

CONTENTS

• 目录



产业分析

- 01 / 我市集成电路与 ICT 产业发展的问题和建议
 - 06 / 徐州经开区与邳州市集成电路与 ICT 产业重点企业
发展情况简介
-

产业研究

- 10 / 第四代超禁带宽半导体——氧化镓研发与产业化项目
研究分析
- 14 / 芯片知识浅析
- 22 / 国内功率半导体的加速突破
- 27 / 美国芯片法案初析

我市集成电路与 ICT 产业发展的问题和建议

集成电路与 ICT 产业研究团队

一、我市集成电路与 ICT 产业发展存在的三个问题

一是产业规模偏小。今年 1-7 月份，全市 124 家集成电路与 ICT 战新产业列统企业，实现产业产值 103 亿元，在六大战新产业中占比约 5.4%，居最后一位，不及工程机械与智能装备的 1/8，且尚未形成几十亿甚至百亿级别的龙头旗舰型企业，龙头带动作用未充分发挥，鑫晶半导体、中科汉韵以及博康、影速、鲁汶等企业产能充分释放还需要较长过程。

二是产业层次偏低。虽然我市在半导体材料、设备、集成电路封测、功率器件、传感器、光电子以及下游应用端，基本形成了相对清晰的发展链条，但仍缺失某些关键环节，比如集成电路设计、制造等，某些重点领域（光刻机、刻蚀机、离子注入设备等）还不掌握行业主导权。

三是产业人才不足。在集成电路设计、生产等各个环节的高层次和高技能人才比较紧缺；本市高校在集成电路产业领域相关的电子电路、微电子技术、电子科学与技术等特色课程开设不足，集成电路半导体人才实训中心尚未建立。

二、我市集成电路与 ICT 产业发展的三个建议

我市集成电路与 ICT 产业高质量发展要在特色化、差异化发展路径的基础上，加快构建“一纵一横”两个链条，“纵”就是要做强技术领先，“横”就是要做大规模体量。

一是“纵向发展”要在细分领域形成技术领先优势。集成电路领域，我市先后承担多项省部级重大专项和成果转化项目，在半导体电子级多晶硅研发^[1]、先进光刻胶产品研发及产业化^[2]、高精度高产能激光直接成像设备的研发及产业化^[3]、高端半导体激光芯片材料^[4]、薄膜纳米孔径分析仪技术研发^[5]、大尺寸图形化蓝宝石衬底的研发与产业化^[6]等领域处于国际先进国内领先水平。

二是“横向扩张”要通过科技创新平台做强产业规模。目前，我市拥有集成电路与 ICT 产业领域新型研发机构 6 家^[7]，省级及以上重点实验室 1 家^[8]，院士工作站 1 家^[9]，工程技术研究中心 9 家^[10]，企业技术中心 6 家^[11]，工程研究中心 11 家^[12]，几乎涵盖了我在先进硅材料、高端光刻机单体、大规模集成电路用激光成像设备等所有优势领域。

建议我市通过科技战略平台培育，整合集成电路各类研发平台，推动开放协同创新和重大创新成果转移转化，持续赋能集成电路与 ICT 产业发展壮大。

三是“特色发展”要在细分领域打造“专精特新”企业。要在全国乃至全球集成电路产业发展整体规划布局中统筹谋划我市

集成电路与 ICT 产业发展定位，选中半导体材料和设备、集成电路封测、功率器件以及第三代半导体等细分优势赛道进行特色化差异化前瞻布局，持续打造细分领域“专精特新”企业^[13]。[全球第三大芯片制造硅片生产商 GlobalWafers（环球晶圆）今年 6 月 27 日宣布，计划在美国得克萨斯州建造一座价值 50 亿美元的工厂，主要生产 12 英寸大硅片，这一投资对于重建美国国内半导体供应链、加强美国的经济和国家安全、创造美国制造业就业机会至关重要]而徐州鑫晶半导体 12 英寸大硅片长晶产线已于 2019 年底试产成功，2020 年 10 月份首批 12 英寸半导体大硅片成功下线，将有效填补国内大硅片供应不足，对维护国家半导体产业链供应链稳定具有重要意义]

批注

[1] 鑫华半导体承担的国家科技部 02 专项，实现了电子级高纯硅料重大突破，结束我国不能量产电子级多晶硅料的历史。

[2] 博康信息承担的国家科技部 02 专项，在 193nm、248nm 中高端光刻胶及单体生产方面处于国内绝对领先水平。

[3] 影速光电承担的省重大成果转化项目，是国内首创能够制造“半导体纳米级制版光刻设备”，拥有多项“双台面曝光技术”等发明专利。

[4] 华兴激光获国家和省重点研发计划支持，经过技术团队多年的技术攻关，华兴激光成为国内唯一一家具备传感用半导体芯片材料生产技术的企业，率先突破国外技术壁垒，特别是功耗和出光功率等关键指标达到国际先进水平。

[5] 鲁汶仪器承担的省重点研发项目，鲁汶仪器磁存储刻蚀机、纳米孔径分析仪等半导体设备实现量产，实现进口替代。

[6] 同鑫光电承担的省重大成果转化项目，图形化蓝宝石衬底大尺寸的产品产线投产，实现了国内LED用大尺寸图形化蓝宝石衬底国产替代。

[7] 苏师大半导体材料与设备研究院、江苏集芯半导体硅材料研究院、江苏振宁半导体研究院、徐州智通激光智造技术研究院、徐州空港宽禁带半导体研究院、江苏微脉半导体技术研究院。

[8] 江苏协鑫的江苏省硅基电子材料重点实验室。

[9] 江苏华兴激光科技有限公司的江苏省院士工作站。

[10] 江苏中能的江苏省多晶硅材料工程技术研究中心、格利尔数码的江苏省车载多媒体控制系统工程技术研究中心、华夏电子的江苏省车载通信配件工程技术研究中心、天宝电子的江苏省（天宝）汽车音响工程技术研究中心、协鑫太阳能的江苏省（协鑫）石英坩埚工程技术研究中心、博康信息的江苏省（博康）光刻材料工程技术研究中心、影速光电的江苏省（影速）激光直接成像设备（LDI）工程技术研究中心、鑫华半导体的江苏省（鑫华）集成电路用高纯硅工程技术研究中心、云睿汽车的江苏省（云睿）汽车智能雨刮系统工程技术研究中心。

[11] 博康信息、协鑫硅材料、中能硅业、影速光电、天宝汽车电子、华兴激光。

[12] 国家级：中能硅业的先进硅材料制备技术国家地方联合工程研究中心、中国矿业的矿山互联网应用技术国家地方联合工程实验室。

省级：江苏协鑫的江苏省晶体硅线切及检测技术工程中心、博康信

息的江苏省高端光刻胶单体技术工程中心、格利尔数码的江苏省智慧城市信息感知系统工程中心、华洋通信的江苏省矿山物联网工程中心、鑫华半导体的江苏省半导体硅材料工程研究中心、影速光电的江苏省大规模集成电路用激光直接成像设备工程研究中心、鲁汶仪器的江苏省自旋电子学装备工程研究中心、华兴激光的江苏省高端半导体激光芯片材料工程研究中心、实为半导体的江苏省半导体设备加热与温控工程研究中心。

