

半导体芯科技



SILICON
SEMICONDUCTOR

CHINA

ISSN 2523-1294

www.siscmag.com

2024年4/5月

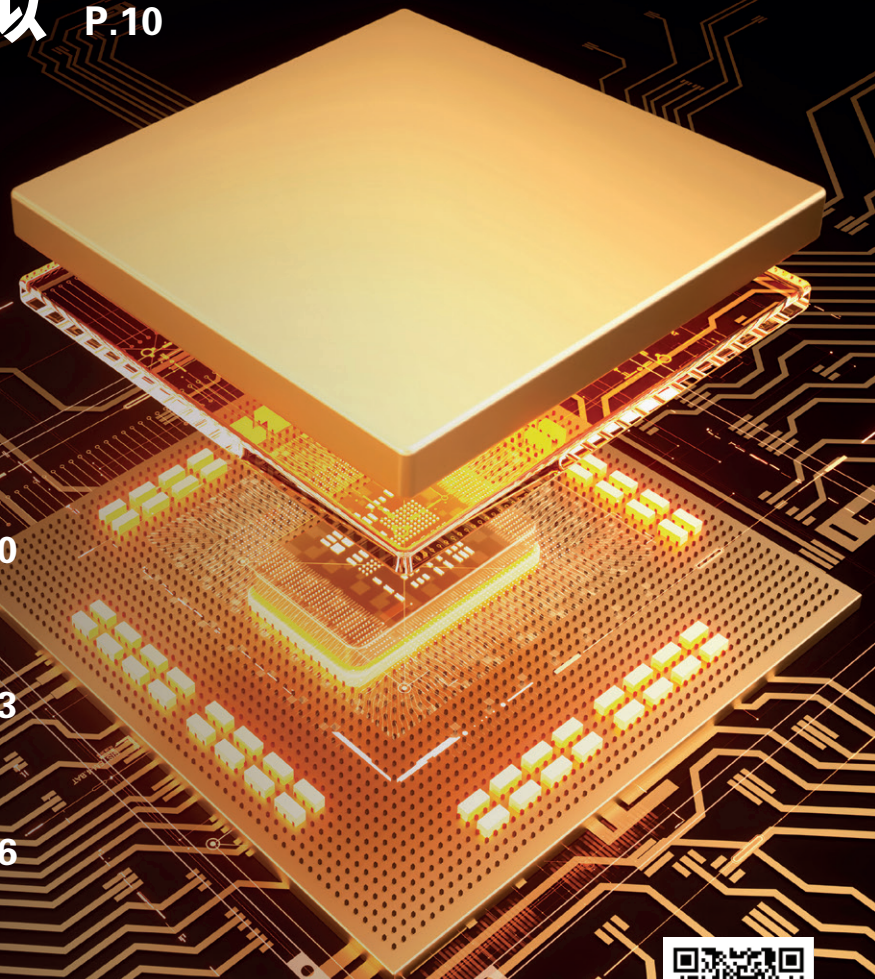
借助云计算加速3D-IC可靠性的机械应力模拟 P.10

填补测量空白 P.16

半大马士革集成中引入空气间隙的挑战 P.20

创新型NexAStep湿式蚀刻清洗系统 P.23

实现最佳清洁效果的干式清洗工艺 P.26



ACT
INTERNATIONAL

Angel
BUSINESS COMMUNICATIONS



微信公众号



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

雅时国际通讯 (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 - 为跨国公司及中国企业架设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、深圳和武汉设有分公司及联络处。



ZSE

苏州智程半导体科技股份有限公司 Zhicheng Semiconductor Technology(Suzhou)Co., Ltd.

2009

公司创建于2009年

小巨人

国家级专精特新小巨人企业

江苏省

企业工程技术研究中心

苏州市半导体湿制程设备

工程技术研究中心

WET BENCH (BC3100 SERIES)

槽式湿法刻蚀清洗设备
(BC3100系列)

设备概述

工艺覆盖: RCA清洗, GATE清洗, 氧化层清洗, 湿法去胶

晶圆尺寸: 300mm

蚀刻均匀性: <3%

Single Wafer Cleaner (SC SERIES)

单片湿法刻蚀清洗设备
(SC系列)

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: 150mm~300mm

蚀刻均匀性: 片内<3%; 片间<3%; 批次间<3%

Wafer backside etching equipment(SC SERIES)

背面腐蚀清洗机 (SC系列)

设备概述

应用领域: 碳化硅及硅的功率器件应用、硅基工艺器件

晶圆尺寸: 150mm~300mm

工艺应用: 背面减薄工艺, 背面清洗, 薄片清洗

蚀刻均匀性: 片内<5%

Cu-Ti etching (SC SERIES)

铜钛刻蚀一体机(SC系列)

设备概述

应用领域: 先进封装

晶圆尺寸: 200mm~300mm

蚀刻均匀性: 片内<5%

药液回收率>95%

SINGLE WAFER CLEANER(SC SERIES)

单片清洗设备(SC3100系列)

设备概述

应用领域: RCA清洗, GATE清洗, 氧化层清洗, 湿法去胶

晶圆尺寸: 300mm

工艺应用: 颗粒去除 金属污染去除 有机物污染去除 湿法去胶 前道及后道清洗 氧化刻蚀及去除 铝互连清洗 铜互连清洗



WET BENCH(BC SERIES) 槽式湿法刻蚀清洗设备(BC系列)

ZSE VMAX 3D ECD SYSTEM 电镀设备VMAX 3D

Backside Cleaner (SC SERIES) 背面清洗机 (SC系列)



About Us

科技促进发展 创新引领成功

Science And Technology Promote Development And Innovation Lead To Success



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、生产与销售的国家级专精特新小巨人企业。中国电子专用设备工业协会理事单位、中国半导体协会和江苏省半导体协会会员单位。

主要从事半导体领域湿制程等设备的研发、生产与销售。已形成以半导体清洗设备为基础, 电镀化镀, 匀胶显影, 化学品输送并行发展的格局, 广泛应用于半导体前道制程、大硅片, 先进封装、半导体特色工艺、化合物半导体、功率器件等领域。

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夯实基础。

官网: www.zc-semi.com

邮箱: zse@zc-semi.com

地址: 江苏省昆山市中华路889号

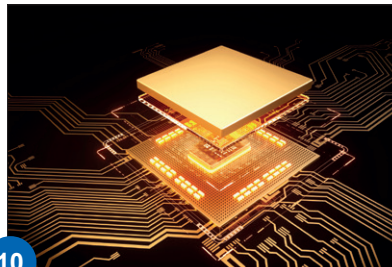
目录 CONTENTS

封面故事 Cover Story

10 借助云计算加速 3D-IC 可靠性的机械应力模拟

Accelerating mechanical stress simulation for 3D-IC reliability in the cloud

Ansys 公司最近与台积电和微软合作开发联合解决方案，借助微软的云计算、Ansys 的机械/热模拟仿真工具以及台积电的制造能力，共同提出了一个行之有效的解决方案流程，并已被证明是有效的。该解决方案为分析 2.5D/3D-IC 多芯片系统中的机械应力提供了高容量云解决方案，使共同客户能够避免现场故障，并延长产品寿命和提高可靠性。本文就三方合作和该联合解决方案进行了讨论。



10

编者寄语 Editor's Note

4 加快创新，迎接半导体发展新周期

行业聚焦 Industry Focus

5 安森美推出下一代电化学传感解决方案

5 ROHM 推出集 VCSEL 和 LED 特点于一体的新光源 VCSELED™

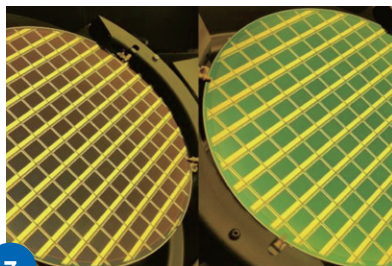
6 使用 "预成型 AuRoFUSE™" 实现高密度封装

7 X-FAB 为其 CMOS 传感器工艺平台引入背照技术

8 村田推出用于废气处理的耐热活性陶瓷材料

19 2023 年汽车行业成为全球第三大半导体终端市场

35 首台国产全自动超精密 12 英寸晶圆环切设备交付



7



23

市场分析 Market Analysis

36 电气化和新能源趋势推动功率电子快速发展

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 - 为跨国公司及中国企业架设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

- 16 填补测量空白
Filling the metrology void
- 20 半大马士革集成中引入空气间隙结构面临的挑战
Challenges of semi-Damascene integration with airgap structures
- 23 用于批量加工的创新型 NexAStep 湿式蚀刻清洗系统
Innovative NexAStep wet bench for batch processing
- 26 在电子产品生产中实现最佳清洁效果的干式清洗工艺
Dry cleaning process for optimum cleaning results in electronics production

专栏 Conlunm

- 29 AI 时代的微处理器架构选择：探究 ARM 和 RISC-V
Microprocessor architecture choice in the age of AI: exploring ARM and RISC-V
- 33 意法半导体提升芯片设计速度并增强可持续发展能力
STMicroelectronics boosts chip design speed and enhances sustainability

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）

- 徐冬梅 教授级高工 中国半导体行业协会副秘书长兼封测分会秘书长
- 于大全 教授 厦门云天半导体创始人
- 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
- 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
- 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
- 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

化合物半导体 等离子解决方案

RTP快速退火炉



RTP全自动双腔
快速退火炉

RTP半自动
快速退火炉

PLASMA等离子去胶



ICP PLASMA去胶机

BATCH PLASMA
筒式去胶机

PLASMA等离子活化



微波PLASMA清洗机

在线式真空
等离子清洗机

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

社长 Publisher

麦协林 Adonis Mak

adonism@actintl.com.hk

荣誉顾问 Honorary advisor

刘胜院士 Academician Liu Sheng

主编 Editor in Chief

赵雪芹 Sunnie Zhao

sunniez@actintl.com.hk

出版社 Publishing House

雅时国际资讯 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 82201291

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

ACT
INTERNATIONAL

ISSN 2523-1294

© 2024 版权所有 翻印必究

加快创新，迎接半导体发展新周期

半导体行业正处于十字路口。一方面半导体行业长期依靠摩尔定律和登纳德缩放比例定律来不断推进新一代半导体的情况不再继续，另一方面，为了满足人工智能（AI）、机器学习、移动通信和大数据分析等数据密集型产业的快速增长，对于先进封装技术和更强大处理能力的需求不断增加，半导体器件的复杂性日益增加，制造和封装技术面临前所未有的挑战。

近日在上海举行的 SEMICON China 2024 国际半导体展上，SEMI 全球副总裁、中国区总裁居龙先生表示：半导体是典型的具有明显周期性节奏的产业，而技术迭代是推动半导体产业发展的引擎。目前全球半导体市场正在走出 2023 年的下行周期，呈现出强劲的增长态势。根据 SEMI 预测，今年半导体销售额将迎来超过 10% 的正增长，可能达到 6000 亿美元，并且未来几年将持续保持增长，预计到 2030 年前后有望实现一万亿亿美元里程碑。

AI 将成为产业重要驱动力

在半导体销售额迈向 1 万亿美元的征途中，产业也将迎来新一代技术推动及源源不断的新兴应用市场机遇，包括 AI 及其驱动的新智能应用、AI PC 和 AI 手机、新能源汽车及工业应用等新兴产业。根据预测，与 AI 相关的半导体市场在接下来的 3-5 年将保持 30% 左右的年增长率，AI 及其驱动的新智能应用将成为推动半导体产业持续前行的重要驱动力。

居龙先生认为，AI 和半导体之间存在着相互促进的关系，AI 智能应用创新驱动着半导体产业持续成长，而图形处理器（GPU）提供的算力使 AI 智能应用成为可能，两者相辅相成。2023 年是生成式 AI 的爆发元年，生成式 AI 应用也将进入爆发期，AI 和半导体技术相互推动发展的关系，将加速塑造产业的未来、影响产业的走向。在 AI 时代，集成电路应用面临巨大的创新空间，包括传感、存储、通信、安全和能源等，AI 将在这些领域产生越来越多的创新和增长机遇。

随着全球对人工智能和高性能计算的需求呈爆炸式增长，加上对智能手机、个人电脑、基础设施的需求趋于稳定，以及汽车行业的弹性增长，半导体产业有望迎来新一轮黄金发展期。为了实现万亿美元销售额这一目标，半导体行业需要继续加快创新步伐，需要在半导体生命周期的各个阶段——设计、制造和封测（传统上都是在各自相对独立运行）协同创新。

近年来，中国半导体产业在技术创新、市场需求、产业生态系统等多方面都奠定了良好的发展基础。从今年的 SEMICON China 展会中能够感受到中国半导体产业的热度和发展态势，相信随着人工智能、5G、物联网、智能汽车等新兴技术和应用的快速发展，集成电路创新和产业变革将加快演进。中国作为全球最大的消费电子市场，对于半导体产品的需求将会进一步增加，这也为中国半导体产业发展提供巨大的机遇。

赵雪芹

安森美推出下一代电化学传感解决方案

安森美 (onsemi) 推出先进微型模拟前端 (AFE)--CEM102, 能以超低的电流实现超高精度的电化学传感。CEM102 具备小巧外形和业内超低功耗, 工程师采用它能为工业、环境和医疗保健应用开发小巧的多用途解决方案, 如空气和气体检测、食品加工和农业监测, 以及连续血糖监测等医疗可穿戴设备。

从生命和环境科学到工业材料和食品加工, 测量化学物质可以为提高安全性、效率和认知提供更有价值的参考信息。在实验室、采矿作业和材料制造中, 电化学传感器如电位计或腐蚀传感器是提供生产系统反馈和管理危险物质的重要工具, 不仅能确保流程的正常运行, 还保障了员工和操作的安全。

CEM102 支持打造体积小且超低功耗的解决方案, 是依赖电池供电的电化学传感器应用的理想之选。便携式气体检测等工业安全设备, 可在工人身处偏远环境或需要

移动时提醒他们注意潜在危险。

CEM102 被设计为与 RSL15 Bluetooth® 5.2 微控制器配合使用, RSL15 提供行业功耗最低的蓝牙低功耗技术。作为一个完整的电子解决方案, 它使生物传感器和环境传感器能精确测量化学电流, 同时以超低系统功耗和宽电源电压范围运行。这两个器件的无缝集成、紧凑的尺寸和业界领先的能效, 在缩小设备体积和确保其持久运行方面发挥着至关重要的作用, 而这正是电池供电解决方案的关键因素。

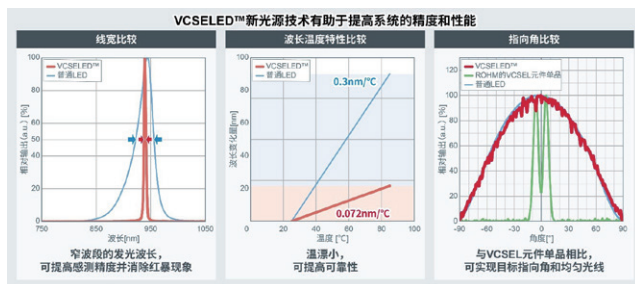
该组合产品是安森美模拟和混合信号产品组合的一部分, 旨在简化开发流程, 促进下一代电流型传感器技术的集成和创新。它为设计人员创建高性能、高能效和互联的应用提供了极大的灵活性。此外, 与其他产品相比, 该解决方案具有更高的精度、降噪和低功耗。它还简化了物料清单, 易于校准, 并降低制造复杂性。

ROHM推出集VCSEL和LED特点于一体的新光源VCSELED™

日本半导体制造商 ROHM 确立了一项通过激光用树脂光扩散材料将垂直腔面发射激光器 VCSEL 元件密封的新型红外光源技术“VCSELED™”。该技术有望成为有助于提高汽车驾驶员监控系统和座舱监控系统性能的光源, 因此 ROHM 目前正在推进利用该技术的产品开发。

作为进一步提高车辆安全性的功能, 配备高级驾驶辅助系统 (ADAS) 的车辆通常会配备驾驶员监控系统, 以检测驾驶员疲劳驾驶、困驾、分心驾驶等情况。另外, 汽车制造商和供应商也在积极开发可以检测驾驶员以外乘客的座舱监控系统, 业内已经越来越清楚地意识到, 要想进一步提高检测系统的精度, 离不开高性能的光源。在这种背景下, ROHM 开发出实现高精度感测的 VCSELED™。该技术由温度引起的波长变化很小, 并且可以获得更宽的光束角, 因此不仅非常适用于座舱监控系统, 还有助于提高机器人和工业设备的检查系统以及空间识别和测距系统等的精度和性能。

VCSELED™通过组合高性能的 VCSEL 元件和光扩散材料, 实现了与 LED 同等的光束角 (照射角度), 能够在比 VCSEL 更广泛的范围实现高精度感测。另外, 由于是在小型封装中内置发射元件和光扩散材料, 因此有助于实现更小、更薄的应用产品。



VCSELED™中内置的 VCSEL 元件具有窄波段发光波长的特点, 实现了4nm的线宽, 仅为LED的1/7左右。这不仅可以提高受光端的识别性能, 还能消除LED可能发生的“红暴”现象。同时, 波长温漂仅为LED (0.3nm/°C) 的1/4以下, 只有0.072nm/°C, 因此可实现不受温度变化影响的高精度感测。不仅如此, 发射时的响应速度达到2ns, 比LED快约7.5倍, 有助于进一步提高用红外光测距的ToF (Time of Flight) 应用的性能。

ROHM 将 VCSELED™定位为红外光源产品的新技术品牌, 并致力于推出应用该技术的产品。ROHM 计划于2024年4月开始销售试制样品, 于2024年10月开始销售消费电子设备量产用的样品, 于2025年开始销售车载设备量产用的样品。未来 ROHM 将继续推进适用于座舱监控系统的激光光源技术开发。

使用"预成型AuRoFUSE™"实现高密度封装

田中贵金属工业株式会社确立了使用金-金接合用低温烧结合金 AuRoFUSE™ 的高密度封装用金 (Au) 粒子接合技术, 以解决半导体进一步微细化和高密度化的问题, 为光学器件和数字设备的技术创新做出贡献。

AuRoFUSE™ 是由粒径仅有次微米大小的金粒子和有机溶剂混合所构成的胶状接合材料。一般而言, 微细粒子具有“烧结”特性, 被以低于熔点的温度加热, 粒子会互相结合。AuRoFUSE™ 被加热至 200℃ 时溶剂会先蒸发, 即便不施压, 金粒子也可实现烧结结合, 从而获得约 30MPa 的充分接合强度。因此, AuRoFUSE™ 在较低电阻和较高热传导率以及较低温度下可以实现金属接合。

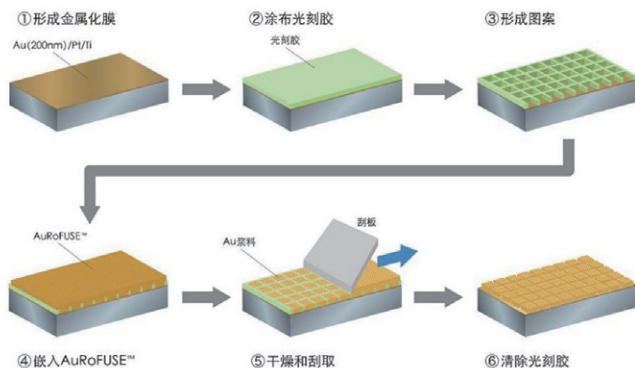
通过本技术可使用预成型 AuRoFUSE™ (干燥体) 实现 20μm 大小 4μm 间隙的窄间距封装。此外, AuRoFUSE™ 在 200℃、20MPa (兆帕)、10 秒的热压后, 虽然在压缩方向上显示出约 10% 的收缩率, 但在水平方向上较少变形, 可用作接合强度足以承受实际应用的金凸点。而且, 由于以化学稳定性较优异的金为主要成分, 封装后具有较高的可靠性。

本技术是一种能够实现半导体配线微细化和多种芯片集成 (高密度化) 的技术, 预计将为 LED (发光二极管) 和 LD (半导体激光器) 等光学器件, 在个人电脑和智能手机等数字设备上的应用, 以及车载零部件等需要高度技术创新的先进技术做出贡献。

