

热反射广域热物性综合测试系统 AU-TRSD103

现代工业中，热反射广域热物性综合测试系统的需求增加。纳米薄膜材料的应用广泛，对精确的热扩散系数和导热系数测量至关重要。该测试系统通过先进技术测量材料的热导率和比热容等关键物性参数，为高效热管理提供支持。

系统概述

热反射广域热物性综合测试系统基于“泵浦-探测”原理，结合了频域热反射、空间域热反射、稳态温升法、方脉冲热源法的优点，具有强大的热物性综合测试能力，能够测量从薄膜到块体材料的热导率、比热容和界面热阻。系统自动化程度高，操作简便，特别利于大批量快速测量。

- ①可测参数多
- ②可测范围广
- ③测量精度高
- ④操作简便
- ⑤支持定制
- ⑥终身技术支持

应用领域

- ①材料研究与开发
- ②能源领域
- ③电子器件研究
-

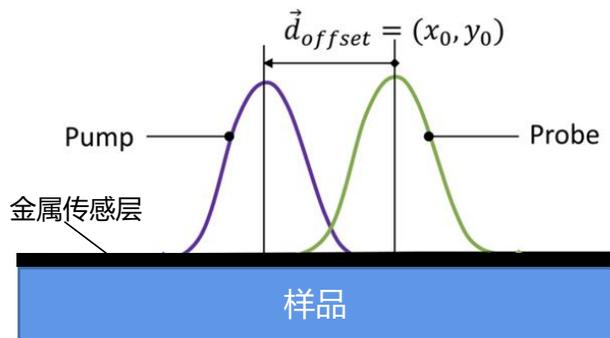
标准系统测量能力

1. 无需知道样品的纵向热导率，可独立测量样品的面内各向异性热导率张量，面内热导率测量范围：
0.5 - 5000 W/(m·K)，测量误差 < 5%;
2. 对各向同性样品，可同时测量其热导率与体积比热容，热导率测量范围：
0.05 - 5000 W/(m·K)
比热容测量范围：
0.1 - 10 MJ/(m³·K)，测量误差 ≤ 10%
3. 无需知道样品的比热容，可独立测量样品的平均热导率 $\sqrt{k_x k_z}$ ，测量范围：
0.05 - 5000 W/(m·K)，测量误差 ≤ 10%
4. 可测薄膜样品从100nm到无限厚
5. 可测小尺寸样品，径向直径 ≥ 0.05mm
6. 样品表面粗糙度 ≤ 15nm

升级系统额外能力

7. 热导率和比热容成像，分辨率达1μm
8. 界面热阻测量

基于光学的交流量热法



- ①样品表面镀100 nm厚的金属膜做温度传感层；
- ②经调制的泵浦光周期性加热样品；
- ③探测光测量距离泵浦光不同位置处的温度响应的幅值与相位；
- ④由相位差信号和归一化幅值信号同时拟合样品面内热导率和光斑尺寸；
- ⑥热导率测量误差 $\leq 5\%$ ，光斑尺寸测量误差 $\leq 2\%$ 。

系统配置

电源需求：110/220 VAC, 50/60 Hz, 15 Amp
激光波长：泵浦638 nm，探测785 nm（标配，可根据用户需求选配）

激光功率：泵浦100 mW，探测20 mW（标配，可根据用户需求选配）

调制频率范围：标配DC-5 kHz，可升级到5 MHz、50 MHz或200 MHz

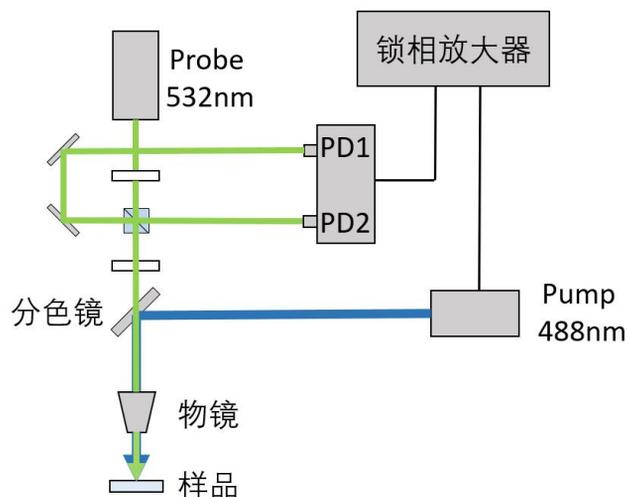
显微镜头：标配10x，对应激光光斑直径约15 μm ，可增配50x，20x，5x，2x镜头及自动切换模块

