



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 97109497.7

[45] 授权公告日 2004 年 5 月 5 日

[11] 授权公告号 CN 1148588C

[22] 申请日 1997. 12. 19 [21] 申请号 97109497.7

[30] 优先权

[32] 1996. 12. 20 [33] US [31] 60/033140

[71] 专利权人 康宁股份有限公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 乔治·爱德华·伯基

利萨·旺-亚·利乌

罗伯特·亚当·莫达维斯

丹尼尔·阿洛伊修斯·诺兰

戴维·李·韦德曼

审查员 崔尚科

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

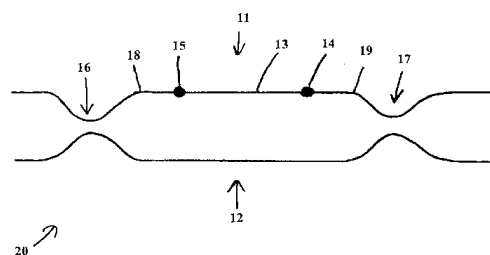
代理人 沈昭坤

权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 10 页

[54] 发明名称 非热变化的光学波导装置及其制造方法

[57] 摘要

本发明描述了一种光学波导装置和制造非热变化装置的方法。通过减小由温度的变化引起的光谱的移位来使波导非热变化，将硼结合在光学波导的成分中。本发明包含硼掺杂剂在光学波导装置，如 Mach-Zehnder 耦合器装置和长周期光纤光栅的纤芯和包层中的使用。



1. 一种光学波导装置, 包括光纤, 所述光纤包括掺杂有折射率提高掺杂剂的波导单模二氧化硅纤芯, 其中所述波导纤芯和足够数量的 B_2O_3 共掺杂, 以抑制由所述装置的温度变化引起的装置中的热光谱移位, 从而平均热斜率 $\Delta\lambda/\Delta T$ 小于 $0.04\text{nm}/^\circ\text{C}$ 。

2. 如权利要求 1 中所述的光学波导装置, 其特征在于所述折射率提高掺杂剂是 GeO_2 。

3. 如权利要求 1 所述的光学波导装置, 其特征在于所述波导装置包括发射滤波器。

4. 如权利要求 1 所述的光学波导装置, 其特征在于由所述波导纤芯引导的模式耦合到第二个波导纤芯。

5. 如权利要求 1 所述的光学波导装置还包含包层, 其特征在于在所述纤芯中传播的模式耦合到所述包层中的模式。

6. 如权利要求 2 所述的光学波导装置, 其特征在于所述二氧化硅纤芯具有一 $B_2O_3:GeO_2$ 比, 所述比值范围从 1 重量百分率 $B_2O_3:3$ 重量百分率 GeO_2 到 1 重量百分率 $B_2O_3:10$ 重量百分率 GeO_2 。

7. 如权利要求 2 所述的光学波导装置, 其特征在于所述二氧化硅纤芯具有一 $B_2O_3:GeO_2$ 比, 所述比值范围从 1 重量百分率 $B_2O_3:4$ 重量百分率 GeO_2 到 1 重量百分率 $B_2O_3:6$ 重量百分率 GeO_2 。

8. 如权利要求 2 所述的光学波导装置, 其特征在于所述二氧化硅纤芯具有 1 重量百分率 $B_2O_3:5$ 重量百分率 GeO_2 的 $B_2O_3:GeO_2$ 比。

9. 如权利要求 4 所述的光学波导装置, 其特征在于所述装置包括 Mach-Zehnder 干涉仪构成。

10. 如权利要求 5 所述的光学波导装置, 其特征在于所述装置包括长周期光纤光栅构成。

11. 如权利要求 1 所述的光学波导装置, 其特征在于所述掺杂剂含量具有 B_2O_3 : 折射率提高掺杂剂, 其克分子比的范围从 1 摩尔 $B_2O_3:2$ 摩尔折射率提高掺杂剂分子到 1 摩尔 $B_2O_3:7$ 摩尔折射率提高掺杂剂分子。

12. 如权利要求 1 所述的光学波导装置, 其特征在于所述掺杂剂含量具有 B_2O_3 :

折射率提高掺杂剂，其克分子比的范围从 1 摩尔 B_2O_3 :3 摩尔折射率提高掺杂剂分子到 1 摩尔 B_2O_3 :4 摩尔折射率提高掺杂剂分子。

13. 如权利要求 1 所述的光学波导装置，其特征在于所述光学波导装置由二氧化硅玻璃构成，其掺杂剂含量主要由 GeO_2 和 B_2O_3 构成。

14. 如权利要求 13 所述的光学波导装置，其特征在于所述掺杂剂含量具有一 B_2O_3 : GeO_2 比，所述比值范围从 1 重量百分率 B_2O_3 :3 重量百分率 GeO_2 到 1 重量百分率 B_2O_3 :10 重量百分率 GeO_2 。

15. 如权利要求 13 所述的光学波导装置，其特征在于所述掺杂剂含量基本上由 10 重量百分率到 30 重量百分率的 GeO_2 和 1 重量百分率到 5 重量百分率的 B_2O_3 构成。

16. 如权利要求 13 所述的光学波导装置，其特征在于所述掺杂剂含量具有一 B_2O_3 : GeO_2 克分子比，所述克分子比的范围从 1 摩尔 B_2O_3 :1.5 摩尔 GeO_2 到 1 摩尔 B_2O_3 :8 摩尔 GeO_2 。

17. 一种使光学波导装置非热变化以抑制热光谱移位的方法，其特征在于所述方法包括：

(a) 形成二氧化硅波导纤芯；

(b) 将所述二氧化硅波导纤芯以 GeO_2 掺杂；并且

(c) 将所述二氧化硅波导纤芯以足够数量的 B_2O_3 共掺杂，以抑制由所述装置的温度变化引起的装置中的热光谱移位，从而平均热斜率 $\Delta\lambda/\Delta T$ 小于 $0.04\text{nm}/^\circ\text{C}$ 。

18. 如权利要求 17 所述的使光学波导装置非热变化的方法，其特征在于所述方法还包括以下步骤：

将所述掺杂了 GeO_2 的二氧化硅波导纤芯以足够量的 B_2O_3 共掺杂，以抵销所述掺杂了 GeO_2 的二氧化硅波导纤芯的热灵敏度。

19. 如权利要求 17 所述的使光学波导装置非热变化的方法，其特征在于还包括以下步骤：

用所述共掺杂的二氧化硅波导纤芯形成 Mach-Zehnder 干涉仪。

20. 如权利要求 17 所述的使光学波导装置非热变化的方法，其特征在于所述方法还包括对所述共掺杂的波导纤芯用掺杂了 B_2O_3 的二氧化硅包层的步骤。

21. 如权利要求 17 所述的使光学波导装置非热变化的方法，其特征在于所述方法还包括以下步骤：

对所述共掺杂的波导纤芯包层，以形成光学波导；及
将长周期光栅写入所述形成的光学波导。

22. 一种制造具有减小的温度依赖性的光学波导的方法，其特征在于包含：

a) 将波导以折射率变化掺杂剂掺杂，所述掺杂剂允许光线被引导；及

b) 将波导以温度依赖释放掺杂剂掺杂，所述掺杂剂减小了波导的温度相依赖性；从而平均热斜率 $\Delta\lambda/\Delta T$ 小于 $0.04\text{nm}/^\circ\text{C}$ 。

