



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110164759 A

(43)申请公布日 2019.08.23

(21)申请号 201910339128.3

(22)申请日 2019.04.25

(71)申请人 横店集团东磁股份有限公司

地址 322118 浙江省金华市东阳市横店工
业区

(72)发明人 黎剑骑 孙涌涛 楼城侃 王富强

(74)专利代理机构 杭州杭诚专利事务有限公
司 33109

代理人 尉伟敏 薄盈盈

(51) Int. Cl.

H01L 21/225(2006.01)

H01L 31/18(2006.01)

权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种区域性分层沉积扩散工艺

(57)摘要

本发明涉及晶体硅太阳能电池技术领域,为解决现有PERC+LDSE电池片表面掺杂浓度过高、区域性扩散可控性弱、电池蓝光响应差、少子寿命低的问题,提供了一种区域性分层沉积扩散工艺,包括以下步骤:(1)硅片预处理;(2)预氧化;(3)低温低浓度磷源沉积;(4)高温中浓度磷源沉积;(5)形成PN结;(6)低温高浓度磷源沉积;(7)冷却,推出石英舟,将硅片取出。本发明采用区域性分层扩散控制,让硅片表面既有均匀的磷硅玻璃层,利于激光SE重掺杂,从而提高电池片的欧姆接触和良好的接触性能;又能使发射极区域有低的掺杂浓度和高质量的PN结,从而使电池片有优异的蓝光响应和高少子寿命的特点,最终提升电池片的转换效率。

1. 一种区域性分层沉积扩散工艺,其特征在于,包括以下步骤:
 - (1) 将P型原始硅片清洗、制绒后,放入石英舟,并推入扩散炉的炉管内;
 - (2) 将扩散炉升温至680~720°C,通入氮气和氧气,对制绒后的硅片进行预氧化;
 - (3) 向扩散炉中通入低浓度POCl₃、氮气和氧气,对预氧化后的硅片进行低温低浓度磷源沉积;
 - (4) 将扩散炉升温至730~820°C,通入中浓度POCl₃、氮气和氧气,对低温低浓度磷源沉积后的硅片进行高温中浓度磷源沉积;
 - (5) 将扩散炉升温至850~920°C,通入氮气,在高温中浓度磷源沉积后的硅片表面形成PN结;
 - (6) 将扩散炉降温至680~720°C,通入高浓度POCl₃、氮气和氧气,对步骤(5)处理后的硅片进行低温高浓度磷源沉积;
 - (7) 将扩散炉降温冷却,推出石英舟,将步骤(6)处理后的硅片取出。
2. 根据权利要求1所述的一种区域性分层沉积扩散工艺,其特征在于,步骤(2)中,所述氧气的体积流量为3000~5000sccm;所述氮气的体积流量为3000~5000sccm。
3. 根据权利要求1所述的一种区域性分层沉积扩散工艺,其特征在于,步骤(2)中,预氧化过程中炉管压力控制在50~150mbar;预氧化时间控制在10~15min。
4. 根据权利要求1所述的一种区域性分层沉积扩散工艺,其特征在于,步骤(3)中,所述低浓度POCl₃体积流量为200~300sccm;所述氧气的体积流量为700~800sccm,所述氮气的体积流量为1000~1200sccm。
5. 根据权利要求1所述的一种区域性分层沉积扩散工艺,其特征在于,步骤(3)中,低温低浓度磷源沉积过程中炉管压力控制在50~150mbar;低温低浓度磷源沉积时间控制在3~5min。
6. 根据权利要求1所述的一种区域性分层沉积扩散工艺,其特征在于,步骤(4)中,所述中浓度POCl₃体积流量为500~700sccm;所述氧气的体积流量为1000~1200sccm;所述氮气的体积流量为1200~1500sccm。
7. 根据权利要求1所述的一种区域性分层沉积扩散工艺,其特征在于,步骤(4)中,高温中浓度磷源沉积过程中炉管压力控制在200~300mbar;高温中浓度磷源沉积时间控制在1~3min。
8. 根据权利要求1所述的一种区域性分层沉积扩散工艺,其特征在于,步骤(5)中,所述氮气的体积流量为2000~3500sccm;炉管压力控制在700~900mbar;形成PN结的时间控制在15~20min。
9. 根据权利要求1所述的一种区域性分层沉积扩散工艺,其特征在于,步骤(6)中,所述高浓度POCl₃体积流量为900~1000sccm;所述氧气的体积流量为500~700sccm,所述氮气的体积流量为800~1000sccm。
10. 根据权利要求1所述的一种区域性分层沉积扩散工艺,其特征在于,步骤(6)中,低温高浓度磷源沉积过程中炉管压力控制在200~300mbar;低温高浓度磷源沉积时间控制在10~15min。

