

基于耦合微流控芯片的可逆式铵检测及其影响因素研究

周 昊, 杨 正

浙江大学能源清洁利用国家重点实验室, 浙江 杭州 310027

摘 要 铵(NH_4^+)的光谱检测有着重要的意义,随着微流控领域的发展,以快速性、便携性以及多组分检测为目标的微流控光谱分析成效显著。但是分析中存在的指示剂浪费问题一直没有得到解决。锌卟啉作为一种天然的自发光分子,能够实现 NH_4^+ 的可逆性检测,解决这一问题,但却存在选择性低的缺点。针对这些问题,实验设计了一种耦合微流控芯片,由反应芯片、气体扩散芯片和检测芯片组成。其中反应芯片用于将 NH_4^+ 转化为 NH_3 ,由聚二甲基硅氧烷制成;气体扩散芯片使 NH_3 扩散进入待测溶液,由上下两片玻璃芯片及夹在中间的一层 PDMS 材质的气体透过膜制成;而检测芯片则通过多层结构将指示剂固定在其中。指示剂是通过将锌卟啉永久染色在离子交换树脂上制作而成的,在遇到 NH_3 分子时会产生由绿到紫的变化,而当周围变成纯水环境时,又能够实现从紫到绿的逆向变化。以此耦合芯片为分析平台,搭建了一套小型化的光谱检测系统,以便携式光谱仪为分析器件,通过测量 450 nm 处的透射光谱强度变化,实现了 NH_4^+ 的定量检测,同时研究了影响检测结果的三个参数:气体透过膜厚度,流速和指示剂用量。首先通过光谱强度随时间的变化,我们证明了指示过程的可逆性,因而解决了指示剂浪费的问题,时间响应也说明了指示过程的快速性;接着通过与对照实验的对比,说明检测过程具有很高的选择性,能够排除干扰物的影响,光谱变化仅仅是因为 NH_3 的存在;通过改变气体扩散芯片中气体透过膜的厚度,得到了膜厚和光谱强度变化之间的关系,膜的厚度增加使得检测效果变差,但当膜厚小于 10 μm 时效果基本不变,考虑到机械强度,选择了 10 μm 作为膜的最佳厚度;随即研究了耦合芯片中流速对于光谱强度变化的影响,发现流速的增加会使得光谱强度变化减小,但流速小于 5 $\mu\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ 时效果基本不变;最后又研究了指示剂用量对于光谱强度变化的影响,证明指示剂过多和过少都会影响检测效果,以 5 mg 为最佳。这套以耦合芯片为平台的光谱分析系统具有体积小,经济性高,响应迅速的特点,能够实现 NH_4^+ 高选择性、可逆性的定量测量。

关键词 NH_4^+ 检测;耦合微流控芯片;光谱分析;可逆性;影响因素

中图分类号: O433.4 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2019)12-3749-06

引 言

铵盐是地球上的常见物质之一,对铵盐的检测有着重要意义,比如常见的工业锅炉中硫酸氢氨的形成会造成脱硝催化剂的堵塞等问题^[1]。用光谱分析进行铵检测是其中一种重要的办法,主要是根据溶液中的铵根离子与指示剂发生反应而产生颜色变化,在特定波长处测定光谱变化而得到其浓度。比如在我国国标中就规定了纳氏试剂^[2]和次氯酸钠-水杨酸^[3]作为指示剂的标准方法。

另一方面,由于对快速性,便携性以及多组分检测等要求的逐步提升,微流控芯片光谱分析逐渐展现出巨大的潜力^[4-6],同时,微流控芯片的常用材料如聚二甲基硅氧烷

(PDMS)^[7],聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)^[8],玻璃^[9]等都具有良好的透光性,因此基于微流控芯片的 NH_4^+ 检测已经取得了一定成果^[10]。然而这一类指示剂存在的共同缺点是不可逆性,指示剂与 NH_4^+ 反应不能逆向进行,因此造成了指示剂的浪费。

卟啉是一类具有强烈自发光特性的分子,能够与各种各样的物质发生反应而产生明显的变色反应^[11]。因此,卟啉是一类性质优良的化学指示剂,能够指示诸如 NO ^[12], H_2O_2 ^[13], 氰化物^[14]等各种污染物。其中四苯基锌卟啉(ZnTPP),简称锌卟啉,能够与 NH_3 分子产生可逆的变色反应,然而这种方法的缺陷在于锌卟啉本身能够与多种化学成分进行反应,对 NH_3 的选择性较低。

