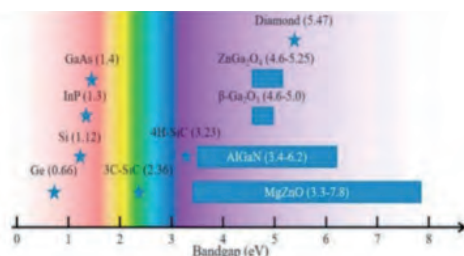


DSR300-DUV 深紫外光电流测试系统

INTRODUCTION TO UV DETECTORS

紫外探测器介绍

紫外探测器分为可见盲探测器（280nm-400nm）和日盲探测器（小于280nm）。日盲波段的紫外探测器因为没有背景噪声的干扰，所以具有较高的灵敏度，其在臭氧空洞检测、火灾监测、紫外通信和导弹监测等军事和民用方面有着重要的应用价值。宽禁带半导体 Ga_2O_3 是应用于高性能DUV光电探测器的一种极具前景的材料。除了在 Ga_2O_3 材料上不断提高其质量及性能等，引入不同的工艺或者结构工程也可以有效提高 Ga_2O_3 器件的光电探测性能。



UV DETECTOR TYPE

紫外探测器类型

半导体探测器，基于半导体材料的紫外光电探测器有很多优异的特性，如集成性好、量子效率高、体积小以及稳定性高等优点。半导体紫外光电探测器可分为光电导型和光伏型器件两种类型，具体介绍如下：

(1) 光电导型探测器光电导型探测器主要是由半导体材料以及两个电极组成。因为没有内建电场，所以也被称为无结型器件。当材料被具有足够高能量的入射光照射后，这时处于半导体价带上的电子会跃迁至导带，同时在价带中留下对应的空穴，最终产生无数个这样的电子-空穴对。随后在外在加电场的作用下，光生电子-空穴对会被两侧电极收集最后形成电信号。光电导型探测器依赖于外加电场，外加偏压越高则响应越高。该类型器件的优点是增益高、响应度高、动态范围宽、结构简单、制作成本相对较低等，在许多领域具有广泛的应用。缺点是需要外加偏压才能工作、响应时间也相对较长。

(2) 光伏型探测器光伏型探测器主要组成部分是半导体材料形成的 p-n 结或者肖特基结等，因其具有内建电场可以将半导体材料内产生的光生电子-空穴对分离，所以不必额外施加电压就可以将入射光信号转换为电信号。常见的器件类型有 p-n 结型、肖特基结型和金属-半导体-金属 (MSM) 型等。

