



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112781578 B

(45) 授权公告日 2022. 07. 15

(21) 申请号 202011566633.0

(22) 申请日 2020.12.25

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112781578 A

(43) 申请公布日 2021.05.11

(73) 专利权人 湖南航天机电设备与特种材料研究所
地址 410205 湖南省长沙市枫林三路217号

(72) 发明人 王珊珊 张学亮 刘智荣

(74) 专利代理机构 长沙正奇专利事务所有限责任公司 43113
专利代理师 郭立中 曾利平

(51) Int. Cl.
G01C 19/72 (2006.01)
G05B 11/42 (2006.01)

(56) 对比文件

- CN 110595508 A, 2019.12.20
 - CN 101709972 A, 2010.05.19
 - CN 107328404 A, 2017.11.07
 - CN 102607551 A, 2012.07.25
 - CN 106597839 A, 2017.04.26
 - CN 110970792 A, 2020.04.07
 - CN 102706362 A, 2012.10.03
 - JP H0293319 A, 1990.04.04
- 刘燕妮等. 功率反馈式高稳定光源电路设计.《现代电子技术》.2016,第39卷(第2期),122-125.
- Chen Xin et al..Design of ASE source for high precision FOG.《Proceedings of SPIE》.2019,第11340卷1-9.

审查员 刘洋

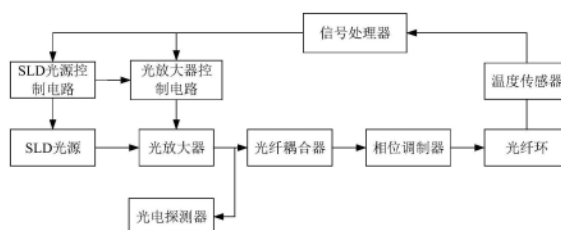
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种标度因数自适应控制的光纤陀螺及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种标度因数自适应控制的光纤陀螺及方法,其中一个PID控制以预设的目标标度因数或目标温度为输入,以光源的驱动电流为输出,根据实时温度和目标标度因数来实时调控光源的驱动电流,从而调控光源输出光波长,使与光源输出光波长相关的标度因数稳定;另一个PID控制以预设的输出光功率为输入、以光放大器的放大倍数为输出,根据光源的驱动电流来实时调控光放大器的放大倍数,从而使经光放大器放大的输出光功率稳定;所述光纤陀螺及方法能够实现标度因数和输出光功率的实时稳定控制,达到了低成本、高标度因数稳定性的控制效果,避免了出光功率变化导致信号噪声恶化的问题。



1. 一种标度因数自适应控制的光纤陀螺,包括光源、光源控制电路、光纤耦合器、相位调制器、光纤环、光电探测器以及信号处理器;其特征在于:

还包括光放大器控制电路、光放大器以及温度传感器;所述光放大器分别与光源、光纤耦合器、光电探测器以及光放大器控制电路连接;所述光放大器控制电路还分别与光源控制电路、信号处理器连接;

所述信号处理器,用于根据所述温度传感器检测的光纤陀螺实时温度和预设的目标标度因数或预设的目标温度以PID控制所述光源控制电路提供给所述光源的驱动电流,调控光源的输出光波长,实现在不同温度环境下标度因数的稳定控制;所述光放大器控制电路,用于根据所述光源的驱动电流和预设的目标输出光功率以PID控制光放大器的放大倍数,实现在不同温度环境下光源输出光功率的稳定控制。

2. 如权利要求1所述的一种标度因数自适应控制的光纤陀螺,其特征在于:所述光源为波长可调的SLD光源。

3. 如权利要求1或2所述的一种标度因数自适应控制的光纤陀螺,其特征在于:所述光放大器的回波损耗不小于45dB。

4. 一种光纤陀螺标度因数自适应控制方法,其特征在于:在光源与光纤耦合器之间增设光放大器,所述光放大器与光放大器控制电路连接,所述光放大器控制电路分别与光源控制电路、信号处理器连接,所述控制方法包括以下步骤:

获取光纤陀螺的实时温度;

根据所述实时温度以及预设的目标标度因数或预设的目标温度以PID控制所述光源控制电路提供给所述光源的驱动电流,调控光源的输出光波长,实现在不同温度环境下标度因数的稳定控制;

根据所述光源的驱动电流以及预设的目标输出光功率以PID控制光放大器的放大倍数,实现在不同温度环境下光源输出光功率的稳定控制。

5. 如权利要求4所述的一种光纤陀螺标度因数自适应控制方法,其特征在于,所述PID控制的参数确定方法为:

步骤2.1:粗调确定PID控制的初始参数,并将PID控制的初始参数输入至闭合状态下的光纤陀螺内;

所述闭合状态下的光纤陀螺是指光纤陀螺包含信号处理器、光源控制电路、光放大器控制电路以及光放大器;

步骤2.2:给闭合状态下的光纤陀螺通电,对所述光纤陀螺进行全温范围内的标度因数测试,得到闭合状态下光纤陀螺全温范围内的标度因数;

步骤2.3:判断闭合状态下光纤陀螺全温范围内的标度因数的稳定性是否满足稳定精度要求和稳定时间要求,如果满足,则初始参数为PID控制的最终参数,否则调整PID控制的参数,并将调整后的参数输入至闭合状态下的光纤陀螺内,转入步骤2.2。

一种标度因数自适应控制的光纤陀螺及方法

技术领域

[0001] 本发明属于光纤陀螺技术领域,尤其涉及一种标度因数自适应控制的光纤陀螺及方法。

背景技术

[0002] 传统的光纤陀螺包括光源(SLD或ASE光源)、光纤耦合器、集成光学调制器、光纤环、光电探测器、光源控制电路板和信号处理电路板等。由该方案组成的光纤陀螺,光学器件少,结构简单,具有生产工艺简单、采购成本低等特点。

[0003] 标度因数 K 作为一个评价光纤陀螺性能指标,其表达式为:

$$[0004] \quad K = \frac{4\pi RL}{\lambda c} K_D$$

[0005] 其中, R 为光纤环半径, L 为光纤环长度, λ 为真空中的光波长, c 为真空中的光速, K_D 为集成光学调制器中的增益系数。从公式中可以看出,光纤陀螺的标度因数不仅与光纤环的半径和长度有关,还与SLD光源波长相关。

[0006] 光源的光波长取决于光源的温度和光源的驱动电流,目前为了减小光波长对光纤陀螺标度因数的影响,主要采取以下两种方案:一是通过控制电路对光源采取恒温、恒流控制方案;二是通过软件方法对陀螺输出数据进行补偿。然而由于光源的实际工作温度受控制电路参数的影响,存在温控误差,影响光源的光波长稳定性,最终影响光纤陀螺的标度因数稳定性;同时光纤陀螺因环境、温度、功耗等因素的影响,尤其在高低温环境下,光源的控制电路性能会恶化,无法保证光源的温度不产生变化,进而导致光源光波长发生漂移,严重影响光源陀螺全温范围内的标度因数稳定性;并且对陀螺输出数据补偿属于事后补偿,不仅增加了软件的复杂度,还对模型的精度和软件的实时性提出了很高的要求,间接增加了系统的设计成本。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种标度因数自适应控制的光纤陀螺及方法,以解决全温范围内标度因数稳定性低的问题,以及避免出光功率变化导致信号噪声恶化的问题。

[0008] 本发明独立权利要求的技术方案解决了上述发明目的中的一个或多个。

[0009] 本发明是通过如下的技术方案来解决上述技术问题的:一种标度因数自适应控制的光纤陀螺,包括光源、光源控制电路、光纤耦合器、相位调制器、光纤环、光电探测器以及信号处理器;还包括光放大器控制电路、光放大器以及温度传感器;所述光放大器分别与光源、光纤耦合器、光电探测器以及光放大器控制电路连接;所述光放大器控制电路还分别与光源控制电路、信号处理器连接;

