文章编号：1000-7032(2009)01-0091-06

壳聚糖/LaF_3：Eu^{3+}纳米复合粒子的简易合成及发光特性

付艳鹏[1]，李 敏[2]，周海强[1]，喻学锋[2*]
（1. 新疆大学 物理科学与技术学院，新疆 乌鲁木齐 830046； 2. 武汉大学 物理科学与技术学院，湖北 武汉 430072）

摘要：在水溶液中采用化学共沉淀法制备了壳聚糖/LaF_3：Eu^{3+}纳米复合粒子。通过透射电子显微镜(TEM)，X射线衍射(XRD)，傅立叶变换近红外(FT-IR)光谱对样品进行了表征。结果表明：所得纳米复合粒子大小在20 nm左右，粒径均匀，表面包覆的壳聚糖使其易溶于水，并具备了与生物蛋白偶联的多个基团。测量了该纳米复合粒子的激发光谱与发射光谱，详细说明了各发光峰对应能级的跃迁及其发光机理，分析了不同掺杂浓度对其相对发光强度的影响。结果表明：当Eu^{3+}离子掺杂摩尔分数为10%时，样品的相对发光强度达到最大值。最后介绍了壳聚糖/LaF_3：Eu^{3+}纳米复合粒子与荧光蛋白FITC偶联的方法，以表明其在生物学中潜在的应用价值。

关 键 词：铕；壳聚糖；纳米复合粒子；光致发光
中图分类号：O482.31 **PACC：**3250F；7855 **文献标识码：**A

1 引 言

荧光标记纳米材料在生物、医药等领域的应用引起了人们的极大兴趣[1,2]。作为一种合适的荧光纳米材料，除了具有优良的荧光特性外，粒径的大小、分散性、表面修饰、生物毒性和生物相溶性都是需要考虑的问题。目前最常用的荧光标记物是有机荧光染料[3~5]和半导体量子点[6~8]。但这两种材料都具有一定的生物毒性，并且难以进行表面修饰，这在一定程度上限制了它们的广泛应用[9]。

最近，LaF_3掺杂纳米晶体以其出色的光学和化学特性，有望取代传统的荧光纳米材料成为一类新型的荧光标记材料[10,11]。这种稀土掺杂的纳米晶体可通过变换不同的掺杂离子发出不同波长的荧光，并且具有发光稳定，半峰全宽窄，斯托克斯位移大，材料本身生物毒性低等优点[12,13]。然而，大多数LaF_3晶体都需要高温制备，并且产物大都不溶于水或易引起生物体排斥[14]。因此尽管关于制备LaF_3纳米颗粒的报道很多，却极少有其在生物领域应用的报道。

针对上述问题，本文提出一种利用壳聚糖(Chitosan)辅助合成LaF_3纳米颗粒的简易方法。壳聚糖作为一种天然的碱性多糖，它的分子链上有丰富的氨基基团(—NH_2)和羟基基团(—OH)，使其易于修饰，因此具有优良的生物降解性、生物相容性及生物粘附性[15,16]。本课题组曾应用壳聚糖来修饰CdSe/ZnS半导体量子点[17,18]。本文利用壳聚糖在低温水浴环境中(75 ℃)制备LaF_3：Eu^{3+}纳米颗粒。结果表明：壳聚糖可附着在LaF_3：Eu^{3+}纳米晶体的表面，不但可以使所得产物极易分散在水中，而且能为晶体表面提供丰富的基团，使其能方便地和生物蛋白偶联(如荧光蛋白FITC)，体现出其潜在的生物应用价值。此外我们通过对其光谱特性的研究，给出了该体系中Eu^{3+}离子的最佳掺杂比例(摩尔分数为10%)，研究结果对今后此类纳米晶体的制备具有一定的参考价值。

2 实 验

2.1 主要反应试剂

壳聚糖(高粘度)、氯化镧($LaCl_3 \cdot 7H_2O$，99.9%)、氧化铕(Eu_2O_3，99.99%)、氟化铵(NH_4F，98%)、浓盐酸(HCl，36%)、乙酸

收稿日期：2008-02-04；**修订日期：**2008-04-20
基金项目：国家自然科学基金资助项目(10534030)
作者简介：付艳鹏(1982－)，男，黑龙江人，主要从事发光材料制备的研究。
E-mail：yanpengfu@163.com
*：通讯联系人；E-mail：yxf@whu.edu.cn，Tel：(027)62326631

