

# Design of Laser Micro-Projector

Hang Ren, Zhantao Li, Yao Zhao, Xiaoping He, Wei Zhang, Zhichao Wu

College of Optoelectronic Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an Shaanxi  
Email: mrzhao37@sina.cn

Received: Nov. 24<sup>th</sup>, 2015; accepted: Dec. 13<sup>th</sup>, 2015; published: Dec. 16<sup>th</sup>, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

To qualitatively test the civil water resources, we proposed a convenient way to realize a Laser Projection Microscope in this letter. Through the virtues of laser's collimation, coherence and homochromatism, we built the light source, water supply and relevant mechanisms of the microscope design, which were mainly based on the Laser Display Technology (LDT). The experiment took the wavelength, laser power, distance and shape of faucet as variables, and thus investigated how they could modify the micro-image. The result showed that an ideal effect, which could visualize the details (e.g. numbers and motions, etc.) of microorganism in a droplet, appeared at 5 mW of laser power. Under such a condition, the optimal distance between droplet and light source is 100 mm approximately, while the optimal distance between light source and receiving screen is about 800 mm. Once gaining the states of the microbe in water, this design may be able to build a basis for the quick test of civil water.

## Keywords

Laser Technique, Microbial Amplification, Laser Projection, Drops of Water

---

# 激光投影显微仪设计

任 航, 李战涛, 赵 尧, 贺小平, 张 伟, 武志超

西安工业大学, 光电工程学院, 陕西 西安  
Email: mrzhao37@sina.cn

收稿日期: 2015年11月24日; 录用日期: 2015年12月13日; 发布日期: 2015年12月16日

---

## 摘 要

为了定性的检验民用水资源的质量, 本文研究了一种方便、快捷的激光投影显微仪。根据激光的准直、

单色的特性,利用投影显示技术的原理,设计了光源、给水系统及相关机械结构,完成了激光投影显微仪的设计。实验研究了不同波长、功率、距离以及不同水嘴形状对投影显微效果的影响,结果表明当激光的功率为5 mW,水滴与光源最佳距离约为100 mm,光源与接收屏最佳距离约为800 mm时,可直观的显示水滴中微生物的数量与游动状态,为进一步研究快速检验民用水资源的质量奠定了基础。

## 关键词

激光应用, 微生物放大成像, 激光投影, 水滴

## 1. 引言

随着水污染问题的日趋严重,直接影响人们的身体健康。在生活用水中存在许多肉眼看不见的微生物和杂质,它们时刻威胁着人和动物的健康,若饮用了含有大量微生物的水源,可能会引起严重疾病。现有观测水资源的方法主要是光学显微镜方法,但该观测方法对环境因素要求苛刻,成本高,程序稍显繁琐,不易实现大众化。因此,研制一种便携仪器对水资源的水质进行定性观测是非常必要的。

本文研制了一种便携式激光投影显微仪[1],该仪器以激光为光源,配合给水系统及相关结构设计,实现了对水资源固定体积内微生物的数量与游动状态的直观检测,具有成本低、方便快捷等特点[2]。

## 2. 总体方案设计

### 2.1. 激光显微仪的组成和原理

如图1[3]所示,激光显微仪主要由激光光源、给水系统、光屏组成。其工作原理为:首先将出水阀门关闭,打开通水阀及排气阀,然后将待检测液体从进水口注入容器,排气管紧贴封装壳透明窗口,观察待排气管液体到达指定刻度时关闭排气阀门,确保给水腔充满液体且没有空气,关闭进水阀和排气阀,给水系统通过旋转螺杆挤出一滴悬浮液体。激光器发出的平行光束通过可调节反射镜改变光路并调节反射镜到合适位置使光线垂直入射水滴中心,然后透过水滴经折射散射等光学效应到达光屏使之达到放大效果。根据成像图中的浮游微生物轮廓,数量可以定性得出水质质量检测[4]。

### 2.2. 给水系统[5][6]

给水系统主要由旋转螺杆、紧固螺钉、活塞、进水口、给水腔、出水口组成。

#### 1) 压水系统

如图2[3]所示,将待测液体从仪器顶部进水口注入,在外界大气压的作用下,液体被压进给水腔,待排气口的透明管液体到达指定刻度后关闭进水阀和排气阀,打开通水阀,通过机械力利用小导程旋转螺杆将液体推出去,形成一滴悬挂液滴,然后旋紧紧固螺钉固定活塞位置。

