

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03816275. X

[51] Int. Cl.

C03C 17/23 (2006.01)

C30B 15/10 (2006.01)

C30B 35/00 (2006.01)

C03C 10/14 (2006.01)

C03B 32/02 (2006.01)

[45] 授权公告日 2007 年 5 月 2 日

[11] 授权公告号 CN 1313407C

[22] 申请日 2003.4.24 [21] 申请号 03816275. X

[30] 优先权

[32] 2002. 5. 10 [33] US [31] 10/063,754

[86] 国际申请 PCT/US2003/012599 2003. 4. 24

[87] 国际公布 WO2003/095384 英 2003. 11. 20

[85] 进入国家阶段日期 2005. 1. 10

[73] 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 托马斯·F·麦克纳尔蒂

戴维·C·彭德

维克托·L-K·卢

罗伯特·A·吉丁斯

弗雷德里克·F·阿尔格伦

[56] 参考文献

EP0753605A 1997. 1. 15

EP0748885A 1996. 12. 18

US4102666A 1978. 7. 25

审查员 苗 强

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 封新琴 巫肖南

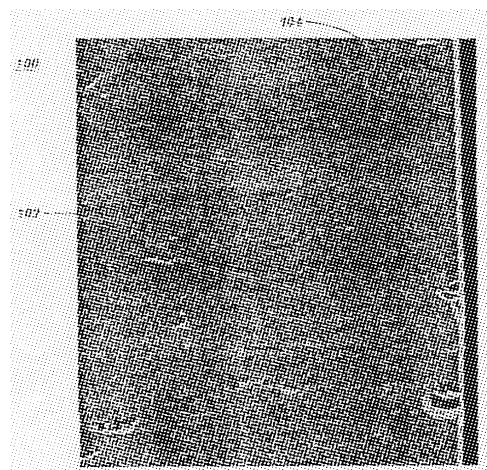
权利要求书 6 页 说明书 7 页 附图 1 页

[54] 发明名称

具有可控脱玻作用的熔凝石英制品

[57] 摘要

一种熔凝石英制品如马弗管或坩埚，其具有提高的抗蠕变力。抗蠕变力提高是该熔凝石英制品的可控脱玻作用的结果。可控脱玻作用是通过用如钡、锶和钙的金属阳离子掺杂的胶态二氧化硅浆液涂敷该制品而获得的。在大约 1000 - 1600℃ 的温度下浆液中的金属阳离子促进方英石晶体成核和生长到熔凝石英内。方英石比熔凝石英具有明显较高的粘度，因而在升高的温度下具有更大的抗蠕变力。本发明也公开了用于将掺杂涂层施用至熔凝石英制品和提高熔凝石英制品的抗蠕变力的方法。



1. 一种熔凝石英制品，所述熔凝石英制品包含：
 - a) 主体，所述主体包含熔凝石英；和
 - b) 布置在所述主体的暴露表面上的涂层，所述涂层包含多个金属阳离子，每个具有小于 4 的化合价，其中所述多个金属阳离子包括碱金属、碱土金属、稀土金属及其组合中的至少一种的阳离子，其中所述多个金属阳离子以至少 0.1 原子百分数的浓度存在于所述涂层内，并且其中在所述主体内的熔凝石英在 1000℃ 至 1600℃ 的温度下进行向方英石晶体结构的转变，其中所述涂层具有 50 nm 至 5 微米的厚度。
2. 权利要求 1 所述的熔凝石英制品，其中所述熔凝石英制品对可见光是透明的。
3. 权利要求 1 所述的熔凝石英制品，其中所述熔凝石英制品是马弗管和坩锅之一。
4. 权利要求 1 所述的熔凝石英制品，其中所述熔凝石英制品对卤化物气体和酸基本上是化学惰性的。
5. 权利要求 1 所述的熔凝石英制品，其中所述熔凝石英制品具有至少是方英石的熔化温度。
6. 权利要求 1 所述的熔凝石英制品，其中所述涂层具有 500 nm 至 5 微米的厚度。
7. 权利要求 6 所述的熔凝石英制品，其中所述涂层具有 2 微米至 5 微米的厚度。
8. 权利要求 1 所述的熔凝石英制品，其中所述多个金属阳离子包括钡、钙、锶，及其组合中的至少一种的阳离子。
9. 权利要求 1 所述的熔凝石英制品，其中所述至少一种金属阳离子以至少 0.5 原子百分数的浓度存在于所述涂层内。
10. 权利要求 9 所述的熔凝石英制品，其中所述至少一种金属阳离子以 4 至 10 原子百分数的浓度存在于所述涂层内。
11. 一种用于熔凝石英制品的外涂层，所述外涂层包含多个金属阳离子，其中所述多个金属阳离子包括钡、钙、锶，及其组合中的至少一种的阳离子，并且其中所述多个金属阳离子以至少 0.1 原子百分数的浓度存在于

