

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利说明书

G02B 6/34 (2006.01)

H04J 14/02 (2006.01)

H04J 14/00 (2006.01)

专利号 ZL 200610139260.2

[45] 授权公告日 2009年6月3日

[11] 授权公告号 CN 100495097C

[22] 申请日 2006.9.20

[21] 申请号 200610139260.2

[30] 优先权

[32] 2005.10.12 [33] JP [31] 2005-297822

[73] 专利权人 冲电气工业株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 小林秀幸 佐佐木健介

[56] 参考文献

US6384404B1 2002.5.7

US6628864B2 2003.9.30

US2002/0197013A1 2002.12.26

CN1466014A 2004.1.7

CN1363050A 2002.8.7

审查员 张 辉

[74] 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

代理人 黄纶伟

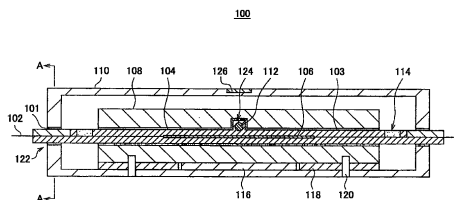
权利要求书 3 页 说明书 23 页 附图 14 页

[54] 发明名称

波长调节装置以及波长调节方法

[57] 摘要

波长调节装置和波长调节方法。本发明的课题是高精度地防止 FBG 的反射波长的不期望的变动，把 FBG 的反射波长调节为所期望的反射波长。作为解决手段，在调节光纤布拉格光栅的反射波长的波长调节装置中，具有：形成有光纤布拉格光栅 (106) 的光纤 (102)；固定光纤 (102) 的基体部件 (104)；检测基体部件 (104) 的温度的第 1 温度传感器 (112)；热组件 (116)，其对基体部件 (104) 进行调温，以使第 1 温度传感器 (112) 检测到的温度保持在所期望的温度；检测波长调节装置的外部温度的第 2 温度传感器 (124)；以及温度控制器 (130)，其根据第 2 温度传感器 (124) 所检测出的外部温度，控制热组件 (116)，以使基体部件 (104) 保持在所期望的温度。



1. 一种调节光纤布拉格光栅的反射波长的波长调节装置，其特征在于，该波长调节装置具有：

光纤，其形成有所述光纤布拉格光栅；

基体部件，其固定所述光纤；

第1温度传感器，其检测所述基体部件温度；

热组件，其对所述基体部件进行温度调节，使得所述第1温度传感器检测出的温度保持为所期望的温度；

第2温度传感器，其检测所述波长调节装置的外部温度；以及

温度控制器，其根据所述第2温度传感器检测出的所述外部温度，控制所述热组件，使得所述基体部件的温度保持为所期望的温度。

2. 根据权利要求1所述的波长调节装置，其特征在于，所述第2温度传感器位于所述波长调节装置的壳体上。

3. 根据权利要求1所述的波长调节装置，其特征在于，

所述温度控制器

具有波长特性数据存储部，该波长特性数据存储部存储表示光纤布拉格光栅的反射波长随温度变化的特性的波长特性数据，

根据所述波长特性数据，设定使光纤布拉格光栅的反射波长成为所期望的波长的温度，

与所述第2温度传感器检测出的外部温度的变化相应地，调节所述设定的温度。

4. 根据权利要求3所述的波长调节装置，其特征在于，

所述波长特性数据是

表示在规定的温度下，温度控制器所设定的温度和光纤布拉格光栅的反射波长之间的关系的波长调节特性数据；和

表示所述设定的温度与所述外部温度之差和光纤布拉格光栅的反射波长变动之间的关系的波长变动特性数据。

5. 根据权利要求4所述的波长调节装置，其特征在于，所述波长调

节特性数据和所述波长变动特性数据是通过仿真得到的数据。

6. 根据权利要求4所述的波长调节装置，其特征在于，所述温度控制器

根据所述波长调节特性数据，设定使光纤布拉格光栅的反射波长成为所期望的反射波长的温度，

根据所述波长变动特性数据，由所述设定的温度和所述外部温度之间的温度差计算反射波长的变动率。

7. 根据权利要求1所述的波长调节装置，其特征在于，所述基体部件由低热膨胀性的材料构成。

8. 根据权利要求1所述的波长调节装置，其特征在于，

所述波长调节装置具有支承所述基体部件的支承单元，

所述支承单元是所述波长调节装置的壳体、或者在所述壳体的内部支承所述基体部件的托架中的任一方或双方。

9. 根据权利要求8所述的波长调节装置，其特征在于，在所述支承单元和基体部件之间存在伸缩吸收材料，所述伸缩吸收材料吸收与温度变化相伴随的所述支承单元的膨胀或收缩。

10. 根据权利要求8所述的波长调节装置，其特征在于，所述托架由高热传导性的材料构成。

11. 根据权利要求8所述的波长调节装置，其特征在于，所述基体部件和所述托架在一处卡合。

12. 根据权利要求11所述的波长调节装置，其特征在于，所述的一处是所述托架在所述光纤的延长方向上的中央部。

13. 根据权利要求8所述的波长调节装置，其特征在于，

所述波长调节装置还具有由低热传导性的材料构成的热传导防止部件，

所述基体部件被所述托架和所述热传导防止部件围住。

14. 一种波长调节方法，该方法使用波长调节器，该波长调节器具有：光纤，其形成有光纤布拉格光栅；基体部件，其固定所述光纤；第1温度传感器，其检测所述基体部件的温度；热组件，其对所述基体部件

进行温度调节，使得所述第1温度传感器检测出的温度保持为所期望的温度，

所述波长调节方法的特征在于，包括以下步骤：

第1步骤，根据表示所述光纤布拉格光栅的反射波长和所述热组件的设定温度之间关系的波长调节特性数据，来设定使所述光纤布拉格光栅的反射波长成为所期望的反射波长的温度；

第2步骤，计算在所述第1步骤中设定的温度和所述波长调节器的外部温度之间的温度差；以及

第3步骤，基于表示所述热组件的设定温度与所述波长调节器的外部温度之间的温度差、和所述光纤布拉格光栅的反射波长的变动之间的关系的数据，根据所述第2步骤中计算出的温度差，调节在所述第1步骤中设定的温度。

15. 根据权利要求14所述的波长调节方法，其特征在于，

在所述波长调节器的外部温度变化时，所述波长调节方法包括：

第3步骤，计算所述第2步骤所设定的温度和所述波长调节器的外部温度之间的温度差；以及

第4步骤，基于所述波长变动特性数据，根据所述第3步骤计算出的温度差，调节在所述第2步骤中设定的温度。

16. 根据权利要求15所述的波长调节方法，其特征在于，重复所述第3步骤和所述第4步骤，调节所述热组件的设定温度。

17. 根据权利要求14所述的波长调节方法，其特征在于，所述波长调节特性数据和所述波长变动特性数据存储于温度控制器中，该温度控制器控制所述热组件，以使所述基体部件的温度保持在所期望的温度。

波长调节装置以及波长调节方法

技术领域

本发明涉及对光纤布拉格光栅的反射波长进行调节的波长调节装置和波长调节方法，特别涉及对温度变化引起的反射波长的变动进行自动控制的波长调节装置以及波长调节方法。

背景技术

近年来，由于因特网的普及等通信需求急速增大，使用光纤的高速大容量网络日渐完备。在这样的高速、大容量的光网络中，波分复用（Wavelength Division Multiplexing，以下也称为WDM）传输技术是不可或缺的，特别是将波长间隔变窄而在波长轴上高密度地配置光载波的，所谓的高密度WDM（Dense WDM，以下也称为DWDM）方式正在被关注。

此外，可以期待通过与复用分离度和通信安全性高的WDM或DWDM方式的并用来提高波长利用效率的光码分复用（Optical Code Division Multiplexing，以下也称为OCDM）方式的传输方式也正在被关注。OCDM方式是通过在发送侧对每个信道以不同的码进行调制，在接收侧由与发送侧相同的码来进行解调，由此进行复用分离的方式，公知有把多个波长与各波长的时间轴上的配置顺序作为码的波长跳/时间扩散并用方式（以后也称为波长跳方式）和把扩散后的光脉冲列的相对相位差作为码的相位码方式等。

作为WDM或DWDM系统的光滤波器件和OCDM系统中的编码器/解码器，公知有使用光纤布拉格光栅（Fiber Bragg Grating，以下也称为FBG。）的器件。FBG是在光纤的纤芯内形成格子状的折射率变化区域，即所谓光栅的器件，具有反射特定波长的光的特性。但是，公知FBG因为其折射率的温度依存性和由于温度引起的光纤的伸缩等，反射波长随FBG周边的外界温度（以下也称为环境温度）的变化而大幅变化。

作为抑制因环境温度而引起的FBG的反射波长变动的方法，可以列举出例如专利文献1中所公开的方法。根据该文献中记载的方法，在具有负的热膨胀系数的板状玻璃陶瓷基板上固定形成有FBG的光纤。于是，通过随着板状玻璃陶瓷基板的伸缩、光纤伸缩而引起的FBG的反射波长变动量，来补偿环境温度的变化所引起的FBG的反射波长变动。

专利文献1：日本特表2000-503415号公报

但是，特别是在上述的编码器/解码器中使用FBG时，因为在成对的编码器和解码器之间如果FBG的反射波长存在偏差则传输品质恶化，因此必须使反射波长基本上一致。上述方法仍然会产生波长变动，在编码器与解码器之间产生超过不使传输品质恶化的程度的波长差。并且，在上述方法中，无法变更在固定光纤时确定的反射波长。在无法相对于光源波长的起伏等调节FBG的反射波长的情况下，存在传输品质恶化的问题。

发明内容

本发明就是鉴于上述问题而提出的，其目的在于，提供一种新的改良后的波长调节装置以及波长调节方法，其高精度地防止FBG的反射波长的不期望的变动，且可将FBG的反射波长调节为所期望的反射波长。

为了解决上述课题，根据本发明的一个方面，提供了一种调节光纤布拉格光栅的反射波长的波长调节装置，其特征在于，该波长调节装置具有：形成有光纤布拉格光栅的光纤；固定光纤的基体部件；检测基体部件的温度的第1温度传感器；热组件，其对基体部件进行调温，使得第1温度传感器所检测出的温度保持在所期望的温度；检测波长调节装置的外部温度的第2温度传感器；以及温度控制器，其根据通过第2温度传感器所检测出的外部温度，控制热组件，使得基体部件的温度保持在所期望的温度。

根据上述发明，当设定了所期望的温度时，对应于该设定值与第1温度传感器检测出的温度之间的温度差，温度控制器控制热组件的调温，以使第1温度传感器检测出的温度与设定值相等。来自热组件的热传递到基体部件，基体部件被加热/冷却。因此通过温度控制器进行的热组件的控制，

固定了形成有FBG的光纤的基体部件被恒定地保持在规定的温度。并且，温度控制器根据第2温度传感器检测出的外部温度，来调节所设定的温度。根据以上的结构，由温度控制器通过热组件对基体部件的温度进行调温，通过反复进行温度的再调节，可适当地调节因波长调节装置的外部温度变化而引起的微小的波长变动，可稳定地维持所期望的反射波长。

上述第2温度传感器也可配置在波长调节装置的壳体上。第2温度传感器的设置位置只要在壳体的上部、下部、两侧面等的可检测波长调节装置的外部温度的位置即可。通过在波长调节装置的壳体上具有第2温度传感器，可检测各波长调节装置的外部温度，因此可以通过上述温度控制器进行适合于各波长调节装置的温度调节。

上述温度控制器具有波长特性数据存储部，该波长特性数据存储部存储表示光纤布拉格光栅的反射波长温度变化特性的波长特性数据，根据波长特性数据，设定使光纤布拉格光栅的反射波长成为所期望的波长的温度，还可根据第2温度传感器检测出的外部温度的变化调节所设定的温度。由此，可以利用波长调节装置所具备的光纤布拉格光栅的波长特性数据，调节温度控制器所设定的温度。

并且，上述波长特性数据也可以是波长调节特性数据和波长变动特性数据，其中，该波长调节特性数据表示在规定的环境温度中，温度控制器所设定的温度和光纤布拉格光栅的反射波长之间的关系，该波长变动特性数据表示所设定的温度与外部温度之间的温度差和光纤布拉格光栅的反射波长的变动之间的关系。优选波长调节特性数据和波长变动特性数据为波长调节器（或波长调节装置）的实测数据，但也可以是通过仿真而得到的数据。通过所述结构，因为可以得到各波长调节装置的波长特性数据，因此可更加精密地控制温度。

