[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01J 9/02 (2006.01)
G01M 11/02 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03123892.0

[45] 授权公告日 2008 年 7 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 100401030C

[22] 申请日 2003.5.26 [21] 申请号 03123892.0

[30] 优先权

[32] 2002. 5.24 [33] US [31] 10/155383

[73] 专利权人 索尔实验室公司

地址 美国新泽西州

[72] 发明人 D·R·安德森

[56] 参考文献

EP1172637A1 2002.1.16

EP0859477A2 1998.8.19

US5780843A 1998.7.14

CN1190184A 1998.8.12

审查员 何昱康

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 章社杲

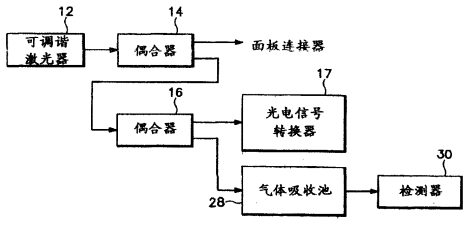
权利要求书 5 页 说明书 9 页 附图 4 页

[54] 发明名称

一种扫描波长仪

[57] 摘要

一种扫描波长仪，为扫描激光器提供实时波长校准系统。 该校准系统从扫描激光器的扫描光输出产生电子信号，对于在限定波长范围内的扫描光输出的波长，电子信号是周期性的。 在任何给定时间的电子信号上的点为该点的扫描光输出提供了准确的相位。 利用所涉及的限定范围内已知的吸收线，从扫描光输出产生校准基准，对电信号依次进行校准。 通过从已知吸收线得出的基准波长和给定点的相位的函数，进行扫描激光器的波长校准。 同时可以进行向前和反射测量，向前量度自动地用作进行测试的装置的插入和反射损耗测定的标准量度。



1. 一种包括用于扫描激光器的实时波长校准系统的扫描波长仪，其特征在于，包括:

偏振器，可输入所述扫描激光器的扫描光输出;

纤维的高度双折射部分，其一端连接到所述偏振器的输出，所述偏振器位于相对纤维本征模式的 45 度;

偏振光束分光器，耦合到所述纤维的高度双折射部分的另一端，位于相对所述纤维的本征模式的 45 度;

两个检测器，耦合到所述偏振光束分光器的各输出，以产生各自的输出电信号，并复合成一个电信号;

电信号是周期性的，具有对于限定的光波长范围内的所述激光器的光波长，故相应于所述电信号的各点的波长是准确已知的; 和

根据扫描光输出提供校准基准的装置，利用已知的光谱吸收线为所述电信号提供校准基准; 和

同步从所述扫描光输出得到向前功率的标准量度的装置。

2. 一种包括用于扫描激光器的实时波长校准系统的扫描波长仪，其包括:

根据扫描激光器的扫描光输出产生电信号的装置，对于限定波长范围内的所述扫描激光器的光波长，所述电信号是周期性的; 故相对所述电信号上各点的波长是精确已知;

根据扫描光输出提供校准基准的装置，利用已知的光谱吸收线为所述电信号提供校准基准; 和

同步从所述扫描光输出得到向前功率的标准量度的装置。

3. 根据权利要求 2 所述的扫描波长仪，其特征在于，所述波长仪还包括同步从所述扫描光信号得到反射功率的量度的装置。

4. 根据权利要求 2 所述的扫描波长仪，其特征在于，所述产生电信号装置包括:

不平衡干涉仪，其带有长度不等的两个光路径，可输入所述扫描激光器的扫描光输出；和

将所述不平衡干涉仪的光输出转变为周期性电信号的装置。

5. 根据权利要求 2 所述的扫描波长仪，其特征在于，所述产生电信号装置包括:

偏振器，可输入所述扫描激光器的扫描光输出;

纤维的高度双折射部分，其一端连接到所述偏振器的输出，所述偏振器位于相对纤维本征模式的 45 度;

偏振光束分光器，耦合到所述纤维的高度双折射部分的另一端，位于相对所述纤维的本征模式的 45 度;

两个检测器，耦合到所述偏振光束分光器的各输出，以产生各自的输出电信号，并复合成一个电信号。

6. 根据权利要求 1 或 2 所述的扫描波长仪，其特征在于，所述提供校准基准装置包括:

气体吸收池，含有具有在限定的光波长范围的已知光谱吸收线的气体，所述气体吸收池具有相耦合的输入，可接收所述扫描激光器的扫描光输出；和

检测器，可将所述气体吸收池的已知光谱吸收线转换为所述校准基准。

7. 根据权利要求 6 所述的扫描波长仪，其特征在于，在所述气体吸收池中的气体包括乙炔或氰化氢。

8. 根据权利要求 6 所述的扫描波长仪，其特征在于，所述各输出电信号的复合包括与所述电信号的差异。

9. 根据权利要求 1 或 2 所述的扫描波长仪，其特征在于，所述系统还包括使用已知的光谱吸收线相对波长校准所述电信号的装置。

10. 根据权利要求 9 所述的扫描波长仪，其特征在于，所述校准装置包括对所述已知光谱吸收线进行内插校准所述电信号的装

置。

11. 根据权利要求 10 所述的扫描波长仪，其特征在于，所述校准装置还包括从所述已知光谱线进行外推校准所述电信号的装置。

12. 一种扫描激光器的实时波长校准的方法，其特征在于，包括步骤：

将所述扫描光输出输入到偏振器；

纤维的高度双折射部分的一端耦合到所述偏振器的输出，所述偏振器位于相对所述纤维的本征模式的 45 度的位置；

所述偏振光束分光器耦合到纤维的高度双折射部分的另一端，所述偏振光束分光器位于相对所述纤维的本征模式的 45 度并具有一对输出；

从所述偏振光束分光器的两个输出获得作为所述一对输出的复合的电信号，所述电信号是周期性的，具有对于限定的光波长范围内的所述激光器的光波长，故相应于所述电信号的各点的波长是准确已知的；和

