

# GHz帯高精度SAW共振子及びSAW発振器

市場では、無線通信技術や半導体技術の進化に伴って、1 GHz 以上の周波数帯を使用した様々なアプリケーションが、開発・商品化されてきています。

これらの新市場から、1 GHz 以上の周波数帯で、高調波発振や、低周波発振を基準とした逡倍型発振(Phase Locked Loop:PLL)技術を用いないで、共振子の基本波発振を用いた、より高精度、高安定なタイミングデバイス水晶製品の商品化ニーズが高まっています。

そこで、エプソントヨコムでは 800 MHz までの共振周波数では既に量産実績のある、弾性表面波(Surface Acoustic Wave: SAW) 技術を応用して、オリジナル ST カットによる水晶 SAW 共振子をベースに、IDT(くし型電極。水晶基板上に規則性をもって形成された電極)の微細化及び安定化等の製造技術を用い、共振周波数上限を 2.5 GHz まで対応可能とした水晶 SAW 共振子: NS-34R と、それを使用した低雑音発振器: EG-9000GC、EV-9000GB を開発しました。

1. SAW 共振子: NS-34R

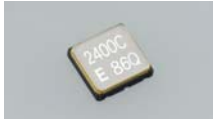


写真 1 NS-34R

【背景】 従来、基本波で GHz 帯の共振特性を実現するには、SAW の中でも伝播速度が速い STW (Surface Transverse Wave) を用いていました。しかし STW は、電極線幅、膜厚による周波数感度が高いため、製造プロセスによるばらつきに影響を受けやすく、高精度化が困難です。

一方、当社オリジナルの ST カット基板を使用し、共振周波数 800MHz まで量産実績がある水晶 SAW 共振子は、STW と比較し、電極線幅、膜厚による周波数感度が低く、かつ約 3 倍優れた周波数温度特性を有しています。

そこで当社は、超精密加工技術と安定化技術を駆使し、くし型電極を微細化することで、高精度で、共振周波数 2.5GHz まで対応可能な SAW 共振子 NS-34R を開発しました。

表 1 NS-34R 主な仕様

項目	標準仕様
公称周波数範囲	800 MHz ~2500 MHz
周波安定度	$\pm 200 \times 10^{-6}$
頂点温度	+37.5 °C $\pm$ 20 °C
二次温度係数	$(-0.016 \pm 0.004) \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}^2$
動作温度範囲	0 °C ~ +75 °C (広温度範囲対応の商品も開発中)
外形寸法	3.8 × 3.8 × 0.98t mm

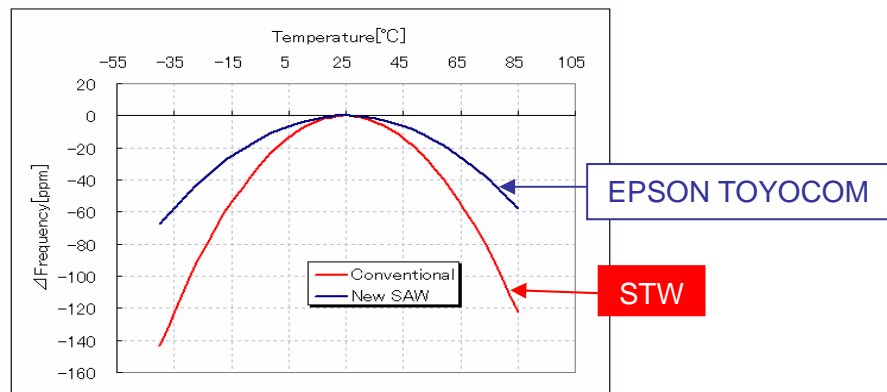


図1 NS-34Rの良好な温度特性

【特長】 NS-34R は、初期周波数偏差、周波数温度特性及び経時変化を含む周波数安定度が  $\pm 200 \times 10^{-6}$  で(写真 1、表 1)、さらに良好な周波数温度特性を有しています(図 1)。

また、2-port 構造をもつ共振子で、電気特性は Q 値が 1000、挿入損失が 6 dB であり、さらに +10 dBm 以上の電力を印加可能な高い耐電力特性を有します。NS-34R を用いれば、高 Q 特性を活かしつつ、発振ループ内に高電力信号を伝播することで、発振器の低位相雑音化が実現出来ます。また、NS-34R の VSWR は、中心周波数で 1.5 以下であるため、発振回路内に組み込む際、整合回路不要となり、発振器の小型化にも寄与します。

