



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103149183 B

(45) 授权公告日 2015.05.20

(21) 申请号 201310019161.0

(22) 申请日 2013.01.19

(73) 专利权人 桂林理工大学

地址 541004 广西壮族自治区桂林市建干路12号

(72) 发明人 陶慧林 徐铭泽 张学洪 张庆军 黎舒怀 廖秀芬 孙超 韦芳

(51) Int. Cl.

G01N 21/64(2006.01)

(56) 对比文件

CN 102830077 A, 2012.12.19, 全文.

CN 101271071 A, 2008.09.24, 全文.

Lijuan Zhang 等. Simple and sensitive detection method for chromium(VI) in water using glutathione-capped CdTe quantum

dots as fluorescent probes. 《Microchim Acta》. 2009, 第 166 卷第 61-68 页.

张勇等. 催化荧光法测定痕量铬(VI)的研究——铬(VI)——溴酸钠——还原型罗丹明B体系. 《河南师范大学学报(自然科学版)》. 1993, 第 21 卷(第 2 期), 第 28-31 页.

审查员 崔秀艳

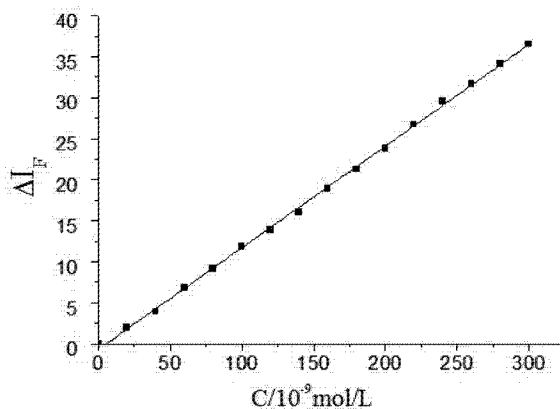
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种快速检测李氏禾中铬(VI)离子浓度的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种利用 CdTe@SiO₂量子点-罗丹明B能量转移体系检测李氏禾中铬(VI)离子的方法。体系以 CdTe@SiO₂量子点做给体,罗丹明B做受体,利用铬(VI)离子与罗丹明B通过静电相互作用结合形成新的复合物,造成罗丹明B的荧光猝灭,从而建立了一种测定李氏禾中铬(VI)离子的方法。罗丹明B荧光猝灭程度与铬(VI)离子的浓度在 2.0×10⁻⁸~3.0×10⁻⁷摩尔/升范围内呈良好的线性关系,线性相关系数 r=0.9992,方法检出限为 6.2×10⁻⁹摩尔/升。本发明克服了已有技术在检测时存在的选择性差、灵敏度低、反应条件苛刻、稳定差等缺点,有效地提高了选择性和灵敏度,对于李氏禾中铬(VI)离子的检测更加方便快捷。



1. 一种利用核壳型 CdTe@SiO₂量子点-罗丹明 B 能量转移体系快速检测李氏禾中铬(VI)离子浓度的方法,其特征在于具体步骤为:

一、CdTe@SiO₂量子点的制备:

(1) CdTe 量子点溶液的制备:

a. 称取 0.03~0.06 克碲粉和 0.12 克 NaBH₄置于洁净的三口烧瓶中,加入 2~5 毫升二次去离子水,混合均匀,在 65℃水浴和磁力搅拌下反应 20 分钟,得到紫色透明的 NaHTe 水溶液;

b. 在氮气保护下,在 200 毫升浓度为 0.0025 摩尔/升的 CdCl₂水溶液中,加入 0.10 毫升分析纯巯基乙酸,调节 pH 为 10,强搅拌下,迅速加入 2.00 毫升步骤(1)第 a 步制得的 NaHTe 水溶液,于 95℃下回流 2 小时,即获得澄清透明的水溶性 CdTe 量子点,然后将 CdTe 量子点分别放入透析袋中,用 pH=8.6 的 Tris-HCl 缓冲溶液透析过夜,透析后的溶液真空干燥,再用 pH=8.6 的 Tris-HCl 缓冲溶液溶解,制得 CdTe 量子点溶液;

(2) 采用反相微乳法制备 CdTe@SiO₂量子点溶液:

在室温,避光,氮气保护下,将 50 毫升分析纯环己烷,10 毫升分析纯聚乙二醇辛基苯基醚,8 毫升分析纯正己醇,400 微升步骤(1)第 b 步制得的 CdTe 量子点溶液和 600 微升二次去离子水,置于洁净干燥的三口瓶中,剧烈搅拌 30 分钟后,加入 600 微升质量百分浓度为 25% 的氨水和 500 微升分析纯硅酸乙酯,黑暗中反应 24 小时;反应结束后,采用丙酮破乳,离心后弃去上清液,并分别使用乙醇和水洗涤下层沉淀物,被洗净的沉淀物超声溶解于 20 毫升二次去离子水中,即制得 CdTe@SiO₂量子点溶液;

二、检测方法:

在 15 支 5 毫升的比色管中分别加入 10、20、30、40、50、60、70、80、90、100、110、120、130、140、150 微升铬(VI)离子溶液,再分别加入 1.00 毫升步骤一第(2)步制备得到的 CdTe@SiO₂量子点溶液和 200 微升 1.0×10^{-6} 摩尔/升的罗丹明 B 溶液,用 pH=8.4 的磷酸氢二钠-柠檬酸缓冲溶液定容至刻度,比色管中铬(VI)离子浓度分别为 2.0×10^{-8} 、 4.0×10^{-8} 、 6.0×10^{-8} 、 8.0×10^{-8} 、 1.0×10^{-7} 、 1.2×10^{-7} 、 1.4×10^{-7} 、 1.6×10^{-7} 、 1.8×10^{-7} 、 2.0×10^{-7} 、 2.2×10^{-7} 、 2.4×10^{-7} 、 2.6×10^{-7} 、 2.8×10^{-7} 、 3.0×10^{-7} 摩尔/升;反应 5 分钟后用 RF-5301PC 荧光光度计进行荧光强度检测,激发波长为 480 纳米,激发和发射狭缝宽度均为 5 纳米;所述缓冲溶液中磷酸氢二钠的摩尔浓度为 0.20 摩尔/升,柠檬酸的摩尔浓度为 0.10 摩尔/升;

三、标准工作曲线的绘制:

根据步骤二的检测结果,铬(VI)离子的浓度 C 在 2.0×10^{-8} ~ 3.0×10^{-7} 摩尔/升浓度范围内与荧光猝灭量即 ΔI_F 呈良好的线性关系,其线性回归方程为: $\Delta I_F = 0.124 C - 0.7062$, 线性相关系数 $r = 0.9992$;

四、待测李氏禾中铬(VI)离子浓度的检测:

(1) 取待测李氏禾根部,用 10.0 微摩尔/升的乙二胺四乙酸即 EDTA 浸洗 3 次,每次 10 分钟,去除根表面吸附的重金属离子,并使用超纯水清洗 3 次,在 105℃下干燥 30 分钟,于 70℃下恒温 48 小时,研磨成粉末,称取 0.40 克粉末于消解罐中,加入体积比为 5:3 的分析纯 HNO₃和分析纯 HClO₄混合溶液浸泡过夜,后使用微波消解仪在 800 瓦消解 15 分钟,用质量百分比浓度为 2% 的稀硝酸洗涤消解罐,将所得溶液定容于 250 毫升容量瓶中待测;

(2) 在 5 毫升比色管中加入 1.00 毫升步骤一第 (2) 步制得的 CdTe@SiO₂ 量子点溶液和 200 微升 1.0×10^{-6} 摩尔 / 升的罗丹明 B 溶液, 用 pH=8.4 的磷酸氢二钠 - 柠檬酸缓冲溶液定容至刻度, 加入步骤四第 (1) 步制得的待测溶液, 充分摇匀后放置反应 5 分钟, 在激发波长为 480 纳米, 激发和发射狭缝宽度均为 5 纳米下进行荧光强度检测, 测得荧光猝灭量即 ΔI_f , 根据步骤三所得的线性回归方程, 即算出待测李氏禾中铬 (VI) 离子的浓度 C; 所述缓冲溶液中磷酸氢二钠的摩尔浓度为 0.20 摩尔 / 升, 柠檬酸的摩尔浓度为 0.10 摩尔 / 升。

