



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105033456 B

(45)授权公告日 2018.04.27

(21)申请号 201510181898.1

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2015.04.17

B23K 26/18(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

B23K 26/38(2014.01)

申请公布号 CN 105033456 A

B23K 26/402(2014.01)

(43)申请公布日 2015.11.11

B23K 26/14(2014.01)

B23K 101/36(2006.01)

(30)优先权数据

审查员 杨晶晶

61/981,637 2014.04.18 US

14/575,754 2014.12.18 US

(73)专利权人 苹果公司

地址 美国加利福尼亚

(72)发明人 M·M·李 A·J·里克特 孙宇垒

R·A·莫利纳

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 罗银燕

权利要求书2页 说明书11页 附图5页

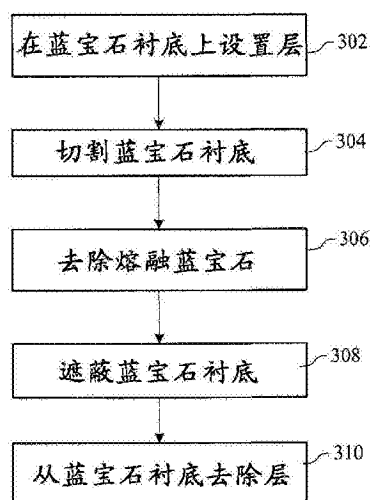
(54)发明名称

覆涂层衬底和切割覆涂层衬底的工艺

(57)摘要

本公开涉及覆涂层衬底和切割覆涂层衬底的工艺。公开了形成蓝宝石组件的系统和方法。所述方法可以包括在蓝宝石衬底的第一表面上设置吸收-阻挡层,使用入射在所述吸收-阻挡层上的激光束执行蓝宝石衬底中的切割,以及从切割处形成并去除熔融蓝宝石。所述方法也可以包括使用所述吸收-阻挡层遮蔽所述第一表面的与所述切割处邻近的区域以挡住熔融蓝宝石,并且从所述蓝宝石衬底的所述第一表面去除所述吸收-阻挡层。

300



1. 一种形成蓝宝石组件的方法,所述方法包括:
将吸收-阻挡层施加于蓝宝石衬底的抛光表面,所述蓝宝石衬底对于激光束是透明的;
使用入射在所述吸收-阻挡层上的所述激光束来切割穿过所述蓝宝石衬底;
在切割的同时使用气体流从切割处去除熔融蓝宝石;
使用所述吸收-阻挡层遮蔽所述抛光表面的与所述切割处邻近的区域以挡住所述熔融蓝宝石;以及
从所述蓝宝石衬底的所述抛光表面去除所述吸收-阻挡层。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,施加所述吸收-阻挡层包括以下中的一个或多个:
将所述吸收-阻挡层喷射在所述蓝宝石衬底的所述抛光表面上;
将所述吸收-阻挡层印刷在所述蓝宝石衬底的所述抛光表面上;
将所述吸收-阻挡层涂绘在所述蓝宝石衬底的所述抛光表面上;
将所述吸收-阻挡层分配在所述蓝宝石衬底的所述抛光表面上;以及
将所述吸收-阻挡层粘附在所述蓝宝石衬底的所述抛光表面上。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中,在所述蓝宝石衬底中的所述切割的执行进一步包括执行熔化激光切割工艺。
4. 根据权利要求3所述的方法,其中,所述吸收-阻挡层被配置为增加所述蓝宝石衬底内的所述激光束的辐射的吸收,以在所述蓝宝石衬底的所述抛光表面处产生局部区域的热能。
5. 根据权利要求4所述的方法,还包括使用所述局部区域的热能在蓝宝石中启动所述切割,以形成所述熔融蓝宝石。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中,相对于所述吸收-阻挡层设置第二吸收-阻挡层。
7. 根据权利要求6所述的方法,其中,相对于所述吸收-阻挡层设置第三吸收-阻挡层。
8. 一种形成保护片的方法,所述方法包括:
将吸收-阻挡层施加于透明的蓝宝石片的抛光表面;
用入射在所述吸收-阻挡层上的激光束照射所述透明的蓝宝石片以形成穿过所述透明的蓝宝石片的切割处;
将气体流指向所述切割处以从所述切割处去除熔融蓝宝石;以及
将所述熔融蓝宝石沉积在所述吸收-阻挡层上以形成蓝宝石液滴,其中,所述熔融蓝宝石由于从所述切割处形成和去除所述熔融蓝宝石而被沉积于所述吸收-阻挡层上。
9. 根据权利要求8所述的方法,还包括:
去除设置于所述蓝宝石片的所述抛光表面上的所述吸收-阻挡层,以暴露所述抛光表面。
10. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述吸收-阻挡层由这样的材料形成:所述材料具有的熔融温度低于所述蓝宝石片的熔融温度且等于或高于200度。
11. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述吸收-阻挡层由不透明的聚合物材料的膜形成。
12. 根据权利要求8所述的方法,其中,通过使用物理气相沉积PVD工艺涂覆所述蓝宝石片的所述抛光表面,来形成所述吸收-阻挡层。

13. 根据权利要求8所述的方法,其中,通过在所述蓝宝石片的所述抛光表面上沉积墨,来形成所述吸收-阻挡层。

14. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述吸收-阻挡层包括具有漫射表面光洁度的不透明材料。

15. 一种切割蓝宝石组件的方法,所述方法包括:

将吸收-阻挡层施加于透明的蓝宝石衬底的抛光表面;

使用入射在所述吸收-阻挡层上的激光束照射所述透明的蓝宝石衬底;

通过使用所述吸收-阻挡层形成局部区域的热能,切割穿过所述透明的蓝宝石衬底;

使用气体流从切割处去除材料以便使用所述激光束在所述透明的蓝宝石衬底中切割轮廓形状;以及

使用所述吸收-阻挡层遮蔽所述蓝宝石衬底的所述抛光表面以挡住熔融蓝宝石。

16. 根据权利要求15所述的方法,其中,所述吸收-阻挡层被配置为增加所述蓝宝石衬底内的所述激光束的辐射的吸收,以在所述蓝宝石衬底的所述抛光表面处产生局部区域的热能,并使用所述局部区域的热能来形成熔融蓝宝石。

17. 根据权利要求16所述的方法,还包括:

继续激光切割到所述蓝宝石衬底的不被相对于所述吸收-阻挡层设置的区域。

18. 根据权利要求15所述的方法,其中,在所述蓝宝石衬底中切割轮廓形状包括激光熔化切割工艺,所述激光熔化切割工艺包括:

用所述激光束照射所述蓝宝石衬底以形成熔融蓝宝石的部分;以及

使用气体流从所述蓝宝石衬底去除所述熔融蓝宝石。

19. 一种蓝宝石组件,包括:

透明的蓝宝石衬底;以及

相对于所述透明的蓝宝石衬底的抛光表面设置的吸收-阻挡层,

其中,所述吸收-阻挡层被配置为在使用激光束的激光切割操作期间遮蔽所述透明的蓝宝石衬底的区域,以及

所述吸收-阻挡层被配置为增加所述透明的蓝宝石衬底内的所述激光束的辐射的吸收,以产生局部区域的热能并且启动切割穿过所述透明的蓝宝石衬底。

20. 根据权利要求19所述的蓝宝石组件,其中,在所述吸收-阻挡层和所述蓝宝石衬底之间形成另一吸收-阻挡层。

覆涂层衬底和切割覆涂层衬底的工艺

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请根据35 U.S.C. §119 (e) 要求于2014年4月18日提交的并且标题为“Coated Substrate and Process for Cutting a Coated Substrate”的美国临时专利申请No.61/981,637的权益,其通过引用而被并入,如同在此完全公开的那样。

技术领域

[0003] 本公开的主题一般涉及制造蓝宝石部件,并且特别涉及使用激光器切割具有吸收和/或阻挡层(barrier layer)的蓝宝石衬底来形成蓝宝石部件。

背景技术

[0004] 刚玉是铝氧化物的晶体形态并且以各种不同颜色被发现,其大多数一般地被称为蓝宝石。蓝宝石是硬且强的材料,具有莫氏刻度上9.0的硬度,并且,像这样,能够刮刻几乎所有其它矿物。因为其硬度和强度,蓝宝石可以是对于比如玻璃或聚碳酸酯的其它半透明材料的有吸引力的替换。蓝宝石也可以以薄片制备并被抛光以实现超常(exceptional)的光学性能。

[0005] 然而,在一些情况下,使用传统技术加工薄的、高度抛光的蓝宝石材料片可能是困难的。例如,对抛光的蓝宝石片执行熔化(fusion)激光切割可导致沉积在抛光的表面上的熔融(molten)蓝宝石的飞溅物。一旦被冷却并硬化,飞溅物可粘附至抛光的表面并且需要进一步工艺来去除。另外,在一些情况下,在具有不容易吸收激光能量的高度抛光面的蓝宝石片中启动(initiate)激光切割可能是困难的。