#### 2) 出水口[7]

首先在相同出水口直径条件下对曲率渐变倒漏斗型、普通倒漏斗型、直管型和尖嘴型四种出水口进行实验测试,得出曲率渐变倒漏斗型出水口有较大的附着面,且附着面渐变水滴不易掉落等优点。然后将水滴近似抽象为球形并分别测算比对在出水口直径为1.5 mm、2.0 mm、2.5 mm时曲率渐变型倒漏斗所形成的水滴大小,得出出水口直径为2.0 mm时液滴更稳定,更饱满。根据球体体积公式测算出一滴水大约为0.10 mL,即0.10立方厘米。因此实验证明用曲率渐变型漏斗型水滴悬挂更稳定,故选用曲率渐变型倒漏斗。

### 3. 实验测试分析

#### 3.1. 激光功率选择检测

选用不同功率的红光和绿光激光器，绿光激光器成像对肉眼刺激很强，故直接舍弃。继而选用功率分别 3 mW、5 mW、10 mW，635 nm 的红光激光器，探究激光光源功率对激光投影显微成像的影响。如图 3、如图 4、图 5 所示，将三种激光器在完全黑暗环境中进行投影。

由实验结果对比得，3 mW 激光器功率过低导致成像质量整体色调昏暗，不易观察到微生物影像；10 mW 激光器功率过高导致靠近中心点处亮度过高，亦影响成像质量不易观察到微生物影像，故选用 5 mw 激光器作为光源[8]。

#### 3.2. 元器件位置与成像清晰度关系检测

设置水滴位置为坐标原点，光屏方向为正向。转动半导体激光器顶端聚焦旋钮使之光斑最小，即尽可能使激光束平行射出。

首先设置水滴与光源距离不变，改变光屏位置，然后改变水滴与光源距离重复上述过程，每小组均出现成像质量由次变优再变次的过程。

根据表 1 实验数据，以第 2 组为例，从图 7 至图 12 的效果看出图 10 相对最为理想。这是因为激光投影显微机理是水滴近似为圆形，相当于一个焦距很小的凸透镜，激光是准直、单色光束，照射到水滴凸透镜后水中微生物遮挡部分光束，在其后屏幕形成放大投影光斑。光屏不同位置对投影像的对比度、

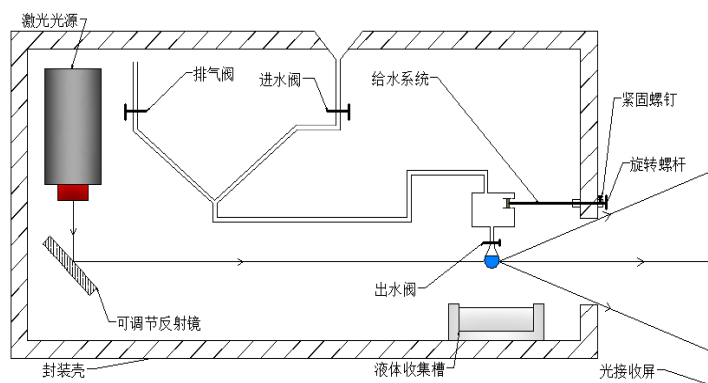


Figure 1. Schematic diagram about laser micro-projector  
图 1. 激光显微仪原理图

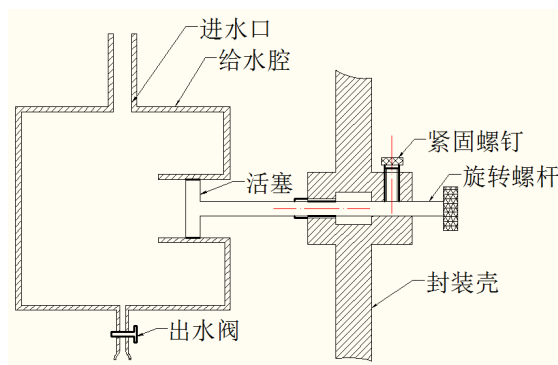


Figure 2. Water supply system  
图 2. 给水系统

亮度与放大倍率等影响较大，图 7 至图 9 视场亮度不均匀，不易观察，而且微生物放大倍率不够明显；图 11 与图 12 视场亮度明显变暗，对比度降低，最终得出光屏位于 800 mm 时相比于其它位置成像亮度均匀度、对比度最为理想，如图 10 所示。同理可得组 1 与组 3 中最优成像分别为图 6 和图 13。将三组最优成像再进行综合对比，得出图 10 光亮度均匀适中，对比度最明显，光经过微生物或杂质后放大效果最理想，利用水滴凸透镜对平行激光束成像原理，实验测得水滴凸透镜焦距约为 3.1 mm，投影像放大倍数约为 250 倍[9]。



