

高安定大容量通信を実現するラム波共振子の研究開発

平川 寛之・清水 章良・中川 恭彦*¹・垣尾 省司*¹・三枝 康孝*²・結城 宏元*²
今 大健*²・有泉 勝彦*³・白岩 肇*³・田中 康一*³・飯沼 勝敏*³

Development of a highly stabilized Lamb wave resonator for broadband communications

Hiroyuki HIRAKAWA, Akio SHIMIZU, Yasuhiko NAKAGAWA*¹, Syouji KAKIO*¹,
Yasutaka SAEGUSA*², Hiromoto YUKI*², Daiken KON*², Katsuhiko ARIZUMI*³,
Hajime SHIRAIWA*³, Koichi TAKANA*³ and Katsutoshi IINUMA*³

要 約

携帯電話やデジタル家電などの様々な機器が扱うデータ量の飛躍的な増大により、これらの機器や通信インフラへの負担も年々増大している。高品質の動画や音声は大量のデジタルデータで構成されるが、これらを効率よく処理するには高速のハードウェアが必須となる。ハードウェアを高速化する手法には様々なものがあるが、動作の基準となる水晶振動子の高周波化もその一つである。本研究開発は、従来技術(ATカット)による水晶振動子では実現の難しかった数GHz帯域での発振の実現と、周囲温度変化への高安定化を目的として研究開発を実施した。なお、当センターでは、622MHzの振動子を用いた発振回路の設計試作を行い、205MHzの水晶振動子を用いたテストでは、良好な結果を得ることが出来た。

1. 緒 言

高度情報化社会において、IT機器が取り扱う情報量は増加の一途をたどっており、通信インフラの利用周波数帯の不足が懸念されている。このため、利用周波数帯の割付は必然的に高周波数帯へと移行し、数百MHzから数GHzの利用が見込まれる。¹⁾

高周波化と温度に対する高安定の基準信号源を安定的に大量供給できる素子は水晶振動子以外には存在せず、この技術が水晶振動子に求められている最重要なテーマとなる。

現在のデバイス技術においてはATカット水晶振動子・発振器を用いる方法が一般的である。ATカット水晶振動子・発振器で得られる周波数は通常使用温度範囲(-20℃~+80℃程度)において±20ppm程度の安定度を持っているが、安定な基本振動の上限はその極薄加工技術の限界から数十MHz程度である。多くの場合、この周波数を何十・何百倍して所望の周波数を得ている。従って、発振ユニットは多くの構成部品を必要とし、その大きさは振動子単体容積の数百倍に及んでしまう。

上記背景より、高精度・高速通信機器には小型、高精

度のクロック発生装置が要求される。この要求に応え、ギガヘルツの高周波数の発振子・発振器を開発し、さらに周囲温度の変動に対しても振動数不変の信号源としてのラム波型振動子を商品化する。この目的達成のために、本研究では高周波(数百MHz~数GHz帯)・高安定(通常使用温度範囲で±2ppm以内の安定度)発振子・発振器を開発し商品化する。

本研究は、平成18年度地域新生コンソーシアム研究開発事業により、山梨大学、リバーエレクトック(株)、(株)グローバルと当センターの4者による共同研究として実施したものであり、当センターは622MHzの振動子を用いた発振回路の設計試作を担当した。このため、本稿では当センターが担当した発振回路の設計試作を中心に述べるものとする。

2. 回路構成

2-1 発振回路の設計条件

本研究開発では、水晶振動子の発振周波数として、622MHzを当面の目標値として開発を進めてきた関係から、発振回路についても600MHz以上での安定的な発振を目標としている。発振回路を動作させるためには、水晶振動子が不可欠であるが、当然のことながら622MHzで発振する振動子は存在しない。水晶振動子には、基本波をベースに3倍、5倍、9倍…といった振動モード(オー

*1 山梨大学

*2 リバーエレクトック(株)

*3 (株)グローバル

パートーン発振)があり、人手可能な振動子の最高周波数である205.1MHzの3倍(615MHz)で発振が得られれば、当面の目標値に近い周波数となる。このようなオーバーパートーン発振回路は、コルピッツ発振回路の帰還回路部分にLCによる周波数選択回路を付加すれば実現可能である。

しかし、3倍オーバーパートーンでは振動子のインピーダンス変化により、発振強度が小さくなり安定した発振が難しくなる。そこで、今回は、まず205MHzの基本波での発振回路、3倍オーバーパートーン発振回路の順で試作開発を行い、622MHzの振動子が完成した時点で、上記試験結果をもとに622MHz用発振回路の設計に移行する手順で開発を進めることとした。

