

半导体芯科技



SILICON CHINA
SEMICONDUCTOR

CHINA

ISSN 2523-1294

www.siscmag.com

2023年4/5月

**半导体行业自动化：
电子显微镜、人工智能和机器学习 P.14**

将microLED与先进CMOS集成 P.18

激光解键合在FOWLP中的应用 P.23

碳化硅芯片的设计和制造 P.29



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



www.actintl.com



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。

NX-Hybrid WLI

Park
SYSTEMS

Park
SYSTEMS

实现白光干涉测量和AFM测量的完美融合
更好地服务半导体计量

Park NX-Hybrid WLI

AFM和WLI联用技术，Park NX-Hybrid WLI应运而生！



Park NX-Hybrid WLI是迄今为止世界首台内置WLI轮廓仪的工业自动化计量型原子力显微镜。

Park NX-Hybrid WLI产品集成了白光干涉仪(WLI)成像区域宽、速度快和原子力显微镜的纳米级分辨率测量的优点，将WLI和AFM技术无缝融合，开创半导体测量的新时代！



观看视频

www.parksystems.cn/hybrid-wli

☎ 400-878-6829

Park
SYSTEMS

帕克
原子力显微镜

目录 CONTENTS

封面故事 Cover Story

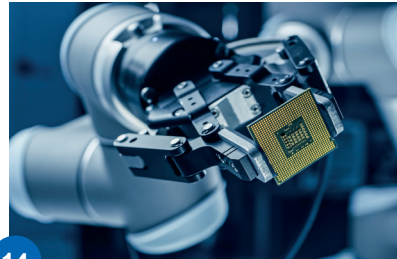
14 半导体行业自动化：电子显微镜、人工智能和机器学习

Automating the semiconductor industry: Electron microscopes, AI and ML

半导体行业对部署人工智能和机器学习应用程序的兴趣迅速增长，为了支持半导体制造商的自动化需求，先进的电子显微镜正在集成人工智能功能，以提供更快的数据生成时间并提高人力和工具资源的生产效率。本文介绍 AI 和 ML 用于半导体行业电子显微镜的自动化功能，包括扫描电子显微镜 (SEM)、聚焦离子束 SEM(FIB-SEM)、透射电子显微镜 (TEM) 和扫描透射电子显微镜 ((S)TEM)。介绍自动化电子显微镜的案例，并讨论当今电子显微镜中可用的 AI/ML 功能。

- David Akerson, THERMO FISHER 公司高级全球市场开发经理

- John Flanagan, THERMO FISHER 公司软件工程师



14

编者寄语 Editor's Note

4 晶圆级光学市场将“惊人”增长

'Staggering' growth for wafer level optics market

- 赵雪芹



7

行业聚焦 Industry Focus

5 莱伯泰科新型质谱仪助力芯片厂商提升良率

5 陕西先进光子器件工程创新平台全面启用

6 DNP 开发出用于半导体封装的 TGV 玻璃芯基材

6 麦德美爱法推出新型耐用烧结技术

7 虚拟计量预测晶圆工艺结果

7 全国首个半导体领域知识产权运营中心在江苏无锡启动

8 可能彻底改变电子行业的突破性自旋电子学制造工艺

9 长电科技提供 4D 毫米波雷达先进封装量产解决方案

10 新思科技发布全栈式 AI 驱动型 EDA 解决方案 Synopsys.ai



12

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

采访报道 Interview

- 12** 超越所见，不负所托
Go beyond what you see and live up to what you trust
——访中电四公司市场管理中心总经理 张琪

技术 Technology

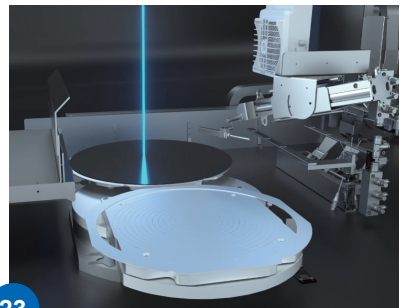
- 18** 将 microLED 与先进 CMOS 集成
Integrating microLEDs with advanced CMOS
- 23** 激光解键合在扇出晶圆级封装中的应用
Applications of laser debonding in fan-out wafer level packaging
- 26** 引入空气间隙以减少前道工序中的寄生电容
Creating airgaps to reduce parasitic capacitance in FEOL
- 29** 碳化硅芯片的设计和制造
Design and manufacture of silicon carbide chips
- 32** 半导体制造分析成熟度：常见障碍和推进方法
Semiconductor manufacturing analytics maturity: common barriers and methods to advance

专栏 Conlunm

- 35** 汽车半导体：正在使车载电子产品“改头换面”
Automotive semiconductors: Changing the face of vehicular electronics
- 38** 2023 年电子产品供应链展望
A view of the electronics supply chain in 2023
- 40** 广告索引 Ad Index



18



23



35

《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
磐龙科技总经理

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
雅时国际资讯顾问

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

晶圆级光学市场将“惊人”增长

全球晶圆级光学市场预计将经历“惊人”增长，预计收入将从 2022 年的 6.324 亿美元激增到 2031 年的 249.08 亿美元，在 2023-2031 年的预测期内以 51.07% 的复合年增长率增长。同样，预计该市场的销售量也将大幅增长，同期复合年增长率为 50.68%。

晶圆级光学 (Wafer Level Optics, 简称 WLO) 是一种将光学元件集成到半导体晶圆上的新兴技术。由于 WLO 具有体积小、性能高、成本低等独特优势，该技术在电信、消费电子、汽车、医疗保健等行业有多种应用，近几年来对 WLO 的需求一直在快速增长。

全球晶圆级光学市场发展的主要推动力

- 电子设备小型化：智能手机、平板电脑和可穿戴设备等电子设备的小型化趋势导致需要更小、更高效的光学元件。WLO 技术通过在单个半导体晶圆上集成多个光学元件提供了解决方案。

- 对高质量成像的需求不断增加：医疗保健、汽车和消费电子等行业对高质量成像的需求正在推动 WLO 市场的增长。WLO 技术以紧凑的外形提供高分辨率成像，有利于这些行业。

- 增强现实 (AR)/ 虚拟现实 (VR) 技术的使用越来越多：AR/VR 技术在游戏中、娱乐和教育等行业的使用越来越多，这推动了对 WLO 的需求。WLO 技术由于其紧凑的尺寸和高性能，对于 AR/VR 设备的开发至关重要。

全球 WLO 市场价格趋势分析

WLO 组件是高性能和小型化光学系统的重要组成部分，预计未来几年其需求将快速增长。这些组件的价格受多种因素影响，例如设计的复杂性、晶圆的尺寸和产量。然而，随着对 WLO 组件的需求增加，由于规模经济效应，价格预计会下降。

对 WLO 组件的需求不断增长，但由于制造商数量有限和制造过程复杂对 WLO 市场的供应链构成了挑战。这可能会导致一定时期出现供需缺口，从而导致更高的价格和更长的交货期。然而，随着市场增长和更多制造商进入，预计 WLO 市场竞争将加剧，从而导致价格下降。

WLO 组件的定价也因最终用途的差异而不同。例如，由于对性能和可靠性的要求更高，汽车和医疗保健应用中使用的 WLO 组件的价格通常高于智能手机和平板电脑等消费电子产品中使用的 WLO 组件。

目前，由于涉及复杂的制造过程，与传统光学元件相比，WLO 组件的价格相对较高。随着产量的增加，未来价格预计会逐渐下降，从而使 WLO 组件更加实惠。

亚太地区是全球 WLO 最大的生产地和消费地

WLO 器件广泛应用于智能手机、平板电脑、笔记本电脑和其他消费电子产品中。由于对消费电子产品的强劲需求和供应，亚太地区是全球最大的 WLO 生产地和消费地。该地区有包括三星电机、LG Innotek 和台积电等一些世界最大的 WLO 生产商。台湾地区是 WLO 的最大生产地，由于几个主要参与者的存在及其先进的制造能力，在全球市场上占据主导地位。美国、中国大陆、日本、韩国和德国也是主要生产国。

中国是亚太地区最大的 WLO 消费国。对智能手机和其他电子设备的强劲需求导致中国 WLO 的生产和消费量增加。由于近年来对消费电子产品的需求增长迅速，印度是亚太地区 WLO 的另一大消费国。此外，亚太地区也是 WLO 向其他地区（尤其是欧洲和北美）的主要出口地。

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

莱伯泰科新型质谱仪助力芯片厂商提升良率

北京莱伯泰科仪器股份有限公司发布针对半导体行业研发生产的电感耦合等离子体三重四极杆质谱仪 LabMS 5000 ICP-MS/MS。

LabMS 5000 ICP-MS/MS 采用工业标准 27MHz 固态发生器，具有极高的系统稳定性；使用 MS/MS 模式实现受控且可靠的干扰去除，精准去除质量干扰离子，从而获得更低的检出限和准确的超痕量分析结果；低背景惰性进样系统集成气体稀释和加氧功能，极大扩展检测应用范围；智能软件平台 HiMass，适用于实验室的各种分析需求，极大提高工作效率。

LabMS 5000 ICP-MS/MS 可用于监控半导体硅材料、第三代半导体材料、湿电子化学品、电子特气、制程溶剂 / 光刻胶等的无机元素污染，已通过半导体行业 SEMI S2、SEMI E78 认证，助力半导体芯片制造商控制产品质量，提升良率。

莱伯泰科是从事实验分析仪器研发、生产和销售，提供洁净环保型实验室解决方案以及实验室耗材和相关服务的高新技术企业，打造的国产电感耦合等离子体质谱仪 (ICP-MS) 系列品牌，广泛应用于半导体、生命科学、新能源等领域。

莱伯泰科 2021 年已经对外发布了电感耦合等离子体质谱仪 LabMS 3000 ICP-MS 并在多个领域实现了产品销



售，首次实现了国产 ICP-MS（电感耦合等离子体质谱仪）在半导体行业芯片生产线上的应用，打破了国外产品的长期垄断。本次发布的新品是在 LabMS 3000 ICP-MS 产品的基础上推出的全新一代三重四极杆质谱仪，主要用于无机元素检测。目前国内半导体行业用于无机元素检测的三重四极杆质谱仪以进口产品为主，该产品能够实现国产替代。

莱伯泰科表示，新产品的发布进一步丰富了公司分析测试仪器产品线，拓宽了公司产品的应用领域，将有助于巩固和提升公司的核心竞争力。目前，该新产品已取得订单并实现发货。

陕西先进光子器件工程创新平台全面启用

陕西光电子先导院先进光子器件工程创新平台在西安全面启用。该平台具备光子芯片制程中的光刻、刻蚀、蒸镀等多项核心工艺，将为光子产业项目提供产品研发、中试、检测等全流程技术服务，为光子产业各类创新主体打通从产品研发到市场化批量供货的完整链条。

据了解，先进光子器件工程创新平台占地 30 亩，建有中试车间、中试大楼、综合楼和动力站等研发和中试配套设施，总建筑面积约 30000 平方米，洁净厂房 3000 平方米，一期专业设备 100 余台(套)，具备以 GaAs(砷化镓)、GaN(氮化镓)为主线，围绕 6 英寸化合物芯片工艺服务能力的柔性中试平台，以技术服务与工程代工相结合的形式，为光子产业孵化项目提供产品研发、中试、检测等全流程技术服务。

此外，该创新平台将有效解决第三代化合物半导体芯片制造的外延生长与制程等关键问题，为光电芯片、功率器件、射频器件等芯片设计企业、高校、科研院所提供外延生长、光刻、刻蚀、薄膜制备、清洗、减薄、抛光、划片等芯片制造全流程服务。

光电子先导院称，该平台的启用标志着陕西向打造具有全球影响力的光子产业生态高地的战略目标又迈出了坚实的一步，将吸引更多光子产业创新要素汇聚陕西，培育一批具有先发优势和全球竞争力的光子产业企业，推动光子产业向集群化、规模化、高产值化发展。目前，陕西光电子先导院已培育和聚集了近百家光子产业企业，入驻光电子领域企业 30 余家。

DNP开发出用于半导体封装的TGV玻璃芯基材

Dai Nippon Printing Co., Ltd. (DNP) 开发出一款面向下一代半导体封装的玻璃芯基材 (GCS)。这款新产品用玻璃基材替代了传统的树脂基材 (例如 FC-BGA)。与基于目前可用技术的半导体封装相比, 通过使用高密度的穿透玻璃通孔 (TGV), DNP 如今可以实现更高的封装性能。此外, 通过采用 DNP 的面板制造工艺, 新产品还可满足对高效率和大面积基板的需求。

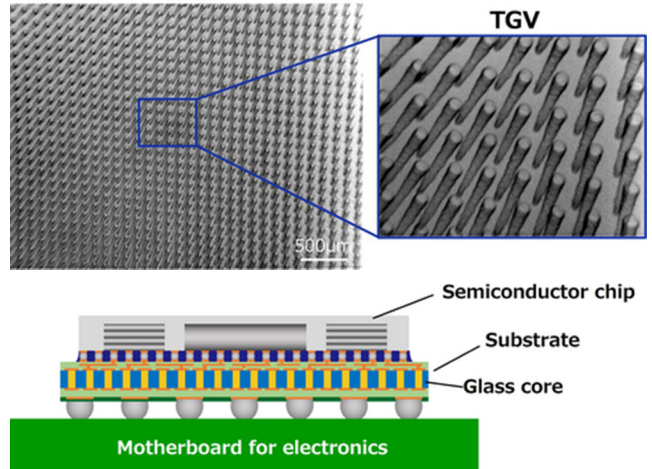
特点

• 精细间距和高可靠性

新开发的 GCS 包括一个 TGV, TGV 对于以电气方式连接在玻璃正反两面配置的精细金属布线不可或缺。这是一种在通孔侧壁覆有金属层的共形玻璃基材。DNP 的新专有制造方法提高了玻璃与金属之间的附着力——使用传统技术难以实现这一点, 从而实现了精细间距和高可靠性。

• 高长宽比和大尺寸

新开发的玻璃基板长宽比为 9+, 保持了足够的粘合质量以便于精细布线。由于对所使用的玻璃基板的厚度限制



较少, 因此可以在设计弯曲、刚度和平整度时提高自由度。DNP 还可以通过运用面板制造工艺来满足封装的可扩展性。

除了将铜填充到玻璃通孔中的现有填充型玻璃基材外, DNP 还在推动将新开发的共形玻璃基材的可扩展性提高到 510 x 515 毫米的面板尺寸。

麦德美爱法推出新型耐用烧结技术

麦德美爱法是全球最大的电子线路、电子组装和半导体封装解决方案供应商之一, 为电子制造商客户提供上述的解决方案。麦德美爱法推出两种新型耐用的烧结技术, 进一步丰富了 ALPHA® Argomax® 系列。这些新技术帮助制造商开发出更小、更轻、更可靠的系统, 增强竞争优势。

ALPHA® Argomax® 品牌在电动汽车行业中广受好评, 利用稳定的生态系统模型作为技术组合, 为电动汽车牵引逆变器提供出色的性能, 以提高续航里程、功率和可靠性。麦德美爱法广泛的银烧结材料系列提供了全方位的解决方案, 为客户提供了更多选择和更易操作的产品, 同时降低了成本和上市时间。该系列产品包括多种烧结用膏体, 可提供湿式和干式选择, 并采用低压技术, 特别适用于芯片、垫片、顶部固定或封装体粘接。

ALPHA® Argomax® 产品线最新的产品是 ALPHA® Argomax® 2148 银烧结技术, 专门用于在金或银基板上烧结大型封装或元件。ALPHA® Argomax® 2148 其中一个最令人惊喜的特性是该产品具有应对边缘部件表面的能力, 由于

其牢固地附着在变频器上, 能够降低现场故障的风险。利用纯银键合线和可点胶的银烧结用膏体表现出出色的键合线厚度和粘合力。即使在极端温度起伏下, 也可为逆变器提供卓越的性能和可靠性。ALPHA® Argomax® 2148 适用于各种应用, 并提供高热导和电导率。Argomax® 所需的低烧结压力也可使用在对压力限制较高的元件上。ALPHA® Argomax® 2148 烧结用膏体提供了便捷的点胶方式, 并可通过一系列的初步测试来全面优化您的应用。产品线的第二个新成员是 ALPHA® Argomax® 6500 焊盘, 为客户带来多重优势, 包括无需印刷、点胶或干燥, 同时使多个键合线连接在 Argomax® 薄膜上来进行顶部连接。

ALPHA® Argomax® 以其卓越的性能和可靠性, 同时提供世界一流的技术支持和客户服务, 被众多国际知名制造商所青睐。麦德美爱法旗下的知名品牌包括 Alpha®、Compugraphics、Electrolube®、Kester® 和 MacDermid Enthone®, 为制造商提供了一系列全面的集成解决方案, 全过程服务, 包括市场上的先进前沿技术。

虚拟计量预测晶圆工艺结果

高斯实验室 (Gauss Labs) 是 SK 海力士投资的工业人工智能初创公司, 提供基于人工智能的用于大批量生产的虚拟计量 (virtual metrology) 解决方案。

为了提高半导体制造过程的运营效率和良率, SK 海力士开始采用人工智能解决方案。高斯实验室于 2022 年 11 月正式推出了基于人工智能的虚拟计量 (VM) 解决方案软件产品 Panoptes VM。2022 年 12 月, SK 海力士就开始在其大规模生产晶圆厂中使用 Panoptes VM 产品。

Panoptes VM 使用传感器数据预测制造工艺结果。该产品是以希腊神话中的百眼巨人 Panoptes 来命名, Panoptes VM 旨在监控制造过程中发生的一切。

Panoptes VM 首先应用于薄膜气相沉积, 这是一种在晶圆上涂覆薄膜的关键工艺。薄膜的厚度和折射率是与半导体芯片质量直接相关的关键工艺结果。

然而, 测量这类薄膜的这些工艺结果需要花费大量的时间和资源, 因此对所有晶圆进行测量是不可行的。

SK 海力士现在依靠 Panoptes VM 来解决这个问题。将 Panoptes VM 生成的预测值与 APC 相结合, SK 海力士将工艺变异性平均降低了 21.5%, 这也提高了良率。SK 海力士和高斯实验室正在考虑将这项技术扩展到薄膜气相沉积以外的各种工艺中。

Panoptes VM 通过 AI 技术分析真实的传感器数据, 其预测模型达到了与物理计量设备相当的高精度。因此,



虚拟计量允许制造商监控几乎所有晶圆, 并通过预测值开辟了无限的可能性。

高斯实验室首席执行官 Mike Kim 表示: “Gauss Labs 通过使用最先进的 AI 技术并在实践中创造真正的影响和价值来解决制造业中最具挑战性的问题。通过将 Panoptes VM 应用于制造前沿, 我们将继续开发引领制造业创新的产品。”

关于采用 Panoptes VM, SK 海力士制造 / 技术执行副总裁 Young-sik Kim 表示: “SK 海力士正在与 Gauss Labs 共同努力, 以实现更高水平的智能工厂。我们会继续通过将人工智能技术融入半导体制造的各个阶段来保持我们的技术优势。Panoptes VM 的到来只是一个开始。”

全国首个半导体领域知识产权运营中心在江苏无锡启动

3 月 26 日, 全国半导体领域首个实体化的知识产权运营平台半导体产业知识产权运营中心在无锡启动。

这个半导体产业知识产权运营中心, 位于无锡国家数字电影产业园内, 由半导体企业、金融机构、产业投资基金等多方主体共同参与。启动当天, 总建筑面积约 2 万平方米的金杜长三角知识产权中心同步开工建设。

未来, 半导体产业知识产权运营中心将以金杜长三角知识产权中心为运营主体, 按照“立足长三角、覆盖全国、放眼国际”的定位目标, 承担行业上下游产业链协同创新重任, 开展知识产权的导航、投资、交易、保护等各项具体运营工作, 打造成为集知识产权创新资源整合、创新成

