

半导体芯科技



SILICON
SEMICONDUCTOR

CHINA

ISSN 2523-1294

www.siscmag.com

2023年 12月/2024年 1月

加速发展下一代微电子技术 P.11

无铅低温锡膏分析验证 P.16

用于先进封装的X射线检测 P.18

高效半导体热管理 P.20

半导体和汽车工业的交集 P.28



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

雅时国际商讯成立于1998年，为高速增长的中国市场中众多的高技术行业服务。ACT通过它的一系列产品——包括杂志和网站、社交媒体、培训、会议和活动等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也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，在上海、深圳和武汉设有办事处。



盛美半导体设备(上海)股份有限公司

盛美上海从事对先进集成电路制造与先进晶圆级封装制造行业至关重要的单晶圆及槽式湿法清洗设备、电镀设备、无应力抛光设备、立式炉管设备、前道涂胶显影设备和PECVD设备的开发、制造和销售，并致力于为半导体制造商提供定制化、高性能、低消耗的工艺解决方案，来提升他们多个步骤的生产效率和产品良率。

SAPS单片清洗设备

可用于芯片制造的薄膜沉积前后清洗，干法刻蚀后清洗，离子注入灰化后清洗，化学机械研磨后清洗，抛光和外延工艺后的清洗等工艺。



立式炉管设备

可用于逻辑电路和存储电路中前道工艺中的多晶硅，氮化硅氧化硅薄膜沉积，主要包括 LPCVD、氧化炉、扩散炉和炉管 ALD 设备。



先进封装湿法设备

包括湿法刻蚀设备、涂胶设备、显影设备、去胶设备、刷洗设备等



新型化合物半导体电镀设备

应用于背面深孔镀金和金互连线以及 CU - NI-AU 等领域



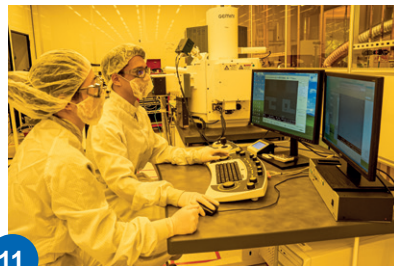
目录 CONTENTS

封面故事 Cover Story

11 科学家如何加速下一代微电子技术的发展

How scientists are accelerating next-gen microelectronics

一个由伯克利国家实验室领导的名为 *CHiPPS* (高精度图案科学中心) 的多机构团队不仅包括伯克利实验室的科学家, 还有来自阿贡国家实验室、圣何塞州立大学、斯坦福大学、加州大学圣巴巴拉分校和康奈尔大学的合作者。*CHiPPS* 中心的工作是开展 EUV 光刻的基础研究, 包括新材料及其与 EUV 光的相互作用, 重点是光材料合成、新的“分层”自组装材料、理论和建模, 以及以原子精度表征 EUV 光刻材料的新技术。



11

编者寄语 Editor's Note

4 拥抱人工智能

行业聚焦 Industry Focus

5 表面等离子体激光有望解决半导体散热问题

5 新思科技携手台积电提高异构集成生产率

6 DELO 新型电子粘合剂促进自动驾驶技术发展

6 美光推出基于 1β 技术的 DDR5 内存

7 美国宣布“国家先进封装制造计划”

7 imec 虚拟晶圆厂可量化 IC 制造对环境的影响

8 双光子光刻: 有望突破光电芯片的封装瓶颈

9 科学家开发可以量身定制半导体薄膜的新方法

10 SIPLACE TX micron 融合 SMT 和芯片处理 解决 SiP 生产难题



18



34

关于雅时国际商讯 (ACT International)



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

About ACT International Media Group

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

关于《半导体芯科技》

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

About Silicon Semiconductor China

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

目录 CONTENTS

技术 Technology

- 16** 解决高温焊接可靠度的救星？深入了解「无铅低温锡膏」
A lifesaver for high temperature welding reliability? Learn more about lead-free low temperature solder paste
- 18** 用于先进封装检测的先进 X 射线技术
Advanced X-ray technology for advanced packaging
- 20** 高效半导体热管理
Efficient semiconductor thermal management
- 25** 使用半大马士革工艺流程研究后段器件集成的工艺
Using semi-damascene process flow for BEOL integration study

专栏 Conlunm

- 28** 加速增长：半导体和汽车工业的交集
Revving up: the intersection of semiconductors and the automotive industry
- 32** 碳化硅推动车载充电技术发展
Silicon carbide promotes the development of vehicle charging technology

厂商特写 Vender View

- 34** Greene Tweed：打造强韧供应链，避免供应中断
Greene Tweed: when it can't fail technology
- 40** 广告索引 Ad Index

《半导体芯科技》编委会（排名不分先后）

刘胜 教授
武汉大学工业科学研究院执行院长

姚大平 博士
江苏中科智芯集成科技有限公司总经理

汤晖 教授
广东工业大学、精密电子制造技术与装备国家重点实验室

于大全 教授
厦门云天半导体创始人

须颖 教授
中国仪器仪表学会显微仪器分会副理事长

罗仕洲 教授
馨允科技总经理

林挺宇 博士
广东芯华微电子技术有限公司总经理

杨利华 院长
两江半导体研究院

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

张昭宇 教授
香港中文大学(深圳)理工学院
深圳半导体激光器重点实验室主任

刘功桂 教授级高工
中国电器科学研究院股份有限公司威凯技术中心主任

云星 总经理
深圳安博电子有限公司

张弛 总裁
深圳贝特莱电子科技股份有限公司

乔旭东 博士
深创投集团投资发展研究中心总经理

徐开凯 教授
电子科技大学、电子薄膜与集成器件国家重点实验室

何进 教授
北京大学教授、深圳系统芯片设计重点实验室主任

PLASMA等离子去胶



ICP PLASMA 去胶机

RIE PLASMA 去胶机

PLASMA等离子活化



微波PLASMA清洗机

真空PLASMA清洗机

润湿性检测



全自动晶圆型接触角

USC除尘



在线式干式超声波

扫一扫获取更多解决方案



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

东莞市晟鼎精密仪器有限公司
广东省东莞市虎门镇怀雅路235号

苏州晟鼎半导体设备有限公司
苏州市吴江区兴瑞路新时亿科技产业园17栋5层南

拥抱人工智能

在 ChatGPT 推出一周年之际,《Nature》2023 年度十大人物 (Nature's 10) 揭晓。除了十位年度人物之外,今年还有一位非人类 - ChatGPT- 上榜。《Nature》主编 Rich Monastersky 表示:虽然 ChatGPT 不算一个人,也不完全满足 Nature's 10 的评选条件,但我们破例将其加入榜单,以承认生成式人工智能 (AI) 正在深刻地改变科学的发展进程。

AI 正在改变设计、制造和工程等各个领域,其影响是惊人的。对于半导体行业也一样, AI 需求正引领半导体收入增长,推动行业从下行周期恢复增长。

根据 Omdia 最新发布的《竞争格局追踪报告》(Competitive Landscape Tracker),在 AI 持续需求的带动下,整个半导体行业在 2023 年第三季度比第二季度增长了 8.4%,达到 1390 亿美元。在此前连续五个季度下滑后,行业现已连续第二个季度增长。

2023 年第三季度 AI 需求仍然是半导体行业的一个主要主题。AI 继续推动市场, AI 需求是很大一部分,但其他应用的需求也在增加,整个行业都观察到了改善。内存市场持续改善,市场从低点 193 亿美元反弹到 2023 年第三季度的 245 亿美元,前五大存储器制造商中有四家在 2023 年第三季度的存储器 IC 收入比上一季度增长了两位数的百分点。无线部门也随着新智能手机型号的发布和比前几个季度更好的库存动态而取得进展。汽车行业的增长较低,2023 年第三季度增长了 4.3%,但该细分市场一直保持稳定,上一次下降是在 2020 年第三季度,目前占半导体收入的 13.5%。消费类市场也有所改善,较 2023 年第二季度增长 7.9%,显示了半导体市场收入增长的广度。

AI 的兴起显著提高了在该领域拥有大量业务的公司的收入。受益于 AI 的两家公司,英伟达和 SK 海力士,继续录得半导体收入的大幅增长。英伟达生产用于数据密集型 AI 的 GPU,2023 年前三季度半导体收入增长了 18%,达到 120 亿美元,其中,2023 年第三季度收入达到了 73 亿美元,而 2022 年第三季度的收入为 46 亿美元。英伟达已成为收入排名第二的半导体公司,这打破了英特尔和三星电子在半导体市场长期位于排名前两位的情况。SK 海力士在 AI 应用中使用的高带宽存储器领域占据主导地位,2023 年前三季度半导体收入增长了 26%,达到 67 亿美元。

发展 AI 的关键是半导体技术革新

AI 的发展离不开半导体。据 SEMI 大半导体产业网报道, AI 向前演进,面临着两个问题,首先是算法不断演进,新算法层出不穷,另外,一种算法对应一种应用,没有统一的算法,这就导致芯片开发比较困难。

中国半导体行业协会 IC 设计分会理事长、清华大学集成电路学院教授魏少军指出,芯片是计算的主体,是支撑智能的基础,而真正能够实现智能的核心是软件,所以需要把软硬件结合在一起形成一种完整的全新架构,即软件定义芯片。

从制造端来看,发展大型 AI 模型的关键是算力芯片与先进制程。在大模型 AI 出现以后,对工艺在算力和能效比两大方面提出了更高的要求。

目前 AI 领域所面临的挑战,映射到半导体领域,不止是芯片设计与制造环节的挑战,还包括软硬件适配和标准化、集群高速互联、可持续发展及安全可靠,以及规模化布局等问题。发展 AI 的核心要从应用场景的需求出发,通过广联生态伙伴、优化软硬协同,更大程度挖掘芯片性能的潜能,探索实现性能提升、能效提升的新路径。

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

表面等离子体激元有望解决半导体散热问题

缩小半导体尺寸的需求，加上器件热点处产生的热量无法有效分散的问题，对现代器件的可靠性和耐用性产生了负面影响。现有的热管理技术还无法胜任这项任务。因此，发现一种新的散热方法——利用在基板上的金属薄膜中产生的表面波来散热，是一个重要的突破。

韩国科学技术学院 (KAIST) 宣布，机械工程系 Bong Jae Lee 教授的研究小组在世界上首次成功测量了沉积在基板上的金属薄膜中“表面等离子体激元” (surface plasmon polariton, SPP) 引起的一种新型热传递。

表面等离子体激元 (SPP) 是指电介质与金属界面处的电磁场与金属表面的自由电子及类似集体振动粒子之间强烈相互作用而在金属表面形成的表面波。

研究小组利用表面等离子体激元 (SPP) (金属-电介质界面产生的表面波) 来改善纳米级金属薄膜的热扩散。由于这种新的传热模式是在基板上沉积有金属薄膜时发生的，因此它在器件制造过程中非常有用，并且具有能够大面积制造的优点。研究小组表明，由于半径约 3 厘米、厚

度为 100 纳米的钛 (Ti) 薄膜上产生表面波，热导率提高了约 25%。

领导这项研究的 Bong Jae Lee 教授表示：“这项研究的意义在于，在加工难度较低的基板上沉积的金属薄膜上，首次发现了利用表面波的新传热模式。它可以用作纳米级散热器，有效地散发容易过热的半导体器件热点附近的热量。”

该研究结果对未来高性能半导体器件的发展具有重大意义，因为它可以应用于纳米级薄膜上的快速散热。特别是，研究团队发现的这种新的传热模式有望解决半导体器件热管理的基本问题，因为它可以在纳米级厚度下实现更有效的传热，虽然薄膜的导热率通常会因边界散射效应而降低。

关于此项研究的论文已经于 2023 年 4 月 26 日在《Physical Review Letters》在线发表。该研究得到韩国国家研究基金会基础研究实验室支持计划的支持。

新思科技携手台积电提高异构集成生产率

新思科技 (Synopsys, Inc.) 近日宣布进一步扩大与台积电的合作，双方携手通过可支持最新 3Dblox 2.0 标准和台积电 3DFabric™ 技术的全面解决方案不断优化多裸晶系统 (Multi-Die) 设计。新思科技多裸晶系统解决方案包括“从架构探索到签核”统一设计平台 3DIC Compiler，可提供行业领先的设计效率，来实现芯片的容量和性能要求。此外，新思科技 UCIE IP 也已在台积电领先的 N3E 先进工艺上取得了首次通过硅片的成功，实现 die-to-die 高速无缝互连。

新思科技 3DIC Compiler 设计平台已通过台积电认证，可在统一的裸片/封装探索、协同设计和分析平台上使用 3Dblox 2.0 标准和 3DFabric 技术进行全栈设计。新思科技集成系统分析功能可与 3Dblox 2.0 系统原型设计相结合，协同优化热和电源完整性，有助于确保设计可行性。新思科技和 Ansys 持续合作，将新思科技 3DIC Compiler 和 Ansys 多物理分析技术相集成，提供系统级效果的签核

准确性。新思科技 3DIC Compiler 还可与新思科技测试产品互操作，以确保批量测试和质量。

新思科技 UCIE PHY IP 已在台积电 N3E 工艺上实现首次通过硅片的成功，并获多家全球领先企业采用，能够帮助开发者高效地将 die-to-die 互联的业界标准集成到他们的多裸晶系统中。结果显示，该 IP 在 16Gbps 时可实现行业领先的功耗效率和性能，并可扩展至 24Gbps，同时具有强大的链路裕量。新思科技的完整 UCIE Compiler、PHY 和验证 IP 解决方案目前已支持标准和先进封装，提供了测试、修复和监测功能，以确保多裸晶系统在现场操作中的可靠性。此外，新思科技还提供了面向 HBM3 技术的完整 IP 解决方案，以满足 Multi-Die 系统的高内存带宽需求。新思科技 IP 产品与 3DIC Compiler 的组合通过自动化布局布线、中介层研究和信号完整性分析，支持 3Dblox 2.0 die-to-die 可行性研究，从而提高生产力并降低 IP 集成风险。

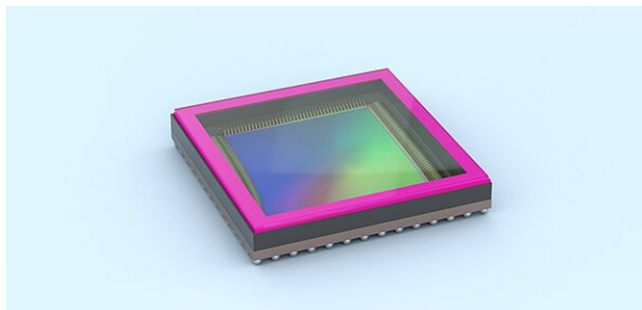
DELO新型电子粘合剂促进自动驾驶技术发展

DELO 开发出一款柔性电子粘合剂，DELO DUALBOND BS3770，可永久密封传感器外壳，保护图像传感器等器件长期稳定。DELO DUALBOND BS3770 是一种为半导体制造研发的特殊电子粘合剂，满足半导体和汽车行业的严格要求，并促进自动驾驶领域的创新。

自动驾驶的安全要求越来越严格。为此激光雷达和无线电雷达系统中，安装了图像传感器等可靠组件。在整个使用寿命期间，印刷电路板上的传感器外壳必须保持气密密封，以便永久不间断地保持其功能。不过，由于行业要求变得愈发严格，以前用于密封外壳和滤光玻璃的解决方案已达到极限，无法经受汽车行业按照 AEC Q100 标准进行的各种试验。

DELO DUALBOND BS3770 与以往市面上的粘合剂不同，它非常柔韧，在室温下杨氏模量小于 5 MPa。这种粘合剂从 -50°C 左右的低温起便具有柔韧性，因此可以补偿在生产过程中由于例如温度变化、湿度差异或者回流焊工艺中的热输入所引起的压力变化。所以不会出现弹出或分层等缺陷，且可以永久保护传感器。

DELO DUALBOND BS3770 可通过针头进行精确点胶，且胶线还能保持又高又窄。固化是通过紫外线和加热



DELO DUALBOND BS3770 以气密方式封装传感器外壳和滤光玻璃，确保图像传感器的功能长期稳定。(插图由DELO提供)

两个连续步骤进行的，点胶后，通过经典的光预固定方法，在几秒内粘合剂便可固定住。此外还可将其转换到 B 阶段，这对于粘合带黑印的滤光玻璃尤为重要。在这个阶段，它的初始粘附力可与胶带媲美。随后，就可以接合第二个粘附体了。借助胶粘剂的初始粘接力，粘附体能被直接固定，可整体进入后续加工。随后在 +150°C 的空气循环烘箱中，通过 40 分钟达到最终固化。

除了用于激光雷达和无线电雷达应用的图像传感器外，DELO DUALBOND BS3770 还可用于驾驶员监控和 5G 应用。

美光推出基于1β技术的DDR5内存

美光科技股份有限公司 (Micron Technology Inc.) 宣布已将业界领先的 1β (1-beta) 制程技术应用于 16Gb 容量版本的 DDR5 内存。美光 1β DDR5 DRAM 在系统内的速率高达 7,200 MT/s，现已面向数据中心及 PC 市场的所有客户出货。基于 1β 节点的美光 DDR5 内存采用先进的 High-K CMOS 器件工艺、四相时钟和时钟同步技术，相比上一代产品，性能提升高达 50%，每瓦性能提升 33%。

随着 CPU 内核数量的不断增加以满足数据中心工作负载需求，系统对更高的内存带宽与容量的需求也显著增长，从而在应对“内存墙”挑战的同时优化客户的总体拥有成本。美光 1β DDR5 DRAM 支持计算能力向更高的性能扩展，能支持数据中心和客户端平台上的人工智能 (AI)

训练和推理、生成式 AI、数据分析和内存数据库 (IMDB) 等应用。

美光核心计算设计工程部门企业副总裁 Brian Callaway 表示：“面向客户端和数据中心平台的 1β DDR5 DRAM 量产及出货，标志着行业的一个重要里程碑。我们与生态系统合作伙伴及客户紧密合作，将推动高性能内存产品的市场普及。”

美光的 1β 技术已应用至公司广泛的内存解决方案，包括采用 16Gb、24Gb 和 32Gb DRAM 裸片的 DDR5 RDIMM 和 MCRDIMM；采用 16Gb 和 24Gb DRAM 裸片的 LPDDR5X；HBM3E 和 GDDR7。美光基于 1β 先进制程的 DRAM 速率高达 8,000 MT/s，为生成式 AI 等内存密集型应用提供更出色的解决方案。

美国宣布“国家先进封装制造计划”

美国政府宣布将投入约 30 亿美元用于支持美国的芯片封装行业，以提升在该领域的竞争力。这是美国《芯片与科学法案》的首项研发投资项目，表明美国政府对于美国芯片封装行业的重视。考虑到美国当前芯片封装产能在全球占比较低，只占全球的 3%，美国政府的此次投资举动，也表明其补足弱点的决心。

这项投资计划的官方名称为“国家先进封装制造计划”，其资金来自美国芯片法案中专门用于研发的 110 亿美元资金，与价值 1000 亿美元的芯片制造业激励资金池是分开的。美国商务部副部长劳里·洛卡西奥 (Laurie Locascio) 在宣布这一投资计划时表示：“在美国制造芯片，然后把它们运到海外进行封装，这会给供应链和国家安全

带来风险，这是我们无法接受的。”

洛卡西奥声称，到 2030 年，美国将拥有多个大批量先进封装设施，并成为最复杂芯片批量先进封装的全球领导者。

在美国芯片法案的激励下，已经有不少外国企业计划将封装项目落地美国。此前，韩国芯片制造商 SK 海力士公司曾表示，将投资 150 亿美元在美国建立先进的封装设施。亚利桑那州州长凯蒂·霍布斯也透露，该州正在与台积电进行谈判，可能在该州建设先进封装厂。

美国商务部预计将于 2024 年宣布其芯片封装计划的第一个材料和基板资助机会，而未来的投资将集中在其他封装技术以及更大范围的设计生态体系。

imec 虚拟晶圆厂可量化 IC 制造对环境的影响

纳米电子和数字技术研究和创新中心 imec 已经推出了公众可以免费访问的 imec.netzero 虚拟工厂版本。该工具提供了 IC 制造对环境影响的量化视图，为学者、政策制定者和设计人员提供了宝贵的见解。通过发布此免费网络应用程序，imec 旨在支持半导体行业以及整个半导体供应链减少对环境的影响。

