

中国科学院光学精密机械研究所主編

光学材料论文集

内部資料 注意保存

国防工业出版社

PDG

光 学 材 料 論 文 集

中国科学院光学精密机械研究所主编



國防工業出版社

1965

編者的話

本論文集是在1959年11月光学材料报告会論文集以后，三年来我所在光学玻璃方面所积累的部分材料整理而成的，主要内容包括以下三个方面。

- 一、新品种光学玻璃及其性质计算方法；
- 二、特种光学玻璃，包括紅外玻璃，耐輻射、防輻射及閃爍玻璃等；

三、光学玻璃制造工艺及耐火材料問題。

此外，有关光学材料测试方法方面的論文已編入光学测试論文集中，而有关光量子放大器玻璃态工作物质方面的論文，則編入光量子放大器論文集中，分別另行发表。

編入本文集的十五篇論文，有一部分写成的時間較早，不一定适合当前的实际情况；有一些写成的時間較晚，只能作为阶段成果，不能得出成熟的結論。因此，仅供参考。文中錯漏之处，請讀者們广泛提出意見。

光学材料論文集

中国科学院光学精密机械研究所主編

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业登记证出字第074号

国防工业出版社印刷厂印装 内部发行

787×1092¹/₁₆ 印张9 207千字

1965年8月第一版 1965年8月第一次印刷 印数：0,001—1,200册

統一书号：N15034·883 定价：(科七) 1.30元

目 录

代用稀土光学玻璃研究.....	刘颂豪、于忠洋 (5)
超重冕新品种光学玻璃的研究.....	姜中宏、于忠洋 (15)
氟化物光学玻璃的研究.....	邓佩珍 (26)
氟化物玻璃光学常数及密度计算方法.....	干福熹、汪少胜 (39)
硅酸盐玻璃物理性质计算方法在工业生产上的应用.....	干福熹 (48)
RO-PbO-SiO ₂ 系统红外玻璃研究.....	王世焯、王忠才 (56)
耐高温红外玻璃的研究.....	王世焯 (64)
非氧化物红外玻璃的研究 (一).....	干福熹、毛锡宾、孙钟鸣 (74)
防辐射玻璃的研究.....	姜中宏、于忠洋 (86)
有关改进耐辐射光学玻璃的若干问题.....	干福熹、孙钟鸣 (92)
玻璃閃爍体研究的初步結果.....	蔡英时、周介文 (97)
温度程序控制方法及光学玻璃精密退火.....	蔣亚林 (100)
光学玻璃退火参数的膨胀計測定方法及其計算.....	鍾炎生、米庆洲 (112)
光学玻璃連續熔炼的試驗.....	費祖同、王世焯 (125)
熔化重組光学玻璃所用衬里坩堝試制研究.....	黃德富 (134)

代用稀土光学玻璃研究

刘頌豪 于忠洋

一、引言

为設計寬視場、大孔径的光学系統，同时又要求消除系統中的高級像差和色差，需使用高折射率-低色散玻璃。近十多年来在光学玻璃領域內由于稀土元素的应用，使高折射率-低色散玻璃在原来应用氧化鋇的基础上得到进一步的发展和提高。到目前为止，在苏联、德国、美国、英国和日本等国稀土光学玻璃均已成为商品，如在德意志民主共和国已有鐳冕(LaK)和鐳火石(LaF)玻璃；在苏联已有超重冕(CTK)和重鋇火石(TBФ)玻璃；我国从1958年大跃进以来，曾先后試制了几种常用的稀土光学玻璃，供特殊照相物鏡的需要。

我国稀土矿藏丰富，但目前还不能大量供应，且价格較昂貴，从而使稀土玻璃的应用受到一定的限制。为制成成本低廉的高折射率-低色散玻璃，特进行代用稀土玻璃的研究。

代用稀土玻璃在国外虽无专論发表，但在1950年后，美国、英国和德国曾相继提出有关該方面的专利。据专利所載能制成 $n_D=1.645$ ， $v=56.4$ 以及 $n_D=1.713$ ， $v=46.0$ 等不含 La_2O_3 和 ThO_2 的光学玻璃。在这些玻璃中， BaO 或 CaO 的最高含量达56~60%。与此同时使用了小量鋇、鎂、鎳等氧化物。

代用稀土玻璃的研究在于确定代用的可能性及其代用范围；研究代用的組成与玻璃性能的关系，从而提出成本低廉（在可能情况下使用陶瓷坩堝进行熔化）和质量良好且能代替德国 LaF_3 ， LaK_1 和 LaK_{15} 的玻璃配方。

