钨钼稀土 在新能源电池领域的应用与市场研究

DR. HANNS ©CHINATUNGSTEN ONLINE XIAMEN CHINA, NOV.01,2023 韩斯疆博士 中钨在线® 中国厦门 2023.11.01

www.ctia.com.cn

| www.chinatungsten.com | 电话/TEL: 0086 592 512 9696/512 9595 | 传真/FAX: 0086 592 512 9797 | 邮箱/Emailsales@chinatungsten.com |



著作版权、法律责任声明

- ■本文作者对本文所涉及政治、军事事件、人物等持中立态度; 所涉及经济概念、事件、 现象描述仅为了说明钨制品市场相关性及其影响,理论使用、论证未必正确,亦不代表作 者立场。如有错漏及与读者立场不同,敬请理解。
- ■囿于知识和能力,错漏在所难免;如有发现任何问题,请及时联系,任何斧正无任欢迎。 ■除非无法确认,我们都已标明作者及出处,如有侵权烦请告知我们,我们会立即删 除并在此表示歉意。
- ■本文所有信息由中钨在线®韩斯疆博士及其团队编写。未经中钨在线及韩斯疆博士授权, 不得对文件所载内容进行使用、披露、分发或变更。尽管我们努力提供可靠、准确和完整 的信息,但我们无法保证此类信息的准确性或完整性,本文作者对任何错误或遗漏不承担 任何责任亦没有义务补充、修订或更正文中的任何信息。本文中提供的信息仅供参考,不 应被视为投资说明书、购买或出售任何投资的招揽文件、或作为参与任何特定交易策略的 推荐。本文也不得用作任何投资决策的依据,或作为道德、法律依据或证据。无论是否已 在本文片中明确或隐含地描述,本文不附带任何形式的担保。中钨在线及韩斯疆博士对使 用本文相关信息造成的任何利润或损失概不负责。
- ■本文英文版本由百度自动翻译工具翻译,本网站、中文作者均无法对其准确性负责。
- ■如有需要我们的中文和/或英文版本,欢迎直接发邮件索取。 inatungsten

©中钨在线科技有限公司 WWW.chinatur 韩斯疆博士 中钨在线® 中国厦门 2023.11.01 www.ctia.com.cn





LEGAL LIABILITY STATEMENT

- ■The author holds a neutral attitude towards the any political events and military issues involved in this paper. The description of the person(s), company(ies) and events involved are only to explain the economic phenomena related to the tungsten product market. The theories and facts may not be correct, nor does it represent the author's position. Please understand and forgive any mistakes, omissions and different positions from the readers.
- ■Unless it cannot be confirmed, we will indicate the author and source. If there is any infringement, please inform us, and we will delete it immediately and apologize.
- ■The information contained in this article is compiled & edited by Dr. Hanns and his team from China Tungsten Online (CTOMS). Any further reference, disclosure, distribution or editing is strictly restricted unless authorized by both Dr. Hanns and CTOMS. Although we endeavor to provide reliable, accurate and complete information, there can't be guaranteed that such information is accurate or complete and CTOMS assumes no responsibility for any errors or omissions. CTOMS is not obligated to supplement, amend, or correct any information in it. The information provided in it is for reference only and should not be construed as a prospectus; a solicitation to buy or sell any investment; or any other recommendation to participate in any particular trading strategy. Neither shall it be used as a basis for making any investment decision; or as a moral, liable or legal basis or evidence, nor is it accompanied by any form of guarantee, whether it has been explicitly or implicitly described in. CTOMS is not responsible for any profit or loss associated with using information.
- ■The English Version of this article is translated from Chinese Version by Baidu.com's automatic translation tool. Neither the website nor the author of the Chinese text can be responsible for its accuracy.
- ■Any requiring of the Chinese and/or English version of this paper may send us an email for it directly.

Page 2 of 62

DR. HANNS **©CHINATUNGSTEN ONLINE** XIAMEN CHINA, NOV.01,2023 www.ctia.com.cm ceo@tungsten.com.cn





COPYRIGHT

- ■This article only briefly describes the theory and market factors, holds a neutral view on market and price changes, and is not responsible for any or misleading to the market.
- ■This article was originally created by China Tungsten Online (中钨在线®).Mistakes and omissions are inevitable. If you find anything, please don't hesitate to contact us at any time.
- ■There's any reference or excerpt of any copyrighted information in this article, please make a statement or claim, and the author will correct it immediately.
- ■All rights reserved by China Tungsten Online (CTOMS)
- ■Any use of any content and form must be authorized in writing by Dr. Hanns.
- ■For more detailed market information, data and analysis, please contact the author directly through email at sales@chinatungsten.com.

DR. HANNS **©CHINATUNGSTEN ONLINE** XIAMEN CHINA, NOV.01,2023 www.ctia.com.cm ceo@tungsten.com.cn chinatungsten.com

Page 3 of 62



厦门中钨在线科技有限公司,简称"中钨在线",是中国第一家钨、钼、稀土行业的电子商 务公司,1997年9月以我国第一家顶级钨制品网站 www.chinatungsten.com 为基础在厦 门设立。中钨在线以其在钨钼制品领域几十年积累的信息数据和专业经验为基础的设计、 制造,卓越的商业信誉和优质服务闻名全球业界,使其成为钨钼稀土,特别是钨化学品、 金属钨、硬质合金、高比重合金、钼及钼合金领域的最佳综合应用解决方案提供商。

自 2000 年起中钨在线以 www.ctia.com.cn 为基础创建了超过 100 万个钨、钼、稀土新闻、 价格、市场调查分析的网页; 2013 年以来,以"中钨在线"为名的公司微信公众号制作了 近几十万条微信信息每日送达近十万名订阅者,该公众号已成为公认的全球最权威、最全 面的钨钼行业、产品价格与市场中英文即时信息源。中钨在线的网站和微信获得了在业界 首屈一指的上亿人次的访问量。

中钨在线的主要产品业务是与客户共同完成产品性能、定型、尺寸公差的研发设计和定制, 并为客户提供配套的加工、改制、包装、文件和交运等综合集成服务。在过去的近 30 年 中,中钨在线为全球十几万家客户提供了超过数十万种不同类型的钨、钼和稀土产品研发 生产及后续服务; 多年的经验和技术积累, 也奠定了中钨在线客制化产品的柔性化和智能 化制造集成能力和基础。

中钨在线的专业研究文章和报告由韩斯疆博士及其团队撰写。韩斯疆博士是中钨在线主要 的市场和技术研究专家,自1990年代初期开始从事钨钼制品的电子商务和国际贸易、硬 质合金和高比重钨合金的生产制造,是有着30多年经验,业内知名钨钼制品的电子商务、 钨制品设计、加工和市场研究专家。 www.chinatungsten.

©厦门中钨在线科技有限公司 韩斯疆博士 ceo@tungsten.com.cn 中钨在线® www.ctia.com.cn 中国 厦门





BRIEF INTRODUCTION TO THE AUTHOR

As the 1st E-commerce company of Tungsten (W), Molybdenum (Mo), Rare Earth (RE) in China, China Tungsten Online Manu. & Sales (CTOMS) was founded in 1997 based on China's the 1st and top tungsten website www.chinatungsten.com. As its specialized design, professional manufacturing, excellent service and powerful information database, CTOMS is not only the most authoritative information source of Chinese and English information of W Mo and RE products globally, but also the best comprehensive application solution provider of W, Mo and RE, both chemical materials and machined products, such as tungsten oxide, metal, cemented carbide and heavy alloys.

CTOMS has been created more than 1 million web pages and WeChat information message of W, Mo and RE news, price and market research, analysis. The web news.chinatungsten.com, www.ctia.com.cn are the world's top index websites of tungsten which have received 1 billion visits from 1997.

The major business of CTOMS is to complete product design, R & D with customers and provide customers with processing and integration services. In the past 2 decades, it has provided more than 100,000 different types of W, Mo & RE products to more than 10,000 customers all over the world. Years experience and technology accumulation have laid a foundation for promoting the flexible and intelligent manufacturing of customized products.

The professional research articles and reports of CTOMS are written by Dr. Hanns and its marketing team. Dr. Hanns is an expert of the main market and technical research of CTOMS has been engaged in e-commerce and international trade of tungsten and molybdenum products, production and manufacturing of cemented carbide and high specific gravity tungsten alloy since the early 1990s. He is a well-known expert in e-commerce, tungsten product design, processing and Market Research of tungsten and molybdenum products in the industry with more than 30 years of experience.

> DR. HANNS **©CHINATUNGSTEN ONLINE** XIAMEN CHINA, NOV.01,2023 www.ctia.com.cm ceo@tungsten.com.cn

钨钼稀土市场的新蓝海

《钨钼稀土在新能源电池领域的应用与市场研究》内容简介

中钨在线是一家在钨钼稀土制品行业拥有几十年经验的企业,深刻了解钨钼稀土制品在电 池领域的应用潜力和机遇。自 2020 年起, 我们积极研究并与纳米氧化钨、纳米二硫化钨、 纳米二硫化钼等钨钼化工产品的生产企业建立了紧密合作关系,从而既深入了解这些产品 的微观结构、理化学质、生产技术、生产成本和应用领域,又为市场提供专业信息和见解。

今年以来,中钨在线钨钼稀土团队深入研究了新能源、电池和汽车行业,着重关注了钨化 合物、钼化合物和稀土化合物在新能源电池电极材料中的应用,同时分析了它们在市场中 的优势、挑战和前景,最终形成了包括钨钼稀土电池行业相关标准在内的近 100 万字《钨 **钼稀土在新能源电池领域的应用与市场研究》**报告。本研究报告大量借鉴了新能源和电 池行业的信息,并深度参考了钨钼稀土企业的技术发展和现状,以便清晰地理解钨钼稀土 制品在电池市场中的应用逻辑,以及分析未来的发展趋势和局限性。后续我们将就其中的 部分内容在**"中钨在线"**微信公众号及其网站(www.ctia.com.cn)公开放送,如果您对此 感兴趣或需要获取完整的报告,请联系我们 info@chinatungsten.com。

钨是一种过渡金属元素,位于元素周期表第六周期的 VIB 族,具有高熔点、高硬度、高强 度、低蒸气压、低蒸发速度、良好化学稳定性等特点,广泛引用于电池、汽车、航天航空、 医疗等领域中。在电池领域,纳米钨酸、纳米三氧化钨、针状紫色氧化钨、铌钨氧化物、 二硫化钨纳米片、二硒化钨纳米片、钨酸盐等钨化合物凭借着良好的物理化学性质,广泛 应用于各种电池如锂离子电池、锂硫电池、钠离子电池等的电极材料中,进而能有效弥补 传统电极材料低能量密度、大体积效应等不足。

钼是一种难熔金属元素,是人体和动植物必需的一种微量元素,位于元素周期表第五周期 第 VIB 族,具有较高的密度、较高的硬度、较高的热传导率、较低的热膨胀系数、较低的 电阻率、良好热化学稳定性等特点,在电池、汽车、电子、光学、化工、建筑、医疗、航 空航天等领域中具有广泛的应用。在电池领域,纳米二硫化钼、纳米二硒化钼、氧化钼、 氦化钼、碳化钼、钼酸盐等钼化合物由于具有较高的理论比容量、良好的热化学稳定性和 较低的还原电位等特点,而广泛用作各种电池如锂电池、钠电池、锌离子电池、锌锰电池 等的电极材料,能有效提高正负极材料的容量、倍率性能、循环寿命等性能。

稀土元素是元素周期表中的镧系元素和钪、钇共十七种金属元素的总称,这些元素由于原 子序数、原子量和化学性质等方面不同,所以在自然界中呈现出多样性。稀士元素的原子 结构比较复杂, 电子排布有一定的特殊性, 因此在化学反应中表现出较高的化学活性, 能 够与其他元素形成多种化合物,这使得稀土元素具有广泛的应用前景,比如可以生产优良 的电池正负极材料、化工催化剂、荧光粉、永磁材料、激光材料等。

钨、钼和稀土元素虽然在电池应用中具有广泛的前景,但是在应用过程中也面临着诸多挑 战: 一是生产符合电极材料应用的钨化合物、钼化合物、稀土制品的生产技术难度较高以 及生产成本较大,因此研究人员正在研究新的合成方法,以降低钨化合物、钼化合物、稀 土制品的制造成本,并提高相应材料的储荷能力和热化学稳定性等性能,同时研究人员也



THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

在探索钨、钼、稀土元素与其他材料的复合应用,以实现更高效的电池性能; 二是由于钨、 钼、稀土矿的开采、加工难度较大以及资源稀缺性,导致钨价、钼价和稀土价格较高,限 制了它们在电池领域的大规模应用; 三是钨、钼、稀土矿的开采和加工过程会对生态环境 造成一定的影响,然而,随着环境保护要求不断的提高,矿山企业面临越来越严格的生产 标准和监管。

锂离子电池是目前应用最广泛的一种新能源电池,具有高能量密度、小自放电、无记忆效 应、长使用寿命、绿色环保、轻重量等优点、广泛应用于新能源汽车、3C 电子产品、智 能家电、风光储能、通信储能、家用储能等领域。

工信部官网消息显示,2022 年中国的锂离子电池行业积极推进供给侧结构性改革,加速 技术创新和升级转型,持续提高先进产品的供应能力,整体保持了快速增长的态势。根据 行业规范公告企业信息及研究机构测算, 2022 年全国锂离子电池产量达 750GWh, 同比增 长超过 130%, 其中储能型锂电产量突破 100GWh; 正极材料、负极材料、隔膜、电解液等 锂电一阶材料产量分别约为 185 万吨、140 万吨、130 亿平方米、85 万吨,同比增长均达 60%以上;产业规模进一步扩大,行业总产值突破 1.2 万亿元。据测算,2026 年年底,全 球 46 家动力(储能)电池企业的规划合计产能将达到 6730.0GWh, 相比 2023 年上半年 的实际产能增长了182.3%; 从实际需求量来看,预计2023年和2026年全球动力(储能) 电池的需求量将分别为 1096.5GWh 和 2614.6GWh,全行业的名义产能利用率将从 2023 年 的 46.0%下降到 2026 年的 38.8%。

研究机构 EV Tank 预计, 到 2025 年和 2030 年,全球锂离子电池的出货量将分别达到 2211.8GWh 和 6080.4GWh, 其复合增长率将达到 22.8%。起点研究院(SPIR)预计 2030 年全球锂电池出货量将达到 7290GWh, 相比 2022 增长 664.2%, 2022-2030 年均复合增速 达 28.9%, 全球锂电池出货量将保持快速增长。

钠离子电池亦是一种非常受人们欢迎的新能源电池,具有低成本、高能量密度、长寿命、 绿色环保等优点,因而在储能、电动汽车等领域具有潜在的应用价值。另外,钠离子电池 的资源丰富,易于获取,这有助于降低生产成本并提高市场竞争力,是锂电池理想的代替 品。然而,钠离子电池的发展仍需克服一些技术难题,例如提高能量密度和循环寿命、降 低生产成本、优化材料体系等; 另外, 钠离子电池还需要在生产、应用和维护等方面建立 完善的产业链和规范标准体系。

研究机构 EVTank《中国钠离子电池行业发展白皮书(2023年)》显示,截止到 2023年 6 月底,全国已经投产的钠离子电池专用产能达到 10GWh,相比 2022 年年底增长 8GWh; 预计到 2023 年年底全国或将形成 39.7GWh 的钠离子电池专用量产线; 预计到 2025 年中 国钠离子电池全行业规划产能或达到 275.8GWh。中商情报网消息显示,预计 2025 年我国 钠离子电池市场规模可增至 28.2GWh; 到 2026 年,全球钠离子电池需求将达 116GWh, 其中储能领域应用占比最高,达 71.2%;到 2030年,全球钠离子电池需求将增长至 526GWh。