果培育和创新价值实现的综合性平台, 常态化开展半导体领域的专利交易、培育高价值知识资本、推动技术转移转化等活动, 为我国半导体产业实现高质量发展提供强有力支撑。

据了解, 今年 1 月 18 日, 国家知识产权局正式发文, 支持无锡市滨湖区建设全国首个半导体产业知识产权运营中心。作为我国半导体产业的发祥地之一, 无锡目前已拥有涵盖芯片设计、晶圆制造、封装测试、配套材料和支撑服务等较为完整的产业链, 设计、制造和封测三大主业规模占全省二分之一、全国八分之一。

可能彻底改变电子行业的突破性自旋电子学制造工艺

明尼苏达双城大学的研究人员与美国国家标准与技术研究院 (NIST) 的一个团队一起开发了一种制造自旋电子器件的突破性工艺，该工艺有可能成为构成计算机、智能手机和许多其他电子产品的半导体芯片的新行业标准。该新工艺将允许制造更快、更高效的自旋电子器件，而且这些器件可以比以往任何时候都更小。

相关论文发表在顶级材料学期刊 *Advanced Functional Materials* 上。(Deyuan Lyu et al, Sputtered L10 FePd and its Synthetic Antiferromagnet on Si/SiO₂ Wafers for Scalable Spintronics, *Advanced Functional Materials* (2023). DOI: 10.1002/adfm.202214201)

明尼苏达大学电气与计算机工程系教授兼 Robert F. Hartmann 主席，该论文的资深作者 Jian-Ping Wang 说：“我们相信我们已经找到了一种材料和一种器件，可以让半导体行业在自旋电子学领域获得更多机会，这在以前的内存和计算应用中是没有的。自旋电子学对于构建具有新功能的微电子学来说非常重要。”

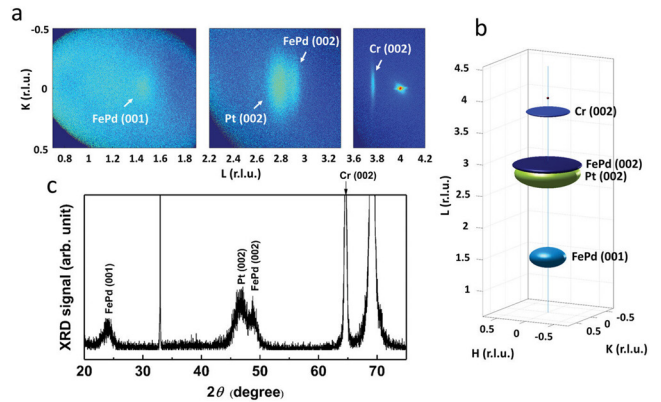
Wang 说，在 Semiconductor Research Corporation (SRC)、国防高级研究计划局 (DARPA) 和国家科学基金会 (NSF) 的大力支持下，明尼苏达州 10 多年来一直在大力领导这项工作。

Wang 的团队还与明尼苏达大学技术商业化部门和 NIST 合作，为这项技术申请了专利，以及与这项研究相关的其他几项专利。这一发现也为未来十年的自旋电子器件设计和制造开辟了一条新的研究思路。

“这意味着霍尼韦尔、Skywater、Globalfoundries、英特尔以及和他们类似的公司，可以将这种材料整合到他们的半导体制造工艺和产品中，这非常令人兴奋，因为业内工程师将能够设计出更强大的系统。” Wang 说。

半导体行业不断尝试开发越来越小的芯片，以最大限度地提高电子设备的能效、计算速度和数据存储容量。自旋电子器件利用电子的自旋而不是电荷来存储数据，为传统的基于晶体管的芯片提供了一种有前途且更有效的替代方案。这些材料还具有非易失性的潜力，这意味着它们需要更少的能量，并且即使在移除它们的电源后也可以存储内存和执行计算。

十多年来，自旋电子材料已成功集成到半导体芯片中，但行业标准自旋电子材料钴铁硼的可扩展性已达到极



限。目前，工程师无法在不失去存储数据能力的情况下制造小于 20 纳米的器件。

明尼苏达大学的研究人员通过铁钼（钴铁硼的替代材料，需要更少的能量，并具有更多数据存储的潜力）来规避这个问题，可以将器件尺寸缩小到 5 纳米。而且，研究人员首次能够使用支持 8 英寸晶圆的多室超高真空溅射系统在硅晶圆上生长铁钼，该系统是跨学术机构中独一无二的设备，在美国只有明尼苏达大学才有。

“这项工作在上世界上首次表明，你可以在半导体行业兼容的衬底上生长这种材料，并且这种材料可以缩小到小于 5 纳米，这是所谓的 CMOS + X 策略，”论文第一作者，明尼苏达大学电气与计算机工程系 Ph.D. 学生 Deyuan Lyu 说。

“我们的团队挑战自我，提升一种新材料来制造下一代数据应用所需的自旋电子器件，”该研究的主要贡献者之一，NIST 的科学家 Daniel Gopman 说，“看到这一进步如何推动自旋电子器件在半导体芯片技术领域的进一步发展，将会令人兴奋。”

这项研究获得了 400 万美元的资助，包括 DARPA 提供的为期四年的资助，以及 NIST 的部分资助；还有 SMART, nCORE 的七个中心之一，一个 SRC 项目的支持；和美国国家科学基金会的资助。

除了 Wang、Gopman 和 Lyu 之外，研究团队还包括许多明尼苏达大学科学与工程学院的研究人员，比如电气和计算机工程系的研究人员 Qi Jia、William Echtenkamp 和 Brandon Zink；机械工程系研究人员 Dingbin Huang 和 Xiaojia Wang 副教授；表征设施研究人员 Javier Garcia-Barriocanal、Geoffrey Rojas 和 Guichuan Yu。美国国家标准与技术研究院研究人员 Jenae Shoup 也为这项研究做出了贡献。

Need High Pumping Speed?

长电科技提供4D毫米波雷达先进封装量产解决方案

长电科技宣布，面向更多客户提供4D毫米波雷达先进封装量产解决方案，满足汽车电子客户日益多元化的定制化开发与技术服务需求。

高精度车载毫米波雷达广泛应用于自适应巡航控制、盲点检测、自动紧急制动系统等领域，是为汽车提供安全保障的感知层的重要组成部分。可靠的高精度毫米波雷达先进封装解决方案，在保证芯片微系统的功能性和可靠性方面不可或缺。据罗兰贝格 (Roland Berger) 公司的预测显示，至2025年全球46%的车辆将具备L2级或更高功能。在汽车智能化发展的趋势下，Yole市场研究预测车载毫米波雷达市场规模2025年将达到105亿美元，年复合增长率将达11%。

目前业界应用于毫米波雷达产品的先进封装方案有倒装型 (FCCSP) 和扇出型 (eWLB)。长电科技在FCCSP和eWLB都拥有了完备的先进封装技术解决方案，对于集成天线AiP (Antenna in Package) 的SoC系统芯片产品，长电科技也具备可靠的解决方案。扇出型eWLB方案采用RDL的方式形成线路，相比基板具有更低的寄生电阻、更薄的厚度、更低的成本。

长电科技认为，对于毫米波雷达收发芯片MMIC，eWLB封装方案占据主导位置；对于集成毫米波雷达收发、数字/雷达信号处理等功能的SoC芯片，车载应用场景对产品性能、等级和散热等不同要求使得eWLB和FCCSP封装出现并行发展局面；对于集成天线的毫米波

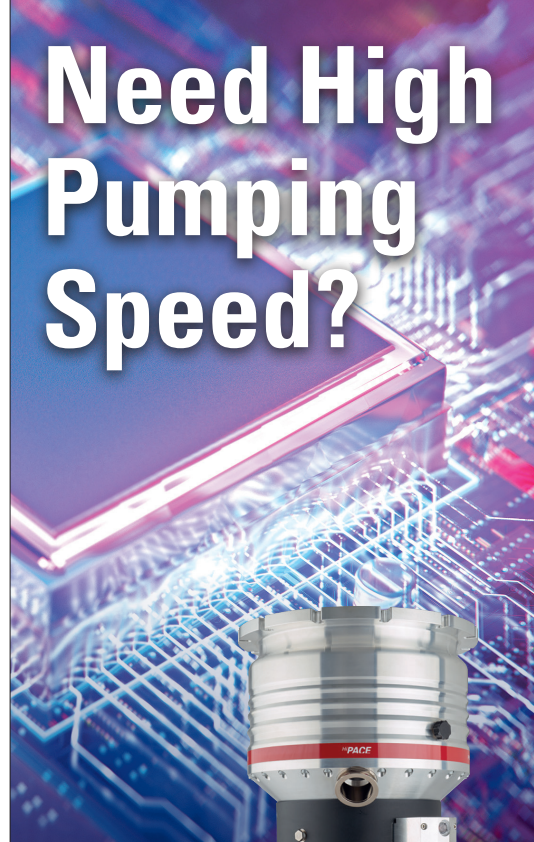
雷达SoC芯片，FCCSP是更合适的封装选择。

长电科技的4D毫米波雷达先进封装量产解决方案可满足客户L3级以上自动驾驶的发展需求，实现产品的高性能、小型化、易安装和低成本。长电科技还与国际知名客户合作开发尺寸更小的Antenna on Mold和双面RDL封装方案。

在新产品开发领域，长电科技还可以在芯片封装协同设计、仿真、可靠性验证，材料及高频性能测试，设计工艺协同优化等方面提供卓越的技术服务。产品测试方面，长电科技不断加大研发投入和基础科研，建设了业界领先的高速数字测试平台。

依托2021年提前布局设立的汽车电子事业中心、设计服务事业中心的整合技术优势，长电科技近年来在汽车电子领域实现迅速拓展，产品类型已覆盖智能座舱、ADAS、传感器和功率器件等多个应用领域。在高精度车载毫米波雷达市场，长电科技与国内外多家领先的毫米波雷达芯片客户进行合作开发，不断在eWLB和FC倒装类封装方式上满足客户产品多收发通道、集成天线、低功耗的需求。目前长电科技已实现车规毫米波雷达产品大规模量产，并且进入多家终端汽车品牌的量产车型。

长电科技汽车电子事业中心总经理郑刚表示，公司将充分发挥在毫米波雷达市场的技术优势，在天线集成、高集成度车载模块、高分辨率雷达等方面拓展高密度互联封装和高可靠性解决方案，引领先进封装技术在毫米波雷达相关产品上的持续创新。



强大的涡轮分子泵 HiPace 2300 抽速高达2050 l/s

您能获得的附加价值

- 抽速和压缩比的良好结合
- 得益于可靠的复合轴承设计，可靠性高
- 对小分子气体和大分子气体都具有很高的抽吸能力
- 抗工艺能力强，防止进入颗粒
- 用于太阳能电池生产的理想机型

PFEIFFER  **VACUUM**

Your Success. Our Passion.

Pfeiffer Vacuum
(Shanghai) Co., Ltd.
普发真空技术(上海)有限公司
T +86 21 3393 3940
www.pfeiffer-vacuum.cn



关注我们

全栈式AI驱动型EDA解决方案Synopsys.ai

新思科技隆重推出业界首款全栈式 AI 驱动型 EDA 解决方案 Synopsys.ai，覆盖了先进数字与模拟芯片的设计、验证、测试和制造环节。基于此，开发者第一次能够在芯片开发的每个阶段（从系统架构到设计和制造）都采用 AI 技术，并从云端访问这些解决方案。

Synopsys.ai EDA 解决方案可提供以下 AI 驱动的方案：

- 数字化设计空间优化以实现功耗、性能和面积 (PPA) 目标,并提高生产效率。(截至 2023 年 1 月,新思科技 DSO.ai 已助力客户完成 100 次流片)；
- 模拟设计自动化,实现模拟设计跨工艺节点的快速迁移；
- 验证覆盖率收敛和回归分析,以实现更快的功能测试收敛、更高的覆盖率和预测性错误检测；
- 自动测试生成,可减少并优化测试模式,提高芯片缺陷覆盖率并加快获取测试结果；
- 制造解决方案,可加速开发高精度光刻模型,以大幅提高芯片良率。

新思科技 EDA 事业部总经理 Shankar Krishnamoorthy 表示：“芯片设计复杂性增加、人力资源有限、交付窗口日趋严格等挑战,让业界期待一个能够覆盖架构探索到设计和制造的 AI 驱动型全栈式 EDA 解决方案——而我们已经给出了答案。借助 Synopsys.ai 解决方案,我们的客户极大提升了其跨多个领域探索设计解决方案空间的能力。随着 .ai 工具在运行中不断学习,客户能够更快地找到理想结果,从而实现甚至超越严格的设计和生产效率目标。”

AI驱动芯片设计的全球行业领导者

目前,全球十大半导体企业中已有 9 家公司采用了 Synopsys.ai 解决方案,持续夯实了新思科技在 AI 驱动芯片设计的全球领导者地位。在每个芯片开发项目中,该解决方案的 AI 引擎持续在不同的数据集上进行训练,随着时间推移,其优化结果的能力将持续提升。

值得一提的是,Synopsys.ai 已经成功帮助汽车领域的领导者瑞萨电子提高芯片性能和降低成本,并将产品开发周期缩短了数周。

以下是诸多行业领袖对于 AI 驱动型 EDA 解决方案的评价：

瑞萨电子共享研发核心 IP 事业部 IP 开发总监 Takahiro Ikenobe 表示：“由于设计复杂性不断增加,使用传统的人机回环技术很快将难以满足质量和上市时间的要求。通过新思科技 VCS[®] (Synopsys.ai 解决方案的组成部分) 的 AI 驱动型验证,我们在减少功能覆盖盲区方面实现了高达 10 倍的优化,并将 IP 验证效率提高了 30%,这表明 AI 能够帮助我们应对日益复杂的设计挑战。”

联发科总监 Xian Lu 表示：“日益复杂的芯片是当前智能世界的核心动力基础,因此实现高质量的芯片变得十分关键。我们必须不断改进设计方法学并部署新技术,以快速交付测试程序,在提高缺陷覆盖率的同时极大地降低测试成本。AI 驱动的自动测试模式生成的改进,对于实现我们未来的芯片测试目标至关重要。”

台积电设计基础设施管理事业部负责人 Dan Kochpatcharin 表示：“台积电与新思科技等开放创新平台 (OIP) 合作伙伴紧密合作,助力我们的客户在执行定制及模拟模块的工艺制程设计迁移时,提高生产效率并加快设计收敛。现在,通过全新的新思科技 AI 驱动型模拟设计迁移流程和台积电的增强型工艺设计套件 (PDK),我们能够实现设计方案的复用,高效地在业界广泛采用的工艺技术上迁移,并受益于全新工艺技术性能、功耗及面积方面的优化。”

IBM 研究中心全球半导体研发与奥尔巴尼运营副总裁 Huiming Bu 表示：“在先进技术节点上,用于光学邻近校正的精确光刻模型是不可或缺的。利用 AI/ML (机器学习) 可加速开发高精度模型,从而在芯片制造过程中获得理想结果。我们非常高兴能够与新思科技合作开发 AI 驱动的掩模合成解决方案,从而帮助我们的合作伙伴加速产品上市。”

独立调研机构 Moor Insights & Strategy 的行业分析师 Patrick Moorhead 表示：“AI 正在给半导体行业带来新的变革机遇,助力开发者创造出更加复杂芯片——这在没有 AI 辅助的情况下是无法实现的。AI 将开辟超乎想象的未来,让我们能够比现在走得更快,做得更多,尤其是面对饥荒、流行病控制、气候变化等重大全球性问题。新思科技在将 AI 引入芯片开发全流程方面处于全球领先地位,他们为行业未来所做的投入与贡献值得敬佩。”

SEMICON[®] CHINA

FPDCHINA 跨界全球·心芯相联

2023年6月29-7月1日 | 上海新国际博览中心



展会注册抽大奖
赚取积分换好礼
参赛拉票忙推广



超越所见，不负所托

智能洁净室技术为IC制造保驾护航

——访中电四公司市场管理中心总经理 张琪

随着市场环境的优化升级和国家政策的有利驱动，新能源汽车、智能驾驶、智能终端和 5G 等下游行业对集成电路的需求激增。而作为典型的高精尖产业，集成电路的制造对生产环境和工艺的要求极为苛刻。其中，洁净室的建设是集成电路制造中的关键环节，对最终产品的性能具有至关重要的影响。

作为我国最早专业从事洁净室机电设备安装的工程公司之一，中国电子系统工程第四建设有限公司（以下简称“中电四公司”）可为集成电路制造企业提供设计、采购、项目管理、施工、设施管理、洁净室配套产品制造等一体化“交钥匙”工程服务。

2021 年，在为北京集电控股有限公司（以下简称“北京集电”）建设集成电路车间洁净室项目中，中电四公司为了满足客户对环境监测的高精度和高稳定性要求，选择与维萨拉合作，将工业用温湿度变送器 HMT330、本质安全型温湿度变送器

HMT370EX 和温湿度变送器 HMT120 等系列产品，成功应用于北京集电厂房洁净室。自应用以来，相关仪表和变送器运行稳定，测量准确。

纤毫必显 打造高标准的洁净车间

穿戴严密封闭的特制防护服和鞋套，经过严格的车间消杀流程，再通过数道相互独立隔离的车间闸门，操作员方能进入标准严苛的集成电路厂房洁净室。不同于一般工业品，集成电路从单晶硅片制造到 IC 制造再到 IC 封装的重要步骤，均需在洁净室中完成。无论是微小的粉尘和碎屑，还是无形的环境温度和湿度等，都将对制造过程产生重大影响。

“集成电路的制造对生产环境的要求非常高，需要对温度、湿度等参数进行极为精确、稳定的测量，从而确保生产环境的稳定可靠。”中电四

公司市场管理中心总经理张琪表示，“2020 年，早在北京集电洁净室项目的投标阶段，我们知道维萨拉的相关产品可完全满足客户对温湿度测量的苛刻需求。于是，我们决定采用维萨拉产品作为测量仪表进行投标，由此也开启了与维萨拉一系列的深度合作。”

随着我国集成电路制造工艺的升级，其制造过程需要的洁净程度也水涨船高，这对于洁净室的建设提出了越来越高的要求。据介绍，北京集电所制造的集成电路工艺目前已突破 28 纳米，对应的洁净室环境温度误差为 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ ，湿度误差为 $\pm 3\%$ 。一旦温度和湿度突破限定误差，将显著影响产品的良品率、使用性能和可靠性。

针对上述应用环境，维萨拉的多款产品如 HMT330、HMT120 和 HMT370EX 在其中扮演重要角色。其中，HMT330 可在恶劣环境中和谐



工业用温湿度变送器 HMT330



温湿度变送器 HMT120



工业用温湿度变送器 HMT330

刻需求下实现精准测量，还可针对不同的应用环境实现定制，从而满足多样的客户需求。而 HMT120 则是一款专为洁净室等环境打造的温湿度变送器，智能测量探头可现场更换，轻松实现测量的可追溯性。

值得一提的是具有“本质安全”功能的温湿度变送器 HMT370EX。即使在误操作或发生故障的情况下，这款产品也不会造成事故或设备损坏。截至目前，该产品已获得多项本质安全认证。除测量相对湿度和温度外，HMT370EX 还支持输出其他湿度参数，如露点温度、湿球温度、绝对湿度、混合比、水浓度、水质量分数、水汽压和焓值。



具有“本质安全”功能的温湿度变送器 HMT370EX

“维萨拉产品的测量精度不仅完全满足了洁净室的设计标准，更大幅压缩了标准误差的范围：将其降低至标杆误差的三分之一，达到了湿度 $\pm 1\%$ 、温度 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ ，充分保障了洁净室的可靠运行。”张琪补充道，“出于项目整体精度和稳定性的考虑，维萨拉的测量仪表成为我们这个项目的理想选择。”

