共享实验室在半导体检测方面的进展

闫方亮
（米格实验室/北京聚睿众邦科技有限公司 北京 110100）

摘 要：随着中美贸易战的深入和持续，中国的芯片国产化进程必将强势崛起，从而奠定了未来30年芯片产业的战略定位和发展格局。从产业链整体情况来看，我国半导体产业呈现一个微笑曲线的形态，上游的设计端、下游封装和应用比较强势，技术先进，体量也比较大。而中间的芯片工艺生产制造比较弱势，规模和体量也比较小。更上游的原材料端及贯穿整个芯片研发、生产过程中的检测环节都相对弱势。因此中国半导体整个产业格局看，需要加强原材料、加工制造、检测方面的研发投入。针对半导体检测方面做深入探讨，通过分析半导体检测的行业现状、市场需求、发展趋势，探讨半导体检测技术解决方案及布局，形成支撑国产化芯片产业发展的共识。

关键词：芯片国产化；第三方检测实验室；米格实验室
中图分类号：TN3　　**文献标识码：**A　　**国家标准学科分类代码：**510.30

Progress of shared laboratory in testing and measurement of semiconductor industry

YAN Fangliang
(Migelab, Beijing Ju Rui Zhong Bang Hi-Tech Co. Ltd., Beijing 110100, China)

Abstract: Due to the constant upgrading of trade war between China and America. China's domestic chip process will be a strong rise, which is the foundation for the next 30 years domestic chip industry strategic positioning and development framework. From the whole industrial chain, the structure of our semiconductor industry presents a smile curve shape, for IC designer of the upstream chain, downstream packaging and application field chain, with advanced technology and a large volume. While, the middle chain is concerning chip industrial, with less advanced technology and volume size. Further on, we have a weakness on material and chip analysis. So we need give more input on development of raw material, chip production and analysis. In this paper, we only make a deep discussion on material and semiconductor testing by analyzing the current situation of industry, market, demand, development direction, so as to form a consensus on the domestic chip industrialization.

Keywords: domestic chip；third part laboratory；Migelab

1 行业现状

目前，全球半导体芯片市场每年超过4 500亿美金，如图1所示，中国每年市场需求半导体芯片2 600亿美金，如图2所示，其中国产化芯片产能在600亿美金，每年需要进口超过2 000亿美元的芯片，进口额超过石油，成为第一大进口物资。高端芯片包括了 CPU、GPU、MPU、FPGA、DSP、DRAM、NAND

闫方亮，CEO，博士，主要研究方向为半导体及材料的检测分析及光电子芯片设计及工艺。E-mail: yfl@labideas.cn

FLASH等在内的集成电路(IC)芯片,国产率基本为0。半导体整个产业链包含了上游的原材料、制造装备、特种气体和耗材,中游的半导体器件与芯片的加工制造,即人们所熟知的Fab环节,包括了半导体元件、集成电路、功率器件、射频、MEMS、光通信芯片等,下游便是封装和测试,将芯片通过塑封、陶瓷封装然后与PCB结合,配置上驱动电路之后形成具有特定功能的模块产品。最后为终端应用,各类芯片和模块针对不同行业用途,从而催生了手机、电器、工业控制、汽车电子、物联网、人工智能、云计算、光通信等巨大的应用市场。

