



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102519920 A

(43) 申请公布日 2012.06.27

(21) 申请号 201110346722.9

(22) 申请日 2011.11.07

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路
3888 号

(72) 发明人 邓文渊 金春水 靳京城 常艳贺

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 张伟

(51) Int. Cl.

G01N 21/64 (2006.01)

G01J 3/427 (2006.01)

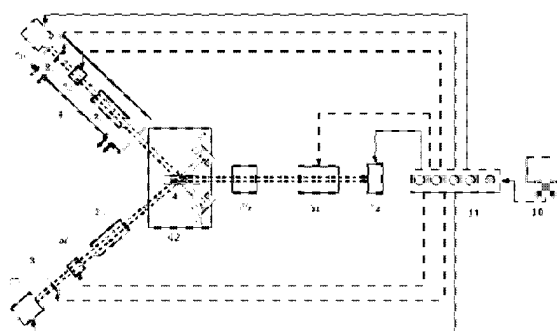
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

紫外与深紫外光学薄膜元件双波长激光荧光光谱仪

(57) 摘要

紫外与深紫外光学薄膜元件双波长激光荧光光谱仪涉及光学薄膜元件应用技术领域,包括:ArF 激光激发模块、KrF 激光激发模块、样品室、荧光探测模块和实验同步控制模块;ArF 激光激发模块和 KrF 激光激发模块发射并传输激光,入射至样品室的样品表面,产生荧光;样品被激发所产生的荧光从样品室出射,入射至荧光探测模块进行光谱分光,并被光电探测器探测,将荧光信号转换成电信号,发送至实验同步控制模块。本发明采用 ArF 激光和 KrF 激光两种激光作为激发光源,提高了紫外与深紫外荧光光谱探测的灵敏度,可以满足紫外与深紫外波段光学薄膜弱荧光光谱测试需要。



1. 紫外与深紫外光学薄膜元件双波长激光荧光光谱仪,其特征在于,该光谱仪包括:ArF 激光激发模块、KrF 激光激发模块、样品室、荧光探测模块和实验同步控制模块;所述ArF 激光激发模块发射并传输 ArF 激光,入射至样品室;KrF 激光激发模块发射并传输 KrF 激光,入射至样品室;所述激光激发光学薄膜样品产生荧光从样品室出射,入射至荧光探测模块后会聚,并将荧光信号转换成电信号,发送至实验同步控制模块。

2. 如权利要求 1 所述的紫外与深紫外光学薄膜元件双波长激光荧光光谱仪,其特征在于,所述实验同步控制模块包括:控制电脑(10)和信号延迟发生器(11);所述控制电脑(10)控制信号延迟发生器(11)向各个模块发射特定的参数信号。

3. 如权利要求 1 所述的紫外与深紫外光学薄膜元件双波长激光荧光光谱仪,其特征在于,所述 ArF 激光激发模块包括:ArF 准分子激光器(20)、第一快门(21)、第一电控可变衰减器(22)、第一准直扩束镜系统(23)和充 N_2 气保护管路(24);所述ArF 准分子激光器(20)发射 ArF 激光,经第一快门(21),入射至第一电控可变衰减器(22),由第一电控可变衰减器(22)调节功率后的激光,入射至第一准直扩束镜系统(23),使长宽比 2 : 1 的入射光变成长宽比 1 : 1 的出射光,进入样品室入射至样品表面;所述充 N_2 气保护管路(24)充 N_2 气并保护 ArF 激光激发模块在激光传输过程中不受外界环境污染干扰。

4. 如权利要求 3 所述的紫外与深紫外光学薄膜元件双波长激光荧光光谱仪,其特征在于,所述充 N_2 气保护管路(24)在 ArF 激光激发模块和样品室对应处设有小孔,在 ArF 准分子激光器(20)入射端和第一准直扩束镜系统(23)出射端分别安装一个窗口片。

