

# 获得高频输出的方法（第三部：反向台形 AT 型石英晶体）

## 反向台形 AT 型石英晶体的概况与特性介绍

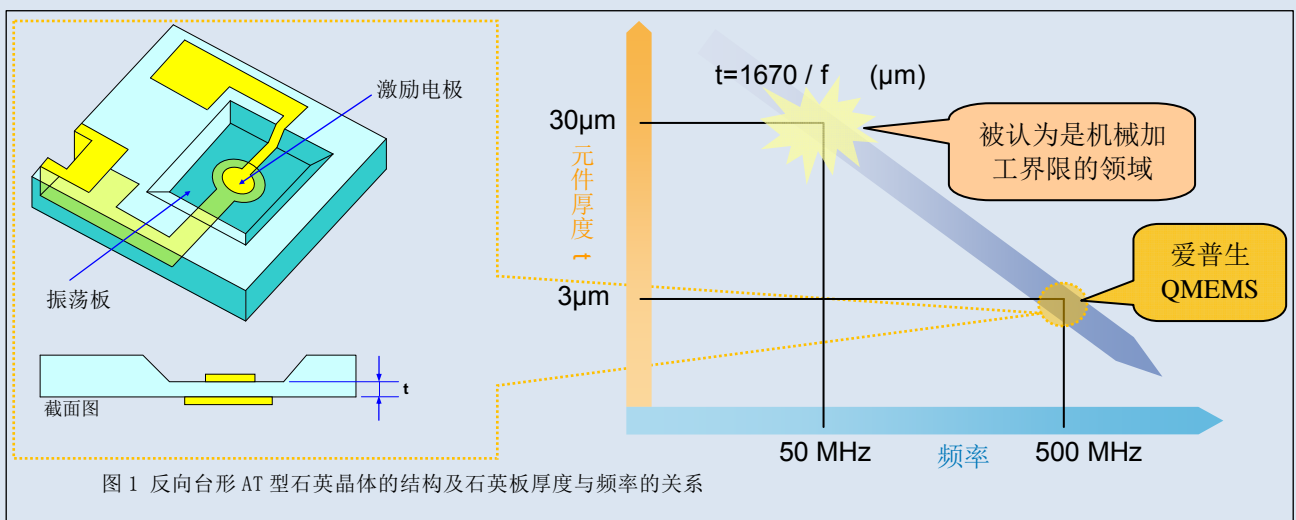
### 【序文】

上次为止，我们介绍了使用倍频电路和锁相环电路，或者使用弹性表面波 SAW（Surface Acoustic Wave）谐振器获得高频输出的方法。使用这些方法虽然可以获得稳定的高频，但各具弱点。例如，锁相环电路能够提供灵活性的同时，振荡电路设计较为复杂，从而导致相位噪音特性恶化；使用 SAW 的方法电路设计较为简单且相位噪音特性较好，但元件自身具有频率随温度的变化量大的特点。通常，石英晶体制造商更多使用 AT 型石英晶体，理由如下：①在常温范围内有拐点，频率在较宽的温度范围内保持稳定；②覆盖的高频范围较宽；③与石英片的长宽尺寸无关，只需控制石英片厚度就能获得所需高频，因此适于小型化；④只需旋转 Z 轴就能进行石英片切割，便于生产。但是，若要从 AT 型石英晶体直接起振高频，则需将石英片加工得很薄。这在加工方法和机械性强度等方面存在着制约。

