

行业研究

Chiplet：延续摩尔定律的新技术，芯片测试与先进封装有望获益

——半导体行业跟踪报告之五

电子行业 买入（维持）

作者

分析师：刘凯

执业证书编号：S0930517100002

021-52523849

kailiu@ebscn.com

行业与沪深 300 指数对比图



要点

Chiplet：延续摩尔定律的新技术，在摩尔定律日趋放缓的当下，有望延续摩尔定律的“经济效益”。 Chiplet 又称芯粒或者小芯片，它是将一类满足特定功能的 die（裸片），通过 die-to-die 内部互联技术实现多个模块芯片与底层基础芯片封装在一起，形成一个系统芯片，以实现一种新形式的 IP 复用。目前，主流系统级单芯片（SoC）都是将多个负责不同类型计算任务的计算单元，通过光刻的形式制作到同一块晶圆上。比如，目前旗舰级的智能手机的 SoC 芯片上，基本都集成了 CPU、GPU、DSP、ISP、NPU、Modem 等众多不同功能的计算单元，以及诸多的接口 IP，其追求的是高度的集成化，利用先进制程对于所有的单元进行全面的提升。而 Chiplet 则与之相反，它是将原本一块复杂的 SoC 芯片，从设计时就先按照不同的计算单元或功能单元对其进行分解，然后每个单元选择最适合的半导体制程工艺进行分别制造，再通过先进封装技术将各个单元彼此互联，最终集成封装为一个系统级芯片组。随着芯片制程的演进，由于设计实现难度更高，流程更加复杂，芯片全流程设计成本大幅增加，“摩尔定律”日趋放缓。在此背景下，Chiplet 被业界寄予厚望，或将从另一个维度来延续摩尔定律的“经济效益”。

Chiplet 可以大幅提高大型芯片的良率。 近年来，随着高性能计算、AI 等方面的巨大运算需求，集成更多功能单元和更大的片上存储使得芯片不仅晶体管数量暴增，芯片面积也急剧增大。芯片良率与芯片面积有关，随着芯片面积的增大而下降。一片晶圆能切割出的大芯片数量较少，而一个微小缺陷则可能直接使一颗大芯片报废。Chiplet 可将单一 die 面积做小以确保良率，并用高级封装技术把不同的芯粒集成在一起。

Chiplet 有利于降低设计的复杂度和设计成本。 Chiplet 芯片一般采用先进的封装工艺，将小芯片组合代替形成一个大的单片芯片。利用小芯片（具有相对低的面积开销）的低工艺和高良率可以获得有效降低成本开销。除芯片流片制造成本外，研发成本也逐渐占据芯片成本的重要组成部分，通过采用已知合格裸片进行组合，可以有效缩短芯片的研发周期及节省研发投入。同时 Chiplet 芯片通常集成应用较为广泛和成熟的芯片裸片，可以有效降低了 Chiplet 芯片的研制风险，从而减少重新流片及封装的次数，有效节省成本。

Chiplet 有望降低芯片制造的成本。 SoC 中具有不同计算单元，以及 SRAM、I/O 接口、模拟或数模混合元件等。除了逻辑计算单元以外，其他元件并不依赖先进制程也通常能够发挥很好的性能。所以，将 SoC 进行 Chiplet 化之后，不同的芯粒可以根据需要来选择合适的工艺制程分开制造，然后再通过先进封装技术进行组装，不需要全部都采用先进的制程在一块晶圆上进行一体化制造，这样可以极大的降低芯片的制造成本。以 AMD 为例，AMD 第二代 EPYC 服务器处理器 Ryzen 采用小芯片设计，将先进的台积电 7nm 工艺制造的 CPU 模块与更成熟的格罗方德 12/14nm 工艺制造的 I/O 模块组合，7nm 可满足高算力的需求，12/14nm 则降低了制造成本。

