

中国 Chiplet 技术发展路线图与产业政策建议

李岳龙, 冯明宪, 钟华应, 张志伟*

国科创新研究院(厦门)有限公司, 福建 厦门 361000

DOI: 10.61369/ME.2024070015

摘要： 本文深入剖析中国 Chiplet 技术的发展路线图，全面梳理其在技术演进、市场应用及产业生态建设方面的现状与趋势，并结合国际竞争格局，提出针对性产业政策建议。旨在为中国 Chiplet 技术突破发展瓶颈、提升产业竞争力、实现可持续发展提供理论支持与决策参考。

关键词： Chiplet 技术；发展路线图；产业政策；半导体产业

China's Chiplet Technology Development Roadmap and Industrial Policy Suggestions

Li Yuelong, Feng Mingxian, Zhong Huaying, Zhang Zhiwei*

Guoke Innovation Research Institute (Xiamen) Co., LTD. Xiamen, Fujian 361000

Abstract： This paper makes an in-depth analysis of the development roadmap of China's Chiplet technology, comprehensively sorts out its current situation and trends in terms of technological evolution, market applications, and the construction of the industrial ecosystem. Combining with the international competition pattern, it puts forward targeted suggestions for industrial policies. The aim is to provide theoretical support and decision-making references for China's Chiplet technology to break through development bottlenecks, enhance industrial competitiveness, and achieve sustainable development.

Keywords： Chiplet technology; development roadmap; industrial policies; semiconductor industry

引言

在半导体产业持续发展进程中，摩尔定律逐渐逼近物理极限，芯片制造面临成本攀升、研发周期延长等挑战。Chiplet 技术作为一种创新的芯片集成方式，通过将大芯片分解为多个小芯片模块，再利用先进封装技术实现互连，有效降低成本、提高良率并缩短研发周期，成为后摩尔时代半导体技术发展的关键方向。我国半导体产业经过多年发展，产销规模已位居世界前列，但由于研发投入少、技术水平低、产业结构不合理，一直处于全球价值链中低端，在高端芯片技术方面仍面临诸多挑战^[1]。深入研究中国 Chiplet 技术发展路线图并提出合理的产业政策建议，对推动中国半导体产业高质量发展、提升国际竞争力意义重大。

一、Chiplet 技术概述

(一) Chiplet 技术原理

Chiplet 技术是将不同功能的小芯片 (Chiplet)，依据各自最适配的制程工艺分别制造，再通过先进的互连技术 (如硅通孔 TSV、微凸块等) 与封装技术 (如 2.5D、3D 封装) 进行系统集成。这种模块化设计打破了传统单芯片集成的限制，不同功能模块可独立优化，提升了芯片设计的灵活性与整体性能^[2]。

(二) Chiplet 技术优势

与传统 SoC 芯片相比，Chiplet 技术优势显著。在成本控制

上，部分对制程要求较低的模块可采用成熟工艺制造，降低整体成本；设计灵活性方面，各 Chiplet 能独立开发、测试与升级，加快产品迭代速度；良率提升上，小芯片面积小，缺陷概率降低，即便部分 Chiplet 出现问题，也不影响整体芯片功能^[3]。

二、中国 Chiplet 技术发展现状

(一) 技术研发进展

中国科研机构与企业在 Chiplet 技术研发方面积极投入，在关键技术如 TSV、RDL (重分布层) 等取得一定突破。部分企业

作者简介：

李岳龙 (1964.04-)，男，汉族，中国台湾省新北市人，博士，国科创新研究院 (厦门) 有限公司，教授，研究方向：科技管理与工程；

冯明宪 (1960.03-)，男，汉族，中国台湾省台南县人，博士，国科创新研究院 (厦门) 有限公司，教授，研究方向：半导体/集成电路产品生产/测试封装，半导体封装测试设备；

钟华应 (1978.10-)，女，汉族，江西省赣州市人，博士研究生，国科创新研究院 (厦门) 有限公司，研究员，研究方向：创业管理。

通讯作者：张志伟 (1979.05-)，男，汉族，中国台湾省新竹市人，博士，国科创新研究院 (厦门) 有限公司，主任工程师，研究方向：半导体产品封装测试及技术研发，邮箱：chgenech@gmail.com。

已具备量产能力，如长电科技的 XDFOI™技术，能实现多种异构芯片的高效集成，在高性能计算、人工智能等领域展现出应用潜力。但在高端 EDA 工具、先进制程设备以及部分关键材料等核心技术环节，仍与国际先进水平存在差距，依赖进口的现状制约着技术的快速发展^{[4][5]}。

（二）市场应用情况

目前，Chiplet 技术在中国市场的应用领域不断拓展，从最初的高性能计算、数据中心，逐步延伸至 5G 通信、物联网、汽车电子等领域，对芯片性能、功能和集成度提出了更高的要求。在高性能计算领域，华为、寒武纪等企业利用 Chiplet 技术提升芯片性能与计算效率；物联网领域，采用 Chiplet 技术的芯片能根据不同应用场景灵活组合功能，满足多样化需求。不过，市场应用仍处于初期阶段，标准化程度低、生态不完善等问题限制了其大规模推广。这就需要中国在发展 Chiplet 技术时，加强对新兴领域技术趋势的研究和跟踪，提前布局技术研发，抢占市场先机^[6]。