所述涂层内, 以及其中所述多个阳离子在 1000℃至 1600℃的温度下催化在所述熔融石英制品内的熔融石英向方英石晶体结构转变, 其中所述外涂层具有 50 nm 至 5 微米的厚度。

12. 权利要求 11 所述的外涂层, 其中所述外涂层对可见光是透明的。

13. 权利要求 11 所述的外涂层, 其中所述外涂层具有 500 nm 至 5 微米的厚度。

14. 权利要求 13 所述的外涂层, 其中所述外涂层具有 2 微米至 5 微米的厚度。

15. 权利要求 11 所述的外涂层, 其中所述至少一种金属阳离子以至少 0.5 原子百分数的浓度存在于所述外涂层内。

16. 权利要求 15 所述的外涂层, 其中所述多个金属阳离子以 4 至 10 原子百分数的浓度存在于所述外涂层内。

17. 一种熔融石英制品, 所述熔融石英制品包含:

a) 主体, 所述主体包含熔融石英; 和

b) 布置在所述主体的暴露表面上的外涂层, 所述外涂层包含多个金属阳离子, 其中所述多个金属阳离子包括钡、钙、锶, 及其组合中的至少一种的阳离子, 其中所述多个金属阳离子以至少 0.1 原子百分数的浓度存在于所述外涂层内, 其中所述多个阳离子在 1000℃至 1600℃的温度下催化在所述主体内的熔融石英向方英石晶体结构转变, 以及其中所述熔融石英制品对可见光是透明的, 其中所述外涂层具有 50 nm 至 5 微米的厚度。

18. 权利要求 17 所述的熔融石英制品, 其中所述熔融石英制品是马弗管和坩锅之一。

19. 权利要求 17 所述的熔融石英制品, 其中所述熔融石英制品对卤化物气体和酸基本上是化学惰性的。

20. 权利要求 17 所述的熔融石英制品, 其中所述熔融石英制品具有至少是方英石的熔化温度。

21. 权利要求 17 所述的熔融石英制品, 其中所述外涂层具有 500 nm 至 5 微米的厚度。

22. 权利要求 21 所述的熔融石英制品, 其中所述外涂层具有 2 微米至 5 微米的厚度。

23. 权利要求 17 所述的熔融石英制品, 其中所述至少一种金属阳离子

以至少 0.5 原子百分数的浓度存在于所述外涂层内。

24. 权利要求 23 所述的熔凝石英制品, 其中所述多个金属阳离子以 4 至 10 原子百分数的浓度存在于所述外涂层内。

25. 一种在熔凝石英制品的暴露表面上形成掺杂涂层的方法, 该熔凝石英制品包括含熔凝石英的主体和布置在主体的暴露表面上的涂层, 所述掺杂涂层包含多个金属阳离子, 每个具有小于 4 的化合价, 所述多个金属阳离子包括碱金属、碱土金属、稀土金属及其组合中的至少一种的阳离子, 其中所述多个金属阳离子以至少 0.1 原子百分数的浓度存在于所述掺杂涂层内, 所述方法包含以下步骤:

a) 将二氧化硅浆液施用到熔凝石英制品的暴露表面上; 该二氧化硅浆液用多个金属阳离子进行掺杂, 该多个金属阳离子包括碱金属、碱土金属、稀土金属及其组合中的至少一种的阳离子; 和