半导体制造是一个复杂的过程，具有多种环境影响；从高能源消耗到稀缺材料的使用和温室气体排放。考虑到市场的增长和巴黎协议针对气候变化的目标，该行业正致力于优化工艺流程。然而，为了确定和减轻对环境影响较大的工艺或技术，需要大量数据。

这一问题在 imec 的可持续半导体技术和系统 (Sustainable Semiconductor Technologies and Systems, SSTS) 研究计划中得以解决。SSTS 是一个涉及整个半导体生态系统的协作框架，从电子产品的最终用户到晶圆厂、代工厂、材料和设备制造商，与学术界和政府合作一起合作的。

为了准确量化 IC 制造对环境的影响，imec 开发了一个名为 imec.netzero 的虚拟工厂。该网络应用程序利用来自其自己晶圆厂的数据，并不断与来自设备、材料和晶圆厂合作伙伴（例如液化空气、应用材料、ASM、ASML、

Edwards、Kurita、Lam Research、SCREEN、Tokyo Electron、GlobalFoundries、三星电子和台积电等）的数据进行基准测试。该虚拟工厂遵循生命周期评估方法，收集和分析制造 IC 的每个工艺步骤中使用的能源、材料、化学品、气体和其他资源的数据。合作伙伴可以访问自己专用的 imec.netzero 软件应用程序，该应用程序提供详细的分析，以量化当前和未来 IC 技术的具体排放和其他环境影响，从而提供切实的行动建议。

现在，imec 希望该虚拟晶圆厂工具可以覆盖更广泛的受众。imec.netzero 公共版本可以访问与 imec.netzero Private 相同的晶圆厂模型和工艺数据库。虽然该网络应用程序受到一些限制（例如，仅限于当前技术和《温室气体协议》的范围 1+2），但它提供了独特的数据见解，以前公众无法访问。例如，可以根据不同地理位置的制造情况，为多种逻辑和存储技术（从 N28 开始）生成气候变化（二氧化碳排放量）、电能消耗或总用水量的可视化演示。

imec 项目经理 Cédric Rolin 解释道：“我们的目标是提供有关 IC 制造对环境影响的透明且高质量的数据，不限于半导体供应链和我们的 SSTS 计划。我们的工具超越了现有的文献，为寻求行业影响数据的产品设计师、环境研究人员和政策制定者提供了价值。”

双光子光刻：有望突破光电芯片的封装瓶颈

长期以来，光子集成电路（PIC）一直被认为是彻底改变光学的颠覆性平台。PIC 是在单个芯片上组合多个光学元件的紧凑型器件。它们在通信、测距、传感、计算、光谱学和量子技术方面有着广泛的应用。

现在使用成熟的半导体技术制造 PIC，降低了成本并提高了性能。这使得 PIC 成为非常有前途的技术。然而，由于严格的光学对准公差要求，PIC 封装往往成为阻碍其规模化应用的主要障碍，因此需要专用的封装仪器。

由之江实验室虞绍良博士和杜清扬领导的科学家团队开发了一种新的 PIC 封装技术，相关论文（Two-photon lithography for integrated photonic packaging）发表在《Light: Advanced Manufacturing》刊物上。

双光子光刻（Two-photon lithography, TPL）是一种基于激光的技术，可用于创建具有非常高分辨率的 3D 结构，已成为 PIC 封装的一种有前途的方法。

TPL 作为一种微纳尺寸下的 3D 打印工艺，可以高精度地制备任意的 3D 结构，有望解决 PIC 封装过程的瓶颈。一方面，可以在芯片上集成三维曲面或渐变波导结构，通过反射或者绝热压缩的方式进行光束整形，实现超宽波段的模场变换；另一方面，三维结构的形貌具有很高的几何自由度，增加了对片上模场操控的灵活性，从而实现更高效的耦合互连。TPL 还可以在子模块组装完成之后再制备连接结构，有效降低了封装过程中的对准精度要求。此外，TPL 树脂通常具有宽带和低光衰减的特点，因此适用于在不同材料平台之间建立低损耗的光学链路。

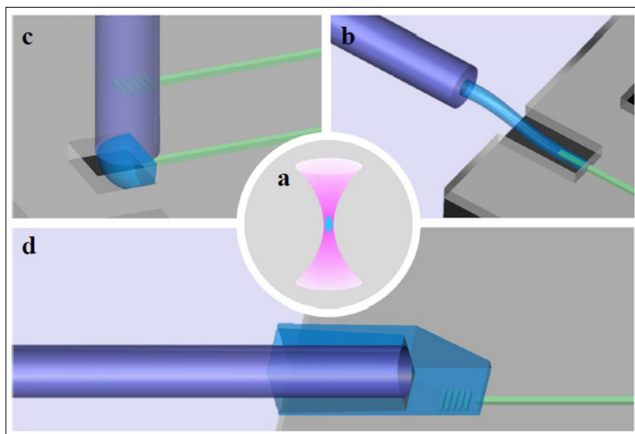


图1：基于 TPL 的三种典型封装方法 (a) 双光子光刻示意图。(b) 光子引线。(c) 自由曲面。(d) 对准引导结构。

总体而言，TPL 是一种多功能且功能强大的 PIC 封装技术。它具有多种独特的优势，有助于解决 PIC 封装的挑战，例如严格的对准公差以及对异构或混合集成的需求。随着光电行业越来越多地采用 TPL，进一步的研究和开发工作正在进行，以提高 TPL 制造产量，扩大材料库，并开发新的设计和表征工具。

TPL 的基本原理

TPL 是一种利用聚焦激光束选择性固化液态光聚合物的三维打印技术。聚焦的激光会导致光刻胶双光子聚合（two-photon polymerization, TPP），从而形成固体结构。与单光子光刻不同的是，当激光强度超过激光焦点处的某个阈值时，就会发生双光子聚合。因此，TPL 能够实现更可控的局部聚合过程，从而获得更精细的分辨率和更高的精度。

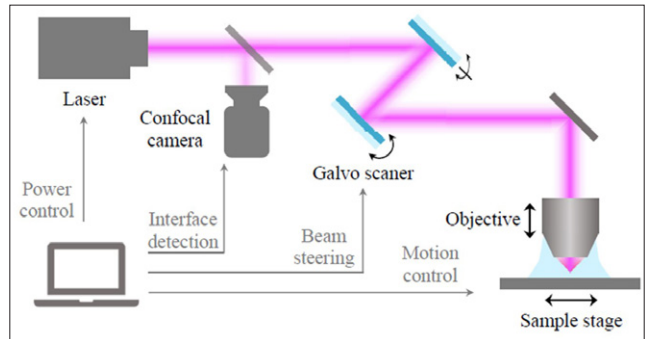


图2：典型 TPL 系统的关键部件。

典型的 TPL 打印系统如图 2 所示。工作在近红外区域的激光通过物镜聚焦到样品上，产生的高强度光，通过双光子吸收被光刻胶中的光引发剂吸收。所有组件都与计算机相连，用于远程控制和编程。打印前，软件会提示一个用户界面，让操作员输入所需的三维模型，并设置打印参数，如层厚度和激光强度。这种打印系统的完全自动化使 TPL 工具成为复杂而高度精确的系统，能够为各种应用创建复杂的高分辨率三维结构。

参考资料

1. Shaoliang Yu et al, Two-photon lithography for integrated photonic packaging, Light: Advanced Manufacturing (2023). <https://www.light-am.com/article/doi/10.37188/lam.2023.032>
2. 双光子光刻：突破光电芯片的封装瓶颈_手机搜狐网 https://m.sohu.com/a/735308842_121403601/

科学家开发可以量身定制半导体薄膜的新方法

有机半导体材料是开发最先进光电元件的关键技术，用于光伏、传感器技术和微电子领域。为了自动生产具有明确特性的有机半导体薄膜，由德国耶拿的莱布尼兹光子技术研究所 (Leibniz IPHT) 领导的德国 - 美国科学家团队开发了一种用于沉积高分子精度薄膜的新技术方法。报告这种制造具有定制电子特性的薄膜的新方法的技术论文发表在 2023 年 10 月出版的《Advanced Materials》杂志上。

有机半导体通常由碳基分子材料或聚合物组成，当今已经有很多应用，例如，超薄、机械柔性和轻质半导体薄膜用于现代晶体管、敏感传感器或有机太阳能电池。它们的能量转换潜力及其功能取决于有机薄膜的电子能级，而电子能级则取决于分子及其排列方式以及薄膜内相邻分子之间的相互作用。

由莱布尼兹光子技术研究所领导的德美科学家团队，成功开发了一种新颖的制造工艺，可以自动精确制造具有定制结构和电子特性的半导体薄膜。这种方法将有可能生产出相邻分子间相互作用和特定能级可控的定制薄膜。

滚动沉积半导体薄膜

此项研究提出的“滚动转移朗缪尔层” (Rolling Transferred Langmuir Layer) 技术是已建立的用于薄膜沉积的朗缪尔·布洛杰特 (Langmuir Blodgett) 技术的进一步发展，适用于在空气 - 水界面上生产有机半导体分子单层。

为此，在水面上形成的一层分子选用被转移到固体基材上。使用研究人员专门开发的独特的滚动转移系统将分子单层沉积在基材上，该转移系统包含要覆盖分子层的基材，并在水面上的分子膜层上移动。在系统滚动运动过程中，在空气 - 水界面形成的分子层就粘附到基材上。

“开发的工艺还允许沉积结晶膜，使用以前成熟的方法生产结晶膜需要付出相当大的努力，并且经常导致表面缺陷，例如有机薄膜的断裂。通过新开发的工艺，我们可以将这些表面缺陷减少到最低限度，并以可扩展的方式直接将、均匀和高质量地生产具有不同特性的单分子层和多层薄膜，”团队研究员 Habil 博士解释道。Leibniz IPHT 有机薄膜和界面小组负责人 Martin Presselt 与他的团队一起开发了这种新方法。

量身定制的薄膜

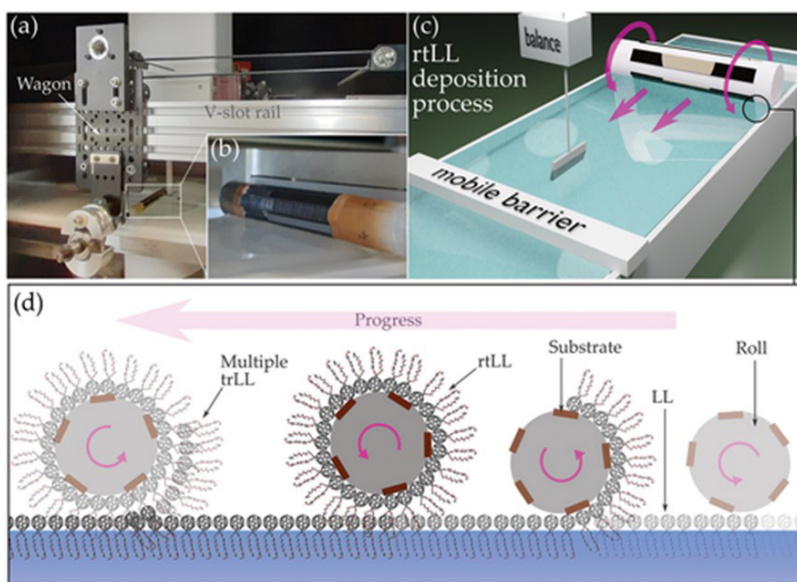
在生产具有定制结构和能量特性的半导体薄膜时，有两个参数起着决定性的作用：“一方面，‘滚动转移朗缪尔层’技术能够系统地改变层内分子的堆积密度，其范围可以从非常密集的堆积到密度较低的堆积，通过在沉积过程中控制表面压力。另一方面，可以精确调整堆叠分子层的数量，从而可以精确调整薄膜的层厚。通过这种方式，可以重复地生产相邻分子之间具有特定相互作用和特定能级的半导体薄膜，”有机薄膜和界面小组的科学家 Sarah

Jasmin Finkelmeyer 博士说，他在开发该方法过程中发挥了重要作用。

研究人员开发的这种新技术方法为制造基于薄膜的具有优化性能的新型 (光) 电子元件奠定了基础。例如，可以进一步开发从太阳光中高效产生电能的有机光伏组件以及将太阳光转化为化学能的薄膜。

参考资料

1. S. J. Finkelmeyer, E. J. Askins, J. Eichhorn, S. Ghosh, C. Siegmund, E. Täuscher, A. Dellith, M. L. Hupfer, J. Dellith, U. Ritter, J. Strzalka, K. Glusac, F. H. Schacher, M. Presselt, Tailoring the weight of surface and intralayer edge states to control LUMO energies, *Advanced Materials* (2023), <https://doi.org/10.1002/adma.202305006>



SIPLACE TX micron融合SMT和芯片处理 解决SiP生产难题

ASMPT 推出的 SIPLACE TX micron 以其独特的工艺解决了 SiP（系统级封装）生产中的一系列难题，成为该领域的完美解决方案。这款灵活的平台将 SMT 组装的高速度与芯片处理复杂性相结合，展示出 ASMPT 作为市场与创新引领者的实力。新型贴片机在速度、贴装精度以及轨道传输及处理选项等方面进行了显著改进，这种混合系统为电子制造商提供了更大的灵活性，使他们在智慧工厂建设中获得显著的竞争优势。

SiP 技术广泛应用于智能手机的无线模块、无线耳机和智能手表等设备中，巧妙地整合了有源和无源电子元件，创造出紧凑且功能丰富的模块。这种先进的封装技术不仅涉及到传统的 SMT 组件，还包括裸芯片的精密组装。为了满足这类模块巨大的市场需求，制造商必须采用具备高速和高精度加工能力的设备。具体而言，这些设备需要在 SMT 领域以常见的高速度进行组装，并在裸片加工过程中保持常见的高精度水平。此外，该技术还涉及到无源 SMD 元件的精准贴装，这些元件通常需要非常精确地紧密排列。

一台机器融合两大领域，三种精度级别

SIPLACE TX micron 机器达到了业内严苛的工业要求，通过提高机器精度，现在可以在一台机器上为先进封装应用提供三个精度等级：10 μm、15 μm 和 20 μm，每个精度等级的工艺稳定性均达到 3 sigma。虽然该机器将基本精度从 25 μm 提升至 20 μm，但其贴装速度仍然达到了惊人的 93,000 cph，较先前的 20 μm 级别速度提高了 14%。在其最高贴装精度 10 μm 下，该机器甚至能在混合 SiP 应用中每小时处理高达 62,000 个元件，展现出前所未有的处理能力。

可处理更大的元件和电路板

此外，SIPLACE TX micron 因采用了更大的真空治具，现已能够处理最大尺寸为 300×240 毫米的基板，且确保精度等级可达 15 μm@3σ。我们还引入了高分辨率的 SST54 PCB 相机，其搭载了先进的照明技术，增强了对细微结构、基准点和条形码的识别能力。

SIPLACE TX micron 的长板选项进一步扩展了其能力范围，使其能够处理最大尺寸为 590×460 毫米（23.2×18.1 英寸）的 PCB。此外，新增的多功能传送系统

增加了灵活性，支持处理常规 PCB、载具高度达 20.5 毫米的 PCB 或者弯曲的 PCB，以及 J-boat 和 JEDEC 制式料盘。对于汽车行业等有高标准要求的客户而言，本设备提供了直接从料带实现追溯的功能选项，这一创新特性将为客户带来巨大的附加值，满足他们对产品质量和可靠性的严苛需求。

现可兼容 SIPLACE Tray 盘供料器

SIPLACE TX micron 现已增加了与 SIPLACE Tray 盘供料器的兼容性，这一新特性为用户带来了快速、不间断生产的显著优势。每个载盘容纳配有 2 个 JEDEC 制式料盘的载具。根据元件的不同尺寸，它能够容纳多达 82 个 JEDEC 制式料盘或 41 个最大尺寸为 355×275 毫米的宽托盘。值得一提的是，该设备的料框被巧妙地划分为可连续供应的缓冲区和主存储区，这一独特设计使得用户可以在不中断生产的情况下便捷地添加新的料盘，从而确保生产流程的持续性和高效性。

卓越的质量

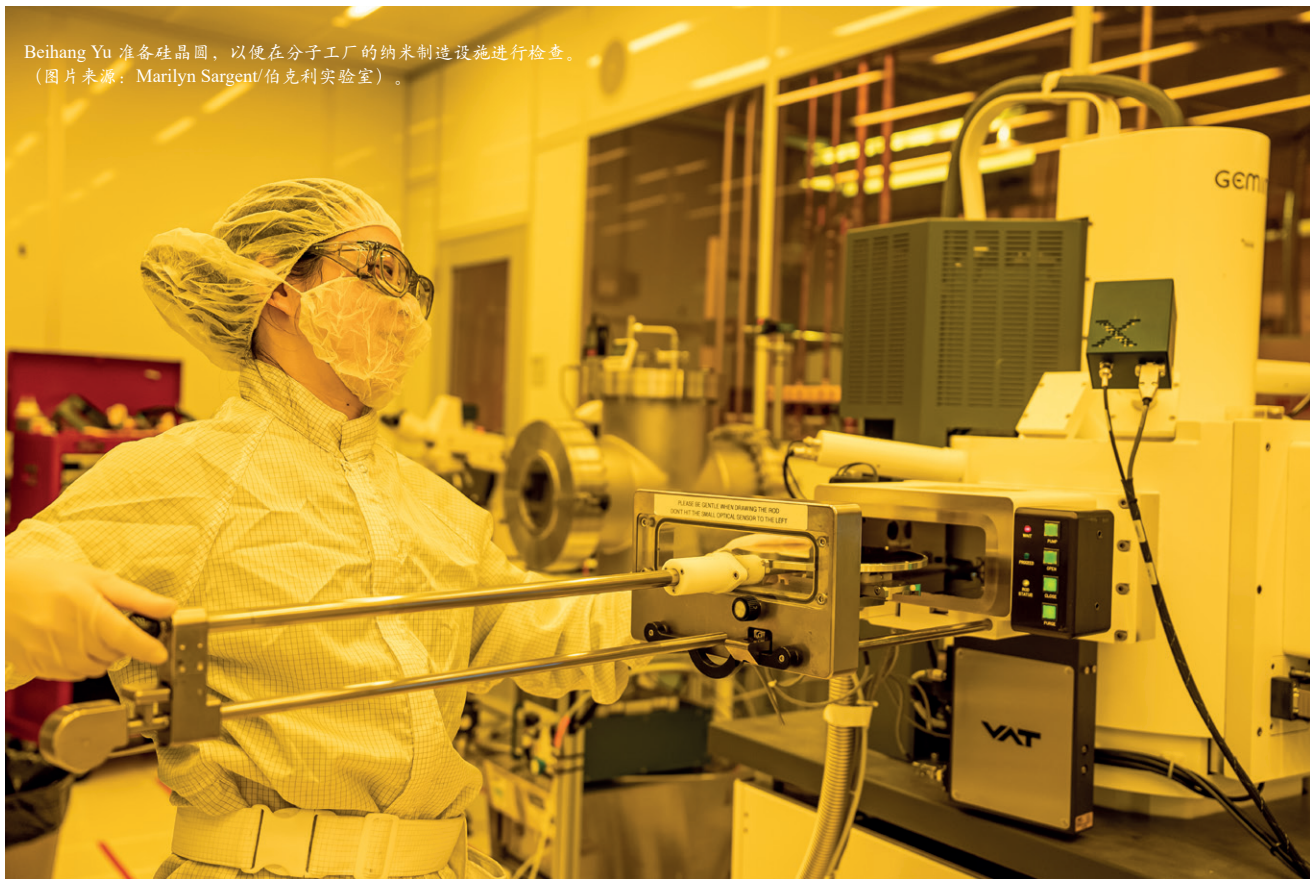
SIPLACE TX Micron 新版保留了原来的功能，即拥有卓越的质量，例如能够有效检测并排除损坏或无法使用的元件，从而在使用中节省成本。除此之外，其高分辨率的元件图像处理系统采用了蓝光技术，显著提高了图像对比度，尤其是对于精细结构和球体的呈现更为出色。此外，SIPLACE TX Micron 还满足 ISO 7 级洁净室的高标准要求，并通过了 Semi S2/S8 的权威认证，这进一步印证了其卓越的质量和性能。



SIPLACE TX micron 现在还可以与 SIPLACE Tray 盘供料器无缝配合，实现协同作业。这一创新设计意味着无需中断生产，即可轻松完成新料盘的装填，从而确保生产流程的持续性和高效性。

