[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl[7]
G02B 6/26

[12]发明专利申请公开说明书

[21]申请号 00813565.7

[43]公开日 2002年10月30日

[11]公开号 CN 1377473A

[22]申请日 2000.9.13 [21]申请号 00813565.7
[30]优先权
[32]1999.9.28 [33]FR [31]99402364.6
[86]国际申请 PCT/US00/25046 2000.9.13
[87]国际公布 WO01/23928 英 2001.4.5
[85]进入国家阶段日期 2002.3.28
[71]申请人 康宁股份有限公司
地址 美国纽约州
[72]发明人 M·莫罗尼
S·瓦隆

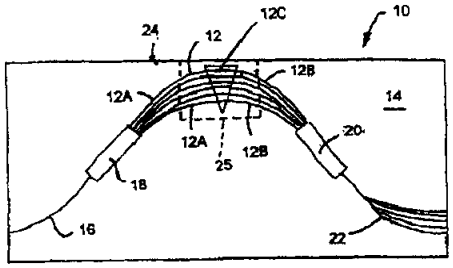
[74]专利代理机构 上海专利商标事务所
代理人 李 玲

权利要求书5页 说明书9页 附图页数5页

[54]发明名称 波分复用器和生产方法

[57]摘要

一种绝热光器件包括含多个支持在平面波导之上的不同长度的弯曲波导核的光相控阵,其中,相控阵的每一个波导核包括第一硅段(12A)、第二硅段(12B)和连接第一硅段和第二硅段来形成连续波导核的的中央聚合物段。该器件的制备通过:在平面基片(14)上形成多个邻近弯曲硅波导核;用硅上包层被覆硅波导核上表面;在光相控阵(24)的中央部分至少蚀刻一个凹槽,该凹槽得穿过上包层和硅波导核;形成多个连接第一硅波导核和对应的第二硅波导核段(12C)从而形成连续波导核的波导核段;形成被覆聚合物波导核段的上包层来限定复合光相控阵(24)。



ISSN1008-4274

权　利　要　求　书

1.　一种温度补偿光纤波导电路器件，其特征在于，包括：

基片；

拥有多个支持于所述基片之上的不同长度的弯曲波导核的光纤相控阵，其中多对所述基片的邻近弯曲波导核拥有一定的光路长度差，选择这个光路长度差，使其等于信道波长，其中每一对所述弯曲波导核包括第一硅段、第二硅段和将所述第一硅段和第二硅段耦合在一起形成连续波导核的中央聚合物段，选择所述第一和第二硅段中多对波导核间的光程差同聚合物段中邻近波导核间的光程差之比，使波导核的总光程差中由温度引起的变化最小。

2.　如权利要求 1 所述的温度补偿光波导电路设备，其特征在于，还包括二氧化硅或硅的上包层，它拥有折射率且包围第一硅段、第二硅段和多个弯曲波导核的聚合物段，其中，基片和二氧化硅或硅上包层的邻近底部都有比包层都有比所述硅或包围第一硅段、第二硅段和多个弯曲波导核聚合物段的二氧化硅或硅上包层低的折射率。

3.　如权利要求 1 所述的温度补偿光波导电路器件，其特征在于，多个波导核的聚合物段是由具有高于 70℃的玻璃软化温度且随温度发生的折射率变化的数量级是-10^{-4}/℃的聚合物材料制成。

4.　如权利要求 3 所述的温度补偿光波导电路器件，其特征在于，多个波导核的聚合物段是由具有随温度发生的折射率变化大约从-51×10^{-5}到-2×10^{-4}的聚合物材料制成。

5.　如权利要求 1 所述的温度补偿光波导电路器件，其特征在于，多个波导核的聚合物段是由具有玻璃软化温度低于 0℃且随温度发生的折射率变化约为-3×10^{-4}的聚合物材料制成。

6.　如权利要求 5 所述的温度补偿光波导电路器件，其特征在于，多个波导核的聚合物段是由具有随温度发生的折射率变化大约从-10^{-4}到-6×10^{-4}的聚合物材料制成。

7.　如权利要求 1 所述的温度补偿光波导电路器件，其特征在于，多个波导核的聚合物段是由一种材料制成，该材料包含：

由氟单体组成的共聚物。

8.　如权利要求 1 所述的温度补偿光波导电路器件，其特征在于，聚合

物波导核段是由一种材料制成，该材料包括：

氟乙烯、氟丙烯、氟甲基丙烯酸或烯丙基单体的共聚物。

9. 如权利要求 8 的温度补偿光波导电路器件，其特征在于，共聚物由五氟苯乙烯和三氟乙烯甲基丙酸酯组成。

10. 如权利要求 9 所述的温度补偿光波导电路器件，其特征在于，共聚物是由占重量大约 15%到 70%的五氟苯乙烯和占重量约 85%到 30%的三氟乙烯甲基丙酸酯组成。

11. 如权利要求 1 所述的温度补偿光波导电路器件，其特征在于，多个波导核的聚合物段是由一种聚合物材料组成，该材料包括

氟乙烯、氟丙烯、氟甲基丙烯酸或烯丙基单体的共聚物和双功能单体。

12. 如权利要求 11 所述的温度补偿光波导电路器件，其特征在于，双功能单体是环氧甲基丙烯酸酯单体。

13. 如权利要求 12 所述的温度补偿光波导电路器件，其特征在于，聚合物材料还包含：

一种附着力促进剂。

14. 如权利要求 13 所述的温度补偿光波导电路器件，其特征在于，附着力促进剂是甘油丙基三甲硅烷或硫醇丙基三甲硅烷。

15. 一种制作温度补偿光波导电路器件的方法，其特征在于，包含以下相继或非相继完成的步骤：

提供平面基片；

在所述平面基片上形成多个不同长度的弯曲硅波导核，所述多个弯曲硅波导芯中的邻近者具有选择成与信道波长相等的光程差；

用硅上包层包裹多个弯曲硅波导核，多个弯曲硅波导核和硅上包层限定光相控阵，所述的光相控阵具有中央部分；

在所述的光相控阵的中央部分中至少形成一个凹槽，向下延伸到平面基片，来将多个弯曲硅波导核中的每一个分割成第一硅波导核段和第二硅波导核段，每一个所述的第一硅波导核段和第二硅波导核段被自由空间彼此分离，所述至少一个凹槽具有尺寸；

