



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 112582252 A

(43)申请公布日 2021.03.30

(21)申请号 201910922135.6

(22)申请日 2019.09.27

(71)申请人 财团法人金属工业研究发展中心
地址 中国台湾高雄市楠梓区811高楠公路
1001号

(72)发明人 洪政源 田伟辰 黄俊凯 叶昌鑫
吴以德

(74)专利代理机构 北京中誉威圣知识产权代理
有限公司 11279
代理人 席勇 董云海

(51)Int.Cl.
H01L 21/02(2006.01)
H01L 21/26(2006.01)
H01L 31/18(2006.01)
H01L 31/0216(2014.01)

权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称
形成半导体结构的方法及半导体结构

(57)摘要

本发明公开了一种形成半导体结构的方法及半导体结构,此方法包含提供半导体基板以及使用射频等离子体设备对半导体基板进行表面处理,以在半导体基板的一侧形成钝化层。射频等离子体设备对半导体基板进行表面处理时使用的等离子体源包含氧元素气体,且在射频等离子体设备所形成的等离子体中,对应777纳米的光谱强度约为对应844纳米的光谱强度的0.5倍至2倍。本发明可使得形成的钝化层至少具有低厚度和高均匀度等特性,进而提升半导体结构的产品合格率。

100



1. 一种形成半导体结构的方法,其特征在于,包含:
提供半导体基板;以及
使用射频等离子体设备对所述半导体基板进行表面处理,以在所述半导体基板的一侧形成钝化层;
其中,所述射频等离子体设备对所述半导体基板进行表面处理时使用的等离子体源包含氧元素气体,且在所述射频等离子体设备所形成的等离子体中,对应777纳米的光谱强度为对应844纳米的光谱强度的0.5倍至2倍。
2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,在所述射频等离子体设备所形成的等离子体中,对应777纳米的光谱强度为对应844纳米的光谱强度的0.67倍至1.5倍。
3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述氧元素气体为氧气或臭氧。
4. 如权利要求1或3所述的方法,其特征在于,所述氧元素气体的纯度至少为99.99%。
5. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,还包含:
在对所述半导体基板进行表面处理时,另将不与氧或硅产生沉积物质的气体通入至所述射频等离子体设备中。
6. 如权利要求5所述的方法,其特征在于,所述不与氧或硅产生沉积物质的气体包含氦气、氖、氩、氪、氙、氢或上述组合。
7. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述射频等离子体设备对所述半导体基板进行表面处理使用的微波频率为13.56MHz、27.12MHz或40.68MHz。
8. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述半导体基板为掺杂结晶硅基板,且所述钝化层为氧化硅薄膜。
9. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述半导体基板为P型、N型或本质型半导体基板。
10. 一种半导体结构,其特征在于,包含:
半导体基板,包含一侧;以及
钝化层,通过射频等离子体设备形成在所述一侧之上,其中,所述钝化层的厚度均匀度在90%以上,且所述钝化层的缺陷密度低于 10^{11} 个/平方厘米;
其中,所述射频等离子体设备包含等离子体源,所述等离子体源包含氧元素气体。

形成半导体结构的方法及半导体结构

技术领域

[0001] 本发明是有关于一种形成半导体结构的方法,且特别是一种形成具有低厚度和高均匀度的钝化层的半导体结构的方法及半导体结构。

背景技术

[0002] 在半导体相关产业中,钝化结构与工艺是不可或缺的重要结构与工艺。以太阳能电池产业为例,传统背电场(back surface field;BSF)太阳能电池,射极与背电极钝化(Passivated emitter and rear cell;PERC)太阳能电池、异质接面薄本质层(heterojunction with intrinsic thin layer;HIT)太阳能电池、或是穿隧氧化物钝化接触(tunnel oxide passivated contact;TOPcon)太阳能电池等均具有钝化层。举例而言,高效硅基太阳能电池结构所采用的穿隧钝化层薄膜是以化学湿工艺或高温氧化工艺来制作,但穿隧钝化层薄膜的厚度与均匀度的控制均受到考验,在大量生产过程中易导致良率不佳的问题产生。

发明内容

[0003] 本发明的目的是在于提供一种形成半导体结构的方法及半导体结构,其通过使用射频等离子体设备对半导体基板进行表面处理,并控制对应特定波长的光谱强度的比例,可使得形成的钝化层至少具有低厚度和高均匀度等特性,进而提升产品合格率。