基于这些情况,本文采用了一种基于耦合微流控芯片的

收稿日期: 2018-10-31, 修订日期: 2019-02-25

基金项目: 国家杰出青年基金项目(51825605)资助

作者简介: 周 昊, 1973 年生, 浙江大学能源清洁利用国家重点实验室教授 e-mail: zhouhao@zju.edu.cn

光谱方法进行 NH_4^+ 检测。耦合芯片包括了一块反应芯片，一块气体扩散芯片和一块检测芯片。通过一系列流程实现了 NH_4^+ 高选择性、可逆的测量。由于耦合芯片影响因素众多，实验还对会影响测量的几个因素进行了逐一研究，确定了各个影响因素的最佳参数。同时，以便携式光谱仪作为分析器件的系统具有体积小，响应迅速，经济性高等特点。

1 实验部分

1.1 试剂与材料

芯片制作材料包括光刻胶 (SU-8 2015, Microchem), PDMS (DC-184, Dow Corning) 及固化剂, 铬版玻璃 (涂有 145 nm 的铬层和 570 nm 的光刻胶), 单面抛光的硅片 (4 inch) 等, 芯片制作见 1.2 节。四苯基锌卟啉 (5, 10, 15, 20-Tetraphenyl-21H, 23H-porphine zinc, J&K), 氢型阳离子交换树脂 (Dowex 50WX4 hydrogen form, J&K) 用于制作指示剂。具体过程见前人工作^[15]。氯化铵 (NH_4Cl , Aladdin) 用不同剂量的去离子水配制成不同浓度的 NH_4^+ 溶液。本文中提到的浓度均指的是 NH_4^+ 的浓度, 而非 NH_4Cl 的浓度。1 mol · L⁻¹ 的氢氧化钠 (NaOH, Sinopharm Chemical Reagent

Co., Ltd) 和 0.1 mol · L⁻¹ 的乙二胺四乙酸 (EDTA, Sinopharm Chemical Reagent Co., Ltd) 混合溶液用来与 NH_4Cl 溶液进行反应。

1.2 光谱检测系统

整个光谱检测系统如图 1 所示, 由 LED 灯和准直器产生的白光, 通过耦合芯片之后到达光收集器。光收集器由一片聚焦透镜 (LA1131-A-ML, Thorlabs) 和距离焦平面 50 mm 远的光纤组成, 光经光纤传导到便携式光谱仪 (USB 650, Ocean Optics), 再通过计算机进行记录。

耦合芯片的详细结构如图 1 所示, 其制作如下: 反应芯片的材质为 PDMS, 采用的是标准的光刻法, 具体过程可以见前人工作^[16], 做出的微通道的深度和宽度都是 100 μm ; 气体扩散芯片使用的是上下对称的两片玻璃材质的芯片, 制作过程可以参见前人工作^[17], 同时, 我们制作了一层 PDMS 材质的气体透过膜, 然后将膜通过等离子处理, 与上下两片玻璃芯片永久封合, 做成气体扩散芯片; 检测芯片采用四层结构, 最下层是玻璃片, 其上是一层悬涂上的 PDMS 薄膜, 膜上固定着染有锌卟啉的离子交换树脂, 再上面是中间打有 10 mm 通孔的玻璃片, 最上层则是同样用光刻法做成的 PDMS 芯片, PDMS 与玻璃之间通过等离子处理实现永久封合。