d) 干燥暴露表面上的二氧化硅浆液。

26. 权利要求 25 所述的方法, 还包含将暴露表面火抛光以在暴露表面上形成掺杂涂层的步骤。

27. 权利要求 25 所述的方法, 其中所述二氧化硅浆液用多个金属阳离子掺杂, 及其中所述金属阳离子选自钡离子、钙离子和锶离子。

28. 权利要求 27 所述的方法, 其中所述多个金属阳离子选自钡离子、钙离子和锶离子。

29. 权利要求 27 所述的方法, 其中所述提供用多个金属阳离子掺杂的二氧化硅浆液的步骤包括提供用多个钡离子掺杂的二氧化硅浆液。

30. 权利要求 27 所述的方法, 其中所述多个金属阳离子离子以 13ppm 至 2000ppm 的浓度存在于二氧化硅浆液中。

31. 权利要求 30 所述的方法, 其中所述多个金属阳离子离子以 800 ppm 至 2000 ppm 的浓度存在于二氧化硅浆液中。

32. 权利要求 25 所述的方法, 其中所述将二氧化硅浆液施用到熔凝石英制品的暴露表面的步骤包括将二氧化硅浆液喷涂在熔凝石英制品的暴露表面上。

33. 权利要求 25 所述的方法, 其中所述将二氧化硅浆液施用到熔凝石英制品的暴露表面的步骤包括将二氧化硅浆液涂布到熔凝石英制品的暴露表面上。

34. 权利要求 25 所述的方法，其中所述将二氧化硅浆液施用到熔融石英制品的暴露表面的步骤包括将该熔融石英制品浸入含有二氧化硅浆液的池中。

35. 权利要求 25 所述的方法，还包括在将二氧化硅浆液施用到熔融石英制品的暴露表面之前，将该熔融石英制品进行预热到 50°C 至 70°C 的温度的步骤。

36. 权利要求 25 所述的方法，其中所述掺杂涂层具有 50 nm 至 5 微米的厚度。

37. 权利要求 36 所述的方法，其中所述掺杂涂层具有 500 nm 至 5 微米的厚度。

38. 权利要求 37 所述的方法，其中所述掺杂涂层具有 2 微米至 5 微米的厚度。

39. 权利要求 25 所述的方法，其中所述多个金属阳离子以至少 0.5 原子百分数的浓度存在于所述掺杂涂层内。

40. 权利要求 39 所述的方法，其中所述多个金属阳离子以 4 至 10 原子百分数的浓度存在于所述掺杂涂层内。

41. 一种改善熔融石英制品抗蠕变力的方法，该熔融石英制品包括含熔融石英的主体和布置在主体的暴露表面上的涂层，所述涂层包含多个金属阳离子，每个具有小于 4 的化合价，其中所述多个金属阳离子包括碱金属、碱土金属、稀土金属及其组合中的至少一种的阳离子，其中所述多个的至少一种金属阳离子以至少 0.1 原子百分数的浓度存在于所述涂层内，以及其中所述主体在 1000°C 至 1600°C 的温度下进行向方石英晶体结构的转变，所述方法包括以下步骤：

