

SAW フィルター

(1989年～現在)

携帯電話には妨害波を抑圧し、信号波のみ通す高周波（RF）フィルターが多用されている。このRFフィルターには、人類の有限資産である電波を有効に使うために、性能として、フィルターの切れが良く損失の少ない特性が求められるとともに、携帯電話で使われるため、小型・薄型で安いものでなければならない。これらの要求を全て満たすものがSAWフィルターであり、現在ほとんどの携帯電話で使用されている。SAWとはSurface Acoustic Waveの略であり、日本語では弾性表面波と呼んでいる。SAWを電氣的に利用するためには、電気・機械振動の変換が行いやすい圧電単結晶が用いられる。圧電単結晶としてはLiTaO₃が主にこの用途には適している。この圧電単結晶の上に、半導体リソグラフィ技術^{注1)}を用いて、Al膜などにより駆動・検出電極を形成する。駆動/検出電極には櫛型電極が用いられる。SAWチップは1mm角以下であり、これを2mm角程度のセラミックパッケージにハーメチックシールされ使用される。

1. 製品適用分野

携帯電話用RFフィルター、IFフィルター^{注2)}

2. 適用分野の背景

携帯電話は、1989年に世界で初めてポケットに入る小型端末が発売されて以来、世界的規模で急速に普及してきた。その急激な普及を支えてきた要因として、機器の小型化、高機能化、2次電池の長時間化などが挙げられる。SAWフィルターは、携帯電話のRFフィルター、IFフィルターとして使われており、**図1**右に概観を示すように、小型・薄型で高性能かつ廉価であるため、携帯電話小型化のキー部品として普及してきた。携帯電話のRFフィルターは、決められた送受信の電波周波数以外の周波数成分をノイズとしてカットするために使われている。電波資源は有限であるため効率良く使う必要があるが、低損失で急峻なカットオフ特性を実現できるSAWフィルターはこの意味でも

適している。現在、携帯電話1台あたり平均4～5個使われている。

3. 製品の構造、原理、特徴

SAWはSurface Acoustic Waveの略で弾性表面波を表す。固体表面を伝搬する弾性波は、表面に振動のエネルギーを集中させて伝搬するという性質があり、この物理現象を巧みに利用した受動部品が、SAWフィルターである。**図2**に示すように、圧電基板の表面にAlなどの軽い金属薄膜で電極指周期λの櫛型電極をパターン形成し、圧電効果を使ってSAWを励振、受信することで、電氣的な入出力を行うことができる。この櫛型電極によるSAWの励振、受信という一連の動作を通して、

$$f_0 = v/\lambda$$

の関係にある周波数成分 f_0 のみが選択されるため、フィルター機能を持たせることができる。ここに v は

Key-words：携帯電話、RFフィルター、SAWフィルター、圧電デバイス

注1 半導体製造技術のこと。成膜、レジスト塗布、露光、現像、エッチング、レジスト除去等の一連の工程を経て、ウエハー上に微細なパターンを形成する技術。この技術は半導体製造において発達したが、現在では半導体だけでなく、他分野においても使われる。

注2 Intermediate Frequencyの略。日本語で中間周波という。無線で信号を送受する場合、ベースバンドの信号を無線周波数まで上げる必要があるが、その際、中間周波数を設ける場合が多い。IFフィルタによりチャンネル信号のみをフィルタリングする。



図1 携帯電話用SAWフィルター

左側は圧電基板上にAl膜でSAWフィルターをパターン形成した様子を示している。右側はセラミックパッケージに搭載された最終製品を示す。携帯電話のキーデバイスとして、高性能、小型、薄型、安価が特徴である。

