

文章编号: 1000-5862(2016)06-0556-05

双核铟(III)配合物的合成: 单晶结构及其近红外荧光性质研究

丁立稳¹, 刘显亮², 王雷¹

(1. 江西师范大学化学化工学院, 江西 南昌 330022; 2. 江西师范大学学报杂志社, 江西 南昌 330022)

摘要: 设计合成了一个新的双核铟(III)配合物, 通过单晶测试和晶体结构解析获得了该配合物的准确结构. 进一步通过红外光谱、X-射线粉末衍射、热重分析和元素分析对该配合物进行了表征. 研究发现: 合成的新化合物在 1497 cm^{-1} 处表现出近红外荧光发射, 该发射归因于铟(III)离子的 $^4\text{I}_{13/2} \rightarrow ^4\text{I}_{15/2}$ 特征跃迁. 该研究有望为近红外荧光成像和光动力治疗方面的应用提供一定的物质和理论基础.

关键词: 铟(III)配合物; 单晶结构; 近红外荧光

中图分类号: TS 236.9 文献标志码: A DOI: 10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2016.06.02

0 引言

近年来, 可控设计合成稀土配合物吸引了广大科研工作者的兴趣, 因为稀土配合物在光学、气体吸附和存储、均相和非均相催化、药物载释、磁性和生物成像等领域具有广泛的应用^[1-2]. 为了获得具有这些功能的稀土配合物, 许多合成方法, 如选择不同的构筑单元、配体原位合成、利用微乳、微波或者超声辅助、加入封端试剂、调节反应温度、反应液的 pH 值、浓度和反应时间来合成具有各种功能的稀土配合物^[3-4].

具有良好光性能的稀土配合物, 其荧光的产生主要依赖于与金属配位的配体的“天线”效应. 稀土配合物近红外荧光材料具有特征发射峰尖锐、光稳定性好和毒性低等特点^[5]. 近年来, 稀土配合物近红外荧光材料在激光、光纤通讯、生物成像及生物传感器等方面的潜在应用价值日渐明显, 引起了广大科研工作者的极大关注^[6]. 近红外荧光稀土配合物材料作为一种新兴的荧光标记材料, 有希望替代量子点和有机染料应用于医学成像和活体生物分析. 稀土配合物近红外荧光探针具有宽斯托克斯位移、强抑制光漂白、低自荧光背景、深层穿透生物组织能力和短暂分辨的优势, 有成为高灵敏度、高选择性检测手段的潜力^[6], 因此使得稀土配合物近红外荧光

的研究显得颇具意义^[7].

1 实验部分

1.1 试剂与仪器

六水合硝酸铟(III)的制备是将质量分数为 99.9% 的 Er_2O_3 溶于质量分数为 68% 的浓硝酸中, 然后在 $100\text{ }^\circ\text{C}$ 水浴中蒸发直到有晶状薄膜出现, 用玻璃棒沿烧杯底部搅动就形成了 $\text{Er}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 晶状颗粒. 4-甲基水杨酸购于阿拉丁上海有限公司, 购买后未经纯化直接使用. 氢氧化钠、无水甲醇以及其它试剂均为分析纯, 由广州化学试剂厂提供, 使用前未进一步纯化.

单晶 X-射线衍射数据在 Bruker SMART 1000 CCD 衍射仪上于 100 K 温度下测得. 结构解析采用 SHELXTL-97 软件的全矩阵最小二乘法得到 _ENREF_41_ENREF_41. 大量样品的 X-射线粉末衍射实验是在 DMAX2200VPC 上, 于 30 kV 和 30 mA 条件下测得. 热重分析数据是在 Netzsch-Bruker TG-209S 上, 空气氛围中以 $10\text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ 的升温速率测得. 傅里叶变换红外光谱在 Nicolet 330 FT-IR spectrometer 仪器上, 经溴化钾压片, 在 $400 \sim 4000\text{ cm}^{-1}$ 波数范围内测试所得. 近红外荧光光谱是在 Edinburgh FLSP920 上, 通过液氮降低检测器温度到 10 K 条件下测得.

