

超小型チップアンテナ (2.4 ~ 2.5 GHz 帯)

Ultra-Compact Chip Antenna for 2.4~2.5 GHz Band

平井正一郎*

Shoichiro Hirai

荒川直也*

Naoya Arakawa

上野孝弘*²

Takahiro Ueno

濱田浩樹*²

Hiroki Hamada

友松 功*²

Isao Tomomatsu

磯 洋一*³

Yoichi Iso

概要 今や、私たちを取り巻く情報社会の発展は、目をみはるものがある。携帯電話の爆発的普及と多様化、カーナビをはじめとして自動車での無線技術、Bluetooth、IEEE802.11a及び11bを標準規格とする近距離無線機器の家庭内への浸透等、生活には欠かせないものとなって来ている。この無線技術を支える電子部品のひとつにアンテナがある。当社は2.4 ~ 2.5 GHz帯の高周波に対する高性能な超小型チップアンテナを開発した。誘電体に高機能樹脂材料を用いることを特徴としており、大量生産性に優れ、長期信頼性にも優れていることが確認できた。

1. はじめに

ノートパソコン、携帯電話、ヘッドセット、PDA、デジカメなど、これらアプリケーション相互のデータ受け渡しはBluetooth、IEEE802.11b等の規格を採用した無線通信で行われようとしている。無線技術を備えたアプリケーションがより広く世の中に受け入れられるためには、それらに使用される構成部品が小型で低コストである必要がある。

これらの要求に応えるため、古河電工では長年培ってきた高誘電体熱可塑性材料と高導電率・高強度リードフレーム銅材料をコア技術とし、通信機器のキーデバイスのひとつであるアンテナの開発に成功した。本報では、この超小型チップアンテナの特徴について報告する。

2. 小型チップアンテナの開発課題

まず、本アンテナを開発するに当たり検討すべき課題について説明する。

2.1 アンテナサイズの小型化

アンテナの役目は、電気回路で作られた高周波のエネルギーを電波として空間に放射すること、また、空間の電波を捕らえて、高周波エネルギーとして電気回路に取り込んでやることである。電波は波であるから、特定の周波数に共振して大きな電流を誘起できるものだけを、その周波数のアンテナと言える。

2.45 GHzの波長は、計算によってほぼ12 cmとなる。線状アンテナを考えた場合、共振し特別大きな電流を誘起できるアンテナ素子の長さがこの12 cm、1/4波長でも3 cmとなる。

携帯電話、ヘッドセット、PDA等のモバイル製品に使用することを考えた場合、設計の自由度が大きくスペースを取らないためには、できるだけ小さいサイズにする必要がある。

2.2 無指向性と高利得化

アンテナから放射される電波の強さは、アンテナからの距離が同じでも、その方向によって違ってくる。これをアンテナの指向性という。

モバイル用に使用される場合、どこから電波を受け、どこへ電波を放出してあげればよいかは、使用状況により異なるため、無指向性タイプであることが必要である。

携帯電話、PDA、ノートパソコン等はさまざまのところへ持ち歩いて使用するが、この場合の重要な機器特性に電力消費量が少なく済むことが挙げられる。従って、使用されるそれぞれの電子部品の消費電力はできる限り少なくなるよう要求される。アンテナに関しても当然少ない電力で効率良く電波を放射する必要があり、高利得性が必要となる。

2.3 広帯域化

通常アンテナは、小型化することによりその帯域は狭くなってしまう。機器へ搭載したときの周囲の影響により周波数ずれが発生するが、帯域が狭いと回路等での調整がシビアになり実用性にかかる問題が発生する。モバイル機器は機器自体の小型化に伴い急速に実装密度が高くなってきている。当然電子部品全てに於いても小型化が要求されるが、アンテナを小型化しても、機器搭載時の周囲の影響による周波数変化に対して、十分対応できる広帯域の特性をもつことが必要となる。

2.4 低コスト化

通信機器の価格は、日ごとに低価格化を増している。安定した特性で大量に製造でき、客先からの低コストに対する要求を十分に満足できるアンテナを提供する必要がある。

* エレクトロニクス・コンポーネント事業部 電子部品部

² 研究開発本部 環境エネルギー研究所

³ 研究開発本部 ファイタルネットワーク研究所

3. 特長

以下に、今回開発したアンテナの特長についての詳細を説明する。

3.1 アンテナ構造

図1に外観を、図2に外形寸法を示す。一般的にはアンテナのサイズは4分の1波長の大きさが必要とされているが、開発品のアンテナは10分の1波長以下のサイズを実現している。

