

文章编号:1673-9981(2020)01-0075-07

金属纳米线热输运的研究进展*

刘苗苗,董华,林欢,寇爱静

青岛理工大学 环境与市政工程学院,山东 青岛 266033



摘要:金属纳米线特殊的一维尺度、界面和表面结构,使其产生量子尺寸效应、表面效应及宏观量子隧道效应等现象.如 Au, Ag, Cu, Pt, Ni, Al 等金属纳米线,在生物医学、表面等离子激元、催化反应、太阳能电池、发光二极管和智能玻璃等领域有着广泛的应用.简述了金属纳米线的光学特性、导电特性及催化特性,重点介绍了近几年来对金属纳米线热输运的测量和界面散射的研究,最后展望了金属纳米线在科学研究和材料应用方面的发展趋势及应用前景.

关键词:金属纳米线;声-电子输运;热导率;界面散射

中图分类号:TK383

文献标识码:A

近年来,金属纳米线因其产生的量子尺寸效应、表面效应及宏观量子隧道效应,在生物医学、表面等离子共振、催化反应、太阳能电池、发光二极管和智能玻璃等领域得到广泛的应用.与宏观金属体材料相比,除电子输运外,金属纳米材料的声子输运对导热性能的影响显著增加^[1].然而,由于金属纳米线的长径比增加,从而导致表面散射所占比重增加.而在金属纳米线导热性能中,表面散射与正常散射、倒逆散射、缺陷散射、晶界散射等内部散射起着决定性作用^[2].因此,金属纳米线导热性能的测量和对其结构散射的分析已成为国内外光电材料领域的研究热点.

1 金属纳米线的特性

金属纳米线具有许多在体材料中看不到的特性,当其尺寸缩小到纳米尺寸时,材料的性能和功能往往会发生变化.分子电子、超级电容器、触摸传感器、透明电子等新型器件的发展得益于它们具有高

电导率、热导率、光学透明性和化学惰性等多方面的性能.

1.1 光学特性

一维金属纳米线体现出许多独特的 SPs (Surface plasmons) 性能^[3-8].当入射光从不同角度照射纳米银线阵列氧化铝复合薄膜表面时,分别产生不同方向的共振模式.纳米银线的直径和长宽比以及入射光的偏振方向对两种共振模式的共振位置和相对强度都有影响,并且当纳米银线的长宽比足够大时,纵向共振峰将不再发生红移^[9]. Zhang 等人^[10]制备了单个 cy5 分子位于耦合金属粒子之间的银二聚体.讨论了金属颗粒对荧光增强的耦合效应,说明了荧光团与金属基体的近场相互作用机理,金属表面附近的荧光团固有的衰变速率增加,导致金属荧光增强,荧光团的寿命大大缩短,并且寿命缩短的趋势与金属颗粒的强度增强是一致的.同时采用时域有限差分(FDTD)法研究了金属单体和二聚体附近电场的分布规律(图1).将 Cy5-DNA 分子通过巯基与银胶体结合,单分子示踪可以看出,胶体颗

收稿日期:2019-08-08

* 基金项目:国家自然科学基金(51506106);中国博士后科学基金(2017M612225);青岛市青年专项基金(18-2-2-72-j)

作者简介:刘苗苗(1995-),女,山东省青岛市人,硕士,研究方向为微纳尺度传热、柔性电子器件热设计.

通信作者:董华,男,博士,教授,博士生导师,研究方向为工程热物理,微纳尺度传热.

粒大小与光强和光稳定性的关系密切^[11-12]. Ye^[13]的研究表明,金属纳米线的透光率与其直径的大小呈线性关系,与直径较小的纳米银线相比,直径较大的纳米银线具有较大消光截面,因此对于光的阻挡更有效(图2).随着表面等离子激元理论模型的建立和不断完善,以及分立偶极近似(DDA)和时域有限差分(FDTD)等数值计算方法的应用,纳米结构的各种宏观性质和微观机理得到进一步揭示,使纳米金属线在光电领域得到更广泛的应用并成为ITO最具前景的替代品.

