

# 半导体芯科技

**S/S** **SILICON SEMICONDUCTOR**  
Connecting the Silicon Semiconductor Community

• **CHINA**

ISSN 2523-1294

www.siscmag.com

2021年 4/5月

印刷柔性电池



UHP ALD 阀门



高电压/电流卡盘



基于OPA的LIDAR



MLE™无掩模曝光技术

p24





国际授权翻译  
国内发行高新科技杂志  
8本杂志免费送一年  
(6期/印刷版)  
包揽全年行业资讯



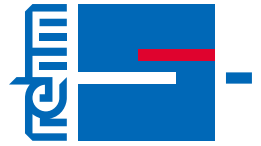
[www.actintl.com](http://www.actintl.com)



免费  
订阅

扫一扫添加  
ACT读者服务号免费订阅

雅时国际资讯 (ACT International) 成立于1998年, 为高速增长的中国市场中广大高技术行业服务。ACT通过它的一系列产品 - 包括杂志和网上出版物、培训、会议和活动 - 为跨国公司及中国企业架设了拓展中国市场的桥梁。ACT的产品包括多种技术杂志和相关的网站, 以及各种技术会议, 服务于机器视觉设计、电子制造、激光/光电子、射频/微波、化合物半导体、半导体制造、洁净及污染控制等领域的约二十多万专业读者及与会者。



THERMAL SYSTEMS

Rehm Thermal Systems

Pioneer of

Thermal Solutions

30 more  
than  
years  
experience



Specialist  
for Semicon  
Industry

锐德VX-Semicon回流焊以独特的设计在行业中占领先地位

适用于载板,晶圆印刷植球焊接, 2.5D晶片焊接, 扇进焊接, 扇出焊接。

其低氧含量可避免小颗粒在焊料高温中氧化, 例如: Type 5与Type 6 Size的焊料球。

Rehm VX-Semicon回流焊低氧含量可达到以下标准:

- > 标准机氧含量可达到<100ppm
- > 低氧含量可达到<50ppm
- > 超低氧含量可达到<20ppm

锐德热力设备(东莞)有限公司 | 中国广东省东莞市松山湖高新技术产业开发区畅园路2号  
T +86 769 - 8238 0238 | info@rehm-group.com | www.rehm-group.com





## 目录 CONTENTS

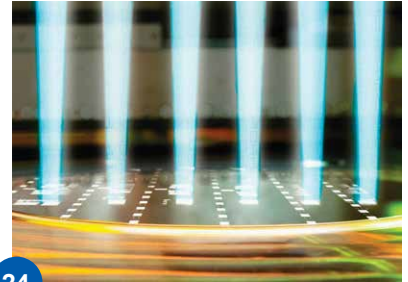
### 封面故事 Cover Story

#### 24 MLE™ 无掩模曝光技术

##### MLE™ Maskless Exposure Technology

从传统的基于掩模的光刻技术转向数字光刻技术

MLE (maskless exposure, 无掩模曝光) 技术是 EVG 公司开发的革命性下一代光刻技术, 旨在满足先进封装, MEMS, 生物医学和 IC 基板等应用对未来后端光刻的需求。EVG 公司的 MLE 是全球首创可用于大批量生产的高度可扩展的无掩模光刻技术, 提供了无与伦比的灵活性, 可大大缩短新器件的开发周期。



24

### 编者寄语 Editor's Note

#### 4 自动化设计支持异构集成

- 赵雪芹

### 产品聚焦 Product Focus

#### 5 应用材料公司工艺控制创新：将大数据和人工智能融入到芯片制造技术

#### 6 适合先进封装细间距应用的焊锡膏

#### 7 全自动 mWL.cs 晶圆箱装载机

用于高分辨率显示屏制造的等离子刻蚀系统

#### 8 赢创与 InnovationLab 推出全新印刷柔性电池技术

3D 传感计量和检测解决方案

#### 9 格芯 22FDX 射频解决方案助力毫米波汽车雷达

#### 10 ASM 在中国经历高速发展

#### 11 普发真空追求节能高效灵敏, 满足半导体制造严苛需求

#### 12 AFM 实现超大和超重平板显示器的纳米精度测量



8



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—为跨国公司与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) 中文版 (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

### 观点 Viewpoints

- 14 契合市场，技术迭代，汉高粘合剂的创新解决方案  
Market fit, technology iteration, Henkel's innovative adhesive solutions
- 18 超纯水创新技术助力半导体行业提升良率  
Ultra-pure water innovation helps semiconductor industry improve yield
- 20 热界面材料市场和技术趋势及新兴材料的机会  
Thermal interface materials market and technology trends as well as emerging material opportunities.



18

### 技术 Technology

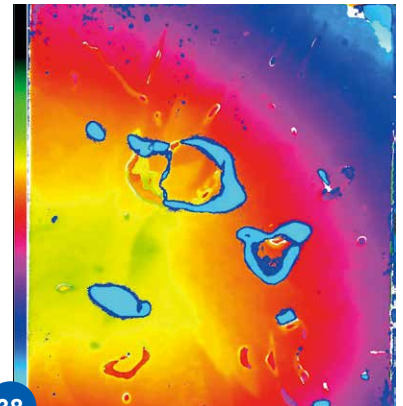
- 27 超高纯阀门能帮助优化薄膜沉积  
Ultrahigh purity valves can help optimize thin film deposition  
- Matt Ferraro, 世伟洛克公司半导体产品经理
- 29 用于大功率晶圆测试的 ERS 高电压 / 电流卡盘  
ERS high voltage/current chuck for high power wafer testing  
- ERS electronic
- 32 使用互补性测量技术检测裸硅圆片上少量金属污染物  
Using a complementary measurement technology to detect small amounts of metal impurities in bare silicon wafers  
- Lamoureux Violette, Figarols François, Pic Nicolas, Vitrani Thomas; 意法半导体



27

### 专栏 Conlunm

- 36 基于集成光学相控阵的激光雷达系统  
LiDAR Systems Based on Integrated Optical Phased Arrays (OPAs)  
- CEA-Leti
- 38 IGBT 模块的声学检查  
IGBT Modules Interrogated Acoustically  
- Tom Adam, Nordson SONOSCAN 顾问



38

### 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

郭一凡 博士  
日月光集团工程副总经理

姚大平 博士  
江苏中科智芯集成科技有限公司总经理

汤晖 教授  
广东工业大学、精密电子制造技术与装备国家重点实验室

于大全 教授  
厦门云天半导体创始人

须颖教授  
中国仪器仪表学会显微仪器分会副理事长

罗仕洲教授  
磐允科技总经理

林挺宇 博士  
广东芯华微电子技术有限公司总经理

杨利华 院长  
两江半导体研究院

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

张昭宇 教授  
香港中文大学(深圳)理工学院  
深圳半导体激光器重点实验室主任

刘功桂 教授级高工  
中国电器科学研究院股份有限公司威凯技术中心主任

云星 总经理  
深圳安博电子有限公司

李光 常务副总裁  
深圳雷曼光电股份有限公司

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

**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

贺贵鸿 Mizy He

mizyh@actintl.com.hk

**出版社 Publishing House**

雅时国际资讯 ACT International

香港九龙 B,13/F, Por Yen Bldg,

长沙湾青山道478号 478 Castle Peak Road,

百欣大厦 Cheung Sha Wan,

13楼B室 Kowloon, Hong Kong

Tel: (852) 2838 6298

Fax: (852) 2838 2766

**北京 Beijing**

Tel/Fax: 86 10 64187252

**上海 Shanghai**

Tel: 86 21 62511200

Fax: 86 21 52410030

**深圳 Shenzhen**

Tel: 86 755 25988573 /25988567

Fax: 86 755 25988567

**武汉 Wuhan**

Tel: 86 27 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



## 自动化设计支持异构集成

三维异质异构集成是通过多学科多专业融合的系统设计和微纳集成制造工艺，实现不同材料、不同结构、不同功能元器件的一体化三维集成。人们设想未来三维异质异构集成技术将是在功能、性能、周期及成本综合平衡下系统的最优实现方案。

三维异质异构集成包括异构集成和异质整合。异构集成是以硅片（中介层）代替 PCB，将砷化镓氮化镓等器件与硅基器件通过 TSV 通孔垂直互联等技术手段集成到硅片上，现在射频多层三维异构集成已经可以实现。而异质整合则是直接在硅片上长介质材料，或者将硅与非硅材结合在一起，然后制作不同器件，可以说这是三维集成的最终形态，是未来的趋势。

简单地说，三维集成就是将各种不同功能的 IC 芯片（包括异质芯片、异构芯片），借由封装技术或半导体制程，再整合至另外一个硅晶圆、玻璃或其他半导体材料上面，实现更强大的功能。例如，过去存储器与中央处理器的芯片是分开的，如今，两者整合已成为趋势。不仅如此，包括 3D IC、晶圆级封装、硅光子技术、MicroLED 等，都是三维异质异构集成的应用案例。

三维集成具备两大优势：第一，在进行 IC 设计时，不需要把所有功能设计在同一个芯片上，可以提高设计开发的效率；第二，突破硅的物理限制，更能将硅应用到各种不同领域。

要实现先进的三维集成，业界需要高效有力的设计工具。

近日，Deca Technologies 公司与先进封装供应商日月光（ASE）和西门子的 Calibre® 平台（业界设计验证的金牌标准）紧密合作，推出 APDK™（自适应图案® 设计套件）解决方案，在实现突破性电气性能的同时，现今先进异构集成的各个方面都能保证在制造能力范围内。APDK 可以帮助客户解决设计方面的复杂问题，使终端客户能够认识到自适应图案（AP）的强大功能。

每个 APDK 都将全套自动化、设计规则、设计规则检查（DRC）平台和模板集于一个软件包中，提供了一个交钥匙的设计流程。每项设计均由模板启动，同时广泛的自动化指导设计者从初始布局到自适应图案模拟，最后使用西门子的 Calibre 软件完成设计签收。

据悉，通过 OSAT 联盟计划，西门子数字工业软件已加入 Deca 的 AP Live 网络，这是一个不断发展的供应链生态系统，包括 EDA 供应商和 OEM。Deca 的 AP Studio 模块将自适应图案设计流程与西门子的 EDA 产品进行整合，提供了一个整体设计解决方案以及一个经验证的平台。通过与 APDK 框架结合，自适应图案提供了一个从设计到生产的无缝流程。APDK 已在 ASE 取得成果，它正在迎来一个高密度、异构集成的新时代。

Deca Technologies 公司首席技术官 Craig Bishop 表示：“在整个行业内，先进封装解决方案，例如 M 系列，是摩尔定律持续延伸的关键。通过自适应图案，我们已解决关键制造难题，现在随着第一款 APDK 的推出，我们正在解决设计方面的复杂问题。设计人员需要一个全栈解决方案，以迅速推出新产品，并对最终结果抱有高度信心，我们相信我们的 APDK 能够实现这一目标。”

赵雪芹

## 应用材料公司工艺控制创新： 将大数据和人工智能融入到芯片制造技术

2021年3月16日，应用材料公司宣布在工艺控制方面的重大创新，基于大数据和人工智能技术，该项创新可助力半导体制造商在技术节点的全生命周期内加速节点进步、加快盈利时间并创造更多利润。

半导体技术正变得日益复杂而昂贵，缩短先进技术节点研发和产能增长所需的时间，对全球芯片制造商而言价值数十亿美元。随着线宽的不断缩小，曾经无害的微小颗粒变成影响良率的缺陷，使得检测与缺陷校正的难度日益增加，而应对此问题的能力就是制胜关键。同样地，3D晶体管的形成和多重工艺技术也带来了细微变化，导致降低良率的缺陷成倍增加，而解决这些既棘手又耗时的缺陷正是这一技术攻关的核心所在。

应用材料公司正凭借工艺控制的“新战略”，将大数据和人工智能技术的优势融入到芯片制造技术的核心，以应对这些挑战。该解决方案包括三个组成部分，较之于传统方式，其实时协同工作能够更快速、精准和经济地发现缺陷并将其分类。这三个部分是：

■ **新型 Enlight® 光学晶圆检测系统**：经过五年的发展，Enlight系统结合业界领先的检测速度、高分辨率和先进光学技术，每次扫描可收集更多对良率至关重要的数据。Enlight系统架构提升了光学检测的经济效益，使得捕捉每片晶圆关键缺陷的成本较其它同类的检测方式降低三倍。通过显著的成本优化，Enlight系统能够让芯片制造商在工艺流程中增加更多检测点。由此产生的大数据可用性增强了“在线监控”，这是一种统计学工艺控制方法，可在良率出现偏差之前对其进行预测，立即检测出偏差，从而停止晶圆加工以确保良率，同时迅速追溯缺陷的根本原因，快速校正并继续进行大规模量产。

■ **新的 ExtractAI™ 技术**：由应用材料公司数据科学家开发的 ExtractAI 技术解决了最艰巨的晶圆检测问题，即：从高端光学扫描仪产生的数百万个有害信号或“噪音”中，迅速且精确地辨别降低良率的缺陷。ExtractAI 技术是业界独有的解决方案，可将由光学检测系统生成的大数据与可对特定良率信号进行分类的电子束检测系统进行实



图1：Enlight®光学晶圆检测系统结合业界领先的检测速度和高性能光学技术，在捕捉降低良率缺陷的成本上取得突破。

时连接，从而推断 Enlight 系统解决了所有晶圆图的信号，将降低良率的缺陷与噪音区分开来。ExtractAI 技术十分高效，它能够仅凭借对 0.001% 样品的检测，即可在晶圆缺陷图上描绘所有潜在缺陷的特征。这样我们可以获得一个可操作的已分类缺陷晶圆图，有效提升半导体节点发展速度、爬坡和良率。人工智能技术在大规模量产期间能够适应和快速识别新的缺陷，随着扫描晶圆数量的增多，其性能和效率也在逐步提升。

■ **SEMVision® 电子束检测系统**：SEMVision 系统是世界上先进和最广泛使用电子束检测技术的设备。基于行业领先的分辨率，SEMVision 系统通过 ExtractAI 技术对 Enlight 系统进行训练，对降低良率的缺陷进行分类，并将之与噪音进行区分。Enlight 系统、ExtractAI 技术和 SEMVision 系统的实时协同工作，能够帮助客户在制造流程中识别新的缺陷，从而提高良率和利润。大量安装使用的 SEMVision G7 系统已实现了和新型 Enlight 系统和 ExtractAI 技术的兼容。

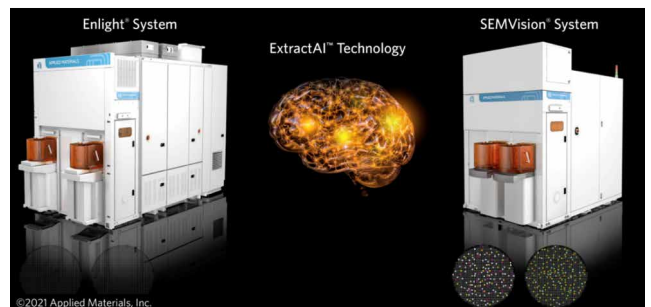


图2：新的 ExtractAI™ 技术是这一创新的关键：该方案可将由 Enlight® 光学检测系统和 SEMVision® 电子束检测系统产生的大数据进行实时连接，能够自动和灵活地发现降低良率的缺陷并对其进行分类，相较于传统方式，该方案更加迅速、高效且节省成本。

VLSIresearch 董事长兼首席执行官丹·哈奇森表示：“30 多年来，晶圆厂工程师一直致力于解决如何快速并精确地从噪声中区分出降低良率的缺陷。搭载 ExtractAI 技术的应用材料公司 Enlight 系统是解决该项挑战的突破性产品。由于系统用的越多，人工智能会被训练的越聪明，随着时间推移，它能够提升芯片制造商每片晶圆的利润。”



应用材料公司集团副总裁兼成像与工艺控制事业部总经理基斯·威尔斯表示：“应用材料公司工艺控制‘新战略’融合了大数据和人工智能，提供了一种智能且具有适应性的解决方案，可以帮助客户节省时间，实现良率最大化。结合应用材料公司一流的光学检测和电子束检测技术，我们推出了业内独有的智能解决方案，它不仅能够检测并对降低良率的缺陷进行分类，还可以实时学习和适应工艺变

化。这项独特功能可使芯片制造商更快攻关新技术节点爬坡时间，在整个工艺生命周期内高效捕捉降低良率的缺陷。”

采用 ExtractAI 技术的新型 Enlight 系统是应用材料公司有史以来成长最快的检测系统，该款产品已被运用于客户在全球领先的代工厂逻辑节点生产中。20 多年来，SEMVision 系统始终是业界领先的电子束检测设备，已有超过 1500 台设备遍布于全球的客户晶圆厂内。

## 适合先进封装细间距应用的焊锡膏

持续小型化的趋势和 3D 集成模块进一步提升了封装技术的复杂性和功能性。系统级封装 (SiP) 中的元件数量不断增加，但同时封装体尺寸越来越小，这为焊接材料带来了挑战。此外，通信、计算机和消费电子市场的竞争极为激烈，缩短新品上市时间是厂商保持竞争力的重要战略优势之一。



贺利氏系统级封装焊锡膏采用兼容性极高的特别设计，可满足细间距应用的严苛要求。Welco<sup>®</sup> AP5112（也称为 WS5112）是一款无卤素水溶性焊锡膏，专为解决上述挑战而开发。

Welco<sup>®</sup> AP5112 由于与生俱来的出色流变性，它具有优异的印刷性，可实现卓越的细间距印刷效果。Welco<sup>®</sup> AP5112 的钢网使用寿命通常在 7 小时以上。该助焊剂平台与多种合金（低 Alpha 和超低 Alpha SAC305 合金）、6 号与 7 号 Welco<sup>®</sup> 焊粉及其他产品相兼容。Welco<sup>®</sup> AP5112 不仅具有出色的润湿性能，可有效防止飞溅，而且焊渣残留量极低，很容易清洗。

借助 7 号 Welco<sup>®</sup> AP5112 焊锡膏，倒装芯片和表面贴装器件焊盘可实现一体化印制，从而减少工序、简化 SiP 封装加工步骤，同时消除因基板翘曲和 / 或倒装芯片放置不均导致的焊接不完整现象。

Welco AP5112 焊锡膏专为超细间距应用而开发，可确保极低的空洞率。一次完成多个器件和倒装晶片的印刷，可减少加工步骤，简化 SiP 封装流程。

通过 Welco 技术平台，贺利氏还推出 6 号、7 号焊粉及其他产品。

Welco AP519 T6（6 号焊粉）焊锡膏采用贺利氏专有的 Welco 焊粉配制而成，是一款技术先进的低温免清洗型无铅焊锡膏。该产品专为回流焊峰值温度不超过 170°C 的工艺而设计，它具有

以下优势：空洞率极低，在超细间距应用中脱模性能稳定，大幅减少锡珠，可操作时间长。更重要的是，Welco AP519 T6 焊锡膏成功解决了热管理带来的种种问题，有效克服了 SiP、PoP 甚至 MiniLED 芯片粘接应用等复杂封装架构中的热翘曲现象。此外，由于回流焊温度较低，能源成本大大降低。

Welco LED100 T7（7 号焊粉）是一款技术先进的免清洗型印刷焊锡膏，专门针对 MiniLED 芯片粘接而设计，适用于电视屏幕、监视器、平板电脑、视频墙等设备的 MiniLED 背光和显示屏。Welco LED100 T7 焊锡膏在 70 μm 钢网开孔上的脱模性能极佳。同时，该产品拥有出色的稳定性，例如在 MiniLED 应用中展现出优异的热循环能力和焊接强度。此外，Welco LED100 T7 还具备大幅减少锡珠、空洞率极低、可操作时间长等优势。

目前，Welco LED100 已顺利通过一家领先的 LED 显示供应商的认证，而 Welco AP519 通过了主流 OSAT 和 LED 显示器制造商的高级资格认证。

“这两款产品都能很好地应对先进封装行业的主流发展趋势，即微型化、热管理和降低成本的需求。此外，凭借贺利氏专有的 Welco 焊粉技术，我们随时可以利用更细的焊粉，生产出满足未来超细间距应用要求的产品。”贺利氏电子总裁 Klemens Brunner 博士表示。

