

高周波出力を得る方法(その3 : 逆メサ型 AT 振動子)

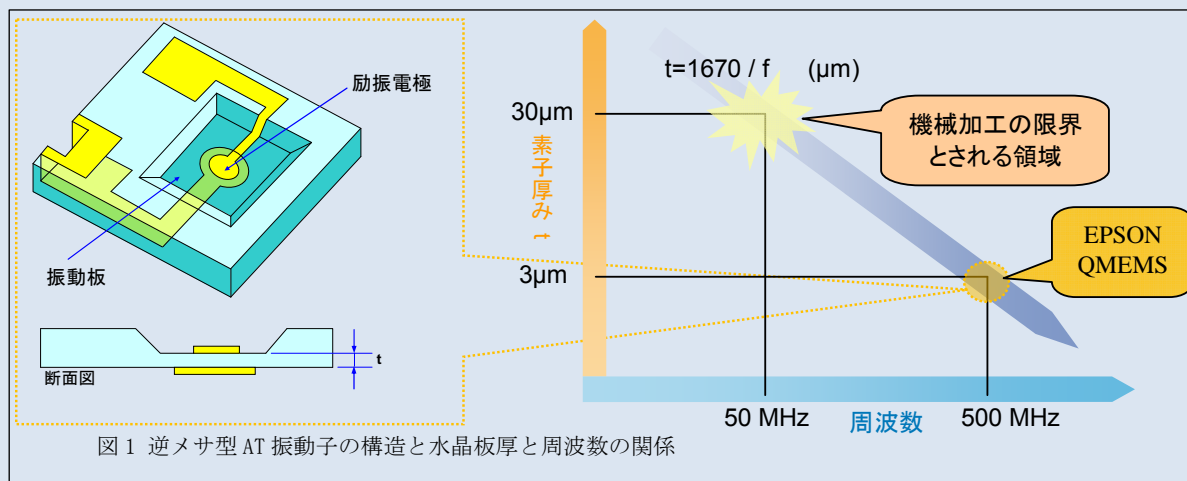
逆メサ型 AT 振動子の概略と特性紹介

【序文】

前回までに、高周波出力を得る方法として、周波数逡倍回路や PLL 回路を使用した事例や、弾性表面波 SAW(Surface Acoustic Wave)共振子を使用する事例を紹介してきました。これらの方法では、得られる周波数こそ高く安定的なものですが、PLL ではフレキシブルに対応できる反面、発振回路設計が複雑になり位相雑音特性が悪化すること、SAW では回路設計が単純になり位相雑音特性も良化できる反面、素子そのものの持つ温度による周波数変化量が大きいなど、それぞれの特徴を持っています。一般的に水晶メーカーで AT カットの水晶がより多く使われている理由は、「常温付近に変曲点を持ち、広い温度範囲で周波数が安定している」「高い周波数範囲を広くカバーしている」「周波数が素板の縦横寸法に起因せず、厚みのみで制御出来るため小型化に適している」「Z 軸からの回転のみで得られるカットのため素板製作が容易である」ことにあります。この AT カット水晶で高い周波数を直接発振出来れば良いのですが、高い周波数を得るため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基本波での作り込みには限界があります。そこで今回は EPSON の持つ QMEMS 技術を応用し、振動部分のみを薄く加工した逆メサ型 AT カット振動子を使って高周波の安定した基準信号を作り出す方法に関して解説します。

