

469-471

(YbTbBi)₃Fe₅O₁₂块状单晶生长 及其磁光性能*

张志良 张守业 徐明祥

(浙江大学材料科学与工程系, 浙江, 杭州, 310027)

0781
0482.55

摘要 用助熔剂法生长出(YbTbBi)₃Fe₅O₁₂块状单晶, 测量了该单晶在1.0~1.7μm范围的Faraday旋转谱及透射谱. 当温度为10~80℃, λ=1.55μm时, 测得该单晶的Faraday旋转温度系数为2.0×10⁻³(°)·mm⁻¹·K⁻¹. 所得结果表明:(YbTbBi)₃Fe₅O₁₂单晶既有较大的Faraday旋转角, 又有很小的温度系数.

关键词 铋钽铋铁石榴石, 磁光晶体, 单晶生长, Faraday旋转.

引言

稀土铁石榴石在近红外区有高的磁光优值, 在光通信和光测量方面有重要的应用. 它可作为Faraday转子用于光隔离器. 对于高性能光隔离器, 要求磁光材料有良好的性能: Faraday旋转角 θ_F 大, 温度系数小, 光吸收低. 通常用的Y₃Fe₅O₁₂(YIG)的Faraday旋转角 θ_F 在λ为1.31μm处约为220(°)/cm, 因此要使Faraday旋转角 θ_F 为45(°), 其厚度约为2mm, 而且其饱和磁场高, 故YIG不适用于小型光隔离器. 掺铋钽铁石榴石(GdBiIG)的Faraday旋转角 θ_F 虽然很大, 但其Faraday旋转温度系数d θ_F /dT较大^[1], 也不能满足在较大温度范围使用的高性能小型光隔离器要求. 因此生长既有大的Faraday旋转角 θ_F , 又有小的温度系数的磁光晶体, 对发展高性能小型光隔离器是十分必要的.

本文利用Yb⁺³和Tb⁺³进入石榴石晶体十二面体后对Faraday旋转的温度系数有相反的作用^[2], 使晶体的温度系数减小, 并掺入Bi⁺³来增大Faraday旋转, 使生长的(YbTbBi)₃Fe₅O₁₂(简称YbTbBiIG)单晶既有大的Faraday旋转又有小的温度系数.

1 YbTbBiIG单晶生长

YbTbBiIG单晶生长是用助熔剂法通过自发成核技术得到. 初始原料用高纯氧化物: Bi₂O₃, Fe₂O₃, Yb₂O₃, 和Tb₄O₇, 将这些原料以一定比例混合, 经研磨后盛于铂坩埚内, 放入炉内加热至1350℃, 保温数小时后, 以1~5℃/h速率降至980℃, 然后自然冷却至室温, 用稀硝酸将晶体与残渣分离. 所得最大晶体为6×5×5mm³, 经X射线粉末衍射图确定晶体为石榴石相, 由劳厄相确定晶体为单晶, 单晶的组分用扫描电镜能谱仪测得. 用振动样品磁强计测得该单晶的饱和磁化强度为500Gs.

* 国家自然科学基金资助项目

本文1996年1月2日收到, 修改稿1996年5月29日收到

2 YbTbBiIG 单晶的磁光性能

2.1 Faraday 旋转谱

将生长的 YbTbBiIG 块状单晶用 X 射线定向,沿(111)方向切片,经磨抛加工成厚度为 $130\mu\text{m}$ 的薄片作为测试样品. Faraday 旋转谱是用磁光调制倍频法测量^[3,4],图 1 为 $\text{Yb}_{0.54}\text{Tb}_{2.13}\text{Bi}_{0.33}\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 单晶在 $1.0\sim 1.7\mu\text{m}$ 波长范围内 Faraday 旋转谱的测量结果.

2.2 Faraday 旋转温度系数

用于光隔离器中 Faraday 转子的磁光材料的 Faraday 旋转温度系数是一个重要参数,它是影响器件稳定性的主要因素.

将置于磁场中的样品外套加热,用微电脑温控仪控制样品温度,在同一波长下测量不同温度时样品的 Faraday 旋转角 θ_F ,图 2 为测得的 $\text{Yb}_{0.54}\text{Tb}_{2.13}\text{Bi}_{0.33}\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 单晶在 $\lambda = 1.55\mu\text{m}$ 时, Faraday 旋转角 θ_F 与温度的关系. 在 $10\sim 80\text{C}$ 范围内,得 Faraday 旋转温度系数为 $d\theta_F/dT = 2.0 \times 10^{-2} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$,在室温以上, YbTbBiIG 单晶具有正的温度系数.

