

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
G02B 6/24 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200310100934.4

[45] 授权公告日 2008 年 1 月 23 日

[11] 授权公告号 CN 100363767C

[22] 申请日 2003.10.7

[21] 申请号 200310100934.4

[73] 专利权人 夏可宇

地址 201800 上海市嘉定区清河路 390 号  
上海光学精密机械研究所强光实验室

[72] 发明人 夏可宇

[56] 参考文献

US4923268A 1990.5.8

CN1149136A 1997.5.7

US4822128A 1989.4.18

Passive optical fiber star coupler. A. Brockmeyer, J. Coutandin, W. Groh, T. F. Stehlin, and J. Theis. Applied Optics, Vol. 31 No. 6. 1992

审查员 张中青

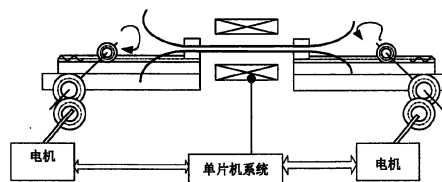
权利要求书 1 页 说明书 2 页 附图 2 页

[54] 发明名称

塑料光纤耦合器及其制造方法

[57] 摘要

塑料光纤耦合器及其制造方法涉及一种制造高精度低成本的塑料光纤耦合器及制造方法，具有操作简单、不需要费时的去包层工序、不需要成本高而复杂的在线监测系统、生产成本低、分光比可调且精度高、控制容易和性能稳定等优点。本熔融型塑料光纤耦合器利用 N 根没有包层的光纤芯扭绞成束，利用温度精确控制的中空的电炉子加热，直接拉伸成双锥形，待自然冷却定形后取出，然后将整个耦合器涂上包层，在两端切除部分光纤，处理好光纤端面，最后将整个双锥形耦合器封装在坚固的保护体中，构成完整的塑料光纤耦合器。



1. 一种制作塑料光纤耦合器的方法，将几根塑料光纤扭在一起，加热到 100~250℃后，拉伸成双锥形，然后固定在加固装置上并封装，其特征是扭在一起的塑料光纤没有光学包层。
2. 根据权利要求 1 所述方法，其特征在于所有塑料光纤都穿过中空电炉子，利用圆筒形中空电炉子加热。
3. 根据权利要求 1 所述方法，其特征在于将塑料光纤加热到其玻璃化温度以上，软化温度以下。
4. 根据权利要求 1 所述方法，其特征在于利用精密步进电机带动精密齿轮和齿杆向相反方向拉伸塑料光纤。
5. 根据权利要求 1 所述方法，其特征在于塑料光纤拉伸后，涂上的包层折射率小于塑料光纤的折射率，包层材料是有机硅树脂、氟树脂等。
6. 根据权利要求 1 所述方法，其特征在于制作不同分光比的塑料光纤耦合器时，先将几根没有光学包层的塑料光纤分别单根拉伸，然后与其它事先没有拉伸的光纤扭在一起，加热拉伸，分光比由拉伸前扭在一起的各塑料光纤在连接区域直径的平方决定。
7. 根据权利要求 1 所述方法，其特征在于塑料光纤耦合器的输入输出端子与输入输出光纤插在半开口的圆孔中，光纤和塑料光纤耦合器的尾端有部分露出，并用平板盖压紧。
8. 根据权利要求 1 所述方法，其特征在于塑料光纤耦合器的两端分叉处用软质粘胶粘在开槽硬质加固装置上。
9. 根据权利要求 1 所述方法，其特征在于加固装置的膨胀系数与塑料光纤的膨胀系数大致相同。

