

皮秒条纹相机的标定*

刘天夫 张步新

(中国计量学院信息工程系 杭州 310034)

摘要 介绍了一种通过迈克耳孙干涉仪,产生已知延迟时间间隔的双脉冲光作为校正用的基准时间间隔,利用条纹相机对超短激光脉冲进行精确测量的方法。

关键词 超短激光脉冲,迈克耳孙干涉仪,皮秒,飞秒,条纹相机

CALIBRATION OF PICOSECOND STREAK CAMERAS

Liu Tianfu Zhang Buxin

(Department of Information Engineering, China Institute of Metrology, Hangzhou 310034)

Abstract A method for the precise measurement of ultrashort laser pulses is described. A pair of pulses with a known delay interval produced by a Michelson interferometer is used as a standard interval of time for calibration of the streak camera is used in the measurement.

Key words ultrashort laser pulse, Michelson interferometer, picosecond, femtosecond, streak camera

1 前言

随着信息科学技术的深入发展,皮秒(10^{-12} s)和飞秒(10^{-15} s)量级的超短激光脉冲的标准计量工作显得越来越重要.这不仅是由于超短激光脉冲应用领域日趋扩大,而且随着科学技术的发展,瞬态过程研究领域亦迫切需要科学、准确、统一的计量标准.例如,作为现代光纤通信系统,已经不仅仅要求提供电话通信服务,同时还要求能够提供计算机网络数据、多频道电视节目等多项综合业务服务.这就需要增加传输系统的带宽,加大光缆传输信息的容量.为了达到这一目的,最简捷的办法是提高光电源的调制频率,采用脉宽更窄的超短激光脉冲.又比如,在面向21世纪的生命科学、遗传工程、生物技术等研究领域,利用超短激光脉冲作为瞬态过程的研究与探测手段,对飞秒、皮秒、量级超快速现象进行捕捉与释译,也是探索生命物种起源、成因的重要途径之一^[1].

从以上所述不难看出,随着超短激光脉冲

应用领域的不断扩大和它所起到的重要作用,需要对其进行精确的测量,它的标准计量工作是十分重要的.

2 测量原理

目前,对飞秒量级的超短激光脉冲没有直接测量的仪器,主要采用相关测量法.它是利用非线性晶体(如ADP, KDP等),通过调整晶体的角度或改变晶体的温度,使它满足倍频位相匹配条件,产生二次谐波,通过对二次谐波的测量,间接地得到待测超短光脉冲的宽度,这种方法通常被称作二次谐波产生法(SHG),它的最高时间分辨率为飞秒(10^{-15} s)量级;另一种方法称为双光子荧光法(TPF),它是利用某些荧光物质具有能够同时吸收两个光子,然后辐射出一个能量较大的光子,即所谓双光子荧光特性,来测量超短脉冲的宽度,它的最高时间分辨率为亚皮秒(10^{-13} s)量级^[2].而对于皮秒量级

* 1998-06-29收到初稿,1998-09-15修回

的超短激光脉冲,除了利用上述间接测量方法以外,目前国际上已有两种皮秒分辨率的可直接测量的仪器.一个是高速示波器,例如美国 Tek 公司的采样示波器,它是利用上升时间小于 30ps 的光电二极管作采样探头,实现对 50ps 以上周期光脉冲信号的测量.另一个是条纹相机,例如日本滨松光电公司的 C2908 系列.条纹相机是将被测光信号通过狭缝,在光电面上聚集成像,并通过高压扫描偏转板加速、放大其二次电子,使它在荧光面上再度成像,通过观测条纹像的宽度,得到被测光脉冲的时间,它的最高分辨率为 2ps^[3].

当利用上述仪器观测研究皮秒量级的超快速现象过程中,对测得的皮秒量级实验结果的可靠性、真实性的正确判断十分重要.换句话说,对皮秒分辨率直读仪器的误差估计,并设法建立统一的标准校正方法,力求提高测量精度,是本文研究的主要内容.为了这样一个目的,我们在利用条纹相机进行超短激光脉冲的精密测量中,采用了一种比较简单而准确易行的校正方法.具体做法是,通过迈克耳孙干涉仪设计两臂光程差,产生已知延迟时间间隔的双脉冲光作为校正用的基准时间间隔.而校正用的入射光源,采用主动锁模 Ar⁺ 激光同步泵浦 Rh6G

产生脉宽为 2ps 左右、频率为 82MHz 的染料激光.同时,利用已知延迟时间的标准平面透镜及 100—200ps 标准具,产生可变间隔的基准校正光源,得到了条纹相机最高扫速档的线性度校正曲线.

3 实验方法及结果

3.1 实验装置

光源采用美国光谱物理公司 171 型同步锁模 Ar⁺ 激光器泵浦染料 Rh6G,产生脉冲宽度为 2ps、重复频率为 82MHz 超短脉冲激光.条纹相机采用日本滨松光电公司 C2908 系列.实验过程中,利用迈克耳孙干涉仪产生已知时间间隔基准双脉冲.如所周知,空气介质中 1ps 光程约为 0.3mm.因此,当改变迈克耳孙干涉仪两臂光程差时,原则上可以产生连续可变的标准间隔双脉冲.但是,由于机械精度及调正方面的困难,在本实验中用已知材料及几何厚度的光学平面透镜,插入迈克耳孙干涉仪的一臂中作为校正用的标准时间间隔.同时,采用 100—200ps 标准具实现对条纹相机扫描线性度的标准校正.整个实验装置如图 1 所示.

