

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.⁷

G02F 1/35

H01S 3/00

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00120330.4

[43]公开日 2001年1月17日

[11]公开号 CN 1280310A

[22] 申请日 2000.7.12 [21] 申请号 00120330.4

[30] 优先权

[32] 1999.7.13 [33] US [31] 09/352,827

[71] 申请人 朗迅科技公司

地址 美国新泽西州

[72]发明人 斯科特·L·布鲁汀

詹姆斯·K·普劳德

小约翰·W·斯塔特

[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

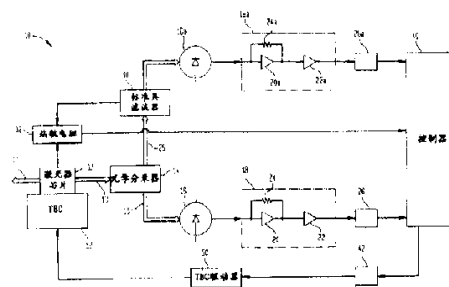
代理人 蒋世迅

权利要求书 7 页 说明书 8 页 附图页数 4 页

[54]发明名称 用于波长稳定激光器的主动数值温度补偿的方法及装置

[57] 摘要

公开了一种独特的方法及装置,用于通过主动地补偿一个标准具光学滤波器的温度变化,锁定一个激光器组件输出的激光的绝对波长。在从该激光器组件内的控制器发送到热电冷却器(TEC)的电压控制信号上加上(或减去)一个输出电压偏置,补偿由温度变化引起的标准具响应特性的变化。通过监视标准具温度计算电压偏置。电压偏置值提供了标准具温度变化的主动补偿,并且有效地“重新调节”激光器的输出,就好象重新调节了标准具温度本身。



ISSN 1008-4274

知识产权出版社出版

权 利 要 求 书

1. 一种激光器控制系统，包括：

一个用于产生激光束的激光源；

一个通过所述激光束的光学滤波器；

用于控制所述激光源温度的一个温度器件，所述温度器件适应于改变所述激光源的温度以调节所述激光源的输出；以及

一个控制器，适应于输出一个控制信号到所述温度器件，所述温度器件响应所述控制信号改变所述激光源的所述温度，所述控制器进一步适应于响应所述光学滤波器的温度变化调节所述控制信号。

2. 根据权利要求 1 的激光器控制系统，其中所述控制器进一步适应于确定来自所述激光源的预定输出与通过所述光学滤波器之后的所述激光束之间的差，其中所述控制信号是基于所述差而被调节的。

3. 根据权利要求 1 的激光器器件，其中所述激光源是一个激光器芯片。

4. 根据权利要求 1 的激光器控制系统，其中所述温度器件是一个加热器。

5. 根据权利要求 1 的激光器器件，其中所述温度器件是一个冷却器。

6. 根据权利要求 1 的激光器器件，其中所述温度器件是一个热电冷却器（TEC）。

7. 根据权利要求 1 的激光器器件，进一步包括：

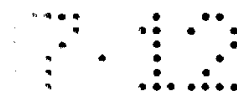
一个驱动器，从所述控制器接收所述控制信号并相应输出一个改变所述激光源的所述温度的信号。

8. 根据权利要求 1 的激光器器件，进一步包括：

一个热敏电阻，适应于测量所述光学滤波器的所述温度。

9. 根据权利要求 8 的激光器器件，其中所述热敏电阻进一步适应于测量所述激光源的所述温度。

10. 根据权利要求 8 的激光器器件，进一步包括：



一个光学分束器，将所述激光束分为第一路径和第二路径，其中所述控制器适应于确定所述第一和第二路径之间的差，基于所述差调节所述控制信号。

11. 根据权利要求 10 的激光器器件，其中所述第一路径进一步包括：

一个第一光电检测器，将所述第一路径的所述激光束转换为第一电信号；以及

一个第一模数转换器，将所述第一电信号转换为第一数字信号，所述第一数字信号输入到所述控制器。

12. 根据权利要求 11 的激光器器件，进一步包括：

一个放大器电路，放大所述第一电信号。

13. 根据权利要求 11 的激光器器件，其中所述第二路径进一步包括：

通过所述第二路径的所述激光束的所述光学滤波器；

一个第二光电检测器，将所述第二路径的所述激光束转换为第二电信号；以及

一个第二模数转换器，将所述第二电信号转换为第二数字信号，所述第二数字信号输入到所述控制器。

14. 根据权利要求 13 的激光器器件，进一步包括：

一个放大器电路，放大所述第二电信号。

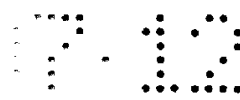
15. 根据权利要求 13 的激光器器件，其中所述控制信号基于所述第一数字信号、所述第二数字信号以及所述光学滤波器的温度确定。