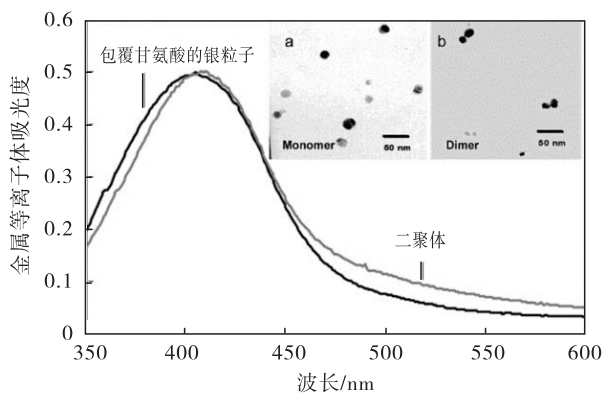


图1 包覆硫丙酰甘氨酸的银粒子和金属二聚体的吸光度谱
(a)金属单体的透射电镜(TEM)图像;(b)二聚体的透射电镜(TEM)图像

Fig. 1 Absorbance spectra of tiopronin-coated silver particles and the metal dimers

(a) TEM images of metal monomers; (b) TEM images of dimers

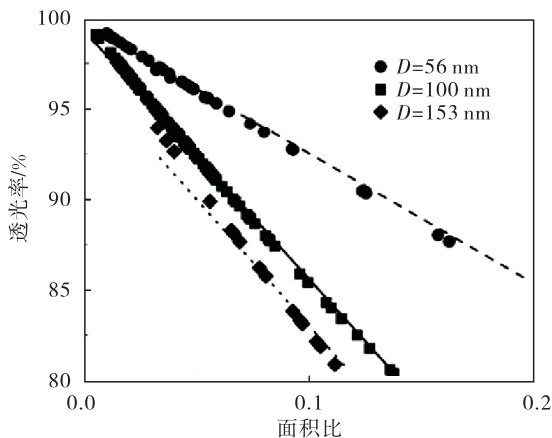


图2 面积比与透光率的关系

Fig. 2 The relationship between transmission and area fraction

1.2 电学特性

由于金属纳米线的高长径比以及金属纳米线独特的网格阵列,使其具有传统的氧化锡材料(ITO)无法超越的高导电率、高透光率和耐弯曲性,在半导体领域有着良好的应用前景^[14].与块体材料相比,金属纳米线存在不同程度的表面散射和内部散射.实验表明,纳米银线在低温条件下的电阻率比大块银的电阻率大3个数量级以上.这是由于纳米银线密集的界面散射(如晶界散射和表面散射).在低温下声子散射减弱,只有结构散射才会阻碍电子的传输.纳米银线在室温下的电阻率是块体银的5倍.这是由于不同结构散射和声子散射的共同作用.对于纳米银线来说,结构散射和声子散射都是影响其电阻率的重要因素^[15](图3).Ye等人^[13]对金属纳米线电阻率的尺寸依赖性进行了研究并发现,原子光滑金属纳米线的电阻率并无明显变化.这个发现在透明导电薄膜应用中有着重大意义,若是将纳米线的原子光滑表面保留在电子器件中,就可以利用直径更小的原子光滑纳米线,而不会显著降低薄膜的电阻率,从而使电子器件的性能更加稳定、应用更加广泛.

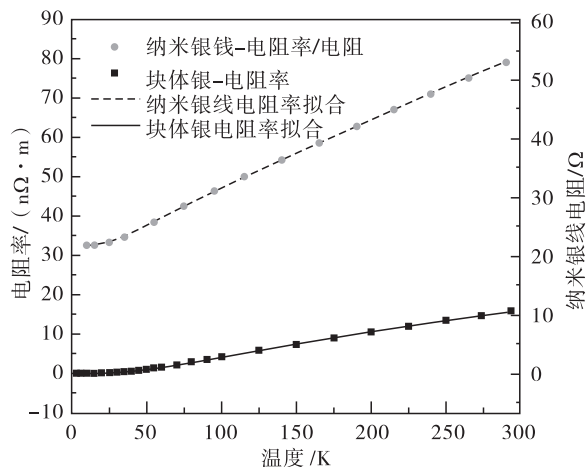


图3 纳米银线和块体银电阻率及电阻随温度的变化
Fig. 3 Temperature dependent electrical resistivity and resistance of the silver nanowire and the bulk silver

1.3 催化特性

在均相反应中,金属有机催化剂和生物酶体现出很高的催化选择性,这是由于包覆催化中心的有机框架与反应底物之间存在非共价作用,从而使得反应底物与活性中心产生定向作用.利用这种非共

价作用,人们通过对多相催化剂中的活性组分进行表面改性,大大提高了催化剂的选择性^[16-17].

