

基于光子晶体光纤飞秒激光器的紧凑型太赫兹时域光谱仪*

太赫兹时域光谱技术是基于超快激光技术的新型光谱分析手段,在物理、化学、生物、成像、传感以及毒品检测等多个科研和技术领域有着独有的应用优势。基于钛宝石飞秒激光系统的太赫兹时域光谱仪 (THz-TDS), 体积庞大, 成本昂贵, 且难于移动, 高功率小型化太赫兹时域光谱仪是太赫兹技术研究的前沿方向。

光纤飞秒激光器作为抽运源是太赫兹时域光谱仪小型化的重大进步。光纤飞秒激光器由激光二极管直接抽运, 效率高, 结构紧凑, 价格低廉; 光束被封闭在纤芯中, 受环境影响较小, 放宽了飞秒激光器对实验条件的要求; 光纤散热效果好, 可以实现高功率运转。光子晶体光纤飞秒激光器具有更多优点, 最近我们成功搭建了基于掺镱 (Yb) 大模场面积光子晶体光纤的飞秒激光器, 获得了高脉冲能量的飞秒激光输出, 紧接着将这项技术同太赫兹时域光谱仪技术结合, 实现了太赫兹时域光谱仪的小型紧凑化。

宽度 518 fs。飞秒脉冲通过分束器后分成探测光和抽运光。抽运光经过斩波器和焦距为 75 mm 的透镜聚焦到 ZnTe 晶体 C_1 上, 利用光学整流原理产生太赫兹脉冲。为了便于探测小尺寸的样品, 采用了四块离轴抛物面反射镜 $P_1 \sim P_4$ 组成的 8-F 共焦系统。由 C_1 产生的太赫兹波被 P_1 收集成为平行光束, 经过 P_2 聚焦到待测样品位置后发散, 再由 P_3 重新收集成平行光, 最后被 P_4 聚焦到探测 ZnTe 晶体 C_2 上。探测光脉冲在 C_2 处与太赫兹脉冲相遇, 经渥拉斯顿棱镜分束后由一对对接的光电二极管接收, 转化为电信号被锁相放大器放大并由计算机显示输出。实验中获得稳定性相当高的太赫兹信号, 系统连续运转 10 h 测得的太赫兹时域信号变化十分微弱。图 2 为实验测得的太赫兹时域信号以及对应的傅里叶频谱。

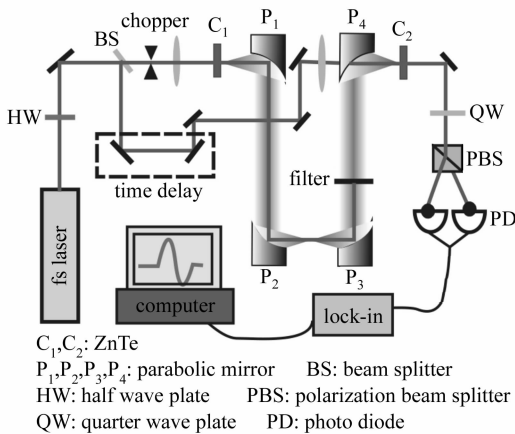


图 1 实验装置图

Fig. 1 Experimental setup

图 1 为实验装置原理图, 其中的飞秒光源为高脉冲能量输出的光子晶体光纤飞秒激光振荡器, 能够输出的最高平均功率为 700 mW, 为追求高稳定性, 在实验中采用的是 500 mW 的平均功率, 重复频率 47.3 MHz (对应于 14.8 nJ 的单脉冲能量), 脉冲

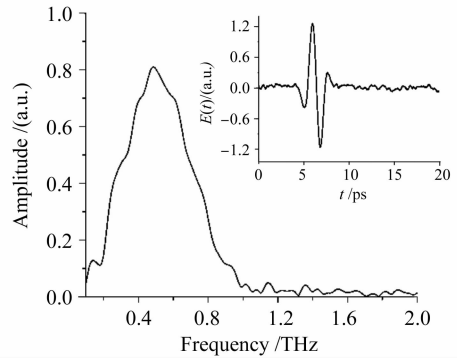


图 2 测得的太赫兹脉冲的时域波形及其频谱

Fig. 2 Measured THz temporal waveform and its spectrum

天津大学精密仪器与光电子工程学院
 超快激光研究室, 太赫兹中心,
 光电信息技术科学教育部重点实验室 (天津大学),
 天津 300072
 田 震 王昌雷 栗岩锋 邢岐荣
 宋有建 胡明列 柴 路 王清月
 收稿日期: 2008-02-01; 收到修改稿日期: 2008-02-22

* 国家 973 计划 (2003CB314904, 2006CB806002, 2007CB310408), 国家 863 计划 (2007AA03Z447), 国家自然科学基金 (60578037, 60678012), 中俄协议项目 (60711120198), 高等学校博士学科点专项科研基金 (20070056083, 20070056073) 和教育部新世纪人才计划 (NCET-07-0597) 资助课题。