有机电致发光器件光取出效率增强研究进展

刘 默,李 同,王 岩,张天瑜,谢文法*

吉林大学电子科学与工程学院,集成光电子学国家重点联合实验室吉林大学实验区,吉林长春 130012

摘 要 有机电致发光器件(OLED) 经过近三十年的发展,已经在照明和显示上得到一定程度的应用。 OLED 具有全固态、响应速度快、易于实现柔性显示等优点。由于磷光材料的应用,其内量子效率几乎达到 了理论的极限值 100%,但其外量子效率却只有 20% 左右,制约外量子效率进一步提高的主要因素是器件的 光取出效率。本文从提高 OLED 光取出效率的方法入手,综述了国内外关于顶发射和底发射有机发光器件 光取出效率增强的研究现状、最新进展及以后的研究方向。

关键词 有机发光; 光取出效率 中图分类号: T N 383 文献标识码: A

DOI: 10 3964/ j issn 1000 0593(2011) 04 087 + 06

引 言

1963年, Pope¹¹等首次观察到了蔥的电致发光, 此后, 有机电致发光这一新技术逐渐进入了科学家的视野。由于最 初制作的器件驱动电压普遍较高, 有机电 致发光曾 一度被认 为没有实用价值。直到 1987 年,美国柯达公司的 T $ang^{[2]}$ 等, 采用超薄薄膜技术制备了在 10 V 下亮度为1 000 cd• m⁻²的 绿光有机电致发光器件(organic light emitting devices, OLEDs),这一突破性进展使得 OLED 的研究得以在世界范 围内迅速广泛地开展起来。此后人们研制出了各种性能优良 的 OLED 材料, 通过设计不同的器件结构, 对器件的寿命、 效率等性能进行优化、以便加快 OLED 的商业化进程。经过 近 30 年的发展, OLED 在显示和照明领域得到了应用, 如 2007 年 12 月 SONY 开始销售全球第一台 OLED 电视 XEL-1 (11 吋); 2009 年11 月, LG 开始销售 15 吋 OLED 电视; SO-NY、三星等公司也相继发布了大屏幕 27 和 31 时 OLED 电 视样机。在照明方面, 2008年4月, OSRAM 公司发布了全 球第一台 OLED 台灯^[3]. 成为 OLED 照明上的一个重要里 程碑。同年,美国的 GE 公司研制出了世界第一个用 Roll to $Roll 机器生产的 OLED^{[4]}$,大大降低了器件的成本。但迄今 为止, OLED 器件仍未能实现普及化的应用, 器件的寿命、 成本、效率等都成了 OLED 发展的瓶颈, 而光取出效率是影 响器件效率的最关键的问题之一。

1 有机发光器件的光辐射模式

有机电致发光器件的外量子效率可表示为η_{ext} = νη_cη_e φ_p = η_cη_m,⁽⁵⁾,其中,η_{ext}为器件的外量子效率; ^γ为电子 空穴平 衡因子;η_c为发光层中辐射跃迁激子的形成概率,对于荧光 发光材料为 1/4,对于磷光发光材料为 1;Φ_p为激子辐射衰 减的效率;η_c为光取出效率;η_{mt}为器件的内量子效率。器件 的光取出效率直接影响了器件的外量子效率,因此,如何提 高器件的光取出效率逐渐成为当前的热点问题。下面我们对 底发射和顶发射器件的光辐射模式进行简要的介绍。

11 底发射有机发光器件光辐射模式

通常的 OLED 是生长在玻璃衬底上以 ITO 为阳极的器 件,这种器件光从 ITO/玻璃衬底一侧出射,称为底发射 OLED(BEOLED)。对于 BEOLED,其发射的光可分为四个 模式¹⁽⁴⁾,如图 1 所示: (1)外部模式:即可以出射到空气中的 部分I;(2)衬底模式:即光在衬底和空气界面发生全反射 而被局限在衬底中的部分 II;(3)波导模式:即光在衬底与 IT O/ 有机层界面发生全反射而被局限在高折射区(ITO/ 有机 层)的部分 III;(4)表面等离子体(surface plasmon, SP)模式 IV。

12 顶发射器件的光辐射模式

顶发射 OLED (TEOLED) 指的是以不透明电极(通常为 金属)为底电极,透明或半透明的电极(通常为金属薄层)为 上电极的 OLED,器件的光从顶电极一侧出射。对于