收稿日期: 2016-09-06

基金项目: 国家自然科学基金(21301078)资助项目.

作者简介: 丁立稳(1976-), 女, 河北衡水人, 讲师, 主要从事无机材料研究.

1.2 实验方法

1.2.1 $\text{Er}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 的制备 将质量分数为 99.9% 的 Er_2O_3 溶于质量分数为 68% 的浓硝酸, 然后在 100 °C 水浴中搅拌, 缓慢蒸发直到有晶状薄膜产生, 用玻璃棒快速搅拌, 即可得到白色的固体粉末. 固体粉末在 60 °C 烘干过夜得到 $\text{Er}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 产率约为 91%.

1.2.2 $[\text{Er}_2(4\text{-msal})_6(\text{H}_2\text{O})_4] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (1) 的合成 将 0.235 g (1.5 mmol) 4-甲基水杨酸置于含 10 mL 水的 50 mL 烧杯中, 并用 0.1 mol · L⁻¹ 的氢氧化钠溶液调节 pH 值为 6, 然后与 20 mL 含 0.5 mmol 的 $\text{Er}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 混合, 磁力搅拌 10 min, 滤纸密封, 室温下挥发 3 w 后出现浅蓝色透明的块状晶体. 对晶体溶液进行过滤, 然后每次 5 mL 水洗 3 遍, 在干燥器中放置 1 晚就得到了适合单晶测试的样品. 基于 4-甲基水杨酸的产率约为 60%. 元素分析结果为: C 40.61%; H 4.37%, 与理论值 (C 40.51%; H 4.43%) 非常吻合, 间接证实了该单晶结构分子式的正确性. FT-IR (见图 1) (KBr): 3 413 (s), 1 639 (s), 1 593 (s), 1 507 (s), 1 432 (s), 1 369 (s), 1 309 (w), 1 259 (s), 1 229 (w), 1 167 (m), 951 (m), 857 (m), 792 (m), 737 (m), 702 (m), 629 (m) cm⁻¹. 配合物 1 在甲醇、乙醇、DMF 和 DMSO 中能溶解.

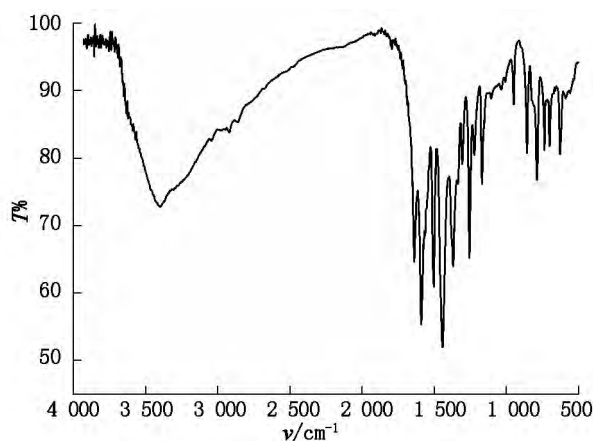


图1 双核钪(III) 配合物 1 的红外光谱图

2 结果与讨论

2.1 双核配合物 $[\text{Er}_2(4\text{-msal})_6(\text{H}_2\text{O})_4] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (1) 的单晶结构分析

配合物 1 的晶体学参数列于表 1, 该配合物结晶于三斜晶系 $P\bar{1}$ 空间群, 其晶胞参数是 $a = 1.267\ 5(2)\text{ nm}$, $b = 1.461\ 2(2)\text{ nm}$, $c = 1.703\ 5(3)\text{ nm}$, $\alpha = 107.915(2)^\circ$, $\beta = 104.265(2)^\circ$, $\gamma = 106.165(2)^\circ$, $V = 2.686\ 3(7)\text{ nm}^3$, $Z = 2$ (CCDC: 1 489 734). 在固体