本技术发表于 2024 年 3 月 13-15 日在东京理科大学举行的“第 38 届电子封装学会春季演讲大会”上。

AuRoFUSE™ 预制品制作方法

(1) 对接合对象基板作为底层, 通过 Au/Pt/Ti 进行金属化处理



(2) 将光刻胶涂布在金属化处理后的接合对象的基板上

(3) 将符合预制品形状的光掩模版放在接合对象的基板上, 进行曝光和显影, 制作光刻胶框架

(4) 将 AuRoFUSE™ 倒入制作好的光刻胶框架中

(5) 在室温下真空干燥, 干燥后用刮板刮取多余的 Au 浆料

(6) 通过加热临时烧结后, 剥离并清除光刻胶框架

通过 AuRoFUSE™ 预成型实现较高密度封装

在封装半导体器件方面有很多种接合方法, 包括使用焊料和电镀的方法等, 会根据目的采用各种方法。使用焊料的方法可以以较低成本快速形成焊点, 但由于随着焊

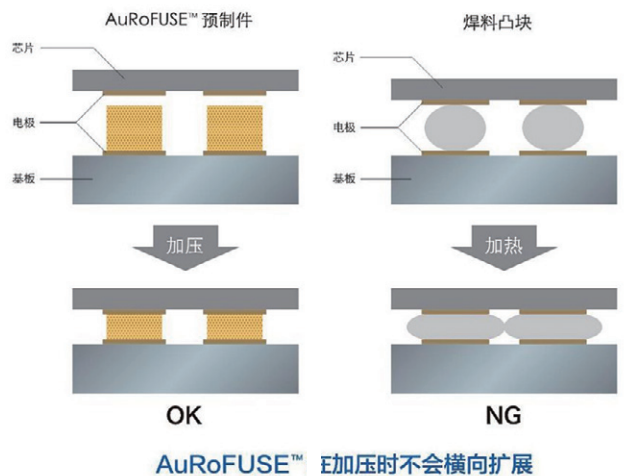


图1. 预成型的 AuRoFUSE™ 与其他材料的比较。

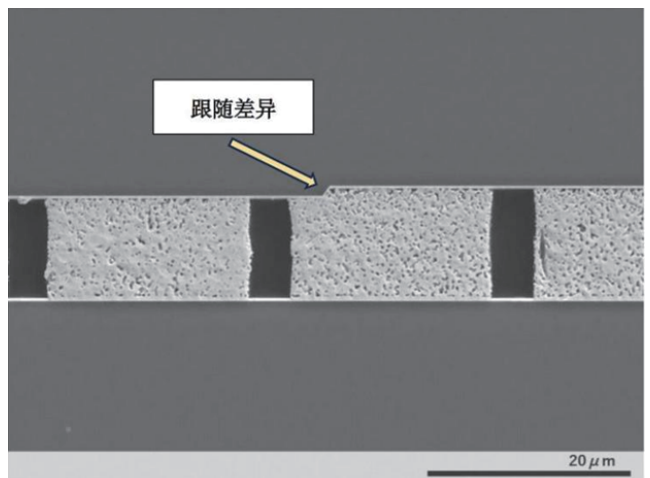


图2. 吸收接合时出现段差的 AuRoFUSE™ 预制品 SEM 图像。

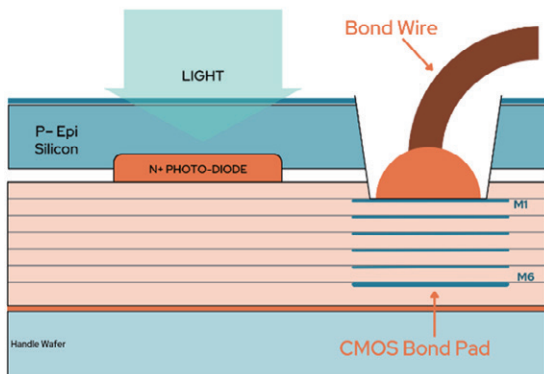
点间距变得微细，焊料在熔化时会横向扩展，因此存在电极之间接触引起短路的问题。此外，采用在实现较高密度封装的技术开发中作为主流的通过无电解电镀形成 Cu 和 Au 镀层凸块的方法虽然可实现窄间距，但由于接合时需要相对较高的压力，因此存在造成芯片损坏的问题。

田中金属工业作为贵金属专家为了实现半导体的较高密度封装，一直在进行利用 AuRoFUSE™具有多孔质产生的凹凸追随性以及较低温度和较低压力下可接合

特性的研发。最初，我们的目标是通过作为主流使用方法的点胶法，针式转印法和丝网印刷法来予以实现，但由于膏材的流动性，不适合较高密度封装。利用本次确立的本技术，通过在接合之前将膏材进行干燥来消除流动性，可抑制横向扩展，从而实现较高密度封装（图 1）。此外，由于多孔质结构容易变形，即使在电极之间存在高低差异，以及基板翘曲和厚度不一致的情况下，也可以进行接合（图 2）。

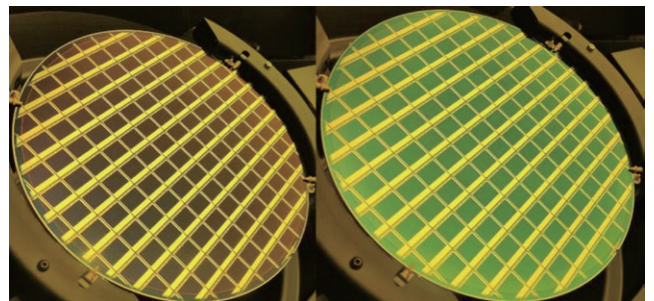
X-FAB为其CMOS传感器工艺平台引入背照技术

模拟 / 混合信号晶圆代工厂 X-FAB Silicon Foundries 宣布，其光学传感器产品平台再添新成员——为满足新一代图像传感器性能的要求，X-FAB 现已在其备受欢迎的 CMOS 传感器工艺平台 XS018（180 纳米）上开放了背照（BSI）功能。



BSI工艺截面示意图

通过 BSI 工艺，成像感光像素性能将得到大幅增强。这一技术使得每个像素点接收到的入射光不会再被后端工艺的金属层所遮挡，从而大幅提升传感器的填充比，最高可达 100%。由于其能够获得更高的像素感光灵敏度，因而在暗光条件下，这种优势尤为显著。同时，由于光路缩短，BSI 工艺还能有效减少相邻像素间的串扰，进而提升图像的成像质量。尽管目前 BSI 技术已经相当普遍地应用于 300 毫米晶圆，并广泛用在消费级的小像素图像传感器上，但针对 200 毫米晶圆市场，主要应用在工业医疗汽车等领域；或者对于需要通过拼接式大像素图像传感器，尤其是在需要额外定制化的场景中，市场上 BSI 工艺的选择却十分有限。因此，X-FAB 在原有广受好评的 CMOS 传感器工艺平台 XS018 中新加入了 BSI 功能，为不同细分



BSI工艺和标准可见光波段抗反射层（左），晶圆采用了BSI工艺和近红外波段抗反射层（右）

市场带来全新可能性，无论是 X 射线诊断设备、工业自动化系统、天文研究，还是机器人导航、车载前置摄像头等，客户都能够轻松地应对最严苛的应用需求。

XS018 CMOS 传感器平台具有读出速度快、暗电流低等特点，客户还能够在该平台选择多种不同的外延层厚度从而实现针对不同应用场景的图像传感器。除此之外，通过 BSI 工艺，客户还可选择添加 ARC（抗反射涂层），并可以根据不同的特殊应用要求进行调整。随附的 X-FAB 设计支持包覆盖了从初始设计到工程样品装运的完整工作流程，其中还包括完善的 PDK 工艺设计套件。

“BSI 技术能够将感光元件置于更接近光源的位置，并避免不必要的电路阻碍来提高图像成像能力，因此在现代成像器件中得到日益广泛的应用。事实证明，这在暗光环境中非常有用。” X-FAB 光学传感器技术营销经理 Heming Wei 表示，“尽管此类应用之前主要集中在消费电子领域，但目前工业、汽车和医疗市场也涌现出大量需求。借助 X-FAB 的 BSI 工艺，可以集合更高感光度、更大传感器尺寸以及像素容量等优势，推出市场信服的产品，更大程度满足工业，汽车，医疗不同的应用需求。”

村田推出用于废气处理的耐热活性陶瓷材料

株式会社村田制作所应用陶瓷电容器的材料设计技术，开发出了村田首款用于废气处理的耐热活性陶瓷材料，并且通过此前的应用事例确认，在处理挥发性有机化合物（VOC）等废气时，使用由该材料制成的活性陶瓷可减少高达 53.0% 的化石燃料消耗量。此外，该材料已经开始量产，使用该材料的废气处理用活性陶瓷已由中国催化剂制造商上海斐腾科技公司（Shanghai FT Technology Co., Ltd.）制造和销售。

近年来，制造业被要求采取强化措施来减少企业活动对自然环境造成的影响。其中之一便是对工厂生产活动中产生的废气进行处理。



工厂排放的甲苯、二甲苯、醋酸乙酯等废气如果排放到自然界中，则会对生物健康造成损害，也有可能对自然环境造成破坏。因此通常会使用蓄热燃烧式废气处理装置（Regenerative Thermal Oxidizer, RTO），通过以天然气为燃料的燃烧器将其加热至数百℃进行分解处理。然而，这个过程伴随着能源消耗和 CO₂ 排放，会对气候变化等其他环境问题产生负面影响。

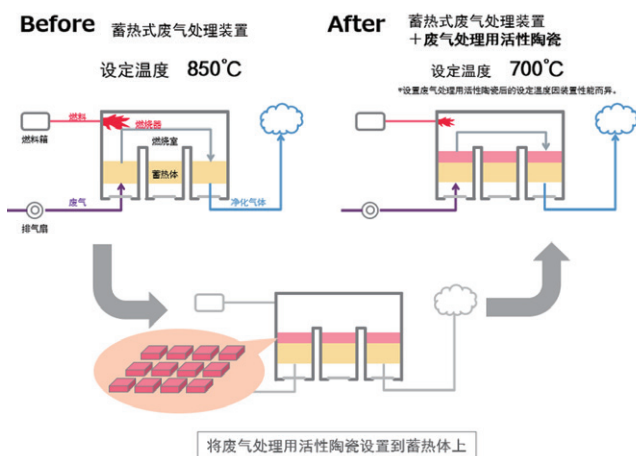
通常来说，作为减少废气处理过程中热能损失的方法，一般会采用含有钯和铂等贵金属的催化剂。这些贵金属能够产生促进分解废气的化学反应，因此用它们作为催化剂可以降低废气处理装置的设定温度。虽然目前已有此类贵金属催化剂的使用实例，但这些贵金属催化剂不可避免地会因在废气处理装置内加热而劣化。

因此，村田应用陶瓷电容器的材料设计技术开发了该耐热活性陶瓷材料。它在高耐热陶瓷结构中加入了促进 VOC 分解反应的活性元素，可以承受高浓度废气燃烧时的高温，即使燃烧室的温度超过 850℃ 也不会发生热劣化。因此，即使因浓度波动而导致温度上升，也可以安全、高效地使用。该材料可以用于无法使用传统催化剂的装置，进一步减少对环境的影响。

这种废气处理用活性陶瓷已在村田的工厂（中国无

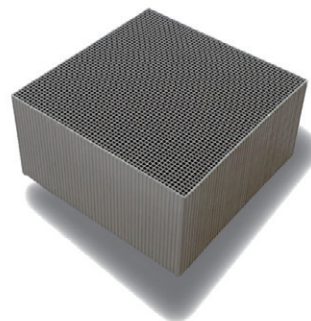
锡 2 台、日本滋贺 2 台、日本岛根 1 台）和公司外部合作企业的工厂先行引入，已经确认其能将燃烧器在处理过程中消耗的天然气减少 53.0%。基于这一结果，村田计划在集团下属的海内外据点全面推广用于废气处理的活性陶瓷，预计到 2024 年度末将总共有 10 台（包括已引入的 5 台）投入运行。

设置示意图



村田今后将继续在致力于开发支持自然环境保护的技术和商品，同时，在公司内部积极利用由此获得的成果，从而推进环境经营，为实现可持续发展社会做贡献。

废气处理用活性陶瓷的主要规格



该产品规格为蜂窝形状，尺寸为 100 × 100 × 50mm 和 150 × 150 × 50mm

主要用途

- 汽车、摩托车、铁路、船舶、重型机械及各种元件制造等的涂装工序
- 印刷、电子元件、化学等的多品种制造工序

日立高新技术(上海)国际贸易有限公司

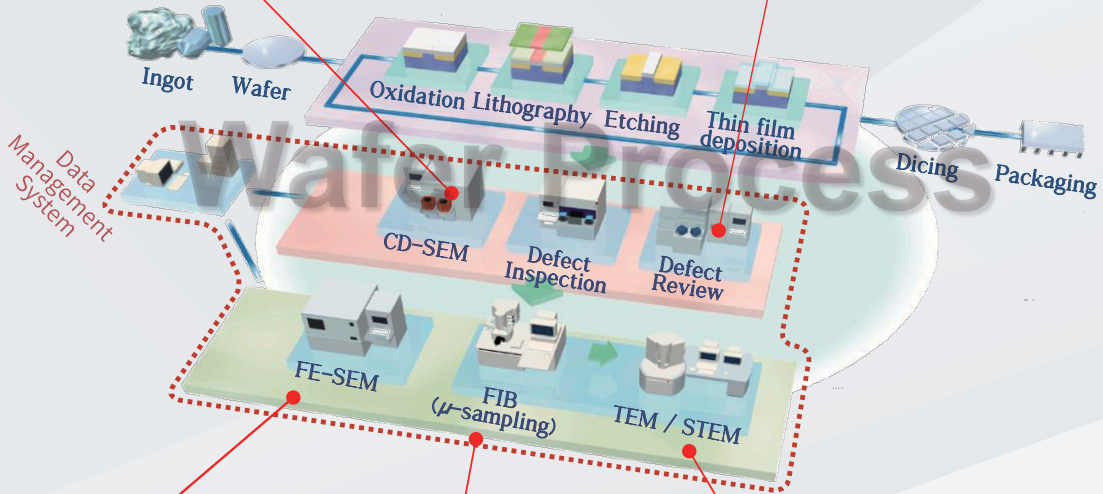
Inline Metrology&Inspection



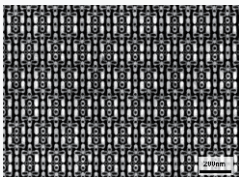
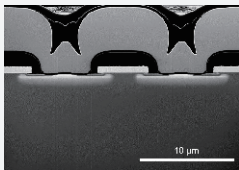
CD-SEM
CS4800
4 to 8 inch CD Metrology tool



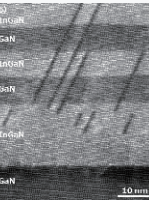
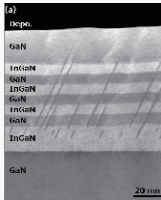
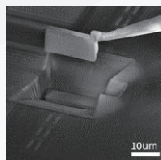
Review SEM
CT1000
4 to 8 inch defect review tool



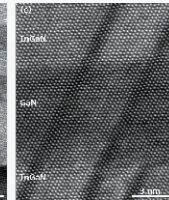
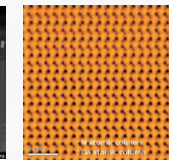
FE-SEM
SU8600
Ultra-HR imaging and versatile



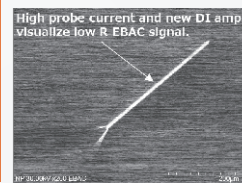
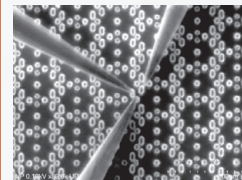
FIB-SEM
NX5000/NX2000
6/8 inch wafer high speed process & observe



TEM/STEM
HF5000
High-end atomic level structure evaluation



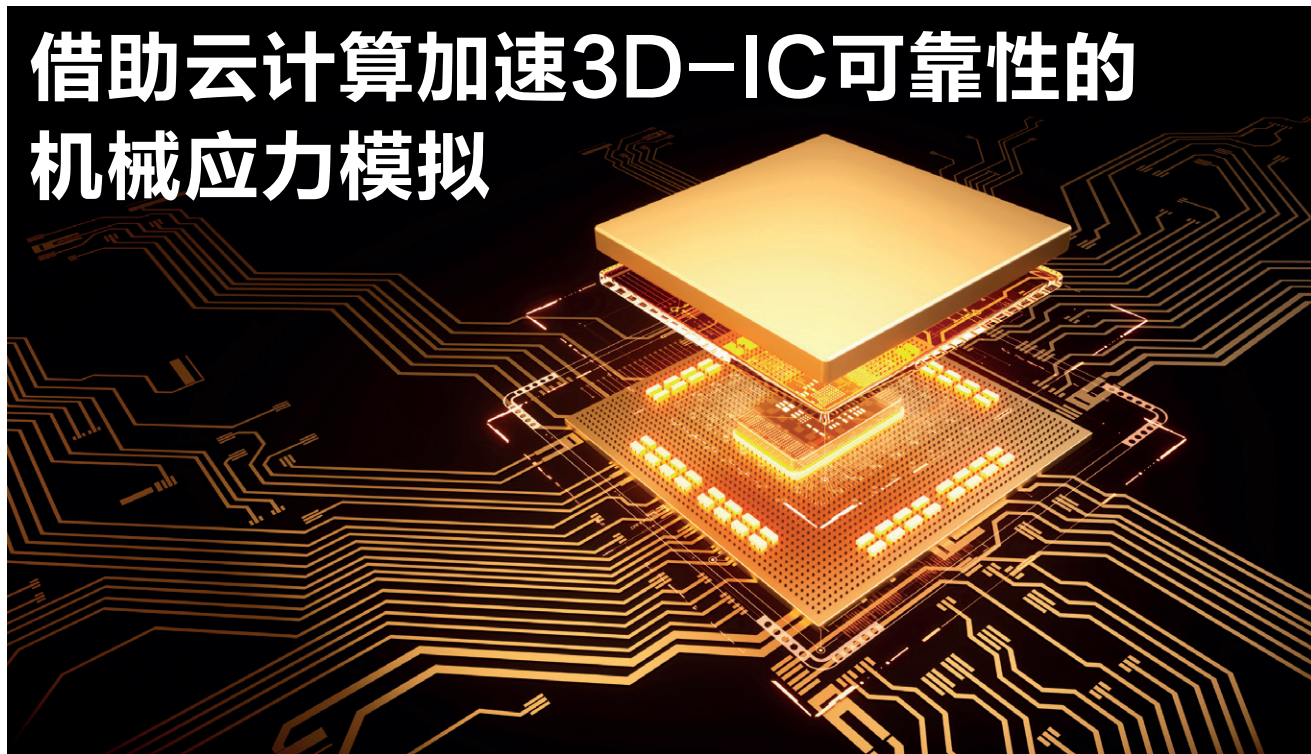
Nano-Prober
NP8000
High throughput EFA of single device



日立科学仪器(北京)有限公司

Lab Material and Failure analysis

借助云计算加速3D-IC可靠性的机械应力模拟



Ansys 公司最近与台积电和微软合作开发联合解决方案，该解决方案为分析2.5D/3D-IC多芯片系统中的机械应力提供了大容量云解决方案，使共同客户能够避免现场故障，并延长产品寿命和提高可靠性。Ansys 公司产品营销总监Marc Swinnen (MS) 与Silicon Semiconductor编辑Philip Alsop (PA) 在这里就三方合作和该联合解决方案进行了讨论。

PA : Ansys 一直与台积电和微软合作，专注于分析多芯片 3D 集成电路系统中的机械应力。显然，人们很希望了解这样的三方合作是如何开始的？

MS : 我们与台积电的合作已经持续了几十年。这主要是基于 Ansys 销售和生产 RedHawk-SC™产品的事实，该产品是芯片设计人员用来验证其芯片电源完整性的电子设计自动化 (EDA) 软件工具。基本上，每个芯片上都有一个电源和接地网络。每个晶体管都必须连接到电源，并且必须接地，就像任何电子器件一样。如果您的芯片上有 500 亿个晶体管，这意味着你必须设计两个电网，每个网络有 500 亿个端点。因此，这些都是非常庞大和复杂的片上网络，对芯片的正常运行至关重要。它们需要检查，因为电源线上总是有电压降。如今，为了节省功率，电压非常低，以至于您真的无法承受从封装引脚到实际晶体管的 100 毫伏电压损失。因此，必须非常仔细地分析所有内容，以确保您的电源完整性或电压降得到正确考虑，并符合您

的规格。

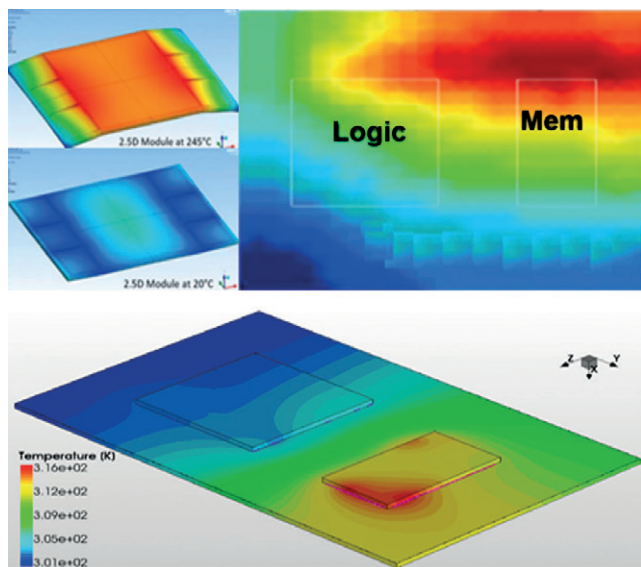
这是一个非常大而棘手的问题。这就是 RedHawk-SC™所做的工作。它为制造做了最后的签核，说，是的，这是可行的。当然，这一切都严格取决于制造规则。我们与包括台积电在内的所有主要晶圆代工厂密切合作。台积电和 Ansys 有着长期的合作关系，致力于将这款黄金般的签核工具推向业界——世界上绝大多数芯片都使用 Ansys Redhawk-SC 进行电源完整性认证。这是我们与台积电持续深入合作的基础。

这就把我们带到了正在讨论的话题。传统上，芯片或集成电路 (IC) 就是一块单个硅片——它们都是一回事。您把它从晶圆上切下来，它是一小块硅片，嵌入到一个封装中。但现在，由于多种原因，不再可能仅用一个芯片构建您今天想要的大型系统。因此，他们开始制造多个芯片，并将它们组合成一个我们称之为 3D-IC 的系统——在这个系统中，您将多个芯片堆叠在一起，或者更常见的是，将

