[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
C03B 37/012 (2006.01)
C03B 37/02 (2006.01)
C03B 37/07 (2006.01)
G02B 6/00 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01117926.0

[45] 授权公告日 2009 年 3 月 4 日

[11] 授权公告号 CN 100465113C

[22] 申请日 2001.5.8 [21] 申请号 01117926.0

[30] 优先权

[32] 2000. 5. 9 [33] US [31] 09/567,536

[73] 专利权人 朗迅科技公司

地址 美国新泽西州

[72] 发明人 小詹姆斯·威廉·弗莱明

乔治·约翰·兹迪泽克

[56] 参考文献

JP06345473A 1994.12.20

US5861047A 1999.1.19

US4578101A 1986.3.25

EP0737873A2 1996.10.16

US4820322A 1989.4.11

审查员 尹 力

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

代理人 马 浩

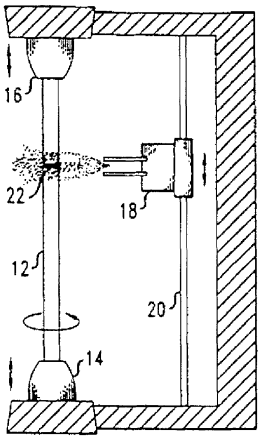
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 3 页

[54] 发明名称

包含芯径分布调整的光纤制造方法

[57] 摘要

一热源沿一硅基芯棒纵轴移动，以提供加热的软化区域。 在移动中，提供沿棒纵轴的压缩或拉伸运动，以分别导致该软化区芯径的增加或减小。 通过提供整个芯棒长度上可选择的芯径增加和/或减小，可以得到所需的芯径分布。 可以获得基本均匀的芯径，或提供特定特性的芯径改变，比如系统地改变色散。 另外，由于能以可控的方法增加芯径和芯棒直径，故可制更大的芯棒，从而得到更大的光纤预制件。



1. 一种制造光纤的方法，包括以下步骤：

提供有芯的芯棒；

通过在沿着芯棒长度方向的多个点上测量芯棒直径，来确定所提供的芯棒的最初芯径分布；

确定芯径分布所必需的调整，以得到所需的芯径分布；

沿着芯棒的纵轴来回移动一热源，以将所述芯棒的各部分加热到软化点；

通过施加压缩或拉伸运动来调节软化后的芯棒的特定区域的直径，以将最初芯径分布改变为所需的芯径分布。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其中该热源是一等温等离子体喷灯。

3. 如权利要求 2 所述的方法，其中该等离子体包括氧气。

4. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述调节步骤包括如下步骤：

加热芯棒的第一区域，同时提供一个沿芯棒的纵轴的压缩运动，其中该运动导致该第一区域芯径的增加；以及

在加热第一区域之前或之后加热芯棒的第二区域，同时提供一个沿芯棒的纵轴的拉伸运动，其中该运动导致在该第二区域的芯径的减小。

5. 如权利要求 1 所述的方法，其中在来回移动之后，至少 90% 芯棒长度上的芯径相对于芯棒的平均芯径的变化小于 0.2%。

6. 如权利要求 1 所述的方法，其中芯棒的第一端由第一卡盘固定，芯棒的第二端由第二卡盘固定，并且其中第一卡盘、第二卡盘，或第一和第二卡盘能够提供沿芯棒纵轴方向的压缩或拉伸运动。

7. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述芯棒被设置成使得芯棒的纵轴在来回移动步骤中保持在基本垂直的位置。

