

# 半导体芯科技

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

• **CHINA**

## 可应对苛刻应用的 MOMS传感器 17

Logitech提高晶圆工艺的速度、质量和可重复性 20

光子技术融入CMOS兼容的硅光子平台 24

适用于功率SIP的新一代可布线QFN 27





EDICON

2020

Electronic Design Innovation Conference

电子设计创新大会

2020年5月12-13日

国家会议中心，北京，中国

为30分钟的技术报告会提交论文提案，可选择以下专题分会：

- ▶ 5G/先进通信
- ▶ 毫米波技术
- ▶ 放大器设计
- ▶ 电磁兼容/电磁干扰
- ▶ 低功耗射频和物联网
- ▶ 前端设计
- ▶ 电源完整性
- ▶ 雷达和国防
- ▶ 射频和微波设计
- ▶ 信号完整性
- ▶ 仿真和建模
- ▶ 测试和测量

正在征文，欢迎投稿



与3000多与会者分享您的专业知识。可用中文演讲，也欢迎用英语演讲。

提交论文摘要：<https://www.ediconchina.com/submit-an-abstract>

截止日期：2020年1月6日



速度、精度、解析应有尽有



# 全新! DSX1000

数码显微镜



咨询  
热线

400 969 0456



## 目录 CONTENTS

### 封面故事 Cover Story

#### 17 可应对苛刻应用的传感器 Sensor Searches Demanding Application

微型光机械传感器 (MOMS) 具有抗辐射性, 并兼有宽范围与高灵敏度特点。MOMS 可能的应用是什么? imec 看到了 MOMS 的应用潜力。首先, 传感器中微小的机械形变可以引起大的光学效应, 从而带来高灵敏度。其次, MOMS 传感器不含金属, 这使它们特别适合医疗应用, 可与 MRI 扫描仪等磁共振系统兼容的传感器。

- Xavier Rottenberg, imec



### 编辑寄语 Editor's Note

- 4 半导体市场随 5G 崛起迎来复苏  
The semiconductor market is recovering with the rise of 5G  
- 赵雪芹

### 产业报道 Industry News

- 5 莱迪思半导体推出全新 CrossLinkPlus FPGA 系列产品  
Lattice launched its new CrossLinkPlus FPGA series
- 5 奥林巴斯发布新款 Vanta Element 型号分析仪  
Olympus launched a new Vanta Element analyzer
- 6 中微公司荣获首届上海市知识产权创新奖  
AMEC wins the first Shanghai intellectual property innovation award
- 6 TS9800 系列喷射阀提高电子制造速度和生产率  
TS9800 series jet valves improve electronics manufacturing speed and productivity
- 7 SEMICON Taiwan 2019 聚焦先进制程与智能应用  
SEMICON Taiwan 2019 focus on advanced processes and intelligent applications
- 8 松下与 IBM 日本将合作改进半导体制造工艺  
Panasonic and IBM Japan, Ltd. will cooperate to improve semiconductor manufacturing processes

#### 关于雅时国际商讯 (ACT International)



雅时国际商讯 (ACT International) 成立于1998年, 为高速增长的中国市场中广大高技术行业服务。ACT通过它的一系列产品—包括杂志和网上出版物、培训、会议和活动—为跨国公司及中国企业架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.

## 目录 CONTENTS

### 观点 Viewpoints

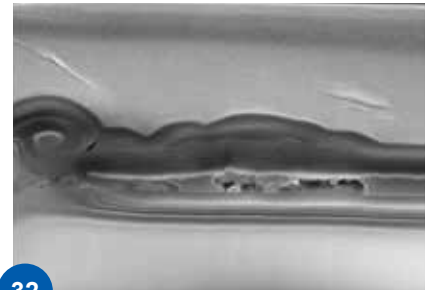
- 10 FD-SOI 助力 5G 及 AIoT 快速发展  
FD-SOI helps the rapid development of 5G and AIoT
- 13 AI 时代推动存储器的创新与发展  
Promoting the innovation and development of memory in AI era  
- Mahendra Pakala, 应用材料公司
- 14 将石墨烯和新材料推向市场  
Bringing graphene and new materials to market



20

### 技术 Technology

- 20 半自动多工位系统极大提高晶圆工艺的速度，质量和可重复性  
Semi-automated multi-station systems boost wafer processing speed, quality & repeatability  
- Logitech 公司
- 24 光子技术正在融入 CMOS 兼容的硅光子平台  
Photonic technologies are converging into a CMOS compatible silicon photonic platform  
- Karim Hassan, CEA-Leti 研究员兼项目经理
- 27 适用于功率 SiP 应用的新一代封装产品可布线 QFN  
New Generation Routable QFN for Power SiP Applications  
- Jun Dimaano 等, UTAC 公司



32

### 专栏 Conlunm

- 32 计算流体力学于铝导线腐蚀案例应用  
Applications of CFD on case study of aluminum conducting line corrosion defect  
- 政谕, 亚翔系统集成科技(苏州)股份有限公司
- 37 提升芯片可靠性的统计方法  
Improving chip reliability by I-PAT method for auto industry  
- David W. Price, Douglas G. Sutherland 和 Jay Rathert, KLA 公司

### 40 广告索引 Ad Index

#### 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.

## 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 25988571  
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



# 半导体市场随5G崛起迎来复苏

根据市场咨询公司 IHS Markit | Technology 的数据，在 2019 年下跌 12.8 个百分点之后，全球半导体市场收入在 2020 年会出现反弹，将增长 5.9%，两年间产生大约 18 个百分点的波动。2020 年全球半导体市场收入将从 2019 年的 4228 亿美元上升到 4480 亿美元。

IHS Markit | Technology 认为：半导体行业在 2019 年正在经历一场残酷的衰退，其幅度之大，需要一股更强大的力量——5G 技术的部署所带来的巨大经济影响，才能终结这场衰退。

5G 的部署将是推动这一复苏的主要因素，不仅因为它将给无线行业带来新的增长，还因为无线技术将给全球企业和经济带来更广泛的好处。

“纵观半导体行业的历史，每一次市场低迷都是随着技术创新的到来而结束，技术创新刺激了需求的大幅增长。” IHS Markit | Technology 半导体制造高级总监 Len Jelinek 说，“在过去，这些创新产生了重大影响，如万维网的出现或 iPhone 的推出。现在，另一项历史性的创新：5G，将在这些进步中占据一席之地。然而，5G 的影响将远远超出科技行业的范围，影响社会的方方面面，并推动新的经济活动，这将刺激对微芯片 (microchips) 的需求不断增长。”

## 5G 的经济影响

众所周知，5G 移动网络代表了移动通信技术的下一个阶段，超越了目前的 4G LTE 标准。随着 5G 得到更广泛的应用，这项技术将为移动网络运营商 (MNO) 带来利润丰厚的新服务机会。

然而，5G 更大的影响将是把移动设备变成一个强大和普及的平台，促进新商业模式的出现，并改变全球的产业和经济。像过去的其他重大创新一样，5G 有望重新定义工作流程，改写竞争经济优势的规则。IHS Markit | Technology 预计 5G 的崛起将对人类和机器的生产力产生深远的积极影响，最终提高世界各地人们的生活水平。

到 2035 年，仅在美国，5G 就将带来价值 1.3 至 1.9 万亿美元的经济产出。这几乎与 2016 年美国消费者在汽车上的花费相同。

5G 带来的创新，包括增强现实 (AR)、关键任务服务、固定无线接入和海量物联网，等等，将推动经济活动的增长。而所有这些发展都需要价值数十亿美元的半导体才能实现。

## 智能手机推动芯片销售

5G 的增长也将对芯片销售产生更直接的影响。

从应用市场的角度来看，智能手机业务是所有行业中最大的半导体消费市场，今年的全球收入为 877 亿美元。这将使工业、汽车、计算机和消费电子等主要领域的半导体需求相形见绌。

因此，这部分业务的增长对微芯片业务产生了不成比例的影响。

在经历了 2018 年和 2019 年的下滑之后，全球智能手机业务有望在 2020 年恢复年度出货量增长。这一增长将推动半导体市场收入，在 2019 年下降 22% 的基础上，到 2020 年芯片销售将增长 7%。同时，半导体市场还将受益于其他领域的重新增长，包括汽车、物联网、数据中心和工业。

近日，来自业界的信息进一步表明世界半导体行业复苏趋势。台积电 10 月 17 日公布的 2019 年第三季度决算数据显示，该公司营业利润时隔 5 个季度转为增加，同比增长 13%。美国苹果新型智能手机和新一代通信标准 5G 的半导体订单形势大好，台积电因此也大幅上调设备投资预期。

随着 5G 崛起，复苏趋势将扩大到整个行业。低迷约一年半时间的半导体行业迎来转折点，半导体行业一直希望的真正复苏将在 2020 年下半年实现。

赵雪芹



## 莱迪思半导体推出全新CrossLinkPlus FPGA系列产品

**低**功耗可编程器件的领先供应商莱迪思半导体公司宣布推出 CrossLinkPlus™ FPGA 系列产品，适用于采用 MIPI D-PHY 的嵌入式视觉系统。CrossLinkPlus 器件作为创新的低功耗 FPGA，拥有集成闪存、一个硬 MIPI D-PHY、可实现面板瞬时显示的高速 I/O 以及灵活的片上编程特性。此外莱迪思还提供现成的 IP 和参考设计来加速实现和增强传感器与显示器的桥接、聚合和分屏功能，这些是工业、汽车、计算和消费电子等应用的常用功能。

CrossLinkPlus 系列将 FPGA 的灵活性和面板瞬时显示特性相结合，加速工业、汽车、计算和消费电子应用的设计。开发人员希望通过为嵌入式视觉系统添加多个图像传感器或者显示屏来优化用户体验，同时还要满足系统成本和功耗的要求。莱迪思的 CrossLinkPlus FPGA 能够满足这一需求：它是专门为嵌入式视觉应用优化的小尺寸