パッケージサイズは 3.8×3.8×0.98t mm です。

2. GHz 帯直接励振型 SAW 発振器:EG-9000GC、EV-9000GB

【背景】 前述の NS-34R を用い、GHz 帯を直接励振する SAW 発振器 (SAW Oscillator : SO) EG-9000GC と、電圧制御型 SAW 発振器 (Voltage Controlled SAW Oscillator; VCISO)EV-9000GB を開発しました(写真2、写真3、表2)。

SAW 共振子を使用した一般的な発振回路には、コルピッツ型等の負性抵抗型と、帰還型の2種類が存在します。 帰還型は、部品点数は多くなりますが 2-port 型 SAW 共振子を用いるため、GHz 帯でも大きな増幅度を得ることができ、かつ特性を安定させるため、EG-9000GC、EV-9000GB は、共にこの帰還型発振方式を採用しました。



写真2 EV-9000GB



写真3 EG-9000GC

表2 EV-9000GB / EG-9000GC 主な仕様

	EG-9000GC	EV-9000GB (電圧制御タイプ)
周波数許容偏差	±150×10 <sup>-6</sup> Max.	
周波数可変範囲	—	TBD
動作温度範囲	-20 ~ +60 °C	
出力周波数範囲	800 MHz ~ 2.5 GHz	
電源電圧	3.0 V	
消費電流	38 mA Max.	
出力波形	sin-wave	
外形寸法	10.0×10.0×2.8t mm	14.0×9.0×2.8t mm

【特長】 図2に、発振ブロック図を示します。EG-9000GC の基本回路構成は、SAW 共振子、高周波アンプ、電力分配器 (Power Divider)、周波数調整回路でなりたちます。EV-9000GB は、前述の電力分配器と周波数調整回路間に、電圧制御型の移相器 (Phase Shifter) を加えた構成としました。また各ブロックは、50  $\Omega$  整合を取っています。次に回路ブロックの詳細を紹介します。

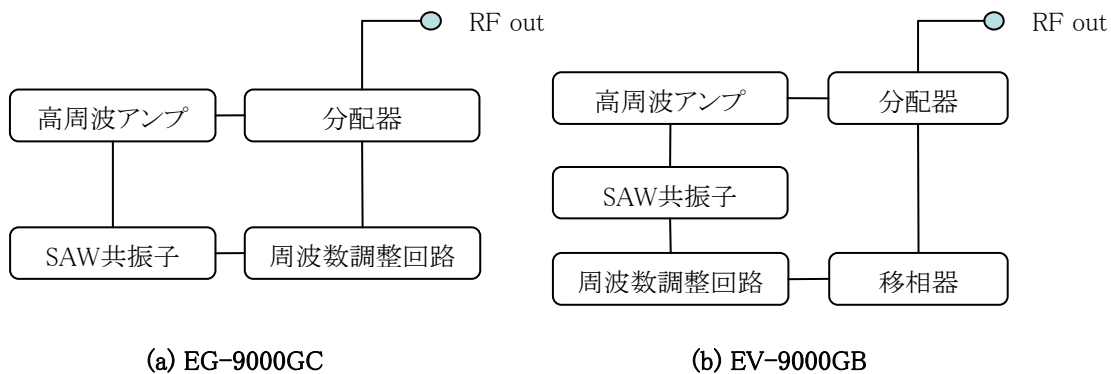


図2 発振回路構成

まず共振子は、高 Q、低挿入損失、高い耐電力特性、かつ良好な温度特性を持つ NS-34R を採用しました。NS-34R の低い VSWR と、高い耐電力特性は、外部にアッテネータやマッチング回路を必要としないため、発振器の小型化に寄与しています。

低位相雑音化を実現するためには、高周波アンプの低 NF 特性、大きな飽和出力特性が必要です。よって、高周波アンプは、低 NF 特性を有しつつ、飽和出力特性が約 10 dBm、入出力マッチング回路不要の中出力 MMIC を採用しました。

次に、電力分配器には、他の回路ブロックと整合状態を崩さず接続可能で、負荷変動に対する高いアイソレーション特性が必要です。よって、電力分配器は、高いアイソレーション特性を有する Wilkinson 型分配器としました。さらに、アンプ直後に配置することにより、出力バッファ無しで、大きな出力パワーを取り出すことが可能となり、小型化にも寄与しています。

最後に、移相器には、制御電圧を変化させても、入出力インピーダンスが一定であることが求められますので、Branch Line Coupler (3 dB Hybrid) + 可変容量ダイオードの反射型移相器を採用しました。