图片来源：ASMPT

Beihang Yu 准备硅晶圆，以便在分子工厂的纳米制造设施进行检查。
(图片来源: Marilyn Sargent/伯克利实验室)。



科学家如何加速 下一代微电子技术的发展

由伯克利实验室领导的多机构团队致力于帮助芯片制造商领先于摩尔定律

微芯片是用于从智能手机到智能扬声器、救生医疗设备和电动汽车等几乎任何用途的微小硅组件，而一个由劳伦斯伯克利国家实验室（伯克利实验室）领导的新中心可以加速微芯片的下一轮革命。

这个名为 CHiPPS (The Center for High Precision Patterning Science, 高精度图案科学中心) 的新中心由伯克利实验室微电子专家 Ricardo Ruiz 领导。他还是伯克利实验室纳米科学用户设施分子工厂 (Molecular Foundry)

的科学家。“先进的计算机芯片对现代生活至关重要。保持在这项技术的最前沿，并与摩尔定律保持同步，对我们的经济安全和国防至关重要，”Ruiz 说。在四年的时间里，Ruiz 和他的研究伙伴将把他们多样化的科学专业知识用于一个共同的目标：深入研究极紫外光刻 (EUVL) 科学，EUVL 是一种革命性的技术，使世界领先的半导体制造商能够将超过 1000 亿个晶体管（帮助计算机保存和处理数据的微小组件），封装到指甲大小的芯片中。

作者：特蕾莎·杜克 (Theresa Duque), 伯克利实验室科学作家

该团队包括来自分子工厂、先进光源、X 射线光学中心、化学科学部和储能与分布式资源部的伯克利实验室科学家，以及来自阿贡国家实验室、圣何塞州立大学、斯坦福大学、加州大学圣巴巴拉分校和康奈尔大学的合作者。

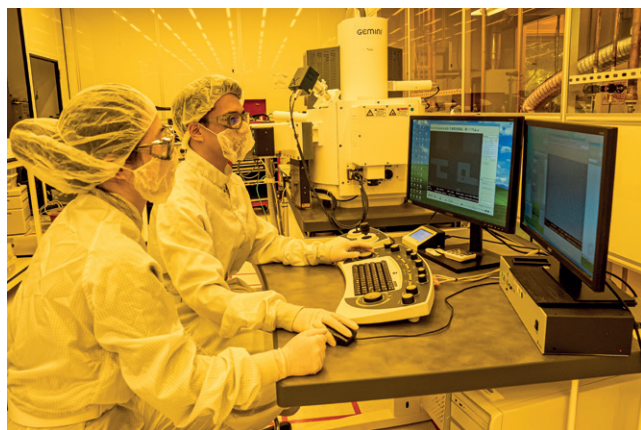
研究人员的工作可以帮助芯片制造商制造更小、更强大的芯片，并通过帮助美国在国内设计和生产世界上最先进的芯片来缓解供应链中断。

2022 年，美国能源部通过能源前沿研究中心计划，在四年内向 CHiPPS 研究中心提供总计 1150 万美元的资金，用于开展 EUV 光刻的基础研究，包括新材料及其与 EUV 光的相互作用。CHiPPS 中心的工作包括四个研究“课题”，重点是光材料合成、新的“分层”自组装材料、理论和建模，以及以原子精度表征 EUV 光刻材料的新技术。

Ruiz 说，CHiPPS 研究中心不仅旨在推进 EUVL 研究，而且还非常重视劳动力发展，以培养下一代科学家和工程师。通过与圣何塞州立大学的合作，CHiPPS 中心每年夏天为四名学生提供沉浸式工作培训计划，其中包括两名本科生和两名硕士生。（首批学生于 2023 年 6 月份开始。）

在 2019 年加入伯克利实验室之前，Ruiz 曾在微电子和数据存储行业担任研究科学家，在日立全球存储科技公司专门研究基于聚合物用于磁数据存储的光刻技术，以及在西部数据公司研究非易失性存储器的替代纳米制造技术。他于 2003 年在范德比尔特大学获得物理学博士学位，在 2006 年加入日立全球存储技术公司之前，曾在康奈尔大学和 IBM 担任博士后研究员。

关于 CHiPPS 研究中心如何推动微电子发展，Ricardo Ruiz 分享了他的观点。



美国能源部能源前沿研究中心高精度图案科学中心（CHiPPS）的成员。
（图片来源：Marilyn Sargent/伯克利实验室）。

问：新的 CHiPPS 能源前沿研究中心将如何推动微电子的发展呢？

Ricardo Ruiz：CHiPPS 中心的使命是以原子精度对图案化材料和工艺进行新的基本理解和控制。目标是实现下一代微电子的大规模制造。具体来说，我们的重点是对极紫外（EUV）光刻的先进方法进行科学探索。

EUV 光刻技术是在用于制造先进微芯片的材料中创建十亿分之一米尺寸的集成电路图案的关键。光刻技术利用光在硅中打印微小图案以大规模生产微芯片，而 EUV 光刻是光刻技术的最新进展。

在过去的五十年中，光刻技术逐渐从使用波长短至 400 纳米的可见光范围，发展到最新的短波长为 13.5 纳米的极紫外范围，比可见光的波长小约 40 倍。光刻技术的这种进步使得使用越来越短的波长来制造更小、更密集的微芯片成为可能。

EUV 光刻技术刚刚在 2019 年被引入到微芯片的生产中，它仍然面临多重挑战，特别是在开发适用于使用 EUV 辐射形式的光的高分辨率和高通量制造工艺的先进图案化材料方面。目前用于微芯片生产的称为光刻胶或“光阻”的光敏化学薄膜不能有效地吸收 EUV 辐射，并且人们对这些光刻胶如何与 EUV 光相互作用知之甚少。

而这正好就是我们的切入点。

在 CHiPPS，我们正在借此机会设计专门用于 EUV 辐射的新型光刻胶材料。我们的目标是解决基本的科学挑战，以更好地理解和控制 EUV 辐射和光刻胶材料之间相互作用产生的化学反应。光刻胶内部的这些微小但局部的化学变化，使得制造更小的图案能够打印出更小的晶体管，从而促进更快、更密集的微芯片的生产。

问：微电子行业在光刻领域已经拥有 50 年的丰富经验。那么 CHiPPS EFRC 的光刻方法有何不同呢？

Ricardo Ruiz：EUV 辐射从根本上说是一种与芯片行业过去 50 年使用的前几代光截然不同的光。

晶体管是芯片生产的关键部件，不久前，芯片行业还在使用深紫外光（193 纳米）在硅上打印晶体管图案。

EUV 光刻使用的光波长仅为 13.5 纳米。这比上一代小了 10 倍，这使得 EUV 光子的能量提高了 10 倍。

不幸的是，传统的深紫外光刻胶在 EUV 波长下的吸收率非常差。此外，当 EUV 光被吸收时，其高能光子会将电子从光刻胶和衬底材料上撞击出去。这反过来又会

在级联事件中导致产生其他“次级”电子。这就是当今使用的光刻胶材料的问题：二次低能电子在光刻胶中产生的化学变化。人们对此知之甚少，并且控制不力，因为人们对材料与 EUV 光相互作用时在原子水平上的行为知之甚少。

这是一个迫切需要解决的具有挑战性的问题，但幸运的是，我们拥有一支庞大的跨学科团队。我们特别注意在图案化科学的各个方面选择最聪明的头脑，这些人才在协作和团队科学方面有着良好的记录。

我们的跨学科团队由 13 名主要研究人员组成，涵盖从合成化学到纳米材料，从物理学到计算机建模的科学学科。我们的科学家来自美国一些领先的国家实验室和大学，包括伯克利实验室、斯坦福大学、圣何塞州立大学、加州大学圣巴巴拉分校、阿贡国家实验室和康奈尔大学。

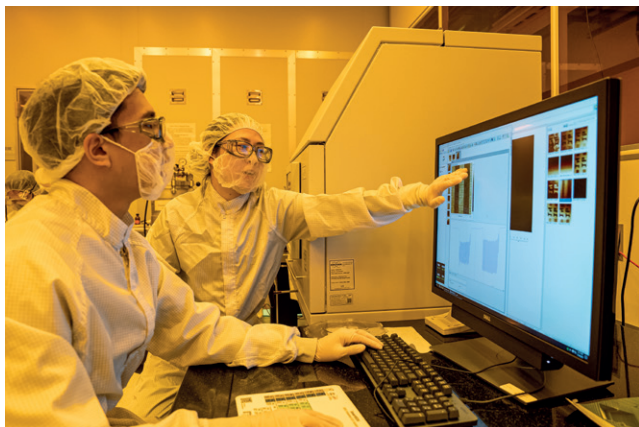
团队中的每个人都非常兴奋能够一起工作。我们正在探索新的物理学和新的化学，我们都有一个共同的目标：突破图案化材料的界限，这样我们就可以帮助微芯片行业保持领先于摩尔定律。（摩尔定律以英特尔联合创始人戈登·摩尔（Gordon Moore）的名字命名，他在 1965 年宣布，芯片上的晶体管数量将每两年翻一番，直到该技术达到其在小型化和性能方面的极限。）

问：CHiPPS 和伯克利实验室在推动微芯片行业的 EUV 光刻方面具有何种独特优势呢？

Ricardo Ruiz：作为一个多学科的国家实验室，伯克利实验室提供了一系列的研究设施，并且可以使用大型的科学仪器；并且具有化学、材料科学、物理、工程和计算机方面的专业知识——以及靠近工业和大学——这是其他任何地方都找不到的。

伯克利实验室也是 X 射线光学中心（Center for X-Ray Optics, CXRO）和先进光源（Advanced Light Source, ALS）两个设施的所在地。先进光源（ALS）是一种同步加速器用户设施，可产生非常明亮的 X 射线，包括软 X 射线和极紫外光，这对于表征光刻胶材料至关重要。X 射线光学中心（CXRO）非常靠近 ALS，该中心致力于通过使用短波长光学系统和技术来推动科学和技术的发展，特别关注于 EUV 技术。

CXRO 拥有一个独特的光刻平台，称为“高数值孔径 EUV 曝光工具”，其分辨率能力明显优于目前最先进的 EUV 平台。CXRO 是目前世界上唯一的一个行业合作伙



CHiPPS 研究人员 Areza Sumitro 和 Beihang Yu 在伯克利实验室分子工厂的纳米制造设施中。（图片来源：Marilyn Sargent/伯克利实验室）

伴可以使用该工具测试新图案材料的研究机构。

世界上只有少数几个地方可以让人们对 EUV 光进行研究，因为制造 EUV 光和 EUV 光学器件非常昂贵且非常困难。例如，第一代 EUV 光刻工具的成本超过 1 亿美元。如果只是为了研究，这不是研究实验室甚至微芯片行业能够负担得起的成本。

CXRO 的战略定位是帮助英特尔和三星等芯片制造商进行 EUV 光刻研究，而无需购买价值 1 亿美元的 EUV 光刻工具。此外，CXRO 及其近邻的 ALS 提供了独特的能力和科学专业知识，这对于理解 EUV 光如何与光刻胶材料相互作用至关重要。但是，微芯片图形化科学需要的不仅仅是 EUV 曝光和表征能力。我们还需要专业的仪器和世界一流的 material 合成专家。

为此，我们将严重依赖伯克利实验室的分子工厂。其有机和生物纳米结构设施有助于制造对 EUV 光更敏感的新型纳米结构图案材料。

分子工厂还拥有 4,850 平方英尺的洁净室设施，专门用于图案化、纳米加工和分子自组装。该设施对于开发新型 EUV 材料的原子精确图案转移技术至关重要。

在我们追求对所有化学和物理现象的全面了解的过程中，围绕 EUV 图案的建模和仿真研究是关键。这项工作得到了伯克利实验室化学科学和储能与分布式资源部门的计算能力和专业知识的支持，以及能源部国家能源研究科学计算中心（National Energy Research Scientific Computing Center, NERSC）的计算资源，该中心也位于伯克利实验室。

问：突破摩尔定律的界限一度被认为是不可想象的。

CHiPPS 团队如何推进 EUV 光刻研究，以保持领先于摩尔定律呢？

Ricardo Ruiz：开发能够实现高 EUV 光吸收和通过受控原子级化学反应形成的精确光刻图案的高性能材料是我们成功推进摩尔定律极限的两个关键目标。

为了实现这些目标，我们的 CHiPPS 研究人员正在确保我们在一个大于其各部分之和的团队中一起工作。

Brett Helms（伯克利实验室）、Chris Ober（康奈尔

大学）、Rachel Segalman（加州大学圣巴巴拉分校）和 Stacey Bent（斯坦福大学）正在开发新的光刻胶材料，目的是经过调整，可与 EUV 辐射配合使用。在跨机构的多管齐下合作中，Brett 领导了在一类称为有机金属卤化物的新型材料上的开发。

Chris 和 Rachel 正在推进仿生、序列特异性聚合物的发展。Stacey 正在追求由层状有机金属材料合成的“干”式光刻胶。

导师制如何推动下一代科学家和工程师的发展？

作为 CHiPPS 主任，Ricardo Ruiz 认为，指导下一代科学家和工程师与推进下一代微电子的 EUV 光刻研究同样重要，甚至更重要。因为他本人亲身了解，导师制如何激发和转化对 STEM（科学、技术、工程和数学）萌生兴趣的人，将其兴趣转化为蓬勃发展和有益的职业。

“自从加入伯克利实验室以来，除了我小组的博士后外，我还指导了很多实习生。导师制对我来说一直很重要。多年来，我很幸运能与塑造我职业生涯的鼓舞人心的导师一起工作，现在我尽我所能，为下一代科学家提供类似的体验，他们为推动科学进步带来了新的视角和能量。在伯克利实验室与他们一起工作是一次有益而充实的经历。导师制是我认真对待的一项责任，因为它促进了合作和知识的良性循环，同时塑造了未来的科学领导者，”他说。

以下是我们与 Ruiz 就 STEM 中导师制重要性所进行讨论的摘录。

问：您拥有物理学博士学位，并且是微电子纳米图案化的领先专家。微电子研究是你小时候梦想追求的东西吗？

Ricardo Ruiz：一点也不。当我在高中时，我以为我想成为一名天文学家，但后来在大学和研究生院期间，我通过一个关于有机电子材料的项目发现了我对物理学、材料科学和软物质的热情。这些是一类令人兴奋的电子材料，可以沉积在柔性或软的基板上，从而实现柔性电子和可穿戴技术。

在范德比尔特大学获得博士学位后，我继续作为博士后研究人员在康奈尔大学专注于研究有机电子材料。之后，我在私营部门工作了 15 年，先后在 IBM 研

究院、日立全球存储技术公司工作，最近则是在西部数据公司工作，在那里我研究了半导体、磁存储和存储器技术的各种纳米加工和自组装技术，直到我于 2019 年底加入伯克利实验室。当我回首往事时，很容易认识到，我的大部分职业轨迹都是由有影响力和深思熟虑的导师塑造的，他们帮助我建立了职业生涯并取得了今天的成就。导师可以发挥最大的作用，激励人们留在 STEM 职业中，并从事高质量的科学研究，这不仅对个人利益很重要，而且对社会的利益也很重要。我很幸运。在我的整个职业生涯中，我都拥有优秀的导师，他们为我树立了榜样。

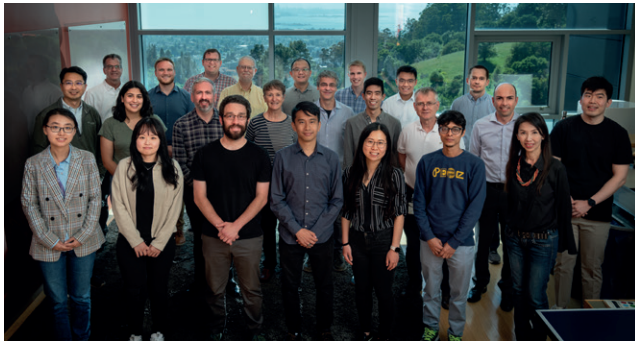
在 CHiPPS，我们都重视导师制的重要性，这就是为什么我们特别注意为在中心工作的博士后和学生创造机会和公平的经验。我们也对与圣何塞州立大学共同推出的学生培训计划感到兴奋。通过这个项目，四名学生有机会在暑假期间与伯克利实验室的科学家一起学习和互动。

问：你在私营部门的经历是如何影响你在伯克利实验室的科学研究和领导方法的？

Ricardo Ruiz：事实证明，我在私营部门的经历与我在伯克利实验室的工作相得益彰。

在私营部门，研究人员非常关注应用。而当我在伯克利实验室的分子工厂工作时，我们一直在努力寻找科学可以推进应用的方法，即使它是基础科学。

在私营部门另一个对我的职业生涯有很大影响的经历，是对团队合作的关注。伯克利实验室是多学科团队科学的发源地，因此对它来说非常适用。



美国能源部能源前沿研究中心高精度图案科学中心 (Center for High-Precision Patterning Science, CHiPPS) 的成员2022年5月在伯克利实验室举行的CHiPPS全体会议上合影。Ricardo Ruiz在中间一排，右起第二位。(图片来源: Thor Swift/伯克利实验室)。

在 CHiPPS, 我们还在探索“自下而上”的分层材料和工艺, 作为克服光刻胶材料局限性的潜在解决方案。例如, 阿贡实验室的 Paul Nealey 专注于开发高度可定制的嵌段共聚物材料, 用于小至 4 纳米的光刻特征尺寸。而 Paul、Stacey 和我正在合作采用各种自组装和图案转移方法。

我们的团队还在合作, 以了解自组装聚合物在“嘈杂”或有缺陷的 EUV 图案上的热力学特性。此外, 我们正在与 Paul Nealey 和 CXRO 总监 Patrick Naulleau 合作, 以识别和减少光刻胶图案中的缺陷。在斯坦福大学的 Stacey Bent 小组、我在伯克利实验室的小组和阿贡的 Paul Nealey 小组的共同努力下, 我们专注于一种区域选择性沉积工艺, 该工艺可以精确地将电路图案从光刻胶转移到硅晶圆上。

在 CHiPPS, 计算机建模和仿真是理解 EUV 辐射形成图案背后的化学和物理现象的基石。伯克利实验室的 Sam Blau 和 Frances Houle 正在领导计算机建模和仿真实验, 旨在了解图案化材料如何对 EUV 光子和低能电子做出反应。他们的工作还将帮助我们更好地了解光照后发生的化学和物理过程。

他们正在与伯克利实验室的 Cheng Wang、Oleg Kostko 和 Patrick Naulleau 以及圣何塞州立大学的 Dahyun Oh 密切合作, 在建模中使用相关的实验数据。该团队还将为 Brett Helms、Chris Ober、Rachel Segalman 和 Stacey Bent 的合成工作提供输入。

为了有效地监控和验证我们的材料和工艺, CHiPPS 将依靠由 Cheng Wang、Oleg Kostko、Patrick Naulleau、Weilun Chau (同样来自伯克利实验室) 和 Dahyun Oh 开发的综合表征套件。该套件使我们能够对光刻胶材料中的埋藏特征进行成像, 评估 EUV 曝光的影响, 研究二次电子行为, 测量界面粗糙度, 并了解界面在图案化过程中的作用。

正如你所看到的, 我们高度整合的协作团队是我们最大的资产。我们都受到图案科学令人兴奋的发展的激励。我们深知, 摆在我们面前的挑战只有通过团队科学才能克服。◆

注: 先进光源 (Advanced Light Source)、分子工厂 (Molecular Foundry) 和 NERSC 是美国能源部科学办公室在伯克利实验室的用户设施。

晶盛机电：碳化硅衬底项目进入量产阶段

2023 年 11 月 4 日, 晶盛机电公司举行了“年产 25 万片 6 英寸、5 万片 8 英寸碳化硅衬底片项目”签约暨启动仪式, 目前公司正在积极推进项目进度与产能提升。目前公司 6 英寸衬底片已通过多家下游企业验证, 并实现批量销售, 8 英寸衬底片处于下游企业验证阶段。

晶盛机电披露信息显示, 公司自 2017 年开始碳化硅晶体生长设备和工艺的研发, 于 2018 年成功研发出 6 英寸碳化硅晶体生长炉, 于 2020 年建立长晶和加工研发实验线, 于 2022 年成功研发出 8 英寸 N 型碳化硅晶体。2023 年 11 月, 公司正式启动进入了碳化硅衬底项目的量产阶段。

