



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115167049 B

(45) 授权公告日 2024.05.07

(21) 申请号 202210892970.1

WO 2021171027 A1, 2021.09.02

(22) 申请日 2022.07.27

US 2021276872 A1, 2021.09.09

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 110058428 A, 2019.07.26

申请公布号 CN 115167049 A

JP 2012031024 A, 2012.02.16

(43) 申请公布日 2022.10.11

CN 106592203 A, 2017.04.26

(73) 专利权人 香港理工大学

CN 106634468 A, 2017.05.10

地址 中国香港九龙红磡香港理工大学

CN 110673418 A, 2020.01.10

(72) 发明人 陈伟 李子琪

CN 110693707 A, 2020.01.17

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

CN 113568197 A, 2021.10.29

专利代理人 杨艺

KR 20170051902 A, 2017.05.12

(51) Int.Cl.

KR 20210012773 A, 2021.02.03

G02F 1/15 (2019.01)

Omer Salihoglu, Hasan Burkay Uzlu, Ozan

G02F 1/153 (2006.01)

Yakar, Shahnaz Aas, Osman Balci, Nurbek

G02F 1/155 (2006.01)

Kakenov, Sinan Balci, Selim Olcum, Sefik Su

G02F 1/1516 (2019.01)

“zer, Coskun Kocabas. raphene-based

adaptive thermal camouflage. NANO

LETTERS. 2018, 全文.

(56) 对比文件

审查员 陈宝鑫

CN 102906015 A, 2013.01.30

权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

一种电致发射率调控器件及其制备方法

(57) 摘要

本申请一种电致发射率调控器件及其制备方法，调控器件为多层结构，自上而下包括石墨烯涂层，导电布，绝缘层和电极层，石墨烯涂层由石墨烯粉末在导电布上物理摩擦附着形成，导电布和绝缘层均吸附有离子液体，该器件被施加电压时，离子液体中的离子在电场的作用下嵌入到石墨烯中，改变石墨烯的能级，进而改变石墨烯的光学特性，实现对电致发射率的调节；采用物理摩擦方式制备石墨烯涂层，制备方式简单且低成本，易实现大面积的规模化生产。

将石墨烯粉末物理摩擦附着在导电布上

在导电布上吸附离子液体

在绝缘层的一面形成电极层

在绝缘层上吸附离子液体

黏贴导电布和绝缘层

1. 一种电致发射率调控器件,其特征在于,所述器件具有多层结构,自上而下包括:石墨烯涂层,导电布,绝缘层和电极层;

所述石墨烯涂层由石墨烯粉末在导电布上物理摩擦均匀附着形成,所述导电布和绝缘层均吸附有离子液体;

所述导电布上分布有孔径为10-50 μm 的微孔,所述微孔用于储存离子液体,石墨烯涂层形成于导电布的第一面,离子液体吸附在导电布的第二面,使得石墨烯涂层和离子液体在导电布上为相对面的位置关系;

所述石墨烯粉末在导电布上的单位载量为0.05-0.1 mg/cm^2 ,所述石墨烯粉末涂层的厚度为3-10nm,直径为3 μm 以上。

2. 根据权利要求1所述的电致发射率调控器件,其特征在于,所述导电布吸附的离子液体含量为20-50 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ 。

3. 根据权利要求1所述的电致发射率调控器件,其特征在于,所述导电布上吸附的离子液体为咪唑类离子液体。

4. 根据权利要求3所述的电致发射率调控器件,其特征在于,所述导电布上吸附的咪唑类离子液体包括1-丁基-3-甲基咪唑双(三氟甲磺酰)亚胺,1-乙基-3-甲基咪唑四氟硼酸盐,1-丁基-3-甲基咪唑四氟硼酸盐,1-己基-3-甲基咪唑鎓四氟硼酸盐,1-己基-3-甲基咪唑鎓六氟磷酸盐,1-乙基-3-甲基咪唑六氟磷酸盐中的任意一项。

5. 根据权利要求1所述的电致发射率调控器件,其特征在于,所述绝缘层包括聚乙烯材料。

6. 根据权利要求1所述的电致发射率调控器件,其特征在于,所述绝缘层包括聚丙烯材料。

7. 根据权利要求1所述的电致发射率调控器件,其特征在于,所述绝缘层厚度为20-200 μm 。

8. 根据权利要求1所述的电致发射率调控器件,其特征在于,所述绝缘层上分布有吸附离子液体的微孔,所述微孔的孔隙率为40-60%,孔隙直径为100nm-1 μm 。

9. 根据权利要求1所述的电致发射率调控器件,其特征在于,所述绝缘层吸附的离子液体含量为2-5 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ 。

