

化学法制备片状纳米银粉的研究进展

李芝华, 王炎伟, 卢健体, 于倩倩

(中南大学, 湖南 长沙 410083)

摘要: 片状纳米银粉由于小尺寸效应、表面积大、导电性高等显示出其独特的性能, 在电子、催化、能源和生物等方面有着广阔的应用前景。近年来, 采用化学法来制备片状纳米银粉备受人们关注。本文从制备方法、制备机理、影响因素等方面评述了化学法制备片状纳米银粉的最新研究进展, 展望了今后研究的方向。

关键词: 片状纳米银粉; 化学法; 制备; 机理; 影响因素

中图分类号: TF123; TG146.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-185X(2009)06-1119-05

银粉因具有良好的导电性(氧化物也导电)、化学稳定性、高塑性和抗氧化性等优点而成为电子工业的关键材料^[1]。纳米银粉作为纳米材料的一个重要组成部分, 将贵金属银独特的物理化学性质与纳米材料的特殊性能有机地结合起来, 在化学催化、能源、电子和生物等领域有着广阔的应用前景^[2-8], 得到了越来越广泛的重视, 纳米银粉的制备和应用一直是纳米研究的热点^[9-16]。

粒子大小和形貌可控的制备技术对金属纳米材料有关性能的研究至关重要^[17], 相比其它形貌银粉^[18,19], 片状银粉具有比表面积大, 性质稳定等优点; 比起球状银粉颗粒易形成点接触, 片状银粉在形成导电通路时颗粒间为线接触或面接触, 因而电阻相对较低, 并且可以节约银粉使用量。介于以上两点, 片状银粉被广泛用作电子浆料、导电胶、电磁屏蔽材料、滤波器、碳膜电位器、薄膜开关、半导体芯片粘结等电子元件。另外, 片状银粉也是新型表面贴装元件电极浆料专用的原材料, 因此对片状银粉的研究具有十分重要的意义^[20-22]。引人注目的片状纳米银粉具有显著的尺寸与形状敏感的表面等离子体波带(Surface Plasmon Resonance Bands, SPRB), 同时在光学、生物标记、诊断等方面也有很好的应用前景^[23,24]。

目前电子行业、半导体工业用的片状银粉主要是球形银粉经机械球磨^[25]制备得到的。随着电子产品向小型化、集成化方向发展, 对片状银粉质量的要求越来越高, 传统球磨工艺存在耗能比较大, 制备的片状银粉表面附有润滑剂、形状不规则、粒径大等, 严重地制约了片状银粉的应用发展。寻找新颖先进的制备

片状银粉的技术, 已成为这一研究领域的重要方向之一。在过去几年中人们对纳米银粉的粒径与形貌控制进行了不懈的努力, 并取得了相当不错的进展^[26,27], 包括银纳米棒与纳米银线的制备与应用^[28-31]。化学法在制备金属纳米粒子中发挥着重要作用^[32], 采用化学法不仅可以直接制备出片状纳米银粉, 而且在很大程度上可以克服机械球磨工艺的一些不足, 采用化学法直接制备片状纳米银粉具有诱人的发展前景。

1 片状纳米银粉的化学制备方法

化学法主要是指在溶液中通过加入还原剂将银离子还原为银原子的方法。在此过程中控制适当的反应条件, 促使银晶核发生定向生长最终可得到片状形貌的纳米银粉。

1.1 晶核法

晶核的引入可分为 2 种, 即异质晶核^[33]和自反应生成晶核^[34-36]。异质晶核的典型过程为: 在反应液中加入氯铂酸作催化剂, 其首先被还原成铂形成外来晶核, 它在原位为随后还原与沉淀的银提供一个平面, 促进银(111)面的形成与生长。同时, 聚乙烯吡咯烷酮(PVP)被选择性地吸附于银的粒子表面, 影响银的成核与生长使银不能长成立方晶体, 只能在侧面继续生长, 最终形成保留着(111)面的片状银粉。由于铂的引入, 使生产成本提高。相比异质晶核法而言, 自反应生成晶核的方法有更大的优势。其要求是先制备出球形银纳米粒子作为晶种, 根据需要在反应溶液中加入不同量的银晶种, 就可以得到粒径尺寸不同的片状银粉。