一种区域性分层沉积扩散工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及晶体硅太阳能电池技术领域,尤其涉及一种区域性分层沉积扩散工艺。

背景技术

[0002] 晶硅太阳能电池技术迭代带来的成本下降逐步成为推动行业发展的主要动力,近两年来,光伏行业电池技术经历了从常规BSF电池→PERC电池→PERC+LDSE电池的转换,其中PERC+LDSE电池工艺流程为:制绒→扩散→激光SE→刻蚀→背钝化→正面PECVD→背面PECVD→激光开槽→丝网印刷→烧结→测试,该电池技术与相近的PERC电池相比,在扩散工序之前只增加了一道激光SE工序,其余工序不变。

[0003] 激光SE工序是采用扩散工序产生的磷硅玻璃层作为掺杂源,利用激光的热效应,熔融硅片表层,将覆盖在发射极顶部的磷硅玻璃中的P原子进入硅片表层,因磷原子在液态硅中的扩散系数要比在固态硅中的扩散高数个数量级,固化后掺杂磷原子取代硅原子的位置,从而使电池片在金属电极下形成高掺杂区域,在接收光照的区域浅扩散形成低掺杂区,这种结构表面少子复合少,金属电极和发射极之间又能形成良好的欧姆接触,会获得更高的短路电流、开路电压和填充因子,从而会提高太阳电池转换效率。

[0004] 目前,虽然对激光SE掺杂选择性发射极太阳电池的理论研究和实验的报道很多,但是在实际的大规模生产中,受限于扩散工艺的影响,仍然存在着扩散高方阻的均匀性、轻重掺杂磷源浓度过多或过少、轻重掺杂区方块电阻匹配等问题。如掺杂浓度过低,硅片表面掺杂层磷硅玻璃太少,虽可以降低表面复合,提高少子寿命,但会导致方阻均匀性较差,电池片欧姆接触不好,接触电阻的增大,影响电池的串联,填充因子下降,电池效率降低;掺杂浓度过高,虽可以得到较好的方阻均匀性、较低的接触电阻,但是高的掺杂浓度会导致载流子复合变大,少子寿命降低,影响电池的开路电压和短路电流。

[0005] 中国专利文献上公开了“一种太阳能电池发射极掺杂分布方法”,其申请公布号为CN104716232A,该发明采用通过多次通源和多次推结的过程实现太阳电池发射极掺杂分布,实现了激光SE时硅片表面生产了一层均匀的磷硅玻璃层,但仍存在掺杂浓度过高、区域性掺杂可控性弱等缺点。

[0006] 中国专利文献上公开了“一种激光掺杂选择性发射结的扩散工艺”,其申请公布号为CN103050581A,该发明通过改变发射结电池的扩散方法,在对硅片进行有源扩散、无源推进的基础上再一次向扩散炉中通入携带 POCl_3 的氮气进行沉积处理,该专利一定程度上降低了表面复合,但仍存在区域性扩散可控性弱、少子寿命低等缺点。

[0007] 上述现有技术中硅片表面仍存在掺杂浓度过高、区域性掺杂可控性弱、电池蓝光响应差、少子寿命低等缺点,不利于PERC+LDSE太阳电池转换效率的提升。

发明内容

[0008] 本发明为了解决现有PERC+LDSE电池片表面掺杂浓度过高、区域性扩散可控性弱、

电池蓝光响应差、少子寿命低的问题,提供了一种区域性分层沉积扩散工艺,该扩散工艺采用区域性分层扩散控制,让硅片表面既有均匀的磷硅玻璃层,利于激光SE重掺杂,从而提高电池片的欧姆接触和良好的接触性能,又能使发射极区域有低的掺杂浓度和高质量的PN结,从而使电池片有优异的蓝光响应和高少子寿命的特点,最终提升电池片的转换效率。

[0009] 为了实现上述目的,本发明采用以下技术方案:

一种区域性分层沉积扩散工艺,包括以下步骤:

(1) 将P型原始硅片清洗、制绒后,放入石英舟,并推入扩散炉的炉管内;