(3.5×3.5 mm)、低功耗 (< 300 μW) 器件，包括了硬件化的 MIPI D-PHY、支持 OpenLDI 和 RGB 等接口的各类高速 I/O 和片上非易失性闪存。CrossLinkPlus 通过片上闪存支持瞬时启动(最大程度减少影响用户体验的视觉假象)和灵活的现场重新编程。

莱迪思半导体产品营销经理 Peiju Chiang 表示：“由于 OEM 厂商希望在 MIPI 生态系统驱动的规模经济中获益，所以 MIPI D-PHY 被广泛应用于从工业控制设备显示到 AI 安全摄像头等各类应用。莱迪思的全新 CrossLinkPlus FPGA 结合了灵活的可编程性和 FPGA 的快速并行处理能力以及视觉应用专用的硬件、软件、预先验证的 IP 和参考设计。这让 OEM 可以将更多的时间用于开发创新的应用，而不必在那些没有任何竞争优势的普通功能上浪费时间。”◆

## 奥林巴斯发布新款Vanta Element型号分析仪

**奥**林巴斯近日发布用于元素分析和合金辨别的新款 Vanta Element 分析仪，这款产品是 2019 年下半年奥林巴斯在工业领域的“重头戏”。

奥林巴斯科学事业统括部部长潘伟先生表示，奥林巴斯光谱仪不仅结合了当前 XRF 前沿的技术，且在产品设计上更多考虑了客户的实际要求，这能够大幅度地满足客户的实用性要求。基于中国国内市场的行情发展，为更好地满足国内迅猛发展的废旧金属回收、贵金属回收和金属制造行业，奥林巴斯研发生产了新款 Vanta Element 分析仪，这款产品除了拥有 Vanta 系列分析仪的基本特性外，还被赋予了更多光学核心科技，是在 Vanta 系列分析仪的基础上进行的一次全新升级，为元素分析领域的用户提供了更强大的技术支持。

Vanta Element 分析仪的突出特性：

- “智能型”工业科技设备，使用双核处理器，并采用奥林巴斯久经考验的 Axon 技术，提供与 Vanta 系列中其他分析仪相同的高计数率和稳定性，可以直接在

屏幕上对比合金牌号，用户仅在几秒钟之内便可获得清晰的材料和牌号辨别信息。

- 新款 Vanta Element 分析仪自带防水防潮功能，符合防护等级 IP54 评定标准，在户外也不必担心下雨落水等突发情况。保护性能被强化，顺利通过从 4 英尺高处坠落测试 (MIL-STD-810G)，确保在发生意外坠落或撞击时依旧可以继续工作。在 -10℃ 到 45℃ 温度范围内，可以一直保持正常工作状态。
- 新款 Vanta Element 分析仪具有可选配的无线连接性能，支持连接用户网络、移动应用程序、以及奥林巴斯科学云系统进行无线数据共享，可以短时间内迅速访问多设备管理工具，操作简单快捷，助力实现工业智能化。

奥林巴斯一直致力于工业科学领域的研发拓展，用光学科技不断自我完善，力求为用户带来高品质的工业光学科技产品，满足用户对科技性能的追求。新款 Vanta Element 分析仪的发布见证了奥林巴斯在光学科技领域又迈出的坚实一步。◆

## 中微公司荣获首届上海市知识产权创新奖

2019年10月22日，中微半导体设备（上海）股份有限公司宣布公司荣获首届上海市知识产权创新奖（保护类）。该创新奖由上海市政府和世界知识产权组织（WIPO）首次联合颁发，旨在表彰奖励本市在知识产权创造、保护、运用方面具有突出成就的创新主体。2019年5月，上海市启动了该奖项的评选工作，历时近4个月，经5轮筛选，中微公司等9家企事业单位脱颖而出，分别获得了“上海市知识产权创新奖”的创造、保护和运用三类奖项。

中微公司是一家以中国为基地、面向全球的高端半导体微观加工设备公司，为全球集成电路和LED芯片制造商提供极具竞争力的高端设备和高质量服务。中微公司基于在半导体装备产业多年耕耘积累的专业技术，涉足半导体芯片前端制造、先进封装、LED生产、MEMS制造以及其他微观制程的高端设备领域，瞄准世界科技前沿，坚持自主创新。

12年来，中微公司成功应对来自三家国际半导体设备领先公司的数轮国际知识产权诉讼挑战，涵盖商业秘密和专利，或赢得诉讼，或与对方和解，并且取得满意结果。这表明中微公司具有较扎实的知识产权基础和应对国际复



杂知识产权挑战的能力。

中微公司董事长兼首席执行官尹志尧博士说道：“我们非常荣幸能获得如此殊荣，也非常感谢上海市政府、国家知识产权局和世界知识产权组织对中微知识产权保护工作的肯定。中微公司将一如既往地重视科技创新和知识产权保护，严格尊重他人知识产权。我们将继续努力，在科技创新上持续发力，为客户提供创新的产品和创造更好的价值。”

## TS9800系列喷射阀提高电子制造速度和生产率

**精**密液体点胶技术的领导者 Techcon 近日宣布，推出新的 TS9800 系列喷射阀点胶系统，包括 TS9800 压电驱动喷射阀和 TS980 智能控制器。与气动喷射阀和其他接触式点胶解决方案不同，TS9800 喷射阀采用压电非接触式喷射技术，在点胶过程中提高速度和减少废弃。

Techcon TS9800 喷射阀提供超高速点胶速度和能力，点胶点和线小至 0.5 nL，最高可达 1500 Hz 连续和 2000Hz 最大连发，以获得更高的吞吐量，适用于各种流体类型及黏度。

典型应用包括：

- LCD 和 OLED 边缘密封、末端密封
- 相机模块组装模具绑定、框架绑定
- LED 组装过程中喷射荧光粉硅胶
- 对 PCBA 上应用的微电子封装喷射底部填充
- 在医疗器械应用中喷射微点 UV 胶

Techcon 产品经理

Can La 表示：“TS9800 喷射阀点胶系统是需要高效、持续地点涂超少量的胶粘剂和液体，以满足高产量和高质量要求的电子和医疗器械设备集成商和制造商的完美解决方案。

这项技术将使希望提高生产率、提高产品质量和降低制造成本的制造商受益良多。”

模块化设计具有较低的系统维护成本，如外部电源。TS980 智能控制器提供了用户友好的设置更快的界面和触摸屏，以及符合工业 4.0 远程访问和控制的以太网网络。

更多信息，请访问 [www.techcon.com](http://www.techcon.com)。





# SEMICON Taiwan 2019 聚焦先进制程与智能应用

SEMI 国际半导体产业协会最新的市场预测报告显示，2019 年台湾地区半导体制造设备投资在先进制程、先进封测等产能的带动下，将以 21.1% 的成长率超越韩国，跃居全球第一。而台湾因拥有大规模晶圆代工和封装基地，已连续 9 年成为全球最大半导体材料消费地区，总金额达 114 亿美元，表现相当亮眼。秉持「引领科技潮流、推动技术演进、促进合作交流」的理念，第 24 届 SEMICON Taiwan 于 9 月 18-20 日在台北南港展览馆盛大登场。展会不仅规模再创纪录，更成功串连国内完整微电子产业生态圈、让台湾与全球技术趋势直接接轨。



## 超越自我，创展会规模新纪录

SEMICON Taiwan 作为全球第二大的国际半导体产业展览，今年以「Leading the Smart Future」为主轴，与「高科技智能制造展」、「SiP 系统级封测国际高峰论坛」、「SMC 策略材料高峰论坛」等同期同地举办，活动规模再创展会历史记录，内容聚焦先进制程、循环经济、异质整合，同时呈现智能制造、智能汽车、智能医疗、智能数据等智能技术趋势及应用。SEMICON Taiwan 2019 规划 21 大主题专区、300 场以上的演讲及 21 场国际市场趋势与技术论坛，聚集 700 位以上的国内外领导厂商与会，展出高达 2300 个摊位，吸引逾 53,000 名专业人士共襄盛举。因应物联网、人工智能、5G 应用发展，半导体技术需求随之增加，透过参展链结产业人才、设备与技术，是产学研各界展示创新领先的绝佳机会。

## 坚强讲师阵容，共谱台湾科技新荣景

今年 SEMICON Taiwan 的国际级论坛讲师阵容令人眼睛一亮，其中「科技创新论坛」特别邀请来自台积电以及比利时微电子中心 (imec)、新加坡国立研究基金会 (NRF Singapore)、工业技术研究院等国际一流 R&D 机构的专家学者担任讲师，和与会者分享全球微电子技术的趋势与前景。而「科技智库领袖高峰会」则邀请经济部长沈荣津和广达计算机董事长林百里、台积电董事长刘德音、日月光总经理暨执行长吴田玉、钰创科技董事长暨执行长卢超群、

力积电董事长黄崇仁、旺宏电子总经理卢志远与鸿海科技 S 次半导体次集团副总经理陈伟铭等横跨 IC 设计、半导体制造、内存、品牌系统等高科技产业链的意见领袖，共同分享未来创新与技术发展蓝图，并探讨台湾如何延续过去半导体产业的成功基础，创造下个 60 年高科技产业荣景。

## 耕耘智能应用，启动数字转型的全面应战

今年首度与 SEMICON Taiwan 同期同地展出的「高科技智能制造展」，以「启动高科技制造数字转型」为展览核心，聚焦人工智能加值的制造与资安策略，微软、日月光集团等大厂首度参展。其中「SMART Manufacturing Journey」智能制造未来展区，更特别设置数字战情室、智能眼镜、Digital Twin 数字仿真等互动展区，带领参观者亲身体验智能制造的惊奇，进入通往数字转型的旅程。

