

自碳纳米管被发现30年来,我国研究水平基本上与世界先进水平并驾齐驱,并在部分领域处于世界领先。碳纳米管导电剂一改我国锂电池企业导电剂依赖进口的局面;碳纳米管薄膜成功用于高端户外保暖服以及医疗康复等产业;基于半导体型碳纳米管的集成电路和显示器背板驱动器件也被开发出来……

## 把石墨烯卷起来 “万能”的碳纳米管或改变未来

### 聚焦新材料⑤

◎本报记者 张 晔

近日,国内最大的碳纳米管生产企业——江苏天奈科技股份有限公司(以下简称天奈科技)发布公告称,预计2021年上半年实现净利润

1.1亿—1.5亿元,同比增加235.41%—357.37%。业绩高速增长归功于该公司开发的碳纳米管导电剂,一改我国锂电池企业导电剂依赖进口的局面。

自被发现以来,碳纳米管就在全球范围内掀起一股研究热潮。近年来,全球加速挖掘碳纳米管技术落地的途径,相关技术突破成果不断。

原子在催化剂表面吸附、扩散、溶解并达到饱和后析出形成碳纳米管。催化剂作为碳纳米管成核生长的位点,对于碳纳米管的直径、壁数、手性起着决定性作用。催化剂结构设计以及生长条件调控是实现碳纳米管可控生长的重要途径。

作为纳米碳材料家族的重要一员,碳纳米管以其优异的力学、电学和热学特性被誉为“万能基材”,在结构功能一体化复合材料、电池电极、集成电路、传感器件、电加热器件等领域具有巨大的应用前景。

1996年诺贝尔化学奖得主、富勒烯的发现者斯莫利认为,碳纳米管是人们所能制造出来的最强、最刚、最硬的材料,同时也是最好的热和电的导体。

“碳纳米管强度是同体积钢的100倍,重量却只有钢的1/6—1/7。”李清文解释称,碳纳米管的长径比达106以上,因而又被称作超级纤维。

碳纳米管的奇特之处还在于其特殊的电学性质,根据其结构不同,碳纳米管可展现出金属性和半导体性,为开发新型电子器件奠定了基础。

件方面取得了重大进展。在碳纳米管应用方面,清华大学魏飞团队在碳纳米管宏量制备、高强度碳纳米管纤维、碳纳米管导电添加剂等方面业绩不菲。

作为我国纳米材料研究的国家队,苏州纳米所从2007年起,一直围绕碳纳米管可控制备和前沿应用开展研究工作,发表高水平论文300余篇,在电子级单壁碳纳米管分离、碳纳米管纤维

有了更加广阔的发展前景。“氧化锆陶瓷的性能如何,直接取决于粉体的性能,因此开发高性能粉体的可控制备技术,成为氧化锆陶瓷制备和开发高性能氧化锆陶瓷器件的最关键环节。”王思凯坦言。