状态下, 配合物 1 以双核簇结构存在 (见图 2), 这些双核单元通过大量的氢键连接成 3 维网络结构, 但是在甲醇溶液中, 3 维网络被打破, 以双核单体结构的形式存在. 每个双核单元中包含 2 个晶体学独立的 3 价钪离子, 6 个羧基脱质子的配体, 4 个配位水分子和 6 个结晶水分子. 比较特殊的是, 1 中的酚羟基都没有参与配位, 这是因为酚羟基的 pK_a 值在 10 左右, 因此在 pH 值为 6 的溶液中酚羟基未脱去质子不能参与配位. 该双核结构中的 2 个钪(III) 离子与周围的氧原子形成双核簇结构 (见图 3(a)), 2 个 3 价钪离子均采用 9 配位的模式与 9 个氧配位组成 ErO_9 单元 (见图 3(b)、图 3(c)). 其中的 7 个氧来源于 5 个配体, 其余 2 个氧来源于 2 个配位水. 通过进一步的结构分析发现与 2 个钪离子周围的 9 个氧原子均采用单帽四方反棱柱的模式分布在钪离子周围 (见图 3(b)、图 3(c)). Tb—O 的键长在 0.228 0~0.260 8 nm 范围内, 这也是在稀土配合物中经常见到的情况^[8]. 2 个钪(III) 离子通过 4 个氧桥联在一起, Er···Er 距离是 0.389 3 nm^[9]. 在配合物 1 中, 配体有 3 种配位模式, 即 $\mu_2 - \eta^2 - \eta^1$ (见图 4a), $\mu_1 - \eta^1 - \eta^1$ (见图 4(b)) 和 $\mu_2 - \eta^1 - \eta^1$ (见图 4c)^[10-11]. 有关配合物 1 的选择性键长和键角列于表 2.

表 1 配合物 1 的晶体学参数

Complex	1 (CCDC: 1489734)
Empirical formula	$\text{C}_{48}\text{H}_{62}\text{O}_{28}\text{Er}_2$
Formula weight	1 421.50
T/K	100(2)
λ/nm	0.071 073
Crystal system	Triclinic
Space group	$P\bar{1}$
a/nm	1.266 38(4)
b/nm	1.454 05(4)
c/nm	1.696 64(5)
$\alpha/^\circ$	107.783(3)
$\beta/^\circ$	104.354(2)
$\gamma/^\circ$	106.291(3)
V/nm^3	2.658 46(14)
Z	2
μ/mm^{-1}	3.227
$F(000)$	1 420
Crystal size/mm	0.30 × 0.25 × 0.20
$2\theta/^\circ$	2.32 ~ 27.50
Reflections collected /unique	22 194/11 782 [$R(\text{int}) = 0.027\ 8$]
GoF	1.014
$^a R$ indices [$I > 2\sigma(I)$]: $R1$, $wR2$	0.028 7, 0.067 2

$$^a R = \sum ||F_o| - |F_c|| / \sum |F_o|, wR = [\sum w(|F_o|^2 - |F_c|^2)^2 / \sum w(|F_o|^2)^2]^{1/2}.$$

表 2 配合物 1 的选择性键长和键角表

键长/(nm); 键角/(°)