[13]1. 鑫华半导体电子级多晶硅突破海外多年技术封锁，填补了国内半导体级多晶硅生产空白；

2. 鑫晶半导体 12 寸半导体大硅片成功下线，为集成电路产业基础再造、自主可控作出了重要贡献；

3. 博康信息是中国 193nm、248nm 中高端光刻胶及单体主要生产商；

4. 鲁汶仪器磁存储刻蚀机、纳米孔径分析仪等半导体设备实现量产，实现进口替代；

5. 影速光电在国内首创能够制造“半导体纳米级制版光刻设备”，拥有“双台面曝光技术”等发明专利；

6. 华兴激光是国内唯一量产通信用 10G 高速半导体激光外延片、传感用 2 微米波段半导体激光外延片的企业；

7. 天拓集成电路装备制造中心拥有国内最先进的 NBL 电子束光刻机生产技术；

8. 中科智芯集成科技有限公司在晶圆级扇外型先进封装领域拥有自主知识产权；

9. 芯思杰可生产具有完全自主知识产权的国产化 5G 光芯片。

徐州经开区与邳州市集成电路与 ICT 产业 重点企业发展情况简介

集成电路与 ICT 产业研究团队

徐州市集成电路与 ICT 产业发展以做精做强细分领域为目标，立足徐州实际，集中力量深耕有基础有前景的半导体材料、装备、先进封测以及第三代半导体材料与器件等细分领域，以细分领域突破带动产业整体发展，持续打造细分领域“专精特新”企业。

一、经开区

徐州经开区集成电路与 ICT 产业集聚了一批“国家队”支持、打破国际垄断、具有核心竞争力的重大项目，产业从无到有、从小到大，形成了材料、装备、封测三条较为完整的产业链。

材料链上，集聚了填补国内空白的鑫华半导体电子级多晶硅、鑫晶半导体大硅片等一批重大项目；封测链上，主攻封测行业领军企业，中科智芯半导体封测、爱矽半导体封测等一批项目投产，创造了封测环节上的比较优势。

江苏鑫华半导体科技股份有限公司，专门从事集成电路用高纯电子级多晶硅及相关材料的生产和研发。2017年7月实现首批集成电路用高纯度硅料量产，打破了国外技术、市场垄断，填补国内半导体级原材料生产空白，成为国内外8寸、12寸半导体大

硅片厂家的主要供应商，逐步打破国外高纯度材料垄断。2021年公司产能达到国际前四，全球市占率达到1.8%，国内市占率达到50%，有效替代进口，保障了国内半导体产业的安全发展。

徐州鑫晶半导体科技有限公司，致力于研发和制造12英寸半导体硅片，技术以28纳米为基点，可到7纳米的线宽。2021年，公司已突破14纳米技术节点，并逐步向7纳米先进工艺推进。公司已获得ISO9001、ISO14001、ISO45001、IATF16949体系认证，产品已通过中国大陆、中国台湾、日本、美国及新加坡主流集成电路客户的认证。该公司投资建设的12寸/8寸晶圆项目、半导体大尺寸硅片项目计划建成亚洲第一、国际第三的大硅片生产基地。

平台型载体项目凤凰湾电子信息产业园已集聚了天科合达、中科汉韵和中科智芯等上下游企业，构建全套的碳化硅功率器件的产业链。

江苏中科智芯集成科技有限公司，专攻晶圆级封装技术，包括凸点、芯片规模封装、扇外型封装、超薄芯片制备、扇外型系统集成等，为客户提供优质、高效、可靠的晶圆级封测产品制造的“一站式”服务，并自身逐渐成为全球知名的集成电路封测企业之一。

江苏天科合达半导体有限公司，专业从事第三代半导体碳化硅晶片研发、生产和销售，是全球碳化硅晶片的主要生产商之一，是国内首家建立完整碳化硅晶片生产线、实现碳化硅晶体产业化

的企业，在国内率先成功研制 6 英寸碳化硅晶片，相继实现 2 英寸至 6 英寸碳化硅晶片产品的规模化供应，也是目前国内和全球主要碳化硅晶片生产企业之一，综合实力在碳化硅单晶衬底领域国际第四、国内领先。

江苏中科汉韵半导体有限公司，集中于宽禁带半导体碳化硅 MOSFET 芯片和模块的研发、生产和销售，产品应用定位于工业电机驱动、工业电源和高单价高信赖度的电动汽车、光伏新能源领域、轨道交通和电力系统用碳化硅器件系统核心技术的跟踪、创新乃至技术引领。

徐州金沙江半导体有限公司，致力于氮化镓功率器件的制备以及高效高功率密度开关电源的研发工作。2022 年 3 月，氮化镓功率半导体的全球领导者 GaNSystems 公司和徐州金沙江半导体公司联合攻关，首次成功完成了 400W-3kW 氮化镓电源应用于互联网数据中心（IDC）的现场试验。该现场试验验证了氮化镓电源的超高效率，满足了数据中心运营商对于电源节能和可靠性的严苛要求。

二、邳州市

邳州市集成电路与 ICT 产业主打半导体材料与设备基地建设，围绕光刻胶、光刻机、刻蚀机、纳米孔径分析仪等产品，打造全国最大的先进光刻材料生产基地。

江苏鲁汶仪器有限公司，主要从事 12 英寸和 8 英寸磁存储器刻蚀机研发与生产。鲁汶仪器以其国际化团队研发出全球领先的

新型 12 英寸特种金属膜层刻蚀系统，为先进的集成电路制造生产线提供磁存储器、阻变存储器和相变存储器等非易失性存储器中特种金属膜层的刻蚀装备和工艺解决方案。

徐州博康信息化学品有限公司，是集研发、生产、经营中高端光刻胶、光刻胶单体和光刻胶树脂为主的国家高新技术企业。配置有 KrFNikonS204、I9、I12、ACT8track、日立 CDSEM 等先进光刻检测设备，以及其它理化检测设备如 ICP-MS、HPLC、GC、IR 等。公司产品线涵盖 193nm/248nm、光刻胶单体、193nm/248nm 光刻胶、G 线 / I 线光刻胶、电子束光刻胶等产品。目前已成功开发出 40+ 个中高端光刻胶产品系列，包括多种电子束胶，ArF 干法光刻胶，KrF 正负型光刻胶，I 线正负型光刻胶及 GHI 超厚负胶，应用于 IC 集成电路制造多个环节，服务客户超 100 家。

江苏华兴激光科技有限公司，是一家专业从事半导体外延片制造与加工服务的公司，主要生产以砷化镓、磷化铟为基底的 III - V 族化合物半导体外延片，采用金属有机化学气相沉积技术制备不同结构和功能的外延片，经后段芯片与封装工艺制成各种电子器件，广泛应用于光纤通信、激光传感、激光医疗、激光加工等工业领域。

第四代超禁带宽半导体 ——氧化镓研发与产业化项目研究分析

集成电路与 ICT 产业研究团队

一、半导体材料发展史

在半导体材料的发展历史上，上世纪 90 年代之前，作为第一代的半导体材料以硅材料为主占绝对的统治地位。目前，半导体器件和集成电路仍然主要是用硅晶体材料制造的，硅器件构成了全球销售的所有半导体产品的 95% 以上。硅半导体材料及其集成电路的发展导致了微型计算机的出现和整个信息产业的飞跃。

第二代半导体材料：以砷化镓 (GaAs)、磷化铟 (InP) 为代表。随着以光通信为基础的信息高速公路的崛起和社会信息化的发展，以砷化镓、磷化铟为代表的第二代半导体材料崭露头角，并显示其巨大的优越性。砷化镓和磷化铟半导体激光器成为光通信系统中的关键器件，同时砷化镓高速器件也加速了光纤及移动通信新产业的发展。主要应用领域为光电子、微电子、微波功率器件等。

