

协同创新成效显著 封测内资企业实力增强

国家集成电路封测产业链技术创新战略联盟副理事长兼秘书长 于肇康

集成电路封测产业作为集成电路产业链中不可或缺的重要环节，是伴随着集成电路芯片不断发展和变化的，近年来在整个集成电路产业链中的地位日渐凸显。在《国家集成电路产业发展推进纲要》和国家集成电路产业投资基金的推动下，集成电路封装测试业在资本并购层面展示出前所未有的活力，成长速度远高于全球平均水平。特别是国家科技重大专项“极大规模集成电路制造装备及成套工艺”的迅速启动，封装测试业的技术能力和工艺水平不断得到提高，中高端产品的先进封装技术工艺持续与国际水平接轨，产品结构不断优化。

近五年国内封测业

内资企业实力不断增强

至2016年年底，国内规模以上集成电路封装测试企业有89家，其中本土企业或内资控股企业占35%。内资企业以封测代工工业为主，外资企业以IDM型为其母公司封装测试自有产品为主。在世界集成电路封装测试业前十大企业中，2012年长电科技进入，排名第6位。2016年长电科技以销售额28.99亿美元，同比增长12.6%，占世界集成电路封测十大企业营业收入总额的14.90%，跃居第三；华天科技、通富微电也进入世界前十大企业，排名第七和第八。

集成电路封测业规模不断扩大。2017年1~6月国内集成电路封装测试业销售额800.1亿元，同比增长13.2%，达到了2012年全年的销售额。2016年国内集成电路封装测试业销售收入1523.2亿元，为2012年的805.68亿元的189.2%。预计到2017年，国内集成电路封测业销售收入将是2012年的2倍。

近年来集成电路封测业分布更趋合理。国内封装测试企业主要集中于长江三角洲、京津环渤海湾、中西部和珠江三角洲地区，占比分别为56.2%、14.6%、12.4%、12.4%；其他地区占比4.4%。

国内封测业技术

创新能力不断得到提升

国内集成电路封装的四大领军企业，长电科技、通富微电、华天科技和晶方科技在先进封装技术上不断深化布局、加强研发力度，并取得一定的进展，代表了国内集成电路封测的先进工艺技术水平。根据封测行业不完全统计，至2016年国内的集成电路产品中，中高端先进封装的占比约为32%，国内部分主要封测企业的集成



国内封装测试业销售收入统计表

年份	2012	2013	2014	2015	2016
销售收入(亿元)	805.68	1000.05	1238.5	1327.8	1523.2
增长率(%)	24.2	24.1	23.8	7.2	14.7

路产品中，先进封装的占比已经达到40%~60%的水平。

长电科技拥有全球专利的微型系统集成基板工艺技术，广泛应用于多芯片和SiP集成的QFN、LGA、BGA封装。其关键技术是在面板封装上实现扇入(Fan-in)和扇出(Fan-out)设计能力，细微的尺寸带来超小超薄的封装。在微型系统集成基板工艺技术(MIS)、25μm超薄芯片堆叠工艺技术等方面，已达到国际先进水平，拥有多项自主知识产权。同时，基于Cu Pillar的低成本高密度先进倒装封装技术-FCuBE，显著降低了倒装封装中由于间距和高I/O带来的高成本。

华天科技在多圈V/UQFN、FCQFN和AAQFN封装工艺技术研发上，取得了长足的进展。在TSV(SiP)封装技术方面，12英寸图像传感器晶圆级封装，硅基麦克风基板封装实现了规模化量产；在指纹识别上，开发出TSV硅通孔晶圆级封装方案和超薄引线封装技术；国产CPU的FCBGA封装技术量产成功；FC+WB技术，PA封装技术进入了批量生产阶段。

通富微电在先进封装领域，如BGA、FC-CSP(Copper Pillar)、WLP、SiP等方面有良好的进展。在12英寸28nm先进封装测试全制程方面成功量产。在Copper Clip产品上，实现了多芯片封装，单颗产品最多包含4片Clip，无键合打线，并通过客户可靠性验证实现量产。

苏州晶方专注于先进封装领域，坚持自

主研发，其CIS晶圆级先进封装、指纹识别芯片晶圆级先进封装和MEMS晶圆级先进封装均达到国际先进水平。针对虚拟现实、智能制造及汽车电子等新领域进一步投入下一代先进封装工艺的开发。

封测板块重大科技专项

取得显著成效

据初步统计，国家科技重大专项“极大规模集成电路制造装备及成套工艺”项目在集成电路封测产业链技术创新战略联盟的积极推动下，发挥“大兵团作战”优势，至2016年年底实现重大专项项目的销售额达104.47亿元，申请专利2622项，授权1240项。