## 全自动mWL.cs晶圆箱装载机

奥地利 mechatronic systemtechnik 公司是全球领先的半导体晶圆处理自动化设备供应商。mechatronic systemtechnik 推出新产品：mWL.cs 晶圆箱装载机。作为独立的全自动系统，mWL.cs 完成晶圆在晶圆箱和晶圆盒之间的转移。mWL.cs 可以帮助 IDM 增大产能，并改善高产量的过程可追溯性。



mWL.cs 晶圆箱装载机的重要特点：

- 卓越的处理精度和可重复性——实现自动机台测量及自动教学（误差小于 50 $\mu$ m）
- 提高了流程的可追溯性——主机将收到通知，包括晶圆编号、晶圆盒编号、区段编号以及机台
- 冗余——有两个装载区域用于连续加工
- 传送次数多——吞吐量高，每小时产出量可达 240 片晶圆，这让公司能在两年内就获得投资回报
- 双尺寸晶圆处理——根据需求进行定制，可单独处理大小为 4 英寸、6 英寸、8 英寸的晶圆，或同时处理 6 英寸和 8 英寸的晶圆（即双尺寸处理）
- 占地面积小——不到 7 平方米

进行蒸发沉积流程时，所用工具一般会借助球形载体和圆环，以实现质量统一和减少缺陷的目标。但是，因这类工具的设计的不足，在制造过程中难以在这一步引入晶圆自动处理系统。一般而言，IDM 厂商总是默认在这一步手动装载晶圆，这使得产能下降，还增加了错误操作的风险。

“在利用蒸发型金属沉积法时，实现晶圆装卸系统的自动化，这是很有潜力的一步，” mechatronic systemtechnik 公司销售总监 Stefan Detterbeck 表示，“通过杜绝蒸发过程中人为出错的因素，我们的系统能让制造商获得更大产能，并减少对晶圆的损害。流程可追溯性提高了，这有利于采取措施提高质量，以满足关键客户行业在规范方面的要求。”

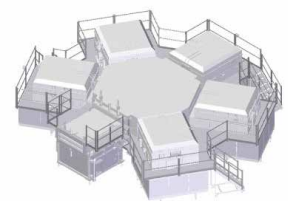
作为面向非标准基板和处理需求的全自动处理系统专家，mechatronic systemtechnik 公司认识到，半导体行业对处理现代新型晶圆制造技术要用的超敏基板所产生的需求，并予以解决方案。mechatronic systemtechnik 公司借助其资深专业知识和专有技术，为制造商提供了安全、可靠的系统，使其能轻松放心地处理非标准基板。更多信息请浏览 [www.mechatronic.at](http://www.mechatronic.at)。

## 用于高分辨率显示屏制造的等离子刻蚀系统

东京电子（TEL）推出 Impressio™1800 PICP™Pro 和 Betellex™1800 PICP™Pro 等离子刻蚀系统，新系统具有该公司最新的 PICP™Pro 腔室，用于第 6 代（1500 mm×1850 mm）玻璃基板的高分辨率处理。



Impressio™1800 PICP™Pro



Betellex™1800 PICP™Pro

G6 显示屏主要应用于智能手机等配备的高分辨率 OLED 面板，人们迫切期待进一步的创新，以实现更低的功耗和更智能的用户界面。这些创新技术将需要较高密度的电路图案，这就要求制造设备具有比以往都更严格的控制能力。

为了应对这些市场需求，TEL 开发了 PICP Pro 技术，它提供控制等离子体空间产生区域的新能力，同时保持

TEL 专有的 PICP™高密度等离子体源的高精度刻蚀性能。新添加的功能可抑制对产品成品率产生不良影响的微尘和异物的产生，提高生产效率，实现比 PICP 更低的运行成本。PICP Pro 将有助于 OLED 面板提高分辨率、降低耗电量和提高性能等。

## 赢创与InnovationLab推出全新印刷柔性电池技术

特种化学品公司赢创近日推出了其全新印刷电池材料技术 TAeTTOOz<sup>®</sup>，并联合科技企业 InnovationLab，在德国慕尼黑印刷电子线上展览会（LOPEC）上展示了基于该技术的印刷电子产品。TAeTTOOz<sup>®</sup> 由赢创战略创新部门 Creavis 基于氧化还原聚合物开发而成。

赢创创新印刷电池材料技术 TAeTTOOz<sup>®</sup> 可用于高效生产充电电池单元。这一新材料可通过丝网印刷工艺被加工成极薄的柔性电池单元，从而为设计师提供极大的设计自由度，并且无需使用金属即可实现电能储存。采用 TAeTTOOz<sup>®</sup> 技术生产的电池不含液态电解质，因此不存在渗漏风险。与常规电池相较，有机聚合物电池拥有



一系列优势。比如，这种电池可通过常见印刷工艺生产，因此可确保较高的设计自由度。此外，这一电池材料不含金属或金属化合物。

赢创 TAeTTOOz<sup>®</sup> 研发负责人 Michael Korell 博士表示：“我们与 InnovationLab 的合作十分愉快。我们希望 TAeTTOOz<sup>®</sup> 技术

能够促成更多新应用。在万物互联的物联网时代，此类不含金属的印刷电能储存装置拥有广阔的应用前景。”在医疗保健行业中，印刷电池可显著提升生命机能监测传感装备的穿戴舒适度。而在物流领域，使用印刷电池的传感器也可监测疫苗、食品等敏感商品供应链上的包装安全性。

## 3D传感计量和检测解决方案

高精度 3D 传感技术解决方案开发制造商 CyberOptics<sup>®</sup> 公司在 SEMICON China2021 展会上展示装备 Multi-Reflection Suppression<sup>™</sup> (MRS<sup>™</sup>) 传感器的 WX3000<sup>™</sup> 计量与检测系统，还有用于半导体工具设置和诊断的高精度 WaferSense<sup>®</sup> 传感器。

集成到 CyberOptics WX3000 系统中的 50 纳米分辨率 MRS 传感器可以提供 0.2 微米的精度，可量测最小到 25 微米的锡球。在保留其拒绝杂散多重反射能力的同时，它还增加了捕获和分析锡球、凸点和焊柱闪亮表面的镜面反射能力，使得可以对这些关键封装特征进行高精度检测和 3D 计量。完成 100% 的 3D/2D 检测和凸点计量，比其他技术快 2 ~ 3 倍，可提供每小时超过 25 片晶圆（300 mm）的生产能力。



CyberOptics 总裁兼首席执行官 Subodh Kulkarni 博士表示：“随着晶圆级和先进封装对高分辨率、高精度、100% 检测和计量需求的不断增加，WX3000 系统不仅满足了这些技术要求，而且还具有其他技术无法比拟的速度。”

该公司还对高精度传感器进行数字演示，这些传感器被工艺和设备工程师用于制造前端，以加速设备鉴定，缩短设备维护周期，降低设备费用，



并优化预防性维护计划。WaferSense<sup>®</sup> Auto Resistance Sensor<sup>™</sup> (ARS, 自动电阻传感器) 支持实时测量半导体电化学沉积 (ECD) 应用中电镀槽接触电阻，In-Line Particle Sensor<sup>™</sup> (IPS, 在线粒子传感器) 24/7 地检测和监控，发现并排除任何制造区域内气体和真空中 0.1 μm 以下的微粒。有关更多信息，请访问 [www.cyberoptics.com](http://www.cyberoptics.com)。



## 格芯22FDX射频解决方案 助力毫米波汽车雷达

格芯® (GLOBALFOUNDRIES®) 与博世将合作开发和制造下一代汽车雷达技术。

博世采用格芯 22FDX™ 射频解决方案，开发制造了用于先进驾驶辅助系统 (ADAS) 应用的毫米波汽车雷达片上系统 (SoC)。ADAS 应用通过保持车辆行驶在正确车道上、发出碰撞警告、启动紧急制动、辅助泊车等，帮助驾驶员实现安全驾驶。

博世之所以选择格芯作为下一代毫米波汽车雷达的合作伙伴，是因为格芯在射频和毫米波特殊工艺半导体代工解决方案方面处于领先地位。格芯 22FDX 射频解决方案具备出色的性能、功耗和广泛的功能集成能力，是汽车雷达的理想半导体解决方案。

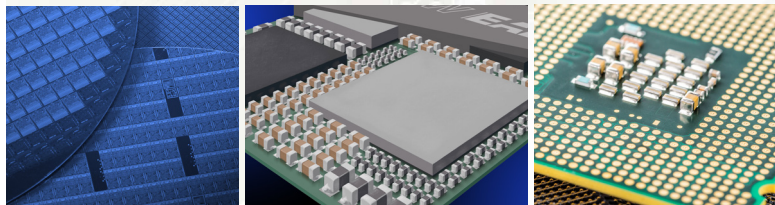
格芯高级副总裁兼汽车、工业和多市场战略业务部总经理 Mike Hogan 表示：“我们很荣幸能与博世合作开发新一代汽车雷达，帮助车辆变得更加智能，让道路交通比现在更安全。博世作为汽车行业高品质 OEM 解决方案的创新者和供应商，其领导地位毋庸置疑。格芯将汽车半导体技术的卓越布局作为核心战略，我们的 22FDX 可以提供出色的高性能、低功耗解决方案。此外，格芯是唯一具有内部毫米波测试能力的晶圆厂。”

博世高级副总裁兼集成电路部门负责人 Oliver Wolst 表示：“可靠的雷达和 ADAS 系统对全球各地的驾驶员和汽车制造商来说都至关重要。我们之所以选择与格芯合作，是因为他们不仅在射频和毫米波技术方面处于公认的领先地位，并且在汽车市场拥有深厚的专业知识。我们仔细审查了各种现有的半导体解决方案，最终发现对于我们下一代高效安全的汽车雷达来说，格芯 22FDX 射频解决方案是当今最有吸引力、最合适的平台。”

格芯 22FDX 芯片在其德国德累斯顿 Fab 1 晶圆厂生产。

作为合作关系的一部分，博世将利用格芯汽车统包解决方案进行毫米波测试和封装开发，这将有助于提高设计效率并加快产品上市。这些后端与统包服务将在格芯德累斯顿 Fab 1 晶圆厂和佛蒙特州伯灵顿附近 Fab 9 晶圆厂中格芯世界一流的毫米波测试实验室中提供。

首批基于 22FDX 的雷达 SoC 将用于进一步测试博世新一代汽车雷达，计划于 2021 年下半年交付。



## 用于半导体封装的 印刷、点胶、回流焊、 清洗和热处理设备

ITW EAE 正在推进半导体封装下一代技术的创新与发展。新技术能显著提高生产率和良率。

MPM® Edison™ 是市场上最精确的印刷机。Camalot® Prodigy™ 点胶机具有最先进的技术，例如 Dynamic Dual Head™ (动态双头)，无论零部件之间如何旋转，两个点胶泵都可以同步点胶。Vitronics Soltec 回流焊系统具有无与伦比的可靠性。Electrovert® 离心和在线清洗系统能对高级封装进行高性能清洗。Despatch® 提供用于聚合物固化等的高性能烘箱。

## 专为提高半导体良率而设计



请在 4 月 21-23, Nepcon 中国上海展会上  
1H46 展位, 参观我们的展台。

## ASM在中国经历高速发展

为半导体制造提供先进ALD, Epitaxy, PECVD和炉管设备

ASM 国际集团 (ASM International N.V.) 作为半导体工艺设备领先供应商, 其产品技术包括: 原子层沉积 (ALD)、外延生长 (Epitaxy)、增强等离子体化学气相沉积 (PECVD) 和立式炉 (Vertical Furnace)。2021 年 3 月 18 日, SEMICON China 展会期间, ASM 举办媒体会, 向业界介绍公司一年来的业务发展和最新产品技术。

ASM 中国区总经理徐来先生介绍: ASM 总部位于荷兰阿尔默勒, 1968 年成立, 已经有超过 50 年的历史。2019 年, ASM 进入了全球前十大半导体设备厂名单。2020 年, ASM 总营收相比 2019 年增长了 18%, 达到 13 亿欧元。主要的业绩增长来源于中国的强劲增长和我们在先进逻辑制程市场的高占有率, 特别是 ALD 领域。2020 年公司总营收和中国市场营收都做到了历史最高纪录。

“ASM 是全球最大、市场占有率最高的 ALD 设备供应商, 在外延生长、PECVD 和立式炉等方面也保持领先地位, 公司的立身之本是独有的 IP 技术, 并且长期与全球最先进的工厂合作, 不断提升我们的技术。”徐来说, “2019 年到 2020 年, 我们员工增长 11%, 专利拥有数量增长 7%, ASM 正站在快速发展的趋势之上。”

“2020 年, ASM 在新加坡有一个工厂投入使用, 这个工厂和之前的新加坡工厂相比增大了 4 倍, 之后我们会关闭或缩小荷兰、韩国等地的工厂, 集中在新加坡工厂生产。”徐来说, “随着业务的增长, 我们不再因为工厂的面积、生产能力而受限制。现在整个供应链来讲, 主要还是受制于零部件的交期, 我们供应交期的时间长短, 也是根据每个月、每个季度供应链的交货情况所决定的, 至少生产能力方面不会是我们的瓶颈。”

ASM 为中国半导体代工厂建有强大的生产及加工平

台, 可处理加工涵盖低于 200mm 至 300mm 规格的晶圆, 面向逻辑芯片 / 代工厂、存储 / 模拟制造与晶圆市场。

ASM 的拳头产品 ALD 分为两类, 一类和热相关, 一类和等离子相关, 在国内都有装机量, 其中 Pulsar 目前市场上占有率是 100%。ASM 的 ALD 产品近年都保持两位数的增长, 其单晶圆 ALD 占全球市场份额达 53%。在中国代工厂和存储器客户中, ASM 的 ALD 地位正持续提升。

在过去一年外延是热门话题, 增长迅猛。ASM 在厚外延技术上是领先的, 因为这个技术在国内打开了很大的市场, 为国内客户提供了较好的选择, 目前在大气压力的外延市场占有率增长很迅速。

ASM 很早就开始做炉管, 以前在中国市场的占有率不太好, 近三年得到了很大提升。在中国过去两年装机量剧增, 主要增长的是 200mm (规格晶圆) 的机型, ASM 是目前唯一一家在 200mm (规格晶圆) 上还开发新机型的设备公司。

ASM 在中国扎根 20 年, 随着中国半导体产业的高速成长, ASM 在中国的发展非常快, 远超过 ASM 在其他国家, 每年的增长都非常高。ASM 在中国的客户也越来越多, 总的客户有 100 多个, 2020 年中国的营收超过了 2 亿欧元, 获得了很多客户的认可, 并且得到了不同客户的多个奖章。ASM 中国为整个中国提供技术支持和先进技术研发服务, 在当地拥有相关设备并存有配件, 确保随时随地快速响应客户需求。

徐来表示: “在中国 20 年的深耕历程让我们能够强有力支持该地区的快速发展, 我们已经与中国绝大多数头部工厂长期保持良好合作关系, 与当地客户共同协作以达成他们的工艺技术目标并实现量产。”



XP8® QCM



Eagle® XP8®



Synergis®



Pulsar®



Emerald®

ASM的ALD设备

## 普发真空追求节能高效灵敏，满足半导体制造严苛需求

作为全球领先的真空技术和泄漏检测解决方案供应商之一，普发真空在 SEMICON China 2021 展会上亮相了其在半导体及其他先进制造业和科研领域的整体解决方案。

半导体器件的生产离不开洁净的真空环境。普发真空在展会现场展示了其明星产品，包括 ASM 392 检漏仪、A 3004 多级罗茨泵、A 200L 多级罗茨泵以及 HiPace 2300 涡轮分子泵，与全球半导体领域的友商及媒体朋友们深度交流，共同探讨普发真空如何在中国助力未来半导体行业发展。

### 节能高效灵敏，满足严苛的半导体制造应用

半导体和平板显示器行业对于真空生产环境要求极为严苛，这些应用要求真空仪器具备快速的抽空时间和高灵敏度。普发真空的 ASM 392 检漏仪无与伦比的灵敏度和精确度恰好能够满足这一需求。除了检漏仪都会配备的干式非接触式前级真空泵和高真空涡轮分子泵之外，它装有一台额外的涡轮分子泵，能缩短泄漏检测时间，同时不会在尺寸和可操作性方面有任何妥协，人机工学设计独特，可操作性强，可用于各种测试场地，即使狭小的空间也应对自如，这都使其成为清洁环境下各种组件泄漏测试的理想工具。

对于半导体晶圆、显示屏及太阳能电池等严苛型应用，普发真空展示了 A 3004 多级罗茨泵。它的抽速高达 3,000 m<sup>3</sup>/h，工艺寿命延长，能耗降低，是市场上运营维护成本最低的产品之一。除此以外，该系列泵还配备了一个扩展的温度管理，扩大了工作温度范围，提高了工艺可靠性。

作为能适应高吞吐量应用和频繁抽空循环的全新 200 m<sup>3</sup>/h 级别产品，A 200L 多级罗茨泵更是展示出了普发真空在集成干



高能 A 3004 多级罗茨泵，抽速可达 3000 m<sup>3</sup>/h。

式泵市场中的全球领导地位。A 100 L 泵对于半导体行业生产设施的泵集成有革命性的意义——这种泵以干式多级罗茨泵技术为基础，尽管尺寸小，却依然具有高抽速和短抽空时间。如今，普发真空 A 200 系列在全世界范围内众多 300 mm 半导体晶圆工厂都已安装。

此外，普发真空还重点展示了能够应用于侵蚀

性气体环境的 HiPace 2300 涡轮分子泵。这款紧凑且性能卓越的涡轮分子泵具有高性价比和安装角度的灵活性，革命性的转子设计为其带来更出色的抽速，更好的前级泵兼容性和更大的气流量，对于小分子气体具有更高的压缩比。

普发真空高度重视半导体领域的业务发展。2019 年在无锡扩建的新工厂更是增加了干泵生产、全新泄漏测试系统 ATC 的生产以及泵站组装等业务能力，更好服务中国本土客户需求的同时，还能够促进公司在真空镀膜、半导体等市场的战略增长。

普发真空总经理 Julien Valentin 表示：“尽管受到新冠疫情的影响，中国的半导体行业仍呈现出逆势增长趋势。中国市场位列普发真空增长战略支柱之一，成为促进我们全球业务发展的强劲动力。未来，我们将继续因地制宜，持续深耕中国市场，更好地服务本土客户，推动中国第三代半导体产业腾飞。”

自 1890 年创立以来，普发真空不断树立真空技术的新标准，并通过持续开发创新成果并成功推向市场，帮助科学界与工业界从中受益。未来，普发真空期盼以创造出最先进的真空技术解决方案作为源动力，以最高标准要求自身，不断地创新，为中国客户提供更丰富的灵感和更多样的产品组合。



紧凑的复合轴承 HiPace 2300 涡轮分子泵。



## AFM实现超大和超重平板显示器的纳米精度测量

Park Systems 的原子力显微镜 (AFM) 专家凭借其开创性的 NX 针尖扫描头 (NX Tip Scan Head, NX-TSH), 开发出自动化的 AFM 系统, 突破了其他计量工具在测量超大和超重平板显示器时 300mm 的上限。

Park Systems 发布其采用 NX 尖端扫描头 (NX-TSH) 的自动化 AFM 系统, 满足了大型平板显示器对原子力显微镜 (AFM) 计量方面日益增长的需求。NX-TSH 设计用于测量 300mm 以上的面板, 并与面板显示器制造商未来不断发展的需求相兼容。

根据 Park Systems 的说法, 该公司的新型 AFM 采用了移动式针尖扫描头, 该扫描头专门设计用于对大型样品 (例如 OLED 和 LCD 屏幕) 进行自动的 AFM 测量和分析。自动化的 NX-TSH 结合 X, Y 和 Z 扫描仪, 并安装在龙门式气垫平台上, 可以直接移动到基板上的任何一点。Park 公司说, 这种创新的技术解决方案可形成粗糙度, 台阶高度, 临界尺寸和侧壁尺寸的高精度和精确的图像, 从而满足制造商开发高达 65 英寸和 75 英寸大型平板显示器的计量需求。该系统还可以根据制造商的需求满足 75 英寸以上面板的测量要求。

“Park NX-TSH 是为制造商生产下一代平板显示器建设工厂而专门开发, 旨在克服 300mm 尺寸阈值极限,” Park Systems 的总裁 Keibock Lee 说。“使用导电原子力显微镜, Park NX-TSH 通过一个可选的探针台测量样品表面, 该探针台与样品表面接触, 并能够同时提供小器件或芯片的电流信息。”

Park Systems 的 NX-TSH 最多可以扫描  $100\ \mu\text{m} \times 100\ \mu\text{m}$  (XY 方向), 在 Z 方向上可以扫描  $15\ \mu\text{m}$ ; 它具有一个灵活的卡盘, 可以容纳超大样品和超重样品。

“Park Systems 使用 Park NX-TSH (针尖扫描头) 系统将 AFM 工具扩展到了 Gen10+ 和所有大型平板显示器上, 并且是唯一用于 300mm 以上大型样品分析的自动针尖扫描头,” Lee 补充说。