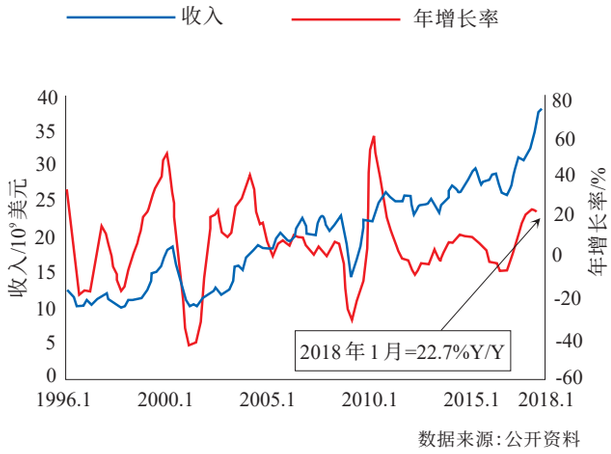

图1 国际半导体市场发展趋势

Fig.1 International semiconductor market development trend

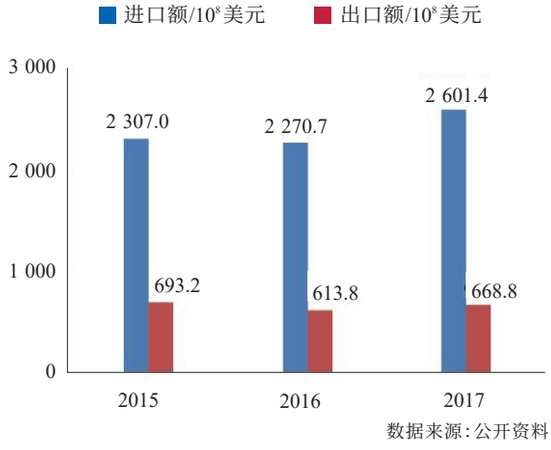

图2 国内半导体需求量与进口量趋势

Fig.2 Domestic semiconductor demand and import trend

我国半导体产业链呈现微笑曲线形状,芯片的上游设计端比较强大,技术先进,体量也比较大。中间的芯片工艺生产制造比较弱势,规模和体量也比较小。更上游的原材料及贯穿整个芯片研发、生产过程中的检测环节都相对弱势。产品的质量取决于很多因素,因此在研发与生产中对产品质量和性能的测试是必不可少的环节,国内芯片企业往往不太重视这块内容,尤其是对高端芯片的研发检测方面国内仍属空白,投入比较匮乏,因此导致规模和质量均比较落后。总体来说,国内高端半导体材料与芯片检测的第三方实验室基本属于空白,没有对产业形成比较好的支撑,企业的芯片研发检测主要委托中国台湾、美国、新加坡地区的第三方实验室提供支持[1]。

2 市场需求

半导体芯片主要划分为IC和分立器件,其中IC占据了半导体市场的半壁江山,产值巨大,具体划分为模拟IC、数字IC及数模混合芯片,涉及到了CPU、GPU、MCU、DSP、FPGA、DSP等计算芯片,RAM、DRAM、RFID、SIM、IC卡、Flash等存储芯片及其他通信芯片、驱动芯片、图像传感芯片、AI芯片等,这些芯片往往具有高的集成度并且是以硅材料为基础的。核心芯片分类及国产化率如表1所示。

分立器件主要可以划分为电子元器件、光通信、LED、光电显示、功率半导体、射频与微波、MEMS、红外光电等方面,其中二极管、晶体管等电子元器件及部分MEMS芯片以第一代的Si、Ge等元素半导体为基础;半导体激光器、探测器、DFB、VCSEL等以第二代半导体材料如InP、GaAs、GaSb、InSb、InAs为基础;功率半导体、LED、射频、微波等芯片以第三代半导体材料SiC、GaN、AlN、氧化镓等材料为基础;TFT LCD、OLED等光电显示芯片以石英玻璃、金属、PET材质为基础。

半导体芯片上下游研发和生产过程中主要涉及到原材料检测、芯片工艺与性能检测、可靠性检测、失效分析4个方面的需求,其中芯片工艺与性能检测是专用性的,根据芯片类别和用途,需要针对产品定

表1 核心芯片分类及国产化率(数据来源:公开资料)

Table 1 Core chip classification and localization rate

系统	产品	核心芯片与器件	国产化率/%
控制系统	服务器	CPU\MPU	0
	桌面终端	CPU\MPU	< 2
	工业控制	MCU	0
存储	存储芯片	DRAM	0
		NADN FLASH	0
		NOR FLASH	< 5
通信系统	射频芯片	GaN	< 1
		PA\LNA\FILTER	< 5
	基带处理	AP	< 20
		嵌入式处理器	0
	核心网	路由 NP	< 15
		交换芯片	< 5
功率系统	功率芯片	汽车级 IGBT	< 1
		SIC	< 1

