

# Progress in Preparation and Application of Nanosilver

Shuhong Sun, Wenbo Li, Yong Liu, Yan Zhu\*

Kunming University of Science and Technology, Kunming Yunnan  
Email: \*zhuyankmust@foxmail.com

Received: Mar. 20<sup>th</sup>, 2018; accepted: Apr. 27<sup>th</sup>, 2018; published: May 4<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Nanosilver has good electrical, thermal, catalytic, optical and antibacterial properties. This article compared the advantages and disadvantages of the three different methods of nanosilver preparation: physical method, chemical method and biological method. The application of nanosilver in the fields of catalytic materials, optical materials, biomedicine, new energy and electronic device was reviewed.

## Keywords

Nanosilver, Physical Method, Chemical Method, Biological Method

---

# 纳米银的制备及应用研究进展

孙淑红, 李文博, 刘 勇, 朱 艳\*

昆明理工大学, 云南 昆明  
Email: \*zhuyankmust@foxmail.com

收稿日期: 2018年3月20日; 录用日期: 2018年4月27日; 发布日期: 2018年5月4日

---

## 摘 要

纳米银具有良好的导电、导热、催化、光学及抗菌性能。本文比较了物理法, 化学法及生物法三种不同纳米银制备方法的优缺点, 综述了纳米银在催化材料、光学材料、生物医疗、新能源以及电子器件等领域的应用进展。

---

\*通讯作者。

## 关键词

纳米银, 物理法, 化学法, 生物法

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

银(Ag)在贵金属中,是一种储量相对丰富、价格低廉且物理性能良好的金属。银具有很高的延展性、导电性和导热性,在电子电器、感光材料、化工材料等领域有很广泛的应用。随着纳米科技的不断发展,纳米银良好的导电性能、导热性能、抗菌性能、光学性能以及其他特殊性能也被广泛的开发应用。目前,纳米银已被广泛应用于催化材料、光学材料、生物医疗、新能源以及电子器件等领域。

## 2. 纳米银的制备

随着纳米技术的不断发展,纳米银的合成方法也越来越多,按照纳米银的制备原理和方法不同可以分为物理方法、化学方法以及生物方法,如表 1 所示。

### 2.1. 物理方法

物理方法是应用从大到小,即自上而下(top-down)的物理手段将大块材料的尺度纳米化。常用方法有:真空冷凝法、磁控溅射、激光烧蚀等。

真空冷凝法是在惰性气体或真空氛围下,利用高温(加热、激光、蒸发等)使银原料气化或者形成等离子体,然后骤冷凝结得到纳米银粒子。真空冷凝法制备纳米银颗粒具有纯度较高、结晶性好、粒径可控等优点,但是其对设备要求较高,对制备条件的要求苛刻。Baker 等[1]在惰性气氛的条件下采用真空冷凝法制备出粒径 7~75 nm 的纳米银,其粒径分布较均匀,且接近球形(如图 1)。Gromov [2]等通过控制银的蒸发量,将纳米银的粒径从 7 nm 增加到 60 nm,说明纳米银的粒径大小取决于冷凝物的量。

磁控溅射法是在惰性气体的气氛下,在银靶材与惰性气体间施加电压,使惰性气体发生电离,然后轰击银靶,进而激发银靶制备出纳米银。采用磁控溅射的方法可以在基材表面直接制备纳米银涂层,磁控溅射制备的纳米银涂层具有与基材的结合力强、致密度高等优点,但是其产物粒径分布不均匀。Zhao [3]等采用磁控溅射的方法将纳米银嵌入到二氧化钛中,其纳米银粒径在 16 nm 左右,在表面增强拉曼和光催化方面具有显著的性能。

激光烧蚀法要求高能脉冲激光瞬间将银靶材加热到气化温度以上,使银靶表面温度迅速升高,银靶融化、蒸发,然后银蒸气冷却得到纳米银。Boutinguiza [4]等采用激光烧蚀的方法成功制备了粒径小于 50 nm 且粒径分布均匀的球形纳米银。激光烧蚀法制备的纳米银纯净且无化学污染并且生产周期短。

