

新型连续可调激光衰减器

李国华 赵明山 于德洪 宋连科

(曲阜师范大学激光研究所, 曲阜)

摘要: 本文介绍一种基于偏光分束原理的新型光学衰减器, 理论分析和实验测量均表明, 该衰减器具有动态范围大、衰减比连续可调且与入射偏振态无关、不改变光束偏振态及空间分布特性等特点, 是一类较理想的激光衰减器件。

Continuously adjustable attenuator for laser

Li Guohua, Zhao Mingshan, Yu Dehong, Song Lianke

(Laser Institute, Qufu Normal University)

Abstract: A new type of continuously adjustable optical attenuator based on the principle of polarization beam splitting is described. The results of both theoretical analyses and experimental measurement show that the device has advantages of large dynamic range, polarization-independent attenuation properties and no change in polarization state and space distribution of the beam.

一、引 言

光学衰减器是光学、特别是激光调制及应用技术中常用的器件。利用材料的吸收、反射或散射等特性研制的各种衰减器已有许多报道^[1]。本文介绍一类基于偏光分束原理的新型光学衰减器, 该衰减器具有动态范围大、衰减比连续可调且与偏振无关、不改变光束偏振及空间分布特性等特点, 从而在激光调制及应用技术, 光纤通信及现代光学技术中具有广阔的应用前景。

* * *

作者简介: 杨高潮, 男, 1956年1月出生。工程师。现从事激光大气传输研究工作。

韩守春, 男, 1943年10月出生。高级工程师。现从事激光大气传输研究工作。

刘晓春, 男, 1954年9月出生。工程师。现从事激光大气传输研究工作。

邵石生, 男, 1952年12月出生。实验师。现从事激光大气传输研究工作。

饶瑞中, 男, 1963年10月出生。助研。现从事激光大气传输研究工作。

胡 明, 男, 1963年6月出生。实验员。现从事激光大气传输研究工作。

宋正方, 男, 1935年12月出生。研究员。现从事激光大气传输研究工作。

收稿日期: 1990年2月22日。

二、结构及原理

该衰减器由两块完全相同的平行分束偏光镜〔2〕和偏振面旋转器构成，如图1所示。

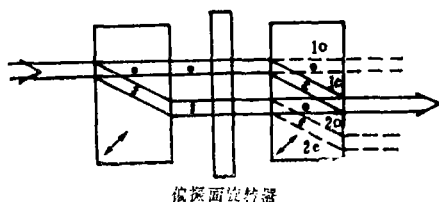


图1 衰减器原理结构图

正入射光束经第一块棱镜，被分成偏振面相互垂直的o、e两光束并平行出射，再经偏振面旋转器，偏振方向发生同步旋转，最后经第二块棱镜合成输出。

若通过偏振面旋转器使偏振面旋转 90° 角，进入第二块棱镜的两光束的振动方向如图1所示，在棱镜中沿实线路径传播，并合成一束光输出。如果不考虑反射、散射等器件固有损耗，则此时输出光强等于入射光强。当偏振面旋转任一角度 θ ($0^\circ < \theta < 90^\circ$)时，则相对于第二块棱镜，原来的o光仅一部分变成e光，另一部分仍为o光，分别记为 $1o$ 和 $1e$ ；原来的e光亦分成部分o光和e光，分别记为 $2o$ 和 $2e$ 。 $1e$ 和 $2o$ 合成作为输出光束。很显然，此时输出光强小于输入光强，从而实现光强衰减。偏振面旋转器的旋角 $\theta/2$ 可任意调整，即 $1e$ 和 $2o$ 的分束比可连续改变，因此，入射光束的衰减量就可根据需求连续调节。

容易证明，当偏振面旋转 θ 角时，对振动方向与第一块棱镜主截面成 φ 角的平面偏振光的衰减比为：

$$\eta' = E_o^2 / E_i^2 = T_o T_e T_R \sin^2 \theta \quad (1)$$

式中， E_i 、 E_o 分别是入射和出射光波的振幅， T_o 、 T_e 分别是方解石棱镜对o、e光束的主透射比； T_R 是偏振面旋转器的有效主透射比。

用分贝数表示，则衰减比又可写成：

$$\eta = 10 \lg A + 10 \lg(\sin^2 \theta) \quad (2)$$

式中， $A = T_o T_e T_R$ ，代表衰减器的固有损耗，对于确定的衰减器是一常数。

(1)式和(2)式清楚地表明：1.衰减比仅是 θ 的函数，旋转偏振面旋转器即可实现衰减比的连续调节（ θ 等于偏振面旋转器转角的两倍）。2.衰减比与入射光偏振方位角 φ 无关，即对不同偏振方向的平面偏振光具有相同的衰减比。由于任意偏振态都可看成是两独立平面偏振光的迭加，所以衰减比与入射光偏振态无关。

同时，由于衰减器中前、后两块分束棱镜完全对称，偏振面旋转器对两光束延迟相同，所以在出射面处进行合成的两光束间无相对相移和相对强度变化，因此合成输出光的偏振态不发生变化。也就是说，该衰减器可保持原入射光束的偏振特性。

三、实验测试与分析

根据上述原理结构，我们对制做的激光衰减器的衰减特性进行了实验测量。衰减器的偏振面旋转器采用半波片，实验装置简图如图2所示。

He-Ne激光器为测试光源，起偏镜 P_1 和 $\lambda/4$ 波片F组成入射光束偏振态调节系统；A是已知衰减比的中性灰玻璃，其作用是保证探测光强大范围变化时，探测器工作在线性区。

