



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112601721 A

(43) 申请公布日 2021.04.02

(21) 申请号 201980055251.0

(22) 申请日 2019.08.16

(30) 优先权数据

62/720,479 2018.08.21 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.02.22

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2019/046839 2019.08.16

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2020/041133 EN 2020.02.27

(71) 申请人 康宁股份有限公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 M·阿格拉沃尔 D·R·鲍尔斯

夏飞

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公
司 31100

代理人 张璐 乐洪咏

(51) Int.Cl.

C03B 37/014 (2006.01)

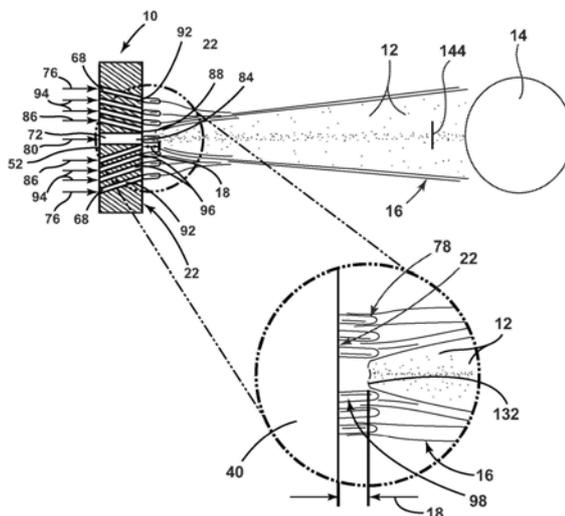
权利要求书4页 说明书19页 附图11页

(54) 发明名称

产生烟炱的方法

(57) 摘要

一种产生烟炱的方法,所述方法包括:在烧
燃器面处燃烧第一燃料物流和第一氧化剂;在烧
燃器面处燃烧第二燃料物流和第二氧化剂,其
中,第二燃料物流和第二氧化剂在烧燃器面之
前预混合,并且第二燃料物流与第二氧化剂
的第二当量比小于约1;以及将含硅燃料燃
烧成多个烟炱颗粒12,其中,第二燃料物流
和第二氧化剂在第一燃料物流与含硅燃料
之间燃烧。含硅燃料的燃烧发生在离开烧
燃器面抬高距离18处,有利地
位于0.1cm到0.8cm的距离处。应用产生
烟炱的该方法来沉积适于制造光纤的预
制件。



1. 一种产生烟炱的方法,所述方法包括:
在烧燃器面处燃烧第一燃料物流和第一氧化剂;
在烧燃器面处燃烧第二燃料物流和第二氧化剂,其中,第二燃料物流与第二氧化剂在烧燃器面之前预混合,并且第二燃料物流与第二氧化剂的第二当量比小于约1;以及
将含硅燃料燃烧成多个烟炱颗粒,其中,第二燃料物流和第二氧化剂在第一燃料物流与含硅燃料之间燃烧。
2. 如权利要求1所述的方法,其中,第一燃料物流包含烃、 H_2 、CO或它们的组合。
3. 如权利要求1所述的方法,其中,第一燃料物流包含 CH_4 。
4. 如权利要求1-3中任一项所述的方法,其中,第一燃料物流不具有含硅燃料。
5. 如权利要求1-4中任一项所述的方法,其中,第一燃料物流和第一氧化剂在烧燃器面之前预混合。
6. 如权利要求1-5中任一项所述的方法,其中,第一燃料物流和第一氧化剂的第一当量比大于约1。
7. 如权利要求6所述的方法,其中,第一当量比大于或等于1.6。
8. 如权利要求6所述的方法,其中,第一当量比为约2至约3。
9. 如权利要求6所述的方法,其中,第一当量比为约2.67。
10. 如权利要求1-9中任一项所述的方法,其中,第二燃料物流包含烃、 H_2 、CO或它们的组合。
11. 如权利要求1-10中任一项所述的方法,其中,第二燃料物流不具有含硅燃料。
12. 如权利要求1-11中任一项所述的方法,其中,第二燃料物流与第一燃料物流在组成上不同。
13. 如权利要求1-12中任一项所述的方法,其中,第二当量比为约0.1至约0.5。
14. 如权利要求1-12中任一项所述的方法,其中,第二当量比为约0.2至约0.4。
15. 如权利要求1-12中任一项所述的方法,其中,第二当量比为约0.33。
16. 如权利要求1-15中任一项所述的方法,其中,燃烧的第一燃料和第一氧化剂的第一烧燃速度为约10cm/s至约75cm/s。
17. 如权利要求1-15中任一项所述的方法,其中,燃烧的第一燃料和第一氧化剂的第一烧燃速度为约20cm/s至约50cm/s。
18. 如权利要求1-15中任一项所述的方法,其中,燃烧的第一燃料和第一氧化剂的第一烧燃速度为约30cm/s至约50cm/s。
19. 如权利要求1-15中任一项所述的方法,其中,燃烧的第二燃料和第二氧化剂的第二烧燃速度为约50cm/s至约225cm/s。
20. 如权利要求1-15中任一项所述的方法,其中,燃烧的第二燃料和第二氧化剂的第二烧燃速度为约100cm/s至约175cm/s。
21. 如权利要求1-15中任一项所述的方法,其中,燃烧的第二燃料和第二氧化剂的第二烧燃速度为约125cm/s至约150cm/s。
22. 如权利要求1-21中任一项所述的方法,其中,在距离烧燃器面抬离距离处,含硅燃料被燃烧成多个烟炱颗粒,并且含硅燃料在烧燃器面处通过烟管孔。
23. 如权利要求22所述的方法,其中,抬离距离除以烟管孔的最长线性尺寸的抬离比为

约0.33至约8。

24. 如权利要求23所述的方法,其中,抬离比为约1至约4。

25. 如权利要求23所述的方法,其中,抬离比为约2.0至约2.5。

26. 如权利要求1-25中任一项所述的方法,其中,第一燃料物流和第一氧化剂在烧燃器面处表面混合。

27. 如权利要求1-26中任一项所述的方法,其还包括:

在第二燃料物流和第二氧化剂的燃烧与含硅燃料之间引导保护气体,所述保护气体包含惰性气体。

28. 如权利要求27所述的方法,其中,保护气体还包括不含硅的燃料。

29. 如权利要求28所述的方法,其中,保护气体还包括氧化剂。

30. 如权利要求1-29中任一项所述的方法,其还包括:

在第二燃料物流与含硅燃料之间,在烧燃器面处燃烧第三燃料物流,所述第三燃料物流包括不含硅的燃料并且不具有含硅燃料。

31. 一种产生烟炱的方法,所述方法包括:

在烧燃器面处燃烧第一燃料物流和第一氧化剂;

在烧燃器面处燃烧第二燃料物流和第二氧化剂;以及

在距离烧燃器面抬离距离处,将含硅燃料燃烧成多个二氧化硅烟炱颗粒,其中,所述抬离距离距离烧燃器面约0.1cm至约0.8cm,并且其中,第二燃料物流在第一燃料物流与含硅燃料之间燃烧。

32. 如权利要求31所述的方法,其中,抬离距离距离烧燃器面约0.1cm至约0.7cm。

33. 如权利要求31所述的方法,其中,抬离距离距离烧燃器面约0.3cm至约0.7cm。

34. 如权利要求31所述的方法,其中,抬离距离距离烧燃器面约0.4cm至约0.6cm。

35. 如权利要求31所述的方法,其中,抬离距离距离烧燃器面约0.5cm。

36. 如权利要求31-35中任一项所述的方法,其中,第一燃料物流包含烃、 H_2 、CO或它们的组合。

37. 如权利要求31-35中任一项所述的方法,其中,第一燃料物流包含 CH_4 。

38. 如权利要求31-37中任一项所述的方法,其中,第一燃料物流不具有含硅燃料。

39. 如权利要求31-38中任一项所述的方法,其中,第一燃料物流和第一氧化剂在烧燃器面之前预混合。

40. 如权利要求31-39中任一项所述的方法,其中,第二燃料物流包含烃、 H_2 、CO或它们的组合。

41. 如权利要求31-40中任一项所述的方法,其中,第二燃料物流不具有含硅燃料。

42. 如权利要求31-41中任一项所述的方法,其中,第二燃料物流与第一燃料物流在组成上不同。

43. 如权利要求31-42中任一项所述的方法,其中,第一燃料物流和第一氧化剂在烧燃器面处表面混合。

44. 如权利要求31-43中任一项所述的方法,其还包括:

在第二燃料物流和第二氧化剂的燃烧与含硅燃料之间引导保护气体,所述保护气体包含惰性气体。

45. 如权利要求44所述的方法,其中,保护气体还包括不含硅的燃料。

46. 如权利要求45所述的方法,其中,保护气体还包括氧化剂。

47. 如权利要求31-46中任一项所述的方法,其还包括:

在第二燃料物流与含硅燃料之间,在烧燃器面处燃烧第三燃料物流,所述第三燃料物流包括不含硅的燃料并且不具有含硅燃料。

48. 一种产生烟炱的方法,所述方法包括:

在烧燃器面处燃烧第一燃料物流和第一氧化剂,其中,第一燃料物流与第一氧化剂的第一当量比为约1.6至约4;

在烧燃器面处燃烧第二燃料物流和第二氧化剂,其中,第二燃料物流与第二氧化剂的第二当量比为约0.1至约0.5;以及

在距离烧燃器面抬高距离处,将含硅燃料燃烧成多个二氧化硅烟炱颗粒,其中,所述抬高距离距离烧燃器面约0.1cm至约0.8cm。

49. 如权利要求48所述的方法,其中,含硅燃料包含以下中的至少一种:八甲基环四硅氧烷、十甲基环五硅氧烷、十二甲基环六硅氧烷、六甲基环三硅氧烷、六甲基二硅氧烷、八甲基三硅氧烷、十甲基四硅氧烷和十二甲基五硅氧烷。

50. 如权利要求48或49所述的方法,其中,第一燃料物流和第二燃料物流中的至少一者包含 CH_4 。

51. 如权利要求48-50中任一项所述的方法,其中,第二燃料和第二氧化剂的燃烧发生在第一燃料的燃烧与含硅燃料的燃烧彼此之间。

52. 如权利要求48-51中任一项所述的方法,其中,燃烧的第一燃料和第一氧化剂的第一烧燃速度为约10cm/s至约75cm/s,并且燃烧的第二燃料和第二氧化剂的第二烧燃速度为约50cm/s至约225cm/s。

53. 如权利要求48-51中任一项所述的方法,其中,燃烧的第一燃料和第一氧化剂的第一烧燃速度为约20cm/s至约50cm/s,并且燃烧的第二燃料和第二氧化剂的第二烧燃速度为约100cm/s至约175cm/s。

54. 如权利要求48-51中任一项所述的方法,其中,燃烧的第一燃料和第一氧化剂的第一烧燃速度为约30cm/s至约50cm/s,并且燃烧的第二燃料和第二氧化剂的第二烧燃速度为约125cm/s至约150cm/s。

55. 如权利要求48-54中任一项所述的方法,其还包括:

在基材上沉积一部分的二氧化硅烟炱颗粒。

56. 如权利要求48-55中任一项所述的方法,其中,含硅燃料在硅当量比为约2至约4下燃烧。

57. 如权利要求48-55中任一项所述的方法,其中,含硅燃料在硅当量比为约2.67至约4下燃烧。

58. 如权利要求48-57中任一项所述的方法,其中,第一燃料物流不具有含硅燃料。

59. 如权利要求48-58中任一项所述的方法,其中,第一燃料物流和第一氧化剂在烧燃器面之前预混合。

60. 如权利要求48-59中任一项所述的方法,其中,第二燃料物流不具有含硅燃料。

61. 如权利要求48-60中任一项所述的方法,其中,第二燃料物流与第一燃料物流在组

成上不同。

62. 如权利要求48-61中任一项所述的方法,其中,第一燃料物流和第一氧化剂在烧燃器面处表面混合。

63. 如权利要求48-62中任一项所述的方法,其还包括:

在第二燃料物流和第二氧化剂的燃烧与含硅燃料之间引导保护气体,所述保护气体包含惰性气体。

64. 如权利要求63所述的方法,其中,保护气体还包括不含硅的燃料。

65. 如权利要求64所述的方法,其中,保护气体还包括氧化剂。

66. 如权利要求48-65中任一项所述的方法,其还包括:

在第二燃料物流与含硅燃料之间,在烧燃器面处燃烧第三燃料物流,所述第三燃料物流包括不含硅的燃料并且不具有含硅燃料。

67. 一种焰,其包括有机硅化合物的燃烧产物,所述焰的点燃点位于距离烧燃器的面抬离距离处,所述抬离距离在0.1cm-0.8cm的范围内。

产生烟炱的方法

[0001] 本申请要求2018年8月21日提交的系列号为62/720,479的美国临时申请的优先权权益,本文以该申请的内容为基础并通过引用将其全部结合入本文。

技术领域

[0002] 本公开一般涉及烟炱产生,具体地,涉及产生二氧化硅烟炱的方法,更具体地,涉及在基材上的烟炱沉积。

背景技术

[0003] 在形成光纤预制件时,使用外气相沉积。外气相沉积涉及燃烧一种或多种含硅燃料以形成二氧化硅烟炱的过程。然后,使二氧化硅烟炱沉积在钼杆或芯棒上以形成光纤预制件。在常规的外气相沉积系统中,二氧化硅烟炱的射流可以在导致二氧化硅烟炱分散的条件下产生。分散的二氧化硅烟炱可能导致烟炱捕获的效率低于理想效率。二氧化硅烟炱射流的分散可受到与含硅燃料的燃烧相关的各种性质的影响。未捕获在钼杆或芯棒上以形成光纤预制件的分散烟炱一般被排出沉积室并在下游作为废料捕获,或者不利地沉积在沉积室内的表面和部件上,这通常需要时间和精力进行去除和清洁,然后再开始沉积下一个光纤预制件。因此,一般期望最大程度地减少未沉积或捕获在光纤预制件上的烟炱的量和相对分数。另外,在外气相沉积过程中燃烧硅燃料的过程产生了可闻噪音。在大规模烟炱生成操作中,可能期望减少这种噪音。可闻噪音的大小可受到与含硅燃料的燃烧相关的各种性质的影响。

发明内容

[0004] 根据本公开的至少一个特征,一种产生烟炱的方法,包括:在烧燃器面处燃烧第一燃料物流和第一氧化剂;在烧燃器面处燃烧第二燃料物流和第二氧化剂,其中,第二燃料物流和第二氧化剂在烧燃器面之前预混合,并且第二燃料物流与第二氧化剂的第二当量比小于约1;以及将含硅燃料燃烧成多个烟炱颗粒,其中,第二燃料物流和第二氧化剂在第一燃料物流与含硅燃料之间燃烧。

[0005] 根据本公开的另一个特征,一种产生烟炱的方法,包括:在烧燃器面的外围处燃烧第一燃料物流和第一氧化剂;在烧燃器面处燃烧第二燃料物流和第二氧化剂;以及在距离烧燃器面抬离距离处将含硅燃料燃烧成多个二氧化硅烟炱颗粒,其中,所述抬离距离距离烧燃器面为约0.1cm至约0.8cm。

