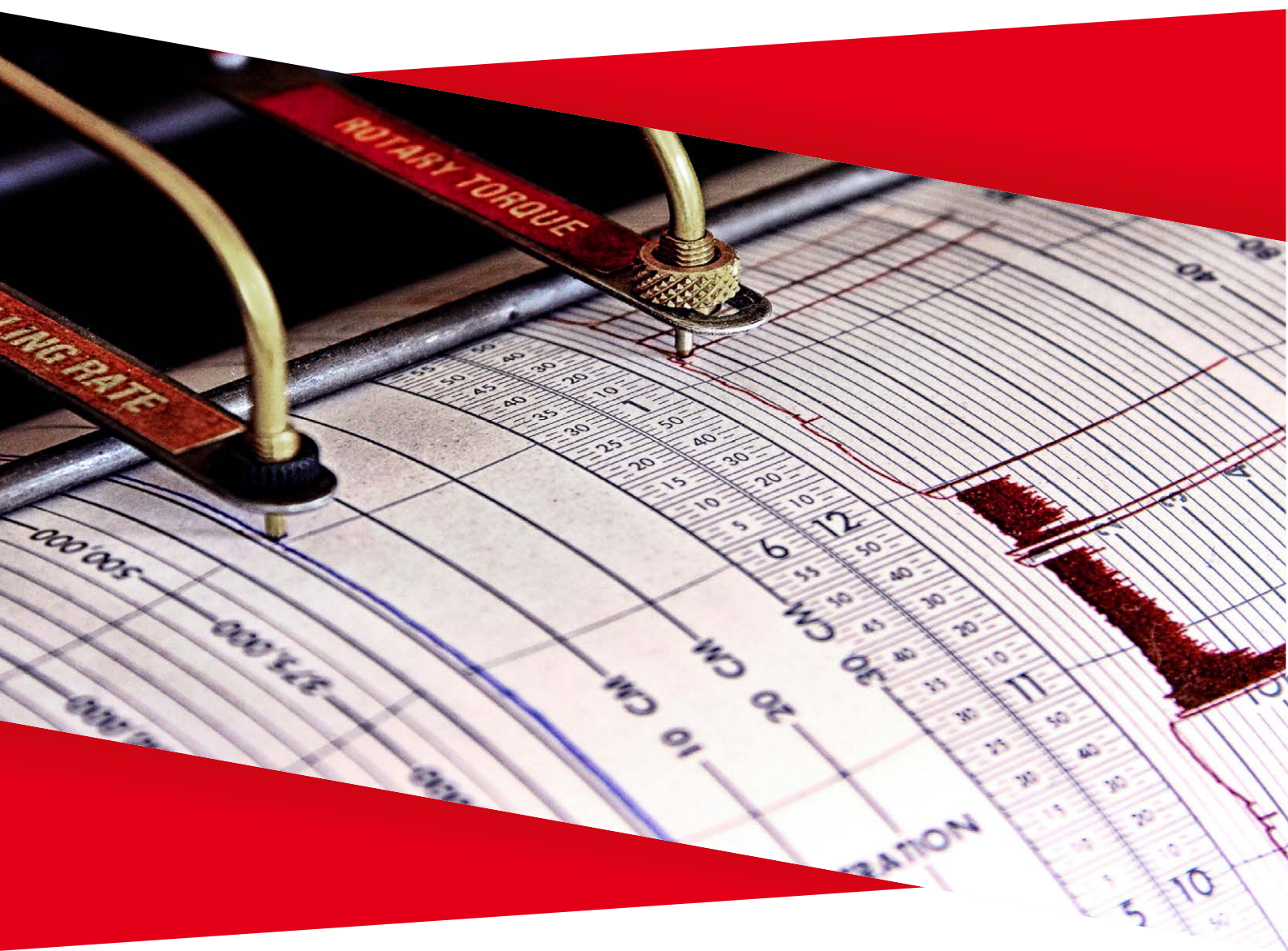


# 麦克风效应

机械振动对探测器的影响以及如何优化



---

## 麦克风效应

---

所有的热释电材料也具有压电特性。因此热释电芯片上因机械应力所产生的信号电压也可能附加到材料因温度变化引起的信号上，而后者才是我们想要测量的信号。以下章节将讨论此效应与什么相关，其强度以及实际应用上采用何种手段来抵消其作用。

