



# 石英晶體的基本理論

[Web: www.token.com.tw](http://www.token.com.tw)

<mailto:rfq@token.com.tw>

## 德鍵電子工業股份有限公司

台灣： 台灣省新北市五股區中興路一段 137 號  
電話： +886 2981 0109 傳真： +886 2988 7487

大陸： 廣東省深圳市南山區創業路中興工業城綜合樓 12 樓  
電話： +86 755 26055363; 傳真： +86 755 26055365



## ▶ 石英晶體的基本理論

### 石英晶體的基本理論

什麼是石英

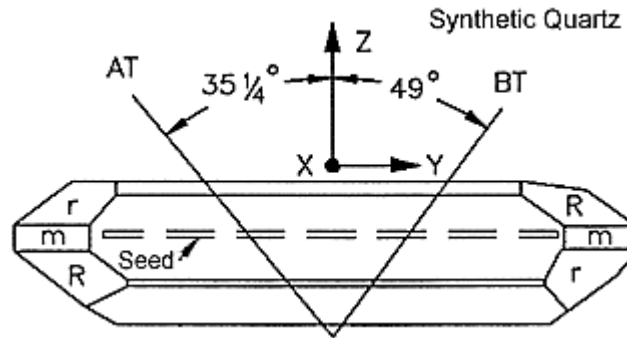


Figure-1-石英-最佳角度切

石英的技術公式是  $\text{SiO}_2$  和主要組成部分，是許多岩石和沙子。晶體由  $\text{SiO}_2$  或石英形成，但可以生產製造石英晶體元件的高純度石英，於自然界的量是很少的。供應受限和高成本的天然石英，發展了合成石英製造業。合成石英製造技術使石英晶體變成一個現代電子生產不可或缺的組成部分。

### 什麼是石英晶體元件

石英晶體包括一塊精確尺寸的壓電材料和取向相對晶軸。這種晶片（也稱為片 plate 或坯 blank）有一對或多對導電電極，由真空蒸發形成。當施加電場於電極之間，壓電效應激發晶圓做機械振動。

石英晶體單位（通常稱為晶體諧振器）廣泛用於頻率控制應用，因為他們無與倫比的高 Q 組合，穩定，小體積，低成本。很多不同的材料物質，已經被研發來作為可能的諧振器材料，但多年來石英諧振器仍是精確頻率控制的首選。相對於其他諧振器，例如，LC 電路，機械諧振器，如音叉，和壓電陶瓷諧振器或其他單晶材料，石英諧振器有一個特別的性能組合。

首先，單晶石英材料性能，時間、溫度、和其他環境變化非常穩定，以及高重複性從一樣品到另一個樣品。聲損耗或石英內耗非常低，這結果使石英諧振器具有極高的品質因數 (Q Factor)。石英內在的 Q 值約為  $10^7$  於 1 MHz。聲波諧振器通常 Q 值範圍從數萬到數十萬，這是個數量級比 LC 電路好。

第二，石英諧振器關鍵性能是它對於溫度變化的穩定性。根據不同的形狀和方向的晶體坯，許多不同的振動模式可以使用，這是可以控制石英諧振器的頻率-溫度特性，並在極限範圍內作適當的選擇。最常用的諧振器類型是 AT 切，其中石英坯是薄板形式切的角度約  $35^\circ 15'$  到光軸晶體。

第三，石英諧振器的基本特徵是穩定的機械性能。短期和長期的穩定性表現在頻率漂移，漂移量只有幾點每百萬每年。精密晶體元件嚴密控制條件下生產，實現穩定度和精度僅次於原子鐘的頻率。

## 壓電如何使石英振盪器工作

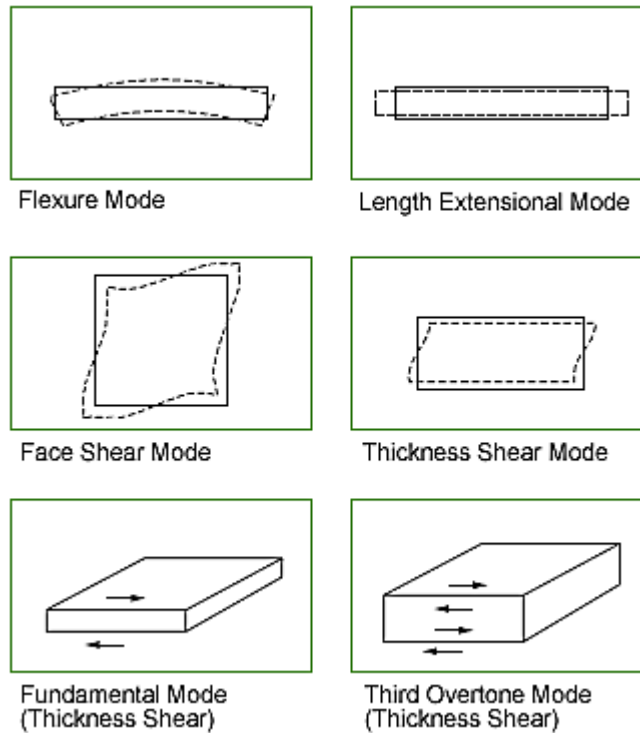


Figure-2 - 壓電振動模式

壓電 "piezo-electricity" 一詞來自於希臘 piezein “壓力”，字面意思是電壓力。壓電材料的某些等級，一般會對任何機械應力的產生電荷。在壓電介質的應變或位移呈線性的應力和電場關係。逆壓電效應也是存在的，即機械應變產生在晶體中的兩極電場。這是基本的效應產生石英晶體的振動。

### 為什麼最佳角度切如此重要

正確的示意圖 (Figure-1) 是一個人造石英晶體生長從一個 Y 型晶種，用於製造 AT 切諧振器。晶種建立初始晶體取向，向 Y 軸增長並萎縮 Z 軸。德鍵精心挑選晶種，避免缺陷影響的晶體生長。晶種的位置如圖所示。X 軸左邊斜線標示 AT 切，右邊斜線標示 BT 切。在實踐中，這些角度都是非常關鍵的，且使用精確的布拉格散射 (Bragg diffraction) 測定 (也稱為布拉格制定的 X 射線衍射)。

AT 切的特點是諧振器最常用類型的。它的頻率溫度係數可用溫度三次方函數表達，可以精確地控制在小角度變化的削減。這立方的特性對比於其他大多數水晶切的拋物線溫度特性。這使得 AT 切非常適合應用所要求的高程度頻率穩定度於廣泛的溫度範圍。其他重要的特性是老化和 Q 品質因子。

## 振動模式

AT 切諧振器的使用厚度切變振動模式 (Figure-2). 駐波是建立在晶坯，由厚度方向兩主面穿越波反射。主要機械位移是在晶體平面與波的進行方向成直角。在一個奇數半波長的共振是被包含於晶坯厚度平面。因此，厚度是主要的頻率決定因素。

通常 AT 切生產的頻率範圍：

- 1 MHz ~ 32 MHz 以基諧模式
- 30 MHz ~ 250 MHz 以振動模式 (3rd; 5th; 7th; 9th)

低於 1 MHz 厚度剪切模式諧振器變得過於遲鈍，一般用途和其他振動模式使用如下：

- 低於 100 KHz 撓曲模式, 長度伸展模式
- 100 KHz 面剪切模式 (CT-Cut; DT-Cut; SL-Cut)

每個振動模式都有一個最佳的角度切，它控制石英晶體在溫度範圍內的頻率偏差。