这次，我们将介绍应用爱普生的“QMEMS”技术，生产出只将振荡部分加工变薄的反向台形 AT 型石英晶体，由此产生高频、稳定的基准信号的方法。

### 【1】关于反向台形 AT 型石英晶体

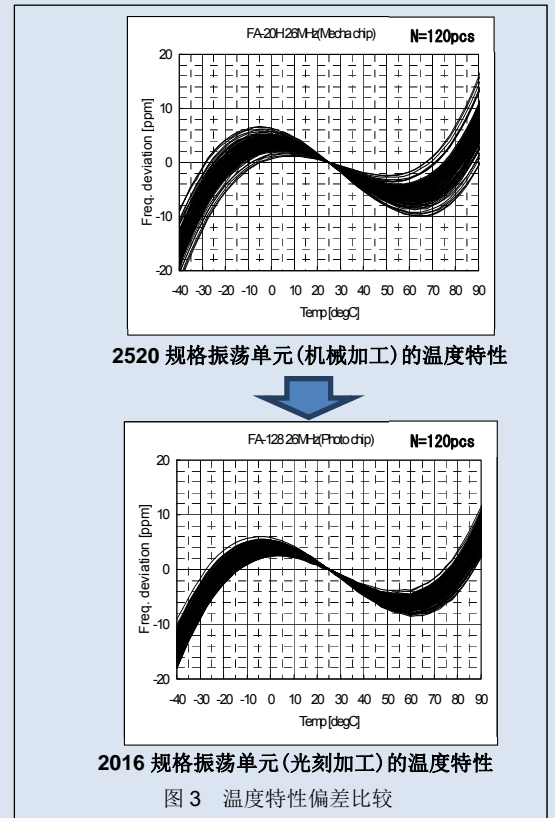
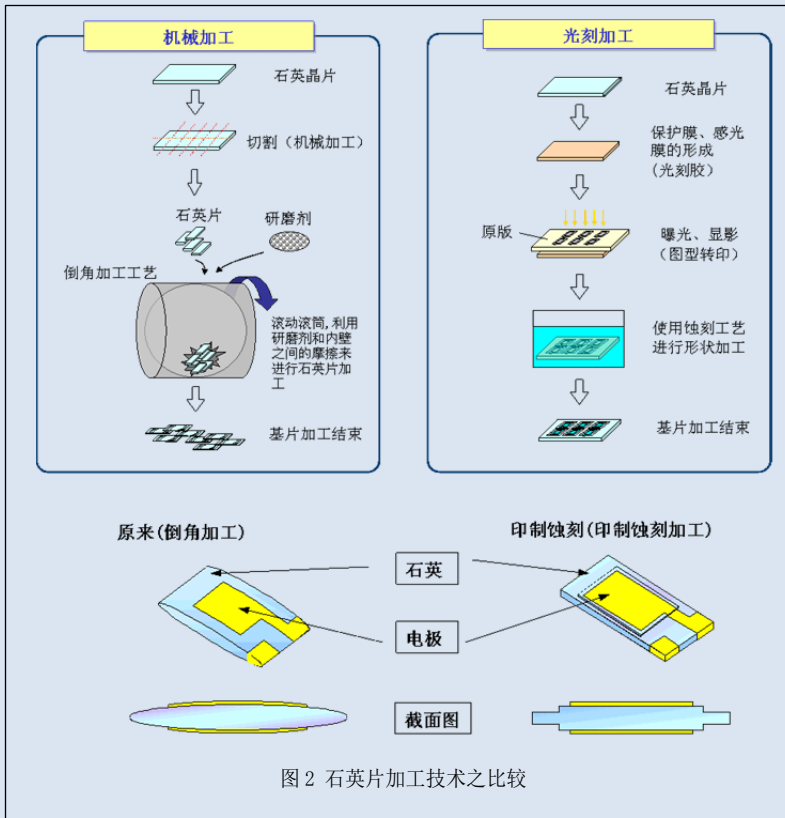
英语名称中的“Mesa”这个词起源于西班牙语，意思是“周围是悬崖峭壁的台形地貌”，通常把截面加工成台形的半导体晶体管等称为“台形结构”。反向台形 AT 型石英晶体指把 AT 切割石英片的一部分（振荡部分）切割成凹陷的台形的结构（与台形结构相反）。反向台形 AT 型石英晶体的结构如图 1 所示。AT 型石英晶体的石英片越薄，所起振的频率越高。但是，通常机械性研磨实现批量、稳定生产的频率限度为以基波起振 50MHz 左右（石英片厚度为约 30 μm）。如果需要使用 AT 型石英晶体获得大于上述限度的频率，经常使用高次振动的振动模式（三次谐波）达到 50MHz 至 150MHz。因此，为了获得高频，就需要使用复杂的电路控制三次谐波等振动模式。爱普生应用进行光刻加工的 QMEMS 技术，生产出只将激励部分加工成几微米的反向台结构，既保证了芯片的强度又能以基波起振高频，以此解决上述问题。



【2】关于 QMEMS 技术

“QMEMS”是具有高稳定、高精度等优越性能的石英材料“QUARTZ”和“MEMS (Micro Electro Mechanical System, 精密加工技术)”组合成的造词。与以硅为材料的“MEMS”相对应，以石英为原料进行精密加工（光刻加工）而提供的小型化、高性能晶体元器件被称为“QMEMS”。应用 QMEMS 技术的产品除了本次介绍的反向台形 AT 型石英晶体以外，还应用于音叉型晶体单元振动槽的精密加工和 AT 型石英晶体的台形结构加工等方面。本次，我们以 AT 型石英晶体的台形结构加工为例，说明 QMEMS 技术。