并且，也可根据波长变动特性数据，根据所设定的温度与外部温度之间的温度差计算反射波长的变动率。由此，当外部温度变化时，可计算外部温度与设定温度之间的温度差引起的反射波长变动率，对温度进行再调节。因为可考虑与外部环境之间的温度差，因此可更加精密地调节温度，高精度地调节波长。

所述基体部件可由低热膨胀性的材料构成。根据所述结构，能够抑制与环境温度等的变化相伴随的基体部件的膨胀或收缩。因此，能够防止固定在基体部件上的光纤因基体部件的膨胀或收缩而引起的伸缩。

所述波长调节装置具有支承所述基体部件的支承单元，支承单元可以是波长调节装置的壳体、或者在壳体的内部支承基体部件的托架中的任一方或双方。

伸缩吸收材料介于支承单元和基体部件之间，收缩吸收材料吸收与温度变化相伴随的支承单元的膨胀或收缩。根据所述结构，能够防止支承单元的膨胀或收缩传递到基体部件。

托架可以由高热传导性的材料构成。根据所述的结构，因为热组件的加热/冷却容易从托架传递到基体部件，因此能够不发生延迟地进行与温度控制器的控制相应的基体部件的温度调节。

所述基体部件和托架可在1处卡合。根据所述结构，能够防止基体部件在光纤的延长方向上移动。并且，通过在1处卡合，能够防止在卡合部分基体部件受到托架的膨胀或收缩的影响。

所述的1处可以是托架的光纤延长方向的中央部。根据所述结构，在托架膨胀或收缩的情况下也不易发生位置偏移的中央部设置卡合部分。因此，在卡合部分能够防止基体部件受到托架的膨胀或收缩的影响。

所述波长调节装置还具有由低热传导性的材料构成的热传导防止部件，基体部件也可以构成为被托架和热传导防止部件围住。托架如上所述介于热组件与基体部件之间，优选热传导防止部件配置为与热组件相隔离，以不阻碍从热组件到基体部件的热传递。并且，托架与热传导防止部件可一体构成。根据所述的结构，因为热传导防止部件抑制了环境温度的变化传递到基体部件，因此能够防止在基体部件上产生温度分布。

为了解决上述问题，根据本发明的另一方面，提供了一种波长调节方法，该方法使用波长调节器，该波长调节器具有：形成有光纤布拉格光栅的光纤；固定光纤的基体部件；检测基体部件的温度的第1温度传感器；热组件，其对基体部件进行调温，以使第1温度传感器所检测出的温度保持在所期望的温度，所述波长调节方法的特征在于，具有以下步骤：

第1步骤，根据表示光纤布拉格光栅的反射波长和热组件的设定温度之间关系的波长调节特性数据，来设定使光纤布拉格光栅的反射波长成为所期望的反射波长的温度；第2步骤，计算在第1步骤中所设定的温度和波长调节器的外部温度之间的温度差；以及第3步骤，基于表示热组件的设定温度与波长调节器的外部温度之间的温度差、和光纤布拉格光栅的反射波长变动之间的关系的波长变动特性数据，根据第2步骤中所计算的温度差调节在第1步骤中所设定的温度。

根据上述发明，能够根据波长调节特性数据设定成为所期望的反射波长的温度，可以根据波长变动特性数据，抑制由外部温度和设定温度之间的差产生的波长变动，稳定地维持规定的反射波长。

上述波长调节方法也可包含：第3步骤，当波长调节器的外部温度变化时，计算通过第2步骤设定的温度和波长调节器的外部温度之间的温度差；以及第4步骤，基于波长变动特性数据，根据第3步骤所计算出的温度差，调节在第2步骤中设定的温度。由此，根据波长变动特性数据，对所设定的温度进行再调节，能够抑制因外部温度的变化而产生的微小波长变动。

并且，也可重复上述第3步骤和上述第4步骤，调节热组件的设定温度。由此，可自动地对设定温度进行再调节，使FBG的反射波长成为所期望的反射波长。

并且，上述波长调节特性数据和上述波长变动特性数据也可存储在温度控制器中，该温度控制器控制热组件，以使基体部件的温度保持在所期望的温度。

根据以上说明的本发明，可防止FBG的反射波长的不期望的变动，且可将FBG的反射波长调节到所期望的反射波长。

附图说明

图1是表示使用本发明的第1、第2实施方式的波长调节装置而构成的光纤网络的概略的说明图。

图2是表示本发明的第1、第2实施方式的波长调节器的外观的立体图。

图3是第1实施方式的波长调节器的剖面图。

图4是说明第1实施方式的温度控制器的功能的方框图。

图5是表示第1实施方式的SSFBG的结构说明图。

图6是图3的A-A截面的剖面图。

图7是表示第1实施方式的基于设定温度的波长调节特性的曲线图。

图8是表示第1实施方式的波长调节器的反射波长的环境温度依存性的曲线图。

图9是说明第1实施方式的波长调节装置的波长调节时的动作的说明图。

图10是第2实施方式的波长调节器的剖面图。

图11是图10的B-B截面的剖面图。

图12是表示第2实施方式的基于设定温度的波长调节特性的曲线图。

图13是表示第2实施方式的波长调节器的反射波长的环境温度依存性的曲线图。

图14是表示进行第2实施方式的波长调节时的波长调节器的反射波长的环境温度依存性的曲线图。

图15是表示第2实施方式的与设定温度的变化相伴随的基体部件的最大温度差的曲线图。

图16是表示第2实施方式的与基体部件的最大温度差相伴随的相对P/W值的曲线图。

具体实施方式

以下，参照附图，对本发明的优选实施方式详细地进行说明。在本说明书和附图中，对于具有实质上相同的功能结构的构成要素，通过赋予相同的标号来省略重复说明。

(第1实施方式)

下面，将本发明的波长调节器应用于可以在相位码方式OCDM中用作编码器/解码器的波长调节器100，并进行说明。在相位编码方式OCDM的编码器/解码器中，有使用具有多点相移结构的超结构FBG

(Superstructure FBG, 以下也称为SSFBG)的情况。SSFBG是对于长度和折射率变化区域的周期相同(即,反射波长相等)的多个FBG(下面,称为单位FBG),设置与待构成的码相对应地任意设定的单位FBG间的间隔(也包括0)而构成的。在该情况下,即使成对的编码器与解码器的波长差仅有几pm(皮米)也不能准确地进行解码,所以需要使编码器和解码器的波长高精度地一致。

本实施方式的波长调节器100可防止FBG的反射波长的不期望的变动。因此,如果把波长调节器100应用于编码器/解码器,即可防止由于编码器和解码器各自具有的单位FBG的反射波长分别变动而引起的编码器和解码器的波长不一致。

并且,本实施方式的波长调节器100可将FBG的反射波长调节到所期望的波长。因此,如果把波长调节器100应用于编码器/解码器,通过把编码器/解码器的波长调节到所期望的波长,就可应对光源的起伏。

首先,根据图1,对使用本实施方式的波长调节器100而构成的光纤网络的概略进行说明。图1是说明使用本实施方式的波长调节器100而构成的光纤网络的概略的说明图。如图1所示,本实施方式的光纤网络例如由数据通信装置10、控制装置20、光纤网络网30、控制装置40、PC 50等构成。从数据通信装置10发送的电信号被控制装置20复用,转换为光信号。由控制装置20转换的光信号经由光纤网络网30,发送到控制装置40。发送到控制装置40的光信号被转换为电信号,并发送到各PC 50。

在控制装置20中,具有1个或2个以上的用作为编码器的波长调节器100。控制装置20根据光源波长的状态等,控制通过波长调节器100编码的波长。即,波长调节器100通过控制装置20的控制,可对应于光源的起伏而调节波长。并且,在与各PC 50连接的控制装置40中,也具有和控制装置20所具备的波长调节器100成对的、作为解码器使用的波长调节器(未图示)。控制装置40所具备的波长调节器与波长调节器100同样,根据光源的状态等调节所解码的波长。

在波长调节器100中所使用的FBG的反射波长变动的主要原因中,有温度和应力这2个主要原因。温度是FBG的温度,伴随FBG的温度变化,

反射波长变动。因此，当FBG的周围温度（环境温度）变化时，该温度变化被传递到FBG，FBG的反射波长改变。应力是对FBG或形成有FBG的光纤的应力，伴随应力的变化，反射波长发生变动。在应力中，包含光纤的径向上的应力和光纤的延长方向上的应力。根据本实施方式的波长调节器100，能够抑制与壳体110的伸缩相伴随的对于光纤的应力传递所引起的FBG的反射波长变动。并且，能够抑制由于温度的变化而引起的FBG的反射波长的不期望的变动。而且，通过在抑制因应力变化引起的FBG的反射波长变动的同时，控制FBG的温度，从而能够把FBG的反射波长引导至所期望的波长。以下，对于波长调节器100详细地进行说明。

<波长调节器的结构>

图2是概略表示波长调节器100的外观的立体图。如图2所示，波长调节器100具有壳体110、基体部件104和光纤102。光纤102被基体部件104围住。基体部件104从壳体110的两端突出。吸收壳体110的膨胀或伸缩的第1伸缩吸收剂101介于基体部件104和壳体110之间。并且，波长调节器100通过连接器128与温度控制器连接。温度控制器与检测波长调节器100的内部温度的第1温度传感器、检测波长调节器100的外部温度的第2温度传感器126、以及使第1温度传感器检测到的温度保持在所期望的温度的热组件连接。对于温度控制器、第1温度传感器和第2温度传感器，在后面详细地进行说明。本发明的波长调节装置包含波长调节器100和温度控制器而构成。在本实施方式中，波长调节器100和温度控制器构成为分体的设备，但波长调节器100和温度控制器也可一体地构成。

参照图3，详细地说明波长调节器100的结构。图3是波长调节器100的剖面图。波长调节器100主要具有：形成有SSFBG 106的光纤102、基体部件104、托架108、壳体110、第1温度传感器112、热组件116、第2温度传感器126和温度控制器（未图示）。

首先，对于构成波长调节器100的各结构要素之间的关系进行说明。在未施加拉力或压力等的应力的状态下，形成有SSFBG 106的光纤102在2处的粘结部114上，与基体部件104粘结，固定在基体部件上。作为粘结剂，可利用紫外线固化型的丙烯系粘结剂或环氧系等的粘接剂。并且，光纤102

例如可通过硅酮润滑脂等的热传导性高的物质，紧贴在基体部件上。

基体部件104被托架108支承。此时，优选基体部件104和托架108配置为，使得固定于基体部件上的光纤102上所形成的SSFBG 106位于托架108中的光纤102的延长方向的中央部。但是，即使不在中央部，SSFBG 106只要配置为位于托架108内即可。第2伸缩吸收材料103介于基体部件104和托架108之间。

托架108隔着第2伸缩吸收材料103支承基体部件104。即，基体部件104成为即使接触或紧贴、施力的部位也能移动的状态，而未通过焊接、锡焊、螺钉、螺栓、销进行固定、结合等的机械性固定。因此，第2伸缩吸收部件103吸收伴随温度变化引起的托架108的膨胀或收缩。因此，托架108的膨胀或伸缩不会传递到基体部件。作为第2伸缩吸收材料103，例如可列举出硅酮润滑脂。如果经由硅酮润滑脂把基体部件104和托架108接合，则不仅提高两者间的润滑性，吸收托架108的膨胀或收缩，而且可提高基体部件104和托架108之间的热传导效率。此外，作为第2伸缩吸收材料103，并不限于硅酮润滑脂，只要是吸收托架108的膨胀或收缩，并且接合基体部件104和托架108的材料，即使是凝胶状的物质也可，具有粘性的物质也可。并且，更加优选热传导性高的物质。

并且，基体部件104在卡合部124与托架108卡合。卡合部124由形成在基体部件104上的突起部和形成在托架108上的槽部构成。如上所述，基体部件104被托架108和壳体110支承，均不是机械地固定。因此，当光纤102被拉伸时等，存在基体部件104向光纤102的延长方向移动，而从壳体110中脱出的可能性。因此，通过把基体部件104的突起部插入托架108的槽部而卡合，可防止基体部件向光纤102的延长方向移动。