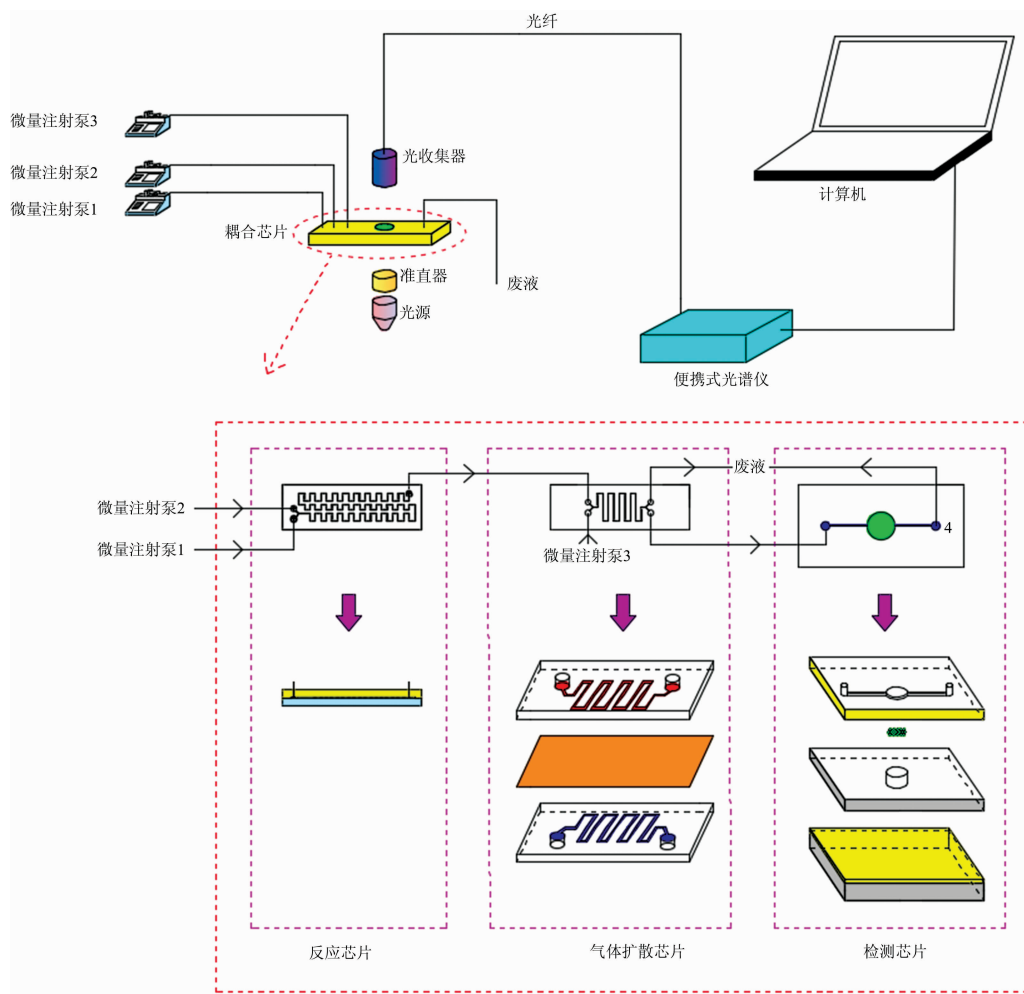


图 1 光谱检测系统及耦合芯片原理图

Fig. 1 Schematic of the spectrum detection system and the coupled chip

耦合芯片内部的具体流动路径为： NH_4Cl 和 NaOH （以及 EDTA）分别由微量注射泵 1 和 2 (Elite Pump 11, Harvard) 注射进入反应芯片，生成 NH_3 ，成为给体溶液，然后进入气体扩散芯片的上层芯片，同时由微量注射泵 3 将去离子水注射进入气体扩散芯片的下层芯片作为受体溶液，接收由给体溶液通过气体透过膜扩散的 NH_3 ，成为待测溶液，进入检测芯片，通过与锌卟啉的反应完成光谱测量。

2 结果与讨论

2.1 可逆的光谱分析及其时间响应

锌卟啉检测的原理是锌卟啉接收 NH_3 分子上的孤对电子，从绿色变为紫色，这个过程称为变色过程。反应的可逆性则表现为，如果用去离子水取代锌卟啉周围的 NH_3 溶液， NH_3 将和锌卟啉分离，锌卟啉又会从紫色恢复到绿色，这个过程称为复原过程。

光谱仪曝光时间为 8 ms，每 10 s 记录一次光谱数据，在测量前先存储暗光谱并在之后的测量中预先扣除。在注射泵 1, 2 和 3 都采用去离子水的情况下测量得到参考光谱 S_c 。然后开始进行正式测量，测量得到的光谱记为 S_d 。光谱都用最大值进行归一化，然后取 450 nm 处的强度进行计算。在此，引入(透射)光谱强度变化，记为 ΔS 并按照如式(1)进行计算

$$\Delta S = S_d - S_c \quad (1)$$

显然，由于我们取的是 450 nm 处的强度，属于紫色波段，在变色过程中，由于锌卟啉从绿变紫， ΔS 为正值，表示 450 nm 处的光强增强了；而复原过程则相反，锌卟啉恢复到原始状态的光谱表现是 ΔS 逐渐减小为 0。