二、代用稀土玻璃的可能性

从氧化物的部分光学常数⁽¹⁾⁽²⁾来看，为制成高折射率-低色散玻璃，除 La_2O_3 ， ThO_2 ， Ta_2O_5 和玻璃生成体 SiO_2 ， B_2O_3 外，以使用碱土金属氧化物最为适宜，为改善玻璃的质量可使用小量 ZrO_2 ， TiO_2 ， Al_2O_3 等。在碱土金属氧化物中， BaO ， CaO ， ZnO 是一般玻璃常用的成分，其他如 BeO ， CdO ， SrO 虽价格較貴，但各具有不同的特性。为試驗代用的可能性，研究了此等氧化物（单独或联合使用）在硼酸盐或硼硅酸盐玻璃中的生成玻璃范围，先后进行了 $\text{B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-RO}$ （ BaO ， SrO ， CdO ）， $\text{B}_2\text{O}_3\text{-CdO-RO}$ （ BaO ， ZnO ， PbO ， SrO ）， $\text{B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-BaO-RO}$ （ SrO ， ZnO ）等三元和四元系統試驗，通过試驗确定了系統的生成范围和光学常数范围。試驗結果如图1和图2所示。典型玻璃的光学常数见表1。

从图2和表1可見，利用此等氧化物所組成的玻璃具有如下的光学常数范围： n_D 自1.60至1.75， v 自63至40。在已成为商品的德国稀土玻璃牌号中， LaK ， LaK_6 ， LaK_7 ， LaK_{15} 以及 LaF_3 ， LaF_4 等接近在此范围之内。可見，制成光学常数相当于部分 LaK ， LaF 的代用稀土玻璃是可能的，且可用不同的化学組成来达到。但代用范围有一定的限制，如制造特高折射率和低色散的玻璃 LaK_3 ， LaK_5 ， LaK_8 ， LaK_{14} ， LaK_{17} 以及 CTK_4 ，

CTK₆ 等还需加入 La_2O_3 或 ThO_2 是必要的。

表 1 典型玻璃的光学常数

試驗 編 号	光 学 常 数			系 統
	n_D	$n_F - n_C$	v	
Zn-02	1.744	0.0174	42.7	$\text{B}_2\text{O}_3\text{-CdO-ZnO}$
Sr-08	1.715	0.0155	46.0	$\text{B}_2\text{O}_3\text{-CdO-SrO}$
Ca-01	1.690	0.0140	49.2	$\text{B}_2\text{O}_3\text{-CdO-CaO}$
CL-114	1.656	0.0116	56.5	$\text{B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-BaO-SrO}$
CL-113	1.6454	0.01096	58.8	$\text{B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-BaO-SrO}$
CL-138	1.6230	0.01007	61.9	$\text{B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-BaO-SrO}$

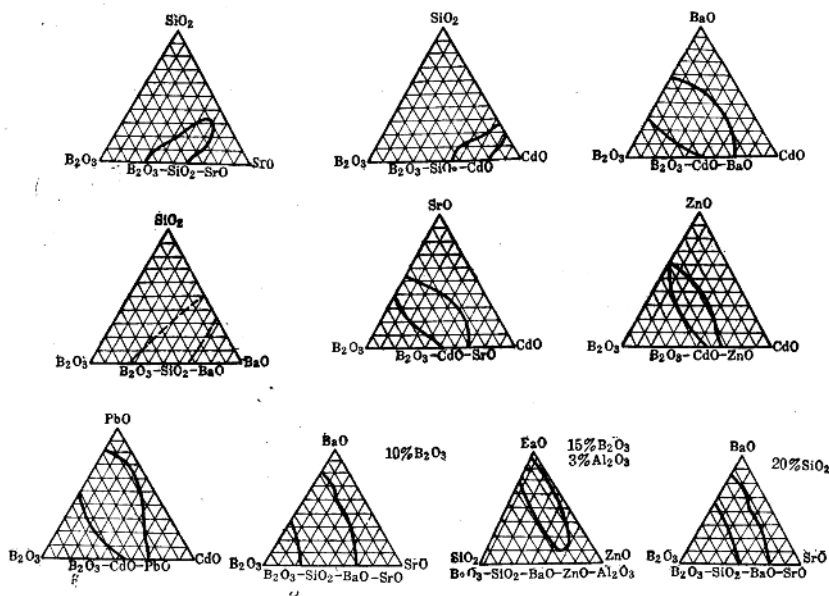


图 1 $\text{B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-RO}$ (BaO , SrO , CdO) $\text{B}_2\text{O}_3\text{-CdO-RO}$ (BaO , ZnO , SrO , PbO) 和 $\text{B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-BaO-RO}$ (SrO , ZnO) 的系统生成玻璃范围。

