

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 99126982.9

[43] 公开日 2001 年 6 月 27 日

[11] 公开号 CN 1301071A

[22] 申请日 1999.12.23 [21] 申请号 99126982.9
 [71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械研究所
 地址 130022 吉林省长春市人民大街 140 号
 [72] 发明人 秦伟平

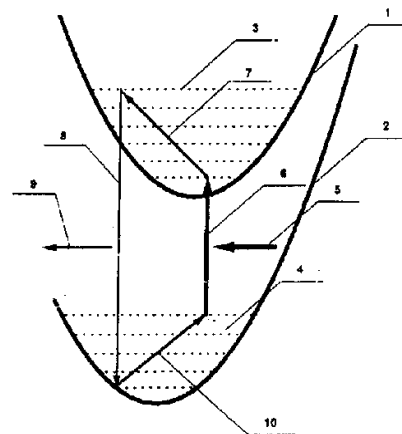
[74] 专利代理机构 中国科学院长春专利事务所
 代理人 李恩庆

权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图页数 2 页

[54] 发明名称 单分子 - 光子制冷泵

[57] 摘要

本发明属于激光制冷技术领域, 涉及一个物质世界可以实现并可 以控制的最小的单分子 - 光子制冷泵。本发明根据反斯托克斯荧光发射的原理, 一个分子在特定的物理环境中由特定的波长进行光激发时, 就会产生反斯托克斯荧光发射, 从而, 这个分子就降低了自己的能态 或吸收了周围基质的热量并由反斯托克斯荧光带走。因此, 这时的单 个分子就具有了制冷的功能。本发明考虑了外来光子作用下单个分子 的反斯托克斯荧光发射的行为, 所考虑的单 个分子完全具备制冷机 的特点, 因此这是目前物质世界能实现的最小的制冷机。它有可能在微 机械, 单分子物理学、介观物理学、化学及生物学等领域发挥重要的 作用。



权 利 要 求 书

1、一种单分子-光子制冷泵,其特征是用特定波长的光激发处于基态能级(2)中较高振动物能级(4)上的分子泵的单个分子,该分子跃迁到激发态能级(1)上,而后吸收声子跃迁到激发态能级(1)中的较高的振动物能级(3)上,以反斯托克斯荧光光子(9)的形式释放能量,回到基态能级(2),吸收声子,热跃迁到基态能级(2)中的较高振动物能级(4)上,完成一个制冷循环过程;所述的特定波长的光是泵浦激光束(5),分子泵的单个分子(12)采用罗丹明101染料分子,如:Yb³⁺离子、Er³⁺离子、Tm³⁺离子、Ho³⁺离子。

2、根据权利要求1所述的单分子-光子制冷泵,其特征是泵浦激光束为He-Ne激光器、钛宝石激光器、半导体激光器发射的激光。

单分子-光子制冷泵

本发明属于激光制冷技术领域，是一种单分子-光子制冷泵。

根据反斯托克斯荧光发射的原理，一个分子在特定的物理环境中由特定的波长进行光激发时，就会产生反斯托克斯荧光发射，从而，这个分子就降低了自己的能态或吸收了周围基质的热量并由反斯托克斯荧光带走。因此，这时的单个分子就具有了制冷的功能。所以我们说，在特定的条件下单个分子可以成为一台最小的制冷机。

七十年代W. H. Christiansen和A. Hertzberg首先称激光制冷技术为“光子泵”（Photon Engine）技术。光子泵的概念明确地提出了在反斯托克斯荧光制冷技术中，带走热量的不是气体或液体，而是一种特殊的物质-光子。从这一点上来说，反斯托克斯荧光制冷就完全不同与传统的制冷方式。它用来制冷的“动力”源于光子，为了达到制冷目的而将热量带走的介质也是光子。由于以光子为动力和能量载体，反斯托克斯荧光制冷器将具有体积小，重量轻，无噪声，无振动，无污染，无电磁辐射等优点。

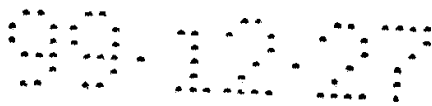
本发明的目的在于提供一个物质世界可以实现并可以控制的最小的单分子-光子制冷泵。

近些年，高科技手段已经在开始推进纳米机械的发展，这对于医疗、空间技术、军事科技都将产生划时代的意义。然而，纳米机械属于高度集成的微观领域，高度集成必然会带来密集发热的问题，单分子-光子泵会为解决这样的问题提供可行的途径。

分子组装是目前科学研究的一个前沿，利用单分子-光子泵可以对组装分子进行瞬态的局部制冷，以达到组装匹配的目的。

单分子-光子泵在医学上也有着重要的应用前景，它可以在细胞的量级上去控制分子尺度区域的温度。

单分子-光子泵（Single Molecule-Photon Cryocooler）概念的意义在于发现了物质世界可能实现的并可以控制的最小的制冷泵。它是分子、原子或离子处于特殊的量子态时在与光子发生作用时所表现出来的一种特性。在科学研究和应用逐步进入微观世界以后，用一