Er(1)—O(13)	0.228 0(2)	Er(2)—O(7)	0.228 4(2)
Er(1)—O(1)	0.231 8(2)	Er(2)—O(4)	0.231 9(2)
Er(1)—O(5)	0.233 7(2)	Er(2)—O(2)	0.232 9(2)
Er(1)—O(1W)	0.236 4(2)	Er(2)—O(3W)	0.236 4(2)
Er(1)—O(8)	0.237 1(2)	Er(2)—O(14)	0.237 4(2)
Er(1)—O(2W)	0.241 7(2)	Er(2)—O(17)	0.238 9(2)
Er(1)—O(11)	0.243 3(2)	Er(2)—O(4W)	0.240 9(2)
Er(1)—O(10)	0.245 8(2)	Er(2)—O(16)	0.251 4(2)
Er(1)—O(7)	0.260 8(2)	Er(2)—O(13)	0.260 3(2)
O(13)—Er(1)—O(1)	80.13(8)	O(10)—Er(1)—O(7)	117.97(7)
O(13)—Er(1)—O(5)	73.92(8)	O(7)—Er(2)—O(4)	80.04(8)
O(1)—Er(1)—O(5)	136.68(8)	O(7)—Er(2)—O(2)	73.54(8)
O(13)—Er(1)—O(1W)	148.33(8)	O(4)—Er(2)—O(2)	136.53(8)
O(1)—Er(1)—O(1W)	73.41(8)	O(7)—Er(2)—O(3W)	149.00(8)
O(5)—Er(1)—O(1W)	137.74(8)	O(4)—Er(2)—O(3W)	75.75(8)
O(13)—Er(1)—O(8)	124.96(8)	O(2)—Er(2)—O(3W)	137.36(8)
O(1)—Er(1)—O(8)	91.08(8)	O(7)—Er(2)—O(14)	125.18(7)
O(5)—Er(1)—O(8)	76.82(8)	O(4)—Er(2)—O(14)	90.47(8)
O(1W)—Er(1)—O(8)	73.36(8)	O(2)—Er(2)—O(14)	77.93(8)
O(13)—Er(1)—O(2W)	79.35(8)	O(3W)—Er(2)—O(14)	74.46(8)
O(1)—Er(1)—O(2W)	71.72(8)	O(7)—Er(2)—O(17)	91.28(8)
O(5)—Er(1)—O(2W)	133.84(8)	O(4)—Er(2)—O(17)	137.19(8)
O(1W)—Er(1)—O(2W)	76.08(8)	O(2)—Er(2)—O(17)	77.98(8)
O(8)—Er(1)—O(2W)	148.18(8)	O(3W)—Er(2)—O(17)	93.45(8)
O(13)—Er(1)—O(11)	92.03(8)	O(14)—Er(2)—O(17)	126.94(8)
O(1)—Er(1)—O(11)	139.14(8)	O(7)—Er(2)—O(4W)	78.19(8)
O(5)—Er(1)—O(11)	76.58(8)	O(4)—Er(2)—O(4W)	70.09(8)
O(1W)—Er(1)—O(11)	96.63(8)	O(2)—Er(2)—O(4W)	134.03(8)
O(8)—Er(1)—O(11)	124.67(8)	O(3W)—Er(2)—O(4W)	75.55(8)
O(2W)—Er(1)—O(11)	67.42(8)	O(14)—Er(2)—O(4W)	147.47(8)
O(13)—Er(1)—O(10)	135.32(8)	O(17)—Er(2)—O(4W)	67.10(8)
O(1)—Er(1)—O(10)	144.26(7)	O(7)—Er(2)—O(16)	133.46(7)
O(5)—Er(1)—O(10)	71.46(7)	O(4)—Er(2)—O(16)	146.06(7)
O(1W)—Er(1)—O(10)	71.49(8)	O(2)—Er(2)—O(16)	70.78(7)
O(8)—Er(1)—O(10)	72.66(7)	O(3W)—Er(2)—O(16)	70.96(8)
O(2W)—Er(1)—O(10)	105.71(8)	O(14)—Er(2)—O(16)	74.63(7)
O(11)—Er(1)—O(10)	53.10(7)	O(17)—Er(2)—O(16)	52.91(7)
O(13)—Er(1)—O(7)	74.57(7)	O(4W)—Er(2)—O(16)	106.91(8)
O(1)—Er(1)—O(7)	69.14(7)	O(7)—Er(2)—O(13)	74.61(7)
O(5)—Er(1)—O(7)	70.83(7)	O(4)—Er(2)—O(13)	69.32(7)
O(1W)—Er(1)—O(7)	110.64(7)	O(2)—Er(2)—O(13)	70.71(7)
O(8)—Er(1)—O(7)	51.98(7)	O(3W)—Er(2)—O(13)	113.47(7)
O(2W)—Er(1)—O(7)	135.81(8)	O(14)—Er(2)—O(13)	51.92(7)
O(11)—Er(1)—O(7)	147.04(7)	O(17)—Er(2)—O(13)	148.14(7)
O(16)—Er(2)—O(13)	118.67(7)	O(4W)—Er(2)—O(13)	134.12(8)