[0006] 根据本公开的另一个特征,一种产生烟炱的方法,包括:在烧燃器面处燃烧第一燃料物流和第一氧化剂,其中,第一燃料物流与第一氧化剂的第一当量比大于约1.6;在烧燃器面处燃烧第二燃料物流和第二氧化剂,其中,第二燃料物流与第二氧化剂的第二当量比为约0.1至约0.5;以及在距离烧燃器面抬离距离处将含硅燃料燃烧成多个二氧化硅烟炱颗粒,其中,所述抬离距离距离烧燃器面为约0.1cm至约0.8cm。

[0007] 本公开扩展至:

- [0008] 一种产生烟炱的方法,所述方法包括:
- [0009] 在烧燃器面处燃烧第一燃料物流和第一氧化剂;
- [0010] 在烧燃器面处燃烧第二燃料物流和第二氧化剂,其中,第二燃料物流与第二氧化剂在烧燃器面之前预混合,并且第二燃料物流与第二氧化剂的第二当量比小于约1;以及
- [0011] 将含硅燃料燃烧成多个烟炱颗粒,其中,第二燃料物流和第二氧化剂在第一燃料物流与含硅燃料之间燃烧。
- [0012] 本公开扩展至:
- [0013] 一种产生烟炱的方法,所述方法包括:
- [0014] 在烧燃器面处燃烧第一燃料物流和第一氧化剂;
- [0015] 在烧燃器面处燃烧第二燃料物流和第二氧化剂;以及
- [0016] 在距离烧燃器面抬离距离处,将含硅燃料燃烧成多个二氧化硅烟炱颗粒,其中,所述抬离距离距离烧燃器面约0.1cm至约0.8cm,并且其中,第二燃料物流在第一燃料物流与含硅燃料之间燃烧。
- [0017] 本公开扩展至:
- [0018] 一种焰,其包括有机硅化合物的燃烧产物,所述焰的点燃点位于距离烧燃器的面抬离距离处,所述抬离距离在0.1cm-0.8cm的范围内。
- [0019] 根据下述说明、权利要求和附图,本领域技术人员能够进一步知晓和理解本公开的这些特征、优点和目的以及其他特征、优点和目的。
- [0020] 附图简要说明
- [0021] 以下是对附图中各图的描述。为了清楚和简明起见,附图不一定按比例绘制,附图的某些特征和某些视图可能按比例放大显示或以示意图方式显示。
- [0022] 在附图中:
- [0023] 图1A是操作中的烧燃器的截面图;
- [0024] 图1B是烧燃器的面的视图;
- [0025] 图2是根据至少一个实例的产生烟炱的方法的流程图;
- [0026] 图3A是第一比较例的温度模型;
- [0027] 图3B是第一比较例的SiO₂质量分数模型;
- [0028] 图3C是操作中拍摄的第一比较例的图像;
- [0029] 图4A是与本公开一致的第一实施例的温度模型;
- [0030] 图4B是第一实施例的SiO₂质量分数模型;
- [0031] 图4C是操作中拍摄的第一实施例的图像;
- [0032] 图5是第一比较例和第一实施例的SiO₂质量分数模型的并排比较;以及
- [0033] 图6是可闻噪声根据频率变化的图。
- [0034] 图7是捕获频率与补充当量比的关系图。

具体实施方式

[0035] 在以下的具体实施方式中给出了本公开的其他特征和优点,对本领域的技术人员而言,这些特征和优点根据所作描述就可以容易地看出,或者通过实施包括以下具体实施方式连同权利要求和附图在内的本文所述的本公开而被认识。

[0036] 文中所用的术语“和/或”在用于两项或更多项的罗列时,表示所列项中的任何一项可以单独使用,或者可以使用所列项中的两项或更多项的任意组合。例如,如果描述一种组合物含有组分A、B和/或C,则该组合物可只含有A;只含有B;只含有C;含有A和B的组合;含有A和C的组合;含有B和C的组合;或含有A、B和C的组合。

[0037] 在本文中,相对的术语,例如第一和第二,顶部和底部等仅用于区分一个实体或行为与另一个实体或行为,而非必须要求或暗示这些实体或行为之间的任何实际的这种关系或顺序。

[0038] 本领域技术人员应理解,所述公开和其他部件的构造不限于任何特定材料。除非本文有另外说明,否则本文所公开的本公开的其他示例性实施方式可以由各种材料形成。

[0039] 出于本公开的目的,术语“连接(couple)”(以其所有形式:连接的、连接着、相连接等)一般意味着两个部件彼此(电气或机械地)直接或间接地接合。这种接合本质上可以是静止的或者本质上是可移动的。这种接合可以通过两个部件(电气的或机械的)与任何另外的中间构件彼此一体地形成成为单个整体来实现,或者通过该两个部件来实现。除非另有说明,否则这种接合本质上可以是永久性的,或者本质上可以是可移除的或可释放的。

[0040] 如本文所用,术语“约”指量、尺寸、公式、参数和其他数量和特征不是精确的且无需精确的,但可按照要求是大致的和/或更大或者更小,如反映公差、转化因子、四舍五入、测量误差等,以及本领域技术人员所知的其他因子。当使用术语“约”来描述范围的数值或端点时,应理解本公开包括所参考的具体值或者端点。无论说明书中的范围的数值或端点是否使用“约”列举,范围的数值或端点旨在包括两种实施方式:一种用“约”修饰,另一种未用“约”修饰。还应理解,每个范围的端点在与另一个端点有关及独立于另一个端点时都是重要的。

[0041] 本文所用的术语“基本”、“基本上”及其变化形式旨在表示所述的特征等于或近似等于一数值或描述。例如,“基本上平面的”表面旨在表示表面是平面或大致表面。此外,“基本上”旨在表示两个数值相等或近似相等。在一些实施方式中,“基本上”可以表示彼此相差在约10%以内的数值。

[0042] 同样重要的是应注意,如示例性实施方式中所示,本公开的元件的构造和布置仅是说明性的。尽管在本公开中仅详细描述了本发明的一些实施方式,但是阅读本公开的本领域技术人员易于理解,可以进行许多修改(例如,对各种元件的大小、尺寸、结构、形状和比例;参数的值;安装布置;材料的使用;颜色;取向等进行改变)而不实质上背离本文所述主题的新颖性教导和优点。例如,以整体形成示出的元件可以由多个零件构成,或者以多个零件示出的元件可以整体地形成,可以颠倒或以其他方式改变界面的操作,可以改变系统的结构、和/或元件、或连接件、或其他元件的长度或宽度,并且可以改变各元件之间的调节位置的性质或数目。应注意,系统的元件和/或组件可以由多种材料中的任何一种构造,这些材料在各种颜色、纹理和组合中的任何一种上提供足够的强度或耐久性。因此,所有这些修改均旨在包括在本发明的范围之内。可以对所需的示例性实施方式及其他示例性实施方式的设计、操作条件和布置进行其他替代、修改、改变和省略,而不背离本发明的精神。

[0043] 现在参考图1A和1B,其描绘了烧燃器10。根据各个实例,烧燃器10可以用于在基材14上进行二氧化硅烟炱颗粒12的外气相沉积(OVD)。基材14可以是饵杆、烟炱预制件、芯棒、光纤预制件的其他部件、玻璃制品的部件或其组合。由此,烧燃器10可以用于形成光纤预制

件。在操作中,烧燃器10被构造用于对含硅燃料进行烧燃或氧化以在烟旻物流16中产生二氧化硅烟旻颗粒12。烟旻物流16被排向基材14,以使二氧化硅烟旻颗粒12沉积在基材14上。含硅燃料的点燃可以发生在距离烧燃器10的烧燃器面22为抬离距离18处。(还参见插图40。)

[0044] 第一气体孔68接收第一气体76,所述第一气体76可以包括第一氧化剂和/或第一燃料物流。根据各个实例,在到达烧燃器10的烧燃器面22之前,可以使第一气体76预混合。换言之,第一燃料物流和第一氧化剂可以在烧燃器10的烧燃器面22之前预混合。出于本公开的目的,术语“预混合”意为两种或更多种组分(例如,第一燃料物流和第一氧化剂)在离开烧燃器面22之前基本上均匀混合。根据各个实例,第一燃料物流和第一氧化剂在烧燃器10的烧燃器面22处表面混合。在这样的实例中,第一气体76基本上或完全由第一燃料物流组成,并且第一氧化剂在烧燃器10的烧燃器面22处与第一燃料物流混合。在表面混合,或扩散混合的实例中,第一氧化剂可以由周围环境供应(例如,周围氧气),或者可以由烧燃器10的烧燃器面22中的单独的端口、管或开口提供。在表面混合的实例中,在燃烧之前,第一燃料物流和第一氧化剂在烧燃器面22的下游混合。第一氧化剂可以包括 O_2 ,含氧的气体(例如空气),其他含氧的化合物,不含氧的化合物(例如,氯气和其他含卤素的化合物)和/或它们的组合。第一燃料物流可以包括第一烃(例如, CH_4 、 C_2H_6 、 C_3H_8 、 C_4H_{10} 等中的至少一种), H_2 ,CO,其他可燃性化合物和/或它们的组合。在一个优选的实施方式中,第一燃料物流缺少含硅燃料。如本文所用的术语“燃料”包含可被烧燃以产生热,并且在 $20^\circ C$ 的空气和101.3kPa的标准压力情况下具有可燃范围的任何液体或气体。燃料可以包括不含硅的燃料(即,组成上缺少Si的燃料)和含硅燃料(即,组成上包含Si的燃料)。

[0045] 烟管52的烟气开口72可以提供有烟气80,其包括 O_2 和 N_2 (即,内保护气体 N_2)中的至少一种和含硅燃料。含硅燃料可以包括八甲基环四硅氧烷(OMCTS)、十甲基环五硅氧烷、十二甲基环六硅氧烷、六甲基环三硅氧烷、六甲基二硅氧烷、八甲基三硅氧烷、十甲基四硅氧烷、十二甲基五硅氧烷、其他含硅燃料和/或它们的组合。烟气80通过烟管孔84离开烧燃器面22。换言之,烧燃器10被构造使烟气80中的含硅燃料通过烟管孔84。烟管52的烟管孔84可以具有贯穿烟管52的单个直径,或者直径可以是变化的。烟管孔84在烧燃器面22处可以具有直径或最长截面线性尺寸,其为约1.0mm、或约1.2mm、或约1.4mm、或约1.6mm、或约1.8mm、或约2.0mm、或约2.2mm、或约2.4mm、或约2.6mm、或约2.8mm、或约3.0mm、或约3.2mm、或约3.4mm、或约3.6mm、或约3.8mm、或约4.0mm、或约5.0mm,或者这些数值之间的任何及所有数值和范围。

[0046] 可以使保护气体86通过烧燃器10。如本文所用,“保护气体”是指能够控制含硅燃料(例如,通过烟管孔84的燃料)与通过烧燃器面22递送的其他燃料物流之间的热和/或质量传递的气体。优选地,在含硅燃料与第一气体76之间的位置处递送保护气体。保护气体86可以包括一种或多种惰性气体(例如, N_2 、Ar、Kr)。在一个实施方式中,保护气体86包括除含硅燃料之外的燃料;也就是说,保护气体86包括不含硅的燃料并且不包括含硅燃料。在另一个实施方式中,保护气体86不具有燃料。在另一个实施方式中,保护气体86包括不含硅的燃料和氧化剂。保护气体86中任选包括的不含硅的燃料实例包括烃(例如, CH_4 、 C_2H_6 、 C_3H_8 、 C_4H_{10} 等), H_2 ,CO,其他可燃性化合物和/或它们的组合。保护气体86穿过烧燃器10并通过保护气体孔88最终离开烧燃器面22。优选地,保护气体孔88被定位成使烧燃器10在含硅燃料(穿过

烟管孔84)与第二燃料物流和第二氧化剂(作为第二气体94通过第二管96)的燃烧之间引导保护气体86,如下文更详细解释。第一气体76穿过烧燃器10并通过多个第一管92最终离开烧燃器面22。第一管92位于烧燃器10的烧燃器面22的周围附近。第一管92可以是分离的结构或者可以由烧燃器10的部件整体形成。因此,包括第一氧化剂和第一燃料的第一气体76可以在烧燃器面22的外围(外径向区域)处通过或燃烧。

[0047] 第二气体94(即,有时被称为补充气体)可以包括第二氧化剂和第二燃料物流。第二氧化剂可以包括 O_2 ,含氧的气体(例如空气),其他含氧的化合物,不含氧的化合物(例如,氯气和其他含卤素的化合物)和/或它们的组合。根据各个实例,第一氧化剂和第二氧化剂基本上相同,但应理解,第一氧化剂和第二氧化剂可以不同。第二气体94的第二燃料物流可以包括以下中的至少一种:烃(例如, CH_4 、 C_2H_6 、 C_3H_8 、 C_4H_{10} 等), H_2 ,CO,其他可燃性化合物和/或它们的组合。在一个优选的实施方式中,第二燃料物流缺少含硅燃料。根据各个实例,第一燃料物流和第二燃料物流可以具有基本上相同的组成,但应理解,第一燃料物流和第二燃料物流可以不同;也就是说,在一个实施方式中,第一燃料物流和第二燃料物流在组成上不同。第二气体94穿过烧燃器10并通过多个第二管96最终离开烧燃器面22。根据各个实例,第二管96位于烟管52与所述一个或多个第一管92之间,以使得在烧燃器面22处,第二气体94在烟气80与第一气体76之间通过。由此,可以在第一气体76的燃烧与烟气80的燃烧之间发生第二气体94的燃烧。类似地,在使用保护气体的实施方式中,在第一气体76的燃烧与烟气80的燃烧之间,或者在第二气体94的燃烧与烟气80的燃烧之间可以发生保护气体86的递送。应理解,第二气体94的成分可以在烧燃器10的上游混合,可以在烧燃器10中混合,和/或可以在烧燃器面22处扩散混合。换言之,第二燃料物流和第二氧化剂可以与第一气体76中的第一燃料物流和第一氧化剂相似的方式预混合或表面混合。

[0048] 现在参考图1A、1B和2,在操作时,在产生二氧化硅烟炱颗粒12的方法110中可以使用烧燃器10。应理解,方法110基本上也可以用于形成光纤预制件或可以包括二氧化硅烟炱12的其他基材14。方法110可以开始于步骤114:在烧燃器面22处燃烧第一气体76中的第一燃料物流和第一氧化剂。应理解,“在烧燃器面22处”发生的燃烧可以在距离烧燃器面22约0mm至约2mm之间处开始,并且扩展到距离烧燃器面22不超过20mm而不偏离本文提供的教导。根据各个实例,第一气体76中的第一燃料物流与第一氧化剂的第一当量比大于约1。为了实现步骤114,使包括第一氧化剂和第一燃料物流的第一气体76穿过或引导通过烧燃器10的第一管92而到达烧燃器面22。第一气体76的燃烧在烧燃器10的外围(外径向区域)处形成了外焰或第一焰78。在通过表面混合产生第一燃料物流和第一氧化剂的燃烧的实例中,第一燃料和第一氧化剂可以由分别的第一管92供应,或者第一氧化剂可以是围绕烧燃器10的周围空气。

[0049] 如上文所解释的,第一燃料物流可以包括第一烃(例如, CH_4 、 C_2H_6 、 C_3H_8 、 C_4H_{10} 等中的至少一种), H_2 ,CO,其他可燃性化合物和/或它们的组合。可以燃烧第一气体76,以使得该燃烧点燃第二气体94(在第二管96的出口处)和包括含硅燃料的烟气80。进一步地,第一气体76的点燃可以起到烧燃器10的标灯的作用。