在所述至少一个凹槽中形成多个聚合物波导核段，每一个聚合物波导核段将第一硅波导核段中的一个与第二硅波导核段中相应的那一个连接起来，形成连续的波导核；

形成被覆所述的多个聚合物波导核段的上包层，来限定复合的光相控阵，该相控阵包括多个邻近的复合波导，每一个复合波导都拥有连接第一硅波导芯段和第二硅波导核段的聚合物波导核段；

选择所述至少一个凹槽的所述尺寸，让所述第一硅波导核段的邻近者间的光程差同所述多个聚合物波导核段的邻近者间的光程差之比将邻近复合波导在总的光程差中由温度引起的变化降至最小。

16. 如权利要求 15 的方法，其特征在于，聚合物波导核段是由拥有玻璃软化温度高于 70℃以及随温度发生的折射率变化数量级为-10^{-4}/℃的聚合物材料制成。

17. 如权利要求 15 所述的方法，光相控阵的中央区域蚀刻单一凹槽，而且通过将聚合物材料淀积进入所述的单独凹槽形成多个聚合物波导核段，再选择性地交联所述聚合物材料的部分，以此形成聚合物波导核段，该聚合物波导核段具有高于所述的未交联的聚合物材料的邻近区域的折射率。

18. 如权利要求 17 所述的方法，其特征在于，波导核段通过用紫外线照射聚合物材料形成交联。

19. 如权利要求 17 所述的方法，其特征在于，聚合物材料不被交联的部分被去除。

20. 如权利要求 19 所述的方法，其特征在于，聚合物波导核段由随温度发生的折射率变化量从大约-5×10^{-5}到大约2×10^{-4}的聚合物材料制成。

21. 如权利要求 15 所述的方法，其特征在于，聚合物波导核段由聚合物材料制成，该聚合物材料具有低于 0℃的玻璃软化温度，其随温度发生的折射率变化量的数量级为大约-3×10^{-4}每℃。

22. 如权利要求 21 所述的方法，其特征在于，聚合物波导核段由聚合物材料组成，该聚合物材料具有从大约-10^{-4}到大约-6×10^{-4}的随温度发生的折射率变化量。

23. 如权利要求 15 所述的方法，其特征在于，聚合物波导核段由一种材料制成，该材料包含：

由氟单体组成的共聚物。

24. 如权利要求 15 所述的方法，其特征在于，聚合物波导核段由一种材料制成，该材料包含：

氟化乙烯、氟化丙烯酸、氟化甲基丙酸烯或氟化烯丙基单体的共聚物。

25. 如权利要求 24 所述的方法，其特征在于，共聚物由五氟苯乙烯和三氟乙烯甲基丙酸酯组成。

26. 如权利要求 25 所述的方法，其特征在于，共聚物由占重量约 15%到 70%的五氟苯乙烯和占重量约 85%到 30%的三氟乙烯甲基丙酸酯组成。

27. 如权利要求 15 所述的方法，其特征在于，聚合物波导核段由一种聚合物材料组成，该材料包含：

氟化乙烯、氟化丙烯酸、氟化甲基丙酸烯或氟化烯丙基单体的共聚物，以及双功能单体。

28. 如权利要求 27 所述的方法，其特征在于，双功能单体是环氧甲基丙烯酸酯单体。

29. 如权利要求 15 所述的方法，其特征在于，多个聚合物核段由聚合物材料组成，所述的聚合物材料还包含：

一种附着力促进剂。

30. 如权利要求 29 所述的方法，其特征在于，附着力促进剂是甘油丙基三氧硅烷或硫醇丙基三氧硅烷。

31. 一种制作温度补偿光波导电路器件的方法，其特征在于，包含以下相继或非相继完成的步骤：

提供平面基片；

在所述的片面基片上形成多个不同长度的邻近弯曲硅波导核，所述弯曲硅波导核的邻近者具有选择成等于信道波长的光程差，所述多个邻近弯曲硅波导核分别具有纵轴、折射率和高度；

用硅上包层包裹多个邻近弯曲硅波导核的上表面，所述的多个邻近弯曲硅波导核和所述硅上包层限定了光相控阵；

在所述的相控阵中形成多个凹槽，所述的多个凹槽中的每一个均沿着所述多个邻近弯曲硅波导核中相应的一个延伸，而且大致与所述纵轴对齐，来限定配置在多个输入波导部分和输出波导部分之间的多个沟道，每一个所述凹槽均有尺寸；

在每一个所述沟道内沉积聚合物，所述聚合物具有与多个邻近弯曲硅波导核的折射率相符合或能加工处理成与之相符合的折射率，所述聚合物沉积至所述多个邻近弯曲硅波导核的高度，所述沉积进入沟道内的聚合物和所述多个输入输出波导部分形成多个复合波导核；

任选去除所述聚合体；

在所述多个沟道中的每一个的剩余空间里填充硅上包层；

选择所述多个凹槽的所述尺寸，使输入波导部分和输出波导部分内的多个邻近弯曲硅波导核中的每一对之间的光程差，和所述沟道内的邻近波导核之间的光程差之比，将温度引起的多个复合波导核的总的光程差的变化降到最小。

32. 一种制作温度补偿光波导电路器件的方法，其特征在于，包含以下相继或非相继完成的步骤：

提供平面基片；

在平面基片上形成多个不同长度的邻近弯曲硅波导核，每一个邻近的曲硅波导核具有选择成等于信道波长的光程差，每一个所述的邻近的弯曲硅波导核均有纵轴、高度和折射率；

用硅上包层包裹多个邻近的弯曲硅波导核的上表面，多个邻近的弯曲硅波导核和所述硅上包层限定光相控阵，所述相控阵具有中央部分；

在所述光相控阵的中央部分形成向下延伸到所述平面基片的凹陷图案，所述的凹陷图案限定了穿过每一个邻近弯曲硅波导核且大致与其纵轴对齐的凹槽，来限定介于每一个邻近弯曲硅波导核输入部件和输出部剑之间的多个沟道，多个通道连接所述邻近弯曲硅波导核的对置端，而且至少一个淀液部与所述多个沟道的每一个以液体的形态互通；

