



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112201713 B

(45) 授权公告日 2022.07.05

(21) 申请号 202011037855.3

H01L 31/09 (2006.01)

(22) 申请日 2020.11.03

H01L 31/20 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112201713 A

(56) 对比文件

US 2014175284 A1, 2014.06.26

WO 2013154770 A1, 2013.10.17

(43) 申请公布日 2021.01.08

US 2022052218 A1, 2022.02.17

(73) 专利权人 深圳先进技术研究院  
地址 518055 广东省深圳市南山区西丽大  
学城学苑大道1068号

审查员 杨旭婷

(72) 发明人 谢芳梅 李文杰 刘奥星 杨紫薇  
刘宇 杨春雷

(74) 专利代理机构 深圳市铭粤知识产权代理有  
限公司 44304  
专利代理师 孙伟峰 但念念

(51) Int. Cl.

H01L 31/032 (2006.01)

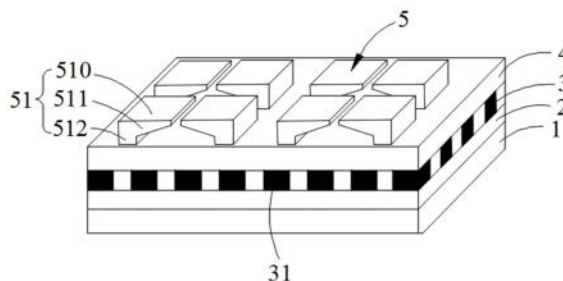
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

红外探测器件及其制备方法

(57) 摘要

本发明提供了一种红外探测器件及其制备方法,红外探测器件包括衬底以及依次层叠设置于衬底上的绝缘层、微结构层,所述微结构层包括呈阵列设置的多个微结构,所述红外探测器件还包括设置于所述微结构层表面的吸收层,所述吸收层的材质为 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 相变材料,所述微结构层的材质为金属,所述微结构层的局域表面等离激元的共振波长为 $0.75\sim 300\ \mu\text{m}$ 。本发明提供的红外探测器件通过采用锗锑碲合金作为吸收层的材质以及在吸收层与绝缘层之间增加金属材质的微结构层,一方面,能够有效提升红外探测器件的灵敏度,另一方面,微结构层在外界红外光的照射下,表面的自由电子会发生集体振荡,产生局域表面等离激元,增加了对红外波段的吸收,有效提升红外探测器件的响应度。



1. 一种红外探测器件,其特征在于,所述红外探测器件包括衬底以及依次层叠设置于所述衬底上的绝缘层、微结构层,所述微结构层包括呈阵列设置的多个微结构,所述红外探测器件还包括设置于所述微结构层表面的吸收层,所述吸收层的材质为 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 相变材料,所述微结构层的材质为金属,所述微结构层的局域表面等离子激元的共振波长为 $0.75\sim 300\mu\text{m}$ ;

其中,所述吸收层覆盖于所述多个微结构的顶面和侧面。

2. 根据权利要求1所述的红外探测器件,其特征在于,所述微结构层的材质为金。

3. 根据权利要求1所述的红外探测器件,其特征在于,所述微结构为长方体结构。

4. 根据权利要求3所述的红外探测器件,其特征在于,所述微结构与所述绝缘层贴合的一面的形状为正方形,所述正方形的边长为 $1\sim 5\mu\text{m}$ ,和/或,所述微结构层的厚度为 $100\sim 200\text{nm}$ ,和/或,相邻两个微结构之间的间距为 $2\sim 3\mu\text{m}$ 。

5. 根据权利要求1所述的红外探测器件,其特征在于,所述吸收层的厚度为 $100\sim 400\text{nm}$ ,和/或,所述吸收层的晶态为非晶态。

6. 根据权利要求1所述的红外探测器件,其特征在于,所述红外探测器件还包括设于所述吸收层上的电极。

7. 根据权利要求1所述的红外探测器件,其特征在于,所述绝缘层的材质为聚甲基丙烯酸甲酯。

8. 根据权利要求7所述的红外探测器件,其特征在于,所述绝缘层的厚度为 $100\sim 500\text{nm}$ 。

9. 一种如权利要求1~8任一项所述的红外探测器件的制备方法,其特征在于,所述制备方法包括:

提供一衬底;

在所述衬底上形成绝缘层;

通过光刻工艺在所述绝缘层上形成微结构层;

在所述微结构层上形成吸收层;

在所述吸收层上形成电极。

## 红外探测器件及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及红外探测技术领域,尤其涉及一种红外探测器件及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 红外科学技术是研究红外的各种物理学机理以及探测应用的一种高新技术。红外技术在军事方面的优异特性使得其发展非常迅速。目前,红外探测器件已经成为我国国防现代化技术的重要组成,例如,红外成像、红外侦察、红外制导、红外对抗等均是现代化战争中必不可少的战术以及战略手段。

