

文章编号: 1007-4627(2024)02-0748-06

快重离子辐照固体材料在线紫外可见光发射测量平台

徐秋梅, 张崇宏[†], 赧洁, 杨治虎, 王彦瑜, 宋银, 杨义涛

(中国科学院近代物理研究所, 兰州 730000)

摘要: 快重离子辐照固体材料是个复杂的物理过程, 涉及大量粒子发射过程, 包括紫外可见光发射。为了研究快重离子辐照过程中紫外可见光发射, 在兰州重离子加速器(HIRFL)中能辐照终端 SFC-T1 搭建了快重离子辐照固体材料光发射测量平台。利用该实验平台, 可在线获取不同能量和不同电荷态的快重离子辐照固体材料过程中发射的紫外可见光谱, 有助于加深理解快重离子在固体材料中的辐照效应物理机制。对于进一步结合辐照后微结构分析开展核用材料辐照损伤的研究做了展望。

关键词: 快重离子; 紫外可见光; 离子辐照; 发射光谱

中图分类号: O433.1

文献标志码: A

DOI: 10.11804/NuclPhysRev.41.2023003

0 引言

离子与固体作用过程中, 离子能量决定离子在固体中的射程。低能(keV)离子与固体材料作用, 主要作用在固体表面, 引起材料表面结构变化^[1-3]。快重离子辐照固体材料, 其作用范围在十几甚至几十个微米范围, 其不仅造成表面结构改变, 还会引起固体内部损伤。在离子辐照固体材料过程中发生各种复杂的物理过程, 包括电子发射^[4]、原子溅射^[5-6]、二次离子发射^[7]及光子发射^[8-10]等。离子辐照过程中发射的光子能量范围涉及红外、可见、紫外、X射线等不同波段。快重离子辐照固体材料过程中的光子发射研究是认识辐照过程的一种手段。

先前已经在中国科学院近代物理研究所 320 kV 高电荷态离子综合研究平台进行了低能离子辐照固体材料在线可见光发射研究^[9], 其能够提供(10~320)qkeV 宽能量范围高电荷态离子束。为了进行快(MeV)重离子辐照固体材料过程中在线光发射测量工作, 我们搭建了新的光发射测量平台。由于快重离子与固体作用时靶室周围环境中各种辐射剂量较高, 所以与低能离子相比, 快重离子与固体相互作用时的主要问题是需要进行远程操作和控制。为了解决这一主要问题, 我们采用光纤将靶室内发射的紫外可见光通过超高真空光纤馈通传输到靶室外, 光信号经过光纤传输进入光谱仪的入射狭缝。

1 快重离子辐照材料光发射测量平台

快重离子辐照固体材料在线光谱测量平台是基于兰州重离子加速器(Heavy Ion Research Facility in Lanzhou, HIRFL)国家实验室的中能辐照终端 SFC-T1 搭建的。HIRFL 是我国规模最大、加速离子种类最多、能量最高的重离子研究装置, 也是全亚洲重离子能量加速最高的加速器。中国科学院近代物理研究所是负责 HIRFL 运行的依托单位。

表 1 列出了 HIRFL 研究装置的技术指标。其中 CSRm 给出的是快引出(11.3 Tm), 脉冲间隔为 15~25 s 的参数, 对于慢引出(8.1 Tm), 脉冲周期为 1~10 000 s 的参数可参阅束流申请指南等相关文献资料^[11-12]。目前 HIRFL 研究装置配置 21 个实验终端分别为: 中能辐照终端(SFC-T1)、介质环境材料辐照协同效应实验终端(SFC-T2)、核化学实验终端(SFC-T3)、高能微束装置(TR0)、原子物理实验终端(TR1)、充气反冲核谱仪(TR2)、高温-应力材料辐照效应终端(TR3)、浅层治疗及生物辐照终端(TR4)、单粒子效应实验终端(TR5)、核孔膜辐照终端(TR6)、在束 γ 实验装置(TL2)、放射性束流线 1 号(RIBLL1)、深层治疗及高能生物学辐照终端(CSRm-ET1)、核数据实验终端(CSRm-ET2)、放射性束流线 2 号外靶终端(CSRm-ET3)、CSRm 双电子复合实验装置(CSRm-DR)、CSRe 双电子复合实验装置(CSRe-DR)、CSRe 内靶 X 射线装置(CSRe-IT)、CSRe

