



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113960701 A

(43) 申请公布日 2022. 01. 21

(21) 申请号 202111347627.0

(22) 申请日 2021.11.15

(71) 申请人 华东师范大学

地址 200241 上海市闵行区东川路500号

(72) 发明人 葛建平 包光阳 傅茜茜

(74) 专利代理机构 上海德禾翰通律师事务所

31319

代理人 夏思秋

(51) Int. Cl.

G02B 1/00 (2006.01)

C01B 33/146 (2006.01)

权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于弱极性溶剂体系的低电压电响应光子晶体及其制备方法和应用

(57) 摘要

本发明公开了一种基于弱极性溶剂体系的低电压电响应光子晶体及其制备方法和应用,并构建了直流电场调变的显示单元。运用SiO<sub>2</sub>胶粒的疏水化修饰和表面活性剂AOT的电荷剥离,形成弱极性溶剂中稳定分散的带电胶粒,最终实现胶体光子晶体的组装和电场调控。由于弱极性溶剂的介电常数小,对库伦作用的屏蔽较小,使得胶粒与胶粒之间、胶粒与电极之间的库伦作用增强,从而全面提升了光子晶体的各种电响应性能。本发明光子晶体具有更低的驱动电压、更低的胶体组装浓度和更宽广的结构色调变范围。低电压又进一步提高了电响应光子晶体的结构色抗衰减能力和电响应的可逆性与稳定性,为低能耗光子晶体显示技术发展提供了新路径。

1. 一种基于弱极性溶剂体系的低电压电响应光子晶体,其特征在于,其内部胶粒呈松散而有序的非紧密排列,对其施加低电压便可以使晶格距离发生较大的变化,实现结构色的动态显示。

2. 如权利要求1所述的基于弱极性溶剂体系的低电压电响应光子晶体的制备方法,其特征在于,所述方法包括步骤如下:

(1) 将二氧化硅 $\text{SiO}_2$ 胶粒分散在弱极性溶剂中,随后加入硅烷偶联剂并加热,对其进行疏水化修饰;

(2) 取所述步骤(1)得到的疏水化 $\text{SiO}_2$ 胶粒,超声分散在含有气溶胶AOT的溶液中,超声分散获得弱极性溶剂体系的低电压电响应光子晶体。

3. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,还包括步骤(3):将所述步骤(2)获得的弱极性溶剂体系的低电压电响应光子晶体封装在两片透明导电基片之间,连接外部直流电源,调变电压值,实现结构色的电场控制和显示输出。

4. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,所述步骤(1)中,

含有 $\text{SiO}_2$ /弱极性溶剂溶液中, $\text{SiO}_2$ 胶粒体积分数为0.24%-1.6%;

所述弱极性溶剂包括1,2-邻二氯苯、甲苯、三氯甲烷、正己烷中的一种或多种;

所述硅烷偶联剂选自十二烷基三甲氧基硅烷、十八烷基三甲氧基硅烷、三氯十八烷基硅烷中的一种或多种;

所述加热的温度为 $100^\circ\text{C}$ - $150^\circ\text{C}$ ;

所述加热的时间为1h-20h。

5. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,所述步骤(1)得到的疏水化 $\text{SiO}_2$ 胶粒为具有疏水性质的球型胶粒,其涂层水滴接触角大于 $90^\circ$ 。

6. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,所述步骤(2)中,所述含有AOT的溶液中AOT的浓度为2-6mg/mL;

所述弱极性溶剂体系的低电压电响应光子晶体中 $\text{SiO}_2$ 胶粒的体积分数为16%-30%;相应含有气溶胶AOT的溶液的体积分数为84%-70%。

7. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,所述步骤(3)中,所述透明导电基片选自ITO导电玻璃、ITO导电薄膜、FTO导电玻璃;所述电极间隔为50-200 $\mu\text{m}$ ;所述直流电压调变范围为0-1.7V。

8. 按权利要求2-7之任一项所述方法制备得到的基于弱极性溶剂体系的低电压电响应光子晶体。

9. 一种基于弱极性溶剂体系的低电压电响应光子晶体的显示器件,其特征在于,其包括如权利要求1或8所述的基于弱极性溶剂体系的低电压电响应光子晶体。

10. 如权利要求1或8所述的基于弱极性溶剂体系的低电压电响应光子晶体在交通信号指示灯、广告牌中的应用。

## 一种基于弱极性溶剂体系的低电压电响应光子晶体及其制备方法和应用

### 技术领域

[0001] 本发明属于光子晶体材料应用领域,具体涉及一种以弱极性溶剂为介质的电泳型电响应光子晶体及其制备方法和应用。

### 背景技术

[0002] 人类大脑接受信息最广泛的方式是通过视觉,因此显示技术在信息化社会中扮演着举足轻重的角色。户外显示技术在交通指示标志、广告牌等方面具有重要的应用价值。对于户外显示设备,人们最关心的莫过于显示屏亮度及能耗。传统的自发光显示设备,如 OLED、LED 显示屏,在强光条件下受干扰严重,需要耗费大量的电能来提升其亮度。众所周知,基于光子晶体的反射式显示屏,主要通过对入射光线进行反射来显示内容,无需任何能量消耗即可在强光下显示亮丽的色彩。与此同时,以溶液形态存在的液态胶体光子晶体对外加电场具有响应,随着电场强度的改变,胶粒定向电泳导致晶格收缩/膨胀,从而产生结构色变化,故非常适合作为响应材料发展新型的户外节能显示器件。