此外，智能汽车、智能数据两大高峰论坛，则邀请到奥迪 (Audi)、蔚来汽车 (NIO)、Facebook 及驱动数字产品核心研发技术的龙头安谋控股 (ARM) 和明导国际 (Mentor, a Siemens Business) 等的企业高阶代表担任讲师。奥迪的首款量产纯电动车 Audi e-tron 以及 BMW 全新纯电 i3s、i8 Coupe 也于展场中的智慧汽车专区以及化合物半导体专区首度亮相，展示半导体技术在智慧汽车中的实际面貌，为 SEMICON Taiwan 增添一大亮点。

3 天的展会，背后累积 SEMI 将近 50 年一点一滴的经验与努力，透过打造完整微电子产业技术与应用社群、制定产业标准、政策倡议、提供市场研究信息，以及人才培养等种种努力，SEMI 不断挖掘与深耕台湾的半导体产业实力，期望可以与合作伙伴共创台湾半导体业的新佳绩。◆

# 松下与IBM日本将合作改进半导体制造工艺

共同开发新的高附加值系统，以降低工程成本，稳定产品质量，并提高工厂生产率。

IBM 日本有限公司 (IBM Japan, Ltd.) 和松下公司 (Panasonic Corporation) 旗下子公司 Panasonic Smart Factory Solutions Co., Ltd. (以下简称“松下”) 近日宣布，两家公司已同意合作开发并营销一款新的高附加值系统，用于优化客户半导体制造工艺的整体设备效率 (OEE)，以及实现高质量制造。

作为其电路形成工艺业务的一部分，松下目前开发并营销有助于改善先进封装的半导体制造的边缘设备和制造方法。这些新设备和方法包括干法蚀刻设备、生产高质量晶片的等离子切丁机、增加金属和树脂附着力的等离子清洗机，以及高精度焊接装置。这些专长将与 IBM 日本为半导体制造而开发的工艺和技术相结合，以帮助松下构建智能工厂技术。其中包括含有先进过程控制 (APC) 和故障检测与分类 (FDC) 的数据分析系统，以及上层制造执行系统 (MES) ——从而提高质量，并在半导体制造过程中实现生产管理自动化。

近年来，物联网和 5G 设备变得速度更快、体积更小

且功能更多样，从而催生基于先进封装技术的制造，其中半导体制造前端和后端工艺之间已添加中端工艺 (将前端工艺的晶圆加工和后端工艺的封装技术相结合)。

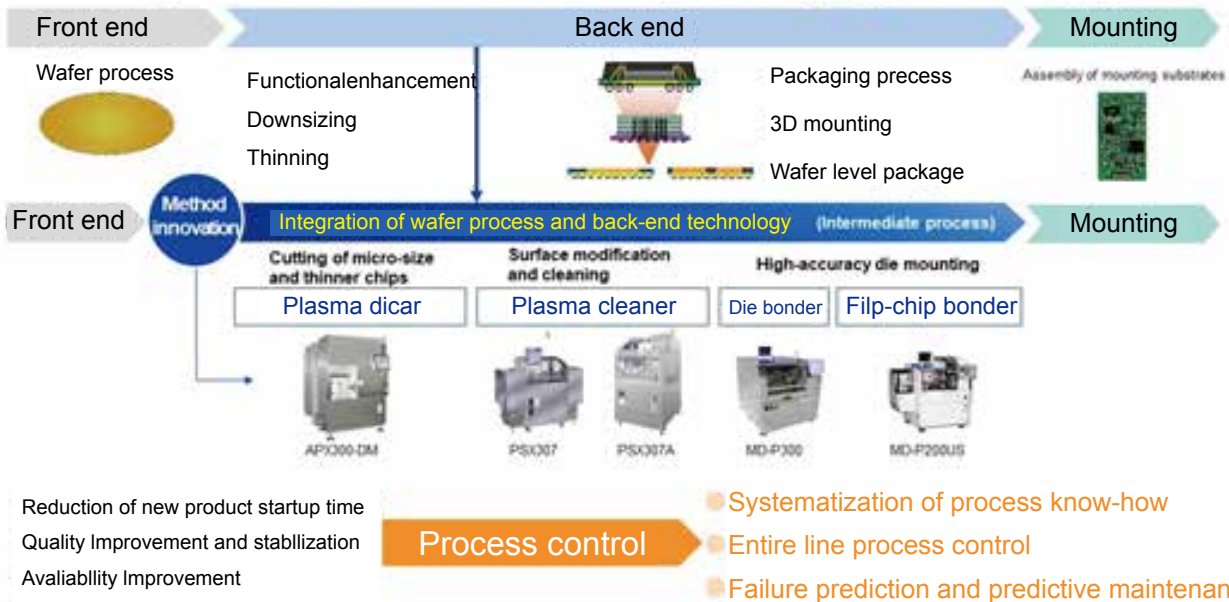
通过此次宣布的合作，IBM 日本和松下将共同开发数据分析系统，该系统将整合到松下的边缘设备中。这款高附加值系统的目的是大幅减少所需的工程工艺数量，稳定产品质量，以及提高制造设备的运行率。具体来说，两家公司打算开发适用于等离子切割机的自动配方生成系统及过程控制系统，前者是一种新的先进封装生产方法，且正引起半导体制造领域的更多关注，而后者将 FDC 系统集成入等离子清洗机——在后端工艺中已展现良好成果的设备。展望未来，新系统将 与 IBM 日本的 MES 相连接，以优化整个工厂的 OEE，以及实现高质量制造。

两家公司打算先为后端工艺开发新系统，然后再探索将范围扩展到前端工艺。

## 新型高附加值系统的特性

1. 通过自动配方生成促进等离子切割机的发展

## Expanded use of advanced packaging technology



两家公司共同开发的计算算法让客户能够输入所需的切割形状（蚀刻形状），而形状因产品而异，同时自动生成由数百种组合组成的设备参数。该特性有望大幅缩短产品上市时间和降低工程成本。它也可以应用于 APC 系统，该系统根据前端和后端工艺的不同加工质量自动调整设备参数；而且可以保持加工后的形状稳定，从而实现高质量的切割过程。

## 2. 通过 FDC 促进等离子清洗机的发展

FDC 不断地从工作的制造设备中收集运行数据，通过其自身的数据分析方法检测故障，并支持自动解读设备的状况。此特性可生成设备维护目标区域和频率需求，预测并预防故障，优化维护调度，减少设备停机，以及提高运行率。

IBM 一直是 IT 行业的领导者，也是半导体领域先进微型化加工技术研发方面的领导者——在全球 300mm 半导体制造工厂提供骄人的业务成果。此外，作为可在

工厂实现不间断全自动化的生产运作系统的解决方案提供商，IBM 多年来一直为半导体制造领域做出自己的贡献。随着半导体在物联网和边缘计算等新兴技术中发挥至关重要的作用，对半导体的更高精密度和小型化的需求也不断增长。通过超越传统界限，IBM 致力于通过与松下共创来促进智能工厂的实现，进而为社会创造新的价值。

松下秉持其“现场工艺创新”（Gemba Process Innovation）愿景，不断扩展 B2B 解决方案业务。gemba，即一线运行物理现场，是指生产、运输或出售产品的所有场所，即创造价值和必须面对问题的场所。通过应用该公司利用传感技术和边缘设备在制造业领域积累的百年经验和专业知识，松下致力于携手客户和合作伙伴共创，以解决现场问题。松下正推进“现场工艺创新”愿景，旨在成为为制造、物流和零售三大领域提供产品的整体解决方案集成商。◆



CANRILL  
OPTICS  
Indos  
www.canrill.com





# FD-SOI 助力5G及AIoT快速发展

2019年9月16-17日，第七届上海FD-SOI论坛和国际RF-SOI研讨会召开，探讨SOI及其他优化衬底如何助力5G及AIoT快速发展。本届由SOI国际产业联盟举办的峰会聚集了众多来自世界领先的半导体公司、研究机构、投资机构和政府部门的行业专家。作为中国SOI生态圈的忠实伙伴，CEA-Leti, Soitec等公司都是连续多年参与SOI产业高峰论坛。

## CEA-Leti：先进的FD-SOI是Edge AI的关键

CEA-Leti首席执行官Emmanuel Sabonnadière在第七届上海FD-SOI论坛的一个小组中解释了先进的FD-SOI将如何帮助实现Edge AI。为了充分发挥人工智能在边缘计算方面的优势，该研究所正在利用先进的FD-SOI与其他技术组合，研究一种无监督学习神经网络。其中包括嵌入式非易失性内存(NVM)、3D集成和新的设计工具。

Sabonnadière说，这种新方法有望超越目前使用神经网络进行数字深度学习的性能水平，神经网络能够处理时域信号、声音和语音，并可能为高级SOI开发出第一款“杀手级应用”。

当神经网络根据接收到的新数据推断事物时，人工智能将需要紧凑而高效的推理电路，以接近最终用户。FD-SOI、3D集成和NVM的结合为专用电路开辟了一条道路，在分布式电子设备有限的电力预算范围内实现了性能的重大改进。

### “非常积极的技术节点”

1992年，CEA-Leti创造了FD-SOI技术，并建立了Soitec公司。一直以来，CEA-Leti致力于改进和扩展该技



图1. CEA-Leti首席执行官Emmanuel Sabonnadière在第七届上海FD-SOI论坛发表演讲。

术，特别是在Edge AI将使用的非常积极的技术节点上。目前，FD-SOI技术已集成到数百万台游戏机和智能手机中，并且正在成为游牧电子、汽车工程和物联网(IoT)领域的标准。这些应用都要求以非常低的能耗进行高性能处理。Sabonnadière表示，未来，FD-SOI可能会成为联网汽车市场的标准配置，而联网汽车需要高效节能的能源处理。

