

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01N 13/14

G12B 21/06 G01N 21/64

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01118255.5

[43] 公开日 2001 年 10 月 24 日

[11] 公开号 CN 1318745A

[22] 申请日 2001.5.25 [21] 申请号 01118255.5
[71] 申请人 中国科学院长春应用化学研究所
地址 130022 吉林省长春市人民大街 159 号
共同申请人 大连理工大学
[72] 发明人 李 壮 吴世法 潘 石 吴爱国
章 健 汪尔康 周化岚 黄玉起
李银丽 孙 伟

[74] 专利代理机构 中国科学院长春专利事务所
代理人 曹桂珍

权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图页数 0 页

[54] 发明名称 纳米荧光斑超高密度信息存取方法

[57] 摘要

本发明属于纳米荧光斑超高密度信息存取方法。分为信息存入方法和信息读出方法两部分。信息存入方法是利用纳米点样笔技术按照各种进制信息序列排列的要求,在 1~100nm 的纳米尺度,以共价键合或吸附方式结合在平面基底物质上,形成纳米荧光斑超高密度信息储存。信息读出方法是利用近场扫描探针荧光显微镜,在荧光材料记录斑上近场扫描,同时用激励光照射记录斑发射荧光,以光电探测器记录相应的特征荧光,由特征荧光读出记录斑所记录的信息。

I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

知识产权出版社出版

权 利 要 求 书

1. 一种纳米荧光斑超高密度信息存取方法，其特征在于信息存入方法分为四种：

1) 二进制编码一种发光材料纳米荧光斑超高密度信息存入方法
利用纳米点样笔技术即扫描探针显微镜探针针尖、纳米管、纳米棒将一种发光物质按照二进制信息序列排列要求，在纳米尺度上以共价键合或吸附方式结合在平面基底物质上形成二进制纳米荧光斑超高密度信息储存；

2) 多进制编码多种发光材料不重叠纳米荧光斑超高密度信息存入方法

利用多样品纳米点样笔技术将 n 种不同波长的发光物质， n 为大于 1 的正整数，按照信息编码序列要求，将发光物质单层顺序排列，在纳米尺度上以共价键合或吸附方式结合在平面基底表面，根据所用发光物质的种类 n ，形成空间不重叠 $n+1$ 进制纳米荧光斑超高密度信息储存；

3) 二进制多种发光材料层重叠编码纳米荧光斑超高密度信息存入方法

利用多纳米笔点样技术，在平面基底上用一种波长的发光物质按照二进制信息序列排列要求，进行第一次点样形成纳米荧光斑高密度信息储存，在同一平面基底上用另一种波长的发光物质进行点样，再次进行层重叠的信息储存，如此类推，在同一平面基底上形成二进制多层次荧光超密度信息储存；

4) 多进制多种发光材料点重叠编码纳米荧光斑超高密度信息存入方法

利用多样品纳米笔点样技术，在平面基底上将 n 种不同波长的发光物质按照信息编码要求进行点样，在纳米尺度上以共价键合或吸附方式结合在平面基底表面不同位点，在同一码位上形成 $n+1$ 进制点重叠纳米荧光斑超高密度信息储存；

信息读出方法分为四种：

1) 二进制编码一种发光材料纳米荧光斑超高密度信息读出方法
利用近场扫描探针荧光显微镜近场扫描，同时用激励光照射记录斑发射荧光，一个光电探测器记录特征荧光，由特征荧光读出记录斑所记录的信息，扫描探针尖用于接收单个记录斑发射的荧光，激励光束尺度可大于记录斑，或用于在单个记录斑尺度内限域发射激励光，或同时用于发射激励光和接收荧光，一种荧光材料的记录，仅需要一个光电记录系统，读出无或有特征荧光信号，即 0、1 记录；

