



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102084559 A

(43) 申请公布日 2011. 06. 01

(21) 申请号 200980125892. 5

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2009. 07. 02

H01S 5/0625(2006. 01)

(30) 优先权数据

H04N 9/31(2006. 01)

12/217, 427 2008. 07. 03 US

G02F 1/37(2006. 01)

H01S 5/062(2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 12. 31

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2009/003937 2009. 07. 02

(87) PCT申请的公布数据

W02010/002471 EN 2010. 01. 07

(71) 申请人 康宁股份有限公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 M·H·胡 D·皮库拉

D·O·里基茨

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 钱慰民 袁逸

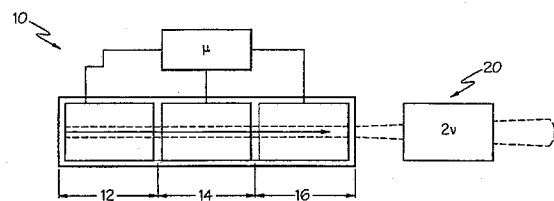
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 4 页

(54) 发明名称

半导体激光器的相位区段中的波长归一化

(57) 摘要

本发明的特定实施例一般地涉及半导体激光器和激光投影系统, 尤其涉及用于控制半导体激光器的方案。根据本发明的一个实施例, 具有增益区段 (16)、相位区段 (14) 和波长选择区段 (12) 的激光器配置成用于经编码数据的光发射。通过将多个准周期性相移信号 I/V_0 施加于半导体激光器的相位区段 (14) 而跨多个激光腔模平移光发射。准周期性信号的振幅在随时间随机变化的频率下在最大驱动电平 (A) 和最小驱动电平 (B) 之间周期地跃变。



1. 一种控制激光投影系统的方法,所述激光投影系统包括可见光源,其中所述可见光源包括半导体激光器和波长转换器件,所述方法包括:

通过配置用于经编码图像数据光发射的半导体激光器和跨多个图像像素或经编码数据周期扫描所述可见光源的输出光束来产生经扫描激光图像的至少一部分,所述半导体激光器包括增益区段、相位区段和波长选择区段;以及

通过将准周期性相移信号 I/V_{ϕ} 施加于半导体激光器的相位区段而跨多个激光腔模平移光发射,其中所述准周期性信号的振幅在随时间随机变化的频率下在最大驱动电平和最小驱动电平之间周期地跃变。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述相移信号 I/V_{ϕ} 的频率在大约 100MHz 的上限和大约 5MHz 的下限之间随机变化。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述相移信号 I/V_{ϕ} 配置成经调频的方波。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述相移信号 I/V_{ϕ} 配置成经调频的正弦波。

5. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述相移信号 I/V_{ϕ} 包括电流信号并被施加于所述相位区段以改变所述相位区段内的载流子密度。

6. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述相移信号 I/V_{ϕ} 包括电压信号并被施加于所述相位区段以改变所述相位区段内的载流子密度。

7. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,施加所述相移信号 I/V_{ϕ} 以通过光电效应来改变所述相位区段的光学特性。

8. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,施加所述相移信号 I/V_{ϕ} 以通过热效应来改变所述相位区段的光学特性。

9. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括将驱动信号 I_{GAIN} 施加于所述半导体激光器的增益区段,所述驱动信号 I_{GAIN} 包括多个数据部分和时间上处于相应数据部分之间的相应波长恢复部分,其中所述数据部分包含各自的驱动振幅 I_D 和驱动持续时间 t_D ,且波长恢复部分包括与所述数据部分的驱动振幅 I_D 不同的恢复振幅 I_R 以及比所述数据部分的驱动持续时间 t_D 更短的恢复持续时间 t_R 。

10. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括将驱动信号 I_{DBR} 施加于所述半导体激光器的 DBR 区段,所述驱动信号 I_{DBR} 包括多个数据部分和时间上处于相应数据部分之间的相应波长恢复部分,其中所述数据部分包含各自的驱动振幅 I_D 和驱动持续时间 t_D ,且所述波长恢复部分包括与所述数据部分的驱动振幅 I_D 不同的恢复振幅 I_R 以及比所述数据部分的驱动持续时间 t_D 更短的恢复持续时间 t_R 。

11. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,将所述相移信号 I/V_{ϕ} 施加于所述相位区段以使其在模移分段和基相控制分段之间变化。

12. 如权利要求 11 所述的方法,其特征在于,所述模移分段的振幅大于所述基相控制分段的振幅。

13. 如权利要求 11 所述的方法,其特征在于,选择所述模移分段和所述基相控制分段各自的振幅以当所述相移信号 I/V_{ϕ} 在所述模移分段和所述基相控制分段之间跃变时改变所述半导体激光器的模式选择。

14. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于:

将驱动信号 I/V_{PHASE} 施加于所述半导体激光器的相位区段以控制所述多个激光器腔模

的波长；以及

使用乘、除、求和或其组合形式通过相移信号 I/V_{ϕ} 修正所述驱动信号 I/V_{PHASE} 。

15. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，通过监视光发射功率并利用外部功率反馈环控制所述半导体激光器的相位区段来维持标称相位匹配条件。

16. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，通过利用耦合于所述激光器的一个或多个温度传感器和温度反馈环中的波长转换器件控制所述半导体激光器的相位区段来维持标称相位匹配条件。

17. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，至少一部分经扫描的激光图像是通过将来自所述半导体激光器的光信号耦合入所述波长转换器件以将光信号转换成较高次谐波来产生的。

18. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于：

扫描光发射以产生包含多条图像线的图像帧；以及

排列多个图像像素或经编码数据周期以定义所述多条图像线。

19. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于：

所述方法还包括通过将至少一个附加准周期性相移信号 I/V_{ϕ} 施加于所述半导体激光器的相位区段而跨多个激光腔模平移所述光发射；

所述附加准周期性信号的振幅在随时间随机变化的频率下在最大驱动电平和最小驱动电平之间周期地跃变；以及

所述准周期性相移信号 I/V_{ϕ} 包括不同的振幅曲线。

20. 一种控制激光投影系统的方法，所述激光投影系统包括可见光源，其中所述可见光源包括半导体激光器和波长转换器件，所述方法包括：

通过配置用于经编码图像数据光发射的半导体激光器和跨多个图像像素或经编码数据周期扫描所述可见光源的输出光束来产生经扫描激光图像的至少一部分，所述经编码的数据周期配置成限定包含多条图像线的图像帧，所述半导体激光器包括增益区段、相位区段和波长选择区段；

将驱动信号 I_{GAIN} 施加于所述半导体激光器的增益区段，所述驱动信号 I_{GAIN} 包括多个数据部分和时间上处于相应数据部分之间的相应波长恢复部分，其中所述数据部分包括各自的驱动振幅 I_D 和驱动持续时间 t_D ，且所述波长恢复部分包括与所述数据部分的驱动振幅 I_D 不同的恢复振幅 I_R 以及比所述数据部分的驱动持续时间 t_D 更短的恢复持续时间 t_R ；