展望未来，Sabonnadière指出，CEA-Leti已经展示了先进的FD-SOI 12纳米及以上的路线图。该公司正与顶级半导体公司讨论，寻求利用该技术开发新的移动和汽车应用。CEA-Leti还希望探索在中国开发FD-SOI平台。

## Soitec：超越SOI，引领多种优化衬底创新

在本届峰会，Soitec的高管团队受邀参与圆桌讨论环节并发表演讲。Soitec首席执行官Paul Boudre在FD-SOI论坛参与了专题为“垂直行业推动FD-SOI产业发展”的圆桌讨论。而Soitec FD-SOI业务部总经理Michael Reiha则发表了题为“FD-SOI技术：毫米波技术的极速档”以



## SM-580 在线离心清洗机 On-line Centrifugal Cleaning Machine

### 产品特点:

- 采用工控机控制设计，编程功能强大，操作界面友好；
- 采用二流体清洗，清洗精度高，对产品零损伤，纯水消耗量极少；
- 高速离心设计，转速可调节 100-1500R/min，避免二次污染；
- 完全采用超纯水清洗，配备二级空气过滤系统；
- 光纤感应检测系统，避免来料重叠；
- 整机镜面不锈钢，外观精美

### Product features:

- Design of industrial computer control system, the programming function is powerful and the operation interface is friendly.
- The two-fluid cleaning method has high cleaning accuracy, zero damage to the product and pure water consumption is minimal.
- High-speed centrifugal design with adjustable speed of 100-1500R/min to avoid secondary pollution
- Completely Ultra-pure water cleaning, equipped with two-stage air filtration system
- Fibre-optical induction detection system to avoid overlap of incoming materials
- Whole machine body mirror stainless steel, exquisite appearance

该设备主要用于无尘环境下清洗:

Holder、CMOS本体、LENS、VCM、CCD等表面微尘颗粒。

The equipment is mainly used for cleaning in dust-free environment:

Holder, CMOS camera, LENS, VCM, CCD and other surface dust particles.

### 深圳市山木电子设备有限公司 SHENZHEN SAM ELECTRONIC EQUIPMENT CO.,LTD

地址: 广东省深圳市宝安区石岩街道石新社区宏发工业园13栋一楼

电话(Tel): 0755-27620900/0902/0919 13760471958

传真(Fax): 0755-27620901 邮箱E-mail: sales@china-sam.com

### 华东分公司

江苏省昆山市玉山镇宝益路78号吉隆厂区一号楼2楼

电话: 0512-57663563 13962167711

传真: 0512-57738321 邮箱: suzhou@china-sam.com





Soitec FD-SOI业务部总经理Michael Reiha发表演讲

及关于中国 5G 部署的主题演讲。

Michael Reiha 表示，5G 正在中国飞速发展，多家手机制造商便迅速推出多款 5G 手机。据 2019 年 3 月全球移动通信系统协会 (GSMA) 发布的报告，至 2025 年中国将成为全球最大 5G 市场，坐拥 4.6 亿用户。5G 不仅是频谱扩大约 10 倍，更是一个全新的无线电 (NR) 系统，它将为整个产业链带来全新机遇。

半导体是高科技产品的基础。受半导体行业三大趋势——5G、人工智能及能源效率的推动，半导体技术不断突破终端应用内部的电子元件性能极限。Soitec 致力于成为创新衬底的开发者和领导者，在创新链中发挥关键作用，并成为智能手机、物联网、汽车以及云计算和基础设施四个目标市场的行业标准。

5G 智能手机需要集成更多的滤波器以确保信号完整性和通信可靠性。为了满足日益增长的市场需求，Soitec 于 2019 年 9 月 13 日宣布扩大其新型压电衬底 (POI) 的产能。POI 优化衬底可用于打造新一代高性能表面声波 (SAW) 滤波器，提供内置温度补偿，并实现在单芯片上集成多个滤波器。

Soitec 已经建立了 RF-SOI 的行业标准，其 RF-SOI 产品正应用于全球所有智能手机中。目前，Soitec 也正在将这一技术和商业上的成功复制到 FD-SOI 产品系列。“目前，RF-SOI 是射频前端模块的工业标准。由于最新一代智能手机射频复杂度更高，需要更多天线调谐器、更多开关和低噪声放大器 (LNA)，RF-SOI 将在未来几年继续面

临强劲的需求并得到快速的应用。凭借在产能、资产和 SOI 技术方面的持续投资和领先，Soitec 的 RF 产品组合已准备就绪，可为全球各地 5G 解决方案的部署提供支持。” Soitec 首席执行官 Paul Boudre 说道：“FD-SOI 是一个多功能平台，可将数字、模拟、射频和高压等多种功能集成到单个片上系统中 (SoC)，从而服务汽车和物联网市场，并有可能渗透智能手机等其他市场，用于毫米波射频收发器。”

除了 SOI 之外，Soitec 正在积极通过更多机会来引领创新并支持中国的半导体产业发展。2019 年 5 月，Soitec 收购了领先的氮化镓 (GaN) 外

延硅片供应商——EpiGaN nv，将氮化镓纳入其优化衬底产品组合。完成此次收购后，Soitec 将可渗透到指向功率放大器 (PA) 的 sub-6GHz 基站市场。Soitec 将凭借其完善的产品组合服务 5G 毫米波基站以及手机市场，满足不同工艺流程及相应系统架构的所有需求。

Soitec 扩展产品组合至使用新型半导体材料的优化衬底，除了 GaN、POI 和复合材料如 InGaNOS (硅基氮化镓)，Soitec 还在研究碳化硅材料的机会，以满足新市场的需求。

### 助力中国半导体产业

长期以来，CEA-Leti 与 Soitec 始终是中国半导体行业的忠实合作伙伴。CEA-Leti 与上海微技术工业研究院 (SITRI) 从 2016 年开始了持续的合作，SITRI 是一个国际创新中心，专注于在全球范围内加速创新超越摩尔技术和商业化，以推动物联网发展。

Soitec 从与中国大学和研发机构建立合作关系，逐步扩展到与本土代工厂合作，Soitec 持续为中国市场提供差异化价值，推动业务发展的同时为 5G、人工智能、物联网和汽车行业制定新的行业标准。◆



# AI 时代推动存储器的创新与发展

作者：应用材料公司 Mahendra Pakala

**在**物联网、大数据和人工智能 (AI) 的推动下，从交通运输、医疗保健到零售和娱乐等，众多行业将走上转型之路，应用材料公司将其统称为 AI 计算时代。

在以前的计算时代中，大型机 / 小型机、PC/ 服务器和智能手机 / 平板电脑均受益于摩尔定律的进步，伴随着 2D 微缩，产品的性能、功耗和面积 / 成本（也称为“PPAC”）得以同步提升。

虽然 AI 时代的各类应用正在蓬勃发展，但摩尔定律却放缓了脚步；因此，行业需要在 2D 微缩以外取得突破，以全新方式推动 PPAC 的提升。具体而言，我们需要新的计算架构、新材料、新结构（特别是节省面积的 3D 结构），以及用于芯片堆叠和异构设计的高级封装。

AI 时代的架构变化正在对逻辑和存储器产生影响。机器学习的算法大量地使用通用逻辑中极为复杂的矩阵乘法运算，这推动了加速器及其存储器的转变。AI 计算包含两种明显不同的存储器任务：第一种是存储计算的中间结果；第二种是存储与训练模型相关的权重。

性能和功耗对于云计算和边缘计算都十分重要，而存储器方面的创新能够为此提供助力。一种使用现有存储器技术的方法是“近存储器”，其中大量工作存储器被压缩并放置在物理上与逻辑存储器紧密相邻的位置，通过高速接口连接。例如，3D 堆叠和硅通孔技术正愈发受到欢迎。作为这些应用中的“工作存储器”，SRAM 和 DRAM 的一个主要缺点在于它们是易失性存储器，需要持续供电来保存数据（如权重）。

为了降低云和边缘的功耗，设计人员正在评估兼具高性能和非易失性的新型存储器，因为它们只有在主动读写时才需要使用电源。有三种方案引领着新型存储器，它们分别是磁性 RAM (MRAM)、相变式 RAM (PCRAM) 和电阻式 RAM (ReRAM)。

不同于使用电荷，上述三款存储器利用新材料产生不同的电阻率状态，而高低电阻依次表示 1 和 0。MRAM 利用磁场方向的变化来控制电阻率。PCRAM 利用了从非

晶态到晶态的材料排列结构变化。ReRAM 在材料中创造了一条电流通路。PCRAM 和 ReRAM 均提供电阻率的中间阶段，这可在每个单元中存储多层的比特数据。

我们来了解一下 AI 时代的计算应用，了解它们如何在未来蓝图中推动创新。

物联网边缘应用可被划分为低性能 / 低功耗应用，以及高性能 / 高功耗应用。

例如，采用 AI 算法的安全摄像头是一种低性能 / 低功耗应用，AI 算法非常适合面部和语音识别等应用。设计目标是尽可能多地处理边缘数据，并且仅将重要信息传输到云。由于采样频率较低，因此性能要求也很低。功耗（包括待机功耗）至关重要，对于电池供电设备尤为如此。

目前，业界在边缘设备中使用 SRAM 存储器。SRAM 并非理想选择，因为每个存储单元需要多达六个晶体管，而且源泄漏功率会很高。在存储权重方面，SRAM 的能效并不突出，特别是在低频设计中使用。作为替代方案，MRAM 可确保将晶体管密度提高数倍，从而实现更高的存储密度或更小的芯片尺寸。MRAM 的另一个关键特性在于，这种产品经专门设计，可以安装到嵌入式片上系统产品 (SoC) 的后端互连层中。MRAM 可用于存储 SOC 的操作系统和应用程序，无需使用嵌入式闪存芯片便可实现这一目的，从而减少了系统芯片的总数和成本。