非热变化的光学波导装置及其制造方法

本发明涉及一种抑制了热光谱的移位的光学波导装置。本发明尤其涉及一种非热变化的光学波导装置，这种装置中光透射性对温度变化和升降是不灵敏的。

光学波导装置，比如马赫-策恩德 (Mach-Zehnder) 耦合器装置和长周期光纤光栅，这种装置和光学信号一起使用，作为发射滤波器 (transmitting filters)，传感器，和波长多路复用器和去多路复用装置，这些装置在标准室温下提供良好的性能，但当它们暴露在热变化和温度不稳定的环境中使用时，会出现热光谱的移位和与此有关的不良性能。

Mach-Zehnder 耦合器装置和长周期光纤光栅可以作为发射滤波器用于窄带，多波长系统的应用中。另外，Mach-Zehnder 耦合器装置可以用作传感器，和波长多路复用以及去多路复用装置。

在长周期光纤光栅中，长周期光栅在纤维中形成，这种光纤耦合在基模和被引导的包层模之间的光线，其中所述的基模在波导纤芯中传播。这种光栅沿光纤的波导轴具有一个折射率调制，而且可以通过用 UV 辐照写入，刻蚀，或其它产生周期性扰动的方法形成。

Mach-Zehnder 耦合器装置是 Mach-Zehnder 干涉仪的一种形式。在 Mach-Zehnder 耦合器装置中，耦合器将光线分进两个或者更多的波导，这波导通常是具有不同的光程长的光纤。该光线经过这些不同的光程长之后，由第二个耦合器复合。另外，Mach-Zehnder 耦合器可以用于去多路复用器和传感器的应用中。在 Mach-Zehnder 耦合器装置的一族中的各种类型包含了多包层 (MultiClad™) Mach-Zehnder 耦合器装置，熔成纤维 Mach-Zehnder 耦合器装置以及 Mach-Zehnder 点阵滤波器。

已经发现现象长周期光纤光栅和 Mach-Zehnder 耦合器装置这样的光学波导装置的使用受到它们的温度相依性的限制。在这样的装置中，在发射波长为 1550nm 时超过 0.04nm/°C 的热光谱的移位限制了它们在温度变化的环境中的应用和效能。

因此，本发明目的在于针对一种光学波导，这种波导基本上避免了由相关的

现有技术的限制和缺点导致的一个或者更多的问题。

下面将详细陈述本发明另外的特点和优点，而且其中一部分从这些详细的陈述中是显而易见的或通过对本发明的实践是可以理解的。通过文章，结构，和书面陈述中特别指出的方法以及权利要求和附图可以知道和获得本发明的目的和其它的优点。

为了达到这些和其它的优点以及根据本发明的意图(如进行的实施和广泛的描述)，本发明提供了一种非热变化光学波导装置，这种装置中在光传送的至少掺有 GeO_2 的石英纤芯中共同掺杂 B_2O_3 ，以抑制由温度的变化引起的热光谱的移位。

另一方面，本发明包含用 B_2O_3 掺杂的非热变化的光学波导。

本发明的再一个方面是提供一种抑制方法，这种方法通过将波导用 B_2O_3 共掺杂以抵销光学波导的热灵敏度使光学波导非热变化。

应该理解上述一般性的描述，和下面详细的描述是作为示例性的和说明性的而试图在权利要求中提供本发明进一步的解释。

本说明书包含了附图，以提供对本发明进一步的理解，它被合并进来而构成了本说明书的一部分，例举了本发明的七个实施例，并且和描述一起解释了本发明的原理。

图 1 包含对一种 Mach-Zehnder 耦合器装置的概要的表示。

图 2 是用于和 Mach-Zehnder 耦合器装置对照的模型温度($^{\circ}\text{C}$)对峰值波长(nm)的图表。

图 3 是根据本发明的教导的 Mach-Zehnder 耦合器装置的温度($^{\circ}\text{C}$)对峰值波长(nm)的图表。

图 4 是根据本发明的教导的 Mach-Zehnder 耦合器装置的温度($^{\circ}\text{C}$)对峰值波长(nm)的图表。

图 5 是根据本发明的教导的 Mach-Zehnder 耦合器装置的温度($^{\circ}\text{C}$)对峰值波长(nm)的图表。

图 6 是根据本发明的教导的 B_2O_3 的含量(重量百分率)对热光谱的移位系数(nm/ $^{\circ}\text{C}$)的图表。

图 7 是温度($^{\circ}\text{C}$)对根据本发明的教导的长周期光纤光栅的峰值波长(nm)的图表。

图 8 是温度($^{\circ}\text{C}$)对根据本发明的教导的长周期光纤光栅的峰值波长(nm)的图表。

图 9 是温度($^{\circ}\text{C}$)对根据本发明的教导的长周期光纤光栅的峰值波长(nm)的图表。

图 10 是在 20°C 时根据本发明的教导的长周期光纤光栅的纤芯和包层之间的 B_2O_3 重量百分率差对长周期光纤光栅的斜率($\text{nm}/^{\circ}\text{C}$)的图表。

可能相关的现有技术另外提供。

本发明的光学波导装置包含掺杂二氧化锗的二氧化硅纤芯(germania doped silica core)和数量足够的 B_2O_3 掺杂剂, 以抑制热光谱的移位。

现在将对本发明现有的最佳实施例进行详述, 这些实施例在附图中例举。

本发明的非热变化光学波导装置包含提供光线穿过二氧化硅纤芯的光学波导, 光纤, Mach-Zehnder 耦合器装置和长周期光纤光栅。本发明的非热变化光学波导装置在一个较宽的温度范围中用作发射滤波器, 去多路复用器, 多路复用器, 和传感器。

本发明的光学波导装置包含掺杂了折射率提高掺杂剂(index raising dopant)和数量足够的 B_2O_3 掺杂剂, 以在装置受到温度的变化时抑制该装置中热光谱的移位。本发明最佳折射率提高掺杂剂是 GeO_2 。

本发明的光学波导装置包含发射滤波器。本发明的发射滤波器包含长周期光纤光栅和 Mach-Zehnder 干涉仪。本发明的 Mach-Zehnder 耦合器装置使用 Mach-Zehnder 干涉仪, 这种干涉仪中由第一个波导纤芯引导的光的模式耦合到第二个波导纤芯。本发明的长周期光纤光栅发射滤波器将波导纤芯中传播的光模式和波导包层中的模式耦合。

本发明的光学波导装置包含二氧化硅纤芯, 这种二氧化硅纤芯具有从 1 重量百分率 B_2O_3 :3 重量百分率 GeO_2 到 1 重量百分率 B_2O_3 :10 重量百分率 GeO_2 的 B_2O_3 : GeO_2 的比值, 最好从 1 重量百分率 B_2O_3 :4 重量百分率 GeO_2 到 1 重量百分率 B_2O_3 :6 重量百分率 GeO_2 。一种最佳的二氧化硅纤芯具有 1 重量百分率 B_2O_3 :5 重量百分率 GeO_2 的比值。

非热变化的光学波导包含石英玻璃(silica glass)成分, 这种成分有含 B_2O_3 的掺杂剂和一种或更多种折射率提高掺杂剂, 其中掺杂剂含量为 B_2O_3 : 折射率提高掺杂剂克分子比的范围从 1 mole B_2O_3 : 1.5 moles 折射率提高掺杂剂到 1 mole

B_2O_3 : 8 moles 折射率提高掺杂剂。最佳的掺杂剂含量的范围是从 1 mole B_2O_3 :2 moles 折射率提高掺杂剂到 1 mole B_2O_3 :7 moles 折射率提高掺杂剂。更好的掺杂剂含量的范围是从 1 mole B_2O_3 :3moles 折射率提高掺杂剂到 1 mole B_2O_3 :4 moles 折射率提高掺杂剂。