[0003] 在以往电响应液态胶体光子晶体的研究中,常常选用极性溶剂作为分散介质,这是因为胶粒在极性溶剂中易于形成表面电荷,从而获得对电场的响应。然而极性溶剂由于高介电常数的缘故,削弱了带电胶粒之间、胶粒与电极之间的库伦作用,降低了电响应灵敏度,因而往往需要较高的工作电压(0-4V)来驱动结构色的调变。较高的工作电压又会带来电响应可逆性差、电极副反应多、结构色饱和度衰减等一系列问题,极大限制电响应光子晶体的推广应用。

### 发明内容

[0004] 本发明针对现有极性溶剂体系中电响应光子晶体工作电压高的问题,提出了一种弱极性溶剂体系的低电压电响应光子晶体(简称弱极性电响应光子晶体),并构建了直流电场调变的显示单元。通过 $\text{SiO}_2$ 胶粒的疏水化修饰和表面活性剂AOT的电荷剥离,在弱极性溶剂中成功实现了胶粒的有序组装和电场调控。由于弱极性体系中的电荷屏蔽较小,胶粒之间感受的库伦排斥较强,因而在较低胶粒浓度下即可形成胶体晶,使得电场下结构色的调变范围变大。同样由于电荷屏蔽减弱,胶粒与电极之间的作用增强,使得工作电压大幅降低50%,晶格收缩时的结构色饱和度衰减得到极大改善。较低的工作电压还有效避免了电极副反应的发生,提高了电响应的可逆性。在0-1.7V的电场控制条件下,上述电响应光子晶体可实现红、绿、蓝三种基色之间的可控调变。

[0005] 目前并未报道过基于弱极性溶剂体系的低电压电响应光子晶体,这是因为在弱极性溶剂中电荷不易分离,很难获得具有表面电荷的胶粒,也就很难形成电响应胶体光子晶体。本发明研究提出基于弱极性溶剂的电响应胶体光子晶体则可能从根本上改善现有技术存在的上述缺陷,凭借较低的介电常数和较小的库伦作用屏蔽,有望在更低电压上实现结构色的电场调控。本发明首先提高胶粒在弱极性溶剂中的分散性,其次利用表面活性剂将

胶粒表面的电荷剥离,使得胶粒之间具有长程斥力,从而成功制备基于弱极性溶剂体系的低电压电响应胶体光子晶体。

[0006] 本发明提出了一种基于弱极性溶剂体系的低电压电响应光子晶体,其内部胶粒呈松散而有序的非紧密排列(具体见图3a所示),对其施加低电压便可以使晶格距离发生较大的变化,实现结构色的动态显示。

[0007] 本发明还提出了一种基于弱极性溶剂体系的低电压电响应光子晶体的制备方法,具体实现步骤如下:

[0008] (1) 将二氧化硅( $\text{SiO}_2$ )胶粒分散在弱极性溶剂,加入硅烷偶联剂,然后加热,对其进行疏水化修饰;

[0009] (2) 取一定量疏水化的 $\text{SiO}_2$ 胶粒,超声分散在含有气溶胶(AOT)的溶液中,获得弱极性溶剂体系的低电压电响应光子晶体。

[0010] 进一步地,还包括步骤(3):

[0011] (3) 将步骤(2)获得的弱极性溶剂体系的低电压电响应光子晶体封装在两片透明导电基片之间,连接外部直流电源,调变电压值,即可实现结构色的电场控制和显示输出。

[0012] 步骤(1)中,所述含有 $\text{SiO}_2$ 胶粒的弱极性溶剂溶液中, $\text{SiO}_2$ 胶粒的体积分数为0.24%-1.6%;优选地,为体积分数为0.33%。

[0013] 步骤(1)中,所述 $\text{SiO}_2$ 胶粒为经过干燥处理的胶粒。

[0014] 步骤(1)中,所述弱极性溶剂为邻二氯苯(DCB)、甲苯、三氯甲烷和正己烷等中的一种或多种;优选地,为DCB。

[0015] 步骤(1)中,所述硅烷偶联剂包括十八烷基三甲氧基硅烷、十二烷基三甲氧基硅烷和三氯十八烷基硅烷等中的一种或多种;优选地,为十二烷基三甲氧基硅烷。

[0016] 其中,硅烷偶联剂十二烷基三甲氧基硅烷在溶液中的体积分数为0.017%-0.1%,在优选 $\text{SiO}_2$ 体积分数基础之上,十二烷基三甲氧基硅烷的体积分数为0.033%。