Dai 等人^[18]在高真空条件下,通过光沉积的方法制备了超细贵金属纳米颗粒(Pt, Pd 和 Au)助催化剂并负载于金红石和 TiO₂ 板表面. 结果表明:金属纳米颗粒助催化剂大大提高了 TiO₂ 的光催化活性,其中 Pt-TiO₂ 的光催化活性最高,其次是 Pd-TiO₂, Au-TiO₂;此外,这种光催化行为并不受 TiO₂ 半导体光催化剂本质的影响. 杜孟孟等人^[19]制备了由镍平板和支撑在其上的镍纳米线阵列构成的自支撑纳米线阵列电极并对其催化肼电氧化的性能进行了研究,结果表明其对肼电氧化优异的催化活性及稳定性得益于该电极结构的一体开放和活性位点的增多.

2 金属纳米线的热输运机制

2.1 声-电子输运

金属的热传导依靠电子、声子和光子共同作用来实现的. 块体金属较大的导热率是由于其中大量自由电子的存在,晶格振动产生的格波作用对于块体金属的导热率的贡献可以忽略不计. 然而在金属纳米线中,随着材料尺寸的减小,声子对其导热率的贡献不可忽视,高温时还可能有光子的热传导. 由声子理论可知,热传导过程是声子从高浓度区域到低浓度区域的扩散过程. 声子间的碰撞使声子平均自由程减小;在很多晶体中晶格的振动并非线性,晶格质点之间存在耦合,声子间会产生碰撞,使得声子的平均自由程减小,导热率也就越低.

目前单纳米金属线导热性能的测量方法主要为悬浮法,该方法是将单一纳米金属线悬浮在两个电极上,对样品施加微电流,引起温度和电阻的变化. 该方法的关键在于基底沟槽的蚀刻和电极的连接. F. Volklein 等人^[25]采用显微光刻技术、薄膜的沉积与发射技术将单根纳米线悬浮在 SiO₂ 薄膜基底表面(图 4). 通过记录电导率和热导率,对 Au 及 Pt 等准一维金属样品进行维德曼-弗朗茨定律(Wiedemann-Franz law)测试. 测量结果表明,多晶纳米线中电子边界和表面散射导致单根纳米线的电导率、电阻温度系数和导热系数随体积值的减小而减小. 这个结果可以看出,尺寸效应导致载流子迁移率的降低,而载流子迁移率的降低导致电导率和热

导率的降低. 与块体金属相比较,金属纳米线的洛伦兹数有所下降. 用悬浮法测量单根纳米线的导热性能,可有效降低测量过程中产生的热电接触电阻,避免热旁路,是目前测量单根纳米线热导率的主要方法,而对于各种金属纳米线洛伦兹数的扩展实验和理论研究正在进行当中.

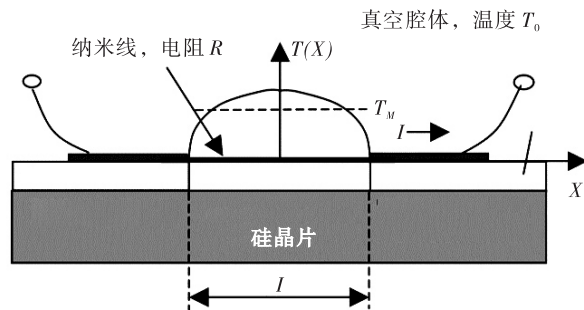


图 4 单金属纳米线导热系数测量实验装置示意图

Fig. 4 Schematic diagram cross section of the single metallic nanowire thermal conductivity measurement device