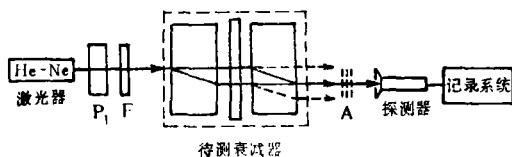


图2 实验测量系统简图

首先，实验测量了待测衰减器衰减比随角 θ 的变化，结果由图3给出，图中同时还给出了理论曲线（实线）。实验结果与理论符合得很好，表明衰减器确实具有良好的衰减特性，衰减比随 θ 连续可调，有效调节范围为30dB。

上述衰减比的变化是在入射光为线偏振光情况下测得的。改变入射光的偏振态成圆偏振，测得结果与上述一致，表明该衰减器的衰减特性确与入射光偏振态无关。

在衰减器后加置检偏系统，测量了衰减器对入射光偏振态的保真特性。取入射光为平面偏振光和圆偏振光两种情况，衰减前后光束偏振的变化见表1。此结果表明，所测衰减器确能很好地保持入射光束的偏振特性，与理论预期结果一致。至于实验结果中偏振度稍有变化，主要是由分束棱镜的晶体材料及加工精度、半波片的偏差等引起的。通过仔细校准

表1

	入射光束	出射光束
偏 振 度	99.98%	99.90%
	2.65%	3.75%

两棱镜的方位和提高半波片的精度可使误差得到改善。

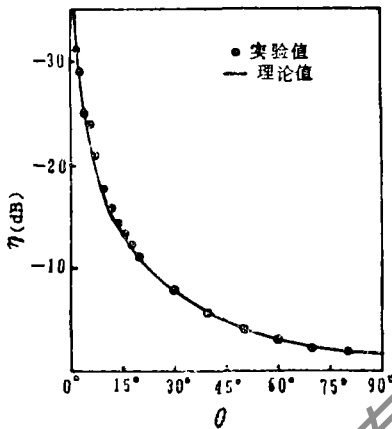


图3 衰减比随角度 θ 变化关系

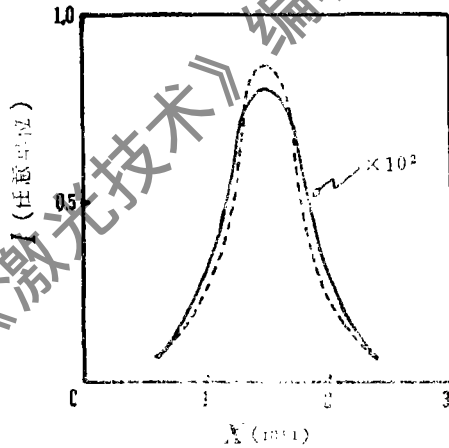


图4 衰减前后光束空间分布特性比较

图4是衰减前后光束空间分布的比较，由探测器沿横向扫描得到。图中实线为输出光束的横向空间分布，虚线代表未经衰减器时入射光的横向空间分布，两者比较可清楚地看出，衰减前后光束空间分布基本一致。表明所测衰减器不改变光束的空间分布特性。

四、结 论

上述理论分析和实验结果均表明，本文提出的连续可调光学衰减器确是一种性能优良的衰减器件。它具有许多优点：1. 衰减比连续可调，动态范围一般为30dB，并可通过提高偏振面旋转精度而进一步增大；2. 衰减特性与入射光束偏振态无关；3. 不改变入射光束的偏振特性和横向空间分布。另外，如果采用光电晶体或液晶片作为偏振面旋转器，该衰减器则可做成一种新型光开关，通过控制外加电压进行工作。这种光开关将具有动态范围大，插入损耗小，动作可靠等优点，因此很有应用价值。该衰减器的不足之处是有效通光孔径较小，一般在 $\phi 3\text{mm}$ 左右，但这对于激光、光纤等技术应用已足够了。

激光与陶瓷材料交互作用的研究与应用现状

刘江龙

(重庆大学, 重庆)

摘要: 陶瓷材料的激光加工是激光技术应用的新领域。它是利用激光技术从物理的或化学的角度制备特殊陶瓷材料和满足陶瓷材料的特殊加工条件。本文评述了国内外在陶瓷材料与激光交互作用方面的基础与应用研究的动态。讨论了在应用中的问题及其解决途径。

The recent study of research and application of the
interaction of laser with ceramics

Liu Jianglong

(Chongqing University)

Abstract: Laser processing ceramic materials is a new application of laser technology. The laser processing technology is used to make some special ceramic materials physically or chemically, and meets some special processing conditions for ceramic materials. Advance and state of the technology are reviewed in research and application of interaction of laser with ceramics. Some problems on the application and methods for overcoming them are discussed.

一、前 言

过去,人们的主要兴趣集中在激光加工金属材料方面,实际上,激光技术对陶瓷材料也是一种极有用的加工手段,尤其是对传统技术难以胜任的精密加工。从目前国外的研究来

参 考 文 献

- [1] Eve M, Smith D W. Liquid-crystal dynamic scattering attenuator. Electron Lett, 1979; 15(5): 147
- [2] 李国华, 吴福全. 平行分束偏光镜研制. 应用激光联刊, 1988; 7(4): 215

* * *

作者简介: 李国华, 请参见本刊1990年第3期第54页。

赵明山, 男, 1960年出生。理学硕士, 讲师。现从事激光偏光技术与器件和光学测试研究。

于德洪, 男, 1962年出生。理学硕士, 讲师。现从事激光偏光技术与器件和光学测试研究。

宋连科, 男, 1962年出生。助教。现从事激光偏光技术与器件和光学测试研究。

收稿日期: 1990年2月25日。