



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104807848 A

(43) 申请公布日 2015. 07. 29

(21) 申请号 201510251427. 3

(22) 申请日 2015. 05. 15

(71) 申请人 中国科学院武汉物理与数学研究所
地址 430071 湖北省武汉市武昌小洪山西区
30 号

(72) 发明人 周欣 王晓飞 孙献平 赵修超
叶朝辉 刘买利

(74) 专利代理机构 武汉宇晨专利事务所 42001
代理人 李鹏 王敏锋

(51) Int. Cl.

G01N 24/08(2006. 01)

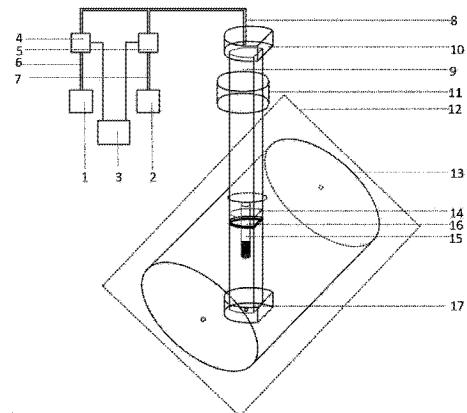
权利要求书2页 说明书9页 附图2页

(54) 发明名称

一种用于低场磁共振系统的定位进样装置和方法

(57) 摘要

本发明公开了一种用于低场磁共振系统的定位进样装置,还公开了一种用于低场磁共振系统的定位进样方法,定位进样装置包括空气压缩机和真空泵,它们通过管道连接到非圆形进样导管,非圆形进样导管上安装有定位器和导管下盖,一同放入网罩和屏蔽盒中。计算机通过两个电磁阀控制装载有核磁样品管的非圆形定向滑块在永磁体和定位器之间定向、无旋转来回传送,保证核磁样品平稳、快速定位到网罩和屏蔽盒中心的探测区域。PEEK材料的非圆形进样导管和涂有耐高温绝热材料的核磁样品管,保证核磁样品的恒温。本发明结构简单、操作方便,实现定位进样和有效保温。适用于基于原子磁力计方法探测 NMR 和 MRI 研究。



1. 一种用于低场磁共振系统的定位进样装置，包括屏蔽盒(13)，其特征在于，还包括非圆形进样导管(9)和罩设在屏蔽盒(13)外的网罩(12)，非圆形进样导管(9)底部盖设有导管下盖(17)并穿过网罩(12)和屏蔽盒(13)设置在屏蔽盒(13)内，导管下盖(17)上开设有进出气孔，非圆形进样导管(9)内设置有固定有核磁样品管(15)的非圆形定向滑块(14)，非圆形定向滑块(14)的外形与非圆形进样导管(9)内壁形状适配，非圆形进样导管(9)上部套设有永磁体(11)，非圆形进样导管(9)顶部盖设有导管上密封盖(10)，气动装置通过第三管道(8)与非圆形进样导管(9)连通。

2. 根据权利要求1所述的一种用于低场磁共振系统的定位进样装置，其特征在于，还包括设置在非圆形进样导管(9)内壁上用于定位非圆形定向滑块(14)的定位器(16)。

3. 根据权利要求2所述的一种用于低场磁共振系统的定位进样装置，其特征在于，所述的气动装置包括第一管道(6)和第二管道(7)，第一管道(6)一端与空气压缩机(1)连接，另一端通过第一电磁阀(4)与第三管道(8)连通；第二管道(7)一端与真空泵(2)连通，另一端通过第二电磁阀(5)与第三管道(8)连通，还包括用于控制第一电磁阀(4)和第二电磁阀(5)开关的计算机(3)。

4. 根据权利要求2所述的一种用于低场磁共振系统的定位进样装置，其特征在于，所述的定位器(16)为轴心带孔非圆形，定位器(16)通过PEEK材质的螺丝固定在非圆形进样导管(9)内壁上。

5. 根据权利要求1所述的一种用于低场磁共振系统的定位进样装置，其特征在于，所述的第一管道(6)、第二管道(7)、第三管道(8)、非圆形进样导管(9)、导管上密封盖(10)、导管下盖(17)和非圆形定向滑块(14)均为PEEK材质，永磁体(11)为海尔贝克阵列结构的磁体，磁场强度范围为1～3 Tesla，网罩(12)为铜网，屏蔽盒(13)为坡莫合金。

6. 根据权利要求1所述的一种用于低场磁共振系统的定位进样装置，其特征在于，所述的核磁样品管(15)的底部外壁设置有绝热涂层。

7. 根据权利要求1所述的一种用于低场磁共振系统的定位进样装置，其特征在于，所述的非圆形定向滑块(14)为PEEK材质，非圆形定向滑块(14)为椭圆形或正方形或长方形或圆缺形。

8. 一种利用权利要求3所述的装置进行低场磁共振系统的定位进样方法，其特征在于，包括以下步骤：

步骤1、核磁样品的装载：将待测核磁样品装入核磁样品管(15)，核磁样品管(15)密封后，固定在非圆形定向滑块(14)上，取下导管上密封盖(10)，把装有核磁样品管(15)的非圆形定向滑块(14)放入非圆形进样导管(9)中，再装回导管上密封盖(10)；

步骤2、核磁样品的预极化：计算机(3)控制第二电磁阀(5)处于开启状态，第一电磁阀(4)处于关闭状态，真空泵(2)工作，将装有核磁样品管(15)的非圆形定向滑块(14)吸入到永磁体(11)区域进行核磁样品的预极化；

