

SAWフィルタ集積型アンテナ スイッチモジュール

Integration of Antenna Switch Module with
SAW Filter

深町啓介* Keisuke Fukamachi
 鈺持 茂** Shigeru Kemmochi
 横内 智*** Satoru Yokouchi
 武田剛志*** Tsuyoshi Taketa

本論文はGSM系携帯電話端末のフロントエンド部分に使用される，EGSM/DCS対応のデュアルバンドアンテナスイッチにおいて，従来基板上に実装されていたSAWフィルタをLTCC (Low Temperature Co-fired Ceramics) 積層基板上に一体集積化した結果をまとめたものである。開発したモジュールのサイズは従来品と同等の6.7mm×5.0mm×1.8mmであり，基板上の実装面積を従来比，約33%削減することが可能となる。また，SAWフィルタとアンテナスイッチとの間のマッチング回路もLTCC基板上に集積化した。開発したアンテナスイッチモジュールは，使いやすい部品として市場に受け入れられていくものとする。

This report discusses development of the EGSM/DCS dual-band antenna switch module with SAW filter. The module is mounted conventionally on a printed circuit board with a low temperature co-fired ceramics (LTCC) multi-layered substrate. The module measures 6.7×5.0×1.8 mm, the same dimensions as a conventional module. Using this module reduces the mounted area of the printed circuit board by approximately 33%. Furthermore, the circuitry between the antenna switch and SAW filter has been integrated into the LTCC substrate. This antenna switch module will be highly marketable due to its user-friendly characteristics.

① 緒 言

移動体通信市場は着実に成長しており，図1に示すようにさまざまな方式のシステムが各国で運用されている。その中でGSM (Global System for Mobile communication) は，世界170カ国以上に普及し，携帯端末における世界市場の65%のシェアを占めており¹⁾ (2002年3月現在) ，事実上の世界標準規格と言える。GSMシステムではダイレクトコンバージョン方式がいち早く実用化されるなど，フロントエンドの集積化が最も

進んでいる。その中でアンテナに最も近い位置にあるアンテナスイッチモジュールに求められる要請として，送信側のパワーアンプや受信側のSAW (Surface Acoustic Wave) フィルタなど周辺部品の取り込みによるモジュールの高機能化，それに伴う部品点数の削減，省スペース化，低コスト化が重要なものとしてあげられる。本報告では，受信側のバンドパスフィルタとして用いられるSAWフィルタを集積した，EGSM/DCS対応のデュアルバンドアンテナスイッチモジュールの開発について述べる。

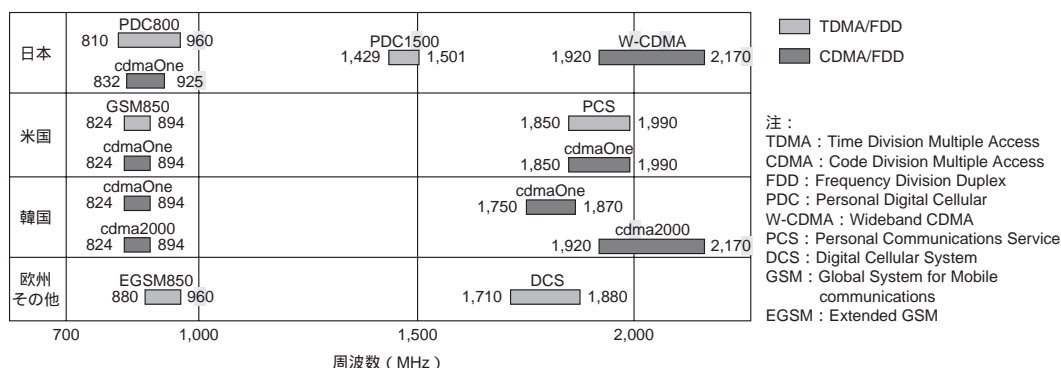


図1 主なデジタル携帯電話システムの周波数配置

Fig. 1 Frequency ranges for major digital mobile phone systems

* 日立金属株式会社 先端エレクトロニクス研究所

** 日立金属株式会社 情報部品カンパニー

*** 日立金属株式会社 鳥取工場

* Advanced Electronics Research Laboratory, Hitachi Metals, Ltd.

