

Version:
December 1, 2022

DEMINT

Electronics Co., Ltd.

石英晶体的基本理论

Web: www.direct-token.com
Email: rfq@direct-token.com

德铭特电子（深圳）有限公司

大陆: 广东省深圳市南山区南山大道 1088 号南园枫叶大厦 17P
电话: +86 755 26055363

台湾: 台湾省新北市五股区中兴路一段 137 号
电话: +886 2981 0109 传真: +886 2988 7487

► 石英晶体的基本理论

石英晶体的基本理论

什么是石英

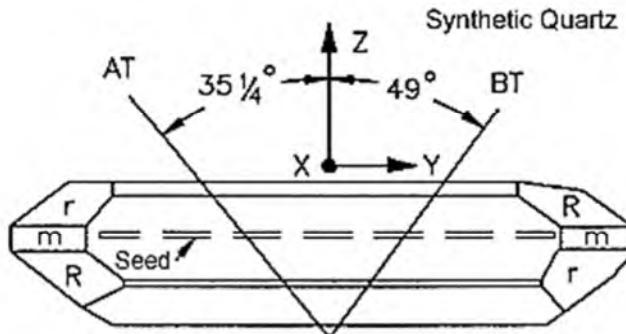


Figure-1-石英-最佳角度切

石英的技术公式是 SiO_2 和主要组成部分，是许多岩石和沙子。晶体由 SiO_2 或石英形成，但可以生产制造石英晶体组件的高纯度石英，于自然界的量是很少的。供应受限和高成本的天然石英，发展了合成石英制造业。合成石英制造技术使石英晶体变成一个现代电子生产不可或缺的组成部分。

什么是石英晶体组件

石英晶体包括一块精确尺寸的压电材料和取向相对晶轴。这种芯片(也称为片 plate 或坯 blank)有一对或多对导电电极，由真空蒸发形成。当施加电场于电极之间，压电效应激发晶圆做机械振动。

石英晶体单位(通常称为晶体谐振器)广泛用于频率控制应用，因为他们无与伦比的高 Q 组合，稳定，小体积，低成本。很多不同的材料物质，已经被研发来作为可能的谐振器材料，但多年来石英谐振器仍是精确频率控制的首选。相对于其他谐振器，例如，LC 电路，机械谐振器，如音叉，和压电陶瓷谐振器或其他单晶材料，石英谐振器有一个特别的性能组合。

首先，单晶石英材料性能，时间、温度、和其他环境变化非常稳定，以及高重复性从一样品到另一个样品。声损耗或石英内耗非常低，这结果使石英谐振器具有极高的质量因子 (Q Factor)。石英内在的 Q 值约为 10^7 于 1 MHz。声波谐振器通常 Q 值范围从数万到数十万，这是个数量级比 LC 电路好。

第二，石英谐振器关键性能是它对于温度变化的稳定性。根据不同的形状和方向的晶体坯，许多不同的振动模式可以使用，这是可以控制石英谐振器的频率-温度特性，并在极限范围内作适当的选择。最常用的谐振器类型是 AT 切，其中石英坯是薄板形式切的角度约 $35^\circ 15'$ 到光轴晶体。

第三，石英谐振器的基本特征是稳定的机械性能。短期和长期的稳定性表现在频率漂移，漂移量只有几点每百万每年。精密晶体组件严密控制条件下生产，实现稳定度和精度仅次于原子钟的频率。

压电如何使石英振荡器工作

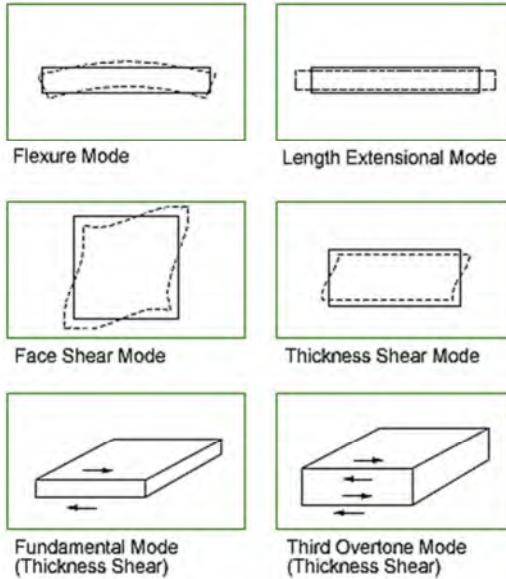


Figure-2 - 压电振动模式

压电 "piezo-electricity" 一词来自于希腊 piezein “压力”，字面意思是电压力。压电材料的某些等级，一般会对任何机械应力的产生电荷。在压电介质的应变或位移呈线性的应力和电场关系。逆压电效应也是存在的，即机械应变产生在晶体中的两极电场。这是基本的效应产生石英晶体的振动。

为什么最佳角度切如此重要

正确的示意图 (Figure-1) 是一个人造石英晶体生长从一个 Y 型晶种，用于制造 AT 切谐振器。晶种建立初始晶体取向，向 Y 轴增长并萎缩 Z 轴。德铭特精心挑选晶种，避免缺陷影响的晶体生长。晶种的位置如图所示。X 轴左边斜线标示 AT 切，右边斜线标示 BT 切。在实践中，这些角度都是非常关键的，且使用精确的布拉格散射 (Bragg diffraction) 测定 (也称为布拉格测定的 X 射线衍射)。

AT 切的特点是谐振器最常用类型的。它的频率温度系数可用温度三次方函数表达，可以精确地控制在小角度变化的削减。这立方的特性对比于其他大多数水晶切的抛物线温度特性。这使得 AT 切非常适合应用所要求的高程度频率稳定性于广泛的温度范围。其他重要的特性是老化和 Q 质量因子。

振动模式

AT 切谐振器的使用厚度切变振动模式 (Figure-2). 驻波是建立在晶坯，由厚度方向两主面穿越波反射。主要机械位移是在晶体平面与波的进行方向成直角。在一个奇数半波长的共振是被包含于晶坯厚度平面。因此，厚度是主要的频率决定因素。

通常 AT 切生产的频率范围：

- 1 MHz ~ 32 MHz 以基谐模式
- 30 MHz ~ 250 MHz 以振动模式 (3rd; 5th; 7th; 9th)

低于 1 MHz 厚度剪切模式谐振器变得过于迟钝，一般用途和其他振动模式使用如下：

- 低于 100 KHz 挠曲模式，长度伸展模式
- 100 KHz 面剪切模式 (CT-Cut; DT-Cut; SL-Cut)

每个振动模式都有一个最佳的角度切，它控制石英晶体在温度范围内的频率偏差。