[0050] 第一气体76中的第一燃料和第一氧化剂的流动速率和摩尔比以及第二气体94中的第二燃料和第二氧化剂的流动速率和摩尔比取决于第一燃料、第一氧化剂、第二燃料和第二氧化剂的组成。基于使用甲烷作为第一燃料以及氧气作为第一氧化剂的代表性流动速

率如下。本领域技术人员可类似地确定燃料和氧化剂的其他组合的合适流动速率和摩尔比。

[0051] 第一气体76中的第一燃料可以如下流动速率通过：约1slpm至约9slpm，或约1.25slpm至约8.75slpm，或约1.5slpm至约8.5slpm，或约1.75slpm至约8.25slpm，或约2.0slpm至约8.0slpm，或约2.25slpm至约7.75slpm，或约2.5slpm至约7.5slpm，或约2.75slpm至约7.25slpm，或约3.0slpm至约7.0slpm，或约3.25slpm至约7.75slpm，或约3.5slpm至约7.5slpm，或约3.75slpm至约7.25slpm，或约4.0slpm至约7.0slpm，或约4.25slpm至约6.75slpm，或约4.5slpm至约6.5slpm，或约4.75slpm至约6.25slpm，或约5.0slpm至约6.0slpm。例如，第一气体76中的第一燃料的流动速率可以是约1.0slpm，或约1.25slpm，或约1.5slpm，或约1.75slpm，或约2.0slpm，或约2.25slpm，或约2.5slpm，或约2.75slpm，或约3.0slpm，或约3.25slpm，或约3.5slpm，或约3.75slpm，或约4.0slpm，或约4.25slpm，或约4.5slpm，或约4.75slpm，或约5.0slpm，或约5.25slpm，或约5.5slpm，或约5.75slpm，或约6.0slpm，或约6.25slpm，或约6.5slpm，或约6.75slpm，或约7.0slpm，或约7.25slpm，或约7.5slpm，或约7.75slpm，或约8.0slpm，或约8.25slpm，或约8.5slpm，或约8.75slpm，或约9.0slpm，或者其间的任何和所有数值和范围。

[0052] 第一气体76中的第一氧化剂的流动速率可以为约1slpm至约9slpm，或约1.25slpm至约8.75slpm，或约1.5slpm至约8.5slpm，或约1.75slpm至约8.25slpm，或约2.0slpm至约8.0slpm，或约2.25slpm至约7.75slpm，或约2.5slpm至约7.5slpm，或约2.75slpm至约7.25slpm，或约3.0slpm至约7.0slpm，或约3.25slpm至约7.75slpm，或约3.5slpm至约7.5slpm，或约3.75slpm至约7.25slpm，或约4.0slpm至约7.0slpm，或约4.25slpm至约6.75slpm，或约4.5slpm至约6.5slpm，或约4.75slpm至约6.25slpm，或约5.0slpm至约6.0slpm。例如，第一气体76中的第一氧化剂的流动速率可以是约1.0slpm，或约1.25slpm，或约1.5slpm，或约1.75slpm，或约2.0slpm，或约2.25slpm，或约2.5slpm，或约2.75slpm，或约3.0slpm，或约3.25slpm，或约3.5slpm，或约3.75slpm，或约4.0slpm，或约4.25slpm，或约4.5slpm，或约4.75slpm，或约5.0slpm，或约5.25slpm，或约5.5slpm，或约5.75slpm，或约6.0slpm，或约6.25slpm，或约6.5slpm，或约6.75slpm，或约7.0slpm，或约7.25slpm，或约7.5slpm，或约7.75slpm，或约8.0slpm，或约8.25slpm，或约8.5slpm，或约8.75slpm，或约9.0slpm，或者其间的任何和所有数值和范围。

[0053] 根据各个实例，第一气体76可以富含燃料，并且第一燃料物流比第一氧化剂具有更高的摩尔比。第一燃料物流在第一气体76中的摩尔%可以为约50摩尔%至约70摩尔%，或约50摩尔%至约68摩尔%，或约50摩尔%至约66摩尔%，或约50摩尔%至约64摩尔%，或约50摩尔%至约62摩尔%，或约50摩尔%至约60摩尔%，或约50摩尔%至约58摩尔%，或约50摩尔%至约56摩尔%，或约50摩尔%至约54摩尔%，或约50摩尔%至约52摩尔%，或者其间的任何和所有数值和范围。应理解，燃料与氧化剂的摩尔比也可以表示为当量比 ϕ 。该当量比定义为实际的燃料/氧化剂比与化学计量的燃料/氧化剂比的比值。当反应中消耗了所有氧化剂，并且燃烧产物中没有氧化剂（例如，分子氧）时，发生化学计量燃烧。因此，大于1的当量比表明有过量的燃料，而小于1的当量比表明有过量的氧化剂。第一气体76中的第一燃料物流与第一氧化剂的第一当量比可以大于或等于约1.0，或者大于或等于约1.3，或者大于或等于约1.6，或者大于或等于约2.0，或者大于或等于约3.0，或者大于或等于约4.0，

或者大于或等于约5.0,或者大于或等于约10,或者大于或等于约50,或者大于或等于约100,或者大于或等于约1000,或者约无穷大,或者在约1.0至约100的范围内,或者在约1.2至约50的范围内,或者在约1.3至约25的范围内,或者在约1.4至约15的范围内,或者在约1.5至约10的范围内,或者在约1.6至约8的范围内,或者其间的任何和所有数值和范围。当不使用氧化剂物流时,出现无穷大。例如,第一当量比可以为约1至约无穷大,或约1.6至约无穷大,或约2至约无穷大等。

[0054] 由于第一气体76中的第一燃料物流与第一氧化剂的当量比,第一气体76可以展现出第一烧燃速度。出于本公开的目的,术语“烧燃速度”是层流烧燃波相对于未烧燃的气体混合物(例如,第一气体76或第二气体94)在其前方传播的速度。第一气体76中的燃烧的第一燃料物流和第一氧化剂的第一烧燃速度可以是约5cm/s,或约10cm/s,或约15cm/s,或约20cm/s,或约25cm/s,或约30cm/s,或约35cm/s,或约40cm/s,或约45cm/s,或约50cm/s,或约55cm/s,或约60cm/s,或约65cm/s,或约70cm/s,或约75cm/s,或约80cm/s,或约80cm/s,或者这些数值之间的任何及所有数值和范围。例如,第二气体94的第一烧燃速度可以是约10cm/s至约75cm/s,或约20cm/s至约50cm/s,或约30cm/s至约50cm/s。

[0055] 进行步骤118:在烧燃器面22处燃烧第二气体94中的第二燃料物流和第二氧化剂。根据各个实例,第二气体94的第二燃料物流与第二氧化剂的第二当量比小于约1。步骤118通过使包含第二氧化剂和第二燃料物流的第二气体94通过烧燃器10的第二管96,然后点燃第二气体94来实现。如上文所解释的,第二燃料物流和第二氧化剂可以在烧燃器面22之前(即,在进入烧燃器10之前和/或在烧燃器10内)预混合。第二气体94的燃烧在内径向位置处(即,在外围内侧并且在外焰78与烟管孔84之间)形成了第二焰98。常规的烧燃器设计可能使用附加的氧气辅助过量燃料和载硅化合物的燃烧。本公开利用第二气体94中的第二燃料物流和足以燃烧第二燃料物流的量的第二氧化剂,利用本公开,赋予了各种有益的焰特性,如下文更详细解释。在放置第二管96的情况下,第二气体94在第一气体76与烟气80之间通过。如上文所解释的,在进入烧燃器10之前,在烧燃器10中或在烧燃器面22处,第二氧气和第二燃料可以混合以形成第二气体94。

[0056] 第二气体94中的第二燃料和第二氧化剂的流动速率和摩尔比取决于第二燃料和第二氧化剂的组成。基于使用甲烷作为第二燃料以及氧气作为第二氧化剂的代表性流动速率如下。本领域技术人员可类似地确定燃料和氧化剂的其他组合的合适流动速率和摩尔比。

[0057] 第二气体94中的第二氧化剂可以如下流动速率通过烧燃器:约12slpm至约36slpm,或约13slpm至约35slpm,或约14slpm至约34slpm,或约15slpm至约33slpm,或约16slpm至约32slpm,或约17slpm至约31slpm,或约18slpm至约30slpm,或约19slpm至约29slpm,或约20slpm至约28slpm,或约21slpm至约27slpm,或约22slpm至约26slpm,或约23slpm至约25slpm。例如,第二气体94中的第二氧化剂可以如下速率通过:约12slpm,或约13slpm,或约14slpm,或约15slpm,或约16slpm,或约17slpm,或约18slpm,或约19slpm,或约20slpm,或约21slpm,或约22slpm,或约23slpm,或约24slpm,或约25slpm,或约26slpm,或约27slpm,或约28slpm,或约29slpm,或约30slpm,或约31slpm,或约32slpm,或约33slpm,或约34slpm,或者其间的任何和所有数值和范围。

[0058] 第二气体94中的第二燃料物流可以如下速率通过:约1标准升/分钟(slpm)至约

9slpm,或约1.25slpm至约8.75slpm,或约1.5slpm至约8.5slpm,或约1.75slpm至约8.25slpm,或约2.0slpm至约8.0slpm,或约2.25slpm至约7.75slpm,或约2.5slpm至约7.5slpm,或约2.75slpm至约7.25slpm,或约3.0slpm至约7.0slpm,或约3.25slpm至约7.75slpm,或约3.5slpm至约7.5slpm,或约3.75slpm至约7.25slpm,或约4.0slpm至约7.0slpm,或约4.25slpm至约6.75slpm,或约4.5slpm至约6.5slpm,或约4.75slpm至约6.25slpm,或约5.0slpm至约6.0slpm。例如,第二气体94中的第二燃料物流的流动速率可以是约1.0slpm,或约1.25slpm,或约1.5slpm,或约1.75slpm,或约2.0slpm,或约2.25slpm,或约2.5slpm,或约2.75slpm,或约3.0slpm,或约3.25slpm,或约3.5slpm,或约3.75slpm,或约4.0slpm,或约4.25slpm,或约4.5slpm,或约4.75slpm,或约5.0slpm,或约5.25slpm,或约5.5slpm,或约5.75slpm,或约6.0slpm,或约6.25slpm,或约6.5slpm,或约6.75slpm,或约7.0slpm,或约7.25slpm,或约7.5slpm,或约7.75slpm,或约8.0slpm,或约8.25slpm,或约8.5slpm,或约8.75slpm,或约9.0slpm,或者其间的任何和所有数值和范围。

[0059] 第二气体94中的第二燃料物流和第二氧化剂的摩尔比可以使得第二气体94中的第二氧化剂比第二燃料物流具有更大的摩尔%。换言之,第二气体94可以被称为贫气(lean)。第二燃料物流在第二气体94中的摩尔%可以为约1摩尔%至约49摩尔%,或约1摩尔%至约40摩尔%,或约1摩尔%至约33摩尔%,或约1摩尔%至约30摩尔%,或约2摩尔%至约25摩尔%,或约4摩尔%至约24摩尔%,或约6摩尔%至约23摩尔%,或约8摩尔%至约21摩尔%,或约10摩尔%至约20摩尔%,或约11摩尔%至约19摩尔%,或约12摩尔%至约18摩尔%,或约13摩尔%至约17摩尔%,或约14摩尔%至约16摩尔%,或约15摩尔%至约16摩尔%。例如,第二燃料物流在第二气体94中的摩尔%可以是约1摩尔%,或约2摩尔%,或约3摩尔%,或约4摩尔%,或约5摩尔%,或约6摩尔%,或约7摩尔%,或约8摩尔%,或约9摩尔%,或约10摩尔%,或约11摩尔%,或约12摩尔%,或约13摩尔%,或约14摩尔%,或约15摩尔%,或约16摩尔%,或约17摩尔%,或约18摩尔%,或约19摩尔%,或约20摩尔%,或约21摩尔%,或约22摩尔%,或约23摩尔%,或约24摩尔%,或约25摩尔%,或者其间的任何和所有数值和范围。第二气体94中的第二燃料物流与第二氧化剂的第二当量比可以是约0.1,或约0.2,或约0.3,或约0.33,或约0.4,或约0.5,或约0.6,或约0.7,或约0.8,或约0.9,或约1.0,或者这些数值之间的任何和所有数值。例如,第二当量比应小于1,或约0.1至约0.9,或约0.1至约0.8,或约0.1至约0.7,或约0.1至约0.6,或约0.1至约0.5,或约0.2至约0.4。

[0060] 由于第二气体94中的第二燃料物流与第二氧化剂的第二当量比,第二气体94可以展现出第二烧燃速度。第二气体94中的燃烧的第二燃料物流和第二氧化剂的第二烧燃速度可以是约25cm/s,或约50cm/s,或约75cm/s,或约100cm/s,或约125cm/s,或约150cm/s,或约175cm/s,或约200cm/s,或约225cm/s,或约250cm/s,或者这些数值之间的任何及所有数值和范围。例如,第二气体94的第二烧燃速度可以是约50cm/s至约225cm/s,或约100cm/s至约175cm/s,或约125cm/s至约150cm/s。

[0061] 完成步骤122:将含硅燃料燃烧成多个二氧化硅烟炱颗粒12。步骤122可以通过将包含 O_2 和 N_2 中的至少一者和含硅燃料的烟气80通过或引导通过烧燃器10的烟管52来完成。因此,步骤122包括:使含硅燃料通过烟管孔84。烟气80可以一定的速率通过,以使得 O_2 和/或 N_2 通过烟管52的流动速率为约6标准升/分钟(slp)至约9slpm,或约6.25slpm至约8.75slpm,或约6.5slpm至约8.5slpm,或约6.75slpm至约8.25slpm,或约7.0slpm至约

8.0slpm,或约7.25slpm至约7.75slpm。例如,烟气80中的O₂和/或N₂通过烟管52的流动速率可以是约6.25slpm,或约6.5slpm,或约6.75slpm,或约7.0slpm,或约7.25slpm,或约7.5slpm,或约7.75slpm,或约8.0slpm,或约8.25slpm,或约8.5slpm,或约8.75slpm,或约9.0slpm,或者其间的任何和所有数值和范围。

[0062] 如上文所解释的,含硅燃料可以包括八甲基环四硅氧烷、十甲基环五硅氧烷、十二甲基环六硅氧烷、六甲基环三硅氧烷、六甲基二硅氧烷、八甲基三硅氧烷、十甲基四硅氧烷、十二甲基五硅氧烷、其他含硅燃料和/或它们的组合。烟气80中的含硅燃料可以如下速率通过:约12克/分钟(gpm)至约36gpm,或约13gpm至约35gpm,或约14gpm至约34gpm,或约15gpm至约33gpm,或约16gpm至约32gpm,或约17gpm至约31gpm,或约18gpm至约30gpm,或约19gpm至约29gpm,或约20gpm至约28gpm,或约21gpm至约27gpm,或约22gpm至约26gpm,或约23gpm至约25gpm。例如,含硅燃料可以如下速率通过烟管52:约12gpm,或约13gpm,或约14gpm,或约15gpm,或约16gpm,或约17gpm,或约18gpm,或约19gpm,或约20gpm,或约21gpm,或约22gpm,或约23gpm,或约24gpm,或约25gpm,或约26gpm,或约27gpm,或约28gpm,或约29gpm,或约30gpm,或约31gpm,或约32gpm,或约33gpm,或约34gpm,或者其间的任何和所有数值和范围。

