

智能玻璃黑板书写性能与光电显示效应的研究

李运涛 阮方毅 杜 滕* 韩振斌

(陕西科技大学陕西省轻化工助剂重点实验室, 西安 710021)

摘 要 采用一种化学蒙砂方法改变玻璃表面的形貌, 制得智能玻璃黑板, 以达到防眩光、可书写以及高清晰光电显示的效果。探究了蒙砂液中各物质的优化配合比、蒙砂液温度、蒙砂时间、蒙砂液 pH 对智能玻璃黑板的粗糙度、光泽度以及透过率的影响, 在硫酸铵、氯化钾、氟化钠、水、草酸的质量分数用量分别为 1.9%、4.2%、8.0%、9.8%、8.7%, 蒙砂液温度为 25℃, 蒙砂时间为 125s, 蒙砂液 pH=2.5 的玻璃蒙砂最佳工艺条件下, 制得的智能玻璃黑板的粗糙度为 0.43μm, 光泽度为 43.9%, 为智慧教室、智能教学的发展提供了新思路。

关键词 防眩光, 可书写, 玻璃蒙砂, 光电显示

Research on writing performance and photoelectric display effect of smart glass blackboard

Li Yuntao Ruan Fangyi Du Teng Han Zhenbin

(Shaanxi Key Laboratory of Chemical Additives for Industry, Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an 710021)

Abstract Through a chemical blasting method to change the surface of the glass surface in order to achieve anti-glare, can be written and had high-definition photoelectric display effect. The effects of time, temperature and pH on the roughness, gloss and transmittance of glass were studied by orthogonal experiment. The results showed that the parameters were adding 1.9% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 4.2% KF, 8.0% NaF, 9.8% H_2O and 8.7% $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, and The optimum reaction of temperature was 25℃, time was 125s, pH was 2.5. The optimal index of blackboard as follows: roughness was 0.43μm and glossiness was 43.9%. It provided a new idea for the development of intelligent classroom and intelligent teaching.

Key words anti-glare, writing, glass frosting, photoelectric display

随着科学技术的飞速发展, 在机电设备、建筑、精密电子仪器、航天、航海、光电显示和光学透镜^[1]等行业中, 对光学材料的要求提到了新的高度。应用最为广泛的光学材料是普通刚性玻璃。特别是在电子显示方面、电视、电脑液晶、手机薄膜场效应晶体管(TFT)玻璃和教育教学黑板等行业中的应用, 已形成以普通刚性玻璃为主的产业链。

在无机玻璃广泛应用体系中, 大量的光污染随之而产生, 尤其是由于光源眩光产生的污染。“光污染”是继废气、废水、废渣和噪声污染之后的一种新的环境污染源^[2]。

同时, 在玻璃加工工艺过程中, 常使用的氢氟酸

蚀刻工艺, 其氢氟酸含量占 25% 左右, 对人体皮肤、骨骼、眼睛及呼吸系统都有严重的伤害^[3], 而且传统的防眩光玻璃蒙砂技术^[4], 产能低, 不容易形成标准化作业, 良率低, 废气排放物严重污染环境。

本研究通过选择合适的化学蒙砂方法, 对玻璃蒙砂工艺进行研究, 从而得到舒适的书写度和真实的光电显示效果, 制造出智能数字光电显示黑板。在同一块面积既实现普通黑板的粉笔书写功能, 也提供了高清显示和互动触控, 包含播放教学课件、视频、图片、动画以及批注等各种丰富的多媒体教学功能, 将传统教学与现代科技深度融合, 带来最佳的教学体验。同时对玻璃采用微氟循环蒙砂的方法, 实

作者简介: 李运涛(1965-), 男, 硕士, 教授, 主要从事无机材料表面改性研究。

联系人: 杜滕(1992-), 男, 硕士, 主要研究方向为分析化学。

现物质循环利用,达到环保生产的目的。

1 实验部分

1.1 材料

硫酸铵 $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ 、氟化钠(NaF)、氟化钾(KF),均为分析纯,上海久亿化学试剂有限公司;草酸($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$,分析纯),上海实意化学试剂有限公司。