Ou 等人^[22]在 15~300 K 的温度下,用悬浮法将镍纳米线悬浮在激光蚀刻 Si/Si₃N₄ 基底的沟槽上,测定了镍纳米线的导热系数和电阻率. 导热率(图 5)和洛伦兹数(图 6)的温度依赖性与块体有很大的不同. 通过对 Ni 镍纳米线中传输量的比较,发现在温度 75 < t < 300 K 时,维德曼-弗朗茨定律(Wiedemann-Franz)成立;当温度 t < 75 K 时,Wiedemann-Franz 定律不成立,说明这种材料中的热电流受到的抑制大于电流受到的抑制,可以通过一维热流载体与结构缺陷散射以及声子导热的实质的共同作用来解释. 该试验研究了 Wiedemann-Franz 定律在金属纳米线热电输运中的适用范围,进一步探究了微纳尺度中金属材料热导率与电导率的关系,但随着金属纳米线的发展,对于不同纳米线材,Wiedemann-Franz 定律的适用范围以及低温条件下热导率与电导率的关系仍然有待解决. Tavakoli 等人^[34]将 100 nm 的硅晶片加工成弹道一维量子通道,并通过悬浮梁使其悬浮在用蚀刻法制备的氮化硅层上,采用 100 nm 钨钛和 20 nm 金制成的连接传感器(加热器和温度计)进行高度敏感的热电测量. 这种高度灵敏的测温技术,在极低温度下仍然能保持样品的最佳性能,对热流和特征长度进行有效控制,可清晰地表达出声子的散射状态,进一步增加了纳米线热电性能的测量精度.

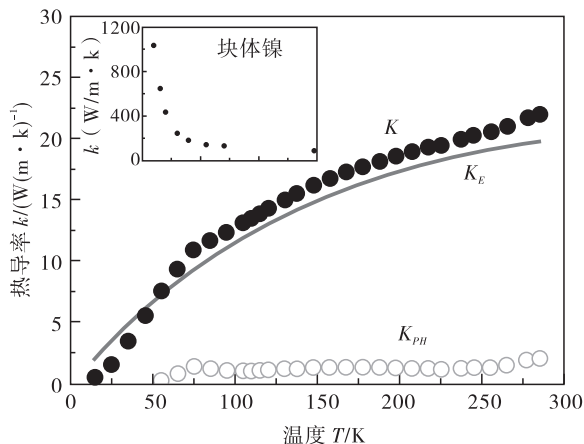


图5 Ni-NW 导热系数 k , 电子导热系数 k_e , 声子导热系数 k_{ph} , 插图为块体 Ni 导热系数

Fig. 5 The thermal conductivity k of the Ni-NW (solid circles), the calculated k_e and the k_{ph} (open circles), Inset the thermal conductivity $k(T)$ of the pure bulk Ni

2.2 声-电子散射对金属纳米线热运输的影响

纳米金属线的表面积与体积比增大, 表面原子数量显著增加, 表面能增加, 表面原子具有高活性, 这种极不稳定的特性使得纳米材料的表面散射显著增强. Cheng 等人^[15] 用悬浮法(图 7)对 35 K 以下的单纳米银线热电输运特性进行描述, 以深入理解强结构缺陷诱导的电子散射, 并通过电子束诱导 Pt 片, 使 Pt 片沉积在金属纳米线两端, 以降低电接触热阻和热接触热阻. 试验结果表明, 在室温下纳米银线的电阻率比块体银的电阻率提高了约 4 倍. 纳米银线的德拜温度(151 K)比大块银的德拜温度(235 K)低 36%, 证实了强声子软化. 除了声电子散射类

$$K_e' = \frac{3}{\pi} \int_0^\pi \sin\theta \cdot \cos^2\theta d\theta \times \left[\int_0^{\frac{\pi}{4}} g(d, \theta, \phi) d\phi + \int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} g_2^*(d, \theta, \phi) d\phi \right] \times k_{bulk, e}. \quad (2)$$

纳米线的总热导率为声子热导率 k_{ph}' 和电子热导率 k_e' 之和. 该模型采用分子动力学方法、玻尔兹曼输运方程分别求解声子热导率和电子热导率. 量化了界面散射中的声子散射和电子散射, 将声-电子输运、尺寸效应以及结构散射通过理论模型建立起与热导率的联系, 为金属纳米线热电性能的研究提供了重要的计算模型和理论依据.