[0063] 使含硅燃料以硅当量比燃烧,以产生多个二氧化硅烟炱颗粒12。所述硅当量比可以是约1,或约1.2,或约1.4,或约1.6,或约1.8,或约2.0,或约2.2,或约2.4,或约2.6,或约2.67,或约2.8,或约3.0,或约3.2,或约3.4,或约3.6,或约3.8,或约4.0,或约4.2,或约4.4,或约4.6,或约4.8,或约5.0,或者其间的任何和所有数值和范围。例如,硅当量比可以为约1至约5,或约2至约4,或约2.67至约4,或约2.5至约3.5,或约3至约4。应理解,用于使含硅燃料燃烧的氧化试剂可以通过烟气80,周围环境和/或第二氧化剂提供。例如,在第二燃料物流燃烧后,除了烟气80中存在的氧化剂之外,过量的第二氧化剂(即,当第二当量比小于1时)也可以用于使含硅燃料燃烧,以达到硅当量比。

[0064] 含硅燃料(即,烟气80)燃烧成多个二氧化硅烟炱颗粒12在距离烧燃器面22抬离距离18处发生。如上文所解释的,含硅燃料的燃烧通过在距离烧燃器10的烧燃器面22为抬离距离18处点燃含硅燃料和/或烟气80而发生。如本文所用,抬离距离18是含硅燃料的稳定焰前沿上的点燃点132与烧燃器面22之间的最短距离,这在垂直于烧燃器面22的方向上测量(参见插图40)。稳定的焰前沿可以具有焰开始的一个或多个点燃点132。点燃点132通常可见,因为由于燃烧的高温,通过点燃形成的二氧化硅烟炱颗粒12辐射光。由此,抬离距离18通过对烧燃器面22进行成像,以及测量最近的点燃点132(即,最近的可见光生成)与烧燃器面22之间的距离来测量。

[0065] 如下文将更详细解释的,常规的产生二氧化硅烟炱的组件可能尽力延长点燃含硅化合物的所处位置的距离,因为这可以得到更低的燃烧温度,从而延长组件的寿命。另外,试图缩短点燃距离的常规系统常产生更分散且不稳定的烟炱,这降低了烟炱捕获速率和效率,同时还在产生烟炱的组件上形成残余物累积。相反,本公开的使用允许相对更短的抬离距离18,这可以允许形成更集中且不那么分散的二氧化硅烟炱物流16并对准基材14。

[0066] 抬离距离18可以是约0.05cm,或约0.1cm,或约0.15cm,或约0.2cm,或约0.25cm,或约0.3cm,或约0.35cm,或约0.4cm,或约0.45cm,或约0.5cm,或约0.55cm,或约0.6cm,或约0.65cm,或约0.7cm,或约0.75cm,或约0.8cm,或约0.85cm,或约0.9cm,或约0.95cm,或其间

的任何和所有数值和范围。例如,抬离距离18可以是约0.05cm至约0.95cm,或约0.1cm至约0.95cm,或约0.1cm至约0.9cm,或约0.1cm至约0.8cm,或约0.1cm至约0.6cm,或约0.2cm至约0.7cm,或约0.3cm至约0.7cm,或约0.3cm至约0.6cm,或约0.4cm至约0.6cm。

[0067] 烧燃器10可以具有抬离比,所述抬离比是抬离距离18除以烟管孔84在烧燃器面22处的最长截面线性尺寸。所述抬离比可以是约0.1,或约0.2,或约0.3至约0.33,或约0.4,或约0.5,或约0.6,或约0.7,或约0.8,或约0.9,或约1,或约1.5,或约2.0,或约2.5,或约3,或约3.5,或约4,或约4.5,或约5,或约5.5,或约6,或约6.5,或约7,或约7.5,或约8,或者其间的任何和所有数值和范围。例如,抬离比可以是约0.1至约8,或约0.33至约8,或约1至约8,或约1至约7,或约1至约6,或约1至约5,或约1至约4,或约1至约3,或约2至约3,或约2至约2.5。

[0068] 在操作时,第二燃料物流与一部分第二氧化剂一起燃烧并且加热第二气体94中的剩余第二氧化剂。这在烟气80的含硅燃料附近设置了极热的第二氧化剂物流,相比于常规设计(例如,缺少如本文所述来构造的第二气体的设计),其与含硅燃料更加剧烈地相互作用并且在更接近烧燃器面22处开始燃烧为二氧化硅烟尘颗粒12(即,减小了抬离距离18)。

[0069] 随着含硅燃料被点燃,其与第二气体94中的第二氧化剂和/或烟气80中的氧化试剂反应,以形成多个二氧化硅烟尘颗粒12。二氧化硅烟尘颗粒12在烟尘物流16中从抬离距离18处的点燃点132向基材14行进。本公开的使用(例如,通过使用第二气体94而定制抬离距离18)可以产生具有低分散的二氧化硅烟尘颗粒12的烟尘物流16。例如,由烧燃器10产生的相对较大的质量百分比的二氧化硅烟尘颗粒12可以通过烟尘物流16的“有效区”。烟尘物流16的有效区用于确定二氧化硅烟尘颗粒12的分散并且限定在距离基材14的表面2cm处,其半径为0.6cm(即,限定为圆形)并且与烟管52基本上同轴。通过有效区的二氧化硅烟尘颗粒12的质量百分比可以是烧燃器10的效率量度,因为更加集中的烟尘物流16可以使更大量的二氧化硅烟尘颗粒12接触基材14。二氧化硅烟尘颗粒12的质量百分比通过下述测量:对烧燃器10的设置进行计算机建模,以及确定通过限定的有效区的模拟烟尘颗粒12的质量除以二氧化硅颗粒12的总质量并乘以100。通过有效区的二氧化硅烟尘颗粒12的质量百分比可以是约30%至约90%,或约40%至约85%,或约50%至约80%,或约60%至约75%。例如,通过有效区的二氧化硅烟尘颗粒12的质量百分比可以是约30%,或约35%,或约40%,或约45%,或约50%,或约55%,或约60%,或约65%,或约70%,或约75%,或约80%,或约85%,或约90%,或其间的任何和所有数值和范围。通过有效区的二氧化硅烟尘颗粒12的质量百分比比较高一般表明二氧化硅烟尘颗粒12的分散较低,这一般可以增加二氧化硅烟尘颗粒12在基材14上的捕获效率。

[0070] 当在有效区处测量时,烟尘物流16可以具有相对较高的二氧化硅烟尘颗粒12的质量分数。二氧化硅烟尘颗粒12的质量分数是指一旦烧燃器10达到了稳态操作,给定体积[即,具有给定厚度(例如约1mm)的有效区域]内的二氧化硅烟尘颗粒12的重量除以相同体积内的所有物质的总重量。应理解,有效区处的余量物质可以是热的气体或其他燃烧产物。在有效区处测量的二氧化硅烟尘颗粒12的质量分数可以是约0.1至约0.6,或约0.2至约0.4。例如,二氧化硅烟尘颗粒12的质量分数可以是约0.1,或约0.12,或约0.14,或约0.16,或约0.18,或约0.2,或约0.22,或约0.24,或约0.26,或约0.28,或约0.3,或约0.32,或约0.34,或约0.36,或约0.38,或约0.4,或约0.42,或约0.44,或约0.46,或约0.48,或约0.5,或

者其间的任何和所有数值和范围。应理解, 烟炱物流16的质量分数将随着距离烟炱物流16的中心线轴的径向距离增加而减小。

[0071] 可以进行步骤126: 在含硅燃料与第二燃料物流和第二氧化剂的燃烧之间引导保护气体86。如上文所解释的, 保护气体86可以包括 N_2 、Kr、Ar、其他惰性气体、不含硅的燃料和/或它们的组合。使保护气体86穿过烧燃器10, 以使得其通过烟气80与第二气体94之间的保护气体孔88离开烧燃器面22。保护气体86可以约1slpm至约5slpm、或约1.5slpm至约4.5slpm的速率, 围绕烟气80通过。例如, 保护气体86可以如下速率通过: 约1slpm, 或约1.5slpm, 或约2.0slpm, 或约2.5slpm, 或约3.0slpm, 或约3.5slpm, 或约4.0slpm, 或约4.5slpm, 或约5.0slpm, 或者其间的任何和所有数值和范围。

[0072] 在随后的步骤中, 即, 所述多个二氧化硅烟炱颗粒12中的一部分沉积在基材14上, 可以利用二氧化硅烟炱颗粒12的形成以及它们随后移动远离烧燃器10的烧燃器面22。如上文所解释的, 基材14可以是用于制造光纤预制件或其他含硅制品的任何组分。

[0073] 在另外的实施方式中, 向烧燃器10提供除第一气体76、烟气80、保护气体86和第二气体94之外的气体, 并且递送通过烧燃器面22。参考图1A和1B, 例如, 本领域技术人员应理解, 还可在物理上更改烧燃器10和烧燃器面22, 以使得一种或多种附加气流物流可流动通过附加的管, 所述附加的管被添加在流动通过第二管96的第二气体94与通过烟管孔84的含硅燃料之间。在更改的烧燃器10上以此安排, 并且离开更改的烧燃器面22的附加气流物流可以是附加(例如, 第三或第四)燃料(其不含有硅), 或者与附加(例如第三)氧化剂预混合的附加(例如, 第三或第四)燃料(其不含有硅)。根据本公开的构思应清楚的是, 对于附加气流物流, 可能的气体物质, 它们的流动速率以及它们的摩尔比应基本上类似于本文所述的第二气体。

[0074] 应理解, 由于烧燃器10放大或缩小(即, 出于生产需要), 用于方法110的上述组分的体积和/或质量流动速率可以相应地增加或减小而不偏离本文提供的教导。另外, 上述步骤可以任何顺序进行和/或基本上同时进行而不偏离本文提供的教导。

[0075] 利用本公开可以提供多种优点。首先, 本公开的使用可以降低操作时由烧燃器10产生的可闻声音。当在约1米的位置处测量时, 常规的烧燃器系统可能产生噪声水平大于或等于约100dB的声音。本公开的使用可以使烧燃器10产生噪声水平为约60dB至约90dB的声音, 这在1米的位置处测量。本领域普通技术人员会认可, 出于经济原因, 常使用多个烧燃器来制造光纤预制件。另外, 为了能够实现附加的效率, 本领域普通技术人员认可, 常在制造区域中共同放置几个光纤预制件机器。因此, 来自多个烧燃器燃烧以及多个机器的噪声根据分贝标度的对数行为放大。即使燃烧过程被包含在烟炱沉积室内, 来自多个烧燃器和多个机器的可闻噪声可达到或超过根据管辖和适用法律而定的安全标准, 根据法规, 这通常需要个人防护设备或类似的缓解措施。因此, 显而易见的是, 本公开对于可闻噪声是有利的。

[0076] 第二, 相对于常规设计, 基材14的二氧化硅烟炱颗粒12的捕获效率可以增加。例如, 随着通过有效区的二氧化硅烟炱颗粒12的质量分数增加, 二氧化硅烟炱颗粒12的分散性降低。该特征有利于在每次通过时, 使更大量的二氧化硅烟炱颗粒12沉积在基材14上(即, 更少的烟炱颗粒12可以吹过基材14并且不沉积)。因此, 通过烧燃器10可以获得更大的效率。另外, 可以使用更小的基材14, 并同时维持可接受的捕获有效率。

[0077] 第三,仅需要对常规烧燃器设计进行微小改变即可实现更高的烟炱捕获效率。常规的燃烧系统常需要新的零件或连接器来升级性能。本公开的使用提供了一种向烧燃器10提供不同组气体的方法,以实现烧燃器10的操作的大变化。另外,由于可需要对烧燃器10的硬件进行很小的改变或不改变,因此本公开的使用几乎可以不增加资本或操作成本。

[0078] 实施例

[0079] 下文提供了与本公开一致的实施例以及比较例。

[0080] 现在参考图3A-3C,其描绘了第一比较例(即,比较例1)。在比较例1中,燃烧系统(例如,烧燃器10)使气体混合物通过,该气体混合物被点燃。所述气体包括组合的烟气 O_2 和烟气OMCTS(例如,烟气80,其中OMCTS是含硅燃料),不具有燃料的保护气体 N_2 (例如,保护气体86),附加气体(例如,仅第二气体94的第二氧化剂)和 O_2 与 CH_4 的预混物流(例如,第一气体76的预混合实例)。下表1提供了气体通过燃烧系统的流动速率。

[0081] 表1

[0082]	烟气 O_2	烟 气 OMCTS	保护 N_2	附加 O_2	预混合的 O_2	预混合的 CH_4
	7.25 slpm	24 gpm	3.5 slpm	16 slpm	3.2 slpm	4.25 slpm

[0083] 如从图3A-3C可见到的,预混合的 O_2 和 CH_4 被点燃,并且靠近燃烧系统的表面(例如,烧燃器面22)烧燃。烧燃预混合气体的焰靠近燃烧系统表面,其产生热并点燃了OMCTS。由于烧燃预混合的 O_2 和 CH_4 的热通过附加气体而与OMCTS间隔开,因此,OMCTS在延伸的点燃距离(例如,抬高距离18)处形成了抬起的OMCTS焰。OMCTS的点燃发生在距离燃烧系统的表面(例如,烧燃器面22)大于约1cm的距离(抬高距离)处。OMCTS的点燃产生了远离燃烧系统延伸的二氧化硅烟炱射流(例如,烟炱物流16)。如图3A和3B的模型所预计的,以及如图3C的图像所示,增加的点燃距离导致冲击靶标(例如,基材14)的烟炱射流(即,烟炱物流16)宽且分散。可见到烟炱射流围绕靶标打旋(即,烟炱射流剪切),由于颗粒远离靶标浮动,因此造成颗粒(例如,二氧化硅烟炱颗粒12)的捕获效率降低。

[0084] 现在参考图4A-4C,其描绘了本公开的第一实施例(即,实施例1)。在实施例1中,与比较例1基本上类似的燃烧系统使气体混合物通过。所述气体包括组合的烟气 O_2 和烟气OMCTS(例如,烟气80),不具有燃料的保护气体 N_2 (例如,保护气体86),附加气体(例如,第二气体94的预混合实例,其包括作为第二氧化剂的 O_2 和作为第二燃料物流的 CH_4), O_2 与 CH_4 的预混物流(例如,第一气体76的第一氧化剂和第一燃料物流)。下表2提供了气体通过燃烧系统的流动速率。所述附加气体的当量比小于1,并且 O_2 与 CH_4 的预混物流的当量比大于1。

[0085] 表2:

[0086]	烟气 O_2	烟 气 OMCTS	保护 N_2	附加 O_2	附加 CH_4	预混合的 O_2	预混合的 CH_4
	7.25 slpm	24 gpm	3.5 slpm	24 slpm	4.5 slpm	3.2 slpm	4.25 slpm

[0087] 如从图4A-4C中可见到的,附加气体中的附加 CH_4 通过减小表面与烟气OMCTS的点燃点之间的距离,提供了减少烟炱射流扰动的一种非常规方式。烟炱射流的扰动的减少直

接使得烟炱射流分散减小,并且增大了沉积率和效率。扰动的减少是由于实施例1中的OMCTS的点燃点在距离燃烧系统表面约0.5cm(抬离距离)处。相比于比较例1,实施例1的附加气体的流动速率增加了75%,所述附加气体中约16%是 CH_4 并且84%是 O_2 。

