

文章编号:1007-2780(2012)05-0618-04

应变液晶调光玻璃显示

范志新^{1,2}, 杨宇婴^{1,2}, 高攀¹, 刘洋¹, 杨磊¹, 郑永磊^{1,2}

(1. 河北工业大学 应用物理系, 天津 300401, E-mail: zxfan@hebut.edu.cn;

2. 南京晶多新材料科技有限公司, 江苏 南京 210046)

摘要: 介绍了聚合物分散液晶和应变液晶(SLC)的性质, SLC 调光玻璃的结构特点, 调光原理和光学特性以及制备方法。在 SLC 调光玻璃制备时, 采用文字图案遮挡部分区域进行曝光, 得到有文字图案的制品, 遮光处形成透明状态, 无遮光处处于散射状态。对制品施加剪切应力, 散射区域变成半透明状态, 文字图案消隐。依据此原理用 SLC 调光玻璃制作出一种特殊应力显示玻璃, 可以开发成为节能的门窗等实用产品、在商场、公司以及酒店等场所装修上具有应用前景。

关键词: 聚合物的分散液晶; 应变液晶; 调光玻璃; 显示; 装修工程

中图分类号: TN87; O753⁺.2 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20122705.0618

Display of Stressed Liquid Crystal Light Tunable Glass

FAN Zhi-xin^{1,2}, YANG Yu-ying^{1,2}, GAO Pan¹,

LIU Yang¹, YANG Lei¹, ZHENG Yong-lei^{1,2}

(1. Department of Applied Physics, Hebei University of Technology,

Tianjin 300401, China, E-mail: zxfan@hebut.edu.cn;

2. Nanjing Crystaldrops Technology Co. Ltd., Nanjing 210046, China)

Abstract: The properties of polymer dispersed liquid crystal (PDLC) and stressed liquid crystal (SLC) are introduced; the construction, principle and preparation process of stressed liquid crystal tunable glass are introduced. The SLC tunable display glass is prepared under the process of expose with writing pattern, the area covered becomes transmissible and the other side is changed into scattering. It looks like a frosted glass in scattering state with pattern display without stress applied, and it can be changed into translucent state and the pattern disappeared at the same time after sheared applied. As a kind of other display mode, the novel function SLC light tunable glass can be applied in the products of moveable windows or doors without power consuming, there will be the application prospect in the fields of construct fit up engineering for the user of company, market, hotel and so on.

Key words: polymer dispersed liquid crystal; stressed liquid crystal; light tunable glass; display; construct fit up engineering

1 引 言

聚合物分散液晶(Polymer Dispersed Liquid

Crystal, PDLC)是用向列相液晶和高分子材料按一定比例混合,再利用热固化或紫外光固化等引发相分离,从而形成微米量级的液晶微滴分散在

收稿日期: 2012-02-21; 修订日期: 2012-03-11

基金项目: 国家自然科学基金(No. 60736042); 河北省自然科学基金(No. A2010000004); 河北省重点学科资助项目

作者简介: 范志新(1960—),男,吉林市人,博士,教授,从事液晶器件物理专业教学与科研及产品开发。

固态聚合物基体内的结构。由于液晶微滴中液晶分子受到聚合物腔体界面的约束,呈现各种构形,使得液晶微滴既不是各向同性的普通液体,也不能当成各向异性的单轴晶体,这时对入射光线具有强烈散射,使 PDLC 膜呈现毛玻璃般的不透明状态。施加电场后可以使液晶分子沿电场方向一致取向,此时液晶微滴就表现出各向异性单轴晶体特性,而且光轴与光束方向一致,只有寻常光折射率起作用,设计好液晶寻常光折射率与聚合物折射率相等,这样 PDLC 膜就会处于透明状态。因此通过施加和去掉电场可以实现透光和散射的“开”与“关”,30 年来 PDLC 的电光特性已被深入研究过,并且在许多领域具有应用前景,最显而易见的应用是正在成为投资热门的电控调光玻璃产品^[1-3]。

应变液晶(Stressed liquid crystal, SLC)是通过 PDLC 制品施加拉伸、剪切或按压等应力引起光学性质的改变所得到的新型电光器件的一个研究领域,在快速响应大相位延迟片、光栅常数随压力变化的全息光栅、散射滤光片和散射偏光片等器件上具有特殊应用而引起人们关注^[4-8]。然而应变液晶显然也可以开发成为不用耗电的调光玻璃^[9-10],用这种调光玻璃还可以开发出一种另类显示板。