制,且对在线性、即时性的需求比较大,厂家基本都会配置这类检测。比如做LED芯片的企业往往会配置测试电学测试源表、探针台、光谱、积分球等检测仪器,从而可是实现对LED芯片的电压、电流、最大正向电流、最大反向电压、V-I、发光强度、发光角度、光谱半宽度、半值角、全形、视角、半形、功耗等指标的检测。类似FIB、TEM、SEM、SIMS等比较高端和贵重的设备,企业一般不会自己投入资金购置,但是企业在研发生产芯片过程中又离不开这些仪器设备,所以普通采用外委的方式进行解决,因此也对第三方实验室产生了市场需求。

而对于原材料检测、可靠性检测及失效分析,由于其各自的特点,经常用到第三方实验室,催生了巨大的市场,比如原材料检测方面,尤其是半导体的原材料检测,主要是进行成分分析、杂质分析、形貌及结构分析。这些设备比较昂贵且专业性较高,对于半导体的企业来说,并不是每批样品都需要实时测量,无论是购买设备的成本,还是聘用专业技术人员的人工成本及后续的运营维护成本比较高昂。中国台湾、新加坡、美国等半导体产业发展比较早的地区,第三方实验室等起步也相对比较早。以一个中国台湾专业从事半导体芯片检测与失效分析的企业A为例,A企业在20世纪90年代末从中国台湾工研院中发展而来,经过10多年的发展,自有实验室拥有10套以上的TEM、30多台FIB及数台SIMS设备,还有失效分析用的SCM、EMMI、OBRICH、Thermal、ESD等仪器设备,总的资产超过3亿人民币,员工数量超过300人,年营业额在3.5亿人民币左右,客户涵盖了中国台湾、中国大陆、韩国、新加坡等知名的半导体芯片厂商。这类公司在台湾地区有10多家不同规模的企业,很大程度上垄断了中国大陆的市场,有超过一半以上的业务都要送到台湾地区或者在大陆的台企解决。可靠性测试包含了高低温存储、温度循环、功率循环、振动、跌落、霉菌、盐雾试验等服务项目,根据芯片的不用应用场合设置了可靠性指标,为了评估芯片及模块系统的环境耐受能力,确保在实际使用时不会出现故障。可靠性测试是比较通用的测试项目,国内有超过1 300多家设计企业都需要进行测试,一般IC设计企业在流片封装完毕之后,下一步便是可靠性测试,中国台湾企业B在可靠性测试

方面做的比较突出,在上海、深圳、台湾等多地拥有相应的实验能力,每年承接业务额超过5.5亿人民币。

失效分析,分为电学失效分析工程师(EFA)和物理失效分析工程师(PFA)。无论是在设计企业、Fab厂、封测厂及应用方案厂家中都是一个重要的环节,主要的作用是针对芯片的缺陷、故障做到及时响应,通过分析失效现场找到失效原因,同时与设计及生产部门配合解决研发及量产中芯片的问题,这个环节对人员的专业性要求比较高。PFA需要熟悉芯片的结构、材料及样品处置的方法,同时还能够操作相关仪器设备,为电学分析做准备工作,其水平直接决定了后续的成功率。EFA能够设计失效分析方案,通过IV、TDR、EMMI&OBRICH等方法定位到失效热点,然后与PFA配合通过FIB等手段直接深入芯片结构及材料,定位并找到失效的原因。目前,国内外大的Fab厂、设计公司、封装及应用厂家基本都配备了专业的人员,拥有比较完整的实效分析团队,在贵重仪器使用方面往往会有欠缺,需要与第三方检测平台合作,更加节省成本的解决问题。

