

半导体芯科技



SILICON
SEMICONDUCTOR

CHINA

ISSN 2523-1294

www.siscmag.com

2023年8/9月

先进清洗技术助力实现最佳晶圆良率 P.18

功率组件该如何检测? P.20

光掩模行业快速进化的声音 P.27



微信公众号



可持续湿法工艺
解决方案

P.15

ACT 25
INTERNATIONAL

Angel
BUSINESS COMMUNICATIONS



国际知名媒体授权
 引领全球高新科技信息
 8本专业杂志(双月刊)
 欢迎免费索阅
 全年行业资讯



免费
 订阅

扫一扫添加

ACT读者服务号免费订阅

雅时国际传媒集团成立于1998年，在高增长的中国市场上为众多高科技领域提供服务。通过其产品系列，包括印刷和数字媒体以及会议和活动，雅时国际为国际营销公司和本地企业提供了进入中国市场的机会。雅时国际的媒体品牌为电子制造、机器视觉系统、激光/光子学、射频/微波系统设计、洁净室/污染控制和半导体制造，化合物半导体，工业AI等领域的20多万名专业读者和受众提供服务，雅时国际也是一些世界领先的技术出版社和活动组织者的销售代表。雅时国际的总部设在香港，在北京、上海、深圳和武汉设有分公司。

焕新升级

慕尼黑华南激光展

LASER PHOTONICS SOUTH CHINA

2023年10月30日-11月1日

深圳国际会展中心 (宝安新馆)

展位预定

Tel: +86 21 2020 5652

Email: laser@mm-sh.com



扫码关注



目录 CONTENTS

封面故事 Cover Story

15 可持续湿法工艺解决方案

Sustainable solutions of wet processing equipment

半导体的生产消耗大量资源。通过采用可持续的产品和工艺，半导体行业可以减轻对环境的影响，并努力实现更加可持续的未来。凭借二十年在批量喷涂及其硬件方面的经验，Siconnex 公司已成长为可持续湿法工艺设备的领先供应商。BATCHSPRAY® 技术在整个芯片制造周期中提供能源、介质材料和用水全面节约的工艺。



15

编者寄语 Editor's Note

4 迎接一个新的增长周期？

Embarking on a new growth cycle?

行业聚焦 Industry Focus

5 国产 12 英寸晶边刻蚀机实现“零”突破

5 华虹半导体在科创板上市

6 DISCO 建立中段制程研究中心

6 盛合晶微二期厂房投入使用，国产设备助力三维多芯片集成封装

7 BBCube 3D 以混合 3D 方法实现异构集成

8 泛林集团晶圆边缘沉积产品提高芯片良率

8 中微公司南昌生产研发基地落成

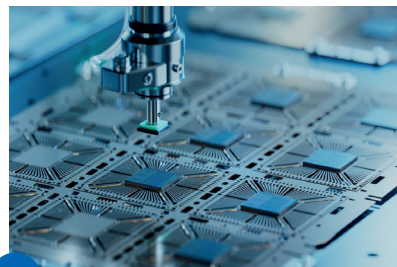
9 面向 SoC 的集成下垂响应系统

10 泰瑞达引入实时分析解决方案至测试流程

10 牛津仪器推出突破性超快 ALD 产品，用于量子技术和先进研发



6



11

市场分析 Market Analysis

11 半导体晶圆行业的现状

Current scenario of the semiconductor wafer industry

关于雅时国际商讯 (ACT International)



雅时国际商讯 (ACT International) 成立于1998年，为高速增长的中国市场中广大高技术行业服务。ACT通过它的一系列产品——包括杂志和网上出版物、培训、会议和活动——为跨国公司和中国企业架起了拓展中国市场的桥梁。ACT的产品包括多种技术杂志和相关的网站，以及各种技术会议，服务于机器视觉设计、电子制造、激光/光电子、射频/微波、化合物半导体、半导体制造、洁净及污染控制、电磁兼容等领域的约二十多万专业读者及与会者。ACT亦是若干世界领先技术出版社及展会的销售代表。ACT总部在香港，在北京、上海、深圳和武汉设有联络处。www.actintl.com.hk

About ACT International Media Group

ACT International, established 1998, serves a wide range of high technology sectors in the high-growth China market. Through its range of products -- including magazines and online publishing, training, conferences and events -- ACT delivers proven access to the China market for international marketing companies and local enterprises. ACT's portfolio includes multiple technical magazine titles and related websites plus a range of conferences serving more than 200,000 professional readers and audiences in fields of electronic manufacturing, machine vision system design, laser/photronics, RF/microwave, cleanroom and contamination control, compound semiconductor, semiconductor manufacturing and electromagnetic compatibility. ACT International is also the sales representative for a number of world leading technical publishers and event organizers. ACT is headquartered in Hong Kong and operates liaison offices in Beijing, Shanghai, Shenzhen and Wuhan.

关于《半导体芯科技》

《半导体芯科技》(原半导体科技)中国版 (SiSC) 是全球最重要和最权威的杂志Silicon Semiconductor的“姐妹”杂志，由香港雅时国际商讯出版，报道最新半导体产业新闻、深度分析和权威评论。为中国半导体专业人士，提供他们需要的商业、技术和产品信息，帮助他们做出购买决策。《半导体芯科技》内容覆盖半导体制造、先进封装、晶片生产、集成电路、MEMS、平板显示器等。杂志服务于中国半导体产业，包括IC设计、制造、封装及应用等。

About Silicon Semiconductor China

Silicon Semiconductor China is the 'sister' title to Silicon Semiconductor - the world most respected and authoritative publication, published by ACT International in Hong Kong (former SST China), reports the latest news, in-depth analysis, and authoritative commentary on the semiconductor industry. It provides for Chinese semiconductor professionals with the business and technology & product information they need to make informed purchasing decisions. Its editorial covers semiconductor manufacturing, advanced packaging, wafer fabrication, integrated circuits, MEMS, FPDs, etc. The publication serves Chinese semiconductor industry, from IC design, manufacture, package to application, etc.

目录 CONTENTS

技术 Technology

- 18** 先进的清洗技术如何助力先进节点实现最佳晶圆良率
How advanced cleaning helps achieve optimal wafer yields at advanced semiconductor nodes
- 20** 功率组件该如何检测？电性测量及故障分析 全攻略
How to test power components? Electrical measurement and fault analysis overview
- 23** 为什么“硅验证”与你所想的不一樣
Why ‘silicon proven’ is not what you think
- 27** 电子束倡议 (eBeam Initiative) : 光掩模行业快速进化的声音
eBeam Initiative: A voice for the photomask industry during rapid evolution

专栏 Conlunm

- 33** 人工智能的潜力
The potential of AI
- 36** SiC 产业链与战略
SiC industry chain and strategy
- 38** 产品特写 Product Features
- 40** 广告索引 Ad Index

《半导体芯科技》编委会（排名不分先后）

刘胜 教授
武汉大学 工业科学研究院执行院长

姚大平 博士
江苏中科智芯集成科技有限公司总经理

汤晖 教授
广东工业大学、精密电子制造技术与装备国家重点实验室

于大全 教授
厦门云天半导体创始人

须颖 教授
中国仪器仪表学会显微仪器分会副理事长

罗仕洲 教授
磐允科技总经理

林挺宇 博士
广东芯华微电子技术有限公司总经理

杨利华 院长
两江半导体研究院

王文利 教授
西安电子科技大学电子可靠性(深圳)研究中心主任
雅时国际商讯顾问

张昭宇 教授
香港中文大学(深圳)理工学院
深圳半导体激光器重点实验室主任

刘功桂 教授级高工
中国电器科学研究院股份有限公司威凯技术中心主任

云星 总经理
深圳安博电子有限公司

张弛 总裁
深圳贝特莱电子科技股份有限公司

乔旭东 博士
深创投集团投资发展研究中心总经理

徐开凯 教授
电子科技大学、电子薄膜与集成器件国家重点实验室

何进 教授
北京大学教授、深圳系统芯片设计重点实验室主任

PLASMA等离子去胶



ICP PLASMA 去胶机

RIE PLASMA 去胶机

PLASMA等离子活化



微波PLASMA清洗机

真空PLASMA清洗机

润湿性检测



全自动晶圆型接触角

USC除尘



在线式干式超声波

扫一扫获取更多解决方案



400 9600 662 / 0769 8238 5510
www.sindin.com / www.dynechina.com

东莞市晟鼎精密仪器有限公司
广东省东莞市虎门镇怀雅路235号

苏州晟鼎半导体设备有限公司
苏州市吴江区兴瑞路新时亿科技产业园17栋5层南

迎接一个新的增长周期?

由于移动和消费电子市场增长乏力, 新兴应用尚未成熟, 自 2022 年开始的半导体市场下滑已经持续一年有余。一方面, 美国《芯片与科学法案》和《欧盟芯片法案》相继出台, 为促进本土研究和制造, 完善自己的供应链, 美国和欧盟将分别为半导体提供 530 亿美元和 470 亿美元的资金, 同时, 很多国家也推出了自己的补贴计划, 半导体投资热度不减。另一方面, 在原有国际产业链中断, 地缘政治冲突日益激烈的复杂背景下, 半导体行业进入下行周期, 企业困难的情况扩大加剧。

半导体行业如何摆脱下行, 开始新的增长周期?

近日, Yole Intelligence 发表了研究报告《Overview of the Semiconductor Devices Industry 2023》, 他们认为, 在人工智能、量子计算、5G 和一些专业应用的进步推动下, 价值万亿美元的半导体市场正处于新一轮增长周期的边缘。

Yole Intelligence 首席分析师 Pierre CambouMSc 说: 半导体器件行业严重依赖全球生态系统, 因此供应链弹性和风险缓解对于持续成功至关重要。最近的中断和地缘政治紧张局势凸显了半导体供应链的脆弱性。

过去的几十年间, 半导体市场一直持续发展, 正是依赖于全球化市场和全球化合作创新, 这也是半导体市场发展的主要驱动力之一。2022 年之后, 全球半导体产业的格局走向发生了很多变化, 美国及其盟国针对中国芯片发展的限制和打压, 造成全球芯片产业链中断, 最终影响全球半导体制造商的发展机会。目前, 全球半导体产业正在重塑, 地缘政治因素可能正在成为塑造产业的主导力量。CambouMSc 认为: 在半导体领域, 本土化已经成为一个非常全球化的概念。我们看到了在美国、欧洲、中东和亚洲出现新的半导体集群的机会。

半导体技术趋势不再是单线程的。竞争的中心一方面是制造工艺的节点竞赛, 目前为 7nm, 5nm 和 3nm, 以及即将推出的更小节点。这些尖端工艺可实现更高的晶体管密度、更高的性能和能效, 尽管它们在开发成本、良率和制造复杂性方面带来了重大挑战。与此同时, 半导体行业正在通过超越摩尔的方法积极探索创新解决方案, 先进封装、硅光集成、量子计算和神经形态计算等将在行业发展中发挥作用, 服务于日益多样化的半导体器件和应用。

半导体市场的困境, 主要还是在没有足够的市场和技术支撑。全球独立自主搞芯片, 加大投资, 是因为产业链动荡, 进而可能引发半导体市场的变革。需要开展更多合作和创新, 落实科学合理的政策, 使得半导体行业能够早日走出危机, 实现更健康、长远的发展。

随着芯片变得越来越小, 功能越来越强大, 并且能够处理复杂的任务, 为人工智能, 机器学习和边缘计算等新技术的进步铺平了道路, 行业就将迎来一个新的更辉煌的超级增长周期。根据市场数据, 近期业界有观点认为, 半导体芯片业正在开始触底反弹, 也有人认为, 半导体还没有到底。无论如何, 业界普遍认同, 到 2030 年, 因需求激增, 全球半导体器件市场将达到 1 万亿美元规模。

赵雪芹

社长 Publisher

麦协林 Adonis Mak

adonism@actintl.com.hk

主编 Editor in Chief

赵雪芹 Sunnie Zhao

sunniez@actintl.com.hk

出版社 Publishing House

雅时国际商讯 ACT International

香港九龙 B,13/F, Por Yen Bldg,

长沙湾青山道478号 478 Castle Peak Road,

百欣大厦 Cheung Sha Wan,

13楼B室 Kowloon, Hong Kong

Tel: (852) 2838 6298

Fax: (852) 2838 2766

北京 Beijing

Tel/Fax: 86 10 64187252

上海 Shanghai

Tel: 86 21 62511200

Fax: 86 21 52410030

深圳 Shenzhen

Tel: 86 755 25988573 /25988567

Fax: 86 755 25988567

武汉 Wuhan

Tel: 86 27 59233884

UK Office

Angel Business

Communications Ltd.

6 Bow Court,

Fletchworth Gate,

Burnsall Road, Coventry,

CV56SP, UK

Tel: +44 (0)1923 690200

Chief Operating Officer

Stephen Whitehurst

stephen.whitehurst@angelbc.com

Tel: +44 (0)2476 718970



ISSN 2523-1294

© 2023 版权所有 翻印必究

国产12英寸晶边刻蚀机实现“零”突破

北方华创发布应用于晶边刻蚀 (Bevel Etch) 工艺的 12 英寸等离子体刻蚀机 Accura BE, 实现国产晶边干法刻蚀设备“零”的突破, 为我国先进芯片制造量身打造良率提升高效解决方案。

集成电路产业技术节点的不断演进, 对芯片制造的良率提升带来日益严苛的挑战。工艺步骤的大幅增长, 由晶边沉积的副产物及残留物骤增导致的缺陷风险成为产品良率的严重威胁, 因此, 越来越多逻辑及存储芯片等领域制造商开始重点关注

12 英寸晶圆的边缘 1mm 区域, 从晶圆的边缘位置着手提高芯片良率。晶边刻蚀机作为业界提升良率的有力保障, 其重要性日益凸显。

Accura BE 作为首台国产 12 英寸晶边刻蚀设备, 其技术性能已达业界主流水平; 通过软件系统调度优化与特传输平台的结合, 可助力客户实现较高的产能; 通过选



择搭配多种刻蚀气体, 实现对 PR (光刻胶), OX (氧化物), SiN (氮化硅), Carbon (碳), Metal (金属) 等多类膜层材料的晶边刻蚀工艺全覆盖; 可定制多种尺寸的聚焦环设计组合, 实现对等离子体刻蚀区域的精准位置控制, 从而为客户提供灵活、全面的良率提升方案; 具备软件智能算法, 可实施可视化的量化调节, 简化维护流程, 提高设备生产效率。

为实现国产晶边干法刻蚀设备“零”的突破, 北方华创组建专业团队投入研发,

基于 20 余年在刻蚀工艺技术、等离子体控制及多材料刻蚀能力等方面的积累与创新, Accura BE 刚发布上市就已斩获逻辑及存储器领域头部客户多个订单, 通过工艺调试, 进入量产阶段, 其优秀的工艺均匀性、传输稳定性及快速维护的能力赢得客户高度评价。

华虹半导体在科创板上市

华虹半导体有限公司近日正式登陆 A 股科创板, 本次 IPO 发行价格为 52 元/股, 首次公开发行股份数量约 4.08 亿股。公告显示, 华虹半导体此次募集资金总额为 212.03 亿元, 超过 180 亿元的预计融资额。

据招股书披露, 此次募资中 125 亿元将用于华虹制造 (无锡) 项目、20 亿元用于 8 英寸厂优化升级项目、25 亿元将用于特色工艺技术创新研发项目、10 亿元用于补充流动资金。

华虹制造 (无锡) 项目预计总投资 67 亿美元, 计划建设一条投产后月产能达到 8.3 万片的 12 英寸特色工艺生产线, 新建生产厂房预计 2023 年初开工, 2024 年四季度基本完成厂房建设并开始安装设备, 2025 年开始投产, 实施主体为控股子公司华虹半导体制造 (无锡) 有限公司。项目依托上海华虹宏力在车规级工艺与产品积累的技术和经验, 进一步完善并延展嵌入式/独立式存储器、模拟与电源管理、高端功率器件等工艺平台。

8 英寸厂优化升级项目预计总投资 20 亿元人民币,



实施主体为上海华虹宏力。本项目计划升级 8 英寸厂的部分生产线, 以匹配嵌入式非易失性存储器等特色工艺平台技术需求。同时, 计划升级 8 英寸厂的功率器件工艺平台生产线。

华虹半导体于 2005 年成立, 是全球领先的特色工艺晶圆代工企业, 也是行业内特色工艺平台覆盖最全面的晶圆代工企业, 产能规模居中国大陆第二。

DISCO 建立中段制程研究中心

作为半导体量产所需的晶圆切割机 (Dicer)、研磨机 (Grinder) 市场的全球大厂, DISCO 市占率达 70% ~ 80%。

由于半导体制造前段工艺中构建电路的晶圆具有极高的附加值, 因此后续工艺要求高良率。其中, 在 DISCO 公司负责的研磨 (晶圆减薄)



和切割 (通过切割对晶圆进行单片化) 等工序中, 存在因一次处理失败而导致整个晶圆质量下降的风险。因此, 在对晶圆进行操作时, 尤其是加工、转移等操作时, 更需要谨慎、准确。另外, 如果在后端工艺出现大量缺陷, 大多数时候, 前端工艺无法立即供应替代晶圆。因此, 这可能会对整个供应链产生重大影响, 并成为汽车行业精益制造的一个大问题。认识到这些问题, DISCO 将这些传统上位于半导体制造后端的工艺重新定位为“中段工艺”, 并正式成立了一个中段制程研究中心, 作为进行中段制程研发和为客户演示的场所。

该中心专门安装了晶圆传输系统 RoofWay 以及集群系统 MUSUBI, 他们目前正在研究通过生产系统的自动

化来减少设备操作人员的责任, 并提高半导体晶圆加工和传输质量。

随着半导体在汽车中的使用不断增加, 半导体产品也需要更严格的质量管理, 因为它们关系到用户的生命。通过这个中心, DISCO 将致力于实现一个尽可能消除操作人员干预的生产系统, 以减少因人为

参与而产生的质量变化。

中段制程研究中心是通过全自动传送机器人连接一系列工艺流程, 从而实现无人化流程验证的一套设施。这些工艺流程包括使用研磨机进行减薄, 使用划片锯和激光锯进行分割, 以及对芯片的拾取、检查和测量。

DISCO 的中段制程研究中心自 2021 年 12 月起已部分开放, 在正式开放之前的这段时间里, DISCO 一直在吸纳部分受邀客户的宝贵意见, 不断提升系统水平。如今, 随着 COVID-19 疫情降级, DISCO 觉得可以主动欢迎客户来到这个研究中心了, 因此决定宣布这个“中段制程研究中心”正式开业。

盛合晶微二期厂房投入使用, 国产设备助力三维多芯片集成封装

盛合晶微半导体 (江阴) 有限公司近日举行了 J2B 厂房首批生产设备搬入仪式, 标志着盛合晶微江阴制造基地二期生产厂房扩建项目如期完成并投入使用, 也意味着公司总投资 12 亿美元的三维多芯片集成封装项目稳步推进, 跨入新的发展阶段。

首批搬入的设备涵盖了曝光、显影、电镀、清洗、等离子溅射、减薄抛光、检测量测等晶圆级先进封装主要工艺环节。值得一提的是, 2015 年盛合晶微创立之初, 首条 12 英寸中段凸块 (Bumping) 加工产线生产设备全部源于海外供应商, 而此次三维多芯片集成封装产线首批设备则均来自于国产设备厂商。秉承坚持高精技术水准, 保障一流生产质量, 提供卓越制造服务的理念, 在严格的工艺验证和质量验收的基础上, 盛合晶微与供应链伙伴紧密

合作, 不断提升供应链多元化水平, 从而增强了高性能多芯片集成加工业务供应链保障的韧性, 将能更好地满足国内外优质客户长期稳定高质量服务的要求。

J2B 厂房正式交付并转入生产运营状态, 及时有力地保障公司产能扩张和进一步技术创新发展的需要。“我们将积极携手国内供应商伙伴, 同时继续开放采购海外生产设备, 确保供应链安全, 努力提供让国内外客户放心满意的、有韧性保障的代加工服务。”盛合晶微董事长兼 CEO 崔东先生表示。

“随着二期项目推进和业务持续扩张, 公司的整体采购规模预计将进一步提升, 我们期盼与全球供应商共同推进更大规模和更高水平的合作!” 供应链管理副总裁吴畏先生介绍称。

BBCube 3D 以混合 3D 方法实现异构集成

日本东京工业大学 (Tokyo Tech) 的研究人员开发了一种用于处理单元 (processing units) 和内存堆叠的创新三维集成技术, 可以实现目前“世界上最高的性能”, 为更快、更高效的计算铺平了道路。

这种创新的堆叠架构被命名为“Bumpless Build Cube 3D” (简称 BBCube 3D), 它实现了比最先进的内存技术更高的数据带宽, 同时还最大限度地降低了比特访问所需的能量。

BBCube 3D 技术采用了一种堆叠设计, 其中处理单元 (xPU) 位于多个互连内存层 (DRAM) 之上。通过用硅通孔 (TSV) 代替电线, 可以缩短连接长度, 从而获得更好的整体电气性能。

在当今的数字时代, 工程师和研究人员不断提出新的计算机辅助技术, 这些技术需要处理单元 (即 PU, 例如 GPU 和 CPU) 与存储芯片之间有更高的数据带宽。现代带宽密集型应用的一些例子包括人工智能、分子模拟、气候预测和遗传分析等。

然而, 为了增加数据带宽, 必须在 PU 和存储器之间添加更多线路, 或者提高数据速率。第一种方法在实践中很难实现, 因为上述组件之间的传输通常发生在二维中, 使得添加更多线路变得困难棘手。另一方面, 提高数据速率则需要增加每次访问一个比特数据所需的能量, 称为“比特访问能量” (bit access energy), 这也是具有挑战性的。

幸运的是, 日本东京工业大学的一组研究人员现在可能已经找到了解决这个问题的可行方案。在最近举行的 IEEE 2023 VLSI 技术和电路研究研讨会上, Takayuki Ohba 教授及其同事报告了他们的关于 BBCube 3D 技术的研究成果 (论文题目: Bumpless Build Cube 3D: Heterogeneous 3D Integration Using WoW and CoW to Provide TB/s Bandwidth with Lowest Bit Access Energy)。该技术有望解决上述问题, 从而实现更好的 PU 和动态随机存取存储器 (DRAM) 集成。

