



第9編 第2章

携帯電話用電子部品・モジュール

エプソントヨコム

1. はじめに

エプソントヨコムは、セイコーエプソンの水晶事業と東洋通信機が2005年10月1日に事業統合して誕生した、水晶デバイス事業を展開する会社である。

当社は、“TD (Timing Devices : 水晶振動子、水晶発振器など)”、“SD (Sensing Devices : ジャイロセンサなど)”、“OD (Optical Devices : 光学部品など)”の3つのデバイスを柱とし、様々な分野に対し、水晶デバイス商品を供給している。

携帯電話用電子部品としては、RF基準クロック源用、または、GPS (グローバルポジショニングシステム)の基準クロック源用の水晶振動子やTCXO (Temperature Compensated Crystal Oscillator : 温度補償水晶発振器)、アプリケーション用クロック向け水晶振動子や水晶発振器、ベースバンドクロック用音叉型水晶振動子、地上デジタル放送のデコード用に使用されるVCXO

(Voltage Controlled Crystal Oscillator : 電圧制御水晶発振器) などがある。

昨今、様々なアプリケーション機能が携帯端末に搭載されていく中で、小型・低背化はデバイス部品共通の開発課題である。本稿では、これら水晶デバイスの最新小型商品について紹介する。

2. TCXOの特徴

TCXOは、発振回路 (IC) に温度補償回路を構成することで、水晶振動子が持つ固有の温度特性を広い温度範囲で補正し、温度による周波数変動を抑えた水晶デバイスである。TCXOはその温度補償回路の回路構成により、以下の3種類に分類される。

- 直接型アナログ温度補償方式
- 間接型アナログ温度補償方式
- 間接型デジタル温度補償方式

表1 TCXOの回路方式による特徴比較

	直接型アナログ温度補償方式	間接型アナログ温度補償方式	間接型デジタル温度補償方式
特性 温度補償精度	±5.0 ~ ±2.0ppm (-30 ~ 85)	±2.0 ~ ±0.5ppm (-30 ~ 85)	±0.5 ~ ±0.05ppm (-30 ~ 85)
特性 位相雑音			
回路の小型化			
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・主にディスクリート部品による構成 (サーミスタ、抵抗、コンデンサ) ・温度補償精度はラフだが、位相雑音特性に優れる 	<ul style="list-style-type: none"> ・水晶以外の回路は1チップIC化されて小型化に適す ・セルラー用途の小型TCXOとしては最も一般的に使用されている方式 	<ul style="list-style-type: none"> ・温度補償精度に優れる ・デジタル的に補償しているので補償後の温度特性はステップ状 ・RFやGPS回路の用途には不向き
温度特性例			



それぞれの特徴を表1に示す。

現在、最も一般的に用いられている方式はの間接型アナログ温度補償方式である。すでに水晶以外の回路はIC化され、また製造上の温度補償プロセスも完全自動化されているために、小型化と低コスト化が実現できる。水晶振動子は、一般的に3次関数の温度特性を持つATカット振動子が用いられる。温度補償回路は、この水晶の3次関数の温度特性をキャンセルする温度補償電圧発生回路を持ち、それぞれ固有のVCXOの温度特性を測定して、その温度特性に対応した補償電圧を発生するように、補償定数がメモリにインプットされる。最近GPS用途などで温度特性の高精度化の要求が増え、一般的に水晶振動子の温度特性が近似される3次関数よりも、さらに高次・高精度に温度補償ができる回路を持つ製品もラインナップされている。

3. 超小型GPS対応TCXO

図1に、携帯端末とTCXOのパッケージトレンドの歴史を示す。

世界的な需要として、携帯端末の高機能化や小型・軽量化が進み、2520サイズ(パッケージサイズ: 2.5 × 2.0mm)の需要が拡大している。

また、近年、携帯電話からの緊急通報における位置特定などの用途で、携帯端末でのGPS市場が拡大しており、世界の携帯電話のGPS搭載率が高まっている。さらに、PND(パーソナルナビゲーションデバイス)をはじめとしたナビゲーションシステムの市場も拡大しており、正確な位置測定に欠かせない高精度TCXOの需要も高まっている。これらのGPS機能が搭載される携帯機器は多機能化され、高密度実装化が進んでいるため、高精度TCXOの市場は小型化要求が拡大することが見込まれている。

