

掺铒光纤激光放大的实验研究

董孝义 盛秋琴 吕可诚 李 兵 张建忠

(南开大学 现代光学研究所, 天津)

申 云 华

(天津电子材料研究所)

提 要

使用自行研制的掺铒光纤进行了光纤激光放大实验。以 Ar^+ 激光作泵浦, 在 $1.52 \mu\text{m}$ 波长上实现了光放大, 增益达 10 dB 以上。给出了有关掺铒光纤及其光放大的若干实验数据。

关键词: 光纤; 掺铒光纤; 激光放大。

一、引 言

近年来, 掺杂光纤激光器与激光放大器的研究进展十分迅速^[1]。特别是掺铒光纤放大器, 由于其工作波长恰好落在光纤通信的最佳窗口 ($\lambda \sim 1.5 \mu\text{m}$), 加之它又具有结构小巧、工作可靠、易于耦合、效率极高等一系列优点, 因此更加受到关注, 例如最近已有高水平、接近实用化的实验报道^[2,3], 可望在远距离通信、海底通信、光孤子传输、光交换系统以及 LAN、CATV 等高新技术领域得到广泛应用。

我们利用液相掺杂法控制出不同掺杂量的掺铒光纤, 对其基本参数进行了测试, 在此基础上, 以氩离子激光 ($\lambda_p = 5145 \text{ \AA}$, 4880 \AA) 作泵浦光、以氮氛红外激光 ($\lambda_s = 1.52 \mu\text{m}$) 作信号光, 进行了激光放大的实验研究, 初步结果表明, 光信号增益达 10 dB 以上。

二、实 验

1. 掺铒光纤特性

使用液相掺杂法控制出不同掺杂量的掺铒光纤, 对用于激光放大的两种掺杂浓度的掺铒光纤特性进行了测试, 结果如下:

(1) 几何特性: 芯径比为 $8/125(\mu\text{m})$;

(2) 截止波长: $1.1 \mu\text{m}$;

(3) 吸收光谱: No. 1 和 No. 2 掺铒光纤的吸收光谱如图 1 所示, 两者在波长 $1.5 \mu\text{m}$ 区域有明显区别, 其中 No. 1 掺铒光纤在 $1.5 \mu\text{m}$ 附近吸收较小, 而 No. 2 掺铒光纤在此区域有强烈吸收, 属于重掺杂。