一种快速检测李氏禾中铬（VI）离子浓度的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种利用 CdTe@SiO₂量子点 - 罗丹明 B 能量转移体系快速检测李氏禾中铬（VI）离子浓度的方法。

背景技术

[0002] 铬离子（VI）是一种具有毒性、刺激性及不可降解性的致癌物质；随着工业的发展，铬被广泛应用于电镀、制革、矿产等行业中，有数据表明，世界上每年排放到大气、水及土壤中的铬高达 50 万吨，我国是铬污染较严重的国家之一；其中，六价铬将通过大气、水及生物链危害人类的健康，所以解决重金属铬的污染与防治问题迫在眉睫；植物修复铬污染是极具潜力的一种绿色技术，具有我国自主知识产权的新发现“李氏禾”是一种铬超富集植物，因其具有独特吸附铬的优势，现被学者们广泛研究其对铬富集的情况；为进一步探究李氏禾对于铬离子（VI）的富集机理及其在植物细胞内的作用情况，发明快速、准确、选择性高的测定李氏禾中铬离子（VI）的方法至关重要。

[0003] 目前，国内外探究李氏禾吸附铬离子含量主要采用分光光度法及原子吸收分光光度法，前者反应条件苛刻，检测性差、灵敏度较低，操作时间长；后者需要昂贵的仪器及复杂的前期处理；因此，寻求具有高灵敏，高选择性的检测铬离子（VI）的方法具有重要意义；而应用由核壳包裹型的荧光量子点作为能量转移体系的给体，相比于传统的荧光染料材料更环保，并使能量转移的受体（罗丹明 B）具有更高的荧光强度，从而建立快速、灵敏、准确的检测铬离子（VI）的方法；目前国内外应用 CdTe@SiO₂量子点 - 罗丹明 B 能量转移体系检测李氏禾中铬（VI）离子的方法尚未见报道。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种利用 CdTe@SiO₂量子点 - 罗丹明 B 能量转移体系快速检测李氏禾中铬（VI）离子浓度的方法。

[0005] 本发明思路：以环保核壳型的 CdTe@SiO₂量子点作为荧光能量转移的给体，罗丹明 B 作为受体，构成性能稳定的能量转移体系，CdTe@SiO₂量子点将能量传递给罗丹明 B，使其成为荧光强度更高的超灵敏荧光探针。而铬（VI）可以有效地猝灭罗丹明 B 的荧光强度。

[0006] 本发明具体机理：罗丹明 B 染料的面氯离子带有负电荷，而铬（VI）带有正电荷，因此罗丹明 B 与铬（VI）离子可以通过静电相互作用结合形成新的稳定复合体系，造成荧光猝灭，荧光猝灭量与铬（VI）离子的浓度在一定范围内呈良好的线性关系；发明结合李氏禾实际的生长情况，探究了李氏禾中可能存在干扰的离子对体系的影响，最终确定理想的检测方法。

[0007] 具体步骤为：

[0008] 一、CdTe@SiO₂量子点的制备：

[0009] (1) CdTe 量子点溶液的制备：

[0010] a. 称取 0.03~0.06 克碲粉和 0.12 克 NaBH₄置于洁净的三口烧瓶中，加入 2~5 毫升

二次去离子水,混合均匀,在65℃水浴和磁力搅拌下反应20分钟,得到紫色透明的NaHTe水溶液。

[0011] b. 在氮气保护下,在200毫升浓度为0.0025摩尔/升的 CdCl_2 水溶液中,加入0.10毫升分析纯巯基乙酸,调节pH为10,强搅拌下,迅速加入2.00毫升步骤(1)第a步制得的NaHTe水溶液,于95℃下回流2小时,即获得澄清透明的水溶性CdTe量子点,然后将CdTe量子点分别放入透析袋中,用pH=8.6的Tris-HCl缓冲溶液透析过夜,透析后的溶液真空干燥,再用pH=8.6的Tris-HCl缓冲溶液溶解,制得CdTe量子点溶液。

[0012] (2) 采用反相微乳法制备 CdTe@SiO_2 量子点溶液:

[0013] 在室温,避光,氮气保护下,将50毫升分析纯环己烷,10毫升分析纯聚乙二醇辛基苯基醚,8毫升分析纯正己醇,400微升步骤(1)第b步制得的CdTe量子点溶液和600微升二次去离子水,置于洁净干燥的三口瓶中,剧烈搅拌30分钟后,加入600微升质量百分浓度为25%的氨水和500微升分析纯硅酸乙酯,黑暗中反应24小时;反应结束后,采用丙酮破乳,离心后弃去上清液,并分别使用乙醇和水洗涤下层沉淀物,被洗净的沉淀物超声溶解于20毫升二次去离子水中,即制得 CdTe@SiO_2 量子点溶液。

[0014] 二、检测方法:

[0015] 在15支5毫升的比色管中分别加入10、20、30、40、50、60、70、80、90、100、110、120、130、140、150微升铬(VI)离子溶液,再分别加入1.00毫升步骤一第(2)步制备得到的 CdTe@SiO_2 量子点溶液和200微升 1.0×10^{-6} 摩尔/升的罗丹明B溶液,用pH=8.4的磷酸氢二钠-柠檬酸缓冲溶液定容至刻度,比色管中铬(VI)离子浓度分别为 2.0×10^{-8} 、 4.0×10^{-8} 、 6.0×10^{-8} 、 8.0×10^{-8} 、 1.0×10^{-7} 、 1.2×10^{-7} 、 1.4×10^{-7} 、 1.6×10^{-7} 、 1.8×10^{-7} 、 2.0×10^{-7} 、 2.2×10^{-7} 、 2.4×10^{-7} 、 2.6×10^{-7} 、 2.8×10^{-7} 、 3.0×10^{-7} 摩尔/升;反应5分钟后用RF-5301PC荧光光度计进行荧光强度检测,激发波长为480纳米,激发和发射狭缝宽度均为5纳米;所述缓冲溶液中磷酸氢二钠的摩尔浓度为0.20摩尔/升,柠檬酸的摩尔浓度为0.10摩尔/升。

[0016] 三、标准工作曲线的绘制:

[0017] 根据步骤二的检测结果,铬(VI)离子的浓度C在 2.0×10^{-8} ~ 3.0×10^{-7} 摩尔/升浓度范围内与荧光猝灭量(ΔI_F)呈良好的线性关系,其线性回归方程为: $\Delta I_F = 0.124C - 0.7062$,线性相关系数 $r = 0.9992$ 。

[0018] 四、待测李氏禾中铬(VI)离子浓度的检测:

[0019] (1) 取待测李氏禾根部,用10.0微摩尔/升的乙二胺四乙酸(EDTA)浸洗3次,每次10分钟,去除根表面吸附的重金属离子,并使用超纯水清洗3次,在105℃下干燥30分钟,于70℃下恒温48小时,研磨成粉末,称取0.40克粉末于消解罐中,加入体积比为5:3的分析纯 HNO_3 和分析纯 HClO_4 混合溶液浸泡过夜,后使用微波消解仪在800瓦消解15分钟,用质量百分浓度为2%的稀硝酸洗涤消解罐,将所得溶液定容于250毫升容量瓶中待测。

[0020] (2) 在5毫升比色管中加入1.00毫升步骤一第(2)步制得的 CdTe@SiO_2 量子点溶液和200微升 1.0×10^{-6} 摩尔/升的罗丹明B溶液,用pH=8.4的磷酸氢二钠-柠檬酸缓冲溶液定容至刻度,加入步骤四第(1)步制得的待测溶液,充分摇匀后放置反应5分钟,在激发波长为480纳米,激发和发射狭缝宽度均为5纳米下进行荧光强度检测,测得荧光猝灭量(ΔI_F),根据步骤三所得的线性回归方程,即算出待测李氏禾中铬(VI)离子的浓度C;所述

缓冲溶液中磷酸氢二钠的摩尔浓度为 0.20 摩尔 / 升, 柠檬酸的摩尔浓度为 0.10 摩尔 / 升。

[0021] 本发明的有益效果: 本发明的方法简便快捷、选择性好、灵敏度高, 避免了传统检测方法李氏禾中其他成分的干扰及实验条件苛刻的缺点, 减少部分无法直观有效进行表征的操作步骤, 把现阶段研究的热点量子点荧光标记技术与能量转移相结合应用于超富集植物李氏禾的铬吸附研究, 通过能量转移原理及 Stern-Volmer 方程分析, 探究出 CdTe@SiO₂ 量子点 - 罗丹明 B 能量转移体系对铬 (VI) 离子的荧光猝灭作用情况, 达到实际样品李氏禾中铬 (VI) 离子的有效检测效果, 同时对李氏禾中铬 (VI) 离子进行针对性检测的同时验证了其它离子几乎无干扰的现象, 该方法的引入将为李氏禾今后的研究和实际样品分析中提供准确科学的铬 (VI) 离子检测方法。