个分子去行使制冷泵的功能无疑是具有非常重要意义的。微腔激光器的发展更加地使得单分子-光子泵的应用前景有了特殊的意义。二者的组合可以真正地使得纳米世界多了一种制冷的手段。

本发明采用激光泵浦，使泵浦激光光子同处于特殊量子态中的分子、原子或离子相互作用，也就是处于特殊的量子态的分子、原子或离子吸收泵浦光子，产生基态到激发态的跃迁，而后又由激发态跃迁到基态，并由发射反斯托克斯荧光光子的方式释放出巨大的能量。上述所说的能量循环过程是指分子、原子或离子在基态时吸收声子产生热跃迁，进入基态中较高的能级，分子、原子或离子在激发时吸收声子产生热跃迁，进入激发态中较高能级。分子、原子或离子在基态或激发态吸收声子进入基态或激发态较高能级上的跃迁，是一种热跃迁，通过吸热完成这一过程。因此，分子、原子或离子的周围温度随热跃迁的发生而降低。

下面结合附图对本发明做进一步的详细说明。

图1为本发明的原理图，这是一个分子能态的位型坐标图。图中，1 - 分子的激发态能级；2 - 分子的基态能级；3 - 激发态能级中的振动物能级；4 - 基态能级中的振动物能级；5 - 泵浦激光束；6 - 分子吸收泵浦光子后产生的基态到激发态的跃迁；7 - 分子处于激发态时吸收声子后产生的热跃迁；8 - 激发态到基态的辐射跃迁；9 - 激发态到基态的辐射跃迁所发射的反斯托克斯荧光光子；10 - 分子处于基态时吸收声子后产生的热跃迁。

图2为本发明应用时的原理图。11 - 泵浦激光器；12 - 做为分子泵的一个分子；13 - 分子泵周围的其它分子；

本发明具体工作如下：分子振动能级结构如图1所示，1和2分别代表分子激发态和基态，系统在基态时处于下面抛物线的较高能级上，在激发态时处于上面抛物线的较低能级上。图1还标出了我们用特殊的方式激发上述分子时所形成的能量循环过程。在这样的循环里能量是守恒的。具体的循环过程如下：

泵浦激光束5激发分子的基态较高子能级的分子，使其跃迁到激发态的较低振动能级。处于激发态较低振动物能级上的分子有一定的

几率通过吸收声子跃迁到激发态的高振动态上。分子是通过吸热来完成这个过程的。如果处于激发态较高振动态能级上的分子向下跃迁到基态的较低振动态能级上时，分子则放出了一个比泵浦光子能量更高的高能光子。如果处于基态较低振动态能级上的分子再次吸收热量并跃迁到基态的高振动态上，系统就形成了一个完整的能量循环过程，在这个循环中单分子损失了能量，而这些能量来源于分子的振动损失，即分子降低了能态，或者说降低了分子的“温度”。

当然这样的循环只是在特定的激发条件下才能完成的特例，并且依一定的几率而发生。经过这样的能量循环，单个分子发射出反斯托克斯荧光，放出了更大能量的光子，热量随放出的光子被带走，达到了制冷的目的。在以上的物理过程中，我们只考虑了在外来光子作用下单个分子的荧光发射行为。所考虑的单个分子完全具备了制冷机的特点，因此我们称它为单分子-光子泵。这是目前物质世界能实现的最小的制冷机。它有可能在微机械、单分子物理学、介观物理学、化学以及生物学等领域发挥重要的作用。

本发明泵浦激光器，可以用He-Ne激光器、钛宝石激光器、半导体激光器，泵浦光波长为632.8纳米，分子泵的单分子可以采用罗丹明101染料分子，如 Y^{3+} 离子、 Er^{3+} 离子、 Tm^{3+} 离子、 Ho^{3+} 离子。

下面以制冷乙醇分子为例进一步说明本发明。

在图2中，用He-Ne激光器(11)发出的泵浦激光束(5)泵浦做为单分子-光子泵的罗丹明101染料分子(13)；吸收泵浦光子后，罗丹明101染料分子(13)被激发到激发态上，并在辐射跃迁的过程中发射出反斯托克斯荧光(14)；由于反斯托克斯荧光(14)的光子能量大于泵浦激光束(12)的光子能量，因此带走了罗丹明101染料分子(13)的能量，使它的能态降低了，即罗丹明101染料分子(13)将其自身的热振动转变成了光，使其周围的乙醇分子(15)的热振动减弱，罗丹明101染料分子(13)周围的温度降低了，达到了制冷的目的。