收稿日期: 2010 09-15, 修订日期: 2010 12-30

基金项目:国家自然科学基金项目(60707016,60723002,60937001,11074096,61077045)资助

作者简介:刘 默,女,1987年生,吉林大学集成光电子学国家重点联合实验室硕士研究生 e mail: lykzyr@163.com



Fig 1 (a) Radiative modes in BEOLEDs and (b) power dissipation spectrum for the BEOLED^[7]

TEOLED, 其光辐射可分为三个模式: 即传输到空气中的外 部模式, 限制在有机物中的波导模式以及限制在金属和电介 质界面的表面等离子体模式。

所谓光取出效率,就是外部模式在所有模式中的比例, 提高光取出效率就是尽量减小除外部模式以外的其他模式对 器件的影响,尽量提高外部模式的比例。

2 OLED 光取出效率理论研究

从理论上研究 OLED 光取出效率的最简单方法是几何 光学法^[5],按照这个方法初步估算,OLED 的光取出效率约 为 20%。更精确的计算方法有:(1)蒙特卡罗射线追踪法^[8], 此方法是以概率和统计理论方法为基础的一种计算方法,在 计算中随机挑选从发光点发出无数条光中数量足够多的一部 分,计算这些光线在器件中的传播;(2)模式展开法^[9],将 OLED 的发光用偶极子代替,计算偶极子的自发辐射速率, 进而得到器件的光取出效率;(3)FDTD 方法^[9]1],其原理就 是把所求空间按照 Y @ 原胞进行分割,利用 M axwell 方程来 求解各个时刻每一点的电场和磁场,从而得到各点的电磁场 的分布,进一步求得器件的光取出效率。

近年来,一些研究人员从理论上更加深入研究了OLED 的光取出效率。Lee 等^[12]研究了发光区位置对器件光取出效 率的影响。Kim 等^[13]讨论了ITO/有机层的厚度、发光区的 位置与器件光取出效率的关系,结果显示蓝光和绿光器件光 取出效率分别可达 27% ~ 29%和 30% ~ 32%,比传统计算 的 20% ~ 22%的值高出许多。

3 提高 OLED 光取出效率的方法

3.1 提高底发射 OLED 光取出效率的方法

提高底发射 OLED 器件的光取出效率,就是通过各种方 法减少除外部模式外的其他模式对器件的影响,从而达到提 高光取出效率的目的。

3.1.1 减少表面等离子体模式的方法

表面等离子体模式是由于发光偶极被金属电极淬灭而造成的能量损耗,此模式造成的损失与发光层到金属层的距离的负三次方成正比^[1416],当此距离大于 60 nm 时,可以有效

的降低表面等离子体模态对器件的影响。Hobson等^[7]研究 表明,可以利用特殊的结构和方法将无辐射的表面等离子体 模态转换成外部模态,如在 OLED 表面制作衍射光栅可以提 高器件的光取出效率。Yates 等^{17]}对表面等离子体模态的研 究表明,可以利用一些波长尺度的周期性微结构将无辐射的 表面等离子体模态转化为外部模态,Feng等^[18]采用类似的 方法也取得到了良好的效果。

312 减小波导模式的方法

Yamasaki 等^[19] 分别在 OLED 的背面和内部添加了周期 性的二氧化硅纳米颗粒阵列作为散射层有效地将限制在衬底 和 ITO/ 有机层的光耦合出来,达到提高器件的光取出效率 的目的。Fujita 等^[20]利用图形化的方法在 ITO 和有机层之间 制作二维光子晶体结构将器件发光效率提高 50% [图 2(a)]。 Do 等^[11, 21] 通过在基板和 ITO 之间制作二维光子晶体,将器 件的光取出效率率提升了 50% 左右 [图 2(b)]。此外,Do 等^[22] 以及 Kitamura 等^[23] 也分别利用二维光子晶体结构提高 了 OLED 的光取出效率。Ishihara 等^[24] 利用纳米印刷技术制 作了具有光子晶体结构的器件,利用这种方法将器件亮度提 高了 1 5 倍。Agarwal 等^[25] 利用在 ITO 和玻璃基板之间插入 非周期性电介质层,将 60° 视角的光取出效率提高了 70%。