第三代半导体材料：以氮化镓 (GaN)、碳化硅 (SiC) 为代表。以氮化镓和碳化硅为代表的第三代半导体材料，具备高击穿电场、高热导率、高电子饱和速率及抗强辐射能力等优异性能，更适合

于制作高温、高频、抗辐射及大功率电子器件，是固态光源和电力电子、微波射频器件的“核芯”，在半导体照明、新一代移动通信、能源互联网、高速轨道交通、新能源汽车、消费类电子等领域有广阔的应用前景，有望突破传统半导体技术的瓶颈。

第四代半导体材料：以氧化镓（ Ga_2O_3 ）为代表。第四代半导体材料主要是以金刚石（C）、氧化镓（ Ga_2O_3 ）、氮化铝（AlN）为代表的超宽禁带（UWBG）半导体材料，禁带宽度超过 4eV，以及以锑化物（GaSb、InSb）为代表的超窄禁带（UNBG）半导体材料。在应用方面，超宽禁带材料会与第三代材料有交叠，主要在功率器件领域有更突出的特性优势；而超窄禁带材料，由于易激发、迁移率高，主要用于探测器、激光器等器件的应用。

二、氧化镓的产业地位

随着以 SiC 与 GaN 为主的第三代半导体应用逐渐落地，被视为第四代之超宽禁带氧化镓（ Ga_2O_3 ）和金刚石等新一代材料，成为下一波瞩目焦点，特别是氧化镓在超高功率元件应用有着不容小觑的潜力。

日本东北大学吉川彰教授与初创企业合作，研发新一代半导体材料 - 氧化镓的新制造技术，成本约为传统方法的百分之一。传统方法是加热使用贵金属铱制造的容器，熔化其中的材料，制造结晶。要制造直径约 15 厘米的实用性结晶，仅容器就需要 3000 万 - 5000 万日元（约 253 万元人民币），还存在结晶的质量不够稳定等课题。据称由于不需要昂贵的容器等原因，利用新方

法能以目前约百分之一的成本制造氧化镓结晶。

第四代之超宽禁带氧化镓和金刚石等新一代材料，特别是氧化镓因其基板制作相较于碳化硅与氮化镓更容易，又因为其超宽禁带的特性，使材料所能承受更高电压的崩溃电压和临界电场，使其在超高功率元件之应用极具潜力。氧化镓与碳化硅、氮化镓相比，氧化镓基功率器件具备高耐压、低损耗、高效率、小尺寸等特点，例如：同等耐压情况下，对比起碳化硅基器件的损耗，氧化镓基要降低 86%，尺寸仅为碳化硅基的 1/5 左右。

作为新一代半导体材料的氧化镓，是继第三代半导体碳化硅和氮化镓之后最具市场潜力的材料。我国内超 2/3 的半导体产品依赖进口，氧化镓的出现，是国内市场的一次机遇，有望击碎“卡脖子”的现况。为此，今年我国科技部将氧化镓列入“十四五重点研发计划”，让第四代半导体获得更广泛关注。

三、氧化镓所面临的技术难题

氧化镓材料所存在的问题：氧化镓未来潜力值得期待，不过现阶段仍有许多问题有待克服。目前氧化镓在材料本身主要之问题为散热与 P-type 掺杂不易达成；散热方面，可以发现热导率（0.25 W/cm.K）相较于其他高功率材料差；碳化硅热导率 4.9W/cm.K，氮化镓热导率 2.3 W/cm.K，散热问题严重的话会造成在组件操作方面接口的热崩溃，目前主要透过结构设计解决此问题，例如使用高导热系数的基板帮助分流其操作的高温。

而 P-type 掺杂则更为棘手，目前尚未有足够的电洞迁移率文

献被发表提出，现有资料主要归纳出以下三个原因：首先，因为氧化镓在氧的共价键方面为 2p 轨域，拥有非常强的键结电子不容易被抢走，造成深受子态。第二，氧化镓中的电洞有效质量太高，造成平坦价带边缘倾向于氧。最后，因为自由电洞的容易被自我捕捉于晶格扭曲中，使扩散与低电场的漂移都不太可能去实现。这是氧化镓目前所面临的一些问题，有待去改善以达到更多元的应用。

四、国内唯一产业化龙头企业

铭镓半导体是国内专业从事氧化镓材料及其功率器件产业化的高新企业，主要专注于新型超宽禁带半导体材料氧化镓的高质量单晶与外延衬底、高灵敏度日盲紫外探测器件和高频大功率器件等产业化高新技术的研发，目前已实现 2 寸氧化镓衬底材料量产。

铭镓半导体是目前唯一可实现国产工业级氧化镓半导体晶片小批量供货的中国厂家，公司拥有一支强劲的博士人员研发团队，核心成员中有多位具备 10 年以上半导体领域从业经验的产业技术人才。技术团队经过 3 年多科研攻关，晶体生长技术不断突破，实现从 1 英寸，到 2 英寸，再到 3 英寸单晶晶体的技术突破，目前已处于国内领先，达到国际先进水平，并超过美国（1 英寸）、德国（2 英寸）的氧化镓单晶技术水平，缩短了与日本（6 英寸）氧化镓单晶技术的差距。现有专利 17 项（含申请中），实用新型 3 项，发明专利 14 项。

五、SWOT 分析

优 势	劣 势
<p>作为第四代超宽禁带半导体，具有很大的潜力材料性能较第三代半导体碳化硅、氮化镓在超高功率另一方面优异，具有前瞻性，可替代现有技术的优势。项目团队依靠中科院物理所唐为华教授顶尖团队，技术支撑过硬，具有攻坚克难的能力。</p>	<p>材料参杂以及散热（自身热导率）方面存在先天缺陷，需要通过技术调整结构设计来弥补，存在一定的技术难题。</p>
机 遇	威 胁
<p>生产制造成本低，如解决技术难点克服材料缺陷，能产生极大的经济效益。</p> <p>氧化镓具备许多优良的特性，使其可以应用在许多方面，特别是其宽禁带特性能在功率元件上有显著的应用，诸如电动车、电力系统、风力发电机的涡轮等都是其应用范围。而氧化镓的薄膜透明，不仅在光电元件方面可作为透明面板上的组件，光感与气体传感器领域也都可以是其应用范围。</p> <p>也因此氧化镓产业前景方面应用广泛，且潜力极大仍有许多组件等待被开发与商业化，可说是很具前瞻性的材料之一。</p>	<p>作为第三代半导体材料的碳化硅与氮化镓，目前处于发展的黄金时期，投资研发力度跟不上，产品无法取得市场的信任，占据一定的市场，则有一定失败的风险。同时未来新兴材料的出现对氧化镓材料为主导的第四代超宽禁带半导体也存在着潜在的威胁。</p>

芯片知识浅析

集成电路与 ICT 产业研究团队

一、芯片的定义

芯片，又称微电路（microcircuit）、微芯片（microchip）、晶片（chip）、集成电路（integrated circuit, IC）。在电子学中是一种将电路（主要包括半导体设备，也包括被动组件等）小型化的方式，并时常制造在半导体晶圆表面上。