3.2 实验结果

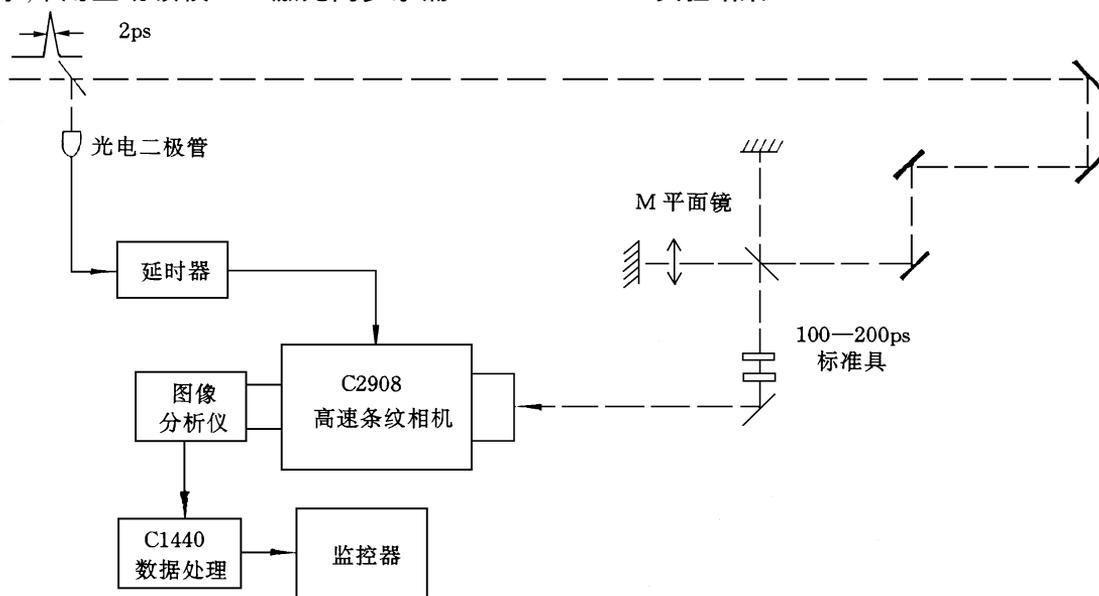


图 1 实验装置框图

(1) 迈克耳孙干涉仪

由于迈克耳孙干涉仪两臂调正不等及光束分裂镜所引起的光程差,使干涉仪输出具有不确定的时间间隔.但是,由于我们采用标准平面镜 M 的延迟时间作为校正用基准时间,因此上述时间间隔的不确定,对实验结果没有直接影响.首先我们需要测量迈克耳孙干涉仪的双脉冲间隔,同时为了清楚干涉仪两个臂输出脉冲的先后次序,我们在非校正臂上插入了一个光阑,限制光束大小,从而得到空间的短像,据此可以确定两臂光路相对位置.

(2) 插入校正光学平面透镜 M

由于标准镜 M 的几何尺寸及材料为已知,光脉冲通过 M 的往返时间由公式 $t = 2hn/c$ (其中 c 为真空中光速, h 为标准镜厚度, n 为材料的折射率) 可以精确算出,并用它作为基准时间进行校正.将标准镜 M 分别置于迈克耳孙干涉仪 A 臂及 B 臂光路中,可测得迈克耳孙干涉光束分裂镜的延迟时间,因此我们可以精确地得到迈克耳孙输出像的时间间隔,并以此对条纹相机各扫描挡读数进行标准校正.

(3) 迈克耳孙干涉仪输出端插入 100—200ps 标准具

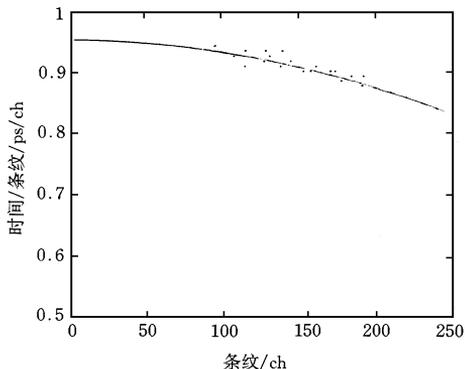


图 2 条纹相机的最高扫描挡线性特性

为了观测条纹相机扫描线性区工作情况,我们在迈克耳孙干涉仪的输出端插入一个 100ps 标准具,使基准双脉冲串延迟时间为 100—200ps,从而可以观测条纹相机高压扫描区的线性情况.图 2 给出了用此方法得到的条纹相机最高扫描挡的线性工作情况的工作特性曲线.

4 结论

从以上实验可以看出,利用迈克耳孙干涉仪及已知延迟时间的标准透镜,产生皮秒量级的光脉冲间隔,作为校正用的基准信号,对条纹相机的时间分辨率及其扫描线性度的标准校正方法是方便可行的.

另一方面,从实验中我们看到,当测量皮秒量级超短脉冲光信号时,由于条纹相机扫描系统的抖动,以及杂散光等因素的干扰,使皮秒测量产生较大的误差,并且很难重复实验结果.因此,当利用条纹相机测量皮秒量级超短激光脉冲时,除了必须进行上述标准校正之外,还须进行多次测量,以提高测量精度.

最后,我们还利用了皮秒分辨率的条纹相机,对多层飞秒量级平行光板透镜的输出光脉冲串进行了测量与分析.我们认为,上述标准校正方法,作为飞秒量级的一种辅助检测手段是可行的.

参 考 文 献

- [1] 刘天夫.物理,1992,21:115—120
- [2] 刘天夫.物理,1990,19:357—362
- [3] 土层裕,画像计测,In: ISBN4 - 7856,东京都昭晃堂株式会社,1994,178—185