

# Synthesis and Photoluminescence Properties of FePt-CdS(Mn) Nanocomposite Particles

Feng Xue, Qiao-yan Dong, Xiao-bo Wang, Juan Chen, Shu-li He

Department of Physics, Capital Normal University, Beijing 100048, China

Email: xuefeng042025@163.com, hsl-phy@163.com

**Abstract:** FePt-CdS (Mn) nanocomposite particles are synthesized from high temperature solution phase method. TEM images indicate that the FePt-CdS nanocomposite particles exhibit peanut-like morphology. The particle size of FePt is about 2 nm and CdS is about 8-10 nm. X-ray diffraction results show that the structure of FePt and CdS are both face centered cubic structure. The position of photoluminescence peak of FePt-CdS nanocomposite particles is about 486 nm. No difference in structure can be observed between FePt-CdS and FePt-CdS(Mn) hybrid nanoparticles. However, addition of Mn in CdS causes the photoluminescence peak a red shift from 486 nm to 507 nm.

**Key words:** high temperature solution phase; FePt-CdS; nanocomposite particles

## FePt-CdS (Mn) 纳米复合颗粒的制备与性质研究

薛峰, 董巧燕, 王肖波, 陈娟, 贺淑莉\*

首都师范大学物理系, 北京, 中国, 100048

Email: xuefeng042025@163.com, hsl-phy@163.com

**摘要:** 采用高温液相法合成了FePt-CdS (Mn) 纳米复合颗粒, 透射电镜结果表明FePt-CdS纳米复合颗粒具有FePt和CdS复合在一起类似花生状的结构, 其中FePt颗粒的尺寸为2 nm左右, CdS的大小约为8-10 nm左右。X射线衍射结果表明FePt和CdS同为面心立方结构。FePt-CdS纳米复合颗粒的光致发光峰位在486 nm附近, 添加不同含量的Mn对FePt-CdS纳米复合颗粒的结构形貌没有显著影响, 但使得FePt-CdS纳米复合颗粒的光致发光峰位出现明显红移, 从486 nm处红移至507 nm处附近。

**关键词:** 高温液相法; FePt-CdS; 纳米复合颗粒

## 1 引言

纳米复合材料的研究是目前纳米材料科学研究的一个热点, 两种纳米材料的复合, 不仅是两种材料性能的简单叠加, 并且具有不同于两种材料的新性能, 纳米复合材料还可以实现单一纳米材料难以实现的性能, 因此具有广泛的应用前景<sup>[1,2,3]</sup>。比如在 Au-PbS 纳米复合颗粒中, 由于 Au 和 PbS 的耦合作用, 使两者间的等离子和激子的截面吸收增强, 从而提高了整体材料的光吸收<sup>[4]</sup>。FePt-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 纳米复合材料通过软磁硬磁相的纳米接触, 使得两相的交换耦合作用加强, 从而使该纳米复合材料在室温下具有优异的磁性<sup>[5]</sup>。在众多纳米复合材料中, 将磁性纳米材料和半导体量子点复合在一起, 制备出具有磁, 光二重性质的纳米

复合材料, 在医学诊断、靶向治疗、生物传感器方面具有巨大的应用潜能<sup>[6,7,8]</sup>。本文采用高温液相法, 将半导体量子点与纳米磁性颗粒复合, 制备出 FePt-CdS 纳米复合的磁光材料, 由于 FePt 尺寸对 CdS 的光致发光性能具有很大影响, 当 FePt 尺寸为 9 nm 时, CdS 发光完全被淬灭<sup>[9]</sup>, 本文通过将 FePt 的尺寸减小为 2 nm, 以降低 FePt 对 CdS 光致发光的影响, 并研究在 CdS 中添加 Mn 对 CdS 荧光特性的影响。

