(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108780161 A
(43)申请公布日 2018.11.09

(21)申请号 201780018178.0

(22)申请日 2017.03.16

(30)优先权数据
62/310,201 2016.03.18 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2018.09.18

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2017/022653 2017.03.16

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2017/161084 EN 2017.09.21

(71)申请人 康宁股份有限公司
地址 美国纽约州

(72)发明人 J·S·萨瑟兰 L·G·万博尔特
K·S·伍达得

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100
代理人 高宏伟 乐洪咏

(51)Int.Cl.
G02B 1/02(2006.01)
G02B 5/08(2006.01)

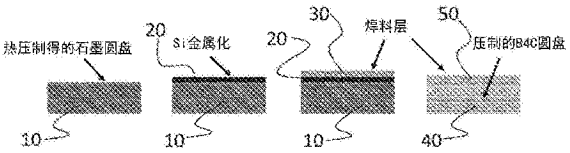
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54)发明名称

具有高刚度基材的反射光学元件

(57)摘要

本文描述了用于光学元件的高刚度基材。所述基材包含石墨精整层和非氧化物陶瓷基底基材。非氧化物陶瓷基底基材优选是碳化物，例如碳化硼或碳化硅。石墨精整层可包含具有低精整度的表面。低精整度可通过对石墨表面进行金刚石车削来实现。可利用焊料将石墨精整层接合至非氧化物基底陶瓷。可在石墨精整层上形成补充精整层。可在石墨或补充精整层上形成反射层叠件。本文还描述了用于制造基材的方法。



CN 108780161 A

1.一种光学元件,其包含:

基底基材,所述基底基材包含非氧化物陶瓷;以及

石墨层,所述石墨层与所述基底基材直接或间接接触。

2.如权利要求1所述的光学元件,其特征在于,所述非氧化物陶瓷包含碳化物。

3.如权利要求2所述的光学元件,其特征在于,所述碳化物包含碳化硼或碳化硅。

4.如权利要求1或2所述的光学元件,其特征在于,所述非氧化物陶瓷具有至少$4.0\times10^{8}lb_f\text{-}in/lb_m$的比刚度。

5.如权利要求1～4中任一项所述的光学元件,其特征在于,所述石墨层包含金刚石车削表面。

6.如权利要求1～5中任一项所述的光学元件,其特征在于,所述石墨层包含小于25 Å的rms表面粗糙度。

7.如权利要求1～6中任一项所述的光学元件,其特征在于,还包含金属化层。

8.如权利要求7所述的光学元件,其特征在于,所述金属化层与所述石墨层直接接触。

9.如权利要求7所述的光学元件,其特征在于,所述金属化层包含Si。

10.如权利要求1～9中任一项所述的光学元件,其特征在于,还包含焊料层。

11.如权利要求10所述的光学元件,其特征在于,所述焊料层包含Ti或稀土元素。

12.如权利要求10或11所述的光学元件,其特征在于,所述焊料层具有低于225℃的熔点。

13.如权利要求10～12中任一项所述的光学元件,其特征在于,所述焊料层与所述基底基材直接接触。

14.如权利要求10～13中任一项所述的光学元件,其特征在于,还包含与所述石墨层直接接触的第一金属化层。

15.如权利要求14所述的光学元件,其特征在于,所述焊料层与所述第一金属化层直接接触。

16.如权利要求14或15所述的光学元件,其特征在于,还包含与所述基底基材直接接触的第二金属化层。

17.如权利要求16所述的光学元件,其特征在于,所述焊料层与所述第二金属化层直接接触。

18.如权利要求1～17中任一项所述的光学元件,其特征在于,还包含与所述石墨层直接接触的金属层。

19.如权利要求18所述的光学元件,其特征在于,所述金属层具有金刚石车削表面。

20.如权利要求1～19中任一项所述的光学元件,其特征在于,还包含位于所述石墨层与所述基底基材之间的有机粘合剂层。

21.如权利要求1～20中任一项所述的光学元件,其特征在于,还包含位于所述石墨层上的反射层。

22.一种制造光学元件的方法,所述方法包括:

将精整层组装件接合至基底基材组装件,所述精整层组装件包含石墨层,所述基底基材组装件包含基底基材,所述基底基材包含非氧化物陶瓷。

23.如权利要求22所述的方法,其特征在于,所述非氧化物陶瓷是碳化物。

24.如权利要求23所述的方法，其特征在于，所述碳化物包含碳化硼或碳化硅。

25.如权利要求22～24中任一项所述的方法，其特征在于，所述精整层组装件还包含与所述石墨层直接接触的金属化层。

26.如权利要求25所述的方法，其特征在于，所述精整层组装件还包含与所述金属化层直接接触的焊料层。

27.如权利要求22～24中任一项所述的方法，其特征在于，所述基底基材组装件还包含与所述基底基材直接接触的金属化层。

28.如权利要求22～25中任一项所述的方法，其特征在于，所述基底基材组装件还包含与所述基底基材直接接触的焊料层。

29.如权利要求22～28中任一项所述的方法，其特征在于，所述接合包括施加机械力。

30.如权利要求22～28中任一项所述的方法，其特征在于，所述接合包括加热所述精整层组装件，以及加热所述基底基材组装件。

31.如权利要求22～30中任一项所述的方法，其特征在于，还包括形成所述精整层组装件。

32.如权利要求31所述的方法，其特征在于，所述形成精整层组装件包括形成与所述石墨层直接或间接接触的金属化层。

33.如权利要求32所述的方法，其特征在于，所述形成精整层组装件包括在所述金属化层上形成焊料层。

34.如权利要求31所述的方法，其特征在于，所述形成精整层组装件包括在所述石墨层上形成焊料层。

35.如权利要求22～34中任一项所述的方法，其特征在于，还包括形成所述基底基材组装件。

36.如权利要求35所述的方法，其特征在于，所述形成基底基材组装件包括在所述基底基材上形成焊料层。

37.如权利要求22～36中任一项所述的方法，其特征在于，还包括对所述精整层组装件的表面进行金刚石车削。

具有高刚度基材的反射光学元件

[0001] 本申请依据35U.S.C.§119要求于2016年3月18日提交的系列号为62/310201的美国临时申请的优先权，本文以该申请的内容为基础并通过引用将其全文纳入本文。

[0002] 领域

[0003] 本说明书涉及光学元件。更具体而言，本说明书涉及具有高刚度基材和低精整度表面的光学元件。

[0004] 背景

[0005] 尺寸、重量和功率(SWAP)是要用于便携性和移动性具有优势的应用中的光学系统的关键设计参数。尺寸和重量受到光学设计的直接影响，而功率则受到间接影响，因为更轻的系统需要更小的功率来移动。