碳化硅器件具有耐高温、耐高压、高频特性好、转化效率高、体积小和重量轻等优点, 在诸多领域有着不可替代的优势, 被广泛应用于新能源汽车、轨道交通、光伏、5G 通讯等领域。在碳化硅产业链中, 衬底材料成本占据整体成本大概 40%, 成为降本关键环节, 而大尺寸衬底因具有更高的有效利用率, 帮助降低成本, 近年来备受业界重视。

晶盛机电表示: 碳化硅衬底项目旨在加快半导体材料端的关键核心技术攻关和产业化, 加速推进第三代半导体材料国产化进程, 也标志着晶盛机电在半导体材料领域的技术实力和市场竞争力将进一步提升。

解决高温焊接可靠度的救星？ 深入了解「无铅低温锡膏」

随着全球环保意识增强，特别是欧盟 2006 年执行「危害性物质限制指 (RoHS)」之后，销往欧盟的电子产品禁用含铅、汞及镉等重金属的材料，项规定带动起电子材料无铅化的变革浪潮，也使业者必须投入无铅焊料的研发及量产。

无铅焊锡的熔点较高，若将其导入工艺，就必须克服调高回流焊接温度 (Reflow Temperature) 所衍生的问题，焊接的组件必须承受更高的温度，同时仍须确保产品寿命及可靠度。在这些无铅焊料的选择中，锡银铜 (SAC) 合金的焊点可靠度表现较佳，虽然工艺从锡铅 (SnPb) 合金转换到锡银铜合金时，SMT 产线的回流焊峰值温度 (Reflow Peak Temperature)，从原本的 220°C 上升到了 250°C 左右，但为了符合产品可靠度的要求，锡银铜合金也就一直沿用至今。

近年来，由于高性能运算 (High Performance Computing, HPC) 和人工智能 (Artificial Intelligence, AI) 演算的普及，在如此快速又复杂计算的应用上，传统板级 (Board-Level) 的构装方式，已无法应付高效能与高带宽、低功耗、多芯片整合、空间集成化的要求，业界需要先进封装工艺来克服这些问题，例如系统级封装 (System in Package, SiP) 和 2.5D Si 中介层封装 (Chip-on-Wafer-on-Substrate, CoWoS)，不过这种封装工艺搭配锡银铜高熔点无铅工艺时，却遇到了回流焊温度造成基板翘曲的难题，而可用于低温工艺且不含铅的低温焊锡 (Low Temperature Soldering, LTS)，即成为了众瞩目的焦点。

低温焊锡的发展已有一段时日，起初源于各国积极落实环保碳中和政策，因为推动电子产品在生产工艺中必须减少碳排放，其中一项措施就是采用无铅低温锡膏工艺。而现今为了产品的良率及可靠度，更加速了这项材料的工艺验证及导入时程。一般通用的无铅锡膏 SAC305 (96.6% Sn、3% Ag、0.5% Cu) 熔点为 217°C，而无铅低温锡膏通常指含有「铋 (Bi)」金属的锡膏，在 SnBi 合金中 Sn64Bi35Ag1 的熔点只有 178°C，Sn42Bi58 的熔点更低只到 138°C，换句话说，含「铋 (Bi)」锡膏的熔点比 SAC305 无铅锡膏低了 39°C ~ 79°C。

无铅低温锡膏能符合低温工艺的需求，不过是否存在其他优缺点呢？

优点一、节省成本

因为无铅低温锡膏熔点较低，因此可调低表面贴焊工艺 (Surface Mount Technology, SMT) 的回流焊接温度，一并降低了电路板上使用耐高温的焊接组件及材料的成本，也因回焊炉温无须太高就能焊接，进而降低了设备的用电量，同时达到节省电源成本、节能减碳的目的。此外，有些塑料材质的插件式组件无法耐高温，因此会将 SMT 工艺拆成两道进行，而采用低温无铅锡膏因为降低了 SMT 工艺温度，就可以将工艺简化成一道，节省工艺时间及能源成本。

优点二、降低翘曲的发生

先进封装工艺需将许多不同类型的组件封在同一片基板上，例如 SiP 或 CoWoS，而在 SMT 工艺时，就会发生基板因回流焊接高温而翘曲变形，让组件与基板的接点产生额外的拉扯应力，导致焊接良率不佳，而增加生产成本。使用无铅低温锡膏能调低 SMT 工艺回流焊接温度、降低基板翘曲的程度，也改善了可靠度的问题。

无铅低温锡膏的缺点

焊点强度较差是无铅低温锡膏最需要改善的地方，不论是温度循环试验 (Temperature Cycling Test)、或机械冲击试验 (Mechanical Shock Test) 等可靠度验证项目，都不

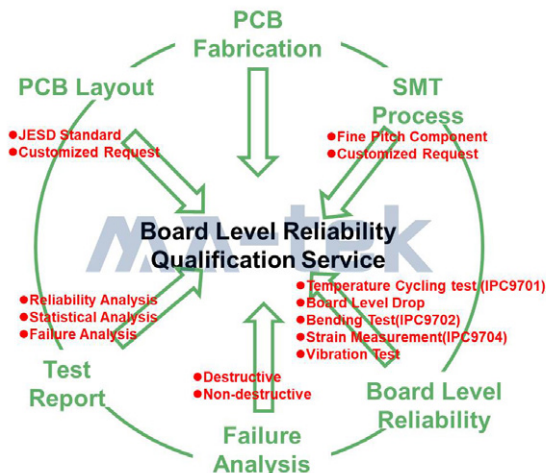


图1: 闳康科技 - 可靠度验证服务的 Total Solution。

如主流使用的锡银铜合金锡膏来得坚固。因此，如何强化焊点可靠度，就成了低温锡膏的重要课题。锡膏材料业者致力进行研究，试图在 SnBi 合金添加其他元素来达成目的，例如加入「银 (Ag)」能够加强焊点强度、并提升材料的抗疲劳性，有助于通过温度循环试验，部分专家认为是因材料中 Ag3Sn 合金的帮助，但由于银的化合物偏脆性，若含银量太多，反而会导致无法通过机械冲击试验，因此目前主流使用的无铅低温锡膏，含银量至多在 3% 以下。

导入无铅低温锡膏材料时，在 SMT 工艺的温度设定也必需互相搭配，来得到最佳的焊接效果、并通过产品可靠度验证。普遍的做法是在不影响焊接效果的前提下，尽量降低回流焊峰值温度，目的是减少电路板及载板在工艺中的热变形量，并借由增加回流焊峰值后的冷却速率，来加速固化低温焊锡的时间。不过，若过度提升回流焊峰值后的冷却速率，却有可能增加焊锡破裂的机会。因此最好先借由可靠度验证，来评估无铅低温锡膏的焊锡特性，选择出合适的温度冷却速率。

闵康科技提供客户在可靠度验证服务的 Total Solution，从实验规划、PCB 制作、SMT 上板、进行可靠度试验，并进行完整的失效分析的服务 (图 1)，多年来已协助数家国

际大厂进行焊点可靠度验证。闵康科技拥有完整的分析检测能力，也能帮助客户在进行可靠度验证后，快速找到焊点开裂的失效真因 (图 2)。

焊点晶格分析

无铅低温锡膏的材料成分与现今主流的锡银铜合金锡膏差异很大，因此材料在上板后的焊锡特性也不同，特别是焊点的晶格分布对于质量、可靠度有极显著的影响。

对此，闵康科技引进电子背向散射绕射 (Electron Back Scatter Diffraction, EBSD) 分析设备，利用 EBSD 进行焊点的晶格分析，从材料晶格的微观结构对焊点的结晶型态及比例进行确认 (图 3)，也能够针对焊

点开裂的区域进行微观分析，寻找出失效真因 (图 4)。借由闵康科技快速、完整的验证及分析检测能力，帮助客户更有效率地选择最适合的无铅低温锡膏及优化的回流焊工艺条件，并提升产品的板级可靠度 (Board-Level Reliability)，以加速客户的产品上市速度。

闵康科技秉持着成为客户最佳研发伙伴的目标，协助客户加速先进工艺与产品的量产上市时程，在快速发展的电子产业取得商业先机，若有需求或想了解更多服务，欢迎寄信至：marketing@ma-tek.com。◆

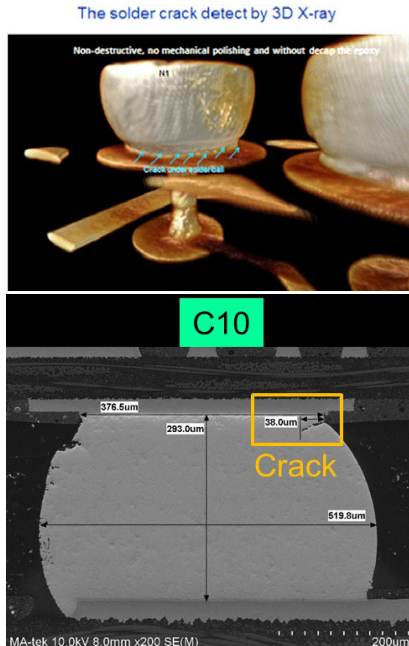


图2：(上) 非破坏检测焊点开裂区域 (3D X-ray)；(下) 焊点开裂区域的剖面分析 (SEM)

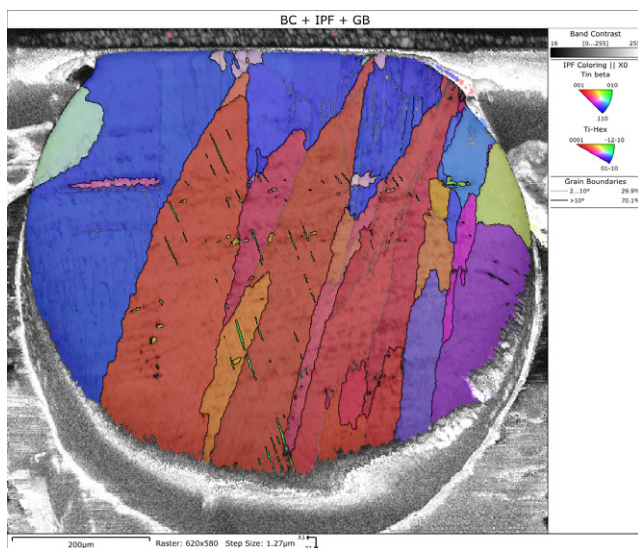


图3：焊点晶粒组织及结晶分析 (EBSD)。

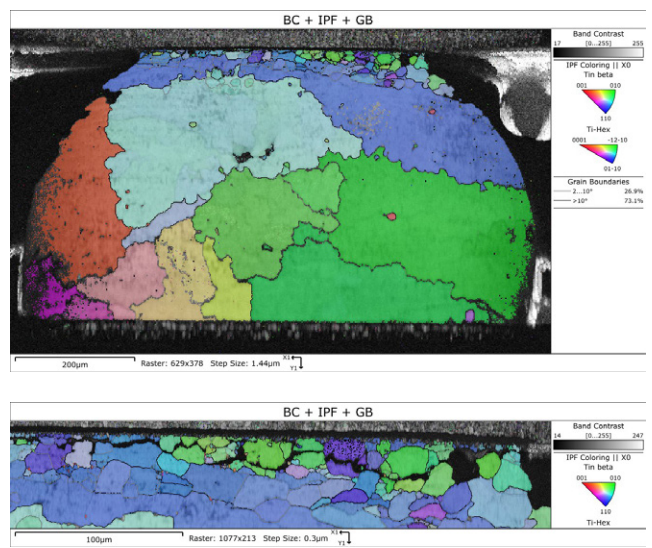


图4：焊点开裂区域的结晶分析 (EBSD)。



VistaX Pro LayerScan 是 Comet Yxlon 开发的计算机层析技术，是先进封装领域最有效的检测方法。

用于先进封装检测的先进 X 射线技术

就在不久前，半导体行业还认为 X 射线技术准确度太差、速度过慢、成本太高，而现在，微型计算机断层扫描（micro-CT）、精密轨迹和智能算法领域的新发展正在提供一种无损检测方法，可以帮助制造商实现其零缺陷战略，从而将他们的生产率和盈利能力提升到一个新的水平。

早 在 2005 年，摩尔在一次纪念“摩尔定律”诞生 40 周年的访谈中就指出，这种集成电路微缩化很快就会达到其极限，很可能在 21 世纪 20 年代中期的某个时候变得根本不可行，或者实在是过于昂贵让人望而却步：“……材料是由原子构成的这一事实是最根本的限制，而我们距离这个限制已经不远了……我们正在触及一些非常基本的极限，所以总有一天，我们将不得不停下集成电路微缩化的脚步。”而另一方面，虽然时光已经进入了 21 世纪 20 年代，不过我们仍未走到摩尔定律的尽头。

目前，先进封装技术在电子结构方面早已进入纳米级范围。人类头发的平均直径为 0.06 毫米，即 60,000 纳米，相比之下，微芯片的尺寸仅为几平方毫米，其内部晶体管的作用就像微型电气开关一样，可以接通和关断

电源。如今，每颗芯片所内含的晶体管数量都达到数十亿之多！

各个封装内部数量越来越多的芯片通过庞大的金属印制线网络连接起来。在经过微调的电路里，更多的子组

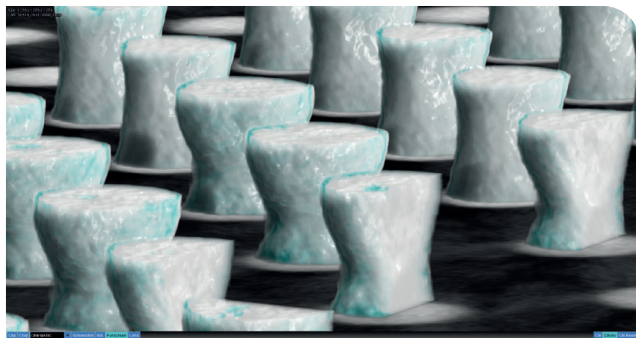


图1: 60μm 微凸块的 3D 视图 (已焊接, 未封)。

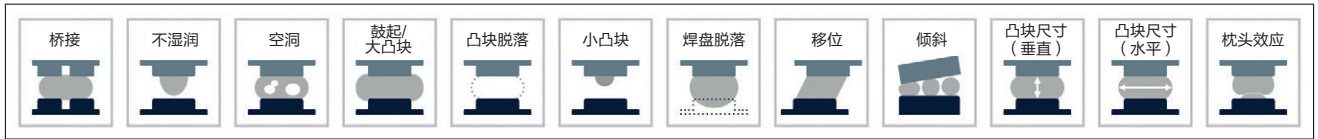


图2: 焊点的典型缺陷。

件通过数千个直径为 $5 \sim 100\mu\text{m}$ 的焊点进行桥接。这些焊点（焊球、C4 或微凸块）以及 TSV（硅通孔）对产品质量构成风险，通常是由生产工艺变化引起的。

对当今的集成电路来说，其结构越紧凑、功能越强大、生产越复杂，其（从一个生产步骤到下一个生产步骤的）价值也就越高。对于制造厂家来说，所有必需分类清理的有缺陷的微芯片都意味着高额的经济损失。试想一下，由于在早期阶段没有发现工艺错误，导致一系列封装完毕的集成电路无法使用，将会造成多大的经济损失！半导体行业的制造商需要以严格控制公差的零缺陷生产为目标。因此，可靠的质量检查在研发阶段就已经开始了，并且伴随着整个制造过程，以降低非质量生产流程的成本。

破坏性测试方法，无论多么精确和详细，都已不再是解决方案，因为这需要承受较长的周转时间和较高的成本。在可能的检测技术中，光学检测只能检测出一小部分关键缺陷。在半导体领域，X 射线技术作为一种检测方法极少受到关注。虽然它是唯一能够观察产品内部的技术，但是简单的荧光透视无法分辨当今复杂的三维封装中的重叠层。三维计算机断层扫描（computed tomography, CT）可以对物体的空间视图进行成像，但长期以来一直被认为速度太慢、成本太高。

三维计算机层析成像（computed laminography, CL）如今改变了游戏规则。与 CT 不同，CL 不要求测试部件 360° 旋转。通过一种特殊的方式，对组件进行逐层扫描，以达到检测关键互连所需的分辨率和图像质量。可以对各层实施单独分析，也可将其重建为三维体。反过来，可以在任何感兴趣的区域对三维体进行切割，并进行详细检查。在此过程中，计算机层析成像比 FIB-

SEM（聚焦离子束扫描电子显微镜）等技术的速度要快得多，而且足够详细，能够检测到所有关键缺陷。当今的 CT/CL 检测系统能够确保一致的图像质量和稳定、可重复的结果，即使在批量检测过程中经过数小时的操作之后也是如此。

此外，通过应用自动化检测流程和自动缺陷识别（ADR）技术，在半导体行业中，X 射线检测变得更加高效。Comet Yxlon 的高分辨率微聚焦 X 射线系统具有同类最佳的成像水平和最新的软件功能，结合 Dragonfly 用于自动分割和图像评估的精细深度学习模型，可以根据用户的个性化需求量身定制，并且不受人为偏倚的影响。加快了投产进程，从而显著缩短了产品上市时间。

但是等等，X 射线不会损坏、甚至毁坏敏感产品吗？如果采用创新的 Comet Yxlon 检测系统，上述情况就不复存在了。用于敏感组件的低剂量检测器模式，具报警和停止功能的剂量监测，以及额外的剂量减低套件，可以防止可能的辐射损伤，并保证 X 射线检查的安全性。除了经过验证的 Cheetah EVO、Cougar EVO 和 FF20 CT 微聚焦系统外，Comet Yxlon 还提供了作为 SEMI 版本的 FF35 CT，该 X 射线系统符合 SEMI[®] 的严苛标准（包括 SEMI[®] S2-0818 和 SEMI[®] S8-0218 危险和安全标准），并通过了相应的认证。而且，相关的开发继续全速推进。◆

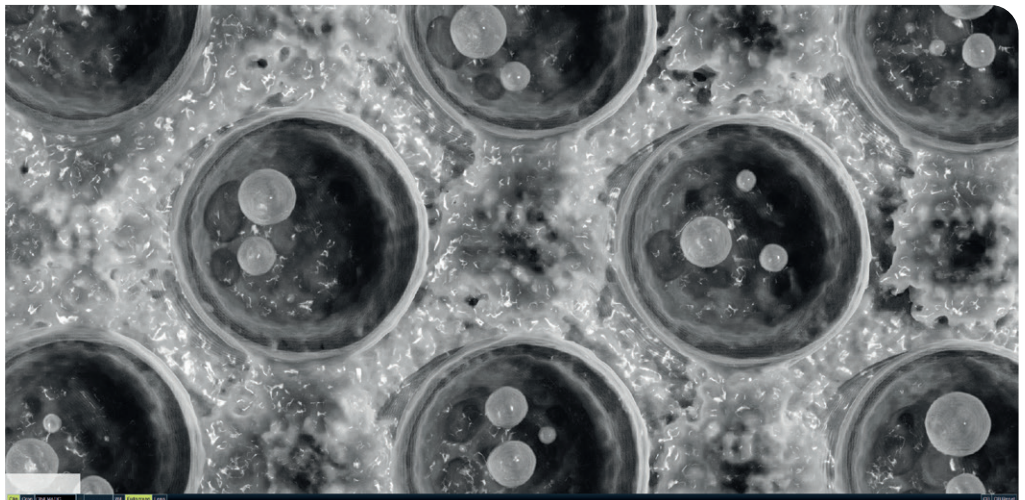


图3: 焊接凸点中空洞的3D视图。

高效半导体热管理

我们正处于封装技术重大变革的风口浪尖之上，这一点在半导体生态系统中正逐步达成共识。新的应用推动着半导体技术的不断发展。这些新技术对半导体材料的要求是，具有高效率、小尺寸和高可靠性，以及较长的现场生命周期和在所有气候条件下工作的能力。



自 20世纪90年代后期以来，电子元器件/组件取得了必要的发展，产生了复杂而紧凑的设计，并具备适合其预期应用的高性能。各家公司正逐步潜心于更多的研究活动，以开发新的合金和复合材料，并探索延长半导体寿命的方法和有助于保证半导体性能的合适环境。业界正在技术路线图中捕捉这些发展机遇。

现代电子产品在设计阶段提出了多项挑战。空间限制就是其中的一个例子，它与微电子封装设计过程有关。电连接器的数量、所选的材料、电阻、重量和成本只是推动新技术层出不穷的一些因素。

