

CO₂ 激光钢网功率衰减器

王登龙 徐贵道 陈宗礼 钱焕文

(北京军事医学科学院放射医学研究所, 北京)

摘要: 本文介绍了CO₂激光钢网功率衰减器的组成、性能特点及免眼损伤阈值研究的使用结果。

The steel net power attenuator of CO₂ laser

Wang Denglong, Xu Guidao, Chen Zhongli, Qian Huanwen

(Institute of Radiation Medicine, Academy of Military Medical Sciences)

Abstract: The steel net attenuator of CO₂ laser and its performance are introduced. Using the attenuator, the results of studying the ocular damage threshold are reported in the paper.

在CO₂激光对眼和皮肤损伤阈值研究中, 实验光束的功率需有较宽的调节范围。CO₂激光功率值的调节有多种方法, 如调节激光器的工作电流; 光路上加10.6 μ m波长的红外衰减片, 像锗、砷化镓等; 用红外透镜散焦后, 根据不同距离光密度不同的特性, 在离焦点不同距离上取所需功率密度等。

调节激光器工作电流, 比较简单, 但生物效应研究所需功率密度值很低, 而CO₂激光低功率输出往往不稳定, 一般不能满足实验要求。用衰减片和透镜衰减, 不仅价格昂贵, 更重要的是光路上加上这些元件后, 由于热效应、偏振和象差等因素的影响, 使激光输出稳定性和光束质量降低, 难以达到生物效应的研究要求。为此, 实验制作了钢网功率衰减器。

一、衰减器结构及原理

衰减器由衰减网和机电传动装置两部分组成, 图1、图2分别是衰减器原理及结构图。

图中1为直流电机, 2、3是两片直径为70mm目数相同的钢网, 分别固定在两对称轴上。两片钢网前后放置, 约有1/4面积重叠, 直流电机和两对称轴固定在一块75 \times 65mm的铝板上。

直流电机通过两条橡皮带, 带动两钢网高速旋转, 激光束通过钢网重叠处后, 使激光功率密度降低。功率密度值的大小可通过改变衰减网的目数来调节, 以满足生物效应研究的要求。

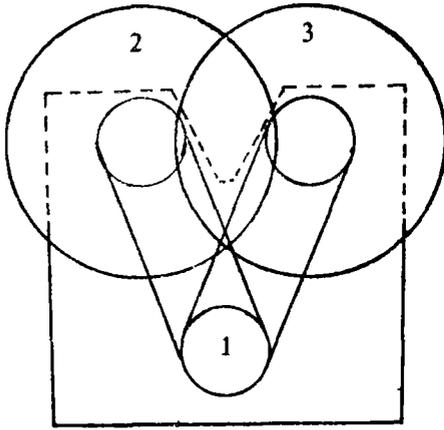


图1 衰减器原理图

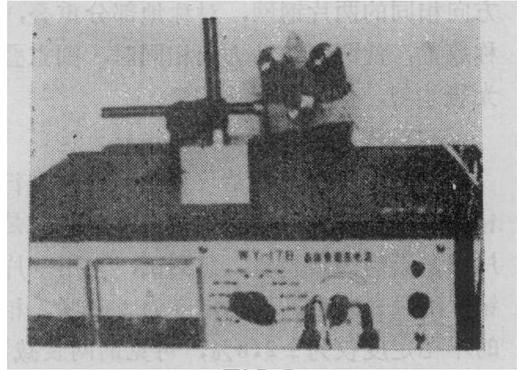


图2 衰减器结构图

二、衰减器的基本性能及实验

采用钢网进行激光衰减是最简单的方法之一，可通过选择钢网不同目数来满足大范围功率密度调节需要。使用钢网衰减器需解决的主要问题是，当钢网静止或慢速转动时，实验光斑将出现网格阴影——网格效应；其次在钢网处于静止状态时，在激光高温照射下容易烧坏，并且由于网本身温度不断升高，会产生附加红外辐射。为解决这些问题，实验中采取钢网高速转动方法，并对有关问题进行如下实验。

1. 钢网转速与功率衰减量的关系

当一组衰减网的目数选定后，其遮光和透光的面积之比为定值，就是说其占空比为恒定值。因此，从理论上讲，不会因钢网转速改变而影响激光输出的稳定性。为了证实这一点，在激光器功率稳定输出的条件下，改变钢网转速，从静止到每分钟3600转。在不同转速时，进行测量，其结果如表1。由实验结果证实，钢网转速对激光功率衰减量没有影响。

表1 衰减网转速与功率衰减量的关系

衰减网转速(转/min)	0	2000	2570	3080	3600
输出值(W)	12.9	13.0	12.8	12.9	13.1

2. 钢网衰减器网格效应的消除

钢网静止和慢速转动，产生的网格效应，对激光生物效应研究是不利的，应该避免这种问题的发生。

实验证明，钢网高速旋转，不仅使钢网风冷，避免烧坏，同样可有效地消除网格效应。

一般来说，当钢网转速使钢网网丝在光斑中停留的时间远远小于激光实验辐照时间时，可忽略网格效应对生物实验的影响；而转速较高时，对消除网格效应较有利。

旋转的钢网可有效地消除网格效应，但带来的问题是，若采用单片钢网作衰减器，当钢网做匀速圆周旋转时，由 $v = \frac{2\pi R}{T}$ 运动公式可知，在 T 确定的条件下，线速度随半径 R