### 绿色环保的高能球磨法受追捧

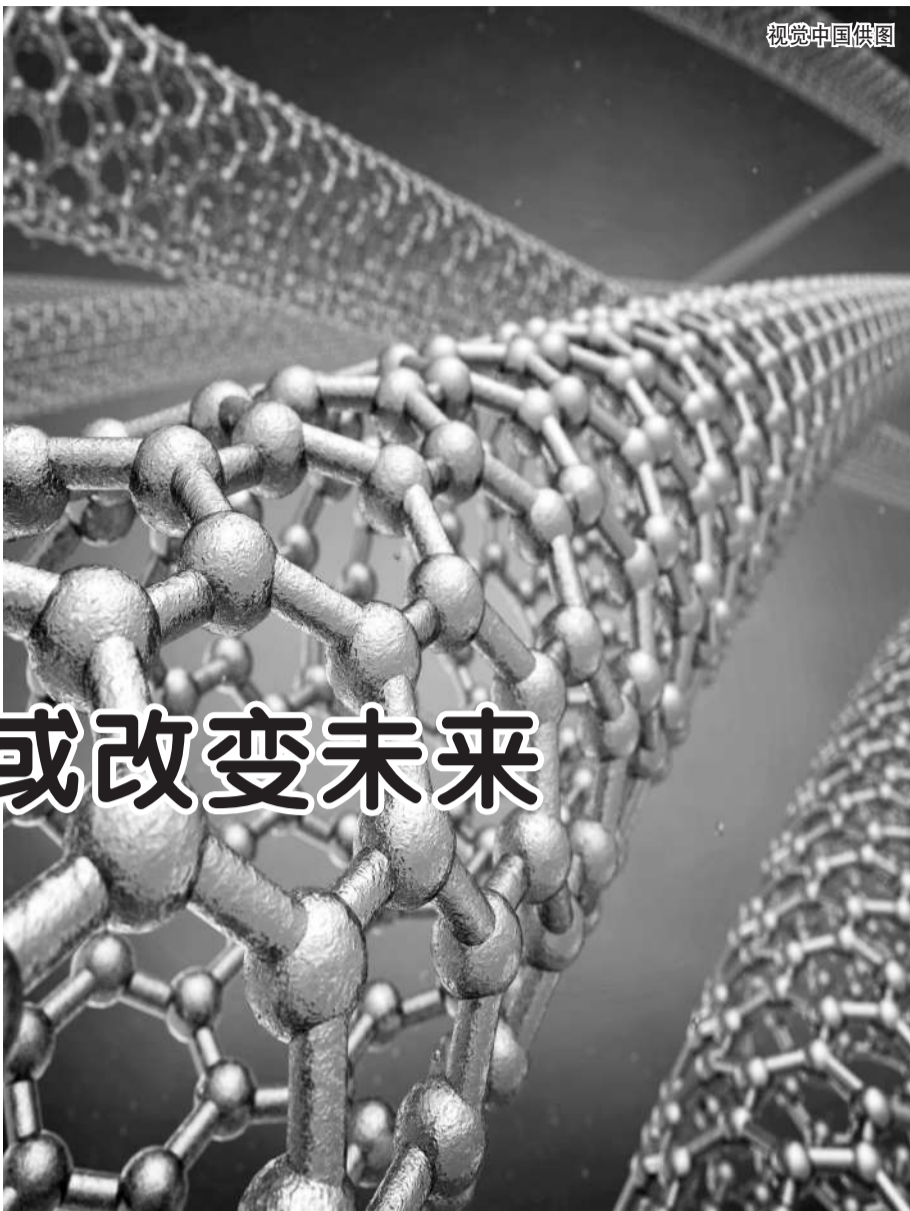
专家介绍,国内生产氧化锆纳米粉体多采用湿化学工艺,利用稀土氧化物作为稳定剂生产氧化锆纳米粉体。该种工艺具有产能大、产品化学成分均匀性好的特点,但缺点是生产过程将产生大量的废弃物,特别是数量较大又难以处理的低浓度碱性废水,如果处理不当将对生态环境造成严重的污染和破坏。

“据调查,生产一吨氧化钇稳定氧化锆陶瓷粉体需要50吨左右的水,会产生大量废水,而废水的回收及处理极大地增加了生产成本。”王思凯说道。

随着我国环境保护法的完善,采用湿化学法制备氧化锆纳米粉体的企业面临着前所未有的困境。因此业内急需开发一种绿色环保、低成本的氧化锆纳米粉体制备技术。

“在此背景下,利用更为清洁、低耗能的生产工艺制备氧化锆纳米粉体已成为一个研究热点,其中最受科技界追捧的是高能球磨法。”包金小说道。

高能球磨法是指利用机械能来诱发化学反应或诱导材料组织结构和性能的变化,以此来制备新材料。作为一种新技术,它能够明显降低反应活化能、细化晶粒、极大提高粉体颗粒分



视觉中国供图

与薄膜的规模制备、碳纳米管复合材料以及能源器件应用方面取得多项重大成果。

2013年,以平行排列的单壁碳纳米管为主要元器件的世界上最小“计算机”诞生。近两年,碳纳米管电子器件的性能及尺寸一次次被突破。

如何获得高纯度、高质量的半导体型单壁碳纳米管是实现电子级应用的前提。

李清文告诉记者,她带领的团队于2018年实现了纯度大于99.99%的半导体型单壁碳纳米管的高浓度分离,以及部分单手性碳纳米管的高效筛选。在此基础上,他们与国内其他高校院所合作,共同实现了基于半导体型碳纳米管的集成电路和显示器背板驱动器

### 碳纳米管研究成果加速落地

被称为“黑金”的碳纳米管,曾被科学家预言,有望成为“彻底改变21世纪”的神奇材料之一。

作为目前中国碳纳米管的龙头企业,天奈科技成功开发了一种独特的催化反应工艺,实现了碳纳米管的连续化生产,生产能力可达千吨级。近两年,天奈科技的碳纳米管导电剂产品出货量和销售额均居行业首位,一改我国锂电池企业导电剂依赖进口的局面。

