

纳米锡基隔热透明涂料研究进展

陈亚君 陕绍云* 贾庆明 支云飞

(昆明理工大学化学工程学院,昆明 650500)

摘 要 在建筑玻璃上使用隔热透明涂料是建筑节能的重要途径之一。氧化铟锡、氧化铋锡等锡基涂料具有高透明性和优异的隔热性,一直是隔热透明涂料领域的研究重点。介绍了纳米锡基隔热透明涂料的隔热机理、种类和制备方法以及涂料隔热性能的影响因素,指出了纳米锡基隔热透明涂料存在的问题,并对锡基节能涂料的发展前景进行了展望。

关键词 纳米锡基材料,隔热透明,涂料

Research advance of nano tin-based thermal insulation coating

Chen Yajun Shan Shaoyun Jia Qingming Zhi Yunfei

(School of Chemical Engineering, Kunming University of Science and Technology,
Kunming 650500)

Abstract The use of heat-insulating clear coatings on architectural glass is one of the most important ways to save energy in buildings. Tin-based coatings such as indium doped tin oxide and erbium doped tin oxide, which have high transparency and excellent thermal insulation properties, has always been a research focus in the field of insulating clear coatings. An overview of the insulation mechanism, types and preparation methods of nano tin-based transparent coatings, and the influencing factors of the thermal insulation properties of the coatings were presented. The existing problems of nano tin-based transparent coatings were pointed out, and discussed the development prospects of tin-based energy-saving coatings.

Key words nano tin-based material, insulating and transparent, coating

近年来,我国建筑物普遍采用大型窗户和玻璃幕墙,在改善室内景观的同时使太阳光照射到室内,夏天室内温度大幅度升高,冬天又会使室内的能量辐射到室外,从而降低室内温度,增加了夏季制冷和冬季取暖的能耗^[1]。建筑能耗占总能耗的 30%~40%,其中约半数是由建筑制冷或采暖造成的^[2-3]。隔热透明涂料是一种安全节能材料,在欧美、东南亚及日本、韩国等国家,隔热透明涂料广泛应用于建筑领域^[4-5]。在建筑玻璃上使用隔热透明节能涂料,可以降低建筑能耗,对缓解能源危机和维护我国经济的可持续发展具有重要意义。

目前隔热透明涂料的功能填料主要包括:空心玻璃微珠、中空陶瓷微珠以及导热系数低、比热小的材料,如 TiO_2 、 ZnO 、 MgO 、 Al_2O_3 等;表面包覆金红石相 TiO_2 的陶瓷微珠, TiO_2 包覆的粉煤灰漂珠,

无机半导体纳米粉体,如 SnO_2 、氧化铟锡(ITO)、氧化铋锡(ATO)等。其中纳米金属氧化物粉体对太阳光谱具有理想的选择性,在可见光区透过率高,对红外线具有很好的屏蔽作用。而纳米 ITO、ATO、氧化镓锡(GTO)等锡基透明半导体材料,透明性和导电率更高。近年来,科研人员积极探索纳米锡基材料在隔热透明涂料中的应用,并研发出一些新产品。

1 纳米锡基隔热透明涂料及其隔热机理

纳米 SnO_2 是一种重要的化工材料,其带隙宽(3.6eV)、激子束缚能高(130meV),为四方金红石结构,具有良好的导电性、阻燃性以及吸收红外辐射、遮光、化学性能稳定等特点^[6]。近年来,学者致力于研究掺杂剂对 SnO_2 性能的影响。从理论上

基金项目:云南省科学基金项目(21566014、51364023)