在凹陷图案淀积聚合物直到所述多个邻近弯曲硅波导核的高度，所述聚合体具有与所述多个邻近弯曲硅波导核的折射率相符或能加工处理成与之相符的折射率；

任选去除所述聚合体；

在所述凹陷图案的剩余部分填充硅上包层。

02.04.01

说　　明　　书

波分复用器和生产方法

相关申请的交叉引用

在 35U.S.C§119 下，要求 1999 年 9 月 28 日提交自欧洲专利申请第 99402364.6 号。

发明的背景

1．发明的领域

总的来说，本发明涉及波分复用器和去复用器，它们被用于光通讯和光信息处理的领域，尤其涉及绝热波分复用器和去复用器及其生产方法。

2．技术背景

计算机和通讯系统对通讯链路带宽有持续增长的要求。众所周知，光纤可提供比传统的同轴链路高得多的带宽。此外，光纤波导中的单个光信道使用所提供光纤带宽的一小部分。在波分复用(WDM)的光通讯系统中，沿着单一第二耦合器传送独立通讯信道的多光波长载波，形成了复用技术和去复用技术设备的输出。在操作中，当多个分离且不同的波长加到分离且不同的器件输入口时，它们被组合并被传送到一个输出口。同一器件也可以完成多路解调功能，在其中，将多个输入波长引向预先决定的一个装置输入口后，每一个输入波长相互分离并被引向预先决定的一个输出口。

处在耦合器之间的光栅由多个不同长度的波导排成一列组成。波分复用器解调器需要对邻近波导之间的光程差有严格的控制。光程差是波导基模有效折射率和邻近波导物理路程差的乘积。当前可用波分复用器、去复用器的波导基模有效折射率跟邻近波导物理路程差通常都依赖于温度。在传统的集成光多路调制和解调设备中，组成排列波导的媒体有明显的温度依赖性，它会引起中央传送波长的变化，这个变化可能会超过传送的带宽。结果，通常操作的温度范围(从 0°到大约 70°)内的温度变化引起了波长变化，这种变化在中央通道位置中与传统的准确要求(大约 0.1 纳米)相比是不可接受的。因此，相控阵类型的可用复用器/去复用器光学设备大体上是在一个温度可控制的环境下工作的。典型的是，配备带有加热元件的控制

电路以此来保证稳定的温度环境。然而，使用加热元件来实现有效的绝热性并不理想，因为这样做会增加设备总的成本、大小和复杂度，而且可能会消耗相当大的功率。

在传统波分调制器(拥有相控阵光栅，这些光栅由多个硅波导和硅包层组成)的例子中，随温度变化的信道波长变化主要取决于波导有效折射率随温度的正变化。对于硅基材料，在补偿折射率随温度的正变化的努力中，利用折射率随温度负变化的聚合物包层材料。然而，这种装置带来的问题是，随着温度的变化，核心和包层的折射率差异在变化，在最坏的例子中，光可能不能够导通到波导中去。结果，光学复用器/去复用器(带有相控阵型光栅，这些光栅有一个聚合物包层)可能不适合在大周围环境温度范围里应用。使用这种光纤结构的另一个问题是，聚合物包层使连接光纤到设备输入口变得更困难。

另一种提议的相控阵中邻近波导之间保持相对固定光程差的设计包括在相位控阵的三角形凹槽中定位一个聚合物。凹槽被蚀刻在相控阵的中心一直到波导的底部，并且在里面装了一个聚合物，通常是一个硅聚合物。能选择硅区中相邻波导间的光程差相对于凹槽中光程差的比率，以删除温度函数中平均信道波长的变化或至少使其最小。凹槽设计同上包层设计比起来，一个优势在于，聚合物被布置在设备的中央。这可避免连接聚合物包层光纤到设备上所带来的麻烦。然而，在三角形凹槽中装有聚合物的相控阵设备显示出超过标准相控阵设备 2dB 的损耗。这个过量损耗，相信归结于将光传入凹槽的自由空间传播。光被引导进入相控阵波导的输入端，在凹槽里自由传播，只有部分被相控阵的输出波导所收集。对这样的波导所估计的过量损耗在凹槽中，随路程长度增加，即不是固定的，而是取决于相控阵中波导的数量。从而，不同波导中的损耗不是固定的，会发生串话。

因此，仍然需要相控阵型的光复用器/去复用器，其中，相控阵层上邻近波导间的光程差被更准确地控制，使波长偏移小到可接受的程度，同时将传送信号中的功率损耗减到最低，而不用有源温度控制诸如加热电元件。

发明内容

这个发明是指一种无源绝热光波导设备，这种设备对光波分复用器/或去复用器是有用的，在其中，拥有硅核心的波导的有效折射率随温度的正变化由聚合物波导核心中有效折射率随温度的负变化补偿，这样也就无不可接受的光信号功率损耗。

根据发明的一个方面，光波导设备包括了包含多个不同长度的、支持在平面基片上的弯曲波导芯的光相控阵，其中，每一个波导核包含了第一硅段、第二硅段和连接第一硅段与第二硅段来形成连续波导核的中央聚合物段。选择硅段中每一对邻近波导核间的光程差与聚合物段中每一对邻近波导核间的光程差的比率，使波导总光程差的变化减到最小。波导核的聚合物段具有随温度负变化的有效折射率，以此来补偿硅波导核段上折射率随温度的正变化，从而可抑制预定温度范围里工作温度变化所带来的信道波长的偏移。