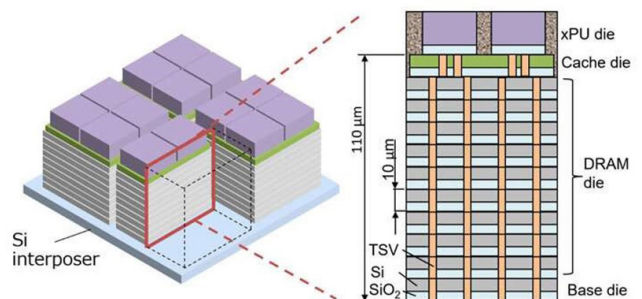
BBCube 3D 最引人注目的方面是实现了 PU 和 DRAM 之间的三维连接, 而不是二维连接。该团队通过使用创新的堆叠结构实现了这一壮举, 其中 PU 芯片位于多层 DRAM 之上, 所有层均通过硅通孔 (TSV) 互连。



BBCube 3D 的整体架构紧凑, 没有采用典型的焊料微凸块, 并且使用 TSV 代替较长的电线, 这些都有助于实现低寄生电容和低电阻, 也提高了整体设计在各个方面的电气性能。

此外, 研究人员实施了一项涉及四相屏蔽输入/输出 (IO) 的创新策略, 以使 BBCube 3D 具有更强的抗噪声能力。他们调整了相邻的 IO 线的时序, 使它们始终彼此不同步, 这意味着它们永远不会同时改变其值。这减少了线路之间的串扰噪声, 并使整体设计运行更加稳健。

该研究团队评估了他们的 BBCube 3D 架构的速度, 并将其与现有两种最先进的内存技术: DDR5 和 HBM2E 进行了比较。Ohba 教授在解释实验结果时表示: “由于 BBCube 3D 的低热阻和低阻抗, 可以缓解 3D 集成中典型的热管理和电源问题。BBCube 3D 有望实现每秒 1.6 TB 的带宽, 比 DDR5 高 30 倍, 比 HBM2E 高 4 倍。在比特访问能量方面, BBCube 3D 的比特访问能量分别是 HBM2E 的 1/20 和 DDR5 的 1/5。”



泛林集团晶圆边缘沉积产品提高芯片良率

泛林集团推出了业界首个晶圆边缘沉积解决方案 Coronus DX 产品，旨在更好地应对下一代逻辑、3D NAND 和先进封装应用中的关键制造挑战。随着半导体芯片关键尺寸的不断缩小，其制造变得越来越复杂，在晶圆上构建纳米级器件需要数百个工艺步骤。Coronus DX 仅需一个工艺步骤，即可在晶圆边缘的两侧沉积一层专有的保护膜，有助于防止在先进半导体制造过程中经常发生的缺陷和损坏。这一强大的保护技术提高了良率，并使芯片制造商能够实施新的前沿工艺来生产下一代芯片。Coronus DX 是 Coronus® 产品系列的最新成员，扩大了泛林集团在晶圆边缘技术领域的领先地位。

与 Coronus 晶圆边缘刻蚀技术互补，Coronus DX 使新的器件架构成为现实，这对于芯片制造商来说是颠覆性的。重复叠加的薄膜层会导致残留物和粗糙度沿着晶圆边缘积聚，并且它们可能会剥落、漂移到其它区域并产生导致器件失效的缺陷。比如：

- 在 3D 封装应用中，来自生产线后端的材料可能会迁移，并在之后的工艺中成为污染源。晶圆的塌边会影响晶圆键合的质量。

- 3D NAND 制造中的长时间湿法刻蚀工艺可能会导致边缘处衬底的严重损坏。

当这些缺陷不能被刻蚀掉时，Coronus DX 会在晶圆边缘沉积一层薄的电介质保护层。这种精确和可调整的沉积有助于解决这些可能影响半导体质量的常见问题。

Coronus DX 采用了一流的精确晶圆中心定位和工艺控制，包括内置量测模块，以确保工艺的一致性和可重复性。Coronus 产品逐步提高了晶圆良率，每个刻蚀或沉积步骤提高 0.2% 至 0.5% 的良率，这可以使整个晶圆生产流程的良率提高 5%。每月加工超过 100,000 片晶圆的制造商在一年中可通过 Coronus 提高芯片产量达数百万 --- 价值数百万美元。

泛林集团全球产品事业部高级副总裁 Seshu Varadarajan 表示：“在 3D 芯片制造时代，生产复杂且成本高昂。基于泛林集团在晶圆边缘创新方面的专长，Coronus DX 有助于实现更可预测的制造并大幅提高良率，为以前不可行的先进逻辑、封装和 3D NAND 生产工艺得以采用铺平道路。”

中微公司南昌生产研发基地落成

2023 年 7 月 7 日，中微半导体设备（上海）股份有限公司在南昌举办新厂落成仪式，宣布其旗下全资子公司南昌中微半导体设备有限公司的生产研发基地项目正式建成并投入使用。占地约 130 亩、总建筑面积约 14 万平方米的南昌中微新厂的落成，进一步提升了公司产品研发及生产能力，是中微公司发展历程中重要的里程碑，也是未来创新赋能聚势腾飞的新起点。

中微公司于 2017 年落户南昌高新区，成立全资子公司南昌中微，并于 2018 年 9 月顺利实现量产。

凭借领先的技术优势与优质的客户服务，南昌中微生产的用于 LED 和功率器件外延片生产的 MOCVD 设备持续获得客户与市场的广泛认可。2021 年，南昌中微推出了为 Mini-LED 量产而设计的 Prismo UniMax® MOCVD 设备主要用于氮化镓（GaN）基 Mini LED 外延片量产，同年其设备订单超 100 腔，并入选江西省科技成

果转化十大典型案例。目前，中微公司开发的 MOCVD 设备在全球氮化镓基 LED MOCVD 设备市场占据优势地位，部分产品在细分领域市占率达到全球排名第一。今年 5 月，中微公司在全球技术分析和知识产权服务提供商 TechInsights 举办的 2023 年客户满意度调查 (CSS) 中荣获六大奖项，其中在专用芯片制造设备供应商和薄膜沉积设备两个榜单中位列第一。

中微公司董事长兼总经理尹志尧博士表示：“南昌生产研发基地的落成是中微公司深耕高端微观加工设备领域，持续增强研发和生产能力的里程碑，为今后汇聚发展势能，实现跨越突破开辟了崭新局面。未来，我们将持续推进技术进步并推动产业发展，不断为客户和市场提供有竞争力的高端设备产品；深入落实三维发展战略，通过有机生长和外延拓展，尽快发展成为国内外一流的半导体设备和高科技领先企业！”

面向 SoC 的集成下垂响应系统

Movellus 推出业内首个集成下垂响应系统 AWM2。这种创新的解决方案旨在同时应对电压下垂的挑战和实现细粒度动态电压和频率调整 (DVFS) 功能，二者结合起来可以显著降低复杂集成电路的功耗，同时提高运行可靠性。除了检测和应对电压下垂，该解决方案还集成了广泛的监控和可观察功能，将为现代芯片健康和生命周期管理系统提供宝贵洞见。

AWM2 系统适应时间为业内最快，性能类似于全定制解决方案，但作为现成的可合成 IP 提供。这可以节省 10% 以上的功耗，非常适合复杂、功耗敏感的系统级芯片 (SoC)。

“我们的数字 IP 平台的真实力量在我们新的下垂响应系统中得以展示，” Movellus 首席执行官 Mo Faisal 表示。“我们在自适应时钟解决方案中添加了自主、可编程的行为，为芯片健康和分析插入了可观察性功能，并开发了可作为现成 IP 交付的内聚下垂响应解决方案。”

集成下垂响应系统将下垂检测和补偿结合成一个完整的集成系统，在获得最大利益的同时减少工作量。该系统的可观察性还为设计工程师提供了对 SoC 性能的更大可见性，使他们能够作出明智的决策并应用最佳的芯片生命周期管理策略。

集成下垂响应系统 IP 的主要特征包括：

- 通过细粒度时钟速度选择，适应（检测 + 响应）下垂的极快时间
- DVFS 控制的极快响应时间
- 业内首个用于芯片健康和分析管理的可观察下垂响应系统
- 多阈值下垂检测
- 支持远程和本地下垂检测
- 高级外围总线 (APB) 和联合测试工作组 (JTAG) 接口，用于启动、生产测试和现场操作期间的芯片健康和数据分析管理

苏州智程半导体科技股份有限公司

苏州智程半导体科技股份有限公司成立于2009年，是一家从事半导体领域湿制程设备等研发、生产与销售的国家高新技术企业。公司产品广泛应用于集成电路制造、先进封装、化合物半导体、半导体衬底等领域。公司秉承“满足客户的需求只是及格，超越客户的期望才是优秀”的理念，砥砺前行，荟萃业界精英，致力于不断优化产品结构。依托自身优势，公司不断突破与进取，为公司未来战略发展奠定坚实基础。

槽式湿法刻蚀清洗设备

设备概述：

应用领域：RCA清洗，湿法去胶，介质层湿法刻蚀，金属层湿法刻蚀，炉管前清洗等。

设备类型：Cassette-type & Cassetteless-type

晶圆尺寸：100mm~300mm

设备配置：支持化学液C.C.S.S.、L.C.S.S.

Marangoni dry 或 spin dry

自动换酸，自动补液、配液

加热控制，浓度控制，流量控制，压力控制等

槽体过温保护，各单元配置漏液传感器

支持化学液回收

全面支持SECS/GEM通讯协议

工艺指标：蚀刻非均匀性：片内：≤4%；片间：≤4%；

批次间：≤4%；

颗粒控制：增加值<30颗@0.09微米（带氧化硅膜测试，

来料颗粒<50颗）

金属离子：<5E9 atoms/cm²



单片湿法刻蚀清洗设备

设备概述：

应用领域：RCA清洗，沉积前清洗，蚀刻后清洗，CMP后清洗，湿法刻蚀，EPI前清洗等。

晶圆尺寸：100mm~300mm

设备配置：4~16腔体（可定制）

2~4 SMIF/FOUP

支持化学液C.C.S.S.、L.C.S.S.

加热控制，浓度控制，流量控制，压力控制等

酸、碱、有机液排风分离

支持化学液回收

高清摄像头，E-flow（可选）

全面支持SECS/GEM通讯协议

工艺指标：蚀刻非均匀性：片内：≤3%；片间：≤3%；

批次间：≤3%；

颗粒控制：增加值<20颗@0.09微米（带氧化硅膜测试，

来料颗粒<50颗）

金属离子：<5E9 atoms/cm²



泰瑞达引入实时分析解决方案至测试流程

先进自动测试设备供应商泰瑞达推出泰瑞达 Archimedes 开放式架构解决方案，将实时分析引入半导体测试。该解决方案可优化测试流程、提升良率并降低成本，同时减少当前云端方案存在的安全隐患。

泰瑞达 Archimedes 与先进的数据分析平台实现无缝集成，加快分析速度，共同打造更大的技术生态系统。安全的边缘解决方案 当今的分析解决方案虽然功能丰富，但由于采用了不同的数据格式、规格指标和接口要求，因此它们需要额外的 on-tester 应用服务，以兼容自动化测试解决方案，这将显著增加支持和应用工程成本。此外，基于云的分析解决方案可能会导致测试运行速度变慢，并且会暴露关键的测试数据。因此，将数据分析转移到系统边缘，可降低上述风险。Teradyne UltraEdge2000 是 Archimedes 分析解决方案的重要组成部分。这一安全的、高性能的并行计算平台能够以毫秒级延迟执行实时分析解决方案。它提供安全的本地环境，可以在网络边缘实时执行数据消费和繁重的计算过程，从而减少基于云的解决方案和 on-tester 应用服务带来的安全风险，确保数据、分析模型和规则集合的安全。长期以来，自动测试设备（ATE）上的半导体测试在验证和大批量制造测试过程中，会产生大量数据。分析解决方案越来越多地将这些数据用于系统边缘的实时分析，最终驱动 ATE 上的实时输入和控制，以提高测试良率、产能、效率和产品质量。泰瑞达 Archimedes

分析解决方案：

- 作为实时的开放式架构，是易于部署的先进解决方案；
- 允许访问更多可信且结构一致的数据类型，提供更大的灵活性并确保数据完整性；
- 提供双向数据流，支持现场、实时数据分析，并将学习成果推送回测试设备以便立即优化测试程序，从而提高质量和良率；
- 安全的本地环境，无需 on-tester 应用服务，消除了相关的安全风险，使测试工程师及其分析解决方案合作伙伴能够专注于改进和优化，减少测试设备基础设施维护工作。

泰瑞达半导体测试事业部营销副总裁兼总经理 Regan Mills 表示：“随着市场对于采用先进工艺的高性能器件的需求不断扩大，半导体制造的复杂度也随之提升，亟需全面的测试和分析解决方案。泰瑞达 Archimedes 所提供的开放式架构可根据客户的量产环境，提供最高效的数据分析解决方案，在量产前和量产期间，即可帮助客户识别故障及其根因，并纠正措施。泰瑞达拥有关于测试半导体器件方面的专业知识和经验，以及平台边缘深度学习数据分析的独特优势，泰瑞达 Archimedes 分析解决方案将二者完美融合。最终，使整体制造水平得到增强，为客户节省了时间和成本。”

牛津仪器推出突破性超快 ALD 产品, 用于量子技术和先进研发

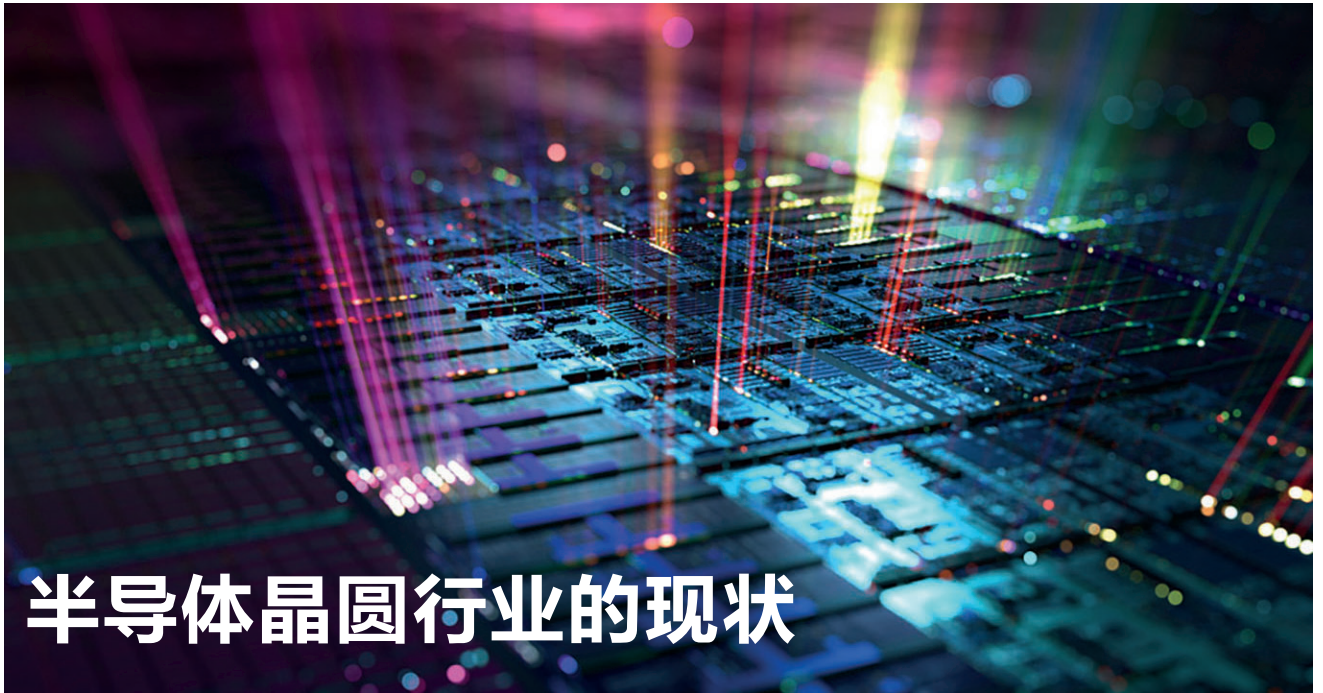
牛津仪器 (Oxford Instruments) 推出 PlasmaPro ASP 系统，这是其 Atomfab® 产品系列中的一款高速原子层沉积 (ALD) 研究系统。PlasmaPro ASP 受益于新的专利远程等离子体源设计、优化的腔室几何形状和用于离子能量控制的晶圆台偏置。这些特性结合在一起，为量子应用提供了三倍快的 ALD 速率、低电阻率和高 Tc 超导氮化物薄膜，这是此次发布的最初应用重点。

等离子体源设计涉及与埃因霍温理工大学 (TU/e) 的合作，该大学获得了一个开发模块，用于研究等离子体参数空间并确认高速率低损伤源特性。与 TU/e 联合开发后发表的论文 (Innovative remote plasma source for atomic layer deposition for GaN devices) 在去年的 AVS ALD/ALE

会议上荣获最佳论文奖。牛津仪器与 TU/e 的合作一直持续到工艺开发，过去一年，TU/e 一直充当量子和其他应用的 PlasmaPro ASP 应用开发加速器。

PlasmaPro ASP 系统是牛津仪器现有 ALD 工具集的绝佳补充，旨在通过创新的高速率源设计和超长机器正常运行时间，以及直观软件用户界面来解决关键的量子挑战。它在生产率和等离子体功能方面与众不同，为在电子、光子学和量子技术领域的研究提供了一些独特的机会。





半导体晶圆行业的现状

对市场格局产生影响的近期发展

作者：Koyel Gosh, Allied Market Research 公司团队负责人

在消费和工业环境中，对于电子器件的需求不断攀升，因而导致了半导体晶圆行业的大幅度增长。由于新产品的推出、企业的并购、以及其他的一些近期发展，使得半导体晶圆行业的市场格局发生了重大的变化。

该行业近期一个值得注意的发展是对 5G 技术的需求日益增长。随着世界走向更加互联的未来，5G 技术有望成为这个网络的支柱。因此，对用于 5G 技术的半导体的需求呈现指数级增长。台积电 (TSMC) 和三星 (Samsung) 等公司已经开始在其 7nm 工艺节点上生产 5G 芯片。

最近的另一个发展态势是电动汽车 (EV) 的需求量增加。随着世界朝着更清洁的能源解决方案迈进，电动汽车变得越来越受欢迎。半导体是使车辆正常运行的必要组件，特别是在通常使用绝缘栅双极晶体管 (IGBT) 的电力电子领域。

这些持续增长的需求导致了半导体供应的短缺，尤其是那些在汽车领域中使用的半导体。

日益增长的数字化需求从多个方面推动半导体行业的发展

半导体行业在推动电子、汽车和自动化等各个领域的创新方面发挥着至关重要的作用。随着数字化和电子迁移率 (electronic mobility) 需求的不断升高，作为许多微电子器件的核心组件，半导体硅晶圆变得越来越重要。伴随着各种“小玩意儿”的尺寸越来越小，人们还需要从单个设备中获得更多的功能，这意味着集成电路 (IC) 芯片应该纳入更多的晶体管，以便为实现额外的功能提供支持。

为了满足这些需求，半导体代工厂正在投资于先进的封装技术，特别是那些基于硅晶圆的技术。研究人员目前正在考察在单片式 3D 集成电路的开发中使用二维材料作为硅的可能替代品，目的是提高晶体管密度。例如，台积电开发了一种被称为“衬底上晶圆级芯片封装” (chip on wafer on substrate, 简称 CoWoS) 的技术，它具有世界上最大的硅中介层 (silicon interposer)，



尺寸接近 2500mm²。该中介层可以容纳两个 600mm² 处理器和 8 个采用 75mm² 封装的 HBM 内存器件。半导体行业的这些进步和创新正在对下游技术产生重大影响。根据联合市场研究公司 (Allied Market Research) 最近的一份报告, 预计从 2021 年到 2030 年, 全球半导体晶圆市场将呈现相当可观的复合年增长率 (CAGR)。

可穿戴式设备也将为市场供应商提供重要的增长机会, 特别是在工业领域, 它们有可能提高质量和安全性。西门子公司预测, 工业可穿戴式设备的市场将非常可观。Zebra Technologies 公司预计, 到 2022 年, 全球 40% ~ 50% 的制造商将采纳可穿戴技术。此外, 紧凑型电子设备的需求也在攀升, 这导致人们期望增加单个小玩意儿所具备的功能和特性。因此, IC 芯片将需要纳入更多的晶体管, 以支持这些额外的功能。

中国等新兴经济体纷纷出台和实施了有利于半导体行业的政府政策。这为半导体硅晶圆市场创造了重大的增长机会, 预料在预测期内将继续扩大。此类政策的一个例子是中华人民共和国国务院发布的政策框架, 该框架优先考虑在行业内开发先进的半导体封装解决方案。

美国消费技术协会对美国消费技术销售和预测的研究预计, 支持 5G 的智能手机将在 2021 年出现显著的增长, 销量将达到 210 万部, 收入超过 19 亿美元。同时, 苹果公司已宣布计划, 准备在 2023 年前为美国经济贡献 3500 亿美元, 并通过与国内公司的新投资和支出, 在未来五年内创造 240 万个就业岗位。考虑到苹果公司在消费电子行业的重要地位, 其近期发布的信息预计将推升半导体硅晶圆的需求。

各家公司推出的创新产品

新加坡 - 麻省理工研究与技术联盟 (SMART) 最近宣布, 他们成功开发了一种制造包含高性能 III - V 族化合物半导体器件的集成型硅 III - V 芯片的方法。虽然硅基 CMOS 芯片被广泛地用于计算目的, 但是, 当涉及到通信和照明领域时, 它们就没那么高效了。这导致效率降低, 发热量增加, 造成 5G 移动设备变热并迅速关断。为了处理这个问题, 必须将 III - V 族化合物半导体器件与硅集成。然而, 这一直是半导体行业需要克服的一个复杂挑战。SMART 的成就是向着以商业上可行的方式解决这一问题迈出的重要一步。

