



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103217804 B

(45) 授权公告日 2015. 08. 12

(21) 申请号 201310154298. 7

CN 102879915 A, 2013. 01. 16,

(22) 申请日 2013. 04. 28

CN 1784109 A, 2006. 06. 07,

US 6151435 A, 2000. 11. 21,

(73) 专利权人 中国科学院上海光学精密机械研究所

审查员 李轲

地址 201800 上海市嘉定区 800 - 211 邮政信箱

(72) 发明人 孙剑芳 姜伯楠 钱军 王育竹

(74) 专利代理机构 上海新天专利代理有限公司 31213

代理人 张泽纯

(51) Int. Cl.

G02B 27/28(2006. 01)

G02B 27/00(2006. 01)

(56) 对比文件

KR 101163367 B1, 2012. 07. 12,

CN 101657062 A, 2010. 02. 24,

CN 102007371 A, 2011. 04. 06,

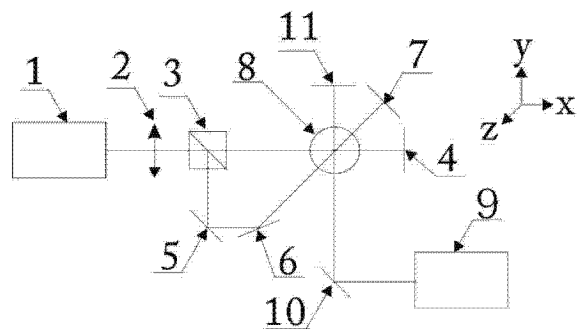
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

产生一维单色错位铷铯光晶格的装置

(57) 摘要

一种产生一维单色错位铷铯光晶格的装置, 其特点在于该装置包括 1064nm 激光器、半波片、偏振分束棱镜、第一反射镜、第二反射镜、第三反射镜、第四反射镜、532nm 激光器、铷铯混合冷原子团、第五反射镜和第六反射镜。本发明首先用二维 1064nm 的光晶格形成一维铷铯混合气体, 然后在所述的一维铷铯混合气体上加载 532nm 光晶格。所述的铷铯混合冷原子气体的铷原子和铯原子对 532nm 的光分别是蓝失谐和红失谐的特性, 铷原子和铯原子分别被囚禁在光强最小处和最大处, 形成一维单色错位的铷铯光晶格。



1. 产生一维单色错位铷铯光晶格的装置,其特征在于该装置包括 1064nm 激光器 (1)、半波片 (2)、偏振分束棱镜 (3) 和第一反射镜 (4)、第二反射镜 (5)、第三反射镜 (6)、第四反射镜 (7)、532nm 激光器 (9)、铷铯混合冷原子团 (8)、第五反射镜 (10) 和第六反射镜 (11),上述器件的配置关系如下:

在所述的 1064nm 激光器 (1) 的激光输出方向依次是所述的半波片 (2) 和偏振分束棱镜 (3),该偏振分束棱镜 (3) 将入射光分成反射光束和透射光束,在所述的反射光束方向依次是第二反射镜 (5)、第三反射镜 (6)、铷铯混合冷原子团 (8) 和第四反射镜 (7),由第三反射镜 (6) 反射的光线经铷铯混合冷原子团 (8) 和第四反射镜 (7) 构成 z 方向,在所述的透射光束方向依次是铷铯混合冷原子团 (8) 和第一反射镜 (4),构成 x 方向;

在所述的 532nm 激光器 (9) 的激光输出方向依次是所述的第五反射镜 (10)、铷铯混合冷原子团 (8) 和第六反射镜 (11),所述的第五反射镜 (10) 与所述的 532nm 激光器 (9) 的激光方向成 45° ,由所述的第五反射镜 (10) 反射的光线穿过所述的铷铯混合冷原子气体 (8) 的中心射向所述的第六反射镜 (11),经所述的第六反射镜 (11) 反射后,在所述的铷铯混合冷原子气体 (8) 的中心与输入光束重合,形成 y 方向上一维光晶格;