产生本发明的光学波导装置的方法包含使光学波导装置非热变化以抑制热光谱的移位的方法。这种方法包含形成硅波导纤芯，并将纤芯用一种折射率提高掺杂剂(最好是 GeO_2)掺杂。这种方法还包含将纤芯用 B_2O_3 掺杂的步骤。用 B_2O_3 掺杂方法是提供足够数量的 B_2O_3 ，其中当波导装置受到温度的变化时，在 1550nm 处，出现小于 0.04nm/℃ 热光谱的移位。纤芯用足够数量的 B_2O_3 掺杂，以抵销纤芯的热灵敏度。

这种方法还包含用经掺杂的硅波导纤芯形成 mach-Zehnder 干涉仪的步骤。

这种方法还可以包含对经掺杂的波导纤芯进行包层以形成光学波导的步骤。这种包层可以由二氧化硅或 B_2O_3 掺杂二氧化硅构成。本发明的另外一个步骤是在光学波导中写入长周期光栅。

本发明包含减小光学波导装置的温度依赖性的方法。这种方法包含形成波导纤芯，给波导纤芯掺进具有正的热光谱的移位斜率的折射率提高掺杂剂，给波导纤芯同时掺进具有负的热光谱的移位的斜率的第二种掺杂剂。给纤芯共掺杂包含用第二种掺杂剂的负的热光谱的移位的斜率抵销纤芯的正的热光谱的移位的斜率的步骤。所述的第二种掺杂剂最好是硼，它是一种折射率降低掺杂剂。共掺杂的步骤可以进一步包含用一定量的第二种掺杂剂共掺杂，从而第二种掺杂剂对折射率提高掺杂剂的克分子比的范围是 1 摩尔第二种掺杂剂比 2-4 摩尔折射率提高掺杂剂。

这种方法还包含对波导纤芯进行包层和从被包层的波导纤芯制造出光学波导装置的步骤。这种包层可以包含应用以第二种掺杂剂掺杂的玻璃。

本发明包含通过给波导掺杂一种允许引导光线的折射率更改掺杂剂和给波导掺杂一种减小了波导的温度依赖性的解脱温度依赖性掺杂剂制造一种具有减小的温度相依性的光学波导的方法。

本发明的非热变化的光学波导包含纤芯和包层，其中纤芯和包层的 B_2O_3 掺杂剂含量有差别，范围从 1 到 5 重量百分率 B_2O_3 ，其中最佳的差别范围是从 2 到 4 重量百分率 B_2O_3 。

通过引用把 Miller 等人申请的美国第 5,295,205 号专利所揭示的内容结合在此, 这些内容揭示了 Mach-Zehnder 耦合器装置和制造这种装置的方法。

本发明的一个实施例包含 MultiClad™ Mach-Zehnder 耦合器, 这种耦合器使用具有掺 GeO_2 的二氧化硅纤芯第一光纤, 纤芯中同时掺杂了 B_2O_3 , 以抑制 Mach-Zehnder 耦合器装置中由温度的变化而引起的热光谱的移位。本发明的 Mach-Zehnder 耦合器装置还包含第二光纤, 该光纤具有和第一光纤不同浓度的 B_2O_3 掺杂剂。这种实施例提供一种对温度的变化具有减小了的灵敏度的 Mach-Zehnder 耦合器装置。

一些这种类型的具有两个相等物理路程长度的但不同的基模有效折射率臂 (arm) 的 MultiClad™ Mach-Zehnder 耦合器装置 (在图 1 中通过 Mach-Zehnder 耦合器装置 20 所示) 是在从 -40°C 到 125°C 的温度范围中制造和分析的。在图 1 中, 拼接的 Mach-Zehnder 耦合器装置的臂 11 有和未拼接的 Mach-Zehnder 耦合器装置的臂 12 相同的物理路程长度。第一耦合器 16 将光线分给拼接的耦合器臂 11 和未拼接的耦合器臂 12。由于光程变化的光纤段 13 的插入, 拼接的耦合器臂 11 有不同于未拼接的耦合器臂 12 的光程长。第二耦合器 17 将被分开的穿过耦合器臂 11 和 12 的光线再复合。在 Mach-Zehnder 耦合器装置 20 中, 通过由 Mach-Zehnder 干涉仪将光线分为两个不同的光程长并且而后再复合, 光线被选择性地传输。本发明也可和其它形式的 Mach-Zehnder 干涉仪和耦合器装置一起使用, 例如具有多于两个的臂的 Mach-Zehnder 耦合器装置, 具有不相等的耦合器分束的 Mach-Zehnder 耦合器装置, 以及具有不同物理路程长度的多个臂的 Mach-Zehnder 耦合器装置。

提供了一个用市场上买得到的光纤制成的 Mach-Zehnder 耦合器装置的对比模型, 如图 1 中所示。本发明的实验的 Mach-Zehnder 耦合器装置制作成如图 1 中所示, 并和对比模型比较。在对比模型中, Mach-Zehnder 耦合器装置未拼接的臂 12 由市场上可以买到的康宁 SMF-28™ 单模光纤制成。

具有和未拼接的耦合器臂 12 相同的物理路程长的拼接的耦合器臂 11 由拼接一段市场上买得到的 Corning CS-980™ 单模光纤而制成。Corning SMF-28™ 单模光纤具有纤芯-包层 $\Delta = 0.35\%$, 截止波长为 1260nm , 而且是掺杂了 6-10 重量百分率的 GeO_2 的二氧化硅纤芯。Corning CS-980™ 单模光纤具有纤芯-包层 $\Delta = 1.0\%$ 其中截止波长为 950nm , 而且是掺杂了大约 18-20 重量百分率 GeO_2 的二氧

化硅纤芯。在这个对比模型中, 拼接进的光纤段 13, 是一个 10mm 的 Corning CS-980™ 单模光纤, 它拼接在 Corning SMF-28™ 单模光纤段 18 和 19 之间(在接合点 15, 14 处)。Mach-Zehnder 对比模型耦合器的热光谱的移位用一个光谱分析器和一个钬 ASE 光源进行分析。用一个热室(thermal chamber)测试在 -40 °C 到 125 °C 的范围内的温度变化中这种对比模型的性能。对比模型的热光谱的移位显示在图 2 中, 图 2 是峰值波长(nm)对温度(°C)的图表。从图 2 得出, 这个对比模型具有大小为 0.043nm/°C 的热光谱的移位的系数。事实上, 给其它的对比模型测试出相等的热光谱的移位系数(有各种 GeO₂ 纤芯掺杂剂量值, 臂长度和纤维类型如具有不同截止波长的 Corning CS-980™ 单模光纤和 Corning SMF-28™ 单模光纤, 具有掺杂 TiO₂ 的二氧化硅纤芯的光纤, 和截止波长为 1210nm 具有 $\Delta = 2.0\%$ 的阶跃折射率级光纤)。

实验的耦合器装置 NO.1 以图 1 的 Mach-Zehnder 耦合器装置 20 的构造制成, 而且装备和方法都和对比模型相同, 除了被拼接进的光纤长度 13 不是 Corning CS-980™ 以外光纤。在实验的耦合器 NO.1 的拼接进的光纤长度 13 是一个实验光纤的 10mm 段, 该光纤具有以 25 重量百分率 GeO₂ 掺杂还以 14 重量百分率 B₂O₃ 共掺杂的光学波导二氧化硅纤芯。(16.5 mole % GeO₂, 13.7 mole % B₂O₃, 和 69.8 mole % SiO₂)以和对比模型同样的方法对实验的耦合器 No.1 的热光谱的移位进行分析。实验的耦合器 No.1 的热光谱的移位示于图 3 中, 图 3 是峰值波长(nm)对温度(°C)的图表。从图 3 可以得出实验的耦合器 No.1 具有大小为 -0.204nm/°C 的热光谱的移位系数。