### 4.1 基本理论

如果热释电材料受到外力的影响，例如，一个机械冲击或者振动，晶格就会发生形变。如果形变的结果是晶体的电荷中心沿着材料表面电极垂直的方向移动，则会产生表面电荷。

这样一来，热释电效应所产生的表面电荷与我们并不希望得到的压电效应所产生的电荷叠加在一起。我们称这种信号来自麦克风效应或叫颤噪响应。

我们用 $u_{\text{vib}}$ 来表示热释电芯片上由于压电效应所产生的电压信号，这也是我们下面要讨论的基础。以 LIE-501 来计算，热释电芯片的表面积为  $3 \times 3 \text{ mm}^2$ ，一侧固定，麦克风效应产生的干扰信号在一个重力加速度下 ( $1 \text{ g} = 9.81 \text{ m/s}^2$ ) 为  $25 \text{ } \mu\text{V}$ 。

### 4.2 颤噪等效功率

为了方便比较，InfraTec 公司引入了颤噪等效功率 (MEP)，此参数可以类比于等效噪声辐射功率 (NEP，详见第一章)。

$$\text{MEP} = \frac{R_{\text{vib}}}{R_V} \quad (40)$$

和

$$R_{\text{vib}} = \frac{u_{\text{vib}}}{\tilde{a}} \quad (41)$$

MEP 是指在探测器上产生等同于  $1 \text{ g}$  加速度作用下产生的压电信号时所需要入射的辐射功率。数值越小代表振动响应越低。

# 麦克风效应

## 4.3 测试方法

特定晶体中同时具有热释电效应和压电效应，两种效应都与晶体的方向（各向异性）有关。热释电晶体是压电晶体的一个子群，所以每一种热释电晶体都具有压电特性。对于热释电探测器来说，晶体的方向选择是取热释电效应最优的方向。我们无法忽略此方向上由于加速度引起的信号，它会影响热释电探测器的测试信号。我们通常可以通过将探测器与其环境机械隔离的方式或者是有效的抑制振动的方法将这影响降低到最小，也可以在探测器内部采用特殊的结构设计将典型振动模式所产生的信号降低，并且减小对输出信号的干扰比值。

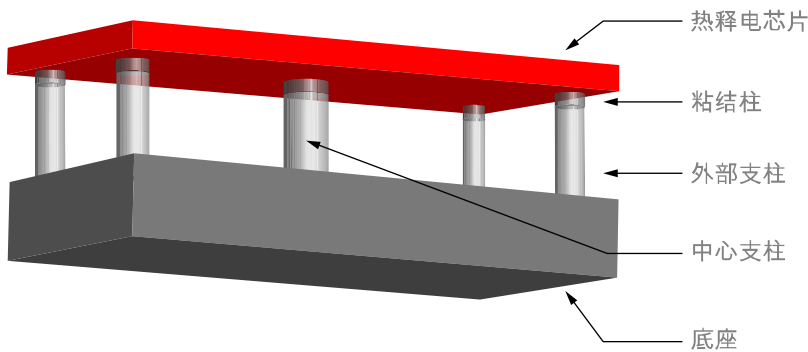


图 27: 为减小麦克风效应设计的芯片支架，FEM 模拟的设计模型

InfraTec 公司采用有限元法（FEM）模拟方式，设计出一种特殊的芯片支架（如图 27），并且将其成功应用在产品上。这一专利设计将热释电芯片通过固定和非固定的焊点巧妙地连接在一起。

- 热释电芯片的形变大大降低，
- 剩余振动有效地消除，且
- 有效抑制了典型振动模型的激励

因此，热释电芯片在探测器常用的调制频率 10 Hz 下的振动可以被大大降低，较之传统的热释电探测器，机械应力所产生的扰动信号降低到二十分之一（5%）。

此芯片支架可以用于大部分的单通道和多通道探测器中，芯片尺寸为  $2 \times 2 \text{ mm}^2$  或  $3 \times 3 \text{ mm}^2$ 。在第二章节产品描述部分我们讲到前缀中用“M”代表低麦克风效应，例如“LME”。

