

1.3414 μm Nd:YAlO₃ 激光泵浦的室温 中红外 Co:MgF₂ 激光器*

沈鸿元 李绍雄 曾瑞荣 黄呈辉 林文雄

唐聪彪

(中国科学院福建物质结构研究所,福州,350002)

(建材院人工晶体研究所,北京,100018)

摘要: 报道了 1.3414 μm Nd:YAlO₃ 激光端面泵浦的室温 2.1000 μm Co:MgF₂ 脉冲激光的实验结果,得到了 279.4mJ 能量输出,器件斜率效率达 23%, 阈值能量为 125mJ。

关键词: 室温运转 Co:MgF₂ 脉冲激光器 1.3414 μm 泵浦源

Room-temperature operation of mid-infrared Co:MgF₂ pulsed laser pumped by 1.3414 μm Nd:YAlO₃ laser

Shen Hongyuan, Li Shaoxiong, Zeng Ruihong, Huang Chenghui, Lin Wenxiong

(Fujian Institute of Research on the Structure of Matter Chinese Academy of Sciences, Fuzhou, 350002)

Tang Chongbiao

(Research Institute of Synthetic Crystals, Beijing, 100018)

Abstract: The experimental results of 2.1000 μm Co:MgF₂ pulsed laser operated at room-temperature end-pumped by 1.3414 μm Nd:YAlO₃ laser have been reported in this paper. Output energy of 279.4mJ has obtained with slope efficiency of 23%. The threshold energy of laser was 125mJ.

Key words: room-temperature operation Co:MgF₂ pulsed laser 1.3414 μm pumping source

引 言

Co:MgF₂ 晶体是迄今红外波段调谐范围最宽的一种声子终端激光晶体, P. F. Moulton^[1]和 D. Welford^[2]等分别报道了从 1.6 μm 到 2.3 μm 和从 1.75 μm 到 2.5 μm 连续调谐的脉冲激光输出。其中包括了人体组织吸收的峰值 1.930 μm , 在激光医疗应用中该波长激光对组织的穿透深度浅、定位精确、损伤小, 在临床治疗中具有广阔的应用前景。另外, 该激光可以通过波长调谐对大气中的 H₂O, CO₂, CO 和 CH₄ 等气体进行远距离监测。因此, 这种激光器引起了人们的广泛兴趣。由于荧光线宽与荧光寿命(τ)和跃迁截面(σ)的乘积成反比, 而连续和脉冲激光器的阈值分别与 $\sigma\tau$ 和 σ 成反比, 所以调谐带宽越宽的晶体越不容易实现激光运转。为此, 通常采用高能量或高功率密度的激光作为宽带可调谐激光的泵浦源。

我们报道了用 1.3414 μm Nd:YAlO₃ 激光泵浦的室温 2.1 μm Co:MgF₂ 脉冲激光器。

1 实验与结果

Co:MgF₂ 晶体由人工晶体研究所提供, Co 的浓度为 3wt%, 晶体尺寸为 14mm × 15.3mm

* 福建省自然科学基金资助。

$\times 2.7\text{mm}$, 结晶 C 轴垂直 $14\text{mm} \times 15.3\text{mm}$ 面, 通光方向长度 14mm 。MgF₂ 晶体为金红石结构, 属四方晶系, 空间群为 $D_{4h}^{14}(P42/mmm)$, 物理性能存在各向异性。我们测量了该晶体的偏振吸收光谱, 从 ${}^4T_{1g} \rightarrow {}^4T_2$ 跃迁的峰值接近 $1.3414\mu\text{m}$, 对该线的 π 偏振和 σ 偏振的吸收系数分别为 0.804cm^{-1} 和 0.516cm^{-1} , 二者相差 1.5 倍左右。显然采用线偏振的 $1.3414\mu\text{m}$ Nd:YAlO₃ 激光作为 Co:MgF₂ 激光器的泵浦源比非偏振的 $1.32\mu\text{m}$ Nd:YAG 激光更有效。另一方面, Nd³⁺ 离子在 YAG 中 ${}^4F_{3/2} \sim {}^4I_{13/2}$ 跃迁的截面在 $1.3188\mu\text{m}$ 和 $1.3382\mu\text{m}$ 分别为 $0.9 \times 10^{-19}\text{cm}^2$ 和 $0.92 \times 10^{-19}\text{cm}^2$ ^[3], 报道的最大输出能量为 2.7J ^[4]。测得 Nd:YAlO₃ 晶体中 $1.3414\mu\text{m}$ 谱线的跃迁截面是 $2.2 \times 10^{-19}\text{cm}^2$ ^[5], 它是 Nd:YAG 同一跃迁的 2.5 倍左右, 得到的最大输出能量为 5.1J ^[6]。考虑上面情况, 无疑, 作为 Co:MgF₂ 的泵浦源, Nd:YAlO₃ 激光比