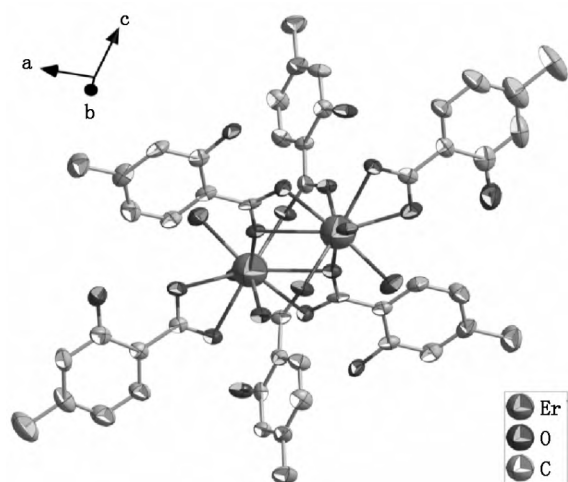


图2 配合物1 双核结构的椭球图(30% 椭球概率,为了清晰起见 结晶水分子和分子中的氢原子被删除)

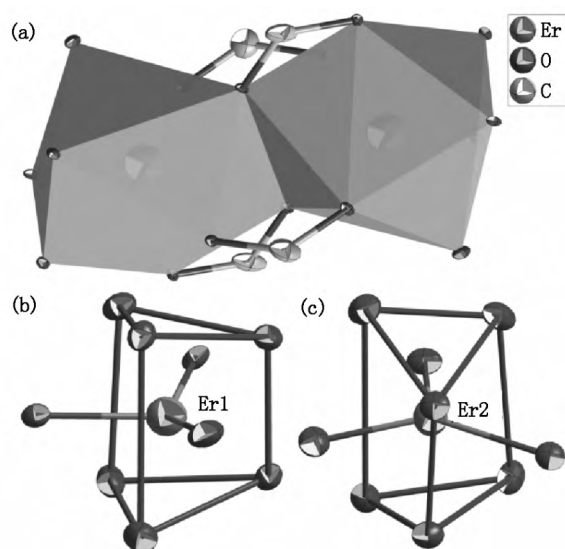


图3 (a) 配合物1 中的双核簇结构;
(b) Er1 周围的9 个氧形成的三帽三棱柱结构;
(c) Er2 周围的9 个氧形成的三帽三棱柱结构

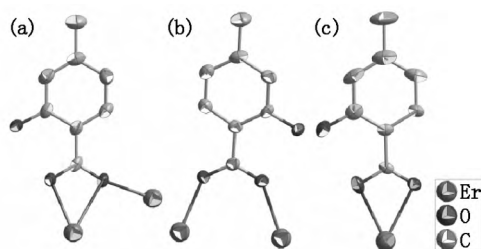


图4 配合物1 中配体的3 种配位模式

2.2 X-射线粉末衍射

X-射线粉末衍射花样的峰与单晶数据模拟的衍射峰能较好地对上(见图5),因此可以证实大量粉末样品1 的相纯度,即用于测试近红外荧光的粉末确实是配合物1^[12-13]。