[0010] 所述信号处理器,用于根据所述温度传感器检测的光纤陀螺实时温度和预设的目标标度因数或预设的目标温度以PID控制所述光源控制电路提供给所述光源的驱动电流,调控光源的输出光波长,实现在不同温度环境下标度因数的稳定控制;所述光放大器控制

电路,用于根据所述光源的驱动电流和预设的目标输出光功率以PID控制光放大器的放大倍数,实现在不同温度环境下光源输出光功率的稳定控制。

[0011] 本发明中,根据光纤陀螺的标度因数 K 与温度 T 之间的关系以及光纤陀螺的标度因数 K 与光波长 λ 之间的关系可以得到光波长 λ 与温度 T 之间的关系,再根据光波长 λ 与光源驱动电流 I 之间的关系可以得到温度 T 与光源驱动电流 I 之间的关系。温度传感器实时获取光纤陀螺的温度,根据该温度和目标标度因数(或者目标温度)调控光源的驱动电流,从而调控光源的输出光波长,进而实现光纤陀螺标度因数的稳定调控,无论光纤陀螺的温度如何变化,均能使其标度因数稳定。同时,根据光源驱动电流与输出光功率之间的正比关系,为了使输出光功率稳定,避免输出光功率信号噪声恶化,在光源与光纤耦合器之间增加光放大器,光放大器控制电路根据光源驱动电流的变化和目标输出光功率来调控光放大器的放大倍数,使经光放大器后的输出光功率保持稳定。该光纤陀螺实现了在全温范围内标度因数的实时稳定控制,同时还实现了输出光功率的实时稳定控制,避免了光纤陀螺的信号噪声恶化。

[0012] 进一步地,所述光源为波长可调的SLD光源。

[0013] 进一步地,所述光放大器的回波损耗不小于45dB。

[0014] 光放大器的输出端与光纤耦合器连接,为光纤陀螺提供光信号,为了避免光放大器插入引入过多的散射,要求光放大器的回波损耗不小于45dB。

[0015] 本发明还提供一种光纤陀螺标度因数自适应控制方法,在光源与光纤耦合器之间增设光放大器,所述光放大器与光放大器控制电路连接,所述光放大器控制电路分别与光源控制电路、信号处理器连接,所述控制方法包括以下步骤:

[0016] 获取光纤陀螺的实时温度;

[0017] 根据所述实时温度以及预设的目标标度因数或预设的目标温度以PID控制所述光源控制电路提供给所述光源的驱动电流,调控光源的输出光波长,实现在不同温度环境下标度因数的稳定控制;

[0018] 根据所述光源的驱动电流以及预设的目标输出光功率以PID控制光放大器的放大倍数,实现在不同温度环境下光源输出光功率的稳定控制。

[0019] 本发明控制方法涉及到两个PID控制,一个PID控制的输入为预设的目标温度或预设的目标标度因数(标度因数与温度具有对应关系),输出为光源的驱动电流,当实时温度发生变化时,根据背景技术中标度因数表达式和目标标度因数,控制驱动电流的变化量,从而调控输出光波长的变化量,使标度因数稳定;另一个PID控制的输入为预设的目标输出光功率,输出为光放大器的放大倍数,当驱动电流发生变化时,根据驱动电流与输出光功率之间的正比关系以及放大倍数与输出光功率之间的正比关系,控制光放大器的放大倍数,使经光放大器的输出光功率稳定。该控制方法通过两个PID控制确保了在标度因数稳定的同时光纤陀螺的信噪比稳定,避免了输出光功率变化导致信号噪声恶化的问题,该控制方法为实时调控,保证了光纤陀螺的精度和实时性。

[0020] 进一步地,所述PID控制的参数确定方法为:

[0021] 步骤2.1:粗调确定PID控制的初始参数,并将PID控制的初始参数输入至闭合状态下的光纤陀螺内;

[0022] 所述闭合状态下的光纤陀螺是指光纤陀螺包含信号处理器、光源控制电路、光放

大器控制电路以及光放大器；

[0023] 步骤2.2:给闭合状态下的光纤陀螺通电,对所述光纤陀螺进行全温范围内的标度因数测试,得到闭合状态下光纤陀螺全温范围内的标度因数；

[0024] 步骤2.3:判断闭合状态下光纤陀螺全温范围内的标度因数的稳定性是否满足稳定精度要求和稳定时间要求,如果满足,则初始参数为PID控制的最终参数,否则调整PID控制的参数,并将调整后的参数输入至闭合状态下的光纤陀螺内,转入步骤2.2。

[0025] 有益效果

[0026] 与现有技术相比,本发明所提供的一种标度因数自适应控制的光纤陀螺及方法,其中一个PID控制以预设的目标标度因数或目标温度为输入,以光源的驱动电流为输出,根据实时温度和目标标度因数来实时调控光源的驱动电流,从而调控光源输出光波长,使与光源输出光波长相关的标度因数稳定;另一个PID控制以预设的输出光功率为输入、以光放大器的放大倍数为输出,根据光源的驱动电流来实时调控光放大器的放大倍数,从而使经光放大器放大的输出光功率稳定;所述光纤陀螺及方法能够实现标度因数和输出光功率的实时稳定控制,达到了低成本、高标度因数稳定性的控制效果,避免了出光功率变化导致信号噪声恶化的问题;本发明组成器件少,熔点数量少,可靠性高、成本低、生产难度小,易于工程化实现,具有重要的推广价值。

附图说明

[0027] 为了更清楚地说明本发明的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一个实施例,对于本领域普通技术人员来说,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0028] 图1是本发明实施例中一种标度因数自适应控制的光纤陀螺的结构示意图；

[0029] 图2是本发明实施例中SLD光源输出光波长随驱动电流的变化曲线；

[0030] 图3是本发明实施例中SLD光源出光功率随驱动电流的变化曲线；

[0031] 图4是本发明实施例中一种光纤陀螺标度因数自适应控制方法的控制回路示意图。

具体实施方式

[0032] 下面结合本发明实施例中的附图,对本发明中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0033] 如图1所示,本实施例所提供的一种标度因数自适应控制的光纤陀螺,包括SLD光源、光源控制电路、光纤耦合器、相位调制器、光纤环、光电探测器、信号处理器、光放大器控制电路、光放大器以及温度传感器;SLD光源、光放大器、光纤耦合器、相位调制器以及光纤环依次连接;信号处理器分别与温度传感器、SLD光源控制电路以及光放大器控制电路连接;SLD光源控制电路与SLD光源连接;光放大器控制电路分别与SLD光源控制电路、光放大器连接;光电探测器与光放大器的输出端连接;温度传感器用于检测光纤环的温度。

[0034] 光纤陀螺的标度因数K是温度敏感性指标,光纤陀螺的温度T发生变化会导致光纤

陀螺的标度因数 K 发生变化,通过试验可以获得光纤陀螺标度因数 K 与温度 T 的对应关系曲线(为现有技术),再结合背景技术中光纤陀螺标度因数 K 与光源输出光波长 λ 之间的关系表达式,可以得到光波长 λ 与温度 T 之间的对应关系。又由于光波长 λ 与光源驱动电流 I 之间存在对应关系,因此可以得到温度 T 与光源驱动电流 I 之间的对应关系。

[0035] 在信号处理器中设置一个PID控制器,该PID控制器以预设的目标标度因数或预设的目标温度(因为标度因数与温度存在对应关系,因此无论以目标标度因数或目标温度作为输入均可)作为输入,以光源的驱动电流作为输出,当检测到的实时温度发生变化时,根据温度 T 与光源驱动电流 I 之间的对应关系来调控光源的驱动电流,使驱动电流发生相应变化,从而使输出光波长发生相应变化(根据光波长 λ 与光源驱动电流 I 之间的对应关系),进而使光纤陀螺的标度因数稳定,提高了全温范围内标度因数的稳定性。

