

Hot or Cold 之 红外测温的精度

Copyright © 2019 Siglent Technologies, All Rights Reserved

访问 www.siglent.com 获得更多鼎阳仪器信息

联系鼎阳: market@siglent.com 或 拨打免费电话 400-878-0807

温度测量在产品测试过程中是一个关键步骤，可以用来计算半导体器件的工作结温、计算电解电容的工作寿命、掌握机壳的表面温度等等，这些数据对于评估产品的可靠性至关重要。

而在测量温度的时候，接触式热电偶和非接触式红外仪器是最常用的两类设备，以下是目前硬件测试实验室在使用的测量设备：

红外热像仪-Fluke/Ti32	红外测温仪-Fluke/62mini	热电偶-MCC/USB5201
		

图一

当然出现两种温度测量设备并不是偶然，因为各有各的长处。

热电偶的优点是测量结果准确，缺点是热偶线的粘贴以及有待测物达到热平衡的时间长，所以测量比较费工费时，温度响应速度也比较慢。

红外仪器的优点是测量快速，而且可测量难以靠近的物体温度，缺点是测量结果容易受到影响，而且无法直接测量封闭结构内部的器件温度。

所以在实际应用中，通常是先使用红外测温仪快速扫描产品的高温区域分布，然后再使用热电偶进行准确的温升测试。

但在测量精度上很多人都会有这样的疑问：“同样在测量处于开放环境下的物体表面温度，红外测温仪能否代替热电偶？”如果可行，那么很多场景下的温度测试使用红外测量能够节省大量时间。

一、测温原理

1、红外测温原理

在自然界中,当物体的温度高于绝对零度时,由于它内部热运动的存在,就会不断地向四周辐射电磁波,其中就包含了波段位于 0.75 ~ 1000 μm 的红外线，红外测温仪即通过测量该辐射量来计算待测物体温度。

斯蒂芬—玻耳兹曼定理：

$$P_b(T) = \sigma T^4 \quad -- \quad (1)$$

其中：

$P_b(T)$ -- 温度为 T 时，单位时间从黑体单位面积上辐射出的总辐射能，称为总辐射度

σ -- 斯蒂芬—玻耳兹曼常量

T -- 物体温度

以上是黑体辐射公式，此处引入一个辐射率参数 $\varepsilon(\lambda)$ ，定义为：

因为只有黑体 $\varepsilon=1$ ，自然界中的物体 $0<\varepsilon<1$ ，称为灰体，将式（2）带入式（1）得到：

$$\varepsilon(\lambda) = P(T) / P_b(T) \quad \text{--- (2)}$$

根据基尔霍夫定理：物体表面的半球单色发射率(ε)等于它的半球单色吸收率(α)， $\varepsilon = \alpha$ 。在热平衡条件下，物体的辐射功率等于吸收功率。设被测目标的温度为 T_1 ，环境温度为 T_2 ，该目标单位面积表面发射的辐射能为，而被它所吸收辐射能为，则该物体发出的净辐射能 Q 为：

$$P(T) = \varepsilon\sigma T^4 \quad \text{--- (3)}$$

其中：

A -- 单位面积

ε -- 辐射率

α -- 吸收率

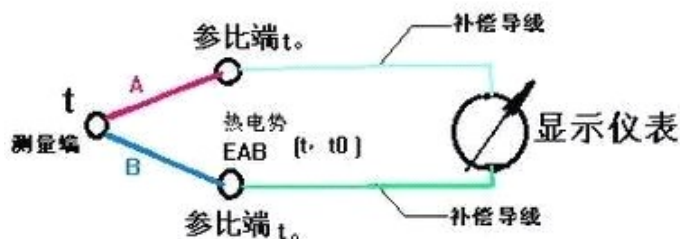
因为 $\varepsilon = \alpha$ ，式（4）简化为：

$$Q = A\varepsilon\sigma(T_1^4 - T_2^4) \quad \text{--- (5)}$$

红外测温仪即参照公式（5）进行温度测量。注意公式中除了参数 T_1 ，其他参数都会影响到红外测温仪的测量结果，主要因素有辐射率 ε ，透射率 τ ，背景温度 BG 以及其他因素影响。

2、热电偶测温原理

热电偶测温是根据热电效应，即塞贝克效应原理。以下仅作简单描述：



图二

如上图将不同材料的导体 A、B 接成闭合回路,接触测温点的一端称测量端,一端称参比端。若测量端和参比端所处温度 t 和 t_0 不同,则在回路的 A、B 之间就产生一热电势 $E_{AB}(t, t_0)$,这种现象称为塞贝克效应。