在国家重大科技专项的推动下，集成电路先进封装技术有了长足的进步。国际领先的TSV-CIS、Wafer Bumping、FBGA、FC-BGA、WLCSP、FBGA、MEMS、RF-SiP等先进封装技术成功开发或已规模导入量产。长电科技、华天科技、通富微电等企业在“3D-MIS封装技术”、“多圈FCQFN封装技术”和“FCCSP封装技术产品”等领域取得了新的突破。苏州晶方率先建成世界首条12英寸CIS TSV晶圆级封装量产线。高端40nm/28nm等技术节点相应的高密度封装技术、大功率器件封装技术、封装系统集成技术的开发及产业化成效初显；高端

封装规模及比重进一步增加，具备与国内和部分国外IC设计企业的全面配套能力(设计、开发、封装、测试等)；新型自主知识产权封装技术获得国际主流认可，开始进入规模量产。

在国家科技重大专项的支持下，国内企业的研发水平不断提高。“高端封装工艺及大容量闪存集成封装技术开发与产业化”等项目顺利通过了专项组织的验收，并成功获得了国内外高端客户连续增长的订单。封装测试设备与材料应用工程项目和封测工艺、装备及材料开发及产业化项目顺利展开，如无引脚、细节距、多芯片、叠层、芯片级、系统级、圆片级、硅穿孔等系列先进封装技术的研发，产业链、产学研之间的合作进一步得到加强，创新体系、创新实力、创新效果大大改善，推动了我国集成电路封测产业链的健康发展。

更为可喜的是，由中科院微电子所和封测产业龙头企业长电科技、通富微电、华天科技、深南电路、苏州晶方等9家单位共同投资建立的华进半导体封装先导技术研发中心，通过以企业为主体的产学研用结合新模式，开展系统级封装/集成先导技术研究，研究领域包括2.5D/3D硅通孔(TSV)互连及集成关键技术、晶圆级高密度封装技术、SiP产品应用以及封装技术相关的材料和设备的验证、改进与研发。目前已建成完整的12英寸(兼容8英寸)中道工艺生产加工平台和微组装平台、拥有两个工程类研发中心和三个公共技术服务平台，具有12英寸晶圆TSV制造技术能力和细节距微凸点制造能力以及先进封装微组装能力，同时具备芯片的前端测试和可靠性分析能力，以及先进封装设计仿真能力。不仅可以向企业定向提供封装成套技术开发、技术转移、工艺加工等服务，还可以为产业界提供一个公共服务研发平台，开展共性技术攻关。我国企业已经拥有585项国内(国际)专利、为100多家企业提供数百项技术服务、开发了多款具有产业化前景的产品，衍生、孵化了多家企业。

产业基金的参与

进一步做大做强封测产业

随着《国家集成电路产业发展推进纲要》的逐步落地，以及国家集成电路产业投资基金项目启动，国内龙头企业陆续启动扩产、收购、重组，带动了整个集成电路产业的大整合，国内封测企业也加快了国际化进程。如长电科技收购星科金鹏、通富微电收购AMD封测厂、华天科技收购美国FCI等，大大加强了国内企业的技术实力。

中芯国际成为长电科技最大单一法人股东，全力朝向虚拟IDM厂迈进，吸引IC设计业者高度关注，尤其高通已投资中芯长

电，联发科亦积极与长电科技、通富微电合作，凸显晶圆代工及封测厂结盟新策略，已逐渐整合成新势力。长电科技与中芯国际合作建设的中芯长电，具有12英寸凸块加工及配套晶圆芯片测试能力，成功实施凸块12英寸封装，更好地贴近了中国这一全球最大的移动终端市场，从而帮助芯片设计公司明显地缩短市场反应时间，更好地服务于快速更新换代的移动终端市场。通富微电与华虹宏力、上海华力在芯片设计、8/12英寸芯片制造、凸点制造、微凸点测试等中段工艺技术、FC/TSV/SiP等先进封装测试技术方面进行战略合作，合作开发相关技术，实现全产业链贯通，优势互补，资源共享，组成合作共赢的战略同盟。

除此，长电科技还在苏北宿迁、安徽滁州等地进行投资扩产，华天科技分别在西安、昆山等地实施产业扩展，通富微电在合肥、厦门实施投资扩产等。

协同创新是推动

封测业下一步发展的关键

从后摩尔时代的发展方向来看，封测技术的发展必将为产业发展带来前所未有的机遇，产业链全方位协同创新将是推动我国集成电路封测业进一步发展的重要途径之一。

共性技术研发平台——华进半导体，是后摩尔时代企业创新协同模式的一次有益探索。华进模式很好地解决了企业间竞争与合作的矛盾，充分利用了企业间的优势资源，也解决了研发过程中知识产权的归属等问题，研发平台对提升行业的整体技术水平起到了很好的促进作用。