高性能“近边缘”应用，如缺陷检测和医学筛检，则需要更高的性能。MRAM 的一种变型称作自旋轨道转矩 MRAM (SOT-MRAM)，经证实，这种产品在速度和功耗方面可能优于自旋转移力矩 MRAM (STT-MRAM)。

云计算需要尽可能高的计算性能，而训练时则需要将大量数据转移到机器学习加速器附近，相应地，需要为机器学习加速器提供较大的片上 SRAM 缓存并辅以大型片外 DRAM 阵列——这就要求使用持续的电源。用电量对云服务提供商非常重要，因为 AI 时代的数据会呈指数级增长，而电网功率有限且成本高昂。PCRAM 的功耗和成本比 DRAM 更低，而性能则比固态硬盘和机械硬盘更高，

因此成为云计算架构的首选方案。

除了上述“二进制”的边缘应用、近边缘应用和云应用方面具备广阔前景外，在存储内计算的研究也在日益深

夫定律在阵列内完成矩阵乘法运算，而无需向芯片内移入和移出权重。多层单元架构能够实现全新级别的存储器密度，为设计和更大的模型提供支持。需要对新材料进行全面的开发和工程设计，才能将这些新的模拟存储器付诸现实，目前应用材料公司正在积极探索部分极具代表性的方案。

当摩尔定律的指数级发展速度逐渐减缓，AI 时代将迎来数据上的指数级增长。这种压力已经在推动着架构、材料、3D 结构以及用于芯片堆叠和异

结构集成的先进封装不断创新。存储器与 AI 计算引擎的关系越来越紧密，最终，存储器可能成为 AI 计算引擎本身。随着这些创新崭露头角，我们将见证性能、功耗和密度（面积 / 成本）的显著提升——随着新型存储器的逐步优化，边缘、近边缘和云应用的需求最终会得到满足。我们需要硬件上的全面复兴来释放 AI 时代的全部潜力。◆



图 1. AI 时代推动半导体创新的复兴之路。

入。可以想象，在存储器阵列中为机器学习执行频繁的矩阵乘法运算。设计人员正在探索伪交叉点架构，其中权重存储在各个存储器节点上。PCRAM、ReRAM 甚至铁电场效应晶体管 (FeFET) 都是优秀的备选方案，因为它们都有每单元多层存储的潜力。目前而言，ReRAM 看起来是最适合此类应用的存储器。可以利用欧姆定律和基尔霍

## 将石墨烯和新材料推向市场

还记得电脑三极管吗？除非你是一名“早期技术”爱好者，否则是不太可能留有印象的。这些真空管用作首批电子计算机的开关，功耗非常高。它们的可靠性很低，在人们发明了硅芯片之后很快就被取代了。一种新材料的问世有可能改变整个行业。石墨烯将怎样做到这一点呢？石墨烯旗舰项目 (Graphene Flagship) 的创新负责人 Kari Hjelt 对此进行了阐释。

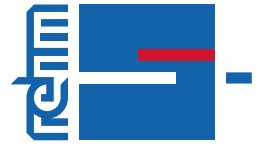
**石**墨烯是一种只有一个原子大小厚度的材料，具有优异的物理特性。欧洲委员会于 2013 年启动了石墨烯旗舰项目，旨在促进石墨烯及相关材料从院校实验室走向实际应用。石墨烯旗舰项目是欧洲规模最大的研究计划之一，其资金预算为 10 亿欧元，初期阶段为 10 年，目标不仅是要继续在院校实验室里开发石墨烯，而且还要带头推动石墨烯的商业化，以为其在业界得到广泛的应用做好准备。

在为期十年的初期项目进行到一半时，Graphene Flagship 已经成功地开发出超过 25 种商业产品，这些产品利用了石墨烯令人印象深刻的导电性、强度和柔性，以改进先前使用过的材料的性能。

不过，将一种新材料推向市场一定会有随之而来的挑战。

从历史上看，一种材料从发明到进入商用阶段平均需要 30 年的时间。例如，低成本的铝在 1824 年首次被分离出来，在 19 世纪的一段时间里，它比黄金还要昂贵，被视为“奢华型”金属。在 1886 年建立了经济适用的制造结构之前，铝并未得到广泛的使用，直到 20 世纪初方才流行起来。在被市场接纳之前同样经历了类似时间滞后的材料包括钛、特氟隆、尼龙搭扣和聚碳酸酯，聚碳酸酯是一种用于制造防弹玻璃的塑料材料。

在研究和商业化开始重叠的阶段，仔细谨慎的计划是必不可少的。特别是由于学术界和产业界所使用的语言之



THERMAL SYSTEMS

# LOOK FURTHER GO BEYOND



Fast and efficient for the perfect result.



Strong performance with large components.



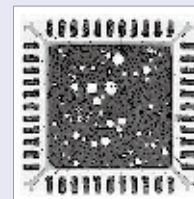
VisionXP+ Vac



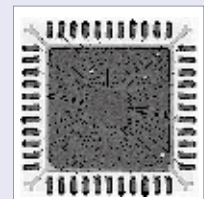
Condensox-Line

## 为何选择真空焊接？ ——更加可靠，更为精确

利用无铅焊料进行无空洞焊接是电力电子产品制造的一项重要要求。然而，只有在焊料处于熔融状态时进行真空制程，才能实现较低的空洞率。锐德热力设备（REHM）可为您提供多种高效的真空解决方案，包括对流焊接，气相焊接以及接触式焊接。联系我们即可获得更多VisionXP+ Vac, Condensox-Series 以及Nexus! 系统资讯！



非真空焊接



真空焊接

锐德热力设备(东莞)有限公司 | 中国广东省东莞市长安镇振安东路76号平谦工业园J栋1楼  
T +86 769 - 8238 0238 | F +86 769 - 8238 0239 | info@rehm-group.com | www.rehm-group.com





间存在着强烈的反差。为了确保这个过程平稳和成功地运行，一个关键的推动因素是在上述的两个领域之间建立起有效的沟通协作网络。石墨烯旗舰项目通过一个由 150 多个学术和工业团体组成的核心联盟实现了这一目标。在目前的成员当中，大约有 40% 都是希望在其产品中使用石墨烯的公司。

最近，石墨烯旗舰项目在其联盟中建立了一种新型工作组，即“先锋项目”。这个由主要业界合作伙伴领导的项目将提高欧洲工业领域（比如航空、自动化、以及能量产生和储存）中重要科技的技术就绪指数（TRL）。

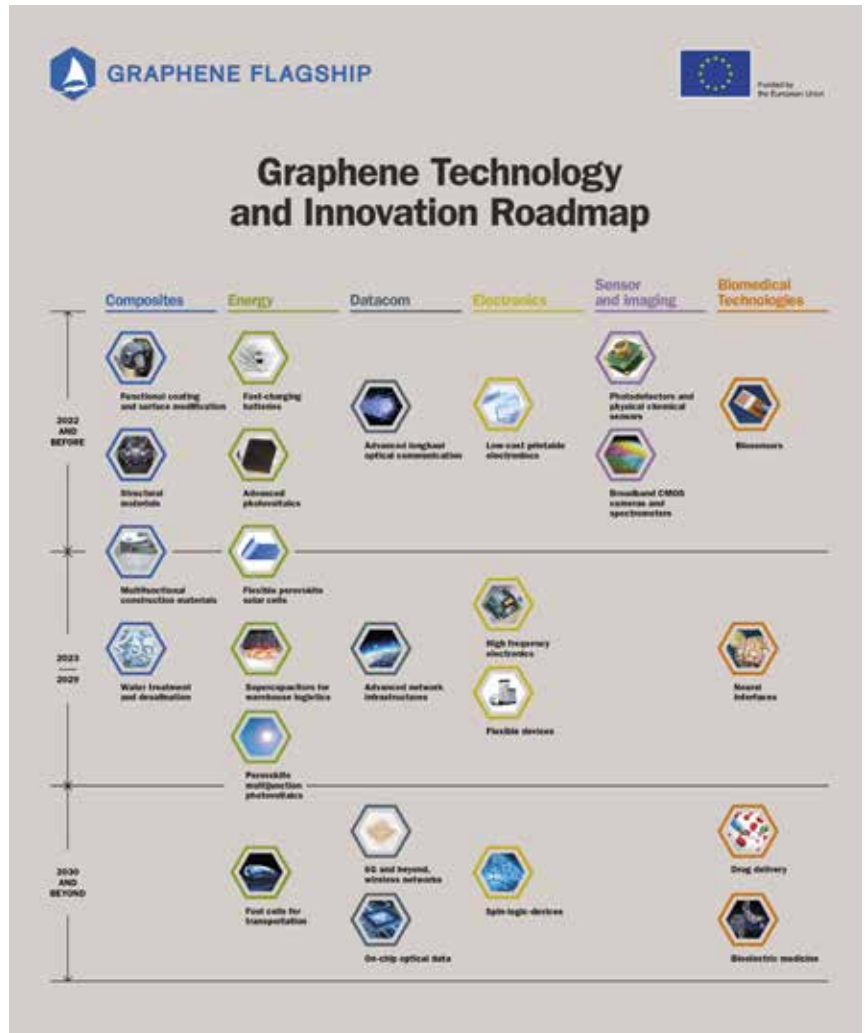
借助这个多学科型网络，石墨烯旗舰项目设想了石墨烯技术和创新路线图，也就是业界采用石墨烯技术的预期时间表。该路线图重点关注基础工业领域，如电子器件、光子、传感器、能量转换、能量储存和生物医学器件。

