

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G02B 6/26 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02812320.4

[45] 授权公告日 2007 年 8 月 15 日

[11] 授权公告号 CN 1332228C

[22] 申请日 2002.5.21 [21] 申请号 02812320.4

[30] 优先权

[32] 2001. 6. 15 [33] US [31] 60/298,841

[32] 2002. 1. 29 [33] US [31] 60/352,735

[86] 国际申请 PCT/US2002/016245 2002. 5. 21

[87] 国际公布 WO2002/103404 英 2002. 12. 27

[85] 进入国家阶段日期 2003. 12. 15

[73] 专利权人 康宁股份有限公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 L·尤克雷因克辛克

D·L·瓦斯塔格

[56] 参考文献

US4784466A 1988. 11. 15

US5908562A 1999. 6. 1

US5551968A 1996. 9. 3

US6094517A 2000. 7. 25

审查员 陈亚娟

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 钱慰民

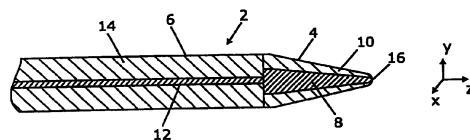
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 4 页

[54] 发明名称

用于聚焦和聚光器应用的锥形透镜光纤

[57] 摘要

一种锥形透镜光纤包括一个有一个梯度折射率纤芯的锥形多模光纤和一个附接到该锥形多模光纤上的光纤。一种形成一个锥形透镜光纤的方法包括将一个光纤附接到一个有一个梯度折射率纤芯的多模光纤，向该多模光纤的表面加热，和将该多模光纤拉制成一个锥体。该方法还允许形成一个锥形保偏光纤，同时保持了该保偏光纤的应力杆和偏振隔离性能。



1. 一种锥形透镜光纤，其特征在于，包括：
锥形多模光纤，它具有梯度折射率纤芯，并且其第一端的曲率半径在 5—30 微米的范围内；和
光纤，它附接到所述锥形多模光纤的第二端上。
2. 如权利要求 1 所述的锥形透镜光纤，其特征在于，所述光纤为单模光纤。
3. 如权利要求 2 所述的锥形透镜光纤，其特征在于，所述单模光纤为保偏光纤。
4. 如权利要求 1 所述的锥形透镜光纤，其特征在于，所述锥形多模光纤的长度为 125 微米或更长。
5. 一种用于形成一个锥形透镜光纤的方法，其特征在于，包括下述步骤：
将一根具有梯度折射率纤芯的多模光纤的第一端附接到一根光纤；
对所述多模光纤的表面加热；和
将所述多模光纤的第二端拉制成一个锥体，并且在所述锥体的远端形成一曲率半径。
6. 如权利要求 5 所述的方法，其特征在于，对所述多模光纤的表面加热的所述步骤包括使用电阻灯丝进行加热。
7. 如权利要求 6 所述的方法，其特征在于，对所述多模光纤的表面加热的所述步骤包括在加热期间将所述电阻灯丝沿所述多模光纤的表面移动。
8. 如权利要求 5 所述的方法，其特征在于，对所述多模光纤的表面加热的所述步骤和将所述电阻灯丝沿所述多模光纤的表面移动的所述步骤同时进行。
9. 如权利要求 5 所述的方法，其特征在于，所述曲率半径在 5—30 微米