** Information System Components Company, Hitachi Metals, Ltd.

*** Tottori Works, Hitachi Metals, Ltd.

② アンテナスイッチモジュールの機能

図2に今回開発したEGSM/DCS対応のSAWフィルタ集積型デュアルバンドアンテナスイッチモジュールのブロック図を示す。すでに当社では

EGSMとDCSの信号を分波合成する分波器
EGSM用送受信切り替えアンテナスイッチ
DCS用送受信切り替えアンテナスイッチ
EGSM高調波除去用ローパスフィルタ
DCS高調波除去用ローパスフィルタ

の5つの機能を複合化したデュアルバンドアンテナスイッチモジュールを製品化しているが^{2),3)}、今回の開発では受信側のバンドパスフィルタとして用いられる

EGSM受信用SAWフィルタ

DCS受信用SAWフィルタ

を新たに追加し、合計7つの機能を集積化したアンテナスイッチモジュールの開発を行った。これにより部品の実装面積を従来の60mm²から40mm²へ約33%削減することが可能となる。

また、実使用上の問題としてアンテナスイッチモジュールとSAWフィルタ間のマッチングの問題に起因した不具合が発生した場合、従来は実装基板上でアンテナスイッチモジュールとSAWフィルタ間にマッチング回路を必要としていたが、SAWフィルタを集積化するには、必要なマッチング回路もLTCC基板に集積することが可能となる。したがってより使いやすい部品として市場に提供可能となる。

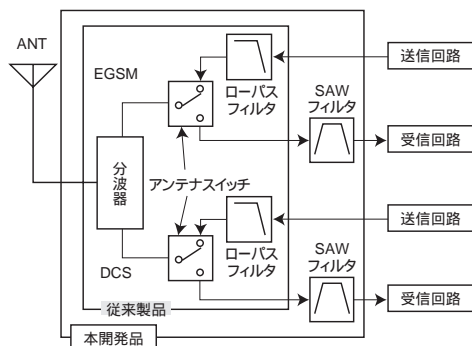


図2 SAWフィルタ集積型アンテナスイッチモジュールのブロックダイアグラム

Fig. 2 Block diagram of EGSM/DCS Dual-band Antenna Switch Module with SAW Filter Integration

③ 設計

SAWフィルタをLTCC基板上に集積する際の問題点は部品形状、特に部品の厚みであった。アンテナスイッチモジュールに使用するPINダイオードやチップ部品の厚みは従来は大きくても0.6mmであったが、今回使用したSAWフィルタの部品厚みは0.9mmである。

図3はアンテナスイッチモジュールを側面から見た断面概略図である。従来のモジュールではモジュール厚み1.8mm（保証値）を実現するために、LTCC基板の厚みを0.9mmとしていたのに対し、本開発では0.9mm厚のSAWフィルタの搭載を前提としたため、LTCC基板の厚

みを0.6mmへ薄型化する必要があった。なお、SAWフィルタはEGSM/DCS用の2つのSAWフィルタが1パッケージに入っているものを使用している。

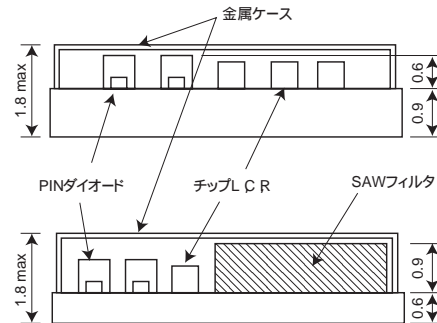


図3 アンテナスイッチモジュールの断面図

Fig. 3 Cross-sectional View of Antenna Switch Module

設計は回路シミュレータおよび3次元電磁界解析シミュレータを応用し、特に、LTCC基板の薄型化に伴う電磁界干渉をできるだけ低減できるように内部電極形状、積層構造の最適化を行った。LTCC基板には分波器、EGSM/DCS帯のローパスフィルタ回路、EGSM/DCSのアンテナスイッチの位相反転回路、チョーク回路を高集積している。これは約20素子のインダクタンスおよびコンデンサを集積していることに相当する。