(2) 将扩散炉升温至680~720℃,通入氮气和氧气,对制绒后的硅片进行预氧化;该步骤在三氯氧磷沉积前在硅片表面生长一层SiO₂膜,因杂质磷在氧化层中的扩散系数远小于在硅中的扩散系数,此SiO₂膜具有阻挡杂质磷向硅中扩散的能力,从而减缓磷扩散的速度,使其扩散的P-N结更均匀;

(3) 向扩散炉中通入低浓度POCl₃、氮气和氧气,对预氧化后的硅片进行低温低浓度磷源沉积;该步骤在硅片生长有SiO₂层的初始表面,第一次沉积较薄的低浓度的POCl₃,低浓度的POCl₃层与硅片初始表面的SiO₂层接触,可以很好的降低硅片表面杂质源浓度,从而减少少子的复合,增加太阳能电池的开路电压;

(4) 将扩散炉升温至730~820℃,通入中浓度POCl₃、氮气和氧气,对低温低浓度磷源沉积后的硅片进行高温中浓度磷源沉积;因步骤(3)在硅片上第一次沉积低浓度的POCl₃,达到了硅片表面低浓度的效果,但过低的浓度带来的表面沉积不均匀,通过升温并提高POCl₃的浓度进行补沉积,从而保证了硅片初始层较低的磷源浓度,又弥补了较低浓度所带来的均匀性不理想的效果,而且这次补沉积时间短,氧气参与多可以分解POCl₃,氮气量适当增大降低POCl₃浓度,使炉管气氛流动性增强,这样仍会保证第一层磷源浓度处于较低且表面均匀的状态,从而减少少子的复合,达到区域性分层沉积扩散的目的;

(5) 将扩散炉升温至850~920℃,通入氮气,在高温中浓度磷源沉积后的硅片表面形成PN结;在传统扩散工艺中,高温推进都会加入一定量的氧气进行反应,因传统工艺中初始层POCl₃浓度较高,如果氧气太少,三氯氧磷热分解产生的五氯化磷不能充分分解,影响硅片表面状态。本发明此步骤因初始层只存在较低浓度的POCl₃,不需通入氧气进行分解也不会对硅片表面状态进行破坏,如果通入氧气,会使POCl₃分解太多,导致表面磷浓度更低,影响PN结的均匀性,因此本发明在此步骤只需通过高温使磷硅玻璃层中的磷原子推进到硅片内部,从而形成高质量低浓度的PN结,来增强太阳能电池的蓝光响应;

(6) 将扩散炉降温至680~720℃,通入高浓度POCl₃、氮气和氧气,对步骤(5)处理后的硅片进行低温高浓度磷源沉积;该步骤在硅片最上层沉积高浓度的POCl₃,得到较厚的磷硅玻璃,利于激光SE形成重掺杂,从而硅片与电极处会得到更优的欧姆接触和较低的接触电阻,其中非激光SE处即电极区域外的表层高浓度的磷硅玻璃经过刻蚀进行去除,留下的则是底层较低浓度的杂质源层,使电极区域存在掺杂浓度低和高少子寿命的特点,最终提升电池片的转换效率;

(7) 将扩散炉降温冷却,推出石英舟,将步骤(6)处理后的硅片取出。

[0010] 作为优选,步骤(2)中,所述氧气的体积流量为3000~5000sccm;所述氮气的体积流量为3000~5000sccm。控制上述体积流量有利于得到厚度适中的SiO₂膜,从而减缓磷扩散的速度,扩散的P-N结更均匀。

[0011] 作为优选,步骤(2)中,预氧化过程中炉管压力控制在50~150mbar;预氧化时间控制在10~15min。

[0012] 作为优选,步骤(3)中,所述低浓度 POCl_3 体积流量为200~300sccm;所述氧气的体积流量为700~800sccm,所述氮气的体积流量为1000~1200sccm。

[0013] 作为优选,步骤(3)中,低温低浓度磷源沉积过程中炉管压力控制在50~150mbar;低温低浓度磷源沉积时间控制在3~5min。

[0014] 作为优选,步骤(4)中,所述中浓度 POCl_3 体积流量为500~700sccm;所述氧气的体积流量为1000~1200sccm;所述氮气的体积流量为1200~1500sccm。该步骤中,氧气量大参与多可以分解 POCl_3 ,氮气量适当增大降低 POCl_3 浓度,使炉管气氛流动性增强,这样仍会保证第一层磷源浓度处于较低且表面均匀的状态,从而减少少子的复合,达到区域性分层沉积扩散的目的。

