

给福禄克 VT02 可视红外测温仪加装微距镜

杨小郁

(四川制药股份有限公司, 四川 成都 611930)

摘要: 福禄克 (FLUKE) VT02 可视红外测温仪是一款老仪器, 给它加装微距镜, 使其可以近距离观察电路板上的电子元件发热情况, 扩大了使用范围, 继续发挥作用。

关键词: 福禄克 VT02; 红外测温仪; 微距镜

中图分类号: TH811 **文献标识码:**

Add a macro lens to the Fluke VT02 visible infrared thermometer

Yang Xiaoyu

(Sichuan Pharmaceutical Co., Ltd, Chengdu, 611930, China)

Abstract: The FLUKE VT02 visible infrared thermometer is an old instrument . Add a macro lens to it for closely observe the heating of electronic components on the circuit board, expanding its range of use and continuing to play its role.

Key words: FLUKE VT02 Infrared thermometer Macro Lens

福禄克 (FLUKE) VT02 可视红外测温仪是全球第一款可视红外 (带热图) 测温仪, 是福禄克公司于 2012 年底推出的全新测试工具, 上市价格要 4 千元左右一台。现在, 廉颇老矣, 其功能已经跟不上时代的发展步伐, 但丢了也可惜。给它制作附加微距镜, 扩大使用范围, 可以观察电路板上的贴片电子元件短路发热故障情况, 提高维修效率, 继续发挥余热。下面是制作过程。

1、福禄克 (FLUKE) VT02 外观



福禄克（FLUKE）VT02 采用英国 IRISYS 公司生产的低成本热释电阵列传感器 REDEYE-6A，物理分辨率较低，为 31×31 像素。VT02 实际红外分辨率为 $15 \times 15 = 225$ 像数。为了增加辨识度、达到更好地观测效果，采用了热成像与可见光融合技术来补偿低分辨率红外传感器的系统。VT02 配有一个视觉相机，根据需要，可将图像从全热成像混合至全视觉图像。因此，它有两个镜头，见下图。仪器前部是观测窗，一个是热红外镜头，采集物体散发的热辐射信号，供内部非制冷热释电阵列传感器 REDEYE-6A 工作；另一个是可见光镜头，采集物体表面反射的可见光，供内部视觉相机 CCD（CMOS）传感器工作。