击破阻隔 跨越重洋的迅疾响应

对于高精尖的工程建设而言，时效的重要性不言而喻。项目所需的各



MAU系统中的HMT330

项产品和材料往往有着严格的供货周期，某项关键材料的缺失，将直接影响项目的进度。而全球疫情的起伏不定，给产品的供货时效增添了一抹不确定性。

“国际物流需提前预定，叠加疫情影响，一些稀缺的材料和产品需要提前半年甚至更久预定。”张琪表示，“然而北京集电的项目周期非常紧张，高质量的测量产品对项目的完成意义重大，我们一度非常担心维萨拉的产品能否及时到货。”

事急从权。在产品供货紧张的背景下，维萨拉及其代理商积极配合，在与中电四公司达成初步购买意向、尚未签署正式购买合同时，提前锁定

了项目所需的产品，并充分协调内外外部资源，将产品如期送抵客户手中。

“北京集电的项目如期竣工，各项指标均达到了预期水平。截至目前，相关项目设备运行稳定，客户未反馈任何售后需求。而没有售后需求，也是对我们产品质量的高度认可。”谈及双方的合作过程，张琪感触良多，“为了我们的项目，维萨拉的对接同事克服了很多困难，给予了最大的支持。这增进了我们双方的信任，让我们很感动，也为后续的合作奠定了良好的基础。”

每年，像洁净室建设之类的专业承包约占中电四公司总工程量的 50%。特别是在超大面积洁净室、超净洁净室、超高空间洁净室、超精度洁净室的建设方面，中电四公司有着丰富的工程经验和相关工程技术。

与此同时，维萨拉也凭借着稳定可靠的产品性能、过硬的产品和快速响应的服务，赢得了中电四公司的青睐与信任。相信在不远的未来，维萨拉将与中电四公司开展更为深入的合作，助力双方的品牌出现在更多高精尖产品的打造和应用场景之中。◆

半导体芯科技

SS SILICON CHINA
SEMICONDUCTOR

杂志、官网、公众号连接半导体业界，为中国半导体行业提供全方面的商业、技术和产品信息，以及先进解决方案。

www.siscmag.com

半导体行业自动化： 电子显微镜、人工智能和机器学习

为了支持半导体制造商的自动化需求，先进的电子显微镜正在集成人工智能功能，以提供更快的数据生成时间并提高人力和工具资源的生产效率。

在过去五年中，半导体行业对部署人工智能 (AI) 和机器学习 (ML) 应用程序的兴趣迅速增长。借助可生成 PB (千万亿字节) 级数据的流程和工具，人工智能及其挖掘和利用数据的能力为半导体制造商提供了许多机会，帮助他们努力改进流程、优化人力和工具资源，以及自动化劳动密集型任务。人工智能和机器学习带来的众多机遇包括工艺自动化、工具优化、故障检测和分类、预测性工具维护、计量、工艺控制、排队管理等许多方面。

在本文中，我们将重点介绍 AI 和 ML 用于半导体行业电子显微镜的自动化功能，包括扫描电子显微镜 (SEM)、聚焦离子束 SEM (FIB-SEM)、透射电子显微镜 (TEM) 和扫描透射电子显微镜 ((S)TEM)。我们将从简要讨论 AI 和 ML 开始，介绍自动化电子显微镜的案例，并讨论当今电子显微镜中可用的 AI/ML 功能。

人工智能和机器学习



David Akerson

在讨论电子显微镜中的 AI 之前，简要回顾一下 AI 概念可能会有所帮助。

在较高的层面上，人工智能不是一项单一的技术。相反，它是使机器能够模仿人类智能的技术集合。人工智能系统包含四种能力：1) 使用相机或传感器进行感知的能力；2) 通过提取信息、检测模式和识别上下文来理解的能力；3) 行动能力；4) 学习能力。在这四种能力中，学习与人工智能的关联度最高。

虽然许多人认为 AI 和 ML 是同义词，但两者是略有不同的概念。机器学习是人

工智能的一个子领域，指的是自动化学习。对于 AI 系统，ML 允许它根据过去的结果针对指定参数在迭代过程中感知、理解、分配重要性和修改行为，以提高性能。机器学习应用程序可以是描述性的、预测性的或规范性的。

目前存在多种 ML 技术，大致分为两大类：无监督学习和监督学习。

监督学习需要数据标签或注释，这些将作为机器学习任务的教师。无监督学习寻求在不需要标签的情况下发现数据中的模式和自然分组。由于标记数据既昂贵又耗时，因此无监督学习可能是有利的。然而，许多机器学习任务无法修改为纯粹的无监督学习，例如图像分类。这些技术通常可以结合使用。自监督学习的技术首先在大量未标记数据上学习使用与所需任务相关的任务。然后重新配置

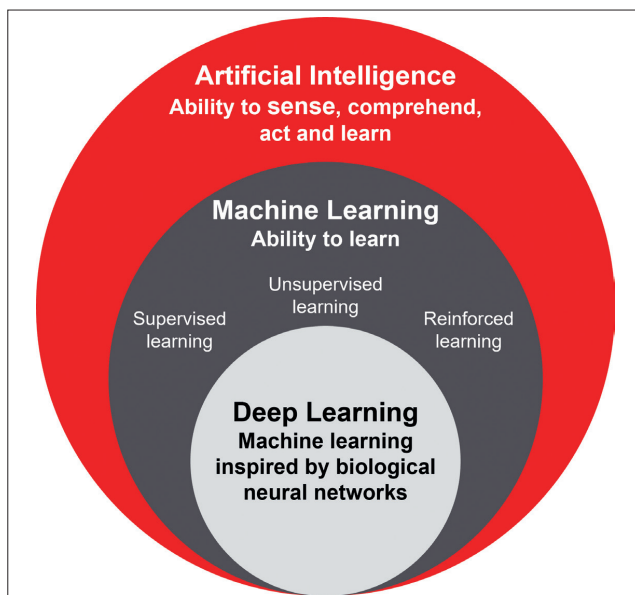


图1：机器学习是人工智能的一个子领域。

作者：David Akerson, Thermo Fisher公司高级全球市场开发经理；John Flanagan, Thermo Fisher公司软件工程师

ML 系统，从而在较小的标记数据体上进行自我调整。

无论使用哪一种方法，重要的是要记住 ML 取决于训练数据集的质量、偏差和规模。错误、标记不当或不完整的数据可能会导致机器学习偏差，如果人工智能系统以某种方式进行训练，它可能会以意想不到的方式提供信息。

另一个需要注意的子领域是深度学习 (DL)。DL 是受生物神经网络启发的一种特定类型的 ML。深度学习使用人工神经网络，它模仿人脑中的生物神经网络来处理信息，找到数据之间的联系，并得出推论。DL 热潮是在 2012 年通过 AlexNet 而拉开帷幕，AlexNet 在 ImageNet 分类任务方面产生了巨大的飞跃性改进，而这种分类任务是计算机视觉领域的一个关键挑战。DL 的部署进一步彻底改变了机器翻译、语音识别、蛋白质折叠和更多应用领域。

最后，同样重要的是要注意自动化可能也是劳动密集型的。机器学习算法需要进行训练，可能需要使用标记数据进行训练，这需要在数据注释上投入时间。然而，一旦完成，只要目标 / 推理数据与训练数据域相匹配，算法就可以很好地处理目标任务。如果数据漂移，则需要重新进行训练。

自动化电子显微镜的案例

简单地说，半导体制造是人类有史以来最复杂的工作之一。制造当今的三维 (3D) 半导体需要数百个工艺步骤才能生产出包含数十亿个晶体管和互连线的单个芯片。随着逻辑和存储转向具有更高密度的更高比率的 3D 结构，具有亚埃精度的统计相关数据的可用性，对于识别缺陷和超出公差 of 的工艺步骤至关重要。因此，先进的 FIB-SEM、SEM 和 TEM 工具成为在所有前沿晶圆制造工艺中获取数据的关键组件。

在半导体行业中，电子显微镜已经并将继续在提供数据以改进和优化制造工作流程方面发挥越来越大的作用。

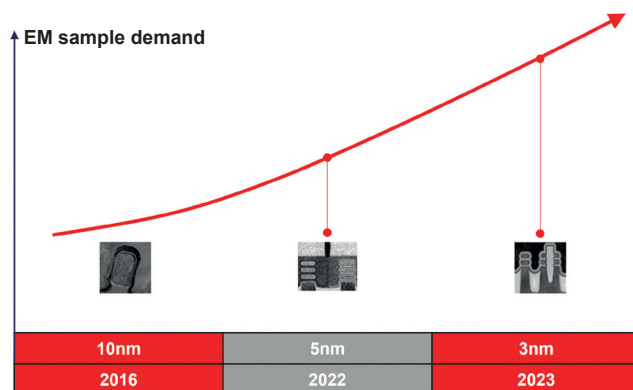


图2: 电子显微镜(EM)样品从10nm到3nm。

从样本中提取数据用于(S)TEM成像和分析，以校准工具集、诊断故障机理并优化工艺良率。然而，在执行高度特定的测量之前，需要使用 FIB-SEM 准备样品，并且应该注意的是，(S)TEM 的成像和分析在很大程度上取决于样品的质量。

过去，SEM 和 TEM 分析的样品制备这一具有挑战性的任务一直由经验丰富的 FIB-SEM 用户手动进行。在 TEM 样品制备的情况下，这可能特别耗时。然而，随着支持每一代持续的半导体开发所需的样品数量呈指数级增长，人工处理正迅速变得不可持续，并且超过可用的人力资源。为了提供背景信息，一家典型的领先半导体制造商可能在当前工艺节点上每月生产 35,000 到 40,000 个样品，并且这个数字预计会在下一代中大幅增加。

一旦样品准备好后，分析工作就开始了。使用先进的计量 (S)TEM，例如 Thermo Scientific™ Metrios™ AX，实验室就可以测量关键尺寸并表征器件，以更好地了解其在原子尺度上的结构。与样品制备类似，此任务传统上也是手动进行的，而且也可能很耗时。

面对要处理的样品数量的增加和提供信息的需要变得更快 (图 2)，许多半导体制造商正在寻求实验室和晶圆厂的工具自动化，并表现出对实验室和晶圆厂自动化工具的兴趣。

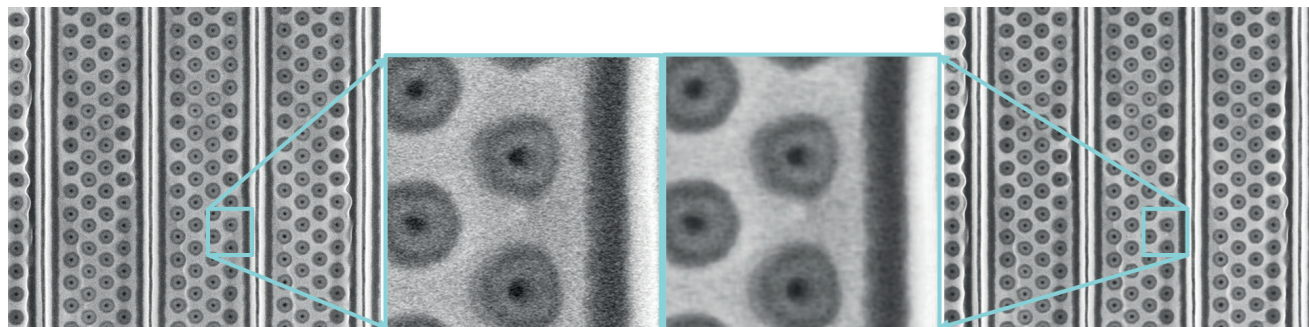


图3: 3D NAND沟道图像，左边没有SNR图像优化，右边有SNR图像优化。

电子显微镜中的AI/ML

在某种程度上，当今电子显微镜的人工智能能力还处于起步阶段，主要应用于如下两个领域：系统校准和过程自动化。一个欠开发的领域是数据分析。为了提供半导体行业的一些 AI 应用示例，下面将简要介绍 Thermo Fisher Scientific 的 (S)TEM、DualBeam 和扫描电子显微镜中支持 AI 的一些功能。

系统校准

系统校准主要是保持电子显微镜处于工作状态并优化其性能。在系统校准中，四个最广为人知的应用程序是工具对准、预测性维护和监控、队列管理和图像优化。这些应用程序的示例如下。

通过工具对准，电子显微镜利用计算机视觉和高级算法来对齐纵列和光束。AI 跟踪纵列的对齐状态并将其与稳定性窗口进行比较，以保持工具对准并按规范运行。这确保了高质量的数据捕获，并防止了由于运行时间错误或在收集数据后发现偏移导致的生产力损失。

通过使用 AI 和收集的传感器数据来自动识别可能影响工具操作的潜在问题，从而实现预测性维护和监控。预测性维护和监控提供了避免计划外停机，根据需要主动安排维护，或在即将发生突然故障时通知进行干预的能力。

此领域中的另一个应用程序示例是图像优化。对于半导体行业，数据清理净化或去噪对 (S)TEM 数据进行可重复且具有统计意义的定量分析至关重要。在图 3 的示例中，

ML 网络在结构上进行了训练，以降低信噪比 (SNR) 并提高 SEM 图像质量和采集速度。右边的图像是去噪后的图像。

过程自动化

过程自动化应用程序的目标是自动执行样品制备、数据采集和计量任务，以提高劳动力资源的生产效率。提供过程自动化的三个应用程序示例是终端点、自动化配方工作流程和感兴趣区域 (ROI) 导航 (图 4)。

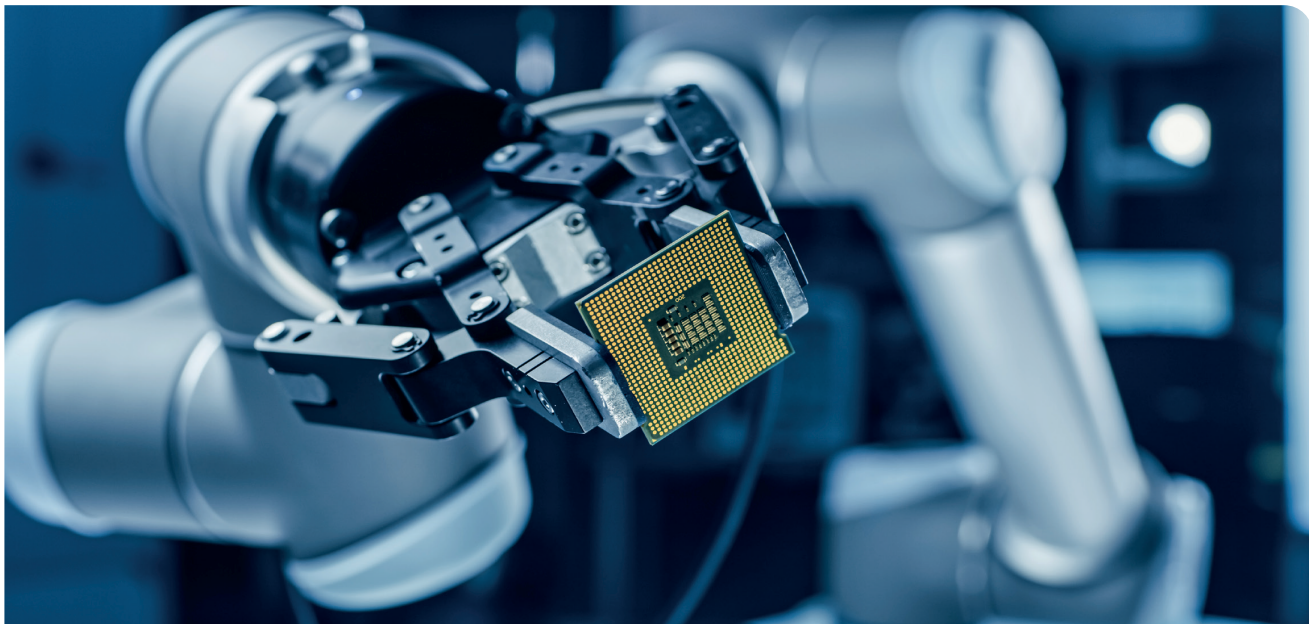
终端点检测利用 ML、传感器和计量测量，在金属或感兴趣的通孔层暴露时停止切削。当看到特定的传感器测量值、特征或阈值时，就会指示刻蚀工具停止刻蚀操作。

通过自动化配方工作流程，“配方” (recipe) 或脚本会编写并用于执行重复性任务。ML 作为一个配方组件，使得配方能够适应本地的数据。

此领域中的最后一个示例是 ROI 导航，它允许检测特定的特征以自动导航到 ROI。通过此功能，用户能够改进切割位置，定义图像采集区域，并提高最终数据的质量。

数据分析

如上所述，半导体数据分析应用并不像许多其他行业那样发达。虽然人们对于利用数据洞察来推动更好选择的应用程序很感兴趣，但许多因素导致了这些应用程序的缺乏。关键因素之一是数据缺乏。随着深度学习的最新进展，它正在为新的应用程序创造机会。但是，对数据的需求很大。在某些情况下，不需要客户的特定数据。对于其他情



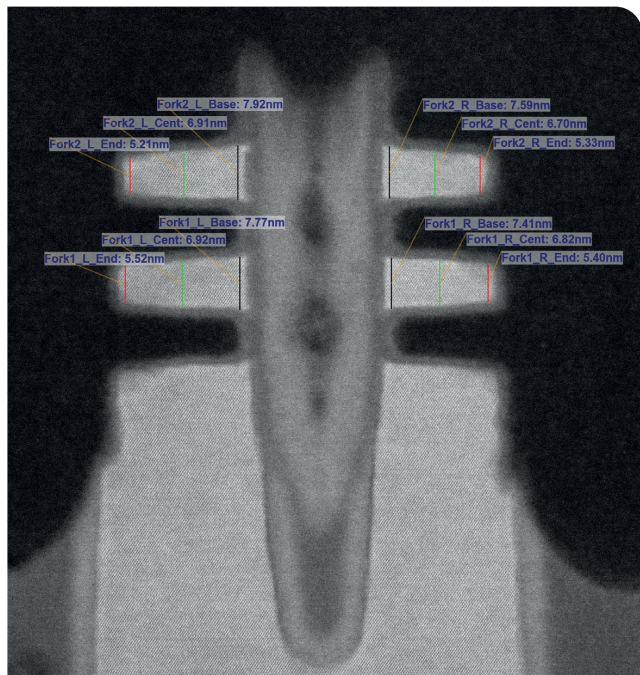


图4: AI支持的GAA器件的ROI导航和图像采集。

况来说,由于需要大量数据,因此需要与半导体制造商合作以构建具有生产价值的应用程序。

小结

对于半导体行业来说,许多因素汇集在一起,需要在生产操作中实现自动化,包括更复杂的设计、更长的开发周期、日益激烈的竞争和技术资源限制。因此,许多半导体制造商正在探索利用人工智能实现工作自动化的技术。

随着半导体公司开发新产品和加速制造,人工智能有可能产生巨大的商业价值。其优势包括自动化任务以释放熟练的人力资源、改善工具的性能、优化人员和工具生产力,以及加快开发周期和上市时间。