半导体晶圆市场的特点是快速创新, 各公司接连不断

地推出新产品以满足市场的需求。近期发布的一款值得一提的产品是英特尔的第 11 代酷睿处理器。此类处理器采用了英特尔的 10nm SuperFin 技术, 有助提高性能和功率效率。这些处理器的推出引起了市场的转变, 其他公司纷纷发布类似的产品。

全球主要的半导体制造商之一台积电宣布, 它计划在 2021 - 2029 年间投资 120 亿美元, 在美国建设一座 12 英寸晶圆厂, 此晶圆厂将使用先进的 5 nm 工艺生产芯片。这表明北美地区的半导体产业呈现积极的增长趋势。此外, 即使美国政治领导层从唐纳德·特朗普换成了乔·拜登, 科技供应链从外国迁往北美的情况预计仍将继续, 而后者此前曾鼓励外国公司在美国投资并创造就业机会。而且, 美国拥有世界上一些汽车行业的主要参与者, 他们正在电动汽车以及汽车自动驾驶潜力的研发方面进行投资。这刺激了半导体硅晶圆市场对高性能集成电路的需求。

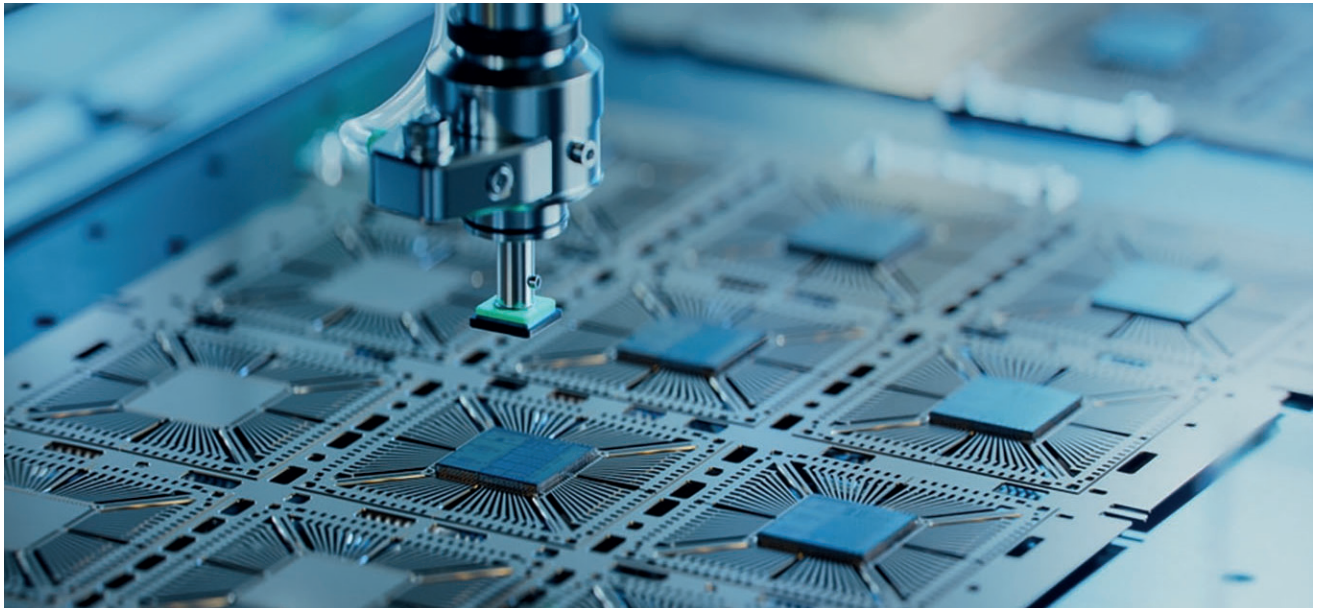
行业内引人注目的并购活动

由于各公司旨在拓展其产品范围和提高其技术能力, 因此合并和收购在半导体晶圆市场上也变得很普遍。英伟达 (NVIDIA) 收购 Arm Holdings 就是这种合并的一个值得注意的例子。Arm Holdings 是半导体知识产权的一家主要供应商, 英伟达对该公司的收购将扩大自身在数据中心和人工智能领域的布局。

2021 年英特尔曾有意收购领先的半导体代工厂 GlobalFoundries, 通过收购 GlobalFoundries, 英特尔旨在增强其制造能力, 并更好地与三星和台积电等业内的主要厂商展开竞争。虽然对于 GlobalFoundries 的收购没有成功, 但这一举动非常值得注意。

2023 年 6 月, 英特尔连续宣布了三项投资计划, 包括将斥资逾 300 亿欧元 (约合 330 亿美元) 在德国马格德堡市建造两座芯片制造工厂, 在波兰投资 46 亿美元建造一座芯片工厂, 在以色列投资 250 亿美元建造一座芯片厂, 总投资规模高达 626 亿美元, 以恢复公司在芯片制造领域的主导地位, 并更好地与竞争对手 AMD、英伟达和三星竞争。

另一方面, 韩国 SK Siltron 公司近期宣布, 它计划在未来三年内投资 1.05 万亿韩元, 以扩大其位于龟尾国立工业园区第三区的 300 mm 晶圆生产设施。GlobalWafers 公司是世界一流的硅晶圆供应商, 它于 2022 年开始扩建工作, 计划于 2024 年启动大规模生产。该公司预计, 由



于这次产能扩张，其本地晶圆厂每月将增产大约 20000 片最先进的 12 英寸晶圆片。这家公司还预计，此次扩张还将使其在韩国、日本、中国台湾和意大利的工厂的产能增加 10% ~ 15%，从而满足用户对其产品的强劲需求。

日本信越化学有限公司 (Shin-Etsu Chemical Co. Ltd) 最近宣布，将其所有有机硅产品的价格提高 10%，而且它的业务领域也将在日本和全球范围内扩大。因此，价格出现大幅飙升，同时原材料采购和成品分销的运输成本也随之增加。

二维材料：在计算机芯片之上制造薄型晶体管

麻省理工学院 (MIT) 的研究人员已经开发出一种新技术，可以直接在完全制备好的硅芯片上“生长”超薄的二维材料，从而能够制造出密度更高和功能更强大的计算机芯片。这是一项重要的开发成果，因为半导体芯片传统上使用难以堆叠的块体材料 (bulk materials) 来实现密度更高的集成。挑战在于，在硅片上生长二维材料的过程需要大约 600°C 的温度，这可能会损坏不能加热到 400°C 以上的硅晶体管和电路。麻省理工学院的跨学科研究团队通过开发一种不会损坏芯片的低温生长工艺，克服了这一挑战。该工艺允许将二维半导体晶体管直接集成在标准的硅电路之上。最新的技术能够在不到 60 分钟的时间内在整个 8 英寸晶圆上生长出一致的二维过渡金属二硫化物 (transition metal dichalcogenide) TMD 材料层，这意味着均匀地培养这些材料所需的时间大大减少。这种直接在硅晶

圆上开发二维材料的新工艺是一项重大进展，因为它避免了从其他地方转移材料可能出现的缺陷，并能实现密度更高且功能更加强大的计算机芯片。

研究人员专注于一种称作二硫化钼的二维材料，这种材料具有出色的电子和光子特性，适合用于半导体晶体管。这种材料是由夹在两层硫原子之间的一层钼原子组成的，它具有柔性和透明度。

为了生长二硫化钼的薄膜，通常使用一种被称为金属有机化学气相沉积 (MOCVD) 的工艺。该工艺涉及将两种含有钼原子和硫原子的有机化合物置于超过 550°C 的温度下。

这导致它们分解成更小的分子，随后在表面上结合形成二硫化钼链。然而，使用如此高的温度带来了挑战，因为它可能导致硅电路的退化，硅电路在 400°C 以上的温度下开始分解。

研究人员已经为 MOCVD 工艺设计了一种新型炉管 (furnace)，该炉管包括两个腔体：一个用于将硅晶圆置于低温下，另一个用于将前驱体加热到高温 (550°C 以上)。钼前驱体保存在低温区域 (以防止损坏硅晶圆片)，并在低于 400°C 的温度下分解。同时，让硫前驱体流入高温区，在那里分解，然后返回低温区进行化学反应，促进二硫化钼在晶圆片表面上的生长。

专家们还开发了一种使用 MOCVD 工艺在硅晶圆片上生长二硫化钼的新方法。他们发现，将晶圆片垂直放置在炉管的低温区域，可以获得更好的材料均匀性，因为气

体分子在芯片的周围旋转，并改善了材料的生长。另外，这种方法还比传统的 MOCVD 工艺快得多，生长一层所需的时间不到一个小时，而不是一整天。将晶圆片垂直放置，能确保它的任何部分都不会被热量所损坏，因为两端均不会太靠近高温区域。科学家们利用了先进的 MIT Nano 的设施，在一个 8 英寸的硅晶圆片上展示了材料的优异质量和均匀性。这一成就对于需要更大晶圆片的工业应用具有重要意义。用于实现这一结果的工艺是非常高效的，因为它减少了生长时间，并可以很容易地纳入工业制程。此外，该工艺与低温硅相兼容，这使得在半导体行业中扩展二维材料的使用成为可能。

技术人员希望改进他们的方法，并将其应用于开发相互堆叠的多层二维晶体管，以提高其功能和性能。他们还计划探索将低温生长工艺用于柔性表面，如聚合物、纺织品或纸张。该工艺的成功应用可以将半导体集成到衣服或笔记本等日常物品中。

该项目的资金由多个不同的组织提供，包括美国国家自然科学基金会集成量子材料中心、爱立信、美国能源部、美国陆军研究办公室、MITRE、麻省理工学院士兵纳米技术研究所。该项目也受到台积电大学“穿梭计划”（TSMC University Shuttle）的支持。

异构集成和Chiplet 技术发展趋势

随着半导体工艺制程提升的难度越来越大，成本急速增加，为了缓解这些挑战，由 Chiplet 这种小芯片叠加的异构集成技术，已经逐渐成为半导体行业发展的一种趋势。

目前整个行业都在向 Chiplet 方向发展，并且由 AMD、Arm、ASE、Google Cloud、英特尔、Meta、微软、高通、三星和台积电等公司倡议于 2022 年 3 月建立 UCIE (Universal Chiplet Interconnect Express) 产业联盟，该联盟成立的目的在于推动 Chiplet 接口规范的标准化，并已推出 UCIE 1.0 版本规范。

特别指出，中国本土企业所组成的 Chiplet 联盟最近也正式推出了中国自己的 Chiplet 互连接口标准。这个标准被称为 ACC 1.0 (Advanced Cost-driven Chiplet Interface 1.0)，由一批专注于芯片设计、IP 以及封装、测试和组装服务的公司正在制定，中国 Chiplet 联盟的目标是确保 ACC 1.0 成为中国芯片设计人员具有成本效益且可行的解决方案。

近日，半导体初创公司 Silicon Box 在新加坡开设了一家耗资 20 亿美元的先进半导体制造代工厂，旨在推动

Chiplet 技术的采用。

Silicon Box 专注于 Chiplet 技术，通过先进封装工艺将 Chiplet 小芯片组合在一起，这是一种经济高效形成处理器的方式，可以应用于从数据中心到家用电器的许多领域。近年来，随着芯片制造成本飙升，全球芯片行业越来越多地接受这项技术。人工智能公司推动了需求。Silicon Box 表示，甚至在工厂开业之前，客户就已经在排队了。“这个新设施已做好准备，可以解决小芯片采用的独特挑战，这对于满足新兴技术的市场需求至关重要。我们专有的互连技术不仅可以缩短芯片的设计周期，还可以降低成本，降低功耗，并帮助人工智能、数据中心和电动汽车等行业合作伙伴更快地将产品推向市场。” Silicon Box 首席执行官 BJ Han 说。

Silicon Box 凭借其专有的制造方法，以较低的成本和功耗提供设计灵活性和卓越的电气性能。他们使用 5 微米以下的技术开发了最短的互连，为半导体设计周期树立了新标准。这意味着该行业可以在整个半导体价值链中有效扩展基于 Chiplet 的解决方案。

与传统方法相比，芯片设计人员可以以极低的成本获得双倍的计算性能。对于图形处理器和高性能计算芯片来说，成本最多可降低四倍。这是芯片行业的新范式，利益相关者可以集中精力增强这些模块化功能单元的性能优化。

全球300mm晶圆厂2023年产能扩张速度趋缓

SEMI 在《300mm 晶圆厂展望报告 - 至 2026 年》(300mm Fab Outlook to 2026) 中指出，全球半导体制造商预计 2026 年将增加 300mm 晶圆厂产能，达到每月 960 万片的历史新高。在 2021 和 2022 年强劲增长后，由于内存和逻辑元件需求疲软，预计 2023 年 300mm 晶圆厂产能扩张将放缓。

SEMI 总裁兼首席执行官 Ajit Manocha 表示：尽管全球 300mm 晶圆厂产能扩张的步伐正在放缓，但半导体的长期强劲需求后续仍将推动产能增长。foundry、memory 和 power 预计将是 2026 年新增产能的主要驱动力。

在 2022 年至 2026 年的预测期内，芯片制造商预计将增加 300mm 晶圆厂产能，以满足需求增长，包括 GlobalFoundries、华虹半导体、英飞凌、英特尔、Kioxia、美光、三星、SK 海力士、中芯国际、意法半导体、德州仪器、台积电和 UMC。这些公司计划将有 82 座新厂房和产线在 2023 年至 2026 年期间运营。◆



可持续湿法工艺解决方案 绿色目标。黄色解决方案。

凭借二十年在批量喷涂及其硬件方面的经验，Siconnex已成长为可持续湿法工艺设备的领先供应商。可持续发展和环境健康是我们的基因。BATCHSPRAY® 技术在整个芯片制造周期中提供能源、介质材料和用水全面节约的工艺。

半导体的生产消耗大量资源。通过采用可持续的产品和工艺，半导体行业可以减轻对环境的影响，并努力实现更加可持续的未来。Siconnex 公司多年来一直致力于高效和节约资源的解决方案，其 BATCHSPRAY® 批量喷涂技术处于行业领先地位。

在公司自身使命宣言和客户的可持续发展目标的推动下，Siconnex 不断增强其在可持续工艺流程方面的专业知识。其中一项进步是用于刻蚀后残留物清洁 (Post Etch Residue Clean) 的 perc™ 工艺，它代表了我们的最新可持续产品。

大挑战：聚合物去除

“我对 perc™ 的经验是，在将晶圆送入多个干法刻蚀步骤后，我们成功找到了去除所有聚合物并实现更好的侧壁粗糙度的方法。在进行电气检查后，我们甚至发现与现有工艺相比，性能有所提高。我衷心感谢与 Siconnex 的出色合作和协作，为新工艺流程和现有流程寻找解决方案。”意法半导体公司的 Julien Ladroue 博士的陈述强调了在解决聚合物去除挑战和提高芯片生产性能方面 perc™ 的成功实施。在器件缩放困难以及使用溶剂型工艺去除聚合物相关的困难背景下，perc™ 提供了一种无需额外溶剂介质的解决方案。

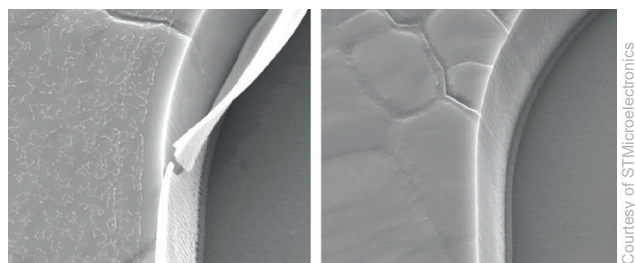


图1：干法刻蚀工艺后（左）和 perc™ 工艺后（右）对比。



图2：等离子切割后清洁去除聚合物。

perc™ 是 Siconnex 的工艺创新，专为刻蚀后残留物清洁而设计。这种创新应用可以通过调整工艺配方来去除多种类型的聚合物。Siconnex 独特的喷注技术可确保 DIW (去离子水) 流中仅需要一定量的酸，从而显著减少了酸流量。

除了去除聚合物之外，perc™ 工艺还能够控制配方

内的金属损失。这带来了许多优点，包括保证聚合物去除、减少金属损失、大幅减少化学品消耗和水的使用、有效的废物处理及其他好处。

总体而言，perc™ 代表了芯片生产的重大进步，为聚合物去除提供了可持续且高效的解决方案，并有助于实现更加可持续和更具成本效益的工艺的总体目标。

等离子切割后清洁

用于晶圆切割 (wafer dicing) 的等离子刻蚀是一种日益重要的干法刻蚀工艺，未来将对行业产生越来越大的影响。与机械切割或激光切割相比，这种方法在切割平面上节省大量的空间，同时还可以最大限度地减少残留物。

然而，等离子刻蚀切割 (plasma etch dicing) 也存在一些挑战。较厚的顶部光刻胶在处理变得更加难以去除，并且由于晶圆已经被切割，所以侧壁聚合物的去除变得更加复杂。

为了应对这些挑战，Siconnex 开发了一种称为“切割后清洁” (Post Dicing Clean) 的工艺，该工艺可在单个工艺步骤中有效去除聚合物、光刻胶和残留物。通过处理放置和固定切割晶圆的整个框架和胶带，切割后清洁可有效去除侧壁上的聚合物。

此外，经过等离子体处理的光刻胶可以轻松去除，并

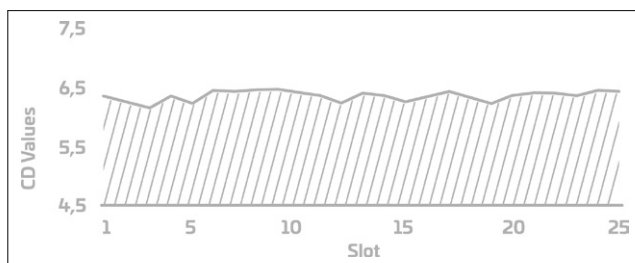


图3：300 mm 晶圆批量处理的一致性。

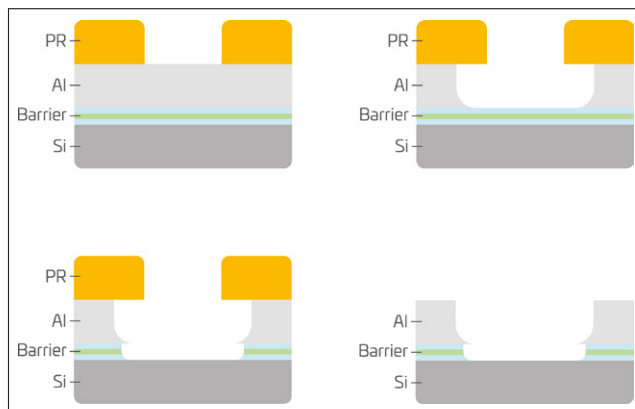


图4：铝刻蚀、阻挡层刻蚀和光刻胶剥离的工艺流程示例。

且可以清除表面的残留物。

切割后清洁工艺有效地克服了等离子切割相关的缺点，提供了可持续且环保的解决方案。自从 Siconnex 最初为全自动 300 毫米晶圆厂提供系统以来，用于处理这些框架的技术已经运行了好几年。

卓越的 300 毫米晶圆工艺

在批量喷涂系统中执行的湿法刻蚀和清洁工艺长期以来一直是 200 毫

perc™ 工艺的优点

金属损失：

- 铝 - 铜：<20 Å
- 氮化钛：<15 Å
- 氧化硅无损失

每个腔室的吞吐量：

- 136 wph
- 处理时间：21 分钟

化学品消耗量：

- DIW：110 升
- H₂SO₄：100 ml
- H₂O₂：700 ml
- HF：70 ml

优点：

- 可针对每种聚合物进行调节
- 灵活的参数调整
- 极低的化学品使用量
- 使用点介质使用
- 稳定的介质浓度
- 开放的工艺处理时间
- 一次性介质
- 避免再污染
- 高产量
- 不需要额外溶剂
- 废物处理简单
- 提供 4 个腔室系统
- 25W/50W 腔体
- 可用于 2 英寸 - 12 英寸晶圆



米晶圆厂的关键。然而，适用于 200 毫米的方法可能不适用于 300 毫米的假设是不正确的。300 毫米晶圆工艺所获得的结果与 200 毫米晶圆工艺所获得的结果相同。

在湿式工作台或单晶圆工具中进行的传统湿法工艺已使用多年，但在晶圆内均匀性、晶圆间均匀性、批次间均匀性、清洁度和可持续执行方面没有提供领先的结果。

Siconnex 的 BATCHSPRAY® 设备可以显著提高所有这些方面性能，并满足更多规格。可以在单个系统中执行多个流程，从而无需使用多个工具。对于复杂的工艺顺序，例如 AlSiCu 刻蚀，然后进行雀斑刻蚀以去除所有剩余的硅晶粒，然后进行阻挡层刻蚀以刻蚀 Ti、TiN、TiW 和 W 等材料，以及随后的光刻胶剥离，所有这些都可以在一个系统中完成。此外，甚至连干法刻蚀工艺（如前面提到的

阻挡层刻蚀）也可以被替代并可持续执行。

Siconnex 凭借其全自动 BATCHSPRAY® 系统，为湿法工艺提供了领先的结果，使其成为 300 mm 晶圆领域的理想匹配。Siconnex 为可持续的 300 mm 晶圆制造提供完整的硬件和工艺平台。通过开发新的可持续工艺和提供湿法工艺的尖端成果，Siconnex 的安装量实现了快速增长。

Siconnex 在半导体制造的前沿领域专注于可持续发展和持续创新。perc™ 工艺解决了聚合物去除的挑战，而“切割后清洁”工艺则解决了等离子刻蚀的复杂性。BATCHSPRAY® 技术为 300 毫米晶圆厂的湿法工艺提供了卓越的结果，提高了均匀性、清洁度和可持续性。Siconnex 会继续致力于开发新的、可持续的工艺，为该行业创造更加可持续和高效的未来。◆

