

## GAT 系列和 GLT 系列热释电探测器

中国科学院上海技术物理研究所的定型的热释电探测器产品有两个系列：GAT 系列（由 LATGS 晶体制成）和 GLT 系列（由  $\text{LiTaO}_3$  晶体制成）。GAT 系列分 100 型、200 型、300 型、400 型和 500 型；GLT 系列分 100 型、200 型、300 型和 400 型。100 型为单元探测器；200 型为阻抗变换探测器；300 型为探测器和前置放大器的组合件；400 型带有频率补偿电路，可以在较高的调制频率下工作；500 型是专门为红外分光光度计设计的、可直接代替真空辐射热电偶使用的组合件。

### 1. 频率特性

图 1 给出了热释电探测器探测率  $D^*$ 、响应率  $R$  和噪声  $V_N$  与调制频率  $f$  的关系。测量样品为 LATGS，采用悬空支撑结构。在 10 Hz 到 1000 Hz 调制频率范围内， $R \propto f^{-1}$ ， $V_N \propto f^{-\frac{1}{2}}$ ， $D^* \propto f^{-\frac{1}{2}}$ 。由此可见，热释电探测器的高频探测性能比其他热探测器好得多。

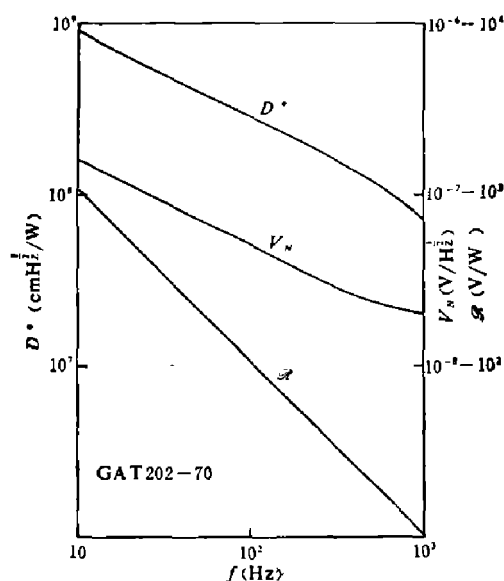


图 1 热释电探测器  $D^*$ 、 $R$  和  $V_N$  与调制频率  $f$  的关系

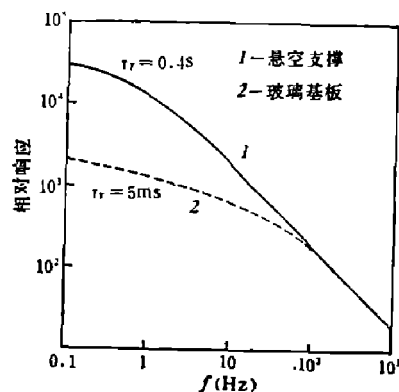


图 2 热释电探测器的低频频率特性

热释电探测器频谱响应受到探测器热结构和电参数的影响。图 2 示出了悬空支撑及带有玻璃衬底的探测器的低频响应特性。悬空支撑的热时间常数为 0.4 s，玻璃衬底的热时间常数为 5 ms。在 100 Hz 以下的频率范围内，后者的响应率比前者低。在 10 Hz 时约下降三倍。当频率大于 100 Hz 时，两者就没有区别了。

对于  $\phi 2 \text{ mm}$  的 LATGS 探测器，电容为 50 pF，测量时匹配电阻为  $2 \times 10^{12} \Omega$ ，电时间常数大于 100 s。根据探测器响应率的公式，尽管热释电探测器是一种交流工作器件，直流响应率等于零，但是由于电时间常数可设计得很大，即使在极低的调制频率时仍有良好的响应。我们测量了从 0.1 Hz 开始的频响曲线，证明直到 0.1 Hz 的调制频率，响应仍没有下降。因此热释电探测器特别适合测量变化很缓慢的辐射信号，是理想的能量探测器。相比

之下,其他热探测器就大为逊色了。

## 2. 温度特性

在室温范围, LATGS 晶体的各种热释电参数随温度变化都十分明显。图 3 给出了我们得到的响应率温度曲线。当温度低于  $35^{\circ}\text{C}$  时,随温度变化比较缓慢,在  $25^{\circ}\text{C}$  时变化率只有  $0.3\%/^{\circ}\text{C}$ , 当温度高于  $35^{\circ}\text{C}$  时,响应率就迅速下降,到居里点  $49^{\circ}\text{C}$  时,响应率下降到接近于零。实验证明, LATGS 探测器的温度重复性是好的,当温度从高于  $49^{\circ}\text{C}$  的温度回复到低温时,响应率能回复到原来的数值,说明晶体锁定极化是完全的。对于精度要求很高的探测系统,恒定探测器的工作温度是必要的。

LATGS 晶体结构脆弱,快的温度变化容易破坏其热释电性,甚至造成晶体碎裂。因此在使用、保存或运输 LATGS 探测器时,应严防冷热突变,要求温度变化速率每分钟不大于  $1^{\circ}\text{C}$ 。

