

A FORCE

石英晶体元件实用技术

简述

Dragon

昆山优力技鑫精密机械有限公司

目录

1



什么是石英晶体

石英晶体振荡器 SiO₂ 氧化物矿物 低温石英 高温石英

2



石英晶体振荡器原理

PPM 压电性质 压电效应
SPXO TCXO VCXO OCXO

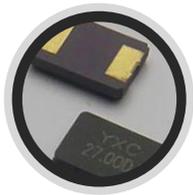
3



石英晶片的制造

选择原料/粗磨大块/定向划线/切割/研磨/抛光/外形加工/质量检测

4



石英晶体元件成品加工

石英片的清洗/石英片的腐蚀/真空镀膜/石英振子的装架、点胶、烤胶
调频/封装/老化



石英晶体

石英晶体振荡器 SiO_2 氧化物矿物 低温石英 高温石英

introduction



石英晶体

中文名：石英晶体

外文名：Quartz Crystal

别称：水晶

化学式： SiO_2

颜色：无色

光泽：玻璃光泽

透明度：透明

石英的化学成分为 SiO_2 ，晶体属三方晶系的氧化物矿物，即低温石英（a-石英），是石英族矿物中分布最广的一个矿物种。广义的石英还包括高温石英（b-石英）。



石英晶体振荡器原理

PPM 压电性质 压电效应

SPXO TCXO VCXO OCXO

introduction



石英晶体振荡器

石英晶振就是用石英材料做成的石英晶体谐振器，俗称晶振。起产生频率的作用，具有稳定，抗干扰性能良好的，广泛应用于各种电子产品中。

PPM是石英晶振的基本单位之一，表示晶振的精度和相对偏差。PPM代表着百万分之一，它表明晶体的频率可能会偏离标称值多少。

举例MC-306 32.768khz精度为20 ppm。20ppm的精度就意味着真实频率在32.7673千赫（ $32.768 - 20 \text{ ppm}$ 时，或 $\times 0.999980$ ）和32.7687千赫（ $32.768 + 20 \text{ ppm}$ 时，或 $\times 1.000020$ ）之间。

