



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102494770 B

(45) 授权公告日 2013. 12. 18

(21) 申请号 201110403340. 5

(22) 申请日 2011. 12. 07

(73) 专利权人 山西大学

地址 030006 山西省太原市小店区坞城路 92 号

(72) 发明人 汪丽蓉 张一驰 金丽 李玉清 武寄洲 马杰 肖连团 贾锁堂

(74) 专利代理机构 太原科卫专利事务所(普通合伙) 14100

代理人 朱源

(51) Int. Cl.

G01J 3/28(2006. 01)

G01J 3/02(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2008/0285606A1 , 2008. 11. 20, 全文.

CN 102013626A , 2011. 04. 13, 全文.

CN 102246016A , 2011. 11. 16, 全文.

QI Xiang-Hui 等. Ultra-stable

rubidium-stabilized external-cavity diode laser based on the modulation transfer spectroscopy technique. 《CHIN. PHYS.

LETT》. 2009, 第 26 卷(第 4 期), 044205-1 至 044205-3.

yutaka yoshikawa 等. 《Frequency stabilization of a laser diode with use of light-induced birefringence in an atomic vapor》. 《APPLIED OPTICS》. 2003, 第 42 卷(第 33 期), 6645-6649.

Lin Yi 等. 《Transfer the stability of iodine-stabilized diode laser at 634nm to radio frequency by an optical frequency comb》. 《Chinese Optics Letters》. 2009, 第 7 卷(第 1 期), 36-38.

Mikael Afzelius 等. 《Demonstration of atomic frequency comb memory for light with spin-wave storage》. 《Physical review letters》. 2010, 第 104 卷(第 4 期), 040503-1 至 040503-4.

审查员 孙曙旭

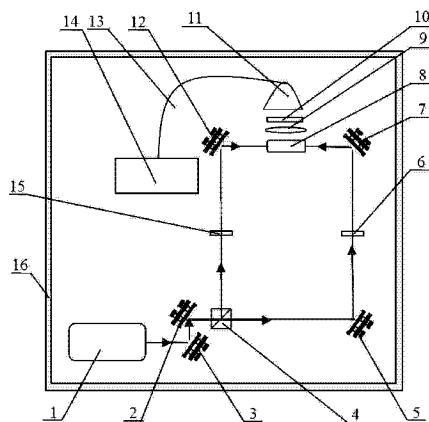
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

原子能级精确测量装置

(57) 摘要

本发明涉及原子能级测量技术,具体是一种原子能级精确测量装置。本发明解决了现有原子能级测量技术受激光器固定频率的限制只能测量原子部分能级、对原子能级测量的精度受激光器线宽影响、测量方法复杂且难以实现的问题。原子能级精确测量装置包括飞秒光学频率梳、无偏振分束棱镜、原子蒸汽泡、光电倍增管、以及示波器;飞秒光学频率梳的出射端与无偏振分束棱镜的入射端之间设有由第一全反射镜和第二全反射镜依次串接而成的准直光路。本发明有效解决了现有原子能级测量技术受激光器固定频率的限制只能测量原子部分能级、对原子能级测量的精度受激光器线宽影响、测量方法复杂且难以实现的问题。



CN 102494770 B

1. 一种原子能级精确测量装置,其特征在于:包括飞秒光学频率梳(1)、无偏振分束棱镜(4)、原子蒸汽泡(8)、光电倍增管(11)、以及示波器(14);飞秒光学频率梳(1)的出射端与无偏振分束棱镜(4)的入射端之间设有由第一全反射镜(2)和第二全反射镜(3)依次串接而成的准直光路;无偏振分束棱镜(4)的透射出射端与原子蒸汽泡(8)之间设有由第三全反射镜(5)、第一滤光片(6)、第四全反射镜(7)依次串接而成的光路;无偏振分束棱镜(4)的反射出射端与原子蒸汽泡(8)之间设有由第三滤光片(15)和第五全反射镜(12)依次串接而成的光路;原子蒸汽泡(8)与光电倍增管(11)的输入端之间设有由凸透镜(9)和第二滤光片(10)依次串接而成的光路;光电倍增管(11)的输出端与示波器(14)之间连接有BNC线(13)。