[0017] 步骤(1)中,优选在惰性气体保护下加热。

[0018] 所述惰性气体包括但不限于氮气、氩气等;优选地,为氮气。

[0019] 步骤(1)中,所述加热的温度为100℃-150℃;优选地,为120℃。

[0020] 步骤(1)中,加热时间可选择1h-20h;优选加热时间包括1h、3h、5h、10h、20h。

[0021] 步骤(2)中,所述溶液为DCB溶液、甲苯溶液、三氯甲烷溶液、正己烷溶液、苯甲醚溶液等中的一种或多种混合溶液;优选地,为DCB溶液。

[0022] 步骤(2)中,所述含有气溶胶(AOT)的溶液中AOT的浓度为2mg/mL-6mg/mL;优选地,浓度包括2mg/mL、3mg/mL、4mg/mL、5mg/mL、6mg/mL;进一步优选地,为4mg/mL。

[0023] 步骤(2)中,所述弱极性溶剂体系的低电压电响应光子晶体是由体积分数为16%-30%的疏水化 $\text{SiO}_2$ 胶粒与体积分数为84%-70%的含有气溶胶(AOT)的溶液组成的弱极性溶剂体系的低电压电响应光子晶体;优选地,为17%的疏水化 $\text{SiO}_2$ 胶粒与83%的含有气溶胶(AOT)的溶液组成的弱极性溶剂体系的低电压电响应光子晶体。

[0024] 步骤(2)中,加入AOT的目的是在弱极性溶剂中产生稳定的反相胶束。胶束中的水核具有极性环境,可以在疏水化的 $\text{SiO}_2$ 胶粒表面实时捕捉硅羟基电离出的氢离子,并将其带离胶粒表面,从而形成弱极性溶剂中稳定分散的带电胶粒,最终实现胶体光子晶体的组装和电场调控。

[0025] 步骤(3)中,所述透明导电基片包括但不限于透明ITO导电玻璃、ITO导电塑料膜、FTO导电玻璃等;优选地,为透明ITO导电玻璃。

[0026] 步骤(3)中,两电极间的距离包括50-200 $\mu\text{m}$ ;优选地,为100 $\mu\text{m}$ 。

[0027] 步骤(3)中,直流电压调变范围为0-1.7V,将其施加在弱极性溶剂体系的低电压电响应光子晶体上,可实现红、绿、蓝结构色的调变显示。

[0028] 本发明还提出了按所述方法制备得到的基于弱极性溶剂体系的低电压电响应光子晶体。

[0029] 所述低电压电响应光子晶体包括 $\text{SiO}_2/\text{DCB-AOT}$ 、 $\text{SiO}_2/\text{anisole-AOT}$ 、 $\text{SiO}_2/\text{DCB/anisole-AOT}$ 等电响应光子晶体。

[0030] 本发明还提出了基于弱极性溶剂体系的低电压电响应光子晶体的显示器件。

[0031] 本发明还提出基于弱极性溶剂体系的低电压电响应光子晶体在交通信号指示灯、广告牌等反射型显示器件中的应用。

[0032] 与现有技术相比,本发明有益效果包括:实现三基色调变的工作电压为0-1.7V,远低于现有各种极性溶剂体系中的电响应光子晶体(通常为0-3.5V)。本发明中,在大幅晶格收缩时,结构色饱和度的衰减(20%)小于现有极性体系的衰减(45%),提高了显示器件的可用性。采用的低电压有效避免了电极副反应的发生,因而呈现出远优于现有极性体系的电场可逆响应性能。

## 附图说明

[0033] 图1中,图a、b分别为 $\text{SiO}_2$ 胶粒表面嫁接疏水长链烷烃示意图、疏水修饰后 $\text{SiO}_2$ 胶粒透射电镜图,图c、e为胶粒在疏水化修饰前后在极性或弱极性溶剂中的分散性和红外光谱图,图d、f为水滴在 $\text{SiO}_2$ 胶粒及疏水胶粒涂层表面的接触角对比。

[0034] 图2中,图a为疏水修饰 $\text{SiO}_2$ 胶粒在弱极性溶剂中表面电荷剥离示意图,图b、c-e、f-h分别为含有不同浓度AOT的 $\text{SiO}_2$ 液态胶体晶的反射光谱、数码照片、扫描电镜图。

[0035] 图3中,图a为不同体积分数的胶粒在极性与非极性溶剂中的组装示意图,图b、c为相应的极性和弱极性体系胶体晶的反射光谱,图d、e分别为胶粒体积分数与胶体晶中胶粒间距、胶体晶反射峰强度之间的关系。

[0036] 图4中,图a为极性和弱极性体系中电响应光子晶体在电场中胶粒电泳和结构色变化的示意图,图b、c分别为极性和弱极性体系中,胶体晶在不同电压下的反射光谱,图d为不同电压下,两种电响应光子晶体的反射波长变化值,图e为两种电响应光子晶体晶格收缩率与反射强度衰减之间的关系。

