

文章编号 : 0258-7025(2001)05-0399-03

未抽运掺杂光纤在掺 Yb^{3+} 窄线宽 光纤激光器中的作用

陈 柏 陈兰荣 李学春 范 薇 林尊琪

(中国科学院上海光机所 上海 201800)

提要 采用一种新的连接方式使一段掺 Yb^{3+} 光纤处于未抽运位置。以这段掺 Yb^{3+} 光纤作为对信号光的吸收体,利用它在驻波场中的可饱和吸收作用,再结合带通滤波器,在掺 Yb 光纤激光器中获得了波长 1054.56 nm, 3 dB 带宽小于 0.07 nm 的窄线宽激光输出。对未抽运掺杂光纤吸收体在掺 Yb^{3+} 窄线宽光纤激光器中的作用进行了较为详细的研究。

关键词 Yb^{3+} 掺杂,未抽运掺杂光纤吸收体,窄线宽

中图分类号 TN248.1 文献标识码 A

Function of Unpumped Dopant Fiber in Yb^{3+} -doped Narrow-linewidth Fiber Laser

CHEN Bai CHEN Lan-rong LI Xue-chun FAN Wei LIN Zunqi

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

Abstract A new connecting way was done in Yb^{3+} -doped fiber laser, in which a Yb^{3+} -doped fiber was located at an unpumped place. Narrow-linewidth lasing was obtained by using of a bandpass filter and the unpumped Yb^{3+} -doped fiber acted as saturable absorber. The linewidth of output laser was less than 0.07 nm. The effect of unpumped dopant fiber saturable absorber in Yb^{3+} -doped narrow-linewidth fiber laser was researched in detail.

Key words Yb^{3+} -doped, unpumped dopant fiber absorber, narrow-linewidth

1 引 言

由于掺 Yb 光纤具有一些优良特性,近年来窄线宽等掺 Yb 光纤激光器逐渐引起了人们的关注^[1~3]。驻波腔结构会导致增益空间烧孔效应^[4],该效应使激光器趋于多纵模或多波长振荡。有人利用一段处于未抽运状态的 Yb 掺杂光纤作为吸收体^[5],利用它在驻波场中的可饱和吸收效应(即越强的信号光所受到的吸收损耗越小)来抑制起振后模式的竞争。其具体方法是在线形腔中利用一段高掺杂 Yb 光纤,采用端面抽运方式,使抽运光在光纤的前一部分(增益区)已被吸收,而后面部分便成为未抽运区。这一未抽运区便成为对信号光产生饱和吸收的吸收体。但这一结构的缺陷是增益区与作为吸收体的未抽运区的长度是随抽运功率变化的。我们利用一只波分复用器(WDM)把增益区与作为吸收

体的未抽运区分离开,并结合带通滤波器,在掺 Yb 光纤激光器中获得了窄线宽激光输出。并进一步对吸收体在抑制多波长振荡方面的作用进行了较为详细的研究分析。

2 实验与结果

实验分三个阶段进行。第一阶段的实验装置如图 1 所示。实验中所使用的掺 Yb 光纤,其浓度以吸收系数表示,在 920 nm 波长处为 6.6 dB/m。抽运源为

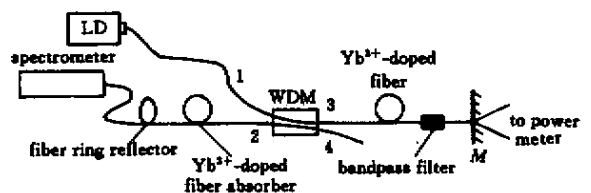


图 1 掺 Yb^{3+} 光纤激光器实验装置图

Fig. 1 Experiment setup of Yb^{3+} -doped fiber laser

一带输出尾纤的半导体激光器(LD),其中心波长约为976 nm。实验中使用的其他器件为,一只波分复用器,一只中心波长位于1054 nm,带宽3 nm的带通滤波器,一段长度约15 m的掺Yb增益光纤,一段作为吸收体的5 m长掺Yb光纤,一只作为前腔镜的光纤圈反射器(对1054 nm激光反射率约99%)和一片作为输出耦合用的双色镜(对1054 nm波长附近激光反射率约95%)。采用线形腔结构,以WDM为核心。WDM的端口1与LD的尾纤相连接,其端口3连接增益光纤再连接带通滤波器,然后与输出镜耦合。WDM的端口2与吸收体及光纤圈反射器相连。由图1可知,作为吸收体的这段光纤始终处于未抽