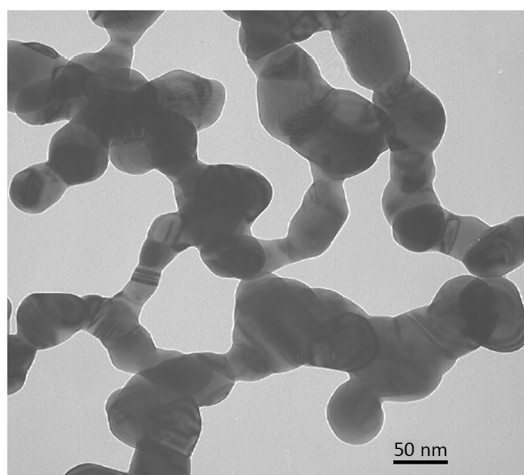
这些物理方法都是向块体银施加不同形式的能量如压力、高温、激光等,破坏原有的物质结构实现颗粒粒径由大到小的转变。通过调整工艺参数可以制备出不同粒径的纳米银颗粒。物理方法工艺流程简单且得到的纳米银纯度较高,但是该方法对设备要求较高、生产成本高。

### 2.2. 化学方法

化学方法与物理方法刚好相反,是从小到大,即从下而上(bottom-up)的合成方法,通过在分子、原

**Table 1.** The main method for synthesis of nanosilver**表 1.** 制备纳米银的主要方法

方法	优点	缺点
物理方法	直接从普通的块状银制备纳米银，工艺流程简单且纯度较高	设备要求高、成本高
化学方法	形貌及粒径可控	产量低，使用的还原剂、保护剂等对环境污染较严重
生物方法	制备条件温和、无添加剂、环保	其反应时间较长、产率低

**Figure 1.** TEM image of nanosilver prepared by inert gas condensation [1]**图 1.** 惰性气体冷凝法制备的纳米银的 TEM 图像[1]

子级别操控其生长过程制得纳米材料[5]。常用的化学方法有：化学还原法[6]、微乳液法、电化学法等。

化学还原法是在液相条件下，将银盐前驱体、还原剂、溶剂、稳定剂在适当的条件下反应，还原出银单质。化学还原法具有设备工艺过程简单、产率高等优点，因此该方法是合成纳米银最常用的方法之一。在化学还原法中，银离子首先被还原成零价的银原子，几个原子形成原子簇，原子簇之间相互碰撞形成更大的聚集原子簇，当原子簇足够大时形成稳定状态，即晶核，晶核继续长大就会形成纳米颗粒。由于纳米银颗粒具有很大的比表面积和小尺寸效应，表面活性很高，极易出现团聚趋势，于是纳米银的颗粒容易长大，稳定性下降。为了控制纳米银的稳定性，通常在反应过程中加入保护剂，使纳米银颗粒表面形成空间位阻或静电斥力作用，阻止纳米银的进一步聚集。化学还原法制备纳米银最常用的是 Creighton 法[7]和 Lee-Meisel 法[8]。Creighton 法[7]采用硼氢化钠( $\text{NaBH}_4$ )作为还原剂来还原硝酸银，而 Lee-Meisel 法[8]则采用柠檬酸钠还原硝酸银来制备纳米银。由于硝酸银的成本低，稳定性好，是制备纳米银最常用的银源之一。制备纳米银常用的银盐前驱体、还原剂以及保护剂如表 2 所示。

化学还原法方法通过调控反应温度、时间、溶剂、保护剂类型、还原剂用量等可以有效地控制纳米银的形貌及粒径，从而得到纯度高、分散性好的纳米银。但是通过化学方法制备的纳米银仍然存在很多问题，如产量低，使用的还原剂、保护剂对环境污染较严重等。

微乳液法是采用表面活性剂双亲分子(同时具有亲水性和亲油性能的分子)将互不相容的两种溶剂混合在一起，形成无数个微小的空间，即微型反应容器。在微型反应容器中，银盐前驱体经过成核、团聚形成纳米银颗粒。微乳液法一般有 O/W 和 W/O 两种类型，即油相分散到水相中的 O/W 型以及水相分散到油相中的 W/O，通常采用 W/O 型微乳液法制备纳米银。Singha [9]等采用琥珀酸二辛脂磺酸钠(AOT)作为表面活性剂，正庚烷作为油相，通过 W/O 型微乳液法制备了粒径分布较均匀的纳米银。微乳液法制