并且，在卡合部124中，为了可靠地不向基体部件104传递托架108的膨胀或收缩，优选在突起部142和槽部140之间，至少留有0.5mm的间隙。该间隙也和上述相同填充第2伸缩防止材料103。

此外，在后面，把托架108中的光纤102的延长方向也称为托架108的长度方向。同样，把壳体110中的光纤102的延长方向也称为壳体110的长度方向，把基体部件104中的光纤102的延长方向也称为基体部件104的

长度方向。

而且，基体部件104也被壳体110支承。更加详细地，在壳体110的两端，形成用于贯穿光纤102的通孔。在波长调节器100上，光纤102在被固定在基体部件上的状态下贯穿在壳体110的通孔中。即，基体部件104的两端也分别贯穿在壳体110的两端形成的通孔中。在该壳体110的两端的通孔处，基体部件104隔着第1伸缩吸收剂101被壳体110支承。

基体部件104和壳体110之间的间隙，如图6所示的图3的A-A截面剖面图所示，被第1伸缩吸收剂101密封。壳体110隔着第1伸缩吸收材料101支承基体部件104，与基体部件104之间未被机械固定。因此，第1伸缩吸收材料101吸收伴随温度变化引起的壳体110的膨胀或收缩。因此，壳体110的膨胀或收缩不会传递到基体部件104。

并且，壳体110的通孔和插入该通孔中的基体部件104之间的间隙被第1伸缩吸收剂101密封。通过对间隙进行密封，能够防止尘埃或水分等的异物侵入壳体110的内部。作为第1收缩吸收材料101，例如可列举出硅橡胶。因为硅橡胶即使在硬化后也具有柔软性，不会牢固地固定基体部件104和壳体110，可吸收壳体110的膨胀或收缩。此外，第1伸缩吸收材料101并不限于硅橡胶，只要是在硬化后也具有柔软性，能够吸收壳体110的膨胀或收缩，并且可密封通孔与基体部件之间的间隙的物质即可，即使是凝胶状物质也可，具有粘性的物质也可。

返回图3，在基体部件104的中央部具有第1温度传感器112。并且，即使不在中央部，只要在SSFBG 106的附近即可。第1温度传感器112检测基体部件104的温度。此外，在图3中第1温度传感器112配置在卡合部124上，但如上所述，只要配置在SSFBG 106的附近，不在卡合部124也可。

托架108与热组件116和绝热材料118接触。并且，托架108通过由低热传导性材料制成的螺钉120固定在壳体110上。

热组件116固定在壳体110的内表面的一部分上。热组件116与托架108接触，加热/冷却托架108。在热组件116的两侧配置有绝热材料118，绝热材料118也固定在壳体110的内表面。

第2温度传感器126设置在壳体110的上表面。在图3中，第2温度传感

器126埋入在壳体110中，设置为与壳体110成一体，但不限于此例，也可设置为从壳体110中突出，还可以另外设置在壳体110的外周上。并且，第2温度传感器126的设置位置不限于壳体110的上表面，也可设在壳体110的下表面或侧面。

热组件116、第1温度传感器112以及第2温度传感器126与位于壳体110的外部的温度控制器连接。以上，对于构成波长调节器100的各结构要素之间的关系进行了说明。接着，对于各结构要素详细地进行说明。

壳体110是由在表面实施了镀金的铜制成，但并不限于此，例如可以使用铝等便宜且易于加工的材料。在本实施方式中的壳体110为箱状，在长度方向的任一侧面具有端子部，该端子部由连接到热组件116的1对电力供给端子和从第1温度传感器112引出的1对输入端子构成，经由该端子部连接有温度控制器。并且，具有在壳体110的上表面设置的第2温度传感器126的1对电力供给端子，与温度控制器连接。当第2温度传感器126另外设置在壳体110的外周上时，也可使第2温度传感器126和温度控制器直接连接。

绝热材料118由环氧玻璃材料制成，但并不限于此，例如可以用聚醚醚酮(PEEK)材料或云母等的低热传导性的材料。并且，也可除去绝热材料118，用由低热传导性的材料制成的螺钉将托架108架设固定，形成空气绝热或真空绝热。

热组件116由使用Peltier元件的加热/冷却组件构成。在本实施方式中设热组件116为1个而进行说明，但也可按照托架108的形状和尺寸配置多个。

基体部件104由低热膨胀性的材料构成。作为低热膨胀性的材料，例如可以列举出因瓦合金、玻璃陶瓷等。作为基体部件104，优选由热膨胀系数在 $1.2 \times 10^{-6}/K$ 以下的材料构成。基体部件104的形状优选为包围所固定的光纤102的形状。通过伸缩吸收材料吸收托架108和壳体110的膨胀或收缩，由于膨胀或吸收的程度，存在不能完全吸收的可能性。在这样的情况下，只要基体部件104是包围光纤102的形状，由于基体部件的刚性比通过伸缩吸收材料传递的应力大，因此隔断了托架108和壳体110的膨

胀或收缩向光纤102的传递。在本实施方式的基体部件104中，形成了用于固定光纤102的槽，其截面为呈凹形的方柱形。并且，基体部件104的形状不限于方柱形，可以是截面为圆形的筒状，也可是截面为V形、U形的形状，其它只要是包围光纤的形状，则无论其是哪种形状均可。基体部件104的光纤102的延长方向上的长度大于等于壳体110的光纤102的延长方向上的长度。

托架108由高热传导性的材料构成。作为高热传导性的材料，例如，可列举出铜、铝等。作为托架108，优选由热传导率在 $398\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以上的材料来构成。上述卡合部124配置在托架108的长度方向的中央部。当托架108被均匀加热/冷却时，托架108以长度方向的中央部为中心进行膨胀或收缩。通过把卡合部124配置在托架108的中央部，即使由于膨胀或收缩，位置也不易偏移。

第1温度传感器112和第2温度传感器126分别由热敏电阻构成，但不限于此，例如可以利用热电偶或铂热电阻体等。

光纤102是在纤芯中添加锗等、提高了紫外感光性的单模光纤中，形成具有多点相移结构的SSFBG 106的结构。图5表示作为码序列使用15位的M系列的情况下的SSFBG 106的结构概略。在图5中，用“A”~“P”表示的单位FBG，其全部的长度相等，且具有相同的折射率调制区域周期。在此，单位FBG“C”和“D”或者“G”和“H”之间示出的“ $\lambda/4$ ”是指当设光载波的波长为 λ 时，空出相当于 $\lambda/4$ 的间隔来配置单位FBG，“0”是指相邻的单位FBG彼此紧贴（即，间隔为0）着配置。相当于上述的 $\lambda/4$ 的间隔是相当于光载波的相位 $\pi/2$ 的间隔，因此例如从图5的左侧（单位FBG“A”侧）入射光脉冲时，相对于单位FBG“A”、“B”和“C”处的反射脉冲，单位FBG“D”、“E”、“F”和“G”处的反射脉冲的相位偏移了 π 。

以上，对于构成波长调节器100的各结构要素进行了说明。接着，根据图4，对于温度控制器130进行说明。在温度控制器130中，具有存储波长特性数据的波长特性数据存储部132，该波长特性数据表示FBG的反射波长根据温度变化的特性。如上所述，温度控制器130与第1温度传感器

124、热组件116以及第2温度传感器126连接。温度控制器130控制热组件116，以使通过第1温度传感器所检测出的温度保持在所期望的温度。并且，根据通过第2温度传感器126所检测出的外部温度，控制热组件116，以使第1温度传感器保持在所期望的温度。

<基于设定温度的波长调节>

接着，对于基于通过温度控制器130设定的设定温度的波长调节进行说明。波长调节器100的波长调节通过改变包含SSFBG 106的光纤102的温度来进行。更加详细地说，波长调节器100通过控制包含在SSFBG 106中的各单位FBG的温度，来控制FBG的反射波长，调节SSFBG 106整体的波长。

在温度控制器130中，当把设定温度设定为预定的值时，相应于该设定值与第1温度传感器112的检测温度之差，温度控制器130控制热组件116的加热/冷却，以使温度传感器112的检测温度等于设定值。来自热组件116的热经由托架108传递到基体部件104。即，热组件116经由托架108来对基体部件104进行加热/冷却。因此，通过温度控制器130对热组件116的控制，基体部件104固定地保持在预定的温度。

在此，把热组件116的热传递到基体部件104的高热传导性的托架108覆盖基体部件104，因此能够抑制基体部件104的长度方向的温度分布的发生。

并且，基体部件104没有被机械地固定在托架108上，只是隔着第2伸缩吸收材料103而被支承。因此，因热组件116的加热/冷却而产生的托架108的膨胀或收缩不会传递到基体部件104。并且，基体部件104也没有被机械地固定在壳体110上，只是隔着第1伸缩吸收材料101而被支承。因此，因环境温度的变化而产生的壳体110的膨胀或收缩不会传递到基体部件104。并且，基体部件104由低热膨胀材料构成，因此也不产生基体部件104自身的膨胀或收缩。

并且，光纤102中包含的SSFBG 106被固定在基体部件104上，因此，托架108和壳体110的膨胀或收缩不会传递到SSFBG 106。即，对SSFBG 106施加的应力不会随着托架108和壳体110的膨胀或收缩而变化，因此即使托架108和壳体110膨胀或收缩，SSFBG 106的各单位FBG的反射波长也

不变动，SSFBG 106的波长不变动。因此，SSFBG 106仅由于温度变化而波长变动。即，可以仅通过温度来控制SSFBG 106的反射波长。

图7中示出在本实施方式的波长调节器100中，温度控制器130的基于设定温度的波长调节特性。图7的横轴是温度控制器130的设定温度，纵轴表示SSFBG 106的反射波长的变化量。在图7中，利用黑三角表示测定点，利用直线160表示对这些测定点进行平滑化处理后的值。直线160通过以下的式子表示。

$$y=11.7x-286.4 \quad (\text{式1})$$

在设定温度从15℃到45℃时，波长调节器100的反射波长可进行300pm以上的调节。因此，可以充分地进行例如与光源波长的起伏相应的波长调节。本实施方式的温度控制器130可以进行以0.1℃为单位的温度设定，因此能够按照1pm的波长调节分辨率来调节波长调节器100的反射中心波长。

<波长稳定性>

以上，对基于设定温度的波长调节进行了说明。接着，对于本实施方式的波长调节器100的波长稳定性进行说明。当作为波长调节器100的外部温度的环境温度改变时，伴随环境温度的变化，壳体110进行伸缩。但是，如上所述，由于以下原因：SSFBG 106仅与基体部件104紧贴而固定；基体部件104与托架108和壳体110都不是机械地固定；由于第1伸缩吸收剂101的柔软性，壳体110的伸缩被伸缩吸收剂101吸收；基体部件104比伸缩吸收剂101硬，所以，壳体110的伸缩不会传递到SSFBG 106，SSFBG 106不会因应力而引起波长变动。

并且，托架108覆盖基体部件104的周围，因此热组件116的加热/冷却能够充分地传递，能够不在基体部件104（特别是SSFBG区域）上产生温度分布的情况下保持为设定温度（设定波长）。

图8表示在本实施方式的波长调节器100中，把温度控制器130的设定温度设为45℃时的反射波长的环境温度依存性。图8的横轴表示相对环境温度，纵轴表示SSFBG 106的反射波长的变化量。在此，相对环境温度是指温度控制器130所设定的设定温度与环境温度之差。在图8中，以黑色

菱形表示的点为测定点，利用直线162表示把这些测定点进行平滑化处理后的值。直线162通过以下的式子表示。

$$Y=0.4853x+4.5855 \quad (\text{式2})$$

从图8中可以明了，相对环境温度从-50℃到+10℃的范围内的最大波长变动量为27pm，波长变动率为环境温度每变动1℃波长变动0.5pm。

图7中示出的表示设定温度与反射波长之间的关系的波长调节特性数据和图8中示出的表示相对环境温度与反射波长的变动之间的关系的波长变动特性数据，存储在温度控制器130所具有的波长特性数据存储部132中作为波长特性数据。