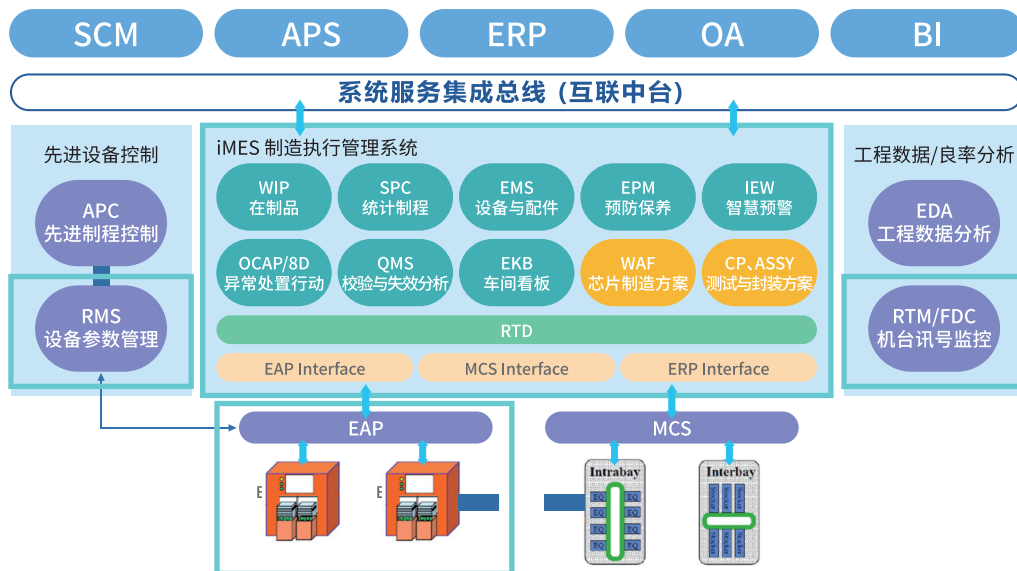
为了支持半导体制造商的自动化需求,先进的电子显微镜正在集成AI功能,以提供更快的数据生成时间,并提高人力和工具资源的生产效率。虽然仍处于起步阶段,但随着制造商寻求提取隐藏在其数据中的价值,电子显微镜中的AI功能可能会迅速提升。◆

鼎捷软件股份有限公司

半导体企业运营与自动化车间架构



扫码关注鼎捷智造



鼎捷软件深耕半导体行业20余年,服务了超过500+半导体行业的客户,其中国内上市的半导体客户20余家,深刻了解半导体产业独特的管理特征,协助客户系统导入的过程中,累积出晶丰明源、卓胜微、复旦微、中颖电子、全志科技、国科微、紫光同创、必易微、中科蓝讯、复旦微电子、能讯半导体、群芯微电子、中科智芯等知名企业的成功经验,并进一步将成功经验衍生到产品发展的蓝图上,为半导体产业发展了完整的一体化行业解决方案。针对半导体产业的IC设计、硅片材料、外延、芯片制造、封装与测试等管理,提供项目管理、委外加工管理、销售预测、生产规划与排程、制造执行系统、设备集成、检测数据收集、参数管理、生产管制、质量管理、战情中心等解决方案。以专业的顾问服务团队、横跨半导体上、中、下游的系统整合、实施经验及弹性的系统架构,与客户共创管理效益、数据价值。有效提升委外管理能力、工程响应能力、工厂营运效率、缩短交期、降低成本、即时生产管制、透过智能预警降低运营风险、提高产品质量,提升客户满意度,并优化企业竞争能力,连结上、下游延伸产业与整合的基础。



将microLED 与先进CMOS 集成

将300mm硅基GaN LED晶圆键合到相同尺寸的CMOS背板上，是生产microLED间距仅为几微米的显示器的最佳方法。

在过去五年左右的时间里，microLED 制造一直是显示器行业的热门话题。在 Display Week 等领先的显示器盛会中，它一直处于重要议程，重点是各种显示器的平板制造，尺寸范围从智能手表到手机和电视。对于这项技术，与 microLED 的巨量转移以及缺陷芯片的修复相关的挑战，阻碍了规模化生产的扩大。

当考虑将 microLED 用于微显示应用时，会面临一系列新问题，如增强现实（AR）眼镜。为该类型应用制作 microLED 显示模块的一种方法是将 microLED 和 CMOS-ASIC 背板集成起来，后者控制和驱动 microLED。该方法消除了与巨量转移相关的问题，但却遇到了一系列其他障碍。考虑一下这项技术的主要应用，即 AR 眼镜，需要亮度超过 1 Mnits，像素间距低于 3 μm、分辨率高达 2K 以上、超低功耗和可接受的成本，所有这些都还要在一个轻型模块中实现。

到目前为止，现有的微型显示器制造方法还不能满

足所有这些规范，仍在努力中。中国上海的芯片制造商 JBD 已经推出了几款令人印象深刻的原型设计，并且正在交付适量的产品。然而，难以实现大批量生产。与此同时，比利时鲁汶的 MICLEDI Microdisplays 公司，在解决限制 microLED 显示器亮度和分辨率的问题上取得了很大进展。为此，我们正在开发一种实现大批量、低成本制造所需的方法。请继续阅读，以了解我们所面临的挑战和我们引人注目的解决方案的细节。

亮度和效率

AR 眼镜的一个缺点是它们非常大的光学损耗。这种损耗的程度由实施情况决定，但通常只有不到 1% 的显示器发出的光子到达眼睛。由于这些惊人的损耗，显示器必须产生高达 1000 万尼特的白光，以支持户外使用高透明度眼镜。

microLED 显示器的竞争技术是类似 microOLED 的

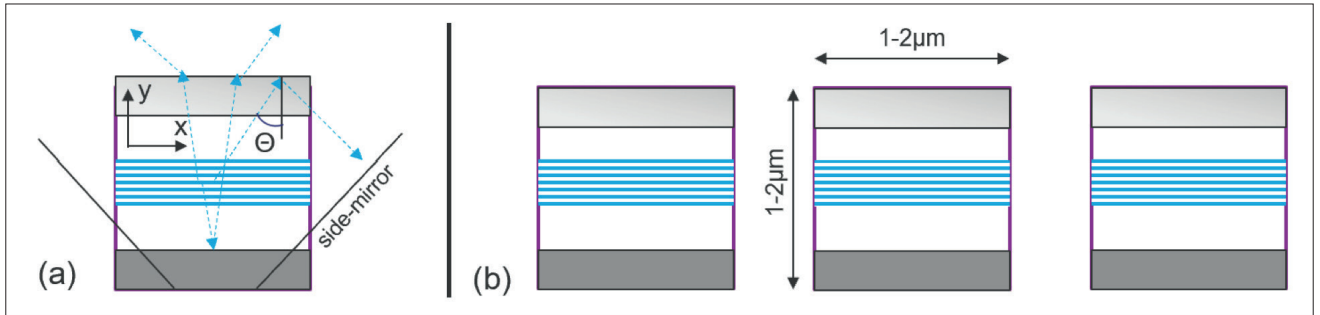


图1: 具有 (a) 小像素与 (b) 窄间距阵列的平面microLED中的光输出耦合。

显示器，即使 OLED 的效率比 microLED 更好，在最佳情况下也可以实现 2 万尼特的绿色。法国市场分析机构 Yole Intelligence 对 2019 年最新技术的总结显示了 OLED (RGB 22%, 22%, 7%) 与 5 μm 的 microLED (RGB - 7%, 15%, 25%) 的效率数据。请注意，这些数字远远低于氮化镓 LED 的内部量子效率值，其典型值为蓝色 85%、绿色 60% 和红色不到 30%。

缩放尺寸下的效率损失主要是由于光外耦合，在较小程度上是由于台面侧壁缺陷导致的电损失，导致大量的非辐射复合和增加的漏电流。平面 LED 中的光外耦合受限于从高折射率化合物半导体材料到空气的内反射角度。这意味着，对于 GaN LED 来说，在忽略干扰效应的情况下，只有不到 10% 的光可以通过完美的背面镜提取。对于尺寸大于 100 μm 的大型 LED 来说，表面纹理采用非常好的背面镜。这使每个光子在不同的角度下都有多次输出的机会，从而使理论上的光提取效率达到 75%。表面纹理不是尺寸低于 5 μm 的 microLED 的解决方案，因为光子没有空间进行多次反射。

值得注意的是，Yole 提供的效率非常乐观，只适用于间隔很远的单个 LED。图 1 说明了这一点，该图考虑了不同的间距场景。在 microLED 中，通过透明的正面触点的直接发射非常低，通常低于 10%-- 但可以通过添加侧壁镜来提高提取率，该侧壁镜可以提取超过内部反射角度的光。然而，当将 microLED 封装在一起以确保更高的间距时，任何类型的侧壁镜都不太有效。由于这一障碍，microLED 在极小的显示器中的外部量子效率预计将限制在不超过 8%，除非转向定向发射器架构。

因此，鉴于 microLED 效率低，这些器件仍然被视为 OLED 的可行替代品，因为它们具有非常出色的电流处理能力。由于能够维持比 OLED 高一千多倍的电流密度，这些基于 GaN 的器件可以提供目标亮度。

显示屏尺寸和分辨率

任何基于 microLED 的显示器都有两个问题：它所需要的尺寸是多少？什么分辨率是合适的？要回答这些问题，必须考虑人眼的能力。在绿色和蓝色光谱域中，人眼

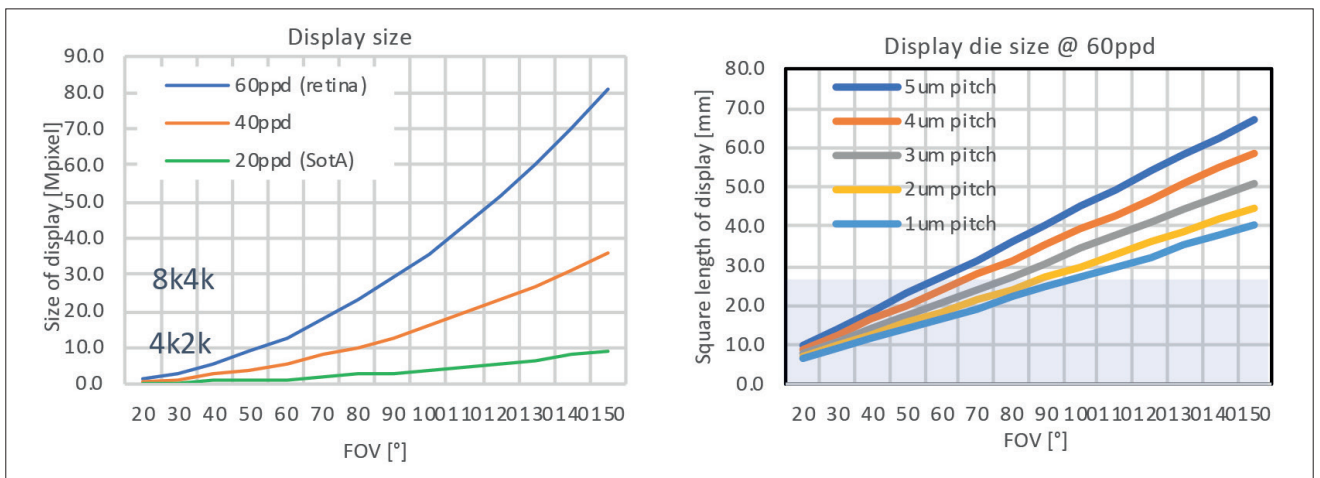


图2: (左) 不同角度分辨率下视场 (FOV) 与像素数的函数关系图(Mpixel指的是1个具有红-绿-蓝子像素的像素, 显示比例为1:1); (右) 不同于像素间距的芯片尺寸(假设高级节点CMOS (<45nm), 具有帧缓冲区和16:9的显示比例)。

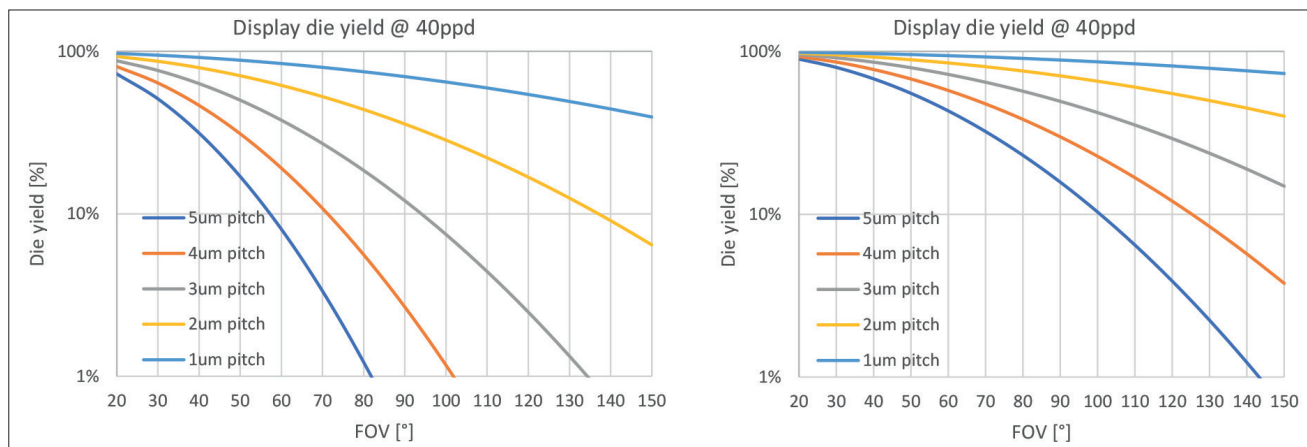


图3: 不同子像素间距的芯片成品率与视场 (FOV) 的关系。(左) 假设 RGB 逐像素; (右) 假设 RGB 逐晶粒。

的角度分辨率为每度 60 像素。我们在考虑 AR 眼镜的目标视野时注意到了这个数字。正如人们所期望的那样，当增加视野或角度分辨率时，显示器中的像素数量必须增加 (参见图 2, 左)。在目前的一些商业头盔式 AR 中，系统支持全高清显示，但视场范围有限，只有 50°。从 5 μm 到 1 μm 的 microLED 的一个好处是，它们可以在相同的显示器尺寸下提供更大的视野 (参见图 2, 右)。

尽管这种小型化水平很有吸引力，但要想实现常规的成功却远非易事。即使是制造间距为 5 μm 的全高清显示屏，也会接近曝光工具的视网膜尺寸极限。接近该极限的操作会影响可制造性和良率。

我们计算了不同间距对良率的影响。根据我们的制

造良率模型 (参见图 3, 左) -- 假设红色、绿色和蓝色 microLED 并排集成 -- 即使目标分辨率降低到每度仅 40 像素，也需要小于 3 μm 的间距才能超过 50% 的良率。

通过独立制造三种不同颜色的发射器，然后将它们与光学组合器集成在一起，可以显著放宽这些条件 (参见图 3, 右)。这就更接近于现有彩色显示技术的良率模型，称为硅上序贯液晶显示器。

可制造性

可以采取多种方法来实现这种集成 (图 4 中总结了各种选项)。一种是晶粒到晶圆的转移，通过一次转移和放置一个像素来创建红色、绿色和蓝色发射器阵列，或者

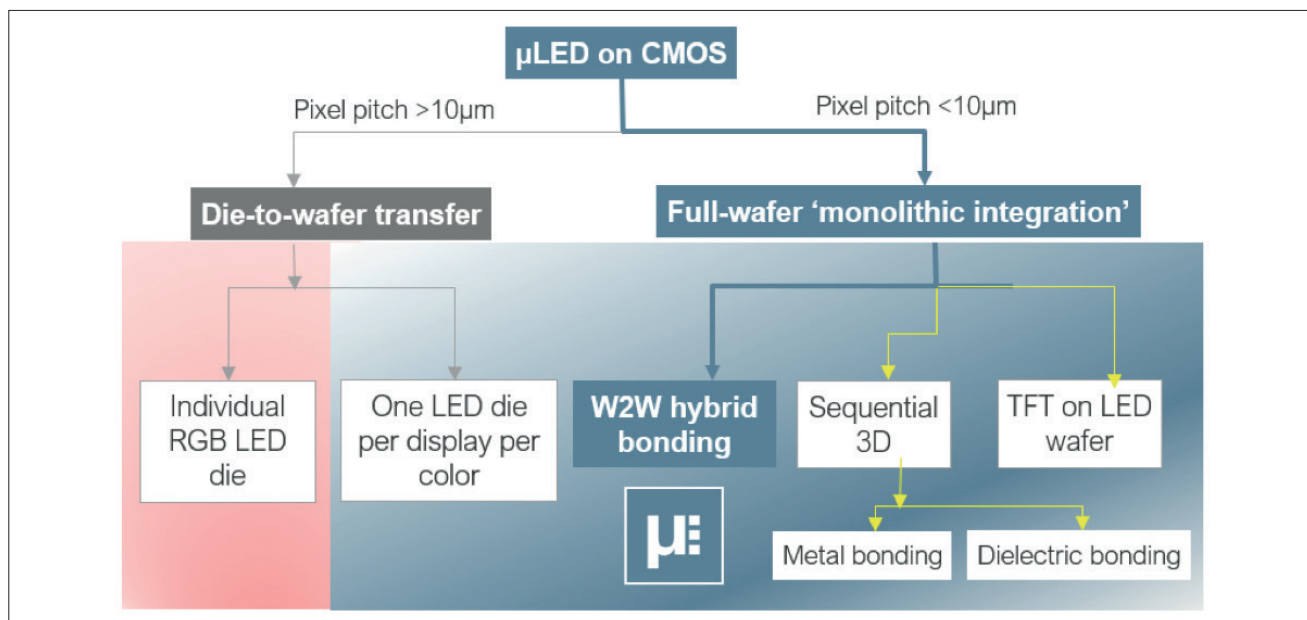


图4: microLED-CMOS集成方案概述。

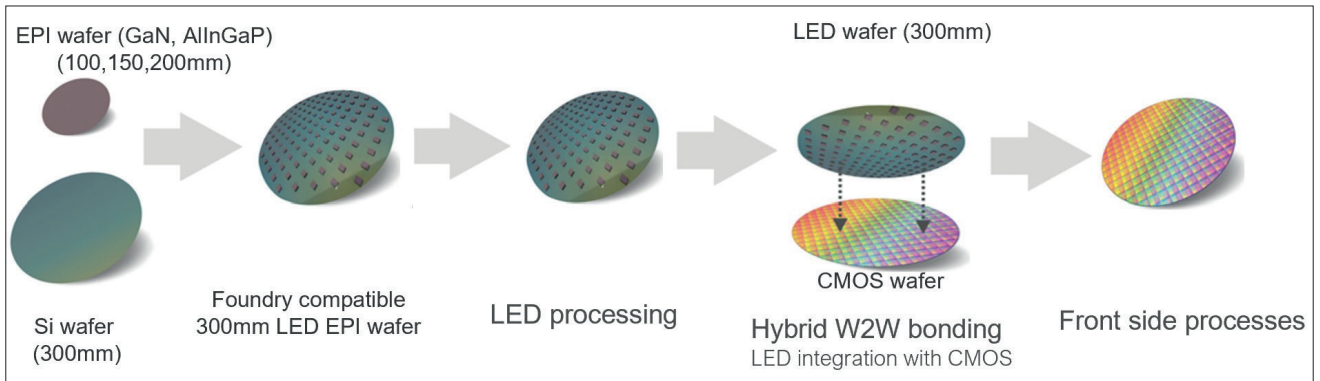


图5: 从300 mm化合物半导体重构到二极管阵列与先进节点CMOS的混合键合的制造流程。

通过将整个阵列粘合为单个小芯片来实现。这两种晶粒到晶圆的转移都采用了钢凸点，这种技术已经在红外成像仪的大规模生产中使用了20多年。晶粒到晶圆转移的另一个优势是，它允许在标准的CMOS晶圆厂中制造CMOS背板，而在化合物半导体晶圆厂中制造前板二极管阵列--每个晶圆厂都根据特定的晶片尺寸定制，并使用专用工具集。采用这种方法，在出现明显的良率损失之前，生产可以很好地扩展到10 mm的间距。还有其他类型的微凸点以及混合键合的晶粒到晶圆方法。

对于军事和太空应用，已使用晶粒到晶圆键合生产间距低至4 μm的紫外和红外成像仪。

然而，良率非常低--这对显示器行业来说是不可接受的。因此，对于microLED显示器，需要采用完整的晶圆到晶圆方法来达到10 μm间距以下并将LED与背板结合起来。如果要与顺序3D方法一起使用晶圆对晶圆的键合，那么LED阵列晶圆和CMOS晶圆必须具有相同的尺寸。这就带来了一个问题：与OLED显示器相比，microLED需要更复杂的驱动和补偿方案，例如包含帧缓冲器，因此必须使用远低于45 nm的先进节点在300 mm