Figure 3. Laser imaging of 3 mw  
图 3. 3 mW 激光器成像图

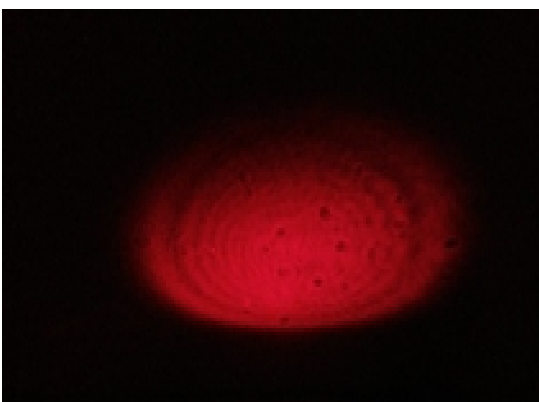


Figure 4. Laser imaging of 5 mw  
图 4. 5 mW 激光器成像图

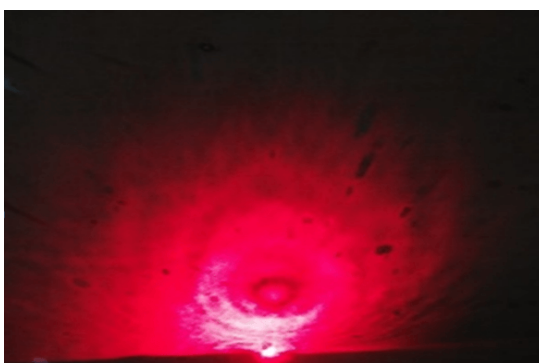
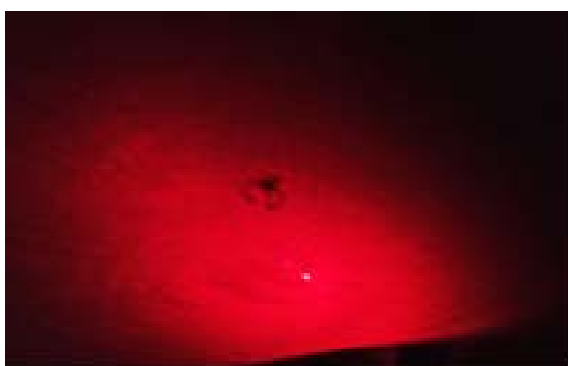


Figure 5. Laser imaging of 10 mw  
图 5. 10 mW 功率激光成像图

**Table 1.** Different distance of 5 mW laser projection  
**表 1.** 5 mW 激光器不同投影距离

组数	序号	水滴位置(mm)	光屏位置(mm)	图示
1	1	-50	500	图 6
	2		600	
	3		700	
	4		800	
	5		900	
	6		1000	
2	1	-100	500	图 7
	2		600	图 8
	3		700	图 9
	4		800	图 10
	5		900	图 11
	6		1000	图 12
3	1	-150	500	图 13
	2		600	
	3		700	
	4		800	
	5		900	
	6		1000	