步骤3、核磁样品的信号采集：计算机(3)控制第二电磁阀(5)处于关闭状态，第一电磁阀(4)处于开启状态，空气压缩机(1)产生的气体经过第一管道(6)、第三管道(8)、导管上密封盖(10)，进入非圆形进样导管(9)，吹动非圆形定向滑块(14)至定位器(16)，经定位器(16)限定非圆形定向滑块(14)的位置并减震，使得核磁样品管(15)在屏蔽盒(13)内预设的探测区域停留并被测量；

步骤 4、核磁样品的卸载和更换：从网罩(12)和屏蔽盒(13)的开孔处取出非圆形进样导管(9)，开启导管上密封盖(10)，将装载有核磁样品管(15)的非圆形定向滑块(14)取出，直接卸载或者更换核磁样品管(15)。

一种用于低场磁共振系统的定位进样装置和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及气动和真空方法传送、样品保温停车场车辆监控管理领域，具体涉及一种用于低场磁共振系统的定位进样装置，还涉及一种用于低场磁共振系统的定位进样方法，适用于基于原子磁力计方法进行磁共振成像(Magnetic resonance imaging, MRI)的定位进样，还可以扩展应用于流动气体和液体等核磁样品的检测。

背景技术

[0002] 气动方法是用于 NMR 谱仪中输送核磁样品的通用传统方法。在传统高场 NMR 谱仪中，核磁样品的极化、信号的探测通常是在超导磁体内的同一区域中完成，核磁样品由气动传送到 NMR 谱仪的探测区域，或者由气动推出探测区域而更换和取出核磁样品。Martin Armbruster 等人在专利“NMR-MAS probehead with integral transport conduit for an MAS-rotor”(美国专利号 :US8212559)中，描述了传统高场 NMR 谱仪中利用一个气动传送换样装置完成核磁样品的装卸过程。装载了样品的核磁样品管通过传送管道内气流稳定地输送到 NMR 谱仪的探测区域。而样品卸载时，只需要将气流反向即可从探测区域里吹出核磁样品管。这里，极化区域和探测区域在空间上为同一区域，除特殊情况之外，这一区域通常为室温工作区域。因此，对传送的速度和核磁样品的保温并没有特殊的要求，只需要能将核磁样品平稳、准确地传送到探测区域即可。

[0003] 与传统高场 NMR 谱仪方法不同，基于原子磁力计方法探测 NMR 是在超低磁场的环境下测量和研究核磁样品。因为 NMR 信号的大小与核磁样品的极化度呈正比，被测量的核磁样品需要通过一个磁场预极化区域进行热极化处理(也称预极化)。在基于原子磁力计方法探测 NMR 过程中，通常使用一个~ Tesla 量级磁场强度的永磁体来预极化核磁样品。由于永磁体的磁场会破坏核磁样品探测区域的零磁场环境，所以需要将预极化区域和探测区域在空间上隔离开，实现远程探测。在实验测量和研究中，核磁样品需要多次在预极化区域和探测区域之间传送，因此不仅要求平稳、快速(~0.1 s)，尽可能地减少核磁样品的极化度在传送过程中损失，还要求核磁样品管的恒温，不受预极化区域和探测区域温度差的影响。

[0004] 目前，已有多种解决基于原子磁力计方法探测 NMR 信号的装置中样品传送的方案，部分相关文章和专利的技术方案举例如下：

1) M. P. Ledbetter 等人在专利“Detection of J-Coupling Using Atomic Magnetometer”(美国专利号 :US20120176130) 的装置中，使用注射泵进行液体样品传送；

2) D. Budker 等人在“Atomic magnetic gradiometer for room temperature high sensitivity magnetic field detection”(美国专利号 :US7573264) 中，使用蠕动泵传送液体核磁样品，液体核磁样品在不同作用区域做循环流动。

[0005] 这两种方法完成进样需要 1—2 s 时间，能够实现较快、稳定的核磁样品传送。但是，(1)基于这两种方法的装置，都需要较长的传送管道连接预极化区域和探测区域。因此，实验中需要大量液体核磁样品来填充传输管道，液体核磁样品使用量大，不适用于少量液体核磁样品的情况；(2)不能做到定位进样，无法扩展到基于原子磁力计方法的 MRI 研究；

(3) 完成测试一种流动样品后,不能方便更换样品和清洗传送管道。

[0006] 3) Valerio Biancalan 等人在文章“*A fast pneumatic sample-shuttle with attenuated shocks*”(Review of Scientific Instrument, 85, 036104 (2014))中描述,在进样管和进样滑块上使用特殊开孔改变内部气流来减少核磁样品管在传送进样过程中的振动,但是,其不适用于高温工作环境,也无法扩展到基于原子磁力计方法的 MRI 研究。