根据所述扫描光信号和利用已知的光谱吸收线提供电信号的校准基准。

13. 一种扫描激光器的实时波长校准的方法，包括步骤：

根据所述扫描激光器的扫描光输出产生电信号，对于限定的光波长范围内的所述激光器的光波长所述电信号是周期性的，故相应于所述电信号的各点的波长是准确已知的；

根据所述扫描光信号和利用已知的光谱吸收线提供电信号的校准基准；和

从所述扫描光输出同步得到向前功率的标准量度。

14. 根据权利要求 13 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括从所述扫描光输出同步得到反射功率的量度的步骤。

15. 根据权利要求 13 所述的方法，其特征在于，所述产生电信号步骤包括步骤：

通过不平衡干涉仪中的长度不同的两个平行光路径传递所述扫描光信号；和

将不平衡干涉仪的输出转换为周期性的电信号。

16. 根据权利要求 13 所述的方法，其特征在于，所述产生电信号步骤包括步骤：

将所述扫描光输出输入到偏振器；

纤维的高度双折射部分的一端耦合到所述偏振器的输出，所述偏振器位于相对所述纤维的本征模式的 45 度的位置；

所述偏振光束分光器耦合到纤维的高度双折射部分的另一端，所述偏振光束分光器位于相对所述纤维的本征模式的 45 度并具有两个输出；

从所述偏振光束分光器的两个输出获得所述两个输出的复合电信号。

17. 根据权利要求 12 或 13 所述的方法，其特征在于，所述提供基准步骤包括步骤：

将所述扫描光输出输入到气体吸收池，所述气体吸收池含有具有在限定的光波长范围的已知吸收光谱线的材料；和

从所述气体吸收池的输出检测出已知的吸收光谱线，作为校准基准。

18. 根据权利要求 17 所述的方法，其特征在于，所述材料包括乙炔或氰化氢的气体。

19. 根据权利要求 17 所述的方法，其特征在于，所述获得电信号步骤包括差分所述偏振光束分光器的两个输出，以形成复合的电信号。

20. 根据权利要求 17 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括使用校准基准相对波长校准所述电信号的步骤。

21. 根据权利要求 20 所述的方法，其特征在于，所述校准步骤包括在所述校准基准的已知光谱吸收线之间内插，以校准电信号。

22. 根据权利要求 21 所述的方法，其特征在于，所述校准步骤还包括从校准基准的已知光谱吸收线外推，以校准电信号。

一种扫描波长仪

相关申请

本申请是于2001年1月30日提交的未决美国专利申请No.09/774,433的部分继续申请。

技术领域

本发明涉及一种扫描激光器，具体地，涉及一种为可调谐激光器提供同步波长校准，为插入和返回损耗测定提供标准量度的扫描波长仪。

背景技术

当越来越多的元件可以从商业途径获得时，可以明显看到纤维光学网络复杂性的巨大扩展。这些元件许多是有源的，如分布反馈(DFB)激光器和铒掺杂纤维放大器（EDFAs）。其他元件是无源的，如多路(复用)器/多路信号分离器和纤维布拉格光栅（FBGs）。这些无源元件最令人关心的特性是其光谱传输性能和/或反射率。

为了测量无源光学元件的光谱特性，工业界已经建立了不同的两项技术。一项使用宽带源输入照亮元件，并使用光谱分析器(OSA)来测量透射或反射光的光谱。另一技术在无源元件的输入端使用可调谐激光器，在输出侧使用宽带检测器，如功率测量计。当用波长仪测量出激光器的波长改变时，功率测量计记录强度差异，因此测量出元件与波长相关的透射或反射率。

在这两项技术中，可调谐激光器具有最好的光谱分辨率和动态范围。由于这些特点，都相信可调谐激光器法最有可能成功，尽管还存在一些问题。一个最主要的问题是要实现快速准确的可调谐激

光器波长校准。这种测试普遍采取的方案是可调谐激光器结合标准波长仪，其中波长仪基于迈克尔逊干涉仪。在这个方案中激光器逐步增加其波长和步幅。功率测量计读出光功率。波长仪测量出波长，在激光器的波长范围内的每个波长步幅重复这个过程。

这个方案的主要问题是用波长仪测量波长所需的时间。普通的迈克尔逊干涉仪需要数千个条纹来进行精确的波长测量。扫描这样多的条纹需要超过 50 微秒。然后波长仪要进行条纹的快速富里埃变换(FFT)，计算出波长，这个过程需要另外的 50 微秒。这样就需要大约 0.1 秒来测量可调谐激光器的波长。

如果在 2 纳米(2000 皮米)的范围测量无源元件的光谱特性，波长以 2 皮米的步幅来分度。激光器步进 1000 次，每步要求 0.1 秒来实现波长校准。全部测试时间大约为 100 秒或 1.67 分。以 1 皮米的分辨率进行扫描需要两倍的时间，如果扫描超过 20 纳米的范围，时间要另外增加 10 倍。100 纳米范围的扫描将要求 2.78 小时。要测试成百上千个这种无源元件将使测试部门成为瓶颈，限制了生产速度。在一使用周期开始时对激光器进行校准后，在进行重新校准前激光器扫描不用波长仪，这样作的精度不如每次扫描前都校准好。这是校准需要时间和结果精确度之间妥协的结果。