5. 如权利要求 1 所述的紫外与深紫外光学薄膜元件双波长激光荧光光谱仪,其特征在于,所述 KrF 激光激发模块包括:KrF 准分子激光器(30)、第二快门(31)、第二电控可变衰减器(32)和第二准直扩束镜系统(33);所述 KrF 准分子激光器(30)发射 KrF 激光,经第二快门(31),入射至第二电控可变衰减器(32),由第二电控可变衰减器(32)调节功率后的激光,入射至第二准直扩束镜系统(33),使长宽比 2 : 1 的入射光变成长宽比 1 : 1 的出射光,进入样品室入射至样品表面。

6. 如权利要求 1 所述的紫外与深紫外光学薄膜元件双波长激光荧光光谱仪,其特征在于,所述样品室由样品夹具(40)、金属腔体(41)和消光器(42)组成;所述样品夹具(40)放置于 ArF 激光和 KrF 激光交叉夹角的中心线处;所述消光器(42)用来吸收激发光源的反射和透射的光线,所述金属腔体(41)构成样品室外围,在激光入射和出射处开三处孔。

7. 如权利要求 6 所述的紫外与深紫外光学薄膜元件双波长激光荧光光谱仪,其特征在于,所述样品夹具(40)能够绕其底座进行 180 度的旋转。

8. 如权利要求 1 所述的紫外与深紫外光学薄膜元件双波长激光荧光光谱仪,其特征在于,所述荧光探测模块包括:荧光聚焦系统(50)、荧光单色器(51)和光电探测器(52);样品被激发所产生的荧光进入荧光聚焦系统(50),经会聚后进入荧光单色器(51),由荧光单色器(51)对入射荧光进行分光,所产生的单色光进入光电探测器(52),所述光电探测器(52)把光信号转换成电信号。

紫外与深紫外光学薄膜元件双波长激光荧光光谱仪

技术领域

[0001] 本发明涉及光学薄膜元件应用技术领域,特别涉及紫外与深紫外光学薄膜元件双波长激光荧光光谱仪。

背景技术

[0002] 根据量子理论,原子或分子能带包含一系列的分立能级结构,当物质吸收电磁辐射后,原子或分子的基态或低能级电子被激发到较高的能级,形成激发态的原子或分子,处于激发态的原子或分子通过辐射跃迁过程,将发射出与激发光波长相同或更长波长的光,即所谓的荧光,这就是荧光现象产生的原理。当原子或分子包含的能级结构比较复杂时,将产生不同波长的荧光,形成光谱。因此,荧光光谱作为物质的一种本征特性,通过对物质受激发后辐射出的不同波长辐射强度进行定量分析,即荧光光谱分析,可以精确获得物质的组成、含量及状态信息。此外由于荧光光谱测试是在一个非常低的暗背景中进行,与吸收光谱等相比,荧光光谱测试的灵敏度更高。正是基于上述因素,荧光光谱技术已经成为在物理、化学、生物及材料等领域十分重要的一种分析技术。

[0003] 随着技术和需求的不断扩展,紫外与深紫外波段光学薄膜元件的研究与应用正变得越来越重要。然而由于紫外与深紫外波段接近大多数可用介质薄膜材料的能级禁带,薄膜材料的本征吸收更加严重,同时薄膜制备过程中引入的各种杂质和缺陷对薄膜的影响也要比对可见波段薄膜的影响更加严重,尤其是在薄膜材料能带尾形成的各种缺陷是严重影响制约紫外与深紫外光学薄膜元件的主要因素之一。利用荧光光谱技术探测紫外与深紫外光学薄膜与元件内部的各种痕量杂质和缺陷态,是深入了解评价紫外与深紫外光学薄膜与元件光学性能、进而摸索改善紫外与深紫外光学薄膜制备与处理工艺的重要手段,具有重要的实际意义。