附图说明

[0022] 图 1 为本发明实施例制得的 CdTe@SiO₂ 量子点、所使用的罗丹明 B (RhB) 以及 CdTe@SiO₂ 量子点与罗丹明 B (RhB) 混合体系发生能量转移后的荧光光谱图。

[0023] 图中三条曲线分别表示在 480 纳米的激发波长下, CdTe@SiO₂ 量子点、罗丹明 B (RhB) 以及二者的混合体系 (CdTe@SiO₂ + RhB) 发生能量转移后的荧光光谱图。

[0024] 图 2 为本发明实施例中不同浓度的铬 (VI) 离子对罗丹明 B 的荧光猝灭光谱图。

[0025] 图中 a 为 1.0×10^{-6} mol/L 的罗丹明 B 的荧光光谱; b-p 代表浓度为 2.0×10^{-8} 、 4.0×10^{-8} 、 6.0×10^{-8} 、 8.0×10^{-8} 、 1.0×10^{-7} 、 1.2×10^{-7} 、 1.4×10^{-7} 、 1.6×10^{-7} 、 1.8×10^{-7} 、 2.0×10^{-7} 、 2.2×10^{-7} 、 2.4×10^{-7} 、 2.6×10^{-7} 、 2.8×10^{-7} 、 3.0×10^{-7} 摩尔 / 升的铬 (VI) 离子对罗丹明 B 的荧光猝灭光谱图。

[0026] 图 3 为本发明实施例铬 (VI) 离子浓度 C 与 CdTe@SiO₂ 量子点 - 罗丹明 B 能量转移体系荧光猝灭量 ΔI_p 的关系图。

具体实施方式

[0027] 实施例:

[0028] 一、CdTe@SiO₂ 量子点的制备:

[0029] (1) CdTe 量子点溶液的制备:

[0030] a. 称取 0.048 克碲粉和 0.12 克 NaBH₄ 置于洁净的三口烧瓶中, 加入 2.00 毫升二次去离子水, 混合均匀, 在 65°C 水浴和磁力搅拌下反应 20 分钟, 得到紫色透明的 NaHTe 水溶液。

[0031] b. 在氮气保护下, 在 200 毫升浓度为 0.0025 摩尔 / 升的 CdCl₂ 水溶液中, 加入 0.10 毫升分析纯巯基乙酸, 调节 pH 为 10, 强搅拌下, 迅速加入 2.00 毫升步骤 (1) 第 a 步制得的 NaHTe 水溶液, 于 95°C 下回流 2 小时, 即获得澄清透明的水溶性 CdTe 量子点, 然后将 CdTe 量子点分别放入透析袋中, 用 pH=8.6 的 Tris-HCl 缓冲溶液透析过夜, 透析后的溶液真空干燥, 再用 pH=8.6 的 Tris-HCl 缓冲溶液溶解, 制得 CdTe 量子点溶液。

[0032] (2) 采用反相微乳法制备 CdTe@SiO₂ 量子点溶液:

[0033] 在室温, 避光, 氮气保护下, 将 50 毫升分析纯环己烷, 10 毫升分析纯聚乙二醇辛基苯基醚, 8 毫升分析纯正己醇, 400 微升步骤 (1) 第 b 步制得的 CdTe 量子点溶液和 600 微升二次去离子水, 置于洁净干燥的三口瓶中, 剧烈搅拌 30 分钟后, 加入 600 微升质量百分百浓

度为 25% 的氨水和 500 微升分析纯硅酸乙酯, 黑暗中反应 24 小时; 反应结束后, 采用丙酮破乳, 离心后弃去上清液, 并分别使用乙醇和水洗涤下层沉淀物, 被洗净的沉淀物超声溶解于 20 毫升二次去离子水中, 即制得 CdTe@SiO₂ 量子点溶液。