2) 多进制编码多种发光材料不重叠纳米荧光斑超高密度信息读出方法

利用近场扫描探针荧光显微镜，在 n 种荧光材料、空间不重叠、编码写入的记录斑上扫描，同时用激励光照射记录斑，发射特征荧光，该荧光经过一个分光器分光，由记录 n 个谱的光电探测器阵列记录相对应的特征荧光信号，该荧光信号序列就是 n 种荧光材料记录斑序列，对照信息写入编码即可读出存储信息；

3) 二进制多种发光材料层重叠编码纳米荧光斑超高密度信息读出方法

利用近场扫描探针荧光显微镜，在多种发光材料二进制编码层重叠写入的 n 种荧光材料的记录斑上近场扫描，同时用激励光照射记录斑，发射多色特征荧光，该荧光经过一个分光器，一个由可记录 n 个谱的光电探测器阵列同时记录相对应的 n 个特征荧光的无或有，根据写入荧光材料编码并行读出写入信息；

4) 多进制多种发光材料点重叠编码纳米荧光斑超高密度信息读出方法

利用近场扫描探针荧光显微镜，在 n 种发光材料点重叠编码写入的记录斑上近场扫描，同时用激励光照射记录斑，发射多色特征荧光，该荧光经过一个分光器，由记录 n 个谱的光电探测器阵列同时记录相对应的特征荧光，根据写入荧光材料编码设计一个译码器，读出写入信息。

说明书

纳米荧光斑超高密度信息存取方法

本发明属于纳米荧光斑超高密度信息存取方法。

当前，正处在信息量猛增的时代，要求信息记录的方法也能够适应信息量爆炸式的增长，发展超高密度信息存储新方法显得十分迫切。现有的各种信息存储技术中不能直接进行多进制编码、不能实现重叠编码，信息斑难以达到纳米尺度，虽然利用原子搬动技术、扫描探针显微镜打点技术及纳米粒子搬迁技术从原理上讲亦有可能实现纳米、亚纳米级的信息存储，但这些技术受基底的平整度及背景的影响很难变成现实。

本发明的目的是提供一种纳米荧光斑超高密度信息存取方法。它以纳米点样笔技术，按照各种进制信息序列排列的要求，将荧光物质写入，实现信息存储，然后用近场扫描探针荧光显微镜将信息读出。这种方法能够实现纳米尺度信息荧光斑，能够实现多进制编码的存入与读出，能够实现重叠编码的存入与读出。

本发明方法分为信息存入方法和信息读出方法两部分。信息存入方法是利用纳米点样笔技术，即用扫描探针显微镜探针尖、纳米管或纳米棒将发光物质，按照各种进制信息序列排列的要求，在1~100nm的纳米尺度，以共价键合或吸附方式结合在平面基底物质上，形成纳米荧光斑超高密度信息储存。信息读出方法是利用近场扫描探针荧光显微镜，在荧光材料记录斑上近场扫描，同时用激励光照射记录斑发射荧光，以光电探测器记录相应的特征荧光，由特征荧光读出记录斑所记录的信息。

本发明的信息存入方法分为四种：

1) 二进制编码一种发光材料纳米荧光斑超高密度信息存入方法
利用纳米点样笔技术即扫描探针显微镜探针针尖、纳米管、纳米棒将一种发光物质按照二进制信息序列排列要求，在纳米尺度上以共价键合或吸附方式结合在平面基底物质上形成二进制纳米荧光斑超高密度信息储存；

2) 多进制编码多种发光材料不重叠纳米荧光斑超高密度信息存入方法

利用多样品纳米点样笔技术将 n 种不同波长的发光物质, n 为大于 1 的正整数(下同), 按照信息编码序列要求, 将发光物质单层顺序排列, 在纳米尺度上以共价键合或吸附方式结合在平面基底表面, 根据所用发光物质的种类 n , 形成空间不重叠 $n+1$ 进制纳米荧光斑超高密度信息储存;

3) 二进制多种发光材料层重叠编码纳米荧光斑超高密度信息存入方法

利用多纳米笔点样技术, 在平面基底上用一种波长的发光物质按照二进制信息序列排列要求, 进行第一次点样形成纳米荧光斑高密度信息储存, 在同一平面基底上用另一种波长的发光物质进行点样, 再次进行层重叠的信息储存, 如此类推, 在同一平面基底上形成二进制多层次荧光超密度信息储存;