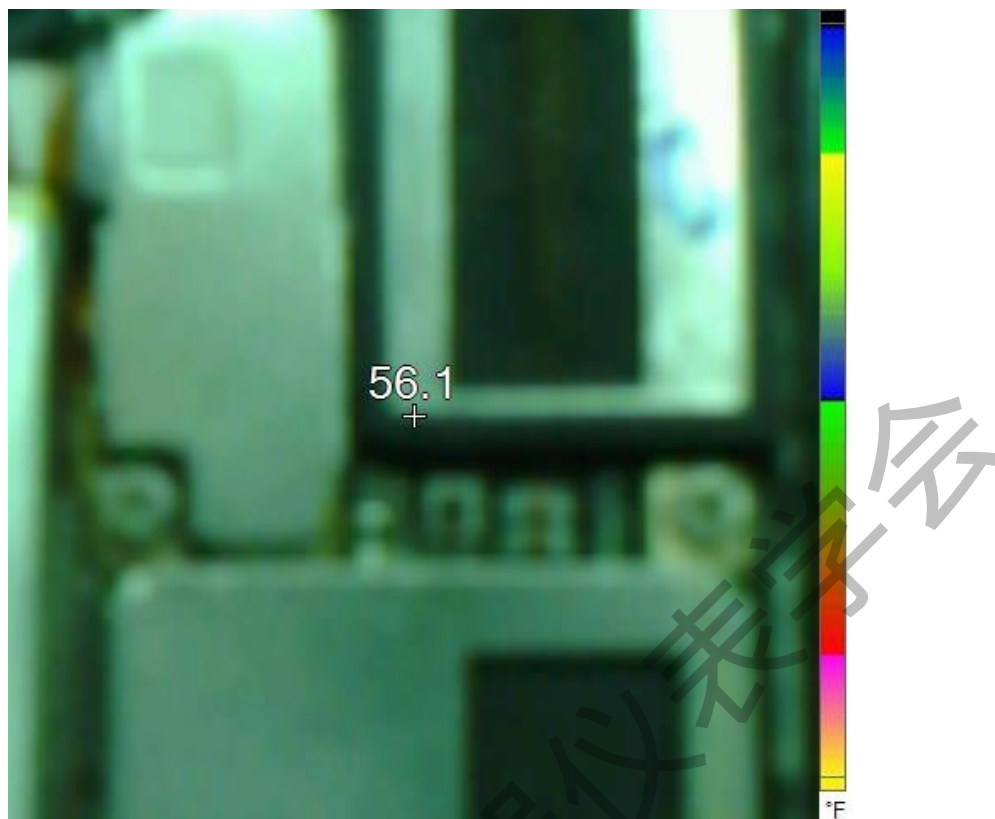


仪器热红外镜头采用锗玻璃镜头（不透明）、可见光镜头采用普通玻璃光学镜头：



VT02 红外传感器波长范围 $6.5\mu\text{m}$ - $14\mu\text{m}$ ，VT02 视觉相机为 11025 像素（现在看来，该像素简直是惨不忍睹）。VT02 的焦距是固定的，不能自动对焦。最近观察距离（nerve 档）为 15cm，对于电路板上的微小贴片电子元件而言，这个距离还是太远，不能用于细微观察。

下图是仪器近距离档（nerve 档）观看某手机局部结构的图片(可见光模式)，镜头贴近电子元件使得图像较大，但成像模糊根本看不清楚：



2、选择微距透镜

根据光学照相机加装微距镜的原理，只需在福禄克（FLUKE）VT02 的双镜头前分别加装红外微距镜和普通光学微距镜，就可以改变其焦距、近距离观察电路板上微小的贴片元件。

附加镜头与原仪器镜头两透镜叠加合成焦距估算公式：

$$f_{\text{合}} = (f_1 * f_2) / (f_1 + f_2 - d), \quad (d \text{ 两透镜距离})$$

$$\text{本文中, } f_{\text{合}} = (15 * 5) / (15 + 5 - 1.8) = 4.12 \text{ (cm)}$$

加装微距镜后，观测电路板上微小电子元件的清晰度大大提高，可以分辨出元件类型，见下图（可见光模式）：



普通光学微距透镜的选择：由于福禄克（FLUKE）VT02 的视觉相机（普通光学相机）像数很低，对于光学透镜的材质要求不高，玻璃及亚克力材质都行，选用焦距 5cm~10 cm 焦距的放大镜头比较适宜，镜片直径与 VT02 的视觉相机的镜头孔相等或稍大一些都行。本制作选用一片折叠放大镜上的直径 12mm、焦距 50mm 的玻璃透镜，见下图：



红外热成像微距透镜的选择：由于普通热成像工作波长一般在 $8\sim 14\mu\text{m}$ 附近，普通光学玻璃透镜透过波长一般 $0.3\sim 2.5\mu\text{m}$ ，因此对 $10\mu\text{m}$ 左右波长的黑体红外热辐射几乎是全吸收，不能用于红外热成像透镜，因此普通光学玻璃透镜不能作为红外镜头的附加微距镜。能穿透长波红外线的玻璃，用的最多的是锗玻璃和硒化锌玻璃。但锗玻璃很贵。考虑到低成本及取材容易，选用直径 12mm 、焦距 50.8mm 的硒化锌透镜（主要应用于二氧化碳激光雕刻机聚焦透镜），价格才几十元一片，波长范围 $0.5\sim 22\mu\text{m}$ 左右，完全覆盖热成像对波长的要求，同时对 500nm 波段可见光也能透过，所以其玻璃透镜看起来是黄色透明的。



如果不知道手头透镜的焦距时，可以按照下面的方法计算：

①采用平行光聚焦法确定透镜的焦距。需要凸透镜、白纸和标尺。凸透镜正对着阳光，观察白纸上光斑的形状。当达到最小和最亮时，用刻度尺测量光斑到凸透镜中心的距离，重复几次取平均值。（或在室内较暗处，用白炽灯代替阳光，凸透镜正对着白炽灯，观察白纸上光斑的形状。当显现钨丝达到最细和最亮时，用刻度尺测量光斑到凸透镜中心的距离，重复几次取平均值。）

②采用非聚焦成像方法确定透镜的焦距。需要一个小电珠灯泡、一个凸透镜和一个标尺。用凸透镜由近及远观察灯泡中的灯丝。刚好从视线看不见的时候，用刻度尺测量两者之间的距离，重复几次，算出平均值。