採用した構造部材は、以下の通りである。

アンテナの効率を上げるためには、アンテナの放射回路の導電率を上げる必要がある。これを実現するために、導体には、高導電率のリードフレーム銅材料を採用し、また、そのリードフレームを被う材料として、弊社が独自に開発した高誘電率熱可塑性樹脂材料を採用した。

今回開発のアンテナへ採用した熱可塑性樹脂の高誘電率と比誘電率3の物との体積比較を表1示す。約1/3の縮小化を実現している。

なお、この熱可塑性樹脂は、自動車等の車両内でも使用可能な耐熱性及び耐湿熱性も保持している。これにより、使用環境を問わない特徴を持ったアンテナにもなっている。

また、端子部は、他のセラミックチップアンテナとは異なりリード端子構造を採用している。このリード部が樹脂部と実装基板との熱膨張係数の違いによる伸び縮みで発生する応力を緩和するため、表面実装後のはんだ接合部信頼性、つまり耐熱衝撃性に優れた特性を有する物となっている。

さらに、近年、世界的に環境問題が大きく語られてきているが、電子部品に於いても当然考慮される課題である。従って、端子部のメッキに関しては、こうした環境問題についても対応し、鉛フリー化を実現、錫100%の仕様としている。



図1 アンテナの外観
Appearance of antenna

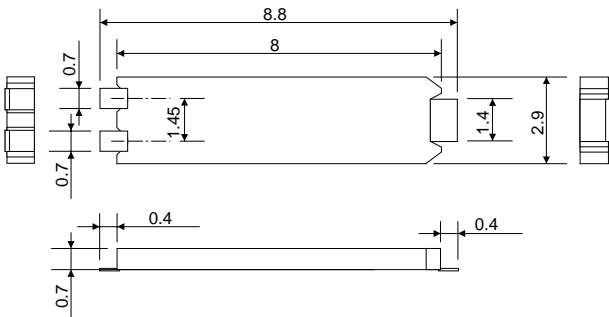


図2 アンテナの外形寸法 (mm)
Outer dimensions of antenna (mm)

表1 比誘電率とアンテナ体積
Dielectric constant of covering resin vs. antenna volume

比誘電率	アンテナ体積
3	50.40 mm ³
今回採用樹脂	16.24 mm ³

3.2 電波特性

広帯域、高効率で、かつ無指向性の電波特性を得るため、今回開発したアンテナは、前述の通り、弊社独自開発の高誘電率熱可塑性樹脂を用い、高導電率の導体を被覆する構造としている。特に電波特性に大きく影響を及ぼす導体の形状に関しては、特殊なミアンダ構造を採用している。導体線状構造の種々の形状評価結果から、容量負荷部の縦横長の設定、導線間隔及び線の進行配置が大きく影響することを確認し、この部分を基本設計としてシミュレーション手法等を用い、最適ミアンダ形状を決定した。シミュレーション解析の一例として、電界強度分布状態を図3に、放射指向性状態を図4に示す。

