附件6

中山大学大学生创新训练项目

申请书

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目编号 |  | | |
| 项目名称 | 用于外腔式半导体激光器的频率稳定系统 | | |
| 项目负责人 | xs01 | 联系电话 | 17311113333 |
| 所在学院 | 物理与天文学院 | | |
| 学号 | xs01 | 专业班级 | 测试专业 |
| 指导教师 | **Thibault Thomas Vogt** | | |
| E-mail | \*\*\*\*@mail.sysu.edu.cn | | |
| 申请日期 | 自动获取 | | |

中山大学 教务部

#### 一、 基本情况

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目名称 | 用于外腔式半导体激光器的频率稳定系统 | | | | | | |
| 所属学科 | 学科一级类： 物理学   学科二级类： 里德堡原子物理 | | | | | | |
| 项目来源 | □ A、学生自主选题，来源于自己对课题的长期积累与兴趣  ■ B、来源于教师科研项目选题  □ C、学生承担社会、企业委托项目选题 | | | | | | |
| 申请金额 | 4000.00 元 | 项目期限 | 一年期 | 拟申报项目级别 | | 校级 | |
| 负责人 | xs01 | 性别 |  | 民族 |  | 出生年月 | 年 月 |
| 学号 | xs01 | 联系电话 | 手机： | | | | |
| 指导教师 | Thibault Thomas Vogt | 联系电话 | 手机： 13322866303 | | | | |
| 项目简介 | | 该项目旨在制造适用于外腔式半导体激光器频率稳定系统。项目主要研究内容和预期成果是将激光器的波长稳定在铯的F=3->F=4跃迁上，拟采用DAVLL或偏振光谱法等合适的光谱技术手段来解决。实验上通常使用饱和吸收光谱法，并调制激光频率以产生误差信号，通过锁相检测进行反馈。在该项目中我们将探索无需频率调节的物超所值方案来解决频率稳定的问题，例如DAVLL同时依赖于光的两个不同偏振成分的差分相移和吸收。项目需要创造性的想法，以及对光学反馈系统和精致的电子集成器件的精心设计与搭建的能力。 | | | | | |
| 负责人曾经参与科研的情况 | | （负责人填写） | | | | | |
| 指导教师承担科研课题情况 | | （负责人填写。如项目不来源于教师科研项目，可填无） | | | | | |
| 指导教师对本项目的支持情况 | | 教师将提供激光器以及必要的电子仪器，如万用表，电源，示波器等。教师将跟踪项目的进展并提供一个专门的实验室来进行项目。 | | | | | |
| 项目组主要成员 | 姓名 | 学号 | 学院 | 专业班级 | 联系电话 | 项目分工 | |
| xs01 | xs01 | 测试学院 | 测试专业 | \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\* | 111 | |
| 指导教师 | 姓名 | 工号 | 学院/单位 | 职称 | 联系电话 | 电子邮件 | |
| Thibault Thomas Vogt | 1\*\*\*\*\*\* | 测试学院 | 副教授 | 13322866303 | ttvogt@mail.sysu.edu.cn | |