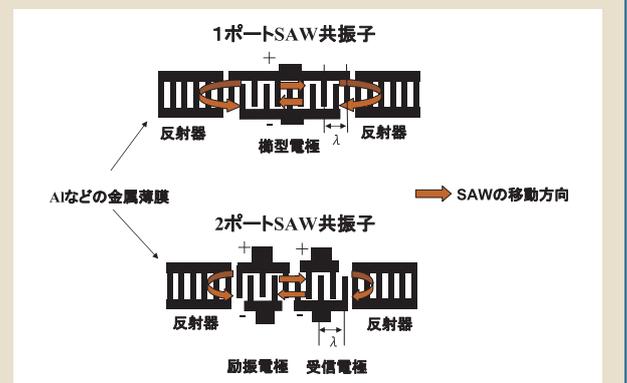


図2 RF用SAWフィルターの電極構造

圧電結晶基板の上にAl等でパターン形成される。低損失かつ切れの良いフィルタ特性を実現するため、共振器構造が櫛型電極設計のベースとなっている。

圧電基板の音速である。SAWの波長 λ は、電磁波の波長に比べて約10万分の1と非常に短いこと、圧電単結晶による Q の高い機械的共振を用いることにより、小型・薄型で急峻なスカート特性をもつフィルターが得られる。図2に例としてRFフィルターとしてのSAWフィルターの電極構造を示す。IFフィルターはこの構造と大きく異なるがここでは省略する。同図に示すようにRFフィルターの構造は、SAWエネルギーを有効活用できる共振器構造をしており、これにより低損失かつ急峻なカットオフ特性を得ている。ここでは、1ポート型の共振器と2ポート型の共振器を示している。前者は梯子形に接続され、バンドパス特性を得、後者はこのままでバンドパス特性を得る。ともに一長一短があり、使い分けされている。

4. 製造法

SAWフィルターの基本的製造法は、 LiTaO_3 (タンタル酸リチウム) あるいは LiNbO_3 (ニオブ酸リチウム)、時には水晶などの圧電単結晶上に、AlまたはAl合金薄膜で櫛型パターンを形成するだけである。図1の左側には圧電単結晶と、それをスライスしてAlなどの櫛型パターンを形成したウエハーを示す。現在4インチサイズのウエハーが主流で使われている。SAWフィルターのチップは非常に小さく1mm角程度であるため、4インチ基板から数千個のチップが製造可能である。櫛型電極の周期は2~5 μm 、最小パターン幅(分解能)は0.5~1.2 μm 程度であり、通常の半導体製造装置で製造可能である。このように半導体製造装置を使って大量生産が可能のため、安価な製品を提供できる。これらのチップは、水分や酸素等の外気に弱いため、小型なセラミックパッケージにハーメチックシールされる。図3にセラミックパッケージに搭載された

断面構造を、図1右に実際の製品として提供されるパッケージ概観を示す。パッケージはリードレスの表面実装型である。

5. 主な性能

SAWフィルターの中心周波数 f_0 は800MHzから2.5GHzまでをカバー、通過帯域幅は比帯域幅($\Delta f/f_0$)で2~3%、挿入損失2~3dB、帯域外抑圧30~60dBの切れの良い特性を有している。通過電力も特殊な電極材料を用いることで1Wまで可能である。したがって、世界中のほとんど全ての仕様に対応したフィルターが製造可能である。

6. 将来展望

携帯電話の普及に合わせ、現在、世界中で数十億個のSAWフィルターが量産されている。最近ではマルチバンド化に対応して1台当たりの使用個数も増加し、小型/低価格化の要求は続いている。図3に示すように小型化のためワイヤー実装からパンプによるフリップ実装へと進化したが、図4に示すようにさらに無駄スペースを省きチップとほぼ同サイズのものが出現している。将来はさらなる性能改善とともに、小さく安くするためウエハーレベルで一括封止したSAWフィルターが出現するであろう。

文献

- 1) 佐藤良夫, “携帯電話用RF帯フィルター”, 電子情報通信学会誌, 84, No.11, 782-789 (2001).

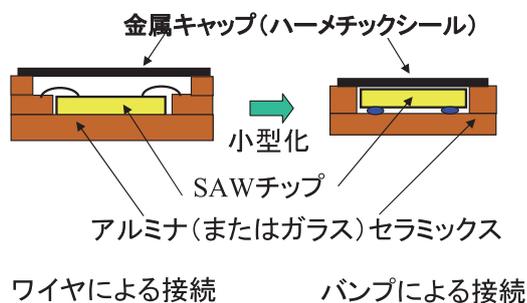


図3 SAWフィルターのパッケージ構造

SAWチップは外気を嫌うためセラミックパッケージにハーメチックシールされる。最近では小型化のためワイヤー接続からパンプを使ったフェイスダウン接続に進化している。

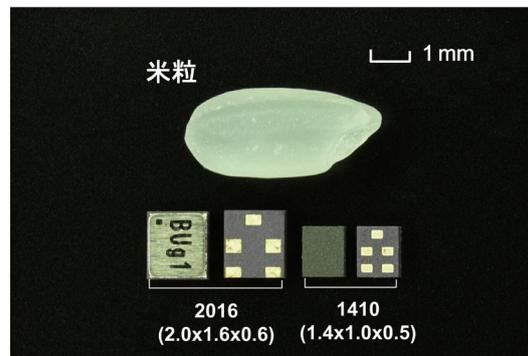


図4 SAWフィルターの小型化

SAWフィルターの小型、低価格化は進んでいる。最近では米粒よりも小さくなっている。今後もさらに小型に進むであろう。