# 麦克风效应

## 4.4 对探测器特性的影响

下文我们将从电压模式和电流模式分别讨论这一由于压电效应产生的电压信号对于整个探测器信号的影响。通过以下测试结果的比较可以了解到什么时候需要采用低麦克风效应，以及其他降低压电效应的方法。

### 4.4.1 电压模式

热释电芯片上产生的电流经过由电容和电阻组成的低通滤波器而产生压降，JFET 调节此电压的阻抗与后续放大电路匹配。

机械激励的频率通常高于电拐点频率（0.025 ... 0.16 Hz），将开路的热释电芯片在探测器输出端所产生的电压定义为：

$$u_{\text{vibVM}} = u_{\text{vib}} \quad (42)$$

电压模式下，一个 100 g（ $1 \text{ g} = 9.81 \text{ m/s}^2$ ）的冲击所产生的干扰信号大约为几个毫伏，与典型的探测器信号在一个数量级。

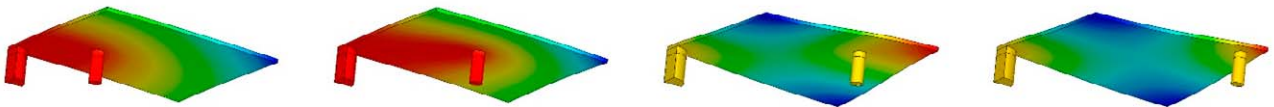


图 28: FEM 模拟结果

### 4.4.2 电流模式

在电流模式下，热释电芯片产生的电流由跨阻放大器（TIA）转换成电压信号。由机械激励所产生的电压可以转换成压电效应电流，并且随着机械激励的频率线性增加。在电流模式探测器的电拐点频率（10 ... 30 Hz）以上，振动噪声电压的增益  $\frac{u_{\text{vibCM}}}{u_{\text{vib}}}$  与热释电芯片的电容和反馈电容的比值类似。探测器的输出电压可由下式得出