首先在注射泵 1 和 2 的流速为 $1 \mu\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ ，注射泵 3 的流速为 $2 \mu\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ ， NH_4^+ 浓度为 $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ，气体透过膜厚度为 $10 \mu\text{m}$ 的条件下，进行了可逆性的验证，将两个过程开始的时间记为 0 时刻，得到的 ΔS 随时间的变化如图 2 所示。

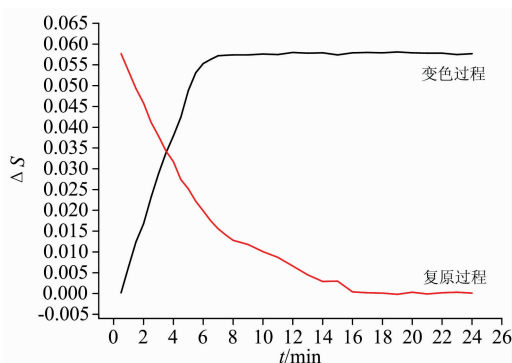


图 2 NH_4^+ 浓度为 $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时的时间响应
Fig. 2 The time response for NH_4^+ concentration of $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$

从图 2 中可以很明显地看到，变色过程中， ΔS 从 0 开始迅速上升，经过了大约 8 min 的时间，最终稳定在了 0.057 8 左右，也就是说，在 8.5 min 内锌卟啉完成了从绿色到紫色

变化的全部过程。类似地，复原过程中， ΔS 用了大约 16 min 的时间从最大值变为了 0，此时锌卟啉恢复到测量开始之前的绿色状态。从变色过程和复原过程来看，明显变色过程要更快，所需要的时间几乎只是复原时间的一半。我们在研究不同浓度的 NH_4^+ 溶液的过程中还发现，不同浓度下的变色过程和复原过程时间略有不同，例如在 NH_4^+ 浓度为 $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时，变色过程和复原过程时间分别为 6.6 和 13 min，而浓度为 $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时，两个过程时间分别为 9.1 和 18.9 min。总体而言，随着 NH_4^+ 浓度上升，变色过程和复原过程时间都略有增加，但可以看出整个过程确实是非常快速的。而且，复原过程的 ΔS 恢复到 0 的结果说明了锌卟啉指示 NH_3 (NH_4^+) 的过程确实是可逆的。由于锌卟啉永久地染色在离子交换树脂表面，而离子交换树脂又固定在检测芯片中。这样，锌卟啉能够在耦合芯片中重复地进行多次检测，这无疑大大提高了检测的经济性。

2.2 气体透过膜厚度的影响

气体透过膜是气体扩散芯片的核心。由于不同厚度的膜扩散性能相差较多，因此我们制作了不同厚度的 PDMS 气体透过膜，并在不同的 NH_4^+ 浓度下进行了测试。需要指明的是，对照工况是在注射泵 1 注射去离子水，注射泵 2 注射 NaOH 和 EDTA，注射泵 3 注射去离子水的情况下进行 10 min 的测试得到结果的平均值。得到的气体透过膜厚度对测量的影响如图 3 所示。

图 3 中首先值得注意的是对照工况和任何一种实验工况的对比。对照实验的设置是为了证明耦合芯片测量的高选择性。因为锌卟啉检测是基于 Lewis 酸碱理论，因此实际上有很多种可以作为 Lewis 碱的物质同样会使锌卟啉变色。具体到本实验，由于气体扩散芯片和碱性条件的存在，唯一可能形成干扰的就是 NaOH 。而通过对照实验的结果可以发现，如果没有 NH_4^+ ，仅有 NaOH ， ΔS 的值为 0，也就是说， NaOH 不会通过气体透过膜而对实验产生影响，锌卟啉的变色仅仅是因为 NH_3 的存在。