4) 多进制多种发光材料点重叠编码纳米荧光斑超高密度信息存入方法

利用多样品纳米笔点样技术, 在平面基底上将 n 种不同波长的发光物质按照信息编码要求进行点样, 在纳米尺度上以共价键合或吸附方式结合在平面基底表面不同位点, 在同一码位上形成 $n+1$ 进制点重叠纳米荧光斑超高密度信息储存。

本发明的信息读出方法分为四种:

1) 二进制编码一种发光材料纳米荧光斑超高密度信息读出方法

利用近场扫描探针荧光显微镜近场扫描, 同时用激励光照射记录斑发射荧光, 一个光电探测器记录特征荧光, 由特征荧光读出记录斑所记录的信息, 扫描探针尖用于接收单个记录斑发射的荧光, 激励光束尺度可大于记录斑, 或用于在单个记录斑尺度内限域发射激励光, 或同时用于发射激励光和接收荧光, 一种荧光材料的记录, 仅需要一个光电记录系统, 读出无或有特征荧光信号, 即 0、1 记录;

2) 多进制编码多种发光材料不重叠纳米荧光斑超高密度信息读出方法

利用近场扫描探针荧光显微镜, 在 n 种荧光材料、空间不重叠、

编码写入的记录斑上扫描,同时用激励光照射记录斑,发射特征荧光,该荧光经过一个分光器分光,由记录 n 个谱的光电探测器阵列记录相对应的特征荧光信号,该荧光信号序列就是 n 种荧光材料记录斑序列,对照信息写入编码即可读出存储信息;

3) 二进制多种发光材料层重叠编码纳米荧光斑超高密度信息读出方法

利用近场扫描探针荧光显微镜,在多种发光材料二进制编码层重叠写入的 n 种荧光材料的记录斑上近场扫描,同时用激励光照射记录斑,发射多色特征荧光,该荧光经过一个分光器,一个由可记录 n 个谱的光电探测器阵列同时记录相对应的 n 个特征荧光的无或有,根据写入荧光材料编码并行读出写入信息。

4) 多进制多种发光材料点重叠编码纳米荧光斑超高密度信息读出方法

利用近场扫描探针荧光显微镜,在 n 种发光材料点重叠编码写入的记录斑上近场扫描,同时用激励光照射记录斑,发射多色特征荧光,该荧光经过一个分光器,由记录 n 个谱的光电探测器阵列同时记录相对应的特征荧光,根据写入荧光材料编码设计一个译码器,读出写入信息。

(i) 技术方案信息存入方法中提及的扫描探针显微镜探针包括①AFM 探针、②STM 探针和③NSOM 光纤探针;

(ii) 技术方案信息存入方法中提及的发光物质包括①有机荧光物质,罗丹明系列、香豆素系列、二羧花青化碘系列、口占吨系列和联苯系列以及上述荧光物质的衍生物,②硫醇化的上述荧光物质,硫醇化的罗丹明系列、硫醇化香豆素系列、硫醇化二羧花青化碘系列、口占吨系列和硫醇化的联苯系列物质,③无机化合物荧光物质如各种稀土荧光物质: Ce^{3+} 、 Pr^{3+} 、 Nd^{3+} 、 Sm^{3+} 、 Eu^{3+} 、 Tb^{3+} 、 Dy^{3+} 、 Ho^{3+} 、 Er^{3+} 、 Tm^{3+} 、 Yb^{3+} 、 Sm^{2+} 、 Dy^{2+} 或 Tm^{2+} 的氧化物和氟化物;

(iii) 技术方案信息存入方法中提及的平面基底物质包括:①金单晶或镀金膜表面;②其它各种金属,过渡金属表面,Pt、Ag、Pd、Cu、Ni、Co 或 Fe;③各种半导体表面,Si 或 GaAs;④各种金属化合物表面, MoS_2 、 Al_2O_3 、 SiO_2 或 TiO_2 ;⑤各种无机非金属表面,云母

