

高周波出力を得る方法(その2 : SAW 発振器)

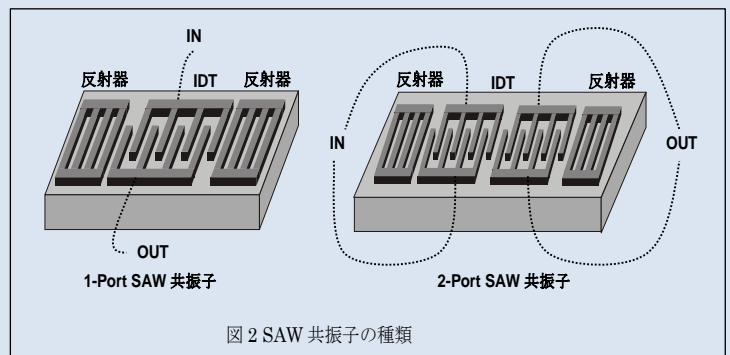
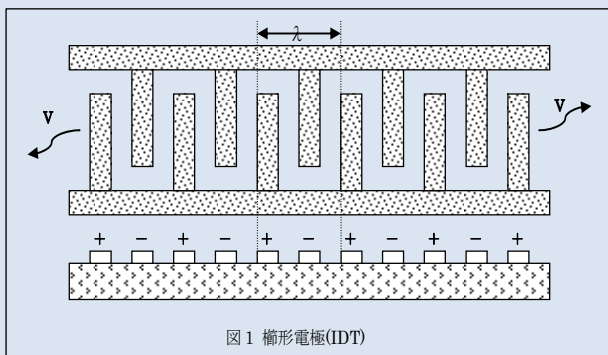
SAW の概略と特性紹介

【序文】

前回、AT カットの水晶振動子に周波数逡倍回路や PLL 回路を組み合わせ、高周波出力を得る方法を紹介しました。そこでは水晶振動子の持つ滑らかな温度特性を活かしますが、水晶振動子を発振させる際の発振回路設計が複雑になることや、ジッタや位相雑音を抑えるのが難しいといった課題がありました。水晶デバイスを使いつつも基本波で高周波を発振できれば、高調波成分の抑制が可能となるため、ジッタ特性や位相雑音特性の優れた出力信号を得られます。しかし AT カットは水晶片の厚みで周波数が決まるため、高い周波数を発振させるには水晶片を薄くする必要があり、加工手法や機械的強度の問題から限界があります。そこで今回は、それらの課題をクリアして、基本波で高周波を直接発振できる SAW(Surface Acoustic Wave)共振器を使用した発振器に関して解説します。

【1】 SAW 共振器について

弾性表面波(SAW/Surface Acoustic Wave)は、水面上を伝わっていく波と同じように弾性体の表面にエネルギーが集中して伝搬する波であり、その振幅は深さ方向に対して指数関数的に減衰します。SAW は図 1 に示すように圧電基板上に配置した楕形電極(IDT/Inter Digital Transducer)によって発生・検出することができ、その周波数(f)は、表面波の伝搬速度を V 、IDT の周期を λ とし、 $f=V/\lambda$ で与えられます。SAW デバイスに最も適した周波数帯は数 10MHz~2GHz 程度ですが、その上限と下限は微細電極パターンの解像度と基板材料のもつ特性および大きさにより決定されます。SAW 共振器は図 2 のように 1 ポート共振器と 2 ポート共振器の 2 種類に分けることができます。1 ポート SAW 共振器は、中央に IDT を置き、その両側に反射器を構成したもので、IDT により励振した SAW を両反射器間に閉じこめることにより高い Q を持つ共振器を実現することができます。2 ポート SAW 共振器は中央に入・出力のための 2 つ IDT を持ち、その両側に反射器を配したもので、1 ポート SAW 共振器と同じメカニズムにより高い Q を実現します。2 ポート SAW 共振器は低損失で非常に狭帯域のバンドパスフィルタであり、増幅器 1 段と組み合わせて帰還ループを構成することにより容易に発振させることができます。このため 1 ポート SAW 共振器と同様によく使われており、特に高周波において真価を発揮します。2 ポート SAW 共振器は使用される発振回路により必要とされる位相条件が異なります。このため共振周波数での位相シフト量(180° または 0°)の指定が必要となります。