在操作时, 样品将固定在 NX-TSH 系统内的卡盘上。针尖扫描头 (安装在机架上) 根据预定的扫描程序移动到样品表面的测量位置。Park Systems 说, 原子力显微镜是一种最准确的无损的纳米级样品测量方法。通过利用 Park Systems 的 NX-TSH, 可以在 OLED, LCD 和光刻掩模等

上面获得可靠且高分辨率的 AFM 图像。其龙门式桥架系统提高了生产率和整体质量。

适用于 OLED, LCD 和 2D 编码器样品的 Park Systems 的 NX-TSH 全自动化 AFM 系统的技术规范如下:

- 针尖扫描头在 X, Y 和 Z 方向上的尺寸: 高达  $100\ \mu\text{m} \times 100\ \mu\text{m}$  (xy 方向), 而在 Z 方向上为  $15\ \mu\text{m}$
- 灵活的卡盘, 可容纳 300mm 和 1kg 以上的超大和超重样品
- 用于超过 300mm 工业样品 AFM 分析的长程气垫 X, Y 工作平台
- 带有闭环双伺服系统的  $100\ \mu\text{m} \times 100\ \mu\text{m}$  曲率引导 X, Y 扫描仪
- 带有低噪声位置传感器的  $15\ \mu\text{m}$  高速 Z 扫描仪
- 自动测量控制和自动化系统功能, 具有例如实时监视测量过程, 自动分析采集的测量数据等特征。



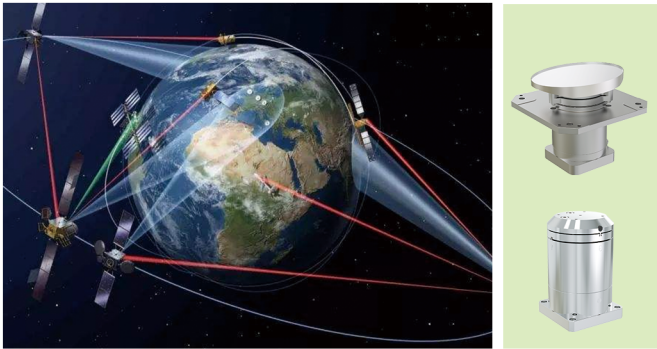
用于平板显示器的 Park Systems 的 NX-TSH 自动原子力显微镜 (AFM) 系统, 可以检查大型面板样品的纳米级电气缺陷。

### 关于 Park Systems 公司

Park Systems 是世界领先的原子力显微镜 (AFM) 系统制造商, 为化学, 材料, 物理学, 生命科学, 半导体和数据存储行业的研究人员和工程师提供了完整的产品系列。我们的使命是为科学家和工程师提供纳米级的解决方案, 以解决世界上最紧迫的问题, 并突破科学发现和工程创新的界限。

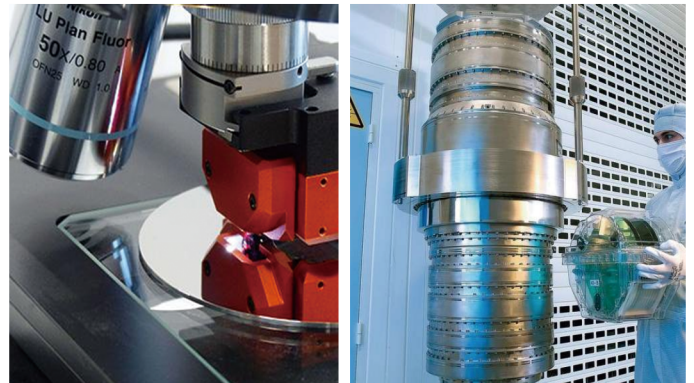
Park Systems 的客户包括亚洲, 欧洲和美洲的全球前 20 大半导体公司和大多数国立研究型大学。Park Systems 是一家在韩国证券交易所 (KOSDAQ) 上市的公司, 公司总部位于韩国水原, 地区总部位于美国加利福尼亚州圣克拉拉, 德国曼海姆, 中国北京, 东京, 日本, 新加坡和墨西哥的墨西哥城。

有关 Park Systems 的更多信息, 请访问: [www.parksystems.com](http://www.parksystems.com)。



航天级的高精度快反镜，应用于星地、星星之间激光通讯系统，激光3D直写光刻。

## CAPACITIVE SENSOR



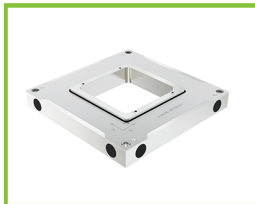
## 纳米位移电容传感器 CAPACITIVE SENSOR



## 纳米定位平台 NANO-POSITIONING STAGE



行程：100 $\mu$ m；  
分辨率：0.5nm；  
线性度：0.02%；  
谐振频率：400Hz；



行程：100 $\mu$ m；  
分辨率：0.5nm；  
线性度：0.02%；  
谐振频率：850Hz；

NANO-POSITIONING STAGE

三英精控（天津）仪器设备有限公司是一家专注于超精密运动控制技术和产品的开发，并致力于为科学研究、创新研发及高端仪器、设备的制造等提供系统的技术解决方案与集成，满足市场对超精密运动控制技术需求的专业制造商。公司核心技术集精密传感、精密驱动、精密机械、精密控制、精密集成等各领域技术于一体，综合技术指标已达到国际先进水平。公司产品涵盖大行程高精度运动平台、纳米和亚纳米运动控制平台、纳米位移电容传感器、精密运动控制集成系统等系列产品。

**指标范围：**

行程：8 $\mu$ m -1000 $\mu$ m； 分辨率：0.1nm -1.5nm；  
线性度：0.02%-0.05%； 谐振频率：250Hz-4000Hz；

**典型应用：**

表面检测、显微成像、激光技术、半导体加工与测试、高密度光存储与磁存储。



电话：022-22977677 传真：022-29516025 销售直线：022-29516025

邮箱：sales@symc-tec.com 网址：www.symc-tec.com

地址：天津市武清开发区创业总部基地C21号楼

# 契合市场，技术迭代， 汉高粘合剂的创新解决方案

**随**着人工智能、数据中心、5G网络、智能手机及智能汽车等新兴领域的发展，正推动着先进封装技术的前进，同时对封装材料的需求也提出了更高的要求。作为半导体行业粘合剂专家，汉高致力于提供先进的封装粘合剂，为各细分市场提供针对性整体解决方案。

3月17-19日，在SEMICON China 2021展会上，汉高重点展示了其为实现系统性封装的先进封装技术、存储器内部芯片堆叠的加工技术、氮化镓和碳化硅技术、紧凑摄像头模组及推动3D摄像头模组粘接的智慧电子材料粘合剂解决方案。汉高电子事业部市场策略经理刘鹏先生和汉高电子事业部半导体技术经理沈杰先生在现场接受了《半导体芯科技》等媒体采访，讲解了这些解决方案的特点及其应用场景，并一同讨论先进封装技术与摄像头模组技术的发展趋势。



汉高携粘合剂技术创新解决方案亮相2021 SEMICON China

**Q：电子胶水的产品种类很多，性能各异，请问怎么评判一款电子胶水的好坏？**

**刘鹏：**电子胶水的产品种类繁多，特性不同，关键要看应用在什么地方。在电子行业胶水的应用场景很多，半导体封装、模组组装，还有电子后道工艺的组装，每道工序对胶水要求是不一样的。我们首先要搞清楚技术要求，以及这个技术要求的目的是什么，然后才能为他们提供真正合适的胶水。也就是要了解客户的痛点，然后才能提供完全契合的材料，知己知彼才能做到最好。

**Q：近几年，AI，5G，无人驾驶及智能终端等新技术快速发展，这些对于粘合剂胶水提出哪些新的要求？**

**刘鹏：**半导体、电子市场有很多新的技术趋势，这首先对设计本身提出不同要求，进而延伸到胶水的定制化需求。对于新的技术趋势，我们与客户密切合作，紧跟是市场趋势，开发出相对应的胶水。

**Q：那么，针对客户的定制化要求，汉高是如何满足客户需要的？**

**刘鹏：**针对客户的定制化要求，汉高有三大优势：

首先，汉高有遍布全球的研发中心，每个研发中心各有所长，研发中心之间保持高效的技术沟通。所以，汉高具备强大的研发能力。

第二，汉高有遍布全球的销售和技术支持网络。我们知道胶水与应用是息息相关的，开发一个满足客户技术要求的胶水，需要通过客户真机或者样机的测试，这些都需要汉高销售渠道支持和线下技术支持。

第三，汉高不仅能满足定制化胶水的要求，并且能够保证这款胶水的顺利生产。这是汉高的隐藏优势，即稳定且灵活的国际化供应链管理体系。能很好的应对突发情况，比如说上游原材料供应商因为特殊情况突然断货了，供应链可以很快的反应过来。另外一种情况，当客户会有紧急的生产需求时，汉高的供应链可以做到灵活的调整生产计划，来满足客户的需求。

**Q：针对存储器堆叠封装，汉高推出了薄膜型阶梯状解决方案，为什么要采用胶膜和阶梯状？**

**沈杰：**传统芯片是用胶水点胶或者画胶，再把芯片贴上去。薄膜是在晶圆背面贴膜，贴好之后，再把晶圆切开，切开之后晶圆变成一颗颗芯片，芯片下面带有已经切好的跟它一样尺寸的胶膜，就可以通过热压的方式进行贴合。为什么做阶梯状呢？因为还要打线，所以要呈阶梯状空出打线区域。由于阶梯状空间会浪费，所以后面就出现了DR3产品，这样可以把线包裹到胶膜里，实现对边打线，减少电流组的距离，进一步实现低功耗。



随着后续晶圆进一步开发，工艺也发生了变化，但不管市场怎样变化我们都有整体解决方案去适应。汉高的 NCF200，它也是薄膜状，适合先进的 TCB 工艺，芯片和芯片之间的连接是通过 TSV 铜互连技术实现的。NCF200 是一款搓成薄膜的底填材料。它可以用在立体堆叠 TCB，它的工艺是贴在晶圆的正面，晶圆切开之后，用 TCB 键合上下芯片，直接相互互连，同时薄膜形成半固态填充芯片间的 gap 形成立体堆叠。它的好处在于，可以在整个芯片上面排布，更多的 IO 口，传输更多的数据同时尽可能利用封装体内的空间。比起用胶水时候会产生溢胶，同时随着芯片越来越薄，边上空间也越来越少的情况下，薄膜的好处是显而易见的。

近几年胶膜发展很快，不仅是传统胶膜，导电胶膜的需求也在与日俱增。目前国内一些厂已经朝向这个方面研发。

**Q：针对氮化镓和碳化硅大功率器件的发展，汉高有什么创新的解决方案？**

**沈杰：**第三代半导体的导电性、导热性能都要比前两代好很多。同时体积也会做的更小，意味着这些产品能量密度更高，所以对芯片的散热提出了很高要求怎么样让这么小的面积把热量高效地散出去，对于高导热芯片胶提出非常高的需求。传统 20-30 瓦导热的芯片胶已经捉襟见肘。汉高现在主要是通过两个技术来满足客户，一个是全烧结，可以达到 200 瓦以上。然后就是 8068TX 系列，它有各种子系列，用在一些 50 瓦到 100 瓦左右的应用。

碳化硅一直是市场最热门的话题之一，他们一般需要 100 瓦至 200 瓦以上的高导热芯片胶我们有全烧结的方案，配合压力烧结工艺实现。汉高的压力烧结方案非常成熟，其实我们一直在关注这个市场的发展，早在十年前汉高就有这个技术储备了，但那时市场还没起来，汉高已经意识到将来的趋势，现在机会成熟了。这款 SSP2020 是第二代产品，它可以用压力烧结，实现 200 瓦以上导热，也可以用无压力烧结，实现可观的高导热。我们还有非汽车电子应用的半烧结材料，用传统点胶方式，导热可以 50 瓦到 100 瓦。

**Q：请问模组市场对于胶水有哪些特殊要求？**

**刘鹏：**模组市场与半导体市场有一些区别，应用点不一样。首先，模组市场对胶水的可靠性要求越来越高，从原来的 250 小时到现在 500 小时，未来可能发展到 1000 个小时以上。第二，随着市场继续爆发式的增长，模组厂不断扩产，提高产能，人们发现现在单位时间生产模组数量成了限制产能的瓶颈。所以，要求胶水可以在这方面帮助提高生产速度。现在要求胶水，UV 快速固化 2 秒以内，热固化胶水由原来 60 分钟、1 小时，降到 5-10 分钟。这些对模组厂的良率或者模组厂的生产率有很大帮助。第三，模组技术迭代越来越快，终端设计希望通过这种技术迭代增加产品的卖点，所以每一代都不一样。因为这样的技术迭代，对胶水提出更多定制化需求，胶水迭代越来越快，这也是胶水未来发展的趋势。

**Q：对于半导体市场来说，电子胶水的哪些性能至关重要？未来发展有什么趋势？**

**沈杰：**对于半导体市场来说，导电胶，更高的导电导热性能是很重要的，还有对于不同金属材质的适应性，同时又要有很好的可靠性，这是我们正在发展的，并且已经取得突破性的进展。

关于胶水或者填充料的未来发展，对于材料商来说，需要提供多方位的解决方案，而不能只是拘泥于传统的胶水、胶膜，还涉及到一些底填材料，甚至 EMI 材料，包括每种材料它自己独特的特性。这方面汉高是有优势的，比如，我们已经研究很长时间异构产品，可以为大部分异构集成提供解决方案。

汉高不仅针对半导体封装、电子组装和模组开发产品，也跟一些客户合作，开发适应半导体制造前道的产品。我们已经有一些成功案例，像整体晶圆的包封，包括整体晶圆封装里面用的胶膜和胶水，目前只是国内市场有应用，还没真正成规模。这方面台湾走的比较前，我们可以参考学习。

**Q：请问汉高除了定制化方面的优势，还有什么与众不同的优势？**

**刘鹏：**汉高在创新粘合剂技术方面拥有逾百年的专业经验。针对整个电子胶粘剂市场，汉高还能提供大量资源来开发和测试新材料，以解决与关键市场趋势相吻合的关键技术问题。我们凭借创新理念、专业技术、全球资源以及在中国本地化生产和研发的有力支持，帮助客户解决挑战性的难题，为客户创造更高价值。

汉高每年大概有百分之六七十七的销售额是来自于近几年内开发的新产品，而不是来自于十年前甚至二十年前开发的产品。汉高的研发创新优势，使我们新产品迭代很快，可以顺应市场趋势快速开发新产品。

从两位受访者的交谈中，我们可以看到，汉高在技术创新、市场趋势洞察、客户需求把握等方面的持续努力，使

得其在市场上打造了独特的行业及技术领先优势。而且，汉高在中国市场的深耕细作，将进一步强化其在行业中的领导地位。

### 附：汉高针对不同细分市场的解决方案

#### 先进封装技术——系统级封装解决方案

随着电子产品日渐向轻巧、多功能和低功耗方向的演变，市场对于芯片与电子产品的高性能、小尺寸、高可靠性以及超低功耗的需求也在不断增长。

在众多封装技术中，倒装芯片技术的应用需求越来越广泛，随之而来的是对底部填充材料提出了更高的要求，既要确保保护盖或强化件与基材的良好粘合，又要减少芯片和封装体在热负荷下会发生翘曲的影响。

为此，汉高推出了专为倒装芯片器件而设计的毛细底部填充剂 LOCTITE ECCOBOND UF 9000AE、保护盖及强化件粘接粘合剂 LOCTITE ABLESTIK CE3920，以及用于功率 IC 和分立器件以满足更高散热需求的半烧结芯片粘接胶 LOCTITE ABLESTIK ABP 8068TB12。

LOCTITE ECCOBOND UF 9000AE 在使用后无树脂聚集及填料沉淀现象，其出色的快速流动性能够实现更高产能、更低工艺成本；LOCTITE ABLESTIK CE3920 则具有优异的作业性、优秀的粘结力以及高导电性能，能够在不使用保护盖的情况下将散热片连接到芯片背面；LOCTITE ABLESTIK ABP 8068TB12 在用于银，PPF 和金基材时具有良好的烧结性能，无树脂溢出、热稳定性高、电气稳定性好，能够满足更高的散热需求，实现系统级封装。

#### 存储器件技术——专为堆叠封装设计

为了增加存储器芯片功能的同时不增大封装体积，会使用加工厚度较薄的晶圆将芯片进行堆叠，使得电子产品性能增加的同时减小产品的体积，极具挑战。

为了满足不断发展的芯片堆叠要求，更薄的晶圆是必不可少的，因此有效处理和加工 25 μm 至 50 μm 厚的晶圆就变得十分重要。

汉高推出的非导电芯片粘接薄膜 LOCTITE ABLESTIK ATB 100MD8，用于晶圆层压工艺或作为 preform decal，专为用于堆叠封装的母子（多层）芯片而设计，稳定的晶圆切割和芯片拾取性能，适用于薄型大芯片应用，能够有效助力于当今存储器件的制作。

同时，为了契合当前流行的低功耗存储器件的堆叠封装，汉高推出了非导电芯片粘接薄膜 LOCTITE ABLESTIK ATB 100DR3，能够在不同的芯片粘贴参数环境中具备优异的引线渗透包裹性能，具有高可靠性。

另外，汉高的预填充型底填非导电薄膜 LOCTITE ABLESTIK NCF 200 系列作为透明的二合一胶膜，能够控制极小的溢胶量，专为支持紧密布局、低高度的铜柱以及无铅、low K、小间距、大尺寸薄型的倒装芯片设计，可以在 TCB 制程中保护导通凸块。

#### 氮化镓和碳化硅——大功率芯片粘接解决方案

以氮化镓和碳化硅为代表的第三代半导体材料具有更高的禁带宽度、高击穿电压、高电导率和热导率，在高温、高压、高功率和高频的领域将替代前两代的半导体材料，因此，也更适合于制作高温、高频、抗辐射及大功率器件。氮化镓和碳化硅的材料广泛应用于新能源汽车、射频、充电桩、基站 / 数据中心电源、工控等领域，具有巨大的发展前景和市场机遇。

针对这个领域，汉高推出了两款以高可靠性和高导电导热为特点的芯片粘接材料，一款是 LOCTITE ABLESTIK SSP 2020 全银烧结芯片粘接胶，不仅具有高电导率和高导热性，还具有在线工作寿命长，可加工性好的特点。另一款是汉高新一代 LOCTITE ABLESTIK ABP 8068T 系列半烧结芯片粘接胶，能够通过烧结金属连接，确保器件运行的可靠性。

#### 摄像头模组技术——实现更高成像质量

随着智能手机的蓬勃发展，手机摄像头已从原来的几十万像素升级到现在的上亿像素，而高清像素也对摄像头组

装提出了更高的要求。首当其冲的就是对其使用的大底、高像素图像传感器芯片的粘接要求。

为解决大尺寸图像传感器在传统组装工艺中碰到的芯片翘曲、镜头与镜筒匹配困难等问题，汉高重磅推出了用于大型 CMOS 传感器的芯片粘接胶，适用于快速固化后的扁平翘曲（-3~3 μm）的 LOCTITE ABLESTIK ABP 2042AA 和适用于快速固化后的笑脸翘曲（-4~0 μm）的 LOCTITE ABLESTIK ABP 2043。针对不同大小的芯片，不同翘曲程度的镜头器件，可以提供不同梯度区间的翘曲表现，避免镜头因为翘曲程度不匹配而出现虚焦、变形等问题。该系列产品可以实现低至 95℃，最快 3 分钟固化的特性，有效缓解制程对整体模组的影响，从源头上解决形变问题。另外，良好的导热性能也能有效缓解大尺寸芯片长时间工作的“高烧”问题。

摄像头模组包含诸多零部件，如图像传感器、镜座、镜头、线路板等。经过多次组装，叠加工差越来越大。而传统的装配方式因无法自由调整这些误差带来的影响，导致摄像头组装后出现虚焦，各个区域的清晰度不均匀等问题。

为修正各组件的机械公差，AA（Active Alignment）主动对准工艺便成为了生产商们的首选。汉高推出新一代用于镜头主动对准的镜头支架粘接剂 LOCTITE ABLESTIK NCA 2286AD 和 LOCTITE ABLESTIK NCA 2286AE。该系列产品具有高粘度和触变性，使胶线具有更高的长宽比，高粘接力与可靠性，从而可以更轻松地进行最终组装的调整，为手机摄像头的优异表现立下汗马功劳。