样品聚焦：标配手动调节，可增配PID反馈调节自动聚焦模块

测温范围：标配室温，可增配80-500 K、300-1200 K、4-300 K等不同温区的变温模块

热物性扫描：标配无，可选配，扫描范围，步进分辨率1 nm

系统亮点



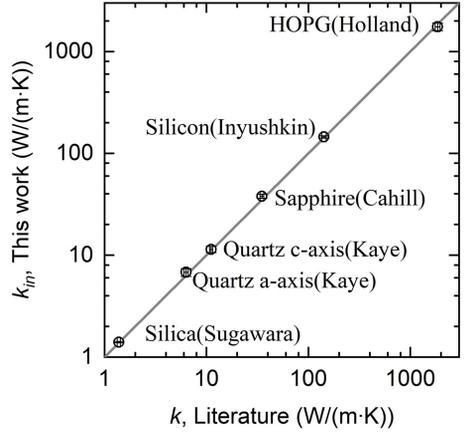
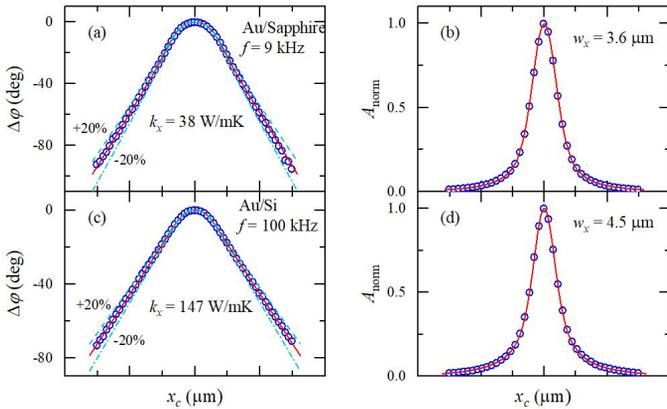
1. 泵浦与探测光均采用连续激光，极大地降低了系统成本；
2. 无需修正泵浦光的参考相位，使得操作更简单，测量更可靠；
3. 采用平衡探测器，极大减小了低频噪音，加快了数据采集速度，完成一个样品的测量仅需 ≤ 2 分钟；
4. 独特的数据分析方法能同时拟合光斑尺寸，降低了光斑尺寸误差对测量结果的影响；
5. 独特的数据分析方法使得测量信号仅对待测样品的面内热导率和比热容敏感，而无需准确知道金属传感层的参数或样品的纵向热导率，因此极大提高了测量精度；
6. 可测的面内热导率范围不受限制；
7. 采用微米级的光斑尺寸，因此可测径向尺寸为亚毫米级别的小尺寸样品。

显微成像：标配，可观察样品表面状况及激光光斑位置

软件：全自动数据测量与分析处理、数据导出、报告生成

光学交流量热法测量面内热导率

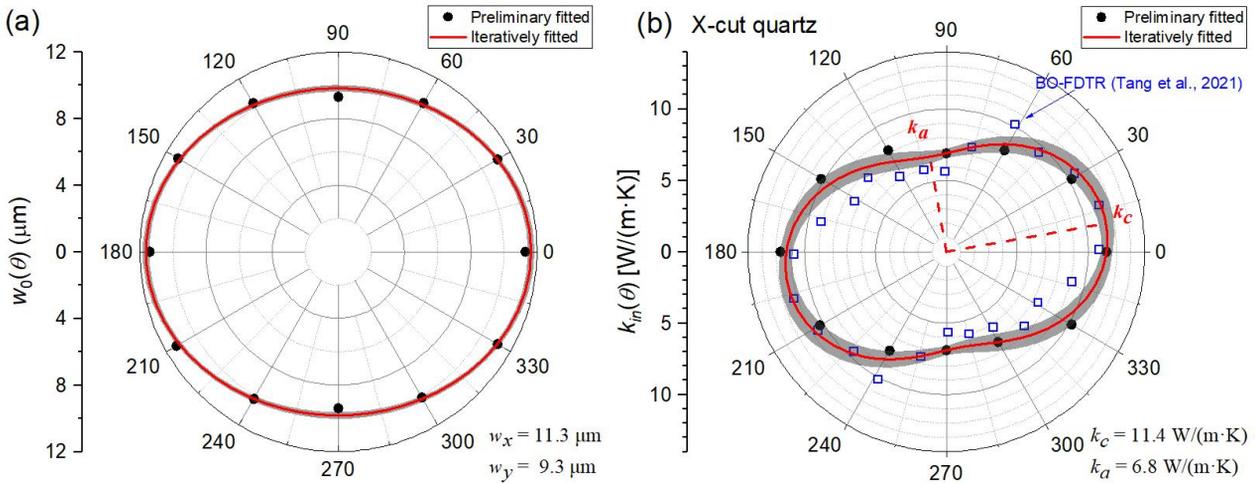
各向同性材料
以蓝宝石、单晶硅为例:



测得蓝宝石热导率为 $k_{xx} = 38 \pm 1.49$ W/(m·K), 误差为3.9%
测得单晶硅热导率为 $k_{xx} = 147 \pm 4.88$ W/(m·K), 误差为3.3%

可测热导率范围1~2000W/(m·K), 误差均小于5%

光学交流量热法测量面内各向异性热导率张量



光学交流量热法不要求激光光斑有严格的圆度即能准确测量面内热导率张量, 相较于文献中最新的光斑偏移频域热反射法(BO-FDTR)*测量更准确可靠。

*L. Tang and C. Dames, Int. J. Heat Mass Transfer 164, 120600 (2021).