

· 光电器件与材料 ·

烟幕材料对太赫兹波的屏蔽特性研究

刘 鑫, 王毕艺

(光电信息控制和安全技术重点实验室, 河北 三河 065201)

摘要:介绍了透射型太赫兹时域光谱系统实验装置和相关参数的提取方法, 分别对绿色和黄色两种烟幕材料在太赫兹波段的光谱特性进行了实验研究, 得到了这两种材料的折射率曲线和屏蔽效能曲线。实验表明, 这两种材料对可见光和红外波段有较好的遮蔽特性, 而对太赫兹辐射的屏蔽效能却较差, 太赫兹侦察探测具有较强的抗干扰能力, 能够弥补传统可见、红外探测系统的不足。

关键词:太赫兹光谱; 烟幕材料; 折射率; 屏蔽特性

中图分类号: TN972.3

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2015)-02-0042-03

Research on Shielding Effect of Smoke Screen Material in Terahertz Spectrum

LIU Xin, WANG Bi-yi

(Key Laboratory of Electro-optical Information Control and Security Technology, Sanhe 065201, China)

Abstract: A transmission THz time domain spectrum system experimental device and the extraction method of related parameters are introduced. The spectrum characteristics in THz of green and yellow smoke screen materials are researched respectively to obtain the refractive index and shielding effect curves of the two materials. Experimental results show that the two materials have better shielding effect in visible and Infrared band, but has poor shielding effect in THz band. THz wave reconnaissance and detection has strong anti-jamming ability, which can make up the shortcomings of traditional visible and Infrared detection systems.

Key words: THz time-domain spectrum; smoke screen material; refractive index; shielding effect

烟幕技术是对抗技术中提高武器系统生存能力和突防能力的有效手段。已广泛应用于发达国家的武器系统中, 并已作为军事领域中首要的高技术被列为“竞争战略”的基本要素。烟幕材料正朝着能够兼容米波、红外、可见光等多波段电磁波隐身的多频谱方向发展。尽管目前对抗技术和烟幕材料已在微波、红外等波段取得了很大的成果, 但在太赫兹频段的研究几乎是“空白”^[1-10]。太赫兹波对物质具有较强的穿透能力, 太赫兹波是指频率在0.1~10 THz范围内的电磁波, $1 \text{ THz} = 10^{12} \text{ Hz}$, 图1为太赫兹波段在电磁波谱中的位置。文中首先介绍了测量太赫兹光谱特性的实验装置, 给出了提取材

料光学常数的方法, 研究了两种烟幕材料在太赫兹波段的屏蔽特性, 得到了折射率曲线和屏蔽效能曲线。

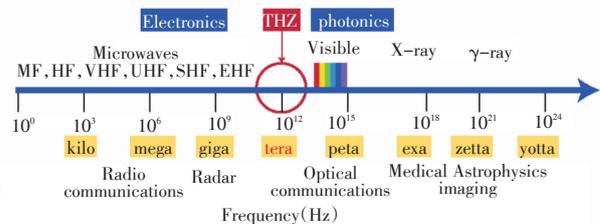


图1 太赫兹波段在电磁波谱中的位置

1 实验装置

太赫兹时域光谱系统可以根据探测方式的不同分为两种:反射型太赫兹时域光谱系统和透射型太赫兹时域光谱系统。文中所完成的工作采用的是透射型太赫兹时域光谱系统,其系统结构如图2所示。

