

# 获得高频输出的方法（第二部：SAW 振荡器）

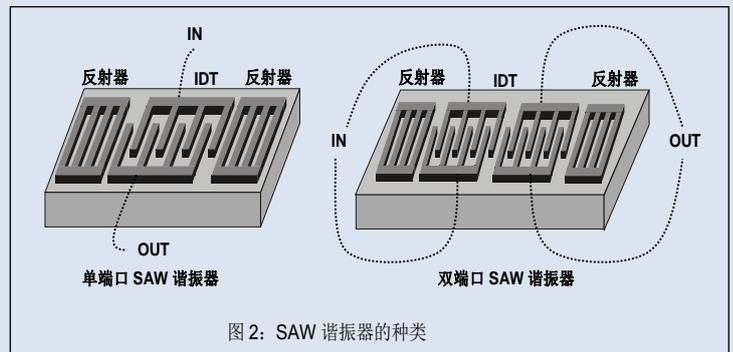
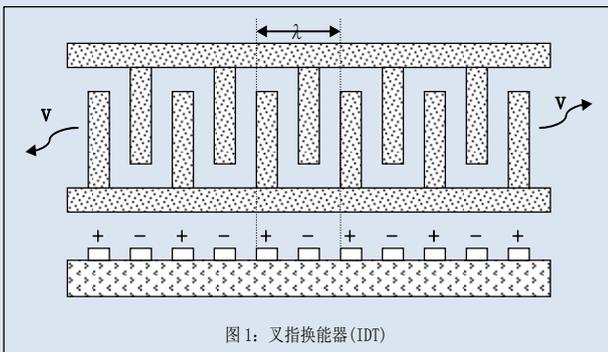
## SAW 的概况与特性介绍

### 【序文】

上一次，我们介绍了使用 AT 型石英晶体单元与倍频电路或锁相环电路的组合而获得高频输出的方法。用这种方法可以发挥石英晶体单元所具有的稳定的温度特性，但也存在着起振石英晶体单元的振荡电路设计较为复杂，以及难以抑制抖动和相位噪音的课题。若能在使用石英晶体元器件的同时以基波起振高频，则可以抑制高谐波，由此获得具有良好的抖动特性和相位噪音特性的输出信号。然而，AT 型石英晶体的频率取决于石英片厚度，为此需要将石英片加工得很薄才能起振高频，在加工方法和机械性强度等方面存在着制约。本次，我们将对 SAW 振荡器进行解说。这种振荡器使用了能够解决上述课题并以基波直接起振高频的 SAW（Surface Acoustic Wave，弹性表面声波）谐振器。

### 【1】关于 SAW 谐振器

弹性表面声波（SAW/Surface Acoustic Wave）与水面上传播的弹性波一样，是一种把能源集中于弹性体表面传播的弹性波，其振幅随深度的增加而呈指数式衰减。如图 1 所示，弹性表面声波可由压电基片上安装的叉指换能器（IDT/Inter Digital Transducer）产生并检测得出。如果把表面声波的传播速度设定为  $V$ ，叉指换能器的周期设定为  $\lambda$ ，就可以通过公式  $f=V/\lambda$  求出其频率  $f$ 。最适于 SAW 元器件的频带为几十兆赫至 2 千兆赫左右，其上限和下限由微电极图案的分辨率和基片材料的特性及大小而定。SAW 谐振器如图 2 所示，可分为单端口和双端口谐振器的两种。单端口 SAW 谐振器的中央设置叉指换能器，在其两侧设置反射器。通过把叉指换能器激励产生的表面声波封闭在两反射器之间，就能够获得具有较高 Q 值的谐振器。双端口 SAW 谐振器的中央设有两只用于输入和输出的叉指换能器，在其两侧配备了反射器。它的工作原理与单端口 SAW 谐振器一样，也能实现高 Q 值。双端口 SAW 谐振器的损失小，是一种频带非常窄的带通滤波器。它与一个放大器相组合形成反馈环路后可以简单起振。因此，双端口 SAW 谐振器与单端口同样经常被使用，尤其能在高频领域发挥真正价值。双端口 SAW 谐振器的所需相位条件因其所使用的振荡电路而不同，所以需要指定谐振频率中的相移量（ $180^\circ$  或  $0^\circ$ ）。