通过监视光发射功率并利用外部功率反馈环以控制所述半导体激光器的相位区段来将所述半导体激光器输出光束的波长维持在近似等于所述波长转换器件的相位匹配波长；以及

通过将多个准周期性相移信号 I/V_{ϕ} 施加于所述半导体激光器的相位区段而跨多个激光腔模平移所述光发射，其中：

所述准周期性信号的振幅在随时间随机变化的频率下在最大驱动电平和最小驱动电平之间周期地跃变；以及

所述准周期性相移信号 I/V_{ϕ} 包括不同的振幅曲线。

21. 一种包含可见光源和至少一个激光器控制器的激光投影系统，其特征在于：

所述可见光源包括半导体激光器和波长转换器件；

所述激光器控制器被编程以运作所述半导体激光器；

对所述激光器控制器被编程为通过配置用于经编码图像数据光发射的半导体激光器和跨多个图像像素或经编码数据周期扫描所述可见光源的输出光束来产生经扫描激光图像的至少一部分,所述半导体激光器包括增益区段、相位区段和波长选择区段;以及

所述激光器控制器被编程为通过将准周期性相移信号 I/V_{ϕ} 施加于半导体激光器的相位区段而跨多个激光腔模平移光发射,其中所述准周期性信号的振幅在随时间随机变化的频率下在最大驱动电平和最小驱动电平之间周期地跃变。

22. 一种控制激光投影系统的方法,所述激光投影系统包括可见光源,所述可见光源包括半导体激光器和波长转换器件,所述方法包括:

通过发射所述可见光源的输出光束而产生激光图像的至少一部分,所述半导体激光器包括增益区段、相位区段和波长选择区段;以及

通过将准周期性相移信号 I/V_{ϕ} 施加于所述半导体激光器的相位区段而跨多个激光腔模地平移光发射,其中所述准周期性信号的振幅在随时间随机变化的频率下在最大驱动电平和最小驱动电平之间周期地跃变。

23. 如权利要求 22 所述的方法,其特征在于,所述激光投影系统是基于扫描的系统或基于非扫描空间光调制的系统。

半导体激光器的相位区段中的波长归一化

[0001] 优先权

[0002] 本申请要求 2008 年 7 月 3 日提交的题为“Wavelength Normalization In Phase Section Of Semiconductor Lasers(半导体激光器的相位区段中的波长归一化)”的美国专利申请 No. 12/217, 427 的优先权。

背景技术

[0003] 本发明一般涉及半导体激光器、激光器控制器、激光投影系统以及包含半导体激光器的其它光学系统。更具体地,本发明的一些实施例涉及管理半导体激光器中的激光波长变化的方案。本发明的其它实施例涉及使光耦合于半导体激光器的波长转换器件的输出中的系统波长变化减至最小的方案,以及中断激光投影系统的经扫描激光图像中的温度演变特征的方案。

发明内容

[0004] 本发明总的涉及可按照各种方式配置的半导体激光器。例如且作为说明而非限制,通过将诸如分布式反馈 (DFB) 激光器、分布式布拉格反射器 (DBR) 激光器、垂直腔表面表面发射激光器 (VCSEL)、垂直外腔表面发射激光器 (VECSEL) 或法布里 - 佩罗特激光器之类的单波长半导体激光器与诸如二次谐波发生 (SHG) 晶体之类的光波长转换器件组合,可将短波长源配置成用于高速调制。可将 SHG 晶体配置成例如通过将 1060nm 的 DBR 或 DFB 激光器调谐至 SHG 晶体的光谱中心 (将波长转换成 530nm) 来产生基波激光信号的较高次谐波。然而,诸如 MgO 掺杂的周期性极化铌酸锂 (PPLN) 之类的 SHG 晶体的波长转换效率强烈依赖于激光二极管和 SHG 器件之间的波长匹配。如熟悉激光器设计的技术人员所能理解地,DFB 激光器是利用蚀刻入半导体材料的栅格或类似结构作为反射介质的谐振腔激光器。DBR 激光器是其中蚀刻光栅与半导体激光器的电子泵浦区物理分离的激光器。SHG 晶体利用非线性晶体的二次谐波发生性质来使激光辐射的频率翻倍。

[0005] 例如 SHG 的波长转换器的波长转换效率强烈地依赖于激光二极管和波长转换器件之间的波长匹配。PPLN SHG 器件的带宽往往是非常小的,对于典型的 PPLN SHG 波长转换器件而言,半最大值全宽 (FWHM) 波长转换带宽仅在 0.16 至 0.2nm 范围内并且主要取决于晶体的长度。激光腔内的模式跳变和不受控制的大波长变化可以引起半导体激光器的输出波长在操作期间移出该允许带宽。一旦半导体激光器波长偏离出 PPLN SHG 器件的波长转换带宽,则转换器件在目标波长的输出功率下降。在激光投影系统中,例如模式跳变尤其成问题,因为模式跳变会产生功率上的瞬时变化,这种变化将作为图像中具体位置中的缺陷而清楚可见。这些可见缺陷本身通常表现为跨图像的有组织、图案化图像缺陷,因为所产生的图像仅仅是激光器的不同区段的温度演变特征。

[0006] 面对与研发半导体激光源中波长匹配和稳定性相关联的挑战,本发明人已认识到用于管理半导体激光器内的激光波长变化的有益方案。本发明人还认识到通过中断激光器的不适宜温度演变特征而管理光学耦合于半导体激光器的波长转换器件输出中的系统波

长变化的有益方案。

[0007] 本发明人已认识到,虽然本发明的理念主要以 DBR 激光器为背景描述,但是可以构想到,本文描述的控制方案也可在各种类型的半导体激光器中具有实用性,包括但不限于 DFB 激光器、法布里-佩罗特激光器以及许多类型的外腔激光器。还应注意,本发明的具体实施例在一般性意义上涉及激光源中的波长稳定性,而不考虑在激光源中是否利用二次谐波发生。

[0008] 根据本发明的一个实施例,提供用于控制包含半导体激光器和激光器控制器的方法,所述激光器控制器被编程为执行这些方法。更具体地,该方法包括生成至少一部分经扫描的激光图像并将准周期性相移信号 I/V_0 施加于激光器的相位区段,其中准周期性信号的振幅在随时间随机变化的频率下在最大驱动电平和最小驱动电平之间周期地跃变。

[0009] 根据本发明的另一实施例,提供一种控制激光投影系统的方法,该方法包括:生成包含图像线和帧的经扫描激光图像的至少一部分;将驱动信号 I_{GAIN} 施加到包含多个波长恢复部分的半导体激光器的增益区段;并利用外部能量反馈环维持半导体激光器输出波束的波长使之近似等于波长转换器件的相位匹配波长。该方法还包括通过将多个准周期性移相信号 I/V_0 施加于半导体激光器的相位区段使半导体激光器的光发射平移,其中准周期性信号的振幅在随时间随机变化的频率下在彼此无关的最大驱动电平和最低驱动电平之间周期地跃变。

