

滤紫外和红外光的荧光玻璃的研制及其应用

吕景文 李学谦 杨丽霞

(长春光学精密机械学院近代光学研究所, 长春 130022)

摘 要 研制出了掺铈、钇的滤紫外和红外光的硼硅酸盐荧光玻璃. 测试了该玻璃的吸收光谱和荧光光谱. 并用其做了固体激光器工作物质的紫外和红外滤光套, 能使激光效率提高 25%~50%, 从而促进固体激光器的微型化和实用化.

关键词 硅酸盐玻璃, 滤光玻璃, 红外吸收光谱, 紫外吸收光谱, 荧光光谱.

1 引 言

三价稀土离子在吸收光量子之后, 只是在 $4f \sim 4f$ 能级间发生禁戒跃迁, 其吸收光谱和荧光光谱均为锐线光谱. 又因 $5s^2 5p^6$ 外层电子对 $4f$ 电子有良好的屏蔽作用, 受晶格场的影响较小, 因此谱线的位移也很小. 依据稀土离子这些众所周知的性质, 国内外已报道了利用掺铈石英玻璃制备固体激光器的灯管材料^[1~3], 改善了固体激光器的工作条件, 提高了激光效率. 但是掺铈石英玻璃制备较难, 特别是在高掺杂时不易均匀.

采用掺铈、钇硼硅酸盐玻璃制备固体激光器灯管材料, 还未见报道. 本文研制的掺铈、钇硼硅酸盐玻璃, 在氙灯光的激励下具有良好的荧光性能, 这些荧光发射恰与固体激光工作物质的吸收光谱相重叠, 形成良好地匹配, 增加了光谱的利用效果. 同时, 该种玻璃能强烈地吸收 400 nm 以下的紫外光, 可防止激光工作物质产生色心. 掺铈、钇硼硅酸盐玻璃对 1060 nm 红外光的吸收率大于 89%, 因此它还能够吸收泵浦源辐射时产生的有害红外光, 可抑制氙灯辐射造成固体工作物质的“退泵浦效应”, 显著地提高激光效率, 促进激光器的小型化.

2 玻璃的制备

经熔化成型的玻璃管, 在马弗炉中于 $500 \sim 600^\circ\text{C}$ 下进行退火. 退火后玻璃根据用户要求加工成不同规格的样品, 以提供使用. 用 UV-340 型分光光度计测试吸收光谱, 用 MPF-4 型荧光光度计测试荧光光谱. 激光试验采用 Nd:YAG 脉冲激光器, 工作频率为 1~20 Hz, 激光输入能量为 30 J, 用镀银单椭圆形聚光腔, 晶体棒尺寸为 $\phi 6 \times 70$ mm, 输出端腔片透过率为 50%, 以碳斗能量计接收输出能量, 碳斗配有 AC15 型检流计, 测量激光静态输出能量.

3 吸收光谱和荧光光谱

滤光玻璃的吸收光谱如图 1 所示, 在紫外区有强烈的吸收. 这是由于玻璃中含有 Ce^{3+} 、 Ce^{4+} 和 Sm^{3+} 离子所致. 吸收峰分别是 Ce^{3+} 位于 310 nm 附近, Ce^{4+} 位于 240 nm 附近^[4], Sm^{3+} 位于 405 nm 附近. 这三种离子的吸收峰相互叠联, 致使该玻璃在 200~400 nm 波段具有强烈的吸收. 钐离子不但在紫外波段有尖锐的吸收峰, 在近红外波段也具有吸收, 其特征吸收峰位于 940 nm、1075 nm、1230 nm、1380 nm. 铈、钐离子在玻璃中的吸收峰位置和吸收强度是相当稳定的, 但在整个可见光波段的吸收却很小.

稀土离子在玻璃中的荧光光谱首先取决于稀土离子的固有性质, 其次与激励光的波长、基质玻璃的性质、稀土离子的浓度和温度等因素有关. 掺铈、钐硼硅酸盐滤光玻璃的荧光光谱如图 2 所示.

