

石墨烯制备新技术及其在燃料电池催化剂中的应用研究

张弛

芜湖职业技术大学, 安徽 芜湖 241000

DOI: 10.61369/SDME.2025190005

摘 要 : 石墨烯属于一种碳纳米材料, 它在电学、力学、热学方面具有诸多的优势, 并且在能源、材料、电子领域都具有较大的应用潜能。近年来, 石墨烯材料制备的研究不断增多, 产生了一些具有价值的新型制备技术。现阶段, 石墨烯制备技术以其稳定的电化学活性、超高的迁移速度等特点, 获得了燃料电池领域的广泛关注。基于此, 本项目深入研究石墨烯制备技术及其在燃料电池催化剂中的应用, 以供参考。

关 键 词 : 石墨烯; 制备技术; 燃料电池; 催化剂

Research on New Preparation Technology of Graphene and Its Application in Fuel Cell Catalysts

Zhang Chi

Wuhu Vocational Technical University, Wuhu, Anhui 241000

Abstract : Graphene is a kind of carbon nanomaterial, which has many advantages in electrical, mechanical and thermal properties, and has great application potential in the fields of energy, materials and electronics. In recent years, there have been increasing studies on the preparation of graphene materials, resulting in some valuable new preparation technologies. At this stage, graphene preparation technology has attracted wide attention in the field of fuel cells due to its characteristics such as stable electrochemical activity and ultra-high migration speed. Based on this, this project conducts an in-depth study on graphene preparation technology and its application in fuel cell catalysts for reference.

Keywords : graphene; preparation technology; fuel cells; catalysts

前言

在经济全球化的背景下, 能源危机和环境问题日益严峻, 亟待开发出具有较强清洁力和高效的技术。燃料电池的广泛应用仍面临诸多挑战, 其中催化剂成本高、稳定性差是制约其商业化进程的关键因素之一。而纳米材料具有较高的比表面积、电化学稳定性以及表面易修饰等属性, 使其在催化领域的应用尤为重要。石墨烯自被发现以来, 因其独特的二维结构和卓越的物理化学性能成为材料科学领域的研究热点, 并且拥有广阔的应用前景。

一、石墨烯制备技术

石墨烯制备方法主要包括微机械剥离法、化学气相沉积法、氧化还原等方法。然而, 这些方法往往存在试剂有害、制备过程复杂等问题。为了更好地解决此类问题, 国内外深入研究石墨烯制备新技术, 确保工作开展的便捷性, 提高工作的效率。其石墨烯制备新技术包括微波制备技术和电化学制备技术^[1]。

(一) 微波制备技术

微波制备技术是近年来提出的一种制备石墨烯的全新技术形式, 它可以划分为固相微波法和液相微波法这两种。这种技术和传统制备技术作比较, 它最大的优势在于它的制备速度较快, 能够在短期内获得。

固相微波法是指通过对氧化石墨或膨胀石墨等前体进行固相微波快速加热, 含氧官能团在加热的过程中形成气体并产生瞬间压力比前提层间大的力, 从而使其出现剥离的现象, 形成单层或多层石墨烯。直接微波加热 Go 固体粉末, 在小于 5s 的超短时间内制备出石墨烯。通过深度研究能够发现 GO 与 RGO 都能够充分吸收微波, 但是在不同频率下的吸收情况不同。在一般的情况下, RGO 的吸收程度更强^[2-3]。

液相微波法是指在液相的条件下, 充分利用溶剂插层到层间, 并通过微波的方式实现快速加热, 实现溶剂的快速膨胀, 产生大量气体克服层间的作用力, 将氧化石墨剥离出来, 转化成石墨烯的形式。经过深度研究能够了解到, 石墨烯剥离的程度以及产物的尺寸会受到氨水浓度的影响, 如果浓度高, 石墨烯的剥

离程度也会更高。在玻璃石墨烯后,材料具有较强的电子传导性,这也能够在最大程度上减少化学试剂的使用,使该方法成为环境友好的绿色合成方法。

(二) 电化学制备技术

在科技高速发展的背景下,石墨烯制备技术也实现了更新迭代,现阶段除了微波法之外还包括电化学制备技术,包括电化学氧化剥离和电化学还原。和传统的方法作比较,电化学技术并不需要使用还原或者氧化试剂,具有合成步骤少、能源地、生产条件可控的特点,可以有效降低因传统的氧化还原法带来的缺陷。近年来,人们也开展了大量的探索^[4-5]。

电化学还原技术是指通过调节外部电压使得氧化石墨烯在阴极得到还原,并且认为是电极表面材料的费米能级发生改变,从而改变材料的电子状态,最后呈现出物质剥离的现象,改变了以往的材料的状态。

