

# 天科合达走出碳化硅自主创新路

■本报记者 原诗萌

作为新兴的战略先导产业,碳化硅是制造高温、高频、大功率半导体器件的理想衬底材料,也是发展第三代半导体产业的关键基础材料。

法国咨询机构 Yole 公司的报告显示,2012 年到 2015 年,全球碳化硅市场年均增长率将不低于 30%,2015 年后全球市场将会出现爆发式增长。

北京天科合达蓝光半导体有限公司作为国内首家同时也是规模最大的碳化硅单晶产品的制造及供应商,拥有近 300 家客户。《中国科学报》记者日前在采访中发现,2006 年公司成立以来,面对碳化硅制备过程中的诸多技术难题以及国外的技术封锁,天科合达不仅通过自身努力缩小了与国外的技术差距,还走出了一条值得借鉴的自主创新和产业化之路。

## 应用前景广阔

在半导体材料领域,一般将硅、锗等材料称为第一代半导体材料,将砷化镓、磷化铟等材料称为第二代半导体材料,而以碳化硅为代表的宽禁带半导体材料则被称为第三代半导体材料。

如今,碳化硅已成为全球半导体产业的前沿和制高点,拥有广阔的应用前景。

首先是高亮度发光二极管(LED)。中科院物理所研究员、天科合达技术发明人陈小龙告诉《中国科学报》记者,由于碳化硅的热导率高、晶格匹配性好,因此适用于制备大功率、高亮度的 LED。

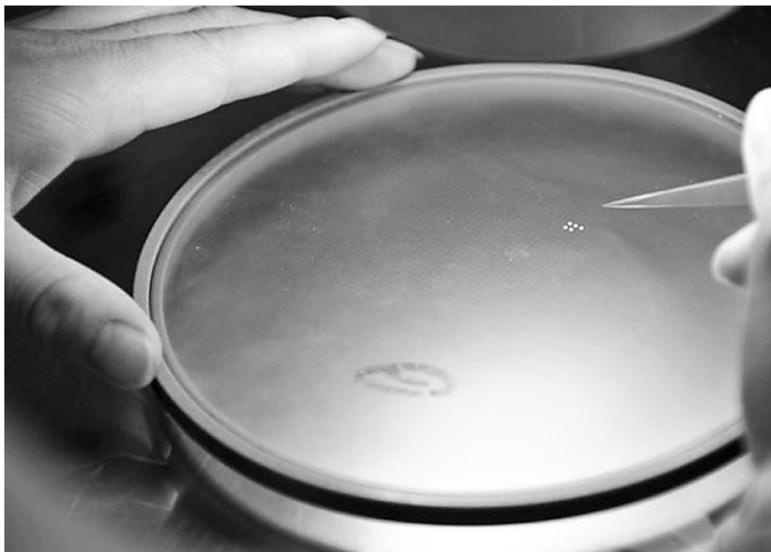
据陈小龙介绍,目前市场上蓝宝石基的 LED 发光效率可以达到 120 流明/瓦,而使用碳化硅的 LED 则能得到 200 流明/瓦,正处于实验室研发阶段的碳化硅基产品则已经达到 300 流明/瓦。这种大功率、高亮度的 LED,在汽车前大灯、道路照明等领域均有重要的应用价值。

这一点从碳化硅行业的龙头企业——美国科锐(Cree)公司的收入上可见一斑。2013 年,科锐公司 LED 产品的营收为 8 亿美元,产品毛利为 3.45 亿美元,毛利高达 43%。

除了高亮度 LED,碳化硅还是制造电力电子器件的理想材料。陈小龙告诉记者,碳化硅具有耐高压、耐高温和节能等特点。同时,使用碳化硅的电力电子器件,体积可以做得非常小。因此,在新能源汽车、太阳能发电、机车牵引以及大功率输电等领域,都将发挥重要作用。

据陈小龙介绍,碳化硅还是射频微波器件的理想衬底材料,可以提高雷达、通信、电子对抗以及智能武器等的整体性能和可靠性。此外,碳化硅还可以用于制作人工宝石,而通过碳化硅外延生长制备石墨烯的技术也吸引了不少研究者的注意。