收稿日期: 2023-01-10; 修改日期: 2023-03-06

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(12104463, U1532262)

作者简介: 徐秋梅(1986-), 女, 甘肃兰州人, 助理研究员, 博士, 从事原子与分子物理研究; E-mail: qmxu@impcas.ac.cn

[†] 通信作者: 张崇宏, E-mail: c.h.zhang@impcas.ac.cn

表 1 HIRFL 研究装置技术指标

离子种类	SFC		SFC+SSC		Linac+SSF		CSRm		CSRe	
	能量/(MeV/u)	流强/ μ A	能量/(MeV/u)	流强/ μ A	能量/(MeV/u)	流强/ μ A	能量/(MeV/u)	流强/ppp	能量/(MeV/u)	内靶/ppp
$H_2^+ \sim Ar$	10.0~1.5	15.0~1.0	100~18	2.0~0.1	5.98	10~20	50~1 000	$10^7 \sim 10^9$	50~600	106~9
Ar~Xe	7.0~2.0	5.0~2.0	80~20	2.0~0.1	5.98	5~10	700~230	$10^7 \sim 10^8$	50~500	106~8
Xe~U	3.0~0.9	2.0~0.5	10~5	0.3~0.1	5.98	3~5	230~100	$10^6 \sim 10^8$	50~230	106~8

注：SFC-扇聚焦回旋加速器；SSC-分离扇回旋加速器；Linac-放射性束流线；CSRm-冷却储存环主环；CSRe-实验环；ppp-particle per pulse。

原子质量谱仪(CSRe-AMS)、高能单粒子效应实验终端(HERE)和CSRe通用实验终端(CSRe)。HIRFL具有加速全离子的能力,可提供多种类、宽能量范围、高品质的稳定核束和放射性束,用以开展重离子物理及交叉学科研究。

1.1 终端靶室系统

SFC终端建立于2012年,其是一台磁极直径1.7 m的扇聚焦回旋加速器,能量常数 $K=70$,由原1.5 m回旋加速器改建而成,可提供参数可控的稳定束流,可以提供0.08~8.5 MeV/u能量的 $H_2^+ \sim U^{q+}$ 的离子,相应的引出流强为1~15 μ A,运行水平位居国际前列。单独运行时,可开展中能重离子物理研究。

SFC-T1终端如图1所示。靶室束线高度为132 cm。真空系统是加速器的基础工程,束流只有在真空环境中运行,才能保持足够的寿命,并且不断地被累积和加速,达到设计的能量和流强。被加速的离子与真空中残余气体相互作用会导致束流寿命下降,并且增加束流不稳定

性,以及探测器本底增加。一个较好的真空系统能够帮助维持稳定的束流强度、束流尺寸和位置,真空工程的主要目标是获得和维持合适的真空度,保证束流的稳定运行。束线真空为 1×10^{-5} Pa。束线终端腔室内部空间660 mm $\times$ 350 mm $\times$ 430 mm,靶室密封为两个方形门,采用橡胶圈密封。实验过程中腔室真空为 2×10^{-4} Pa。

终端束流线系统示意图如图2所示。系统包括狭缝系统、铝箔探测器、前法拉第筒、铝箔单盘减能器、控温自动靶台、铝箔双盘减能器、后法拉第筒和控温手动靶台,下面分别介绍这些装置。

靶室前端安装狭缝系统,用于限束和准直。其通过两个150 mm的法兰连接靶室前端的束线上。狭缝系统由四片独立的狭缝片组成,可调节的范围为0~50 mm $\times$ 50 mm,连续可调,其孔径调节由手动驱动。每个狭缝片由一个螺旋测微仪控制,四个螺旋测微仪分别记为1、2、3和4号。1~4号的中心准直刻度分别为20.60、19.70、19.50和20.25 mm。