在发明的另外一个方面中，提供了一种制作无源绝热光波导设备的方法。提供了一个平面基片，在这个平面基片上形成多个不同长度的邻近弯曲硅波导核。硅波导核用一个玻璃上包层包起来，给光相控阵限定范围。至少要有一个三角形凹槽穿过平面基片被蚀刻在光相控阵的中央位置，以此来将每一个波导核分成第一硅波导核段和第二硅波导核段，在其中，第一和第二硅波导核段通过自由空间被分开。在三角形槽中形成多个不同的聚合物波导核段，每一个聚合物波导核段连接第一硅波导核段和相应的第二硅波导核段来形成连续的波导核。聚合物波导核段可被覆包层，以形成包含多个邻近波导的光相控阵。用来限定聚合物波导核段光路长度的一个槽或多个槽，其体积要选择，使硅段中每一对邻近波导核的光程差与聚合物段中邻近波导核间的光程差的比值能将邻近波导核总的光程差的变化减到最小。

附图说明

图 1 是相控阵波分复用器/去复用器的俯视图；

图 2 是图 1 中相控阵波分多路调节器/去复用器一个部分的放大俯视图，在相控阵中有三角形凹槽；

图 3 是图 2 所示的相控阵中沿图 2 中的截线Ⅲ－Ⅲ的凹槽剖视图，；

图 4 是图 2、图 3 相控阵中凹槽及沉积在其中的聚合物层的横截面图；

图 5 是表述图 4 所示的聚合物层所选部分的横截面图，被照射而形成不同的交叉链接的聚合物波导核段；

图 5A 是表示图 5 所示的聚合物层上的凹槽剩余部分的横截面图，这些部分装满了玻璃包层；

图 6 是如图 5 所示形成于硅波导相控阵切口部分中的交叉链接的聚合物波导核的横截面图，在其中，去除的未加工处理的聚合物材料；

图 7 是横截面图，在其中，图 6 所示的聚合物波导核段通过在凹槽剩余部分

的空间装上硅被上包层；

图 8 是图 1 所示的相控阵的一部分的俯视图，其中，穿过相控阵的硅包层和硅波导核蚀刻多个平行拉长的切口；

图 9 是沿着图 8 中看到的Ⅸ－Ⅸ线的剖视图；

图 10 是图 8 和图 9 所示凹槽的横截面图，其中，聚合物沉积到硅波导核的高度，而且凹槽剩余部分装满了硅包层；

图 11 是图 1 所示装置的相控阵部分的俯视图，其中，蚀刻了凹槽图案，便于装载平行凹槽的聚合物与硅波导对准；

图 12 是与硅波导比较的拥有连接硅段的聚合物段的复合波导中随折射率变化的过量信号损耗曲线。

较佳实施例的详细描述

在图 1 中显示了安装光相控阵的无源绝热光波导电路 10，包括多个形成于平面基片 14 之上的波导 12。按照这里的使用，无源绝热光波导电路涉及到一种器件，在其中，总的光特性相对地独立于预先设定的温度范围里的温度(即，器件的输出信号取决于独立于温度的器件的输入信号)，同时，绝热性不需要消耗功率去控制加热元件。

图 1 显示的器件是波分复用器和/或去复用器，包括输入波导 16、第一条形波导或耦合器 18、包含多个弯曲波导 12 的阵形波导 24、第二条形波导或耦合器 20 和输出波导 22。

介于耦合器 18 和 20 之间的波导阵 12，其排列是弯曲的或大体上呈 C 状的结构，各个波导从耦合器分散开，以此减少串话。波导弯曲图案的顶点如图 2 所示是平坦的。每一个连续的波导提供一条比前一光路长固定量ΔL 的光路。多数的波导是呈不对称的排列，每一个波导包含三段，包括由硅核决定的第一段 12A、由硅核决定的第二段 12B，和由聚合物核材料决定的第三段 12C。选择每一个波导 12 的聚合物核段 12C 的长度，使温度波动带来的结果——波导硅段 12A 和 12B 的有效折射率的变化被抵消，或被波导聚合物核部分有效折射率的变化所平衡。

对图 1 所示的器件来说，相控阵 24 中邻近波导段 12C 之间的光程差 δ 是平均信道波长(λ_m)和反射阶次(m)的乘积。在混合波导 12(包括由硅核规定的第一和第二段和耦合第一硅核段、第二硅核段的中央聚合物段)中，介于邻近波导 12 之间的光程差是每一种材料有效折射率和折射率乘积的总和。这种关系可由以下的数学式

表达：

$$\delta = n_s \times \Delta L_s + n_g \times \Delta L_g = ((1-x)\ n_s + x n_g) \times \Delta L,$$

在上式中 n_s 是硅基波导段 12A 和 12B 的有效折射率，n_g 是聚合物基波导段 12C 的有效折射率，ΔL_s 是介于邻近波导硅基段之间的光程差，ΔL_g 是邻近波导 12 的聚合物基波导段 12C 的光程差。邻近波导 12 总的光程差（ΔL）等于邻近波导的硅基段 12A 和 12B 之间的光程差（ΔL_s）同邻近波导聚合物基波导段（ΔL_g）的光程差的和，x 是 ΔL_g 与 ΔL 之比。

平均信道波长对温度的依赖性可以通过改变上面的等式来决定。较佳的是，波导 12 的聚合物基段 12C 的有效折射率（n_g）近似等于波导 12 的硅基段 12A 和 12B 的有效折射率（n_s）。对上式取微分，并采用近似关系 $n_g=n_s$，平均信道波长对温度的依赖性可由下式表示：

$$(1/\lambda_m) \times (d\lambda_m/dT) = (1/\delta) \times (d\delta/dT) \approx (1/n_s) \times ((1-x)(dn_s/dT) + x(dn_g/dT)) + \alpha$$

其中，α 是基片 14 的热膨胀系数（因为沿着波导的长度变化第一近似于基片热膨胀）。可选择比率 x 以抵消每一个波导 12 的 $d\lambda_m/dT$。

波导 16 和 22、波导段 12A 和 12B、耦合器 18 和 20 通常由在硅基片 14 上比如通过光刻技术形成图案的掺杂硅组成。作为变换例，基片 14 可以被覆二氧化硅或硅下包层（未显示出来），同时波导核心能在下包层上形成图案。掺杂硅在基片 14 上或在下包层上形成图案，以形成折射率比基片 14 或下包层稍微高的波导和耦合器。上包层，通常为硅玻璃层，堆积在基片 14 形成图案的掺杂硅核心材料之上。上包层（图 1 中未表示出来）有比掺杂硅核心材料稍微小一点的折射率。较佳的是，上包层具有特性，特别是光学特性，诸如折射率和随温度发生的折射率变化，它们同基片 14 或下包层的大致相同。

