



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109727761 A

(43)申请公布日 2019.05.07

(21)申请号 201811573885.9

(22)申请日 2018.12.21

(71)申请人 广州奇辉生物科技有限公司

地址 510320 广东省广州市国际生物岛螺旋四路9号第六层A601单元

(72)发明人 朱奇 罗李江 廖传荣

(74)专利代理机构 广州容大专利代理事务所  
(普通合伙) 44326

代理人 刘新年

(51) Int. Cl.

H01F 41/00(2006.01)

H01F 1/00(2006.01)

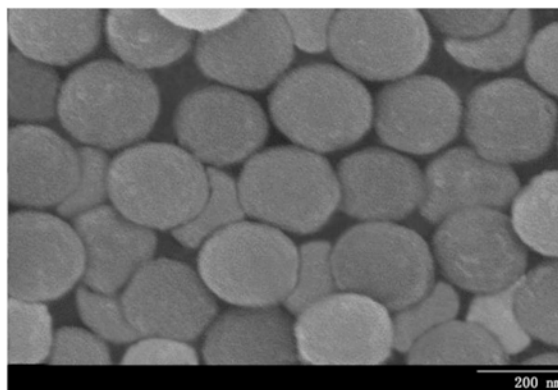
权利要求书1页 说明书7页 附图1页

### (54)发明名称

一种单分散超顺磁性纳米磁珠的制备方法和应用

### (57)摘要

发明属于磁性材料制备技术领域,具体涉及一种表面被改性的高吸附性能的单分散超顺磁性纳米磁珠及其制备方法和应用。本发明的磁性纳米磁珠的制备方法,包括步骤:(1)单分散超顺磁性的纳米 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粒子的制备;(2) $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粒子表面羟基化改性:对 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粒子进行两层包覆,形成介孔的 $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ 的核-壳结构;(3)对 $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ 的核-壳结构进行氨基化改性;(4)对步骤(3)的产物再进行表面羧基化改性。本发明制备方法简单、高效,制备成本低,特别适用于生物体液或其它反应液中DNA/RNA、蛋白质等的分离、纯化并可用于自动化,也适用于基于化学发光、反射性物质标记等的临床生化快速自动化检测。



1. 一种高吸附性能的单分散超顺磁性纳米磁珠的制备方法,其特征在于,包括步骤:
  - (1)  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粒子的制备;
  - (2) 对步骤(1)的 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粒子表面羟基化改性:对 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粒子进行两层包覆,形成介孔的 $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ 的核-壳结构;
  - (3) 对步骤(2)的 $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ 的核-壳结构进行氨基化改性;
  - (4) 对步骤(3)的产物再进行表面羧基化改性。
2. 根据权利要求1所述的磁性纳米磁珠的制备方法,其特征在于,所述步骤(1)的 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粒子的制备方法,具体操作包括:将 $\text{FeCl}_3$ 溶解到乙二醇,然后加入NaAc和PEG,使固体完全溶解,140-220°C反应6-24小时;然后磁性分离,清洗,回收得到单分散的纳米 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粒子。
3. 根据权利要求2所述的磁性纳米磁珠的制备方法,其特征在于,所述 $\text{FeCl}_3$ 溶解到乙二醇后 $\text{FeCl}_3$ 终浓度为0.002~0.5mol/l。
4. 根据权利要求2所述的磁性纳米磁珠的制备方法,其特征在于,所述乙二醇的分子量为2000~10000。
5. 根据权利要求1所述的磁性纳米磁珠的制备方法,其特征在于,所述步骤(2)的表面羟基化改性方法,具体操作包括:
  - ①将步骤(1)得到的 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粒子分散在乙醇和水的混合溶液中,再加入氨水和TEOS,超声搅拌,磁性分离并清洗,得到第一步包覆产物;
  - ②将①步的包覆产物分散在溶有含SDS或SLS或CTAB的乙醇和水的混合溶液中,再加入氨水和TEOS,超声搅拌,磁性分离并清洗,得到第二步包覆的产物;
  - ③将②步的包覆产物分散到丙酮中回流,磁性分离并清洗后,得到 $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ 核-壳结构的产物。
6. 根据权利要求5所述磁性纳米磁珠的制备方法,其特征在于,所述步骤①中TEOS与 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粒子用量的比例(mmol:mg)范围为1:1000~1:20。
7. 根据权利要求5所述磁性纳米磁珠的制备方法,其特征在于,所述步骤②中TEOS与 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粒子用量的比例(mmol:mg)范围为1:100~1:5。
8. 根据权利要求5所述磁性纳米磁珠的制备方法,其特征在于,所述步骤③中丙酮与包覆产物用量的比例(ml:mg)为1:10~10:1。
9. 根据权利要求1所述的磁性纳米磁珠的制备方法,其特征在于,所述步骤(3)的氨基化改性方法,具体操作包括:

取步骤(2)得到的 $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$ 核-壳结构的产物,将其分散在乙醇和水的混合溶液中,然后将APTS(3-氨基丙基三乙氧基硅烷)或3-氨丙基三甲氧基硅烷滴加到所述混合溶液中,室温下震荡搅拌;然后分离并清洗,最后分散在DMF中,得到 $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2@-\text{NH}_2$ 复合粒子。
10. 根据权利要求1所述的磁性纳米磁珠的制备方法,其特征在于,所述步骤(4)的羧基化改性方法,具体操作包括:

取步骤(3)得到的终产物,逐滴的加入到等体积的含丁二酸酐的DMF中,震荡搅拌;分离并清洗,将产物分散在蒸馏水中,即得。

## 一种单分散超顺磁性纳米磁珠的制备方法和应用

### 技术领域

[0001] 本发明属于磁性材料制备技术领域,具体涉及一种表面被改性的高吸附性能的单分散超顺磁性纳米磁珠及其制备方法和其在医学和生物学领域核酸提取、纯化方面的应用。

### 背景技术

[0002] 磁珠是近年发展起来并已广泛应用于生物医学领域的一种新型多功能材料。磁珠的结构通常由具有磁性的内核及核外包裹的高分子外壳组成。由于磁核对外磁场的响应,在磁场作用下能够快速集聚从而在分散的溶液中快速、完全分离。在取消磁场作用后,又能再次快速分散。一般地,功能化纳米磁珠应用于生物、医学及食品领域需要满足几个条件:①粒径小且大小均一;②悬浮稳定性要好;③具有高磁响应性;④生物相容性好。

[0003] 由于不同的反应方式,磁性纳米颗粒的制备方法一般有:共沉淀法、微乳液法、前驱体热分解法、水热法、溶胶-凝胶法等。

[0004] 不经任何修饰的 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 裸核,因在溶液中极易团聚、稳定性不高且易被氧化而使其在实际应用方面大大受限。所以,为增强其悬浮稳定性、化学性质稳定性及生物相容性,需要对其表面改性。目前的表面修饰的方法有表面钝化、表面聚合物包覆、贵金属包覆以及二氧化硅包覆等。通过包覆修饰的磁性颗粒可形成一种核-壳式结构。 $\text{SiO}_2$ 因具有无毒性、良好的化学稳定性、光学透明性、生物相容性及抗分解能力强等特点成为一种理想的包覆材料,所以使用硅烷化试剂进行二氧化硅包覆是一种比较常用的包覆方法。

[0005] 在对磁性纳米颗粒进行 $\text{SiO}_2$ 包覆的报道中,溶胶-凝胶法是目前应用最为普遍也是较为成功的方法。但是很多研究得到的 $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{SiO}_2$ 复合微粒并不理想,磁性核团聚较严重,影响进一步的应用。

[0006] 现行市面上的磁珠,通常在悬浮稳定性和高磁响应性之间存在矛盾。为了实现高磁响应性通常会选择粒径大的磁珠,而粒径大会相应的导致悬浮稳定性较差,且对目标产物的吸附能力低。而通过增加高分子包覆层来提高其吸附能力,这样非磁性物质的含量增加,必然导致磁含量降低,即磁响应性降低。

[0007] 另现行市面上的磁珠,通常表面改性不够理想,外表的修饰层性质不够稳定,长期储存性质会发生缓慢的改变,另对使用的环境介质等有诸多要求。且磁珠表面的功能基团数量不够丰富,反应活性不高,即磁珠对目标产物的吸附能力低。

[0008] 由此可见,现有技术有待改善。

### 发明内容

[0009] 鉴于此,有必要针对上述问题提供一种高吸附性能的单分散超顺磁性纳米磁珠的制备方法和应用。

[0010] 本发明是通过以下技术方案实现的:

[0011] 一种高吸附性能的单分散超顺磁性纳米磁珠的制备方法,包括步骤:

- [0012] (1) 单分散超顺磁性的纳米 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粒子的制备;
- [0013] (2)  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粒子表面羟基化改性,对 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粒子进行两层包覆,形成介孔的 $\text{Fe}_3\text{O}_4@SiO_2$ 的核-壳结构;
- [0014] (3) 对 $\text{Fe}_3\text{O}_4@SiO_2$ 的核-壳结构进行氨基化改性;
- [0015] (4) 对步骤(3)的产物再进行表面羧基化改性。
- [0016] 进一步的,所述步骤(1)的制备方法,具体操作包括:将 $\text{FeCl}_3$  (1mmol~20mmol)溶解到乙二醇(40ml~500ml),然后加入NaAc (1g~18g)和PEG (0.5g~20g),震荡混匀至固体完全溶解,140~220℃反应6~24小时(优选200℃反应8小时);然后磁性分离,清洗,回收得到单分散的纳米 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粒子。
- [0017] 进一步的,所述 $\text{FeCl}_3$ 溶解到乙二醇后 $\text{FeCl}_3$ 浓度为0.002~0.5mol/l,优选0.075~0.1mol/l。
- [0018] 进一步的,PEG的分子量为2000~10000。
- [0019] 进一步的,所述步骤(2)的表面羟基化改性方法,具体操作包括:
- [0020] ①将步骤(1)得到的终产物( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粒子)分散在乙醇/水(乙醇:水=4:1)的混合溶液中,再加入1ml氨水和TEOS (0.1mmol~1mmol),TEOS与 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粒子用量的比例范围在1/1000 (mmol/mg)~1/20 (mmol/mg),超声(30~60KHz)搅拌2~8小时(优选3小时);磁性分离并清洗,得到第一步包覆产物;
- [0021] ②将①步的包覆产物分散在溶有含SLS(还可以用SDS或CTAB) (0.1g~5g)的乙醇/水(4/3)的混合溶液中,再加入氨水和TEOS,TEOS与 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粒子用量的比例范围在1/100 (mmol/mg)~1/5 (mmol/mg),超声(30~60KHz)搅拌2~8小时(优选3小时),磁性分离并清洗,得到第二步包覆的产物;
- [0022] ③将②步的包覆产物分散到丙酮(50ml~500ml),丙酮与包覆产物用量的比例在1/10 (ml/mg)~10/1 (ml/mg)中回流12~48小时(优选48小时),磁性分离并清洗后,得到 $\text{Fe}_3\text{O}_4@SiO_2$ 核-壳结构的羟基化改性产物。
- [0023] 进一步的,所述步骤(3)的氨基化改性方法,具体操作包括:
- [0024] 取20~100mg步骤(2)得到的 $\text{Fe}_3\text{O}_4@SiO_2$ 核-壳结构的羟基化改性产物,将其分散在3~10ml乙醇/水(2.9/0.1)的混合溶液中,然后将60~1000 $\mu$ l APTS(3-氨基丙基三乙氧基硅烷)或3-氨基丙基三甲氧基硅烷滴加到上述混合溶液中,并在室温下震荡搅拌5~8小时;然后分离并清洗,最后分散在DMF中,得到 $\text{Fe}_3\text{O}_4@SiO_2@-NH_2$ 复合粒子,待用。
- [0025] 进一步的,所述步骤(4)的羧基化改性方法,具体操作包括:
- [0026] 取步骤(3)得到的终产物,逐滴的加入到等体积的含丁二酸酐0.001mol/l~3.5mol/l的DMF中,室温下,震荡搅拌5~12小时;分离并清洗,将产物分散在蒸馏水中,得到本发明的高吸附性能的单分散超顺磁性纳米磁珠溶液。
- [0027] 进一步的,所述制备方法制得的单分散超顺磁性纳米磁珠,粒径为20~200nm。
- [0028] 本发明有益效果:
- [0029] 本发明采用 $\text{FeCl}_3$ 和PEG为主要原料,以改进的制备方法制得表面功能基团为羟基、氨基或羧基的至少一种基团的纳米磁珠,其粒径为20~200nm,磁珠在溶液中完全分离的时间为30秒~60秒,在水中的稳定悬浮的时间可达到10小时。
- [0030] 本发明制备的磁珠具有良好的吸附性、悬浮稳定性及高磁响应性,克服了现有磁