2-2 コルピッツ発振回路

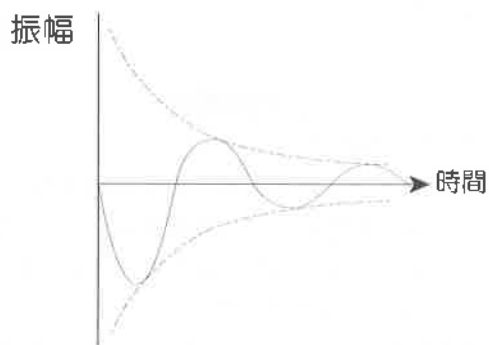
高周波帯域における水晶発振回路には様々な形式が提案されているが、動作が安定していて現在、最も広く用いられているのは、コルピッツ型の発振回路である。コルピッツ型発振回路の設計(回路定数の決定方法)は、従来から様々な手法が提案されているが、最適値を求めるには実験的な要素も多くある。今回は、以下の点に留意して回路設計を進めた。

- ・トランジスタについてはトランジション周波数(ft)が実際に使用する周波数の10倍以上あること。
- ・自己共振周波数(SFR)が可能な限り高いこと。
- ・可能な限り小型の部品を用いること。
- ・回路パターンの引き回しによる寄生容量・インダクタンス、不要な回路の結合などに十分注意すること

2-3 発振回路条件と定数の決定

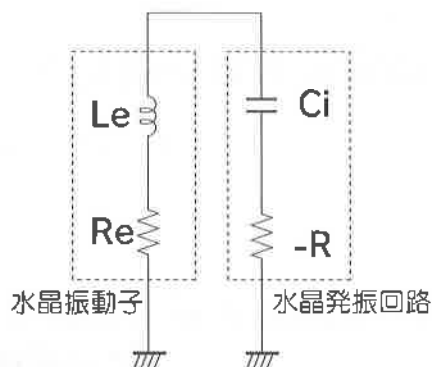
水晶振動子は、何らかの電気信号を加えれば、発振周波数に一致した電気信号を得ることは出来るが、振動子自体は増幅機能を持たないため、得られた信号は次第に減衰する。(図1)

発振回路が発振を持続するためには、トランジスタのような能動素子を用いて電気信号を増幅する必要がある。この際の発振条件を、図2に示す。



時間の経過による振動の減衰

図1 振動の減衰



$$\text{位相条件: } \omega L_e = 1/\omega C_i$$

$$\text{振幅条件: } R_e \leq |R|$$

図2 水晶振動子の等価回路と発振条件

以上の条件から、定数を決定する条件式を図3に示す。なお、 L_e 、 R_e については、使用する振動子の特性をインピーダンスアナライザで測定し、その値を用いた。

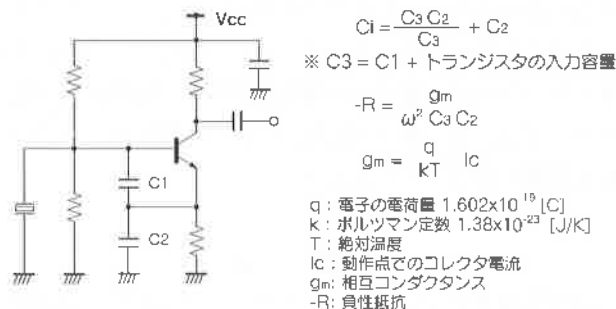


図3 コルピッツ発振回路

2-4 回路パターンと部品実装

回路のアートワークについては、Altium Designerを用いて作成した。図4にそのパターンを示す。

また、実際のパターンは、ガラスエポキシの両面基板上に、基板加工機を用いてダイヤモンドエンドミルにより形成した。

加工終了後の基板に、2-3で決定した定数値の部品を実装した。部品実装後の基板を図5に示す。

3. 実験方法

2章で作成した基板について、直流安定化電源を用いて、2~4Vの電源を供給すると共に、デジタルオシロスコープを用いて発振状態を観測した。(図6)