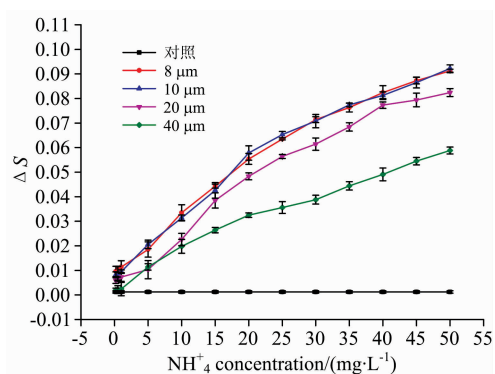


图 3 不同气体透过膜厚度下 NH_4^+ 浓度与光谱强度变化的关系

Fig. 3 The relationship between the NH_4^+ concentration and the spectrum intensity change for various gas-diffusion membrane thickness

比较不同厚度的 PDMS 膜形成的实验结果，可以发现，

膜厚确实非常影响扩散情况和实验结果。尽管不同厚度的膜都呈现了相同的趋势,即随着 NH_4^+ 浓度的提升, ΔS 逐渐增大,但增大趋势却相差甚远。气体透过膜厚度为 $40\ \mu\text{m}$ 的耦合芯片在最大测试浓度下的 ΔS 仅为 0.0588 ,而随着厚度减小, 20 , 10 和 $8\ \mu\text{m}$ 的膜厚对应的这一数值依次为 0.0824 , 0.0922 和 0.0912 。显然, 40 和 $20\ \mu\text{m}$ 的膜厚都使得气体扩散过程没有进行完全,而 10 和 $8\ \mu\text{m}$ 的膜厚形成的结果极为相近,我们可以认为,此时的气体扩散过程已经进行完全。但是随着厚度的减小,气体透过膜的机械强度会减小,使用寿命会降低,因此综合考虑, $10\ \mu\text{m}$ 厚的 PDMS 气体透过膜是气体扩散芯片的最佳选择。

2.3 流速的影响

在研究流速的影响过程中,注射泵 1, 2 和 3 三者之间流速 ν_1 , ν_2 和 ν_3 的关系始终保持为 $\nu_1 = \nu_2$, $\nu_3 = \nu_1 + \nu_2$ 。以 ν_1 为基准,得到的流速对测量结果的影响如图 4 所示。

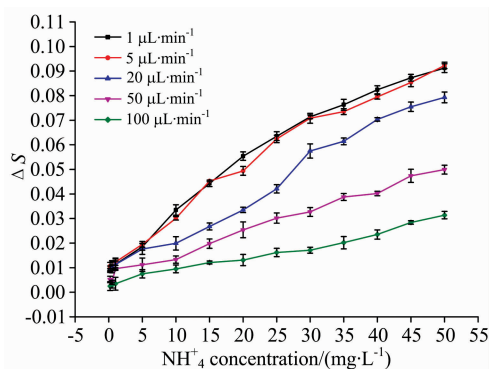


图 4 不同流速下 NH_4^+ 浓度与光谱强度变化的关系

Fig. 4 The relationship between the NH_4^+ concentration and the spectrum intensity change for various flow rate

ν_1 分别为 1 , 5 , 20 , 50 和 $100\ \mu\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ 形成的结果有着非常显著的差异。随着流速的上升,几乎在每个浓度下的 ΔS 都呈下降的趋势,不过 1 和 $5\ \mu\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ 的流速得到的结果相差不大,原因可能是在流速小于 $5\ \mu\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ 时反应芯片中的反应和气体扩散芯片中的扩散都已经进行完全。而随着流速继续增加,可能是其中某一环节或者二者共同作用的原因, ΔS 相差越来越远,当流速为 $100\ \mu\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ 时,形成的已经是一条变化率非常低的曲线,最大浓度下对应的 ΔS 仅为 $5\ \mu\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ 时的 $1/3$ 左右。因此,为了得到较好的检测效果,注射泵 1 的流速选择应为不高于 $5\ \mu\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

2.4 指示剂用量的影响

在研究中我们发现,在检测芯片中放入不同质量的指示剂(染有锌卟啉的离子交换树脂),最终得到的光谱也有所不同,因此,分别对于放 1.0 , 5.0 和 $10.0\ \text{mg}$ 的指示剂,我们在不同浓度下进行了实验,得到的结果如图 5 所示。

