

水晶振動子(水晶発振子)は、抵抗、コンデンサなどとともに、なくてはならない電子部品です。容易に±0.01%(±100×10<sup>-6</sup>)以下の周波数安定度が得られる点は、ほかの電子部品の追従を許しません。

しかし、水晶振動子の特性をよく理解したうえで、安定に動作させるためには、専門的知識が必要です。ここでは、各社の最新カタログとホームページから、最近の水晶製品の動向を探ってみましょう。

まず基本的に、カタログやホームページには、そのメーカーが売りたい製品が出ています。生産数量が減少して、生産中止候補になる製品は、出ていないか、詳しく書かれていません。それと新製品、開発中の製品などは一応出していますが、量産の対応が難しいものも含まれている可能性があります。

したがって、使用する製品を決定する際には、用途、信頼性、仕様、特性などをカタログで検討するとともに、メーカーおよび代理店に問い合わせて、数量、納期、価格とともに検討することが重要です。

まず大きな動きとしては、リード部品が少なくなり、SMD(Surface Mount Device、表面実装部品)が増えてきたことがあります。次に小型化、低背化がありません。

ATカット水晶振動子と音叉水晶振動子ではSMD化の進み具合と特性の注意点が異なりますので、べつべつに述べていくことにします。

## リード・タイプのATカット水晶振動子

2M～200MHz用のATカット水晶振動子は、いろいろな電子機器のクロック源として利用されています。過去、HC-49/U、UM-1などのリード部品が主流でした。封じ方法は抵抗溶接で、内部は窒素ガス雰囲気です。写真1にHC-49/Uの外観を、写真2にUM-1の外観を示します。

使用している水晶片は、写真3の上部に示すようなφ8.0mm、φ6.5mmといった円盤状のものです。水晶片の厚みは、

$$t = \frac{1.670[\text{mm} \cdot \text{MHz}]}{f}$$

ただし、 $t$ ：水晶片の厚み [mm]、 $f$ ：周波数 [MHz]

から求められます。

2MHzから20MHz未満は基本波、20MHzから60MHz未満は3次オーバートーン、60MHzから100MHz未満は5次オーバートーンと決められています。この基準での周波数と水晶片の厚みの関係を図1に示します。

ATカット水晶振動子は「厚みすべり」という振動をしており、水晶振動子の面積は厚みに比べて大きいことが理想ですが、φ8.0mm、φ6.5mmという大きさは、十分な面積が確保されています。このため、水晶振動子の設計は比較的容易であり、最適な外形サイ

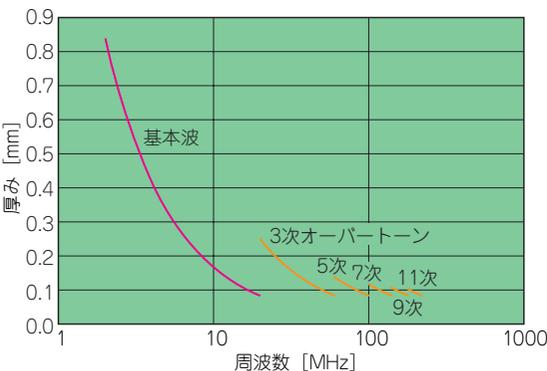


図1 周波数と水晶片の厚みの関係(リード・タイプ)

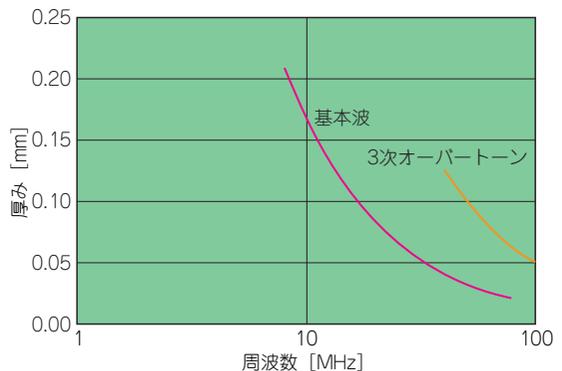


図2 周波数と水晶片の厚みの関係(SMDタイプ)