备纳米银具有装置简单、能耗低等优点，且能够制备出具有优良单分散性的纳米银颗粒。

电化学法是指在一定的电势下使银离子获得电子被还原成零价态的银原子的方法。在电解液中加入稳定剂，当银离子被电解还原成纳米银时，稳定剂将纳米银粒子包覆起来，从而形成稳定分散的纳米银颗粒。电化学法制备纳米银方法简单、环保且无污染，但是能量消耗较大。Huang [10]等在采用连续流速电解法制备纳米银时，发现通过控制溶液的流速可以控制纳米银的粒径大小，同时通过对电极的交替控制，在实验室条件下实现了纳米银的批量合成(如图 2)。

### 2.3. 生物方法

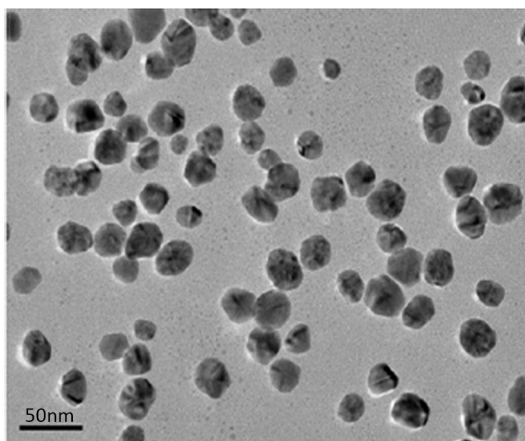
近年来，随着对纳米银研究的不断深入，其合成方法也迅速发展，生物方法与物理方法、化学方法相比，具有生产成本低、绿色环保等优点。采用生物方法制备纳米银的反应条件温和，反应过程不需要任何添加剂，且能够充分利用生物资源，达到可持续发展的目的。目前采用生物方法制备纳米银主要分为微生物还原法和植物体还原法两类。

#### 1) 微生物还原法

**Table 2.** Silver salt precursors, reducing agents, and protective agents commonly used in the preparation of nanosilver by chemical reduction [6]

**表 2.** 化学还原法制备纳米银常用的银盐前驱体、还原剂、保护剂[6]

银源	还原剂	保护剂
醋酸银	柠檬酸钠	柠檬酸钠
氧化银	抗坏血酸/单宁酸	Daxad 19
硝酸银	二甲基亚砷(DMSO)	SDBS
硫酸银	吡啶	聚乙烯吡咯烷酮(PVP)
四氟硼酸银	PEG/EG	聚乙烯醇(PVA)
六氟铋酸银	胂	CTAB/DTAB/TTAB
	EDTA	十二烷基硫酸钠(SDS)
	硼氢化钠	
	甲醛	



**Figure 2.** The TEM image of nanosilver prepared by multielectrode electrolysis [10]

**图 2.** 多电极电解法制备的纳米银 TEM 图像[10]

微生物还原法主要是利用微生物细胞表面的官能团把  $\text{Ag}^+$  还原成纳米银, 或者在细菌、真菌产生的酶的催化作用下, 把  $\text{Ag}^+$  还原成纳米银。洪露薇等采用毕赤酵母菌提取液和银氨溶液反应合成纳米银, 在 pH 为 6.25 时, 纳米银粒径为  $11.2 \pm 6.4 \text{ nm}$ , 粒径分布较宽; 在 pH 为 4.00 时, 反应速率缓慢, 而且制备的纳米银形状不均一; 而当 pH 在 9.00~12.50 时, 随着 pH 值的升高, 反应速率加快, 纳米银的粒径分布变窄; 而当 pH 达到 12.8 时, 反应速率较快, 但形成的纳米银稳定性不高, 且容易团聚沉淀。Mukherjee [11] 等将含有 1 mM  $\text{AgNO}_3$  的木霉菌的无细胞透明滤液在 25°C 下温育, 发现滤液在 5 天内逐渐变暗, Ramam 光谱显示在 410 nm 左右存在纳米银的等离子体特征峰, TEM 和 XRD 显示纳米银的粒径在 13~18 nm。