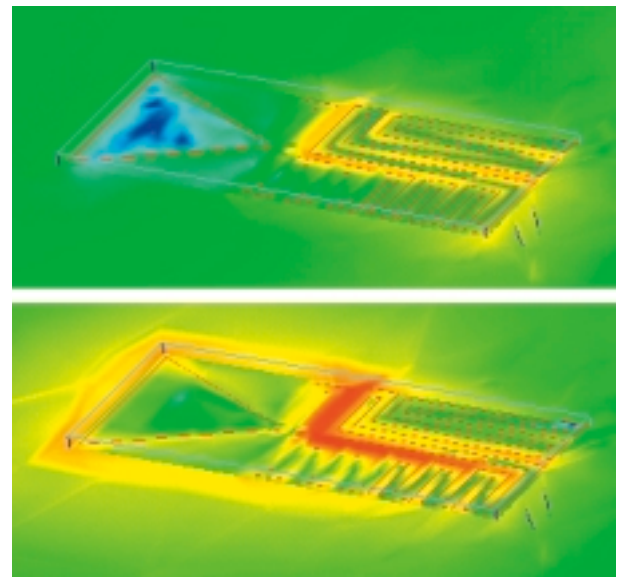


図3 電界強度分布解析の一例
Example of electric field distribution analysis

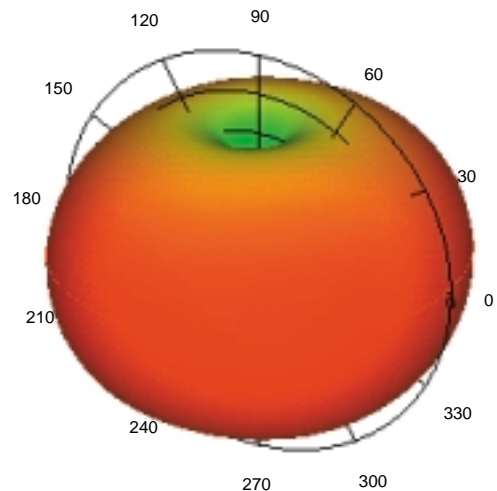


図4 放射指向性解析の一例
Example of radiation directivity analysis

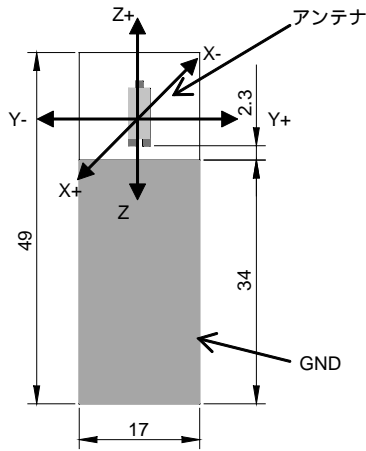


図5 特性評価基板概要
Configuration of antenna and reference board for performance evaluation

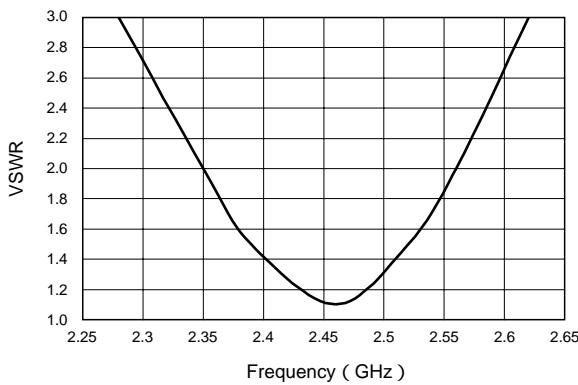


図6 VSWRと周波数の関係
VSWR vs. frequency

図5に、アンテナの電波特性測定用の基準基板とアンテナの配置状態を示す。

この基準基板を用いVSWRを測定した結果を図6に示す。VSWR = 2のときの帯域が200 MHz以上と広帯域であることが確認できる。この帯域は、例えばBluetoothの使用帯域である2400 ~ 2480 MHzの約3倍もの広さで、筐体及び人体の影響を受けても規格帯域を確保するための十分な帯域を確保していると言える。

次に、利得及び指向性を測定した結果を図7に示す。高利得で、かつ無指向性であり、開発課題を充分満足するアンテナであることが確認できる。

なお、アンテナの放射効率としては70 ~ 80%を確保している。

3.3 給電方式

アンテナの機器への搭載は、その機器の設計により大きく制約を受けることになるが、できるだけ搭載時に自由度があるほうが好ましい。今回開発したアンテナは、この搭載時の設計自由度を向上するために、給電方式をモノポールタイプと逆Fタイプの2通りの選択ができるように設計した。

それぞれの給電方式を図8と図9に示す。2端子側の片側がモノポールタイプで使用するときの給電で、逆側が逆Fタイプで給電する端子となっている。GRDの形状やGRDとアンテナ