$$u_{\text{vibCM}} = u_{\text{vib}} \cdot \frac{C_p}{C_{\text{fb}}} \quad (43)$$

# 麦克风效应

## 4.4.3 两种模式的比较

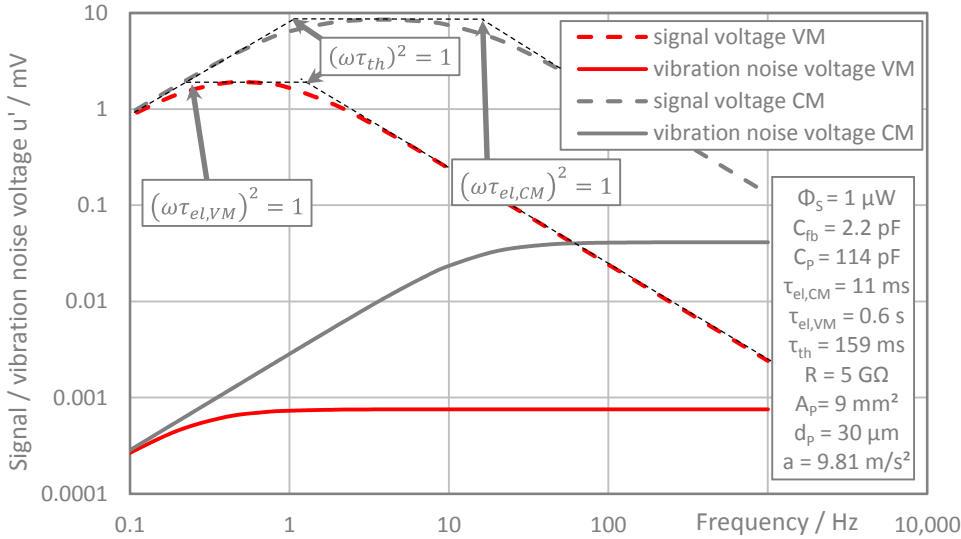


图 29: 电压模式 (VM) 和电流模式 (CM) 下信号电压和振动噪声电压的比较

在电拐点频率以上，两种模式由于机械激励所产生的电压均为一常量。电压模式的拐点频率大约只有几个毫赫兹，而电流模式的拐点频率要更高，振动噪声电压开始稳定的频率大约在 10 Hz。需要检测的信号以及扰动信号会以同样的方式放大。图 29 可见信号电压在整个光学调制频率内的规律（虚线所示）以及麦克风效应产生的干扰信号在整个机械激励频率内的规律（实线所示）。图中两条相应曲线间的距离即表示信号电压和干扰电压的比值，可以看出在热拐点频率以上两种模式的比例是一致的，并且都随着频率上升而下降。所以，不同的模式并不能帮助抑制压电效应产生的干扰信号。

# 麦克风效应

## 4.5 测试结果和总结

### 4.5.1 测试结果

图 30 是不同探测器的机械激励响应随着频率的变化曲线。电流模式探测器（LME-335， LME-341 和 LME-351）的振动噪声电压的差异来自于不同的放大倍数和热补偿。可以看出，LME-335 同时具有最大的麦克风响应以及红外辐照响应。

图 30 中还可以看到电压模式探测器 LIE-502 具有非常低的振动响应，使用了 InfraTec 公司专利芯片支架设计的 LME-502 探测器的振动响应更低。

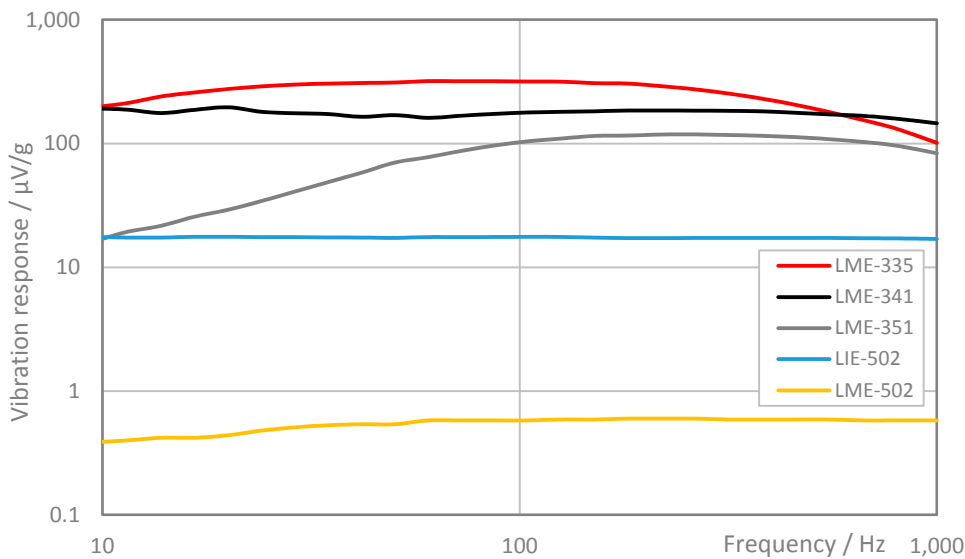


图 30: 整个机械激励频率范围内振动响应的测试结果：  
LME-335 (CM, (2 × 2) mm<sup>2</sup>, ‘低麦克风效应’, 100 GΩ || 0.2 pF),  
LME-341 (CM, (2 × 2) mm<sup>2</sup>, ‘低麦克风效应’, 24 GΩ || 0.2 pF),  
LME-351 (CM, (2 × 2) mm<sup>2</sup>, ‘低麦克风效应’, 5 GΩ || 0.2 pF),  
LIE-502 (VM, (3 × 3) mm<sup>2</sup>, 旧设计),  
LME-502 (VM, (3 × 3) mm<sup>2</sup>, ‘低麦克风效应’)