【2】SAW 谐振器的特征

SAW 谐振器的振动模式是弹性表面波（参照图 3 右），其频率与石英晶片的厚度无关，而由石英晶片上形成的叉指换能器的宽度来决定。因此，只要改变叉指换能器图案，即可应对十兆赫至几千兆赫的高频。与此相对，AT 型石英晶体的振动模式是厚度变形振荡（参照图 3 左），由石英厚度决定频率。由于必须把石英晶片厚度加工得很薄，所以 AT 型石英晶体通常能够应对的频率范围是以基波起振时为 10MHz 至 50MHz，以三次谐波起振时为 50MHz 至 150MHz。

而且，与 AT 型石英晶体的厚度变形相比，SAW 谐振器（弹性表面波）还具有以下优点：其一，影响主振动模式的振动（噪音）少；其二，制作时将在 SAW 谐振器的叉指换能器上形成保护膜，所以能耐附着在膜上的杂质。由于这些效果，将 SAW 谐振器组装到振荡器时，就能够实现低抖动特性并避免振荡停止等风险。

但是，在温度特性方面，AT 型石英晶体具有在常温范围内有拐点、呈三次曲线的温度特性（图 4 左）；SAW 谐振器的温度特性基本为二次曲线（图 4 右的点线）。因此，如果需要在较宽的温度范围内保持稳定的特性，AT 型石英晶体则更有利。

关于这个问题，爱普生在 SAW 谐振器产品中采用了独自技术进行了改善，使二次曲线的变动幅度与原来的温度特性相比变得更缓（图 4 右的实线）；还能提供类似于 AT 型石英晶体温度特性的高精度品，在较宽的温度范围内保持稳定。