为确定代用稀土玻璃品种，曾考虑光学设计者的要求和玻璃的性能以及玻璃的制造工艺问题。从玻璃制造的角度来看，除使玻璃满足一定的光学常数要求外，所制成的玻璃必须具有較良好的化学稳定性和較低的析晶能力，尽量减少高价原料的用量(如 CdO , ZrO_2 , BeO 等)，并使玻璃尽可能在陶瓷坩埚中熔化。但在改善玻璃性能的过程中势必有害于玻璃的光学常数。經与光学设计者討論协商，結合光学玻璃标准，稍許降低对光学性能的要求，提出試制 691/465, 650/560 和 610/625 三种玻璃。其中 691/465 作为代用 LaF_3 玻璃，650/560 代用 LaK_1 和 LaK_7 玻璃，610/625 代用 LaK_{15} 玻璃。

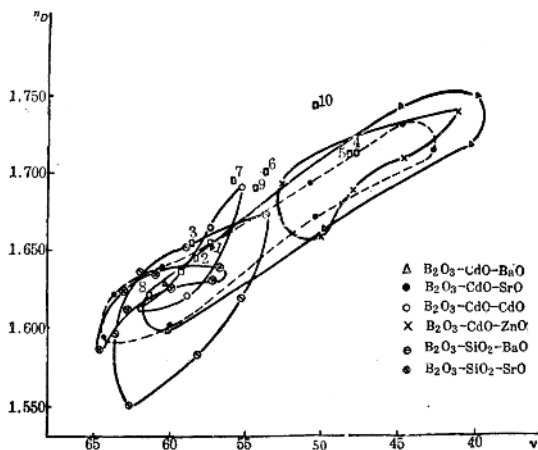


图2 B_2O_3 -CdO-RO和 B_2O_3 -SiO₂-RO系统的光学常数范围，

1-LaK; 2-LaK₆; 3-LaK₇; 4-LaF₃; 5-LaF₄; 6-LaK₈;

7-LaK₁₄; 8-LaK₁₅; 9-CTK₃; 10-CTK₆。

三、实用玻璃配方试验

为试制已确定的三个玻璃品种，根据系统试验结果，分别提出下列试验方案：对于 691/465 玻璃，可在 B_2O_3 -SiO₂-BaO-ZnO 四元系统的基础上，加入小量 CaO、CdO、PbO、ZrO₂、Al₂O₃ 等氧化物，以降低玻璃的析晶能力，并提高玻璃的化学稳定性。为试制 650/560 玻璃，可以 B_2O_3 -SiO₂-BaO 三元系统作为基础，同时加入小量具有良好光学性能或化学稳定性的氧化物如 ZnO、CaO、SrO、ZrO₂ 等。至于 610/625 玻璃，应以 B_2O_3 -SiO₂-BaO-SrO 四元系统为基础加入小量能提高玻璃化学稳定性的氧化物。现将 691/465 和 650/560 实用玻璃配方试验过程和结果叙述于后。610/625 玻璃配方试验与 691/465 相同，故不再重述。

1. 691/465 实用玻璃配方试验

含 Al₂O₃ 3% 的 B_2O_3 -SiO₂-BaO-ZnO 四元系统的试验结果列于表 2。

从系统试验结果可见：

(1) 光学常数在本系统范围内经适当调整后能满足要求；

(2) 随着 ZnO 含量的增加，使玻璃的化学稳定性和析晶能力提高。为此，玻璃中 ZnO 含量不能过多。为弥补玻璃的化学稳定性，可考虑加入 ZrO₂ 或增加 SiO₂；

(3) 须降低 BaO 和 ZnO 的总含量，以减少对陶瓷坩埚的侵蚀和降低玻璃的析晶能力。为此，可以小量 CaO、CdO、PbO (或同时增加 B_2O_3 和 SiO₂ 的含量) 来代替部分 BaO 和 ZnO。与此同时，可比较使用少量稀土氧化物对玻璃性能的影响。

针对上述情况，通过试验提出下列四个配方 (见表 3)，其中 E-650 含少量稀土氧化

物; E-651 含較大量的 BaO 和 適量的 CdO; B-217 含較大量的 BaO, 但不含 CdO; 在 B-172 配方中含 BaO 量較低。

表 2 691/465 玻璃的初步配方及其性能

試驗 編 號	化 學 成 分					光 學 常 數			化學 穩定 性 W%	密 度 d	結晶性能 (3 小时)			
	B ₂ O ₃	BaO	ZnO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	n _D	n _F -n _C	v			600	700	800	900
CL-209	15	65	7	10	3	1.6748	0.01328	50.83	3.96	4.25				
CL-211	15	55	17	10	3	1.6758	0.01350	50.08	1.78	4.22				
CL-212	15	50	22	10	3	1.6781	0.01379	49.17	0.94	3.98				
CL-213	15	45	27	10	3	1.6808	0.01402	48.56	0.41	4.19				
CL-215	15	35	37	10	3	1.6862	0.01447	47.42	0.46	4.45				
CL-216	15	30	42	10	3	1.6903	0.01484	46.52	0.36	4.16				