经过深入的研究和精心撰写,上述内容即为中钨在线关于《钨钼稀土在新能源电池领域的 应用与市场研究》一文的核心要点和基本架构。后续,我们将陆续在"中钨在线"微信公 众号中分享这份报告的部分内容,以回馈各位尊敬的关注者。



目 录

第1部分 电池、钨、钼和稀土的介绍

第一章 电池、钨、钼和稀土的基本概念

1.1 蓄电池

- 1.1.1 蓄电池基本结构
- 1.1.1.1 正极材料
- 1.1.1.2 负极材料
- 1.1.1.3 电解液
- 1.1.1.4 隔膜
- 1.1.2 蓄电池工作原理
- 1.1.3 蓄电池分类
- 1.1.3.1 传统电池
- 1.1.3.2 新能源电池
- 1.1.3.3 动力电池
- 1.1.3.4 储能电池
- 1.1.3.5 圆柱电池
- 1.1.3.6 方形电池
- 1.1.3.7 软包电池
- 1.1.4 新能源电池的发展历程
- 1.1.5 新能源电池应用领域
- 1.1.6 新能源电池市场趋势和前景
- 1.1.6.1 新能源电池行业发展现状
- 1.1.6.2 新能源电池行业发展前景

1.2 金属钨

- 1.2.1 钨的理化性质
- 1.2.2 钨的发展历史
- 1.2.3 钨的用途

1.3 金属钼

- 1.3.1 钼的理化性质
- 1.3.2 钼的发展历史
- 1.3.3 钼的用途

1.4 稀土元素

1.4.1 稀土用途

NW.chinatungsten.com 第二章 常见电池的介绍

2.1 铅酸电池

- 2.1.1 铅酸电池基本结构
- 2.1.1.1 铅酸电池正极材料
- 2.1.1.2 铅酸电池负极材料





- 2.1.1.3 铅酸电池隔板
- 2.1.1.4 铅酸电池电解液
- 2.1.2 铅酸电池工作原理
- 2.1.3 铅酸电池主要特性
- 2.1.4 铅酸电池生产工序
- 2.1.5 铅酸电池性能的影响因素
- 2.1.5.1 正极材料对铅酸电池性能的影响
- 2.1.5.2 负极材料对铅酸电池性能的影响
- 2.1.5.3 隔膜对铅酸电池性能的影响
- 2.1.5.4 电解液对铅酸电池性能的影响
- 2.1.5.5 放电深度对铅酸电池性能的影响
- 2.1.5.6 过充电程度对铅酸电池性能的影响
- 2.1.5.7 工作温度对铅酸电池性能的影响
- 2.1.5.8 浮充电压对铅酸电池性能的影响
- 2.1.5.9 保养不到位对铅酸电池性能的影响
- 2.1.6 铅酸电池技术指标
- 2.1.7 铅酸电池使用注意事项
- 2.1.8 铅酸电池的应用
- 2.1.9 铅酸电池的发展状况
- 2.1.10 铅酸电池的发展瓶颈
- 2.1.11 铅酸电池的发展前景

2.2 锂离子电池

- 2.2.1 锂离子电池基本结构
- 2.2.1.1 锂离子电池正极材料
- 2.2.1.1.1 磷酸铁锂正极材料
- 2.2.1.1.2 三元锂材料
- 2.2.1.1.3 钴酸锂正极材料
- 2.2.1.1.4 锰酸锂正极材料
- 2.2.1.2 锂离子电池负极材料
- 2.2.1.2.1 锂离子电池碳负极材料
- a. 锂离子电池石墨化碳负极材料
- b. 锂离子电池无定形碳负极材料
- 2.2.1.2.2 锂离子电池非碳负极材料
- a. 锂离子电池钨基非碳负极材料
- b. 锂离子电池钼基非碳负极材料
- c. 锂离子电池硅基非碳负极材料
- d. 锂离子电池钛基非碳负极材料
- e. 锂离子电池锡基非碳负极材料
- f. 锂离子电池合金负极材料
- 2.2.1.3 锂离子电池隔膜
- 2.2.1.3.1 锂离子电池聚乙烯隔膜
- 2.2.1.3.2 锂离子电池聚丙烯隔膜
- 2.2.1.4 锂离子电池电解液
- 2.2.1.4.1 锂离子电池液态电解质



Page 9 of 62

- 2.2.1.4.2 锂离子电池固态电解质
- 2.2.1.5 锂离子电池工作原理
- 2.2.1.6 锂离子电池主要特性
- 2.2.1.6.1 锂离子电池的能量密度
- 2.2.1.6.2 锂离子电池的续航时间
- 2.2.1.6.3 锂离子电池的使用寿命
- 2.2.1.6.4 锂离子电池的充电性能
- 2.2.1.6.5 锂离子电池的安全性
- 2.2.1.7 锂离子电池分类
- 2.2.1.7.1 磷酸铁锂电池
- 2.2.1.7.2 三元锂电池
- 2.2.1.7.3 钴酸锂电池
- 2.2.1.7.4 锰酸锂电池
- 2.2.1.7.5 液态锂离子电池
- 2.2.1.7.6 固态锂离子电池
- 2.2.1.7.7 圆柱锂离子电池
- 2.2.1.7.8 方形锂离子电池
- 2.2.1.7.9 软包锂离子电池
- a. 软包锂电池的基本结构
- b. 软包锂电池与硬包锂电池区别
- c. 软包锂电池为什么会胀气
- d. 软包锂电池的生产流程
- 2.2.1.7.10 耐高温锂离子电池
- 2.2.1.7.11 耐低温锂离子电池
- 2.2.1.8 锂离子电池生产工序
- 2.2.1.9 锂离子电池性能的影响因素
- 2.2.1.9.1 正极材料对锂离子电池性能的影响
- 2.2.1.9.2 负极材料对锂离子电池性能的影响
- 2.2.1.9.3 隔膜对锂离子电池性能的影响
- 2.2.1.9.4 电解液对锂离子电池性能的影响
- 2.2.1.9.5 放电深度对锂离子电池性能的影响
- 2.2.1.9.6 过充电程度对锂离子电池性能的影响
- 2.2.1.9.7 工作温度对锂离子电池性能的影响
- 2.2.1.9.8 放电电流密度对锂离子电池性能的影响
- 2.2.1.10 锂离子电池对正极材料的要求
- 2.2.1.11 锂离子电池对负极材料的要求
- 2.2.1.12 锂离子电池对隔膜的要求
- 2.2.1.13 锂离子电池对电解液的要求
- 2.2.1.14 锂离子电池技术指标
- 2.2.1.15 锂离子电池使用注意事项
- 2.2.1.16 锂离子电池的应用
- 2.2.1.17 锂离子电池的发展状况
- 2.2.1.18 锂离子电池的发展瓶颈
- 2.2.1.19 锂离子电池的发展前景









US

THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

2.3 磷酸铁锂电池

- 2.3.1 磷酸铁锂电池基本结构
- 2.3.2 磷酸铁锂电池工作原理
- 2.3.3 磷酸铁锂电池主要特性
- 2.3.4 磷酸铁锂电池的应用
- 2.3.5 磷酸铁锂电池的发展现状
- 2.3.6 磷酸铁锂电池的发展前景
- 2.3.7 磷酸铁锂电池的发展瓶颈

2.4 三元电池

- 2.4.1 三元电池基本结构
- 2.4.2 三元电池分类
- 2.4.2.1 镍钴锰三元电池
- 2.4.2.2 镍钴铝三元电池
- 2.4.3 三元电池工作原理
- 2.4.4 三元电池主要特性
- 2.4.5 三元电池的应用
- 2.4.6 三元电池的发展现状
- 2.4.7 三元电池的发展前景
- 2.4.8 三元电池的发展瓶颈

2.5 钴酸锂电池

- 2.5.1 钴酸锂电池基本结构
- 2.5.2 钴酸锂电池工作原理
- 2.5.3 钴酸锂电池主要特性
- 2.5.4 钴酸锂电池的应用
- 2.5.5 钴酸锂电池的发展现状
- 2.5.6 钴酸锂电池的发展前景
- 2.5.7 钴酸锂电池的发展瓶颈

2.6 锰酸锂电池

- 2.6.1 锰酸锂电池基本结构
- 2.6.2 锰酸锂电池工作原理
- 2.6.3 锰酸锂电池主要特性
- 2.6.4 锰酸锂电池的应用
- 2.6.5 锰酸锂电池的发展现状
- 2.6.6 锰酸锂电池的发展前景
- 2.6.7 锰酸锂电池的发展瓶颈

2.7 无钴电池

- 2.7.1 无钴电池基本结构
- 2.7.2 无钴电池工作原理
- 2.7.3 无钴电池主要特性
- 2.7.4 无钴电池的应用
- 2.7.5 无钴电池的发展现状
- 2.7.6 无钴电池的发展前景
- 2.7.7 无钴电池的发展瓶颈

2.8 锂硫电池

Page 11 of 62

115

THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

- 2.8.1 锂硫电池基本结构
- 2.8.1.1 锂硫电池正极材料
- 2.8.1.1.1 锂硫电池正极材料的种类
- 2.8.1.1.2 锂硫电池正极材料的制备方法
- 2.8.1.2 锂硫电池负极材料
- 2.8.1.2.1 锂硫电池负极材料的种类
- 2.8.1.2.2 锂硫电池负极材料的制备方法
- 2.8.1.2.3 锂硫电池负极材料的研究进展
- 2.8.1.3 锂硫电池隔膜
- 2.8.1.3.1 锂硫电池隔膜的种类
- 2.8.1.3.2 锂硫电池隔膜的制备方法
- 2.8.1.4 锂硫电池电解液
- 2.8.1.4.1 锂硫电池电解液的种类
- 2.8.1.4.2 锂硫电池电解液的制备方法
- 2.8.2 锂硫电池工作原理
- 2.8.3 锂硫电池主要特性
- 2.8.4 锂硫电池性能的影响因素
- 2.8.4.1 正极材料对锂硫电池性能的影响
- 2.8.4.2 负极材料对锂硫电池性能的影响
- 2.8.4.3 隔膜对锂硫电池性能的影响
- 2.8.4.4 电解液对锂硫电池性能的影响
- 2.8.4.5 放电深度对锂硫电池寿命的影响
- 2.8.4.6 过充电程度对锂硫电池寿命的影响
- 2.8.4.7 温度对锂硫电池寿命的影响
- 2.8.4.8 放电电流密度对锂硫电池寿命的影响
- 2.8.5 锂硫电池技术指标
- 2.8.6 锂硫电池使用注意事项
- 2.8.7 锂硫电池的应用
- 2.8.8 锂硫电池的发展现状
- 2.8.9 锂硫电池的发展前景
- 2.8.10 锂硫电池的发展瓶颈

2.9 钠离子电池

- 2.9.1 钠离子电池基本结构
- 2.9.1.1 钠离子电池正极材料
- 2.9.1.1.1 钠电池层状氧化物正极材料
- 2.9.1.1.2 钠电池普鲁士蓝正极材料
- 2.9.1.1.3 钠电池聚阴离子化合物正极材料
- 2.9.1.2 钠离子电池负极材料
- 2.9.1.2.1 钠电池碳负极材料
- 2.9.1.2.2 钠电池钨基负极材料
- 2.9.1.2.4 钠电池合金负极材料
- 2.9.1.3 钠离子电池隔膜
- 2.9.1.4 钠离子电池电解液
- 2.9.2 钠离子电池工作原理













THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

- 2.9.3 钠离子电池主要特性
- 2.9.4 钠离子电池生产工序
- 2.9.5 钠离子电池性能的影响因素
- 2.9.5.1 正极材料对钠离子电池性能的影响
- 2.9.5.2 负极材料对钠离子电池性能的影响
- 2.9.5.3 隔膜对钠离子电池性能的影响
- 2.9.5.4 电解液对钠离子电池性能的影响
- 2.9.5.5 放电深度对钠离子电池寿命的影响
- 2.9.5.6 过充电程度对钠离子电池寿命的影响
- 2.9.5.7 温度对钠离子电池寿命的影响
- 2.9.5.8 放电电流密度对钠离子电池寿命的影响
- 2.9.6 钠离子电池技术指标
- 2.9.7 钠离子电池使用注意事项
- 2.9.8 钠离子电池的应用
- 2.9.9 钠离子电池的发展现状
- 2.9.10 钠离子电池的发展前景
- 2.9.11 钠离子电池的发展瓶颈

2.10 锌离子电池

- 2.10.1 锌离子电池基本结构
- 2.10.1.1 锌离子电池正极材料
- 2.10.1.1.1 锌电池正极材料的种类
- 2.10.1.1.2 锌电池正极材料的制备方法
- 2.10.1.2 锌离子电池负极材料
- 2.10.1.2.1 锌电池负极材料的种类
- 2.10.1.3 锌离子电池隔膜
- 2.10.1.3.1 锌电池聚合物材料的选择
- 2.10.1.3.2 锌电池聚合物材料的优化
- 2.10.1.4 锌离子电池电解液
- 2.10.1.4.1 锌电池水系电解液
- 2.10.1.4.2 锌电池非水系电解液
- 2.10.1.4.3 锌电池混合电解液
- 2.10.2 锌离子电池工作原理
- 2.10.3 锌离子电池主要特性
- 2.10.4 锌离子电池生产工序
- 2.10.5 锌离子电池性能的影响因素
- 2.10.5.1 正极材料对锌离子电池性能的影响
- 2.10.5.2 负极材料对锌离子电池性能的影响
- 2.10.5.3 隔膜对锌离子电池性能的影响
- 2.10.5.4 电解液对锌离子电池性能的影响
- 2.10.5.5 放电深度对锌离子电池寿命的影响
- 2.10.5.6 过充电程度对锌离子电池寿命的影响
- 2.10.5.7 工作温度对锌离子电池寿命的影响
- 2.10.5.8 放电电流密度对锌离子电池寿命的影响
- 2.10.6 锌离子电池技术指标









- 2.10.7 锌离子电池使用注意事项
- 2.10.8 锌离子电池的应用
- 2.10.9 锌离子电池的发展现状
- 2.10.10 锌离子电池的发展前景
- 2.10.11 锌离子电池的发展瓶颈

2.11 镍氢电池

- 2.11.1 镍氢电池基本结构
- 2.11.1.1 镍氢电池正极材料
- 2.11.1.2 镍氢电池负极材料
- 2.11.1.3 镍氢电池隔膜
- 2.11.1.4 镍氢电池电解液
- 2.11.2 镍氢电池工作原理
- 2.11.3 镍氢电池主要特性
- 2.11.4 镍氢电池生产工序
- 2.11.5 镍氢电池性能的影响因素
- 2.11.5.1 正极材料对镍氢电池性能的影响
- 2.11.5.2 负极材料对镍氢电池性能的影响
- 2.11.5.3 隔膜对镍氢电池性能的影响
- 2.11.5.4 电解液对镍氢电池性能的影响
- 2.11.5.5 放电深度对镍氢电池寿命的影响
- 2.11.5.6 过充电程度对镍氢电池寿命的影响
- 2.11.5.7 工作温度对镍氢电池寿命的影响
- 2.11.5.8 放电电流密度对镍氢电池寿命的影响
- 2.11.6 镍氢电池技术指标
- 2.11.7 镍氢电池使用注意事项
- 2.11.8 镍氢电池的应用
- 2.11.9 镍氢电池的发展现状
- 2.11.10 镍氢电池的发展前景
- 2.11.11 镍氢电池的发展瓶颈