进行插入和反射损耗测定的标准测量需要建立各测试设备和模件的插入和反射测量方法，这对使用者可能不很方便。

因此，所需要的是一种可为可调谐激光器提供精确的波长校准的扫描波长仪，这种波长仪并可自动同步提供作为常规测试一部分的插入和反射损耗测定的标准量度。

发明内容

因此，本发明提供了一种扫描波长仪，通过从扫描光输出产生相对波长是周期性的电信号，和利用在限定波长范围的已知吸收线对电信号进行校准，接近实时地对可调谐扫描激光器进行波长校准。

一种扫描激光器校准方式是输入扫描光输出到偏振器，偏振器耦合到纤维的高度双折射部分的一端并位于相对纤维本征模式 45 度的位置。纤维的高度双折射部分的另一端耦合到与正交的极化模式分开的偏振光束分光器。对偏振光束分光器的输出进行检测，电性输出复合为周期性电信号。产生周期性电信号的另一种方式是将扫描光信号输入到具有两个不同路径长度的不平衡干涉仪。从两个路径的输出经过耦合器输入到光接收器，得到周期性的电信号。这两种方式中，周期性电信号上的任意点精确地对应该点的扫描光输出的波长。通过平行的路径，含有气体的气体吸收池接收扫描光输出，其中气体具有在限定波长范围的已知光吸收谱线，光谱线被检测器检测，形成已知波长的周期性电信号的校准基准。周期性电信号上其他点的校准通过在已知校准基准之间进行内插来进行，已知校准基准基于已知光谱线之间相位差和第一已知光谱线之间相位差。

此外，扫描波长仪包括另外的检测器和耦合器，可自动和同步地形成插入和反射损耗测定的向前标准量度。

通过下面的详细介绍并结合阅读附后的权利要求和附图，对本发明的目的、优点和其他新颖特征可有清楚的了解。

附图说明

图 1 是根据本发明的用于精确波长校准的扫描波长仪一部分的方框图；

图 2 根据本发明的产生扫描激光器波长的周期性电信号的偏振-维持纤维的回路方框图；

图 3 根据本发明的产生扫描激光器波长的周期性电信号的干涉仪的方框图；

图 4 是根据本发明的周期性电信号发生器的正弦输出曲线的视图；

图 5 是根据本发明的与已知吸收光谱线一起的叠加的正弦输出

曲线的视图；

图 6 是根据本发明的具有与波长校准同步的向前和反射测量的扫描波长仪的说明图。

具体实施方式

参考图 1，可调谐的扫描激光器 12 提供扫描光输出到第一耦合器 14，耦合器将扫描光输出输送到面板连接器和第二耦合器 16。第二耦合器 16 输送扫描光输出到光电信号转换器 17，转换器将扫描光输出转换到近似于正弦的周期性电信号。光电信号转换器的一种形式如图 2 所示，其中来自耦合器 16 的扫描光输出通过偏振器 18 输送到高度双折射纤维 20(HiBi)的一部分,纤维 20 可保持偏振状态。偏振器 18 位于相对 HiBi 纤维 20 的本征模式或偏振轴的 45 度。在 HiBi 纤维 20 的另一端是偏振光束分光器 22，也是位于相对 HiBi 纤维 20 的偏振轴的 45 度位置。HiBi 纤维 20 结合输入偏振器 18 和输出偏振光束分光器 22 可提供随波长周期性变化的电信号，其周期为大约 100 皮米，其取决于 HiBi 纤维的长度。其中输出偏振光束分光器 22 带有两个接收分光器输出的检测器 24，26。

光电转换器 17 的另一种实现方式很简单，且更稳定和噪音较少，其将来自耦合器 16 的扫描光信号输入到干涉仪 19，如图 3 所示。干涉仪 19 具有两个长度不同，不平衡的路径 21,23, 可使自由光谱范围(FSR)近似为 80 皮米。干涉仪 19 的光信号输出输入到光接收器 27。光接收器 27 的输出是电信号，随波长周期性变化，其周期为 100 皮米，这取决于路径 21，23 的长度差。

回到图 1，气体吸收池 28 也从第二耦合器 16 接收到扫描光输出，并提供输出到另一个检测器 30，以向光电转换器 17 产生的电信号提供校准基准。从可调谐激光器 12 的扫描光输出的波长可以进行精确的实时皮米校准。

校准的步骤有两步：

（1）从扫描光输出产生随波数周期性变化的电信号，如同设置与波长相关的编码器(encoder)；和

（2）利用来自气体吸收池28的已知光吸收谱线校准周期性的电信号。

下面介绍偏振光元件18，22和HiBi纤维20是怎样产生随波长变化的周期性电信号的。考虑如图2所示的光系统的Jones矩阵表示。

通过偏振器18输入到HiBi纤维20的光线的Jones矩阵是:

$$\begin{vmatrix} E \\ 0 \end{vmatrix}$$

HiBi纤维20的Jones矩阵是:

$$\begin{vmatrix} \cos(\varphi(\lambda)) + \sqrt{-1 \times \sin(\varphi(\lambda)) \times \cos(2\theta)} & \sqrt{-1 \times \sin(\varphi(\lambda)) \times \sin(2\theta)} \\ \sqrt{(-1 \times \sin(\varphi(\lambda)) \times \sin(2\theta))} & \cos(\varphi(\lambda)) - \sqrt{-1 \times \sin(\varphi(\lambda)) \times \cos(2\theta)} \end{vmatrix}$$