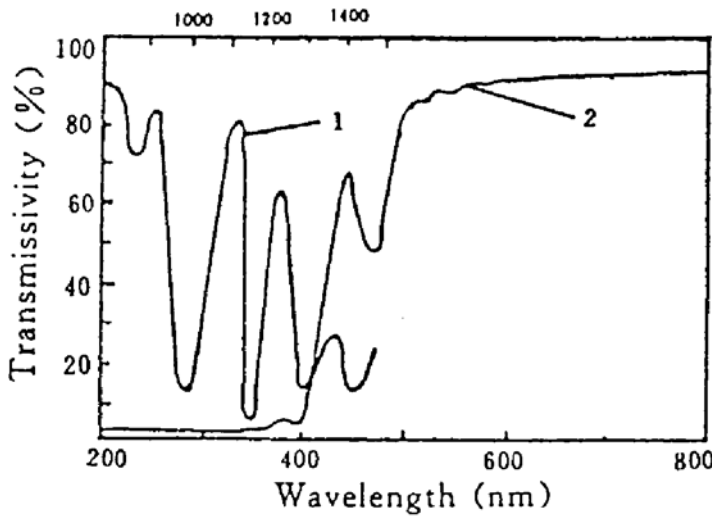


Fig. 1 Absorption spectrum of cerium and samarium-doped borosilicate glass

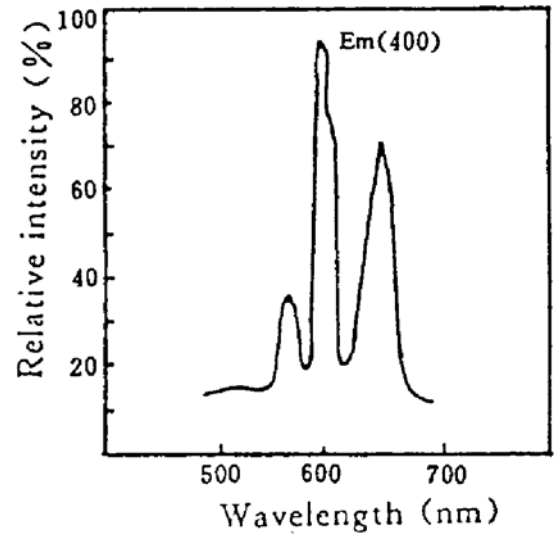


Fig. 2 Fluorescence spectrum of cerium and samarium-doped borosilicate glass (excitation wavelength 400 nm)

Ce^{3+} 离子所发射的荧光是由于 $4f5d$ 轨道中 ${}^2F_{5/2} \sim {}^2D$ 能级间电子跃迁^[5], 其荧光峰值位于 450 nm 附近. 虽然在玻璃中存在 Ce^{4+} 离子, 但由于 Ce^{4+} 的 $4f$ 轨道不存在电子, 属于非激活离子, 因而不产生荧光发射. Sm^{3+} 离子的荧光谱线既占据可见光区又占据红外区. Sm^{3+} 在玻璃中有效荧光出现在 ${}^4G_{5/2}$ 能级上, 较大的荧光跃迁有 ${}^4G_{5/2} - {}^6H_{7/2}$ 和 ${}^4G_{5/2} - {}^6H_{9/2}$ 等, 其荧光光谱峰值位于 560 nm、600 nm 和 650 nm 附近.

4 在固体激光器中的应用

用本文研制的玻璃制备的紫外和红外滤光套, 近年来在国内一些单位的固体激光器上进行了应用试验. 这种滤光套可吸收氙灯的紫外辐射, 防止固体激光工作物质由于紫外光辐射而产生的色心, 又能吸收氙灯辐射的 1060 nm 光, 从而抑制固体激光材料产生的“退泵浦效应”, 特别是滤光玻璃在紫外光的激励下能产生 510 nm、560 nm 和 650 nm 的强荧光辐射, 这些荧光辐射恰好与 Nd^{3+} 离子 588 nm、575 nm、517 nm 和 537 nm 附近的吸收带相吻合. 因此滤光玻璃大大地提高了激活离子的泵浦效率, 同时使激活离子吸收光谱得到扩展和增强, 从而增大了光谱的利用率, 使激光效率提高 25~50%

参 考 文 献

- [1] 顾真安, 滤紫外石英玻璃及其在激光上的应用. 特种玻璃, 1984, (2): 32~38
- [2] L. Noble, C. Kretschmer, R. Maynard, *Optical pumps for lasers*. Volume I. 1974, AD-775400
- [3] Е. В. Климашина, В. Г. Чистосердов, Влияние малых добавок некоторых элементов на спектральные свойства кварцевого стекла. физика и стеклаZ, 1975, 1(2): 162~165
- [4] 金刚译, 玻璃与电研磁辐射的相互作用. 北京, 中国建筑工业出版社, 1981: 60
- [5] 顾真安, 掺铈石英玻璃的光谱吸收和发光性能. 硅酸盐学报, 1983, 11(4): 435~440

Development of Fluorescence Glass Filtering UV-Ray and IR-Ray and its Application

Lu Jingwen Li Xueqian Yang Lixia

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics Institute of Modern Optical Technology, Changchun 130022)

(Received 28 May 1994)

Abstract Cerium and samarium-doped borosilicate fluorescence glass filtering UV-ray and IR-ray has been developed. Absorption and fluorescence spectra of this glass have been studied. The solid state laser sleeve made from this kind of glass can increase the laser efficiency by 25% ~ 50%. Thus, it will provide an effective means for miniaturization and practicability of solid state lasers.

Key words borosilicate glass, filtering glass, infrared absorption spectrum, ultraviolet absorption spectrum, fluorescence spectrum.