[0006] 光学系统的设计选择通常是基于折射光学元件或反射光学元件。当设计重量轻的光学系统时，一些因素倾向于使用反射光学元件。首先，使系统中光学元件的数量降到最少能够减轻系统的重量。然而，保持具有较少元件的系统的性能需要使用具有精密的非球面或自由曲面的光学件。这种光学件最好通过能够被金刚石车削的材料来得到。

[0007] 第二，在通过单一孔聚焦所有谱带的设计中，多谱系统的尺寸和重量可减轻。由于折射率的波长依赖性，利用折射光学件难以实现多谱聚焦。而反射光学件则能够轻易地在较宽的光谱范围内将光线聚焦成共同的焦点。

[0008] 第三，可通过将各个光学元件的重量降到最低来减轻系统重量。可通过例如结构优化(诸如使光学元件薄化)来减重。然而，对于折射光学件而言薄化是不现实的，因为屈光力需要光学件具有足够的厚度。相反，反射光学件中的光学效应只取决于表面区域，且将支承反射表面的基材薄化至与机械完整度要求相一致的程度通常是可能的。

[0009] 第四，可通过为光学元件选择低密度材料来减轻系统重量。穿过折射光学件的透射率需求限制了材料的选择，并且阻碍了多种优选基材的使用。用于反射元件的基材所受到的限制要少得多。即使特定的基材材料在目标谱带上具有较差的反射，通常也可通过在基材表面沉积反射薄膜来实现所需的性能。

[0010] 基于上述考量，采用特征在于表面能够进行金刚石车削以实现低精整度的低密度、结构优化镜面的反射光学件已成为宽谱带或多谱带便携式光学系统的优选设计选择。

[0011] 随着新应用的不断涌现，对于反射光学元件提出了更高的要求。目前这是对能够在航空航天和商用应用中的动态条件下保持精密图像的轻量化反射光学元件的需求。就商用应用而言，高速扫描仪要求重量轻的镜面，以在极端的震荡或旋转加速度负荷下保持反射表面平整度。就空中监视和侦察应用而言，要求重量轻的镜面，以在飞行器震动和热环境下保持精确的图像。就航天应用而言，要求重量轻的镜面，以在各种启动和/或太空飞行器加速和热环境下保持精确的图像。就太空飞行器而言，由于将卫星发射入宇宙时每磅所产生的成本，重量也是一个主要考量。并且，就太空环境而言，阻隔宇宙辐射的材料经常有利于和/或被需要用于保护探测器。

[0012] 对于在严苛条件下保持精确图像的重量轻的镜面的需要激发了对于展现出高刚度的新型低密度基材的研究。

[0013] 发明简述

[0014] 本公开提供了一种用于光学元件的高刚度基材。所述基材包含石墨精整层和非氧化物陶瓷基底基材。非氧化物陶瓷基底基材优选是碳化物，例如碳化硼或碳化硅。石墨精整层包含具有低精整度的表面。低精整度通过对石墨表面进行金刚石车削或抛光来实现。可利用焊料将石墨精整层接合至非氧化物基底陶瓷。可在石墨精整层上形成补充精整层。可在石墨或补充精整层上形成反射层叠件。本文还描述了用于制造基材的方法。

[0015] 本公开延伸至：

[0016] 一种光学元件，其包含：

[0017] 基底基材，所述基底基材包含非氧化物陶瓷；以及

[0018] 与所述基底基材直接或间接接触的精整层，所述精整层包含石墨。

[0019] 本公开延伸至：

[0020] 一种制造光学元件的方法，所述方法包括：

[0021] 将精整层组装件接合至基底基材组装件，所述精整层组装件包含精整层，所述精整层包含石墨层，所述基底基材组装件包含基底基材，所述基底基材包含非氧化物陶瓷。

[0022] 在以下的详细描述中给出了其他特征和优点，其中的部分特征和优点对本领域的技术人员而言是容易理解的，或通过实施文字描述和其权利要求书以及附图中所述实施方式而被认识。

[0023] 应理解，上面的一般性描述和下面的详细描述都仅仅是示例性的，用来提供理解权利要求书的性质和特点的总体评述或框架。

[0024] 所附附图提供了进一步理解，附图被结合在本说明书中并构成说明书的一部分。附图是对本说明书的所选方面的例示，其与说明书一起对本说明书所包含的方法的原理和操作、产品以及组成进行解释。附图中所示的特征是对于本说明书所选实施方式的图示，其不需要以适当比例绘制。

[0025] 附图的简要说明

[0026] 尽管本说明书以权利要求书作结，具体指出并明确限定了所描述的技术内容，但认为结合以下附图能够由所记载的描述更好地理解本说明书，其中：

[0027] 图1是制造石墨精整层和碳化硼基底基材的示意图。

[0028] 图2是表面置有焊料丸粒的石墨、碳化硅和碳化硼的照片。

[0029] 图3显示了焊料丸粒软化和分散开之后的图2的照片。

[0030] 图4是将精整层组装件与基底基材组装件接合以形成基材的示意图。

[0031] 图5是包含石墨精整层和非氧化物陶瓷基底基材的基材的照片。

[0032] 图6是表面上具有石墨精整层的碳化硼基材的照片。

[0033] 附图中所阐述的实施方式是示例性的，并不旨在限定详细描述或权利要求书的范围。只要可能，在附图中使用相同的附图标记表示相同或相似的特征。

[0034] 发明详述

[0035] 本公开是作为传授教导而提供的，参考以下说明、附图、实例和权利要求可更容易地理解本公开。有鉴于此，本领域技术人员将会承认和理解的是，可改变本文中所描述的实施方式的各个方面，而仍然得到有益的结果。还显而易见的是，本实施方式所需的有益结果中的一部分可以通过选择一些特性而不采用其他的特性来获得。因此，本领域普通技术人

员会认识到，许多更改和修改都是可能的，在某些情况下甚至是希望的，并且是本公开的一部分。因此，应当理解的是，除非另有说明，否则本公开不限于所公开的特定组合物、制品、装置和方法。还应当理解的是，本文所使用的术语仅用于描述具体方面，而非旨在进行限制。

[0036] 本文公开了可用作所公开的反射光学元件的、与所公开的反射光学元件结合使用的、用于制备所公开的反射光学元件的、或作为所公开的反射光学元件的实施方式的成分(包括材料、化合物、组合物和方法步骤)，以及用于制造反射光学元件的方法。应当理解的是，即使未明确指出，当这些成分的组合或子组、相互作用被公开时，每一种成分单独地以及两种或更多种成分的每一种组合也在本文中被设想到和公开。例如，如果成分A、B和C的一种组合被公开，则A、B和C中的每一种被单独公开，且组合A-B、B-C、A-C以及A-B-C中的每一种也被公开。类似地，如果成分D、E和F被单独公开，则组合D-E、E-F、D-F以及D-E-F中的每一种也被公开。该理念适用于本公开的所有方面，包括但不限于与材料、化合物、组合物以及方法步骤相对应的成分。