今回開発したアンテナスイッチモジュールは、この高集積誘電体基板上にPINダイオード、SAWフィルタ、チップ抵抗、チップインダクタおよびLTCC基板に内蔵することのできない高容量のコンデンサを搭載した部品である。アンテナスイッチモジュールの外観写真を図4に、概略構造図を図5に示す。



図4 アンテナスイッチモジュールの外観写真

Fig. 4 External View of Antenna Switch Module

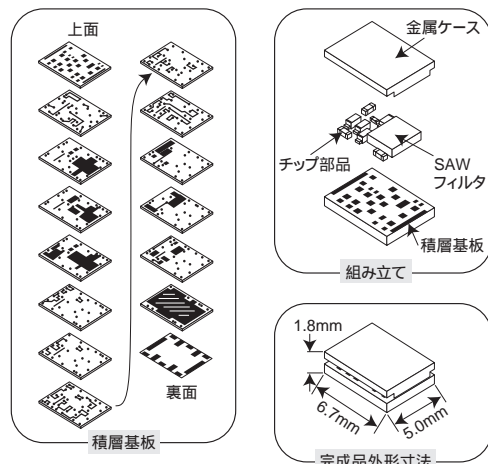


図5 アンテナスイッチモジュールの概略構造図

Fig. 5 Structure of Antenna Switch Module

④ 製造工程

アンテナスイッチモジュールの製造工程を表1に示す。LTCC基板の原料は当社独自開発の低損失を特長とするアルミナ系低温焼結セラミック材料を使用している。本原料、溶剤およびバインダーを混練・分散し、スラリーを作製し、ドクターブレード法によりシート成形する。シートの厚さは使用用途により40～250 μm の範囲で制御される。このシートにスルーホールを形成した後、スクリーン印刷にて内部電極を形成する。内部電極には高電気伝導率の銀を充填（てん）性よく形成することにより、良好な高周波特性が得られるようにしている。所定の内部電極パターンを形成したシートを積層し、チップサイズに切断した後、焼成を行いLTCC基板が作製される。

外部端子電極は銀電極の表面にNi/Auメッキが施され、Ni層によりはんだ耐熱性、Au層によりはんだ濡れ性を十分得られるようにしている。このLTCC基板上にメタルマスクを使用してはんだ印刷を行い、その後SAWフィルタ、PINダイオード、抵抗、コンデンサ、インダクタ、金属ケースなどを搭載し、リフローを行う。リフロー後、レーザーマーカーにて型名の識別マークを刻印し、特性を評価した後テーピングし出荷となる。

表1 アンテナスイッチモジュールの製造工程

Table 1 Production Process of Antenna Switch Module

工 程	内 容
LTCC 基板 作製	素原料 低損失アルミナ系低温焼結セラミック
	シート成形 ドクターブレード法（40～250 μm ）
	内部電極形成 シートに銀電極印刷
	積層 高精度積層，加熱圧着
	切断 チップサイズ化
	焼成 約900
	端子電極形成 銀/Ni/Au 3層構造
組み 立て	はんだ印刷 高温はんだ印刷
	部品搭載 PINダイオード，チップLCR，SAWフィルタ，金属ケースなど
	リフロー 窒素雰囲気リフロー炉
	マーキング レーザーにて型名刻印
	評価 高周波特性ほか

⑤ SAWフィルタとのマッチング

開発を進めるにあたりDCS送信帯域に図6(a)のようなリップルが発生する不具合が顕在化した。これはアンテナスイッチとSAWフィルタ間のマッチングに起因する問題である。この対策として、DCSのアンテナスイッチ回路とDCSのSAWフィルタの接続部分に直列のインダクタを挿入することが有効であることを見いだした。