### 3D TOF传感器——助力摄像头走入3D时代

随着技术的进步，如今人们仅需一个平板电脑，甚至一部智能手机便能实现虚拟现实场景，不再需要复杂的采集设备及高成本的数据处理。实现这项技术的关键在于 3D TOF 传感器摄像头模组。

不同于普通的摄像头模组，3D 摄像头拥有更多新增元器件：比如激光发射器、衍射光学元件，而且模组实际体积往往更小于主流摄像头。此外 3D 摄像头模组的激光器控制芯片会在很小的面积上产生很大的热量。这就需要高导热，高可靠性的芯片粘接胶。

对于新增元器件，当然需要给予特别的呵护。汉高的 LOCTITE ABLESTIK ABP 8068TB 芯片粘接胶便非常适用于不同基材表面的高导热应用发射传感器，较高的银含量赋予它良好的导电导热性能，且具有优异的作业性、高粘接力及高可靠性，使之非常适用于激光控制芯片的粘接。同时，由于支架内部为封闭区域，如果加热固化温度过高，导致内部气压升高，容易产生断胶，使得异物流入摄像头内部就有了可乘之机。针对这一问题，汉高推出了用于各种传感器上支架粘接的 LOCTITE ABLESTIK NCA 2370B，其低温固化的特点对各种基材具有出色的粘接力，避免异物流入内部，具有高可靠性。

汉高在创新粘合剂技术方面拥有逾百年的专业经验，针对近年来中国国产化的机遇与挑战，汉高凭借创新理念、专业技术、全球资源以及在中国本地化生产和研发的有力支持，将继续秉承“在中国”、“为中国”的发展战略，帮助客户解决挑战性的难题，并积极为不同行业的客户持续创造更高价值。◆



紧凑摄像头模组解决方案 实现更高的成像质量



先进封装技术解决方案 实现更好的系统封装



# 超纯水创新技术助力半导体行业提升良率

采访Exyte中国工程工艺部经理Maheswaran Nair先生



Exyte中国工程工艺部经理  
Maheswaran Nair先生

**超**纯水是半导体生产过程中最重要的元素之一，主要用于制备工艺化学溶液、晶圆清洗和浸没式光刻。半导体晶圆在加工过程中暴露于超纯水中，因此，超纯水质量对晶圆生产工艺和产品良率有重要影响。随着半导体行业的快速发展和生产工艺的升级，对超纯水的各项指标要求也不断地提高。

近日,Exyte (益科德) 的超纯水创新方案获得由上海虹桥临空经济示范区颁发的“科创之星”奖, 此奖项认可了 Exyte 在超纯水技术领域获得的科技成就。《半导体芯科技》杂志就此采访了 Exyte 中国工程工艺部经理 Maheswaran Nair 先生, 讨论了超纯水技术对于半导体制造的重要作用, 以及 Exyte 的超纯水创新技术等内容。

**SiSC :** 首先, 祝贺 Exyte 超纯水创新方案获得“科创之星”奖。请您简单介绍一下这个项目的情况?

**Mr. Nair :** 非常感谢, 我们很高兴能获得这样一个享有盛誉的奖项。

超纯水简称为 UPW, 需要满足最高纯度的标准。存在于水中的各种杂质通常以颗粒物或溶解杂质、有机化合物或无机化合物, 以及各种溶解气体的形式存在, 这些溶解气体呈惰性或者能够发生化学反应。我们可以通过由多阶段组成的严格而苛刻的纯化工艺来获得超纯水 (UPW)。

硼是存在于自然水中的一种痕量杂质, 很难使硼的含量达到极低水平。在半导体工业中, 超纯水系统中硼的浓度会显著影响制造过程中的产品良率。硼是硅材料的掺杂剂, 在“掺杂”过程中, 将硼原子引入硅晶体中, 以改变硅晶体的电气特性, 这也不可避免地改变了硅衬底的导电性。因此, 为了满足硅衬底的持续电气特性以及产品良率, 必须使超纯水中的硼浓度达到极低水平。对于一些最新的先进技术而言, 大多数集成电路 (IC) 制造商要求硼含量低于 20 纳克 / 升, 甚至要求低于 1 纳克 / 升。目前市场中现有的传统 UPW 系统很多只能提供硼浓度在 15-20 纳克 / 升左右的超纯水。

通过对膜过滤和离子交换工艺的进化组合进行优化设计, Exyte 与合作伙伴一起开发了一个达到硼浓度小于等于 1 纳克 / 升的超纯水系统, 运用于上海的一家制造厂。

**SiSC :** 请问水中杂质如何影响半导体生产过程和制程良率?

**Mr. Nair :** 超纯水可广泛用于所有湿法加工操作的半导体设备生产, 包括晶片清洗、蚀刻或抛光。更先进的技术是利用超纯水来进行浸没式光刻。因此, 超纯水的纯度对半导体的制造过程至关重要, 因为它与硅片直接接触。有机物 (TOC)、颗粒物、细菌、金属和阴离子是影响产品良率的其他主要杂质。具体包括:

- 含有极性基团 (-OH) 的有机化合物与半导体加工过程中的氧化层的氧形成强键, 从而导致氧化层击穿和电压泄漏。氧化层上存在的有机物可导致光刻胶的粘附性变差, 从而在用光刻层曝光晶片后的湿蚀刻过程中造成过度切割。
- 某些有机物 (如尿素) 在紫外线照射下会影响化学活化光刻胶 (CAR) 的 pH 值。因此, 超纯水中较高浓度的有机杂质 (>1ppb) 会导致浸没式光刻过程中透镜模糊和图样形成不正确。由于洁净室内的湿度被严格控制, 加湿过程通常会使用超纯水, 因此超纯水中的杂质会通过空气传播, 与光刻图案发生反应, 引起图案问题。
- 晶片干燥过程中, 晶片表面残留液体层中的颗粒物会导致蒸发后残留物沉积。这些粒子经常导致半导体器件发生短路。
- 细菌也可以引起与其他颗粒物相同的缺陷。
- 过渡金属可影响正 - 负结。形成硅化物的金属会导致电介质击穿。金属可引起栅极氧化层击穿和改变基板电阻率。

- 最后，阴离子可影响金属沉积的吸附行为，并导致金属层发生腐蚀。

**SiSC：**请您介绍一下超纯水技术的发展趋势，面向半导体生产应用的超纯水技术有什么特别需求或者挑战？

**Mr. Nair：**半导体生产已经达到相当复杂的水平，随着产品复杂性的增加，对超纯水的污染程度检验也要求更加严格，这就需要我们开展更密切的合作来应对这种日益迫切的超纯水技术挑战。许多地区缺乏淡水资源，这在水回收率方面也给 FAB 工厂的操作带来了比以往更高的压力。水回收中最具挑战性的领域仍然是将回收水中的 TOC 物质控制在超纯水生产所需的水平范围内。

近年来，随着滤膜技术的不断发展，FAB 工厂的水回收率已达到最佳水平。在将废水回收到超纯水系统的过程中，污染风险的增加是 FAB 工厂操作人员需要考虑的一个关键因素。因此，发展城市基础设施是近期的一种发展趋势，从而将 FAB 工厂内的再生水用于其他用途或行业。

**SiSC：**请问 Exyte 的获奖方案，在超纯水技术方面有哪些创新？具体的各项技术指标取得哪些突破？对于该技术领域有哪些影响？

**Mr. Nair：**Exyte 是全球高科技设施设计、施工和运营先锋。我们与行业专家、技术服务商开展有效合作，为客户解决其当前和未来挑战。

我们持续与领先的技术和设备供应商密切合作，为客户提供高价值和经济效益的解决方案。这也需要不断创新和升级工艺设计，结合采购、施工和调试等阶段的丰富经验和项目管理能力，以实现最终目标。

在负责的半导体项目中，Exyte 与合作伙伴一起为客户实现了超纯水指标（硼）小于 1ppt 目标，高于目前行业小于 30ppt 的标准，此技术指标是首次实现于国内半导体项目中。

**SiSC：**请问 Exyte 的 UPW 创新方案是否可以推广应用到更多的半导体 FAB 工厂或者其他高科技领域中？

**Mr. Nair：**是的，我们的创新是围绕基于领先洁净室技术的超纯环境控制概念而设计和开发的。我们专注于每个客户的特定具体需求，从计划到验收调试，所有阶段都能提供全面的支持，并在其运营期间实施持续改进计划。在我们的 UPW 系统中，产水的水质、改进水的回收、成本效益和减少废物是重点关注的领域。这些都可以推广应用到更多高技术领域中。

**SiSC：**Exyte 作为高科技设施项目 EPC（工程总包）方，在中国半导体项目的建设方面，特别是纯水系统的工艺设计及项目管理方面，有哪些特别的业绩和经验？

**Mr. Nair：**Exyte 提供卓越的设计、工程和施工服务，是交付高科技设施和厂房的全球先锋。公司拥有超过 100 多年历史，早已在可控和受控环境方面具备特殊的专业技术。我们了解高科技设施的具体挑战和需求，并支持客户实现他们的下一个技术节点和路线图里程碑。Exyte 已在中国完成了 300 多个项目。

作为一家服务于半导体、电池、制药、生物技术以及数据中心等市场的全球公司，Exyte 自 1995 年就开始在中国开展业务，Exyte 中国拥有建筑工程施工总承包和机电安装甲级资质，公司能够设计和建造各种规模和复杂的设施。

安全一直是我们最优先考虑的问题，我们提倡每一个同事、供应商、分包商和客户积极参与，共同创造一种安全文化，每个人，每天都安全回家。这一点在 Exyte 中国和全球公司



Exyte 完成超纯水创新工程

# 热界面材料市场和技术趋势及新兴材料的机会

**热**界面材料 (Thermal Interface Materials, TIM) 不是很吸引人, 但通常是所有电子和能量存储应用中必不可少的组成部分。事实上, 它们几乎是无处不在的, 而且从供应商、材料选择、沉积技术、应用、市场需求和性能水平方面来看, 它们是非常多样化的, 这使得它们难以分析。IDTechEx 分析师 Dr Richard Collins 和 Dr James Edmondson 近日撰文介绍热界面材料市场和技术发展趋势, IDTechEx 的研究报告 - Thermal Interface Materials 2020-2030: Forecasts, technologies, Opportunities, 分析了各种现有主要的 TIM 技术和新兴 TIM 技术, 仔细研究了各种不同的应用, 包括基站、消费电子、电力电子、LED 和能源存储等, 对于 51 个细分市场给出了分析评估。

## TIM应用丰富多样

消费电子市场是当今最大的市场类别。这是因为每台设备中 TIM 含量比较高, 而且更重要的是, 消费电子设备年销售量巨大。在消费电子设备里, TIM 与电子部件和电池一同使用。例如, 在一个典型的移动电话中, 有多个热垫片将覆盖多个 IC 的 EMI 屏蔽盖连接到框架上。在电池下面和显示屏后面通常也有一个散热器。在近期的一些设计中, 设计人员还引入了热导管 (heat pipe) 作为一个紧凑而高效的散热器。在笔记本电脑中, TIM 通常位于 CPU、GPU、SSD 内

存和电池的上方或下方。总的来说, 消费电子市场是一个很大的市场, 但不会有显著的增长, 因为产品销售已经处于饱和阶段。

电信是另一个重要的市场。在传统的基站中, TIM 被用于基带和远程无线电主机。基带单元本身通常由基带处理板、控制板、电源等各种部件组成。近年来, 随着 LTE 基站在全球推广, 这个市场快速增长。这一趋势将继续下去, 因为 LTE 仍在世界各地推广, 比如中国。然而, 这一趋势从 2023 年将开始快速下降。这是因为 5G 基站将开始大量推出。因此, 机遇将转向 5G 系统。

在 5G 里, 对于 TIM 的需求可能是不同的。5G 的崛起将改变基带单

元和远程无线电主机之间的关系。此外, 有源天线阵列的崛起将需要集成许多前端模块, 其中包含一个功率放大器, 一般放在天线阵列基板的后面。因为在更高的频率下空气损耗更高, 这意味着功率放大器将需要输出更高的功率, 从而使有源天线阵列本身的增益变得相当可观。最后, 5G 将会派生大量更小的小基站, 即所谓的微基站或飞基站。这就需要更紧凑的设计。事实上, 5G 时代的一个趋势将是使用先进封装技术在每个封装芯片中实现尽可能多的功能集成, 这样做的结果是在单位面积里产生更高的功率密度, 从而需要更具有挑战性的 TIM。

DOW、Laird 和汉高等公司针对

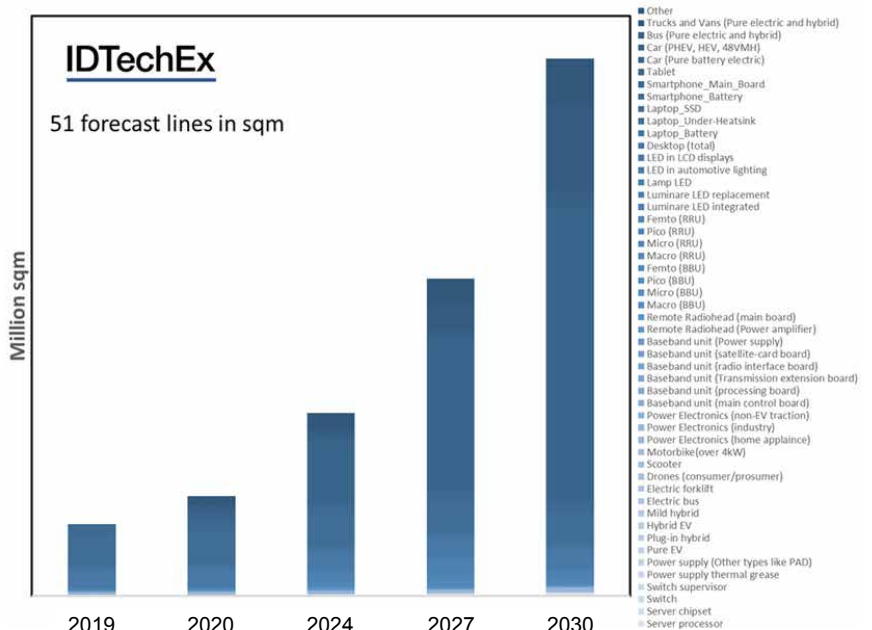


图1: TIM市场预测显示未来几年51个细分市场将急剧增长, 其中主要增长领域将是能源存储、5G网络和数据中心。(来源: IDTechEx)



5G 应用推出的一系列目标产品通常在 5-10 W/mK 性能范围内。有一些创新使它们适应市场需求，但比材料改进更重要的是产品定位，建立 / 扩大关系，以及随着这些供应链的出现而产生的成本。

由于新数据中心和更换数据中心的中心的需求增加，数据中心很可能会继续保持其增长速度。这些中心的能源消耗非常大，因此热管理是一项关键任务。TIM 几乎用于数据中心的所有部件，包括服务器板、交换机、管理模块和电源。在这个领域使用的 TIM 技术不太可能发生大变化。

电力电子产品仍然是 TIM 的一个重要市场。在传统的电力电子模块中，底板通过 TIM 连接到散热器上。然而，许多高性能应用的设计，包括许多电动汽车牵引驱动器，都在寻求消除 TIM 的解决方案。这是因为 TIM 是从半导体结到散热器的热路径中最大热阻的部分。事实上，许多设计（其中一些已经在批量生产中）都有直接冷却，例如，空气或液体直接冷却底板，从而免除了 TIM。这一趋势表明，电动汽车中电力电子的增长速度不会像电力电子市场本身那样快。请注意，由模块制造商预先应用的相变材料在电力电子模块中很受欢迎，因为在工作温度下，很薄的相变材料具有润湿和铺展特性，会带来更好的高性能。总体而言，TIM 市场仍然相当可观，从 2020 年到 2030 年，家电、可再生能源、工业、电动汽车及非电动汽车牵引应用等，所有类别的平均年增长率为 6%。

LED 市场非常庞大。TIM 被用在许多 LED 中。LED 封装技术多种多样，包括线框模制、陶瓷模制、金属芯电路板模制等。在一般照明中，

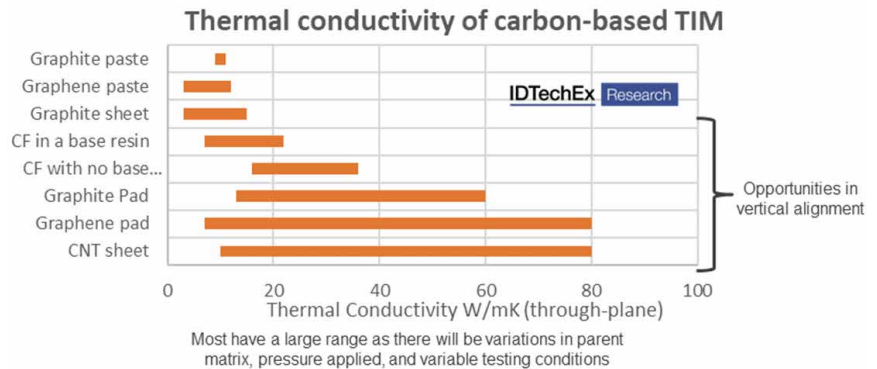


图2：不同形式碳基TIM的导热性能（来源：IDTechEx）

TIM 经常被用于中高功率的 LED 灯，连接“金属 - 绝缘体 - 基板”或“板与散热器”。LED 在汽车照明中的应用也在大幅增长。在汽车的外部，有很多光源，包括前车灯，后车灯，信号灯，等等。随着 LED 在汽车照明领域的普及，TIM 的使用也将同步增长。到 2023 年，汽车的前照大灯中，传统光源将只占 55%（现在占 75%），其余光源将使用标准或矩阵 LED。LED 也用于液晶显示器（LCD），因为通常在背光和边缘光 LCD 中都使用热扩散层。考虑到每年生产的 LCD 屏幕的面积非常巨大，这是一个值得注意的市场。

### 面向电动汽车市场的储能技术爆炸式增长？

储能市场，更具体地说，面向电动汽车的锂离子电池市场，是 TIM 改变的主要驱动力。这是因为电动汽车的崛起将转化为对电池需求的增长。此外，电动汽车里程的增长将转化为更大的电池容量，就是由许多电池组成的大型电池。对于电动汽车大型锂离子电池来说，热管理是一个关键问题，它支撑着高效的性能，也是防止热失控保证安全的关键。

今天，在电池模块中，TIM 有许

多不同的应用方式。这是很自然的，因为主导的固定设计尚未出现。几乎在所有的情况下，在电池组的底板上都有密封的 TIM，在电池和散热器之间形成了一条热通道。在某些情况下，在两个电池之间还有主散热器，进一步促进热传导。在某些设计中，为了防止热失效在电池之间蔓延，会使用绝缘缓冲泡沫，例如 PU。在袋状电池中也可以有一层一层的间隙填充垫（gap pad）。

未来 10 年电动汽车市场将出现大幅增长，从而彻底改变 TIM 的市场构成。这一增长是由以下因素推动的：(a) 潜在市场的增长（本质上是各种电动汽车的增长），(b) 每个电池组和每千瓦时（kWh）实际部署的高导热材料量。因此，我们预测，到 2025 年，这一细分市场将从几乎为零增长到超过总市场的一半（按平方米计算）。这确实将是一个巨大的转变。

几乎所有主要的化工和材料公司都在寻求在电动汽车供应链中获得一些市场份额，随着供应链形成、封装设计发展和生产规模扩大，仍然存在很多变化和不确定性。目前，电池组设计还没有趋同，大量颠覆性研发进入市场，这对上游供应商来说既是威胁，也是机遇。

IDTechEx 预计，在未来 10 年期间，市场将从以间隙填充垫 (gap pad) 为主转向以间隙填充剂 (gap filler) 为主。缝隙填充剂可以采用液体点胶方式分配，速度更快，易于修改分配模式，通常以很薄层的形式分配。挑战在于如何均匀地分配材料，以及设备的成本、操作、维护和使用寿命。

### 材料进展

热界面材料 (TIM) 有多种形式，也有很多名称，从间隙垫 / 填充料到导电粘合剂、热润滑脂，等等。说到 TIM 的具体应用，需要考虑多种性能因素，包括附着性、粘度、热膨胀系数 (CTE)、粘结层厚度、可维修性和使用寿命。然而，最重要的性能是 TIM 的穿透电导率 (through-plane conductivity) 和界面热接触电阻。随着各种装置中使用更密集的集成电路，追求更高性能 TIM 的趋势将继续下去。

**碳纤维、石墨和纳米碳** - 业界正积极研究基于碳组成的各种 TIM，包括石墨、沥青碳纤维、碳纳米管 (CNT) 和石墨烯，以提高导电性，用于聚合物基体或独立的导电填充。比如在三星 Galaxy Note9 中采用碳纤维 TIM。松下公司使用高结晶石墨实现高可靠性，低热阻，便于安装的热界面材料 GraphiteTIM，作为卓越的热界面材