晶圆上制作附带的硅电路。由于没有批量生产300 mm的化合物半导体外延片，目前的努力方向是将较大的CMOS晶圆尺寸调整为直径100 mm或150 mm，从而导致昂贵的晶圆面积损失。混合键合的进展也因需要极端的表面平面性，以及非常低的晶圆弯曲度和通常低应力而受到阻碍。几乎所有通过异质外延沉积的化合物半导体堆栈都难以满足所有这些要求。

令人鼓舞的是，堆叠硅晶圆的生产工艺已经投入使用

在过去的十年中，几个研究小组已经将microLED的尺寸缩小到1 μm以下。然而，对于这些研究人员来说，考虑将LED像素与CMOS驱动电路（通常称为“背板”IC）集成通常只是事后考虑。

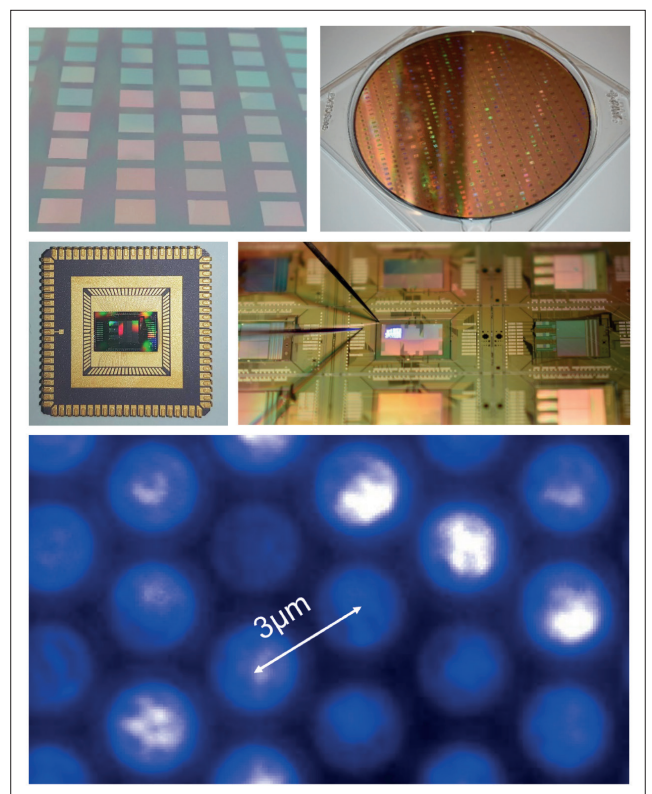


图6: 300 mm LED晶圆的图像(a)在GaN重构后；(b)经过完整的晶圆到晶圆的集成方案；(c)封装后的裸片；(d)具有9150 ppi的480 x 320无源阵列。

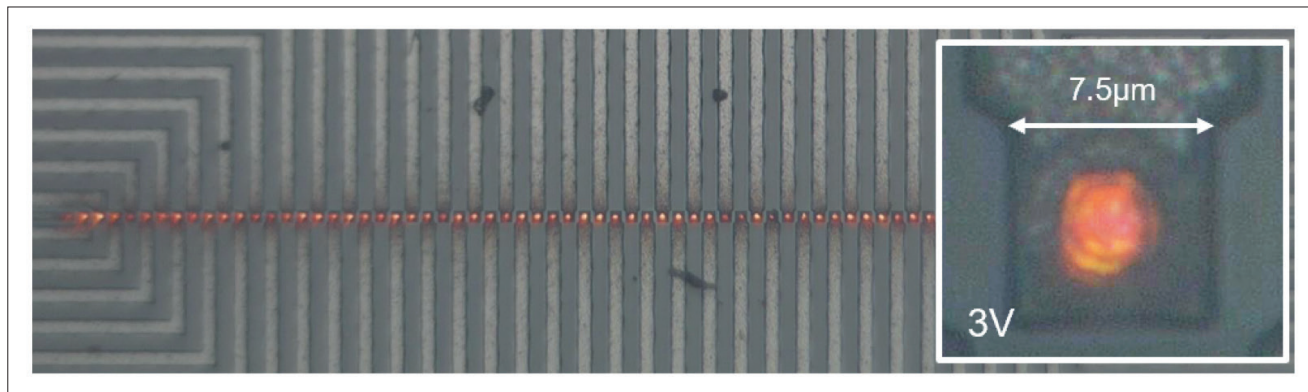


图7. 具有7.5 μm网格的红色硅基GaN线性阵列的电致发光图像。

用，将顺序 3D 结构与衬底通孔和晶圆到晶圆的混合键合相结合。后者通常用于生产间距小至 3 μm 的背面照明成像器，并用于研发部门，以间距小于 1 μm 的 300 mm 晶圆与小于 200 nm 的覆盖层结合起来。

显示器集成

我们公司是 imec 的子公司，于 2019 年推出，其使命是解决上述的可制造性和良率问题。在开发我们的显示器技术时，我们所做的决定遵循以下三个前提：我们的集成流程是在 300 mm 的生产设备上开发的，因此可以转移到 CMOS 代工厂；我们选择的材料尽可能与先进的 CMOS 晶圆厂的污染和废物管理协议兼容 -- 因此这意味着没有银、金或砷化镓；并且在制造其他产品时，尽可能采用既定的工艺步骤和模块，这些步骤和模块能够提供高良率。

考虑到这些要求，我们开发了一种 LED 集成工艺，该工艺与用于制造 3D 背面照明成像仪的工艺非常相似。然而，在我们的案例中，我们将硅光电二极管晶圆替换为填充有 GaN 二极管的晶圆（参见图 5）。我们通过从多家供应商采购同类最佳的商业外延片，克服了初始 GaN 材料的局限性，例如尺寸小、应力和弯曲度大以及颗粒密度高。在重新分布到空白硅晶片上之前，Epi 裸片被切割成最终显示器的尺寸，例如 4 mm x 6 mm 以实现全高清晰度。在去除外延生长衬底和缓冲层并对其进行平坦化处理后，我们使用预先选择的已知良好外延芯片制作了直径为 300 mm 的无应力结构，从而只剩下 1.5 μm 厚的 GaN 堆叠，其特征是有一个有源区夹在掺杂层之间（见图 6 (a)）。从晶圆处理的角度来看，这种重组晶圆的行为类似于硅晶圆。

在 300 mm 的晶圆上加工出 3 μm 间距的 LED。随后的晶圆到晶圆的混合键合将该晶圆与 300 mm CMOS 背板

ASIC 晶圆结合在一起，其对准精度超过 250 nm。对于我们最初的工艺开发、器件表征和取样，我们使用了只有几层金属层的硅晶片，将操作限制在对矩阵阵列的无源控制上（参见图 6 (d) 对 480 x 320 像素的无源阵列进行晶圆级测试；图 6 (c) 为封装裸片的图像；和图 6 (e) 为具有 3 μm 间距和 2 μm 台面的阵列的显微图像）。我们的下一步是用实际的 ASIC 来替换这些无源阵列。

使用这种集成方案，我们实现了高达 65% 的创纪录孔径，在 3 μm 的六角形间距配置中，孔径为 2.5 μm。这种大孔径是一个巨大的特性，对实现高亮度至关重要。首批下线的蓝色发光晶片在 5V 下的亮度为 60 万尼特。对于这些发射器，外部量子效率超过了 2%。

我们目前的方法是用光学组合器将红色、绿色、蓝色芯片的输出汇集在一起。这种方法的一个含义是，我们必须对所有三种形式的芯片使用相同的工艺流程。不出所料，最大的挑战是红色 LED。我们正在努力提高效率和色点。图 7 中可以看到由 200 mm 硅基 GaN 外延片形成的红色光源的第一个短路样品。

改进晶圆级光学器件为提高性能提供了另一种途径。通过增强对波导集成有用的顶角内的光输出耦合并抑制该角度外的光发射，应该可以将亮度提高 2 到 4 倍。在相对较短的时间内，我们已经证明，对于 5 μm 及以下的间距，转向将 300 mm microLED 晶圆键合到 CMOS 背板晶圆的单片方法有很多优点。通过与 imec 的合作伙伴合作，我们已经解决了与该工艺相关的挑战，现在我们开始将技术转让给我们的代工厂合作伙伴。OSc

● 作者在此感谢与 imec 300 mm 试验线和 imec 3D 集成部门的合作。

激光解键合在扇出晶圆级封装中的应用

摘要: 扇出晶圆级封装广泛应用于手机、车载等电子产品上。制造过程中需要使用到暂时性基板, 而移除暂时性基板最适当的方式为激光解键合。鸿浩半导体设备所生产的UV激光解键合设备具备低温、不伤晶圆等技术特点, 并且提供合理的制程成本, 十分适合应用于扇出晶圆级封装。

1. 扇出晶圆级封装简介

扇出晶圆级封装 (Fan Out Wafer Level Packaging, FOWLP, 简称扇出封装) 是一种新型的晶圆级电子封装技术。与标准的晶圆级封装 (Wafer Level Packaging, WLP) 或称为扇入晶圆级封装 (Fan In WLP) 相比, 可以扩大封装面积, 因而容纳更多的输入/输出引脚 (I/O), 同时实现更薄、更扁平的封装形貌, 并且能以较低的成本来生产具有良好电器特性的电子组件。

由英飞凌与意法半导体和星科晶朋共同开发的 eWLP 是第一个商业化的扇出封装。当时的发展背景即是为了应对愈来愈多的输出引脚的需求。解决方式是加大扇出空间来容纳更多的引脚。eWLP 于 2009 年中量产, 并且开始应用于手机芯片上。

自 2010 年代以来, 已有多家包括半导体晶圆厂、封装厂开发各式的扇出封装技术, 如台积电的 InFO、三星的 FOSiP、安靠的 SWIFT、日月光的 FOEB 等等。并且往系统级封装、堆栈封装发展, 成为整合度更高、互连速度更顺畅的电子构装组件。扇出封装目前大规模应用于智能手机、穿戴装置、电源管理、射频组件、车用电子等领域, 由于易于进行异质整合, 加上具有高性价比的优势, 使用量与应用范围有愈来愈扩大的趋势。

2. 扇出晶圆级封装制造流程

传统的晶圆级封装是在已完成前段制程的晶圆片上针对晶圆片上的芯片来进行, 芯片封装面积大小取决于原本在晶圆上针对芯片所预留的间距。扇出封装则可藉由——重组晶圆 (Reconstititional Wafer) 来决定芯片的封装尺寸。重组晶圆是依托在暂时性基板 (Temporary Carrier) 上, 这个暂时性基板最终经过解键合 (De-bonding)

的工艺技将其从重组晶圆上移除。

扇出封装首先藉由重新排列芯片形成一个重组晶圆。

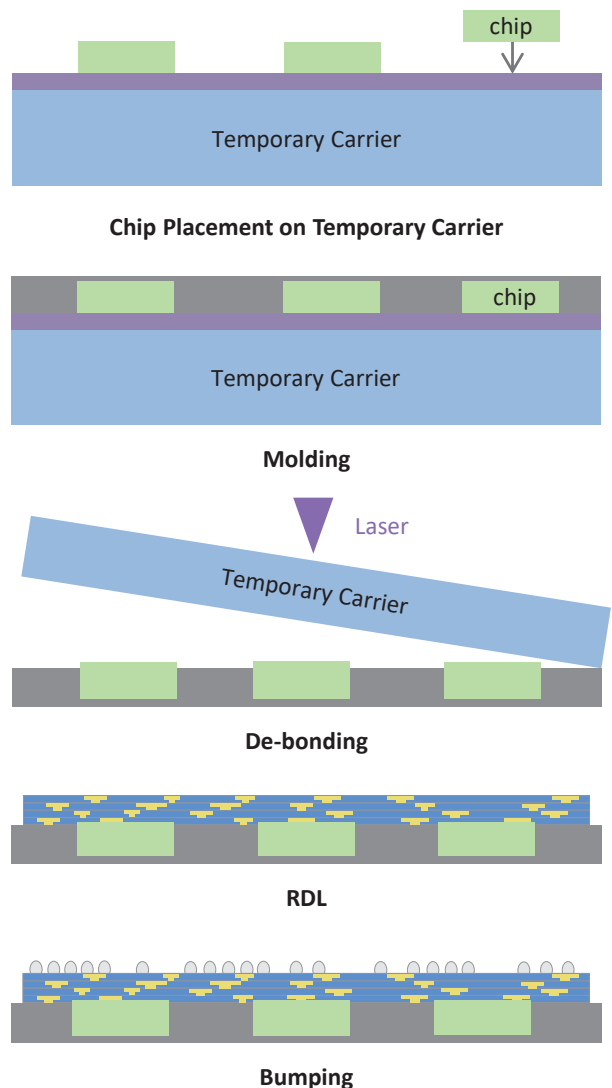


图1: 扇出晶圆级封装的工艺流程。

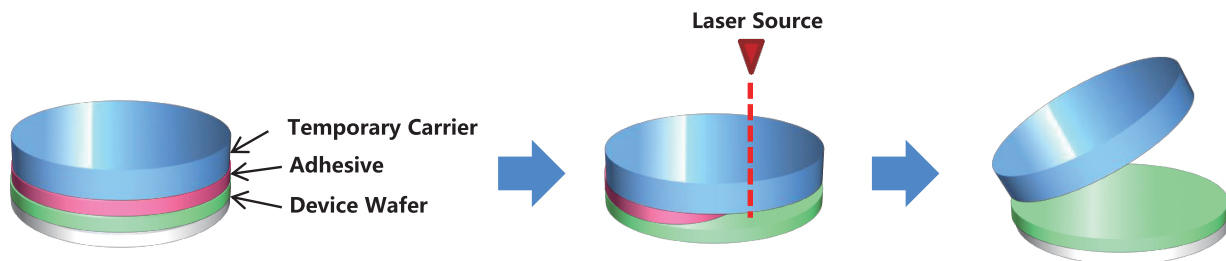


图2: 激光解键合工艺示意图。

芯片先从原本的晶圆片上切割下来，然后根据设计依一定的间距进行芯片的排列。

接下来在晶圆片上进行重新布线 (RDL)、塑封与形成引脚。以上工艺流程称为 Mold First 扇出技术。也有先进行重新布线再进行固晶 (Die Bonding)，称为 RDL First 扇出技术。

暂时性基板仅是做为承载芯片的载体，在完成芯片塑封后，需要将其除去。这个去除暂时性基板的工艺即称为剥离或解键合 (De-bonding)。典型的 FOWLP 的工艺制作流程如图 1。

3. 激光解键合技术

解键合的方式从早期的化学解键合方式、机械解键合方式、热滑移等方式，进展到激光解键合。其中，激光解键合技术是新近发展出来的技术，目前已有涵盖紫外到红外数种不同波长的激光解键合技术。

化学解键合方式采用浸泡在化学溶剂中的方式，将胶材慢慢地溶解，最终将暂性基板和晶圆片分离。为了增加化学溶剂溶解胶材的效率，会先在暂性基板上均匀地开上数十至上百个孔。即使如此，化学解键合方式的效率仍然很低。

机械解键合的方式是透过边缘的受力点，藉由施力让胶材接口产生劈裂，然后沿着劈裂面持续施力，最终使晶圆片与暂时性基板分离。在施力时，晶圆片无可避免会承受应力，因而增加了破片的风险。

热滑移方式是先将胶材加热致使其软化，然后施加一剪切力让暂时性基板与晶圆片产生相对的滑移，使得暂时性基板分离。该方式所使用的胶材通常不能承受高温的制程，因而限制其应用范围。

激光解键合则是藉由快速将激光能量照射在胶材上，使胶材产生部分解离，藉此将暂时性基板与晶圆片分离。采用激光解键合工艺，首先会在暂时性基板上涂布或贴合

一层激光解键合专用的胶材 (Laser Release Layer)，接下来的制程工艺都是在这个基板上进行。完成封装制程后，通过激光作用在胶材上，将晶圆片与暂时性基板分离。在这个过程中，激光会穿过透明的玻璃片，到达胶材表面，以扫描的方式均匀地将激光能量施加在胶材上，快速地将胶材和玻璃分开。图 2 为激光解键合的流程图，激光解键合机的工作示意图见图 3。

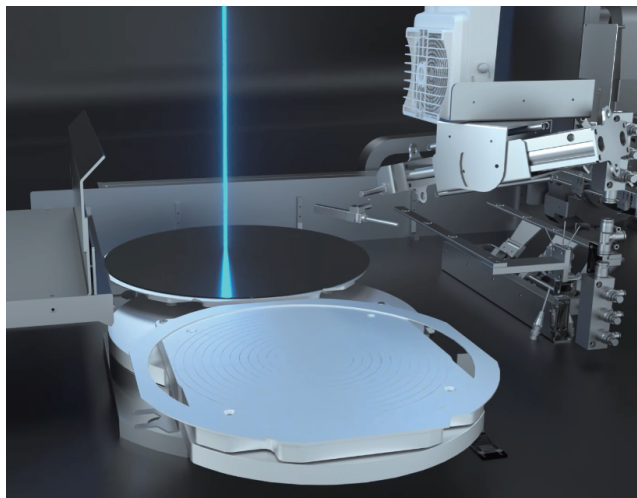


图3: 激光解键合的示意图。

由于激光是无应力的解键合方式，相当大幅度地降低破片的风险，因此可以大幅提升解键合过程的成功率，提高良率。当晶圆片厚度愈来愈薄、线宽线距持续缩小，激光解键合的优势将更加明显。

解键合技术主要的要求为：

1. 低应力，不能造成破片
2. 对芯片的热冲击愈小愈好
3. 激光能量不能损伤芯片
4. 产出的速度要快
5. 合理的制程成本
6. 足够的技术成熟度以及客户采用
7. 对于未来技术应用延伸的潜力

根据以上的需求,表 1 给出了各种解键合方式的比较。其中可以发现,使用紫外固态激光解键合技术在各项指标大体都十分优良,并具有最佳的技术延伸的潜力。

方式	紫外固态激光	热滑移	机械方式	化学方式
破片风险	◎	△	X	△
热效应	◎	△	-	-
激光损伤	◎	-	-	-
产出速度	◎	△	△	X
成本	△	◎	◎	◎
技术成熟度	◎	◎	◎	◎
技术延伸潜力	◎	X	X	X

表 1. 各种解键合技术的比较

4. 鸿浩激光解键合设备

广东鸿浩半导体设备有限公司(以下简称“鸿浩”)所选用的解键合技术即为紫外固态激光技术,率先成功量产紫外激光解键合设备,并首先应用于扇出晶圆级封装制造工艺,该设备(如图 4 所示)具有以下特点:

1. 激光是针对胶材进行解键合,对晶圆片的分离产生的应力极低。
2. 采用短脉冲激光,作用时间短,所产生的热效应低。
3. 选用的波长绝大部分作用于胶材,不会有击伤芯片的风险。



图 4: 鸿浩激光解键合设备外观图。

4. 采用高速激光,具有高产出速度的优点。
5. 设备维护费用低廉,可以提供合理的制程成本。
6. 鸿浩自有应用技术实验室,已经验证多种胶材,适用于多种应用场域。

鸿浩的紫外激光解键合设备已经打入包括先进封装、第三代半导体、Micro-LED 等各领域主要客户。鸿浩也期待能与更广大的客户进行交流、服务更多的客户。◆

芯原推出面向智能显示设备的超分辨率技术

芯原股份宣布推出超分辨率 IP SR2000。该 IP 可使低分辨率视频源以高的图像画质和分辨率在终端显示,同时降低图像传输时所占用的网络带宽,可广泛应用于消费电子、数据中心、安防监控及医疗健康等众多领域。

SR2000 旨在以较小的芯片面积和低功耗实现高质量的超分辨率方案,支持 4K 和 8K 的超分辨率视频输出,并提供清晰和平滑的细节增强效果。此外,SR2000 还能在保持色彩和饱和度的同时进行细节增强。当结合 AI 技术时,该 IP 还提供可控的增强性能,以实现令人满意的视觉显示效果。