## 塑料光纤耦合器及其制造方法

**技术领域** 本发明属于塑料光纤耦合器技术领域，尤其涉及一种塑料光纤耦合器及其制造方法。

**背景技术** 当前，塑料光纤网在国内外得到了广泛的研究。塑料光纤耦合器是塑料光纤网中的一种关键光无源器件。光纤耦合器是将一路或几路输入光信号进行重新分配，输出到输出光纤中的光无源器件。

光纤耦合器的种类繁多，但多为石英光纤耦合器。塑料光纤耦合器与石英光纤耦合器有相同之处，也有不同之处。熔融拉锥法是石英光纤耦合器的一种主要生产方法，这种方法生产成本低，性能好，成品率高。传统熔融拉锥法光纤耦合器是通过化学或机械的方法部分去除光纤的涂覆层和光学包层，然后，将部分去除了包层的光纤拧在一起，加热拉伸成双锥形，在融合区实现光耦合（见美国专利 No.4822128 和中国专利 No.1149136A、1069126A）。这种传统的制作方法去除包层工序费时而且难以控制，化学方法或机械方法去除包层都会对光纤造成损伤，引入较大的损耗和散射。也有不去除包层，只去除涂覆层直接拉制的（见美国专利 5339374、PCT 专利 WO 01/65286 A1 和中国专利 No.1076030）。这些方法都有一个缺点，即输出端输出光功率随拉伸长度快速振荡变化，而且拉伸越长变化越快（参见 D.B.Mortimore, Electronics Letters, 21(17), 742-743,1985）。这样就导致了控制出的光纤耦合器输出功率波动大，需要采用在线检测技术来解决这一问题。传统方法是在控制过程中，在输入端输入光信号，同时在输出端利用光功率计实时在线检测输出光功率，当分光比达到要求时停止拉伸（见中国专利 No.87101028 A、No.1069126A、No.1013999B、No.1338645A 和 No.1096376A）。塑料光纤耦合器也有利用熔融拉锥法制造的文献报道（A.Brockmeyer 等, Applied Optics,31(6),746-749,1992 和 L.R.Kawase 等, POF'2000 USA, 68-71,2000），但他们都要求拉伸前，部分去除包层和控制过程中在线检测输出光功率。去除包层工序，难于控制，并且会引入各种杂质带来损耗和散射。在线检测，需要光源和测量设备，另外光源与波导之间还要复杂精密的耦合装置和控制设备。这些都会大大生产成本。中国专利 No.88108839.0 采用传统方法，利用塑料收缩套包捆光波导加热制作塑料光纤耦合器。但此发明专利利用收缩套加热收缩后作为光波导熔融区的光学包层，这样收缩套与光波导之间有间隙，作为包层不好，而且将光波导刚好放入收缩套中很难。此发明专利制作的耦合器机械强度由收缩套决定，而收缩套的机械强度很低。此外，此发明专利没有提供非均匀分光比耦合器的制造方法。

**发明内容** 本发明的目的是针对传统的熔融拉锥光纤耦合器的缺点，提供一种分光比可调、不需去除包层、不需在线检测、高效率、能够精确控制控制过程、牢固而又性能稳定的低成本塑料光纤耦合器的制造方法。按照本发明提供的方法制作塑料光纤耦合器，制作简单，分光比波动很小。本发明只要拉伸到一定程度，分光比就会达到很高的精度，波动很小，再拉伸分光比基本不变，拉伸长度对分光比的影响很小。这是明显优于传统制造方法的地方。此外，本发明的加固装置同时提供了加固耦合器和连接输入输出光纤的作用，这大大降低了连接成本。

本发明采用加热拉伸的方法制作  $M \times N (M \geq 2, N \geq 2 \text{ 且 } N \geq M)$  或  $1 \times N (N \geq 2)$  多端塑料光纤耦合器。其特点是利用图 1 所示装置，将  $N$  根没有包层的塑料光纤（如 PMMA 制作的塑料光纤）扭绞在一起，从圆筒形电炉子 1 中间的孔中穿过，固定在拉伸装置的两端 2-1 和 2-2 上，旋转 2-1 和 2-2，将塑料光纤 10-1、10-2 扭在一起，加热塑料光纤到玻璃化温度  $T_g$  以上，软化点  $T_s$  以下（一般温度为  $140^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$ ，温度视制作塑料光纤的材料而定），这时塑料光纤处于有弹性的软化状态。然后，通过步进电机 8-1、8-2 带动精密齿轮 5-1、5-2、6-1、6-2、7-1、7-2 和齿杆 3-1、3-2 向相反方向拉伸光纤，使中间区域拉成双锥形。加热装置、步进电机、齿轮和齿杆都固定在基座 4-1、4-2 上。4-1 和 4-2 结构相同，都带有燕尾滑动槽。齿杆 3-1、3-2 置于燕尾滑动槽中。齿轮 5-1 与 5-2 相同，6-1 与 6-2 相同，7-1 与 7-2 相同。设步进电机转速为  $\omega$ ，

齿轮 7-1、7-2 的半径均为  $r_1$ ，齿轮 6-1、6-2 的半径均为  $r_2$ ，齿轮 5-1、5-2 的半径均为  $r_3$ ，则拉伸速度  $v = \frac{\omega r_1 r_3}{r_2}$ 。