## 2 实验

本课题所用试剂 Fe(acac)<sub>3</sub>, Pt(acac)<sub>2</sub>, Mn(acac)<sub>2</sub>, Tri-n-octylamine, Oleic acid, Oleylamine 从 Alfa Aesar 公司购买。1,2-hexadecanediol 从 ALDRICH 公司购买。通过高温液相法制备出 FePt 纳米颗粒<sup>[10]</sup>, 并以

FePt 颗粒作为种子, 在高温液相环境下, 使 CdS 沿 FePt 生长, 可制备出 FePt-CdS 纳米复合颗粒<sup>[9]</sup>。在加入 Mn 的过程中, 将所占不同质量百分比的  $Mn(acac)_2$  (5%, 10%, 15%) 和 CdO 同时溶解在溶液中, 使添加的 Mn 进入 CdS 的晶格内。

FePt-CdS 纳米复合颗粒的物相分析在布鲁克的 X 射线衍射仪 (D8 ADVANCE) 上进行, 取 Cu 的  $K\alpha$  为光源; 纳米颗粒的形貌在日立公司的 H7650 透射电子显微镜上进行观察; 用日立公司的 F-4500 荧光分光光度计对样品的荧光性能进行测量。

### 3 结果与讨论

图 1 显示出了 FePt 颗粒的透射电子显微镜 (TEM) 图像。从图中可以看出, FePt 纳米颗粒的直径约为 2 nm, 且颗粒大小均匀, 分散性好。图 2 为 FePt 颗粒的 X 射线衍射 (XRD) 图谱, 由图可知经高温液相法制备的 FePt 颗粒为面心立方结构, 由于颗粒尺寸较小, 衍射峰强度较低, 具有很宽的半峰宽, 其中主峰 (111) 比较明显, 而面心立方 FePt 的 (200) 与 (220) 两个衍射峰则由于宽化严重而不能明显地显示出来。

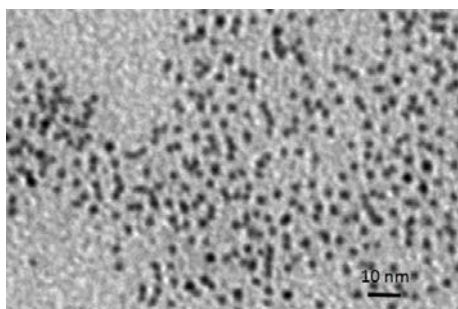


Fig1. Transmission electron microscopy image of FePt  
图 1. FePt 颗粒的透射电子显微镜图像

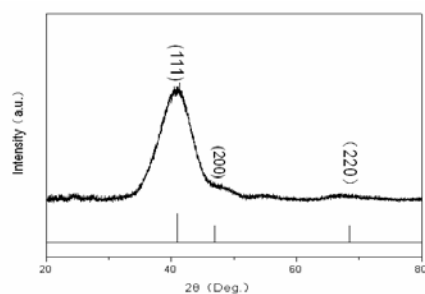


Fig2. X-ray diffraction pattern of FePt  
图 2. FePt 颗粒的 X 射线衍射图谱

图 3 (a) 和 (b) 为 FePt-CdS 纳米复合颗粒和 FePt-CdS-Mn (5%) 的 TEM 图像, 由图 3 (a) 可见, 图中深颜色部分为 FePt 颗粒, 尺寸为 2 nm, 颜色稍浅的部分为 CdS, 尺寸约为 8-10 nm, 这是由于 FePt 与 CdS 的电子衍射密度不同所致, 对比 (a) 和 (b) 可知, 添加 Mn 对 FePt-CdS 纳米复合颗粒的形貌没有明显改变。Gu<sup>[11]</sup>对 FePt-CdS 的研究结果表明, 认为在液相中首先形成的是具有核壳结构的 FePt-S, S 与溶液中的 CdO 进行反应, 生成核壳结构的 FePt-CdS, S 和 CdS 只是生长过程的一个中间阶段, 随着处于壳层的 CdS 结晶过程被破坏, 造成 CdS 的在某一方向上择优生长, 最终形成图 3 中的形貌。

