

# Preparation of silver nano material and its application in conductive ink

Liheng Sun

Shenzhen Zhongxuantian Technology Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

## Abstract

Due to its excellent electrical conductivity and stability, nano-silver materials show great application potential in the field of conductive ink. In recent years, various preparation technologies such as chemical reduction method, physical method and biosynthesis method have made continuous progress, which has laid a solid foundation for the wide application of nano-silver materials. This paper discusses the preparation process of nano silver conductive ink in detail, analyzes the influence of solvent selection, nano silver particle stabilization and dispersion on the ink performance, and summarizes its application examples in flexible circuit boards, flexible touch screen, flexible solar cells and wearable devices. The results not only provide a reference for the development of nano-silver materials, but also inject new impetus into the future development of flexible electronic technology.

## Keywords

nano silver material; conductive ink; applied research

## 纳米银材料的制备及其在导电墨水中的应用研究

孙立恒

深圳市中炫天科技有限公司, 中国·广东 深圳 518000

## 摘要

纳米银材料因其优异的导电性和稳定性, 在导电墨水领域展现出巨大的应用潜力。近年来, 化学还原法、物理方法和生物合成法等多种制备技术不断进步, 为纳米银材料的广泛应用奠定了坚实基础。本文详细探讨了纳米银导电墨水的制备工艺, 分析了溶剂选择、纳米银颗粒稳定化及分散对墨水性能的影响, 并总结了其在柔性电路板、柔性触摸屏、柔性太阳能电池和可穿戴设备中的应用实例。研究结果不仅为纳米银材料的开发提供了参考, 还为柔性电子技术的未来发展注入了新的动力。

## 关键词

纳米银材料; 导电墨水; 应用研究

## 1 引言

纳米银材料因其独特的物理化学性质, 如高导电性、高热导性和良好的抗菌性能, 在多个领域展现出广泛的应用前景。特别是在导电墨水领域, 纳米银材料的应用已经从实验室研究逐步走向工业化生产, 为柔性电子、智能穿戴设备和高效能源转换系统的发展提供了有力支持。随着科技的进步和市场需求的不断增长, 对纳米银导电墨水的研究越发深入, 其在柔性电子领域的应用也日趋成熟。纳米银导电墨水的制备和性能优化, 不仅是科研人员关注的热点, 更是推动相关产业技术革新的关键。

## 2 纳米银材料的制备方法

### 2.1 化学还原法

化学还原法是制备纳米银材料的一种经典而高效的方法, 其基本原理是利用还原剂将银离子还原成银纳米颗粒。这种方法操作简便、成本相对较低, 能够大规模生产, 因此在工业界和科研领域都受到广泛应用。常见的还原剂有硼氢化钠、柠檬酸钠和抗坏血酸等, 这些还原剂不仅能促进银离子的还原, 还能在一定程度上控制纳米银颗粒的形貌和尺寸。然而, 化学还原法的过程中也存在一些挑战, 如纳米银颗粒的团聚问题, 这会严重影响其导电性能。为了解决这一问题, 研究者们引入了各种表面活性剂和稳定剂, 如聚乙烯吡咯烷酮和十二烷基硫酸钠, 通过这些添加剂可以有效防止纳米银颗粒的团聚, 提高其分散性和稳定性。此外, 反应条件的选择也至关重要, 温度、pH值和反应时间等因素都会对最终产品的质量和性能产生显著影响。化学还原法制备的纳米银颗粒在导电墨水中表现出优越的导电性能和印刷适

【作者简介】孙立恒(1981-), 男, 中国黑龙江齐齐哈尔人, 硕士, 工程师, 从事电子材料研究。

应性，为柔性电子器件的开发提供了坚实的基础<sup>[1-3]</sup>。

## 2.2 物理方法

物理方法在纳米银材料的制备中同样占据重要地位，尤其是激光烧蚀法和电化学沉积法等技术，它们能够在不使用化学试剂的情况下制备出高质量的纳米银颗粒。激光烧蚀法利用高能激光束在银靶材上产生强烈的局部热效应，使银原子从靶材表面蒸发并迅速冷凝成纳米颗粒。这种方法制备的纳米银颗粒纯度高、形貌可控，但设备成本较高，限制了其大规模应用。电化学沉积法则是通过在电解液中施加电场，使银离子在阴极上还原成纳米银颗粒，这种方式不仅操作简单，而且能够精确控制颗粒的尺寸和分布。物理方法的一个显著优势是环保，因为不涉及有害化学试剂的使用，这对现代社会追求绿色可持续发展具有重要意义。然而，物理方法也存在一些挑战，如工艺条件的精确控制和生产效率的提升，这些问题需要进一步的科研攻关。