10. 根据权利要求1所述的电致发射率调控器件,其特征在于,所述绝缘层上吸附的离子液体为咪唑类离子液体。

11. 根据权利要求10所述的电致发射率调控器件,其特征在于,所述绝缘层上吸附的咪唑类离子液体包括1-丁基-3-甲基咪唑双(三氟甲磺酰)亚胺,1-乙基-3-甲基咪唑四氟硼酸盐,1-丁基-3-甲基咪唑四氟硼酸盐,1-己基-3-甲基咪唑鎓四氟硼酸盐,1-己基-3-甲基咪唑鎓六氟磷酸盐,1-乙基-3-甲基咪唑六氟磷酸盐中的任意一项。

12. 根据权利要求1所述的电致发射率调控器件,其特征在于,所述电极层为石墨烯层或金属层。

13. 根据权利要求12所述的电致发射率调控器件,其特征在于,所述金属层包括金、银、铜中的任意一项。

14. 根据权利要求1所述的电致发射率调控器件,其特征在于,所述电极层的厚度为50-200nm。

15. 根据权利要求1所述的电致发射率调控器件,其特征在于,所述电极层的方块电阻低于 $30\Omega/\text{m}^2$ 。

16. 根据权利要求1所述的电致发射率调控器件,其特征在于,所述调控器件可承受的施加电压范围为0-3.6V。

17. 根据权利要求1所述的电致发射率调控器件,其特征在于,所述调控器件的有效工作电压范围为2.4-3.3V。

18. 一种电致发射率调控器件的制备方法,其特征在于,所述方法用于制备如权利要求1-17任一项所述的电致发射率调控器件,包括:

制备导电布:在导电布上打孔,使得导电布上形成孔径为10-50 μm 的孔隙分布;

令石墨烯粉末通过物理摩擦附着在打孔后的导电布的一面形成石墨烯涂层,在打孔后的导电布的另一面吸附离子液体,离子液体储存在导电布的孔隙中,使得石墨烯涂层和离子液体在导电布上为相对面的位置关系,所述石墨烯粉末在导电布上的单位载量为0.05-0.1mg/cm²,所述石墨烯粉末涂层的厚度为3-10nm,直径为3 μm 以上;

于绝缘层的一面形成电极层,并于绝缘层上吸附离子液体;

将绝缘层与导电布吸附有离子液体的一面黏贴,使所述调控器件自上而下形成石墨烯涂层-导电布-绝缘层-电极层的多层结构。

19. 根据权利要求18所述的电致发射率调控器件的制备方法,其特征在于,所述石墨烯涂层的制备包括:

使用丁腈手套蘸取石墨烯粉末均匀地摩擦涂抹在导电布的一面。

20. 根据权利要求18所述的电致发射率调控器件的制备方法,其特征在于,所述电极层的制备包括:

在绝缘层上通过热蒸镀形成金属电极层。

21. 根据权利要求20所述的电致发射率调控器件的制备方法,其特征在于,所述热蒸镀的过程的初始蒸镀速率为1埃/s,蒸镀时间为250s;去除金属中的杂质后正式蒸镀速率为0.5埃/s。

一种电致发射率调控器件及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于红外调控领域,尤其涉及一种电致发射率调控器件及其制备方法。

背景技术

[0002] 通过调节物体表面的发射率可以控制热辐射和热传递,在辐射冷却和人体热管理等领域,使用发射率可调的材料可以实现直接热管理,从而节省能耗。在红外通信领域常使用发射率可快速调节的物体表面实现红外通信;在军事领域,可以通过调整物体表面的发射率来实现红外热伪装。目前调节物体表面发射率的主要方法通过涂层来实现,但涂层方式在热伪装和动态人体热管理等领域的效果不佳,这是因为常用的涂层方式无法在一定范围内调节物体表面的发射率,涂层一旦形成,物体表面的发射率将会是个固定值,如果需要调整发射率则要形成另一新的涂层。实际应用中为了实现主动而精确的热辐射控制,更需要可控的发射率调节。

[0003] 石墨烯是一种零带隙材料,其导带和价带非常接近费米能级,现有技术公开了采用电化学气相沉积法合成石墨烯多层器件的方法,该方法存在耗时、成本高、难以实现大规模生产等缺陷,目前市面上也尚未发现使用基于导电织物的石墨烯多层器件进行物体表面发射率调节的相关研究。

发明内容

[0004] 基于此,本发明提供一种电致发射率调控器件及其制备方法,以克服上述现有技术的缺陷。

[0005] 第一方面,本发明提供一种电致发射率调控器件,该器件具有多层结构,自上而下包括:石墨烯涂层,导电布,绝缘层和电极层;其中石墨烯涂层由石墨烯粉末在导电布上物理摩擦附着形成;导电布和绝缘层均吸附有离子液体。