压电效应

正压电效应

当外力去掉后，它又会恢复到不带电的状态，这种现象称为正压电效应

正

压电效应

某些电介质在沿一定方向上受到外力的作用而变形时，其内部会产生极化现象，同时在它的两个相对表面上出现正负相反的电荷。

电介质

逆压电效应

当在电介质的极化方向上施加电场，这些电介质也会发生变形，电场去掉后，电介质的变形随之消失，这种现象称为逆压电效应。

逆

正电压效应



未加压时

无电荷

拉伸外力

产生电荷

压缩外力

产生电荷

A FORCE

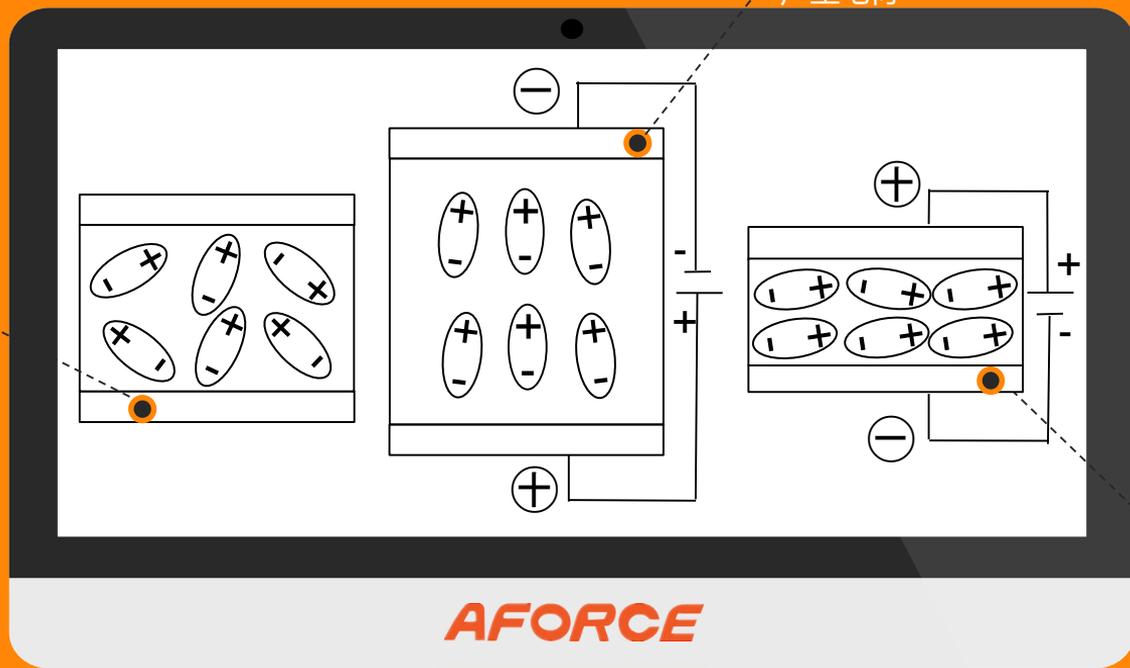
压电效应图示

正压电效应

逆电压效应

未施加电场

无电荷



外加电场

产生电荷

外加反向电场

产生电荷

压电效应图示

逆压电效应

石英晶体振荡器分类

1

非温度补偿式
晶体振荡器

SPXO

2

温度补偿式
晶体振荡器

TCXO

直接补偿型
间接补偿型
模拟式
数字式

3

电压控制
晶体振荡器

VCXO

4

恒温控制
晶体振荡器

OCXO

5

数字化/ μp 补偿式
晶体振荡器

DCXO/MCXO

石英晶体振荡器

石英晶体本身并非振荡器，它只有借助于有源激励和无缘电抗网络才能产生震荡。只要在晶体振子板极上施加交变电压，就会使晶片产生机械变形振动。



石英晶片的制造

选择原料
粗磨大块
定向划线
切割
研磨
抛光
外形加工
质量检测

石英晶片的制造

1

选择原料

按GB/xxxxxx“人造石英晶体”的要求，选择石英等级，确定人造水晶的主要指标是Q值、包裹体及腐蚀隧道密度的要求。