Kojda 等人^[28] 通过电子显微镜法表征了纳米银

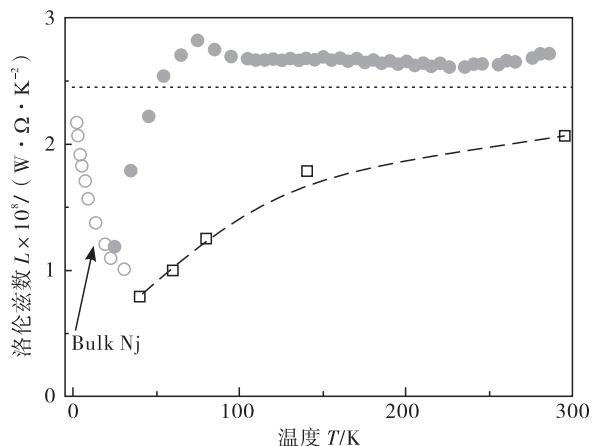


图6 Ni-NW 和块体 Ni 的洛伦兹数 $L(T)$ 变化曲线
Fig. 6 The Lorenz number $L(T)$ of the Ni-NW and the pure bulk Ni

似于大块银中的声电子散射, 纳米银线中还具有广泛的结构散射. 这些散射限制了电子的平均自由程, 导致了热导率的降低. 纳米银线中的结构散射主要为表面散射和晶界散射, 然而表面散射和晶界散射分别对声子及热电子的影响仍需进一步研究.

李静等人^[27] 采用原子内嵌法建立金属纳米线界面散射模型, 对其声子-电子热导率进行修正, 得到修正后的声子热导率:

$$K_{ph}' = \frac{d_g}{\frac{d_g}{k_{ph}} + R_{int}} \quad (1)$$

式(1)中: d_g 为晶粒尺寸, R_{int} 为界面热阻. 修正后的电子热导率为:

线(AgNWs)的热电特性, 并对其晶体结构、表面形态和扭结和结对现象进行了鉴定(图 8)^[29]. 在金属纳米线中, 只有 AgNWs 表现出明显的扭结, 扭结缺陷可以作为 AgNWs 中声-电子传输的散射中心, 但由于晶界贡献较小, 可以和沿生长方向的单晶界散射一同被忽略. 因此, AgNWs 的热电输运主要受声子散射和表面散射的影响, 并讨论了金属纳米线中塞贝克系数和洛伦兹数的温度依赖性. 该试验阐

