



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104884918 B

(45)授权公告日 2018.01.30

(21)申请号 201380051638.1

(22)申请日 2013.09.27

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104884918 A

(43)申请公布日 2015.09.02

(30)优先权数据
61/709,060 2012.10.02 US
13/944,830 2013.07.17 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.04.01

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2013/062450 2013.09.27

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/055374 EN 2014.04.10

(73)专利权人 相干公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 R·塞梅拉德 E·克劳斯
J·施洛斯

(74)专利代理机构 余姚德盛专利代理事务所
(普通合伙) 33239
代理人 郑洪成

(51)Int.Cl.
G01J 5/12(2006.01)
G01K 17/00(2006.01)

(56)对比文件
US 2003127674 A1,2003.07.10,
CN 102047085 A,2011.05.04,
US 2012196150 A1,2012.08.02,
CN 101246055 A,2008.08.20,
审查员 任晓东

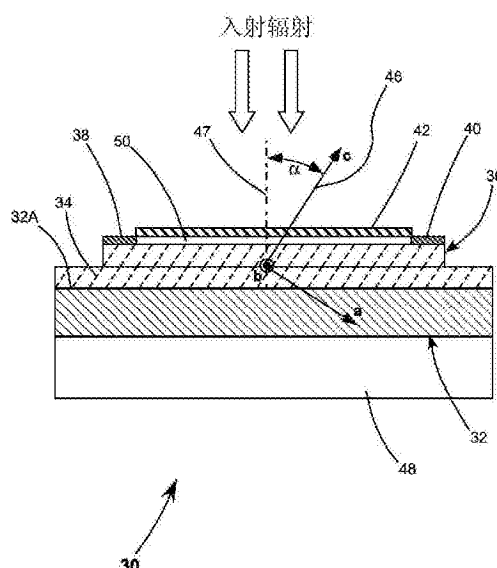
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

采用各向异性热电材料的激光电源传感器

(57)摘要

一种激光辐射传感器(30)包括铜衬底(32),其上生长了定向的多晶缓冲层(34),多晶缓冲层上是各向异性横向热电材料(36)的定向的多晶传感器元件。与传感器元件热连接的吸收层(42)被激光辐射加热以被测量并且将热交换至传感器元件,从而导致传感器元件上的热梯度。与传感器元件电接触的隔开的电极(38,40)感测与热梯度相对应的电压,作为入射激光辐射功率的测量结果。



1. 一种激光辐射传感器,包括:

铜衬底;

沉积在衬底上方的定向的多晶缓冲层,缓冲层具有相对于衬底的表面的法线成介于大约10度和大约45度之间的第一角度的晶向;

沉积在缓冲层上方的由选自热电材料组的热电材料制成的定向的多晶传感器元件,所述热电材料组由铟钨铜酸盐、铟钴酸钠和钴酸铟构成,传感器元件具有相对于衬底的所述表面的法线成介于大约10度和大约45度之间的第二角度的结晶c轴定向;

与传感器元件进行热交换的辐射-吸收层;以及

与传感器元件电接触的隔开的的第一和第二细长电极。

2. 根据权利要求1所述的激光辐射传感器,其中传感器元件是在第一和第二电极之间延伸的定向多晶传感器材料的连续层。

3. 根据权利要求1所述的激光辐射传感器,其中传感器元件包括隔开的定向多晶传感器材料的多个带,多个带彼此平行而且在第一和第二电极之间延伸。

4. 根据权利要求3所述的激光辐射传感器,其中传感器元件的带被对齐成平行于定向多晶传感器材料的结晶c轴。

5. 根据权利要求1所述的激光辐射传感器,进一步包括介于传感器元件和辐射-吸收层之间的保护层。

6. 根据权利要求5所述的激光辐射传感器,其中保护层是氧化镁和二氧化硅之一的层。

7. 根据权利要求6所述的激光辐射传感器,其中辐射-吸收层是选自辐射-吸收材料组的辐射-吸收材料的层,辐射-吸收材料组由碳化硼、氮化钛、氧化铬、黑色金属和碳组成。

8. 根据权利要求1所述的激光辐射传感器,其中电极包括选自金属组的金属,所述金属组由金、铂、银和钯构成。

9. 根据权利要求1所述的激光辐射传感器,其中缓冲层是选自材料组的材料的层,材料组由氧化镁、钇稳定的氧化锆、和氧化铈组成。

10. 根据权利要求1所述的激光辐射传感器,其中第一和第二角度大约相同。

11. 一种激光辐射传感器,包括:

高热导材料的衬底;

沉积在衬底上方的定向的多晶缓冲层,缓冲层具有相对于衬底的表面的法线成介于大约10度和大约45度之间的第一角度的晶向;

沉积在缓冲层上方的由选自热电材料组的热电材料制成的定向的多晶传感器元件,所述热电材料组由铟钨铜酸盐、铟钴酸钠和钴酸铟构成,传感器元件具有相对于衬底的所述表面的法线成介于大约10度和大约45度之间的第二角度的结晶c轴定向;

沉积在传感器元件上的保护层;

沉积在保护层上的辐射-吸收层;

与传感器元件电接触的隔开的的第一和第二细长电极;以及

其中传感器元件包括隔开的定向多晶传感器材料的多个带,所述多个带彼此平行并且在第一和第二电极之间延伸,其中每个带与第一和第二电极电接触。

12. 根据权利要求11所述的激光辐射传感器,其中衬底是铜衬底。

13. 根据权利要求11所述的激光辐射传感器,其中缓冲层的厚度介于大约0.5微米和大

约3.0微米之间,而且缓冲层是选自材料组的材料的层,材料组由氧化镁、钇稳定的氧化锆和氧化铈组成。

14.根据权利要求11所述的激光辐射传感器,其中传感器材料的带的厚度介于大约5纳米和大约500纳米之间。

15.根据权利要求11所述的激光辐射传感器,其中保护层的厚度介于大约0.2微米和大约2.0微米之间,而且保护层是氧化镁和二氧化硅之一的层。

16.根据权利要求12所述的激光辐射传感器,其中吸收层的厚度介于大约0.5微米和大约5.0微米之间,而且吸收层是选自辐射-吸收材料组的辐射-吸收材料的层,辐射-吸收材料组由碳化硼、氮化钛、氧化铬、黑色金属和碳组成。

采用各向异性热电材料的激光电源传感器

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2013年7月17日提交的美国专利申请No.13/944,830以及2012年10月2日提交的美国临时专利申请No.61/709,060的优先权,所述专利申请的全部公开在此通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 本发明总体涉及激光辐射检测器。本发明具体涉及采用横向热电效应的激光辐射检测器。

背景技术

[0004] 激光辐射检测器(传感器)被用于激光器应用中,其中需要测量或者监测激光辐射功率。功率测量可简单地通过记录-保持来获取或者作为一些闭合回路控制装置的一部分。常用的辐射检测器基于光电二极管或热电堆。

[0005] 基于光电二极管的传感器通过将测量的辐射的光子能转换成光电二极管中的电子-空穴对从而产生相应的电流来检测激光辐射,这被用作激光辐射功率的测量。光电二极管传感器具有相对快的时间响应,其中上升时间通常小于1微秒(μs)。光电二极管检测器的缺点在于受限的频率响应。该频率响应由用于形成光电二极管的具体半导体材料确定。举例来说,基于硅的光电二极管传感器具有介于大约0.2微米(μm)和大约2.0 μm 之间的光谱接受带宽。光电二极管的第二个限制是相对低的光学功率饱和。光电二极管通常受限为小于100毫瓦(mW)的激光功率的直接测量。

[0006] 热电堆传感器包括吸收辐射的固体元件,从而使得该元件加热。与该元件接触的一个或多个热电偶产生表示入射在该元件上的激光辐射功率的电流或电压。热电堆传感器具有相对于光电二极管检测器较慢的响应时间。该响应时间取决于传感器元件的尺寸。举例来说,具有19毫米(mm)和200mm的孔的放射式热电堆的响应时间分别大约为1秒和30秒。热电堆传感器的频率响应取决于传感器的吸收频谱。通过对传感器适当选择和配置,频率响应可从紫外(UV)波长扩展至远红外波长。利用足够的热沉,热电堆传感器可测量高达大约10千瓦(kW)的激光功率。

[0007] 一种相对新的检测器类型已经被提出来用于提供可与光电二极管检测器比拟的时间响应以及可与热电堆检测器比拟的频率响应,该新的检测器类型基于使用一层各向异性横向热电材料作为检测器元件。通过以定向的多晶结晶形式生长材料来形成这种各向异性层,其中晶体以不与该层的平面正交的方式倾斜。