Peng 等^[26]利用阳极氧化技术在玻璃基板上生长周期性 管状的氧化铝,将器件的光取出效率提高了 50%。Hsu 等^[27]利用在玻璃基板和 ITO 上制作金纳米线阵列散射束缚 在基板和 ITO/有机层的光子,将器件的光取出效率提高到 44%。Cho 等^[28]利用在 ITO 与玻璃基板之间依次添加高、低 折射率的电介质层来提高器件的光取出效率,分别将红、 绿、蓝和白光器件的效率提高了 56%,107%,26%和 27%。 Sun 等^[29]利用 PECVD 和光学微影技术在 ITO 上制作了一 层厚为 100 nm,周期为 7 µm,网格宽度为 1 µm 的低折射率 SiO2 网格结构,有效地将束缚在 ITO/有机层内的光耦合出 来,器件的外量子效率增加了 32%。

Sloot sky 等^[30]利用掠射角沉积的方法,在ITO/有机层 之间制作了一层低折射率的极薄的 SiO₂ 网格结构,利用此 结构将束缚在 ITO/有机层的光散射到基板中,再利用折射 率匹配液将基板中的光耦合出来,可以将出光效率提高 50%。Koo 等^{31]}利用 PDMS 和 A1 的热膨胀系数不同的特 点、制备了具有₁PDMS 翘曲结构的 OLED,/实验表明、具有 翘曲结构的器件与传统器件相比,电流密度和亮度都有所提 高。

Koh 等^[32] 将 IT O 形状化并在其上旋涂一层低折射率 (*n*= 1.42)的 PEDOT: PSS 层, 有效地减少了波导模态对器

(a)

镜阵列、效率可以提高 52%。

Fig 2 (a) Schematic diagram of cross section of OLED with photonic crystal and SEM of photonic crystal^[20]; (b) The layer structure of a PC OLED with PC layers^[21]



Fig 3 (a) Proposed electrode structure consisting of patterned ITO and coated high conductivity PEDOT: PSS layer; (b) Representative cases that convert light trapped in organic/ITO layers into outcoupled mode^[32]

3.1.3 减小基板模式的影响

减小基板模式的影响,即减少光在基板和空气界面的全反射。Gu等^[33]利用形状化基板,设计了一个高为22mm,顶部宽度为3mm和边缘倾角为34°的圆锥形玻璃衬底,把原先往侧向发射的光导向衬底的出光面,器件的光取出效率比传统器件提高了2倍左右。Tsutsui等^[34]将溶胶凝胶法制备的低折射率二氧化硅气凝胶添加在衬底和ITO之间,有效地减少了衬底模式对器件效率的影响,器件的外量子效率为1.39%,是对比器件的18倍。Madigan等^[35]在低折射率基板(*n*=155)背面制作半球微透镜结构[图4(a)],使得器件

垂直方向的出光效率提高为原来的96倍,外部发光效率总体提高为原来的3倍。Forrest等^[36]利用模具法在玻璃衬底背面制作直径为10^μm,折射率为14的方形微透镜阵列[图4(b)],成功地把光取出效率提升了15倍。Peng等^[37]利用柔性印刷的方法在高折射率基板上制作半球形微透镜阵列,将器件效率提高为原来的17倍。Li等^[38]采用微接触打印技术在衬底背面制备具有微透镜作用的类一维或二维SiO₂纳米球提高了器件的光取出效率,绿光器件的正面效率提高了60%。

件光取出效率的影响,如图3所示,同时还提高了载流子注 入平衡,将器件的外量子效率提高了16%。进一步结合微透







Nakamura 等^[39] 将高折射率 TiO₂ 颗粒掺入到 PMMA 中,利用刮墨刀技术制作出散射膜贴附在玻璃衬底背面,结 果表明该器件的阴极与发光层距离对其效率的影响不明显, 效率比未贴附散射膜有显著提升,角度特性也得到明显改

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

善。Kwok 等^[40]利用喷砂的方法,使器件的背面和侧面粗化,有效地减少了基板模态对器件的影响,将器件的光取出效率提高了 20%。Li 等^[41]根据仿生学原理在基板背面制作一层非紧密排列的六角形阵列为增透膜,有效地提高了白光OLED 的光取出效率,在法线方向的出光率提高了 1.4 倍。