半导体指常温下导电性能介于导体与绝缘体之间，且导电性可控的材料。

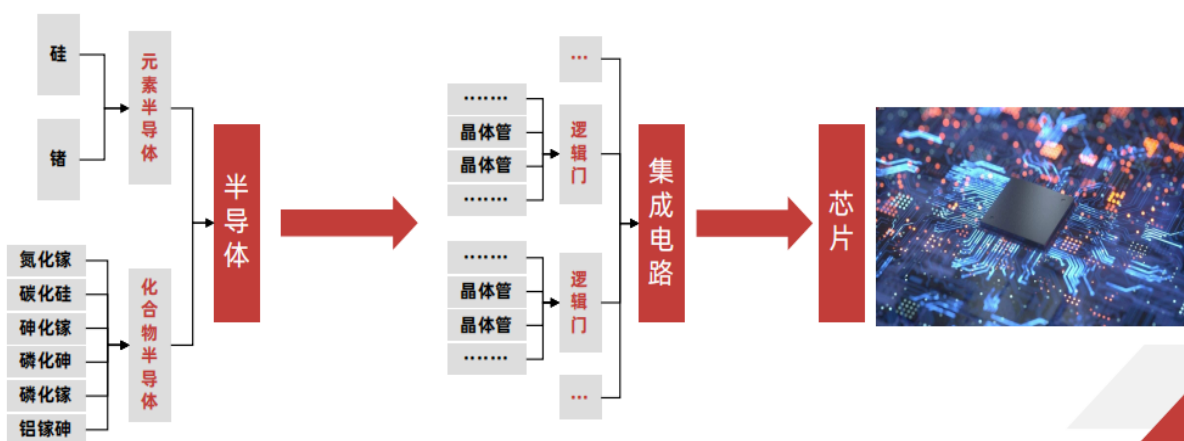
晶体管（transistor）是一种固体半导体器件（包括二极管、三极管、场效应管、晶闸管等，有时特指双极型器件），具有检波、整流、放大、开关、稳压、信号调制等多种功能。晶体管作为一种可变电流开关，能够基于输入电压控制输出电流。

逻辑门（Logic Gates）是在集成电路（Integrated Circuit）上的基本组件。简单的逻辑门可由晶体管组成。

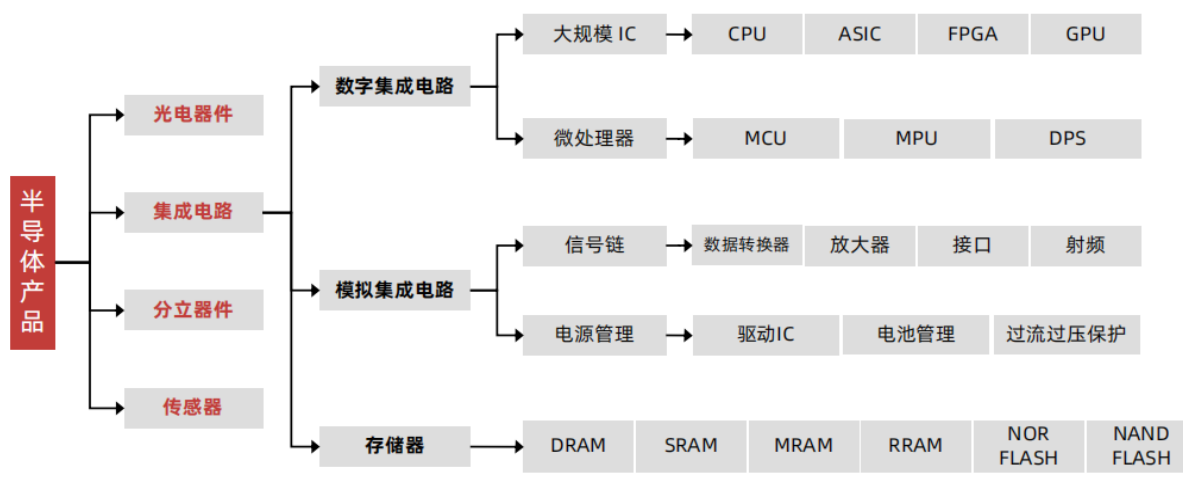
芯片的本质是在半导体衬底上制作能够实现一系列特定功能的集成电路。

芯片由集成电路经过设计、制造、封装等一系列操作后形成，一般来说，集成电路更着重电路的设计和布局布线，而芯片更看重电路的集成、生产和封装这三大环节。但在日常生活中，“集成电路”和“芯片”两者常被当作同一概念使用。

为适应现代社会的发展需求，芯片的架构、种类随之增多。按照不同的标准，可将其分为不同的类型。



按产品来划分，半导体产品可分为集成电路、分立器件、光电器件和传感器四种。集成电路作为半导体的核心产品，又分为数字集成电路、模拟集成电路和存储器这三类。集成电路占据整个半导体行业规模八成以上，光电子器件、分立器件和传感器虽然应用广泛，但需求和单价与集成电路差距较大。



二、复杂繁琐的芯片设计流程

芯片制造的过程就如同用乐高盖房子一样，先有晶圆作为地基，再层层往上叠的芯片制造流程后，就可产出必要的集成电路（IC）芯片。然而，没有设计图，拥有再强制造能力都没有用，因此，建筑师的角色相当重要。

在 IC 生产流程中，IC 多由专业 IC 设计公司进行规划、设计，像是联发科、高通、Intel 等知名大厂，都自行设计各自的 IC 芯片，提供不同规格、效能的芯片给下游厂商选择。因为 IC 是由各厂自行设计，所以 IC 设计十分仰赖工程师的技术，工程师的素质影响着一间企业的价值。设计流程可以简单分成如下。规格制定的第一步便是确定 IC 的目的、效能为何，对大方向做设定。接着是查

看有哪些协定要符合，像无线网卡的芯片就需要符合 IEEE 802.11 等规范，不然，这芯片将无法和市面上的产品相容，使它无法和其他设备连线。最后则是确立这颗 IC 的实作方法，将不同功能分配成不同的单元，并确立不同单元间连结的方法，如此便完成规格的制定。

设计完规格后，接着就是设计芯片的细节了。这个步骤就像初步记下建筑的规划，将整体轮廓描绘出来，方便后续制图。在 IC 芯片中，便是使用硬体描述语言（HDL）将电路描写出来。常使用的 HDL 有 Verilog、VHDL 等，藉由程式码便可轻易地将一颗 IC 的功能表达出来。接着就是检查程式功能的正确性并持续修改，直到它满足期望的功能为止。有了完整规画后，接下来便是画出平面的设计蓝图。在 IC 设计中，逻辑合成这个步骤便是将确定无误的 HDL code，放入电子设计自动化工具（EDA tool），让电脑将 HDL code 转换成逻辑电路，产生电路图。之后，反复的确定此逻辑设计图是否符合规格并修改，直到功能正确为止。最后，将合成完的程式码再放入另一套 EDA tool，进行电路布局与绕线（Place And Route）。制作时，便由底层开始，逐层制作，最后便会产生期望的芯片了。

芯片的制造主要包括 IC 设计、晶圆制造、封装和测试等一系列工序。整个流程类似 3D 打印，一步一步对各部件进行分层安装。

三、什么是晶圆

在半导体相关的新闻资讯中，总是会提到以尺寸标示的晶圆厂，如 8 寸或是 12 寸晶圆厂，然而，所谓的晶圆到底是什么东西？

其中 8 寸指的是什么部分？要产出大尺寸的晶圆制造又有什么难度呢？以下将逐步介绍半导体最重要的基础——“晶圆”到底是什么。

晶圆（wafer），是制造各式电脑芯片的基础。我们可以将芯片制造比拟成用乐高积木盖房子，藉由一层又一层的堆叠，完成自己期望的造型（也就是各式芯片）。然而，如果没有良好的地基，盖出来的房子就难以令自己满意，为了做出完美的房子，需要一个平稳的基板。对芯片制造来说，这个基板就是晶圆。