[0008] 各向异性层吸收将被测量的辐射从而加热该层。这就产生了与该层垂直的方向上的通过各向异性材料的热梯度。该热梯度继而又产生了与该热梯度正交的电场。该电场正比于被吸收的入射辐射的强度。这种检测器可被称为横向热电效应检测器。如果各向异性层做得足够薄,例如仅仅几微米厚,则检测器的响应时间将能够与光电二极管检测器的响应时间的相比拟。频率响应仅仅受限于各向异性材料的吸光率。缺点在于,横向热电效应相

对于光电二极管的响应较弱。

[0009] 授权给Takahashi等人的美国专利No.8,129,689(以下称为Takahashi)中描述了一种横向热电效应检测器。Takahashi试图通过提供在透明结晶衬底的相对侧上生长的第一和第二各向异性材料层来转移横向热电效应的弱点。在Takahashi检测器中,未被各向异性材料的第一层吸收的辐射很可能被第二层吸收。提出可将反射涂层添加至第二层以反射第二层未吸收的任意辐射,从而得到通过两层的第二通道。

[0010] 可通过公知的倾斜衬底沉积(ISD)工艺来沉积定向的多晶层。在美国专利No.6,265,353和美国专利No.6,638,598中详细描述了该工艺。还可通过(不那么多功能的)离子束辅助沉积(IBAD)工艺生长定向的多晶层。C.P.Wang等人在Applied Physics Letters (Vol71,20,pp2955,1997)上发表的论文“Deposition of in-plane textured MgO on amorphous Si₃N₄ substrates by ion-beam-assisted deposition and comparisons with ion-beam assisted deposited yttria-stabilized-zirconia”中提供了该工艺的一种说明。

[0011] 上述Takahashi检测器允许各向异性材料层保持较薄,同时增大吸收的光的量,但是要求两侧抛光的透明结晶衬底,其成本对大多数商业应用来说很可能是不允许的。而且,Takashi检测器结构隔绝了结晶衬底,由此限制了使得衬底热沉的能力。这就将检测器的功率处理能力限制为小于大约10瓦(W)的最大功率,而且可能导致非线性的响应。

发明内容

[0012] 在一个方面中,根据本发明的一种辐射检测器传感器包括高热导材料的衬底。定向的多晶缓冲层沉积在衬底的表面。缓冲层具有第一角度的晶向,第一角度介于大约10度和大约45度之间。缓冲层顶部形成有选自热电材料组的热电材料的定向的多晶传感器元件,热电材料组由镉钡铜酸盐,锆钴酸钠和钴酸锆组成。传感器元件具有相对于衬底的所述表面的所述法线成第二角度的结晶c轴定向,第二角度介于大约10度和大约45度之间。布置了辐射-吸收层,辐射-吸收剂的吸收层与传感器层进行热交换。第一和第二电极隔开并与传感器层电接触。

附图说明

[0013] 并入本文并构成本说明书一部分的附图示意地图示了本发明的优选实施例,并且与上述发明内容和优选实施例的下述详细说明一起解释了本发明的原理。

[0014] 图1是示意地图示出根据本发明的横向热电检测器的优选实施例的截面图,其包括铜衬底、衬底上的缓冲层、缓冲层上的传感器层、传感器层上的保护层以及保护层上的吸收层,其中隔开的电极与传感器层电接触。

[0015] 图2是示意地图示出用于图1的检测器的电极和图案化的传感器层材料的优选布置的俯视平面图。

[0016] 图3是示意地图示出针对图2中传感器层是镉钡铜酸盐层的检测器示例的作为入射的CW激光辐射功率的函数的测得的横向热电信号的示图。

[0017] 图4是示意地图示出针对图3的检测器示例的作为入射的10纳秒脉冲能量函数的测得的峰值热电压和反射能量的示图。

[0018] 图5是示意地图示出针对图4的检测器示例的响应于单个10纳米脉冲辐射的作为时间的函数的横向热电电压信号的示意图。

[0019] 图6是示意地图示出针对图4的检测器示例中的效率的归一化空间均匀性的等值线图表。

具体实施方式

[0020] 现在参见附图,其中类似的组件被标有类似的附图标记,图1示意地图示出根据本发明的横向热电传感器的优选实施例30。传感器30包括高热导材料的衬底32。衬底32的优选材料是铜(Cu)。铜是优选材料的原因在于其高热导率和相对低的成本。衬底32具有抛光表面32A,优选地具有小于大约 $0.5\mu\text{m}$ 的RMS粗糙度。衬底可选地与热沉48电接触,热沉48可以被被动地或主动地被冷却。

