



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105182521 A

(43) 申请公布日 2015. 12. 23

(21) 申请号 201510432128. X

(22) 申请日 2015. 07. 21

(71) 申请人 大连理工大学

地址 116024 辽宁省大连市甘井子区凌工路  
2号

(72) 发明人 曹瞰

(51) Int. Cl.

G02B 21/32(2006. 01)

G21K 1/00(2006. 01)

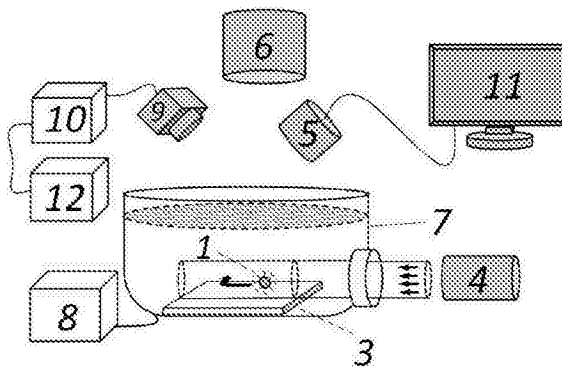
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

线偏振平面光波对衬底上方的拓扑绝缘体微粒的可调谐捕获和筛选的方法

(57) 摘要

一种线偏振平面光波对衬底上方的拓扑绝缘体微粒的可调谐捕获和筛选的方法,通过在将拓扑绝缘体微粒置于衬底平板上方,破坏拓扑绝缘体微粒周围的玻印亨矢量的对称分布,使拓扑绝缘体微粒上的总玻印亨矢量不为零,产生非梯度光学力;然后,通过改变拓扑绝缘体的量子态,改变拓扑绝缘体微粒上的总玻印亨矢量的方向和大小,进而改变总玻印亨矢量作用在拓扑绝缘体微粒上的非梯度光学力的方向和大小,来调控拓扑绝缘体微粒在入射光场中的运动轨迹,从而对附着在拓扑绝缘体微粒表面的纳米尺寸分子进行可调谐捕获和筛选的技术方案。其中,通过光照、通电、加热、加压、和外加磁场等方式实现拓扑绝缘体从拓扑非平庸到拓扑平庸的可逆量子相变。



1. 一种线偏振平面光波对衬底上方的拓扑绝缘体微粒的可调谐捕获和筛选的方法, 其特征在于, 将拓扑绝缘体微粒置于衬底平板上方, 该衬底平板破坏了拓扑绝缘体微粒周围的玻印亭矢量对称分布, 使拓扑绝缘体微粒上的总玻印亭矢量不为零, 产生非梯度光学力; 通过改变拓扑绝缘体的量子态, 改变拓扑绝缘体微粒上的总玻印亭矢量分布, 进而改变总玻印亭矢量作用在拓扑绝缘体微粒上的非梯度光学力的方向和大小, 来调控拓扑绝缘体微粒在入射光场中的运动轨迹, 从而对附着在拓扑绝缘体微粒表面的纳米尺寸分子进行可调谐捕获和筛选, 其中, 拓扑绝缘体微粒置于衬底平板上方, 衬底平板是介质板或金属板, 衬底的长、宽、高在 10 纳米到 10 米, 拓扑绝缘体微粒与衬底平板表面的距离为  $l, l > 0$ ; 拓扑绝缘体微粒的外形是曲面几何体或者多面体, 体积在 1 立方纳米至 1000 立方微米。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 入射光为线偏振平面波; 入射光方向平行于衬底平板, 频率范围为 0.3 微米 $\sim$ 20 微米, 功率范围为  $0.1\text{mW}/\mu\text{m}^2 \sim 10\text{mW}/\mu\text{m}^2$ 。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法, 其特征在于, 入射光的光源采用波长可调谐激光器、半导体连续、准连续激光或者发光二极管。

4. 根据权利要求 3 所述的方法, 其特征在于, 衬底材料是金属或介质, 其中, 金属是 Al、Ag、Au、Cu、Ni、Pt, 介质是 Si、SiO<sub>2</sub>、GaAs、InP、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 中的一种或聚合物。