[0037] 图5中,图a、b分别为极性和弱极性体系中电响应光子晶体的电响应可逆性对比,图c、d为两种电响应光子晶体在多次循环后ITO阴极的数码照片和扫描电镜图,图e为电响应光子晶体中各组分对电极透过率和电阻的影响,图f为未使用ITO电极和多次循环后ITO阴极的拉曼光谱图。

[0038] 图6为基于 $\text{SiO}_2/\text{AOT-DCB}$ 弱极性光子晶体的反射型显示器件示意图、外电场调制方案、及结构色显现效果。

### 具体实施方式

[0039] 结合以下具体实施例和附图,对发明作进一步的详细说明。实施本发明的过程、条件、实验方法等,除以下专门提及的内容之外,均为本领域的普遍知识和公知常识,本发明没有特别限制内容。

[0040] 实施例1-4.基于弱极性溶剂体系的SiO<sub>2</sub>/DCB-AOT电响应光子晶体的制备

[0041] 首先,采用Stöber方法制备出粒径均一的SiO<sub>2</sub>亲水性胶粒。随后,将SiO<sub>2</sub>胶粒在烘箱中干燥,并分散在含有十二烷基三甲氧基硅烷的DCB中(其中,SiO<sub>2</sub>体积见下表1),并在惰性气体保护下,120℃高温条件下对SiO<sub>2</sub>胶粒进行疏水化修饰。然后取疏水化的SiO<sub>2</sub>胶粒,超声分散在气溶胶(AOT)浓度为4mg/mL的DCB溶液中,制成弱极性电响应光子晶体(其中,弱极性电响应光子晶体中SiO<sub>2</sub>胶粒的体积分数见表1),并将其封装在两片透明ITO电极之间,连接外部直流电源即可实现电场响应。

[0042] 表1

	实施例	SiO <sub>2</sub> 体积	DCB (AOT) 体积	SiO <sub>2</sub> 胶粒的体积分数
[0043]	实施例 1	0.017 cm <sup>3</sup>	0.083 ml	17%
	实施例 2	0.02 cm <sup>3</sup>	0.08 ml	20%
[0044]	实施例 3	0.025 cm <sup>3</sup>	0.075 ml	25%
	实施例 4	0.03 cm <sup>3</sup>	0.07 ml	30%

[0045] 实施例5-8.基于弱极性溶剂体系的SiO<sub>2</sub>/DCB-AOT电响应光子晶体的制备

[0046] 首先,采用Stöber方法制备出粒径均一的SiO<sub>2</sub>亲水性胶粒。随后,将SiO<sub>2</sub>胶粒在烘箱中干燥,并分散在含有十二烷基三甲氧基硅烷的DCB溶液中并在惰性气体保护下,120℃高温条件下对SiO<sub>2</sub>胶粒进行疏水化修饰。然后取疏水化的SiO<sub>2</sub>胶粒,超声分散在气溶胶(AOT)浓度为4mg/mL的体积比为1:1的DCB和苯甲醚混合溶液中,制成弱极性电响应光子晶体(其中,弱极性电响应光子晶体中SiO<sub>2</sub>胶粒的体积分数见表2),并将其封装在两片透明ITO电极之间,连接外部直流电源即可实现电场响应。

[0047] 表2

	实施例	SiO <sub>2</sub> 体积	DCB 和苯甲醚混合溶液 (AOT) 体积	SiO <sub>2</sub> 胶粒的体积分数
	实施例 5	0.017 cm <sup>3</sup>	0.083 ml	17%
[0048]	实施例 6	0.02 cm <sup>3</sup>	0.08 ml	20%
	实施例 7	0.025 cm <sup>3</sup>	0.075 ml	25%
	实施例 8	0.03 cm <sup>3</sup>	0.07 ml	30%

[0049] 实施例9.疏水性SiO<sub>2</sub>胶粒的表征

[0050] 如图1所示,疏水修饰前的亲水胶粒易分散于极性溶剂水中,难分散于弱极性溶剂DCB中;而修饰后的胶粒粒径依然均匀,能够稳定分散在DCB中,但在水中分散性明显下降。将水滴置于涂有SiO<sub>2</sub>胶粒涂层的玻璃板上,可见修饰前的接触角为30°,而修饰后的接触角

达到 $102^\circ$ ，表现出显著的疏水性能。红外光谱对比分析可知，本发明实施例1修饰后 $\text{SiO}_2$ 胶粒的谱图中具有亚甲基的特征吸收峰，证明具有疏水性质的长链烷烃（正十二烷）被成功的嫁接在 $\text{SiO}_2$ 胶粒表面。