2 μ m厚的铝箔探测器设置-200 V的偏压,束流可以穿透,用于监测束流。铝箔探测器收集的束流通过439束流积分仪后,用872计数器进行统计。束流强度的监测主要是通过靶室前2 μ m厚铝箔探测器及前法拉第筒完成的。其中前法拉第筒是阻挡型法拉第筒,位于样品架前方,可以对束流进行绝对测量,前法拉第筒设置-300 V的偏压以消除二次电子等的影响。在辐照实验开始之前,将前法拉第筒的计数与铝箔探测器的电荷积累量进行标定,在辐照实验过程中通过铝箔探测器对束流强度及注量进行实时监测。



图 1 中能辐照终端

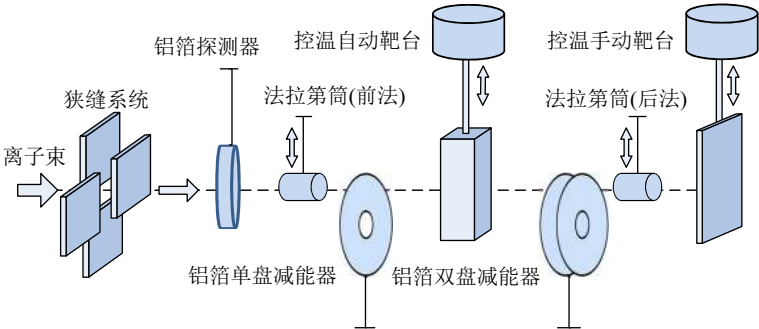


图 2 中能辐照终端束流系统示意图

图3给出减能盘的设计图和实物图。实验前根据实验所需的离子能量计算所需的铝箔厚度。铝箔单盘减能器(梯度减能装置)上可以固定不同厚度的铝箔,离子束通过铝箔后,将离子能量降为实验所需能量的离子束。铝箔单盘减能器上固定 n 种不同厚度的铝箔,考虑空挡位置,可以产生 $n+1$ 种能量的离子束。固定减能器不旋转,就可以提供单能离子束;如果使盘匀速旋转,就可以同时提供 $n+1$ 种能量的离子束。铝箔双盘减能器上两个盘可以分别固定所需数量、所需厚度的铝箔,其用两个电机分别控制,实验过程中两个盘反向旋转,可以提供多种组合厚度的铝箔,以便产生实验所需的离子能量。铝箔双盘减能器的两个盘上分别固定 n 和 m 片不同厚度的铝箔,考虑空挡位置,通过控制两个电机的旋转方向和速度可以产生 $(n+1)(m+1)$ 种不同厚度铝箔组合,可以产生 $(n+1)(m+1)$ 种能量的离子束,入射离子通过不同厚度的铝箔后可以实现梯度能量注入,从而使离子沉积在样品的不同深度,在样品近表面形成均匀的辐照损伤坪区。离子通过铝箔后的能量可以通过SRIM 2008软件^[13]计算得到。

控温自动靶台和控温手动靶台上端分别连接液氮装置,通过液氮降温可以控制靶台上样品的温度。自动靶

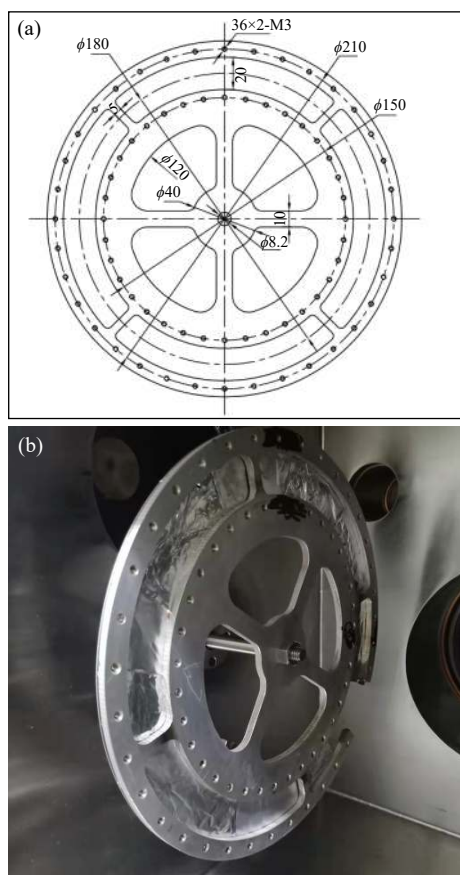


图3 减能盘的设计图(a)和实物图(b)