晶圆和封装的协同——中芯长电。随着“中道”的诞生，封测企业与晶圆制造企业的合作，成为一种新的协同模式。长电科技与中芯国际建立具有12英寸凸块加工及配套测试能力的产业链，采用纯代工模式，专注于半导体中段先进工艺开发和制造；华天科技与武汉新芯，通富微电与华力电子，相继展开深层次合作。

协同设计，这是基于产品研发的一种设计和封装的创新模式。现今由于芯片功能、电源管理等变得愈来愈复杂，封装的结构也愈发复杂。传统的IC-封装-PCB依次的设计顺序已经不适用于今天的产品。IC-封装-PCB之间的综合协同设计已成为必然。

联合体协同，这是基于封测产业链协同创新模式。主要应由终端用户、设计企业、芯片企业、封测企业、以及材料、设备供应商等组成完整的集成电路产业链，协同产业链优势技术、人才和资源，解决关键技术、大型设备、核心材料在研发初期缺乏资金、人才、技术和设备的困境，最终满足终端用户的产业需求。

集成电路：双轮驱动产业跃升

(上接第1版)在市场拉动和政策支持下，我国集成电路产业各个环节的实力均得到整体提升，特别是被誉为集成电路产业龙头的设计业与集成电路产业基础的晶圆制造业，增长更加明显。

IC设计业近几年来发展非常迅速。根据中国半导体行业协会(CSIA)的数据，2016年我国IC设计业获得24.1%的增速，高出全国IC产业4个百分点，高于全球设计业11.8个百分点，销售规模达到1644.3亿元，不仅首次超越国内封测业1564.3亿元的销售收入，在IC产业中的占比也是最大的。设计企业经营规模明显提升。据CSIA设计分会统计，销售额超过1亿元的企业达到161家，较2015年增加了18家，增幅为12.59%，占同期行业企业总数的比重为11.9%，其中，不仅包括进入全球IC设计业前十的深圳海思、紫光展锐，还涌现了华大半导体、深圳中兴微电子和北京智芯等一批优势骨干企业。我国设计业企业总数从2015年的736家，增加到2016年的1362家，一年新生了626家初创型公司，企业数量增长了85.05%，使得IC设计从业人数达到了13万人的规模。

晶圆制造业的发展也持续向好。中芯国际先进制程出货量提升，华力微生产线技术进步，以及华虹宏力、华润微电子等8英寸生产线满负荷运行。2016年国内晶圆制造业继续保持了高速增长态势，达到25.1%，产业规模1126.9亿元，增长速度在设计、制造与封测三业中最高，技术水平持续提升。

国内封装测试业也保持了平稳增长态势，2016年在国内设计业订单与海外订单双双大幅增加的带动下，其规模达到1564.3亿元，同比增速达到13%。据CSIA封测分会统计，国内有一定规模的IC封装测试企业

主要集中于长江三角洲(50家)、珠江三角洲(11家)和京津环渤海湾地区(13家)，占比分别为56.2%、12.4%和14.6%。中西部地区特别是西安、武汉、成都等地的区位优势也在不断凸显，封测产业得到持续发展，2016年占比为12.4%。

重点企业持续涌现

实力明显增强

我国集成电路产业在這些年的发展，不仅呈现稳中突进的良好态势，同时还涌现出一批在国际上具有影响力的重点企业。深圳海思、紫光展锐分别进入了全球IC设计业前十强的第六、第十名；ICinsights公布的2016年全球IC设计50强排名中，中国进入的设计企业已达到11家。中国十大设计企业的准入门槛从2015年的17.9亿元提高到20.5亿元，我国前十家IC设计企业的销售额合计达693.1亿元，比2015年增长25%，占整个IC设计业销售额的比例为42.15%。其中，海思半导体2016年销售达到303亿元，成为国内首家销售额突破300亿元的IC设计企业，继续排名国内IC设计企业之首。据IC设计分会统计数据，进入中国排名前50名的企业门槛为4.2亿元，销售额合计达1026.7亿元，占行业1644.3亿元销售额的62.4%。它们的壮大，彰显了中国IC设计业的企业集群能级发生了质的变化，为2020年进入世界先进行列夯实了发展基础。

在晶圆制造领域，同样出现一批具有国际影响的企业。中芯国际，2016年全球代工企业排名第四，销售达29.14亿美元，同比增长30.3%。2016年中芯国际的65nm及小于

65nm工艺的销售额占总销售额的44.6%。目前28nm工艺销售额占比较低，预计2017年28nm工艺节点的销售额将有可能达到7%~9%。中芯国际2016年来自中国客户的销售额比例由2015年47.74%增加至49.7%。2016年中芯国际以4900万欧元，收购意大利纯晶圆代工厂LFoundry的70%企业资本，使公司向汽车芯片市场迈进一步。2016年，中芯国际还宣布建设三条生产线，包括耗资675亿元兴建位于上海的新12英寸生产线，启动深圳的12英寸生产线，以及北京第三期项目的建设，还用15亿美元扩充天津的8英寸生产线以及计划在浙江宁波建设8英寸项目。