图 1 所示类型的光波导电路能通过使用公知技术在平面基片 14 上形成多个不同长度的邻近弯曲硅波导 12 来制造。每一个邻近波导核心具有选择成等于信道波长的光程差。其后，硅波导核心上由硅玻璃上包层包裹。波导核心与上包层限定了波导的光相控阵 24。前述的步骤，可通过使用公知技术来完成，这些步骤提供了一种传统的光学器件，这种器件在处于正常环境温度波动范围（比如 0 摄氏度到 70 摄氏度）下很容易受光学特性中不可接受变化的影响。然而，在本发明中，通常又将三角形槽 26 蚀刻进入波导相控阵的中央区域，穿过上包层和波导核心材料一直

到基片 14。

在图 2 中，示出已蚀刻总体呈三角形的槽 26 的相控阵波分多路调节器/去复用器局部的放大俯视图。图 2 所展示的区域大致与图 1 所示短划线 25 所包围的区域一致。如图 2 所示，总体呈三角形的槽 26 呈阶梯状，提供对波导 12 的相控阵对称线对称配置的相对表面。图 3 是总体呈三角形的槽 26 在图 2 中沿着切割线III－III的部分剖视图。凹槽 26 将每一个波导 12 分割成分离段 12A 和 12B，每一段在蚀刻凹槽 26 后先被自由空间初步分开。

在蚀刻阶梯三角形凹槽 26 后，淀积未加工处理的聚合物波导核心段 12C，桥接第一和第二硅段 12A 和 12B 之间的自由空间，来创建多个以下所描述的复合波导。复合体波导核心段 12C 的折射率在加工处理后近似与硅波导核心段 12A 和 12B 的折射率相等，且比划线的基片和上包层的折射率要大。聚合物波导核段被覆上包层，以限定包含多个邻近波导的光学相控阵。选择聚合物段 12C 的长度，以便硅段中每一对邻近波导核之间的光路差与聚合物段中邻近波导核之间的光路差之比，可使温度变化时邻近波导核的总光路差变化最小。聚合物波导核段 12C 有两个功能。第一，聚合物段 12C 具有折射率随温度的负变化，来补偿硅波导核段 12A 和 12B 的正变化，从而维持独立于温度的固定信道波长。第二，聚合物段 12C 将光信号从硅段 12A 引入对应的硅段 12B，除去光的的自由传播，减少了信号功率的损耗。

在凹槽 26 穿过上包层 28 蚀刻到基片 14 后，包层 28 的端面 30(图 3)和波导核 12A、12B 显露出来。波导核的聚合物段 12C 可通过使用多种技术制备好。根据第一种技术，凹槽 26 填充和硅核 12A、12B 高度相同的聚合物层。图 4 示出凹槽 26 填充聚合物层到硅芯 12A 的高度后图 2 中沿截线 III－III 的部分剖视图。波导核的聚合物段 12C 具有高于周围包层的折射率。波导核的聚合物段 12C 通过穿过掩模 34 照射聚合物层 32 被选出来的部分来制备。因此，聚合物层 32 是如下所描述的 UV 可去除聚合物，具有随去除程度增大的折射率。聚合物层 32 被大量的紫外线 35 穿过掩模 34 照射，从而形成与对应的核段 12A 和 12B 对准、并在它们当中桥接的聚合物波导核段 12C。核 12C 具有比聚合物层 32 的邻近未去除部分 36 高得多的折射率，这样一来当光线穿过硅波导 12A 和 12B 中间的缝隙时，主要沿着核 12C 导光。其后，凹槽 26 余下的部分被灌入硅层 38(图 5A)。硅层 38 最好比如通过使用 PECVD 在低温下淀积，以此防止对聚合物核段 12C 的破坏。

在一种可供选择的生产方法中，当聚合物波导核段 12C 已通过穿过掩模 34 的 UV 照射形成后，聚合物层 32 的未去除部分 36 可用溶剂溶解。合适的溶剂包括不

同的有机溶剂，诸如脂族化合物、脂环族化合物和芬芳碳氢化合物。图 6 是展示在聚合物层 32 未去除部分 36 通过溶解在溶剂里被除去之后剩下处理后波导核段 12C，的部分横截面图。其后，凹槽 26 剩下的部分填充如图 7 所示的硅层 38′。硅层 38′ 最好比如使用 PECVD 在低温下淀积，以防止波导核段 12C 破坏。

图 8 到 11 展示了制造聚合物波导核段 12C 的另一种可选择过程和方法。在这项技术中，并非在整个长度的多个邻近阵波导的包层 28 里蚀刻三角形槽，而是将一系列窄槽 40A、40B、40C、40D 和 40E 穿过上包层 28 和存在的硅核材料向下蚀刻到基片 14。其后，槽 40A 至 40E 填充与现在限定的玻璃核 12A 和 12B 相同厚度的聚合物层。聚合物材料可作为一种冷却时凝固的熔融材料淀积在槽 40A 到 40E 之中，从而形成聚合物波导核段 12C，或者，聚合物核心 12C 可通过浇注溶剂来制备(即，将聚合物在溶剂中溶解，把溶解的聚合物喷洒到凹槽 40A 到 40E 中，并蒸发溶剂)。如果需要，聚合物波导核段 12C 也可从 UV 可去除或其它可交联树脂制备。图 11 展示了一个可选择的实施例，其中，在包层 28 中形成连续蚀刻图案或凹陷 80，包层 28 考虑到了凹槽 40A 到 40E 的方便填充问题。蚀刻图案 80 是格状图案，它基本限定了与图 8 所示的槽 40A 到 40E 大致相似的平行槽 40A′ 到 40E′。蚀刻图案 80 也包括多个连接部 82A 到 82H，它们连接邻近沟道 40A′ 到 40E′ 的对置端。蚀刻图案 802 还包含淀液部 84 和 85。蚀刻的格状图案 80 让聚合物以液体形式淀积入溶液部 84 和/或 85，然后流过沟道 82A 到 82H 填充槽 40A′ 到 40E′。