16. 根据权利要求 15 的激光器器件，进一步包括：

一个数模转换器，连接在所述控制器与所述驱动器之间，将来自所述控制器的所述控制信号转换为一个模拟控制信号。

17. 根据权利要求 1 的激光器器件，其中所述光学滤波器是一个标准具。

18. 根据权利要求 17 的激光器器件，其中所述标准具是一个石英玻璃板。



19. 根据权利要求 1 的激光器器件，其中所述控制器包括一个处理器。

20. 根据权利要求 19 的激光器器件，其中所述处理器包括一个微处理器。

21. 一种激光器控制系统，包括：

一个用于产生激光束的激光器芯片；

一个通过所述激光束的标准具；

其上安装有所述激光器芯片的一个温度器件，所述温度器件适应于改变所述激光器芯片的温度以调节所述激光器芯片的输出；以及

一个控制器，适应于输出一个控制信号到所述温度器件，所述温度器件响应所述控制信号改变所述激光器芯片的所述温度，所述控制器进一步适应于响应所述标准具的温度变化调节所述控制信号。

22. 根据权利要求 21 的激光器控制系统，其中所述温度器件是一个热电冷却器（TEC）。

23. 根据权利要求 21 的激光器控制系统，其中所述温度器件是一个加热器。

24. 根据权利要求 21 的激光器控制系统，其中所述温度器件是一个冷却器。

25. 根据权利要求 21 的激光器控制系统，进一步包括：

一个驱动器，从所述控制器接收所述控制信号并相应输出一个改变所述激光器芯片的所述温度的信号。

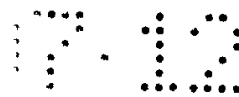
26. 根据权利要求 25 的激光器控制系统，进一步包括：

一个热敏电阻，适应于测量所述标准具的所述温度。

27. 根据权利要求 26 的激光器控制系统，进一步包括：

一个光学分束器，将所述激光束分为第一路径和第二路径，其中所述控制器适应于确定所述第一和第二路径之间的差，基于所述差调节所述控制信号。

28. 根据权利要求 27 的激光器控制系统，其中所述第一路径进一步包括：



一个第一光电检测器，将所述第一路径的所述激光束转换为第一电信号；以及

一个第一模数转换器，将所述第一电信号转换为第一数字信号，所述第一数字信号输入到所述控制器。

29. 根据权利要求 28 的激光器控制系统，进一步包括：

一个放大器电路，放大所述第一电信号。

30. 根据权利要求 28 的激光器控制系统，其中所述第二路径进一步包括：

通过所述第二路径的所述激光束的所述标准具；

一个第二光电检测器，将所述第二路径的所述激光束转换为第二电信号；以及

一个第二模数转换器，将所述第二电信号转换为第二数字信号，所述第二数字信号输入到所述控制器。

31. 根据权利要求 30 的激光器控制系统，进一步包括：

一个放大器电路，放大所述第二电信号。

32. 根据权利要求 30 的激光器控制系统，其中所述控制信号基于所述第一数字信号、所述第二数字信号以及所述标准具的温度确定。

33. 根据权利要求 32 的激光器控制系统，进一步包括：

一个数模转换器，连接在所述控制器与所述驱动器之间，将来自所述控制器的所述控制信号转换为一个模拟控制信号。

34. 一种用于补偿来自一个温度调谐激光器器件中的激光源的激光输出的波长偏移的方法，所述方法包括以下步骤：

测量一个光学滤波器的温度，所述激光输出的至少一部分通过该光学滤波器；

基于通过所述光学滤波器的所述激光器器件的所述输出与直接来自所述激光器器件中的所述激光源的输出之间的差，计算控制信号的值；

基于所述光学滤波器温度计算第一偏置值；

将所述第一偏置值加到所述控制信号上；以及

通过利用所述控制信号改变所述激光器器件的温度来调谐所述激光器器件。

35. 根据权利要求 34 的方法, 进一步包括:

在测量所述光学滤波器的所述温度之前标定一个激光器芯片。

36. 根据权利要求 35 的方法, 其中所述标定步骤包括:

测量所述激光器芯片的所述温度; 以及

参考查表确定一个温度, 在此温度下所述激光器芯片将输出具有预定的所需波长的激光束。

37. 根据权利要求 36 的方法, 其中所述标定步骤包括:

基于以前测量的统计数据更新所述查表, 以补偿所述激光源的老化。

38. 根据权利要求 34 的方法, 其中计算控制信号的所述步骤进一步包括:

基于所述控制信号的统计预测值补偿所述激光源的老化。

39. 根据权利要求 34 的方法, 其中计算控制信号的所述步骤进一步包括:

将来自所述激光源的激光束分为第一路径和第二路径, 所述第二路径通过所述光学滤波器;

从所述第一路径测量的信号上减去从第二路径测量的信号, 计算差值, 所述差值被用于部分确定所述控制信号。

40. 根据权利要求 39 的方法, 进一步包括:

将所述第一路径和所述第二路径的所述激光束分别转换为第一电信号和第二电信号;