2. 掺铒光纤激光放大实验

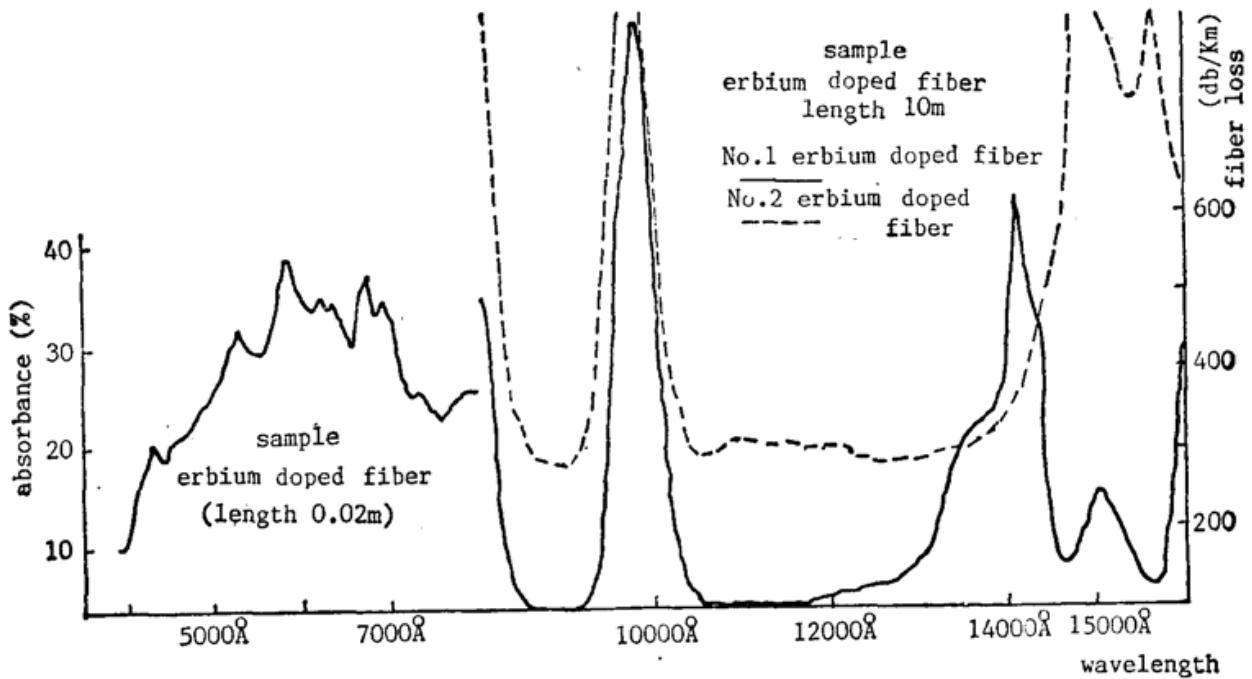


Fig. 1 Absorption spectrum of erbium doped fiber

实验装置如图 2 所示, 以氦氖激光器(波长为 $1.52 \mu\text{m}$) 的输出为信号光, 以氩离子激光器(波长分别取 4880 \AA 和 5145 \AA) 的输出为泵浦光, 信号光与泵浦光经合束镜 M 合为一束, 再经透镜 L (焦距为 $f=8.1 \text{ mm}$) 聚焦, 同向耦合进入掺铒光纤, 在掺铒光纤内信号光从泵光中吸取能量得以放大, 被放大的信号光由 $1.5 \mu\text{m}$ 波长探测器 D 测定。由于在氦氖激光器输出端插入斩波器 S , 故探测器 D 给出的实际上是被放大的斩波信号, 并可通过相应的示波图测定激光放大器的增益量, 也可由功率计 M 测定平均功率, 进而计算出放大量, 为了能调节信号光与泵浦光对掺杂光纤的耦合量, 光纤端借助五维精密调整架调节, 耦合透镜也能在五个方向上精密调节。