[0010] 尽管本发明的理念主要以成像为背景予以描述,但是可以构想到,本发明的多个理念也适用于其中激光波长的可重复的低频波动成问题的任何激光器应用。

附图说明

[0011] 本发明的特定实施例的以下详细描述可在结合以下附图阅读时被最好地理解,其中相同的结构使用相同的附图标记表示,在附图中:

[0012] 图 1 是光耦合到光波长转换器件的 DBR 或相似类型半导体激光器的示例性图示;

[0013] 图 2 是根据本发明一个实施例的激光投影系统的示意性图示;

[0014] 图 3 和 4 示出 DBR 激光器中因变于增益电流的发射波长的演变;

[0015] 图 5 示出用于中断半导体激光器的不适宜温度演变特征的方案;

[0016] 图 6 示出图 5 所示方案中使用的相移信号波形的一个示例;

[0017] 图 7 示出图 5 所示方案中使用的相移信号波形的一个示例;

[0018] 图 8 示出根据本发明一个实施例的用于控制激光波长的方案;以及

[0019] 图 9 是图 8 所示的控制方案的图示。

具体实施方式

[0020] 尽管将本发明特定实施例的理念纳入其中的各种类型半导体激光器的具体结构在有关半导体激光器设计和制造的易得技术文献中已给出了教导,然而本发明特定实施例的理念可通过总体参照图 1 示意地示出的三区段 DBR 式半导体激光器 10 适宜地示出。在图 1 中, DBR 激光器 10 光耦合于光波长转换器件 20。半导体激光器 10 发出的光束可以要么直接耦合入波长转换器件 20 的波导要么通过准直和聚焦光学器件或一些其它类型的适当光学元件或光学系统耦合。波长转换器件 20 将入射光转换成高次谐波并输出经转换的

信号。这种类型的配置尤其可用于从较长波长的半导体激光器生成较短波长的激光束，并且可用作例如激光投影系统的可见激光源。

[0021] 在激光投影系统的背景中，经扫描的激光图像通过跨由各个像素构成的图像线扫描可见光的输出光束而生成。各单独的图像线和像素分别以持续时间 t_L 和 t_p 以及图像线生成频率和图像像素生成频率作为特征。多条图像线组成图像帧。然后以要求的频率重复具有持续时间 t_f 和图像帧生成频率的这些图像帧以形成可由观察者观察到的经扫描激光图像。

[0022] 图 1 中示意地示出的 DBR 激光器 10 包括波长选择区段 12、相位区段 14 和增益区段 16。也被称为激光器 10 的 DBR 区段的波长选择区段 12 通常包括位于激光腔有源区之外的一阶或二阶布拉格光栅。该区段提供波长选择，因为光栅起到其反射系数取决于波长的镜面作用。DBR 激光器 10 的增益区段 16 提供激光器的主要光学增益而相位区段 14 在增益区段的增益材料和波长选择区段 12 的反射材料之间形成可调的相移。增益区段 16 和波长选择区段 12 两者都是合需的输出调制图案（例如激光投影器件中的视频信号）的因变量。

[0023] 如同波长选择区段 12，相位区段在不向激光器 10 提供增益这个意义上也是无源的。将信号注入相位区段 14 的效果是平移激光腔模式的波长。注入相位区段 14 的信号可与注入增益区段 16 和波长选择区段 12 的信号无关，并可帮助实现调制一致性并因此实现激光投影器件中改善的投影图像质量。波长选择区段 12 可以按可采用或不采用布拉格光栅的诸多适当可替代配置予以设置。

[0024] 激光器微控制器 μ 控制注入激光器 10 的相应区段 12、14 和 16 的电流。注入的电流可用来通过例如控制一个或多个激光器区段的温度、将电流注入激光器衬底中界定的导电掺杂半导体区、控制激光器 10 的波长选择和相位区段 12、14 的折射率、控制激光器的增益区段 16 中的光学增益等而改变激光器的工作性质。波长选择和相位区段 12、14 可通过将电流注入各半导体结、将反偏电压施加于该结或使用位于波导附近的加热器来完成。

[0025] 图 1 所示的波长转换器件 20 的波长转换效率取决于半导体激光器 10 和波长转换器件 20 之间的波长匹配。当激光器 10 的输出波长偏离波长转换器件 20 的波长转换带宽时，例如 SHG 晶体的波长转换器件 20 中产生的较高次谐波光的输出功率剧烈下降。例如，当半导体激光器被调制以生成数据时，热负载不断地变化。激光器温度和激光发射波长的结果变化引起 SHG 晶体 20 的效率变化。在 12mm 长 PPLN SHG 器件形式的波长转换器件 20 的情形下，半导体激光器 10 大约 2°C 的温度变化通常就足以使激光器 10 的输出波长落在波长转换器件 20 的 0.16nm 半最大值全宽 (FWHM) 波长转换带宽之外。当调制激光器以产生有用信号时，激光器经受快速热负载变化，这形成快速的波长波动。本发明的特定实施例通过将激光器波长变化限制到可接受水平上来解决此问题。

[0026] 本发明人已认识到稳定半导体激光器 10 的发射波长时会遇到的挑战，因为它们普遍受制于波长漂移以及相关联的腔模式跳变。作为示例而非限定，图 3 示出 DBR 激光器中因变于增益电流的发射波长的演变。当增益电流增大时，增益区段 16 的温度也升高。例如，随着电流注入到增益区段 16，增益区段 16 的有源区和包覆区会受热，这导致增益区段 16 的折射率增大以及光程长度增加。结果，腔模式移向更高的波长。DBR 区段 12 的温度也上升，这形成将布拉格和激光发射波长增加至更长波长的增益 -DBR 热串扰。腔模式的波长移动得比 DBR 区段的波长更快。所以，激光器就到达一个其中较低波长的腔模式更接近于

DBR 反射率曲线最大值的点。在该点,较低波长的模式具有比所建立的模式更低的损耗,根据激光物理学的基本原理,激光器于是自动地跳到具有较低损耗的模式。这种特性示出在在图 3 的曲线 100 上。如图 3 所示,波长缓慢增大并且包括其振幅等于激光腔的一个自由光谱范围的突然模式跳变。

[0027] 为了维持半导体激光 10 和波长转换器件 20 的波长转换频率之间的标称相位匹配状态,可利用任何数量的普通控制方案。作为示例而非限定,例如 GB2, 433, 644 和 US 6, 323, 990 中披露的反馈控制系统的反馈环控制系统可用来将激光器 10 的输出波长保持在大约等于波长转换器件 20 的相位匹配波长。更具体地,附连在半导体激光器 10 和波长转换器件 20 上的温度传感器可结合反馈环控制系统使用以监视和控制激光器 10 的温度。同样,分束器和检测器也可结合反馈环控制系统使用以监视和控制半导体激光器 10 的输出功率和波长。然而,即使使用这些各式各样的控制方案,本地波长仍然存在较小的变化(0.03-0.12nm),这将发生在与图像投影关联的调制期间。这些微小的波长变化通常是反复的并因此能视觉观察为不合需但反复的强度波动。