石墨烯旗舰项目的主要任务是将基于石墨烯的技术从实验室推向商业应用。在我们项目实施的第一阶段中，我们继续见证了基于石墨烯的技术引发市场波动和造就变革型创新的潜力。

在下一个阶段中，我们将继续从材料研究走向组件开发和系统级集成。我们的专注点是通过与行业利益相关者合作，将技术推动和市场拉动结合起来，以提高技术成熟水平。

石墨烯技术和创新路线图预测，用于柔性钙钛矿太阳能电池、高频电子器件和仓储物流超级电容器的石墨烯有望在未来 5 年内问世。随后的技术，包括生物电医学和 6G 无线网络可能需要更长的时间，估计将在 2030 年及以后得到采用。

除此之外，石墨烯旗舰项目还为石墨烯及相关材料的验证和标准化创建了两项新的服务，对于希望将石墨烯纳入其产品的行业来说，这将具有突出的效用。到目前为止，准确测量协议的空缺和标准的匮乏已成为石墨烯和相关材料商业化的严重障碍。石墨烯旗舰项目创立了专业的验证和标准化过程（由以卓越、诚信、公正著称的国家计量研



究院提供)，这将加速技术开发与转让。

不久，石墨烯旗舰项目还将发布一个开放存取出版物，它汇集了多年基础研究中获得的石墨烯及相关材料的所有制造技术诀窍。该出版物收入了 1,500 多篇参考文献和石墨烯旗舰项目联盟 70 多位共同作者掌握的知识，将提供有关石墨烯和其他层状材料的单一知识源。

从人们在 1824 年发现硅，到 1958 年开发出硅芯片，其间的时间跨度长达 134 年。现在，可以说，这是迄今为止为止电脑运算领域最具影响力的发明，几乎所有现代产品都使用了这种芯片技术。将一种新材料推向市场不能操之过急，但是，如果处置得当，则可产生令人难以置信的结果。◆

如需了解有关 Graphene Flagship 及其关联项目和研究中心的更多信息，请登录 Graphene Flagship 网站查询，网址是 <https://graphene-flagship.eu/>。

# 可应对苛刻应用的传感器

微型光机械传感器 (MOMS) 具有抗辐射性, 并兼有宽范围与高灵敏度特点。它们的特定结构和工作原理使其潜在用途非常广泛, 但是, MOMS 的优点和可能的应用是什么?

## “MOMS是怎样工作的?”

2017 年底, 世界领先的纳米电子和数字技术研究与创新中心 imec 推出了基于 MOMS (micro-optomechanical systems, 微型光机械系统) 技术的压力传感器。简言之, 它是一种将膜片 (微米级) 的机械运动转换为光学信号的传感器。其工作原理为: 先在膜片上构建光学电路, 例如长波导。膜片受到压差刺激产生变形, 因而改变了光学电路的特性, 例如: 从长波导出射的光的相位; 然后运用光学方法读出该相移, 从而能够确定最初施加到传感器上的压力。

## MOMS 传感器有哪些应用?

目前业内主要有两大类先进的压力传感器: MEMS 传感器和光子传感器。基于 MEMS (机电系统) 技术的压力传感器具有相似的机械检测原理 (膜片的形变),

但是结合了一个电子读出 (改变了电流特性)。凭借它们的小型化和性能, MEMS 压力传感器在汽车和医疗行业、高度和深度测量, 以及流量传感等领域的应用已经很成熟。

光子传感器应用了穿过被拉伸材料时光波的变化特性。由于其较高的灵敏度和较低的噪声, 因此它们很受欢迎, 但是无法用于微型化和集成型系统。凭借 MOMS 技术, imec 开发的传感器不仅具有与光子传感器相同的性能, 也具有 MEMS 传感器的小尺寸。它们集极高的准确度、线性度和宽动态范围于一身, 因而兼具上述两种技术的优势。

## 可用于最苛刻的应用

出于诸多原因, imec 看到了 MOMS 的应用潜力。首先, 传感器中微小的机械形变可以引起大的光学效应, 从而带来高灵敏度。其次, MOMS 传感器不含金属, 这使

它们特别适合医疗应用, 不妨想想可与 MRI 扫描仪等磁共振系统兼容的传感器。此外, 它们的生物相容性已经得到证实, 因此它们有可能适用于人体植入, 例如颅内压检测等。

MOMS 传感器的另一个优势是机械运动和光学读出是分离的, 并且与电流无关。这使得 MOMS 器件具备抗辐射性, 并且对电磁干扰不敏感。至少同样重要的是:

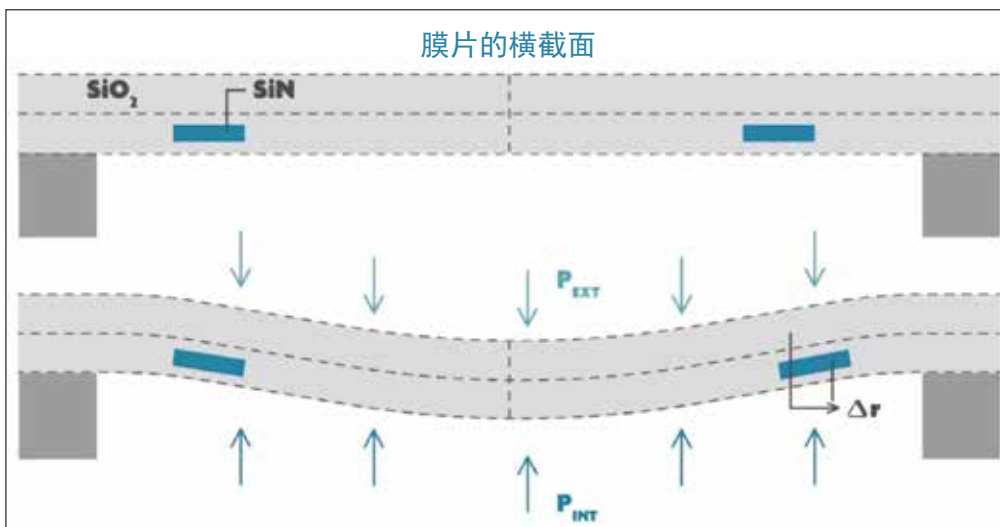


图1. 承载光波导的膜片的形变引起光波的相移, 从而可计算施加的压力。

作者: Xavier Rottenberg, imec波传感器和执行器科学研究主管和团队负责人





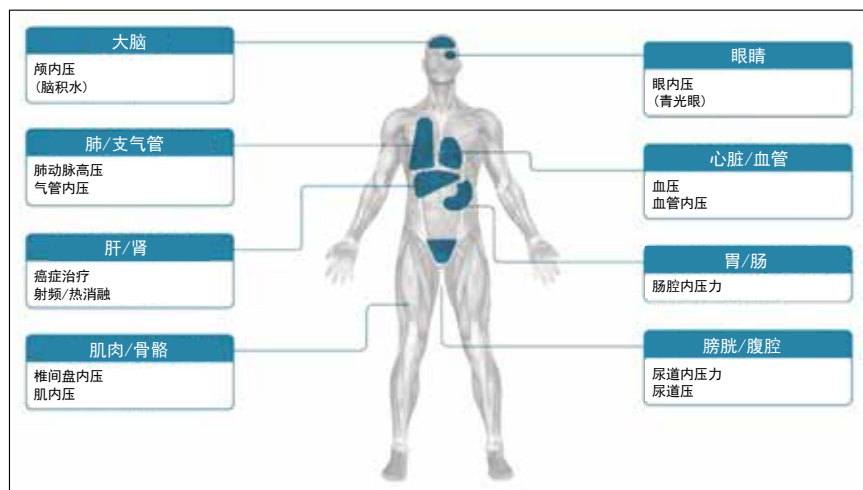


图2. imec 开发的 MOMS 传感器具有抗辐射和生物相容性，因此极其适合潜在的医疗应用。

这可以实现大规模多路复用：通过光学总线并行读取数量空前的传感器，而不需要集成化支持电子元件。

imec 正在对接产业界，以共同寻找需要此类性能的杀手级应用。例如，我们畅想的具有数千个集成型 MOMS 传感器的手术手套，可用于肿瘤的触觉检测。

### 日趋普及

不过，MOMS 技术并不是一项全新的技术。第一篇参考文献甚至可以追溯到上世纪 90 年代。尽管如此，这项技术仍然处在起步阶段。主要是因为相较传统的光子传感器，MOMS 器件需要先进的微型化和工艺技术才能发挥其全部潜力。因此，近年

来 MOMS 的普及与光子学领域的加速发展同步并不是巧合。至少，在 imec 来说出现的情况确实如此，imec 数年前开始研究 MOMS，结合了 imec 强大的氮化硅 (SiN) 光子学平台和在 MEMS 技术领域的专业积累。同时，在 imec 试验生产线中 MOMS 有自己的工艺，基于低温 SiN 沉积 (PECVD) 和 200 mm 深紫外 (UV) 光刻。这种水平的工艺整合改善了传感器的质量，而且还可对光学成像器进行后处理。不过，imec 的 MOMS 传感器性能的最大提升源于其设计。

### 智能系统设计

MOMS 压力传感器设计通常是基于马赫-曾德尔 (Mach-Zehnder)