[0051] 实施例10. 弱极性溶剂中AOT的电荷剥离作用和带电胶粒的形成

[0052] 胶体粒子之间的长程斥力是其自组装形成液态胶体光子晶体的必要条件。由于弱极性溶剂中电荷分离的能垒非常大， $\text{SiO}_2$ 胶粒表面的硅羟基难以电离，也难以形成表面负电荷的胶粒，故需要引入表面活性剂来协助胶粒表面电荷的剥离。如图2所示，当溶剂中表面活性剂AOT的浓度超过临界胶束浓度时便会形成稳定的反相胶束，胶束的水核具有极性环境，能够在胶粒表面捕捉到硅羟基电离产生的氢离子，并将其带离胶粒表面，最终使得胶体表面具备大量的负电荷，从而促成胶粒的组装。通过反射光谱和数码照片可知，随着AOT浓度的增加，液态胶体光子晶体的反射峰逐渐增强，结构色也逐渐变得亮丽。扫描电镜图则从微观层面证明，随着AOT浓度的提高，胶粒组装排列的有序性逐渐增强。

[0053] 实施例11. 极性与弱极性溶剂体系中不同胶体浓度的组装效果对比

[0054] 为了探究胶粒在极性和弱极性溶剂中的组装效果，采用本发明实施例1-4制备的不同胶粒浓度的 $\text{SiO}_2/\text{DCB}-\text{AOT}$ 弱极性电响应光子晶体；同时采用文献报道的方法，制备了极性溶剂碳酸丙烯酯（PCb）中不同胶粒浓度的 $\text{SiO}_2/\text{PCb}$ 液态胶体晶。如图3所示，极性溶剂体系中， $\text{SiO}_2/\text{PCb}$ 液态胶体晶的反射强度随着胶粒浓度的减小而逐渐下降，而弱极性溶剂体系中，本发明实施例1-4制备的 $\text{SiO}_2/\text{DCB}-\text{AOT}$ 弱极性电响应光子晶体的反射强度随着胶粒浓度的减小几乎保持不变。图3d和3e从上述实验结果中抽象出更为明晰的物理规律，即随着胶粒浓度的减小，胶体光子晶体中相邻胶粒的间距会随之增大，而光子晶体的反射强度却在两种体系中表现出截然不同的变化趋势。鉴于反射强度在多数情况下可用来评估胶粒组装的有序度，本实施例结果表明，相比于极性体系，本发明弱极性体系中胶粒间存在更强的静电排斥力，在较大间距即胶粒低浓度情况下依然能够有效组装形成有序的光子晶体结构，更有利于实现电场下结构色的宽幅调变。

[0055] 实施例12. 弱极性与极性胶体光子晶体的电响应性能对比

[0056] 为了对比弱极性与极性胶体光子晶体的电响应性能，采用本发明实施例1制备的胶粒浓度为17%的 $\text{SiO}_2/\text{DCB}-\text{AOT}$ 弱极性电响应光子晶体；同时采用文献报道的方法，制备了相同胶粒浓度的 $\text{SiO}_2/\text{PCb}$ 极性胶体光子晶体。如图4所示，对 $\text{SiO}_2/\text{PCb}$ 极性光子晶体施加0-3.5V的直流电压，会使其反射峰从604nm蓝移至456nm；而对于本发明 $\text{SiO}_2/\text{DCB}-\text{AOT}$ 弱极性电响应光子晶体施加0-1.7V电压，则使其反射峰从630nm蓝移至450nm。

[0057] 图4d进一步表明， $\text{SiO}_2/\text{PCb}$ 极性光子晶体在施加1.5V以上电压才能产生电响应，最大反射波长位移为3.5V电压下的147nm；本发明 $\text{SiO}_2/\text{DCB}-\text{AOT}$ 弱极性电响应光子晶体在施加0.5V电压即可产生电响应，最大反射波长位移为1.7V电压下的180nm。由此可见，后者的驱动电压更低，电响应更灵敏，结构色调变范围也更广。

[0058] 图4e则表明，随着电压的升高，两种光子晶体的晶格都会因胶粒电泳产生收缩，而反射强度也因电场对胶体组装的干扰而逐渐下降。区别在于，在相同晶格收缩的情况下，本发明 $\text{SiO}_2/\text{DCB}-\text{AOT}$ 弱极性电响应光子晶体反射衰减明显低于 $\text{SiO}_2/\text{PCb}$ 极性光子晶体，具有更高的结构色饱和度、更好的抗衰减性能。

[0059] 实施例13. 弱极性与极性胶体光子晶体的电响应可逆性对比

[0060] 为了对比弱极性与极性胶体光子晶体的电响应可逆性,采用本发明实施例1制备的胶粒浓度为17%的 $\text{SiO}_2/\text{DCB-AOT}$ 弱极性电响应光子晶体;同时采用文献报道的方法,制备了相同胶粒浓度的 $\text{SiO}_2/\text{PCb}$ 极性胶体光子晶体。将两种光子晶体均封装在两片导电玻璃之间,连接直流电源用于施加外场电压。在实现相同结构色变化、即相同晶格变化和相同反射位移的前提下,对弱极性和极性胶光子晶体分别施加1V-0V和3V-0V的开关电压,并记录电场切换后稳定的反射波长值。如图5所示, $\text{SiO}_2/\text{PCb}$ 极性光子晶体在50次开关后,反射波长的调变范围大幅缩小;而本发明 $\text{SiO}_2/\text{DCB-AOT}$ 弱极性电响应光子晶体在100次开关循环后,反射波长的调变范围基本保持不变,可逆性更优异。