D[´]Andrade 等^[42]利用在基板背面添加了特殊形状的导 光板将器件的效率提高了 1.8~2 1 倍。Cheng 等^[43]利用自 组装技术在 PDMS 基板上制作了一种网状结构,减少了基板 和空气界面的全反射,器件的光取出效率提高了 46%。

3.2 提高顶发射 OLED 光取出效率的方法

对于提高顶发射 OLED 的光取出效率主要从两方面入 手, 第一是减少限制在有机物中的波导模式, 第二是减少表 面等离子体模式。

在减少表面等离子体模式方面, Smith 等^[44] 指出,通过 选择适当的电极材料,可以均衡吸收、表面等离子体模式以 及微腔结构对器件的影响,从而提高光取出效率,实验表 明,对于以Ag为电极的小分子和聚合物 TEOLED,光取出 效率可达 19.2%和 24.1%。Ran 等^[45]研究了Yb/Au,Al/ Au,Yb/Ag和Al/Ag双层电极的TEOLED 的光取出效率, 结构表明厚度相同时,由于Yb/Au的表面等离子体模式损 失少,与其他电极器件相比,具有相对较高的光取出效率。

Gifford 等^[46] 在起伏的 Au 电极上制备了 TEOLED(图 5),利用表面等离子体交叉耦合,使得器件的光致发光效率 和电致发光效率都有了很显著地提高。利用这种光栅结构可 以将表面等离子体模态对器件效率的影响降低 40%。Wedge 等^[47] 在 55 nm 的金属 Ag 上制备了周期为 485 nm 的光栅结 构,并观察到了由于表面等离子共振引起的 PL 谱的增强。 Chiu 等^[48],49] 也报道了利用光栅结构提高顶发射器件 PL 谱 强度的研究结果。此外,Feng 等^[50] 制备了具有光栅结构的 顶发射器件,通过表面等离子体耦合发射获得了高度方向性 的有机电致发光,出光光束的发散角小于 4。

而在减少波导模式方面,Yang 等^[51]利用 PDMS 微透镜 阵列来提高顶发射器件的光取出效率,结果表明,有、无微 透镜的器件最大外量子效率分别为 6 4% 和 5 6%,同时利 用微透镜还可以改善器件的角度特性,配合微腔结构,可以 避免像素模糊。

Nakanishi 等⁵² 采用独创的纳米制作技术 EPM (embed ded particle monolayer method) 制作二维衍射层,有效地提高 了顶发射 OLED 的光取出效率。实验表明,优化后,具有衍

References

- [1] Pope M, Kallmann H P, Magnate P. J. Chem. Phys., 1963, 38(8): 2042.
- [2] Tang C W, Vanslyke S A. Appl. Phys. Lett., 1987, 51(12): 913.
- $[\ 3] \quad http://www.oled-info.com/osram_opto_sem iconductors/worlds_first_oled_lamp.$
- $[\ 4] \quad h\,ttp: {\it //\,w\,w\,w\,.\,oled\ info.\ com/\,ge\ research\ team\ pull\,s\ together\ oled\ christmas\ tree.}$
- [5] Adachi C, Baldo M A, Thompson M E, et al. J. Appl. Phys., 2001, 90(10): 5048.
- [6] Chen C H, Chen C T, Wu C C. White OLED for Lighting. Taiwan: Wu Nan Book Inc, 2009.
- [7] Hobson P A, Wasey J A E, Sage I, et al. Quant. Electron, 2002, 8(2): 378.



surface

plasmon

dinole

emitter

高207倍。Liu 等^[3] 将10~20 µm 大小的ZrO₃ 颗粒(折射 率大约为20)分散到PDMS中,利用刮墨刀技术制成散射 膜,贴附在顶发射器件出光侧,结果表明,与无散射膜的器 件相比,有散射膜的器件效率提高了1.38倍,且器件的角度 特性有很大的改善。

emitted light

surface

plasmon

4 结 论

有机电致发光器件经过近 30 年的发展已经取得了重要 的进展,并且在平板显示领域及照明领域显示出其独特的特 性,但器件的光取出效率低制约了 OLED 实用化的进程,目 前常用于提高器件光取出效率的方法主要包括采用微透镜, 衬底粗化、采用网格结构等,这些方法的实现工艺以及对提 高光取出效率的程度各不相同,但都在一定程度上提高了器 件的光取出效率,多种方式的结合更是大幅度提高了器件的 效率。