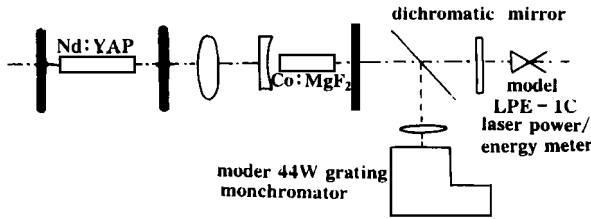


Fig. 1 Experimental setup

Nd:YAG 激光更适合。采用半共焦平凹腔, 曲率半径为 337.3mm 的凹镜作全反射镜, 其对 $1.3414\mu\text{m}$ 泵浦光的透过率为 85% , 对于 $2.1\mu\text{m}$ 的反射率大于 99% , 腔长 169mm , 晶体靠近凹面镜, 用焦距为 60mm 的平凸透镜将 $1.3414\mu\text{m}$ 泵浦激光聚焦到晶体上, 泵浦激光的偏振方向平行于 Co:MgF₂ 晶体的 C 轴, 其脉冲宽度为 $200\mu\text{s}$, 激光输出能量用 LPE-1C 型能量计测量, 放在其前的双色镜滤去 $1.3414\mu\text{m}$ 泵浦激光透过 $2.1\mu\text{m}$ 激光。激光波长用 44W 平面光栅单色仪测量。实验装置在图 1 中给出。

图 2 中给出了采用对 $2.1\mu\text{m}$ 透过率为 7.03% , 12.44% 和 20.53% 三个输出镜时 $2.1\mu\text{m}$, 激光输出能量与 $1.3414\mu\text{m}$ 泵浦输入能量的关系, 从图中看到, 当输出镜耦合度为 12.44% , 泵浦输入能量 1.918J 时, 激光输出达 279.4mJ , 斜效率为 23% 。减小输出镜耦合度到 7.03% , 在泵浦输入能量接近 1J 时出现饱和现象。耦合度增加到 20.53% , 输出能量减小。采用上述三种输出镜时, 激光阈值变化不大, 均在 175mJ 左右。

2 讨 论

报道了 $1.3414\mu\text{m}$ Nd:YAlO₃ 激光泵浦的室温 $2.1000\mu\text{m}$ Co:MgF₂ 脉冲激光器的初步实验结果。适当改进后, 器件效率能较大地提高。首先, 从图 2 可以看出, 在目前的实验条件下, 选择适当耦合度的输出镜, 例如将输出镜的透过率从 12.44% 提高到 15% 左右, 可望将输出能量提高到 300mJ 以上。其次, 由于过渡族金属离子的 $3d$ 电子与晶格之间极强的耦合作用, 通过晶格弛豫和多声子跃迁过程使上能级寿命表现出强烈的温度依赖关系, Co:MgF₂ 晶体上能级的寿命随着温度急剧地变化, 在 77K 时寿命达 1.65ms , 在室温下仅 $36.5\mu\text{s}$ 。本实验中作为泵浦的 $1.3414\mu\text{m}$ Nd:YAlO₃ 激光的脉冲宽度为 $200\mu\text{s}$, 约为上能级荧光寿命的 6 倍, 这将无疑较大地影响激光的转换效率, 适当压缩泵浦激光的脉冲宽度可望显著提高转换效率。

Nd:YAG 激光更适合。

采用半共焦平凹腔, 曲率半径为 337.3mm 的凹镜作全反射镜, 其对 $1.3414\mu\text{m}$ 泵浦光的透过率为 85% , 对于 $2.1\mu\text{m}$ 的反射率大于 99% , 腔长 169mm , 晶体靠近凹面镜, 用焦距为 60mm 的平凸透镜将 $1.3414\mu\text{m}$ 泵浦