收稿日期: 2008-07-21

作者简介: 李芝华, 男, 1963 年生, 博士, 副教授, 中南大学材料科学与工程学院, 湖南 长沙 410083, 电话: 0731-8830838, E-mail: ligfz@mail.csu.edu.cn

这种方法操作方便、对实验条件要求不高、简单易实现，可制备出大片状的银粉，但片状粉体晶粒度分布范围较宽，伴随着有细小颗粒产生。

1.2 光诱导法

光诱导法^[37~39]是在制备纳米粒子过程中发现的一类新方法。其基本原理^[40]是先制备出球形、类球形纳米银溶胶，然后在保护剂的作用下，通过光辐射诱导纳米银颗粒发生形貌转变，从而得到片状纳米银粉，整个过程可以分为诱导、生长和成熟 3 个阶段。Yonezawa 等^[41]探讨了片状纳米银粉的光还原机理。研究表明，在还原过程中光子能量必须超过某一临界值才能引发反应进行，即入射光中波长 λ 小于临界波长的部分才是有效部分。姚素薇等^[39]以硝酸银为前驱体，三水合柠檬酸钠(TSC)为还原剂，在光源照射下得到不同颜色的银溶胶，经 30 W 高压汞灯照射，在 365 nm 波长的光源下诱导生长得到片状银纳米粒子。采用不同光源照射可得到不同形貌的非球形银纳米粒子，因此，在选定合适的反应体系后，光源对粒子的生长取向起决定性的作用。通过调节光源的波长(如滤光)，排除杂波的干扰，可以得到高纯度的片状纳米银粉；通过调整反应时间可以控制粒子的粒径尺寸，从而得到尺度和形貌均可控的片状纳米银粉。

采用光诱导法制备片状纳米银粉具有工艺和设备简单、产品不易被污染的优点，是替代现行机械球磨法的可选方法之一，具有较大的发展前景。并且由于此方法是以球形纳米颗粒为基础，可以获得尺寸较小的片状纳米银粉，但所制备的纳米级片状银粉的粒度不统一，反应比较缓慢，所需时间较长。

1.3 软模板法

软模板法旨在利用表面活性剂在溶液中自组装所形成的特殊结构，通过离子键、氢键和范德华力等作用力，在溶剂存在的条件下使活性剂对游离状态下的无机物前驱体进行引导，使其生成具有纳米有序结构的粒子或薄膜^[42]。表面活性剂^[43]是由性质截然不同的疏水和亲水部分构成的双亲分子。当加入到水溶液中的表面活性剂浓度超过临界胶束或胶团的浓度时，表面活性剂分子的疏水基互相靠拢，聚集在一起排列形成疏水基向里，亲水基向外的胶束，胶束可以成球状、棒状或层状。平面层状胶束自组装结构的形成过程如图 1 所示。当溶液中的银离子被还原时，首先在界面诱导成核，并沿着层状表面长大。在银晶核的长大过程中，表面活性剂在溶液中形成的特殊层状自组装结构不仅为纳米片状银粉的成核和长大提供模板，而且，表面活性剂也会选择性分子吸附在银晶核的某些晶面上，从而抑制该晶面的长大过程，造成银晶面的不平

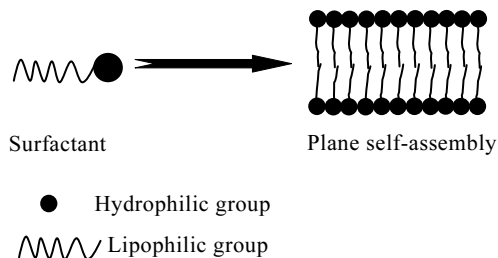


图 1 表面活性剂及其在溶液中的平面自组装结构
Fig.1 Surfactant shape and plane self-assembly in colloidal solution