表 3 691/465 玻璃改进后的配方及其性能

試驗編號	化 學 成 分											光 學 常 數		
	SiO ₂	B ₂ O ₃	La ₂ O ₃	ThO ₂	BaO	CaO	Al ₂ O ₃	ZnO	ZrO ₂	PbO	CdO	n _D	n _F -n _C	v
E-650	14.563	11.650	2.913	2.913	46.602	4.854	1.941	9.709	—	4.854	—	1.6914	0.01459	47.40
E-651	14.564	12.621	—	—	46.602	4.854	1.942	6.796	—	4.854	7.767	1.6910	0.01480	46.53
B-217	14.950	13.267	—	—	45.545	3.960	1.980	11.881	2.475	5.942	—	1.6857	0.01481	46.94
B-172	14.455	13.268	—	—	39.605	9.901	1.980	11.881	2.475	3.960	2.475	1.6875	0.01463	46.98

(續)

試驗編號	化學穩定性			密 度	退火 溫度 °C	校 正 值				結 晶 性 能				
	耐潮	耐酸	耐水, W%			加入 1% B ₂ O ₃	加入 1% BaO	加入 1% PbO	加入 1% CdO	600	700	800	900	1000 溫度°C
E-650	B	5	—	4.28	560	-22	-14	+6	+0.5					
E-651	B	5	2.11	4.30	550	-22	-7	+6	—					
B-217	—	—	0.97	—	560	-23.5	-13	+7.6	+5.5					
B-172	—	—	1.34	—	570	-23	—	+8	+5					

从表 3 可見, 除含少量稀土氧化物配方的性能較优越外, 其余玻璃的析晶能力較高, 化学稳定性較低。为降低玻璃的析晶能力并提高化学稳定性, 以 E-651、B-217 和 B-172 作为原始配方, 試驗加入 SiO₂、B₂O₃、BaO、CaO、ZnO、ZrO₂、PbO 等对玻璃性能的影响。試驗結果见图 3、图 4 和图 5。

从上述試驗結果可見:

(1) 就高鋇含鋇玻璃 E-651 來說, 原玻璃化学稳定性和析晶能力較低, 加入 SiO₂、Al₂O₃、ZnO 和 ZrO₂ 后能提高玻璃的耐水性能; 增加 SiO₂、B₂O₃、PbO、CdO 等成分以降低析晶能力, 而加入 Al₂O₃、ZnO、ZrO₂ 等則对玻璃的析晶能力有相反的效果。为此,