[0061] 深入研究表明,本发明 $\text{SiO}_2/\text{DCB-AOT}$ 弱极性电响应光子晶体展现出的优异可逆性主要源于1V的低驱动电压有效避免了阴极表面的电化学反应,而极性体系中3V的驱动电压导致了电化学反应的发生,改变了电极的性能。经历50/100次电压切换后,将封装两种光子晶体的器件拆分并观察阴极ITO可以发现,封装本发明 $\text{SiO}_2/\text{DCB-AOT}$ 弱极性电响应光子晶体的阴极保持ITO电极原有的无色透明外观,而封装 $\text{SiO}_2/\text{PCb}$ 极性光子晶体的阴极ITO则从无色透明转变为褐色,透过率测试也呈现相应的变化。从电极表面微观结构看,弱极性体系ITO电极的表面为铟锡氧化物纳米粒子的堆积,与未使用ITO电极基本一致;而极性体系ITO电极的表面变得更为平整,似有新物质产生并填充在铟锡氧化物纳米粒子的堆积孔隙中。从导电性能看,弱极性体系ITO电极的电阻率与未使用ITO电极基本一致,远低于极性体系ITO电极的电阻率。从拉曼光谱看,弱极性体系ITO电极的光谱也与未使用ITO电极完全一致;而极性体系ITO电极的光谱中能够观察到含碳物质的特征峰。

[0062] 综上所述,本发明 $\text{SiO}_2/\text{DCB-AOT}$ 弱极性电响应光子晶体的工作电压低,避免了阴极还原反应,使得电响应可逆性得到显著提升;而 $\text{SiO}_2/\text{PCb}$ 极性光子晶体的工作电压高,造成液态胶体晶中微量乙醇的电还原,最终导致电极导电性能的下降,以及电响应光子晶体可逆性的下降。

[0063] 实施例14. 基于弱极性电响应光子晶体的显示器件

[0064] 基于本发明弱极性电响应光子晶体,本发明设计了低电压控制的、可覆盖可见光波段的光子晶体反射型显示器;通过控制直流电压的大小,可实现不同结构色的显示输出。利用本发明实施例1制备的 $\text{SiO}_2/\text{DCB-AOT}$ 弱极性电响应光子晶体,并将其灌入如图6所示的条形显示器件中。该模型器件由7条彼此绝缘、独立电控的条形显示区域构成,可实现7通道的电场控制显示输出。

[0065] 在0s时刻,7个条形电泳池均显示为红色;执行图6b的电压控制方案,对部分电泳池施加1V的驱动电压,则显示器件在16s时呈现出红绿相间的条形图案;对这部分电泳池进一步施加1.7V的驱动电压,则显示器件在30s时呈现出红蓝相间的条形图案;最后对这部分电泳池,施加1.5V的反向脉冲驱动电压,使得显示器件恢复至最初的全红状态。

[0066] 本发明的保护内容不局限于以上实施例。在不背离发明构思的精神和范围下,本领域技术人员能够想到的变化和优点都被包括在本发明中,并且以所附的权利要求书为保护范围。