作者简介:陈亚君(1991-),男,硕士研究生,研究方向为锡基隔热材料。

联系人:陕绍云(1978-),女,教授,硕士生导师,从事化工环保材料研究工作。

讲, SnO_2 存在晶格缺位, 是一种 n 型半导体, 其导电性介于传统半导体和金属之间。光波是一种电磁波, 光波的电场会使金属内部的电子产生运动, 从而吸收光的能量, 所以金属的导电系数越高对光的能量吸收越多^[7-9]。将铟、锑、镱、镓等元素按一定比例掺杂到 SnO_2 中制备的新型锡基材料, 如 ITO、ATO、纳米氧化锡镱(YTO)等, 可以增加 SnO_2 的载流子密度, 使其出现空穴导电, 从而提高 SnO_2 的导电性、热稳定性和机械性能^[10]。

纳米锡基隔热透明涂料的隔热原理: 太阳光谱中波长在 400~800nm 的可见光电磁波能够透过纳米锡基材料; 纳米锡基材料内部的电子或晶格振动子在波长 800~2500nm 的近红外光电磁波中, 低能级电子或晶格振动子产生激发跃迁到高能级状态, 低能级状态跃迁到高能级状态需要吸收能量, 而太阳光恰好能提供能量, 跃迁过程中吸收了太阳光的能量形成光的吸收^[11-13]; 或者是纳米锡基材料形成等离子体在电磁波的电场和磁场环境中的剧烈运动, 从而将太阳光能量转化为热能^[13], 对分布在红外波段、占太阳能量 43% 的热能起吸收阻隔作用, 从而达到隔热的效果。

2 纳米锡基隔热透明涂料的种类及制备方法

2.1 纳米 ITO 隔热透明涂料

早在 1984 年 Arfsten 就开始研究纳米 ITO 的红外反射性能, 并介绍了纳米 ITO 在改善窗户隔热性能中的应用^[14]。纳米 ITO 是一种宽能隙的 n 型半导体材料, 它在可见光区具有较高的透过率, 在红外光区有较高的阻隔率, 优良的光电性能促进了纳米 ITO 在隔热透明涂料中的应用^[15-16]。

美国 Nanophase 公司开发了具有红外反射功能的半导体纳米 ITO, 并将其分散在水中制成纳米浆料。美国专利介绍了稳定的纳米 ITO 水分散体的制备方法, 并用于制造透明导电涂料。日本也公布了很多类似专利, 将纳米 ITO 粉体用于制备水性或溶剂型红外阻隔涂料。将纳米 ITO 做成浆料添加到成膜物中, 并加入适当助剂制备隔热透明涂料。

薛维玲^[17]将纳米 ITO 浆料添加到有机硅改性的丙烯酸树脂中, 制备了隔热透明涂料。将涂料涂覆在基底(玻璃)表层, 放入烘箱于 120℃ 恒温固化 120min, 得到纳米 ITO 隔热透明涂层。该涂层的硬度达到 6H, 附着力为 1 级, 耐水性、耐酸性、耐碱性等均达到国家标准。纳米 ITO 隔热透明涂层的可见光透过率可达到 85%, 近红外线透过率低于

10%, 在模拟隔热设备中测试隔热效果, 涂覆纳米 ITO 隔热透明涂层的玻璃比空白玻璃温度低 15℃。由于 ITO 价格昂贵, 产业化生产涂料成本较高, 因此纳米 ITO 在隔热透明涂料中的应用受到限制。

2.2 纳米 ATO 隔热透明涂料

在 SnO_2 中掺入锑离子得到纳米 ATO 粉体, 锑离子占据了晶格中 Sn^{4+} 的位置, 形成 1 个一价正电荷中心 SbSn 和 1 个多余的价电子, 使净电子增加, 形成 n 型半导体, 从而增大了晶粒电导率^[18-20]。纳米 ATO 粉体在保持高可见光透过率的同时, 显示出足够高的自由载流子浓度和类似于金属的导电性能以及较低的红外线透过率等特性, 是一种优良的隔热透明材料。将纳米 ATO 粉体制成浆料添加到成膜物中, 再加入适当的助剂可以得到纳米 ATO 隔热透明涂料。

