

波长为 $2.94\mu\text{m}$ 激光束对腔膜的损伤

张秀荣 范瑞英 吴光照 陆月妹

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海)

摘要: 本文对YAG:Er³⁺的 $2.94\mu\text{m}$ 激光介质膜的损伤进行了研究, 对不同基片和不同膜层材料进行实验, 认为损伤的主要原因是 $2.94\mu\text{m}$ 波段对水吸收太大($\alpha_{\text{吸}} = 8000\text{cm}^{-1}$)造成的。改进办法采用Al₂O₃作基片, 并加保护层。

The damage of dielectric mirrors from $2.94\mu\text{m}$ laser beams in YAG:Er³⁺ crystal

Zhang Xiurong, Fan Ruiying, Wu Guangzhao, Lu Yuemei

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

Abstract: The damages of the dielectric mirrors from $2.94\mu\text{m}$ laser beams in YAG:Er³⁺ crystal wave investigated. The test results of different basis plate and coatings materials show that the damage is caused by the large absorption of "OH" at $2.94\mu\text{m}$ wavelength ($\alpha = 8000\text{cm}^{-1}$). So, it is important to select suitable materials and coat water-proof protection film.

一、引 言

随着激光应用范围的日益扩大, 研制新波段激光器成了热门课题。我们正在研制YAG:Er³⁺的 $2.94\mu\text{m}$ 激光器, 遇到了膜片损伤问题。众所周知, 在研制激光器过程中, 激光介质膜是激光系统中最易损伤的薄弱环节。介质膜损伤常常限制了激光器的稳定性和能量输出。通常造成介质膜损伤的主要因素是膜层因素和基板因素。除了全反介质膜, 所有介质膜的损伤阈值都随基板热导率的提高而增加^[1]。这就说明了基板热导率在单层膜及增透损伤过程中起主要作用。然而对于 $2.94\mu\text{m}$ 激光波长而言, 这个波段就是造成介质膜损伤的诱发因素。因为 $2.94\mu\text{m}$ 波段和"OH"吸收波长相一致, 其对水的吸收系数高达 8000cm^{-1} 。本文对YAG:Er³⁺的 $2.94\mu\text{m}$ 激光介质膜损伤情况进行了研究和实验。

二、实 验

采用双灯泵浦的重复频率器件, Er³⁺:YAG激光棒为 $\phi 6\text{mm} \times 96\text{mm}$, 二支氙灯为 $\phi 8\text{mm} \times 100\text{mm}$, 平-平腔的输出端透过率 $T = 21\%$, 用能量计测量。对于不同的基片材料, (Al₂O₃, CaF, 熔石英, K₂玻璃) 和不同的膜层材料 (ZnSn, SrF₂, ZnS, 金粉) 镀膜(介质膜), 用一次打坏的方法进行实验。

三、结果 和 分析

激光器的腔膜，要求具有精确的反射率以及最低的损耗，这就必须由多层介质膜材料膜系来满足。要求膜层高度透明，从紫外到红外范围要宽。基片材料的膨胀系数要大。膜层材料和基片材料的折射率必须相匹配，以使用最少的层数获得高反射率。由于低损耗和稳定性要求高，所以，只有少数膜层材料可镀激光腔膜。而对于不同的激光波长也要求不同的材料。表1中给出2.94μm激光对不同基片和不同的膜层材料的损伤情况。

表1 2.94μm激光对不同材料腔膜的损伤

基片材料	折 射 率	膜层材料	反 射 率	激 光 波 长	造 成 破 坏 的 最 小 能 量 (mJ)
CaF	1.434	ZnSn, SrF ₂	98%	2.94μm	870
熔石英	1.457	ZnS, SrF ₂	98.5%	2.94μm	500
Al ₂ O ₃	1.768E _⊥ C 1.760E _∥ C	ZnS, SrF ₂	78%	2.94μm	900
K ₈ 玻璃	1.51	金 粉	99.8%	2.94μm	580