其中λ是光线的波长，φ(λ)是HiBi纤维20的快轴和慢轴之间的全相位滞后的一半，θ是HiBi纤维20的偏振输入状态和快轴之间的角度。

偏振光束分光器22的一个输出的Jones矩阵是:

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{vmatrix}$$

偏振光束分光器22的另一个输出的Jones矩阵是:

$$\begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix}$$

结合上述等式，偏振光束分光器22的第一分支的电场为:

$$Eout1(\lambda) =$$

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{vmatrix} \bullet \begin{vmatrix} \cos(\varphi(\lambda)) + \sqrt{-1 \times \sin(\varphi(\lambda)) \times \cos(2\theta)} & \sqrt{-1 \times \sin(\varphi(\lambda)) \times \sin(2\theta)} \\ \sqrt{(-1 \times \sin(\varphi(\lambda)) \times \sin(2\theta))} & \cos(\varphi(\lambda)) - \sqrt{-1 \times \sin(\varphi(\lambda)) \times \cos(2\theta)} \end{vmatrix} \bullet \begin{vmatrix} E \\ 0 \end{vmatrix}$$

展开这个等式，乘以复共轭(矩)阵，设定θ＝45 度，简化结果得到：

$$Pout1 = E^2 \cos(\phi'(\lambda))^2$$

类似地，对于偏振光束分光器 22 的第二输出，可得到：

Eout2 =

$$\begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix} \bullet \begin{vmatrix} \cos(\varphi'(\lambda)) + \sqrt{-1 \times \sin(\varphi'(\lambda)) \times \cos(2\theta)} & \sqrt{-1 \times \sin(\varphi'(\lambda)) \times \sin(2\theta)} \\ \sqrt{(-1 \times \sin(\varphi'(\lambda)) \times \sin(2\theta))} & \cos(\varphi'(\lambda)) - \sqrt{-1 \times \sin(\varphi'(\lambda)) \times \cos(2\theta)} \end{vmatrix} \bullet \begin{vmatrix} E \\ 0 \end{vmatrix}$$

和 $Pout2 = E^2 \sin(\phi'(\lambda))^2$

两个输出等式的和等于 1，证明了无损耗的理想光元件的假定。由于检测器 24，26 是平方律检测器，电流与光功率成正比。通过减去检测器电流并被其和除得到复合信号，

$$Sig = (Pout1 - Pout2) / (Pout1 + Pout2)$$

$$= (E^2 \cos(\phi'(\lambda))^2 - E^2 \sin(\phi'(\lambda))^2) / (E^2 \cos(\phi'(\lambda))^2 + E^2 \sin(\phi'(\lambda))^2)$$

$$= 2 \cos(\phi'(\lambda))^2 - 1$$

这代表了希望的状态，因为输出信号现在归一化。其值在-1 和-1 之间正弦变化。HiBi 纤维 20 的快和慢轴之间的相位滞后为：

$$\varphi(\lambda) = 2\pi L \Delta\eta / \lambda$$

其中，L 是纤维的物理长度，Δη是快轴和慢轴的分度之间的差。λ是真空中光线的波长。注意$\varphi'(\lambda) = 0.5\varphi(\lambda)$，并限定波数 k 为 $k=2\pi/\lambda$,代入 Sig 的等式，得到：

$$Sig = 2\cos(Lk\Delta\eta/2)^2 - 1$$

当以波数的函数绘出时，复合输出信号是正弦波，其周期为 $k = 2\pi / L\Delta\eta$。

图 4 显示了 50 米长的 HiBi 纤维 20 的复合信号 32，纤维的快轴和慢轴的指数之间的差为 0.000388。该纤维的自由光谱范围在 1550 纳米波长时为大约 3.2 39/cm，大约为 0.124 纳米。当激光器扫描 100 纳米时，有大约 800 个周期。比较信号利用图 3 所示的干涉仪 19 由

光接收器 27 产生。

同样地，图 3 所示的干涉仪 19 的两个路径 21，23 之间的相位差大约为 $\varphi = 2\pi L\eta/\lambda$，其中 L 是长和短路径的长度差。干涉仪 19 的输出是 $Sig = A_0^2 \cos^2(\pi L\eta/\lambda)$，其中 A_0 是输入到干涉仪的信号。因此，干涉仪 19 的作为波数$(1/\lambda)$函数的输出是简单的正弦平方函数。

已知纤维 20 的精确长度以及本征模式之间指数差，或已知干涉仪 19 的两个路径 21，23 的长度差，波形上只有一个点需要校准，其后其他波长可通过计算周期来进行校准。然而纤维 20 或路径 21，23 的长度随环境条件而变化，主要受温度影响，$\Delta\eta$ 随环境条件以及波长而改变。这些改变在其他条件下不会很大，但在纳米精度下进行校准时，其影响不能忽略。

第二耦合器 16 具有第二分支，第二分支上有气体吸收池 28，其包含乙炔或氰化氢。这些气体有许多在 1550 纳米光波长附近的吸收谱线，作为通讯使用光源的校准很理想。图 5 显示了吸收光谱 34 如何用于校准图 4 所示的周期性波形 32。在这个示例中对星号指示的样本 36 的波长进行了测定。