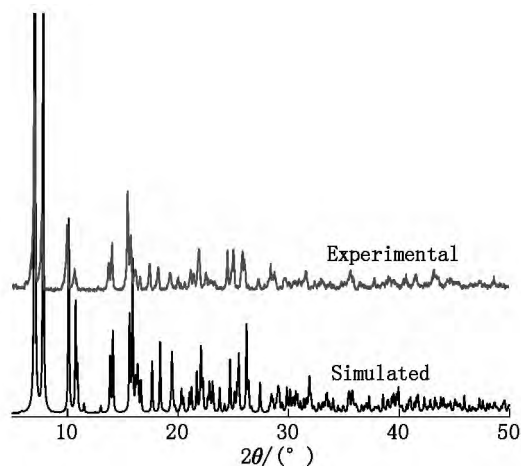


图5 配合物1 的粉末衍射和单晶数据模拟峰的对比图

2.3 热重分析

图6 是配合物1 的热重分析和差热分析曲线,从室温到185 °C 时显示出较小的失重,该失重归因于6 个结晶水和4 个配位水的失去(实测值12.92%,计算值12.66%)。在185~800 °C,热重曲线显示出2 个阶段很明显的失重行为,这表明6 个配体是分2 步进行分解的(实测值56.57%,计算值56.00%)。从热重分析结果可知,配合物1 在185 °C 以下的空气中是稳定的^[14]。

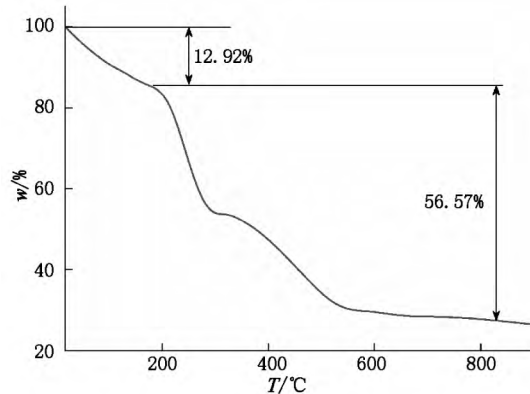


图6 配合物1 在空气中的热重分析曲线图

2.4 光性能研究

铒(III) 配合物具有较好的近红外荧光发射,且由于近红外荧光对细胞的损伤比较小,在生物组织的穿透力较深,因此,铒(III) 配合物的近红外荧光性质获得了广泛的关注和研究兴趣。本文详细探讨了配合物1 的近红外荧光性质。在常温下并未检测出配合物1 的近红外荧光发射,通过液氮降低检测器的温度为10 K,优化最佳激发光为377 nm,检测到配合物1 的发射峰在1 497 nm(见图7),该发射峰归属于 Er^{3+} 的 $^4\text{I}_{13/2} \rightarrow ^4\text{I}_{15/2}$ 特征跃迁。研究结果表明4-甲基水杨酸适合作为天线配体,吸收光子的能

量,并把能量传递给铒(III)离子,进而发射出近红外荧光.本文合成的铒(III)配合物有望作为近红外荧光材料,在近红外成像和光动态治疗等方面进行应用.

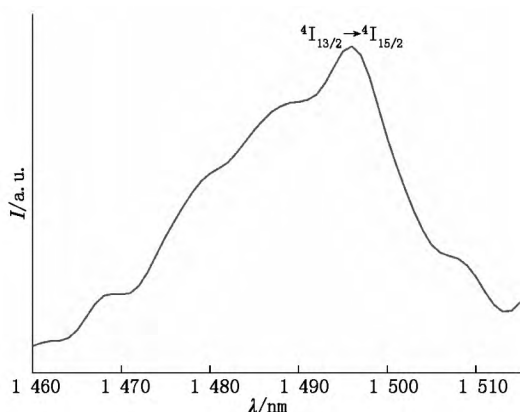


图7 配合物1在1497 nm处的近红外荧光发射,该发射峰归属于 Er^{3+} 的 $^4\text{I}_{13/2} \rightarrow ^4\text{I}_{15/2}$ 特征跃迁

3 结论

实验研究了自组装合成新稀土配合物的方法,并通过单晶结构解析确定了该配合物的准确结构,然后研究了该配合物的近红外荧光性质.结果显示:

1) 配合物1为双核簇结构,其结晶于三斜晶系 $P-1$ 空间群,其晶胞参数是 $a = 1.2675(2) \text{ nm}$, $b = 1.4612(2) \text{ nm}$, $c = 1.7035(3) \text{ nm}$, $\alpha = 107.915(2)^\circ$, $\beta = 104.265(2)^\circ$, $\gamma = 106.165(2)^\circ$, $V = 2.6863(7) \text{ nm}^3$, $Z = 2$,该新结构存储在英国剑桥晶体数据中心,其CCDC编号为1489734.