微电子封装内的许多器件可能同时工作，从而导致热积累。这种聚集起来的热能或热量会致使半导体工作效率低下，甚至出现故障。热能对于半导体来说是一个持续存在的威胁，特别是在关键的应用中。过去，散热片和冷却风扇往往是抵御高温侵害的第一道防线。

如今，具有与众不同特点（如波浪形3D表面、较小的散热器和独特的外壳设计）的先进热界面材料在先进电子产品的热管理中发挥着更大的作用。

以下列举了需要使用先进热管理材料以确保可靠运行的部分领域或产业：

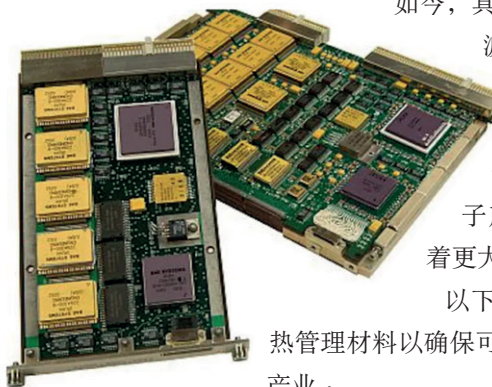
- **太空**：可以理解的是，太空领域不容许失败。太空技术路线图必须支持行星探索、太空旅游、新材料的太空矿产开采以及用于远距离旅行的探测器和飞行器。这里使用的半导体材料必须能够在执行关键操作的同时承受恶劣环境的挑战。

- **航空航天，低空机动性**：同样，任何类型的飞行器也绝不可以有任何故障。从客机到战机，甚至包括即将推出的低空飞行出租车，都需要使用高效的电子产品来实现最佳的性能。未来的载人无人机必须配备精密先进的半导体芯片。这些芯片必须支持不间断通信、气流感应和紧急着陆。热管理对这些半导体至关重要。

- **不间断通信**：尽管存在各种类型的噪音和干扰，但是人们始终期待拥有更顺畅的通信。电子器件及其各自的封装必须使半导体能够完成其设计功能。

- **基于无线电波的电信**：基站系统包含在多种不同环境条件下运行的半导体器件。它们一直面临着热管理问题的纠缠，这可能会导致通信的中断。效率低下的电子产品造成信号管理欠佳，需要经常进行维护。电信技术现在已经发展到了第5代，设计和设备尺寸不断变化。每一代电信技术都对电子封装的热管理提出了更高的要求。微电子产品在这方面尤其具有挑战性，因为这些半导体承受着巨大的负载，需要高效的热管理材料。从军用通信和大型客机到消费移动设备以及智能家居和办公系统等，这些应用都需要最高质量的通信。

图1：热管理是实现半导体驱动设备高效运行的关键工艺步骤。



作者：Ramesh Kothandapani, MATERION公司微电子封装技术总监



图2: 如果没有实施正确的热管理, 电信设备将面临信号管理不佳和效率降低的风险。

● **汽车和自主旅行 (autonomous travel)**: 越来越多的汽车将电信电子设备与安全和光学传感设备结合在一起。由于担忧石油产品的使用对环境产生有害的影响, 因此人们大力发展临时能量存储或电池产品。电源的高效管理增加了设计的复杂性, 因为需要在单个半导体器件中集成更多的电子模块。由于多个应用同时运行, 因此这些半导体器件上的负载会产生大量的热能。这些电池还经常充电和放电, 因而给控制其运行的电子装置带来压力。电动汽车的电子元件/组件数量估计是传统汽车的4~6倍。

● **采用高效热管理材料的人体可穿戴系统**: 人体可穿戴设备因体积小、安全和重量方面的要求高而具有挑战性。与电池供电设备十分相似的是, 它们也容易发热, 必须通过材料选择对此进行高标准的管理。

以上只是几个例子, 说明了新涌现的对半导体材料的热管理要求。迄今为止, 硅基材料因其高效运行和供货来源广而得到了极其广泛的应用。硅的成本、与既定设计和

工艺流程的整合、以及良好的化学和电子特性, 也是其在半导体应用中广受欢迎的原因。

然而, 在捆绑多种应用的新设备中, 现有的半导体材料能否提供所需的输出就成了问题。新开发和经过改进的材料正在迅速登场。这些材料包括氮化镓、砷化镓和碳化硅, 每种材料都有自己的优缺点, 设计人员在选择材料时要不断地在成本、重量和其他因素之间权衡取舍。

这些设计人员必须考虑多个因素, 包括: 新材料的热导率较高常常会增加成本, 而传统材料往往不能提高半导体效率, 但却具有不可否认的成本优势。

如前所述, 电子模块的尺寸已大幅缩小, 现在其内置的元件/组件比以前更多。在运行过程中, 这些元件自然会产生热量, 并将热量传递给其他组件。用于组装半导体的粘合材料一直面临热传递不良的挑战。如果热量不能迅速传递, 半导体就无法有效发挥其作用, 从而导致设备或系统故障。在某些应用中, 同时存在高温和高湿现象, 这将产生更严重的故障。

高效设计的半导体电子系统需要采用良好的热管理材料来散热。频率切换、电压处理能力和工作温度是未来半导体材料的重要考虑因素。硅基氮化镓 (GaN-on-Si) 和碳化硅基氮化镓 (GaN-on-SiC) 就是出于此目的而逐渐

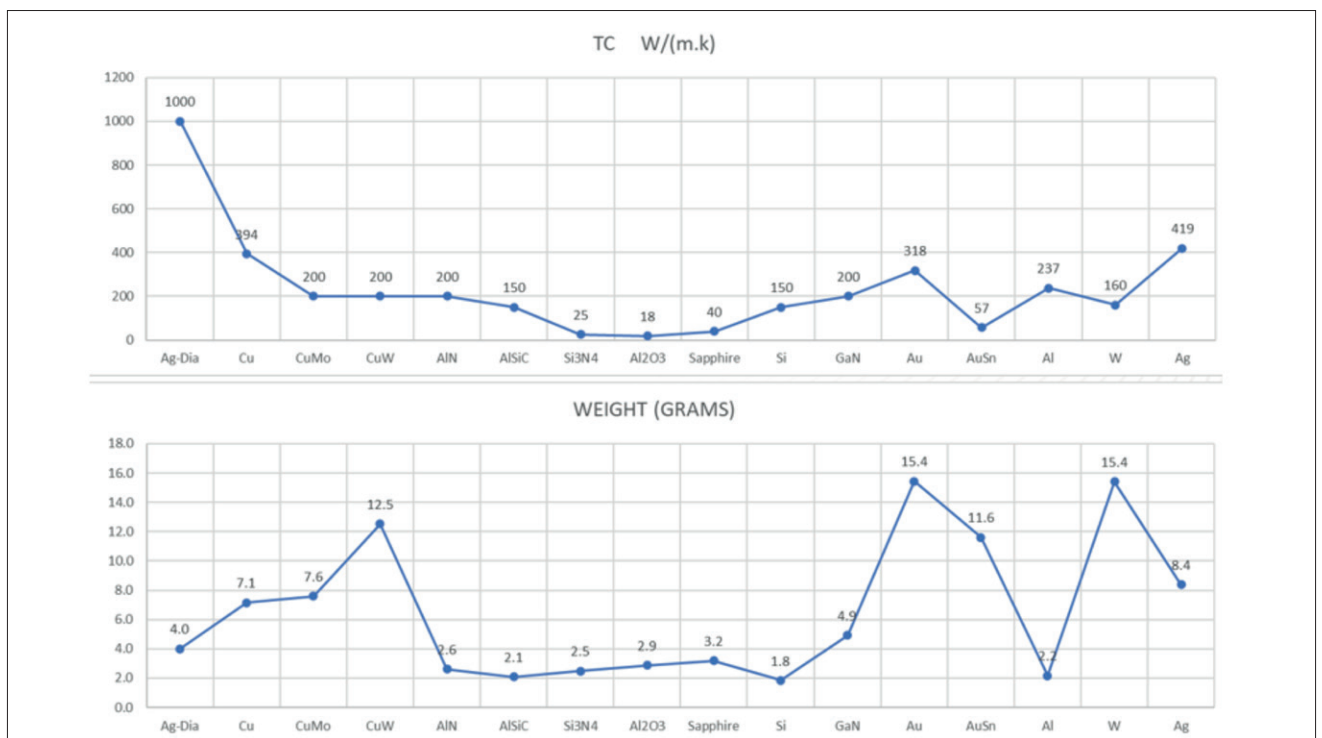


图3: 设计人员必须权衡其系统所用材料的热导性与重量之间的关系。

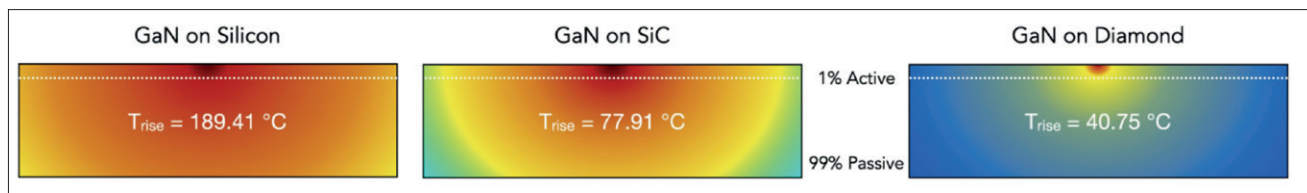


图4: 温度对半导体效率的影响取决于所使用的材料及其特定的物理性质。

取代硅的材料实例。热应力过大 (thermal overstress) 是设计阶段需要考虑的一个重要问题。优秀的电子设计团队必须考虑会增加设计重量并相应增大电子结构的热传递过程。设计团队应引入长期可靠性测试仿真和能承受高热量的良好粘合材料。

图 4 清晰地说明了温度对半导体效率的影响。当硅芯片上的有源器件占比为 1% 时, 标准硅基氮化镓的温升为 189°C。不希望有的传热现象将热量“转嫁”到半导体粘合材料 (可能是任何共晶芯片粘合材料或焊料) 上, 随着时间的推移, 这会引发灾难性故障。碳化硅基氮化镓的性能明显更好, 能够将发热量减少 50% 以上 (温升幅度降至 77°C)。金刚石基氮化镓插图指的是一种金刚石复合材料, 这种材料能极好地管理热传递过程。它的温升与碳化硅基氮化镓相比下降了约 50%, 与硅基氮化镓相比则低了 4 倍。

热传递材料的选择对封装组件也是至关重要的。将银微粒和小金刚石微粒结合在一起, 形成一种金刚石复合衬底, 从而使任何现有半导体材料拥有出色的热传递能力。除了金刚石复合材料外, 还有其他几种热传递材料可供选择。热导率的单位是瓦每米开尔文 (W/mK)。热导率高

的材料能快速传热, 而热导率低材料则能很好地隔热。热导率的数值越大, 热传递性能就越好。然而, 并非所有热导率数值较高的材料都是有用的衬底, 因为它们可能会产生更大的膨胀。铜就是一个例子, 它虽然具有良好的导热性, 但是往往容易大幅膨胀。

图 5 示出了几种材料的热导率值。重要的是需将该数值与图 6 中列出的 CTE 值相匹配。

热膨胀系数 (CTE) 是衡量材料在温度从较冷区域变化到较热区域时膨胀或收缩程度的指标。它通常表示为单位温度变化时长度或体积的分数变化。与热导率 (TC) 不同, CTE 值必须较低, 以实现高效热管理。除了 TC 和 CTE 之外, 还必须使用适当的材料来散热, 以很好地管理低效热传递。图 7 给出的实例是下一代横向扩散金属氧化物半导体 (LDMOS) 射频器件 GenPack[®], 该器件采用了一种能够高效散热的底座 (base)。可以添加带有箔触点的界面材料, 以进一步增强热传导效果。这些薄箔 (MiM) 提供了更多的触点来连接底座和衬底。选择适当的半导体接合或粘合材料也非常重要。半导体或芯片通常使用熔化温度较高的环氧树脂与底座连接, 环氧树脂需要在最终密

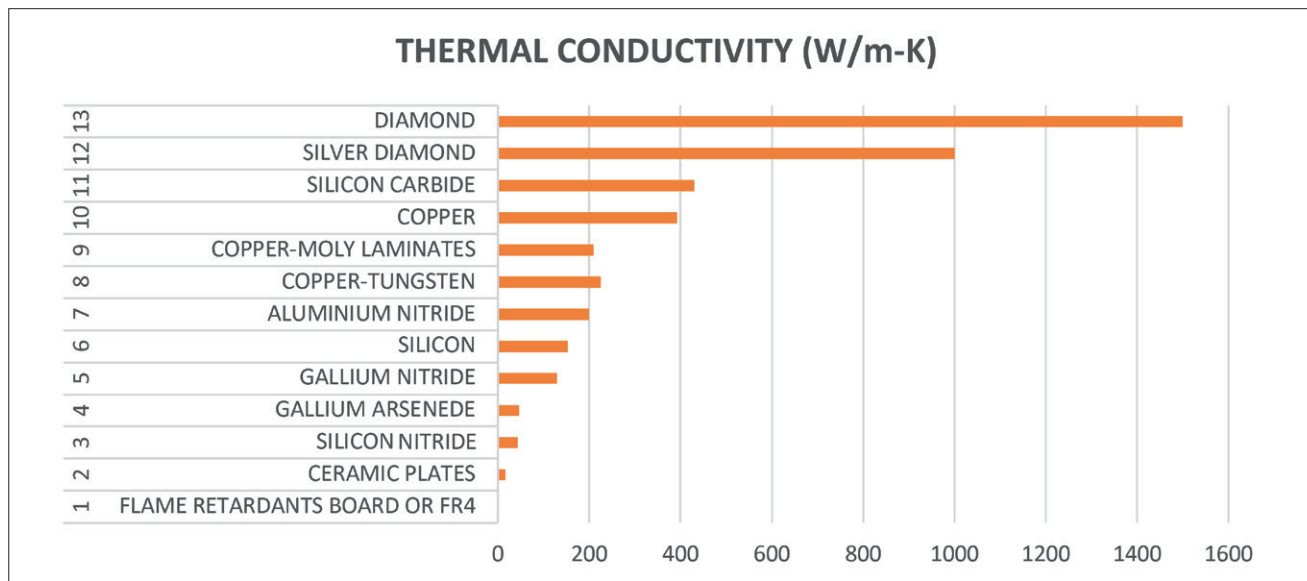


图5: 各种材料的热导率, 单位为瓦每米开尔文 (W/mK)。

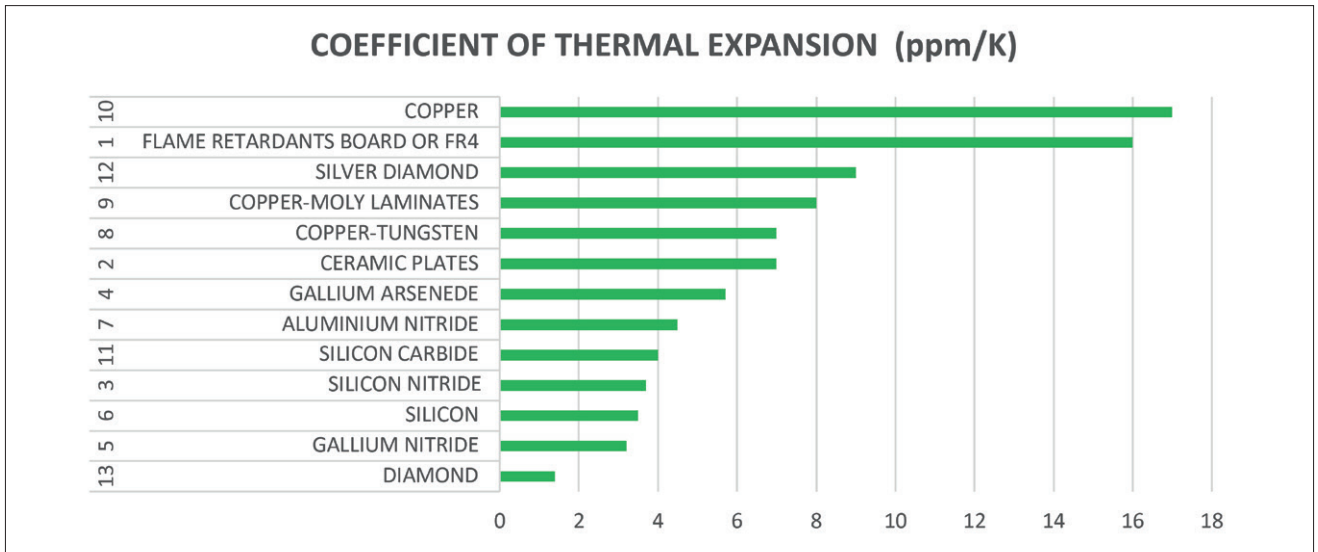


图6: 各种材料的热膨胀系数 (CTE) (单位: ppm/K)。

封或半密封封装前固化。也可以考虑使用共晶芯片粘贴焊接材料,如熔化温度为 361℃ 的金锗 (88Au/12Ge) 合金或熔化温度为 280℃ 的金锡合金 (80Au/20Sn)。这些都是用于芯片粘合工艺的纯无机材料。

导电环氧树脂被广泛用于硅半导体的芯片粘接。如前所述,如果这些导电环氧树脂含有有机材料,就会导致放气 (outgassing),这就降低了芯片性能。使用金锡 (80Au/20Sn) 或金锗 (88Au/12Ge) 作为芯片粘接材料,可以消除有机物成分并减少放气,从而提高芯片的性能。然后,封装可以使用金锡或金锗结合电镀盖子进行密封。

重要的是必需再次强调,基于导电环氧树脂的芯片粘接材料可能释放气体,这些气体会在应用过程中被截留并在密封的封装内循环。此气体对半导体有害,并会导致半导体运行效率低下。这将造成发热量大,进而也许引发问题的进一步复杂化。在这些情况下,必须在封装中纳入额外的材料(如吸气材料)来管理放气。使用 Combo Lid[®] 的密封封装是一个关键的工艺步骤,可以延长封装中半导体材料的寿命,并有助于在不受环境污染物(如湿气或氢气和氧气等气体)影响的情况下运行。

在封装密封良好之后,应对器件进行一系列可靠性测试。大泄漏、小泄漏、电气性能、老化和其他测试可以确认所选材料是否能真正提高现场使用性能。电气和温度循环评估会是非常耗时的过程,因此设计人员通常会采用模拟封装寿命的加速测试。在这些严酷测试环境中的正常运行验证了正确选择材料以实现高效热管理的有效性。综上所述,在电子设计阶段应考虑以下事项:

1. 各种选定材料的 TC 值和 CTE 值
 - a. 较高的 TC 值和较低的 CTE 值
2. 衬底或底座材料选择
 - a. 金刚石复合材料
 - b. 铜钼层压材料
 - c. 铜钨合金
 - d. 氮化硅衬底
 - e. 陶瓷材料
 - f. 铜钨合金

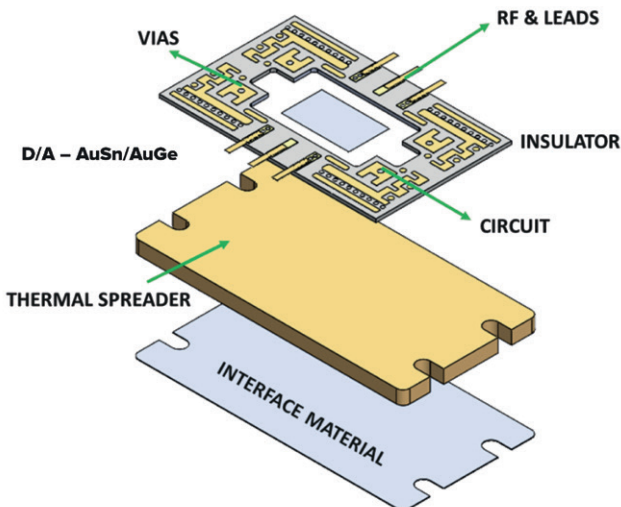


图7: 下一代 LDMOS 射频器件 GenPack[®] 的分解示意图。

3. 芯片粘接材料
 - a. 银环氧树脂
 - b. AuGe
 - c. AuSn
4. 密封盖
 - a. 确定密封盖
 - b. 将使用什么类型的焊料?
5. 固化环氧树脂的芯片粘接后工艺
 - a. 固化温度
 - b. 有什么测试可以确认其有效性吗?
6. 放气
 - a. 气体的来源
 - b. 防止气体在封装内四处蔓延
 - c. 与电气测试相关联
7. 封装后的可靠性测试
 - a. 大泄漏 (非破坏性的)
 - b. 小泄漏 (非破坏性的)
 - c. 温度循环测试 (破坏性的)
 - d. 电气测试 (非破坏性的)
8. 热界面材料
 - a. 具有 3D 表面的银预制品, 用于实现更高的表面接触度
 - b. 钢基材料