2.12 燃料电池

- 2.12.1 燃料电池基本结构
- 2.12.1.1 燃料电池阳极材料
- 2.12.1.2 燃料电池阴极材料
- 2.12.1.3 燃料电池隔膜
- 2.12.1.4 燃料电池电解质
- 2.12.1.5 燃料电池催化剂
- 2.12.1.6 燃料电池集电器
- 2.12.2 燃料电池工作原理
- 2.12.3 燃料电池主要特性
- 2.12.4 燃料电池生产工序
- 2.12.5 燃料电池性能的影响因素
- 2.12.5.1 阳极材料对燃料电池性能的影响
- 2.12.5.2 阴极材料对燃料电池性能的影响
- 2.12.5.3 催化剂对燃料电池性能的影响















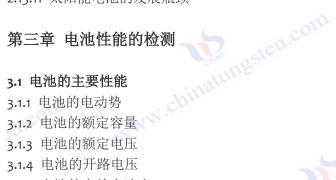
THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA www.chinatungsten

- 2.12.5.4 隔膜对燃料电池性能的影响
- 2.12.5.5 电解质对燃料电池性能的影响
- 2.12.5.6 集电器对燃料电池性能的影响
- 2.12.5.7 工作温度对燃料电池寿命的影响
- 2.12.5.8 工作压力对燃料电池寿命的影响
- 2.12.5.9 电流密度对燃料电池寿命的影响
- 2.12.6 燃料电池技术指标
- 2.12.7 燃料电池使用注意事项
- 2.12.8 燃料电池的应用
- 2.12.9 燃料电池的发展现状
- 2.12.10 燃料电池的发展前景
- 2.12.11 燃料电池的发展瓶颈

2.13 太阳能电池

- 2.13.1 太阳能电池基本组成
- 2.13.1.1 太阳能电池 PN 结
- 2.13.1.2 太阳能电池金属电极
- 2.13.1.3 太阳能电池透明导电膜
- 2.13.1.4 太阳能电池硅片
- 2.13.2 太阳能电池工作原理
- 2.13.3 太阳能电池主要特性
- 2.13.4 太阳能电池生产工序
- WW.chinatingsten.com 2.13.5 太阳能电池性能的影响因素
- 2.13.5.1 硅片质量对太阳能电池性能的影响
- 2.13.5.2 硅片厚度对太阳能电池性能的影响
- 2.13.5.3 光照强度对太阳能电池性能的影响
- 2.13.5.4 工作温度对太阳能电池性能的影响
- 2.13.6 太阳能电池技术指标
- 2.13.7 太阳能电池使用注意事项
- 2.13.8 太阳能电池的应用
- 2.13.9 太阳能电池的发展现状
- 2.13.10 太阳能电池的发展前景
- 2.13.11 太阳能电池的发展瓶颈

- 3.1.5 电池的充放电速率
- 3.1.6 电池的自放电率
- 3.1.7 电池的阻抗
- 3.1.8 电池的寿命









3.2 电池性能的检测

- 3.2.1 电池电动势的测试
- 3.2.1.1 电池电动势测试的目的
- 3.2.1.2 电池电动势测试的原理
- 3.2.1.3 电池电动势测试的方法
- 3.2.1.4 电池电动势测试的优势
- 3.2.1.5 电池电动势测试的注意事项
- 3.2.2 电池容量的测试
- 3.2.2.1 电池容量测试的目的
- 3.2.2.2 电池容量测试的原理
- 3.2.2.3 电池容量测试的方法
- 3.2.2.4 电池容量测试的优势
- 3.2.2.5 电池容量测试的注意事项
- 3.2.3 电池内阻的测试
- 3.2.3.1 电池内阻测试的目的
- 3.2.3.2 电池内阻测试的原理
- 3.2.3.3 电池内阻测试的方法
- 3.2.3.4 电池内阻测试的优势
- 3.2.3.5 电池内阻测试的注意事项
- 3.2.4 电池循环寿命的测试
- 3.2.4.1 电池循环寿命测试的目的
- 3.2.4.2 电池循环寿命测试的原理
- 3.2.4.3 电池循环寿命测试的方法
- 3.2.4.4 电池循环寿命测试的优势
- 3.2.4.5 电池循环寿命测试的注意事项
- 3.2.5 电池静态容量的测试
- 3.2.5.1 电池静态容量测试的目的
- 3.2.5.2 电池静态容量测试的原理
- 3.2.5.3 电池静态容量测试的方法
- 3.2.5.4 电池静态容量测试的优势
- 3.2.5.5 电池静态容量测试的注意事项
- 3.2.6 电池充放电性能的测试
- 3.2.6.1 电池充放电性能测试的目的
- 3.2.6.2 电池充放电性能测试的原理
- 3.2.6.3 电池充放电性能测试的方法
- 3.2.6.4 电池充放电性能测试的优势
- 3.2.6.5 电池充放电性能测试的注意事项
- 3.2.7 电池循环次数的测试
- 3.2.7.1 电池循环次数测试的目的
- 3.2.7.2 电池循环次数测试的原理
- 3.2.7.3 电池循环次数测试的方法
- 3.2.7.4 电池循环次数测试的优势
- 3.2.7.5 电池循环次数测试的注意事项
- 3.2.8 电池过充电保护的测试











THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

www.chinatungsten.

- 3.2.8.1 电池过充电保护测试的目的
- 3.2.8.2 电池过充电保护测试的原理
- 3.2.8.3 电池过充电保护测试的方法
- 3.2.8.4 电池过充电保护测试的优势
- 3.2.8.5 电池过充电保护测试的注意事项
- 3.2.9 电池开路电压的测试
- 3.2.9.1 电池开路电压测试的目的
- 3.2.9.2 电池开路电压测试的原理
- 3.2.9.3 电池开路电压测试的方法
- 3.2.9.4 电池开路电压测试的优势
- 3.2.9.5 电池开路电压测试的注意事项
- 3.2.10 电池温度的测试
- 3.2.10.1 电池温度测试的目的
- 3.2.10.2 电池温度测试的原理
- 3.2.10.3 电池温度测试的方法
- 3.2.10.4 电池温度测试的优势
- TWW.chinatungsten.com 3.2.10.5 电池温度测试的注意事项
- 3.2.11 电池 ESD 的测试
- 3.2.11.1 电池 ESD 测试的目的
- 3.2.11.2 电池 ESD 测试的原理
- 3.2.11.3 电池 ESD 测试的方法
- 3.2.11.4 电池 ESD 测试的优势
- 3.2.11.5 电池 ESD 测试的注意事项

第四章 蓄电池应用领域概览

4.1 交通工具用蓄电池

- 4.1.1 电动汽车用蓄电池
- 4.1.3 电动自行车用蓄电池
- 4.1.4 电动摩托车用蓄电池
- 4.1.5 电动船舶用蓄电池
- 4.1.6 电动飞机用蓄电池
- 4.1.7 电动航空器用蓄电池

4.2 电子产品用蓄电池

- 4.2.1 手机用蓄电池
- 4.2.2 电脑用蓄电池
- 4.2.3 智能手表用蓄电池
- 4.2.4 游戏机用蓄电池
- 4.2.5 移动电源用蓄电池
- 4.2.6 无人机用蓄电池

4.3 智能家电用蓄电池

- 4.3.1 智能扫地机用蓄电池
- 4.3.2 智能门锁用蓄电池
- 4.3.3 智能吸尘器用蓄电池



Page 17 of 62





THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA www.chinatungsten.

- 4.3.4 智能窗帘用蓄电池
- 4.3.5 智能夜灯用蓄电池
- 4.3.6 智能音箱用蓄电池
- 4.3.7 智能马桶用蓄电池

4.4 航空器用蓄电池

- 4.4.1 卫星用蓄电池
- 4.4.2 火箭推进系统用蓄电池
- 4.4.3 军事设备用蓄电池
- 4.5 电力系统用蓄电池
- 4.6 医疗设备用蓄电池
- 4.6.1 电子体温计用蓄电池
- 4.6.2 呼吸机用蓄电池
- 4.6.3 便携式心电图机用蓄电池
- 4.6.4 移动式超声设备用蓄电池
- 4.6.5 除颤仪用蓄电池

4.7 电动工具用蓄电池

- 4.7.1 电钻用蓄电池
- 4.7.2 电锤用蓄电池
- 4.7.3 电锯用蓄电池
- 4.7.4 角磨机用蓄电池
- 4.7.5 电剪用蓄电池

4.8 农业设备用蓄电池

- 4.8.1 收割机用蓄电池
- 4.8.2 播种机用蓄电池
- 4.8.3 喷灌机用蓄电池
- 4.8.4 饲料投喂器用蓄电池

第Ⅱ部分 钨在新能源电池市场的介绍

第五章 新能源电池中的钨化合物介绍

5.1 什么是钨酸

- 5.1.1 钨酸理化性质
- 5.1.2 钨酸分类
- 5.1.2.1 新能源电池用黄钨酸
- 5.1.2.2 新能源电池用白钨酸
- 5.1.2.3 新能源电池用偏钨酸
- 5.1.3 钨酸生产方法
- 5.1.3.1 黄钨酸生产方法
- 5.1.3.2 白钨酸生产方法
- 5.1.3.3 偏钨酸生产方法
- 5.1.4 钨酸应用

5.2 什么是氧化钨

5.2.1 氧化钨理化性质







THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

- 5.2.1.1 什么是氧化钨的氧化还原性
- 5.2.1.2 什么是氧化钨的电致变色
- 5.2.1.3 什么是氧化钨的光致变色
- 5.2.1.4 什么是氧化钨的气敏性
- 5.2.1.5 什么是氧化钨的能量密度
- 5.2.3 氧化钨分类
- 5.2.3.1 新能源电池用氧化钨纳米颗粒
- 5.2.3.2 新能源电池用氧化钨纳米片
- 5.2.3.3 新能源电池用氧化钨纳米线
- 5.2.3.4 新能源电池用氧化钨纳米棒
- 5.2.3.5 新能源电池用氧化钨纳米花
- 5.2.3.6 新能源电池用黄色氧化钨
- 5.2.3.7 新能源电池用蓝色氧化钨
- 5.2.3.8 新能源电池用紫色氧化钨
- 5.2.3.9 新能源电池用白色氧化钨

- 5.3.1 黄色氧化钨结构
- 5.3.2 黄色氧化钨理化性质
- 5.3.2.1 什么是黄色氧化钨的密度
- 5.3.2.2 什么是黄色氧化钨的松装密度
- 5.3.2.3 什么是黄色氧化钨的氧化性
- 5.3.2.4 什么是黄色氧化钨的电致变色
- 5.3.2.5 什么是黄色氧化钨的气敏性
- 5.3.3 黄色氧化钨分类
- 5.3.3.1 新能源电池用黄色氧化钨纳米颗粒
- 5.3.3.2 新能源电池用黄色氧化钨纳米片
- 5.3.3.3 新能源电池用黄色氧化钨纳米线
- 5.3.3.4 新能源电池用黄色氧化钨纳米棒
- 5.3.3.5 新能源电池用黄色氧化钨纳米花
- 5.3.3.6 新能源电池用微米黄色氧化钨
- 5.3.3.7 新能源电池用亚微米黄色氧化钨
- 5.3.3.8 新能源电池用纳米黄色氧化钨
- 5.3.3.9 新能源电池用亚纳米黄色氧化钨
- 5.3.4 黄色氧化钨生产方法
- 5.3.5 黄色氧化钨应用

5.4 什么是紫色氧化钨

5.4.1 紫色氧化钨结构

Page 19 of 62

THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

- 5.4.2 紫色氧化钨理化性质
- 5.4.3 紫色氧化钨分类
- 5.4.3.1 新能源电池用针状紫色氧化钨
- 5.4.3.2 新能源电池用棒状紫色氧化钨
- 5.4.3.3 新能源电池用微米紫色氧化钨
- 5.4.3.4 新能源电池用亚微米紫色氧化钨
- 5.4.3.5 新能源电池用纳米紫色氧化钨
- 5.4.3.6 新能源电池用亚纳米紫色氧化钨
- 5.4.4 紫色氧化钨生产方法
- 5.4.5 紫色氧化钨应用

5.5 什么是二氧化钨

- 5.5.1 二氧化钨结构
- 5.5.2 二氧化钨理化性质
- 5.5.3 二氧化钨分类
- 5.5.3.1 新能源电池用二氧化钨纳米颗粒
- 5.5.3.2 新能源电池用二氧化钨纳米片
- 5.5.3.3 新能源电池用二氧化钨纳米线
- 5.5.3.4 新能源电池用二氧化钨纳米棒
- 5.5.3.5 新能源电池用二氧化钨纳米花
- 5.5.3.6 新能源电池用微米二氧化钨
- 5.5.3.7 新能源电池用亚微米二氧化钨
- 5.5.3.8 新能源电池用纳米二氧化钨 5.5.3.9 新能源电池用亚纳米二氧化钨
- 5.5.4 二氧化钨生产方法
- 5.5.5 二氧化钨应用

5.6 什么是铌钨氧化物

- 5.6.1 铌钨氧化物结构
- 5.6.2 铌钨氧化物理化性质
- 5.6.3 铌钨氧化物生产方法
- 5.6.4 铌钨氧化物应用

5.7 什么是氮化钨

- 5.7.1 氮化钨结构
- 5.7.2 氮化钨理化性质
- 5.7.3 氮化钨分类
- 5.7.3.1 新能源电池用六叠氮化钨
- 5.7.3.2 新能源电池用二氮化钨
- 5.7.3.3 新能源电池用氮化二钨
- 5.7.4 氮化钨生产方法
- 5.7.5 氮化钨应用

5.8 什么是硼化钨

- 5.8.1 硼化钨结构
- 5.8.2 硼化钨理化性质
- 5.8.3 硼化钨分类
- 5.8.3.1 新能源电池用一硼化钨





THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA www.chinatungsten.