8. 如权利要求 1 所述的方法，还包括以下步骤：

在来回移动之后，将芯棒插入一外面包覆管；以及

使该管紧裹到所述芯棒上以形成光纤预制件，该预制件能够生产

至少 1200km 的 125 微米直径的光纤。

9. 如权利要求 8 所述的方法，其中该预制件能够生产至少 2400km 的 125 微米直径的光纤。

10. 如权利要求 1 所述的方法，其中该芯棒是一硅基的芯棒。

11. 如权利要求 1 所述的方法，还包括以下步骤：

在来回移动之后，将芯棒插入一外面包覆管中；

使该管紧裹到所述芯棒上以形成光纤预制件；以及

从该预制件拉制光纤。

包含芯径分布调整的光纤制造方法

技术领域

本发明涉及光纤的制造，包括从中拉制光纤的预制件的制造。

背景技术

光纤系由玻璃预制件生产。这种预制件通常被竖直放置于拉丝塔中，使得预制件的一部分向下进入熔炉区。这部分放置于熔炉区的预制件开始软化，而且预制件的低端形成被称之为“倒瓶颈”的区域，在此处玻璃从预制件的初始横截面流到所需要的光纤横截面。光纤从这个倒瓶颈区域的低端被拉制而成。

光纤通常包括一个高纯度硅玻璃芯，该玻璃芯被选择掺入一种如锗之类的提高折射率的元素，高纯度硅玻璃的内包层被选择掺入一种如氟之类的降低折射率的元素，外包层为非掺杂的硅玻璃。在某些制造工艺中，通过形成一个用于外包层的外面包覆管，并单独形成包含芯材料和内包层材料的芯棒，来制造构成这种光纤的预制件。外面包覆管可以通过如在共同转让的美国专利**US5,240,488**中所讨论的**solgel**过程，或通过从硅坯中拉制所述管—这种管可以在市场上买到，而形成。可以使用本领域技术人员所知的任何一种气相沉积方法来制造芯棒，包括汽相轴向沉积（**VAD**），外部气相沉积（**OVD**），和改进的化学气相沉积（**MCVD**）。例如，**MCVD** 包括将如包含硅和锗混合气体的高纯度气体通过一硅管的内部（被称为衬底管），同时用移动的氧氢喷灯对管的外部进行加热。在该管被加热的部位发生气相反应，以在管壁上沉积粒子。当喷灯的火焰经过时，这种在喷灯前面形成的沉积物被熔结。这种过程不断重复，直到沉积必需数量的硅和/或掺入锗的硅为止。一旦完成沉积，该基体被加热以紧裹（**collapse**）该衬底管，得到合而为一的棒，其中衬底管构成内包层材料的外部。为了得到完成的预制件，一般将外面包覆管放置在芯棒上，对这些部分进行加热，将其紧裹成一个实心的、合在一起的预制件，如共同转让的美国专利**US4,775,401**中所讨论的。

光纤制造已经达到了一种非常成熟的发展水平。然而在某些情况下，光纤的技术规范是如此的严格，以致于很难开发能够符合这些技

术规范的工艺方法。例如，许多高端光纤的特性尤其是色散特性，对光纤芯径的变化极为敏感。实际上，对某些市售光纤的计算已经表明，如±1%这样小的芯径变化会导致高达±14%的色散变化。由于这种色散效应，一般这种光纤的技术规范允许小于±2%的芯径变化。由于这些严格的要求，有时很难在制造过程中获得足够的产量。

除了芯径所带来的问题之外，无数的光纤设计都是基于芯径结构，例如设计目的在于提供特定的色散特性。然而，目前还没有这种光纤的可行的商业上可接受的制造方法。因而，光纤的设计依然采用最初的理论。

因此，需要拥有者提供具有基本上均匀的芯径的芯棒的方法，并且最好也能调节芯径分布，以提供特别的光纤特性。

发明内容

本发明涉及一种方法，不仅能够提供大体上均匀的芯径，而且能够调整芯径分布来得到特别的光纤设计。根据本发明，一芯棒，一般是硅基的芯棒，沿着棒的纵轴由一热源来回移动，以提供被加热软化的区域。在来回移动过程中，沿着棒的纵轴提供以压缩或拉伸运动，这些运动分别导致软化区域芯径的增加或减小。