[0021] 定向的多晶缓冲层34被沉积在衬底的表面32A上。缓冲层34的优选材料是氧化镁(MgO)。其它适当缓冲层材料包括钇稳定的氧化锆(YSZ)、氧化铈(CeO_2)。缓冲层34具有柱形晶粒结构,其晶轴(c轴)46在相对于衬底表面32A的法线47成介于大约10度和大约45度之间的角度的方向上以角度 α 倾斜。在附图中,晶轴的a-c平面是附图平面,而结晶b轴与附图平面垂直。缓冲层的优选厚度介于大约 $0.5\mu\text{m}$ 和大约 $3.0\mu\text{m}$ 之间。

[0022] 传感器-材料36的层36被沉积在缓冲层32上。缓冲层的倾斜的定向的晶体结构使得传感器-材料的层以提供期望的瞬态热电效应所需的倾斜多晶形式生长。倾斜的结晶结构在附图中以长虚线表示。

[0023] 缓冲的使用消除了衬底是结晶的需要,允许使用优选的铜衬底。传感器层(c轴定向)的结晶定向可相比于缓冲层的结晶定向,即,介于大约10度和大约45度之间但是优选地介于大约15度和大约40度之间。用于缓冲和传感器层的倾斜角度可以大约相同或者在标准范围内的稍微不同的角度。

[0024] 传感器层的材料是选自热电材料组的材料,热电材料组由镧钡铜酸盐($\text{DyBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$,通常缩写为DyBCO)、锶钴酸钠($\text{Sr}_{0.3}\text{Na}_{0.2}\text{CoO}_2$)和钴酸锶($\text{Sr}_3\text{Co}_4\text{O}_9$)组成。镧钡铜酸盐是最优选的。传感器层36的优选厚度介于大约5纳米(nm)和大约500nm之间。该厚度小于缓冲层的厚度而且是创建传感器层上的高热梯度所需的。

[0025] 可选地,层50被沉积以用于保护传感器层以防止环境退化。当DyBCO被用作传感器层36,这种保护层是关键的。保护层的优选材料包括MgO和二氧化硅(SiO_2)。在没有保护层时,在暴露至环境氧气和提升的温度下,DyBCO的热电特性将在相对快的时间内衰退。类似地,钴酸锶和锶钴酸钠由于暴露至大气湿度而衰退。保护层50的优选厚度介于大约 $0.2\mu\text{m}$ 和大约 $2.0\mu\text{m}$ 之间。

[0026] 可选的黑色辐射-吸收层42被生长在保护层50上。该层的吸收频谱根本上确定了本发明的横向热电辐射传感器的频率响应。层42的适当材料包括碳化硼、氮化钛、氧化铬、黑色金属(gold black)或碳。吸收层优选地具有介于大约 $0.5\mu\text{m}$ 和大约 $5.0\mu\text{m}$ 之间的厚度。不管所选的材料是什么,层42优选地被做得足够厚以使得大约95%或更多的辐射被吸收而且被转换成吸收层中的热。层42中的不完全吸收导致小于最佳热电响应信号,而且可导致非线性响应。

[0027] 当辐射-吸收层被入射的辐射加热时,热梯度在辐射-吸收层和铜衬底32之间被形

成传感器层36上方。由于倾斜的晶轴引起的传感器层36的热电特性的高各向异性,传感器层的厚度上的热流产生了与热流(热梯度)方向垂直(横切)的传感器层中的电场。横向电场是由于针对传感器层材料的结晶a-b和c方向中的Seebeck系数的显著不同的值造成的。

[0028] 彼此平行的隔开的细长电极38和40被布置在传感器层36上并与之电接触。电极的适当材料包括金(Au)、铂(Pt)、银(Ag)和钯(Pd)。电极之间的横向电场导致电极之间的与吸收层上的入射辐射功率成线性正比的电压。该电压可通过下述等式近似:

$$[0029] \quad V_x = \frac{L}{2t} \Delta T_z (S_{ab} - S_c) \sin(2\alpha) \quad (1)$$