在固体材料中，有一种特殊的晶体结构——单晶。它具有原子一个接着一个紧密排列在一起的特性，可以形成一个平整的原子表层。因此，采用单晶做成晶圆，便可以满足以上的需求。而，生产这样的材料，主要有二个步骤，分别为纯化以及拉晶。

纯化分成两个阶段，第一步是冶金级纯化，此一过程主要是加入碳，以氧化还原的方式，将氧化硅转换成 98% 以上纯度的硅。大部份的金属提炼，像是铁或铜等金属，皆是采用这样的方式获得足够纯度的金属。但是，98% 对于芯片制造来说依旧不够，仍需要进一步提升。因此，将再进一步采用西门子制程（Siemens process）作纯化，如此，将获得半导体制程所需的高纯度多晶硅。

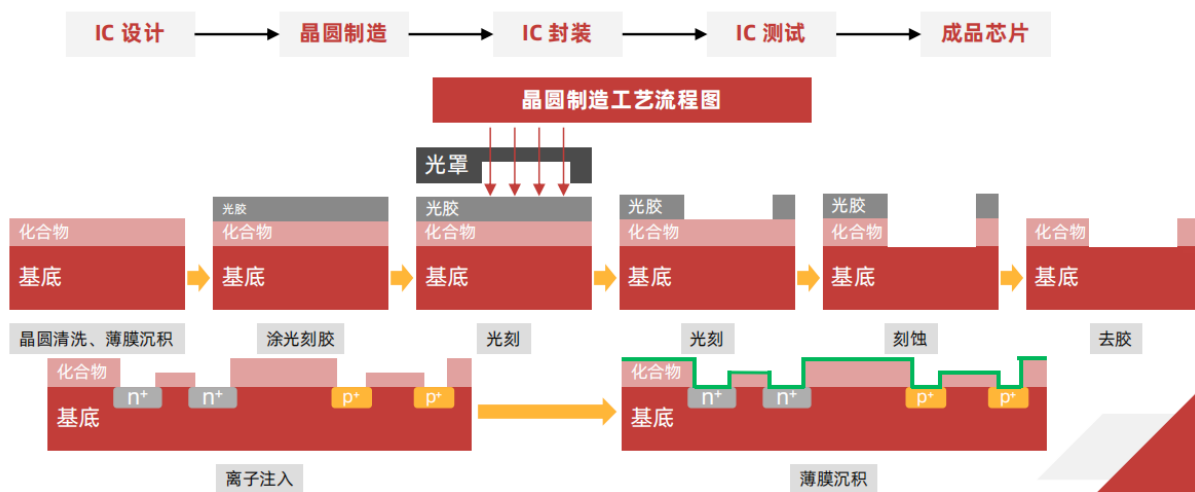
接着，就是拉晶的步骤。首先，将前面所获得的高纯度多晶硅融化，形成液态的硅。之后，以单晶的硅种（seed）和液体表面接触，一边旋转一边缓慢的向上拉起。至于为何需要单晶的硅种，是因为硅原子排列就和人排队一样，会需要排头让后来的人该如何正确的排列，硅种便是重要的排头，让后来的原子知道该如何

排队。最后，待离开液面的硅原子凝固后，排列整齐的单晶硅柱便完成了。

只是，一整条的硅柱并无法做成芯片制造的基板，为了产生一片一片的硅晶圆，接着需要以钻石刀将硅晶柱横向切成圆片，圆片再经由抛光便可形成芯片制造所需的硅晶圆。8寸、12寸等指标指的就是经过处理并切成薄圆片后的硅晶圆直径。生产技术越先进，出品的硅晶圆尺寸越大，因为这样硅晶圆的利用率更高，那么芯片的生产成本会越低，且效率会更高。至于制造大尺寸晶圆又有什么难度呢？如上所述，晶柱的制作过程一边旋转一边成型。而拉晶的过程中，旋转拉起的速度以及温度的控制都会影响到晶柱的品质。也因此，尺寸愈大时，拉晶对速度与温度的要求就更高，因此要做出高品质12寸晶圆的难度就比8寸晶圆要更高。

四、芯片制造

经过这么多步骤，芯片基板的制造便大功告成，下一步便是堆叠房子的步骤，也就是芯片制造。至于该如何制作芯片呢？参见下图。



制作 IC 时，可以简单分成以上步骤。虽然实际制造时，制造的步骤会有差异，使用的材料也有所不同，但是大体上皆采用类似的原理。

金属溅镀：将欲使用的金属材料均匀洒在晶圆片上，形成一层薄膜。

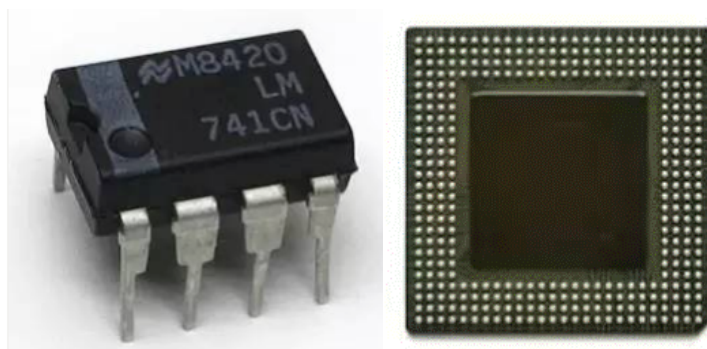
涂布光阻：先将光阻材料放在晶圆片上，透过光罩，将光束打在不要的部分上，破坏光阻材料结构。接着，再以化学药剂将被破坏的材料洗去。

蚀刻技术：将没有受光阻材料保护的硅晶圆，以离子束蚀刻。

光阻去除：使用去光阻液将剩下的光阻材料溶解掉，如此便完成一次流程。

最后便会在一整片晶圆上完成很多 IC 芯片，接下来只要将完成的方形 IC 芯片剪下，便可送到封装厂做封装。经过漫长的流程，从设计到制造，终于获得一颗 IC 芯片了。然而一颗芯片相当小且薄，如果不在外施加保护，会被轻易的刮伤损坏。此外，因为芯片的尺寸过于微小，如果不用一个较大尺寸的外壳，将不易以人工安置在电路板上。