特别是，当热源横过该芯棒时，热源将芯棒的分立区域加热到棒材料的软化点以上（软化点表示材料达到粘性的条件，此时可能导致材料的流动，例如硅的软化点一般产生于材料的粘性达到大约 $10^{7.6}$ 泊时）。如果在这个被加热的特殊区域芯径需要增大，那么施加一个压缩运动，通过粘滞流动来扩展该软化区的直径（该运动将芯和总的棒直径都扩展了）。或者，如果芯径需要减小，那么施加一个拉伸运动，也是通过粘滞流动来拉伸该软化区，从而减小芯径（和总的棒直径）。继续这些程度不同的压缩和/或拉伸运动，以便当热源横过芯棒时提供合适的直径扩展或收缩。当热源运动经过该区域时，直径的调整基本上被锁定在冷却位置处。那么就可能通过传统的技术来形成包含所产生的棒的光纤预制件，并从中拉制光纤。

具体地，本发明提供了一种制造产品的方法，包括以下步骤：提供有芯的芯棒；通过在沿着芯棒长度方向的多个点上测量芯棒直径，来确定所提供的芯棒的最初芯径分布；确定芯径分布所必需的调整，以得到所需的芯径分布；沿着芯棒的纵轴来回移动一热源，以将所述

芯棒的各部分加热到软化点；通过施加压缩或拉伸运动来调节软化后的芯棒的特定区域的直径，以将最初芯径分布改变为所需的芯径分布。

通过在整个芯棒长度上提供可选择的芯径的增加和/或减小，可以得到所需的芯径分布。例如，可能获得基本均匀的芯径，比如在至少90%，或者100%的棒长度上，直径在平均芯径的0.2%范围内，或者在0.1%范围内。还可能提供改变的芯径分布来达到特殊的性能，比如系统地改变色散。例如，为了减小非线性，未来的系统可能采用在特定传输长度内具有预选择色散改变的光纤。另外，以可控的方法增加芯径和芯棒直径的能力，使得可能制造更大芯棒直径的光纤，从而可能制造更大的光纤预制件，例如能够提供至少 1200km，或者甚至2400km 的 125 微米直径的光纤的预制件。

附图说明

图 1 表示适于实现本发明一实施例的设备。

图 2 表示根据本发明一实施例的芯径分布的调整。

图 3 表示根据本发明一实施例的芯径分布的调整。

图 4 表示本发明一实施例对光纤色散特性的影响。

图 5A 和 5B 表示本发明一实施例的芯径分布的调整和对光纤色散特性的影响。

具体实施方式

图 1 表示适合于实现本发明的一个实施例的设备 10。芯棒 12 由两个卡盘 14，16 固定。卡盘 14，16 能够使棒 12 旋转，并且至少一个卡盘，也可以是两个卡盘能够提供沿棒 12 纵轴方向的拉伸和压缩运动。热源 18 被提供，热源 18 能够沿棒的长度方向来回移动，例如沿着导杆 20，因而可以提供棒 22 的分立加热部分。（在此所讨论的热源的移动并不意味着表明该热源本身必需沿棒运动，而是指热源相对于棒运动的任何技术，包括热源的运动，棒的运动，或热源与棒两者都运动。）

芯棒 12 可通过本领域技术人员已知的任何适合的技术形成，例如外部汽相沉积（OVD），汽相轴向沉积（VAD），或改进的化学汽相沉积（MCVD）。棒一般是硅基的，但也可能是其它适合于制造光纤的材料。棒的相似之处在于具有任何所需的掺杂物/折射率分布。

热源 18 是任何可将棒加热到材料软化点之上的热源。典型地是，热源是一种等温等离子体喷灯，如在共同转让的美国专利 US5,861,047

中所描述的。有用的等离子体包括氧气，例如纯净的氧气或氧气和惰性气体，如氩。

棒的最初芯径分布作为沿棒长度的位置函数，一般在加热之前就被确定了（虽然试图能够同时进行芯分布的测量与加热处理，例如直径分布测量设备在热源的前面在棒上移动）。通常通过测量折射率分布来确定直径分布，例如通过使用 PK 技术预制件分布测量仪。一般测量直径上足够数量的点来合理地反应总的分布，点的特定数量取决于特殊的应用以及所需的处理精度。一般，芯的分布信息被直接输入计算机。在直径分布的基础上，可能确定芯径分布所必需的调整，更重要的，为了得到所需的直径分布，确定在何处必需那些调整。这些调整通常能够被计算出和/或输入相同的计算机中。