这样的变速装置可以减慢拉伸速度，提高拉伸精度。在单片机系统或计算机的控制下，拉伸到所需长度时，停止加热和拉伸，待自然冷却定形后取出（这样可以保证熔融拉锥区不变形），得到 13。利用图 2 所示装置，涂上包层，包层材料固化后，得到图 3 所示的耦合器 16。将 16 封装在装置 18 中，如图 4 所示（图 4 所示加固装置 18 是为  $8 \times 8$  塑料光纤耦合器设计的），然后盖上图 5 所示的盖子 23。18 与 23 一起构成耦合器的加固连接装置。18 在热膨胀系数与制作塑料光纤耦合器的材料大致相同的硬质材料中间开一半圆槽，两端钻出与耦合器输入输出端子数相等的圆孔 22-1、22-2，圆孔直径略大于耦合器引出端子直径，且圆孔被削去直径的  $1/5 \sim 1/10$ 。圆孔与中间的开槽之间是两个空腔 20-1、20-2，这是为了耦合器的引出端子插入圆孔中时，分支光纤可以自由弯曲，不会产生应力。18 与 23 的两端都有开口 21-1、21-2 和 24-1、24-2，这是

为了输入输出光纤插入时不被压变形产生应力。当然塑料光纤耦合器与输入输出光纤间的耦合也可以采用商品标准连接器或接头连接。耦合器制作过程中,电炉子的温度由高温探测器 11 实时测出后,传输给单片机控制系统或计算机,由单片机系统或计算机控制电炉子的电压来控制炉温。

附图说明

图 1 为拉制双锥形光纤耦合器的拉伸机构示意图。

图 2 为包层涂敷装置。

图 3 为涂敷包层后的光纤耦合器示意图。

图 4 为固定在加固装置基体上的 2×2 耦合器示意图。

图 5 为加固连接装置的盖子。

图 6 为固定在加固装置基体上的 1×2 耦合器示意图

### 实施实例 1 2×2 塑料光纤耦合器

如图 1 所示将两根没有包层的塑料光纤 10-1、10-2 穿过电炉子 1 中间的孔,并将两端固定在 2-1 和 2-2 上,旋转 2-1、2-2,将塑料光纤 10-1、10-2 拧在一起。接通电源,加热光纤中间区域。当温度上升到玻璃化温度  $T_g$  以上,软化点  $T_s$  以下(一般为 140~200 °C)时,由温度探测器 11 测出的温度传给单片机系统或计算机,利用单片机系统或计算机控制电炉子电压,保持炉温基本不变,边加热边拉伸光纤,得到 13 所示结构。停止加热和拉伸,保持拉伸状态不变,待自然冷却后,取出。截取 13 所示结构,浸入容器 12 中折射率低于光纤折射率的树脂 14 中 1~3 秒钟后取出,或涂上折射率小于光纤折射率的包层材料,然后固化。树脂 14 或包层材料可以是有机硅树脂、氟树脂等,最好选取包层材料使耦合器输入输出的数值孔径与连接光纤的数值孔径相同,这样可以消除数值孔径失配损耗。包层固化后得到 16,将 16 的两端 15-1~15-4 截去 3~5 mm,磨平抛光,然后如图 4 所示,放入加固器件 18 中,用软性粘胶 17-1、17-2 将耦合器 16 的分叉点粘在加固器中间的槽 19 中,4 个端子 15-1~15-4 插入削去了直径的 1/5~1/10 的圆孔中,圆孔直径比光纤直径大 5~10  $\mu\text{m}$ ,以便插入。盖上盖子 23,用螺钉拧紧,构成完整的 2×2 塑料光纤耦合器(加固器 18 和盖子 23 是为 8×8 塑料光纤耦合器设计的,制作 2×2 耦合器时,可以在 18 两端只开两个相同的圆孔,器件 18 与 23 可以更小,但结构一样)。与传输光纤连接时,将传输光纤的涂敷层去除 7~10 mm,磨平抛光端面,松开螺钉,将传输光纤插入放有耦合器输入输出端子的圆孔中,与 15-1~15-4 对齐,然后拧紧螺钉,还可在传输光纤与 15-1~15-4 的连接点滴几滴折射率匹配液。