#### 二、 立项依据（可加页）

|  |
| --- |
| **1.研究目的**  如何实现激光器的频率稳定是原子精密测量和量子信息的重要战略目标。而实现激光频率稳定得一个简单和有效的方法就是DAVLL技术，该技术的核心在于利用塞曼效应得到频率信息反馈给激光器进而调节频率。虽然，如今存在众多的将频率锁定到原子参考线的技术，但是DAVLL技术在不使用昂贵设备的情况下，依然可以实现高功率且频率稳定的激光器，实现真正意义上的超高性价比。因此该技术被广泛用于原子物理学中原子参考线的频率稳定。  该项目的研究目的是通过DAVLL法搭建894nm激光器的稳频模块以实现对半导体激光器频率的稳定控制。相较于其他方法，DAVLL法不依赖调制，不易于引入频率噪声，且激光器稳频时间相对较长，且可做到长时间不失锁。另外，这种方法需要较少的光源，相对简单的电路，稳频系统容易集成。  **2.研究内容**  1）DAVLL稳频原理  在原子吸收室的外围设置磁场，磁场的产生可以采用永磁体或者通入电流的线圈，激光器出射一束光进入原子吸收室，并与磁场方向平行，由于线偏振光可看成两束圆偏振光正交而成，并且这两束圆偏振光强度相同、旋向相反，此时原子在磁场中发生塞曼效应，根据原子的二向色性，原子吸收线发生左旋和右旋，形成左旋偏振光 σ +和右旋偏振光 σ -，在频率上沿相反方向偏移通过四分之一波片和偏振分光棱镜(PBS)后，纵向偏振光则直接透过 PBS，而横向偏振光折射出 PBS，这样就可以将两束正交圆偏振光分开，用两个光电探测器分别接收这两束圆偏振光，之后只需利用一个差分电路将这个光信号相减，就可以得到相应的鉴频曲线。DAVLL 稳频法不需要添加调制信号，获取鉴频信号的过程简单，实验系统更加简洁，并且不会对激光频率造成额外干扰，连续可调谐范围宽于饱和吸收法的可调谐范围。   1. DAVLL实验光路   如下图所示，DAVLL稳频光路有光隔离器、1/2波片、1/4波片、Cs原子泡、产生均匀磁场的线圈、两个PBS分光棱镜以及两个光电探测器组成    DAVLL稳频光路示意图  将Cs吸收室放入有线圈产生的均匀磁场中，激光射出一束线偏振光进入吸收室，沿磁场纵向传播。Cs原子的谱线在磁场作用下会发生塞曼分裂，在光子跃迁过程中会根据选择定则发生左旋和右旋现象。又由于线偏振光可看作两强度相同、旋向相反的圆偏振光正交而成，激光器发出的线偏振光中的左旋光与右旋光在频率上沿相反方向偏移。在 Cs原子泡后面放置 1/4 玻 片，让线偏振光波长变化得到圆偏振光，然后经过偏振分光棱镜 PBS，就可以将这两束旋向相反的圆偏振光分开，由两个光电探测器 PD 分别探测，最后将两路探测信号相减，就可以得到相应的鉴频曲线。  **3.国、内外研究现状和发展动态**  外腔式半导体激光器的频率稳定系统在国内外都是一个活跃的研究领域。在国内，研究者致力于开发高效稳定的频率稳定方法，包括光栅反馈、光纤光栅反馈、吸收光谱反馈等。其中，光纤光栅反馈被广泛应用，研究者通过优化光纤光栅的设计和制备工艺，提高其频率稳定性和调谐范围。此外，相位锁定技术也在国内得到了关注，并在实现高精度的频率稳定方面广泛应用。  国外研究方面，研究者更加注重使用稳定的频率参考源，如气体激光器和原子钟，以提高系统的频率稳定性和准确性。此外，他们还致力于开发新型调谐元件和控制算法，以实现更大范围的频率调谐和更快的稳定响应。监测和控制系统的改进也是国外研究的重点，旨在实现实时监测、自适应控制和远程操作等功能。  总体而言，国内外研究者在外腔式半导体激光器频率稳定系统的研究中，不断追求更高的频率稳定性、更广的调谐范围和更快的动态响应。这些研究的目标是满足不同应用领域对频率稳定性和调谐性能的需求，推动激光器技术在光通信、光谱分析、精密测量等领域的应用和发展。  **4.创新点与项目特色**  **（负责人填写）**  **5.技术路线、拟解决的问题及预期成果**   1. 光路的搭建   激光的稳定性对于原子物理实验的成功与否有着至关重要的作用。因此，工作状态、工作温度以及电流的稳定性是整个项目的核心重要部分。因此，基于上述原因，我们对于光路设计的相对校准，激光二极管以及透镜的选择都需要进行细致的调研与采购，以确保其能够达到良好适配的工作状态。   1. 磁场的稳定   DAVLL 稳频法对磁场环境要求比价高，产生磁场的装置比较严密，需要能产生均匀的磁场，约 200G，可视为弱磁场。该实验利用通入稳定电流的线圈产生稳定均匀磁场，因此实现电流的稳定是磁场环境状态的关键。  **6.项目研究进度安排**  文献综述和问题理解：1个月  方法和实验方案的设计：1个月  设备和材料的采购：1个月  研究工作：4个月  研究开发：3个月  测试：1个月  撰写报告：1个月  最终演示：1个月  **7.已有基础**  （1）与本项目有关的研究积累和已取得的成绩  量子信息和测量控制团队的里德堡实验室致力于开发原子物理实验，特别是与铯原子的冷却、捕获以及激发有关实验。里德堡实验室对以下主题特别感兴趣：  1）用于量子计算的中性原子捕获。  2）用于量子通信和单个微波光子检测的微波光转换。  值得一提的是，里德堡实验室已经调研并收集了有关激光冷却和铯原子捕获的重要知识和背景应用。Thibault Vogt副教授在最近的科研工作中，进行了对于原子激光冷却的相关研究，并成功发表了一些高水平研究成果。因此，他具有丰富的理论知识与实验经验，可以有效的指导该项目。  **（2）已具备的条件，尚缺少的条件及解决方法**  我们为项目的全面成功已经储备了理论知识与相关必要设备。   * 用于探测任意里德堡态波长的波长计。 * 提供频率稳定的主激光器 * 铯原子气室以及合适的光电探测器。   项目涉及了电磁学中的电磁场理论、光学中的折射率原理、原子物理的知识，我们已经学习了电磁学和光学中的相关内容。我们有扎实的理论知识基础，通过数理方法的学习，我们有信心可以解决研究过程中涉及到的大部分数学物理方程。同时，我们的团队也乐于挑战实验过程中潜在的种种困难。通过对误差理论的学习，我们可以做到科学地寻找、分析、减小误差。平日的实验训练使我们拥有严谨的科学精神、良好的实验习惯、出色的动手能力，这将使我们能踏实做好光路矫正、参数修改等繁琐工作。  我们还将在寒假学习原子物理，机械结构与光路搭建的相关知识以帮助我们更好的理解项目内容与实现对激光器的频率稳定控制。另外我们也将利用空余时间通过论文阅读学习实现激光稳频的实验过程，以弥补实验操作经验上的不足。 |