发明内容

[0006] 此处描述的实施例针对蓝宝石组件,在所述蓝宝石组件的一个或更多个表面上设置有一层或多层。所述层可以形成被配置为促进激光切割工艺的阻挡和/或吸收层。例如,所述层可以形成阻挡物,所述阻挡物防止或限制可以是激光切割操作或工艺的副产品的熔融蓝宝石的粘附。另外地或替换地,所述层也可以用作吸收层,所述吸收层被配置为吸收从激光器发射的光并产生蓝宝石材料的局部加热,这可以促进穿过蓝宝石组件的激光切割的启动。

[0007] 一个示例实施例可以包括形成蓝宝石组件的方法,其包括将吸收-阻挡层设置于蓝宝石衬底的第一表面上。可以使用入射在吸收-阻挡层上的激光束在蓝宝石衬底中执行切割。作为激光切割操作的一部分,熔融蓝宝石可以从切割处被形成并被去除。所述方法也可以包括使用吸收-阻挡层遮蔽第一表面的与切割处邻近的区域以挡住熔融蓝宝石。在一些实施例中,吸收-阻挡层在激光切割操作完成之后从蓝宝石衬底的第一表面被去除。

[0008] 在一些实施例中,吸收-阻挡层被直接施加于蓝宝石衬底的第一表面。例如,吸收-阻挡层可以被喷射、印刷和/或涂绘(paint)在蓝宝石衬底的第一表面上。在一些实施例中,吸收-阻挡层被单独形成并且粘附于蓝宝石衬底的第一表面上的吸收-阻挡层。在一些实施

例中,吸收-阻挡层被分配 (dispense) 在蓝宝石衬底的第一表面上。吸收-阻挡层可以在蓝宝石衬底片的一侧或两侧被形成。

[0009] 在一些实施例中,在蓝宝石衬底中执行切割包括执行熔化激光切割工艺。在一些情况下,在熔化激光切割工艺期间,使用气体流将熔融蓝宝石从切割处去除。在一些实施例中,吸收-阻挡层被配置为增加蓝宝石衬底内的激光束的辐射的吸收,以在蓝宝石衬底的第一表面处产生局部区域的热能。局部区域的热能可以通过帮助使衬底表面附近的蓝宝石材料熔融来促进激光切割操作。在一些情况下,通过使用局部区域的热能以形成熔融蓝宝石的区域而在蓝宝石中启动切割。

[0010] 在一些实施例中,设置吸收-阻挡层包括在蓝宝石衬底的第一表面上形成阻挡物。所述阻挡物可以被配置为遮蔽第一表面以挡住熔融蓝宝石。作为熔化激光切割工艺或操作的结果,熔融蓝宝石可以被输送或被喷射在吸收-阻挡层的表面上。在一些情况下,熔融材料可以作为液滴 (droplet) 被沉积在吸收-阻挡层的表面上并冷却及硬化。

[0011] 在一些实施例中,吸收-阻挡层由具有比蓝宝石衬底的熔融温度低的熔融温度的材料形成。在一些情况下,形成吸收-阻挡层的材料的熔融温度等于或大于200摄氏度。在一些实施例中,吸收-阻挡层由聚合物材料形成。在一些实施例中,吸收-阻挡层包括从聚酯片、塑料膜、通过物理气相沉积 (PVD) 工艺形成的涂层、墨印刷材料和涂绘材料中选择材料。在一些情况下,吸收-阻挡层包括具有漫射性表面光洁度 (finish) 的不透明材料。

[0012] 在一些示例实施例中,使用入射在吸收-阻挡层上的激光束照射蓝宝石衬底,所述吸收-阻挡层相对于蓝宝石衬底的第一表面被设置。在一些情况下,通过使用吸收-阻挡层形成局部区域的热能而在蓝宝石衬底中启动切割。可在切割已被启动之后使用激光切割穿过蓝宝石衬底。

附图说明

[0013] 通过结合附图的以下详细描述将容易理解本公开,在附图中相似的附图标记指定相似的结构元件,并且在附图中:

[0014] 图1A示出示例电子设备的前视图。

[0015] 图1B示出示例电子设备的后视图。

[0016] 图2示出根据实施例的蓝宝石衬底和吸收-阻挡层的横截面图。

[0017] 图3示出形成蓝宝石组件的示例工艺的流程圖。

[0018] 图4A-4F示出经受形成如图1A-B所示的电子设备的蓝宝石组件的工艺蓝宝石衬底和吸收-阻挡层的横截面图。

[0019] 图5A-C示出具有一个或更多个吸收-阻挡层的蓝宝石衬底的其它示例实施例的横截面图。

[0020] 要注意的是,本发明的附图不必按照比例。附图意在仅示出本发明的典型方面,并且因此不应该被认为限制本发明的范围。在附图中,相似的编号代表附图间的相似的元件。

具体实施方式

[0021] 一般而言,消费或非消费设备包括由诸如蓝宝石的硬材料形成的保护盖、窗和/或表面可能是有利的。与比如传统的硅酸盐玻璃的其它光学透明材料相比,蓝宝石提供提高

的耐刮性和强度。然而,使用一些传统技术可能难以制造光学透明蓝宝石薄片。特别是,在既非常薄又高度抛光的片上启动激光切割可能是困难的。另外,激光切割抛光片可影响抛光表面的表面光洁度,这可能需要进一步研磨和/或抛光来恢复。如此处讨论的那样,根据各种实施例,可以通过激光切割具有可减少或消除与制造薄蓝宝石组件相关的一些问题的吸收-阻挡层的蓝宝石衬底,来制造蓝宝石组件。

[0022] 在一些实施例中,蓝宝石衬底可以具有形成于促进基于激光的制造工艺的表面上吸收-阻挡层。特别是,吸收-阻挡层可以促进激光熔化切割操作。在一些情形下,在熔化切割操作期间,激光束被用于加热和部分地熔融蓝宝石衬底的一部分。定向的气体流可以被用于去除熔融蓝宝石,从而在蓝宝石衬底中留下空隙或凹陷。熔化切割所产生的效率和边缘光洁度对于其它类型的激光切割技术可以是有优越性的,所述其它类型的激光切割技术包括例如物理蚀刻、烧蚀(ablation)激光切割或激光划线(scribing)。

[0023] 然而,在一些情况下,在薄的、高度抛光的蓝宝石片上使用熔化切割工艺可能是困难的。特别是,在熔化切割操作期间,由气体流去除的熔融蓝宝石可以在蓝宝石衬底的表面上形成飞溅物的流道(flume)。当熔融蓝宝石冷却并且硬化时,它可以粘附至所述表面并且变得难以去除。如果蓝宝石衬底已经被抛光过,那么可能需要执行进一步研磨或表面抛光以去除熔化切割所产生的飞溅物。如下面一些实施例中描述的那样,设置于蓝宝石衬底上的吸收-阻挡层可以遮蔽或保护衬底表面以挡住可在熔化切割期间产生的熔融蓝宝石。在一些情况下,吸收-阻挡层被配置为具有足够高以形成对熔融蓝宝石的有效阻挡物的熔点。另外,吸收-阻挡层的熔点和热性能可以被配置为最小化或防止材料从激光切割处后退开、由此暴露蓝宝石表面的与切割处邻近的一部分。

[0024] 另外,在一些情况下,在已被抛光到好的表面光洁度(例如,抛光表面)的蓝宝石衬底上启动熔化切割可能是困难的。例如,具有好的表面光洁度的蓝宝石衬底可过于透明以至于不能充足地漫射或耦合(in-couple)激光光线并产生启动激光切割所需的热。如下面一些实施例中描述的那样,设置于蓝宝石衬底上的吸收-阻挡层可以通过增加衬底表面附近的激光束的吸收来促进激光切割操作。在一些情况下,吸收-阻挡层促进在蓝宝石衬底的第一表面处的局部区域的热能的形成并且帮助在蓝宝石材料中启动激光切割。在一些情况下,所启动的切割可以被用来推进激光切割穿过或部分穿过蓝宝石材料。在一些情况下,一旦已使用吸收-阻挡层启动了激光切割,则激光切割可以被推进到蓝宝石衬底的未被吸收-阻挡层覆盖的区域。

