

太赫兹时域光谱——气体自由基检测新方法

葛敏 赵红卫 张兆霞 朱红平 王文锋 李文新

(中国科学院上海应用物理研究所 上海 201800)

太赫兹 (THz) 辐射是指频率在 0.1—10THz (波长 30 μ m—3mm) 之间的电磁波, 其波段位于微波和红外光之间。近十余年来, 超快激光技术的迅速发展, 为 THz 脉冲的产生提供了稳定、可靠的激发光源, 使 THz 辐射技术和应用研究得到蓬勃发展。THz-TDS (Terahertz time-domain spectroscopy) 就是基于飞秒超快激光技术的 THz 波段光谱测量新技术。它利用物质对 THz 频带的不同特征吸收谱分析研究物质成分、结构及其相互作用关系。典型的 THz-TDS 装置可简要概括如下: 来自超快激光器的具有皮秒脉宽的激光脉冲被分为两路, 一路作为泵浦光, 激发太赫兹发射元件产生太赫兹波。另一路作为探测光, 与太赫兹脉冲汇合后共线通过太赫兹探测元件。通过延迟装置改变探测光与泵浦光之间的光程差, 使探测光在不同的时刻对太赫兹脉冲的电场强度进行取样测量, 最后获得太赫兹脉冲电场强度的时间波形^[1]。通过对测量频谱的分析和处理, 可以同时得到被测样品的吸收和色散光谱, 另外还可以获得物质的折射率、介电常数、吸收系数和载流子浓度等参数。

通常气体分子的全部或部分转动光谱都位于远红外区, 连续的 THz 波谱在气体光谱学中具有独到之处, 能直接测定分子的转动光谱。宽带的 THz-TDS 脉冲检测可同时测定混合气体中不同成份的吸收、测定化学组成和浓度。Jacobsen 等^[2]利用 THz-TDS 的数字信号处理技术对 NH₃ 和 H₂O 混合气体进行了化学识别, 取得了较好的结果。van der Weide 等^[3]则首次利用全电子 THz 波谱仪, 测量气体吸收光谱并建立了汽车尾气污染物的检测限度, 具有非常高的灵敏度, 预示着该技术在大气污染物监控和环境保护等方面的广阔应用前景。另外, 许多气体反应中间体如 OH、CH、CO、CH₂、NO、H 和 HCO 等粒子在 THz 波段有较强的吸收特性, 因此 THz-TDS 光谱技术还能够对自由基和反应活性分子进行有效的探测和分析。1995 年, 美国的 Cheville 等^[4]首次利用 THz-TDS 光谱技术研究了火焰的吸收光谱, 测量的范围为 0.2—2.65 THz, 通过对静态及预混的丙烷-空气火焰的测定, 获得了大量的吸收谱线, 包括水、NH₃ 和 CH 自由基等火焰组成较全面的信息。实验结果表明 THz-TDS 比其他技术具有更高的空间和温度分辨率^[3]。

THz 光谱技术虽然尚不完善, 但是它与众不同的频率范围给我们提供了一个新的机会, 对那些在一般光学范围内难以或无法测量吸收谱线的气体、自由基和反应活性分子进行有效的探测和分析。

关键词 太赫兹, 时域光谱, 自由基
中图分类号 O657.61

参考文献

- 1 Han P Y, Tani M, Usami M, *et al.* J Appl Phys, 2001, **89**(4): 2357-2359
- 2 Jacobsen R H, Mittleman D M, Nuss M C. Opt Lett, 1996, **21**(24): 2011-2013
- 3 van der Weide, Murakowski J, Keilmann F, Institute of Electrical and Electronics Engineering Trans Microwave Theor Tech, 2000, **48**(4): 740-743
- 4 Cheville R A, Grischkowsky D, Opt Lett, 1995, **20**(15): 1646-1648

Terahertz time-domain spectroscopy—a novel method for detection of gaseous free radicals

GE Min ZHAO Hongwei ZHANG Zhaoxia ZHU Hongping WANG Wenfeng LI Wenxin

(Shanghai Institute of Applied Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800)

Terahertz time-domain spectroscopy (THz-TDS) is a new technique based on femto-second laser technology. It has shown important applicability in researches of different fields, such as condensed matter, gas-phase, and biochemistry, etc. The characteristic spectra of substances in THz range may provide important information of configuration, constitutes and the molecular interactions. This paper briefly introduces its applications in detecting and identifying gaseous free radicals.

KEYWORDS Terahertz (THz), Terahertz time-domain spectroscopy (THz-TDS), Free radical

CLC O657.61

中国科学院上海应用物理所导向性基金 (90120332) 资助

第一作者: 葛敏, 女, 1980 年 6 月出生, 2002 年 7 月毕业于扬州大学化学系, 现为中国科学院上海应用物理研究所在读博士
通讯联系人: 王文锋