[0007] 在基于原子磁力计方法探测 NMR 过程中,需要利用气动方法的进样装置将核磁样品快速地由预极化区域传送到探测区域,即传送到靠近激光与蒸气泡内原子相互作用的区域。由于一些工作在高温的装置,例如基于无自旋交换弛豫(Spin-exchange relaxation-free, SERF)物理机制的原子磁力计方法(工作温度~470 K)探测 NMR 等,(A) 使用现有的进样装置无法对核磁样品进行定位传送,由此,不能扩展到基于原子磁力计方法的 MRI 研究; (B) 在传输和测量过程中不能有效地保持核磁样品的温度,造成在探测区域里的核磁样品被加热升温,从而影响一些有效测量和实验结果,例如,对于常温下的生物样品研究等。因此,在基于原子磁力计方法探测 NMR 过程中,如何实现核磁样品传送更为简便、速度快速、定位准确? 能够避免探测区域的高温对核磁样品产生热影响? 同时保证原子蒸气泡工作在的高温,并维持原子蒸气泡内相关物理机制正常运行? 是急迫需要解决的问题。例如: 基于 SERF 机制的原子磁力计方法探测 NMR 的装置,其具有~0.1 fT/Hz^{1/2} 超高灵敏度,工作温度~470 K,在探测核磁样品时,需要核磁样品多次在室温预极化区域和高温探测区域来回传送。由此,当使用生物核磁样品时,使用现有的圆形管(腔、气道等)进样方法或技术难以保证核磁样品在每次传输到探测区域后都一直保持同一状态,也难以保证其不受到高温工作原子蒸气泡的影响。

[0008] 为了提高核磁样品传输的速率、增加核磁样品进样的质量、改进核磁样品的保温性能、以及更有效的扩展功能,迫切的需要发展全新的一种用于低场磁共振系统的定位进样方法与装置。

发明内容

[0009] 本发明的目的是在于针对现有技术存在的上述问题,提供了一种用于低场磁共振系统的定位进样方法。其利用非圆形进样管的约束作用,约束载有核磁样品管的非圆形定向滑块,可以将核磁样品管定向、无转动地传送到激光与原子相互作用探测区域,有利于精确定量 NMR 和实施 MRI ; 利用其耐高温绝热材料作为核磁样品管保温,也用于作为原子蒸气泡的一个保温面; 在核磁样品管表面涂有耐高温(>500 K)绝热涂层,可以有效地隔热,以保持核磁样品管多次传送后温度恒定,避免核磁样品在测量时被加热。与现有技术相比,利用有效地减震技术使得引入的噪声明显减小。设计核磁样品管位于原子蒸气泡侧面的进样方式,经过简单改造可方便扩展用于研究液态或者气态核磁样品。因此,本发明一种用于低场磁共振系统的定位进样装置具有更加广泛的应用领域。

[0010] 本发明目的是在于提供一种用于低场磁共振系统的定位进样装置,其由空气压缩机、真空泵、计算机、两个电磁阀、三个管道、非圆形进样导管、导管上密封盖、永磁体、网罩、屏蔽盒、非圆形定向滑块、核磁样品管、定位器和导管下盖组成。本发明结构简单、操作方便,与现有的进样装置相比,本发明装置实现了核磁样品的定向、无转动的定位进样和有效保温。在本发明实施过程中,将另外包括激光器、激光束、原子蒸气泡和光电探测器,应用到

基于原子磁力计方法探测 NMR 的装置更具有实用性。

[0011] 为了实现上述的目的,本发明采用以下技术方案:

一种用于低场磁共振系统的定位进样装置,包括屏蔽盒,还包括非圆形进样导管和罩设在屏蔽盒外的网罩,非圆形进样导管底部盖设有导管下盖并穿过网罩和屏蔽盒设置在屏蔽盒内,导管下盖上开设有进出气孔,非圆形进样导管内设置有固定有核磁样品管的非圆形定向滑块,非圆形定向滑块的外形与非圆形进样导管内壁形状适配,非圆形进样导管上部套设有永磁体,非圆形进样导管顶部盖设有导管上密封盖,气动装置通过第三管道与非圆形进样导管连通。

[0012] 一种用于低场磁共振系统的定位进样装置,还包括设置在非圆形进样导管内壁上用于定位非圆形定向滑块的定位器。

[0013] 如上所述的气动装置包括第一管道和第二管道,第一管道一端与空气压缩机连接,另一端通过第一电磁阀与第三管道连通;第二管道一端与真空泵连通,另一端通过第二电磁阀与第三管道连通,还包括用于控制第一电磁阀和第二电磁阀开关的计算机。

[0014] 如上所述的定位器为轴心带孔非圆形,定位器通过 PEEK 材质的螺丝固定在非圆形进样导管内壁上。

[0015] 如上所述的第一管道、第二管道、第三管道、非圆形进样导管、导管上密封盖、导管下盖和非圆形定向滑块均为 PEEK 材质,永磁体为海尔贝克阵列结构的磁体,磁场强度范围为 1 ~ 3 Tesla,网罩为铜网,屏蔽盒为坡莫合金。

[0016] 如上所述的核磁样品管的底部外壁设置有绝热涂层。

[0017] 如上所述的非圆形定向滑块为 PEEK 材质,非圆形定向滑块为椭圆形或正方形或长方形或圆缺形。

[0018] 本发明一种用于低场磁共振系统的定位进样装置工作时,计算机通过电磁阀控制空气压缩机和真空泵两者的开关状态,驱动非圆形定向滑块,从而实现核磁样品在永磁体和屏蔽盒中心位置之间定位传送。空气压缩机和真空泵保持远离网罩和屏蔽盒,避免振动影响原子磁力计的正常工作状态;利用管道连接电磁阀与非圆形进样导管;利用定位器精确控制核磁样品管到达屏蔽盒中心位置,并有效降低非圆形定向滑块的震动,从而提高探测核磁样品信号的信噪比。实施中,利用激光器产生的激光束照射到屏蔽盒中心区域的原子蒸气泡,激光与原子相互作用,最终由光探测器测量到偏振信号光的变化、而获得核磁样品在屏蔽盒内产生的微弱磁场变化的 NMR 信号。