[0004] 目前能够应用到紫外与深紫外光学薄膜元件的荧光光谱仪器,主要都是采用高压放电弧光灯,如 Xe 灯,作为荧光光谱仪的光源。利用上面所述的宽谱光源通用荧光光谱仪,无论是采用 Xe 灯还是 D₂ 灯作光源,进行紫外与深紫外光学薄膜元件荧光光谱测量均存在一些明显的不足。这些不足除了荧光光谱仪的工作覆盖波长不够宽,例如这些宽谱光源的短波工作下限一般都是截止到 200nm,无法满足 193nm 光学薄膜研究的需要之外,主要的问题是荧光探测的灵敏度较低,无法满足实际应用需要。造成荧光探测灵敏度较低的原因包括:紫外与深紫外光学薄膜的厚度很薄,相应的荧光信号较弱;宽谱光源在 200-800nm 之间的发光强度非常不均匀,尤其是在 250nm 左右及以下的紫外与深紫外波段的激发强度更低,要远远低于在可见波段的激发强度;宽谱光源需要进行光栅分光,会导致激发光能量的相应损失,尤其是光谱的带宽较小的情况下;同时采用光栅分光,光栅高级效应等导致的滤光不充分的光源本身信号会对荧光信号产生干扰。上述因素叠加在一起,会严重降低紫外与深紫外波段荧光探测的灵敏度,进而降低紫外与深紫外波段荧光光谱探测在紫外与深紫外光学薄膜研究中的实用意义。

[0005] 与 Xe 灯等弧光放电宽谱光源不同,激光光源具有单色性和强度高等特点,因此采

用激光作为荧光光谱仪的光源,将极大地提高荧光光谱的探测灵敏度,从而解决宽谱光源荧光光谱仪存在的不足,很好地满足紫外与深紫外光学薄膜研究的需要。然而,由于材料能级结构多且复杂,以及不同材料的能级结构不同等原因,如果仅仅采用单一波长的激光作为荧光光谱的光源,有时并不能很好地满足不同薄膜材料测试的需要,通过在整个紫外与深紫外波段选择合适波长的双激光将可以很好地克服单波长激光光源荧光光谱仪存在的问题,满足不同紫外与深紫外光学薄膜研究的需要。

[0006] 现有包含宽谱光源的紫外-可见荧光光谱仪,其基本的结构如图1所示,这也是目前应用最多的荧光光谱仪。宽谱光源荧光光谱仪主要包括宽谱光源、激发光单色器、样品室、荧光单色器、光电检测系统等组成。其中激发光单色器一般是由色散光栅和狭缝组成,用于将宽谱光源不同带宽和波长的光分开,即选择激发波长和带宽。荧光单色器同样是由色散光栅和狭缝组成,但是用于将荧光光谱中不同带宽和波长的光分开,即选择探测荧光波长和带宽。光电检测系统一般是由高灵敏度的光电倍增管以及相应的电路等组成。此类荧光光谱仪的基本工作过程是由激发光单色器将宽谱光源不同带宽和波长的光分开,选择所需的激发波长和带宽,同时由荧光单色器将产生的荧光光谱中不同波长的光分开,并由光电探测系统依次探测所需范围内的不同波长荧光强度,由此得到荧光光谱。

发明内容

[0007] 针对现有技术存在的不能很好地满足不同薄膜材料测试的需要、易对荧光信号产生干扰和发光强度非常不均匀等问题,本发明提供一种紫外与深紫外光学薄膜元件双波长激光荧光光谱仪,将解决现在技术存在的问题。

[0008] 紫外与深紫外光学薄膜元件双波长激光荧光光谱仪,该光谱仪包括:ArF 激光激发模块、KrF 激光激发模块、样品室、荧光探测模块和实验同步控制模块;所述 ArF 激光激发模块发射并传输 ArF 激光,入射至样品室;KrF 激光激发模块发射并传输 KrF 激光,入射至样品室;所述激光激发光学薄膜样品,所产生的荧光从样品室出射,入射至荧光探测模块后会聚,并将荧光信号转换成电信号,发送至实验同步控制模块。

[0009] 本发明的有益效果:本发明采用 ArF 激光和 KrF 激光两种紫外与深紫外激发光源,可以极大地提高紫外与深紫外荧光光谱探测的灵敏度,克服了宽谱光源荧光光谱仪在紫外与深紫外波段存在的激发功率低、噪音大、探测灵敏度低等不足;通过在整个紫外与深紫外波段选择合适波长的双激光,克服单波长激光光源荧光光谱仪的局限性,从而可以很好地满足紫外与深紫外光学薄膜元件弱荧光光谱研究的需要。