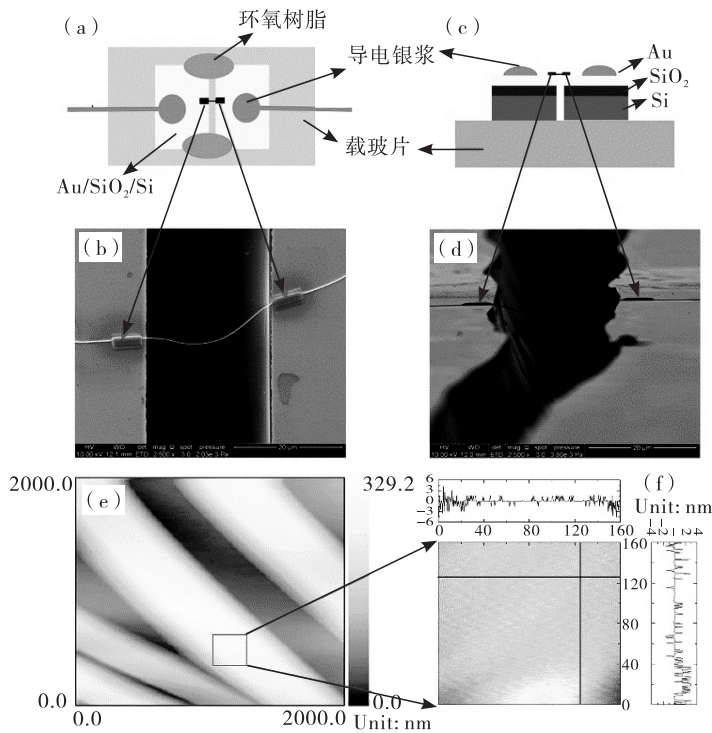


图 7 电极和悬浮的银纳米线

(a)电极与悬浮银纳米线示意图(俯视图);(b)电极和悬浮银纳米线的 SEM 图片(俯视图);(c)电极与悬浮银纳米线示意图(侧视图);(d)电极和悬浮银纳米线的 SEM 图片(侧视图);(e)分散在玻璃基板上用于测量粗糙度的银纳米线的 AFM 图像;(f)精细扫描选定的 $160 \times 160 \text{ nm}^2$ 区域的 AFM 图像,方块表示(e),等高线图的顶部和右侧分别显示了 x 和 y 方向的截面剖面

Fig. 7 The electrodes and the suspended silver nanowire

(a)schematic diagram of the electrodes and the suspended silver nanowire (top view);(b)SEM picture of the electrodes and the suspended silver nanowire (top view);(c)schematic diagram of the electrodes and the suspended silver nanowire (side view);(d)SEM picture of the electrodes and the suspended silver nanowire (side view);(e)AFM image of silver nanowires dispersed on a glass substrate for roughness measurement;(f)finely scanned AFM image of a selected $160 \times 160 \text{ nm}^2$ area indicated in (e) by a square, the cross-section profiles along the x and y directions are shown on the top and right sides of the contour plot respectively

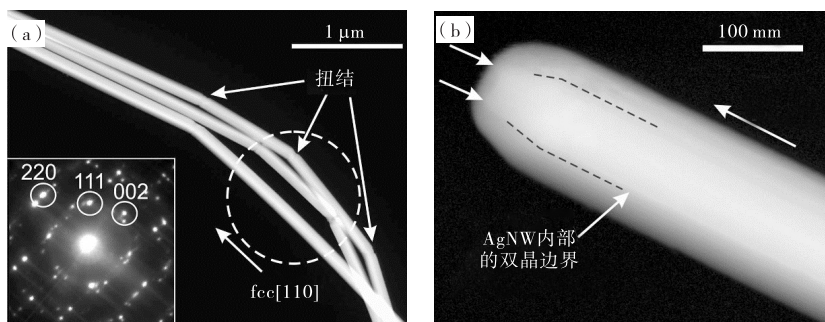


图 8 高角度环形暗场扫描透射电镜(HAADF STEM)图像([110]方向为 AgNWs 生长方向)

(a)AgNWs 电子衍射图,虚线中为罕见的扭结案例;(b)AgNW 存在沿生长方向的双晶边界而产生的残余衍射对比度

Fig. 8 HAADF STEM image([110] direction is AgNWs growth direction)

(a) HAADF STEM micrograph showing AgNWs with the rare case of kinks;(b)HAADF STEM image showing a residual diffraction contrast due to the presence of a twin boundary along the growth direction of an AgNW

述了纳米银线结构与热电性能的关系,对纳米银线额外的表面散射进行研究,优化了多种材料系统中纳米金属线热电性能的计算,对半导体金属线热电分析和结构分析有着重要意义。

3 结 语

目前对于纳米金属线热运输的研究虽然有很大的突破,但对其测量方式和声子及热电子的理论研究尚处于初始阶段,也暴露出研究方法单一、结构散射复杂、理论模型不足等问题,严重影响了对纳米金属线热电性能的研究及应用。随着结构尺寸的减小,表面积与体积比的增加,电子能级的离散,微观粒子总能量的减小,会产生小尺寸效应、表面效应、量子尺寸效应和宏观量子隧道效应等一系列效应,同样也会影响材料的声-电子热运输机制,进而影响金属纳米线的热电性能。在后来的发展及应用中出现了许多维德曼-弗朗茨定律(Wiedemann-Franz law)无法解释的问题,因此对于界面效应和热运输机制的研究仍需继续深入。

未来需要在以下几个方面有所突破:(1)加强对不同种类纳米金属线性能和机理的研究,研究纳米金属线的形成和生长过程;(2)改进现有的测量方法,进一步降低测量过程中产生的接触热阻;(3)进一步研究不同温度下,纳米金属线的结构形态和散射机制,稳定其热电性能;(4)充分利用纳米金属线独特的性能,拓宽其应用领域。