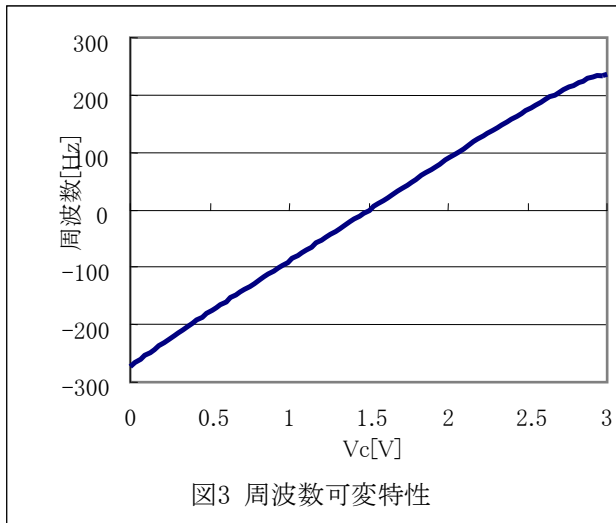


図 3 に EV-9000GB(発振周波数: 2.40 GHz)の電圧制御特性を示します。  
周波数可変幅は、制御電圧 0~3 V で約 500ppm 。出力パワーは約 6 dBm。制御電圧によるパワー変動は 0.5 dBm です。

図 4 は、EV-9000GB(発振周波数: 2.40 GHz)の広帯域スペクトル特性です。  
スプリアス比が-35 dBc 以上のため、出力波形は、ほぼ sin 波であり、発振周波数を直接励振するため、スペクトルには、基本波の整数倍の高調波以外存在しません。

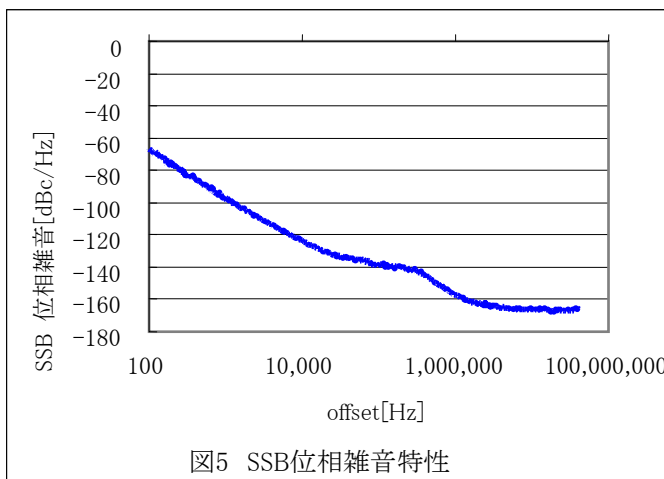
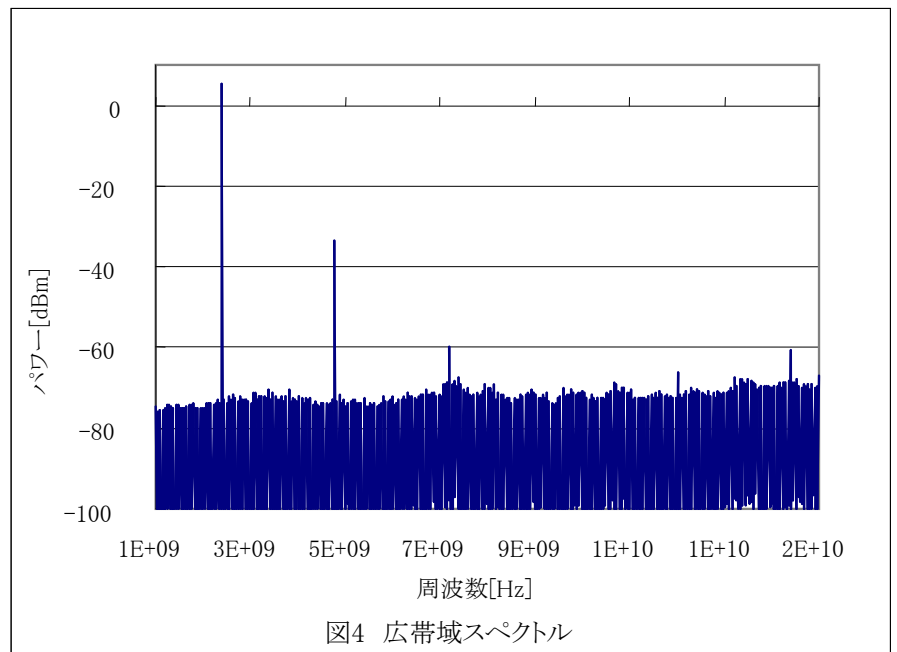