2. 根据权利要求1所述的原子能级精确测量装置,其特征在于:还包括腔体(16);飞秒光学频率梳(1)、第一全反射镜(2)、第二全反射镜(3)、无偏振分束棱镜(4)、第三全反射镜(5)、第一滤光片(6)、第四全反射镜(7)、原子蒸汽泡(8)、凸透镜(9)、第二滤光片(10)、光电倍增管(11)、第五全反射镜(12)、BNC线(13)、示波器(14)、第三滤光片(15)均设于腔体(16)内。

原子能级精确测量装置

技术领域

[0001] 本发明涉及原子能级测量技术,具体是一种原子能级精确测量装置。

背景技术

[0002] 原子能级的精确测量对研究原子结构、原子超精细常数、原子势能曲线和原子动力学演化有重要意义。目前,国际上主要采用光谱的方法来测量原子能级,但是由于光谱线的增宽效应掩盖了光谱结构的细节,成为获取原子能级信息的主要障碍。光谱增宽的来源有三个因素:谱线的自然宽度、压致(碰撞)增宽、多普勒增宽。当压力小于 1333Pa(10mmHg)时,压制增宽并不严重,与自然宽度有相同量级。其中多普勒增宽通常比自然宽度大两个数量级,是实际谱线宽度的主要成分。通常使一些很靠近的谱线难以分辨。近代光谱实验采用的一些新方法如饱和光谱技术、双光子吸收是消除多普勒增宽的有效方法。饱和吸收光谱技术只能探测速度为零的原子,而双光子吸收可以探测所有速度的原子,双光子吸收能使所有原子都对光谱信号有贡献,比饱和吸收更优越。基于此,人们通常采用两台固定频率的激光器来研究原子的双光子吸收光谱,从而测量原子的能级位置。这种固定频率的激光器仅仅可以研究原子单一双光子光谱,而且需要对两台固定频率的激光器进行相干锁定,操作非常复杂,受激光器输出激光线宽(MHz)太宽的影响原子能级的测量精度只能达到 MHz。基于此,有必要发明一种不受多普勒增宽的影响、操作方便,同时可以精确快速地测量所选原子全部能级信息的原子能级测量装置,以解决现有原子能级测量技术受激光器固定频率的限制只能测量原子部分能级、对原子能级测量的精度受激光器线宽影响、测量方法复杂且难以实现的问题。

发明内容

[0003] 本发明为了解决现有原子能级测量技术受激光器固定频率的限制只能测量原子部分能级、对原子能级测量的精度受激光器线宽影响、测量方法复杂且难以实现的问题,提供了一种原子能级精确测量装置。

[0004] 本发明是采用如下技术方案实现的:原子能级精确测量装置,包括飞秒光学频率梳、无偏振分束棱镜、原子蒸汽泡、光电倍增管、以及示波器;飞秒光学频率梳的出射端与无偏振分束棱镜的入射端之间设有由第一全反射镜和第二全反射镜依次串接而成的准直光路;无偏振分束棱镜的透射出射端与原子蒸汽泡之间设有由第三全反射镜、第一滤光片、第四全反射镜依次串接而成的光路;无偏振分束棱镜的反射出射端与原子蒸汽泡之间设有由第三滤光片和第五全反射镜依次串接而成的光路;原子蒸汽泡与光电倍增管的输入端之间设有由凸透镜和第二滤光片依次串接而成的光路;光电倍增管的输出端与示波器之间连接有 BNC 线。

[0005] 工作时,飞秒光学频率梳输出的高稳定性宽带激光(300-1000nm)依次被第一全反射镜、第二全反射镜反射后入射到无偏振分束棱镜,然后由无偏振分束棱镜分出光强相等的透射和反射光,其中透射光被第三全反射镜反射后穿过第一滤光片,由第一滤光片从