写真1  
リード・タイプのAT  
カット水晶振動子  
HC-49/Uの外観



写真2  
リード・タイプのAT  
カット水晶振動子  
UM-1の外観

ズ的设计が可能となり、生産される水晶振動子も電氣的、機械的特性の優れた製品となります。

リード部品のなかでもHC-49/Uを小型化したHC-49/U-Sは、写真3の下部に示すような8.0 mm × 2.0 mm程度の水晶片を使用し、高さをHC-49/Uの13.8 mmから、3.5 mmないし2.5 mmと低背化した製品です。外観を写真4に示します。

水晶片を小型にしたことにより、水晶振動子の設計は難しくなり、周波数によって水晶片の外形サイズを5 μm ~ 10 μmの単位で加工しなければならなくなりました。このため、周波数が50 kHz程度異なると、外形サイズの再設計を行う必要があります。

シミュレーションと試作データの蓄積により、設計値は容易に決定されるようになりましたが、量産品の歩留まり改善には数ロットのデータと設計値の補正が必要です。

表1(次頁)、各メーカーのカタログに記載されているHC-49/U、HC-49/U-S、UM-1の仕様を示します。

## SMDタイプのATカット水晶振動子

表面実装化の初期段階は、HC-49/U-Sに台座を付けた製品でした。外観を写真5に示します。この製品は自動車用、ゲーム機用などに現在も生産されています。しかし、小型化の要求とともに、写真6に示すセラミック・パッケージを使用した製品が主流になっ

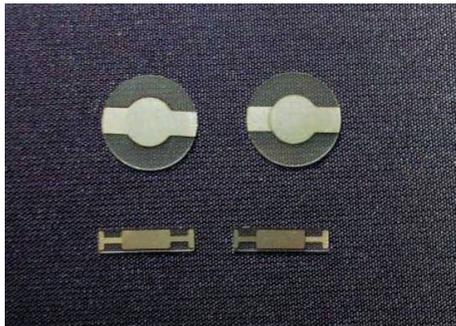


写真3 リード・タイプのATカット水晶振動子に内蔵されている水晶片  
上: HC-49/U, 下: HC-49/U-S



写真5  
HC-49/U(写真1)のSMDタイプHC-49/U-S SMDの外観

てきました。

SMDタイプのATカット水晶振動子の周波数と水晶片の厚みの関係は、図2に示すとおりです。リード・タイプのものに比べて、基本波を高い周波数まで使用することと、40 M ~ 80 MHzは基本波と3次オーバートーンの製品があること、5次以上のオーバートーンの製品が少ないことが特徴です。

封じ方法は、低融点ガラス、シーム溶接、エレクトロン・ビーム(EB)など多岐にわたっています。内部は、窒素ガスを封入したものと真空中に減圧した製品があります。

外形寸法は図3のように小型化されてきています。技術的には、小型化すると外形サイズの設計値の最適範囲が狭くなります。図4に示す水晶振動子の等価回路定数で見ると、水晶振動子の面積が小さくなるために $C_0$ (電極間容量)が小さくなり、 $C_1$ (等価直列容量)も小さくなります。そして、振動損失が増加するために $R_1$ (等価直列抵抗)が大きくなります。このことは水晶発振回路とともに使用した場合、次のような特性となります。

- (1)  $C_0$ と $C_1$ の値が小さくなる → 発振周波数の微調整範囲が狭くなり、調整が難しくなる。
- (2)  $R_1$ の値が大きくなる → 発振回路の負性抵抗を大きく設計しないと発振開始が不安定になったり発振停止したりする。

また、水晶振動子を振動させる励振レベルは、不要



写真4  
HC-49/U(写真1)を低背下した水晶振動子HC-49/U-Sの外観



写真6 セラミック・パッケージの水晶振動子