E-651 691/465

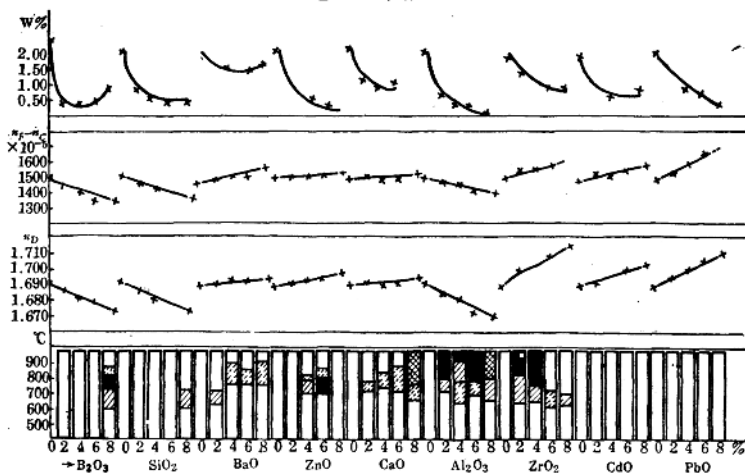


图3 E-651配方中加入氧化物对玻璃性能的影响。

B-217 691/465

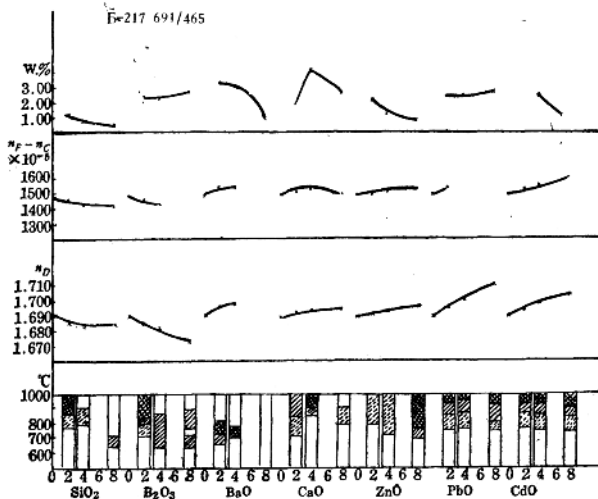


图4 B-217配方中加入氧化物对玻璃性能的影响。

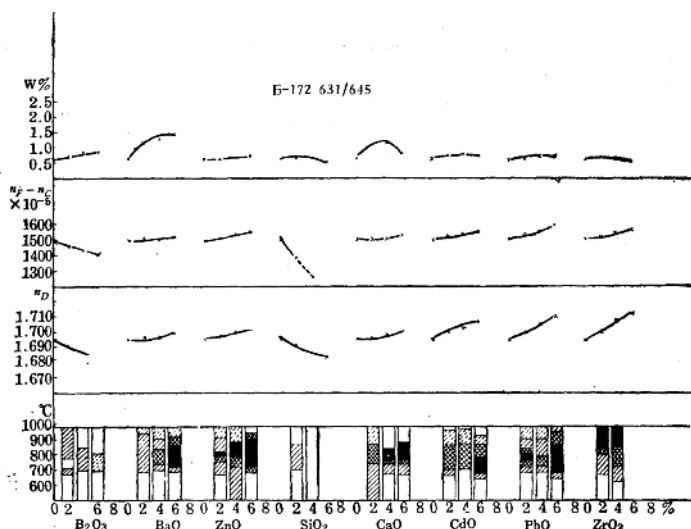


图5 B-172配方中加入氧化物对玻璃性能的影响。

在E-651的基础上应重点提高玻璃的化学稳定性。

(2) 对于高银不含镉玻璃B-217来说,原玻璃化学稳定性优于E-651,而析晶情况却非常严重,加入 SiO_2 、 CaO 能降低玻璃的析晶能力。为此,应在B-217的基础上着重改进玻璃的析晶性能。

(3) 对于含银量较低的玻璃B-172来说,原玻璃化学稳定性较好,但析晶情况较严重,加入 SiO_2 能降低其析晶能力。为此,应在B-172的基础上着重改进玻璃的析晶性能。

根据上述初步结果进行了调整试验,最后提出了三个较良好的玻璃配方,其化学成分和物理化学性能列于表4。

2. 650/560实用玻璃配方试验

从Hamilton所提出的 B_2O_3 - SiO_2 - BaO 三元系统的试验结果和我们所进行的部分试验数据(见表5)来看,光学常数可完全满足要求,析晶情况并不严重,但化学稳定性较差,同时由于含 BaO 量高对耐火材料剧烈侵蚀。为此,在 B_2O_3 - SiO_2 - BaO 三元系统的基础上,应着重提高玻璃的化学稳定性,同时应研究降低含 BaO 量的可能性。为提高化学稳定性除加入 ZrO_2 和 Al_2O_3 外,还可以少量 ZnO 和 CaO 来代替 BaO 。为降低 BaO 含量,除使用 ZnO 和 CaO 外,还加入少量 SrO 和 CdO 。通过成分调整试验,提出含 BaO 量不同的两个配方B-169, E-806。其性能如表6所示。

在B-169和E-806的基础上,进行了加入 SiO_2 、 B_2O_3 、 BaO 、 CaO 对玻璃性能影响的试验,试验结果见图6和图7。

从上述试验结果可见:

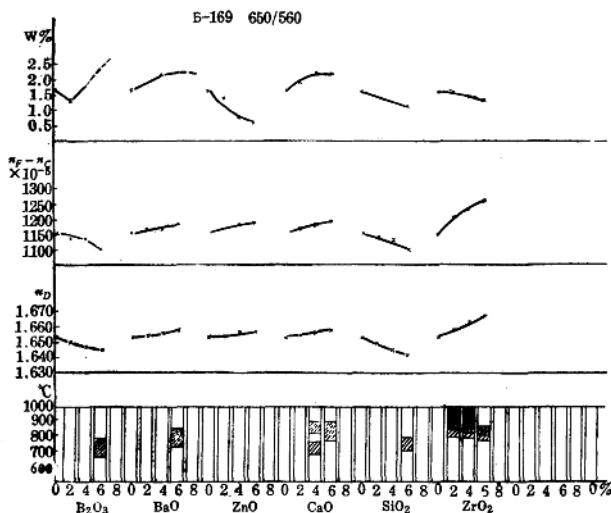


图6 E-169配方中加入氧化物对玻璃性能的影响。

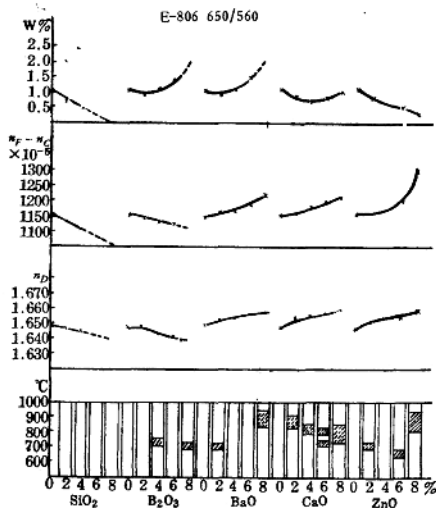


图7 E-806配方中加入氧化物对玻璃性能的影响。

表 4 691/465 又经过改进后的配方及其性能

試驗編號	化 学 成 分								
	B ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	BaO	ZnO	CaO	ZrO ₂	CdO	PbO
Б-302E	12.616	15.446	1.867	44.810	6.535	5.629	—	8.430	4.667
Б-303E	11.726	17.824	0.938	37.523	11.257	9.381	2.345	5.629	3.377
Б-305E	13.182	16.363	1.818	44.090	6.364	10.455	2.273	—	5.455

(續)

試驗编号	光 学 常 数			退 火 温 度 °C	化学稳定 性 W %	析 晶 性 能			
	n _D	n _F -n _C	v			700	800	900	°C
Б-302E	1.6917	0.01490	46.43	575	0.17	—	—	—	—
Б-303E	1.6916	0.01471	47.02	595	0.43	—	—	—	—
Б-305E	1.6852	0.01446	47.43	585	0.71	—	—	—	—

表 5 B₂O₃-SiO₂-BaO 的系统配方及其性能

編 号	化 学 成 分			光 学 常 数			化学稳定 性 W %	析 晶 性 能			
	B ₂ O ₃	SiO ₂	BaO	n _D	n _F -n _C	v		600	700	800	温度 °C 900
Б-205	15	25	60	1.6455	0.01125	57.36	4.85	—	—	—	—
Б-206	25	15	60	1.6473	0.01097	59.00	10.09	—	—	—	—
Б-207	18	22	60	1.6471	0.01126	57.46	6.97	—	—	—	—
Б-208	22	18	60	1.6498	0.01128	57.63	8.66	—	—	—	—
Б-209	20	20	60	1.6438	0.01117	57.61	6.59	—	—	—	—

(1) 就高钡玻璃来说, 加入 SiO₂、ZrO₂、ZnO、Al₂O₃ 均能提高玻璃的化学稳定性, 上述氧化物除 ZrO₂ 外对玻璃的析晶性能无显著不良的影响。

(2) 就低钡玻璃来说, 加入 SiO₂、ZnO 能进一步提高玻璃的化学稳定性, 加入其他氧化物后玻璃析晶性能仍属良好。

根据上述初步结果进行了调整试验, 提出了两个性能较好的配方, 其化学组成和物理化学性能见表 7。

最后提出的 691/465 和 650/560 配方 (见表 4 和表 7) 分别在 0.7~2 升铂坩埚或陶瓷坩埚中进行熔炼。这两类型玻璃均适宜于在铂坩埚熔化, 澄清温度一般低于 1380°C, 对铂坩埚无显著的侵蚀和使玻璃着色的现象。且玻璃液在高温下粘度不大, 且易于澄清和均匀。利用铂坩埚熔炼能得到质量良好的玻璃。

691/465 玻璃和 650/560 玻璃中的低钡玻璃能在陶瓷坩埚中熔炼, 其中可使用熔化一般

表 6 650/560玻璃的初步配方及其性能

玻璃牌号	試驗編号	化 学 成 分						
		B ₂ O ₃	SiO ₂	BaO	ZnO	CaO	Al ₂ O ₃	ZrO ₂
650/560	B-169	20	20	52	2	3	0.5	2.5
	E-806	24.638	17.875	38.647	7.729	4.348	SrO 2.415	CdO 2.415, 1.932

(續)

玻璃編号	光 学 常 数			化学稳定性W%	析 晶 性 能				
	n_D	$n_F - n_C$	v		600	700	800	900	°C
650/560	1.6516	0.01151	56.59	2.92					
	1.6523	0.01179	55.30	1.09					

