

M-28

マイクロストリップラインによる水晶振動子のオーバートーン周波数特性評価法の検討

Examination of the over-tone frequency characteristics of the crystal resonator with Micro-Strip Line

松田 大将¹, ○渡邊 充紘², 今池 健³, 作田 幸憲³, 関根 好文³

Taisyou Matsuda¹, *Mitsuhiro Watanabe², Takeshi Imai³, Yukinori Sakuta³, Yoshifumi Sekine³

Abstract: We examined the new circuit for measuring the overtone frequency characteristics of high frequency band crystal resonator. As a result, we confirmed to be able to evaluate the 3rd overtone characteristics of 644MHz crystal resonator.

1. まえがき

先に高周波数帯水晶振動子の周波数特性を評価する為、マイクロストリップライン(以下 μ 回路)の高インピーダンス点上に水晶振動子を装着し、また種々の周波数に柔軟に対応できるように水晶振動子に並列にトリマコンデンサを付加した構成の回路を提案した^[1]。

この μ 回路を用いて水晶振動子のオーバートーンにおけるモーシヨナルアームの特性を測定しようと試みたが、このままの構成では困難であることがわかった。

そこで、本稿では新たな構成の μ 回路を考案し、一例として 1.9GHz 水晶振動子(3 次オーバートーン)の周波数特性を評価する方法について検討した。

2. 測定回路の構成

図 1 に考案した μ 回路の構成を示す。これは特性インピーダンス 50[Ω]の μ 回路を用いて作製した。また、水晶振動子を載せるため、入力側に裏面とスルーホールしたグランド部分を設置し、トリマコンデンサ C_v で終端する構成とした。

先に提案した従来の μ 回路は、終端を Short した、所謂、ショートスタブの根方に水晶振動子とトリマコンデンサを並列に設置した構成であった。 μ 回路の等価回路は RLC の並列共振回路で表せるが、水晶振動子の共振特性を抽出する^[2]ために、トリマコンデンサにより調節可能な周波数範囲は、 μ 回路の自己共振周波数より低く成らざるを得ない構成であった。したがって、オーバートーンのように、より高周波数帯での測定には適用が困難であることがわかった。

そこで、図 1 のような構成を考えた。この μ 回路自身の共振周波数を考察するために、回路を無損失線路として単純化し検討した。

このとき、特性インピーダンス Z_w [Ω]、伝搬定数 $\gamma = j\beta$ の無損失線路をリアクタンス jX_L [Ω]で終端した場合、入力インピーダンス Z_s は次式となる。

$$Z_s = jZ_w \tan\{\beta l + \phi\}, \phi \equiv \tan^{-1}(X_L/Z_w) \quad (1)$$

ここで、 $l' = l + \phi/\beta$ とすると、 X_L が負となる様に、

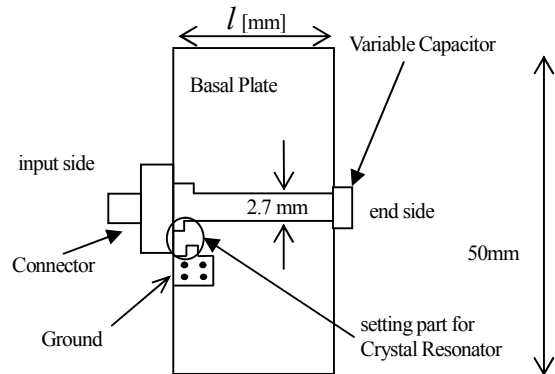


Figure 1. New configuration of fabricated Micro-strip line (MSL) circuit

線路を容量で終端すれば、 ϕ が負となり、 l' は元の線路長 l より短いものとして扱うことができる。即ち、水晶振動子の装着点を高インピーダンスとするためには、その共振周波数で線路長を $\lambda/4$ とすることが求められるが、図 2 の回路ではトリマコンデンサを可変することによって l より短い l' で共振をとることが可能となる。

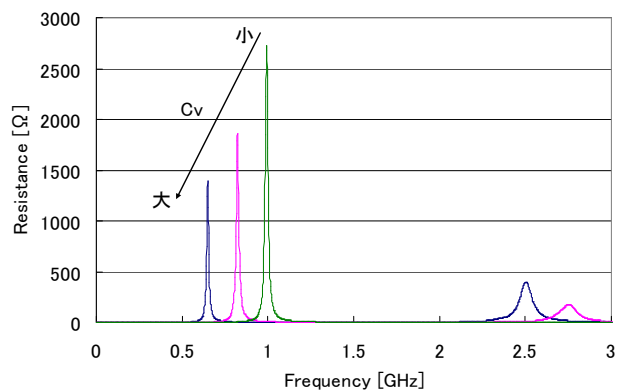
3. 実験

上記の検討した結果を確かめるため、 $l=15$ [mm]とした従来の構成と新たな構成の μ 回路で、 C_v を 2~6[pF]まで可変させた場合のレジスタンス,リアクタンスー周波数特性を測定した。

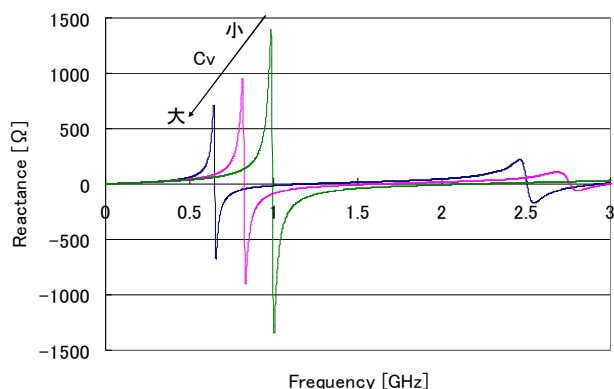
図 2 に、従来の構成のときのレジスタンス,リアクタンスー周波数特性を示す。図 2 より、この回路では共振周波数を 649.8 から 992.9[MHz]まで変化できることがわかる。この場合、適用可能な水晶振動子は凡そ 1GHz 以下であり、今回目的とした 644MHz 水晶振動子の 3 次オーバートーン 1.9[GHz]には適用できないことがわかる。