$\text{LiTaO}_3$  探测器则不同。这种材料居里点很高,在室温范围,性能随温度变化很小。图 4 是响应率随温度变化的实验结果。从室温到  $60^{\circ}\text{C}$  的范围,响应率的温度变化率为  $0.1\%/^{\circ}\text{C}$  到  $0.2\%/^{\circ}\text{C}$ ,并且在很宽的温度范围内保持线性。

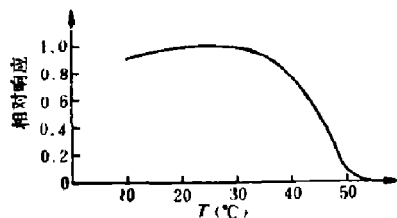


图 3 LATGS 探测器的相对响应与温度关系

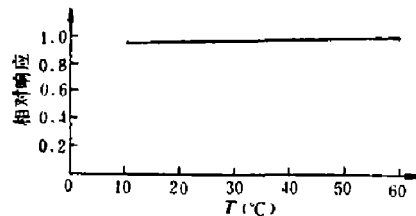


图 4  $\text{LiTaO}_3$  探测器的相对响应与温度关系

## 3. 光谱特性

实际热释电探测器的光谱响应与热释电材料、电极形式和窗口材料有关。

LATGS 晶体对于大于  $2.5\mu\text{m}$  直到几百  $\mu\text{m}$  的远红外辐射都有良好的吸收。因探测器的半透明电极表面反射而损失掉的辐射功率大约为 10% 到 20%。窗口材料的透射特性规定了探测器的使用波长范围。LATGS 探测器在可见光和近红外波长范围内使用时,表面须进行黑化处理,增加对辐射的吸收。图 5 是 LATGS 探测器的光谱响应曲线。

$\text{LiTaO}_3$  晶体对于  $6\sim 12\mu\text{m}$  的辐射功率吸收很好,但对于光谱测量来说,这是很不够的。因此,一般地说,探测器表面应进行黑化处理,以得到平坦的光谱响应。图 6 是黑化后  $\text{LiTaO}_3$  探测器的光谱响应曲线。

选择不同的窗口,可以使我们研制的 LATGS 和  $\text{LiTaO}_3$  探测器满足从紫外到毫米波的各个波长范围内的不同要求。

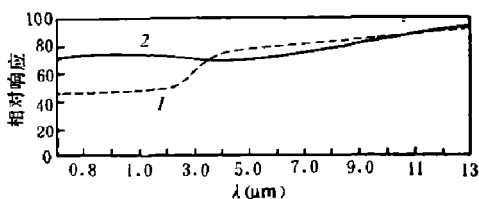


图 5 LATGS 探测器的光谱响应曲线  
1—半透电极; 2—金黑

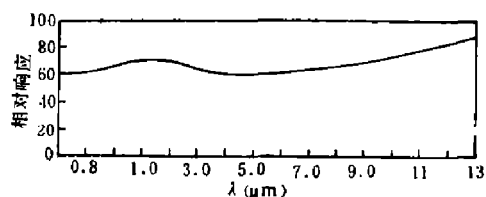


图 6  $\text{LiTaO}_3$  探测器(带金黑)的光谱响应曲线

#### 4. 振动对探测器噪声的影响

热释电材料对声音和机械振动十分敏感, 这种压电效应对于热释电探测器的使用是不利的。把探测器灵敏元密封在真空中, 有助于降低这种干扰。

实验结果表明, 在低频工作时, 一般的振动对我们设计的悬空结构探测器的噪声没有明显的影响。振动噪声出现的频率范围一般大于几百赫, 因此在低调制频率工作时, 可以用滤波电路降低振动对噪声的影响。我们模拟一般光谱仪器正常工作时的振动状态, 测量探测器在无振动和有振动条件下的噪声, 绝大部分探测器噪声增加的幅度不大于 20%。

#### 5. 探测器的功率阈值

悬空器件的探测器具有高探测率, 其噪声等效功率小于  $1 \times 10^{-10} \text{ W/Hz}^{\frac{1}{2}}$ 。这种结构散热差, 决定了探测器的线性功率范围比较小, LATGS 探测器的最大线性功率密度小于  $2 \text{ mW/mm}^2$ , 钽酸锂探测器为  $50 \text{ mW/mm}^2$ 。使用时, 入射到探测器上的功率不能超过规定的数值。

探测器与放大器组装以后, 线性功率阈值受放大器动态范围的限制。例如 GAT300 型探测器的线性功率密度小于  $1 \mu \text{ W/mm}^2$ , GLT300 型探测器小于  $2 \mu \text{ W/mm}^2$ 。超过规定的数值, 放大器就不能正常工作。

图 7、8、9 分别是 GAT-100 型、GAT-300 型、GAT-500 型探测器的外形结构。



图 7 GAT-100 型探测器



图 8 GAT-300 型探测器

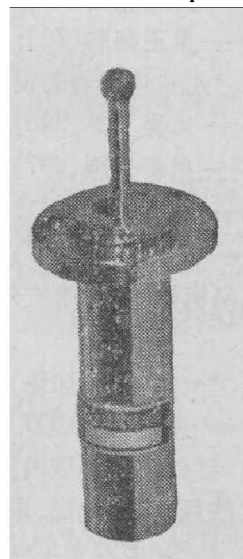


图 9 GAT-500 型探测器

马述侃

(中国科学院上海技术物理研究所)