锂电池导电剂的利用,只是碳纳米管产业化的冰山一角。

作为国家战略新兴材料,碳纳米管材料在导电塑料、轻质高强复合材料、宽频段轻质电磁屏蔽、冲击防护、智能材料、电子器件等方面也具有广泛的应用。其中基于碳纳米管的加热膜、导电

氧化锆粉末的传统生产工艺,会产生大量的废弃物,特别是数量较大又难以处理的低浓度碱性废水,造成严重的环境污染。而高能球磨法是一种节能、高效的材料制备技术,能提高氧化锆陶瓷的密实度、分散性,具有良好的工业应用前景。

### 特有着色机理造就多彩陶瓷

布均匀性及增强基体界面的结合,促进固态离子扩散,诱发低温化学反应,从而提高材料的密实度、分散性等性能,是一种节能、高效的材料制备技术,具有良好的工业应用前景。

### 特有着色机理造就多彩陶瓷

国际市场中,氧化锆纳米粉体材料已经进入工业化发展阶段。王思凯告诉记者:“美国、西欧和日本等发达国家和地区,氧化锆纳米粉体的生产规模大,产品规格较为齐全。尤其是美国和日本的跨国公司,在氧化锆陶瓷的专利

件的开发。

被称作超级纤维的碳纳米管,制成纤维与薄膜后,与传统高性能纤维和薄膜材料相比,具有优异的柔韧性、导电和导热性能。

经过多年研究,目前李清文团队已经实现了千米级连续碳纳米管纤维连续制备,突破了万平方米级碳纳米管薄膜的干法规模化制备技术。

同时,苏州纳米所科研人员采用高取向碳纳米管薄膜开发了碳纳米管含量高达60%以上的新型碳纳米管复合材料,其强度为碳纤维复合材料的两倍以上;开发了碳纳米管薄膜的电热固化复合材料新工艺,有望为复合材料在线修复、机翼除冰带来新的设计策略。

塑料、复合材料等材料的市场前景也越来越好。

“我们在加强前沿探索的同时,积极开展碳纳米管的应用研发,发展出轻量化碳纳米管/金属复合导线技术,以及卫星用轻质电缆。开发的碳纳米管加热保暖服装已获得多家国际品牌使用,成为冬奥会产品之一。”李清文说。基于该团队的技术,苏州捷迪纳米科技有限公司实现了碳纳米管薄膜的产业化,产能达10万平方米/年,成功开拓了该产品在高端户外保暖服以及医疗康复等方面的应用。

“碳纳米管作为一种新兴材料,未来还可能拓展应用于导电塑料、半导体器件、轻质高强复合材料、宽频段轻质电磁屏蔽、冲击防护、智能器件等领域,并有望给这些领域带来变革性的发展。”李清文说。

## 橡胶用稀土耐热剂实现国产化

科技日报讯(记者张景阳 通讯员李宝乐)记者8月24日从包头稀土高新区获悉,包头稀土研究院稀土分离与应用团队联合中国航发北京航空材料研究院,成功开发出一种用于硅橡胶、氟硅橡胶的轻稀土耐热剂产品。

硅橡胶是指主链由硅和氧原子交替构成,硅原子上通常连有两个有机基团的橡胶,具有良好的电绝缘性、耐氧抗老化性、耐光抗老化性、耐霉性及化学稳定性,以及无味无毒和抵御严寒等特点,因而广泛应用于现代医学中,如制造防噪音耳塞、胎头吸引器、人造血管、鼓膜修补、十二指肠管等。但是它也有不足:在有氧、高温的环境下,容易发生侧基氧化反应,导致硅橡胶力学性能下降。

据介绍,传统的耐热剂包括有机硅橡胶剂及改性有机硅橡胶剂、杂环橡胶剂等。有机硅橡胶剂及改性有机硅橡胶剂含有硅氧键或硅氧键,耐热性很高,其中含硅氧键的耐热性更佳,可在-60℃—300℃长期使用,短期使用环境温度可达350℃—500℃,瞬间使用温度可高达800℃—1000℃。杂环橡胶剂的高分子主链上含有芳杂环,分子刚性很大,致使熔点很高,几乎接近分解温度,能在高温下保持优越性能。

这次新研究中,团队向传统耐热剂中加入镧、铈轻稀土元素,生成的轻稀土耐热剂产品,实现了更好的耐热性能。研究数据表明,该产品可有效提高硅橡胶、氟硅橡胶材料的耐热等级,使橡胶材料的耐热性能达到国外同类产品(陶氏RMB-9001)水平,可实现此类高附加值产品的国产化。