陈仲良^[21]将自制的纳米 ATO 水性浆液与水性聚氨酯(WPU)涂料掺混, 成功制备出稳定的 ATO/WPU 水性纳米涂料。将涂料通过旋涂的方式涂覆到玻璃表面, 得到均匀透明的 ATO/WPU 涂层。当涂料中 ATO 质量分数为 20% 时, 涂层综合性能最佳, 可见光平均透过率达到 85%, 红外线阻隔率达到 50%。

王雅丽等^[22]制备了一种以纳米 ATO 为粉体的隔热透明涂料, 将涂料涂覆在玻璃上于 170~180℃ 烘烤成膜。涂膜硬度可达 4H, 附着力达到 0 级, 耐水、耐酸及耐醇性优良, 在可见光区(波长 380~780nm)的透过率超过 60%, 近红外线阻隔率达到 50% 以上。

Sun 等^[23]使用纳米 ATO 分散体和 WPU 或聚丙烯酸酯(PA)乳液, 制备了一系列固含量不同的纳米 ATO 隔热透明水性涂料, 通过旋涂法将涂料涂覆在石英玻璃表面。结果表明: 随着纳米 ATO 含量的增加, 隔热效果明显增强; 纳米 ATO 涂料样品和空白样品之间存在约 10℃ 的差异, 前者对可见光的透射率明显高于后者。

Xu 等^[24]采用水热合成法得到纳米 ATO 及纳米铯钨青铜($\text{Cs}_{0.33}\text{WO}_3$)粉体, 通过球磨机用硅烷偶联剂对粉体进行分散处理, 得到纳米 ATO 及 $\text{Cs}_{0.33}\text{WO}_3$ 浆料, 制备了可以屏蔽宽波段近红外光谱的纳米 ATO/ $\text{Cs}_{0.33}\text{WO}_3$ 复合透明涂料, 将透明涂料涂覆在玻璃表面。透射光谱分析表明, 在 780~2500nm 的宽带波长范围内, 玻璃显示出优异的屏蔽近红外光性能, 可以屏蔽高达 90.9% 的近红外光, 在可见光区的透过率保持在 70.6%。

2.3 纳米 YTO 隔热透明涂料

将纳米 YTO 粉体制成浆料添加到作为成膜物的树脂中,再加入适当的助剂得到纳米 YTO 隔热透明涂料。吴志军等^[25]以五水四氯化锡($\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)和六水硝酸铋 $[\text{Yb}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ 为原料、氨水为沉淀剂、聚乙二醇(PEG)-600 作为分散剂,采用化学共沉淀法制备了纳米 YTO 粉体。苏泽飞等^[26]采用化学共沉淀法,以 $\text{Yb}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 为原料,氨水为沉淀剂,在 $n(\text{Sn}):n(\text{Yb})=9:1$ 的条件下,合成了分散均匀的纳米 YTO 粉体。

宋云龙等^[27]将纳米 YTO 隔热浆料与水性丙烯酸树脂共混,制备出纳米 YTO 隔热透明涂料。课题组研究了纳米 YTO 浆料用量、Yb 与 Sn 掺杂比例、涂层厚度对涂膜光学性能的影响,探讨了水性丙烯酸树脂用量对涂膜硬度及附着力的影响。结果表明:纳米 YTO 浆料质量分数为 40%、Yb 与 Sn 物质的量比为 0.35:0.65、涂覆次数为 3 次、水性丙烯酸树脂质量分数为 50% 时,涂膜的光学性能、硬度及附着力最佳,纳米 YTO 隔热涂层的红外线阻隔率达 84%,在可见光区的透过率达到 80% 左右。

2.4 纳米 GTO 隔热透明涂料

Tsay 等^[28]在溶解的氯化亚锡($\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)和硝酸镓水合物 $[\text{Ga}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}]$ 混合溶液中加入单乙醇胺(MEA)稳定剂。将混合物于 60℃ 搅拌 24h,得到澄清透明的溶液。将溶液于室温下熟化 14d,得到涂料溶液。将涂料旋涂到预先清洁的玻璃上以 1000r/min 转速旋转 30s,结果表明玻璃样品具有较高的平均光学透射率和红外线阻隔率。