[0004] 根据上述目的,本发明提出一种形成半导体结构的方法,其包含提供半导体基板以及使用射频等离子体设备对半导体基板进行表面处理,以在半导体基板的一侧形成钝化层。射频等离子体设备对半导体基板进行表面处理时使用的等离子体源包含氧元素气体,且在射频等离子体设备所形成的等离子体中,对应777纳米的光谱强度约为对应844纳米的光谱强度的0.5倍至2倍。

[0005] 依据本发明的一实施例,在上述射频等离子体设备所形成的等离子体中,对应777纳米的光谱强度约为对应844纳米的光谱强度的0.67倍至1.5倍。

[0006] 依据本发明的又一实施例,上述氧元素气体为氧气或臭氧。

[0007] 依据本发明的又一实施例,上述氧元素气体的纯度至少为99.99%。

[0008] 依据本发明的又一实施例,上述形成半导体结构的方法还包含:在对上述半导体基板进行表面处理时,另将不与氧或硅产生沉积物质的气体通入至上述射频等离子体设备中。

[0009] 依据本发明的又一实施例,上述不与氧或硅产生沉积物质的气体包含氮、氟、氩、氪、氙、氦或上述组合。

[0010] 依据本发明的又一实施例,上述射频等离子体设备对上述半导体基板进行表面处理使用的微波频率约为13.56MHz、27.12MHz或40.68MHz。

[0011] 依据本发明的又一实施例,上述半导体基板为掺杂结晶硅基板,且上述钝化层为氧化硅薄膜。

[0012] 依据本发明的又一实施例,上述半导体基板为P型、N型或本质型半导体基板。

[0013] 根据上述目的,本发明另提出一种半导体结构,其包含半导体结构和钝化层。半导体基板包含一侧。钝化层通过射频等离子体设备形成在此侧之上,其厚度均匀度在90%以上,且其缺陷密度低于 10^{11} 个/平方厘米。此射频等离子体设备包含等离子体源,且此等离子体源包含氧元素气体。

[0014] 本发明的有益效果至少在于,通过使用射频等离子体设备对半导体基板进行表面处理,并控制对应特定波长的光谱强度的比例,可使得形成的钝化层至少具有低厚度和高均匀度等特性,进而提升半导体结构的产品合格率。

附图说明

[0015] 为了更完整了解实施例及其优点,现参照并结合附图做下列描述,其中:

[0016] 图1为本发明实施例的太阳能电池结构的示意图;

[0017] 图2为依据本发明实施例的对半导体基板进行表面处理的射频等离子体设备的示例;

[0018] 图3为使用射频等离子体设备对半导体基板进行表面处理时,光学感测光谱仪显示的光谱图;

[0019] 图4为依据本发明另一实施例形成的另一半导体结构的示意图;以及

[0020] 图5为依据本发明实施例形成的太阳能电池结构的剖面视图。

[0021] 主要附图标记说明:

[0022] 100、400-半导体结构,102、402、S-半导体基板,104、404、508、510-钝化层,200-射频等离子体设备,202-静电夹盘,204-射频信号源,206-电极,208-反应腔室,210-真空系统,212-光窗,214-等离子体区,500-太阳能电池结构,502-掺杂结晶硅基板,502A-第一侧,502B-第二侧,504-穿隧氧化硅薄膜,506-掺杂结晶硅薄膜,512-抗反射层,514、516-电极层。

具体实施方式

[0023] 以下仔细讨论本发明的实施例。然而,可以理解的是,实施例提供许多可应用的发明概念,其可实施于各式各样的特定内容中。所讨论的特定实施例仅供说明,并非用以限定本发明的范围。

[0024] 可被理解的是,虽然在本文可使用“第一”、“第二”等用语来描述各种元件、零件、区域和/或部分,但这些用语不应限制这些元件、零件、区域和/或部分。这些用语仅用以区别一元件、零件、区域和/或部分与另一元件、零件、区域和/或部分。

[0025] 在本文中所使用的用语仅是为了描述特定实施例,非用以限制权利要求。除非另有限制,否则单数形式的“一”或“该”用语也可用来表示多数形式。此外,空间相对性用语的使用是为了说明元件在使用或操作时的不同方位,而不只限于附图所绘示的方向。元件也可以其他方式定向(旋转90度或在其他方向),而在此使用的空间相对性描述也可以相同方式解读。

[0026] 请参照图1,图1为依据本发明实施例的半导体结构100的示意图。半导体结构100包含半导体基板102和钝化层104,其中钝化层104是在半导体基板102的一侧形成。在本实