激光聚焦到晶体上, 泵浦激光的偏振方向平行于 Co:MgF₂ 晶体的 C 轴, 其脉冲宽度为 $200\mu\text{s}$, 激光输出能量用 LPE-1C 型能量计测量, 放在其前的双色镜滤去 $1.3414\mu\text{m}$ 泵浦激光透过 $2.1\mu\text{m}$ 激光。激光波长用 44W 平面光栅单色仪测量。实验装置在图 1 中给出。

图 2 中给出了采用对 $2.1\mu\text{m}$ 透过率为 7.03% , 12.44% 和 20.53% 三个输出镜时 $2.1\mu\text{m}$, 激光输出能量与 $1.3414\mu\text{m}$ 泵浦输入能量的关系, 从图中看到, 当输出镜耦合度为 12.44% , 泵浦输入能量 1.918J 时, 激光输出达 279.4mJ , 斜效率为 23% 。减小输出镜耦合度到 7.03% , 在泵浦输入能量接近 1J 时出现饱和现象。耦合度增加到 20.53% , 输出能量减小。采用上述三种输出镜时, 激光阈值变化不大, 均在 175mJ 左右。

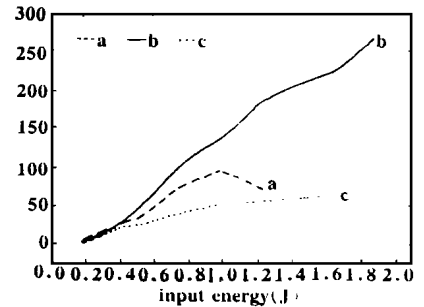


Fig. 2 Energy output curve transmissivity of output mirror

a—7.03% b—12.44% c—20.53%

激光反导系统中的电视瞄准镜

王 敏

(福建省光学技术研究所, 福州, 350013)

摘要: 长焦变焦镜头用于军事瞄准时, 变焦过程中较大的光中心漂移, 降低瞄准精度。阐述了在长焦变焦镜头的设计、研制中, 所采用的特殊设计和生产工艺, 它们较好地解决了光中心漂移、小型化设计、自动控制等问题。

关键词: 变焦距 光中心漂移 小型化 自动化

TV sight lens in an antimissile system

Wang Ming

(Fujian Optical Technology Institute, Fuzhou, 350013)

Abstract: When zoom lens are used for military sighting, the drift of optical center caused by the change of focus length will reduce the sighting accuracy severely. In order to solve the problem, we employed two sets of compensation lenses, called conjugation lens sets, to eliminate the image plane shift. Also this paper discussed the miniaturization design, manufacture technology and automatic control of the system.

Key words: changing focal length optical center drift miniaturizing design automation

引 言

用于军事跟踪、瞄准的电视摄像镜头, 目前国内外仍以定焦镜头为主。需要变倍的, 也往往采用切换变倍的方式。其主要原因是由于变焦镜头在连续变焦过程中“光中心漂移”, 它与光学、机械件的偏心差、变倍镜组运动轨迹偏差有关^[1]。切换变焦存在目标图像大小突变、易丢失等缺点。也有采用二个或三个摄像镜头来实现间断变倍, 以此满足大中小视场要求, 但这样往往又使系统部件增多, 体积重量增加, 同时也存在切换时目标图像突变的问题^[2]。

参 考 文 献

- 1 Moulton P F. IEEE J Q E, 1982; QE18(8): 1185
- 2 Welford D, Moulton P F. Opt Lett, 1988; 13(11): 975
- 3 Singh S, Smith R C, Vanviter L G. Phys Rev, 1974; 10(6): 2556
- 4 L F World, 1991; 27(11): 9
- 5 Shen H Y, Lian T Q, Zeng R R *et al.* IEEE J Q E, 1989; 25(2): 144
- 6 Shen H Y, Zhou Y P, Zeng R R *et al.* J A P, 1991; 70(6): 3373

*

*

*

作者简介: 沈鸿元, 男, 1937年8月出生。研究员, 博士生导师。现从事激光非线性晶体、结构、性能、器件及其相互关系的研究, 以及新颖激光器和激光医疗机的研究。