[0025] 此处描述的系统和技术可以被用来促进激光切割操作以制造蓝宝石组件或部件。虽然关于激光熔化切割操作提供以下示例,但是所述系统和技术也可以应用到其它类型的基于激光的操作,包括例如激光烧蚀、激光蚀刻、激光应力开裂等等。另外,虽然此处讨论的实施例和工艺涉及蓝宝石衬底,但是要理解,具有和蓝宝石相似的特性(例如,高熔融温度、高硬度、光学透明等等)的另外材料可以经受相似的工艺。根据以下描述的各种实施例,具有吸收-阻挡层的蓝宝石衬底可以被用于制备具有超常的表面光洁度的薄片蓝宝石组件。

[0026] 根据各种实施例,图1A-B示出一设备,所述设备在其外部具有多个硬保护片。在本示例中,保护片由一个或更多个蓝宝石组件形成,这可以提供出众的耐刮性并且增强设备的机械完整性。保护片还可以用作光学透射窗,并提供对诸如显示屏或图形元件的下面组件的可见性。在典型的实施中,保护片的光学和机械性能对于设备的观感品质和性能都可

能是重要的。

[0027] 如图1A所示,设备10包括由蓝宝石组件形成并用作光学透射保护层的保护盖片11。盖片11典型地使用光学透射粘接剂或其它接合技术被附着于设备10。在这个示例中,盖片11使用压敏粘接剂(PSA)膜被附着。盖片11可以被附着于显示屏20的面,并且保护显示屏20不受刮刻或其它物理损伤。显示屏20可以包括液晶显示器(LCD)、有机发光二极管(OLED)显示器或相似的显示元件。因为盖片11上覆(overlay)显示屏20,因此光学清晰度、抛光表面光洁度、材料厚度和物理强度可以是盖片11的功能性的有用方面,所述方面单独或结合其它这样的方面。盖片11也可以被附着于上覆显示屏20的透明电子传感器或与所述电子传感器一体化。在一些情况下,电子传感器覆盖整个显示屏20并且被用作用户的主要输入设备。在一些实施中,盖片11可以与以下一体化:被配置为检测盖片11的表面上的手指或笔针触摸的触摸传感器,被配置为确定施加在盖片11上的力的力传感器,或检测与盖片11的交互的其它传感器。

[0028] 在一些实施例中,图1A中示出的盖片11由具有等于或小于3mm的总体厚度的蓝宝石组件形成。在一些实施例中,蓝宝石组件可以具有大于3mm的厚度。典型地,盖片11的总体厚度小于1mm,尽管这个厚度可以在设备和/或实施例间变化。在一些情况下,总体厚度小于0.3mm。在一个非限制的示例中,蓝宝石组件的总体厚度大约是0.25mm,并且可以更小。对于蓝宝石材料的非常薄的片(例如,大约0.5mm或更小),根据一些实施例添加吸收-阻挡层可以改进激光切割和制造工艺。

[0029] 盖片11可以由蓝宝石材料形成,所述蓝宝石材料包括矾土、刚玉或其它形式的铝氧化物(Al_2O_3)。相应地,对蓝宝石或蓝宝石材料的提及可以结合或包含一个或更多个形式的铝氧化物。在一些实施例中,盖片11可以由单片的蓝宝石材料形成,或替换地,由层叠材料形成,所述层叠材料由多层制成并且具有由蓝宝石片形成的至少一层。在本示例中,盖片11的一侧围绕周边部分印刷有固态的、不透明的边界。盖片11的中心部分保持是光学透射的。盖片11的印刷侧典型地是与设备10的外部面相对的侧,以防止印刷部分变得被刮刻或被损伤。盖片11的在设备外部侧可以包括抗反射或其它类型的涂层,以增强盖片11的光学性能。

[0030] 如图1A所示,设备10的前表面也包括用于保护控制按钮22的表面的按钮片12。在这个示例中,按钮片12由蓝宝石组件形成并且用作光学透射保护层。按钮片12保护控制按钮22的表面,并且允许印刷在控制按钮22上的任何图形元件的可见性。在一些情况下,按钮片12不必是光学透射的。例如,按钮片12可以是不透明的,并且本身被印刷有图形元件或符号。在这种情况下,按钮片12是平坦的片,但是在其它实施例中,按钮片12可以被形成为成型的(contoured)或弯曲的表面。

[0031] 按钮片12可以增强被用作设备10的输入的控制按钮22的机械强度。在本示例中,控制按钮22包括触觉开关,所述触觉开关通过按下控制按钮22来操作。控制按钮22也可以包括诸如电容触摸传感器或生物测定传感器的电子触摸传感器或与其相关。按钮片12可以被直接附着于控制按钮22的外壳,并且可以替换地与控制按钮22的电子触摸传感器附着或一体化。类似地,蓝宝石组件可以被用作各种各样的输入机构的保护盖,所述输入机构包括滑动装置(slide)、轮、键等等。

[0032] 在一些实施例中,图1A中示出的按钮片12由具有等于或小于3mm的总体厚度的蓝

宝石组件形成。在一些实施例中,蓝宝石组件可以具有大于3mm的厚度。典型地,蓝宝石组件的厚度小于1mm。在一些情况下,蓝宝石组件的总体厚度小于0.3mm。在一个非限制的示例中,总体厚度大约是0.25mm,并且可以更小。与盖片11相似,按钮片12可以由单片的蓝宝石材料形成,或替换地,由层叠材料形成,所述层叠材料具有由蓝宝石片形成的至少一层。在一些情况下,按钮片12由与盖片11相同的材料形成,尽管这不是必要的。按钮片12的一侧或两侧也可以被印刷或涂覆以增强蓝宝石部件的光学性能。

[0033] 如图1B所示,设备10的背表面由背片(back sheet) 13保护。与盖片11相似,背片13也由蓝宝石组件形成并且被用作光学透射保护层。在这种情况下,背片13提供印刷在设备10的背面上的图形元件的可见性。还与盖片11相似,背片13可以由单片的蓝宝石材料形成,或替换地,由层叠材料形成,所述层叠材料具有由蓝宝石片形成的至少一层。在这种情况下,背片13覆盖设备10的整个背面,除了照相机镜头24附近的区域。另外的蓝宝石组件可以被用于保护照相机镜头24。在替换的实施例中,背片13还覆盖照相机镜头24并且另外的蓝宝石组件没有被使用。

[0034] 在这个示例中,保护盖片(11,12,13)由蓝宝石片组件形成,所述蓝宝石片组件由晶体形态的矾土(Al_2O_3) (也被称为刚玉)制成。图1A-B作为示例被提供,并且蓝宝石组件可以被用于形成实际上任何外部表面之上的保护盖。蓝宝石片在厚度方面可以在从3mm到0.1mm的范围中并且可以具有莫氏刻度上大约9.0的硬度,尽管替换实施例可以具有不同厚度的片。如上所讨论的那样,保护盖片(11,12,13)中的任何一个可以作为多个材料片的层叠被形成,并且还可以被涂覆有一种或更多种材料以增强部件的光学或机械性能。在一些情况下,由同一蓝宝石衬底形成所有的保护盖片(11,12,13)以简化制造工艺可能是有益的。然而,依赖于对于每件所希望的光学和/或机械性能,不同类型的蓝宝石衬底可以被用于每个盖片。

[0035] 如图1A-B所示,设备10是便携式电子设备。设备10可以是利用硬衬底作为盖、窗和/或表面的各种各样的设备中的任何一个。例如,设备10可以是便携式电子设备,诸如移动电话、便携式媒体播放器、可穿戴电子设备、健康监控设备和/或其它便携式器具。相似类型的保护盖可以被应用于其它电子设备,包括例如平板计算机、笔记本计算机和各种可穿戴设备。另外地,保护盖可以被应用于包括非电子设备的其它类型的设备,诸如在表盘之上利用光学透射面的机械表。替换地,保护盖可以与包括硬外部表面的任何设备一体化,特别是如果所述表面包括显示屏、照相机或其它光学元件。

[0036] 如以上关于图1A-B讨论的那样,电子设备的各种组件(例如,盖片11、按钮片12和背片13)可以由蓝宝石材料形成,所述蓝宝石材料可以包括各种形态的铝氧化物。如图2所示并且如以下详细讨论的那样,电子设备10的各种组件可以由蓝宝石衬底100形成。也就是说,并且如此处关于图2、3和4A-F讨论的那样,蓝宝石衬底可以经受多个工艺(例如,激光切割),以便形成用作电子设备10的保护片的一个或更多个蓝宝石组件。另外地,如此处所讨论的那样,为了改进蓝宝石衬底100的加工并且最终改进由蓝宝石衬底100形成的蓝宝石组件,吸收-阻挡层102可以在加工之前被设置于蓝宝石衬底100的第一表面104上。

[0037] 如图2所示,并且如此处所讨论的那样,蓝宝石衬底100可以包括用于形成电子设备10的蓝宝石组件的人工生长的刚玉。蓝宝石衬底100的一个或更多个表面可以受到一个或更多个表面处理,诸如磨削、研磨和抛光,以在表面104上实现好的表面光洁度。另外地,