3、制作微距镜框架

取 1mm~1.5mm 厚的塑料板制作微距镜框架。根据仪器观测窗镜头位置，钻两个直径 12mm 孔将镜片安装上（镜片凸面向外，边缘涂粘接剂），为了加固和美观，再粘两个黑色塑料外圈，框架旁边钻 4 个小孔，捆扎橡皮筋，用于固定在仪器镜头前，安装、取下都很方便：





下图是固定好微距镜的仪器：

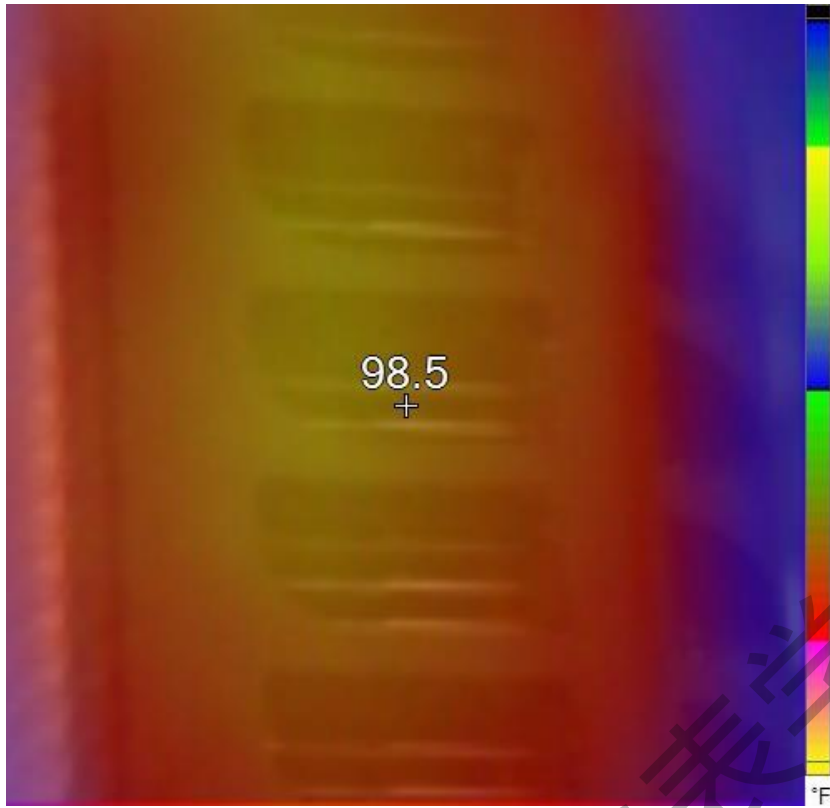




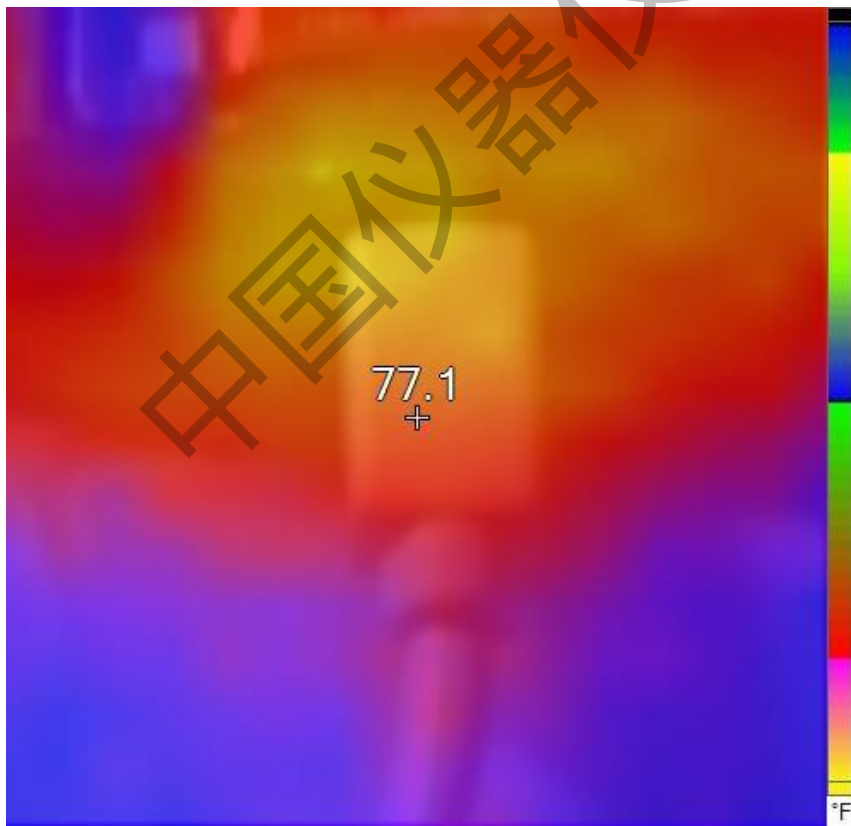