的范围内。

10. 如权利要求 5 所述的方法，其特征在于，将所述多模光纤的第一端附接到所述光纤的所述步骤包括将所述多模光纤的第一端熔接到所述光纤上。

11. 如权利要求 5 所述的方法，其特征在于，将所述多模光纤拉制成一个锥体的所述步骤包括沿所述多模光纤的纵轴、在两个相反的方向上拉制所述光纤和所述多模光纤。

12. 如权利要求 5 所述的方法，其特征在于，所述光纤为单模光纤。

13. 如权利要求 12 所述的方法，其特征在于，所述单模光纤为保偏光纤。

14. 如权利要求 5 所述的方法，其特征在于，所述锥体的长度为 125 微米或更长。

用于聚焦和聚光器应用的锥形透镜光纤

相关申请的交互引用

本申请要求申请于 2001 年 6 月 15 日的题为“热加工形成的用于成像和聚光器应用的透镜光纤”，系列号为 No. 60/298841 的美国临时申请和申请于 2002 年 1 月 29 日的题为“用于聚焦和聚光器应用的锥形透镜光纤”，系列号为 60/352735 的美国临时申请的优先权。

发明领域

本发明一般涉及光学通讯网络中传递和收集光的透镜光纤。更具体地说，本发明涉及一种用于聚焦和聚光器应用的锥形透镜光纤以及一种形成该锥形透镜光纤的方法。

背景技术

透镜光纤是一种具有在终端为一个透镜的光学纤维的单体器件。透镜光纤的优越性在于其容易装配，即不需要活动性的光纤-透镜对准和光纤到透镜的粘结，具有低插入损耗以及能使元件微型化，因为它们能被做得很小。透镜的热膨胀系数能和光纤相匹配以得到在整个温度范围中更好的性能。透镜光纤容易布成阵列，因此它可非常理想地制作用于硅光学实验的阵列器件，用以将光纤对准到平面波导等等。另外，可使透镜光纤的焦点尺寸和工作距离适应于具体的应用。例如，焦点尺寸和工作距离可被调整成产生更小的光束直径，在光学转换中就能使用更小的微型机电系统（MEMS）镜。

共有三种主要的透镜光纤类型，包括平行透镜光纤，聚焦透镜光纤和锥形透镜光纤。图 1 显示了一个现有技术的平行透镜光纤 20，该光纤有一个平凸透镜 22，熔接到一个光纤 24 的末端。光纤 24 可以是一个单模光纤或多模光纤。在图中，光纤 24 是一个单模光纤。平凸透镜 22 用一种无芯光纤形成，透镜 22 的前表面形状形成为球形。透镜 22 的球形表面通常通过用电弧或激光束熔化无芯光纤而形成。透镜 22 的球形表面的作用为一个平行器，将从光纤 24 输出

的光扩展成平行光束。实际上，透镜光纤 20 被用以将光从一个光纤耦合到另一个光纤。

图 2A 显示了一个现有技术的透镜光纤 26，该光纤有一个熔接到一个单模光纤 30 的一个末端的第一平方律折射率光纤 28。一个第二平方律折射率光纤 32 被连接到第一平方律折射率光纤 28。一个被用作透镜的凸表面 34 可以设置在第二平方律折射率光纤 32 的远端 36。通常，凸表面 34 的曲率半径小于平行透镜光纤的透镜（见图 1 中的透镜 22）的曲率半径。聚焦透镜光纤 26 将光聚焦成一个焦点（这在聚焦应用中是很有用的），诸如将一个光束聚焦到一个探测器或接收器上以及将来自一个激光源的光耦合到一个光纤上。

有各种方法在第二平方律折射率光纤 32 的远端 36 设置凸表面 34。一种方法包括熔化该远端 36 以形成一个半球形表面。第二种方法包括化学刻蚀该远端 36 以形成凸表面 34。图 2B 中显示的第三种方法包括将一个无芯光纤 38 熔接到第二平方律折射率光纤 32 的远端 36，然后熔化无芯光纤 38 以形成一个半球形表面。熔化多以放电为基础。

图 3 显示了一个现有技术的锥形透镜光纤 40，该光纤有一个在一个单模光纤 44 的尖端形成的锥体 42。锥体 42 有一个用作透镜的凸表面 46。锥体 42 可以通过研磨和/或抛光单模光纤 44 的尖端而获得。锥形透镜光纤在一个短工作距离中使光变成平行光。锥形透镜光纤可被用于在一个光纤和一个激光源或一个光学放大器或一个平面波导之间耦合光。