可以看到,在浓度较低的情况下,三者的结果基本相同,但随着浓度提升, $1.0\ \text{mg}$ 的指示剂对应的 ΔS 增长非常缓慢, $10.0\ \text{mg}$ 的次之,而 $5.0\ \text{mg}$ 对应的 ΔS 是三者中最大的,而且变化幅度也较大,对于检测来讲,无疑是最优的选择。 $1.0\ \text{mg}$ 的指示剂由于量太少,所以产生的光谱变化也较小,但是指示剂也并不是越多越好。实际上,在检测芯片中,变色的是染在离子交换树脂表面的锌卟啉,而不是待测溶液,因此光需要穿过离子交换树脂之间的缝隙进入光收集器,才能够得到信号。因此, $10.0\ \text{mg}$ 的指示剂可能是因为离子交换树脂之间太密集,使得光的传播受到了一定的阻碍,因此 ΔS 反而不如 $5.0\ \text{mg}$ 的情况。

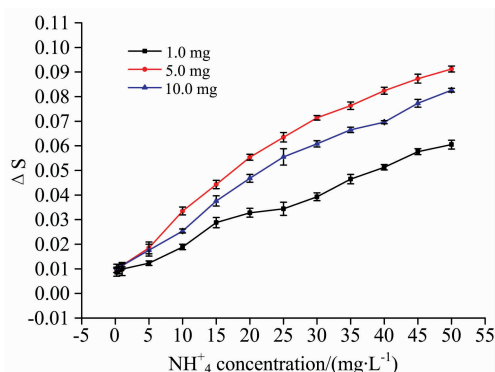


图 5 不同指示剂用量下 NH_4^+ 浓度与光谱强度变化的关系

Fig. 5 The relationship between the NH_4^+ concentration and the spectrum intensity change for various indicating material quantities

3 结论

以反应芯片-气体扩散芯片-检测芯片组成的耦合微流控芯片为基础,组成了一套光谱检测系统。既解决了光谱检测中指示剂浪费的问题,同时克服了选用的指示剂-锌卟啉选择性不高的困难。

(1)通过不同过程光谱强度变化值(ΔS),证明反应具有良好的可逆性;同时由于指示剂的变色过程和复原过程都比较迅速,因此检测过程非常迅速。

(2)与对照实验对比证明了检测具有高选择性;气体扩散芯片中的膜厚越厚,检测效果越差,但厚度小于 $10\ \mu\text{m}$ 时效果不变,考虑到机械强度和寿命, $10\ \mu\text{m}$ 为最佳。

(3)由于对反应芯片中的反应和气体扩散芯片中的扩散有影响,流速的增加会导致检测效果的下降,但是微量注射泵 1 的流速不高于 $5\ \mu\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ 时效果基本不变。

(4)指示剂用量同样影响检测效果,不宜过多也不宜过少,实验中的工况以 $5.0\ \text{mg}$ 为最佳。

References

- [1] Muzio L, Bogseth S, Himes R, et al. Fuel, 2017, 206: 180.
- [2] HJ 535—2009, Water Quality—Determination of Ammonia Nitrogen—Nessler's Reagent Spectrophotometry(水质氨氮的测定纳氏试剂)

分光光度法).

- [3] HJ 536—2009, Water Quality—Determination of Ammonia Nitrogen—Salicylic Acid Spectrophotometry(水质氨氮的测定水杨酸分光光度法).
- [4] GU Wen-wen(顾雯雯). Optics and Precision Engineering(光学精密工程), 2014, 22(8): 2159.
- [5] ZHANG Hao, GONG Li, XIE Fang-yan, et al(张浩, 龚力, 谢方艳, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2017, 37(2): 350.
- [6] YANG Xing-hua, YUAN Ting-ting, ZHAO Qi-kai, et al(杨兴华, 苑婷婷, 赵其锴, 等). Journal of Applied Sciences(应用科学学报), 2017, 35(4): 503.
- [7] LIU Jun-shan, XIAO Qing-long, GE Dan, et al(刘军山, 肖庆龙, 葛丹, 等). Chinese Journal of Analytical Chemistry(分析化学), 2015, 43(7): 977.
- [8] MU Li-li, RONG Li, HUANG You-rui, et al(穆莉莉, 荣莉, 黄友锐, 等). Micronanoelectronic Technology(微纳电子技术), 2016, 53(2): 108.
- [9] ZHANG Ya-ting, ZHANG Yan, ZHANG Yi, et al(张雅婷, 张炎, 张毅, 等). Chinese Journal of Analysis Laboratory(分析实验室), 2018, 37(1): 7.
- [10] Xu H, Zhang M C, Ding H B, et al. Microchimica Acta, 2013, 180: 85.
- [11] HE Jie, LUO Wei-feng, SONG Xue-yan, et al(何洁, 罗伟丰, 宋雪妍, 等). Chemistry(化学通报), 2013, 76(2): 179.
- [12] Peter C, Schmitt K, Apitz M, et al. Microsystem Technologies, 2012, 18: 925.
- [13] Li X R, Wang B, Xu J J, et al. Electroanalysis, 2011, 23: 2955.
- [14] ZHANG Lu, QUAN Hong-hua, YANG Kai, et al(张路, 全红花, 杨凯, 等). Physical Testing and Chemical Analysis (Part B: Chem. Anal.) (理化检验-化学分册), 2018, 54(7): 831.
- [15] Zilberman Y, Chen Y, Sonkusale S R. Sensors and Actuators B, 2014, 202: 976.
- [16] LAN Ying, XU Juan, BIAN Xiao-jun, et al(蓝英, 徐娟, 卞晓军, 等). Journal of Instrumental Analysis(分析测试学报), 2016, 35(6): 635.
- [17] Song Y L, Shi Y Z, Li X R, et al. Analytical Chemistry, 2016, 88: 8294.

