

TG28磁光玻璃*

周蓓明 王 标 毛涵芬 蒋亚丝

(中国科学院上海光机所, 上海 201800)

提要 介绍了高 Verdet 常数法拉第旋光玻璃的研究结果。选择了 $Tb_2O_3-B_2O_3-Al_2O_3-SiO_2$ 系统为基础, 研究玻璃形成, 得到了高 Tb_2O_3 含量下稳定的玻璃组成 TG28, 并获得了 0.5L 规模下高质量的玻璃样品。研究了 TG28 玻璃的物理化学性质及熔制工艺, 实验表明 TG28 玻璃的 Verdet 常数可高达 $-97.44 \text{ Rad/T}\cdot\text{m}$ 。此结果表明了进一步提高 Verdet 常数的可能性。

关键词 磁光玻璃, 磁光性质, 费尔德常数

1 引言

法拉第旋光玻璃^[1], 又称磁光玻璃, 以其特殊的磁光性质被广泛地用于各种光学系统中。高 Verdet 常数的磁光玻璃被用作光学隔离器、激光调制器、快速光学开关和磁光传感器。在高功率核聚变激光系统中具有重要的意义, 用于防止激光从靶面上反射并进一步放大而引起的对片状激光器或其他光学元件的损坏。用磁光玻璃制成的磁光隔离器已用于各种高功率激光系统中, 最早的磁光隔离器用重铅玻璃, Verdet 常数低, 光吸收大; 后用中等 Verdet 常数的磷酸铈玻璃; 现已毫无例外地使用高性能的铽硅酸盐玻璃。作者曾研究了 Tb^{3+} 玻璃的磁光性能, 制成了与国际上通用的商业铽磁光玻璃相似的 TG20 玻璃, 本研究是上述工作的发展。

本工作根据磁光玻璃本身的特殊性质, 对玻璃的组成、性质和制备工艺进行了研究, 测定了玻璃的一些物理化学性质, 获得了符合高功率激光系统要求的高 Verdet 常数、低光学吸收损耗的 TG28 法拉第旋光玻璃。

2 实验

2.1 玻璃熔制实验

本工作选择 $Tb_2O_3-B_2O_3-Al_2O_3-SiO_2$ 为基础系统进行玻璃熔制试验, 玻璃配合料用 100 cc 的铂坩埚, 放置在硅碳棒电炉中熔制, 并进行高温搅拌, 低温浇注成型, 观察玻璃形成或失透。选择玻璃形成优良的组成在 0.5L 坩埚中熔制, 并进行退火。样品冷却后, 加工成各所需形状, 进行一系列研究测试。

* 国家自然科学基金资助项目。

2.2 费尔德常数的测定

法拉第旋光玻璃的基本功能是法拉第旋转效应,与磁场平行的入射线偏振光通过置于磁场中的透明物质时,偏振面按下式发生旋转现象,偏转角 θ 可表示为

$$\theta = V \cdot L \cdot H \tag{1}$$

式中, H 为磁场强度 (T), L 为试样长度 (m), V 为物质固有的比例系数,称为费尔德常数,含逆磁性离子的玻璃 V 为正值,含顺磁性离子的玻璃, V 为负值。含 Tb_2O_3 的玻璃为顺磁性玻璃。本工作采用图1的装置进行 Verdet 常数的测定。

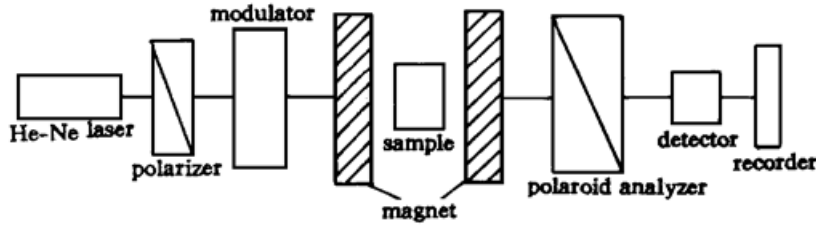


Fig. 1 Device for measuring Verdet constant

2.3 玻璃的物理化学性质

玻璃的膨胀系数用石英棒比较法^[2]测定,样品六面细磨,尺寸为4× 4× 50 mm, T_g 由膨胀曲线求出。玻璃液置于铂坩埚中于不同温度下保持 1 h,取出后观察析晶情况。玻璃密度用排水法^[2]进行测试。