目前常见的封装有两种，一种是电动玩具内常见的，黑色长得像蜈蚣的 DIP 封装，另一



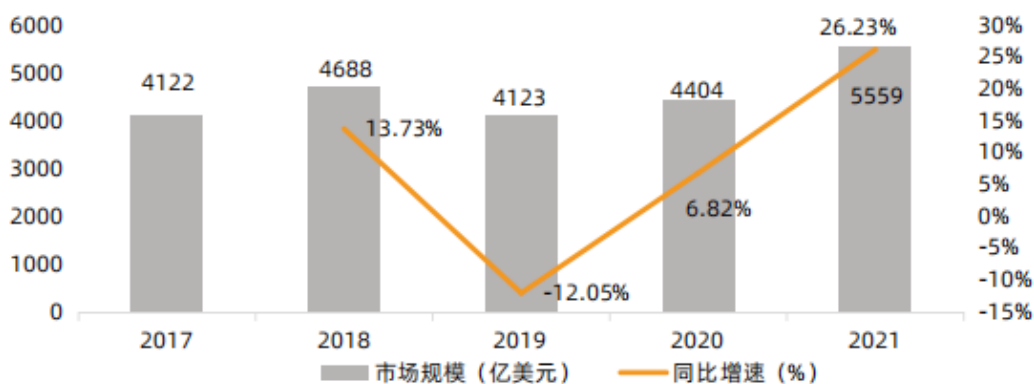
为购买盒装 CPU 时常见的 BGA 封装。至于其他的封装法，还有

早期 CPU 使用的 PGA（Pin Grid Array；Pin Grid Array）或是 DIP 的改良版 QFP（塑料方形扁平封装）等。

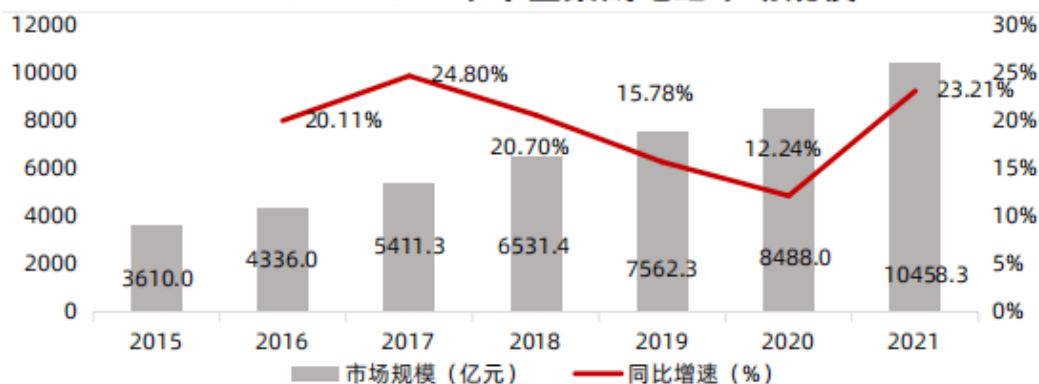
五、集成电路市场规模

2021 年是中国“十四五”开局之年，在国内宏观经济运行良好的驱动下，国内集成电路产业继续保持快速、平稳增长态势，2021 年中国集成电路产业首次突破万亿元。中国半导体行业协会统计，2021 年中国集成电路产业销售额为 10458.3 亿元，同比增长 18.2%。其中，设计业销售额为 4519 亿元，同比增长 19.6%；制造业销售额为 3176.3 亿元，同比增长 24.1%；封装测试业销售额 2763 亿元，同比增长 10.1%。

2016-2021 年全球集成电路市场规模



2016-2021 年中国集成电路市场规模



六、芯片产业链上下游

芯片行业产业链上游为半导体支撑产业，涵盖芯片生产制造所需的原材料以及机器设备，在整个产业链中壁垒极高。

芯片行业产业链中游为半导体制造领域，包含设计、制造、封测等一系列环节。

芯片行业产业链下游为半导体应用领域，囊括汽车电子、机器人、医疗、交通等社会经济诸多方面。

国内功率半导体的加速突破

集成电路与 ICT 产业研究团队

随着新兴应用场景的出现和发展，功率半导体的主要应用领域已经从传统的工业控制、消费电子、电力传输等领域拓展至新能源、物联网等市场，功率半导体市场规模逐年增长。Yole 数据显示，2019 年全球功率半导体市场规模为 381 亿美元，预计到 2022 年将达到 426 亿美元，复合增长率为 3.79%。

聚焦国内功率半导体领域，产业链正在日趋完善，技术逐步取得突破，外界资本也在持续关注。自 2021 年以来，国内功率半导体企业获得融资逾 40 笔。越来越多的本土企业涌入这条赛道，他们又该如何把这条路走得更宽广？

一、2022 年有哪些开拓创新

随着下游市场持续扩容，功率半导体需求急速攀升。国内功率器件的代表企业也在产品研发及市场应用等方面不断开拓。

翠展微作为国产汽车功率器件供应商，始终把客户的需求放在第一位，持续在第一线和客户探讨其车型规划、功率需求，从而确保研发生产出客户真正需要的功率模块。2022 年，翠展微结合终端客户的车型及功率要求研发出多款新产品，目前已经成为国内为数不多的品类齐全的汽车 IGBT 模块供应商。

产品方面，翠展微的 HP1、HPD 封装已经能够提供几乎全品类电流等级的模块，比如 600A、820A、950A 的 HPD 模块已经研发成功，同时工艺也非常成熟了。针对传统的 HP1 模块，新增了多款 PINFIN 散热产品，而且在 PINFIN 散热的产品上又进一步研究如何降低杂散电感，翠展为此找到国内外壳供应企业付费开模定制外壳，从而新增了专有产品 G7 模块，这个模块将进一步提升电驱系统的效率。同时，翠展微的 SiC 产品也在同步研发，预计在四季度为客户送样。

客户方面，翠展微的 HP1、HPD、DC6 等不同封装形式的模块，均有不同的型号给国内多家车企客户量产供货。翠展将紧跟主机厂及 tire1 的实际需求，持续投入研发，为客户提供真正需求的产品，致力于成为在世界范围内一流的汽车半导体供应商，为中国芯片事业贡献自己的力量。

群芯是一家光电半导体企业，在国内光耦领域已遥遥领先。

2022年，随着新能源汽车的快速发展，群芯在新能源汽车上布局的光继电器研发也取得了一定成绩，相继开发出40V、60V、100V、400V、600V及1500V的光继电器系列产品。并且，产品在国内主流新能源汽车品牌中应用，整体销量今年有望突破1亿元，全面替代国外企业的同类产品，实现自主可控。

扬州晶新是一家专业从事半导体芯片设计与制造的企业，在功率器件生产制造方面深耕多年，前身可追溯到60年代成立的国营“扬州晶体管厂”，在半导体行业具有广泛的影响力。目前，公司拥有4英寸、5英寸、6英寸三条生产线，主要芯片产品包括小信号晶体管、功率晶体管、开关晶体管、达林顿晶体管、数字晶体管、晶闸管、开关二极管、稳压二极管、肖特基二极管、镀银点二极管、瞬态电压抑制二极管、光电二极管、FRD和双极型集成电路(IC)、电力电子器件及模块等。

扬州晶新的功率器件芯片、高频小信号晶体管芯片等均采用了独特的芯片结构设计和表面保护技术，高频特性及开关速度等方面都有明显优势，而且功率耐量较大，具有很好的可靠性保证。产品广泛应用于家电、计算机、通信、工控仪表、安防、新能源、汽车电子等领域，且产品具有卓越的性能和价格优势，市场覆盖面广，占据国内主流市场，同时出口日本、韩国、欧美等国家，可深度参与国际市场竞争。

诚芯微是行业领先的专业集成电路设计企业，是一家致力于集成电路的设计、开发和销售，并提供完整的系统解决方案的国

家高新技术企业。公司成立于 2009 年，总部位于中国深圳，先后
在无锡、深圳等地设立研发中心。公司创始团队来自全球知名 IC
设计公司，核心研发团队拥有 15 余年的电源管理芯片设计、研发
和生产测试经验。公司打造了以高精度、低功耗、高效能、高可
靠性为特点的多品类电源管理芯片，已成功导入小米、立讯精密、
贝尔金、飞利浦、ANKER、BYD、CE-LINK、飞科等国内外知名
企业并建立战略合作关系。公司产品广泛应用于汽车电子、智能
手机、智能家居、可穿戴设备、安防监控、电动工具、小功率储
能等众多领域。