宽带激光中选择出双光子吸收所需用的一束激光,再经过第四全反射镜反射后穿过原子蒸汽泡。反射光直接穿过第三滤光片,利用第三滤光片从宽带激光中选择出双光子吸收所需用的另一束激光,再经过第五全反射镜反射后穿过原子蒸汽泡,这时可以通过调节第四全反射镜和第五全反射镜使得相向传播的两束激光的光路重合。随后原子蒸汽泡扫描飞秒光学频率梳输出的宽带激光的频率,当扫描到双光子共振频率时,原子蒸汽泡会发出荧光,产生的荧光经过凸透镜汇聚并且使用第二滤光片滤去杂散光后由光电倍增管探测,探测信号通过 BNC 线输入到示波器上显示。在此过程中,示波器对飞秒光学频率梳所显示的频率进行同步记录。根据示波器得到的双光子吸收光谱和对飞秒光学频率梳所显示的频率就可以精确地获得原子能级位置。图 2 是不使用第一滤光片和第三滤光片、只用第二滤光片获得的铯原子所有能级的双光子吸收光谱。图 3 是采用第一滤光片中心在 794nm 带宽 10nm、第二滤光片中心在 450nm 带宽 10nm、第三滤光片中心在 852nm 带宽 10nm 所选出的铯原子 $6^2S_{1/2}-6^2P_{3/2}-8^2S_{1/2}$ 双光子吸收图。通过对比图 2 和图 3 可知,采用与铯原子能级相应频率的第一滤光片和第二滤光片可以得到确定且信噪比更高的双光子光谱,并且所得谱线更好分辨,由此提高了测量的精确性。在上述测量过程中,飞秒光学频率梳输出宽带激光(300-1000nm),使用不同窄带滤光片选择可以相关一系列不同频率激光,相当于得到了 300-1000nm 的无数个激光光源,为精确测量任意原子的能级信息提供了支持。因为激发双光子跃迁的两束激光都是由飞秒光学频率梳提供,所以具有严格的相干性而无需额外的相干锁定,相比于普通两台不同的激光器要进行复杂的相干锁定,此种无需额外相干锁定的测量方法更加简便,由此极大地提高了双光子跃迁几率。采用本发明所述的原子能级精确测量装置进行原子能级测量时,不需要使用许多不同频率的激光器,而只需要更换第一滤光片和第二滤光片,就可以测得所有双光子光谱。试验表明,采用现有原子能级测量技术测量全部的原子能级需要几十到上百台激光器。而使用一台本发明所述的原子能级精确测量装置就可以测量全部的原子能级,极大的简化了测量方法。同时,采用本发明所述的原子能级精确测量装置获得的原子能级的精确度可达到 kHz 的量级,相比于采用现有技术得到的 MHz 的测量精度具有质的飞跃。基于上述过程,与现有原子能级测量技术相比,本发明所述的原子能级精确测量装置有效解决了现有原子能级测量技术受激光器固定频率的限制只能测量原子部分能级、对原子能级测量的精度受激光器线宽影响、测量方法复杂且难以实现的问题,其通过更换原子蒸汽泡与相应的第一滤光片、第二滤光片和第三滤光片可以精确地测量任意原子的全部能级,其准确、全面、灵敏的特点给原子能级的测量技术带来了重大突破。

[0006] 进一步地,还包括腔体;飞秒光学频率梳、第一全反射镜、第二全反射镜、无偏振分束棱镜、第三全反射镜、第一滤光片、第四全反射镜、原子蒸汽泡、凸透镜、第二滤光片、光电倍增管、第五全反射镜、BNC 线、示波器、第三滤光片均设于腔体内。工作时,腔体起到保护作用。

[0007] 本发明有效解决了现有原子能级测量技术受激光器固定频率的限制只能测量原子部分能级、对原子能级测量的精度受激光器线宽影响、测量方法复杂且难以实现的问题,采用本发明所述的原子能级精确测量装置可获得精度为 kHz 的铯原子能级。

附图说明

[0008] 图 1 是本发明的结构示意图。

[0009] 图 2 是不使用第一滤光片和第三滤光片、只用第二滤光片获得的铯原子所有能级的双光子吸收图。

[0010] 图 3 是铯原子 $6^2S_{1/2}-6^2P_{3/2}-8^2S_{1/2}$ 双光子吸收图。

[0011] 图中：1- 飞秒光学频率梳，2- 第一全反射镜，3- 第二全反射镜，4- 无偏振分束棱镜，5- 第三全反射镜，6- 第一滤光片，7- 第四全反射镜，8- 原子蒸汽泡，9- 凸透镜，10- 第二滤光片，11- 光电倍增管，12- 第五全反射镜，13-BNC 线，14- 示波器，15- 第三滤光片，16- 腔体。