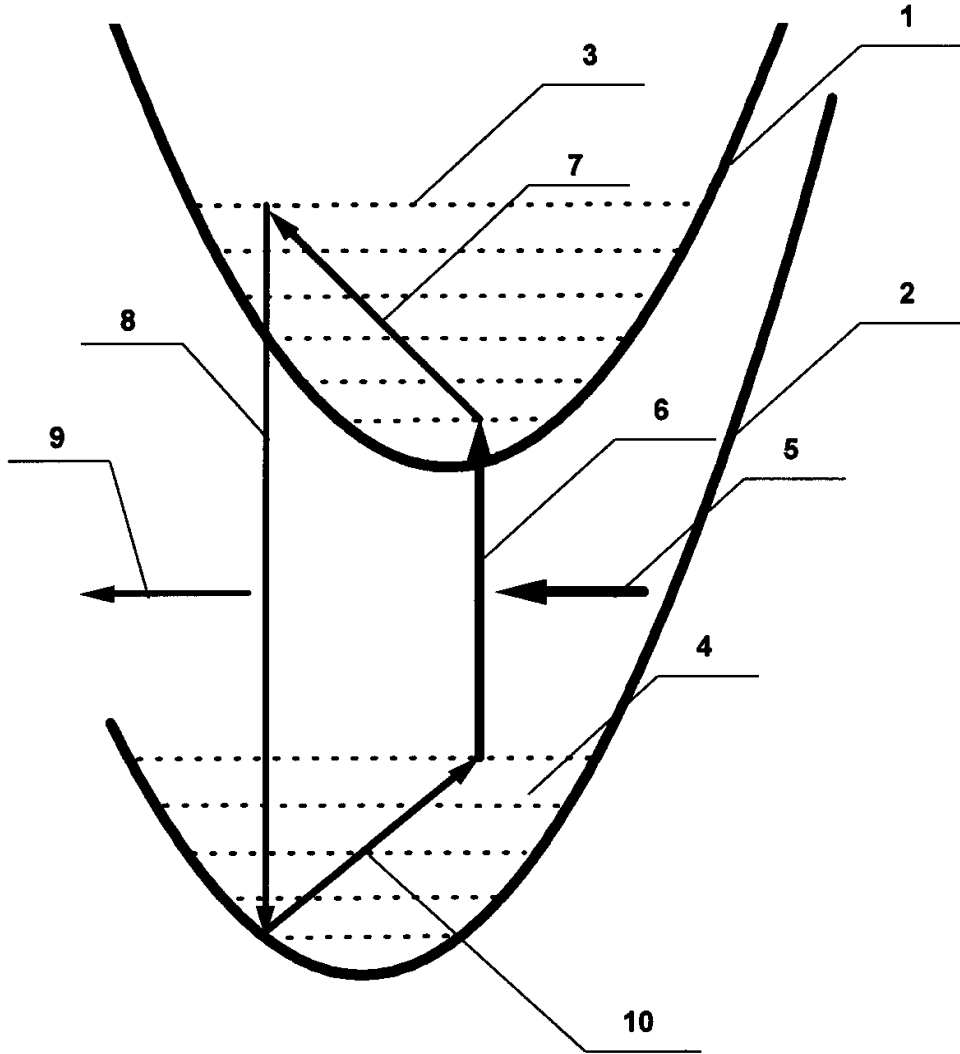


图1

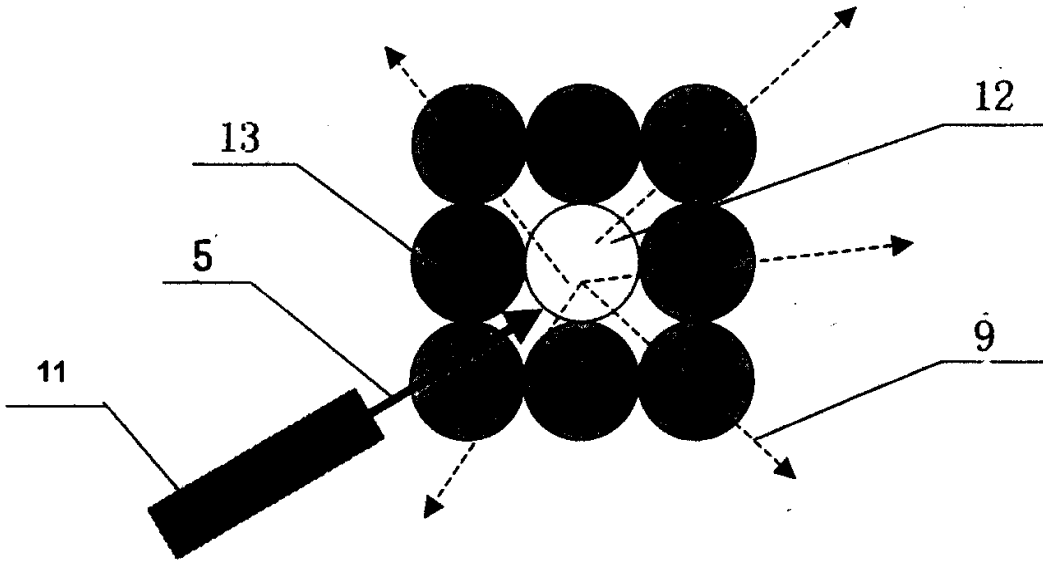


图 2