波には、伝送線路と容量を組み合わせた回路が多用される。伝送線路は信号の波長で決まる所定の長さを要する一方、実装面積に制約のある携帯機器では素子サイズの小型化が必須である。このため、多層基板を用いる構成が一般的となっている。

高周波信号の低損失伝送には、基板材料の誘電損と電極材料の抵抗率を低減する必要がある。また、小型化のため、基板は高誘電率を持つことが望ましい。各種の高周波多層基板材料の主要特性の比較表を表1に示す。

アルミナを主成分とするHTCC(High-Temperature Cofired Ceramic：高温同時焼成セラミック)は高温での焼成を必要とすることから、電極材としてタングステンなどの高耐熱金属を使用せざるをえず、電極損失が大きくなるため、高周波部品基板としては適さない。一方、有機基板では銅配線によって電極損失は低減できるものの、基板材料の誘電損失が大きく、また、誘電率が低いため、基板サイズが大型化することも用途を制約する大きな問題となっていた。

LTCC(Low-Temperature Cofired Ceramic：低温同時焼成セラミック)は、900 前後での焼成を可能としたセラミック材であり、低温焼成によって銀や銅などの低抵抗金属を電極材として利用することができる。このため、1990年代に入って高周波部品に多用されてきた。しかし、基板の機械的強度が低く、落下時の衝撃に耐えることが要求される携帯機器での使用には課題が残っていた。また、低温焼結のため、鉛系ガラス材料が利用されることが多く、環境対応の面からも材料の改良が求められていた。

表1 高周波多層基板材料の特性比較

高周波用積層基板に使用される材料の諸特性比較を示す。高周波信号の伝搬損失は電極材の抵抗と誘電損によって決定される。

| 項目 | LTCC | | HTCC | 有機基板(PWB) |
|-----------------------------------|------------------------------|--|---------------------------------------|-----------------------------------|
| | 開発材 | 従来材 | | |
| 基板材料 (焼成温度) | Pbフリー (900) | Pb含有 (900~1,000) | アルミナ (~1,500) | FR4ほか |
| 内部電極材 (抵抗率: $\cdot\text{cm}$) | Ag (2×10^{-8}) | AgまたはCu ($2 \sim 4 \times 10^{-8}$) | W/Mo ($4 \sim 6 \times 10^{-8}$) | Cu ($\sim 4 \times 10^{-8}$) |
| 誘電率 | 8.1 | 6~8 | 8~9 | 4~5 |
| 誘電損 Tan ($\times 10^{-4}$) | 7~10 | 10~20 | 10~20 | 60~200 |
| 抗折強度 (MPa) | 300 | 200~250 | ~400 | 400~500 |

注：略語説明 LTCC(Low-Temperature Cofired Ceramic；低温同時焼成セラミック)
HTCC(High-Temperature Cofired Ceramic；高温同時焼成セラミック)
PWB(Printed Wiring Board)

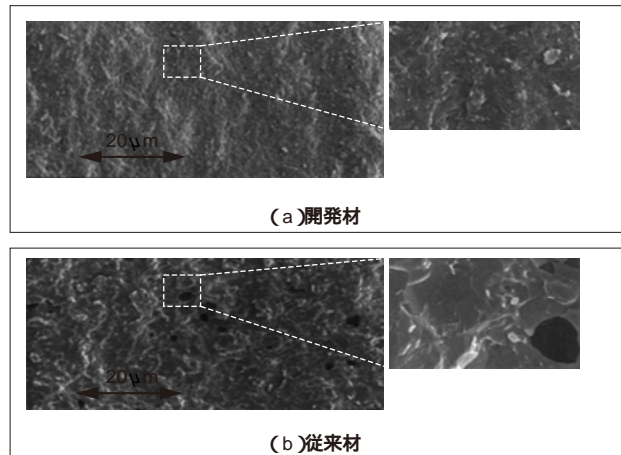


図1 開発したLTCC材と従来材の組織構造比較

開発材は従来材に比べて組織構造が微細結晶化しており、空孔密度も大幅に低減している。

これらの課題を解決するために、鉛フリー高強度LTCC材を新たに開発した。LTCCの組織構造比較を図1に示す。結晶化の際の密度低下を低減し、微細な結晶構造とすることで、空孔率の低い良好な組織が得られ、これによって開発材の抗折強度は約300 MPaとなり、従来材に比べて大幅に向上している。