（三）产业生态建设

国内已形成相对完整的半导体产业链（如表1所示），但在 Chiplet 技术生态建设方面仍需完善^[7]。一方面，企业间合作有待加强，缺乏统一的标准和接口规范，导致不同企业的 Chiplet 产品兼容性差，增加了系统集成难度与成本。另一方面，产学研协同创新机制尚未充分发挥作用，高校和科研机构的研究成果向产业转化的效率不高。

表 1：中国集成电路产业各环节市场规模占比（2021 年）

产业环节	市场规模（亿元）	占比
集成电路设计业	4519	43.21%
集成电路制造业	3176	30.37%
集成电路封测业	2763	26.42%

为应对这些新的形势，中国 Chiplet 技术发展在坚持自主创新的基础上，还应进一步强化产业链协同发展。产业链上下游企业应加强信息共享和技术交流，共同攻克技术难题，形成完整的产业生态闭环。例如，芯片设计企业应与制造企业紧密合作，根据制造工艺的特点和能力进行芯片架构设计；封装测试企业则需提前介入芯片设计阶段，提供封装技术的可行性建议，确保 Chiplet 产品从设计到生产的高效衔接。

三、中国 Chiplet 技术发展路线图

（一）短期发展目标（1-3 年）

聚焦关键技术突破，加大在高端 EDA 工具、先进封装设备和关键材料研发的投入，提高自主可控能力。推动企业间的合作与交流，参与并主导部分 Chiplet 技术标准的制定，增强在国际标准制定中的话语权。重点发展适用于 5G 通信、物联网等领域的 Chiplet 产品，满足市场对中低端芯片的多样化需求，扩大市场份额。

（二）中期发展目标（3-5 年）

持续提升技术水平，实现 7nm 及以下先进制程 Chiplet 技术的量产，缩小与国际先进水平的差距。完善产业生态建设，加强产学研深度融合，促进科研成果高效转化。拓展应用领域，将

Chiplet 技术广泛应用于人工智能、自动驾驶等新兴战略领域，推动相关产业的技术升级。

（三）长期发展目标（5 年以上）

在 Chiplet 技术领域达到国际领先水平，掌握核心技术与自主知识产权，实现从芯片设计、制造到封装测试的全产业链自主可控。构建成熟、完善的产业生态系统，吸引全球优质资源，提升中国半导体产业在全球的竞争力与影响力，成为全球 Chiplet 技术创新与产业发展的引领者。

四、中国 Chiplet 技术发展面临的挑战

（一）国际形势

在当前复杂的国际形势下，地缘政治因素对半导体产业供应链的稳定产生了深刻影响。以美国为首的部分国家通过出台一系列政策法规，限制高端半导体技术、设备和材料的出口，试图对中国半导体产业进行“卡脖子”。这使得中国 Chiplet 技术的发展面临更为严峻的外部环境，在关键技术引进、国际合作拓展以及市场份额提升等方面遭遇重重阻碍。例如，美国《芯片与科学法案》的实施，加剧了全球半导体产业的竞争格局分化，中国 Chiplet 企业在国际市场上拓展业务时，面临着更为严格的审查和限制^[8]。

（二）技术瓶颈

高端 EDA 工具严重依赖进口，国内 EDA 企业在技术水平、功能完整性和市场份额方面与国际巨头差距明显，制约了 Chiplet 技术的设计创新与优化。先进制程设备技术落后，如极紫外光刻（EUV）设备，限制了先进 Chiplet 产品的制造能力。关键材料国产化率低，如光刻胶、高性能封装基板材料等，影响产品质量与生产稳定性，增加了产业发展的外部风险^[9]。

（三）市场竞争

国际半导体巨头凭借技术、资金和市场优势，在 Chiplet 技术领域占据领先地位，对中国企业形成巨大竞争压力^[10]。全球主要芯片制造商如英特尔、台积电、三星等，在技术研发、专利布局 and 市场份额方面具有先发优势，中国企业在国际市场拓展中面临较高壁垒。国内 Chiplet 市场尚处于发展初期，市场需求有待进一步挖掘与培育。消费者和企业对 Chiplet 技术的认知度和接受度有待提高，市场规模较小，尚未形成规模效应，影响企业的盈利能力和发展动力。

（四）人才短缺

Chiplet 技术涉及多学科交叉领域，需要具备半导体设计、封装、材料等多方面知识的复合型人才。目前，国内相关专业人才培养体系尚不完善，高校和职业院校的课程设置与产业需求存在差距，导致专业人才供应不足，制约了技术创新和产业发展。跨国公司凭借优厚的待遇和良好的发展环境，吸引了大量国内优秀人才，进一步加剧了国内 Chiplet 技术领域的人才短缺问题。人才流失不仅带走了先进技术和经验，还增加了企业的人才培养成本和技术研发风险。