5. 根据权利要求 4 所述的方法, 其特征在于, 表面附有纳米尺寸分子的拓扑绝缘体微粒, 拓扑绝缘体是 Bi<sub>x</sub>Sb<sub>1-x</sub>、HgTe、Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>、Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> 或 Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>。

6. 根据权利要求 1 或 2 或 4 或 5 所述的方法, 其特征在于, 表面附有纳米尺寸分子的拓扑绝缘体微粒, 纳米尺寸分子具有非手性结构或手性结构。

7. 根据权利要求 1 或 2 或 4 或 5 所述的方法, 其特征在于, 表面附有纳米尺寸分子的拓扑绝缘体微粒, 拓扑绝缘体通过材料生长工艺实现, 包括磁控溅射、电子束蒸发、金属有机化合物化学气相沉淀、气相外延生长、分子束外延。

8. 根据权利要求 1 或 2 或 4 或 5 所述的方法, 其特征在于, 表面附有纳米尺寸分子的拓扑绝缘体微粒通过光照、通电、加热、加压、和外加磁场实现拓扑绝缘体从拓扑非平庸到拓扑平庸的可逆量子相变。

## 线偏振平面光波对衬底上方的拓扑绝缘体微粒的可调谐捕获和筛选的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种线偏振平面光波对衬底上方的拓扑绝缘体微粒的可调谐捕获和筛选的方法,可应用于生物、医学及纳米操控等领域。

### 背景技术

[0002] 对微小物体的光学捕获和筛选一直是光学领域的研究热点。光学梯度力在各种光学捕获技术中扮演着重要的角色,例如通过光学梯度力实现的光镊和光学捆绑等。然而,光学梯度力具有产生设备复杂、不可调谐和难以捕获和筛选纳米尺寸分子等缺点。2008年,Ward, T. J. 等提出通过圆偏振光产生的光学梯度力可以捕获和分离具有纳米尺寸的手性分子。但是,圆偏振入射光仍然需要使用复杂的设备来产生,不利于系统的实际应用;且其捕获和分离的纳米分子必需具有手性结构,因此限制了其作用对象的范围。所以,本发明提出在位于衬底平板上方的拓扑绝缘体微粒表面覆盖纳米尺寸分子,使其在线偏振平面光波照射下在拓扑绝缘体微粒周围产生非梯度光学力;然后,利用拓扑绝缘体量子态随外加光场、电场、温度场、压力场、和磁场改变而变化的特性,调谐拓扑绝缘体微粒受到的非梯度光学力大小和方向,从而实现附着在拓扑绝缘体微粒表面的纳米尺寸分子的捕获和筛选,其中纳米尺寸分子可以为非手性结构。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的在于克服了利用梯度光学力捕获和筛选纳米尺寸分子这一传统方法中所具有的入射光源复杂(即入射光必需为圆偏振或椭圆偏振)、筛选对象局限(即纳米尺寸分子必需具有手性结构)、由圆偏振或椭圆偏振光产生的梯度光学力不可调谐、以及难以捕获纳米尺寸非手性分子等不足,而提供一种具有系统简单、操作方便、超灵敏、超快速、主动调谐等优点的由线偏振平面光波产生的非梯度光学力捕获和筛选位于衬底平板上方的非手性纳米尺寸分子的方法,可用于生物,医学以及纳米操控等领域。

[0004] 本发明解决问题采用的技术方案如下:

[0005] 一种线偏振平面光波对衬底上方的拓扑绝缘体微粒的可调谐捕获和筛选的方法,将拓扑绝缘体微粒置于衬底平板上方,该衬底平板破坏了拓扑绝缘体微粒周围的玻印亭矢量对称分布,使拓扑绝缘体微粒上的总玻印亭矢量不为零,产生非梯度光学力;通过改变拓扑绝缘体的量子态,改变拓扑绝缘体微粒上的总玻印亭矢量分布,进而改变总玻印亭矢量作用在拓扑绝缘体微粒上的非梯度光学力的方向和大小,来调控拓扑绝缘体微粒在入射光场中的运动轨迹,从而对附着在拓扑绝缘体微粒表面的纳米尺寸分子进行可调谐捕获和筛选,其中,拓扑绝缘体微粒置于衬底平板上方,衬底平板可以是介质板或金属板,衬底的长、宽、高在10纳米到10米,拓扑绝缘体微粒与衬底平板表面的距离为 $1(l>0)$ ;拓扑绝缘体微粒的外形可以是球体、圆柱体、圆锥体等曲面几何体或者棱柱体、正方体、长方体等多面体,体积在1立方纳米至1000立方微米。

[0006] 所述的入射光为线偏振平面波；入射光方向平行于衬底平板，频率范围为 0.3 微米~20 微米，功率范围为  $0.1\text{mW}/\mu\text{m}^2 \sim 10\text{mW}/\mu\text{m}^2$ 。

[0007] 所述的入射光的光源采用波长可调谐激光器、半导体连续或准连续激光、或者发光二极管。

[0008] 所述的衬底平板，衬底材料可以是金属或介质，其中，金属可以是 Al、Ag、Au、Cu、Ni、Pt 等，介质可以是半导体材料如 Si、SiO<sub>2</sub>、GaAs、InP、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 等或聚合物。

[0009] 所述的表面附有纳米尺寸分子的拓扑绝缘体微粒，拓扑绝缘体是 Bi<sub>x</sub>Sb<sub>1-x</sub>、HgTe、Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>、Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> 或 Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>。

[0010] 所述的表面附有纳米尺寸分子的拓扑绝缘体微粒，纳米尺寸分子可以具有非手性结构或手性结构，如抗原，抗体，酶，激素，胺类，肽类，氨基酸，维生素等。

[0011] 所述的表面附有纳米尺寸分子的拓扑绝缘体微粒，拓扑绝缘体通过材料生长工艺实现，包括磁控溅射、电子束蒸发、金属有机化合物化学气相沉淀、气相外延生长、分子束外延等。

[0012] 所述的表面附有纳米尺寸分子的拓扑绝缘体微粒，可以通过光照、通电、加热、加压、和外加磁场等方式实现拓扑绝缘体从拓扑非平庸到拓扑平庸的可逆量子相变。

[0013] 本发明系统由光源、显微镜和光学力显示器构成。测试前先将衬底平板置于装有水或油的样品池底部，然后将表面附有纳米尺寸分子的拓扑绝缘体微粒置于装有水或油的样品池中，同时置于衬底平板上方，线偏振平面波光源从样品池的侧壁进入，照射拓扑绝缘体微粒，由于衬底平板破坏了拓扑绝缘体微粒周围的玻印亭矢量对称分布，使拓扑绝缘体微粒上的总玻印亭矢量不为零，产生非梯度光学力；然后，通过改变拓扑绝缘体的量子态，改变拓扑绝缘体微粒上的总玻印亭矢量分布，进而改变总玻印亭矢量作用在拓扑绝缘体微粒上的非梯度光学力的方向和大小，来调控拓扑绝缘体微粒在入射光场中的运动轨迹，从而对附着在拓扑绝缘体微粒表面的纳米尺寸分子进行可调谐捕获和筛选。显微镜可以用来观测表面附有纳米尺寸分子的拓扑绝缘体微粒在入射光作用下所产生的运动轨迹。所述显微镜可以采用普通荧光垂直或正置显微镜。

[0014] 所述系统可以通过简单的线偏振平面光波实现对具有纳米尺寸非手性结构物体的可调谐捕获和筛选。克服了利用梯度光学力捕获和筛选纳米尺寸分子这一传统方法中所具有的入射光源复杂（即入射光必须为圆偏振或椭圆偏振）、筛选对象局限（即纳米尺寸分子必须具有手性）、由圆偏振或椭圆偏振光产生的梯度光学力不可调谐、以及难以捕获纳米尺寸分子等问题，具有系统简单、操作方便、超灵敏、超快速、主动调谐等优点，可用于生物，医学以及纳米操控等领域。