[0019] 本发明一种用于低场磁共振系统的定位进样方法,可以实现核磁样品的定位进样、有效保温和减震。使用进样导管的非圆形截面约束载有核磁样品管的滑块,可以将核磁样品定向、无转动地从永磁体位置传送到位于屏蔽盒中心的探测区域,从而显著提高定位作用。为了适合于高温工作环境,非圆形进样导管采用耐高温材料,例如,可选取 PEEK 材料(工作温度可达 530 K)。同时,利用其耐高温绝热材料作为核磁样品管保温,也用于作为原子蒸气泡的一个保温面,确保了原子磁力计探测核磁样品 NMR 信号的功能。本发明在核磁样品管靠近原子蒸气泡的下半部分涂覆有耐高温的绝热涂层,保证了核磁样品不会因为原子蒸气泡的工作环境而被加热。

[0020] 本发明利用非圆形进样导管,在核磁样品传送过程中可以极大地降低因核磁样品管旋转带来的噪声(这在使用圆形进样导管的情况下是不可避免的),以保证核磁样品能够

快速、准确地传送到屏蔽盒中心的探测区域,实现基于原子磁力计方法探测 NMR。相比于现有的进样方法,本发明具有更加优越的定位导向性。利用非圆形进样导管的约束力产生的定位作用,本发明也可以经过简单修改、从而进行基于原子磁力计方法的 MRI 研究。

[0021] 本发明一种用于低场磁共振系统的定位进样装置和方法,其步骤是:

(a) 本发明装置由空气压缩机和真空泵提供所需的动力,通过管道连接非圆形进样导管,控制非圆形定向滑块,使得核磁样品管在永磁体和屏蔽盒中心区域之间上下传送。在实施过程中,激光器、激光束、原子蒸气泡和光电探测器提供所需的 NMR 探测功能;

(b) 使用空气压缩机提供核磁样品进样的动力,计算机控制电磁阀开关,使得核磁样品快速、精确地从永磁体的预极化磁场中心定位进入屏蔽盒中心的探测区域;

(c) 使用真空泵提供核磁样品出样的动力,计算机控制电磁阀开关,使得核磁样品快速离开位于屏蔽盒中心的探测区域,快速回到永磁体的预极化磁场中心;

(d) 使用永磁体对核磁样品进行预极化。非圆形进样导管提供滑道约束,使得非圆形定向滑块携带核磁样品管在非圆形进样导管内部上下滑动。定位器起到限定非圆形定向滑块传输并使得核磁样品管到达屏蔽盒的中心位置,且也提供有效减震;

(e) 核磁样品管下半部分的外部涂覆有耐高温涂层,保证核磁样品不会因为原子蒸气泡的高温工作环境而加热。

[0022] (f) 实施中,使用激光器产生的激光束照射到磁屏蔽盒内的原子蒸气泡里,最终探测偏振信号光的变化、获得核磁样品在屏蔽盒中心微弱磁场变化的信号,实现 NMR 探测。

[0023] 为了实现上述基于一种用于低场磁共振系统的定位进样方法,本发明采用了一种定位进样装置,它包括空气压缩机、真空泵、计算机、两个电磁阀、三个管道、非圆形进样导管、导管上密封盖、永磁体、网罩、屏蔽盒、非圆形定向滑块、核磁样品管、定位器和导管下密封盖。本发明装置由空气压缩机和真空泵提供所需的动力,计算机控制电磁阀的工作状态,通过管道连接非圆形进样导管,控制非圆形定向滑块,使得核磁样品管在永磁体和屏蔽盒之间上下快速、精密的定位传送。在实施过程中,激光器、激光束、原子蒸气泡和光电探测器提供所需的 NMR 探测功能;易于使用和改进。

[0024] 利用前述一种低场磁共振系统的定位进样装置进行低场磁共振系统的定位进样方法,包括以下步骤:

步骤 1、核磁样品的装载:将待测核磁样品装入核磁样品管,核磁样品管密封后,固定在非圆形定向滑块上,取下导管上密封盖,把装有核磁样品管的非圆形定向滑块放入非圆形进样导管中,再装回导管上密封盖;

步骤 2、核磁样品的预极化:计算机控制第二电磁阀处于开启状态,第一电磁阀处于关闭状态,真空泵工作,将装有核磁样品管的非圆形定向滑块吸入到永磁体区域进行核磁样品的预极化;

步骤 3、核磁样品的信号采集:计算机控制第二电磁阀处于关闭状态,第一电磁阀处于开启状态,空气压缩机产生的气体经过第一管道、第三管道、导管上密封盖,进入非圆形进样导管,吹动非圆形定向滑块至定位器,经定位器限定非圆形定向滑块的位置并减震,使得核磁样品管在屏蔽盒内预设的探测区域停留并被测量;

步骤 4、核磁样品的卸载和更换:从网罩和屏蔽盒的开孔处取出非圆形进样导管,开启导管上密封盖,将装载有核磁样品管的非圆形定向滑块取出,直接卸载或者更换核磁样品

管。

[0025] 本发明与现有技术相比,具有以下优点:

(1) 利用进样导管的非圆形截面的约束作用,可对核磁样品管定位,非圆形进样导管截面约束非圆形定向滑块,可有效实现样品定向、无转动传送到探测区,且引入的噪声与现有技术相比明显减小,也可以方便地扩展到 MRI 研究;

(2) 非圆形进样导管采用耐高温聚醚醚酮(Polyetheretherketone, PEEK)材料,其工作温度可达 530 K。能够有效地工作在例如基于 SERF 物理机制的原子磁力计方法探测 NMR 中;