欧洲灰玻璃(厚度为 3.8045mm,裁成 180mm×180mm),南京欧帝科技有限责任公司。玻璃基片组成见表 1。

表 1 玻璃基片组成

成分	二氧化硅	三氧化二铝	三氧化二铁	氧化钙
含量/%	71~74	0~2	0~1	8~10
成分	氧化镁	氧化钠	氧化钾	
含量/%	3~5	12~15	0~1	

1.2 仪器

真空干燥箱(DZF-6210 型),上海一恒科技有限公司;表面粗糙度测量仪(SJ-210 型),日本三丰公司;光泽度仪(CQ-60G 型),深圳市成企鑫科技有限公司;分析天平(TD50001a 型),余姚市金诺天平仪器有限公司;生物显微镜(M3702 Digital-10A X400 型),厦门市麦克奥迪实业集团有限公司;数显恒温磁力搅拌器(85-2 型),上海江星仪器有限公司;分体透过率仪(LS110A 型),深圳市林上科技有限公司。

1.3 样品的制备

添加铵盐分散剂,可以得到更加理想的玻璃蒙砂效果^[5],由于加入分散剂不仅可提高凹凸点的表面分布的均一性,同时与玻璃表面反应的生成物形成一层保护层,阻止了反应向周围的扩散^[6]。采用控制附着于玻璃表面晶体大小及数量,获得粗糙的毛面或细腻的毛面^[7];调整玻璃表面结构达到光电显示效果^[8]。

对玻璃样品表面进行清洁处理,用水冲洗表面浮灰,用洗涤剂清洗玻璃表面油污并用软毛刷擦洗,然后用水冲洗干净,最后再用去离子水清洗一遍,然后采用真空干燥箱(DZF-6210 型,上海一恒科技有限公司)60℃烘干 30min。

采用硫酸铵、氟化钾、氟化钠、草酸以及水按一定的配合比(见表 2)混合,采用硫酸调节 pH 后,加水稀释至 1000mL,采用数显恒温磁力搅拌器(85-2

型,上海江星仪器有限公司)在 42℃左右温度条件下搅拌均匀,配成不同物质用量的蒙砂液,将处理后的玻璃样片放于溶液中进行蒙砂。

蒙砂液相关物料配合比见表 2。

表 2 蒙砂液相关物料配合比

样品 编号	物料用量 ^① /%				
	硫酸铵	氟化钾	氟化钠	水	草酸
1	1.3	4.0	7.8	9.2	—
2	1.4	4.1	8.3	9.3	—
3	1.5	4.0	8.2	9.7	—
4	1.4	4.1	8.1	9.2	—
5	1.5	4.3	7.8	9.6	8.6
6	1.9	4.2	8.0	9.8	8.7
7	1.6	4.4	7.6	9.9	8.8
8	1.7	4.2	7.9	9.6	8.9
9	1.7	4.1	7.8	9.7	9.0
10	—	—	—	—	—

注:①为物料的质量分数用量。

1.4 样品的测试

采用表面粗糙度测量仪(SJ-210 型,日本三丰公司)对玻璃蒙砂性能指标进行测试。采用光泽度仪(CQ-60G 型,深圳市成企鑫科技有限公司)对样品的光泽度进行测试。采用分体透过率仪(LS110A 型,深圳市林上科技有限公司)对样品的透过率进行测试。采用生物显微镜(M3702 Digital-10A X400 型,厦门市麦克奥迪实业集团有限公司)对样品的表面超微晶结构和均一性进行测试。