一旦确定了芯的直径分布，加热处理就开始了。在运动过程中，热源 18 将棒所定位的区域 22 加热到棒材料的软化点之上，对于硅一般从大约 1500 到 2400°C，取决于掺杂类型与掺杂量的不同，该温度值会有一些变化。一般，这些被定位的区域包括大约 2 到 10mm（沿着纵轴所测量的）长度的棒，取决于热源类型和设备构造。

当这些区域 22 处于软化状态时，通过施加压缩或拉伸运动，可能调整芯的直径（也可以调整总的棒直径）。特别是，通过增加棒的特定长度内的体积（通过粘滞流动），压缩运动将增加芯和棒的直径。与此相似，通过减小棒的特定长度内的材料体积（依然是通过粘滞流动），拉伸运动可以减小芯和棒的直径。通过使两个卡盘 14，16 中的一个相对于另一个运动或两个卡盘相对运动，可以完成压缩和拉伸运动。基于对处理之前的分布与所需分布的比较，通常使用计算机来控制运动的程度和类型（压缩或拉伸）。因而当热源 18 在棒 12 上运动时，可能施加连续的拉伸和/或压缩运动，提供所需的分布。还可能不施加轴向运动，例如如果特定加热区 22 的芯已经具有所需的直径大小。

棒的纵轴基本上垂直放置，这样是比较有益的。这种垂直放置减少或消除了重力对非均匀类型的棒中软化的粘滞区的影响力。如果不是垂直放置，重力可能会使棒轴向不平衡，和/或导致所制得的棒弯曲。

通常，在加热过程中旋转棒以改善加热的均匀性。对于等离子体喷灯，一般芯棒以 10 到 30rpm 旋转。对于 15 到 30mm 的棒直径，等离子体喷灯典型的运动速度为 1 到 10cm/分钟（通常，棒直径越大，运动速度越慢，因为较厚的棒需要更多的加热）。

对于图 1 所示类型的实施例，但是其中（a）只有上面的卡盘 16 能够进行拉伸/压缩运动，并且（b）喷灯 18 以向下的速度在棒上运动，芯径按照下面所述被调整。喷灯沿着棒的纵轴以速度 Vt 来回移动，而且上面的卡盘以速度 Vc 运动（沿着棒的纵轴方向），从而：

$$V_c = V_t[1-(d_c/d_d)^2] \qquad (1)$$

其中 d_c 是加热前特定区域的初始芯径，d_d 是该区域所需的芯径。速度 Vc 可以是正的，也可以是负的，取决于所需施加的是压缩还是拉伸运动。基于此原理，本领域技术人员可以从相似的系统规则中得到其它实施例。

芯径的调整还改变了棒本身的外部直径。然而，由于棒被放置于具有非常大直径的外面包覆管中，然后被紧裹成为预制件，所以棒直径变化的影响是相当小的。例如，当棒放置在一外面包覆管中时，百分之几的棒直径变化通常在效果上被减小了两个数量级。另外，如果需要，可以从棒的外部去掉一些多余的材料。可以在芯径的调整过程中完成这种去除，例如在特定位置固定喷灯，或者通过使热源再次通过，使得一些外部材料可以被蚀刻掉。也是在芯径调整过程中或芯径调整之后，还可以实现对整个棒的蚀刻。

芯径调整技术对于获得相对均匀的芯径分布是很有用的。确切地说，可能获得在至少 90%或者 100%的棒长度范围内，芯径在平均芯径的 0.2%，或者是 0.1%范围内分布。通过将柄固定在棒的端部，然后将柄插入卡盘中，可以对棒的整个长度进行加工。这种大体上的均匀性提供了所需的光纤特性，包括改善的色散特性。