($C_2H_4O_2$,≥99.5%)、磷酸盐缓冲盐水(Phosphate buffered saline,PBS,pH=7.3),均是分析纯试剂,购买于国药集团。异硫氰酸荧光蛋白(FITC)购买于北京拜尔迪生物公司。反应用水为二次蒸馏水。反应溶液的配制:用 Eu_2O_3 与 HCl 配制 $EuCl_3$(0.2 mol/L)溶液。取壳聚糖 100 mg 溶于 100 mL 乙酸溶液(质量比 1%),储存于棕色瓶中,避光保存。

2.2 壳聚糖/LaF_3:Eu^{3+}纳米复合粒子的制备

在塑料烧杯中分别加入 8 mL $LaCl_3$(0.2 mol/L)与 $EuCl_3$(0.2 mol/L)的混合溶液和 10 mL 壳聚糖溶液,待加入 10 mL NH_4F(0.2 mol/L)水溶液后立即将水浴加热到 75 ℃,并用磁力搅拌,反应 2 h 后将其冷却至室温。最后用质量比为 0.5% 的乙酸清洗离心 3 次,所得到壳聚糖/LaF_3:Eu^{3+}纳米复合粒子再溶于水或真空干燥保存。反应溶液中稀土离子的整体浓度可控制在 0.04 mol/L,通过改变 $EuCl_3$ 的量,即可制备不同掺杂比例的壳聚糖/LaF_3:Eu^{3+}样品。纯的 LaF_3:Eu^{3+}纳米粒子(不带壳聚糖)的制备方法与壳聚糖/LaF_3:Eu^{3+}纳米复合粒子的制备方法类似,制备时将 10 mL 壳聚糖溶液换成 10 mL 水溶液,最后用二次蒸馏水清洗离心即可。

壳聚糖/LaF_3:Eu^{3+}纳米复合粒子与异硫氰酸荧光蛋白(FITC)的偶联:取上述制备的壳聚糖/LaF_3:Eu^{3+}样品粉末 2 mg 溶于 1 mL PBS,再取 1 mg FITC 溶于 1 mL PBS 中,将两溶液混合,室温搅拌 2 h 后,用 PBS 溶液冲洗离心 4 次,最后保存在 1 mL PBS 溶液中。

2.3 样品的表征

壳聚糖/LaF_3:Eu^{3+}纳米复合粒子的形貌、晶粒大小及分布观测用日本电子公司的 JEOL 2010 HT 型透射电子显微镜和 JEOL 2010 FET 型高分辨透射电子显微镜进行,工作电压 200 kV。样品的物相用 Bruker 公司的 D8-advance 型 X 射线衍射仪检测,测试方法为粉末法,测试条件为 Cu 靶 Kα 线(λ = 0.154 18 nm)。FTIR 谱采用 NICOLET 公司的傅立叶变换红外光谱仪型号 FTIR 5700 进行检测。荧光光谱采用日立公司的荧光分光光度计 Hitachi F-4500 fluorescence spectrophotometer 在室温条件下测量(输入探测器电压 700 V,激发光狭缝带宽 5 nm,发射光光缝带宽 2.5 nm,扫描速度 240 nm/min)。

3 结果与讨论

3.1 形貌控制及物性分析

壳聚糖/LaF_3:Eu^{3+}纳米复合粒子的透射电镜图片如图 1 所示。可以看到所制备的纳米晶体分散性好,平均尺寸为 20 nm 左右。图 1 的插图是 LaF_3 晶体的高分辨透射电镜图,所示原子晶面为(111)面,其相应的面间距为 0.323 nm。

图 1 壳聚糖/LaF_3:Eu^{3+}纳米复合粒子的透射电镜与高分辨透射电镜图

Fig. 1 TEM and HRTEM images of the chitosan/LaF_3:Eu^{3+} nanocomposite particles

图 2 是该纳米复合粒子的 XRD 谱,峰位和对应的晶面分别为:24.219°(002),24.794°(110),27.648°(111),34.935°(112),43.660°(300),44.782°(113),50.547°(302),52.463°(221),64.326°(223),68.198°(304),70.566°(411),与 LaF_3 晶体的 XRD 标准谱图(72-1435)符合得很好,证实样品为单相六方 LaF_3 晶体。通过测量 XRD 图谱衍射峰半峰全宽,应用谢乐公式:$d = 0.89\lambda/\beta\cos\theta$,可计算出该纳米复合粒子的平均粒径为 20.3 nm。其中 d 是纳米颗粒平均尺寸,λ 为