[0028] 尽管本发明不局限于波长变化和突然模式跳变的任何特殊表示,然而在激光投影系统背景中,这些波长波动能造成平滑的强度变化并且模式跳变能在通过扫描激光器形成的图像中形成相对突然的强度平移。图像中因这些缺陷产生的特殊图案可因变于数个因素,这些因素包括但不局限于:激光器温度、激光器自由光谱范围、PPLN 晶体光谱带通、激光器 DBR 相对于 PPLN 晶体的光谱对准等。不管缺陷图案的性质如何,图案本身能表现出图像中的问题,因为它表现图像中容易识别的、系统性结构。

[0029] 如下文中详细描述的那样,通过将相移信号施加于半导体激光器的相位区段 14 检测这种性质的图像缺陷变得更为困难。作为示例而非限定,如果相位信号随机改变,其结果将会是一些像素、线或帧具有缺陷图案,但图案的性质(即图案中阴暗区和明亮区的位置)将随机改变,因此肉眼及时结合全部图像从而难以检测出任何系统性缺陷。结果,有组织的系统性图像缺陷被中断,这使得人眼察觉任何图像缺陷变得非常困难。

[0030] 进一步参考图 3,曲线 101 示出 DBR 激光器中的显著不同的发射特性。具体地,具有与参考曲线 100 示出的激光器相同的总体制造参数的激光器可以表现出显著不同的特性,因为激光器将显示出振幅高达 6 个或更多个自由光谱范围的模式跳变,而不是具有一个激光器自由光谱范围振幅的模式跳变。对于许多应用而言,这样大的突然波长变化是不可接受的。例如,在激光投影系统的情况下,这些大的跳变将在图像中引起从标称灰度值到接近零的值的突然强度跳跃。本发明人已研究此种现象以及激光器中的波长不稳定性和滞后作用,并且注意到这些激光器发射缺陷可归因于多个因素中的一个或多个,包括空间烧孔、光谱烧孔、增益曲线展宽以及自诱导布拉格光栅。可以构想这些因素可将激光发射锁定在已在激光腔中建立的特定腔模式之上或者激励更大的模式跳变。事实上,看来模式一旦建立,腔内部处于特定波长的光子就通过耗尽特定能级的载流子密度或通过腔中创造自诱导布拉格光栅而对激光器本身造成干扰。

[0031] 图 4 的曲线 102 示出特殊模式跳变特性的另一种情形。在所示情形下,发射波长是不稳定的,因为它包括归因于位于激光器外部的元件的背面反射,即称为外腔效应的现象。通过外腔效应,外部反射产生干扰激光腔并且能形成非常大振幅的模式跳变的寄生法布里-佩罗特腔。不管半导体激光器中不可接受的波长漂移的来源为何,本发明的特定实

施例针对管理激光器的波长波动。

[0032] 本发明人已认识到图 3 和 4 中所示的大的波长波动及相关联的模式跳变效应至少部分地取决于激光腔中的光子密度,并且会在具有显著外腔效应时得到放大。本发明人已认识到,激光发射波长可能跳过一个以上的模式并且该多模式跳跃可完全或部分地归因于光谱烧孔和空间烧孔以及例如外腔效应的另外激光发射现象。

[0033] 不管半导体激光器中的多模漂移的原因是什么,当此现象发生时,激光发射波长通常表现出等于腔模式间隔的倍数的异常波长跳跃。在大的模式跳变发生之前,激光器通常显示出大的连续波长漂移。较大的波长漂移和异常波长跳跃会在激光信号中引起不可接受的噪声。例如,如果此现象在激光投影系统中系统地发生,其示例在图 2 中示意性地示出,则投影图像中的噪声很容易用肉眼看见。

[0034] 本发明人已发现,半导体激光器通常表现出温度演变特征,该温度演变特征可能在激光器的输出和耦合于激光器的波长转换器件的输出中形成不适宜的图案。这种不适宜图案可能在前述激光投影系统的背景中产生显著的问题。如果不被补偿,则热致波长变化导致功率波动,该功率波动导致在较高次谐波光波输出中形成图案。因此,本发明也构思相变方案以中断半导体激光器的温度演变特征或以其它方式控制半导体激光器的激光发射波长。

[0035] 首先参照图 1 和图 5,要注意本发明的一个实施例利用一种激光器控制器,这种激光器控制器包括相位控制机构,该相位控制机构提供准周期性相移信号 I/V_{Φ} 。以修正驱动信号 I/V_{PHASE} ,该驱动信号 I/V_{PHASE} 用来控制包括例如波长选择区段 12、相位区段 14 和增益区段 16 的半导体激光器 10 中的相位区段 14。如图 5 所示,可使用乘、除、求和或其组合来执行驱动信号 I/V_{PHASE} 的修正,但构思将任何适宜的算法或修正过程与相移信号 I/V_{Φ} 结合使用。可利用许多不同的控制方法来改变相位区段 14 的折射率。例如,相移信号 I/V_{Φ} 和驱动信号 I/V_{PHASE} 可以是基于电压或电流的控制信号,这取决于半导体激光器的结构。可通过使用与相位区段 14 热连通的微加热器的热效应、通过借助直接电流或电压注入相位区段 14 的载流子效应或通过其中施加于相位区段 14 的电极的电压形成电场以改变相位区段 14 的非线性光电材料的折射率的光电效应来将信号施加于半导体激光器 10 的相位区段 14。

[0036] 总的来说,选择准周期性相移信号 I/V_{Φ} 以中断半导体激光器的光发射中的系统波长变化。更具体地,准周期性信号是在不同最大驱动电平和不同最小驱动电平之间跃变的信号。如图 6 和图 7 所示,移相信号 I/V_{Φ} 的调制频率可随机地变化。从最小驱动电平跃变至最大驱动电平并返回到最小驱动电平的周期时长是随时间随机变化的。因此,准周期性相移信号 I/V_{Φ} 内的各个周期在整个信号内不规则地出现。频率的变化可能发生在给定频率范围内。例如,相移信号 I/V_{Φ} 的周期 t_{Φ}' 和 t_{Φ}'' 可在 10ns 至 200ns 的范围间变动,由此在 5MHz 和 100MHz 之间改变准周期性信号的频率。通过将具有随机变化频率的频率调制信号加至腔模式的热漂移,模式选择以随机方式得到修正。

[0037] 在激光投影系统中施加相移信号 I/V_{Φ} 的效果是随机地且无关于增益电流调制地扰乱半导体激光器 10 的激光发射波长,并由此中断激光器模块固有的常见图案形成效应。例如,在激光投影系统中,通过中断常见的图案形成效应,反复的图案不为人眼所察觉,由此提高所生成图像的质量。

[0038] 图 6 示出作为具有随机变化频率的经调频方波的示例性准周期性相移信号 I/V_{Φ} ,

其中 x 轴表示时间。相移信号 I/V_{ϕ} 的振幅曲线包括多个模移分段 A 和基相控制分段 B。模移分段 A 的振幅大于基相控制分段 B 的振幅并配置成使模移分段 A 平移激光器的腔模式。模移分段 A 的振幅可以是使腔模式平移的任一适宜振幅。相反地,基相控制信号 B 的振幅被配置成使腔模式保持在自然状态,或在模移分段 A 之后移回到自然状态。