料把电源模组发出的热量传递到散热器，可以延长电子产品寿命，提高操作效率，削减整体成本。

据报道，基于碳纤维的 TIM 也在电动汽车的功率器件、各种军事应用、高性能计算等方面得到应用。从石墨到石墨烯，作为片材 (Sheet)、糊料 (paste) 或垂直排列的垫片 (pad) 都得到了大量的关注。业界相关报告都表示电导率有显著的改进，并显示在 LED、消费电子、基站等方面的潜力。

自上世纪 90 年代初以来，碳纳米管就被作为一种导电填料加以研究，但更值得注意的是在垂直排列的碳纳米管 (VACNT) 森林或阵列方面的扩展研究。还有一些值得注意的挑战，比如生长之后如何转移，以及如何实现一致的接触阻力。中国和日本的一些领先研究者开展了合作，他们认为这是一个很有前途的领域。

沥青基碳纤维、石墨、碳纳米管和石墨烯的应用是最令人兴奋的领域之一。它们不仅具有巨大的导热率，同时也具有导电性，这需要额外的设计考虑。有很多活跃的公司，从拥有商业碳纤维垫片 (CF pad) 的 Dexerials 公司到发布了一些有前景的 CNT 的富士通研发中心，还有一些年轻公司如 Carbice 也获得了巨大的吸引力。

**陶瓷的发展** - 陶瓷作为 TIM 的热传导介质填料发挥着关键作用。挑

战在于如何将性能提升到足够高的水平，这样设计师就不需要转向碳或金属替代品。昭和电工等公司对现有产品进行了改进，但最令人兴奋的创新是氮化硼纳米管 (BNNT) 和氮化硼纳米片 (BNNS) 的出现。它们与碳纳米管和石墨烯有类似特性。如 BNNT LLC、BNNano 等公司已经开始获得一些商业上的吸引力。

BNNT 的性能和成本差异很大，这个市场虽然只有有限的参与者，但许多参与者正在从实验室发展到试验工厂，甚至是全面生产。大多数人认为 TIM 是 BNNT 一个主要的目标市场，已经有了一些很有前景的研究结果，一些重要行业对其表现出兴趣。

BNNT 具有比 CNT 更好的热稳定性和化学稳定性，它对热中子的吸收能力比 CNT 高 20 万倍，对于要求卓越辐射屏蔽性能的航空航天业，可以采用 BNNT 作为轻质结构材料。此外，BNNT 是最适合用于制作放射性废弃物容器的材料之一。

韩国原子能研究所为推动 BNNT 产业化，成立了 Naieel Technology 公司，专门开发 BNNT 在机械、中子吸收能力等方面的优异性能和应用，加速其产业化。

**相变材料** - 相变材料是非常经典的材料，但仍然不断有新产品投放到市场。在使用相变材料来存储电池能量和使用相变材料作为 TIM 这两方面近年已经有一些进展。比如罗杰斯公司推出专利产品 HeatSORB 相变材料，应对手持电子设备内部面临的热管理挑战。HeatSORB 材料使用了一种物态转变时需要大量热焓的固定化合物。相变过程中，HeatSORB 材料吸收热量并能阻止其传导到电子设备中。在设备空闲时，HeatSORB 材

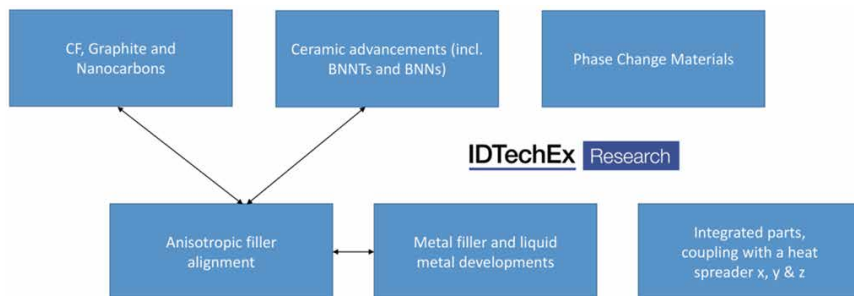


图3: TIM的主要创新领域 (来源: IDTechEx)

料释放热能，重新获得在下一周期中吸热的能力。

**金属填料和液态金属的发展** - 金属是著名的添加剂，一直保持稳定的市场份额，有明显的优势和局限。从替代金属的使用（如初创企业 Ariecca），到液态金属的开发（如钢泰公司），仍有创新技术在推动这一领域前进。

Ariecca 公司利用液态金属纳米液滴超冷现象，实现在低温下产生热电效应的方法，这一成果可以应用于可穿戴的柔性电子设备。Ariecca 通过多种方式获得了镓-钢合金-聚合物纳米复合材料，包括与有机硅弹性体共混、表面热塑性聚合物接枝等方法，获得的材料均表现出超冷现象。这些复合材料在存在温差时，会表现出热电效应而产生开路电压。当一块 3 厘

米见方的复合材料两侧温差达到 37°C 时，开路电压可以达到 400 毫伏，将这一复合材料与可穿戴的血氧仪相连，在室外极端低温下可实现自持的心率监控。

**各向异性填料对齐** - 对齐填料可以提高穿透电导率（through-plane conductivity）。这样做的目的是降低相同性能下对填料的要求，或者提高 z 面整体导热系数。根据填充物的不同，有许多方法，如机械、磁、电、介电电泳、导电填料生长等方法，包括植绒工艺、初始生长机制（如 VACNT 森林），还有 CondAlign 使用的介电电泳先进工艺。应该注意的是，任何对齐的部分仍然在 TIM 和衬底之间的接触电阻的限制下。

对于各向异性添加剂，对齐既可以使用更少的材料来节省成本，也可

以用相同填料含量来提高性能。这也应该结合基体材料本身的机械性能来考虑。

**热扩散器集成** - 这是在单个产品中 TIM (z 方向) 和散热器 (x-y 平面) 进行集成的区域。如果需要将热量引导到特定的方向，还可以考虑使用绝缘板（如气凝胶）。

瑞典 SHT (Smart High Tech) 公司主要从事纳米材料热特性的研究与应用，主要研究领域为微纳材料与电子制造，纳米散热，封装与系统集成，包括 3D 电子碳纳米管互联技术，石墨烯及其他 2D 材料散热与互联技术，纳米界面散热材料和纳米导电胶等，配合电子系统封装集成 SHT 推出了一些易于集成的纳米界面散热产品。◆

更多信息请访问 [www.idtechex.com](http://www.idtechex.com) (SUNNIE 编译)

上接第19页

获得的众多安全奖项中得到了充分的体现。我们对安全和质量的承诺是无与伦比的，这也为我们向客户提前交付项目奠定了基础。

**SiSC：感谢您接受我们的采访，您还有什么需要补充的吗？**

**Mr. Nair:** 2019年，根据有关数据，全球半导体 300 毫米硅晶片的制造能力超过了 1 亿片。通常，每加工一

个 300 毫米的硅晶片会消耗 5000 升水、30 公斤预混合化学品和 5 升溶剂，每年大约产生 5 亿多吨废水和 300 多万吨浓缩化学废料。半导体制造商在晶片加工制造过程中使用了数百种复杂、高纯度的有机和无机化学品，如果对这些化学品（即使浓度很低）处理或排放不当时，它们都会对环境造成严重影响。

越来越多的水和化学品消耗促使人们迫切需提高废水回收率。因此，一个量身定制的废物管理策略对于实现 FAB 工厂的可持续发展目标至关重要。Exyte 公司的主题专家团队遍布全球的各个地区，负责制定有效的废物管理策略，实现可持续发展目标。◆

## 关于Exyte



Exyte (益科德) 提供卓越的设计、工程和施工服务，是交付高科技设施和厂房的全球先锋。公司拥有超过 100 多年历史，早已在可控和受控环境方面具备特殊的专业技术。

Exyte 活跃于全球市场，为半导体、电池、制药、生物技术以及数据中心等对技术要求极高的客户提供从咨询、设计到“交钥匙”工程的全方位服务，交付最高品质符合最严格安全标准的高科技设施，并与客户建立起了互信、持久的关系。2019年，Exyte 集团销售额达到 39 亿欧元，拥有近 5200 名经验丰富、积极进取的员工。Exyte 将依托广泛的行业经验和杰出的专家团队，继续深耕全球市场。

Exyte 自 1995 年就开始在中国开展业务，Exyte 中国拥有建筑工程施工总承包和机电安装甲级资质，员工人数约 700 名，公司建立了广泛的内部技术资源，具备包括设计、工艺、建筑、土木和结构工程、机电工程、技术集成、自动化、精益施工和调试等方面的专业知识。

公司网站：[www.exyte.net](http://www.exyte.net)



# MLE<sup>TM</sup>无掩模曝光技术

## 从传统的基于掩模的光刻技术转向数字光刻技术

### 介绍

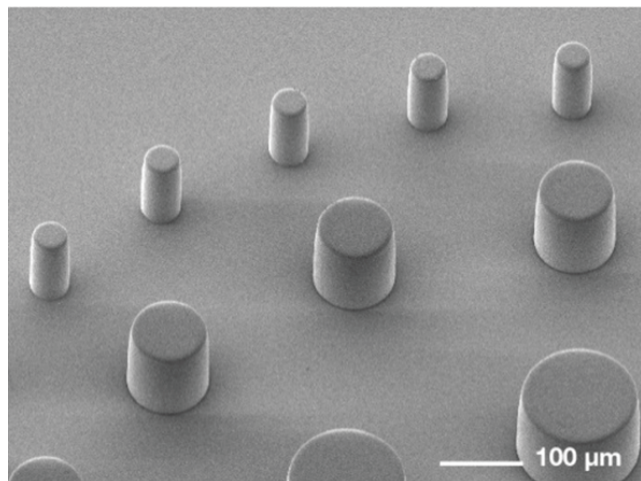
MLE (maskless exposure, 无掩模曝光) 技术是 EV Group (EVG) 开发的革命性下一代光刻技术, 旨在满足先进封装, MEMS, 生物医学和 IC 基板等应用对未来后端光刻的需求。EVG 公司的 MLE 是全球首创可用于大批量生产的高度可扩展的无掩模光刻技术, 提供了无与伦比的灵活性, 可大大缩短新器件的开发周期。

异构集成正受到越来越多的关注, 人们认为这种无需连续缩放即可实现更高的计算性能和器件扩展功能的方式即将来临。对小芯片 (chiplet) 设计的不断创新, 及其在硅或封装上集成的需求, 可以通过自适应图案化来完成和实现。这种新的行业愿景将需要新的大批量制造工具, 该工具必须能够快速集成新的设计方案。传统的后端光刻技术因为受到了若干限制, 从而导致其适用性不足。此外, 用于各种布局设计和掩模库存管理的掩模成本不断增加,

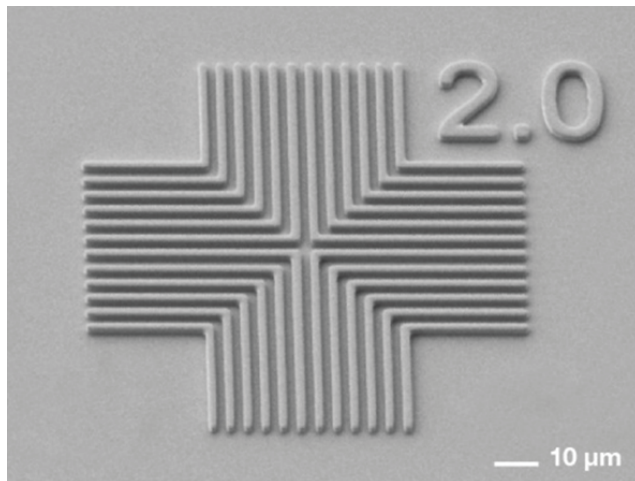
已经成为总体开发和生产成本的重要组成部分。

EVG 公司发明的 MLE 技术解决了设计灵活性这个关键需求, 因为它克服了开发和生产阶段与掩模相关的难题, 从而缩短了开发周期。此外, 由于不需要将其发送到外部, 因此该技术可以使您的特定设计和布局保持机密。这种创新的“数字光刻”技术填补了研发和生产之间的空白, 同时提供了一种可扩展的解决方案, 能够同时动态处理芯片和晶圆级设计, 满足各种市场的关键需求, 如先进封装、MEMS、生物医学和高密度互连 PCB 市场。

EVG 的 MLE 技术可实现高分辨率 (<2 微米 L/S), 整个基板表面无拼接的无掩模曝光, 并具有高产量和低拥有成本。该系统可通过添加或移除紫外线照射头来根据用户需求进行缩放, 可用于促进从研发到 HVM (大批量制造) 模式的快速过渡, 用于优化产量, 或用于适应不同的基板尺寸和材料, 因此非常适合处理各种尺寸的基板, 从小型



MLE™曝光-负胶, SU.8 GM1075, LT100-600μm (资料来源: EVG)



MLE™曝光-负胶, nLOF, LT: 2μm (资料来源: EVG)

硅晶圆或化合物半导体晶圆到大尺寸面板。借助灵活且可缩放的高功率 UV 激光源, MLE 可以在不考虑光刻胶的情况下实现相同的图案化性能, 这里的激光源提供了多种波长曝光选项。

EVG 新颖的 MLE 技术的目标不仅是将新的光刻工具推向市场, 而且是要满足半导体行业对智能和敏捷数字处理的关键需求, 同时在产量、格式和无耗材基础设施方面提供独特的无掩模可扩展性。

### 特征

- 全分辨率, 无拼接动态光刻胶图案化
- 任意方向上的分辨率均优于  $2\mu\text{m}$  线 / 空间 (L/S)
- 由于数字可编程布局, 实现了设计自由和数据保密
- 单独的芯片标识注释 (序列号, 加密密钥等)
- 晶圆级自适应配准补偿
- 不受基材变形和翘曲影响 (适用于厚晶圆, 玻璃或有机基材)
- 智能且敏捷的数字光刻工艺基础架构
- 无耗材技术

### 技术优势

MLE 无掩模光刻技术与现有的大批量制造光刻方法相比, 具有无与伦比的灵活性, 可扩展性和拥有成本优势。

MLE 技术消除了不断增加的各种芯片设计和掩模库存管理掩模成本的难题, 而掩模成本占总体开发和生产成本的很大一部分。减少图案可变性 (就衬底尺寸和材料多样性而言) 对上市时间的影响是后端光刻技术的另一个增长需求, MLE 技术是一种可扩展的方法, 可以对从各种

晶圆尺寸到面板的任何基板形状进行图案化。该技术采用了在  $375\text{ nm}$  和 / 或  $405\text{ nm}$  波长下运行的多波长群集激光光源, 因此可以进行薄光刻胶图案化, 包括正和负光刻胶, 聚酰亚胺, 干膜光刻胶和 PCB 图案, 以及厚光刻胶晶圆级封装, MEMS 结构, 微流体技术和集成硅光子学应用中常见的高深宽比曝光。

除了与掩模相关的困难之外, 当前基于掩模的曝光技术还面临与高阶衬底变形有关的工艺问题, 因此对变形的控制有限。相比之下, 借助集成的动态对准功能, MLE 技术能够适应较高的基板应力, 弯曲和翘曲, 以便适应基板材料和表面变化, 同时积极补偿机械模具的放置和应力引起的误差 (例如旋转, 位移, 扩展和高阶失真误差)。同时, MLE 技术允许同时进行实时数字 / “二进制” 晶圆级布局和单个裸片布局图案化; 特别是特定的个人模具注释序列号或加密密钥。

另外, MLE 技术在构图过程中对紫外线剂量的可编程调制使显影过程后光刻胶厚度水平发生变化。这一卓越的功能使制造复杂的 3D 多层光刻胶图案成为可能, 可应用于未来的 MEMS, 新型光子器件或微光学组件 (折射, 衍射)。数字可编程裸片 / 晶圆布局可以以多种行业标准矢量文件格式 (例如 GDSII, Gerber, OASIS, ODB ++ 或 BMP) 存储。具有任何给定图案复杂度的矢量布局将在几秒钟内进行计算处理 (栅格化), 并以位图格式存储。结果, 光刻胶类型 (正负), 曝光剂量水平或任何给定的设计布局复杂度都不会对构图过程的速度产生任何影响。

利用先进的 MLE 曝光技术, 还可以解决由新材料或柔性基板的部署所驱动的新型市场所面临的挑战。这项新

技术为当前环境带来了几乎无限的设计灵活性，为创新提供了空间，有助于缩短开发周期，同时通过使两个领域都可以使用完全相同的技术来弥合研发与 HVM 之间的鸿沟。总而言之，新的 MLE 技术数字基础架构可实现动态创新，同时将成本保持在合理水平。

### Lithoscale 无掩模曝光光刻系统

Lithoscale 光刻系统是一个革命性的，高度灵活的无掩模曝光光刻平台，面向各种微细加工应用，最大容纳晶圆 / 基板尺寸可达 300 毫米。

Lithoscale 系统采用 EVG 公司的 MLE 无掩模曝光技术，通过结合强大的数字处理功能来解决传统瓶颈问题，该功能可实现实时数据传输和即时曝光，高结构分辨率和产量扩展性。它的无掩模方法消除了与掩模相关的消耗品，同时因为采用可调谐固态激光源的曝光系统，具有高冗余性和长寿命稳定性，并有独特的自动校准功能，可最大程度地减少维护工作。强大的实时数字处理功能可将设计文件立即用于曝光基板，从而避免了每个数字掩模版图转换的若干小时时间。

Lithoscale 具有高分辨率 ( $<2\mu\text{m L/S}$ )，动态全基板表面的芯片级可寻址曝光，可实现灵活的无消耗品工艺和更低的拥有成本。LITHOSCALE 系统利用具有可见和红外功能的专用物镜，以及可容纳 300 毫米晶圆的专有卡盘设计，将全晶圆的顶部和背面对准功能集成在系统中。该系统具有自动聚焦的动态对准模式，以适应基板材料和表面起伏。精细控制焦点水平位置的能力可保持侧壁陡峭以

及光刻胶所需的 3D 轮廓，同时防止边缘打顶和打底。较大的工作距离和自动自适应对焦功能可确保整个曝光表面的图案均匀性。它还具有个性化的芯片处理能力，同时快速的全视场定位和动态对准则可为各种尺寸和形状的基板提供高度的可扩展性。

### 特性

- 晶圆 / 基板尺寸最大为 300 毫米 / 12 英寸
- 分辨能力  $<2\mu\text{m L/S}$
- 配备具有高端衍射极限光学组件的 MLE 技术
- 375nm 和 / 或 405nm 波长的曝光光谱；用户可以定义为单一，宽带或任何种类的波长混合
- 定期监控和自动校准的固态光源，可确保其长期的稳定性和高冗余度
- 高级对准模式，支持顶部和底部可见光和红外光对准功能
- 聚焦深度控制 (DoF)  $<24\mu\text{m}$
- 自适应自动聚焦控制 (AF)  $<100\mu\text{m}$
- 高精度，经过现场验证的对准台，嵌入高科技机电一体化和校准传感器，可确保整个系统的稳定性
- 先进的软件功能包括：
  - o 动态芯片级标注
  - o 高级失真补偿
  - o 通过每个芯片的主机 / 灵活的掩模文件传输和配方执行
  - o 布局转换功能
  - o 备用格式文件支持：Gerber, ODB ++, OASIS
- 自动非接触式楔形补偿程序
- 可扩展的解决方案，可在一个系统中同时满足研发和大批量制造 (HVM) 的需求，而不会增加占地面积
- 无耗材技术

### 参考文献

1. MLE™ - Moving beyond traditional mask-based lithography toward digital maskless lithography technology - <https://www.evgroup.com/technologies/mle-maskless-lithography/>
2. 光刻创新技术：EVG推出MLE无掩模曝光光刻技术 - <http://www.dymek.cn/article-item-435.html>
3. LITHOSCALE 无掩模光刻机 - <http://www.dymek.cn/product-item-59.html>





# 超高纯阀门能帮助优化薄膜沉积

半导体行业持续不断地日新月异，半导体工具制造商也必须跟上行业发展的步伐。为了帮助优化薄膜工艺，新型超高纯（UHP）原子层沉积（ALD）阀门可以完全浸入气箱中（total thermal immersibility），并实现远高于现行阀门的流速。据世伟洛克（Swagelok）公司的专家称，这些优异品质能够提升芯片制造效率和可靠性，同时还可成就新的工艺与介质创新。