施例中,钝化层104是使用射频等离子体设备对半导体基板102进行表面处理,而在半导体基板102的一侧形成。

[0027] 若是半导体基板102为硅基板,且射频等离子体设备所通入的等离子体源为氧气、臭氧或其他由氧元素组成的气体,则等离子体态的氧离子将与半导体基板102的表面上断键的硅原子结合为氧化硅,借以形成氧化硅薄膜,也就是图1所示的钝化层104。半导体基板102可以是P型、N型或本质型半导体基板,而由射频等离子体设备所形成的氧化硅薄膜,其平均厚度可在3纳米以下,例如0.5纳米至2纳米,其均匀度可在90%以上,且其缺陷密度可低于 10^{11} 个/平方厘米。通入至射频等离子体设备的氧元素气体的纯度至少为99.99%,以确保钝化层104的均匀度。

[0028] 图2为本发明实施例对半导体基板S进行表面处理的射频等离子体设备200的一示例。射频等离子体设备系利用等离子体技术进行沉积工艺,其可以是例如电子回旋共振化学气相沉积(electron cyclotron resonant chemical vapor deposition; ECR-CVD)设备、等离子体辅助化学气相沉积(plasma enhanced chemical vapor deposition; PECVD)设备、电感应耦合型等离子体化学气相沉积(inductively coupled plasma chemical vapor deposition; ICP-CVD)设备、常压化学气相沉积(atmospheric pressure chemical vapor deposition; APCVD)设备或其他合适的设备。在图2所示的射频等离子体设备200中,静电夹盘202用以固定并承载半导体基板S,射频信号源204电性连接静电夹盘202(包含电极)和位于静电夹盘202的对侧的电极206,其用以提供射频电压,以在静电夹盘202与电极206之间形成交流电场,使得通入至反应腔室208中的等离子体源受到交流电场的作用而产生离子化碰撞反应,进而形成等离子体。通入至射频等离子体设备200的等离子体源可以是氧气、臭氧或其他由氧元素组成的气体。通入至射频等离子体设备的氧元素气体的纯度至少为99.99%,以确保在半导体基板S上产生的钝化层的均匀度。在一些实施例中,在对半导体基板S进行表面处理时,可另将不与氧或硅产生沉积物质的气体通入至射频等离子体设备200中,包含氦气、氖、氩、氪、氙、氫、上述组合和/或其他合适的气体。此外,射频等离子体设备200还包含真空系统210,其可将在反应腔室208内产生的副产品抽出。

[0029] 再参见图2,射频等离子体设备200对半导体基板102进行处理以形成钝化层104。在一实施例中,半导体基板102和欲形成的钝化层104分别为硅基板和氧化硅薄膜,射频等离子体设备200使用的频率可以是约为13.56MHz或是其整数倍,例如约为27.12MHz或是约为40.68MHz,或者可以是60MHz以上的甚高频率(Very High Frequency; VHF)。在一实施例中,射频等离子体设备200的反应腔室208的内部压力可以是约为100托(torr)至1000托,反应腔室208的内部温度可以是室温至摄氏300度。在一实施例中,射频等离子体设备200的射频信号源204产生的功率密度可以是约为1毫瓦/平方厘米至50毫瓦/平方厘米,且半导体基板102(对应图2的半导体基板S)与电极206之间的距离D可以是大约为5毫米至30毫米。

[0030] 此外,图2的射频等离子体设备200更具有光窗212,其可供光学发射光谱仪(optical emission spectroscopy; OES)或是其他设备采集等离子体区214所放出的等离子体光的光谱信号并即时显示出数据。在射频等离子体设备200所形成的等离子体中, O^+ 离子放射出光波长约为777纳米的光线, O^+ 离子放射出光波长约为844纳米和518纳米的光线,而 O_2^+ 离子放射出光波长约为525.7纳米和559.1纳米的光线。在本发明实施例中,在半导体基板S上形成钝化层时,对应777纳米的光谱强度约为对应844纳米的光谱强度的0.5倍至2

倍,且如此一来,可提升钝化层的厚度均匀度以及降低钝化层的缺陷密度。在一实施例中,钝化层的平均厚度可在3纳米以下,其厚度均匀度可在90%以上,且其缺陷密度可低于 10^{11} 个/平方厘米。于本文,厚度均匀度是指 $100\% - (|\text{实际厚度} - \text{平均厚度}| / \text{平均厚度})$ 。在一些实施例中,在半导体基板S上形成钝化层时,对应777纳米的光谱强度约为对应844纳米的光谱强度的0.67倍至1.5倍,以精准控制形成的钝化层的厚度。

[0031] 应注意的是,图2所示的射频等离子体设备200仅为示例。在其他实施例中,对半导体基板102进行表面处理以形成钝化层104的实施方式亦可通过其他适用的射频等离子体设备依据上述环境设定进行。