そこで当社では、業界に先駆けて2006年10月に発表した世界最小2016サイズ(パッケージサイズ: 2.0 × 1.6mm)のTCXOとして商品化した技術をベースに、GPS用途にも対応可能な高精度TCXO「TG-5025BA」を開発し、2008年9月に発表した。これは2009年2月の商品化を予定している。

このTG-5025BAは、当社オリジナルの「QMEMS」技術を用いて加工した、小型で特性ばらつきを抑えたフォトATチップを搭載している。

また、当社の独自技術である、セラミックパッケージの振動子をICとともにプラスチックモールドした「NPO(New Platform Oscillator)」構造とすることにより、

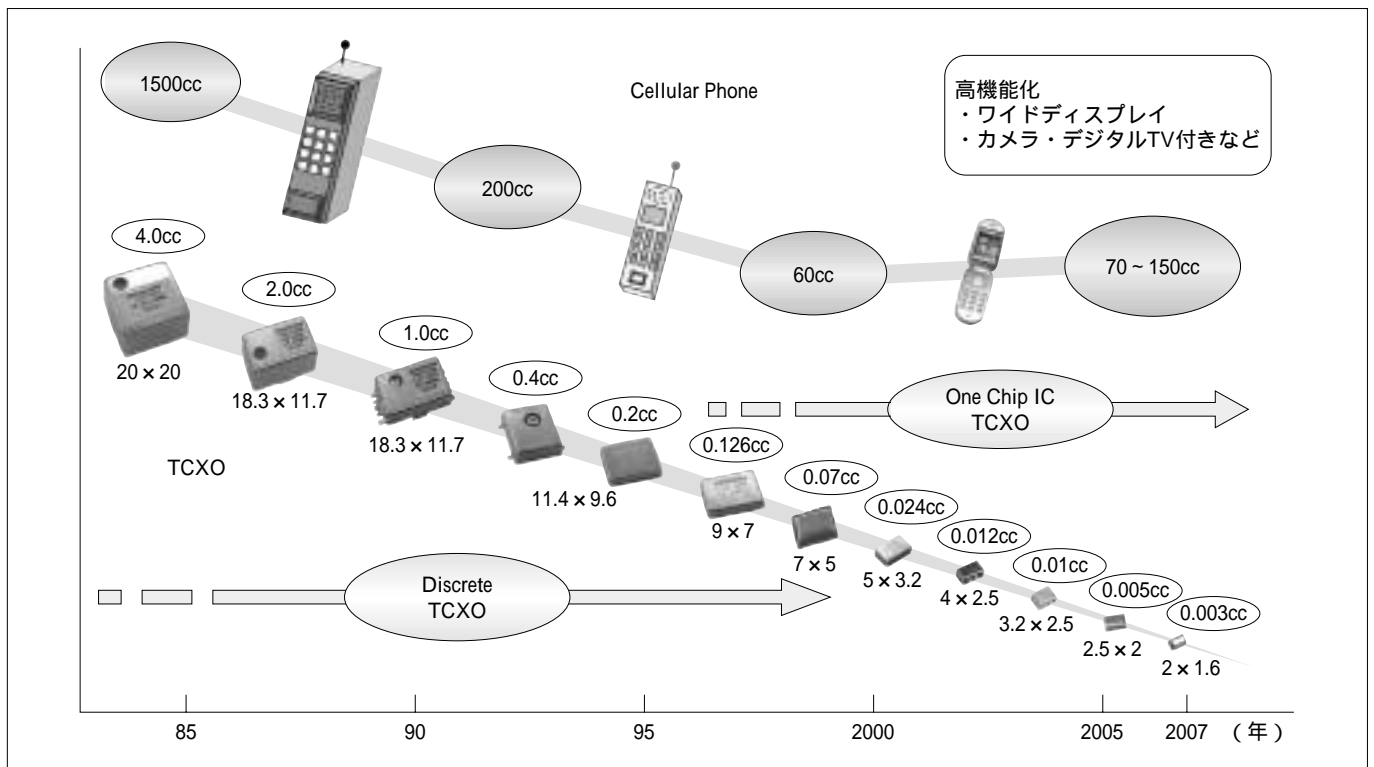


図1 TCXOのパッケージトレンド



写真1 世界最小のGPS用途向けTCXO「TG-5025BA」

表2 「TG-5025BA」製品仕様

外形寸法 (mm)	2.1 × 1.7 × 0.8 Max
出力周波数範囲	13 ~ 52MHz
周波数初期偏差	± 2.0 × 10 ⁻⁶ Max
周波数温度特性	± 0.5 × 10 ⁻⁶ Max
動作温度範囲	- 30 ~ 85
動作電圧	1.68 ~ 3.3V

外部の温度変化による周波数への影響を受けにくくし、内部実装にワイヤボンディングを採用することで高い信頼性を実現している。

さらに、IC設計技術を駆使することで、高精度温度補償や、最低電圧1.68Vの低電圧駆動による省電力化、13 ~ 52MHzという広い出力周波数を実現した。

写真1に本TCXOの外観を、表2に製品仕様を示す。パッケージサイズは2520サイズの従来機種に比べ、面積比で36%削減、体積比で43%削減と、一層の小型化を実現している。

4. 超小型AT振動子