SR2000 能够与芯原现有的像素处理解决方案相集成,在云端和终端提供更优的处理效果。例如,SR2000 IP 与芯原的显示处理器 IP DC9000 无缝集成后,可提供增强的显示效果,实现 4K/8K HDR 显示,提升用户体验。

SR2000 还可与芯原的图像信号处理器 (ISP) IP 和视频处理器 (VPU) IP 相集成,在图像信号处理和视频编码过程中提高图像质量,使用户在放大图像时能获得更清晰的显示效果。

“视频会议、云游戏和云桌面等应用带动云计算快速发展。我们的超分辨率技术可将从云端到终端视为一个整体来优化其间的显示效果和传输效率。具体来说,在智能显示设备中采用超分辨率技术可在终端呈现出出色的图像质量,并显著降低云和端之间所需的传输带宽。”芯原执行副总裁,IP 事业部总经理戴伟进表示,“芯原提供从摄像头输入到显示输出 (Glass-to-Glass) 的完备的智能像素处理 IP 组合。此次全新推出的 SR2000 IP 基于业经硅验证的超分辨率技术,将进一步丰富公司的智能像素解决方案。”◆

引入空气间隙以减少前道工序中的寄生电容

使用Coventor SEMulator3D®创建可以预测寄生电容的机器学习模型

减少栅极金属和晶体管的源极 / 漏极接触之间的寄生电容可以减少器件的开关延迟。减少寄生电容的方法之一是设法降低栅极和源极 / 漏极之间材料层的有效介电常数，这可以通过在该位置的介电材料中引入空气间隙来实现。这种方式过去已经用于后道工序 (BEOL) 中，以减少金属互连之间的电容^[1-4]。本文中，我们将专注于前道工序 (FEOL)，并演示在栅极和源极 / 漏极之间引入空气间隙的 SEMulator3D® 模型^[5]。

SEMulator3D® 是一个虚拟的制造软件平台，可以在设定的半导体工艺流程内模拟工艺变量。利用 SEMulator3D® 设备中的实验设计 (DoE) 功能，我们展示了寄生电容与刻蚀深度和其他用于制作空气间隙的刻蚀工艺参数的相关性，以及它与空气间隙大小和体积的相关性。

图 1 显示了 SEMulator3D® FinFET 模型的横截面。为了在 FinFET 的栅极和源极 / 漏极之间引入空气间隙，我们进行了高选择比的氮化硅刻蚀工艺，然后进行经过优化的氮化硅沉积工艺，以封闭结构并产生空气间隙结构。接着用氮化硅 CMP (化学机械抛光) 工艺对表面进行平

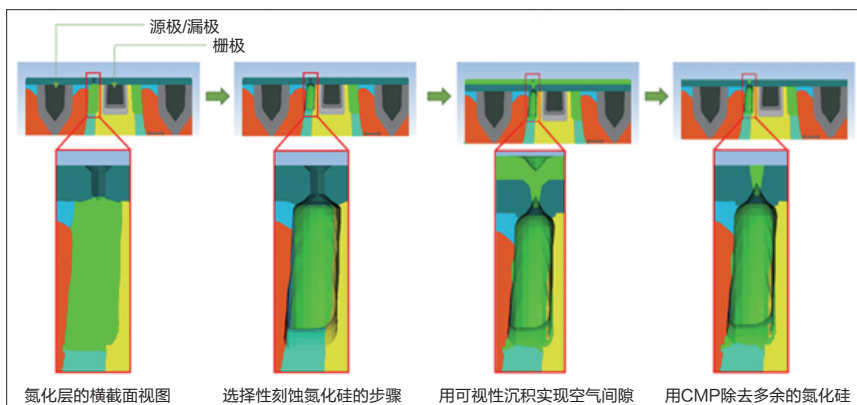


图1: 在FinFET模型中引入空气间隙的SEMulator3D®工艺流程。可视性沉积的步骤通过在顶端夹止的方式产生空气间隙，然后进行CMP步骤除去多余的氮化硅。空气间隙减少了栅极和源极/漏极之间的寄生电容。空气间隙的大小可以通过改变刻蚀反应物的刻蚀深度、晶圆倾角和等离子体入射角度分布来控制。

坦化处理。

使用 SEMulator3D 的虚拟测量功能测量以下指标：

1. 栅极金属和源极 / 漏极之间的寄生电容
2. 空气间隙的体积
3. 空气间隙 z 轴的最小值，代表空气间隙的垂直尺寸

在氮化硅刻蚀步骤中，刻蚀深度、刻蚀反应物等离子体入射角度分布 (在文献中称为等离子体入射角度分布) 和晶圆倾角 (假定晶圆旋转) 在实验设计期间是变化的。图 2a-f 显示了在不同的晶圆倾角和等离子体入射角度分布值下，电容和空气间隙的体积如何跟随刻蚀深度发生变化。随着刻蚀深度的增加，产生的空气间隙

也变大 (图 2d)。因为空气的介电常数比氮化物要低很多，所以这降低了有效的介电常数。相应地，栅极和源极 / 漏极之间的寄生电容就减小了。倾斜角减小会将刻蚀反应物从侧壁移开，并将其推向所产生的空气间隙底部 (图 3b-c)。这解释了为什么在给定的深度和等离子体入射角度分布值下，晶圆倾角越小，空气间隙越大，电容越小 (图 2a&d)。另一个重要的结果是，等离子体入射角度分布的增加会导致晶圆倾角影响减弱。当等离子体入射角度分布设置为 5 度 (对应较宽 / 等向性的角分散) 的时候，晶圆倾角对电容和空气间隙体积完全没有影响 (图 2c&f)。这与等离子体入射角度分布增加对刻蚀的影响是一致

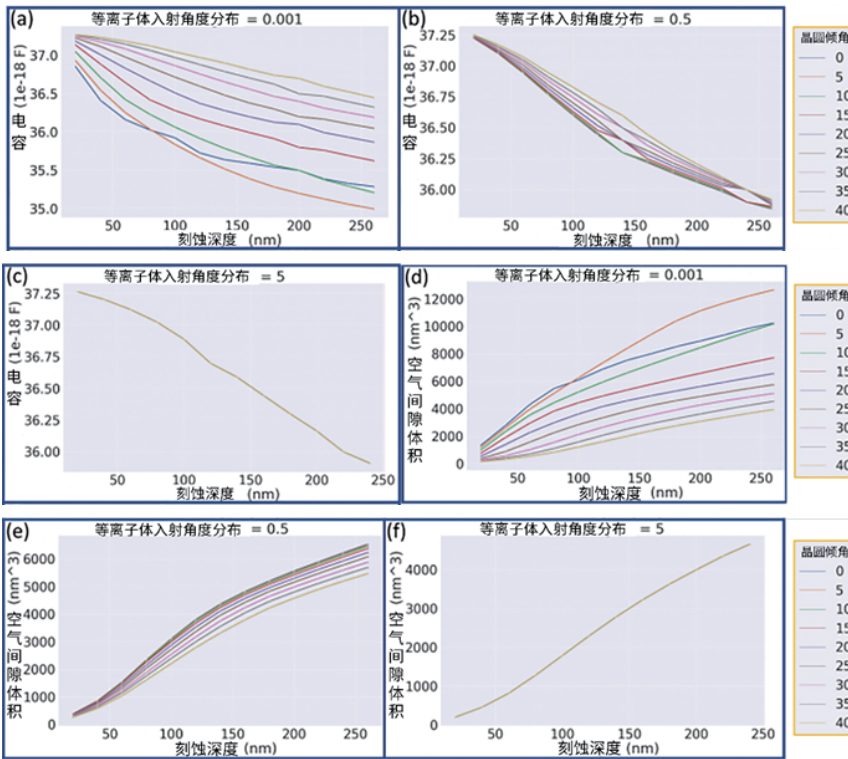


图2：随着刻蚀深度增加，空气间隙体积增大，寄生电容减少（图2a&d）。随着晶圆倾角降低，这种下降更为急剧。但晶圆倾角的影响随着等离子体入射角度分布的增加而减小，当等离子体入射角度分布为5度时，晶圆倾角对电容和空气间隙体积没有影响（图2c&f）。

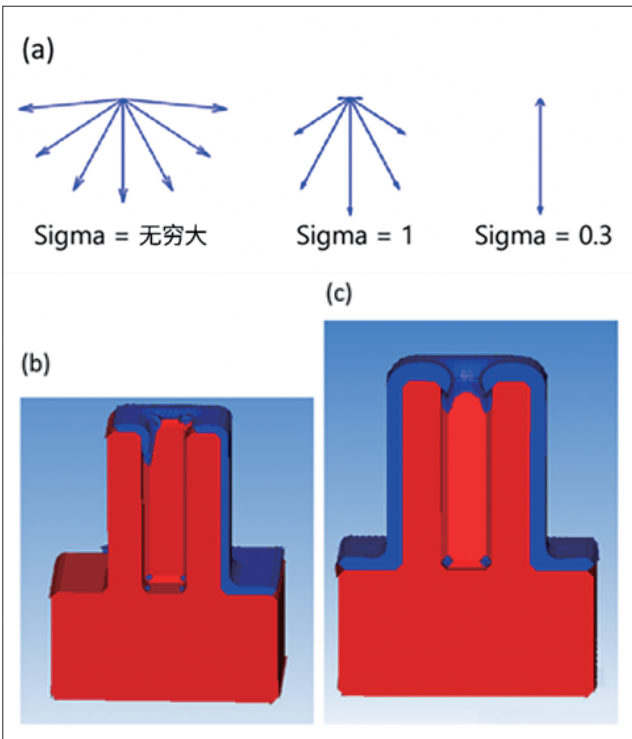


图3：(a)角分散(sigma)对刻蚀反应物方向性的影响；(b)45度晶圆倾角的影响（晶圆被固定）；(c)80度晶圆倾角的影响（晶圆旋转）。
图片来源：SEMulator3D产品文档

的。等离子体入射角度分布增加会使刻蚀反应物更等向性地轰击基板（图3a）。这意味着相比等离子体入射角度分布值低的时候，晶圆倾角不再影响刻蚀行为。

运行大型的实验设计需要消耗很多时间和算力资源。但这在工艺优化中很有必要——实验设计参数空间上的任何减少都有助于减少所需的时间和资源。能够基于自变量预测结果的机器学习模型非常有用，因为它能减少为所有自变量组合进行实验设计的需求。为了这一目标，将从实验设计中收集到的数据分成训练集（70%）和测试集（30%），然后将其输入人工神经网络（ANN）。该模型有两个隐藏层（图4a），用网格搜索法进行超参数调优。该模型在测试数据上运行，发现其平均准确度为99.8%。四分之三测试集的绝对百分比误差（APE）为

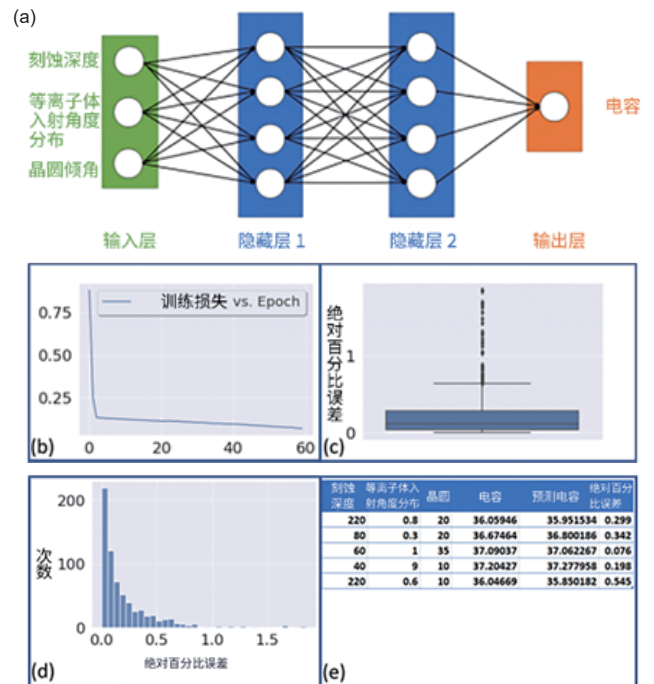


图4：根据刻蚀深度、晶圆倾角和等离子体入射角度分布来预测寄生电容的人工神经网络（ANN）模型。测试数据的预测准确度为99.8%。衡量预测电容和实际电容之间差异的指标是绝对百分比误差（APE）。75%测试案例的APE值为0.28%或更低。准确的机器学习模型可以帮助探索更小的参数空间，从而减少所需的时间和算力资源。

0.278% 及以下 (图 4c)。图 4e 显示了预测和实际寄生电容的测试行样本。这种机器学习的应用使我们能够降低实验设计的规模,减少所需时间。我们可以大幅减小参数空间,与此同时并没有明显降低结果的准确性。在我们的案例中,实验设计的规模从 ~5000 减少到 ~2000 个参数组合。SEMulator3D 的自定义 python 步骤将这种类型的机器学习代码整合到工艺模拟中,其结果可以导入半导体工艺模型的下一个步骤。

结论

使用 Coventor SEMulator3D® 在 FinFET 器件的栅极和源极 / 漏极之间引入虚拟空气间隙,我们研究了空气间隙对寄生电容的影响,并通过改变刻蚀工艺参数,研究了空气间隙体积和寄生电容的影响。随后,结果被输入到人工神经网络中,以创建一个可以预测寄生电容的机器学习模型,从而减少为每个刻蚀参数值组合进行实验设计的需求。◆

参考文献

1. Hargrove, M. (2017, October 18). Reducing BEOL Parasitic Capacitance using Air Gaps <https://www.coventor.com/blog/reducing-beol-parasitic-capacitance-using-air-gaps>
2. Nitta, S., Edelstein, D., Ponoth, S., Clevenger, L., Liu, X., & Standaert, T. (2008, June). Performance and reliability of airgaps for advanced BEOL interconnects. In 2008 International Interconnect Technology Conference (pp. 191-192). IEEE.
3. Shieh, B., Saraswat, K. C., McVittie, J. P., List, S., Nag, S., Islamraja, M., & Havemann, R. H. (1998). Air-gap formation during IMD deposition to lower interconnect capacitance. IEEE Electron Device Letters, 19(1), 16-18.
4. Fischer, K., Agostinelli, M., Allen, C., Bahr, D., Bost, M., Charvat, P., ... & Natarajan, S. (2015, May). Low-k interconnect stack with multi-layer air gap and tri-metal-insulator-metal capacitors for 14nm high volume manufacturing. In 2015 IEEE International Interconnect Technology Conference and 2015 IEEE Materials for Advanced Metallization Conference (IITC/MAM) (pp. 5-8). IEEE.
5. Banna, S. (2016, August). Scaling challenges and solutions beyond 10nm. In 2016 IEEE International Conference on Electron Devices and Solid-State Circuits (EDSSC) (pp. 181-186). IEEE.

新型光电二极管为生命体征监测提供出众性能

全球领先的光学解决方案供应商艾迈斯欧司朗推出新型光电二极管 TOPLED® D5140 SFH 2202。与现有的标准光电二极管相比,这款光电二极管性能更加出众,对光谱绿色部分的可见光具有更高的灵敏度,同时线性度也更高。



快速变化的条件下,实现更高的 SpO2 测量精度。比如,一个典型的例子就是用户在建筑密集的市区跑步或骑车,穿过高楼大厦投下的阴影时的场景。

由于 TOPLED® D5140 SFH 2202 对绿光波长具有更高的灵敏度,因此系统能够以更低的 LED 光强度工作,

既能节省功耗并帮助延长电池续航时间,同时又可保持高度精确的测量,从而提供更加出众的心率测量性能。TOPLED® D5140 SFH 2202 采用专门设计的封装,带有黑色侧壁,可最大限度减少内部串扰,从而进一步减少光学测量误差,并提高心率测量的稳定性。

艾迈斯欧司朗的内部基准测试表明,凭借光电二极管芯片制造工艺技术的优化, TOPLED® D5140 SFH 2202 在红外光谱中的线性度比标准光电二极管高出 30 倍。此外,实验数据表明,在光电容积描记法 (PPG) 心率测量所用的绿光波长下,其灵敏度明显更高。PPG 技术通过跟踪记录血管的光吸收峰值和谷值来测量心率。

通过在 PPG 系统中采用高线性度的 TOPLED® D5140 SFH 2202,可穿戴设备制造商能够让产品在环境光较强或

艾迈斯欧司朗产品营销经理 Florian Lex 表示:“在可穿戴设备市场中,高端产品为用户提供可靠的生命体征测量功能,为用户创造更大的价值。光电二极管的高非线性度会影响 SpO2 测量电路的工作,通过在设计时消除这一非线性度,艾迈斯欧司朗能够助可穿戴设备制造商一臂之力,让他们的产品在竞争激烈的生活科技产品市场中脱颖而出,保持领先的市场地位。”◆

碳化硅芯片的设计和制造

众所周知，对于碳化硅 MOSFET (SiC MOSFET) 来说，高质量的衬底可以从外部购买得到，高质量的外延片也可以从外部购买到，可是这只是具备了获得一个碳化硅器件的良好基础，高性能的碳化硅器件对于器件的设计和制造工艺有着极高的要求，接下来我们来看看安森美在 SiC MOSFET 器件设计和制造上都获得了哪些进展和成果。

Die Layout

图 1 是一张制造测试完成了的 SiC MOSFET 的晶圆 (wafer)。

芯片的表面一般是如图 2 所示，由源极焊盘 (Source pad)，栅极焊盘 (Gate Pad)，开尔文源极焊盘 (Kelvin Source Pad) 构成。有一些只有 Gate pad，没有 Kelvin source pad。

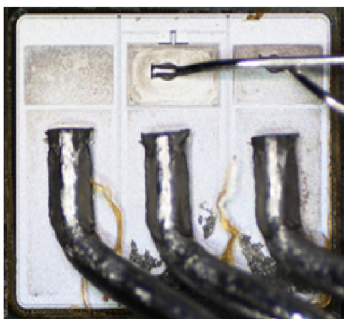
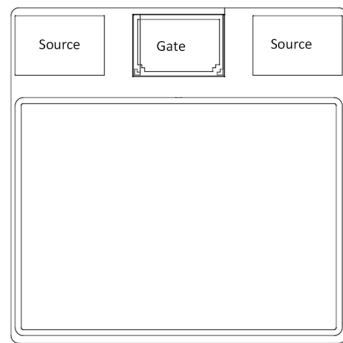


图 2



图 1

在这里我们仔细观察芯片的周围有一个很窄的环形，这个有人叫耐压环，这是很形象的说法。它的作用主要是提升芯片的耐压，我们叫耐压环 (Edge termination Ring)，通常是 JTE 结构，其实一个芯片主要就是由三部分构成，Terminal Ring，Gate Pad，Kelvin Source Pad 和开关单元 (Active Cell)，一个芯片外围一圈是耐压环，Gate pad 把栅极信号传递到每一个 Cell 上面，然后里面是上百万个 Active Cell。通常大家关注比较多的是 Active Cell，因为芯片的开关和导通性能主要是和 Active Cell 有比较大的关系。在这里我们把芯片的 layout 还有各个部分的作用特点总结一下，这样方便大家对芯片有一个更好的认识。

耐压环 (Edge termination Ring)

- 环绕着芯片的开关单元，目前大多数采用 JTE 结构。

- 有效控制了漏电流，提高了 SiC 器件的可靠性和稳定性；
- 减小了电场集中效应，提高了 SiC 器件的击穿电压，SiC MOSFET 的击穿电压和具体的每一个开关单元有关，同时和耐压环也有很大的关系。
- 防止离子迁移，JTE 技术可以用于抑制移动离子的漂移，从而提高 SiC MOSFET 的可靠性和稳定性。具体来说，JTE 技术可以在 SiC MOSFET 的边缘区域形成一些深度掺杂的控制区域，这些区域可以有效地抑制移动离子的漂移。此外，JTE 技术还可以在控制区域中引入一些特殊的物质，例如氮、硼等，这些物质可以与移动离子发生化学反应，从而减少其在 MOSFET 中的积累和漂移。