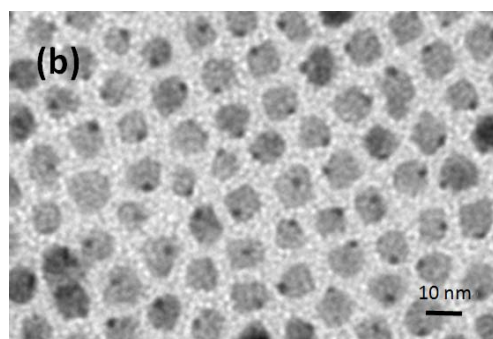
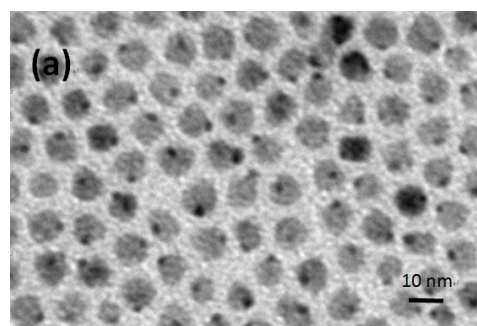


Fig3. (a) TEM image of FePt-CdS (b) TEM image of FePt-CdS with Mn(5%)

图 3. (a) FePt-CdS 的透射电子显微镜图像 (b) 添加 Mn(5%) 的 FePt-CdS 的透射电子显微镜图像

图 4 为 FePt-CdS 纳米复合颗粒的 X 射线衍射图谱及添加了不同质量百分比 Mn 的 X 射线衍射图谱, 从图中可以看出, 在 FePt-CdS 纳米复合颗粒的 X 射线衍射图谱中没有观察到 FePt 的衍射峰, 只观察到了 CdS 的衍射峰, 这是由于 FePt 颗粒的尺寸与 CdS 颗粒的尺寸相差较大, FePt 颗粒在样品中所占质量百分比远远小于 CdS 所占质量百分比; 同时由于 FePt 的尺寸非常小, 只有 2 nm, 衍射峰宽化严重, 衍射强度很

低, FePt 的衍射峰很难在图中显示出来。通过高温液相法生成的 CdS 也为面心立方结构。

有文献表明添加 Mn 会改变 CdS 的晶格参数, 使 CdS 的晶格间距变小, 添加的 Mn 超过 30% 时, 可观察到 CdS 的衍射峰峰位向大角度方向明显移动<sup>[12,13]</sup>。但由于本文中添加 Mn 的百分含量相对较小(5%, 10%, 15%), 所以 CdS (Mn) 的衍射峰峰位移动不明显。

对于 FePt-CdS 纳米复合颗粒来说, 由于 FePt 与 CdS 的表面电子能级不同, FePt 颗粒的大小对 CdS 的光致发光性能有明显的影 响, 当 FePt 颗粒为 9 nm 时, CdS 的光致发光完全被淬灭<sup>[9]</sup>。从图 5 可以看出, 当 FePt 颗粒为 2 nm 时, CdS 的光致发光峰没有被淬灭, FePt-CdS 纳米复合颗粒的发射峰位于 486 nm 处, 添加了不同百分含量的 Mn 以后, FePt-CdS 纳米复合颗粒的发射峰位于 507 nm 附近, 如图 5 所示, 可以看出添加 Mn 相比于单纯的 FePt-CdS 纳米复合颗粒来说, 光致发光峰位发生明显的红移。