先进的清洗技术如何助力先进节点实现最佳晶圆良率

半导体制造商如今拥有的新设备可达到最佳晶圆良率，这种新设备的兆声波系统应用了空间交变相位移（SAPS）和时序能激气穴震荡（TEBO）技术。

半导体芯片的特征尺寸正快速缩小。动态随机存取存储器（DRAM）制造商现在正在生产12纳米级16GB芯片，电容器纵横比为60:1。NAND结构达到232层，蚀刻纵横比更大。而逻辑电路正向3纳米节点全环绕栅极（GAA）晶体管的第一阶段迈进。

随着结构尺寸越来越小，工艺技术变得更具挑战性，去除污染和随机缺陷变得极其困难。当特征尺寸和薄膜厚度达到10纳米（100埃）级时，即使是1纳米（10埃）微粒也可能成为导致晶体管失效的致命缺陷。随着芯片特征尺寸不断降低至10纳米以下，如何去除微粒及其它污染物以获得理想良率，将是半导体制造商所面临的一项重大技术挑战。

随着结构尺寸越来越小，工艺技术变得更具挑战性，去除污染和随机缺陷变得极其困难。当特征尺寸和薄膜厚度达到10纳米（100埃）级时，即使是1纳米（10埃）微粒也可能成为导致晶体管失效的致命缺陷。随着芯片特征尺寸不断降低至10纳米以下，如何去除微粒及其它

污染物质以获得理想良率，将是半导体制造商所面临的一项重大技术挑战。

当今的先进技术使得特征尺寸更小更精细，传统的颗粒去除清洗技术因此面临着挑战。具体来说，喷淋清洗技术的压力水平太强；物理力会损坏晶体管和电容器结构的表面特征，有可能使其脱离晶圆。喷淋技术也无法深入到纵横比很高的沟槽中。

由于能量不能均匀传递到深层结构中，传统兆声波清洗很难处理小型深沟槽。传统的兆声波技术不能保证整个晶圆的均匀表面覆盖，这往往会

导致良率下降。这些工艺还会造成表面粗糙、材料损耗等问题，当1埃对芯片性能至关重要时，这些问题就会极大地影响这些先进器件的性能。本质上，兆声波晶圆清洗方法和传统清洗方法的水平都已达到极限，在不损坏芯片上的特征的情况下，不再能够去除极其微小的致命缺陷。

目前，从图形化半导体中去除颗粒的方法正逐步成为一门重点科学。随着芯片特征尺寸不断缩小，并向立体化发展，使用刷洗设备、喷淋设备、超声波和兆声波进行强力清洗的方式逐渐得以改良，以免损坏芯片结构。新的单晶圆清洗工艺技术解决了清洗

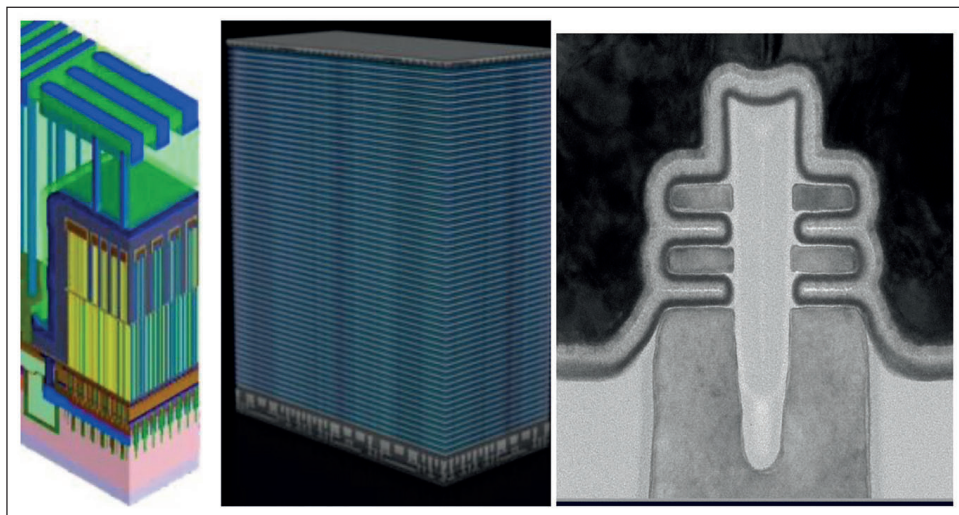


图1：先进工艺技术DRAM单元、NAND结构和叉片式晶体管（来源：美光技术日，IMEC）。

目前和下一代半导体芯片上图案结构的关键问题。

新一代清洗技术

为了解决半导体设备制造商面临的清洗挑战，盛美开发了 Smart Megasonix™——一套更具智能和创新性的单晶圆湿法清洗技术，可以应用于现有或未来工艺节点，在不影响器件特性的情况下，通过一系列工艺步骤，达到更加彻底、全面的清洗。这些专有技术可以控制兆声波清洗的功率强度和分布范围。

公司已经开发了两项关键技术，以增强兆声波清洗系统的清洗能力。第一项是空间交变相位移 (SAPS™) 晶圆清洗技术。SAPS 技术是一种先进的兆声波工艺，这种工艺利用兆声波传感器与晶圆间的空隙，使兆声波相位发生变化。SAPS 技术可以在晶圆旋转的同时移动或倾斜传感器，即使晶圆翘曲，也能在晶圆的每一点上均匀提供兆声波能量。

这确保了最佳的能量输送，当与适当的稀释化学成分相结合时，为去除晶圆缺陷创造了合适的环境。SAPS 技术精确度高，可有效地提高颗粒去除过程中的传质速率，及系

统中颗粒去除效率。应用 SAPS 技术可以提高生产效率，及颗粒去除效率，从而提高产能，降低晶圆生产成本。

兆声波技术的第二项创新技术是时序能激气穴震荡 (TEBO™) 技术。传统兆声波技

术通过空化效应来产生气泡，这些气泡能够有效进行清洗。在传统系统中，这些气泡可能发生内爆或破裂，进而破坏精细图形。采用 TEBO 技术后，空化效应更加稳定，不会产生气泡内爆或破裂。从而能够在不损坏 DRAM 的高纵横比电容器和 3D NAND 的高纵横比沟槽和孔洞等精细图形的前提下，成功地去除缺陷。该技术还能去除先进的鳍式场效应晶体管 (FinFET) 和 GAA 结构的缺陷。随着芯片特征尺寸不断变小，纵横比不断增大，去



图2: 新的单晶圆清洗工艺技术解决了目前和下一代半导体芯片上图案结构清洗的关键问题。

除蚀刻、光刻胶的残余物和化学机械研磨颗粒的挑战变得更大。晶圆特征更易被破坏，原子作用力更大，这导致晶圆表面的瑕疵更难去除。对于先进节点的加工而言，需要采用不会损坏关键特征的新型清洁化学成分和机械方法来去除缺陷。随着 SAPS 和 TEBO 技术被引入兆声波系统，半导体制造商如今在力争实现最佳的晶圆良率方面拥有了新的工具。◆

美光推出8层堆叠的第二代 HBM3内存

美光科技宣布其已开始出样业界首款 8 层堆叠的 24GB 容量第二代 HBM3 内存，其带宽超过 1.2TB/s，引脚速率超过 9.2Gb/s，比当前市面上现有的 HBM3 解决方案性能可提升最高 50%。美光第二代 HBM3 产品与前一代产品相比，每瓦性能提高 2.5 倍，创下了关键型人工智能 (AI) 数据中心性能、容量和能效指标的新

纪录，将助力业界缩短大型语言模型 (如 GPT-4 及更高版本) 的训练时间，为 AI 推理提供高效的基础设施，并降低总体拥有成本。

美光基于业界前沿的 1 β DRAM 制程节点推出 HBM 解决方案，将 24Gb DRAM 裸片封装进行行业标准尺寸的 8 层堆叠模块中。此外，美光 12 层堆叠的 36GB 容量产品也将于 2024

年第一季度开始出样。美光第二代 HBM3 产品的性能功耗比和引脚速度的提升对于管理当今 AI 数据中心的极端功耗需求至关重要。美光通过技术革新实现了能效的显著提升，例如与业界其他 HBM3 解决方案相比，美光将硅通孔数量翻倍，增加 5 倍金属密度以降低热阻，并设计更为节能的数据通路。◆

功率组件该如何检测？ 电性测量及故障分析 全攻略

随着新能源的浪潮与节能减碳的全球化趋势，汽车的龙头厂商无不将电动车（Electric Vehicle, EV）功能的推展列入研发蓝图上。根据 Yole 的预测，从 2021 至 2027 年间，全球各类 EV 市场的平均年复合成长率（CAGR）可达 21%，而在电动车的零件组成中，功率组件诸如 DC-DC 转换器、车载充电器与逆变器，应用也随之水涨船高，尽管目前这些功率组件的产值，仍与成熟 IC 组件相差许多，但其 CAGR 预期至 2027 年皆有双位数的成长。以 SiC module 为例，到了 2027 年，其产值可达 44 亿美元，CAGR 为 38%（图 1），因此功率组件是未来各半导体产业链的发展重心之一。

在车载功率组件中，由于功率上的需求，第三代半导体逐渐抓取众人的目光。

第三代半导体是以碳化硅（SiC）、氮化镓（GaN）等宽能隙材料应用的半导体，相较于传统由硅制作的功率组件，第三代半导体拥有较高的频率与功率的操作范围，因此可以应用在许多新兴产业上，例如自驾车、5G/6G、太空、AI、量子高速运算、发电设施等。有鉴于此，中国在 2020 年颁布了「十四五规划」，将第三代半导体纳入产业发展，预计于 2021-2025 年间投入 10 兆人民币，力求将

第三代半导体自主化，避免被全球市占前几名的西方厂商垄断与箝制。

许多传统功率组件的台厂已纷纷宣布，于 2022 年下半年投入 SiC 组件的生产，为整个第三代半导体市场带入更多的动力。图 2 说明了由各类材料制造出的功率组件的操作频率、功率范围，并说明其应用的领域。

依照不同的应用，皆有其适用的组件种类、电压应用范围，图 3 是针对不同电压对组件所作的区分，现今车载功率组件的主流范围在 900V 以下，此部份以传统的 Si 和 GaN MOSFET 即可支持；而 1200V 以上的需求，则以铁道或发电厂的应用为主，此操作范围便需要 IGBT 或 SiC

的组件了。

随着功率组件产值的提升，自然也带动了分析检测的需求。在故障分析的领域上，对组件结构的了解、电性量测是入门的基本功，尽管功率组件的结构较 IC 简单，但其材质与金属连接的布局，却是影响样品制备、缺陷观察的重要影响因子；而电性量测方面，由于其特殊规格，无法使用一般的参数分析仪来确认失效行为，因此需要高功率的量测仪器才能执行。综合以上考虑，在全方案分析流程上，可简易地归纳出以下三大步骤：

1. 电性参数量测
2. 亮点定位
3. 缺陷观察

2021 – 2027 power device market - xEV* focus
(Source: Power Electronics for Automotive - Focus Passenger and Light Commercial Vehicles 2022, Yole Développement, May 2022)

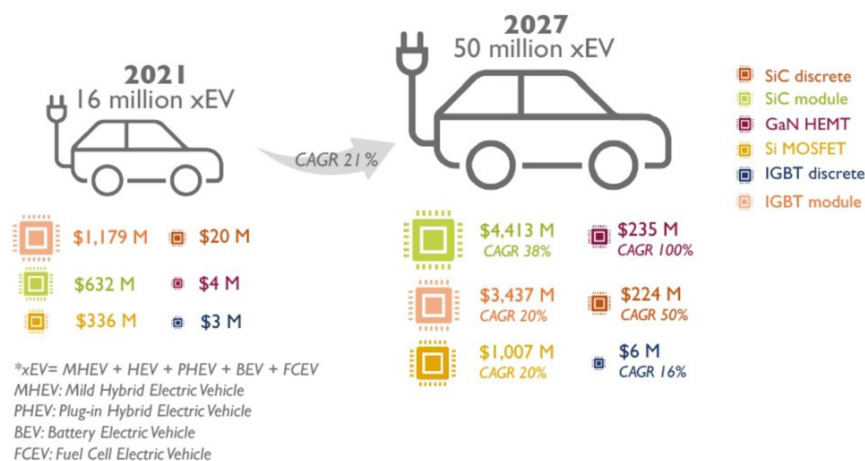


图1：各类功率组件 2021-2027 年的营收与 CAGR^[1]。

电性参数量测

在 IC 的量测上，可以分为静态测试与动态测试两种，前者就是 DC 量测，open/short 与 leak Hi/Lo 皆属此类，在第三方分析实验室皆有可靠参数分析仪进行验证，而缺陷的定位也是以静态测试为主；动态测试即是功能测试 (function test)，需要 ATE 或 bench test 才能够达成，不同种类的 IC 有不同的测试程序，一般第三方分析实验室无此分析能力，故大多无法进行功能失效的全方案流程。

功率组件由于结构简单，且电性参数项目皆为固定，市场上已有单一仪器可进行量测，其电性参数在规格书定义得十分清楚，只要依照规格书的项目，便可逐一萃取各个项目值。首先，了解哪些电性参数需要量测，以 600V 的 MOSFET 为例，其电性参数与其说明如图 4；了解电性参数的定义后，即可在某参数异常时，推测是哪一结构出现问题，以利后续拟定物性故障分析方案。

阔康科技为迎接第三代半导体世代的到来，不惜砸下重本，在台湾与上海实验室购置 B1506A 电性参数分析仪 (图 5)，可自动抓取所有电性参数，进行规格书里大多数的参数量测，其中涵盖故障分析的必要项目。此外，B1506A 还具有以下特点：

- (1) 适用于所有的分离式 (discrete) 功率组件。
- (2) 只要完成设定，便可全自动、一次抓取所有欲量测的参数。

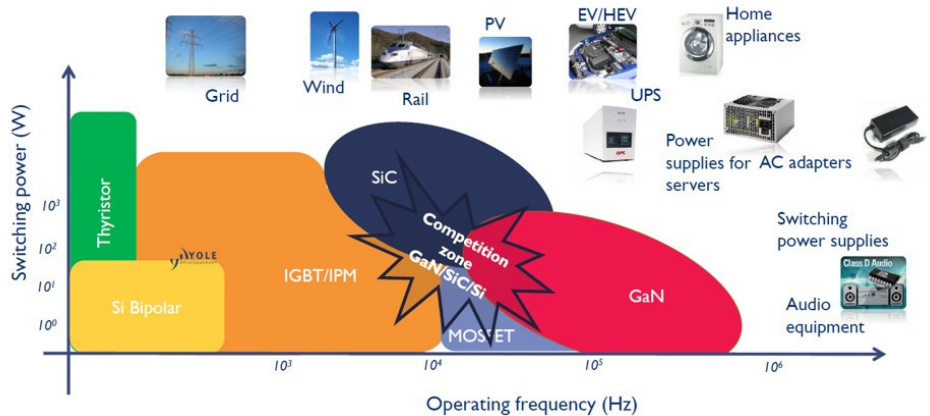
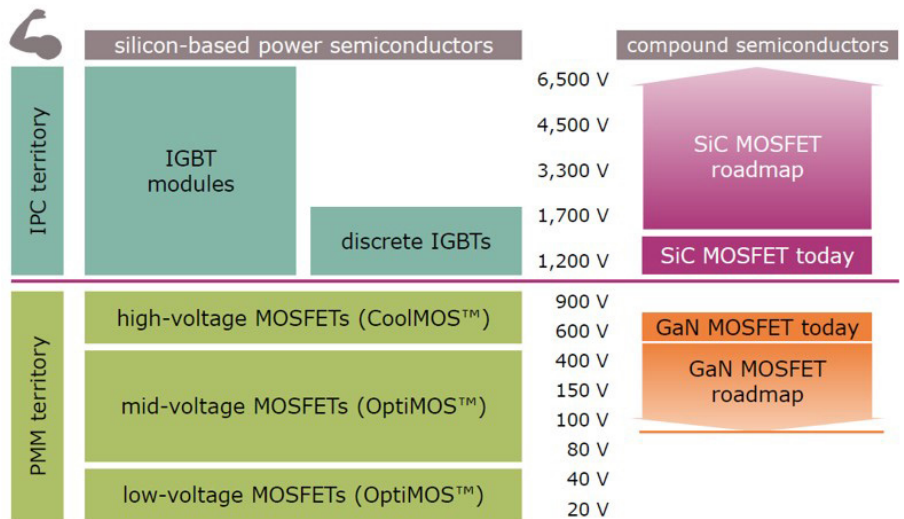


图2：各类功率组件的操作范围，从家电、电动车、铁道，到发电厂等皆有其应用^[1]。



* excluding drivers and control ICs

图3：各类型材料的功率组件的操作电压^[2]。

600V MOSFET Electrical Specification					
Absolute Maximum Ratings (Ta=25°C, unless otherwise specified)					
Parameter	Symbol	Value	Unit	Condition	Equipment
Drain - Source Voltage	VDS	600	V	I-V	Keithley 7651A/Keysight B1506A
Continuous Drain Current (Tc=25°C)	ID	+/-12	A	I-V	Keithley 7651A/Keysight B1506A
Pulsed Drain Current	IDP	+/-36	A	I-V	Keithley 2651A/Keysight B1505A
Gate-Source Voltage	VGS	+/-30	V	I-V	Keithley 2651A/Keysight B1505A
Single Pulse Avalanche Current	IAS	2.9	A	UIS test	Keithley 2651A/Keysight B1505A
Single Pulse Avalanche Energy	EAS	327	mJ	UIS test	Keithley 2651A/Keysight B1505A
Total Power Dissipation (Tc=25°C)	PD	60	W		Keithley 2651A/Keysight B1505A
Electrical Characteristics (Ta=25°C)					
Drain-Source Breakdown Voltage	BVDSS	600	V	VGS=0V, ID=1mA	Keithley 2651A/Keysight B1505A
Drain-Source Leakage Current	IDSS	100	uA	VDS=600V, VGS=0V, Tj=25°C	Keithley 2651A/Keysight B1505A
Gate-Source Leakage Current	IGSS	+/-100	nA	VGS=+/-30V, VDS=0V	Keithley 2651A/Keysight B1505A
Gate Threshold Voltage	VGS	6	V	VDS=VGS, ID=2.5mA	Keithley 2651A/Keysight B1505A
Drain-Source On-State Resistance	RDS	0.39	Ω	VGS=15V, ID=6A, Tj=25°C	Keithley 2651A/Keysight B1505A
Gate Resistance	Rg	2	Ω	f = 1.0MHz, open drain	Keithley 2651A/Keysight B1505A
Input Capacitance	CISS	900	pF	VGS=0V, VDS=100V, f=1MHz	Keithley 2651A/Keysight B1505A
Output Capacitance	COSS	60	pF	VGS=0V, VDS=100V, f=1MHz	Keithley 2651A/Keysight B1505A
Reverse Transfer Capacitance	CRSS	1.6	pF	VGS=0V, VDS=100V, f=1MHz	Keithley 2651A/Keysight B1505A
Turn-on Delay Time	tdon	23	ns	VDD=300V, VGS=15V, ID=6A, RL=49.9Ω, RG=10Ω	Keithley 2651A/Keysight B1505A
Rise Time	tr	17	ns	VDD=300V, VGS=15V, ID=6A, RL=49.9Ω, RG=10Ω	Keithley 2651A/Keysight B1505A
Turn-off Delay Time	tdoff	44	ns	VDD=300V, VGS=15V, ID=6A, RL=49.9Ω, RG=10Ω	Keithley 2651A/Keysight B1505A
Fail Time	tf	15	ns	VDD=300V, VGS=15V, ID=6A, RL=49.9Ω, RG=10Ω	Keithley 2651A/Keysight B1505A
Total Gate Charge	Qg	28	nC	VDD=300V, ID=12A, VGS=15V	Keithley 2651A/Keysight B1505A
Gate-Source Charge	Qgs	8.5	nC	VDD=300V, ID=12A, VGS=15V	Keithley 2651A/Keysight B1505A
Gate-Drain Charge	Qgd	10.5	nC	VDD=300V, ID=12A, VGS=15V	Keithley 2651A/Keysight B1505A

图4：600V MOSFET 电性参数与其定义说明。



图5: B1506A 外观图。

- (3) 最高操作电压可达 3KV，最大电流 500A，适用于市场上大多数的功率组件。
- (4) 可外接探针台，进行 wafer-level 或 die-level 的量测。
- (5) 在产品的开发与客退品的分析上，具有快速的故障机制判断能力。

亮点定位

不论要执行何种半导体组件的亮点定位，不外乎这三种工具—微光显微镜 (PEM)、激光致阻值变化侦测 (OBIRCH) 与热影像分析仪 (Thermal Emission Microscope, Thermal EMMI)，依电性故障行为与样品结构考虑，去选择适当的定位仪器，而亮点从芯片的正面或背面侦测，则是依样品制备难易度去做选择。

功率组件的结构虽然简单，但样品制备的难度却高于 IC 工艺，原

因在于其芯片表面有一层厚厚的铝，遮挡了亮点的观察，不过在初步的亮点定位上，我们可优先选择使用 Thermal EMMI，利用其热传导的特性，先进行第一次定位，待定位完成后，若需要更精细的范围，再选择其它的定位工具。

因康科技目前采用的 Thermal EMMI 系统，最高电压可达 3KV，非常适合高功率组件的亮点定位。在高电压的操作下，即便是微安级的漏电，也有机会被侦测到，是功率组件进行故障分析时必备的分析工具。

缺陷观察

由于功率组件的结构简单，比如 MOSFET 或 IGBT，皆是许多 cell 以数组的方式并联排列，而单一明确的亮点即代表缺陷所在的位置，再加上由电性行为可以判断漏电的路径，对照结构就可以推论出可能的物性故障现象，所以一般来说，