将所述第一和第二电信号分别转换为第一和第二模拟信号;

将所述第一和第二模拟信号分别转换为第一和第二数字信号; 以及

在所述差值的所述计算中使用所述第一和第二数字信号。

41. 根据权利要求 39 的方法, 进一步包括:

测量所述光学滤波器的所述温度;

从第二查表中得到一个参考值;

比较所述测量的光学滤波器温度与来自所述第二查表的所述参考值;

基于所述比较确定第二偏置值; 以及

存储所述测量的温度用于所述光学滤波器。

42. 根据权利要求 41 的方法, 其中如果测量的光学滤波器温度不等于来自所述第二查表的所述值, 则所述方法进一步包括:

基于所述测量的光学滤波器温度与来自所述第二查表的所述值之差, 设置所述第二偏置值。

43. 根据权利要求 41 的方法, 其中如果测量的光学滤波器温度等于来自所述第二查表的所述值, 则所述方法进一步包括:

设置所述第二偏置值为 0。

44. 根据权利要求 41 的方法, 其中计算所述控制信号的值的所述步骤进一步包括:

通过在所述差值上加上所述第二偏置值, 计算所述差值的新值;

输出所述差值的新值作为所述控制信号。

45. 根据权利要求 44 的方法, 其中计算第一偏置值的所述步骤进一步包括:

测量所述光学滤波器的新的温度; 以及

通过比较所述新测量的光学滤波器温度与所述存储的光学滤波器温度, 确定是否所述光学滤波器的所述温度已经变化。

46. 根据权利要求 45 的方法, 其中如果所述温度没有变化, 则所述方法进一步包括:

在所述差值上加上所述第二偏置值; 以及

输出结果作为所述控制信号。

47. 根据权利要求 45 的方法, 其中如果所述温度已经变化, 则所述方法进一步包括:

确定是否所述温度变化大于一个预定值。

48. 根据权利要求 47 的方法, 其中如果所述温度变化不大于所述

输出结果作为所述控制信号。

基于所述光学滤波器的所述新测量温度与所述光学滤波器的所述存储的温度之差, 计算所述第一偏置值;

通过加上所述第一偏置值确定所述第二偏置的新值;

输出结果作为所述控制信号。

51. 根据权利要求 50 的方法, 其中所述标准具是一个石英玻璃板。

52. 根据权利要求 34 的方法, 其中所述激光源是一个激光器芯片。

53. 根据权利要求 34 的方法, 其中所述激光源是一个激光器阵列。

54. 根据权利要求 34 的方法, 其中所述激光源是一个法布里-珀罗激光器。

55. 根据权利要求 34 的方法, 其中所述激光源是一个分布式反馈激光器。

56. 根据权利要求 34 的方法, 其中所述激光源是一个分布式布喇格反射激光器。

用于波长稳定激光器 的主动数值温度补偿的方法及装置

本发明一般涉及可调谐激光器和其它可调谐光学信号源，并且尤其涉及一种方法和系统，用于补偿一个法布里-珀罗标准具关于一个信道栅（channel grid）的输出特性由温度引起的偏移，在该信道栅上激光器的波长被保持锁定。

光纤通信系统提供了低损耗和极高的信息运载容量。实际上，通过使用不同的载波波长同时传输许多不同的信道，可以利用光纤的带宽。相关技术称为波分复用（WDM）。在一个窄带 WDM 系统中，8、16 或更多个不同的波长紧密分布以增加光纤传输容量。

任意单个信道占据的波长带宽与许多因素有关，包括征用的信息带宽，以及容纳载波频移、载波频率不确定度、以及减小由非理想滤波器引起的可能的信道间串扰的边缘。

为了极大化信道数，需要具有稳定的和精确的波长控制的激光器，以提供窄间距的多个波长。但是，实际上，一个激光器在相当宽的带宽上产生光，称为激光器增益曲线。常规的法布里-珀罗激光器中仅有的纵模间隔是由增益光谱本身提供的。由于激光器谐振腔的类型为法布里-珀罗干涉仪，因此，增益曲线上的能量输出不是连续的，而是发生在分立的、紧密分布的频率处。输出频率基于由激光器谐振腔支持的分立的纵模数。纵模发生处的波长使得半波长的整数倍等于激光器中谐振腔的反射镜之间的距离。激光器振荡仅能够发生在激光器增益曲线超过谐振腔的光程损耗的频率处。实际上，加宽的激光器增益曲线在较大的频率范围，约为 8 至 10 GHz 的数量级，超过谐振腔损耗。如上所述，该范围内将有多个分立的、紧密分布的模式振荡。