发明概述

在一个实施例中，本发明涉及一个锥形透镜光纤，该锥形透镜光纤包括一个有一个梯度折射率纤芯的锥形多模光纤和一个附接到该锥形多模光纤的光纤。

在另一个实施例中，本发明涉及一种形成一个锥形透镜光纤的方法，该方法包括将一个光纤附接到有一个梯度折射率纤芯的多模光纤上，向该多模光纤的表面加热和将该多模光纤拉制成一个锥体。

在另一个实施例中，本发明涉及一种形成一种锥形保偏光纤的方法，该方法包括将一个保偏光纤附接到有一个梯度折射率纤芯的多模光纤上，向该多模光纤的表面加热和将该多模光纤拉制成一个锥体。

在另一个实施例中，本发明涉及一种锥形保偏光纤，该保偏光纤包括一个

有一个梯度折射率纤芯的锥形多模光纤和一个附接到锥形多模光纤的保偏光纤。

本发明的其他特征和优点从下文的叙述和附后的权利要求中将会变得更加明显。

附图简述

图 1 显示一种现有技术的平行透镜光纤。

图 2A 和 2B 显示现有技术的聚焦透镜光纤。

图 3 显示一种现有技术的锥形透镜光纤。

图 4 显示一种根据本发明的一个实施例的锥形透镜光纤。

图 5A 显示一个拼接到一个单模光纤上的多模光纤。

图 5B 显示被制成锥形的图 5A 的多模光纤。

图 6 显示作为距根据本发明的一个实施例形成的锥形透镜光纤的透镜表面的距离的函数的模场直径。

图 7 显示作为根据本发明的一个实施例形成的锥形透镜光纤的锥体的曲率半径的函数的远场发散角。

详细描述

本发明的实施例提供了用于聚焦和聚光器应用的锥形透镜光纤和制造锥形透镜光纤的方法。通常，锥形透镜光纤包括一个拼接到任何单模光纤上的多模光纤，该多模光纤包括一个偏振保持（PM）光纤。PM 光纤仅传播一种偏振光。多模光纤有一个梯度折射率（GRIN）纤芯，即纤芯的折射率根据预先确定的外形轮廓而变化。该多模光纤经拉制而形成一锥体。通常，拉制过程伴随给多模光纤加热。锥形光纤的透镜效应来源于锥体的折射和梯度折射率。因此，对于为特殊应用形成模场直径（MFD）和调整透镜光纤的发散角有更多的灵活性，最终导致改进耦合效率。本发明的方法在形成锥形 PM 光纤的同时保持了 PM 光纤的应力杆和偏振隔离性能。下文将参考附图叙述本发明的具体实施例。

图 4 显示一个根据本发明的一个实施例的锥形透镜光纤 2。该锥形透镜光纤 2 包括一个附接到一个光纤 6 上的锥形多模光纤 4。多模光纤 4 能通过任何适当的方法附接到光纤 6，例如通过熔接或通过折射率匹配环氧树脂的方法。锥形多模光纤 4 有一个被包覆层 10 包围的纤芯 8。纤芯 8 有一个梯度折射率，

其折射率根据预先确定的外形轮廓变化，外形轮廓取决于应用目标。制作带有 GRIN 纤芯的多模光纤的方法在技术上是已知的。通常，梯度折射率通过将掺杂杂质引入形成纤芯的玻璃材料的不同层次而获得。光纤 6 也有一个纤芯 12，该纤芯由包覆层 14 包围。光纤 6 可以是任何单模光纤，包括 PM 光纤。