亮点完成后直接进行截面的观察是标准作业流程。

对于功率组件来说，要进行截面的样品制备并观察缺陷的外貌，主要有两种方式，一是聚焦离子束 (Focused Ion Beam, FIB)，另一种则是穿透式电子显微镜 (Transmission Electron Microscopy, TEM)，两者的差别主要在于分辨率差异，FIB 可观察烧熔、工艺异常、外来物等较明显可见的异状，而 TEM 则可以观察晶格缺陷，各有其应用之处。在第三代半导体的材料中，可能存在差排的晶格缺陷，若执行 FIB 后未见明显异常，可再转做 TEM 观察。

若是因离子注入问题造成的漏电，上述两种显微镜便无法派上用场，需要使用扫描式电容显微镜 (Scanning Capacitance Microscopy, SCM) 来观察 p-type 与 n-type 掺杂的分布。浓度异常除了会造成 cell leakage，还会因为影响了电场分布，而导致击穿现象所产生的大电流问题。

综观以上，只要有适当的分析工具，组合成既定的分析步骤，再整合电性特征与物性结构，便能有效地挖掘出故障的真因。随着功率组件的应用愈发广泛，相信此套分析流程，能够协助功率组件厂商快速研发与提升量产良率。

若有需求或想了解更多车用验证服务，欢迎寄信至：marketing@matek.com。◆

参考文献

1. Yole
2. Power semiconductor roadshow hosted by UBS, London, 10-11 Nov. 2018

为什么“硅验证” 与你所想的不一样

Agile Analog 公司实现模拟 IP 设计和质量的方法。



作者：Chris Morrison, AGILE ANALOG 公司产品市场总监



数字设计流程发展

自从第一个晶体管发明以来，在著名的半导体制造“摩尔定律”的指导下，集成电路设计的复杂性成亿倍地增加。造就这种不断增长的扩张的一个重要因素是数字设计流程的发展。现代数字设计由几个步骤组成，图 1 给出了一幅简化的流程图。

数字设计最初在很大程度上是与工艺无关的方式进行的，主要以可能的逻辑深度及其对可实现性能的影响为指导。这在工艺节点之间实现了出色的设计可移植性，而不会影响验证质量。全面的设计工具流程和验证方法，在流程的每个阶段检查一致性和合规性，随着设计捕获抽象水平的提高，使设计人员的工作效率获得大幅提升。伴随着验证和签核工具的改

进，它实现了数字设计过程的自动化，以产生复杂、高质量、一次成功的 IC，不再依赖硅验证作为证据。

尽管数字设计是独立于工艺的，但是从“合成”到“布局和布线”的设计实施，通过各种模型和签核过程充分考虑了目标工艺节点。事实上，同样的设计可以用迥然不同的方式实现，并进行优化以利用特定的工艺特征。

与工艺无关的数字设计允许在公司内部跨项目和跨产品世代完全重用 IP。这就是数字知识产权商业模式多年来不断成长和蓬勃发展的一个关键原因。数字化实施工艺流程是针对特定工艺的，使得公司能够重用数字设计，同时跟上最新一代的半导体制造技术。在过去的三十年里，数字设计流程已经得到了验证、改

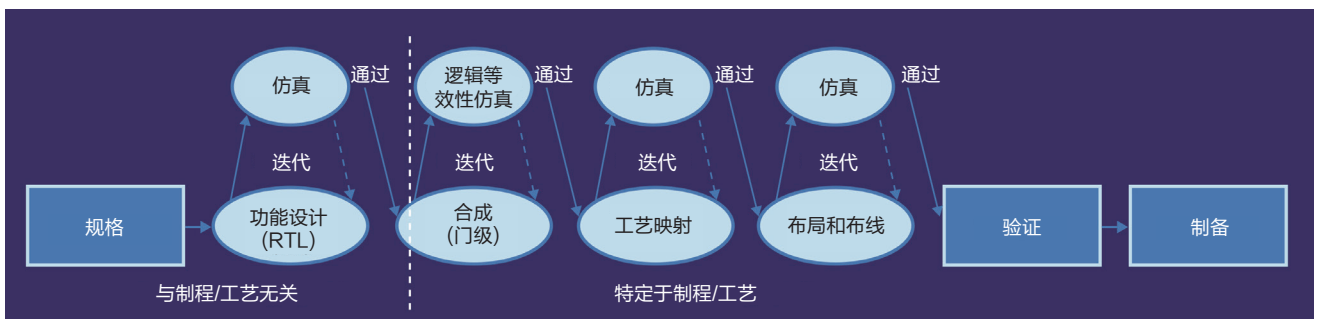


图1: 现代数字设计的简化流程图。

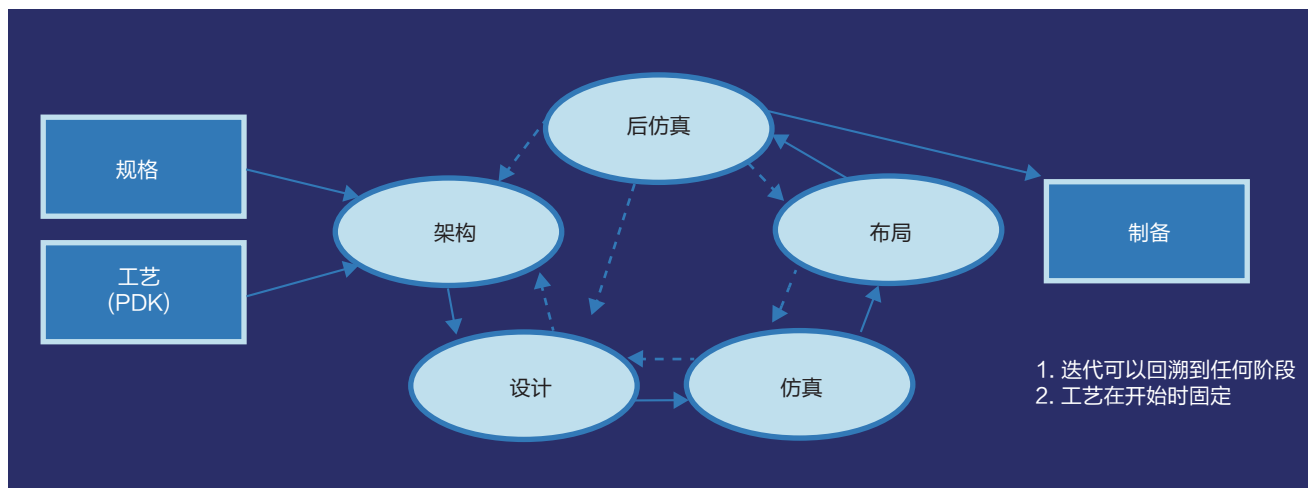


图2: 模拟设计的流程图。

进和优化，因此，即使在最先进的技术节点上，也有望在首轮就一举获得设计成功。

模拟设计流程与数字设计流程截然不同

虽然模拟设计流程和数字设计流程之间存在着类比，例如：模拟流程中的“架构”类似于数字流程中的“功能设计”，模拟流程中的“布局”类似于数字流程中的“布置和布线”，但是，两者之间也存在着显著的差异。

首先，模拟设计流程是几个周期的循环迭代，这与“线性”数字设计流程不同。根据模拟电路块的复杂性、电路设计者的经验、技术节点的专业知识以及其他许多因素的不同，设计流程将在模拟设计流程的循环中重复几次，通常是在“布局”和“后仿真” (postsim) 步骤之间。在某些情况下，所选择的架构不能满足物理层的电路规格，导致设计流程需要从第一步重新开始。简单地讲，完成一个模拟电路的设计所需的时间和精力都是近似值，而且，随着复杂性的增加或技术的变化，不确定性将增大。

其次，模拟 IP 的技术或工艺节

点是在设计之初决定的，用于架构探索和设计的可用器件、用于仿真的模型卡、布局规则和金属 R-C 模型都是特定于工艺的。如果项目经理决定改变工艺节点，甚至修改可供使用的工艺选项，那么整个模拟设计往往必须从头开始。最后，在模拟设计过程的每个步骤中，都极少有 CAD 自动化。虽然每个设计步骤都有出色的 EDA 工具，但是不同的模拟块有着不同的设计方法，仿真与电路、工艺和应用有关，而且布局是完全定制的。

图 3 总结了模拟和数字设计方法的主要区别，这些区别是模拟设计与数字设计相比需要耗费更多时间、不容易扩展、且具有排他性的原因。

创造一个良好的模拟 IP 需要什么？

首先，我们需要选择一种稳定、坚固且适合大规模生产的上佳电路架构。来自代工厂的最新 PDK (工艺开发套件) 提供了用于仿真的前端 (晶体管、变容二极管、二极管等) 和后端 (电阻、电容、金属等) 模型，用于 DRC、LVS 和寄生参数提取的各种命令文件。

主要代工厂现今提供的 PDK 在

模型和物理硅之间具有非常好的相关性。需要做的全部工作就是正确的 PDK 安装和选择工艺选项。

在所需的 PVT (工艺、电压和温度) 角 (corners) 进行全面的仿真和行为仿真和详细的电路仿真，将确保电路按照预期运行。电路布局需要了解设计的电路，了解工艺对模拟性能的影响，并细致地关注每根印制线的细节。

上述工作需要一支经验丰富的团队，该团队由老练的电路设计师和具有多域知识的布局工程师组成。例如，模拟电路设计师需要对布局规则和放置指引以及主要工艺对电路性能的影响等拥有实用知识，而布局工程师则必需能够确定每根印制线的关键要求 (不管印制线用于电源、一般信号、还是敏感信号)。

有了良好的电路结构、准确的 PDK、全面的仿真、详细的布局和经验丰富的团队来执行模拟设计流程，高质量的模拟 IP 将通过设计流程以最少的迭代轮次交付。

优秀的模拟设计团队是稀缺的，很难得到，而高质量的模拟 IP 也属罕见，在市场上同样是相当有价值的。这常常导致 IC 设计公司质疑某个特

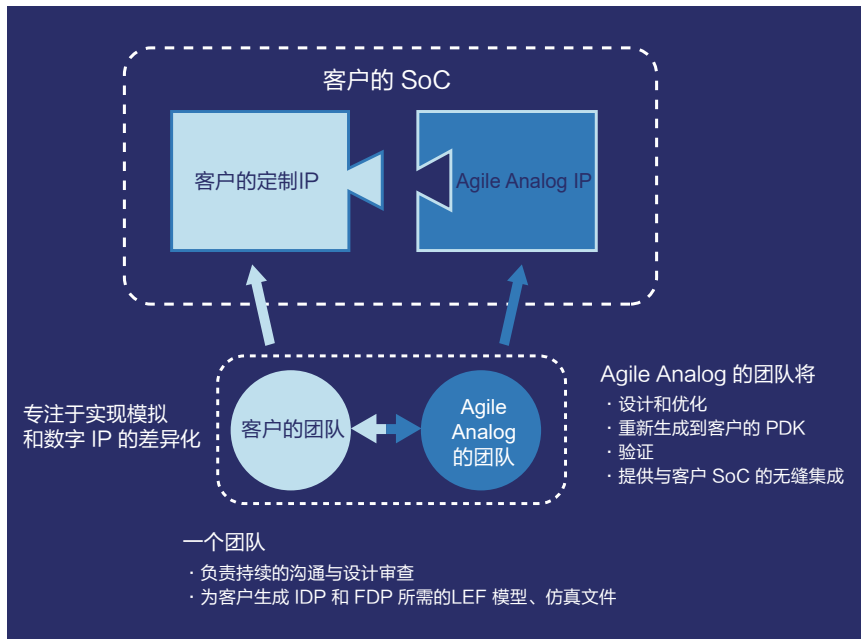


图3: 模拟和数字设计方法的主要差异。

定的模拟 IP 是否经过“硅验证”，或者要求模拟 IP 经过“硅验证”才有使用资质。因此，我们来看看基本的问题 - “什么是硅验证？”和“硅验证是 IP 质量的证明吗？”

“硅验证”IP 的一般定义是指已经在硅上完成制造、并对其功能进行了基准测试的 IP，因此是“硅上”验证。一旦 IP 被“硅验证”，它就获得了可信度，即它将在生产型芯片上按照预期的方式工作，对于相同的工艺技术其布局完全相同。

然而，这样的硅验证只是对设计的单点（或几点）进行的验证，通常是基于预先定义参数，并在特定的电压和温度点上测量；换句话说，只是 IP 能力的一个“样本”而已。这个“经过硅验证的”IP 是否具有“生产质量”，要在该 IP 的制造之前确定：所选择的架构，所涉及的全面仿真和设计角（design corner），在布局方面的孜孜不倦，以及在开发过程中付出的验证努力。换言之，“经过硅验证

的 IP 仅仅是一种合理性检查，只能证明 IP 的开发流程“看起来”是“没问题的”。这似乎并不是质量的充分证明。

有些“硅验证”IP 是从生产型芯片中提取的 IP，或由其他获许可人在成功的生产中使用的 IP，它们经受住了现实世界中各种条件下的大批量测试。这些 IP 在其质量上当然是有可信度的。然而，这些 IP 是专门为特定工艺节点中的特定产品而设计的。对于处在不同节点的项目，需要进行工艺移植，从而使其“硅验证”状态失效。在新项目使用与硅验证 IP 完全相同的节点的情况下，该 IP 可能在性能或面积方面不符合你的需要。例如，PMOS 驱动器器件占整个 LDO 面积的 50% 以上，“经过硅验证

的”LDO 往往为了自己的需求而被过度设计，因而耗用的硅面积超过了实际需要。尺寸也是固定的，所以其他部件需要适合 IP 的尺寸。对这些经过硅验证的 IP 进行修改是可能做到的，但每个事例的额外资金（xxx k 美元）和时间（6 个月到 1 年）成本往往太高，让人难以承受。另外，修改还会使原始 IP 的“硅验证”状态失效。

制程选择、工艺选项、拐角处的设计参数、功能都是决定 IP 的“硅验证”有效性的因素。以表格形式显示，很明显，“硅验证”在 IP 重用中是非常罕见的。

总之，“硅验证”IP 与某些具有规定性能的工艺紧密关联，并在设计参数的特定点上进行验证。它们也许不符合用户的需求，而且对 IP 的修改很可能使它们的“硅验证”状态失效。模拟 IP 的质量仍然基于上一节中提到的标准，即：良好的架构、准确的 PDK、全面的仿真、经验丰富的设计团队，以及将所有这些品质连接在一起的严格设计流程。在 Agile Analog，我们拥有一支经验丰富的设计团队，在各种模拟和混合模式 IP 方面有着几十年的工作经验。我们的设计人员已经跨标准 CMOS 工艺（包括成熟和先进节点）以及特殊 CMOS 工艺（如 SOI 和 BCD 工艺）设计并交付了模拟 IP。

此外，Agile Analog 的核心技术还是一种通往所谓模拟电路设计“艺术”的“正式流程”。通过基于规则

表1. 由于工艺独立，“硅验证”在 IP 重用中是非常罕见的。

	设计流程	工艺	CAD 自动化
数字设计流程	线性	相当独立	高
模拟设计流程	循环	高度独立	低

	重用风险					
	低					高
制程选择	相同	相同	相同	相同	相同	不同
工艺选项(例如: 金属叠层)	相同	不同	相同	相同	不同	不同
设计参数	相同	相同	不同	相同	不同	相同
功能	相同	相同	相同	不同	不同	相同
是否经过硅验证?	是	否	否	否	否	否

表2. Agile Analog 能够重复生成这些基本 IP，因而使得客户可以让他们的团队和专家专注于实现其模拟和混合模式设计的差异化。

的人工智能将软件自动化应用于 IP 的生成和设计流程，我们正在以一种革命性的方式开发和交付模拟 IP。我们的方法不仅定义了方案（即 IP 的内容），而且还定义了设计的意图和本质，即 IP 工作的目的与方法。这使我们能够在任何工艺节点上开发和生成 IP，而自动化的全面验证流程保证了每次交付的 IP 的性能和质量。

利用 Agile Analog 的 IP 生成引擎，我们能够提供适合每个客户特定需求的模拟 IP。规格指标“完全符合规范要求”，专门针对面积和性能进行了优化。对于项目的“前端”部分，Agile Analog 的初始可交付物包括用于系统仿真的行为模型。行为模型与工艺过程无关，这意味着模拟 IP 可以在系统设计流程的早期引入，从而使客户能够在产品开发的早期阶段对包括模拟 IP 在内的系统进行规划和仿真。对于项目的“后端”部分，在代工厂更新 PDK 的情况下，IP 的再生或重新验证可以快速完成。还可以跨不同的工艺节点或器件选项评估 IP 性能。

基本的模拟 IP，如电源管理 (PMU)、传感器和数据处理 (ADC

和 DAC) 是每个 SoC 中必不可少的模块，但是，由于其重复性、设计成熟度和领域知识，这些任务对于模拟专家来说通常是平淡和乏味的。Agile Analog 能够重复生成这些基本 IP，因而使得客户可以让他们的团队和专家专注于实现其模拟和混合模式设计的差异化，即他们产品的“附加值”部分或“核心秘诀”。客户的产品系列通常由几颗不同功能特性和配置的芯片组成，Agile Analog 可以通过生成各种各样的模拟 IP 来满足每颗芯片的特定要求，从而充分支持这些芯片。此外，Agile Analog 还能够在客户选择的任何工艺节点上生成 IP，当客户迁移到较新的工艺节点时，Agile Analog 的 IP 交付可以遵循客户的开发路线图。我们的自动化技术使我们的 IP 生成和跨技术交付保持一致性。

自动化也适用于我们的质量检查，这意味着对人为干扰不太敏感，并且随着新的规则和功能添加到我们的设计流程中而得到不断的改进。曾经，每次迁移到一个新的技术节点时都要寻找新的模拟 IP 供应商，这样的日子已经一去不复返了，Agile Analog 都可以做到。

优良的架构、全面的设计和仿真、高质量的布局，以及遵循正式和自动化的设计流程，确保每一步都能满足上述标准，这是开发高质量模拟 IP 的基本要素。Agile Analog 经验丰富设计团队和我们的 IP 生成引擎，确保我们的交付产品可以满足客户和 IC 行业的质量和性能要求。通过我们的正式流程和自动化，Agile Analog 可以为所有工艺节点提供高质量的模拟 IP，并根据客户的个性化需求，以可重复和及时的方式进行优化。

Agile Analog 的客户可以在保证基本模拟 IP 可用、并满足项目规格的情况下启动项目，而无需东奔西跑货比三家。我们的模拟 IP 开发方法能够与客户一起成长和发展，可以是横向的（跨产品线），也可以纵向的（升级到更新的技术和工艺节点）。Agile Analog 跟随 IC 行业领先者的发展脚步，致力于为我们的客户带来成功。

非常感谢 Pete Hutton、Mike Hulse、Robert McCubbin 和 Graham Woods 对本文提出的宝贵意见和所做的贡献。◆

电子束倡议 (eBeam Initiative) 光掩模行业快速进化的声音

在电子束倡议 (eBeam Initiative) 组织成立 15 周年之际，向曲线掩模的转变已成为该组织的首要议程。

作者：Jan Willis, eBeam Initiative 联合创始人



电子束倡议 (eBeam Initiative) 组织成立于 2009 年初，是一个行业组织，为有关的新“设计到制造” (design-to-manufacturing) 方法的教育和推广活动提供论坛，这些方法有助于降低基于电子束 (eBeam) 技术的半导体器件的光掩模成本。随着成员公司从 2009 年底开始提交论文，该组织迅速成为半导体制造界强

大的合作论坛。

虽然电子束倡议组织的早期重点是电子束直写 (EBDW, eBeam direct write)，就是使用先进的电子束技术将设计直接写入晶圆，但该组织很快将重点转向掩模行业以及可以提高掩模质量和降低掩模成本的技术。从历史上看，掩模行业一直是为先进节点提供所需的精度（尽管



图 1：电子束倡议组织的现有成员公司和设计顾问团队。

它往往被低估)的依赖,并且随着半导体行业从2000年代初开始面临的尺寸微缩的挑战,掩模行业在半导体制造中越来越发挥重要作用,甚至更大的作用。仅仅是成立之初的几年内,电子束倡议组织就已成为掩模社群的代言人,帮助其向生态系统的其他成员传达其优势和成就。

为了支持掩模行业的教育和推广使命,电子束倡议组织设立了多个年度会议,每年在SPIE先进光刻会议(通常在二月举行)和SPIE光掩模技术会议(由BACUS组织,通常在九月份举行)期间举行。

该组织成立之初只有20名成员,现在成员范围已扩大到涵盖半导体制造和设计生态系统的50多家成员公司(见图1)。

在电子束倡议组织存在的这些年里,掩模行业努力保持先进半导体节点路线图的可行性,经历了多次重大的技术转变,如193nm浸没式(193i)光刻技术被推向极限,以及极紫外(EUV, extreme ultra-violet)光刻技术的实施迟迟难以面世。电子束倡议的理念是与行业知名人士密切合作,为掩模社群提供技术和业务见解,同时与生态系统的其他部分合作以保持路线图到位。电子束倡议组织在2024年将迎来15周年纪念日,它将帮助掩模行业实现掩模的下一个重大转变:曲线掩模目标。

起始阶段: 等待 EUV 的同时扩展 193i

随着半导体行业进入2010年代,在行业等待EUV光刻技术成熟的同时,人们对通过新的先进节点扩展193i光刻技术感到高度焦虑。掩模行业在提供解决方案方面发挥着关键作用,这些解决方案可以弥合这一差距,