4、仪器微距观测情况

仪器加装微距镜后，用于观察电路板上的贴片电子元件发热情况。下图是仪器近距离档（near 档）安装微距镜后，拍摄的一些图片（室温 16°C）：

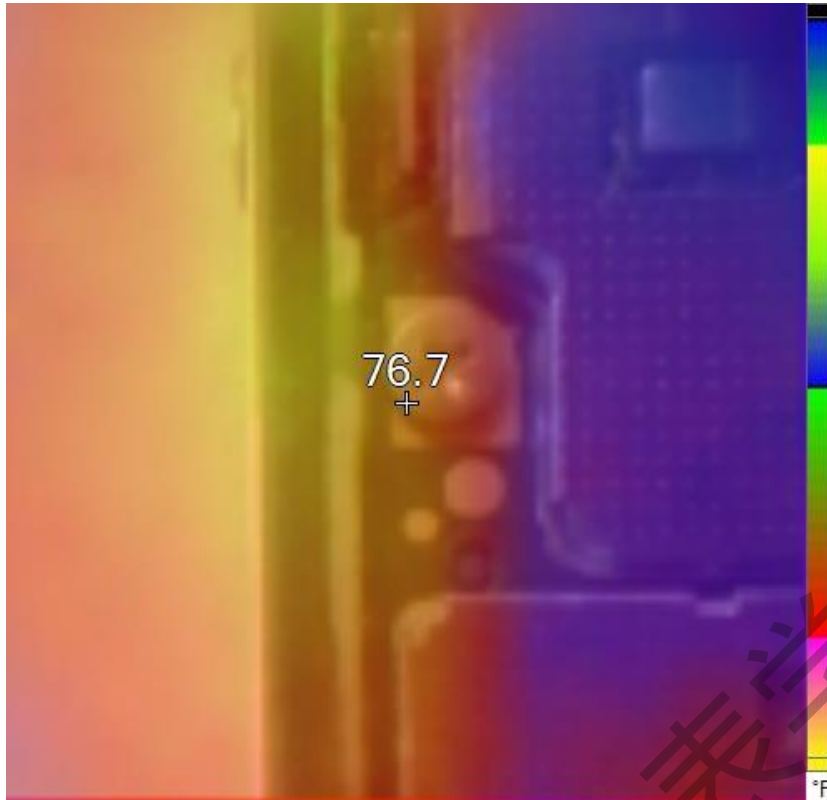
笔记本电脑散热孔：



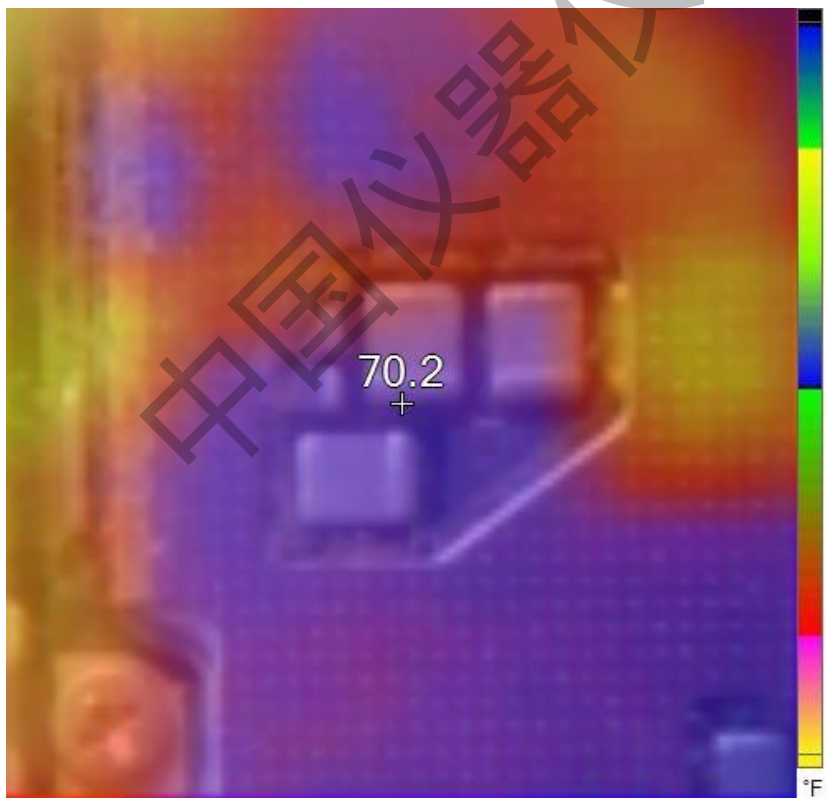
手机充电线，插头处发热情况：



某手机电路板边缘发热情况：