図 3 は、図 1 に示した新たな構成ときのレジスタンス,リアクタンスー周波数特性で、 $l=15$ [mm]と同一であるにもかかわらず、共振周波数は図 2 と比べてより

1 : 日大理工・学部・子情 2 : 日大理工・院・情報科学 3 : 日大理工・教員・子情



(a) Resistance vs. frequency characteristics



(b) Reactance vs. frequency characteristics

Figure 2. Frequency characteristics of previous circuit

高域で広範囲であり、1.83 から 2.42[GHz]まで設定可能なことがわかる。

そこで、この回路を用いて 644MHz 水晶振動子の 3 次オーバートーン周波数における特性を測定した。

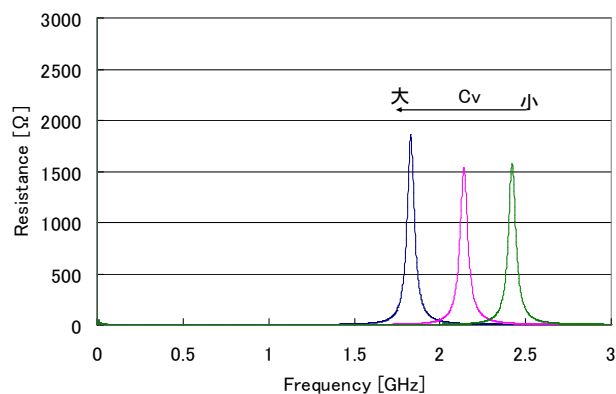
図 4 に、3 次オーバートーン周波数に当たる 1.9GHz 近傍の周波数特性を示す。R_{mea}, X_{mea} は実測値であり、R_{cal}, X_{cal} は μ 回路の等価回路(RLC 並列共振回路)のフィッティングパラメータにより算出した計算値を示している。図 4 の結果より、水晶振動子のオーバートーンにおける周波数特性が測定可能なことが確認できる。なお、 μ 回路のパラメータフィッティングは R_p = 720[Ω], L_p = 3.01[nH], C_p = 2.21[pF]であった。

4. まとめ

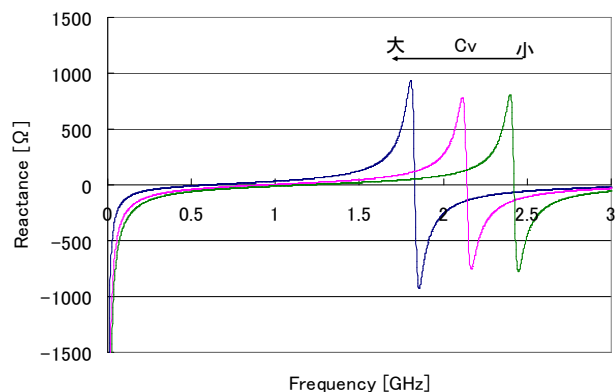
高周波数帯水晶振動子のオーバートーンにおける周波数特性の評価を目的として、新たな構成の μ 回路について検討を加えた。その結果、従来の構成でトリマコンデンサの位置を終端に変更することにより、オーバートーン周波数の特性を評価できる見通しを得た。

今後は、この方法を用いてより詳細に水晶振動子の特性を調べていく予定である。

本研究の一部は独立行政法人新エネルギー・産業技術



(a) Resistance vs. frequency characteristics



(b) Reactance vs. frequency characteristics

Figure 3. Frequency characteristics of new circuit

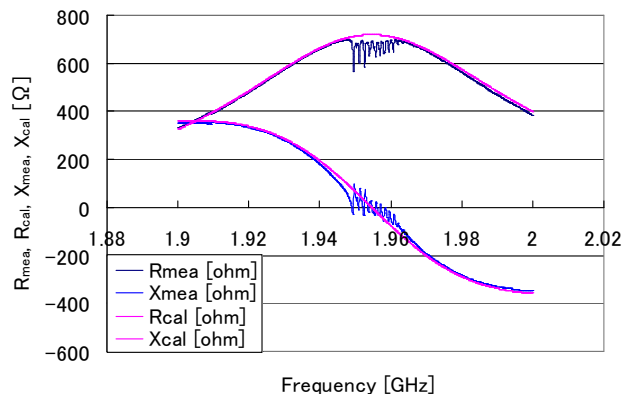


Figure 4. Frequency characteristics of over-tone crystal resonator on new circuit

総合開発機構の委託費により実施された。これを記して謝意を表す。又、高周波水晶振動子を提供して下さいました日本電波工業株式会社に心より感謝致します。

参考文献

- [1] Hiroki Iijima, Kunihiko Tamura, Takeshi Imaike, Yukinori Sakuta, and Yoshifumi Sekine, "Proposal of Measurement Method using Microstripline with Tunable Function for GHz band Crystal Resonator", Proc. of the 2010 ITC-CSCC, PID-0130, 2010.
- [2] Mitsuhiro Watanabe, Hiroki Iijima, Kunihiko Tamura, Takeshi Imaike, Yukinori Sakuta, Yoshifumi Sekine, "Extraction of frequency characteristics of GHz band Crystal Resonator", Proc. of the 2011 ITC-CSCC, MA3-2, 2011.