当扫描激光器 12 进行扫描时，设置了某种与激光器位置相关的指示器，这些指示器可通过用于转动扫描激光器 12 的光栅的步进马达产生阶跃或其他类似信号。图 5 的水平轴代表来自扫描激光器 12 内的该信号，当信号改变时，激光器的波长通过不清楚的方式改变，当然希望设计得尽可能的线性。波长改变导致来自光电转换器 17 的近似正弦变化的周期性波形 32 改变，和由于气体吸收池 28 的吸收产生的光功率改变。吸收谱线 34 位于已知的波长，由于通过水平轴坐标吸收谱线与周期性波形 32 相关联，吸收谱线可用于校准周期性波形。

假定 $k1_{已知}$ 和 $k2_{已知}$ 代表两个从吸收谱线 34 的位置测定的已知、波数。假定 $\Delta\varphi_1$ 是这两个通过周期性波形 32 测定的已知波数之间的相位，在图 5 的示例中，最左边的吸收线 34 的波长为 1588.588 纳米，

右侧下一个吸收线的波长为 1530.976 纳米，对应于乙炔中的 P(11)和 P(10)线。检查周期性波形，其有 11.19 个周期来分隔这两个校准波长。定义$\Delta\varphi_2$为吸收线光谱 34 的第一已知波数与希望的未知波数之间的相位差，可得到位于样品 36 位置的波数$k_{未知}$。

$$k_{未知} = k1_{已知} + \Delta\varphi_2 ((k2_{已知} - k1_{已知}) / \Delta\varphi_1)$$

根据图 5 中的相位差，有$k1_{已知}$=41023.991/cm, $k2_{已知}$= 41040.391/cm, $\Delta\varphi_1$= 11.192x2π和$\Delta\varphi_2$= 5.14x2π，然后得到样品 36 的未知的波数为 41031.524 /cm, 等于 1531.307 纳米。通过这种计算方法,周期性波形 32 上各个点的波数，从而波长，可进行校准，这意味着可调谐激光器 12 扫描中各步幅的波长可以校准。

为了估计校准误差，要以高精度得到已知波数之间的差，一般误差要小于 1 皮米，这意味着计算未知波数的误差取决于用于校准的吸收线 34 和用于测定相位的未知数之间的分隔。已有以更高的精度测量相位的技术。乙炔和氰化氢吸收池的吸收线 34 之间的分隔是在 0.5 纳米的量级。因此，可认为计算能够使其绝对校准误差保持在 1 皮米的量级。当在吸收线 34 之间进行内插时计算更精确，但是外推也足够精确，只要电信号的周期性特征不随外推的波数有太大的改变或在进行扫描所需时间内有太大的改变。

最佳精度取决于使扫描激光器 12 的扫描尽可能快，同时保证检测器 24，26，30 和接收器电路有满意的信躁比（SNRs）。扫描激光器 12 和这些检测器 24,26,30 之间的光损耗应当相对较低,只有 10dB 或更低。这意味着如果激光器的输出是 1dBm，那么在检测器应当是 -10dBm。为了在 0.1 秒内扫描 10 纳米同时在每个皮米进行取样，就要求在 0.1 秒采集大约 10000 个样本，或每秒采集 100000 个样本。因此，接收器电路的带宽应当为 100kHz。具有数百 KHz 带宽的设计良好的接收器/检测器前端具有-80dBm 的躁声等效功率，所以信躁比应当为大约 70dB。这比得到非常精确的相位测量所要求的要高很多，同时能够在 1 秒内保持最宽的光谱扫描，假定激光器 12 能有该速度。

一旦得到波形，就进行校准。但这是单次过程，是比较简单和直通的计算，如上所述。对强大的数字信号处理器进行这种计算有几秒种就足够了。因此具有 1 皮米精度和 1 皮米分辨率的 30 纳米扫描的全部时间可少于 4 或 5 秒，这是用 Michelson 干涉仪校准可调谐激光器所需时间的动态范围。

现在参考图 6，图 6 显示了完整的扫描波长仪。来自可调谐激光器 12 的光通过第一耦合器 14，其特征在于可将光按 90: 10 比例区分，90%通过面板到达进行测试的装置（DUT）。第一耦合器的一部分光然后通过下面的两个 50:50 区分的耦合器 16，32。第三耦合器 16 的光由气体吸收池 28 和检测器(D2)30 组合进行如上所述的处理，以及干涉仪 19 和接收器（D3）组合进行波长校准。来自第二耦合器 32 的 50%的光耦合到向前检测器(D1)34 以同步测量向前光功率。类似地，DUT 或面板的反射光功率通过第一耦合器 14 返回到反射检测器(D4)36, 以同步测量发射光功率能。来自 D1 34 的向前光功率用于 DUT 的插入和反射损耗测定的标准量度。

为进行插入损耗测定，将扫描光输出输入 DUT，并通过适当的光功率计在 DUT 的输出侧进行测量。插入损耗根据从 DUT 测得的输出功率与输送的扫描光输出之比进行计算，其中扫描光输出由向前光功率测量来确定，即，

插入损耗 $= 10 \times \log(\text{DUT 输出光功率}/\text{向前光功率})$

其中向前光功率是 $k \times D1$（光敏二极管电流）。类似地，DUT 的反射损耗根据 D4 36 的反射光功率与向前光功率量度之比来计算。

因此，本发明提出了一种扫描波长仪，可向扫描激光器提供实时波长校准，其形成可随扫描激光器波长周期性变化的电子波形，可利用已知的吸收谱线对周期性电子波形进行校准。通过在已知吸收谱线之间进行内插或外推，通过周期性波形上的一点可精确地确定其波长，并可同步地测量向前扫描光输出，并作为标准量度用于进行测试的装置的插入和反射损耗测定。