台为方形,4个面可用于固定多片样品,便于开展多组辐照实验。控温自动靶台和控温手动靶台的样品架均采用无氧铜。样品架上安装荧光靶,其用于观察束斑的位置。为了保证靶材与靶台之间良好的热导和电导,辐照样品用铜胶带粘在铜靶台上。热电偶安装在样品台上,用来监测辐照过程中的温度变化,另外,为避免辐照造成的样品升温,辐照过程中束流强度被控制在 $0.6\ \mu\text{A}$ 。手动靶台后面安装直通靶台,其使用电阻加热和液氮制冷方法进行温度控制,可开展 $0\sim 600\ ^\circ\text{C}$ 温度范围内的辐照实验。

1.2 发射光谱测量系统

离子束进入靶室与靶材作用,引起紫外可见光发射。在靶前 45° 角的方向接收光信号,实验布局见图4。发射的光信号通过光纤准直镜进入石英光纤。光纤准直镜75UV波长范围 $200\sim 2\ 500\ \text{nm}$,镜片直径 $10\ \text{mm}$,采用SMA 905接口。进入石英光纤的光信号通过光纤过真空装置(超高真空光纤馈通),从真空中传出,通过另一根石英光纤将光信号输入光谱仪入射狭缝。

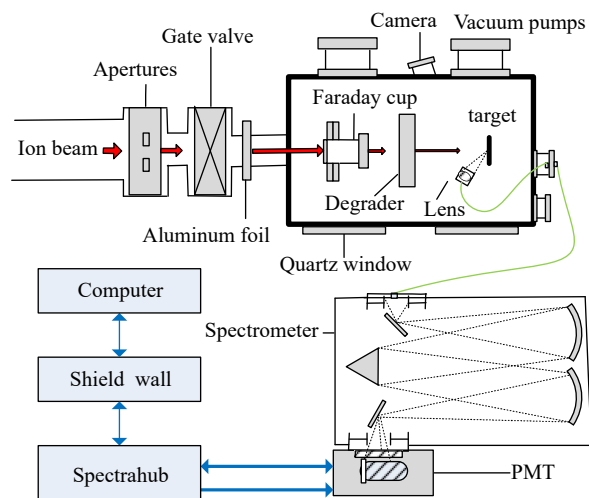


图4 中能离子辐照固体引起光发射测量设备示意图

光路的准直通过荧光靶和二极管光源来完成。离子束作用到荧光靶上,通过荧光靶发光确定束流位置。然后调节靶架子,将二极管置于荧光靶发光点的位置。利用二极管光源的位置,进行光路的准直。准直镜安装在高低可调、 360° 可旋转的三维可调支架上,见图5。调节准直镜的位置,使得二极管发射的光信号尽可能多地进入光纤,当光谱仪接收的信号最强时,固定准直镜的位置。调节靶台,使得离子入射到辐照样品上,在辐照过程中,利用光栅光谱仪测量辐照过程中发射光信号。