它们紧挨着放置，我们称之为 2.5D。我将所有这些配置称为 3D-IC——所有这些不同的堆叠方式或将它们彼此相邻放置。3D-IC 的想法是它包含多个芯片。所以是裸芯片，而不是封装好的芯片，它们彼此相邻放置。通常，它们被放置在另一个芯片（被称为中介层）的顶部，通过中介层将它们连接在一起。今天，所有高性能计算都在朝着这个方向发展。

现在，这些芯片中的一些变得很热，而另一些则变得不那么热，因此您就有了不同的热膨胀。芯片通过微凸点相互连接。这些是非常非常微小的凸点——每平方毫米高达一千个——它们不能承受很大的剪切应力。如果您的装配体开始以不同的方式膨胀和收缩，并在这些热循环中循环往复，您将在这个 3D 装配体中导致机械变形、翘曲和应力。对于芯片设计人员来说，这是一个全新的严重问题。我的意思是，总有人不得不在某个时候担心热膨胀。通常，系统或封装设计人员遵循这样的工作路径，先将芯片组装在电路板上，将电路板安装在系统中，再把系统安装在散热器中，之后，才会有人进行一些机械分析。但现在问题在芯片上就已经产生了，设计人员现在不得不从一开始就担心，系统会怎么变形和翘曲呢？如果我使用错误的材料或使用错误的平面图，我的设计的可靠性将比正确完成的要低得多。因此，他们需要尽早进行机械模拟仿真，并预测热 - 机械行为。

Ansys 在这一领域有着悠久的历史，除了半导体部门之外，我们还拥有许多其他仿真工具。我们有计算流体力



►RedHawk-SC Electrothermal™的热和翘曲结果展示，模拟的是中介层上组装了逻辑芯片和存储芯片的多芯片2.5D组件。

芯片对弯曲的耐受性有非常具体的规则。例如，一个芯片可能被允许以凹面方式弯曲到一定量——那就只有这么多。顺便说一句，不仅加热会导致芯片弯曲，而且在组装过程中，当实际将这些芯片安装在彼此的顶部时，您把芯片向下压，也会使它们弯曲一点。

学，有机械的，有安全的，有光学的，有电磁的——很多很多领域的仿真。机械仿真是我们的专业之一，我们处于行业领先地位。我们很自然地将这些算法应用于我们的半导体问题上。

台积电与我们合作，解决了他们在自己的生产和设计方面遇到的一些问题。他们认为这是一个需要解决的问题。这是一个棘手的计算问题，因此他们引入了微软 Azure，以提供在所需时间范围内真正解决这个问题所需的云计算功能。

借助微软的云计算、Ansys 的机械 / 热仿真以及台积电的制造能力，我们共同提出了一个行之有效的解决方案流程，并已被证明是有效的。

PA：那我认为这个项目的目标是，为满足新颖的多物理场要求提供更大的信心，从而提高功能可靠性并延长先进 3D 制造设计的产品寿命，对吗？

MS：是的，这个项目有两个要点。一个是新颖性，另一个是可靠性。那么为什么说它是新颖的呢？机械仿真本身并不新鲜，但对于半导体设计人员来说，它确实足够新颖。正如我已经提到的，这是单片设计师永远不必担心的事情。但是对于 3D 组装——我用 3D 作为代工厂提供的所有不同架构的统称——芯片堆叠芯片和芯片紧挨芯片——有很多方法可以安排这些芯片。我就把它们都称为 3D-IC。

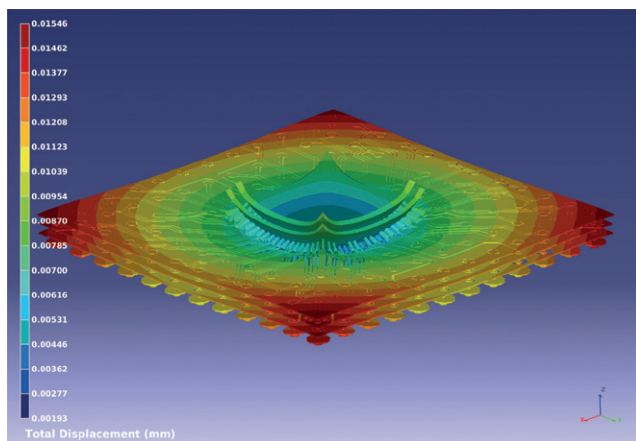
因此，对于芯片设计人员来说，这是新颖的，他们现

在必须在布局规划阶段考虑：好吧，这些芯片中哪些会变热，哪些会保持较低温度？如果我把两个变热的芯片放在一起，那会不会是我无法解决的热问题？或者，特别是如果两个芯片在相同的活动模式下变热，例如在播放视频时的流媒体模式下，这两个芯片所在的这个角落都会变得非常热。这可能会从一开始就注定我的项目失败。

热是当今可实现集成密度的头号限制。您可以非常轻松地将芯片堆叠到几层之多。您可以设计它。您可以制造它。这一切都不是问题。问题是您不能冷却它！它会变得太热，它会融化。因此，能使系统有多近和多紧凑的首要 and 最终的因素取决于功耗。该如何控制和管理我的散热呢？因此，当您组装这些大型系统时，将多个芯片组装在一起时——我们谈论的是多达十几个芯片——我该如何管理我的电源呢？

随着热量而来的是多种材料的热膨胀、温度循环和差分膨胀。单个芯片由同一种东西制成，即硅。现在突然之间，您的系统可能包括硅芯片以及碳化硅芯片和有机基板。单个芯片通常放置在称为中介层的互连基板上。中介层通常由硅制成，就像用旧工艺制成的巨型芯片，如 35 纳米或其他的制程。

但中介层也可以由有机树脂制成。它也可以是玻璃。有些代工厂就在使用玻璃基板。因此，这种堆叠中有多种材料，它们都有不同的热膨胀系数。这种机械问题对当今大多数芯片设计人员来说都是新颖的。可能在他们公司某个地方拥有处理电子系统热问题的专业知识，但并不在芯片设计小组中。因此，他们可能不得不重新变更公司成立时的组织方式，以便这位机械专家从一开始就参与其中。所以这对他们来说很新颖。

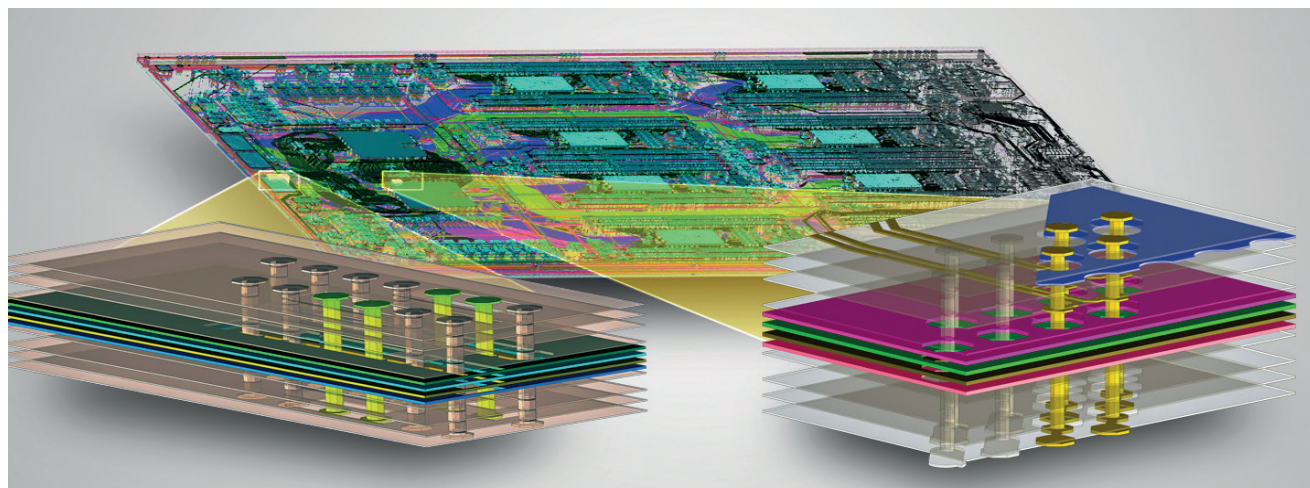


►3DIC堆栈展示通过Ansys RedHawk-SC Electrothermal™模拟的翘曲和应力。颜色表示位移（在Z轴上放大以方便查看）。

Ansys 正在利用我们的多物理场仿真功能，并使其能够与半导体流程中的半导体数据格式配合使用。这就是我们认为的答案。我们有一个叫做 RedHawk-SC Electrothermal™的工具，可以整合这些。在可靠性方面，最根本的结果是热膨胀会随着时间的推移而降低芯片的性能。正如我所说，这些芯片是通过小焊料凸点连接的，当您把芯片压在一起时，这些焊料凸点会连接起来。

它们相距约 10 微米，这为您提供了非常高密度的互连。但是，如果这些芯片开始弯曲、翘曲或扭曲，并且它们之间会产生剪切应力，那么这些微凸点很容易剪切、断裂或轻微变形，从而使它们的接触点变小。这意味着通过该凸点的功率密度或电流密度变得更高，它们熔化的可能性也更高。

我们最近做了一个 3D-IC 组装，系统中有 40 万个微凸点，您可以有数百万个微凸点。如果其中任何一个失败，则可能是系统故障。您确实应该非常仔细地考虑您的多芯



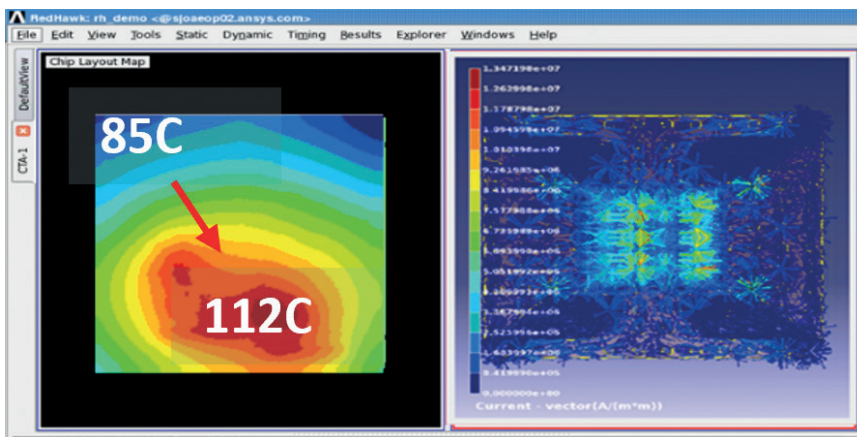
片系统在随着时间的推移而加热和冷却时是如何翘曲的。如果管理不当，这将给您带来可靠性问题。

芯片对于弯曲的耐受性有非常具体的规则。例如，一个芯片可能被允许以凹面方式弯曲到一定量——那就只有这么多。顺便说一句，不仅加热导致它弯曲，而且在组装过程中，当实际将这些芯片安装在彼此的顶部时，您把芯片向下压，这也会使它们弯曲一点。因此，这也需要考虑在内。在一定程度上允许凹弯，但绝对不允许凸弯。显然，这方面的公差非常低。一种弯曲方式是允许的，另一种是不允许的。这些是出现的一些可靠性问题，需要进行权衡。

PA：如果我理解正确的话，问题是，因为这是一个全新的过程，需要大量的学习。一旦他们理解了您所描述的一切是如何发生的，他们就会找到制作这些3D系统的最佳方法。但在此之前，他们必须在所有不同的负载和条件下进行多次测试。如果他们每次都以完全相同的方式做事，他们会得到相同的结果吗？或者，即使在相同的条件下，是否存在变异，我们可以称之为随机变异？

MS：是的，这就是模拟的美妙之处。人们可能会说，好吧，我更喜欢在一个不能预测它将要做什么的真实系统上工作，但实际上您可以在测试台上进行测量。是的，现实测量是有好处的，但问题是您正在测量的现实只是一个特定的实例。您正在使用这组特定参数来测量此特定器件。举个例子，想象一下测量钢制螺栓之类的东西的参数。钢螺栓有多坚固呢？钢材的批次各不相同。那会有一个范围。您可以测试一个特定的螺栓，它可能是一个很坚固的螺栓，也可能是一个不那么坚固的螺栓，但它并没有告诉您当要把成千上万的这些东西建造成一座桥时，可能性的范围是多少。同样，当您把芯片或3D组件进行测试时，您可以将其放在测试台上进行测试，但您正在测试的也是特定的器件。但是在厚度变化、材料特性变化方面有很多不同的参数。而且温度或热量也会由于使用而不同，对吧？如果芯片没有做任何事情，它就不会变热，只有当它真正处于使用状态时，它才会开始变热。

那么您打算给它什么样的使用呢？这是一个问题，因为有成千上万种可能的使用组合。模拟允许您在各种参数、各种条件、各种环境、外围条件下进行测试，并使用



▶基于Ansys RedHawkSCT™电流分布分析的芯片上的温度梯度。

各种材料组合来完成所有这些工作，并验证系统是否能够在整个可能性范围内工作。这就是模拟的力量。这也是RedHawk-SC Electrothermal允许您做到的。您可以识别问题，然后决定如何解决这些问题或如何预防它们。例如，您必须考虑的权衡之一是硅中介层。它比标准芯片大得多，我们说的是三英寸乘三英寸左右。这个中介层，如果您把它弄厚些，那么它就不会翘曲那么多。它会更硬，不会变形那么多，这很好，但这也意味着会导致更高的热应力。差分膨胀就会产生，但它不能弯曲，所以应力会非常高，但不会变形那么多。但是，如果使中介层薄很多，它就会变形得更厉害，但应力会更低。就像工程中的所有事情一样，这是一种权衡。

此外，硅中介层上还有钻孔，用以实现从一侧到另一侧的连接。这些孔称为硅通孔(TSV)，通常是铜柱。它们很小，但相对于芯片尺寸来说，它们实际上相当大。尽管它们是用于连接信号线的电导体，但它们也可以很好地通过硅将热量散发出去。您可以通过不同的方式布置这些TSV，不仅针对电气功能，还可以针对热功能。这是另一种方法，您可以平衡热量以减少差分膨胀的量，从而减少应力。获得最佳的TSV分布是优化设计的另一种方法。有很多角度可以看设计是否可以改进。

PA：正如您所描述的，主要的挑战是扩大计算要求高的应力模拟规模，但关键是同时要保持预测的准确性。这个挑战有多大？

MS：这些热模拟可以非常精确，并且依赖于网格划分。您将设计分解为有限元网格，这意味着您将整个图案分解为数百万个微小的三角形，这些小三角形对设计几何形状进行建模，并且可以作为一个小的局部问题进行分析。

对于3D，目前还弄不清楚芯片的终点和封装的起点，所以代工厂已经站出来说，好吧，我们已经提出了这些架构，你可以去他们的网站上找到这些。

精细网格为您提供高精度，但需要很长时间才能求解。我们谈论的是数百个CPU上的数天到数周的计算，因此这可能会变得异常地昂贵。

有两种方法可以满足这些模拟的巨大计算需求。一个是改进算法，这是Ansys的工作。我们有像自适应网格这样的东西，你可以检查网格是否真的需要在任何地方都那么精细。有些地方有很多热梯度，是的，我必须用精细的网格来建模来捕捉这些曲线。但是很多芯片，较冷的部分，它们的温度相当均匀。我不需要精细的网格来建模。我可以做一个更快、更粗糙的网格，并且仍然得到准确的结果。因此，有了自适应网格划分，在需要的地方它可以很精细，在不需要的地方它可以更粗糙，这确实降低了计算时间。这是算法的方面。

但另一方面，无论你做什么，这仍然是一个很大的棘手问题。因此，这就是我们引入微软和云提供商的原因，和他们说，我们需要定期为大型3D-IC预留出大量的计算时间。通常，这些系统在云端进行模拟和分析。这可以是混合的本地云或外部云，也可以是完全在商业云上。但我们与微软等云供应商合作，确保Ansys产品在云上轻松运行，这些算法得到有效分布，同时也具有弹性等功能。如果其中一个CPU出现故障怎么办？整个作业能否从一次故障中恢复，而不会因为一个CPU出现故障而损失两天的模拟时间？另外，我们可以使用云现货市场吗？这比使用按需资源便宜得多。

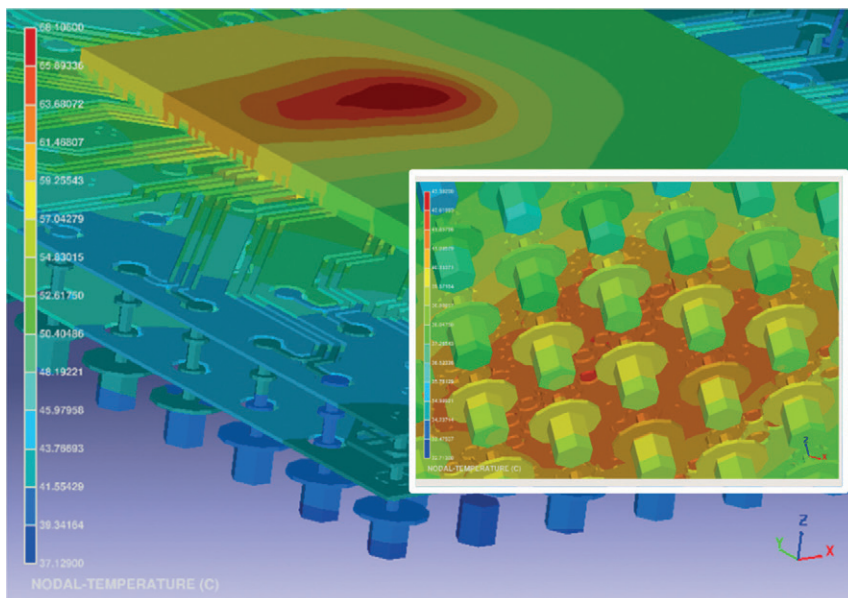
要确保这一切在云中正常工作，有很多问题需要处理。这也是微软参与

我们与台积电的特别合作的原因。微软也生产自己的芯片，所以这是一种相互的关系。我们作为客户与他们合作，我们作为云供应商与他们合作。这一切都是协同工作的。所以是的，他们确保这些计算要求非常高的工作可以在八小时左右完成——如果你把几百或几千个CPU放在上面的话。我们在多达4000个CPU上为一个客户运行了RedHawk-SC，以获得详细、完整的系统模拟结果。

PA：3D芯片作为一个相对较新的概念，需要一种新的制造工艺。因此，台积电需要了解您在3D芯片设计和后续性能方面列出的大部分内容吗？

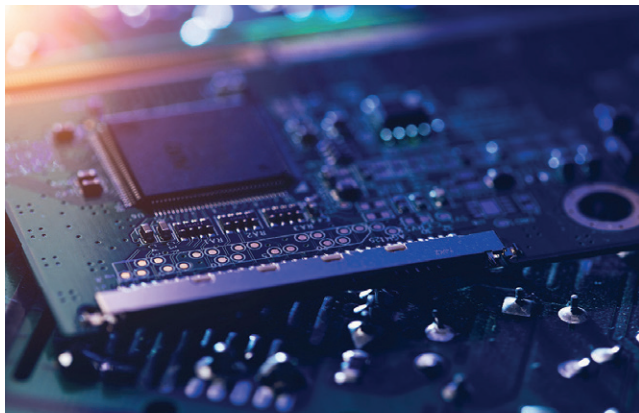
MS：是的，台积电专注于芯片制造，多芯片组装过去不是他们需要太多关注的事情，特别是因为他们不是系统设计人员，也不做电路板组装。他们只是关注单片的芯片。机械过去不是真正的问题。然而，现在他们已经开发了3D架构和技术。台积电的声誉在于不仅确保他们的制造是精确的制造，而且为客户提供能够设计这些东西的流程。因此，他们关心的不仅仅是制造了，而且还包括这是否是客户可以利用的流程吗？从这个意义上说，他们非常积极主动。他们致力于为客户开发这些参考流程，以便客户知道使用什么工具，以及如何使用它们来获得台积电已针对硅和实验室验证的良好结果。因此，对于台积电来说，机械模拟是一件令人关注的新事物。大多数客户设计团队仍然没有解决机械变形问题。只有最前沿的技术才能解决这个问题。

如果你看看今天谁采用了3D-IC，就会发现实际上是



►Ansys RedHawk-SC Electrothermal™对封装基板上的芯片的3D热分析结果，具有逐个引脚的热分辨率。

那些大型 HPC 提供商，是半导体设计界的高端供应商。Nvidia、AMD、Intel、IBM、ST，这些公司都有对体积和密度的系统要求，从而会去做全 3D 封装。但是这种形式也已经开始更多地渗透到主流产品中了。由于构建 3D-IC 有很多选择，代工厂已经站出来，好吧，我们将提出一些您可以使用的架构，这些架构由我们的制造部门提供支持，并且我们已经验证了这些架构可以可靠地工作。这是一件新事物。通常情况下，代工厂对于封装都是敬而远之。它是由不同的行业来完成的，这个行业称为 OSAT（外包系统组装和测试，outsourced system assembly and test）。代工厂专注于制造芯片，然后拿出去进行封装。



对于 3D，目前还弄不清楚芯片的终点和封装的起点，所以代工厂已经站出来，好吧，我们已经提出了这些架构，你可以去他们的网站上找到这些。有多个体系架构具有用于验证它们的参考流程。因此，这就把代工厂拉进了类似于机械模拟这样的领域，因为这是他们的客户必须做的，而且是他们的架构内的，采用的是他们的制造工艺。他们觉得有责任验证这一切是否有效。