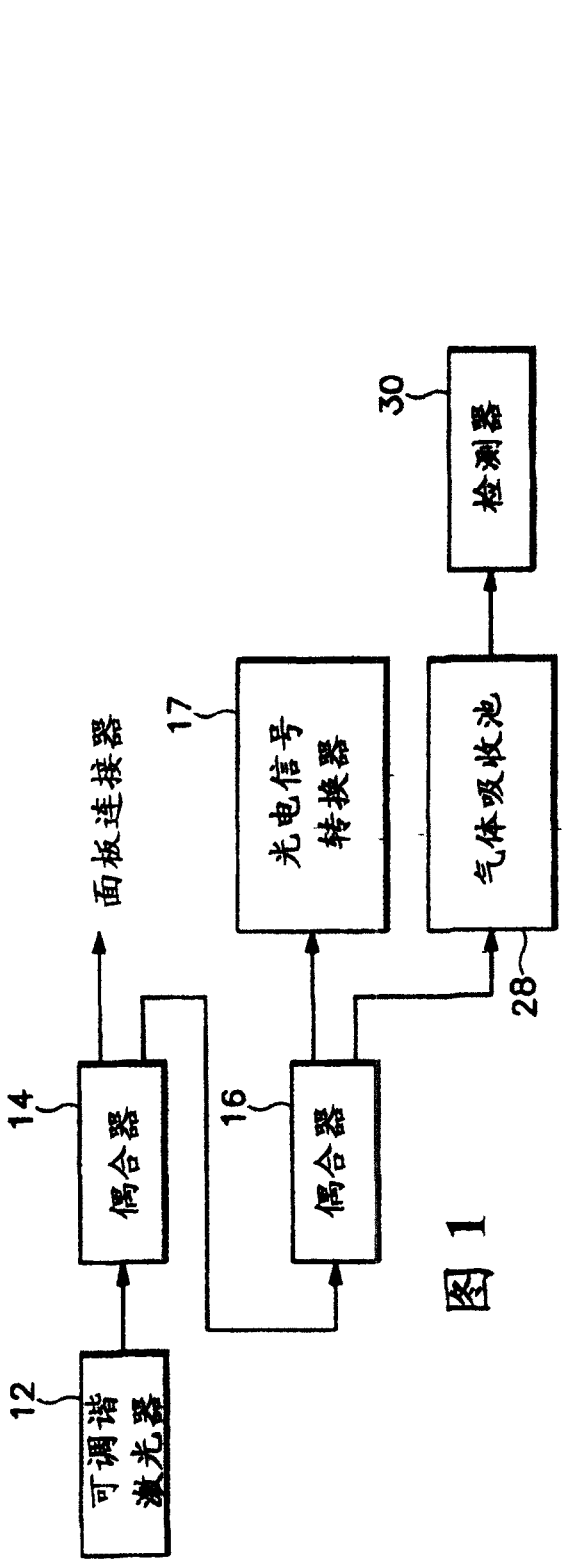

可调谐激光器
12
偶合器
14
偶合器
16
面板连接器
光电信号转换器
17
气体吸收池
28
检测器
30

图 1

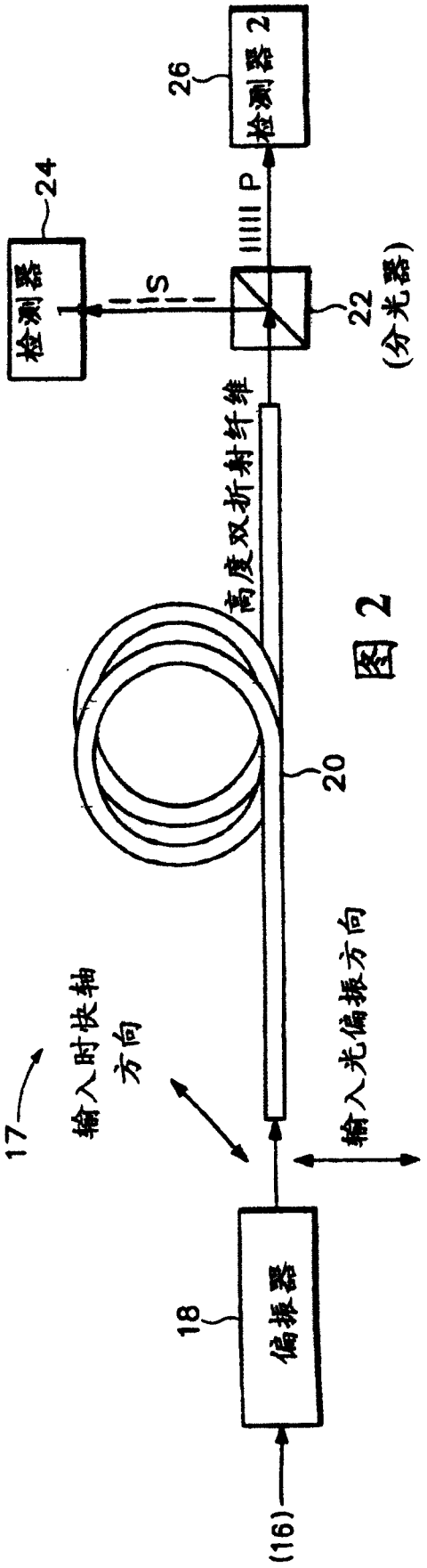

检测器 2
26
检测器 1
24
S
P
22
(分光器)
高度双折射纤维
20
17
输入时快轴方向
输入光偏振方向
偏振器
18
(16)