当社では、小型携帯機器向けに最適な超小型AT振動子「FA-128」を商品化し、携帯端末のデバイス部品に対する小型・低背化要望を解決した。

FA-128は、微細加工技術と実装技術の特徴とした超小型AT振動子であり、共振周波数24 ~ 50MHzをサポートしている。2.0 × 1.6mmという超小型サイズにもかかわらず、2.5 × 2.0mmサイズと同等の低CI値および高安定性能を実現している。表3に製品仕様を、図2に周波数温度特性を示す。

また、さらなる小型化要求を満たすため、1.6 × 1.2 × 0.35mmという世界最小クラスの超小型AT振動子「FA-118T」を開発した。この超小型AT振動子は、セラミックパッケージに金属のリッドを用いた構成にもかかわらず、0.35mm (最大値) という薄型化を実現してい

表3 超小型AT水晶振動子「FA-128」製品仕様

Nominal Frequency	24 ~ 54MHz
Operating Temperature	- 40 ~ 85
Frequency Tolerance	± 10 × 10 ⁻⁶ 、± 30 × 10 ⁻⁶ (25)
Frequency Stability	± 10 × 10 ⁻⁶ 、± 30 × 10 ⁻⁶ (- 20 ~ 75)
Load Capacitance (Standard)	10pF (Please Specify)

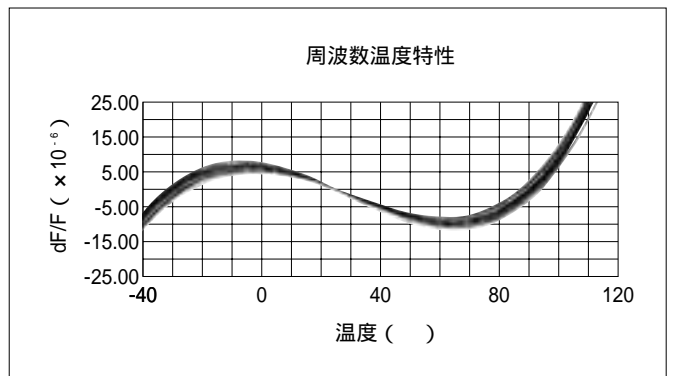


図2 超小型AT水晶振動子「FA-128」の温度特性



写真2 世界最小の音叉型水晶振動子「FC-12M」

る。

薄型化に対しては、セラミックパッケージとメタルリッドの接合にAu-Snによる封止構造を用いることが一般的であるが、FA-118Tは、リワーク性の確保や信頼性の向上を目的に、独自のシーム溶接技術を用いて薄型化を実現している。