図6(b)はインダクタ値1.0nH、図6(c)はインダクタ値1.5nHを挿入した結果である。インダクタを挿入することにより、リップルの発生する周波数が低周波数側へシフトし、1.5nH以上のインダクタを挿入することによりDCS送信帯域内の挿入損失の劣化を防止できた。なお、インダクタはLTCC基板内の電極パターンにより1.5nH相当の伝送線路を形成することにより実現している。

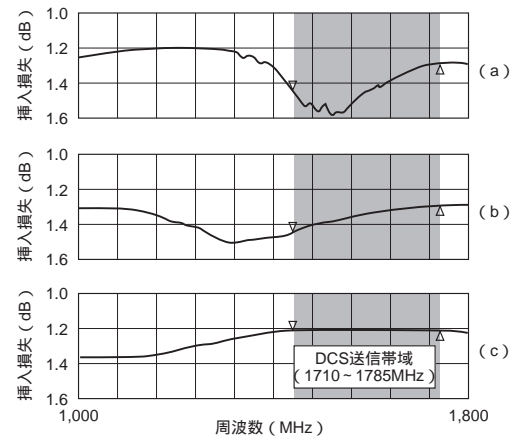


図6 DCS送信帯域内のリップル対策
(a)インダクタなし (b) $L=1.0\text{ nH}$ (c) $L=1.5\text{ nH}$

Fig. 6 Decrease in DCS TX in-band ripple
(a) no inductor (b) $L=1.0\text{ nH}$ (c) $L=1.5\text{ nH}$

⑥ 高周波電気特性

図7にアンテナスイッチモジュールの端子配置を示す。EGSMとDCSの共通端子としてアンテナ端子があり、EGSM、DCSのそれぞれに送信端子、受信端子および電源端子を有している。電源端子VC1、VC2は送信/受信の切り替えを制御するためのものである。

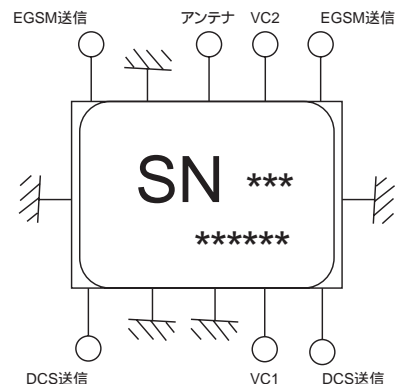


図7 アンテナスイッチモジュールの端子配置

Fig. 7 Pin Configuration of Antenna Switch Module

表2にアンテナスイッチモジュールの高周波電気特性を示す。挿入損失は送信側で1.2dB、受信側で2.7～3.6dBと低挿入損失を実現している。VSWRは送信側は1.3以下、受信側は2.4以下である。送信側の2倍波高調波減衰量はEGSM、DCSともに30dB以上の良好な減衰量を達成しており、受信側についてもSAWフィルタの特性を反映して受信帯域外で20dB以上の減衰量が得られている。送信端子から受信端子へのアイソレーションにおいてもEGSM側で40dB、DCS側で35dBと高いアイソレーションを実現している。さらに、GSM方式の携帯電話端末においては、EGSMにおいて35dBm(3.2W)、DCSにおいて32dBm(1.6W)の電力を送信端子に入力した場合でも、アンテナスイッチモジュールでの高調波発生量をEGSM側で-70dBc、DCS側で-67dBc以下に抑制する必要があるが、今回開発したアンテナスイッチモジュールではEGSM、DCSともに-75dBc以下を達成しており実用上問題ないレベルにある。電気特性の一例として

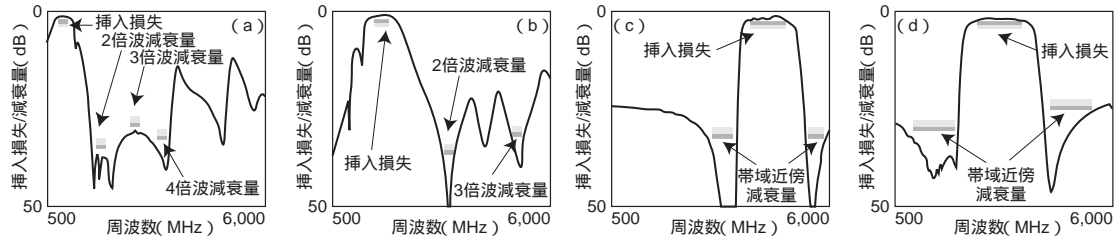


図8 高周波電気特性 (a) EGSM送信モード (b) DCS送信モード (c) EGSM受信モード (d) DCS受信モード

Fig. 8 Electrical Performance in (a) EGSM TX Mode (b) DCS TX Mode (c) EGSM RX Mode (d) DCS RX Mode