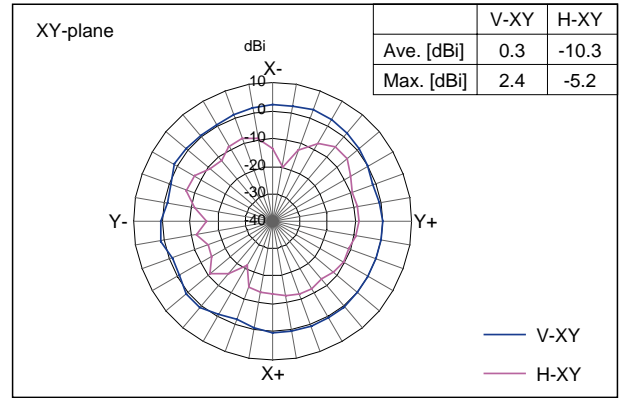


図7 指向性測定結果
Radiation pattern

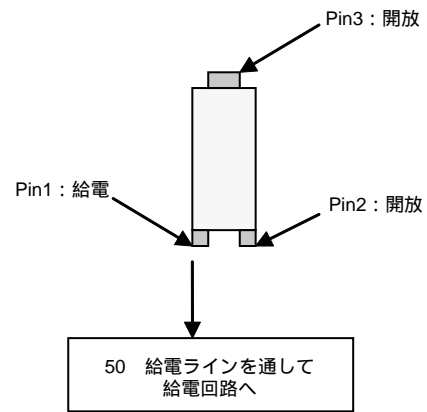


図8 モノポール給電
Configuration of mono-pole feeding

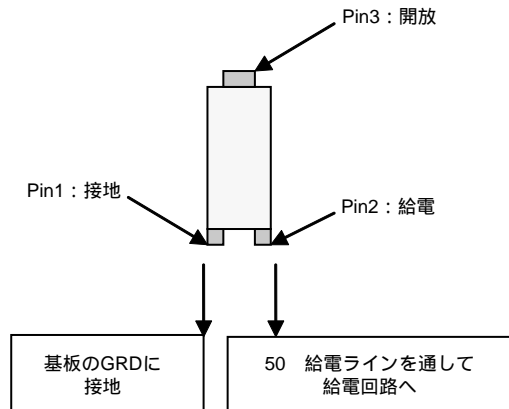


図9 逆F給電
Configuration of inverted-F feeding

の位置関係により両タイプを使い分けることで、より高い効率を得ることが可能となっている。図10に実験に使用した基板とアンテナの配置関係を示すが、GRDとアンテナとの距離Lを変化させたとき、モノポール給電と逆F給電とでどのように特性が変化するかを確認した。結果として図11に距離と帯域の関係を示す。

ただし、どちらの給電方式が有効であるかは、使用する機器それぞれのアンテナ設置状態により異なるため、それぞれの機

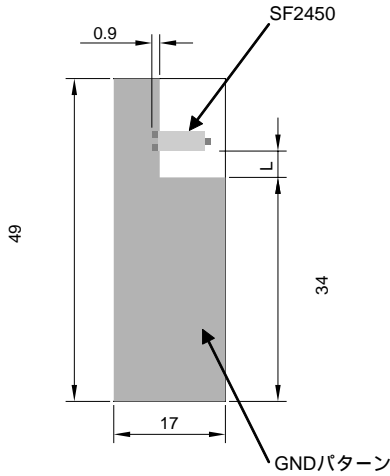


図10 給電方式別評価基板概要
Schematic of reference board for feeding method evaluation

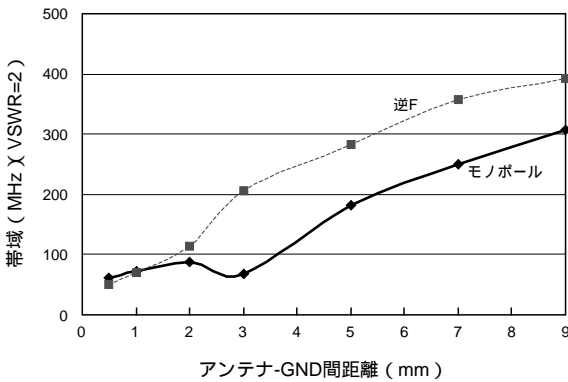


図11 アンテナ/GND 距離と帯域の関係
Relationship between antenna-ground distance and bandwidth

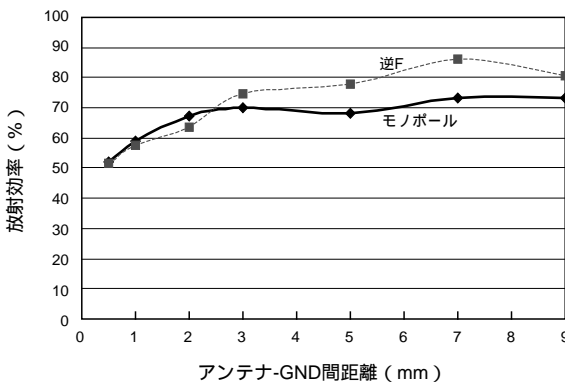


図12 アンテナ/GND 距離と放射効率の関係
Relationship between antenna-ground distance and efficiency

