

文章编号: 0258-7025(2002)09-0777-03

掺镱光纤放大器的实验研究

王安廷, 许立新, 明海, 谢建平, 张晓世, 黄文财, 安伟, 吴云霞

(中国科技大学物理系, 安徽合肥 230026)

提要 介绍了利用国产掺镱光纤设计的掺镱光纤放大器的放大特性, 分别把单频二极管抽运固体激光器(DPL)和窄线宽的半导体激光器(LD)产生的单频激光注入到掺镱光纤放大器中, 对连续信号采用静态和交流调制两种形式进行放大, 仅用 18 m 光纤就获得超过 26 dB 的增益。

关键词 掺镱光纤放大器, 单频, 增益

中图分类号 TN 253 文献标识码 A

Experimental Study of Single Frequency Yb-doped Fiber Amplifier

WANG An-ting, XU Li-xin, MING Hai, XIE Jian-ping,

ZHANG Xiao-shi, HUANG Wen-cai, AN Wei, WU Yun-xia

(Department of Physics, University of Science & Technology of China, Hefei, Anhui 230026)

Abstract In this paper, the Yb-doped fiber amplifier(YDFA) and its amplifying characters are reported. In order to study the characters of the YDFA, a narrow linewidth laser was used as the input signal, which produced by the single frequency DPL or narrow wavelength-width LD, operated in CW mode(DC signal) and pulse modulated mode(AC signal). The gain more than 26 dB with the fiber only eighteen meters was obtained.

Key words Yb-doped fiber amplifier(YDFA), single frequency, gain

1 引言

光纤放大器除了在光纤的低损耗窗口 850 nm, 1310 nm, 1550 nm 等^[1]波段因光纤通信的发展而受到人们的普遍重视外, 在其他的激光波长处(如 800 ~ 850 nm, 960 ~ 1200 nm 等)^[2]作为短脉冲放大器正引起人们的极大关注, 掺 Yb 光纤放大器^[3](YDFA)便是其中重要的一种, 它在 1.0 μm 波段的放大带宽比掺 Nd 光纤放大器^[4, 5]还要宽。掺镱光纤放大器在特殊波段(如 1053 nm)的功率放大、光传感器中的小信号放大、自由空间激光通信及超短脉冲放大等领域有许多应用前景。掺镱光纤能级结构简单, 没有其他稀土掺杂物的竞争过程; 镱掺杂的石英光纤具有很宽的抽运和发射谱线范围, 允许多种抽运方案和放大方案; Yb³⁺ 的上能级寿命较长, 特别适合

于高功率放大工作。

本文介绍单频激光掺镱放大特性, 分别把单频二极管抽运固体激光器(DPL)及窄线宽的 LD 产生的单频激光注入到掺 Yb 光纤放大器中进行放大实验, 注入信号采用静态直流和交流两种形式, 掺 Yb 光纤长度为 18 m, 在最佳抽运功率时, 实验中均获得超过 26 dB 的增益。实验给出放大器增益随抽运光功率、信号光功率及信号脉宽等参量的变化曲线, 放大器增益与抽运光功率、信号光功率及光纤长度有很大关系。实验中还发现一定长度的掺 Yb 光纤对应一个最佳抽运功率, 掺杂光纤长度确定最佳抽运功率也确定。

2 实验方法及结果

掺 Yb 光纤放大器结构如图 1 所示, 实验中采用

收稿日期 2001-06-27; 收到修改稿日期 2001-10-15

基金项目 863-416 资助项目。

作者简介 王安廷(1977—), 男, 中国科学技术大学在读博士, 主要从事光纤器件及应用方面的研究。E-mail: atwang@mail.

980 nm LD 作为抽运源 ;掺 Yb 光纤 ,芯径为 6.10 μm ,截止波长为 907 nm ,在 960 nm 处的损耗为 17.75 dB/m ,在 1053 nm 处的损耗为 0.68 dB/m ,光纤长度为 18 m ,将 1.053 μm 波长单频信号逆向注入放大器 ,放大分两方面进行 :一、信号源不调制时的静态放大 ;二、信号源调制成不同脉宽的交流信号进行放大。