図8(a)にEGSM送信 アンテナ経路, 図8(b)にアンテナ EGSM受信経路, 図8(c)にDCS送信 アンテナ経路, 図8(d)にアンテナ DCS受信経路の周波数特性を示す。

表2 高周波電気特性

Table 5 Electrical characteristics of developed Antenna Switch Module

	特性項目	Typ値
EGSM		
送信 VC1=Off VC2=On	挿入損失	1.2 dB
	2倍波高調波 減衰量	35 dB
	3倍波高調波 減衰量	30 dB
	4倍波高調波 減衰量	30 dB
	2,3,4倍波高調波 発生量	-80 dBc以下
	VSWR	1.2
	アイソレーション EGSM送信 EGSM受信	35 dB
	アイソレーション EGSM送信 DCS受信	40 dB
	アイソレーション EGSM送信 DCS送信	30 dB
	電力許容値	3 W
受信 VC1=Off VC2=Off	挿入損失	2.7 dB
	減衰量0.1-880 MHz	22 dB
	減衰量880-915 MHz	28 dB
	減衰量980-1850 MHz	20 dB
	減衰量1850-3840 MHz	20 dB
	減衰量3840-6000 MHz	20 dB
	VSWR	2.0
DCS		
送信 VC1=On VC2=Off	挿入損失	1.2 dB
	2倍波高調波 減衰量	35 dB
	3倍波高調波 減衰量	30 dB
	2,3倍波高調波 発生量	-75 dBc以下
	VSWR	1.3
	アイソレーション DCS送信 DCS受信	35 dB
	アイソレーション DCS送信 EGSM受信	25 dB
	アイソレーション DCS送信 EGSM送信	35 dB
受信 VC1=Off VC2=Off	電力許容値	2 W
	挿入損失	3.6 dB
	減衰量0.1-1705 MHz	20 dB
	減衰量1705-1785 MHz	25 dB
	減衰量1920-1980 MHz	23 dB
	減衰量1980-3840 MHz	22 dB
	減衰量3840-6000 MHz	20 dB
	VSWR	2.4

測定温度: 室温

7 結 言

高度なマイクロ波回路設計・積層技術を駆使し6.7mm×5.0mm×1.8mmの形状で受信のSAWフィルタを集積したEGSM/DCSに対応のデュアルバンドアンテナスイッチモジュールを開発した。これにより部品の実装面積を従来比、約33%削減することが可能となった。また、SAWフィルタとアンテナスイッチとの間のマッチング回路をLTCC基板内に取り込むことで、より使いやすい部品として市場に提供可能となった。今後は開発済みのEGSM/DCS/PCS対応のトリプルバンド対応モジュール⁴⁾にSAWフィルタを集積したモジュールの開発などを行い、RFフロントエンド部分で更なる複合機能化を推進していきたいと考える。

参考文献

- 1) <http://www.gsmworld.com>
- 2) 日刊工業新聞, 1999年6月9日
- 3) 釘持, 他: 日立金属技報, Vol.16 (2000), p.35
- 4) 渡辺, 他: 日立金属技報, Vol.19 (2003), p.27



深町 啓介

Keisuke Fukamachi

日立金属株式会社 先端エレクトロニクス研究所



釘持 茂

Shigeru Kemmochi

日立金属株式会社 情報部品カンパニー



横内 智

Satoru Yokouchi

日立金属株式会社 鳥取工場



武田剛志

Tsuyoshi Taketa

日立金属株式会社 鳥取工場