图 5A 和 5B 描绘了形成锥形透镜光纤（图 4 中的 2）的方法。根据该方法，将成为图 4 中的锥形多模光纤 4 的多模光纤 5 被熔接到光纤 6。熔接光纤 5，6 的工艺包括将光纤 5，6 的终端 5a，6a 放置在邻接的位置，然后加热终端 5a，6a，同时将它们推到一起，如箭头所示。任何适当的热源，诸如电阻热，电弧或激光束都可以被用来将终端 5a，6a 熔接到一起。一旦光纤 5 和 6 被熔接到一起，然后多模光纤就经历一个锥形化的步骤。

如图 5B 所示，锥形化的步骤包括将热源 7 沿多模光纤 5 移动，同时将多模光纤 5 和光纤 6 沿其纵轴以如箭头指示的相反的方向拉制。随着被拉动，多模光纤 5 被拉长。最好，热源是一个电阻灯丝。使用电阻灯丝的一个好处是能更好地控制锥体角和对称性。适合用于本发明的电阻灯丝的一个实例是由 Morganville, New Jersey 的 Vytran 公司以 FFS-2000 的商业名称出售的熔接器中包括的一种钨制灯丝圈。但是，应该清楚的是，本发明并不局限于这种特殊的电阻灯丝或局限于电阻加热。例如，热源 7 也可以是一个电弧或一个激光束。

当锥形化的过程完成，多模光纤 5 外形将象图 4 中的多模光纤 4。图 4 中显示的锥形多模光纤 4 发挥一个透镜的作用，透镜的效应来源于锥形的多模光纤 4 的折射和梯度折射率。通常，锥形多模光纤 4 的长度约为 125 微米或更长。如图 4 所示，锥形多模光纤 4 的尖端 16 有一个曲率半径。通常，该曲率半径较小，例如约 5 到 30 微米。用于形成锥形多模光纤 4 的电阻灯丝（图 5B 中的 7）能形成带有一个对称模场的球形尖端（或透镜）16。锥形多模光纤 4 的尖端 16 的曲率半径可以通过控制向灯丝（图 5B 中的 7）提供的功率来调节。通常，向灯丝（图 5B 中的 7）提供的功率越高，曲率半径就越大。

应该注意的是，上述形成锥形透镜光纤的方法允许锥形光纤特征和 PM 光纤特征的结合。通常，如果一个 PM 光纤被拉制成一个锥体，PM 光纤中的应力杆（stress rod）将被破坏。如果应力杆被破坏，就不能保持 PM 光纤的偏振隔离性能。在本发明中，PM 光纤的偏振隔离性能可以通过将一个多模光纤拼接到 PM 光纤，然后再使多模光纤经历一个锥形化的过程来保持。

在操作中，通过锥形透镜光纤 2 传递的光束在离开锥形多模光纤 4 时被聚

焦成一个焦点。通常，锥形多模光纤 4 的尖端 16 的曲率半径越大，焦点尺寸就越大。

下文的实例仅意图用于说明的目的，不能理解成是对本发明的限制，在本说明书中叙述的其他方面也是如此。

图 6 显示了作为一个锥形透镜光纤沿 z-轴（见图 4）的距离的函数的沿 x-轴和 y-轴（见图 4）的模场直径，该锥形透镜光纤有一个多模光纤，有一个 125 微米的外径和一个直径为 62.5 微米的 GRIN 纤芯，该光纤被熔接到带有一个 9 微米纤芯的单模光纤上。Z-轴（见图 4）上的零点从在多模光纤和单模光纤之间形成的拼接处出现的光束在透镜中的发散角估计。光束的测量值用 10 倍的物镜 0.17 的数字光圈通过光束扫描而取得。