然而不论何种方法,还应进一步考虑对显示质量的影响,而对于用于照明器件的光取出增强技术,还应进一步寻 找易于实现大面积的低成本光取出增强技术,我们相信随着 科学技术的发展,对于优化 OLED 器件性能会有更多更有效 更简单易行的方法,使 OLED 器件有更广泛的应用,从而加 速其商业化进程,尽早地走进人们的生活。

Ag Al

Alg₂

NPB

Au

- [9] Chutinan A, Ishihara K, Asano T, et al. Organic Electronics, 2005, 6(1): 3.
- [10] Lee Y J, Kim S H, Huh J, et al. Appl. Phys. Lett., 2003, 82(21): 3779.
- [11] Do Y R, Kim Y C, Song Y W, et al. Adv. Mater., 2003, 15(14): 1214.
- [12] Lee J, Chopra N, So F. Appl. Phys. Lett., 2008, 92(3): 033303.
- [13] Kim S Y, Kim J J. Org. Electron., 2010, 11(16): 1010.
- [14] Lin C L, Cho T Y, Chang C H, et al. Appl. Phys. Lett., 2006, 88(8): 081114.
- [15] Cho T Y, Lin C L, Wu C C. Appl. Phys. Lett., 2006, 88(11): 111106.
- [16] Bulovic V, Khalfin V B, Gu G, et al. Phys. Rev. B., 1998, 58(7): 3730.
- [17] Yates C J, Samuel I D W, Burn P L, et al. Appl. Phys. Lett., 2006, 88(16): 161105.
- [18] Feng J, Okamoto T. Opt. Lett., 2005, 30(17): 2302.
- [19] Yamasaki T, Sumioka K, Tsutsu i T. Appl. Phys. Lett., 2000, 76(10): 1243.
- [20] Fujita M, Ueno T, Asano T, et al. Electron. Lett., 2003, 39(24): 1750.
- [21] Lee Y J, Kim S H, Huh J, et al. Appl. Phys. Lett., 2003, 82(21): 3779.
- [22] Do Y R, Kim Y C, Song Y W, et al. J. Appl. Phys., 2004, 96(12): 7629.
- [23] Kitamura M, Iwamoto S, Arakawa Y. Jpn. J. Appl. Phys., 2005, 44(4B): 2844.
- [24] Ishihara K, Fujita M, Matsubara I, et al. Appl. Phys. Lett., 2007, 90(11): 111114.
- [25] Agrawal M, Sun Y R, Forrest S R, et al. Appl. Phys. Lett., 2007, 90(24): 241112.
- [26] Peng H J, Ho Y L, Yu X J, et al. J. Appl. Phys., 2004, 96(3): 1649.
- [27] Hsu S Y, Lee M C, Lee K L, et al. Appl. Phys. Lett., 2008, 92(1): 013303.
- [28] Cho S. H., Song Y W., Lee J G., et al. Opt. Express, 2008, 16(17): 12632.
- [29] Sun Y, Forrest S R. Nature Photonics, 2008, 2(8): 483.
- [30] Slootsky M, Forrest S.R. Opt. Lett., 2010, 35(17): 1052.
- [31] Koo W H, Jeong S M, Araoka F, et al. Nature Photonics, 2010, 4(4): 222.
- [32] Koh T W, Choi J M, Lee S H, et al. Adv. Mater., 2010, 22(16): 1849.
- [33] Gu G, Garbuzov D Z, Burrows P E, et al. Opt. Lett., 1997, 22(6): 396.
- [34] Tsutsui T, Yahiro M, Yokogawa H, et al. Adv. Mater., 2001, 13(15): 1149.
- [35] Madigan CF, LuMH, Strurm JC. Appl. Phys. Lett., 2000, 76(13): 1650.
- [36] Möller S, Forrest S R. J. Appl. Phys., 2002, 91(5): 3324.
- [37] Peng H, Ho Y L, Yu X J, et al. Disp. Tech., 2005, 1(2): 278.
- [38] Li F, Li X, Zhang J H, et al. Org. Electron., 2007, 8(5): 635.
- [39] Nakamura T, Tsutsumi N, Juni N. J. Appl. Phys., 2004, 96(11): 6016.
- [40] Chen S M, Kwok H S. Opt. Express, 2010, 18(1): 37.
- [41] Li Y F, Li F, Zhang J H, et al. Appl. Phys. Lett., 2010, 96(15): 153305.
- [42] D' Andrade B W, Brown J J. Appl. Phys. Lett., 2006, 88(19): 192908.
- [43] Cheng Y H, Wu J L, Cheng C H, et al. Appl. Phys. Lett., 2007, 90(9): 091102.
- [44] Smith L H, Wasey J A E, Barnes W L. Appl. Phys. Lett., 2004, 84(16): 2986.
- [45] Ran G Z, Ma G L, Xu Y H, et al. Appl. Opt., 2006, 45(23): 5871.
- [46] Gifford D K, Hall D G. Appl. Phys. Lett., 2002, 81(23): 4315.
- [47] Wedge S, Wasey J A E, Barnes W L, et al. Appl. Phys. Lett., 2004, 85(2): 182.
- [48] Chiu N F, Yu C, Nien S Y, et al. Opt. Express, 2007, 15(18): 11608.
- [49] Chiu N F, Lin C W, Lee J H, et al. Appl. Phys. Lett., 2007, 91(8): 83114.
- [50] Feng J, Okamoto T, Kawata S. Appl. Phys. Lett., 2005, 87(24): 241109.
- [51] Yang C J, Liu S H, Hsieh H H, et al. Appl. Phys. Lett., 2007, 91(25): 253508.
- [52] Nakanishi T, Hiraoka T, Fujimoto A, et al. Appl. Opt., 2009, 48(31): 5889.
- [53] Liu C C, Liu S H, Tien K C, et al. Appl. Phys. Lett., 2009, 94(10): 103302.