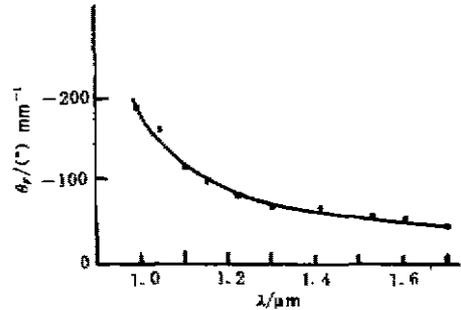


图 1 $\text{Yb}_{0.54}\text{Tb}_{2.13}\text{Bi}_{0.33}\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 单晶 Faraday 旋转谱

Fig. 1 The Faraday rotation spectrum of $\text{Yb}_{0.54}\text{Tb}_{2.13}\text{Bi}_{0.33}\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ single crystal

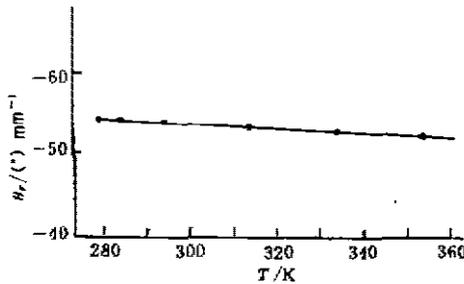


图 2 $\text{Yb}_{0.54}\text{Tb}_{2.13}\text{Bi}_{0.33}\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 单晶 Faraday 旋转角与温度关系

Fig. 2 Temperature dependence of the Faraday rotation angle of $\text{Yb}_{0.54}\text{Tb}_{2.13}\text{Bi}_{0.33}\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ single crystal

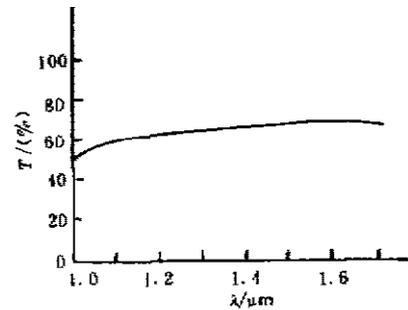


图 3 $\text{Yb}_{0.54}\text{Tb}_{2.13}\text{Bi}_{0.33}\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 单晶的近红外透射谱

Fig. 3 Near-IR transmission spectrum of $\text{Yb}_{0.54}\text{Tb}_{2.13}\text{Bi}_{0.33}\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ single crystal

2.3 近红外透射谱

作为 Faraday 转子的磁光晶体,要求在使用的近红外波段中有较高的透射率,用近红外分光光度计测得 $\text{Yb}_{0.54}\text{Tb}_{2.13}\text{Bi}_{0.33}\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 单晶样品的近红外透射谱如图 3 所示.

3 结论

(1) $\text{Yb}_{0.54}\text{Tb}_{2.13}\text{Bi}_{0.33}\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 单晶在 $\lambda=1.31\mu\text{m}$ 和 $1.55\mu\text{m}$ 处的 Faraday 旋转角 θ_F 分别为 $70(^{\circ})/\text{mm}$ 和 $57(^{\circ})/\text{mm}$, 比 YIG 的 Faraday 旋转角 θ_F 大得多. 若增加晶体中 Bi^{3+} 含量可使其 Faraday 旋转角 θ_F 更大.

(2) $\text{Yb}_{0.54}\text{Tb}_{2.13}\text{Bi}_{0.33}\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 单晶在 $10\sim 80^{\circ}\text{C}$ 温度范围内的 Faraday 旋转温度系数 $d\theta_F/dT=2.0\times 10^{-2}(^{\circ})\cdot\text{mm}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, 这种单晶的 Faraday 旋转温度系数很小. 若调整晶体中 Yb^{3+} 与 Tb^{3+} 之间恰当比例, 可使其 Faraday 旋转温度系数更小.

(3) 从测得的透射谱可知, 在 $1.0\sim 1.7\mu\text{m}$ 范围内无吸收带, 此单晶的光透射率很高, 吸收系数很小.

由此可见 YbTbBiIG 是一种优良的磁光晶体, 可作为高性能小型光隔离器的 Faraday 转子材料.

参考文献

- 1 Ishikawa H. et al. *Opt. Quantum Electron* 1990, 22(6): 517
- 2 Booth R C. et al. *Phys. D: Appl. Phys.* 1984, 17: 579~587
- 3 刘公强, 刘湘林. *光学学报*, 1984, 4(7): 588
- 4 Zhang S Y, Zhang Z L, Huang M. *Chinese Physics* 1992, 12(3): 740

GROWTH AND MAGNETO-OPTICAL PROPERTIES OF $(\text{YbTbBi})_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ BULK SINGLE CRYSTAL *

Zhang Zhiliang Zhang Shouye Xu Mingxiang

(Department of Material Science and Engineering, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310027, China)

Abstract Using the flux method, the $(\text{YbTbBi})_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ bulk single crystals were successfully grown. The Faraday rotation spectrum and optical transmission spectrum were measured in the near-infrared region ($1.0\sim 1.7\mu\text{m}$). The results show that the temperature coefficient of Faraday rotation is $2.0\times 10^{-2}(^{\circ})\text{mm}^{-1}\text{K}^{-1}$ at wavelength $\lambda=1.55\mu\text{m}$ in the temperature range from 10°C to 80°C . It is shown that the $(\text{YbTbBi})_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ bulk single crystals have not only larger Faraday rotation angle but also smaller temperature coefficient than those of other rare-earth iron garnets.

Key words $(\text{YbTbBi})_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$, magneto-optical crystals, single crystal growth, Faraday rotatoin.

* The project supported by the National Natural Science Foundation of China