

## 第5章

– 170 dBc/Hzの位相雑音で  
15 fsの低ジッタを実現する

# 超低ジッタ高速水晶発振器の設計と評価

5G時代の通信速度の向上と安定化のために、基準信号源である水晶発振器の高周波(高速)化が求められます。例えば、10 MHzの水晶発振器から4.1 GHzの信号を得るには410<sup>ていど</sup>倍するので、位相雑音は410倍(約52 dB)悪化します(第1部の「周波数が高くなるほど発振器の位相雑音は悪化する」を参照)。ここで、100 MHzの水晶発振器から4.1 GHzの信号を得るには41倍倍ですから、位相雑音は41倍(約32 dB)の悪化です。もし、100 MHzの水晶発振器の位相雑音を10 MHz水晶発振器と同じにできれば、4.1 GHz出力で20 dBも位相雑音を改善できる勘定です。

高い周波数の水晶振動子を得るには、水晶板を薄く削る必要があります。最近では、エッチング技術の向

上でナノメートル精度での加工が可能となり、VHF/UHF帯の基本波での小型の水晶振動子が安価に入手できます。写真1は、KDK(九州電通)製のSEGタイプ(2.5 × 3.2 × 0.8 mm)の基本波200 MHzの水晶振動子を用いて設計した200 MHz VCXOの試作機です。

この章では、VHF/UHF帯の水晶振動子の共振特性を測定する手順を示し、低位相雑音、低ジッタの電圧制御水晶発振器(VCXO)を設計して評価します。

### 水晶振動子の共振特性を測定する

水晶振動子の共振特性を測定するには、ネットワーク・アナライザやインピーダンス・アナライザを用いて、共振点付近の周波数を掃引して行います。そして、アドミタンス $Y$ として測定し、その実数部コンダクタンス $G$ 、虚数部サセプタンス $B$ を求めて解析するのが一般です。

水晶振動子の等価回路は、図1(a)の4素子を用いられますが、実際の振動子のリードや電極を考慮する場合は図1(b)の6素子を用います。ここでは、4素子パラメータとして水晶振動子の共振特性を測定します。

#### ● 水晶振動子測定用 $\pi$ 回路治具

水晶振動子の評価はネットワーク・アナライザに、図2に示す $\pi$ 回路治具を接続して行うように決められています(IEC規格60444, JIS規格C6701)。

$\pi$ 回路治具は、インピーダンス変換用のアッテネータとなっています。ネットワーク・アナライザの入出力インピーダンスは50  $\Omega$ で、出力は $\pi$ 回路アッテネータで12.5  $\Omega$ に変換して、水晶振動子に入力されます。振動子の出力は同アッテネータを通して、12.5  $\Omega$  → 50

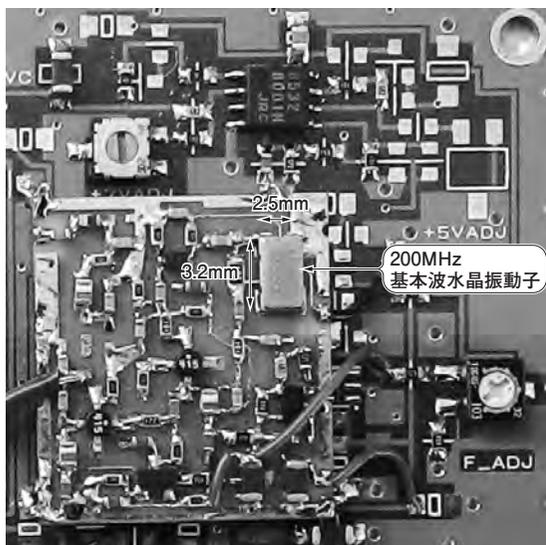
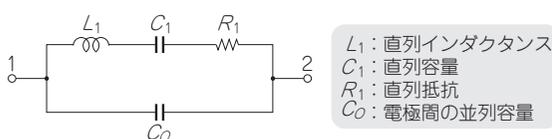
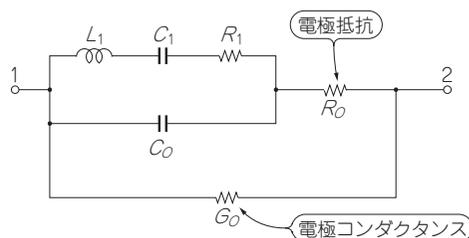


写真1 試作した200 MHz VCXO基板の外観



(a) 4素子等価回路



(b) 6素子等価回路

図1 水晶振動子の等価回路