(3) 利用非圆形进样导管的耐高温绝热材料作为核磁样品管保温,也用于作为原子蒸气泡的一个保温面。设计非圆形进样导管位于原子蒸气泡侧面,也可以有效避免核磁样品管传送时意外造成原子蒸气泡的损坏;

(4) 核磁样品管在原子蒸气泡侧面,定位进样装置可以经过简单改造方便地应用于液态或者气态核磁样品,在信号探测过程中无损耗、无污染,样品更换方便,传送速度快,应用更加广泛。

[0026] (5) 玻璃样品管外涂有耐高温(>500 K)的绝热涂层,可以实现有效隔热、以保持核磁样品管的温度,避免核磁样品在测量过程中被加热;

(6) 定位器的材料为 Sorbothane (一种合成粘弹性聚氨酯聚合物,用作高效减震材料),在有效限定部分圆形定向滑块位置的同时,也起到减震作用。

[0027] 与现有基于原子磁力计方法探测 NMR 的进样装置相比,本发明具有定位、定向性好,传送速度快,易于扩展应用、结构简易等特点。由于本发明采用耐高温材料和先进的涂层方法,极大减小原子蒸气泡对核磁样品的加热作用,因此,能够更为精密地测量核磁样品的 NMR 信号。

[0028] 本发明一种用于低场磁共振系统的定位进样方法和装置,能够有效地应用于基于原子磁力计方法探测 NMR 的装置中,定位、定向性好,进一步提高了信噪比和信号探测灵敏度,具有广泛的应用前景,也可应用于基于原子磁力计方法的 MRI 研究。

附图说明

[0029] 图 1 为一种用于低场磁共振系统的定位进样装置结构示意图。

[0030] 利用非圆形进样导管截面约束固定核磁样品管的定向滑块,实现定向、无转动地在永磁体和屏蔽盒中心区域之间传送核磁样品。

[0031] 图中:1-空气压缩机;2-真空泵;3-计算机;4-第一电磁阀;5-第二电磁阀;6-第一管道;7-第二管道;8-第三管道;9-非圆形进样导管;10-导管上密封盖;11-永磁体;12-网罩;13-屏蔽盒;14-非圆形定向滑块;15-核磁样品管;16-定位器;17-导管下盖。

[0032] 图 2 为一种用于低场磁共振系统的定位进样装置实施图。

[0033] 在实施中,需要增加一些器件,包括:28-激光器;29-激光束;30-原子蒸气泡;31-光探测器。

具体实施方式

[0034] 以下结合附图对本发明的技术方案作进一步详细描述。

[0035] 首先描述本发明各部件的材料、形状和结构：

a) 空气压缩机 1, 型号为 DW35 的无油活塞空气压缩机, 工作压力范围 0–0.8 Bar。为非圆形定向滑块 14 提供推动气流。

[0036] b) 真空泵 2, 型号为 SHB-III 的循环水式多用真空泵, 抽气速率：双头 10L/min, 最大真空度 :0.098Mpa。为非圆形定向滑块 14 提供吸附真空环境。

[0037] c) 计算机 3, 型号为 ThinkCentre E73 的台式计算机。用于控制第一电磁阀 4 和第二电磁阀 5, 控制第三管道 8 内气流的方向。

[0038] d) 第一电磁阀 4, 材质为不锈钢, 类型为常开式, 型号 ZS05-K。配合空气压缩机 1 使用。

[0039] e) 第二电磁阀 5, 材质与第一电磁阀 4 相同, 类型为常闭式, 型号 ZS05。配合真空泵 2 使用。

[0040] f) 第一管道 6, 材质为特富龙。用于连通空气压缩机 1 和第一电磁阀 4, 为空气压缩机 1 提供高压气体流出通道。

[0041] g) 第二管道 7, 材质与第一管道 6 相同。用于连通真空泵 2 和第二电磁阀 5, 为真空泵 2 提供真空环境通道。

[0042] h) 第三管道 8, 材质与第一管道 6、第二管道 7 相同。将空气压缩机 1、真空泵 2 两者连通到非圆形进样导管 9, 使得能够控制非圆形定向滑块 14 上下传送。

[0043] i) 非圆形进样导管 9, 材质为 PEEK。非圆形包括：部分圆形(例如 1/2 ~ 4/5 圆形), 椭圆型、方形或者长方形等。图 1 所示是具体实施方案中使用部分圆形导管的一个例子。由空气压缩机 1、真空泵 2 两者提供动力, 使得能够控制非圆形定向滑块 14 在非圆形进样导管 9 里上下移动, 实现核磁样品管 15 的定向、无转动地在永磁体 11 和屏蔽盒 13 中心区域之间平稳传送。

[0044] j) 导管上密封盖 10, 材质为 PEEK。为非圆形进样导管 9 提供一个封闭的环境。

[0045] k) 永磁体 11, 结构为中间带孔的海尔贝克阵列结构的磁体, 磁场强度范围为 1 ~ 3 Tesla。用于预极化, 为核磁样品管内的核磁样品建立热极化度。

[0046] l) 网罩 12, 型号为 PSY406 的编织铜网。用于静电场和高频电磁波屏蔽, 减少环境中的电磁场干扰。

[0047] m) 屏蔽盒 13, 材质为坡莫合金。屏蔽地磁场等, 为核磁样品探测提供一个接近 0 或者超低的磁场环境。

[0048] n) 非圆形定向滑块 14, 材质为 PEEK。作为一个例子, 图 1 里其截面为 1/2 ~ 4/5 的部分圆形, 其形状和尺寸吻合非圆形进样导管 9 内形状和尺寸相吻合。用于固定核磁样品管 15。并由于空气压缩机 1 和真空泵 2 提供的动力可使得核磁样品管 15 在非圆形进样导管 9 里定向、无转动地上下移动。

