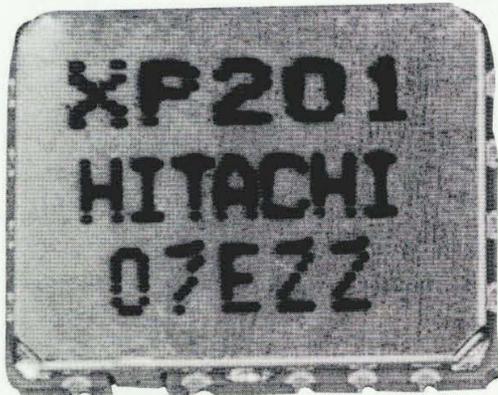


携帯電話用高機能SAWモジュール

High-Performance SAW Modules for Mobile Phones

芝 隆司 Takashi Shiba 柴垣信彦 Nobuhiko Shibagaki
小川誠一 Seiichi Ogawa 疋田光孝 Mitsutaka Hikita



(a) EGSM/DCS用フロントエンドモジュール
“HWXP201”



(b) JCDMA用デュプレクサ
“HWXN002”

注：略語説明

EGSM/DCS (Extended
Global System for Mobile
Communications/Digital
Cellular System)
JCDMA (Japan Code
Division Multiple Access)

携帯電話用SAWモジュール
携帯電話のアンテナ初段回
路をモジュール化したもので
ある。

マルチメディア産業の中核の一つであり、今後いっそうの拡大が予想される携帯電話用として、高機能SAWモジュールを取り入れたEGSM/DCSフロントエンドモジュール(HWXP201ほか)と、JCDMAデュプレクサ(HWXN002ほか)の2製品群を開発した。EGSM/DCSモジュールは受信時の損失が小さいことを、JCDMAデュプレクサは素子内で発生するシングルトーン妨害が小さいことをそれぞれ特徴としている。両製品とも、従来に比べて小型であり、今後の携帯電話の小型化と高性能化に貢献するものと期待できる。

1 はじめに

携帯電話の普及が本格化してきている。特に、欧州を中心としたGSM(Global System for Mobile Communications)方式の端末と、米国を中心とするCDMA(Code Division Multiple Access)方式の端末の拡大は著しい。一方、SAW(Surface Acoustic Wave：弾性表面波)デバイスは、小型化のキーデバイスとして、携帯電話には必須の素子である。

日立製作所は、このデバイスが小型化に優位な点に着目し、早くから携帯電話用SAW素子の開発に着手した。1983年には他社に先駆け、自動車電話用SAW段間フィルタを製品化し、さらに1994年には、モジュール技術を適用したアナログセルラ携帯端末用SAW DPX(Duplexer：送受切換器)の製品化を達成した。また、1996年には、デジタル方式の主流方式であるGSM方式セルラ携帯端末用SAW DPX^{1),2)}を製品化し、現在、SAW DPXのトップシェアを確保している。

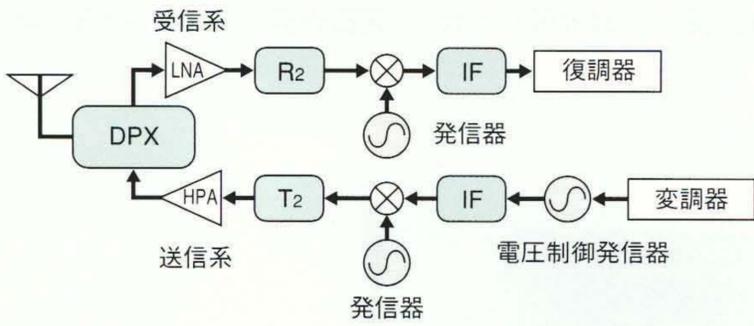
ここでは、上記モジュール実装技術をさらに推し進め、従来のフィルタ機能のほかに、帯域切換機能を取り込ん

だ、EGSM/DCS(Extended GSM/Digital Cellular System)とJCDMA(Japan CDMA)システム用高機能SAWモジュールについて述べる。

2 弾性表面波素子の設計

携帯電話(端末)のRF(Radio Frequency)部の代表的なシステムブロックを図1に示す。この部分は、通常、DPX、段間フィルタ、LNA(Low Noise Amplifier：低雑音増幅器)、HPA(High Power Amplifier：電力増幅器)などで構成している。この例では、送受信とも、信号をIF(Intermediate Frequency：中間周波数)にいったん変換してから所望の処理を行う「スーパーヘテロダイン方式」を用いている。また、アンテナ端にはDPXが配置され、送信信号周波数と受信信号周波数が異なり、周波数によって送受信経路の切り分けを行っている。同図中、色網伏せで示した部分がSAWデバイスが適用できる回路ブロックである。