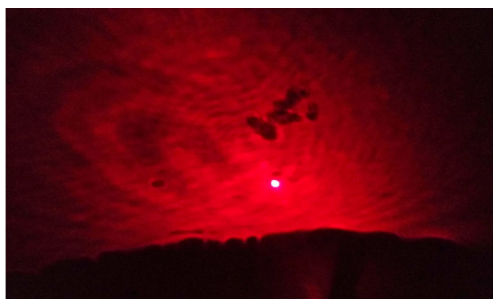


**Figure 6.** Position of water -50 mm, position of the screen 700 mm

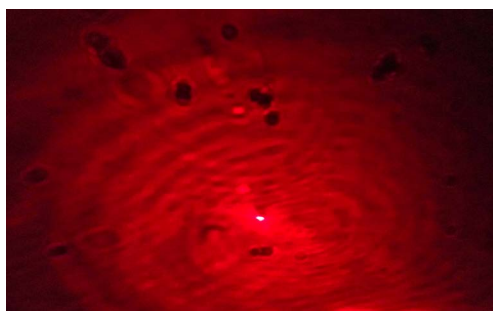
**图 6.** 水滴位置-50 mm, 光屏位置 700 mm



**Figure 7.** Position of water -100 mm, position of the screen 500 mm  
**图 7.** 水滴位置-100 mm 光屏位置 500 mm



**Figure 8.** Position of water -100 mm, position of the screen 600 mm  
**图 8.** 水滴位置-100 mm 光屏位置 600 mm



**Figure 9.** Position of water -100 mm, position of the screen 700 mm  
**图 9.** 水滴位置-100 mm 光屏位置 700 mm



**Figure 10.** Position of water -100 mm, position of the screen 700 mm  
**图 10.** 水滴位置-100 mm 光屏位置 700 mm

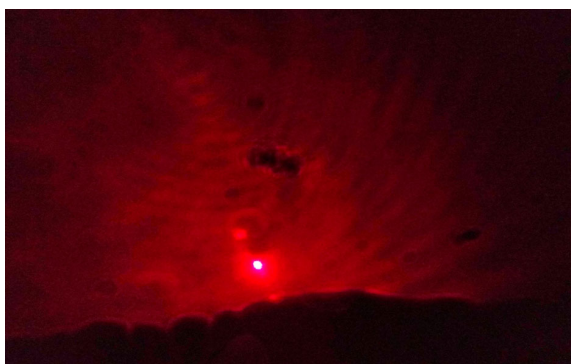


Figure 11. Position of water -100 mm, position of the screen 900 mm

图 11. 水滴位置-100 mm, 光屏位置 900 mm

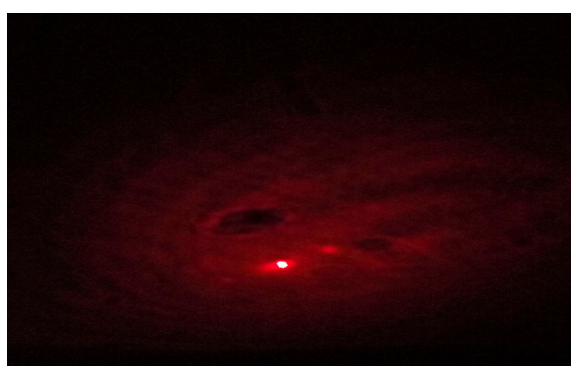


Figure 12. Position of water -100 mm, position of the screen 1000 mm

图 12. 水滴位置-100 mm, 光屏位置 1000 mm



Figure 13. Position of water -150 mm, position of the screen 600 mm

图 13. 水滴位置-150 mm, 光屏位置 600 mm

#### 4. 结论

本文研制的激光显微投影系统, 利用激光投影的方法配合好光学与机械设计, 实现对水中微生物的观察, 定性评估水源质量。放大倍数可满足对采样水源进行水质分析, 经检测表明水滴与光源最佳距离约为 100 mm, 光源与接收屏最佳距离约为 800 mm。放大倍数约为 250 倍, 可方便观察采样水源中微生物游动状态, 大体数量, 直观反映水中微生物含量。可以高效快捷直观的实时监测水质, 具有良好的前

景与经济效应。

## 基金项目

感谢大学生创新创业训练项目的支持(项目编号: 201410702009)。

## 参考文献 (References)

- [1] 王之江, 顾培森. 现代光学应用技术手册: 下册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [2] 周炳琨, 高以智, 陈倜嵘. 激光原理(第六版)[M]. 北京: 国防工业出版社, 2009.
- [3] 毛谦德, 李振清. 机械设计师手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [4] 莱金(Milton Laikin), 周华君, 程林, 周海宪. 光学系统设计(原书第四版)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2012.
- [5] SolidWorks2010 有限元、虚拟样机与流场分析从入门到精通[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [6] 黄云清. 公差配合与测量技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [7] 王运赣. 微滴喷射自由成型[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2009.
- [8] 陈家璧, 彭润玲. 激光原理及应用(第二版)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010.
- [9] 郁道银, 谈恒英. 工程光学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.