**芯**片制造商为了跟上快速发展的技术要求，使自己在竞争中不被对手甩在身后，面临着巨大的压力，这意味着容不得他们在制造工艺中犯半点错误。毕竟，为了制造最终将成为非常先进的芯片的晶圆片，就必需在高度复杂的工艺中保持理想的精度，其中涉及昂贵的材料、腐蚀性气体及极端温度。简而言之，在半导体行业生存绝不是件轻而易举的事。

因此，对于那些为芯片制造商供应生产先进半导体器件所需的组件和工具的公司来说，这个市场同样复杂。和他们的客户一样，组件和工具供应商也被要求不断地升级他们的产品，以实现更高的精度和效率。芯片制造商所需要的是，在不损害质量的前提下，能让他们用更短的时间生产更多产品的半导体工具。此外，供应商还被期望能洞察未来的发展动向，以寻求可以帮助芯片制造商在争相开发下一代芯片技术时优化其工艺、并用不同输入（比如，新的前驱气体）进行试验的技术方案。

怀特工程服务有限责任公司（White Engineering Services, LLC.）首席工程顾问行业分析师 Carl White 说：“半导体芯片制造商通常将自己想要达到的芯片性能以及可能需要的

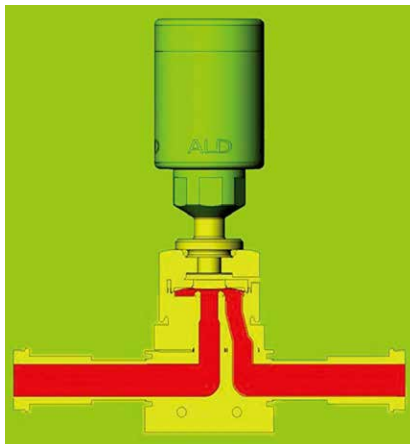


图1：传统ALD阀门中的热隔离会在不同的阀门组件之间引起温度差异（这里用颜色变化来表示）。因此，输送的气体可能发生冷却，从而产生或许会影响生产工艺的意外变量。



图2：Swagelok ALD20 UHP阀门所采用的先进UHP ALD阀门设计可以在半导体晶圆片制造中实现更好的热稳定性和更高的流速，以及更多的创新机会。

生产流程告知工具原始设备制造商（OEM）。如果半导体公司想要跟上创新的速度，那么这种合作是至关重要的，因为它可以帮助工具 OEM 获得他们目前所需的组件，而且有助于组件制造商预测业界的未来需求。”

## ALD UHP 阀门至关重要

由于半导体制造商很重视原子层沉积（ALD）工艺，因此超高纯（UHP）阀门同样至关重要。ALD UHP 阀门可以在半导体晶圆片制造沉积工艺中输送精确剂量的气体。尽管是不太起

眼的小组件，但是这些阀门对芯片制造工艺的成败有着举足轻重的影响。

ALD 工艺中使用的 UHP 阀门是目前最先进的，其精度和循环寿命几乎能够与一般工业应用中所有的阀门相媲美。但是最近，半导体制造商一直在寻找性能更高的阀门（拥有更好的热稳定性和更高的流量），以提升现今的制造能力并寻求新的工艺。显然，如果半导体行业想要不断地推进创新和生产率水平，就必须在以下三个方面取得进展：

### 1. 热稳定性

在 ALD 工艺中，为了防止低蒸汽压力气体在到达晶圆片之前过早地凝固，有时需将 UHP 阀门加热到较高的温度。必须对现有 UHP 隔膜阀上的执行机构进行热隔离（采取的做法是未将其完全浸入高温环境中），以保持其正常运行。遗憾的是，这将造成在阀门自身当中的不同组件之间出现温差。由图 1 可见（图中不同的颜色代表不同的温度），这意味着输送的气体会发生冷却。

### 2. 流速

流量是半导体工具 OEM 和芯片制造商面临的另一个重大挑战。目前，ALD 工艺中所使用的 UHP 阀门的流量有限，这是因为随着阀门的加热，其流速将会大幅下降，而且，由于对于所占用空间的要求，并不允许阀门的尺寸显著增加。另外，提高 UHP 阀门的过流能力还可以加快制造商生产半导体晶圆片的速度，或者至少能让制造商拥有更大的工艺灵活性，以确保前驱气体的稳定性。上述这些改进都可以增加芯片制造商的收益。

### 3. 进行实验的能力

半导体制造并不是一个静态过程。由于面临着诸多的挑战，因此必

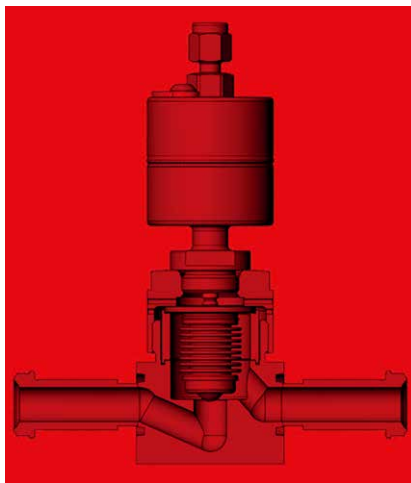


图3：该装置呈现了理想的热稳定性状态，相比之下，图1所示的设计则会出现温度多变的情况。

须允许制造商对新工艺和新介质进行试验，以便在未来保持竞争优势。

## 解决行业面临的三大挑战

为了满足新兴的行业需求，新一代 ALD 阀门（例如近期推出的 Swagelok® ALD20 UHP 阀门，见图 2）已经面市，其有望胜过此前的迭代，为芯片制造呈现光明的前景。新一代 ALD 阀门全面满足了行业发展的三个需要：

#### 1. ALD 阀门可完全浸入气箱中

在芯片制造中，由于一致性是至关重要的，因此与旧版 ALD 工艺相比，新型阀门出现积聚或沉积不一致的风险更低。新型 ALD 阀门设计无需隔离执行机构即可保持其完整性或计量精度，因而允许将整个阀门加热至高达 200 °C (392 °F)。这样一来，芯片制造商就能确信，前驱气体的温度变化性将得到抑制，或者被完全消除。图 3 显示了理想的热稳定性状态，与图 1 中所示的其多变温度是截然不同的。

#### 2. 流速要高得多

除了提供更好的热稳定性之外，

新型阀门还使芯片制造商能够提升流速，而无需在清洁度或组件寿命方面做出妥协。现有阀门可以提供 0.6 Cv 的流量系数，而像 ALD20 这样的新型阀门则可在不增加阀门尺寸的情况下（占用空间仍为常规的 1.5 英寸）实现流量的翻番（达到 1.2 Cv）。这种较高的流速，使得半导体工具制造商无需重新装备或做出其他重大工艺变更即可提供更大的输出。如需进一步增加流速，芯片制造商还有一种选择，就是使用占用空间稍大（1.75 英寸）的新型 ALD 阀门。较大的阀门能让制造商实现高达 1.7 Cv 的流量系数，这几乎是现今常用 ALD 阀门的近三倍。

流速之所以获得了这些大幅度的提高，原因就在于这种新型 ALD 阀门采用了波纹管设计（见图 4 所示阀门的中心），而不是传统的隔膜设计。波纹管阀门自然能够提供更高的流速。新型 ALD 阀门内部的波纹管经过高度抛光，可达到 5µm Ra 表面光洁度，因此可实现芯片制造商对当前市售隔膜阀门所期望的 UHP 性能。这些新设计将两种阀门技术的最优特征融入一台具有超高循环寿命的 UHP 阀门中，从而带来了一场行业革命。

下转第31页

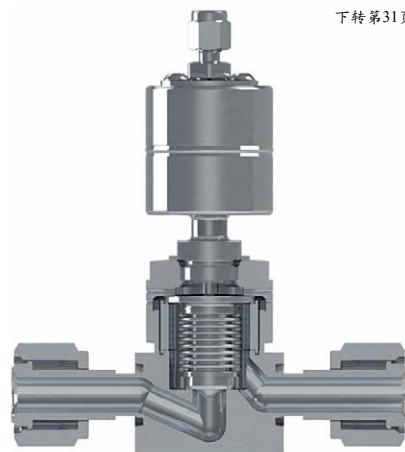


图4：这款UHP ALD阀门的波纹管设计可以提供更高的流速，从而加快芯片生产的速度。

# 用于大功率晶圆测试的 ERS高电压/电流卡盘

## 前言

高电压/电流市场是目前半导体应用中增长最快的领域之一。在电动化和可再生能源发展的推动下，新一代电力电子器件也同时在推动 MOSFET 和 IGBT 的发展，这也带动了碳化硅 (SiC) 和氮化镓 (GaN) 等其他新基质的日益普及。

作为高电子迁移率晶体管 (HEMT) 之一的 GaN，与其他基于硅的 MOSFET 器件相比，它的优势显著体现在禁带宽大、开关切换时间极短、更高的功率密度和击穿电压，以及更好的热导率。如今，它被广泛应用于电力电子领域，如手机快速充电器、军用雷达设备、高速轨道交通和 5G 网络等。

与 GaN 一样，SiC 也具备高电压和高温的特点，但由于其压敏电阻特点，在 600V 或更高电压上，与 GaN 相比则有更好的表现。作为第一个成功商业化的宽禁带半导体 SiC，从 2018 年被应用到特斯拉汽车上以来，混合动力汽车和电动汽车以及充电站便成为了 SiC 功率半导体市场快速增长的主要动力。

随着 SiC/GaN 器件技术的成熟，以及其成本的不断降低，SiC/GaN 器件有望加速渗透。根据 Yole 预测，2023 年 SiC 和 GaN 电力电子器件的市场规模将分别增长至 14 亿和 3.7 亿美元，市场渗透率分别达到 3.75% 和 1%。GaN 射频器件在 5G 宏基站建设和国防建设的旺盛需求下，叠加 GaN 射频器件成本下降，需求有望快速放量，根据 Yole 数据预测，2023 年 GaN 射频器件需求量将达到 194.3 百万个，2019-2023 年 CAGR 达到 85.8%。

## 对晶圆针测业的挑战

在科技迅猛发展的大背景下，电力电子世界一直被视为一个较为保守的领域，SiC 和 GaN 的出现，不仅开启了电力市场的新篇章，也为晶圆测试行业带来了新的考验。如何在满足大功率测试需求的同时，保持温度的稳定和准确性，以确保良率，是每个设计工程师都需要考虑的问题。

半导体测试环节最重要的装备之一就是探针台，在测试过程中，晶圆被输送到温度卡盘上，使晶圆上的晶粒依次与探针接触并逐个测试。经过检测，探针台将参数不符合要求的芯片记录下来，在进入后序的工艺流程之前予以剔除。在这个过程中，对测试环境起到决定性作用的便是和晶圆亲密接触的温度卡盘。

与普通的测试环境相比，除了需要保证宽泛的测试温度范围、卡盘温度的均匀性和稳定性等，高电压/电流的特殊测试环境也为卡盘的设计增加了更多新的挑战。例如，在大电流的测试环境下，较大的接触电阻会加速晶圆温度升高，如果热量不能得到及时分散，晶圆就有被损坏的危险，那么在设计温度卡盘的时候就必须首先要考虑如何最小化接触电阻，保证 RDS(on) 的精准测量。其次还需要确保在高压环境下低漏电，以避免击穿的发生。另外，卡盘还需灵活应对一些特殊类型的晶圆，如薄晶圆、Taiko 等。

## ERS的解决方案——高电压/电流温度卡盘

在高电压测试和超低噪声晶圆针测方面积累了超过 15 年经验的 ERS electronic，针对高电压/电流的测试环境，设计了一款可以保证在高达一万伏的高压下超低漏电、避免击穿，同时兼具宽泛的温度测试范围 (-65°C 到 +400°C) 的卡盘。它的问世，很好的解决了高电压/电流的背景下，晶圆测试领域所面临的诸多难题。

### • 在高电压的情况下保证超低漏电

通过对上百种绝缘材料在不同的温度环境下的反复实验，并综合考量生产成本等因素，ERS electronic 的工程师们选择出了最适合的绝缘材料，来将接触电阻 (Rc) 减小到最小，以保证在高压环境下超低漏电流。目前，该卡盘支持最大电流 600 安培，电压从 1.5 千伏到 10 千伏不等，具体漏电测试参数如表 1 所示。

其中，3 kV Triaxial 和 3 kV ULN 可以在最高 300 摄氏度的测试温度下，通过三轴的连接方式，达到 3 千伏电压。对于高压测试当中漏电流的测量，目前常用的测试工



表1: ERS electronic 高电压/电流卡盘漏电测试参数 (\*ULN: Ultra-Low Noise超低噪声)

	3kV Coax		3kV Triax		3kV ULN		10 kV Coax (兼容 3kV ULN)		
	10 V	3 kV	10 V	3 kV	10 V	3 kV	10 V	3 kV	10 kV
@ -60° C	< 5 pA	< 1,5 nA	< 300 fA	< 100 pA	< 30 fA	< 10 pA	< 30 fA	< 10 pA	< 6 nA
@ 25° C	< 4 pA	< 1,2 nA	< 150 fA	< 50 pA	< 15 fA	< 5 pA	< 15 fA	< 5 pA	< 6 nA
@ 200° C	< 5 nA	< 1,5 mA	< 300 fA	< 150 pA	< 30 fA	< 10 pA	< 30 fA	< 10 pA	< 15 nA
@ 300° C	N/A	< 50 fA	< 15 pA	< 50 fA	< 15 pA	< 40 nA			

具有 Keysight 以及 Keithley 公司的系列漏电流检测仪器等。

10kV Coaxial (兼容 3 kV ULN) : 当测试电压为 10 千伏时, 选用同轴的连接方式可以阻隔高达 10 千伏的电压。另外, 卡盘顶部另配有直接连接电缆, 以支持晶圆测试高电压 / 电流偏置, 其余部分则通过接地的设置来起到保护作用。

#### • 最小化接触电阻, 实现 RDS(on) 的精准测量

最小化接触电阻, 即将晶圆与卡盘之间的接触电阻最小化。广义上说, 接触电阻指的导体间呈现的电阻, 真正的接触电阻是由集中电阻、膜层电阻以及导体电阻组成的。影响接触电阻的因素有很多, 例如接触件的材料、接触的表面产生并垂直于接触表面的力、接触件表面的状态、以及施加的电压 / 电流大小等。

综合考虑上述影响因素考虑, 并结合多年探针台密封集成的经验, ERS electronic 的卡盘工程师在研发高电压 / 电流卡盘之时严格把控卡盘内外部细节, 从电学性能到外观结构设计。在生产过程中, 通过采用 ERS electronic 的先进镀层工艺技术, 保证卡盘盘面绝佳的硬度、粗糙度和平整度, 在降低接触电阻的同时, 确保了整个盘面接触电阻的一致性, 最终实现对 RDS(on) 的精确测量。

#### • 先进的镀层工艺: 保证卡盘经久耐用

凭借先进的镀层工艺, 在重复使用后, ERS electronic 的高电压 / 电流卡盘盘面不会发生起皮、变形、氧化发黑等现象。

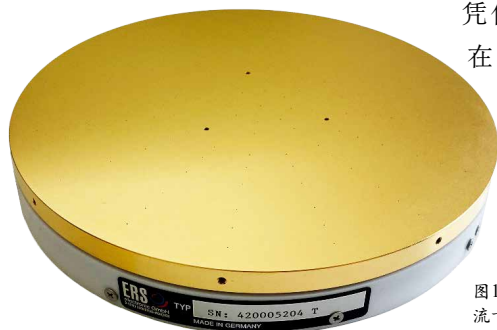


图1: ERS electronic的高电压/电流卡盘 (图片归ERS所有)



图2: Taiko晶圆 (图片来源于网络)

#### • 独特的可更换卡盘顶盘服务: 理想的薄晶圆 / Taiko 晶圆解决方案

随着芯片应用领域的不断扩展, 芯片设计也趋于多样化和定制化, 基于不同的测试类型和晶圆种类, 对应的测试方案也千差万别。与客户长期接触的过程中, ERS electronic 发现通过仅更换卡盘顶盘的方法就可以满足一些测试需求, 例如, 如果需要对 Taiko 晶圆进行测试, 不必重新购买卡盘, 仅更换适合 Taiko 晶圆测试的卡盘顶盘, 就可以在大幅降低维修费用的同时, 满足用户的测试需要。ERS electronic 提供的现场更换卡盘顶盘服务, 旨在不影响企业生产效率的同时, 应对当今对测试需求不断的升级变化。该服务一经推出便受到业界的广泛好评, 它也成了目前晶圆封测行业独一无二的优质解决方案。

#### 选择ERS高电压/电流卡盘六大理由

凭借多年“以客户为中心”的经营理念和对产品质量的严格控制, 除了多种可供选择的测试电压 / 电流和三轴 / 同轴的连接方式以外, 能够让 ERS electronic 的高电



图3: 选择ERS 高电压/电流卡盘的六大理由

压/电流卡盘在众多竞争对手中脱颖而出的是高压兼具高温的性能，旨在确保高压，超低漏电，防击穿的同时，仍能满足客户对高温（高达400℃）的测试需求，这也成为了ERS electronic 高压/电流卡盘最大的技术亮点之一。

除此之外，ERS electronic 独特的探针台载物台定制化服务，让处理薄晶圆、Taiko 晶圆等特殊形态的晶圆变成可能。客户不仅可以根据自己的需要选择卡盘的类型，还可以选择“仅更换卡盘顶盘”的服务，以应对测试需求不断升级的半导体市场。

该高压/电流卡盘属于ERS推出的定制化卡盘服务，该系列产品里还有针对晶圆翘曲的强真空卡盘、适用于温度湿度等传感器的温度高均匀性卡盘、抗磁性卡盘，

以及超低噪声卡盘等。

更多关于ERS卡盘的技术信息，欢迎访问的ERS中文官方网站：[www.ers-gmbh.com](http://www.ers-gmbh.com)

ERS 50+1 YEARS  
OF THERMAL  
INNOVATION

### 关于ERS electronic

总部位于德国慕尼黑的ERS electronic公司专注于提供温度测试解决方案50余年，公司在业界赢得了良好的声誉，特别是使用空气作为冷却剂且温度变化既迅速又精确的卡盘系统，可以做到从-65℃到550℃宽泛的温度范围内进行分析，相关参数和制造测试。目前，由ERS研发的AC3, AirCool® PRIME, AirCool®和PowerSense®系列卡盘分别应用于半导体行业各种大型晶圆探针测试台。此外，ERS还支持eWLB和其他形式的扇外型晶圆/面板级封装（FOWLP和FOPLP），其全自动、手动热拆键合机和翘曲矫正机分别适用于200mm和300mm的eWLB封装设备。

上接第28页

White说：“如今，我们目睹了采用波纹管阀门所具备的高流量优势，而且这种阀门仍然提供了现代半导体制造中所需要的超高纯度性能。究其原因，部分在于制造技术随着时间的推移有所改进，并且我们还有机会使用增强型材料，比如，高品质双真空熔炼的（VIM-VAR）钢和耐蚀合金。此外，还运用了更好的表面整饰工艺，如电解抛光和钝化，以及优于以往的产品发布前测试。”

### 3. 增长的创新机会

实际上来说，ALD阀门技术的这些进步意味着，芯片制造商在尝试创新时将不再受到阻碍。例如，新型ALD阀门兼顾了性能和耐用性，因而允许半导体制造商在新的化学领域中展开工作，从而对低蒸汽压力前驱气体进行试验，以寻找可能比当今ALD工艺中所用材料性能更好的材料。除了保持温度一致和提升流速之外，新型

ALD阀门还可以采用高度耐腐蚀的材料（例如合金22）来提供。此类材料将允许半导体制造商使用更具腐蚀性的化学物质进行加工，而无需担心与点蚀或缝隙腐蚀有关的问题。

### 满足新的行业需求

最新推出的ALD UHP阀门使芯片制造商能够确保高质量沉积，以及提高工艺效率和拥有新的实验能力，因而有可能彻底颠覆市场。不过，尽管这些进步是十分显著的，但是半导体行业在激烈竞争的环境中仍将受制于快速变化的市场需求，这一事实不会因此而改变。对组件制造商而言，他们将需要继续凭借自身特有的高质量生产工艺，勇敢地面对这些不断涌现的挑战。

# 使用互补性测量技术检测裸硅圆片上少量金属污染物

半导体行业对于产品质量和生产环境的清洁度要求很高。金属污染对芯片有害，所以应避免裸晶圆片上有金属污染。本文介绍如何使用互补性测量方法检测裸硅圆片上的少量金属污染物并找出问题根源，解释从多个不同的检测方法中选择适合方法的难度，以及用寿命测量技术检测污染物对热处理的依赖性。