光信号的远距离输运是通过石英光纤等设备完成的。石英光纤UV 1000-0.5,其波长范围 $200\sim 1\ 100\ \text{nm}$,纤

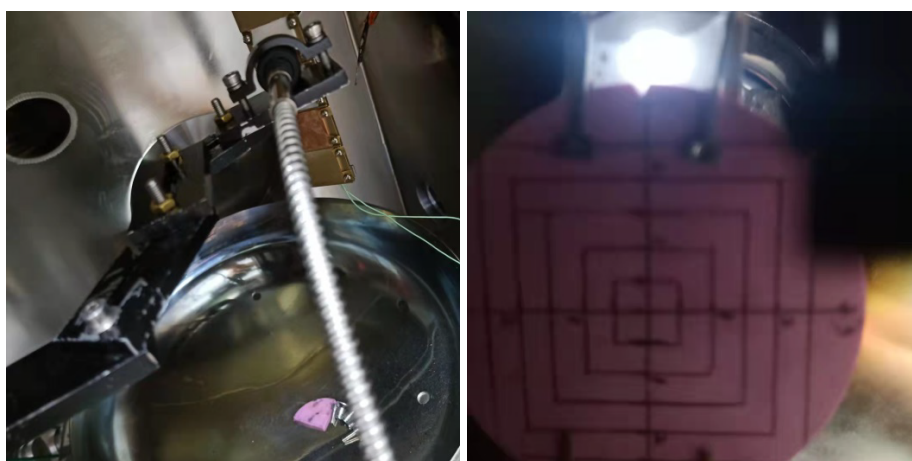


图5 准直镜的三维可调支架和准直光源

芯直径 1 000 μm , 采用接头 SMA 905。超高真空光纤馈通, 即光纤过真空装置 VFT-1000-UV, 可传输波长范围 200~1 100 nm, 纤芯直径 1 000 μm , 两端 SMA905 接头, 数值孔径 0.22 NA。

实验采用 Acton Sp-2558 光栅光谱仪。Acton Sp-2558 光谱仪聚焦长度为 500 mm, 孔径比为 $f/6.5$ (68 mm $\times$ 68 mm 光栅)。在三转动光栅平台上, 安装 1 200 L/mm@ 500 nm 和 2 400 L/mm@ 240 nm 的两块光栅。入/出射狭缝高固定为 14 mm; 宽为 2 mm, 连续可调, 最小示数 10 μm 。驱动电机机械波长范围 0~1 400 nm, 驱动步长为 0.002 5 nm。波长准确度为 ± 0.2 nm, 波长重复性为 ± 0.05 nm, 线色散倒数为 1.7 nm/mm, 波长在 435.8 nm 处谱线最小半宽不大于 0.05 nm。在实验前, 用标准汞灯对谱仪进行了校准。出射狭缝上安装日本滨松生产的 R955 型光电倍增管, 接收从出射狭缝出来的可见光。

2 光谱测量系统测试与结果

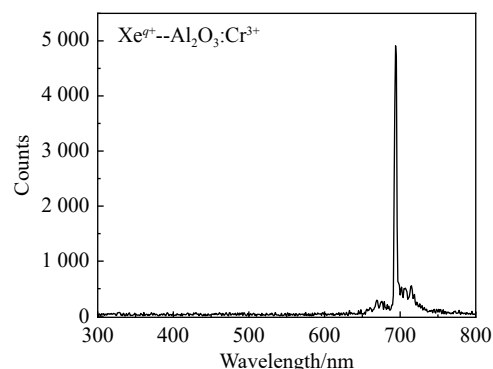
离子源提供能量 5 MeV/u 的 $^{129}\text{Xe}^{35+}$ 离子, 其动能为 645 MeV, 势能为 25.487 keV。离子通过不同厚度铝箔降能后的电荷态^[14]、动能和势能见表 2。从表中可以看出, 不同动能情况下, 其势能均远小于其动能, 在作用过程中, 可以忽略势能作用, 仅考虑动能效应。

表 2 Xe^{q+} 离子通过不同厚度铝箔后的动能和平衡电荷态、以及其对应势能

铝箔厚度/ μm	动能/MeV	电荷态 q	势能/keV
2	609	30	15.397
12	425	27	10.431
22	245	22	5.827
32	93	14	1.875
42	9	4	0.103

245 MeV 的 Xe^{q+} 离子辐照红宝石 ($\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}^{3+}$) 发射光谱, 如图 6 所示。对于靶材 $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}^{3+}$, 其发射的光

谱不是激发电子从导带跃迁到价带, 而是因其杂质在禁带中引进附加能级, 使电子能够吸收光子后实现从受主能级或从施主能级到低能级的跃迁, 其为分立谱线。红宝石发射光谱显示为连续谱带上叠加分离谱线。图中谱线峰位中心 694.0 nm, 半高宽 3.4 nm。在 650~750 nm 范围观测到的弱的带状发射谱, 其对应 Al_2O_3 的电子在晶体场中的跃迁。