SAWデバイスの基本構造を図2に示す。異極の電極が圧電基板上に交互に配置された、「すだれ状電極」と呼ばれる電極が配置されている。この電極に入力高周波信号



注：略語説明 DPX (Duplexer), LNA (低雑音増幅器)
HPA (電力増幅器), R2 (Receiver filter 2)
T2 (Transmitter filter 2), IF (Intermediate Frequency)

図1 携帯電話のRF部のシステムブロック例

スーパーヘテロダイン方式の携帯電話のRF部のシステムブロックを示す。

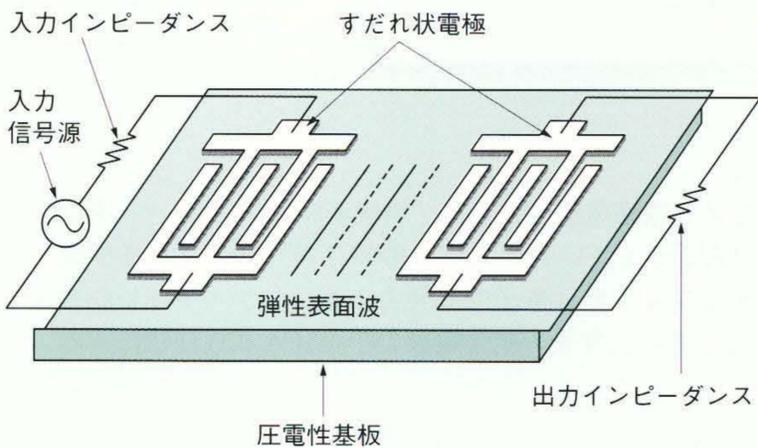


図2 SAWデバイスの基本構造

表面波のほとんどのエネルギーは、圧電性基板表面に集中している。

を加えることにより、電気信号が弾性表面波に変換される。弾性表面波は出力すだれ状電極によって電気信号に逆変換され、出力信号として取り出される。SAWデバイスはこのような変換過程でフィルタとして動作し、その通過特性は、圧電基板や電極の形状などによって決まる。

今回開発したSAWモジュールのSAW部の設計には、一般には「ラダー(はしご)形」と呼ばれる設計法を用いた。ラダー形設計法を模式的にしたものを図3に示す。前述のSAW基本構造のすだれ状電極の対数を増加させ、場合によっては両側にSAWを閉じ込めるための反射器を配したSAW共振器をラダー形回路の各要素として結合させることにより、所望の周波数特性を形成する。この手法は、低損失化が可能なることから、今回のSAWモジュールの場合のように、携帯電話アンテナ初段回路の設計に用いられる場合が多い。

上記のように設計したSAW部は外部LC (Induction-

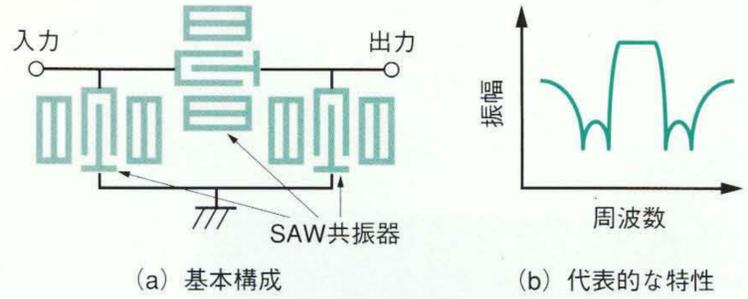


図3 SAW部の基本構成(a)と代表的な特性(b)

ラダー形回路の各エレメントとして、SAW共振子を用いている。これにより、低損失特性を得ることができる。

Capacitance)素子とピンダイオードによって相互に接続され、所望の周波数特性と帯域切換特性を得るように設計される。

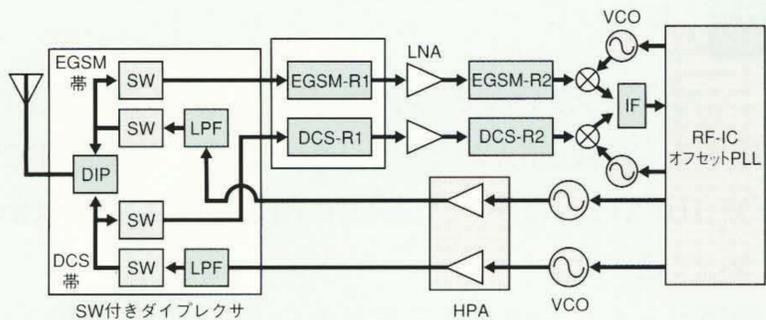
帯域切換型高機能SAWモジュールの例として、欧州を中心としたGSM向けのEGSM/DCSデュアルバンド携帯電話用FEM(Front-End Module)と、わが国のcdma One[®] 向けのJCDMAシステム携帯電話用DPXの2製品について以下に述べる。