[0037] 在本说明书以及所附的权利要求中，将会涉及多个术语，这些术语定义成具有以下含义：

[0038] 除非另有说明，否则范围中的所有术语前都冠有术语“约”。例如，约1、2或3等价于约1、约2或约3，且进一步包括约1～3、约1～2以及约2～3。在成分和类似方面公开的具体和优选的数值及其范围仅用于说明，它们不排除其他限定数值或限定范围内的其他数值。本公开的组合物和方法包括那些具有本文所描述的任何数值或数值、具体数值、更具体的数值和优选数值的任何组合。

[0039] 如本文所用，接触是指直接接触或间接接触。直接接触的元件彼此触碰。间接接触的元件不彼此触碰，但通过其它方式接合。接触的元件是刚性接合或非刚性接合的。进行接触，是指定位两个元件，使它们直接或间接接触。直接(间接)接触的元件可说成彼此直接(间接)接触。

[0040] 将会讨论相对于基材使本文所述的光学元件中的层按层序列进行排列。本文中有关层排列的描述与基材的朝向无关。基材形成光学元件的基底。

[0041] 如本文所用，术语“位于……之上”是指直接或间接接触。如果本文中指出一个层位于另一层之上，则这两个层直接或间接接触。

[0042] 除非另有特别说明，否则术语“精整度”或“表面精整度”是指表面的均方根(rms)粗糙度。具有低粗糙度的表面被认为具有低精整度，而具有高粗糙度的表面被认为具有高精整度。具有低精整度的光学表面更加平滑，对于本文所描述的光学元件而言是优选的。如本文所用，“低精整度”是指具有如本文所公开的均方根(rms)粗糙度的表面。

[0043] 下面，对本说明书的示例性实施方式进行详细描述。

[0044] 本说明书提供了一种用于反射光学元件的基材。所述基材具有较轻的重量、高刚度以及具有低精整度的表面或能够被加工成低精整度的表面。本说明书还提供了采用该基材的反射光学元件。反射光学元件还可包含位于基材表面上的反射层或反射层叠件。反射层叠件是共同提供反射或其它光学效果的两个或更多个层的组合。

[0045] 基材可包含基底基材和位于基底基材上的精整层。精整层与基底基材直接或间接接触。如本文所用，精整层是具有能够被加工成低精整度的表面的层。可将反射层或反射层

叠件直接形成于精整层上。如果没有精整层，则可将反射层或反射堆叠件直接形成于基底基材上。

[0046] 基材可包含位于精整层与基底基材之间的一个或更多个中间层。一个或更多个中间层可包含金属化层、粘合层和/或焊料层。一个或更多个中间层可改善精整层与基底基材之间的粘合。

[0047] 较轻的重量以及在严苛的机械应用中保持图像的设计目标指引基底基材的选择。引导对基底基材材料的选择的一个重要性质是比刚度，其定义为弹性模量(E)与密度(ρ)之比(E/ρ)。其它相关的材料性质包括热膨胀系数(CTE)、尺寸稳定性、环境兼容性(腐蚀、辐射)、精整能力(例如金刚石车削和/或抛光成光学品质的能力)、与反射涂层的兼容性以及成本。

[0048] 对于重量极轻的镜面，铍(Be)是约定俗成的标准。Be具有金属中最高的比刚度(E＝$4.25\times10^{7}lf_f/in^2$，ρ＝$0.067lb_m/in^3$，E/ρ＝$6.34\times10^{8}lb_f$-in/$lb_m$)，且适用于太空应用，因其能够阻隔宇宙辐射。然而，Be镜面的精整成本很高，且无法将Be直接机械加工(金刚石车削)成低精整度。Be基材的低精整度要求在Be上镀上一层能够进行金刚石车削的精整层。Be最大的缺点是具有毒性。来自Be加工的尘埃或烟气会带来严重的健康风险(铍中毒)。因为与Be相关联的缺点，仅将Be镜面用于Be的材料性能远高于其代价的应用中(典型的是太空应用)。

[0049] 本说明提供了性能与Be相当但不存在与Be相关联的缺点的基底基材。具有与Be可比的比刚度的唯一一类材料是陶瓷。具体而言，非氧化物陶瓷具有高比刚度。在本文所述的实施方式中，基底基材是非氧化物陶瓷。按照本说明书的优选的基底基材包括碳化物。具有代表性的碳化物包括碳化硼和碳化硅。碳化硼具有$7.47\times10^{8}lb_f$-in/lb_m的比刚度，而碳化硅具有$5.54\times10^{8}lb_f$-in/lb_m的比刚度。碳化硼能够阻隔宇宙辐射，且可用于航空航天应用中。这两种材料还可被热压和/或机械加工成接近网状。

[0050] 碳化物尚未被广泛用作反射光学件的基材，因为它们具有高硬度，且不适用于金刚石车削。结果是，变得需要向碳化物上施涂精整层，以实现具有低精整度的基材。在要求在严苛的机械部署环境中具有高图像稳定性的应用中，迄今为止不断在寻找用于精整层的合适材料。

[0051] 本说明提供了一种用于碳化物基底基材的精整层。该精整层是石墨或含石墨的材料。石墨是密度较低的材料，其具有化学惰性、低热膨胀系数和低弹性模量的特点。石墨还可进行金刚石车削，且当被用作精整包层时，其在较宽的温度范围内对图像几乎没有影响。

[0052] 基材可包含具有精整层的陶瓷基底基材。在一些实施方式中，陶瓷基底基材是非氧化物陶瓷，且精整层是石墨或含石墨的材料。基底基材可包含非氧化物陶瓷或主要由非氧化物陶瓷组成。精整层可包含石墨或主要由石墨组成。在一些实施方式中，非氧化物陶瓷是碳化物，且基材包含碳化物基底基材和精整层。在一些实施方式中，基材包含碳化物基底基材以及作为精整层的石墨或含石墨的材料。一种优选的实施方式包含具有作为基底基材的碳化硼和作为精整层的石墨的基材。另一种优选的实施方式包含具有作为基底基材的碳化硅和作为精整层的石墨的基材。石墨可与基底基材直接或间接接触。

[0053] 陶瓷基底基材的比刚度可为至少$2.0\times10^{8}lb_f$-in/lb_m、或至少$4.0\times10^{8}lb_f$-in/lb_m、或至少$6.0\times10^{8}lb_f$-in/lb_m、或至少$7.0\times10^{8}lb_f$-in/lb_m，或者在$2.0\times10^{8}lb_f$-in/lb_m至

$1.0\times10^{9}lb_f$-in/lb_m的范围内，或在$3.0\times10^{8}lb_f$-in/lb_m至$9.0\times10^{8}lb_f$-in/lb_m的范围内、或在$4.0\times10^{8}lb_f$-in/lb_m至$8.0\times10^{9}lb_f$-in/lb_m的范围内、或在$4.5\times10^{8}lb_f$-in/lb_m至$7.5\times10^{9}lb_f$-in/lb_m的范围内。

