

氮化镓功率放大器踩准了研发和产业化节点

——访国家科学技术进步一等奖项目完成人、三安光电副总经理林志东



本报记者 姬晓婷

6月24日，全国科技大会、国家科学技术奖励大会、两院院士大会在北京举行。由西安电子科技大学、华为技术有限公司、中兴通讯股份有限公司、中国电子科技集团公司第十三研究所、厦门市三安集成电路有限公司等共同完成的“高能效超宽带氮化镓功率放大器关键技术及在5G通信产业化应用”获得了2023年度国家科学技术进步一等奖。《中国电子报》记者第一时间专访了该项目的主要完成人之一——三安光电副总经理林志东，了解项目推进背后的故事，以及氮化镓(GaN)材料器件的技术突破情况及未来市场前景。

《中国电子报》：获得2023年度国家科学技术进步一等奖的这一项目——“高能效超宽带氮化镓功率放大器关键技术及在5G通信产业化应用”实现了哪些技术突破？

林志东：相较于4G通信，5G通信对上传下载传输速度的要求更高，对数据传输量的要求更大，相应地就要求射频功率放大器具有更高的带宽。5G基站的耗能更高，便要求器件具有更高能效表现。同时出于对通信质

量和器件高可靠性的考虑，需要射频功率放大器具有更高线性度。在此之前，采用硅和砷化镓材料的功率放大器难以满足上述需求，需要研制新的器件。

“高能效”“超宽带”是本次氮化镓射频功率放大器技术最关键的突破点和亮点。“高能效”体现了芯片对电能利用转化的效率高，大幅节省了通信基站用电量；“超宽带”体现了芯片在信号传输信道的带宽大，大大提升了工作带宽和数据传输速率。氮化镓功率放大器作为5G移动通信设备基站的核心，将载有信息的信号进行功率放大后送到天线上并发射出去，是整个基站射频模组中功耗最大、价值最高的元器件，决定了基站的通信质量、功耗和成本。

该项目解决了高品质氮化镓射频功放芯片在5G通信产业化应用方面的技术难题，使得GaN器件在5G移动基站中实现规模化应用，支撑我国通信基站用GaN器件处于国际领先地位。

《中国电子报》：该成果是如何实现研发突破的，是否已经取得经济效益？

林志东：该项目成果的研发及市场应用与我国5G的规划与商业化过程相伴随。十年前，在5G规划初期，我们便开始策划研发适用于5G的功率放大器。该成果初期的技术原型是西安电子科技大学完成的氮化镓功率器件科研成果。我们与西安电子科技大学达成技术合作，开始推进基于该科研成果的产业化工作。在2015年，氮化镓功率放大器完成了实验室研发。三安集成为该产品的工程化和产业化建立了自主可控的工艺制造平台，并在2019年实现小批量量产。经过与下游合作伙伴的通力合作，该功率放大器在2021年开始实现大批量应用。该成果之所以带来了可观的经济效益，非常重要的原因是踩准了研发和产业化节点，与5G商用进程完美契合。

从该技术成果的获奖单位组成也能看得出来，团队既包括西安电子科技大学这种学术研究机构，也包括中兴通讯等基站通信系统应用厂家，我们三安集成提供的是制造能力。此次项目获得2023年度国家科学技术进步一等奖，是从产学研融合到产业界上

下游配合、通力合作的结果。

《中国电子报》：在该项目推进过程中，遇到过什么样的困难，你印象最深刻的一次技术突破是什么？

林志东：我印象最深刻的是良率和可靠性技术指标的提升。产品能不能获得市场认可、能不能获得规模效应，良率非常重要。氮化镓射频功率放大器的制备需要经过诸多流程，如果材料的制备过程出现瑕疵，或者工艺流程控制不严格，加上产品在户外使用过程中环境条件的变化，都有可能对产品失效。