## 2.3 生物合成法

生物合成法在纳米银材料的制备中显得尤为独特和引人关注，这种方法利用微生物或植物提取物中的还原剂和稳定剂，将银离子还原成纳米银颗粒。生物合成法不仅操作简便，更重要的是它具有极高的环保性和生物安全性，这在追求绿色可持续发展的现代社会显得尤为宝贵。微生物如细菌和酵母菌能够在温和的条件下实现银离子的还原，而且通过调整培养条件和反应时间，可以有效控制纳米银颗粒的尺寸和形貌。植物提取物，例如茶多酚、多糖和蛋白质，也能发挥类似的还原和稳定作用，而且植物来源广泛，成本较低，适合大规模生产。生物合成法的一大挑战是反应速度相对较慢，这需要科研人员进一步优化反应条件和提高生产效率。尽管如此，生物合成法的优良特性使其在制备纳米银导电墨水方面具有巨大潜力，尤其是在医疗和生物传感器等对生物相容性要求较高的应用领域<sup>[4-6]</sup>。

# 3 纳米银导电墨水的制备与性能

## 3.1 溶剂选择及其影响

溶剂选择在纳米银导电墨水的制备中起着至关重要的作用，不同的溶剂不仅会影响纳米银颗粒的分散性和稳定性，还会对最终墨水的流变特性和导电性能产生显著影响。水作为最常用的溶剂，具有成本低廉、环保易得的优点，但水的表面张力较高，容易导致纳米银颗粒在基材上的附着力不足，影响导电膜的均匀性和质量。因此，许多研究者倾向于使用有机溶剂，如乙醇和异丙醇，这些溶剂不仅能够降低表面张力，提高墨水的润湿性，还能有效防止纳米银颗粒的团聚，提升墨水的导电性和印刷适性。然而，有机溶剂的选择也不可一概而论，不同的有机溶剂对纳米银颗粒的稳定性和分散性有着不同的影响，例如，乙醇在提供良好分散性的同时，挥发速度较快，可能会影响墨水的印刷效果；而异丙醇则能在一定程度上平衡挥发速度和润湿性。此外，溶剂的

选择还需要考虑其与基材的相容性，确保在印刷过程中不会对基材造成损害。

## 3.2 纳米银颗粒的稳定化与分散

纳米银颗粒的稳定化与分散是制备高性能导电墨水的关键步骤之一，因为纳米银颗粒的团聚不仅会影响墨水的流变性能和印刷适性，还会大幅降低最终导电膜的导电性能。为了实现纳米银颗粒的有效稳定和均匀分散，研究者们通常采用表面活性剂、聚合物和小分子稳定剂等方法。表面活性剂如聚乙烯吡咯烷酮（PVP）能够在纳米银颗粒表面形成保护层，有效防止颗粒间的相互吸引和团聚现象，从而提高墨水的稳定性。聚合物稳定剂如聚乙二醇（PEG）不仅能够提供良好的分散性，还能改善墨水的黏度和流动性，使其更适应印刷工艺。小分子稳定剂如柠檬酸钠和氯化钠也能在一定程度上防止纳米银颗粒的团聚，但它们的效果相对较弱，通常与其他稳定剂结合使用以达到最佳效果。值得一提的是，不同的稳定剂对纳米银颗粒的表面修饰和墨水的最终性能有着不同的影响，选择合适的稳定剂需要根据具体的应用需求和实验条件进行细致的优化。

## 3.3 导电性能的测试与评估

导电性能的测试与评估是纳米银导电墨水研究中不可或缺的一环，它直接关系到墨水在实际应用中的可靠性和性能。在测试过程中，常用的手段包括四点探针法、电阻测量和电导率测定，这些方法能够准确地测量导电膜的电阻值和电导率，从而评估墨水的导电性能。四点探针法尤其适用于大面积导电膜的测试，它能够有效消除接触电阻的影响，提供更准确的测量结果。电阻测量则是一种简单直观的方法，可以快速了解导电膜的基本导电性质。电导率测定则更为全面，不仅能够反映导电膜的导电能力，还能揭示颗粒间的接触电阻和导电路径的情况。值得一提的是，测试条件的选择也非常重要，温度、湿度和测试电压等因素都会对测量结果产生影响，因此在实验设计时需要严格控制这些条件，以确保测试结果的准确性和可重复性。

# 4 纳米银导电墨水的应用实例

## 4.1 柔性电路板

纳米银导电墨水在柔性电路板中的应用展示了其巨大的潜力和优势，这种墨水能够赋予柔性电路板出色的导电性能和机械柔韧性。柔性电路板在可穿戴设备、柔性显示器和智能包装等领域中有着广泛的应用，而纳米银导电墨水则是实现这些应用的重要材料之一。与传统的刚性电路板相比，柔性电路板更加轻薄、可弯曲，能够适应复杂的形状和环境变化。纳米银颗粒的高导电性和良好分散性使得导电墨水在印刷过程中能够形成均匀且致密的导电膜，大大提高电路的稳定性和可靠性。在实际制备过程中，选择合适的印刷方法和技术参数也是关键，如喷墨印刷、丝网印刷和凹版印刷等，每种方法都有其独特的优势和适用范围。尽管纳米银导电墨水