2.4 玻璃的光学光谱性质

玻璃切割磨制成20× 30× 2 mm 尺寸,两大面抛光的样品,用分光光度计测定吸收光谱,用 V 棱镜折光仪^[2]测定玻璃的折射率 n_d 。

3 结果与讨论

3.1 玻璃形成

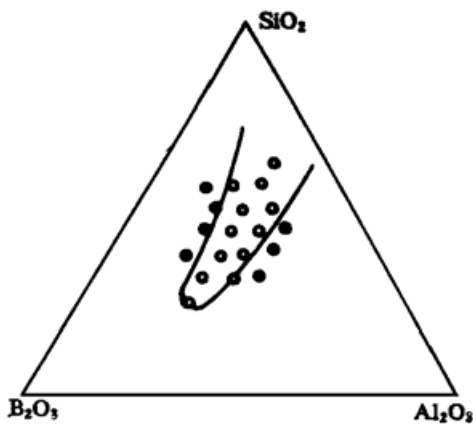


Fig. 2 Glass forming region for $Tb_2O_3 = 0.28 \text{ mol}$ 0.15~ 0.25 mol, $Al_2O_3: 0.15 \sim 0.35 \text{ mol}$. o glass; • devitrified

在 $Tb_2O_3 - B_2O_3 - Al_2O_3 - SiO_2$ 系统中选取的若干个组成点,玻璃熔制实验表明,高 SiO_2 和高 Al_2O_3 含量的玻璃具有很高的熔化温度,熔制困难。玻璃在高硼含量的区域易出现分相,同时 B_2O_3 含量的增加可能增加挥发,对消除条纹、获得优质的玻璃样品不利。中间体氧化物 Al_2O_3 的引入扩展了稀土离子的玻璃形成区。实验获得的 $Tb_2O_3 - B_2O_3 - Al_2O_3 - SiO_2$ 系统玻璃形成于图2成玻璃优良的区域: $SiO_2: 0.30 \sim 0.40 \text{ mol}$, $B_2O_3:$

综合各组成形成玻璃的性能和可能的 Verdet 常数,确定了高 Tb_2O_3 含量下能稳定形成玻璃的组成 TG28。并通过析晶的研究结合粘度以及玻璃的光学质量试验,得到了合适的工艺规程,获得了光学质量好的产品。

3.2 Verdet 常数

法拉第旋光玻璃重要的参数 Verdet 常数测试结果, TG28磁光玻璃的 Verdet 常数达到 $-97.44 \text{ Rad/T}\cdot\text{m}$ 。表1列举并比较了各种磁光玻璃的 Verdet 常数值, 同时列出铽镓石榴石晶体(TGG)的数据^[3], 以便比较。由表可知, 本工作所获得的玻璃的 Verdet 常数为通用商业磁光玻璃的1.3倍, 达到TGG的73%。玻璃中 Tb^{3+} 浓度达到 $10.25 \times 10^{21} \text{ ions/cm}^3$ 。此结果表明进一步提高 Verdet 常数的可能性。

Table 1 Verdet constant of glass and TGG (632.8 nm, Rad/T·m)

	Verdet constant (Rad/T·m)
SF6 (optical glass)	26.97
Na ₂ O-CaO-SiO ₂	4.64
FR4(HOYA)	-30.16
FR5(HOYA)	-70.18
TG20	-74.82
M18(Kigre)	-74.82
M24(Kigre)	-88.16
TG28	-97.44
TGG	-133.98