a) 提供二氧化硅浆液，该二氧化硅浆液用多个金属阳离子进行掺杂，所述多个金属阳离子包括碱金属、碱土金属、稀土金属及其组合中的至少一种的阳离子；

b) 提供熔融石英制品；

c) 将二氧化硅浆液施用到熔融石英制品的暴露表面；

d) 干燥暴露表面上的二氧化硅浆液；

e) 将暴露表面进行火抛光，其中二氧化硅浆液干燥之后在暴露表面上形成掺杂涂层；和

f) 将熔凝石英制品和掺杂涂层加热至温度 1000-1600℃, 从而在暴露表面上形成方英石晶体的晶核, 其中该方英石晶体提高了熔凝石英制品的抗蠕变力。

42. 权利要求 41 所述的方法, 其中所述提供二氧化硅浆液的步骤包括提供用多个金属阳离子掺杂的二氧化硅浆液, 其中所述金属阳离子选自钡离子、钙离子和锶离子。

43. 权利要求 42 所述的方法, 其中所述提供用多个金属阳离子掺杂的二氧化硅浆液的步骤包括提供用多个钡离子掺杂的二氧化硅浆液。

44. 权利要求 41 所述的方法, 其中所述多个金属阳离子以 13ppm 至 2000ppm 的浓度存在于二氧化硅浆液中。

45. 权利要求 44 所述的方法, 其中所述多个金属阳离子以 800 ppm 至 2000 ppm 的浓度存在于二氧化硅浆液中。

46. 权利要求 41 所述的方法, 其中所述将二氧化硅浆液施用到熔凝石英制品的暴露表面的步骤包括将二氧化硅浆液喷涂在熔凝石英制品的暴露表面上。

47. 权利要求 41 所述的方法, 其中所述将二氧化硅浆液施用到熔凝石英制品的暴露表面的步骤包括将二氧化硅浆液涂布到熔凝石英制品的暴露表面上。

48. 权利要求 41 所述的方法, 其中所述将二氧化硅浆液施用到熔凝石英制品的暴露表面的步骤包括将该熔凝石英制品浸入含有二氧化硅浆液的池中。

49. 权利要求 41 所述的方法, 还包括在将二氧化硅浆液施用到熔凝石英制品的暴露表面之前, 将该熔凝石英制品进行预热到 50℃至 70℃的温度的步骤。

50. 权利要求 41 所述的方法, 其中所述将该熔凝石英制品和掺杂涂层加热至温度 1000-1600℃的步骤包括将该熔凝石英制品和掺杂涂层加热至 1350℃。

51. 权利要求 41 所述的方法, 其中所述掺杂涂层具有 50 nm 至 5 微米的厚度。

52. 权利要求 51 所述的方法, 其中所述掺杂涂层具有 500 nm 至 5 微米的厚度。

53. 权利要求 52 所述的方法，其中所述掺杂涂层具有 2 微米至 5 微米的厚度。

54. 权利要求 41 所述的方法，其中所述多个金属阳离子以至少 0.5 原子百分数的浓度存在于所述掺杂涂层内。

55. 权利要求 54 所述的方法，其中所述多个金属阳离子以 4 至 10 原子百分数的浓度存在于所述掺杂涂层内。

具有可控脱玻作用的熔凝石英制品

发明背景

本发明涉及由熔凝石英形成的制品(article)。更具体地,本发明涉及包含熔凝石英(fused quartz)的制品,该制品具有含有金属阳离子的外涂层(outer coating)。更具体地,本发明涉及具有含金属阳离子的外涂层的熔凝石英制品,其中熔凝石英在至少约 1000℃的温度下进行向方英石晶体结构的转变。本发明还涉及用包含多个(plurality of)金属阳离子的涂层涂布熔凝石英制品的方法。

在高温用于产品(例如光纤和半导体材料)加工的石英(下文也称“熔凝石英”)可用来形成诸如管和坩锅(crucibles)之类的制品。石英制品在高温遭受粘性蠕变从而趋于失去效用。例如,在整个光纤产业中石英马弗管(muffle tubes)用于在生产光学品质的玻璃梨晶(boule)产品的烧结步骤中。在烧结应用中,管通常是垂直悬挂的并且在大约 1500℃的温度下进行烧结。在这样的温度下,熔凝石英马弗管遭受会导致马弗管失去效用的粘性蠕变。

由于在高温操作下发生粘性蠕变,熔凝石英制品如马弗管和坩锅的使用寿命有限。因此,需要在高温下抗蠕变的熔凝石英制品。也需要处理熔凝石英制品以提高其抗蠕变力的方法。

发明内容

通过提供具有提高了抗蠕变力的熔凝石英制品,如马弗管或坩锅,本发明满足了这些需要和其它需要。抗蠕变力提高是熔凝石英制品可控脱玻作用(controlled devitrification)的结果。可控脱玻作用是通过用掺杂金属阳离子(例如但不限于为钡、锶和钙)的胶态二氧化硅浆液(colloidal silica slurry)涂布这些管而获得的。

浆液中的金属阳离子在升高的温度下促进了方英石晶体(下文也称“方英石”)成核和生长到熔凝石英内。方英石比熔凝石英具有明显较高的粘度,因而在升高的温度下具有更大的抗蠕变力。

因此,本发明的一方面是提供熔凝石英制品。该熔凝石英制品包含:

主体(body), 该主体含有熔凝石英; 和布置在主体的暴露表面上的涂层, 该涂层包含多个金属阳离子, 每个具有小于 4 的化合价, 其中所述多个金属阳离子包括碱金属、碱土金属、稀土金属及其组合中的至少一种的阳离子。涂层内存在的多个金属阳离子的浓度至少为约 0.1 原子百分数(atomic percent)。主体中的熔凝石英在至少约 1000°C 的温度下进行向方英石晶体结构的转变。