电化学氧化剥离技术指的是通过调节外部电压,从而使石墨烯能够在阳极腐蚀剥离得到氧化石墨烯,并通过超声剥离成少层石墨烯的技术。电化学氧化剥离及电化学还原制备高性能石墨烯具有操作、少使用化学试剂的优势,它是一种环境友好的制备石墨烯技术。与此同时,电化学氧化剥离技术制备的石墨烯含氧官能团较少,缺陷度也比较低,能够保持原有的电化学性能,从而在燃料电池催化剂的应用领域具有重要的发展潜力^[6]。

(三) 其他方法

除了上述的方法外,还有以下的石墨烯制备技术:气相沉积法是当前制备高质量石墨烯制备较为常用的方法,它通过将碳源气体(如甲烷、乙烯等)通入到金属催化剂基底(如铜、镍等)表面,碳源气体在催化剂表面产生分解现象,通过吸附和重组,形成石墨烯薄膜。反应结束后,通过蚀刻等方法将石墨烯从基底上剥离下来,得到较为独立的石墨烯素材。然而,气相沉积法对设备要求较高,制备过程复杂,成本相对较高,限制了其在某些领域的应用;电弧放电法是通过在惰性气体之中,对石墨电极进行高压作用,使石墨蒸发并在冷却中形成石墨烯的方法。这一方法的制备速度较快,但是得到的石墨烯质量却并不稳定,难以有效控制其层数;外延生长法在单晶衬底的基础上,通过高温加热的方式使衬底表面的碳原子排列成石墨烯。这种方法能够与衬底结合,具有良好的电学性能。但是其由于成本较高,应用的规模并不大;机械剥离法是最早发现石墨烯的方法,但是它难以实现大规模的制备,只能制备出高质量和少层的石墨烯。但是通过改进工具和工艺,能够提高石墨烯的剥离效率。液相剥离法是一种通过机械或化学方法将石墨在液相中剥离成石墨烯的方法。该方法通常以石墨为原料,将其分散在合适的溶剂中,通过超声、球磨、高速剪切等手段施加外力,使石墨层间的范德华力被破坏,从而剥离出石墨烯片层。近年来,液相剥离法在溶剂选择和剥离技术上不断创新。研究发现,选择具有合适表面张力的溶剂(如N-甲基吡咯烷酮、二甲基甲酰胺等)可以提高石墨烯的剥离效

率和分散稳定性。同时,辅助剥离技术的应用(如添加表面活性剂、离子液体等)也显著提升了剥离效果。此外,新型剥离设备的开发(如高压均质机、微流控反应器等)进一步提高了剥离效率,降低了能耗^[7-9]。

二、石墨烯在燃料电池催化剂中的应用

(一) 石墨烯用作燃料电池催化剂载体

对于燃料电池来讲,催化剂需要负载到某一载体上,从而确保其提高分散性,保持其稳定性。传统的催化剂载体是碳黑,但是碳黑在使用的过程中容易出现腐蚀的情况,从而导致催化剂脱落,出现性能降低的问题。石墨烯作为一种新型的催化剂载体,具有比表面积大、导电性能好的优势,能够有效解决传统载体中出现的问题。将贵金属催化剂负载到石墨烯的表面,能够提高催化剂的分散性,增加活性位的点数量,从而保障其活性。与此同时,石墨烯的良好导电性有助于促进电子之间的传递,减少电极反应的阻碍。不仅如此,石墨烯与催化剂之间的互动作用可以阻止催化剂颗粒的团聚,进一步提高催化剂的稳定性,确保其提高使用的价值^[10-11]。

经过研究能够发现,石墨烯催化剂在燃料电池的氧化还原反应中能够表现出优异的催化性能。例如,石墨烯催化剂的 ORR 活性和稳定性比传统的炭黑催化剂更加稳定。通过对石墨烯进行表面的性质改进,可以进一步增强其与催化剂之间的相互作用,进一步提高催化剂的性能。

(二) 改性石墨烯直接用作阴极催化剂

石墨烯除了能够被视为催化剂载体之外,还能经过改性后,用于燃料电池之中。纯石墨烯的催化剂活性较低,但是通过掺杂氮、磷、硫等物质,可以调节石墨烯的电子结构,使其产生良好的催化活性。掺杂石墨烯的催化活性主要源于掺杂原子对周围碳原子电子密度改变,从而形成了具有催化活性的位点^[7]。例如,氮掺杂石墨烯能在氧化还原的过程中表现出铂碳催化剂相当的催化活性,它具有较强的应用价值,能够更加稳定,并且抗甲醇毒性也更高。