[0003] 随着红外技术的发展,红外探测器件的材料也在不断丰富。目前主要应用的材料为InGaAs型,由于其可在室温下制备,目前被广泛应用在国防科技领域。但是其生产工艺较复杂,缺陷容忍度低,价格昂贵,使得其应用范围受到一定的局限。所以寻找新的红外探测材料,将红外探测技术应用到更广泛的领域中,是目前科学家们研究的热点。但是,红外探测技术要应用到更广泛的领域,首先需要解决的就是成本问题,其次根据目前红外的制备工艺,非制冷方向是大势所趋。因此,非制冷、低成本、小型化是目前红外探测技术发展的方向。

[0004] 具有优异热敏性能的氧化钒薄膜材料是非制冷红外探测器件的首选热敏电阻材料。氧化钒光敏层薄膜具有对入射的红外辐射热量引起的温度升高而产生电阻变化的敏感特性,它在非制冷微测辐射热计等红外探测设备中具有广泛的应用。氧化钒作为远红外探测的理想材料,虽已被广泛研究和应用,但是,氧化钒的电阻温度系数(Temperature coefficient of resistance,TCR)目前仅能达到2%,且氧化钒的制备难度较大,因此,氧化钒作为远红外探测的材料在如何提高探测器的灵敏度和响应度上,仍然存在许多亟待解决的问题。

### 发明内容

[0005] 为了解决现有技术的不足,本发明提供一种红外探测器件及其制备方法,能够提升灵敏度的同时提升响应度。

[0006] 本发明提出的具体技术方案为:提供一种红外探测器件,所述红外探测器件包括衬底以及依次层叠设置于所述衬底上的绝缘层、微结构层,所述微结构层包括呈阵列设置的多个微结构,所述红外探测器件还包括设置于所述微结构层表面的吸收层,所述吸收层的材质为 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 相变材料(GST),所述微结构的材质为金属,所述微结构层的局域表面等离子激元的共振波长为 $0.75\sim 300\mu\text{m}$ 。

[0007] 进一步地,所述吸收层覆盖于所述多个微结构的顶面和侧面。

[0008] 进一步地,所述微结构层的材质为金。

[0009] 进一步地,所述微结构为长方体结构。

[0010] 进一步地,所述微结构与所述绝缘层贴合的一面的形状为正方形,所述正方形的边长为 $1\sim 5\mu\text{m}$ ,和/或,所述微结构层的厚度为 $100\sim 200\text{nm}$ ,和/或,相邻两个微结构之间的

间距为2~3 $\mu\text{m}$ 。

[0011] 进一步地,所述吸收层的厚度为100~400nm,和/或,所述吸收层的晶态为非晶态。

[0012] 进一步地,所述红外探测器件还包括设于所述吸收层上的电极。

[0013] 进一步地,所述绝缘层的材质为聚甲基丙烯酸甲酯(Polymethyl methacrylate, PMMA)。

[0014] 进一步地,所述绝缘层的厚度为100~500nm。

[0015] 本发明还提供了一种如上任一项所述的红外探测器件的制备方法,所述制备方法包括:

[0016] 提供一衬底;

[0017] 在所述衬底上形成绝缘层;

[0018] 通过光刻工艺在所述绝缘层上形成微结构层;

[0019] 在所述微结构层上形成吸收层;

[0020] 在所述吸收层上形成电极。

[0021] 本发明提供的红外探测器件通过采用GST作为吸收层的材质以及在吸收层与绝缘层之间增加金属材质的微结构层,一方面,由于GST的TCR较高,能够有效提升红外探测器件的灵敏度,另一方面,微结构层在外界红外光的照射下,表面的自由电子会发生集体振荡,产生局域表面等离子激元,局域表面等离子激元的共振波长为0.75~300 $\mu\text{m}$ ,该波段与红外光波段一致,从而增加了对红外波段的吸收,有效提升红外探测器件的响应度。因此,本发明提供的红外探测器件在提升灵敏度的同时能够提升响应度。

## 附图说明

[0022] 下面结合附图,通过对本发明的具体实施方式详细描述,将使本发明的技术方案及其它有益效果显而易见。

[0023] 图1为本发明实施例一中的红外探测器件的结构示意图;

[0024] 图2为GST在加热和冷却后的电阻变化示意图;

[0025] 图3为图2中GST的TCR示意图;

[0026] 图4a~4d为本发明实施例一中的红外探测器件的制备方法的流程示意图;

[0027] 图5为本发明实施例二中的红外探测器件的结构示意图。

## 具体实施方式

[0028] 以下,将参照附图来详细描述本发明的实施例。然而,可以以许多不同的形式来实施本发明,并且本发明不应该被解释为限制于这里阐述的具体实施例。相反,提供这些实施例是为了解释本发明的原理及其实际应用,从而使本领域的其他技术人员能够理解本发明的各种实施例和适合于特定预期应用的各种修改。在附图中,相同的标号将始终被用于表示相同的元件。