衡生长，最终形成片状纳米银粉。

Chen^[44,45]等用十六烷基三甲基溴化铵(CTAB)作表面活性剂，得到三角形片状纳米银粉。检测结果表明得到的片状纳米银粉为单晶结构，生长基面为(111)面，纳米银片的厚度在 20~30 nm，直径大约为 60 nm。吴表松等^[46]以有机高分子聚氧乙烯十二烷基醚(Brij35)作为表面活性剂，制备出一种规则的片状三角形纳米银颗粒，边长为(100±10) nm，厚度约为 30 nm。结果表明：三角形面为(111)面，这些片状三角形纳米银颗粒是由球形银纳米颗粒在表面活性剂 Brij35 分子的作用下转变而来的。许多实验表明模板法制备片状纳米银粉为单晶结构，生长基面为(111)面。这并非偶然，因为(111)面表面能相对较低，表面活性剂或有机物在该面的分子吸附进一步降低了它的表面能。

表面活性剂的选择范围宽，操作方便，成本相对较低，可以通过改变活性剂的种类和用量，来制备所需形貌的纳米粉体。要制备片状纳米银粉，就必须选择可以形成层状自组装结构的表面活性剂，但由于表面活性剂在溶液中可以形成球状、棒状、树枝状等多种形状，因此在片状纳米银粉的形成过程中难免会存在其它形貌的银粉。找到一种只能在溶液中形成层状胶束结构的表面活性剂一直是一些研究人员孜孜追求的目标。

1.4 液相还原法

化学液相还原法是指在选定溶液中通过加入某种化学试剂来制备出片状纳米银粉。Wang 等^[47]在 PVP 存在的条件下，通过加入环六亚甲基四胺，在不同的反应阶段，得到从圆形到多边形等不同形貌的片状纳米银粉。研究表明：PVP 化学吸附到银粒子表面，两者发生吸附与解吸附作用来控制不同晶面的动力学生长速率，最后形成以(111)面作基面的片状纳米银粉。Xiong 等^[48]则在聚丙烯酰胺存在的条件下用多元醇还原银盐得到片状纳米银粉。Yang 等^[49]先用硼氢化钠还

原硝酸银溶液制备出柠檬酸稳定的球形银纳米粒子，再转化成十二硫酸钠稳定的银纳米粒子，最后在 0.01 mol/L 的氯化钠溶液中陈化即得到规则的三角形片状纳米银粉。Germain 等^[50]先通过软化学法制备出片状纳米银粉和球状纳米银粉的混合物，采用离心分离的方法分离出片状纳米银粉。

2 化学法制备片状纳米银粉的机理

化学法制备纳米银粉要经过化学还原—沉淀这样一个过程，包括以下步骤^[51]：①银离子的还原，过饱和；②成核，生成银晶；③银核长大，团聚。

金属银是面心立方结构^[52]，是由银原子呈面心立方紧密堆积构成，属于等轴晶系。在银粉沉淀—生长过程中，为了获得体系最小的表面自由能，在没有外界环境和条件的影响下，银核会自由生长成球形或近球形颗粒。但是如果受到外界因素的限制与影响，其晶体就要受控制地形成与生长，所以片状纳米银粉的直接化学制备方法主要是考虑给它提供一个合适的物理化学环境（过饱和度、添加剂、还原剂、阴离子种类、催化剂和溶液的 pH 值等），促使发生定向生长，最终形成片状纳米结构。大多数文献报道金属粒子占优势的面为(111)面，这是因为该面有最高的热力学稳定性^[53]。由此可以假设在片状银粉的形成过程中(111)面受到主要限制，(110)和(100)晶面发生生长，从而形成片状结构，其可能的生长机理模型如图 2 所示。