上海华虹宏力在全球代工企业排名第八。2016年公司顺利完成年度扩产任务，月总产能达15.5万片8英寸硅片，销售收入创历史新高，达7.214亿美元，同比增加11.0%；净利润增长14.5%，至1.288亿美元，保持了连续24个季度盈利。公司与客户共同研发生产的银行卡安全芯片先后获得国际EMVCo芯片安全认证、CCEAL5+认证和万事达CQM认证。公司已成为中国IC企业发明专利授权前十位的企业。同属上海华虹集团的上海华力微电子，其开发的55nm图像传感器工艺，是目前国内最先进的图像传感器工艺平台，也是国内唯一利用12英寸55nm工艺节点，进行高端图像传感器芯片制造，并最早进入大规模量产的晶圆代工厂。在智能手机市场增长的带动下，受惠于双镜头的市场需求，华力微的图像处理器芯片出货持续稳定增长。华力微还提供业界兼容的6V中压器件和32V高压器件工艺平台，具有低成本及低功耗的优势。华力总投资387亿元的12英寸先进工艺生产线于2016年12月正式开工，该项目是“909工

程”的二次升级改造项，项目完成后将建成一条月产能4万片的12英寸芯片生产线，工艺技术覆盖28nm~14nm。

在封测业方面，随着江苏新潮科技集团有限公司对新加坡星科金朋以及南通华达微电子集团有限公司对AMD封装测试业务的收购整合，国内这两家封装测试企业销售规模第一次跨过100亿元大关。而天水华天通过收购美国FCI公司，也显著提升了在高端封测领域的服务能力和竞争力。这三家公司同时进入了全球十大封测企业名单，分别位居第三、七、八位。

创新技术亮点频出

达先进水平

在国家重大科技专项的支持下，“十二五”以来我国集成电路产业的整体技术水平明显提升。在设计领域16nm产品已成功商用，并且初步扭转了通信芯片领域一枝独秀的局面，计算机、智能卡、多媒体和消费类电子领域的芯片得到快速发展；晶圆制造突破28nm工艺节点，龙头企业持续盈利；封装测试企业跻身全球第一梯队。

深圳海思、紫光展锐在中高端智能手机芯片研发中，已完全进入16/14nm全球主流的设计水平，芯片性能达到国际先进水平。上海兆芯采用28nm工艺，主频为2.0GHz的兆芯ZX-C处理器已通过国家CCC认证，并在国家重点系统和工程中得以推广应用，在2016年的第十八届中国国际工业博览会上被评为金奖。国科微电子近年来在卫星电视与安防监控领域取得了较好的成绩，并开始布局WiFi和GPS产品，以及市场前景更为看好的固态存储器

控制器。华大九天的时序收敛工具，得到全球20多家10nm工艺流片设计公司的认可，且目前正在与世界上最先进的Foundry厂合作研发7nm时序收敛产品。寒武纪研发了国际首个深度学习专用处理器芯片(NPU)，目前它已扩大范围授权集成到手机、安防、可穿戴设备等终端芯片中。杭州中天的CK系列嵌入式微处理器在国产打印机、监控器、金融智能卡等领域累计出货已经超过4.5亿颗，单品应用接近2亿颗，市场占有率稳步提升。全部采用国产CPU的“神威·太湖之光”成为世界首台运算速度超过十亿亿次/秒的超级计算机，连续位居全球超算500强榜首。

近年来，国内IC晶圆生产线的布局与建设达到了高潮，晶圆生产线投资力度空前，先进工艺得到突破，不仅突破了28nm工艺节点，技术得到量产应用，中芯国际还与华为、美国高通和比利时IMEC组成的合资公司，联合研发14nm先进制造工艺。国家IC产业投资基金、紫光集团、武汉市共同投资建设“长江存储”，进军存储器产业项目，取得巨大进展；上海华力微二期、晋江晋华存储器项目、中芯国际北京B3、中芯国际上海、中芯国际深圳等12英寸项目也已开工建设；未来几年，国内12英寸生产线产能将得到迅速增长。

封测领域的中高端产品占比多寡代表了一个国家或一个地区的封测业发展水平。根据封测分会不完全统计，目前国内封装测试企业在BGA、CSP、WLP/WLCSP、FCBGA/FCSP、Bumping、MCM、SiP和2.5D/3D等先进封装产品市场已占有一定比例，约占总销售额的32%。国内部分主要封测企业的集成电路产品中，先进封装的占比已经达到40%~60%的水平。