- 5.8.3.2 新能源电池用二硼化钨
- 5.8.3.3 新能源电池用硼化二钨
- 5.8.3.4 新能源电池用四硼化钨
- 5.8.3.5 新能源电池用五硼化二钨
- 5.8.4 硼化钨生产方法
- 5.8.5 硼化钨应用
- 5.9 什么是二硫化钨
- 5.9.1 二硫化钨结构
- 5.9.2 二硫化钨理化性质
- 5.9.3 二硫化钨分类
- 5.9.3.1 新能源电池用二硫化钨纳米颗粒
- 5.9.3.2 新能源电池用二硫化钨纳米片
- 5.9.3.3 新能源电池用二硫化钨纳米线
- 5.9.3.4 新能源电池用二硫化钨纳米棒
- 5.9.3.5 新能源电池用二硫化钨纳米花
- WWW.chinatungsten.com 5.9.3.6 新能源电池用二硫化钨量子点
- 5.9.4 二硫化钨生产方法
- 5.9.5 二硫化钨应用

5.10 什么是二硒化钨

- 5.10.1 二硒化钨结构 🔷
- 5.10.2 二硒化钨理化性质
- 5.10.3 二硒化钨分类
- 5.10.3.1 新能源电池用二硒化钨纳米颗粒
- 5.10.3.2 新能源电池用二硒化钨纳米片
- 5.10.3.3 新能源电池用二硒化钨纳米线
- 5.10.3.4 新能源电池用二硒化钨纳米棒
- 5.10.3.5 新能源电池用二硒化钨纳米花
- 5.10.4 二硒化钨生产方法
- 5.10.5 二硒化钨应用

5.11 什么是钨酸盐

- 5.11.1 钨酸盐结构
- 5.11.2 钨酸盐理化性质
- 5.11.3 钨酸盐分类
- chinatungsten.com 5.11.3.1 新能源电池用钨酸钠
- 5.11.1.2 新能源电池用钨酸锌
- 5.11.1.3 新能源电池用钨酸钴
- 5.11.4 钨酸盐生产方法
- 5.11.5 钨酸盐应用

第六章 钨在锂离子电池中的应用

6.1 纳米钨酸在锂离子电池中的应用

- 6.1.1 锂电池正极材料用纳米钨酸
- 6.1.2 锂电池负极材料用纳米钨酸

WW.chinatungsten.com www.chinatungsten.com 中钨智造® 中钨在线® 电话/TEL: 0086 592 512 9696 邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

Page 21 of 62



6.1.3 锂电池电极材料用纳米钨酸的挑战 6.2 纳米黄色氧化钨在锂离子电池中的应用

- 6.2.1 锂电池正极材料用纳米黄色氧化钨
- 6.2.2 锂电池负极材料用纳米黄色氧化钨
- 6.2.3 锂电池电极材料用纳米黄色氧化钨的挑战

6.3 纳米紫色氧化钨在锂离子电池中的应用

- 6.3.1 锂电池正极材料用纳米紫色氧化钨
- 6.3.2 锂电池负极材料用纳米紫色氧化钨
- 6.3.3 锂电池电极材料用纳米紫色氧化钨的挑战

6.4 二氧化钨在锂离子电池中的应用

- 6.4.1 锂电池正极材料用二氧化钨
- 6.4.2 锂电池负极材料用二氧化钨
- 6.4.3 锂电池电极材料用二氧化钨的挑战

6.5 铌钨氧化物在锂离子电池中的应用

- 6.5.1 锂电池正极材料用铌钨氧化物
- 6.5.2 锂电池负极材料用铌钨氧化物
- 6.5.3 锂电池电极材料用铌钨氧化物的挑战

6.6 氮化钨在锂离子电池中的应用

- 6.6.1 锂电池负极材料用氮化钨
- 6.6.2 锂电池电极材料用氮化钨的挑战

6.7 二硫化钨在磷酸铁锂中的应用

- 6.7.1 锂电池正极材料用二硫化钨纳米片
- 6.7.2 锂电池正极材料用二硫化钨纳米管
- 6.7.3 锂电池负极材料用二硫化钨纳米片
- 6.7.4 锂电池负极材料用二硫化钨纳米管
- 6.7.5 锂电池电极材料用二硫化钨的挑战

6.8 钨酸钠在锂离子电池中的应用

- 6.8.1 锂电池负极材料用钨酸钠
- 6.8.2 锂电池电极材料用钨酸钠的挑战

6.9 钨酸锌在锂离子电池中的应用

- 6.9.1 锂电池负极材料用钨酸锌
- 6.9.2 锂电池电极材料用钨酸锌的挑战

6.10 钨酸锂在锂离子电池中的应用

- 6.9.1 锂离子电池正极材料用钨酸锂
- 6.9.2 锂离子电池负极材料用钨酸锂
- 6.9.3 锂电池电解质用钨酸锂
- 6.9.4 锂电池用钨酸锂的挑战

第七章 钨在锂硫电池中的应用

第七章 钨在锂硫电池中的应用

7.1 氧化钨在锂硫电池中的应用

7.1.1 锂硫电池正极材料用氧化钨纳米棒













115

THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

- 7.1.2 锂硫电池负极材料用氧化钨纳米棒
- 7.1.3 锂硫电池隔膜用氧化钨
- 7.1.4 锂硫电池用氧化钨的挑战

7.2 二硫化钨在锂硫电池中的应用

- 7.2.1 锂硫电池正极材料用二硫化钨纳米片
- 7.2.2 锂硫电池负极材料用二硫化钨纳米片
- 7.2.3 锂硫电池正极材料用二硫化钨量子点
- 7.2.4 锂硫电池负极材料用二硫化钨量子点
- 7.2.5 锂硫电池隔膜用二硫化钨纳米花
- 7.2.6 锂硫电池用二硫化钨的挑战

7.3 二硒化钨在锂硫电池中的应用

- 7.3.1 锂硫电池正极材料用二硒化钨纳米片
- 7.3.2 锂硫电池负极材料用二硒化钨纳米片
- 7.3.3 锂硫电池正极材料用二硒化钨复合材料
- 7.3.4 锂硫电池负极材料用二硒化钨复合材料
- 7.3.5 锂硫电池电极材料用二硒化钨的挑战

7.4 氮化钨在锂硫电池中的应用

- 7.4.1 锂硫电池正极材料用氮化钨纳米片
- 7.4.2 锂硫电池负极材料用氮化钨纳米片
- 7.4.3 锂硫电池电极材料用氮化钨的挑战

第八章 钨在钠离子电池中的应用

8.1 氧化钨在钠离子电池中的应用

- 8.1.1 钠电池正极材料用黄色氧化钨
- 8.1.2 钠电池负极材料用黄色氧化钨
- 8.1.3 钠电池正极材料用紫色氧化钨
- 8.1.4 钠电池负极材料用紫色氧化钨
- 8.1.5 钠电池电极材料用氧化钨的挑战

8.2 二硫化钨在钠离子电池中的应用

- 8.2.1 钠电池正极材料用二硫化钨空心球
- 8.2.2 钠电池负极材料用二硫化钨空心球
- 8.2.3 钠电池正极材料用二硫化钨纳米片
- 8.2.4 钠电池负极材料用二硫化钨纳米片
- 8.2.5 钠电池负极材料用二硫化钨纳米管
- 8.2.6 钠电池电极材料用二硫化钨的挑战

8.3 二硒化钨在钠离子电池中的应用

- 8.3.1 钠电池正极材料用二硒化钨
- 8.3.2 钠电池负极材料用二硒化钨
- 8.3.3 钠电池电极材料用二硒化钨的挑战

8.4 纳米钨酸在钠离子电池中的应用

- 8.4.1 钠电池正极材料用纳米钨酸
- 8.4.2 钠电池负极材料用纳米钨酸
- 8.4.3 钠电池电极材料用纳米钨酸的挑战



Page 23 of 62



8.5 氮化钨在钠离子电池中的应用

- 8.5.1 钠电池正极材料用纳米氮化钨纳米
- 8.5.2 钠电池负极材料用纳米氮化钨纳米
- 8.5.3 钠电池电极材料用纳米氮化钨的挑战

8.6 钨酸钠在钠离子电池中的应用

- 8.6.1 钠电池负极材料用纳米钨酸钠
- 8.6.2 钠电池电极材料用纳米钨酸钠的挑战

8.7 钨酸锌在钠离子电池中的应用

- 8.7.1 钠电池负极材料用钨酸锌
- 8.7.2 钠电池电极材料用钨酸锌的挑战

第九章 钨在锌空电池中的应用

9.1 氧化钨在锌空电池中的应用

- 9.1.1 锌空电池催化剂用黄色氧化钨复合材料
- 9.1.2 锌空电池催化剂用紫色氧化钨复合材料
- 9.1.3 锌空电池催化剂用氧化钨的挑战

9.2 二硫化钨在锌空电池中的应用

- 9.2.1 锌空电池催化剂用纳米二硫化钨
- naturgsten.com 9.1.2 锌空电池催化剂用纳米二硫化钨的挑战

9.3 钨酸钴在锌空电池中的应用

- 9.3.1 锌空电池催化剂用钨酸钴复合材料
- 9.3.2 锌空电池催化剂用钨酸钴的挑战

第十章 钨在燃料电池中的应用

10.1 氧化钨在燃料电池中的应用

- 10.1.1 燃料电池催化剂用纳米三氧化钨
- 10.1.2 燃料电池屏蔽层用三氧化钨涂层
- 10.1.3 燃料电池催化剂用氧化钨的挑战

10.2 二硫化钨燃料电池中的应用

- 10.2.1 燃料电池催化剂用纳米二硫化钨
- 10.2.2 燃料电池催化剂用二硫化钨的挑战

10.3 磷钨酸燃料电池中的应用

- 10.3.1 燃料电池催化剂用磷钨酸
- 10.3.2 燃料电池质子交换膜用磷钨酸
- 10.3.4 燃料电池用磷钨酸的挑战

10.4 燃料电池用氢钼钨青铜

- 10.4.1 燃料电池催化剂用氢钼钨青铜
- 10.4.2 燃料电池催化剂用氢钼钨青铜挑战

10.5 燃料电池用碳化钨粉末

- 10.5.2 燃料电池催化剂用碳化钨粉末
- 10.5.3 燃料电池用碳化钨粉末的挑战





Page 24 of 62





第十一章 钨在太阳能电池中的应用

11.1 氧化钨在太阳能电池中的应用

- 11.1.1 太阳能电池正面银浆用三氧化钨
- 11.1.2 太阳能电池用氧化钨薄膜
- 11.1.3 太阳能电池用氧化钨的挑战
- 11.2 二硫化钨在太阳能电池中的应用
- 11.2.1 太阳能电池光活性层用二硫化钨
- 11.2.2 太阳能电池空穴传输层用二硫化钨纳米膜
- 11.2.3 太阳能电池用二硫化钨的挑战
- 11.3 二硒化钨在太阳能电池中的应用
- 11.3.1 太阳能电池导电层用二硒化钨
- 11.3.2 太阳能电池用二硒化钨的挑战
- 11.4 钨酸镉在太阳能电池中的应用
- 11.4.1 太阳能电池用钨酸镉
- 11.4.2 太阳能电池用钨酸镉的挑战

第十二章 钨在电池中的技术挑战与解决方案

第十三章 钨基电池的生产成本

第十四章 钨在电池中的潜在价值与应用前景

第Ⅲ部分 钼在新能源电池市场的介绍

第十五章 新能源电池中的钼化合物介绍

15.1 什么是氧化钼

- 15.1.1 氧化钼结构
- 15.1.2 氧化钼理化性质
- 15.1.3 氧化钼分类
- 15.1.3.1 新能源电池用三氧化钼
- 15.1.3.2 新能源电池用二氧化钼
- 15.1.3.3 新能源电池用氧化钼纳米线
- 15.1.3.4 新能源电池用氧化钼纳米棒
- 15.1.3.5 新能源电池用氧化钼纳米纤维
- 15.1.3.6 新能源电池用微米氧化钼
- 15.1.3.7 新能源电池用亚微米氧化钼
- 15.1.3.8 新能源电池用纳米氧化钼
- 15.1.3.9 新能源电池用亚纳米氧化钼
- 15.1.4 氧化钼生产方法
- 15.1.5 氧化钼应用

15.2 什么是碳化钼

15.2.1 碳化钼结构





- 15.2.2 碳化钼理化性质
- 15.2.3 碳化钼分类
- 15.2.3.1 新能源电池用碳化钼纳米管
- 15.2.3.2 新能源电池用碳化钼纳米片
- 15.2.3.3 新能源电池用碳化钼纳米线
- 15.2.3.4 新能源电池用碳化钼纳米棒
- 15.2.3.5 新能源电池用碳化钼纳米纤维
- 15.2.3.6 新能源电池用微米碳化钼
- 15.2.3.7 新能源电池用亚微米碳化钼
- 15.2.3.8 新能源电池用纳米碳化钼
- 15.2.3.9 新能源电池用亚纳米碳化钼
- 15.2.4 碳化钼生产方法
- 15.2.5 碳化钼应用

15.3 什么是氮化钼

- 15.3.1 氧化钼结构
- 15.3.2 氮化钼理化性质
- 15.3.3 氮化钼分类
- 15.3.3.1 新能源电池用氮化钼量子点
- 15.3.3.2 新能源电池用氮化钼纳米片
- 15.3.3.3 新能源电池用氮化钼纳米簇
- 15.3.3.4 新能源电池用一氮化钼
- 15.3.3.5 新能源电池用六叠氮化钼
- 15.3.3.6 新能源电池用二氮化钼
- 15.3.3.7 新能源电池用氮化二钼
- 15.3.3.8 新能源电池用二氮化三钼
- 15.3.4 氮化钼生产方法
- 15.3.5 氮化钼应用

15.4 什么是二硫化钼

- 15.4.1 二硫化钼结构
- 15.4.2 二硫化钼理化性质
- 15.4.3 二硫化钼分类
- 15.4.3.1 新能源电池用二硫化钼纳米颗粒
- 15.4.3.2 新能源电池用二硫化钼纳米片
- 15.4.3.3 新能源电池用二硫化钼纳米棒
- 15.4.3.4 新能源电池用 二硫化钼纳米花
- 15.4.3.5 新能源电池用二硫化钼纳米纤维
- 15.4.3.6 新能源电池用微米二硫化钼
- 15.4.3.7 新能源电池用亚微米二硫化钼
- 15.4.3.8 新能源电池用纳米二硫化钼
- 15.4.3.9 新能源电池用亚纳米二硫化钼
- 15.4.4 二硫化钼生产方法
- 15.4.5 二硫化钼应用

15.5 什么是二硒化钼

15.5.1 二硒化钼结构

Page 26 of 62

THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA www.chinatungsten

- 15.5.2 二硒化钼理化性质
- 15.5.3 二硒化钼分类
- 15.5.3.1 新能源电池用二硒化钼纳米颗粒
- 15.5.3.2 新能源电池用二硒化钼纳米片
- 15.5.3.3 新能源电池用二硒化钼纳米棒
- 15.5.3.4 新能源电池用二硒化钼纳米花
- 15.5.3.5 新能源电池用二硒化钼纳米纤维
- 15.5.3.6 新能源电池用微米二硒化钼
- 15.5.3.7 新能源电池用亚微米二硒化钼
- 15.5.3.8 新能源电池用纳米二硒化钼
- 15.5.3.9 新能源电池用亚纳米二硒化钼
- 15.5.4 二硒化钼生产方法
- 15.5.5 二硒化钼应用

15.6 什么是钼酸盐

- 15.6.1 钼酸盐结构
- 15.6.2 钼酸盐理化性质
- 15.6.3 钼酸盐分类
- 15.6.3.1 新能源电池用钼酸锂
- 15.6.3.2 新能源电池用钼酸铁
- 15.6.3.3 新能源电池用钼酸铜
- 15.6.3.4 新能源电池用钼酸镍
- 15.6.3.5 新能源电池用钼酸镁
- 15.6.3.6 新能源电池用钼酸锌
- 15.6.3.7 新能源电池用磷钼酸
- 15.6.3.8 新能源电池用七钼酸铵
- 15.6.3.9 新能源电池用钼酸钠
- 15.6.3.10 新能源电池用钼酸钾
- 15.6.4 钼酸盐生产方法
- 15.6.5 钼酸盐应用

第十六章 钼在锂离子电池中的应用

16.1 氧化钼在锂离子电池中的应用

- 16.1.1 锂离子电池负极材料用氧化钼
- 16.1.2 锂离子电池负极材料用氧化钼的优势
- 16.1.3 锂离子电池负极材料用氧化钼的挑战

16.2 氮化钼在锂离子电池中的应用

- 16.2.1 锂离子电池负极材料用氮化钼
- 16.2.2 锂离子电池负极材料用氮化钼的优势
- 16.2.3 锂离子电池负极材料用氮化钼的挑战

16.3 二硫化钼在锂离子电池中的应用

- 16.3.1 锂离子电池负极材料用二硫化钼
- 16.3.2 锂离子电池负极材料用二硫化钼的优势
- 16.3.3 锂离子电池负极材料用二硫化钼的挑战

Page 27 of 62







16.4 二硒化钼在锂离子电池中的应用

- 16.4.1 锂离子电池负极材料用二硒化钼
- 16.4.2 锂离子电池负极材料用二硒化钼的优势
- 16.4.3 锂离子电池负极材料用二硒化钼的挑战

16.5 钼酸锂在锂离子电池中的应用

- 16.5.1 锂离子电池正极材料用钼酸锂
- 16.5.2 锂离子电池电极材料用钼酸锂的优势
- 16.5.3 锂离子电池电极材料用钼酸锂的挑战
- 16.5.4 锂离子电池电解液用钼酸锂
- 16.5.5 锂离子电池电解液用钼酸锂的优势
- 16.5.6 锂离子电池电解液用钼酸锂的挑战