随着国内半导体行业的快速发展,越来越多的企业意识到了检测方面的重要性,使得市场快速放量增长。国内从事半导体第三方检测的企业数量众多,但规模较小,还没有出现一家可以与中国台湾A、B企业抗衡的企业,主要原因有以下3个方面:(1)对检测方面的重视程度不够,意识不强,大多数都是投入巨资在材料外延、工艺流片、封装测试方面,投入到检测方面的经费预算不足;(2)国内欠缺检测方面的高端人才,国内半导体方面发展比较晚,也没有形成针对半导体方面完整的教育体系,检测方面的专业课程设置更少,例如相关专业研究生的课程设置中,基本没有专门开设这类课程;(3)国家经费的支持有限,国家科研经费很多用于购买设备,主要给了高校和科研机构,但是在一些比较大型的设备方面又比较分散,很难集中购买一些大件设备,比如SIMS、GDMS、SCM等。就拿SIMS来说,一台比较高配置的设备大概需要2 000～3 000万人民币,国内目前存量的设备也就不到10台,很多还不能对外用。而SIMS这台设备是半导体材料方面检测用途最广的,基本每家企业都会用到,需求极为旺盛,那么众多企业只能委托美国的一家公司,基本处于市场垄断状态,检测价格比较高而且经常容易受到限制。

3 发展趋势

半导体检测朝着高端、专业化、平台化的方向发展。随着国内半导体产业的发展,半导体检测方面越来越受到重视,众多的第三方实验室获得了一定程度的发展。主要分为高端化、专业化、平台化3个方面。

(1)高端化。中国台湾、新加坡、美国企业拥有高端的检测实验室,专业的检测技术人员,国内企业和科研院所的高端检测服务项目基本被垄断。同时客户也比较倾向于能够提供专业服务的国外公司,这样能够保证其结果的准确性和交付效率。但是也存在了很多不便之处,样品一般需要通过中国大陆中转到中国台湾、美国或新加坡地区,周期比较漫长,同时也存在一定的技术泄漏的风险。国内实验室经过近几年的发展逐渐也能够承接部分高端检测分析,比如FIB、TEM、GD-MS等项目,很多国内公司通过自购设备、与政府合作共建公共技术服务平台或者与高校科研机构合作,共享研发机构中的高端设备,同样具备了提供高端服务的能力。价格也会更加便宜,周期也短。随着竞争的加剧,第三方实验室开始购置更加高端的设备,比如美资上海的一家第三方实验室购置了球差透射电镜,每台设备价值在2 500～3 000万人民币。从财报中也看到,中国台湾A公司也已经做好了准备。这类设备可以满足更小线宽观测的需求[2]。

(2)专业化。如果说过去存在的第三方实验室为2.0时代,那么最近几年筹建的实验室可以称为3.0时代。与过去不同,越来越多的第三方实验室以提供专业化的检测解决方案为主,他们往往都是从主流芯片企业或者实验室辞职出来,针对一类或者

几类芯片提供服务。还有从美国知名芯片设计企业海归回来的架构师C,带着核心技术在国内建立专业化失效分析实验室,能够通过频谱的方式分析芯片存在的失效位置和失效模式,可以直接定位到芯片故障点,为芯片企业提供检测及解决方案服务。

(3)平台化。与2.0和3.0实验室相比,实验室平台化也是一个重要的趋势,通过与高校、科研机构、企业建立合作关系,共享内部的大型仪器,通过专业的团队为企业提供检测技术和服务。不仅盘活了大型仪器设备,也非常高效率、低成本的解决了半导体企业的需求。上海半导体企业D,从半导体芯片人力资源切入、逐步为企业客户提供芯片设计、MPW、快封、测试、孵化服务,致力于打造IC芯片从设计、工艺、封测的生态系统,让天下没有难做的芯片,目前发展状况良好,获得上亿人民币的融资,每年业务额能达到2～3个亿。另外,北京、上海、西安、成都等地方政府与企业合作打造半导体芯片领域的公共技术服务平台,为企业提供检测、加工、流片、封装等全流程服务。平台能够更好的聚焦资源,打通上下游产业链,加速芯片从研发到生产制造的步伐,一定程度能够提供更加完整的解决方案,从而大大促进了整个行业的发展。在平台化为企业提供服务的过程中,保持高质量和专业性是比较重要的关注议题。