## 附图说明

[0015] 图 1 为表面附有纳米尺寸分子的拓扑绝缘体微粒示意图。

[0016] 图 2 为由线偏振光产生的非梯度光学力捕获表面附有纳米尺寸分子的拓扑绝缘体微粒的过程示意图。

[0017] 图 3 为由线偏振光产生的非梯度光学力捕获表面附有纳米尺寸分子的拓扑绝缘体微粒的系统测试示意图。

[0018] 图中：1 拓扑绝缘体微粒，2 纳米尺寸分子，3 衬底平板，4 光源，5 显微镜，6 光学力

显示器,7 样品池,8 控温器,9CCD 摄像机,10 监视器,11 计算机,12 录像机。

### 具体实施方式

[0019] 为使得本发明的技术方案的内容更加清晰,以下结合技术方案和附图详细叙述本发明的具体实施方式。其中的材料生长技术包括:磁控溅射,电子束蒸发,金属有机化合物化学气相沉淀,气相外延生长,和分子束外延技术等常用技术。

[0020] 实施例 1

[0021] 首先,通过材料生长工艺产生拓扑绝缘体微粒 1,如附图 1(a) 所示。其中拓扑绝缘体微粒的几何形状和尺寸可以采用有限时域差分法、有限元法等算法确定。

[0022] 其次,在拓扑绝缘体微粒 1 外表面附着纳米尺寸分子 2,如附图 1(b) 所示。

[0023] 然后,将表面附着纳米尺寸分子 2 的拓扑绝缘体微粒 1 置于衬底平板 3 上方,距离为  $l(l>0)$ ,当入射光为线偏振平面波且拓扑绝缘体微粒 1 为拓扑非平庸体时,处于衬底 3 上方的拓扑绝缘体微粒 1 周围的玻印亭矢量为非对称分布,即拓扑绝缘体微粒 1 上的总玻印亭矢量不为零,产生沿入射光方向指向右前方的非梯度光学力,使拓扑绝缘体微粒 1 沿入射光方向的右前方运动,进而带动附着在拓扑绝缘体微粒 1 表面的纳米尺寸分子 2 沿入射光方向的右前方运动,如附图 2(a) 所示。

[0024] 之后,通过光照、通电、加热、加压和外加磁场等方式将拓扑绝缘体微粒 1 的拓扑非平庸体转化为拓扑平庸体(即拓扑绝缘体产生从拓扑非平庸到拓扑平庸的量子态变化),使拓扑绝缘体微粒 1 表面的总玻印亭矢量方向和大小发生改变,产生沿入射光方向指向左前方的非梯度光学力,使拓扑绝缘体微粒 1 带动附着在其表面的纳米尺寸分子 2 沿入射光方向的左前方运动,如附图 2(b) 所示。

[0025] 最后,通过降温、光照等方式使拓扑绝缘体微粒 1 由拓扑平庸体变回拓扑非平庸体(即拓扑绝缘体产生从拓扑平庸到拓扑非平庸的量子态变化),此时拓扑绝缘体微粒 1 受到的非梯度光学力又变回了沿入射光方向指向右前方的非梯度光学力,拓扑绝缘体微粒 1 带动纳米尺寸分子 2 沿入射光方向的右前方运动,如附图 2(c) 所示。

[0026] 这样我们通过改变拓扑绝缘体的量子态,控制拓扑绝缘体微粒 1 在入射光场中的运动轨迹,最终实现了对附着在拓扑绝缘体微粒 1 表面的纳米尺寸分子 2 的可调谐捕获和筛选。