[0039] 图 7 示出作为具有随机变化频率的经调频正弦波的示例性相移信号 I/V_{ϕ} , 其中 x 轴表示时间。正弦波的高振幅部分是模移分段 A, 其振幅使模移分段 A 令激光器的腔模式平移。信号的低振幅可包括基模移分段 B, 其振幅使腔模式保持在自然状态或在模移分段 A 后移回到自然状态。

[0040] 尽管图 6 和图 7 示出基相控制分段 B 具有零电压或零电流, 然而基相控制分段 B 的振幅可以是使腔模式处于未平移状态的任一振幅。模移分段 A 和基相控制分段 B 的振幅导致平均要求的电流或电压被驱动进入激光器 10 的相位区段 14。

[0041] 相比具有许多不同电平的模拟信号, 利用例如模移分段 A 和基相控制分段 B 的一个相对高驱动电平和一个相对低驱动电平构造相移信号 I/V_{ϕ} 。允许以简单和低成本的方式中断系统性图案。与需要复杂数模转换器 (DAC) 或其它类似电路的模拟线性电路不同, 包含两个不同驱动电平的移相信号 I/V_{ϕ} 可由简单的、低成本电路形成以驱动激光器 10 的相位区段 14。另外, 由于得到的相位控制机构电路可工作在与线性模式相反的 ON-OFF 切换模式下, 因此能实现高电子效率和速度而不需要额外的复杂电路。可能需要提供平移信号 I/V_{ϕ} 的切换电路以在几十纳秒内调节相位区段, 这对 DAC 而言是无法实现的。

[0042] 通过改变最大电平驱动信号相对于最小电平驱动信号的平均时间强度, 相位控制机构的功耗且因此激光器 10 的功耗得以优化。激光器 10 所需的功率关联于驱动入相位区段 14 的电流振幅。因此, 通过调节两驱动电平的分配并同时确保跃变之间的最大时间以使时间平均电流电平最小化, 就能最小化相位控制功耗。通过优化和最小化相位控制机构的功耗, 还能减小激光器温度的上升。

[0043] 特定实施例可将多个准周期性相移信号 I/V_{ϕ} 纳入到半导体激光器的相位区段 14。例如, 可将具有与其它信号无关地随时间随机变化的频率的多个相移信号 I/V_{ϕ} 求和, 以获得更多不同的驱动电平。每个相移信号 I/V_{ϕ} 可具有不同振幅的曲线以使不同振幅的信号注入到相位区段 14。例如, 在两个或四个独立相移信号 I/V_{ϕ} 之间求和使图像质量提高并同时保持关键的成本和功耗优势。

[0044] 本发明的特定实施例也可采纳一种控制方案, 其中例如 I_G 或 I_{DBR} 的半导体激光器驱动电流包括可施加于波长选择区段 12 或增益区段 16 的驱动部分和波长恢复部分。图 8 和图 9 示出用于控制单模式激光器信号中的波长的方案, 其中驱动部分包括作为电流注入半导体激光器的增益区段 14 或 DBR 区段 12 的数据部分。因此, 在所示实施例中, 驱动电流包括各自的数据部分 A 和波长恢复部分 B。尤其参见图 8, 驱动电流或增益注入电流的这些部分可通过取激光器数据信号和适宜配置的波长恢复信号之积而引入。作为示例而非限定, 激光器数据信号可携带用于在激光投影系统中投影的图像数据。如图 9 所示, 波长恢复信号被配置成使增益区段驱动电流的数据部分 (即增益注入电流) 包括相对长的驱动持续时间 t_D 的相对高的驱动振幅 I_D , 而驱动电流的波长恢复部分包括相对短的恢复持续时间 t_R 的相对低的恢复振幅 I_R 。数据部分的相对高的驱动振幅 I_D 足以在激光腔内以激光发射模式 λ_0 发射激光。驱动电流的波长恢复部分的相对低的恢复振幅 I_R 不同于驱动振幅 I_D 并

在图 9 中表示为比驱动振幅 I_D 低上 ΔI 。相对低的恢复振幅 I_R 可以为零,或者是接近或小于使激光器重置的激光器阈值的一个值。

[0045] 增益区段驱动电流的数据部分的驱动振幅 I_D 和持续时间 t_D 用来产生具有适当功率和波长的光信号,这当然取决于拟使用信号的具体应用。恢复振幅 I_R 和恢复持续时间 t_R 足以降低至少一部分的激光腔内的光子密度。通过将光子密度降低至较低值,在许多情况下接近零,引起诸如光谱烧孔、空间烧孔、增益曲线展宽、或自诱导布拉格光栅之类大波长漂移的各种现象即行消失。结果,当大量电流在恢复期间结束时重新注入增益区段时,激光器自动地选择在最接近 DBR 反射曲线最大值的模式中的模式。因此,波长波动可被限制在一个激光器自由光谱范围内,并且消除或至少显著地减少多腔模式跳变。所产生的包括数据部分和波长恢复部分的增益区段驱动电流可用来将波长漂移最小化并使激光器的时间平均激光器振荡光带宽变窄。

[0046] 换言之,增益区段驱动电流的数据部分的驱动振幅 I_D 和持续时间 t_D 增大了激光波长将经历不可接受漂移的概率,例如但不局限于超过 0.05nm 的波长变化。增益区段驱动电流的密度恢复部分相对低的恢复振幅 I_R 跟随该驱动电流的数据部分,并且降低了不可接受波长漂移的概率。如果驱动电流的恢复部分具有足够高的出现频率,则激光腔模式在其积累成大波长漂移之前即被切断并且新的腔模式被选择,因此减少了大波长漂移。

[0047] 在包括例如倍频 PPLN 绿色激光器而没有根据本发明实施例的波长控制的激光投影系统的背景中,激光器在图像显示器的单条线上发出的绿色功率会由于多腔模式跳变而表现出功率上的突然变化。结果,投影图像在功率上的突然下降幅度在 50% 左右甚至更高。然而,采用根据本发明特定实施例的波长控制方案,其中驱动信号针对每个像素改变,例如通常是每 40 纳秒,可以想见,激光器功率的不合需下降将被大大缓解。例如,在本发明实施例的一种执行方式中,在恢复振幅 I_R 设置为接近零、恢复持续时间 t_R 在大约 10 纳秒且驱动持续时间 t_D 在大约 40 纳秒时,图像中的残余噪声标准差在 8% 左右。还观察到的图像具有相对较高空间频率的缺陷,这对于肉眼通常不是非常明显的。

[0048] 虽然恢复振幅 I_R 可以是零,但是它可以是足以消除多腔模式跳变的源或者以其他方式改善激光器的波长特性的任何值。增益区段驱动电流的恢复振幅 I_R 要低于驱动振幅 I_D ,且可以远大于零。相对高的驱动振幅 I_D 可以是基本连续的,但经常在强度上有所改变,尤其是在半导体激光器如下文中更详细描述那样纳入到图像投影系统中的情形下。