如图2所示,蓝宝石衬底100可以在吸收-阻挡层102的添加以及随后的工艺(例如,激光切割)之前经受预加工过程。在非限制的示例中,蓝宝石衬底100可以从晶锭(boule)被切片,被磨削下去到希望的厚度和/或被抛光以提供希望的表面光洁度。在一些情况下,蓝宝石衬底100已被加工以实现最终的表面光洁度。

[0038] 如图2所示,吸收-阻挡层102被设置于蓝宝石衬底100的第一表面104上。在一个示例中,吸收-阻挡层102可以由聚合物材料形成,以在加工蓝宝石衬底100期间基本上遮蔽蓝宝石衬底100的第一表面104。在一些情况下,如图2所示,吸收-阻挡层102可以由以下形成:聚酯片、塑料膜、涂料(例如,墨)、可固化(curable)的不透明材料(聚合物喷射物)、或可以在蓝宝石衬底100的第一表面104上基本上形成保护阻挡物和/或光学吸收层的其它合适材料。在一些情况下,使用以下来制备吸收-阻挡层102:层叠工艺、物理气相沉积(PVD)工艺、印刷工艺、涂绘工艺、或用于在蓝宝石衬底100上形成吸收-阻挡层102的其它技术。

[0039] 在一些情况下,吸收-阻挡层102可以具有低于蓝宝石衬底100的熔融温度的熔融温度。在非限制的示例中,形成吸收-阻挡层102的材料可以包括大约200℃的熔融温度,并且蓝宝石衬底100的熔融温度可以大约是2000℃。在一些情况下,吸收-阻挡层102所具有的熔融温度大于或等于200℃并且小于或等于蓝宝石衬底100的熔融温度。

[0040] 用于形成吸收-阻挡层102的材料也可以被设计成适于(tailor)促进在蓝宝石衬底100上执行的基于激光的操作。在非限制的示例中,并且如此处所讨论的那样,形成吸收-阻挡层102的材料可以具有促进或改进在蓝宝石衬底100上执行的激光切割工艺的特殊光学特性。在一个示例中,吸收-阻挡层102可以带有漫射表面光洁度,基本上是不透明的。特别是,吸收-阻挡层102可以对于切割激光器所产生的光的波长基本上不透明。一般而言,吸收-阻挡层102的透明度特性(例如,不透明性)可以被设计成适于用来切割蓝宝石衬底100的激光束的操作特性或参数(例如,波长、功率、脉冲长度、斑点尺寸)。在一些情况下,吸收-阻挡层102的表面光洁度也可以被设计成适于促进激光吸收。也就是说,吸收-阻挡层102可以包括基本上粗糙或磨糙的表面光洁度以帮助用于加工和/或切割蓝宝石衬底100的激光吸收,如此处关于图4A-F所讨论的那样。

[0041] 如此处所讨论的那样,具有特殊光学品质的吸收-阻挡层102可以被设置于蓝宝石衬底100上,并且促进激光束的吸收以启动蓝宝石衬底100中的激光切割。特别是,吸收-阻挡层102可以吸收激光辐射并在蓝宝石衬底表面附近形成局部区域的热能,并且促进那个区域中的蓝宝石的熔融或蒸发。对蓝宝石材料的非常薄的片(例如,大约0.5mm或更小),添加具有合适光学性能的吸收-阻挡层可以基本上改进激光切割工艺。在一个非限制的示例中,蓝宝石组件的总体厚度可以是大约0.25mm。在另一个非限制的示例中,蓝宝石组件的总体厚度可以是小于0.25mm。

[0042] 图3示出使用吸收-阻挡层和基于激光的切割操作来形成蓝宝石组件的示例工艺。具体地,图3是示出用于形成蓝宝石组件的一个示例工艺300的流程图。在一些情况下,蓝宝石组件可以被用于在电子设备中形成一个或更多个保护片,如以上关于图1A-B所讨论的那样。

[0043] 在操作302中,一个或更多个吸收-阻挡层被设置于蓝宝石衬底上。在一个示例中,至少一个吸收-阻挡层被设置于蓝宝石衬底的第一(光学)表面上。将吸收-阻挡层设置在蓝宝石衬底的第一表面上的方法可以至少部分地依赖于吸收-阻挡层中使用的材料。在非限

制的示例中,吸收-阻挡层的设置可以包括将吸收-阻挡层涂敷、喷射、印刷、涂绘、粘附和/或分配在蓝宝石衬底的第一表面上。在吸收-阻挡层被粘附于蓝宝石衬底的非限制的示例中,粘接层可以被施加于蓝宝石衬底的第一表面,以将吸收-阻挡层粘附至蓝宝石衬底。操作302中的吸收-阻挡层的设置也可以包括在吸收-阻挡层上或内形成不透明的或光吸收的材料。在设置的吸收-阻挡层上或内形成的不透明的或光吸收的材料可以促进基于激光的切割操作。在一些情况下,吸收-阻挡层由在不添加另一材料的情况下具有希望的不透明性或光吸收性能的材料形成。如以下更详细地讨论的那样,吸收-阻挡层可以在蓝宝石衬底的随后加工期间遮蔽或保护蓝宝石衬底的第一表面。

[0044] 在操作302的一些实施中,可以相对于蓝宝石衬底设置多个吸收-阻挡层。更具体地,吸收-阻挡层可以被设置于蓝宝石衬底的第一表面上,并且另一吸收-阻挡层可以被设置于蓝宝石衬底的第二表面上,与设置于第一表面上的吸收-阻挡层相对。另外地,多个吸收-阻挡层可以被相对于彼此而设置并且两个层都设置于蓝宝石衬底的表面上。

[0045] 关于示例工艺300,在一些实施中,蓝宝石衬底被提供为已经具有已经被形成在一个或更多个表面上的吸收-阻挡层。也就是说,在一些实施中,操作302可由于由上游制造工艺提供或操纵材料的方式而是可选的。例如,在一些情况下,吸收-阻挡层可以在最终的抛光工艺之后立刻形成在蓝宝石衬底的表面上,以减少由于对蓝宝石衬底的操纵或操控所导致的刮刻或损伤的机会。在一些情况下,吸收-阻挡层可以在激光切割操作304之前及之后保护蓝宝石衬底的一个或更多个表面。

[0046] 在操作304中,可以对蓝宝石衬底执行切割。可以使用入射在吸收-阻挡层上的激光束执行切割。在一个示例中,可以对蓝宝石衬底执行熔化激光切割工艺,以切割蓝宝石衬底来形成用于电子设备的蓝宝石组件。在一些情况下,在操作304的切割工艺期间,吸收-阻挡层可以从入射的激光束吸收能量并形成局部区域的热能。如前面提及的那样,局部集中的能量可以帮助启动蓝宝石衬底中的切割。一旦切割被启动,则激光可以穿过材料和/或沿着切割路径推进切割以形成轮廓(profile)切割。在一些实施中,吸收-阻挡层仅仅在切割启动期间被利用,并且激光可以推进切割到蓝宝石衬底的没有被吸收-阻挡层涂覆或覆盖的区域。在一些实施中,切割不一直推进穿过蓝宝石衬底,并且可以在蓝宝石衬底的表面中形成沟槽、沟道或其它类型的凹口。

[0047] 在操作306中,一些熔融蓝宝石可以从蓝宝石衬底中的切割处被形成并且被去除。在一个示例中,熔化切割工艺在操作304中被执行。作为熔化切割工艺的一部分,一些熔融蓝宝石可以在蓝宝石衬底的切割处内形成。然后可以使用指向衬底的被切割的部分的气体射流或气体流从蓝宝石衬底的切割处去除熔融蓝宝石。在一些情况下,气体射流或气体流可以推动或吹开熔融蓝宝石,以便在蓝宝石衬底中产生空隙或切割处。

[0048] 在一些情形下,使用空气射流或空气流从切割处去除熔融蓝宝石可以推动熔融蓝宝石成为一缕(plume)小液滴。在一些情况下,熔融蓝宝石的液滴落回在切割激光附近的区域中的衬底上。如前面所讨论的那样,如果熔融蓝宝石被沉积于蓝宝石衬底的抛光表面上,那么可能需要进一步加工以去除液滴并且将蓝宝石衬底恢复到合适的表面光洁度水平。如以下关于操作308讨论的那样,设置于蓝宝石衬底的表面上的吸收-阻挡层的使用可以防止这种不希望的结果。