本发明的第二个方面是提供用于熔凝石英制品的外涂层。该外涂层包含多个金属阳离子, 其中所述多个金属阳离子包括钡、钙、锶, 及其组合中的至少一种的阳离子。涂层内存在的多个金属阳离子的浓度至少为约 0.1 原子百分数。多个阳离子在至少约 1000°C 的温度下催化熔凝石英制品中的熔凝石英向方英石晶体结构转变。

本发明的第三个方面是提供熔凝石英制品。该熔凝石英制品包括: 含有熔凝石英的主体; 和布置在主体的暴露表面上的外涂层, 该外涂层包含多个金属阳离子, 其中所述多个金属阳离子包含钡、钙、锶, 及其组合中的至少一种的阳离子。涂层内存在的多个金属阳离子的浓度至少为约 0.1 原子百分数。多个阳离子在至少约 1000°C 的温度下催化主体中的熔凝石英向方英石晶体结构转变。该熔凝石英制品对可见光是透明的。

本发明的第四个方面是提供在熔凝石英制品的暴露表面上形成掺杂涂层(doped coating)的方法, 该熔凝石英制品包括含有熔凝石英的主体和布置在主体的暴露表面上的掺杂涂层。掺杂涂层包含多个金属阳离子, 每个具有小于 4 的化合价, 其中多个金属阳离子包括碱金属、碱土金属、稀土金属及其组合中的至少一种的阳离子, 并且其中涂层内存在的多个金属阳离子的浓度至少为约 0.1 原子百分数。所述方法包括以下步骤: 提供二氧化硅浆液, 该二氧化硅浆液掺杂了多个金属阳离子, 所述多个金属阳离子包含碱金属、碱土金属、稀土金属及其组合中的至少一种的阳离子; 提供熔凝石英制品; 将二氧化硅浆液施用(apply)到熔凝石英制品的暴露表面; 干燥暴露表面上的二氧化硅浆液; 以及将暴露表面进行火抛光(fire polishing)以在暴露表面上形成掺杂涂层。

本发明的第五个方面是提供改善熔凝石英制品抗蠕变力的方法。该熔凝石英制品包括熔凝石英主体和布置在主体暴露表面上的涂层, 其中涂层包含多个金属阳离子, 每个具有小于 4 的化合价, 其中多个金属阳离子包

括碱金属、碱土金属、稀土金属及其组合中的至少一种的阳离子，并且其中涂层内存在的多个金属阳离子的浓度至少为约 0.1 原子百分数。所述方法包括以下步骤：提供二氧化硅浆液，该二氧化硅浆液掺杂了多个金属阳离子，所述多个金属阳离子包含碱金属、碱土金属、稀土金属及其组合中的至少一种的阳离子；提供熔凝石英制品；将二氧化硅浆液施用到熔凝石英制品的暴露表面；干燥暴露表面上的二氧化硅浆液；将暴露表面进行火抛光，其中二氧化硅浆液干燥之后在外表面上形成涂层；以及在至少约 1000°C 的温度下在外表面上形成方英石晶体的晶核，其中方英石晶体提高了熔凝石英制品的抗蠕变力。

从下面的详细描述、附图和所附权利要求书中，本发明的这些方面和其它方面、优点和特征将变得十分明显。

附图说明

图 1 是放大 500 倍的本发明的熔凝石英马弗管的显微照片。

具体实施方式

在下面的描述中，相同的参考符号在图中所示的几个视图中代表相同或对应的部分。术语如“上部”、“下部”、“外部”、“内部”等也理解为方便用语而不解释为限定术语。

本发明提供在高温下具有提高了抗蠕变力的熔凝石英制品。抗蠕变力的提高是熔凝石英制品的可控脱玻作用的结果。可控脱玻作用是通过用掺杂了碱金属、碱土金属、稀土金属的阳离子(例如但不限定为钡、锶和钙)的胶态二氧化硅浆液涂布管而获得的。在升高的温度下浆液中的金属阳离子促进方英石晶体(下文也称“方英石”)成核和生长到熔凝石英内。方英石比熔凝石英具有明显较高的粘度，因而在升高的温度下具有更大的抗蠕变力。

总体上参考图，特别是图 1，应当理解这些解释是为了说明本发明的优选实施方式而非意指限制本发明。

图 1 是本发明的制品 100 的一部分的横截面示意图。制品 100 包含熔凝石英主体 102，该制品可以为但不限定为坩锅如用于硅晶片生长的坩锅，或熔凝石英管如用于烧结光学品质的玻璃梨晶的马弗管。制品 100 还包括布置在熔凝石英主体 102 的暴露表面上的涂层 104。涂层 104 可以包含多层