珠的诸多不足之处。同时,该制备方法简单、高效,制备成本低。特别适用于生物体液或其它反应液中DNA/RNA、蛋白质等的分离、纯化并可用于自动化,也适用于基于化学发光、反射性物质标记等的临床生化快速自动化检测。

### 附图说明

[0031] 图1为本发明磁珠SEM图。

[0032] 图2为痕量DNA提取测试中的PCR产物电泳图;其中NC为PCR阴性对照,PC为PCR阳性对照,A1-A6孔为本发明磁珠提取产物PCR反应结果,B1-B6孔为美国贝克曼磁珠提取产物PCR反应结果。

### 具体实施方式

[0033] 为了更好地说明本发明所解决的问题、所采用的技术方案和所达到的效果,现结合具体实施例和相关资料进一步阐述。需要说明的是,本发明内容包含但不限于以下实施例及其组合实施方式。

[0034] 本发明实施例中未注明具体技术或条件的,按照本领域内的文献所描述的技术或条件或者按照产品说明书进行。所用试剂或仪器未注明生产厂商者,均为可以通过市购等途径获得的常规产品。

[0035] 实施例1本发明的高吸附性能的单分散超顺磁性纳米磁珠的制备方法

[0036] (1) 单分散超顺磁性纳米磁珠的制备

[0037] 本发明采用改进的溶剂热法,创新性的在反应体系中添加PEG提高产物的分散性,以此合成单分散的纳米 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粒子,分散性能好,粒径均一。具体制备方法如下:将15mmol  $\text{FeCl}_3$ 溶解到300ml乙二醇,然后加入3.6g NaAc和10g PEG 2000,震荡混匀至固体完全溶解,将反应液转移至反应釜中,200℃反应8小时。反应完成后,用磁力架磁性分离,回收得到单分散的纳米 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粒子,用水和乙醇清洗多次,去除残余的反应组分及副产物。清洗过程中可发现,产物在磁场作用下能迅速聚集,离开磁场后,能再次分散在溶液中。清洗完后,将产物分散在水溶液中,观察发现其在溶液中分散均匀,没有团聚沉降的现象。将清洗干净后的产物真空干燥8小时待用。

[0038] (2) 单分散超顺磁性的纳米 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粒子表面羟基化改性

[0039] 区别于传统的Stober一步法包覆,本发明采用改进的Stober法对单分散超顺磁性的纳米 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粒子进行两层包覆,并在第二步中创新性的加入表面活性剂,并增加丙酮的回流处理,最终使得 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粒子表面羟基化修饰更均一, $\text{Fe}_3\text{O}_4@SiO_2$ 的核-壳结构更稳定。

[0040] 具体制备方法如下:称取500mg实施例1得到的终产物,将其分散在乙醇和水的混合溶液中,加入1ml氨水和1mmol TEOS,室温下,超声(40KHz)搅拌3小时。用磁力架磁性分离并用水和乙醇清洗,得到第一步包覆的产物。将一步的产物分散在溶有1g SDS的乙醇和水的混合溶液中,加入1ml氨水和1mmol TEOS,室温下,超声搅拌3小时。用磁力架磁性分离并用水和乙醇清洗,得到第二步包覆的产物。再将该产物分散到50ml丙酮中回流24小时,磁性分离并用水和乙醇清洗后,分散在蒸馏水中,得到 $\text{Fe}_3\text{O}_4@SiO_2$ 核-壳结构的产物,待用。

[0041] (3)  $\text{Fe}_3\text{O}_4@SiO_2$ 的核-壳结构氨基化改性

[0042] 取100mg第(2)步得到的终产物进行磁分离后,将其分散在3ml乙醇和水(2.9/0.1)

的混合溶液中,然后将500 $\mu$ l APTS滴加到上述混合溶液中,并在室温下震荡搅拌7小时。反应完后,用磁力架磁性分离并清洗,最后分散在5ml DMF中,得到Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>@-NH<sub>2</sub>复合粒子,待用。

[0043] (4) Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>@-NH<sub>2</sub>复合粒子的羧基化改性及性能验证

[0044] 取第(3)步得到的终产物,逐滴的加入到等体积的含丁二酸酐0.01mol/l的DMF中,室温下,震荡搅拌10小时。反应完后,用磁力架磁性分离并用水和乙醇清洗,将产物分散在蒸馏水中,得到最终的高吸附性能的单分散超顺磁性纳米磁珠溶液。