[0034] 二、检测方法:

[0035] 在 15 支 5 毫升的比色管中分别加入 10、20、30、40、50、60、70、80、90、100、110、120、130、140、150 微升铬(VI) 离子溶液, 再分别加入 1.00 毫升步骤一第(2)步制备得到的 CdTe@SiO₂ 量子点溶液和 200 微升 1.0×10^{-6} 摩尔/升的罗丹明 B 溶液, 用 pH=8.4 的磷酸氢二钠-柠檬酸缓冲溶液定容至刻度, 比色管中铬(VI) 离子浓度分别为 2.0×10^{-8} 、 4.0×10^{-8} 、 6.0×10^{-8} 、 8.0×10^{-8} 、 1.0×10^{-7} 、 1.2×10^{-7} 、 1.4×10^{-7} 、 1.6×10^{-7} 、 1.8×10^{-7} 、 2.0×10^{-7} 、 2.2×10^{-7} 、 2.4×10^{-7} 、 2.6×10^{-7} 、 2.8×10^{-7} 、 3.0×10^{-7} 摩尔/升; 反应 5 分钟后用 RF-5301PC 荧光光度计进行荧光强度检测, 激发波长为 480 纳米, 激发和发射狭缝宽度均为 5 纳米; 所述缓冲溶液中磷酸氢二钠的摩尔浓度为 0.20 摩尔/升, 柠檬酸的摩尔浓度为 0.10 摩尔/升。

[0036] 三、标准工作曲线的绘制

[0037] 根据步骤二的检测结果, 铬(VI) 离子的浓度 C 在 2.0×10^{-8} ~ 3.0×10^{-7} 摩尔/升浓度范围内与荧光猝灭量 (ΔI_f) 呈良好的线性关系, 其线性回归方程为: $\Delta I_f = 0.124C - 0.7062$, 线性相关系数 $r = 0.9992$ 。

[0038] 四、待测李氏禾中铬(VI) 离子浓度的检测

[0039] (1) 待测李氏禾采摘于桂林市雁山区, 供试土壤铬(VI) 含量分别为 0、50、100 毫克/千克, 培育 45 天后, 取待测李氏禾根部, 用 10.0 微摩尔/升的乙二胺四乙酸(EDTA) 浸洗 3 次, 每次 10 分钟, 去除根表面吸附的重金属离子, 并使用超纯水清洗 3 次, 在 105°C 下干燥 30 分钟, 于 70°C 下恒温 48 小时, 研磨成粉末, 称取 0.40 克粉末于消解罐中, 加入体积比为 5:3 的分析纯 HNO₃ 和分析纯 HClO₄ 混合溶液浸泡过夜, 后使用微波消解仪在 800 瓦消解 15 分钟, 用质量百分浓度为 2% 的稀硝酸洗涤消解罐, 将所得溶液定容于 250 毫升容量瓶中待测。

[0040] (2) 在 5 毫升比色管中加入 1.00 毫升步骤一第(2)步制得的 CdTe@SiO₂ 量子点溶液和 200 微升 1.0×10^{-6} 摩尔/升的罗丹明 B 溶液, 用 pH=8.4 的磷酸氢二钠-柠檬酸缓冲溶液定容至刻度, 加入步骤四第(1)步制得的待测溶液, 充分摇匀后放置反应 5 分钟, 在激发波长为 480 纳米, 激发和发射狭缝宽度均为 5 纳米下进行荧光强度检测, 测得荧光猝灭量 (ΔI_f), 根据步骤三所得的线性回归方程, 即算出待测李氏禾中铬(VI) 离子的浓度 C, 计算回收率, 结果如表 1 所示; 所述缓冲溶液中磷酸氢二钠的摩尔浓度为 0.20 摩尔/升, 柠檬酸的摩尔浓度为 0.10 摩尔/升。

[0041] 表 1 样品测定和加标回收试验数据

[0042]

样品	测定值(n=8) mol/L	RSD (n=8) %	加标量 mol/L	总测定值 mol/L	回收率 %
李氏禾 1	6.74×10^{-8} mol/L	2.10	1.0×10^{-7} mol/L	16.50×10^{-8} mol/L	97.67
李氏禾 2	12.61×10^{-8} mol/L	1.87	1.0×10^{-7} mol/L	22.23×10^{-8} mol/L	96.20
李氏禾 3	16.92×10^{-8} mol/L	1.54	1.0×10^{-7} mol/L	27.33×10^{-8} mol/L	104.07