2

粗磨大块

将大块的石英晶体粗磨得到较小块但仍有加工余量的石英晶体。

3

定向划线

在石英晶体块上划线是为了切割

4

切割

切割是为了从石英晶体中获得所需切型的毛胚。

石英晶片的制造

抛光

6

对表面光洁度要求高的石英晶片，最终一般采用抛光工艺完成，它可以消除石英晶片表面高低起伏和交叉裂痕，大大改善其电性能，降低等效电阻增大牵引灵敏度等。

质量检测

8

外形检测，长。宽，厚度，表面平行度平面度，曲率半径
切角检测
频率检测

5

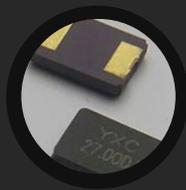
研磨

研磨是对切割好的毛胚片进行厚度和外形加工；研磨质量的好坏直接影响石英晶体元件的各种参数和性能。

7

外形加工

外形加工包括两个方面，其一是外形尺寸的加工，如原形晶片和矩形晶片的外形尺寸加工；其二是晶体三维立体曲面加工，也就是曲磨加工工艺。



石英晶体元件成品加工

石英片的清洗

石英片的腐蚀

真空镀膜

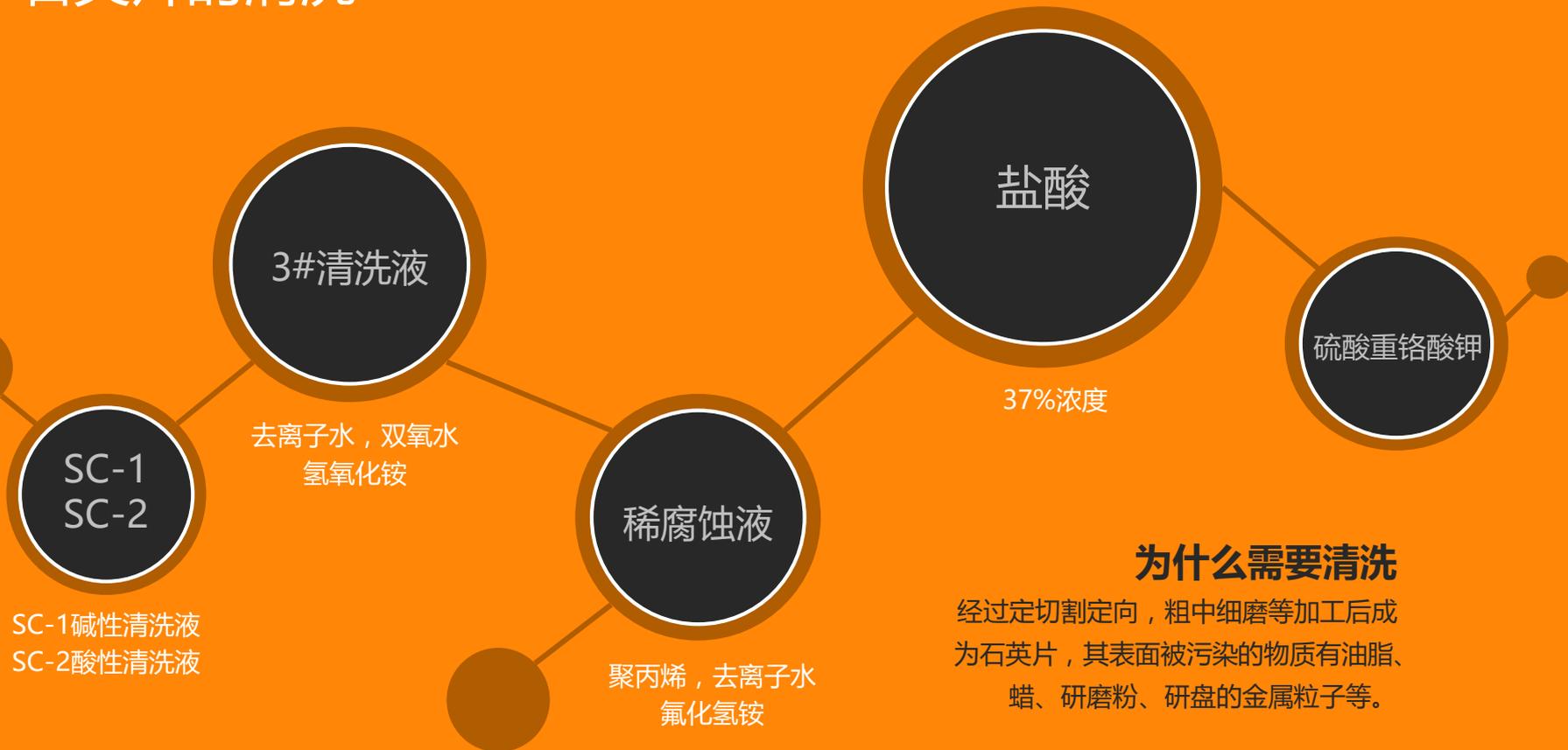
石英振子的装架、点胶、烤胶

调频

封装

老化

石英片的清洗



石英片的腐蚀

Project a)

氢氟酸 (HF) : 水 (H₂O) = 48% : 52%

Project b)

47%氟硼酸 (HBF₄) : 氟化氢铵 (NH₄HF₂) = 3.48 : 6.95

Project c)

氟化氢铵 (NH₄HF₂) : 水 (H₂O) = 1 : 5

Project d)

过饱和氟化氢铵 (NH₄HF₂) 溶液

Project e)