图 2 壳聚糖/LaF_3:Eu^{3+}纳米复合粒子的 XRD 图谱

Fig. 2 X-ray diffraction pattern of chitosan/LaF_3:Eu^{3+} nanocomposite particles

X 射线波长（$\lambda = 0.154\ 18$ nm），β 和 θ 分别为衍射峰（$2\theta = 27.648°$处）的半峰全宽（FWHM）与衍射角。XRD 的结果与透射电镜观测结果基本相符。

壳聚糖是一种调和聚合体，可以通过氨基和过渡金属离子形成聚合物[19]。图 3 给出纯壳聚糖、壳聚糖/LaF_3：Eu^{3+}纳米复合粒子、纯 LaF_3：Eu^{3+}纳米粒子的红外吸收光谱。从图中可以看到纯壳聚糖和壳聚糖/LaF_3：Eu^{3+}纳米复合粒子的吸收光谱出现位于 1 000 ~ 1 200 cm^{-1}（—C—O—C—振动），1 300 ~ 1 650 cm^{-1}（—NH_2 振动）和 2 850 ~ 2 950 cm^{-1}（—CH_2 振动）区域中的吸收带，而在纯 LaF_3：Eu^{3+}纳米粒子光谱的相应位置无吸收带。结果表明壳聚糖/LaF_3：Eu^{3+}纳米复合粒子中确有壳聚糖包覆在 LaF_3：Eu^{3+}纳米粒子表面。在样品光谱的 3 500，1 640 cm^{-1}处有 —OH 的弯曲振动，表明粒子表面存在被化学方法吸附或粒子本身吸附的水，显示了该粒子的良好亲水性。

图 3　纯 LaF_3：Eu^{3+}、壳聚糖/LaF_3：Eu^{3+}、壳聚糖的傅立叶变换红外（FTIR）光谱

Fig. 3　FTIR spectra of pure LaF_3：Eu^{3+}, chitosan/LaF_3：Eu^{3+} and pure chitosan

3.2　发光特性研究

图 4（a）左为壳聚糖/LaF_3：Eu^{3+}纳米复合粒子水溶液中的激发光谱（监测波长 $\lambda_{em} = 590$ nm），Eu^{3+}离子的$^7F_0 \rightarrow {}^5L_6$ 能级吸收跃迁最强，谱线峰位 398 nm。激发吸收谱表明$^5D_4$ 能级在 374 nm，$^5G_6$ 能级在 380 nm，$^5G_2$ 能级在 387 nm，$^5L_6$ 能级在 398 nm，$^5D_3$ 能级在 416 nm，$^5D_2$ 能级在 466 nm。图 4（a）右为壳聚糖/LaF_3：Eu^{3+}纳米复合粒子水溶液中的发射光谱（激发波长 $\lambda_{ex} = 398$ nm），观测到 Eu^{3+}离子的发射峰在 520 ~ 720 nm 波段，对应从$^5D_1$ 和$^5D_0$ 能级到^7F_j（$j = 0 \sim 4$）能级的跃迁。Eu^{3+}离子的荧光主峰在 590 nm。590 nm 处对应的$^5D_0 \rightarrow {}^7F_1$ 跃迁属于磁偶极跃迁，其发射峰最强，表明 Eu^{3+}处于 LaF_3 晶体的反演对称性位置，其主峰的发射强度不受局部对称性影响。从不同 Eu^{3+}离子掺杂浓度的发射光谱（如图 4（b）所示）可以看出，随着 Eu^{3+}离子掺杂摩尔分数增加到 10%，主峰 $^5D_0 \rightarrow {}^7F_1$ 跃迁的荧光强度显著增强，但超过 10% 后荧光强度却逐渐减小。这是因为虽然高的 Eu^{3+}离子掺杂浓度可以吸收更多的激发能，以增大光强；然而掺杂浓度过高时却会出现浓度猝灭，这通常是由存在于相邻 Eu^{3+}离子之间的共振能量转移的非辐射跃迁引起的[20]。

除主峰外，对应 613 nm 发射峰的 $^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ 跃迁是宇称禁戒的电偶极跃迁。Eu^{3+}的 $^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$

图 4　（a）壳聚糖/LaF_3：Eu^{3+}纳米复合粒子水溶液的激发光谱（左）（$\lambda_{em} = 590$ nm）和发射光谱（右）（$\lambda_{ex} = 398$ nm）；（b）含 Eu^{3+}不同摩尔分数的纳米复合粒子的发射光谱（$\lambda_{ex} = 398$ nm）

Fig. 4　（a）Fluorescence excitation（$\lambda_{em} = 590$ nm）and emission（$\lambda_{ex} = 398$ nm）spectra of chitosan/LaF_3：Eu^{3+} nanocomposite particles in aqueous solution；（b）Emission spectra of the nanocomposite particles containing different molar fraction of Eu^{3+}（x%），respectively（$\lambda_{ex} = 398$ nm）.