实验的耦合器装置 NO.2 以图 1 的 Mach-Zehnder 耦合器装置 20 的构造制成, 而且装备和方法都和对比模型相同, 除了拼接进的光纤长度 13 是由一 7.757mm 的长度的 Corning CS-980™ 单模光纤构成以外(如用于对比模型中那样), 而用实验的光纤的长度为 1.158mm 拼接, 它具有以 25 重量百分率 GeO₂ 掺杂并以 14 重量百分率 B₂O₃ 共掺杂的二氧化硅纤芯(如用于实验的耦合器 No.1 那样)。选出用于耦合器 No.2 的并接光纤的组合以获得净零(net zero)热光谱的移位。以和对比模型相同的方法对实验的耦合器 No.2 的热光谱的移位进行分析。实验的耦合器 No.2 的热光谱的移位示于图 4 中, 图 4 是峰值波长(nm)对温度(°C)的图表。从图 4 可以得出实验的耦合器 No.2 具有大小为 -0.008nm/°C 的热光谱的移位系数。

实验的耦合器装置 NO.3 以图 1 的 Mach-Zehnder 耦合器装置 20 的构造制成,

而且装备和方法都和对比模型相同,除了在纤维长度 13 中拼接的是实验的纤维的 10mm 段,它具有以 15 重量百分率 GeO_2 掺杂并以 5 重量百分率 B_2O_3 共掺杂的二氧化硅纤芯。(9.3 mole % GeO_2 , 4.6 mole % B_2O_3 , 和 86.1 mole % SiO_2) 这个实验的共掺杂的纤维通过外部汽相淀积处理,使用火焰水解装置和适当的二氧化硅, GeO_2 掺杂剂, 和 B_2O_3 掺杂剂原料标准以导致这样的由二氧化硅包层的纤芯而制成。实验的耦合器 No.3 的热光谱的移位用和对比模型相同的方法进行分析。实验的耦合器 No.3 的热光谱的移位显示在图 5 中,图 5 是峰值波长(nm)对温度($^{\circ}\text{C}$)的图表。从图 5 可以得出实验的耦合器 No.3 具有大小为 $-0.07\text{nm}/^{\circ}\text{C}$ 的热光谱的移位系数。

设想的实验 Mach-Zehnder 耦合器装置 No.4 可以从在纤维长度 13 中的整体的拼接部分来制造以避免在纤维长度 13 中的接合部分的复杂性(如在实验的耦合器 No.2 中该部分由以 GeO_2 掺杂的纤维和以掺杂 GeO_2 的 B_2O_3 共掺杂的光纤制成),以得到具有接近零的热光谱的移位系数的非热变化的光学波导装置。图 6 显示了对比模型的热光谱的移位系数(在 0 重量百分率 B_2O_3 为 $0.043\text{nm}/^{\circ}\text{C}$),实验的耦合器 No.3 的热光谱的移位系数(在 5 重量百分率 B_2O_3 为 $-0.07\text{nm}/^{\circ}\text{C}$),以及实验的耦合器 No.1 的热光谱的移位系数(在 14 重量百分率 B_2O_3 为 $-0.215\text{nm}/^{\circ}\text{C}$)。图 6 是这些耦合器在热光谱的移位系数(单位是 $\text{nm}/^{\circ}\text{C}$)对这些耦合器 B_2O_3 的含量(单位是重量百分率)的图表。图 6 提供了为获得温度的无关性,掺杂了 GeO_2 的二氧化硅纤芯的所共掺杂的硼的最佳值。如图 6 中所示的线性的内插给出了以 15 重量百分率 GeO_2 掺杂的二氧化硅纤芯的共掺杂为硼的最佳值大约为 1.7 ± 0.6 重量百分率 B_2O_3 (9.3 mole % GeO_2 , 1.6 mole % B_2O_3 , 和 89.1 mole % SiO_2) 以获得大小是零 $\text{nm}/^{\circ}\text{C}$ 的热光谱的移位系数。由于只和二氧化锗掺杂的二氧化硅纤芯波导的热光谱的移位系数在大约 10 重量百分率到 40 重量百分率 GeO_2 的较宽的范围内独立于二氧化锗掺杂值,故该最佳和足够的 B_2O_3 掺杂剂浓度值在 GeO_2 纤芯掺杂值的较宽的范围是可用的。

假想的实验耦合器 No.4 可以按照如图 1 的相同的配置并用和对比模型同样的方法和装备进行制造,除了在纤维长度 13 中拼接的部分是实验纤维的 10mm 部分以外,该纤维具有以 1 重量百分率到 40 重量百分率的 GeO_2 ,最好是 15 重量百分率到 25 重量百分率的 GeO_2 以及 1 重量百分率到 4 重量百分率的 B_2O_3 的共掺杂,最好是 1.1 重量百分率到 2.3 重量百分率的 B_2O_3 共掺杂的光学波导二氧化

硅纤芯。这个实验共掺杂的光纤可以通过外部的汽相淀积处理，用火焰水解装置和适当的二氧化硅， GeO_2 掺杂剂，和 B_2O_3 掺杂剂原料标准进行制造，也可以通过其它的处理，以得到这样的二氧化硅包层的纤芯。

本发明的另外一个实施例包含来自具有以 B_2O_3 掺杂的二氧化硅纤芯的光纤的长周期光纤光栅的制造。本发明的长周期光纤是用 UV Excimer 激光器和适当的能量，暴露时间，以及光栅周期形成的。

一种长周期光纤光栅的对比模型是由市场上买得到的 Corning SMF-DSTM 制成的，它是具有色散移位纤芯的峰值大约在 18-20 重量百分率 GeO_2 处的曲线的色散移位的纤芯。用激光以 550mJ 脉冲(248nm)并在 8Hz 的重复频率进行 6 分钟，将长周期光栅写进光纤。在写这些长周期光栅之前，将光纤放于氢气中(1550psi)一个星期，以增加光纤的光敏度。这一点导致了具有强光栅的对比模型(只有 9 % 的功率透射)。这个对比模型的长周期光纤光栅的热光谱的移位用和 Mach-Zehnder 耦合器装置相同的方法进行分析。这个对比模型长周期光纤光栅具有大小为 0.044nm/°C 的热光谱的移位系数。

实验的长周期光纤光栅 No.1 由具有掺杂了 15wt.% GeO_2 和 5 重量百分率 B_2O_3 的二氧化硅纤芯的实验光纤制成。这种实验的共掺杂的纤芯由二氧化硅包层进行包裹，这种包层有大约 0.8 重量百分率的 B_2O_3 。对实验的长周期光纤光栅 No.1 进行氢处理，随后以和对比模型相同的方法写进。这一点导致比对比模型更弱的光栅。实验长周期光纤光栅 No.1 具有大小为 62 % 的功率透射，这说明这个实验光纤比用于对比模型中的传统的色散移位纤维的感光性小。用和 Mach-Zehnder 耦合器装置和长周期光纤光栅的对比模型相同的方法对该长周期光纤光栅的热光谱的移位进行分析。实验的长周期光纤光栅 No.1 的热光谱的移位示于图 7 中，图 7 是峰值波长(nm)对温度(°C)的图表。从图 7 中可以得出，实验长周期光纤光栅 No.1 具有大小为 -0.028nm/°C 的热光谱的移位系数。可以相信，由于包层中硼的存在，实验长周期光纤光栅 No.1 比使用同样的 B_2O_3 和 GeO_2 成分的纤芯的实验 Mach-Zehnder 耦合器装置 No.3 更加非热变化性。