[0006] 可选地,石墨烯粉末在导电布上的单位载量为 $0.05\text{-}0.1\text{mg/cm}^2$ 。

[0007] 可选地,石墨烯粉末片层厚度为 $3\text{-}10\text{nm}$,片层直径为 $3\mu\text{m}$ 以上。

[0008] 可选地,导电布吸附的离子液体含量为 $20\text{-}50\mu\text{L/cm}^2$ 。

[0009] 可选地,导电布上分布有吸附离子液体的微孔,孔径为 $10\text{-}50\mu\text{m}$ 。

[0010] 可选地,导电布上吸附的离子液体为咪唑类离子液体。

[0011] 可选地,导电布上吸附的咪唑类离子液体包括1-丁基-3-甲基咪唑双(三氟甲磺酰)亚胺,1-乙基-3-甲基咪唑四氟硼酸盐,1-丁基-3-甲基咪唑四氟硼酸盐,1-己基-3-甲基咪唑鎓四氟硼酸盐,1-己基-3-甲基咪唑鎓六氟磷酸盐,1-乙基-3-甲基咪唑六氟磷酸盐中的任意一项。

[0012] 可选地,绝缘层包括聚乙烯材料。

[0013] 可选地,绝缘层包括聚丙烯材料。

[0014] 可选地,绝缘层厚度为 $20\text{-}200\mu\text{m}$ 。

[0015] 可选地,绝缘层吸附的离子液体含量为 $2\text{-}5\mu\text{L/cm}^2$ 。

- [0016] 可选地,绝缘层上分布有吸附离子液体的微孔,孔隙率为40-60%,孔隙直径为100nm-1μm。
- [0017] 可选地,绝缘层上吸附的离子液体为咪唑类离子液体。
- [0018] 可选地,绝缘层上吸附的咪唑类离子液体包括1-丁基-3-甲基咪唑双(三氟甲磺酰)亚胺,1-乙基-3-甲基咪唑四氟硼酸盐,1-丁基-3-甲基咪唑四氟硼酸盐,1-己基-3-甲基咪唑鎓四氟硼酸盐,1-己基-3-甲基咪唑鎓六氟磷酸盐,1-乙基-3-甲基咪唑六氟磷酸盐中的任意一项。
- [0019] 可选地,电极层为石墨烯层或金属层。
- [0020] 可选地,制备金属电极层的材料选用金、银、铜中的任意一项。
- [0021] 可选地,电极层的厚度为50-200nm。
- [0022] 可选地,电极层的方块电阻低于30Ω/m²。
- [0023] 可选地,调控器件可承受的施加电压范围为0-3.6V。
- [0024] 可选地,调控器件的有效工作电压范围为2.4-3.3V。
- [0025] 第二方面,本发明提供制备上述第一方面的调控器件的制备方法,包括:
- [0026] 令石墨烯粉末通过物理摩擦附着在导电布的一面形成石墨烯涂层,在导电布的另一面吸附离子液体;
- [0027] 于绝缘层的一面形成电极层,并于绝缘层上吸附离子液体;
- [0028] 将绝缘层未形成电极层的一面黏贴在导电布未形成石墨烯涂层的一面,使调控器件自上而下形成石墨烯涂层-导电布-绝缘层-电极层的多层结构。
- [0029] 可选地,石墨烯涂层的制备包括:
- [0030] 使用丁腈手套蘸取石墨烯粉末均匀地摩擦涂抹在导电布的一面。
- [0031] 可选地,导电布的制备还包括:
- [0032] 用微针在导电布上打孔,形成孔径为10-50μm,密度为100个/cm²的孔隙分布。
- [0033] 可选地,电极层的制备包括:
- [0034] 在绝缘层上通过热蒸镀形成金属电极层。
- [0035] 可选地,热蒸镀过程的初始蒸镀速率为1埃/s,蒸镀时间为250s;去除金属中的杂质后正式蒸镀速率为0.5埃/s。
- [0036] 从以上技术方案可以看出,本发明具有如下有益效果:
- [0037] 本发明提供的电致发射率调控器件及其制备方法,创造性地提出通过物理摩擦附着使石墨烯粉末在导电布上形成石墨烯涂层的制备方式,相较于现有使用电化学气相沉积法制备石墨烯涂层,本发明的制备方式简单且低成本,易实现大面积的规模化生产;导电布和绝缘层上吸附有离子液体,当调控器件被施加电压时,离子液体中的离子能够嵌入到石墨烯中,改变石墨烯的能级,进而改变石墨烯的光学特性,实现对电致发射率的调节;通过对本发明调控器件的应用,不需要为了调节不同的发射率而制备多次石墨烯涂层,器件在工作电压范围内便可实现对发射率的调节;制备过程不需要额外的粘合剂、溶剂或水,环保无污染;该器件的致动电压上限满足低能耗的需求,且满足人体用智能产品的安全使用要求。

附图说明

[0038] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图获得其他的附图。

- [0039] 图1为本发明各示例提供的示例电致发射率调控器件结构示意图;
- [0040] 图2为本发明示例提供的制备电致发射率调控器件的方法流程图;
- [0041] 图3为本发明示例提供的绝缘层扫描电子显微镜图;
- [0042] 图4为本发明示例提供的载有金电极层的绝缘层扫描电子显微镜图;
- [0043] 图5为本发明一个示例提供的调控器件在不同电压下的反射率光谱图;
- [0044] 图6为本发明一个示例提供的调控器件电压-发射率曲线图;
- [0045] 图7为本发明一个示例提供的调控器件在不同电压下的原位拉曼光谱图;
- [0046] 图8为本发明另一示例提供的调控器件在不同电压下的反射率光谱图;
- [0047] 图9为本发明另一示例提供的调控器件电压-发射率曲线图。