具体实施方式

[0012] 原子能级精确测量装置，包括飞秒光学频率梳 1、无偏振分束棱镜 4、原子蒸汽泡 8、光电倍增管 11、以及示波器 14；飞秒光学频率梳 1 的出射端与无偏振分束棱镜 4 的入射端之间设有由第一全反射镜 2 和第二全反射镜 3 依次串接而成的准直光路；无偏振分束棱镜 4 的透射出射端与原子蒸汽泡 8 之间设有由第三全反射镜 5、第一滤光片 6、第四全反射镜 7 依次串接而成的光路；无偏振分束棱镜 4 的反射出射端与原子蒸汽泡 8 之间设有由第三滤光片 15 和第五全反射镜 12 依次串接而成的光路；原子蒸汽泡 8 与光电倍增管 11 的输入端之间设有由凸透镜 9 和第二滤光片 10 依次串接而成的光路；光电倍增管 11 的输出端与示波器 14 之间连接有 BNC 线 13；

[0013] 还包括腔体 16；飞秒光学频率梳 1、第一全反射镜 2、第二全反射镜 3、无偏振分束棱镜 4、第三全反射镜 5、第一滤光片 6、第四全反射镜 7、原子蒸汽泡 8、凸透镜 9、第二滤光片 10、光电倍增管 11、第五全反射镜 12、BNC 线 13、示波器 14、第三滤光片 15 均设于腔体 16 内；

[0014] 具体实施时，所述第一全反射镜 2、第二全反射镜 3、第三全反射镜 5、第四全反射镜 7、第五全反射镜 12 均为宽带介质膜全反射镜；第一滤光片 6、第二滤光片 10、第三滤光片 15 均为带宽 10nm 的窄带滤光片；所述无偏振分束棱镜 4 的带宽为 300-900nm；所述凸透镜 9 的直径为 50 mm、焦距为 30mm、带宽为 350-900 nm；所述飞秒光学频率梳 1 为 Menlo System 公司生产的 FC1500 型飞秒光学频率梳，其重复频率为 250MHz，输出的宽带光谱为 300-1000nm，可以通过扫描重复频率来扫描输出的宽带光谱频率。