The Reversible Ammonium Detection Based on the Coupled Microfluidic Chip and the Investigation of the Impact Factors

ZHOU Hao, YANG Zheng

State Key Laboratory of Clean Energy Utilization of Zhejiang University, Hangzhou 310027, China

Abstract The spectroscopic detection of ammonium (NH_4^+) has great significance. With the development of microfluidics, microfluidic spectroscopic analysis aiming at rapid, portable and multi-component detection has realized tremendous achievements. However, the excessive consumption of the indicating material which exists all the time has not been settled yet. Zinc porphyrin, being a natural chromophore, can reversibly detect NH_4^+ and settle the problem. But it suffers from the lack of selectivity. In allusion to these issues, a coupled microfluidic chip which consists of a reaction chip, a gas-diffusion chip and a detection chip is fabricated in our experiments. The reaction chip made of polydimethylsiloxane can convert NH_4^+ into NH_3 . The gas-diffusion chip which is made of two glass chips and a piece of polydimethylsiloxane gas-diffusion membrane allows NH_3 diffuses into the detection solution. The detection chip immobilizes the indicating material tightly through the multi-layer structure. The indicating material fabricated by dyeing zinc porphyrin on the surface of the cation exchange resin permanently will turn from green to purple when it meets NH_3 and will turn reversely into green when pure water is around. Using the coupled chip as the analytical platform, we set up a miniaturized spectroscopic detection system. With a portable spectrometer being the analytical instrument, we detect NH_4^+ by the transmission spectrum intensity change at the wavelength of 450 nm and study three factors that could affect the detection performance: the thickness of the gas-diffusion membrane, the flow rate and the dosage of the indicating material. First, we confirm the reversibility of the indicating process and settle the issue of indicating material consumption by the spectrum change intensity. The time responses show the rapidity of the indicating process. Then through the comparison to the contrast experiment, the high selectivity of the indicating process is demonstrated because the interference has no influence and the spectrum change is attributed merely to NH_3 . The relationship between the membrane thickness and the spectrum intensity change is obtained by changing the thickness of the gas-diffusion membrane in the gas-diffusion chip. Results show that the increase of the membrane thickness leads to a worse detection performance, but the outcome remains stable when

the thickness is less than 10 μm . So 10 μm is selected as the optimal thickness in consideration of the mechanical strength. The impact of the flow rate is investigated afterwards. The results exhibit that the increase of the flow rate will decrease the spectrum intensity change, but the performance becomes unchanged when flow rate is less than 5 $\mu\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$. Last, how the dosage of the indicating material impacts the results is studied. It is demonstrated that both excessive and inadequate indicating material will deteriorate the performance. So 5 mg is selected as the optimal amount. The spectroscopic detection system which uses the coupled chip as the analytical platform has the advantages of small volume, high economy, rapid response and realizes highly selective and reversible NH_4^+ detection.

