



北京大学物理学院 李健

泵浦探测光路搭建

吴熙楠

北京大学物理学院 学号：1900011413*

(日期：2023 年 3 月 4 日)

在本实验中学习了泵浦探测的原理，并搭建了用于泵浦探测实验的光路，实现了可调节的延时线，为以后搭建类似的光路提供了训练和思路。

关键词：泵浦探测技术，超快激光，自相关技术

* xinanwu@pku.edu.cn;

I. 引言

超快激光领域, 脉冲宽度不断变窄, 激光脉冲已达到几个 fs 量级. 但即使是最快的光电探测器和带宽示波器的响应时间也有几十个 ps, 因而不能用于测量 fs 脉冲激光的脉宽. 因此人们只能利用超短激光脉冲自身来进行测量, 称为自相关测量. 此外, 对于材料的飞秒超快非线性时间响应的动力学过程的测量也只能利用自相关原理设计的泵浦探测技术来测量.

泵浦探测技术的原理: 用一束短脉冲激光来激发材料, 材料中的超快时间响应的动力学特性可以由一束弱的探测光来测量. 通过改变探测激光对于泵浦激光的时间延迟, 记录探测激光通过样品后的变化, 实验者可以实现对于材料超快动力学过程的探测. 本实验便是对一种泵浦探测光路的搭建.

II. 实验

实际实验中人们常常用非共线的泵浦探测技术, 以避免强的泵浦激光对探测系统造成伤害. 典型的非共线泵浦探测技术如图 1 所示. 本次实验中只有一台激光器, 便将其分束, 一束用于泵浦, 另一束较弱的用于探测.

III. 结果与分析

实验搭建的光路如图 2 所示. 下面依照光线从前往后的顺序介绍各自的功能.

激光经 He-Ne 激光器出射. 光路中最前面的三个反射镜用于调节光线的高度, 并让其与光学平台平行; 调节平行的方法是让反射镜与小孔光阑相距较远和较近的时候光都能通过小孔, 具体来说就是, 在反射镜与光阑较远时, 调节反射镜仰角使得光通过小孔, 然后让光阑与反射镜较近, 调节光阑高度让光线通过小孔, 如此反复几次便能调

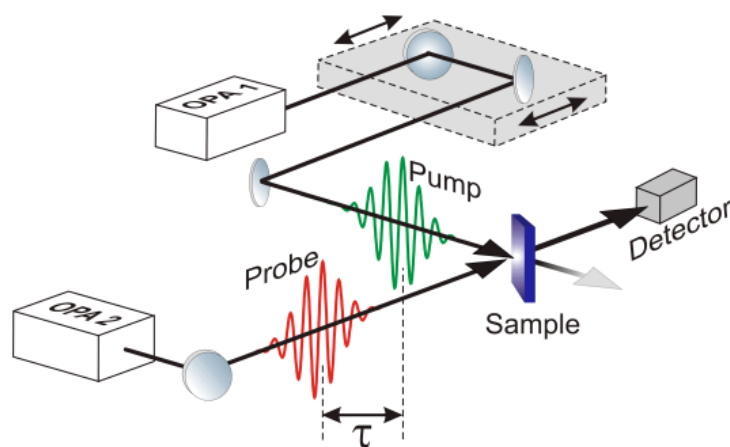


图 1: 典型的非共线的泵浦探测光路

好; 此时小孔光阑的高度也与光线高度一致, 之后在引入新的元件的时候只需调节这个元件使得经过这个元件的光线的高度与小孔一致, 这便保证了光线与平台平行。

光线经过前三个反射镜后经过分束镜之后分成两束; 选较强的一束 (本实验中即为反射光) 作为泵浦光, 让其经过两个反射镜后到达透镜和样品。中间加的两个反射镜作用是增加光程, 便于延时线零点的寻找。