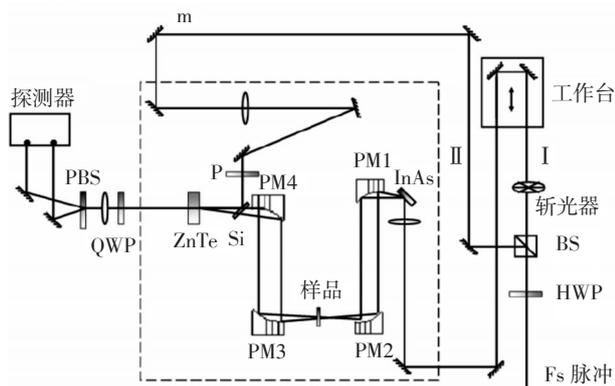


图2 THz-TDS实验装置示意图

该系统使用Spectra-Physics公司的锁模钛宝石脉冲激光器。激光器的平均功率为0.66 W,输出的脉冲波长为810 nm,脉冲宽度小于100 fs。本套系统以InAs作为发射极,通过耗尽层电压加速载流子而辐射太赫兹波。实验时为了避免水蒸汽对太赫兹辐射的吸收,样品在实验前必须进行干燥,并且在图2中虚线所框部分充入纯度为98%的氮气。当湿度计所示湿度降到4%以下后,才可以进行实验。

2 太赫兹吸收屏蔽表征参数

材料的光学常数(实折射率和消光系数)是用来表征材料宏观光学性质的物理量。太赫兹电磁辐射具有高度的时间和空间相干性,现有的太赫兹检测技术可以直接测量太赫兹振荡电磁场的振幅和相位,而不是通常的强度测量,这就决定了利用太赫兹时域光谱技术可以很方便地提取出材料在太赫兹波段范围内的光学常数。

数据处理采用T D Dorney和L D Duvillaret等人给出的太赫兹时域光谱技术提取材料光学常数的模型。当利用太赫兹时域光谱技术测量物质的光谱时,首先获得通过自由空间或者通过参考样品的太赫兹脉冲的时域波形,即参考波形,然后测量太赫兹脉冲经过(透过或者反射)样品之后的时域波

形,即信号波形。分别对参考波形和信号波形进行傅里叶变换得到参考频谱 $R(\omega)e^{-j\Phi R(\omega)}$ 和信号频谱 $S(\omega)e^{-j\Phi S(\omega)}$,根据下式计算出样品在太赫兹波段中的折射率。

$$n(\omega) = 1 + \frac{\Phi(\omega) \cdot c}{\omega d} \quad (1)$$

其中, n 是样品的吸收系数; d 是样品的厚度; c 是真空中光速; ω 为圆频率。在实际的光谱测量过程中,为了避免样品表面菲涅耳损耗的影响,往往选取两个同质但不同厚度的样品分别作为参考和待测样品。

屏蔽效能(SE)就是在没有屏蔽情况下入射或发射的电磁波能与在同一地点经屏蔽后反射或透射的电磁波能的比值。即入射波能 p_i 与反射波能 p_r 或透射波能 p_t 的比值,用分贝(dB)表示。屏蔽效能(SE)用下式表示为