图6 245 MeV Xe^{q+} 离子辐照红宝石 ($\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}^{3+}$) 发射光谱

分立发光中心的发射可以分成两类^[15]: 一类为三价稀土离子中心, 另一类是过渡族金属离子中心。红宝石发射谱线属于第二类。不像稀土 4f 电子壳层排布, Cr 3d 电子壳层没有满壳层电子结构, 考虑到晶体场的影响, 3d 电子跃迁受到的影响较大, 可以建立发光跃迁与过渡族金属离子能级间的关联。具有 3d 电子壳层的过渡族金属离子, 在晶体场作用下, 可以发生组态内跃迁。要使过渡族金属离子的 3d 电子组态内部的偶极跃迁成为可能, 晶体场起关键作用。在发光材料中, 三价稀土离子中心占有重要地位, 发射光谱为分立的线状谱线, 这些归于三价稀土离子中心能级间的跃迁。

过渡族金属离子具有非完全填满的 d 壳层, $d^n (0 < n < 10)$, Cr 的电子组态为 $3d^5 4s^1$, 其电离掉 $3d^2$ 和 $4s^1$ 电子变成三价离子 Cr^{3+} 。在红宝石中, Cr^{3+} 离子占据半径比

它小的 Al^{3+} 的格点上, 而 Cr_2O_3 中的 Cr^{3+} 离子仍在原来的格点上, 相对于 Cr_2O_3 中的 Cr^{3+} 离子来说, $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}^{3+}$ 中的 Cr^{3+} 离子受到较大的晶场作用 (Cr^{3+} 离子与周围 O^{2-} 离子的平均距离变短), 由此红宝石的吸收光谱与 Cr_2O_3 的吸收光谱相比分布在短波方向, 结果长波方面的红光透射出来, 呈现红的体色。晶场劈裂, 也就是晶体场导致过渡族金属离子能级的劈裂, 一般情况下晶场越大能级劈裂越大。晶场劈裂引起光学跃迁 (叫做晶场光谱)。晶体场强度的大小决定吸收峰所在的位置。

过渡族金属离子中心的跃迁, 须与晶场劈裂相联系。红宝石 $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}^{3+}$ 中的 Cr^{3+} 离子发生晶场劈裂。自由 Cr^{3+} 离子的基态为 4F , 将其置于在八面体对称的晶场中, 4F

劈裂为 4A_2 (基态)、 4T_2 和 4T_1 三个晶场能级; 激发态 4P 劈裂为 4T_1 , 2G_2 劈裂为 2E 、 2T_2 和 2T_1 , 2F 劈裂为 2A_2 等。

图 7 给出红宝石 $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}^{3+}$ 中 $\text{Cr}^{3+}(\text{d}^3)$ 离子的晶场能级、吸收和发射光谱图。 Cr^{3+} 离子基态 4F 晶场劈裂为能级 4T_1 和 4T_2 , 在一定的晶场强度下, 其能量比 Cr^{3+} 离子激发态 2G 的晶场劈裂能级分别为 2E 、 2T_1 和 2T_2 , 2T_1 和 2T_2 能级高, 因此 2E 为最低晶场激发态能级, 辐射发生在 $2\text{E} \rightarrow 4\text{A}_2$ 的跃迁。考虑到晶体场的存在以及自旋与轨道之间的耦合, 2E 能级发生劈裂, 其间隔为 29 cm^{-1} , 对应为两条波长靠近的红线, 分别为 692.7 和 694.2 nm , 通常叫做 R_1 和 R_2 红线。图 7 中实验上测到的谱线 694.0 nm 包含 R_1 和 R_2 两条线。

