

吸收 X 射线与激光的玻璃

茅 森 毛涵芬 杨来娣

刘素萍

(中国科学院上海光机所, 上海 201800)

(西南核物理与化学研究所, 成都 610003)

提要 研究了一种既吸收 X 射线, 又吸收激光的玻璃, 测定了玻璃的光学、光谱性能及玻璃的物理化学性能, 测定了玻璃的 X 射线吸收性能。试验结果表明含 Ta_2O_5 的铅硼硅酸盐玻璃是一种稳定的大剂量吸收 X 射线和 $1.06 \mu m$ 激光的优质玻璃。

关键词 X 射线, 玻璃, 激光

1 引言

随着核科学技术的发展, 需要一种既吸收 X 射线, 又能吸收激光的玻璃, 使操作人员不受核辐射的伤害。早在1949年孙光汉等^[1]研究了一种高铅当量的磷酸盐玻璃, 这种玻璃虽然能大剂量吸收 X 射线, 但对 $1.06 \mu m$ 激光却无法吸收, 且耐酸耐水性差。作者曾在80年代中期研究了多波段激光防护玻璃, 这种玻璃仅能吸收紫外波段和红外波段的激光, 不能吸收 X 射线。

本工作在高铅磷酸盐玻璃与激光防护玻璃的基础上研究了一种既吸收 X 射线, 又吸收激光的玻璃, 这种玻璃属 $B_2O_3-SiO_2-PbO-Ta_2O_5$ 系统, 其铅当量高, 化学稳定性好。这种玻璃的 PbO 含量为 80% (wt), 比市售防 X 射线玻璃^[2] 高 20% 以上。玻璃加入大原子量的氧化物, 如 Ta_2O_5 , WO_3 等使玻璃具有高的化学稳定性, 加入少量 CeO_2 使玻璃的紫外吸收增大。

2 实验与结果

2.1 玻璃的制备

本实验选择的硼硅酸铅玻璃化学组成列于表1。玻璃原料用化学纯的黄丹(PbO)及硅酸铅、碳酸钡、硼酸、石英砂、五氧化二钽, 配合料加入硅碳棒电炉内放置的石英坩埚中进行预熔成玻璃液, 再流入铂坩埚中进行搅拌, 熔化温度为 $1400^\circ C$, 温度用 Pt-Pt+10% Rh 热电偶置于坩埚壁附近测量, 用 XCT-191 型温度控制仪控制炉温, 玻璃经熔化、搅拌均匀后浇注在预热的不锈钢模子上, 待冷却固化后放入马弗炉中退火到室温。

2.2 玻璃性质

2.2.1 玻璃的化学稳定性

玻璃的化学稳定性是根据文献[3]用粉末法测定的, 测定结果列于表2, 图1为掺 Ta_2O_5 玻璃的化学稳定性变化。

Table 1 Compositions of glasses

Number	Chemical compositions (wt.-%)						
	SiO ₂	B ₂ O ₃	PbO	BaO	Ta ₂ O ₅	CeO ₂	CuO*
95-46	29	5.0	60	3.0	2.0	1.0	4.0
95-47	24	3.0	65	5.0	2.0	1.0	
95-48	12	7.0	74	3.0	2.0	2.0	2.0
95-49	10	7.0	79		2.0	2.0	3.0
95-50	6.0	10.0	80		2.0	2.0	4.0*
95-51	29		62	8.1		0.9	

* Oxide addition

Table 2 Properties of glasses

Number	d (g/cm ³)	N_D	$N_F - N_C$	v_d	Acid solvability	Water solvability	Transmission
					(%)	(mg/g)	of X (%)
95-46	4.5	1.7783	0.0276	28.18	4.228	0.038	0.7×10^{-5}
95-47	4.7	1.7810	0.0309	25.28	4.257	0.043	0.2×10^{-5}
95-48	4.88	1.7561	0.0275	27.49	4.506	0.049	0.1×10^{-5}
95-49	5.21	1.8050	0.0316	25.47	4.500	0.051	0.1×10^{-5}
95-50	5.95	1.9107	0.0425	21.43	4.800	0.057	0.03×10^{-5}
95-51	4.66	1.7395	0.0261	28.33	4.318	0.045	0.6×10^{-5}

2.2.2 玻璃的光学性质及物理化学性质

玻璃的密度用阿基米德原理在空气与水中称量,测定结果列于表2,用V-78039型V棱镜折射仪测定了玻璃的折射率、色散,并且计算了阿贝数,实验结果列于表2。

2.2.3 X射线的吸收

X光源条件为板流0.2 mA,板压50000 V,输入X射线照射剂量为 $8.7 \times 10^5 \mu\text{GY/h}$ (相当于100 R/h)。测定结果见表2。