2 结果与讨论

2.1 蒙砂液最佳条件分析

2.1.1 蒙砂液配合比分析

根据前期正交试验结果得出,6 号样品配方的基本评价指数最优,表现评价指数最优,故采用 6 号样品配方为蒙砂液的优化配合比,即硫酸铵、氟化钾、氟化钠、水、草酸在蒙砂液中的含量分别为 1.9%(wt,质量分数,下同)、4.2%、8.0%、9.8%、8.7%。

2.1.2 蒙砂液 pH 分析

pH 不同智能玻璃黑板的光泽度和粗糙度见表 3。从表 3 可知,在 pH 较低条件下,蒙砂过程反应速率较大,大量的超微晶颗粒在玻璃表面容易生

成,通过光泽度测定仪测试,光泽度较低,反光较弱,防眩光效果强,在 pH 升高至 2.5 条件下,蒙砂反应相对较小,防眩光效果良好,光泽度达到 43.9%,粗糙度达到 $0.43\mu\text{m}$,显示效果较优,且玻璃基体表面可以书写,在 $\text{pH}>2.5$ 条件下,蒙砂反应急剧减弱,超微晶晶粒减少,防眩光效果较差,光泽度较高,粗糙度降低,玻璃表面光滑不易书写。因此,选择最佳 $\text{pH}=2.5$ 。

表 3 pH 不同智能玻璃黑板的光泽度和粗糙度

pH	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
光泽度/%	11.5	13.1	17.7	25.9	43.9	59.1	77.7	109.1
粗糙度/ μm	1.10	0.78	0.53	0.47	0.43	0.25	0.20	0.20

2.1.3 蒙砂液温度分析

蒙砂液温度不同智能玻璃黑板的光泽度和粗糙度见表 4。从表 4 可知,在蒙砂液温度较低条件下,蒙砂反应速率较慢,反应不彻底,光泽度较高,但反光较强,防眩光效果较差,粗糙度太低,不容易书写;在蒙砂液温度升高至 25°C 条件下,蒙砂反应较为完全,防眩光效果较好,智能玻璃黑板光泽度达到 43.9%,粗糙度达到 $0.43\mu\text{m}$,显示效果较优,表面超微晶分布均匀,容易书写;在蒙砂液温度在 $>25^\circ\text{C}$ 至 30°C 条件下,防眩光效果最佳,非常容易书写,但是光泽度在 40% 以下,显示效果较差,不能作为光电显示玻璃;在蒙砂液温度高于 35°C 条件下,由于温度较高,有效成分挥发,使得光泽度提高,但此时产生的污染较大,不利于生产,且浪费能源,因此选择最佳蒙砂液温度为 25°C 。

表 4 蒙砂液温度不同智能玻璃黑板的光泽度和粗糙度

蒙砂温度/ $^\circ\text{C}$	10	15	20	25	30	35	40
光泽度/%	97.8	76.1	51.1	43.9	35.5	38.7	42.7
粗糙度/ μm	0.12	0.27	0.32	0.43	0.47	0.47	0.38

2.1.4 蒙砂时间分析

蒙砂时间不同智能玻璃黑板的光泽度和粗糙度见表 5。从表 5 可知,在蒙砂时间较短条件下,蒙砂反应不彻底,光泽度较高,但反光较强,防眩光效果较差,玻璃基体表面超微晶分布不均匀,粗糙度太低,不容易书写;在蒙砂时间在 120s 条件下,智能玻璃黑板光泽度达到 43.9%,粗糙度达到 $0.43\mu\text{m}$,蒙砂反应较为完全,防眩光效果较好,显示效果较优,表面超微晶分布均匀,容易书写;在蒙砂时间 $>120\text{s}$

条件下,由于蒙砂时间延长,防眩光效果较好,非常容易书写,但是光泽度在 40% 以下,显示效果较差,不能作为光电显示玻璃,而且蒙砂时间太长,不容易量产,降低了产能。因此,选择最佳蒙砂时间为 125s。

