

搭时代发展东风 逐芯片强国之梦

■本报见习记者 郭爽 通讯员 张师

“如果用一句话来概括中芯国际和吴汉明十多年的来路,那就是——逐梦。从与国际同业相差十几年、六代产品技术的差距,到相差两三年、一至二代产品技术的差距,这是中芯国际人无数个不舍昼夜的追赶换来的成就。但这并不是终点,吴汉明和他背后的中芯国际也并未就此止步,因为他们心中有个属于他们的中国梦——芯片梦。”



中芯国际工作现场



人物简介

吴汉明,集成电路行业专家,现任中芯国际集成电路制造有限公司顾问,灿芯创微电子(北京)有限公司总裁。中科院力学研究所等离子体专业博士,美国加州大学伯克利分校集成电路等离子体工艺专业博士后,现兼任北京大学兼职教授,复旦大学和西安电子科技大学的客座教授,国家02重大科技专项总体专家组成员。

参加、主持了包括国家重大专项在内的我国连续七代集成电路芯片工艺技术研发。其中,130/90/65/40nm 四代技术成果转化累计产值50多亿美元,将我国芯片制造技术与世界先进水平差距从十多年缩小到三年以内。负责的课题成果先后两次获得国家科技进步奖二等奖(2008/2013)。国内外发表论文100余篇(有的成果被世界著名大学教科书采用),申请发明专利84项(有的在产业中得到应用并成为技术标准),国际专利30项。积极推动集成电路制造装备和材料的国产化进程,提升我国集成电路产业链的整体实力。为我国集成电路产业发展战略作出重要贡献。

意义非凡 中国芯即芯片梦

2000年,“芯片之父”张汝京到美国硅谷作演讲,他的“布道”成功地为中芯国际招来了一批拥趸,其中之一就是吴汉明。

据吴汉明回忆,当时中国的集成电路水平刚刚达到350纳米,而国际上已经达到130纳米,并且开始向90纳米进军。张汝京当时说,“中国集成电路一穷二白,还在低端上重复,你们应该为自己的国家做点事情。”

张汝京的一番话无疑成功地在吴汉明心中激起波澜:“当时我就觉得应该参加这样的团队。”——这只是吴汉明最后的决定,这个决定是在近两个月夜不能寐的辗转反侧之后作出的,为此付出的代价是放弃英特尔的工作,远离亲人和放弃美国永久居住权。

2000年,张汝京成功地从美国网罗到几百个集成电路人才。他们回到国内,在中芯国际的大旗下白手起家开始做中国自己的芯片,“天天

干到十一二点是很平常的事情。有一次,晚上9点回家想到健身房锻炼身体都觉得不好意思”。

不舍昼夜,是为了和时间赛跑。“我国当时的集成电路技术在350纳米,而国际上主流技术已经到了130纳米。我们从0.18微米(180纳米)切入,很快到跑到0.13微米,也就是130纳米,跟世界先进水平缩短到两到三年。做出来以后,再做90纳米……”吴汉明几句话,就跨越了几代技术、十几年的时间跨度。

成立至今,中芯国际已经成长为中国大陆规模最大、技术水准最高,世界排名第四的芯片代工企业。中芯国际作为中国集成电路产业的航母,肩负着将中国集成电路产业的技术水平发展到与国际相当的的重任,“中国梦对我们IC业内来说就是芯片梦”——吴汉明和中芯国际人深知自己所肩负的责任之重,因此,他们一直不倦地追逐在圆梦之路上。

披星戴月 追逐芯片强国梦

集成电路技术40多年来一直按照摩尔定律规律发展,即每隔18个月技术更新一代。每一代技术的更新可使芯片集成度提高1倍,电路性能提高40%。由于单个硅片的平均工艺成本上升有限,新一代技术在提高集成电路性能的同时,可使相同功能电路的生产成本降低了50%,因此,首先采用新技术的公司将拥有性能和成本两方面的竞争优势,这是推动集成电路技术持续发展的原动力。

吴汉明说:“芯片业是抢时间的行业,我喜欢做有研究性质的前沿技术,这也是必须抢时间的事情。”

吴汉明2000年加入中芯国际。2001年,吴汉明担任技术研发中心先进制程部总监,负责0.13微米中的核心工艺制程技术研发。当时国内的主流技术是铝互连,没有一家企业能做铜互连,“如果做不了铜互连,0.13微米以下的技术就做不了,就永远进不了纳米时代。当时很辛苦,经常一干就是凌晨两三点……”

功夫不负有心人,两年后,中芯国际率先在中国实现了铜互连。

“130纳米做出来后,跟世界先进水平的差距缩短到两到三年,再做90纳米。按照摩尔定律,两年跨一个技术带,我们到2005年和2006年开始做65纳米;65纳米做了两年后,开始做45、40纳米;2010年前后开始做32、28纳米,现在积极策划做22纳米。”

“这个产业不往前走就死掉,没有其他选项!”