## 2) 植物体还原法

植物体还原通常是采用植物体或植物浸取液来制备纳米银, 植物体中的生物大分子含有很多特定的官能团如糖类、蛋白质中的羟基(-OH)、氨基(- $\text{NH}_2$ )以及羧基(-COOH)等, 这些官能团对纳米银进行吸附络合, 同时通过具有还原性的组分如葡萄糖等将  $\text{Ag}^+$  还原成纳米银。S. Ashokkumar [12] 等采用嘉兰花的提取液制备出粒径可控的纳米银。

虽然生物方法制备纳米银具有条件温和、无添加剂、环保等优点, 但是其反应时间较长、产率低等问题限制了其在大规模生产中的应用。

## 3. 纳米银的应用

### 3.1. 纳米银在生物医疗领域的应用

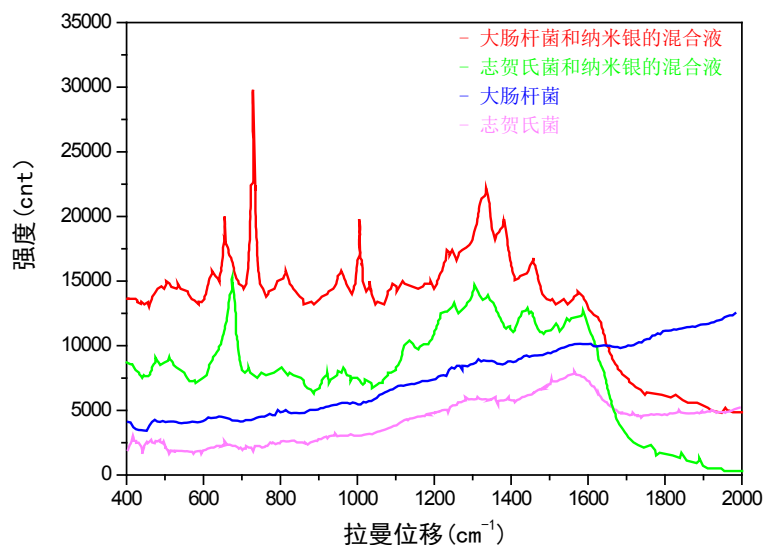
金属银的抗菌性能很早之前就被人们发现, 并被用于盛放食物和水的容器、医药等方面。银和银离子作为一种广谱抗菌剂具有优良的抑菌抗菌作用[13] [14]。随着纳米技术的发展, 纳米银抗菌性能的应用更加广泛, 优势也日渐凸显。由于纳米银具有小尺寸效应, 其抗菌性能是银的几倍甚至几十倍。另外, 纳米银与其他抗生素药剂的最大区别是不会产生耐药性[15]。纳米银在抗菌方面的应用主要有: 1) 抗菌纤维、抗菌敷料、抗菌织物; 2) 医用抗菌器械(如手术刀、镊子、夹子等), 降低感染几率; 3) 具有抗菌性能的食品包装材料。

另外, Pickup [16] 等还探索了使用银纳米颗粒作为载体来向特定靶递送各种有效载荷(如小药物分子或大生物分子), 一旦纳米银有足够的时间到达其目标, 有效载荷的释放可以由内部或外部刺激触发。纳米颗粒可以在特定靶位点提高有效负载浓度, 并且可以使副作用最小化。

### 3.2. 纳米银在光学领域的应用

纳米技术的最新进展已经允许开发强有力、高灵敏度和选择性的检测方法以解决常规检测技术的一些缺陷。与金相比, 银具有较高的消光系数、较尖锐的消光带、较高的散射消光比以及极高的场增强效应等优点, 因此, 越来越多的研究人员开始探索纳米银颗粒在光学传感器和医学成像标签等方面的应用[17]。纳米银在可见光到近红外区域能形成较强的表面等离子体共振, 利用纳米银的表面等离子体共振效应, 为传感和成像应用打开了新方法的大门, 提供了更广泛的检测模式, 如: 比色、散射、表面增强拉曼光谱、金属增强荧光等。