PA：从你所描述的情况来看，你向他们提供的产品的重要性已经上升了几个档次，因为他们现在正在支撑这些架构，而不是像他们以前那样可能将一些问题转移到不同的方向吧？

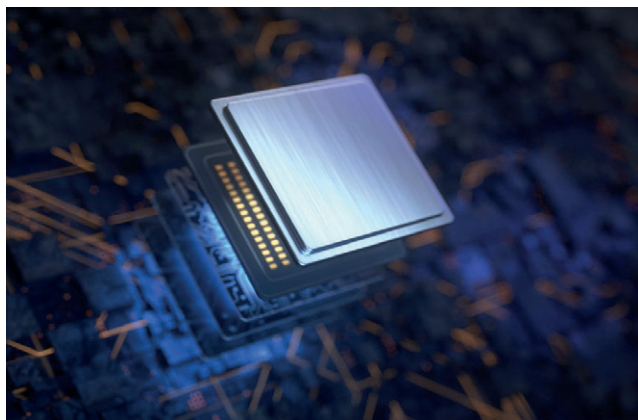
MS：是的，确实如此。3D-IC 是一个新兴市场，而且仍在不断变化。就像我说的，有很多很多的架构，表明对于哪种方式是最好的方法，还没有达成共识。仍然有很多技术正在尝试中。当你看一个 3D 芯片时，你可以从两个角度来看待它。你可以说这只是一个 PCB，但有点像一个非常高密度的 PCB。或者你可以从另一个角度看它，然后说不，它就像一个芯片，但只是更大、更扩展。而客户从两个方面都可以接近它。

有些具有更多的 PCB 背景，有些具有更多的芯片背景。是小 PCB 还是大芯片？它位于中间的某个地方，它把所有这些问题都归为一个蜡球，这就是问题的症结所在。我所看到的是，虽然这两种方法都仍然被客户所使用，但代工厂已经加大了努力，我认为这正成为一个更面向堆的问题，我认为未来的 3D 设计将更像一个巨大的芯片。

这两种观点都有些问题：如果从芯片方面看，这些中介层及芯片之间的连接非常像 PCB。他们有河流布线，有不是曼哈顿的再分布层。硅通孔非常大。芯片工具对所有这些 PCB 可变性都不会太合适。相反 PCB 工具则可以很好地处理所有这些。

问题是 PCB 工具无法处理这些系统的尺寸和容量。PCB 工具习惯于运行几千个信号，但在中介层上，您可以拥有数百万个信号，而 PCB 工具则对处理这数百万个信号无能为力。因此，双方都有一些问题，必须提高自己的水平，从而在市场上出现了新的工具来处理这个问题。例如，Synopsys 有一款名为 3DIC Compiler™ 的产品，该产品源自他们的芯片工具，但专门用于 3DIC。

PA：那么就你们与台积电的合作而言，我相信你们的解决方案已经得到验证吧？



MS：台积电确实为他们的客户提供了参考流程。所以他们说，嘿，这是一个经过验证的流程，我们已经能够跑通了，我们知道这是有效的。但他们也有自己的幕后操作，他们设计自己的 IP 和一些芯片。这种特殊的合作更多地源于台积电自身的内部需求。更多的是他们自己的制作人员说，“嘿，我们认为这是一个问题”。他们与我们合作开发了 this 流程，并发布了一份关于这一切如何运作的应用说明。这些可以在台积电设计门户网站上获得，供所有台积电客户访问。因此，它在很大程度上是一个实用的用户视角，而不仅仅是代工厂的参考流程。◆

填补测量空白

Nearfield Instruments B.V.最近推出了AUDIRA系统，据说这是业界第一个也是唯一一个用于先进半导体制造的在线无损表面下测量系统。

AUDIRA 系统旨在为先进存储器和逻辑器件中的掩埋特征和缺陷（如空洞）提供高精度和精确的纳米级测量。借助 AUDIRA，Nearfield Instruments 公司的目标是在透射电子显微镜（TEM）和临界尺寸扫描电子显微镜（CD-SEM）中，引入补充性的表面下次表层过程控制测量技术。

Nearfield Instruments 公司经业界验证的在线表面测量解决方案 QUADRA，采用基于多小型原子力显微镜（称为 MAFM, miniaturized atomic force microscopes）的创新架构，可实现高速、无损的器件表面形貌测量。超高速 MAFM 头技术与多 MAFM 方法相结合，允许在晶圆上进行并行成像，实现了比现有最先进的自动化 AFM 系统高出 100 倍以上的吞吐量，从而能够将 QUADRA 用作大批量制造（HVM）晶圆厂的在线工具。QUADRA 的独特架构还确保了在测量 CMP 应用中的层以及高深宽比（HAR, high-aspect ratio）结构和 High-NA EUV（高数值孔径极紫外线）应用时，具有出色的精度和动态稳定性。专有的高

级成像模式使 QUADRA 成为唯一能够对关键 HAR 结构进行 3D 测量的 AFM 工具。结合定制的 CD 提取算法和用于自动探头更换的尖端磨损检测机制，QUADRA 根据需要通过混合键合的 CMP 工艺、蚀刻后的 HAR 结构和 EUV 光刻胶 CD 计量提供了出色的在线过程监控功能。

新的 AUDIRA 次表层计量工具基于 QUARA 架构，保留了独特的多 MAFM 系统架构和专有的 AFM 技术的优势，旨在实现在线过程控制的高通量。在 AUDIRA 中，Nearfield Instruments 引入了两种新的声学显微镜技术，以满足两个不同深度范围的表面下计量需求。在这两种技术中，AFM 探针都被用作波导，用于发送然后“监听”来自晶圆层的声波。

应用

AUDIRA 瞄准计量和检测市场，专门用于测量不透明层表面下的纳米级结构。

从计量（metrology）方面来说，主要应用是测量叠加精度，即不同层上的图案错位。目前，许多传统的光学叠加测量技术仅限于测量比器件本身尺寸大十倍以上的大型光学目标。对于 5nm 节点，叠加容差约为几纳米，大多数领先的内存和逻辑制造商实现了 2 纳米的叠加，并且预计还会进一步缩小。随着尺寸的缩小，将需要直接在器件上进行叠加测量，以消除从计量到器件（MTD, metrology to the device）校准的可能误差，并保证器件的性能。由于 EUV 光和光刻胶之间的相互作用，EUV 光刻过程中随机效应的增加也推动了对器件上叠加计量解决方案的需求。随机效应导致 CD 不均匀性（线边和线宽粗糙度）增加，从而占据了边缘放置误差（EPE, edge placement error）的很大一部分，即对于 5nm 节点会小于 5nm，从而为叠加误差留下更少的空间。

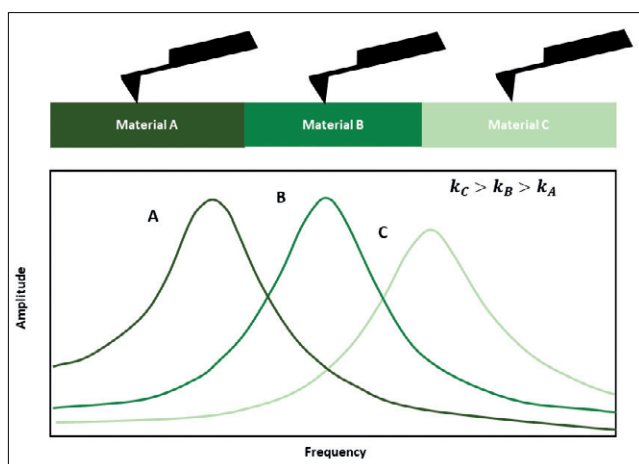


图1：不同材料的接触共振偏移。较硬的材料具有较高的接触共振频率。图片选自B.D. Huey et al, Annu. Rev. Mater. Res. 37 (2007)

作者：Niranjan Saikumar

共同作者：Nelda Antonovaité, Irene Battisti, Taras Piskunov, Mehdi Soozande

这种严格的叠加控制对亚纳米级计量工具的准确度和精度提出了挑战。虽然电子束成像可以检测非常局部的产品对准误差，包括随机误差，但它的穿透深度有限，并且会损坏敏感的光刻胶，从而限制了其应用。此外，由于特征尺寸差异很大，从而使得逻辑客户选择在曝光后进行检查，存储器市场在蚀刻后对叠加计量有所增加，这表明需要多样化的叠加计量功能。例如，透明层和不透明层都需要多层的测量。

AUDIRA 的检查和审查市场应用目标主要是空洞，但不限于空洞。层中的空洞形成可以在器件级别跟踪到至少一个关键过程，其中牺牲的氮化硅被去除并用导电金属代替，从而产生埋藏在 10 到 100 纳米深的浅空洞。

虽然这个问题在 3D NAND 结构中尤为严重，因为大孔密集且孔间距减小，但由于金属线横截面的缩小，互连也出现了这种情况。在存在空洞的情况下，由于尺寸缩小而增加的电流密度会进一步增加应力，并可能导致器件失效。

在使用混合键合的晶圆 / 芯片级先进封装步骤中，在键合步骤后 Cu 焊盘上的表面缺陷会产生高达 10 倍缺陷尺寸的空洞，这些大空洞深埋在不透明层下方近微米的地方。随着铜焊盘的尺寸缩小到远低于一微米，并且用于键合的致密铜焊盘趋于标准，因此需要分辨率为 100nm 或更高的缺陷灵敏度。

键合材料 / 工艺中的缺陷也可能导致不同类型的缺陷，这里是分层。虽然这在晶圆级的混合键合中比较常见，但器件制造路线图指向了 2D FET，沟道层的分层成为器件级良率的主要问题。在这两种情况下，这些缺陷都会导致电气或机械失效。

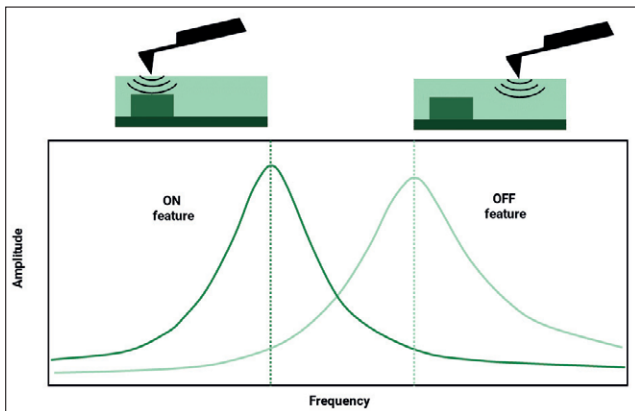


图2: 卡通图片显示了掩埋结构上和离开掩埋结构的 AFM 探针响应的差异。选自 M.H. van Es et al, Ultramicroscopy 184 (2018)

测量技术

AUDIRA 提出了两种不同的互补的表面下计量技术，相对而言，在成像的穿透深度和横向分辨率能力方面进行了权衡。从技术角度来看，这两种技术在操作的声学频率范围和测量中使用的基本物理场方面有所不同，根据材料特性的差异，一种是用于测量深度达 10um 的浅层结构的 MHz 频率范围，另一种是用于测量更深的结构或埋在表面以下浅层的具有类似材料特性的结构的 GHz 频率范围。

检测粘弹性变化

第一种技术基于对材料粘弹性变化的检测，适用于测量浅层和精细的特征，或埋藏在深处直至几微米的相对较大的特征。根据应用的不同，可以获得 nm 或亚 nm 级的横向分辨率。当被扫描探头感应到时，每种材料都显示出一个特征的共振频率，称为接触共振 (CR, contact resonance) (见图 1)。接触共振的变化也可能是由埋在表面下的材料变化引起的，例如空洞 / 分层或表面下对齐标记 (见图 2)。

在文献中，用于表面表征和表面下成像的 CR-AFM 通常是在声波源和 CR 的传感分离的情况下完成的。声波通常施加在晶圆底部，将声能传递到整个晶圆，而顶部的扫描探头则在特定位置感应 CR。在 AUDIRA 中，通过在探头处结合声源和检测器，从而改变了传统的工作方式。

该探头用作波导，在 MHz 范围内以载波频率 f_c 引入声波，然后以频率 f_m 进行调制。非线性针尖 - 晶圆相互作用产生了 f_m 处的混频信号，该信号通过悬臂响应放大。这种通过该测量模式用于检测 CR 变化的方式被称为表面下超声共振力显微镜 (SSURFM, Subsurface ultrasonic resonance force microscopy)。

就灵敏度而言，穿透深度取决于特征尺寸以及所涉及的不同材料的机械硬度变化。AUDIRA 通过针对表面下测量的定制悬臂和尖端设计，提高了分辨率和对埋藏材料的灵敏度，从而进一步创新了这一技术。

波传播方案

粘弹性变化传感的灵敏度随着深度的增加而下降：当深度大于 10um 时，它只能检测具有显著材料属性变化的大的特征。为了满足深度大于 10um 的需求，AUDIRA 采用的第二种技术是利用 GHz 量级频率的声波注入，目标分辨率在几纳米或几十纳米的范围内，具体取决于目标深度。

样品扫描使用超声压电换能器（PZT 技术）或超短激光脉冲（泵浦 - 探针 PTAI 方法）。在样品表面产生的超声波传播通过样品的深度，到掩埋结构上进行反射，并产生表面的机械变形，而这会被记录为超声波回波。

该技术所采用的物理原理转变为波传播方案，其中透射波在器件内的所有表面转变处与晶圆相互作用并反射回来。这种反射声波包含与强度和到达时间相关的信息，然后用于重建表面下结构的 3D 图像。

使用该方案进行成像考虑了两个主要技术方向：压电换能器（PZT, Piezoelectric Transducer）方法和光热声学成像（PTAI, Photothermal Acoustic Imaging），AUDIRA 能够在同一架构中容纳两者。在 PZT 技术中，先进的电子元件被用来有效地发射和检测 GHz 声波。这些电子元件实现了发射和检测之间的快速切换，可以精确控制声波波长。这种控制水平在确定测量的深度分辨率和信噪比方面起着关键作用。

在 PTAI 方法中，超短激光脉冲用于引发声波，检测反射并重建回波，采用泵浦 - 探针方案来进行工作。与 PZT 技术不同，PTAI 对电子元件的要求不那么严格。然而，虽然 PTAI 具有简化电子元件的优势，但与通过 PZT 方法实现的直接测量相比，它重建的回波本质上是间接测量。

样品扫描使用超声压电换能器（PZT 技术）或超短激光脉冲（泵浦 - 探针 PTAI 方法）。在样品表面产生的超声波传播通过样品的深度，到掩埋结构上进行反射，并产生表面的机械变形，而这会被记录为超声波回波。对回波阵列进行处理可以重建掩埋结构。表面的 2D 扫描可以生成表面下的完整 3D 图像，可用于生成不同的横截面，例如图 4 中右上角图像上显示的 B 扫描（样品的侧视图）。

从应用的角度来看，这两种技术在穿透深度方面进行

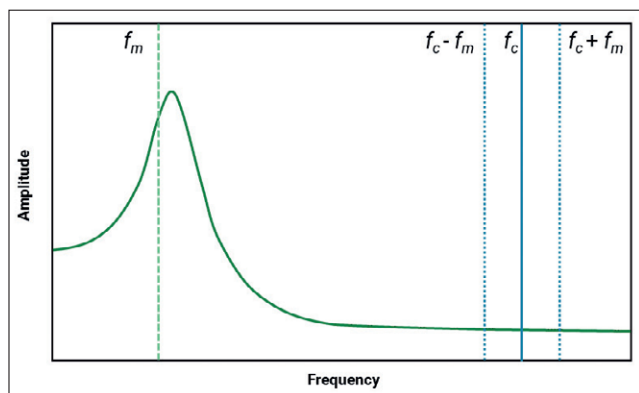


图3: SSURFM技术，专为AUDIRA中基于探头的直接驱动和传感而定制。选自M.H. van Es et al, Ultramicroscopy 184 (2018)

样品扫描使用超声压电换能器（PZT技术）或超短激光脉冲（泵浦-探针PTAI方法）。在样品表面产生的超声波传播通过样品的深度，到掩埋结构上进行反射，并产生表面的机械变形，而这会被记录为超声波回波。

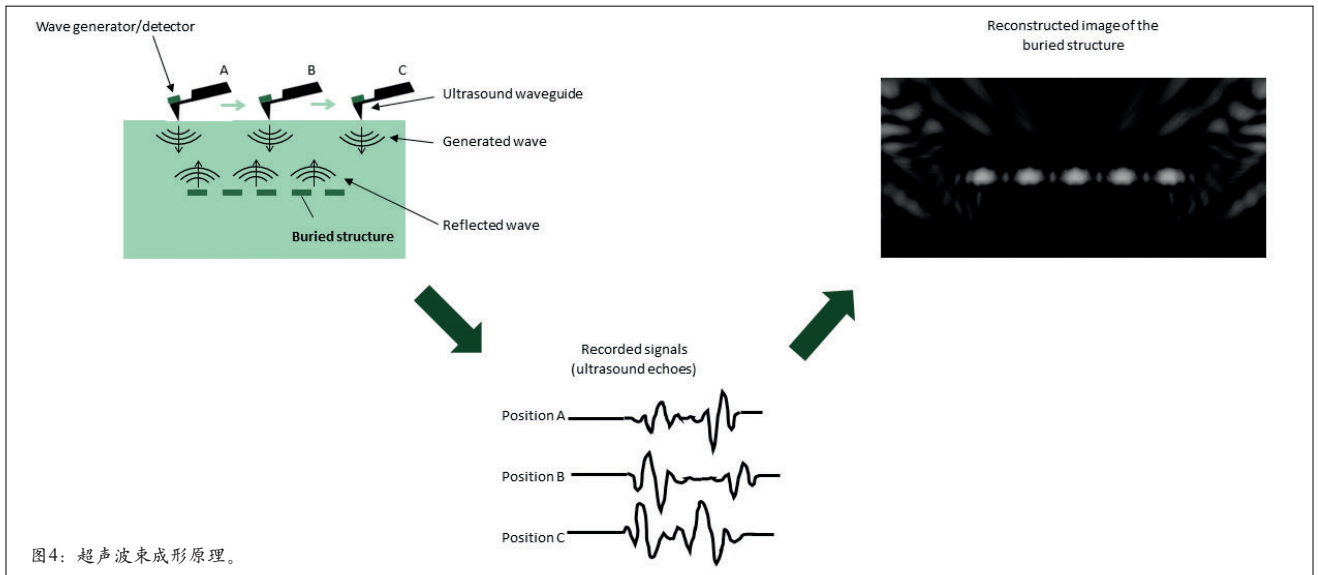
了权衡，因为深度直接取决于声激发的波长，从而可以采用声学频率。PZT 技术受到压电材料厚度的限制，压电材料可以始终如一地制造，转换为几 GHz 范围内的较低频率直至最高可达 10GHz 的频率，而 PTAI 则可以充当高达 100GHz 的高频源。

信号处理对于获得两种技术的完整 3D 结构的全面重建都起着至关重要的作用。AUDIRA 采用定制的超声束成形技术（见图 4）。这种技术是无损检测中使用的一种众所周知的后处理方法。这种方法涉及处理扫描探头在成像过程中收集的回波阵列，模拟用于将超声波束聚焦在固态物体或结构的点上的声学透镜。这种处理构成了该方法生成表面下特征的高保真表达能力的支柱，并使得能够提取详细的结构信息。

AUDIRA中的图像处理

Nearfield Instruments 认识到与叠加提取或缺陷识别相关的数据处理算法所发挥的关键作用。对于叠加提取，虽然现有的光学技术算法在一定程度上适用，但需要特别注意信息的独特的单像素捕获。为此，Nearfield Instruments 还通过 AUDIRA 引入了定制算法，旨在增强表面下图像的对比度，并大大提高提取叠加层的准确性。此外，由于需要通过多个具有各自对准标记的不透明层进行叠加提取，因此采用了解析干扰结构和同时叠加提取的算法。Nearfield Instruments 还与客户合作，为基于 AUDIRA 的测量定制对准标记，以提高通量和精度。

在缺陷识别和分类方面，Nearfield Instruments 正在发



展传统算法，但也在传统方法之外一直在开发基于机器学习分类算法，这些算法已经可以部署在代工厂中。混合键合后的缺陷检测尤其需要机器学习路线，因为晶圆边缘修整、晶圆研磨和切割的后端工艺会产生与表面粗糙度相关的伪影，并且还会渲染低对比度图像。

平台和M&I路线图链接

Nearfield Instruments 与客户合作开发配方，并为应用选择是否最适合进行局部弹性测量，以及何时切换到波传播方案。借助 MHz 粘弹性传感和 GHz 超声成像技术，AFM 头通过从晶圆捕获信息来扫描整个芯片，步长小至十分之一纳米。然后，在每一步中捕获的数据被组合并转换为底层的综合图案。

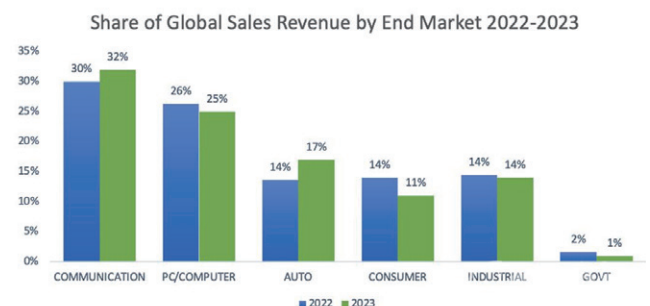
到目前为止，弹性和波传播方案主要是通过前者从样品底部传输声波，后者从顶部传输声波来发展起来的。这严重限制了设备功能，不允许单一工具来同时处理这两种模式。对于小样品，底部驱动的弹性方法也许是可能的，而对于像 300 毫米晶圆这样的大样品来说则几乎是不可能的。Nearfield Instruments 已经成功地将这些技术结合起来，使扫描头能够使用 AFM 探针作为声波的波导。