I.p-n 结型

当p型与n型半导体材料相结合时，在其接触界面处就会存在载流子浓度梯度，两种材料中的电子和空穴会在半导体间扩散。

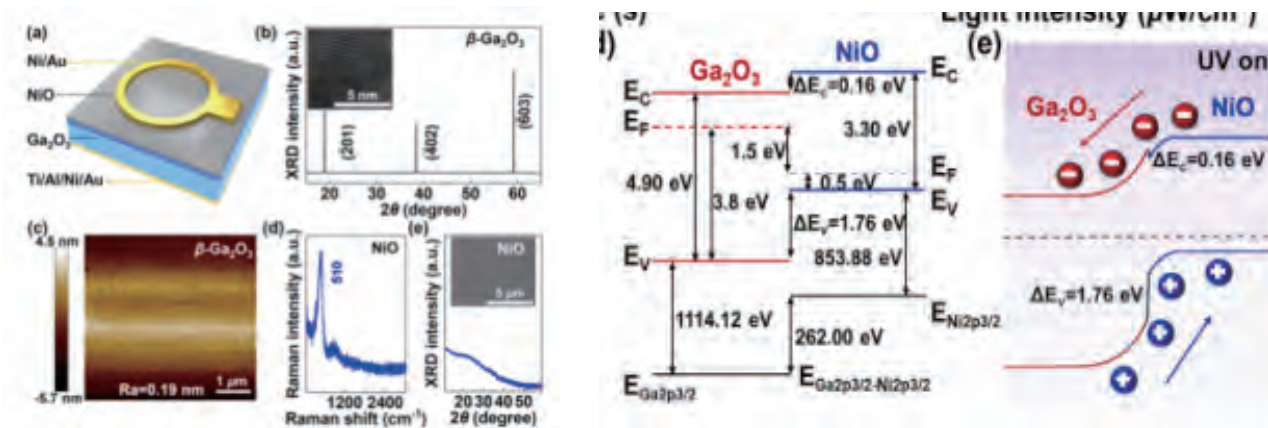


图2 p-NiO/n-Ga₂O₃异质结

这时在两种材料的界面处会形成空间电荷区，并产生内建电场，因此该类型的器件可以在零偏压模式下工作。由于p-n结存在势垒，所以一般会施加反向偏压令耗尽区的场强更大使其暗电流更低，从而实现更好的探测能力，p-n结型探测器是目前应用最广泛的一种光伏型探测器；

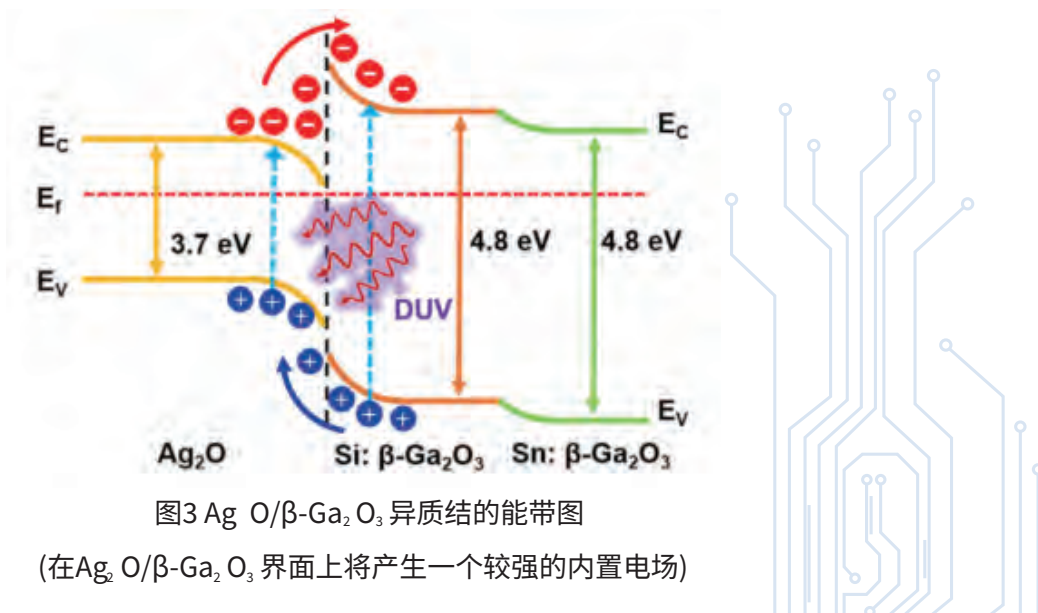


图3 Ag₂O/ β -Ga₂O₃ 异质结的能带图

(在Ag₂O/ β -Ga₂O₃ 界面上将产生一个较强的内置电场)

UV DETECTOR TYPE

紫外探测器产业趋势发展

近年来，宽禁带半导体材料已经成为日盲紫外光电探测领域的研究热点。目前，已经有各种各样的宽禁带半导体材料被用于制作日盲光电探测器，如铝镓氮 ($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$)、氧化锌镁 ($\text{Zn}_x\text{Mg}_{1-x}\text{O}$)、氧化镓 (Ga_2O_3) 和金刚石 (Diamond) 等。氧化镓作为继 GaN 和 SiC 之后的超宽禁带半导体材料，能够满足高效、低能耗、高频和高温等高性能应用的需求，在高压电力控制、射频通信、日盲探测、恶劣环境信号处理等方面有着广阔的应用前景。

INTRODUCTION TO PHOTODETECTOR TESTING

光电探测器测试介绍

光电探测器是将入射光信号转化为电信号的光电器件，因此快速、高效的光电转化是衡量探测器性能的重要因素。在光电探测器的性能参数中，涉及多个技术指标，这些指标对于理解和评估探测器的实际应用至关重要。这些参数包括但是不限于有效面积 (A)，偏置电压/击穿电压，响应度，外量子效率，光谱范围，光/暗电流，响应速度/时间 -3dB ，NEP， D^* ，噪声，线性动态范围 (LDR)，光谱抑制比 Spectral Rejection Ratio (SRR) 等。