器ごとに最終的な確認の調整, 評価は必要となる。

3.4 製造工程

今回開発したアンテナの製造方法について説明する。

リードフレームから樹脂のインサート成形, 完成品までフープ状のリールtoリールでの連続製造が可能な製法となっている。詳細を以下に述べる。

表2 信頼性試験条件
Reliability test conditions

No	試験項目	条件	時間
1	低温放置	- 40	1000時間
2	高温放置	+ 90	1000時間
3	高温高湿放置	85 ・ 85%	1000時間
4	温湿度サイクル	- 25 ~ + 85	10サイクル
5	熱衝撃	- 40 + 85 (各30 min)	1000サイクル

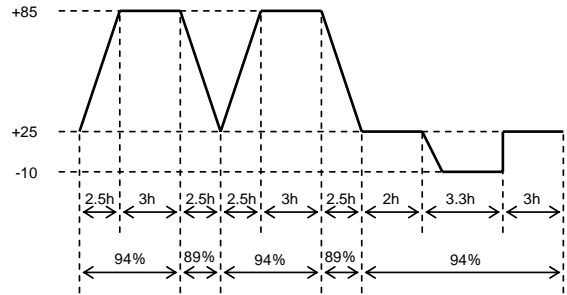


図13 温湿度サイクル条件
Conditions of heat and humidity cycle

まず, リードフレームの作製であるが, 材料は古河電工の独自材料である高導電率・高強度の銅材を用い, これにプレス打ち抜き加工を行う。特性に大きく影響するのは, 前述の通り導体のミアンダ構造であるが, これに対し, プレス加工の打ち抜き精度は非常に高く, 安定した形状を得ることが可能となっている。また, 量産性も優れている。

このようにして作製したリードフレームを, 成形金型へ連続インサートし, 射出成形により高誘電率可塑性樹脂を被覆していく。この樹脂は, 収縮率が小さく, 射出成形の寸法安定性とマッチして, 最終製品としての寸法安定性を非常に高くすることに成功している。

最後にフープ状に成形された製品を個別にカットして, トレー等に収納して終了となるが, この後, 表面実装仕様としてテーピング加工を施し提供することも可能である。

以上の通り, 今回開発したアンテナの製法は, リードフレームから射出成形を連続で行うもので, 現在のフープ成形技術で十分対応でき, 特別な専用装置等は必要なく量産性に優れ, 低コストでの製造が可能である。

4. 信頼性評価

本アンテナの信頼性評価の結果について説明する。評価の条件を表2と図13に示す。低温放置, 高温放置, 高温高湿放置, 温湿度サイクル, 熱衝撃の計5条件について実施した。なお, 熱衝撃試験は, 試験投入前の処理として, 85 /RH85% x 168 Hrでの吸湿処理後, 230 以上30 ~ 40 sec/ピーク250 以上のリフロー処理3回を行っている。

評価結果を表3に示す。電気特性の測定は, 当社独自の専用器具を用いて行った。

表3に示す通り, 初期値に対する試験後の変化がほとんどなく, 十分な信頼性を確保していることが確認された。なお, サ

表3 試験結果
Reliability test results

No	試験項目	初期値に対する試験後の特性変化率	
		共振周波数	帯域(VSWR=2)
1	低温放置	±1%以内	減少5%以内
2	高温放置	±1%以内	減少5%以内
3	高温高湿放置	±1%以内	減少5%以内
4	温湿度サイクル	±1%以内	減少5%以内
5	熱衝撃	±1%以内	減少5%以内

ンプルの初期特性は、以下に示す通りであった。

平均共振周波数：2465 MHz

平均帯域 (VSWR = 2)：260 MHz以上

5. おわりに

以上説明してきたように、本製品は多くの特長を持っている。小型で実装密度の高い携帯電話、PDA等のモバイル機器に使用しても小さなスペースで済み、また、広い帯域を実現しているため、機器搭載時の周囲の影響による周波数変化が起こる場合でも十分特性を維持できることが可能となっており、2.4 ~ 2.5 GHz帯の無線通信用アンテナとして多くの機器に適用ができると考えている。

また、今回と同様の製法により、CDMA用の内蔵型メインアンテナ、あるいはデュアル、トリプル等マルチバンドのアンテナなどの開発も行っており、商品展開を進めていく予定である。