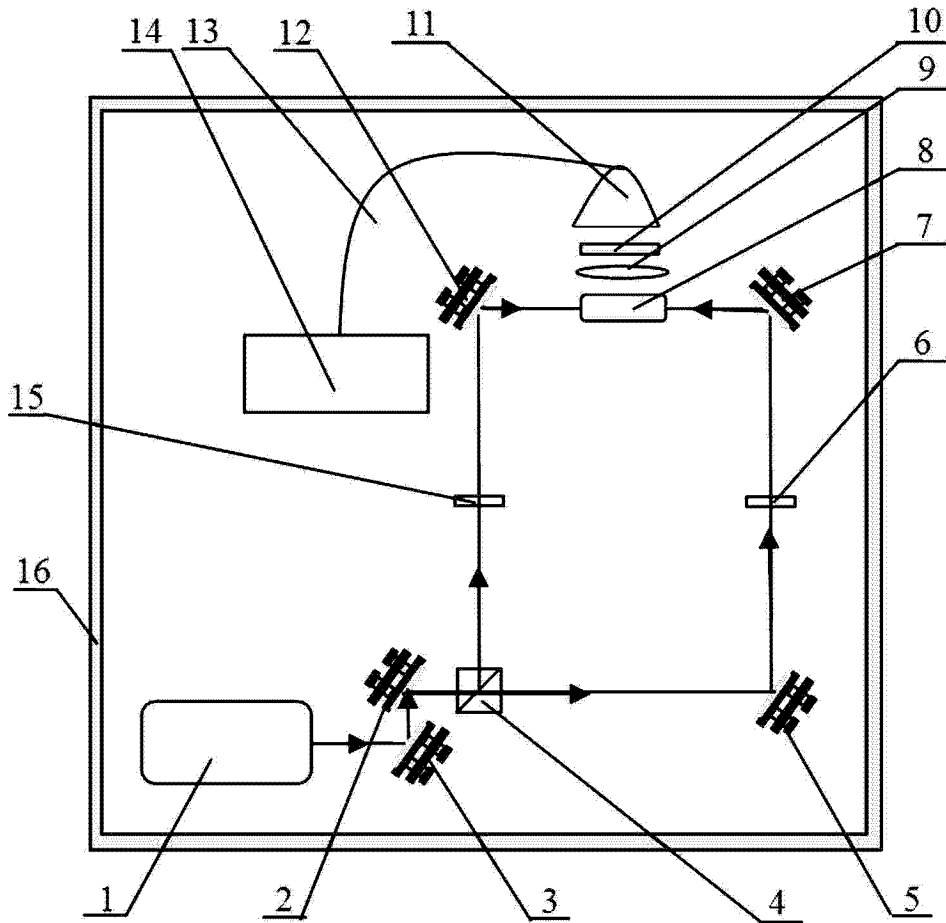


图 1

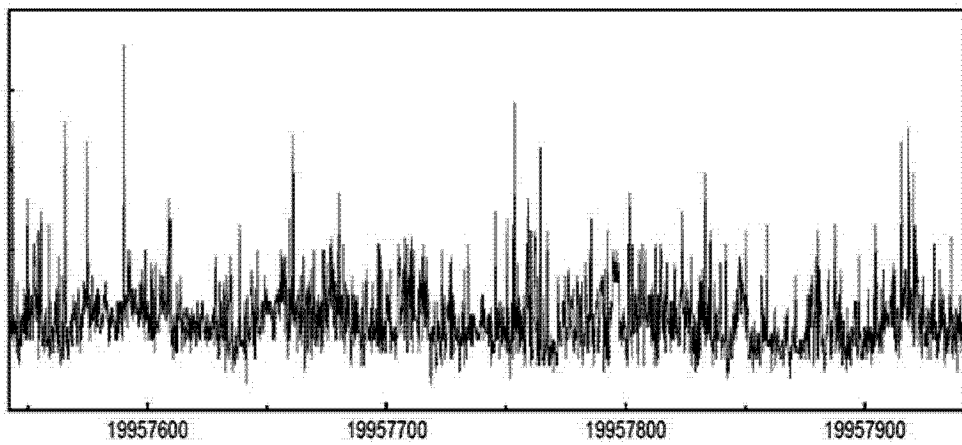


图 2

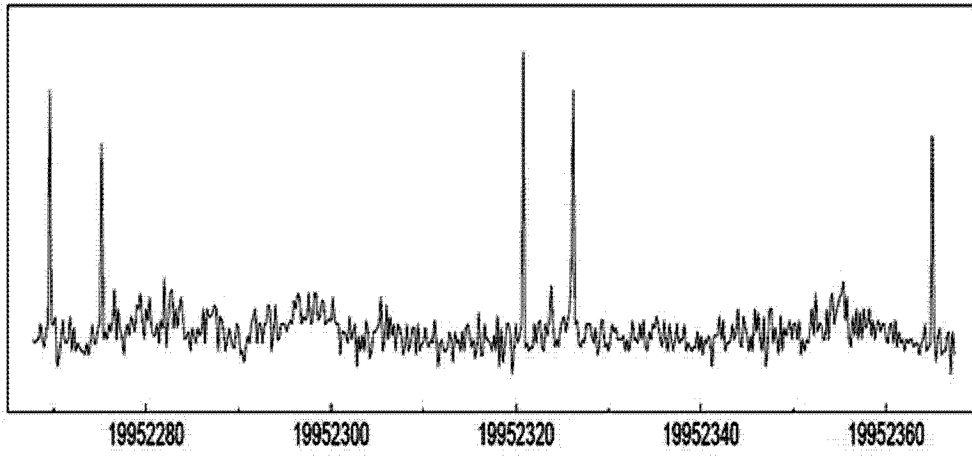


图 3