[0029] 本申请提供的红外探测器件包括衬底以及依次层叠设置于衬底上的绝缘层、微结构层,微结构层包括呈阵列设置的多个微结构,红外探测器件还包括设置于微结构层表面的吸收层,吸收层的材质为GST,微结构的材质为金属,微结构层的局域表面等离子激元的共振波长为0.75~300 $\mu\text{m}$ 。

[0030] 本申请中的红外探测器件通过采用GST作为吸收层的材质以及在吸收层与绝缘层之间增加金属材质的微结构层,一方面,由于GST的TCR较高,能够有效提升红外探测器件的灵敏度,另一方面,微结构层在外界红外光的照射下,表面的自由电子会发生集体振荡,产生局域表面等离激元,局域表面等离激元的共振波长为 $0.75\sim 300\mu\text{m}$ ,该波段与红外光波段一致,从而能够吸收红外光,大大增加了红外波段的吸收,能够有效提升红外探测器件的响应度。

[0031] 下面通过具体的实施例并结合附图来对本申请中的红外探测器件的结构和制备方法进行详细的描述。

[0032] 实施例一

[0033] 参照图1,本实施例中的红外探测器件包括衬底1以及依次层叠设置于衬底1上的绝缘层2、微结构层3,微结构层3包括呈阵列设置的多个微结构31,红外探测器件还包括设置于微结构层3表面的吸收层4,吸收层4的材质为GST,微结构层3的材质为金属,微结构层3的局域表面等离激元的共振波长为 $0.75\sim 300\mu\text{m}$ 。

[0034] 本实施例通过采用GST作为吸收层4的材质以及在吸收层4与绝缘层2之间增加金属材质的微结构层3,一方面,由于GST的结构与氧化钒相似,也具有优异的热敏性能,可以作为非制冷红外探测器的热敏电阻材料,且GST相对于氧化钒材料,其TCR可以高达5%,而TCR恰好是实现高探测器率的基础,因此,将GST作为吸收层4的材料,能够有效提升红外探测器件的灵敏度,此外,由于GST的制备工艺简单、工艺成熟,因此,将GST作为吸收层4的材料,还能够降低制备工艺难度,另一方面,微结构层3在外界红外光的照射下,表面的自由电子会发生集体振荡,产生局域表面等离激元,局域表面等离激元的共振波长为 $0.75\sim 300\mu\text{m}$ ,该波段与红外光波段一致,从而能够吸收红外光,大大增加了吸收层4对红外波段的吸收,有效提升了红外探测器件的响应度。

[0035] 参照图2~3,图2示出了GST在加热和冷却后的电阻变化,图3示出了与图2对应的GST的TCR,对GST进行降温处理,如图2中的cooling曲线所示,然后对其进行升温处理,如图2中的heating曲线所示,从图2中可以看出随着温度降低,GST的电阻值升高,随着温度升高,GST的电阻值降低,这说明GST具有优异的热敏性能,可以作为非制冷红外探测器的热敏电阻材料。如图3所示,对GST进行降温处理时,GST的TCR基本保持在5%左右,对GST进行升温处理时,GST的TCR基本保持在-5%左右,可见,GST在不同温度下,其TCR都能够达到5%,因此,将GST作为吸收层4的材料,能够有效提升红外探测器件的灵敏度。

[0036] 具体地,衬底1、绝缘层2均为平板状结构,微结构层3中的多个微结构31的排列方式可以是矩阵阵列,即位于相邻两行中的相邻四个微结构31呈正方向排列,多个微结构31的排列方式也可以是其他阵列方式,例如,位于相邻两行中的相邻四个微结构31呈平行四边形排列,其中,本实施例中的多个微结构31的排列方式为矩阵阵列。

[0037] 本实施例中的吸收层4也为平板状结构,吸收层4仅仅位于微结构层3的顶部。

[0038] 微结构层3的材质为金,由于金具有很高的反射率,可以将入射至其上的红外光反射至吸收层4中,进一步提升了吸收层4对红外波段的吸收。当然,在本实施例的其他实施方式中,微结构层3的材质也可以选自其他具有较高反射率的金属材料,例如,铝、钛。

[0039] 微结构31为长方体结构,在本实施例的其他实施方式中,微结构31也可以选自圆柱体、锥体、半球体结构中的一种。

[0040] 具体地,微结构31与绝缘层2贴合的一面的形状为正方形,较佳地,正方形的边长为 $1\sim 5\mu\text{m}$ ,例如,正方形的边长可以为 $1\mu\text{m}$ 、 $2\mu\text{m}$ 、 $2.5\mu\text{m}$ 、 $5\mu\text{m}$ 等。

[0041] 本实施例中微结构层3的厚度为 $100\sim 200\text{nm}$ ,例如,微结构层3的厚度可以为 $100\text{nm}$ 、 $120\text{nm}$ 、 $150\text{nm}$ 、 $165\text{nm}$ 、 $180\text{nm}$ 、 $200\text{nm}$ 等。