材料选择和封装设计对于创建可靠的系统都是至关重要的。同样重要的是, 需制定一项计划来应对大规模生产。在早期阶段, 对成本路线图和生产流程同时进行审查。具有可接受的 CTE 值和 TC 值的材料可以为特定应用提供高性能。增添特殊材料层以及过孔 (VIAS) 和晶片基

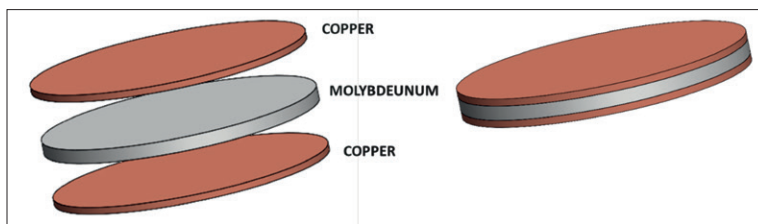


图8: 铜和铜层压板是适合高效热管理的材料之一。

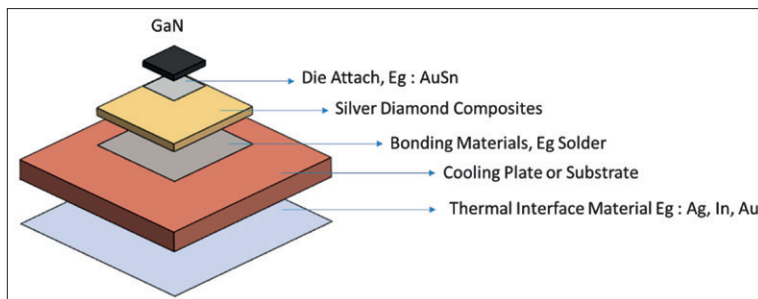


图9: 氮化镓半导体器件的热管理封装示意图。

座 (pedestal), 这模仿了高端封装。当然, 问题的关键在于如何利用高标准开发的工艺为批量生产做好准备。

热膨胀在新的应用中起着越来越重要的作用。不断发展的挑战是如何将不同的材料组合成一种统一的封装外壳。许多材料都具有良好的热管理特性, 因此被设计人员列入了候选名单。还可给材料增添其他的特性, 以提高操作性能。例如, 可以通过钎焊合金或铜来改善散热性能。

随着时间的推移, 我们将在有机材料和各种非晶材料 (如玻璃衬底) 中探究这一过程。这类材料既可用于吸热器, 也可用作多颗芯片的衬底。作为衬底, 它们可以通过热界面材料得到进一步的改善, 以产生更大的接触面积。另外, 热界面材料也有助于扩大电气接触。◆

英特尔采用EUV技术量产Intel 4制程节点

英特尔宣布已开始采用极紫外光刻 (EUV) 技术大规模量产 Intel 4 制程节点。据悉, 作为英特尔首个采用极紫外光刻技术生产的制程节点, Intel 4 与先前的节点相比, 在性能、能效和晶体管密度方面均实现了显著提升。极紫外光刻技术正在驱动着算力需求最高的应用, 如 AI、先进移动网络、自动驾驶及新型数据中心和云应用。

英特尔“四年五个制程节点”计划正在顺利推进中。

目前, Intel 7 和 Intel 4 已实现大规模量产; Intel 3 正在按计划推进, 目标是在 2023 年底实现; 采用 RibbonFET 全环绕栅极晶体管和 PowerVia 背面供电技术的 Intel 20A 和 Intel 18A 同样进展顺利, 目标是 2024 年。此外, 英特尔不久后还将推出面向英特尔代工服务 (IFS) 客户的 Intel 18A 制程设计套件 (PDK)。

使用半大马士革工艺流程研究后段器件集成的工艺

SEMulator3D®虚拟制造平台可以展示下一代半大马士革工艺流程，并使用新掩膜版研究后段器件集成的工艺假设和挑战。

介绍

随着技术推进到 1.5nm 及更先进节点，后段器件集成将会遇到新的难题，比如需要降低金属间距和支持新的工艺流程。为了强化电阻电容性能、减小边缘定位误差，并实现具有挑战性的制造工艺，需要进行工艺调整。为应对这些挑战，我们尝试在 1.5nm 节点后段自对准图形化中使用半大马士革方法。我们在 imec 生产了一组新的后段器件集成掩膜版，以对单大马士革和双大马士革进行电性评估。新掩膜版的金属间距分别为 14nm、16nm、18nm、20nm 和 22nm，前两类是 1.5nm 节点后段的最小目标金属间距，后三类用于工艺窗口评估。

SEMulator3D® 虚拟制造平台可以展示下一代半大马士革工艺流程，并使用新掩膜版研究后段器件集成的工艺假设和挑战。此外，我们还使用新掩膜版模拟和测试了用于提升电阻电容性能和改进制造的额外工艺。

在自对准图形化中使用半大马士革方法

使用间隙填充和间隔层去除方案，我们提出在自对准图形化中使用半大马士革方法。

间隔层去除方案需要选择性刻蚀工艺。区域选择性沉积 (ASD) 是填充 LE2 间隙的最佳沉积选择。图 1 (a) 展示间隙填充工艺的剖面图，以及间隔层和 LE1 核心的位置。通过使用 SEMulator3D 软件，我们可以更好地研究间隙填充方案和间隔层去除方案会面临的挑战。

半大马士革工艺流程

我们还使用 SEMulator3D 虚拟制造对半大马士革工艺流程进行了模拟。图 2 展示模拟出的工艺流程。使用 SALELE (自对准光刻 - 刻蚀 - 光刻 - 刻蚀) 方法对金属 2 进行了图形化，并使用极紫外光刻将其连接到金属 3。之后，使用模拟的工艺流程对金属 2 图形化和金属 2 与金属 3 的连接进行敏感性分析。

工艺助推器

图 3 展示新掩膜版的工艺助推器。我们也使用 SEMulator3D 来模拟和分析这些掩膜版助推器的可行性和性能。

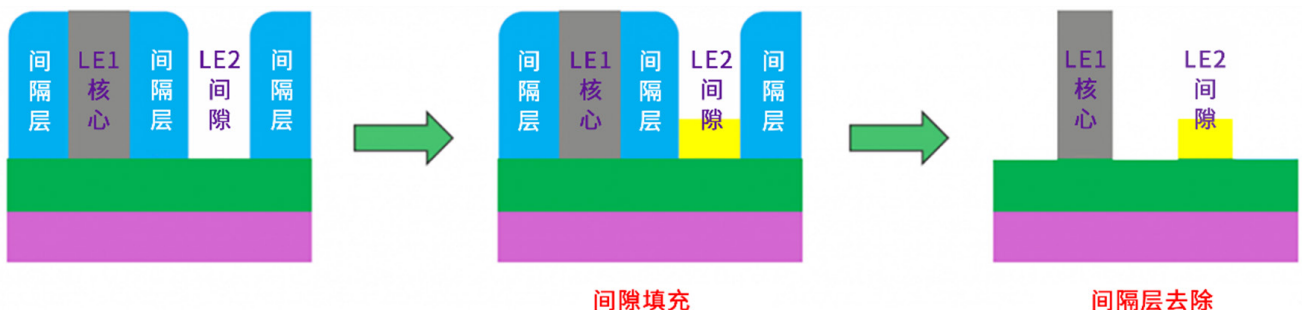


图1: 1.5nm节点图形化工艺的间隙填充和间隔层去除方案。

作者: Assawer Soussou 博士, 半导体工艺与整合 (SPI) 资深工程师

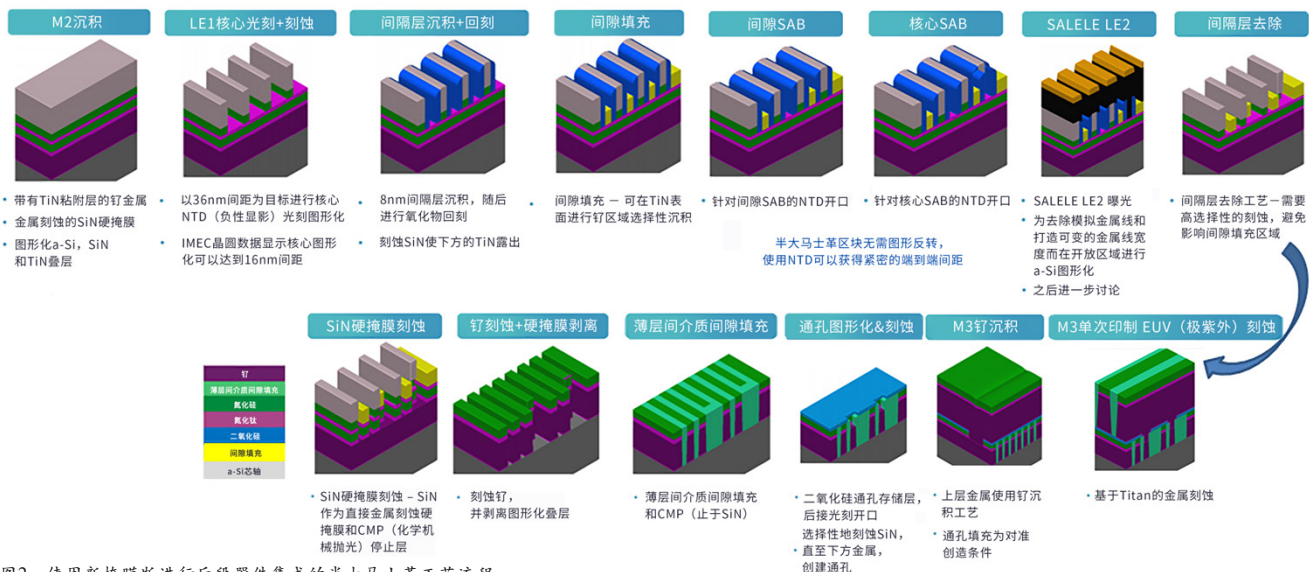


图2：使用新掩模版进行后段器件集成的半大马士革工艺流程。

工艺助推器	描述
混合高度H ²	受控金属凹槽片间的Taylor RC (电阻电容)
类似自对准的通孔对准(SAB)	使用自对准方法改善通孔定位，提高通孔密度图形化
空气间隙	夹止介电质沉积，引入空气间隙；包括间隙填充的工艺初始设置
高深宽比金属线	半大马士革工艺不限于电镀深宽比填充 => 目标金属深宽比3->5
混合金属化	为通孔进行混合金属填充

图3：掩模版的1.5nm节点工艺助推器。

混合高度

通过定制金属线的高度，可以完全优化电阻电容性能（如图4），而金属线高度的灵活性可以通过刻蚀金属线实现。高金属线电阻低、电容高，因此可能适用于电源线线和长信号线；短金属线电阻高、电容低，因此最有可能适用于信号线。我们使用 SEMulator3D 对这一概念进行了初步分析。

类似自对准的通孔对准(SAB)

自对准图形化技术最早被用于 14nm 节点的互连技术。为了生成有效器件，需要切断由这一技术产生的平

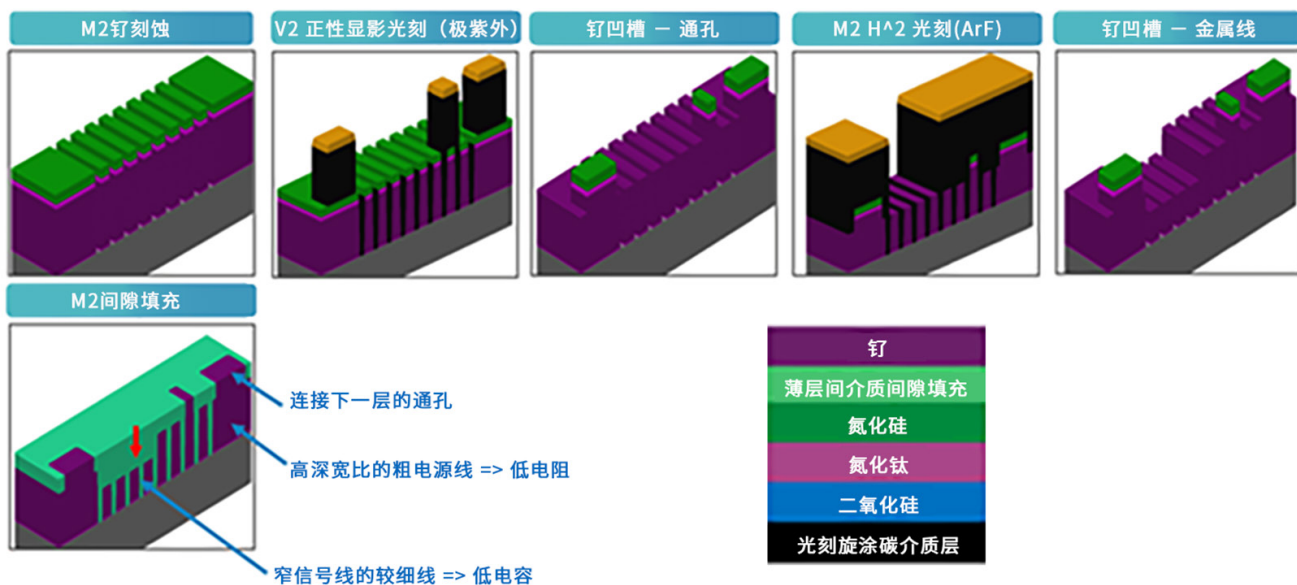


图4：为优化电阻电容产品性能进行的混合高度定制。

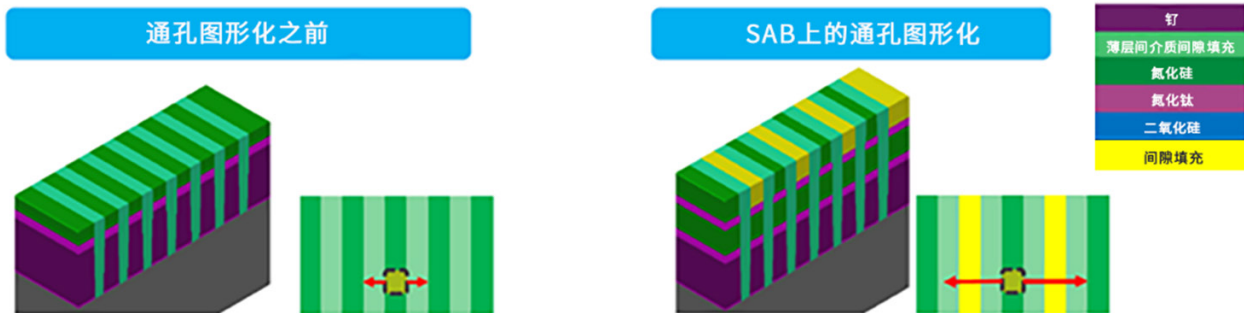


图5: 使用半大马士革自对准通孔以改善通孔套刻精度。

行金属线。这种切断掩膜的边缘定位误差很有挑战性，因此在 10nm 和 7nm 节点开发了自对准区块技术，将套刻允许误差扩大到 $\frac{3}{4}$ 间距。边缘定位误差在 1.5nm 技术节点会更具挑战性，我们预计这一自对准技术需要扩展至通孔层。此时，我们再次使用 SEMulator3D 研究 1.5nm 节点通孔自对准的不同选择（如图 5）。

空气间隙

为进行大马士革工艺引入了空气间隙，但还需要额外的刻蚀步骤来去除薄层介质。在直接金属刻蚀中，工艺结束时沉积薄层介质。沉积工艺可以在间距紧密处夹止二氧化硅，从而形成空气间隙。在模拟中，我们探索了空气间隙形成的基本模型，并计划了额外的模拟项目。在初始工艺流程中，我们模拟了简单的空气间隙填充、氧化物间隙填充和化学机械抛光 (CMP)。我们使用 SEMulator3D 模拟了这一工艺流程（如图 6）。

高深宽比金属线

在传统的大马士革工艺中，深宽比通常限于 2 左右。超过这个深宽比，就很难在不形成空隙的情况下沉积金属线了。直接金属刻蚀中，金属高度受限于刻蚀工艺，深宽比可以达到甚至超过 5。因为电阻随着尺寸的减小而

增加，这对于先进节点来说是很重要的工艺助推器。增加金属高度是持续电阻微缩的重要方法。直接金属刻蚀工艺的关键挑战是减少刻蚀过程中的硬掩膜消耗。我们使用 SEMulator3D 对这一挑战进行了建模。

混合金属化

为了减少总电阻，可以为金属线和通孔使用不同的金属。imec 正在研究中对这一方面进行探索。

结论

我们使用 SEMulator3D 定义和模拟 1.5nm 及更先进节点的后段工艺流程。基于这些模拟结果，我们建立了新掩膜版的设计规则。使用模拟推荐的工艺流程，我们成功试产了掩膜版。SEMulator3D 模拟出性能助推器的原始概念后，我们也在硅片上对完全自对准通孔、高深宽比金属线和空气间隙等工艺助推器进行了演示。这些模拟结果有助于 imec 先进节点领域的研究，并作用于硅芯片这个终端产品上。◆

鸣谢

感谢 Martin O'Toole 和 imec 向泛林集团分享这项研究。该研究得到了 IT2 ECSEL Joint Undertaking 的支持。

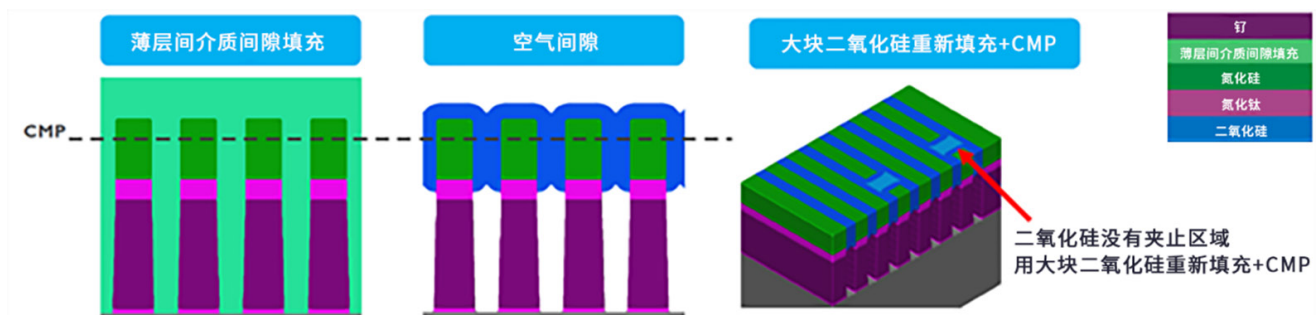


图6: 空气间隙工艺形成模拟。



加速增长：半导体和汽车工业的交集

半导体行业与汽车市场的融合带来了创新和变革的浪潮。几年来，随着半导体成为现代汽车技术进步的基础，这两个领域之间的相互联系日益紧密。

无论是提高安全性和性能，还是实现自动驾驶汽车，半导体都处在塑造汽车行业未来的最前沿。在本文中，我们将深入探讨半导体在重塑汽车行业格局中发挥的作用。

半导体行业概述

多年来，半导体行业一直走在创新的前沿，其在推动计算、电信和消费电子等领域的发展方面发挥着至关重要的作用。它的市场价值超过 5000 亿美元，预计的年增长率为 6.5%，在全球范围内具有举足轻重的地位。

半导体是电子器件的基石，电子器件则构成了微处理器、存储芯片和其他重要组件的基

础。自从 20 世纪中叶诞生以来，制造工艺和设计技术的进步推动了半导体行业的发展。如今，包括智能手机和汽车在内的一系列产品都使用了半导体，对这些组件的需求持续不断地增加。

汽车市场概览

自 19 世纪末人类发明了第一辆汽车以来，汽车工业取得了长足的进步。如今，这个行业雇用了数百万人，每年创造数十亿美元的收入。时下，汽车市场的大幅增长主要是由中国和印度等新兴经济体推动的。据预测，到 2025 年，全球乘用车销量将达到 1 亿辆。