[0027] 本发明系统主要由光源 4、显微镜 5 和光学力显示器 6 构成。测试前先将衬底平板 3 置于装有水或油的样品池 7 的底部,然后将表面附着纳米尺寸分子 2 的拓扑绝缘体微粒 1 置于样品池 7 内,且置于衬底平板 3 上方。光源 4 产生线偏振平面波从样品池 7 的侧壁进入,水平照射拓扑绝缘体微粒 1,实现对表面附着纳米尺寸分子 2 的拓扑绝缘体微粒 1 的捕获和操纵。显微镜 5 可以用来观测微表面附着纳米尺寸分子 2 的拓扑绝缘体微粒 1 在入射光作用下所产生的运动轨迹。线偏振平面波在表面附着纳米尺寸分子 2 的拓扑绝缘体微粒 1 产生的非梯度光学力由光学力显示器 6 测得。本发明系统同时还包括控温器 8、CCD 摄像机 9、监视器 10、计算机 11、和录像机 12 等(附图 3 所示)。利用 CCD 摄像机 9 对线偏振平面波照射下的表面附着纳米尺寸分子 2 的拓扑绝缘体微粒 1 进行实时监测,并将所得的视频信号在显示器显示。录像机 12 可以用来记录图像。样品池 7 与控温器 8 相连,使表面附着纳米尺寸分子 2 的拓扑绝缘体微粒 1 中的拓扑绝缘体的量子态随样品池 7 的温度变化而

改变。计算机 11 可以存储显微镜 5 所采集的视场信息。

[0028] 以上所述是本发明应用的技术原理和具体实例,依据本发明的构想所做的等效变换,只要其所运用的方案仍未超出说明书和附图所涵盖的精神时,均应在本发明的范围内,特此说明。