[0030] 其中 V_x 是在第一电极38和第二电极40之间产生的电压; t 是传感器层36的厚度, ΔT_z 是传感器层36上的温度差; α 是层36的结晶c轴的倾斜角度; S_{ab} 和 S_c 分别是传感器层的a-b和c晶体方向的Seebeck系数;而且 L 是激光辐射的入射束的直径。

[0031] 图2是示意地图示出传感器层36的优选布置的俯视平面图,其中传感器层被图案化成多个带36A,其中每个带都在电极38和40之间延伸。带的宽度被标记为 W_1 ,带之间的空隙的宽度被标记为 W_2 。在此,带被对齐成平行于传感器层的c轴方向。带可通过热电材料的连续层的光刻和湿法刻蚀形成。层36可为了本说明书和所附权利要求的目的而被定义为传感器元件,该术语适用于连续传感器层以及/或图案化成图2的平行带或其它图案的层。

[0032] 在本发明的检测器的一个示例中,当检测器被功率大约为100瓦(W)的二氧化碳(CO₂)激光辐射辐射时,带(c轴对齐)的宽度 W_1 大约为300 μ m而且其间的间隔 W_2 大约为50 μ m的DyBCO,电极之间的长度大约为33mm而且带的图案上的宽度大约为32mm,提供的热电信号大约为100微伏(μ V),即,其中传感器元件36作为电极之间的连续片,热电信号电压大约是35 μ V。

[0033] 在本发明的检测器的另一示例中,采用上述示例中的尺寸,但是带36A以45度对齐至c轴方向,热电信号大约为60 μ V。在另一示例中,利用45度对齐的带,但是 W_1 和 W_2 每个大约都是100 μ m,热电信号大约是61 μ V。这些示例结果表明,对于检测器的给定有效面积,热电信号取决于传感器-材料带与热电材料的结晶c轴的对齐,但是可能对带以及它们之间的空隙的宽度不敏感。实际上,1至6的带宽度与间隙的比值被测试,其中在热电响应中没有观察到显著变化。

[0034] 图3是示意地图示出针对具有如图2那样图案化的DyBCO传感器元件的本发明的检测器的示例的作为入射的CWC02激光功率的函数的热电信号电压的示图。再次,有效面积是33mmx32mm。通过比较各个数据点(圆圈)和最优拟合的直线可以看出传感器响应是相当线性的。

[0035] 图4是示意地图示出针对图3的检测器示例的响应于来自1064-nm固态激光器的入射的10纳秒(ns)脉冲的作为入射的脉冲能量的函数的峰值热电电压(圆圈)和反射能量(菱形)的示图。图4的示图中的实线直线是圆圈(峰值电压)数据点的最优拟合,表明图3的示图中的CW辐射试验出的响应的相同的程度的线性度。

[0036] 图5是示意地图示出针对图4的示图的脉冲之一的作为时间的函数的热电信号的示图。信号的响应时间(上升时间)大约是640纳秒,其可比拟于光电二极管检测器的响应。

[0037] 传感器层36的上述图案化不仅改进了本发明的检测器的敏感度,而且改进了敏感度的空间均匀性。图3和4的检测器的敏感度的归一化的空间分布被示意地表示在图6中。可

以看出,检测器的最有用区域的空间均匀性大约是 $\pm 5\%$ 。没有图案化的传感器层的相同检测器在相同区域上的空间均匀性大约是 $\pm 20\%$ 。

[0038] 对于本发明的检测器的功率处理能力,针对任意特定衬底和缓冲层,这将由传感器层材料的选择确定。举例来说,诸如镉钡铜酸盐之类的铜酸盐的最大工作温度 $\leq 350^{\circ}\text{C}$ 。基于热传递计算,可以估计出采用镉钡铜酸盐作为传感器材料的检测器将被限制为测量高达大约2千瓦(kW)的辐射功率。诸如钴酸锶之类的钴酸盐横向热电材料理论上具有工作温度($\geq 350^{\circ}\text{C}$)而且应该允许测量大于2kW的激光功率。