3 EGSM/DCSシステム用FEM

欧州を含むGSM圏では、800 MHz帯の帯域拡大(EGSM)に1.8 GHz(DCS1800)帯を加えた、いわゆるEGSM/DCSデュアルバンド携帯端末が主流になりつつある。従来のEGSM/DCSデュアル携帯電話の高周波(RF)部のシステムブロックの例を図4に示す。この部分は、送受信の切換とEGSM/DCS帯の振り分けを行うスイッチ付きダイプレクサ、EGSM/DCS R1(受信のトップ)フィルタ、LNA、HPAなどで構成される。

従来のスイッチ付きダイプレクサでは、受信経路にもスイッチを配していたことから、送信時に受信回路の影響が少ないという利点があった。しかし、同時にスイッチの影響を受けるので、受信時の損失が比較的大きいという難点があった。日立製作所が提案したSAW FEM[®]を用いた場合のシステムブロックを図5に示す。R1フィルタを内蔵し、受信経路のスイッチを取り除いている。このシステムは、送信時のTx-Rx(Transmitter-Receiver)端子のアイソレーションが問題とならない場合には、受信系の損失が従来に比べて約0.5 dB程度低く、システム感度などに対して優位であると考えられる。

※) cdmaOneは、CDG(CDMA Development Group)の登録商標である。



注：略語説明 SW (Switch), LPF (Low Pass Filter), DIP (Diplexer)
RF (Radio Frequency), PLL (Phase-Locked Loop)
VCO (Voltage-Controlled Oscillator)