[0045] 本实施例制得的单分散超顺磁性纳米磁珠经扫描电子显微镜(SEM)分析结果表明,所得产物的形貌呈规整的球状,粒径均一,具有较好的单分散性,颗粒尺寸约为200nm,其SEM图见图1。

[0046] 现市面上的磁珠,功能基团基本为单纯的硅羟基或者羧基,为进一步增加磁珠的吸附性能和扩大磁珠的应用范围,本发明的磁珠,在羟基化改性后,进一步的对磁珠进行氨基化改性以及羧基化改性,使得最终制备的磁珠在吸附性能上得到大幅提升,并且由于表面基团多样化及高丰富度,使得本发明的磁珠在应用范围上也比将更加广泛。

[0047] 对Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>的核-壳结构进行了氨基化改性后再羧基化改性后有益效果如下:

[0048] 1、悬浮稳定性和分散性能更佳。

[0049] 2、吸附性能大幅提升,应用实例为核酸DNA/RNA提取。

[0050] 3、应用更广泛,可以用于蛋白、核酸等带氨基分子的偶联,偶联后用于如免疫磁珠的制备或核酸分子杂交捕获的应用。

[0051] 实施例2:磁珠的悬浮稳定性及磁响应性测试

[0052] 用TE溶液将本发明的磁珠(编号PC)配制成10mg/ml的浓度,充分混匀后:①在室温条件下静置,记录磁珠溶液从均一体系到磁珠完全沉降的时间。②充分混匀后,放置在磁力架上,记录磁珠完全吸附到磁铁侧、溶液完全澄清所需的时间。

[0053] PC为本发明经过表面羟基化、氨基和羧基化改性处理最终得到的磁珠,A为只经过表面羟基化处理得到的磁珠,B为经过表面羟基化和氨基改性处理得到的磁珠,C为采购自美国贝克曼公司的羧基磁珠。

[0054]

编号	稳定悬浮时间(分钟)	磁响应时间(秒)
PC	600	30
A	30	120
B	40	90
C	300	60

[0055] 由于本发明的磁珠具有良好的悬浮稳定性,在实际应用过程中能更加完全、高效的吸附目标分离物,极大的减少了目标分离物的损失,尤其适用于低含量样本的提取,可大幅度减少检测的假阴性发生率。极高的吸附效率,也节省了操作过程中的等待时间。

[0056] 实施例3:DNA回收率测试-1

[0057] 将磁珠以1mg/ml的浓度分散在PEG溶液中,用Marker(100bp-III DNA Ladder)作为测试样本,将其浓度稀释至10ng/ $\mu$ l。

[0058] 取稀释后的Marker(10ng/ $\mu$ l) 50 $\mu$ l于EP管中,加入90 $\mu$ l磁珠(1mg/ml),涡旋震荡5

分钟。

[0059] 短暂离心后将EP管置于磁力架上,待溶液澄清后,吸弃上清液,用80%乙醇清洗磁珠两次。

[0060] 将乙醇晾干后,加入50 $\mu$ l TE溶液,涡旋震荡3分钟,将离心管置于磁力架上,待溶液完全澄清后,将上清液转移至新的EP管中,得到回收产物。

[0061] 对回收产物进行浓度测定,再算出回收率。结果如下(PC代表本发明磁珠):

[0062] PC为本发明经过表面羟基化、氨基和羧基化改性处理最终得到的磁珠,A为只经过表面羟基化处理得到的磁珠,B为经过表面羟基化和氨基改性处理得到的磁珠,C为采购自美国贝克曼公司的羧基磁珠。

[0063]

编号	回收产物浓度 (ng/ $\mu$ l)	回收产物体积 ( $\mu$ l)	回收总量 (ng)	回收率	回收率平均值
PC-1	9.80	50	490	98.00%	95.00%
PC-2	9.20	50	460	92.00%	

[0064]

PC-3	9.50	50	475	95.00%	
A-1	5.20	50	260	52.00%	49.00%
A-2	4.60	50	230	46.00%	
A-3	4.90	50	245	49.00%	
B-1	5.60	50	280	56.00%	53.67%
B-2	5.80	50	290	58.00%	
B-3	4.70	50	235	47.00%	
C-1	8.10	50	405	81.00%	80.67%
C-2	8.60	50	430	76.00%	
C-3	7.50	50	375	75.00%	