在化学法直接制备片状纳米银粉的过程中，溶液的物理化学条件对银粉颗粒的尺寸和形貌的影响主要是通过合成体系中银晶核的形成与生长机制以及银粉颗粒之间的相互作用来影响银粉粒径、形貌和分散性。欲获得片状结构的纳米银粉，就必须提供合适的物理化学条件以促使银晶核在生长过程中晶面的不平衡生长。欲获得分散均匀的片状银粉颗粒，就必须尽量将成核和生长两个过程分开，使已形成的晶核能同步地长大，避免成核与生长同时进行，否则就会致使先成核者先长大，后成核者后长大，造成颗粒大小不均，

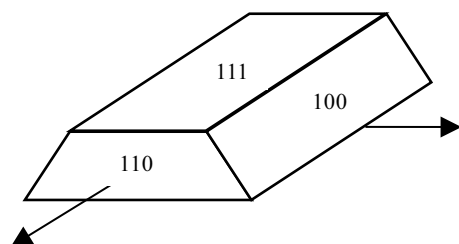


图 2 银纳米结构可能的生长方向图示

Fig.2 Schematic representation of possible growth directions of silver nanostructure

粒径分布很宽，形貌也就无法得到控制。可见，对银的成核与长大分开控制是制备粒子尺寸均匀、形貌可控、粒度分布范围窄的片状纳米银粉的关键。因此，粉末结构形貌控制的研究既要注意晶体本身结晶的习性，又要考虑与晶体生长相关的溶液物理化学条件。

3 影响片状纳米银粉粒度与形貌的因素

化学法制备片状纳米银粉的影响因素是多方面的，主要包括表面保护剂的不同、溶液浓度、还原剂的不同、反应配比、反应温度、反应时间和 pH 值等。银粉的最终形貌是由内因(结构因素)和外因(过饱和度和添加剂、还原剂、反应温度溶液的 pH 值等)综合作用的结果。

3.1 还原剂的种类

常用的还原剂有甲酸及其盐、水合肼、醛类、胺类、某些醇、葡萄糖、柠檬酸、抗坏血酸等。还原剂的选择对片状纳米银粉的制备有很重要影响。因此，还原剂的选择应遵循以下主要原则：尽可能低的还原电位即强的还原性；还原剂容易挥发或分解，以便在热处理过程中能容易地将被银浆所吸附的还原剂完全除去；还原剂在水中的溶解度要尽可能大，以减少所得银浆对它的吸附；还原剂要有良好的选择性，即能减少或消除其它离子的干扰；还原剂的选择还必须考虑试剂的价格因素。

3.2 反应体系的浓度

利用化学法制备片状纳米银粉的银盐溶液一般为硝酸银溶液或银氨溶液。从目前报道的文献^[47]看，采用化学法制备片状银粉的反应溶液的 Ag^+ 浓度普遍较低（一般不大于 0.02 mol/L），所获得的粉体粒度较小（一般不大于 500 nm）。当增加 Ag^+ 的浓度时，粉体的粒度变大，所获得的纳米银粉的形状、粒度分布也变得极不均匀，常伴有其它形态的颗粒存在。

3.3 表面保护剂

表面保护剂用的最多的是聚乙烯吡咯烷酮^[33,54-56](PVP)、聚乙烯醇^[57,58](PVA)、明胶等有机高分子保护剂。研究表明^[59]：利用表面活性剂作分散剂(表面保护剂)，能使超微粒子在溶液中稳定而不团聚。其作用机理是当晶核形成后，分散剂分子在晶核或晶粒表面形成一层包覆层，并产生空间位阻，使晶核之间和晶核与晶粒之间隔离，阻止晶粒的进一步长大，最终可获得细小而均匀的超微金属粒子。