5. 超小型音叉型水晶振動子

当社は2007年3月、世界最小の音叉型水晶振動子「FC-12M」を次世代主力製品の1つとして商品化した。この製品は、当社従来製品のおよそ半分の実装面積となる超小型SMDタイプの音叉型水晶振動子で、携帯機器のさらなる小型化に貢献する。

本製品は、電子デバイスの小型化の要求に対応する



表4 超小型音叉型水晶振動子「FC-12M」製品仕様

Nominal Frequency	32.768kHz
Operating Temperature	- 40 ~ 85
Frequency Tolerance	$\pm 30 \times 10^{-6}$ 、 $\pm 50 \times 10^{-6}$ (25 D.L 0.1 μ W)
Load Capacitance (Standard)	9、12.5pF (Please Specify)
Motional Resistance	75k (25) (Include Temperature and Reflow)
Motional Capacitance	TBD
Shunt Capacitance	TBD

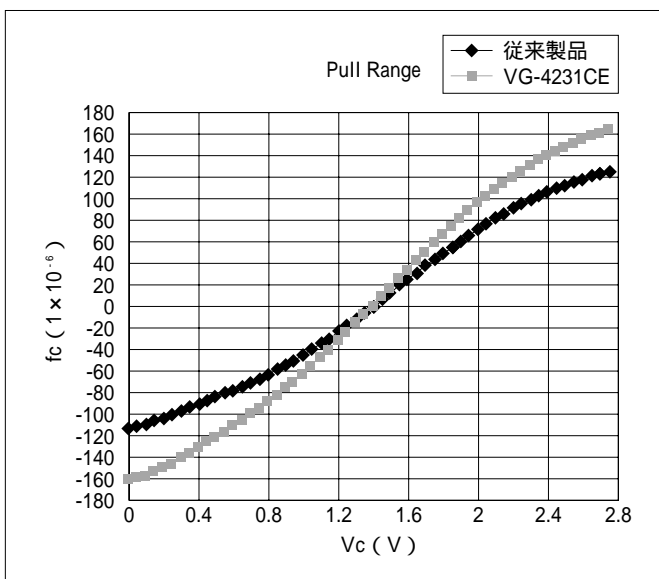


図3 従来製品との周波数制御範囲の比較

ため、QMEMS技術と高精度実装技術を駆使して、当社従来製品とほぼ同等の性能を備えながらも、およそ半分の実装面積となる超小型サイズ ($2.0 \times 1.2 \times 0.6$ mm (最大値)) を実現した。

写真2にFC-12Mの外観を、表4に製品仕様を示す。

6. 地上デジタル放送向け小型VCXO

VCXOは、外部からコントロール電圧を入力することにより、出力周波数を可変できる特性から、携帯端末のリファレンスクロック用途や、DAコンバータ内蔵アンプのインターフェースレシーバ、デジタルオーディオインターフェース、リクロック用途などに採用されている。デジタル伝送経路のジッタ歪みを低減するためには、高い発振精度を持つクォーツを用いたVCXO方式を採用することが一般的である。