2) 热重分析发现配合物1在185℃前显示出较小的失重,该失重归因于6个结晶水和4个配位水的失去.在185~800℃,热重曲线显示出2个阶段较明显的配体分解的失重行为.从热重分析结果可知,配合物1在185℃以下的空气中是稳定的.

3) 配合物1在1497 nm具有明显的发射峰(见图7),该发射峰归属于 Er^{3+} 的 $^4\text{I}_{13/2} \rightarrow ^4\text{I}_{15/2}$ 特征跃迁.

实验研究表明:通过对配体和合成方法的合理设计选择,可以合成稀土配合物单晶结构.研究结果表明4-甲基水杨酸适合作为天线配体,吸收光子的能量,并把能量传递给铒(III)离子,进而发射出近红外荧光.本文合成的铒(III)配合物有望作为近红外荧光材料,在近红外成像和光动态治疗等方面进行应用.

4 参考文献

- [1] Zhong Shengliang, Xu Rong, Zhang Linfei, et al. Terbium-based infinite coordination polymer hollow microspheres: preparation and white-light emission [J]. Journal of Materials Chemistry 2011, 21(41): 16574-16580.
- [2] 张亚男,殷海菊,党蓓君,等.基于三(2-羧乙基)异氰尿酸酯与稀土金属的配合物合成、晶体结构及性质[J].陕西科技大学学报,2016,34(3):104-110.
- [3] 张勇,廖莉玲,刘玉波,等.2-羟基-6-甲基尼古丁酸二元稀土配合物[J].江西师范大学学报:自然科学版,2013,37(1):69-73.
- [4] 段芳正,刘凌志,乔春玉,等.8-羟基喹啉-2-甲酸甲酯铈配合物的合成、结构和近红外性质[J].黑龙江大学学报:自然科学版,2015,36(2):42-46.
- [5] 仇衍楠,孙丽宁,刘涛,等.近红外发光稀土配合物及杂化材料研究进展[J].中国稀土学报,2012,30(2):129-145.
- [6] 谢雪钦,杨向莹,高静,等.近红外荧光探针及其在免疫分析中的应用[J].食品与生物技术学报,2015,34(3):225-231.
- [7] 牛淑云,李海彦,王兆龙,等.系列 $\text{Ln}(\text{III})$ 配合物的合成、晶体结构及近红外发光 [$\text{Ln}(\text{III}) = \text{Ho}, \text{Er}, \text{Nd}$] [J].辽宁师范大学学报:自然科学版,2011,34(2):184-187.
- [8] 张美丽,王敏.稀土配合物 $[\text{Pr}(\text{1,3-pda})_{0.5}(\text{nbca})_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})_2]$ 的合成及结构研究[J].江西师范大学学报:自然科学版,2013,37(6):599-602.
- [9] 季甲,银玲,学良,等.六核 Tb 稀土配合物的合成、结构和表征[J].凯里学院学报,2015,34(3):37-40.
- [10] Yao Yali, Che Yunxia, Zheng Jimin. The coordination chemistry of benzimidazole-5,6-dicarboxylic acid with $\text{Mn}(\text{II})$, $\text{Ni}(\text{II})$, and $\text{Ln}(\text{III})$ complexes ($\text{Ln} = \text{Tb}, \text{Ho}, \text{Er}, \text{Lu}$) [J]. Crystal Growth and Design 2008, 8(7): 2299-2306.
- [11] Zeng Chenghui, Meng Xiaoting, Xu Songsong, et al. A polymorphic lanthanide complex as selective Co^{2+} sensor and luminescent timer [J]. Sensors and Actuators B: Chemical 2015, 221: 127-135.
- [12] Zeng Chenghui, Wang Jingling, Yang Yangyi, et al. Lanthanide CPs: the guest-tunable drastic changes of luminescent quantum yields and two photon luminescence [J]. Journal of Materials Chemistry C 2014, 2(12): 2235-2242.
- [13] Zeng Chenghui, Zhao Fuli, Yang Yangyi, et al. Unusual method for phenolic hydroxyl bridged lanthanide CPs: Syntheses, characterization, one and two photon luminescence [J]. Dalton Transactions 2013, 42(6): 2052-2061.