[0043] 五、干扰离子对体系的影响情况实验研究

[0044] 在 5 毫升比色管中加入 1.00 毫升步骤一第 (2) 步制得的 CdTe@SiO₂量子点溶液和 200 微升 1.0×10^{-6} 摩尔 / 升的罗丹明 B 溶液, 用 pH=8.4 的磷酸氢二钠 - 柠檬酸缓冲溶液定容至刻度, 分别加入 10 微升浓度为 1.0×10^{-3} 摩尔 / 升的 Zn²⁺、Ba²⁺、Cu²⁺、Mn²⁺、Hg²⁺、Fe³⁺、Al³⁺、Mo(VI)、SO₃²⁻、SO₄²⁻, 0.9×10^{-3} 摩尔 / 升的 Br⁻、Ni²⁺、Cl⁻, 2.0×10^{-3} 摩尔 / 升的 NO₂⁻、CO₃²⁻、NO₃⁻、PO₄³⁻, 1.5×10^{-3} 摩尔 / 升的 K⁺、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺ 干扰离子, 充分摇匀后放置反应 5 分钟, 在激发波长为 480 纳米, 激发和发射狭缝宽度均为 5 纳米下进行荧光强度检测, 结果如表 2 所示; 所述缓冲溶液中磷酸氢二钠的摩尔浓度为 0.20 摩尔 / 升, 柠檬酸的摩尔浓度为 0.10 摩尔 / 升。

[0045] 表 2 干扰离子对体系的影响情况

[0046]

干扰离子	浓度 (1.0×10^{-6} mol/L)	对体系的影响 (%)
Zn ²⁺ 、Ba ²⁺ 、Cu ²⁺ 、Mn ²⁺	1.0	2.6
K ⁺ 、Na ⁺ 、Ca ²⁺ 、Mg ²⁺	1.5	4.7
Hg ²⁺ 、Fe ³⁺ 、Al ³⁺ 、Mo(VI)	1.0	3.5
Br ⁻ 、Ni ²⁺ 、Cl ⁻	0.9	2.3
NO ₂ ⁻ 、CO ₃ ²⁻	2.0	2.7
NO ₃ ⁻ 、PO ₄ ³⁻	2.0	3.1
SO ₃ ²⁻ 、SO ₄ ²⁻	1.0	1.6