[0015] 作为优选,步骤(4)中,高温中浓度磷源沉积过程中炉管压力控制在200~300mbar;高温中浓度磷源沉积时间控制在1~3min。该步骤补沉积时间较短,保证了硅片初始层较低的磷源浓度,又弥补了较低浓度所带来的均匀性不理想的效果。

[0016] 作为优选,步骤(5)中,所述氮气的体积流量为2000~3500sccm;炉管压力控制在700~900mbar;形成PN结的时间控制在15~20min。

[0017] 作为优选,步骤(6)中,所述高浓度 POCl_3 体积流量为900~1000sccm;所述氧气的体积流量为500~700sccm,所述氮气的体积流量为800~1000sccm。

[0018] 作为优选,步骤(6)中,低温高浓度磷源沉积过程中炉管压力控制在200~300mbar;低温高浓度磷源沉积时间控制在10~15min。

[0019] 因此,本发明具有如下有益效果:采用区域性分层扩散控制,让硅片表面既有均匀的磷硅玻璃层,利于激光SE重掺杂,从而提高电池片的欧姆接触和良好的接触性能;又能使发射极区域有低的掺杂浓度和高质量的PN结,其低的掺杂浓度体现为电池片 U_{oc} 提高1~1.5mV,从而使电池片有优异的蓝光响应和高少子寿命的特点,最终提升电池片的转换效率。

附图说明

[0020] 图1是本发明区域性分层沉积扩散工艺的流程图。

[0021] 图2是本发明区域性分层沉积扩散结构图。

[0022] 图中:P型原始硅片1, SiO_2 层2,低浓度 POCl_3 沉积层3,中浓度 POCl_3 沉积层4,PN结5,高浓度 POCl_3 沉积层6。

具体实施方式

[0023] 下面通过具体实施例,并结合附图,对本发明的技术方案作进一步具体的说明。

[0024] 在本发明中,若非特指,所有设备和原料均可从市场购得或是本行业常用的,下述实施例中的方法,如无特别说明,均为本领域常规方法。

[0025] 实施例1

(1)如图1和图2所示,硅片预处理:将P型原始硅片1进行清洗并制绒,放入石英舟,并推入扩散炉的炉管内;

(2) 预氧化:将扩散炉升温至680℃,通入氮气3000sccm和氧气3000sccm,控制炉管压力50mbar,对制绒后的硅片进行预氧化10min,形成SiO₂层2;

(3) 低温低浓度POCl₃沉积:将扩散炉升温至温度700℃,通入POCl₃ 300sccm,氧气700sccm,氮气1000sccm,控制炉管压力80mbar,对预氧化后的硅片进行低温低浓度磷源沉积5min,形成低浓度POCl₃沉积层3;

(4) 升温中浓度POCl₃沉积:将扩散炉升温至温度750℃,通入POCl₃ 700sccm,氧气1000sccm,氮气1200sccm,控制炉管压力200mbar,对低温低浓度磷源沉积后的硅片进行高温中浓度磷源沉积3min,形成中浓度POCl₃沉积层4;

(5) 高温无POCl₃无氧推进:将扩散炉升温至温度870℃,通入氮气2000sccm,时间20min,控制炉管压力700mbar,在高温中浓度磷源沉积后的硅片表面形成PN结5;

(6) 低温高浓度POCl₃沉积:将扩散炉降温至680℃,通入POCl₃ 1000sccm,氧气500sccm,氮气800sccm,控制炉管压力200mbar,对步骤(5)处理后的硅片进行低温高浓度磷源沉积15min,形成高浓度POCl₃沉积层6;

(7) 冷却出舟:将石英舟从扩散炉内取出,并对石英舟上的硅片进行卸载。

[0026] 实施例2

(1) 如图1和图2所示,硅片预处理:将P型原始硅片1进行清洗并制绒,放入石英舟,并推入扩散炉的炉管内;

(2) 预氧化:将扩散炉升温至700℃,通入氮气4000sccm和氧气4000sccm,控制炉管压力100mbar,对制绒后的硅片进行预氧化12min,形成SiO₂层2;

(3) 低温低浓度POCl₃沉积:将扩散炉升温至温度710℃,通入POCl₃ 250sccm,氧气750sccm,氮气1100sccm,控制炉管压力100mbar,对预氧化后的硅片进行低温低浓度磷源沉积4min,形成低浓度POCl₃沉积层3;