[0065] 实施例4:痕量DNA提取测试

[0066] 用指纹粘取器对指纹脱落细胞进行采集作为待提取样本,以美国贝克曼公司的羧

基磁珠为对照,对比验证实施例1经过表面羟基化、氨基和羧基化改性处理最终得到的磁珠的性能,按如下步骤进行提取:

[0067] 1.将粘有样品的黏取器黏膜用镊子撕下,黏性面朝向离心管中轴,放入1.5ml离心管。

[0068] 2.向放入样品的离心管内加入400 $\mu$ l裂解液、10 $\mu$ l蛋白酶K。涡旋震荡5~10秒,使其充分混合。

[0069] 3.将离心管放置于恒温混匀仪上,55 $^{\circ}$ C,2000rpm,20分钟。

[0070] 4.将离心管取下,短暂离心,用移液器将液体全部转至新的1.5ml离心管,加入400 $\mu$ l异丙醇,震荡混匀;加入10 $\mu$ l磁珠,涡旋混匀5~10秒,将离心管放置于垂直混匀仪上,室温,颠倒混匀10分钟。

[0071] 5.将离心管取下,短暂离心,置于磁力架上3~5分钟,至磁珠完全吸附后,吸弃液体。

[0072] 6.向离心管加入200 $\mu$ l清洗液,剧烈震荡5~10秒,放回磁力架,室温静置1~3分钟,至磁珠完全吸附后,弃上清。

[0073] 7.向离心管加入200 $\mu$ l清洗液,剧烈震荡5~10秒,放回磁力架,室温静置1~3分钟,至磁珠完全吸附后,弃上清。

[0074] 8.将离心管取下,短暂离心。放回磁力架,室温静置10秒,弃液体,将离心管从磁力架上取下,室温晾干3~5分钟。

[0075] 9.加入15 $\mu$ l 10mM Tris-HCl (pH 8.0)。涡旋震荡至磁珠与溶液成均一体系。

[0076] 10.将离心管放置于恒温混匀仪上,55 $^{\circ}$ C,2000rpm,10分钟。

[0077] 11.短暂离心,放回磁力架,室温静置2分钟,磁珠完全吸附后,吸取上清至新的1.5ml离心管。

[0078] 将提取产物进行PCR扩增,验证是否提取到人的基因组DNA。PCR产物电泳图见附图2。

[0079] PCR反应体系如下:ACTB引物混合物2 $\mu$ L;提取产物5 $\mu$ L;2 $\times$ Taq DNA聚合酶工作液12.5 $\mu$ L(采购自上海生工);无核酸酶水将体积补足至25 $\mu$ L。

[0080] ACTB引物序列如下:

[0081] ACTB-F:ACAGAGCCTCGCCTTTGC

[0082] ACTB-R:CCACCATCACGCCCTGG

[0083] PCR热循环条件为:95 $^{\circ}$ C,30s;30cycles\*(95 $^{\circ}$ C,15s;58 $^{\circ}$ C,15s;72 $^{\circ}$ C,30s);72 $^{\circ}$ C,5min。

[0084] 电泳结果如附图2所示,本发明磁珠提取痕量DNA PCR电泳结果为6例样本检出5例(目标片段为205bp,A1、A2、A3、A4和A6检出,A5未检出),检出率83.33%;美国贝克曼磁珠提取痕量DNA PCR电泳结果为6例样本检出2例(B1和B3检出,B2、B4、B5和A6未检出),检出率33.33%。从结果可看出,本发明磁珠对痕量DNA(指纹脱落细胞)的提取效果好且稳定性高,非常适用于低起始量的样本提取。也有效证明了本发明磁珠具有极优的吸附性能,应用范围将极其广泛,应用前景非常良好。

[0085] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但不能因此而理解为对本发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员

