

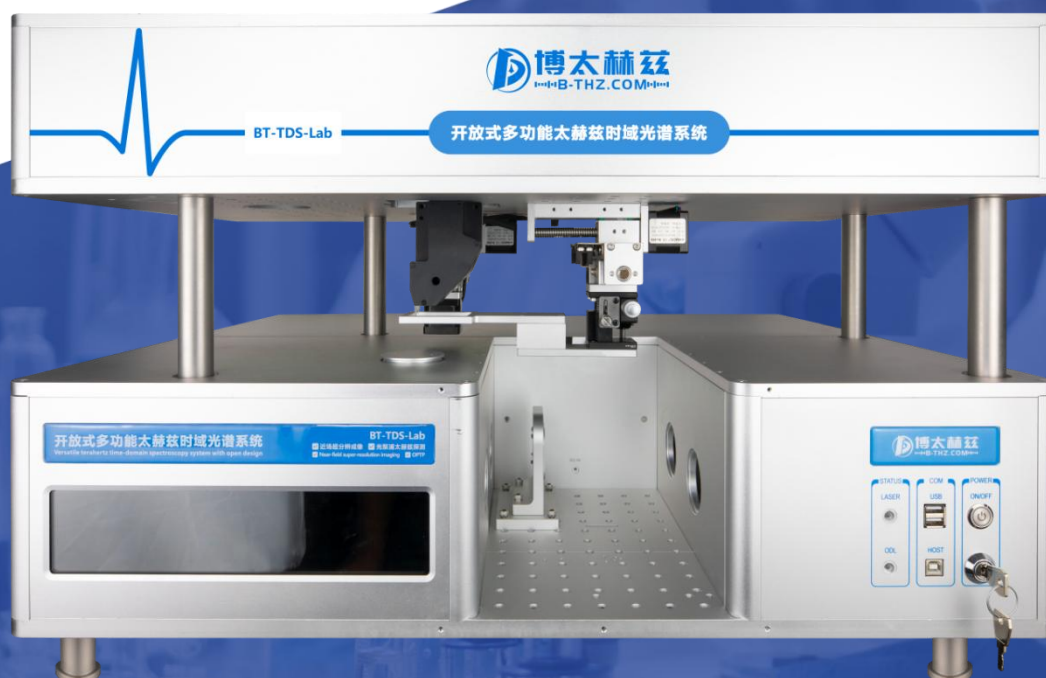
光泵浦太赫兹探测-

Optical Pump Terahertz Detection-

太赫兹时域光谱系统

Terahertz Time-Domain Spectroscopy System
(OPTH-TDS)

主要用于研究材料中的电子、振动、载流子等动态过程以及材料在太赫兹频率范围内的响应



产品简介

光泵浦太赫兹探测 - 太赫兹时域光谱系统 (Optical Pump Terahertz Detection - terahertz Time-Domain Spectroscopy System, OPTP-TDS) 是一种结合了飞秒激光技术和太赫兹时域光谱技术的强大科研测试工具, 主要用于研究材料中的电子、振动、载流子等动态过程以及材料在太赫兹频率范围内的响应。

产品用途

- ◆ 材料科学: 用于研究材料的电子结构、载流子动力学、电磁性质等, 有助于开发新型材料和改进材料性能。
- ◆ 凝聚态物理: 用于研究量子结构、超导体、拓扑绝缘体等材料的电子性质和相变。
- ◆ 光电子学: 用于研究半导体器件、光电探测器等的性能和工作原理。
- ◆ 生物医学: 用于生物分子的振动模式分析、组织成像和生物医学应用。

产品特点

- ◆ 飞秒光源适应性强: 可使用 800nm/1030nm/1550nm 等多种波长的激光光源; OPTP 模式可以工作于飞秒光源的放大级或振荡级。
- ◆ 测量方式灵活多样: 可以工作于 TDS 或 OPTP 模式; 可快速切换透射式、反射式、ATR 等多种测量模式。
- ◆ 良好的开放性设计: 允许用户后期改造光路以满足特殊的研究测试需求。
- ◆ 近场测量能力扩展: 可增加太赫兹近场 (光电导探针) 测试功能。