<相对于环境温度变化的波长调节方法>

以上，对于波长调节器100的波长稳定性进行了说明。接着，对于波长调节装置中相对于环境温度变化的波长调节方法进行说明。

当在温度控制器130中设定预定的波长时，以通过第2温度传感器126检测出的壳体110的温度为基础，根据存储在温度控制器130所具备的波长特性数据存储部132中的波长特性数据，计算热组件116的设定温度。通过温度控制器130控制热组件116的加热/冷却，以使通过第1温度传感器112检测出的基体部件104的温度与设定温度相等。

在此，当通过第2温度传感器126所检测的壳体110的温度（≒环境温度）变化时，根据壳体110的温度变化量和存储在波长特性数据存储部132中的波长特性数据，再次计算热组件116的设定温度，再次调节基体部件104的温度，以使反射波长成为预定的反射波长。这样，与通过第2温度传感器126检测的壳体110的温度（≒环境温度）变化相对应，通过适当地重复进行设定温度的再调节，能够自动且稳定地维持设定的波长。

接着，使用图9说明波长调节装置的波长调节时的动作。例如，对于环境温度25℃的热组件25℃设定时的波长为1550.000nm，波长调节特性为10pm/℃，基于相对环境温度的波长变动特性为0.5pm/℃的波长调节器100的工作进行说明。首先，输入设定波长（1550.000nm）（S100）。然后，通过第2温度传感器126检测环境温度（25℃）（S102）。

判定在步骤S102中检测出的环境温度是否正在变化（S104）。在判

定为步骤S102中检测出的环境温度未变化的情况下，或者是在初次检测的环境温度的情况下，计算热组件116的设定温度（S108）。为了在环境温度25℃下使波长为1550.100nm，通过下式计算出设定温度为35℃。

$$T_{set} = 25^{\circ}\text{C} + (1550.100\text{nm} - 1550.000\text{nm}) / (10\text{pm}/^{\circ}\text{C}) = 35^{\circ}\text{C} \quad (\text{式3})$$

温度控制器130把根据式3计算出的温度（35℃）设定为热组件116的温度。在该情况下，相对环境温度变为-10℃（环境温度25℃－设定温度35℃）。由于波长调节器100的波长变动特性为0.5pm/℃，对于基于设定温度的调节波长估计变动-5pm波长。由于波长调节器100的波长调节特性为10pm/℃，为了抑制-5pm的波长变动，把设定温度提高0.5℃。即，在步骤S108中计算出热组件116的设定温度为35.5℃，把热组件116的设定温度控制在35.5℃（S110）。此时，相对环境温度也进一步变化0.5℃，但由于该相对环境温度的变化引起的波长变动微小，因此可忽略。

在步骤S110中，通过热组件116加热/冷却托架108之后，通过第1温度传感器检测基体部件104的温度（S112）。判定在步骤S112中所检测的第1温度传感器112的温度与在步骤S108中计算出的设定温度是否为相等的温度（S114）。在步骤S114中，当判定为通过第1温度传感器所检测的温度与设定温度不是相等的温度时，重复步骤S110和步骤S112的处理，直至通过第1温度传感器检测出的温度与设定温度成为相等的温度。

在步骤S114中，当判定为通过第1温度传感器所检测出的温度与设定温度是相等的温度的情况下，在步骤S102中再次通过第2温度传感器检测环境温度。在此，当环境温度变为27℃时，在步骤S104中，判定为环境温度正在变化，计算相对环境温度（S106）。因为相对于设定温度35.5℃，环境温度为27℃，因此在步骤S106中，计算出相对环境温度为-8.5℃。根据相对环境温度的变化量和波长变动特性，估计波长变动+1pm。为了抑制波长变动，温度控制器130把设定温度降低0.1℃。即，在步骤S108中算出热组件116的设定温度为35.4℃，把热组件116的设定温度控制在35.4℃。此时，相对环境温度也进一步变化0.1℃，该情况下的相对环境温度变化引起的波长变动微小，因此可以忽略。

这样，通过温度控制器130反复进行热组件116的设定温度的再调节，

即使在环境温度变化时，也可稳定地维持预定的反射波长。

以上对相对于环境温度变化的波长调节方法进行了说明。根据第1实施方式，能够廉价地且以简单的结构来实现能够以1pm以下的波长调节分辨率进行波长调节幅度300pm以上的任意波长的调节的OCDM相位编码器/相位解码器，不受相位编码器/相位解码器中包含的SSFBG的制造误差的影响，能够使成对的相位编码器和相位解码器的波长高精度地一致。

并且，通过本实施方式的波长调节方法，自动地对因环境温度的变化而产生的微小的波长变动进行再调节，即使不考虑设置环境温度的差异，也能够把相位编码器和相位解码器的反射波长稳定地维持在预定的波长。

(第2实施方式)

接着，对于本发明的第2实施方式进行说明。在第2实施方式中，把本发明的波长调节器应用于在相位编码方式OCDM中可作为编码器/解码器使用的波长调节器200进行说明。第2实施方式的波长调节器200与第1实施方式的波长调节器100具有基本上相同的结构、功能，但在基体部件被由高热传导性的材料制成的托架和由低热传导性的材料制成的盖体包围这一点与波长调节器100不同。以下，对于具有与波长调节器100基本上相同的结构、功能的结构要素，在图中赋予相同的标号，并省略其说明，对于与波长调节器100不同的部分进行说明。

<结构的说明>

图10是表示波长调节器200的结构的剖面图。在波长调节器200中，基体部件104隔着第2伸缩吸收材料103被托架208支承。在第1实施方式中，托架108是包围基体部件的整个外周的形状。在本实施方式中，托架208为上部开口的箱体形状，在底部放置基体部件，为包围基体部件外周的一部分的形状。托架208的开口的上部由作为热传导防止部件的一例的盖体210来封住。托架208与第1实施方式的托架108同样地由高热传导性的材质构成。盖体210由低热传导性的材料构成。作为低热传导性的材料，例如可以列举环氧玻璃材料、聚醚醚酮材料等。并且，优选盖体210由热传导率在 $0.8\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以下的材料构成。

图11(a)是图10的B-B截面的剖面图。如图11(a)所示,托架208的截面为凹形,包围着基体部件104的上部以外的外周。与第1实施方式同样,第2伸缩吸收材料103介于托架208和基体部件104之间,托架208隔着第2伸缩吸收材料103支承基体部件104,且向基体部件104传递来自热组件116的热。

由盖体210覆盖托架208与基体部件104的上部,即,托架208与热组件116的接触部分(底面)的相反侧。第2伸缩吸收材料103还介于盖体210和基体部件104以及托架208之间,隔着第2伸缩吸收材料103,盖体210和基体部件104,以及盖体210和托架208之间紧贴在一起。因此,基体部件104隔着第2伸缩吸收材料103被托架208和盖体210围住。根据该结构,热组件116可经由托架208对基体部件104进行加热/冷却,并且,能够通过盖体210阻止环境温度的变化向基体部件104传递。因此,与第1实施方式相比,可更加可靠地抑制基体部件104的长度方向的温度分布的产生。

并且,以上热传导防止部件作为盖体210与托架208分体构成,但托架208也可与热传导防止部件一体地构成。例如,如图11(b)所示,把从与热组件116的接触部分开始至基体部件104的底面为止的部分(用标号208a表示的区域)用高热传导性的材料构成,以相当于托架,把包围基体部件104的侧面和上部的部分(用标号210a表示的区域)用低热传导性的材料构成,以相当于热传导防止部件。并且,可适当设定由高热传导性的材料构成的部分和由低热传导性的材料构成的部分之间的比例,但为了能够把来自热组件116的热高效地传递给基体部件104,优选至少把从与热组件116的接触部分开始至到达基体部件104的一部分为止的部分的区域用高热传导性的材料构成。

在本实施方式中,与第1实施方式相同,第1温度传感器112、第2温度传感器124以及热组件116与温度控制器130连接。第1温度传感器112、第2温度传感器126以及热组件116与温度控制器130之间的关系以及温度控制器130的功能与第1实施方式相同,因此省略说明。

<基于设定温度的波长调节>

波长调节器200的波长调节与波长调节器100的波长调节相同,通过

改变包含SSFBG 106的光纤102的温度而进行。在温度控制器130中,当把设定温度设定为预定的值时,与该设定值和第1温度传感器112的检测温度之差相对应地,温度控制器130对热组件116的加热/冷却进行控制,以使温度传感器112的检测温度等于设定值。来自热组件116的热经由托架208传递到基体部件104。即,热组件116经由托架208对基体部件104进行加热/冷却。因此,通过温度控制器130对热组件116的控制,基体部件104固定地保持在预定的温度。

在此,通过来自热组件116加热/冷却的托架208的热传导,基体部件104被加热/冷却。此时,由于由高热传导性材料制成的托架208覆盖基体部件104的下表面和长度方向的两个侧面,因此可抑制基体部件104的长度方向的温度分布的产生。而且,低热传导材料的盖体210覆盖基体部件104和托架208的上表面,也可抑制经由壳体110进行的热放射所引起的温度变化。由此,能够进一步抑制基体部件104的长度方向的温度分布的产生。

并且,托架208和盖体210以及基体部件104之间不是机械固定,而仅通过硅酮润滑脂紧贴在一起。因此,由于热组件116的加热/冷却而产生的托架208和盖体210的伸缩不会传递到基体部件104。并且,基体部件104由低热膨胀材料构成,因此也不产生基体部件104自身的伸缩。因为光纤器件102中所包含的SSFBG 106固定在基体部件104上,因此伴随基体部件104的温度变化,仅SSFBG 106的温度变化,从而仅通过温度就能控制SSFBG 106的反射波长。

在图12中示出根据本实施方式的波长调节器200的温度控制器130的基于设定温度的波长调节特性。图12的横轴是温度控制器130的设定温度,纵轴表示SSFBG 106的反射波长的变化量。在图12中,利用黑三角表示测定点,利用直线164表示对这些测定点进行平滑化处理后的值。直线164通过以下的式子表示。

$$y=11.4x-279.3 \quad (\text{式4})$$

在设定温度从15℃到45℃时,波长调节器200的反射波长可调节300pm以上。因此,可以充分地实现例如与光源波长的起伏相应的波长调

节。本实施方式的温度控制器130能够以0.1℃为单位进行温度设定，因此能够以1pm的波长调节分辨率来调节波长调节器200的反射中心波长。

<波长稳定性>

以上，对基于设定温度的波长调节进行了说明。接着，对于本实施方式的波长调节器200的波长稳定性进行说明。当作为波长调节器200的外部温度的环境温度改变时，伴随环境温度的变化，壳体110进行伸缩。但是，由于以下原因：SSFBG 106仅与基体部件104紧贴而固定；基体部件104未机械地固定在托架208、盖体210以及壳体110的任一方向上；由于第1伸缩吸收剂101的柔软性，壳体110的伸缩被第1伸缩吸收剂吸收；基体部件104比第1伸缩吸收剂101硬，所以，壳体110的伸缩不会传递到SSFBG 106，由此SSFBG 106不会因应力而引起波长变动。

并且，托架208和盖体210覆盖基体部件104的周围，因此热组件116的加热/冷却能够充分地传递，能够在不在基体部件104（特别是SSFBG区域）中产生温度分布的情况下保持在设定温度（设定波长）。

图13表示在本实施方式的波长调节器200中，把温度控制器130的设定温度设为45℃时的反射波长的环境温度依存性。图13的横轴表示相对环境温度，纵轴表示SSFBG 106的反射波长的变化量。在图13中，以黑色菱形表示的点为测定点，利用直线165表示把这些测定点进行平滑化处理后的值。直线165通过以下的式子表示。

$$y=0.0929x+5.6977 \quad (\text{式5})$$

从图13中可以明了，相对环境温度从-50℃到+10℃的范围内的最大波长变动量为10pm，波长变动率为环境温度每变动1℃波长变动0.09pm。

<相对于环境温度变化的波长调节方法>

以上，对于波长调节器200的波长稳定性进行了说明。接着，对于波长调节装置中的相对于环境温度变化的波长调节方法进行说明。

当在温度控制器130中设定预定的波长时，以通过第2温度传感器126检测出的壳体110的温度为基础，根据在温度控制器130所具备的波长特性数据存储部132中所存储的波长特性数据，计算热组件116的设定温度。通过温度控制器130控制热组件116的加热/冷却，以使第1温度传感器112