作者：Shalini Nagar, RESEARCH NESTER PVT 公司内容撰写专员

消费者眼中的汽车

汽车已经成为我们日常生活的一部分，它为我们提供了从一个地方到另一个地方的便捷高效的交通工具。在公共交通不发达的城市，这一点尤为重要。此外，随着全球人口的不断增长，对汽车的需求也在持续攀升，汽车已成为我们交通基础设施的重要组成部分。目前，在道路上行驶的机动车超过 14 亿辆，预计到 2035 年，这一数字将增长到 19 亿辆。其中乘用车占比 75%，其余的 25% 则被轻型商用车、重型卡车、公共汽车、大客车和小客车所瓜分。

汽车制造商努力开发具有安全性能的汽车，因为他们的目标是让客户放心驾乘，并确保自己的产品经得起时间的考验。这就是汽车公司在车辆的研究、设计和测试方面投入资源的原因，旨在确保它们符合最严格的安全和可靠性标准。

半导体在汽车行业中的演进

半导体在众多汽车电子产品中发挥着重要作用，其中包括动力总成、信息娱乐和安全系统。因此，半导体对汽车行业的运转至关重要。以下是半导体领域值得关注的几项发展成果，它们对汽车行业产生了变革性的作用。

- **更好的连通性**：我们的车辆现在具有基于 GPS 的路线导图 (route mapping)、实时交通更新和红灯警报等功能。此外，它们还提供泊车辅助等功能，以及我们在驾驶过程中需要的所有基本工具。传统节点中使用的半导体是专为处理来自车内不同传感器的数据而设计的。这样就可以利用这些数据对现有系统进行调整，从而提高其性能，并确保安全可靠的驾驶体验。
- **性能优化**：半导体在提升汽车性能方面一直发挥着十分重要的作用。配备微处理器的先进发动机控制单元 (ECU) 用于提高燃油效率和减少排放。除此之外，半导体还为向驾驶员和乘客提供各种娱乐、连接和导航选项的系统提供支持。这些进步改善了驾驶体验，使其更加愉悦和高效。
- **电气化**：从燃油车向电动汽车 (EV) 的转变是汽车行业的重大发展，而半导体在推动这一转变方面发挥着至关重要的作用。动力总成、电池管理系统和充电基础设施的发展在很大程度上依赖于半导体技术。此外，半导体对于管理电动汽车内

错综复杂的电气系统、确保其安全性、效率和耐用性也是极其重要的。

- **安全强化措施**：半导体对汽车行业产生积极影响的方式之一就是提高安全性。先进驾驶辅助系统 (ADAS) 在很大程度上依赖于传感器、摄像头和微控制器等半导体组件。这些组件在实现自适应巡航控制、车道保持辅助、自动紧急制动和盲点监测等功能方面发挥了作用。因此，车辆现在具备了更有效探测和应对危险的能力，最终减少了事故的发生，并有助挽救交通参与者的生命。
- **自动驾驶**：如果不使用半导体，就不可能开发出自动驾驶汽车。这类车辆在很大程度上依赖一系列传感器、处理器和人工智能算法来了解环境并做出快速决策。执行这些任务所需消耗的功率巨大，导致半导体制造商不断开发更先进的芯片来满足这些要求。随着自动驾驶技术的进步，它有可能通过提高安全性和使用的便利性彻底改变交通运输的传统样态。
- **先进驾驶辅助**：巡航控制、制动系统 (ABS)、语音控制、GPS 导航、OTA (空中下载) 更新、主动转向等各种功能都依赖于车内的软件集成。汽车开放系统架构 (AUTOSAR) 在连接和管理众多电子控制单元 (ECU) 方面发挥着作用。它提供了一个平台，便于 ECU 和应用软件之间进行一致的通信。这样就可以通过一个集中式系统控制一系列功能。
- **互联汽车**：互联汽车需要互联网连接，以便接收周围环境的实时数据，如路况和交通信息。此外，它们还需要具备向车辆和云服务器传输数据的能力，以便与其他自动驾驶车辆进行有效通信并优化性能。半导体技术在保障联网汽车所产生数据的完整性和可靠性方面发挥着重要作用。如果没



有半导体，这些汽车生成的数据就有可能被篡改，从而造成潜在的灾难性后果。

- **出行即服务**：MaaS 是“出行即服务”（Mobility as a Service）的缩写，是一种将打车和公共交通等各种交通方式整合到一个便捷平台上的商业模式。通过一个应用程序（APP），客户可以轻松满足和管理他们所有的交通需求。毕马威会计师事务所（KPMG）的数据显示，70% 的美国人居住在 Uber 或 Lyft 接送点方圆 10 分钟的车程范围内。MaaS 不仅能提供便利，还有可能缓解交通拥堵，加强安全措施，并减少有害气体排放。随着 MaaS 的不断普及，为 MaaS 车辆的安全功能和自动驾驶技术提供助力和支持的半导体的需求量将会增加。此外，这些车辆还需要与云服务连接，因而进一步推动了对半导体的需求。

半导体在汽车领域的未来

由于可以制造出尺寸更小、功能更强大、效率更高的硬件和软件组件，因此半导体在这一转变过程中发挥了重要作用。它们使汽车制造商能够开发驾驶辅助系统、电子控制单元、信息娱乐系统和联网服务。此外，半导体还用于汽车驱动技术，以及燃料电池、电池和太阳能电池等替代能源的进步。

根据 RESEARCH NESTER 的一份市场研究报告，预计到 2035 年底，汽车半导体市场的收入将达到 1150 亿美元，2023 ~ 2035 年间的年增长率为 10%。此外，该市场在 2022 年已经创造了 400 亿美元的收入。这些数字凸显了半导体在彻底变革汽车行业中所发挥的作用。随着技术的进步，半导体的尺寸变得越来越小，功能却越来越强大，从而使汽车设计和功能更加高效和富有创新性。它们也是安全系统和导航工具不可或缺的动力，可以增强车辆的智



能性和安全性。未来，对半导体及其解决方案的需求将激增。OEM（原始设备制造商）与汽车制造商之间的合作对于避免将来发生半导体短缺至关重要。此外，知名组织和新闻机构也对半导体行业的未来进行了预测，指出各家公司将迎来加速成长的大好时机。

挑战和机遇

半导体行业带来了汽车发展的浪潮，但也遇到了相当多的挑战。2020 年和 2021 年全球芯片短缺的情况清楚地显示，该行业很容易受到供应链中断的冲击。这种稀缺性对汽车行业造成了影响，导致生产延误和成本增加。然而，这一挑战也突显了供应链多样化和促进半导体制造的重要性。政府和行业领导者都认识到，有必要在半导体生产能力方面进行投资，以确保各行业的芯片供应，尤其是汽车行业。

而且，这些行业的融合也带来了机遇。随着自动驾驶汽车的逐步普及，对先进半导体的需求将不断增长。这种增长将推动创新，造就出高效、经济、功能强大的半导体解决方案。另外，它还将促进汽车制造商与技术公司之间的合作，从而在汽车市场上形成新的商业模式和生态系统。

半导体芯片短缺：汽车制造商如何应对？

在新冠病毒疫情（COVID-19）危机的最初阶段，汽车新闻主要是关于汽车需求下降的报道。这种下降可归因于新冠病毒疫情导致汽车半导体等关键组件的全球供应链中断。几年来，对这些半导体的需求一直在稳步上升，而新冠病毒疫情只会让这种供应短缺的状况变得更糟糕。

为确保组件的供应，原始设备制造商（OEM）一直在探索其他的采购模式。因此，原始设备制造商、一级汽车供应商和半导体供应商之间正在建立更牢固的伙伴关系。从长远来看，这些合作有望降低与未来供应短缺有关的风险，从而使该行业受益。通过促进合作伙伴关系，OEM 和其他汽车制造商能够持续开展创新工作，并在全球市场上保持竞争力。此外，投资于专门从事技术的公司可以作为一种保障，以抵御半导体行业未来可能发生的任何潜在供应中断。

结论

半导体行业与汽车市场之间的关系毫无疑问是相互关联的，因为半导体在推动现代汽车技术的进步方面发挥

着重要作用。它们通过改善安全性、提高性能、促进电气化和推动自动驾驶汽车的发展，为汽车行业带来了革命性的变化。

然而，供应链中断造成的困难凸显了增强应变能力 and 投资半导体芯片制造的重要性。随着汽车行业的不断发展，在这两个行业之间开展合作与创新至关重要。这将有助于创造更高效、更环保的汽车，最终为子孙后代塑造未来的交通运输方式。半导体行业在这场变革中所起的重要作用无论怎样强调都不为过，因为它对市场的影响在未来几年无疑会越来越大。◆



IBM类脑芯片NorthPole实现快速高效的人工智能

美国 IBM 公司最新推出一款类脑芯片 - NorthPole，将 220 亿个晶体管封装在仅 800 平方毫米的面积内。这款芯片将其计算模块与存储信息的模块交织在一起，允许每个计算核心像访问相邻的存储块一样轻松地访问远程存储块，大大加快了计算单元和存储单元之间信息交换的速度。

据报道，NorthPole 是受人脑机理启发的芯片。受大脑启发的电子产品经常采用的一种策略是复制生物神经元计算和存储数据的方式，而将处理器和内存结合起来可以显著减少计算机在这些组件之间传输数据时损失的能量和时间。这也是在模仿人类大脑以极其节能的方式快速执行计算。

“大脑比现代计算机节能得多，部分原因是它在每个神经元中都存储着计算记忆。NorthPole 融合了类脑计算和硅优化计算、计算和内存、硬件和软件之间的界限。”IBM 类脑计算首席科学 DHARMENDRA MODHA 表示。

NorthPole 建立在 IBM 之前的类脑芯片 TrueNorth 基础上，TrueNorth 于 2014 年首次亮相，其功耗比当时的传统微处理器低四个数量级。经过八年的开发，NorthPole 大幅降低了成本，速度大约是 TrueNorth 的 4000 倍。

Northpole 采用了 12nm 工艺制造，在约 800 平方毫米的面积里放置了 220 亿个晶体管，拥有 256 个计算单元内核，在 8-bit 精度下每个计算单元每个周期可执行 2048 次操作，如果换成 4-bit 或 2-bit 精度，操作次数则翻倍。

IBM 研究院表示，由于芯片采用了 ResNet-50 神经网络模型，推理性能优于所有主流架构，超过了 4nm 工艺制造的 GPU。根据 IBM 公司的测试结果：NorthPole 在执

行人工智能任务时，与目前市场上同类微芯片相对比，其速度达到其 22 倍，每瓦能效大约是其 25 倍，而占地面积却只有五分之一。

Modha 说：新芯片的速度和效率来自于其所有内存都位于芯片本身上。这意味着每个内核都可以轻松地访问芯片上的内存。而从外部来看，NorthPole 像是一个活动的存储芯片，这有助于将 NorthPole 集成到系统中。

在传统芯片架构里，处理单元与储存信息是相互分开的，这样虽然简化了芯片设计，但却因传输速度不及处理速度出现“冯·诺伊曼瓶颈”。NorthPole 在架构上，模糊了计算和存储之间的界限，使其更容易整合到系统中，而且明显减少了主机的负载。

IBM 认为 NorthPole 的潜在应用可能包括图像和视频分析、语音识别，以及作为大型语言模型基础的神经网络（为 ChatGPT 等聊天机器人提供动力）。而这些人工智能任务可能会应用于自动驾驶汽车、机器人、数字助理和卫星观测等领域。

科学家们指出，IBM 采用 12 纳米节点工艺制造 NorthPole。目前 CPU 的最先进技术已经是 3 纳米，这表明这种受大脑启发的策略可能会带来进一步的收益。

IBM 的科学家在 2023 年 10 月出版的《SCIENCE》杂志上详细介绍了他们的研究成果。

参考文献

1. Neural inference at the frontier of energy, space, and time, SCIENCE, 19 Oct 2023, Vol 382, Issue 6668, pp. 329-335, DOI: 10.1126/science.adh1174

碳化硅推动车载充电技术发展

虽然“续航焦虑”一直存在，但混合动力、纯电动等各种形式的电动汽车 (EV) 正被越来越多的人所接受。汽车制造商继续努力提高电动汽车的行驶里程并缩短充电时间，以克服这个影响采用率的重要障碍。电动汽车的易用性和便利性受到充电方式的显著影响。由于高功率充电站数量有限，相当一部分车主仍然需要依赖车载充电器 (OBC) 来为电动汽车充电。为了提高车载充电器的性能，汽车制造商正在探索采用碳化硅 (SiC) 等新技术。这篇技术文章将探讨车载充电器的重要性，以及半导体开关技术进步如何推动车载充电器的性能提升到全新水平。

如今市场上有多种使用不同推进系统的汽车，包括仅由内燃机 (ICE) 提供动力的汽车、结合使用内燃机和电力系统的混合动力汽车 (xHEV) 和纯电动汽车 (xEV)。xHEV 包括两种不同类型的汽车，分别为轻度混合动力电动汽车 (MHEV) 和全混合动力电动汽车 (FHEV)。

MHEV 主要依靠内燃机，同时

集成了一个小型电池 (通常为 48V)。但是，MHEV 无法仅依靠电力行驶，电动机旨在帮助适度降低油耗。

相比之下，FHEV 具有更强的灵活性，因为它可以无缝结合使用内燃机和电动机，其中电动机由电池供电 (通常工作电压范围为 100-300 V)。FHEV 还可以利用制动能量回收技术为电池充电，利用制动过程中捕获的能量来提高效率。

所有 xEV，包括插电式混合动力电动汽车和纯电池电动汽车 (BEV)，都配备再生制动系统。然而，由于具有较大的电池容量，这些汽车在很大程度上依赖车载充电器进行充电。

最简单的充电方式差不多就是通过线缆将电动汽车车载充电器连接到墙上插座 (通常需要接地故障保护)。尽管这种充电方式非常便利，但大多数住宅 1 级系统 (或 J1772 标准中定义的 SAE AC 1 级) 的工作功率约为 1.2 kW，充电一小时只能增加 5 英里的里程 (充电一小时增加的里程数根据汽车能耗为 0.21 kWh/英里或 13 kWh/100 km 来估算)。2 级系统 (或

SAE AC 2 级) 通常使用电网的多相交流供电，最常见于公共建筑和商业设施。功率最高可达 22 kW，充电一小时可以增加 90 英里的里程。

无论是 1 级还是 2 级充电器，都是为电动汽车提供交流电，因此车载充电器是将交流输入转换为直流输出为电池充电的关键。目前，市面部署的大多数充电器都是 2 级充电器。

大功率直流充电桩通常称为 3 级、SAE 1 级和 2 级直流充电桩或 IEC 模式 4 充电器，它输出直流电压，可以直接为电池充电，而无需车载充电器。这些直流充电桩的功率范围从 50 kW 到超过 350 kW，可以在大约 15-20 分钟内充电至电池容量的 80%。考虑到高功率水平和需要对电网基础设施进行改造，尽管快速充电站的数量正在迅速增加，但仍然相对有限。

许多汽车制造商目前正在将 400V 电池改为 800V 电池。这种转变旨在通过提高系统效率、提升性能、加快充电速度和减轻线缆和电池重量来延长电动汽车的续航里程。

车载充电器分析

车载充电器通常是二级电源转换器，由功率因子校正级 (PFC) 和隔离型 DC-DC 转换器级组成。需要注意的是，虽然非隔离型配置是可行的，但很少使用。功率因子校正级对交流供电进行整流，将功率因子保持在 0.9 以上，并为 DC-DC 级生成调节的总线电压。

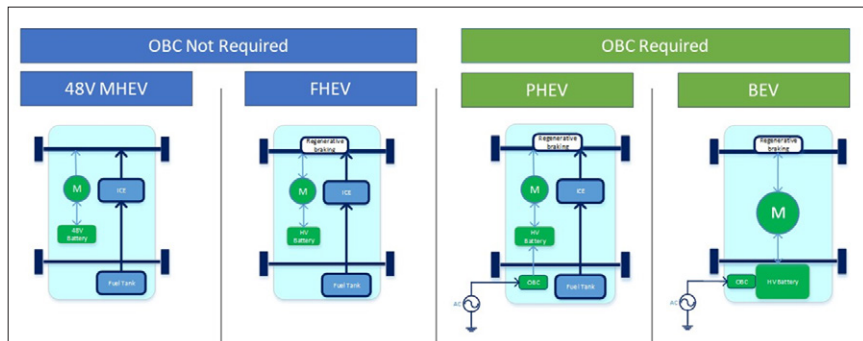


图 1: 如今存在多种多样的电动汽车，包括 MHEV、FHEV、PHEV 和 BEV。

作者: Kevin Keller, 安森美产品线经理

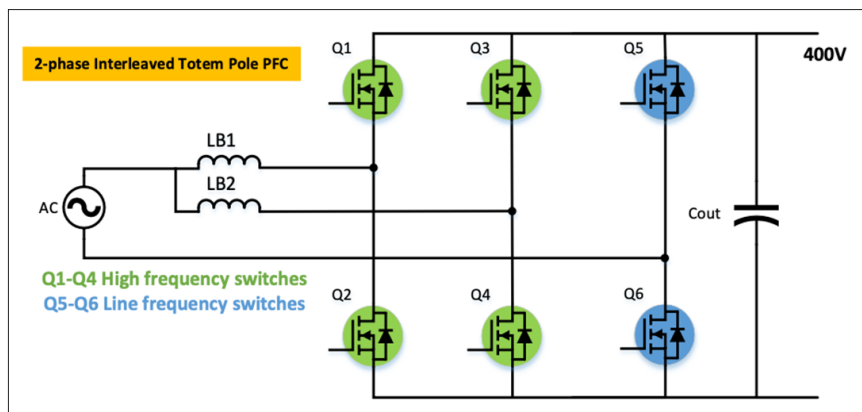


图 2: 无桥图腾柱拓扑

过去几年中, 市场对双向系统的需求显著增加。双向系统让电动汽车能够提供从电池到电源的反向功率流, 以支持各种用途, 例如动态平衡电网负载 (V2G: 车辆到电网) 或管理电网停电 (V2L: 车辆到负载)。

传统的功率因子校正方法涉及到结合使用二极管整流桥与升压转换器。整流桥将交流电压转换为直流电压, 而升压转换器则负责升高电压。该基本电路的增强版本采用交错式升压拓扑, 通过并联多个转换器级, 以减少纹波电流并提高效率。这些功率因子校正拓扑通常采用硅技术, 如超结 MOSFET 和低 V_f 二极管。

随着宽禁带 (WBG) 功率开关的出现, 特别是 SiC 功率开关, 新的设计方法得以实现。这类功率开关具有较低的开关损耗、较低的 $R_{DS(on)}$ 和低反向恢复体二极管优势。

在中高功率的功率因子校正应用 (通常为 6.6 kW 及以上) 中, 无桥图腾柱拓扑变得越来越普及。如图 2 所示, 在这种拓扑中, 慢

桥臂 (Q5-Q6) 以电网频率 (50-60 Hz) 开关, 而快桥臂 (Q1-Q4) 则会进行电流整形和升压, 并在硬开关模式下以更高频率 (通常为 65-110 kHz) 运行。尽管无桥图腾柱拓扑大幅提高了效率并减少了功率元件的数量, 但它提高了控制方面的复杂性。

DC-DC 级通常采用隔离式拓扑, 使用变压器提供隔离, 主要目的是根据电池的充电状态调节输出电压。尽管可以采用半桥拓扑, 但当前主要采用双有源桥 (DAB) 转换器方案, 例如谐振转换器 (比如 LLC、CLLC) 或相移全桥 (PSFB) 转换器。近来, 谐振转换器, 特别是 LLC 和 CLLC, 因其具备多项优势而受到广泛关注, 具体优势包括宽软开关工作范围、双向工作能力以及将谐振电感和变压器整合到单个功率变压器中的便利性。