1. 产品设计方案

本系统整体光路设计见图 1 所示, 其内部主要由三路分光机构、2 套慢速光学延时线、1 套高速光学延时线、太赫兹光电导发射天线、太赫兹光电导接收天线, 8F 太赫兹光路、测量组件 (透射式见图 2、反射式见图 3、ATR 见图 4)、斩波器 (选配)、样品成像扫描台等组成。

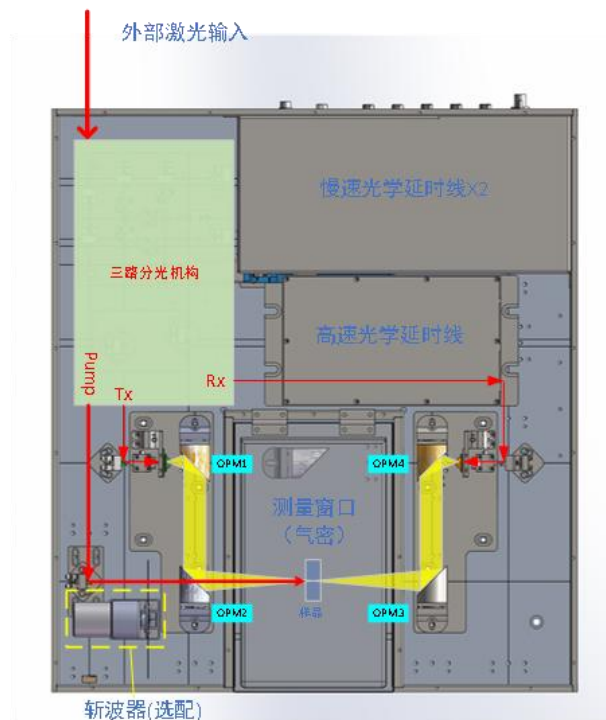


图 1 TDS-OPTP 系统光路图



1. 产品设计方案

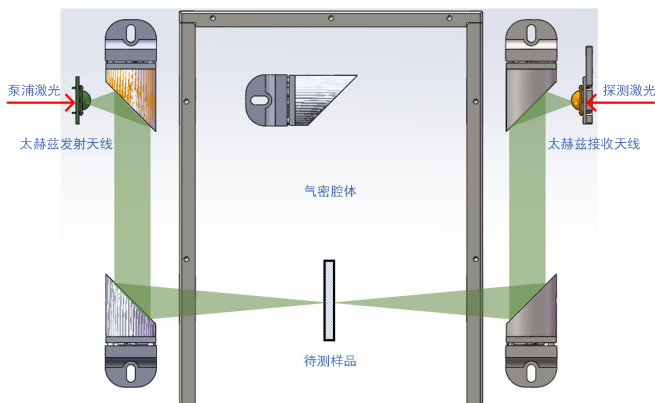


图 2 透射式测量模式

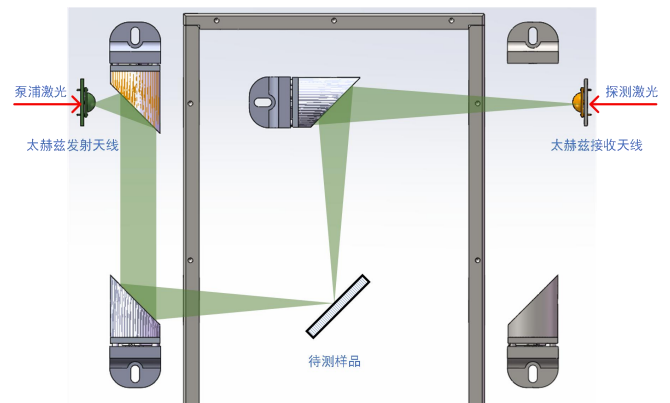


图 3 反射式测量模式 (选配)