具体实施方式

[0048] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0049] 物体表面会发生红外辐射,利用这种特性红外探测、辐射测温、红外光源等技术得以实现。某些领域要求物体有特定的红外辐射,例如辐射降温希望能达到较高的红外辐射,红外隐身或伪装则要求达到较低的红外辐射,要求能够对物体表面的红外辐射进行调控,而像自适应红外伪装、航天器等要求有红外辐射动态调控的能力,这主要通过红外发射率调控器件来实现。调控器件对材料施加一定的外界激励例如电场、温度等,使得材料发射率发生可逆变化。

[0050] 多层石墨烯具有中红外波段光谱可调节的特性,当离子在电场作用下嵌入多层石墨烯后,石墨烯的导电性增加,器件由高吸收态转变为高反射态,离子离开后石墨烯导电性再次降低,回到嵌入前的高吸收态。但是现有基于石墨烯的红外调控器件,对于石墨烯涂层的制备多数采用电化学气相沉积法或者溶剂法,耗时成本高,且难以实现大规模生产。

[0051] 本发明的各方面涉及一种电致发射率调控器件及其制备方法,制备方式低成本且易实现大面积的规模化生产。

[0052] 如图1所示,本发明在示例方面提供的电致发射率调控器件,具备多层结构,自上而下包括:石墨烯涂层,导电布,绝缘层和电极层。其中石墨烯涂层由石墨烯粉末在导电布上物理摩擦附着形成。导电布和绝缘层均吸附有离子液体。导电布作为基底,一面为石墨烯涂层的形成提供载体,另一面与绝缘层粘结在一起,导电布与绝缘层共同作为离子液体的载体。石墨烯涂层和电极层分别连接导线作为导电层。

[0053] 在示例方面,石墨烯粉末在导电布上的单位载量为 $0.05-0.1\text{mg}/\text{cm}^2$,石墨烯粉末片层厚度为 $3-10\text{nm}$,片层直径为 $3\mu\text{m}$ 以上。形成的石墨烯涂层是器件发射率调节效果的来

源,对器件的发射率调控功率起关键作用,

[0054] 在示例方面,导电布双面可导电,界面电阻低于 $100\Omega/cm^2$,厚度小于 $300\mu m$,导电布上分布有吸附离子液体的微孔,孔径为 $10-50\mu m$,这些微孔用于储存离子液体,在导电布上吸附的离子液体含量为 $20-50\mu L/cm^2$ 。在一些实施例中,在制备石墨烯涂层之前对导电布进行打孔操作,具体地,用微针在导电布上打孔,微孔密度为 $100\text{个}/cm^2$ 。在一些示例中使用的导电布,可以单面带粘结剂,用于与绝缘层黏贴时起到粘接作用,石墨烯涂层则形成在导电布不带粘结剂的一面。

[0055] 在示例方面,绝缘层作为器件的隔离层和离子液体的容纳层,常用高分子多孔结构隔膜,其特点为:厚度为 $20-200\mu m$,孔隙率 $40-60\%$,孔径为 $100nm-1\mu m$,选用的材料可为聚乙烯隔膜、聚丙烯隔膜或两者复合的多层隔膜。绝缘层上的孔同样用于储存离子液体,吸附的离子液体含量为 $2-5\mu L/cm^2$ 。

[0056] 在示例方面,导电布和绝缘层上吸附的离子液体为咪唑类离子液体,可选的离子液体包括1-丁基-3-甲基咪唑双(三氟甲磺酰)亚胺,1-乙基-3-甲基咪唑四氟硼酸盐,1-丁基-3-甲基咪唑四氟硼酸盐,1-己基-3-甲基咪唑鎓四氟硼酸盐,1-己基-3-甲基咪唑鎓六氟磷酸盐,1-乙基-3-甲基咪唑六氟磷酸盐中的任意一项。值得提及的是,对于同一器件,导电布和绝缘层可以吸附不同的离子液体,具体在一些示例情形中,导电布吸附1-丁基-3-甲基咪唑双(三氟甲磺酰)亚胺,绝缘层吸附1-己基-3-甲基咪唑鎓六氟磷酸盐,器件制备完成后导电布和绝缘层黏附在一起,当对器件施加电压时,导电布和绝缘层各自吸附的离子液体在电场的作用下会出现混合,并嵌入到石墨烯中。

[0057] 在示例方面,电极层可以是石墨烯层或金属层,金属电极层可以选用金、银、铜等导电性好的金属材料。如示例的,电极层的厚度在 $50-200nm$ 之间,方块电阻低于 $30\Omega/m^2$ 。