図5に EV-9000GB(発振周波数: 2.40 GHz)の位相雑音特性を示します。  
オフセット周波数 1 kHz での値は -95 dBc 以下、ノイズフロアは、-165 dBc 以下です。また、オフセット周波数 12 kHz~20 MHz までの位相ジッタは、0.5 ps 以下です。

### 3. 応用分野

近年 60 GHz 帯の搬送波を用いて、1 Gbps 以上の通信速度を有するミリ波 WPAN(Wireless Personal Area Network:WPAN)の研究を始め、通信市場では、大容量データを「より速く、より正確」に送信するために、搬送波の高周波化、変調帯域の広帯域化が進んでいます。

また、通信市場以外でも、2.45 GHz を用いて物質の合成/分解を行うマイクロ波応用市場や、76 GHz帯の搬送波を用いた、自動車用ミリ波レーダーの進展も著しく。このように、今後も様々な市場で、高周波の活用が進むと予測されます。(図 6)。

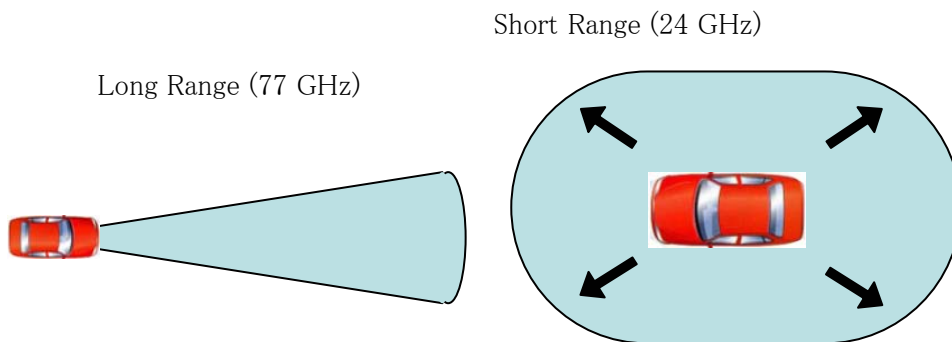
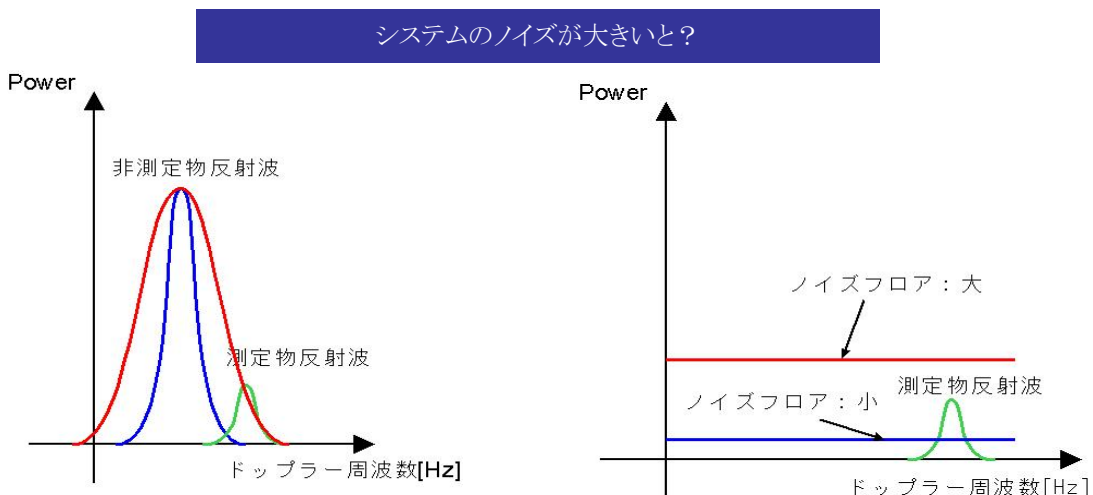


図6 ミリ波レーダーの応用例

これらアプリケーションでは、出来る限り高周波の基準発振源を使用することにより、低位相雑音特性、低ジッタ特性や、優れた発振信号の高速起動や低消費電力が可能となります。

例えば、ミリ波レーダーの場合、非測定物反射波のノイズが大きいと、測定物反射波がシステムノイズに埋もれてしまい、測定物反射波の受信が困難になると言う問題が生じます。そのため、非測定物反射波のノイズを出来る限り低くしたシステム構成が理想的です。(図7)。



緑色で示す測定物反射波が、システムのノイズフロアに埋もれてしまいます。

図7 ミリ波レーダーで重要なことは？

図8にシステムの基準信号源に 150 MHz、300 MHz、600 MHz、2.5 GHzの発振周波数を用いて 79 GHzまで通倍した場合の Phase Noise シミュレーション結果を示します。この結果では、システムの基準信号源に高い周波数を用いる方が、システムのノイズを低減でき、測定物反射波が受信しやすい環境を作れることが分かります。