[0049] 在操作308中,蓝宝石衬底的第一表面的区域可以被遮蔽或保护以挡住操作306中

从切割处被形成并被去除的熔融蓝宝石。在一个示例中,设置于蓝宝石衬底的第一表面上的吸收-阻挡层可以形成阻挡物和/或可以遮蔽蓝宝石衬底的第一表面的位置与切割处邻近的区域以挡住使用气体流从切割处去除的熔融蓝宝石。在一些情况下,通过气体流从切割处去除并向上射出的全部的或几乎全部的熔融蓝宝石可由于吸收-阻挡层提供的遮蔽而不被沉积于蓝宝石衬底的第一表面上。另外地,从蓝宝石衬底的切割处去除的熔融蓝宝石可以而是被沉积于吸收-阻挡层上,直到进一步加工吸收-阻挡层和/或蓝宝石衬底。

[0050] 在一些情况下,吸收-阻挡层由具有帮助或使能操作308中执行的工艺的熔点和热性能的材料形成。特别地,吸收-阻挡层的熔点和热性能可以帮助吸收-阻挡层维持对蓝宝石衬底的第一表面的覆盖。在一些情况下,吸收-阻挡层在接近切割激光束时抵抗熔融。例如,吸收-阻挡层可以具有这样的熔点和/或热性能,其帮助防止或减少吸收-阻挡层将从与激光切割处邻近的区域后退开的机会。

[0051] 在操作310中,吸收-阻挡层可以从蓝宝石衬底的第一表面去除。更具体地,吸收-阻挡层以及沉积于吸收-阻挡层上的任何之前熔融蓝宝石液滴可以从蓝宝石衬底的第一表面去除。与操作302中设置吸收-阻挡层的方法相似,去除工艺可以至少部分地依赖于吸收-阻挡层中使用的材料。在非限制的示例中,可以通过从蓝宝石衬底的第一表面抛光、磨光(buffing)、磨削、溶解和/或冲洗吸收-阻挡层,包括熔融蓝宝石,来去除吸收-阻挡层。在一些情况下,超声清洗工艺被用于去除吸收-阻挡层。从蓝宝石衬底去除吸收-阻挡层(包括任何蓝宝石液滴)可以导致形成最终的蓝宝石组件,所述最终的蓝宝石组件可以基本上没有由蓝宝石衬底的第一表面上形成的熔融蓝宝石造成的外表的(cosmetic)、结构的和/或光学的缺陷。如以上关于图1A-B所讨论的那样,蓝宝石组件可以被用于形成电子设备的一个或更多的保护片。

[0052] 转到图4A-4F,示出蓝宝石衬底100和吸收-阻挡层102经受可以根据图3的工艺300执行的各种操作。要理解,相似地编号的组件可以以基本上相似的方式起作用。对这些组件的多余的解释出于清楚的目的已被省略。

[0053] 如图4A所示,吸收-阻挡层102可以被设置于蓝宝石衬底100的第一表面104上,如此处所讨论的那样。在一些情况下,吸收-阻挡层102可以包括不透明的聚合物材料,所述聚合物材料可以被直接施加于和/或位于蓝宝石衬底100的第一表面104上。另外如此处所讨论的那样,形成吸收-阻挡层102的聚合物材料可以包括可低于蓝宝石衬底100的熔融温度(例如,2000℃)的熔融温度(例如,200℃)。如图4A所示的吸收-阻挡层102的设置可以对应于图3的操作302。

[0054] 转到图4B和4C,切割106(参见图4C)可以在蓝宝石衬底100中被执行,如此处所讨论的那样。具体地,图4B和4C示出使用激光束108在蓝宝石衬底100中执行切割106的进展。如图4B和4C所示的在蓝宝石衬底100中执行切割106可以对应于图3的操作304。在非限制的示例中,如图4B所示,激光器110可以被用来执行用于在蓝宝石衬底100内执行切割106的熔化激光切割工艺。激光器110可以包括适合提供能够在蓝宝石衬底100中形成切割106的激光束108的各种各样的激光器之一,如此处讨论的那样。在一些实施例,使用光纤激光器执行激光切割,所述光纤激光器被配置为以中心处于大约1070nm的波长以及0.2ms到10ms范围中的脉冲持续时间来产生激光束。在一些情况下,激光器被配置为以10瓦特到150瓦特平均功率范围中的功率(最大为1500瓦特的最大功率)产生激光束。另外如所示且以下详细

地讨论的那样,包括熔化激光器110的熔化激光器系统也可包括位置与熔化激光器110邻近的气体传送喷嘴112。气体传送喷嘴112可以提供用于在熔化激光器110的操作期间从切割处106去除蓝宝石衬底100的部分的气体射流或气体流116,如此处讨论的那样。

[0055] 熔化激光器110可以提供入射于吸收-阻挡层102上和/或穿过吸收-阻挡层102的激光束108,如此处所讨论的那样。部分地由于吸收-阻挡层102的光学特性、材料组成和/或较低的熔融温度,吸收-阻挡层102可以被配置为增加对通过激光束108产生的辐射的吸收。增加的吸收可以在蓝宝石衬底100的第一表面104处产生局部区域或集中的热能114,这可促进蓝宝石衬底100中的初始切割。在非限制的示例中,如图4B和4C所示且如此处所讨论的那样,蓝宝石衬底100可以由抛光的蓝宝石片形成。作为蓝宝石衬底100的抛光性能的结果,激光束108的光子可以基本上通过裸露的蓝宝石100的区域,而不充分地加热和熔融蓝宝石衬底100。然而,如前面讨论的那样,这可以通过使用设置于或位于第一表面104上的吸收-阻挡层102来避免。

[0056] 部分地由于形成吸收-阻挡层102的聚合物材料的不透明光学性能和/或低熔融温度,可以通过使用吸收-阻挡层102来增加对由激光束108产生的辐射的吸收。随后,在一些情况下,吸收-阻挡层102可以最终传输激光束108的辐射,以在第一表面104处产生局部区域的热能114,并且最终穿过蓝宝石衬底100(参见图4C)。如图4C所示,这个局部区域的热能114可以启动在蓝宝石衬底100中的切割。

[0057] 如图4C所示,使用激光器110执行切割106还可以导致从切割处106形成熔融蓝宝石118的液滴。更具体地,在蓝宝石衬底100中形成切割处106的同时,熔融蓝宝石118的液滴可以由从切割处106熔融和/或去除的蓝宝石衬底100的残余物形成。在一些情况下,气体传送喷嘴112可以提供气体流116到切割处106附近的区域,以将熔融蓝宝石118去除或推到切割处106之外。一些熔融蓝宝石118可以由气体流116推动到切割处106之外并离开蓝宝石衬底100。在一些情况下,从切割处106去除的一些量的熔融蓝宝石118被沉积于吸收-阻挡层102上。如图4C所示的熔融蓝宝石118的形成和去除可以对应于图3中的操作306。

[0058] 如图4D所示,切割处106可以在蓝宝石衬底100中被完全形成,并且蓝宝石衬底100可以从熔化激光器110去除。如此处关于图4C所讨论的那样,沉积于吸收-阻挡层102上的之前熔融蓝宝石118可以作为硬化的蓝宝石液滴保留在吸收-阻挡层102上。如此处所讨论的那样,吸收-阻挡层102可以形成蓝宝石衬底100的第一表面104上的阻挡物,以遮蔽第一表面104以挡住熔融蓝宝石118。更具体地,吸收-阻挡层102可以遮蔽第一表面104的位置与切割处106邻近的区域以挡住熔融蓝宝石118,使得熔融蓝宝石118可在蓝宝石衬底100中形成切割处106期间和/或之后不接触和/或粘附于第一表面104。如图4D所示的蓝宝石衬底100的第一表面104的遮蔽可以对应于图3中的操作308。

[0059] 最后,如图4E和4F所示,吸收-阻挡层102可以从蓝宝石衬底100的第一表面104去除。在一个示例中,如图4E所示,吸收-阻挡层102和(之前)熔融蓝宝石118(以幻像示出)可以从蓝宝石衬底100的第一表面104去除,使得熔融蓝宝石118从不接触和/或接合到第一表面104。继续以上的非限制的示例,形成吸收-阻挡层102的不透明聚合物材料和接触或接合至吸收-阻挡层102的熔融蓝宝石118可以通过使用抛光或超声清洗技术被去除。如图4E和4F所示的吸收-阻挡层102和形成于吸收-阻挡层102上的熔融蓝宝石118的去除可以对应于图3中的操作310。

[0060] 如图4F所示,蓝宝石组件200可以由蓝宝石衬底100形成,并且可以被包括于电子设备10的组件中。在一个示例中,如图4F所示,在蓝宝石衬底100包括大的蓝宝石片的情况下,可以使用此处关于图3和4A-F所讨论的工艺和/或操作来形成多个蓝宝石组件200。如之前提到的那样,蓝宝石组件200可以被用于形成电子设备10(参见图1A-B)中的一个或更多个保护片(例如,盖片11、按钮片12和背片13)。