和玻璃；⑥各种有机高分子材料表面，聚苯乙烯、聚酯和各种有机膜；

(iv) 技术方案信息读出方法中提及的近场扫描探针荧光显微镜指①光子扫描隧道荧光显微镜，②接收型近场扫描荧光显微镜，③发射型近场扫描荧光显微镜和④发射—接收型近场扫描荧光显微镜；

(v) 技术方案信息存入方法和信息读出方法中提及的各种进制指二进制和 n 进制；

本发明方法提供能够实现纳米尺度信息荧光斑，能够直接实现多进制编码的存入与读出，能够实现重叠编码的存入与读出的纳米荧光斑超高密度信息存取方法。以 10nm 的斑点计算，斑点密度为 $10^{12}/\text{cm}^2$ ，如果以二进制进行储存其容量可达 $2^{10^{12}}/\text{cm}^2$ ，若以 n 进制储存则可达 $n^{10^{12}}/\text{cm}^2$ ，如果是重叠 m 重编码，对于二进制其储存量是单层储存量的 2^m 倍，对于 n 进制其储存量是单层储存量的 n^m 倍。

本发明提供的实施例如下：

实施例 1：二进制一种发光材料纳米荧光斑超高密度信息存入与读出方法

将原子力显微镜针尖浸泡于硫醇化的罗丹明-590 溶液中 10 分钟，取出后晾干，形成纳米点样笔，以镀金膜的云母为平面基底，按照二进制信息序列排列要求，利用原子力显微镜在基底表面点样形成 1nm 的荧光斑点，形成纳米荧光超高密度信息储存。然后利用近场扫描探针荧光显微镜，在荧光材料记录斑近场扫描，同时用激励光照射记录斑发射荧光，以光电检测器记录特征荧光，由特征荧光读出记录斑所记录的信息；

实施例 2：十进制九种发光材料不重叠纳米荧光斑超高密度信息存入与读出方法

将扫描隧道显微镜针尖，分别浸泡于荧光物质罗丹明-560、罗丹明-590、罗丹明-610、7-氨基-4-三氟甲基香豆素、3, 3'-二乙基硫杂羰花青化碘、吡啶橙、4-二氰亚甲基-2-甲基-6-(对二甲基氨基苯乙烯基)-4H-吡喃、1, 1'-二乙基-2, 2'-二羰花青化碘和 1, 2'-二乙基-4, 4'-二羰花青化碘九种荧光物质 12 分钟，取出干燥形成点样笔，用 STM 在单晶金基底上，根据十进制信息储存要求分别将罗丹明-560、罗丹明-590、罗丹明-610、7-氨基-4-三氟甲基香豆素、3, 3'-

二乙基硫杂羰花青化碘、吖啶橙、4-二氰亚甲基-2-甲基-6-(对二甲氨基苯乙烯基)-4H-吡喃、1, 1'-二乙基-2, 2'-二羰花青化碘和 1, 2'-二乙基-4, 4'-二羰花青化碘九种荧光物质在基底上不同位点点样制成 25nm 的荧光斑, 形成十进制信息储存。然后利用近场扫描探针荧光显微镜, 在上述九种荧光材料写入的记录斑上扫描, 同时用激励光照射记录斑, 发射特征荧光, 该荧光经过一个分光器分光, 分别由九个光电探测器记录相对应的特征荧光信号, 该荧光信号序列就是九种荧光材料记录斑序列, 对照信息写入编码即可读出存储信息。