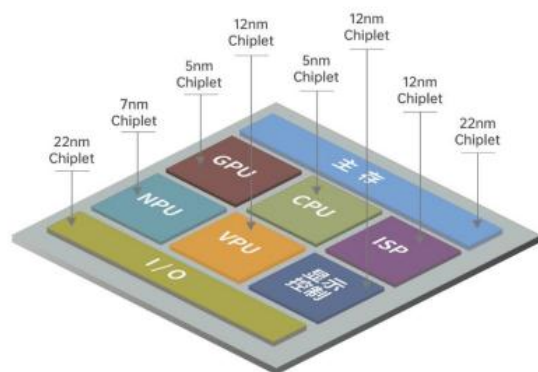
全球半导体芯片巨厂纷纷布局 Chiplet，Chiplet 未来市场空间广阔。 AMD、台积电、英特尔、英伟达等芯片巨头厂商嗅到了这个领域的市场机遇，近年来开始纷纷布局 Chiplet。AMD 最新几代产品都极大受益于“SiP + Chiplet”的异构系统集成模式；另外，近日苹果最新发布的 M1 Ultra 芯片也通过定制的 UltraFusion 封装架构实现了超强的性能和功能水平，包括 2.5TB/s 的处理器间带宽。在学术界，美国加州大学、乔治亚理工大学以及欧洲的研究机构近年也逐渐开始针对 Chiplet 技术涉及到

的互连接口、封装以及应用等问题开始展开研究。据 Omdia 报告，预计到 2024 年，Chiplet 市场规模将达到 58 亿美元，2035 年则超过 570 亿美元，市场规模将迎来快速增长。

UCIe：实现 Chiplet 互联标准的关键。随着 Chiplet 逐步发展，未来来自不同厂商的芯粒之间的互联需求持续提升。今年三月份出现的 UCIe，即 Universal Chiplet Interconnect Express，是一种由 Intel、AMD、ARM、高通、三星、台积电、日月光、Google Cloud、Meta 和微软等公司联合推出的 Die-to-Die 互连标准，其主要目的是统一 Chiplet（芯粒）之间的互连接口标准，打造一个开放性的 Chiplet 生态系统。UCIe 在解决 Chiplet 标准化方面具有划时代意义。

借助 UCIe 平台，未来有望实现更加完整的 Chiplet 生态系统。UCIe 产业联盟发布了涵盖上述标准的 UCIe1.0 规范。UCIe 联盟在官网上公开表示，该联盟需要更多半导体企业的加入，来打造更全面的 Chiplet 生态系统。同时，加盟的芯片企业越多，意味着该标准将得到更多的认可，也有机会被更广泛的采用。UCIe 标准出现的最大意义在于，巨头们合力搭建起了统一的 Chiplet 互联标准，这将加速推动开放的 Chiplet 平台发展，并横跨 x86、Arm、RISC-V 等架构和指令集。在 UCIe 标准下，未来或许能推出同时集成 x86 的 Chiplet 芯片和 RISC-V 的 Chiplet 芯片的处理器，并通过架构的混用同时满足 PC 和移动应用生态的需求。

图表 1：Chiplet 示意图



资料来源：芯原股份 2021 年报、光大证券研究所整理

图表 2：UCIe 产业联盟成员



资料来源：UCIe 网站、光大证券研究所整理

先进封装：将 Chiplet 真正结合在一起的关键。UCIe 联盟为 Chiplet 指定了多种先进封装技术，包括英特尔 EMIB、台积电 CoWoS、日月光 FoCoS-B 等。Chiplet 虽然避免了超大尺寸 die，但同时也意味着超大尺寸封装，又高度融合晶圆后道工艺，更在封装方面带来了极限技术挑战，如封装加工精度和难度进一步加大，工艺窗口进一步变窄，通用设备比例降低，设备升级需求大等。除此之外，散热和功率分配也是需要考虑的巨大问题。目前头部的 IDM 厂商、晶圆代工厂以及封测企业都在积极推动不同类型的先进封装技术，以抢占这块市场。