[0058] 本发明提供的发射率调控器件可承受的施加电压范围为 $0-3.6V$,视器件的不同,其有效工作电压范围在 $2-3.3V$ 之间。

[0059] 本发明在示例方面提供的发射率调控器件,采用物理摩擦附着方式制成石墨烯涂层解决了现有的电化学气相沉积法合成多层石墨烯的产率低,生产规模小,成本高等问题,并且发射率调节能力达到 30% ,使用电压上限为3.6伏,满足了人体使用智能产品的安全性指标。

[0060] 如图2示例的,本发明在示例方面还提供制备上述发射率调控器件的方法。

[0061] (1) 石墨烯涂层

[0062] 将粉末状的石墨烯通过物理摩擦使其附着在导电布的一面,具体地,可以使用丁腈手套蘸取石墨烯粉末,物理摩擦地均匀涂抹在导电布上。在一些实施例中,当使用的导电布为单面带粘结剂时,石墨烯粉末涂抹在导电布无粘结剂的一面,形成单位载量为 $0.05-0.1mg/cm^2$ 的石墨烯涂层。

[0063] (2) 导电布

[0064] 常用双面导电,单面带粘结剂,界面电阻低于 $100\Omega/cm^2$,厚度小于 $300\mu m$ 的导电布,在一些实施例中,可以在制备石墨烯涂层之前先在导电布的一面使用微针打孔,形成孔径为 $10-50\mu m$,密度为 $100\text{个}/cm^2$ 的多孔结构,这些微孔用于吸附离子液体,在导电布分布有微孔的一面。容易理解的是,石墨烯涂层和离子液体在导电布上是相对面的位置关系。当然在示例方面,导电布也可以不带粘结剂,此处不再赘述。

[0065] (3) 绝缘层+电极层

[0066] 绝缘层采用常用的高分子多孔隔膜,不需要针对绝缘层进行额外的制备,这里主要描述电极层的形成。电极层可以是石墨烯层或金属层,在示例方面,制备金属电极层采用热蒸镀方式,具体地,在绝缘层上通过热蒸镀的方式获得均匀厚度的金属薄膜,初始蒸镀速率为1埃/s,蒸镀时间为250s,去除金属中的杂质进行正式蒸镀,正式蒸镀速率为0.5埃/s,电极层厚度要求为50-200nm之间,方块电阻低于 $30\Omega/\text{m}^2$ 。在上述蒸镀了金属电极层的绝缘层上吸附 $2-5\mu\text{L}/\text{cm}^2$ 的离子液体。

[0067] 经过上述的制备,将得到载有石墨烯涂层并吸附了离子液体的导电布,形成有电极层并吸附了离子液体的绝缘层,把导电布和绝缘层黏附在一起,使两者吸附有离子液体的一面相接触,最终自上而下形成具有石墨烯涂层-导电布-绝缘层-电极层的多层结构的调控器件。

[0068] 在石墨烯涂层和电极层上分别连接导线,导线的电导率可以是 $3\times 10^6 \sim 7\times 10^6 \text{ S/m}$,使调控器件可以接受0-3.6V的施加电压。

[0069] 应该理解的是,在导电布和绝缘层上进行的制备操作可以先制备导电布再制备绝缘层,也可以先制备绝缘层再制备导电布,还可以导电布和绝缘层同时进行制备,这两者的制备顺序不影响本发明调控器件的成品,因此本发明不对制备顺序做更多的限定。

[0070] 下面通过具体示例对上述调控器件的制备过程进一步描述。

[0071] 在示例方面,取0.4mg石墨烯粉末均匀地涂抹于导电布无粘结剂的一面,导电布面积为 4cm^2 ,于导电布另一面用孔径为 $50\mu\text{m}$,密度为100个/ cm^2 的微针打孔,吸附 $200\mu\text{L}$ 的1-己基-3-甲基咪唑鎓(三氟甲磺酰)亚胺。通过物理蒸镀的方式将金蒸镀到多孔聚乙烯隔膜上,聚乙烯隔膜孔隙率为40%,孔径为200nm,正式蒸镀速率为0.5埃/s,蒸镀厚度为60nm,如图3和图4示例的,使用的聚乙烯隔膜上分布有孔径200nm的小孔,蒸镀了60nm的金后聚乙烯隔膜表面相对均匀,无孔隙露出,金电极层覆盖了聚乙烯隔膜的微孔避免离子液体的泄露。于聚乙烯隔膜上吸附 $8\mu\text{L}$ 的1-己基-3-甲基咪唑鎓(三氟甲磺酰)亚胺,把上述制备好的聚乙烯隔膜黏贴于上述的导电布之上,在石墨烯涂层和金电极层分别连接铜导线。对该调控器件施加电压至2.8V。

[0072] 如图5示出的反射率光谱图和图6示出的发射率随施加电压变化的波动情况,在0-2.1V电压之间器件的电致发射率基本无反射率变化,当电压升至2.2V时,发射率稍有提高,当电压升至2.3V时,发射率突然增高,当电压高于2.4V后,发射率基本无变化。