[0054] 可将石墨直接沉积在基底基材上，或者独立于基底基材而形成并且接合至基底基材上。可通过对石墨粉末进行热等静压制、溅射或气相沉积技术来形成石墨。可在接合至基底基材之前或之后对石墨进行机械加工、金刚石车削或抛光。在一种实施方式中，独立于基底基材而形成石墨，并将其加工成符合基底基材表面形状的形状。石墨也可从商业来源处获得。优选孔隙率较低的石墨。

[0055] 在某些实施方式中，为了改善耐久性和/或粘合性，可在石墨与基底基材之间放置一个或更多个中间层。一个或更多个中间层可包含金属化层、粘合层、形成金属碳化物的层和/或焊料层。

[0056] 金属化层包含Si。可在将石墨精整层接合至基底基材之前，将金属化层形成于石墨精整层和/或基底基材上。可在施涂金属化层之前，对施涂金属化层的表面进行粗糙化。可通过碾磨(以形成随机表面特征或诸如对齐的凹槽或脊部这样的表面特征)、球磨或者用嵌有排列成所需图案的颗粒的弹性释放片形成具有受控粗糙度的机械加工表面的方式来实现表面粗糙化。粗糙化的表面可改善金属化层对石墨精整层表面和/或碳化物基底基材表面的粘合。

[0057] 可在将石墨精整层接合至碳化物基底基材之前，将形成金属碳化物的层形成于石墨精整层和/或基底基材的表面上。形成金属碳化物的层可以是能够与石墨和/或碳化物基底基材形成界面金属碳化物层的金属(例如Ti、Zr、Y或Cr)。形成金属碳化物的层可位于石墨精整层与碳化物基底基材之间。在一些实施方式中，形成金属碳化物的层与石墨精整层直接接触，且碳化物基底基材与形成金属碳化物的层直接接触。可将分开的形成金属碳化物的层形成于石墨精整层和碳化物基底基材上，且可将分开的金属化层形成于形成金属碳化物的层上，所述形成金属碳化物的层形成于石墨精整层和碳化物基底基材中的每一种上。

[0058] 在一些实施方式中，界面金属碳化物层可改善与重叠的金属化层的粘合。在一些实施方式中，形成金属碳化物的层形成于石墨精整层与金属化层之间。形成金属碳化物的层可与石墨精整层直接接触，且金属化层可与形成金属碳化物的层直接接触。在一些实施方式中，形成金属碳化物的层形成于碳化物基底基材与金属化层之间。形成金属碳化物的层可与碳化物基底基材直接接触，且金属化层可与形成金属碳化物的层直接接触。

[0059] 焊料层可含有Ti或稀土元素。焊料的组成可抑制在基底基材和/或精整层的表面处形成氧化物或氮化物屏障。在一些实施方式中，将焊料层直接施涂于石墨精整层和/或碳化物基底基材上。在另一些实施方式中，金属化层存在于石墨精整层和/或碳化物基底基材上，且将焊料直接施涂于金属化层上。金属化层可牢固地粘合至石墨精整层和/或碳化物基底基材，且可对焊料进行选择，以将其牢固地粘合至金属化层。焊料优选具有低熔点(低于250℃，或低于255℃，或低于200℃，或低于175℃)，以在将精整层与基底基材接合时降低因温度而引起的形状扭曲。焊料层包含市售的金属焊料，例如S-Bond 220(一种基于Sn-Ag-Ti合金的无铅焊料，可购自S-Bond技术有限公司(S-Bond Technologies)兰斯代尔，宾夕法尼亚州)或S-Bond 220M(一种基于Sn-Ag-Ti-Mg合金的无铅焊料，可购自S-Bond技术有限公

司，兰斯代尔，宾夕法尼亚州)。也可使用为接合非金属材料而优化了的铟焊料，如购自铟泰公司(Indium Corporation，尤蒂卡，纽约州)的焊料#1E、#3、#4、#290。焊料层的厚度可小于4.0密耳，或小于3.0密耳，或小于2.0密耳，或小于1.0密耳，或在0.25密耳至4.0密耳之间，或在0.5密耳至3.0密耳之间，或在0.75密耳至2.5密耳之间，或在1.0密耳至2.0密耳之间。

[0060] 粘合层包含金属(例如Ti、Zr、Yb、Cr、Pd)。可将粘合层作为分离的层施涂，或者将其嵌入石墨中。粘合层可包含于金属化层与石墨精整层之间，或者包含于金属化层与碳化物基底基材之间。在一种实施方式中，将Si金属化层形成于金属粘合层上，且将焊料层形成于Si金属化层上。Si金属化层可改善焊料的润湿性，而粘合层可改善Si金属化层对石墨精整层和/或基底碳化物基材的粘合性。

[0061] 一个或更多个中间层还可包括有机粘合剂层。有机粘合剂层可由有机粘合剂形成，所述有机粘合剂可通过热固化，通过水汽固化，或通过辐射固化。具有代表性的有机粘合剂包括环氧化合物、环氧树脂、酚醛树脂、有机硅、聚氨酯、聚氨酯预聚物、丙烯酸酯和甲基丙烯酸酯。有机粘合剂还可含有具有低热膨胀系数的材料(例如玻璃)的颗粒，以增加刚度，并且降低有机粘合剂的整体热膨胀系数。有机粘合剂层的厚度可小于2.0密耳，或小于1.5密耳，或小于1.0密耳，或小于0.5密耳，或在0.25密耳至2.0密耳之间，或在0.5密耳至1.5密耳之间，或在0.75密耳至1.25密耳之间。

[0062] 在一种实施方式中，反射光学元件包含与碳化物基底基材直接接触的石墨精整层。在第二种实施方式中，反射光学元件包含与金属化层直接接触的石墨精整层、以及与碳化物基底基材直接接触的金属化层。在第三种实施方式中，反射光学元件包含与焊料层直接接触的石墨精整层、以及与碳化物基底基材直接接触的焊料层。在第四种实施方式中，反射光学元件包含与有机粘合剂层直接接触的石墨精整层、以及与碳化物基底基材直接接触的有机粘合剂层。在第五种实施方式中，反射光学元件包含与金属化层直接接触的石墨精整层、与焊料层直接接触的金属化层、以及与碳化物基底基材直接接触的焊料层。在第六种实施方式中，反射光学元件包含与第一金属化层直接接触的石墨精整层、与焊料层直接接触的第一金属化层、与第二金属化层直接接触的焊料层、以及与碳化物基底基材直接接触的第二金属化层。