来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。因此,本发明专利的保护范围应以所附权利要求为准。

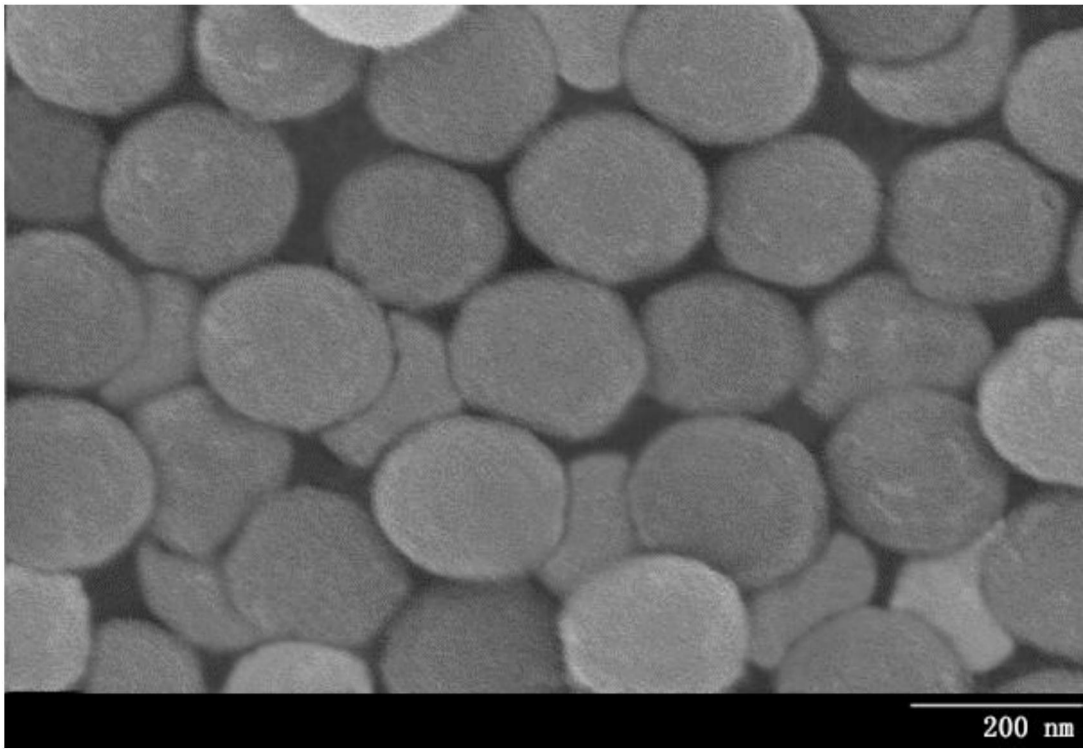


图1

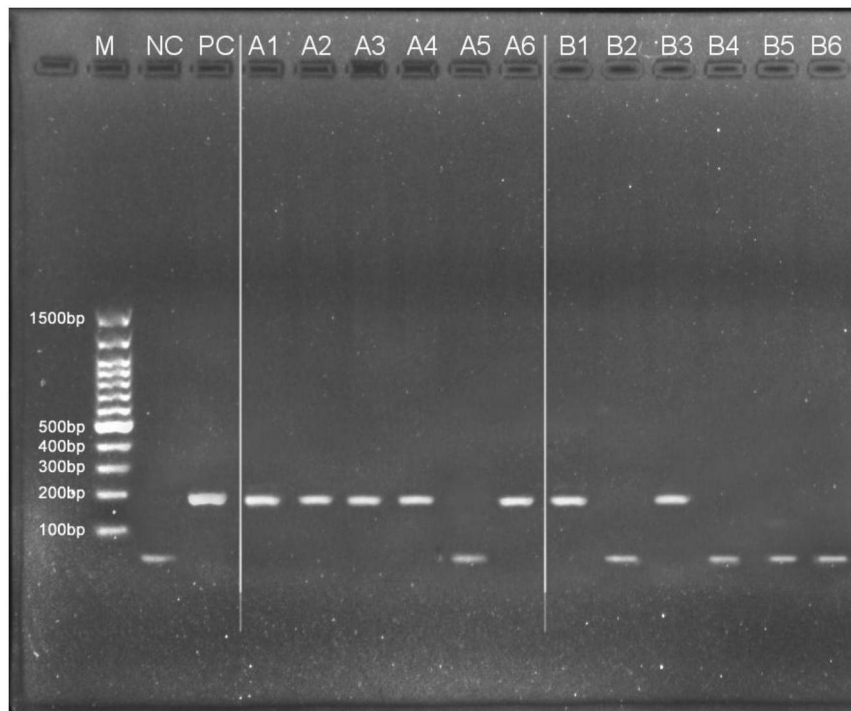


图2