上海沪正纳米科技有限公司成功研制出新型节能材料纳米 GTO 隔热透明涂料。纳米 GTO 隔热透明涂料以纳米 ATO 为基料,采用纳米掺杂技术制备而成。纳米 GTO 隔热透明涂料既具有纳米 ATO 透明、隔热等物理特性,又具有独特的性能,特别是在波长小于 1000nm 的近红外区域,其阻隔红外线的能力远远大于纳米 ATO、ITO 涂料的阻隔能力,表现出超强的阻隔能力^[29-30]。波长小于 1000nm 的近红外区域是人体皮肤最敏感的热感区域,将纳米 GTO 隔热透明涂料用于汽车玻璃、建筑玻璃的防晒隔热,可以大幅度提高隔热性能,提高人体的舒适感,节省能源。但镓属于稀缺资源,价格昂贵,因此其应用受到限制。

2.5 纳米氧化氟锡隔热透明材料

纳米氧化氟锡(FTO)是重要的透明导电材料,

具有可见光透过率高、导电性以及热稳定性优良的特点^[31-33]。近年来 FTO 薄膜在太阳能电池、气敏传感器和液晶显示器中得到广泛应用^[34-35],但未见其应用于涂料的报道。

2.6 纳米氧化铋锡隔热透明材料

Huang 等^[36]以硫酸亚锡(SnSO_4)、五水硝酸铋 $[\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}]$ 和 H_2O_2 为原料,采用水热法成功合成了纳米氧化铋锡(BTO)粉体,并采用热重分析、X 射线衍射和扫描电子显微镜对产物进行表征。结果表明:产物结晶完整, Bi^{3+} 取代了 Sn^{4+} 进入 SnO_2 晶格中,产物中未出现杂相铋,水热反应温度越高晶粒尺寸越大,所制纳米 BTO 粉体粒径为 60nm。何秋星等^[37]以自制纳米 BTO 分散浆料和 WPU 为原料,采用共混法制备 BTO/WPU 复合材料。结果表明:纳米 BTO 浆料的等电点在 $\text{pH}=6$ 附近;采用硅烷偶联剂 KH-550 和高分子分散剂 DP-518 对纳米 BTO 粉体进行分散处理可得到分散性良好的水性浆料。当 BTO 质量分数为 1.0% 时,涂膜的拉伸强度和断裂伸长率分别达到 9.23MPa 和 223%,可见光透射率约为 70%,其隔热效果优于纯 PU 膜,可将温度降低 8℃ 左右。

3 影响涂料隔热透明性能的因素

黄旭珊等^[38]的研究表明,纳米锡基材料和成膜剂的用量对涂料可见光透过率、红外线透过率、紫外线透过率以及热学、机械性能都有影响。姚晨等^[39]的研究表明,涂料的隔热性能不仅与纳米半导体合金粉体的物理结构有关,而且还与粉体的粒径有关。宋云龙等^[27]的研究表明,涂层厚度以及掺杂元素用量对涂料的导电率以及光学性能影响很大。纳米粉体的形貌会影响粉体的团聚,进而影响涂料的隔热性能。

4 纳米锡基隔热透明涂料存在的问题

4.1 纳米粉体的团聚

纳米粒子的表面活性和吸附性大,很容易发生团聚。树脂黏度一般较大,导致纳米粒子分散困难。纳米粉体自身的团聚以及在涂料中的分散问题一直是纳米材料工业应用中最大的难点^[40]。制备纳米隔热透明涂料时,通常是将纳米粉体预分散成浆料,再加入到树脂溶液中。纳米浆料的制备是成功制备纳米隔热透明涂料的关键因素之一。