各种方法被用于将一个激光器的振荡限制在竞争的纵模中的一个。一种方法是分布式的反馈机构。分布式反馈（DFB）激光器是通

信激光器的最常用的类型。整体栅状的激光器结构限制了单个频率的输出。另一个最常用的方法要求一个频率选择的外部谐振腔/标准具与这样的激光装置结合使用，以便检测激光器工作输出波长并且相应地通过改变激光器的温度，称为温度调谐，调整该激光器。这一方法即使在改变环境温度条件的情况下也允许激光器波长锁定。外部谐振腔/标准具激光器最经常用于气体管激光器，但也被用于非常窄线宽激光器，如激光陀螺用途所需的那些激光器。有许多类型的标准具。其最简单的形式是，一个标准具由以非法角放在激光器中的具有平行表面的石英玻璃板构成。内反射导致干涉效应，使标准具的作用像频率选择透射滤波器一样，以最小的损耗通过靠近透射峰的频率，并且利用相消干涉拒绝其他频率通过。实际上，标准具的透射峰被设置为与一个特定纵模一致，使得该激光器工作在单一频率。

但是，温度调谐激光器在长时间内由热引起的波长稳定性存在问题。DFB 激光器和外部谐振腔/标准具激光器都需要使波长对温度变化不敏感。典型地，激光器组件内的一个热电冷却器（TEC）和热敏电阻足以稳定波长。但是，对于电流密集波分复用（DWDM），采用常规方法实现百万分之几的波长稳定控制是不可能的。例如，会发生图 1 所示的波长偏移，如前所述，一个激光器波长的温度调谐是通过利用加在热电冷却器（TEC）上的控制电流改变激光器芯片温度实现的，该激光器芯片安装在激光器组件内。如图 1 所示，激光器组件将调谐激光器芯片，以在所需的波长（ $\lambda_{\text{所需}}$ ），点 A 所示处保持所需的最大输出功率。当激光器温度变化以保持该点时，由于标准具接近激光器组件内的 TEC，因此标准具的温度不可避免地也将变化。随着标准具温度变化，材料的折射率变化，并且更强烈地，标准具膨胀或收缩，改变了材料内的有效光程，并且由此改变了干涉效应。随着有效光程的改变，标准具的响应曲线也将改变。激光器芯片的控制系统将基于变化的标准具响应曲线对激光器芯片进行温度调谐，使得波长输出变为一个不同的波长（ $\lambda_{\text{实际}}$ ），如点 B 所示。由控制系统误差和滞后造成的这种波长偏移会在端系统处造成问题。由于激光器最初被设置为向安

装激光器的端系统提供特定的功率和波长输出，因此，当输出波长变化时，会破坏端产品系统的工作，甚至可能损坏端产品系统的功能性。

因此，需要一种方法和装置，用于通过补偿温度调谐激光器中标准具的温度变化，使激光稳定和锁定在一个绝对的波长。

本发明提供了一种独特的方法和装置，用于通过主动地补偿标准具光纤的温度变化，使激光锁定在一个绝对的波长。

根据本发明，通过在发送到激光器组件内的热电冷却器（TEC）的电压控制信号上加（或减）一个输出电压偏置，补偿由温度变化引起的标准具响应特性的变化。这些计算可以由常规模拟电路或由一个微控制器或类似的数字信号处理器对模拟信号进行数字运算实现。通过监视标准具的温度计算该电压偏置。电压偏置值提供了标准具温度变化的主动补偿，并且有效地“重新调节”激光器的输出，就好象标准具的温度本身被重新调节到其初始温度。

由以下本发明的详细描述以及附图，本发明的这些以及其它优点和特性将会更加明显。

图 1 显示激光器组件内标准具的温度变化引起的标准具响应曲线的变化而导致的波长偏移；

图 2 以方框图形式显示一个波长稳定激光器控制系统的一部分，根据本发明的一个理想实施例，该系统可以主动地补偿标准具的温度变化；以及

图 3A 和 3B 以流程图形式显示根据本发明用于主动稳定激光器波长的一种方法。

本发明将象图 2-3 中所示的实施例那样被描述。也可以利用其它实施例，并且可以在不偏离本发明的精神或范围的条件下进行结构、逻辑或程序上的修改。在整个描述中，相同的项用相同的参考数字表示。

根据本发明，可以通过主动地补偿标准具光学滤波器的温度变化锁定激光的绝对波长。图 2 以方框图形式显示一个典型的波长稳定激光器系统 10 的一部分。更确切地，图 2 显示用于温度调谐激光器系统

10 的一个控制电路，根据本发明该激光器系统可以主动地补偿标准具中的温度变化。

激光器芯片 12 安装在热电冷却器 (TEC) 52 上。如果需要热膨胀匹配，可以使用激光器芯片 12 和 TEC 52 之间的底座 (没有显示)。正如已知的温度调谐激光器技术，可以通过改变激光器芯片 12 的温度调节激光器芯片 12 的输出，就象一个激光器芯片具有与其工作温度直接相关的输出。因此，通过测量激光器关于一个所需的输出信号的输出，改变激光器芯片的温度可以将激光器的输出调节到所需的输出水平。激光器芯片 12 的温度可以通过改变 TEC 52 的温度被调节。TEC 52 的温度基于从控制器 40 通过数模 (D/A) 转换器 42 到达 TEC 驱动器 50 的输入信号而变化。控制器 40 可以包括一个可编程逻辑器件，例如一个微处理器。如果使用微处理器，它可以是任何常规的一般用途的单或多芯片微处理器，或者可以是任何常规的专门用途的微处理器例如一个数字信号处理器。模拟信号调节技术也可用于 A/D 和 D/A 信号。