#### 三、 经费预算

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **开支科目** | **预算经费（元）** | **主要用途** | **阶段下达经费计划（元）** | |
| **前半阶段** | **后半阶段** |
| 预算经费总额 | 4000.00 | 购买书籍 | 2000.00 | 2000.00 |
| 1. 业务费 | 2000.00 | 无 | 1000.00 | 1000.00 |
| （1）计算、分析、测试费 | 2000.00 | 无 | 1000.00 | 1000.00 |
| （2）能源动力费 | 0.00 | 无 | 0.00 | 0.00 |
| （3）会议、差旅费 | 0.00 | 无 | 0.00 | 0.00 |
| （4）文献检索费 | 0.00 | 无 | 0.00 | 0.00 |
| （5）论文出版费 | 0.00 | 无 | 0.00 | 0.00 |
| 2. 仪器设备购置费 | 2000.00 | 无 | 1000.00 | 1000.00 |
| 3. 实验装置试制费 | 0.00 | 无 | 0.00 | 0.00 |
| 4. 材料费 | 0.00 | 无 | 0.00 | 0.00 |

#### 四、 指导教师意见

|  |
| --- |
| **导师：\*\*\***  **年        月        日** |

#### 五、 院系推荐意见

|  |
| --- |
| **盖 章：**  **年        月        日** |