[0063] 图1图示了按照本说明书的用于制造基材的一种实施方式的初始步骤。在该例子中，独立于碳化硼基底基材而形成石墨精整层，且将石墨精整层与碳化硼基底基材接合。利用热压技术来形成石墨精整层10，并将其构造成圆盘。石墨圆盘的典型直径是2英寸。对石墨精整层10的一个表面进行抛光。如果需要，可将石墨表面加工成特定形状(例如平面、曲面、球面、非球面)。利用溅射将硅金属化层20形成于经过抛光的表面石墨精整层10上。硅金属化层20的厚度介于25μm至50μm之间。将焊料层30形成于硅金属化层20上。为了形成焊料层，对具有硅金属化层20的石墨精整层10进行加热，并且将焊料丸粒沉积于表面上。丸粒软化后，使用刮刀工具将焊料均匀地分散在硅金属化层20的整个表面上。刮刀工具还可除去可能形成于Si金属化层上的表面氧化物，以使下方未氧化的Si暴露出来，预期未氧化的Si会比Si的氧化态提供更好的焊料润湿。图1的实例中使用了S-Bond SB220M焊料。

[0064] 单独制备了碳化物基底基材40。碳化物基底基材40是通过在2100℃～2200℃下在惰性气体气氛(例如Ar)中对粉末进行压制和烧制而制得的碳化硼基底基材。将碳化物基底基材40构造成圆盘。碳化物基底基材40的近似化学式为B_4C。对碳化物基材40的一个表面进

行抛光。如果需要，可对碳化物基底基材的表面进行加工，以补足石墨精整层10的塑形表面的形状。例如，如果石墨精整层10具有凸形表面，则碳化物基底基材40的表面可具有凹形表面，以促进石墨精整层10与碳化物基底基材40的接合。将焊料层50直接形成于碳化物基底基材40的表面上。为了形成焊料层50，对碳化物基底基材40进行加热，将焊料丸粒置于表面上，且在焊料丸粒软化后，对焊料进行刮抹以提供均匀的层。焊料层50中使用了S-Bond SB220M焊料。

[0065] 图2显示了焊料丸粒软化前，石墨精整层(顶行中的馅饼形试样)、碳化硅基底基材(第二行中的两个截头圆形试样)和碳化硼基底基材(底部两行)试样的照片。石墨精整层试样包含硅金属化层，且焊料丸粒被直接置于硅金属化层上。碳化硅基底基材和碳化硼基底基材的试样无硅金属化层，且焊料丸粒被直接置于表面上。图3显示了相同试样在焊料软化后的照片。如上文所述，软化了的焊料被刮抹在整个表面上，以提供更加均匀的焊料层。

[0066] 图4显示了将精整层组装件接合至基底基材组装件以形成基材。基底基材组装件包含图1中所示的碳化硼基底基材，且精整层组装件包含图1中所示的石墨精整层。精整层组装件60包含石墨精整层10、硅金属化层20和焊料层30。基底基材组装件70包含碳化硼基底基材40和焊料层50。调整精整层组装件60和基底基材组装件70的朝向，以使焊料层30面向焊料层50(图4中所示的A)。随后，通过施加机械力将精整层组装件60与基底基材组装件70压在一起来使它们接合，从而形成基材80(图4中所示的B)。还可施加横向剪切力。在焊料层30和焊料层50熔化的同时进行接合。机械力使得焊料层30和焊料层50变薄，提供了均匀的焊料层，并且消除了焊料层30、焊料层50或焊料层30与焊料层50之间界面中的间隙或空气气泡。除去挤出界面外的多余焊料。希望使焊料层变薄，因为大多数焊料具有较高的热膨胀系数，因而会在暴露于高温环境下时发生形变。焊料的形变可导致基材80在部署过程中发生重新定位或未对齐。

[0067] 图5显示了通过使图3中所图示的各种试样接合而制得的具有代表性的基材。上方的馅饼形试样是表面接合有硅金属化层的石墨精整层。下方较大的试样是非氧化物陶瓷基底基材。碳化硅(SiC)和碳化硼(B_4C)基底基材如图5中所列所示。基底基材表面上的浅色层是焊料层。使用了两种不同的焊料(S-Bond 220和S-Bond 220M)。石墨精整层与非氧化物陶瓷基底基材之间界面处的焊料使这些片材接合在一起，以形成基材。

[0068] 接合后，使基材80冷却，随后通过除去石墨精整层10的一部分来使基材80变薄，以形成基材85(图4中所示的C)。可通过锯切、研磨、抛光，或通过其它方式将材料从石墨精整层10的表面上磨去或消减，来完成石墨精整层10的除去。还可对碳化硼基底基材40进行薄化，以进一步减轻基材85的重量。薄化后，可通过抛光或金刚石车削将基材80的石墨表面进一步加工成具有低精整度(图4中所示的D)。后续可将反射层或反射堆叠件形成于基材80的石墨表面上。

[0069] 图6图示了一种在碳化硼基材上具有石墨层的试样，并且图示了该石墨层的表面的照片。照片表明石墨层表面的峰-谷粗糙度为285 Å，石墨层的精整度(rms粗糙度)为4.6 Å。

[0070] 在不同的实施方式中，石墨精整层或含石墨的精整层表面的精整度(rms粗糙度)小于500 Å，或小于300 Å，或小于200 Å，或小于100 Å，或小于50 Å，或小于25 Å，或小于10 Å，或在5 Å至500 Å的范围内，或在10 Å至400 Å的范围内，或在25 Å至500 Å的范围

内，或在50 Å至300 Å的范围内，或在50 Å至200 Å的范围内，或在50 Å至150 Å的范围内，或在50 Å 至100 Å的范围内，或在100 Å至500 Å的范围内，或在100 Å至300 Å的范围内。在不同的实施方式中，石墨精整层或含石墨的精整层表面的峰-谷(PV)粗糙度小于1500nm，或小于1250nm，或小于1000nm，或小于750nm，或小于500nm，或小于400nm，或小于300nm。

[0071] 在某些实施方式中，在基材的石墨表面上形成补充精整层。用于石墨表面的具有代表性的补充精整层包括金属、氧化物、DLC(类金刚石碳)、B和Si。金属包括Ni、Cu、W、Ti、Zr、Hf、Nb、Ta、Mo和Au。氧化物包括Al_2O_3和SiO_2。Zr、Hf、Nb、Ta、Mo、Al_2O_3和SiO_2的热膨胀系数与石墨的热膨胀系数相似，且当光学元件的目标应用包括暴露于在大范围内变化的温度下时可具有优势。石墨表面上的补充精整层也可以是反射层。可将石墨表面上的补充精整层抛光或金刚石车削成较低的精整度。可对石墨表面上的补充精整层进行选择，以达到相比于仅通过石墨表面可能实现的精整度更小的精整度。

[0072] 补充精整层表面的精整度(rms粗糙度)可小于300 Å，或小于200 Å，或小于100 Å，或小于50 Å，或小于30 Å，或在25 Å至300 Å的范围内，或在25 Å至250 Å的范围内，或在25 Å至200 Å的范围内，或在25 Å至150 Å的范围内，或在25 Å至100 Å的范围内，或在40 Å至200 Å的范围内，或在40 Å至125 Å的范围内。补充精整层表面的峰-谷(PV)粗糙度可小于1000nm，或小于80nm，或小于600nm，或小于400nm，或小于300nm。