发射非常敏感,其强度随 Eu^{3+} 周围环境不同而异,处于表面不均匀晶格场附近会导致 $^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ 能级跃迁的概率增加,其发光增强。而 LaF_3 晶体中的 La^{3+} 离子处于 C_2 对称点,在 C_2 对称位置,允许电偶和磁偶极跃迁,因此 Eu^{3+} 离子的 $^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ 与 $^5D_0 \rightarrow {}^7F_1$ 跃迁可在 LaF_3: Eu^{3+} 纳米晶体中观察到。$^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ 与 $^5D_0 \rightarrow {}^7F_1$ 的荧光强度比值 $I(^5D_0 \rightarrow {}^7F_2)/I(^5D_0 \rightarrow {}^7F_1)$ 通常被用于表征 Eu^{3+} 离子的对称性[21]。此外 $^5D_0 \rightarrow {}^7F_3$ 跃迁对应于 650 nm 处的发射峰,$^5D_0 \rightarrow {}^7F_4$ 跃迁对应于 680~700 nm 处的发射峰。$^5D_1 \rightarrow {}^7F_0$ 与 $^5D_1 \rightarrow {}^7F_2$ 跃迁分对应于 525,553 nm 处的发射峰。

3.3 壳聚糖/LaF_3: Eu^{3+} 纳米复合粒子与 FITC 的偶联

异硫氰酸荧光蛋白(FITC)是一种典型的荧光蛋白,被广泛应用于生物标签[22,23],我们选择它作偶联是因为它具有高荧光强度和水溶性好等特点。图5给出了 FITC 与壳聚糖/LaF_3: Eu^{3+} 纳米复合粒子偶联后在 PBS 中的发射光谱(λ_{ex} = 398 nm),样品经多次离心清洗后仍能观测到 Eu^{3+} 和 FITC 的发射峰(516 nm 处),说明了 LaF_3: Eu^{3+} 晶体表面的壳聚糖对 FITC 的偶联作用。结果表明壳聚糖/LaF_3: Eu^{3+} 纳米复合粒子可用于与生物蛋白的偶联,具有潜在的生物应用价值。

图5 FITC 与壳聚糖/LaF_3: Eu^{3+} 纳米复合粒子偶联后在 PBS 中的发射光谱(λ_{ex} = 398 nm)

Fig. 5 Fluorescence emission spectra of FITC conjugated chitosan/LaF_3: Eu^{3+} nanocomposite particles in PBS solution (λ_{ex} = 398 nm)

4 结 论

采用简易的水热法合成了在水溶液中发红光的表面具有氨基、羧基功能化学基的壳聚糖/LaF_3: Eu^{3+} 纳米复合粒子。该粒子大小 20 nm 左右且极易分散水中。通过研究其荧光特性得出,该 LaF_3 晶体中 Eu^{3+} 离子掺杂摩尔分数为 10% 时粒子的荧光强度最大。将该纳米复合粒子与 FITC 的成功偶联表明其具有潜在的生物应用价值。

致谢:感谢武汉大学物理科学与技术学院王取泉教授给予作者的指导以及课题组全体的支持与鼓励!

参 考 文 献:

[1] Diamente P R, Van Veggel F C J M. Water-soluble Ln^{3+}-doped LaF_3 nanoparticles: retention of strong luminescence and potential as biolabels [J]. *J. Fluoresc.*, 2005, **15**(4):543-551.

[2] Wang F, Zhang Y, Fan X, *et al.* Facile synthesis of water-soluble LaF_3: Ln^{3+} nanocomposite particles [J]. *J. Mater. Chem.*, 2006, **16**(11):1031-1034.

[3] Ning Q Y, Meng J X, Liu Y L, *et al.* Preparation of novel DNS-Cl fluorescent silica nanoparticles [J]. *Chin. J. Lumin.* (发光学报), 2006, **27**(3):393-396 (in Chinese).

[4] Renikuntla B R, Rose H C, Eldo J, *et al.* Improved photostability and fluorescence properties through polyfluorination of a cyanine dye [J]. *Org. Lett.*, 2004, **6**(6):909-912.