2 SLC 调光玻璃的特性和应用

PDLC 电控调光玻璃产品的结构是将 PDLC 夹到 ITO 透明导电胶片之间,将胶片夹到玻璃之间,这样整个产品就有玻璃、黏合剂、透明导电胶片、聚合物分散液晶这些界面,散射态没问题,使散射雾度指标高达 95% 以上很容易做到;但是透明态的透光率不会太高,PDLC 胶片透光率 80% 左右,夹在玻璃之间的调光玻璃的透光率就减小到 65%~70% 而已,而且开通状态耗电也有约 10 W/m² 之多,虽然人们在强调电控 PDLC 调光玻璃的优点时声称它的调光作用具有节省空调耗电和保护隐私等功能,但是在透明态的耗电肯定会在节能方面打折扣。SLC 调光玻璃的结构是把 PDLC 直接夹在浮法平板玻璃之间,聚合物是十分柔软的高分子黏合剂。对于小尺寸样品,只在周边加塑料微球保持膜层厚度,中间不放微球,则样品具有压光效应,即按压前是散射状态,雾度 95% 以上,按压后样品就能呈现半透明状态,透光

率接近 50%。对于大尺寸样品,为保持膜层厚度均匀,到处都要撒微球,按压不动,但是能剪切得动,从两侧相向或反向推挤或拉伸上下两片玻璃,就能出现从散射状态变成半透明状态的现象。之所以是半透明状态,是由于液晶微滴由圆球形状在应力作用下变成长椭球形状,液晶分子呈现沿剪切方向,即椭球长轴方向取向排列的构形,这时就可以当作单轴晶体,具有双折射性质,沿平行剪切方向表现为非常光折射率,沿垂直剪切方向表现为寻常光折射率。设计寻常光折射率 n_o 与聚合物折射率 n_p 相等,非常光折射率 n_e 却与聚合物折射率 n_p 不相等,因此这时 PDLC 膜层就是一张散射偏光片,入射光有一半光透射,另一半光散射。

SLC 调光玻璃具有散射偏光现象,液晶显示器屏幕有吸收型偏光片,用样品观察液晶显示器,当剪切方向与偏光片透光轴垂直时图像清晰,当剪切方向与偏光片透光轴平行时图像模糊,表明垂直剪切方向是散射偏光片的透光轴方向。SLC 调光玻璃的可见光分光光度计光谱特性曲线,剪切前透光率很低,在绿光 550 nm 波长处不足 5%,剪切后呈现半透明状态,透光率在 550 nm 波长处接近 50%。PDLC 电控调光玻璃在通透状态是效果极佳的透明投影屏幕,SLC 调光玻璃在半透明状态也具备透明投影屏幕功能,前投受表面反射影响,有的角度投影清楚,有的角度不清楚,背投效果比前投效果好。

PDLC 电控调光玻璃适合制作大面积的固定空间隔断,应用工程案例都是大机关,大酒店,大公司的豪华装修。PDLC 膜生产技术要求高,建厂需要数千万的巨额投资,厂房是洁净车间,原料是电子级纯度,PDLC 膜产品价格每平方米数千元以上,加工夹到玻璃中最后安装工装完毕造价翻倍,可想而知价格十分昂贵。但是现在 PDLC 膜电控调光玻璃的市场需求越来越大,成为特种玻璃行业的投资热点。相比之下,新型 SLC 调光玻璃适合制作小面积的活动空间隔断,可以在更广泛的领域得到应用。在商场里,SLC 调光玻璃可以用来制作贵重商品柜台;在公司里,SLC 调光玻璃可以用来代替电动百叶窗;在装修领域,SLC 调光玻璃可以用来制作推拉门窗,折叠门窗;SLC 调光玻璃也可以用来制造高档礼品盒,如珠宝,钻戒,名表,奖牌,人参,冬虫夏草等包装盒。现有的

偏光太阳镜是采用吸收型偏光片制作,一半光吸收,一般光透射,能有效阻断雪地、路面及空中水平偏振的光线对眼睛的强光刺激,但是眼镜看上去就是墨镜。而 SLC 调光玻璃的散射偏光片功能,也可以用来制作这种偏光太阳镜,但看上去就类似于普通的白镜片。现有的透明投影屏幕主要是光学功能膜贴到玻璃橱窗上面,SLC 调光玻璃也可以当半透明投影屏幕在商场等场合得到应用,效果也比较好。SLC 调光玻璃生产技术关键是紫外光固化胶特性,除此之外技术要求可以很低,普通建筑夹层玻璃厂都可以上马投产这个产品,原材料成本在每平米百元左右,相比电控调光玻璃价格优势明显,希望有朝一日能推广应用进入到普通百姓的家庭装修。

