



积极参与前沿技术研究 应对后摩尔时代挑战

广东省科学院半导体所学术委员会主任 胡川

严格意义的摩尔定律(晶体管密度每隔18个月翻一番)在2016年4月随着Intel不能量产10nm的器件而终结。同年3月,为摩尔定律的确定奠定重要基础的格鲁夫博士去世,算是给这个人类历史上史诗级的时代画上了句号。摩尔定律之所以重要,是因为该定律指导和协调了集成电路产业40年的发展,它的其他一些表述,比如每隔18个月性能翻一番、价格降一半等,对更大的信息技术产业起到了极大的推动作用。目前集成电路产业每年的整体营收在4000亿~5000亿美元,整个电子信息产业在4万~5万亿美元,可以说,这个从上世纪中叶诞生的产业已经成为人类文明发展的基石。

集成电路发展需要重大调整和改变

摩尔定律时代会在什么时候结束,产业界一直有不同的预测,同时,也在做相应的规划。戈登·摩尔博士本人的态度一直很谨慎,在过去的30年间,每一次问到他摩尔定律什么时候终结时,他一直回答:“还有10年。”2010年以前主要对赌摩尔定律失效的企业基本上都失败了,虽然多数专家并不能看到具体的解决方案,甚至主要的发展方向,但是他们都对下一代工程研发抱有信心,乐见自己被超越。

历史上主要拯救摩尔定律的重大创新技术包括互补金属氧化物半导体替代双极性晶体管器件,降低功耗;超紫外13nm取代193nm步进投影曝光、步进投影取代掩膜对准曝光,增强图案精细度;离子注入替代扩散,提升掺杂精度;高介电常数材料取代SiO₂,增强器件速度减少漏电;低介电常数材料取代SiO₂和铜金属制程取代铝,提升互连线速度和降低功耗;化学机械抛光增加互连线层数和复杂度,有机封装增强绕线密度,降低成本;FinFET增强开关速度,等等。

集成电路产业目前形成了以下格局:制造中心从美国到日本再到现在的中国台湾和韩国,材料的中心主要在日本,整个制造链掌控在美国手中,低端辅助制造在中国大陆等。历史上集成电路的核心问题包括算力、功耗、成本、可靠性、可制造性等,这些问题今后还会继续贯穿后摩尔定律时代的集成电路发展。

摩尔定律的时代终将过去,这是因为指数性的成长是不可能永久持续的。按照每18个月晶体管密度翻一番的速度,在30

年的时间内单个处理器的晶体管数量会超过人类的脑细胞数,在300年内会超过地球的原子总数,在500年左右时间里将超过宇宙的原子总数。更为现实的是两个马上要面临的物理极限:朗道尔极限(0.02eV)和量子隧穿极限(2nm),前者是单位运算的能耗接近于热力学扰动的极限,后者是在小尺寸时穿透势垒的概率大增,导致晶体管失效。这两个极限按照摩尔定律的线性外推都几乎在20年左右时间到达。所以目前产业的发展需要极其重大的调整和改变。IBM在2021年发布了所谓2nm器件技术(实际量产可能还有6年),它的源和漏的间距实际上有12nm,工程上巧妙的创新和命名上的游戏无法避开实际的物理极限。

另外还有很多当年失效的想法,也终于逐步要变成后摩尔定律时代的主流解决方案,比如上世纪80年代日本政府就资助3D的晶体管堆叠,当年AMD因为量产良率不佳而采用多个物理切割的硅片来提升性能的芯粒(chiplets)技术,英特尔为20GHz处理器(因为散热问题解决不了)而推出的扇出封装工艺等。这些因为当时的算力需求、制程能力、产业链成熟度、市场接受度等被搁置的项目和后来的一些创新(比如量子计算、非二进制、非冯诺依曼架构、人工智能和机器学习等),构成了后摩尔定律时代的解决方案框架。