3.4 溶液 pH 值的大小

在制备纳米银粉的过程中，一般都要加入酸性或碱性试剂^[33,59]来调节溶液的 pH 值，溶液 pH 值的大小对还原剂的还原性有很大的影响。在不同的 pH 值下，

反应的反应速度显著不同；同时，溶液 pH 值的大小对纳米粒子的粒子尺寸也有着重要的影响。一般来说，碱性越强，还原能力越强，纳米粒子尺寸增大。Chou 等^[60]研究了 NaOH 和 Na₂CO₃ 对反应的影响，当只有 NaOH 加入时，甲醛的还原能力变得很差，60 min 后只有 72.1 % 的 Ag⁺被还原，200 min 后也只有 73.7 % 的 Ag⁺被还原出来。但在加入 NaOH 的同时，加入一定量 Na₂CO₃，60 min 后有 99.7 % 的 Ag⁺被还原出来。当加入 $n[\text{Na}_2\text{CO}_3]/n[\text{AgNO}_3]$ 为 1.0~1.5 的 Na₂CO₃ 时，可以获得较小的粒度，加入更多的 Na₂CO₃，溶液 pH 值增大，银溶胶的稳定性遭到破坏，并且银颗粒发生团聚，引起银粒度增大。

3.5 其它因素

影响化学法制备片状纳米银粉的其它因素包括反应温度、反应时间、还原剂加入速度等。这些因素对片状纳米银粉的形貌与粒度也有着重要的影响。

4 展 望

目前，化学法制备的片状纳米银粉都尚处于实验室研究阶段，一些关键技术及其应用研究尚有待突破。

(1) 在银晶核再长大的过程中要生成粒度分布窄、形貌均一规则的片状纳米银粉，关键在于限制银核长大过程中新核的形成，控制纳米银晶核的定向生长方向和生长速率，从而得到大直径、窄粒度分布、形貌均一的片状纳米银粉。考虑怎样才能实现溶液中成核与长大的分开进行是重要的研究方面，大直径、窄粒度分布、形貌均一的片状纳米银粉的控制难度较大。(2) 化学法想要实现片状纳米银粉产业化生产，必须提高反应体系的 Ag⁺浓度。但提高反应体系的 Ag⁺浓度会导致纳米银粉形貌不可控制、粒度分布范围宽等问题，必须解决好反应体系的浓度与纳米片状银粉的品质之间的关系。如何实现片状纳米银粉化学法制备的产业化，也是当前努力的方向。

化学法制备的片状纳米银粉有着诱人的发展前景。随着电子产品向小形化、集成化、功能化等方向发展，化学法制备的片状纳米银粉的应用必将越来越广泛，应用领域将不断地被扩展。同时，伴随着纳米技术的发展和完善，化学法制备片状纳米银粉存在的问题将会逐步得到解决，其制备工艺也将逐渐成熟。

参考文献 References

[1] Wang Guojian(王国建), Jiang Hualiang(蒋华良). *Specialty and Functional Polymers*(特种与功能高分子材料)[M]. Beijing: China Petroleum & Chemical Press, 2004: 125
[2] Wang Junzhong(王俊中), Hu Yuan(胡源), Chen Zuyao(陈祖