芯片测试：保证 Chiplet 良率，使 Chiplet 能够正常运行，测试设备数量和性能都有更高需求。由于 Chiplet 中封装了多个 die，每一个 die 都不能失效才能保证 Chiplet 正常运转。过去对于一些较低成本的芯片通常采取抽检，但若采用 Chiplet 则需要全检，以确保每一个 die 都能正常工作。在对异构集成进行测试时，一方面要确保组装的裸晶功能完好，另一方面还要提高裸晶在系统中的自检能力。不同于标准 IP，Chiplet 设计难度大幅增加，需要产业链上下游厂商协同设计，因此在测试方法上也更加复杂和困难。

后摩尔时代，Chiplet 给中国集成电路产业带来了巨大发展机遇。首先，芯片设计环节能够降低大规模芯片设计的门槛；其次半导体 IP 企业可以更大发挥自

身的价值，从半导体 IP 授权商升级为 Chiplet 供应商，在将 IP 价值扩大的同时，还有效降低了芯片客户的设计成本，尤其可以帮助系统厂商、互联网厂商这类缺乏芯片设计经验和资源的企业，发展自己的芯片产品；最后，国内的芯片制造与封装厂可以扩大自己的业务范围，提升产线的利用率，尤其是在高端先进工艺技术发展受阻的时候，还可以通过为高端芯片提供基于其他工艺节点的 Chiplet 来参与前沿技术的发展。

投资建议：Chiplet 作为目前受到广泛关注的新技术，给全球和中国的半导体市场带来了变革与机遇，建议积极把握 Chiplet 技术带来的投资机会，关注：（1）芯原股份：国内领先的一站式芯片定制服务和半导体 IP 授权服务的企业，利用 Chiplet 技术进行 IP 芯片化，有望给公司带来全新商业模式；（2）通富微电：国内领先的封装企业，在先进封装方面公司已大规模生产 Chiplet 产品，7nm 产品已大规模量产，5nm 产品已完成研发即将量产；（3）长电科技：国内封装测试龙头企业，近年来重点发展系统级（SiP）、晶圆级和 2.5D/3D 等先进封装技术，并实现大规模生产；（4）长川科技：国内领先的集成电路测试设备企业，Chiplet 芯粒的测试与先进封装将为公司带来新机遇；（5）华峰测控：国内领先的集成电路测试设备企业，同样受益于 Chiplet 芯粒测试与先进封装带来的机遇；（6）兴森科技：国内 IC 封装基板领先企业，在应用 Chiplet 技术的先进封装材料领域有望持续拓展；（7）华大九天：Chiplet 技术的应用需要 EDA 工具的全面支持，公司作为国内 EDA 龙头，有望在 Chiplet 领域进行拓展。

表 1：重点公司盈利预测与估值表

证券代码	公司名称	市值 (亿元)	净利润 (亿元)				PE			
			21A	22E	23E	24E	21A	22E	23E	24E
688521.SH	芯原股份-U	302	0.13	1.33	2.44	3.92	2,882	226	123	77
002156.SZ	通富微电	249	9.57	11.79	15.15	18.44	27	21	16	14
600584.SH	长电科技	508	29.59	33.38	38.53	44.24	19	15	13	11
300604.SZ	长川科技	336	2.18	4.75	7.19	9.44	159	71	47	36
688200.SH	华峰测控	267	4.39	6.24	8.51	11.11	72	43	31	24
002436.SZ	兴森科技	216	6.21	7.30	9.00	11.10	34	30	24	19
301269.SZ	华大九天	684	1.39	1.82	2.40	3.12	491	375	285	219

资料来源：Wind 一致性预期，光大证券研究所整理，股价时间为 2022-08-05；

风险分析：Chiplet 及配套技术发展不及预期，UCIe 标准推进不及预期，下游市场需求不及预期。

行业及公司评级体系

	评级	说明
行业及公司评级	买入	未来 6-12 个月的投资收益率领先市场基准指数 15%以上
	增持	未来 6-12 个月的投资收益率领先市场基准指数 5%至 15%；
	中性	未来 6-12 个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差-5%至 5%；
	减持	未来 6-12 个月的投资收益率落后市场基准指数 5%至 15%；
	卖出	未来 6-12 个月的投资收益率落后市场基准指数 15%以上；
	无评级	因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，致使无法给出明确的投资评级。
基准指数说明：		A 股主板基准为沪深 300 指数；中小盘基准为中小板指；创业板基准为创业板指；新三板基准为新三板指数；港股基准指数为恒生指数。