并且，目前芯棒的制造方法限制了可获得的芯棒直径。其结果也限制了最终的预制件的尺寸。然而，因为本发明能够以可控的方式增加芯的直径和芯棒直径，例如通过在加热过程中提供受控的压缩运动，

故可能制造更大的芯棒。这种较大的芯棒反过来允许制造更大的光纤预制件，例如可提供至少 1200km，或者是 2400km 的 125 微米直径的硅光纤的预制件。

根据本发明还可以提供特殊的芯径分布来提供特定的特性，例如特定的色散特性。例如，目前存在多种根本不能制造或不能以可接受的产量制造的光纤设计，本发明能够用有效的方法来制造这类设计。其中的一种这类设计为恒定色散光纤，正如下面的例 3 和例 4 所反映的。希望本发明能够有效地制造具有基本恒定色散的光纤，即色散偏离平均色散 0.5ps/nm-km 或更小。

通过下面的示例性的例子可以进一步理解本发明。

例 1

可以通过 MCVD 方法获得一种硅基的芯棒。通过沿棒的单一角度位置沿棒的方向以 1 厘米的增量确定折射率分布可以测量棒的芯径。在芯径测量完成之后，通过将棒的顶部和底部卡紧在能够提供绕棒纵轴旋转的卡盘中，将棒按照与图 1 相似的方式垂直放入等离子体喷灯设备中。上部的卡盘能够提供沿棒纵轴方向的运动。基于所测得的分布，根据上述的公式 1 计算出获得均匀的 3.21mm 芯径所需的拉伸和/或压缩运动。这些动作被输入到等离子体喷灯控制计算机中，开始进行处理。棒以大约 30rpm 的速度旋转. 等离子体喷灯以 50kW 驱动氧气等离子体，并以大约 6cm/分钟的速度沿棒移动。图 2 中表示处理前后棒的芯径分布。这种处理可以极大地改善芯径的均匀性。

例 2

对例 1 的方法进行，通过所计算的拉伸和/或压缩运动来提供均匀的 3.62mm 棒直径。图 3 表示处理前后棒的芯径的分布。

例 3

对例 1 的方法进行，但是基于计算机模拟来计算压缩和拉伸运

动，使得芯能够产生具有恒定色散的光纤。可以计算出直径调整前后芯径分布所产生的光纤的色散特性，结果如图 4 所示。

例 4

重复例 3 的方法，基于计算模拟来计算压缩和拉伸运动，使得芯可以制得具有恒定色散的光纤。图 5A 表示直径调整前后的芯径分布。图 5B 表示所计算的色散。可见，在芯径分布调整之后，计算所得的色散基本为恒定的。