一年又一年争分夺秒地追赶,一代接一代接力赛一样地跨越。在国家02重大专项的支持下,吴汉明和他的同仁瞄准国际顶尖技术水平,系统地分析了世界集成电路产业主流技术发展走势,确定了项目基本技术路线和实施方案,包括制订总体项目预算、工艺流程、设计规则和项目最终目标等。安排项目研发的总体进度并监督实施情况,以企业量产为目标,组织协调各个研究所和高校产学研部门的合作。

作为国家02重大专项(65-45-32纳米成套工艺)的项目主持人,为了使项目如期完成,吴汉明和他的技术团队可谓倾注了大量心血,一个技术代的突破,需要成百上千的技术参数的改变,需要几万次的实验,实验过程中还持续不断出现新的难点和问题。

他们参与并见证了中国集成电路产业的发展及历史轨迹。中芯国际的纳米技术也在他们的手中接连跨越6个技术代:130纳米、90纳米、65纳米、45纳米、32纳米、22纳米……我国集成电路芯片制造真正进入了纳米时代。

“技术上的困难很多。每跨越一代技术,通常

约1/4的技术是以前没有做过的,而前面做过的成熟技术也需要在新的工艺条件中重新改良(know-how)。这些东西是买不到的,只有自己去摸索。我们做65纳米,总共做了三万多片实验才把它开发出来,仅成本就有十几亿元。最大的挑战是新的镍化硅材料进来以后卡住了,项目有两个多月没有进展。最后在无数次反复试验下,我们才发现是预清洗方法不对,工艺参数没调好。”就这样,65纳米在完全独立自主研发下,几百个人用了近四年完成。

“第二个困难便是研究经费。每一代新的技术的研发引入新的材料进来,研发成本就会增加50%,这1/4的新技术就需要一批新设备来实现,而一台设备几亿元人民币,投入很大。中芯国际每年已经投入两三亿美元来做研发,但要赶上国际领先水平还是不够。行业技术往前走,需要技术和资金的及时跟进,如果你今天不做,明天就会更辛苦。近年来国家重大专项对我们给予了持续的大力支持,对中芯国际的成长也起了一个非常重要的作用。”

吴汉明说,要想在集成电路领域超越世界先进水平,就像体操全能,仅一两个参数超越不能算超越,只有几百个参数拿出来,都是世界先进水平,这才是超越。“我们所说的超越是整体的。我们有些研究报道,某一个参数达到世界先进水平,做科研可以认为是成果,我们做产业却不可以只看单一参数。从事产业技术研发要更加务实才好。”

为了实现在集成电路上的“体操全能”,十几年来中芯国际将人才工作作为企业的重中之重,以平台和技术优势,用先进科学的管理理念和激励措施,吸引和培养了一批优秀的集成电路专业人才。

目前中芯国际拥有国内最先进的集成电路工艺技术研发中心,有研发人员近800名,其中博士40人,硕士250人。公司从海外引进了近600名高端人才,旨在建设具有国际化管理理念和技术水平的团队,形成人才的集聚效应,同时大力培养本土人才,工程师本土化程度已达



吴汉明在发言。



北京市科委原党组书记杨伟光(左二)一行赴中芯国际调研。

95%以上。

为了建立以企业为主体、市场为导向、产学研结合的技术创新体系,中芯国际在北京建立了“中芯国际产学研联合实验室”。最近,中芯国际在上海成立了“集成电路先导技术研究院”开展20~14纳米的芯片制造技术研发,主要功能为“建立以企业为主体、市场为导向、产学研结合的技术创新平台”。