耀). *Rare Metal Materials and Engineering*(稀有金属材料与工程)[J], 2003, 32(8): 585
[3] Poondi D, Dobbins T. *J Mater Sci*[J], 2000, 35(24): 6237
[4] Lee H H, Chou K S, Shih Z W. *International Journal Adhesion & Adhesives*[J], 2005, 25(5): 437
[5] Iliev V, Tomova D, Bilyarska L et al. *Appl Catal B: Environmental*[J], 2006, 63: 266
[6] Lee H H, Chou K S, Huang K C. *Nanotechnology*[J], 2005, 16: 2436
[7] Xu J Z, Zhang Y, Li G X et al. *Mater Sci Eng C*[J], 2004, 24: 833
[8] Yan W J, Wang R, Xu Z Q et al. *J Molecular Catalysis A: Chemical*[J], 2006, 255: 81
[9] Korchagin A I, Kuksanov N K, Lavrukhin A V et al. *Vacuum* [J], 2005, 77(4): 485
[10] Lee S H, Oh S M, Park D W. *Mater Sci Eng C*[J], 2007, 27(5~8): 1286
[11] Wen Z Y, Yang X L, Huang S H et al. *Solid State Ionics*[J], 2006, 177(26~32): 2 807
[12] Ivan S, Branka S S. *J Colloid Interface Science*[J], 2004, 275(1): 177
[13] Nersisyan H H, Lee J H, Son H T et al. *Mater Res Bull*[J], 2003, 38: 949
[14] Chau J L H, Hsu M K, Hsieh C C et al. *Mater Lett*[J], 2005, 59: 905
[15] G J D, Tokimoto T, Othman R et al. *Electrochem Commun*[J], 2003, 5: 1005
[16] Song Yonghui(宋永辉), Liang Gongying(梁工英), Zhang Qiuli(张秋利) et al. *Rare Metal Materials and Engineering* (稀有金属材料与工程)[J], 2007, 36(4): 710
[17] Burda C, Chen X B, Narayanan R et al. *Chem Rev*[J], 2005, 105: 1025
[18] Lu Y, Mei Y, Walker R et al. *Polymer*[J], 2006, 47: 4 985
[19] Jin R C et al. *Science*[J], 2001, 294: 1 901
[20] Li Y, Wong C P. *Mater Sci Eng R*[J], 2006, 51: 1
[21] Sun Y Q, Wiederrecht G P. *Small*[J], 2007, 3(11): 1964
[22] Cheng W T, Chih Y W, Yeh W T. *International Journal Adhesion & Adhesives*[J], 2007, 27: 236
[23] Mock J J, Barbic M, Smith D R et al. *J Chem Phys*[J], 2002, 116(15): 6755
[24] He Y, Shi G Q. *J Phys Chem B*[J], 2005, 109(37): 17 503
[25] Tan F T, Qiao X L, Chen J G. *Appl Surf Sci* [J], 2006, 253: 703
[26] Chen S, Carroll D L. *J Phys Chem B*[J], 2004, 108(18): 5500
[27] Chen S H, Webster S, Czerw R et al. *J Nanoscience Nano-*