AT 型石英晶体的振荡是典型的厚度变形振荡，其理想的振荡状态是只在中央部分振荡，而周围部分不产生振荡。对于 MHz 频带中较低频带的 AT 型石英晶体，大多使用倒角加工，使石英片的中央部分与周围的厚度不同，从而获得该效果。图 2 表示原来的机械加工方式和使用了光刻加工的 QMEMS 方式的概略。由于机械加工利用石英芯片自身重量进行加工，所以石英芯片越小，加工难度越大，偏差也随之增加并影响特性。与此相比，QMEMS 技术的光刻加工不受石英芯片大小的影响，可使石英片的形状保持均一，即便是超小型的石英芯片，也能达到比机械加工更小的偏差，从而实现图 3 所示的优越的温度特性。



综上所述，在高频领域，也能够使用 QMEMS 技术生产出图 1 所示的反向台结构，既保持石英芯片的强度，又能以基波起振高频，以此提供具有稳定性能的产品。

### 【3】使用反向台形 AT 型石英晶体的产品及其特征

在爱普生的产品中，使用以 QMEMS 技术实现基波起振高频的反向台形 AT 型石英晶体的产品如下：

- ①SPXO（Simple Packaged Crystal Oscillator，石英晶体振荡器）中的 SG-210S\*H、SG-770\*\*\*/SG-771\*\*\*；
- ②VCXO（Voltage Controlled Crystal Oscillator，压控晶体振荡器）中的 VG-45\*\*系列。

VCXO 的频率随外部施加的控制电压而变化，主要应用于基站和光传送设备。近年，由于数据通信不断趋向高速化及大容量化，市场对高频与稳定信号源的需求日益增加。因此，具有高频、良好的温度特性及优越的噪音特性的 AT 型石英晶体已成为备受瞩目的存在。

图 4 表示使用反向台形 AT 型石英晶体的 VCXO 产品 VG-4513CB 与本公司原有产品（倍频型）的失真成分比较。

本公司原有产品（以 122.88MHz 起振的 4 倍频）

VG-4513CB (以 491.52MHz 的基波起振)

抖动值：12kHz-20MHz 的范围内 0.1ps

抖动值：12kHz-20MHz 的范围内 0.05ps

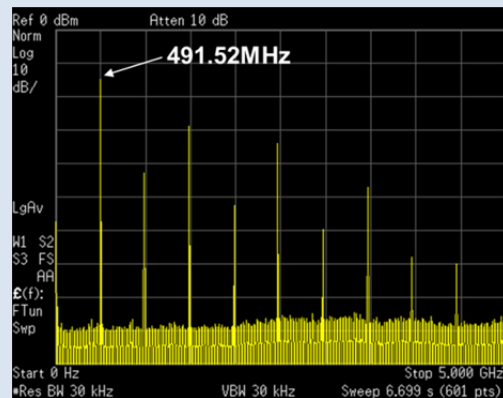
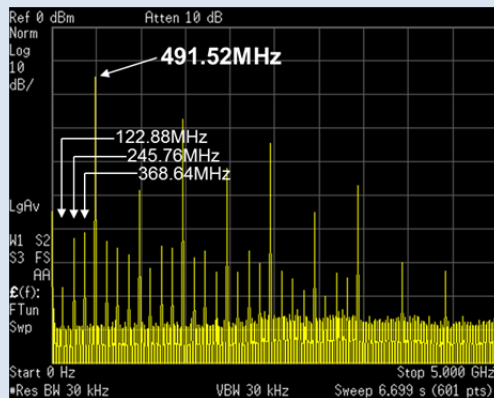


图 4：失真特性的比较

为获得高频而使用锁相环或倍频电路时（图 4 左），其缺点是将产生信号以外的噪音（失真成分）导致抖动特性下降。使用反向台形 AT 型石英晶体时（图 4 右）能以基波起振高频，因此不会产生类似以前产品的失真成分，实现低抖动特性。以基波直接起振高频的优势大，我们认为它将成为不断增加的基础设备的不可或缺的关键部件。

### 【4】后序

高频的基准信号源在近年的通信设备及网络设备中必不可缺，而满足顾客所使用的应用和要求规格的高频输出的电子部件的品种众多。

爱普生分三次介绍了获得高频输出的电子部件，包括实现可获得任意频率的方便性的程控石英晶体振荡器、实现低相位抖动的 SAW 振荡器和具有良好的温度特性并以基波直接起振的 AT 型石英晶体。上述产品各具特色，但每款产品均发挥了石英本身所具有的高稳定与高精度的特性，相信能根据顾客用途提供更大的选择余地。我们希望通过本次技术说明，能让顾客更多理解石英产品所具有的高稳定性，在广大顾客选择各种应用程序的电子部件时助一臂之力。