4 解决方案

作为平台化企业的典型代表,米格实验室是一家基于互联网+、面向实体企业、面向材料和半导体领域的研发、检测与技术解决方案服务平台。特别注重专业性、服务高端化、成本的控制、一站式解决方案。

专业性方面,专注于材料和半导体行业,通过服务1 500多家客户形成了超过5 000次的服务之后,发展了一套自有知识产权的检测技术矩阵,这是一套底层的检测技术,涉及到检测方法、检测设备、检测结果的分析和处理等。能够针对集成电路、宽禁带半导体、光电子、红外、MEMS、功率半导体等领域提供检测方案的设计、方案的实施、检测结果的分析与交付工作。

服务高端化,比如在半导体材料检测方面,最新用到的球差透射电镜、三维原子探针、聚焦离子束方面均具有相关的能力,而且设备和技术储备属于国际领先、国内一流的水平,每块能力都有行业内比较顶尖的技术团队给予强有力的支撑,这也是平台的优势所在。

成本的控制,平台更多利用闲置的仪器开展对外服务,节省了购置设备和聘用专业技术人员的成本,因此成本可以做到比较低的水平。通过对比发现,目前与国外专业的第三方实验室相比,平台的服务项目价格可以降低一半以上,有的甚至降低2/3。因此,在承接业务方面就比较有优势,在低成本的驱动下,用户的市场需求也可以释放出来。

一站式解决方案,在实验室供应端主要通过3种形态来实现一站式解决方案。(1)共享实验室。作为实验室的大客户直接派单给实验室,按照内部协议价付费。(2)代运营实验室。租用实验室的部分检测机时或者全部机时,聘请全职的技术团队来操作设备,每年按照签订的租赁协议付费。(3)自主可控实验室。针对市场需求,由于资源的短缺,无法通过共享和代运营的办法解决,建设自主可控的实验室,以满足企业的需求。自主可控实验室可以通过自主投资、与其他企业合资或者由政府投资企业运营的方式获得。通过3种不同的形态,完成整个实验室平台的布局,深入解决半导体企业的检测需求。另外,广泛与科研机构专家签订顾问协议,推广知识付费的服务内容,借助专家的智慧解决企业的技术需求,同时,提升平台的深度服务价值。

目前,米格实验室作为一种探索方式,发展态势良好,拥有多名博士和硕士人才,平台合作的实验室有350多家,代理运营的有2家,正在筹建1家自主可控实验室,签约了450多位专家顾问,3年的时间服务了包括华为、京东方、国家电网、中车、紫光、航天、中电、中科院等企业和高校用户超过1 500家企业,

解决了5 000多个检测技术需求,整合了20多项技术转化成果,与地方政府、大企业、投资机构等建立了紧密的合作关系。

5 结 论

随着半导体产业的强势发展,中国大陆的第三方检测实验室必然崛起,过去长期依赖中国台湾、美国及新加坡境外企业的状态必然得到改变。高端化、专业化、一站式、平台化是第三检测实验室发展的大趋势,实验室平台作为一支重要的力量,易于聚焦资源和专家,能够以极低的成本,提供专业、高端、一站式的服务解决方案,因此能够为芯片国产化的进程提供助力。

参考文献

[1] 闫方亮,周德金.共享实验室在促进研发与成果转化方面的探索与实践——以米格实验室为例[J]. 新材料产业,2018(7):39-43.
YAN F L, ZHOU D J. Exploration and practice of shared laboratoy in promoting R&D and achievement conversion: a case study of Migelab[J]. Advanced Naterials Industry,2018 (7):39-43.

[2] 闫方亮,实验设施检测设备共享平台分析[J]. 新材料产业,2018(6):18-20.
YAN F L.Analysis of sharing platform for testing equipment of laboratory facilities[J]. Advanced Materials Industry,2018(6):18-20.