[0032] 图3为使用射频等离子体设备200对半导体基板S进行表面处理(即在半导体基板S上形成钝化层)时,光学感测光谱仪显示的光谱图。如图3所示,在第0秒时,钝化层开始形成,且此时对应777纳米的 O^+ 离子的光谱强度(其为任意单位)略高于为对应844纳米的 O_2 分子的光谱强度,且在钝化层的形成步骤完成前,例如在第0秒至第120秒的期间,对应777纳米的 O^+ 离子的光谱强度与对应844纳米的 O_2 分子的光谱强度的比值均大致维持在0.5倍至2倍。在对半导体基板S进行表面处理的工艺完成后,产生的钝化层的平均厚度和均匀度分别约为1.8纳米和90%,即钝化层的厚度为1.8纳米 $\pm 10\%$ 。

[0033] 图4为依据本发明另一实施例形成的半导体结构400的示意图。半导体结构400包含半导体基板402和钝化层404,其中半导体基板402的一侧为锯齿状,且钝化层404是在半导体基板402的具有锯齿状的一侧形成。在形成钝化层404之前,先对半导体基板402进行蚀刻工艺,以在半导体基板402的一侧形成锯齿状结构。经由蚀刻工艺所形成的锯齿状结构的高度和底部宽度可以是约为2微米至8微米。此外,图4的钝化层404是通过使用射频等离子体设备对半导体基板402进行表面处理而在半导体基板402的具有锯齿状结构的一侧形成。在半导体基板402为硅基板且射频等离子体设备所通入的等离子体源为氧气或臭氧下,形成的钝化层404为氧化硅薄膜,其平均厚度可在3纳米以下,例如0.5纳米至2纳米,其均匀度可在90%以上,且其缺陷密度可低于 10^{11} 个/平方厘米。

[0034] 通过本发明实施例形成的半导体结构100、400可进一步用于许多类型的产品。以下说明以基于半导体结构400形成太阳能电池结构为例。请参照图5,图5为依据本发明实施例形成的太阳能电池结构500的剖面视图。如图5所示,太阳能电池结构500为穿隧氧化物钝化接触(tunnel oxide passivated contact;TOPcon)太阳能电池结构。除了分别对应图4的半导体基板402和钝化层404的掺杂结晶硅基板502和穿隧氧化硅薄膜504外,太阳能电池结构500还包含掺杂结晶硅薄膜506、钝化层508、510、抗反射层512和电极层514、516。

[0035] 掺杂结晶硅基板502可以是P型掺杂结晶硅基板、N型掺杂结晶硅基板或本质型掺杂结晶硅基板。穿隧氧化硅薄膜504是通过射频等离子体设备对掺杂结晶硅基板502的第一侧502A进行表面处理,在掺杂结晶硅基板502的第一侧502A形成。穿隧氧化硅薄膜504的厚度可在3纳米以下,例如约为0.5纳米至2纳米,其均匀度可在90%以上,且其缺陷密度可低于 10^{11} 个/平方厘米。掺杂结晶硅薄膜506可经由进行化学气相沉积工艺在穿隧氧化硅薄膜504上形成,其厚度大约为50纳米,且其结晶度可大约为50%至90%。在进行形成掺杂结晶硅薄膜506的化学气相沉积工艺中,工艺压力可以是大约为400托、射频功率约为30毫瓦/平方厘米、基板温度约为300 $^{\circ}C$ 。掺杂结晶硅薄膜506可包含单晶晶体材料或多晶晶体材料。此外,对应掺杂结晶硅基板502的类型,掺杂结晶硅薄膜506可以是N型掺杂结晶硅薄膜或P型

掺杂结晶硅薄膜。

[0036] 钝化层508、510和抗反射层512是依序在掺杂结晶硅基板502的第二侧502B上形成,且与掺杂结晶硅基板502的锯齿状结构共形。每一钝化层508、510可以是氮化硅薄膜、氧化硅薄膜、氧化铝薄膜或氧化铅薄膜。举例而言,钝化层508、510可以分别是氧化铝薄膜和氧化硅薄膜。此外,每一钝化层508、510可以通过进行化学气相沉积工艺、物理气相沉积(physical vapor deposition;PVD)工艺或原子层沉积(atomic layer deposition;ALD)工艺所形成。抗反射层512位于钝化层510上,其可通过进行沉积工艺或涂布工艺形成,但不限于此。

[0037] 电极层514、516分别位于掺杂结晶硅薄膜506上和掺杂结晶硅基板502的第二侧502B上,其中电极层516向上延伸且贯穿钝化层508、510和抗反射层512。每一电极层514、516可通过蒸镀、溅镀或电镀方式,或是通过网印方式形成,但不限于此。