16.6 钼酸铁在锂离子电池中的应用

- 16.6.1 锂离子电池负极材料用纳米棒状钼酸铁
- 16.6.2 锂离子电池电极材料用纳米棒状钼酸铁的优势
- 16.6.3 锂离子电池电极材料用纳米棒状钼酸铁的挑战 nungsten.com

16.7 钼酸铜在锂离子电池中的应用

- 16.7.1 锂离子电池负极材料用钼酸铜
- 16.7.2 锂离子电池电极材料用钼酸铜的优势
- 16.7.3 锂离子电池电极材料用钼酸铜的挑战

16.8 钼酸镍在锂离子电池中的应用

- 16.8.1 锂离子电池正极材料用钼酸镍
- 16.8.2 锂离子电池负极材料用钼酸镍
- 16.8.3 锂离子电池电极材料用钼酸镍的优势
- 16.8.4 锂离子电池电极材料用钼酸镍的挑战

第十七章 钼在锂硫电池中的应用

17.1 氮化钼在锂硫电池中的应用

- 17.1.1 锂硫电池隔膜用氮化钼量子点
- 17.1.2 锂硫电池隔膜用氮化钼量子点的优势
- 17.1.3 锂硫电池隔膜用氮化钼量子点的挑战

17.2 二硫化钼在锂硫电池中的应用

- 17.2.1 锂硫电池负极材料用二硫化钼纳米片
- 17.2.2 锂硫电池负极材料用二硫化钼纳米片的优势
- 17.2.3 锂硫电池负极材料用二硫化钼纳米片的挑战

17.3 二硒化钼在锂硫电池中的应用

- 17.3.1 锂硫电池负极材料用二硒化钼复合材料
- 17.3.2 锂硫电池负极材料用二硒化钼复合材料的优势 hinahingsten.com
- 17.3.3 锂硫电池负极材料用二硒化钼复合材料的挑战

第十八章 钼在钠离子电池中的应用

18.1.1 钠离子电池负极材料用二硫化钼复合材料





COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502

标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

- 18.1.2 钠离子电池负极材料用二硫化钼复合材料的优势
- 18.1.3 钠离子电池负极材料用二硫化钼复合材料的挑战
- 18.2 二硒化钼在钠离子电池中的应用
- 18.2.1 钠离子电池负极材料用二硒化钼复合材料
- 18.2.2 钠离子电池负极材料用二硒化钼复合材料的优势
- 18.2.3 钠离子电池负极材料用二硒化钼复合材料的挑战
- 18.3 钼酸镍在钠离子电池中的应用
- 18.3.1 钠离子电池阳极材料用钼酸镍
- 18.3.2 钠离子电池电极材料用钼酸镍的优势
- 18.3.3 钠离子电池电极材料用钼酸镍的挑战

第十九章 钼在锌离子电池中的应用

19.1 二硫化钼在锌离子电池中的应用

- 19.1.1 锌离子电池负极材料用二硫化钼复合材料
- 19.1.2 锌离子电池负极材料用二硫化钼的优势
- 19.1.3 锌离子电池负极材料用二硫化钼的挑战

19.2 钼酸锌在锌离子电池中的应用

- 19.2.1 锌离子电池锌负极保护层用钼酸锌
- 19.2.2 锌离子电池锌负极保护层用钼酸锌的优势
- 19.2.3 锌离子电池锌负极保护层用钼酸锌的挑战

第二十章 钼在燃料电池中的应用

20.1 碳化钼在燃料电池中的应用

- 20.1.1 燃料电池阳极用碳化钼
- 20.1.2 燃料电池阴极用碳化钼
- 20.1.3 燃料电池电极用碳化钼的优势
- 20.1.4 燃料电池电极用碳化钼的挑战

20.2 氮化钼在燃料电池中的应用

- 20.2.1 燃料电池阳极用氮化钼
- 20.2.2 燃料电池阴极用氮化钼
- 20.2.3 燃料电池电极用氮化钼的优势
- 20.2.4 燃料电池电极用氮化钼的挑战
- 20.3 磷钼酸在燃料电池中的应用

第二十一章 钼在太阳能电池中的应用

第二十二章 钼在电池中的技术挑战与解决方案

第二十三章 钼基电池的生产成本

第二十四章 钼在电池中的潜在价值与应用前景





第 Ⅳ 部分 稀土在新能源电池市场的介绍

第二十五章 新能源电池中的稀土元素介绍

第二十六章 稀土元素在锂离子电池中的应用

第二十七章 稀土元素在钠离子电池中的应用

第二十八章 稀土元素在镍氢电池中的应用

第二十九章 稀土元素在太阳能电池中的应用

第三十章 稀土元素在电池中的技术挑战与解决方案

第三十一章 稀土基电池的生产成本

第三十二章 稀土元素在电池中的潜在价值与应用前景

第 V 部分 电池、钨、钼和稀土企业介绍

第三十三章 主要电池生产企业概览

33.1 国内主要电池正极生产企业

33.2 国内主要电池负极生产企业

33.3 国内主要电池隔膜生产企业

33.4 国内主要电池电解液生产企业

33.5 国外主要电池生产企业

第三十四章 主要钨、钼和稀土企业概览

34.1 国内主要钨、钼和稀土生产企业

34.2 国外主要钨、钼和稀土生产企业

附录 1: 电池行业相关标准

附录 2: 电池专有名词解释

附录 3: 钨钼稀土行业相关标准

附录 4: 钨钼稀土专有名词解释

www.chinatungsten.com vww.chinatungsten.com 中钨智造® 中钨在线® 电话/TEL: 0086 592 512 9696

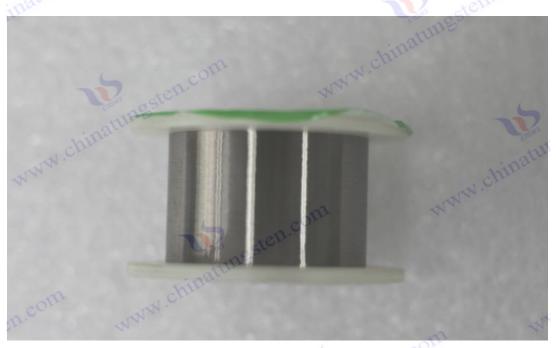


第Ⅱ部分 钨在新能源电池市场的介绍 第十一章 钨在太阳能电池中的应用

钨作为一种具有优异性能的材料,在太阳能电池制造中有着广泛的应用。据中钨在线了解, 光伏用钨丝是这几年在太阳能电池领域的应用中较火的一种产品,它不仅能有效提高电池 的光电转化效率,还能降低光伏硅片的损耗。



中钨在线《中国光伏行业金刚线用钨丝市场研究》



中钨在线销售 30 微米光伏用钨丝

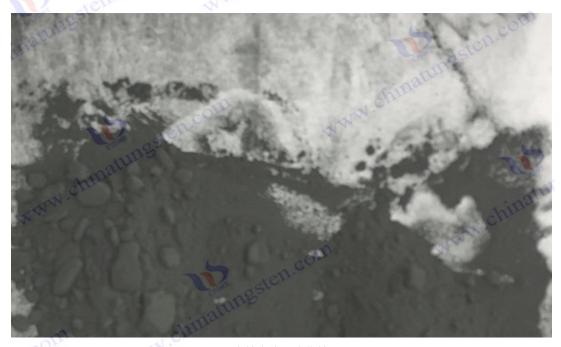
除了钨丝能应用于太阳能电池中外,钨薄膜、氧化钨、二硫化钨、二硒化钨、钨酸盐(如 钨酸镉)、钨基合金等钨产品也能很好应用于太阳能电池中。其中,钨薄膜具有高透过率、 高反射率和良好的导电性能等特点,能够有效地提高太阳能电池的光吸收效率和光电转换



效率。钨基合金具有高强度、高熔点和高耐腐蚀性等特点,能够在恶劣环境下保持稳定的 性能, 因此被用作太阳能电池边框和连接材料。



中钨在线氧化钨



中钨在线二硫化钨

太阳能电池,也称为光伏电池,是一种能够直接将太阳能转换成电能的装置,是由半导体 材料制成的,其核心是将太阳光的能量转换为电能。它的输出功率取决于其制造材料、工 艺和环境条件。

太阳能电池的工作原理基于光伏效应,即当太阳光照射在半导体材料上时,光子的能量会



激发电子从价带跃迁到导带,从而产生电子-空穴对。电子和空穴分别被半导体材料的负 极和正极收集,形成电流。具体来说,太阳光照射在太阳能电池上时,光子的能量大于或 等于半导体材料的禁带宽度时,电子从价带跃迁到导带,产生电子-空穴对。电子和空穴 分别被半导体材料的负极和正极收集,形成电流。此电流就是我们通常所说的"光伏电流"。

太阳能电池的优点: (1) 可再生能源: 太阳能是一种可再生能源, 使用太阳能电池可以 减少对化石燃料的依赖,降低环境污染。(2)无噪音:太阳能电池工作时没有机械运动, 不会产生噪音,对周围环境无影响。(3)寿命长:太阳能电池的寿命一般在20年以上, 使用中不需要特别的维护,节省了维修费用。(4)节能环保: 生产太阳能电池的过程不 需要燃烧燃料,不排放污染物,符合环保要求。(5)适用范围广:除了大规模并网发电 外,太阳能电池还可以用于太阳能路灯、光伏电站、太阳能热水器等领域。



太阳能电池

太阳能电池的缺点: (1) 受天气影响: 太阳能电池的发电量受天气影响较大, 阴雨天或 冬季阳光不足时发电量会明显降低。(2)占地面积大:为了获得足够的电量,需要大面 积安装太阳能电池板,占地面积较大。(3)成本高:目前太阳能电池的成本仍较高,尤 其是高效能晶体硅电池。(4)能量密度低:相对于其他能源形式,太阳能的能量密度较 低,需要较大的面积才能获得足够的能量。(5)需要倾斜安装:为了更好地接收太阳光, 太阳能电池需要安装在倾斜的支架上,增加了安装难度和成本。(6)储能困难:由于太 阳能的不稳定性和间歇性、储能技术尚不成熟、难以实现稳定供电。

太阳能电池的应用领域: (1) 并网发电:将太阳能电池与电网相连,将产生的电能直接 输送到电网中供用户使用。这是目前应用最广泛的领域。(2)独立发电:在没有电网供 电的地区或特殊场合(如卫星、远洋平台等),使用太阳能电池进行发电,为用户提供电 能。(3)光伏电站:将大量太阳能电池板集中安装在一个地方,形成光伏电站,用于大 规模并网发电。(4)分布式能源系统:将太阳能电池与储能设备相结合,形成分布式能 源系统,在电力需求高峰时释放存储的能量供用户使用。(5)通讯设施:太阳能电池可



THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

以为通讯设施提供电力,如卫星、气象观测站、远程无线通讯设备等。(6)农业应用: 太阳能电池在农业领域也有广泛应用,如太阳能灌溉系统、太阳能温室、太阳能杀虫灯等, 为农业提供可持续发展的解决方案。(7)环保与城市景观:太阳能电池还可以用于环保 和城市景观建设,如太阳能路灯、太阳能公园座椅、太阳能垃圾处理设施等,既满足城市 基础设施建设需求,又实现节能环保的目的。(8)能源储存:结合储能技术,太阳能电 池可以将白天收集的能量储存起来, 用于夜间或阴雨天的电力供应, 保证能源的持续稳定 供应。



太阳能电池

随着全球气候变化和能源危机的加剧,可再生能源的开发和利用越来越受到重视。太阳能 电池作为一种重要的可再生能源技术,在全球范围内得到了广泛的应用和发展。目前,光 伏发电己成为全球增长速度最快的能源行业之一。中国的太阳能电池产业在全球市场中占 据重要地位,国内光伏发电装机容量持续增长,技术水平不断提高,成本逐渐降低。同时, 各国政府也纷纷出台相关政策,鼓励和支持太阳能电池的应用和研发。

未来,随着技术的进步和成本的降低,太阳能电池的应用前景将更加广阔。一方面,光伏 发电的效率和可靠性将得到进一步提升,能够更好地满足不同领域和场景的能源需求;另 一方面,太阳能电池的储能技术将得到改进和完善,能够实现更长时间和更大规模的能源 储存,提高能源利用效率和稳定性。此外,随着智能电网和物联网技术的发展,太阳能电 池将与各种能源形式相互补充,形成多元化的能源供应体系,为全球能源结构的优化和可 持续发展做出更大的贡献。

11.1 氧化钨在太阳能电池中的应用

氧化钨(WOx)是一种无机化合物,是一种宽带隙半导体材料,具有直接带隙,这意味着 它能够高效地将吸收的光能转化为电能。此外,氧化钨还具有良好的化学稳定性和热稳定 性, 使其能够在恶劣的环境条件下保持性能。



在太阳能电池中,氧化钨的应用优势主要体现在以下几个方面:



中钨在线氧化钨

- (1) 高光吸收系数: 氧化钨对可见光和近红外光具有高吸收系数,这意味着它可以有效 地吸收太阳光,并将其转换为电能。
- (2) 宽带隙: 氧化钨的宽带隙使得它能够在高温条件下工作,并且能够有效防止光致衰 退,从而提高太阳能电池的稳定性。



中钨在线氧化钨



- (3) 透明导电性:氧化钨具有较高的光学透过率和良好的导电性能,使得它可以用作窗 口层材料,既能够让太阳光透过,又能够收集电流。
- (4) 化学稳定性:氧化钨不易受环境中的水分、氧气和其他化学物质的影响,使其成为 一种非常稳定的材料,能够在各种环境条件下保持性能。
- (5) 低制造成本: 与传统的硅基太阳能电池相比,使用氧化钨作为光吸收层的太阳能电 池可以采用溶液法等方法制备,成本较低。

总之,氧化钨在太阳能电池中具有广泛的应用前景。随着技术的不断进步和研究的深入开 展、相信氧化钨会在未来的太阳能电池领域发挥更加重要的作用。



太阳能电池

11.1.1 太阳能电池正面银浆用三氧化钨

太阳能电池正面电极银浆是影响太阳能电池电性能的主要原材料之一。正面银浆主要由三 部分组成:导电相、有机项和无机项。

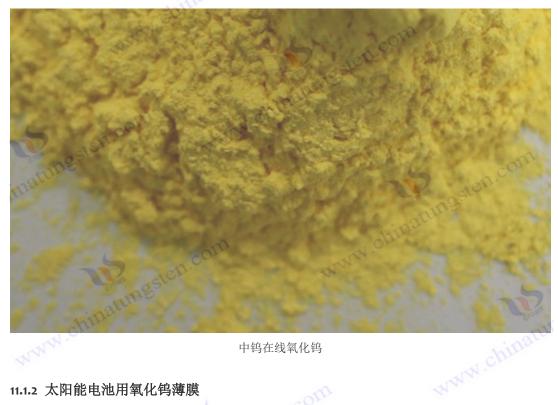
导电项为起导电作用的金属粉末,一般采用导电性能最好的银微粉;有机相为适用于丝网 印刷技术的有机载体,有机载体主要由有机溶剂、增塑剂、触变剂、流平剂以及表面活性 剂等组成, 使浆料具有适用于丝网印刷的粘度、触变性等流变性能: 无机项主要为低玻璃 粉和金属氧化物,起到烧透减反层和粘结作用。

传统的太阳能电池正面电极银浆多数使用含氧化铅(PbO)的低熔点玻璃粉,主要是由于 PbO 能显著降低玻璃粉的软化温度,并且含氧化铅玻璃粉与基体材料有较好的浸润性,溶 银能力强。然而,铅不仅污染环境还对人体有较大危害。制备环境友好型无铅太阳能电池 正面电极银浆,最关键就是开发出无铅玻璃粉,在替代含铅玻璃粉同时,保证浆料性能。