经过分束镜的透射光用于探测。其经过两个反射镜组成的延时线后到达透镜和样品。通过调节延时线上的两个反射镜便可以调节探测光的光程, 从而调节泵浦光与探测光到达样品的时间差, 从而探测超快动力学过程。

实验中延时线放的位置基本上是时间延迟的零点, 即图中位形下泵浦光和探测光到达样品的光程基本相等 (差距约为 cm 量级)。并且此时泵浦光和探测光相交于样品面。探测时将样品放于样品面处, 然后在后面探测光的前方放上探测器即可进行探测; 通过改变时延线即可探测动力学过程。

具体实验中需要根据所研究的动力学过程考虑调节时延线所用的方法。比如说 1ns 时间差对应光程差为 0.3m, 调节精度在 cm 量级即可; 但 1ps 时间差对应路程差为 0.3mm, 调节时便需要使用能够精细调节几十 μm 乃至几 μm 的设备。此外, 时延

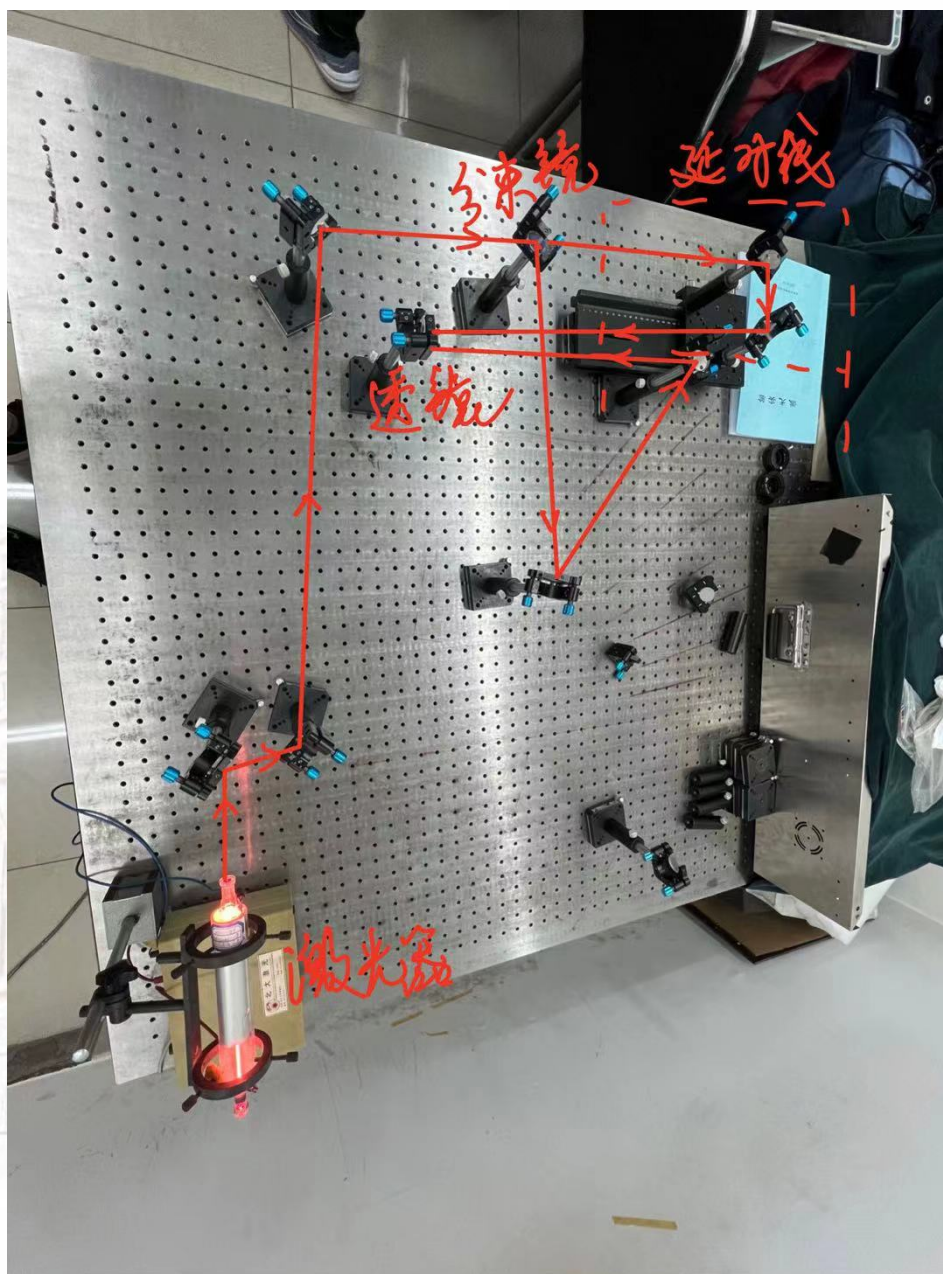


图 2: 实验中搭建的非共线的泵浦探测光路. 各元件均已在图中标出, 未标记的均为反射镜.

线也要先预调整使得泵浦光和探测光大致光程已经相等, 这有助于精细地寻找时间零点.

IV. 结论

本实验中实现了一种非共线泵浦-探测光路的搭建, 实现了可调节的时延线, 并估计好了样品要放置的位置, 从而为超快动力学过程的探测提供了光路, 为以后类似的实验提供了训练和思路.

V. 思考题

1. 在设计泵浦探测光路时, 都需要考虑哪些重要因素, 实验的难点在哪里? 为什么必须找到时间重合的零点?