[0036] 根据表1准备试验设备,通过试验来获得光波长 λ 与光源驱动电流 I 之间的关系曲线。具体为:将SLD光源连接在光源驱动仪上,尾纤通过光纤适配器与光谱仪相连。打开光源驱动仪和光谱仪,设置驱动电流为10~70mA(间隔5mA)。在每个驱动电流下用光谱仪采集光源光谱,读取其平均波长,得到如图2所示的光波长 λ 与光源驱动电流 I 之间的关系曲线。从图2关系曲线可以看出,随着驱动电流的增大,光源平均波长减小,通过调节光源驱动电流,可以实现光源平均波长的调控,从而提高光纤陀螺标度因数稳定性。

[0037] 表 1 测试所用设备和器件

[0038]	1	功率计	FPM-8210
	2	SLD 光源	/
	3	光源驱动仪	DR-DT01
	4	光谱仪	横河 6217C

[0039] 同时,当光源的驱动电流发生变化时,光源输出光功率会发生相应变化,光源输出光功率的变化会导致光纤陀螺信噪比发生变化。为了避免输出光功率变化导致信噪比恶化,在SLD光源与光纤耦合器之间增设光放大器,在光放大器控制电路中设置一个PID控制器,该PID控制器以预设的目标输出光功率为输入,以光放大器的放大倍数为输出。当光源的驱动电流发生变化(例如增大或减小)时,实时调控光放大器的放大倍数(减小或增大),从而实现光源输出光功率的补偿,使经光放大器的输出光功率保持稳定,避免了输出光功率变化导致的信噪比恶化问题。

[0040] 根据表1准备试验设备,通过试验来获得输出光功率与光源驱动电流 I 之间的关系曲线。具体为:将SLD光源连接在光源驱动仪上,尾纤通过光纤适配器与功率计相连。打开光源驱动仪和功率计,设置驱动电流为10~70mA(间隔5mA)。在每个驱动电流下用功率计采集光源输出光功率,得到如图3所示的输出光功率与光源驱动电流 I 之间的关系曲线。从图3关系曲线可以看出,随着驱动电流的增大,输出光功率增大,为了保证输出光功率的稳定性,将输出光经光放大器后再输出,同时通过降低光放大器的放大倍数使输出光功率减小,从而使输出光功率稳定。

[0041] 本实施例光纤陀螺通过两个PID控制确保了在全温范围内标度因数稳定的同时输出光功率也稳定,达到了低成本、高标度因数稳定性的控制效果。本实施例光纤陀螺组成器

件少,熔点数量少,可靠性高、成本低、生产难度小,易于工程化实现,具有重要的推广价值。

[0042] 本实施例中,光放大器的回波损耗不小于45dB。光放大器的输出端与光纤耦合器连接,为光纤陀螺提供光信号,为了避免光放大器插入引入过多的散射,要求光放大器的回波损耗不小于45dB。

[0043] 如图4所示,本实施例还提供一种光纤陀螺标度因数自适应控制方法,在光源与光纤耦合器之间增设光放大器,光放大器与光放大器控制电路连接,光放大器控制电路分别与光源控制电路、信号处理器连接,控制方法包括以下步骤:

[0044] 1、通过温度传感器获取光纤陀螺的实时温度。

[0045] 2、信号处理器根据实时温度以及预设的目标标度因数(或预设的目标温度)以PID控制光源控制电路提供给光源的驱动电流,调控光源的输出光波长,实现在不同温度环境下标度因数的稳定控制。

[0046] 同时根据光源的驱动电流以及预设的目标输出光功率以PID控制光放大器的放大倍数,实现在不同温度环境下光源输出光功率的稳定控制。

[0047] 本实施例中,PID控制的参数确定方法为:

[0048] 步骤2.1:给开环状态下的光纤陀螺通电,对光纤陀螺进行全温范围内的标度因数测试,得到开环状态下光纤陀螺全温范围内的标度因数;

[0049] 开环状态下的光纤陀螺是指光纤陀螺不包含信号处理器、光源控制电路、光放大器控制电路以及光放大器;

[0050] 步骤2.2:粗调确定PID控制的初始参数,并将PID控制的初始参数输入至闭合状态下的光纤陀螺内;

[0051] 闭合状态下的光纤陀螺是指光纤陀螺包含信号处理器、光源控制电路、光放大器控制电路以及光放大器;

[0052] 步骤2.3:给闭合状态下的光纤陀螺通电,对光纤陀螺进行全温范围内的标度因数测试,得到闭合状态下光纤陀螺全温范围内的标度因数;

[0053] 步骤2.4:判断闭合状态下光纤陀螺全温范围内的标度因数的稳定性是否满足稳定精度要求和稳定时间要求,如果满足,则初始参数为PID控制的最终参数,否则调整PID控制的参数,并将调整后的参数输入至闭合状态下的光纤陀螺内,转入步骤2.3。

[0054] 本实施例中,对于低精度光纤陀螺,稳定精度为标度因数非线性度10ppm,稳定时间为5s。

[0055] 以上所揭露的仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到变化或变型,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