[0073] 图5示出了无电压施加和3.1V电压施加下的反射率光谱图,在3.1V下,反射率明显增强。图6示出了发射率随施加电压变化的波动情况,在0-2.3V电压之间器件的电致发射率基本无变化,当电压升至2.4V时,发射率稍有提高,当电压升至2.5V时,发射率突然增高,当电压高于3.0V后,发射率基本无变化。

[0074] 图7示出了该器件的原位拉曼光谱图,从图7可见,代表石墨烯的 1450cm^{-1} 处的D峰在整个电压施加之下并未产生偏移和增强,这表明石墨烯在2.8V电压之下并无产生明显的缺陷。当电压低于2V时,代表石墨烯的 1587cm^{-1} 处的G峰没有位移产生,这表明在该电压范围内石墨烯并没有发生反应。当电压处于2.1-2.3V之间时,G峰产生分裂峰G+峰,这是由于离子液体嵌入到石墨烯的阶段反应。当电压高于2.4V时,G峰消失,只存在G+峰,这表明石墨烯的阶段反应完毕,G+峰的位置在 1621cm^{-1} 左右。G峰的右移表明离子液体的离子嵌入到了石

墨烯中,改变了石墨烯的能级,进而改变了石墨烯的光学特性。

[0075] 在另一示例方面,取0.2mg石墨烯粉末均匀地涂抹于导电布无粘结剂的一面,导电布面积为4cm²,于导电布另一面用孔径为20μm,密度为100个/cm²的微针打孔,吸附200μL的1-乙基-3-甲基咪唑鎓(三氟甲磺酰)亚胺。通过物理蒸镀的方式将金蒸镀到多孔聚乙烯隔膜上,聚乙烯隔膜孔隙率为40%,孔径为200nm,正式蒸镀速率为0.5埃/s,蒸镀厚度为60nm。于聚乙烯隔膜上吸附8μL的1-己基-3-甲基咪唑鎓(三氟甲磺酰)亚胺,黏贴于上述的导电布之上。在石墨烯层和金电极层连接铜导线。把上述制备好的聚乙烯隔膜黏贴于上述的导电布之上,在石墨烯涂层和金电极层分别连接铜导线。对该调控器件施加电压至3.6V。

[0076] 图8示出了无电压施加和3.6V电压施加下的反射率光谱图,在3.6V下,反射率明显增强。图9示出的发射率随施加电压变化的波动情况,该多层调控器件在0-2.5V电压之间,基本无发射率变化,当电压升至2.6V时,发射率稍有提高,当电压升至2.7V时,发射率突然增高,电压升至3.5V后,反射率不再变化。

[0077] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的技术人员应当理解:其依然可以对前述实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明实施例技术方案的精神和范围。