4.2 纳米粉体的产业化问题

纳米粉体的制备方法很多,但大部分都处于实

实验室研究阶段,真正可以工业化批量生产的并不多,因此需优化现有的制备工艺,积极探索新的制备方法和工程放大技术。

4.3 纳米隔热材料的种类及其用量

纳米隔热材料的种类及其用量关系到涂膜的隔热性能和成本,ITO 是目前半导体材料中解决隔热问题综合性能最佳的材料,但是产品价格偏高。为降低使用 ITO 带来的高成本,可以考虑添加 ATO、 SnO_2 、 InO 、 TiO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 ZnO 等粉体^[41]。一般而言,随着纳米隔热材料添加量的增加,涂料的性能随之提高,但是增加到一定程度后,不但涂料的性能提升有限,还会带来黏度太高等副作用,同时也增加了成本,所以确定适宜的添加量也是关键。

4.4 基料的选择问题

涂膜除了要具有高效隔热性能外,还需要充分考虑其理化性能,这就涉及到基料树脂的选择。玻璃底材具有特殊的表面结构,因此其对涂料树脂有特殊的要求。目前涂料树脂一般采用有机硅树脂、有机硅改性丙烯酸树脂、WPU。选择适宜的树脂,提高隔热透明涂料的理化性能是今后的发展方向。

5 结语

我国锡储量丰富,纳米锡基材料具有优良的电学、光学性质,纳米 ATO 隔热效果好、成本低,是制备隔热透明涂料最适宜的半导体氧化物。纳米 ATO 的带隙宽,在可见光区域具有高透明度和足够高的自由载流子浓度,因此具有优异的导电性,并具有较高的红外线反射率^[42]。另外,纳米 ATO 由于其自由电荷载体和晶格能吸收可见光和近红外辐射^[43],因此用于透明隔热涂料时,纳米 ATO 是一种优良的近红外光谱吸收剂。吸收程度取决于涂层中纳米 ATO 的含量,纳米 ATO 含量越高,近红外光谱吸收能力越强。纳米 ATO 反射或吸收近红外光谱依赖于涂层的电导率。目前纳米隔热透明涂料的红外线阻隔率在 60% 左右,隔热效果不佳,若能提高隔热性能,将大幅度提高纳米隔热透明涂料的应用价值。

