

賛助会員の声

世界最小の MEMS タイミングデバイス開発と、 産学連携について

株式会社村田製作所 梅田圭一

1. はじめに

私は京都大学工学研究科電子物性工学専攻の修士課程を卒業し、2002年に村田製作所に入社しました。入社以来、村田製作所の薄膜微細加工技術を用いた様々な電子部品開発に携わっています。本稿では特に村田製作所の電子部品開発と産学連携事例のイメージをつかんでもらえるように、2019年に量産を開始した世界最小の32.768kHz MEMS タイミングデバイスの開発を紹介します。

2. 村田製作所について

村田製作所は、1944年に創業し、本年で76周年となります。創業者の村田昭は家業である清水焼の窯業技術を基に陶磁器の新しい可能性を追求し、1949年には京都大学の田中哲郎先生にご指導いただき、産学連携の取り組みの中で、チタン酸バリウム磁器コンデンサの量産に成功し、現在の成長につながっています。現在では総合電子部品メーカーとして、積層セラミックコンデンサ、SAW フィルタ、ショックセンサ、Wi-Fi® モジュール、セラミック発振子といった多くの世界シェア No.1 の製品があります（図1）。



*主要製品の世界シェアは当社推定値です。また市場や用途により異なります。

図1：電子部品における村田製作所の世界シェア

3. タイミングデバイス

世の中にある様々な電子機器では必ずいくつもの電子回路が働いています。それらが正常に機能するには、一定間隔で安定した周期のクロック信号が必要です。電子回路は、このクロック信号を基準に作動し、この基準となるクロック信号を発生させているのがタイミングデバイスです。

村田製作所はタイミングデバイスとして、マイコン等の基準クロックとして使用するセラミック発振子（セラロック®）を40年以上にわたって市場に供給しています。セラミック発振子の周波数精度を

超える高精度なクロックが必要な機器に対応するため、独自技術を生かした小型・高信頼性な水晶振動子を東京電波株式会社（現：岩手村田製作所）と共同開発しました。2009年より民生市場に供給を開始し、2013年には自動車市場に展開しています。詳細は当社HPに特集記事があるのでご覧ください。（URL：<https://corporate.murata.com/ja-jp/about/newsroom/techmag/metamorphosis19>）

さらなる小型・高精度・高信頼性を実現するタイミングデバイスを開発するため、2012年にM&AしたフィンランドのVTI Technologies Oy（現：Murata Electronics Oy）のMEMS技術を活用し、MEMS タイミングデバイスを開発し、2019年に量産開始しました（図2）。

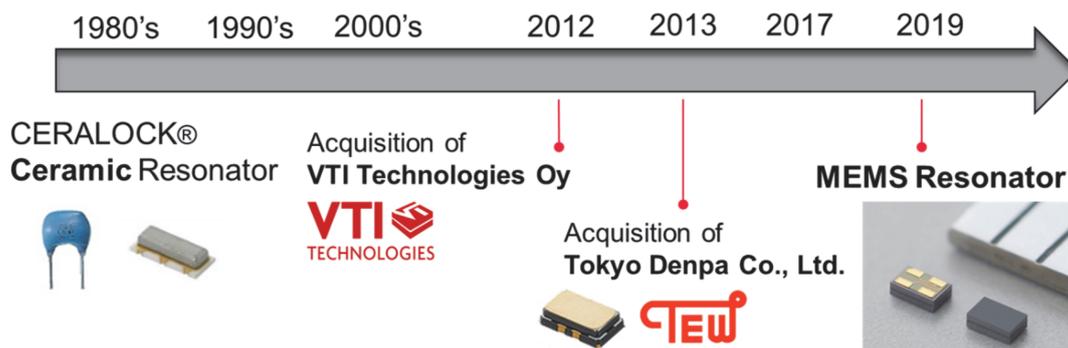


図2：村田製作所におけるタイミングデバイスの歴史

4. MEMS タイミングデバイス

VTI社は静電駆動型の車載向け加速度センサやジャイロセンサの技術に優れていました。静電MEMSセンサはSiからなるMEMS素子とそれを駆動しセンサ信号を検出制御する専用の半導体回路からなる電子部品です。一方、タイミングデバイス市場で長年用いられている水晶振動子は完全にパッシブな受動部品のため、静電MEMS技術では水晶振動子との置き換えができず、さらに消費電力が大きくなる課題がありました。

そこで我々は完全にパッシブなMEMS振動子を実現するため、当時は世界でも実用化例の少ない圧電薄膜とMEMS技術を組み合わせた圧電MEMS技術を用いる選択をしました。図3に示すように、4本のSiと圧電薄膜で構成された梁を備え、内側2本と外側2本が逆位相で共振することで振動閉じ込めが実現する面外屈曲振動を用いています。