如今,产业中心逐步从硬件中心过渡到软件中心,从通用计算中心过渡到专用计算中心。硬件产业的革新有更多的影响因子,

不再是应用、软件、算法、架构、器件、封装相对独立,而是互相交织,需要通盘考虑。

美国半导体产业协会SIA(Semiconductor Industry Association)和主要的政府与企业的联合机构SRC(Semiconductor Research Corp.),组织了全球主要集成电路相关的设备、材料、工艺制程和终端应用等企业,对后摩尔定律时代的核心研发方向做了一个系统的规划,在2021年发布了下一个十年发展的纲领性报告。这个报告通过描述和支持政府和产业机构的战略远景,引导学术、政府和工业界在关键领域进行革命性合作,为最前沿顶尖科学研究员、大学教授和学生树立明确的研究标杆,来聚焦信息处理、传感、传输、存储和安全,从而保障半导体和信息技术产业的健康持续发展。这个报告主要执行委员会的成员几乎都是相关企业的技术领袖,但是每一个专题的具体技术问题阐述都有大量的研究机构 and 大学参与。在这个报告里,他们明确了五个大的领域需要革命性的创新:一是模拟信号的处理,包括传感、功率、计算等;二是新型的存储器件和存储与计算的架构;三是未来的通信技术(从射频到光电等);四是更广泛的计算安全需求;五是计算能量效率提升。整体上,这个报告描绘了在后摩尔定律时代,数据收集的增长远大于存储能力,存储的数据量又远大于通信的带宽,所有海量的数据感知、存储和通信还将面临各种安全挑战。此外,计算的低能量效率限制了产业的成长,亟须改变。

后摩尔定律时代有太多想象空间和技术缺口,需要业内厂商积极参与前沿科学的研究。

出的半导体产业十年计划,主导的产业技术领袖一直活跃在技术前沿。因此,如何充分利用我国现有人才,如何培养未来人才,都需要业界进一步思考。

在政策方面,我国对风险的承受能力不够和对知识产权的保护不够是目前最大的问题。在知识产权领域,国内的相关制度也仍有待加强,业内要达成共识:没有知识产权保护,所有的创新价值都是零。

后摩尔时代有太多想象空间和技术缺口,想从根本上改变“卡脖子”状态,就要积极参与前沿科学的研究,要在某些新兴重大领域占据优势,并以此来进行交流,不能在所有的领域都靠跟随。“要有非对称性的杀手锏”,这是后摩尔定律时代产业发展的解决方案。

具备产业化快速提升潜力 钠离子电池时代要来了?

本报记者 李佳师

在智能物联网时代,大量的智能设备需要电池,从智能手机、智能手表、笔记本电脑到新能源汽车等,电池的续航时间、充电快慢、环境适应性等成为智能设备竞争的重要维度。目前在消费电子市场和新能源汽车市场,锂离子电池处于“一统江湖”的主流地位。这样的格局有可能要发生改变。

7月29日,宁德时代创始人曾毓群在网上正式发布钠离子电池,并表示宁德时代钠离子电池具备低温性能、快充性能,以及更强的环境适应性,未来将与锂电池共存发展。钠离子电池的时代要来了吗?钠离子电池有哪些特性?又将为智能设备提供怎样的“动力”?

钠离子电池 应用前景广阔

每一种新技术能够得以生存并快速发展,都是因为拥有了比现有市场技术更优的差异化特点,这个定律“放之四海皆准”。从目前来看,钠离子电池与锂离子电池的差异化在于低温性能和快充方面。

宁德时代研究院副院长黄起森介绍,目前宁德时代开发的第一代钠离子电池,电芯单体能量密度为160Wh/kg,在当前处于全球最高水平;在常温环境下充电15分钟,电量可达80%;即便是在-20℃的低温环境下,放电保持率仍然高达90%以上;同时,在系统集成效率上,可以达到80%以上;具有优异的热稳定性,并且超过了国家动力电池强标的安全要求。“总体来看,第一代钠离子电池的能量密度略低于目前的磷酸铁锂电池,但是在低温性能和快充方面具有明显的优势,特别是在高寒地区、高功率应用场景表现更为优异。”黄起森说。