控制器 40 如下监视并控制激光器芯片 12 的输出。激光器芯片 12 产生激光器输出 11 和背面输出 13。来自激光器芯片 12 的输出 13 被输入到光学分束器 14，以将输出分为两个单独的输出 15、25。第一输出 15，以下称为参考路径，被输入光电检测器 16，如技术中所知，将激光从光学信号转换成电信号。转换的电信号被输入到放大器电路 18，它可以包括例如运算放大器 20、22 和反馈电阻 24。来自放大器电路 18 的输出被模数 (A/D) 转换器 26 从模拟信号转换为数字信号，并输入到控制器 40。

第二输出 25，以下称为标准具路径，如本领域所知被输入标准具滤波器 30。来自标准具滤波器 30 的输出被输入第二光电检测器 16a，将激光从光学信号转换成电信号。转换的电信号被输入到放大器电路 18a，它可以包括例如运算放大器 20a、22a 和反馈电阻 24a。来自放大器电路 18 a 的输出被 A/D 转换器 26a 从模拟信号转换为数字信号，并输入到控制器 40。

根据本发明，标准具滤波器 30 的温度由热敏电阻 32 监视并输入控制器 40。控制器 40 利用标准具路径信号，即通过标准具滤波器 30 的路径；参考路径信号，即不通过标准具滤波器 30 而从激光器芯片 12 直接输出的路径，以及为监视标准具滤波器 30 和激光器芯片 12 由热敏电阻 32 测量的温度（除非如下所述还包括一个单独的热敏电阻用于监视激光器芯片），从而使 TEC 驱动器 50 改变 TEC 52 的温度，以调节激光器芯片 12 的输出 11。

图 2 的电路的工作将参考图 3A 和 3B 的流程图进一步描述，图 3A 和 3B 的流程图显示根据本发明用于主动稳定激光器波长的一种方法。参考图 3A，在步骤 100，激光器芯片 12 开启。在步骤 110，激光器芯片 12 的温度由热敏电阻 32 测量并输入控制器 40。应当注意到在一些情况下，由于激光器控制系统例如激光器控制系统 10 的典型包装，激光器芯片 12 和标准具滤波器 30 非常接近，它们之间的任何温度梯度都是可忽略的。因此，激光器芯片 12 和标准具滤波器 30 的温度可以仅用一个热敏电阻，例如热敏电阻 32 测量。但是，如果需要，激光器芯片 12 和标准具滤波器 30 可以配备它们自己的热敏电阻。一旦激光器芯片的温度被确定，激光器芯片 12 的输出的近似波长就可以被确定，因为激光器芯片 12 的输出是其温度的函数。然后控制器 40 可以参考一个查表以确定激光器芯片 12 输出根据端产品系统要求预定的所需波长所需要的温度。查表中的值是在基于激光器芯片 12 的响应对激光器芯片 12 进行标定的过程中定义的，并且可以被存储在例如控制器 40 的存储器中。基于查表确定的温度值，控制器 40 将知道在标定过程中确定的使激光器芯片 12 提供所需输出的所要求的温度。

应当理解激光器芯片 12 的波长-温度输出是随激光器芯片 12 老化而逐渐变化的。因此，随着激光器芯片 12 的老化，查表中的值将不再是精确的。为了解决这个问题，查表可以由控制器 40 补充，例如通过一种“学习”算法，使用历史统计数据预测和适应激光器芯片 12 老化过程中的变化。

在步骤 120，来自参考路径和标准具路径的信号被控制器 40 测量。

然后控制器 40 从参考路径信号的值中减去标准具路径信号的值，并且将其存储为一个差值。应当注意到激光器老化的补偿可以基于该差值的统计预测值实时进行。在步骤 130，标准具滤波器的温度由热敏电阻 32 测量并存储为一个初始值。然后控制器 40 调用标准具温度查表，为所需的标准具响应曲线确定近似的标准具温度。如前所述，标准具的温度决定材料的膨胀，从而决定光在材料内传播的有效光程，并且改变干涉效应。因此，在标准具滤波器的标定过程中，有可能确定标准具在不同的温度下将如何响应各个波长，并且可以为标准具的给定/读出温度确定一个预期的值。预测该行为的数学推导模型也可以被用于计算一个预期的值。