图 7 显示了作为在多模光纤的终端形成的锥体的曲率半径的函数的角辐射强度。多模光纤有一个 125 微米的外径和一个 62.5 微米的 GRIN 纤芯。辐射强度用购自 Photon 公司的测角辐射计 LD8900 在远场中通过从+72 度到-72 度的扫描测量。曲线图包含了熔接到多模光纤的一个单模光纤和一个保偏光纤的数据。单模光纤是一种有一个 9 微米纤芯和一个 10.4 微米模场直径的 Corning® SMF-28 光纤。测量用一种宽带钬放大自生发射激光源进行。曲线图显示了发散角和锥体的曲率半径之间的依赖关系。在 $1/e^2$ 功率水平（ θ ）的远场发散角和在锥体腰部光束腰（ w_0 ）的模场半径可以用 $\theta = \lambda/(\pi w_0)$ 相关联。

多模光纤在约 300 微米处开始制成锥形，然后使端部变圆而有需要的曲率半径。通常，当曲率半径增加时 GRIN 区域的长度减少。在小曲率半径处，发散角随着曲率半径的减小而增加，如对典型的锥形光纤所希望的一样。但是在曲率半径约为 16 微米处发散角开始稳定。曲率半径大于 16 微米，发散角再次增加。发散角的增加是因为 GRIN 区域随着曲率半径的增大而变短。

本发明提供了一个或多个优点。一个锥形透镜光纤可以通过将一个单模光纤熔接到一个多模光纤，然后将多模光纤制成锥形而形成。用这种同样的方法可以形成保持其偏振隔离性能的锥形 PM 光纤。本发明的锥形透镜光纤可以用于各种用途。例如，锥形透镜光纤可以用于将来自一个单模光纤的光耦合到一个半导体光学放大器或平面波导或其他光学器件中去。还有，锥形透镜光纤也可以用于在相反的方向耦合光，即从一个半导体光学放大器或平面波导或球形激光源或其他光学器件耦合到一个单模光纤。