金属纳米线的一维结构和高长径比,使其具有独特的光学性能、催化性能和热电性能,被广泛应用于轻薄化微电子器件和能量转换与存储等领域,主要包括超小型光探测器、柔性复合透明电极、电化学传感器、荧光检测探针等。随着制备技术与合成技术的发展,人们对金属纳米线的研究向着金属合金、金属氧化物、无机盐和复合材料等方向发展。同时,也意味着材料晶界结构、晶粒结构、表面原子结构以及结构稳定性的多样化和复杂化。因此,对于金属纳米线的研究在结构和声-电-光子散射方面面临着巨大挑战,进一步增强金属纳米线稳定性,降低研发成本,提高测量精度和深入理论研究对拓展其应用领域有着重大意义。随着科学研究的不断加深,人们对电子器件精密度和灵敏度的要求更加严格,对金属纳米线的需求将持续增加。因此,具有独特光学、催化和热电性能的纳米金属线将有良好的应用前景。

参考文献:

- [1] STOJANOVIC N, MAITHRIPALA D H S, BERG J M, et al. Thermal conductivity in metallic nanostructures at high temperature: Electrons, phonons, and the Wiedemann-franz law [J]. *Physical Review B*, 2010, 82, 075418.
- [2] JU S, LIANG X. Investigation of argon nanocrystalline thermal conductivity by molecular dynamics simulation [J]. *Journal of Applied Physics*, 2010, 108, 104307.
- [3] RAETHER H. Surface plasmons on smooth and rough surfaces and on gratings [M]. Berlin Heidelberg: Springer Tracts in Modern Physics, 1988, 111(1): 1-117.
- [4] BOHREN C F, HUMAN D R. Absorption and scattering of light by small particles [M]. New York: Wiley Interscience, 1983.
- [5] 马宗伟, 韩俊波. 金属纳米棒阵列的三阶光学非线性和光致发光特性研究[D]. 上海: 华中科技大学, 2016.
- [6] SCHULLER J A, BARNARD E S, CAI W, et al. Plasmonics for Extreme light concentration and manipulation [J]. *Nature Materials*, 2010, 9 (3): 193-204.
- [7] 张慧, 芦志伟, 侯军伟, 等. 贵金属纳米线的模板法制备及应用研究进展[J]. *材料导报 A*, 2016, 30(5): 49-50.
- [8] KREIBIG U, VOLLMER M. Optical properties of metal clusters [M]. Berlin: Springer, 1995.
- [9] ZONG R L, ZHOU J, LI Q, et al. Synthesis and optical properties of silver nanowire arrays embedded in anodic alumina membrane [J]. *J Phys Chem B*, 2004, 108 (43): 16713.
- [10] ZHANG J, FU Y, CHOWDHURY M H, et al. Metal-Enhanced single molecule fluorescence on silver particle monomer and dimer: Coupling effect between metal particles [J]. *Nano Lett*, 2007, 7(7): 2101-2107.
- [11] LAKOWICZ J R. Radiative decay engineering 5: metal-enhanced fluorescence and plasmon emission [J]. *Anal Biochem*, 2005, 337(2): 171-194.
- [12] GERSTEN J I. Theory of fluorophore-metallic surface interactions [J]. *Radiative Decay Engineering*, 2005, 8, 197-221.
- [13] YE S, ARON R, RATHMEL I, ZUOFENG C. Metal Nanowire Networks: The Next Generation of Transparent Conductors [J]. *Advanced Materials*, 2014, 26, 6670-6687.
- [14] 蒲勇, 阮海波, 刘碧桃. 纳米银线柔性透明导电薄膜的制备与研究进展[J]. *电子元件与材料*, 2016, 35(11): 54-60.
- [15] CHENGZ, LIU L, XU S, et al. Temperature dependence of

