

# 载氢光纤在 255.3 nm 激光辐照下的光折变效应\*

赵浩丁浩任虹梁培辉刘斌陈新之方祖捷

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

王影

(上海比欧西气体工业公司, 上海 200431)

**摘 要** ·首次报道采用铜蒸气倍频 255.3 nm 紫外激光辐照载氢光纤产生的光折变效应, 所测到的光折变量已可满足制作光折变光纤光栅的需要。

**关键词** 光纤光折变, 载氢光纤, 紫外激光。

## 1 引 言

自从 Hill 小组发现了掺铯光纤在 488 nm 氩离子紫外激光辐照下产生光折变效应以来<sup>[1]</sup>, 对光纤材料光折变机理及应用的研究已有大量的报道。利用光折变效应能在光纤上造成折射率的永久性改变, 可以直接在光纤上写入光栅, 从而使光纤光栅的制作过程变得简单, 成本下降。

目前大部分研究集中在光折变光纤光栅的制作技术上, 如全息干涉法, 相位板和逐点法等, 进展十分迅速, 相比之下对光折变效应机理的研究则进展缓慢, 机理尚不清楚。一般认为氩离子激光倍频的 242 nm, KrF 准分子激光的 248 nm 和 ArF 准分子激光的 193 nm 是制作光折变光纤光栅的有效波长<sup>[2]</sup>。作为一种探索, 本文首次用 255.3 nm 的紫外激光对载氢光纤的光折变进行研究, 试图为光折变机理的分析提供更多的实验数据, 为光纤光栅的实际制作提供更多的光源选择。

## 2 实 验

本实验所用的紫外光源是铜蒸气激光器的倍频光。铜蒸气激光器的输出波长为 510.6 nm, 工作频率为 6 kHz, 脉冲宽度为 30 ns, 平均功率为 3.4 W。该绿光通过一倍频晶体(BBO)晶体后产生二次谐波, 得到波长为 255.3 nm 的紫外激光, 平均功率为 480 mW<sup>[3]</sup>。该光束通过一柱面镜聚焦成为 18 mm × 1 mm 大小的细长形光斑进入测量装置<sup>[4]</sup>。

\* 本项研究得到国家自然科学基金和上海市应用物理中心重点基金的资助。

收稿日期: 1995年6月12日

实验用的光纤为  $9\ \mu\text{m}$  芯径的单模通信光纤, 实验前在室温  $15.2\ \text{MPa}$  的氢气中处理 7 周。纤芯中的氢溶解度达到饱和, 约为  $100\ \text{ppm/atm}^{[5]}$ , 纤芯中氢浓度可达  $4 \times 10^{26}\ \text{mol/l}$ 。实验在光纤氢处理后 96 小时内进行。

实验采用马赫-陈德尔光纤干涉仪对光纤光致折射率变化进行测量。把载氢光纤接入干涉仪的一臂(探测臂), 把普通光纤接入干涉仪的另一臂(参考臂), 通过对探测臂在紫外光辐照下的光折变造成的光程差的测量, 可以推算出光折变量的大小。详细的测量原理和测量精度已在作者的前期工作<sup>[4]</sup>中介绍, 这里不再赘述。

### 3 实验结果和分析

本文先对干涉仪进行了对称紫外辐照(即同时照射参考臂和探测器), 获得了如图 1(a)所示的干涉仪输出。这个干涉结果与作者以前用  $193\ \text{nm}$  紫外光辐照下得到的结果大致相同<sup>[4]</sup>, 但信号上的噪声明显增大。为了探明其原因, 作者又做了不对称辐照实验进行对比。让紫外光单独辐照普通光纤的参考臂或载氢光纤的探测臂, 结果发现两种情况下所得的结果都显示出很大的干扰信号。图 1(b)给出的是单独辐照探测臂时干涉的输出信号, 只有干扰噪声, 这与  $193\ \text{nm}$  辐照的结果有很大的差别。作者认为这可能是由铜蒸气倍频激光输出功率和光强分布不稳定所造成的。在  $6\ \text{kHz}$  脉冲工作状态下, 由不稳定性造成的热扰动非常快而且无规律(指空间平均热扰动也在无规律地变化), 超出了干涉仪本身的抗热干扰范围。在对称辐照条件下, 参考臂和探测臂是被平行地放在一起的, 因此加到两臂上的热干扰能部分抵消, 所以能得到噪声较小的干涉结果, 但上述热扰动很难完全抵消, 造成图 1(a)中的噪声比在  $193\ \text{nm}$  下的噪声要大。由热干扰造成的输出是杂乱无章的, 不可能呈现出正弦形的变化。因此可以判断图 1(a)所示的正弦形的变化曲线反映的是探测臂载氢光纤在紫外光辐照下光折变引起的光程变化, 其上迭加噪声不影响对光折变量的测量。