[0049] 在激光器被配置用于经编码数据的光发射时,表征经编码数据的数据信号被施加至激光器。作为示例而非限定,数据信号可作为注入激光器的增益区段的驱动信号的经强度或脉宽调制的数据部分被引入。本发明特定实施例的波长恢复操作在执行时至少部分地独立于在数据信号中编码的数据。例如,在驱动电流被注入激光器的增益区段的情形下,可对其驱动部分进行强度调制以对数据编码。驱动电流的波长恢复部分与经编码数据无关地叠加在驱动电流上。类似地,在对驱动部分进行脉宽调制以编码数据时,驱动电流的波长恢复部分也将被叠加在该驱动电流上。

[0050] 前述叠加可以完全独立于经编码的数据,或者可以仅在驱动电流的强度或表征经编码数据的脉冲宽度的持续时间到达一阈值时才予以施加,在这种情形下,所述叠加部分地依赖于经编码的数据。然而,一旦叠加,波长恢复部分的独立程度必需足以确保能够获得充分的波长恢复。换言之,驱动电流的波长恢复部分应当在数据信号如若不然将妨碍波长

恢复的条件下支配驱动电流。例如,在脉宽调制数据信号的背景下,可以构想,波长恢复对于相对短的、高振幅的脉宽而言可能是不需要的。然而,在经编码数据包括相对长的、高振幅的脉宽的情形下,由驱动操作和波长恢复操作限定的占空比应足以限制高振幅脉宽的最大持续时间以确保波长恢复可在观察到不可接受的波长漂移之前实现。例如,确保脉冲宽度的最大持续时间不能超过由驱动操作和波长恢复操作限定的占空比约 90% 的持续时间是优选的。此外,在脉宽调制数据的背景下,还需注意确保波长恢复部分的恢复振幅 I_R 低于半导体激光器的阈值激光发射电流或者低到足以恢复波长。

[0051] 还应注意,波长恢复信号不需要在规则的、周期性基础上实现。相反,可按需施加恢复信号。例如,如果检测到超过可接受值的波长漂移,例如大于一个腔模式间隔,则可通过在驱动电流上叠加波长恢复信号、迫使激光器选择新的波长来实现波长恢复操作。

[0052] 就恢复周期的频率而言,一般需要足够地频繁以将两个恢复周期之间的波长变化限制到可接受的幅度。理想的频率和方法取决于与其中利用了激光器的应用相关联的特定需求。此外,通过在与电子器件和激光器速度相容的最高可能频率执行恢复,图像中的任何噪声将发生在更高的空间频率下,使噪声更难以检测。

[0053] 作为示例,对于激光投影,可以优选随机地启动恢复周期或者使恢复周期与图像像素产生同步,从而避免数据内容(即图像)和恢复信号之间的任何混叠问题。随机地启动恢复周期将通过确保恢复周期在每条图像线中不发生在同一位置而防止周期性图像缺陷逐线地发生。

[0054] 参考图 2 中示意性示出的激光投影系统,应注意,根据本发明特定实施例的驱动电流控制方案可在系统内以各种形式执行。作为示例而非限定,驱动电流的波长恢复部分可通过在由投影软件和电子器件呈现期间将恢复部分整合到视频信号中来执行。在此方法中,遍布整个图像的像素将独立于源图像所要求强度由波长恢复信号予以改变。应当对此种中断的频率进行选择,从而使对与人眼睛以及对感受到光功率的影响减至最小。替换地,驱动信号的波长恢复部分可被整合到激光器驱动器电子器件中。在此方法中,从图像流导出的驱动信号将在电流缩放之前被波长恢复信号周期性地超过。同样,应当对此种中断的频率和占空比进行选择来最大限度地减小化对人眼以及对所感受光功率的影响。作为又一替代方案,激光器的驱动电流可被周期性地分流或以其他方式减小,以便独立于所要求强度级减小或修正驱动电流。

[0055] 可以想见,图 8 和图 9 示出可用来减少单模激光器信号中噪声的激光器操作方案。此外,图 8 和图 9 的方案可用在纳入一个或多个单模激光器的系统中。例如,如以下更详细描述,可设想图 8 和图 9 的方案可用在纳入一个或多个单模激光器的扫描激光图像投影系统中。还应注意,在此引用单模激光器或配置成用于单模光发射的激光器不应当认为将本发明的范围排他地限制在以单模方式操作的激光器。相反,在此引用单模激光器或配置成用于单模光发射的激光器应当仅视为暗示:根据本发明特定实施例构想的激光器以其中可分辨宽带宽或窄带宽的单模的输出光谱为特征,或者以可从中通过适当的滤波或其它手段区别出单模的输出光谱为特征。

[0056] 可以设想,应当对驱动持续时间 t_D 和恢复持续时间 t_R 的相对量级进行控制,以便在确保足够波长恢复的同时保持最佳程度的激光器效率。例如,根据本发明的一个方面,驱动信号的至少约 80% 的占空比被驱动持续时间 t_D 占据,而该驱动信号的小于约 20% 的占

空比由恢复持续时间 t_r 占据。在许多情况中,确保恢复持续时间 t_r 小于大约 10ns,或许短于约 5ns 就足够了。还设想其中驱动信号的至少约 95% 的占空比被驱动持续时间 t_d 占据、而小于约 5% 的占空比被恢复持续时间 t_r 占据的控制方案。在控制驱动信号的电路反应足够灵敏的情形下,设想驱动信号至少约 95% 的占空比被驱动持续时间 t_d 占据、而小于约 2.5% 的占空比被恢复持续时间 t_r 占据的适宜控制方案。

[0057] 在激光投影系统的背景下建立驱动持续时间 t_d 、恢复持续时间 t_r 的相应值时,需要考虑附加的因素。作为示例而非限定,图 2 所示的激光投影系统包括:图像源 S,其生成单或多色图像数据流;图像投影软件和相关电子器件 S/E,用于为每一图像原色生成激光器驱动信号 D;激光器驱动器 LD,其对配置成生成每一图像原色的各个激光器生成相应激光器驱动电流;以及扫描和投影光学器件 O,其操作以生成包含图像像素阵列的单色或多色投影图像 I。在此类型和其它类型的扫描激光图像投影系统中的每一图像像素由有效像素持续时间 t_p 表征。作为示例而非限定,图像中的像素的有效像素持续时间可以是 40ns 或更短。一般而言,恢复持续时间 t_r 将小于像素持续时间 t_p 。优选地,恢复持续时间 t_r 比像素持续时间 t_p 至少小 50%。相反,驱动持续时间 t_d 可根据系统设计者的偏好大于、小于或等于像素持续时间 t_p 。

[0058] 本领域的技术人员将认识到有效像素持续时间 t_p 可作为扫描速度变化的结果在图像上适度且周期性地改变。因此,所谓“由有效像素持续时间表征”的投影系统不应当认为表示图像中的每一像素具有相同的像素持续时间。相反,可以构想,显示器内的各个像素可具有不同像素持续时间,这些像素持续时间各自落在由有效像素持续时间 t_p 表征的显示器的一般概念之下。