纳米银颗粒的表面等离子体共振特性可以很大程度增强颗粒表面的局部电场, 进而可以将较弱的医学检测信号(如癌变细胞)增强, 易于检测早期数量较少的癌变细胞等。纳米银团簇具有很好的荧光特性, 利用纳米银团簇的荧光特性, 可以进一步拓展纳米银在光学领域的应用。吕璞[18] 等以大肠杆菌和志贺氏菌为研究对象, 将其和纳米银颗粒混合制片, 然后利用表面增强拉曼效应进行检测, 结果表明, 未与纳米银颗粒混合的大肠杆菌和志贺氏菌没有明显的拉曼信号, 而与纳米银颗粒混合后有明显的拉曼信号(如图 3 所示), 二者有明显的区别。Guerrini [19] 等采用紫罗碱二阳离子(VGD)将银纳米颗粒官能化, 并且研



**Figure 3.** Raman spectroscopy of nano silver mixed with two kinds of bacteria and comparative experiment [18]

**图 3.** 纳米银和两种菌混合后及空白实验的拉曼光谱[18]

究了其在多环芳烃表面的拉曼增强效应, 研究表明, 纳米银表面增强拉曼技术可以应用于污染物的检测。

### 3.3. 纳米银在催化领域的应用

近年来, 随着纳米银催化剂研究的深入, 纳米银的催化性能得到了人们的广泛关注。纳米银具有尺寸小、比表面积大、表面活性位点多且表面电子活跃等特点, 使得纳米银及其复合材料成为多种反应的催化剂。

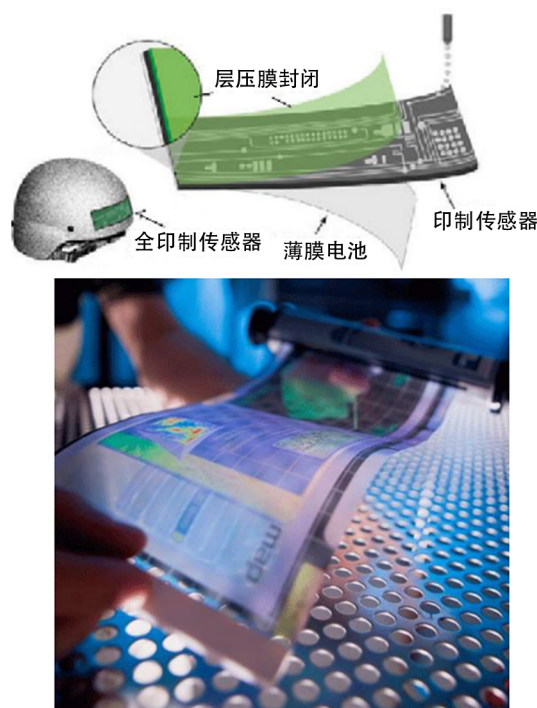
Ameen [20]等将纳米银颗粒嵌入  $\text{SiO}_2$  气凝胶中, 得到了较高数目的活性位点, 当银在气凝胶中的重量百分比很低时(1%), 能观察到纳米银气凝胶将苯氧化为苯酚的选择性最高。这种更好的选择性被认为是 1% Ag 在气凝胶中有较高的单分散性的结果。Liu [21]等的研究表面, Au-Ag 合金纳米颗粒对一氧化碳的氧化具有协同效应, 与单一的金属纳米颗粒相比, 具有更高的催化活性; 另外, 合金颗粒的尺寸对催化性能的影响不大。

### 3.4. 纳米银在电子器件领域的应用

透明导电薄膜(Transparent Conductive Film, 简称 TCF)在显示设备、触摸传感器、太阳能电池、有机光伏器件和发光二极管中的应用越来越广泛。氧化锡铟(ITO)具有出色的光电性能, 但是它的脆性阻碍了其在柔性和可拉伸设备的发展。柔性电子产品可广泛应用在未来电子产业中, 包括柔性显示器件[22]、柔性光电器件[23]等。将纳米银作为导电材料分散到合适的溶剂中, 然后采用印刷或涂布的方法将导电纳米银印制在柔性基材上, 从而在柔性基材上构建电子线路, 如图 4 所示。其应用范围包括柔性传感器、柔性显示器和柔性太阳能电池等。