[0042] 相邻两个微结构31之间的间距为 $2\sim 3\mu\text{m}$ ,例如,相邻两个微结构31之间的间距可以为 $2\mu\text{m}$ 、 $2.5\mu\text{m}$ 、 $3\mu\text{m}$ 等。

[0043] 需要说明的是,上面所给出的微结构31的具体形状、尺寸、材料仅仅是作为示例示出,并不用于对本申请进行限定,只要能够满足在外界红外光的照射下,微结构层3的局域表面等离激元的共振波长为 $0.75\sim 300\mu\text{m}$ 即可。

[0044] 吸收层4的厚度为 $100\sim 200\text{nm}$ ,例如,吸收层4的厚度可以为 $100\text{nm}$ 、 $120\text{nm}$ 、 $150\text{nm}$ 、 $165\text{nm}$ 、 $180\text{nm}$ 、 $200\text{nm}$ 等。

[0045] 本实施例中的吸收层4的晶态为非晶态,由于吸收层4的材质为GST,GST在温度低于 $180^\circ\text{C}$ 时均呈现非晶态,而GST在非晶态时电阻率处于较高的状态,因此,通过将GST作为吸收层4的材质,可以获得较高的TCR,从而有效提升红外探测器件的灵敏度。

[0046] 衬底1的材质选自硅、氮化镓、蓝宝石、玻璃中的一种,本实施例中衬底1的材质为硅,衬底1的尺寸根据实际需求进行设定,在本实施例中不做限定。

[0047] 绝缘层2的材质为PMMA,PMMA为高分子材料,与现有的无机金属材料相比,由于高分子材料中高分子链的存在,使得整个材料具有较高的韧度且有一定的柔性,能够适用于后面的器件制作工艺。此外,由于高分子材料具有较好的导热性,能够提升红外探测器件的散热效果。

[0048] 本实施例中绝缘层2的厚度为 $100\sim 500\text{nm}$ ,例如,绝缘层2的厚度可以为 $100\text{nm}$ 、 $200\text{nm}$ 、 $250\text{nm}$ 、 $300\text{nm}$ 、 $400\text{nm}$ 、 $500\text{nm}$ 等。

[0049] 本实施例中的红外探测器件还包括电极5,电极5的材质可以选自银、镍铝镍、金中的一种。电极5包括阵列设置于吸收层4上的多组子电极,每个子电极包括间隔设置的两个电极块51,电极块51包括水平部510、连接部511、垂直部512,连接部511位于水平部510与垂直部512之间,垂直部512位于吸收层4的表面,垂直部512在吸收层4上的正投影位于水平部510在吸收层4上的正投影内,较佳地,水平部510的形状为长方体,水平部510沿与吸收层1平行的方向上的截面的形状为正方形,本实施例中,水平部510沿与吸收层1平行的方向上的截面的边长为 $3\text{mm}\times 3\text{mm}$ 。

[0050] 参照图1、图4a~4d,本实施例还提供了一种红外探测器件的制备方法,所述制备方法包括步骤:

[0051] S1、提供一衬底1,如图4a所示,衬底1为硅片;

[0052] S2、在衬底1上形成绝缘层2,如图4b所示;

[0053] S3、通过光刻工艺在绝缘层2上形成微结构层3,如图4c所示;

[0054] S4、在微结构层3上形成吸收层4,如图4d所示;

[0055] S5、在吸收层4上形成电极5,如图1所示。

[0056] 在步骤S1中,在衬底1表面沉积绝缘层2之前需要先对衬底1进行清洗并干燥处理,具体地,用丙酮溶液、无水乙醇依次对衬底1进行清洗,清洗时间为 $10\text{min}$ ,然后再用超纯水清洗3次,最后将清洗后的衬底1真空干燥。

[0057] 在步骤S2中,在衬底1上旋涂PMMA,通过匀胶机进行旋涂,匀胶机的初始转速为500r/min~1000r/min,旋涂时间为30s,然后,匀胶机的转速变为2000r/min~3000r/min,旋涂时间为45s,旋涂厚度为100~500nm,然后进行烘干,烘干温度为70℃,以在衬底1上形成绝缘层2。

[0058] 在步骤S3中,首先,在绝缘层2上旋涂光刻胶,光刻胶为正性光刻胶,光刻胶的材质为四甲基氢氧化铵(Tetramethyl ammonium hydroxide,TMAH),通过匀胶机进行旋涂,匀胶机的转速为500r/min~4000r/min,旋涂厚度为100~200nm,进行烘干,烘干温度为150℃,烘干时间为3min;烘干后采用掩膜版进行曝光处理,再进行烘干,烘干温度为100℃,烘干时间为3min,然后进行显影处理,以在绝缘层2上形成图案化的光刻胶层。然后,在图案化的光刻胶层上沉积金属材料,金属材料可以选自金、铝、铜中的一种,也可以选自其他金属材料,本实施例中的金属材料为金。最后,将沉积有金属材料的衬底1放入丙酮溶液中浸泡10min,以除去剩下的光刻胶,再用氮气吹干,从而在绝缘层2上形成微结构层3,微结构层31包括呈阵列设置的多个微结构31,微结构31可以选自长方体、圆柱体、锥体、半球体结构中的一种,在本实施例中,微结构31为长方体结构。较佳地,微结构31与绝缘层2贴合的一面的形状为正方形,正方形的边长为1~5 $\mu\text{m}$ ,例如,正方形的边长可以为1 $\mu\text{m}$ 、2 $\mu\text{m}$ 、2.5 $\mu\text{m}$ 、5 $\mu\text{m}$ 等;微结构层3的厚度为100~200nm,例如,微结构层3的厚度可以为100nm、120nm、150nm、165nm、180nm、200nm等;相邻两个微结构31之间的间距为2~3 $\mu\text{m}$ ,例如,相邻两个微结构31之间的间距可以为2 $\mu\text{m}$ 、2.5 $\mu\text{m}$ 、3 $\mu\text{m}$ 等。