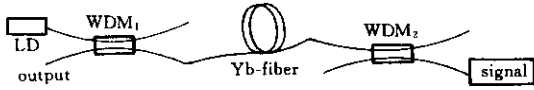


图 1 掺 Yb 光纤放大器装置图

Fig.1 Experimental setup of Yb-doped fiber amplifier

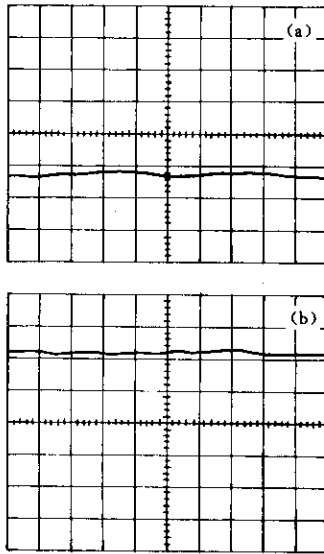


图 2 静态时的 DPL 信号(a)及放大后的 DPL 信号(b)

Fig.2 Static input signal of DPL(a) and the amplified signal of DPL(b)

2.1 DPL 单频信号放大

用 980 nm LD 抽运 ,抽运功率为 110 mW ,将 DPL 产生的 1.053 μm 波长单频信号逆向注入放大器。在选取相应的光纤长度下(约 18 m) ,信号功率为 0.2 μW 时获得放大增益超过 26 dB。图 2 为用存储示波器观测的静态时 DPL 的信号及放大后的 DPL 信号。图 3 给出在抽运功率恒定时 ,放大增益随信号光功率的变化曲线 ,可看出放大增益最大为 26.2 dB。

改变抽运功率、信号功率及光纤长度 ,发现放大器增益与抽运功率、信号功率及光纤长度有关。

2.2 LD 信号的动静态放大

将 1.053 μm 的 LD 激光注入到环形腔中产生

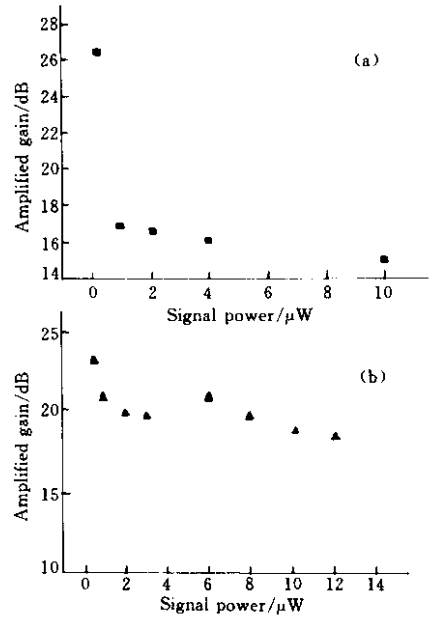


图 3 抽运功率恒定时放大增益随信号光功率的变化曲线

(a) DPL 直流放大 ($P_p = 110 \text{ mW}$) ;

(b) LD 直流放大 ($P_p = 73.3 \text{ mW}$)

Fig.3 Amplified gain vs signal power while pump power invariable

(a) DPL DC amplification ;(b) LD DC amplification

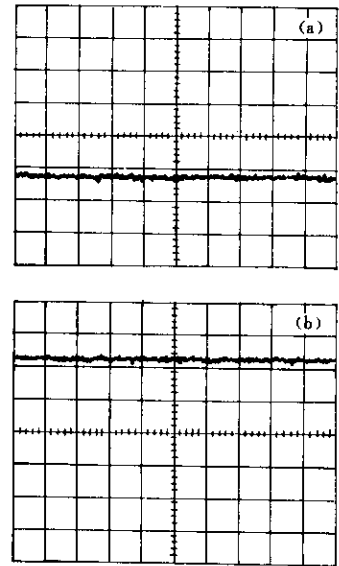


图 4 不调制时 LD 的信号(a)及其放大后的信号(b)

Fig.4 Mon-modulated LD signal(a) and amplified signal(b)

单纵模激光 ,然后将其注入到掺 Yb 光纤放大器中进行放大 ,放大时采用静态和动态两种模式 :对产生的连续激光进行静态放大和将激光调制成重复频率 1 kHz 左右 ,脉宽分别为 1 μs 2 μs 5 μs 及 10 μs 时的

交流放大。

2.2.1 LD 信号的静态放大

将未调制的连续激光信号进行静态放大时, 结果与 DPL 情形相似, 放大增益超过 26 dB。图 3(b) 是抽运功率为 73.3 mW 时的放大增益随信号光功率的变化曲线。图 4 为不调制时 LD 的信号及其放大后的信号。图 5 为掺镱光纤放大器增益随抽运功率的变化曲线, 最大增益为 26.2 dB。同时实验中发现放大器增益与抽运光功率、信号光功率及光纤长度有很大关系。