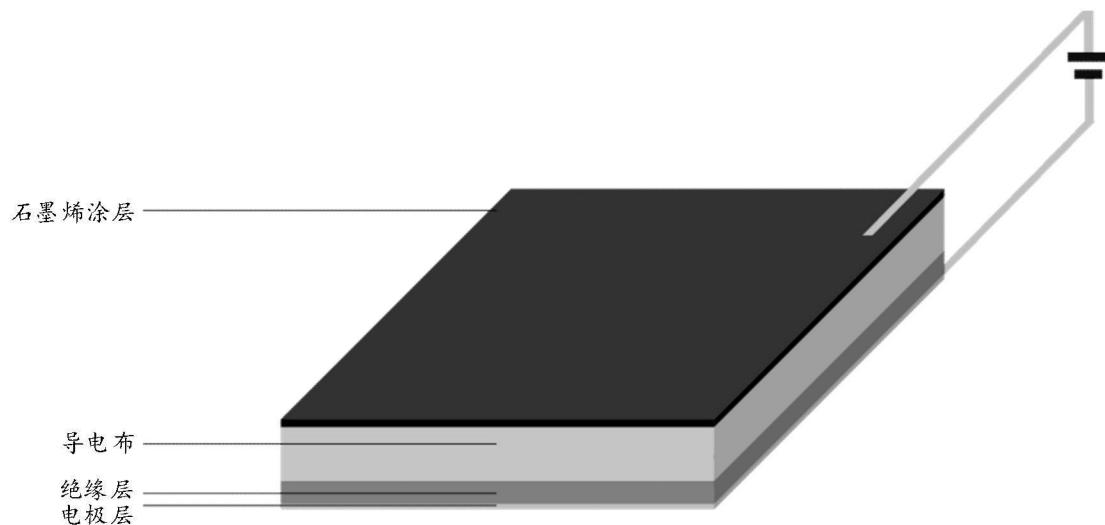


图1

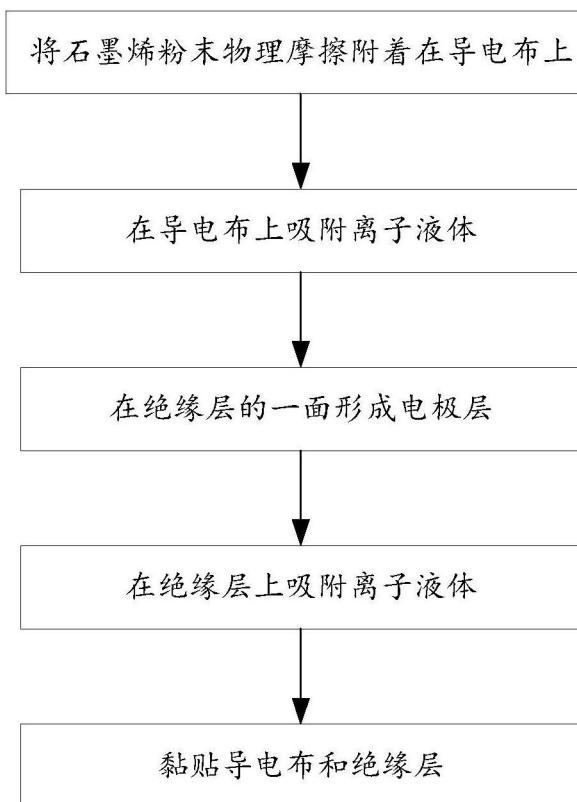


图2

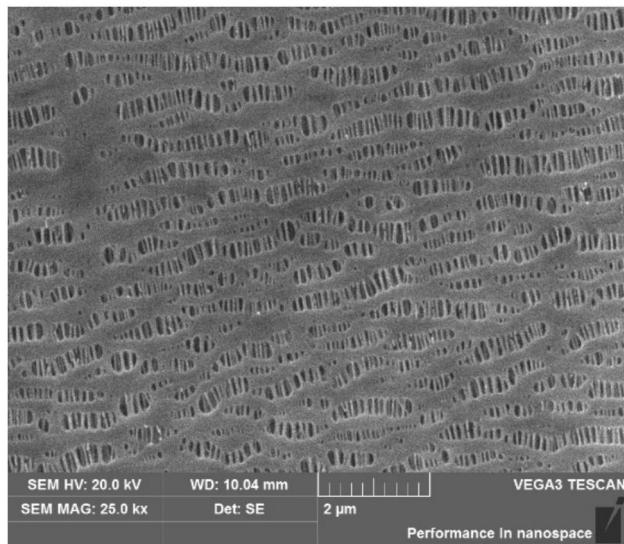


图3

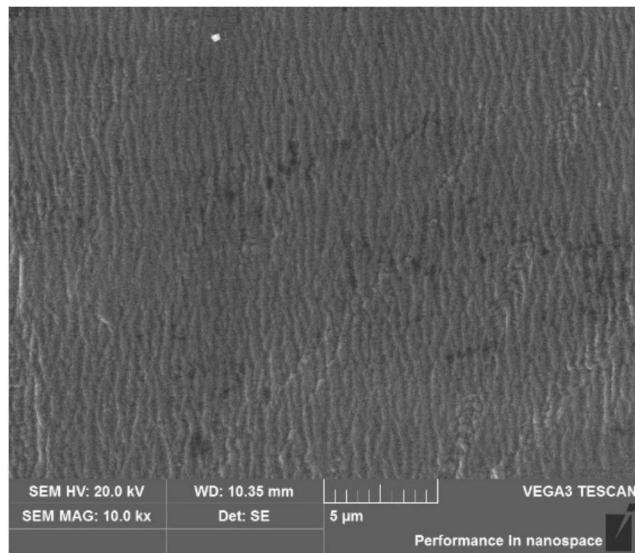


图4

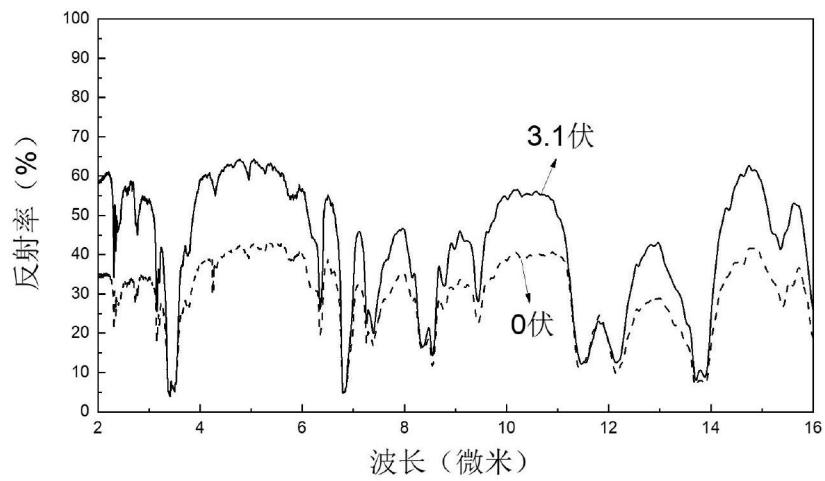