运状态。WDM在1054 nm处的强度耦合系数约为99%。实验中,除输出耦合镜外所有器件都熔接在一起,以降低腔损耗。该激光器阈值功率为14 mW,斜率效率约为3%,当抽运功率为40 mW时,获得0.66 mW的激光输出。激光运行情况如图2(a)所示。用MS9710B光谱仪分析所输出的激光光谱,该光谱仪精度为0.07 nm。当进行光谱测量时,激光从光纤圈反射器的末端引入光谱仪。入纤功率为40 mW时所记录的激光光谱如图3(a)所示,其中心波长约为1054.35 nm,3 dB带宽约为0.076 nm。

第二阶段实验时,将图1所示的实验装置中的

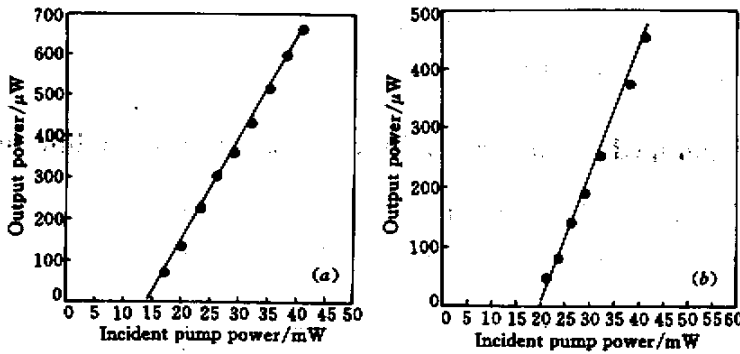


图2 掺Yb窄线宽光纤激光器输出特性图

Fig.2 Output power against absorbed pumped power for the Yb-doped double-cladding fiber laser

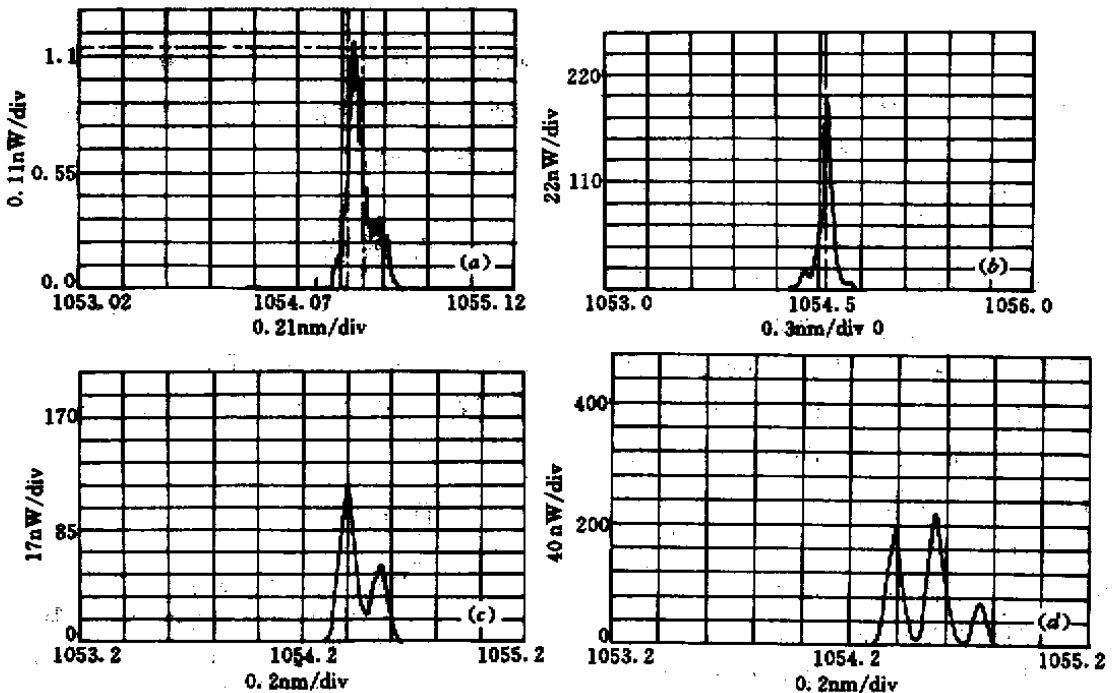


图3 掺Yb³⁺窄线宽光纤激光器激光光谱(a)(b)和掺Yb³⁺光纤激光器激光光谱(c)(d)

Fig.3 Lasing spectrum of Yb³⁺-doped narrow-linewidth fiber laser(a),(b) and lasing spectrum of Yb³⁺-doped fiber laser(c),(d)