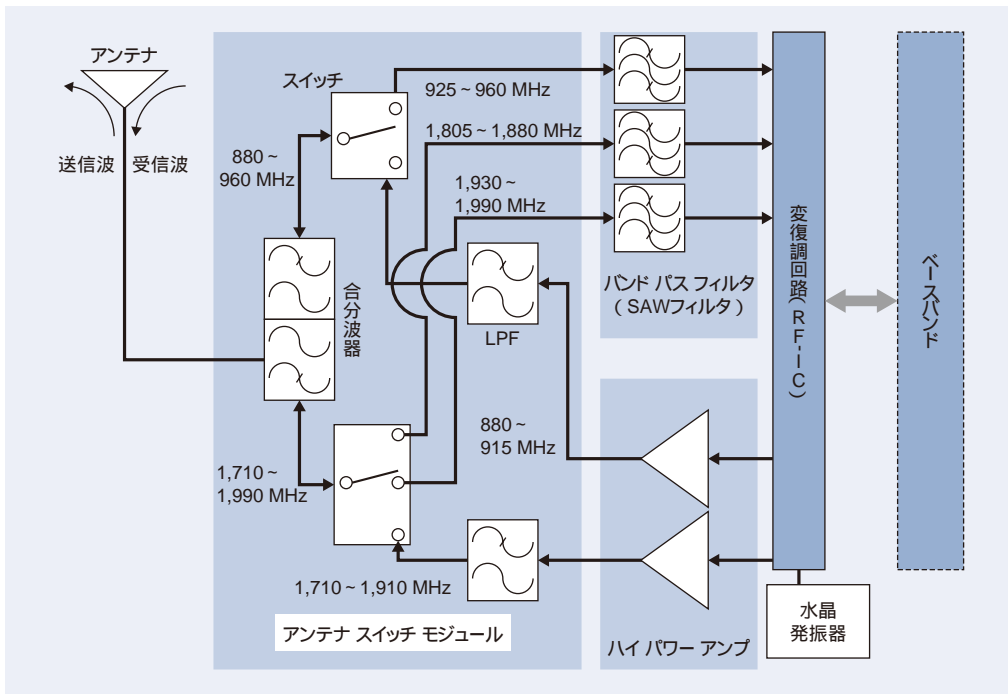
LTCC材をシート成型し、ビア穴の加工、電極印刷を行ったうえで、積層、焼結することで所定の機能を持つ高周波部品が形成される。日立グループは、集積度のいっそうの向上と高性能化に向けて、シートの薄厚化(25 μm 層)、ビアの小径化(75 μm 径)、印刷パターンの狭小化(80 μm ライン・80 μm スペース)、高精度積層(ずれ50 μm 以下)を実現し、これらを自在に組み合わせることで高集積の素子内装基板を実現している。

2.2 携帯電話用アンテナ スイッチ モジュール

LTCC基板を利用した高周波部品の代表例に、GSM(Global System for Mobile Communications)規格の携帯電話で利用されているアンテナ スイッチ モジュールがある。GSMは世界の携帯電話出荷量の約 $\frac{2}{3}$ を占める世界標準規格であり、利用者数の増大に伴う使用周波数域拡大に合せマルチバンド化が進展している。

欧米の3種類の携帯周波数バンドに対応した、携帯電話の高周波部機能ブロック図を図2に示す。アンテナ スイッチ モジュールは、複数の送受信切換スイッチと合分波器およびフィルタ回路などを集積したモジュールであり、LTCC積層基板上にチップ部品を搭載した構造を持つ。

上記の3種のバンドに米国のGSM850バンド(824~894 MHz)対応機能を加えた4バンド対応アンテナ スイッチ モジュールを図3に示す。25~75 μm の各種層厚を持つシート内に高密度に伝送線路と容量を形成するとともに、搭載部品の小型化と搭載精度の向上を進めることで、同クラスでの世界最小寸法



注：略語説明
 LPF (Low-Pass Filter：低域通過フィルタ)
 SAW (Surface Acoustic Wave：表面弾性波)
 RF-IC (Radio-Frequency IC)

図2 GSM携帯電話高周波部構成とアンテナスイッチモジュールの概略構成

欧州のGSM (Global System for Mobile Communications)帯(880~960 MHz)、DCS (Digital Cellular System)帯(1,710~1,880 MHz)と米国のPCS (Personal Communication Services)帯(1,850~1,990 MHz)の3バンドに対応した携帯電話の高周波信号部の概略構成を示す。アンテナスイッチモジュールには、複数のスイッチ回路(送信信号と受信信号の切替)、合分波器およびハイパワーアンプで発生する高調波を減衰させるためのフィルタなどをLTCC基板上に集積している。