涂层并可布置在熔融石英主体 102 的不止一个的暴露表面上。

在一实施方式中，制品 100、熔融石英主体 102 和涂层 104 都是对可见光(即波长范围在约 4000 埃至约 7700 埃的电磁辐射)透明的。透明性是熔融石英制品 100 需要的特征。在一些应用中，如石英马弗管，透明性使得在加工期间能观察马弗管内的玻璃梨晶和梨晶温度的光学测量。在另一实施方式中，制品 100 具有至少是方石英的熔化温度(大约 2270°C)。在又一实施方式中，制品 100 对卤化物气体和酸的化学作用基本上是惰性的。“基本上是惰性的”理解为意味着随着时间流逝在制品 100 和卤化物气体或酸之间极少或没有发生反应。

涂层 104 包含多个金属阳离子，其中每个阳离子的化学价小于 4，其中多个金属阳离子包含碱金属、碱土金属、稀土金属及其组合中至少一种的阳离子。在表面涂层中存在的多个金属阳离子有助于在熔融石英主体 102 表面上方石英晶体的成核，并促进这些晶体快速生长进入熔融石英主体 102 的整体(bulk)内。在涂层 104 中多个阳离子的存在下，熔融石英主体在大约 1000-1600°C 的温度下进行向方石英晶体结构(下文也称为“脱玻作用”)的转变。更优选在大约 1350-1600 范围的温度下进行脱玻。在一实施方式中，多个阳离子包含二价碱土金属阳离子(也公知为 II 族阳离子)如钡(Ba^{2+})、钙(Ca^{2+})、锶(Sr^{2+})，及其组合中的至少一种二价阳离子。在另一实施方式中，多个阳离子包含钡离子(Ba^{2+})。涂层 104 内存在的多个阳离子的浓度至少为约 0.1 原子百分数。在一实施方式中，涂层 104 内的多个阳离子的浓度至少为 0.5 原子百分数。在另一实施方式中，涂层 104 内的多个阳离子的浓度为大约 4 至大约 10 原子百分数。涂层 104 的厚度为大约 50 纳米至大约 5 微米。在一实施方式中，涂层 104 的厚度为大约 500 纳米至大约 5 微米。在另一实施方式中，该厚度为大约 2 微米至大约 5 微米。

通过将含多个金属阳离子的浆液喷涂在熔融石英主体 102 的暴露表面上将涂层 104 施用到熔融石英主体 102 以首先形成膜。浆液通常通过先将金属盐溶解生成包含多个金属阳离子的溶液而形成。然后将溶液和热解法二氧化硅(fumed silica)结合以形成浆液。加入二氧化硅来控制暴露表面上最终阳离子的浓度并便于将阳离子“掺杂剂”经下续的火焰抛光(flame polishing)结合到表面。然后将浆液喷涂在熔融石英主体 102 的暴露表面上。之后将形成的膜进行火焰抛光以得到致密(dense)、透明的表面涂层 104。接

下来将现已包含涂层 104 和熔凝石英主体 102 的制品 100 进行热处理，使得熔凝石英主体脱玻或转变为方英石晶体结构。

在升高的温度下，熔凝石英表现出显著的粘性蠕变。熔凝石英制品如用于光纤材料烧结的马弗管，常常长时间保持在高温下。熔凝石英的快速结晶大大减少蠕变速度，该结晶是在涂层 104 中金属阳离子所在位置处开始的。蠕变速度的下降延长了制品 100 的寿命。

例如，整个光纤产业中石英马弗管用于在生产光学品质的玻璃梨晶产品的烧结步骤中。管通常是垂直悬挂的并且在大约 1500°C 的温度下进行烧结。在这样的温度下，熔凝石英遭受粘性蠕变，其会导致马弗管失去效用。通过在马弗管的外径上生成方英石可控脱玻层(controlled devitrified layer)大大改善了马弗管的蠕变性质。在一些情况下这一结晶外层的存在延长了管的设计使用时间至大于 1 年。