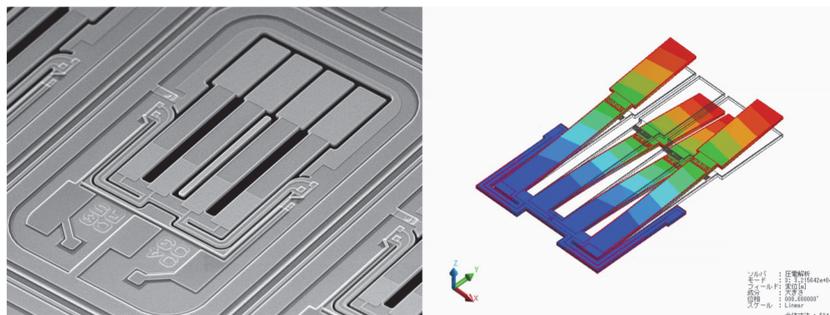


図3：MEMS タイミングデバイスのSEM写真とFemtet®による振動変位図

(V. Kaajakari et al., “A 32.768 kHz MEMS resonator with +/-20 ppm tolerance in 0.9 mm x 0.6 mm chip scale package”, IEEE IFCS -EFTF, pp. 1-4, 2019)

本開発でのブレークスルーとなった技術は、周波数温度特性補正技術と周波数調整技術です。Siは水晶とは異なり、 $-30\text{ppm}/^\circ\text{C}$ という非常に大きな周波数温度係数を持つ材料で、これでは電子機器の発熱や外部環境の温度変化によってクロック信号が大きすぎてしまいます。我々はVTTフィンランド技術研究センターや京都大学との共同研究で、図4に示すように周波数温度特性を水晶同等以上に良好にする技術を開発しました。また、周波数調整技術は村田製作所の代表製品であるSAWフィルタで蓄積してきた生産設備技術を活用し、周波数精度 $\pm 20\text{ppm}$ を実現する技術を開発しました。これらの技術的なブレークスルーにより、世界最小のMEMS タイミングデバイスを実現することができました。

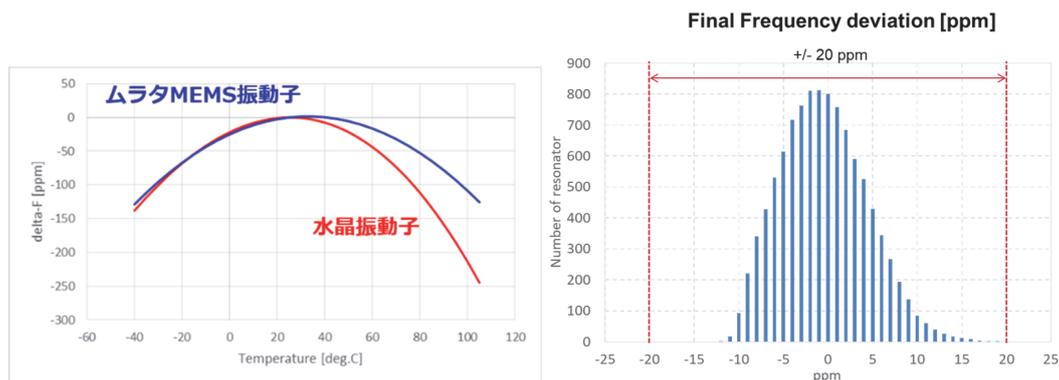


図4：周波数温度特性（左）と周波数調整プロセスを行った後の周波数分布（右）

5. 京都大学との産学連携

MEMS タイミングデバイスの商品化までに、京都大学とは多くの産学連携を行い、大変お世話になりました。マイクロエンジニアリング専攻田畑研究室（現：ナノ・マイクロシステム工学研究室）との共同研究、京都大学ナノテクノロジーハブ拠点ではマイクロシステム アナライザや真空プローバの利用等と多数あり、改めて御礼申し上げます。

6. 学生や教員の皆様へ

村田製作所は同業他社と差別化した独自の製品を作ることを共通の価値観として大切にしています。新規事業や新商品を作って世界を驚かしてやろうという方と一緒に仕事ができることを楽しみにしています。就職を検討される際は、インターンシップ制度を設けているので、職場の雰囲気や魅力を体験して下さい。

我々は常に新しい種となる技術を探索しています。京都大学との創業時からのイノベーションを生み出す関係を今後とも発展させ、世界が驚く製品開発を一緒に実現しましょう。