- technology[J], 2004, 4(3): 254
- [28] Sun Y G *et al.* *Nano Lett*[J], 2002, 2(2): 165
- [29] Jiang P, Li S Y, Xie S S *et al.* *Chem-A Euro J* [J], 2004, 10(19): 4817
- [30] Lee G J, Shin S I, Kim Y C *et al.* *Mater Chem Phys*[J], 2004, 84(2~3): 197
- [31] Barbic M, Mck J J, Smith D R *et al.* *J Appl Phys*[J], 2002, 91(11): 9341
- [32] Cushing B L, Kolesnichenko V L, O'Conner C J. *Chem Rev*[J], 2004, 104(9): 3893
- [33] Liang Huanzhen(梁焕珍), Kim D J, Chung H S *et al.* *Acta Physico-Chimica Sinica*(物理化学学报)[J], 2006, 20(4): 102
- [34] Lehui L, Kobayashi A, Tawa K *et al.* *Chem Mater*[J], 2006, 18(20): 8
- [35] Zou X Q, Ying E B, Chen H Q *et al.* *Colloids Surf A: Physico-chemical Engin Aspects*[J], 2007, 303(3): 226
- [36] Cao G Y, Tian X L, Wang W H. *Mater Lett*[J], 2007, 61(1): 130
- [37] Jin R C, Cao Y C, Hao E C. *Nature*[J], 2003, 524(6957): 487
- [38] Maillard M, Huang P, Brus L. *Nano Lett*[J], 2003, 3(11): 1611
- [39] Yao Suwei(姚素薇), Cao Yanrui(曹艳蕊), Zhang Weiguo(张卫国). *Chinese Journal of Applied Chemistry*(应用化学)[J], 2006, 23(4): 438
- [40] Zhou Q F, Shang T M, Zhu W *et al.* *J Jiangsu Teachers University of Technology*[J], 2005, 11(2): 1
- [41] Yonezawa Y, Sato T, Kuroda S. *J Chem Soc Faraday Trans* [J], 1991, 87(2): 1905
- [42] Pileni M P. *Nature Materials*[J], 2003, 2(3): 145
- [43] Zhang Taiwei(张太蔚), Zhang Lu(张露), Yang Shengchun(杨生春) *et al.* *Rare Metal Materials and Engineering*(稀有金属材料与工程)[J], 2007, 36(8): 1495
- [44] Chen S H, Fan Z Y, Carroll D L. *J Phys Chem*[J], 2002, 106(42): 10 777
- [45] Chen S H, Carroll D L. *J Phys Chem B*[J], 2004, 108(18): 5 550
- [46] Wu Qingsong(吴青松), Zhao Yan(赵岩), Zhang Caibei(张彩碁) *et al.* *Acta Physica Sinica*(物理学报)[J], 2005, 54(3): 1452
- [47] Wang D B, Song C X, Hu Z S *et al.* *Mater Lett*[J], 2005, 59(14~15): 1 760
- [48] Xiong Y J, Siekkinen A R, Wang J Q *et al.* *J Mater Chem*[J], 2007, 17(25): 2600
- [49] Yang J, Zhang Q B, Lee J Y *et al.* *J Colloid Interface Sci*[J], 2007, 308: 157
- [50] Germain V, Brioude A, Inqert D *et al.* *J Chem Phys*[J], 2005, 122(12): 4707
- [51] Rocha T C R, Winnischofer H, Westphal E *et al.* *J Phys Chem C*[J], 2007, 111(7): 2885
- [52] Courty A, Henry A I, Goubet N *et al.* *Nature Materials*[J], 2007, 6(11): 900
- [53] Wang Z L. *J Phys Chem*[J], 2000, 104(6): 1 153
- [54] Wiley B, Sun Y G, Mayers B *et al.* *Chem-A Euro J*[J], 2005, 11(2): 454
- [55] Sun Y G, Xia Y N. *Science*[J], 2002, 298(5601): 2 176
- [56] Chou K S, Lai Y S. *Mater Chem Phys*[J], 2004, 83(1): 82
- [57] Khanna P K, Singh N, Charan S *et al.* *Mater Chem Phys*[J], 2005, 92: 214
- [58] Gautam A, Singh G P, Ram S. *Synth Met*[J], 2007, 157(1): 5
- [59] Wang Xin(汪信), Liu Xiaoheng(刘孝恒). *Nanomaterial Chemistry*(纳米材料化学)[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006: 172
- [60] Chou K S, Ren C Y. *Mater Chem Phys*[J], 2000, 64(3): 241

Recent Advances on Preparation of Silver Nanoflakes by Chemical Method

Li Zhihua, Wang Yanwei, Lu Jiant, Yu Qianqian
(Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: Silver nanoflakes have found wide applications in electronics, catalysis, energy and biology due to the small-size effect and large surface and high conductivity. In recent years, the preparation of chemical method for silver nanoflakes has been attracting more and more attentions. Silver nanoflakes prepared by chemical method are systematically reviewed from the respects of preparation, mechanism and effect factors in this paper. In the meantime, the prospect of chemical method in the future is made.

Key words: silver nanoflake; chemical method; preparation; mechanism; effect factor

Biography: Li Zhihua, Ph. D., Associate Professor, School of Materials Science and Engineering, Central South University, Changsha 410083, P. R. China, Tel: 0086-731-8830838, E-mail: ligfz@mail.csu.edu.cn