能被用作形成聚合物波导核段 12C 的聚合物类型包括单个或多个具有玻璃软化温度(T_g)超过 70 摄氏度的聚合物，这些聚合物随温度发生的折射率变化(dn/dT)的数量级大约为每摄氏度-10^{-4}(举例说从大约每摄氏度-5×10^{-5}到大约每摄氏度-2×10^{-4})，还包括带有 T_g 低于 0 摄氏度并且随温度发生的折射率变化为每摄氏度-3×10^{-4}(举例来说，从大约-1×10^{-4}到大约-6×10^{-4})的(b)聚合物。

可被用于制备聚合物波导核段 12C 的合适的聚合物材料例子包括包含氟化单体的共聚物，其中的氟化单体最好是从乙烯、丙乙酸、甲基丙酸烯或丙乙酸个体中选出来的。由氟化单体准备的共聚物最好是使用自由基过程来合成(热感应或光感应)。准备聚合物波导核段 12C 的合适的聚合物材料的例子包括由占重量约 15%到 70%的五氟苯乙烯和占重量 30%到 85%的三氟乙烯甲基丙烯酸酯组成的共聚物。

被用于制备聚合物波导核段 12C 的聚合物材料可包含双功能单体，譬如双功能环氧甲基丙烯酸酯单体(比如环氧丙甲基丙烯酸酯)。双能环氧甲基丙烯酸酯单体便于共聚物的交联。用于制备聚合物波导核段 12C 的聚合物也可包含附着促进剂，

诸如甘油丙基三氧硅烷或硫醇丙基三氧硅烷。

选择用于形成聚合物波导核段 12C 的聚合物，以提供近与硅波导核段 12A 和 12B 的折射率相符合的折射率。图 12 展示了为了将过量损耗保持在低于 0.1dB 以下，聚合物折射率必须在工作温度范围保持＋1.446 或－0.004 之内。因为聚合物有数量级为每摄氏度-10^{-4}的 dn/dT，折射率在 0 摄氏度和 70 摄氏度之间的变化量为 0.007。由此，有高于工作温度范围的T_g的聚合物能用于组成复合波导核，这些复合波导核具有连接硅波导核段的聚合物波导核段，并且显示低信号功率损耗。

例 1－UV 照射

第一种在凹槽内创建波导的方法利用了聚合物折射率对 UV 照射的敏感性。在大多数聚合物中，适当波长的 UV 照射引起伴随交联的键破裂，这将增大折射率。这是为上包层〔1，2〕配置的共聚物族的例子：表 1 说明了对这个族的共聚物(占重量 60%的五氟苯乙烯，占重量 30%的三氟乙烯甲基丙烯酸酯和占重量 10%的环氧丙甲基丙烯酸酯)由 UV 引起的折射率升高。1550 纳米时的折射率是用密特隆(Metricon)棱镜耦合器在硅上 5 微米厚的薄膜上测量的。样本受到 UV 照射

，用 H 灯(最大波长在 240－320 纳米之间)传送容量为 270J/cm^2/次的能量。测量分别在照射前、照射后(10 和 20 次)和 16 个小时后在样本的几个位置以常规状条件完成。

	淀积时	10 次后	20 次后	20 次＋16 小时
N(1550 纳米)	1.4477	1.4520	1.4552	1.4553
折射率标准储偏差	0.0001	0.0005	0.0013	0.0009

表 1：聚合物照射前后的 1550 纳米时折射率和标准偏差

(对样本在 10 个位置进行测量)

20 次后折射率的增大(＋0.008±0.001)与当前的平面或光波纤维电路(LOC)工艺(0.01)中核和上包层之间的折射率差(0.01)可比。

所建议在凹槽中创造波导方法包括：

a) 穿过形成于基片之上的上包层波导，蚀刻总体上为三角形的槽；

b) 在槽中淀积与波导核层相同厚度的聚合物层；

c) 为了在输入输出波导的连续过程中增大折射率，穿过掩模照射聚合物；

d) 在槽中填充与基片相似的材料以形成被覆新创建的波导的上包层。

方法包括穿过 6 微米的深度均匀改变聚合物的折射率。UV 光被吸收率小的聚合物均匀吸收。然而，吸收率不能太小，不然照射就不能对增加指数起作用。

例 2—直接光刻制版

第二种在凹槽内创建波导的方法利用了非交联聚合物的可溶解性和交联聚合物的不可溶解性。聚合物波导的光刻制版过程能用于凹槽设计如下：

a) 穿过形成于基片上的上包层波导蚀刻总体上为三角形的槽；

b) 将包含光敏固化剂的聚合物层淀积到凹槽中，这个聚合物层具有同核心层相同的厚度，并具有对核心材料合适的折射率；

c) 通过掩模照射聚合物，以使在连续“输入”和“输出”波导的过程中交联无掩模的聚合物；

d) 溶解非交联聚合物；

e) 在凹槽内填充与基片相似的材料，形成被覆新建的波导的上包层。

例 3—在三角形图案内刻沟道

第三种创建温度补偿波导的方法包括仅沿着每一个波导蚀刻凹槽如下：

a) 穿过每一个波导嵌入凹槽，与波导的纵轴对齐，以对这样形成的部分限定“输入”和“输出”波导之间的沟道；

b) 在每一个沟道内淀积折射率与硅波导核折射率相符或能处理成折射率成与硅波导核折射率相符的聚合物，沉积到硅波导的高度，并且可任意选择地去除聚合物；

c) 在沟道余下的空间填充与基片相似的上包层。

在这种方法中，只在横向导光。

这个第三种方法为了更好地限制光线，也能通过使用两层不同的聚合物——一层核心聚合物和一层上包层聚合物——得到改进。

本领域技术人员会明白，可在不偏离这个发明的精神和范围分离的条件下对本发明作多种更改和变化。因而，只要这些更改和变化在所附权利要求书及其等效规定的范围之内，本发明就覆盖这些更改和变化。