栅极焊盘 (Gate Pad), 开尔文源极 (Kelvin Source Pad)

- 栅极 pad 主要作用就一个, 把栅极的信号传输到各个开关单元, 同时提一下, 安森美的芯片是集成了栅极电阻的, 这样在模块封装上可以节省空间和一些成本。
- 开尔文源极主要是增加了开关速度, 减小开关损耗。不过在做并联使用的时候, 就需要特别的设计来使用它。

开关单元 (Active Cell)

- 电流导通和关闭的路径
- 所有的开关单元是并联
- 固定的单元特性下, 单元的数量决定了整个芯片的导通电阻大小和短路电流能力。
- 目前主要分为平面和沟槽两种结构

我们已经对 SiC MOSFET 的表面 layout 有了认识, 在 SiC 的芯片里 Edge terminal 和 Active Cell 是非常重要的两部分, 安森美在 JTE 的设计上具有丰富的经验, 在 SiC MOSFET 上已经从 M1 发展到了 M3, 通过几代的技术迭代发展, JTE 设计仿真和制造非常的成熟。我们来总结一下 JTE 的一些特点和一些设计考虑因素。

SiC JTE (结延伸区) 是用于改善硅碳化物 (SiC) 功率器件电压阻断能力的结构。SiC JTE 的设计对于实现所需的击穿电压并避免因器件边缘处高电场而导致的过早击穿至关重要。以下是 SiC JTE 设计的一些关键考虑因素:

1. JTE 区域的宽度和掺杂: JTE 区域的宽度和掺杂浓度确定器件边缘处的电场分布。较宽和重掺杂 JTE 区域可以减少电场并提高击穿电压。

2. JTE 的锥角和深度: JTE 的锥角和深度影响电场分布和击穿电压。较小的锥角和较深的 JTE 可以减少电场并提高击穿电压。

3. 表面钝化: 表面钝化层对于减少表面泄漏并提高击穿电压非常重要。需要特别为 SiC JTE 器件精心设计和优化钝化层。

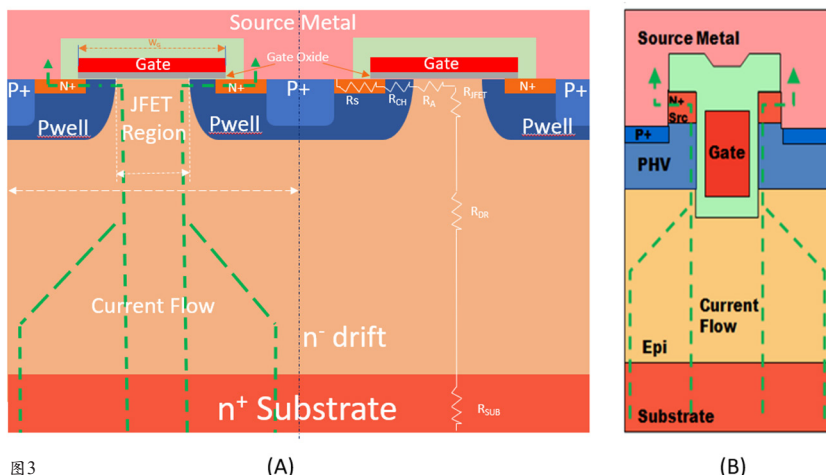
4. 热设计: SiC JTE 器件可以在比其 Si 对应物更高的温度下工作。但是, 高温也可能降低器件性能和可靠性。因此, 在 SiC JTE 设计过程中应考虑热设计, 如散热和热应力。

总体而言, SiC JTE 设计是一个复杂的过程, 涉及各种设计参数之间的权衡。需要进行仔细的优化和仿真, 以实现所需的器件性能和可靠性。

Active Cell 开关单元 - SiC MOSFET 的核心

开关单元是 SiC MOSFET 中一个非常重要的部分。我们可以把 MOSFET (硅和碳化硅) 根据它们的栅极结构分成两类: 平面结构和沟槽结构。它们的示意图如图 3 所示。如果从结构上来说硅和碳化硅 MOSFET 是一样的, 但是从制造工艺和设计上来说, 由于碳化硅材料和硅材料的特性导致它们要考虑的点大部分都不一样。比如 SiC 大量使用了干蚀刻 (Dry etch), 还有高温离子注入工艺, 注入的元素也不一样。

当前国际上的 SiC MOSFET 绝大部分都采用了图 3A 的平面结构, 有少部分的厂家采用了图 3B 的沟槽结构。从发展的角度来看, 最终都会衍生到沟槽结构。但是目前的平面结构的潜力还是可以继续深挖的, 而沟槽结构也没有表现出它们应当有的水平, 在这里我们引入一个统一的尺度来衡量它们的性能 - $R_{sp}(R_{dson} * area)$, 标识的是单位面积里的导通电阻大小。平面结构的 SiC MOSFET 具有可靠性高, 设计加工简单的优点。安森美用在汽车主驱逆变器里的 SiC MOSFET 的 R_{sp} 从第一代 M1 的 $4.2 \text{ m}\Omega * \text{cm}^2$ 降低到 M2 的 $2.6 \text{ m}\Omega * \text{cm}^2$, 目前的最新的 M3e 常温下的 R_{sp} 性能和友商的沟槽结构的 SiC MOSFET 的水平一致, 而高温下的 R_{sp} 则低于友商沟槽结构 SiC MOSFET 的 R_{sp} , 达到了行业领先的水平。M3e 的 cell pitch 值和目前的沟槽结构的 SiC MOSFET pitch 值相当, 这表明安森美在平面结构的 SiC MOSFET 发展优化到了一个相当高的水平。当然一个 MOSFET 的性能不仅仅看 R_{sp} , 还要考虑开关损耗。通过前几代的 SiC



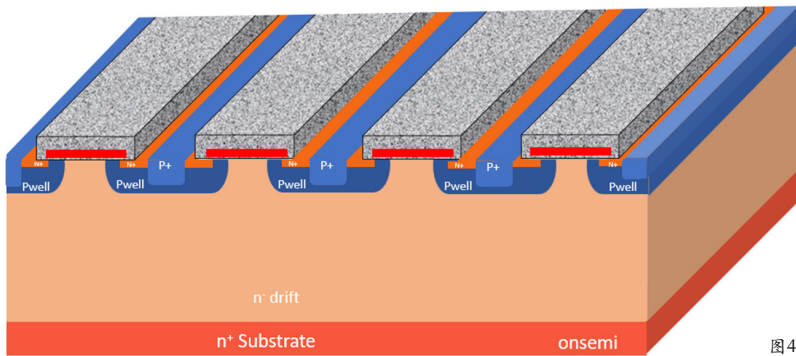


图4

物可以提高开关速度，但也可能增加栅极漏电流，并增加氧化层击穿失效的风险。

3. 栅极设计：栅极设计影响栅极电阻，进而影响开关速度和 R_{dson} 。较低的栅极电阻可以提高开关速度，但也可能增加栅极电容。总体而言，SiC MOSFET R_{dson} 设计是一个复杂的过程，涉及综合考虑各个参数之间的相互影响。需要进行仔细的优化和仿真并且进行试验和测试，以实现所需的器件性能和可靠性。

集成片上栅极电阻

安森美所有针对主驱逆变器开发的 SiC MOSFET 都集成了栅极的电阻，我们可以从图 5 看到有无电阻的区别。图 5A 是不需要栅极电阻（芯片上集成了），图 5B 是需要额外加一个栅极电阻。

集成栅极电阻会给模块设计和制造带来一些好处：

- 简化了模块绑定线的工艺，降低了失效率。
- 减少了焊接电阻到 DBC 的工艺
- 降低了 BOM 和制造成本
- 便于封装的相对小型化设计和制造

由于篇幅关系，加上 SiC MOSFET 的设计制造工艺非常复杂，不是三言两语能够阐述的清楚的，希望本文能让大家对 SiC MOSFET 的设计和制造有一个概念。安森美在 SiC 功率器件的设计和制造领域拥有十多年的经验，我们的 SiC MOSFET 产品经过几代的迭代发展，无论是性能还是品质和可靠性都已经稳定和具有竞争力，非常欢迎选择和使用我们的 SiC MOSFET 产品。◆

MOSFET 发展，以及根据大量的客户应用反馈，安森美 SiC MOSFET 器件优化了导通损耗，开通损耗，反向恢复损耗以及短路时间，使得它们在客户的应用中达到最优的一个效率。

SiC MOSFET 的平面结构的 Active Cell 的设计制造方向主要是减小开关单元间距也就是 pitch 值，提升开关单元的密度，减小 R_{dson} ，提升栅极氧化层的可靠性。

如图 3A 中的结构为了尽可能的减小导通电阻，需要调整开关单元的间距，pitch 值和 W_g 也就是栅极的宽度有一定的关系，pitch 值变小， W_g 也相应变小，这个对于栅极的可靠性是有一定好处的，在 SiC MOSFET 里，栅极氧化层（Gate Oxide）非常的薄，小于 100 纳米，因此在 SiC 的生产工艺中使用了干式蚀刻的方法来加工精度。

根据图 3A 中的导通电阻示意图，我们可以得出 $R_{dson} = R_s + R_{ch} + R_a + R_{jfet} + R_{drif} + R_{sub}$ ，在这里面 R_{ch} 和 R_a 占比最大，超过 60% 以上，所以它们变成了设计和工艺优化的一个重点方向之一。不过也不是一味的减小开关单元栅极的宽度就可以减小 R_{sp} ，栅极的 W_g 宽度减小到一定范围，反而会导致 R_{sp} 变大，在设计的时候需要综合考虑以上的参数相

互之间的影响，这样才能获得一个比较理想的优化结果，安森美经过几代的工艺迭代发展，其平面结构的 SiC MOSFET 上已经在性能，良率，可靠性等方面发展得相对成熟。

在芯片里，每个 active cell 是并联在一起的，图 4 是一个芯片的截面图的示意图，在这里采用的是带状结构的布局。从这里大家对于芯片可以有更形象的了解。

以下是 SiC MOSFET R_{dson} 设计的一些关键考虑因素：

1. 通道宽度和掺杂：SiC MOSFET 的通道宽度和掺杂浓度会影响 R_{dson} 和电流密度。较宽和重掺的通道可以降低 R_{dson} 并提高电流承载能力。
2. 栅极氧化层厚度：栅极氧化层的厚度影响栅极电容，进而影响开关速度和 R_{dson} 。较薄的栅极氧化

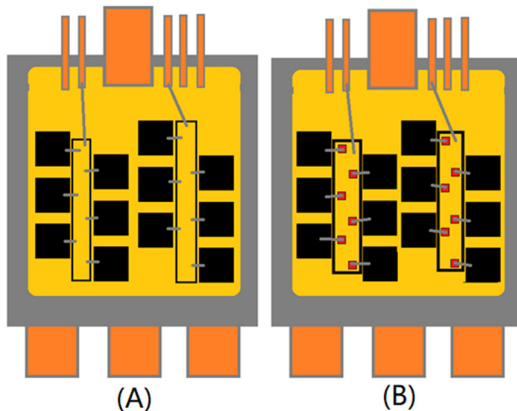
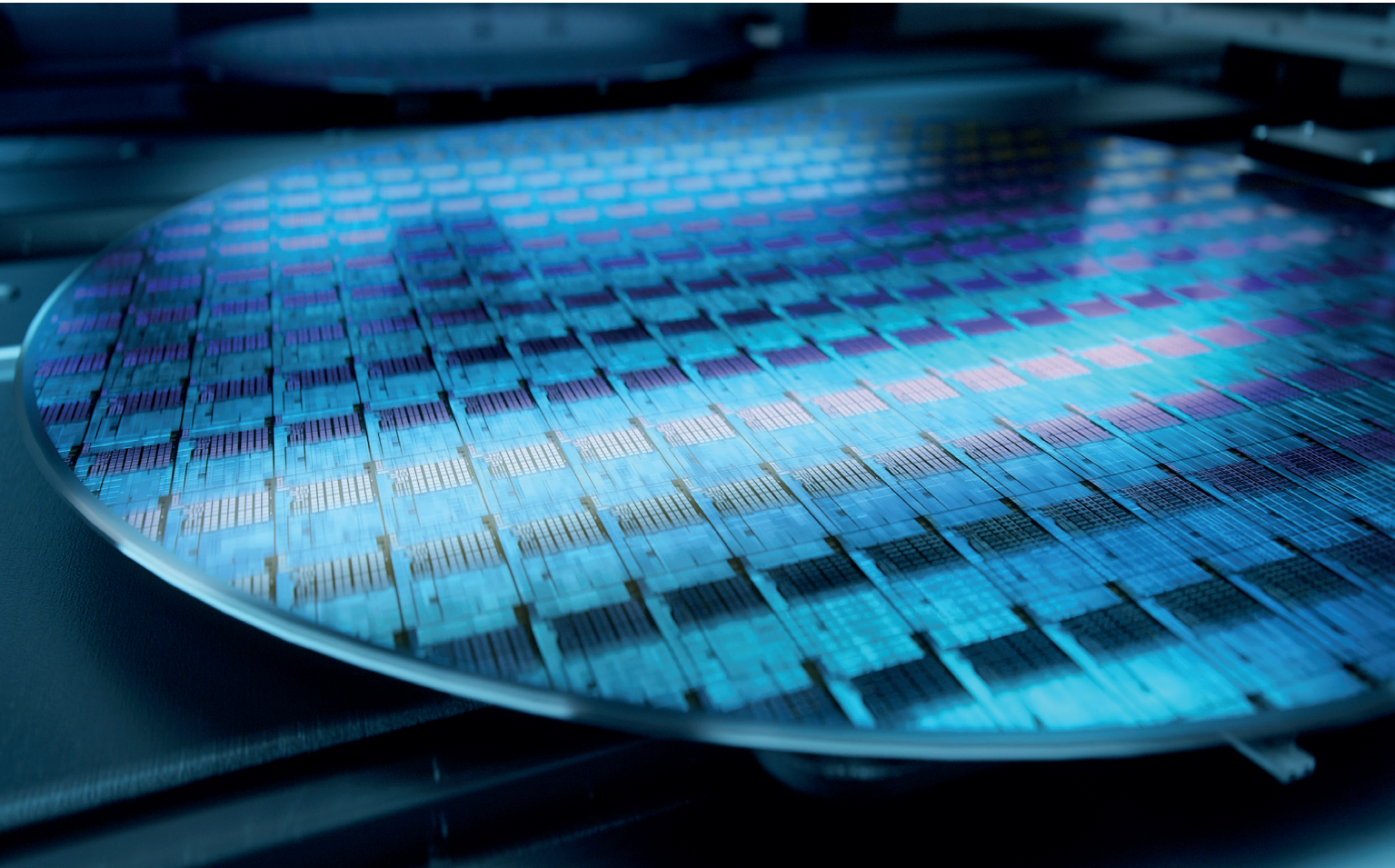


图5



半导体制造分析成熟度： 常见障碍和推进方法

为了分析一家企业当前的分析成熟度水平，需要对硬件、分析软件和数据管理实践进行全面评估。

设想一下，一条生产线上的每件工具和每道工序（包括它们之间的相互作用），都在自动地进行优化，以达到所需的精度、准确度和速度。

如果你有一个数据洁净室，在那里，与生产线上的每道工序和工具有关的数据（标准化且干净）都可以使用，而且你可以快速地将任何人工智能（AI）模型应用到每项工艺和工具的任何数据集上，那会怎么样？如果设备能在

维修到期时通知你，或提醒你生产线上的某个工具有可能在你完成工艺流程之前发生故障，那会怎样呢？

这可能就是未来的晶圆厂所呈现出来的景象。越来越多的先进分析和工业 4.0 解决方案被认为是在半导体制造中增加正常运行时间和提高良率的关键。

麦肯锡（McKinsey）所做的一项分析称，先进分析策略是“半导体良率提高的下一个飞跃”，而德勤（Deloitte）

作者：Yuji Minegishi, GIGAPHOTON公司总经理

最近的一份报告指出,主要的日本半导体制造商已经发现,通过运用人工智能技术来建立有关错误、设备故障等问题的实时预测,提升了生产力和良率。事实上,同一份报告指出,人工智能系统每分钟可以分析数千次数据,这种速度几乎是人类工作人员的600倍。

分析成熟度是获取可实施智能信息的关键

对于大多数半导体制造商来说,收集数据并不是问题。遍布传感器的晶圆厂坐拥海量数据。真正具有挑战性的是将数据转化为可实施的智能信息(actionable intelligence)的过程(图1)。

目前,许多制造商都是依靠劳动密集型的手工流程来收集、分析和可视化数据。创建数以千计的图表,观察它们并对它们做出反应,这种做法效率极低。而且,每天都需要跟踪数百个参数以及它们之间的交互作用,人工分析流程是跟不上这种节奏的;需要理解的因素实在是太多了。

对于某些孤立的工艺或工具,一些芯片制造商使用支持人工智能的预测性(predictive)和规范性(prescriptive)分析。但是,光源供应商Gigaphoton公司最近所做的一项调查表明,只有26%的半导体制造商能够使用此类先进的分析方法。而且,在整个生产线上实现基于人工智能的分析集成还存在不少实质性的障碍。

然而,实现这种水平的先进分析能力是半导体制造商必须努力达成的目标,以在日益复杂的制造工艺背景下显著地提升良率,并增加产量。

推进分析成熟度的三个主要障碍

虽然投资于工业4.0解决方案将有助于提高性能和效率,但是,要将一家企业转变为未来的晶圆厂,并不可能一蹴而就。为了达到更高层级的制造分析成熟度,必需要知道最大的障碍在哪里,这一点很重要。通常,实现高级制造分析成熟度所面临的障碍来自三个方面:

- ◎ 硬件
- ◎ 分析软件
- ◎ 数据管理

在硬件方面,芯片制造商通常会混合使用传统的和高度先进的制造设备、网络及传感器。这些能力从仅仅记录描述性数据到接收实时数据反馈、再到基于供应商专属深层智能进行优化等皆在其列。

说到分析软件,还没有一种用于半导体制造分析的标准化平台。事实上,调查数据显示,73%的半导体制造商采取的做法是将多个无关联的设备分析解决方案编织在一起,以获得他们所需的信息和情报。的确,多个软件程序可以是一个稳健数据科学项目的标志,而不是效率低下的症状。但简单地说,目前还不存在一种用于企业内部的半导体制造分析的标准化平台。功能范围包括提取基本数据用于查看和操作,到向设备发送人工智能驱动的反馈以进行性能优化。