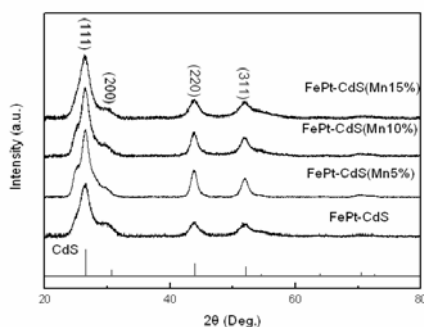


Fig. 4 X-ray diffraction pattern of pure FePt-CdS and FePt-CdS with Mn

图 4. FePt-CdS 和添加了不同含量 Mn 的 FePt-CdS 的 X 射线衍射图谱

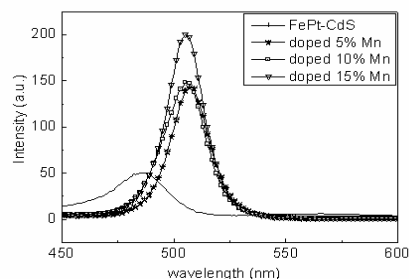


Fig5. Photoluminescence spectra of pure FePt-CdS and FePt-CdS with Mn

图 5. FePt-CdS 和添加了 Mn 的 FePt-CdS 的光致发光图谱

添加 Mn 对 CdS 光致发光的影响主要由于激发态半导体量子点的电子与 Mn 的 d 轨道电子发生耦合作用, 这种电子的相互作用提供了一种有效的能量传递, 并导致发光效率提高, 造成 CdS 的禁带能级降低<sup>[7]</sup>, 导致光致发光峰位出现红移, 表面态的能级从 2.56 eV 降低到 2.45 eV 左右。

## 4 结论

本实验通过高温液相法成功制备出尺寸均匀的大小约为 8-10 nm 的 FePt-CdS 纳米复合颗粒, 其中 FePt 颗粒大小为 2 nm。2 nm 的 FePt 对样品的光致发光淬灭作用不显著。在 CdS 中添加不同质量百分比的 Mn (5%, 10%, 15%) 对改善样品的光致发光性能有很好的作用, FePt-CdS 纳米复合颗粒的发射峰位于 486 nm 处, 而添加 Mn 以后, 发射峰峰位红移至 507 nm 附近。

## References (参考文献)

- [1] Haiming Zhu, Beifang Yang, Jiao Xu, et al. [J]. Applied Catalysis B: Environmental., 2009, 90:463-469.
- [2] Dunliang Jian, Qiuming Gao, [J]. Chemical Engineering Journal., 2006, 121:9-16.
- [3] R.Seoudi, M.kamal, A.A.Shabaka, et al. [J]. Synthetic Material., 2010, 160:479-484.
- [4] Jong-Soo Lee, ElEena V.Shevchenko, Dmitri V.Talapin, [J]. J.AM.CHEM.SOC., 2008, 130:9673-9675.
- [5] Hao Zeng, Jing Li, Z.L.Wang, et al. [J]. Nano Lett., 2004, 4:187-190.
- [6] Ken-Tye Yong, Indrajit Roy, Mark T. Swihart, et al. [J]. J. Mater. Chem., 2009, 19:1-19.
- [7] C. Wang, H.M.Wang, Z.Y.Fang, [J]. Journal of Alloys and compounds, 2009, 486:702-705.
- [8] G.Counio, S.Esnouf, T.Gacoin, J.-P.Boilot, [J]. J.Phys.Chem., 1996, 100:20021-20026.
- [9] Shuli He, Hongwang Zhang, Savas Delikanli, et al. [J]. J.Phy.Chem.C., 2009, 113:87-90.
- [10] Kevin E Elkins, Tejaswi S. Vadamam, J.P. Liu, et al. [J]. Nano lett., 2003, 3:1647-1649.
- [11] Hongwei Gu, Rongkun Zheng, XiXiang Zhang, et al. [J]. J.AM.CHEM.SOC., 2004, 126:5664-5665.
- [12] Chan Woong Na, Doo Suk Han, Dac Sung Kim, et al. [J]. J.Phys.Chem., 2006, 110:6699-6704.
- [13] Angshuman Nag, S.Charabarty, D.D.Sarma, [J] J.Am.Chem.Soc., 2008, 130:10605-10611.