[0088] 现在参考图5,其提供了比较例1和实施例1的烟炱射流的并排比较,其中有效区144被叠加。如通过这两个烟炱射流的比较可知,实施例1的烟炱射流相比于比较例1的烟炱射流分散得更少。由于实施例1的烟炱射流相比于比较例1的烟炱射流分散得更少,因此实施例1的通过有效区144的二氧化硅的质量百分比大于比较例1的通过有效区144的二氧化硅的质量百分比。因此,在将烟炱递送到基材14方面,实施例1比较例1更有效。比较例1的焰中有更高分数的二氧化硅烟炱被引导到基材14周围而不沉积在基材14上。比较例1中绕过基材14的二氧化硅烟炱的分数代表了使烟炱捕获效率降低的二氧化硅烟炱损失。相反,在实施例1中,绕过基材14的二氧化硅烟炱的分数低,并且烟炱捕获效率显著更高。除了实施例1的质量百分比大于比较例1的之外,实施例1的烟炱物流16的质量流动速率比较例1大约18%。

[0089] 现在参考图6,其提供了本文之前作为实施例描述的两种独立条件的实验测得声音水平根据频率变化的图。在该图上示出了三条曲线。最上方的实线具有大致为负的斜率,并且具有根据频率变化的通常更高的测得声音水平,其由表1所述的条件产生,进而在图3A-3B中模型化,产生图3C的代表性图像。下方的实线具有大致类似的负斜率,并且具有根据频率变化的通常更低的测得声音水平,其由表2所述的条件产生,进而在图4A-4B中模型化,产生图4C的代表性图像。用虚线表示的最下方的曲线是上述两种情况之间的差,并且其绘制为减小的幅度。通过检验看出,当频率增加到高至约5kHz时,声音水平降低的幅度基本上从0dB增加到13dB,并且当频率继续增加到高至22kHz时,基本上保持13dB至23dB的降低。

[0090] 现在参考图7,其提供了针对附加气流中的24s1pm的 O_2 ,处于锚固状态(即,点燃点132抵靠烧燃器10的烧燃器面22),半锚固状态(例如,点燃点132距离烧燃器10的烧燃器面22为约0.5cm),以及抬起状态(例如,点燃点距离烧燃器10的烧燃器面22大于1cm)的烟炱射流,经归一化的实验所测烟炱沉积效率(归一化效率)根据附加气体(例如第二气体94)中的 CH_4 当量比(补充当量比)而变化的图。OMCTS用作含硅燃料(26g/分钟),并且与 O_2 (8.5s1pm)一起供应到烟气管(例如烟气管52)中。通过在附加气体中不包括燃料而产生抬起状态。所有的锚固和半锚固状态在附加气流中均包含24s1pm的 O_2 ,但是抬起状态包含16s1pm的 O_2 ,并且类似于比较例1的焰。根据以下方程计算沉积效率和归一化沉积效率:

$$[0091] \quad \text{沉积效率} = \left(\frac{\text{沉积在靶标上的烟炱}(\text{SiO}_2)\text{的总质量}}{\left((\text{流动的总OMCTS}) \left(\frac{0.811\text{g SiO}_2}{\text{gOMCTS}} \right) \right)} \right)$$

$$[0092] \quad \text{归一化沉积效率} = \left(\frac{\text{沉积效率}}{(\text{与比较例 1 类似的焰的沉积效率})} \right)$$

[0093] 如在图7中可见到的,抬起状态导致得到分散的烟炱射流并因此具有低的捕获效率。附加 CH_4 的增加造成焰移动到半锚固状态,由于烟炱射流更加聚集,因此这增加了其效

率。另外,通过使烟炱物流达到锚固状态,烟炱颗粒沉积在烧燃器10的表面上并且积聚为碎屑,这是不期望的不良影响,需要额外的工艺维护。在半锚固状态时,实现了高的烟炱捕获效率,并且在烧燃器或燃烧设备的表面上不会积聚碎屑。对本领域技术人员显而易见的是,捕获效率的增加以及除光学预制件之外的表面和部件上的杂散或不期望的烟炱颗粒的污染物减少可以另外根据烟炱沉积构造的条件而变化。例如,对于前文所述的给定的流动条件组,捕获效率可以另外受下述影响:多个烧燃器中的烧燃器数目,这些烧燃器之间的距离,预制件的取向(例如,水平对比垂直),这些烧燃器相对于烟炱沉积靶标的取向,以及焰和得到的所生成的烟炱颗粒相对于重力和浮力的方向。因此,沉积效率以归一化术语来适当陈述,如图7所示。

[0094] 本说明书的方面1为:

[0095] 一种产生烟炱的方法,所述方法包括:

[0096] 在烧燃器面处燃烧第一燃料物流和第一氧化剂;

[0097] 在烧燃器面处燃烧第二燃料物流和第二氧化剂,其中,第二燃料物流与第二氧化剂在烧燃器面之前预混合,并且第二燃料物流与第二氧化剂的第二当量比小于约1;以及

[0098] 将含硅燃料燃烧成多个烟炱颗粒,其中,第二燃料物流和第二氧化剂在第一燃料物流与含硅燃料之间燃烧。

[0099] 本说明书的方面2为:

[0100] 如方面1所述的方法,其中,第一燃料物流包含烃、 H_2 、CO或它们的组合。

[0101] 本说明书的方面3为:

[0102] 如方面1所述的方法,其中,第一燃料物流包含 CH_4 。

[0103] 本说明书的方面4为:

[0104] 如方面1-3中任一方面所述的方法,其中,第一燃料物流不具有含硅燃料。

[0105] 本说明书的方面5为:

[0106] 如方面1-4中任一方面所述的方法,其中,第一燃料物流和第一氧化剂在烧燃器面之前预混合。

[0107] 本说明书的方面6为:

[0108] 如方面1-5中任一方面所述的方法,其中,第一燃料物流和第一氧化剂的第一当量比大于约1。

[0109] 本说明书的方面7为:

[0110] 如方面6所述的方法,其中,第一当量比大于或等于1.6。

[0111] 本说明书的方面8为:

[0112] 如方面6所述的方法,其中,第一当量比为约2至约3。

[0113] 本说明书的方面9为:

[0114] 如方面6所述的方法,其中,第一当量比为约2.67。

[0115] 本说明书的方面10为:

[0116] 如方面1-9中任一方面所述的方法,其中,第二燃料物流包含烃、 H_2 、CO或它们的组合。

[0117] 本说明书的方面11为:

[0118] 如方面1-10中任一方面所述的方法,其中,第二燃料物流不具有含硅燃料。

- [0119] 本说明书的方面12为：
- [0120] 如方面1-11中任一方面所述的方法，其中，第二燃料物流与第一燃料物流在组成上不同。
- [0121] 本说明书的方面13为：
- [0122] 如方面1-12中任一方面所述的方法，其中，第二当量比为约0.1至约0.5。
- [0123] 本说明书的方面14为：
- [0124] 如方面1-12中任一方面所述的方法，其中，第二当量比为约0.2至约0.4。
- [0125] 本说明书的方面15为：
- [0126] 如方面1-12中任一方面所述的方法，其中，第二当量比为约0.33。
- [0127] 本说明书的方面16为：
- [0128] 如方面1-15中任一方面所述的方法，其中，燃烧的第一燃料和第一氧化剂的第一烧燃速度为约10cm/s至约75cm/s。
- [0129] 本说明书的方面17为：
- [0130] 如方面1-15中任一方面所述的方法，其中，燃烧的第一燃料和第一氧化剂的第一烧燃速度为约20cm/s至约50cm/s。
- [0131] 本说明书的方面18为：
- [0132] 如方面1-15中任一方面所述的方法，其中，燃烧的第一燃料和第一氧化剂的第一烧燃速度为约30cm/s至约50cm/s。
- [0133] 本说明书的方面19为：
- [0134] 如方面1-15中任一方面所述的方法，其中，燃烧的第二燃料和第二氧化剂的第二烧燃速度为约50cm/s至约225cm/s。
- [0135] 本说明书的方面20为：
- [0136] 如方面1-15中任一方面所述的方法，其中，燃烧的第二燃料和第二氧化剂的第二烧燃速度为约100cm/s至约175cm/s。
- [0137] 本说明书的方面21为：
- [0138] 如方面1-15中任一方面所述的方法，其中，燃烧的第二燃料和第二氧化剂的第二烧燃速度为约125cm/s至约150cm/s。
- [0139] 本说明书的方面22为：
- [0140] 如方面1-21中任一方面所述的方法，其中，在距离烧燃器面抬离距离处，含硅燃料被燃烧成多个烟炱颗粒，并且含硅燃料在烧燃器面处通过烟管孔。
- [0141] 本说明书的方面23为：
- [0142] 如方面22所述的方法，其中，抬离距离除以烟管孔的最长线性尺寸的抬离比为约0.33至约8。
- [0143] 本说明书的方面24为：
- [0144] 如方面23所述的方法，其中，抬离比为约1至约4。
- [0145] 本说明书的方面25为：
- [0146] 如方面23所述的方法，其中，抬离比为约2.0至约2.5。
- [0147] 本说明书的方面26为：
- [0148] 如方面1-25中任一方面所述的方法，其中，第一燃料物流和第一氧化剂在烧燃器

面处表面混合。

[0149] 本说明书的方面27为：

[0150] 如方面1-26中任一方面所述的方法，还包括：

[0151] 在第二燃料物流和第二氧化剂的燃烧与含硅燃料之间引导保护气体，所述保护气体包含惰性气体。

[0152] 本说明书的方面28为：

[0153] 如方面27所述的方法，其中，保护气体还包括不含硅的燃料。

[0154] 本说明书的方面29是如方面28所述的方法，其中，保护气体还包括氧化剂。

[0155] 本说明书的方面30为：

[0156] 如方面1-29中任一方面所述的方法，还包括：

[0157] 在第二燃料物流与含硅燃料之间，在烧燃器面处燃烧第三燃料物流，所述第三燃料物流包括不含硅的燃料并且不具有含硅燃料。

[0158] 本说明书的方面31为：

[0159] 一种产生烟炱的方法，所述方法包括：

[0160] 在烧燃器面处燃烧第一燃料物流和第一氧化剂；

[0161] 在烧燃器面处燃烧第二燃料物流和第二氧化剂；以及

[0162] 在距离烧燃器面抬离距离处，将含硅燃料燃烧成多个二氧化硅烟炱颗粒，其中，所述抬离距离距离烧燃器面约0.1cm至约0.8cm，并且其中，第二燃料物流在第一燃料物流与含硅燃料之间燃烧。

[0163] 本说明书的方面32为：

[0164] 如方面31所述的方法，其中，抬离距离距离烧燃器面约0.1cm至约0.7cm。

[0165] 本说明书的方面33为：

[0166] 如方面31所述的方法，其中，抬离距离距离烧燃器面约0.3cm至约0.7cm。

[0167] 本说明书的方面34为：

[0168] 如方面31所述的方法，其中，抬离距离距离烧燃器面约0.4cm至约0.6cm。

[0169] 本说明书的方面35为：

[0170] 如方面31所述的方法，其中，抬离距离距离烧燃器面约0.5cm。

[0171] 本说明书的方面36为：

[0172] 如方面31-35中任一方面所述的方法，其中，第一燃料物流包含烃、 H_2 、CO或它们的组合。

[0173] 本说明书的方面37为：

[0174] 如方面31-35中任一方面所述的方法，其中，第一燃料物流包含 CH_4 。

[0175] 本说明书的方面38为：

[0176] 如方面31-37中任一方面所述的方法，其中，第一燃料物流不具有含硅燃料。

[0177] 本说明书的方面39为：

[0178] 如方面31-38中任一方面所述的方法，其中，第一燃料物流和第一氧化剂在烧燃器面之前预混合。

[0179] 本说明书的方面40为：

[0180] 如方面31-39中任一方面所述的方法，其中，第二燃料物流包含烃、 H_2 、CO或它们的

组合。

[0181] 本说明书的方面41为：

[0182] 如方面31-39中任一方面所述的方法，其中，第二燃料物流不具有含硅燃料。

[0183] 本说明书的方面42为：

[0184] 如方面31-41中任一方面所述的方法，其中，第二燃料物流与第一燃料物流在组成上不同。

[0185] 本说明书的方面43为：

[0186] 如方面31-42中任一方面所述的方法，其中，第一燃料物流和第一氧化剂在烧燃器面处表面混合。

[0187] 本说明书的方面44为：

[0188] 如方面31-43中任一方面所述的方法，还包括：

[0189] 在第二燃料物流和第二氧化剂的燃烧与含硅燃料之间引导保护气体，所述保护气体包含惰性气体。

[0190] 本说明书的方面45为：

[0191] 如方面44所述的方法，其中，保护气体还包括不含硅的燃料。

[0192] 方面46为：

[0193] 如方面45所述的方法，其中，保护气体还包括氧化剂。

[0194] 本说明书的方面47为：

[0195] 如方面31-46中任一方面所述的方法，还包括：

[0196] 在第二燃料物流与含硅燃料之间，在烧燃器面处燃烧第三燃料物流，所述第三燃料物流包括不含硅的燃料并且不具有含硅燃料。

[0197] 本说明书的方面48为：

[0198] 一种产生烟炱的方法，所述方法包括：

[0199] 在烧燃器面处燃烧第一燃料物流和第一氧化剂，其中，第一燃料物流与第一氧化剂的第一当量比为约1.6至约4；

[0200] 在烧燃器面处燃烧第二燃料物流和第二氧化剂，其中，第二燃料物流与第二氧化剂的第二当量比为约0.1至约0.5；以及

[0201] 在距离烧燃器面抬离距离处，将含硅燃料燃烧成多个二氧化硅烟炱颗粒，其中，所述抬离距离距离烧燃器面约0.1cm至约0.8cm。

[0202] 本说明书的方面49为：

[0203] 如方面48所述的方法，其中，含硅燃料包含以下中的至少一种：八甲基环四硅氧烷、十甲基环五硅氧烷、十二甲基环六硅氧烷、六甲基环三硅氧烷、六甲基二硅氧烷、八甲基三硅氧烷、十甲基四硅氧烷和十二甲基五硅氧烷。

[0204] 本说明书的方面50为：

[0205] 如方面48或49所述的方法，其中，第一燃料物流和第二燃料物流中的至少一者包含 CH_4 。

[0206] 本说明书的方面51为：

[0207] 如方面48-50中任一方面所述的方法，其中，第二燃料和第二氧化剂的燃烧发生在第一燃料的燃烧与含硅燃料的燃烧彼此之间。

[0208] 本说明书的方面52为:

[0209] 如方面48-51中任一方面所述的方法,其中,燃烧的第一燃料和第一氧化剂的第一烧燃速度为约10cm/s至约75cm/s,并且燃烧的第二燃料和二氧化剂的第二烧燃速度为约50cm/s至约225cm/s。

[0210] 本说明书的方面53为:

[0211] 如方面48-51中任一方面所述的方法,其中,燃烧的第一燃料和第一氧化剂的第一烧燃速度为约20cm/s至约50cm/s,并且燃烧的第二燃料和二氧化剂的第二烧燃速度为约100cm/s至约175cm/s。

[0212] 本说明书的方面54为:

[0213] 如方面48-51中任一方面所述的方法,其中,燃烧的第一燃料和第一氧化剂的第一烧燃速度为约30cm/s至约50cm/s,并且燃烧的第二燃料和二氧化剂的第二烧燃速度为约125cm/s至约150cm/s。

[0214] 本说明书的方面55为:

[0215] 如方面48-54中任一方面所述的方法,还包括:

[0216] 在基材上沉积一部分的二氧化硅烟炱颗粒。

[0217] 本说明书的方面56为:

[0218] 如方面48-55中任一方面所述的方法,其中,含硅燃料在硅当量比为约2至约4下燃烧。

[0219] 本说明书的方面57为:

[0220] 如方面48-55中任一方面所述的方法,其中,含硅燃料在硅当量比为约2.67至约4下燃烧。

[0221] 本说明书的方面58为:

[0222] 如方面48-57中任一方面所述的方法,其中,第一燃料物流不具有含硅燃料。

[0223] 本说明书的方面59为:

[0224] 如方面48-58中任一方面所述的方法,其中,第一燃料物流和第一氧化剂在烧燃器面之前预混合。

[0225] 本说明书的方面60为:

[0226] 如方面48-59中任一方面所述的方法,其中,第二燃料物流不具有含硅燃料。

[0227] 本说明书的方面61为:

[0228] 如方面48-60中任一方面所述的方法,其中,第二燃料物流与第一燃料物流在组成上不同。

[0229] 本说明书的方面62为:

[0230] 如方面48-61中任一方面所述的方法,其中,第一燃料物流和第一氧化剂在烧燃器面处表面混合。

[0231] 本说明书的方面63为:

[0232] 如方面48-62中任一方面所述的方法,还包括:

[0233] 在第二燃料物流和二氧化剂的燃烧与含硅燃料之间引导保护气体,所述保护气体包含惰性气体。

[0234] 本说明书的方面64为:

- [0235] 如方面63所述的方法,其中,保护气体还包括不含硅的燃料。
- [0236] 本说明书的方面65为:
- [0237] 如方面64所述的方法,其中,保护气体还包括氧化剂。
- [0238] 本说明书的方面66为:
- [0239] 如方面48-65中任一方面所述的方法,还包括:
- [0240] 在第二燃料物流与含硅燃料之间,在烧燃器面处燃烧第三燃料物流,所述第三燃料物流包括不含硅的燃料并且不具有含硅燃料。
- [0241] 本说明书的方面67为:
- [0242] 一种焰,其包括有机硅化合物的燃烧产物,所述焰的点燃点位于距离烧燃器的面抬离距离处,所述抬离距离在0.1cm-0.8cm的范围内。
- [0243] 本领域技术人员和作出或使用本公开的技术人员能够对本公开进行修改。因此,应理解,附图所示和上文所述的实施方式仅用于例示的目的,并且不旨在限制本公开的范围,根据专利法的原则(包括等同原则)所解释的,本公开的范围由所附权利要求限定。
- [0244] 本领域普通技术人员应理解,所述公开和其他部件的构造不限于任何特定材料。除非本文有另外说明,否则本文所公开的本公开的其他示例性实施方式可以由各种材料形成。
- [0245] 应理解,所述方法中的任何描述的过程或步骤可以与所公开的其他过程或步骤组合以得到本公开范围内的结构。本文公开的示例性结构和方法用于例示的目的,而不应解释为限制。
- [0246] 还应理解的是,可以对上述结构和方法进行各种变化和改变而不脱离本公开的构思,并且还应进一步理解的是,这种构思旨在由以下权利要求涵盖,除非这些权利要求通过其语言描述另有说明。