## 4. 结论与展望

本文介绍了纳米银的性质, 比较了三种不同的纳米银的制备方法的优缺点: 物理方法工艺流程简单且制得的纳米银纯度较高, 但是设备要求高、成本高; 化学方法具有形貌及粒径可控的优点, 但是产量低, 使用的还原剂、保护剂等对环境污染较严重。生物方法制备纳米银具有条件温和、无添加剂、环保等优点, 但其反应时间较长、产率低。



**Figure 4.** Application of nanosilver in conductive field  
**图 4.** 纳米银在导电领域的应用

纳米银良好的导电性能、导热性能、抗菌性能、光学性能以及其他特殊性能使得其在生物医疗领域、光学领域、催化领域、电子器件领域的有着越来越多的应用，未来纳米银与其他金属形成的双金属纳米材料将是纳米银的一个发展方向。

## 基金项目

国家自然科学基金(No. 61764010)。

## 参考文献

- [1] Baker, C., Pradhan, A., Pakstis, L., Pochan, D.J. and Shah, S.I. (2005) Synthesis and Antibacterial Properties of Silver Nanoparticles. *Journal of Nanoscience & Nanotechnology*, **5**, 244. <https://doi.org/10.1166/jnn.2005.034>
- [2] Gromov, D.G., Pavlova, L.M., Savitsky, A.I. and Trifonov, A.Y. (2015) Nucleation and Growth of Ag Nanoparticles on Amorphous Carbon Surface from Vapor Phase Formed by Vacuum Evaporation. *Applied Physics A*, **118**, 1297-1303. <https://doi.org/10.1007/s00339-014-8834-0>
- [3] Zhao, Z., Sun, J., Xing, S., Liu, D., Zhang, G., Bai, L. and Jiang, B. (2016) Enhanced Raman Scattering and Photocatalytic Activity of TiO<sub>2</sub> Films with Embedded Ag Nanoparticles Deposited by Magnetron Sputtering. *Journal of Alloys & Compounds*, **679**, 88-93.
- [4] Boutinguiza, M., Comesaña, R., Lusquiños, F., Riveiro, A., Val, J.D. and Pou, J. (2015) Production of Silver Nanoparticles by Laser Ablation in Open Air. *Applied Surface Science*, **336**, 108-111.
- [5] Zhou, X., Li, W., Wu, M., Tang, S. and Liu, D. (2014) Enhanced Dispersibility and Dispersion Stability of Dodecylamine-Protected Silver Nanoparticles by Dodecanethiol for Ink-Jet Conductive Inks. *Applied Surface Science*, **292**, 537-543.
- [6] Manikam, V.R., Cheong, K.Y. and Razak, K.A. (2011) Chemical Reduction Methods for Synthesizing Ag and Al Nanoparticles and Their Respective Nanoalloys. *Materials Science and Engineering: B*, **176**, 187-203. <https://doi.org/10.1016/j.mseb.2010.11.006>
- [7] Creighton, J.A., Blatchford, C.G. and Albrecht, M.G. (1979) Plasma Resonance Enhancement of Raman Scattering by Pyridine Adsorbed on Silver or Gold Sol Particles of Size Comparable to the Excitation Wavelength. *Journal of the*

Chemical Society, *Faraday Transactions 2: Molecular and Chemical Physics*, **75**, 790-798.