氟化氢铵 : 氟硼酸 : 变形酒精 : 水 = 1.814kg : 1.814kg : 1893ml : 1893ml

当石英振子振动时, 耗散能量, 增大电阻, 从而引晶体元件的频率变化, 同时降低了电极膜的牢固度。因此, 必须将此破坏层去掉。主要方法为抛光和腐蚀。

通过用酸和氟化物溶解掉附着在石英片表面上的破坏层的方法叫腐蚀。经过腐蚀除掉破坏层并将频率片的频率调整到所需要的腐蚀频率的成品片, 降低电阻和老化率, 提高合格率。

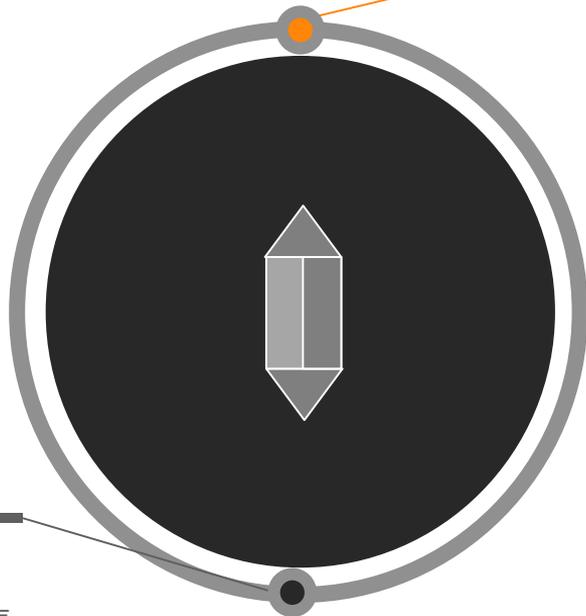
真空镀膜

粗真空：压强低于1个大气压
低真空：压强为 10^{-1} ~ 10^{-3} 托
高真空：压强为 10^{-3} ~ 10^{-8} 托
超高真空：压强为 10^{-8} ~ 10^{-14} 托
极高真空：压强为低于 10^{-14} 托

真空

Empty Space

什么物质都不存在的空间。在自然界中是不存在的，所以真空一般指低压气态物质的空间。



真空镀膜

Empty Space Coating

真空镀膜是在真空镀膜室内进行的。当真空室的真空度高于 1.33×10^{-2} Pa时，气体分子的平均自由程（即气体分子在两次碰撞之间所走的路程）大大增加，约为10米。因此处于高压状态下，在一个直径小于10米的容器内将所蒸发的材料（如金、银、铝）加热，使其融化。同时抽气，保持高真空不变，蒸发成气体状态并有很大能量的金属蒸汽分子。他们将直线方向飞射，很少遇到其他气体分子的阻挡。而且直接打到石英片上，形成均匀、牢固的金属电极膜。