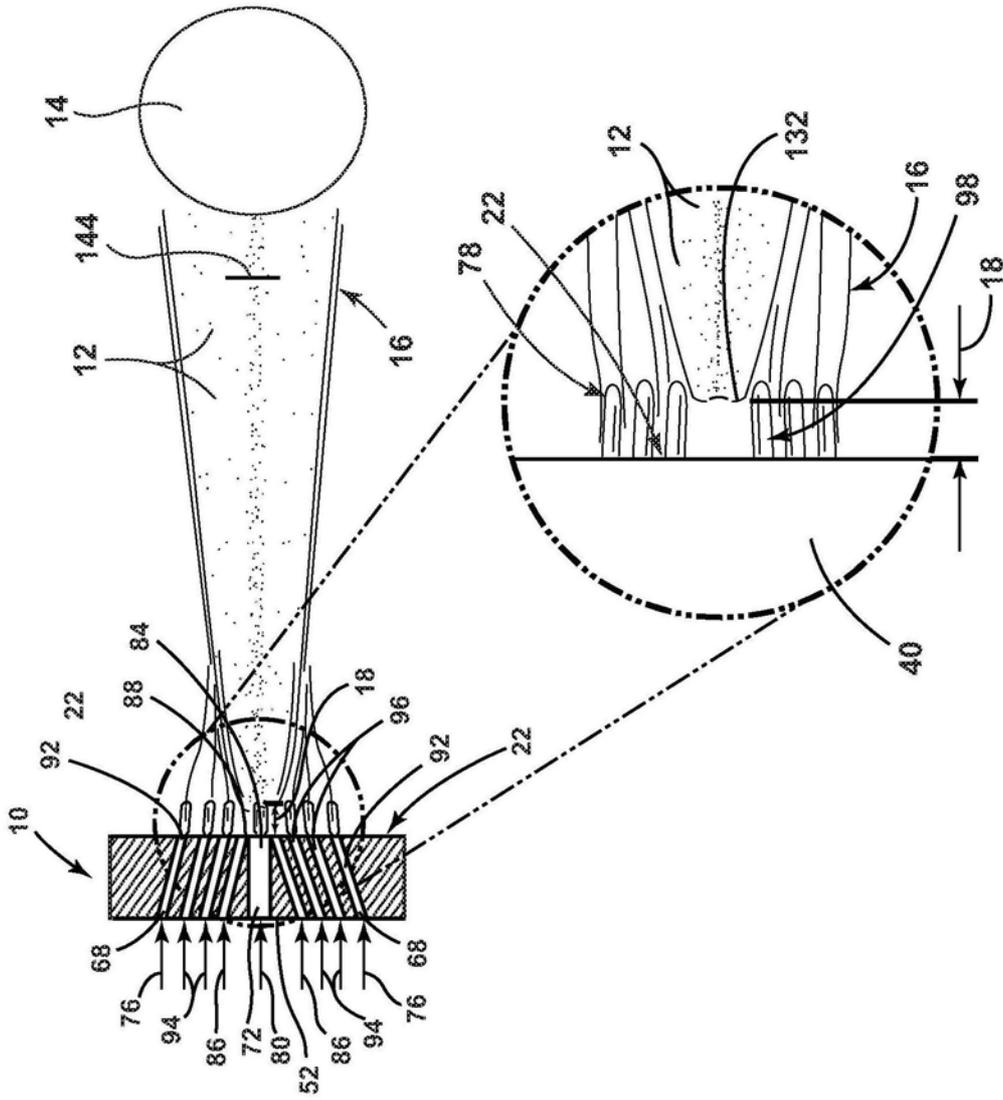


图1A

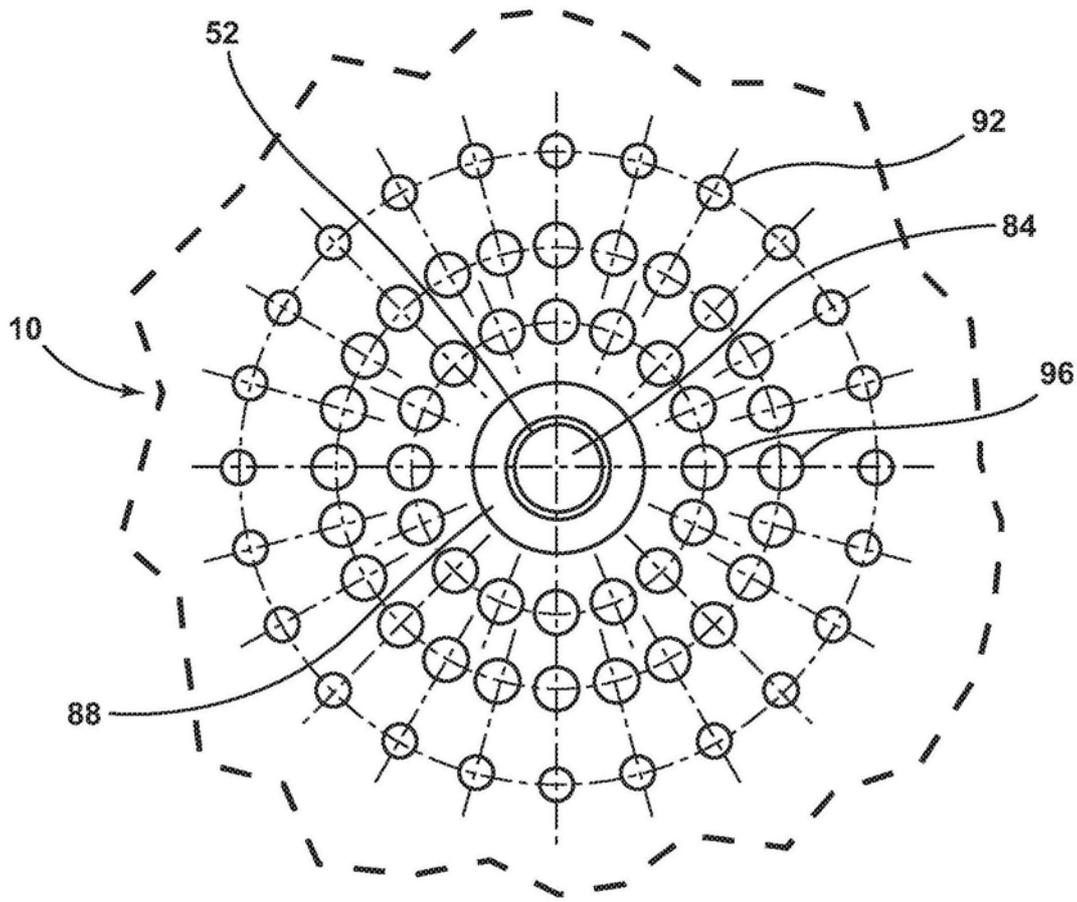


图1B

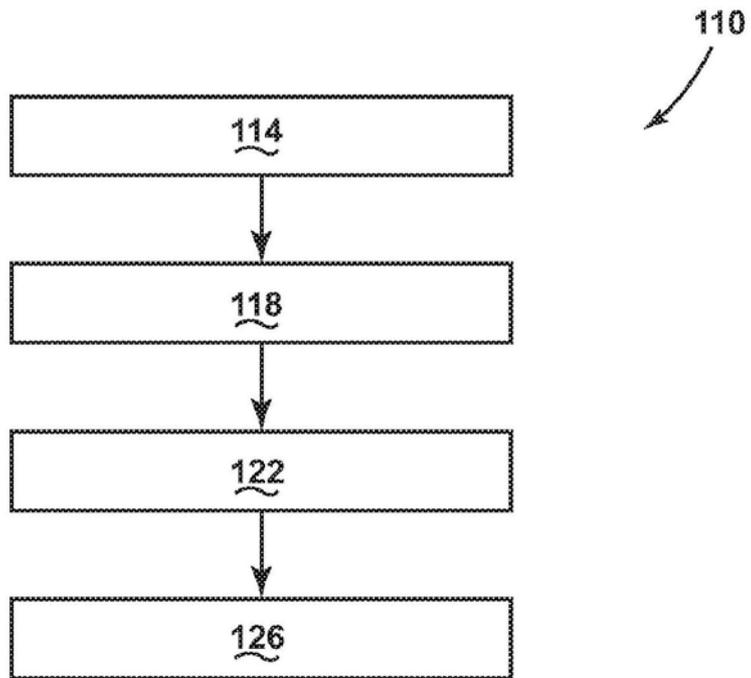


图2

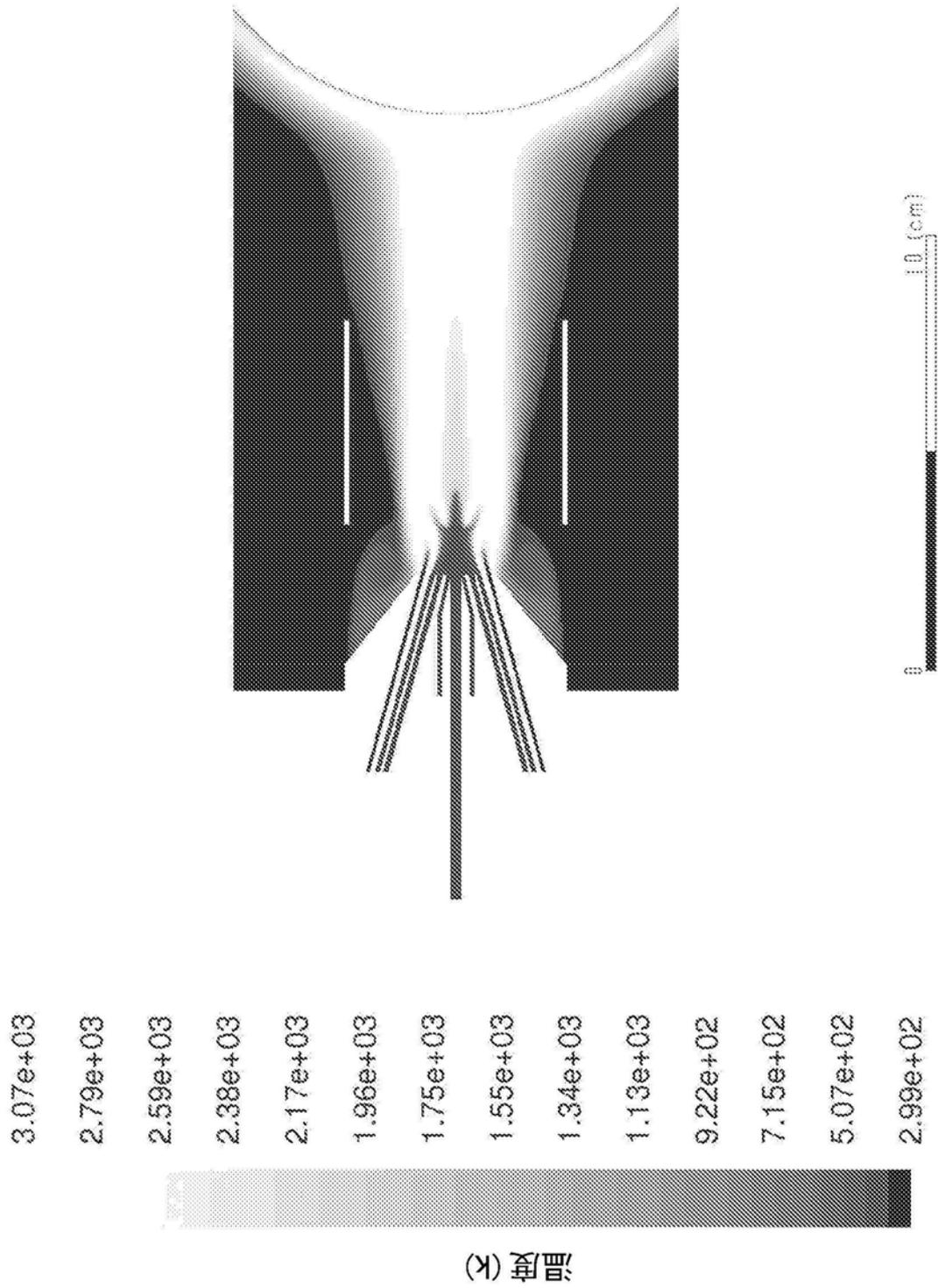


图3A

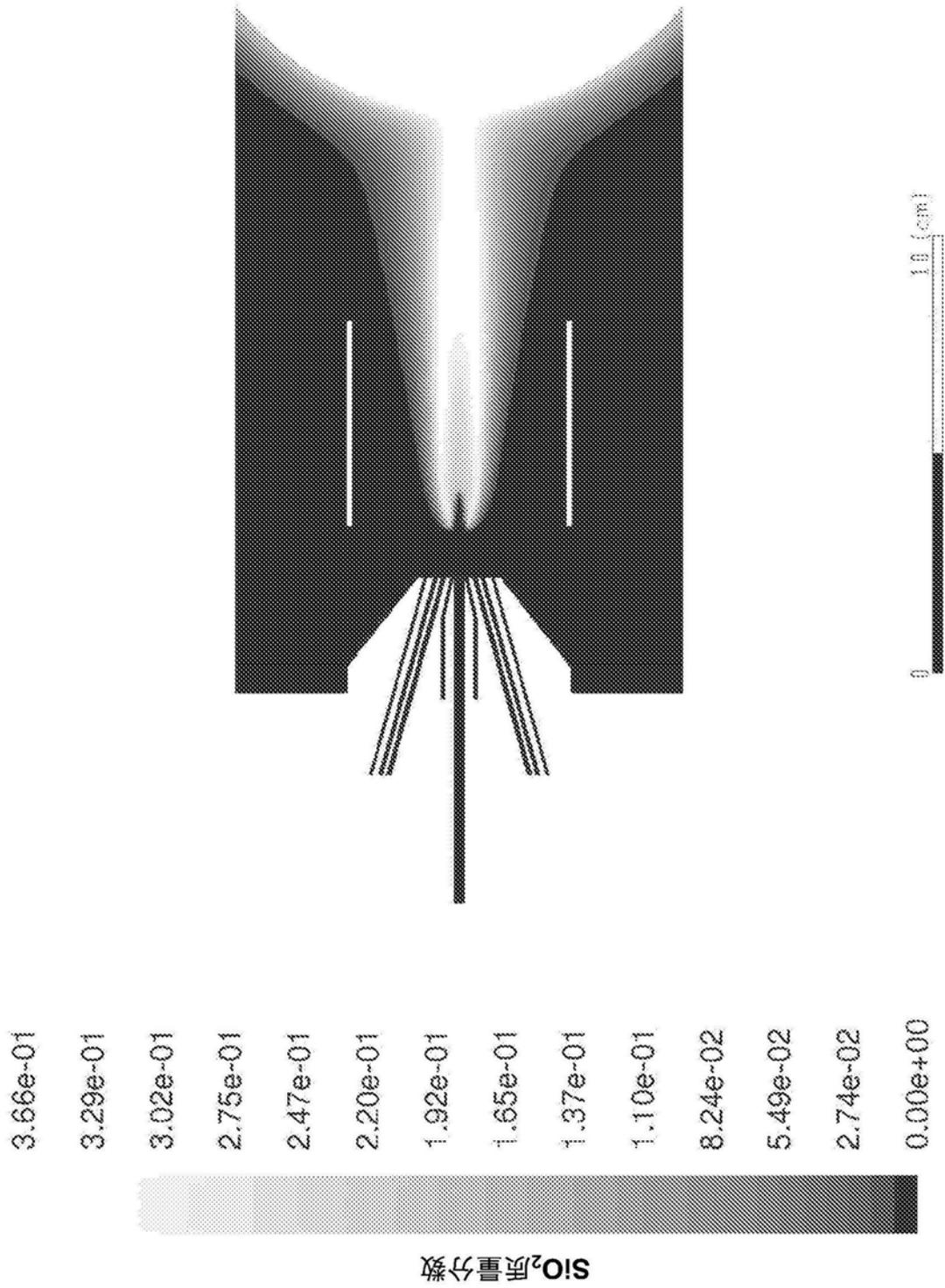


图3B

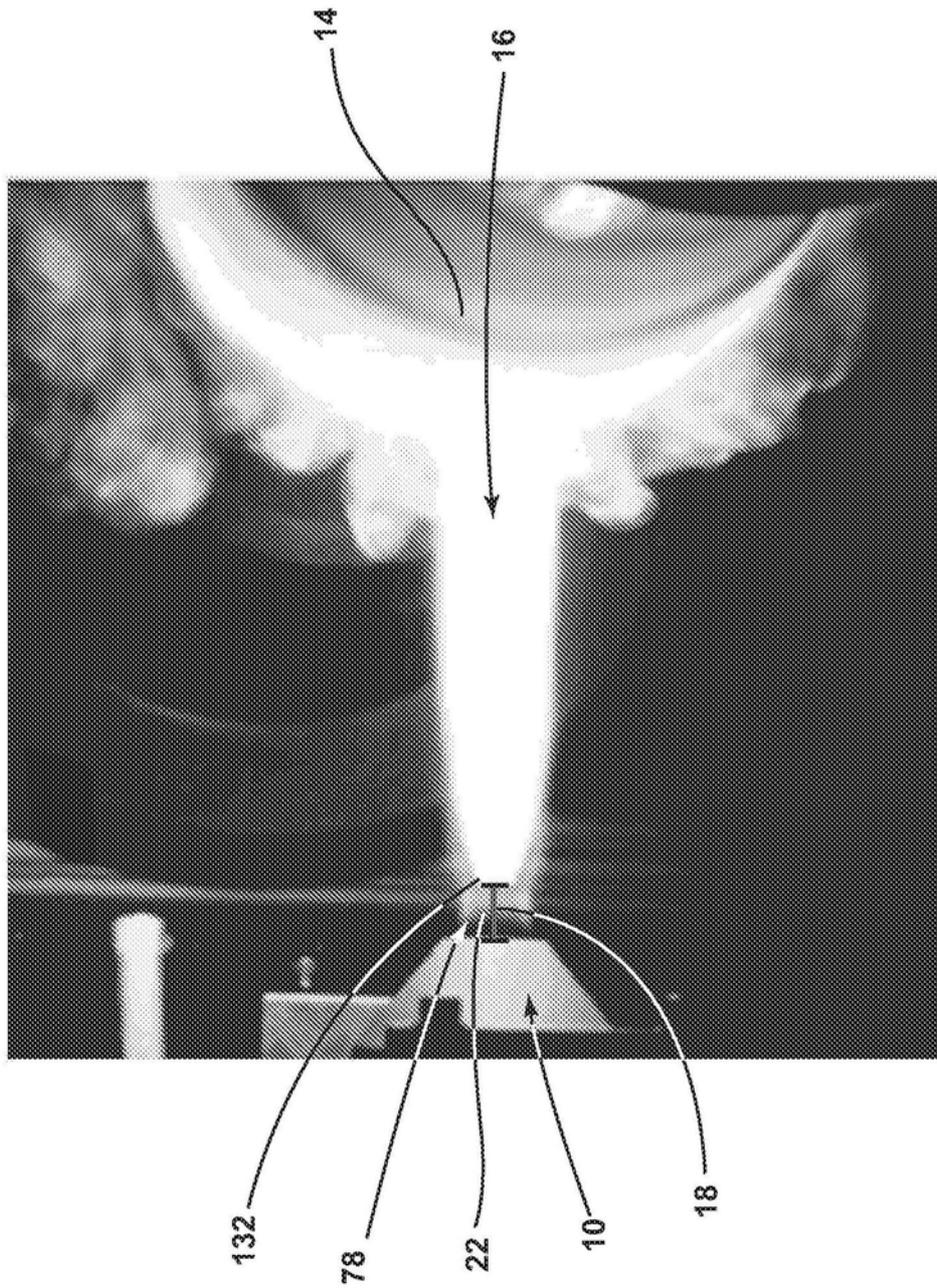


图3C