【1】逆メサ型 AT 振動子について

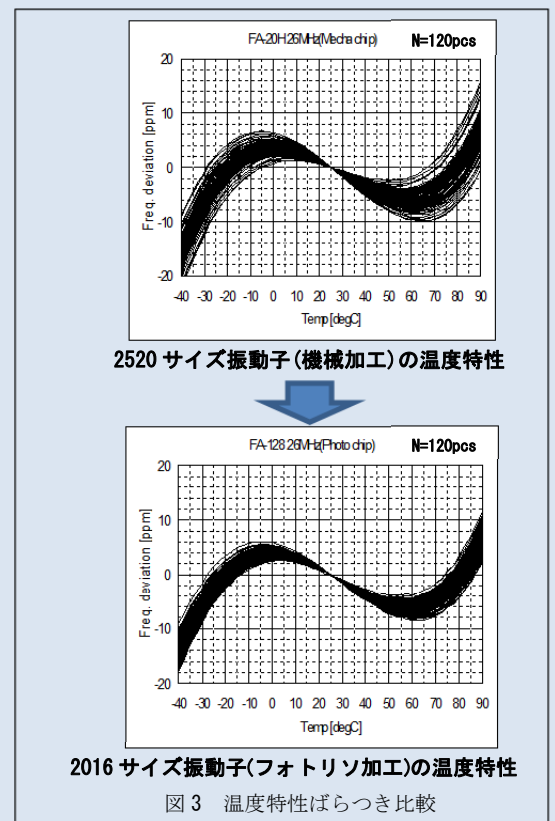
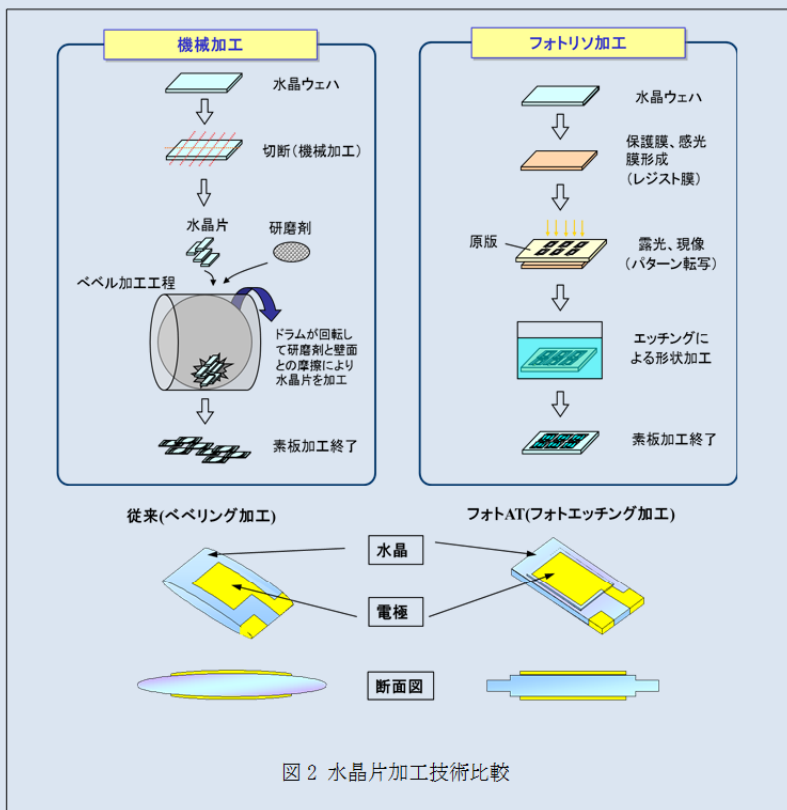
メサとはスペイン語で「周囲が急な崖で囲まれる台状の地形」を意味しており、半導体トランジスタなどで断面を台形の形に加工したものを一般的に「メサ型構造」と呼んでおります。逆メサ型 AT 振動子とは、AT カット水晶片の一部分(振動部分)を台形の形に凹まし薄くした構造(メサ構造の逆)を指します。逆メサ型 AT 振動子の構造を図 1 に示します。AT 振動子の水晶片の板厚は、薄くするほど高周波を発振する振動子となりますが、一般的に機械的な研磨で安定量産化できる限界レベルの周波数は基本波で 50MHz 程度(板厚でおよそ 30 μm)とされており、それ以上の周波数を AT 振動子で求めるのであれば、高次で振動する振動モード(3rd オーバートーン)を使用する(50MHz~150MHz)方法が一般的です。このため、高い周波数を得るには 3 次オーバートーンなどの振動モードを複雑な回路で制御する必要があります。EPSON ではフォトリソ加工により、水晶片の励振部のみを数マイクロンという極薄な構造にすることで、チップの強度を保ちながら、高周波での基本発振を可能にする技術(QMEMS 技術)を用いてこの問題を解決しております。



【2】 QMEMS 技術について

QMEMS とは、高安定・高精度などの優れた特性を持つ水晶素材である「QUARTZ」と、「MEMS」(Micro Electro Mechanical System) を組み合わせた造語となります。シリコンを素材とした MEMS に対して、水晶素材をベースに精密微細加工(フォトリソ加工)を施し、小型・高性能な水晶デバイスを提供できます。QMEMS 技術を用いた製品は今回紹介している逆メサ型 AT 振動子の他にも、音叉型振動子の溝構造の微細加工や、AT 振動子のメサ構造加工などにも応用されています。今回は AT 振動子のメサ構造加工を例に QMEMS 技術について説明致します。

AT 振動子に代表される厚みすべり振動の理想的な振動は振動片の中央部のみが振動し、周辺部が振動しないようにすることです。MHz 帯 AT 振動子の中でも特に低い周波数帯では、ベベリング加工(コンベックス)を実施すること(振動片の中央部と周辺の厚みを変化させること)でこの効果が得られます。従来の機械加工方式とフォトリソ加工を取り入れた QMEMS 方式の概略を図 2 に示します。機械加工では水晶チップの自重を生かし加工するため、水晶チップが小さくなると加工が困難になると同時に、ばらつきも大きくなり特性にも影響します。これに対し QMEMS 技術のフォトリソ加工技術では、水晶チップの大小に関わらず水晶片の形状均一化が可能となり、超小型の水晶チップにおいても、機械加工に比べばらつきを小さくすることができ、図 3 のような優れた温度特性を実現することができます。