因此，AUDIRA 可以利用 QUADRA 成熟的多头架构，从而实现更快地在代工厂的应用。多头架构允许 AUDIRA 同时用于晶圆上不同深度的测量，并作为缺陷检测和审查工具，因为不同的扫描头可以执行不同的功能。在扫描头中实现这种功能使得 AUDIRA 能够在晶圆厂中用作混合计量工具，而这是一项关键的突破。◆

2023年汽车行业成为全球第三大半导体终端市场

根据世界半导体贸易统计 (World Semiconductor Trade Statistics, WSTS) 的《2023 年半导体终端用途调查》，汽车制造商和零部件供应商在 2023 年占全球微芯片采购的 17%，比 2022 年增长了 3 个百分点。汽车行业在 2023 年成为全球第三大半导体终端市场。

汽车中使用的芯片数量正在稳步增长。WSTS 指出，未来十年，汽车行业将继续成为推动半导体需求的重要行业。汽车电气化、自动化和互联性的创新需要在汽车中使用更多的芯片含量。当前一代汽车 (包括电动汽车) 可能拥有 1000 至 3500 个半导体。随着消费者在选择汽车时继



续优先考虑车辆安全系统，如高级驾驶辅助系统 (ADAS)、车辆连接性和电气化方面的进步，这一数字预计还会增长。

半大马士革集成中引入空气间隙结构面临的挑战

- 随着芯片制造商向3nm及以下节点迈进，后段模块处理迎来挑战
- 在半大马士革集成方案中引入空气间隙结构可能有助于缩短电阻电容的延迟时间
- 帮助imec确定使用半大马士革集成和空气间隙结构进行3nm后段集成的工艺假设

随着器件微缩至 3nm 及以下节点，后段模块处理迎来许多新的挑战，这使芯片制造商开始考虑新的后段集成方案。

在 3nm 节点，最先进的铜金属化将被低电阻、无需阻挡层的钌 (Ru) 基后段金属化所取代。这种向钌金属化的转变带来减成图形化 (subtractive patterning) 这一新的选择。这个方法也被称为“半大马士革集成”，结合了最小间距互连的减成图形化与通孔结构的传统大马士革。

互连线减成图形化的优点之一，是提供了转变至 (更) 高深宽比金属线的机会。但它也有缺点，那就是会增加电容。如果引入空气间隙结构，支持互连线隔离，则可以克服这种不良影响。因此，空气间隙常常被视作缩短电阻电容延迟时间的主要手段。

前文提出的半大马士革集成方案可结合完全空气间隙集成，用于最关键的最小间距金属层 (M1 和 M2)。它也可以与传统的 dual damascene 或混合金属化方案相结合。

我们支持了 imec 的一项研究，对先进 3nm 节点后段集成方案进行分析。研究中，我们使用 SEMulator3D® 工艺模拟软件对半大马士革集成流程和引入空气间隙结构进行模拟。这帮助 imec 在试产线上进行硅晶圆处理之前，就能更好地了解集成面临的挑战和相关的失败风险。该项目的目标是确定使用半大马士革集成和空气间隙结构进行 3nm 后段集成的工艺假设。

流程模拟

使用 SEMulator3D 对 3nm 后段方案的半大马士革空气间隙工艺流程进行模拟。图 1 展示了关键的工艺步骤，

带空气间隙的半大马士革 流程建议

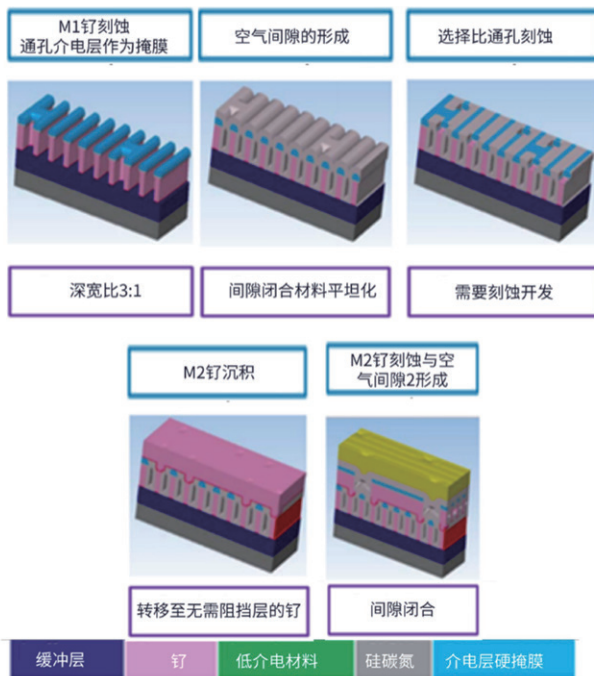


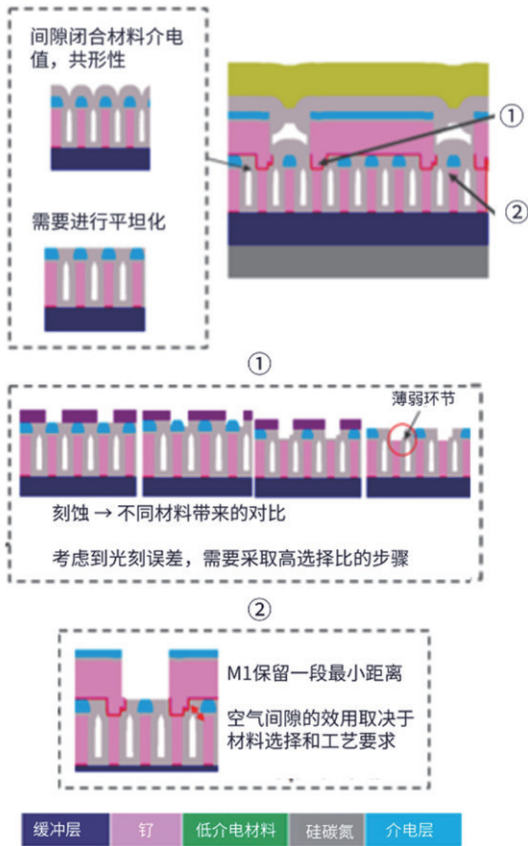
图1: 3nm节点后段半大马士革空气间隙工艺流程。

其中包括 M1 钌刻蚀步骤、随后的空气间隙闭合、完全自对准通孔图形化、完全自对准通孔 /M2 金属化、以及最后的 M2 图形化。

此次研究中，为了真实地再现空气间隙形状，我们根据 imec 10nm 半间距金属互连模块的透射电子显微镜 (TEM) 图像，对 M1 钌图形化和空气间隙闭合工艺步骤进行校准。

带空气间隙的半大马士革

考虑因素



假设：间隙闭合材料的选择对半大马士革集成能否成功至关重要
图2：半大马士革空气间隙工艺流程挑战。

空气间隙方面的挑战

为了避免潜在的硅晶圆工艺失效，我们利用 SEMulator3D 研究了半大马士革空气间隙工艺流程中，空气间隙闭合相关的挑战和薄弱环节。

图 2 展示了 3nm 节点半大马士革空气间隙工艺面临的挑战。其中，该图突出展示了空气间隙闭合后进行平坦化、以保持介电常数 k 值和共形性的需求，以及空气间隙闭合控制这一关键的工艺挑战。

我们的模拟显示，为了避免引入空气间隙失败，M1 和 M2 之间应该保留一段最小距离。换句话说，在完全自对准通孔刻蚀的第一步，必须使用对暴露的硅碳氮空气间隙闭合介电材料具有高选择比的工艺。

在随后的硅碳氮刻蚀工艺步骤中，为了与下层金属 1 钉相接，需要进行刻蚀工艺，使硅碳氮介电层产生较高的倾斜度。这可以减少对间隙闭合介电层的过度刻蚀，并在通孔刻蚀工艺中保持空气间隙闭合。图 3 左右的模

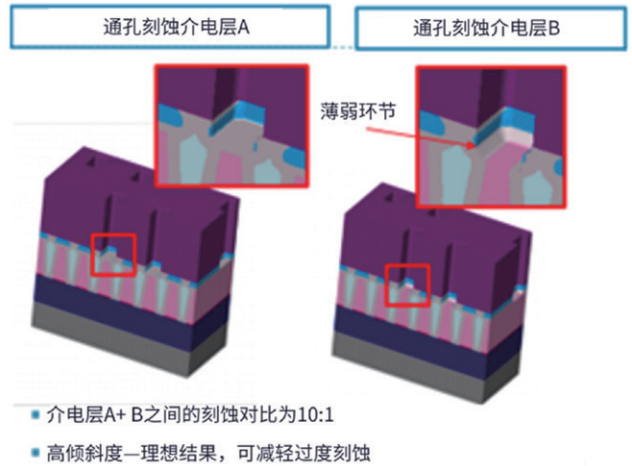


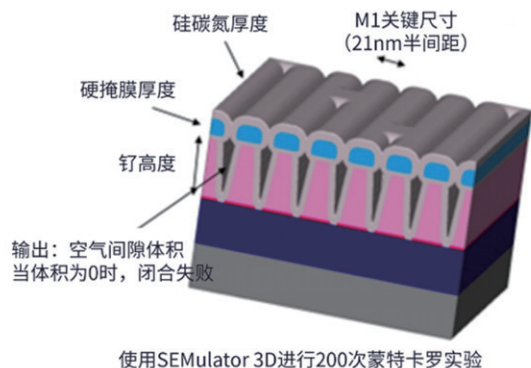
图3：空气间隙闭合的薄弱环节。

拟结果分别展示了需要的二氧化硅与硅碳氮的刻蚀选择比，和理想的硅碳氮倾斜度。

敏感性分析

在模拟中，我们对可以控制和维持空气间隙闭合和体积的工艺参数进行敏感性分析。其间，通过改变 M1 光刻关键尺寸、硅碳氮间隙闭合介电层厚度、二氧化硅硬掩膜厚度、M1 钉横向刻蚀和钉高度，我们在 SEMulator3D 上共进行了 200 次蒙特卡罗实验。相关工艺参数和评估参数范围的详细信息见图 4。

变量	最大值	最小值
光刻M1关键尺寸	+3nm	-3nm
二氧化硅厚度	15nm	25nm
钉横向刻蚀	0.05	0.1
钉厚度	63nm (深宽比3:1)	84nm (深宽比4:1)
硅碳氮厚度	10nm	20nm



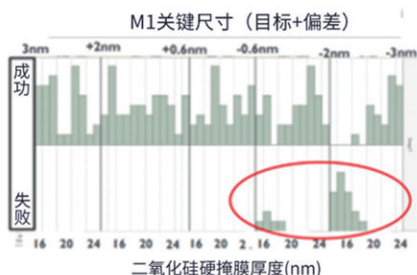
使用SEMulator 3D进行200次蒙特卡罗实验
图4：空气间隙闭合工艺敏感性分析。

模拟表明，关键尺寸越小，硅碳氮沉积失败的风险越大，因此，造成空气间隙闭合失败的最大因素是金属1关键尺寸和较小的二氧化硅硬掩膜厚度。此外，金属1钉厚度和二氧化硅硬掩膜厚度也是影响空气间隙体积的最大因素（见图5）。

成功/失败分析

1. 造成间隙闭合失败的最大因素—较小的关键尺寸和硬掩膜厚度

预测器	影响大小	影响比例	排行
LithoM1bask	13.3177	0.4292	1
SiO2_HMTSiO2	11.2257	0.3618	2
RuRu_etch	2.9419	0.0773	3
visibilityTSiCN	2.1378	0.0689	4
RuTM1Ru	1.9290	0.0622	5



2. 排除失败案例，影响空气间隙体积的最大因素是钉厚度和二氧化硅厚度

使用这两个参数进行电阻电容研究

预测器	空气间隙体积(nm ³)		排行
	影响大小	影响比例	
RuTM1Ru	405.502	0.3720	1
SiO2_HMTSiO2	385.448	0.3536	2
LithoM1bask	107.289	0.0984	3
visibilityTSiCN	104.325	0.0957	4
RuRu_etch	87.450	0.0802	5

图5: 工艺敏感性研究结果:
对空气间隙闭合失败影响的研究 (上2图)
对空气间隙体积影响的研究 (下2图)

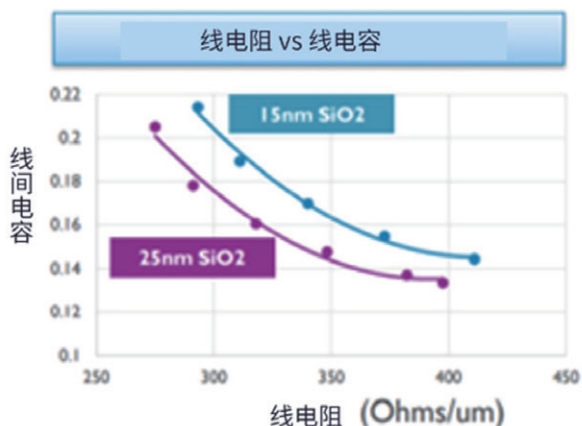
空气间隙体积敏感性研究的结果被用于量化对电阻电容降低的影响，相应的分析结果见图6。

主要收获

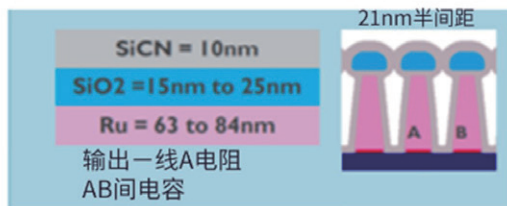
在这项研究中，我们使用 SEMulator3D 模拟为 3nm 节点后段进行半大马士革空气间隙工艺的流程。为了确定为 3nm 节点后段进行半大马士革集成的最佳工艺，模拟研究了潜在的薄弱环节和工艺挑战。

工艺流程模拟显示，空气间隙材料的选择和刻蚀工

电阻电容研究



二氧化硅越薄，电容越大



二氧化硅厚度变小—空气间隙体积减小32%，
即硅碳氮在空气中的比例升高

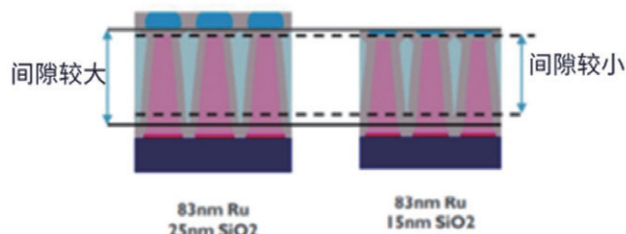


图6: 空气间隙体积工艺敏感性研究及其对电阻电容降低的影响。

艺是半大马士革和空气间隙工艺方案能否成功的关键。这些工艺模型非常有价值，因为 imec 不用经历耗时、耗财的硅晶圆制造过程，就能研究 3nm 后段工艺方案的关键工艺。◆

鸣谢

由衷感谢 Gayle Murdoch 和 imec 同意我们分享这项研究。此研究获得了 Pin3s ECSEL Joint Undertaking 的支持。

用于批量加工的创新型 NexAStep湿式蚀刻清洗系统

近几十年来，半导体行业取得了巨大进步，在我们的现代世界中发挥着至关重要的作用。湿法工艺设备是生产高质量半导体器件的关键部分。AP&S 公司生产湿法工艺系统已有 20 年历史，这些系统对于晶片的清洁和加工处理是不可或缺的。本文介绍 AP&S 公司的最新开发成果：用于批量加工的 NexAStep 湿式蚀刻清洗系统。



Alexandra Laufer-Müller
(股东兼首席执行官)



Tobias Bausch
(首席营销官兼首席技术官)



Christoph Kluge
(tepcon GmbH 总经理)

AP&S 携创新型 NexAStep 湿法蚀刻清洗系统在德国慕尼黑举办的半导体展览会 SEMICON Europa 2023 亮相，吸引了行业的关注，为了帮助客户应用此最新成果，AP&S 学院同时可以进行相关培训。

NexAStep 所采用的创新紧凑型系统设计是一项根本性的进步，由于系统占用的空间较小，因此可以优化洁净室的使用。在模块占地面积内有效地布置化学品供应、排水、接收罐和控制柜，进一步减少了空间需求，并方便了维护和操作。模块化工厂设计 (modular plant design) 可以实现工厂的快速组装、拆卸和重新配置，从而提高了生产过程中的灵活性。这样，公司就能在有必要的时候迅速适应市场变化，并在需要时扩大工厂规模以增加产能。

位于 NexAStep 前端的集成轴最大程度地减少了粒子的产生，并简化了直接接入 (direct access)。在外观上看，集成在镶板上的信号灯提供了 180 度

的可视性，可以改善接入和安全性。

此外，AP&S 还与其姊妹公司 tepcon GmbH 一起拥有一家软件公司，协助实现用户友好型直观人机界面 (HMI)。简化系统操作、优化监控和有效控制是此处的主要关注点。这确保了高效的过程控制。

tepcon GmbH 总经理 Christoph Kluge 解释说：“在状态监测领域，我们的解决方案可以通过表格、图形或流程图对实时数据提供可配置的可视化，对极限值进行监测，并通过电子邮件、短信或 WhatsApp 及时发出警报。

客户可以随时随地通

过移动设备灵

活地实施

干预。

能够实

时避免

机器故

障。通

过分

析过程数

据，可以记录

和跟踪生产配方。

而通过与历史数据进行

比较，则可以发现操作错误，



湿式蚀刻清洗系统 NexAStep - 用于量产湿法加工的新型批量处理工具



多达 12 个 LMC 晶圆载具，每个载具可容纳 2×100 片晶圆（8 英寸），可以实现高效加工处理

从而优化配方工艺并高效地规划服务调用。”

由于采用自动控制和自动装载实现了高产能，这也在技术的选择中起到了重要的作用。通过使用 OHT (Overhead Hoist Transport, 高架提升传输)，可以将该系统集成到现有的复杂工艺链中，从而加快晶圆载具的传输速度。由此而在湿法工艺系统中形成的集成仓库(integrated warehouse)具有多达 75 个储存位置，从而保证了生产流程的连续性。

NexAStep 具有多达 12 个 LMC 晶圆载具，不间断地提供晶圆，每个载具可容纳 2×100 片晶圆（8 英寸），因此，支持一种连续和预定的工艺生产流程。这样，在占地面积不变的情况下，AP&S 将生产量提高了一倍，并显著降低了总拥有成本（相同的化学成分，生产量提高了一倍）。

AP&S 首席营销官兼首席技术官 Tobias Bausch 表示：“凭借新的 NexAStep 工厂平台，我们就能够在同一间工厂里将 AP&S 在过去 20 年中积累的所有正面经验与当前的客户和市场需求结合起来。湿法工艺工厂工程的‘自动化、生产量和功能性’将更上一层楼。能够在第一

批工厂的现场生成数据，并看到新概念为我们和客户带来的附加价值，这让我们充满自豪感。”未来的湿法工厂将组合使用已有的干燥工艺，如马兰戈尼效应 (Marangoni effect) 和 NID 热干燥 (氮 IPA 蒸汽干燥) 工艺。这两种工艺都是专业干燥方法的范例，已经在各种不同的半导体技术中得到了验证和应用。为了让客户尽可能自由地设计填充和工艺配方，这些工艺可以单独地精确设置，并根据具体产品进行选择。

NexAStep 系统的其他创新之处还包括优化了制程处理室的提取，以及由此降低了污染度，且工艺温度高达 170℃，从而提升了加工速度。

总之，这些先进的湿法工艺系统能为半导体行业的客户带来显著的附加值。它们使得半导体组件的生产更高效、更灵活、成本更优化、且自动化程度和质量水平更高，因而有利于技术领域的进一步发展。

这一点正是 2023 年 6 月开始挂牌运作的 AP&S 学院同样支持的。AP&S 学院首席运营官（也是发起人）Tobias Drixler 解释道：“长期以来，我们一直在客户的半导体工厂现场成功地举办培训课程。不过，近年来这方面的需求大幅增长。此外，客户要求建立湿法工艺技术培训中心的呼声也越来越高，原因是这样一来培训活动就不会影响生产设施的正常运行。这与我们创办 AP&S 学院的策略可谓不谋而合。”



多达 75 个储存位置保证了生产流程的连续性



高度动态的轴系统，晶片传输和快速空运行

Steffen Hölderle (服务主管) 和 André Menge (高级服务与培训主管) 颇感骄傲地接受了 AP&S 学院的钥匙。总经理 Tobias Drixler (首席运营官) 认为，培训中心是一个平台，可以为新员工和客户 提供个性化和专门的培训，帮助他们更好地了解机器各自的用途。由于目前技术工人短缺，而且需要对非专业人员进行充分的指导，从而使其具备化学湿法工艺技术方面的资质，因此，人们对此类培训课程的兴趣大增。

有四个培训模块，用户可以连续参加，培训师由那些既掌握半导体行业的知识、同时又具备教学技能的公



可手动操作和装载，旨在实现最大的灵活性

司员工担任。因此，AP&S International GmbH 公司员工 20 年来积累的技术诀窍被有针对性地传授给相关员工，以便通过以实践为导向的方式教授湿法工艺设备的操作方法。