E_{AB} 大小随导体 A、B 的材料和两端温度 t 和 t_0 而变,这种回路称为原型热电偶。

在实际应用中,将 A、B 的一端焊接在一起作为热电偶的测量端放到被测温度 t 处,而将参比端分开,用导线接入显示仪表,并保持参比端接点温度 t_0 稳定。显示仪表所测电压只随被测温度而 t 变化,从而通过测量电压计算得到测量端的温度值。

二、温度测量验证

考虑到热电偶测量准确度更高,所以使用 MCC/USB5201 的测试结果作为标准参考值,比较红外测试设备与其测量结果的差异,从而评估准确性。

1、测试环境

温度测试点选择以下比较典型的:CPU 散热片(代表金属散热片)、电源 IC 表面(代表半导体器件)、硬盘金属外壳(代表表面光亮的金属)、电解电容铝壳。



图三

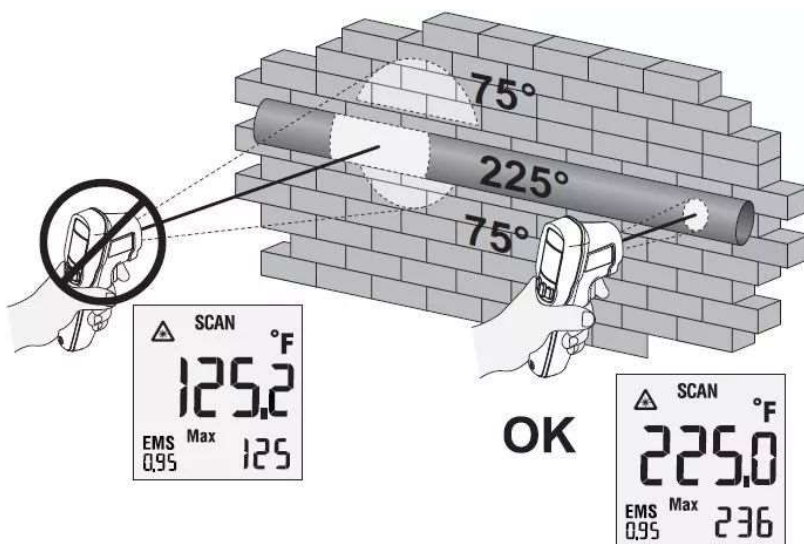
2、测试结果

测试点	MCC/USB5201	福祿克/Ti32	福祿克/62 mini
CPU 散热片	47.25	49	49.2
电源 IC	53.4	55.4	43.2
硬盘金属壳	44.5	31.8	31.6
电解电容铝壳	38.4	41.1	40.4

表 1 单位: (°C)

(1) 注意 62mini 在测量小尺寸电源 IC 上的误差

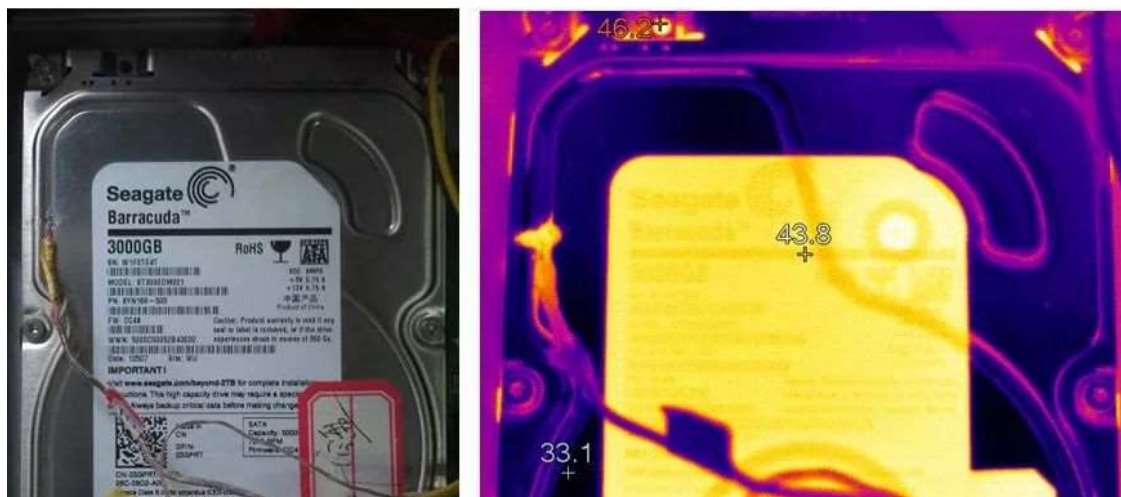
62mini 因为产品设计的原因，只能测量采集范围内的所有物体温度的平均值，所以使用时就必须注意到应用场景。如果待测物体尺寸大于或接近采集范围，那么测量结果还是比较准确的，与 Ti32 结果相近；但如果待测物尺寸远小于采集范围，误差就比较大。如下图所示：