Optimism in EUV Increased vs 2014 Respondents answering "Never" down to 15%

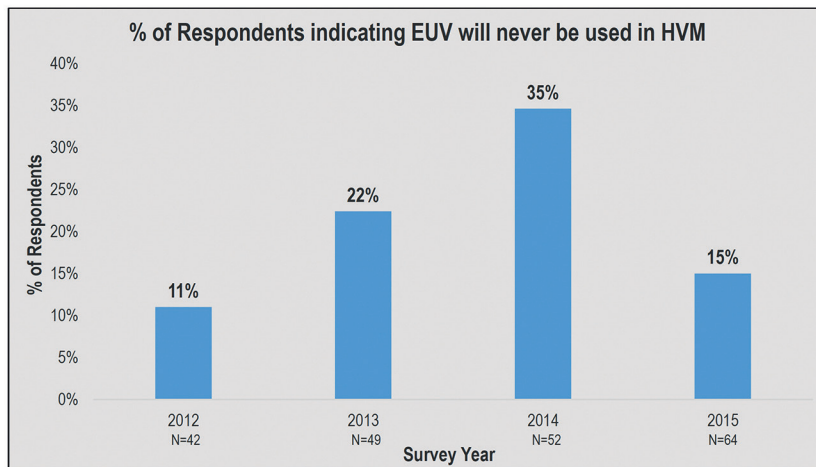


图2: 电子束倡议组织2015年杰出人物调查: 关于在HVM中使用EUV的结果。

生产出能够满足新先进节点的技术要求并以可行成本交付的掩模。

掩模客户有兴趣在复杂光学邻近校正(OPC, optical proximity correction) / 反向光刻技术(ILT, inverse lithography technology) / 源掩模优化可实现的晶片质量与掩模制造的周转时间之间进行平衡的权衡。在20纳米及以下的工艺节点下,光掩模的主要特征和次分辨率辅助特征(SRAF, sub-resolution assist feature)——它

们有助于保持它们所支持的主要掩模特征的焦深(DOF, depth of focus)和临界尺寸均匀性(CDU, critical dimension uniformity),但它们本身无法打印——都需要在形状上变得越来越复杂,以确保最佳图形化。

然而,使用可变形状光束(VSB, variable-shaped beam)电子束掩模写入器来创建这些复杂特征所需的电子束拍摄次数,导致掩模写入时间和掩模成本显著增加。

83% Say EUV Adoption Requires Multi-beam Multi-beam sentiment also increased for NIL, 193i vs 2017

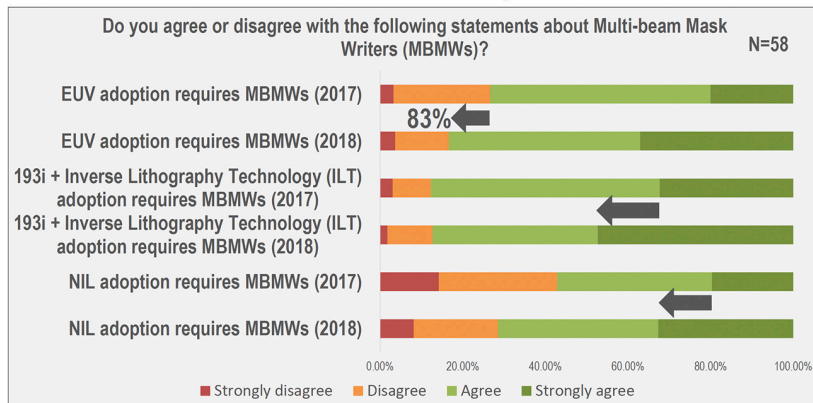


图3: 电子束倡议组织2018年杰出人物调查: 关于采用多光束掩模写入器的结果。

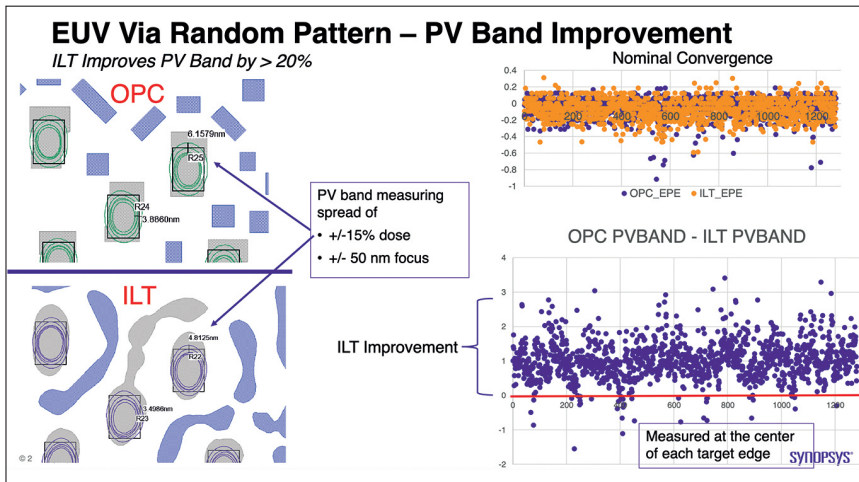


图 4：2017 年电子束倡议关于 ILT 复兴的演讲。资料来源：Synopsys

里程碑式创新：为多光束掩模写入器准备好生态系统

十多年前，多家公司正在研究多种技术，将电子束分成多个恒定尺寸的光束，以有效地形成电子束的像素阵列，从而加快掩模写入时间和解决掩模周转时间问题。IMS Nanofabrication 早在 2012 年 SPIE 光掩模技术大会上的电子束倡议会议上，就展示了其多光束掩模写入解决方案的印刷结果²。随后 NuFlare Technology 在 2016 年 SPIE 高级光刻会议的电子束倡议会议上介绍了他们的多光束掩模写入器³。

随着 EUV 光刻机的发展，VSB 掩模写入器显然无法支持 EUV 的分辨率要求，因此多光束掩模写入器的开发成为整个行业的战略要务。在 2018 年电子束倡议调查⁴（见图 3）中，大多数接受调查的杰出人士表示，EUV 的分辨率需求，将使多光束掩模写入器成为非常先进节点上的 EUV 和 193i 光刻机的要求。

电子束倡议组织成为介绍新兴趋势的论坛

多年来，电子束倡议的会员公

多年来，电子束倡议组织将其教育计划重点放在与 VSB 写入器一起使用重叠镜头的潜力上。应对这一挑战的关键解决方案之一是将基于模型的掩模数据准备（MB-MDP，model-based mask data preparation）添加到掩模制造商的技术工具包中。

传统的掩模数据准备只是将目标掩模形状分割成相邻的矩形，每个矩形代表相同剂量的单个电子束轰击。MB-MDP 模型支持使用重叠发射，从而用更少的电子束发射获得精确的掩模形状，由此加快写入时间。

2012 年，EUV 是否为大批量制

造（HVM，high-volume manufacturing）做好准备的问题，仍然是掩模界领导者的心头之念。同年，电子束倡议组织开始对整个半导体生态系统的业务和技术专家进行首次行业调查，该调查之后被称为“杰出人物调查（the Luminaries Survey）”，每年进行一次。其想法是收集杰出人物的意见，以便尽早洞察关键市场和技术趋势。在 2015 年举行的第四次调查中¹，杰出人物们对 EUV 提供了这样的见解：EUV 的转折点已经到来（见图 2），并向整个社区发出信号，需要为 EUV 掩模做好准备。

Technology	Write		PEB/Develop		CD Metrology		Etch		Strip/Clean		Inspection		Repair		AIMS(TM)		Phase/Trans Metrology	
	Svc	Parts	Svc	Parts	Svc	Parts	Svc	Parts	Svc	Parts	Svc	Parts	Svc	Parts	Svc	Parts	Svc	Parts
<=20nm	Adv e-b				CD SEM		Dry				Adv DUV		e-b					
40/28nm	Std e-b				CD SEM		Dry				Std DUV		e-b					
90/65nm	Mature e-b				CD SEM		Dry				Adv UV		FIB/e-b					
180/130nm	Std laser				Optical		Dry				UV		FIB					
>=250nm	Mature laser				Optical		Wet				Visible		Laser					

图 5：2020 年掩模制造工具预测。来源：Toppan Photomasks

司——甚至一些非会员公司——利用电子束倡议提供的论坛向掩模行业介绍新兴趋势。与多光束掩模写入器开发一样，电子束倡议会议多次成为首次介绍想法或技术的场所。

电子束倡议活动引入的一种趋势是 ILT 光刻技术的复兴，部分原因是多束掩模写入器能够提供恒定的写入时间，而与掩模复杂性和密度无关。现任 Synopsys 首席工程师的 Tom Cecil 在 2017 年举行的 SPIE 高级光刻电子束倡议会议上描述了这一点。他的演讲⁵提供了有关 ILT 如何改善 EUV 工艺变异性 (PV, process variability) 波段的一些原创见解，如图 4 所示。

电子束倡议会议作为讨论新兴技术的论坛的另一个例子，是由 Multibeam Corporation 董事长 David Lam 在 2023 年 SPIE 高级光刻会议年会上提供的。Lam 博士的演讲⁶重点介绍了电子束直写的新应用技术，包括物联网安全应用。物联网安全是整个半导体生态系统关注的话题，了解电子束技术如何在应对这一挑战中发挥作用是一件很有趣的事情。

警醒事件：成熟节点的掩模设备

在 2018 年 SPIE 光掩模技术大会的电子束倡议会议上，日本 Toppan Photomasks 公司的 Franklin Kalk（富兰克林·卡尔克）发表了演讲⁷，其中描绘了到 2020 年掩模设备短缺的情况，特别是适用于 90 nm 及以上节点的掩模写入器（见图 5）。这被称为“Franklin Kalk 效应”。

“我们过去没有考虑到的一件事是传统产品的复兴，” Franklin Kalk⁸ 引用他在 Toppan Photomasks 担任技术执行副总裁时的说法。“那是 90 纳

米及以上的东西。问题在于，这个行业的结构确实是为了应对和追逐高端。我们还没有真正准备好应对这种成熟产品的复苏。”

虽然掩模行业专注于同时引入多光束掩模写入器和 EUV 掩模，但对具有成本效益的新型激光掩模写入器的需求也变得越来越明显。到 2019 年底，Mycronic 推出了新型 SLX 激光掩模写入器，重新进入半导体掩模市场，满足了这一需求。他们在 2020 年 SPIE 高级光刻会议的电子束倡议会议上的演讲中⁹讨论了重返半导体的道路以及对深度学习的投资。截至 2023 年 4 月底，Mycronic 已宣布 40 台 SLX 机器的采购订单，验证了“Franklin Kalk 效应”的真实性。

下一个前沿：曲线掩模目标

展望未来，掩模行业的快速变革进程似乎正在发生。随着 EUV 光刻进入大批量生产，以及 3 纳米工艺节点的引入，以及 2 纳米和 1 纳米节点的持续开发，曲线掩模形状成为掩模行业日益关注的话题。但曲线掩模不仅仅适用于 EUV。

随着非 EUV 前沿技术寻找将

193i 扩展到更先进节点的方法，曲线掩模可能是解决方案的一部分。过去几年的电子束倡议杰出人物调查¹⁰指出，曲线掩模特征的使用增加是 EUV 和 193i 的主要趋势。事实上，图 6 中的图表在过去三年的会议上被反复使用来预测这一趋势。

自然界中没有任何东西是 90 度角的，并且由于光的圆角物理原理，掩模上的人造形状始终是曲线。事实证明，有针对性的曲线掩模特征不仅可以更准确地打印，而且可以更可靠地打印，这对掩模和晶圆的质量都有好处。

然而，在多光束掩模写入器出现之前，只有 VSB 掩模写入器可用，因此掩模形状被制成直线以与这些掩模写入器兼容。随着多光束掩模写入器现已广泛部署，我们有机会利用它们在相同写入时间内打印任何掩模形状的能力，并瞄准更普遍的曲线掩模形状。

除了 2017 年 Tom Cecil 的演讲之外，电子束倡议会议上的几场演讲和小组讨论也都集中在 ILT 和曲线掩模上。在 2020 年 SPIE 高级光刻期间举行的电子束倡议会议上，Micron

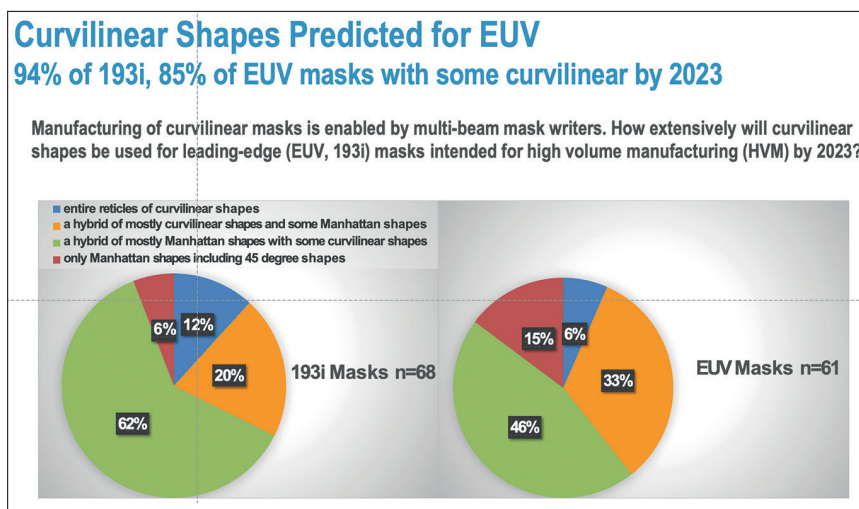


图 6：电子束倡议 2020 杰出人物调查：关于使用曲线掩模形状的结果

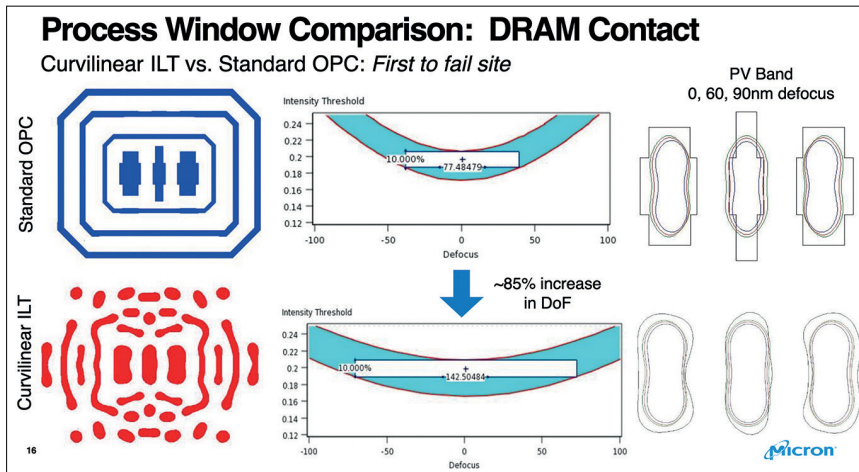


图 7：高级存储器的曲线掩模设计。来源：美光

Technology (美光科技) 掩模技术高级总监 Ezequiel Russell 提供了有关 ILT 对高级内存设计的工艺窗口优势的证据¹¹，如图 7 所示。

在 2021 年 SPIE 高级光刻会议的虚拟电子束倡议会议期间的小组讨论中，Micron Technology 的 Ezequiel Russell、NuFlare Technology 的 Noriaki Nakayama 和 TSMC 的 Danping Peng 讨论了曲线掩模¹²以及行业生产它们的准备情况。

考虑到它们在提高晶圆质量方面的潜力，我们很高兴听到曲线掩模最终可能不仅仅适用于 EUV 先进掩模或多光束掩模写入器编写的掩模。2020 年，来自 D2S 的 Leo Pang 向电子束倡议成员介绍了一种名为 193i 的掩模 - 晶圆共优化 (MWCO, mask-wafer co-optimization) 的技术，并在其介绍 ILT 的 30 年历史的 2021 年 SPIE 期刊评论论文¹³中描述了该技术。MWCO 使用重叠镜头将曲线 ILT 与 MB-MDP 结合起来用于 VSB 写入器。MWCO 将重叠发射生成和掩模晶圆双模拟结合到 ILT 工艺中，因此 OPC 方面的输出已经针对发射计数进行了优化 (见图 8)。

2019 年，在 SPIE 先进光刻会议的电子束倡议会议上，现任美国

ASML 总裁兼美国总经理兼 ASML 公司 HMI 首席执行官的 Yu Cao，介绍了机器学习¹⁴在计算光刻中的使用 (ILT 是计算光刻的一种形式)。深度学习和 GPU 加速在曲线掩模制作中发挥着关键作用，目前在 NVIDIA 的支持下吸引了大量关注¹⁵。正如 2022 年杰出人物调查¹⁶所表达的那样，在 SEMI 标准化流程的支持下，人们正在开发一种新的曲线格式，以支持优化的掩模数据基础设施，这是掩模制造商的首要任务。

芯片设计方面有机会利用掩模行业 40 年来首次实现的优势：通过制造曲线特征来彻底改变未来芯片的外

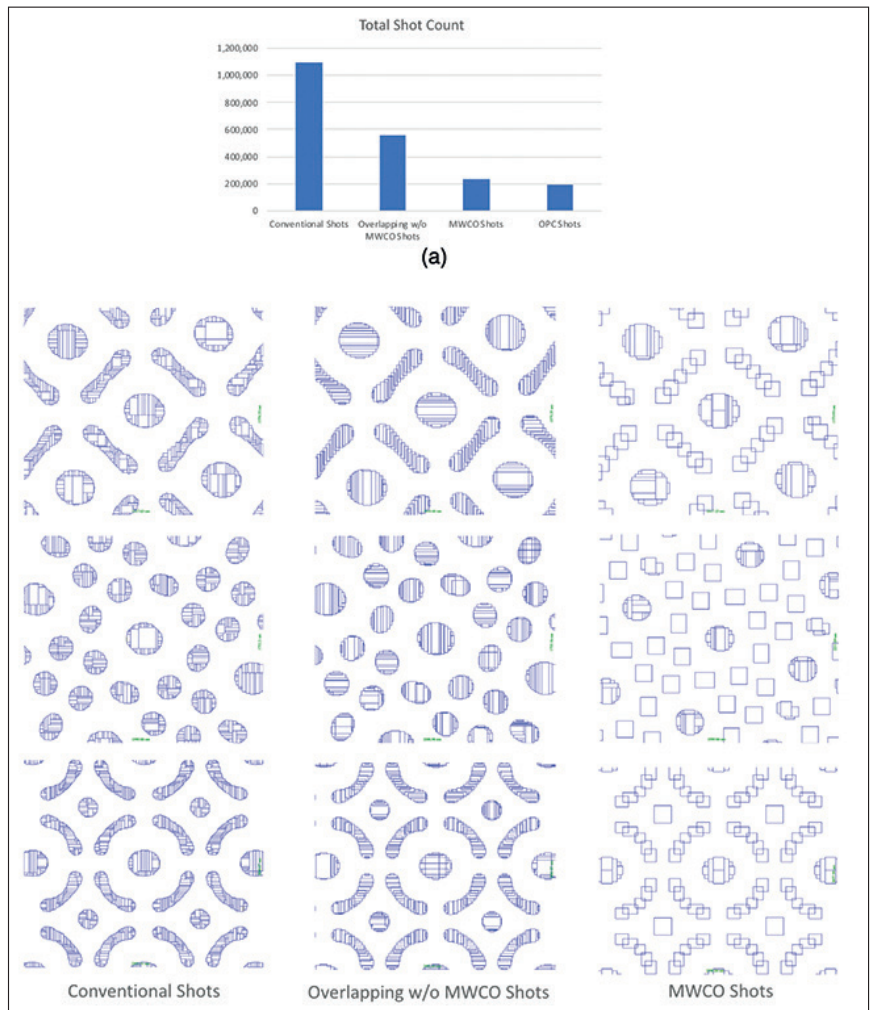


图 8：使用 VSB 写入器和 MWCO 针对 193i 的曲线掩模。来源：D2S

观。曲线设计运行速度更快，产量更高，功耗更低，芯片尺寸更小，并且性能良率也更高。

然而，大多数芯片设计群体尚未意识到曲线制造现在就是可能的。因此，电子束倡议也正在与设计界合作，鼓励其在该领域的研究。随着半导体行业迈向这一最新变革，电子束倡议期待将继续履行其策划教育和技术交流的使命。

电子束倡议组织的现状

如今，电子束倡议拥有涵盖半导体生态系统的 50 多家成员公司，从小型研究机构到大型跨国公司。设计顾问团队为我和我的联合创始人 D2S 首席执行官 Aki Fujimura 提供业务和技术见解。D2S 是电子束倡议的管理公司赞助商。目前，设计顾问团队包括 NVIDIA 的 John Chen、之前在 Marvell 的 Hugh Durdan、意法半

导体的 Jean-Pierre Geronimi、之前在 PMC-Sierra 的 Colin Harris 以及高通的 Riko Radojic。

在该小组的会议上，电子束倡议策划了各成员公司的技术演示以及关键技术挑战的小组讨论，在著名的 SPIE 高级光刻和光掩模技术会议上吸引了越来越多的与会者。在 COVID-19 疫情期间，随着会议变得虚拟化，电子束倡议会议也变得虚拟化，并吸引了强大技术小组的大量参与。

该组织在 2022 年举办的虚拟活动还提供了一种方式来庆祝电子束倡议成员 HJL Lithography 的首席光刻师 Harry Levinson 博士¹⁷ 荣获当年的 SPIE Frits Zernike 微光刻奖。

在疫情以来的第一次现场电子束倡议会议上，即 2022 年 SPIE 光掩膜技术大会上，该组织向 Naoya Hayashi 致敬¹⁸，表彰他在 Dai Nippon Printing 工作 40 年后作为会士退休，

以及他对掩模行业和电子束倡议做出的许多贡献。同行们向这些杰出人士表现出的善意和友情证明了像电子束倡议这样的组织可以为行业提供什么：一个聚会场所，不仅可以分享知识和技术问题，还可以作为一个社区庆祝成就并定标里程碑。

该组织的网站 (www.ebeam.org) 已成为技术信息的宝库，其中包含存档的演示文稿、过去电子束倡议活动的视频以及数十个有关技术主题短片以及对行业杰出人士的采访。新闻部分包含由电子束倡议委托撰写并在行业期刊上发表的大量文章和博客的链接。

“我认为电子束倡议最重要的一点是，虽然它是一个营销团体并以推广为目标，但它始终以整理技术知识为基础，” Aki Fujimura 说，“它一直并将永远致力于成为掩模行业强大的技术代言人。” ◆