[5] Chao Kefu, Zhang Youlin, Kong Xianggui, *et al.* A study on fluorescence spectroscopy of immobiliging FITC labeled antibody between fiber optic surface and biomolecule [J]. *Chin. J. Lumin.* (发光学报), 2007, **28**(6):940-944 (in Chinese).

[6] Uyeda H T, Medintz I L, Jaiswal J K, *et al.* Synthesis of compact multidentate ligands to prepare stable hydrophilic quantum dot fluorophores [J]. *J. Am. Chem. Soc.*, 2005, **127**(11):870-3878.

[7] Feng L Y, Kong X G. Preparation and characterization of fluorescence CdSe-liposome compound [J]. *Chin. J. Lumin.* (发光学报), 2007, **28**(3):417-420 (in Chinese).

[8] Feng Bin, Teng Feng, Tang Aiwei, *et al.* Application of aminophenol-stabilized CaSe nanocrystals as a flucrescent label

for lysozyme [J]. *Chin. J. Lumin.* (发光学报), 2007, **28**(3):421-424 (in Chinese).

[9] Medintz I L, Uyeda H T, Goldman E R, *et al.* Quantum dot bioconjugates for imaging, labelling and sensing [J]. *Nat. Mater.*, 2005, **4**(6):435-446.

[10] Meiser F, Cortez C, Caruso F. Biofunctionalization of fluorescent rare-earth-doped lanthanum phosphate colloidal nanoparticles [J]. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2004, **43**(44):5954-5957.

[11] Beaurepaire E, Buissette V, Sauviat M P, *et al.* Functionalized fluorescent oxide nanoparticles: artificial toxins for sodium channel targeting and imaging at the single-molecule level [J]. *Nano Lett.*, 2004, **4**(11):2079-2083.

[12] Van S W, Frederix P, Bol A A, *et al.* Blueing bleaching and blinking of single CdSe/ZnS quantum dots [J]. *Chem. Phys. Chem.*, 2002, **3**(10):871-879.

[13] Hoshino A, Fujioka K, Oku T, *et al.* Physicochemical properties and cellular toxicity of nanocrystal quantum dots depend on their surface modification [J]. *Nano Lett.*, 2004, **4**(11):2163-2169.

[14] Stouwdam J W, Hebbink G A, Huskens J, *et al.* Lanthanide-doped nanoparticles with excellent luminescent properties in organic media [J]. *Chem. Mater.*, 2003, **15**(24):4604-4616.

[15] Kumar M N V R. A review of chitin and chitosan applications [J]. *React. Funct. Polym.*, 2000, **46**(1):1-27.

[16] Miyazaki S, Ishii K, Nadai T. The use of chitin and chitosan as drug carriers [J]. *Chem. Pharm. Bull.*, 1981, **29**(10):3067-3069.

[17] Wang X H, Du Y M, Ding S, *et al.* Preparation and third-order optical nonlinearity of self-assembled chitosan/CdSe-ZnS core-shell quantum dots films [J]. *J. Phys. Chem.*, 2006, **110**(4):1566 -1570.

[18] Gong H M, Wang X H, Du Y M, *et al.* Optical nonlinear absorption and refraction of CdS and CdS-Ag core-shell quantum dots [J]. *Chem. Phys.*, 2006, **125**(2):024707-1-4.

[19] Jiang H, Su W, Caracci S, *et al.* Optical waveguiding and morphology of chitosan thin films [J]. *Appl. Polym. Sci.*, 1996, **61**:1163-1171.

[20] Daibo P, Wang F, Fan X P, *et al.* Luminescence behavior of Eu^{3+} doped LaF_3 nanoparticles [J]. *Spectrochimica Acta* Part A, 2005, **61**(11-12):2455-2459.

[21] Hawse M, Riwotzki K, Meyssamy H. Synthesis and properties of colloidal lanthanide-doped nanocrystals [J]. *J. Alloy. Compd.*, 2000, **303-304**:191-197.

[22] Wang F, Tan W, Zhang Y, *et al.* Luminescent nanomaterials for biological labeling [J]. *Nanotechnology*, 2006, **17**(1): R1-R13.

[23] Wang F, Zhang Y, Fan X P, *et al.* One-pot synthesis of chitosan/LaF_3:Eu^{3+} nanocomposite particles for bio-applications [J]. *Nanotechnology*, 2006, **17**(5):1527-1532.