所述的偏振分束棱镜 (3) 的透射光束穿过所述的铷铯混合冷原子气体 (8) 的中心射向所述的第一反射镜 (4),经该第一反射镜 (4) 反射后,在所述的铷铯混合冷原子气体 (8) 的中心与输入光束重合,形成 x 方向上一维光晶格;

所述的偏振分束棱镜 (3) 的反射光束经所述的第二反射镜 (5)、第三反射镜 (6) 穿过所述的铷铯混合冷原子气体 (8) 的中心射向所述的第四反射镜 (7),经第四反射镜 (7) 反射后,在所述的铷铯混合冷原子气体 (8) 的中心与输入光束重合,形成 z 方向上的一维光晶格;

所述的铷铯混合冷原子气体 (8) 的铷原子和铯原子对 532nm 的光分别是蓝失谐和红失谐的,铷原子和铯原子分别被囚禁在 532nm 的光强最小处和最大处,形成一维单色错位的铷铯光晶格。

产生一维单色错位铷铯光晶格的装置

技术领域

[0001] 本发明涉及光晶格,特别是一种产生一维单色错位铷铯光晶格的装置。

背景技术

[0002] 光晶格中超冷原子被证明是一种模拟复杂量子相和研究凝聚态物理中未解决多体系统的一种有效可控的多变系统。作为一个非常显著的例子,超流到 Mott 绝缘相的跃迁已经被理论证实并在实验室观测到。另外,超冷多组分气体为研究原子种间相互作用和超冷分子提供了新的视角。最近,复杂量子相(相分离,超固体相等)的出现使得光晶格中混合玻色和费米原子吸引了大量的注意。目前为止,实验上已经有几个小组成功将两种碱金属原子装载到光晶格中。碱金属和(类)碱土金属原子气体也已被广泛研究,例如:铷铯混合,铷铯混合,铷铯混合原子气体等。在这种背景下更多现象被理论预测并且实验研究,尤其是玻色费米混合气体形成双 Mott 绝缘相就是一个例证(参见 Nat. Phys. 7, 642(2011))。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种产生一维单色错位铷铯光晶格的装置,用简单的结构来模拟包括错位双 Mott 绝缘相,单 Mott 绝缘相和双组份超流相在内的复杂量子相。

[0004] 本发明的技术解决方案如下:

[0005] 一种产生一维单色错位铷铯光晶格的装置,其特点在于该装置包括 1064nm 激光器、半波片、偏振分束棱镜和第一反射镜、第二反射镜、第三反射镜、第四反射镜、532nm 激光器、铷铯混合冷原子团、第五反射镜和第六反射镜,上述器件的链接关系如下:

[0006] 在所述的 1064nm 激光器的激光输出方向依次是所述的半波片和偏振分束棱镜,该偏振分束棱镜将入射光分成反射光束和透射光束,在所述的反射光束方向依次是第二反射镜、第三反射镜、铷铯混合冷原子团和第四反射镜,由第三反射镜反射的光线经铷铯混合冷原子团和第四反射镜构成 z 方向,在所述的透射光束方向依次是铷铯混合冷原子团和第一反射镜,构成 x 方向;

[0007] 在所述的 532nm 激光器的激光输出方向依次是所述的第五反射镜、铷铯混合冷原子团和第六反射镜,所述的第五反射镜与所述的 532nm 激光器的激光方向成 45° ,由所述的第五反射镜反射的光线穿过所述的铷铯混合冷原子气体的中心射向所述的第六反射镜,经所述的第六反射镜反射后,在所述的铷铯混合冷原子气体的中心与输入光束重合,形成 y 方向上一维光晶格;

[0008] 所述的偏振分束棱镜的透射光束穿过所述的铷铯混合冷原子气体的中心射向所述的第一反射镜,经该第一反射镜反射后,在所述的铷铯混合冷原子气体的中心与输入光束重合,形成 x 方向上一维光晶格;