表 5 蒙砂时间不同智能玻璃黑板的光泽度和粗糙度

蒙砂时间/s	0	30	60	90	125	150	180	210
光泽度/%	98.8	88.1	66.6	51.1	43.9	36.1	28.8	25.1
粗糙度/ μm	0.02	0.11	0.27	0.38	0.43	0.50	0.62	0.65

2.2 蒙砂后玻璃基体表面分析

玻璃基体蒙砂前(a)和后(b)的表面形貌图见图 1。从图 1(a)可以看出,玻璃基体蒙砂前表明光滑。从图 1(b)可以看出,玻璃基体蒙砂后,表面的颗粒大小一致,颗粒分布均匀,形成超微晶表面。

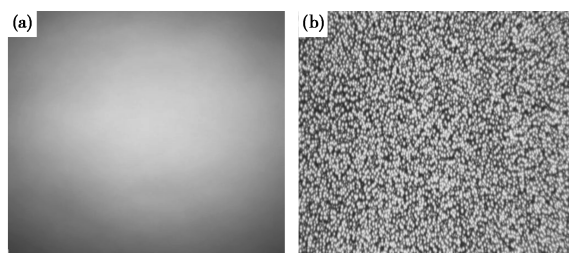


图 1 玻璃基体蒙砂前(a)和后(b)的表面形貌图

2.3 光源不同玻璃基体的防眩光分析

光源不同玻璃基体蒙砂前(a)和后(b)的透过率见图 2。从图 2(a)和图 2(b)可以看出,玻璃基体蒙砂后制得的智能玻璃黑板对红外光(IR)、紫外线(UV)的透过率有明显降低作用,IR 透过率由玻璃

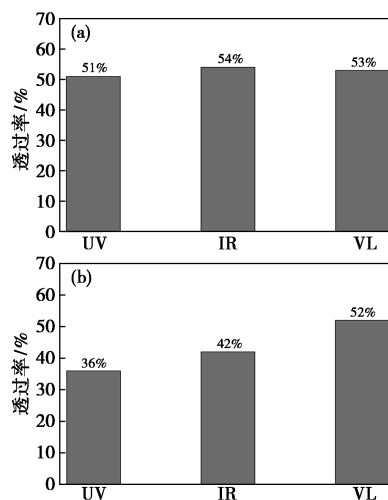


图 2 光源不同玻璃基体蒙砂前(a)和后(b)的防眩光效果图

(光谱:VL 为 530nm;IR 为 950nm;UV 为 365nm)

基体蒙砂前的 54% 降至 42%, UV 透过率由玻璃基体蒙砂前的 51% 降至 36%, 对可见光 (VL) 的透过率变化不大, 蒙砂后玻璃表面形成超微晶, 这些晶粒整齐的排列在玻璃基片上, 对易产生眩光的紫外光以及可见光 (VL) 的短波光起到滤光作用, 对可见光源的较长波长光起到衍射的作用, 使每个超微晶微粒转化成新的光源, 从而使强光转化为均一化的柔光, 实现无机玻璃的超微晶防眩光目标。

2.4 智能玻璃黑板书写分析

玻璃基体蒙砂前 (a) 和后 (b) 的书写效果图见图 3。从图 3(a) 可以看出, 未经过蒙砂处理的玻璃基黑板, 粉笔书写的笔迹模糊不清, 不流畅。从图 3(b) 可以看出, 经过蒙砂处理后制得的智能玻璃黑板, 书写时不会出现滑笔而造成模糊不清的现象, 粉笔在其表面书写更加流畅清晰, 这是因为玻璃基体经过蒙砂后, 表面的超微晶颗粒均匀细小更加细腻, 所以不会因为书写时用力过猛而造成断笔; 经过蒙砂处理后的智能玻璃黑板, 不仅能够在其表面进行流畅书写, 而且具有高清画质, 从侧面观看, 不会因为眩光以及光反射而造成肉眼看不清屏幕。