図4 従来のEGSM/DCSデュアル携帯電話の高周波部のシステムブロック例

オフセットPLL変調に対応して、送受信を時間で切り替える方式である。受信回路側にスイッチ回路が配置されている。

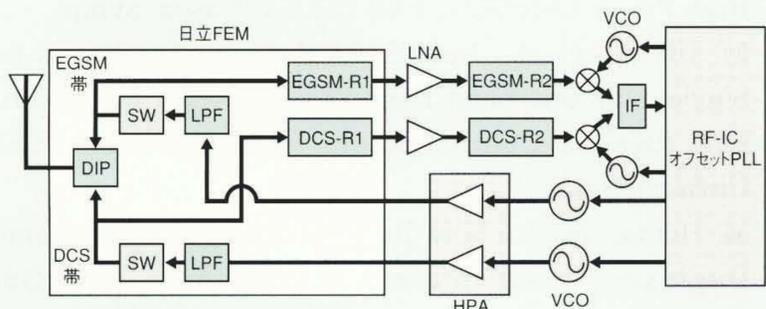


図5 日立製作所のFEMを用いたEGSM/DCSデュアル携帯端末のシステムブロック例

日立製作所が提案するこの方式では、受信回路側のスイッチ回路を省略している。

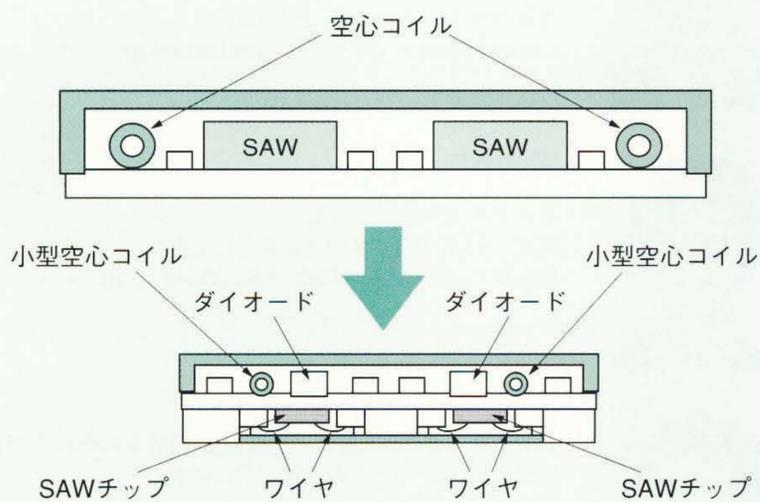


図6 従来のSAW DPX(上)とSAW FEM(下)の構造比較

従来は片面実装であったのに対し、この新モジュールでは両面実装構造としている。

このデバイスの構造を従来のSAW DPXと比較したものを図6に示す。高集積化を図るために、基材をガラスエポキシからアルミナに変え、SAWのチップを基材の中

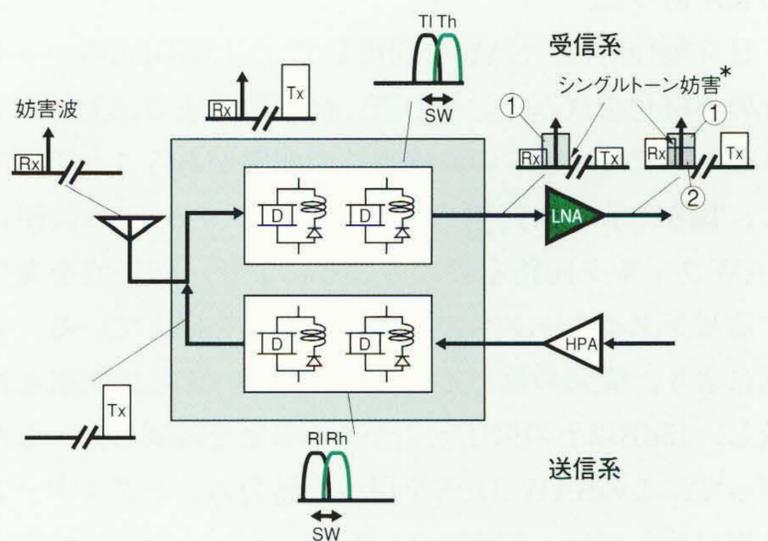
に直接マウントし、さらに、基材内に多層配線を施した。

このデバイスの派生機種として、ダイレクトコンバージョン方式に対応した、Rx端子を平衡出力化したモデルも開発した。さらに、上記デュアルバンドにPCS (Personal Communication Service) 帯を取り込んだEGSM/DCS/PCSトリプルバンド対応FEMへの開発要請も強く、現在この開発を進めている。

なお、基本モデルである“HWXP201”〔EGSM/DCSデュアル、Rx端子不平衡、大きさ：10×8×1.85(mm)〕を2000年8月から量産しており、続いて、上記Rx端子平衡対応で小型化〔8×8×1.85(mm)〕したモデルを量産する計画である。

4 JCDMAシステム用DPX

日本版CDMAシステムであるJCDMAシステムでは、RF部が高周波側チャンネルと低周波側チャンネルに分離している。JCDMAセットでの、従来の誘電体DPXを使った場合のシングルトーン妨害発生状況を模式的にしたものを図7に示す。スイッチによって送受信の高周波側チャンネルと低周波側チャンネルを切り替えることにより、DPXの小型化を達成している。従来のDPXでは、同図に示すように、帯域切換用ピンダイオードに高い電力の送信信号が加わってしまうため、ピンダイオードの三次ひずみにより、シングルトーン妨害が発生してしまう場



注：略語説明ほか D (Dielectric Resonator)
Rl (低周波側受信帯), Rh (高周波側受信帯)
Tl (低周波側送信帯), Th (高周波側送信帯)
* シングルトーン妨害とは、1波(主にアナログセルラ信号)の妨害信号と送信信号の変調によって受信帯域に生じる妨害を指す。