图 2

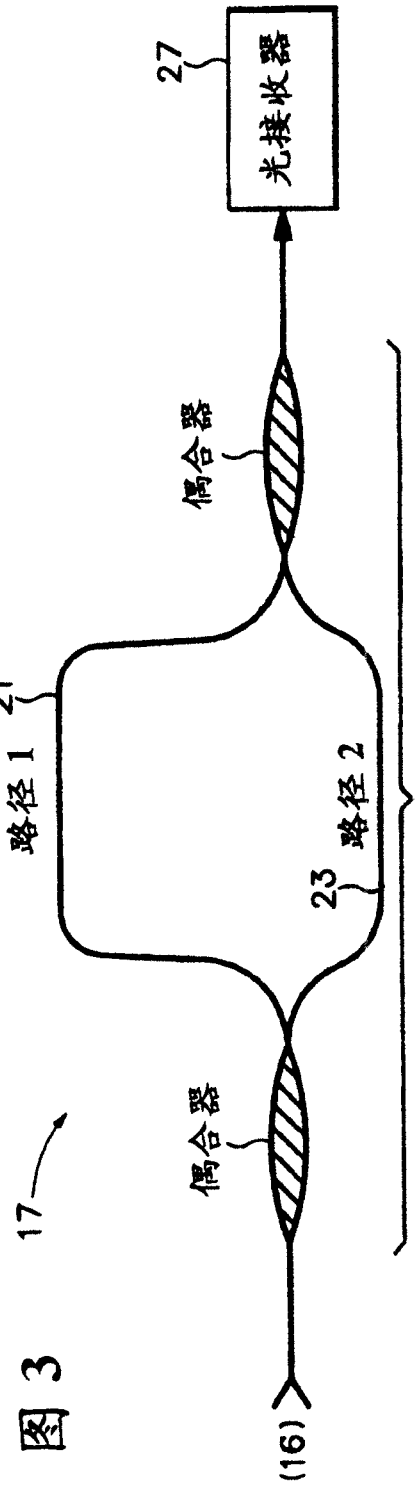

27
光接收器
偶合器
21
路径 1
路径 2
23
19
干涉仪
偶合器
17
(16)

图 3

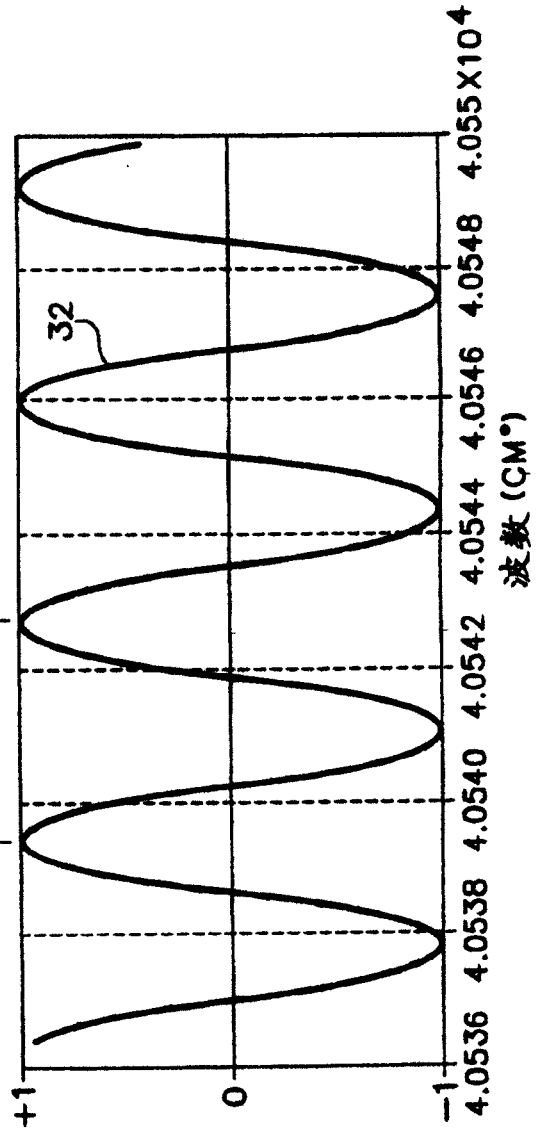

32
自由光谱范围
+1
0
−1
4.0536
4.0538
4.0540
4.0542
4.0544
4.0546
4.0548
4.055X10⁴
波数 (CM⁻¹)