[0009] 所述的偏振分束棱镜的反射光束经所述的第二反射镜、第三反射镜穿过所述的铷铯混合冷原子气体的中心射向所述的第四反射镜,经第四反射镜反射后,在所述的铷铯混合冷原子气体的中心与输入光束重合,形成 z 方向上一维光晶格;

[0010] 所述的铷铯混合冷原子气体的铷原子和铯原子对 532nm 的光分别是蓝失谐和红失谐的,铷原子和铯原子分别被囚禁在光强最小处和最大处,形成一维单色错位的铷铯光晶格。

[0011] 本发明的效果如下:

[0012] 本发明首先用二维 1064nm 的光晶格形成一维铷铯混合气体,然后在所述的一维铷铯混合气体上加载 532nm 光晶格。由于 532nm 波长对铷原子和铯原子分别是蓝失谐和红失谐的,它们所感受到的力分别为排斥力与吸引力,这样,铷原子被排斥到光强最小处,而铯原子则被囚禁在光强最大处,它们在空间上是间隔排列错位分布的(参考说明书附图 2)。因此,本发明在 y 方向上仅用 532nm 的激光就形成了一维单色错位的光晶格,并且铷原子和铯原子错位只有 133nm。另外,随着 532nm 光晶格阱深的加大,所述的一维铷铯混合气体会由开始的双组份超流相变成只有铷原子仍处于超流相,而铯原子则相变到 Mott 绝缘相,继续增大激光功率,所述的一维铷铯混合气体则进入错位的双 Mott 绝缘相。

[0013] 本发明结构简单,操作容易,仅仅需要调节所述的 532nm 激光器的功率,即可有效控制所述的一维铷铯混合气体所处的相,本发明可用来研究复杂的量子相变,多分量混合气体全局与局域调控和复杂的量子磁性等前沿科学。

附图说明

[0014] 图 1 是本发明产生一维单色错位铷铯光晶格的装置的示意图

[0015] 图 2 一维铷铯混合气体处于 532nm 光晶格中示意图。其中实心(空心)小球表示铷或铯原子,实线(虚线)表示铷(铯)原子在 532nm 光晶格中所受到的势。

[0016] 图 3 铷原子和铯原子在 532nm 光晶格中的隧穿强度随激光功率变化。其中实线(虚线)表示铷(铯)原子隧穿。图中 E_r 为光子反冲能量。

[0017] 图 4 铷原子和铯原子在 y 方向光晶格中的种内和种间相互作用随激光功率变化。其中直线(虚线)表示铷(铯)原子种内相互作用,点线表示铷铯原子种间相互作用。图中 E_r 为光子反冲能量。

具体实施方式

[0018] 下面结合实施例和附图对本发明作进一步说明,但不应以此限制本发明的变换范围。

[0019] 先请参阅图 1,图 1 是本发明产生一维单色错位铷铯光晶格的装置的示意图,由图可见,本发明产生一维单色错位的光晶格的装置,该装置包括 1064nm 激光器 1、半波片 2、偏振分束棱镜 3 和第一反射镜 4、第二反射镜 5、第三反射镜 6、第四反射镜 7、532nm 激光器 9、铷铯混合冷原子团 8、第五反射镜 10 和第六反射镜 11,上述器件的链接关系如下:

[0020] 在所述的 1064nm 激光器 1 的激光输出方向依次是所述的半波片 2 和偏振分束棱镜 3,该偏振分束棱镜 3 将入射光分成反射光束和透射光束,在所述的反射光束方向依次是第二反射镜 5、第三反射镜 6、铷铯混合冷原子团 8 和第四反射镜 7,由第三反射镜 6 反射的光线经铷铯混合冷原子团 8 和第四反射镜 7 构成 z 方向,在所述的透射光束方向依次是铷铯混合冷原子团 8 和第一反射镜 4,构成 x 方向;