附图说明

[0010] 图1 现有技术宽谱光源的紫外-可见荧光光谱仪的结构图。

[0011] 图2 本发明紫外与深紫外光学薄膜元件双波长激光荧光光谱仪的功能图。

[0012] 图3 本发明紫外与深紫外光学薄膜元件双波长激光荧光光谱仪的结构示意图。

具体实施方式

[0013] 如图2所示,紫外与深紫外光学薄膜元件双波长激光荧光光谱仪,该光谱仪包括:ArF 激光激发模块、KrF 激光激发模块、样品室、荧光探测模块和实验同步控制模块;ArF 激

光激发模块发射并传输 ArF 激光,入射至样品室;KrF 激光激发模块发射并传输 KrF 激光,入射至样品室;激光激发光学薄膜样品,所产生的荧光从样品室出射,入射至荧光探测模块进行光谱分光,并被光电探测器探测,将荧光信号转换成电信号,由放大器进行放大,之后由数据处理系统进行处理,得到荧光强度的光谱分布,即荧光光谱。

[0014] 由图 3 所示,为了满足整个紫外与深紫外波段光学薄膜元件弱荧光光谱测试研究的需要,选择了 ArF 准分子激光器 20 和 KrF 准分子激光器 30,一方面是可以很好地满足针对这两个激光波长的光学薄膜元件荧光光谱测试的需要,同时还可以完全满足其它处于 193nm 到 300nm 范围所有光学薄膜元件荧光光谱测试的需要。结构上,ArF 准分子激光器 20 和 KrF 准分子激光器 30 两个激发光源成 90° 交叉斜入射到样品夹具 40 上的样品表面,激发光源与样品前表面均成 45° ,为此,在利用不同的激光激发光源时,样品需要旋转 180° 。ArF 激光和 KrF 激光两个激发光源分别通过样品室带有相应带通滤光片的窗口进入样品室中,当采用 ArF 准分子激光器 20 激发光源时,样品前表面朝向与入射 ArF 准分子激光成 45° 角的方向,ArF 激光激发光的反射和透射均进行消光处理,当采用 KrF 准分子激光器 30 激发光源时,样品旋转 180° ,其前表面朝向与入射 KrF 准分子激光成 45° 角的方向,KrF 激光激发光的反射和透射均进行消光处理。

[0015] 准分子激光器,用于光学薄膜样品损伤测试用的光源,选用具有较高功率和高能量稳定性的产品,其输出光斑大小为 $10\text{mm} \times 5\text{mm}$,相应的发散角为 $2\text{mrad} \times 1\text{mrad}$ 。ArF 准分子激光器选用相干公司的 Compax 200-193nm, KrF 准分子激光器选用相干公司的 Compax 200-248nm。ArF 准分子激光器 20 和 KrF 准分子激光器 30 均采用了相应的控制光学元件,包括快门 21、31、电控可变衰减器 22、32、准直扩束镜系统 23、33。在实际测试中,可以根据需要,单独选择 ArF 激光激发、单独选择 KrF 激光激发、和分别选择两种激发光源激发等激发方式,准分子激光器发射激光,经快门 21、31,入射至电控可变衰减器 22、32,由电控可变衰减器 22、32 调节功率后的激光,入射至准直扩束镜系统 23、33,使长宽比 2 : 1 的入射光变成长宽比 1 : 1 的出射光,入射至样品室,其实现是可以通过实验同步控制模块来自动实现。在上述机构中,快门 21、31 采用脉冲信号触发的机械式结构,自带一个电控制器,该电控制器可以在外部信号的触发下开启快门;电控可变衰减器 22、32 采用一个电控旋转角度的 $1/4$ 波片来实现,ArF 激光电控可变衰减器 22 采用一个电控旋转角度的 193nm 波长的 $1/4$ 波片来实现,KrF 激光电控可变衰减器 32 采用一个电控旋转角度的 248nm 波长的 $1/4$ 波片来实现。准直扩束镜系统 23、33 是一个球面镜和两个平凸柱面镜望远系统组成的歪像光学系统,该歪像光学系统对可以将准分子激光器的长宽比 2 : 1 的典型输出光斑变成 1 : 1 的正方形光斑,整个镜组的工作距离为 600mm 左右,第一准直扩束镜系统 23 的工作波长为 193nm,第二准直扩束镜系统 23 的工作波长为 248nm。