[0039] 总之,以优选实施例和其它实施例描述了本发明。但是,本发明并非受限于此处描述和说明的实施例。实际上,本发明仅仅由所附权利要求限制。

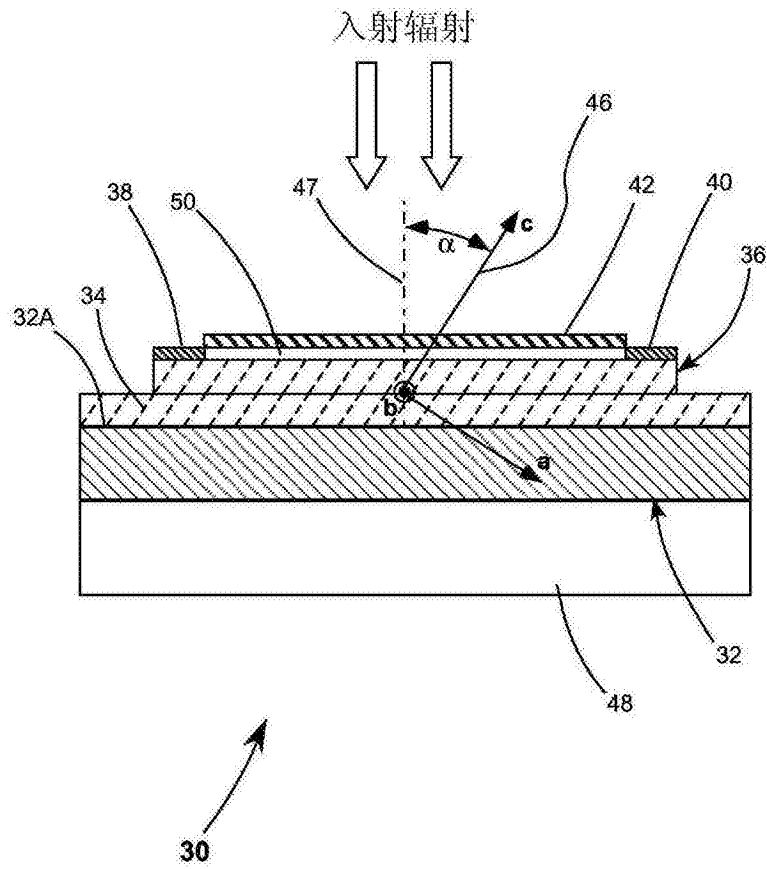