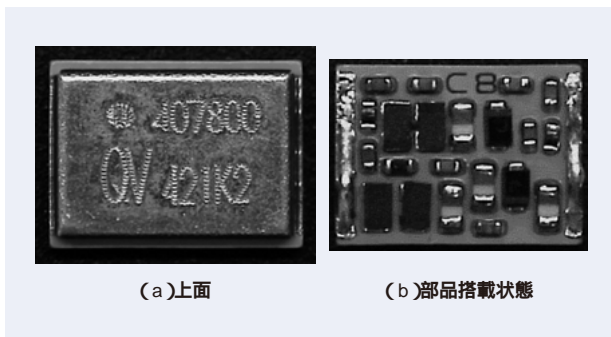


図3 4バンド対応アンテナスイッチモジュール
 15層のLTCC積層基板内に約30個の送線路と容量を集積し、基板上に20個以上のチップ部品を搭載している(5.4×4.0×1.5mm)。

(5.4×4.0×1.5 mm)の実現に成功した。

積層基板内に集積化した素子の間には、複雑な電磁的相互作用が発生する。小型化に伴う素子集積密度の向上は、一方では素子間相互作用を増大させ、高周波特性を劣化させる。日立グループは、この問題を解決するために高精度な三次元電磁気シミュレーション技術を開発し、素子間の相互作用を正確に評価するとともに、各種部品の立体配置を最適化することで、1.2 dB以下の挿入損失と35 dB以上の高い二次高調波減衰量(GSM帯送信時)を得ており、世界最高レベルの性能を実現している。

3 情報端末用内蔵アンテナ

3.1 ノートパソコン用無線LANアンテナ

近年、ノートパソコンなどの情報端末に、IEEE802.11規格に適合した無線LANシステムが搭載され始めた。ノートパソ

コンでは、2.4 GHz帯と5 GHz帯が併用されることが多く、両周波数領域での送受信が可能な、いわゆるデュアルバンド対応が要求されている。そのため、日立グループは、ノートパソコンの液晶パネルへの実装性を高め、デュアルバンドに対応した新たな内蔵アンテナを開発した。

内蔵アンテナには、突起などがなく装置本体の設計自由度が高くなることや、カバーなどの部品を省略できる利点に対し、アンテナ特性が装置本体の影響を受けやすく、設計が困難であることなどの短所が知られている。今回は、経験や試行錯誤に頼りがちな内蔵アンテナの設計に、伝送線路モデルを用いたシミュレーションを導入した¹⁾。

まず、2から4素子程度の伝送線路を持つモデルを複数考察し、各モデルに等価回路を用い、シミュレーションを行った。各伝送線路には、実験から得られた損失や高周波特性を入力した。そのシミュレーションから、最適な伝送線路長とその組

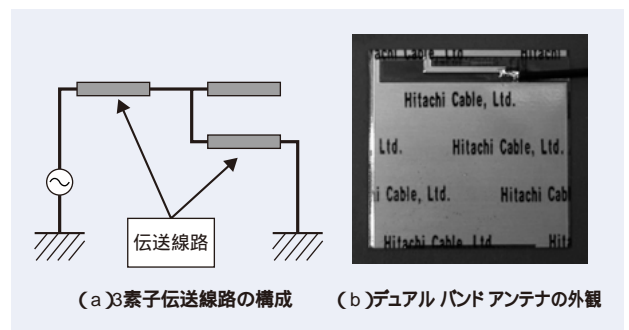


図4 伝送線路理論を用いた3素子伝送線路の概略構成とデュアルバンドアンテナの外観

3素子の伝送線路を用いた等価回路(a)では、独自シミュレーション技術の確立によって最適な伝送線路長を算出し、設計期間を短縮した。伝送線路モデルに基づいて設計した2.4 GHzと5 GHz帯の2周波に対応するデュアルバンドアンテナ(b)の形状は、縦30×横30×高さ0.2 mmであり、ノートパソコンに代表される小型情報端末への内蔵に適している。

表2 デュアルバンドアンテナの主な特性

IEEE802.11a/b/gの全規格に対応している。特に5 GHz帯全域をカバーしており、欧米に加え、日本、中国、南米など全世界で使用が可能である。平均利得は、外径1.13 mm、長さ500 mmの同軸ケーブル実装時の全方位での垂直偏波と水平偏波の相加平均を示す。

| 項目 | 標準仕様 |
|---------|--------------------------------|
| 適応周波数 | 2.3 ~ 2.6 GHz 4.8 ~ 6.2 GHz |
| 電圧定在波比 | 2.0以下 |
| 平均利得 | - 2 dBi |
| 偏波・指向性 | 直線・無指向 |
| インピーダンス | 50 |