说 明 书 附 图

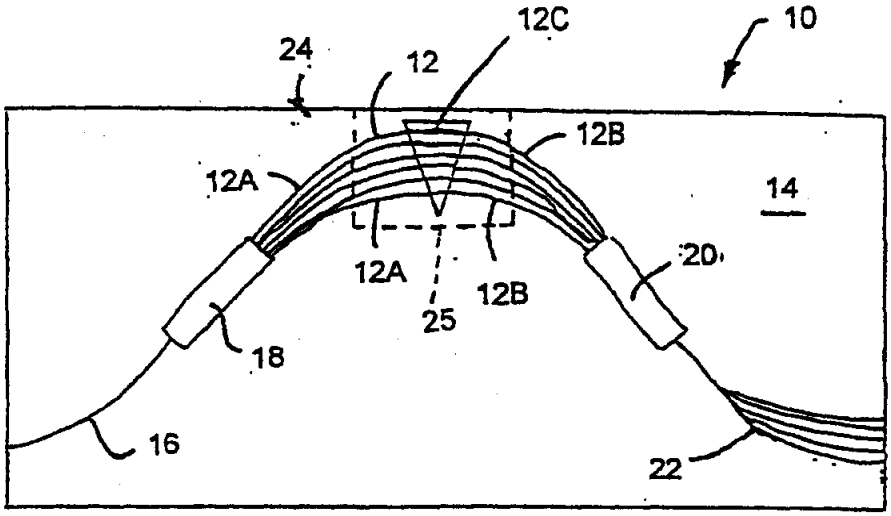


图 1

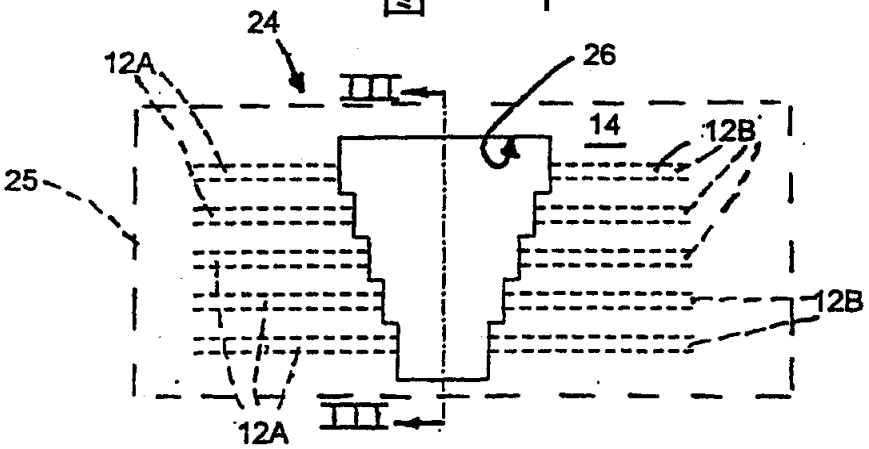


图 2

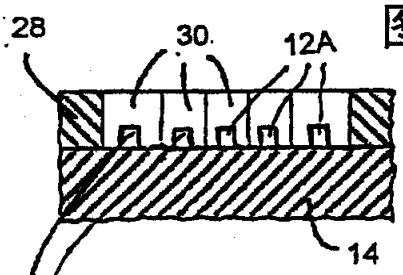


图 3

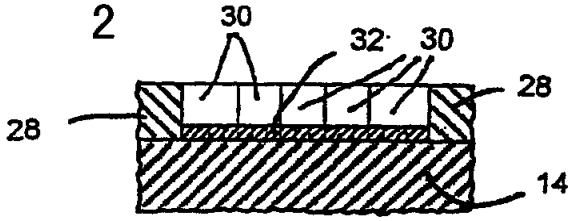


图 4

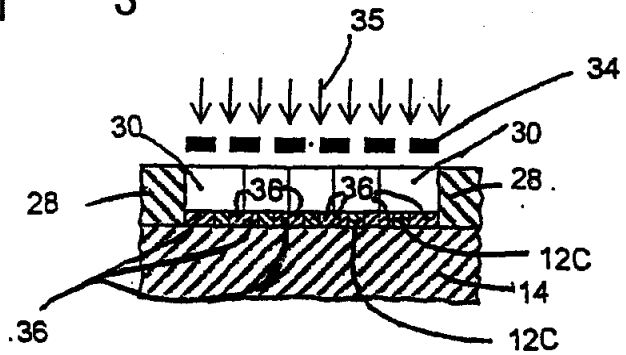


图 5

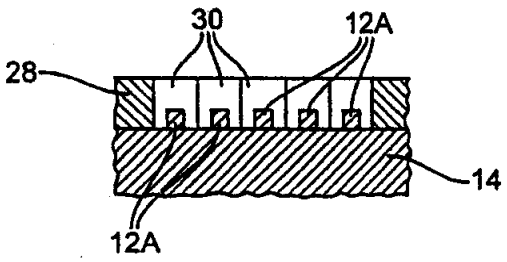


图 3

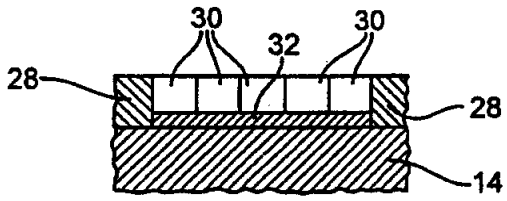


图 4

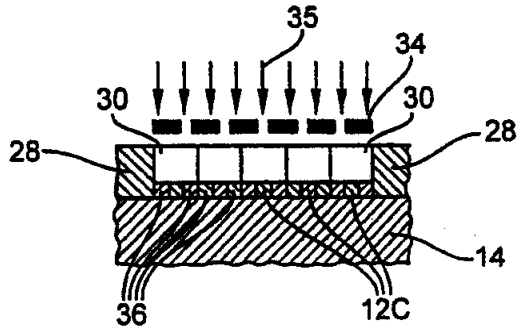


图 5

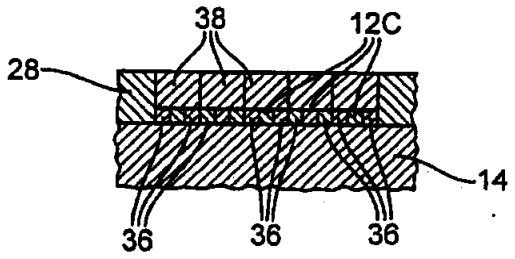


图 5A

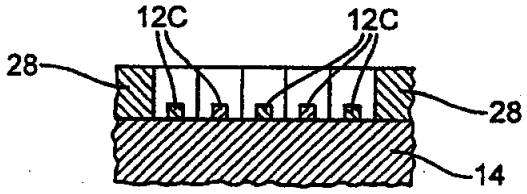