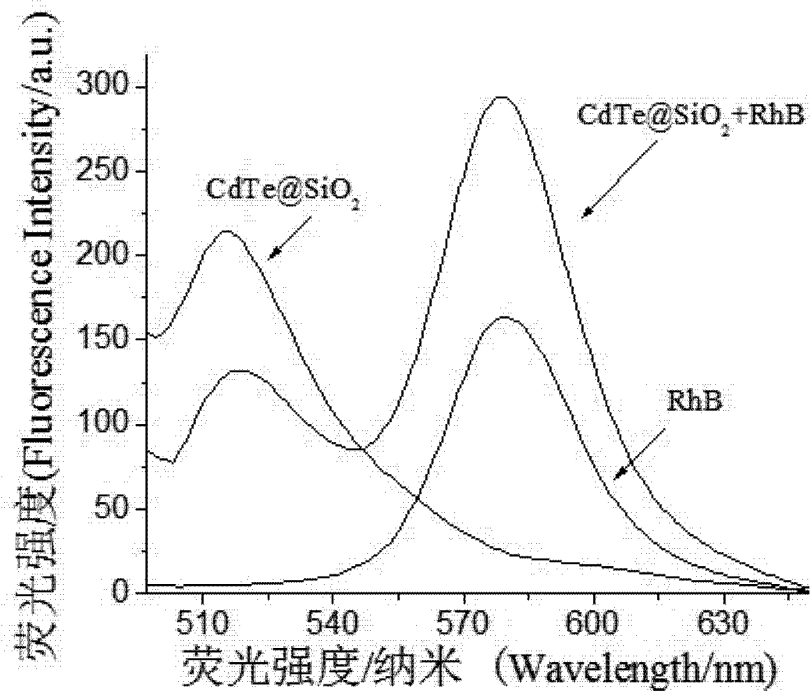


图 1

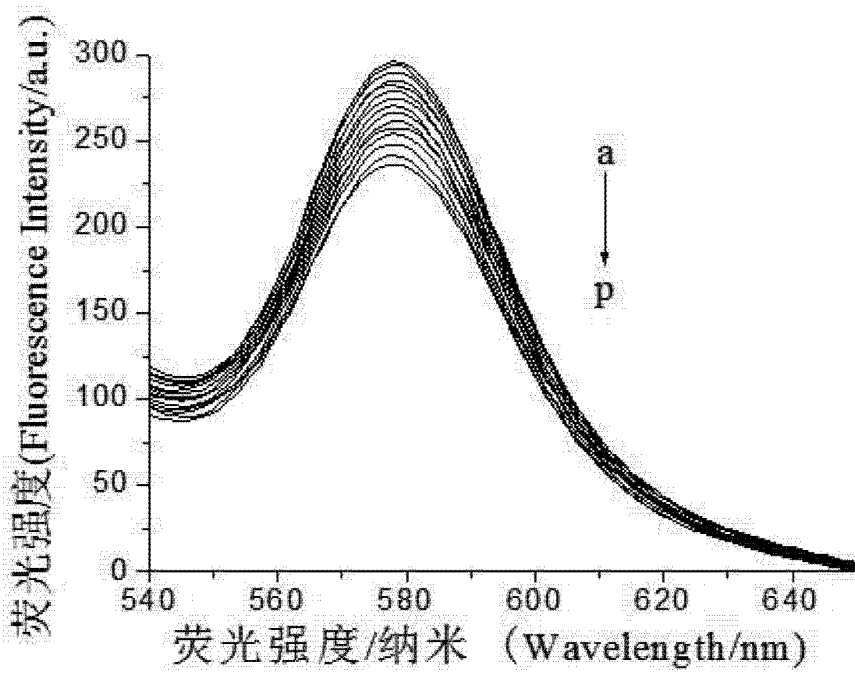


图 2

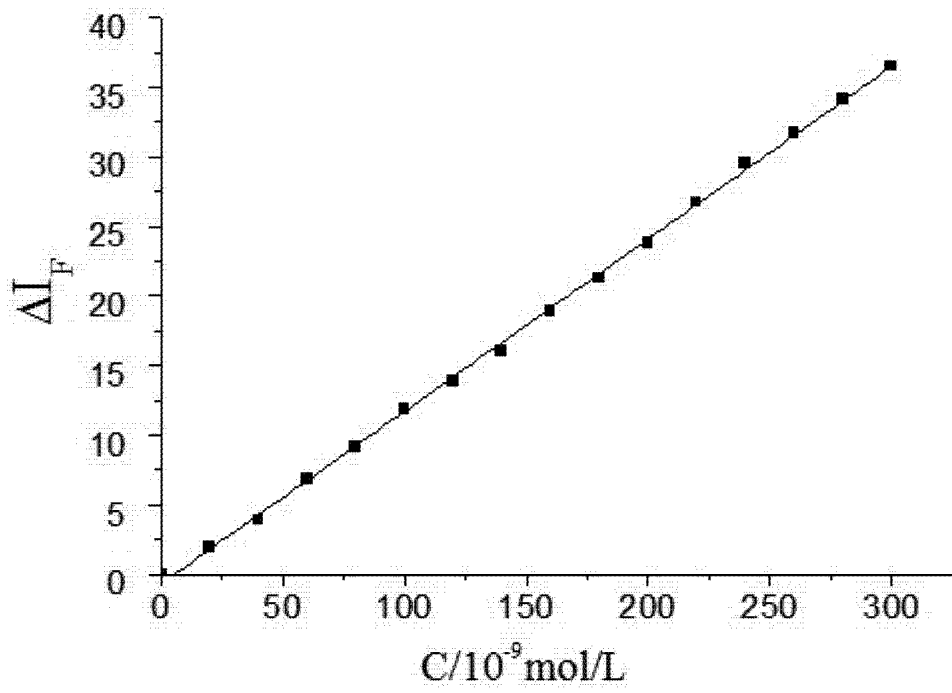


图 3