实验的长周期光纤光栅 No.2 由具有掺杂了 15wt.% GeO_2 和 2 重量百分率 B_2O_3 的二氧化硅纤芯的实验光纤制成。这种实验的共掺杂的纤芯由二氧化硅包层进行包裹，这种包层有大约 1 重量百分率的 B_2O_3 。对实验的长周期光纤光栅 No.2 进行氢处理，随后以和对比模型相同的方法写入。用和 Mach-Zehnder 耦合器装

置和长周期光纤相同的方法对长周期光纤光栅的热光谱的移位进行分析。实验的长周期光纤光栅 No.2 的热光谱的移位示于图 8 中, 图 8 是峰值波长(nm)对温度($^{\circ}\text{C}$)的图表。从图 8 中可以得出, 实验长周期光纤光栅 No.2 具有大小为 $0.026\text{nm}/^{\circ}\text{C}$ 的热光谱的移位系数。

实验的长周期光纤光栅 No.3 由具有掺杂了 17wt.% GeO_2 和 3.3 重量百分率 B_2O_3 的二氧化硅纤芯的实验光纤制成。这种实验的共掺杂的纤芯由二氧化硅包层进行包裹, 这种包层有大约 0.9 重量百分率的 B_2O_3 。对实验的长周期光纤光栅 No.3 进行氢处理, 随后以和对比模型相同的方法写入。用和 Mach-Zehnder 耦合器装置和长周期光纤光栅相同的方法对长周期光纤光栅的热光谱的移位进行分析。实验的长周期光纤光栅 No.3 的热光谱的移位示于图 9 中, 图 9 是峰值波长(nm)对温度($^{\circ}\text{C}$)的图表。从图 9 中可以得出, 实验长周期光纤光栅 No.3 具有大小为 $0.004\text{nm}/^{\circ}\text{C}$ 的热光谱的移位系数。

图 10 是实验长周期光纤光栅和对比模型的热光谱的移位系数对每个长周期光纤光纤的纤芯和包层之间的 B_2O_3 重量百分率的差别的图表。如图 10 中所示, 对比模型有大小为 $0.044\text{nm}/^{\circ}\text{C}$ 的热光谱的移位系数, 而它的纤芯与包层(其中未掺硼)之间差别为 0 B_2O_3 重量百分率。实验长周期光纤光栅 No.1 有大小为 $-0.028\text{nm}/^{\circ}\text{C}$ 的热光谱的移位系数, 而它的纤芯(5 重量百分率 B_2O_3)和包层(0.8 重量百分率 B_2O_3)之间的差别为 4.2 B_2O_3 重量百分率。实验的长周期光纤光栅 No.2 具有大小为 $0.026\text{nm}/^{\circ}\text{C}$ 的热光谱的移位系数, 而它的纤芯(2 重量百分率 B_2O_3)和包层(1 重量百分率 B_2O_3)之间的差别为 1 B_2O_3 重量百分率。实验的长周期光纤光栅 No.3 具有大小为 $0.004\text{nm}/^{\circ}\text{C}$ 的热光谱的移位系数, 而它的纤芯(3.3 重量百分率 B_2O_3)和包层(0.9 重量百分率 B_2O_3)之间的差别为 2.4 B_2O_3 重量百分率。如图 10 中所示, 最好使光学波导在纤芯和包层之间具有大小为大约 2 到 3.2 的 B_2O_3 重量百分率的差别, 以得到从 0.01 到 $-0.01\text{nm}/^{\circ}\text{C}$ 的热光谱的移位系数。一个较佳的非热变化的长周期光纤光栅在纤芯和包层之间的 B_2O_3 浓度可具有大约 2.6 重量百分率的差别。

假想的长周期光纤光栅 No.4 可以由在纤芯和包层之间的 B_2O_3 重量百分率差别为 2.6 的实验光纤制成, 如由具有 0.7 重量百分率 B_2O_3 的二氧化硅包层进行包裹的实验长周期光纤光栅 No.3 的二氧化硅纤芯。

一个光学波导二氧化硅纤芯(有大约 1 重量百分率到 40 重量百分率的 GeO_2 , 最好是 15 重量百分率到 25 重量百分率的 GeO_2 , 而且以 1 重量百分率到 5 重量

百分率的 B_2O_3 ，最好是 2 重量百分率到 4.5 重量百分率的 B_2O_3 共掺杂，并用 0 重量百分率到 2 重量百分率的 B_2O_3 最好是 0.6 到 1 重量百分率的 B_2O_3 的二氧化硅包层进行包裹，以得到非热变化的不依赖温度的光学波导装置，如长周期光纤光栅。另外，为了得到这样一个被绝热的不依赖温度的光学波导装置，尤其是长周期光纤光栅，在纤芯和包层之间的 B_2O_3 的浓度的差别最好在 2 到 3.2 重量百分率之间的范围内，最好如图 10 中揭示的是 2.2 到 3 重量百分率。

对长周期光纤光栅， B_2O_3 可以用在 Mach-Zehnder 耦合器装置中的光学波导光纤的纤芯周围的二氧化硅包层中。对本发明的光学波导纤维，包层中的实际 B_2O_3 浓度和在纤芯和包层中的 B_2O_3 浓度的差别相比有相对较小影响。另外，Mach-Zehnder 耦合器装置可以在有超过一个以硼掺杂的光纤的情况下制造。

本发明的实验的光纤使用外部汽相淀积方法用火焰水解装置制造，以形成这些以 GeO_2 和 B_2O_3 掺杂的光波导二氧化硅纤芯。将适当的二氧化硅， GeO_2 掺杂剂，和 B_2O_3 掺杂剂原料标准传送给火焰水解燃烧器，以提供特别的掺杂剂和共掺杂浓度标准。类似地，将适当的二氧化硅和 B_2O_3 掺杂剂蒸汽原料标准传送给火焰水解燃烧器，以提供用于长周期光纤光栅中的二氧化硅包层玻璃中特定的 B_2O_3 浓度。

可以相信，本发明的掺杂了 GeO_2 的二氧化硅纤芯用 B_2O_3 的共掺杂有利地改变了波导纤芯的折射率的热可变性，以及波导色散效果和光纤的应力光学效果的潜在有利的变化。

本发明的波导纤芯和光纤成分是特别的敏感的，并依赖 B_2O_3 掺杂剂浓度。在本发明的波导纤芯成分中，将 GeO_2 用作掺杂剂以有利地改变二氧化硅纤芯的折射率，以得到用于引导光线有利的 Δ 和在长周期光纤光栅中提供光敏度。将 B_2O_3 用作共掺杂剂，以有利地改变二氧化硅纤芯的折射率的热可变性。 B_2O_3 比 GeO_2 的浓度比(该比值在 1 重量百分率 B_2O_3 :3 重量百分率 GeO_2 到 1 重量百分率 B_2O_3 :10 重量百分率 GeO_2 的范围中)将提供一个有利的热可变性，当提供一个适当的波导纤芯折射率时这个可变性抑制和减小了热光谱的移位。最佳的 B_2O_3 比 GeO_2 的浓度比在 1 重量百分率 B_2O_3 :4 重量百分率 GeO_2 到 1 重量百分率 B_2O_3 :6 重量百分率 GeO_2 的范围中。本发明的最佳 B_2O_3 比 GeO_2 的浓度比是 1 重量百分率 B_2O_3 :5 重量百分率 GeO_2 。