考虑到本发明所包括的特性和实际方法，本发明的其它实施例对本领域技术人员来说是显而易见的。

图 1

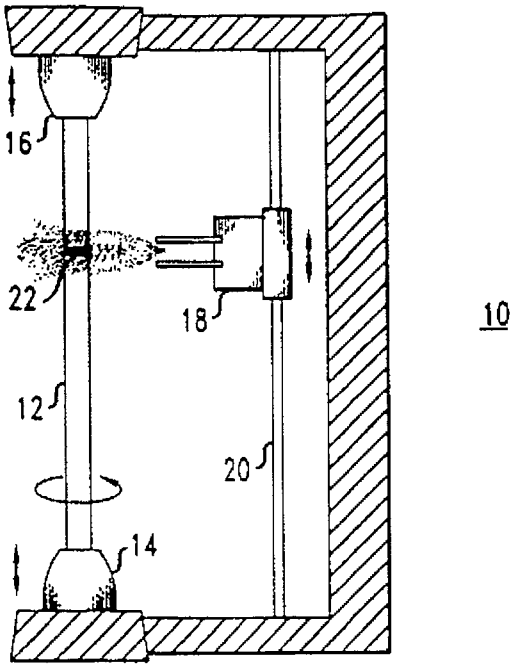

16
22
18
10
12
20
14

图 2

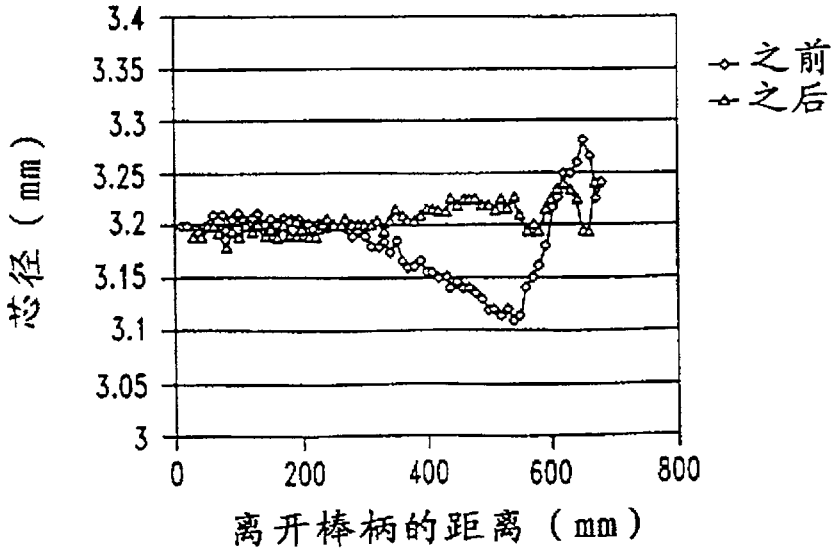

3.4
3.35
3.3
3.25
3.2
3.15
3.1
3.05
3
0
200
400
600
800
之前
之后
离开棒柄的距离（mm）

图 3

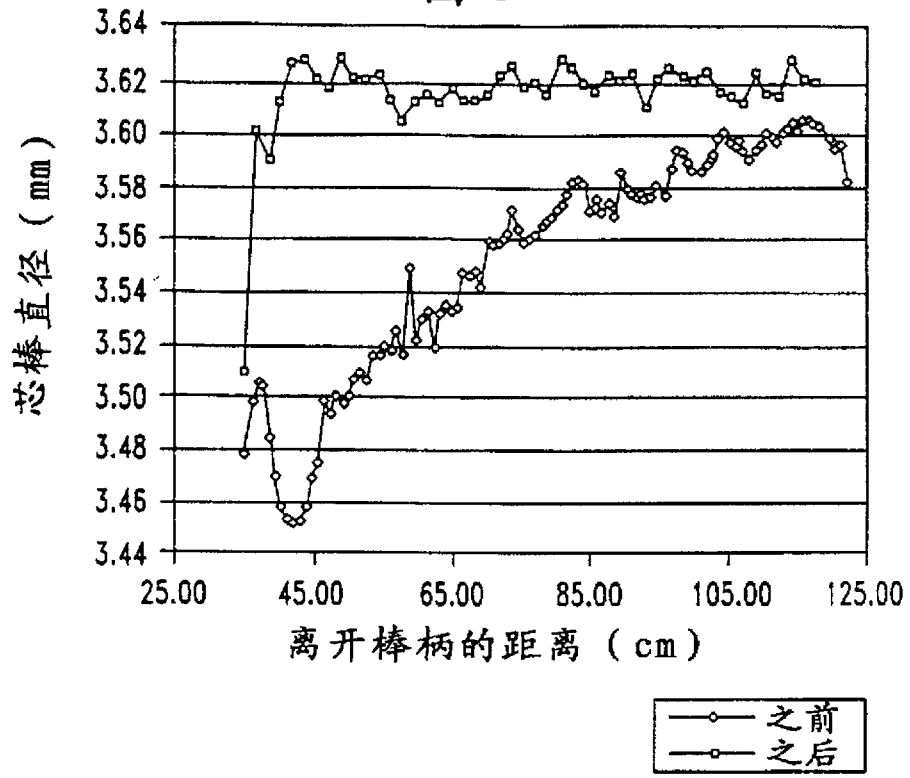

3.64
3.62
3.60
3.58
3.56
3.54
3.52
3.50
3.48
3.46
3.44
芯棒直径（mm）
25.00
45.00
65.00
85.00
105.00
125.00
离开棒柄的距离（cm）
之前
之后