除此之外,构建石墨烯基复合材料,包括石墨烯、金属氧化物复合材料,可以综合各材料的优势,更好地提高催化剂的性能。例如,石墨烯、二氧化锰复合材料在燃料电池的氧化还原反应中体现出的效能,可以保障催化活性和稳定性^[12-13]。

石墨烯在燃料电池催化剂领域具有较大的发展潜能,但是也存在相应的挑战。包括石墨烯的制备成本较高,石墨烯大规模制备存在困难限制了工业化的应用。石墨烯催化机理并不明确,需要深入地研究,以指导催化剂的设计和优化。除此之外,石墨烯在燃料电池中的应用还存在一系列的技术性问题,包括石墨烯与电极接触问题、催化剂的负载量控制问题等,这仍然需要不断进行优化和完善。在今后的研究中,石墨烯制备技术将不断成熟,

并且其成本也需要不断降低，石墨烯及燃料电池催化剂有望实现规模化发展。通过优化和完善制备技术，开发出更加低成本的制备技术，进一步提高其生产的质量和效能。通过精准化控制石墨烯的结构和性能，设计出更高催化活性的催化剂^[14-15]。除此之外，还需要加强石墨烯在燃料电池中的应用技术研究，解决当前在应用中出现的问题，推动燃料技术的发展。

三、结束语

综上所述，石墨烯作为一种具有优异性能的新型碳材料，在

燃料电池催化剂领域具有较为长远的发展前景。它由于特殊的物理化学性质，在燃料电池领域的应用范围较广。随着各类制备技术的不断涌现，石墨烯的合成也向着低能耗、环境优化的方向发展。在新时代的背景下，绿色、清洁、快速的制备技术成为石墨烯合成研究的热点。并且在将来石墨烯将会取代 Pt 催化剂，大大降低燃料电池的成本，推动燃料电池的商业化进程。

参考文献

[1] 梁俊梅, 吕庆斌, 赵海波, 等. 石墨烯负载金属催化材料的制备及表征技术研究进展 [J]. 中国检验检测, 2024, 32(05): 30-34+105.

[2] 黄勇, 郭冲霄, 倪佳苗, 等. 金属催化辅助无转移石墨烯薄膜制备技术研究进展 [J]. 材料导报, 2024, 38(15): 188-202.

[3] 吴昌隆, 张鑫. 石墨烯锂离子电池正极材料的研究 [J]. 轻工科技, 2024, 40(04): 157-161.

[4] 李荣荣, 郑佳雯, 任娜, 等. 生物质材料激光诱导石墨烯制备与应用研究进展 [J]. 林业工程学报, 2024, 9(03): 22-31.

[5] 符贵兴. 石墨烯产业 20 年发展回顾与战略建议 [J]. 高科技与产业化, 2024, 30(04): 48-51.

[6] 屈涛. 石墨烯 / 硅光电探测器的制备与性能增强技术研究 [D]. 长安大学, 2024.

[7] 周新博, 付景顺, 苑泽伟, 等. 石墨烯纳米带的制备技术及应用研究现状 [J]. 材料导报, 2024, 38(04): 68-78.

[8] 高博, 王成辉, 余申卫, 等. 石墨烯增强铝基复合材料制备方法效果研究进展 [J]. 热加工工艺, 2023, 52(24): 5-14.

[9] 陶穆楠, 谷雯惠, 焦体峰. 氧化石墨烯基复合薄膜材料的制备技术及应用进展 [J]. 石油化工高等学校学报, 2023, 36(06): 13-23.

[10] 张子涵. 工业生产条件下石墨烯基二维材料的制备方法与表征分析 [J]. 华东科技, 2023, (11): 117-120.

[11] 陈建丽. 石墨烯薄膜的制备及其在电子材料中的应用 [J]. 电子技术, 2023, 52(10): 20-21.

[12] 童乾峰, 刘清海, 彭文联, 等. 石墨烯的光电特性及其应用技术研究现状 [J]. 现代应用物理, 2023, 14(02): 49-57+76.

[13] 夏学涛. 石墨烯光纤制备技术优化与偏振特性研究 [D]. 燕山大学, 2023.

[14] 刘欣, 张雅欣, 陈澄, 等. 石墨烯和氧化石墨烯制备技术与应用研究进展 [J]. 陶瓷学报, 2023, 44(02): 217-235.

[15] 米佳伟. 石墨烯薄膜制备稳定性及转移技术研究 [D]. 电子科技大学, 2023.