五、促进中国 Chiplet 技术发展的产业政策建议

（一）加大技术研发支持力度

政府应设立专项基金，重点支持 Chiplet 关键技术研发，如高端 EDA 工具、先进制程设备和关键材料等领域。鼓励企业与高校、科研机构联合开展研发项目，建立产学研用协同创新机制，加速科研成果转化为实际生产力。对在 Chiplet 技术研发中取得重大突破的企业和科研机构给予税收优惠、财政补贴等奖励，提高创新积极性。加强国际科技合作，鼓励国内企业与国际先进企业、科研机构开展技术交流与合作，引进国外先进技术和经验。支持国内企业参与国际 Chiplet 技术标准制定，提升中国在国际半导体产业中的话语权。

（二）优化市场环境

制定相关政策，引导和鼓励国内企业在 5G、物联网、人工智能等领域优先采用国产 Chiplet 产品，通过政府采购、产业补贴等方式，培育和扩大国内市场需求，促进国产 Chiplet 技术的应用和推广。加强市场监管，规范 Chiplet 市场秩序，打击侵权行为，保护企业的创新成果和合法权益。建立健全知识产权保护体系，加强对 Chiplet 技术相关专利、商标等知识产权的保护力度，营造公平竞争的市场环境。

（三）加强人才培养与引进

高校和职业院校应优化专业设置，增设 Chiplet 技术相关课程，加强实践教学环节，培养适应产业发展需求的复合型专业人

才。企业应加强与高校的合作，建立实习基地和人才培养联盟，为学生提供实践机会，实现人才的定向培养。制定优惠政策，吸引海外 Chiplet 技术领域的高端人才回国创新创业，为其提供良好的工作环境、科研条件和生活待遇。鼓励企业引进国外先进技术人才，加强人才交流与合作，提升国内人才队伍的整体水平。

（四）发挥行业协会作用

行业协会在推动 Chiplet 技术发展过程中的作用不可忽视。行业协会应充分发挥桥梁纽带作用，组织企业参与国际技术交流互动，及时了解国际最新技术动态和市场信息；协调企业间的利益关系，避免恶性竞争，促进产业健康有序发展；积极开展行业调研，为政府制定产业政策提供数据支持和决策参考，推动产业政策与市场需求的精准对接。

六、结论

Chiplet 技术作为半导体产业的重要发展方向，为中国半导体产业实现跨越式发展提供了机遇。尽管中国在 Chiplet 技术发展过程中面临国际形势、技术瓶颈、市场竞争和人才短缺等挑战，但通过明确发展路线图，实施针对性的产业政策，加大研发投入、优化市场环境、加强人才培养与引进、发挥行业协会作用等措施，有望在复杂的国际环境中突破发展障碍，提升产业竞争力，推动中国半导体产业在全球产业链中迈向中高端水平，实现可持续发展。

参考文献

- [1] 肖勇勇. 中国集成电路产业全要素生产率及影响因素的研究 [D]. 广西大学, 2021. DOI: 10.27034/d.cnki.ggxixu.2021.000327.
- [2] 吉勇, 王成迁, 李杨. 扇外型封装发展、挑战和机遇 [J]. 电子与封装, 2020, 20(08): 3-8.
- [3] Mutschler A. 'More than Moore' reality check [EB/OL]. Semiconductor Engineering. [2020-05-14]. Available from: <http://www.semiengineering.com/more-than-moore-reality-check>.
- [4] 李应选. Chiplet 的现状和需要解决的问题 [J]. 微电子学与计算机, 2022, 39(05): 1-9.
- [5] Coudrain P, Charbonnier J, Garnier A, et al. Active interposer technology for chiplet-based advanced 3D system architectures[C]//2019 IEEE 69th Electronic Components and Technology Conference(ECTC). Piscataway: IEEE Press, 2019, doi: 10.1109/ECTC.2019.00092.
- [6] 杨晖. 后摩尔时代 Chiplet 技术的演进与挑战 [J]. 集成电路应用, 2020, 37(05): 52-54.
- [7] 王若达. 先进封装推动半导体产业新发展 [J]. 中国集成电路, 2022, 31(04): 26-29+42.
- [8] 杨忠, 巫强, 宋孟璐, 孙佳怡. 美国《芯片与科学法案》对我国半导体产业发展的影响及对策研究: 基于创新链理论的视角 [J]. 南开管理评论, 2023, 26(01): 146-160.
- [9] "Chinese chip industry has to readjust to deglobalization," Digitimes, 2023. [Online]. Available: <https://www.digitimes.com/news/a20230629VL200.html>. [Accessed: 30-June-2023].
- [10] "Will the US succeed in starving China of semiconductors?," DW, 2023. [Online]. Available: <https://www.dw.com/en/us-china-semiconductor/a-59251512>. [Accessed: 30-June-2023].