据预测,到 2019 年,全球碳化硅单晶炉数量将超过 3000 台,碳化硅衬底产量将超过



碳化硅已成为全球半导体产业的前沿和制高点。

200 万片,市场规模将达到 20 亿美元,外延材料市场规模约 10 亿美元。同时,碳化硅的发展还将带动上游单晶设备、外延设备产业和下游的器件以及模块等相关产业发展,规模将达数百亿美元。

## 与国外差距日益缩小

和很多高新技术类似,我国碳化硅晶体的发展,也同样是一个追赶国际先进水平的过程。

据了解,早在 1991 年,科锐公司就推出了碳化硅晶片产品,而我国的碳化硅晶体研究则从上世纪 90 年代末才刚刚起步。不过,在国内研究人员的努力之下,我国与国外的技术差距正在被逐渐缩小。

2011 年,科锐公司发布了 6 英寸碳化硅晶体,并开始小批量销售。而国内天科合达的 4 英寸碳化硅晶体 2011 年已经准备进入量产阶段,并从 2013 年开始进行 6 英寸碳化硅晶体的研发工作。

陈小龙告诉记者,我国与国外的技术差距正在缩短。一路行来,陈小龙和他的团队经历了一系列的艰难险阻。

陈小龙坦言,1999 年刚开始搞碳化硅晶体研究的时候,由于国外对技术严格保密,陈小龙和他的团队只能从基本原理做起,很多基础的实验和基本规律,都是自己一点一点摸索出来的。

到了 2006 年,在经过 7 年的辛苦打拼后,

陈小龙团队终于看到了产业化的曙光。不过,在产业化进程中,同样遭遇了诸多挑战。

陈小龙告诉记者,碳化硅从 2 英寸、4 英寸到 6 英寸的发展过程中,扩晶技术非常关键。而且,晶体的尺寸变大以后,温场发生很大的变化,因此带来一系列的问题,如相变等,需要投入大量的人力、物力去克服。碳化硅特有的微管等缺陷,对于材料和器件性能具有致命影响,其形成机制需要细致、深入的研究。

其次,加工的碳化硅晶片厚度只有约 0.4 毫米,因此,在晶片直径增加以后,还需要克服晶片变形的问题。

此外,碳化硅晶片要求表面非常平整,粗糙度在 0.3 纳米以下。这些都对碳化硅的制备形成了挑战。

如今,经过不懈努力,天科合达已经建成了碳化硅生长的生产线以及加工、检测、清洗、封装的生产线。在碳化硅研发和产业化过程中,天科合达还申请了近 30 项发明专利,包括 3 个 PCT 国际专利,其中已经授权发明专利接近 20 项。

## 产业化经验

据陈小龙介绍,目前天科合达正计划引入新的投资,在北京建立晶体生产基地,并尽快实现 6 英寸碳化硅晶体的规模化生产。

对于天科合达这些年走过的自主创新和产业化的道路,陈小龙颇有一番感慨。

“很多人不理解,说搞产业化,有必要如此重视基础研究吗?在我看来,产业化阶段的技术水平,恰恰是基础研究阶段积累的体现。”

“首先感谢国家的支持。”陈小龙说,“我们最初的基础研究得到了国家自然科学基金委的支持,产业化过程中又得到了科技部、国家发展改革委、中科院、北京市和新疆生产建设兵团等的支持。可以说,没有国家的支持,我们不会有今天的成就。”

如今,天科合达已经是国内最大的碳化硅单晶产品的制造商及供应商,拥有近 300 家客户,并带动了国内碳化硅半导体行业的发展,我国已初步形成了晶体、外延和器件的产业链。在陈小龙看来,天科合达能够取得这样的发展,还得得益于对基础研究的充分重视。