[0059] 需要说明的是,上面所给出的微结构31的具体形状、尺寸、材料仅仅是作为示例示出,并不用于对本申请进行限定,只要能够满足在外界红外光的照射下,微结构层3的局域表面等离激元的共振波长为0.75~300 $\mu\text{m}$ 即可。

[0060] 在步骤S4中,首先,在一基板(图未示)上沉积GST材料,通过磁控溅射工艺沉积GST材料,溅射功率为40W,气压为0.5pa,沉积时间为10~20min,在基板的表面形成吸收层4,吸收层4的厚度为100~200nm,例如,吸收层4的厚度可以为100nm、120nm、150nm、165nm、180nm、200nm等;吸收层4的晶态为非晶态。然后,将形成有吸收层4的基板通过倒装的方式与微结构层3结合,最后将基板从吸收层4的表面剥离。

[0061] 在步骤S5中,通过光刻工艺在吸收层4上形成电极5,具体地,首先在吸收层4上旋涂光刻胶,光刻胶为正性光刻胶,光刻胶的材质为四甲基氢氧化铵(Tetramethyl ammonium hydroxide,TMAH),通过匀胶机进行旋涂后烘干,烘干温度为150℃,其中,匀胶机的转速为500r/min~4000r/min;烘干后采用掩膜版进行曝光处理,再进行烘干,进行显影处理,以在吸收层4上形成图案化的光刻胶层。然后,在图案化的光刻胶层上沉积电极金属材料,电极材料可以选自银、镍铝镍、金中的一种。最后,将沉积有电极材料的衬底1放入丙酮溶液中浸泡10min,以除去剩下的光刻胶,再用无水乙醇清洗后用去离子水清洗,最后用氮气吹干,以在吸收层4上形成电极5。

[0062] 实施例二

[0063] 参照图5,本实施例与实施例一的不同之处在于,本实施例中的吸收层4包括覆盖于多个微结构31顶面的部分以及覆盖于多个微结构31的侧面的部分,其中,吸收层4覆盖于多个微结构31的侧面的部分形成吸收层4的微纳结构,即本实施例中的吸收层4也包括微纳结构,吸收层4的微纳结构与微结构层3中的多个微结构31相互配合。

[0064] 本实施例中的吸收层4的厚度等于微结构层3的厚度加上覆盖于多个微结构31顶面的部分的厚度,即吸收层4的厚度大于微结构层3的厚度且吸收层4的厚度小于400nm。

[0065] 本实施例相对于实施例一的进步在于,当外界红外光入射至吸收层4的微纳结构上时,吸收层4的微纳结构发生振动且振动模式能够与微结构层3的局域表面等离子激元的共振进行耦合,耦合后的波长范围为红外光波段,从而进一步增加了红外波段的吸收。

[0066] 本实施例中的红外探测器件的其他层的结构和材质均与实施例一相同,这里不再赘述。

[0067] 本实施例中红外探测器件的制备方法中除了步骤S4与实施例一不同外,其他步骤均与实施一相同,这里也不在赘述,仅针对步骤S4进行详细的描述。

[0068] 在步骤S4中,将沉积有微结构层3的衬底1放入磁控溅射设备中,溅射功率为40W,气压为0.5pa,沉积时间为10~20min,在微结构层3的表面形成吸收层4,吸收层4的材质为GST,其中,GST材料会先溅射至多个微结构31之间,形成吸收层4的微纳结构,然后再形成吸收层4的覆盖于多个微结构31顶部的部分,吸收层4的覆盖于多个微结构31顶部的部分的厚度为100~200nm,例如,吸收层4的覆盖于多个微结构31顶部的部分的厚度可以为100nm、120nm、150nm、165nm、180nm、200nm等,最终在微结构层3上形成本实施例中的吸收层4。

[0069] 以上所述仅是本申请的具体实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本申请原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本申请的保护范围。