图1

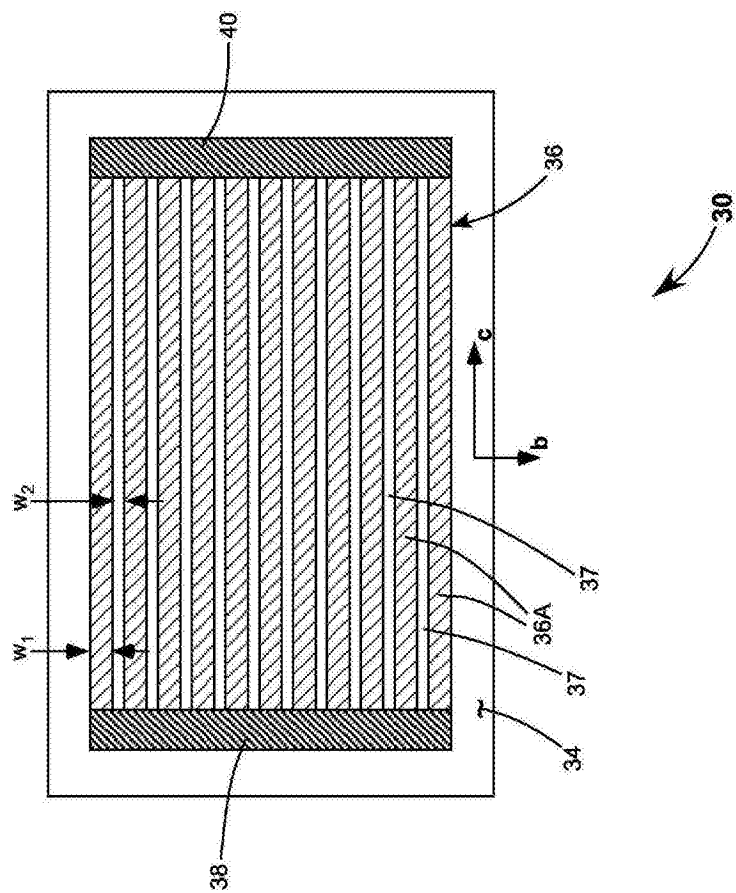


图2

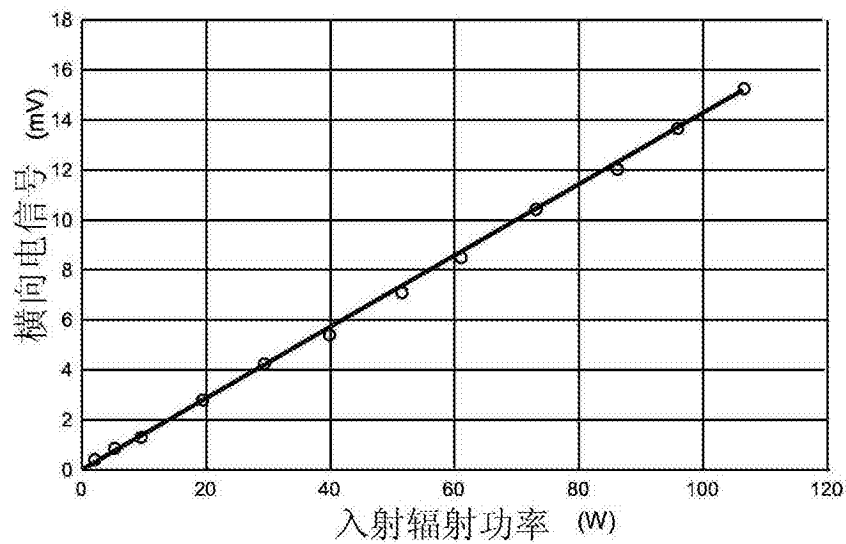


图3

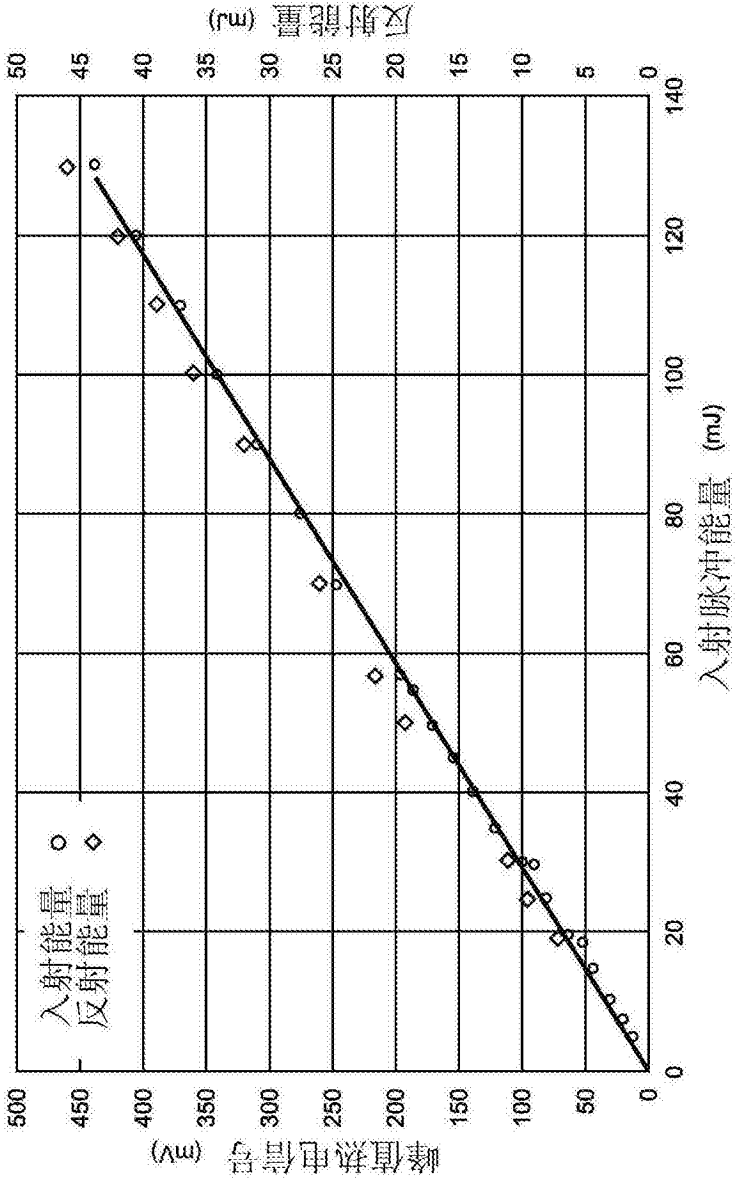