增益光纤换为 6 m 掺 Yb 光纤,而作为吸收体的掺 Yb 光纤换为 15 m。此时,激光器阈值为 20 mW(入纤功率),当入纤抽运功率为 40 mW 时,获得 0.46 mW 的激光输出。激光运行情况如图 2(b)所示。图 3(b)所示为入纤功率为 40 mW 时用 MS9710B 光谱仪记录的激光光谱,其中心波长约为 1054.56 nm,光谱仪计算的 3 dB 带宽约为 0.05 nm,但这已超出了该光谱仪的测量精度,仅作为参考值。

在第二阶段实验的基础上,去掉作为吸收体的 15 m 光纤,WDM 的端口 2 与光纤圈反射器直接相连。但增益光纤仍为 6 m。当入纤抽运功率为 14.1 mW 时,观察到有激光输出。在阈值附近以一个峰出现居多。当入纤抽运功率大于约 16 mW 时,则会出现二至三个峰,但以两个峰出现居多。图 3(c)为入纤抽运功率为 21 mW 时所记录的光谱,主峰波长位于 1054.41 nm 处,两峰间隔约为 0.17 nm。当入纤抽运功率大于约 26 mW 时,则以三个峰出现居多。图 3(d)为入纤抽运功率为 26 mW 时所记录的光谱。三个峰所对应的波长分别为 1054.38 nm, 1054.56 nm 及 1054.74 nm。相邻两峰间隔都为 0.18 nm。

在以上实验中,当进行光谱测量时,在每一阶段实验开始前都要对光纤圈反射器的末端端面进行处理。图 3(a)光谱中显示的功率与其他光谱图所显示数据差别较大,我们认为是因端面处理及与光谱仪插接不良所致。在实验中使用带宽 3 nm 的带通滤波器是为了防止因光纤长度改变而引起激射波长发生较大的漂移。

3 结论与分析

由以上实验可知,第三阶段实验没有得到有效的单波长激光输出。而第一、第二阶段实验中则实现了较为稳定的单波长窄线宽激光输出。从光谱曲

线看,第一阶段的光谱曲线(即图 3(a)),没有第二阶段实验中的光谱曲线(图 3(b))光滑,形状也较复杂,且其中、下部分较宽。我们认为是以下原因导致了上述结果。在只使用 6 m 增益光纤,而未采用吸收体的第三阶段实验中,由于驻波所导致的空间烧孔效应,很容易出现多个激光波长振荡。而吸收体的采用使多波长激光振荡现象得到抑制。实验表明,对于所使用的 6 m 掺 Yb 光纤,当入纤功率为 20 mW 时,测得光纤末端剩余抽运功率约为 0.1 mW。对于第一阶段实验,除与光纤圈反射器相连的 5 m 未抽运光纤对信号光产生饱和吸收效应外,长度为 15 m 的增益光纤也存在一段未抽运区可对信号光产生饱和吸收效应。但随着抽运功率的增大,其未抽运区长度逐渐减小。而在第二阶段实验中,光纤总长度(增益光纤加吸收体光纤)与第一阶段基本一致,但其作为吸收体的 15 m 光纤处于固定的未抽运区,因而有更显著的饱和吸收效应,获得了线宽更窄的激光输出。由以上分析可见,未抽运掺杂光纤吸收体在抑制空间烧孔所致多波长振荡及使线宽变窄方面的作用是明显的。也因此获得了 3 dB 带宽小于 0.07 nm 的窄线宽激光输出。

参 考 文 献

- 1 J. R. Armitage, R. Wyatt, B. J. Ainslie *et al.*. Highly efficient 980 nm operation of an Yb^{3+} -doped silica fiber laser. *Electron. Lett.*, 1989, **25**(5): 298 ~ 299
- 2 J. Y. Allain, J. F. Bayon, M. Monerie *et al.*. Ytterbium-doped silica fiber laser with intracore Bragg gratings operating at 1.02 μm . *Electron. Lett.*, 1993, **29**(3): 309 ~ 310
- 3 Chen Bai, Chen Lanrong, Fan Wei *et al.*. Tunable operation in ytterbium-doped cladding fiber laser. *Acta Photonica Sinica* (光子学报), 1999, **28**(9): 836 ~ 838 (in Chinese)
- 4 O. Svelto. Principles of Lasers. Beijing: Science Press, 1983. 8 (in Chinese)
- 5 R. Paschotta, J. Nilsson, L. Reekie *et al.*. Single-frequency ytterbium-doped fiber laser stabilized by spatial hole burning. *Opt. Lett.*, 1997, **22**(1): 40 ~ 42