[0073] 本文所公开的基材可起到用于光学元件的基材的作用，所述光学元件包含形成于精整石墨表面上或形成于石墨精整层上的补充精整层上的多个反射层或反射堆叠件。反射涂层优选在可见光(VIS)、近红外(NIR)、短波红外(SWIR)、中波红外(MWIR)和长波红外(LWIR)谱带中的一种或更多种中提供高反射率。反射涂层可以是单一材料的层，或由两种或更多种材料构成的多层堆叠件。在一种实施方式中，反射涂层包含反射层和一个或更多个调整层(tuning layer)。反射涂层可任选地包含屏障层、一个或更多个界面层以及一个或更多个保护层。当存在一个或更多个保护层时，保护层覆盖在堆叠件中的其它层之上。

[0074] 反射层可包含金属层或过渡金属层。反射层优选在VIS、NIR、SWIR、MWIR和LWIR谱带中的波长下具有高反射率。反射金属可以是含金属的、非离子型、纯金属或金属合金和/或零价的。反射层可包含选自下组的一种或更多种元素：Ag、Au、Al、Rh、Cu、Pt和Ni。反射过渡金属层的厚度可在75nm至350nm的范围内，或在80nm至150nm的范围内，或在90nm至120nm的范围内。

[0075] 反射涂层可包含一个或更多个调整层。一个或更多个调整层定位于反射涂层的保护层与石墨或补充精整层之间。在一种实施方式中，调整层定位于反射层与反射涂层的保护层之间。调整层被设计成使设定的波长区域中的反射最优化。调整层通常包含高折射率材料与低折射率材料的交替组合，或高、中、低折射率材料的交替组合。用于调整层的材料优选在0.4μm至15.0μm波长范围内具有低吸收。用于调整层的具有代表性的材料包括YbF_3、GdF_3、YF_3、YbO_xF_y、GdF_3、Nb_2O_5、Bi_2O_3和ZnS。调整层可具有75nm至300nm范围内的厚度。在一种实施方式中，反射涂层包含作为调整层的YbF_3和ZnS。

[0076] 反射层与调整层可直接接触，或者可在反射层与调整层之间存在一个或更多个界面层。界面层可促进粘合，或者使反射层与调整层之间具有电兼容性。界面层需要具有足够

的厚度以进行粘合，但也必须足够薄以使其对于反射自反射层的光线的吸收最小化。定位于反射层与调整层之间的界面层可具有5nm至20nm、或8nm至15nm、或8nm至12nm范围内的厚度。定位于反射层与调整层之间的界面层可包含Nb_2O_5、TiO_2、Ta_2O_5、Bi_2O_3、ZnS和Al_2O_3中的一种或更多种。

[0077] 在一种实施方式中，反射层与石墨或补充精整层直接接触。在另一种实施方式中，光学元件包含位于反射层与石墨或补充精整层之间的屏障层和/或界面层。在另一种实施方式中，光学元件包含与石墨或补充精整层直接接触的屏障层。在另一种实施方式中，光学元件包含与石墨或补充精整层直接接触的屏障层、以及与屏障层直接接触的界面层。界面层可促进反射层与屏障层之间、或者反射层与电兼容层之间的粘合。界面层还可确保反射涂层与石墨或补充精整层之间的电兼容性，或者屏障层与反射层之间的电兼容性。屏障层可确保反射层与石墨基材之间的电兼容性。

[0078] 具有代表性的屏障层包括Si_3N_4、SiO_2、TiAlN、TiAlSiN、TiO_2、DLC(类金刚石碳)、Al、CrN和$Si_xN_yO_z$。屏障层的厚度可在100nm至50μm的范围内，或在500nm至10μm的范围内，或在1μm至5μm的范围内。决定屏障厚度的一个标准是制品将会需要承受盐雾测试的小时数。盐雾测试的时间越长，屏障层的所需厚度就越大。就24小时的盐雾测试而言，10μm的屏障层是足够的。还可调节屏障层的厚度，以适应温度变化而不会导致光学元件的图像发生扭曲。热应力随着运行温度范围的增大而增大，因此推荐较薄的屏障层，以避免在经历较大温度波动的部署环境中发生图像扭曲。

[0079] 定位于石墨或补充精整层与反射层之间的具有代表性的界面层包括Ni、Cr、Ni-Cr合金[例如镍镉合金(Nichrome)]、Ni-Cu合金(例如蒙乃尔合金)、Ti、TiO_2、ZnS、Pt、Ta_2O_5、Nb_2O_5、Al_2O_3、AlN、AlO_xN_y、Bi、Bi_2O_3、Si_3N_4、SiO_2、SiO_xN_y、DLC(类金刚石碳)、MgF_2、YbF_3和YF_3中的一种或更多种。界面层的厚度可在0.2nm至25nm的范围内，其中，当界面层是金属时，上述范围内较低的范围(例如0.2nm至2.5nm、或0.2nm至5nm)是合适的(以防止对穿过反射涂层的光线产生寄生吸收(parasitic absorbance))；而当界面层是介电体时，上述范围内较高的范围(例如2.5nm至25nm、或5nm至25nm)是合适的。

[0080] 保护层提供对于划痕的耐受性、对于机械损伤的耐受性和化学耐久性。用于保护层的具有代表性的材料包括YbF_3、YbF_xO_y、YF_3和Si_3N_4。保护层是反射涂层的顶层。保护层可具有60nm至200nm范围内的厚度。

[0081] 除非另有表述，否则都不旨在将本文所述的任意方法理解为需要使其步骤以具体顺序进行。因此，当方法权利要求实际上没有陈述为其步骤遵循一定的顺序或者其没有在权利要求书或说明书中以任意其他方式具体表示步骤限于具体的顺序，都不旨在暗示该任意特定顺序。

[0082] 对本领域的技术人员而言，显而易见的是可以在不偏离所例示的实施方式的精神和范围的情况下对本公开进行各种修改和变动。因为本领域的技术人员可以想到所例示的实施方式的融合了本公开精神和实质的各种改良、组合、子项组合和变化，应认为本发明包括所附权利要求范围内的全部内容及其等同内容。