[0016] 激发光进入样品室,样品室金属腔 41 由内表面进行了镀黑处理的 Al 材组成,在 ArF 准分子激光器 20 和 KrF 准分子激光器 30 激发光源的入射方向上有开口,并分别有 193nm 和 248nm 的带通滤光片密封,激发光源的反射和透射分别用消光器 42 吸收,在出射面的中心位置有一个开口,用于收集所产生的荧光,所收集的荧光进入荧光探测模块。

[0017] 为了实现光学薄膜元件弱紫外荧光光谱的探测,首先需要利用一个荧光聚焦系统 50 将光束收集聚焦到荧光单色器 51,然后用荧光单色器将荧光光谱中不同波长的光分开,最后进入光电探测系统 52,由光电探测器将荧光信号转变为电信号,并进行进一步放大和

信号提取。荧光聚焦系统 50, 采用由一个物镜和场镜组成的荧光信号收集光学系统, 采用该系统, 可以增大收集系统的视场, 同时是聚焦光束比较均匀。荧光单色器 51 包含一个衍射光栅级次滤光片轮、一个入射狭缝、一个凹面光栅、一套凹面光栅转动步进扫描机构、及一个出射狭缝; 衍射光栅级次滤光片轮上面分别有三个不同波段的滤光片; 凹面光栅的刻线密度是 1200 线/cm, 中心工作波长为 500nm; 凹面光栅转动步进扫描机构由一个精密步进电机、一个精密丝杆、及一个旋转平台组成。入射狭缝和出射狭缝均为电控的机械式狭缝。荧光单色器 51 对荧光光谱的分光主要是通过电控控制凹面光栅底座的转动步进扫描机构, 改变荧光对凹面光栅的入射角度, 使凹面光栅色散展开后的荧光光谱, 依次通过出射狭缝, 得到不同波长的荧光。为了克服衍射光栅的高级效应, 需要通过率光片来滤掉高级衍射荧光干扰信号。光电探测系统 52, 由一个紫外灵敏增强的光电倍增管、相应的信号放大与信号处理电路板组成。紫外灵敏增强的光电倍增管可选用滨松公司的 7852 型光电倍增管。

[0018] 控制电脑 50 的整个测试系统由 LabView 软件实现一体化控制。

[0019] 信号延迟发生器 51, 用于所有电控装置的同步控制, 最小延迟时间分辨 1ns, 脉宽 10ns-5ms, 最大的延迟时间 40s, 可外部触发, 输出方式为 TTL 和 CMOS 可选。

[0020] 充 N_2 保护管路 24, 由内表面进行了处理的 Al 材组成, 其具体尺寸依据 ArF 激光激发模块的实际尺寸而定。充 N_2 气保护管路 24 有进出 N_2 气的两个开口, N_2 气入口位于保护管路靠近 ArF 准分子激光器 20 一侧, 其开口垂直光路, N_2 气出口位于准直扩束系统一侧, 在非测试过程中, 两个开口可以进行封闭, 分别在 ArF 准分子激光器 20 入射端和第一准直扩束镜系统 23 出射端安装一个深紫外熔石英窗口片, 用于 ArF 光束通过。