“中芯国际有一个很好的领导班子,有一支世界级的研发团队,有富于奉献精神的员工,在中国巨大市场的支撑下,没有理由走不下去。我们用14年走了6代技术,都是成功的,这就相当于一支红军团的精神和传统,人员可以更换,传统精神永恒。我们有着锐意创新、赶超先进的优良传统,已经积累了宝贵的经验,再加上近两年越来越大的政策扶持力度,有了国家从设计制造、设备、材料等整个产业链上对我国集成电路产业的整体支撑,相信我们一定能够不负重托。”

这个团队肩负着中国集成电路产业最尖端技术向前发展的重任,肩负着国家政府以及产业的期望,他们正踌躇满志,向更为先进的技术节点进发,接受更大的技术挑战。



中芯国际园景

承上启下 奏响产业最强音

集成电路技术作为信息产业的基础和核心,是关系国民经济竞争命脉的关键技术,其技术水平已成为国际竞争焦点和衡量一个国家或地区综合实力的重要标志。

集成电路产业链上游为集成电路设计、晶圆制造、封装、测试,下游为电子产品制造。其中,集成电路设计是整个产业链的核心,为集成电路制造提供设计版图;晶圆制造、封装和测试则为集成电路设计提供加工服务。

集成电路为人们的生活带来了无穷益处,它不仅广泛应用于航空航天、人造卫星等高科技领域,还在日常生活中扮演着日益重要的角色:医学上的核磁共振仪,日常用的收音机、电视机、洗衣机、微波炉、电冰箱、电子表、手机等里面的核心控制设备都是集成电路,可以说无处不在。

进入电子信息时代,它的影响力日益突出。如今,集成电路产值已达到每年约3000亿美元的规模,可以拉动几万亿美元电子产业,其战略地位不言而喻。作为中国集成电路产业先锋的中芯国际,必然不会将如此巨大的市场拱手让人。

本着一步一个脚印,掌握核心技术,技术延伸一代,研发一代,成熟一代,产业化一代的宗旨,国际化企业的基因使得其科研成果转化率高达100%。中芯国际不仅实现了集成电路技术上的追赶,同时也将自己打造成中国集成电路的产业化航母。

在国家02科技重大专项的支持下,以吴汉明主持的国家科技进步奖二等奖“超大规模集成电路65-40纳米成套工艺研发与产业化”项目为例。

2008年,国际上领先的芯片代工企业开始采用65纳米量产技术,45纳米技术的研发工作开始启动。

集成电路技术进入65-40纳米技术节点后,呈现出一系列新的特点和发展趋势,如浸没式光刻技术、低K/Cu互连技术、光学近邻效应校正(OPC)等可制造性设计技术、新型超薄铜工艺、应变硅技术、Ni 基础化物自对准浅结技术,以及包括新物理效应和工艺因素的器件模型和可靠性评测技术等引入成为必需,技术研发难度和对创新的需求进一步加大。

面对国内外市场,2006年由中芯国际牵头,依托中芯国际研发团队和12英寸先进生产线并联合高校研究所,组织了近千人的产学研团队,投入了37亿元人民币,经过大量理论研究和3万多多次工艺实验,开发了数千步自主创新的工艺步骤,最后通过集成创新研发出国内领先、世界先进的65-40纳米产品大生产成套工艺。同时,开发了相应的设计65-40纳米的模型和IP库,建立了拥有自主知识产权的低功耗、通用和射频混合信号(RF)产品工艺平台,实现了世界IC代工先进主流技术65-40纳米的大规模生产。

其成果创新性程度为行业内罕见。他们申报了发明专利2000多项(已授权1000多项),软件著作权5项,在国际核心期刊和会议发表论文50余篇,并掌握了一系列技术细节秘密:65/55纳米成套工艺技术研究在国内大生产线上首次实现了应变硅、镍化硅、源漏组合注入等关键核心技术,集成度超过每平方厘米10亿个晶体管。

45/40纳米成套工艺技术研究在国内大生产线上首次实现了浸没式光刻、超低K介电质互连等技术,完全自主研发了氟离子退火技术,通过与高校研究所的产学研协同,建立了解析集成电路制造过程中的动态涨落特性。国内首次实现了可制造性设计(DFM)产业应用技术,研发了在大生产条件下提升产品良率提升等技术。同时,在高端产品的集成电路大生产线上首次验证并采用了国产关键工艺装备和国产材料。本项目技术创新成果众多且系统化,极大地提升了我国集成电路产业链的整体竞争力。