- electrical and thermal conduction in single silver nanowire [J]. *Scientific Reports*,2015(5):10718.
- [16] SCHOENBAUM C A, SCHWARTZ D K, MEDLIN J W. Controlling the surface environment of heterogeneous catalysts using self-assembled monolayers [J]. *Accounts of Chemical Research*,2014,47(4):1438-1445.
- [17] GUANGXU C. Surface and interfacial structure control of Pt-based nanomaterials and their catalytic applications [D]. Xiamen: Xiamen University, 2014.
- [18] DAI W, YAN J, DAI K. Ultrafine metal nanoparticles loaded on TiO₂ nanorods; Synthesis strategy and photocatalytic activity [J]. *Chinese Journal of Catalysis*, 2015, 36: 1968-1975.
- [19] 杜孟孟,孙海军,高山,等. 自支撑镍纳米线阵列电极的制备及电催化性能 [J]. *高等学校化学学报*, 2018, 39: 2739-2745.
- [20] ZAINAL Z, NAGALINGAM S, KASSIM A, et al. Effects of annealing on the properties of SnSe films [J]. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2004, 81(2):261-268.
- [21] STOJANOVIC N, BERG J M, MAITHRIPALA D H S. Direct measurement of thermal conductivity of aluminum nanowires [J]. *Applied Physics Letters*, 2009, 95(9):091905.
- [22] OU M N, YANG T J, HARUTYUNYAN S R, et al. Electrical and thermal transport in single nickel nanowire [J]. *Applied Physics Letters*, 2008, 92(6): 063101-063101-3.
- [23] WHITE G K, WOOD S B. Electrical and thermal resistivity of the transition elements at low temperatures [J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London; Series A*, 1959, 0004:273-302.
- [24] WHITE G K, TAINSH R J. Electron scattering in nickel at low temperatures [J]. *Physical review letters*, 19(4):165-166.
- [25] VOLKLEIN F, REITH H, CORNELIUS T W, et al. The experimental investigation of thermal conductivity and the wiedemann-franz law for single metallic nanowires [J]. *Nanotechnology*, 2009, 20: 325706.
- [26] STOJANOVIC N, MAITHRIPALA D H S, BERG J M, et al. Thermal conductivity in metallic nanostructures at high temperature: Electrons, phonons, and the wiedemann-franz law [J]. *Physical Review B*, 2010, 82: 075418.
- [27] 李静,冯妍卉,张欣欣,等. 考虑界面散射的金属纳米线热导率修正 [J]. *物理学报*, 62(18)2013:1-8.
- [28] KOJDA D, MITDANK R, HANDWERG M. Temperature-dependent thermoelectric properties of individual silver nanowires [J]. *Physical Review B*, 2015, 91(2):024302.
- [29] BAZEIA D, GOMES A R, NOBREGA K Z, et al. Kink scattering in a hybrid model [J]. *Physics Letters B*, 2019, 793:26-32.
- [30] 潘美妍,李强,仇旻. 金属微纳结构中的热电子 [J]. *物理*, 2016, 45(12):781-789.
- [31] SINGH N. Two-temperature model of nonequilibrium electron relaxation: A review [J]. *International Journal of Modern Physics B*, 2010, 24(09):1141-1158.
- [32] LISOWSKI M, LOUKAKOS P A, BOVENSIEPEN U, et al. Ultra-fast dynamics of electron thermalization, cooling and transport effects in Ru(001) [J]. *Applied Physics A*, 2004, 78(2):165-176.
- [33] 王小凤,黄自力,张海军. 金属纳米线的制备方法 [J]. *材料导报 A*, 2013, 27(2):114-118.

Research progress of metallic nanowires and their thermal transport

LIU Miaomiao, DONG Hua, LIN Huan, KOU Aijing

School of Environmental and Municipal Engineering, Qingdao University of Technology, Qingdao 266033, China

Abstract: The special one-dimensional scale, interface and surface structure of metallic nanowires make them have quantum size effects, surface effects and macroscopic quantum tunneling effects. For example, Au, Ag, Cu, Pt, Ni, Al and other metallic nanowires have been widely used in the fields of biomedicine, surface plasmons, catalytic reactions, solar cells, LED, smart glass and other fields. In this paper, the optical, electrical and catalytic properties of metal nanowires are briefly described, focusing on the measurement of thermal transport and interfacial scattering of metal nanowires in recent years. Finally, the development trend and application prospect of metal nanowires in scientific research and material application are prospected.

Key words: metallic nanowires; phonon-electron transport; thermal conductivity; interface scattering.