[0021] 在所述的 532nm 激光器 9 的激光输出方向依次是所述的第五反射镜 10、铷铯混合

冷原子团 8 和第六反射镜 11,所述的第五反射镜 10 与所述的 532nm 激光器 9 的激光方向成 45° ,由所述的第五反射镜 10 反射的光线穿过所述的铷铯混合冷原子气体 8 的中心射向所述的第六反射镜 11,经所述的第六反射镜 11 反射后,在所述的铷铯混合冷原子气体 8 的中心与输入光束重合,形成 y 方向上一维光晶格;

[0022] 所述的偏振分束棱镜 3 的透射光束穿过所述的铷铯混合冷原子气体 8 的中心射向所述的第一反射镜 4,经该第一反射镜 4 反射后,在所述的铷铯混合冷原子气体 8 的中心与输入光束重合,形成 x 方向上一维光晶格;

[0023] 所述的偏振分束棱镜 3 的反射光束经所述的第二反射镜 5、第三反射镜 6 穿过所述的铷铯混合冷原子气体 8 的中心射向所述的第四反射镜 7,经第四反射镜 7 反射后,在所述的铷铯混合冷原子气体 8 的中心与输入光束重合,形成 z 方向上的一维光晶格;

[0024] 所述的铷铯混合冷原子气体 8 的铷原子和铯原子对 532nm 的光分别是蓝失谐和红失谐的,铷原子和铯原子分别被囚禁在光强最小处和最大处,形成一维单色错位的铷铯光晶格。

[0025] 1、一维铷铯混合气体的制备:用所述的 1064nm 激光器 1 产生的激光经所述的半波片 2 和所述的 PBS4 分成两束光强相等的光,分别沿 x 方向和 z 方向穿过所述的铷铯混合冷原子团 8,并分别被所述的第一反射镜 4 和第四反射镜 7 将光原路返回,形成二维光晶格。缓慢增加所述的 1064nm 激光器 1 的功率,将所述的铷铯混合冷原子团 8 装载到二维光晶格中,形成一维铷铯混合气体。

[0026] 2、一维铷铯错位光晶格:用所述的 532nm 激光器 9 产生的激光沿 y 方向穿过所述的铷铯混合冷原子团 8,并被所述的反射镜 11 将光原路返回,形成 y 方向的一维光晶格。由于铷原子和铯原子对 532nm 的光分别是蓝失谐和红失谐的,因此铷原子和铯原子分别被囚禁在光强最小处和最大处。形成一维单色错位的光晶格。

[0027] 3、双 Mott 绝缘相:在一维量子气体上加载 532nm 光晶格的过程中,当光强较小时,铷原子和铯原子都处于超流相(双组份超流相),缓慢加载 y 方向的光晶格,达到一定光强的时候,铯原子相变到 Mott 绝缘相而铷原子仍处于超流相,称为单一组分 Mott 绝缘相,继续增大光晶格的光强,铷原子也进入 Mott 绝缘相,称为双 Mott 绝缘相。由于铷原子和铯原子是错位分布的,因此双 Mott 绝缘相在空间上也是错位的。