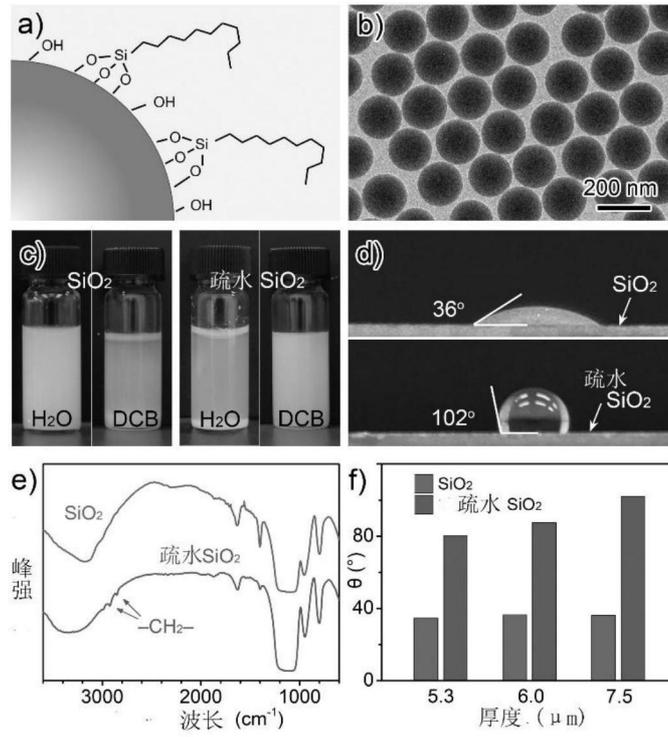


图1

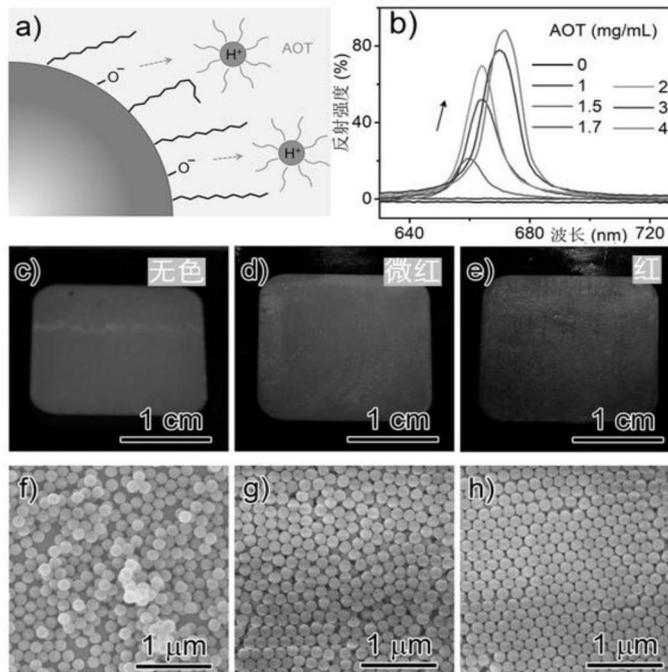


图2

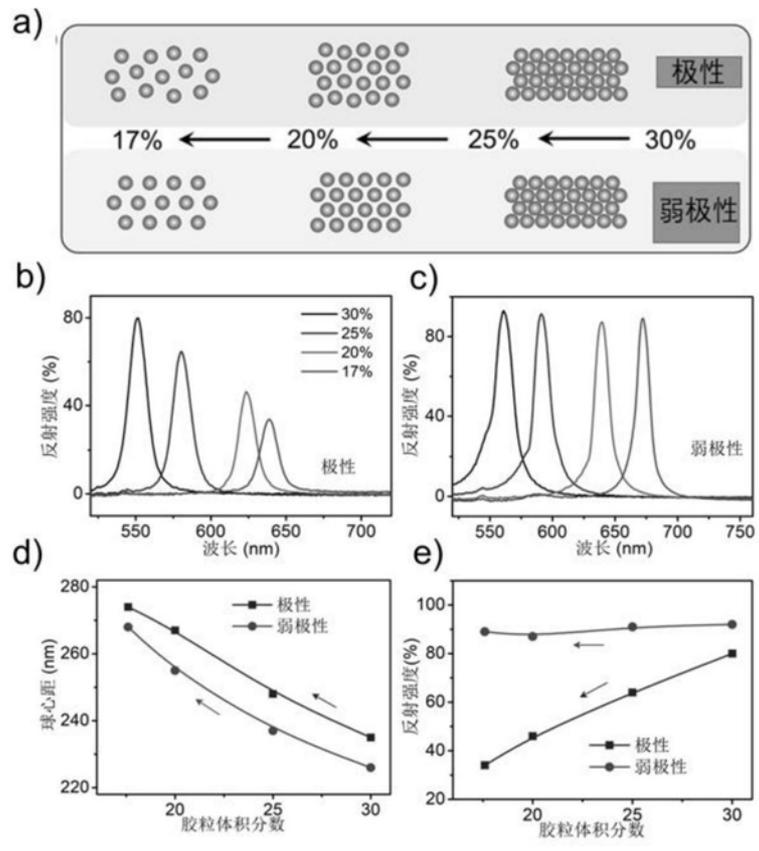


图3