“很多人不理解,说搞产业化,有必要如此重视基础研究吗?在我看来,产业化阶段的技术水平,恰恰是基础研究阶段积累的体现。”陈小龙说。

此外,在陈小龙看来,产学研的实质性合作,也是推动碳化硅产业化的重要因素。

陈小龙告诉记者,这种产学研的实质性合作主要得益于两个方面。一个是高的反馈效率。“实验室的基础研究取得进展后,马上把得到的新认识、新规律应用到中试生产线,得到反馈后,又立即反馈到实验室这边。这种产学研的密切结合,有助于加快产业化的进程。”陈小龙说。

体制和机制的突破同样重要。“研究所和投资方按照股份制的形式成立了独立的公司。研究所和股东大力支持,物理所与天科合达联合设立了研发中心,并共同承担科研项目,这使得产学研的结合更为紧密。”陈小龙说。

## 行业扫描

### 国家发展改革委拟设立 千亿级交通产业投资基金

有消息称,为破解交通产业投融资难题,目前国家发展改革委正研究设立交通产业投资基金。该基金是具有引导基金性质的政府性基金,吸引社会资本参与,总规模将达千亿级。

据介绍,该基金主要定位为公益性质的交通基础设施建设项目提供股权投资支持,基金的支持重点包括中西部大型交通基础设施建设和发展,支持城市群和城市发展的以轨道交通为主的交通运输体系以及高端化的交通投资发展等,具体投资于收费公路、机场、港口、城际轨道交通等投资规模适中、风险可控,并且投资回报确定的项目。

关于基金的收益获取与分配,在发展初期,交通产业投资基金主要通过直接投资方式来投资交通设施资产,按照公私合营模式参与项目,可按事先约定的方式获得收益。

当前我国交通产业投融资方面存在诸多问题。随着交通产业专项资金增速放缓,政府性资金与交通产业发展资金需求之间的缺口日益增大,并且可直接从市场获得的融资支持也将下降,资金缺口问题会更突出。

据相关研究部门测算,到 2020 年中国交通投资总规模 26 万亿元,年均资金需求约为 3.7 万亿元;资金总缺口 20 万亿元,年均资金缺口近 3 万亿元。

今后中国局部交通领域的债务可能会集中爆发,因此交通产业的投融资方式亟须创新。目前我国交通设施的融资模式主要依靠预算内资金、专项资金、社保基金等战略投资者、国债、银行贷款、部分收费资金,实际上形成了以平台债为主体、专项资金为辅的融资体系。

(贺春禄整理)



图片来源: http://www.nipic.com

### 河北钢铁集团: 研发费用逆市增长

本报讯(记者高长安 通讯员魏清源)日前,2014 年河北省钢铁产业技术升级项目确定,河北钢铁集团有 11 个项目获准,将获得河北省 1000 万元专项资金资助。

在钢铁行业的严峻形势下,河北钢铁集团加快科技创新驱动转型升级步伐,投入的技术研发费用大幅度增加。有数据显示,实施钢铁产业技术升级专项前的 2010 年,河北钢铁集团技术研发费为 15 亿元;实施钢铁产业技术升级专项后,年平均增加 8 亿至 11 亿元。技术研发费用的逆市增长,换来了新产品开发、新技术研究与应用工作的显著提升。迄今为止,河北钢铁集团获批 34 个钢铁产业技术升级项目,已经完成 12 个。其中,“新型无头轧制关键技术及试验连接装置的研究”“低变质程度煤制备无灰煤的装备技术与工艺的中试研究”两项技术填补了国内空白,年申请专利数超过 400 件。4.0 毫米厚度热镀锌板 SGH340 荣获 2013 年国家重点新产品,年新增高附加值新产品 220 万吨,年均创效 2 亿元。

据介绍,今年这 11 个钢铁产业技术升级项目涉及重大新产品开发、关键技术与装备研究及应用和绿色生产技术研究与应用三大类。河北钢铁集团将充分利用专项资金,另投入配置资金及自筹资金 2.2 亿元,促进企业的产品结构调整,实现节能减排。如“高效低成本洁净钢生产技术研究与应用”,将重点实施转炉双渣渣冶炼技术、高效挡渣技术等新工艺技术的应用,优化完善高效低成本洁净钢平台的建设。“真空碳脱氧脱硫废液预处理技术的研究与应用”,拟研发脱硫废液的解毒预处理技术等,高效去除废液中难以去除的硫化物和氟化物,具有重大的环境效益。