分析、估值方法的局限性说明

本报告所包含的分析基于各种假设，不同假设可能导致分析结果出现重大不同。本报告采用的各种估值方法及模型均有其局限性，估值结果不保证所涉及证券能够在该价格交易。

分析师声明

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。负责准备以及撰写本报告的所有研究人员在此保证，本研究报告中任何关于发行商或证券所发表的观点均如实反映研究人员的个人观点。研究人员获取报酬的评判因素包括研究的质量和准确性、客户反馈、竞争性因素以及光大证券股份有限公司的整体收益。所有研究人员保证他们报酬的任何一部分不与、不与，也将不会与本报告中的具体的推荐意见或观点有直接或间接的联系。

法律主体声明

本报告由光大证券股份有限公司制作，光大证券股份有限公司具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格，负责本报告在中华人民共和国境内（仅为本报告目的，不包括港澳台）的分销。本报告署名分析师所持中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格编号已披露在报告首页。

中国光大证券国际有限公司和 Everbright Securities(UK) Company Limited 是光大证券股份有限公司的关联机构。

特别声明

光大证券股份有限公司（以下简称“本公司”）创建于 1996 年，系由中国光大（集团）总公司投资控股的全国性综合类股份制证券公司，是中国证监会批准的首批三家创新试点公司之一。根据中国证监会核发的经营证券期货业务许可，本公司的经营范围包括证券投资咨询业务。

本公司经营范围：证券经纪；证券投资咨询；与证券交易、证券投资活动有关的财务顾问；证券承销与保荐；证券自营；为期货公司提供中间介绍业务；证券投资基金代销；融资融券业务；中国证监会批准的其他业务。此外，本公司还通过全资或控股子公司开展资产管理、直接投资、期货、基金管理以及香港证券业务。

本报告由光大证券股份有限公司研究所（以下简称“光大证券研究所”）编写，以合法获得的我们相信为可靠、准确、完整的信息为基础，但不保证我们所获得的原始信息以及报告所载信息之准确性和完整性。光大证券研究所可能将不时补充、修订或更新有关信息，但不保证及时发布该等更新。

本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次发布时光大证券研究所的判断，可能需随时进行调整且不予通知。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。客户应自主作出投资决策并自行承担投资风险。本报告中的信息或所表述的意见并未考虑到个别投资者的具体投资目的、财务状况以及特定需求。投资者应当充分考虑自身特定状况，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及作者均不承担任何法律责任。

不同时期，本公司可能会撰写并发布与本报告所载信息、建议及预测不一致的报告。本公司的销售人员、交易人员和其他专业人员可能会向客户提供与本报告中所载观点不同的口头或书面评论或交易策略。本公司的资产管理子公司、自营部门以及其他投资业务板块可能会独立做出与本报告的意见或建议不相一致的投资决策。本公司提醒投资者注意并理解投资证券及投资产品存在的风险，在做出投资决策前，建议投资者务必向专业人士咨询并谨慎抉择。

在法律允许的情况下，本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。投资者应当充分考虑本公司及本公司附属机构就报告内容可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一信赖依据。

本报告根据中华人民共和国法律在中华人民共和国境内分发，仅向特定客户传送。本报告的版权仅归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、复制、转载、刊登、发表、篡改或引用。如因侵权行为给本公司造成任何直接或间接的损失，本公司保留追究一切法律责任的权利。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

光大证券股份有限公司版权所有。保留一切权利。

光大证券研究所

上海

静安区南京西路 1266 号
恒隆广场 1 期办公楼 48 层

北京

西城区武定侯街 2 号
泰康国际大厦 7 层

深圳

福田区深南大道 6011 号
NEO 绿景纪元大厦 A 座 17 楼

光大证券股份有限公司关联机构

香港

中国光大证券国际有限公司
香港铜锣湾希慎道 33 号利园一期 28 楼

英国

Everbright Securities(UK) Company Limited
64 Cannon Street, London, United Kingdom EC4N 6AE