所检测出的基体部件104的温度与设定温度相等。

在此，当第2温度传感器126所检测出的壳体110的温度（≒环境温度）变化时，根据壳体110的温度变化量和波长特性数据，再次计算热组件116的设定温度，再次调节基体部件104的温度，以成为预定的反射波长。这样，与第2温度传感器126检测出的壳体110的温度（≒环境温度）变化相对应，适当地重复设定温度的再调节，能够自动且稳定地维持设定的波长。

接着，说明波长调节装置的波长调节时的动作。例如，对于环境温度25℃下热组件设定为25℃时的波长为1550.000nm，波长调节特性为10pm/℃，基于相对环境温度的波长变动特性为0.09pm/℃的波长调节器200的工作进行说明。为了在环境温度25℃下使波长为1550.100nm，通过下式计算出设定温度35℃。

$$T_{set} = 25^{\circ}\text{C} + (1550.100\text{nm} - 1550.000\text{nm}) / (10\text{pm}/^{\circ}\text{C}) = 35^{\circ}\text{C} \quad (\text{式6})$$

温度控制器130把根据式6计算出的温度（35℃）设定为热组件116的温度。在该情况下，相对环境温度变为-10℃（环境温度25℃－设定温度35℃）。由于波长调节器200的波长变动特性为0.09pm/℃，估计对于基于设定温度的调节波长有-0.9pm的波长变动。由于波长调节器200的波长调节特性为10pm/℃，为了抑制-0.9pm的波长变动，把设定温度提高0.1℃。即，计算出热组件的设定温度为35.1℃，把热组件116的设定温度控制在35.1℃。此时，相对环境温度也进一步变化0.1℃，由于该相对环境温度的变化引起的波长变动微小，因此可忽略。

然后，当环境温度变为45℃时，计算出相对环境温度为+10℃。根据相对环境温度的变化量和波长变动特性，估计波长变动+1.8pm。为了抑制波长变动，温度控制器130把设定温度降低0.2℃。即，算出热组件116的设定温度为34.9℃，把热组件116的设定温度控制在34.9℃。此时，相对环境温度也进一步变化0.1℃，但该相对环境温度的变化引起的波长变动微小，因此可以忽略。

这样，通过由温度控制器130自动地反复进行热组件116的设定温度的再调节，即使在环境温度变化时，也可稳定地维持预定的反射波长。在图14中示出通过温度控制器130进行波长调节时的波长调节器的反射

波长的环境温度依存性。在不进行图13中示出的波长调节的情况下，补偿了因稍许产生的环境温度变动而引起的波长变动，可以可靠地控制波长。

在本实施方式的波长调节器200中，基体部件104通过来自托架208的热传导而被均匀地加热/冷却，且通过盖体210抑制了经由壳体110的热放射引起的温度变化，因此可以抑制基体部件104的长度方向的温度分布的产生。如上所述，本实施方式的波长调节器200中所包含的SSFBG 106由多个单位FBG构成。基体部件104的长度方向的温度分布是指各个单位FBG的温度不同。在该情况下，各个单位FBG的反射波长不同，作为波长调节器200的反射波长变动，或作为编码的光脉冲序列的相对相位差改变等，编码特性（在相位解码器的情况下为解码特性）变得不同。

在此，在本实施方式的波长调节器200中，调查在环境温度25℃时，把温度控制器130的设定温度设为25℃、35℃和45℃时的基体部件104的表面的温度分布，结果如图15所示。在图15中把基体部件104单体的情况作为比较对象。在基体部件104单体中，最大存在约9℃的温度差，但本实施方式的波长调节器200的温度差最大也只有0.3℃。其结果，与如图13所示的反射波长相对于环境温度变动稳定的结果一致。

根据作为相位编码器使用的波长调节器200（设为相位编码器200）和把波长调节器200的输入输出端颠倒后、作为相位解码器使用的波长调节器200（设为相位解码器200），考察基体部件104的温度分布状态对编码/解码动作带来的影响。在相位编码器200的基体部件104上不设定温度分布，使相位解码器200的基体部件104具有温度分布，计算求出自相关波形的自相关峰值和次峰值的比值（以后，记为P/W）的变化（光源波长与相位编码器B和相位解码器B的反射波长一致），结果如图16所示。

当基体部件104的温度分布变大时，P/W变小，温度分布从3℃到4℃之间 $P/W < 1$ 。如上所述P/W是自相关峰值与副峰值之比，因此为了可靠地进行编码/解码动作，希望P/W大。根据图15和图16，在本实施方式的波长调节器200（相位编码器200、相位解码器200）中，即使在设定温度与环境温度之间存在差异的情况下，在基体部件104中也没有温度分布。即，

SSFBG 106的温度均匀，编码特性（解码特性）不受影响。

这样，在本实施方式的波长调节器200中，例如即使在环境温度比温度控制器130的设定温度更低的情况下，也可均匀地保持SSFBG 106的温度，不对编码特性带来影响，能够自动且稳定地维持预定的波长。

如以上说明的这样，根据本实施方式，能够廉价地且以简单的结构来实现能够以1pm以下的波长调节分辨率进行波长调节幅度250pm以上的任意波长的调节的OCDM相位编码器/相位解码器，而不会对其编码特性/解码特性（P/W）带来影响。

并且，通过本实施方式的波长调节方法，自动地对因环境温度的变化而产生的微小的波长变动进行再调节，即使不考虑设置环境温度的不同，也能把相位编码器和相位解码器的反射波长稳定地维持在预定的波长。

并且，优选在上述实施方式中使用的波长调节数据和波长变动特性数据为波长调节器（或者波长调节装置）的实测数据，但通过仿真得到的数据也可。通过得到各波长调节器（或者波长调节装置）的波长特性数据，可更加精密地控制温度。

以上，参照附图对本发明的优选实施方式进行了说明，但当然本发明不限于上述例子。只要是本领域的技术人员，在权利要求的范围所记载的范畴内，很明显可想到得出各种的变更例或修正例，对于这些当然也属于本发明的技术范畴的范围内。

在上述实施方式中，以OCDM系统的相位编码器/相位解码器为例说明了结构和动作，但不限于上述例子，例如在波长跳方式OCDM的编码器/解码器、WDM系统的滤波装置等中也可应用本发明的波长调节方式。