在步骤 140，步骤 130 中测量的初始值与来自查表的预期值进行比较。如果初始值等于预期值，则在步骤 160 一个称为栅偏置 (grid_offset) 的变量被设置为 0。如果初始值不等于预期值，则在步骤 150 栅偏置的值被相应调整，即基于初始值与得自查表的预期值之间的差异调整。应当注意到步骤 140-150 的目的是允许系统在通过 TEC 52 对激光器芯片 12 进行任何实际的加热/冷却之前，进行与查表中存储的值相关的自标定，尽管应当注意到激光器芯片 12 在开启时可以自加热。因此，例如，如果激光器系统 10 被安装在一个具有升高的环境温度的端产品系统中，则激光器系统 10 可以在 TEC 52 对激光器芯片 12 进行任何实际的加热之前立即开始补偿升高的环境温度。

在步骤 170，由热敏电阻 32 测量的标准具的温度被控制器 40 存储。现在参考图 3B，在步骤 180，差值被重新计算为差值+栅偏置值，并且新的差值从控制器 40 通过 D/A 转换器 42 输出到 TEC 驱动器 50。TEC 驱动器 50，响应来自控制器 40 的信号，即调整的差值，调节 TEC 52 的温度，由此相应调节激光器芯片 12 的输出。

在步骤 190，来自参考路径和标准具路径的信号再次被控制器 40 测量。然后控制器 40 利用以上步骤 120 给出的相同的计算过程为差值确定一个新的值。在步骤 200，标准具的温度再次被热敏电阻 32 测量。在步骤 210，确定标准具温度自前次测量以来是否已经改变。如果标

准具温度没有变化，则不需要补偿标准具温度变化。本方法返回到步骤 180，差值的新值被计算为步骤 190 中计算的差值加上栅偏置值。然后差值的新值从控制器 40 输出到 TEC 驱动器 50，TEC 驱动器 50 相应地调节 TEC 52 的温度。

如果标准具温度已经改变，则在步骤 220 基于系统所需的精度确定该温度变化是否足以改变标准具的响应特性。所需的精度和分辨率越高，表示一个显著变化的值越低。因此，例如，仅 0.5℃ 的温度变化在一个系统中可能被视为显著变化，而在其它系统中至少 1.5℃ 的温度变化才需要视为显著变化。温度变化视为显著的值是预定的，并且可以被控制器 40 存储。如果温度变化视为不够显著，本方法返回到步骤 180，差值的新值被计算为步骤 190 中计算的差值加上栅偏置值。然后差值的新值从控制器 40 输出到 TEC 驱动器 50，TEC 驱动器 50 相应地调节 TEC 52 的温度。

如果在步骤 220 确定温度变化足够显著以改变标准具滤波器 30 的特性，则在步骤 230 计算一个偏置增量值。偏置增量值由初始偏置增量值乘以存储的标准具温度与最近一次测量的标准具温度之间的差值确定，即偏置增量值=初始偏置增量值((存储的标准具温度)-(测量的标准具温度))。初始偏置增量值是基于标准具使用的材料的特性及其对温度变化的响应确定的。

在步骤 240，步骤 200 中测量的标准具温度值被存储。在步骤 250，栅偏置的新值确定为步骤 230 中确定的偏置增量值加上以前的栅偏置值。本方法返回到步骤 180，差值的新值用步骤 250 的栅偏置的新值计算。然后差值的新值从控制器 40 输出到 TEC 驱动器 50，TEC 驱动器 50 相应地调节 TEC 52 的温度。

因此，根据本发明，基于标准具的温度变化，标准具的温度被监视并且栅偏置的值被调节。然后在用于控制 TEC 52 的差值的计算过程中，通过利用栅偏置值，激光器系统 10 可以有效地补偿由于标准具中的温度变化引起的标准具响应的变化。通过补偿标准具中的温度变化，激光器系统 10 可以有效地将激光锁定在绝对的波长。



虽然本发明被描述为用一个激光器芯片 12 实现，但是应当理解本发明并不局限于此，并且可以使用本领域中所知的任何类型的激光源，例如激光器阵列、DFB 激光器、分布式的布喇格反射（DBR）激光器、法布里-珀罗激光器等。此外，本发明可以使用所有的温度敏感/波长敏感元件，例如对于举例的标准具，干涉滤波器（低通、带通和高通）、多组滤波器（陷波）、光栅等等。

在描述本发明时参考了实施例。但是那些熟练的技术人员以及熟悉本发明的公开的人员可以进行增加、删减、替换或其它修改，而不偏离本发明的精神或范围。这些修改都包括在权利要求书所限定的本发明的范围内。同样，尽管本发明被描述为用一个可编程控制器，理想地是一个运行软件程序的微处理器实现，但是它可以用硬件、软件或两者的任意组合实现。全部视为与本发明的工作等价。因此，本发明不视为仅限于前面的描述，而是仅限于附加的权利要求书的范围。