- [8] Lee, P. and Meisel, D. (1982) Adsorption and Surface-Enhanced Raman of Dyes on Silver and Gold Sols. *The Journal of Physical Chemistry*, **86**, 3391-3395. <https://doi.org/10.1021/j100214a025>
- [9] Singha, D., Barman, N. and Sahu, K. (2014) A Facile Synthesis of High Optical Quality Silver Nanoparticles by Ascorbic Acid Reduction in Reverse Micelles at Room Temperature. *Journal of Colloid & Interface Science*, **413**, 37-42. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2013.09.009>
- [10] Huang, Z., Jiang, H., Liu, P., Sun, J., Guo, D., Shan, J. and Gu, N. (2015) Continuous Synthesis of Size-Tunable Silver Nanoparticles by a Green Electrolysis Method and Multi-Electrode Design for High Yield. *Journal of Materials Chemistry A*, **3**, 1925-1929. <https://doi.org/10.1039/C4TA06782G>
- [11] Mukherjee, P., Roy, M., Mandal, B., Dey, G., Mukherjee, P., Ghatak, J., Tyagi, A. and Kale, S. (2008) Green Synthesis of Highly Stabilized Nanocrystalline Silver Particles by a Non-Pathogenic and Agriculturally Important Fungus *T. asperellum*. *Nanotechnology*, **19**, Article ID: 075103. <https://doi.org/10.1088/0957-4484/19/7/075103>
- [12] Ashokkumar, S., Ravi, S. and Velmurugan, S. (2013) Green Synthesis of Silver Nanoparticles from *Gloriosa superba* L. Leaf Extract and Their Catalytic Activity. *Spectrochimica Acta Part A Molecular & Biomolecular Spectroscopy*, **115C**, 388-392. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2013.06.050>
- [13] Cho, K.-H., Park, J.-E., Osaka, T. and Park, S.-G. (2005) The Study of Antimicrobial Activity and Preservative Effects of Nanosilver Ingredient. *Electrochimica Acta*, **51**, 956-960. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2005.04.071>
- [14] Shahverdi, A.R., Fakhimi, A., Shahverdi, H.R. and Minaian, S. (2007) Synthesis and Effect of Silver Nanoparticles on the Antibacterial Activity of Different Antibiotics against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Nanomedicine*, **3**, 168-171. <https://doi.org/10.1016/j.nano.2007.02.001>
- [15] 李志军, 吴晓锋, 郑凯, 姚建平, 胡菲, 杨鑫林. 关于纳米银对耐药菌抑制效果研究[J]. 广州化工, 2013, 41(12): 102-104.
- [16] Pickup, J.C., Zhi, Z.L., Khan, F., Saxl, T. and Birch, D.J. (2008) Nanomedicine and Its Potential in Diabetes Research and Practice. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, **24**, 604-610. <https://doi.org/10.1002/dmrr.893>
- [17] Caro, C., Zaderenko, A.P., Pozo, D., Castillo, P.M. and Klippstein, R. (2010) Silver Nanoparticles: Sensing and Imaging Applications. INTECH Open Access Publisher, London.
- [18] 吕璞, 龚继来, 王喜洋, 曾光明, 崔卉, 胡家文. 表面增强拉曼散射技术鉴别大肠杆菌和志贺氏菌的研究[J]. 中国环境科学, 2011, 31(9): 1523-1527.
- [19] Guerrini, L., Garciamoros, J.V., Domingo, C. and Sanchezcortes, S. (2009) Nanosensors Based on Viologen Functionalized Silver Nanoparticles: Few Molecules Surface-Enhanced Raman Spectroscopy Detection of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Interparticle Hot Spots. *Analytical Chemistry*, **81**, 1418-1425. <https://doi.org/10.1021/ac8021746>
- [20] Ameen, K.B., Rajasekar, K. and Rajasekharan, T. (2007) Silver Nanoparticles in Mesoporous Aerogel Exhibiting Selective Catalytic Oxidation of Benzene in CO<sub>2</sub> Free Air. *Catalysis Letters*, **119**, 289-295. <https://doi.org/10.1007/s10562-007-9233-3>
- [21] Liu, J.-H., Wang, A.-Q., Chi, Y.-S., Lin, H.-P. and Mou, C.-Y. (2005) Synergistic Effect in an Au-Ag Alloy Nanocatalyst: CO Oxidation. *The Journal of Physical Chemistry B*, **109**, 40-43. <https://doi.org/10.1021/jp044938g>
- [22] Hu, A., Guo, J., Alarifi, H., Patane, G., Zhou, Y., Compagnini, G. and Xu, C. (2010) Low Temperature Sintering of Ag Nanoparticles for Flexible Electronics Packaging. *Applied Physics Letters*, **97**, Article ID: 153117. <https://doi.org/10.1063/1.3502604>
- [23] Hu, L., Kim, H.S., Lee, J.-Y., Peumans, P. and Cui, Y. (2010) Scalable Coating and Properties of Transparent, Flexible, Silver Nanowire Electrodes. *ACS Nano*, **4**, 2955-2963. <https://doi.org/10.1021/nn1005232>



**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2161-086X，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[nat@hanspub.org](mailto:nat@hanspub.org)