### 实施实例 2 1×2 塑料光纤耦合器

与实施实例 1 采用相同工序,制得 16。由于按照实施实例 1 制作的塑料光纤耦合器方向性非常高(可大于 40 dB),将 16 的一端从分叉处截掉一个端子 15-4,然后用软性粘胶 17-1、17-2 将 16 在分叉处固定在加固器中间的槽 19 中,如图 6 所示。盖上盖子 23,用螺钉拧紧,构成完整的 1×2 塑料光纤耦合器。

### 实施实例 3 分光比为 60:40 的 1×2 塑料光纤耦合器

先将一根直径为 1 mm,没有包层的光纤穿过中空电炉子,两端固定在 2-1、2-2 上,通电加热到光纤的玻璃化温度  $T_g$  以上软化点  $T_s$  以下,拉伸光纤。当两端拉伸速度相同时,两端得到相同的锥体,中间是一段圆柱体,拉伸光纤,使圆柱体的直径  $\phi=0.8$  mm,中间圆柱体长度在 5~10 cm 为易,圆柱体的长度约为加热区长度。将拉伸过的光纤与相同的没经过拉伸过的直径为 1 mm 的塑料光纤一起穿过中空电炉子,两端一起固定在 2-1、2-2 上,旋转 2-1、2-2,将拉伸过的光纤的中间圆柱段与另一没有拉伸过的光纤拧在一起。通电加热至玻璃化温度以上软化点以下,同时拉伸,伸长量为 1~10 cm,2~5 cm 为佳,断电停止加热和拉伸。待自然冷却定形后,取出,涂上与实施实例 1 中相同的包层材料。后续制作工序与实施实例 1 相同。在截除耦合器两端的输入输出端子时,事先拉伸到中间段圆柱体直径  $\phi=0.8$  mm 的光纤,两端必须保留一部分(5~20 mm)直径为 1 mm 的光纤,这样便于连接。