实施例 3: 二进制八种发光材料八层重叠编码纳米荧光斑超高密度信息存入与读出方法

利用近场扫描探针显微镜的光纤探针针尖, 浸泡于荧光物质 3, 3'-二乙基硫杂羰花青化碘溶液中 5 分钟, 取出后晾干, 形成纳米点样笔, 以玻璃作为基底, 按照二进制信息编码序列排列要求, 在基底上点样形成 30nm 的荧光斑点, 第一次形成纳米荧光斑超高密度信息储存, 在同一平面基底上, 用浸泡于不同波长的荧光物质罗丹明-560 溶液中 25 分钟的另一根光纤探针形成纳米点样笔, 在基底点样形成 68nm 荧光斑; 第二次形成纳米荧光斑超高密度信息储存, 依次类推, 在同一平面基底上形成二进制八层重叠荧光超高密度信息存储。然后利用近场扫描探针荧光显微镜, 在编码重叠写入的荧光材料的记录斑上近场扫描, 同时用激励光照射记录斑, 发射八色特征荧光, 该荧光经过一个分光器, 分别由记录八个谱的光电探测器阵列同时记录相对应的特征荧光, 根据写入荧光材料编码并行读出写入信息。

实施例 4: 六进制五种发光材料点五次重叠编码纳米荧光斑超高密度信息存入读出方法

利用原子力显微镜的多探针针尖, 浸泡于 5 种不同波长的荧光物质: 罗丹明-560、罗丹明-590、罗丹明-610、7-氨基-4-三氟甲基香豆素和 3, 3'-二乙基硫杂羰花青化碘溶液中 5 分钟, 取出后晾干, 形成多样品纳米点样笔, 以云母作为基底, 按照六进制信息储存排列要求, 在基底上点样形成 98nm 的荧光斑点, 第一次形成六进制纳米荧光斑超高密度信息储存, 在同一码位形成点五次重叠六进制荧光超高密度信息存储。然后利用近场扫描探针荧光显微镜, 在编码重叠写入

的荧光材料的记录斑上近场扫描，同时用激励光照射记录斑，发射五色特征荧光，该荧光经过一个分光器，分别由五个光电探测器同时记录相对应的特征荧光，根据写入荧光材料编码设计一个译码器，波分复用并行读出写入信息。

实施例 5：六进制五种发光材料点四次重叠编码纳米荧光斑超高密度信息存入读出方法

利用原子力显微镜的多探针针尖，浸泡于 5 种不同波长的荧光物质：吡啶橙、4-二氰亚甲基-2-甲基-6-(对二甲基氨基苯乙烯基)-4-H-吡喃、1, 1'-二乙基-2, 2'-二羰花青化碘、1, 2'-二乙基-4, 4'-二羰花青化碘和无机稀土 TbF_3 溶液中 35 分钟形成多样品纳米点样笔，在基底点样形成 80nm 荧光斑；在同一码位形成点四次重叠六进制荧光超高密度信息存储。然后利用近场扫描探针荧光显微镜，在编码重叠写入的荧光材料的记录斑上近场扫描，同时用激励光照射记录斑，发射五色特征荧光，该荧光经过一个分光器，分别由五个光电探测器同时记录相对应的特征荧光，根据写入荧光材料编码设计一个译码器，波分复用并行读出写入信息。

实施例 6：十进制九种发光材料点七次重叠编码纳米荧光斑超高密度信息存入读出方法

利用原子力显微镜的多探针针尖，浸泡于 9 种不同波长的荧光物质：罗丹明-560、罗丹明-590、罗丹明-610、7-氨基-4-三氟甲基香豆素吡啶橙、3, 3'-二乙基硫杂羰花青化碘、4-二氰亚甲基-2-甲基-6-(对二甲基氨基苯乙烯基)-4-H-吡喃、1, 1'-二乙基-2, 2'-二羰花青化碘、1, 2'-二乙基-4, 4'-二羰花青化碘和无机稀土 TbF_3 溶液中 15 分钟形成多样品纳米点样笔，在基底点样形成 50nm 荧光斑；在同一码位形成点七次重叠十进制荧光超高密度信息存储。然后利用近场扫描探针荧光显微镜，在编码重叠写入的荧光材料的记录斑上近场扫描，同时用激励光照射记录斑，发射九色特征荧光，该荧光经过一个分光器，分别由九个光电探测器同时记录相对应的特征荧光，根据写入荧光材料编码设计一个译码器，波分复用并行读出写入信息。