三氧化钨(WO₃)是无机化学原料,是一种宽带隙的半导体材料,是钨最常见的氧化物, 具有比重高、比表面积大、无毒、优异的光电性能和化学稳定性的优点,已被用于替代氧 化铅,作为玻璃粉的添加剂。实验证明,添加了三氧化钨的玻璃粉,保持了现有技术性能 同时,玻璃粘度低,与其它组分浸润性好,改善了正面电极银浆玻璃特性,如粘度、软化 温度、化学稳定性、玻璃态转化点、线膨胀系数等。

此外,在太阳能电池制造中,三氧化钨还可以改善正面银浆的导电性能和附着力。WO。 具有较高的电子迁移率,可以降低银浆的电阻率,提高银浆的导电性能。WO。可以与硅基 太阳能电池的表面发生化学反应,形成化学键合,从而提高正面银浆与硅基太阳能电池表 面的附着力,这有助于提高太阳能电池的可靠性和耐久性。通过调节 WO:的添加量,可 以改变正面银浆的粘度性质, 使其更容易涂布和丝网印刷, 这有助于提高太阳能电池的制 造效率和良品率。



中钨在线氧化钨

11.1.2 太阳能电池用氧化钨薄膜

随着时代的发展,能源消耗的速度日益加快,这使得开发新的能源成为了一个永恒不变的 话题。在这个过程中,晶体硅太阳能电池因其成熟的制备工艺、出色的稳定性以及良好的 性价比而备受关注。

太阳能电池的制备工艺已经相当成熟,这意味着我们可以大规模、高效地生产这种电池。 此外,其稳定性也非常出色,能够在各种环境条件下长时间稳定工作,从而保证了太阳能 电池的长期使用效果。

除了这些优点外,太阳能电池还具有良好的性价比。虽然其初始投资可能相对较高,但考 虑到其长期稳定的能源输出以及较低的维护成本,太阳能电池在总体成本上具有很高的竞



争力。这使得它成为了许多国家和地区在新能源领域的重要选择。



中钨在线氧化钨

在近年来,科研人员对无掺杂材料产生了浓厚的兴趣,这其中包括过渡金属氧化物、碱金 属化合物以及有机半导体小分子等。这些材料在制备薄膜方面具有独特的优势,可以通过 热蒸发、溅射沉积、原子层沉积以及溶液加工等多种方法进行制备。这些分子不仅具备与 晶体硅形成异质结的能力,而且在太阳电池中可作为电子或空穴选择性接触层。这种选择 性的接触层在太阳电池中发挥着关键的作用,能够提高电池的效率和稳定性。



中钨在线氧化钨



更值得一提的是,这些无掺杂材料不仅成本低廉,而且工艺相对简单。 这使得它们在实际 生产和应用中具有很大的潜力。由于这些优点,无掺杂材料在太阳能电池领域的应用前景 十分广阔,有望成为未来太阳能电池制造的重要方向。

湘潭大学何涛研究者从过渡金属氧化物材料出发,制备高效太阳电池,研究电池的光电性 能,主要工作包括: (1)使用热蒸发工艺制备氧化钨(WOx)薄膜,在 n型晶体硅背面 接触形成异质结太阳电池。改变不同的背接触电极,探究对电池性能的影响,证实了 WO_x/Ag 结构能够有效的提高电池的性能,获得了 15.1%的效率。电池的 J-V-T 测试表明, 载流子的传输在低压时为少子隧穿,在高压时为多子热发射。使用 Sun-Voc 测试表明改善 电池的串联电阻效应能够进一步将其效率可提高至 17.2%。变温测试表明 n 型晶体硅/ WO_x/Ag 结构优异的温度系数,相比传统的晶体硅电池,受温度的影响明显降低为,其光 电转换的温度系数为-o.35%/K。传统的电池性能受温度的影响降低 22%。(2)采用扩散磷 (P) 掺杂在 P型晶体硅表面制备扩散层,使用热蒸发工艺在 P型硅背面制备 WOx薄膜作 为空穴选择型接触层,获得了 16.5%的光电转换效率。同时对比了不同金属电极对电池的 影响,WOx/Ag 背接触能够获得较低的接触电阻率为 3omΩ/cm²,且其短路电流密度达到 了 37.36mA/cm², 表明了 WOx 的作为载流子选择性钝化接触层的潜力。同时, 通过改变 WOx的厚度来实现对P型晶硅电池性能的改善, 当厚度为10nm时电池的效率达到了17.1%, 且其串联电阻仅为 $1.73\Omega/cm^2$ 。



中钨在线氧化钨

热蒸发工艺是一种常用的制备氧化钨薄膜的方法,通过加热固态原料,使其气化或升华, 然后在衬底上凝结成膜。热蒸发工艺具有设备简单、操作方便、成膜均匀等优点,广泛应 用于各种功能薄膜的制备。

使用热蒸发工艺制备氧化钨薄膜的步骤如下:

(1) 原料准备:选择纯度较高的三氧化钨(WO3)作为原料,将其研磨成粉末,并放入



蒸发舟中。注意原料的纯度和稳定性对成膜质量的影响。

(2) 热蒸发设备:选择适合的热蒸发设备,一般采用电阻丝加热或电子束加热方式,根据需要控制加热温度和蒸发速率。设备的真空度要高,以减少气体杂质对薄膜的影响。



中钨在线氧化钨

(3) 氧化钨升华:在高温下,WO₃升华成气态,通过控制温度和蒸发时间,可以调节薄膜的厚度和组分。在升华过程中,需要注意防止WO₃分解和氧化,以保证成膜质量。



中钨在线氧化钨



- (4)氧化钨薄膜沉积: 在衬底上,氧化钨气体凝结成膜,形成 WO3薄膜。衬底可以是玻 璃、硅片、陶瓷等,根据应用需求选择合适的衬底。在沉积过程中,需要控制温度和气氛, 以保证成膜均匀和致密。
- (5) 后续处理: 沉积完成后,对氧化钨薄膜进行退火处理,以增加其结晶度和稳定性。 退火温度和时间根据具体应用需求而定。

在制备过程中需要注意以下几点: (1) 原料纯度: 纯度高的 WO3 有利于获得高质量的氧 化钨薄膜。(2)温度控制:温度对 WO₃的升华和沉积有重要影响,温度过高可能导致 WO3分解或蒸发过度;温度过低则影响成膜质量。(3)气氛控制:控制气氛中的氧含量, 以调节氧化钨薄膜的组分和性质。(4)设备真空度:高真空度可以减少气体杂质对薄膜 的影响,提高成膜质量。(5)衬底温度:衬底的温度影响氧化钨的沉积速率和结晶度, 需要根据实际需求进行控制。(6)退火处理:退火处理可以提高氧化钨薄膜的结晶度和 稳定性, 需要根据实际需求进行选择和控制。



中钨在线氧化钨

11.1.3 太阳能电池用氧化钨的挑战

在使用三氧化钨(WO₃)作为太阳能电池正面电极银浆的组成部分时,可能会遇到以下几 方面的问题:

- (1) 界面电阻问题: 三氧化钨与硅基太阳能电池的表面之间可能存在较大的接触电阻。 这是因为 WO3 与硅的导电性不匹配,导致电流在界面处传输和收集时受到阻碍。这不仅 降低了电池的效率,还可能引发局部发热等问题。
- (2) 光学损失问题: 三氧化钨是一种半导体材料, 其能带结构决定了它对太阳光的特定 波长敏感。在太阳光照射下,WO3可能会吸收部分光子,导致光的能量转化为热能,而不



是用于光电转换。这种光学损失降低了太阳能电池的光电转换效率。



中钨在线氧化钨

(3)稳定性问题:三氧化钨在环境条件下可能不够稳定,容易受到湿度、氧气等的影响, 发生氧化或降解。此外,在高温或光照条件下,三氧化钨可能发生相变,影响其光电性能 的稳定性。



中钨在线氧化钨

(4) 附着力问题: 三氧化钨与硅基太阳能电池表面的附着力较弱,这可能导致电极银浆 在制造过程中脱落或在使用过程中翘曲。这不仅影响电池的外观和可靠性,还可能降低其



长期稳定性。

(5) 成本问题:由于三氧化钨的制备需要高纯度的原料和严格的工艺控制,其成本相对 较高。这可能限制了它在太阳能电池电极银浆中的广泛应用,尤其是在大规模生产中。



中钨在线氧化钨

为了解决这些问题,科研人员正在探索多种策略和方法: (1)通过改进三氧化钨的制备 工艺,提高其纯度和结晶度,从而改善其光电性能和稳定性。(2)通过表面处理或掺杂 技术,增强三氧化钨与硅基太阳能电池表面的附着力。(3)优化三氧化钨的组分和结构, 降低其光学损失和提高其光电转换效率。(4)探索与其他材料的复合使用,以实现性能 的互补和协同效应。



中钨在线氧化钨



在使用氧化钨薄膜作为太阳能电池的组成部分时,可能会遇到以下几方面的问题:

- (1) 附着力问题:氧化钨薄膜与太阳能电池衬底的附着力是一个关键问题。如果附着力 不足,会导致薄膜在制造过程中或使用过程中脱落,从而影响电池的性能和可靠性。为了 增强附着力,通常需要对衬底进行预处理,如进行表面清洗、涂覆底层材料等。
- (2) 导电性问题:氧化钨薄膜的导电性能对于太阳能电池的性能至关重要。如果导电性 不佳,会限制电流的传输和收集,降低光电转换效率。为了提高导电性,可以采用掺杂、 合金化等方法来优化 WO、薄膜的成分和结构。
- (3) 光学损失问题:氧化钨薄膜对太阳光的吸收可能导致光学损失,降低入射光的利用 率。光学损失不仅降低了光电转换效率,还可能导致热量积累,影响电池的工作温度。为 了减少光学损失,需要优化薄膜的厚度和折射率,以及选择合适的透明导电氧化物作为底 层材料。



中钨在线氧化钨

- (4) 稳定性问题:氧化钨薄膜在环境条件下的稳定性是一个重要问题。太阳能电池需要 在各种环境条件下长期稳定工作,因此材料的稳定性至关重要。WOx薄膜可能受到湿度、 氧气、光照等因素的影响而发生氧化、降解或相变。为了提高稳定性,可以采取表面涂覆 保护层、进行热处理等措施。
- (5) 制备成本问题: 制备高质量的氧化钨薄膜需要高纯度的原料和精密的工艺控制, 因 此成本较高。这可能限制了其在太阳能电池领域的广泛应用,尤其是在大规模生产中。为 了降低成本,可以探索低成本原料、优化制备工艺等途径。

为了解决这些问题,科研人员正在不断探索新的技术和方法: (1)通过表面处理、掺杂 或合金化等手段,增强氧化钨薄膜与衬底的附着力。(2)优化氧化钨薄膜的制备工艺,



THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

提高其纯度和致密度,从而提高导电性和稳定性。(3)探索与其他材料的复合使用,以 实现性能的互补和协同效应。(4)研究新型的透明导电氧化物材料,作为底层材料与氧 化钨薄膜结合,以降低光学损失和提高稳定性。(5)开发低成本制备技术,降低生产成 本, 促进大规模应用。

这些研究不仅有助于提高太阳能电池的性能和稳定性,还有助于降低生产成本,推动太阳 能电池的大规模应用和市场推广。虽然氧化钨薄膜在太阳能电池中存在一些问题,但随着 科研的不断深入和技术的发展,相信这些问题将得到逐步解决,使氧化钨在太阳能电池领 域发挥更大的作用。



太阳能电池

11.2 二硫化钨在太阳能电池中的应用

二硫化钨(WS₂)是一种无机化合物,属于过渡金属二硫化物(TMDC)材料家族的一员。 它具有灰色的金属光泽,通常以细小结晶或粉末的形式存在。在自然界中,WS2以辉钨矿 的形式出现。

关于二硫化钨的晶体结构,它属于 P63/mmc 空间群,通过 X 射线衍射测量的晶格参数为 a 为 0.31532nm 和 c 为 1.2323nm。WS₂ 的晶体结构由 0.6-0.7 纳米厚的 X-M-X 夹层组成, 其 中 M 为过渡金属(钨), X 为硫原子层。每个夹层板由三个原子层组成, 形成 S-W-S 结构。 相邻的 WS2 夹层通过范德瓦尔斯力结合,使得这种材料具有二维特性。

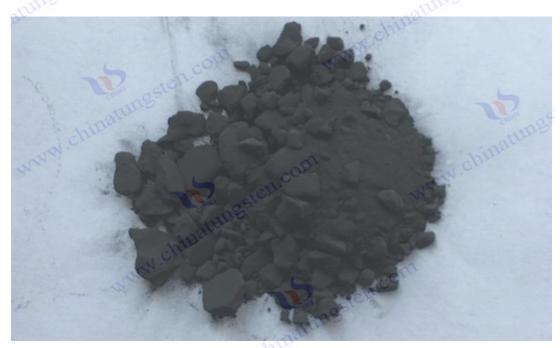
二硫化钨具有半导体性质和抗磁性,并且是良好的固体润滑剂。在空气中,二硫化钨稳定, 不溶于水,但可以溶于硝酸和氢氟酸混酸中。这种化合物还溶于熔融碱,但不溶于醇。

在太阳能电池中,二硫化钨的应用主要基于其独特的物理和化学性质。以下是 WS,在太 阳能电池中应用的优势:



THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

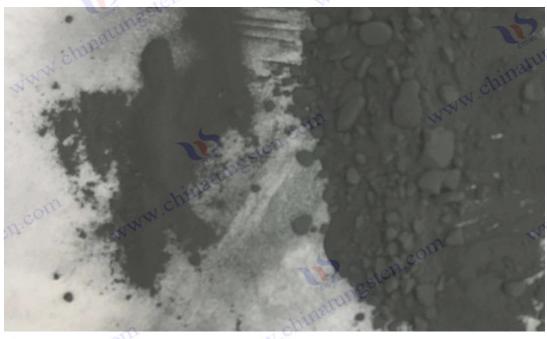
光电性能: 二硫化钨具有直接带隙, 使其能够高效地将吸收的光能转化为电能。此外, 其 宽带隙特性使其在高温条件下仍能保持良好的稳定性,不易发生光致衰退。



中钨在线二硫化钨

稳定性: 二硫化钨具有良好的化学稳定性和热稳定性,能够在各种环境条件下保持性能, 从而提高太阳能电池的长期可靠性。

可调的带隙:通过调整二硫化钨的合成条件,可以改变其带隙,从而优化太阳能电池的光 电转换效率。



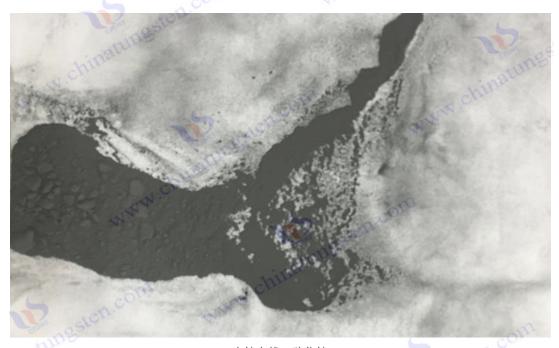
中钨在线二硫化钨



THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

低成本: 相对于传统的硅基太阳能电池, 使用二硫化钨作为光吸收层的太阳能电池可以采 用溶液法等方法制备,成本较低。

可与其他材料复合:二硫化钨可以与其他材料(如聚合物、碳纳米管等)复合,形成复合 材料,进一步提高太阳能电池的性能。



中钨在线二硫化钨

11.2.1 太阳能电池光活性层用二硫化钨

太阳能电池的光活性层是直接参与光电转换的区域,其作用是将太阳光转化为电能。光活 性层通常位于太阳能电池的顶部,能够吸收太阳光并产生光生载流子(电子和空穴)。这 些载流子随后被收集并传输到电极, 形成电流。