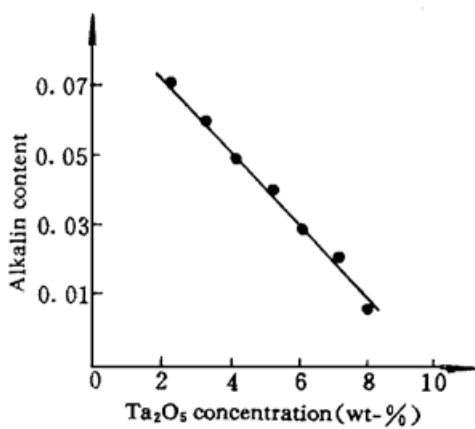


Fig. 1 Chemical durability of the lead-borosilicate glass doped with Ta₂O₅

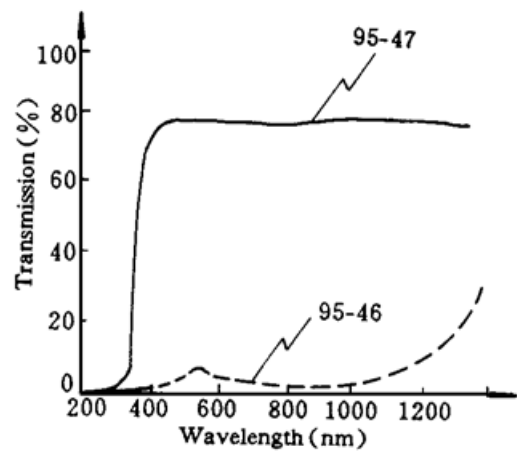


Fig. 2 Absorption spectra of No. 95-46, and 95-47 glasses

2.2.4 玻璃的光谱和激光性能

将玻璃磨成2 mm 厚样品,用 LAMBDA-9型分光光度计测定了吸收光谱,见图2和图3。

激光参数的测定是将2 mm 厚的硼硅酸铅玻璃片放置于石榴石激光器的输出光束与激光接收器之间观察,激光脉宽为300 μs ,输入功率为16 kW。另外将2 mm 厚的玻璃片放置于 XeCl 准分子激光器输出光束与接收器之间测定输出功率,测定结果列于表3。

Table 3 The transmission results of glasses of 2 mm in thickness. The input light sources are either a pulsed YAG laser or an excimer laser

Number	Wavelength(μm)	Pulse (μs)	Input power(kW)	Transmitted power (kW)
95-48	1.06	300	16	16
95-49	1.06	300	16	10
95-50	1.06	300	16	0
95-46	0.308	70 ns	700 mJ	0
95-47	0.308	70 ns	700 mJ	0
95-48	0.308	70 ns	700 mJ	0

3 讨 论

3.1 本实验在熔制玻璃时采用石英坩埚预熔工艺,待配合料熔化成玻璃液后再流入铂坩埚内均化搅拌,这是由于含 PbO 60% (wt) 的配合料直接加入铂坩埚中,PbO 与 Pt 化合成 PtPb 会使铂坩埚受到侵蚀,坩埚内壁乌黑。如果将配合料直接投入石英坩埚熔化,由于 PbO 与 SiO_2 反应生成 Pb-SiO_3 ,使石英坩埚穿孔。所以本实验用石英-铂坩埚熔化是合适的工艺。

3.2 从玻璃性质来看,玻璃化学稳定性随着玻璃组份中 PbO 含量的增加而变差,但变化幅度较小,从光谱性质及 X 射线吸收性质来看,随玻璃中 PbO 含量的增加,吸收增加,这是由于玻璃铅当量增加使 X 射线透过率变小。图2中95-46在1.06 μm 波段透过率变小的原因是玻璃加入了 CuO,因为 CuO 在玻璃中本征吸收峰为800~ 1100 $\text{nm}^{[4]}$,随着 CuO 含量的增加,玻璃的吸收峰向红外波段移动。从图1可知硼硅酸铅玻璃中加入 Ta_2O_5 含量增加,化学稳定性变好,但 Ta_2O_5 含量超过6% (wt) 时玻璃熔化温度超过1600 $^\circ\text{C}$,所以本实验在选择配方时加入少量的 Ta_2O_5 。

3.3 从表3测定结果可知硼硅酸铅玻璃中含 CuO 量较高时才能吸收1.06 μm 激光,而不含氧化铜的铅玻璃在紫外波段有吸收,所以对准分子激光308 nm 激光有吸收,这主要是 PbO 的本征吸收引起的。

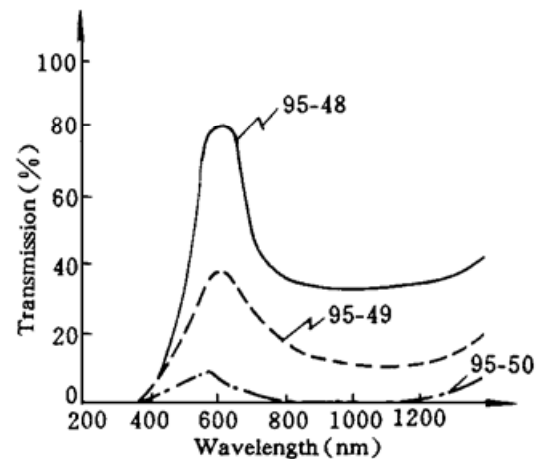


Fig. 3 Transmission spectra of 95-48, 95-49 and 95-50 glasses

参 考 文 献

- 1 J. J. Rothermel, K. H. Sun, A. Silverman. Phosphate glass: $\text{PbO-WO}_3\text{-P}_2\text{O}_5$ system. *J. Am. Ceram. Soc.*, 1949, 32(5) ·153

- 2 作花济夫 等编, 蒋国栋 等译. 玻璃手册, 北京: 中国建筑工业出版社, 1985. 802
- 3 南京玻璃纤维研究设计院编写组. 玻璃测试技术, 北京: 中国建筑工业出版社, 1987. 287
- 4 茅 森, 毛涵芬, 李玉玲 等. 波长分隔滤光玻璃. 中国激光, 1991, **18**(3) ·478

X-ray and Laser Lights-Absorbing Glasses

Mao Sen Mao Hanfen Yang Laidi

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

Liu Suping

(South-Western China Institute Nuclear-Physics-Chemistry, Chengdu 610003)

Abstract Glasses of absorbing X-ray and lasers are studied. Optical properties, absorption spectra, X-ray absorption and physical-chemistry properties of the glasses are measured. Experimental result shows that the lead-borosilicated glass doped with Ta_2O_5 is promising for absorption of X-ray and $1.06 \mu m$ lasers.

Key words X-ray, glass, laser