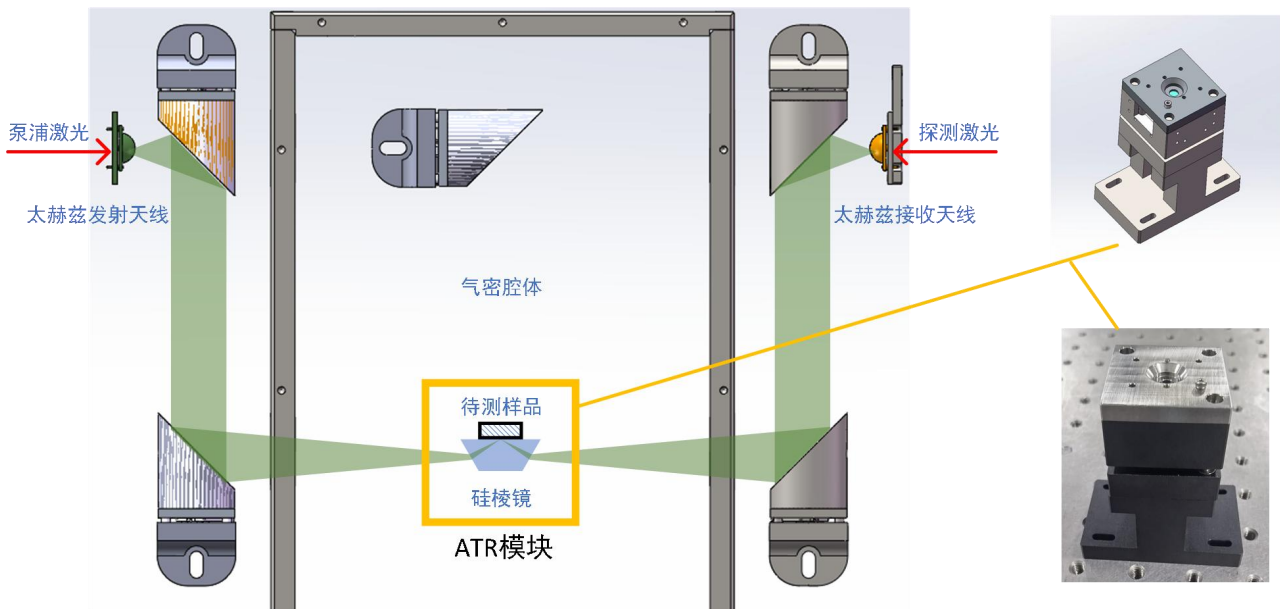


图 4 ATR 测量模式 (选配)



1.1. 三路分光结构

该结构用于将入射的飞秒激光分为三束光，分别为：

- a) 泵浦光 (Tx)：用于激发太赫兹光电导发射天线，产生太赫兹辐射；
- b) 探测光 (Rx)：用于激发太赫兹光电导接收天线，探测太赫兹信号；
- c) 激励光 (Pump)：用于激发样品，实现 OPTP 测量功能。

三路光的光功率分光比可灵活调节。



1.2. 慢速光学延时线 (X2)

2 套慢速光学延时线分别用于：

- a) ODL#1：调节泵浦光 (Tx) 和探测光 (Rx) 之间的相对延时，使之满足 TDS 信号延时条件；
- b) ODL#2：调节激励光 (Pump) 与太赫兹时域信号主峰之间的相对延时，实现 OPTP 测量功能；

上述慢速光学延时线的延时扫描范围长达 1000 ps。

1.3. 高速光学延时线

用于快速改变泵浦光 (Tx) 和探测光 (Rx) 之间的相对延时, 实现太赫兹时域波形的快速扫描采样功能。延时扫描范围 0-400 ps, 延时扫描速率高达 10Hz@64ps。