从表1中看到相同的膜层材料沉积在不同基质膜片上，在2.94μm激光作用下均有损伤，造成破坏的最小能量有差别。从实验中看到Al₂O₃作基片的膜较好。

造成损伤的主要原因是由于“OH”根的吸收波长正好是3μm附近。而2.94μm波长对水的吸收系数高达8000cm⁻¹，如图1。

除了基片吸收水之外，膜层之间也是松散结构，呈柱状吸收间隙，一旦从真空器取出来，也吸收空气中水分。在实验过程中，局部

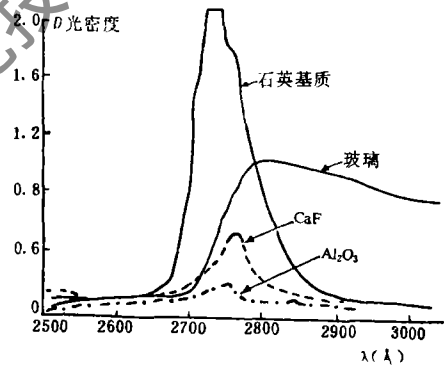


图1 基片Al₂O₃, CaF, 熔石英, K₈玻璃的吸收谱, 300K

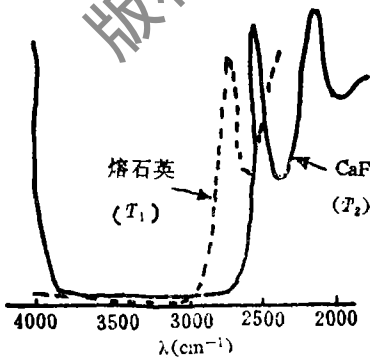


图2 波长为2.94μm，基片为熔石英和CaF的腔膜透过率曲线，透过率分别为T₁ = 1.5%，T₂ = 2%

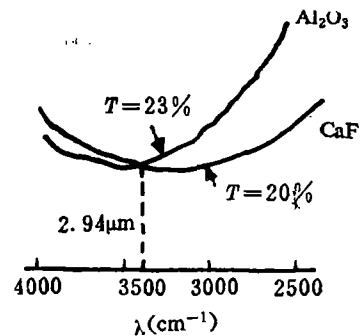


图3 波长为2.94μm，基片为Al₂O₃, CaF的腔膜透过率曲线

吸收造成热损伤（即提高了热导率）使局部膜层脱落。对于单层膜和增透膜，其初始损伤多数发生在膜和基板的界面处，而对多层（长波长 $2.94\mu\text{m}$ ）膜的损伤发生在空气和膜层的界面处。所以，吸收空气中水分也是造成破坏的主要原因。

用 Al_2O_3 ， CaF_2 熔石英为基片，镀膜时均能达到高反射率的要求，如图2和图3。

图2和图3给出 $2.94\mu\text{m}$ ，基片为 CaF_2 ， Al_2O_3 和熔石英的腔膜的透过率曲线。对于 CaF_2 和熔石英基片镀膜，可达到 $R_1 = 98\%$ 和 $R_2 = 98.5\%$ （分别）的高反射率，可惜易损坏。对于 Al_2O_3 基片镀的全反膜不易损坏。我们用 Al_2O_3 膜片 $R = 79\%$ 和 $R = 76\%$ 组成谐振腔，对 $\phi 6\text{mm} \times 96\text{mm}$ $\text{Er} : \text{YAG}$ 激光棒做实验，当输入 288J 时，输出 580mJ （输出端透过率 $T = 21\%$ ）和 814mJ （ $T = 24\%$ ），这时两个腔膜均无损坏，而用金膜做全反，输出 $T = 21\%$ 时，当输入 288J 时，输出 580mJ 时，一次将金全反膜打坏。

四、结 语

研究新波段 $2.94\mu\text{m}$ 激光器，对于膜片的研究仍在继续，多次实验已证明选用 Al_2O_3 基片，镀以 ZnSn ， SrF_2 膜层材料，加以保护膜，可以获得较满意的 $2.94\mu\text{m}$ 腔膜。

参 考 文 献

[1] 吴周令，范正修，高扬。激光技术，1991；14（3）：8

收稿日期：1991年3月25日。

· 新书介绍 ·

《 光学制导技术 》

邓仁亮编著

国防工业出版社

（1992年出版）

光学制导技术是现代精确制导武器的主要组成部分，本书从武器制导的角度阐述有关光学技术的原理、构成和实例，从光学技术的角度阐述武器制导的途径、前景和限制。

本书共分五章，第一章讨论导弹、制导、光学技术的一些最基本概念和它们之间的关系，第二章、第三章讨论光学寻的制导，第四章讨论光学遥控制导，第五章讨论其他光学制导技术和光学制导技术的有关问题。

第二章、第三章和第四章是本书的主要内容，在这三章中讨论了电视、红外、激光、光纤如何在寻的制导和遥控制导中应用。总结了作者及其同事们的研究成果，引用了跨越30年左右的 各种文献，特别是大量的专利文献（170篇）。读者可以发现，现时装备的技术大体上是10多年以前申请的专利，而本书引用的资料已近至交稿日期，尽管不是所有的专利思想都能付诸实现，但这些较全面、较新颖的内容反映了这一领域的最新水平和发展动向。

本书可为从事精确制导武器系统和制导光学技术的工程技术人员，决策机构的参谋人员，有关部队的指战员提供充分的知识和信息，也可供有关专业的本科生，研究生参考。

本书得到国防科技优秀图书出版补贴评审委员会的热情支持和责任编辑的大力帮助。定于1992年出版。

（本刊通讯员 供稿）