

第九届全国高等学校 物理实验教学仪器评奖推荐书

自制实验仪器名称：数字式硅片少子寿命实验仪

实验教学中心名称：清华大学实验物理教学中心

所 在 院 系：物理系

自制实验仪器负责人：陈宜保、梁昌林、常纓、
葛惟昆、杨蕾

联系电话（手机）：13910398037

（办公室）：62773140

邮 箱：chenyibao@mail.tisnghua.edu.cn

中国高校实验物理教学研究会

2016年1月

作品简介：（字数限 2000 字以内）

自制实验教学仪器的性能指标、台套数、作用、功能、特色优势、应用、推广等情况的简要介绍

半导体少数载流子寿命，简称少子寿命，是反映半导体材料性能和质量的一个重要参数，和半导体材料中的杂质缺陷，特别是重金属含量、晶体结构的完整性等有直接的关系，它对半导体器件的性能、特别是太阳能电池的光电转换效率有很重要的影响。太阳能电池的基本原理，是把光生载流子（电子和空穴）通过 p-n 结作用，输运到结两端的电极，产生光伏，因此载流子需要较高的寿命，因为这是一个与载流子复合互相竞争的过程。一般来讲，少子寿命高，太阳能电池的效率也相应较高。因此，少子寿命的检测，对半导体器件，尤其是太阳能电池产业具有十分重要的意义。鉴于太阳能的利用是可再生能源中最具有应用价值和潜力的发展方向，对国民经济和人民生活有重大影响，因此高等学校物理教学中对于与太阳能电池相关的教学课题日益重视和需要。少子寿命实验仪的研制正适应了了这种迫切的要求。更广泛地说，少子寿命不仅可以表征材料质量，还可以评价半导体器件制造过程中的质量控制。

我们研制的少子寿命实验仪采用微波反射光电导衰减法测量半导体 Si 材料的少子寿命，这是一种非接触式的瞬态测量方法，具有不损坏样品、快速测量等优点。

1.仪器性能指标：

寿命测量范围：0.5us~30ms

电阻率下限：1.0Ω·cm

测量重复性：3%

微波源：中心频率 10.5GHz±20MHz，频率稳定度≤10.5GHz±2MHz，输出功率+11.0±1dBm（即 10~15.8mW）；

隔离器：损耗≤0.5dB，隔离度≥20dB，驻波系数≤1.35。

脉冲激光二极管：波长 905nm，峰值功率 75W。

激光电源：同步信号脉宽 200ns，频率约 30Hz，下降沿≤50ns。

放大器：交流放大倍数约 5 倍，滤掉直流信号。

光子面密度（出光口）：4 位数字显示，单位：×10¹³ 光子数/cm²。

2.仪器研制台套数： 一套

3.仪器作用和功能：

本实验仪器主要用于近代物理实验教学，通过本教学仪器，可以直观地展示过剩载流子的产生和复合过程，通过测量少子寿命，计算扩散长度，从而帮助学生更好的理解固体材料的能带理论及半导体材料的导电机理，学习载流子的漂移、扩散和复合等物理过程以及对少子寿命的影响，对学生理解半导体中发生的微观过程和各种物理量之间的关系具有十分重要的意义。

通过本教学仪器，可以完成以下教学内容：

- a) 测量不同电阻率硅片的少子寿命，学习微波反射光电导衰减法测量硅片载流子复合寿命的原理和方法；
- b) 验证 S-R-H 模型的正确性并推算少子寿命，掌握半导体少数载流子产生和复

合的基本理论和微观过程；

- c) 学会计算非平衡载流子的扩散系数和扩散长度；
- d) 研究表面钝化对复合寿命测量的影响；
- e) 研究注入水平对复合寿命测量的影响；
- f) 学会利用注入水平检查硅片中的个别杂质类型；
- g) 测量复合寿命的分布，了解影响复合寿命测量的相关因素。

4.特色优势:

本实验仪器基本测量原理为微波反射光电导衰减法，涉及到微波、凝聚态、激光等多个领域的物理知识，物理概念清晰，测量方法便捷。通过本实验，可以将固体和半导体物理中的能带理论和导电机理向学生展示清楚，对于学习凝聚态物理中重要的能带理论、半导体载流子运动规律等抽象的物理概念具有非常重要的帮助作用。既可以作为一个独立的实验内容进行教学，也可以和太阳能电池原理实验一起开设，帮助学生更好的理解太阳能电池的工作原理，是一个理想的近代物理实验教学项目。

本实验仪器考虑教学的需要，在原理和方法设计上注重开放性、探究性和拓展性，在实验内容安排上，由浅入深，从最基础的少子寿命测量开始，逐步深入，对有兴趣做探究性实验的同学，可以进一步通过钝化、改变注入浓度等手段做深入的探究课题，更深入的学习半导体中杂质类型、缺陷能级、表面态等物理概念。

本仪器为数字化设备，学生可以方便的将测试数据导入到 **origin** 等数据分析软件，对数据做进一步的分析处理，有助于培养学生的数据分析和处理能力。

本设备采用无接触式无损检测方法，测试速度快，配合自动化分析软件，还可以方便的作为工程检测仪器推广使用。

5.应用推广

本教学仪器由清华大学实验物理教学中心自主研发，经过三年的探索，设计出原理样机，在教学中实际投入使用，和学生一起对仪器设备进行研究改进，既培养了学生的创新探究能力，又丰富完善了仪器设备和教学内容，通过学生的反馈，表明本实验设备是一个深受学生喜爱的教学实验装置。最终的成型设备由四川世纪中科公司进行产品化设计和制造，通过校企合作，使得该仪器既具有丰富的物理教学内容，又具有稳定可靠的测试品质，是一个极具应用推广价值的物理实验教学仪器设备。

作品照片 (3-5 张)