其实,钠的化学性质、电池工作原理和锂非常相似,在化学元素周期表中,钠元素与锂元素为同一主族,物理化学性质极为相似。2019年诺贝尔化学奖颁给了美国的迈克尔·斯坦利·惠廷汉姆、约翰·班尼斯特·古迪纳夫,以及日本的吉野彰三位化学家,奖励他们“在发明锂电池过程中做出的贡献”。事实上,钠离子电池也是惠廷汉姆研发的,只是锂电池各方面优势突出并且发展神速,因此钠离子电池在商业上没有大规模普及。锂在电势、原子量、离子半径等基本性质上,相对而言都是比钠更好的材料。锂的原子量更低、离子半径更小,锂的理论质量比容量是钠的3.3倍,锂的理论体积比容量是钠的1.8倍,且锂的电位更高,比钠高出12%,锂材料的电池更具竞争优势。因此锂离子电池也更早大规模商业化。

最近几年,钠离子电池之所以被高度关注,有几个关键原因。一是从总量上看,因为钠储量要比锂丰富,具有更好的发展可持续性。目前地壳中钠储量达2.74%,而锂储量仅为0.0065%,是锂资源

的440倍,而且锂离子电池回收经济价值低。钠离子电池活性材料中不含昂贵的钴,使其具有更强的可持续性。二是从地区分布上,各个区域的锂储藏也不均匀。我国仅拥有世界锂资源储量的5.93%,锂矿大多位于青藏高原地区,开采难度大,致使我国锂矿对外依存度高。钠离子电池对我国减少锂资源对外依存度具有重要战略意义。三是钠资源提炼相当简单,钠离子电池大规模商用后,具有较大的成本优势。

事实上,钠离子电池应用前景广阔,在电动车市场上,钠离子电池具有低成本、低能量密度、安全性强等特性,是铅酸电池更好的替代品。而且随着可再生能源大批量上网,电网侧与发电侧对储能的需求愈发强烈,为钠离子电池市场化应用提供了土壤。

未来3~5年 钠离子电池产业链将基本形成

目前来看,钠离子电池产业化尚处于初级阶段,面临的主要挑战是成本优势不明显、工艺和产业链不成熟、核心电极材料和电解液规模化供应渠道缺失、缺少电池相关标准化等。

不过,分析机构认为,钠离子电池具备产业化快速提升的潜力。钠离子电池与锂离子电池生产线、制作工序相似,随着锂电和上游材料企业入局,产业化进程会大幅提速。

目前中国大约有20多家企业从事钠离子电池研发及上下游配套,包括宁德时代、中科海纳、容百科技、深圳比克电池、欣旺达、华阳股份、沧州明珠、恩捷股份、中材科技、璞泰来等。

相对于其他企业,据宁德时代透露,他们已解决了材料在循环过程中容量快速衰减这一世界性的难题,而宁德时代之所以能够解决这个难题,得益于模拟计算和设计仿真。据介绍,宁德时代构建了高通量材料集成计算平台,在原子级别上对材料进行了模拟计算和设计仿真,对材料表面进行重新设计,解决了材料在循环过程中容量快速衰减的问题,使新材料具备了产业化的条件。

按照黄起森介绍,在正极材料方面,宁德时代解决了普鲁士白在循环过程中容量快速衰减这一核心难题;在负极材料方面,宁德时代开发了具有独特孔隙结构的硬碳材料,具有克容量高、易脱嵌、优循环的特性;在电解液方面,宁德时代还开发了适配钠离子电池正极负极材料的新型独特电解液体系;在制造工艺方面,钠离子电池可以与目前的锂离子电池制造工艺和设备相兼容。

宁德时代在发布会上透露,目前公司已经开始进行钠离子电池产业化布局,计划到2023年形成基本产业链。分析机构的预测是在未来3~5年,钠离子电池产业链会基本形成,钠离子电池相关工艺、相应的电池管理系统、相关技术体系也会趋于成熟。