図7 従来のJCDMA携帯端末のRF部のシステムブロック例
従来方式では、送信信号が受信回路側ピンダイオードに直接加えられている。

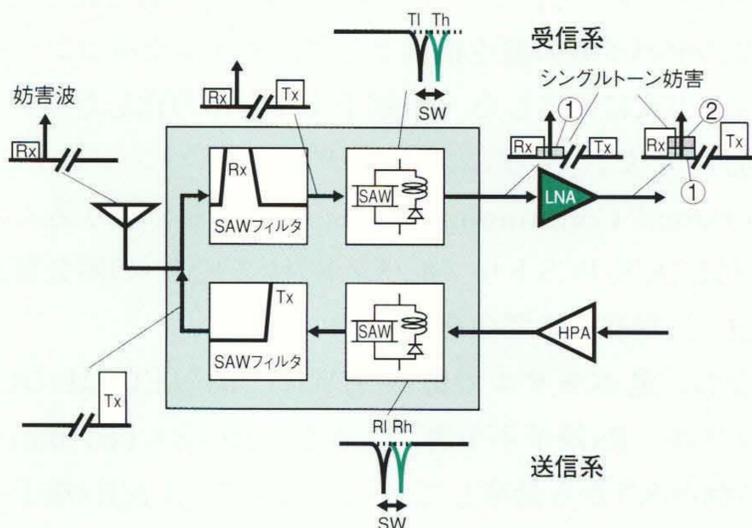


図8 日立製作所のSAW FEMを用いたJCDMA携帯端末のRF部のシステムブロック例

日立製作所が提案する方式では、送信信号が抑圧された状態で受信側のピンダイオードに加えられている。

合がある。同図では、その妨害信号を色網伏せ(①の部分)で示している。シングルトーン妨害としては、このほかに、DPX受信端に発生する送信波と妨害波がLNAの三次ひずみによって変調を受けて発生するものがある。同図では、その妨害信号を墨網伏せ(②の部分)で示している。この場合は、DPXのTx-Rx端子間のアイソレーション特性と、LNAの線形性の向上が必要となる。従来の誘電体DPXでは、シングルトーン妨害を抑圧するために、上記アイソレーション特性以外に、負バイアスを使うなどにより、DPX内のピンダイオードの非線形性を抑える必要があった。

日立製作所は、SAWを利用して⁴⁾、上記DPXのいっそうの小型化を試みた。その際、従来の構成では上記のようなピンダイオードの非線形性の問題があることを考慮し、図8に示す回路構成とした。アンテナ側の回路にSAWフィルタ回路を設けることにより、妨害波を発生するピンダイオードへの送信信号入力を抑えている。実験により、従来の負バイアスを用いない誘電体DPXと比較し、15dB以上の抑圧効果があることを確認した。したがって、このSAW DPXを用いた場合のシングルトーン妨害に関しては、DPXのTx-Rxアイソレーション特性とLNAの線形性だけを考慮すれば十分であると考えられる。

このDPXの構造は前章に述べたFEMと同様であるが、従来品〔例えば、14×11×3(mm)〕に比べて大幅な小型化〔10×8×2.0(mm)〕を達成している。2000年11月からこの製品(HWXN002)を量産開始している。

5 おわりに

ここでは、今後いっそうの増大が予想される携帯電話に対応する、高機能SAWモジュール2製品群、EGSM/DCS FEM(HWXP201ほか)とJCDMA DPX(HWXN002ほか)について述べた。

両製品とも、今後の携帯電話のいっそうの小型化と高性能化に貢献していくものと考えている。

参考文献

- 1) N. Shibagaki, et al.: Precise Design Technique for a SAW-Resonator-Coupled Filter on 36° YX-LiTaO₃ for Use in a GSM SAW Duplexer Module for Satisfying All GSM System Specifications, 1996 IEEE Ultrason. Symp.
- 2) N. Kamogawa, et al.: Miniature SAW Duplexers with High Power Capability, 1998 IEEE Ultrason. Symp.
- 3) M. Hikita, et al.: New SAW Antenna Duplexers for Single- and Dual-band Handy Phones Used in 800-MHz and 1.8-GHz Cellular-Radio Systems, 1999 IEEE Ultrason. Symp.
- 4) M. Hikita, et al.: New Band-Switching SAW Antenna Duplexers Used in 800-MHz Japanese cdmaOne Systems, 2000 IEEE Ultrason. Symp.(to be published)

執筆者紹介



芝 隆司

1981年日立製作所入社、株式会社日立メディアエレクトロニクス 第3設計部 所属
現在、SAWデバイスの開発取りまとめに従事
電子情報通信学会会員、IEEE会員
E-mail: shiba@y01.hitachi-media-el.co.jp



小川 誠一

1980年日立製作所入社、株式会社日立メディアエレクトロニクス 第3設計部 所属
現在、SAWデバイスの設計開発に従事
E-mail: sogawa@y01.hitachi-media-el.co.jp



柴垣 信彦

1987年日立製作所入社、中央研究所 通信システム部 所属
現在、SAWデバイスの研究開発に従事
電子情報通信学会会員
E-mail: sibagaki@crl.hitachi.co.jp



疋田 光孝

1978年日立製作所入社、中央研究所 通信システム部 所属
現在、SAWデバイスの研究開発取りまとめに従事
工学博士
電子情報通信学会会員、IEEEシニア会員
E-mail: hikitami@crl.hitachi.co.jp