## 前言

本文旨在解决硅衬底上的污染问题，将讨论三种不同的金属污染。第一个是镍扩散，又称为快速扩散物质<sup>[1]</sup>，它是从晶圆片边缘上的一个污点开始扩散的金属污染。第二个是铬污染，它是从 Bulk 体区内部扩散到初始氧化膜<sup>[2]</sup>，并在晶圆片上形成了一层较厚的氧化物。第三个是晶圆片边缘周围的不锈钢污染。本文的研究目的是根据金属和图 1 所示的污染特征找到污染的根源。

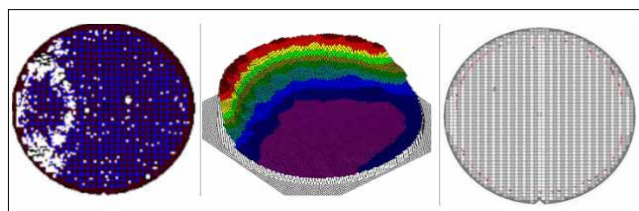


图1：三个金属污染示例的映射图。从左至右：镍扩散的微掩膜缺陷图；较厚的铬氧化沉积层；晶圆片边缘上不锈钢污染电子晶圆片检测(EWS)映射图

## 材料和方法

对于这些示例，我们是将多个不同的测量工具相互配合使用，才发现金属污染物的存在。

全反射 X 射线荧光 (TXRF) 分析仪利用角度极小的 X 射线激励抛光晶圆片表面，以获得表面上的金属污染物含量的映射图<sup>[3]</sup>。

气相分解电感耦合等离子体质谱仪 (VPD-ICPMS) 是通过电离使样品离子化，并使用质谱仪分离离子，进行量化分析，以检测含量极低的金属和几种非金属<sup>[4]</sup>。

表面光电压 (SPV) 方法是半导体表征测试所用的一种非接触式技术，其原理是分析在表面电压中照明引起的电荷。表面电荷和照明都可以测量表面电压、氧化物厚度、界

面陷阱密度、移动电荷、少数载流子扩散长度和生成寿命<sup>[5]</sup>。

微波检测光电导衰减 ( $\mu$ -PCD) 载流子寿命测量法也是一种非接触式方法，在芯片制造过程中，用于晶圆来料检查、质量控制和过程监测。该方法用激光脉冲照射硅氧化层，产生电子空穴对，以此表征载流子复合寿命。使用微波信号可以监测衰减载流子的浓度瞬变，详见文献<sup>[6]</sup>。

动态二次离子质谱 (DSIMS) 可以分析材料从表面到 100 微米深度或更深的元素组成。该方法使用连续聚焦的一次离子束溅射样品表面，从被溅射脱落的离子化材料中提取部分样品，放到双聚焦质谱仪中，使用静电和磁场根据离子的质荷比分离离子<sup>[7]</sup>。

KLA 2367 检查工具用于扫描缺陷后的特征，显示缺陷程度和映射图，检测尺寸限制在  $0.16 \mu\text{m}$  以上<sup>[8]</sup>。该缺陷检测工具目前使用的是裸片对裸片比较方法。

椭偏法用于测量厚度，是一种无损测试方法，主要用于确定 Bulk 体区材料的光学指标和衬底上沉积或生长的薄层 (小于或等于 5 nm) 的厚度均匀性，详见文献<sup>[9]</sup>。

最后，光致发光光谱技术是用来表征半导体的光学和电子特性。光致发光 (PL) 光谱技术是效果很好的研究半导体和半绝缘材料的本征和非本征电子结构的技术，有助于确定杂质含量，识别缺陷复合物，测量半导体的带隙<sup>[10]</sup>。

## 测量结果与讨论

### 案例 1：镍，快速扩散物质

第一个案例是通过缺陷检测设备发现的。在晶圆片有效区蚀刻后，许多晶圆片在左四分之一处出现相同的缺陷特征。这些晶圆片都是来自同一供应商的同一批次产品。



然后，从这批来料裸晶圆片中取出若干样片，通过不同的测量技术进行分析。TXRF、VPD-ICPMS 和 SPV 测量方法均未发现任何缺陷，所有圆片洁净无瑕。

这个缺陷是在圆片有效区蚀刻后才检测到的，因此，我们决定先对样片进行快速热氧化 (RTO) 处理，加热到 1,300 K 左右，持续大约一分钟，然后，使用 SPV 测量方法检测，在晶圆片左侧看到一小块污染区 (图 2)。

然后，将晶圆片置于熔炉中加热到更高的温度 (1,100 K, 5 个小时)。在 SPV 和  $\mu$ PCD (条件: 1,300 K, 2 小时) 仪器上观察到与缺陷检测设备发现的完全相同的特征 (图 3)。

使用 VPD-ICPMS 测量方法发现了污染成分。如图 4 所示，在热处理后，测量晶圆上的六个点：三个在晶圆的右侧 (点 1、2 和 3)，三个在左侧 (点 4、5 和 6)。右侧的三个测量点没有污染，左侧的中心点 (点 5) 的镍含量约  $18 \times 10^{10}$  at/cm<sup>2</sup>。左侧部分的其他两个位置 (点 4 和 6) 无法测量，因为，液滴实际上已经丢失，这是晶圆片表面高粗糙度的特征，与造成堆层缺陷的镍污染吻合。

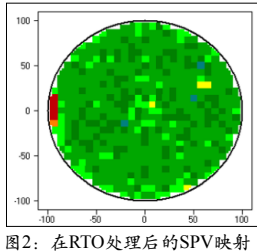


图2: 在RTO处理后的SPV映射

最后，在斜面上进行 VPD-ICPMS 测量，结果表明，污染物来自晶圆的斜面，而不是边缘。这些最终信息使供应商能够找到晶圆与镍构成的金属物质的接触位置。

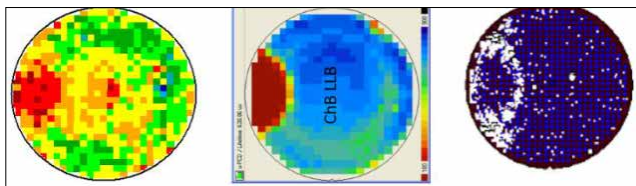


图3: 镍特性映射图(从左到右)与SPV、 $\mu$ PCD和缺陷检测技术比较

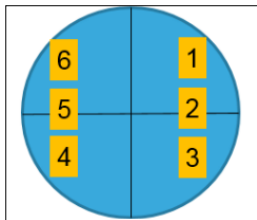


图4: 测量点的VPD-ICPMS映射图

这个案例让我们看到，镍在高温下快速扩散，并且相同测量方法在加热前后的测量结果完全不同。此外，它强调了一个事实，即一种测量方法不足以识别问题的根本原因，因此需要多个不同的测量方法配合使用。

**案例 2 : 较厚的铬氧化物沉积**

这个案例的突出问题是直列初始氧化物厚度范围超出控制范围，高达控制限值的四倍，较厚的氧化物不是同

质，但是位于晶圆片区顶部与缺口相对。当用 TXRF 的扫频模式测量该晶圆片时，在同一晶圆片区域上检测到的是铬污染物，而不是较高的氧化物厚度 (图 5)。这种在硅氧化过程中发生铬扩散，因杂质而导致氧化层过厚，在文献 [2] 中有论述。

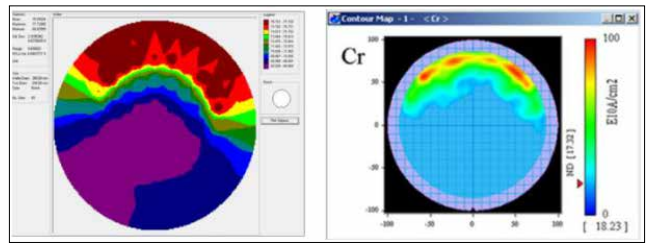


图5: 从左到右: 初始氧化物厚度映射图和铬TXRF映射图。

VPD-ICPMS 和 TXRF 测量表明，铬污染只有在初始氧化后才可以测量到，而来料晶圆上则没有检测到。裸晶圆片的 DSIMS 配置文件突出了参考晶圆片与不良晶圆上切下的晶圆片之间的差异。在晶圆片背面，可以观察到在整个 LTO 层 (0 到 300 nm) 和多晶硅层 (800 nm) 上有铬污染，如图 6 所示，但 Bulk 体区和正面没有铬污染。

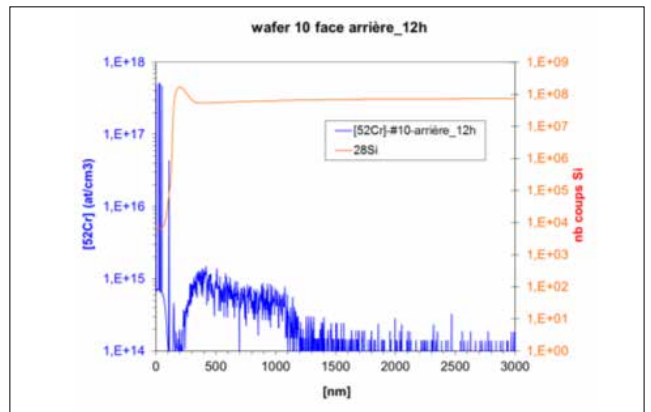


图6: 来料受污染晶圆晶背面的DSIMS测量结果

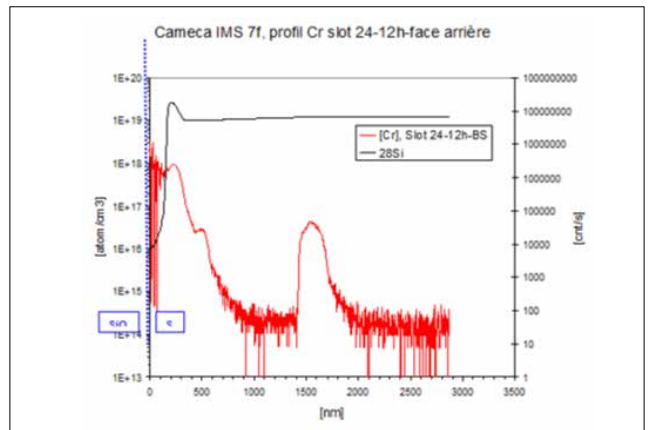


图7: 初始氧化后受污染晶圆晶背面的DSIMS测量结果。

在初始氧化后，观察到从正面表面向下至 100 nm 深度存在铬，在背面表面和 1500 nm 深度存在铬（图 7）。

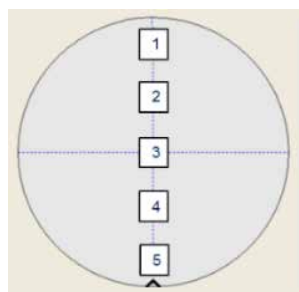


图8：测量点的VPD-ICPMS映射图

在氧化物厚度 0.8 到 1 nm 的晶圆上做进一步的 VPD-ICPMS 和 TXRF 测量，与 0.15 nm 厚度参考值对比。在 TXRF 扫频模式下，受污染晶圆片上的平均铬含量在  $13\text{-}15 \times 10^{10}$  at/cm<sup>2</sup> 之间，而且特征映射图清晰。在五个不同的点进行 VPD-ICPMS 测量，如图 8 所示，点 1 的铬含量最高为  $88 \times 10^{10}$  at/cm<sup>2</sup>，点 2 的铬含量为  $20 \times 10^{10}$  at/cm<sup>2</sup>，点 3 的含量为  $5.5 \times 10^{10}$  at/cm<sup>2</sup> 和点 4 和 5 低于检测限值，约为  $0.7 \times 10^{10}$  at/cm<sup>2</sup>。

然后进行了多种不同的测试，以测量在初始氧化熔炉内或在初始氧化物脱氧湿法清洗台内可能发生的交叉污染。在这两个测试过程中，被污染的晶圆片依次放置在两个未污染的晶圆片之间，如图 9 所示。

Slot	Pod description	Initial oxide thickness range	TXRF (Cr in E10 at/cm <sup>2</sup> )	VPD (Cr in E10 at/cm <sup>2</sup> )
5	Reference	1.06		0.177494
4	Bad ingot	0.99		2.83755
3	Reference	1.07		1.0815
2	Bad ingot	0.94		2.16179
1	Reference	1.09		1.49549
10	Bad ingot	9.33		24.4986
9	Reference	1.18		3.7043
8	Bad ingot	10.02	17.49	31.8488
7	Reference	1.14	3.38	4.51309
6	Bad ingot	9.09		23.8748
15	Reference	1.22		4.34279
14	Bad ingot	9.56		25.4934
13	Reference	1.19		4.02709

图9：初始氧化熔炉内的交叉污染评估

测试结果显示，在熔炉中可见交叉污染。在 VPD-ICPMS 上测量未污染晶圆片，铬含量约为  $4 \times 10^{10}$  at/cm<sup>2</sup>，被污染晶圆片的铬含量约为  $25 \times 10^{10}$  at/cm<sup>2</sup>。在湿法清洗台上未观察到交叉污染。

为了验证污染物是否可以去除，先将一些初始氧化晶圆脱氧，然后重新氧化。测试结果良好，铬含量为  $1.15 \times 10^{10}$  at/cm<sup>2</sup>，参考数值为  $0.25 \times 10^{10}$  at/cm<sup>2</sup>。

最后，对一些晶圆片进行重新氧化处理，在 HV 氧化

和隧道氧化后，再未检测到任何污染物。因此，铬污染对芯片来说并不是致命的。

所有这些实验使我们能够找到污染的来源。在沉积过程中，大量 Cr 被掺入 LTO 中。测试排除了很多假定污染物是因为元器件逐渐老化而从工艺腔体或马弗炉排出的情况。这种情况可以使铬扩散到晶圆表面，详见文献<sup>[2]</sup>。

### 案例 3：晶圆片边缘被不锈钢污染

第三个案例是在晶圆电子检测 (EWS) 期间发现的。所有晶圆都来自同一供应商的同一晶锭。

检测裸晶圆片的斜面，VPD-ICPMS 测试只测到 Cu 和 Al，而在晶圆的有效面上没有测得任何金属物质。经过第一道热处理（快速热处理 (RTP)）工序后，在裸片有效面上，除大量的铝、钛、铬和铜外，仍然没有测量到任何其他物质。参考晶圆片仅显示有相同含量的铝金属。

在 RTP 热处理后进行 SPV 测量，疑似晶圆片的缺陷特征非常清晰，而且在熔炉处理后变得更加清晰（图 10）。在 DSIMS 分析期间，未观察到厚度测量或  $\mu$ PCD 测量在 RTP 后受到任何影响，也未观察到 Epi/Si 界面中存在金属污染。

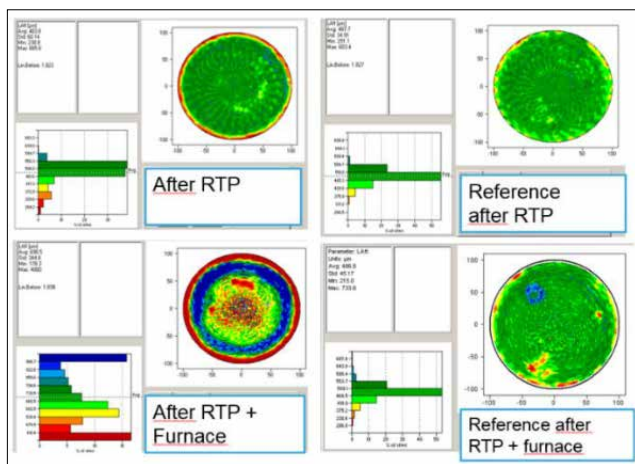


图10：在 RTP 之后（图顶部）和在 RTP 和熔炉处理后（图底部），受污染的晶圆（左侧）和参考样品（右侧）的 SPV 映射图。

相反，在 RTP 和熔炉工序后，用光致发光方法测量裸晶圆片，测试结果良好。在晶圆的左右边缘可见一些缺陷，凹口在底部。在热处理后，在受污染的晶锭上看到了环状特征。在光致发光图与缺陷率映射图叠加后，可以看到，环状特征的直径与缺陷率映射图的直径不完全相同，这可能有多种原因，例如，表面电荷或钝化（图 11）。

最终，供应商成功找到了缺陷的根源并重现了问题，

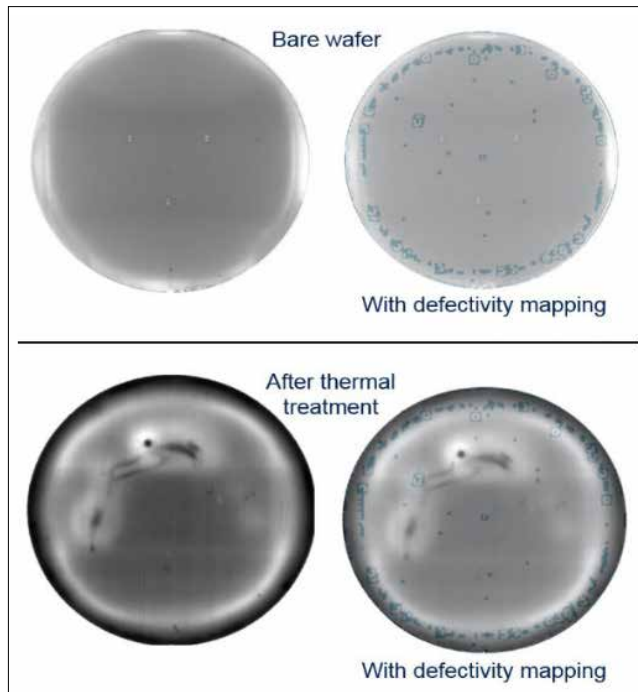


图11: 受污染的裸晶圆片的光致发光图(左侧)及其与缺陷率图的叠加图(右侧), 热处理后的受污染的裸晶圆片的光致发光图(左侧)及其与缺陷率图的叠加图(右侧)。

原来是上产线上的一颗螺丝错位, 刮擦到晶圆片的正面。在受影响的晶圆片上进行了五次 VPD-ICPMS 测量, 在五个半径不同圆环上收集污染物。第一次测量是在以晶圆片为中心的 0 到 60 毫米半径的圆环上, 然后, 半径依次是 60 到 70 毫米, 80 到 90 毫米, 最后是 90 到 100 毫米(晶圆片的边缘)。在 0 到 90mm 圆环上没有测量到污染物。然而, 在距边缘最近的圆环上测量到钛、铬、铁、镍、钴、铜和钼, 这与缺陷的根源相关。

## 结论

寿命测试和直接金属污染测量是互补性技术, 应配合使用。需要记住的是, 在检测和确定金属污染时, 没有完美的测量技术, 每种情况都是独特的。

这些特定案例表明, 为检测一个问题选用不同的技术不是易事, 用寿命测试技术检测污染物依赖热处理。实际上, 在裸晶圆片上, 任何 SPV、TXRF 或 VPD-ICPMS 方法都无法检测到第一种情况的镍污染和第二种情况的铬污染。仅在对晶圆片进行退火处理后, 才发生镍扩散, 并且在 SPV 上可见, 并且仅在初始氧化工序后, 厚度测量才显示出晶圆片上氧化物厚度不均匀。通过 TXRF 和 VPD-ICPMS 测量, 可以将其表征为铬, 并且由于 DSIMS 分析,

才发现其存在于晶圆片 Bulk 体区内部。

最后, 对于第三种情况, 在热处理后, 晶圆片边缘的环状污染物在 SPV 测量中变得明显, 但只有 VPD-ICPMS 方法和在晶圆片边缘上收集的特定物质, 才让我们得出不锈钢污染的结论。◆

## 参考文献

- [1] S. Dubois and S. Martinuzzi, "Metal impurities in multicrystalline silicon solar cells: comparison between fast and slow diffusers" in Conference Record of the IEEE Photovoltaic Specialists Conference, May 2008.
- [2] C. J. Hsiao, A.S.Teng, W. C. Chang, Y. Y. Chen, M. Y. Lee, Y. S. Tsai, T. W. Lee, D. J. Lin, A. Dai and C. Y. Lu, "Investigation of Chromium Contamination induced TDDB Degradation in MOSFET" in IPFA 2013, p. 61-64.
- [3] H. Aiginger, "Historical development and principles of total reflection X-ray fluorescence analysis (TXRF)" in Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy, 1991, Vol. 46, Issue 10, p. 1313-1321.
- [4] M. Horn, "Applications of ICP-MS in semiconductor industry" in Fresenius J Anal Chem, 1999, 364 : 385-390.
- [5] Dieter K Schroder, "Surface voltage and surface photovoltage: history, theory and applications" in Measurement Science and Technology, 2001, Vol. 12, num. 3.
- [6] J. Härkönen, E. Tuovinen, Z. Li, P. Luukka, E. Verbitskaya, V. Eremin, "Recombination lifetime characterization and mapping of silicon wafers and detectors using the microwave photoconductivity decay ( $\mu$ PCD) technique" in Materials Science in Semiconductor Processing, 2006, Vol. 9, Issues 1-3, p. 261-265.
- [7] G. Teeter, "Dynamic Secondary Ion Mass Spectrometry" in Materials Science, NREL Transforming Energy.
- [8] X. Luan, Y. Liu, B. Zhang, S. Wang, X. Niu, C. Wang, J. Wang, "Investigation of the barrier slurry with better defect performance and facilitating post-CMP cleaning" in Microelectronic Engineering, 2017, Vol 170, p. 21-28.
- [9] F. Ferriue, J.H. Lecat, "Characterization of thin films and materials used in semiconductor technology by spectroscopic ellipsometry" in Characterisation of Thin Films and Coatings, 1988, Vol 164, p. 43-50.
- [10] J.E. Toney, "Photoluminescence Spectroscopy" in Characterization of Materials, 2002