[0061] 如之前提到的那样,吸收-阻挡层102既可以用作遮蔽保护层也可以用作光学吸收层。然而,在一些替换实施例中,吸收-阻挡层102可以仅仅执行这两个功能中的一个。例如,在一些情况下,吸收-阻挡层102被施加于蓝宝石衬底100只是为了其光学吸收品质。在这种场景下,吸收-阻挡层102可以被设置于蓝宝石衬底100上,以促进光(例如,激光)能量的吸收并促进蓝宝石衬底100中的激光切割。然而,吸收-阻挡层102可以不必提供对熔融蓝宝石的基本遮蔽。

[0062] 在一个非限制的示例中,吸收-阻挡层102可以由涂绘或喷射到第一表面104上的墨形成。形成吸收-阻挡层102的墨可以在蓝宝石衬底100的第一表面104上形成薄的、不透明的材料层,所述材料层可以促进激光束的吸收以在蓝宝石衬底100中启动激光切割,如此处所讨论的那样。墨独自可以不必遮蔽和/或防止熔融蓝宝石118在切割工艺期间接触或接合至第一表面104。然而,墨涂层可以与另一涂层或层组合,以提供针对熔融蓝宝石的遮蔽或保护。在一些情况下,墨涂层被单独使用,并且没有施加于衬底表面的另外的保护层。在一些情况下,表面的由于墨层造成的增强的光学性能促进激光束的吸收,并且帮助启动和稳定蓝宝石衬底100内的激光切割。在一些情况下,熔融蓝宝石118的量或扩展可以被减少和/或可以更容易地通过气体传送喷嘴112从切割处106去除,减少了散射或飞溅的量。

[0063] 吸收-阻挡层可以在各种各样的示例实施例中配置,如此处所讨论的那样。更具体地,多个吸收-阻挡层可以在执行切割之前被设置或位于蓝宝石衬底上,如此处所讨论的那样。在蓝宝石衬底上包含多个吸收-阻挡层可以提供进一步的支撑和/或可以进一步帮助在切割工艺期间遮蔽蓝宝石衬底以挡住熔融蓝宝石,如此处所讨论的那样。另外地,在蓝宝石衬底上包含多个吸收-阻挡层可以帮助在蓝宝石衬底的第一表面处形成局部区域的热能,并且可以帮助启动蓝宝石衬底中的激光切割。要理解,相似编号的组件可以以基本上相似的方式起作用。对这些组件的多余的解释出于清楚的目的已被省略。

[0064] 图5A示出根据另外实施例的蓝宝石衬底500的横截面图。如此处关于图2和4A-F类似地讨论的那样,蓝宝石衬底500可以包括设置和/或位于第一表面504上用于形成蓝宝石衬底500的阻挡物的吸收-阻挡层502a。与图2和4A-F中的蓝宝石衬底不同,图5A中的蓝宝石衬底500包括在蓝宝石衬底500的第二表面520上形成的不同的或第二吸收-阻挡层502b。更具体地,蓝宝石衬底500可以包括设置于蓝宝石衬底500的位置与第一表面504相对的第二表面520上的不同的吸收-阻挡层502b。如图5A所示,设置于蓝宝石衬底500的相对表面上的吸收-阻挡层502a、502b可以由同一材料形成。在非限制的示例中,吸收-阻挡层502a、502b可以由不透明的聚合物材料形成,如此处关于图2和4A-F类似地讨论的那样。然而,并且如此处所讨论的那样,要理解,吸收-阻挡层502a、502b可以由具有相似特性或性能(例如,不透明材料、熔融温度低于蓝宝石熔融温度、粗糙或磨糙的表面等等)的不同材料形成。吸收-阻挡层502b可以使用此处讨论的任何合适的设置技术被设置于蓝宝石衬底500的第二表面520上,这里设置技术可以至少部分地依赖于吸收-阻挡层502b中使用的材料。

[0065] 类似于图5A、图5B示出了包括吸收-阻挡层503a、503b的蓝宝石衬底500的横截面图。然而,与图5A不同,图5B示出被设置或位于吸收-阻挡层503a上的吸收-阻挡层503b。更具体地,吸收-阻挡层503a可以被设置于蓝宝石衬底500的第一表面504上,如此处讨论的那样,并且吸收-阻挡层503b可以被直接设置于吸收-阻挡层503a上,且位置可以与蓝宝石衬底500的第一表面504邻近。如图5B所示,吸收-阻挡层503a、503b可以由不同材料形成。也就是说,在另一非限制的示例中,设置于蓝宝石衬底500的第一表面504上的吸收-阻挡层503a可以由聚酯片形成,并且设置于吸收-阻挡层503a上的吸收-阻挡层503b可以由塑料膜形成。在另一示例中,第一层503a可以提供针对可在激光切割期间产生的任何熔融蓝宝石的基本的保护或遮蔽。第二层503b可以提供基本的光学吸收,以促进激光的吸收并帮助启动激光切割。由此,所述两层503a、503b可以一起提供具有希望的光学性能的阻挡层,以促进基于激光的切割操作。吸收-阻挡层503b可以使用此处讨论的任何合适的设置技术被设置于吸收-阻挡层503a上,这里设置技术可以至少部分地依赖于吸收-阻挡层503b中使用的材料。

[0066] 图5C示出根据另一实施例的蓝宝石衬底500的横截面图。如图5C所示,吸收-阻挡层524可以使用粘接剂522被设置或位于蓝宝石衬底的第一表面504上。更具体地,吸收-阻挡层524可以经由施加于第一表面504的粘接剂522被粘附于蓝宝石衬底500。粘接剂522可以被用于粘附吸收-阻挡层524到蓝宝石衬底500,这里吸收-阻挡层524由可能天然地不粘附于第一表面504的材料制成。在吸收-阻挡层524包括预先制造的塑料膜的非限制的示例中,粘接剂522可以被直接施加于蓝宝石衬底500的第一表面504,并且吸收-阻挡层524(例如,塑料膜)可以被粘附或接合至粘接剂522。一旦被接合至粘接剂522,则吸收-阻挡层524可以在对蓝宝石衬底500执行切割工艺之前被设置或位于第一表面504上,如此处所讨论的那样。

[0067] 出于解释的目的,前面的描述使用了特定的术语来提供对所描述的实施例的彻底理解。然而,对本领域技术人员显而易见的是,为了实践所描述的实施例,并不需要特定的细节。由此,出于说明和描述的目的而呈现对此处描述的特定实施例的前面描述。它们的目的并不是穷尽性的或将实施例限制于所公开的精确形式。对本领域普通技术人员显而易见的是,鉴于以上教导,许多修改和变动是可能的。