图 4

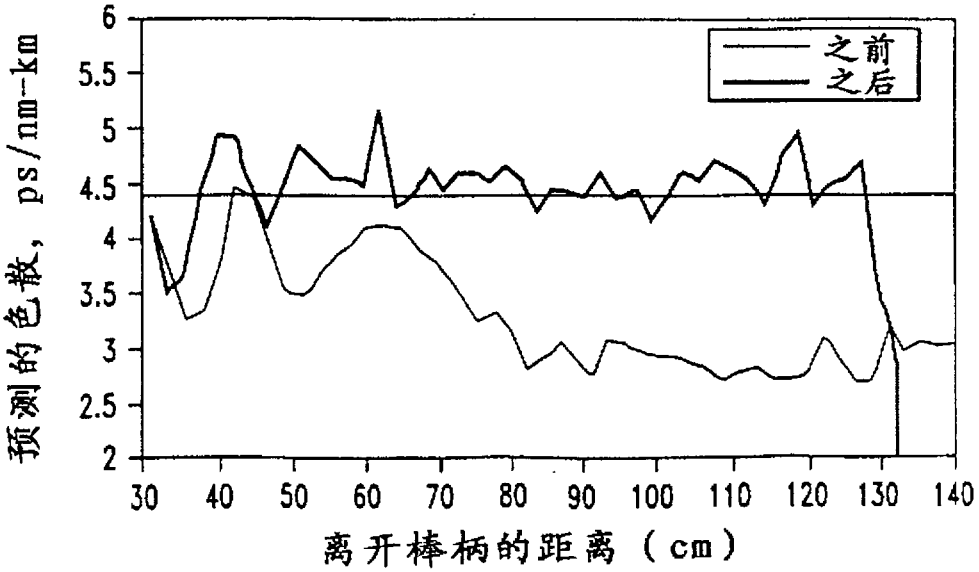

6
5.5
5
4.5
4
3.5
3
2.5
2
预测的色散，ps/nm-km
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
离开棒柄的距离（cm）
之前
之后