参考文献

- [1] 蒲清平.城市居住建筑能耗影响因素与预测模型构建研究[D].重庆:重庆大学,2012.
- [2] 刘润谦.浅谈建筑保温与节能[J].陕西建筑,2012,45(6):28-30.
- [3] 张培河.浅析建筑外墙保温施工技术和节能材料选择与使用[J].科技创新与应用,2012,15(15):215.
- [4] 李楚忠,刘晓国.纳米透明隔热涂料的研究及应用现状[J].广州化工,2013,41(3):21-22.
- [5] Fuji M, Takai C, Watanabe H, et al. Improved transparent thermal insulation using nano-spaces[J]. Advanced Powder Technology, 2015, 26(3): 857-860.
- [6] 王喆.铋氮共掺 SnO_2 半导体材料光电性能的研究[D].济南:济南大学,2014.
- [7] Guo C F, Sun T, Cao F, et al. Metallic nanostructures for light trapping in energy-harvesting devices[J]. Light Science & Applications, 2014, 3(7): 161-167.
- [8] Molina Y A, Tapia V R, Calva E B. Silver nanoparticles in epoxy resin deposited on silicon substrates for light trapping[J]. Plasmonics, 2016, 11(4): 971-979.
- [9] Choy W C. The emerging multiple metal nanostructures for enhancing the light trapping of thin film organic photovoltaic cells[J]. Chemical Communications, 2014, 50(81): 119-120.
- [10] 贾姝娟,顾春禄.掺杂二氧化锡材料光电性能改性的研究[J].中国科技博览,2013,30(41):347.
- [11] 高祥虎,赵鑫,耿庆芬,等.光谱选择性太阳能吸收涂层的研究进展[J].材料导报,2012,26(13):26-31.
- [12] 侯玉芝,蒋利军,王树茂,等.中高温金属/陶瓷型光谱选择吸收涂层的研究进展[J].稀有金属,2009,33(2):279-284.
- [13] Guo C, Yin S, Dong Q, et al. Simple route to $(\text{NH}_4)_{(x)}\text{WO}_3$ nanorods for near infrared absorption[J]. Nanoscale, 2012, 4(11): 339-340.
- [14] Arfsten N J. Sol-gel derived transparent IR-reflecting ITO semiconductor coatings and future applications[J]. Journal of Non-Crystalline Solids, 1984, 63(1/2): 243-249.
- [15] Eshaghi A, Graeli A. Optical and electrical properties of indium tin oxide (ITO) nanostructured thin films deposited on polycarbonate substrates "thickness effect"[J]. Optik-International Journal for Light and Electron Optics, 2014, 125(3): 1478-1481.
- [16] Tseng K S, Lo Y L. Effect of sputtering parameters on optical and electrical properties of ITO films on PET substrates[J]. Applied Surface Science, 2013, 285(11): 157-166.
- [17] 薛维玲. ITO 透明隔热涂料的制备及其性能研究[D].深圳:深圳大学,2015.
- [18] Luo L, Bozyigit D, Wood V, et al. High-quality transparent electrodes spin-cast from preformed antimony-doped tin oxide nanocrystals for thin film optoelectronics[J]. Chemistry of Materials, 2013, 25(24): 4901-4907.
- [19] Luo H, Zhen F, Song N, et al. High surface area antimony-doped tin oxide electrodes templated by graft copolymerization. Applications in electrochemical and photoelectrochemical catalysis[J]. ACS Applied Materials & Interfaces, 2015, 7(45): 251-261.
- [20] Peters K, Lokupitiya H N, Sarauli D, et al. Nanostructured antimony-doped tin oxide layers with tunable pore architectures as versatile transparent current collectors for biophotovoltaics