[0059] 多色调图像可由图像投影系统通过配置图像投影电子器件和相应激光器驱动电流来产生,从而建立在图像像素阵列上有所改变的像素强度。在这种情形下,驱动电流的波长恢复部分被叠加在对变化像素强度编码的信号上。关于扫描激光图像投影系统的配置以及在图像上生成变化的像素强度的方式的进一步详情超出了本发明的范围,但可从有关该主题的各种易得资料上找到。

[0060] 尽管已主要参照基于像素的扫描投影系统对本发明进行了描述,然而设想包含基于激光器的光源的其它非扫描投影系统——例如基于空间调光器的系统(包括数字光处理(DLP)、透射型 LCD、硅上液晶(LCOS))——可从本文描述的波长稳定和干扰技术中获益。在这些非扫描系统中利用相移信号 I/V_ϕ 可增进系统中的功率稳定性和反复性。在这些其它系统中,对激光器外生的相关周期不是像素周期而是屏幕刷新率的倒数或其分数。在这些情况下,激光器的输入信号将以编码数据周期 t_p 为特征,且驱动电流将被配置成使波长恢复部分的恢复持续时间 t_r 小于经编码数据周期 t_p 。

[0061] 在本申请中通篇引用了各种类型的电流。为了描述和限定本发明,应注意这类电流即指电流。此外,为了限定和描述本发明,应当注意本文所述对电流的“控制”不一定意味着电流是主动控制的或因变于任何基准值来控制的。相反,可以构想到,可仅通过确立电流的量级来控制电流。

[0062] 可以理解,本发明的以上详细描述旨在提供用于理解所要求保护的本发明的本质和特性的概观或框架。对本领域的技术人员显而易见的是,可在不背离本发明的精神和范围的情况下对本发明作出各种修改和变化。因而,本发明旨在涵盖本发明的所有这些修改

和变型,只要它们落在所附权利要求书及其等效物的范围中即可。

[0063] 例如,尽管本文中描述的控制方案涉及在施加到半导体激光器的增益区段或波长选择 DBR 区段的驱动电流中纳入波长恢复部分,然而可以构想,在激光器操作方案中纳入波长恢复操作的方法不限于施加到激光器仅这些部分的驱动电流。作为示例而非限定,激光器可包括恢复部分,该恢复部分配置成在恢复信号施加到其上时吸收光子。在此情形下,恢复部分可被用来按需以与本文描述的增益和 DBR 区段所采用的类似方法减小光子密度。

[0064] 注意,当本文中采用类似“优选”和“通常”之类的术语时,它不旨在限制要求保护的本发明的范围或者暗示某些特征是关键性的、必要的、或甚至比要求保护的本发明的结构或功能更为重要。相反,这些术语仅旨在突出可在或不在本发明的具体实施例中采用的替代或附加的特征。此外,要注意提及值、参数、或变量“因变于”另一值、参数、或变量时,不应当视为意味着该值、参数、或变量因变于一个且仅一个值、参数、或变量。

[0065] 为了描述和限定本发明,注意在本文中利用术语“基本上”和“大约”来表示可归因于任何数量比较、值、测量或其它表示的固有不确定程度。本文中还利用术语“显著”和“大约”来表示例如“明显高于零”的定量表示不同于例如“零”的指定参考值的程度,并且应解释为要求该定量表示与指定的参考值相差容易辨别的量。