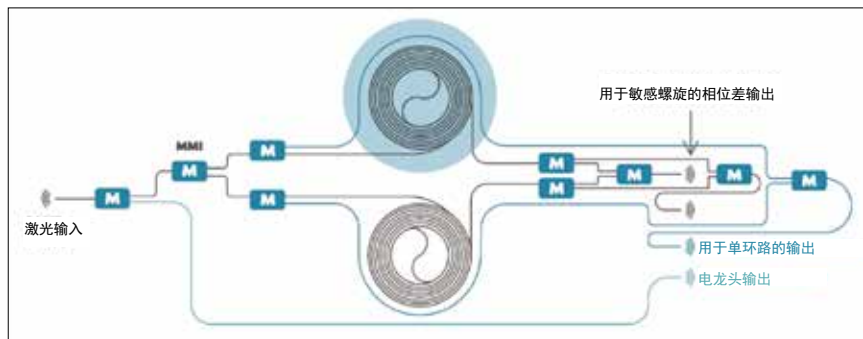


图3. 从上到下：经典 MZI 设计和 imec 的新设计（设计方案和实物照片），其中不同形状的多个环路可以在很宽的范围内实现高灵敏度。

干涉仪 (MZI) 或环形谐振器。imec 的 MZI 设计采用了一种巧妙的方法，得益于环路的数量和形状，它们的检测范围更宽。添加环路可以提高传感器的灵敏度，但是会降低其明确的测量范围。因此，imec 的设计将短螺旋波导 (单环路) 和长螺旋波导整合在一个薄膜上。通过巧妙地整合来自两个波导的信号，imec 的 MOMS 传感器能够保持高灵敏度和宽范围。首批测量表明，在超过 100 kPa 的范围内其标准偏差小于 1Pa，这与商用传感器的电磁敏感度，而且外形尺寸小于典型的光子传感器。

### 未来

对于 imec，压力传感器只是 MOMS 技术如何为 MEMS 和光子传感器提供补充的第一个应用案例。imec 的目标是最终开发出具有各种传感器的稳健 MOMS 平台。与此同时，imec 正在与业界保持接触，以发现 MOMS 传感器的高性能和广泛的适用性在哪些应用中能够证明其附加值。◆

作者介绍：

**Xavier Rottenberg** 是 imec 的科学研究主管和团队负责人，从事基于波的传感器和执行器的研究。他在 1998 年和 1999 年获得比利时布鲁塞尔大学物理工程硕士学位和理论物理学辅助学位。2008 年，他又获得了比利时天主教鲁汶大学 (KU Leuven) 电气工程博士学位。他在比利时皇家气象局从事了一年的卫星遥感工作，并于 2000 年加入 imec。





## 半自动多任务位系统极大提高晶圆工艺的速度，质量和可重复性

罗技公司（Logitech）介绍了其新型LP70多任务位自动研磨和抛光系统的主要优势，该系统可以将几乎所有衬底材料的全晶圆生产率大幅提高40%。



洁度和可重复性。这可能会妨碍新技术的开发，特别是对于试验阶段优化的工艺，最终转移到完全生产时，通常还需要重新审查。

更好的工艺控制途径由 Preston 定律给出，该定律提供了一个框架，用于预测通过研磨和抛光工艺，在给定时间内去除的材料总量。通过使用具有高水平用户控制的自动精密研磨和抛光系统从而控制可变量，使操作人员的可变性可以实现最小化，同时还可以获得工艺的精度和更高的可重复性。

Preston 定律的方程给出，材料去除率 (MRR) 与工艺压力 / 载荷 / 向下的力和转盘速度的乘积成正比。在化学机械抛光 (CMP) 工艺中，抛光速率和整体精度不仅受浆料流动和抛光转盘特性的影响，还受到晶圆与转盘之间机械作用、浆料组分分子所产生的化学反应以及这些变量之间相互作用的影响。Preston 定律可用于准确预测从样品中去除的材料量，并确认工艺的稳定性。通过使用稳定 / 精确 / 可重复的工艺平台，例如 Logitech LP70 多任务位精密研磨和抛光系统，可实现高度的工艺稳定性，LP70 系统可同时处理多达四个 100mm 或两个 150mm 晶圆。对于硅、III-V 族材料或其他非常硬的半导体晶圆材料，很难使用手动研磨和抛光工具满足苛刻的晶圆要求，因为手动平台和控制这些操作需要操作人员具有极高水平的技能。设置本身就是一个非常耗时的过程，这不利于半导体研究和生产设施所要求的高生产率。器件生产的成本降低是通过产量和良率来驱动的。旨在消除手动步骤的自动化系统，最终将提高晶圆制造工艺的生产率。使用多个工位进行同步的晶圆工艺将使操作人员能够实现更高的产能水平，从而能够达成采用系统进行生产时的要求。

罗技的工艺开发工程师 Robin Armor 经常与客户进行现场合作，这些客户非常欣赏晶圆研磨和抛光自动化系统方法的精确性。Robin 还在开发 LP70 的智能化功能，以确保满足客户的苛刻要求。

他指出，自罗技 PM6 精密研磨和抛光系统成功推出以来，基于 PM6 自动化功能的成功，使得新老客户的需求不断增加。

“我们看到真正需求的一个要求，是在保持自动化工艺的同时提高单个系统的产能水平。LP70 系统开发为具有与 PM6 相同的自动化功能，操作人员可以在单个系统上使用四个工位，而不是使用多个设备，从而可以实现更高的产能水平，这也有望进一步降低成本，”他说。

**用**于制造半导体和光学器件的晶圆研磨和抛光是一项极其耗时的工作，如果不能按照预定计划进行，可能会损坏价值超过每片高达 5000 美元的昂贵定制晶圆。罗技已经完全实现了工艺的自动化，与非自动化技术相比，可以提高生产率和可重复性高达约 40%。

在晶圆末端加工中，研磨和抛光工艺已经变得越来越可以预测，但通常仍然需要工艺人员具备很多的专业知识，进行猜测评估以及相当长的开发时间，才能够优化表面光



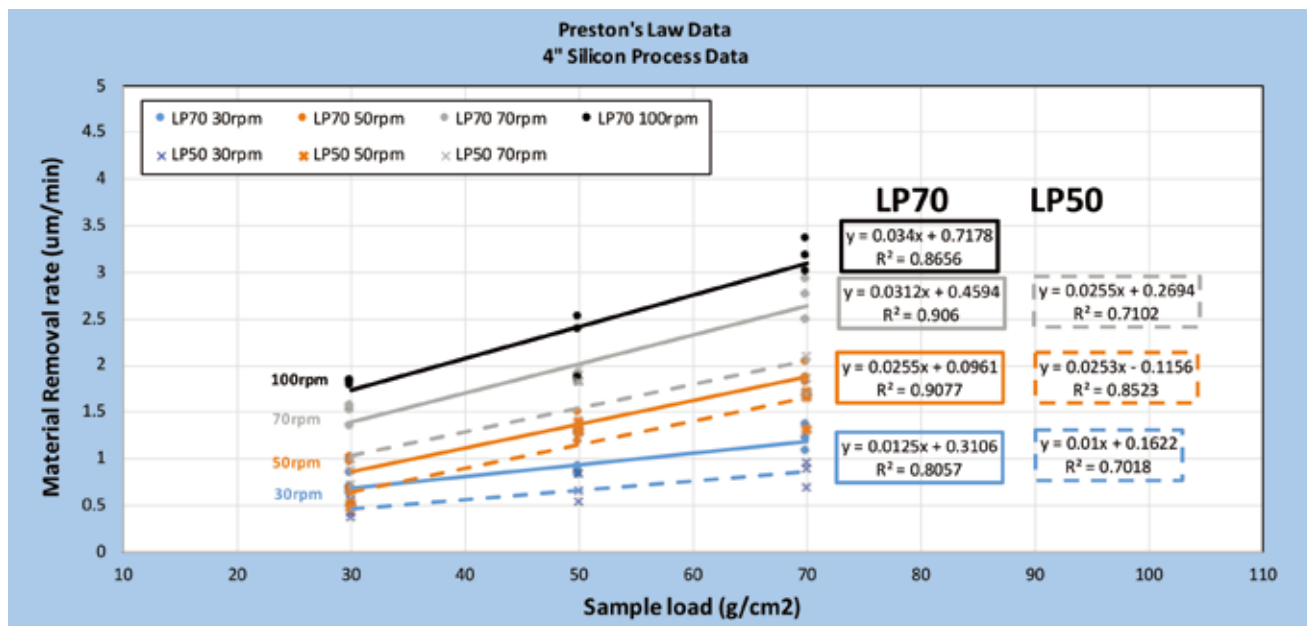


图1. 该图表显示了相比具有较少自动化功能的先前系统LP50，罗技LP70性能方面的优势。利用Preston定律并结合其他的系统增强功能，LP70可节省大约40%的总工艺时间。

### 硅片的研磨和抛光

每个半导体晶圆在制造期间经历几个共同的工艺阶段，包括从晶圆上切割晶圆，在制造之前准备表面，以及随后通过研磨和抛光技术使晶圆减薄。

切片之后，对由硅或 III-V 族材料制成的晶圆进行研磨，以去除在切割过程中产生的表面划痕和缺陷。这通常由晶圆制造商来进行，研磨从晶圆上去除锯痕和表面缺陷，并且还有助于缓减切片过程中累积的任何内部机械应力。

研磨通常涉及使用具有确定粒度分布的氧化铝磨料的反向旋转转盘。在研磨期间，晶圆平坦度得到改善，同时微观粗糙度也会降低。有时也可能进行边缘研磨程序。当需要边缘研磨时，制造商也可以在抛光晶圆边缘之后进行该步骤，因为这样做可以大大降低晶圆在生产后半段进一步碎裂的可能性。化学机械抛光是晶圆制造过程中最终的材料去除步骤。该工艺允许获得具有原子尺度范围残余粗糙度的超平坦、镜面状表面。晶圆抛光可以认为是晶圆制造过程中最关键的步骤，因为抛光的晶圆表面用作器件制造的基础；它必须尽可能地无损。通常，在抛光转盘和晶圆本身之间注入精确的数量和流速的化学浆料，采用旋转或轨道运动来实现优化的 CMP 工艺。

