

钽酸锂单晶的损耗角正切

王绍泽

(华北光电技术研究所)

$\text{tg } \delta$ 产生的热噪声是热释电探测器的主要噪声源, 降低 $\text{tg } \delta$ 以提高热释电器件性能具有重要意义。

实际测量的钽酸锂单晶损耗主要有三个来源:

1) 本征损耗 $\text{tg } \delta_1$ 。它与材料贯穿电阻 R_1 及极化建立过程有关。测量频率较低时, 钽酸锂单晶的本征损耗仅取决于贯穿电阻 R_1 , 它与材料纯度、杂质种类、晶体结构完整性及晶体极化工艺条件等有关。 $\text{tg } \delta_1$ (为 10^{-5} 量级) 反映材料自身性质。

2) 旁路漏导损耗 $\text{tg } \delta_2$ 。它由样品受到污染引起。在样品制备及测量工艺中, 主要是蒸发或涂敷金属电极时, 样品侧面沾污, 焊接电极引线时焊剂沾污清洗不彻底, 以及吸附空气中潮气等形成样品电容器的旁路电阻 R_2 。 R_2 与 R_1 并联, 测量频率 1000 Hz, 样品电容 $C = 50 \text{ pF}$ 时 $\text{tg } \delta_2 = 3 \times 10^6 R_2^{-1}$, 当 $R_2 \leq 10^{11} \Omega$ 时, $\text{tg } \delta_2 \geq 3 \times 10^{-5}$, 如不小心, 这项损耗对钽酸锂单晶损耗测量结果有重大影响。

(3) 热散失损耗 $\text{tg } \delta_3$ 。它由热与电的耦合效应引起, 测试样品可以通过引线热传导等方式损失能量, 产生的损耗 $\text{tg } \delta_3$ 可能达到 $10^{-5} \sim 10^{-4}$, 它与电极引线直径及环境对流等有关。引线直径大, $\text{tg } \delta_3$ 大。

基于以上分析, 在检测本所生长的钽酸锂单晶损耗工作中采取了相应的措施。本所生长钽酸锂单晶的原材料为光谱纯碳酸锂和 99.99% 的五氧化二钽, 锂与钽的克原子配比为 0.953, 用钽坩埚高频加热在氮气中提拉。样品制备工艺是: X 光定向, 垂直 Z 轴 (偏离小于 1°) 切片, 研磨抛光 (片厚约 0.3 mm), 烧结银电极, 切成方块 ($6 \times 6 \text{ mm}^2$), 焊直径 0.1 mm 的银丝引线, 超声清洗并干燥处理, 最后测量。测量仪器为美国 GR1621 电桥, 频率 1000 Hz, 测量屏蔽盒内放有保干剂。测量结果, 大部样品的 $\text{tg } \delta$ 为 8×10^{-5} , 部份样品达 2×10^{-5} , 比文献值低约一个量级。

本文还按 S. Weiner H. P. Beerman 的 *NEP* 公式及典型参数值计算了钽酸锂热释电器件的各组份噪声值, 发现按现有 FET 和器件工艺水平, 当 $\text{tg } \delta$ 从 3×10^{-3} 降到 10^{-4} 时, 总 *NEP* 约下降 22%, 器件性能提高不显著, 只有当 FET 栅漏电流和器件厚度等进一步改善后, 钽酸锂低损耗的优势才能充分发挥出来。