

## 高功率激光单层 SiO<sub>2</sub> 减反膜的研制\*

张 林 杜 凯 周 兰 涂海燕

(中国工程物理研究院核物理与化学研究所, 成都, 610003)

**摘要:** 开发出了一种用于制备高功率激光系统中玻璃表面窄带型减反膜的化学制膜法。这种减反膜由含 SiO<sub>2</sub> 粒子的悬浮液在室温下涂敷制得, 无需进一步的后处理工序。K9 玻璃透镜及石英玻璃透镜涂敷这种 SiO<sub>2</sub> 减反膜后, 其最高透光率均达 99% 以上。

**关键词:** 高功率激光 单层减反膜 SiO<sub>2</sub> 膜层 溶胶-凝胶法 涂膜

### Preparation of antireflective monolayer silica coating for high power laser

Zhang Lin, Du Kai, Zhou Lan, Tu Haiyan

(Institute of Nuclear Physics and Chemistry, China Academy of Engineering Physics)

**Abstract:** A chemical coating method for preparing monolayer antireflective coating film on the glass lens surface used in high power laser has been developed. The main problem is to prepare the suspension liquid of silica particles and carefully clean the surface of lens. Then it is necessary only to coat the suspension liquid onto the surface of lens at room temperature without requirement of further treatment. The transmissivity of coated K9 glass lens and silica lens can be above 99%.

**Key words:** high power laser mono-layer antireflective coating silica coating sol-gel method coating

#### 一、引 言

随着激光器件向高功率大能量方面的发展, 激光器件中光学薄膜的激光损伤已成为限制激光器输出能力的主要障碍之一。在各类光学薄膜中, 激光减反膜的损伤最为严重<sup>[1,2]</sup>。目前, 虽然真空镀膜技术和设备已相当成熟和完善, 但一般真空技术制得的减反膜, 其抗激光损伤的能力却很低。为此, 美国、英国等于 80 年代初即开始进行化学法制备激光减反膜的研究, 并已在许多大型激光装置中得到了成功的应用<sup>[3~5]</sup>。为使我国化学制膜技术赶上国际先进水平, 并满足我国高功率激光器件对高性能减反膜的需求, 我们近年对化学法制备激光减反膜进行了一系列探索性的实验研究, 并取得了较为满意的结果。

化学法制备 SiO<sub>2</sub> 减反膜的技术途径主要有中性溶液法和溶胶-凝胶法。前者是以中性或微酸/碱性溶液浸蚀透镜表面而形成一层多孔 SiO<sub>2</sub> 膜, 该法只适用于特定组成的分相玻璃体系, 且无法制得波长 400nm 以下的高效减反膜<sup>[6]</sup>。溶胶-凝胶法一般是使 Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>4</sub> 或 Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub> 在酸或碱催化下经水解、陈化, 最后成膜。但在酸或碱作催化剂的情况下, 二者的水解机理大不相同。当以酸作催化剂时, Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>4</sub> 或 Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub> 先部分水解形成聚硅氧烷, 成膜后需经 350℃ ~ 450℃ 的高温热处理, 才最终形成 SiO<sub>2</sub> 膜层。而以碱(如浓氨水)作催化

\* 本工作得到国家激光青年科学基金资助。

剂, Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>4</sub> 或 Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub> 则直接水解形成胶体 SiO<sub>2</sub> 粒子悬浮液, 涂膜后于室温晾干即可得 SiO<sub>2</sub> 膜层。我们在本实验中, 是采用碱(浓氨水)催化的溶胶-凝胶法制备 SiO<sub>2</sub> 减反膜。

## 二、实 验

### 1. 胶体 SiO<sub>2</sub> 粒子悬浮液的配制

在室温下, 将精制 Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub> 和适量无水 C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH 按比例混匀, 得混合液 A; 另将计算量的浓 NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O 和适量无水 C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH 搅拌混匀, 得混合液 B; 最后在连续搅拌条件下将混合液 B 缓慢滴加于混合液 A 中, 混匀后静置陈化 3d~15d, 即得含平均粒径~20nm 的 SiO<sub>2</sub> 胶体微粒悬浮液。

### 2. 基片清洗<sup>[7]</sup>

基片在涂膜前需经严格清洗, 其清洗工艺流程大致如下: 玻璃基片→酸性洗液洗→蒸馏水洗→稀洗涤剂洗→有机溶剂汽相脱脂→洁净基片。

### 3. SiO<sub>2</sub> 减反膜制备

将陈化好的胶体 SiO<sub>2</sub> 微粒悬浮液经旋转法或浸镀法均匀涂敷于洁净基片上, 于室温下静置, 待溶剂挥发完全后即在基片表面形成一层 SiO<sub>2</sub> 膜。