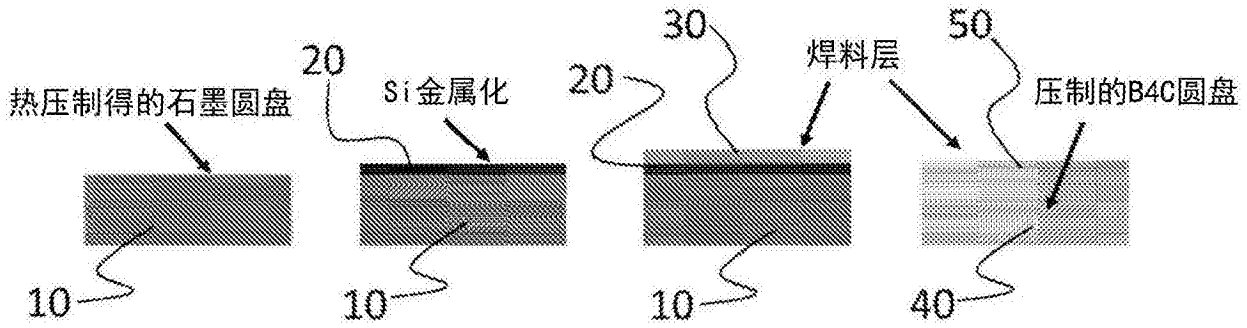


图1

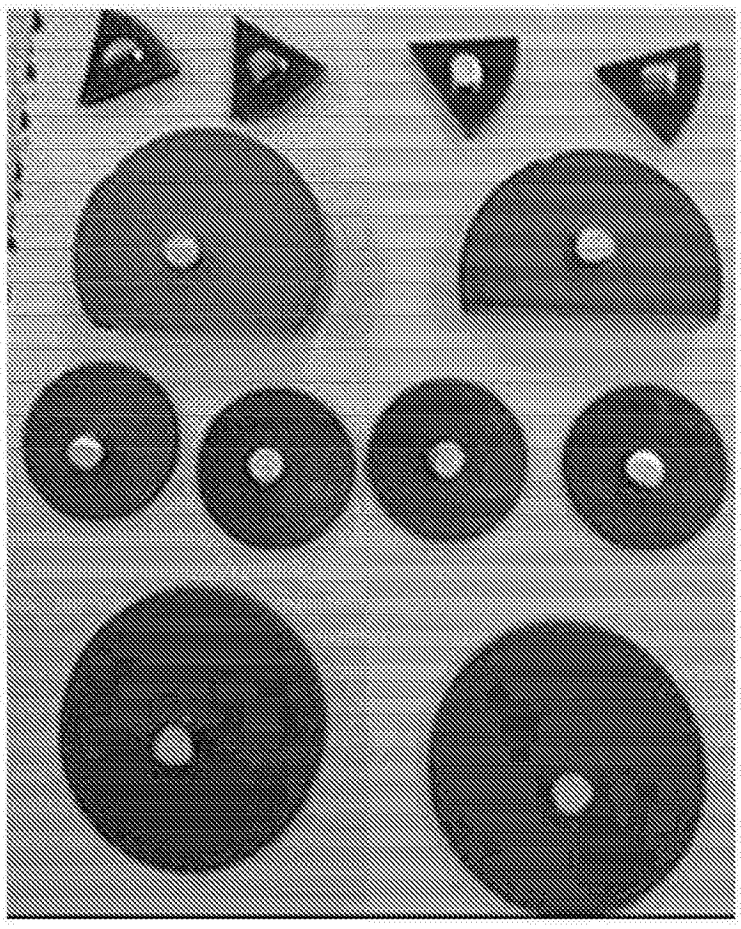


图2

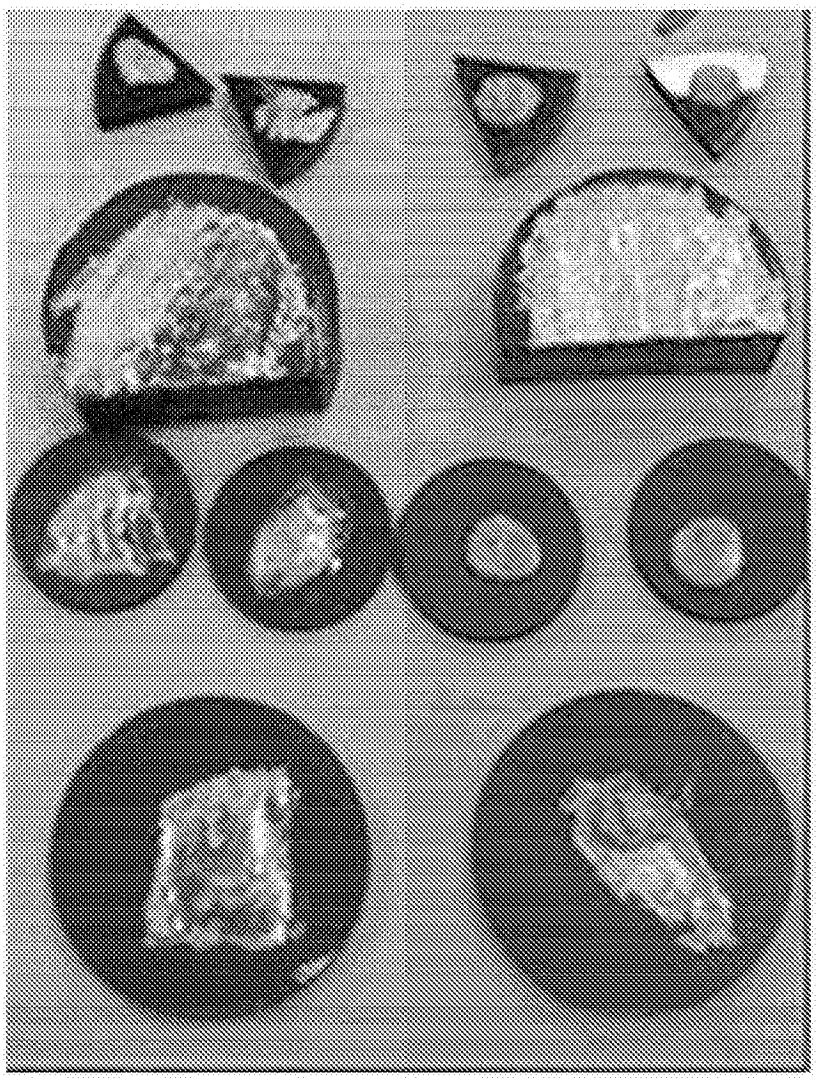


图3

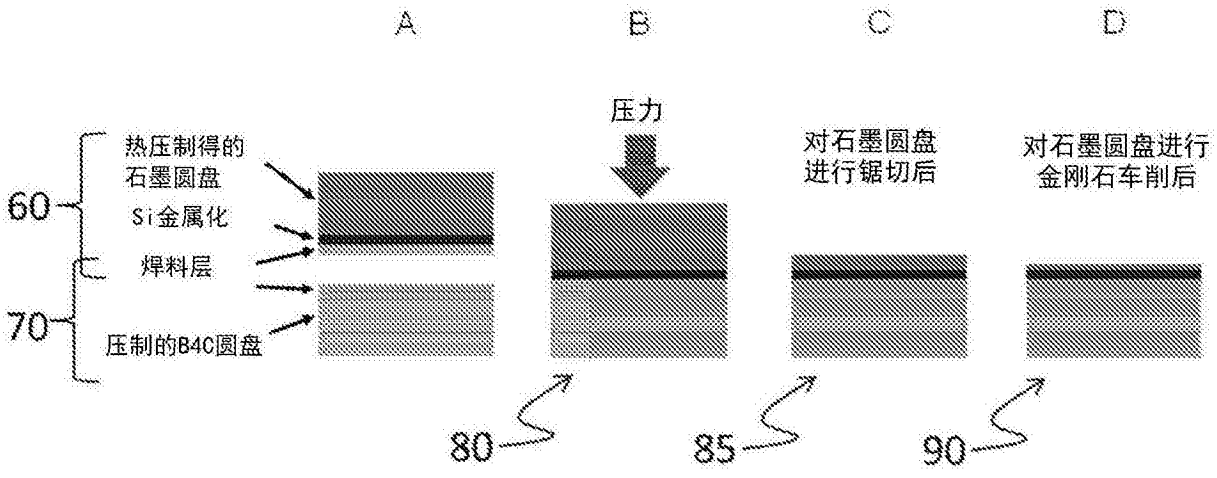