本发明可应用于调节光纤布拉格光栅的反射波长的波长调节装置和波长调节方法，特别是，可应用于自动控制因温度变化引起的反射波长的变动的波长调节装置和波长调节方法等。

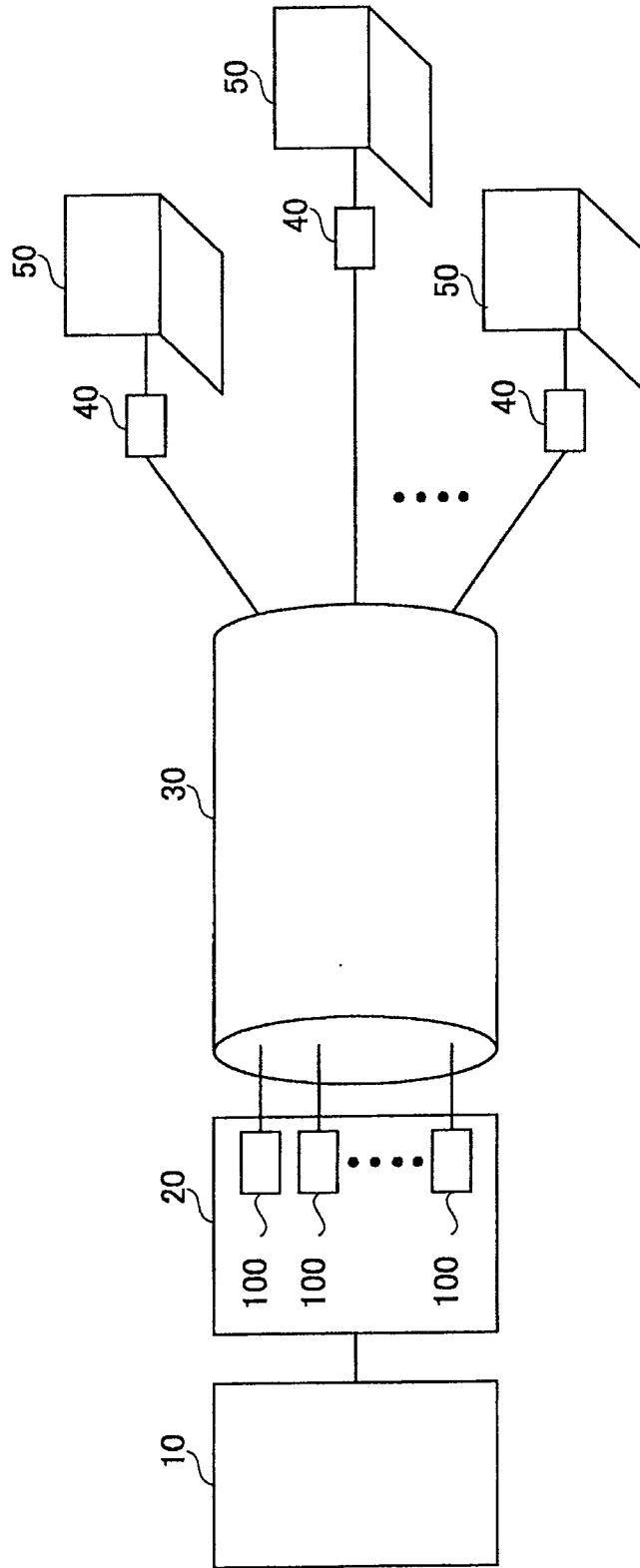


图 1

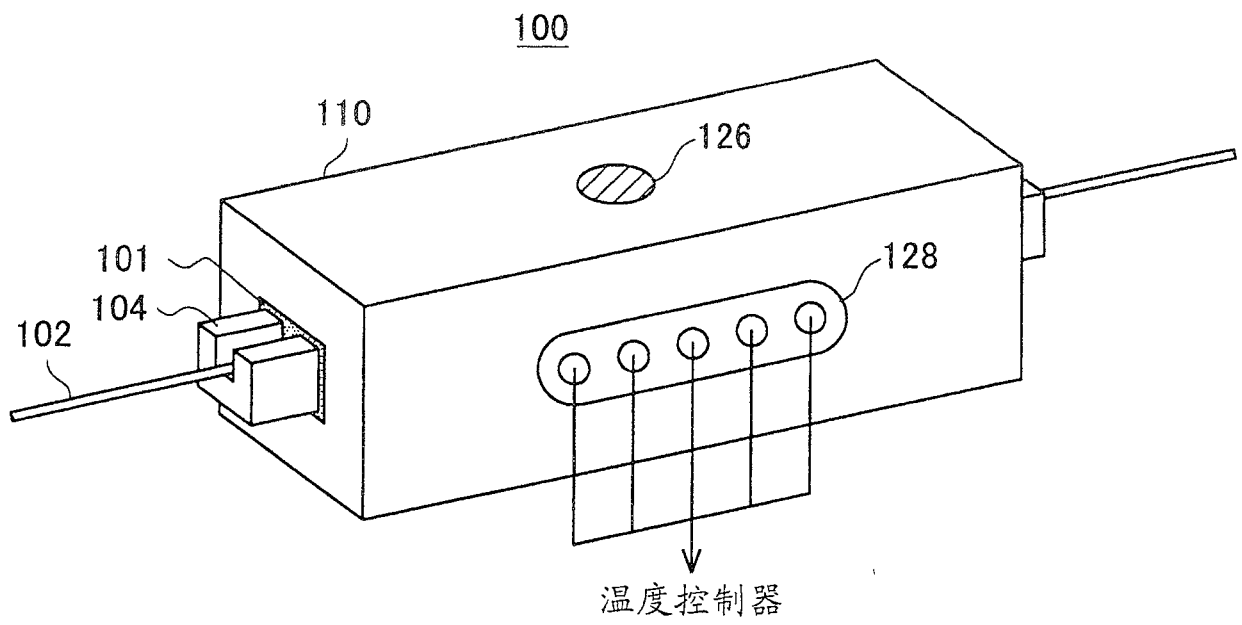


图 2

100

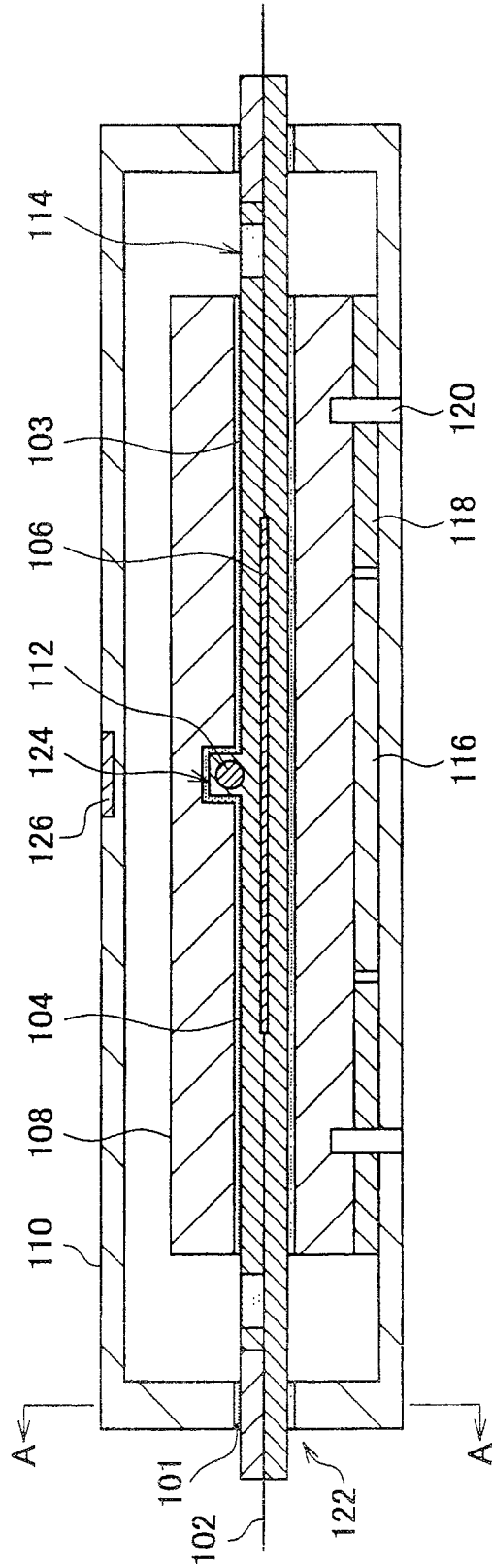


图 3

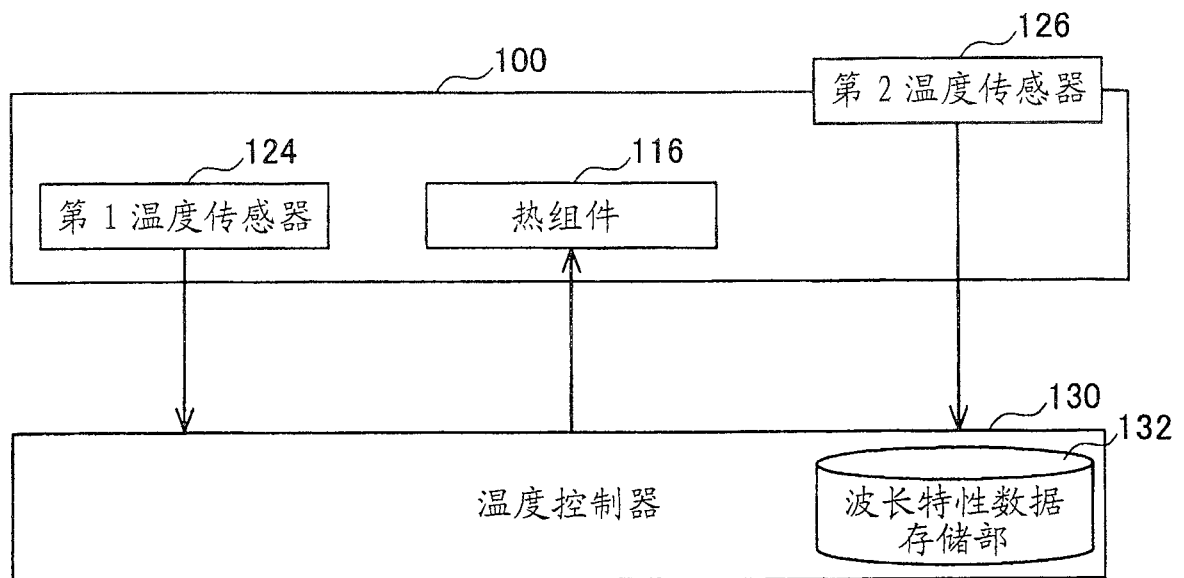


图 4

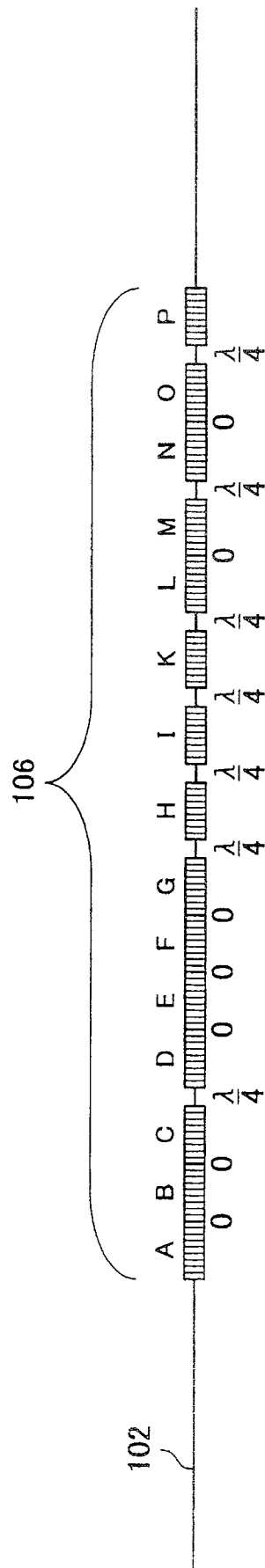


图 5