说明书附图

图1

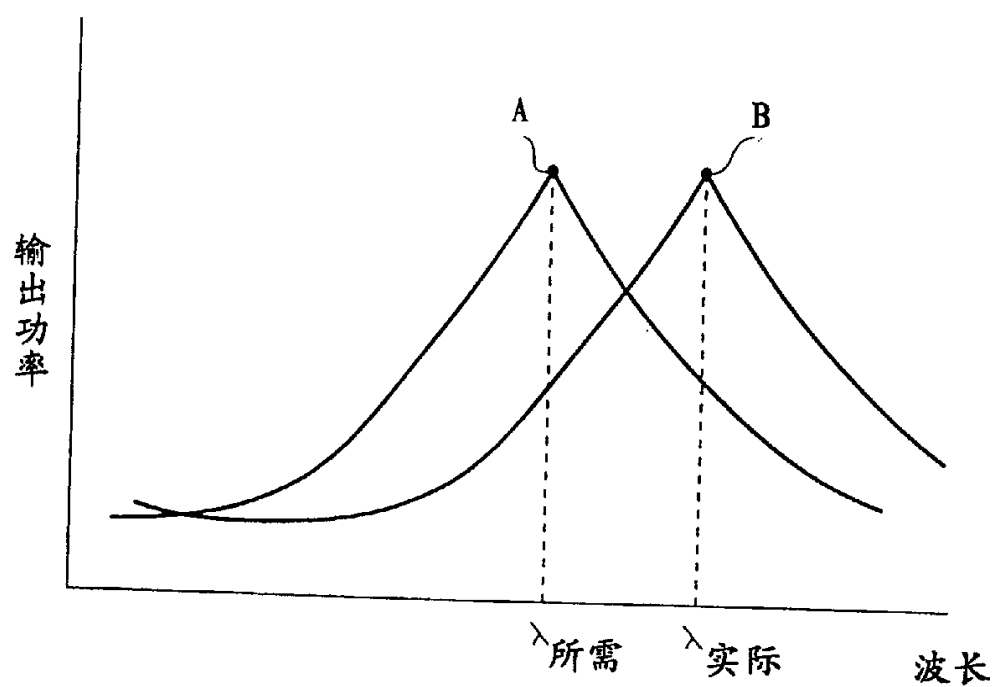


图 2

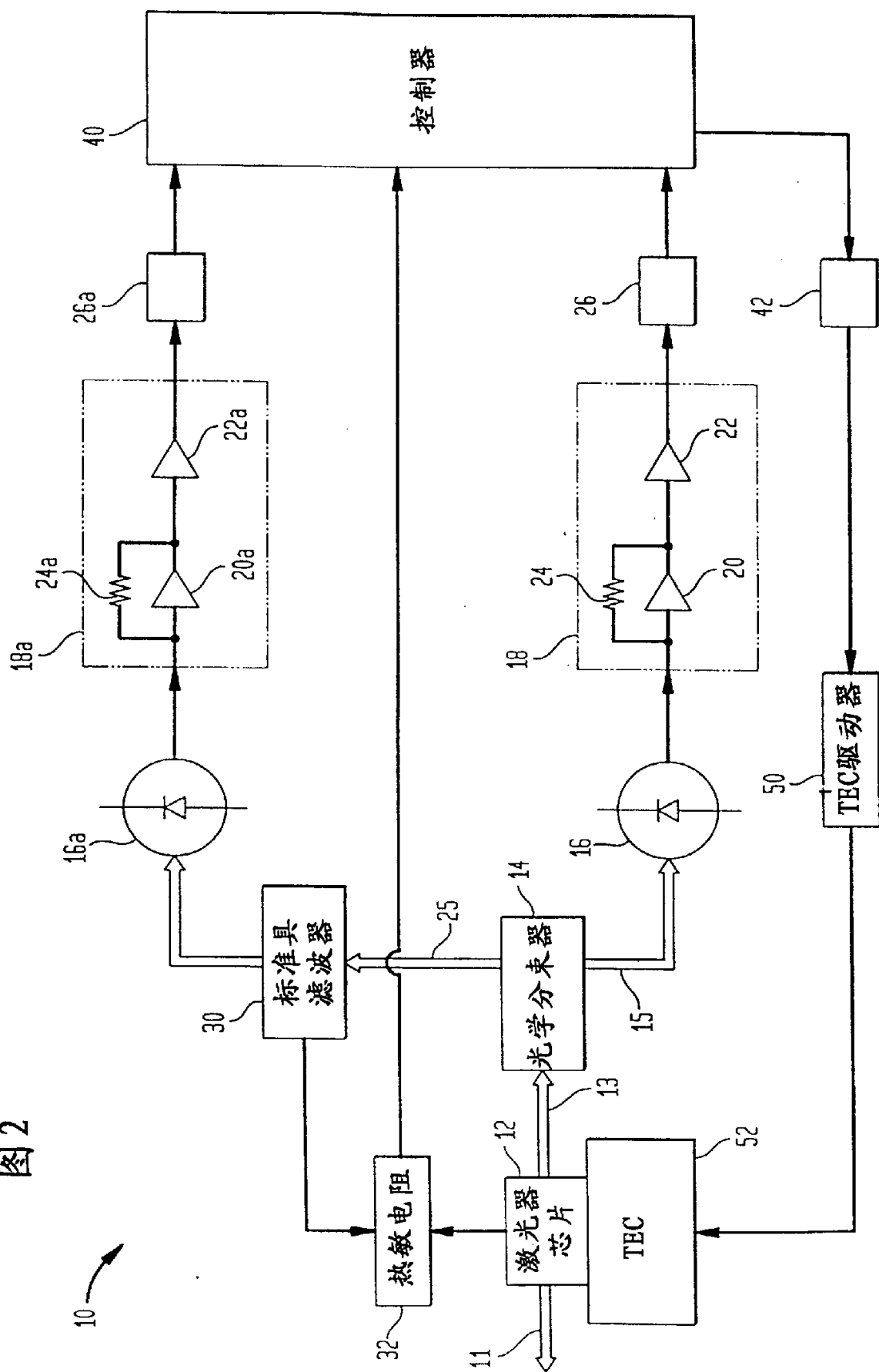