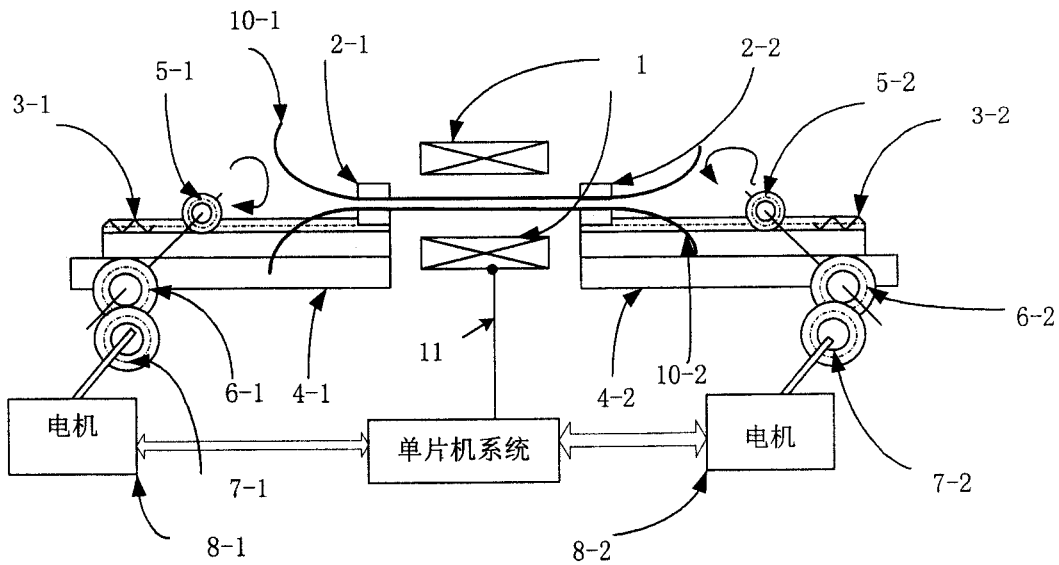


图 1



图 2

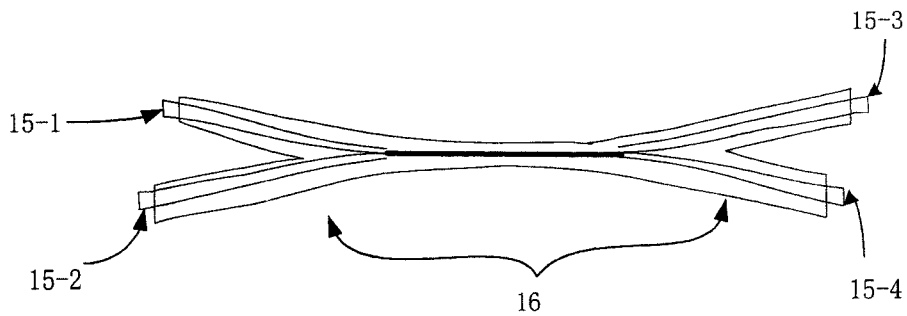


图 3

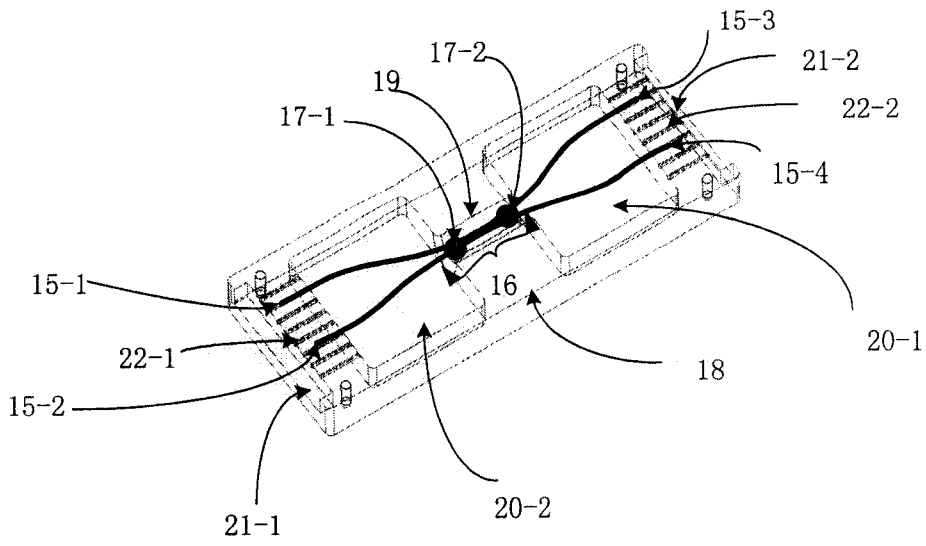


图 4

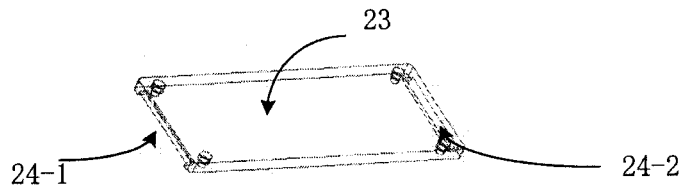


图 5

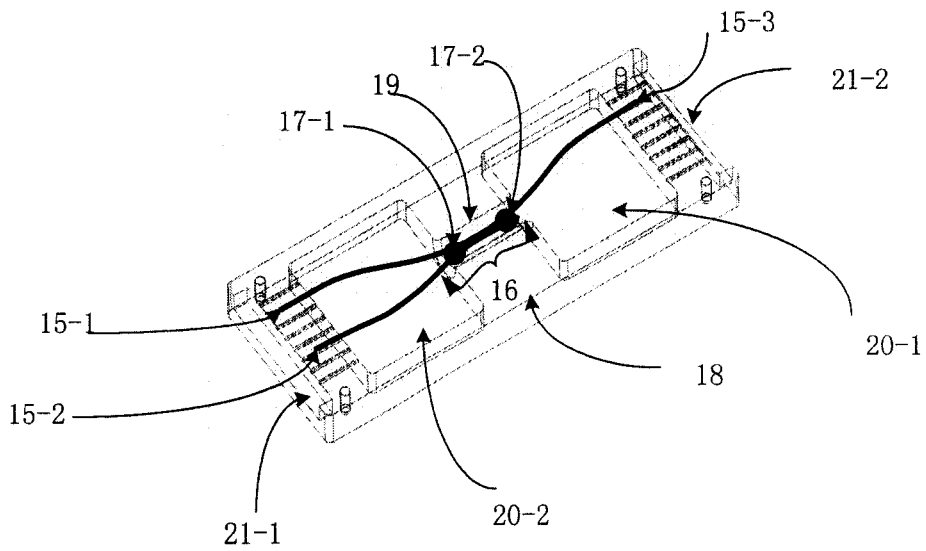


图 6