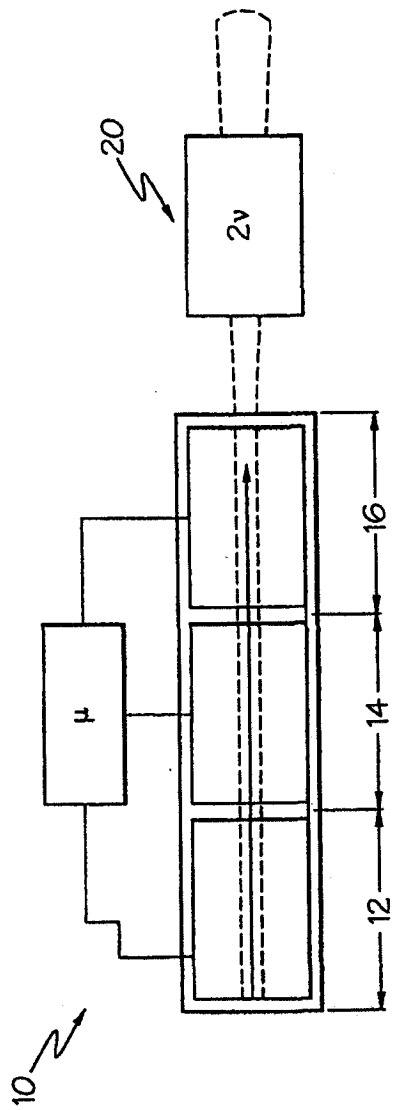


图 1

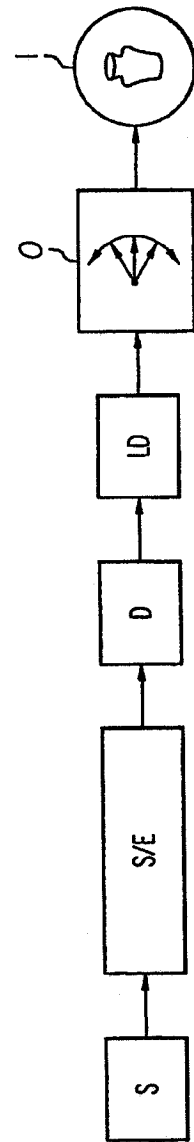


图 2

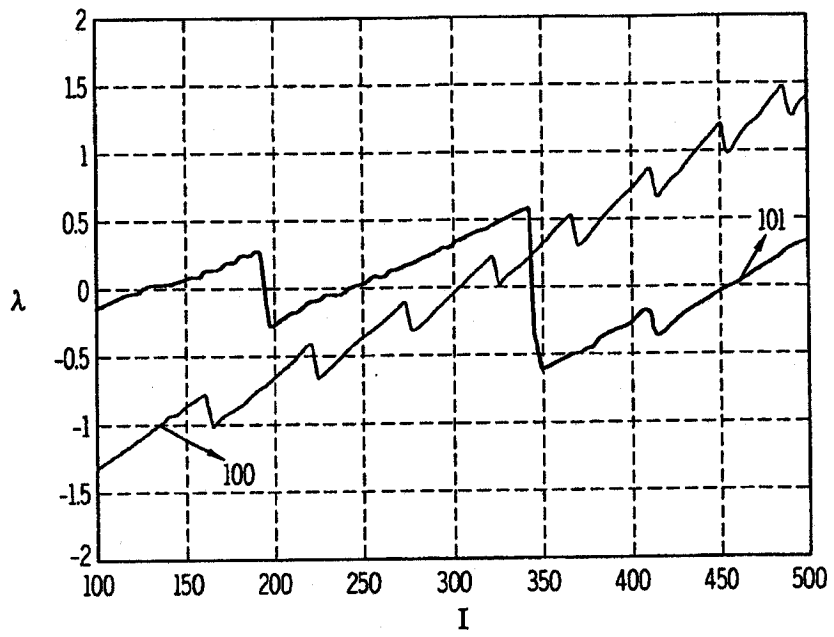


图 3

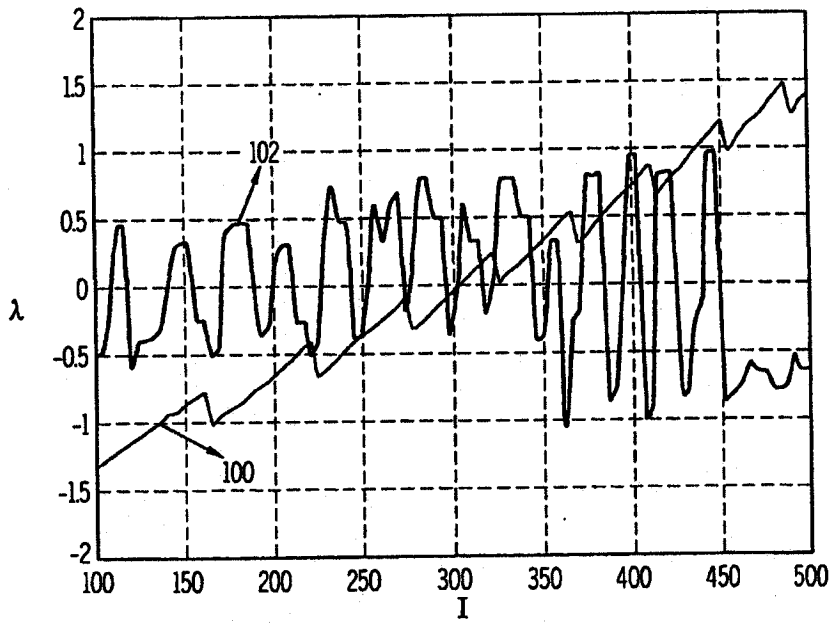


图 4

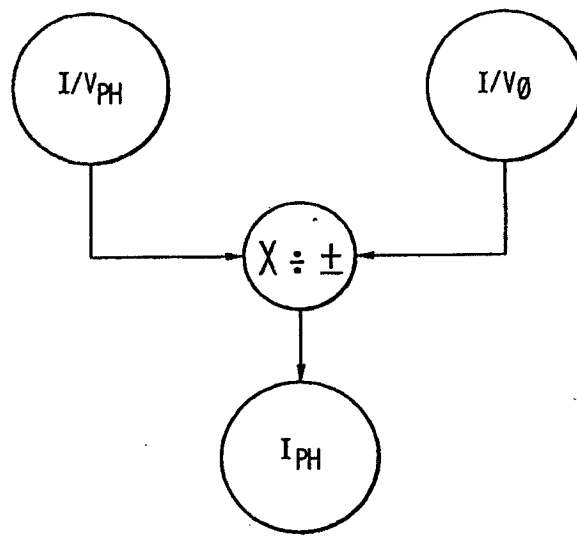


图 5

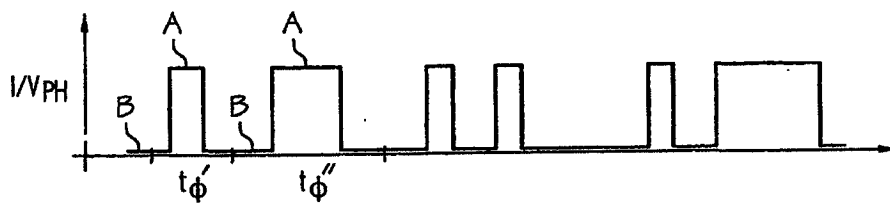


图 6

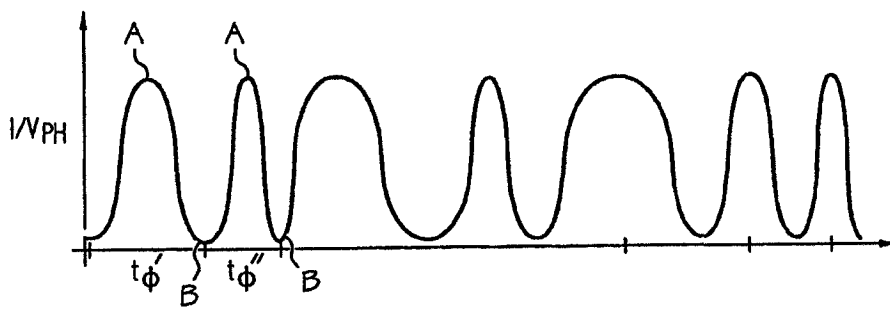


图 7

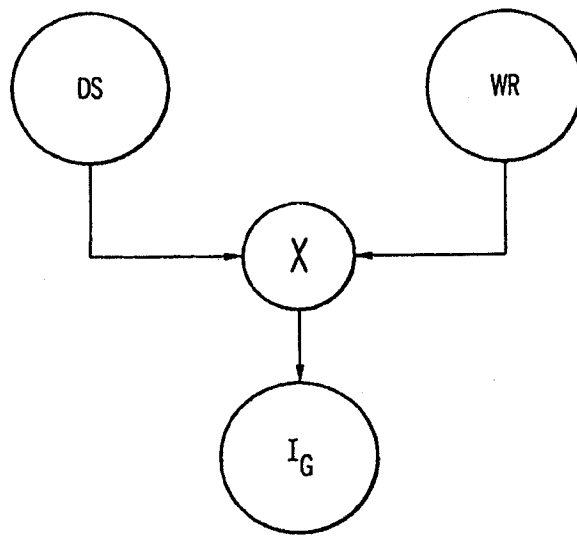


图 8

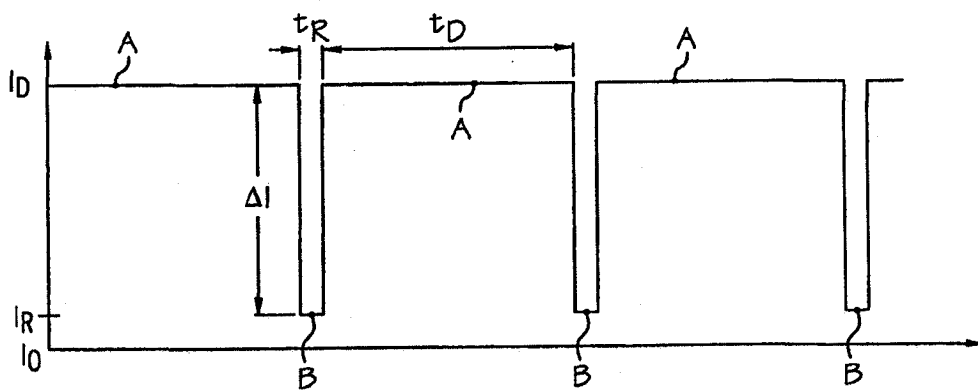


图 9