A
B
C
D
压力
热压制得的
石墨圆盘
Si金属化
焊料层
压制的B4C圆盘
60
70
对石墨圆盘
进行锯切后
对石墨圆盘进行
金刚石车削后
80
85
90

图4

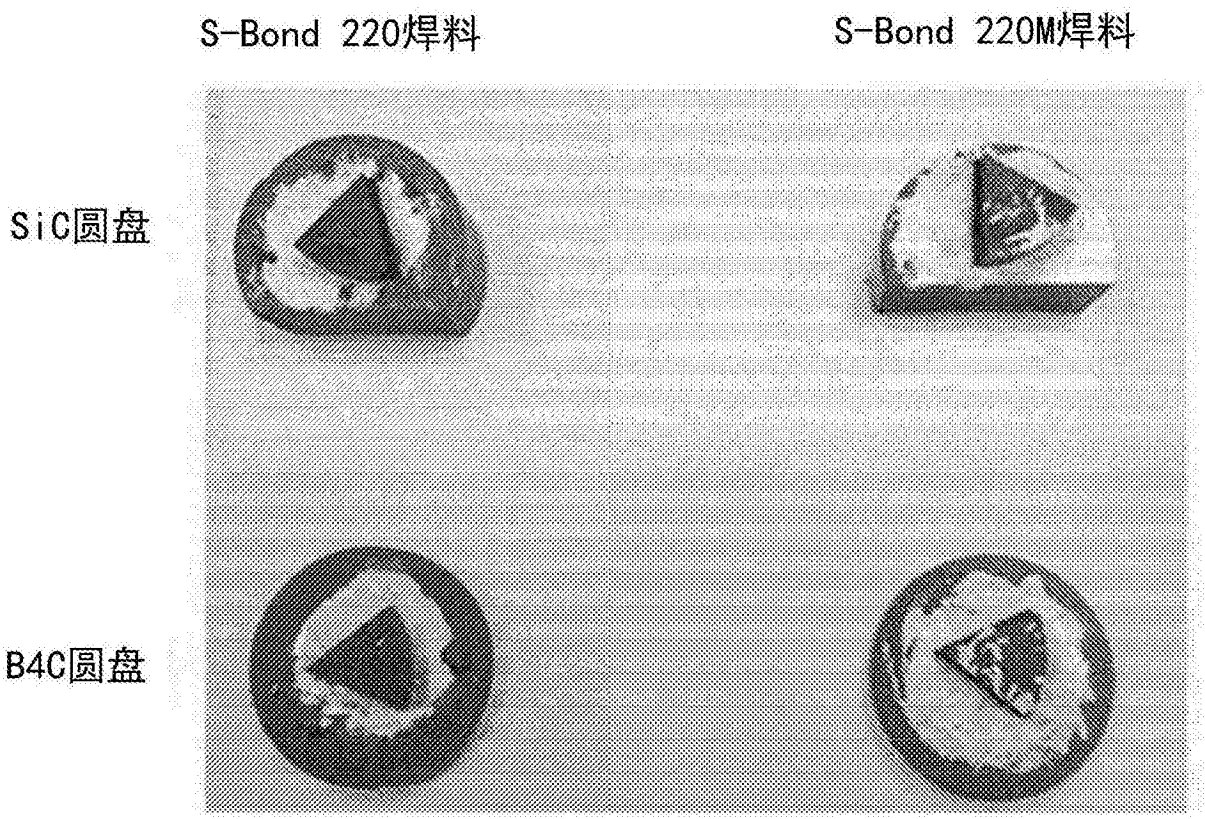


图5

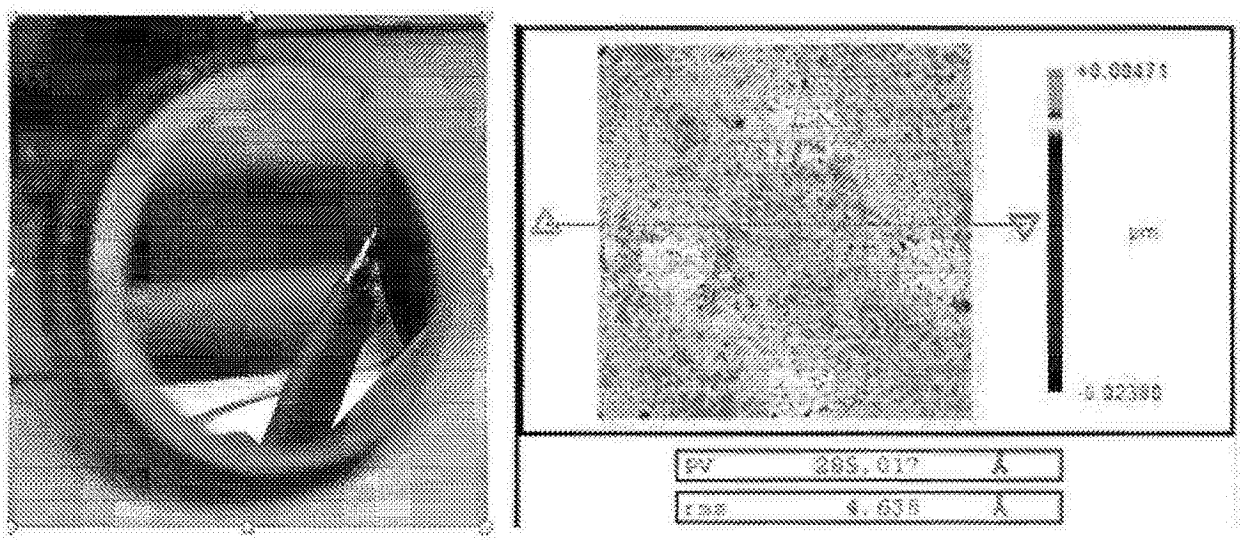


图6