水在柔性电路板中的应用已经取得了显著进展,但仍然面临一些挑战,比如长期稳定性和成本控制。

#### 4.2 柔性触摸屏

纳米银导电墨水在柔性触摸屏中的应用堪称这一领域的明星,其出色的导电性和透明性使得柔性触摸屏不仅具备传统触摸屏的功能,还能在各种复杂环境中表现出色。柔性触摸屏在智能穿戴设备、便携式电子设备和未来 flexible 显示器的应用中具有巨大的市场需求。纳米银导电墨水能够形成均匀且透明的导电膜,这不仅保证了触摸屏的高灵敏度和响应速度,还赋予了屏幕良好的柔韧性和耐用性。与传统的 ITO (氧化铟锡) 材料相比,纳米银导电膜的导电性能更优,且在弯曲和拉伸时不易产生裂纹,这对于需要频繁弯曲的设备来说是一个巨大的优势。此外,制备纳米银导电膜的过程相对简单,可以采用多种印刷技术,如喷墨印刷和丝网印刷,这为大规模生产和成本控制带来了便利。尽管目前纳米银导电墨水在柔性触摸屏中的应用还存在一些技术瓶颈,如导电膜的长期稳定性和环境耐受性,但科研人员仍在不断探索和优化,期待在不久的将来,纳米银导电墨水能够为柔性触摸屏技术带来革命性的进展,推动这一领域更加广泛和深入的发展。

#### 4.3 柔性太阳能电池

纳米银导电墨水在柔性太阳能电池中的应用展现了极高的科研价值和实用前景,这种墨水能够显著提高太阳能电池的电导率和机械柔韧性,使得柔性太阳能电池在实际使用中更加可靠和高效。柔性太阳能电池因其轻薄、可弯曲的特点,非常适合应用于便携式电子设备、建筑物一体化和军事领域等,而纳米银导电墨水则为这些应用提供了强有力的技术支持。纳米银颗粒具有优异的导电性能,能够在太阳能电池的电极层中形成均匀且致密的导电网络,从而提高电池的光电转换效率。与传统的金属电极相比,纳米银导电墨水的制备工艺更加简单灵活,可以采用喷墨印刷、丝网印刷等多种方法,这不仅降低了生产成本,还提高了生产效率。尽管在柔性太阳能电池的实际应用中,纳米银导电墨水还需克服

一些问题,比如在高温和湿热环境下的稳定性,但科研人员的努力已经取得了显著进展。相信随着技术的不断成熟,纳米银导电墨水将在柔性太阳能电池领域发挥更大的作用,为能源技术的革新带来更多可能<sup>[7-8]</sup>。

### 5 结语

纳米银材料在导电墨水中的应用实现了柔性电子技术的突破,展示了其在高性能、轻量化和多功能化方面的巨大潜力。尽管目前还面临一些技术和经济上的挑战,但随着制备工艺的不断优化和应用领域的不断拓展,纳米银导电墨水的未来前景无疑是光明的。希望本文的研究能为相关领域的工作者提供有价值的参考,共同推动纳米银导电墨水技术的发展,为人类的科技进步贡献一份力量。

### 参考文献

- [1] 丁泽宇,罗书轩,何瑞博,等. 纳米银导电墨水的制备及其在高精度柔性电路打印中的应用 [J]. 稀有金属材料与工程, 2023, 52 (10): 3530-3538.
- [2] 许铭淇. 纳米银复合材料的制备及其使用点饮用水消毒性能研究[D]. 广州大学, 2023. DOI:10.27040/d.cnki.ggzdu.2023.001304.
- [3] 董鑫,周银朋,江亚红,等. 纳米银的制备及其在包装领域的应用研究 [J]. 河南化工, 2022, 39 (11): 14-18. DOI:10.14173/j.cnki.hnhg.2022.11.003.
- [4] 高超超. 纳米银/石墨烯复合材料的制备及其导电墨水应用研究[D]. 哈尔滨工业大学, 2022. DOI:10.27061/d.cnki.ghgdu.2022.006077.
- [5] 丁泽宇. 纳米银导电墨水的制备及其在高精度柔性电路打印中的应用研究[D]. 西北大学, 2022. DOI:10.27405/d.cnki.gxbdu.2022.000307.
- [6] 刘玲. 纳米银的制备及其在电化学传感器中的应用[D]. 太原理工大学, 2020. DOI:10.27352/d.cnki.gylgu.2020.001278.
- [7] 严林娟. 纳米银材料的制备及其在导电墨水中的应用研究[D]. 华南理工大学, 2020. DOI:10.27151/d.cnki.ghnlu.2020.004140.
- [8] 蔡亚果. 纳米银材料的制备及其在柔性印刷电子中的应用[D]. 华东师范大学, 2019. DOI:10.27149/d.cnki.ghdsu.2019.000023.