[0049] o) 核磁样品管 15, 玻璃材质, 为传统高场 NMR 谱仪中使用的核磁样品管。核磁样品管 15 下部分外表面涂覆有 ZS-322 耐高温隔热保温涂层, 以保证核磁样品恒温。其被安装固定在非圆形定向滑块 14 的轴心上, 随非圆形定向滑块 14 在永磁体 11 和屏蔽盒 13 中心区域之间平稳地传送。

[0050] p) 定位器 16, 材质为 Sorbothane (一种合成粘弹性聚氨酯聚合物, 用作高效减震材料)。使用 PEEK 材料制作的螺丝将定位器 11 固定在非圆形进样导管 9 合适位置上, 其形

状为轴心带孔非圆形，其孔径略大于核磁样品管 15 的外尺寸，定位器的尺寸与非圆形定向滑块 14 相同。

[0051] q) 导管下盖 17，材质为 PEEK。上面设计有一个导入或者导出的气流微孔，典型的微孔尺寸范围为 0.5–2 mm。

[0052] r) 激光器 28，型号为 Toptics DL-100 的半导体激光器，工作波长为 795 nm。作为光源，产生激光束 29。

[0053] s) 激光束 29，由激光器 28 发射。用于照射原子蒸气泡 30 内的碱金属蒸气，当测量核磁样品时，激光束 29 的偏转角度能够提供微弱磁场变化的信息。

[0054] t) 原子蒸气泡 30，材质为派莱克斯(Pyrex)玻璃，内充有碱金属及少量缓冲气体。当激光束 29 照射泡内的碱金属蒸气时，两者相互作用，灵敏地感应到核磁样品带来的微弱磁场变化。

[0055] u) 光探测器 31，型号为 PDB210A 的平衡光放大探测器。探测激光束 29 通过原子蒸气泡 30 后的偏振角度变化。

[0056] 本发明一种用于低场磁共振系统的定位进样装置的连接，详细描述如下：包括屏蔽盒 13，还包括非圆形进样导管 9 和罩设在屏蔽盒 13 外的网罩 12，非圆形进样导管 9 底部盖设有导管下盖 17 并穿过网罩 12 和屏蔽盒 13 设置在屏蔽盒 13 内，导管下盖 17 上开设有进出气孔，非圆形进样导管 9 内设置有固定有核磁样品管 15 的非圆形定向滑块 14，非圆形定向滑块 14 的外形与非圆形进样导管 9 内壁形状适配，非圆形进样导管 9 上部套设有永磁体 11，非圆形进样导管 9 顶部盖设有导管上密封盖 10，气动装置通过第三管道 8 与非圆形进样导管 9 连通。

[0057] 优选的，一种用于低场磁共振系统的定位进样装置还包括设置在非圆形进样导管 9 内壁上用于定位非圆形定向滑块 14 的定位器 16。

[0058] 优选的，气动装置包括第一管道 6 和第二管道 7，第一管道 6 一端与空气压缩机 1 连接，另一端通过第一电磁阀 4 与第三管道 8 连通；第二管道 7 一端与真空泵 2 连通，另一端通过第二电磁阀 5 与第三管道 8 连通，还包括用于控制第一电磁阀 4 和第二电磁阀 5 开关的计算机 3。

[0059] 优选的，定位器 16 为轴心带孔的非圆形，定位器 16 通过 PEEK 材质的螺丝固定在非圆形进样导管 9 内壁上。

[0060] 优选的，第一管道 6、第二管道 7、第三管道 8、非圆形进样导管 9、导管上密封盖 10、导管下盖 17 和非圆形定向滑块 14 均为 PEEK 材质，永磁体 11 为海尔贝克阵列结构的磁体，磁场强度范围为 1 ~ 3 Tesla，网罩 12 为铜网，屏蔽盒 13 为坡莫合金。

[0061] 优选的，核磁样品管 15 的底部外壁设置有绝热涂层。

[0062] 本发明装置中，空气压缩机 1 提供高压气体，依次连接第一管道 6、第一电磁阀 4、第三管道 8，用于推动载有核磁样品管 15 的非圆形定向滑块 14 从非圆形进样导管 9 的上端到下端；真空泵 2 提供真空环境，依次连接第二电磁阀 5、第二管道 7、第三管道 8，用于推动载有核磁样品管 15 的非圆形定向滑块 14 从非圆形进样导管 9 的下端到上端；计算机 3 分别连接第一电磁阀 4 和第二电磁阀 5，控制两者的开与关；第三管道 8 依次连接导管上密封盖 10、非圆形进样导管 9、永磁体 11、网罩 12、屏蔽盒 13、非圆形定向滑块 14、核磁样品管 15、定位器 16 和导管下盖 17。

[0063] 本发明一种用于低场磁共振系统的定位进样方法：

a) 核磁样品的装载：将待测核磁样品装入核磁样品管 15，核磁样品管 15 密封后，固定在非圆形定向滑块 14 上。然后，取下导管上密封盖 10，把装有核磁样品管 15 的非圆形定向滑块 14 放入非圆形进样导管 9 中，再装回导管上密封盖 10，核磁样品装载完毕。