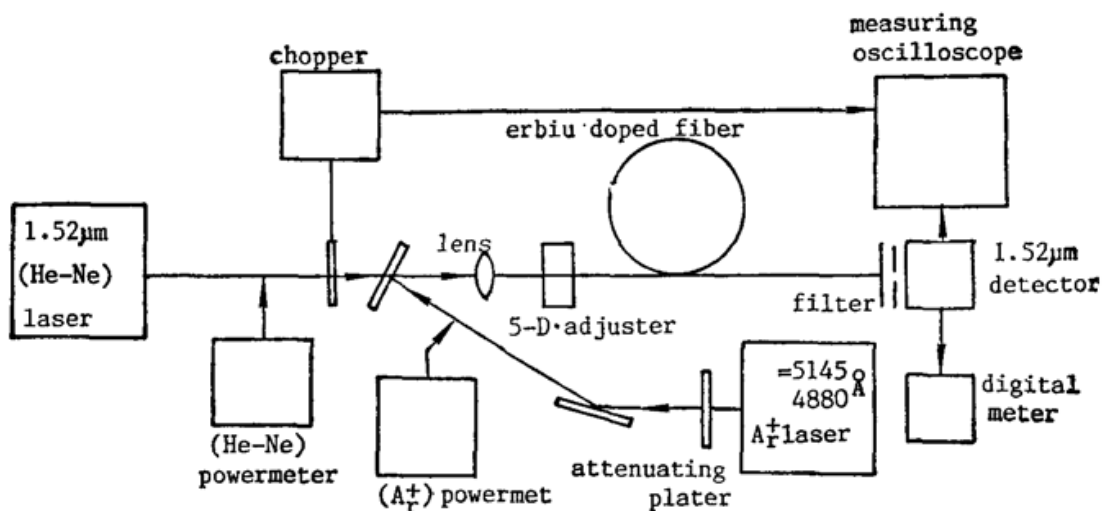


Fig. 2 Experimental setup of Er^{3+} doped fiber laser amplifying

3. 激光放大实验结果

(1) 增益与泵浦光功率的关系曲线 使用实验装置(图 2 所示), 借助可调减光板 A , 可测量出不同泵浦光功率下的信号光放大量。测量结果如图 3 所示, 其中曲线 1、2 分别与 No. 1、No. 2 掺杂光纤对应, 它们的长度分别为 4 m 和 10 m , 信号光功率 $\sim 20 \mu\text{W}$ 。

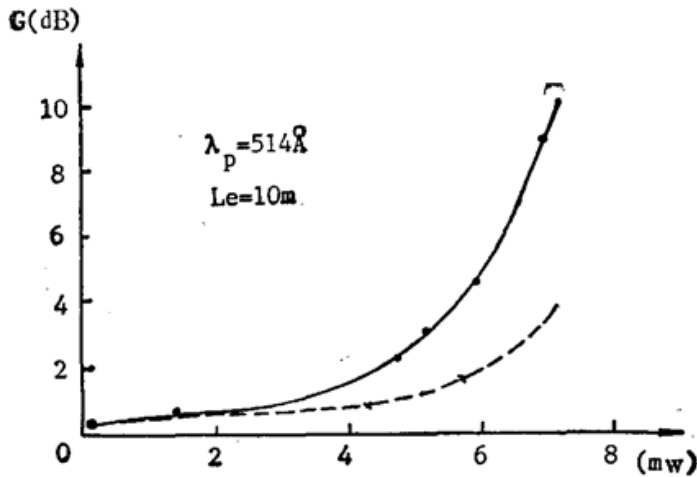


Fig. 3 Relation between gain of light and optical pumping intensity

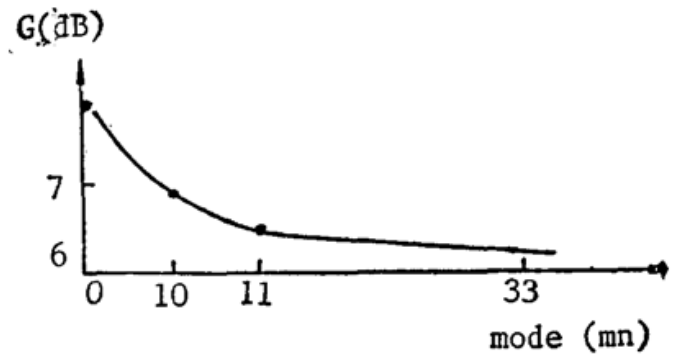


Fig. 4 Affection of pump light mode on gain of signal light

(2) 泵浦光模式对增益的影响 由于泵浦光波长为 $\lambda_p = 5145 \text{ \AA}$ (或 4880 \AA), 远小于光纤的截止波长, 因此泵浦光为多模状态, 信号光则因大于截止波长而处于单模状态。调节泵浦光的入射方向, 即可激励不同的模式, 并可借助光纤输出端的光斑图样了解泵浦光的模式状态, 测量结果如图 4 所示。对 5145 \AA 的单线增益而言, 随着模式级次的增高增益逐渐减低。在测量过程中泵浦光与信号光的功率保持不变。

(3) 信号光功率对增益的影响 通过插入减光板调节信号光功率大小, 进而测定增益与信号光功率的关系曲线。测量结果表明, 在信号光功率为 $10 \mu\text{W} \sim 25 \mu\text{W}$ 范围内, 信号光增益没有明显变化。

