



屠海令,北京市人,半导体材料专家,中国工程院院士。现任北京有色金属研究总院名誉院长、中国有色金属工业协会特邀副会长、中国半导体行业协会副理事长。主要研究方向为硅、化合物半导体、稀土半导体晶体生长,硅基半导体材料制备,半导体材料与器件性能关系,纳米半导体材料和高k材料等。

## 卷首语 Foreword

科技导报 2017, 35(23)

# 加强宽禁带半导体材料的研发与应用

宽禁带(一般指禁带宽度 $>2.3$  eV)半导体材料的研发与应用方兴未艾,正在掀起新一轮的热潮;其中碳化硅(SiC)和氮化镓(GaN)以高效的光电转化能力、优良的高频功率特性、高温性能稳定和低成本等优势,成为支撑信息、能源、交通、先进制造、国防等领域发展的重点新材料。

回顾历史,20世纪50年代中期出现SiC晶体生长的第1个专利。2007年美国Cree公司成功制备直径100 mm的SiC零微管衬底,而后推出二极管产品并在技术和应用层面取得了长足进展。GaN也是跨世纪期间方有较快发展,1993年GaN外延蓝光二极管研制成功,1996年白光LED诞生并迅速产业化;中村修二、赤崎勇、天野浩3人因“发明高效GaN基蓝光发光二极管,带来明亮而节能的白色光源的贡献”,获得2014年度诺贝尔物理学奖。

近年来, SiC、GaN射频电路和电力电子器件显现出重要的军事应用和良好的市场前景,发达国家纷纷将其列入国家战略,投入巨资支持。2014年初,美国宣布成立“下一代电力电子器件国家制造创新中心”,欧洲启动了“LAST POWER”产学研项目,日本则设立了“下一代功率半导体封装技术开发联盟”。美国计划在未来5年内,加速民用SiC、GaN电力电子器件的研发和产业化,预计节能效果大约相当于900万家庭用电总量。当前,中国发展宽禁带半导体具有良好的机遇和合适的环境。从消费类电子设备、新型半导体照明、新能源汽车、风力发电、航空发动机、新一代移动通信、智能电网、高速轨道交通、大数据中心,到导弹、卫星及电子对抗系统,均对高性能SiC和GaN器件有着极大的期待和需求。因此无论从国防安全出发还是以经济发展的视角,宽禁带半导体材料的发展空间都很大,市场前景也很好。发展宽禁带半导体材料需要关注以下几点。

1) 宽禁带半导体材料及应用具有学科交叉性强、应用领域广、产业关联性大等特点,需要做好顶层设计,进行统筹安排。中国在SiC、GaN半导体材料的基础研究、应用研究、产业化方面布局基本合理恰当,各计划之间注意了协同配合,相信在这次国际发展的浪潮中将会有令人鼓舞的进展。SiC、GaN于发光领域的进展此处不再赘述,现当务之急是加速SiC、GaN电力电子器件的研发,拓展在民用领域的应用,抢占下一代功率电子产业的广阔市场,推动新一代信息技术、新能源产业和中国制造2025的快速发展。

2) 宽禁带半导体材料是机遇与挑战并存的领域。当前,国内SiC和GaN的研究与应用仍存在诸多问题,如衬底材料的完整性、外延层及欧姆接触的质量、工艺稳定性、器件可靠性以及成本控制等;其产业化的难度比外界想象的还要大。发展宽禁带半导体,一方面要依靠自主研发,实现技术突破,满足国防军工对HEMT、MMIC等器件和电路的需求,并随时将成熟技术通过军民融合向民用领域转移拓展。另一方面要充分发挥产学研用相结合的作用,开展以需求为导向,以市场为目标的研究与开发,做到克服瓶颈、解决难题、进入市场、用于实际。此外,加强宽禁带半导体材料研发及应用,急需引进和培养人才双管齐下,遴选领军人才、充实技术骨干、加快队伍建设。

3) 宽禁带半导体应用研究和产业化是中国的短板。因此需要设计、工艺、材料、可靠性、成品率、性价比全面满足各类应用系统的要求;同时要注重设备仪器、检验标准、税收政策、金融环境等全产业链和产业环境的建设,强化多方配合与协同发展。尤其要支持企业牵头的研发和产业化工作;SiC和GaN民用领域广泛,会出现众多中小型科技企业,政府应出台政策、予以鼓励。

4) 宽禁带半导体是未来高科技发展的重要方向之一,新一代信息产品市场将是宽禁带半导体SiC、GaN发展的关键驱动力。2015年, TriQuint和RFMD两家公司合并成立Qorvo公司的目的之一,就是为了争夺未来5G移动产品和下一代无线网络和光网络的市场。由先进的SiC和GaN半导体技术带动的市场空间将是巨大的,其社会效益也会相当可观。目前,国际民用电力电子器件产业化发展仅处于起步阶段,尚未形成巨大的实际市场。如果集中力量协同创新,有可能在相关领域获得比较优势进而占据领先地位。

5) SiC、GaN材料适合制作高温、高频、抗辐射及大功率器件,能有效提高系统的效率,对发展“大智物移云”具有重要作用。SiC和GaN器件不会取代硅集成电路。2000年度诺贝尔物理学奖获得者阿尔费罗夫即认为:“化合物半导体并非要取代硅,但它能做硅半导体做不到的事情”。未来, SiC、GaN和硅将在不同的应用领域发挥各自的作用、占据各自的市场份额。即便是电力电子器件,宽禁带半导体材料也不可能完全替代硅,缘于应用和市场还会细分,同时也要权衡材料与器件的成本和性价比。因此,发展SiC、GaN材料与器件应避免热炒概念、一哄而起、盲目投资、互挖人才、低水平重复建设。

最近,更宽禁带半导体材料氮化铝(AlN)、氧化镓( $Ga_2O_3$ )特别是金刚石的研发有了令人可喜的进展,国内多个大学和研究单位均研制出较大尺寸的金刚石薄膜及体材料,并得到初步应用的结果。展望未来,进一步加强宽禁带半导体研发与产业化,对军事国防安全和战略新兴产业发展将具有举足轻重的作用。相信我们有能力抢占宽禁带半导体材料及应用的战略制高点,为实现世界科技强国的宏伟目标奠定坚实的基础。

(北京有色金属研究总院,北京 100088)