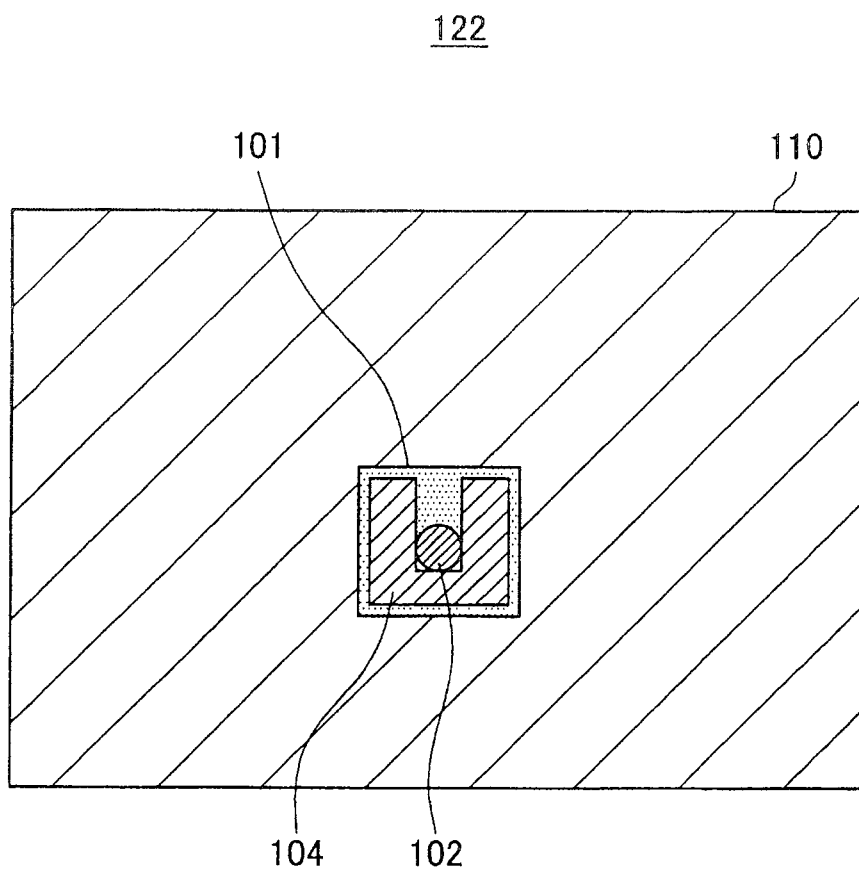


图 6

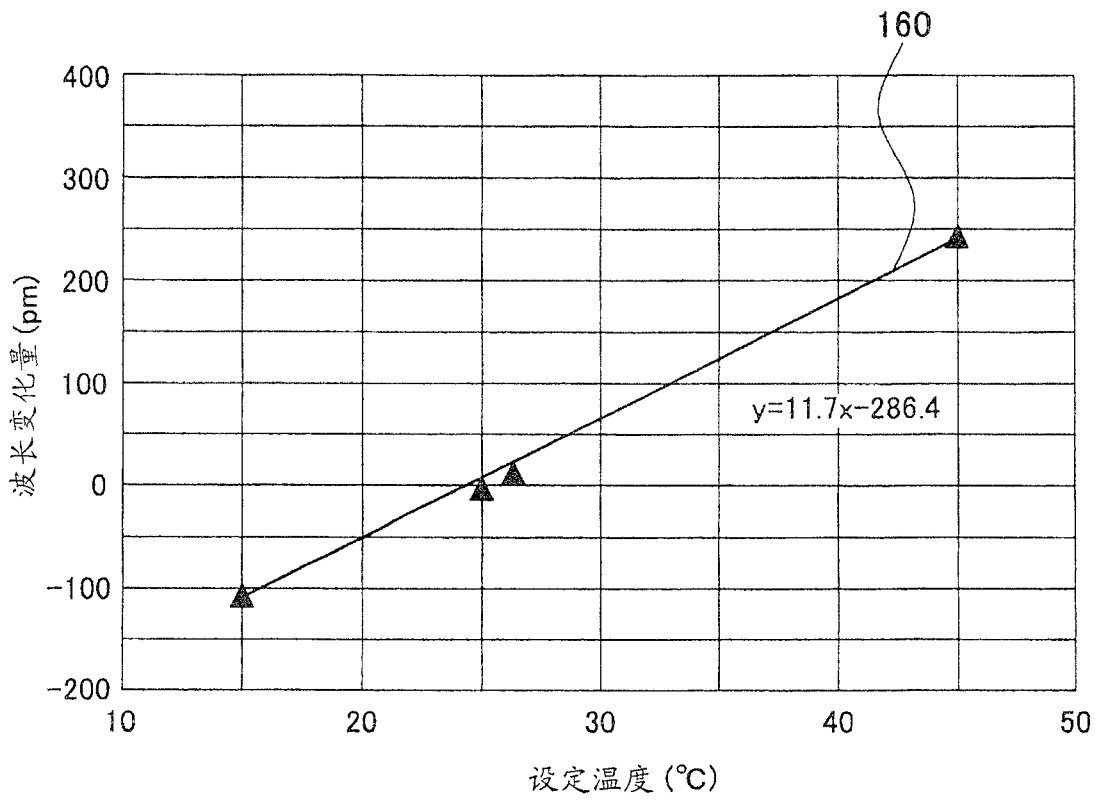


图 7

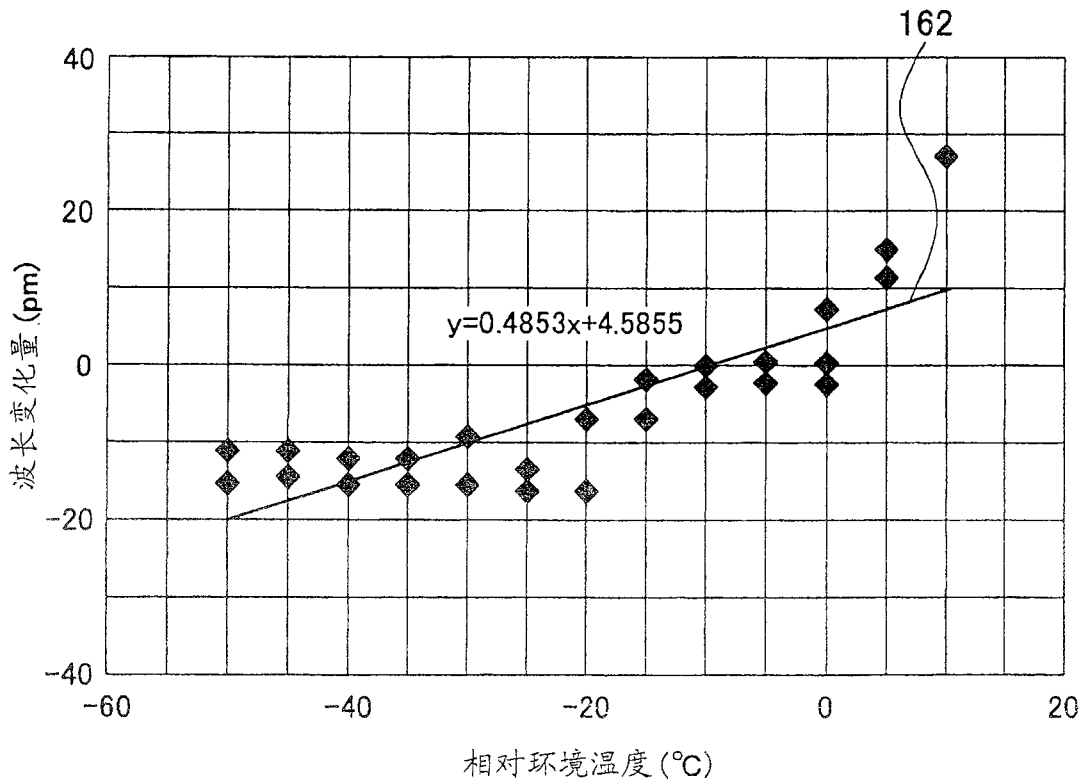


图 8

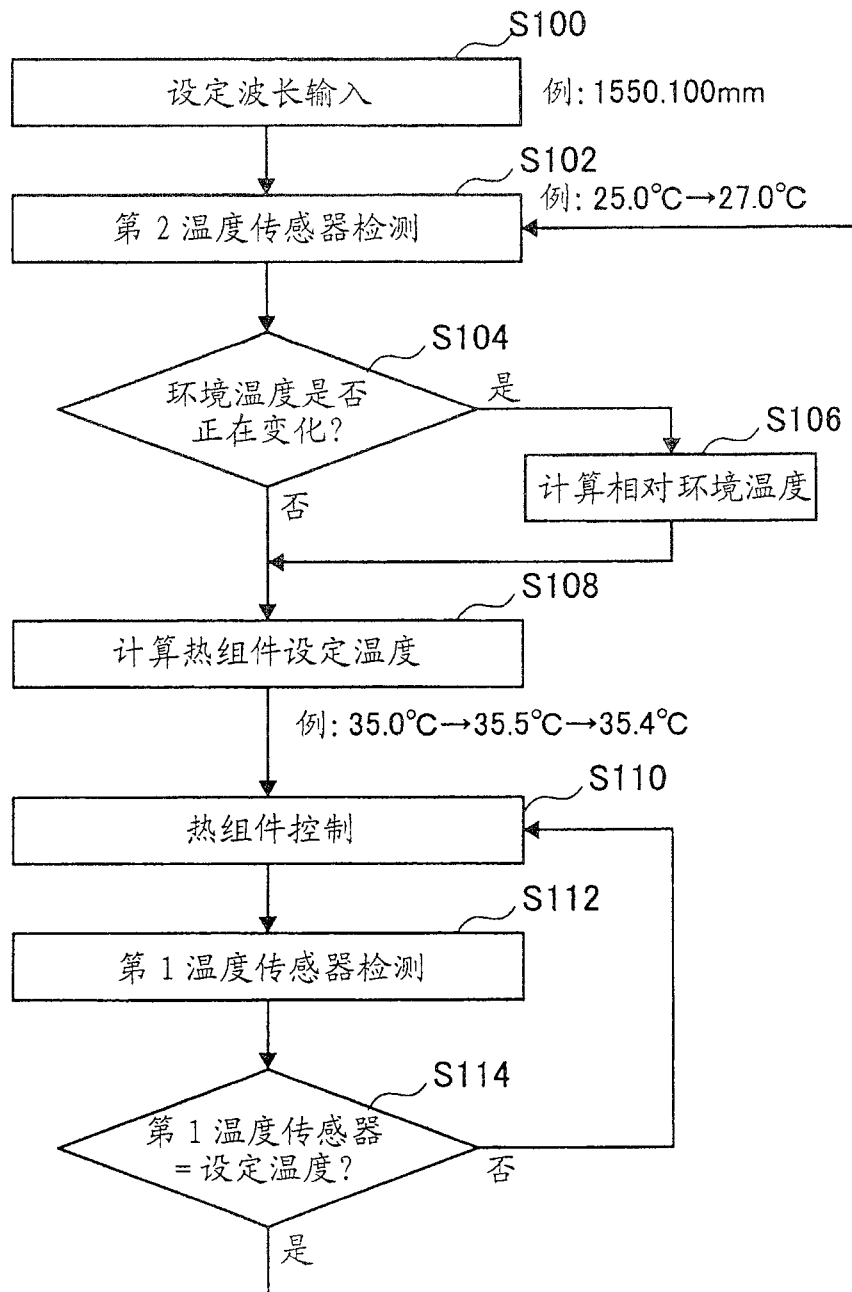


图 9

200

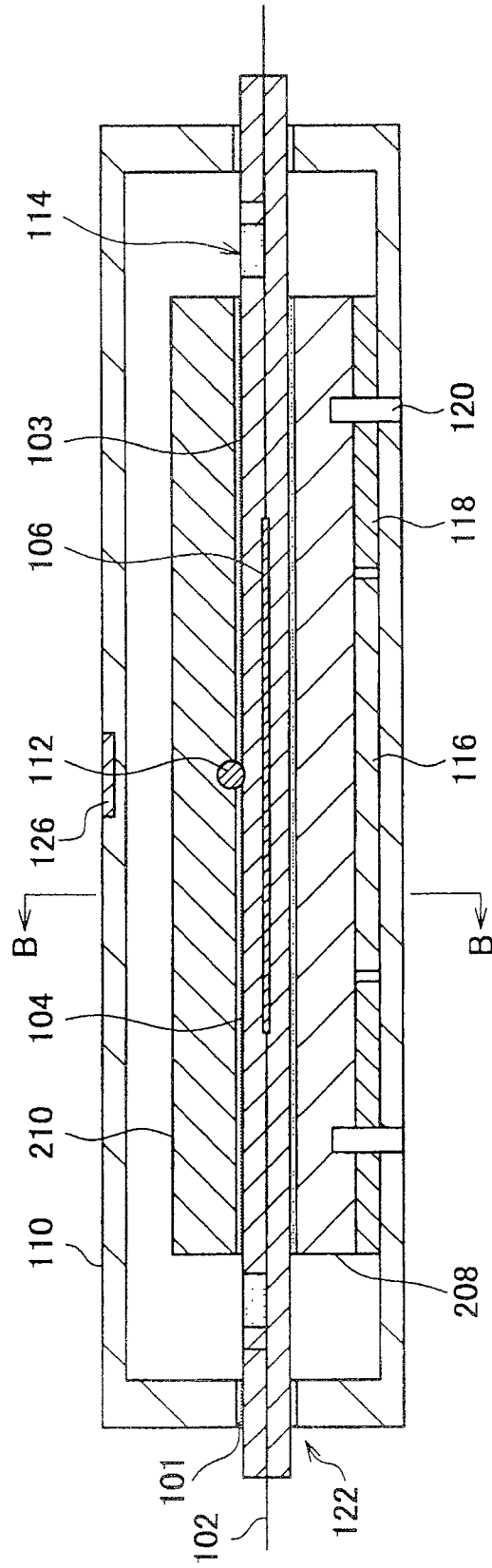


图 10

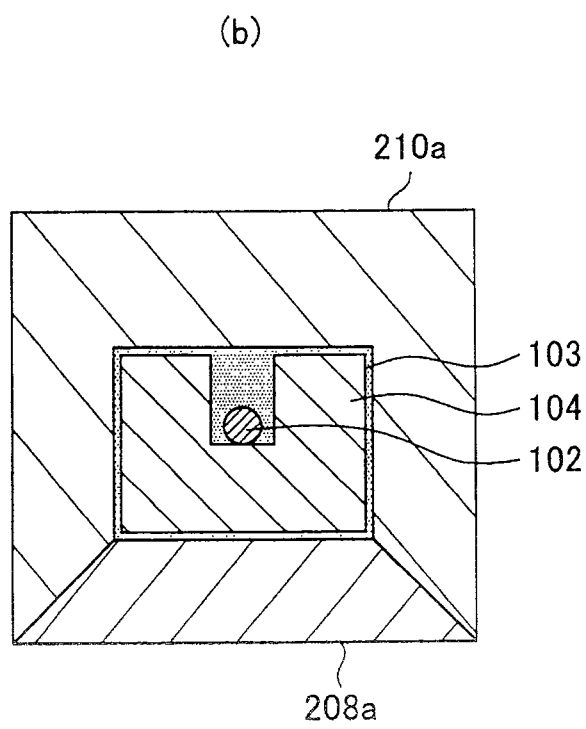
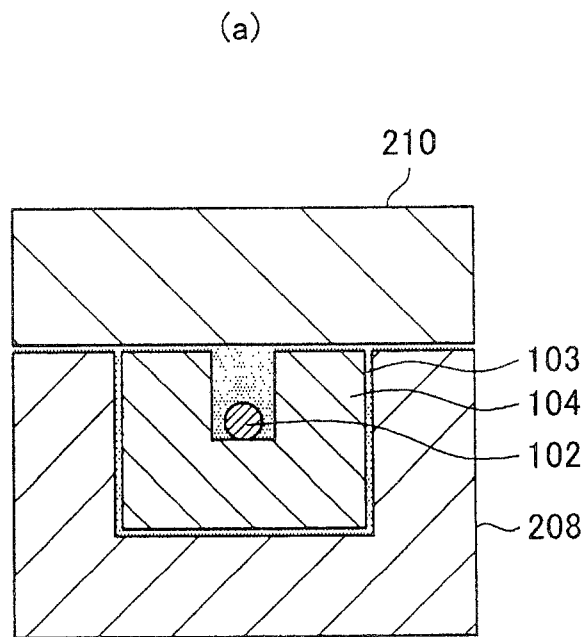