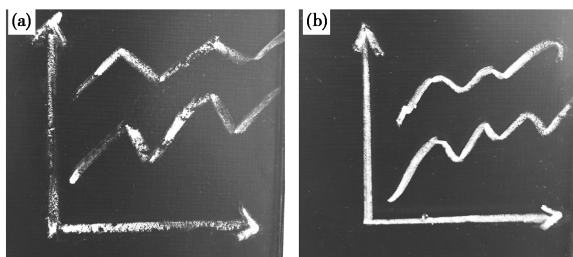


图 3 玻璃基体蒙砂前 (a) 和后 (b) 的书写效果图

2.5 粗糙度分析

蒙砂处理后智能玻璃黑板的粗糙度曲线见图 4。从图可以看出, 蒙砂处理后智能玻璃黑板的粗糙度在 $1\mu\text{m}$ 至 $-1\mu\text{m}$ 范围内, 变化幅度很小, 表明智能玻璃黑板表面的颗粒分布均匀, 这样可以有效提高粉笔书写的舒适度和流畅度, 而且均匀的表面可以更加规律的对光造成一定的效果, 进而影响玻璃表面入射光的散射、衍射和吸收等作用, 使得光反射效果得以降低, 显著提高了防眩光能力。

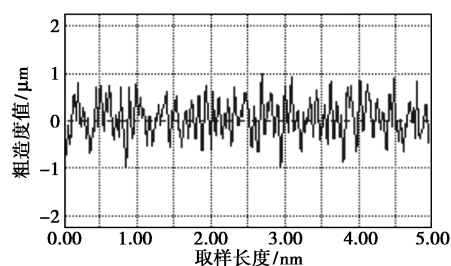


图 4 蒙砂处理后智能玻璃黑板的粗糙度曲线图

3 结论

采用化学蒙砂方法改变玻璃表面的形貌, 成功制得智能玻璃黑板。在硫酸铵、氟化钾、氟化钠、水、草酸的质量分数含量分别为 1.9%、4.2%、8.0%、9.8%、8.7% 制得优化配合比的蒙砂液, 蒙砂液的 $\text{pH}=2.5$, 蒙砂液温度为 25°C , 蒙砂时间为 125s 条件下, 制得的智能玻璃黑板的粗糙度为 $0.43\mu\text{m}$, 光泽度为 43.9%, 具有较好的防眩光、书写流畅清晰以及高清晰光的效果, 在高端智能光显书写一体化黑板领域具有较好的市场前景。

参考文献

- [1] 侯朝霞, 苏春辉. 光功能微晶玻璃应用与研究进展[J]. 激光与光电子学进展, 2006, 43(2): 18-24.
- [2] 郝影, 李文君, 张朋, 等. 国内外光污染研究现状综述[J]. 中国人口资源与环境, 2014, 24(S1): 273-275.
- [3] 张界国. 氢氟酸的用途、危害及预防[J]. 安全, 1997(6): 20-20.
- [4] 罗春炼. 高透过防眩玻璃的制备与性能研究[D]. 上海: 东华大学, 2009.
- [5] 刘存海, 张佳. 玻璃无痕催化蚀刻的表征[J]. 陕西科技大学学报(自然科学版), 2013, 31(5): 94-97, 120.
- [6] 刘存海, 石晶, 喻英. 混合溶盐对玻璃化学蚀刻的研究[J]. 陕西科技大学学报(自然科学版), 2011, 29(2): 21-23, 31.
- [7] 王承遇, 陶瑛. 化学蒙砂玻璃(一)[J]. 玻璃与搪瓷, 1999, 27(1): 55-59.
- [8] 王青, 李建民, 代娇, 等. 化学蚀刻法制备高透射比防眩玻璃[J]. 化工新型材料, 2013, 41(10): 53-55.

收稿日期: 2018-05-02

修稿日期: 2019-07-11

欢迎订阅《化工新型材料》, 邮发代号 82-816。

2019 年全年定价 480 元/年, 台港澳 240 美元/年, 国外 240 美元/年