# 基于集成光学相控阵的激光雷达系统

**法**国原子能研究所和原子能委员会电子与信息技术实验室 (CEA-Leti) 的 Sylvain Guerber 在 2021 年美国西部光电大会 (Photonics West 2021) 报告, 具有固态光束控制功能的光学相控阵 (OPA) 可以降低激光雷达 (LiDAR) 系统的成本和尺寸并提高性能。

CEA-Leti 为开发适用于广泛商业应用的 LiDAR 系统迈出了关键的一步, 它已经开发了用于校正高通量光学相控阵 (OPA) 的遗传算法, 以及能够进行晶圆级 OPA 表征的先进测量装置。

OPA 是一种新兴技术, 由紧密排列 (间距约为  $1\ \mu\text{m}$ ) 的光学天线阵列构成, 并在宽角度范围内发射相干光。通过调整每根天线发出的光的相对相位, 可改变生成的干涉图。例如, 如果天线之间的相位梯度是线性的, 则会形成定向波束。通过改变线性梯度的斜率, 控制光束的方向, 从而实现固态光束转向。

目前的 LiDAR 通常使用重型、功耗大且昂贵的机械波束转向系统, 与之相比, 使用 OPA 可以提高扫描速度、功率效率和分辨率。基于 OPA 的 LiDAR 系统的另一个特

点是没有活动部件, 因为仅通过调整天线相位就可实现固态光束转向, 从而显著地缩减了这些系统尺寸和成本。

在 Photonics West 2021 的数字论坛上, CEA-Leti 在题为“基于硅光子学的光学相控阵的开发, 校准和表征” (Development, Calibration and Characterization of Silicon Photonics-Based Optical Phased Arrays) 的论文中, 报告了校准和表征结果。

该论文的主要作者 Sylvain Guerber 表示: “高性能 OPA 的开发将为自动驾驶汽车、全息显示器、生物医学成像和许多其他应用的廉价 LiDAR 系统铺平道路。但是, LiDAR 的广泛采用将取决于更低的系统成本和更小的外形尺寸。”

代表“光探测和测距”的 LiDAR 已经成为未来传感和视觉系统的关键启用技术。除了汽车和医疗用途外, 它们还可以使无人机和机器人以及工业自动化实现自主移动。商用 LiDAR 系统必须满足严格的要求, 尤其是在汽车应用中。特别地, 需要高功率和低发散光束以准确地解析场景。例如, 欲在 100m 处分辨出 10cm 的物体, 则需要 OPA 工作在波长为  $1\ \mu\text{m}$  的电路中, 该电路至少应包

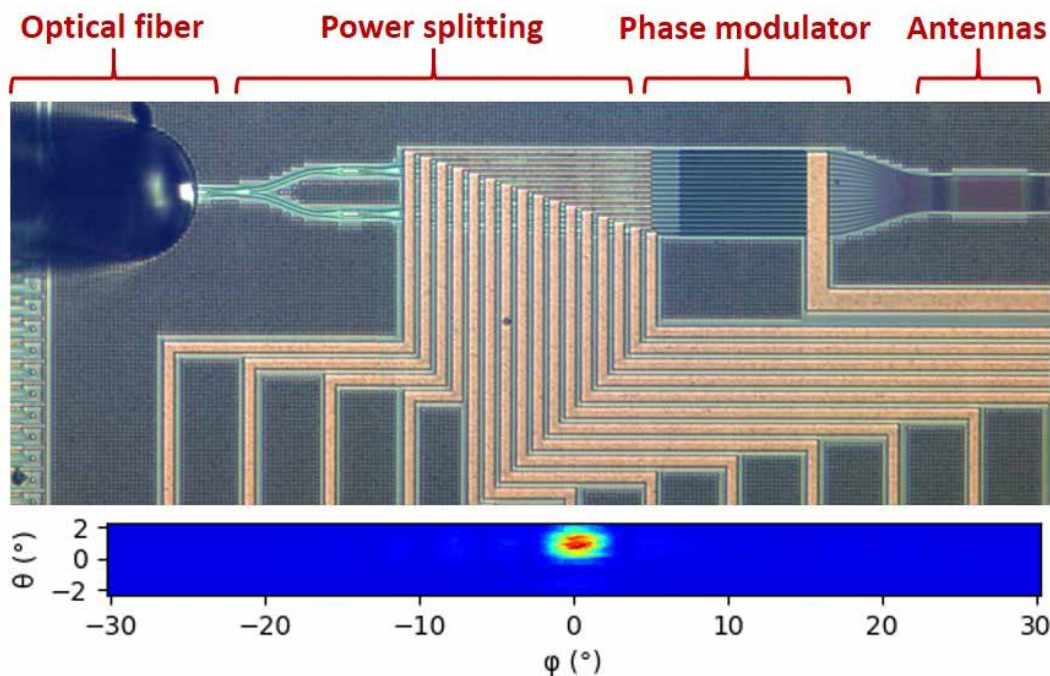


图1: 光学相控阵 (OPA)



图2: CEA-Leti开发研究基于集成光学相控阵的激光雷达系统

含 1000 根天线，每根天线之间的间隔为  $1\ \mu\text{m}$ 。因此，对于基于 OPA 的商用 LiDAR 系统而言，开发高通道数的 OPA 是必不可少的。

Guerber 说，可以利用成熟的硅光子平台的优势来生产具有固态光束控制功能的集成型芯片级 OPA。但是，这只是迈向全功能 OPA 的第一步，因为光束扫描需要初步校准。由于需要大量的光学天线，此校准过程可能会花费大量的时间，这与大规模部署技术不相符。因此，CEA-Leti 团队开发了可能是第一个晶圆级 OPA 表征装置，这是迈向基于 OPA 的 LiDAR 工业化的重要一步。此外，已经开发了基于达尔文进化论的遗传算法，以快速可靠地校准高通道数 OPA。与以前使用的算法相比，它们可以使校准速度提高多达 1000 倍。

Guerber 指出，汽车行业和其他市场对 LiDAR 技术的广泛商业应用预计还需要几年。OPA 是至关重要的一步，CEA-Leti 将继续为之付出努力。

他解释说：“目前仍然存在很多挑战，尤其是在系统层面上。LiDAR 由许多元素组成，包括激光器、电子驱

动器、OPA 转向系统、探测器和数据处理能力。所有这些元素必须共同协作；OPA 只是系统的一部分。”

在过去的十年中，人们对 OPA 进行了广泛的研究，面向的应用包括光探测与测距 (LiDAR) 系统、全息显示、大气监测和自由空间通信，等等。利用硅光子平台的成熟度，可以用集成型 OPA 取代常见的机械式光束转向控制系统；从而显著地缩减 LiDAR 的成本和尺寸，同时改善其性能（扫描速度、功率效率、分辨率……）这得益于固态光束控制。然而，打造符合 LiDAR 系统规格要求（低发散性和单输出光束）的 OPA 并非轻而易举。为了实现完整的 LiDAR 系统，CEA-Leti 对高性能 OPA 开发所固有的技术挑战展开了研究。特别是，已经开发成功适用于高通道数 OPA 校准的高效遗传算法，以及可兼容晶圆级 OPA 表征的高级测量装置。

这项工作部分由法国 ANR 通过卡诺特基金、ECSEL Vizta 欧洲项目和法国国家计划“IRD Nanoelec 的 d'investissement d'avenir 计划”(n° ANR-10-AIRT-05) 资助。◆

# IGBT模块的声学检查

由于通常的高电压和功率水平，IGBT的失效可能既昂贵又危险。在有可能出错之前，提前发现内部结构缺陷是有重大意义的。

当焊料将 IGBT 模块与其散热器键合在一起时，在焊料中形成三个小的空气隙（空洞）。这些小空洞恰好彼此靠近，从而阻止了一些热量从管芯上方的区域很好地散出。随着时间的流逝，空洞上方的区域可能会过热，而芯片则可能会发生电气故障——随之就是芯片作为其中一部分的整个系统出现电气故障。

由于通常的高电压和功率水平，IGBT 故障可能既昂贵又危险。在内部结构缺陷有机会出错之前，先找到它们是有意义的。

X 射线和超声波都可以进行所需的非破坏性成像，但二者之间有一些区别。首先是穿透深度。X 射线可能无法充分穿透某些 IGBT 模块上的散热器，从而难以传递其数据。X 射线束会提供衰减的局部差异，但是 IGBT 中最常见的缺陷是空洞和键合失败。如果空洞相对较大（例如焊料中的空洞），则可能会成功成像，但是如果空洞非常小（如在键合失败区域中的空洞），则由于对光束衰减的影响太小，它们可能仍然是不可见的。

通过声学显微成像工具，例如诺信 SONOSCAN 的 C-SAM® 这类工具，则可以很容易地穿透散热器，但这里首先需要解决另一个问题：将工具的传感器耦合到组件顶部的其他组件上的小水柱，不能在未密封的 IGBT 模块的顶部表面上使用。与模块表面接触的不纯净水总是在蒸发时会残留一些物质，而 IGBT 的电压电平是如此之高，以至于残留物可能成为导电通路，从而造成灾难性后果。IGBT 模块是受到这种限制的很少的几种组件类型之一。

因此，我们开发了一种倒置的声学显微成像工具，以便从下方通过散热器对 IGBT 成像。传感器及其水柱都指向模块下方的位置，其顶部表面保持干燥。由于 IGBT 模块的底面没有覆盖密封胶，因此即使在封装后也可以对模块进行成像。

当声学显微成像工具的传感器沿着散热器的底面来回扫描时，它每秒几万次的在每个 x-y 位置上执行其脉冲回波功能，并且每个脉冲为声学图像贡献一个像素。具体运行过程如下：

- 传感器将脉冲向上发射到水柱中。
- 脉冲冲击“水 - 散热器”界面，部分反射回传感器，部分向上传输进入到模块。
- 反射的回声显示出：从传感器到模块底部散热器表面的距离，同时还有其他一些信息。
- 透射部分穿过散热器，到达“散热器和焊料”之间的界面。
- “散热器 - 焊料”回波反射到传感器，在传感器中显示出“散热器和焊料”之间界面的距离和界面相关的其他数据。



图1：通过穿透模块底部扫描制成的单色声学图像，显示出芯片键合粘附中的缺陷。



该过程将继续通过其他材料界面向上进行，直到脉冲到达管芯与筏板之间的连接为止。但是在到达筏板之前，它将显示在焊料中遇到的任何出现的特征。这些意料之外的特征几乎全部由空洞组成，这些空洞可能以焊料中的气泡或两种固体材料之间的平面分层（气隙）的形式出现。这就是在第一段中所提到的三个空洞进行成像，并记录它们与散热器表面的距离的时候。

气泡实际上是模块中最容易通过图像显示的特征，因为气泡不是呈现固体-固体界面，而是呈现出了固体-气体（空气）界面，这种界面会将更多的超声（接近100%）反射回传感器去，比任何其他类型的界面都要强很多。固体到固体的界面可能会将到达的脉冲能量反射回去10%到50%。没有超声波能够穿透固体-空气界面，因此直接在其上方的x-y位置就不会产生成像。

您可以在图1的单体声学图像中看到这些效果。在制作此图像时，超声波脉冲是通过散热器、焊料、筏板和管芯附着材料向上产生的，并通过相同的路径返回到传感器。左上角附近的白色圆形特征是该芯片与模块中陶瓷筏板相连的层中的空洞。左下方还有一个较大的空洞，同时还有几个较小的空洞。

该图像是使用“闸门”来制作的。由于脉冲是从三个材料层下面发射出来的，因此要获得所需的图像，接收器需要从很短一段时间中选择回波，在此时间内，回波才是通过管芯反射的。

在每个x-y位置，传感器的接收器在发射脉冲之后等待，直到发射恰好在十亿分之一秒后才被激活，以接受从闸门控制深度到达的任何信号——例如，从这里没有回声到可能的最强回声。可能有数千个“最强”回波到达接收器，使该空洞的x-y形状显示为白色。较弱的回声会形成灰色。完全没有回声则会形成黑色。

管芯中似乎存在一些裂纹，图1中显示为黑线。一个到达左上方的空洞处。大部分位于管芯右半部分的模糊的黑色特征是焊料层中的空洞，它们更靠近传感器。它们位于为成像芯片所设置的闸板上方。因为处于闸板上方空洞的阴影里，所以它们是黑色的。

作为空洞，它们充满了空气，当来自传感器的脉冲碰到它们时，它们会发回自己的回波，但是它们自己的回波太早到达传感器，从而无法到达收集闸板内，因此被忽略了。但是通过不让脉冲到达管芯，也可以将它们的回波阴影发送到传感器。人们还可以解释其他地方类似现象，比

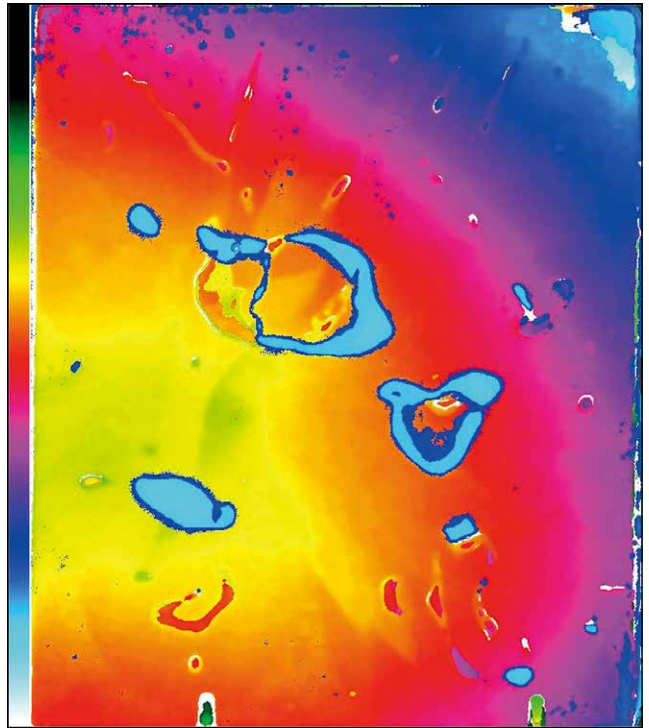


图2：浅蓝色特征最靠近散热器，而浅绿色特征则在最上方。

如通过在传感器接收到来自芯片键合粘附剂的回波的短暂时间内，那些空洞之外的区域也没有任何的贡献。

图2是在IGBT的管芯上的筏板表面的声像。此处的颜色表示筏板和散热器表面之间焊料填充空间的垂直距离。该图垂直延伸了整个焊料的厚度。筏板是在左侧中心的小区域中最深（在彩色图左侧，为浅绿色），在右上角最高（在彩色图右侧，为浅蓝色），这里焊料很少，以至于筏板表面可能接触到散热器。

这里的关键特征是焊料的厚度不均匀性，以及许多的隔热空洞，其中一些还非常大。它们可能共同导致管芯正上方的区域过热并发生故障。那些浅蓝色的空洞很可能与散热器接触。但是请注意，右上角的部分也是相同的颜色，因为该区域中的焊料非常薄。中心附近的蓝色大C形空洞位于另一个位于红黄色深度的大空洞上方。焊料层的不均匀可能会导致散热不均，从而导致不必要的应力。

此处显示的IGBT模块都不适合使用在产品中：它们都有太多异常。但是实际上在这些大功率模块中，如果按照接近其设计规格的方式来使用模块，那么即使是一个很小的异常也可能导致失效故障。◆

Advertiser	广告商名称	网址	页码
ITW EAE		www.itweae.com	9
锐德热力		www.rehm-group.com	1
三英精控(天津) 仪器设备有限公司		www.symc-tec.com	13
VCAM		www.smtjhd.com	IBC

## 欢迎投稿

《半导体芯科技》(Silicon Semiconductor China, SiSC) 是面向中国半导体行业的专业媒体, 已获得全球知名权威杂志《Silicon Semiconductor》的独家授权。本刊针对中国半导体市场特点遴选相关优秀文章翻译, 并汇集编辑征稿、采编国内外半导体行业新闻、深度分析和权威评论等多方面内容。本刊由香港雅时国际商讯(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、关键零部件, 以及与 particle (颗粒度) 及 contamination (沾污) 控制等厂务知识。

### FABLESS

芯片设计方案、设计工具, 以及与掩膜版内容和导入相关的资讯。

### 半导体基础材料及其应用

III-V 族、II-VI 族等先进半导体材料的科学研究成果, 以及未来热门应用。

《半导体芯科技》欢迎读者、供应商以及相关科研单位投稿, 已甄选中文稿件将在印刷版杂志以及网上杂志刊登; IC 设计及应用等半导体相关内容将酌情予以网络发表(微信推送、杂志网站)。本刊优先刊登中文来稿(翻译稿请附上英文原稿)。

### 技术文章要求

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

### 新产品要求

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

电子邮箱: sunnieZ@actintl.com.hk  
mizyH@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  
Mizy He (贺贵鸿), mizyH@actintl.com.hk

#### Sales Director (销售总监)

Eva Liu (刘婷), eval@actintl.com.hk

#### General Manager-China (中国区总经理)

Michael Tsui (徐旭升), michaelT@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)

##### Shenzhen (深圳)

Jenny Li (李文娟), jennyli@actintl.com.hk  
Gavin Hua (华北平), gavinH@actintl.com.hk  
Tel: 86 755 25988573 / 25988567

##### Shanghai (上海)

Hatter Yao (姚丽莹), hattery@actintl.com.hk  
Helena Xu (许海燕), helenax@actintl.com.hk  
Amber Li (李歆), amberL@actintl.com.hk  
Tel: 86 21 6251 1200

##### Beijing (北京)

Cecily Bian (边团芳), cecilyB@actintl.com.hk  
Tel: 86 135 5262 1310

##### Wuhan (武汉)

Eva Liu (刘婷), eval@actintl.com.hk  
Tel: 86 138 8603 3073  
Sky Chen (陈燕), skyc@actintl.com.hk  
Tel: 86 137 2373 9991  
Grace Zhu (朱婉婷), graceZ@actintl.com.hk  
Tel: 86 159 1532 6267

### Hong Kong (香港特别行政区)

Mark Mak (麦协和), markm@actintl.com.hk  
Tel: 852 2838 6298

#### Asia

##### 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  
Mark Mak (麦协和), markm@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

# PIS<sup>®</sup> 24-365

Profile real-time monitoring Intelligent System

## 炉温实时监控智能系统

回流焊大数据，不止让温度测试更智能

Reflow BIG data, NOT ONLY make Temperature profile Smarter

## 让生产品质更可靠

Make Production QUALITY more Reliable



伟凯美 (VCAM) 荣誉出品

[www.smtjhd.com](http://www.smtjhd.com)



# 2021“晶芯”研讨会全年主题

## 线上

### ▶ 01.21 第二届

先进封装发展趋势与应用挑战

### ▶ 05.21 第四届

半导体材料及设备技术与市场前景发展研讨会

### ▶ 08.19 第六届

面向5G应用的半导体创新技术

### ▶ 10.20 第八届

半导体测试专题研讨会

### ▶ 12.23 第十届

芯片设计/软件工具技术研讨会

### ▶ 02.24 第三届

IC制造高端光刻机发展趋势和技术挑战

### ▶ 07.29 第五届

MEMS制造技术发展论坛

### ▶ 09.23 第七届

LED技术发展及应用研讨会

### ▶ 11.18 第九届

功率器件技术与应用研讨会

## 线下

### 📍 04.15 深圳(线下)

集成电路应用技术创新发展论坛

### 📍 06.10 苏州(线下)

国际先进半导体封装技术创新论坛

\* 以上议题暂定, 请以会议举办实际议题为准