Progress of Light Extraction Enhancement in Organic Light Emitting Devices

LIU Mo, LI Tong, WANG Yan, ZHANG Tiarryu, XIE Werrfa*

State Key Laboratory on Integrated Optoelectronics, College of Electronic Science and Engineering, Jilin University, Changchun 130012, China

Abstract Organic light emitting devices (OLEDs) have been used in flat panel displays and lighting with a near 30 year development. OLEDs possess many advantages, such as full solid device, fast response, flexible display, and so on. As the application of phosphorescence material, the internal quantum efficiency of OLED has almost reached 100%, but its external quantum efficiency is still not very high due to the low light extraction efficiency. In this review the authors summarizes recent advances in light extraction techniques that have been developed to enhance the light extraction efficiency of OLEDs.

Keywords OLED; Light extraction

(Received Sep. 15, 2010; accepted Dec. 30, 2010)

* Corresponding author

《光谱学与光谱分析》期刊社决定采用 ScholarOne Manuscripts 在线投稿审稿系统

《光谱学与光谱分析》期刊社与汤森路透集团签约, 自 2010 年 12 月 1 日起《光谱学与光谱分析》决定采用 Thomson Reuters旗下的 Scholar One Manuscripts 在线投稿审稿系统!

• ScholarOne M anuscripts,该系统不仅能轻松处理稿件,而且能提速科技交流。

・全球已有 360 多家学会和出版社的 3 800 多种期刊选用了 Scholar One M anuscripts 系统作为在线投稿、审稿平台,全球 拥有超过 1 350 万的注册用户,代表着全球学术期刊在线投审稿的一流水平。

• ScholarOne M anuscripts 与 EndNote, Web of Science 无缝链接和整合;使科研探索、论文评阅和信息传播效率大为提高。

• ScholarOne Manuscripts 是汤森路透科技集团的一个业务部门,拥有丰富的学术期刊业务经验,为学术期刊提供综合管理工作流程系统,使期刊更有效管理投稿、同行评审、加工和发表过程,提高作者心中的专业形象,缩短论文发表时间,削减管理成本,帮助期刊提高科研绩效和实现学术创新。

《光谱学与光谱分析》采用"全球学术期刊首选的在线投稿审稿系统—ScholarOne Manuscripts",势必对2010年11月30 日以前向本刊投稿的作者在查阅稿件信息时,会带来某些不便,在此深表歉意!为了推进本刊的网络化、数字化、国际化进 程,以实现与国际先进出版系统对接;为了不断提高期刊质量,加快网络化、数字化建设,加快与国际接轨的进程,希望能得 到广大作者、读者们的支持与理解,对您的理解和配合深表感激。这是一件新事物,肯定有不周全、不完善的地方,让我们共 同努力,不断改进和完善起来。

> 《光谱学与光谱分析》期刊社 2010年12月1日