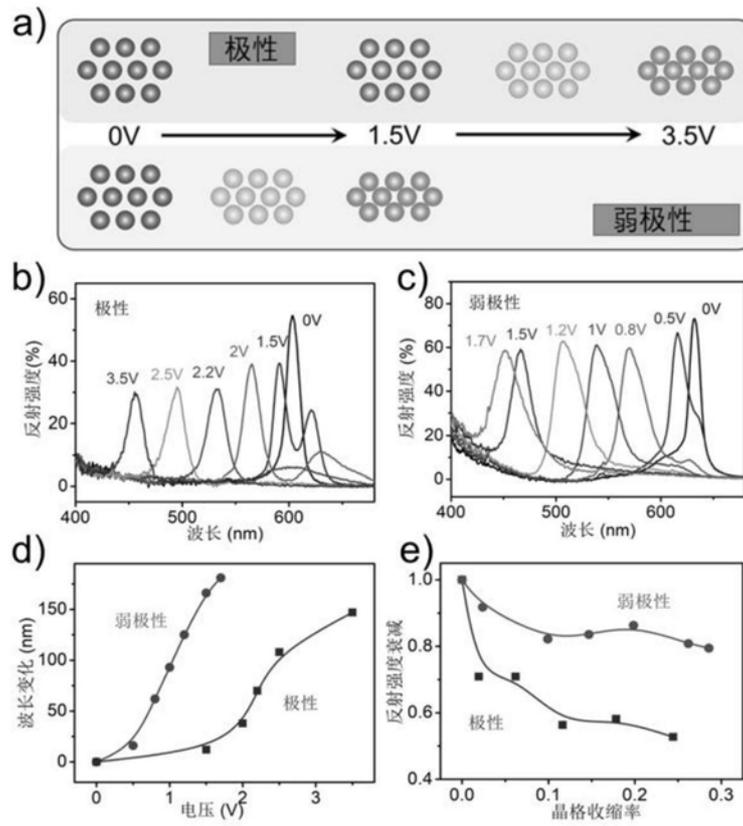


图4

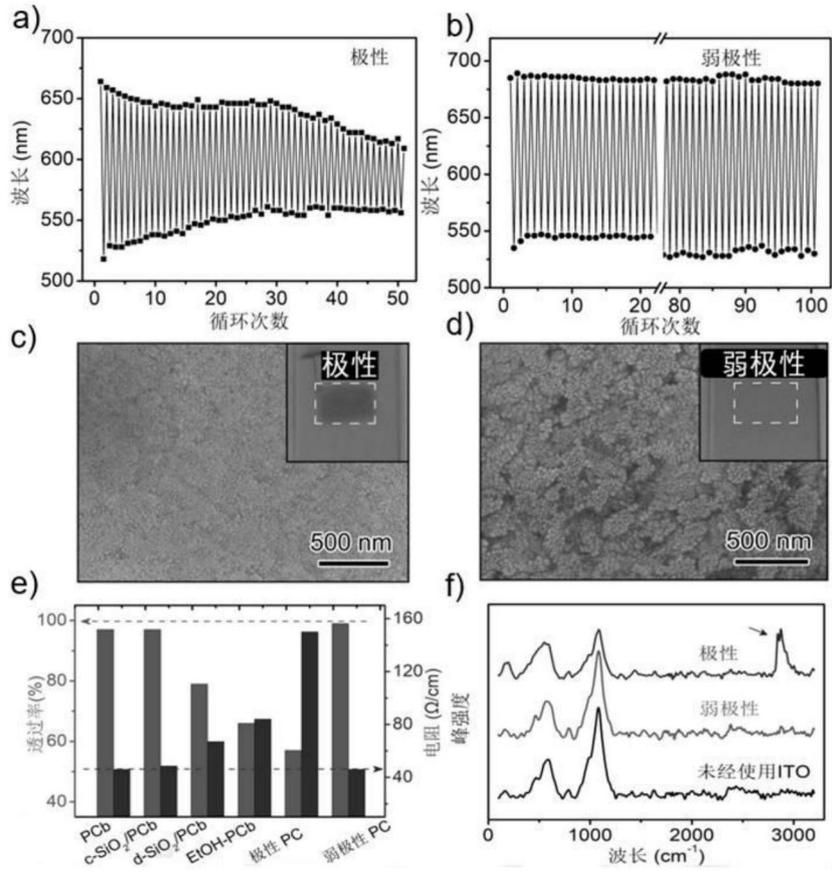


图5

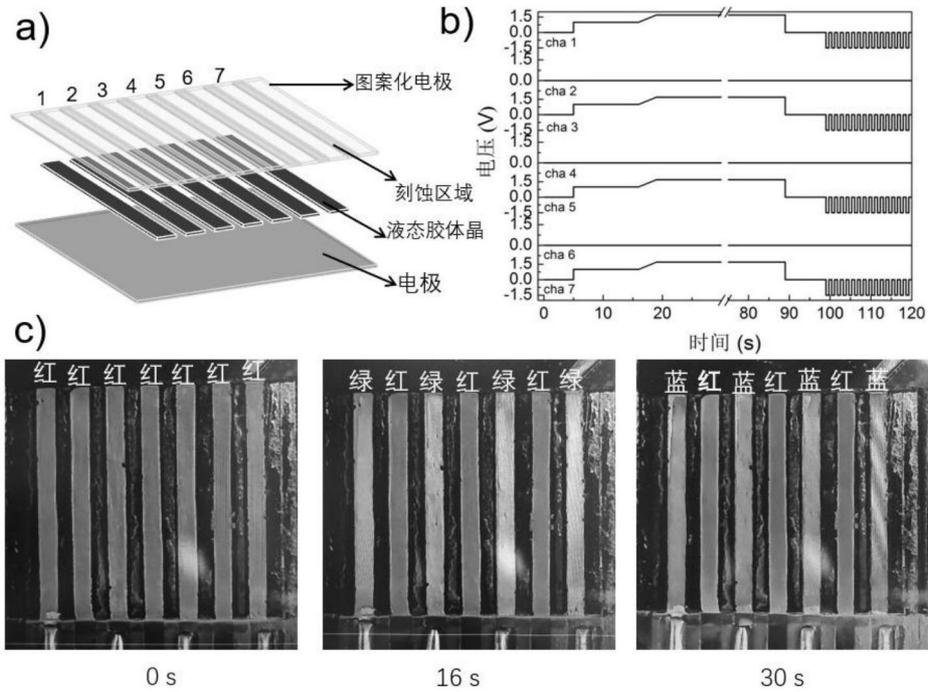


图6