【2】 SAW 共振子の特徴

SAW 共振子の振動モードは弾性表面波(図 3 右参照)であり、水晶片の厚みに関係なく水晶片上に形成される IDT の幅により周波数が決定されます。そのため IDT パターンを変えるだけで 10MHz~数 GHz の高周波対応が可能となります。それに対し AT 振動子の振動モードは厚みすべり振動(図 3 左参照)であり、水晶の厚みで周波数が決まります。そのため水晶片の厚みを薄く加工する制限から一般的に対応できる周波数範囲は基本波で 10MHz~50MHz、3rd オーバートーンでは 50MHz~150MHz とされておりま

す。また SAW 共振子(表面弾性波)の特徴としては、AT 振動子の厚みすべりと比較すると、主振動モードに影響する振動(ノイズ)が少ない点や、SAW 共振子の電極である IDT 上に保護膜を形成するため、電極膜に付着する異物に対する耐性に優れている点などがあげられます。これらの効果により、発振器に組み上げたとき、低ジッタ特性が実現できることや、発振停止などのリスクを無くすることが可能となります。

しかしその反面、温度特性に関しては、図 4(左)に示されるように、室温付近に変曲点を持つ 3 次曲線の特徴を持つ AT 振動子に対し、SAW 共振子の温度特性は基本的に 2 次曲線(図 4 右の点線)になります。このため広い温度範囲で安定した特性を求めるとすれば AT 振動子のほうが有利であると言われています。この点に関しても EPSON の SAW 共振子製品では、独自の技術を用い、従来の温度特性よりも 2 次曲線の変動幅を緩やかに改善したもの(図 4 右の実線)や、AT 振動子の温度特性のような幅広い温度範囲で安定して使えるような高精度品(図 4 右の朱線)へも対応しております。

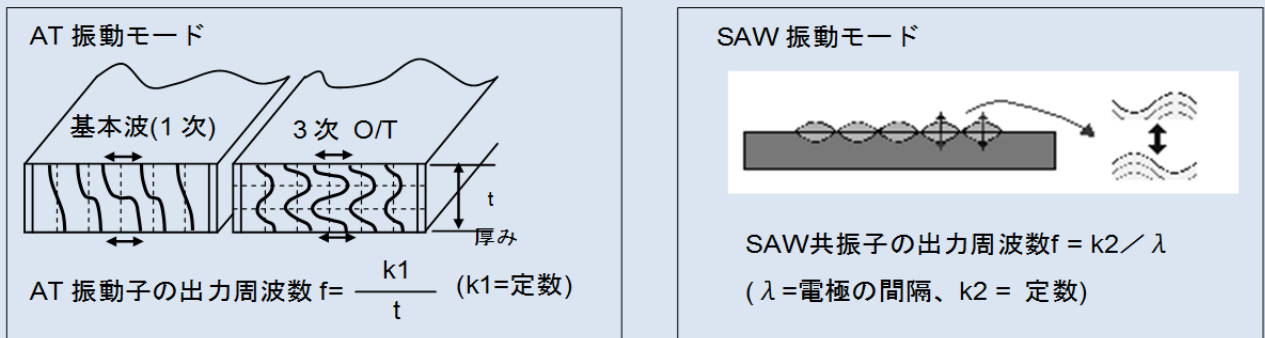


図 3 AT 振動子、SAW 共振子の振動モード

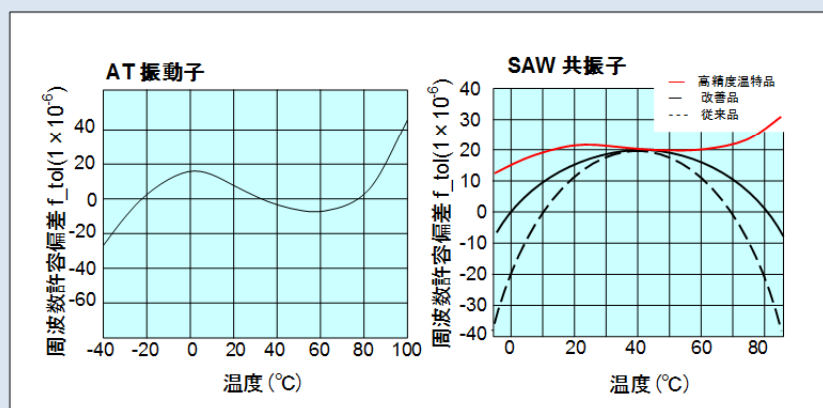


図 4 AT 振動子、SAW 共振子の温度特性図

【3】 SAW 発振器の優位性[特性比較]