答:(1) 设计泵浦探测光路时需要考虑实验中允许使用的空间, 对光源发出的光进行调节所需的元件, 该使用共线探测还是非共线探测, 所研究的动力学时间尺度, 调节时延线的方法, 样品中所研究现象开始出现的光强等等因素, 从而选择具有合适脉宽和重复度的脉冲激光器等等光学元件.

(2) 实验中难点在于对于时间重合零点的寻找. 如果探测的是吸收谱, 则改变时延线过程中吸收谱原吸收峰变弱或者出现新的吸收峰标志着时间零点的到达; 针对所要研究的效应, 会有不同的时间零点到达的判据.

(3) 因为所要研究的动力学过程开始于泵浦激光的激发. 因而研究的起点便是时间重合的零点, 因而必须找到零点.

2. 请设计一个测量脉冲宽度为 10fs、波长为 830nm 的飞秒激光的脉冲宽度的方法。

答: 利用自相关测量探测方法 (如图所示), 通过探测两束光的二阶自相关可以分析得到脉宽的信息. 由于飞秒激光脉宽很窄, 不能使用延时线, 一种解决方法就如图所示, 由于两束光在 KDP 晶体内非共线, 因而空间上的分布反映了时间上的不同, 从而相当于探测了不同时间差的自相关信号, 对信号分析便可得到脉宽.

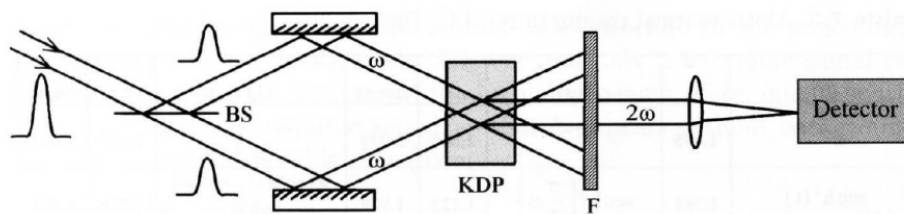


图 3: 单脉冲非共线干涉自相关仪的原理示意图

VI. 致谢

感谢我的合作伙伴杨轩同学，他的工作是不可或缺的；感谢耐心的胡小永指导老师对我们的巨大帮助。

[1] 北京大学物理学院光学所, 激光实验, 第二版, 北京: 北京大学物理学院, 2023.