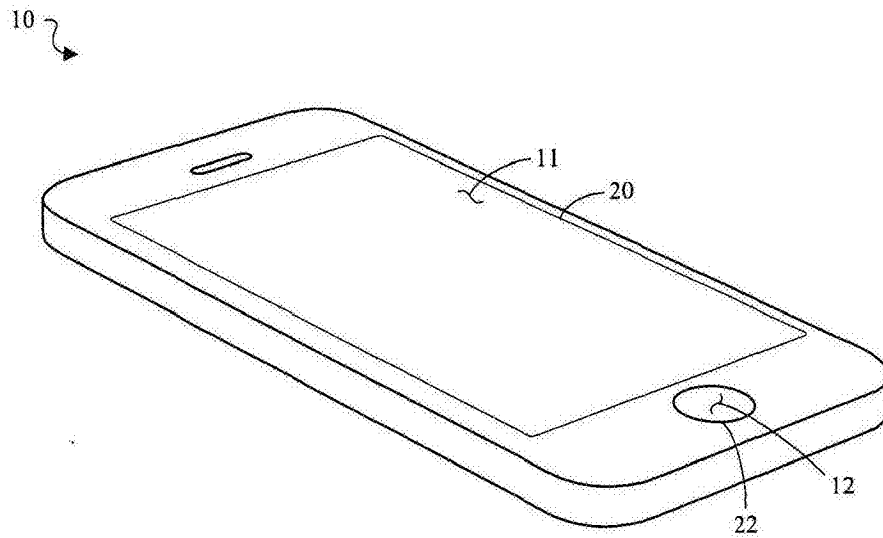


图1A

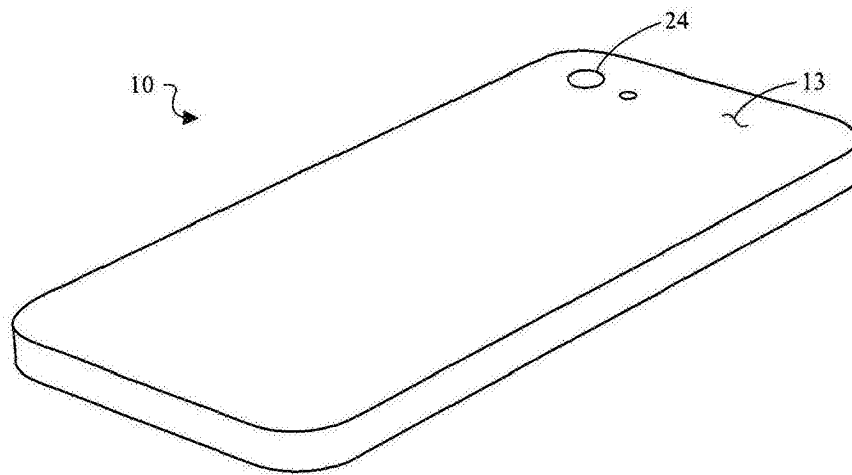


图1B

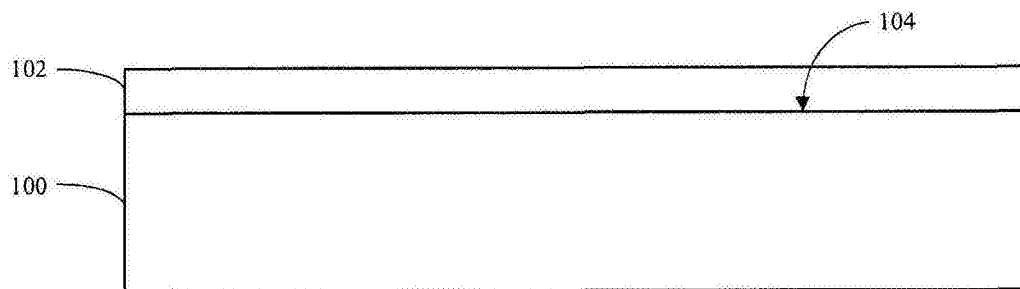


图2

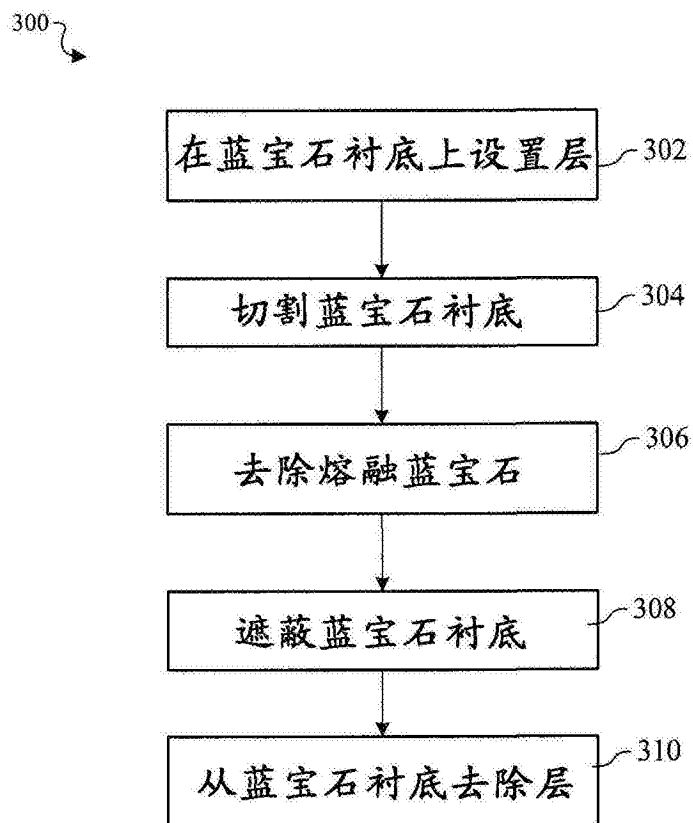


图3

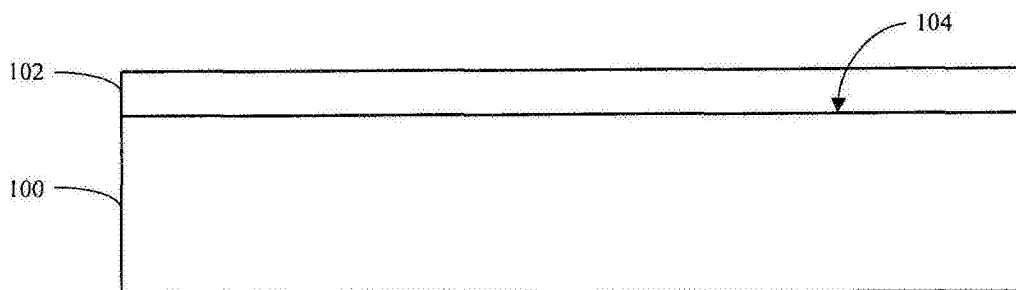


图4A

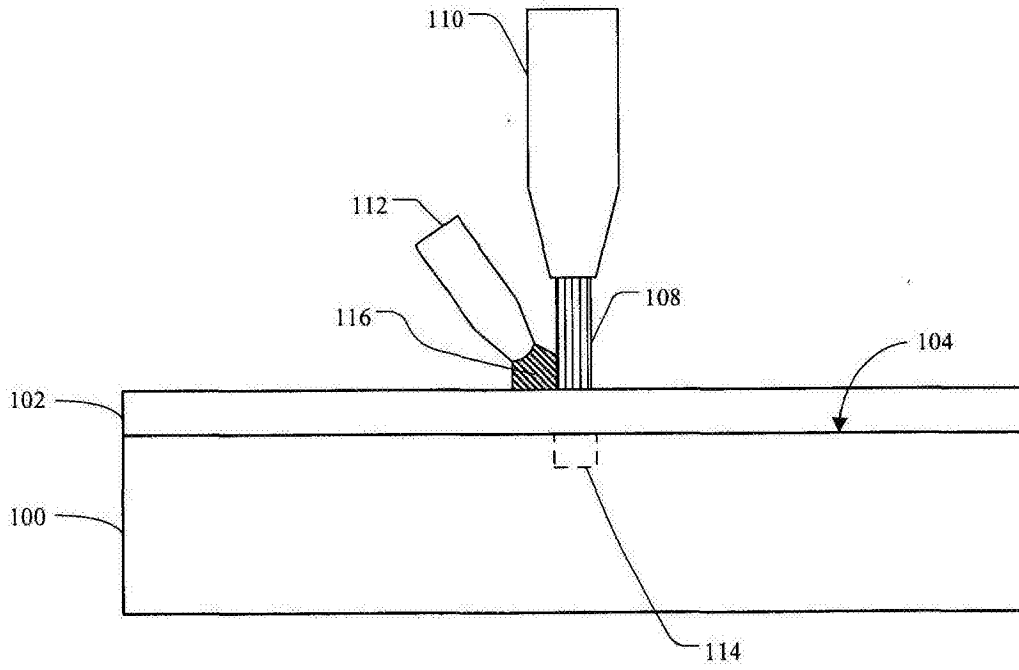


图4B

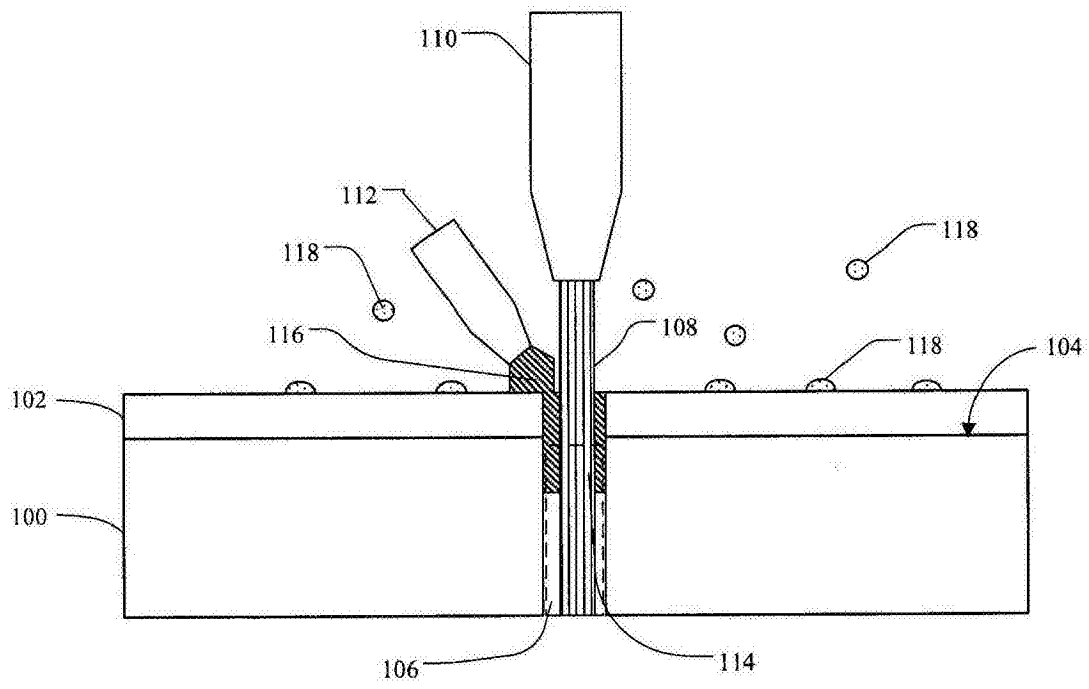