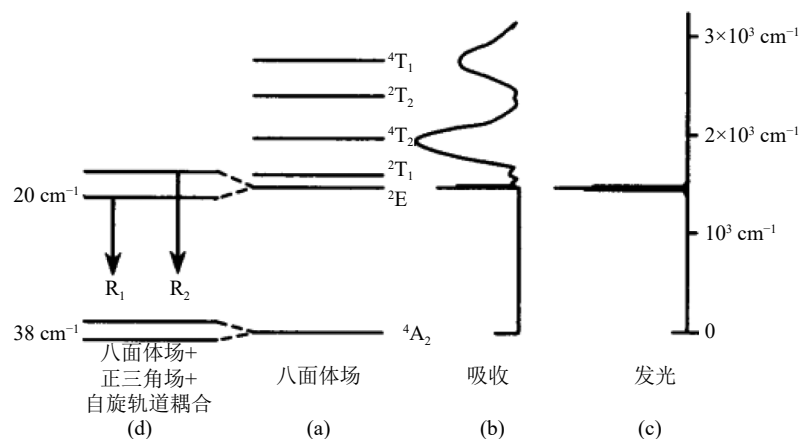


图 7 红宝石 $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}^{3+}$ 晶场能级图以及吸收和发射光谱 [15]

快重离子辐照固体材料会导致固体中的电子激发, 激发态电子退激发导致紫外可见光发射, 只有窗口材料才可以使材料内的光从材料中发射出来, 这种发射与固体材料本身的结构等性质有关。如果离子辐照导致价带电子受到激发而成为导带电子, 即本征激发, 退激发发射光谱与能带相关。如果离子激发导致辐照材料中形成激子, 这些束缚激子的电子-空穴复合辐射则导致紫外可见光发射。基于这一平台, 利用 $9\sim 609\text{ MeV}$ 的 Xe^{q+} 离子辐照窗口材料 CaF_2 、 MgF_2 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 MgO 和 MgAl_2O_4 等, 测量到激子复合发射的紫外可见带状光谱。研究了 93 、 245 、 425 和 609 MeV Xe^{q+} 离子辐照 SiO_2 发射的紫外可见光 [16]。 245 MeV Xe^{q+} 离子辐照 SiO_2 在 $200\sim 800\text{ nm}$ 范围内的典型发射光谱见图 8。图中包含 $461(2.69\text{ eV})$ 和 $631(1.97\text{ eV})\text{ nm}$ 附近的两个发射带, 其半高宽分别为 53 和 155 nm 。分析表明, 观测到的 1.97 eV 发射带属于 O^{q-} 离子束缚的弗伦克尔激子复合辐射发光, 2.69 eV 发射带属于 Si^{q+} 离子束缚的弗伦克尔激子复合辐射发光。研究表明: 发射光谱强度与电子能损直接相关, 光强随着电子能损增加呈指数增加, 发射光谱强度

随辐照剂量的增加而降低。在快重离子辐照过程中, 电子能损决定辐照过程中的光发射, 高密度的电子能损和核能损在靶材中形成的损伤影响光的发射与传输, 测量到的光谱是电子能损和核能损的协同效应。

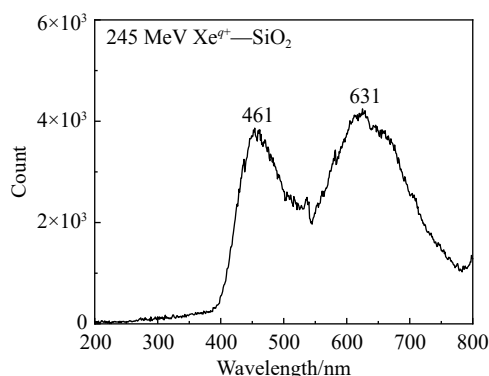


图 8 245 MeV Xe^{q+} 离子辐照 SiO_2 发射光谱 [16]

3 总结与展望

基于兰州重离子加速器中能辐照终端 SFC-T1 搭建了快重离子辐照固体材料光发射测量平台。在搭建的平

台上测量了 Xe^{q+} 离子辐照窗口材料 CaF_2 、 MgF_2 和 SiO_2 、 Al_2O_3 、 MgO 、 MgAl_2O_4 发射的带状谱以及 $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}^{3+}$ 发射的线状光谱, 研究了快重离子辐照过程中的能量沉积过程。下一步我们将继续优化测量平台, 包括完善光谱归一系统, 通过制冷等技术降低光谱噪声。该平台可以在辐照过程中进行光子信息的收集, 这是辐照实验和发射测量实验的合并, 极大地提高了束流的使用效率。