图片来源: http://www.nipic.com

## 简讯

### 英特尔与瑞芯微电子 达成战略合作协议

本报讯 英特尔公司 5 月 27 日宣布与瑞芯微电子有限公司达成一项战略合作协议,双方将面向全球入门级安卓平板电脑,推出基于英特尔架构和通信技术的解决方案。该合作将提升上市产品数量,并提升上市速度。

根据协议条款,两家公司将合作推出英特尔品牌的移动系统芯片(SoC)平台。新推出的四核平台将基于英特尔凌动处理器内核,并集成英特尔 3G 调制解调器技术。

全新的英特尔四核 SoFIA 3G 产品预计在 2015 年上半年上市。这款针对入门级和高性价比 Android 移动设备设计的新产品,扩展了英特尔集成移动系统芯片平台的 SoFIA 产品家族。这款产品主要面向入门级和高性价比平板电脑。

基于双方的战略合作协议,英特尔架构和领先通信解决方案所带来的高性能和灵活性,也有助于扩展瑞芯微电子的产品组合。(原诗萌)

### 西门子安全集成解决方案 提升用户安全水平

本报讯 日前,西门子工业业务领域工业自动化集团控制产品与系统工程业务部(以下简称 CE)向媒体介绍了基于 CE 产品的小型安全集成解决方案,重点介绍了该解决方案中去年新加入的,荣获德国汉诺威 2013iF 产品设计论坛大奖的 Sirius 3SK1 安全继电器。

目前,每年有数百万人死于工作中的事故和职业病,全球 4% 的国内生产总值(GDP)被消耗于事故和职业病处理,因此机器安全的重要性显得日益突出。

西门子的小型安全集成解决方案将检测装置、评估单元、执行装置中的安全产品有机地结合在一起,达到保护人员、机器和环境的目的。安全集成帮助机器生产商将标准自动化控制系统与安全设备完美结合,在保证安全的同时,提高生产效率、降低成本、增强灵活性。

Sirius 3SK1 安全继电器凭借其创新的、超薄的外观设计赢得了国际公认的汉诺威国际设计论坛的 2013iF 产品设计大奖。2014 年还获得德国 GIT 安全大奖。(陈欢欢)

## 观察

发展航空母舰是一个国家综合实力的体现,是各个国家高端装备制造业、尖端材料等工业实力的竞争,是海军强国的必由之路。航母用高强度大宽厚板是建造航母的关键,而我国航母用大单重高强度大宽厚板还是目前建造航母的瓶颈。

# 加快突破建造航母的瓶颈

■向大林 姜洋

我国有 1.8 万多公里海岸线、300 多万平方公里的海洋国土,有一半海洋国土与周边国家处于争议中。

联合国安理会五大常任理事国中,美国拥有现役核动力航母 11 艘,占全球航母半数以上;俄罗斯竭力保留了 1 艘满载排水量 6.75 万吨的大型航母;英国计划建造 2 艘“伊丽莎白女王”级新一代航母;“戴高乐”号核动力航母仍是法国海空称雄之本。拥有航母的 4 个常任理事国,无一不在竭力保持和加强自己的“航母大国”地位。

发展航空母舰是一个国家综合实力的体现,是各个国家高端装备制造业、尖端材料等工业实力的竞争,是海军强国的必由之路。航母用高强度大宽厚板是建造航母的关键,而我国航母用大单重高强度大宽厚板还是目前建造航母的瓶颈。

## 航母用钢板是重要的战略物资

航母要面对来自空中、海面、海下、陆地、电磁、海浪、侵蚀等诸多因素的威胁和干扰。航母用钢板要承受舰载机起降的沉重强大的冲击和高摩擦力,还要承受喷气式飞机高达几千度的火焰烧蚀,应具有高强度比、高韧性、抗氧化、耐高温、不变形以及抗低温性能。为防止被磁性水雷攻击及磁力探测发现,还应无磁,要能抵御海水腐蚀以及有足够的防弹能力以防止鱼雷与潜艇导弹的轰击等。因此,航母建造所使用的钢板要求很高,生产难度很大。