[0064] b) 核磁样品的预极化：计算机 3 发出指令到第一电磁阀 4 和第二电磁阀 5，分别控制两个电磁阀的开关状态。当第二电磁阀 5 处于开启状态，第一电磁阀 4 处于关闭状态，真空泵 2 工作，将装有核磁样品管 15 的非圆形定向滑块 14 吸入到永磁体 11 区域，并使其停留一段时间(根据核磁样品的不同，时间范围为 0.01–300 s)进行核磁样品的预极化。

[0065] c) 核磁样品的信号采集：计算机 3 发出指令到第一电磁阀 4 和第二电磁阀 5，控制两个电磁阀的开关状态，使第二电磁阀 5 处于关闭状态，第一电磁阀 4 处于开启状态，空气压缩机 1 产生的高压气体经过第一管道 6、第三管道 8、导管上密封盖 10，进入非圆形进样导管 9，吹动非圆形定向滑块 14 至定位器 16。经定位器 16 限定非圆形定向滑块 14 的位置并减震，在核磁样品管 15 在探测区域停留并被进行测量。

[0066] d) 核磁样品的卸载和更换：从网罩 12 和屏蔽盒 13 的开孔处取出非圆形进样导管 9，然后，开启导管上密封盖 10，将装载有核磁样品管 15 的非圆形定向滑块 14 取出，直接卸载或者更换核磁样品管 15。

[0067] 根据上述本发明工作流程，对本发明所提供的一种用于低场磁共振系统的定位进样装置作补充描述如下：

在本发明一种用于低场磁共振系统的定位进样装置的实施中，需要增加包括激光器 28、激光束 29、原子蒸气泡 30、光探测器 31 的一些器件。实施例里，原子蒸气泡 30 以 Rb 原子作为探测介质，原子蒸气泡 30 的工作温度为 470 K，并且需要放置于网罩 12 和屏蔽盒 13 内中心位置，保证了原子蒸气泡 30 工作在一个要求的微弱磁场环境，使之不受地磁场的影响。非圆形进样导管 9 采用部分圆形导管、并放置于原子蒸气泡 30 的侧面，作为原子蒸气泡 30 一个保温面，以保证原子蒸气泡温度。激光器 28 发射的激光束 29 波长为 795 nm，其与原子蒸气泡 30 里的 Rb 原子相互作用，能够非常灵敏地在直流到几百 Hz 调制频率范围感受到核磁样品产生的微弱磁场扰动，最终由光探测器 31 测量激光束 29 通过原子蒸气泡 30 后发生的偏转角度变化。

[0068] 在具体实施过程中，典型地使用直径为 5 mm 和 10 mm 的核磁样品管 15，需要根据核磁样品管 15 的大小选择合适的非圆形定向滑块 14，这里，非圆形定向滑块 14 为部分圆形，与部分圆形导管内形状、尺寸吻合。非圆形定向滑块 14 的中心有一个能够放入直径为 5 mm 或者 10 mm 核磁样品管 15 的开孔，其将核磁样品管 15 固定在其中心位置。设置合适的高压气体压力(0.5 Bar)和真空度(0.098 MPa)，以及使用计算机 3 软件 LabVIEW 控制第一电磁阀 4 和第二电磁阀 5 的开启 / 关闭时间等参数，以保证核磁样品管 15 在永磁体 11 预极化后快速有效的传送到原子蒸气泡 30 处的探测区域。由于非圆形定向滑块 14 形状是部分圆形，通过空气压缩机 1 和真空泵 2 提供的动力可使得核磁样品管 15 在使用部分圆形的非圆形进样导管 9 里定向、无转动地上下移动，实现核磁样品的预极化和激光探测磁共振信号。

