



廣東工業大學  
Guangdong University of Technology

广东工业大学

# 通信电路与系统

信息工程学院

李志忠



廣東工業大學  
Guangdong University of Technology

广东工业大学

## 第五章 正弦波振荡器

信息工程学院

李志忠



# 5.4 晶体振荡电路

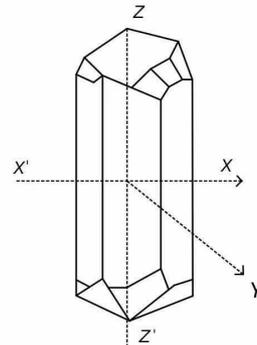
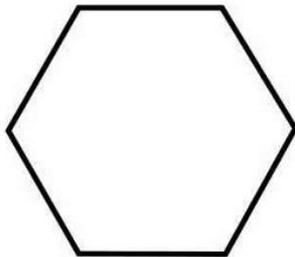
## 石英晶体振荡器

变压器、RC:  $10^{-2}$ ; LC:  $10^{-2} \sim 10^{-3}$  ( $10^{-4}$ )  $Q \uparrow \rightarrow$  石英晶体

### 一、石英谐振器

#### 1、物理特性

石英晶体是 $\text{SiO}_2$ 的天然晶体。形状是六棱柱锥体，横截面是正六边形。





## 5.4 晶体振荡电路

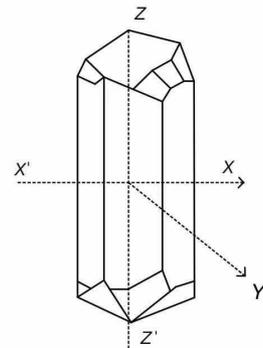
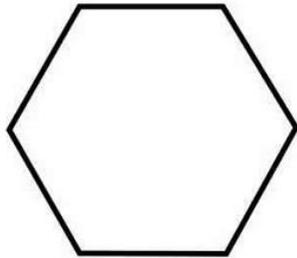
**光轴：**对顶角连线，光线沿此轴方向通过产生偏振。

**电轴：**正六边形对顶点连线。

**机械轴：**对边的法线。

石英晶体沿X轴或Y轴方向存在压电效应。

在同一方向上，晶体的性质相同。石英振荡器中所用的石英晶体片是从六棱柱椎体中切割出来的一小片。



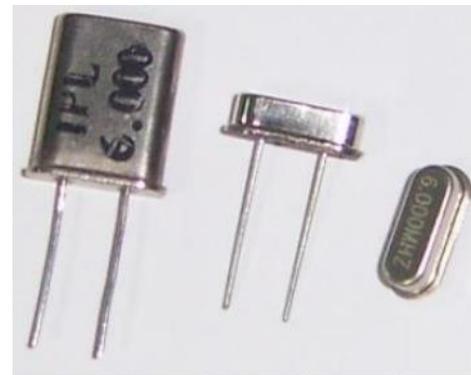
## 5.4 晶体振荡电路

根据性能要求切割的晶体片与X轴、Y轴、Z轴的夹角都有严格的要求，不同的夹角，晶体片的性能不同。



把晶体片两侧面镀上银层，做成两个极板，再焊上电极的引线，用盒子封装起来，引出电极的引线，就构成了石英谐振器。

市场卖的石英晶体就是指这种**石英谐振器**。





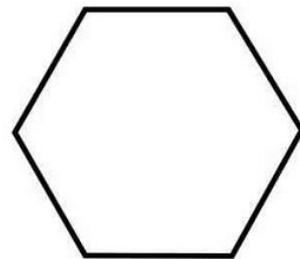
## 5.4 晶体振荡电路

通常说石英晶体就是指石英晶体谐振器。

### (1) 正反压电效应

正压电效应：机械能→电能。

反压电效应：电能→机械能。（蜂鸣器）



### (2) 高稳定度

稳定的物理特性和化学特性。非常坚硬，仅次于金刚石。11.0592MHz

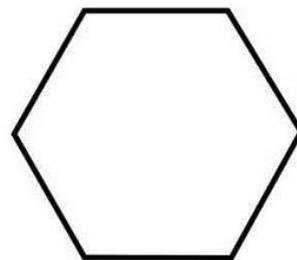
## 5.4 晶体振荡电路

### (3) 具有各向异性

X轴：电轴

Y轴：机械轴

Z轴：光轴



不同切割切型、形状、尺寸、 $\omega_0$  不同，温度系数等不同。

$\omega_0 \uparrow$ ，体积越小，厚度越薄

### (4) 具有多模性

变化多样性：伸缩、切变、弯曲、扭转等

纵/横压电效应

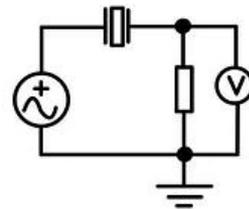
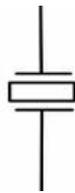
# 5.4 晶体振荡电路