今回、紹介させていただきました水晶 SAW 共振子: NS-34R 及び、その応用発振器である、EG-9000GC、EV-9000GB を基準信号源に用いることによって、アプリケーションの高性能化に貢献できると考えます。

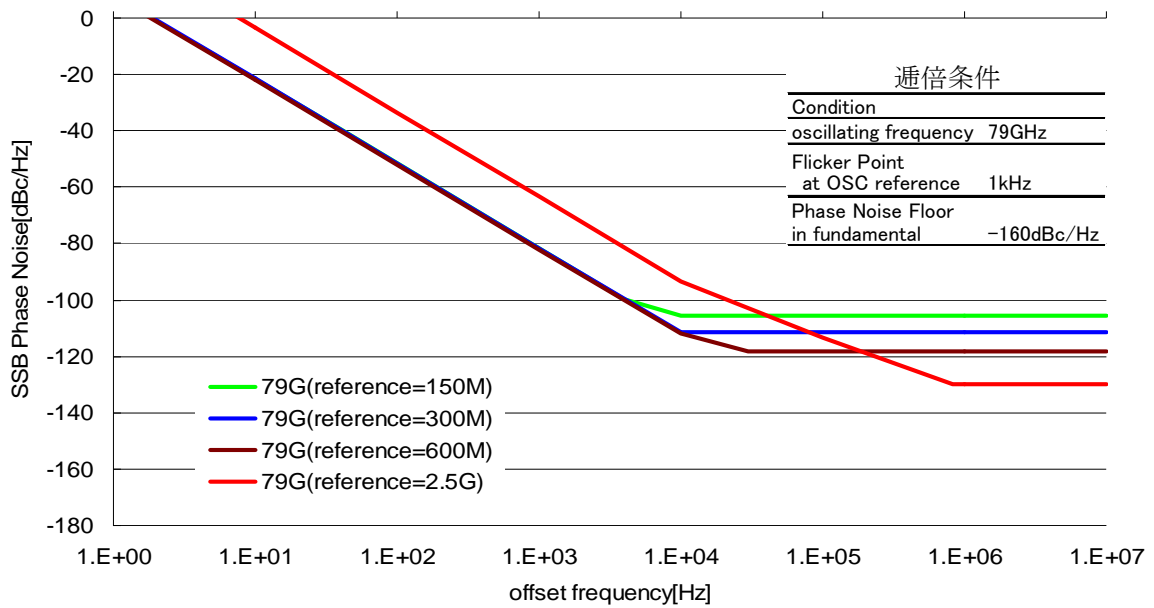


図8 Phase Noise at 79GHz (Simulated result)

注) PLL 発振器で通倍する場合は、LPF のカットオフ周波数以降のオフセット周波数で、VCO の Phase Noise 特性が現れます。

About エプソントヨコム

エプソントヨコム(株)は、2005 年 10 月にセイコーエプソン(株)の水晶事業と東洋通信機(株)の事業統合によりできた会社です。

水晶をベースとした「タイミングデバイス」、「センシングデバイス」、「オプトデバイス」、これら3つのデバイスをそれぞれ拡充する「水平展開」と、3つのデバイスを複合する「垂直展開」をコンセプトとする「3D 戦略」により、ワールドワイドに携帯端末系の民生分野から基幹通信系、車載系など産業分野まで幅広くのお客様に販売し、水晶デバイス業界のリーディングカンパニーを目指します。

当社の「タイミングデバイス」は、各種機器のリファレンス信号源となる高精度、高安定な水晶製品として、kHz 帯には音叉振動、大よそ 100 MHz 以下には、厚み振動を利用した AT 振動、数百 MHz 帯には、AT 振動技術を応用した HFF(High Frequency Fundamental)や、弾性表面波(Surface Acoustic Wave: SAW)を用いて、現在まで、kHz ~2.5 GHz 帯までの周波数帯の商品群を提供しております。

エプソントヨコムwebサイト: <http://www.epsontoyocom.co.jp/>

1. 本書の内容については、予告なく変更することがあります。
2. 本書に記載された応用回路、プログラム、使用方法等はあくまでも参考情報であり、これらに起因する第三者の権利(工業所有権を含む)侵害あるいは損害の発生に対し、弊社は如何なる保証を行うものではありません。また、本書によって第三者または弊社の工業所有権の実施権の許諾を行うものではありません。
3. 本書に記載されているブランド名または製品名は、それらの所有者の商標もしくは登録商標です。