以上のように、高周波の領域においても QMEMS 技術を用い、図 1 のような逆メサ構造にすることにより、水晶チップの強度を保ちながら、高周波での基本波発振を可能にし、安定した性能を持った製品の供給に繋がっております。

【3】 逆メサ型 AT 振動子を使用した製品とその特徴

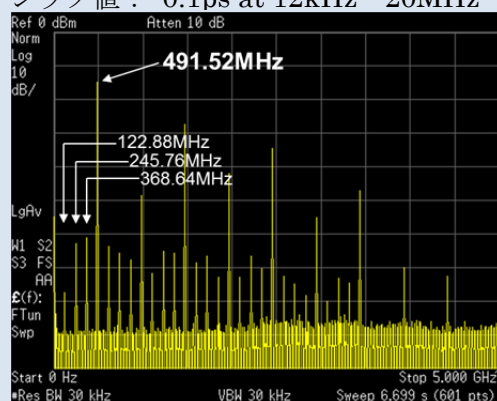
QMEMS 技術を応用し、高周波の基本波発振である逆メサ型 AT 振動子を用いた EPSON 製品には SPXO(Simple Packaged Crystal Oscillator)のカテゴリーでは SG-210S*H、SG-770***/SG-771***、VCXO(Voltage Controlled Crystal Oscillator)のカテゴリーでは VG-45**シリーズがあります。

ここで VCXO とは外部からの制御電圧によって周波数を可変できる製品であり、主に基地局や光伝送装置での用途に利用されております。近年ではデータ通信の高速化や大容量化が進み、これまでよりも高周波で、かつ安定した信号源に対するニーズが高まってきており、そのため高周波でありながら AT 振動子のような良好な温度特性、優れたノイズ特性が必要となっております。

図 4 に逆メサ型 AT 振動子を使用した VCXO 製品 VG-4513CB と当社従来製品(通倍タイプ)とのスプリアス成分比較を示します。

当社従来品(122.88MHz で 4 通倍)

ジッタ値： 0.1ps at 12kHz~20MHz



VG-4513CB (491.52MHz で基本波発振)

ジッタ値： 0.05ps at 12kHz~20MHz

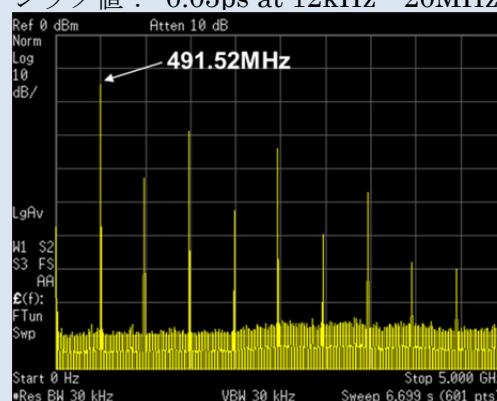


図 4 スプリアス特性の比較

高周波を得るために PLL や通倍回路を用いる(図 4 の左)と、その弊害として信号以外のノイズ (スプリアス成分) 発生によるジッタ特性の劣化が生じます。その点逆メサ型 AT 振動子を用いた場合(図 4 の右)、高周波数も基本波で発振できるため、従来品のようなスプリアス成分を生じさせず、低ジッタ特性を実現できます。このように基本波で高周波をダイレクトに発振できることのメリットは大きく、これから増設が期待されるインフラ設備にとって欠かせないキーパーツとなると考えられます。

【4】 最後に・・・

近年通信機器やネットワーク機器に高周波の基準信号源は不可欠ですが、お客様が使用するアプリケーションや希望する仕様を満たすための高周波出力を生む電子部品には様々な選択肢が存在します。

EPSON では高周波出力を得る電子部品として 3 回にわたり、「任意の周波数を自由に得られる利便性をもったプログラマブル発振器」、「低位相ジッタを実現した SAW 発振器」、「良好な温度特性を持つ基本波ダイレクト AT 発振器」を紹介してまいりました。どの製品も様々な特徴を持っておりますが、すべての製品は水晶本来の持つ高安定・高精度な特性を生かしており、お客様の使用用途により幅広い選択肢をご提供できることと思います。今回の Technical Notes により、水晶部品の持つ高い安定性をご理解頂き、多くのお客様の様々なアプリケーションにおける電子部品選択の際のお役に立つことを望みます。