图四

(2) 注意红外测温仪对硬盘金属壳的测量结果

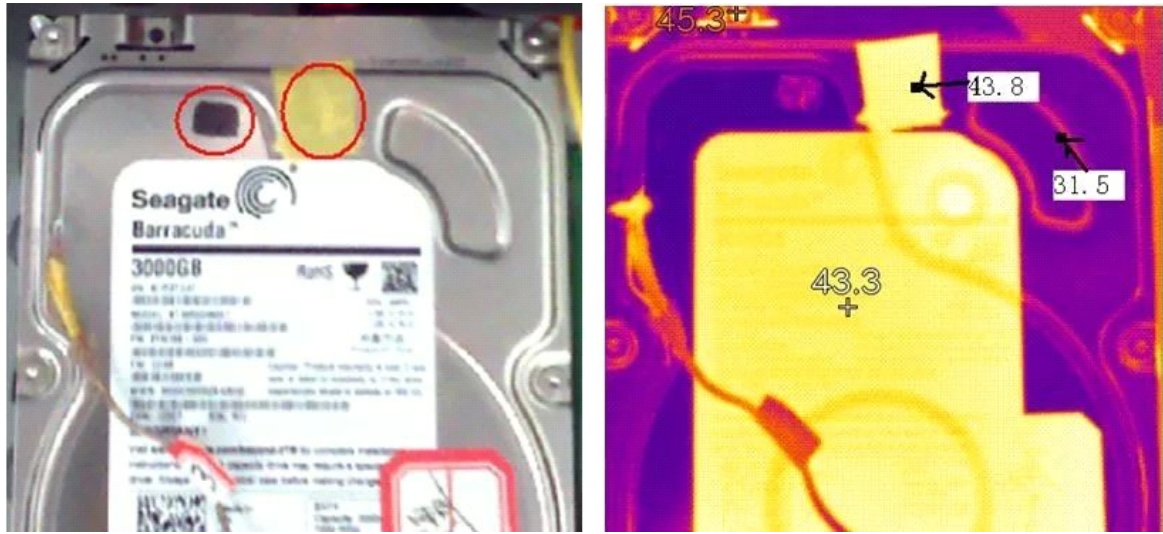
规格标签和金属外壳的温度经过热电偶测试验证温度相同，但使用热像仪测试（如图 6），标签温度为 43.8℃，金属外壳温度为 33.1℃，出现了接近 10℃ 的差别。



图五

验证分别在金属表面粘贴黄胶带和使用黑色记号笔涂抹后的测量值，可见黄胶带表面测量温度和标签以及热电偶测量温度近似为 43.8℃。而记号笔涂抹后没有作用。所以如果需要测量这类比较光滑的金属表

面，因为其辐射率比较低，所以可在其表面覆盖高辐射率的导热材料，如黄胶带、电工胶带或者涂抹导热硅脂，待其与待测物达到热平衡后，测量覆盖材料的表面温度作为测试结果作为近似值。