[0028] 4、相变点光强:由于铷原子和铯原子在空间上是错开的,因此铷原子和铯原子之间的相互作用很小,尤其当光强较强时。

[0029] 图 3 给出了铷原子和铯原子格点间隧穿,图 4 给出了铷原子和铯原子种内和种间相互作用。从图 4 我们可看出铷铯间相互作用很小,可忽略不计。

[0030] 因此,本发明中,铷原子和铯原子超流到 Mott 相变是相互独立的,因此很容易得到相变点对应的光强。

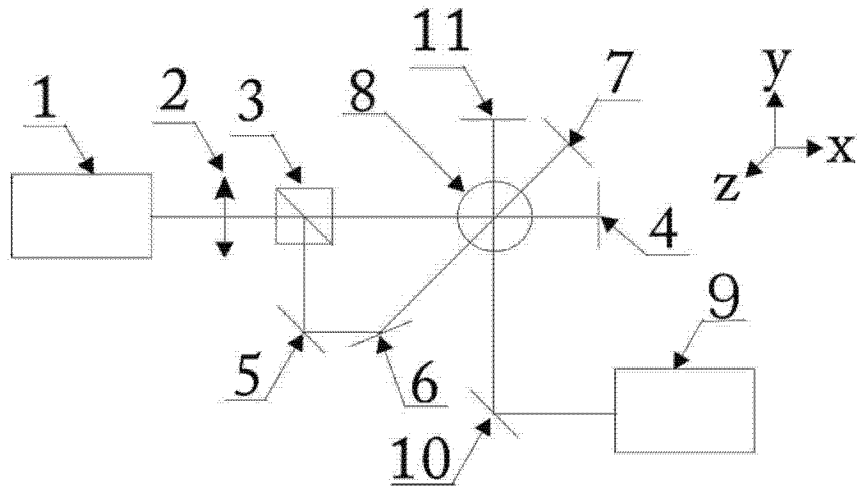


图 1

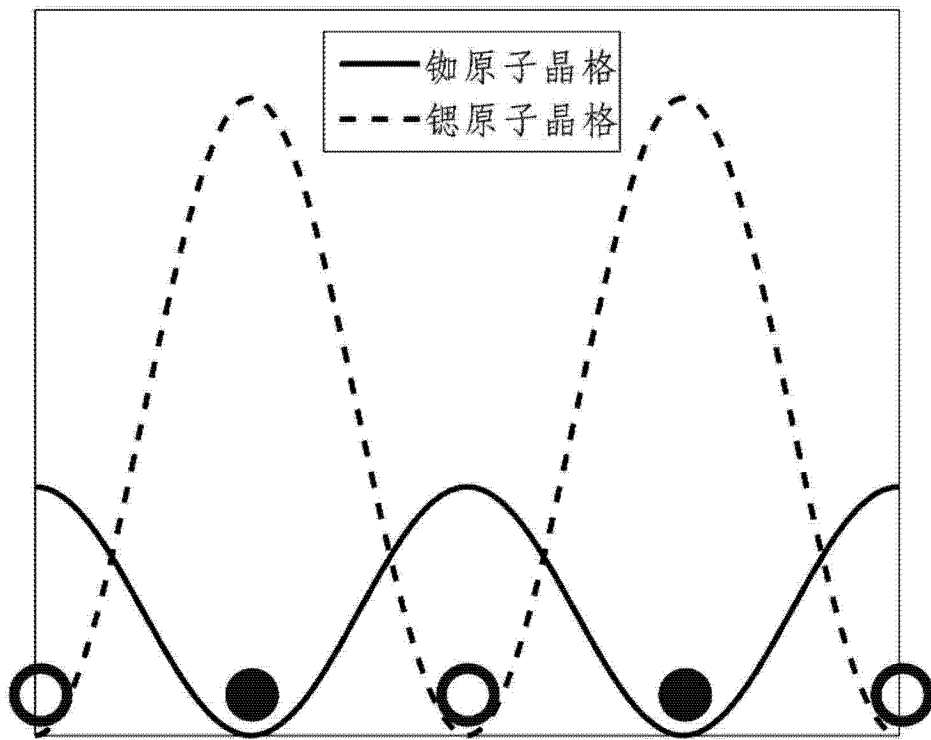


图 2

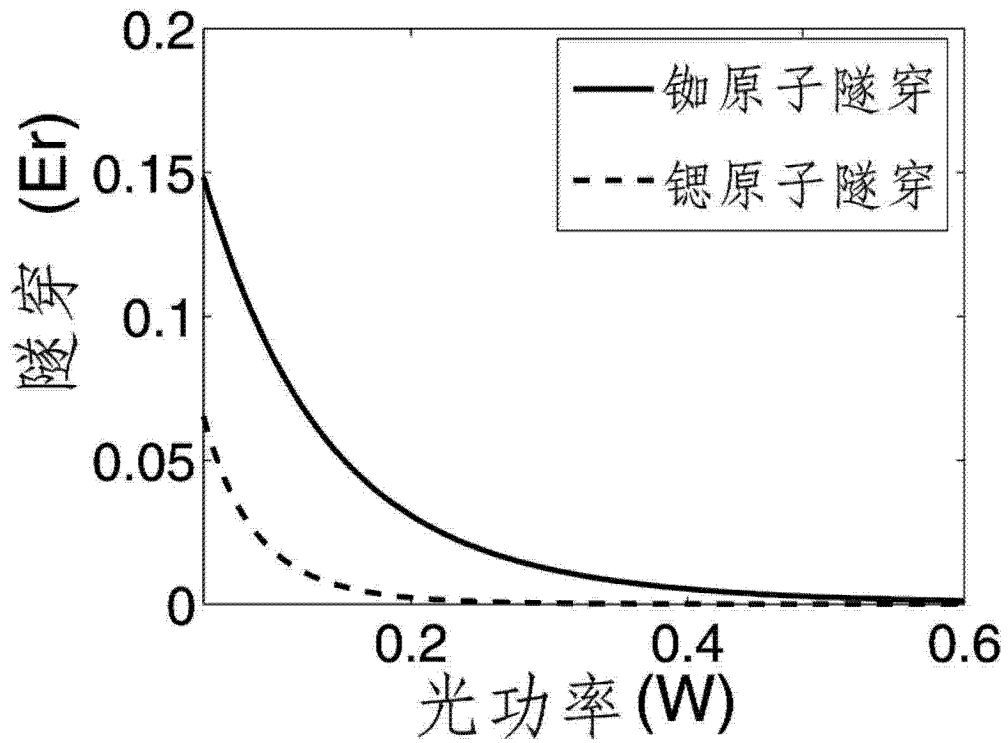


图 3

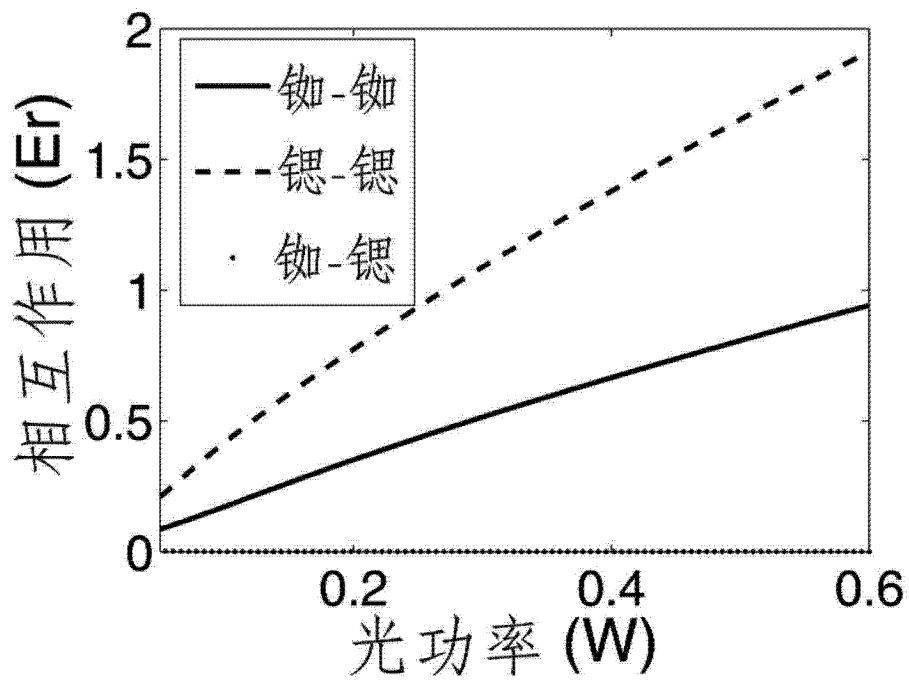


图 4