虽然对本发明通过有限数量的实施例进行了叙述，但受益于本发明的本技

术领域熟练的人员将理解的是，还可以设计出其他各种不背离如本文叙述的本发明范围的实施例。因此，本发明的范围应仅由附后的权利要求进行限定。

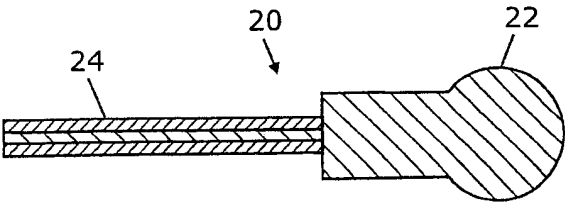


图 1
现有技术

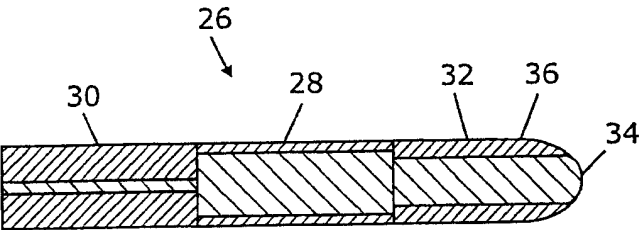


图 2A
现有技术

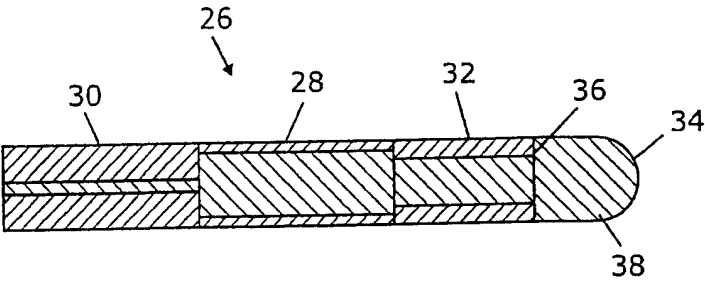


图 2B
现有技术