图5

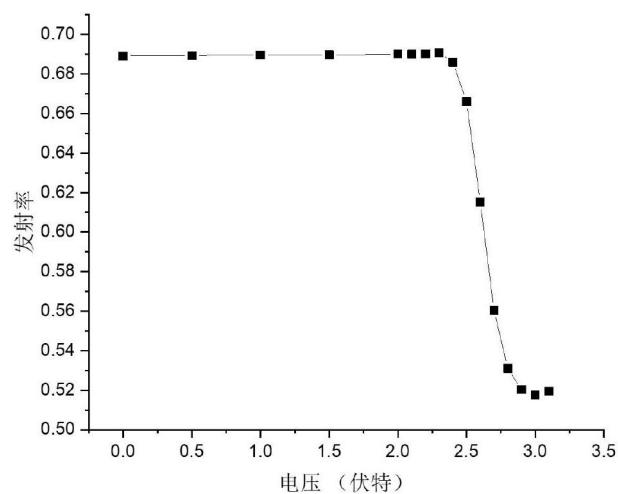


图6

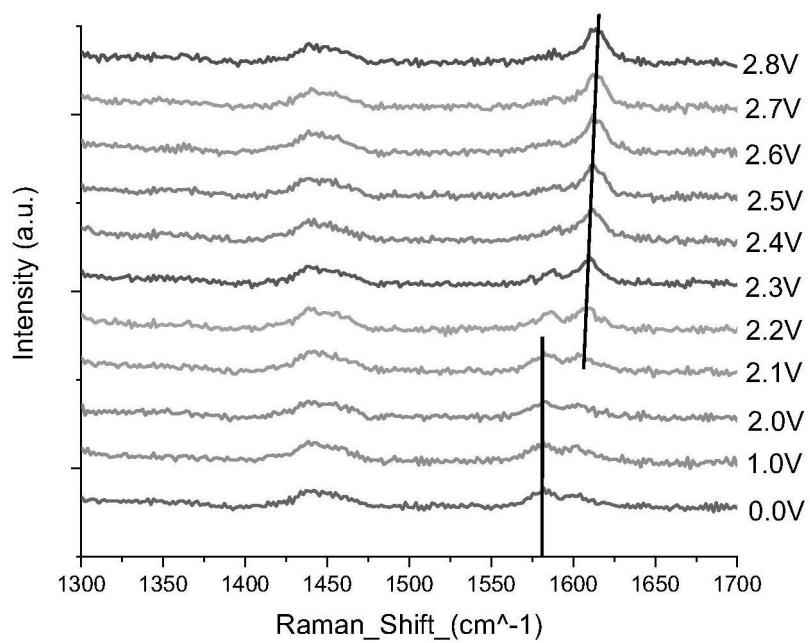


图7

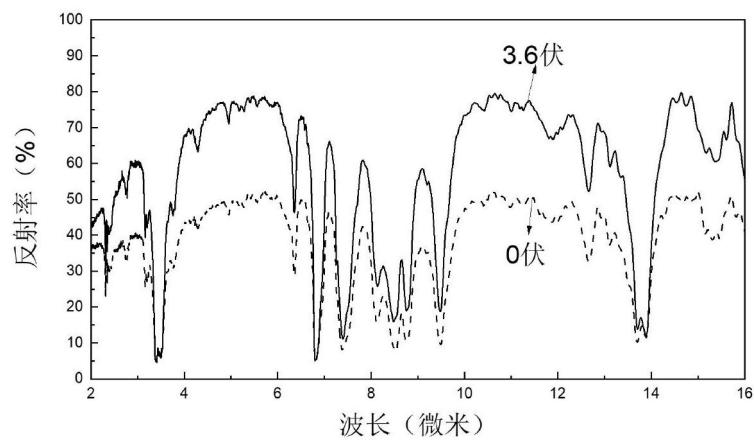


图8

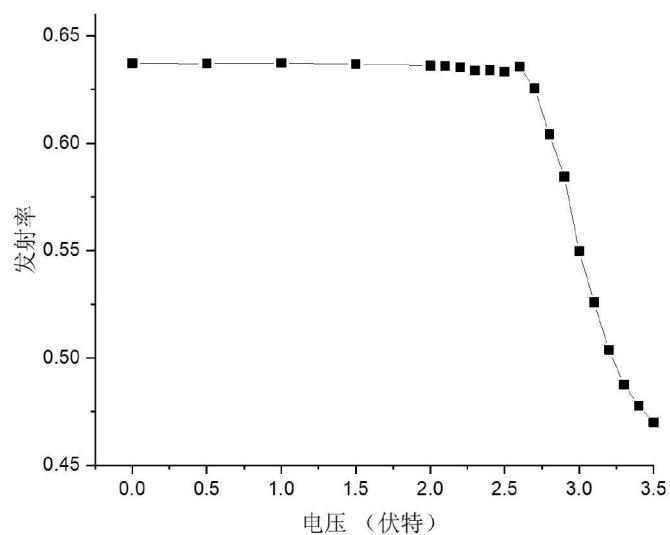


图9