3 SLC 调光显示玻璃的制备和应用

PDLC 电控调光玻璃的生产环境要求是洁净车间,生产设备需要高精密覆膜机、热固化箱等。PDLC 电控调光玻璃的制造技术是热固化生产工艺,将环氧树脂胶与液晶及衬垫料混合均匀,涂到两张透明导电 ITO 胶片之间,用覆膜机挤压成厚度均匀的复合膜,再送到热固化箱中进行热固化,最后裁剪,加工上电极就成了 PDLC 产品。应用时还要再把 PDLC 胶片夹到玻璃中,安装成调光玻璃。相比之下,SLC 调光玻璃的制造环境不要求是洁净车间,生产设备主要是紫外光曝光台。SLC 调光玻璃技术是紫外光固化生产工艺,把浮法平板玻璃清洗干净,撒布上衬垫料,合上两张玻璃,灌注进预聚合物与液晶混合物,经过紫外光曝光固化,安装好不锈钢边框和能施加剪切应力的装置,就成了 SLC 调光玻璃产品。PDLC 电控调光玻璃的生产对原材料的要求也十分高,SLC 调光玻璃的生产对原材料的要求很低,最终的产品价格就很低。样品制备实验中使用的向列相液晶材料是 PDLC005(石家庄鹿泉新型电子材料厂提供),其双折射 $n_o=1.517$, $n_e=1.723$;使用的预聚合物是 30% 的环氧树脂 DCL3000,60% 聚脂丙烯酸酯 MR100,4% 链转移剂和 4% 的光引发剂 TPO,2% 硫磺盐配制成预聚物;将液晶与预聚合物以 1:1 的质量百分比混合成液晶胶。使用的玻璃是 3 mm 厚浮法玻璃(河北南玻公司提供);使用的衬垫料微球直径 20 μm (深圳纳微科技公司提供)。将玻璃清洗干净,在一张玻璃上撒布 20 μm

衬垫粉微球,之后盖上另一张玻璃,两张玻璃大部分重合,上下留出小部分不重合的台阶边(方便后续施加应力实验)。用注射器将液晶胶滴在台阶处下面玻璃上,靠毛细现象使液晶胶充满在两张玻璃间重合部分。把夹着液晶胶的两张玻璃放置于 24 W 紫外灯下进行紫外固化,采用打字复印胶片作为掩膜进行选择曝光,样品距离灯约在 30 cm 左右,曝光 3 min,样品由固化前透明变成固化后散射毛玻璃,得到带有图案的制品。用不锈钢方管制作了玻璃框,在玻璃框上安装了钥匙孔,拧转钥匙就可以方便施加剪切应力,如图 1 照片所示。图 1(a)是样品散射显示状态,钥匙处于竖直位置。图 1(b)是样品透光消隐状态,钥匙处于水平位置。对制品施加剪切应力时,制品变成半透明状态,字符图案被消隐不清楚。

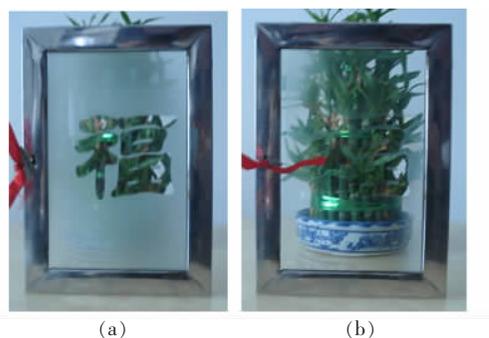


图 1 应变液晶调光显示。(a)显示状态,(b)消隐状态。
Fig. 1 SLC tunable glass display. (a) display state, (b) disappear state.