本系统，通过 193 的脉冲激光器或者等离子体光源+单色仪的连续 193 光源，对器件的光电流响应进行测量，测量速度约 4KHZ，同时通过标准探测器对激光强度波动进行测量，对结果进行校正。

需要在聚焦和非聚焦的两种情况下测量：聚焦时，光斑聚焦到 0.5mm 以下，Mapping 小范围测量探测器的不均匀性；不聚焦时，通过光阑控制高斯光束的束宽，测量器件不同区域的响应度。

激光脉宽7ns,重频1KHz,单脉冲能量小于10nJ,光强需要能够进行线性调节,像面能量密度调节步长0.025mJ/cm²;另外,采样时间内待测样品上的能量累积小于3.6mJ。脉冲能量波动10%及以下,波长波动0.5nm及以下,波长紫外的193nm。

若激光器支持外触发,可加快门,软件需要增加相应的控制功能。例:点击开始采样,快门控制激光器出光,采样结束后自动关断。

OVERVIEW OF OPTICAL DESIGN

光学部分设计概述

定制样品夹具,带手动倾斜校正,可在显微镜下,通过对焦的清晰度,对样品盘进行手动倾斜校正,让样品在整个扫描范围内,处于同一对焦面内,保证采用聚焦光斑测试时的稳定性。

配备兼容2寸的大范围高精度自动扫描台,手动放片后,扫描台托载晶片实现晶片上多点的自动扫描Mapping功能,步长精度<1μm,X方向运动范围50mm,Y方向运动范围50mm,Z方向运动范围20mm。

显微镜可在显微成像和光电流两种模式下切换,显微模式下,物镜转轮切换到紫外消色差透镜组,可通过微区显微镜相机观察微区图像和激光光斑,用户可以通过显微像确认样品图案是否对准、激光光斑聚焦情况、样品是否倾斜等。

显微镜模组内通过激光采样镜和标准探测器,对激光能量波动进行检测,用于补偿光电流测试的结果。

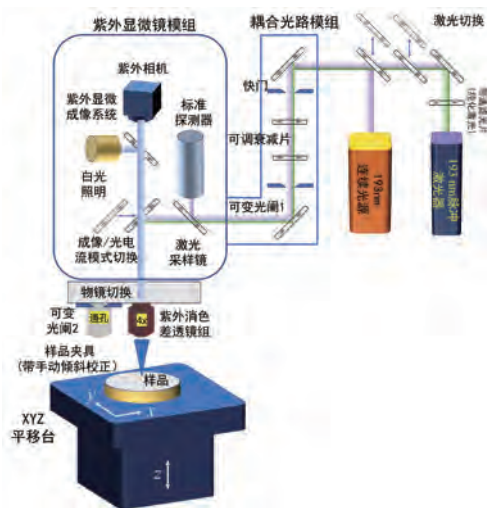
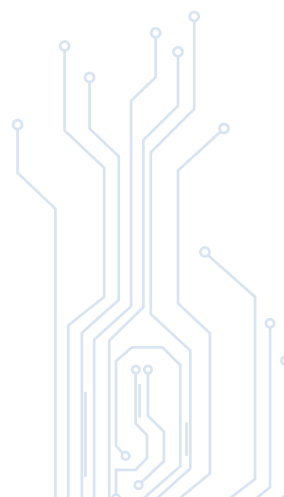


图 1 光路结构示意图



- ▶ 可通过物镜切换转轮，在聚焦和非聚焦的两种情况下测量：聚焦时，光斑通过紫外消色差透镜组聚焦到0.5mm以下，Mapping小范围，测量探测器的不均匀性；不聚焦时，物镜转轮切换到通孔，直接用高斯光束照射样品，通过光阑控制高斯光束的束宽，根据输入的版图位置测量器件不同区域的响应度。

激光包括193、266和355激光器，激光通过激发和收集模组、耦合光路模组传输到物镜前端并聚焦，激光通过切换镜进行切换。通过衰减片对能量进行衰减，通过光阑控制光束的束直径。