公司股东兼总经理 Alexandra Laufer-Müller 指出：“我们的目标是涵盖前端和后端生产链所需的全部湿法工艺解决方案。例如，我们的产品可执行清洗、蚀刻、金属蚀刻、光刻胶去除 (PR strip)、化学镀、剥离、干燥和显影工艺等功能。这是开始阶段。我们将与客户一道，不断开发出色的新型工艺，比如当今市场上独一无二的 AP&S 金属剥离工艺。此外，我们还提供手动、半自动和全自动应用程序。”



从左到右：总经理 Tobias Drixler (首席运营官)，Steffen Hölderle (服务主管) 和 André Menge (高级服务与培训主管)

在电子产品生产中实现最佳清洁效果的干式清洗工艺

无论是能源、交通出行还是工业领域，电子组件和系统在实现气候中和的转型过程中都发挥着关键作用。由于对功率密度和可靠性以及新型解决方案的要求越来越高，生产这些组件时对技术清洁度的要求也大幅提高了。ACP SYSTEMS公司的 quattroClean 雪花喷射技术具有可扩展性、洁净室兼容性和联机能力，是一种干式、可靠和可持续的方法，能满足众多清洁应用的上述要求。

技术洁净度 (technical cleanliness) 对电子组件和系统的性能、功能、可靠性和使用寿命有着决定性的影响，从半导体和微系统产品、印刷电路板连接和组装技术，到电池单元和模块的制造，以及光伏和激光结构有机电子产品的生产等，都包含在内。

基准是指下游工艺或最终应用所需的清洁度水平（必须以一致和可重复的方式实现）。为确保符合某些场合对微粒、薄膜状有机和无机残留物污染的极高限制，清洁工作通常在洁净室中进行。ACP SYSTEMS 的 quattroClean 雪花喷射技术 (snow jet technology) 采用了与洁净室等级相适应的设计，已成为应对此类高纯度任务的解决方案。

明确达到SCC1和最高的薄膜清洁度水平

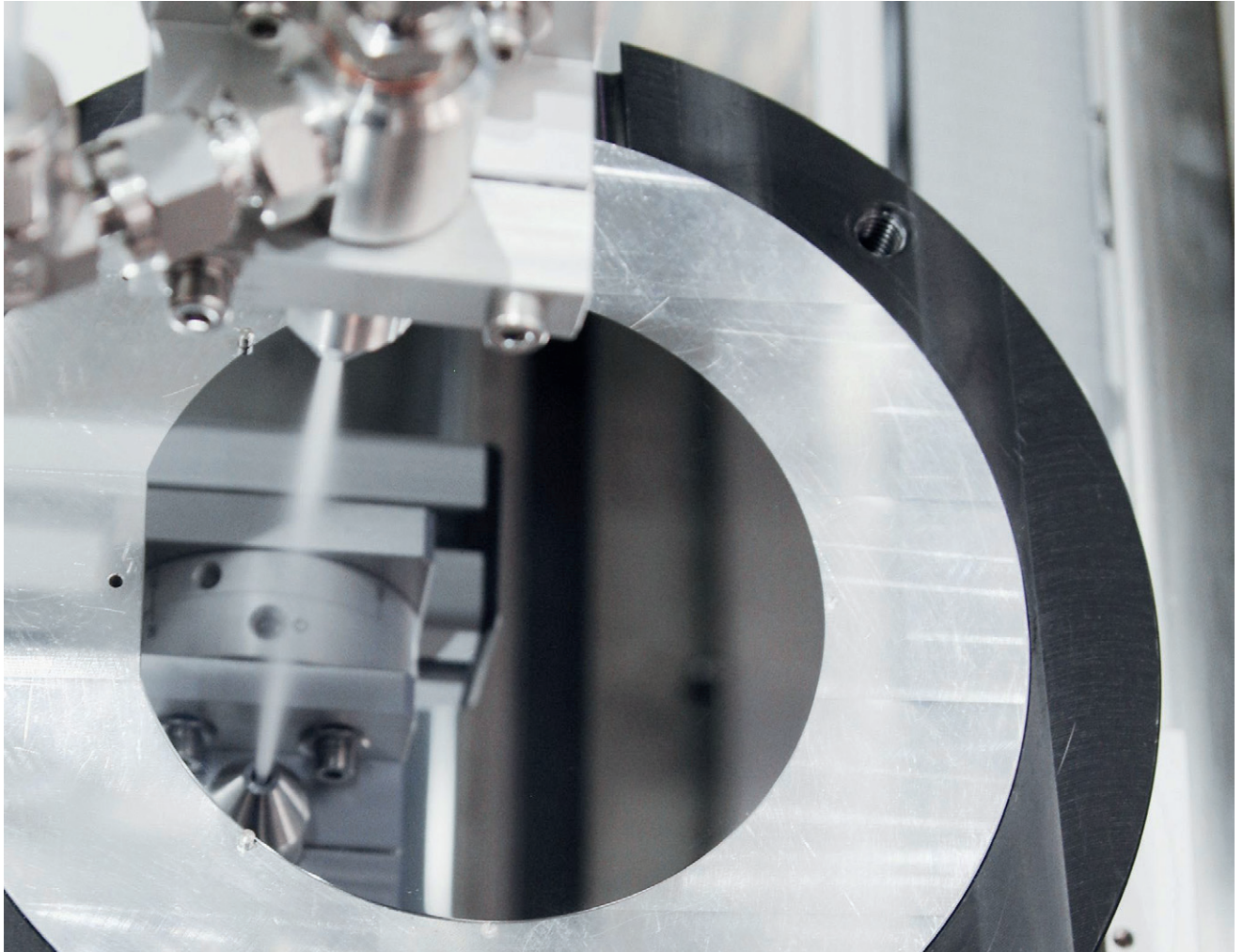
该技术涉及一项用于全表面或选择性部分清洗的干法工艺。清洁介质是从化学生产过程和产生物质的能量回收的液态二氧化碳。二氧化碳通过一个高耐磨的双组分环形喷嘴导入，并在喷出时膨胀形成细小的雪晶。这些雪晶由一个单独的气囊压缩空气射流将其聚集并加速到超音速。当轻松聚集的雪和压缩空气射流冲击到待清洁的表面上时，将产生热、机械、溶剂和升华的组合效应，这就是清洁作用的基础。在此过程中，结晶二氧化碳完全升华，使处理过的表面完全干燥。然后，分离出来的污染物与工艺气体一起被抽走，从而防止部件再次受到



带旋转喷嘴的JetCell不锈钢清洁单元结构紧凑，专为自动化清洁应用而开发，能够在短时间内清洁大面积区域。它可以容易地集成到联网的制造环境中，也可以作为独立设备运行。（图片来源：ACP Systems）

污染或周围环境遭受污染。不再需要耗时耗能的冲洗和干燥过程。

广泛的测试表明，quattroClean 雪花喷射技术在残留



quattroClean干式雪花喷射技术可以确保微粒清洁度始终符合 SCC 1 标准。对于薄膜状残留物，清洗效果与其他超精细清洗工艺相同。（图片来源：ACP Systems）

微粒污染方面始终符合 VDI 2083, Sheet 9.1:2006 标准规定的表面清洁度等级 (SCC1) 的要求。此外，对于事先经过超精细湿法化学工艺清洗的部件，能够以重复精确度达到与 SCC 0.1 相对应的微粒清洁度。对于薄膜状残留物，清洗效果可与湿式化学清洗、等离子体清洗或真空烘烤等其他超精细清洗工艺相媲美。

使用经Green Screen认证的介质进行可持续清洁

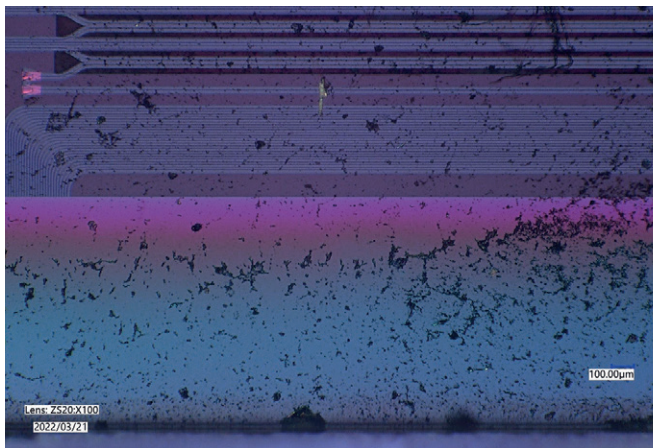
结合林德 (Linde) 公司提供的工艺气体，高效的 quattroClean 工艺获得了美国清洁生产行动组织 (Clean Production Action) 颁发的清洁剂和脱脂剂 Green Screen 证书。于是，Green Screen 这家独立的非营利组织专门为制造业 (尤其是电子行业) 中用作工艺化学品的清洁介质创立了一个基准。该证书确认工艺气体不含任何对人体或

环境有害的化学物质。

适合各种应用的洁净室兼容型清洗解决方案

为了针对不同的要求和生产状况提供最佳的清洗解决方案，ACP SYSTEMS 提供了一系列基于标准化模块的设备，以及单独规划的系统。这些解决方案全部采用不锈钢材料制成，其设计和功能均符合相关洁净室等级的要求。这确保液态二氧化碳在制备时的清洁度为 99.995%，质量为 1.2.1 (根据定义压缩空气质量等级的 ISO 8573-1:2010 标准)。如有必要，可以在超洁净压缩空气供应 (XCDA) 通道中集成一个气体洗涤器，以过滤掉任何微量的有机物质。例如，产生的空气质量能满足半导体生产的要求。

ACP SYSTEMS 提供的解决方案之一是带有旋转喷嘴的紧凑型 JetCell。这款灵活的即插即用式清洁单元专为自



为了可靠地满足电子行业或清洁预装组件时大幅提高的技术洁净度要求，必须采用有效、干式且与洁净室兼容的清洁解决方案，如quattroClean雪花喷射技术。（图片来源：ACP Systems）

动化清洁应用而开发，可以很容易地集成到联网的制造环境中，比如紧靠冲床或注塑机的下游。另外，它还可以作为独立的解决方案运行。它的清洁性能很高，且清洁介质的消耗量极少。在可以从上方和下方同时进行的表面清洁过程中，无缝的过程监测和控制可以确保每个部件都按照

事先验证的工艺参数进行处理。集成型接口使数字控制式清洁系统能够连接到更高级别的主机。

用于工艺设计和验证的洁净室测试设施

ACP SYSTEMS 自有用于工艺设计的洁净室测试设施。

这样就可以在经过验证的 ISO Class 7 洁净室中进行清洁测试，洁净区空气中悬浮粒子洁净度等级达到 ISO 14644-1 Class 5。所有工艺参数，如压缩空气和二氧化碳的体积流量、喷嘴数量、需要清洁的区域和喷射的持续时间，都是根据各自的应用精确定制的，同时还考虑了材料特性、污染类型和所需的清洁度。所确定的数值可以作为特定部分的清洁程序存储在系统控制单元中。

由于采用了 quattroClean 干式雪花喷射技术，这种清洁解决方案可以用于可靠、高效地执行电子行业的各种清洁任务。该工艺不仅能确保电子、机械、光学和传感器组件达到所需的清洁度，还能节约能源和资源。◆



该工艺是在 ACP SYSTEMS 公司自己的洁净室测试设施中设计的。最佳工艺参数也是在这里确定的。所用的工艺介质（二氧化碳和压缩空气）制备方式确保了空气质量符合半导体等行业的要求。（图片来源：ACP Systems）

AI时代的微处理器架构选择： 探究ARM和RISC-V

当今世界，我们日常使用的设备都是基于可编程硅芯片的，选择恰当的微处理器架构是交付成功产品的关键。在人工智能时代，为人工智能解决方案选择合适的微处理器尤为重要。

作者：SIMA.AI公司工程与运营高级副总裁 Gopal Hegde



研发自有芯片的创新公司对于选择指令集架构（ISA）的过程都是很熟悉的，该架构规定了CPU如何使用指令和数据类型来执行计算、管理数据以及与特定产品中的内存和其他组件进行交互。了解设计实施方案、工具和扩展软件支持的生态系统，以及许可选项的灵活性也很重要。

对于人工智能/机器学习（AI/ML）产品，其他考虑因素包括支持AI/ML中使用的数据类型和本地指令，以加速AI/ML应用程序。虽然x86 ISA在计算市场上居主导地位，但是x86 CPU内核许可证在英特尔代工生态系统之外也可以广泛获得。在ISA领域有两种主要的指令集架构，它们拥有可授权的ISA和强大的生态系统，即ARM和RISC-V。ARM的傲人之处是在嵌入式设备市场上久居

统治地位，而开源RISC-V则“自诩”为新兴AI公司实现灵活性的首选架构。这些因素在很大程度上决定了AI系统对它们的接受度和使用方式。

ARM和RISC-V并驾齐驱

ARM出现于20世纪90年代，由于其具有节能、生态系统支持广泛、许可条款灵活的特点，并提供集成设计实施方案，因而使用极为普遍。一般RISC设计理念优先考虑减少指令种类、并行流水线单元和采用一个大型通用寄存器集，不过ARM通过扩展进一步发展了这一理念。ARM处理器专为降低功耗和延长电池使用时间而设计，具有多线程、协处理器和代码密度较高等功能特点，且运用了全面的软件编译和硬件调试技术。



ARM 是一种可授权的 IP，允许很多家公司在其产品中实施基于 ARM 的定制设计。这些许可费为 ARM 的持续开发提供了资金，使得该公司能够继续改进其技术，例如为 AI 等现代工作负载开发新的扩展和优化，以及针对深亚微米工艺的加固实现 (hardened implementations)。不过，ARM 在确定其 ARM ISA 路线图时，对如何支持 AI/ML 工作负载采用了自己的观点。这并非总能得到各公司的认可，因为他们认为，在可编程处理器上支持 AI/ML 算法这一点上，有着比 ARM 所提倡的更好的方法。

ARM 的授权许可模式和庞大的生态系统支持使其成为移动、物联网 (IoT) 和嵌入式用例的主流架构。事实上，苹果、英伟达、高通、联发科、谷歌和其他许多供应商在移动、消费和嵌入式硅产品中使用的大多数设备都采用了内含 ARM IP 的芯片。ARM 尚未被广泛应用于 AI/ML 工作负载 (除了用于 tinyml 用例的微控制器)，而是用于主机栈，因为支持这些新兴算法需要更高的计算性能和功率效率。

众多公司纷纷采用 ARM，原因很简单：ARM 的解决方案可与他们的软件配合使用。此外，ARM 还严格控制 ISA，并提供 ARM 验证套件 (AVS)，以确保为任何 ARM ISA 实施方案而执行的软件与其他 ARM ISA 实施方案二进制兼容。

相比之下，RISC-V 为昂贵的 ARM 许可模式提供了一种开放型替代方案。其灵活性和模块化设计可以为 AI、物联网和许多其他应用量身定制实施方案，并可针对特定用例 (如 AI/ML) 自由地定制这些扩展。

2010 年，加州大学伯克利分校的研究团队设计并推

出了基于精简指令集架构的 RISC-V。作为一种开放式 ISA，RISC-V 的设计通过使用一小组简单的通用指令，突显了简单和高效。虽然 RISC-V 经常被误解为“开放源代码”，可它是一种开放型 ISA 标准，即 RISC-V International 负责定义

和管理标准，芯片开发商可以自由地选择执行。因此，RISC-V ISA 是开放的，任何人都可以下载文档免费使用，无需申请许可或支付费用。反过来，这些开发人员有时也会开放他们的 RISC-V ISA 实施方案的源代码，以供其他人使用。这种开放性鼓励第三方验证，因为 RISC-V 架构在公共领域受到严格审查。一些 IP 供应商形成了一个作坊式行业，他们从事 RISC-V 的 RTL 实施方案授权许可，这当中的主要供应商包括 Si-Five、Akeana、Andes 和 Codaip。一些 RISC-V 芯片供应商采用的是包含 AI/ML 扩展的 RISC-V，他们还提供其设计的可授权版本。

RISC-V 的用户受益于一个活跃的开源生态系统，该生态系统为使用该技术的开发人员提供软件、工具和交流社区。RISC-V 不受 ISA 许可费用的限制，其为设计定制芯片提供了一种颇具吸引力的替代模式，英伟达、高通、西部数据 (Western Digital)、华为等公司都采用了这种模式。更能说明问题的是，许多 AI/ML 初创公司皆已采用 RISC-V 作为其 AI/ML 计算引擎的核心。定义和定制 ISA 以支持新的 AI/ML 算法集的能力是很有吸引力的，同时可以自由地开展创新，而无需像在 ARM 许可中那样遵从 ISA 规范。

尽管 RISC-V 具有开放源代码的性质，但是，对于采用该架构的公司来说，缺乏标准化是反复出现的问题。由于使用 RISC-V 的各家不同芯片开发商为其 CPU 内核创建并实施了开放和专有的扩展，最终导致硅芯片可以运行一家公司的软件，却无法支持另一家公司的软件。

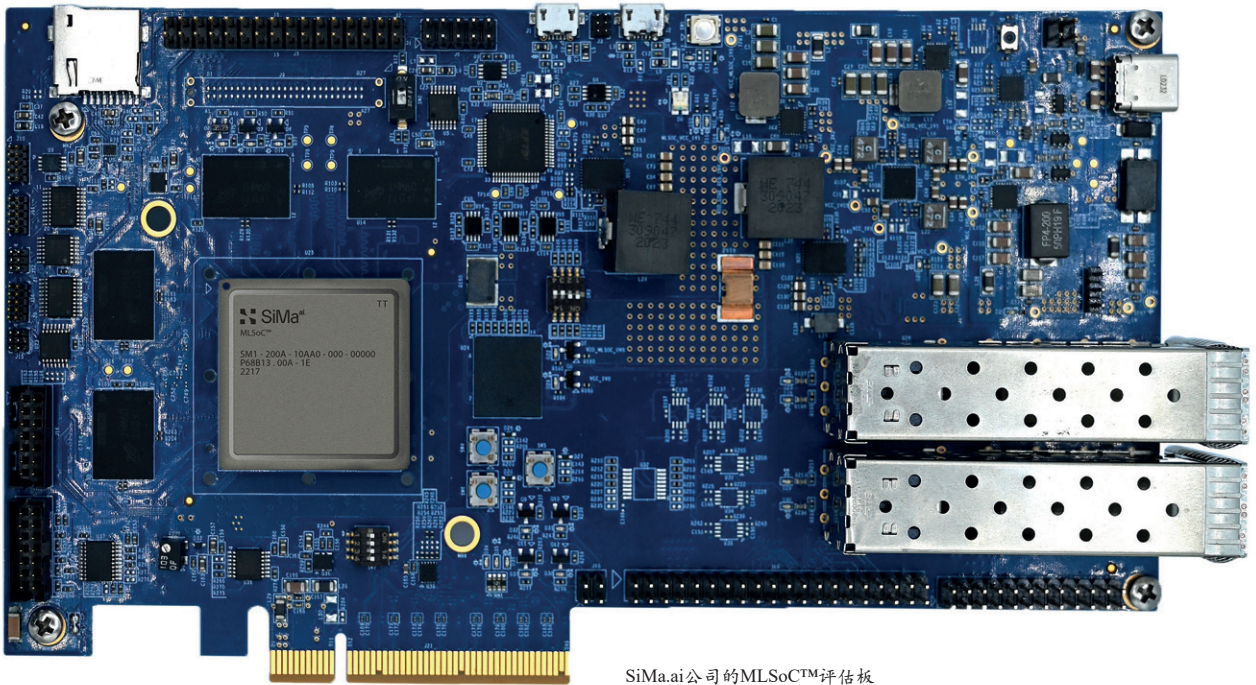
使用 RISC-V ISA 进行 AI/ML 设计

这一背景显示了 ARM 与 RISC-V 架构的优势对比，而且越来越明显的是，许多 AI/ML 初创公司选择了 RISC-V，而不是 ARM。值得去了解的是，为什么会出现这种情况，以及用户对 RISC-V 的这种偏好会带来什么预期结果。

如果我们回过头来看看具有限制性的 ARM 许可证 (当然还有收费结构)，那么很明显，RISC-V 可以在定制和扩展架构方面实现更多的创新，以应对 AI/ML 数据类型和用例。利用短整数、浮点和块浮点表示法来降低计算复杂度、减少面积和功耗，同时保持准确度，已经成为一种趋势。作为参考，32 位浮点乘法产生 64 位结果，而 8 位整数计算产生 16 位结果。这意味着，只要准确度足够，那么产生结果所需的内存至少减少 4 倍，而门的数量更少，



SiMa.ai 公司的专用 MLoC™



SiMa.ai公司的MLSoC™评估板

这是一个关键的权衡折中。随着算法越来越复杂，所部署的数据类型必须有更大的动态范围、更高的精度和积累，以保持计算的准确度。这推进了16位整数和16位浮点数数据类型表示。这当中的许多设计都基于RISC-V，并纳入了新数据类型的定制指令。不管怎样强化，RISC-V单指令标量内核在AI/ML算法上并不高效，或者说性能不高。