图 4

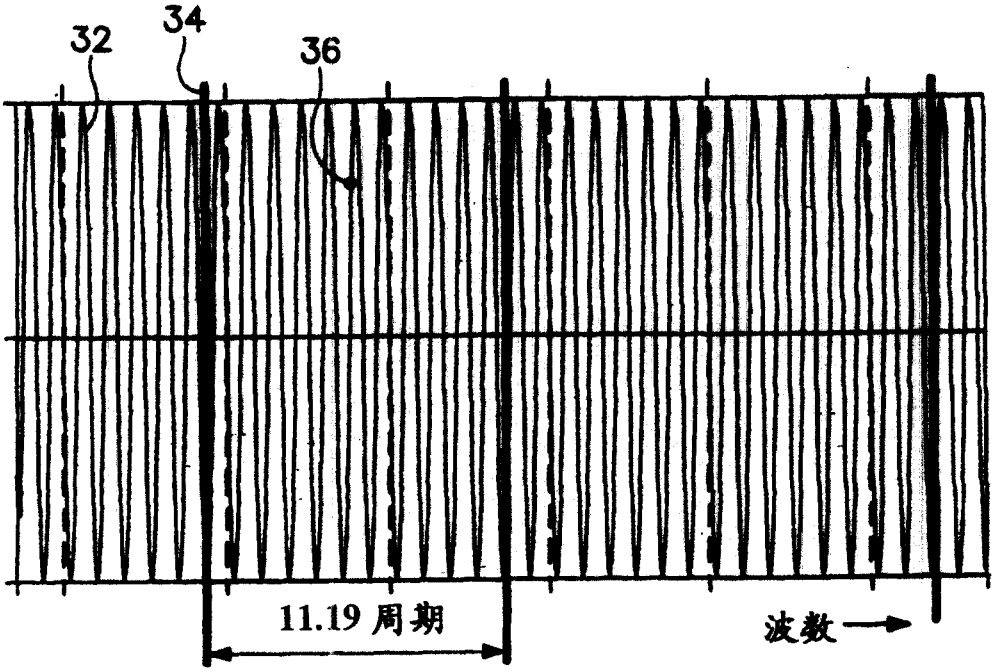


图 5

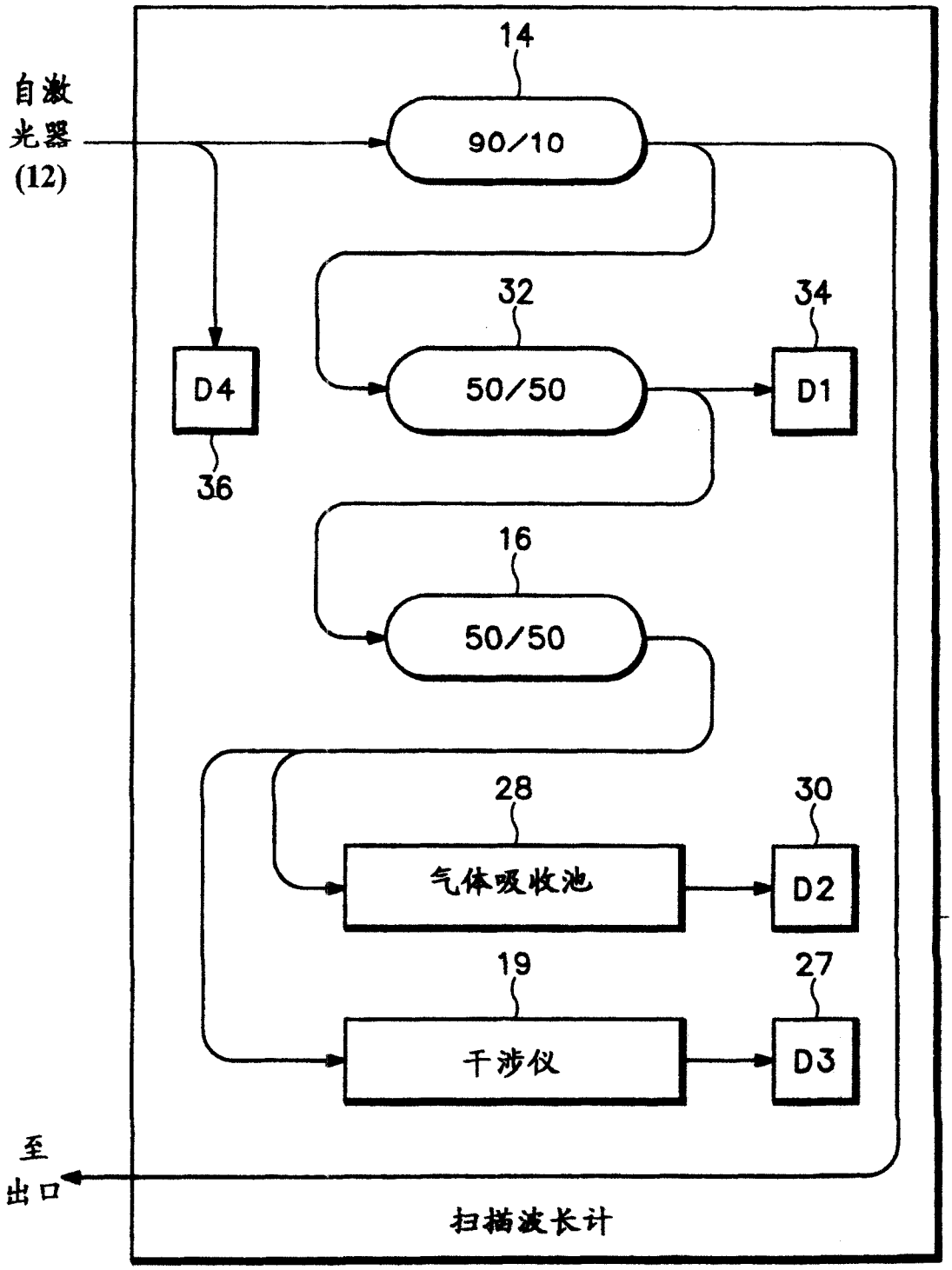

14
自激
光器
(12)
90/10
32
34
D4
50/50
D1
36
16
50/50
28
30
气体吸收池
D2
19
27
干涉仪
D3
至
出口
扫描波长计

图 6