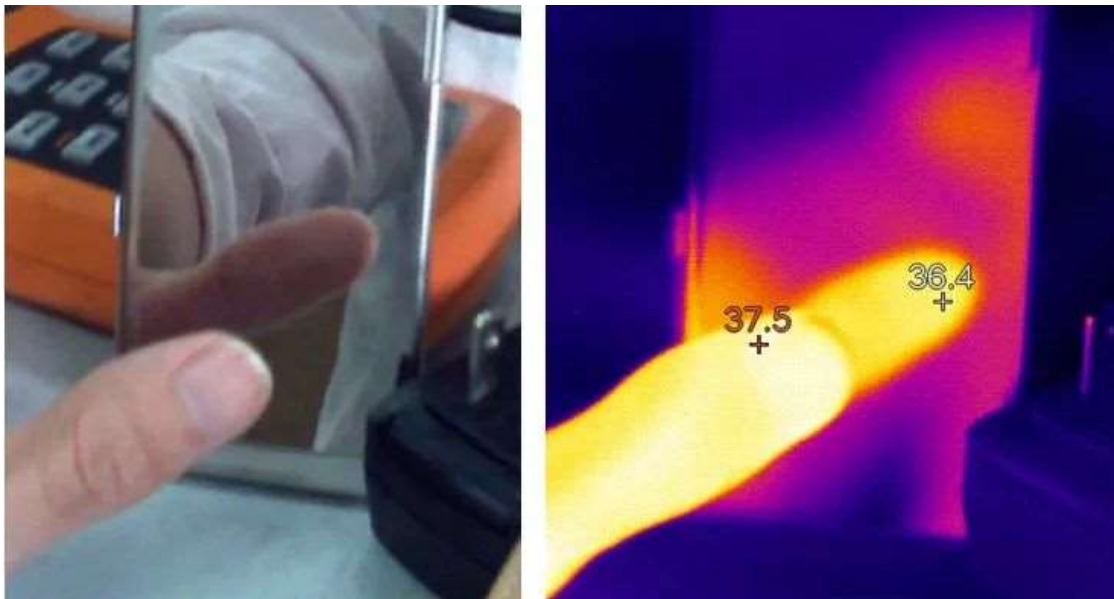


图六

三、注意会影响到测试结果的因素

1、反射现象 - 当心表面光亮的金属可能产生错觉

下图为不锈钢表面的温度测量。其表面温度使用热电偶测量是 29°C 左右，但注意如果将手指靠近其表面后，实际测量会得到一个 36.4°C 的高温区。当然这个高温区并不是真实存在的，是不锈钢表面反射手指的红外成像，就像可见光的镜面反射一样，并不是待测物表面的热辐射。



图七

2、透射现象 - 当心看似透明的材料可能并不能透过红外能量

下图中当手和红外测试仪之间被亚克力隔离后，会发现手指的热成像也被阻断了，所以图中 28.1℃ 只是亚克力表面的温度。实际上只有少数材料可以透过红外线，如：锗、硅、塑料薄膜等，而且当在测量路径上有这些材料的时候，也必须将材料的透射率参数输入热像仪中，否则测量结果并不可靠。



图八

3、其他注意情况

另外还有一些情况需要注意，在此不做验证。包含大量水蒸汽的大气层会吸收和散射红外辐射能，如在高湿度的条件下观看远景；当待测物直径太小而无法填满像素，例从远处观看高压线。

四、结论

(1) 热像仪 Ti32 在 $\epsilon=0.95$ ， $\tau=100\%$ ， $BG=20^\circ\text{C}$ 设置下，测量目前产品的大部分部件温度，准确程度可以接受，与热电偶差别在 2°C 左右。但在测量光滑金属表面或使用在高湿环境等情况下需要注意评估测量结果。

(2) 62mini 使用时需要特别注意到：只有待测物尺寸大于采集范围时，其测量结果才比较准确，与 Ti32 接近。其他需要注意的情况与 Ti32 基本相同。

所以红外测温仪如果使用得当，在针对物体表面温度的测量上，准确性是可以接受的，当然如果对精度要求很高，还是需要使用接触式热电偶的测量方法

关于鼎阳硬件智库

鼎阳硬件设计与测试智库（简称鼎阳硬件智库）由深圳市鼎阳科技有限公司领衔创办，是中国第一家“智力众筹”模式的硬件智库。

鼎阳硬件智库顺势顺势，倡导“连接-分享-协作-创造”的理念，高举志愿者服务的大旗，相信互联网是“爱”的大本营，相信人们都有发自内心分享的愿望。

鼎阳硬件智库选择硬件领域最普遍的七类问题：电源，时钟，DDR，低速总线，高速总线，EMC，测试测量进行聚焦。寻找“最针尖”的问题进行研讨，针对“最针尖”的问题组织专家答疑，将硬件大师积累的宝贵知识和经验变成公众财富，惠及更多硬件人。鼎阳硬件智库的运作载体包括“线上”的微信公众号分享，微信群，网站，网络社区论坛，博客，邮件群等多种互联网工具和“线下”的专家论坛和专家把脉。“线上”的分享坚持原创，坚持干货，保持专注和深耕。“线下”专家论坛邀请硬件相关的一线实战派专家分享“最干货”的硬件设计与测试知识与经验，面对面相互研讨；“线下”的专家把脉，通过大数据连接，促使具体问题和最熟悉这个具体问题的专家“精准匹配”，远程问诊和现场解决问题相结合。

鼎阳硬件智库，群策群力，连接所有硬件人。

有硬件问题，找鼎阳硬件智库。



扫码关注鼎阳硬件智库，为您提供更多硬件干货