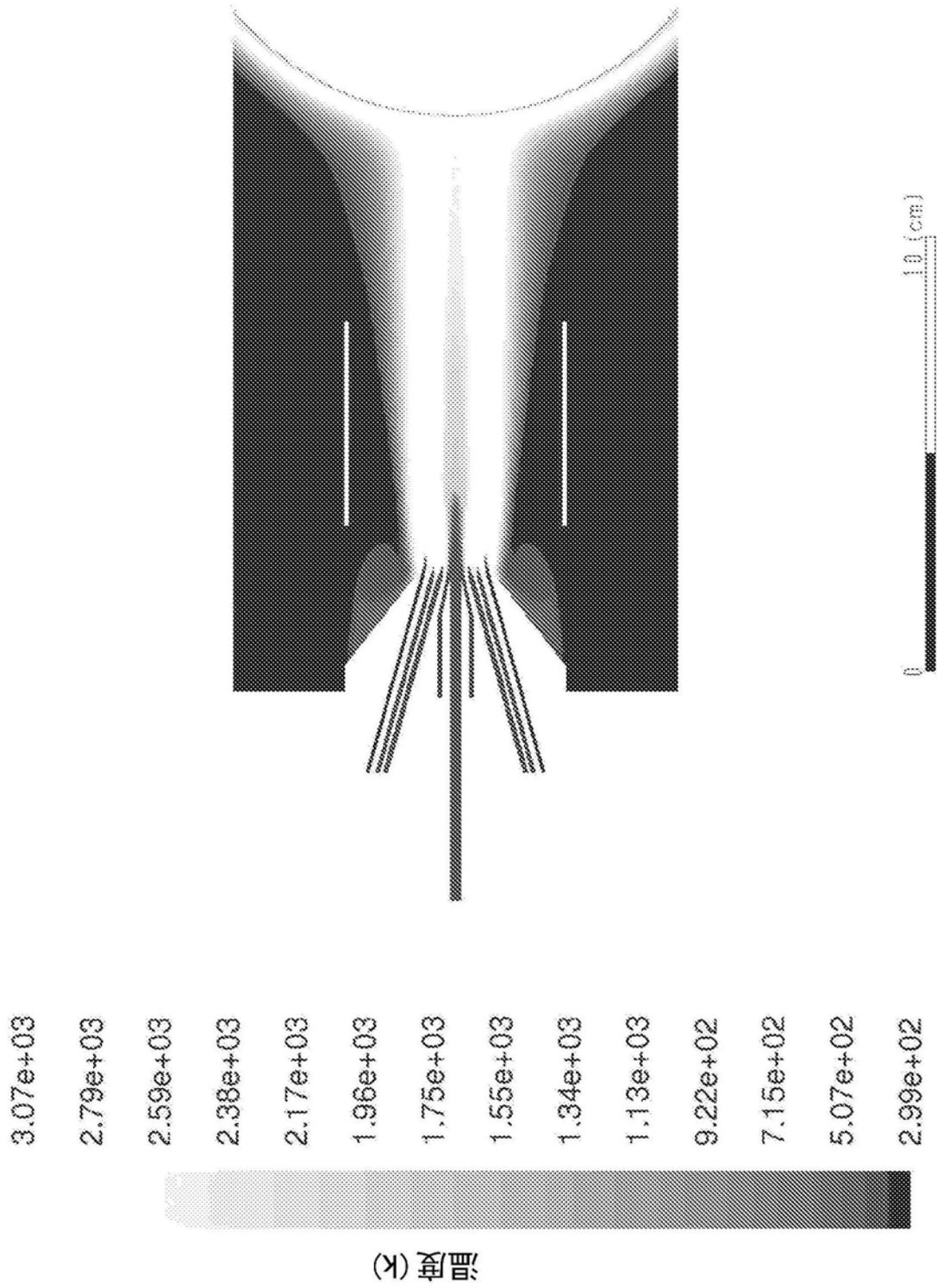


图4A

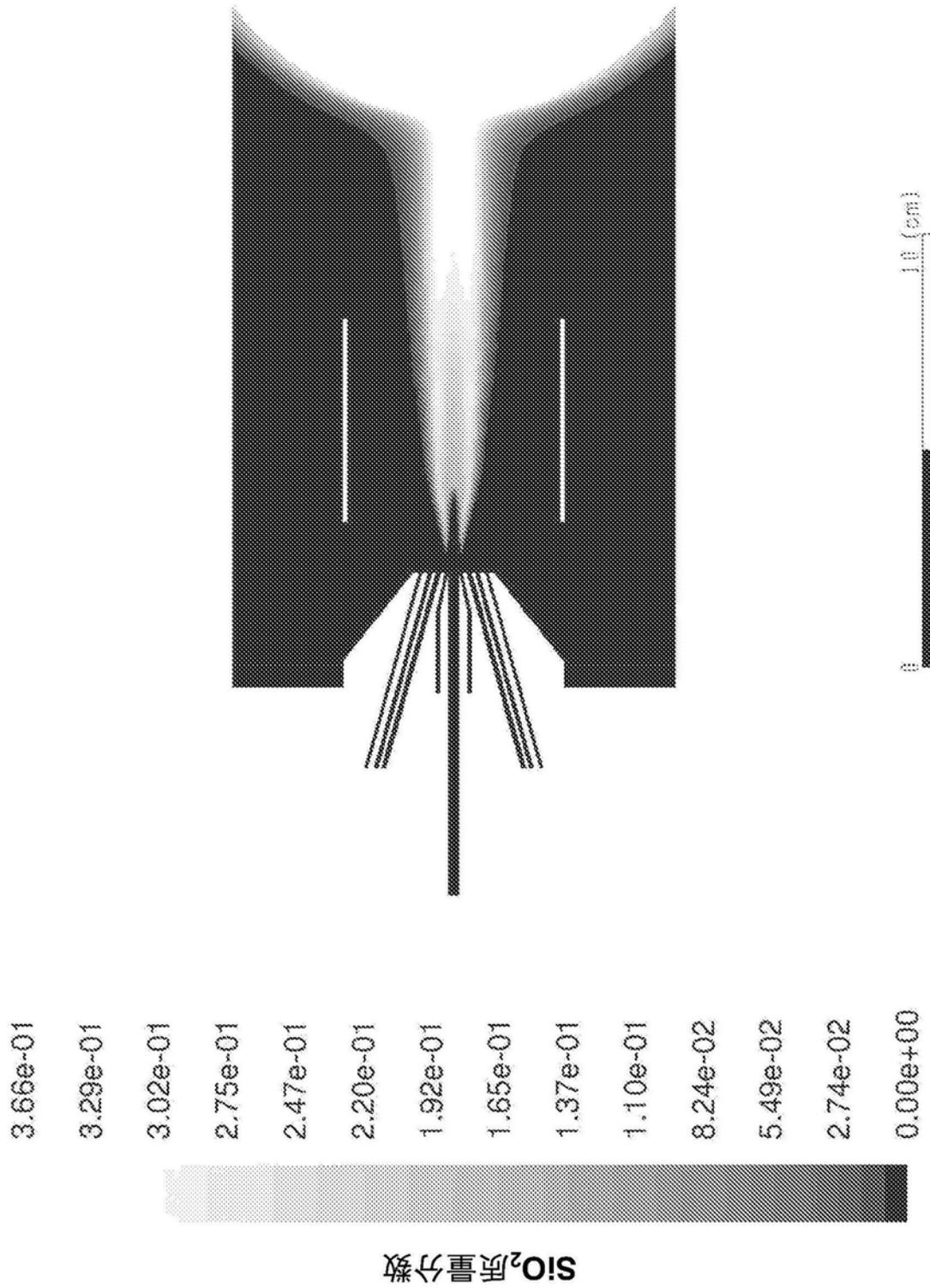


图4B

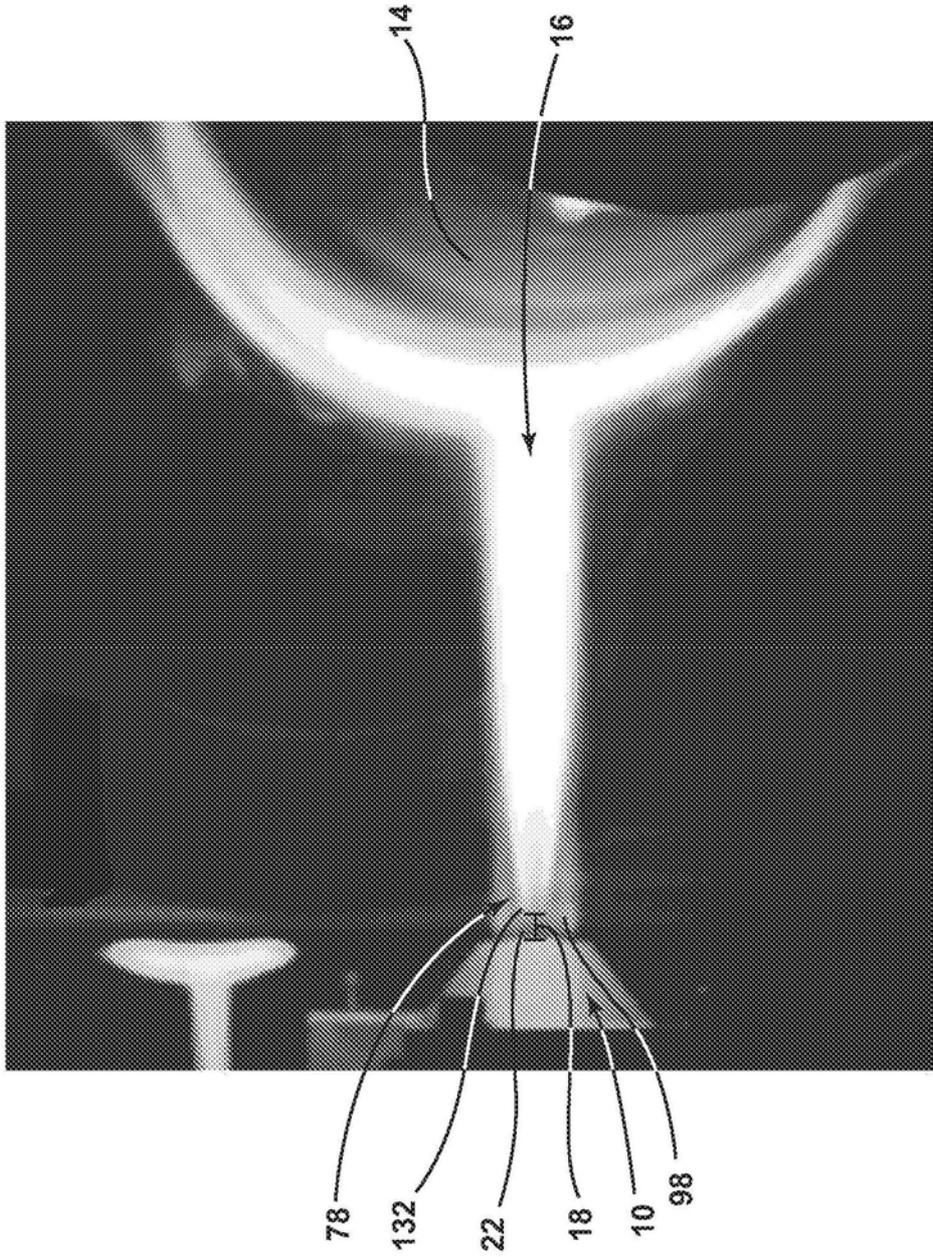


图4C

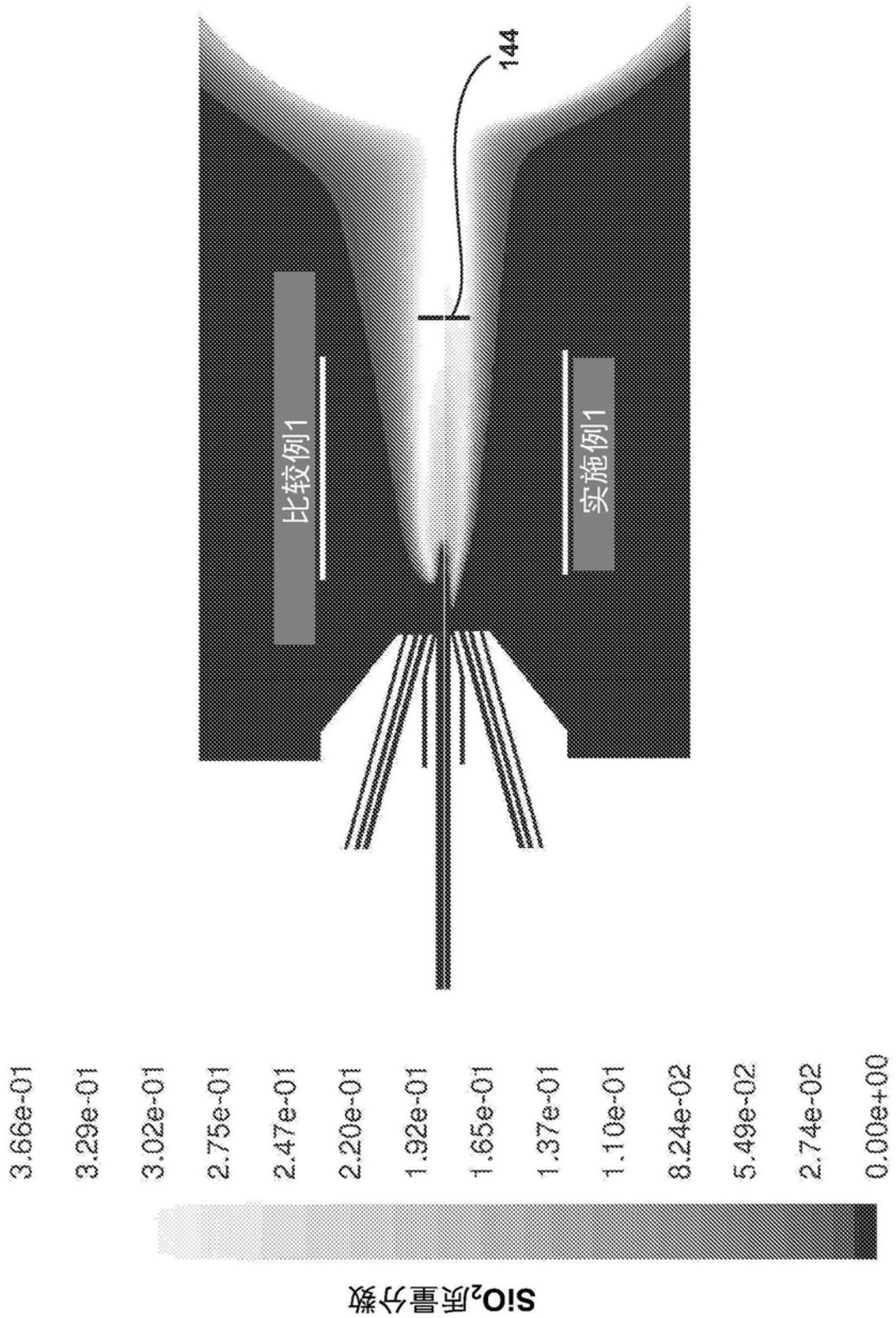


图5

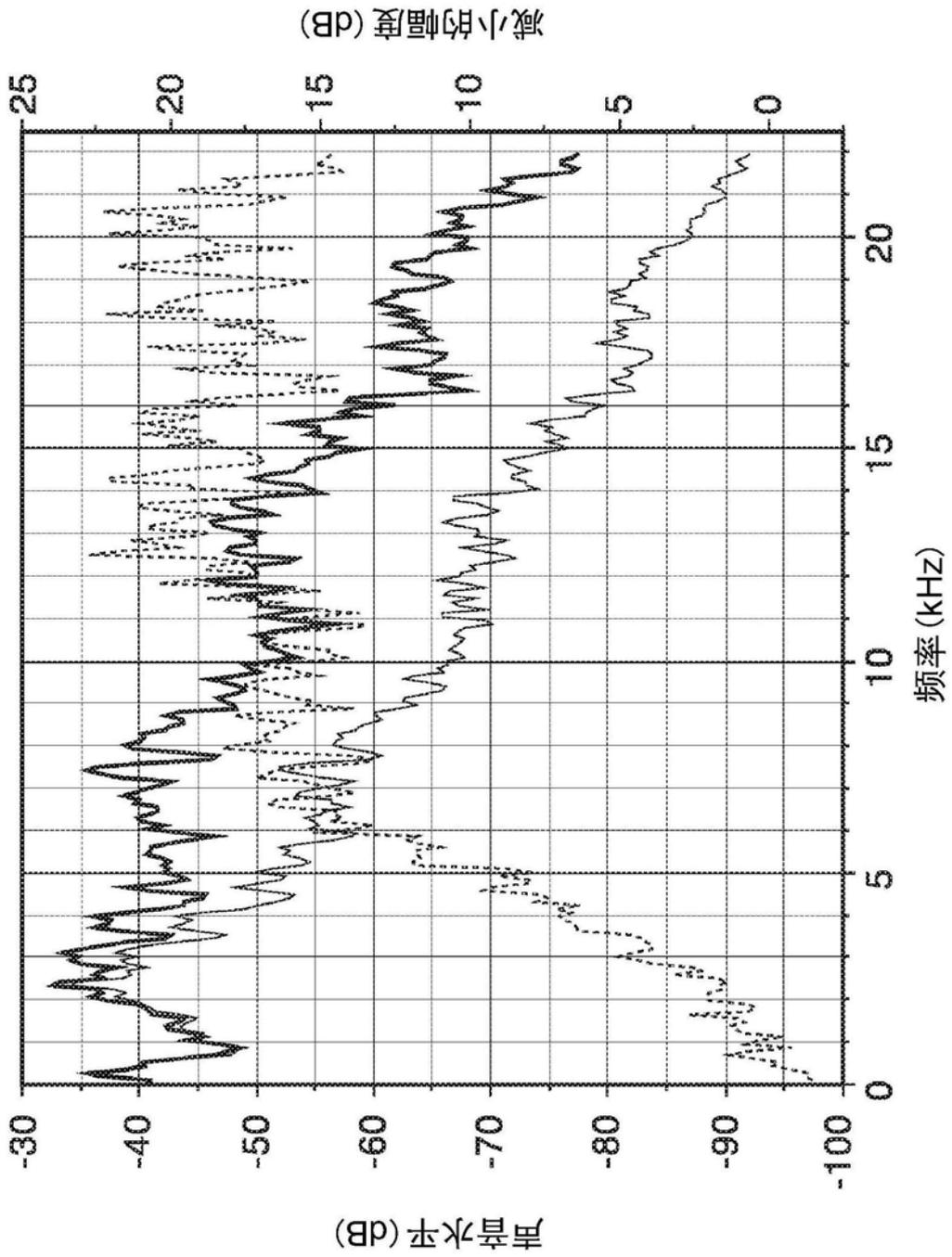


图6

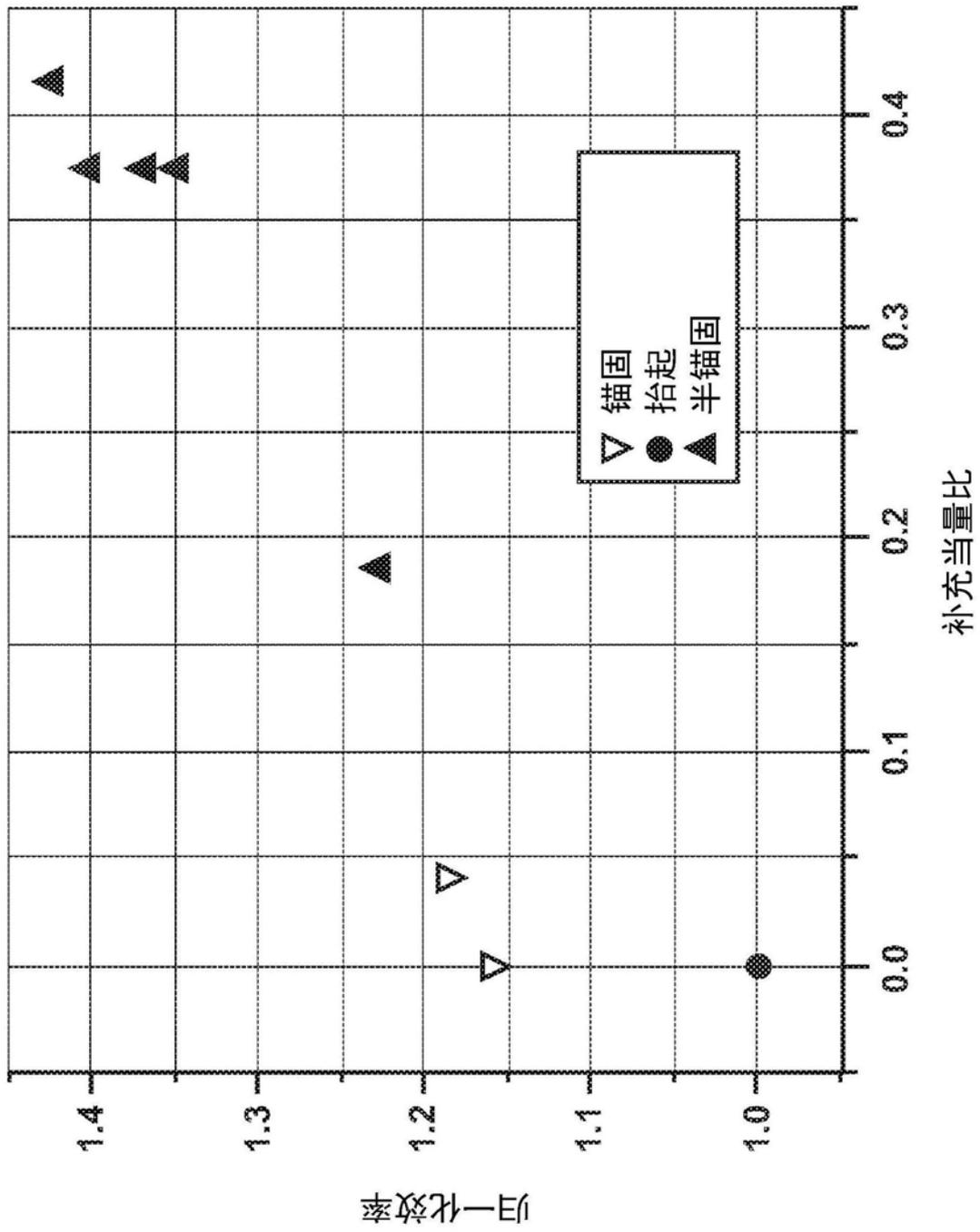


图7