为解决这一问题，各公司正在RISC-V内核上部署矢量协处理器，并利用标量RISC-V运算进行控制和数据管理。就RISC-V而言，许多扩展都是由供应商定制的，以便作为松散耦合内核在数据通路之外提取更多的性能。即使是增强型矢量RISC-V内核本身，其功能也不足以满足领先的AI/ML用例的需要，因此，可以通过增加设计中使用的RISC-V内核数量来进一步扩展并行性。目前，在处理器网络中进行的这种RISC-V内核数量调整需要在大量独立执行的资源之间进行调度。这种定制和扩展RISC-V内核架构的能力一直是推动AI/ML市场接纳RISC-V的关键因素之一。

算法调度是目前这些多内核处理器RISC-V架构设计的致命弱点，因为需要开发新型编译器，这些编译器必需广泛了解互连、每个处理器节点的状态以及非连续内存空间的映射。这是一笔巨大的投资，需要一支非常专业的团队花费数年时间才能取得良好的结果。支持这种非标准编程环境需要手工编码、广泛的支持和较长的周转时间。由

于AI/ML是一个快速发展的领域，因此，对ML模型进行编译（而不是手工编码）的能力至关重要。硬件必须具有适应将来需求的前瞻性，并与即将推出的和未来的ML模型网络架构兼容。

对于整个AI/ML解决方案来说，还有其他的考虑因素。客户应用包括视频解码/编码、图像预处理/后处理和可视化。这些处理有着不同的计算要求，采用不同的编码方法，并需要对架构进行额外的调整，以及一系列用来提供支持的新软件库。使用RISC-V作为系统主机需要支持各种系统软件包，包括嵌入式操作系统、实时操作系统、驱动程序、用户堆栈、安全堆栈、实时调度程序、I/O、视频处理库等。虽然RISC-V生态系统成长迅速，但是它目前的状态尚不足以支持端到端客户应用。

开发人员可以利用ARM主处理器及其广泛的生态系统支持来设计AI/ML芯片，控制基于RISC-V的AI/ML加速器，但是我们还没有看到这种情况。这似乎与RISC-V社区里的人背道而驰，ARM将如何处理这种被授权人的问题将会很有趣。为了缓解使用RISC-V系统主机处理器时的问题，x86平台成为主机（就像在今天的服务器市场上一样），提供完整的系统软件支持，而RISC-V AI/ML芯片则作为加速卡。可是，x86的能效低于ARM，而且由于外部计算子系统的存在，额外的功耗、延时和电路板互连会导致流水线处理延迟，因而降低整体应用程序

性能。

RISC-V 所标榜的灵活性不仅难以编程，而且与其他替代方案相比，对于 AI/ML 来说在功耗和性能方面的成本也很高。AI/ML 算法的最高效执行集中在矩阵乘法器阵列上，此阵列有时也被称为张量单元或张量处理单元 (TPU)。其基本前提是，基本的 AI/ML 内核算法可以在这些计算模块 (compute blocks) 上运行，并最大限度地减少数据移动和存储 (它们是两个最大的功耗因素)。如果用户只想进行乘加运算，那么具备加载 / 存储能力在成本上就非常昂贵。使用具有局部存储器和内存计算架构的 TPU (包括模拟技术)，设法通过专注于减少数据移动和存储来解决此问题。这些内存 AI/ML 计算芯片也可以利用 x86 主机，因而使得基于 RISC-V 的加速器芯片设计很难在性能和功率效率方面与这些内存加速器一较高下。

一种替代方法

显然，对于 AI/ML 芯片而言，软件开发的便捷性和极低的功耗是两个最重要的衡量指标，尤其是在边缘设备上。为实现这一目标，SiMa.ai 公司设计并构建了一个非常低功耗的高度可编程计算阵列，该阵列可以提供业界领先的能耗比 (fps/watt) 性能，其灵活的编译器能够为各种 ML 网络生成高度优化的机器学习代码，并与 ARM CPU 及其广泛的工具和软件生态系统相结合。

此外，SiMa.ai 公司的 MLSoC 还集成了用于图像预处理 / 后处理的工业标准计算机视觉处理器、工业标准视频编码 / 解码处理器以及所有必要的 IO，以支持各种各样的传感器。所有这些构建模块通过芯片结构上的高性能网络在单颗芯片上相互连接，以确保高效处理计算机视觉应用。

从主机系统的角度来看，ARM 是明智的选择，因为构建完整的嵌入式片上系统需要满足系统软件安全性、可靠性和可维护性的部署要求，所以 AI/ML 设计可以利用成熟的生态系统提供支持。这就是行业领军企业目前在使用 ARM，今后则会将其与 ML 节能型计算架构相结合的原因。

ARM 的优势

对于希望优化其产品以方便客户使用的芯片开发商来说，他们将继续在其芯片生态系统中采用 ARM 技术。

ARM 凭借其成熟度和软件支持，将继续在移动和嵌入式设备领域占据主导地位，最近的首次公开募股 (IPO) 就证明了这一点。由于其产品架构的核心可以确保降低功

耗和延长电池运行时间，因此被那些将 AI 和 ML 集成到设备中的系统级公司所采用。

RISC-V 在嵌入式微控制器领域的应用持续激增，数据中心加速器、由平台供应商 (HPC) 提供软件的完全垂直集成系统、以及网络中优先考虑定制和私密性的新兴应用也越来越多地采用 RISC-V。RISC-V 被学术机构欣然接受，他们利用 RISC-V ISA 的开源实施方案来开展研究项目和培训计划。而且，开放式架构还让开发人员有机会建立不受某一家公司控制的平台，并避开潜在的后门程序和可审计代码。

与 ARM 相比，RISC-V 尤其在内核的验证、回归和检验方面存在不足。作为一家拥有内部构件以支持持续发展的老牌机构，ARM 的发展导致了后续几代处理器的出现，有些市场观察家认为：采用 RISC-V 架构设计的微处理器不如 ARM 的处理器稳健。

ARM 的专有架构和许可费用在一定程度上限制了定制的机会和更广泛的使用，但是凭借其良好的业绩记录、稳定性和确立标准，在 ISA 接纳度方面，它仍然是领跑者。

可以肯定的是，ARM 和 RISC-V 代表着不同的模式和理念。虽然 RISC-V 平台有可能使其成为从可穿戴式设备到超级计算机的通用架构，但是它必须克服标准化方面的问题，以创建更大的软件生态系统，这样才能获得真正超越 ARM 的优势。

ARM 的成熟度、软件支持和许可生态系统使其在可预见的未来成为移动和物联网边缘设备背后的主导力量。◆

可以肯定的是，ARM 和 RISC-V 代表着不同的模式和理念。虽然 RISC-V 平台有可能使其成为从可穿戴式设备到超级计算机的通用架构，但是它必须克服标准化方面的问题，以创建更大的软件生态系统，这样才能获得真正超越 ARM 的优势。

意法半导体提升芯片设计速度并增强可持续发展能力

通过选择使用 AMD EPYC CPU 处理器，欧洲最大的半导体公司意法半导体优化了其研发数据中心的性能、成本和能耗。

作者：AMD 公司

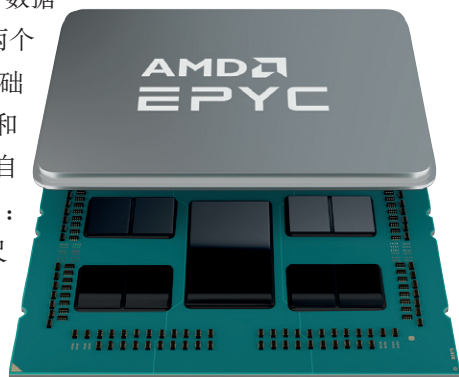
对每一代计算机芯片的设计和制造都变得比上一代更加密集。随着晶体管尺寸的缩小，复杂性呈指数级增长。因此，生产工作流程对更高计算性能的需求可谓永无止境。作为欧洲最大的半导体公司，意法半导体（STMicroelectronics）一直在努力使其数据中心的发展速度跟上设计流程的要求。AMD EPYC™ 处理器使得意法半导体能够满足其所有三项标准，即性能、价格和功耗，从而为客户提供更快的芯片设计交付，同时保持可持续发展的目标。

研发面临的性能与能耗挑战

意法半导体 DTIT 高级基础设施架构设计师 Olivier Joubert 表示：“我们希望每年减少 150 千兆瓦时的能耗，到 2027 年实现碳中

和。在过去几年中，随着我们增加新的工厂、数据中心并提高产能，公司业绩呈两位数增长，对我们来说，在这种情况下实现上述目标是一项巨大的挑战，所以选择恰当的数据中心服务器技术是非常重要的。”

意法半导体从事半导体的设计和制造，因此需要在三个主要地区进行数据中心计算。每座工厂至少有两个数据中心，而一般业务 IT 基础设施则集中在本地数据中心和云端。但是它的最大需求来自其研发数据中心。Joubert 说：“当我们将半导体晶体管的尺寸减半时，密度就会增加，我们需要四倍的数据存储和计算能力。”



意法半导体最大的研发数据中心位于法国。意大利和印度的数据中心提供其余的处理能力。对意法半导体来说，要构建更新、更复杂芯片设计的能力，提高研发数据中心的计算能力有着切实的影响。然而，这也给该公司的环保目标带来了进一步的挑战。Joubert说：“可持续发展能力是意法半导体的内在基因。我们公司已经运营了36年，其中25年都在发布可持续发展报告。我们力求减少能源消耗。”

这些挑战意味着意法半导体需要不断评估新出现的服务器技术。Joubert说：“我们从服务器中最重要的CPU开始。在过去的10年里，我们对所有CPU都进行了基准测试。我们总是需要速度最快、内核最多的处理器。有一段时间，没有竞争对手。但是，当AMD在2017年向市场投放EPYC处理器时，替代品重新出现。当一款处理器在SPEC CPU基准测试中取得优异成绩时，我们就会将其列入自己的测试名单。”在第二代AMD EPYC处理器面市时，意法半导体决定对其进行基准测试。测得的性能数据远超该公司的预期。

更好的性能、成本和功率效率

Joubert表示：“基准测试的结果确实给我们留下了深刻印象。但是，我们不得不等待第三代AMD EPYC处理器的问世，以便为我们的操作系统和应用程序堆栈提供支持。”意法半导体已经开始通过Microsoft Azure Cloud云计算平台使用AMD EPYC处理器，在必要时，公司会大幅增加研发工作量。“我们与微软密切合作，以确保他们使用与我们数据中心相同的CPU。”

HPE为意法半导体提供了服务器和CPU，供后者在自己的数据中心进行测试。Joubert说：“我们为研发所采用的基准测试程序是电子设计自动化(EDA)和计算机辅助设计(CAD)。使用第二代AMD EPYC处理器时，我们发现其性能比市场上任何其他CPU都要高出6%。

而采用第三代AMD EPYC处理器时，该性能提升幅度增至12%。单插槽CPU每个内核的价值提高了25%，而双插槽CPU每个内核的价值提高了30%。我们还引入了功率效率测试。第三代AMD EPYC将每个内核的功耗降低了30%。这是我们第一次同时满足性能、价格和效率这三个标准，于是我们开始大量采购第三代AMD EPYC CPU。”

通往第四代AMD EPYC的可靠路线图

意法半导体开始在其研发数据中心推进使用AMD



EPYC处理器。Joubert指出：“我们从研发入手，因为这是最艰巨繁重的工作量。更好的性能意味着更快的产品上市时间。现在，我们可以在更短的时间内完成设计。与以前相比，我们能够更快地设计芯片，并行运行更多的设计。”

这对于那些半导体设计发展迅速的行业尤为重要，例如汽车高级驾驶辅助系统(ADAS)或通信网络。意法半导体每27个月滚动更换一次研发数据中心服务器，因而不断扩大自己的AMD EPYC系列处理器使用规模。

截至2023年5月底，该公司已在其数据中心部署了550台采用64核AMD第3代EPYC CPU的单插槽HPE服务器，从那以后，服务器总数已超过1,000台，另外还有数千台通过Microsoft Azure云计算平台在使用。

意法半导体还能够实现其可持续发展目标。内核密集型服务器CPU的能耗不断增加，但由于性能有了大幅提高，因此抵消了能耗增加的不利影响。另外，AMD EPYC CPU和HPE服务器可以在较高的温度下工作，因此数据中心的空调运行频次减少，更加节能。Joubert说：“使用第三代AMD EPYC处理器后，我们的耗电量下降了33%。”意法半导体公司还按期颁发其软件使用授权许

挑战

使研发数据中心的性能跟上芯片设计复杂性不断增加的步伐，同时保持可持续发展的目标。

解决方案

部署采用第3代AMD EPYC™处理器的HPE服务器和Microsoft Azure云计算平台实例。

结果

性能提高12%，每核成本降低30%，每核功耗降低30%，数据中心耗电量降低33%，芯片设计交付速度更快。

意法半导体高级基础结构设计师 Olivier Joubert 表示：

“在过去 10 年里，我们对所有主要 CPU 都进行了基准测试。我们总是需要速度最快、内核最多的处理器。有一段时间，没有竞争对手。但是，自从 AMD 在 2017 年推出首批 EPYC 处理器以来，替代品再度出现。”

“在第二代 AMD EPYC 处理器首次亮相后，我们也对其进行了测试，其性能明显超出了公司的预期。采用第三代 AMD EPYC 处理器后，与竞争对手相比，性能优势提升至 12%。此外，我们在单处理器机器上实现了 25% 的内核数价格比升幅，在双处理器机器上实现了 30% 的内核数价

格比升幅。我们还开始了能效测试，使用 EPYC 3 系列处理器后，每个内核的能耗降低了 30%。这是我们第一次能够满足包括性能、价格和效率在内的所有标准，因此，我们开始大量购买第三代 AMD EPYC 处理器。”

“有了第四代 AMD EPYC 处理器后，我们的产品性能比采用上一代处理器时至少提高了 25%。这种性能提升幅度比使用市场上任何其他同类竞争处理器时都要高得多。我们的经验表明，即使与第三代 AMD EPYC 相比，同类竞争产品每个内核所需的能耗也要高出 50%，而且由于性能较低，处理器的成本增加了 75%。因此，第四代 AMD EPYC 处理器将更上一层楼。”

可。AMD EPYC 处理器的性能更高，意味着可以在相同的时间内执行更多的任务，从而节省资金。

意法半导体现正在测试第四代 AMD EPYC 处理器，结果令人欣喜。Joubert 表示：“使用第四代 AMD EPYC CPU，我们可以获得比上一代至少高出 25% 的性能。这远远优于市场上的任何竞争对手。根据我们的经验，即使采用第 3 代 AMD EPYC 处理器，竞争对手每个内核所需的功耗也要高出 50%，而且由于性能较低，导致 CPU 的成本增加了 75%。因此，第四代 AMD EPYC 将更上一层楼。”

“AMD EPYC 处理器有四个方面是我们十分满意的。首先是 AMD 按时执行路线图的能力。其次，供货交付不会出现任何半导体短缺。第三，AMD 与生态系统合作，支持我们的应用程序堆栈。最后一点，首选合作伙伴之间也保持一致，因此，HPE 和 Microsoft Azure 拥有相同的技术。”受到这些优势的鼓舞，意法半导体目前也在考虑增添其各个数据中心的 AMD GPU。“我们极为高兴能有一款替代市场上其他 CPU 的产品，而且还有像 AMD 这样的合作伙伴。”◆

首台国产全自动超精密12英寸晶圆环切设备交付

针对人工智能及三维堆叠技术的市场需求，宁波芯丰精密科技有限公司成功研发出国内首台应用于三维集成的 12 英寸全自动超精密晶圆环切设备。该设备采用先进的高度智能化“控制 - 自反馈”技术，实现了对晶圆边缘的微米级超精密加工，同时大幅提高了生产效率和产品质量，性能全面对标国际主流标杆产品，部分指标实现超越，能够满足最先进的全自动半导体产线要求，适合先进人工智能芯片的研发工艺需求。

三维集成 (3D IC) 技术通过将多个芯片垂直堆叠在一起，提升性能、降低功耗和制造成本，对加工工艺和制造设备都提出了新的挑战，需要对晶圆在微米级实现超精密环切加工，去除晶圆边缘部分材料，从而提高芯片良率，可靠性和稳定性。三维集成所涉及的各种不同芯片，包括



CPU、GPU、存储芯片和 CIS 芯片等多种芯片，在堆叠过程中都必须用到环切设备。

芯丰精密总经理万先进表示：首台国产半导体 12 英寸超精密晶圆环切设备的研发对我们来说意义重大，它不仅填补了国内市场的空白，也打破了国际垄断和技术壁垒，将应用于国内头部半导体产线。我们将继续发挥定制化和本土化优势，持续服务好国内外客户，助力造就更好的中国芯。

芯丰精密成立于 2021 年，致力于研发、生产超精密半导体芯片制造设备及相关耗材，产品主要应用于三维堆叠、人工智能、第三代半导体和先进封装等高端半导体制造工艺环节。目前，芯丰精密聚焦三维堆叠技术所需的减薄、环切设备及配套耗材，已经全面覆盖 6 寸、8 寸及 12 寸市场。

电气化和新能源趋势推动功率电子快速发展

功率电子行业正在不断发展以满足能源和可持续发展的需求。Yole Group 旗下的 Yole Intelligence 在其《功率电子行业现状报告》(Status of the Power Electronics Industry report) 中提供了最新信息，报告研究了功率器件行业的关键驱动因素和新技术发展，并分析了晶圆和器件需求与制造能力的演变。

报告预计：到 2028 年，全球功率器件市场将增长至 333 亿美元；该行业的主要驱动因素包括纯电动和混合动力电动汽车 (xEV)、可再生能源和工业电机；其中 SiC 市场份额将持续扩大；随着 IDM 和代工厂的大规模前端投资可能会推动行业产能超出需求。

功率电子器件的主要市场驱动力之一是交通和工业发展过程中的电气化。电力消耗的增加导致需要更多的电力来源，例如风力涡轮机和太阳能光伏装置，所有这些都需功率电子器件。提高效率的需要导致使用更新的器件、材料和封装来减少能源消耗。除了通过广泛采用电动汽车 (EV) 和利用绿色出行解决方案实现大幅减少 CO₂ 的排放以外，整合光伏和风能等可再生能源，也有助于促进环境的可持续性。另一个可持续性考虑因素是本地供应，以减

少地缘政治冲突期间对原材料和能源进口的依赖，正如我们所看到的，俄罗斯和乌克兰冲突以及中美贸易摩擦影响了供应。

晶圆厂产能

功率器件市场总额预计将从 2023 年的约 230 亿美元快速增长到 2028 年的 333 亿美元。这需要建立新的制造能力。各种战略投资将基于现有产能和预期所需的器件数量，以及硅、SiC 和 GaN 在各种应用中的份额而做出决策。

为了满足产量需求，硅器件厂商需要不断发展，并且有一种强烈的趋势是转向 300 毫米生产线，以增加产能并降低每个裸芯片的成本。硅晶圆也可用于其他微电子器件 (例如传感器)，与将碳化硅晶圆从 150 毫米过渡到 200 毫米相比，这将使投资硅晶圆 300 毫米设备的决定风险更低。

Yole Intelligence 功率电子团队首席分析师 Ana Villamor 表示：根据相关公司的公告，我们预计在未来 5 年内，在现有每年 5600 万片 8 英寸等效晶圆开工量 (Wafer Starts Per Year, WSPY) 的基础上，每年将增加 2500 万片 8 英寸等效晶圆开工量 (WSPY)。这是一个非常大的投资周期，无疑是功率电子行业有史以来最大的投资周期。

集成器件制造商 (IDM，如英飞凌、博世、东芝、Nexperia、CR Micro 等) 和代工厂 (中芯国际、华虹宏力……) 都已决定转向 300 毫米晶圆。英飞凌、Alpha & Omega、博世、安森美和士兰微等一些厂商已经开始生产 300 毫米晶圆，而包括意法半导体在内的一些其他厂商将于 2023 年开始量产，更多公司将在 2024-2026 年开始量产。2021 年，英飞凌科技与博世