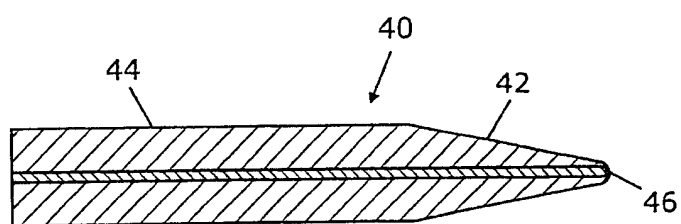


图 3
现有技术

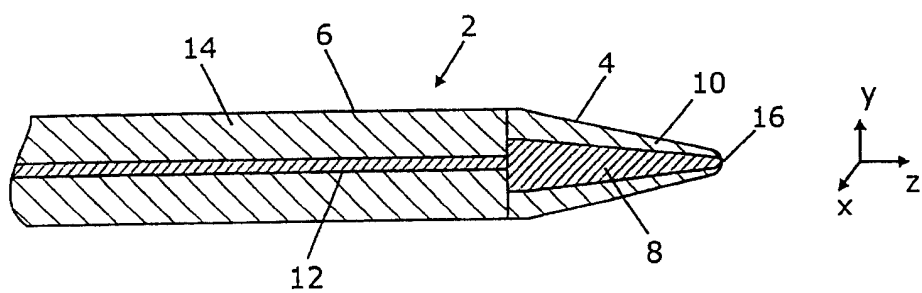


图 4

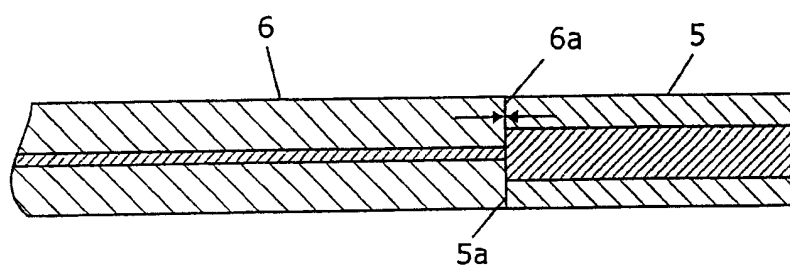


图 5A

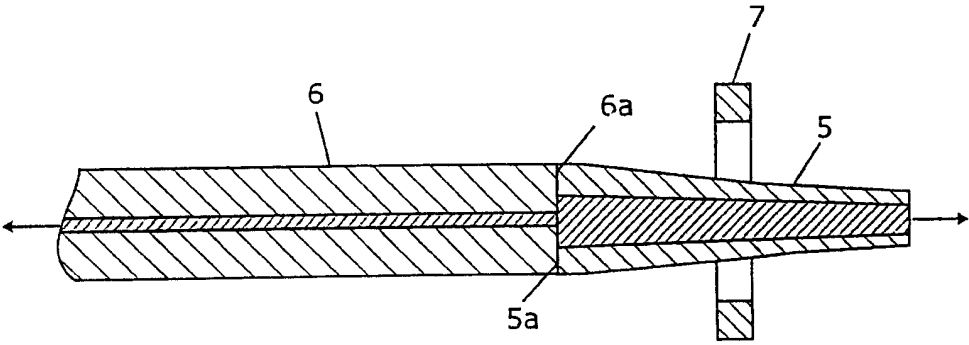


图 5B

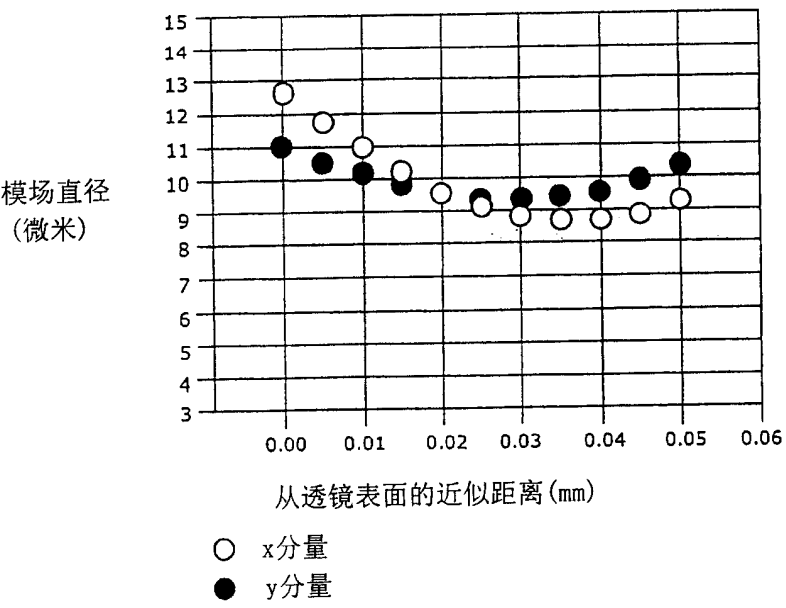


图 6

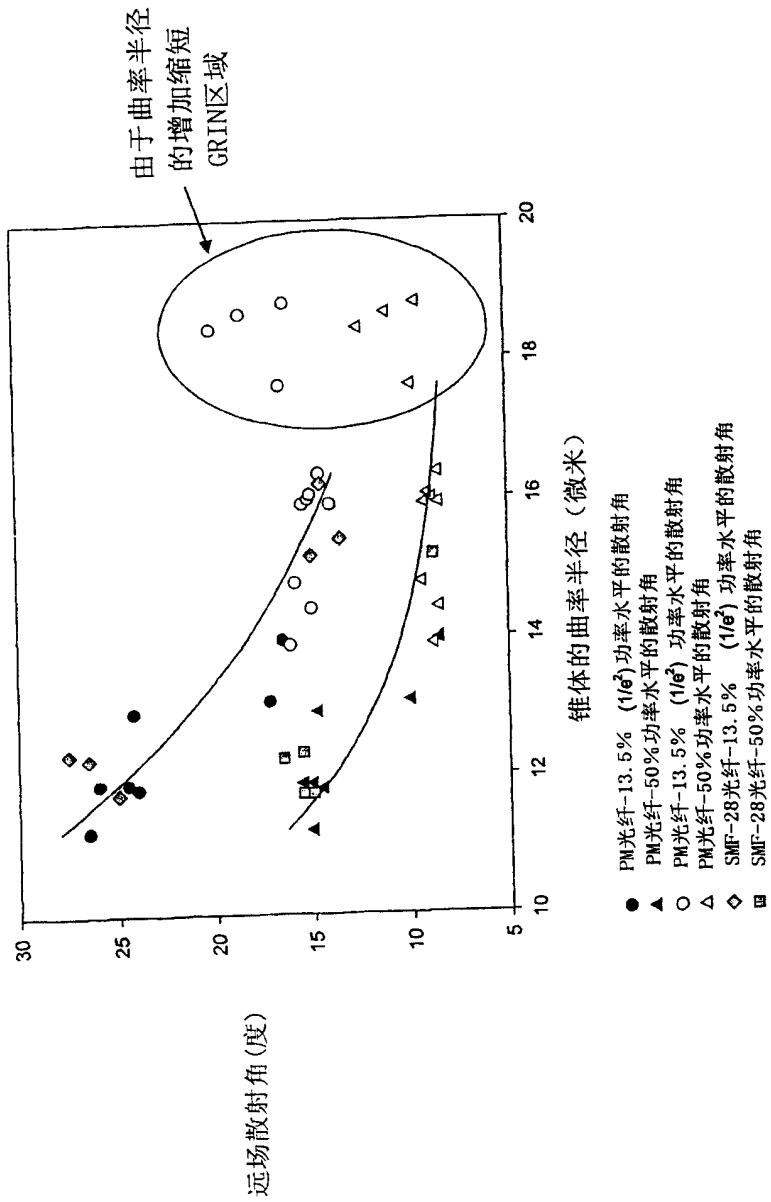


图 7