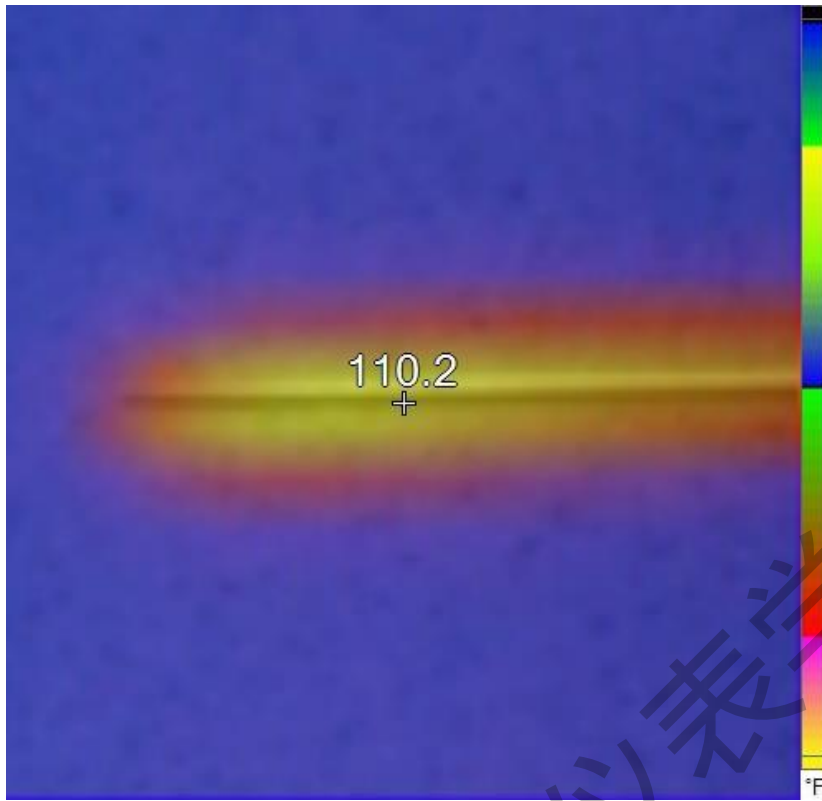


某手机电路板屏蔽罩发热情况：

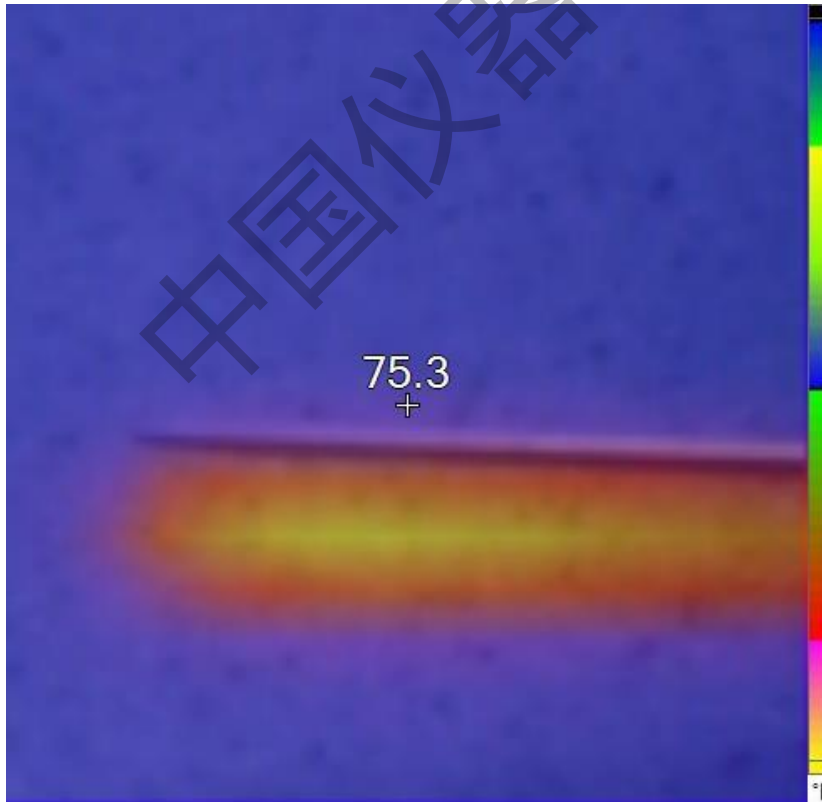


观测需要注意问题：福禄克（FLUKE）VT02 最近观测距离（near 档）为 15cm。在此距离处，热成像与可见光图像融合良好，过近或过远，热成像与可见光图像融合不好，二者图像重合度差，仪器屏幕上热成像图像位置偏离物件实际位置，观测效果不理想。