[0069] 本文中所描述的具体实施例仅仅是对本发明精神作举例说明。本发明所属技术领域的技术人员可以对所描述的具体实施例做各种各样的修改或补充或采用类似的方式替

代,但并不会偏离本发明的精神或者超越所附权利要求书所定义的范围。

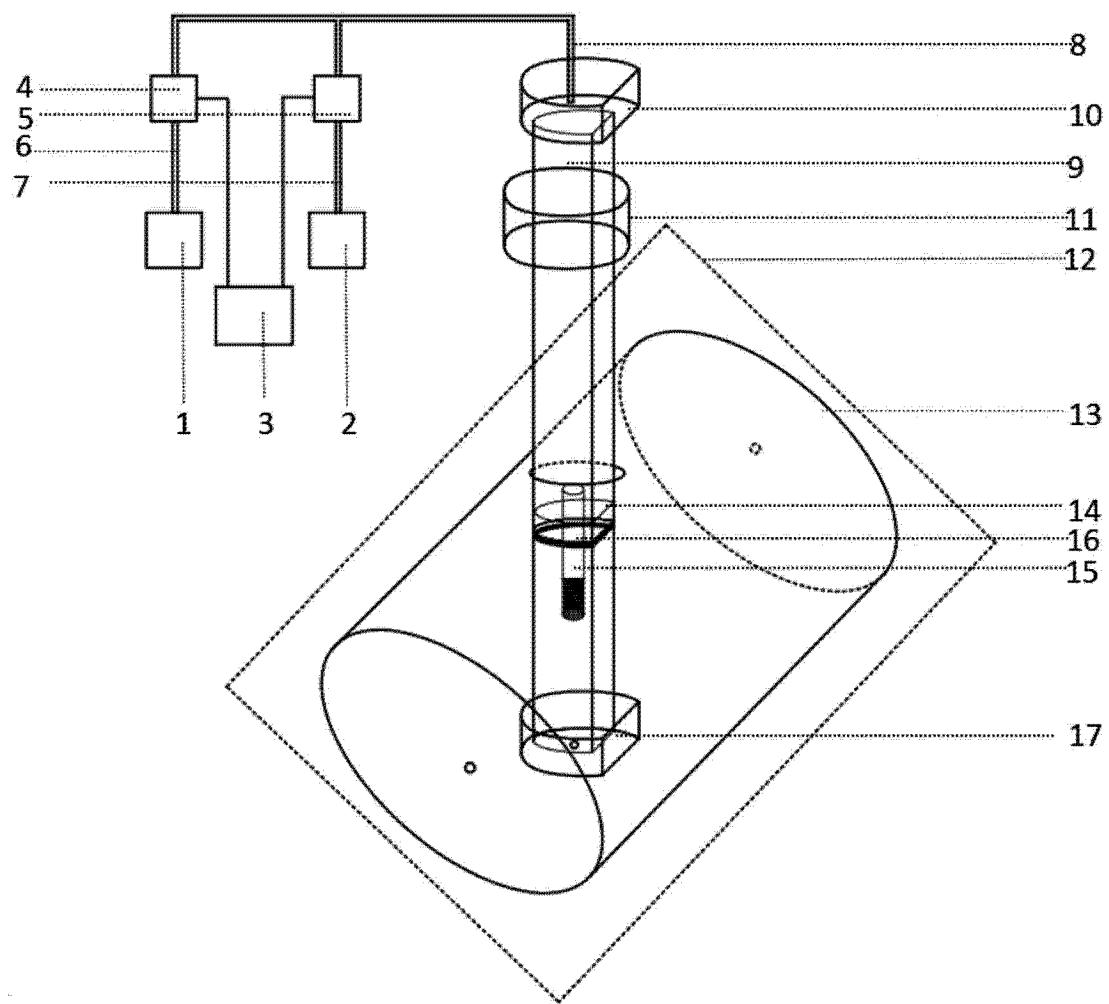


图 1

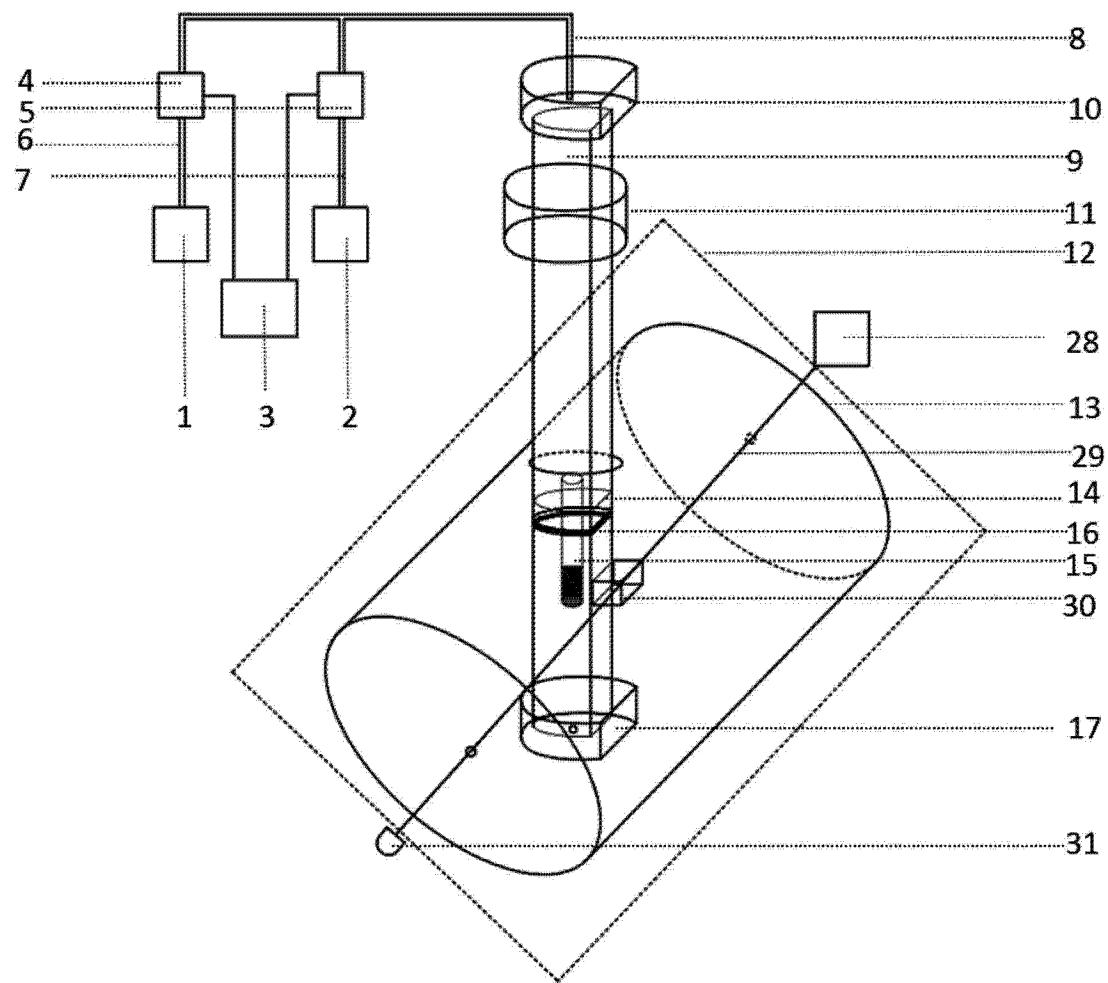


图 2