为了解决这一问题，一方面，我们要结合客户的使用环境、半导体理论研究、器件

理论研究和制造过程监控，多方协同解决该问题。另一方面，三安集成从母公司三安光电抽调了大量骨干人员，加入良率技术工艺提升的专题项目，以确保该技术能够满足我国5G产业化的时间要求。最终，我们在12个月的时间里，将氮化镓射频芯片良率从30%提升到85%以上，实现了月产千万只通信射频芯片的稳定制造和供货，截至目前累计销售额超过20亿元。

《中国电子报》：6G通信正处于前期部署阶段。6G又为射频功率放大器提出了哪些新要求？

林志东：相较于5G，6G通信对信号覆盖面的要求更高，需要实现地球表面的无死角

覆盖；汽车无人驾驶的发展，也将对低时延实时通信提出更高的带宽要求，因此需要电子器件承载更高的频率。例如，6G通信将从5G采用的2.6G~4.9GHz频段拓展到毫米波通信。与之相对应，我们制造的器件线宽将从0.45微米压缩至0.15微米，也就是需要研制更窄线宽的器件。为了满足上述要求，一方面要继续提升对原材料外延生长的要求，降低其缺陷密度；另一方面要投资新的产线设备，为工艺提升做准备。

但是6G部署并不是要把原有基站推倒重建，而是在现有基站的基础上做补充，对现有频段做补充。因此，如果要部署6G，从器件层面来看，并不是替代原先已经在基站上采用的产品，而是在此基础上新增产品，从而开拓新的市场增量。



图为三安集成氮化镓自主工艺技术平台

(上接第1版)

在山东鲁泰化学有限公司的生产车间，7个鹤位上，7辆槽罐车正同时执行着液碱的罐装任务。在多个摄像头的全方位“注视”下，具有强腐蚀、强挥发性的液碱通过鹤管注入罐体，并在触及罐口时精准停止充装。在5G网络传输与机器视觉技术的加持下，该厂房实现了罐装自动化、无人化操作，每个罐口的充装时间由40分钟缩减至25分钟左右，岗位人员配备由每班4人缩减至每班1人，在排除生产风险的同时，大幅提高了生产效率……

记者看到，在许多5G与AI制造业的融合应用中，两者相辅相成、缺一不可。中国联通(天津)工业互联网研究院CTO、天津市工业互联网研究院院长何凯列举了“5G+AI”的几条主要技术路径：“AI技术结合与5G网络的高速数据传输和低延迟特性，可实现对生产设备的远程监控和实时诊断；借助AI可构建智能供应链管理系统，通过5G网络实现供应链的实时数据收集和分析；通过AI的实时分析功能，可以及时发现网络中的异常行为和安全隐患，保障工业互联网的稳定运行……”

随着大模型技术逐渐走进行业、落地场景，行业模型与5G的融合应用正逐步在制

造业中得到推广。其中，杭州嘉溢制衣有限公司就是“在路上”的企业之一。嘉溢制衣数字智能化整体解决方案高级工程师赵顺告诉记者：“除应用大模型赋能服装设计环节外，我们正积极建设5G工厂、自研配套软硬件生产设备，争取早日实现服装的自动化、智能化生产。”

5G终端AI化势不可当

除将“5G+AI”应用在生产制造环节，如何让每一个人都对AI“触手可及”同样是行业热议的话题。在这样的观念驱动下，算力基础设施不断铺陈完善，模型参数大小不断压缩。2023年12月，微软推出的“Phi-2”模型，以27亿的参数量比肩体量达到其25倍的Llama-2 70B模型，问鼎“最小参数的通用模型”。微软CEO纳德拉表示，该模型已经可以在笔记本电脑、智能手机等移动设备上运行。

当前，针对个人终端场景研发的“小模型”不断涌现，AI PC、AI手机等智能终端产品也呈现出井喷式增长。在MWC上海展会现场，联想首次展出了其“全栈AI”战略布局，在展出其系列AI PC、AI手机的同时，还首发亮相了其智能系统“天禧AS”，意图以

