



屠海令,中国工程院院士。长期从事电子材料研究与工程化,现任中国科协常委,中国有色金属学会副理事长,中国稀土学会副理事长,中国材料研究学会副理事长。

## 卷首语 Foreword

科技导报 2014, 32(34)

# 发展先进材料 迎接科技革命

纵观历史,以材料划分年代是一大特色,如石器、青铜器、铁器时代等,这足以说明人类文明与材料的关系。今天,我们周围的物质世界发生了天翻地覆的变化,最新颖的智能手机、最新型的平板电脑、最时尚的可穿戴电子器件都充满了时代感。然而,无论是谷歌眼镜、阿特拉斯机器人、synapse芯片、人造树叶、远程医疗,还是阿科桑底生态城、特斯拉电动车、和谐号高铁、神州号飞船都离不开先进材料。先进材料科学与工程正在改变当今世界和我们的生活。

一般来说,新出现的具有优异性能或特殊功能的材料和传统材料改进后性能明显提高或产生新的功能均可称为先进材料,主要包括新型功能材料、高性能结构材料和先进复合材料等。先进材料可以导致颠覆性技术的出现,从而推进产业变革。白光LED的出现,开辟了照明的新纪元。液晶屏替代阴极摄像管,曾带来了显示革命;现在 OLED、打印显示、激光显示又开始崛起,可谓一代材料、一代器件、一代整机。

近十几年,先进材料研究成果密集涌现,有人断言 21 世纪将是材料革命的时代。特别是金融危机以来,各国政府纷纷加大财政投入:美国 2011 年启动的先进制造伙伴关系计划中设置了材料基因组计划,2013 年欧盟石墨烯旗舰项目列支了 10 亿欧元的巨额经费,德国、日本也在其国家高技术计划中安排了先进材料的研发内容。不难看出,先进材料是其他战略新兴产业的基础,采用先进材料已成为未来技术和新兴产业的标志和特征之一。

1) 先进材料发展呈现出结构功能一体化、材料器件一体化、纳米化、复合化的特点。其作用在高马赫数飞行器、微纳机电系统、新医药、高级化妆品和新能源电池方面发挥得淋漓尽致。

2) 先进材料在行业科技进步中举足轻重。例如,高性能特殊钢和高温合金是高铁轮对和飞机发动机最好的选择,超高强铝合金是大飞机框架的关键结构材料,高强高韧耐腐蚀钛合金则是蛟龙号壳体及海洋工程不可或缺的材料。

3) 先进材料联用或与其他学科、领域的深度融合成为其发展的另一特点。高 k 和更高 k 材料与新型金属栅结合引领集成电路顺利走向 45 nm 及以下技术节点。钙钛矿材料和有机材料联用催生了有前景的新型太阳电池。智能材料与 3D 打印结合形成 4D 打印技术。有机复合材料、生物活性材料与临床医学结合分别产生和发展了“电子皮肤”和组织再生工程。碳纤维及复合材料已用于航空航天和先进交通工具。化合物半导体材料使太赫兹技术在环境监测、医疗、反恐方面得以应用。超材料以微结构和先进材料结合,在电磁波和光学领域获得引人注目的成果。柔性电子学材料、新能源材料、生物医用材料的市场前景广阔。

4) 先进材料与物质科学发展相辅相成。自旋电子学材料、铁基及新型超导材料的研究方兴未艾。阻变、相变及磁存储材料将改变传统的半导体存储器。纳米单晶结构探索出一条合成超硬材料的新路径。富勒烯、碳纳米管开辟了碳基材料的发展前景;石墨烯剥离成功,引发了二硫化钼、单层锡、黑磷、硅烯、锗烯等二维材料的研究热潮。

5) 高通量计算、高通量合成与表征以及大型数据库加速了材料设计、性能预测和制备工艺模拟,大幅缩短了研发周期,降低了生产成本,为先进材料研发和产业化提供了变革性的新方式。低镁高温合金和新型锂离子电池电极材料就是很好的实例。最近,在拓扑绝缘体材料中,计算预测的量子反常霍尔现象已被实验证实。此外,具有超导电能力的砷化镓材料也是理论计算在前,实验在后。

6) 先进材料研究成果正快速产业化并不断降低成本。据市场预测,直径 450 mm 硅片将用于 14 nm 及以下技术节点的集成电路,可继续降低成本,使新技术和新产品以最短的时间、最合理的价格普惠大众。

7) 先进材料的研发与生产还必须考虑节能环保与可再生,并进行全生命周期评价。诸如有毒材料的替代,中重稀土的减量使用,膜材料用于海水淡化,建筑节能材料的应用,生物基材料的研发以及“短小轻薄”理念付诸实践等。同时,低碳及环境友好的制备技术也得到了快速发展,如共轭微孔高分子材料捕获二氧化碳并将其催化为环碳酸酯。

8) 先进材料发展要注重军民融合,鼓励开拓军民转民产品市场。宽禁带碳化硅、氮化镓基的下一代射频高效大功率器件即有潜力的军民融合的高端电子产品。

9) 先进材料制备的新方法、新工艺、新装备至关重要,必须协调发展。

先进材料也是我国“工业强基”的四大支柱之一;发展先进制造业,实现“中国制造 2025”急需大量先进材料。近年来,我国先进材料研发水平不断提高,产业发展迅猛;但核心竞争力不强,部分高端产品仍受制于人。今后,关键先进材料的研发、工程化与产业化将是我国研究单位、大学、企业、政府和市场关注和着力的重点。

展望未来,先进材料的研发会涉及纳米尺度、飞秒时间、量子力学原理,并将呈现多学科交叉融合的特点,宜采用自上而下和自下而上相结合的技术路线。此外,还需要进一步加强理论计算与数据挖掘,加强问题导向与市场导向,加强创新驱动,加强与重大工程和新兴产业的结合,促进先进材料的工程化、产业化向更高层次、更科学化、更综合化、更系统化的方向发展。可以预见,先进材料的群体性出现以及众多颠覆性技术的应运而生,将成为新一轮科技革命和产业变革最明亮的曙光。

(北京有色金属研究总院,北京 100088)

(责任编辑 李娜)