图 11

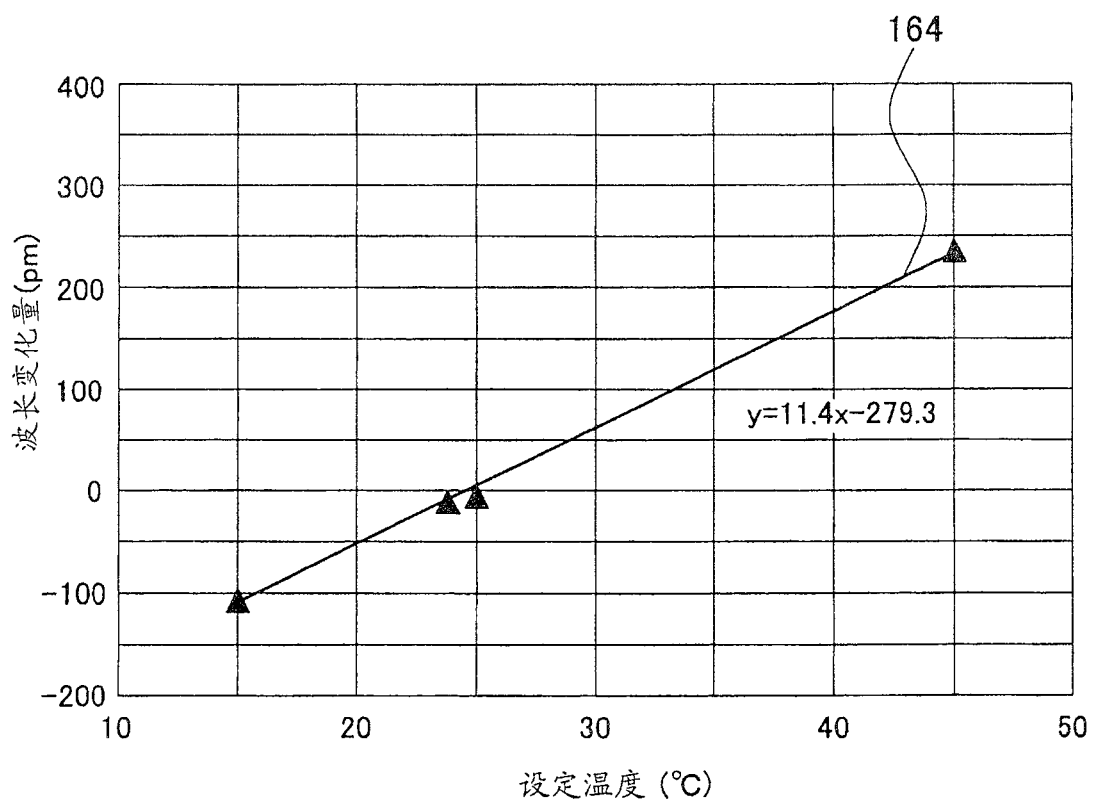


图 12

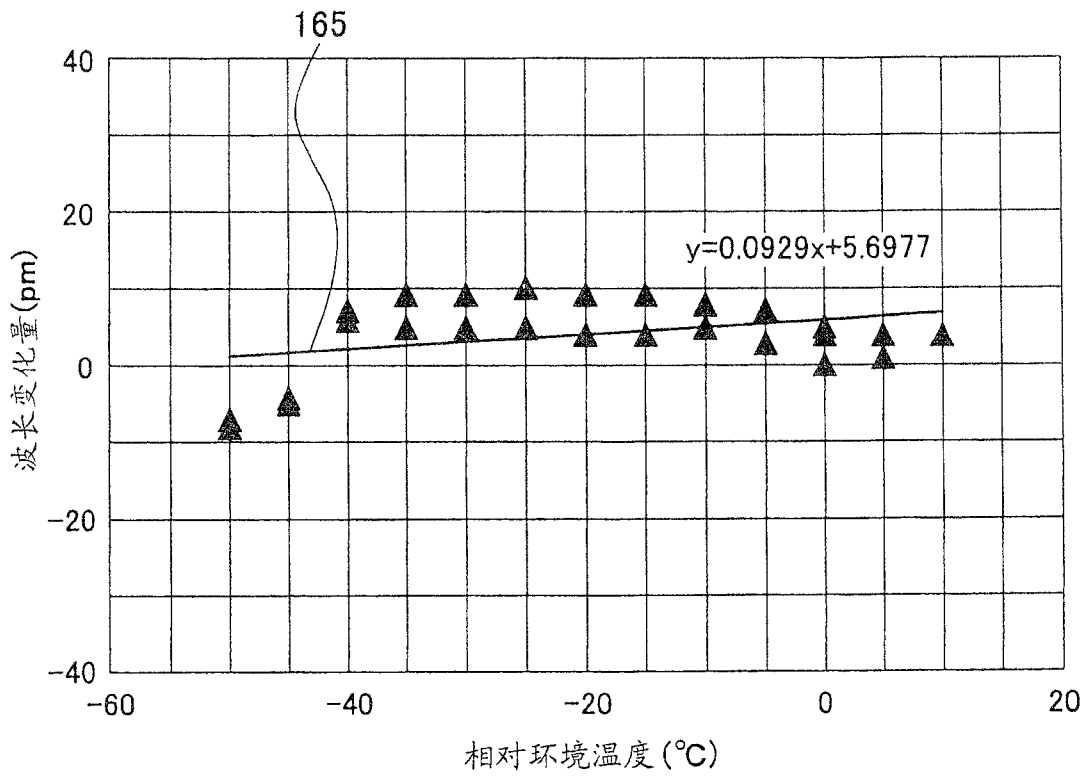


图 13

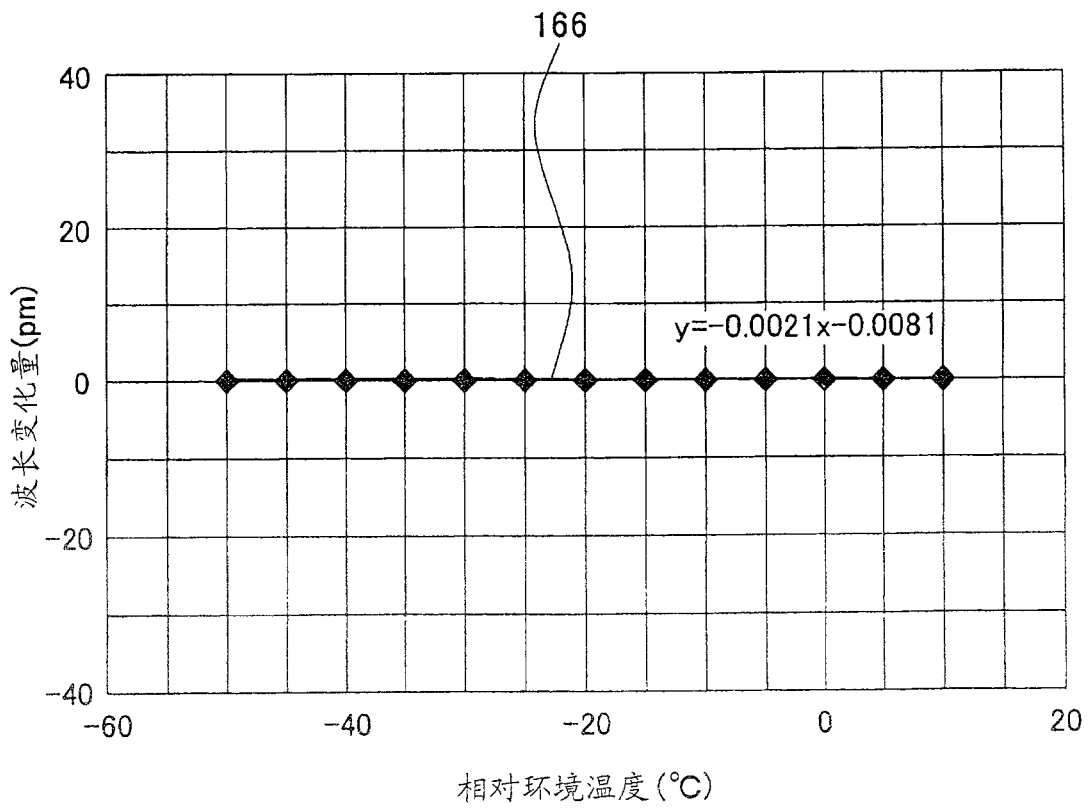


图 14

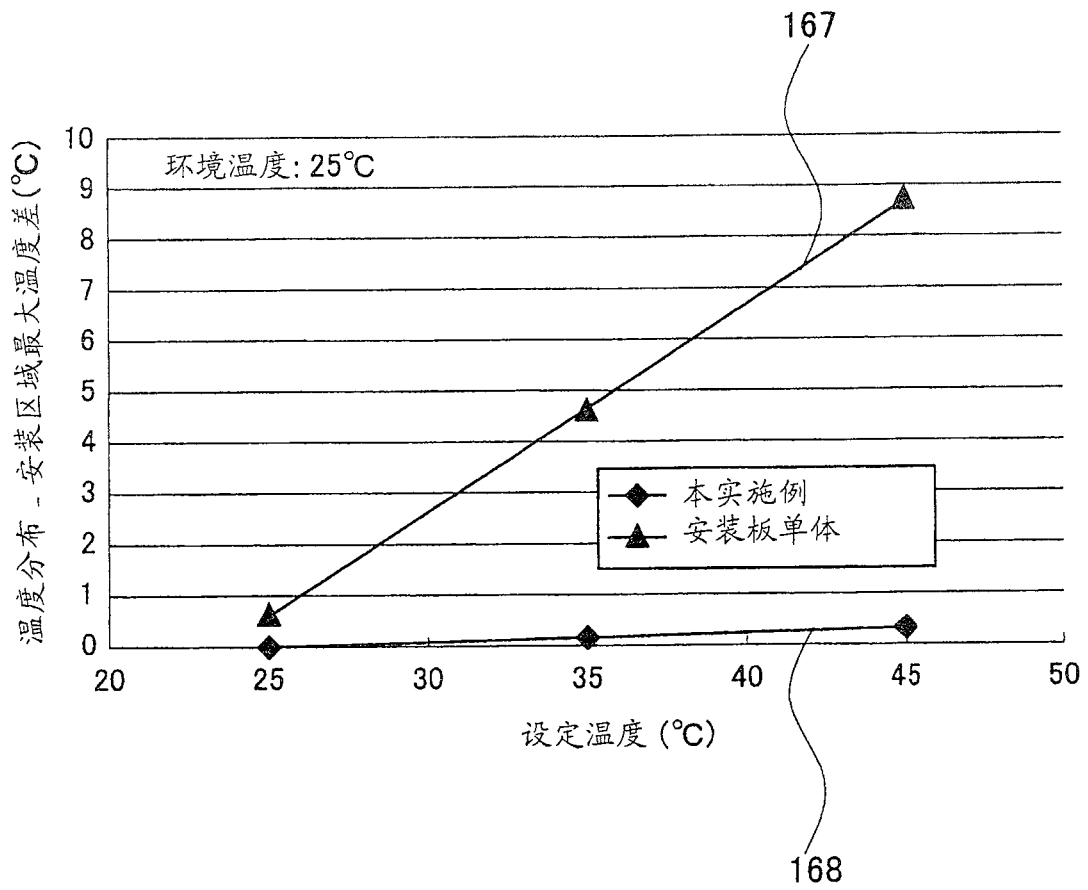


图 15

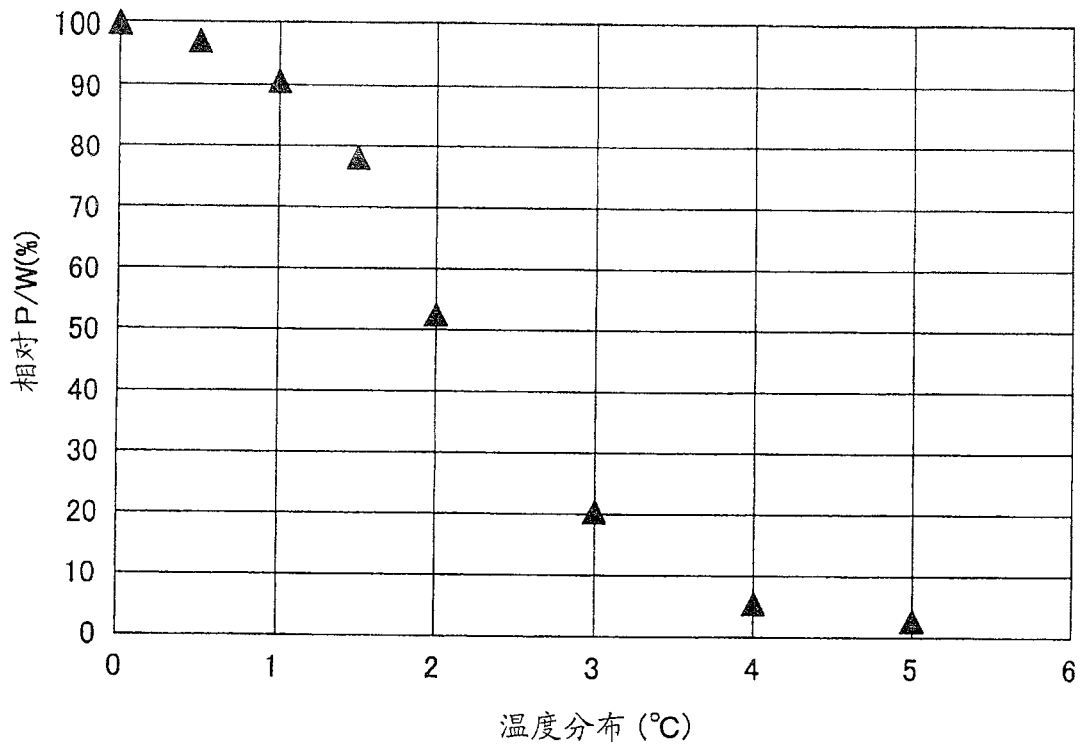


图 16