ここまで AT 振動子と SAW 共振子に関して述べてきましたが、実際の市場で使われる高周波出力を有する発振器(AT+PLL と SAW)として比較した場合、SAW 発振器の優位点は位相ノイズおよび位相ジッタ特性が優れている点や低消費電流であることがあげられます。次のページに SAW 発振器としての特性を AT+PLL 発振器と比較し検証します。

表 1 位相ジッタと消費電流値の比較(3.3V LV-PECL の場合)

特性項目 (条件)	位相ジッタ (オフセット周波数：12kHz~20MHz)	消費電流値 (typ.)
SAW 発振器[EPSON 製品] (製品名：XG-2102CA)	0.12 ps	45mA
AT+PLL 発振器[他社製品]	0.27 ps	100mA

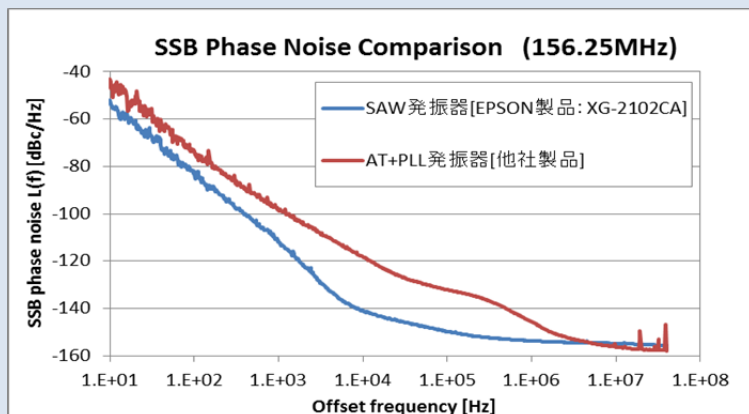


図 5 SAW 発振器と AT+PLL 発振器の位相ノイズ特性比較

【3-1】位相ノイズ特性、位相ジッタに関して

PLL は、電圧制御発振器(以下 VCO)を高い Q 値の水晶発振でロックをかけ、逡倍させた周波数を出力させます。そのため水晶発振回路と VCO の 2 つの要素で位相ノイズ特性が決まります。一般的に VCO は、水晶よりも位相ノイズ特性が劣り、PLL では高域側で VCO の位相ノイズ特性が現れるため、位相ノイズ曲線の一部が持ち上がる特性となります。また、逡倍数で低域側の位相ノイズレベルも変化するため、逡倍数が多いほど位相ノイズ特性は劣化する傾向にあります。

なお低ジッタ PLL と呼ばれている製品では、VCO のノイズ低減や逡倍数を小さく設定することで、低位相ノイズを実現しております(上記図 5 の AT+PLL 発振器は低ジッタ PLL 品の特性)。

【3-2】消費電流に関して

PLL 発振器は、「発振回路+PLL」の構成のため、一般的に PLL 回路がある分、消費電流値は多く必要となります。また位相ノイズを低減させるためには、信号成分を大きくする(増幅する)手段が有効であるため、さらにより多くの電流を流す傾向にもあります。一般的に VCO は GHz オーダーで設計されることが多く、このため消費電流が大きくなると考えられます。

これに対し SAW 発振器は源振となる振動モードが基本波で高い周波数を発振できることから、発振器としての回路構成も単純なものとなり、消費する電流値も低く抑えることができます。

以上のように、SAW 発振器は低位相ジッタ特性を兼ね備え、かつ消費電流値を低く抑えることができるため、低ビットエラーレートや低消費電流を必要とされるお客様、またはアプリケーションにとって最適な電子部品ということが言えます。EPSON では SAW 発振器のラインアップも広く取り揃え、お客様の様々なニーズにあった製品を今後も開発し提供してまいります。