$$SE = 10 \lg(P_i/P_t) \quad (2)$$

3 实验结果与分析

图3、图4分别为未通过样品的太赫兹辐射参考信号和太赫兹辐射参考信号的频谱。图5、图6分别为绿色、黄色两种彩色烟幕材料在0.2~2.2 THz的吸

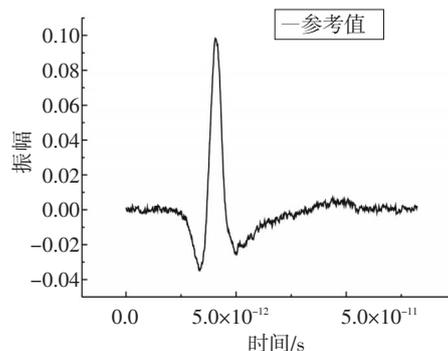


图3 太赫兹辐射参考信号脉冲

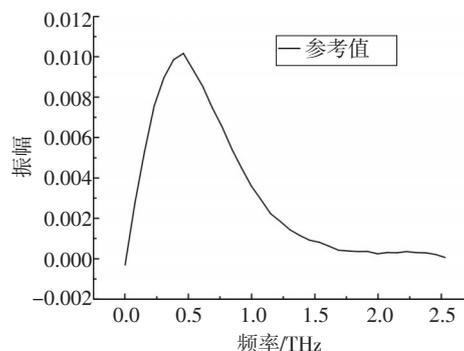


图4 太赫兹辐射参考信号频谱

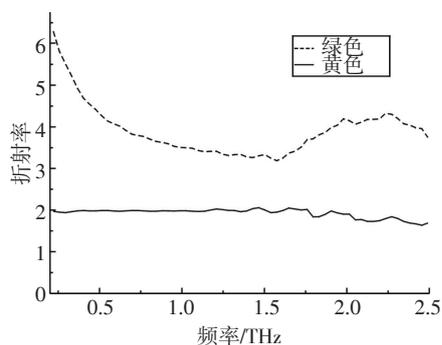


图5 样品折射率曲线

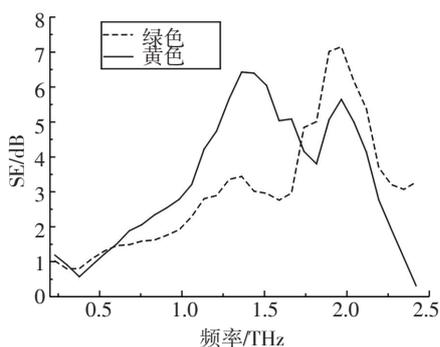


图6 样品屏蔽效能曲线

收曲线和屏蔽效能曲线。

在样品的折射率曲线中,可以清楚地看出,这两种材料的折射率之间有明显的差别,尽管烟幕材料在可见近红外波段的遮蔽效果相似,只是颜色上不同,但二者折射率不同,黄色烟幕材料的折射率较小,表明每一种材料都有其能体现自身物质特性的折射率,这就为对材料进行鉴别提供了有力的依据。可以通过对材料的折射率来分析确认它们所含的物质成分,可见太赫兹辐射也可以作为对物质特性进行鉴别的一种有效方法。

通过样品的屏蔽效能曲线(频率范围在0.20~2.20 THz之间),从数值上看,在高频段这两种烟幕材料的屏蔽效能相对大些,但两种材料的屏蔽效能均在10 dB以下,这说明此类烟幕材料在太赫兹波

段的屏蔽效果较差,太赫兹波具有较强的抗干扰能力,可很好的实现在烟幕条件下的侦察探测。

4 结 语

从目前的研究现状看,每种吸波材料都有其独特的吸波性能。对于不同频段的电磁波,太赫兹波具有较强的穿透能力,太赫兹侦察探测能够弥补传统可见、红外探测系统的不足,对生活生产、安全检查等各个领域均具有潜在的应用价值。

参 考 文 献

- [1] 许景周,张希成. 太赫兹科学技术和应用[M]. 北京:北京大学出版社, 2007.
- [2] Mukherjee P, Gupta B. Terahertz (THz) frequency sources and antennas-a brief review[J]. Infrared Milli Waves, 2008, 29(2):1091-1102.
- [3] 闫俊宏,高磊,闵江.烟幕红外消光系数的热像仪测试[J]. 光电技术应用, 2012, 27(2):79-82.
- [4] Kodo Kawase. Terahertz imaging for drug detection and large-scale integrated circuit inspection[J]. Optics and Photonics News, 2004, 15(34):8606.
- [5] Yuuki W, Kodo K, Tomofumi I, et al. Spatial pattern separation of chemicals and frequency-independent components by terahertz spectroscopic imaging[J]. Applied Optics, 2003, 42:5744.
- [6] 张存林. 太赫兹感测与成像[M]. 北京:国防工业出版社, 2008.
- [7] 刑业新,范志应,李跃华.利用360 GHz辐射计高空探测目标研究[J]. 红外, 2014, 35(12):19-22.
- [8] 李茜,徐晟,刘少聪,等.太赫兹对抗等离子体隐身技术的探讨[J]. 光电技术应用, 2011, 26(2):9-11.
- [9] 丁胜晖,李琦,李云达,等.连续太赫兹反射扫描成像分辨率测量实验研究[J]. 中国激光, 2011, 38(10): 1011001.
- [10] 郑新,刘超.太赫兹技术的发展及在雷达和通讯系统中的应用[J]. 微波学报, 2010, 26(6):1-6.