图 2 是根据图 1 的结果得到的光纤光致折射率变化量相对于紫外激光辐照量的变化关系。用  $\Delta n = \Delta n_s [1 - \exp(-E/E_0)]$  式对实验数据(图中用圆圈表示)进行了数值拟合, 发现两者非常吻合, 并得到饱和光折变量  $\Delta n_s = 1.5 \times 10^{-3}$ , 特征辐照强度  $E_0 = 5.65\ \text{kJ/cm}^2$ 。本实验得到的饱和光折变量比用  $193\ \text{nm}$  辐照的饱和光折变量大 40 倍<sup>[4]</sup>。虽然饱和光折变量与光纤本身的参数及载氢处理过程有关, 但本实验所用的光纤和载氢处理条件与<sup>[4]</sup>所用的完全一样, 所以可以认为饱和光折变量的提高是使用了与文献<sup>[4]</sup>不同的  $255.3\ \text{nm}$  紫外光波长的结果。因此有理由推断  $255.3\ \text{nm}$  对于制作光折变光纤光栅来说是一个有前景的紫外波长。



Fig. 1 Fiber interferometer output

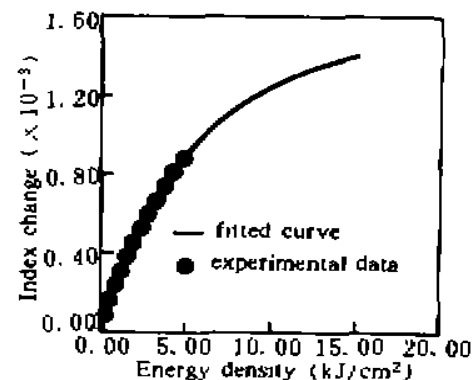


Fig. 2 Refractive index change as a function of  $255.3\ \text{nm}$  UV irradiation dose

**结 论** 本实验首次尝试了用 255.3 nm 紫外激光辐照载氢光纤获得光折变的可能性, 并实验测量了光折变量的变化过程。经过数值拟合, 得到饱和光折变量为  $1.5 \times 10^{-3}$ , 特征辐照强度为  $5.65 \text{ kJ/cm}^2$ , 说明 255.3 nm 是一种新的可用来制作光折变光纤光栅的紫外光源。

### 参 考 文 献

- [1] K. O. Hill, Y. Fuji, D. C. Johnson *et al.*, Photosensitivity in optical fiber waveguides; application to reflection filter fabrication. *Appl. Phys. Lett.*, 1978, **32**(6): 647~649
- [2] R. J. Campbell, R. Kashyap, The properties and applications of photosensitive germanosilicate fiber. *Int. J. Optoelectron.*, 1994, **9**(1): 33~57
- [3] 任虹, 梁培辉, 路敦武等, 高效铜蒸气激光倍频及其在光刻中的应用. *中国激光*, 1995, **22**(1): 9~12
- [4] 赵浩, 丁浩, 刘斌等, 载氢光纤光折变的测量研究. *中国激光*, 1996, **23**(4)
- [5] J. F. Shackelford, P. L. Studt, R. M. Fulrath, Solubility of gases in glass. I. He, Ne and H<sub>2</sub> in fused silica. *J. Appl. Phys.*, 1972, **43**(4): 1619~1626

## Photorefractivity in Hydrogen Loaded Fibers at 255.3 nm UV Light Radiation

Zhao Hao     Ding Hao     Ren Hong     Liang Peihui  
Liu Bin     Chen Xinzhi     Fang Zujie

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800)

Wang Ying

(Shanghai BOC Gas Co., Shanghai 200431)

(Received 12 June 1995)

**Abstract** The 255.3 nm light of a frequency doubled copper vapor laser is used to study the photorefractivity of hydrogen loaded fibers for the first time. The measured refractive index change is found to be large enough to make practical gratings in the fibers.

**Key words** UV photorefractivity, hydrogen loaded optical fiber, UV laser.