## (5) 基音与泛音

晶体的谐振频率与尺寸成反比。频率越高，晶体片越薄，强度越低。但晶体片太薄了就会振碎，限制了晶体工作频率的提高。

应用奇次泛音（不完全整数倍，近似）

### 2. 电特性



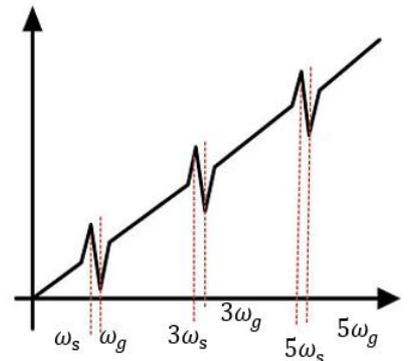
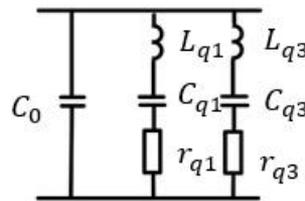
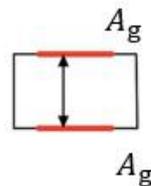
高频毫伏表

$C_0$ : 支架电容, 几个pF

$r_q$ :  $10^{\sim}$ 几百欧

$C_q$ :  $10^{-3}$ pF

$L_q$ : H; mH



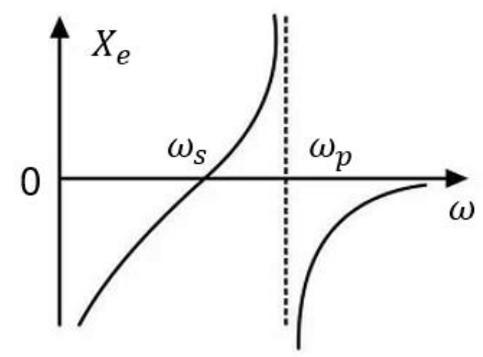
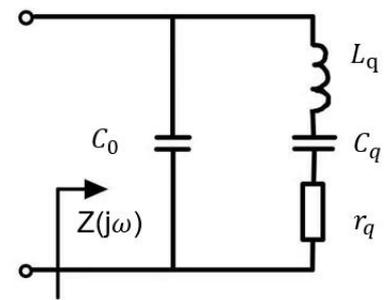
# 5.4 晶体振荡电路

$$\frac{U_L^2}{R_L} = \frac{U_o^2}{R_L} \quad R_L' = \left(\frac{U_L}{U_o}\right)^2 R_L$$

$$\frac{U_L}{U_o} = \frac{\frac{1}{C_o} // C_q}{\frac{1}{C_o}} = \frac{C_o + C_q}{C_q}$$

$C_o$ : 几个pF      外界影响小, **稳定性高**

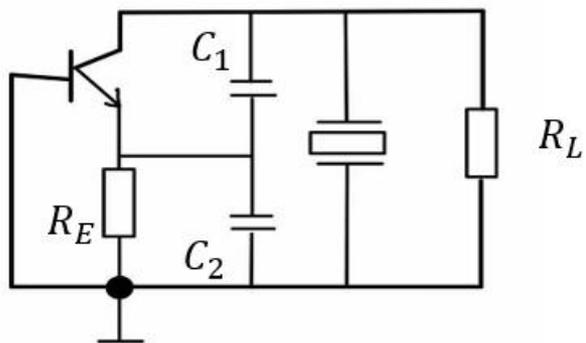
$C_q$ :  $10^{-3}$ pF



$\omega_s < \omega_g < \omega_p$  等效**高Q电感**

$\omega_s \rightarrow \omega_p$  非常陡, 应用中  $\omega \approx \omega_s$  串联谐振

# 5.4 晶体振荡电路

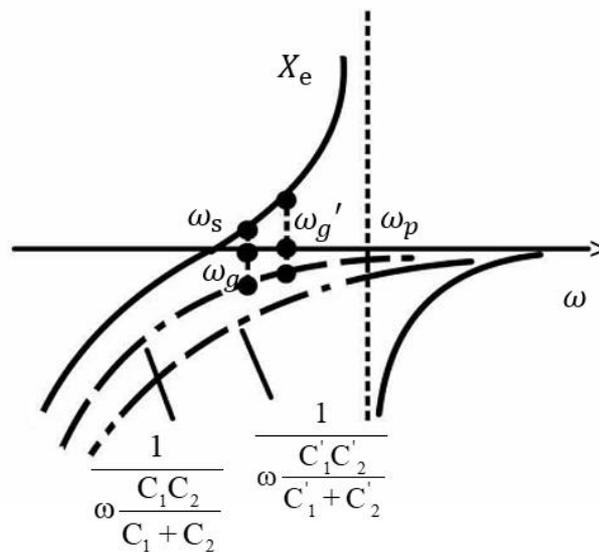


射同基反：晶体→感性

晶体谐振器呈现的感抗  $\omega L$

$$\omega L = \frac{I}{\omega \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}}$$