Facile Synthesis and Spectroscopic Properties of Chitosan/LaF_3:Eu^{3+} Nanocomposite Particles

FU Yan-peng[1], LI Min[2], ZHOU Hai-qiang[1], YU Xue-feng[2]

(1. *Department of Physics*, *Xinjiang University*, *Urumqi* 830046, *China*;
2. *Department of Physics*, *Wuhan University*, *Wuhan* 430072, *China*)

Abstract: Lanthanide-based nanocrystals have shown great potential to be used as luminescent materials but their biological applications have been limited because most of the nanocrystals synthesized so far do not be water soluble or biocompatible. When synthesizing lanthanide (Ⅲ)-doped nanocrystals, organic surfactants are often used as ligands to control the particle growth and to stabilize the particles against aggregation, and therefore the nanocrystals are not water soluble. In this paper, we developed a very straightforward method to prepare water soluble chitosan/LaF_3:Eu^{3+} nanocomposite particles with functional chemical groups on their surfaces. Chitosan is found to cap the nanocrystals during the synthesis process, which renders them water

soluble and biocompatible, and provides functional groups such as hydroxyl and amino groups for further attachment of biomolecules. The samples were characterized by transmission electron microscopy (TEM), X-ray diffraction (XRD) and Fourier transform infrared (FT-IR) absorption spectra. The results shown that the nanocomposite particles have average size of about 20 nm, the sizes of the nanocrystals were calculated from the XRD pattern based on the Debye-Scherrer formula, assuming that the particles are spherical in shape. Further, we exhibited the excitation and emission spectra of these nanocomposite particles and described the luminescent mechanism corresponding to the transition levels. The chitosan/LaF_3: Eu^{3+} nanocrystals were well dispersed in water and their fluorescent properties were studied. The results showed that the luminescent intensity corresponding to $^5D_0 \rightarrow {}^7F_1$ transition of Eu^{3+} ions in the Eu^{3+}-doped LaF_3 nanoparticles increased remarkably with increasing the doping concentration of Eu^{3+} ions and reached a maximum at approximately 10%. Finally, we introduced the coupled way between the chitosan/LaF_3: Eu^{3+} nanocomposite particles and the fluorescent protein (FITC). The nanocomposite particles are very suitable for use in biological applications, for example, intracellular labelling or measurements, because they are very small in size. The use of this method can be extended to the synthesis of other water soluble and biocompatible lanthanide(Ⅲ)-doped luminescent nanocrystals.

Key words: Eu; chitosan; nanocomposite particles; photoluminescence

Received date: 2008-02-04

向您推荐《液晶与显示》——中文核心期刊

《液晶与显示》是中国最早创办的液晶学科专业期刊,也是中国惟一的液晶学科和显示技术领域中综合性专业学术期刊。它由中国科学院长春光学精密机械与物理研究所、中国光学光电子行业协会液晶专业分会和中国物理学会液晶分会主办,科学出版社出版。

《液晶与显示》以研究报告、研究快报、综合评述和产品信息等栏目集中报道国内外液晶学科和显示技术领域中最新理论研究、科研成果和创新技术,及时反映国内外本学科领域及产业信息动态,是宣传、展示我国该学科领域和产业科技创新实力与硕果,进行国际交流的平台。本刊是英国《科学文摘》(INSPEC)、美国《化学文摘》(CA)、俄罗斯《文摘杂志》(AJ)、美国《剑桥科学文摘》(CSA)、"中国科技论文统计源期刊"等20余种国内外著名检索刊物和文献数据库来源期刊。

《液晶与显示》征集有关各类显示材料及制备方法、液晶显示、等离子体显示、阴极射线管显示、发光二极管显示、有机电致发光显示、场发射显示、微显示、真空荧光显示、电致变色显示及其他显示、各类显示器件物理和制作技术、各类显示新型模式和驱动技术、显示技术应用、显示材料和器件的测试方法与技术、成像技术和图像处理等研究论文。《液晶与显示》热忱欢迎广大作者、读者广为利用,踊跃投稿。同时,竭诚欢迎社会各界洽谈广告业务、合作组织技术交流与信息发布活动。

《液晶与显示》为双月刊,国内定价30元。国内邮发代号:12-203;国外发行代号:4868BM。广告经营许可证号:2200004000068。

地 址:长春市东南湖大路3888号
《液晶与显示》编辑部
邮 编:130033
电 话:(0431)86176059
E-mail:yjxs@ciomp.ac.cn

国内统一刊号:CN 22-1259/O4
国际标准刊号:ISSN 1007-2780
国际刊名代码(CODEN):YYXIFY
传 真:(0431)85682346
网 址:www.yejingyuxianshi.org