4. 結果

基本波(205.1MHz)については、電源電圧が3V付近で図7、8に示すようにスプリアスが無く、振幅の安定した正弦波の発振を得ることが出来た。

しかし、3倍オーバーパートーンの615MHz近辺では、わずかな波形も観測することが出来なかった。

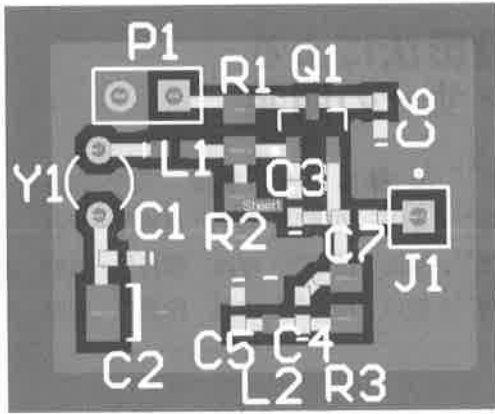


図4 配線パターン

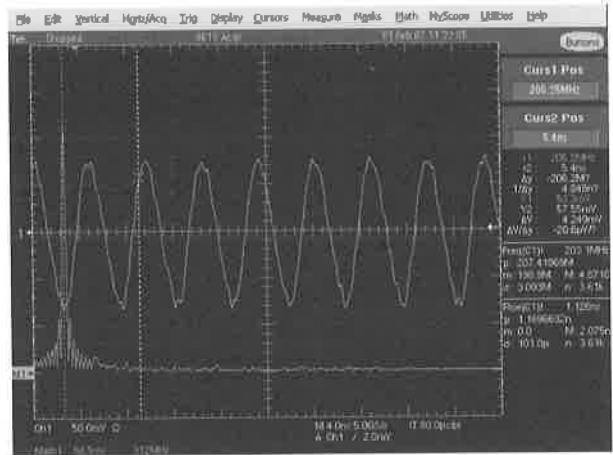


図7 基本波の発振波形とスペクトル

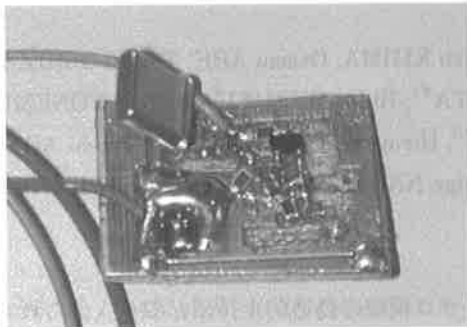


図5 部品実装後の基板

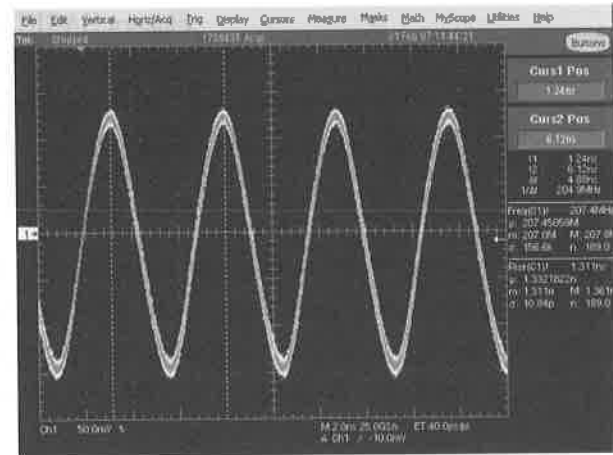


図8 基本波の発振波形 (重畳波形)



図6 実験風景

5. 考 察

3倍オーバートーン発振が不調に終わった原因として、今回使用した205.1MHzの振動子は、オーバートーン発振用に製作されたものではないため、共振点での発振強度が小さいことや、定数、パターン引き回しなどによる浮遊容量の発生などが考えられる。

実験後、インピーダンスアナライザを用いて3倍オーバートーン周波数の周辺の共振特性をチェックしたところ、共振点は見つかるものの、位相特性を見る限り、十分な位相反転は得られていないことが判明した。この結果から、発振が不調に終わった第一の原因は、振動子のオーバートーン周波数での共振特性が安定な発振に不十分なものであったことと考えられる。

6. 結 言

基本波が205.1MHzの水晶振動子については、安定した発振を得ることが出来た。3倍オーバートーンについては考察に述べたとおりである。現在のところ、基本波が622MHzの水晶振動子は開発途上にある。今回の回路試作は、当該振動子が完成した際にスムーズな開発が進むようにするための準備的なものであるが、使用したトランジスタや抵抗等の素子は、622MHzでも十分使用可能なものを選定しているため、この周波数帯域にも十分適用可能と考えられる。当面は、今回得られた結果を基に、次年度以降も発振回路について研究開発を進めて行く。

参考文献

- 1) http://www.nict.go.jp/publication/CRL_News/9907/micro.html