(4) 升温中浓度POCl₃沉积:将扩散炉升温至温度780℃,通入POCl₃ 600sccm,氧气1500sccm,氮气1300sccm,控制炉管压力250mbar,对低温低浓度磷源沉积后的硅片进行高温中浓度磷源沉积2min,形成中浓度POCl₃沉积层4;

(5) 高温无POCl₃无氧推进:将扩散炉升温至900℃,通入氮气3000sccm,时间18min,控制炉管压力800mbar,在高温中浓度磷源沉积后的硅片表面形成PN结5;

(6) 低温高浓度POCl₃沉积:将扩散炉降温至710℃,通入POCl₃ 950sccm,氧气550sccm,氮气900sccm,控制炉管压力250mbar,对步骤(5)处理后的硅片进行低温高浓度磷源沉积13min,形成高浓度POCl₃沉积层6;

(7) 冷却出舟:将石英舟从扩散炉内取出,并对石英舟上的硅片进行卸载。

[0027] 实施例3

(1) 如图1和图2所示,硅片预处理:将P型原始硅片1进行清洗并制绒,放入石英舟,并推入扩散炉的炉管内;

(2) 预氧化:将扩散炉升温至720℃,通入氮气5000sccm和氧气5000sccm,控制炉管压力150mbar,对制绒后的硅片进行预氧化15min,形成SiO₂层2;

(3) 低温低浓度POCl₃沉积:保持扩散炉温度720℃,通入POCl₃ 200sccm,氧气800sccm,氮气1200sccm,控制炉管压力150mbar,对预氧化后的硅片进行低温低浓度磷源沉积3min,形成低浓度POCl₃沉积层3;

(4) 升温中浓度 POCl_3 沉积:将扩散炉升温至 820°C ,通入 POCl_3 500sccm,氧气1200sccm,氮气1500sccm,控制炉管压力200mbar,对低温低浓度磷源沉积后的硅片进行高温中浓度磷源沉积1min,形成中浓度 POCl_3 沉积层4;

(5) 高温无 POCl_3 无氧推进:将扩散炉升温至 910°C ,通入氮气3500sccm,时间15min,控制炉管压力900mbar,在高温中浓度磷源沉积后的硅片表面形成PN结5;

(6) 低温高浓度 POCl_3 沉积:将扩散炉降温至 720°C ,通入 POCl_3 900sccm,氧气700sccm,氮气1000sccm,控制炉管压力200mbar,对步骤(5)处理后的硅片进行低温高浓度磷源沉积10min,形成高浓度 POCl_3 沉积层6;

(7) 冷却出舟:将石英舟从扩散炉内取出,并对石英舟上的硅片进行卸载。

[0028] 对比例1

(1) 硅片预处理:将P型原始硅片进行清洗并制绒,放入石英舟,并推入扩散炉的炉管内;

(2) 预氧化:将扩散炉升温至 770°C ,通入氮气1000sccm和氧气1500sccm,控制炉管压力500mbar,对制绒后的硅片进行预氧化5min,形成 SiO_2 层;

(3) POCl_3 沉积:保持温度 800°C ,通入 POCl_3 1200sccm,氧气10000sccm,氮气2000sccm,控制炉管压力200mbar,对预氧化后的硅片进行磷源沉积15min;

(4) 高温推进:将扩散炉升温至 870°C ,通入氮气2000sccm,时间30min,控制炉管压力500mbar,在高温中浓度磷源沉积后的硅片表面形成PN结;

(5) POCl_3 沉积:将扩散炉降温至 820°C ,通入 POCl_3 1500sccm,氧气1000sccm,氮气1500sccm,控制炉管压力500mbar,时间30min,硅片表面形成 POCl_3 沉积层;

(6) 冷却出舟:将石英舟从扩散炉内取出,并对石英舟上的硅片进行卸载。

[0029] 对比例2

对比例2与实施例1的区别在于,步骤(2)中,预氧化温度为 770°C ,时间为7min(本发明 $680\sim 720^\circ\text{C}$,时间10~15min),其余工艺步骤及参数完全相同。

[0030] 对比例3

对比例3与实施例1的区别在于,步骤(3)中 POCl_3 的体积流量为350sccm(本发明200~300sccm),其余工艺步骤及参数完全相同。

[0031] 对比例4

对比例4与实施例1的区别在于,步骤(6)中 POCl_3 的体流量为1500sccm,通入时间30min(本发明900~1000sccm,时间10~15min),其余工艺步骤及参数完全相同。