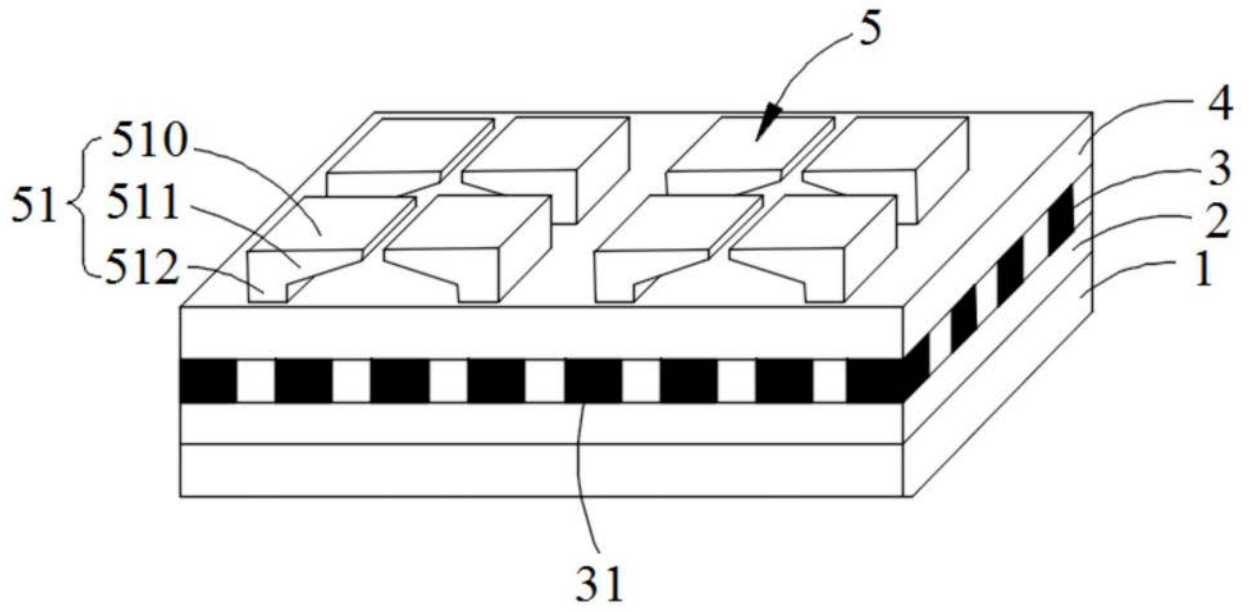


图1

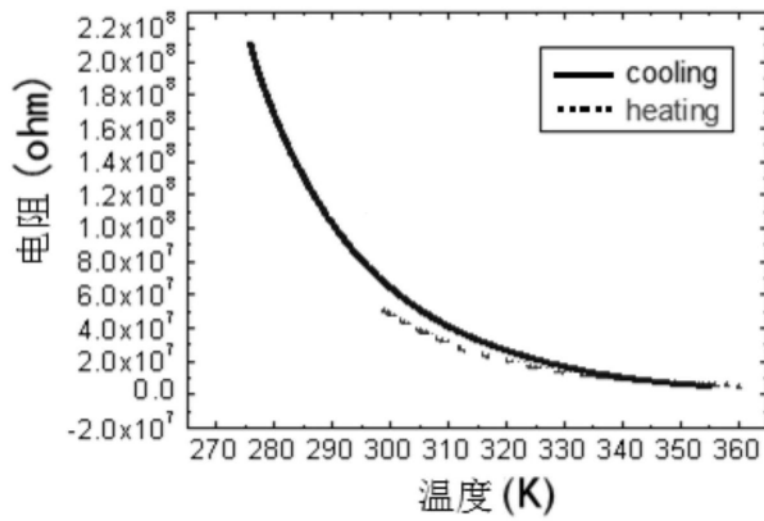


图2

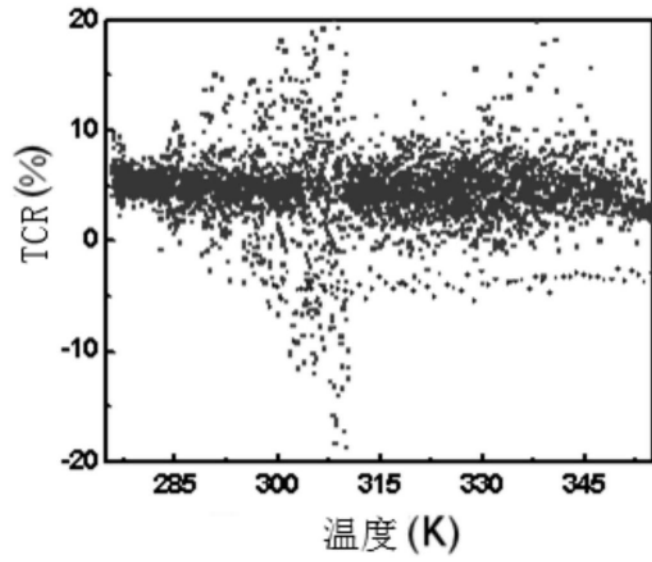