图4

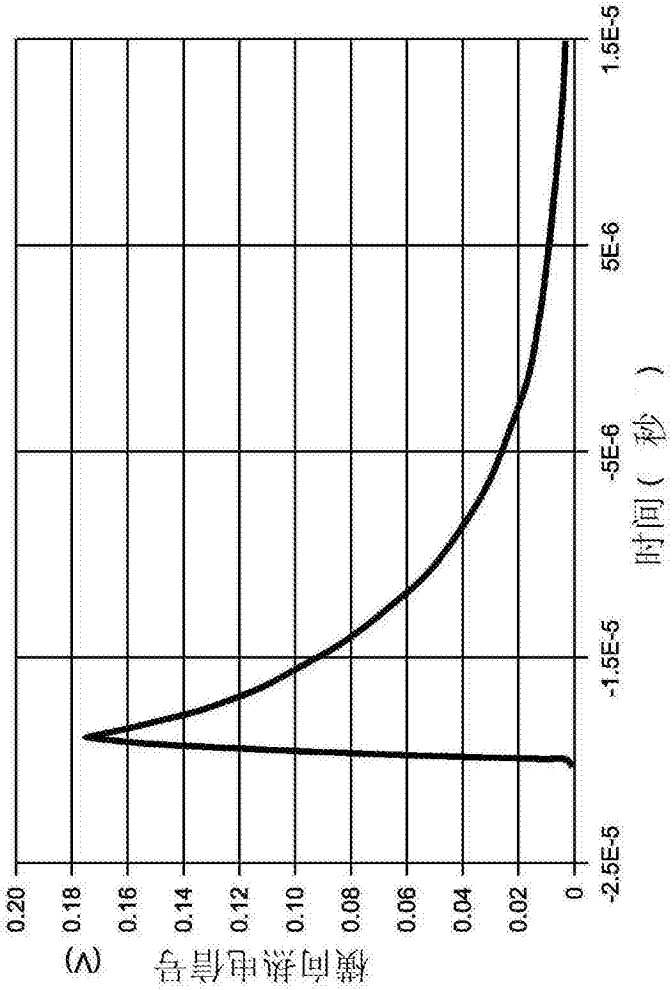


图5

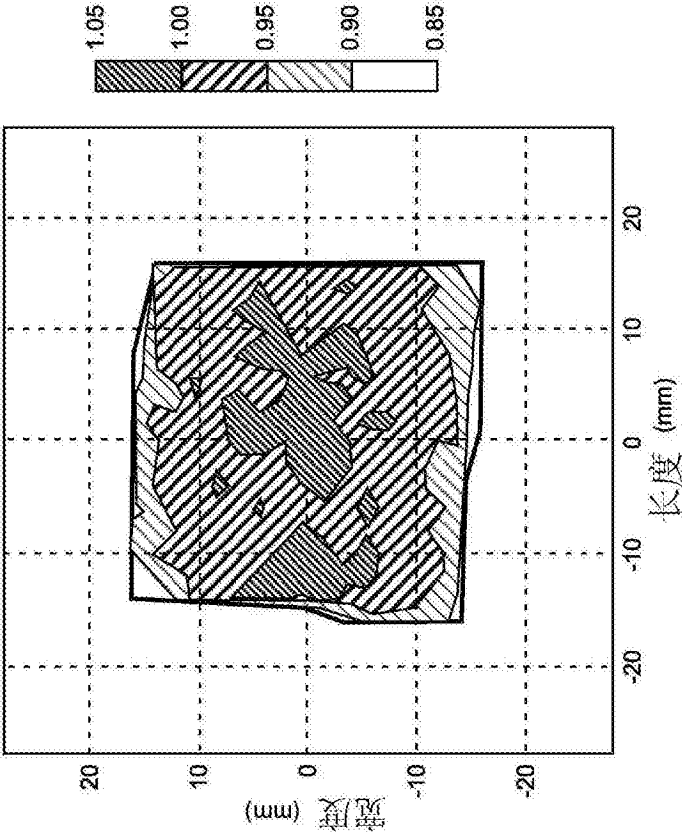


图6