图 5A

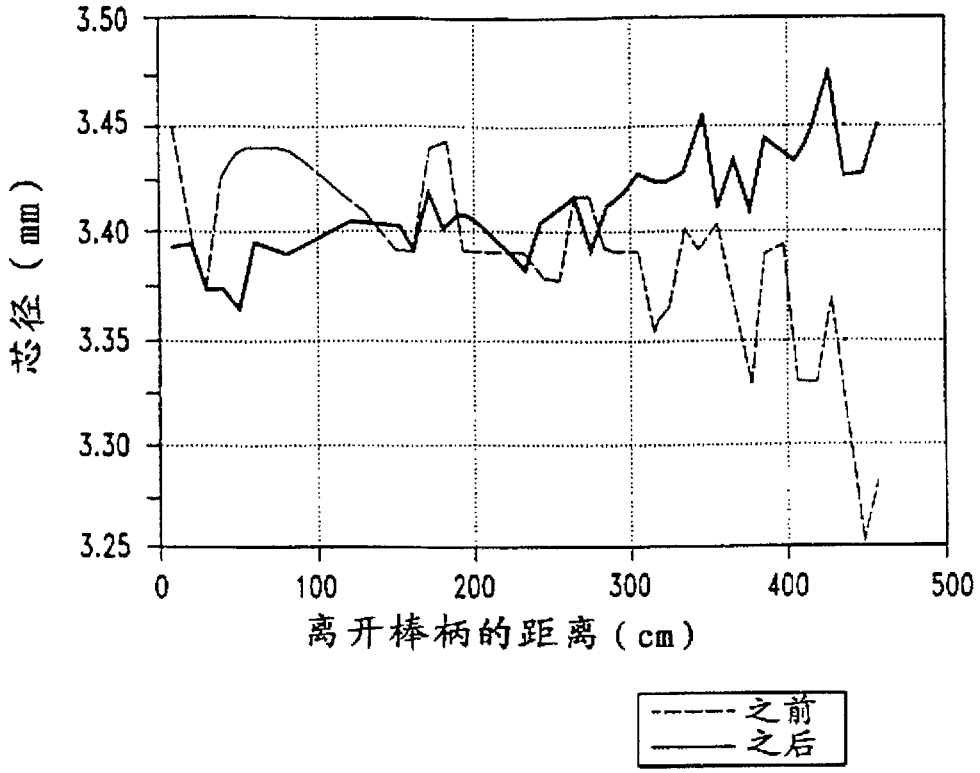
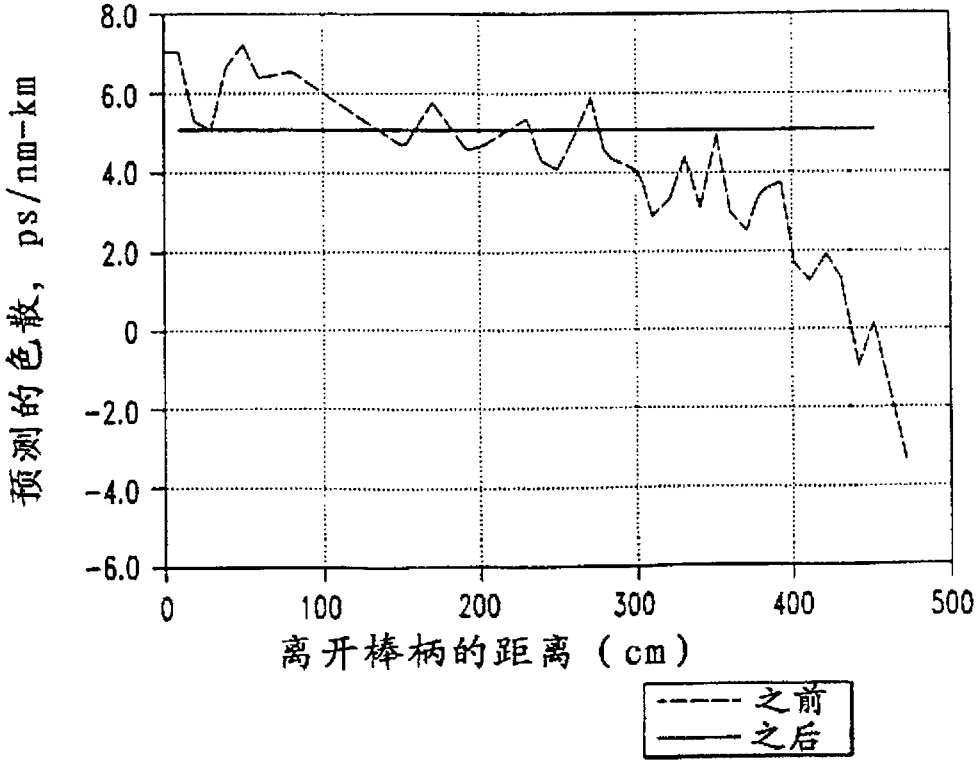

3.50
3.45
3.40
3.35
3.30
3.25
芯径（mm）
0
100
200
300
400
500
离开棒柄的距离（cm）
之前
之后

图 5B


8.0
6.0
4.0
2.0
0
-2.0
-4.0
-6.0
预测的色散，ps/nm-km
0
100
200
300
400
500
离开棒柄的距离（cm）
之前
之后