(下转第565页)

- in situ emulsion polymerization [J]. Chemistry of Materials 2003, 15(20): 3879-3886.
- [13] Suehiro J, Hidaka S, Yamane S, et al. Fabrication of interfaces between carbon nanotubes and catalytic palladium using dielectrophoresis and its application to hydrogen gas sensor [J]. Sensor Actuat B: Chem 2007, 127(2): 505-511.
- [14] Chen Jinhua, Tsubokawa N. Electric properties of conducting composite from poly(ethylene oxide) and poly(ethylene oxide)-grafted carbon black in solvent vapor [J]. Polymer 2000, 32(9): 729-73.
- [15] Luo Yanling, Wang Bixia, Xu Feng. Effect of soft-hard segment structure on vapor responsiveness of polyurethane conducting composite thin films loaded with multi-walled carbon nanotubes [J]. Sensors and Actuators B: Chemical 2011, 156(1): 12-22.

The Fabrication and Properties of P(St-co-AN)/MWCNT-OH Gas Sensor

DI Hongwei^{1,2}, CAO Jiangping^{1,2}, ZOU Rui^{1,2}, MA Xiaohong¹

(1. College of Chemistry and Chemical Engineering, Ningxia Normal University, Guyuan Ningxia 756000, China;

2. Engineering and Technology Research Center of Liupanshan Resources, Ningxia Normal University, Guyuan Ningxia 756000, China)

Abstract: P(St-co-AN)/MWCNT-OH conductive composite was prepared by an in situ polymerization avenue based on poly(styrene-co-acrylonitrile) (P(St-co-AN)), hydroxyl-functionalized MWCNT (MWCNT-OH). Vapor sensing films with intensive response to solvent vapors were assembled through an covalent or non-covalent interaction between MWCNT-OH and P(St-co-AN), as demonstrated by a fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR), scanning and transmission electron microscopes (SEM). The results show that MWCNT-OH is closely coated by P(St-co-AN) through strong covalent interaction, which improves the compatibility of MWCNT-OH. Response behavior of organic solvent is mainly controlled by expansion model of similarity and compatibility; The sensing films by an in situ polymerization avenue gave an quick response, good reversibility and reproducibility.

Key words: P(St-co-AN); MWCNT-OH; vapor responsiveness; conductive composite materials

(责任编辑: 刘显亮)

(上接第560页)

- [14] Li Shasha, Ye Zhenni, Xu Songsong, et al. Highly luminescent lanthanide CPs based on dinuclear cluster: crystal

structure and sensitive Trp sensor [J]. RSC Advances, 2015, 5(88): 71961-71967.

A New Dinuclear Erbium(III) Complex: Synthesis, Single-Crystal Structure and NIR Luminescence

DING Liwen¹, LIU Xianliang², WANG Lei¹

(1. College of Chemistry and Chemical Engineering, Jiangxi Normal University, Nanchang Jiangxi 330022, China;

2. Periodical Office of Journal, Jiangxi Normal University, Nanchang Jiangxi 330022, China)

Abstract: In this paper, a new dinuclear erbium(III) (**1**) complex was designed and synthesized, precise structure of **1** was characterized through single crystal structure analysis. Complex **1** was further characterized by infrared spectroscopy, X-ray powder diffraction, thermogravimetric analysis and element analysis. The investigation found that the new complex showed the near-infrared fluorescence emission at 1497 cm⁻¹, which is ascribed to the characteristic ⁴I_{13/2} → ⁴I_{15/2} transition of erbium(III) ion. Therefore, the work in this paper is expected to show potential new complex and theory for the applications in near-infrared fluorescence imaging and photodynamic therapy.

Key words: erbium(III) complex; single-crystal structure; NIR luminescence

(责任编辑: 曾剑锋)