随着“碳达峰、碳中和”为目标的“低碳时代”的到来，电
子产品趋向于高频化、小型化、轻薄化、节能化，诚芯微通过增
加研发投入扩充研发队伍，将陆续推出高频化、轻量化的智能电
源产品以及第三代半导体应用的电源产品。

二、本土企业如何挖掘市场机会

近年来，国内功率半导体企业快速成长，以千亿元市场规模
为基准，且仍在不断壮大。

功率器件的增长点主要包括两个方面，一是市场的持续增长，
二是更充分的国产替代。市场的持续增长主要来自新能源领域，
最大的两个包括 NEV 和光伏市场。2022 年 1-6 月新能源汽车产销
均超过了 260 万辆，市场占有率达到 21.6%，去年新能源车的渗
透率还只有 15%，2020 年是 6%，预计到 2025 年 NEV 销量能达
到 1000 万台以上。我们知道，NEV 上半导体产值占比最大的就

是功率器件，再加上未来充电桩和车的配比数要进一步提升，充电桩上需要的功率产品市场容量也非常可观。

从国产替代角度来说，在中低端领域，国内供应商已基本能够满足性能要求，在性价比上甚至会更有优势。但是，在高压及特高压、高端乘用车、光伏等场景，国外供应商仍占主导，例如在高端乘用车的 IGBT 模块上，国外供应商几乎处于垄断的地位，这个板块的替代空间仍然很大。国内供应商不可能一直只做利润率低的市场，需要往高端走，目光再长远一些，争取做到向国外客户供货。

本土企业的市场机会在细分领域，需要研究新能源产业的巨大机会，从中找出适合自己的产品，潜心研究。

三、第三代半导体风口下怎样应对挑战

功率半导体产业的发展，为国产芯片加速发展提供了一个选择：第三代半导体。第三代半导体材料又称宽禁带半导体材料，和传统硅材料相比，主要区别在于禁带宽度，以 SiC、GaN 为代表的第三代半导体材料往往具备更宽的禁带宽度特性。

虽然，我国在第三代半导体领域产业链相对完整，但成本依然高居不下，设备也基本依赖进口，第三代半导体应用目前最大的问题是成本，而成本问题的后面也是一系列的技术成熟度和产业链配套问题，包括 SiC 长晶速度、生产良率较低、全球产线产能不足等等。目前国内布局三代半的企业非常多，但市场会起到非常有效的调节机制，随着应用场景的丰富，客户需求逐渐增加，

在市场化的竞争中，真正有竞争力的产品和企业会脱颖而出。

做好产品定位，理解客户需求最为重要，一定是去做市场需要的产品，而不是盲目跟风去做研发，或者一味追求“高性能”。同时，企业要明白自己的差异化优势，而不是去同质化严重的产品。我们坚信，第三代半导体功率器件，最终的规模化生产一定会转移到中国，尽管现在国内的成本相对较高，未来 3-5 年成本将大幅降低，进入新能源关联的各行各业。（来源：芯师爷）

美国芯片法案初析

集成电路与 ICT 产业研究团队

当地时间 8 月 9 日，美国总统拜登正式签署《芯片和科学法案》（以下简称“芯片法案”），计划为美国半导体产业提供高达 527 亿美元的政府补贴。在美国白宫发布的相关说明书中，“芯片法案”的目的被概括为降低成本、创造就业、加强供应链以及对抗中国。这再次引发半导体产业界对此法案的关注和疑虑。

在美国已采取要求相关企业对中国禁售高端光刻机、向华为公司施加“芯片禁令”、组织“芯片四方联盟”围堵中国等措施后，“芯片法案”开启了美国“几十年来少有的产业政策支持”，在寻求重夺行业主导权的同时，限制和阻止半导体国际企业在中国大陆的既有制造能力和计划中的先进制造能力，进而将这些制

造能力虹吸到美国，达到损人又利己的目的。

业内人士同时批评称，美国在“芯片法案”中加入“中国护栏”条款，让企业在中美产业政策中选边站队，制造了一国利用产业政策扰乱国际市场和全球供应链的危险先例。

01

美政府豪掷 527 亿美元，大力补贴芯片研发制造

该法案融合了经济和国家安全政策的内容，主要包括两方面计划：一是向半导体行业提供约 527 亿美元的资金支持，并为企业提供价值 240 亿美元的投资税抵免，鼓励企业在美国研发和制造芯片；二是在未来几年提供约 2000 亿美元的科研经费支持，重点支持人工智能、机器人技术、量子计算等前沿科技。

根据美国国会发布的法案文件，“芯片法案”中对于 2000 多亿美元的投入有着详细的规划与时间表。根据法案规定，美国将成立四大基金，分享政府为半导体行业提供的 527 亿美元，其中 500 亿美元被拨给“美国芯片基金”，独占总金额的约 95% 份额。法案要求，“美国芯片基金”的资金将用于旨在发展美国国内制造能力的半导体激励计划以及研发和劳动力发展计划。

半导体激励计划是“美国芯片基金”在 2022 至 2026 财年的重中之重，该计划将花费 390 亿美元以支持芯片制造业的发展。2022 财年，半导体激励计划投资 190 亿美元，此后每财年投入 50 亿美元。此外，法案还将为相关企业提供 25% 的投资税收抵免。同时，法案明确了在 2022 财年将 20 亿美元用于传统成熟制程芯

片的生产。

除半导体激励计划外，研发和劳动力发展计划也将获得“美国芯片基金”110亿美元的支持，在未来五年内投向国家半导体技术中心（NSTC）、国家先进封装制造计划以及其他研发和劳动力发展项目。

在527亿美元的预算中，“美国国防芯片基金”将获得20亿美元；“美国芯片国际技术安全与创新基金”将获得5亿美元，用以加强与外国政府合作伙伴的协调沟通；“美国芯片劳动力和教育基金”将获得2亿美元，主要用于相关人才培养。

而约2000亿美元的科研经费支持则将分配给美国国家科学基金会（NSF）、美国国家标准与技术研究院（NIST）、商务部和能源部等机构。其中，商务部将获得分配100亿美元给州和地方区域的权力，用于在美国各地建设多个“区域技术中心”。

02

为何值得中国警惕？用行政力量干扰国际半导体企业在华经营。“芯片法案”最值得关注的一项条款是，禁止获得联邦资金的公司在中国大幅增产先进制程芯片，期限为10年。违反禁令或未能修正违规状况的公司或将需要全额退还联邦补助款。

华泰证券发布的一份研报称，目前在中美都设有半导体厂的企业包括台积电（南京）、三星（西安）、海力士（大连），这些企业如果接受“芯片法案”的补助，可能会被限制在中国建造或扩大先进制程晶圆厂。此外，英特尔和美光也在中国拥有芯片

封装和测试工厂。

据英国广播公司（BBC）报道，在过去一段时间中，所有美国设备制造商都收到美国商务部的信函，通知他们不要向中国供应用于 14 纳米或以下芯片制造的设备。美国芯片设备厂商泛林半导体主席兼 CEO 蒂姆·阿切尔在 7 月 27 日的财报会上表示，美国对华技术出口管制范围将进一步扩大至生产 14 纳米以下芯片的代工厂。

芯谋研究首席分析师顾文军对《环球时报》记者表示，“芯片法案”的规定与美国政府近几年来对中国半导体企业的一系列制裁结合起来，再一次说明美国将中国半导体视为竞争对手，着意打压中国半导体产业在先进技术领域的发展。