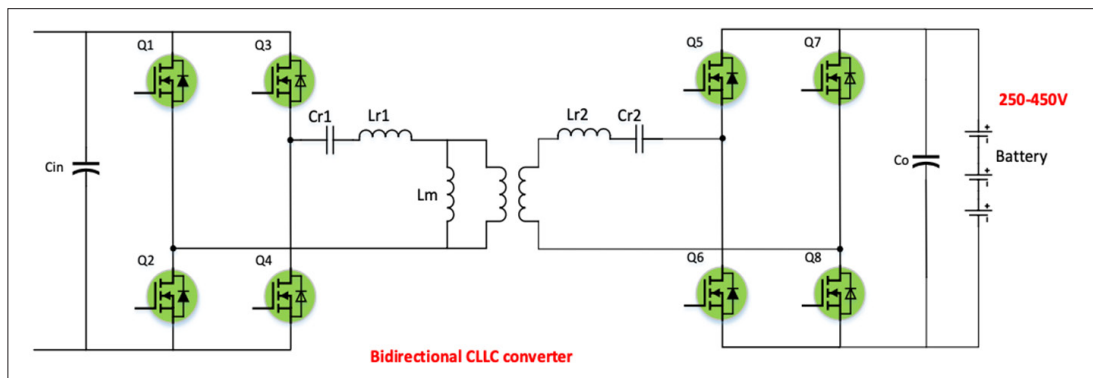


图 3: 双向 DC-DC 允许在用电高峰期期间将电力返回电网。

车载充电器应用中的 SiC

对于 400 V 电池组, 通常首选 SiC 650 V 器件。然而, 对于 800 V 结构, 由于具有更高的电压要求, 因此需要使用额定电压为 1200 V 的器件。

车载充电器领域采用 SiC 的原因是其各项品质因数 (FOM) 表现出色。SiC 在单位面积的具体 $R_{DS(on)}$ 、开关损耗、反向恢复二极管和击穿电压方面具备优势。这些优势使得基于 SiC 的方案能够在更高的温度下可靠地运行。利用这些出色的性能特点, 可以实现更高效、更轻量化的设计。因此, 系统可以实现更高的功率水平 (最高可达 22 kW), 而这是使用基于硅的传统方案 (如 IGBT 或超结) 难以实现的。

虽然电动汽车采用更高功率的车载充电器可能不会直接影响汽车的续航里程, 但它能够显著缩短充电时间, 有助于解决续航焦虑问题。为了实现更快的充电速度, 车载充电器的功率正在不断提高。SiC 技术发挥着至关重要的作用, 使这些系统变得更加高效, 确保高效地转换电网电力, 避免能源浪费。该技术使人们能够设计更紧凑、轻量化和可靠的车载充电器系统。◆



WHEN
IT CAN'T
FAIL

Greene Tweed： 打造强韧供应链，避免供应中断

未来多年，全世界可能都会讲述大流行病疫情期间半导体耗尽时所发生的事情。可是，业内人士会记住这一次的原因还有一个。这次危机凸显了一些虽不起眼、但却不可或缺的元件制造商的重要性，他们为芯片制造的复杂机械设备提供了动力。

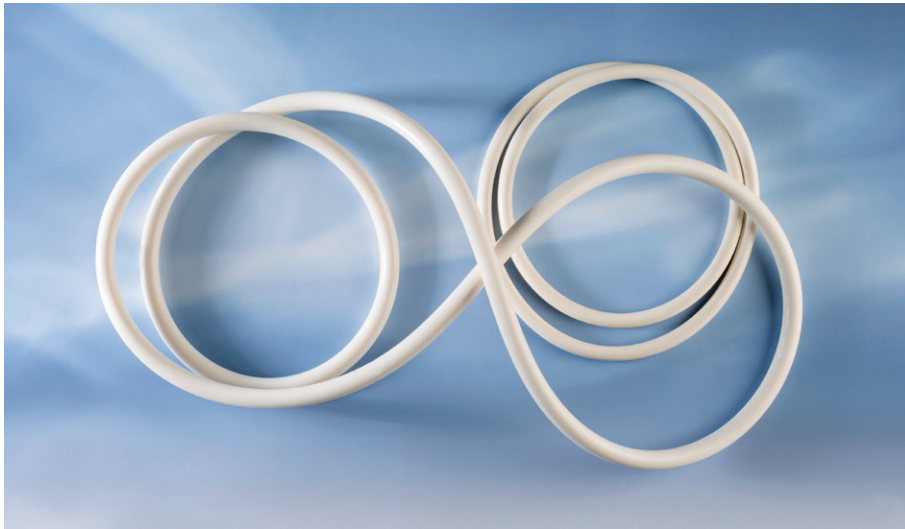
Greene Tweed公司的 Chemra® FFKM密封件：无名英雄

GREENE TWEED 就是此类公司的杰出典范，它在“幕后”制造密封解决方案，在世界最严酷的半导体制造应用中，其密封解决方案的性能和寿命均优于同类其他产品。

160 年来，我们为关键行业提供材料和精心设计的组件，从而确保其至关重要的业务万无一失。

例如，我们的全氟化橡胶 (FFKM) Chemraz® O 型圈和密封解决方案可以防止污染，同时耐受侵蚀性化学品和极高的温度，从而满足现代芯片制备的关键要求。

作者：Nick McNeal, Greene Tweed 公司半导体战略主管；Thyag Sadasivan, Greene Tweed 公司 Chemraz® 主管；Pragati Verma, Greene Tweed 公司内容专员



况更加恶化。这次供应中断发生的时机再糟糕不过了，恰逢全球芯片需求激增。就在半导体制造商急需 FFKM 材料以实现超速增长的时候，这种材料却供不应求。很快，FFKM 行业发现自己陷入了一场“完美风暴”之中，供应延误可能会严重阻碍半导体的供应和由此带来的经济复苏。

不难看出，这些供应中断使芯片制造商深刻意识到半导体行业对 FFKM 密封件的依赖程度。更重要的是，随着芯片制造商在

几十年来，我们一直身处复杂 FFKM 生产工艺的前沿。这些高性能材料需要特定的成分。因此，即使只有一种成分供应短缺，也可能出现材料供应中断。由于大流行病封锁和地缘政治事件（如俄乌战争）等多种因素的影响，全行业出现了意想不到和动荡不安的供应紧张局面，导致几种 FFKM 原料陷入困境。

一家主要供应商宣布，将在 2025 年底之前停止生产所有含氟聚合物、含氟液体和某些添加剂产品，这使得情

其芯片中装入越来越多尺寸日益缩小的晶体管，并转向依赖超净加工的要求更为严苛的工艺，FFKM 密封解决方案的重要性只会与日俱增。Greene Tweed 是美国第一家使用洁净室制造的密封解决方案公司，我们非常了解超洁净操作在半导体行业中的重要性。

我们深知，我们的 FFKM Chemraz® 密封解决方案对于在现代半导体制造工艺最恶劣的环境中发挥性能、延长正常运行时间、减少污染和提高晶圆良率至关重要。

Chemraz®	Plasma Performance		Maximum Temperature (C)	Cracking
	O ₂ Etch Rate (% wt. loss, 90 min direct exposure)	O ₂ Remote Plasma (clean, 200C % wt. loss)		
E38	1.003	0.100	260	+
629	1.739	0.074	260	+
657	0.417	0.053	280	++
XPE	0.570	0.026	280	+++
G57	0.670	0.089	300	++

Chemraz® FFKM 密封解决方案以其对极端温度、化学品和等离子环境的超强耐受性而著称。

半导体密封问题解答

您是否需要一种弹性 O 型圈或密封解决方案，以在最苛刻的半导体应用中承受极端温度下的侵蚀性液体、气体和等离子体？以下是对半导体制造商面临的关键密封问题的解答：

哪种密封件最适合半导体制造工艺？

全氟化橡胶（即 FFKM）密封材料以其对腐蚀性化学品、极端温度和等离子体环境的超强耐受性而著称，非常适合于诸如半导体制备等存在腐蚀性的制造工艺。

Greene Tweed 提供的 Chemraz® 密封解决方案以其对极端温度、化学品和等离子体环境的超强耐受性而著称。

Greene Tweed 的 Chemraz® 密封解决方案有何与众不同之处？

Greene Tweed 引以为豪的 Chemraz® 密封解决方案可以在世界上最恶劣的环境中表现出超群的性能和耐久性。160 年来，我们始终为包括半导体行业在内的关键行业提供性能卓越的材料和工程组件（没有任何借口，没有任何例外）。

在所有橡胶材料中，Chemraz® 具有最宽广的温度范围和无可比拟的耐化学性，是最具挑战性的半导体应用的首选。我们卓越的质量、精密的工程设计和可定制性减少了故障停机时间，提高了晶圆加工良率。

Greene Tweed 的 Chemraz® 密封解决方案可“造福”于哪些半导体制造工艺？

Chemraz® FFKM 密封解决方案是众多半导体设备的理想选择，例如：

- 导体蚀刻
- 介质蚀刻
- PECVD（等离子体增强化学气相沉积）
- ALD（原子层沉积）
- RTP（快速热处理）
- 湿法清洗

- 腔体密封
- 缝阀和 BSV（粘合狭缝阀）
- 摆阀和闸阀
- 电子安全封条
- 化学品运输

Greene Tweed 的密封解决方案能否承受腐蚀性清洗和蚀刻化学试剂？

绝对能！Chemraz® 具有优异的耐化学性，因此与半导体制备过程中使用的腐蚀性清洗剂 and 蚀刻剂高度兼容。即使暴露在恶劣的等离子体环境和活性化学物质中，它也能保持稳定，从而确保了最佳性能和使用寿命。

Greene Tweed 能否定制密封件以适应特定的半导体应用？

能。Greene Tweed 提供了一系列密封解决方案，可以根据您的具体要求量身定制。我们的工程团队与半导体制造商密切合作，以设计符合设备规格的定制密封件，并提供优化的性能。

我想在我的半导体应用中采用 Greene Tweed 最新的密封解决方案。该如何开始呢？

如需深入了解为您的半导体设备量身定制的 FFKM 密封解决方案的优势，请联系我们 Greene Tweed 的专家团队。我们的工程师已做好准备，可以随时与您讨论技术规格并提供技术指导。

我们将继续努力，不断改进、完善和提供高质量的密封解决方案，以提升您的半导体制造工艺。



作为基于 FFKM 橡胶的密封件领域的全球领导者，我们 Greene Tweed 知道，在像半导体制造这样复杂而充满挑战的行业中，仅仅能够生产优质的密封件是不够的。因此，我们决定采取行动，以尽量减少未来供应中断对客户芯片制造能力的影响。

打造优质FFKM橡胶密封件和强韧供应链

进入 2023 年，虽然半导体行业目前正经历着短期的周期性衰退，但是明年的前景似乎更加光明，预计下半年行业将出现回升。这些繁荣与萧条交替的循环必然会加剧不确定性，并造成供需失衡。在这个充满不确定性的时期，即使经济下滑也无法消除供应中断导致供应紧张和需求激增的可能性。作为 FFKM 橡胶密封件领域的全球领导者，我们 Greene Tweed 知道，在像半导体制造这样复杂而充满挑战的行业中，仅仅能够生产优质的密封件是不够的。因此，我们决定采取行动，以尽量减少未来供应中断对客户芯片制造能力的影响。我们认识到，半导体行业的动态发展需要战略规划和远见卓识，因此我们正在积极采取措施，制定稳健的业务连续性计划（Business Continuity Plans, BCP），确保稳定、不间断的供应。我们首先进行全面的风险评估，确定薄弱环节，并制定了应急计划，以减轻未来供应中断可能的干扰。经过深入探讨，Greene Tweed 推出了四大举措，以帮助我们应对这种动荡的局面，规避未来的中断风险，并确保正常供应，从而助力我们的半导体客户实现持续增长和成功：

● 确保 FFKM 聚合物供应

Greene Tweed 的第一步是建立关键原材料的战略储备，以为预期的经济好转做好准备。确保原材料非常重要，但这只是我们保障供应的多方位方法的一

个方面。Greene Tweed 的科学家们持续创新，开发新产品并重新配制现有产品，以应对不断变化的法规和市场动态。我们正积极主动地识别由于供应受限的原料带来的风险，并用更容易获得的原料来缓解这些风险。另一方面，我们正在与供应链合作伙伴协同工作，以确定政府审查和供应紧缩对其材料、化学品和生产流程的潜在影响。与此同时，我们正与客户合作，开发和验证具有卓越技术和显著优势的替代化合物。

● 供应链多样化

在重新配制和开发新产品的同时，我们正在采取积极措施，以使我们的供应链多样化，并降低过度依赖单一供应商或地区所伴随的风险。我们意识到，建立多家 FFKM 工厂将过多地依靠资本密集，对供





应商来说可能并不可行。这就是为什么我们要利用多家供应商来建立一个具有应变能力和适应性的供应链，以更好地应对不断变化的半导体环境所带来的挑战。为此，我们正在开发可替代原有产品的同等产品。我们精心挑选化合物，并从位于不同国家的不同供应商那里为两种同等产品采购原材料。例如，我们正在通过增加 Chemraz® G57 来扩充我们的供应链，Chemraz® G57 是 Chemraz® 657 的同等产品，在多种侵蚀性化学环境中具有出色的抗电浆腐蚀性。

● 扩大制造业务

我们还在扩大制造足迹 (manufacturing footprint)，战略性地在遍布全球的新地点建立工厂，以帮助为半

导体客户提供稳定的供应链。最近，我们即将在韩国忠清北道清州市建立生产设施。预计明年年中完工，最初将专门用于我们性能最高的橡胶 Chemraz® 产品系列，该产品系列专为半导体应用而特别配制。这座先进的工厂不仅将提高我们的生产能力，还将增强我们供应链的灵活性和应变能力。通过分散生产和采购，我们将能够更好地管理供应紧张，克服生产瓶颈，并保持向客户的持续交付。

● 提高运营能力

在扩大生产能力的同时，我们还通过建立适当的库存，在行业领先的交货时间内满足未来需求，从而显著加强了库存优化工作。加上我们的新生产设施，这将有助于我们提高产量和产能，更好地支持全球对我们产品的需求，并为半导体行业带来更强的供应链稳定性。

我们的交货时间：重回正轨

建立供应弹性的成果业已显现。我们已经能够恢复供应中断前的标准交货时间水平，这是客户在地缘政治和监管事件导致前所未有的供应链问题之前所享受的服务。这证明了我们的应变能力、适应能力和以客户为中心的理念。

我们将继续在这一转型之路上锐意进取，并致力于将客户满意度和供应链稳定性作为我们一切工作的核心。我们深知，我们的高性能 Chemraz® 密封件具有其他密封件无法企及的性能，而且，及时交付产品对客户取得成功是至关重要的。我们将与客户和合作伙伴一起，继续通过创新和定制的合作方式，为客户的关键业务提供确定性，从而打造一个有韧性的未来。◆

我们深知，我们的高性能 Chemraz® 密封件具有其他密封件无法企及的性能，而且，及时交付产品对客户取得成功是至关重要的。我们将与客户和合作伙伴一起，继续通过创新和定制的合作方式，为客户的关键业务提供确定性，从而打造一个有韧性的未来。

—◆ 线下 ◆—

化合物半导体&半导体芯科技 综合论坛

05月苏州 半导体先进技术创新发展和机遇大会

- 化合物半导体材料生长与设备技术 · 功率电子器件及应用 · 高功率电子器件可靠性和失效分析 · 超宽禁带器件:解决方案
- 先进封装工艺与键合技术 · 封装关键材料与创新

化合物半导体先进技术及应用大会

10月太仓 化合物半导体先进技术及应用大会

- 化合物半导体材料生长与设备技术 · 功率电子器件及应用 · 光电子器件及应用 · 先进显示与照明取得的进展 · AI趋势下高速光互联演进
- 光子器件可靠性和失效分析 · 超快通信射频器件新应用

CHIP China晶芯研讨会

11月厦门 第二届-半导体先进封测产业技术创新大会

- TGV的封装工艺与技术 · IP/SoC/3D/异构集成 · 封装关键材料与创新 · 应用需求驱动下,先进封测发展进入快车道专场会议
- 系统级SiP芯片,物联网下一个竞争高地 · 赋能光电产业发展新高度

—◆ 线上 ◆—

化合物半导体先进技术及应用大会

确保SiC取得巨大成功

GaN功率应用,厚积薄发

MicroLED取得的进展

超宽禁带材料器件解决方案

光互联及光子集成电路

CHIP China晶芯研讨会

先进封装工艺与键合技术

封装关键材料与创新

IP/SoC/3D/异构集成

先进半导体材料和器件的可靠性和失效分析

芯片与器件的测试和可靠性验证

—◆ 定制专场论坛 ◆—

重点依据企业需求定制化会议主题,线上直播与线下执行双向选择,垂直听众定向邀约,充分发挥资源链接优势,突破原有格局,助力泛半导体产业客户实现多元化探索路径。

论坛优势:推介目的性强 会议听众垂直 议题内容聚焦 直击产品核心



线下会议



线上会议



Advertiser	广告商名称	网址	页码
ACM	盛美上海	www.acmrcsh.com.cn	1
东莞市晟鼎精密仪器有限公司		www.sindin.com	3
MA-tek	闵康技术检测 (上海)	www.matek.com/zh-CN/home	16-17
SEMICON China 2024		www.semiconchina.org	IBC

欢迎投稿

《半导体科技》(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 (雅时国际通讯)

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

SEMICON[®] CHINA

FPDCHINA

2024年3月20日-3月22日

| 上海新国际博览中心

“新产品、新技术和新势力的舞台”

产品创新奖

参赛报名火热进行中!

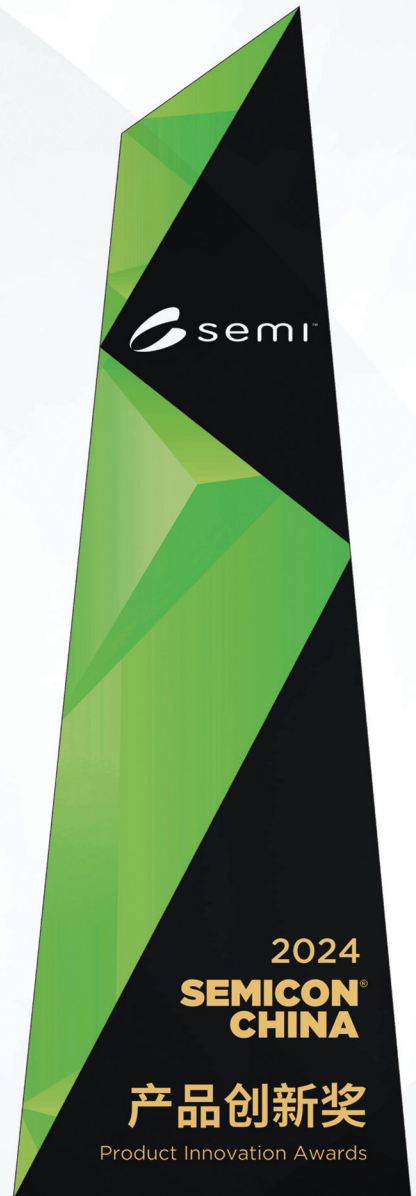
■ 第二届产品创新奖

为了激励SEMICON/FPD China展商及会员单位产品、技术创新，由SEMI China组织举办的第二届“产品创新奖”参赛报名阶段开启!

■ 参赛BENEFITS

1. 创新奖评选既是对展会的暖场又是展会的延伸，实现线上线下孪生互动。优先参加展会现场观众打卡引流活动。
2. 大赛最终胜出企业C-Level将受邀出席“SEMICON China VIP Gala”晚宴，参加颁奖典礼领取奖杯。
3. 我们鼓励26万+PSO专业观众踊跃投票，每次成功投票者即获1次抽奖机会。

首届“产品创新奖”评选活动，得到近20万人关注、约5万人公开、公正投票产生了“产品创新奖”Top 10。



<即刻报名 第二届“产品创新奖”活动详情

请关注PSO小程序或咨询: 021-6027 8548



《化合物半导体》

化合物半导体



化合物半导体



化合物半导体



化合物半导体



2023年10/11月



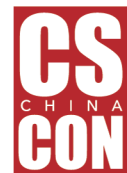
化合物半导体



《化合物半导体》(CSC) 中国化合物半导体产业较具影响力的媒体，内容来源于全球知名刊物《Compound Semiconductor》

双月刊，每期发行印刷版8,228，电子版8,908 (2023年10月)

全方位报道化合物半导体行业的发展，是化合物半导体材料和器件业专业人士重要的信息源。



化合物半导体先进技术及应用大会是专注搭建全球范围内信息交流和贸促合作的行业盛会，线上与线下并行，着眼于国内外化合物半导体行业前沿议题、最新需求，汇集中国及世界领先跨国科技公司专家学者，共探行业发展方向，每年吸引成千上万行业从业者参加。



免费索阅