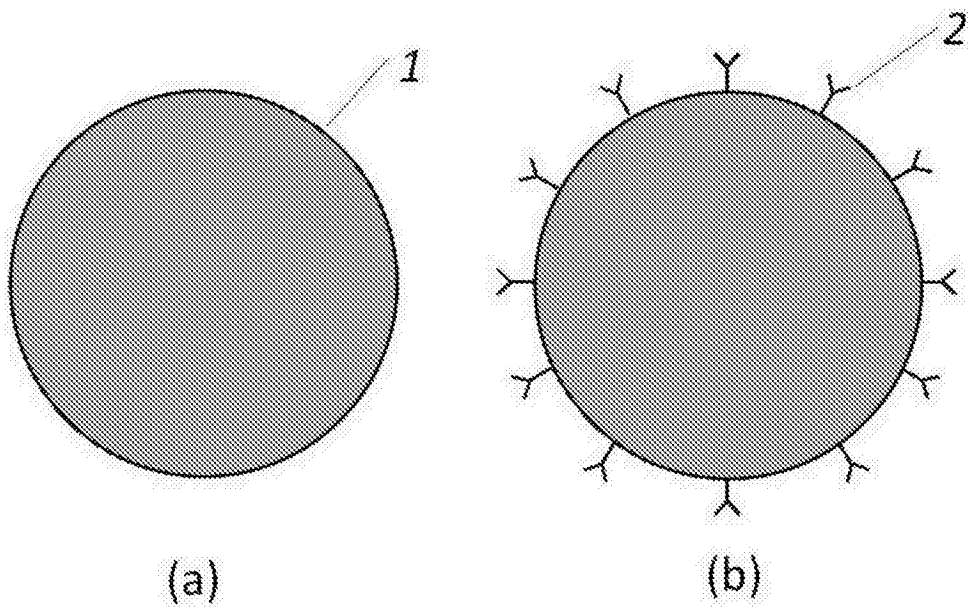


图 1

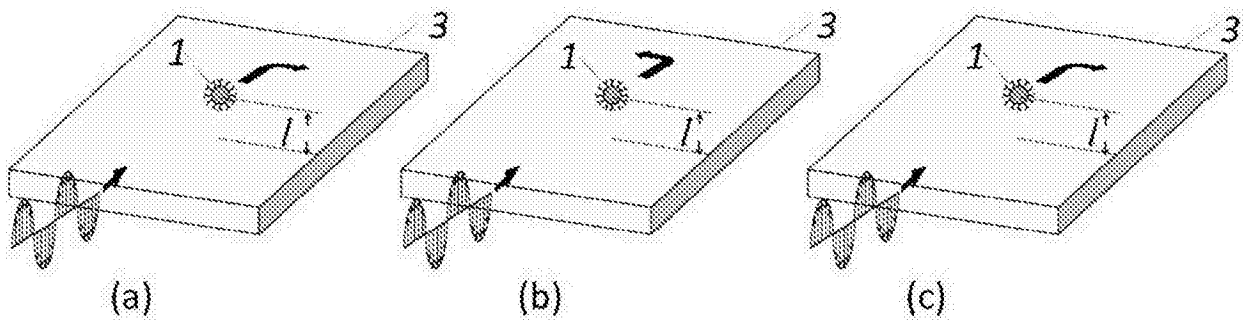


图 2

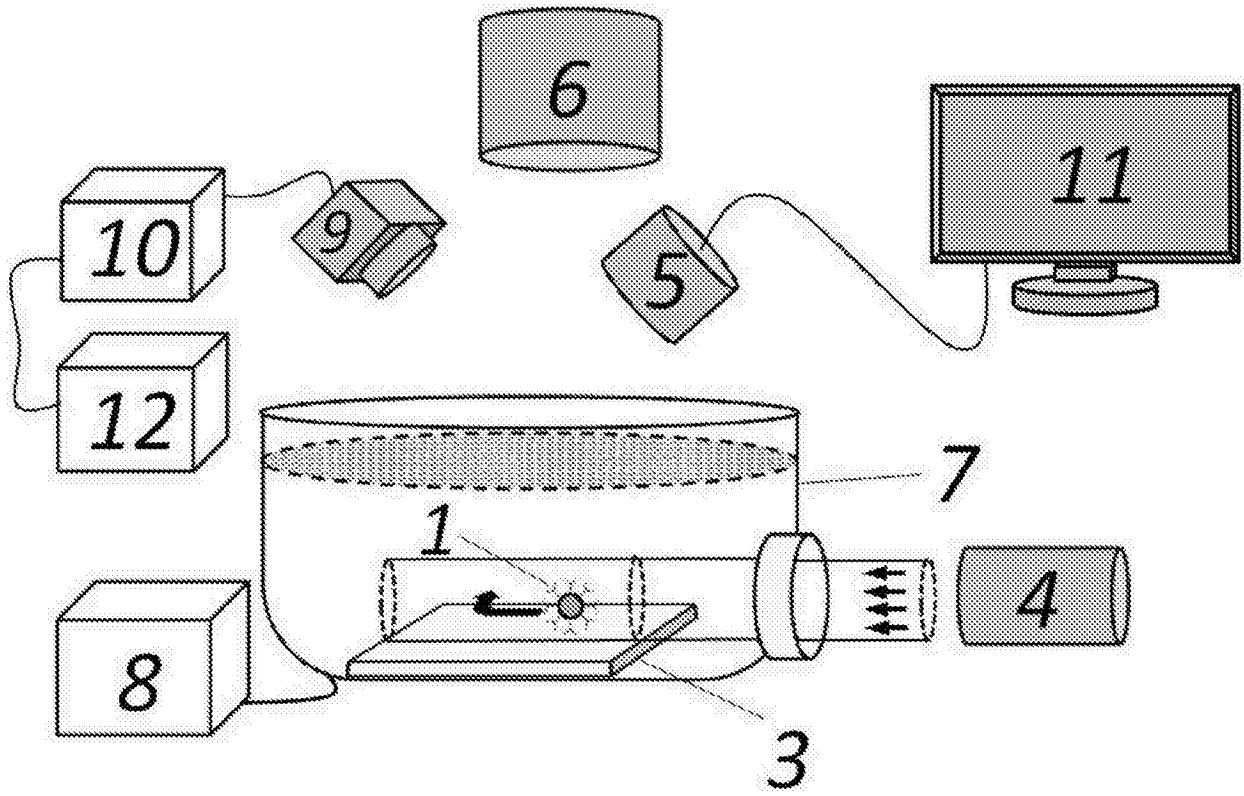


图 3