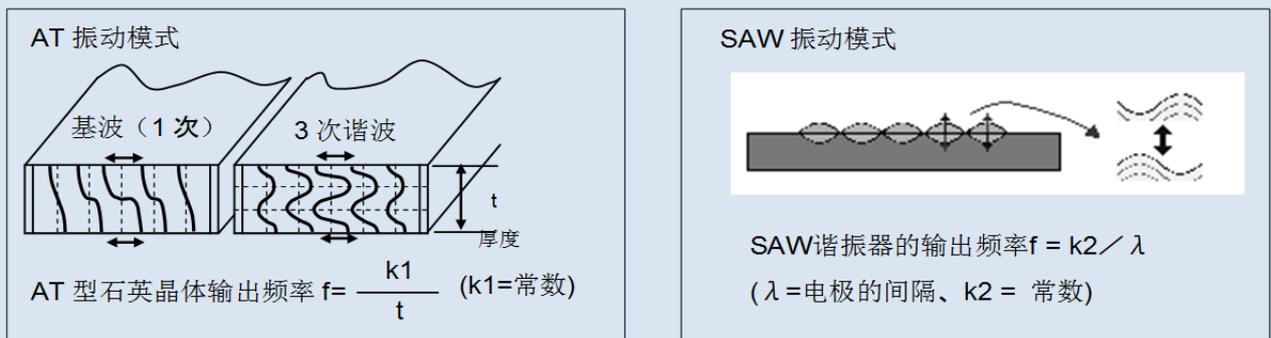


图 3: AT 型石英晶体、SAW 谐振器的振动模式

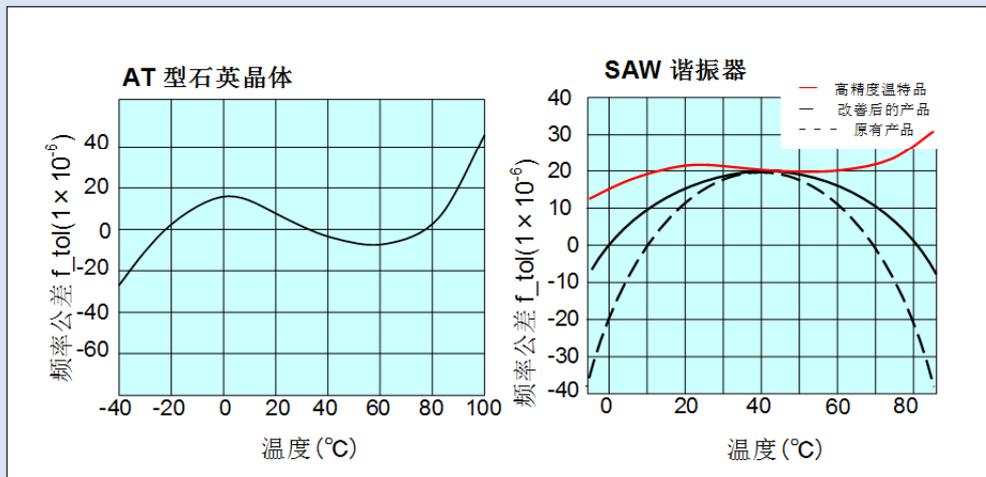


图 4: AT 型石英晶体、SAW 谐振器的温度特性图

**【3】 SAW 谐振器的优越性[特性比较]**

以上说明了 AT 型石英晶体和 SAW 谐振器。对实际市场中提供的可输出高频的振荡器（AT 型石英晶体和锁相环电路的组合与 SAW 振荡器）进行比较，可以得出 SAW 振荡器的优点在于相位噪音及相位抖动特性相对优越和耗电量少之处。在下一页中，我们将通过与 AT 型石英晶体和锁相环电路相组合的振荡器相比较，以此证明 SAW 振荡器的特性。

表 1：相位抖动与耗电量的比较（3.3V LV-PECL 的条件下）

特性项目 (条件)	相位抖动 (偏离频率：12kHz—20MHz)	电流消耗 (typ.)
SAW 振荡器[爱普生产品] (产品名称：XG-2102CA)	0.12 ps	45mA
AT+PLL 振荡器[其它公司产品]	0.27 ps	100mA

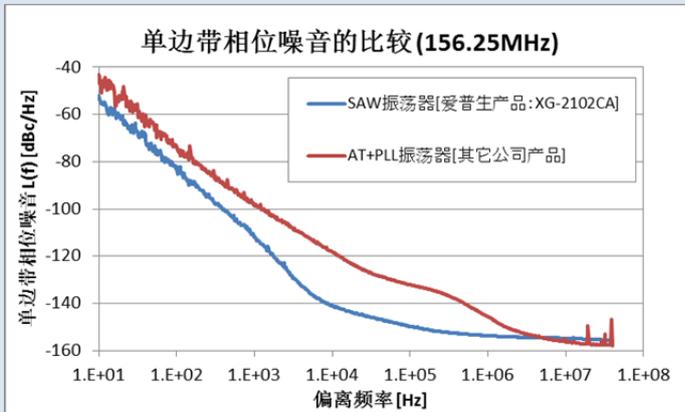


图 5：SAW 振荡器与 AT+PLL 振荡器相位噪音特性的比较

**【3-1】 相位噪音特性与相位抖动**

锁相环电路锁定压控振荡器（以下称为“VCO”）以石英起振的高 Q 值频率，输出倍增后的频率。因此，相位噪音特性由石英振荡电路和 VCO 的两大因素所决定。通常，VCO 的相位噪音特性低于石英，并将显示在锁相环电路的高频领域，因此将使相位噪音曲线的一部分变大。而且，频率倍数也将改变低频的相位噪音水平，所以倍数越大相位噪音特性越差。被称为低抖动锁相环电路的产品通过减少 VCO 噪音以及设定较小的倍数，实现低相位噪音（上述图 5 的 AT+PLL 振荡器显示的是低抖动锁相环电路产品的特性）。

**【3-2】 消耗电流**

锁相环振荡器由振荡电路和锁相环电路组成，一般情况下，锁相环电路需要消耗更多的电流。而且，增大信号成份（增幅）是减少相位噪音的有效方法，因此将消耗更多的电流。设计中常用 GHz 带的 VCO，这也将增大耗电量。与此相对比，SAW 振荡器能以基波为振源起振高频，振荡器的电路组成也相对简单，所以能够把耗电量控制在较小程度。

如上所示，SAW 振荡器兼备低相位抖动特性和耗电量少的优点。因此，对于需要低误码率和低耗电量的电子部件的顾客或应用程序，SAW 振荡器是最佳选择。爱普生准备了丰富充实的 SAW 振荡器阵容，今后亦将不断地开发和提供符合顾客各种需求的产品。