至今,全世界仅 4 个国家生产的钢板能用于航母制造,都被视作重要的战略物资,不予出口。建造一艘 7.5 万吨级的大型航空母舰,需用各种特殊品种的大宽厚钢板 4 万多吨,其中,

飞行甲板需钢板约 8000 吨。

大型航空母舰需要的钢板品种规格繁多,一般可分为船体板、装甲板及结构板三大类。

其中,航母用钢板要求最高的是结构用钢板。结构板主要用于飞机跑道(飞行甲板)、隔舱及船体结构等,尤其是飞行甲板,要求极高。首先,要求飞行甲板能够承受重达 20~30 吨的舰载机起飞和降落过程中的强烈冲击和高摩擦力。其次,还要承受喷气式飞机高达几千度的火舌的烘烤。还有,飞行甲板的厚度不能太厚,一般是 40~50 毫米,且要求不平整在 5 毫米/米以下,否则会影响飞机升降的质量。特别是,拼焊飞行甲板的钢板板面要越大越好,以尽量减少焊缝增加强度。钢板厚度要较小,以减轻船体重量,增加航速,降低重心,更加平稳,还要有足够的防弹能力。

各个国家建设特宽厚钢板轧机的一个主要目的,都是为了供应大军舰用板,尤其是供应航母。以美国“尼米兹”级航母为例,其飞行甲板面积达 1.82 万平方米,相当于 3 个足球场,主要由 50 毫米厚的 HSLA-80 钢板组成。

## 期待迎头赶上

生产航母用大面积高强度钢板的 5 米轧机我国已有好几条生产线,还拥有“世界轧机之王”的 5.5 米特宽厚板轧机。但是,因缺乏高品质的大单重板坯,和当初第三代核电主管道制造一样,是无米之炊。

在我国,采用电渣炉已达成共识,特别是生产 40 吨以上甚至重达百吨的航母用高强度板坯,电渣技术优势明显。中国在世界上首开电渣重熔大型化先河,并一直领先:上世纪中叶,很多国家包括一些工业发达国家刚刚开始

起步研究电渣重熔技术,世界电渣炉的容量还仅仅在几吨范围的 1965 年,我国就已建成了 100 吨的电渣炉。

1981 年,我国创建了世界上最大的 200 吨级电渣炉,到 1984 年底完成了秦山核电站核岛大锻件所需大锻件的生产任务。可以说,没有中国原创的 200 吨级大电渣技术,就没有中国核电的起步。

保证巨型坯料的高品质一直是现代冶金技术的难题,也是衡量一个国家基础工业发展水平的重要标志之一。作为中国的自主原创技术,200 吨级电渣炉曾在第九届国际真空冶金会议上获奖。在我国的工业现代化发展过程中,由中国人独创,从研究开发到付诸工业生产应用并达到世界领先地位,在国际上获奖的重大项目还不多。

2012 年 8 月投产的 130 吨电渣炉具有年产 8 套第三代核电主管道、堆内构件、超超临界转子用重电渣锭以及单重 50~100 吨航母用大宽厚高强度板坯 6000 吨的能力。最近,该 130 吨电渣炉成套生产了第三代核电 AP1000 和 CAP1400 主管道用超低碳控氮不锈钢电渣锭各 1 套,最大锭重 120 吨。用于广东陆丰 1 号机组和国家科技重大专项、我国第三代核电技术自主创新的标志性工程山东荣成 1 号机组。

我国单重 50 吨以上的大宽厚高强度电渣板坯攻关旷日持久,迟迟未果,而有些国内企业已经具备生产能力。为加快航母用单重 50~100 吨大宽厚高强度电渣板坯的生产试制,希望在国家的引导下,利用各方面的力量,共同实现我们的海军强国梦。

(向大林:浙江电渣核材有限公司副董事长、总工程师;姜洋:常务副总经理)