三、结 论

研制的掺铒光纤可以用来制作光纤放大器, 实验表明, 使用 Ar^+ 激光泵浦, 其增益可达 10 dB 。进一步提高泵浦功率或掺铒光纤长度, 可望获得更高的增益。

从图 1 得知, 在 $1.52 \mu\text{m}$ 波长的激光放大属于三能级过程, 因此激光阈值较高^[4]。

参 考 文 献

- [1] 董孝义;《激光与红外》, 1990, 16, No. 1 (Feb) 28~34.
- [2] K. Hagimoto *et al.*; *Conf. on OFC '89* (Houston U. S. A., 1989, Feb) PD 15-1.
- [3] U. Paul; *IEEE, Proc. J.*, 1988, 135, No. 6 (Dec), 385~407.
- [4] 张明德等;《光学学报》, 1989, 9, No. 9 (Sep), 797~802.

Experimental research on laser amplification in Er^{+} —doped fiber

DONG XIAOYI, SHENG QIUQIN, LU KECHEN, LI BIN AND ZHANG JIANZHOUN

(*Institute of Modern Optics, Nankai University, Tianjin*)

SHEN YUNHUA

(*Tianjin Institute of Electronic Material, Tianjin*)

(Received 6 February 1990; revised 22 March 1990)

Abstract

An experiment on laser amplification using a home made Er^{+} —doped fiber has been demonstrated. A laser amplification at $1.52 \mu\text{m}$ wavelength has been observed with a gain of more than 10 dB when Ar^{+} -laser pump is applied. Some experimental data on Er^{+} -doped fiber and its laser amplifier are given in this paper.

Key words: optical fiber; Er^{+} -doped fiber; laser amplification.

(上接第 637 页)

其中第七、第九两章是在新的理论基础上,对光学补偿和光机象转移摄影机,进行了重新改写;第十、第十一两章,作者在第二版的基础上作了较多的扩充,反映了在变象管高速摄影和脉冲摄影方法上,飞速发展的状况。第十二章关于象质评价方面,在新的构象理论基础上,对第二版作了补充。

第三部分(十三十九章),主要描述高速流逝过程摄影记录的特殊方法。讨论特殊研究方法的第十三章,除介绍阴影法和干涉法外,还补充了定量研究光学不均匀性的阴影和干涉法的概况。第十四、第十五和第十六章,分别介绍了高速立体、高速光谱和高速显微摄影;第十七章对高速全息摄影和全息电影摄影作了较多的扩充,这些方法被广泛用于研究高速流逝的物理过程。与第二版不同的,在这一部分中,增写了反映拍摄和测量过程参数自动化新方向的第十八章“高速录象”,以及在现时极为重要的第十九章“研究高速流逝过程时的信息处理和计量学”,在该章中还列出了用电子计算机作无胶片信息处理和测量自动化方面的材料,并给出了关于从计量学角度来保证测量的建议。

最后第四部分(二十、二十一章),分别设置了“高速摄影和电影摄影的光源”和“高速快门”,属于高摄影中使用的辅助装置的章节。

北京理工大学工程光学系李德熊教授根据 A. C. Дубовик “Фотографическая Регистрация Быстропротекающих Процессов” (Издательство «Наука») 1984 年第三版译成的中文本为第二版中译本,已由科学出版社于 1990 年 2 月出版,它不仅可将一些较新材料向读者介绍,同时也可弥补未见第二版俄文的中译本带来的遗憾。

全书 430 页,约 30 万字;引用参考文献 454 篇,其中最新的文献为八十年代的。

本书可供物理实验、仪器制造工作者在研究光学机械、电子光学、全息等方法和仪器时参考,也可供高等院校应用物理、物理技术、工程物理和仪器制造等专业的研究生和大学生以及教师参考和阅读。

(沃新能)