研发团队负责人向记者介绍,此次可用于特种橡胶材料的轻稀土耐热剂产品的成功研发,将有助于推动镧、铈的高值化利用,也说明了稀土与高分子材料结合具有广阔前景。

## 用金属基催化剂

### 将塑料废弃物回收“升级”



视觉中国供图

新华社讯(记者张家伟)中国团队8月17日在英国《自然·通讯》期刊发表一项研究报告说,他们使用金属基催化剂将常见的聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)塑料转化为有较高价值的化学物质和氢燃料,有助于对这类塑料废弃物的高效升级回收。

PET塑料在包装领域有广泛应用,如用于饮料瓶等。随着许多地方的塑料废弃物与日俱增,相关生态系统被严重破坏。消除塑料垃圾的一个有效方法是将其转化成有较高价值的产品,称为“升级回收”,然而现有的升级回收技术并不理想。

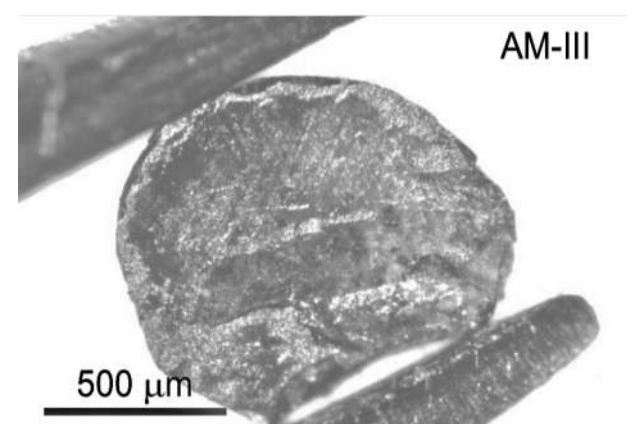
在这项研究中,来自清华大学等机构的团队使用镍基和钴基催化剂,在室温下促进PET转化为价值更高的产品。据研究报告介绍,经过电解和产物分离,团队将固体塑料转化为具有商业价值的固体化学物质(例如动物饲料中常添加的二甲酸钾)以及氢燃料。

团队评估了这一过程的经济可行性,估计升级回收1吨塑料垃圾的净收入约为350美元。他们认为,相关升级回收技术在减少塑料垃圾方面具有较好潜力。

## 图说生物

### 真硬核

### AM-III可划伤钻石



记者从国家重点实验室之一的燕山大学亚稳材料制备技术与科学实验室获悉,新型非晶材料(AM-III)近日在该实验室成功合成。非晶材料也叫玻璃态材料,是一大类刚性固体,人们生活中常见的玻璃即是一种典型的非晶材料。据专家介绍,AM-III密度与金刚石相当,维氏硬度HV高达113GPa,可划伤单晶金刚石。图为新型材料AM-III(资料照片)。

新华社发(燕山大学亚稳材料制备技术与科学国家重点实验室供图)

## 氧化锆纳米粉:5G手机“背后”的新材料

◎本报记者 张景阳 通讯员 李宝乐

随着5G技术的到来,智能手机也在悄悄地更换着自己的“装备”。

5G通信采用3千兆赫(GHz)以上的频谱,其毫米波的波长很短,如果5G手机使用金属背板,就会严重干扰或屏蔽信号。因此,具有无信号屏蔽、硬度高、观感强及接近金属材料优越性能等特点的陶瓷材料逐渐成为手机企业进军5G时代的重要选择。内蒙古科技大学教授包金小告诉记者,作为重要的无机非金属材料,新型陶瓷材料已经成为智能手机背板材料的不二选择。

### 5G时代手机背板亟须升级

内蒙古晶陶铝业有限公司(以下简称晶陶铝业)总经理王思凯告诉记者,据全球知名调研机构Counterpoint公布的数据,2020年全球智能手机出货量13.31亿部,随着应用于手机背板的氧化锆陶瓷需求量的水涨船高,其研发制备技术也开始备受关注。

作为技术含量极高的新型陶瓷材料,氧化锆陶瓷材料可以胜任金属材料、高分子材料和绝大部分其他陶瓷材料难以胜任的严酷工作环境。作为结构件,氧化锆陶瓷制品在能源、航空航天、机械、汽车、医疗等多个行业得以应用,全球年消费量在8万吨以上。

随着5G时代的到来,陶瓷器件制作手机背板显示出更大的技术优势,氧化锆陶瓷因此拥