2006年12月より、地上デジタル放送が全国で開始され、携帯電話やカーナビなどのポータブル製品におい

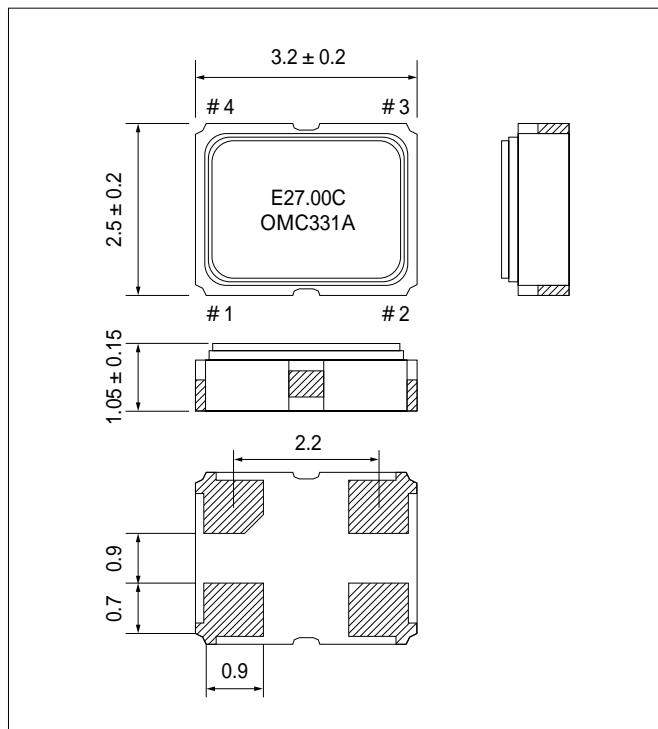


図4 「VG-4231CE」の寸法図

てもTV画像を鮮明に視聴できるようになった。

一般的に映像情報は非常に膨大であるため、圧縮して伝送し、各端末ではこれをデコードして元の映像を再現するが、このデコードの際に使用されるのがVCXOである。映像は圧縮される際に、一定のクロックでエンコードされており、この信号をデコードする際の同期を取るため、VCXOが必要となる。

映像系のデコードでは位相を早く一致させるために、VCXOの周波数制御範囲 (変化量) が大きい方が好まれる。また、ポータブル製品は、低電圧化・小型化が求められる。

そこで、このポータブル製品のデコード部に最適なVCXOとして開発されたのが「VG-4231CE」である。この製品は、 3.2×2.5 mmサイズのSMDパッケージで、周波数制御範囲は同クラス最大の ± 120 ppm以上を確保している。

また、セルラー機器への搭載といったニーズに応えるために、低電圧版として、電源電圧を1.8Vまで対応したモデルをラインナップしている。

このVG-4231CEは、周波数制御範囲が大きいことが魅力である。この制御範囲を実現するために、水晶振動子形状からパッケージ配線を含め各部品についてVG-4231CE専用に最適化設計をしたことにより、業界最小



クラスのサイズで最大の周波数調整幅を実現している（図3、図4）。

7. 水晶デバイスの小型化を実現するQMEMS技術

図5に、ATカット型表面実装タイプ水晶振動子の一般的な製造工程を示す。人工水晶を素材として、カット、研磨などの機械加工工程の後、電極形成、周波数調整、パッケージ組立、検査を経て完成する。非常に多くの工程を含んでおり、各工程での加工精度が完成品の製品性能に影響を与える。

当社では、従来の機械加工プロセスに代えて、半導体製造技術で一般的なフォトリソグラフィプロセスを水晶製造工程に応用した。従来の機械加工による水晶振動子1個ごとの加工からウェーハエッチングプロセスを取り入れ、外形、電極形状精度の飛躍的な向上を行い、低CI値化、周波数コントロール手法の確立、優れた温度特性、およびさらなる小型化を実現する製造手法が確立した（図6）。

一般的に、“半導体微細加工技術を用いて、機械、電子、光、化学などに関する様々な機能を集結したデバイス”のことをMEMS（Micro Electro Mechanical Systems）と呼ぶが、水晶素材への微細加工技術を用いて、機械・電子・光・

化学などに関する様々な機能を集結し、高精度・高安定などの付加価値を携えた水晶デバイスは、QMEMSと定義されている。

QMEMSとは、一般的にイメージされる“MEMS = 半導体材料”の材料を水晶に置き換えたもの、すなわち、“Quartz + Micro Electro Mechanical Systems”である。

前述した商品群のうち、2016サイズのTCXO TG-5025BA、2016サイズの超小型AT振動子FA-128およびFA-118T、超小型音叉型水晶振動子FC-12MにQMEMS技術を用いた。それにより特性面のばらつきと量産効