本发明也包括在熔凝石英制品的暴露表面形成掺杂涂层的方法。首先，提供熔凝石英制品和含有掺杂剂的热解法二氧化硅浆液，该掺杂剂包含包括碱金属、碱土金属、稀土金属及其组合中的至少一种的阳离子的多个金属阳离子，每个阳离子具有小于 4 的正化合价。通过首先制备包含金属阳离子掺杂剂的无机化合物的水溶液来制备浆液。例如，将可溶的钡化合物如硝酸钡溶解在水中，然后将该溶液与胶态二氧化硅混合以形成二氧化硅浆液。在二氧化硅浆液内存在的金属阳离子掺杂剂的浓度为大约 13 ppm(每一百万中的份数)至大约 2000 ppm。在一实施方式中，二氧化硅浆液内存在的金属阳离子掺杂剂的浓度为大约 800 ppm 至大约 2000 ppm。然后将二氧化硅浆液施用到熔凝石英制品的暴露表面，通常通过将浆液喷涂到暴露表面上并使其干燥，在暴露表面形成膜。或者，可以使用本领域已知的其它涂布方法(例如但不限于涂布(painting)和浸涂)将浆液涂布在熔凝石英制品的暴露表面上。另外，可以将熔凝石英制品预热至约 50°C 至约 70°C。预热步骤加快了水从浆液中的蒸发速度并有助于生成光滑、仿形(conformal)、掺杂的涂层。干燥之后，火焰抛光所述膜以生成致密、透明的用金属阳离子掺杂的表面涂层。

本发明还包括用于改善熔凝石英制品抗蠕变力的方法。首先，提供熔凝石英制品和含有掺杂剂的热解法二氧化硅浆液，该掺杂剂包含多个金属阳离子，该多个金属阳离子包括碱金属、碱土金属、稀土金属及其组合中

的至少一种的阳离子，每个阳离子具有小于 4 的正化合价。通过首先制备包含金属阳离子掺杂剂的无机化合物的水溶液来制备浆液。例如，将可溶的钡化合物如硝酸钡溶解在水中，然后该溶液与胶态二氧化硅混合以形成二氧化硅浆液。在二氧化硅浆液内存在的金属阳离子的浓度为大约 13 ppm(每一百万中的份数)至大约 2000 ppm。在一实施方式中，二氧化硅浆液内存在的金属阳离子掺杂剂的浓度为大约 800 ppm 至大约 2000 ppm。然后将二氧化硅浆液施用到熔凝石英制品的暴露表面，通常通过将浆液喷涂到暴露表面上并使其干燥，在暴露表面形成膜。或者，可以使用本领域已知的其它涂布方法(例如但不限于为：将浆液涂布到暴露表面和将熔凝石英制品浸入含有浆液的池(bath)中)将浆液涂布在熔凝石英制品的暴露表面。另外，可以将熔凝石英制品预热至约 50℃至约 70℃。预热步骤加快了水从浆液中的蒸发速度并有助于生成光滑、仿形、掺杂的涂层。干燥之后，火焰抛光所述膜以生成致密、透明的表面涂层。然后将涂布过的熔凝石英制品加热到约 1000℃至约 1600℃，并且优选加热到约 1350-1600℃以在熔凝石英制品的暴露表面上形成方英石晶体。优选在大约 1350℃的温度下进行涂布过的熔凝石英制品的脱玻。方英石晶体提高了熔凝石英制品的抗蠕变力。

下列实施例用来说明本发明的特征和优点。

实施例 1

用掺钡二氧化硅涂层涂布具有 32 mm 的外径和 24 mm 的内径的熔凝石英管。为了将钡掺杂剂融合(fuse)在熔凝石英的表面，首先将硝酸钡溶解在水中，然后与胶态二氧化硅混合形成悬浮液。悬浮液中硝酸钡的量足以在火焰抛光之后在涂层内在硅的位置上提供大约 4.5 原子%的取代的钡。

加入二氧化硅以控制表面上最终钡的浓度并便于将阳离子“掺杂剂”经下续的火焰抛光结合到表面。将胶态二氧化硅和去离子水混合并通过向溶液中加入硝酸调节 pH 至 1.0。所得的悬浮液包含 2.0 体积%的胶态二氧化硅。采用气动喷枪(pneumatic spray gun)将涂层涂布在管的外表面。在火焰抛光前喷涂的涂层厚度大约为 10 微米。采用连有玻璃加工车床的氢气炉将掺杂钡的胶态二氧化硅涂层融合在表面。管旋转的速度大约为 5 rpm，而炉子平移经过管的速度大约是 12 英寸/分钟。一共有三层涂层涂覆到管上。最终涂层的厚度为大约 5 微米至大约 10 微米。在涂布之后，管在 1100℃下退火 30 分钟。