致谢 感谢兰州重离子加速器国家实验室的装置运行人员提供优质束流。

参考文献:

- [1] EL-SAID A S, WILHELM R A, HELLER R, et al. *Nucl Instr and Meth B*, 2013, 317: 170.
- [2] EL-SAID A S, WILHELM R A, HELLER R, et al. *Nucl Instr and Meth B*, 2016, 382: 86.
- [3] STABRAWA I, BANAS D, KUBALA-KUKUS A, et al. *Nucl Instr and Meth B*, 2017, 408: 235.
- [4] LINEVA N, KOZHUHAROV C, HAGMANN S, et al. *Nucl Instr and Meth B*, 2009, 267: 891.
- [5] PARIKSHIT P, JACOBUS M, ROBBERT W E, et al. *Nucl Instr and Meth B*, 2019, 458: 169.
- [6] SEKOWSKI M, BURENKOV A, RYSSEL H. *Microelectronic Engineering*, 2010, 87: 1497.
- [7] NAKAJIMA K, LIENEMANN J, EBERLEIN P, et al. *Nucl Instr and Meth B*, 2014, 340: 67.
- [8] QAYYUM A, AKHTAR M N, RIFFAT T. *Radiation Physics and Chemistry*, 2005, 72: 663.
- [9] XU Q M, ZHANG C H, WANG Y Y, et al. *Nucl Instr and Meth B*, 2022, 511: 12.
- [10] MOTOHASHI K, NOGAMI K, SAKAI Y, et al. *Nucl Instr and Meth B*, 2012, 283: 59.
- [11] ZHAN W L, XIA J W, ZHAO H W, et al. *Nucl Phys A*, 2008, 805: 533c.
- [12] ZHAN W L, XU H S, XIAO G Q, et al. *Nucl Phys A*, 2010, 834: 694c.
- [13] ZIEGLER J F, ZIEGLER M D, BIRSACK J P. *Nucl Instr and Meth B*, 2010, 268: 1818.
- [14] BETTGER K (translated by JIANG Dongxing, LIU Hongtao) *Experimental Methods in Heavy Ion Physics*[M]. Beijing: Atomic Energy Press, 1982: 149. (in Chinese)
(BETTGER K (姜东兴, 刘洪涛译) 重离子物理实验方法 [M]. 北京: 原子能出版社, 1982: 149.)
- [15] FANG Rongchuan. *Solid State Spectroscopy*[M]. Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2001: 139. (in Chinese)
(方容川. 固体光谱学 [M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2001: 139.)
- [16] XU Q M, Gou J, ZHANG C H. *Acta Physica Sinica*, 2023, 72: 043402. (in Chinese)
(徐秋梅, 赧洁, 张崇宏, 等. 物理学报, 2023, 72: 043402.)

An Experiment Platform for *in situ* Study of Ultraviolet Visible Emission from Solid Irradiated by Swift Heavy Ions

XU Qiumei, ZHANG Chonghong[†], GOU Jie, YANG Zhihu, WANG Yanyu, SONG Yin, YANG Yitao

(Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Swift heavy ion irradiation of solid materials is a complicated physical process involving a large number of particle emission processes, including ultraviolet visible emission. In order to study the ultraviolet visible light emission from solid induced by fast heavy ion, a measurement platform for swift heavy ion irradiation solid was built in the medium energy irradiation terminal SFC-T1 of Lanzhou heavy ion Accelerator (HIRFL). The ultraviolet-visible spectra from solid irradiated by swift heavy ions with different energy and charge states can be obtained online at this experimental platform, which is helpful to deepen the understanding of the physical mechanism of swift heavy ions irradiation effect in solid materials. Further research on radiation damage of nuclear materials combined with microstructure analysis after irradiation is prospected.

Key words: swift heavy ion; ultraviolet visible light; ion irradiation; emission spectrum

Received date: 10 Jan. 2023; Revised date: 06 Mar. 2023

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (12104463, U1532262)

[†] Corresponding author: ZHANG Chonghong, E-mail: c.h.zhang@impcas.ac.cn