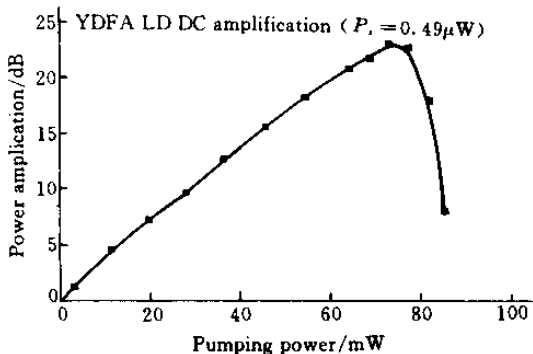


图 5 掺镱光纤放大器增益随抽运功率的变化曲线

Fig.5 YDFA amplified gain vs pump power

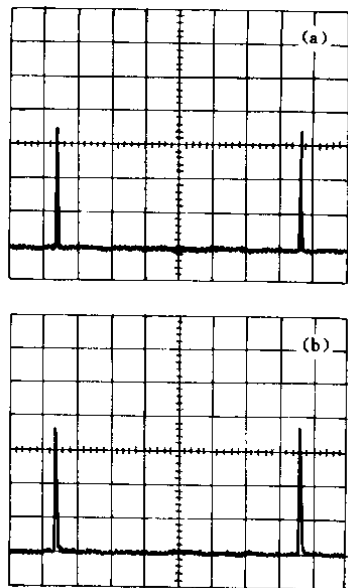


图 6 加调制时的信号(a)及其放大后的单频调制信号(b)

Fig.6 Modulated signal (a) and amplified single frequency modulated signal (b)

2.2.2 LD 信号的动态放大

对 1.053 μm 单频信号调制成重复频率为 1 kHz 脉宽分别为 0.5 μs, 1 μs, 2 μs, 5 μs 及 10 μs 时的交流信号注入到 YDFA 中进行放大, 交流放大时放

大增益也超过 26 dB, 且放大前后波形不失真。图 6 为加调制的单频信号及其放大后的单频调制信号, 放大后的波形不失真。图 7 为不同脉冲信号宽度时放大器增益随抽运功率的变化曲线, 可看出它们具有大致相同的变化线型。

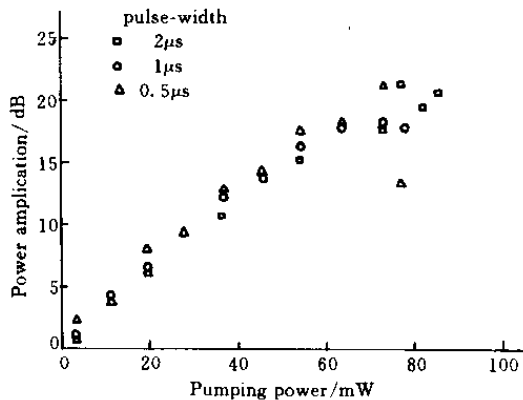


图 7 不同脉冲信号宽度时放大器增益随抽运功率的变化曲线

Fig.7 YDFA amplified gain vs pump power while signal pulse-width differs

3 结 论

本文介绍了用国产掺 Yb 光纤研制的掺 Yb 光纤放大器, 在 1.053 μm 波段增益达到 26 dB。对单频小信号进行静态放大和动态放大对比实验表明, 信号放大特性相同, 且脉冲不失真, 可以对神光装置的前端振荡器输出的脉冲进行预放大, 掺 Yb 光纤放大器具有潜在的应用价值。

参 考 文 献

- 1 M. J. F. Digonnet (Ed.). Rare Earth Doped Fiber Lasers and Amplifiers [M]. New York: Marcel Dekker, 1993. 449 ~ 532
- 2 D. T. Walton, J. Nees, G. Mourou. Broad-bandwidth pulse amplification to the 10 μJ level in an ytterbium-doped germanosilicate fiber [J]. Opt. Lett., 1996, 21(14):1061 ~ 1063
- 3 Rudiger Paschotta, Johan Nilsson, Anne C. et al.. Ytterbium-doped fiber amplifiers [J]. IEEE J. Quantum Electron., 1997, 33(7):1049 ~ 1056
- 4 D. C. Hanna, R. M. Percival, I. Perry et al.. An ytterbium-doped monomode fiber laser: broadly tunable operation from 1.010 μm to 1.162 μm and three-level operation at 974 nm [J]. J. Mod. Opt., 1990, 37(4):517 ~ 525
- 5 H. M. Pask, R. J. Carman, D. C. Hanna et al.. Ytterbium-doped silica fiber lasers: versatile sources for 1 ~ 1.2 μm region [J]. IEEE J. Select. Topics Quantum Electron., 1995, 1(1):2 ~ 13