图 6

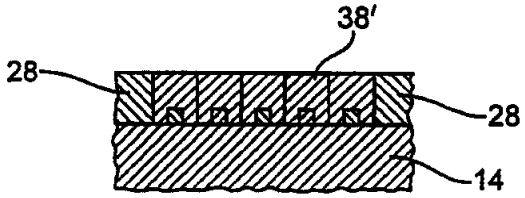


图 7

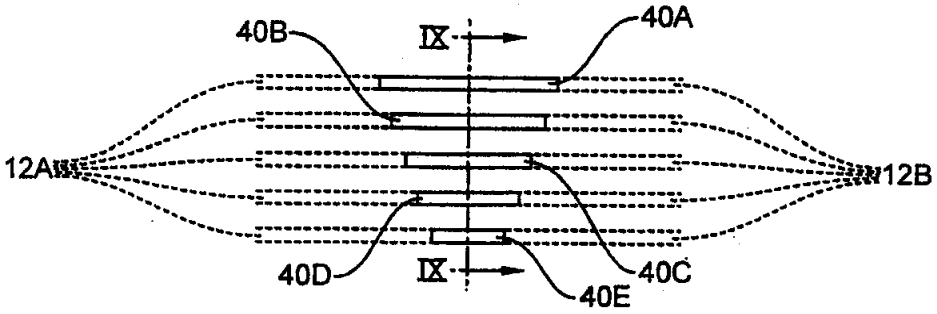


图 8

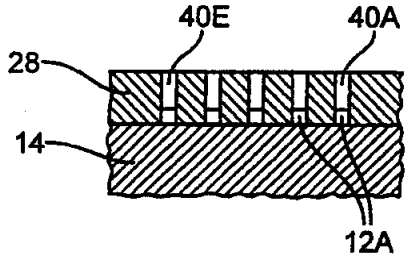


图 9

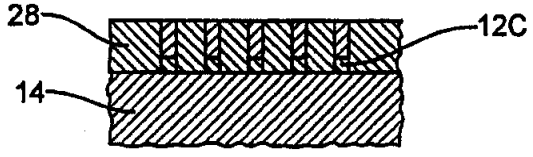


图 10

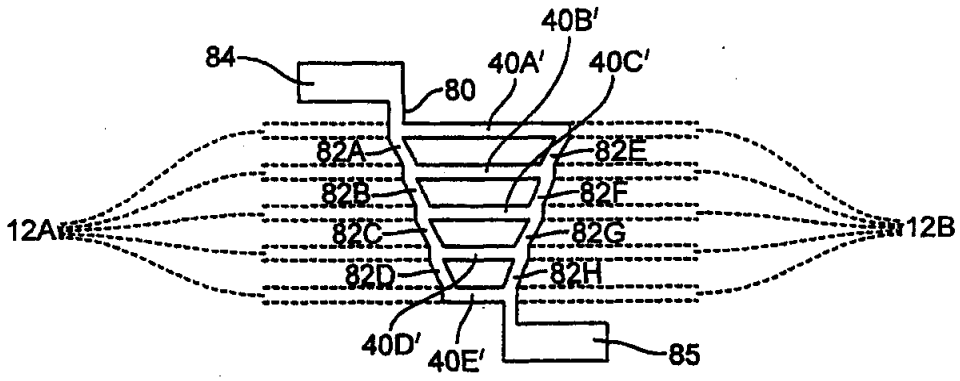

40B'
84
40A'
40C'
80
82A
82E
82B
82F
12A
82C
82G
12B
82D
82H
40D'
40E'
85

图 11

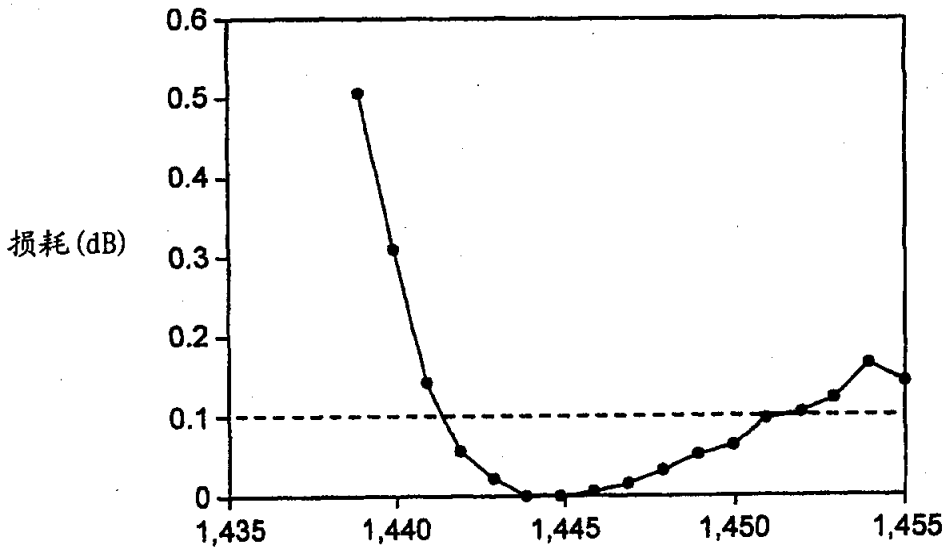

0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
损耗(dB)
1,435
1,440
1,445
1,450
1,455

图 12