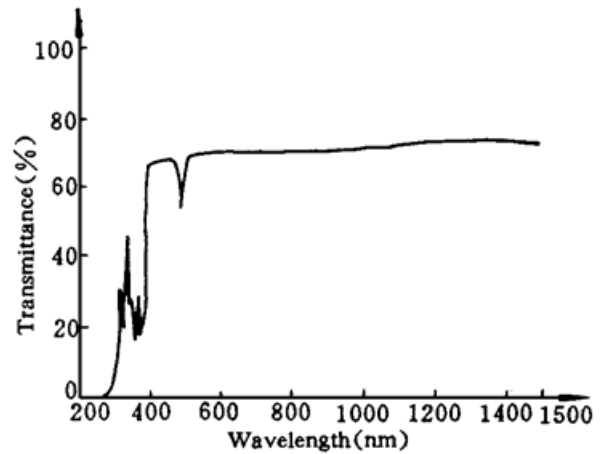


Fig. 3 Transmittivity of a TG28 Faraday rotator glass

3.3 吸收光谱

图3为 Tb^{3+} 玻璃在可见和近红外区的吸收光谱, 在482 nm的吸收为 $4f$ 电子跃迁产生的吸收。在370 nm波长附近有2个吸收峰, 是 Tb^{3+} 的 $4f-5d$ 跃迁的本征吸收峰。测定结果与文献[4]相符, 同时由于所用基质玻璃的不相同, 吸收峰位置稍有微量受扰差别。玻璃的透过窗口为 $0.5 \sim 1.2 \mu\text{m}$ 。

3.4 玻璃性质

表2列出所研制玻璃的光学和物理化学性质。

Table 2 Physical and chemical properties of TG28

Verdet constant (632 nm, Rad/T·m)	-97.44
Coeff. of linear thermal expansion $\alpha (10^{-7}/^{\circ}\text{C})$	69.0
Transformation temp. $T_g (^{\circ}\text{C})$	759
Density (g/cm^3)	4.9857
Refractive index n_d	1.75006
Transparent windows (μm)	0.5~1.2
Crystallization temp. ($^{\circ}\text{C}$)	1320~900

4 结 论

以 $\text{Tb}_2\text{O}_3-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系统的玻璃的形成研究为基础, 研制了高 Tb_2O_3 含量、Verdet 常数比现有商业磁光玻璃(FR5, TG20)提高23%, 具有实用前景的新型磁光玻璃。

参 考 文 献

- 1 作花济夫 编. 玻璃手册, 北京: 中国建筑工业出版社, 1985(第一版). 761~ 763
- 2 南京玻璃纤维研究设计院. 玻璃测试技术, 北京: 中国建筑工业出版社, 1987(第一版). 206~ 210, 220~ 224, 265~ 267
- 3 Yasi Jiang, M. J. Myers, Daniel Rhonehouse. Magnetic-optical properties of terbium glass. *Chinese J. Lasers*, 1992, **B1**(6) :514
- 4 M. J. Weber. Magneto-Optical properties of $\text{KTb}_3\text{F}_{10}$ and LiTbF_4 crystals. *J. Appl. Phys.*, 1978, **49** .. 3464

TG28 Faraday Rotator Glass

Zhou Peiming Wang Biao Mao Hanfen Jiang Yasi

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

Abstract A high Verdet constant Faraday rotator glass has been studied in this work. Based on a Tb_2O_3 - B_2O_3 - Al_2O_3 - SiO_2 system and using the special techniques, a 0.5L size sample of high Verdet constant glass TG28 with high optical quality could be obtained in platinum crucible. Experimental results show that the Verdet constant of TG28 is as high as $-97.44 \text{ Rad/T}\cdot\text{m}$.

Key words Faraday rotator glass, magneto-optical properties, Verdet constant