表 7 650/560改进后的配方及其性能

試驗編号	化 学 成 分							
	SiO ₂	B ₂ O ₃	BaO	CaO	ZrO ₂	SrO	CdO	ZnO
B-312	19.111	23.690	39.084	4.181	2.322	2.322	1.858	7.432
B-314	21.381	19.176	49.856	2.876	2.397	—	Al ₂ O ₃ 0.479	3.835

(續)

試驗編号	光 学 常 数			化学稳定 性 W %	析 晶 性 能				
	n_D	$n_F - n_C$	v		600	700	800	900	°C
B-312	1.6490	0.01151	56.38	0.87					
B-314	1.6508	0.01153	56.42	0.57					

光学玻璃所用的坩埚或高铝衬里坩埚。从总的情况来说侵蚀并不严重，其侵蚀程度比含BaO量相同的TK玻璃为小，但气泡较难消除，小气泡群较多。从熔化过程中玻璃光学常数的变化情况来看，耐火材料被侵蚀量约相当于玻璃成分的2%。

四、問題的討論及初步結論

1. 代用稀土光学玻璃的可能性，从鋇、鈣、鋅、鋁、鋇等氧化物所組成的硼硅酸盐玻璃其光学常数范围为： n_D 自1.60至1.75， v 自63至40，德国光学玻璃牌号中的LaK₁、LaK₆、LaK₇以及LaF₃、LaF₄等（即 $n_D < 1.65$ 或 $v < 48$ 的高折射率高色散玻璃）也在此范围内。但是在改善玻璃性能的过程中稍许降低了对玻璃光学常数的要求。对于具有特殊光学常数要求的玻璃如LaK₈、LaK₁₄、CTK₄、CTK₆等使用La₂O₃或ThO₂是必要的。

2. 代用稀土玻璃及稀土玻璃性能的比较, 从表 8 稀土玻璃和表 4、表 7 代用稀土玻璃的性能可见, 不含稀土氧化物的 B-312、B-314 与稀土玻璃 LaK_1 有相似的光学常数, 化学稳定性较差, 但不易析晶, 能在优质陶瓷坩埚中熔化, 成本大大降低, 若以 B-302E, B-303E, B-305E 与稀土玻璃 LaF_3 相比较, 光学常数稍许降低, 但化学稳定性和析晶性能均较优良, 可在陶瓷坩埚中熔化, 这个品种曾在北京市玻璃厂进行小量生产。

表 8 LaK_1 , LaK_3 稀土玻璃的配方及其性能

玻 璃 牌 号	化 学 成 分					光 学 常 数			密 度	化学 稳定性 W%	析晶性能			
	SiO_2	B_2O_3	BaO	La_2O_3	ThO_2	n_D	$n_F - n_C$	v			700	800	900	°C
LaK_1	19.20	17.90	48.60	Al_2O_3 1.4	12.0	1.6538	0.01176	55.6	3.59	0.16				
LaF_3	PbO 12.10	41.4	CaO 11.70	27.0	ZrO_2 7.80	1.7165	0.01500	47.64	4.20	0.42				

参 考 文 献

- [1] K. H. Sun, Jour. Amer. Cer. Soc., 30 (1947), 282.
 [2] K. H. Sun, Jour. Amer. Cer. Soc., 30 (1947), 287.

超重冕新品种光学玻璃的研究

姜中宏 于忠洋

一、引言

超重冕光学玻璃,从Morey开始到现在已经有二十多年的历史了,它是目前最广泛应用的新品种光学玻璃。国外现有的,如德国 LaK、LaF,美国某些 EK 型光学玻璃和苏联的 CTK、TBΦ 等牌号。高折射率低色散光学玻璃中一般都含有稀土或稀有元素氧化物。

在稀土玻璃方面比较系统的研究工作有 Kordes^[1],孙汉汉^[2],泉谷彻郎^[3],Geffcken^[4],Brewster, Kreidl^[5] 和刘頌豪^[6] 等。他们研究了以 B_2O_3 - ThO_2 - CdO , B_2O_3 - La_2O_3 - RO 和 B_2O_3 - La_2O_3 - ThO_2 - CdO 等系统玻璃的生成区域和光学性质,但是作为定型牌号玻璃,这些纯硼系统的玻璃都存在易析晶和化学稳定性较差等缺点,只有在玻璃中加入适当的 SiO_2 才能得到改善。

直到目前为止,对含稀土代稀土的硼硅玻璃进行系统性研究还不多。从文献上已发表的有 Hamilton 等^{[7][8]},研究了 B_2O_3 - SiO_2 - BaO 和 B_2O_3 - SiO_2 - BaO - BeO - R_nO_n 等玻璃系统,这些玻璃可以作为研究稀土和代稀土光学玻璃的基础。