的增大而增大。当激光通过单片钢网时,因受线速度的影响,沿光斑径向不同点上网格效应不同,造成通过钢网的光斑不均匀。为消除这种影响,实验中采用目数、转速、面积和旋转方向相同的两片钢网,对称地部分重叠,前后放置。当激光束通过重叠部分时,由于钢网对称放置,使两网转动方向相同时,则重叠部分反向相对旋转,起到了相互补偿作用,使钢网光斑均匀,保证了光束质量。

3. 钢网与红外衰减片的比较

实验中对钢网和锗片衰减组合,进行了多次测试比较,表2为测试数据。实验发现,用锗片对激光衰减,一是调节范围窄,二是由于热效应等因素,影响光功率的稳定性;而衰减片越多影响因素越多。经测试,当用一片锗片衰减时,光功率的不稳定度是 $\pm 31\%$;用三片锗片组合衰减时,不稳定度为 $\pm 61\%$ 。相比之下,用钢网衰减对光功率稳定性影响较小,它的不稳定度仅为 $\pm 2.8\%$,可见钢网衰减器要比衰减片好得多。

表2 不同类型的衰减方式对光功率稳定性的影响

激光器电流 (mA)	衰减方式	测 量 值	平均值	不稳定度 ($\pm\%$)
7	无	20.8、20.9、20.9、20.8、20.6、20.5、20.5	20.7	1.8
7	一片锗片	10.4、10.3、10.5、10.9、11.2、12.4、13.9、12.3、11.9	11.5	31
9	三片锗片	36.0、38.5、40.5、67.0、66.0、66.5、57.0、43.0、44.0	50.9	61
8	互补钢网	25.5、24.8、24.8、25.0、24.0、24.3、24.8	24.7	2.8

三、钢网衰减器的应用

钢网衰减器,结构简单,造价低,功率调节范围宽,可实现连续调节,对光束模式、功率稳定性影响小。

钢网衰减器研制完成后,对其性能进行了测试并在 CO_2 激光眼损伤阈值研究中进行了应用。实验共照射142只兔眼,854个照射点,分11个剂量组。剂量范围为平均功率密度 $4.17\sim 13.4\text{W}/\text{cm}^2$;1~6组照射时间平均 1.03s ;7~11组平均 0.12s 。实验特点是,整体实验剂量变化范围宽,而组与组之间剂量差别又很小。为满足损伤阈值研究的要求,通过更换不同目数的钢网,实现较精确的剂量调节,给出了各组合理的照射剂量值。根据实验结果得:照射时间平均 1.03s ,回归方程: $\hat{y} = 16.66x - 7.611$, $ED_{50} \approx 5.72\text{W}/\text{cm}^2$ (95%置信限 $5.58\sim 5.85\text{W}/\text{cm}^2$);照射时间平均 0.12s ,回归方程: $\hat{y} = 11.77x - 7.087$, $ED_{50} \approx 10.7\text{W}/\text{cm}^2$ (95%置信限 $10.4\sim 10.9\text{W}/\text{cm}^2$)。实验结果如表3。

通过生物实验应用,认为钢网衰减器进行 CO_2 激光剂量衰减,对光功率稳定性及光束质量影响小;生物实验结果可靠。以上结果为国家和军队激光安全标准的制定提供了生物学依据。

表3 CO₂激光照射剂量、照射时间与角膜损伤发生率关系

实验分组	平均照射时间 (s)	照射剂量		损伤发生率	
		平均能量密度 (J/cm ²)	平均功率密度 (W/cm ²)	损伤数/样点数	百分率
1	1.0463	8.32	7.95	50/50	100
2	1.0251	7.07	6.89	61/66	92.4
3	1.0240	6.62	6.47	70/82	85.4
4	1.0233	6.04	5.90	25/50	50.0
5	1.0215	5.50	5.39	26/72	36.1
6	1.0232	4.27	4.17	2/102	1.96
7	0.1209	1.62	13.4	62/70	88.6
8	0.1218	1.45	12.0	47/60	78.3
9	0.1211	1.31	10.9	34/60	56.7
10	0.1219	1.24	10.1	68/192	35.4
11	0.1280	0.972	7.59	4/50	8.0

参 考 文 献

- [1] 徐碣敏, 周淑英, 胡富根 *et al.* CO₂激光对角膜损伤阈值的研究. 中国激光, 1985, 12 (12): 739
- [2] 徐碣敏 *et al.* 不同剂量CO₂激光对眼的损伤作用. 眼外伤职业病杂志, 1988, (1): 16
- [3] 刘克恒, 窦国兴, 雷树人. 物理 (增订本). 第2版, 北京: 人民教育出版社, 1985: 67

作者简介: 王登龙, 男, 1958年10月出生。助理工程师。现从事激光技术研究。

收稿日期: 1990年3月28日。

· 产品简讯 ·

掺钛蓝宝石激光器

由美国加州Lexel激光公司生产的479型掺钛蓝宝石激光器是一种可调的驻波激光系统, 可用离子激光器泵浦。这种驻波激光器包括有适用于710~975nm调谐范围的双折射可调滤波器 (1, 2或3片) 和必要的光学元件。479型采用Z形折叠腔设计, 由一片高反射镜, 两片折叠分光镜, 一个输出耦合器和一根掺钛蓝宝石棒组成。此外还包括两个输入光路反射镜和一个将垂直偏振泵浦光束旋转为水平面偏振的波片。

译自L F World, 1991, 27(2):185 于祖兰 译 刘松明 校