虽然为了进行说明已经提出了典型的实施方式，但前面的描述不应当认为是对本发明范围的限制。因此，只要不偏离本发明的实质和范围，本领域的技术人员可以进行各种变动、修改和替换。

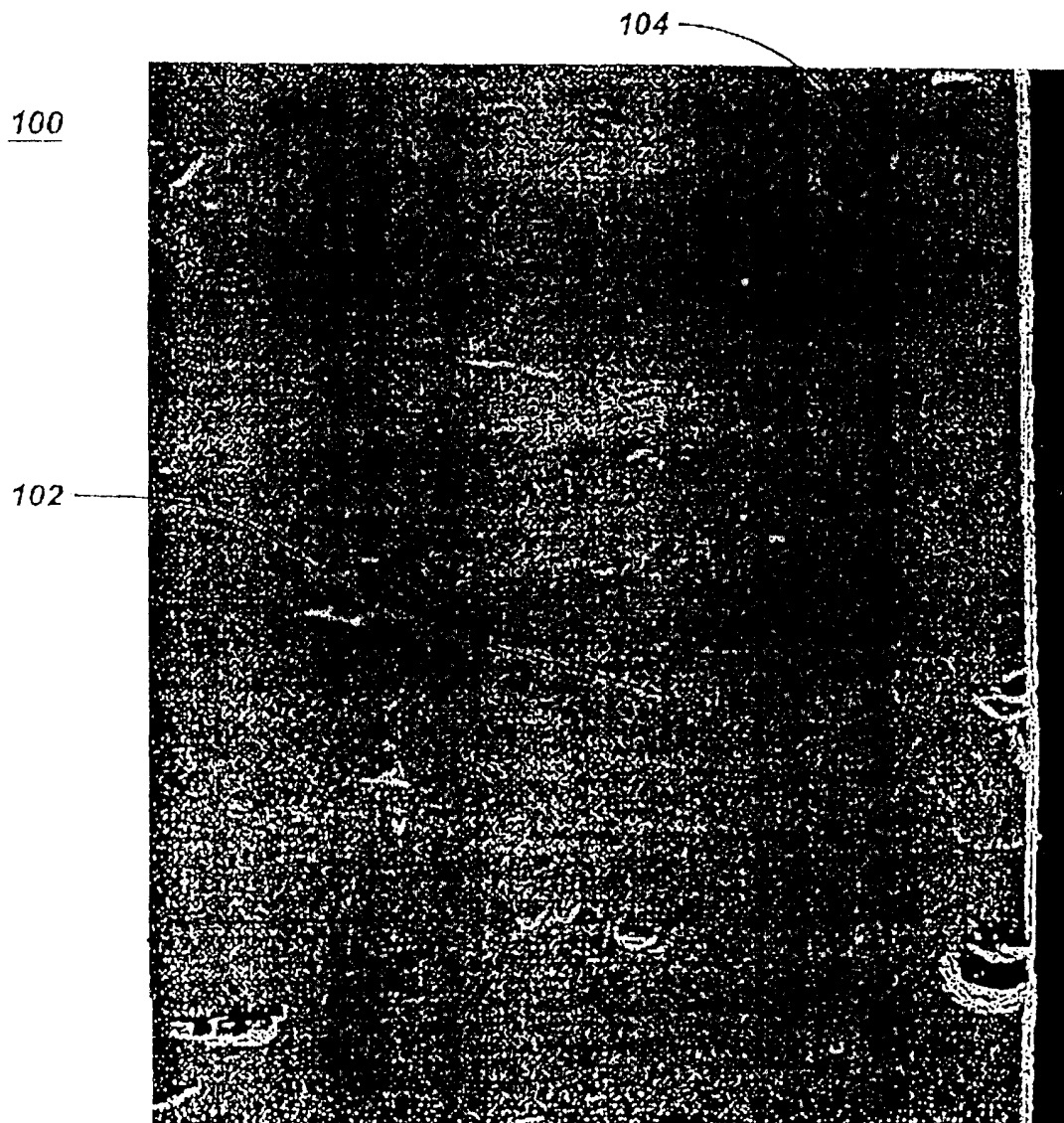


图 1