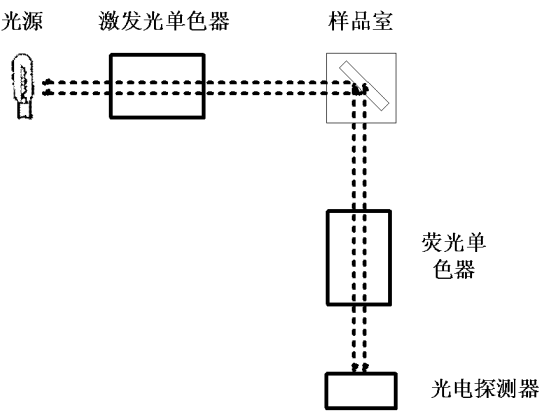


图 1

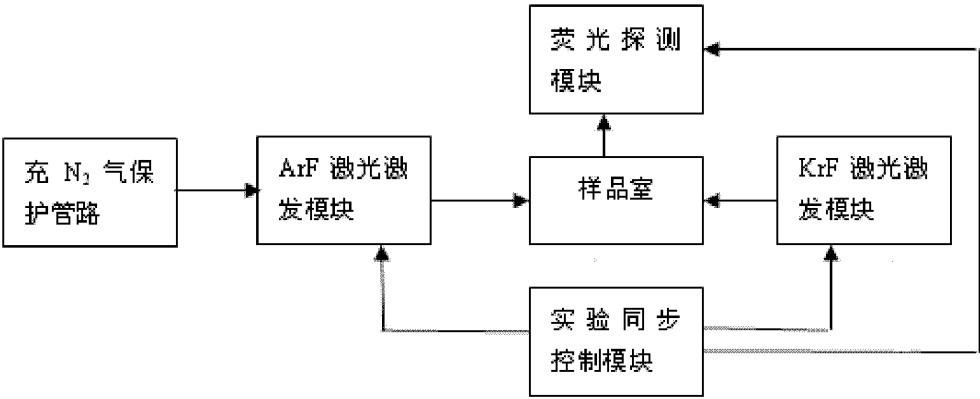


图 2

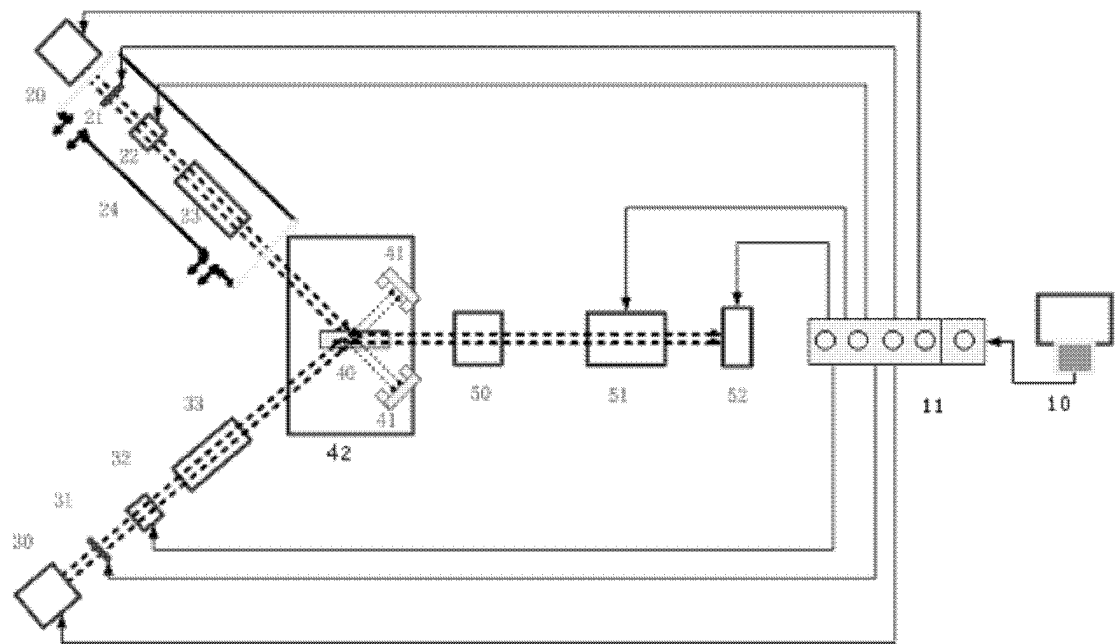


图 3