扩展阅读

1. eBeam Initiative Luminaries Survey 2015, https://www.ebeam.org/docs/ebeam_survey_results_2015.pdf
2. Elmar Platzgummer, IMS Nanofabrication, “Printing results from a multi-beam mask exposure tool,” September 11, 2012, <https://www.ebeam.org/docs/eBeam.mtg.BACUS2012.web.IMS.pdf>
3. Hiroshi Matsumoto, NuFlare, “Introduction and Recent Results of Multi-beam Mask Writer MBM-1000,” February 23, 2016, https://www.ebeam.org/docs/ebeam_initiative_spie_2016_nuflare.pdf
4. eBeam Initiative Luminaries Survey 2018, <https://www.ebeam.org/docs/eBeam-Perception-Survey-2018.pdf>
5. Thomas Cecil, Synopsys, Inc., “The Resurgence of ILT,” February 28, 2017, <https://www.ebeam.org/docs/spie-2017-resurgence-of-ilt.pdf>
6. David Lam, Multibeam Corporation, “Multicolumn eBeam Lithography (MEBL),” February 28, 2023, <https://www.youtube.com/watch?v=d2JH6JxLa5w>
7. Franklin Kalk, “Renew, Retire, Replace: How the Mask Equipment Industry Can Transform its Products and Become Healthy Again,” September 18, 2018, <https://www.ebeam.org/docs/Kalk-eBeam-Initiative-stand-up2.pdf>
8. Semiconductor Engineering, “Wanted: Mask Equipment for Mature Nodes,” by Mark Lapedus, October 18, 2018, <https://semiengineering.com/wanted-mask-tools-for-mature-nodes/>
9. Thomas Kurian, Mycronic, “The Mycronic path back to Semiconductors and into Deep Learning,” February 25, 2020, <https://www.youtube.com/watch?v=9Xwa0Hpsui0>
10. eBeam Initiative Luminaries Survey 2020, <https://www.ebeam.org/docs/eBeam-Luminaries-Survey-2020.pdf>
11. Ezequiel Russell, Micron Technology, “ILT and Curvilinear Mask Designs for Advanced Memory Nodes,” February 25, 2020, <https://www.ebeam.org/docs/ilt-curvilinear-mask-designs-for-advanced-memory.pdf>
12. Panel discussion at eBeam Initiative annual meeting at the SPIE Advanced Lithography Conference 2021 (virtual due to COVID pandemic), February 23, 2021, <https://www.youtube.com/watch?v=k0-ClIjMEig>
13. “Inverse lithography technology: 30 years from concept to practical, full-chip reality,” Linyong (Leo) Pang, SPIE 21008V, (August 31, 2021); <https://doi.org/10.1117/1.JMM.20.3.030901>
14. Yu Cao, ASML, “Machine Learning in Computational Lithography,” February 26, 2019, <https://www.youtube.com/watch?v=kfXBUtKHTnc>
15. NVIDIA Blog: “Chip Manufacturing ‘Ideal Application’ for AI, NVIDIA CEO Says,” by Brian Caulfield, May 16, 2023
16. eBeam Initiative Luminaries Survey 2022, <https://www.ebeam.org/docs/2022-ebeam-luminaries-survey-final-1.pdf>
17. Harry Levinson, HJL Lithography, “2022 Fritz Zernike Award Winner,” April 18, 2022, <https://www.youtube.com/watch?v=XtuqoJVB1XY>
18. Shot Talk: Interview with Naoya Hayashi, Dai Nippon Printing, June 27, 2022, <https://www.youtube.com/watch?v=sYZicB37XNE>

人工智能的潜力

正在实现对企业 and 消费者的影响



在过去的五年中，生成式人工智能（AI）的出现（其中最著名的例子是 OpenAI 的 DALL-E 2 图像生成器和 ChatGPT）是如火如荼的人工智能热潮的一个重要里程碑。

特别是 ChatGPT 强大的预测能力，让人们得以一窥人工智能跨众多垂直行业（industry verticals）的变革力量，这里，各公司将面临两难的困境，就是随着人工智能模型广度和深度的增长，如何有效利用人工智能工具来实现最大的商业影响力。

虽然总的来说，最近软件比硬件受到了更多的媒体关注 - 鉴于最终用户和那些分析此类技术影响的人最终关心的是一个工具能做什么，而不是它怎样做，所以这种情况并非不正常 - 如果设计和制造不能够以具有成本效益的方式运行这些模型的硬件，人工智能模型的承诺仍将无法实现。随着软件复杂性的增加（最先进的的人工智能模型比过去的模型计算量更大），需要采用先进的硬件来促进增长。

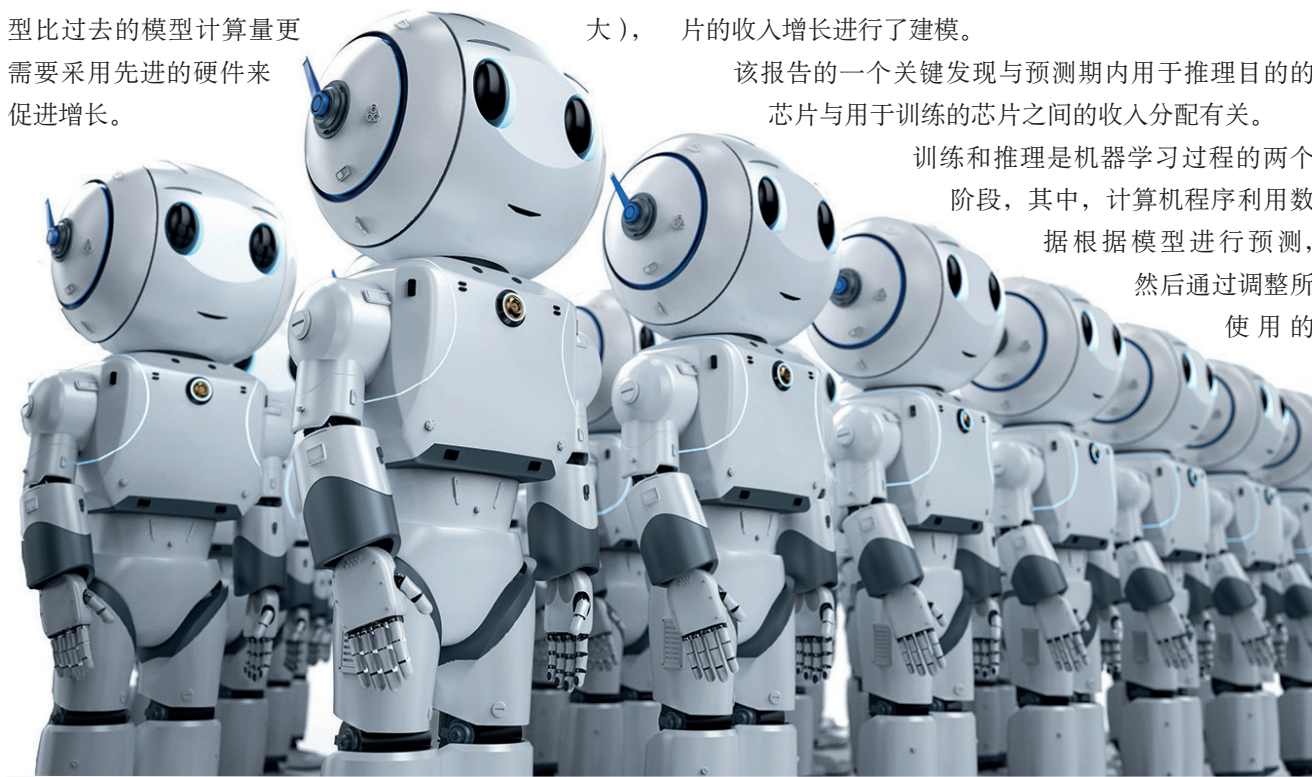
根据 IDTechEx 最近发布的一份关于人工智能芯片的报告 - 实现自然语言处理、物体检测和分类以及语音识别等人工智能功能的半导体电路 (the semiconductor circuitry that enables such AI functionalities as natural language processing, object detection and classification, and speech recognition) - 到 2033 年，全球人工智能芯片市场规模将增长到 2500 亿美元以上，IT 和电信、银行、金融服务和保险（BFSI）以及消费电子行业将是新兴人工智能技术的主要受益者。

边缘设备中的人工智能应用越来越多

在前述的《人工智能芯片：2023 - 2033》报告中，IDTechEx 细致考究了在供应链的设计和制造阶段人工智能硬件投资的最新趋势。除了新产品发布和主要市场参与者的财务数据外，还通过几个粒度对未来十年人工智能芯片的收入增长进行了建模。

该报告的一个关键发现与预测期内用于推理目的的芯片与用于训练的芯片之间的收入分配有关。

训练和推理是机器学习过程的两个阶段，其中，计算机程序利用数据根据模型进行预测，然后通过调整所使用的



作者：Leo Charlton, IDTechEx 公司技术分析师（研究兴趣为量子技术和纳米光子学）

权重来优化模型，使之与所提供的数据更好地匹配。实施人工智能算法的第一阶段是训练阶段，数据被馈入模型，模型调整其权重，直到它与所提供的数据适当地配合为止。

第二阶段是推理阶段，在该阶段中执行训练好的人工智能算法，并以与获得的数据一致的方式对新数据（在训练阶段未提供的数据）进行分类。在这两个阶段中，训练阶段的计算量更大，因为这个阶段需要进行数百万次相同的计算。

一些领先的人工智能算法的训练可能需要几天时间才能完成，ChatGPT 使用了大约 10,000 个 Nvidia A100 GPU 来训练它所基于的 GPT-3.5 大型语言模型 (LLM)。然而，尽管这些数字已经令人惊叹，但是，IDTechEx 预测，到 2033 年，用于推理目的的芯片将增长，占到人工智能芯片市场总收入的三分之二以上。

由于所有的人工智能训练都是在云计算环境中的数据中心内进行的，这不仅说明推理芯片在云环境中将继续使用，而且也说明，在未来十年里，相比于云环境，边缘设备中使用的人工智能芯片的增长率更高（考虑到边缘设备内的人工智能芯片是用于推理目的的）。

在边缘设备中采用具有人工智能功能的芯片对于某些应用（如全自动驾驶汽车）是势在必行的，而在其他应用（如手机）中也是越来越普遍。无论人工智能对某一特定应用多么至关重要，有效的部署人工智能都有可能在各行业创造“新常态”。

人工智能的变革力量

虽然 ChatGPT 在 2022 年的诞生提供了迄今为止最引人注目的例子，

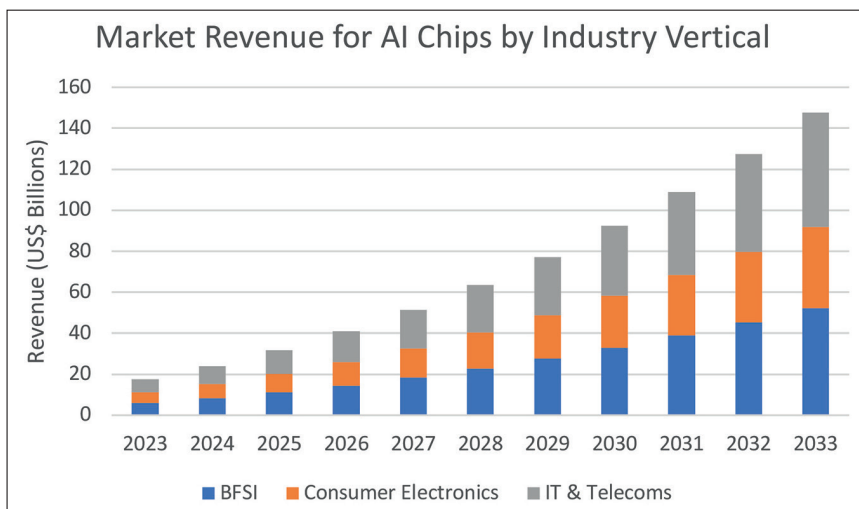


图1: 据预测，到 2033 年，在人工智能芯片销售收入方面居领先地位的将是 BFSI、消费电子、IT 和电信等垂直行业。来源：IDTechEx。

展现了生成式人工智能的能力，但在在这之前，它和其他工具已经发展了很多年。谷歌 DeepMind 的 AlphaGo 在 2016 年战胜了围棋世界冠军李世石，这可以说是人工智能的里程碑，开启了其当前的发展热潮，因为在此之前，人们普遍认为围棋对于人工智能来说是一项难度过高的博弈项目，它无法在锦标赛的规定时间内战胜人类选手。

IDTechEx 认为，人工智能的新时代开始得稍早一些，苹果手机在 2011 年就引入了 Siri 虚拟助手。作为一款虚拟助手，Siri 使用语音识别来回答用户的询问或遵循用户的指示。

通过用话语“Hey Siri”触发虚拟助手，用户对着手机说话，语音识别软件将说话的内容翻译成计算机代码，并输出文字和 / 或来自 Siri 的语音回应。多年来，Siri 的功能得到了扩展，从简单的电话指令，如“阅读我的新消息”，到通过苹果支付 (Apple Pay) 处理付款。

虽然这是虚拟助手的第一个实例，但它并不是唯一的一个，微软的 Cortana 和亚马逊的 Alexa 现在也是广为人知。语音助手有效地展示了人工智能应用于消费电子设备的早期潜力，它们过去（现在也是）能够为用



图2: 边缘处的人工智能与云端中的人工智能之间的不同特征。边缘计算环境是在某台设备上执行计算的环境（通常是创建数据的同一设备），该设备位于网络的边缘（因此，靠近用户）。这与位于网络中心的云计算或数据中心计算形成鲜明对比。来源：IDTechEx。



图3：人工智能芯片应用。来源：IDTechEx

户提供免提控制和更广泛的辅助功能选项（accessibility options）。

自那时起，人工智能已被部署在消费类电子设备的几个不同领域，以改善用户体验。通过对消费者行为的分析，经由智能电视和音乐平台提供个性化的推荐，既让终端用户获得符合自己口味的体验，同时也增加了广告商的收入。

近年来，在主要智能手机品牌的领先产品中，支持人工智能功能的智能手机芯片组已经变得相当普遍。

这些芯片组的图像和物体检测能力为手机上的摄影和视频提供了更强

大的方法，其中相机设置会根据画面中的物体自动调整，而且物体能够在后期被删除/调整。

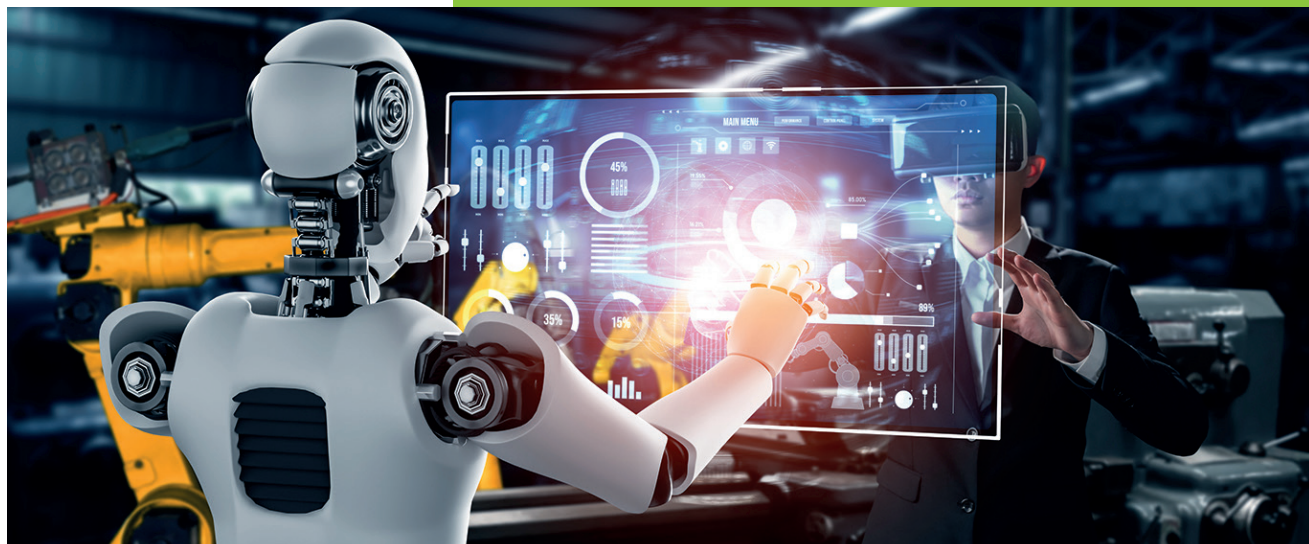
在银行、金融服务和保险行业，人工智能已经在高频交易中得到了有效的应用；GPU 目前占据了云人工智能市场的大部分，在云人工智能中，并行处理的能力允许在有效的延迟屏

硬件功能使高频交易中的欺诈检测成为可能，在高频交易中，对大量金融交易进行分析，以发现可能表明存在欺诈活动的模式。此外，聊天机器人和虚拟助手正在各行各业（不仅仅是 BFSI）的客户端使用，它们可以处理初始查询，并实现日常工作的自动化。

以处理初始查询，并实现日常工作的自动化，从而提高使用这些工具的公司运营效率。

后几个例子表明，人工智能对企业的好处并不是相互排斥的；个性化的推荐改善了用户体验，同时还通过更有效的市场营销增加了公司收入。从另一个角度看，使用人工智能通过自动化来简化流程（以及根据用户反馈和潜在的非结构化数据分析来协助产品设计），对于那些能够确定其业务领域可以从自动化中受益的公司来说，代表了长期的成本节约，并藉此将员工解放出来，承担更多的高价值任务。接下来，成本的节省会对产品价格点产生下游效应。

IDTechEx 设想，鉴于软件和硬件发展的快节奏属性，以及大多数公司在运营层面有效使用人工智能工具尚未释放的潜力，未来十年将看到人工智能的广泛应用。◆



SiC 产业链与战略

随着我们逐渐摆脱化石燃料，世界正在认识到功率半导体的至关重要性。

能源效率、电气化和二氧化碳减排是我们这个时代的口号，但它们只是最近一系列碳化硅 (SiC) 芯片工厂投资背后故事的一部分。从 Wolfspeed 计划在德国建设全球最大的 SiC 工厂，到三菱计划在日本建设 8 英寸 SiC 晶圆厂，这些项目不仅涉及气候变化，还涉及缓和全球紧张局势和保障芯片供应。

我们在美国政府为其国内芯片制造提供的 527 亿美元补贴计划中看到了这一点，作为其“芯片法案”的一部分，而紧随其后的是欧盟的 470 亿美元计划。欧盟旨在实现半导体完全自给自足；希望半导体产业大规模迁移回欧洲。此外，欧盟还希望到 2030 年将市场份额从 10% 提高到 20%。

日本将投入 28 亿美元用于芯片补贴，其中高达三分之一的资本将用于投资功率半导体。

英国在今年 5 月也发布了期待已久的国家半导体战略，重点关注半导体设计、化合物半导体和研发。英国政府将在未来两年投资 2 亿英镑，并在未来十年投资 10 亿英镑，以支持本土化合物半导体行业的发展。到目前为止，还没有进行晶圆厂投资。

这些在未来几年将如何展开？根据 Yole Group 2022 年的估计，未来四年 SiC 功率器件将占整个功率器件的 30%，到 2027 年市场潜力将超过 60 亿美元，高于 2021 年的约 10 亿美元。

SiC 市场会进一步发展吗？是否存在供应不足或供应过剩的风险？

有趣的是，作为《欧洲芯片法》的一部分，欧盟委员会启动了半导体警报系统 (Semiconductor Alert System)，这是监控半导体供应链的一个新试验，使利益相关者能够对半导体价值链上任何关键的中断提高认识。这个想法是要保证欧盟委员会可以对任何潜在的危机情况迅速做出反应。

众所周知，半导体行业的周期——晶圆厂建设之后是供过于求。繁荣通常伴随着萧条。但 SiC 芯片制造商却持非常乐观的态度。安森美和意法半导体两家公司都宣布了到 2023 年获得 10 亿美元 SiC 业务的目标。英飞凌希望到 2030 年占据全球 SiC 市场 30% 的份额。

汽车是 SiC 淘金热的主要焦点。英飞凌的数据显示，汽车半导体含量预计将从内燃机汽车每辆约 490 美元增加到纯电动汽车 (BEV) 每辆约 950 美元。功率半导体将推动这一含量的增加，尤其是用于驱动电动机的大功率逆变器。

英国市场分析公司 Exawatt 预测，到 2030 年，超过 95% 的乘用车纯电动汽车将在其动力系统中使用 SiC MOSFET。它还预计，到 2024 年，基于 SiC 的逆变器将超过基于硅的逆变器。到 2030 年，纯电动汽车将占乘用车年销量的 50% 以上；95% 的纯电动汽车将在他们的动力系统中使用基于 SiC 的半导体。

据英飞凌首席采购官 Angelique van der Burg 称，她的公司正在加倍

投资 SiC。“在这种情况下，我们正在实施多供应商和多国采购战略，以提高弹性，使我们广泛的客户群受益，”她谈到最近与两家中国 SiC 供应商 (TanKeBlue 天科合达 和 SICC 天岳先进) 签订了合作协议，根据协议他们将为英飞凌提供 150 毫米 SiC 晶圆和晶锭，并支持英飞凌向 200 毫米晶圆的过渡。此外，英飞凌已与美国相干公司 (前身为 II-VI) 达成协议，为其供应 150 毫米基板，并在去年签署了 200 毫米基板的合作协议。

意法半导体公司正在西西里岛的卡塔尼亚建设一条晶圆试验线和一个加工前端，在其现有的 SiC 工厂旁边。它的目标是将前端产能提高 10 倍，到 2024 年第四季度，40% 的基板将在内部采购，并从 150 毫米开始过渡到 200 毫米。

美国的安森美公司的目标是将其 SiC 晶锭年产能扩大五倍，作为其全面控制其整个 SiC 制造供应链 (从采购 SiC 粉末和石墨原材料到交付全封装的 SiC 器件) 计划的一部分。晶圆的内部采购是其战略的关键。