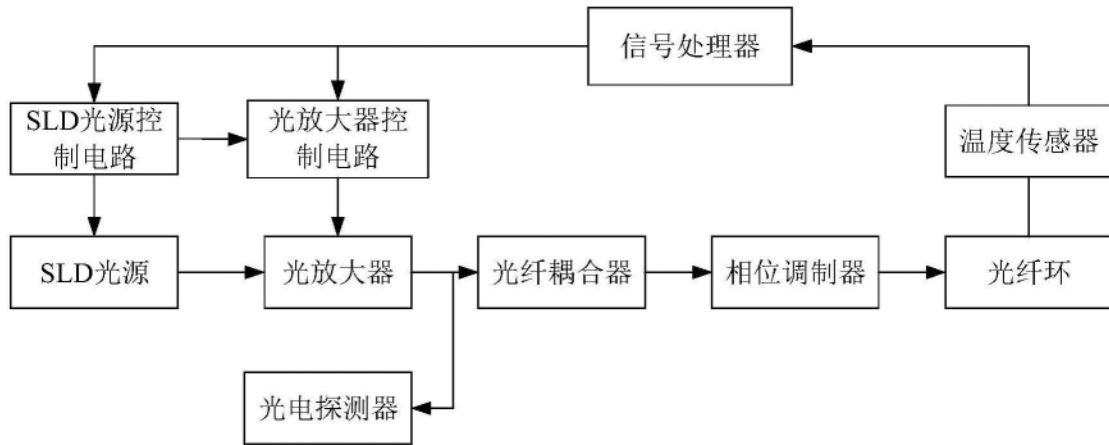


图1

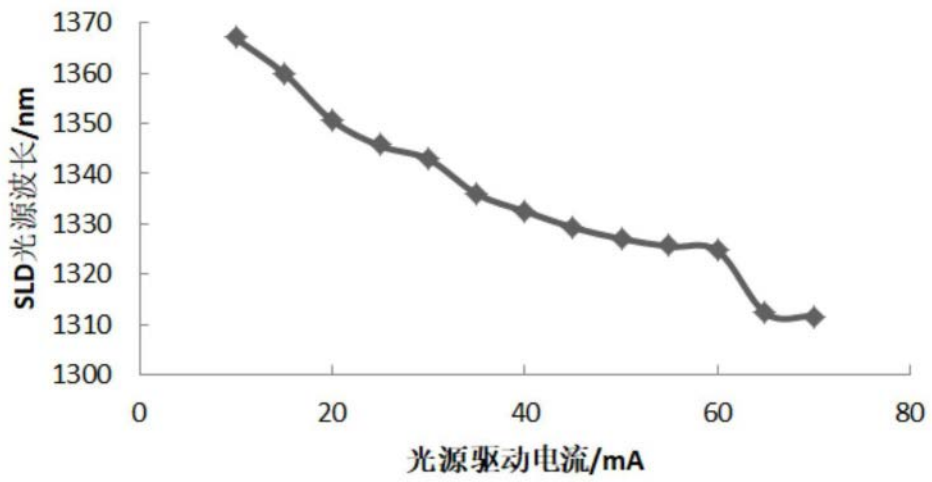


图2

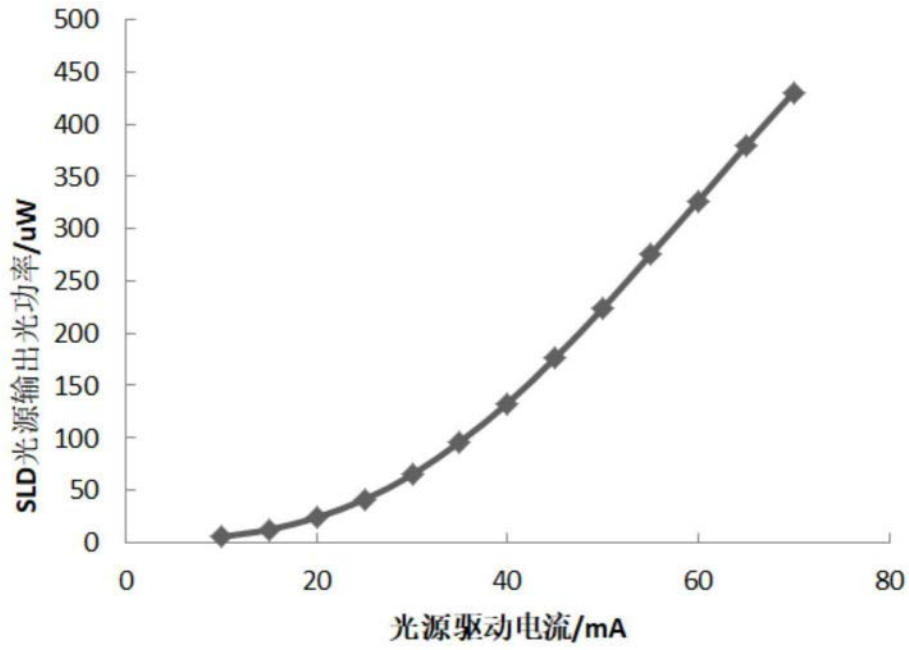


图3

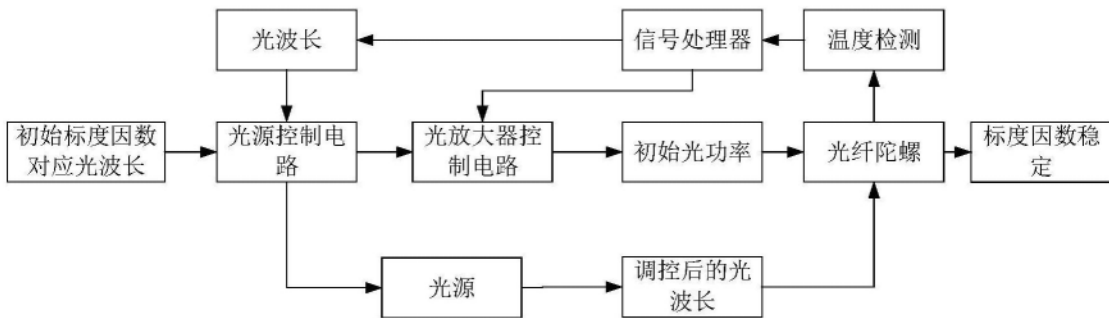


图4