## 三、结 果

我们对样品涂膜前后的透光率均进行了测定, 图 1 及图 2 分别为 K9 玻璃透镜及石英透镜涂膜前后的透光率曲线。由图可知, 该 SiO<sub>2</sub> 膜在 300nm~1100nm 波长范围内均有较好的减反射性能。

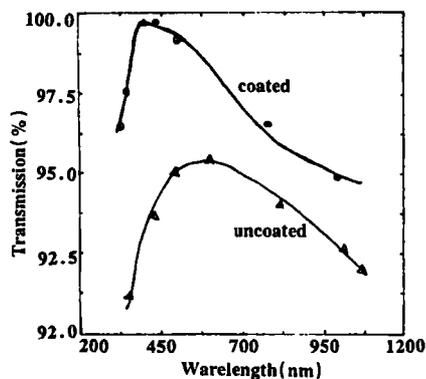


Fig. 1 Transmissivity curves of coated and uncoated K9 glass lens

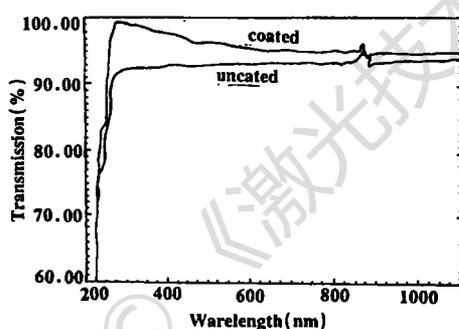


Fig. 2 Transmissivity curves of coated and uncoated silica lens

对于该 SiO<sub>2</sub> 膜层的抗激光损伤能力, 我们在我国第二大高功率激光装置——星光激光器上进行了对比试验。实验结果表明, 该 SiO<sub>2</sub> 减反膜的抗激光损伤能力大大优于传统真空法制得的同类膜系。当激光功率密度达 1~4J/cm<sup>2</sup> 时, 该 SiO<sub>2</sub> 膜层经多次试验仍未出现损伤。

## 四、结 束 语

我们开发出了一种化学法制备高功率激光减反膜的制膜工艺。实验结果表明, 该法的溶液配方、涂膜工艺及基片清洗工艺流程是可行的, 制得的 SiO<sub>2</sub> 减反膜具有优良的减反射性能

# 大型光点列阵检测系统研究

黄林强 万安君 曹明翠 罗风光

(华中理工大学激光技术国家重点实验室, 武汉, 430074)

**摘要:** 在光计算、光互连和光子交换网络中, 光点列阵是必不可少的, 同时这些系统对光点列阵的均匀性又有较高的要求, 因此对光点列阵的检测十分重要。本文设计了基于 CCD 摄像仪的检测系统, 它能有效地对大型光点列阵的相对特性进行检测。同时给出了对  $8 \times 8$  和  $32 \times 32$  光点列阵的测试结果。

**关键词:** 光点列阵 CCD 摄像仪

## Study of diagnostic system of large spot arrays

Huang Linqiang, Wan Anjun, Cao Mincui, Luo Fengguang

(National Laboratory of Laser Technology, HUST)

**Abstract:** The spot array is indispensable for optical computing, optical interconnection and photo switching network. All of the systems require high spot uniformity of the array. Therefore, the diagnosis of the spot array is very important. In our diagnostic system, a CCD sensor is used as a detector. The experimental results show that the system is effective in measuring of the relative characteristics of the large spot array. As an example, the test results to  $8 \times 8$  and  $32 \times 32$  array are introduced in this paper.

**Key words:** spot array CCD camera

### 一、引 言

在光计算、光互连、光子交换网络和光神经网络中, 光调制和光逻辑器件列阵需要有光点



和较强的抗激光损伤能力。该  $\text{SiO}_2$  膜的制备方法可望在我国高功率激光减反膜的制备领域得到更为广泛的推广和应用。

### 参 考 文 献

- 1 韩季之. 激光与红外, 1991; 21(5): 29
- 2 方鸣岗, 文华, 韩季之. 激光与红外, 1991; 21(3): 51
- 3 Thomas I M. Appl Opt, 1986; 25(9): 1481
- 4 Thomas I M. Laser Program Annual Report. UCRL - 50021 - 85. Calif. Rept: Lawrence Livermore Lab, 1985; 7~53
- 5 Yoldas B E, Partlow D P. Appl Opt, 1984; 23(9): 1418
- 6 Cook I. M., Lowdermilk W H *et al.* Appl Opt, 1982; 21(8): 1482
- 7 Phillips R W, Dodds J W. Appl Opt, 1981; 20(1): 40



**作者简介:** 张 林, 男, 1964 年 10 月生。助理研究员。从事化学镀膜及惯性约束聚变(ICF)特种靶材料的研究。现主要从事化学法制备激光器件光学薄膜及国家 863 激光靶材料的开发研究工作。

收稿日期: 1995-03-07 收到修改稿日期: 1995-07-06