

副共振に起因する水晶発振器の二重発振の一例

A Double Mode Oscillation in a Crystal Oscillator due to Unwanted Responses

高木 幹雄・藤本 洋

Mikio TAKAGI and Hiroshi FUJIMOTO

1. は し が き

水晶発振子には目的とする主共振以外に多数の副共振が存在する。発振回路にこのように多くの共振回路が含まれる場合、発振周波数の方も単一でなく多重になることが予想される。しかし、一般に多重発振は不安定な場合が多く、ある単一の発振が強勢に立ち上がって他を抑圧してしまうのが普通である。したがって、水晶発振器の多重発振についても多くの人が経験しているにもかかわらず、データとして残っているのは少ない。ここでは厚み振動の基本波とその3次のオーバートーンに起因する二重発振の例を報告する。

2. 水晶発振子の特性

使用した発振子は基本波 ($f_1=1.345$ MHz) のプラノ・コンボックス板で真空封入してある。図 1(a)に基本波付近、また図1(b)に3次のオーバートーン($f_3=3.892$ MHz) 付近の共振を示す。各モードの等価定数は表 1 に

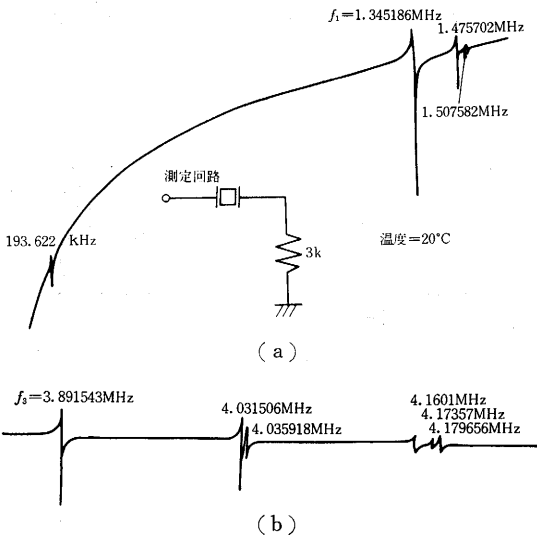


図 1 共 振 曲 線

表 1 (温度=19°C)

	周 波 数 (MHz)	直 列 容 量 (pF)	イ ン ダ ク タ ン ス (H)	並 列 容 量 (pF)
基 本 波	1.34509	1.24×10^{-2}	1.22	4.1
3 倍 の オ ー バ ー ト ー ン	3.89152	8.05×10^{-4}	2.09	4.1

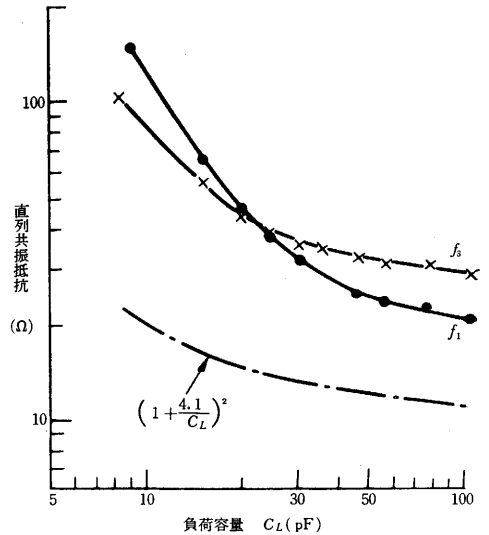


図 2 直列共振抵抗—負荷容量特性

示してある。図 2 は直列に負荷容量をつないで、定電圧で駆動した場合の等価直列抵抗を求めたものである。もし非直線がなければ、両モードとも図中の鎖線に平行に変化するはずであるが、実際に f_1 の非直線が大きいため $C_L=22$ pF 付近で交差している。

3. 発振特性

発振回路は図 3 の無調整回路を用いた。図 4 は負荷容量と電源電圧をかえて各モードの発振領域を求めたもので、この場合は二重発振が安定に継続する領域は非常に広い。図 5, 6 は二重発振の波の周波数スペクトラムである。3 次のオーバートーンが正確に基本波の 3 倍でな