汽车、汽车、汽车

SiC 市场的增长与交通电气化有关。自 2019 年以来，包括意法半导体、Wolfspeed、ROHM、英飞凌科技、安森美和多家中国公司在内的行业参与者已投资超过 150 亿美元。Yole 预计，这在未来会出现更多，许多其他汽车制造商已决定在其远程 EV/HEV 中采用基于 SiC 的逆变器：大众汽车、通用汽车、福特、保时捷、雷诺……

都是推动这一趋势的。

与汽车公司的联盟是 SiC 故事的核心。意法半导体最近宣布它有 25 个正在进行的电动汽车项目，涉及 8 个客户。他们的模块已在 Tesla Model 3 中使用多年。

为 3,600 多家汽车和工业客户提供 SiC 半导体的英飞凌刚刚与中国台湾电子制造服务提供商鸿海科技集团（富士康）签署协议，共同开发电动汽车并在台湾建立系统应用中心。2023 年 8 月英飞凌宣布，计划在五年内追加投资高达 50 亿欧元（约合人民币 393.4 亿元），用于在马来西亚建造全球最大的 8 英寸 SiC 功率晶圆厂。此外，还将对位于德国奥地利菲拉赫以及马来西亚居林的现有工厂进行 8 英寸改造。英飞凌 CEO Jochen Hanebeck 表示：“SiC 市场不仅在汽车领域，而且在太阳能、储能和大功率电动汽车充电等广泛的工业应用领域都呈现出加速增长的趋势。随着居林的扩张，我们将确保我们在这个市场的领导地位。”

Wolfspeed 与德国大型汽车系统公司采埃孚建立了战略合作伙伴关系，计划在德国纽伦堡地区建立欧洲 SiC 电力电子联合研发中心。Wolfspeed 前几年出售其 LED 业务并扩大其功率器件业务，表明其发展 SiC 业务的决心。凭借其在 SiC 晶圆方面的领先地位，Wolfspeed 现已通过其 8 英寸晶圆厂的认证。

安森美将为大众汽车提供用于电动汽车牵引逆变器解决方案的 SiC 模块和半导体。该公司还与宝马于 2023 年 3 月签署了电动传动系统的长期供应协议。此外，还与芬兰电动汽车充电公司 Kempower 就 SiC MOSFET 和 SiC 二极管展开合作，并与中国电

动汽车公司 Zeekr 合作，Zeekr 是电池技术、电池管理系统和电动机技术的开发商。该公司与美国车行方案的全球领先供应商博格华纳扩大 SiC 方面的战略合作，协议总价值超 10 亿美元。博格华纳将安森美的 EliteSiC 1200 V 和 750 V 功率器件集成到其 VIPER 功率模块中，用于主驱逆变器解决方案，以提高电动汽车的性能。

与此同时，日本厂商 ROHM 与马自达汽车公司和 Imasen Electric Industrial 签订了联合开发协议，共同开发用于电动汽车电驱动单元的逆变器和 SiC 功率模块。ROHM 在十年前收购 SiCrystal 以进行垂直整合后，正在扩大器件和晶圆的产能。

这些只是已宣布的碳化硅联盟的一小部分。但“战略”不仅仅是一个废弃的术语。这意味着为车企提供长期可靠的供应，并为客户保证即将蓬勃发展的碳化硅工厂的产量。

SiC 产业链

在过去几年中，这些主要参与者重塑了 SiC 生态系统。据 Yole 称，两个主要趋势影响其供应链：一是半导体厂商从晶圆制造到模块封装的垂直整合，以在未来几年获得更多收入。在此背景下，终端系统公司（例如汽车 OEM）正在更快、更灵活地采用 SiC 来管理市场上多个晶圆供应商的供应。

当讨论焦点集中在电动汽车、投资和不断增长的市场上时，关注中国的生态系统是非常重要的。中国大规模的碳化硅投资基于三个主要动机：国家政策、强劲的市场需求和国内供应的需要。

SiC 产业链主要由衬底、外延、器件、封测组成，目前主要竞争格局

是衬底及外延市场集中度高，器件领域海外厂商占主导地位。国内一些高校、厂商也在积极参与 SiC 产业链，包括材料及器件研发、封测技术，虽然产业化规模还不小，但是近几年发展很快。

超过 50 家中国企业宣布以不同的层次和战略进入碳化硅业务。安徽长飞先进半导体有限公司就是一例，该公司专注于 SiC 功率半导体产品研发及制造，已形成从设计、外延、晶圆制造到模块封测的全产业链能力，成功实现由“Foundry”到“IDM+Foundry”的业务转型。目前，长飞先进半导体打造了完整的 650V-3300V SiC 产品矩阵，实现了从光伏、储能、充电桩到新能源汽车等应用领域的全覆盖，同时进一步完善了专业的 SiC 晶圆代工服务体系。芜湖基地已具有年产 6 万片 SiC MOSFET 晶圆制造能力。

SiC 是一个快速增长的市场，未来几年，在主要由 EV 应用拉动的强劲市场中，SiC 有望进入越来越多的应用领域。中国企业从长远的角度看到了机遇，并相应地调整了战略。

Yole 化合物半导体与新兴材料技术与市场分析师 Poshun Chiu 评论道：“SiC 被认为是提供良好效率的推动因素，1200V 器件的供应是可行的。随着更多 800V EV 的到来，SiC 有望快速增长。同时，充电基础设施和光伏是支持电动汽车趋势的两个市场。需要更多的充电器来支持越来越多的电动汽车，而可再生能源与电动汽车有着相同的二氧化碳零排放目标。这些是 SiC 获得更多动力的市场。”◆

参考文献

1. Getting strategic with SiC
https://powerelectronicsworld.net/article/116911/Getting_strategic_with_SiC
2. www.yolegroup.com

Quadra 7 Pro 新一代离线X光检测系统

Nordson TEST & INSPECTION 于 SEMICON China 展会上推出全新 Quadra 7 Pro 离线 X 光检测 (MXI) 系统。

Quadra 7 Pro 离线 X 光检测系统为后端半导体应用提供优越的 3D/2D 离线检测，具有更高的分辨率。其内部先进的新型 Onyx[®] 探测器技术具备更低的噪声，可实现卓越的图像清晰度和更快的检测帧率。最新的双模 Quadra NT4[®] 管实现了极大的灵活性，具有两种亮度和分辨率模式，用户可以根据他们的应用需求进行动态切换。



新的 Revaluation[™] 软件与驱动 Quadra 7 Pro 的先进技术相结合，特别适用于高端半导体应用，并以直观的界面、优化的工作流程和增强的功能确保了卓越的用户体验。

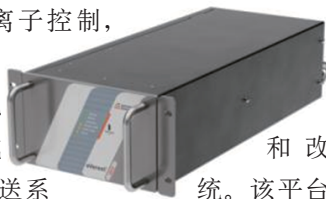
www.nordson.com

Advanced Energy 推出精密等离子功率控制技术

美国 Advanced Energy 公司是高度工程化精密电源转换、测量和控制解决方案的全球领导者，近日发布下一代稳定和可重复精密射频功率电源系统，协助客户在下一代半导体制造中实现最大化的产出和收益。

设计用于提供埃米时代 (Angstrom Era) 蚀刻和沉积工艺所需的精确等离子控制，

eVerest[™] 射频功率发生器能够实现高度可配置的多电平功率脉冲，从而可以集成和
改进任何现有等离子功率输送系统。该平台提供 3 至 10 千瓦的输出功率和 1 至 60 兆赫的频率，并提供上至 100kHz 频率的高精度脉冲输出。此外，高速输出设定值响应、过渡状态之间的受控过冲以及对复杂物联网数据生态系统的访问，使制造商能够开发用于 sub-2 nm 沉积和蚀刻剖面的先进且可重复的工艺。



eVerest 是一个完整的射频功率输送系统，具有适用于阻抗匹配解决方案的多种选择，并可与其他 Advanced Energy 的创新产品（例如：eVoS[™] 偏压解决方案）实现智能同步，从而实现即时或用户定义的过渡步骤的时序控制，继而优化蚀刻和沉积动力学。eVerest 的高速射频输出响应低于 200 μ s，脉冲状态上升/下降时间低至 2 μ s 以下。

动态多级脉冲控制为能量状态和分布开辟了各种新的可能性，而可编程过冲确保了可靠的点火，以及在具有较长脉冲关闭状态的过程中重建等离子体的能力。

基于 eVerest 的解决方案允许运营商访问高清、高带宽的嵌入式或系统级数据。该等数据提供了一种可操作的认知，支持更快、更准确的过程表征和故障排除，并能减少停机时间，且无需访问等离子室安装示波器。

www.advancedenergy.com

JEOL 发布新型扫描电子显微镜

日本 JEOL Ltd. 近日发布扫描电子显微镜 JSM-IT710HR/JSM-IT210，功能进一步提升，观测和分析均可由仪器自动完成，有助于提高效率。

扫描电子显微镜广泛用于从基础研究、生产线、质量保证到研发的各个阶段，其应用领域包括金属、半导体、电池、生物技术和聚合物等。用户越来越希望扫描电子显微镜能够更方便地帮助他们确认成分信息，而无需关心观测和分析过程。



JSM-IT710HR 改进了电子枪的稳定性，JSM-IT210 则采用了 5 轴电机控制的样品台。两款型号均提升了用于观测和分析的自动测量功能，从而显著提高了扫描电子显微镜 (SEM) 的综合能力。这两款仪器将满足近年来市场对自动测量的需求，有助于提高日常工作的效率。

主要功能

1. “Simple SEM” 功能可自动获取 SEM 图像并进行 EDS 分析
2. “Live3D” 功能可现场构建 3D 图像
3. “样品台导航系统 LS” 使用户能够获得相当于传统系统 5 倍区域的光学图像
4. 配备“低真空混合二次电子探测器 (LHSED)”，即使在低真空条件下也能获得增强的形貌信息
5. 标配 5 轴电机控制样品台，使用户能够更方便地对凹凸不平的样品进行 SEM 图像采集和 EDS 分析。
6. 改进的电子枪稳定性 (JSM-IT710HR)，进一步提高了电子束的稳定性，可长时间自动连续运行，采用可同时装载多个样品的样品架。

www.jeol.co.jp

Echo™ System 测量系统

Onto Innovation 是半导体工艺控制方面的领导者，其先进产品和技术广泛应用于半导体制造和封装之中，包括：晶圆分析、芯片特征三维检测、晶圆和封装的宏观缺陷检查、金属互连成分检测、工厂分析等。

Onto Innovation 推出的 Echo system 是一种综合性的在线金属膜量测工具，用于在先进逻辑、存储器、先进封装和半导体器件中进行单层和多层金属膜测量。其创新的光学设计使在单一平台上进行薄膜厚度测量的动态范围从 50 埃米 (Å) 到 35 微米，并扩展了对于高深宽比的先进 3D NAND 结构的测量。Echo system 采用了皮秒激光超声波技术，这是一种具有 20 多年历史的半导体工业试验设备，通过回波 - 光 - 声测量技术 (echo- opto-acoustic measurements) 对于单层和多层不透明膜的厚度进行无损测量。



通过 Expert Applications System (EASy™) 专家应用系统软件提供了灵活性，可以开发用户定义的复杂多层堆栈建模算法。Echo system 还扩大了皮秒激光超声波技术系统的材料特性描述能力。通过小光斑尺寸与快速测量相结合，实现了 0.5mm 边缘排除的全晶圆映射能力，提高了工艺开发和优化过程中的信息转换和信息质量。Echo system 的应用包括 5G 通信的射频滤波器、电动汽车、高速便携式充电器等领域。

<https://ontoinnovation.com/>

GEMINI®FB 集成熔融键合系统

微机电系统 (MEMS)、纳米技术和半导体市场晶圆键合和光刻设备的领先供应商 EV 集团 (EVG)，推出的高精度对准和熔融键合的集成平台 GEMINI®FB，可以用于熔融或直接晶圆键合，通过每个晶圆表面上的介电层实现永久连接，可用于工程基板或层转移应用，如背照式 CMOS 图像传感器。



GEMINI®FB 平台具有混合键合功能，扩展了与键合界面中嵌入金属焊盘的熔融键合，允许晶圆的面对面连接。

混合键合的主要是应用于先进的 3D 器件堆叠。半导体器件的垂直堆叠已成为一种越来越可行的方法，以实现器件密度和性能的持续改进。晶圆到晶圆键合是实现 3D 堆叠器件的重要工艺步骤。EVG 的 GEMINI FB XT 集成了熔融键合系统，并将更高的生产率与改进的对准和覆盖精度相结合，适用于内存堆叠、3D SoC、背照式 CMOS 图像传感器堆叠和芯片分区等应用。该系统采用新型 SmartView NT3 键合对准器，专为满足 < 50 nm 的熔融和混合晶圆键合对准需要而开发。

EV 集团是晶圆到晶圆 (W2W) 混合键合领域处于市场领先地位，在此基础上，他们继续扩展芯片到晶圆 (D2W) 混合键合解决方案，优化设备，为重要的上下游工艺提供支持，包括等离子活化和清洁技术，以加快部署和完善 D2W 混合键合技术。EV 集团已经在 D2W 熔融与混合键合领域取得重大突破，使用 GEMINI®FB 自动混合键合系统，在完整 3D SoC 中对不同尺寸芯片实施无空洞键合，良率达到 100%。www.evgroup.com

ASYMTEK 先进点胶系统

Nordson Electronics Solutions 是电子产品制造技术的全球领导者，通过 ASYMTEK, MARCH 和 SELECT 品牌，为全球半导体、印刷电路板和精密组装制造商提供保护敏感电子产品所需的创新流体点胶和表面处理解决方案。

广受欢迎的 ASYMTEK Vantage® 点胶系统，作为 Nordson 最先进的点胶平台，专为高端半导体封装和组装而设计。快速、精准的 Vantage 系统配置 IntelliJet 双联阀后，可以喷射到小于 200 微米的间隙中，并且每小时喷射速度高达 90,000 点。

最新款 ASYMTEK Forte® 点胶系统为大容量消费电子产品、柔性电路、MEM 和机电组装应用提供卓越的点胶效率和准确性。Forte 提供实时倾斜校正 (专利技术)，以获得更好的湿式点胶精度和产量，以及快速、可重复的自动校准设置。

这两种系统均可实现细线点胶功能，以满足底部填充、间隙填充、扇出 / 扇入密封线，以及线路基板和模块组装的要求。

www.nordson.com



Advertiser	广告商名称	网址	页码
东莞市晟鼎精密仪器有限公司		www.sindin.com	3
MA-tek	闾康技术检测 (上海)		20-22
ZHICHENG	智程半导体	www.evidentscientific.com.cn	9
2023 ES Show	2023年深圳电子元器件及物料采购展览会	https://esshow.cn/	IBC
2023 慕尼黑华南激光展		www.lasersouth.cn	1

欢迎投稿

《半导体芯科技》(Silicon Semiconductor China, SiSC)是面向中国半导体行业的专业媒体,已获得全球知名权威杂志《Silicon Semiconductor》的独家授权。本刊针对中国半导体市场特点遴选相关优秀文章翻译,并汇集编辑征稿、采编国内外半导体行业新闻、深度分析和权威评论等多方面内容。本刊由香港雅时国际商讯(Act International)以简体中文出版发行。

本刊内容覆盖半导体制造工艺、封装、设备、材料、测试、MEMS、mini/Micro-LED等。文章重点关注以下内容:

FAB (Foundry, IDM, OSAT, R&D)

四个环节:晶圆制造(wafer后道)、芯片制造、先进封装、洁净室;深入报道与之相关的制造工艺、材料分析、工艺材料、工艺设备、测试设备、辅助设备、系统工程、关键零备件,以及与particle(颗粒度)及contamination(沾污)控制等厂务知识。

FABLESS

芯片设计方案、设计工具,以及与掩模版内容和导入相关的资讯。

半导体基础材料及其应用

III-V族、II-VI族等先进半导体材料的科学研究成果,以及未来热门应用。《半导体芯科技》欢迎读者、供应商以及相关科研单位投稿,已甄选中文稿件将在印刷版杂志以及网上杂志刊登;IC设计及应用等半导体相关内容将酌情予以网络发表(微信推送、杂志网站)。本刊优先刊登中文来稿(翻译稿请附上英文原稿)。

技术文章要求

- 论点突出、论据充分:围绕主题展开话题,如工艺提升、技术改造、系统导入、新品应用,等等。
- 结构严谨、短小精悍:从发现问题到解决问题、经验总结,一目了然,字数以3000字左右为宜。
- 文章最好配有2-4幅与内容有关的插图或图表。插图、图表按图1、图2、表1、表2等依次排序,编号与文中的图表编号一致。
- 请注明作者姓名、职务及所在公司或机构名称。作者人数以四人为限。
- 文章版权归著作者,请勿一稿多投。稿件一经发表如需转载需经本刊同意。
- 请随稿件注明联系方式(电话、电子邮件)。

新产品要求

- 新产品必须是在中国市场新上市、可在中国销售的。
- 新产品稿件的内容应包含产品的名称、型号、功能、主要性能和特点、用途等。
- 新产品投稿要求短小精悍,中文字数300-400字左右。
- 来稿请附产品照片,照片分辨率不低于300dpi,最好是以单色作为背景。
- 来稿请注明能提供进一步信息的人员姓名、电话、电子邮件。

电子邮箱: sunniez@actintl.com.hk
viviz@actintl.com.hk

行政及销售 Administration & Sales Offices

行政人员 Administration

HK Head Office (香港总部)

ACT International (雅时国际商讯)

Unit B, 13/F, Por Yen Buiding, No. 478 Castle Peak Road, Cheung Sha Wan, Kowloon, Hong Kong
Tel: 852 28386298

Publishing Director (出版总监)

Adonis Mak (麦协林), adonism@actintl.com.hk

Editor-in-Chief (编辑)

Sunnie Zhao (赵雪芹), sunniez@actintl.com.hk
Vivi Zhang (张雨薇), viviz@actintl.com.hk

Sales Director (销售总监)

Lisa Cheng (程丽娜), lisac@actintl.com.hk

General Manager-China (中国区总经理)

Floyd Chun (秦泽峰), floydc@actintl.com.hk

London Office

Hannay House, 39 Clarendon Road
Watford, Herts, WD17 1JA, UK.
T: +44 (0)1923 690200

Coventry Office

Unit 6, Bow Court, Fletchworth Gate
Burnsall Road, Coventry, CV5 6SP, UK.
T: +44 (0)2476 718 970

Publisher & Editor-SiS English

Jackie Cannon, jackie.cannon@angelbc.com
+44 (0)1923 690205

销售人员 Sales Offices

China (中国)

Wuhan (武汉)

Lisa Cheng (程丽娜), lisac@actintl.com.hk

Tel: 86 185 7156 2977

Mini Xu (徐若男), minix@actintl.com.hk

Tel: 86 187 7196 7314

Phoebe Yin (尹菲菲), phoebey@actintl.com.hk

Tel: 86 159 0270 7275

Mandy Wu (吴漫), mandyw@actintl.com.hk

Tel: 86 187 7196 7324

Shenzhen (深圳)

Yoyo Deng (邓丹), yoyod@actintl.com.hk

Tel: 86 135 3806 1660

Jenny Li (李文娟), jennyl@actintl.com.hk

Tel: 86 137 2881 3915

Shanghai (上海)

Hatter Yao (姚丽莹), hattery@actintl.com.hk

Tel: 86 139 1771 3422

Helena Xu (许海燕), helenax@actintl.com.hk

Tel: 86 130 6168 5321

Amber Li (李歆), amberL@actintl.com.hk

Tel: 86 182 0179 0167

Beijing (北京)

Cecily Bian (边团芳), cecilyB@actintl.com.hk

Tel: 86 135 5262 1310

Hong Kong (香港特别行政区)

Floyd Chun (秦泽峰), floydc@actintl.com.hk

Tel: 852 2838 6298

Asia (亚洲)

Japan (日本)

Masaki Mori, masaki.mori@ex-press.jp

Tel: 81 3 6721 9890

Korea (韩国)

Lucky Kim, semieri@semieri.co.kr

Tel: 82 2 574 2466

Taiwan, Singapore, Malaysia (台湾, 新加坡, 马来西亚)

Regional Sales Director

Floyd Chun (秦泽峰), floydc@actintl.com.hk

Tel: 852 2838 6298

US (美国)

Janice Jenkins, jjenkins@brunmedia.com

Tel: 724 929 3550

Tom Brun, tbrun@brunmedia.com

Tel: 724 539 2404

Europe (欧洲)

Shehzad Munshi, Shehzad.Munshi@angelbc.com

Tel: +44 (0)1923 690215

Jackie Cannon, Jackie.cannon@angelbc.com

Tel: +44 (0) 1923 690205



2023

化合物半导体先进技术及应用大会

Compound Semiconductor Conference for Advanced Technology and Applications

— 线上 —

01月 SiC车规应用，爆发在即

- 衬底及外延制备技术
- 配套设备 · 新能源应用
- 封装技术

04月 GaN功率应用，厚积薄发

- 衬底及外延制备技术
- 配套设备 · 通讯网络
- 高功率电子 · 失效分析

06月 6-8英寸高品质SiC磨抛技术解决方案

- 碳化硅磨抛工艺
- 磨抛设备的应用
- SiC单晶材料技术浅析

08月 碳化硅材料和器件的品质及成本管控先进技术方案

- 碳化硅表面界面缺陷 · ICP蚀刻
- 衬底及SiC器件 · 常温键合

09月 基于VCSEL芯片的检测及加工创新技术

- 工艺特点 · 技术突破
- 激光雷达
- 汽车 · 刻蚀 · 封装

10月 Micro LED取得的进展

- 制造工艺 · 外延技术
- 激光加工 · 快速检测
- 修复技术 · 技术进展

12月 基于深紫外消杀/封测/制造创新技术

- 芯片制备 · 检测技术
- 消杀技术 · 工艺难点
- 封装展望

— 线下 —

05月 — 苏州

2023

半导体先进技术创新发展和机遇大会

11月 — 太仓

化合物半导体先进技术及应用大会

*以上计划暂定，具体请以主办方通知为准

化合物半导体

CS COMPOUND SEMICONDUCTOR CHINA

化合 · 链接 · 赋能



扫码关注公众号



扫码添加客服号