み合せ、さらにリターンロス(反射減衰)特性が得られるように、独自開発を行った(図4参照)。

次に、得られた伝送線路の最適長と配置を満たす放射素子を設計し、製作した。基本設計に基づいて製作したデュアルバンドアンテナの外観を図4(b)に示す。放射素子は、銅の薄板で形成し、変形や変色を防止するため、両面にポリイミドフィルムでラミネート処理を行った。給電部には細径同軸ケーブルを接続し、パソコンなどの装置内部で離れた位置に配置される送受信モジュールと接続した。

このアンテナを実際にノートパソコンの液晶パネルに実装して測定した諸特性を表2に示す。特に、感度の指標である平均利得は-2 dBi(ケーブルロス約2 dBを含む)と高く、無線LAN接続で重要な無指向性も具現した。

3.2 UWB用アンテナ

UWB(Ultrawide Band)は、100 Mビット/s以上の速度を持つ次世代短距離通信の規格として注目を浴び、2006年以内に、第1期UWBとして、3~6 GHzの領域での運用が開始される見込みである。この広い帯域をカバーするため、無線LAN用アンテナ向けに開発した技術を活用して、3 GHz、4 GHz、および5 GHzにピークを持つトリプルバンドアンテナを開発し、これら三つのピークを合成することで、広帯域化を図った。

開発したUWB用アンテナのVSWR(Voltage Standing Wave Ratio: 電圧定在波比)の測定結果を図5に示す。

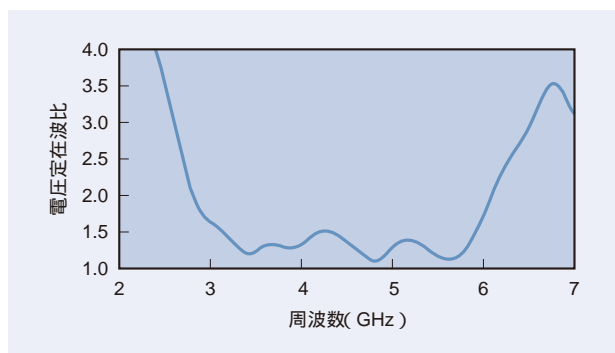


図5 UWBアンテナの電圧定在波比測定結果

3~6 GHzの領域で電圧定在波比が2.0以下という優れた特性があり、UWB(Ultrawide Band)アンテナとして、実装性も含めて、実用領域に達している。

UWBに使用する広い領域全体で、VSWRが基準とされる2.0以下の優れた特性を実現した。同様に、3 GHz~6 GHzの領域で、平均利得は0 dBi以上であること、UWBで重要となる群遅延はばらつきが1.1 ns以下であり、十分なパルス特性があることも確認した²⁾。

4 おわりに

ここでは、ユビキタス情報社会を支える技術・部品として、高周波セラミクス材料・部品と、高機能多周波対応の小型アンテナについて述べた。

日立グループは、今後も顧客の利便性を拡大するため、優れた優位性を備えた技術・製品の開発により、情報端末用無線技術の発展に貢献していく考えである。

参考文献

- 1) 武井, 外: アンテナ及びその製造方法並びに同アンテナを用いた携帯無線端末, 特許出願番号2003-383647(2003.11)
- 2) O.Fukuchi, et al.: Small and Thin Structure Plate Type Wide-band Antenna(3GHz-6GHz) for Wireless Communications, IEEE International Antennas and Propagation Symposium, s092p10a (Jun. 2004)

執筆者紹介



佐野 博久

1985年日立製作所入社, 2003年日立金属株式会社転属, 先端エレクトロニクス研究所 所属
現在, 高周波応用部品および光部品開発に従事
E-mail: hirohisa_sano @ hitachi-metals. co. jp



伊藤 博之

1980年日本フェライト株式会社入社, 1995年日立金属株式会社転属 情報部品カンパニー 所属
現在, 高周波用材料・プロセス開発に従事
E-mail: Hiroyuki_Itoh @ hitachi-metals. co. jp



楯 尚史

1985年日立電線株式会社入社, 電機・産業システム事業本部 電線製造統括部 技術部 所属
現在, 情報端末用アンテナの開発・設計に従事
E-mail: tate. hisashi @ hitachi-cable. co. jp



福地 圭介

1991年日立電線株式会社入社, 電機・産業システム事業本部 電線製造統括部 技術部 所属
現在, 情報端末用アンテナの開発・設計に従事
E-mail: fukuchi. keisuke @ hitachi-cable. co. jp