图4C

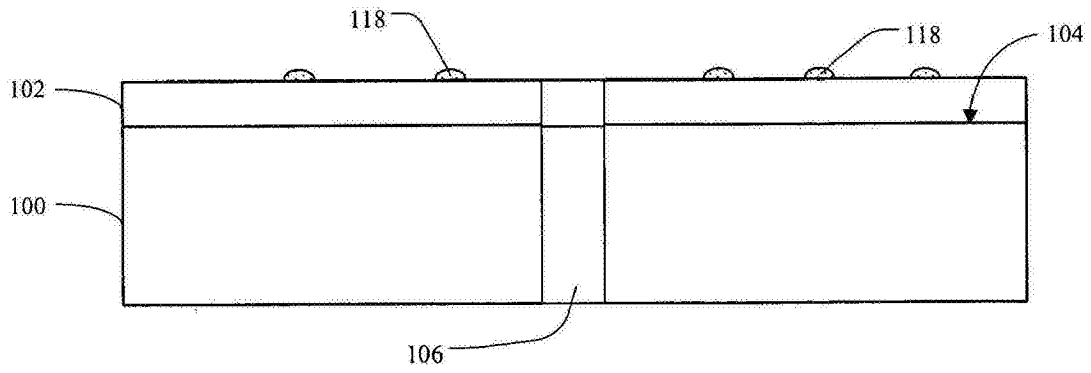


图4D

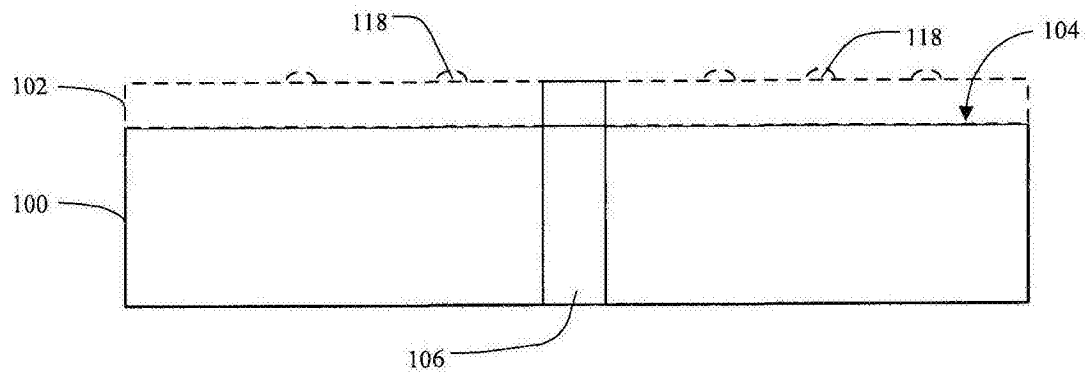


图4E

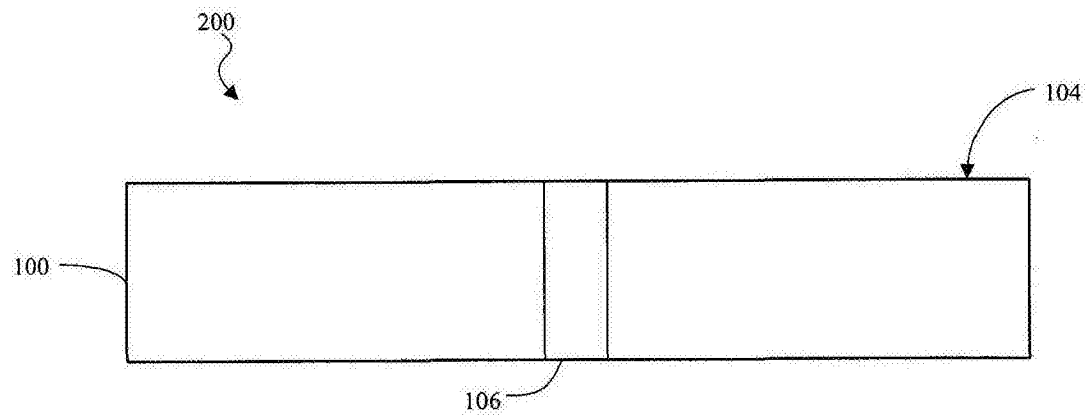


图4F

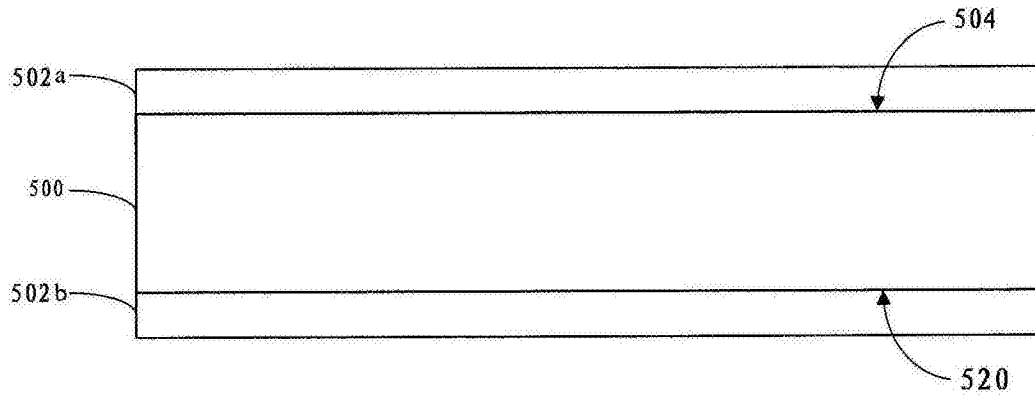


图5A

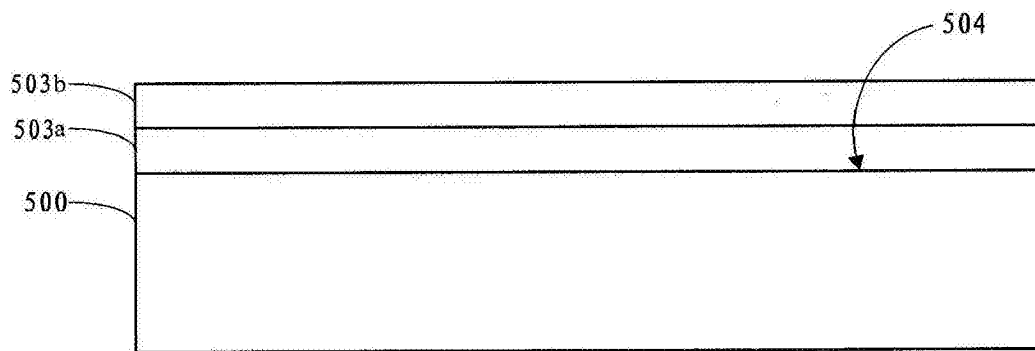


图5B

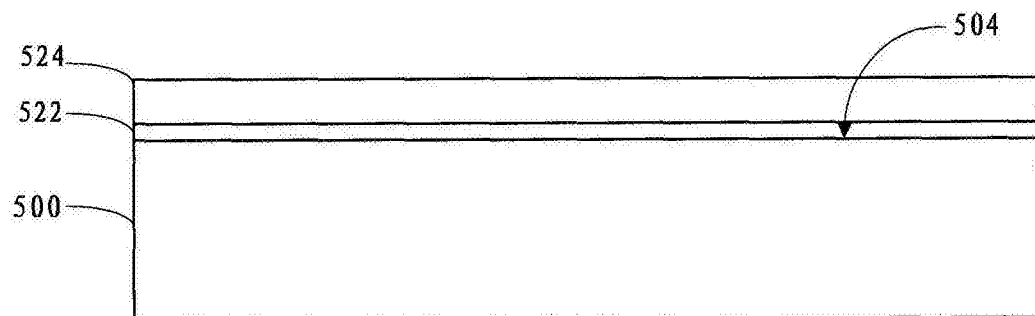


图5C