Keywords NH_4^+ detection; Coupled microfluidic chip; Spectrum analysis; Reversibility; Impact factors

(Received Oct. 31, 2018; accepted Feb. 25, 2019)

(上接 3742 页)

论文摘要提交具体步骤:

1. 请您在光谱网上(<http://www.sinospectroscopy.org.cn>)用真实姓名注册,已经注册的用户,请修正和完善您的个人信息。
2. 点击光谱网会议会展栏目,选择《第 21 届全国分子光谱学学术会议暨 2020 年光谱年会》。
3. 点击会议基本情况下的会议快捷通道中的“会议投稿”。
4. 输入用户名和密码登陆,在页面下选择稿件提交。
5. 按照提示提交稿件。

报告形式

为充分利用会议学术交流的效率,会议仍采用“口头报告”和“墙报展示”两种方式进行学术交流。无论是口头报告还是墙报展示,均属大会同等学术交流。为尊重个人意见和便于组委会的安排,请大家在会议注册时,提交“口头报告”或“墙报”的题目。为了鼓励博士、硕士研究生积极参与学术交流活动,本次会议将继续设立“优秀青年论文奖”和“优秀墙报奖”,表彰那些研究水平高、能突出研究内容要点、条理清晰的“口头报告”和“墙报”,大会将给获奖作者颁发优秀论文证书和奖金。同时会议还将邀请国内外知名专家学者就光谱有关学术领域的前沿热点问题作大会报告和主题报告。

主要报告形式有:

1. 大会邀请报告:主要邀请国内外知名专家学者报告光谱分析的前沿技术在各个领域的最新研究进展。
2. 主题邀请报告:本次会议将选择光谱技术的热点应用领域,开设多个专题论坛,邀请在该领域的知名专家作论坛主题报告。
3. 青年论坛报告:为博士、硕士研究生开设交流平台,并评选“优秀青年论文奖”。
4. 口头报告和墙报展示:作为本次会议的主要交流和展示形式。会议统一安排墙报讲解时间,希望作者按时到位讲解。

重要时间

论文截稿日期:2019 年 12 月 30 日

第二轮会议通知:2019 年 10 月(开通会议注册系统)

第三轮会议通知:2020 年 4 月

会议召开期:2020 年 5 月 15—18 日

会议组织机构、注册费及缴纳方式、宾馆住宿介绍及住房预定等信息近期将在会议主页上发布,请您经常浏览光谱网上会议主页,了解会议筹备情况和会议具体安排。网址:<http://www.sinospectroscopy.org.cn>

产品展示

会议热忱邀请国内外仪器厂商前来展示分子光谱(红外、近红外、拉曼、荧光等)、原子光谱等各类光谱仪以及质谱、核磁等其他相关仪器设备。我们将在本次会议的网站和会议现场提供展出场所,希望各厂商充分利用这次机会展示自己的最新产品。

(下转 3775 页)

up-conversion fluorescence obviously declined upon the addition of Cu^{2+} and the detection limit was $3.78 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ which is also lower than the hygienic standard. This work designed and synthesized the 9,10-bis (3'-hydroxy-4'-thiosemicarbazide) phenylanthracene as a fluorescence probe for Cu^{2+} detection, and the probe was proved to have highly selective and sensitive. Moreover, the probe b-HTPA had ideal detection limit and short detection period, which gave it great potential in the field of Cu^{2+} detection.

Keywords Anthracene derivative; Fluorescence probe; Up-conversion; Cu^{2+} ; Ion detection

(Received Mar. 4, 2019; accepted Jul. 2, 2019)

* Corresponding authors

(上接 3754 页)

会务组联系方式

李成辉(会议稿件)

四川大学分析测试中心

电话: 028-85410280; 18980877825

Email: atcpubs@scu.edu.cn

吴兰(会议咨询)

四川大学分析测试中心

电话: 028-85412512; 13688385033

Email: wulan@scu.edu.cn

王香凤(厂商联络)

北京师范大学分析测试中心

电话: 010-58807981; 13520034335

Email: xiangfeng@bnu.edu.cn

支持媒体:

会议官网: 光谱网 <http://www.sinospectroscopy.org.cn>(会议各类信息发布以光谱网信息为准)

支持媒体:

分析测试百科网 <http://www.antpedia.com/>

仪器信息网 <http://www.instrument.com.cn>

主办单位:

中国光学学会

中国光学学会光谱专业委员会

中国化学会

承办单位:

四川大学分析测试中心

第 21 届全国分子光谱学学术会议暨 2020 年光谱年会组委会

2019 年 6 月 18 日