图3

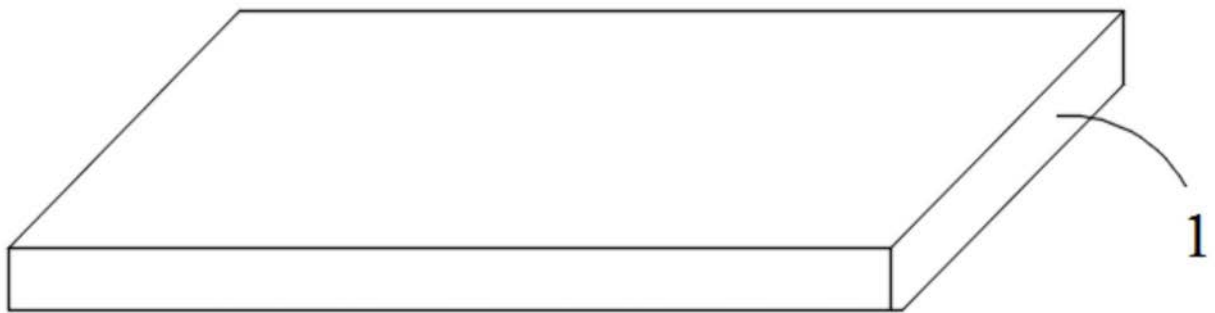


图4a

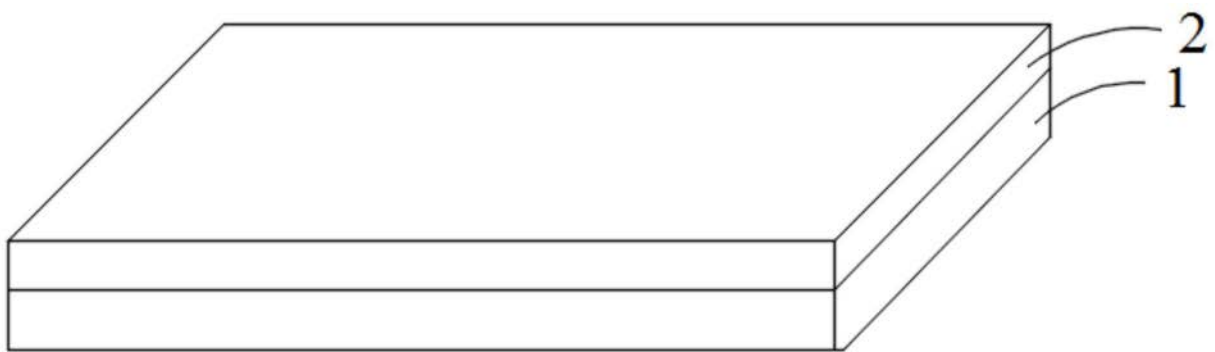


图4b