本报告的目的是探讨在硼酸盐玻璃中加入 SiO_2 后,玻璃的光学常数和析晶性能改变的规律,并且利用这些规律来计算玻璃的光学常数,最后提出几种可供实用的光学玻璃配方。

二、超重冕玻璃的光学常数

稀土光学玻璃的光学常数领域,可以按照玻璃成分不同大体分为 B_2O_3 - La_2O_3 - ThO_2 - CdO ($n_D=1.700\sim1.812$, $v=54\sim40$), B_2O_3 - La_2O_3 - RO ($n_D=1.565\sim1.800$, $v=63\sim41.6$), 代稀土玻璃 B_2O_3 - SiO_2 - BaO - CdO ($n_D=1.660\sim1.681$, $v=55.5\sim48.8$), B_2O_3 - CdO - RO ($n_D=1.600\sim1.750$, $v=65.6\sim40$) 和 B_2O_3 - BaO - RO ($n_D=1.550\sim1.750$, $v=65\sim40$)。这些系统在 n_D - v 图上所占的位置,如图 1(a)、(b)。

三、超重冕硼硅玻璃的反常特性

对超重冕硼硅玻璃的反常性质,在本工作的前一报告中^[9],我们发现了在高钡区硼硅玻璃的反常效应,并解释了这种现象。在这篇报告中我们将更广泛地研究 RO - SiO_2 - B_2O_3 及稀土氧化物玻璃以 SiO_2 代 B_2O_3 后引起的性质变化。

不含稀土的硼硅玻璃,其折射率、析晶等性质都出现有反常现象见图 2(a)、(b),利用这种规律,在玻璃配方中选择一定的硼硅比例,能使玻璃的析晶能力与光学常数同时达到最好的条件。

在 BaO - B_2O_3 - SiO_2 , SiO_2 - B_2O_3 - SiO_2 和 CaO - B_2O_3 - SiO_2 系统中,玻璃性质变化的

反常规律是随着 R-O 的键强度 $\frac{Z}{d^2}$ 的增大, 以 SiO_2 代 B_2O_3 时性质达到极值的数量向低 SiO_2 方向移动。这种现象的原因可以推测为当 R-O 键强度增加时, 玻璃中 $[\text{BO}_3]$ 不易成为 $[\text{BO}_4]$ 。故此所需要的 SiO_2 减少, 玻璃出现的反常性质也不太明显。

图 2(b) 是 $\text{RO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 玻璃折射率与硼硅比例改变时的关系。银玻璃的极大值

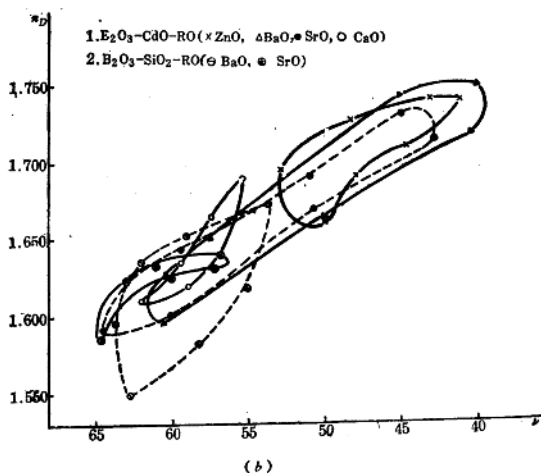
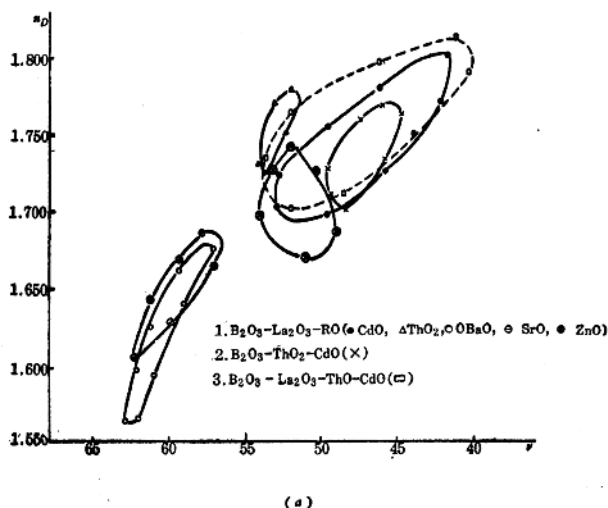


图 1 稀土玻璃系统光学领域图。