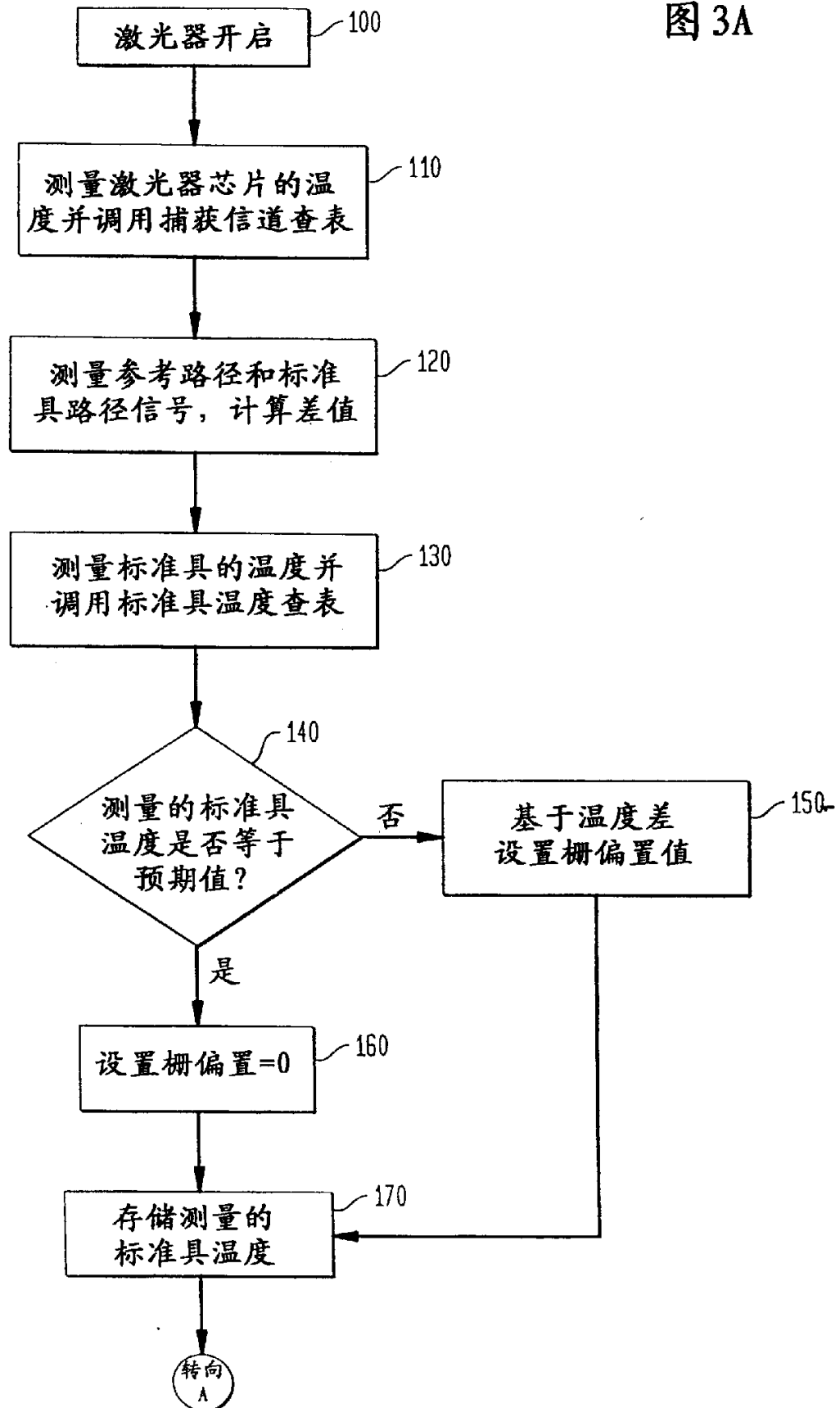


图 3A



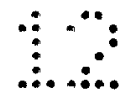


图 3B