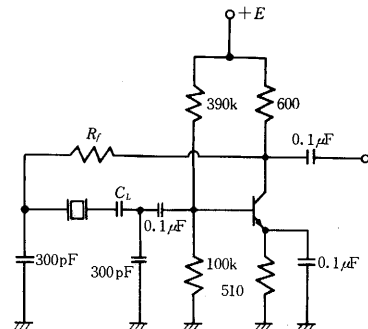


図 3 発 振 回 路

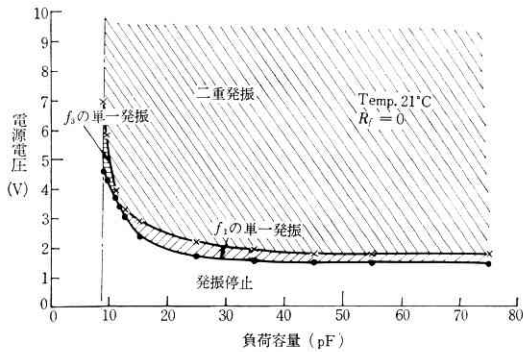


図 4 二重発振領域

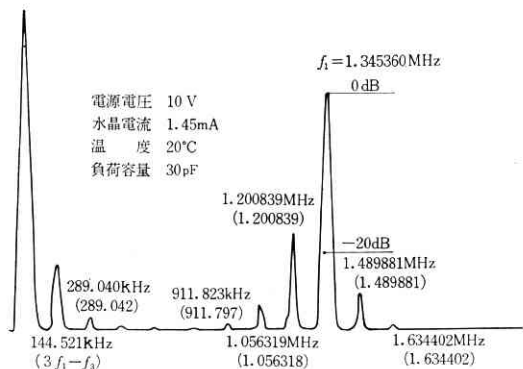


図 5

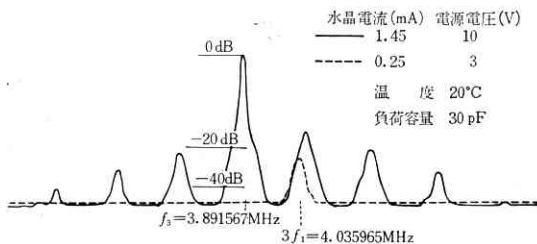
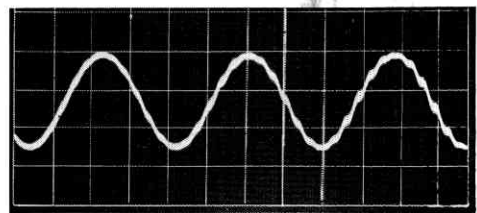


図 6

いため $3f_1 - f_3 = 144.521 \text{ kHz}$ のビートが生じ、さらに、このビートおよびその高調波で f_1 と f_3 が変調を受けた形になっている (図 5 で括弧内の数字は計算値)。いうまでもなく、 f_3 の単一発振のときは単一のスペクトラムが、また f_1 の単一発振のときは f_1 と $3f_1$ のスペクトラムが生じる。後者は図 6 に点線で示してある。

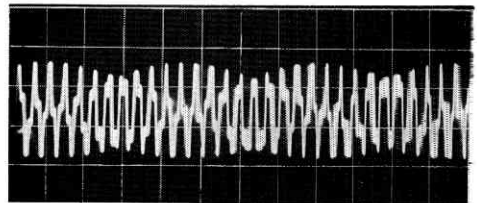
図 7, 8 に発振波形を示す。図 7 (a) は f_1 の単一発振、図 7 (b) は負荷容量が同じで電源電圧を増して二重発振にした場合である。また、図 8 (a) は f_3 の単一発振、図 8 (b) はやはり同じ負荷容量で電源電圧を増して二重発振にした場合である。

この二重発振は同調回路を加えて回路側の周波数選択性を高めてやれば簡単に止まるが、容量を付加して高周波の増幅度を落す程度ではなかなかおさえられない。



温度 20°C 水晶電流 0.14 mA
R_f 0 負荷容量 45 pF
電源電圧 1.75 V 横軸 0.2 μsec/div.

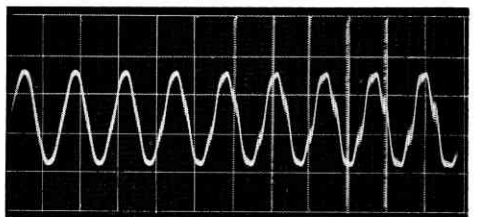
(a) 基本波のみ発振



温度 20°C 水晶電流 0.28 mA
R_f 0 負荷容量 45 pF
電源電圧 2 V 横軸 2 μsec/div.

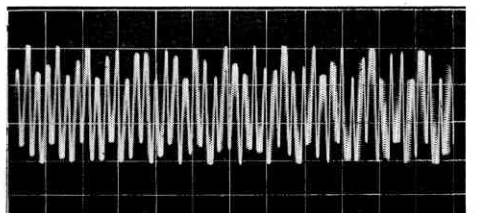
(b) 二重発振

図 7



温度 20°C 水晶電流 0.69 mA
R_f 0 負荷容量 9 pF
電源電圧 7 V 横軸 0.2 μsec/div.

(a) 3 倍のオーバートーンのみ発振



温度 20°C 水晶電流 1.39 mA
R_f 0 負荷容量 9 pF
電源電圧 11 V 横軸 1 μsec/div.

(b) 二重発振

図 8

4. 結 言

3 倍程度周波数がはなれていても等価抵抗があまり違わない二つの共振があると、無調整発振回路では、二重発振の生ずる可能性の多いことがわかった。

終わりに、有益なご討議をいただいた当所尾上教授、十字字氏、熊谷氏に厚く感謝申し上げます。

(1967 年 6 月 7 日受理)