石英振子的装架、点胶、烤胶

装架

1

什么是装架？

用弹簧圈或弹簧片将石英振子和底座牢固地组装在一起，通过粘结，固话成为石英谐振件，即为装架。

点胶

2

什么是点胶？

用于粘结石英振子电极与支架片（或弹簧片）的导电胶。切具备a) 粘结牢固；b)导电性好；c)耐冷热性能好，抗振及冲击；d)易加工，成本低。

烤胶

3

什么是烤胶？

烘烤使胶固化。烤胶面板需温度均匀，速度快。

调频

改变电极膜厚度来调频

以厚度决定频率的高频石英振子，用改变电极膜厚度的方法来调频



X切厚度伸缩片
AT、BT切/Y切厚度切片

改变长度尺寸来调频

主要有长度、宽度尺寸决定的低频石英振子，用改变其长度尺寸的方法来调频。



X切长度伸缩片
CT、DT切面切变片
XV厚度弯曲棒/NT切面弯曲片

调频

改变电极膜厚度 / 改变其长度尺寸

封装

封装

根据不同的使用要求和条件，采用不同的封装形式，把石英振子封装在某种保护性气体的外盒内。



● 要求1

作为石英振子的机械保护，使其便于使用安装。

● 要求3

改善石英振子的局部环境，如通过抽真空、充干燥氮气以达到提高Q值和稳定性，减小谐振电阻、改进老化的目的。

● 要求2

防止外界潮气，有害气体、尘埃等对石英振子的污染。

封装

封装种类

封装形式有金属壳高频感应加热封装、冷压焊真空封装、电阻焊充氮封装、玻壳真空封装，冷挤压过盈封装和塑料封装。

冷压
焊

优点：

密封性好，易于真空焊接，不易污染，操作方便。

缺点：

对封装模具要求高，启封后，外壳、基座全部报废，成本高。

高频
锡焊

优点：

封装和启封方便，效率高，适于量产。

缺点：

焊剂对石英元件有害，密封性差。

电阻
焊

优点：

无焊剂污染，密封性好，封装合格率高，效率高，适于量产。

缺点：

返修时，外壳、支架全部报废，成本高。

老化

■ 老化概述

石英晶体元件的频率随着时间的变化而变化，成为老化，其老化的机理是应力弛豫和质量吸附。细分为氧化、还原、疲劳、磨损、腐蚀、扩散、应力、渗透、吸附、释放及超强度（过载）等。

美军标 MIL-C-3098F

在+85°C下保持30天，相当与±25°C下一年，其频率变化应小于5ppm。

≈125°C

■ 老化温度

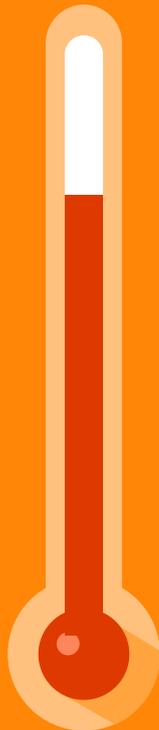
在不增加失效模式、不改变失效机理的必要条件下，选取比最高长期工作温度低10°C的温度进行测试。

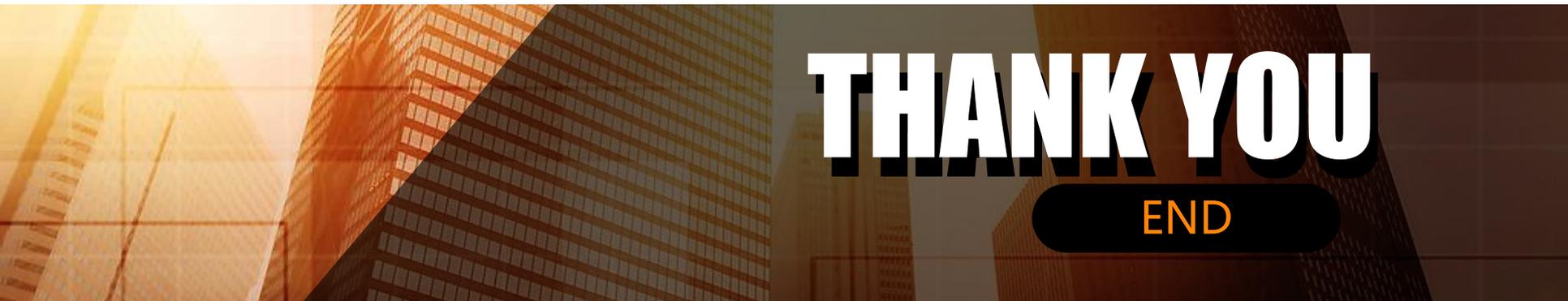
美军标 MIL-C-3098G

进行加速试验，在+105°C下保持168小时，也相当于+25°C下一年，其频率变化应小于5ppm。

美军标 MIL-PRF-3098H

在+125°C条件下保持72小时，其前后频率变化应小于5ppm，也相当于+25°C下一年。





THANK YOU

END

Dragon

以上内容来自

《石英晶体元件实用技术》

《百度知道》

《百度百科》