- [J].Advanced Functional Materials,2016,26(37):6682-6692.
- [21] 陈仲良.纳米 ATO 基透明隔热疏水涂层研制[D].杭州:浙江工业大学,2013.
- [22] 王雅丽,田静,李会宁,等.纳米氧化锡铟透明隔热涂料研究进展[J].中国涂料,2014,29(7):78-88.
- [23] Sun H,Liu B,Liu X,et al.Dispersion of antimony doped tin oxide nanopowders for preparing transparent thermal insulation water-based coatings[J].Journal of Materials Research,2017,32:2414-2422.
- [24] Xu X,Zhang W,Hu Y,et al.Preparation and overall energy performance assessment of wide waveband two-component transparent NIR shielding coatings[J].Solar Energy Materials & Solar Cells,2017,69(65):119-129.
- [25] 吴志军,谭艳,逢艳,等.铟掺杂二氧化锡纳米粉体的制备工艺影响因素[J].精细化工,2014,31(4):114-121.
- [26] 苏泽飞,谭艳,吕维忠,等.化学共沉淀法制备铟掺杂二氧化锡纳米粉体[J].化学研究与应用,2014,33(7):1103-1106.
- [27] 宋云龙,谭艳,黄旭珊,等.YTO 透明隔热玻璃涂料的制备及性能[J].涂料工业,2014,44(10):22-24.
- [28] Tsay C Y,Liang S C.Fabrication of p-type conductivity in SnO₂ thin films through Ga doping[J].Journal of Alloys & Compounds,2015,622(58):644-650.
- [29] Huang Y,Ji Z,Chen C.Preparation and characterization of p-type transparent conducting tin-gallium oxide films[J].Applied Surface Science,2007,253(11):4819-4822.
- [30] Yang T,Zhao J,Li X,et al.Preparation and characterization of p-type transparent conducting SnO thin films[J].Materials Letters,2015,139(1):39-41.
- [31] Liao B H,Kuo C C,Chen P J,et al.Fluorine-doped tin oxide films grown by pulsed direct current magnetron sputtering with an Sn target[J].Appl Opt,2011,50(9):99-106.
- [32] Liao B H,Chan S H,Lee C C,et al.FTO films deposited in transition and oxide modes by magnetron sputtering using tin metal target[J].Applied Optics,2014,53(4):141-148.
- [33] Banyamin Z Y,Kelly P J,West G,et al.Electrical and optical properties of fluorine doped Tin oxide thin films prepared by magnetron sputtering[J].Coatings,2014,4(4):732-746.
- [34] Kim H,Kushto G P,Auyeung R C Y,et al.Optimization of F-doped SnO₂ electrodes for organic photovoltaic devices[J].Applied Physics A,2008,93(2):521-526.
- [35] Hu Z,Zhang J,Hao Z,et al.Highly efficient organic photovoltaic devices using F-doped SnO₂ anodes[J].Applied Physics Letters,2011,98(12):66-71.
- [36] Huang X,Huang X,Tan Y,et al.Preparation of bismuth-doped Tin oxide(BTO) nanoparticles by hydrothermal method[J].Rare Metal Materials & Engineering,2012,41(6):95-97.
- [37] 何秋星,胡剑青,涂伟萍.纳米铟掺杂二氧化锡/水性聚氨酯复合材料的[J].化工学报,2007,58(11):2920-2925.
- [38] 黄旭珊,潘亚美,吕维忠,等.影响纳米 ITO 透明隔热涂料性能的因素[J].涂料工业,2010,40(8):33-35.
- [39] 姚晨,赵石林,缪国元.纳米透明隔热涂料的特性与应用[J].涂料工业,2007,37(1):29-32.
- [40] 龚圣,廖列文.纳米铟掺杂氧化锡(ATO)的研究及其在透明隔热涂料中的应用[J].广东化工,2011,38(7):67-68.
- [41] 徐金枝,王大纲.透明隔热玻璃涂料的现状与发展[J].绿色建筑,2010,2(6):53-54.
- [42] 李楚忠,刘晓国,刘志强.水性氟丙树脂透明隔热涂料的制备及性能[J].电镀与涂饰,2013,32(11):53-56.
- [43] Qu J,Song J,Qin J,et al.Transparent thermal insulation coatings for energy efficient glass windows and curtain walls[J].Energy & Buildings,2014,77:1-10.

收稿日期:2018-05-24

修稿日期:2019-08-16

氨基糖与金纳米复合材料在抗菌方面的应用研究取得进展

近年来,由于纳米材料具有了很多独特的物理化学性质,如大的比表面积可做多种表面修饰和表面等离子体共振效应。利用这些独特的性质,纳米材料可以用于生化传感器、药物递送、热疗和抗菌等方面的研究,抗菌纳米材料已成为传统小分子抗生素的有希望的替代者。多种纳米材料,如壳聚糖、银、铜、碲、氧化铁和氧化锌等纳米颗粒都具有抗菌活性。然而,大多数纳米抗菌材料具有高毒性,需要复杂的修饰或对细菌的选择性抑制方面比较差,它们中的大多数不是理想的纳米抗生素。

中国科学院成都生物研究所天然产物研究中心研究

员邵华武课题组与国家纳米科学中心研究员蒋兴宇课题组合作开发了一种氨基糖与金纳米复合材料来抑制革兰氏阳性菌的生长。这种复合材料通过对细菌细胞壁合成的破坏作用及利用革兰氏阳性菌和阴性菌细胞壁结构的不同来特异性抑制革兰氏阳性菌,可得到窄谱纳米抗菌材料,从而避免了对益生菌的伤害和防止菌群失调。

研究人员已在体外细胞水平和动物体内对该材料的抗菌及生物相容性进行了双重评估。同时,在动物体内抗菌实验和伤口愈合实验中,该材料表现出优异的抗菌效果。氨基糖与金纳米复合材料有望应用于临床抗菌中。

(新型)