氙灯和单色仪通过光纤接口接入耦合光路模组，经过深紫外透镜组准直后，到达物镜后，聚焦到样品表面，光斑直径约200微米。

OVERVIEW OF ELECTRICAL DESIGN

电学部分设计概述

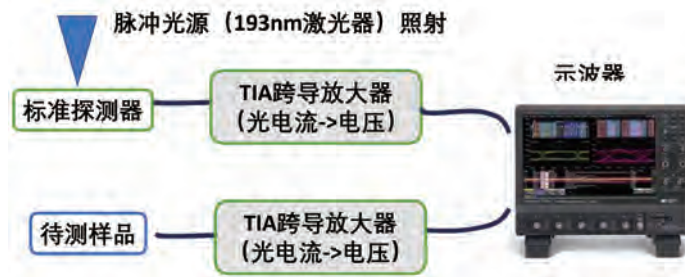
稳态光源测试模式：

稳态光源（等离子体光源+单色仪）照射下，标准探测器和待测样品直接接偏压，通过双通道源表同时获取光电流随时间的变化。



脉冲光源测试模式：

脉冲电学测试：脉冲激光照射下，标准探测器和待测样品接跨导放大器，将光电流转化为电压，通过多通道示波器同时获取标探和待测样品的电压随时间的变化。此时偏压固定，由放大器提供偏压。



系统规格 System specifications

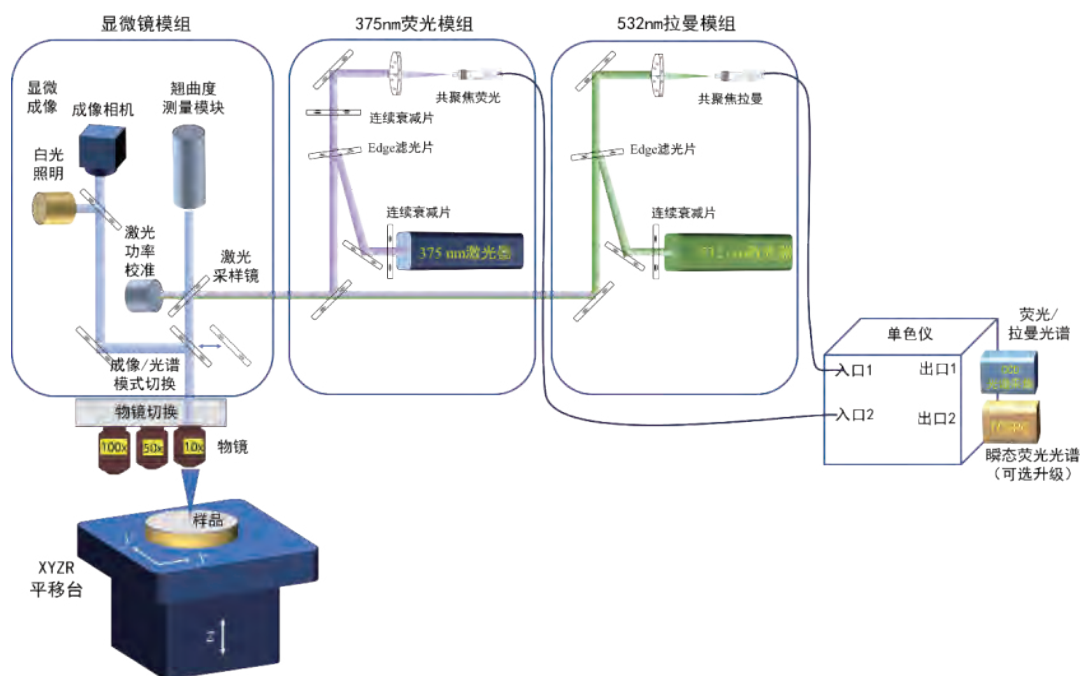
名称	规格
显微镜模组	紫外消色差透镜组: 5X, 数值孔径0.25, 工作距离35mm, 波长范围200-700 nm, 聚焦紫外光斑直径约10微米。主要应用于193 nm的紫外光聚焦
	紫外相机: 分辨率1920x1080, 20倍下视野范围0.42x0.24 mm, 响应范围190-900 nm
	紫外显微成像光路: 可获得紫外激光光斑和样品表面的显微图像; 可在光电流模式和成像模式(对样品表面进行聚焦和寻区)之间切换
	标准探测器光路: 通过激光采样镜和聚焦镜到标准探测器(本模块报价不含标准探测器), 对激光能量波动进行检测, 采样频率>4KHz, 用于补偿光电流测试的结果
	物镜转塔: 可调物镜中心的物镜转塔, 保持不同位置的物镜中轴对齐
	XY移动范围 >50 mm
	Z移动范围 20 mm
	最小步长1 μ m
	重复定位精度 \pm 1 μ m
	XYZ平移台
	耦合光路模组和激光切换
	电动激光衰减镜: 衰减从0到OD4 (10 ⁻⁴), 步长为OD2.2x10 ⁻⁴ 。即每步减少前一步光强的约万分之2.2
	手动光阑: 两组刀片垂直放置, 形成正交的狭缝, 构成一个方形狭缝约束, 狭缝高和宽调节范围0-20mm, 最小读数为0.01mm
	激光切换和转折镜均采用高功率阈值紫外反射镜, 适配190-400 nm (R>85%), 400-700 (R>80%)
	适配氙灯和单色仪的光纤出口, 经过深紫外透镜组准直后, 到达物镜