表 7 列举了典型探测器的测试结果。电流模式（CM）探测器相比于电压模式（VM）具有更高的振动响应。分析麦克风效应影响时，使用的都是 MEP 颤噪等效功率。可以看出无论何种模式，在 LME 探测器中使用的芯片结构有效地降低了麦克风效应。

探测器	振动响应 R <sub>vib</sub> (10 Hz, 25 °C) 单位 μV/g	信号电压响应 R <sub>v</sub> (500 K, 10 Hz, 25 °C) 无窗口单位 V/W	颤噪等效功率 (10 Hz, 25 °C) 单位 nW/g
LIE-502 (VM)	16	160	100
LIE-500 (CM)	550	5,500	100
LME-502 (VM)	0.5	160	3
LME-500 (CM)	65	20,000	3

表 7: 电压模式和电流模式探测器配合带降低麦克风效应的支架，其振动响应，信号电压响应以及 MEP 的比较

---

## 麦克风效应

---

### 4.5.2 总结

压电效应对热释电探测器的影响不可避免，也无法通过不同运行模式来降低，只能通过一些机械手段来优化。InfraTec 作为专业热释电探测器的生产厂家，通过精湛的机械结构有效地降低了机械激励的影响。

此外，以下方式可以进一步降低振动引起的干扰信号对于整个仪器的影响：

- 尽可能采用有阻尼作用的材料来抑制机械振动（例如，橡胶材质连接器，软性电线等）。请注意在恒定加速度下的形变与频率有关。一个正弦加速度  $1\text{ g}$  ( $=9.81\text{ m/s}^2$ ) 作用下形变的峰峰值为：

70 cm 在 1 Hz 下	7 mm 在 10 Hz 下	70 $\mu\text{m}$ 在 100 Hz 下	0.7 $\mu\text{m}$ 在 1k Hz 下
----------------	----------------	-----------------------------	-----------------------------

这意味着什么？也就是说实际应用中只有在振动频率超过 100 Hz 以上，一个紧凑的传感器模块中的机械阻尼才有效果。

- 干扰频率明显高于检测频率的噪声可以通过选择合适的电子带通滤波器来消除，例如可以选择高阶低通滤波器，其拐点频率至少是检测频率的三倍以上。

InfraTec 公司可提供丰富多样的探测器选择，无论是电压模式还是电流模式，各种补偿元，时间常数和放大倍数组别的探测器。适用于您不同的应用场合，需要考虑振动响应的场合也不例外。

总部

**InfraTec GmbH**

红外传感与测量

Gostritzer Str. 61 – 63

01217 Dresden / GERMANY

电话 +49 351 871-8625

传真 +49 351 871-8727

E-mail [sensor@InfraTec.de](mailto:sensor@InfraTec.de)

官网 [www.InfraTec.de](http://www.InfraTec.de)

美国分公司

**InfraTec infrared LLC**

Plano, TX / USA

电话 +1 877 797 6748

Fax +1 877 389 2668

E-mail [sensor@InfraTec-infrared.com](mailto:sensor@InfraTec-infrared.com)

官网 [www.InfraTec-infrared.com](http://www.InfraTec-infrared.com)

Chesterfield

总部  
Dresden

上海

英国分公司

**InfraTec infrared Ltd.**

Chesterfield / UK

电话 +44 1246 267562

Fax +44 1246 269381

E-mail [sensor@InfraTec.co.uk](mailto:sensor@InfraTec.co.uk)

官网 [www.InfraTec.co.uk](http://www.InfraTec.co.uk)

中国办事处

**InfraTec**代表处

c/o 德中工商协会

大中华区

上海/中华人民共和国

电话 +8621 68758536 ext 1633

E-mail [sensors@InfraTec.cn](mailto:sensors@InfraTec.cn)

官网 [www.InfraTec.cn](http://www.InfraTec.cn)



Latest information on the internet.

图片版权

fotolia: © photoworld, © Andrey Popov, © VRD, © shamtor, © ff-fotodesign, © sabdesign85

istockphoto: © TonyTaylorStock, © Peshkova