来自日本东北大学的一组研究团队利用氧化铟锡(ITO)作为透明电极和二硫化钨(WS₂) 作为光活性层创造了一种近乎看不见的太阳能电池板。

WS, 是过渡金属二氯化物(TMD) 材料家族的一员, 科学家们声称, 由于其在可见光范围 内可接受的带隙和单位厚度上最大的吸收共效率,它是近乎看不见的太阳能电池的最佳选 择。据《光伏杂志》报道,ITO-WS,的连接是通过将 ITO 溅射到石英衬底上,并使用化学 气相沉积(CVD)技术生长WS2单层而形成的。

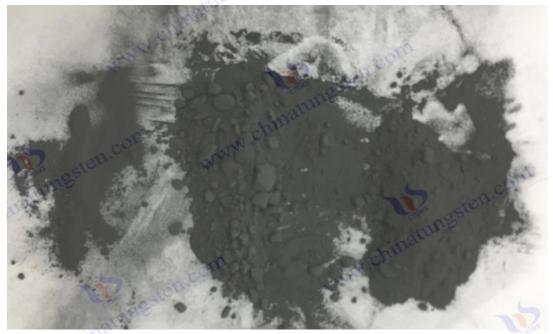
通过在 ITO (Mx/ITO) 上面涂抹各种薄金属并在 Mx/ITO 和单层二硫化钨之间引入一层薄的 WO3,调整了WS2和ITO之间的接触屏障。结果,肖特基势垒高度急剧增加(高达 220 meV), 有可能提高肖特基型太阳能电池中电荷载流子分离的效率。

研究人员发现,采用优化电极(WO₃/M_x/ITO)的太阳能电池的电力转换效率比采用普通 ITO 电极的装置高出 1000 多倍。研究人员计算出,一个具有极高的平均可见光透射值(79%)



的 1cm2太阳能电池,通过在这个具有适量串联和并联的优化单元装置上重复实验,其总 功率可能提高到 420pW。

此外,二硫化钨作为光活性层材料在太阳能电池中还具有许多优点: (1)高光电转换效 率: WS, 具有直接带隙, 能够高效地将吸收的光能转化为电能。其宽带隙特性使其在可见 光和近红外光范围内具有高吸收系数,从而提高太阳能电池的光电转换效率。(2)稳定 性: WS, 具有良好的化学稳定性和热稳定性, 能够在各种环境条件下保持性能。它不易受 空气中的水分、氧气和其他化学物质的影响,能够在长时间内保持性能的稳定性。(3) 高光学透过率: WS, 具有高光学透过率, 允许太阳光有效地穿透光活性层并被吸收。这有 助于提高太阳能电池的光吸收能力,从而提高光电转换效率。(4)可调带隙:通过改变 WS, 的合成条件,可以调整其带隙,从而优化太阳能电池的光电转换效率。这种可调性使 得 WS₂ 成为一种灵活的材料,可以应用于不同类型和结构的太阳能电池。



中钨在线二硫化钨

总之,二硫化钨作为太阳能电池的光活性层材料具有许多优点,包括高光电转换效率、稳 定性、高光学透过率、可调带隙、低成本以及与其他材料的兼容性。这些优点使得 WS2 成为一种有前途的光活性层材料,有助于推动太阳能电池技术的进一步发展。

为了实现二硫化钨在太阳能电池中的最佳应用,还需要对其光活性层的设计和制备工艺进 行深入研究。例如,优化 WS,的晶体结构和形貌可以提高其光电性能:探索与其他材料 的复合方式可以进一步增强光活性层的性能。此外,对 WS2 在太阳能电池中的长期稳定 性和耐候性也需要进行评估和改进。

随着技术的不断进步和研究的深入开展,相信二硫化钨作为光活性层材料在太阳能电池领 域的应用将得到进一步拓展。这有望为太阳能电池技术的发展带来新的突破,促进清洁能 源的广泛应用和可持续发展。



11.2.2 太阳能电池空穴传输层用二硫化钨纳米膜

太阳能电池是一种将光能转化为电能的装置,其结构通常由以下几个主要部分组成:

(1) 基底: 这是太阳能电池的底层,通常为玻璃、陶瓷、硅或其他材料。基底起着支撑 和保护电池的作用。(2)光活性层:这是直接吸收太阳光的区域,将光能转化为电能。 光活性层通常由半导体材料组成,如硅、铜铟镓硒等。(3)电极:电极的作用是收集和 传输电流。通常有两个电极,一个在电池的正面,一个在背面。(4)空穴传输层:这是 位于光活性层和电极之间的一层材料,负责传输空穴(即正电荷载流子)。

空穴传输层在太阳能电池中的作用至关重要。在光电效应中, 当太阳光打在电池的光活性 层上时,会激发电子从价带跃迁到导带,从而产生电子-空穴对。光活性层中的电子和空 穴分别被正电极和负电极收集,形成电流。空穴传输层的作用就是将这些被激发的空穴传 输到负电极, 使它们能够被有效地收集并形成电流。



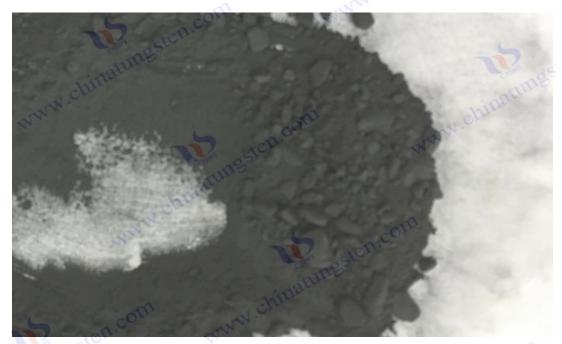
太阳能电池

一个优秀的空穴传输层材料应该具备以下特性:高电导率:以确保空穴能够顺畅地流动, 降低电阻并提高载流子收集效率。良好的能级匹配:与光活性层的能级相匹配,以实现有 效的空穴注入和传输。 高稳定性: 能够在各种环境条件下保持性能的稳定性, 并具有较长 的使用寿命。对环境条件的适应性:能够适应不同的温度、湿度等环境因素的变化。

目前,太阳能电池中常用的空穴传输层材料主要包括以下几种: (1) PEDOT:PSS: 这是 一种常用的有机空穴传输材料,具有高电导率和良好的透明度。然而,它对湿度和氧气敏 感,可能会影响电池的长期稳定性。(2)无机金属氧化物:如二氧化钛(TiO₂)和氧化 锌(ZnO)等,这些材料具有高稳定性,但制备工艺较为复杂。(3)共轭聚合物:一些 共轭聚合物也被用作空穴传输层材料,它们具有良好的电导率和稳定性,但通常需要与其 他材料结合使用。

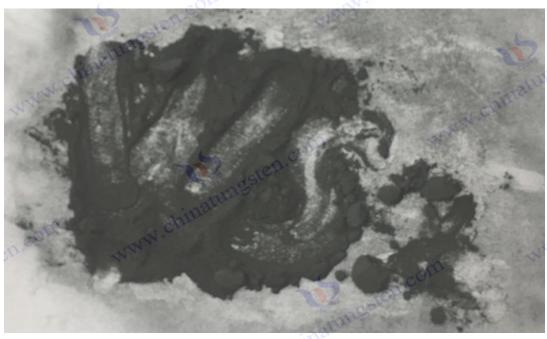


随着科技的不断进步,科学家们一直在寻找新型的空穴传输层材料以提高太阳能电池的性 能和稳定性。二硫化钨(WS2)作为一种新兴的二维过渡金属二硫化物,被认为是极具潜 力的新型空穴传输层材料之一。



中钨在线二硫化钨

二硫化钨薄膜作为空穴传输层的优点包括具有高光电转换效率、良好热化学稳定性、高光 学透过率、可调带隙以及与其他材料的兼容性。

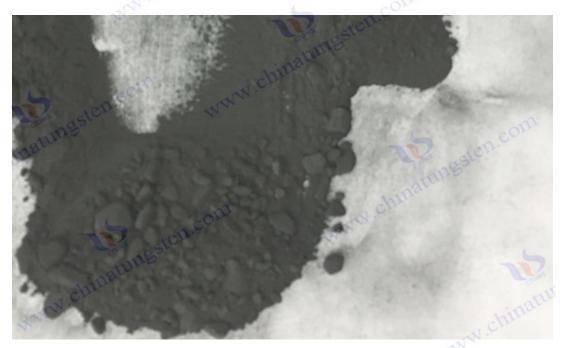


中钨在线二硫化钨



然而,尽管 WS₂ 在太阳能电池领域具有许多优点和应用潜力,但将其商业化还需要克服一些挑战。例如,WS₂ 薄膜的制备工艺可能需要进一步优化以提高产量和降低成本;此外,还需要进一步研究 WS₂ 与其他材料的兼容性和界面特性,以实现最佳的载流子传输和收集效果。

二硫化钨纳米膜,由 WS₂纳米片制备而成。其制备步骤为: (1) 在玻璃衬底的氧化铟锡阳极上旋涂 WS₂纳米片材料分散液。旋涂后进行紫外臭氧处理 5~30min,以制备得到单层的 WS₂纳米膜,作为空穴传输层。这一步的关键在于确保 WS₂纳米膜的均匀性和厚度,厚度控制在 1~5 纳米。(2) 在 WS₂纳米膜的空穴传输层上旋涂由共轭聚合物的给体和受体混合溶液制得的有机物光敏层,厚度为 100 纳米。这一步的目的是形成光敏层,以吸收太阳光并产生电子-空穴对。(3) 在有机物光敏层上旋涂聚[(9,9-二(3'-(N,N-二甲氨基)丙基)-2,7-芴)-alt-2,7-(9,9-十六烷基芴)]得到电子传输层,厚度为 5 纳米。这一步的目的是形成电子传输层,以传输电子并阻止空穴的传输,从而提高电子和空穴的分离效率。(4) 在电子传输层上真空蒸镀铝作为阴极,厚度为 100 纳米。这一步的目的是形成阴极,以收集电子并引导电流流出电池。



中钨在线二硫化钨

单层纳米二硫化钨材料的功函数与常用的电极材料和有机半导体完美匹配,这使其成为理论上的一种理想空穴传输材料。在太阳能电池中,当二硫化钨纳米片被用作空穴传输层时,其制备过程无需高温退火,即可得到高质量的膜。实验数据表明,使用二硫化钨纳米片作为空穴传输层的有机太阳电池,其光电转化效率与使用传统空穴传输材料的电池相当。实验结果显示,当 WS2 纳米片溶液浓度为 1 mg/mL 时,制备的 WS2 纳米片空穴传输层厚度适中,后续在其上生长的钙钛矿活性层膜质量高、结晶性能优良。电池的光电转换效率达到了 6.3%,这一结果证实了 WS2 纳米片作为新型无机空穴传输层材料在太阳能电池中的潜在应用价值。

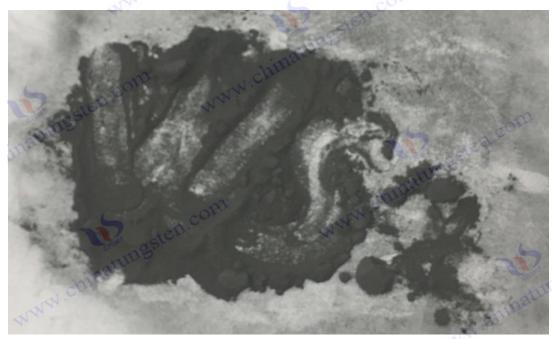
11.2.3 太阳能电池用二硫化钨的挑战



在太阳能电池中, 空穴传输层和光活性层是两个关键组成部分, 它们对提高光电转换效率 起着至关重要的作用。虽然二硫化钨纳米膜作为一种新型材料在理论上具有许多优势,但 在实际应用中仍然存在一些问题。

第一,二硫化钨纳米膜的稳定性是一个关键问题。由于太阳能电池需要在各种环境条件下 长期稳定运行,因此材料的稳定性至关重要。然而,WS,纳米膜的稳定性可能受到多种因 素的影响,例如温度、湿度、光照等。在长时间暴露于这些条件下时,WS₂纳米膜可能会 发生化学反应或物理变化,导致其性能下降。因此,在将 WS,纳米膜应用于太阳能电池 之前,需要对其稳定性进行充分的研究和评估。

第二,二硫化钨纳米膜的制备方法可能会引入杂质和缺陷。虽然液相超声剥离法是一种有 效的制备 WS,纳米片的方法,但在实际操作过程中可能会产生一些杂质或缺陷,这些杂 质或缺陷可能会影响 WS。纳米膜的电学性能和稳定性。因此,需要开发更有效的制备方 法,以获得更高质量的WS2纳米膜。



中钨在线二硫化钨

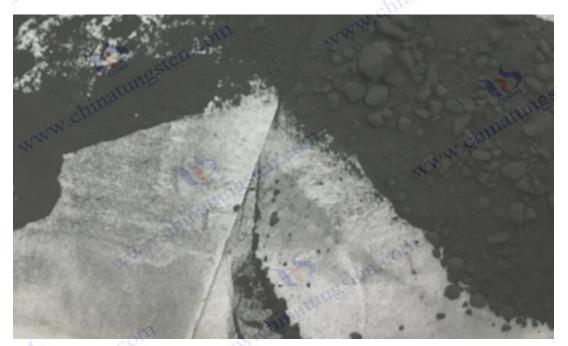
第三,二硫化钨纳米膜的带隙宽度可能不是最优的。太阳能电池中的光活性层需要与太阳 光谱相匹配,以便在最大程度上吸收太阳光并产生电能。然而,WS,纳米膜的带隙宽度可 能不是最优的,这可能导致其吸收光谱与太阳光谱不完全匹配。因此,需要进一步优化 WS₂纳米膜的带隙宽度,以提高其光吸收能力和光电转换效率。

第四,二硫化钨纳米膜的电子传输性能和空穴传输性能也有待进一步优化。太阳能电池中 的光活性层需要将吸收的光能有效地转化为电能,这需要高效的电子传输性能和空穴传输 性能。然而, WS2 纳米膜在这方面的性能可能不是最优的,需要进一步研究和改进。

综上所述,虽然二硫化钨纳米膜作为一种新型材料在太阳能电池中具有潜在的应用价值,

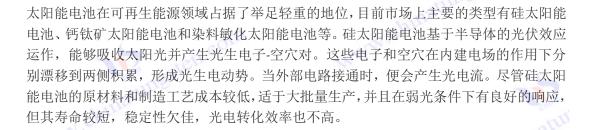


但仍然存在一些问题需要解决。这需要更深入的研究和探索,以克服这些挑战并实现其在太阳能电池中的广泛应用。同时,也需要发展更有效的制备方法和优化技术,以提高 WS₂ 纳米膜的质量和性能。



中钨在线二硫化钨

11.3 二硒化钨在太阳能电池中的应用



钙钛矿太阳能电池则利用钙钛矿层吸收光子来产生电子-空穴对。这些自由电子从钙钛矿层传输到等电子传输层后被 fto 导电玻璃收集,而空穴则从钙钛矿层传输到空穴传输层后被金属电极收集。通过连接 fto 和金属电极的电路,便能产生光电流。钙钛矿太阳能电池具有高转换效率,且能够进行柔性制备。然而,其电池稳定性有待提升,并且吸收层中含有可溶性重金属 pb。此外,目前还难以实现大面积、连续的钙钛矿薄膜沉积。

染料敏化太阳能电池则模拟了自然界中的"光合作用",通过光照激发染料分子向外电路提供电子。电池内部的电解质能够将染料分子还原再生,而氧化态的电解质在接受电极上的电子后被还原,从而实现循环。这种太阳能电池的制备成本低廉、工艺技术相对简单,且无毒无污染。然而,其光电转化效率相较于一般太阳能电池较低,电池稳定性也较差。