AI能力为核心形成“一体多端”的终端战略；此外，荣耀、微软也推出了自己的AI PC产品，将大模型内置在电脑内，为计算机赋予了新的生产力。在展会上，记者还看到，中兴推出其“5G+AI裸眼3D平板”nubia Pad 3D II及其他系列AI设备，OPPO、小米均推出了以“AI手机”为名的新设备，华为、三星等手机厂商也在其设备中搭载了全新的生成式AI功能……在近日举办的苹果世界开发者大会(WWDC)上，苹果公司首次宣布了其人工智能应用“Apple Intelligence”的“上机”进度，称苹果公司的人工智能将在iPhone 15 Pro及以上的机型中安装。

郭贺铨表示：“5G终端AI化已经成为5G与AI融合创新的一项里程碑式的成果，无论是手机、个人电脑、虚拟现实设备还是工业模组，都在朝着‘嵌入大模型’的思路升级迭代。”他指出，大模型不断压缩、智能手机芯片不断升级，在此消彼长之下，智能手机的模型处理能力正逐步提升，预计在今年内达到千亿参数级。

市场调研机构数据指出，今年中国市场的AI手机出货量可达到3700万部，全球AI手机的出货量将达到1.7亿部；市场调研机构Canalys发布的《AI手机的现在和未来》报告则显示，2024年全球AI手机占智能手

机出货量的16%，到2028年将激增至54%。面临着如此庞大的市场，郭贺铨乐观地表示：“5G+AI在智能手机上的应用，能够催生手机‘换代潮’，从而激活万亿级规模的手机产业。”

5G-A与AI加速融合

面对即将踏入的5G下半场，5G-A、6G技术已经成为当前的重点发展目标。中国通信标准化协会理事长闻库表示：“5G-A与AI的全面融合已成为未来通信网络演进的一个核心方向，目前5G-A国际标准已开始和AI全面融合。”

随着5G-A基础设施不断完善、技术不断更新，新一代通信网络技术与AI技术有望碰撞出新的火花。中国移动研究院无线与终端技术研究所主任研究员谢芳指出了5G-A与AI结合的未来方向：“一方面，凭借5G-A网络的通感一体特性，有望在自动驾驶、低空经济等方面实现新突破；同时，5G-A与AI的结合，也能通过优化网络基站的分配效率，从而实现降本增效。”

对此，华为公司表现出高度重视、重点布局。在MWC上海展会期间，华为联合运营商发布了5G-A商用领航计划，拟从智慧

城市、工业互联网、自动驾驶等领域挖掘5G-A的应用潜力。华为常务董事、ICT基础设施业务管理委员会主任汪涛表示：“2024年，5G-A商用元年和AI人端元年碰撞，将开启‘移动AI时代’。”他指出，当前，通信企业需要从“Networks for AI”和“AI for Networks”两个维度加速5G-A发展，共同创造移动AI时代的商业新价值。

而在个人终端的5G-A升级方面，华为公司高级副总裁、中国区总裁曹杰表示，华为正准备基于盘古大模型把华为手机的语音助手“小艺”打造为超级助手，融合5G-A和AI的能力，为用户提供体验更好的终端。他指出：“5G-A与AI大模型的融合，正在加速社会智能化升级，形成同频共振效应。”

中国移动总经理何飏指出：“5G和5G-A助力万物高速互联互通，AI为千行百业注智提质增效，两者的结合将充分激发万物感知、万物互联、万物智能的‘乘数效应’，为产业带来前所未有的发展机遇和商业价值。”他向记者表示，5G-A×AI正开启5G-A时代，向5G-A智能化、AI泛在化迈进。

展望未来新一代通信技术的发展，中国移动副总经理高同庆表示：“5G-A时代是6G发展的必经之路，将会为产业发展带来更广阔的价值空间。”

大力推进现代化产业体系建设 加快发展新质生产力