一名不具名的业内人士在接受《环球时报》记者采访时批评称，近年来，美国已采取种种手段打造排挤中国的半导体“小圈子”，而“芯片法案”中的“中国护栏”条款对中国乃至整个产业界都具有严重危害性。这名资深半导体行业专家说，这一条款使美国除在本国生产半导体外，只会找所谓“信得过”的国家开展合作，这或将打破全球半导体行业的分工与格局。未来，美国还可能变本加厉，“让哪个国家生产什么就生产什么”。

对于“芯片法案”中的相关内容，中国贸促会、中国国际商会 10 日发文表示反对。中国贸促会、中国国际商会认为，法案中的条款歧视性对待部分外国企业，凸显美意在动用政府力量强行改变半导体领域的国际分工格局，损害了包括中美企业在内的世

界各国企业的利益。一方面，这是典型的专向性产业补贴，不符合世贸组织的非歧视原则；另一方面，法案将部分国家确定为重点针对和打击目标，导致企业被迫调整全球发展战略和布局。尤其是法案对“任何受关注的国家”界定宽泛，无限扩大了执法的自由裁量权，具有典型的泛政治化色彩，各国企业经营活动面临的不确定性大大增加。

在美国一系列组合拳下，半导体传统市场化竞争模式将发生改变。半导体产业将从全球化、合作化、分工化向多区域化、多生态化、竞争化发展。在“芯片法案”等一系列措施下，国际企业扩张和发展逻辑将更多考虑政治因素，其次才是市场、效率和成本。

在“芯片法案”签署前后，多家美国半导体企业已宣布将在本土扩大投资。美光公司9日宣布，其将在2030年前投资400亿美元在美国制造芯片，而这一行动将得到“芯片法案”的支持。路透社8日报道称，高通公司已同意从芯片制造商格芯的纽约工厂额外购买价值42亿美元的半导体芯片，从而使其到2028年的采购总额达到74亿美元。

“芯片法案”意在加速建设本土半导体制造，一方面扶持本土现有制造龙头，另一方面吸引更多国际企业加大在美投资。这会分散国际企业在中国市场的投资，影响资金、人才等诸多方面，进而影响中国获取国际资源的能力。此前，国际企业在中国布局是产业链布局，现在可能仅把中国作为终端市场，限制性地销售

某些特定产品。当中国在国际半导体企业布局中由研发和制造转向售后和服务，中国半导体产业所发挥的价值将下降，在全球半导体产业中的话语权也将降低。

中国现代国际关系研究院美国所副研究员李峥认为，“芯片法案”为美国提供了更多国际合作与谈判的筹码。在通过“芯片法案”后，美国可能还将加速构建所谓“芯片四方联盟”，以产业补贴和市场准入为筹码拉拢韩国、日本、中国台湾地区等相关方，形成美国半导体产业的“后院”。

03

有多大影响？美国难以达到夺回产业主导权目的

李峥对《环球时报》记者表示，尽管“芯片法案”将发挥一定作用，但是否能真正改变全球半导体格局还有待观察。他认为，“芯片法案”存在若干局限性，例如低估了芯片产业转移、再造的难度。

美市场人士预计，芯片法案所提供的 500 多亿美元资金仅能基本满足英特尔、三星和台积电的工厂建设，无法支持从上游至下游的整体产业链。其中一些关键的中小企业无法得到美“芯片法案”支持，所以也不会转移其布局。同时，美国明显低估了半导体产业链转移所需的人才、劳动力、物流、能源等必要支撑因素，美国在上述领域均存在显著不足，面临供需失调的矛盾。

有研究指出，美国建立完全自给自足的本地半导体供应链需要至少 1 万亿美元的前期投资，而“芯片法案”直接投向半导体

制造领域的 500 多亿美元预算对整个行业而言可谓杯水车薪。台积电前发言人孙又文日前参加一场线上讨论会时就曾表示，“为建设产能所花的钱真的不是那么有意义。520 亿美元真的不是很多钱，你只需看看台积电在一年内花费的资本支出，那 520 亿美元有什么用呢？”

包括美国学者在内的各方人士也对“芯片法案”真正能起到的作用表示怀疑。美国印第安纳大学副教授丹兹曼日前在《华盛顿邮报》撰文称，“芯片法案”是“昂贵的笨蛋”还是有效的创新催化剂，取决于项目管理，但其本身不太可能阻止美国公司继续在中国进行生产。

美国 CNBC 网站评论称，建立芯片工厂是一个漫长的过程，吸引新工厂所需的人才不是一蹴而就的。美国制造业中常见的法规、劳动力成本和其他障碍可能会进一步减缓美国公司生产本土芯片的过程和时间表。

李峥同时指出，美国也低估了半导体产业国际竞争与利益绑定的基本事实。当今全球半导体产业已与 20 世纪 90 年代的美日争霸有显著不同。由于芯片制造工艺更加复杂，半导体企业普遍采用跨国合作的方式发挥比较优势，降低生产成本。美国的“芯片法案”或“芯片四方联盟”不足以改变全球半导体产业高度分散、相互依赖的现实局面，因此也无法达到夺回半导体产业主导权的目的。

04

谁是受到影响最大的企业？

美这一法案中并未明确言明，所谓先进制程和所谓“传统半导体”的定义。

尽管目前市场普遍认为 28 纳米是先进制程和成熟制程的分界线，很多外媒也将这份法案直接解读为“禁止在中国大幅增产 28 纳米以下半导体，但 28 纳米及以上半导体暂时不受限制”。

但值得一提的是，这份法案中还提到，考虑到出口控制和技术进步的因素，要求美国商务部长与国防部长和国家情报总监磋商，根据行业意见定期重新考虑更新有关国家制造业禁令的技术门槛。

换言之，这份法案其实给芯片投资限制设置了一个较为灵活的技术门槛。如果未来十年内，芯片技术进步，这一对华投资限制可能还会下沉到 28 纳米以下。

此前市场普遍认为，这份法案最大的受益者将是英特尔、台积电和三星电子等芯片巨头，因为目前这些公司都已经公布了在美扩张设厂的详尽计划。换言之，这项芯片法案中的“对华投资限制”条款中所针对的最主要对象，也就是这些芯片巨头。咨询机构 TrendForce 指出，在上述三家公司中，目前同时在美国和中国大陆设芯片厂的半导体公司仅有台积电和三星。英特尔在大连的晶圆厂已经出售给了 SK 海力士，目前在中国仅在成都设有芯片封测中心。去年英特尔曾表示希望在成都增产生产硅晶片，但

遭到白宫拒绝。对于台积电和三星，在大陆生产 28 纳米以下先进制程芯片的目前只有台积电——目前，台积电在南京的工厂生产 28 纳米和 16 纳米芯片——因而台积电可能也将成为这份法案所针对的头号对象。

尽管英特尔此前一直在大力游说，希望美国不要限制芯片企业对中国大陆的投资，称这样会“无意中削弱那些接受法案资金的公司们的全球竞争力”，但现在看来并无效果。

新美国安全中心主任 **Martijn Rasser** 直言，美国芯片法案设定的限制“凸显出美国政策制定者越来越担心企业在中国建设先进芯片产能。”

对于美国这份饱含恶意的芯片法案，中国外交部发言人赵立坚回应称，美国如何发展自己是美国自己的事，但不应为中美正常的科技人文交流合作设置障碍，更不应该剥夺和损害中方正当的发展权益。