[0032] 分别对经过实施例1-3和对比例1-4的扩散工艺所得到的硅片的性能做检测,结果如表1所示:

表1.性能结果

性能指标	Uoc	Isc	Rs	FF	Eta
实施例1	0.6792	9.957	0.00226	80.68	22.33%
实施例2	0.6793	9.966	0.00233	80.52	22.31%
实施例3	0.6786	9.946	0.002261	80.84	22.33%
对比例1	0.6774	9.977	0.00250	80.29	22.21%
对比例2	0.6773	9.994	0.00261	80.16	22.21%

对比例3	0.6776	9.966	0.00235	80.44	22.23%
对比例4	0.6779	9.969	0.00242	80.39	22.24%

由表1可以看出,本发明的扩散工艺是一个完整的技术方案,各步骤、工艺参数互相联动,缺一不可。例如,预氧化温度必须严格控制在680~720℃,时间10~15min,若氧化温度过高,时间过低,虽然能够节约工艺时间,但生长的SiO₂层,均匀性差,不够致密,会导致扩散后方阻均匀性差;低温低浓度磷源沉积过程必须控制POCl₃的体积流量为200~300sccm,时间控制在3~5min,若体积流量高于300sccm,时间大于5min,会导致硅片表面磷源浓度过高,影响电池片的Uoc,最终使电池片的转换效率无法提高。低温高浓度POCl₃沉积过程必须控制POCl₃体积流量为900~1000sccm,时间控制在10~15min,若体积流量高于1000sccm,时间大于15min,会导致硅片表面沉积过多的磷硅玻璃,使发射极区域磷杂质过多,增加少子复合,影响电池片Uoc的提升。

[0033] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,并非对本发明作任何形式上的限制,在不超出权利要求所记载的技术方案的前提下还有其它的变体及改型。

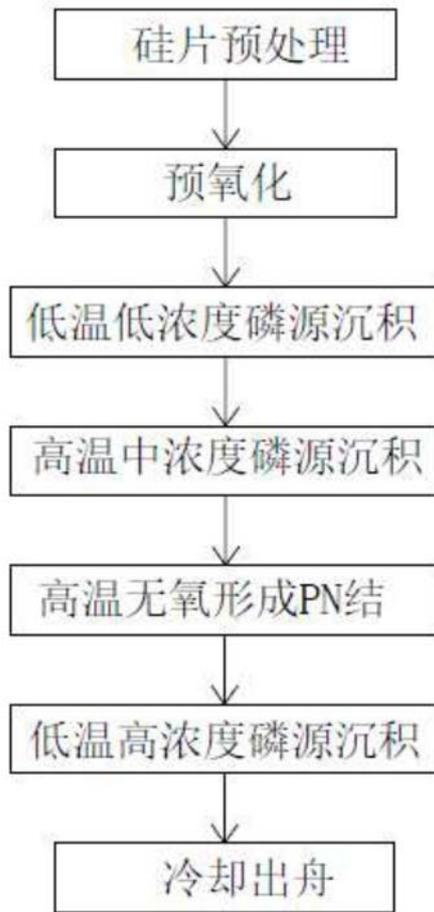


图1

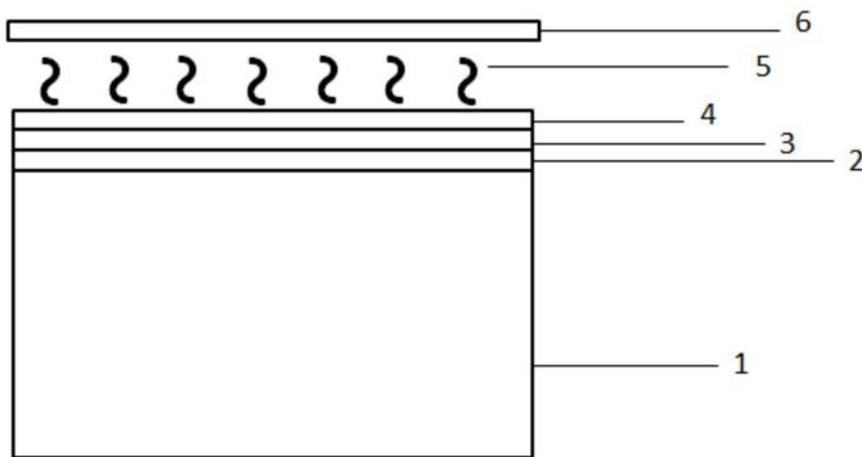


图2