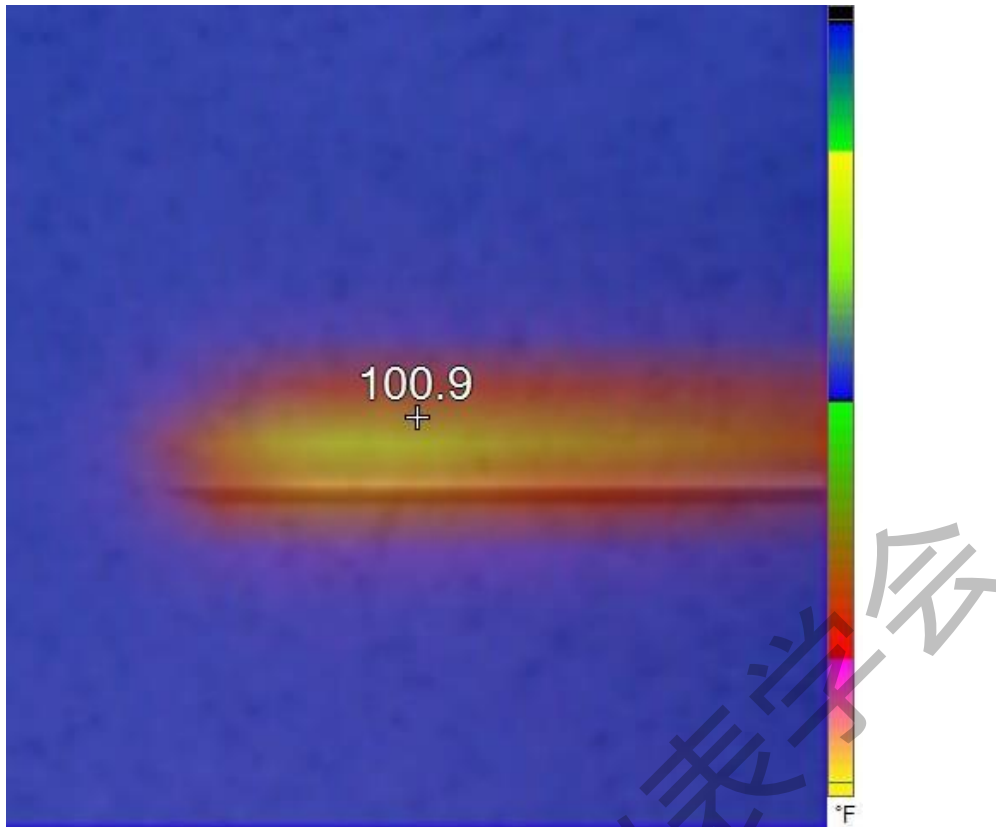
下图是距 15 厘米处，观察一根受热细铁丝，热成像与可见光图像融合良好：



下图是距离小于 15 厘米观察一根受热细铁丝，热成像呈下偏差：



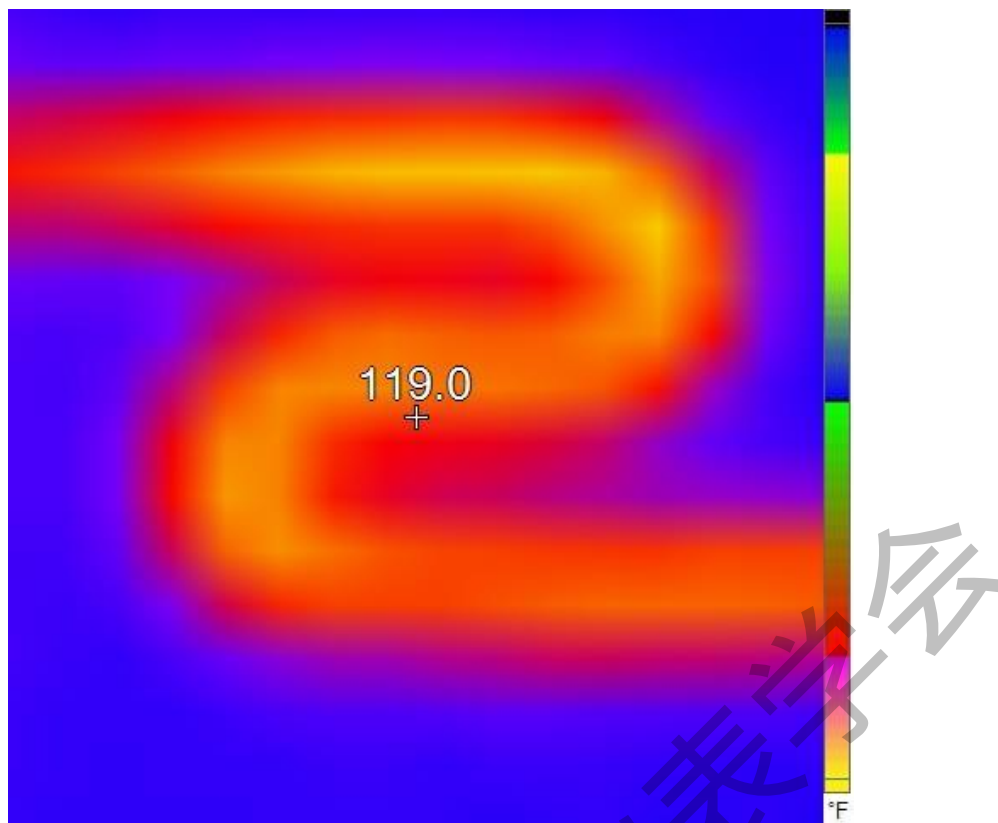
下图是距离大于 15 厘米观察一根受热细铁丝，热成像呈上偏差：



同样的道理，当给仪器加装热成像及普通光学微距镜后，由于观测距离更近，热成像与可见光图像融合度更差，屏幕上两图像位置相距更远。这是仪器结构决定的，无法改动。在实际使用中，对一些要求较高的观测工作，可以按照下面的操作办法，得到较好的观测图像效果：

给仪器安装微距镜后，将仪器置于可升降观察架上，电路板置于工作台上，有一些适当的环境光。仪器开机，先置图像模式为全可见光，调节仪器镜头与被观察电路板的距离，使电子元件的光学成像清晰可见，然后再调节仪器热成像与可见光图像融合比例至合适观测位置（选择热成像 70~100%），慢慢平移工作台上的电路板，寻找有异常发热故障的元件。

下图是电路板上一段有电流线路（宽 1mm）的全红外热图：



知道该仪器近距离观察物体有融合度不够好这个问题后，当被测发热点单一，观测工作要求不高，只需将仪器观测焦点（十字星）对准热成像中心，也能得到被测发热点温度值，不必要求图像 100%融合后再测量，这样简单快捷一些。

结语：给热成像仪加装微距镜，无需昂贵的锗玻璃镜头，采用激光雕刻机上使用的硒化锌聚焦透镜，取材容易，性价比最高。市面上绝大多数热成像仪配套的微距镜也是这种方案，值得一试。