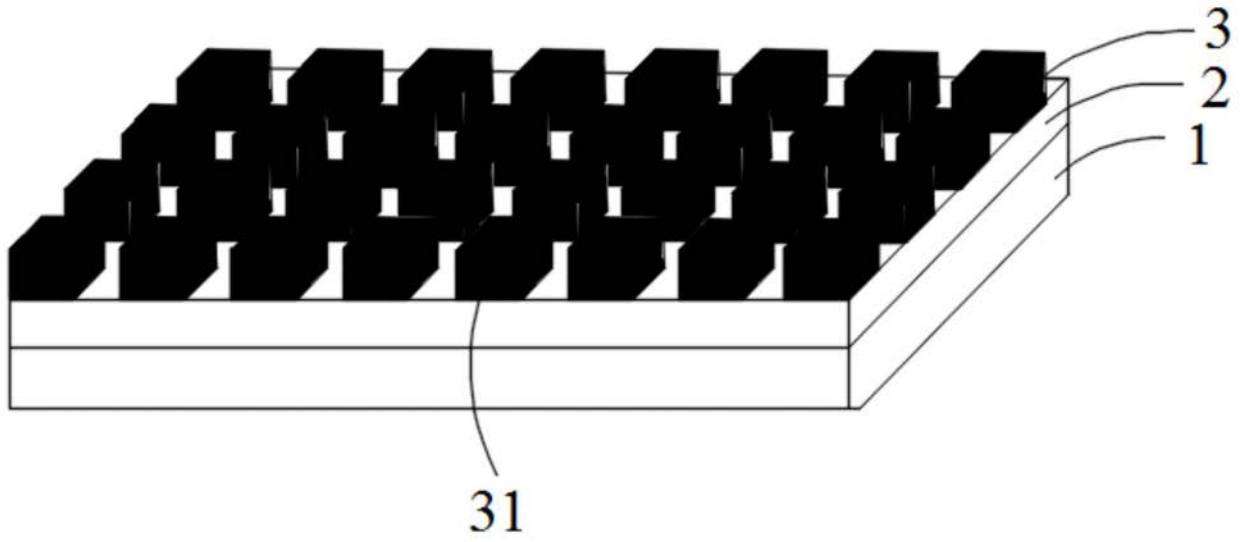


图4c

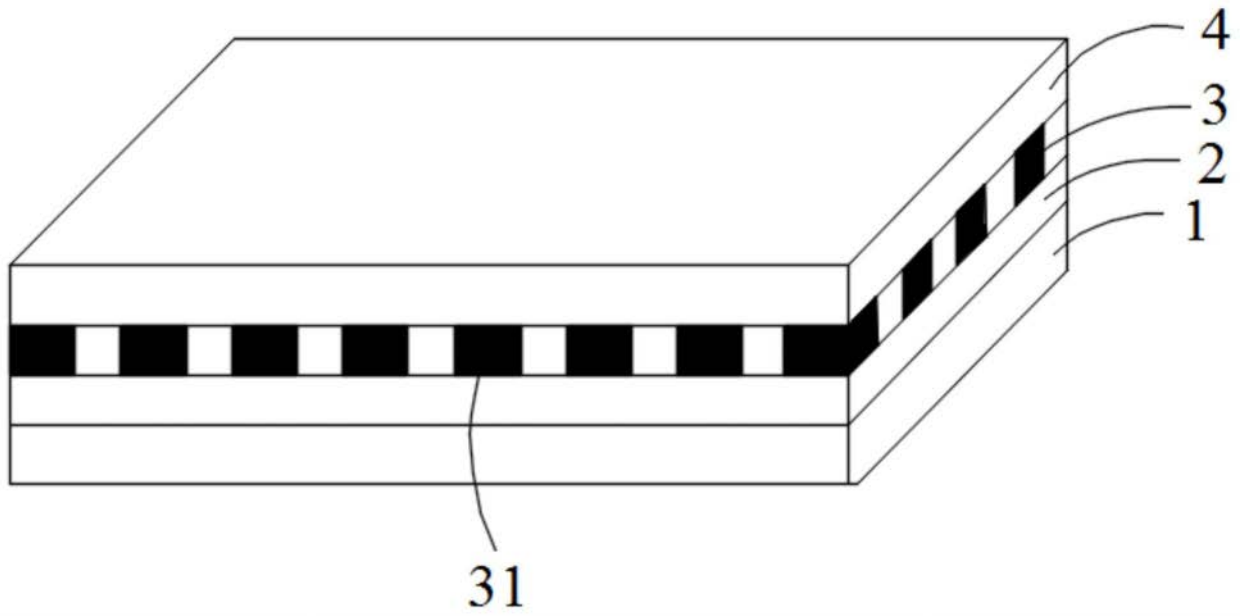


图4d

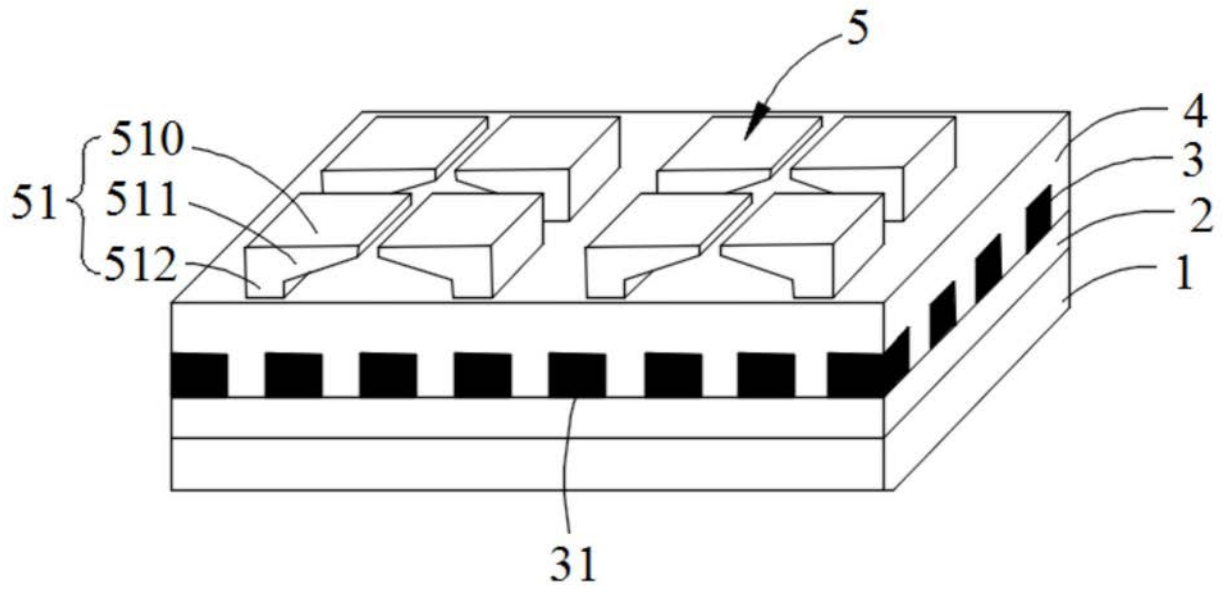


图5