$$\omega_s < \omega_g < \omega_p$$

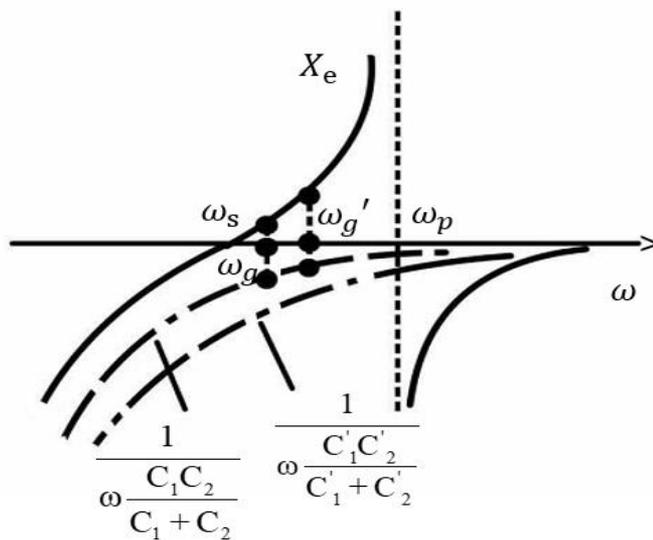


## 5.4 晶体振荡电路

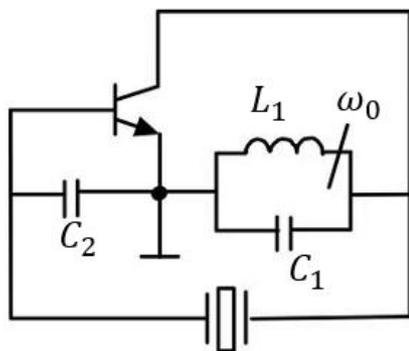
市场上出售的石英晶体盒子上标注的频率值即非 $f_s$ , 也非 $f_p$ , 而是指石英谐振器与规定的电容 $C_L$ 相并联的谐振频率值。

此电容 $C_L$ 叫**负载电容**, 要使振荡器的工作频率 $f_g$ 严格等于铭牌上标注的频率值 (**标称频率**)

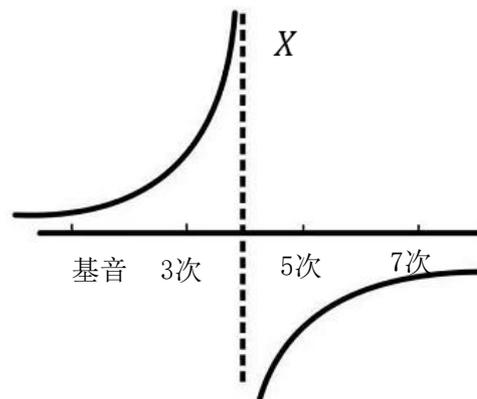
$$\text{必须使 } \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = C_L$$



## 5.4 晶体振荡电路



(a)



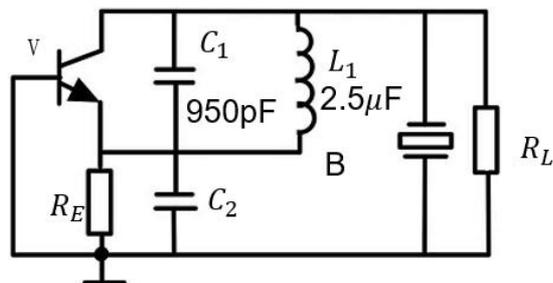
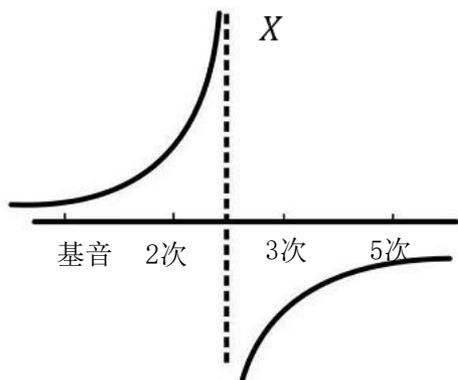
(b)

泛音晶振的原理电路及 $L_1 C_1$ 电抗曲线

(a) 电流电路 (b) 电抗曲线

## 5.4 晶体振荡电路

### 例3.3.1 基音1.4MHz



$$f_{01} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}} = 3.27\text{MHz}$$

$$L_1 C_1 \rightarrow f_{osc} > f_{01}$$

晶体基音为1.4MHz, 振荡器工作在3次泛音,  $f_{osc}$ 为4.2MHz

谢谢！