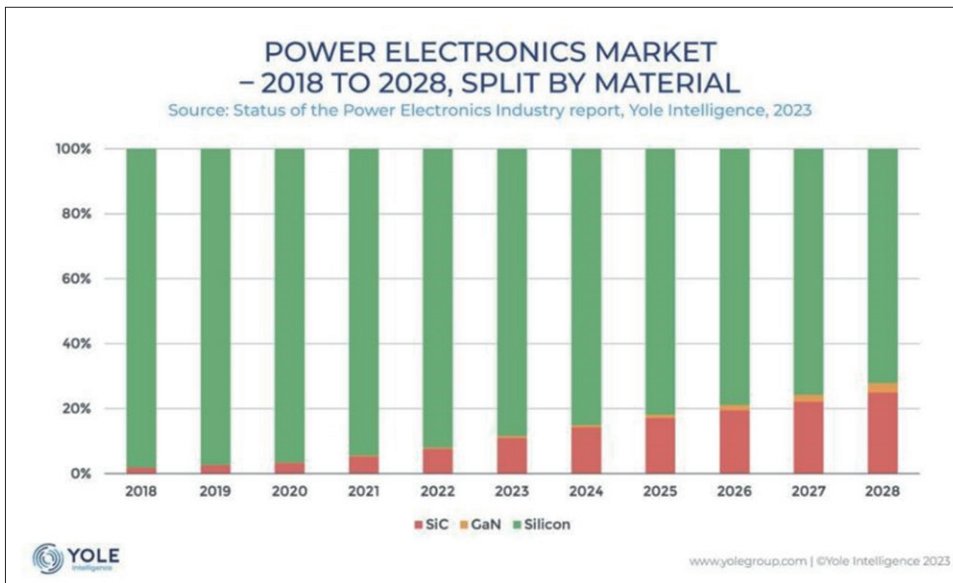


图1: 2018-2028不同材料的功率电子市场发展

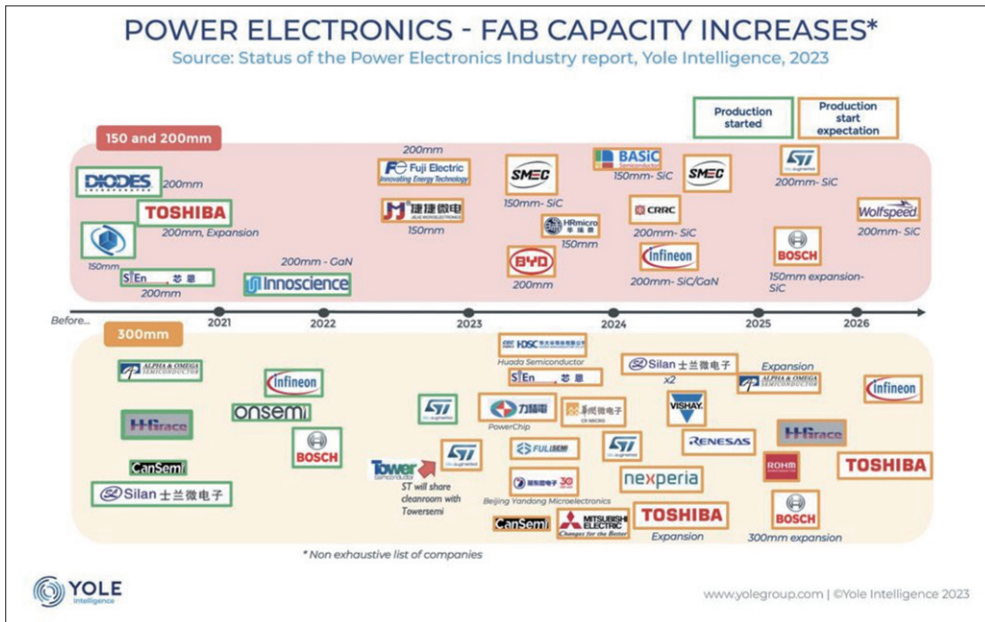


图2: 功率电子未来几年的产能发展

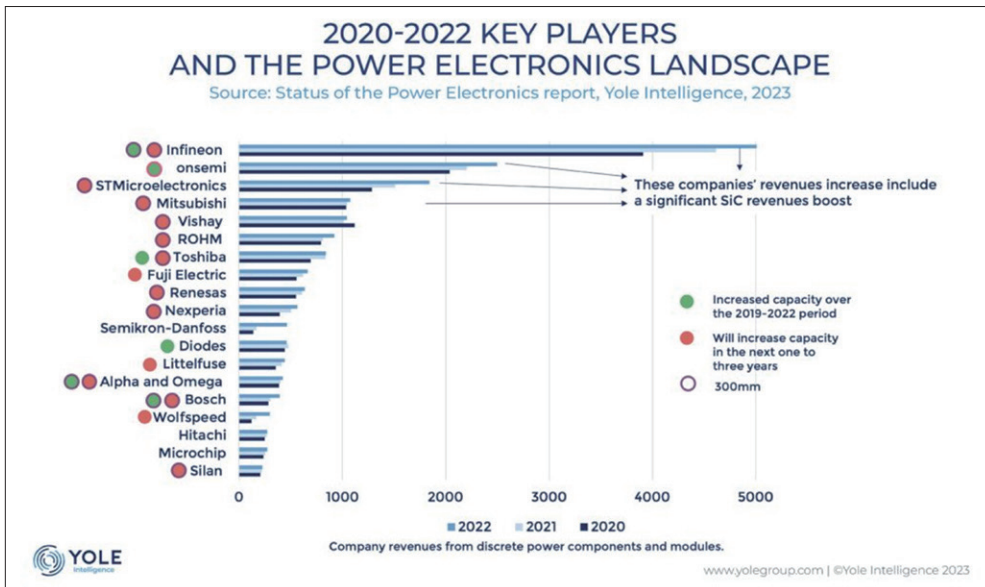


图3: 功率电子领域主要供应商

扩大了 300 毫米晶圆厂产能，并宣布了进一步扩大 300 毫米产能的计划。其他参与者也会效仿，包括许多中国公司（例如比亚迪的大量投资）。预计 2024 年至 2026 年，中国企业在本地电动汽车市场的生产方面将比欧洲或美国企业更快。

SiC 方面，主要受电动汽车领域的推动，到 2028 年，SiC 器件将占功率电子器件市场价值的 25% 左右。GaN 功率器件市场主要由消费类快速充电器以及智能手机和电

脑适配器驱动。SiC 的采用速度比 GaN 快，后者起步稍晚，但两者都在从传统硅技术市场中获得份额。

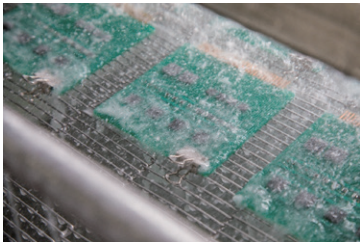
就 SiC 而言，SiC 晶圆成本和可用性一直是主要问题，晶圆和器件之间的供应链存在大量垂直整合。大型企业 Wolfspeed、安森美、罗姆半导体和意法半导体在整个供应链中运营，从晶圆 / 衬底、外延、芯片加工到二极管 / 晶体管设计，而来自中国的小型企业，如 TankeBlue（天科合达）和 SICC（山东天岳），则在 SiC 晶圆 / 衬底领域运营。一些 SiC 器件制造商（英飞凌、博世……）依赖外部供应 SiC 晶圆。中国企业在 SiC 晶圆层面的市场份额正在逐步扩大，并计划在未来五年内增加大量产能，目标是到 2027 年占总产能的 40% 以上。根据工厂利用率、产量和晶圆质量，中国供应商可能会以较低的价格大量供应碳化硅晶圆。因此，预计 SiC 晶圆需求 / 供应情况的逆转将会改变 SiC 和

硅器件业务的游戏规则。更便宜的 SiC 器件的出现不仅会影响具有高成本结构的 SiC 厂商，还会加速 SiC 器件作为硅器件替代品在许多应用中的采用。

随着裸芯片产量大幅增加，封装领域的投资也必须随之增加，以避免未来潜在的瓶颈，尤其是功率模块封装。一些公司已经开始进行封装合作，而另一些公司则进行内部投资以提高封装产能。英飞凌科技、意法半导体和日月光集团已经在封装方面投资约为 20-40 亿美元，预计这一投资将继续增加，以满足市场对于功率器件需求。◆

创新环保 AQUANOX® A4618 清洗解决方案

AQUANOX A4618 是一种改变游戏规则的水基清洗化学药剂，经过精心设计，可应对与现代无铅助焊剂残留物相关的清洗挑战，同时获得无懈可击的镜面焊料表面效果。这种创新型解决方案具有以下几大优势，设定清洗技术的新标准，成为行业的佼佼者。



高效去除助焊剂残留：AQUANOX A4618 能够有效去除各种类型的助焊剂，包括免清洗和无铅助焊剂残留物，确保纯净度并优化焊接性能。

环保和低挥发性有机化合物：A4618 致力于可持续发展，是一种低挥发性有机化合物解决方案，符合 KYZEN 的环保原则，促进了负责任的环保实践。

低拥有成本：AQUANOX® A4618 配有精确校准的稳定剂包和更长的储罐寿命，是一种经济高效的清洗解决方案，可提高生产工艺。

优异的材料兼容性：该解决方案具有出色的材料兼容性，可保护精密部件和基材的完整性。

低浓度和低温下的卓越性能：A4618 即使在低浓度和低温条件下也能发挥功效，确保在不影响性能的情况下实现高效清洁。

www.kyzen.com

开创性无外力光学拆键合设备

ERS electronic 推出了 Luminex 产品线的首台机器，该机器采用尖端的光学拆键合技术，适用于最大 600 x 600 毫米的面板和不同尺寸的晶圆。

光学拆键合是一种无外力的拆键合方法：通过使用精准可控的闪光灯将载体与基板分离。光学拆键合工艺的关键部件是带有光吸收层 (CLAL) 的玻璃载板，它能将灯的光能转化为热能，从而顺利实现分离。有了 CLAL，就不再需要对载板进行涂层和清洁，从而减少了工艺步骤以及相关复杂程序和成本，与传统的激光拆键合相比，可为用户



节省高达 30% 的运营成本。

ERS 半自动设备属于 Luminex 产品系列的第一台设备。目前,ERS 正在开发用于 300 毫米晶圆的全自动设备,该设备将于 2024 年第二季度末发布。作为综合产品线的一部分,公司将提供带有多个模块化附加组件的自动设备,进一步提高产品质量和产量。

ERS 公司副总裁兼 APEqS 业务部负责人 Debbie-Claire Sanchez 表示：光学拆键合是半导体制造领域的一次重大飞跃。Luminex 生产线的第一台机器是从事先进封装开发或新产品引进的研发团队的绝佳跳板。

从 2024 年 4 月份开始,这台半自动设备将分别配备在 ERS 中国上海和德国的实验室,用于测试客户的晶圆和面板样品以及样品演示。

www.ers-gmbh.com

使用干雾的湿度控制系统

日本喷嘴制造商 H. IKEUCHI & CO., LTD. 推出以干雾技术为核心的湿度控制系统。这些系统不仅有效缓解 SMT 生产流程中的静电问题,还可显著降低二氧化碳排放及能源成本。



“干雾”是由 IKEUCHI 独家研发的专用喷嘴产生,由直径小于或等于 10 μm 的超细水滴组成。其突出之处在于,这些微小的液滴在接触物体时不会爆裂,反而会反弹回来,从而保持产品和设备完全干燥。这一特殊功能使该系统最适用于电子制造,特别是担心潮湿问题的 SMT 生产流程。

干雾从喷嘴喷出后便迅速扩散到空气中,有效地提高了湿度。这确保了最佳的湿度环境,即使在宽敞的制造设施中,也可以防止 SMT 流程中因干燥和静电引起的问题。这些问题包括静电放电损坏、芯片贴装过程中的拾取和放置错误、焊料印刷质量不一致、空气中的颗粒粘附在产品上,以及低湿度导致的操作人员不适。所有这些问题都可以通过引入干雾湿度控制系统来避免,从而提高质量和工作效率。

此外,干雾湿度控制系统显著降低了对环境的影响。从依赖重燃料油的传统蒸汽加湿器改为干雾,可大幅减少二氧化碳排放,并大大节省能源成本。已有成功的案例显

示，干雾减少了 70% 的二氧化碳排放量，每年节省了 5 万美元的能源成本。

www.kirinoikeuchi.co.jp/eng

御微半导体掩模缺陷检测设备

上海御微半导体技术有限公司为集成电路制造提供先进装备，聚焦于集成电路光学量检测系统设计与系统集成，围绕集成电路装备自主化，已经形成了掩模版检测、晶圆检测、泛半导体检测、晶圆测量等 4 大领域 6 大数量检测产品。



全自动掩模缺陷检测设备 i6R-300 是用于集成电路先进制程领域的新一代掩模缺陷检测设备，采用高精度明暗场双检测系统，可以快速高效地同时检测光掩模多个表面上的细微缺陷，并提供缺陷分类、全景检视等功能，为工艺过程控制提供关键数据。

i6R-210 掩模缺陷检测设备是一款集缺陷检测、双面清洁以及倒版功能于一身的掩模全景质量管理设备，通过多项先进技术的导入和功能优化，应用场景涵盖晶圆厂黄光区、光罩室和 Mask Shop。凭借御微独创的 360° 照明技术，i6R-210 产品已逐步开始建立掩模厂出货检和晶圆厂入库检的闭环管理统一标准体系。

www.yuweitek.com

面向大尺寸倒装芯片应用的毛细底部填充胶

随着人工智能快速发展，带来了更高的算力要求。对于半导体产业来说，实现算力芯片组的封装和迭代升级成为迫在眉睫的挑战。面对这些对算力要求极高的终端对先进封装工艺的要求，汉高推出了其最新的针对半导体大尺寸倒装芯片的毛细底部填充胶乐泰® Eccobond UF 9000AE。该产品能够提供刚性保护以抵御应力，从而提供良好的电气、湿度和热可靠性性能。其低收缩和韧性为芯片提供良好的抗开裂性能，而其低热膨胀系数 (CTE) 可防止翘曲，提升产品良率。乐泰® Eccobond UF 9000AE 出色的产品性能为高算力设备提供了坚实保障，助力人工智能、通信等高科技行业的半导体封装工艺不断突破。



www.henkel.com

聚芯6000 - 晶圆级2D/3D精密光学检测量测设备

聚芯 6000 系列是应用于半导体制造过程中晶圆级有图案和无图案缺陷检测的精密光学量检测设备，适用于中道、后道、先进封装的 Bumping/TSV 2.5D/3D 堆叠，实现晶圆 2D 缺陷检测和 2D/3D 高精度量测，支持硅晶圆、化合物衬底及外延片的生产制造，同时可覆盖切割后等工艺缺陷检测及 Bump/Via 量测。



聚时科技（上海）有限公司成立于 2018 年，聚焦工业人工智能和精密检测仪器设备研发，在深度学习、机器学习、机器视觉、精密机械控制、高精度光学成像方面有深厚的技术积累，目前产品包括：聚芯系列半导体缺陷检测量测设备、半导体制程质量分析与良率管理系统、半导体光伏 AI 解决方案、机器人视觉 AI 控制及重型机器智能系统等。

聚时科技开发的 MatrixSemi® 聚芯系列半导体量检测视觉系统，实现了诸多创新，例如高精复杂 2D/3D 光路系统、小样本等深度学习算法、并行数据处理系统，最终实现工业视觉系统的高精度、高可靠和高速度能力。聚芯系列产品已在众多半导体客户实现测试和规模化交付验收。

www.matrixtime.com

TH3000i 半导体芯片器件外观检测机台

伟特科技的半导体 IC 视觉检测机 TH3000i 是一款结合了各种创新的视检技术能力，以满足各种 IC 封装视检需求的解决方案。TH3000i 具有处理多种高端视觉检测的功能，包括三维、二维和五侧的视检需求，同时亦可为既定的应用程序附有托盘交换功能。该解决方案专为高混合低容量、低混合高容量或混合模式的生产操作环境而设计。其先进视觉检测技术可用于检测 WETQFN、SiP、盖间隙、模具裂纹、内裂纹以及侧露铜等。



TH3000i 配有 2x14 支吸嘴可提高机器的吞吐量高达 60K。

www.vitrox.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
ZHICHENG	智程半导体	www.zc-semi.com	1
HSC	日立	www.hitachi-hightech.com/cn/zhcn	9
2024世界半导体大会暨南京国际半导体博览会		www.wsce-expo.com	IBC

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通讯(ACT International)以简体中文出版发行。

本刊内容覆盖半导体制造工艺技术、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,以及与掩膜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

1. 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。
2. 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。
3. 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。
4. 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。
5. 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。
6. 请随稿件注明联系方式(电话、电子邮件)。

新产品要求

1. 新产品必须是在中国市场新上市、可在中国销售的。
2. 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。
3. 新产品投稿要求短小精悍,中文字数300~400字左右。
4. 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。
5. 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

行政及销售人员 Administration & Sales Offices

行政人员 Administration

HK Office (香港办公室)

ACT International (雅时国际通讯)

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

Publisher (社长) - China

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

Deputy Publisher (副社长) - China

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

General Manager-China (中国区总经理)

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

Editor in China (中国版编辑)

Sunnie Zhao (赵雪芹), sunniez@actintl.com.hk

Vivi Zhang (张雨薇), viviz@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

Ron Wang (汪毓神), ronw@actintl.com.hk

Tel: 86 186 9404 8156

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

Shanghai (上海)

Hatter Yao (姚莹莹), hattery@actintl.com.hk

Tel: 86 139 1771 3422

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), floyd@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), floyd@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

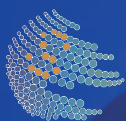
Europe (欧洲)

Shehzad Munshi, Shehzad.Munshi@angelbc.com

Tel: +44 (0)1923 690215

Jackie Cannon, Jackie.cannon@angelbc.com

Tel: +44 (0) 1923 690205



2024|WSCE
世界半导体大会
暨南京国际半导体博览会



2024 世界半导体大会 暨南京国际半导体博览会

World Semiconductor Conference & Nanjing International Semiconductor Expo

2024.6.05 Wed / 6.07 Thu 南京国际博览中心

2024中国（南京）工业软件博览会 **同期举办**

5年
沉淀

400+
参与企业

4万+人次
专业观众

覆盖34个
省、市地区

4大展区，覆盖产业全链

IC设计展区

封装测试展区

IC制造展区

半导体设备与材料展区

历届展商（部分）



百企联动，精准对接

- 4场供需对接活动
- 0成本获取合作商机

数十场论坛活动，聚焦市场新需求

- 1000+参会嘉宾
- 大咖云集，干货满满

参展报名/论坛赞助请联系

宋女士 15205185603

史女士 15251839398



扫码获取大会详细资料



扫码报名参观

半导体先进技术创新发展和机遇大会

Semiconductor Advanced Technology Innovation Development And Opportunities Conference

议题范围

- 确保SiC取得巨大成功
- 加速GaN的发展
- 先进半导体材料、器件的可靠性和故障分析
- 能源变革大时代, 功率器件及应用市场格局
- 超宽禁带器件: 最终解决方案?
- 晶圆制造工艺: 结合当地制造和产品差异化
- 先进半导体制程的创新解决方案
- 功率半导体市场竞争格局及产业机会
- 先进封装工艺和关键材料的创新
- 先进封测发展进入快车道

四“新”齐发



新升级

汇聚化合物半导体及半导体两大产业界力量, 两大类型论坛同频风暴



新空间

全新展览式布局
更大规模、更聚人流、更集人气



新力量

注入国内外产业界龙头企业
学术大咖、权威专家和科研院所



新功能

学术分享、商务洽谈、投融资对接
1V1专家把脉、企业专访、产品设备展

*以上会议信息以举办为准

已确定入驻企业

亚舍立半导体贸易(上海)有限公司
3M中国有限公司
Park Systems
KLA
Wolfspeed
BelGaN
厦门韞茂科技有限公司
牛津仪器科技(上海)有限公司
赛默飞世尔电子技术研发(上海)有限公司
上海坤视珩光学精密仪器有限公司
上海贺利氏工业技术材料有限公司
铂泰科技(苏州)有限公司
广东唐古环境科技有限公司
上海谦视智能科技有限公司
苏州晶湛半导体有限公司
爱发科真空技术(苏州)有限公司
广州南砂晶圆半导体有限公司
南京百识电子科技有限公司
西安晟光硅研半导体科技有限公司
杭州海乾半导体有限公司

宁波合盛新材料有限公司
派恩杰半导体(杭州)有限公司
三星电子
Amkor Technology, Inc.
焱芯微电子科技(苏州)有限公司
苏州锐杰微科技集团有限公司
苏州智程半导体科技股份有限公司
Compound Semiconductor
迈锐斯自动化(深圳)有限公司
青岛四方思锐智能技术有限公司
苏州芯睿科技有限公司
苏州芯澈半导体科技有限公司
深圳市纳设智能装备有限公司
杭州众硅电子科技有限公司
岱美仪器技术服务(上海)有限公司
翌颖科技(上海)有限公司(优尼康)
清歌微视(杭州)科技有限公司
日立科学仪器(北京)有限公司
AIXTRON
厦门市三安集成电路有限公司

国仪量子技术(合肥)有限公司
苏州新尚思自动化设备有限公司
昂坤视觉(北京)科技有限公司
江苏晶工半导体设备有限公司
浙江六方半导体科技有限公司
苏州瑞霏光电科技有限公司
苏州飞时曼精密仪器有限公司
宁波云德半导体材料有限公司
东莞晟鼎精密仪器有限公司
普雷赛斯(苏州)智能科技股份有限公司
亚科电子(香港)有限公司
迪森(常州)能源装备有限公司
北京特思迪半导体设备有限公司
上海矽卿 & 沉积半导体
北京华林嘉业科技有限公司
SENTECH
安徽英科医疗用品有限公司
安徽旭腾微电子设备有限公司
武汉颐光科技有限公司
深圳市速普仪器有限公司

九域半导体科技(苏州)有限公司
江苏南大光电材料股份有限公司
苏州佑伦真空设备科技有限公司
矽磐微电子(重庆)有限公司
亚太芯谷科技研究院
武汉利之达科技股份有限公司
锐德热力设备(苏州)有限公司
空气化工产品(中国)投资有限公司
广东鸿浩半导体设备有限公司
中国电子科技集团公司第四十五研究所
盛美半导体设备(上海)股份有限公司
上海微电子装备(集团)股份有限公司
武汉新创元半导体有限公司
湖南栏海电气工程有限公司
晨日科技
深圳市思立康技术有限公司
苏州利亚得智能装备有限公司
基恩士(中国)有限公司

*以上信息更新至2024年3月

展位余量有限, 欲定从速.....



《化合物半导体》客服 《半导体芯科技》客服

主办单位: 雅时国际商讯

承办单位: 国家第三代半导体技术创新中心(苏州)、宽禁带半导体国家工程研究中心、

宽禁带半导体器件与集成技术全国重点实验室

官方媒体: 《化合物半导体》《半导体芯科技》