1.4. 太赫兹光电导发射&接收天线

通常, 对于工作波长为 800nm 的飞秒光源, 产品中采用成熟可靠的低温生长砷化镓 (LT-GaAs) 光电导天线作为太赫兹辐射源和探测器。

如果用户的飞秒光源工作波长为 1550 nm、1030 nm 或其它特殊波长, 我们亦可以采用其它半导体材料制作的光电导天线以满足工作要求。

一些用户可能需要采用电光晶体 (例如: ZnTe、GaAs 等) 作为太赫兹探测器件, 产品也可以满足这种特殊定制需求。

1.5.8F 太赫兹光路

该光路由图 1 所示的 4 个抛物面反射镜 (OPM) 组成。图中黄色部分所示为太赫兹波束的传播示意图: 左侧的光电导天线在泵浦光激励下, 产生太赫兹辐射, 发散角约 25 度, 经过 OPM1 后形成平行波束入射至 OPM2, 经过 OPM2 后形成聚焦波束, 聚焦光斑位置放置待测样品; 太赫兹透过聚焦样品后, 经过 OPM3 形成平行光束, 经过 OPM4 后汇聚至太赫兹光电导接收天线。

为了实现 OPTP 测量功能, OPM2 中央有一个通光孔, 左侧的激励光 (Pmup) 可通过, 与太赫兹波束共轴入射至待测样品。

1.6. 斩波器 (选配)

在泵浦光 (Pmup) 光路中, 预留有斩波器安装孔位 (适配型号: Thorlabs, MC1F10HP)。该斩波器可对泵浦光进行斩波调试, 便于用户使用斩波器+外部锁相方式自行采集 OPTP 信号。

该功能为其它客户的定制化设计要求。产品设计中仅预留安装孔位。斩波器由用户自行采购, 产品常规配置中不包含此配件。

1.7. 测量模块

产品支持透射式、反射式和 ATR 三种测量模式。产品默认提供透射式测量模组 (见图 2 所示)。反射式测量组件和 ATR 测量组件属于选配件, 其示意图分别见图 3 和图 4 所示。三种测量组件的使用场景分别介绍如下:

a)透射式测量: 要求太赫兹波能够穿透样品。做光谱测量时, 具有最佳性能。

b)反射式测量: 适用于太赫兹波无法穿透样品 (例如金属衬底)、只能测量反射信号的场景; 或者用于分析样品的分层结构时采用。

c)ATR 测量: 适用于对液体进行太赫兹光谱测量。特别是对于极性液体, 太赫兹无法穿透, 只能采用 ATR 模式测量。

以上三种测量模式可快速切换, 不需要额外进行光路的校准。

1.8. 样品成像扫描台

图 1 所示的样品位置, 可额外加装二维电控位移台, 带动样品逐点移动, 实现扫描成像功能。设备主机以及上位机软件支持扫描成像功能。但二维电控位移台属于选配件, 用户可根据需求情况选配。



技术规格

参数	功能/指标	备注说明
光谱范围	0.1 ~ 3.5 THz	透射模式下测量；实际可实现指标受限于用户的飞秒激光脉宽/波长/重频等多种因素
动态范围	≥ 80 dB	延时线全程扫描模式下
光谱分辨率	≤2.5 GHz	/
高速光学延迟线	扫描范围 400 ps, 用于快速扫描得到 TDS 信号	/
慢速光学延时线#1	扫描范围 1000 ps, 用于调整泵浦光和探测光的相对延时	/
慢速光学延时线#2	扫描范围 1000 ps, 用于调整激励光和太赫兹波到达样品的相对延时	/
太赫兹光谱分析软件	支持普通 TDS 测量模式、OPTP 模式测量；可选配支持近场成像功能（成像分辨率~50 μm）；支持介电常数测量、厚度测量、扫描成像等太赫兹常用光谱分析功能；提供二次开发接口。	/
典型激光光源参数	1.光谱物理：800nm/1kHz/7mJ/120fs 2.立陶宛 LC：1030nm/10W/50kHz~200kHz/200uJ~400uJ 3.博太赫兹：1550nm/100MHz/120fs/500mW（平均光功率）	大型飞秒激光光源由用户提供
太赫兹辐射源和探测器类型	光电导天线（其中探测器也可选择电光晶体方案）	/
其它说明	1.标配透射聚焦式，可选配反射式、ATR 和扫描成像功能； 2.系统具有密封性，可以充入氮气或干燥空气。	/



典型性能

