

掺钕石英光纤中的 $1.08\mu\text{m}$ 超辐射

陈一竑 程瑞华 沈红卫 干福熹

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

提 要

用 Ar 离子 514.5nm 激光泵浦, 在掺钕石英光纤中产生了 $1.08\mu\text{m}$ 的超辐射, 产生的最大输出功率 6mW , 线宽 3nm 。实验结果和理论拟合较好。

关键词: 超辐射, 掺钕光纤。

超辐射——放大的自发辐射(ASE)是一种在强激发状态下的辐射现象, 当激发密度足够高时, 自发发射的光子被受激放大而雪崩式地倍增, 发光强度随激发强度超线性地急剧增长, 谱线宽度变窄, 这时受激发射占主导地位, 由于没有谐振腔, 所以不产生振荡激光输出, 但超辐射也能产生较大的功率输出。

实验所用光纤是一根长为 3m 的高掺杂浓度石英光纤, 光纤芯径 $5\mu\text{m}$, 数值孔径 0.15 。超辐射的测量分别在图 1 所示的两种结构中进行一种是将泵浦光直接聚入光纤中, 另一种是在泵浦端耦合在一块对 $1.08\mu\text{m}$ 全反、对 514.5nm 高透的膜片上, 泵浦光透过膜片进入光纤。出射端用折射率匹配输出以减小反射, 用单色仪和记录系统测光谱并用功率计

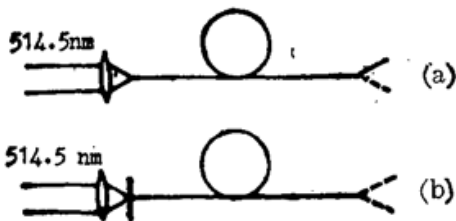


Fig. 1 Schematic of the superfluorescence experiment

- (a) Single pass configuration and
(b) double-pass configuration

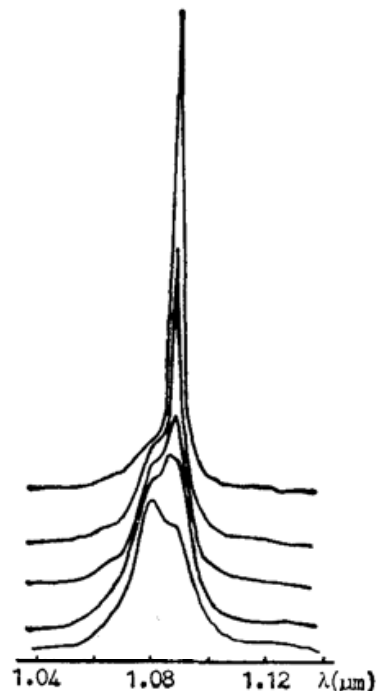


Fig. 2 Fluorescence spectrum narrowed with the pump power increased

测输出功率。测得的光纤输出谱形,其变化显示出超辐射的产生是一个渐变过程,随着泵浦功率和输出功率的增加,输出谱宽逐渐变窄(如图 2 所示)。当泵浦功率很低时测得的谱是荧光谱,谱宽 28 nm,峰值在 1.080 μm 处;当泵浦加强时,1.088 μm 处的强度逐渐增大并超过 1.080 μm 处。作者认为,这是由于光纤中铈的激发态吸收的影响所造成的,在 1.080 μm 处激发态吸收较强,因此增益较小,当受激发射起作用的时候,增益较大的 1.088 μm 处强度迅速增加并超过 1.080 μm 处的强度。当泵浦吸收功率达到 40 mW 时,线宽窄化为 3 nm,此后再继续增加泵浦功率没有观测到明显线宽变化。图 3 中的点代表实验中测得的数值,单程构置时的最大输出功率为 0.32 mW,双程构置时的最大输出功率达到 6 mW。

根据 Digonnet^[1,2] 对光纤中超辐射的理论分析,光纤中超辐射的输出功率为:

(1) 单程情况

$$\left. \begin{aligned} P &= P_0 [\exp(g_s) - 1] \xi_1, \\ \xi_1 &= \beta^{-1} \left\{ [\exp(g_s) - 1] \int_{-\infty}^{+\infty} [\exp(g_s f(\nu)) - 1] d\nu \right\}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

(2) 双程情况

$$\left. \begin{aligned} P &= P_0 [\exp(2g_s) - 1] \xi_2, \\ \xi_2 &= \beta^{-1} \left\{ [\exp(2g_s) - 1] \int_{-\infty}^{+\infty} [\exp(2g_s f(\nu)) - 1] d\nu \right\}, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

式中 $\beta = \int_{-\infty}^{+\infty} f(\nu) d\nu$, $f(\nu)$ 为增益线形函数且 $f(\nu_0) = 1$; 中心波长处增益 g_s 和 P_0 可分别表示为

$$g_s = (\sigma_e \tau_2 / h\nu_p) (F_{sp} / \eta_p) P_{abs} / A, \quad (3)$$

$$P_0 = m\beta \Delta\nu_0 h\nu_s, \quad (4)$$

式中 $h\nu_p$ 和 $h\nu_s$ 分别为泵浦光和产生的超辐射的光子能量。根据 Judd-Ofelt 理论估算,受激发射截面 $\sigma_e \sim 1.4 \times 10^{-20} \text{ cm}^2$, 激光上能级寿命 $\tau_2 \sim 460 \mu\text{s}$ 。从实验中泵浦光透过光纤后的场分布来看,泵浦光在光纤中的传输线偏模以 LP_{11} 为主,而产生的 1.088 μm 的光在光纤中只存在 LP_{01} 线偏模,这样,这两种光在光纤中的空间重叠系数 $(F_{sp} / \eta_p) = [F_{0111} / \eta_p(LP_{11})] \approx 0.70$ 。取 $\Delta\nu_0 = 28 \text{ nm}$, 增益线形 $f(\nu)$ 分别用矩形和抛物线近似拟合,得到图 3 和图 4 中的拟合曲线。从图中可以看出拟合结果和实验数据较好地符合,相比而言,单程情况下的矩形近似和双程情况下的抛物线近似更接近于实验数值。

参 考 文 献

- [1] M. J. F. Digonnet; *J. Lightwave Technol.*, 1986, **LT-4**, No. 11 (Nov), 1631~1639.
 [2] M. J. F. Digonnet; *Appl. Opt.*, 1985, **24**, No. 3 (Feb), 333~342.
 [3] K. Liu et al.; *Electron. Lett.*, 1987, **23**, No. 24 (Nov), 1320~1321.

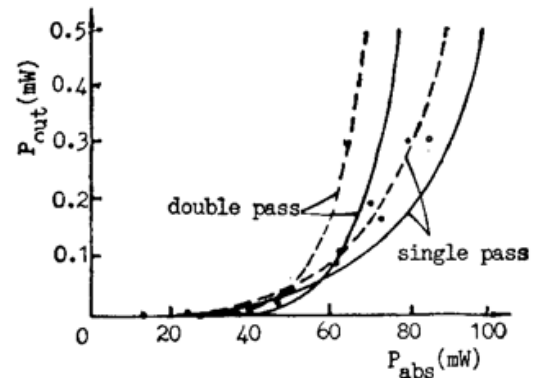


Fig. 3 Output power versus absorbed pump power for the single or double pass superfluorescence and fitted theoretical emission curves for a rectangular (dashed line) and parabolic (solid line) spectrum

1.08 μ m superradiation in Nd-doped silica fiber

CHEN YIHONG, CHENG RUIHUA, SHEN HONGWEI AND GAN FUXI

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai 201800)

(Received 12 December 1990; revised 31 January 1991)

Abstract

Pumped by 514.5 nm Ar ion laser, superfluorescence was observed in a 3 m Nd-doped silica fiber. The maximum output power is 6 mW with the emission linewidth of 3 nm. A good agreement is found between experimental; data and theoretical fits.

Key words: superfluorescence, Nd-doped fiber.