在数据管理方面,重要的是重申一点,即芯片制造商可以使用大量的数据,但是,当前接收、存储和访问数据的方式往往会对他们将数据转化为可实施见解的能力产生

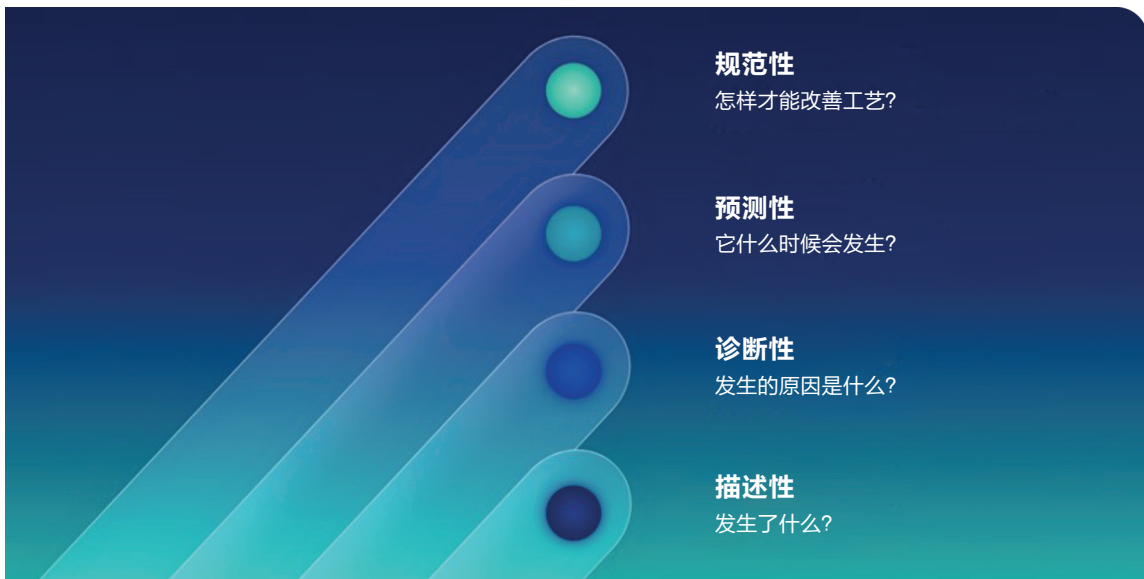


图1: 分析工具所提供的四个层级的可能见解(从描述性到规范性不等)。



图2: Fabscape 开发的半导体制造分析成熟度模型，旨在帮助芯片制造商形成向先进分析技术发展的概念。

负面影响。数据管理解决方案从单个文件中的基本数据存储到频繁更新的大型数据库都有覆盖。

逐级进步的五步成熟度模型

Fabscape 近期开发了一种分析成熟度模型，该模型采用硬件、软件和数据管理等三个障碍作为出发点，并通过五个单独的阶段进一步定义了分析成熟度梯度：

- ◎ 启动 (Initiate)
- ◎ 传播 (Propagate)
- ◎ 整合 (Integrate)
- ◎ 自动化 (Automate)
- ◎ 辐射 (Radiate)

如图 2 所示，一家操作运行属于“启动”类别的制造商，它在硬件、软件和数据方面处于分析成熟度的最基本水平。只有最基本的数据被记录在尽可能简单的文件格式中，工艺流程的手动程度很高，而且是临时性的。

在这 5 个层级的另一端，是处于最高成熟度进步水平的制造商，也就是这个模型所称的“辐射”类别。此类制造商已经在通过精简的数据收集、自动设备调整和先进的人工智能建模技术来优化生产。即使是最初级的半导体制

造商，也可以记录、访问和使用存储在单个文件中的基本设备数据（例如，CSV、XML 等）。然而，为了真正取得成功，现代芯片生产需要利用更加精细复杂的技术来收集、分析和管理工作数据。

这就是人工智能的威力真正闪耀的地方：通过开发先进的人工智能模型，芯片制造商能够快速追踪故障点，优化生产，并最终提高良率。

确定一家企业所处的成熟度等级

为了分析一家企业当前的分析成熟度水平，需要对硬件、分析软件和数据管理实践进行全面评估。这种分析的最终目标是确定差距和机会，使制造商能够从描述性 (descriptive) 和诊断性 (diagnostic) 的分析实践中走出来，并转向预测性和规范性的高级分析。

对于那些寻求帮助，以确定其当前的分析成熟度级别和相关机会的半导体制造商来说，他们可以采用 Fabscape 设计的分析成熟度评估方案。通过回答大约十一个问题，受访者能够了解他们的企业在分析成熟度等级 (1 ~ 5 级) 上所处的位置，并接收针对后续步骤量身定制的建议，以推进其分析能力的提升。

在这个成熟度框架上绘制企业所处的位置，可以帮助制造商思考他们目前怎样使用数据来推动可实施的见解和优化系统。对有些企业来说，这个过程可能不是线性的，但至关重要，芯片制造商需填补重要的空白，并制定一个路线图，以实现先进的分析成熟度。◆

为了分析一家企业当前的分析成熟度水平，需要对硬件、分析软件和数据管理实践进行全面评估。



汽车半导体： 正在使车载电子产品“改头换面”

汽车半导体市场预计将以高于 9% 的速率逐年增长，直至 2030 年。随着电动汽车和先进驾驶辅助系统（ADAS）的日益普及，汽车半导体含量将大幅增加，同时生产量保持稳定。

目前，汽车行业正在经历一场彻底变革，这场变革将对未来汽车的制造、使用和维护产生深远的影响。尽管半导体行业是这种变化的关键推动者之一，但是，不管是制造商还是消费者都会感受到它所带来的影响。面向汽车应用的半导体处于汽车技术的最前沿。从驾驶辅助系统到信息娱乐系统，它们为现代汽车中几乎所有的系统提

供动力和控制，在汽车的整体运行中起着至关重要的作用。半导体行业一直在快速成长，而且新技术也在持续不断地开发，以满足汽车制造商在该行业中日益增长的需求。

为现代汽车提供所需的安全、性能和效率是汽车半导体非常重要的目标。各种汽车系统对它们均有所依赖，包括信息娱乐和导航系统、安全系统和自动驾驶技术，旨在

作者：Mohit Shrivastava, FUTURE MARKET INSIGHTS 公司首席分析师

实现车辆的正常运行。人们不断地将新技术引入半导体行业，从而使先进的汽车半导体产品可以提供更高的性能和效率。

随着汽车制造商努力改善车辆的性能和效率，先进的汽车半导体产品变得越来越重要。而伴随着汽车半导体制造商力求提升其产品的安全性和效率，人工智能（AI）、机器学习（ML）、以及计算机视觉技术日益受到欢迎。另外，这些技术还可以用来为驾驶者提供更加个性化的体验，例如提供实时交通信息或预测性维护服务。

预计在未来十年内，汽车半导体行业将快速增长。今后的五年里，北美的汽车产量增长率将达到 6%，需要更加个性化的体验和更为高效的系统。

汽车半导体制造商致力于推进其研发工作，旨在改善先进汽车半导体元器件的功耗效率，并加大自身的创新投入。随着人工智能和机器的出现，汽车行业已经开发出有助于自动驾驶的技术进步，比如车道偏离警告和自动刹车。

技术发展支持半导体行业增长

面向汽车应用的半导体器件在不断地演进和快速发展。汽车半导体在现代汽车的引擎驱动、系统控制和安全功能提供等方面发挥着重要作用。尾气排放和燃油效率也已经利用汽车半导体技术得以改善。汽车半导体行业持续地为小汽车和其他车辆开发新技术。增强型传感器、微控制器、处理器、存储器和电源管理系统提高了汽车的性能与安全性。为了继续成长和开发新技术，汽车行业将需要先进的汽车半导体产品鼎力相助。

在过去的几年中，半导体行业在汽车半导体所用技术的开发方面进行了大量的投资。为了驱动现代汽车，使用了先进的传感器、处理器、存储芯片和多种其他组件。这些技术在当今的先进汽车中得到了广泛使用。此外，它们还有助于减少车辆的尾气排放量，并提高燃油效率。

除了这些技术之外，汽车半导体还被用作自动驾驶系统、车联网服务、以及车对车通信系统和其他诸多应用的一个组成部分。随着这项技术的不断演进和发展，将出现智能化和安全性更好的汽车，从而改善未来的驾驶体验。随

着用于汽车制造的半导体技术的进步，汽车制造厂商现在能够为客户提供功能更强大、连接能力更优越的车辆。汽车半导体通过 5G 网络、机器学习和人工智能等技术来提升车辆的性能。汽车半导体运用了多种技术，可应用于诸多用途。

审视一下未来的汽车半导体短缺问题

在汽车行业中，某种形式的半导体短缺可能会持续到 2026 年。由于遭遇了大流行病引起的制造和物流挑战，芯片需求出现了周期性的下降。随着近几个月的油价上涨，新冠肺炎病例再次出现，出口与前一年同比下降了 5.7%，因而增加了供应方紧缩的可能性。ADAS 和汽车电气化越来越先进，这些技术在未来几年将不断取得进展，随之而来的汽车半导体需求的进一步增长是不可避免的。

由于汽车变得日益复杂，因此，即使最近进行了产能扩张，供需之间的不平衡仍将持续，至少在某些半导体组件方面是这样的。尽管这些芯片短缺的性质很可能会随着时间的推移而改变，但是汽车制造商将被要求在涉及芯片短缺时积极地管控风险，因为受影响的设备类型也将随着时间的推移而改变。不断变化的环境将要求汽车制造商在未来积极管控风险。

根据波士顿咨询集团（BCG）的调查数据，到 2030 年，汽车半导体市场预计将以每年超过 9% 的速度增长。随着电动汽车和 ADAS 的日益普及，汽车半导体含量将大幅增加，同时产量保持稳定。

政府对汽车半导体行业的出资

与汽车半导体有关的研究项目得到了世界各国政府



的大量资助，从而有力地促进了区域增长。为了改善汽车的安全性、燃油效率和尾气排放标准，汽车行业正在实施几个政府资助的项目。一些新兴市场，如中国、印度和巴西，正在经历显著的区域增长，因为这些市场需要运行效率更高的汽车。为了使印度成为以半导体为基石的全球电子制造业中心，2022年12月该国宣布了价值23亿卢比（约合307亿美元）的激励措施。

作为汽车工业不可或缺的组成部分，汽车半导体实现了各种各样的汽车功能，包括安全、娱乐和导航。例如，印度班加罗尔的科技园区现在有一个研发中心，用于创建基于欧洲主要半导体设计公司恩智浦（NXP）产品的专业化汽车、物联网和消费电子系统，如雷达和近场通信（NFC）技术，以及汽车用节能芯片。该实验室将能够通过利用其专业知识，帮助提高印度微电子行业的长期产能。由于印度汽车市场的繁荣，该国为实现其战略目标而发展自己的微电子产业已变得越来越重要。

印度会成为下一个巨大的投资市场吗？在印度所擅长的行业中，有半导体设计和半导体软件。然而，印度大多数有才华的工程师都被全球领先的公司的专属设计中心雇用，这限制了他们接触顶级人才的机会。尽管印度是一个设计电子芯片的国家，雇用了近2万名工程师，但是印度还没有半导体制造商。印度的进口份额预计也将在未来几年内翻两番。据印度政府称，该国电子组件进口额比石油多了25倍。随着6G的出现，未来对这项技术的需求将急剧上升。

据印度电子和半导体协会称，作为新的组织计划的

随着自动驾驶汽车越来越先进，半导体技术将日趋重要。由于这些系统变得日益复杂，因此它们将需要更强大的处理器、传感器和其他半导体元器件。

一部分，印度政府打算到2026年将半导体市场扩大一倍，达到640亿美元。印度一直在为建设显示屏幕和半导体工厂提供高达50%的补贴，以便与中国台湾和韩国等地居领先地位的企业展开竞争，建造此类工厂往往需要数十亿美元的投资。

结论

在可以预见的未来，汽车半导体行业预计将经历强劲的增长，这是由于一系列的因素所致，比如，对先进驾驶辅助系统的需求增加，车辆的电气化程度不断提高，以及自动驾驶技术的进步等。考虑到这种预计的增长，半导体的需求很可能也会增加，因为该行业内将出现新的机会。人们正在开发各种各样的先进驾驶辅助系统（ADAS）、电动和自动驾驶车辆。随着汽车系统变得越来越智能化，且功能日益强大，汽车半导体将成为不可或缺的组件。在不久的将来，汽车行业对半导体的依赖程度将会愈来愈高。

随着自动驾驶汽车越来越先进，半导体技术将日趋重要。由于这些系统变得日益复杂，因此它们将需要更强大的处理器、传感器和其他半导体元器件。除此之外，第五代移动网络的发展也将对汽车行业产生极大的影响。未来，使用5G网络在汽车之间进行通信和数据传输将变得越发普遍。为了确保可靠和安全的数据传输，将需要采用具有高性能的组件和半导体元器件。

新的半导体技术将受到人们对于汽车舒适性、安全性和便利性需求的推动。伴随着人工智能和语音识别技术的进步，汽车制造商可以为驾驶者提供更加个性化的驾车体验。通过开发新的半导体技术，工程师们将能够生产出更强大、更高效的处理器和传感器。此外，新半导体技术的开发还将受到电动汽车崛起的影响。一旦有了新的半导体技术的支持，就能够开发出对于自动驾驶汽车来说效率更高、功能更强大、而且更安全的电池和电源管理系统。◆



2023年 电子产品 供应链展望



能够获得商品级情报的公司可以应对不断变化的市场情况，更深思熟虑地选择将哪些组件和材料设计到其产品中，并协调采购团队以确保在需要时随时随地提供供应。

近年来，全球电子供应链受到了一些打击。COVID-19大流行迎来了一个新时代——终端市场讯息混杂、宏观经济不确定性、需求预测困难，再加地缘政治对抗，已经从一个黑天鹅事件演变成一系列黑事件。

2023年第一季度市场状况

进入2023年，经济衰退风险有所消减，各国央行正在推进控制通胀的政策。虽然一些市场需求出现恶化，库存处于历史高位，以及俄乌战争的进一步加剧，但是电子元件交货时间的改善速度远快于价格，尽管如此，未来仍然可能会出现新的供应链中断。

2022年5月初，通过分析工程设计活动、需求采购讯息和特定领域广泛使用的特定电子元件（如PC中的DDR4 DRAM）的合同定价，Supplyframe的预测团队确定了消费电子产品、PC和智能手机的需求将急剧下滑。这是我们现在仍在经历的低迷时期，除此之外，还有超大规模服务器和企业服务器的需求也减弱。

Supplyframe Commodity IQ 解决方案——提供始终在

线的整体电子供应链分析——揭示了电子元器件价值链在几个季度以来首次获得一些定价和交货时间缓解。然而，尽管需求下降和交货时间缓解，但降价仍然难以实现。虽然某些类别的库存可能在2022年第四季度达到峰值，但电子元件的交货期仍然比历史正常水平更长，特定半导体器件的工厂交货期仍超过48周。

不过我们还是有理由感到乐观。Commodity IQ 操作指标显示，组件可用性已大幅提高，许多商品和子商品的价格已趋于稳定，尤其是无源组件。此外，Commodity IQ 数据揭示了加强供应商谈判、更及时的采购活动和360度供应链可见性的机会。

Commodity IQ 预测，2023年第一季度的交货时间和商品数量将下降8%，部分分配给有源组件和无源组件。根据第一季度的Commodity IQ 价格指数，组件定价维度数量将减少14%。此外，不出所料，第一季度全球电子元件需求和采购活动将环比下降2%，而工程设计将下降20%，这进一步证明了需求的降低。

虽然对于存储器和小外壳尺寸陶瓷电容器等某些组

件来说，组件库存很严重，但汽车用微控制器和 FPGA 等器件，组件库存还远低于 Commodity IQ 库存指数基线。例如，2022 年 12 月的微控制器和微处理器分销商及供应商库存比 2021 年 12 月下降了近 50%。模拟 IC、微控制器和分立 IC（尤其是功率 MOSFET）在第一季度及以后仍将紧俏且价格高昂。

2023年下半年如何？

Commodity IQ 预测，2023 年上半年全球电子元器件需求相比 2022 年较弱，预计第一季度较 2022 年第四季度仅增长 1%。鉴于汽车和工业零部件订单的乐观情绪以及具有弹性的宏观经济前景，Supplyframe 预计下半年整体需求将开始反弹。

虽然全球宏观经济和政治的不确定性持续，但是进入 2023 年在供需平衡正常化、价格和供应压力减少等方面都出现了积极迹象。2023 年下半年，除了存储产品以外，预计 85% 的半导体定价维度将保持稳定，其余维度将完全有利于买方。

半导体的交货时间延长将持续到今年下半年，包括可编程逻辑器件和汽车专用电阻器等无源元件。然而，考虑到世界经济对通货膨胀和经济衰退的韧性，预计 2023 年第三季度全球所有电子元件的交货时间与 2022 年第三季度相比将显著缩短，预计小于 2022 年第三季度交货时间的 73%。

假设出现短暂的小幅衰退（摩根大通公司现在认为最坏的估计是美国经济温和衰退），随着中国真正重新开放，库存正常化，以及半导体和无源器件的需求增长更加广泛，电子产品供应链很可能会在某些零件类型上重新陷入不平衡。电动汽车需求复苏和商用车（美国 7 级和 8 级汽车）电气化趋势加速可能会使供应链紧张情况加剧，特别是对于多层陶瓷电容器。

Supplyframe 认为，库存削减可能会在上半年末完成，IC 订单、硅片开工和产能利用率会在下半年开始上升，作为半导体市场的领先指标，内存定价会在下半年触底。Supplyframe 预测 DRAM 价格将在第三季度开始复苏，NAND 定价将在第四季度或 2024 年初跟进。

随着持续的地缘政治紧张局势和美国与中国之间先进半导体相关制裁升级，似乎在世界其他地区，电子领域的消费者和制造商需要了解需求模式转向更成熟的半导体工艺节点（≥40 纳米），这对于中国参与者和行业来说可

能是个福音，因为这些方面对中国没有限制。

此外，该行业认识到，中国和亚洲所拥有的贸易通道、原材料准入、一些领先的前端（≥14 纳米）生产、大规模的先进后端服务、低成本技术劳动力以及高效的流程，这些优势在净新地点是难以匹敌的。对芯片制造商（无论生产模式如何）和芯片买家来说，如何决定友好生产、近岸生产、在岸生产、回流生产和离岸生产的适当组合同样重要。

为未来做准备

谨慎乐观是今年原始设备制造商和组件制造商、EMS 供应商和分销供应链领导者的口号。电子产品价值链中的买方参与者必须将商品 / 类别管理视为与交易采购同样重要，确保短期收益不以牺牲长期需求为代价，并通过将合作伙伴和生态系统视为战略要素来减少认知过载，从而为弹性供应链奠定基础。他们应与具有深厚领域经验的制造合作伙伴和解决方案提供商合作，以获得全面真实的供应链视图。



虽然电子元器件领域的某些方面正在朝着更加稳定的方向发展，但是，供应链中断仍然是全球范围内的新常态。美国和中国之间的贸易战以及其他国家之间的矛盾正在改变游戏规则。随着产品和需求周期的缩短，供应链的复杂性正在增加。

最终，能够获得商品级情报的公司可以应对不断变化的市场条件，更深思熟虑地选择将哪些组件和材料设计到他们的产品中，并协调采购团队以确保在需要的时间和地点提供供应。电子元器件供应链中的买方和卖方组织可以利用现有的力量在这个复杂、不确定的世界中更好地定位自己。利用情报来增强弹性，更好地理解并采取行动来满足当前和未来的需求，降低成本，降低产品延迟的风险，同时提供进一步的保护，防止下一个不可避免的黑群。◆

Advertiser	广告商名称	网址	页码
Digwin Software	深圳市鼎捷软件有限公司	www.digwin.com	17
Park		www.parksystems.cn/hybrid-wli	1
Pfeiffer Vacuum	普发真空技术(上海)有限公司	www.pfeiffer-vacuum.cn	9
SEMICON China 2023		www.semiconchina.org	11

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

- 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

行政及销售人员 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), floyd@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), 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



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 MicroLED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

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

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

2023 半导体先进技术 创新发展和机遇大会

5月23-24日 苏州·狮山国际会议中心

扫码 预报名



大会议题范围

CHIP China晶芯研讨会

- 晶圆制造工艺: 结合当地制造和产品差异化
- 先进半导体制程工艺的创新解决方案
- 半导体智能制造系统与产业链协同
- 先进封测发展进入快车道
- 当SiP遇上汽车电子
- 功率半导体市场竞争格局及产业机会

化合物半导体先进技术及应用大会

- 从硅中获取能量
- 超快通信: 6G和太比特收发器
- Micro-LED取得的进展
- VCSEL的新应用
- 超宽禁带器件: 最终解决方案?



*该信息最后更新于2023.4.13, 具体信息以会议实际为准

商务咨询

吴漫 Mandy Wu
+86 (187) 7196 7324
mandyw@actintl.com.hk

会务咨询

肖鑫鑫 Star Xiao
+86 (136) 6718 8375
starx@actintl.com.hk

郭媛媛 Joanna Guo
+86 (131) 0064 9536
joannag@actintl.com.hk



SISC公众号



CSC公众号