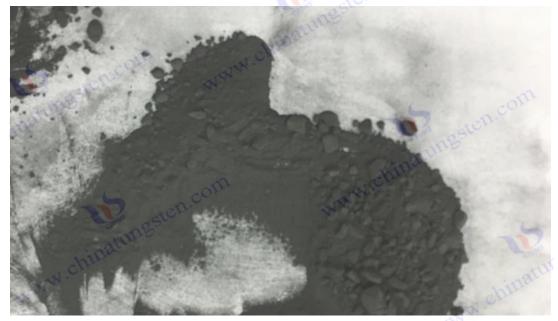
针对当前太阳能电池的缺点,研发性价比高、稳定性强、对环境污染小的太阳能电池显得尤为重要。这不仅有助于推动可再生能源领域的发展,也有助于应对全球气候变化的挑战。



过渡金属二硫化物由于其强烈的光-物质相互作用特性、可见/近红外光谱范围内的可调带 隙,以及相对较高的迁移率,在光伏器件领域中备受关注。二维状态下的过渡金属二硫化 物因其高柔性,为柔性太阳能电池提供了新的可能性。基于二硒化钨(WSe₂)、二硫化 钼等过渡金属二硫化物设计的结型太阳能电池与其他多结太阳能电池相比,展示了更高的 光电转换效率和更低的成本。(上述内容来源四川大学,专利文档序号 30756717)

据中钨在线/中钨智造了解,二硒化钨是一种由上下各一层硒原子连接中间一层钨原子所 组成的层状结构无机化合物,具有类似于二硫化钼的六角形结构,每一个钨原子都会和六 个硒原子以三棱镜的配位方式键结,每一个硒原子则是以角锥状的组态和三个钨键结。钨 和硒之间的键长为 2.526 Å, 硒和硒之间的键长为 3.34 Å, 而层与层之间是以范德华力相 结合。

二硒化钨能像石墨烯一样吸收太阳光线,并将所吸收的太阳光线转化为电力。由于 WSe, 电池的厚度极小, 所以大约95%的光都能够穿过它, 这就意味着另外5%的光线都有可能转 化成电力, 使得太阳能电池的光电转化效率非常高。



中钨在线二硒化钨

11.3.1 太阳能电池导电层用二硒化钨

太阳能电池是一种利用光能转换为电能的装置,其工作原理主要是通过光生电效应将太阳 光转化为直流电。在太阳能电池中,导电层是一个非常重要的组成部分,它主要起到传输 电流的作用。

导电层的作用是将电池内部的光生电流传输到外部电路中,以供使用。同时,导电层还需 要能够有效地反射太阳光,以减少光的吸收损失,从而提高电池的光电转换效率。

为了满足这些要求,导电层的材料需要具备高导电性和良好的光学性能。常用的导电层材



THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

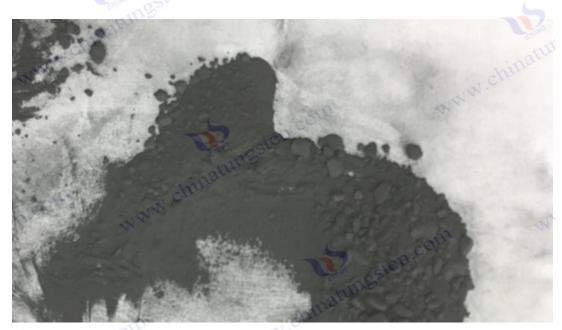
料包括金属导体(如金、银、铜等)、本征半导体(如硅、锗等)以及掺杂的半导体(如n型和p型硅)。这些材料在导电性能和光学性能方面各有优缺点。



太阳能电池

以金属导体为例,它具有高导电性,但反射性能相对较差,容易吸收太阳光。而半导体材料虽然反射性能较好,但其导电性能相对较低。因此,在实际应用中,需要根据具体需求选择合适的导电层材料。

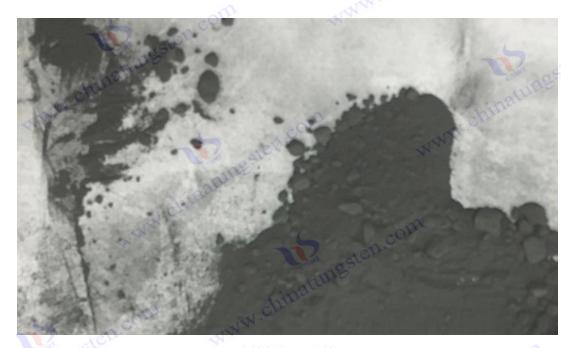
当二硒化钨作为导电层时,它表现出一些独特的优点。首先,WSe₂具有较高的导电性能,能够有效地传输电流。其次,WSe₂的反射性能较好,可以减少光的吸收损失,从而提高电池的光电转换效率。此外,WSe₂还具有较好的化学稳定性和热稳定性,能够在各种环境条件下保持稳定的性能。



中钨在线二硒化钨



与传统材料相比, 二硒化钨作为导电层可以弥补其一些不足。例如, 相对于金属导体, WSe₂的反射性能更好,可以减少光的吸收损失;相对于半导体材料,WSe₂的导电性能更 高,能够更好地传输电流。此外,WSe₂还具有较好的机械强度和韧性,可以在制造过程 中实现更好的加工性能和稳定性。



中钨在线二硒化钨

四川大学王泽高等研究者(专利文档序号 30756717)提出了一种以二硒化钨为导电层的 栅极调控太阳能电池, 所提供的二硒化钨太阳能电池极具成为柔性太阳能电池的潜力, 相 较于现有的太阳能电池,具有更长的寿命、更高的稳定性;比现有二硒化钨太阳能电池操 作更简便、成本更低, 具有更高的研发性价比。



中钨在线二硒化钨



四川大学研究者制作的二硒化钨太阳能电池包括基底材料、二硒化钨、顶栅介质材料、顶 栅电极、源电极和漏电极, WSe, 导电层位于基底材料表面, 源电极和漏电极位于 WSe, 两端;该太阳能电池还包括顶栅介质材料和顶栅电极,顶栅介质材料位于 WSe,上方并覆 盖二硒化钨、源电极和漏电极,顶栅电极位于顶栅介质材料上方作为顶部。

四川大学研究者采用的技术手段是,对现有的局部栅极控制的二硒化钨太阳能电池,采用 具有厚度差的栅介质层和透明顶栅电极,以取代含沟道的局部栅极。恰当地选择栅压的方 向和大小,能使同一块 WSe,产生不同类型的掺杂,形成 p-n 结。所以,采用的含厚度差 的栅介质层将起到绝缘和同时产生不同类型掺杂的双重作用;采用的顶栅介质材料为透明 六方氮化硼, 顶栅电极为透明石墨烯, 使得顶栅电极和顶栅介质材料尽可能小地对光照射 造成阻碍,增加 WSe,导电层对光的吸收量。

四川大学研究者制作的二硒化钨太阳能电池的操作比现在有的二硒化钨太阳能电池的操 作更简便,生产成本更低,这主要是由于沟道的制作不需要用到光刻机进行光刻。



太阳能电池

11.3.2 太阳能电池用二硒化钨的挑战

二硒化钨作为太阳能电池的导电层是一种很有前途的材料,具有高导电性、良好的反射性 能、化学稳定性和热稳定性等优点,可以有效地提高电池的光电转换效率。同时,二硒化 钨还可以弥补传统材料的不足之处,为太阳能电池的发展提供新的可能性。然而,二硒化 钨在太阳能电池领域的应用也面临着一些挑战和问题。

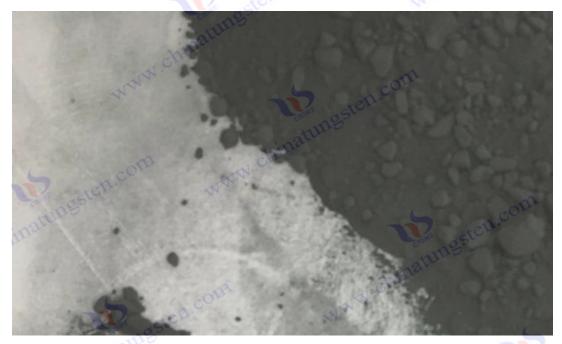
首先,二硒化钨的制备工艺相对复杂,成本较高。目前,二硒化钨的制备主要采用化学气 相沉积或物理气相沉积等方法,这些方法需要高纯度的原料和精确的控制条件,导致生产 成本较高。因此,降低 WSe, 的制备成本是其在太阳能电池领域应用的关键问题之一



其次,二硒化钨的稳定性也是需要关注的问题。虽然 WSe₂ 具有较好的化学稳定性和热稳 定性,但在长期使用过程中,它可能会与电池的其他材料发生反应,导致性能下降。此外, WSe, 在暴露于环境中的抗腐蚀能力也是一个需要考虑的问题。

最后,二硒化钨的带隙宽度可能需要进一步优化,以更好地匹配太阳光谱的吸收。此外, WSe,的电子迁移率也需要进一步提高,以更好地传输电流。

总之,虽然 WSe,作为太阳能电池的导电层具有很大的潜力,但仍需解决制备成本、稳定 性、带隙宽度、电子迁移率及掺杂技术等方面的问题。只有克服这些挑战, WSe₂ 才能在 太阳能电池领域得到更广泛的应用,并为提高光电转换效率和降低成本做出更大的贡献。



中钨在线二硒化钨

11.4 钨酸镉在太阳能电池中的应用

钨酸镉是由钨元素、镉元素和氧元素组成的一种无机化合物,具有黑钨矿或白钨矿结构, 其英文名为 cadimium(II) tungstate,化学式 CdWO₄(CWO),分子量 360.25,CAS 号为 7790-85-4, MDL 为 MFCD00016002。注意: 镉元素是一种重金属元素, 具有显著的生物 毒性。

钨酸镉的外观为白色或黄色发荧光的晶体,熔点为1325°C,密度为7.9g/cm3,难溶于水(在 20℃ 下,溶解度为 0.05g/100mL H2O) 和稀盐酸,溶于氢氧化铵和氰化碱溶液,具有刺激 性、较高的射线吸收系数、优良的抗辐照损伤性、较高的荧光产额和较低的余辉等特点。 注意: 其经 X 射线照射, 典型的余辉水平是激发停止 3ms 时余辉在 0.1%以内。

CdWO4 的生产方法一: 先将钨酸钠和氯化镉分别配成溶液,搅拌后进行抽滤,再将沉淀 物放在微波的作用下进行反应,即可得到结晶良好的 CdWO4。CdWO4的生产方法二:先



THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

制备钨酸铵溶液,然后将硝酸镉溶液滴加到钨酸铵溶液中,并利用稀氨水维持溶液的 pH值,后将获得的沉淀物进行多次水洗,抽滤后烘干,即可得到致密的 CdWO₄。



钨酸镉

钨酸镉可以作为闪烁体材料,在紫外光照射下能发出浅蓝色至黄色的光谱,因而广泛应用于太阳能电池、发光二极管、超大屏幕显示器、气敏元件、显色材料、变色材料及有机反应催化剂等领域。另外,钨酸镉还可以用于闪烁体探测器来检测 γ 射线或中子辐射。



太阳能电池



钨酸镉(CdWO4)是一种具有优异光电性能的化合物,被广泛研究应用于太阳能电池领域。 作为一种潜在的光吸收材料,钨酸镉能够有效地将太阳光转换为电能,因此在光电转换效 率和稳定性方面表现出较高的潜力。



钨酸镉

首先,钨酸镉具有较高的吸收系数,能够有效地吸收太阳光。其宽的能隙使得钨酸镉能够 吸收太阳光谱中的可见光和近红外光,从而提高太阳能电池的光电转换效率。此外,CdWO4 还具有较高的光学带隙和载流子迁移率,这有助于减少光生载流子的复合几率,提高太阳 能电池的性能。



钨酸镉



THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

其次,钨酸镉的稳定性较好,能够在高温和光照条件下保持性能的稳定。这使得 CdWO₄ 成为一种较为可靠的材料,能够承受太阳能电池工作环境中的各种影响因素。

在制备工艺方面,钨酸镉粉末可以通过固相反应、溶胶-凝胶法、化学气相沉积等方法制 备。其中,溶胶-凝胶法作为一种较为常用的制备方法,具有反应温度低、制备周期短等 优点。通过调整制备工艺参数,可以实现对 CdWO₄ 粉末的粒径、形貌和结晶度的控制, 进一步优化太阳能电池的性能。

然而,钨酸镉在太阳能电池中的应用仍面临一些挑战。首先,CdWO₄的能隙较宽,导致 其对太阳光的吸收主要集中在可见光和近红外光区域,对太阳光谱中的紫外光吸收较少。 因此,如何优化 CdWO₄ 的能隙,实现对太阳光的更广泛吸收是亟待解决的问题。此外, CdWO4的载流子迁移率相对较低,限制了其作为太阳能电池材料的应用前景。因此,提 高钨酸镉的载流子迁移率也是未来研究的重要方向之一。

综上所述,钨酸镉作为一种具有优异光电性能的化合物,在太阳能电池领域中具有广泛的 应用前景。通过进一步优化钨酸镉的能隙和载流子迁移率等性能参数,以及改进制备工艺, 有望实现更高效、更稳定的太阳能电池。然而,目前关于钨酸镉在太阳能电池领域的研究 仍处于实验室阶段,距离实际应用仍需进一步的研究和探索。



钨酸镉

11.4.2 太阳能电池用钨酸镉的挑战

钨酸镉作为一种潜在的光吸收材料,在太阳能电池领域中具有广泛的应用前景。然而,其 在应用中也存在一些问题,需要解决。

首先,钨酸镉的能隙较宽,这使得其对太阳光的吸收主要集中在可见光和近红外光区域, 而对太阳光谱中的紫外光吸收较少。这限制了钨酸镉太阳能电池的光电转换效率。为了解



THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

决这一问题,研究人员尝试通过元素掺杂或制备纳米结构的方法来调整 CdWO4 的能隙。 例如,通过掺杂过渡金属元素或稀土元素,可以有效地减小 CdWO4 的能隙,使其能够吸 收更多的太阳光。同时,制备 CdWO4 的纳米结构也是一种有效的途径,因为纳米结构能 够增加材料的光吸收面积,提高光生载流子的分离效率。

其次,钨酸镉的载流子迁移率较低,这限制了其作为太阳能电池材料的应用前景。载流子 迁移率低会导致光生载流子在传输过程中发生复合,降低太阳能电池的性能。为了提高 CdWO4的载流子迁移率,研究人员通过引入其他元素或采用合金化等方法对 CdWO4进行 改性。例如,通过掺杂锌、铝等元素,可以有效地提高钨酸镉的载流子迁移率。同时,制 备钨酸镉的合金化材料也是一种有效的途径,因为合金化能够改善材料的电子结构和晶体 质量,提高载流子的迁移率。



钨酸镉

此外,钨酸镉的稳定性也是需要关注的问题。尽管 CdWO4 具有较好的稳定性,但在长时 间使用过程中仍可能发生性能衰减。这可能是由于材料在光照和高温条件下发生氧化或光 腐蚀等反应所致。为了提高 CdWO4 的稳定性,研究人员通过表面处理、制备保护层等方 法对材料进行保护。例如,通过在 CdWO4 表面制备一层保护膜,可以有效地防止材料与 外界环境发生反应,保持其性能的稳定。

除了上述问题,钨酸镉在太阳能电池中的应用还面临其他挑战。例如,如何实现大规模生 产和降低成本是钨酸镉太阳能电池实用化的关键问题之一。这需要进一步研究和改进制备 工艺,提高生产效率和降低成本。同时,与硅基太阳能电池相比,钨酸镉太阳能电池的效 率仍需进一步提高。因此,进一步优化材料性能和结构设计是实现高效、低成本、高性能 钨酸镉太阳能电池的关键。