考虑到要得到有益的纤芯对包层的 B_2O_3 浓度差，较佳的纤芯成分来自 1-40

重量百分率 GeO_2 和 0.5-15 重量百分率 B_2O_3 ，更佳的纤芯成分来自 4-25 重量百分率 GeO_2 和 0.75-7 重量百分率 B_2O_3 ，最佳的纤芯成分来自 6-20 重量百分率 GeO_2 和 1-3 重量百分率 B_2O_3 。

还考虑到本发明中将 GeO_2 用作折射率提高掺杂剂以引导光波而且将 B_2O_3 用作负的热光谱的移位掺杂剂以抵销折射率提高掺杂剂的正的热光谱的移位，较佳的克分子比是 1 摩尔的 B_2O_3 比 2-4 总摩尔的折射率提高掺杂剂(该掺杂剂中包含如锗和磷之类的掺杂剂)。负的热光谱的移位掺杂剂比总摩尔的折射率提高掺杂剂的最佳摩尔比值是 1 摩尔的 B_2O_3 比 3 总摩尔的折射率提高掺杂剂，以得到一个非热变化的光学波导。

对熟悉本领域的人，在不背离本发明的主旨和范围的情况下，显然在本发明的成分和方法中可以有各种修改和变化。因此，本发明覆盖了所提供的发明的修改和变化，它们包含于所附的权利要求和与其等同的内容中。