众所周知,现代显示主流技术是 TFT-LCD, OLED, LED, PDP, E-INK, LCOS 等,本文所述 SLC 调光玻璃自然是十分另类的小品种,可以显示固定字符,如公司名称、吉祥语句、唐诗宋词等,设想在商场、公司以及酒店等场所装修上具有应用前景。

4 结 论

应变液晶(SLC)是具有特殊电光特性的聚合物分散液晶(PDLC),可在电光器件方面产生新应用,而 SLC 调光玻璃是 PDLC 电控调光玻璃民用产品的衍生新品种,其结构是由两片玻璃夹一层柔性聚合物分散液晶膜;其特点是不用加电只施加剪切应力就能使其从散射态变成半透明态,散射态透过率 5% 以下,透明态透光率接近 50%;

半透明态具有散射偏光片和半透明投影屏幕功能效果;其制备方法是紫外光固化技术。在制备 SLC 调光玻璃时,采用打字复印胶片作为掩膜进行选择曝光,得到带有图案的制品。当对制品施

加剪切应力时,制品变成半透明状态,字符图案被消隐不清楚。这种 SLC 调光显示玻璃在商场、公司以及酒店等场所装修上具有应用前景。

参 考 文 献:

- [1] 李永谦,武永鑫,范志新. PDLC 膜的光学特性 [J]. 现代显示,2009,(1):48-50.
- [2] 靳玉亮,纪影,范志新. PDLC 膜的电光特性实验 [J]. 现代显示,2009,(3):51-53.
- [3] 于天池,范志新,张翠云,等. 聚合物分散液晶增强散射理想模型 [J]. 光学学报,2008,28(9):1757-1760.
- [4] 李永谦,邢杨,范志新. 应变液晶研究进展 [J]. 现代显示,2009,102:3-29.
- [5] 范志新,解一军,魏向东,等. 聚合物分散液晶膜的压光效应 [J]. 光学学报,2011,31(1):0131005(1-5).
- [6] 黎振远,范志新,李金炜,等. 用偏光显微术研究聚合物分散液晶光效应膜 [J]. 光学学报,2011,31(8):0816001(1-5).
- [7] 范志新,韦卫星,何燕和. 剪切聚合物分散液晶散射偏光特性 [J]. 光学技术,2011,37(1):71-75.
- [8] 范志新,张志东,解一军. 聚合物分散液晶压光效应膜及其制造方法和应用:中国,ZL200810154177.1 [P]. 2010-04-07.
- [9] 范志新,张志东,解会杰,等. 聚合物分散液晶剪切效应调光玻璃及其制造方法和应用:中国,ZL200910070975.0 [P]. 2011-01-12.
- [10] 范志新,陈亮,刘磊. 剪切液晶调光玻璃的试制 [J]. 玻璃,2011,38(12):23-26.

SI 单位的倍数单位

SI 单位的倍数单位是由 SI 词头与 SI 基本单位和 SI 导出单位构成。倍数单位的选取一般应量的数值处于 0.1~1 000 之间。

- SI 词头是用于构成倍数单位的因数符合,不能单独使用。
- 词头符号与所紧接着的单位符号应作为一个整体对待,它们共同组成一个新单位(十进倍数或分数单位),并具有相同的幂次。例如: $10 \text{ hm}^2 = 10 \times (100 \text{ m})^2 = 10^5 \text{ m}^2$; $1 \text{ cm}^3 = (10^{-2} \text{ m})^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$ 。
- 词头不能重叠使用,即不能使用由几个词头并列组成的组合词头。例如:不能用 $\text{m}\mu\text{s}$ (毫微秒),正确的为 ns (纳秒)。
- 摄氏度、平面角和时间单位(s 除外)及 kg 等不得使用词头的倍数单位。例如:“mh”(毫小时),“hkg”(百公斤)是不规范的。

数值范围的表示法

1. 数值范围采用波浪号“~”。
2. 书写百分数范围,每个百分数后面的“%”都要重复写出。例如“10%~20%”不能写成“10~20%”。
3. 书写用万或亿表示的数值范围,每个数值中的万或亿不得省略。例如 2 万~5 万,不能写成 2~5 万。
4. 书写具有相同幂次的数值范围,每个数值中的幂次都要重复写出。例如“ $3 \times 10^5 \sim 5 \times 10^5$ ”不能写成“ $3 \sim 5 \times 10^5$ ”,但可以写“(3~5) $\times 10^5$ ”。
5. 单位相同的量值范围,前一个量值的单位可以省略,只需在后一个量值上写出。例如:“5 mm~8 mm”应写作“5~8 mm”。
6. 单位不完全相同的量值范围,每个量值的单位应全部写出。例如:2 h~2 h30 min(但最好改为“2~2.5 h”)。