系统规格 System specifications

名称	规格
光源	准分子激光器，波长：193nm
	标准脉冲能量：5mJ
	最大脉冲能量：12mJ
	最大重频：200Hz
	激光等离子体光源
数据采集	脉冲激光照射下，标准探测器和待测样品接跨导放大器，将光电流转化为电压，通过多通道示波器同时获取标探和待测样品的电压随时间的变化。此时偏压固定，由放大器提供偏压。是一个1GHZ采样频率的的示波器。
	双通道源表
	锁相放大器及斩波器
	跨导放大器（电流转电压）
	电压放大器
暗箱	示波器，带宽1GHz
	对光电流部分进行遮光
软件	对外部电学干扰起到屏蔽作用
	1.提供样品表面和光斑的显微图像。
	2.辅助样品倾斜校正
	3.辅助样品图案的对准.
	4.可控制调节氙灯光源中心波长，可按规定精度步进；
	5.开始采集后，通过源表或示波器自动采集数据并通过标准探测器修正数值，自动计算并处理数据，可导出txt/excel等格式；
6.控制平移台按指定范围进行小范围的区域Mapping，可指定扫描区域和点间距。	

REVOLUTIONARY SLOT STYLE PARALLEL OPTICAL PATH DESIGN

革命性的插槽式并联光路设计



优势:

- ▶ 强大的光路稳定性：取消了传统意义上的显微镜周边冗余，更加贴合光路稳定性要求比较高的未来应用场景
- ▶ 无限拓展的可能性：显微镜光路，荧光，RAMAN，振镜扫描光电流光路，不同波长的荧光与RAMAN测试，依次并联，无限拓展
- ▶ 定量测试的高准确度：激光功率校准集成在显微镜模组中，通过测量激光采样镜获取的少量激光光强，可作为激光功率的实时校准和参考，并通过集成在荧光和拉曼模组中的连续衰减片调节光强。
- ▶ 更多的功能实现：荧光光强对于激发功率密度非常敏感，要准确的比较不同样品的荧光光强，需要应用翘曲度模组通过自动对焦，固定激发光斑的大小，同时通过激光功率校准来固定激发光强，最终保证了显微共聚焦荧光光强的稳定性和可比较性。

智能化软件平台和模块化设计

- ▶ 统一的软件平台和模块化设计
- ▶ 良好的适配不同的硬件设备：平移台、显微成像装置、光谱采集设备、自动聚焦装置等
- ▶ 成熟的功能化模块：晶圆定位、光谱采集、扫描成像Mapping、3D层析，Raman Mapping, FLIM, PL Mapping, 光电流Mapping等。
- ▶ 智能化的数据处理模组：与数据拟合、机器学习、人工智能等结合的在线或离线数据处理模组，将光谱解析为成分、元素的分布等，为客户提供直观的结果。可根据客户需求定制光谱数据解析的流程和模组
- ▶ 可根据客户需求进行定制化的界面设计和定制化的RECIPE流程设计，实现复杂的采集和数据处理功能。

显微光谱成像控制软件界面