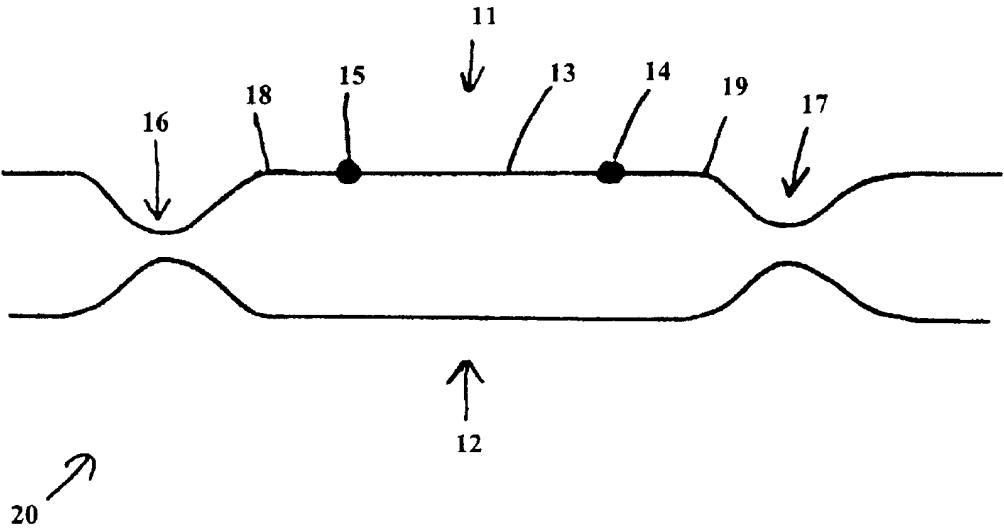


图 1

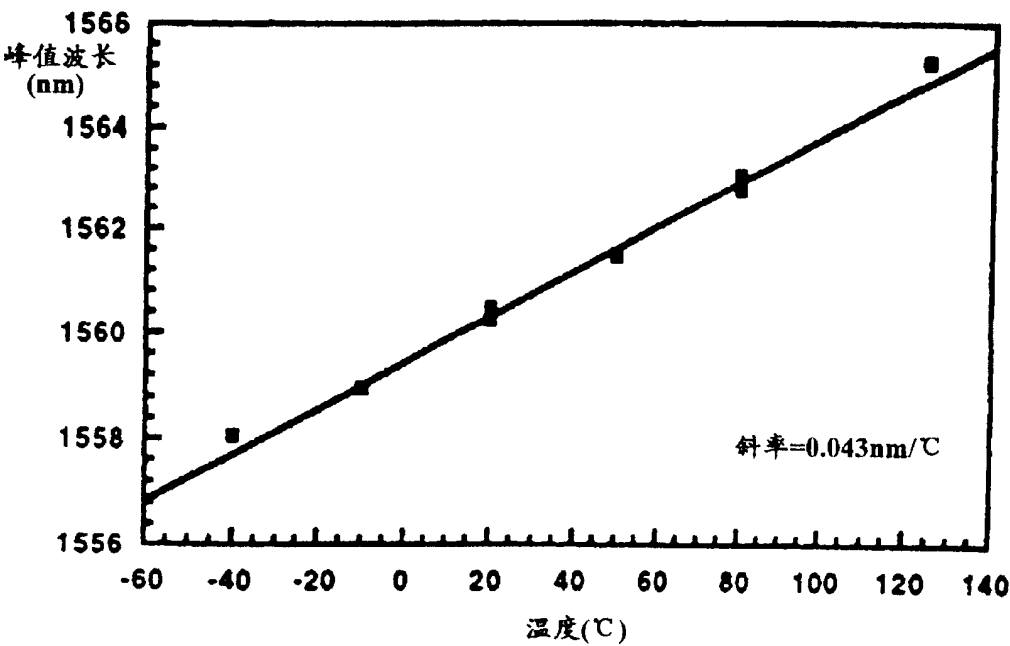


图 2

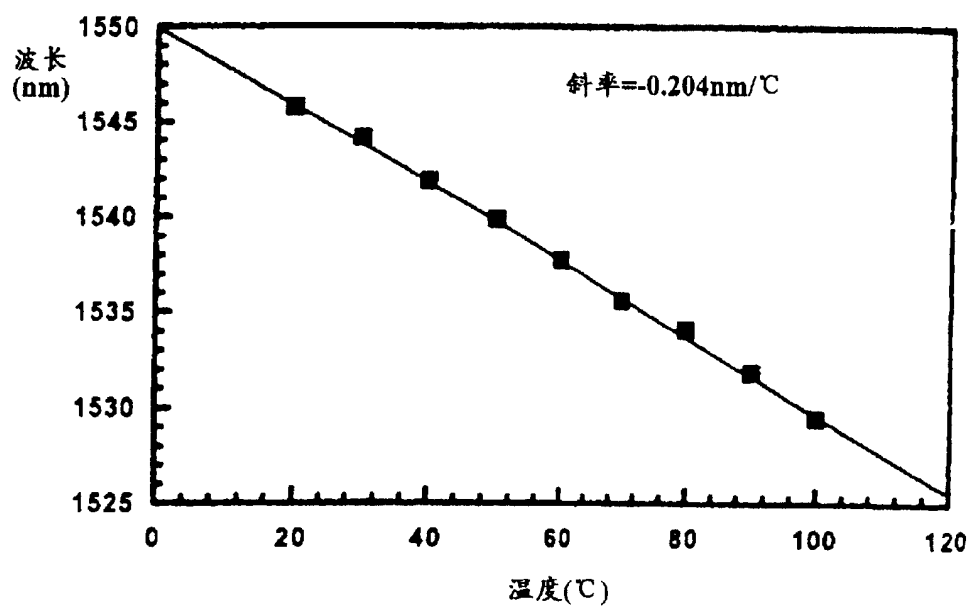


图 3

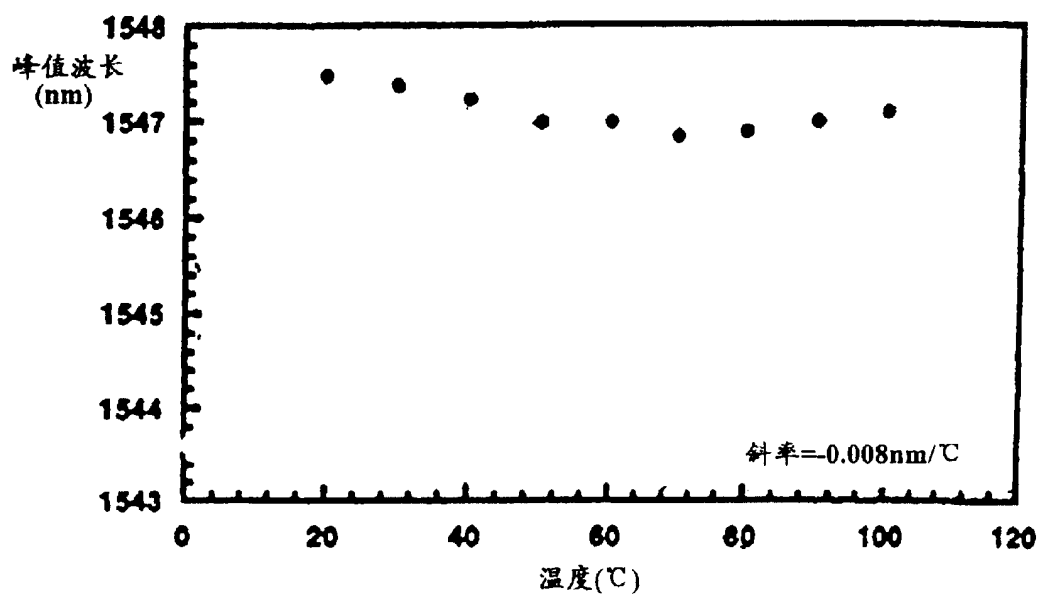


图 4

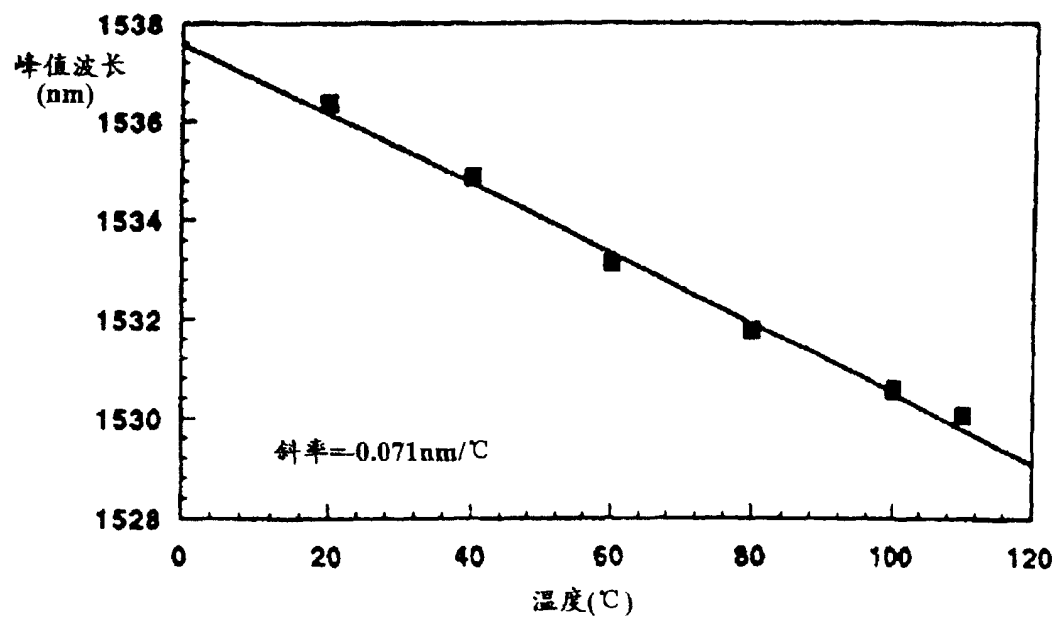


图 5