新华三智擎芯片660全面启动量产

本报讯 记者许子皓报道:7月30日,紫光股份旗下新华三集团举行线上媒体沟通会,宣布自主研发的高端可编程网络处理器芯片智擎660全面启动量产。

新华三集团副总裁、半导体产品线总裁孔鹏亮介绍说,作为国内唯一支持高级语言编程的网络处理器芯片,智擎660集成256个专用处理器,总计4096个硬件线程,支持12路LPDDR5控制器,内含180亿晶体管,接口吞吐能力高达1.2Tbps。智擎660具备超高集成度、高性能、大容量、可扩展性强、绿色节能等突出优势,可广泛应用于路由、交换、安全、无线等数据通信领域。“智擎660将不仅仅应用于新华三内部各个网络产品,同时将于2021年8月起开始接受外部客户订单,为网络升级创新提供芯动力。”孔鹏亮表示。

此外,下一代智擎芯片也已进入开发阶段,预计将于2022年正式发布。下一代智擎芯片将使用更先进的工艺和更先进的封装技术,刷新智能网络处理器的性能高度。

新华三集团还推出业内首款面向网络业务处理而打造的专用操作系统——智擎操作系统(Engiant OS)。全新发布的智擎OS拥有超轻量化、超快速响应、管理模块丰富的三大核心优势。

为了支持开发者更加快速、便捷、高效地使用智擎芯片,新华三集团同步推出智

擎完整开发套件。开发套件涵盖SDK开发包(Software Development Kit)、PDK开发包(Packet-processing Development Kit)、集成仿真器,同时提供可视化编程工具——智擎IDE集成开发环境,支持C语言编程,可根据用户需求自动生成推荐代码,开发者可以在智擎的框架代码上根据不同业务开发不同功能特性,满足不同应用场景,大幅提升研发效率、降低研发成本。

新华三基于智擎660芯片打造的智擎BOX(EngiantBOX)将于今年Q4开始销售,智擎BOX是一款具备48个10GE/25GE端口+8个100GE端口的设备,用户通过加载不同的软件应用,可以作为路由器、交换机、安全网关、无线控制器等不同的网络设备应用,智擎BOX的推出宣告开启软件定义设备的新时代,助力行业自由定义网络设备。

面向未来,新华三在芯片研发上提出“突破关键技术、拓展芯云生态、引领数字未来”的三阶段发展战略,致力勾画智能联接的芯蓝图。

同时,新华三半导体与紫光云以紫光芯片云2.0为基础,携手打造一站式云端芯片平台,促进芯片设计企业降本增效,实现高速稳健发展。从核心技术的突破,到智慧城市的建设,持续完善“芯-云-网-边-端”战略布局,为“数字中国”发展和布局贡献重要的数字力量。

我们国家的集成电路是被“卡脖子”最严重的产业,造成这种状况的主要原因是我们在市场、技术、人才、政策等很多方面缺乏积累。

在市场方面,目前,我国实际消耗的集成电路占到全球集成电路产能的20%左右,全球67%左右的集成电路或多或少和中国有关系。以上数据说明,市场已经不再是主要的问题。

在技术方面,我们国家知识产权积累较少,起点相对低,以前我们做不了通用计算是因为专利壁垒太高。但是在后摩尔定律时代,有很多变化正在发生。比如从通用到专用的转化需要大量的工程毕业生和与市场结合的能力,这是我们的强项;再比如,开源的RISC-V指令集摆脱了很多历史上的沉疴,为我

国参与这个产业提供了特殊的机会。但是我们也要认识到,在技术发展的方向上仍有太多短视行为,很多企业因为只能做相对低端的市场就发表高端无用的言论,影响决策层的判断。而实际上,台积电2021年第一季度16nm以下工艺占据了他们6成的营收,接近中国大陆地区所有代工总和的10倍。目前很多专家强调细分领域的重要性,但是这些细分领域只占集成电路的1%左右,我们不能放弃另外的99%,否则还是会被“卡脖子”。

在人才方面,目前依然存在很大问题。我国集成电路产业人才缺乏尖端技术前沿的经验,以追随为主,技术研发的长周期和高投入导致创新动力缺乏;研究院所的人才严重缺乏产业经验,同时缺乏实际应用价值判断力。美国推