项目的技术创新,是在吸收国内多年的集成电路研究成果的基础上取得的持续创新,是在吸收国内外先进技术的基础上开展的集成创新,是在联合产学研用各界的力量取得的群体创新,是在面向应用和市场基础上取得的产业创新。65-40纳米超大规模集成电路成套工艺项目成果标志着我国集成电路制造技术成功进入纳米

时代,跻身于世界集成电路生产制造的先进主流行列。

基于项目45/40纳米工艺的研发成果,为解决45/40纳米产能不足的瓶颈,抓住市场机遇,同时为了更加先进的产能有发展空间,2012年5月15日,中芯国际北京公司启动了二期项目,确定投资72亿美元建设两条月产能各为3.5万片、技术水平为40~28纳米的12英寸集成电路生产线。时任北京市市委书记刘淇、市长郭金龙等领导出席签字仪式。2012年9月25日,中芯国际二期项目破土动工,举行奠基仪式,北京市市长王安顺等领导出席奠基仪式。

技术创新带来了产业发展的井喷效应:项目技术指标达到了国际行业标准,通过国际主流客户和国内顶尖客户的认证,并取得批量产品订单,表明技术指标达到IC代工先进主流水平。65-40纳米技术自量产以来,至2012年12月31日,累计销售IC产品42亿元人民币。

该研发成果跨越式地提升了我国IC产业技术水平,标志着我国集成电路制造产业跻身世界前沿。中芯国际65-40纳米生产线为国内集成电路装备制造和材料工艺验证提供大生产条件支持,这是我国集成电路产业内首次300毫米装备在大生产线上开展工艺验证,使得国内设备材料经过验证之后,得到了国际产业界的认可,开始了商业销售,不仅中芯国际还有其它国内集成电路制造企业都开始采购中国设备材料供应的产品。这不仅打破了我国集成电路生产线历来完全由国外进口设备的垄断,还使得我国的装备材料走向了国际市场。中芯国际与产业链上下游的配合和互动,推动国内设备、材料等高端制造业的发展,极大地促进了行业技术进步和产业结构调整。

吴汉明说:“65~40纳米成套工艺成果最大的价值在于它对产业链的推动,有了这个高端工艺,就可以支撑国内设计公司的设计产品,上游的很多国产材料和下游的装备制造也有了相应的工艺支撑。这是一个承前启后的核心技术,有了它,整个中国制造的产业链就出来了。没有这个层次,中国的制造业也上不去。它是对于国内集成电路产业链的整体提升。”

而此后做的32/28纳米,在吴汉明看来,更具有“里程碑式”的意义。

“28纳米之所以是里程碑,难的是它的心脏部分。新一代芯片要求工作电流增大,但漏电量更小,这两者是矛盾的,用传统的工艺做不下来,必须用高K金属栅工艺技术才可以实现。应变材料的替换,性能的提高,包括产品的可靠性设计都要重新做一遍。现在国内设计公司的28纳米芯片都是在海外加工的,而国内市场最大的4G芯片,其核心就是28纳米。突破了这项技术,我们就可以把4G芯片全部国产化。所以时间对我们很重要,没白天黑夜也要做出来。”值得高兴的是,中芯国际的28纳米技术得到了世界龙头设计企业高通的认可,将他们的骁龙410处理器芯片授予中芯国际生产。

“把4G芯片全部国产化”,这是一批中芯人澎湃着的中国心,为了这一心声,他们矢志不渝地追寻、超越,只为那一片片小小的“中国芯”。

这个里程碑也并不是终点。在他的同行为28纳米兢兢业业的时候,吴汉明在国家“863”项目的支持下,已经启动14纳米及以下的先导关键工艺研究,为未来5G技术中的芯片制造工艺作前瞻性的探索。

在第十二届全国人民代表大会第三次会议上,李克强总理在政府工作报告中提到:“制定‘互联网+’行动计划,推动移动互联网、云计算、大数据、物联网等与现代制造业结合,促进电子商务、工业互联网和互联网金融健康发展,引导互联网企业拓展国际市场。国家已设立400亿元新兴产业创业投资引导基金,要整合筹措更多资金,为产业创新加油助力。”

这是“互联网+”概念在政府工作报告中的首次现身,第一次纳入国家经济的顶层设计,对于整个互联网行业,乃至中国经济社会的创新发展意义重大。

对于集成电路产业而言,它无疑吹响了进攻号角,这是历史的使命,也是时代的强音。中芯国际,必将不负重托。