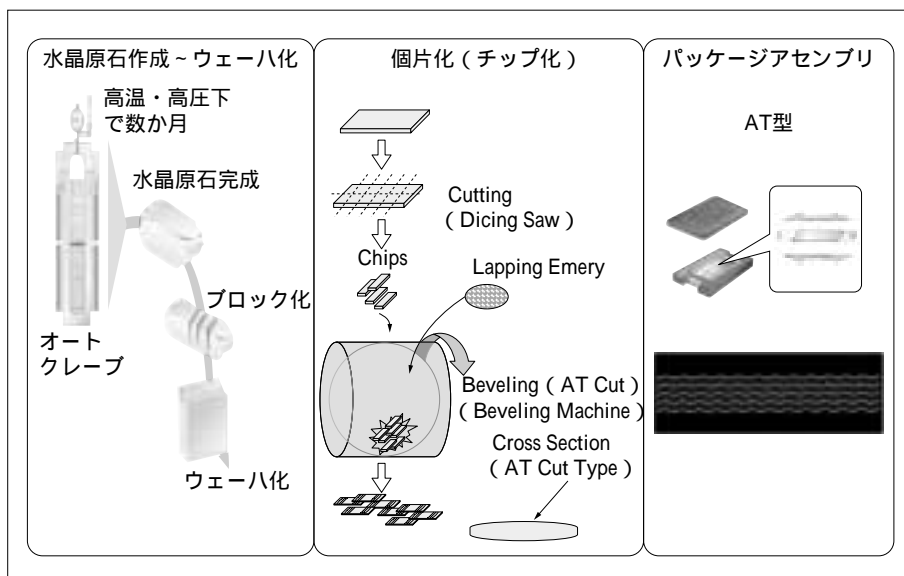


図5 水晶振動子の一般的な製造方法

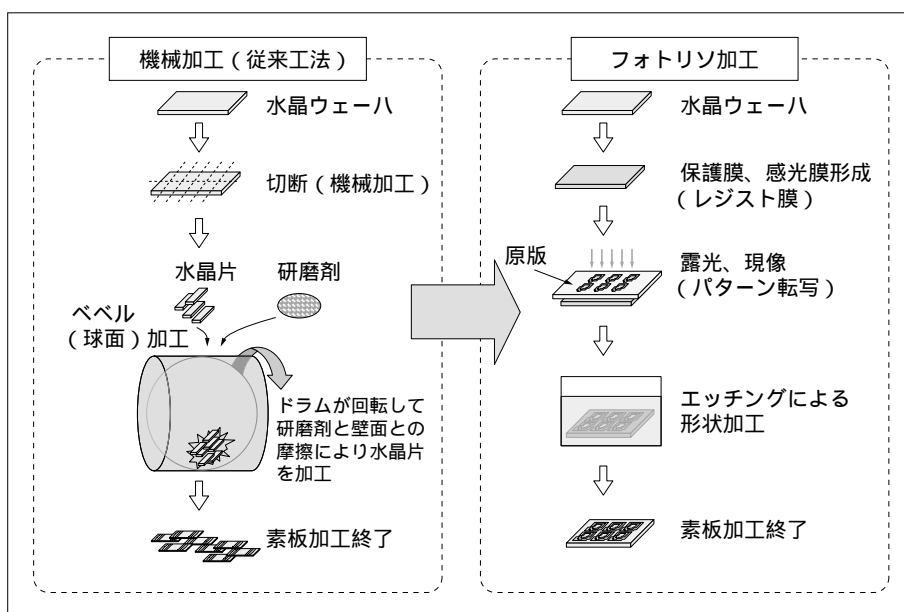


図6 フォトエッチング加工を用いて水晶振動素子を製造する方法

率の向上を図り、ウェーハ単位でフォトリソ加工による加工精度向上をもって、特性が均質な超小型水晶デバイスを実現した。

8. おわりに

当社では、携帯電話に対して、常に最小・高性能な水晶デバイスの提供を実現できるよう、商品開発を進めている。この活動を通じて、携帯電話の機能向上と性能向上、ユーザーの使いやすさに貢献できることを切望している。