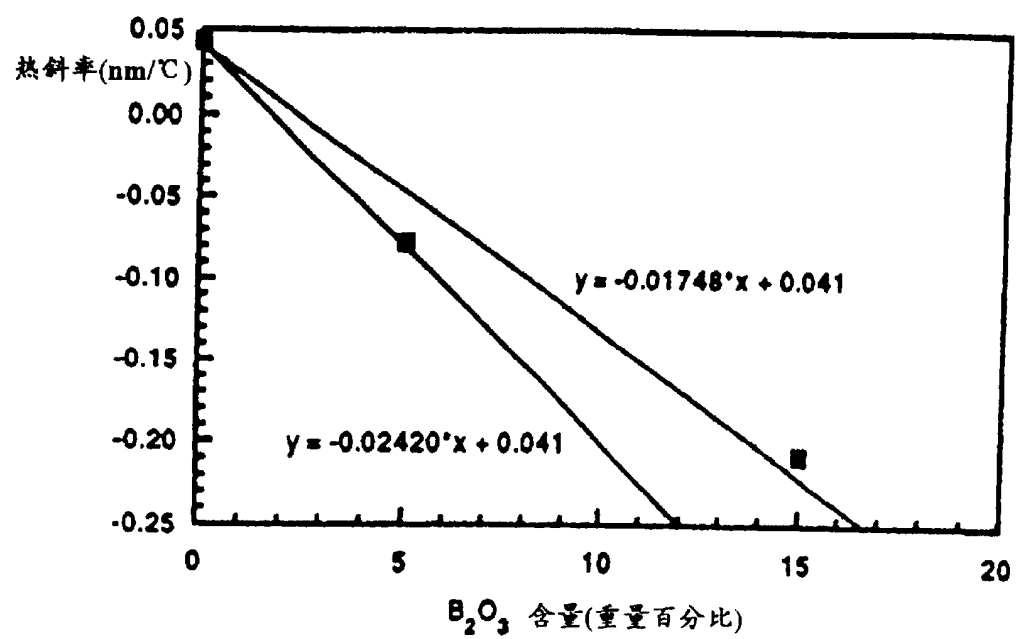


图 6

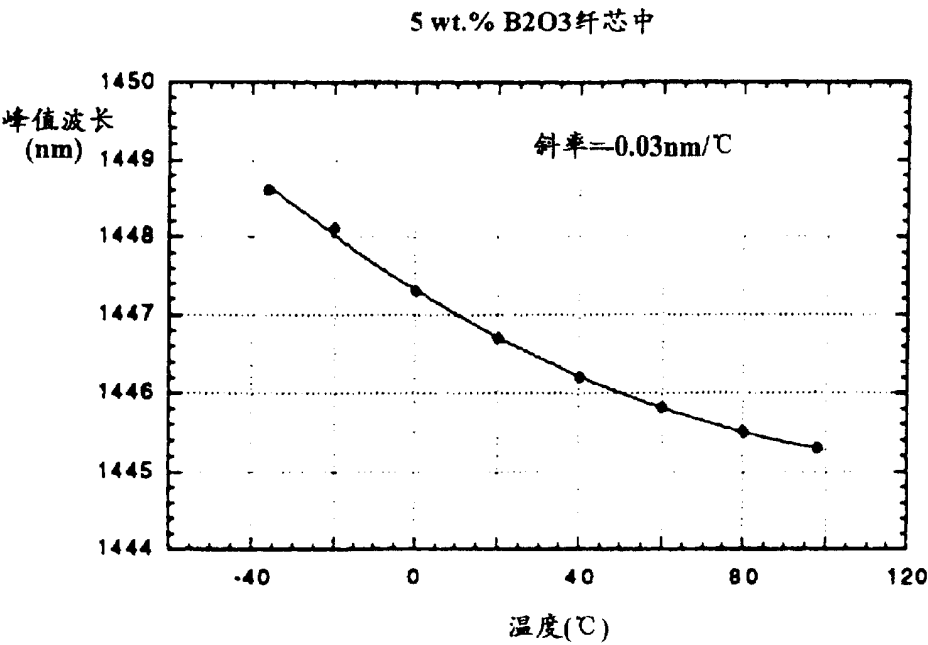


图 7

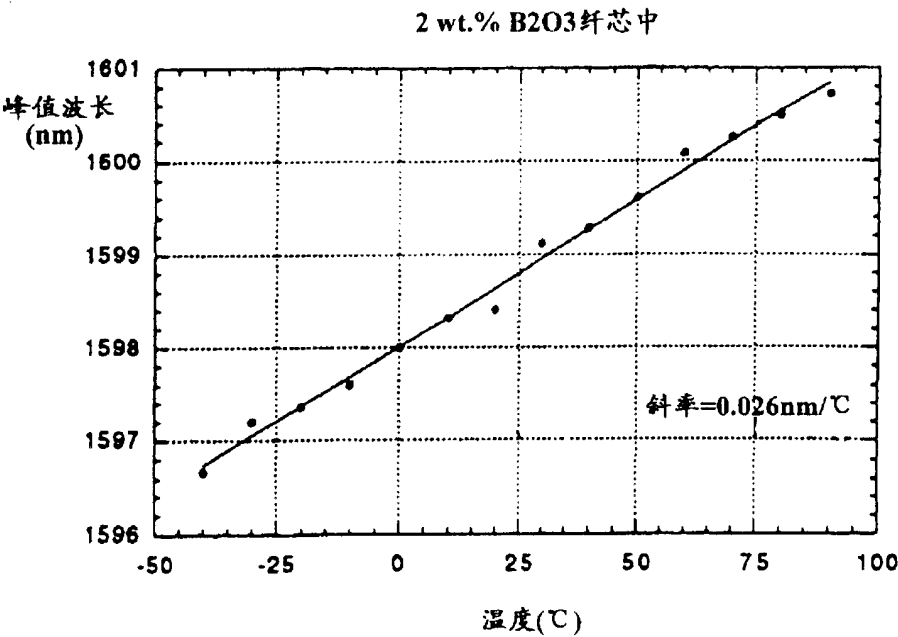


图 8

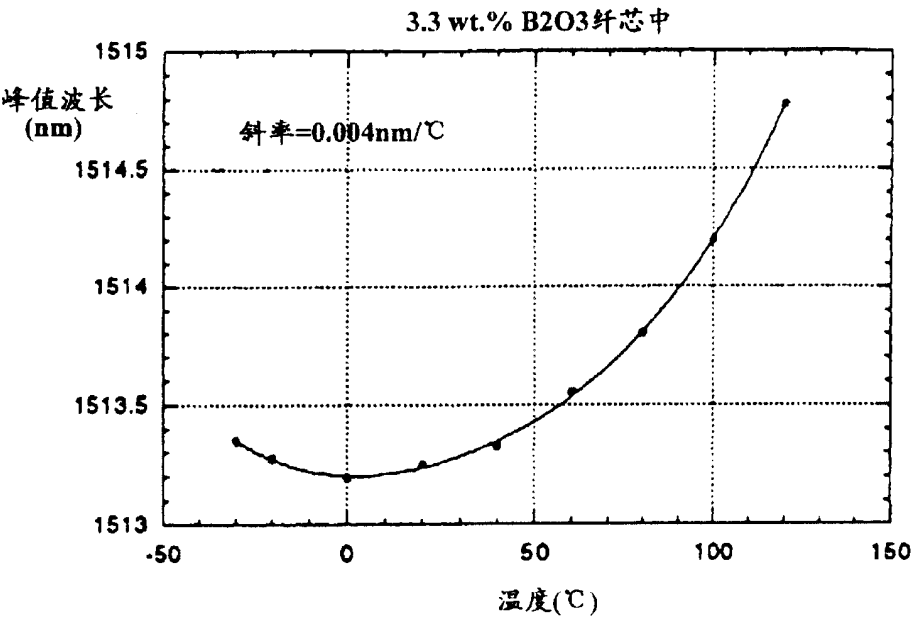


图 9

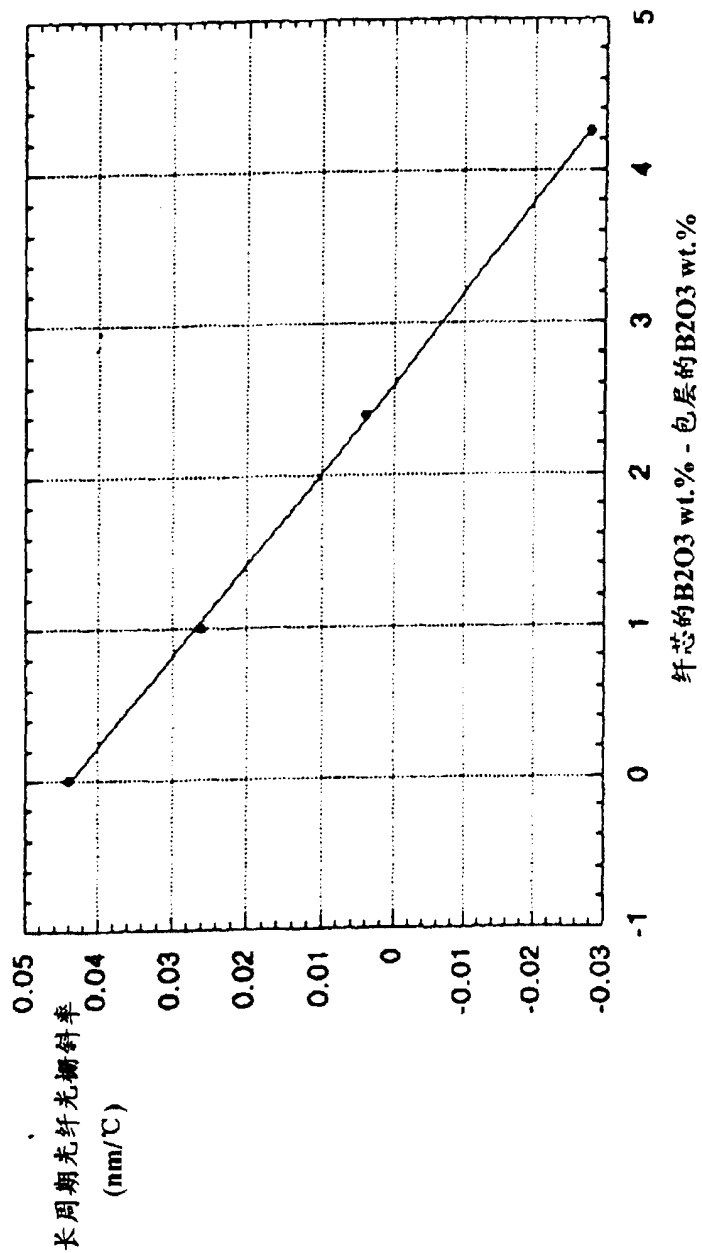


图 10