[0038] 应注意的是,本发明实施例可应用至许多类型的半导体结构的生产上,其不以上述穿隧氧化物钝化接触太阳能电池结构为限。换言之,本发明实施例亦可应用在其他类型的太阳能电池结构的制作上,例如背电场(back surface field;BSF)太阳能电池,射极与背电极钝化(Passivated emitter and rear cell;PERC)太阳能电池、异质接面薄本质层(heterojunction with intrinsic thin layer;HIT)太阳能电池等,或是应用在其他半导体结构的制作上,例如浮动栅极存储器元件结构或是其他合适的半导体结构。

[0039] 由上述说明可知,本发明实施例是通过使用射频等离子体设备对半导体基板进行表面处理并控制对应特定波长的光谱强度的比例,且如此一来,可使得形成的钝化层至少具有低厚度和高均匀度等特性,进而提升产品合格率。

[0040] 虽然本发明已以实施例公开如上,然其并非用以限定本发明,任何所属技术领域中的技术人员,在不脱离本发明的精神和范围内,当可作些许的更动与润饰,故本发明的保护范围当视权利要求所界定的为准。

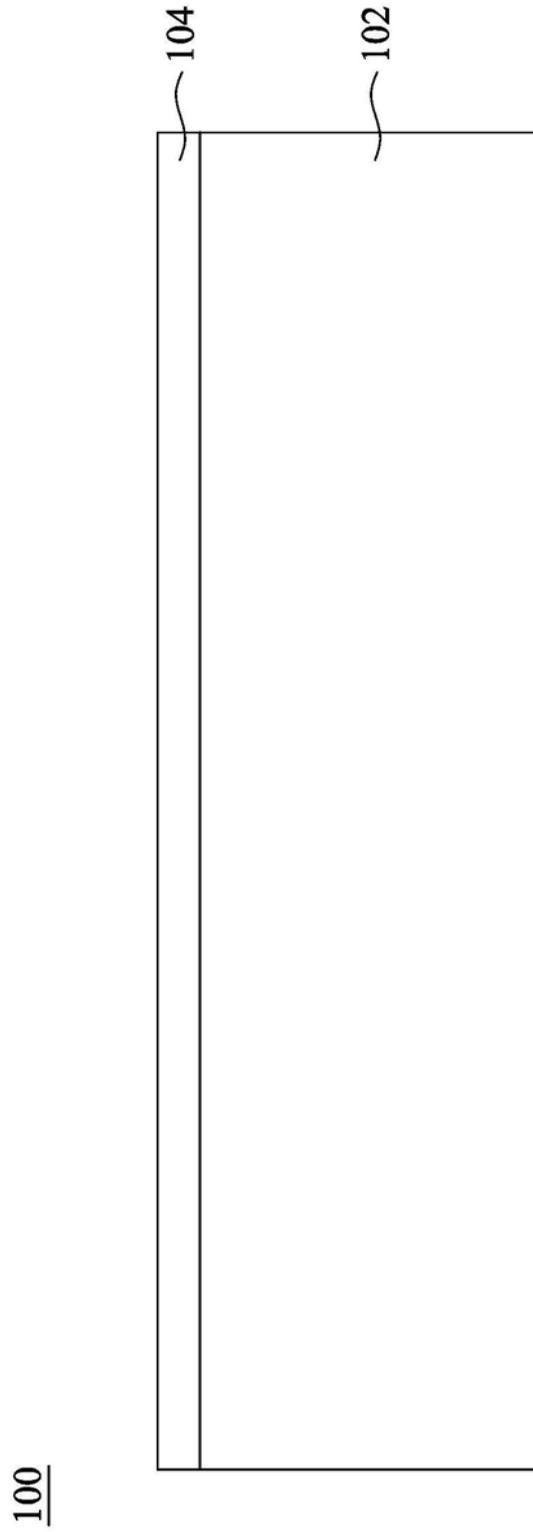


图1

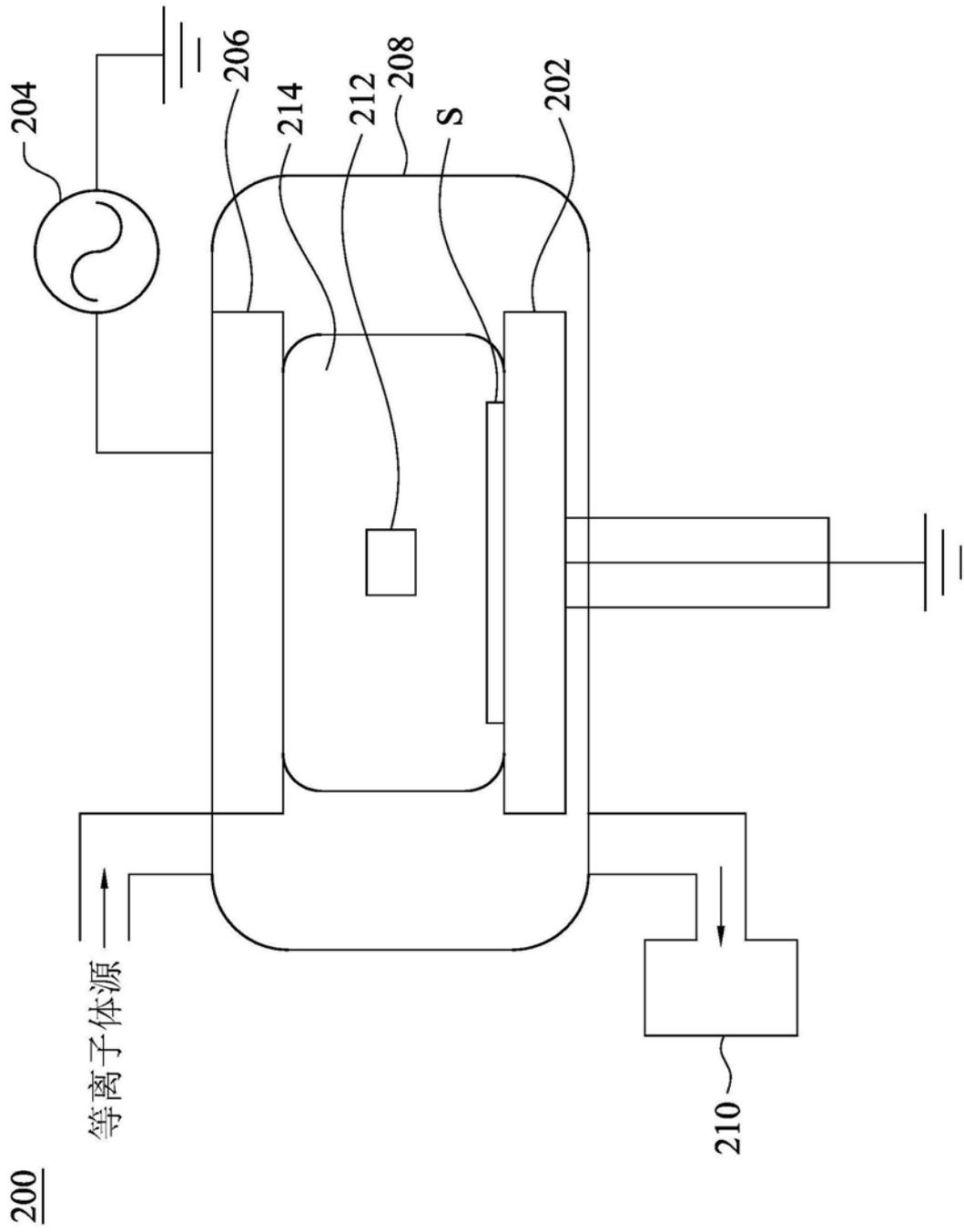


图2

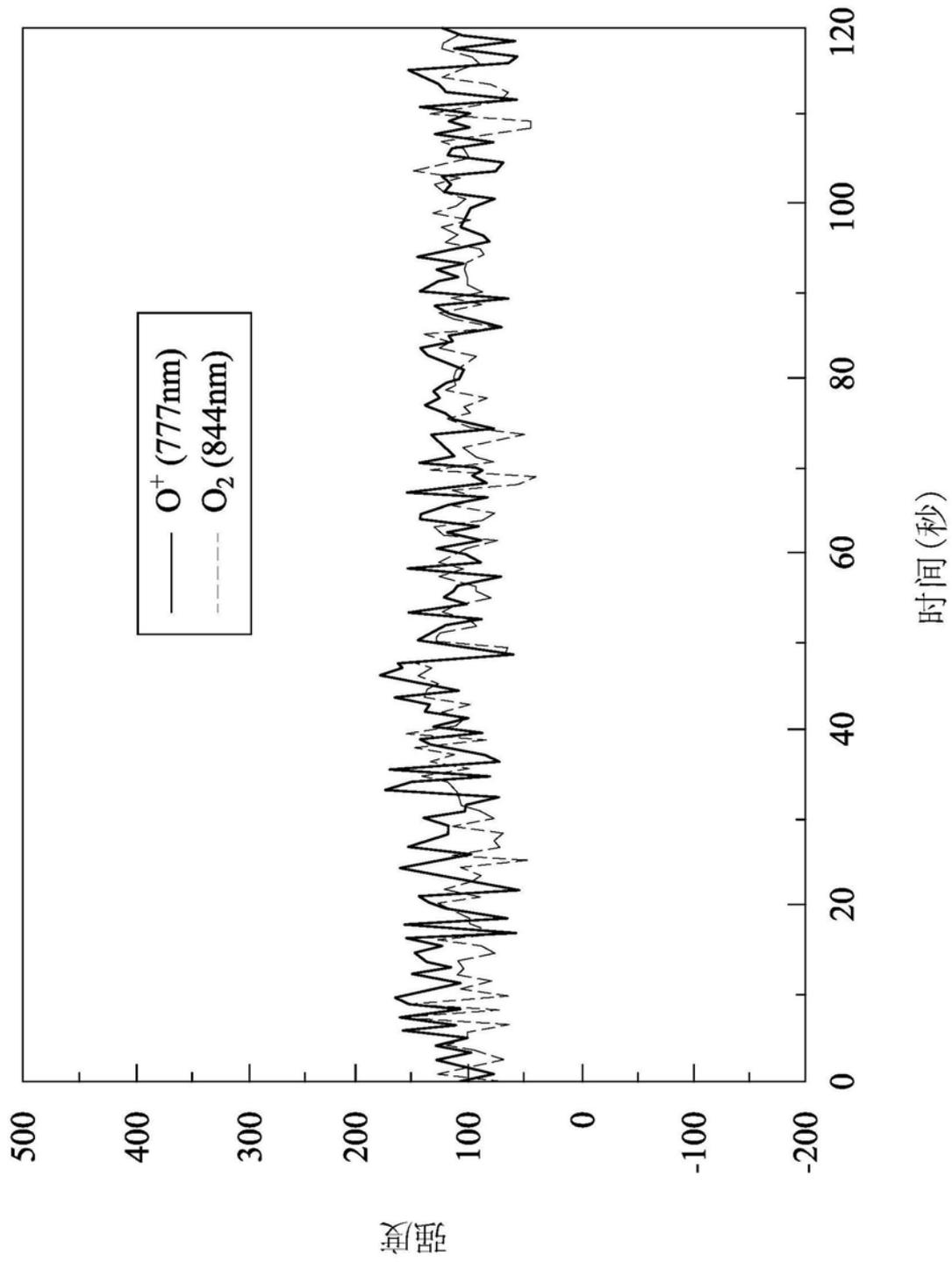


图3

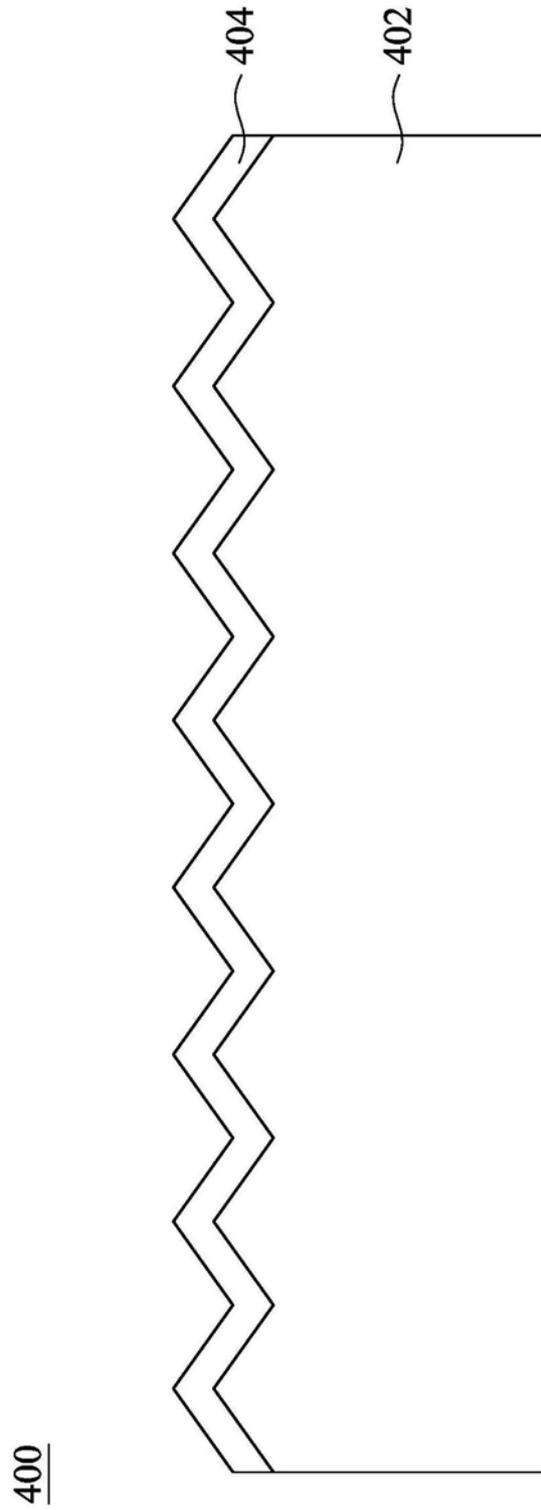


图4

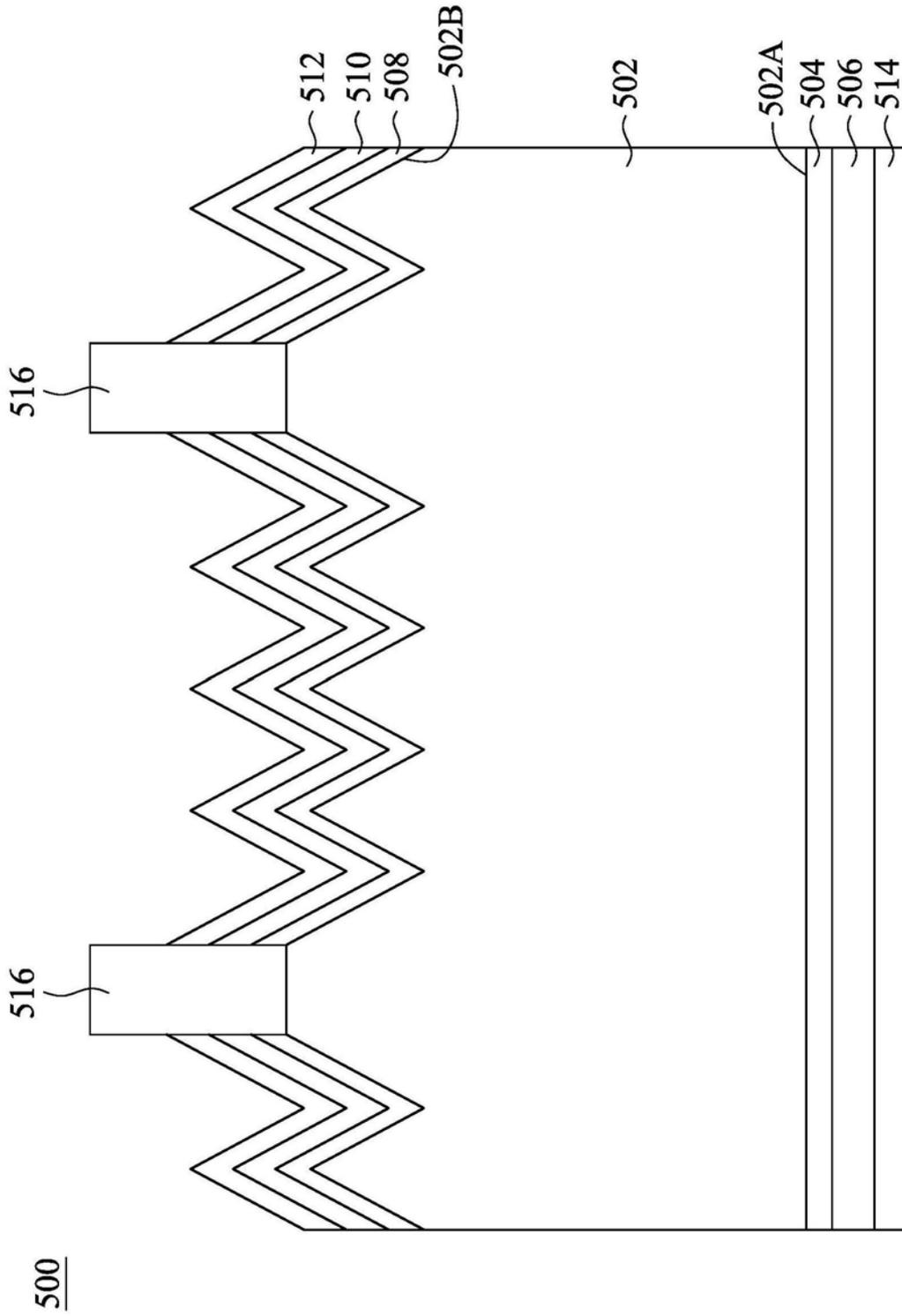


图5