制造商在制备晶圆样品时，有很多需要稳定性和可重

复性的原因。例如，严格的质量要求必须严格监控诸如总厚度变化 (TTV)，表面粗糙度和转盘平整度等参数。在任何情况下，都需要对工艺有基本的了解，才能确保良好的质量结果。不同类型的晶圆材料，浆料和抛光垫，以及抛光速率，压力和均匀性都会影响最后得到的表面。同样重要的还有就是，不要用过多的浆料覆盖表面，因为这有可能会损害对于抛光过程应该何时完成的检测。简而言之，准确预测在给定时间内从样品中去除的材料量至关重要。这里，Preston 定律是成功研磨和抛光的基础。实际上，可以分析材料去除率 (MRR) 的 Preston 行为，用于确认已经实现了所有重要工艺步骤的稳定性。

LP70 能够利用时间加权平均 (TWA) 功能，根据工艺夹具和自动转盘平直度监视器来实时绘制移除率数据。因此，在达到移除目标时，需要通过停止或对事件进行编程动作来精确地控制工艺，例如，基于工艺变量的相互作用 (转盘类型，速度，浆料流速等)。然后，需要使用数据平均来“平滑”工艺噪声，以便通过使用中心极限定理来提高目标移除的准确度。需要平均的量在软件中列为用户控制输入字段，因此操作人员可以根据不同需要来优化其工艺。LP70 的图形用户界面 (GUI) 上可以实时绘制出去除率数据；还可以通过 USB 导出数据以进行进一步分析。这个功能允许操作人员在其工艺过程中实现更高水平的准确性，并且易于重复。

### 使用LP70进行硅片的研磨和抛光试验

使用在集成电路、太阳能电池和波导器件制造等半导体应用中采用的典型硅衬底进行研磨和抛光试验，可以说是非常有显示性的。在使用 LP70 的试验中，我们进行了一系列的步骤，每个步骤都采用不同的浆料溶液，按顺序设计，以复制客户在研磨和抛光生产芯片时通常会采取的步骤。

首先，利用粗研磨工艺去除终端目标上 50 $\mu\text{m}$  内的材料。先前的实验已经表明，含有 20 $\mu\text{m}$  的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  颗粒的浆料，可以提供材料去除速度和保持下面硅晶圆完整性之间的最佳平衡。在第二阶段，进行中度 / 细研磨工艺，在此期间使用更细、磨蚀性更小的 9 $\mu\text{m}$  的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  浆料将终端目标的材料移除到 10 $\mu\text{m}$  以内。最后阶段包括去除最终的微米材料；在研磨过程中，使用 32nm 胶体二氧化硅也对晶圆造成的任何损坏实现去除作用，例如可以使用罗技的 SF1 抛光浆料。经过所有三个阶段之后，可以实现  $\text{Ra} < 1\text{nm}$  的典型表面粗糙度。

为了确定在 50rpm 和 70rpm 下的平均硅片研磨，使用 LP70 进行的测试显示，与 LP70 的前身系统 LP50 相比，材料去除率 (MRR) 平均增加了 25%，此外 LP50 的自动化功能更少。LP70 允许 MRR 增加的特点主要是：增加了转盘直径；计量了每个夹具站和从动辊臂的研磨浆料分布。LP70 还可以使每个工位的样品到样品的终端厚度变化提高 50%。LP70 的自动化设置和控制平台也实现了巨大的时间节约和更高的准确性。罗技公司的研究表明，所有的自动化改进总共可节省大约 40% 的工艺时间。

在罗技的 LP70 或 PM6 精密研磨和抛光系统等自动化系统中，其差异化功能是实现这些令人印象深刻结果的关键。两个系统上的智能控制对工艺都产生了积极的影响，不仅可以形成更平坦、缺陷更少的晶圆，而且还可以大幅缩短工艺时间。这些技术可以帮助半导体光学器件制造商来精确优化其样品制备工艺。

### 结论

通过利用自动晶圆厚度控制，可以实现很高程度的几何精度、平坦度和平行度。自动化系统中通过软件驱动的设置允许更快的工艺时间（与转盘高达 100rpm 的速度一起并行）和更可靠的结果。对复杂和易碎晶圆的加工也有更多的参数控制；计量用于优化工艺和减少消耗品浪费的磨料供给，是额外的显着成本节约因素。罗技 LP70 或

PM6 等自动化系统还提供关键数据的导出，这些数据可以用作未来工艺优化和记录随时间推移的生产率提高的信息基础。

半导体和光学器件制造商需要更高的工艺控制和实时数据，以求提高生产率和可靠、可重复的质量。通过采用罗技 LP70 或 PM6 等在样品制备中实现的自动化方法，研究人员和制造商都可以实现更大的产能，更精确制备和抛光的晶圆，所有这些都具有可靠的可重复性，同时也使他们最高技能的工程师和技术人员能够专注于其他更重要的工作。

有关罗技精密系统功能的更多信息，

请联系：[enquiries@logitech.uk.com](mailto:enquiries@logitech.uk.com) 或访问 [www.logitech.uk.com](http://www.logitech.uk.com)。◆



# 光子技术正在融入CMOS 兼容的硅光子平台

硅光子技术无疑已经达到了成熟的第一阶段，因为如今可以在用于数据中心内部和数据中心之间的高速率数据通信的商业产品中发现它的踪影。为了实现诸如机架内部通信之类产品的大规模市场化，需要解决三个主要挑战：封装，能耗和激光器集成。

**将**光子技术融合到 CMOS 兼容的硅光子平台中，仍然是一个十分关键的挑战，该技术可以同时用于光纤高速通信领域的数个制造供应链和工业产品中。

如今，电路设计工具已经可以在多个软件平台上实施。但是，硅光子器件则仍然缺乏集成的光源。现有的封装解决方案提供了一种将 III-V 族激光源与硅光子集成电路相结合的直接方法，从而以高成本和小批量生产为代价，用来满足当今市场的需求。另一方面，可以使用 III-V 族

材料直接键合在图案化硅的顶部，从而实现与 III-V 族增益材料（这些材料仍然是实现半导体激光源的首选材料）的结合。在大多数情况下，随后的激光器演示均依赖于 CMOS 兼容的硅器件工艺，随后是采用小型的 III-V 族晶圆生产线（通常小于 4 英寸晶圆）进行的工艺步骤。通过这样的集成，基于 CMOS 平台和大晶圆形式的硅光子器件成本优势是无法体现的。

关于 III-V 族材料集成的问题，超出了在 CMOS 工艺

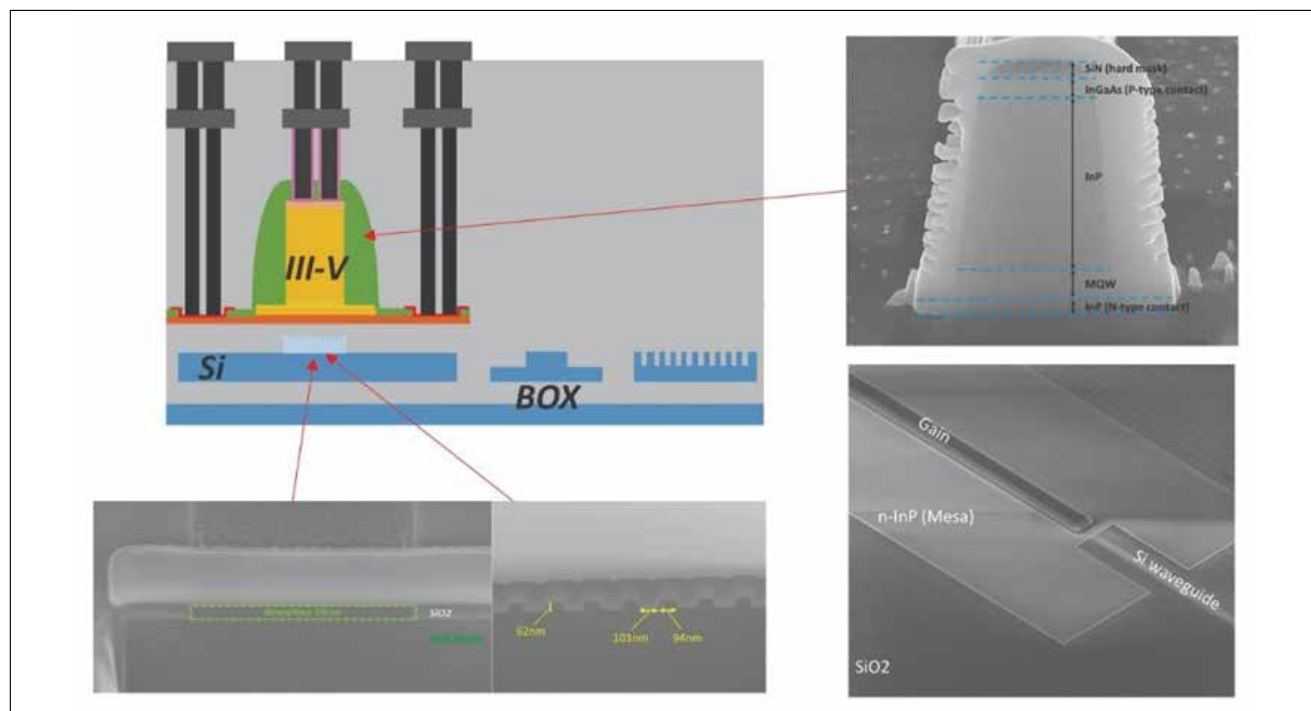


图1.在200mm CMOS工艺线上制造的硅上III-V族激光器的示意图和扫描电子显微镜图像。

作者：Karim Hassan, CEA-Leti研究员兼项目经理



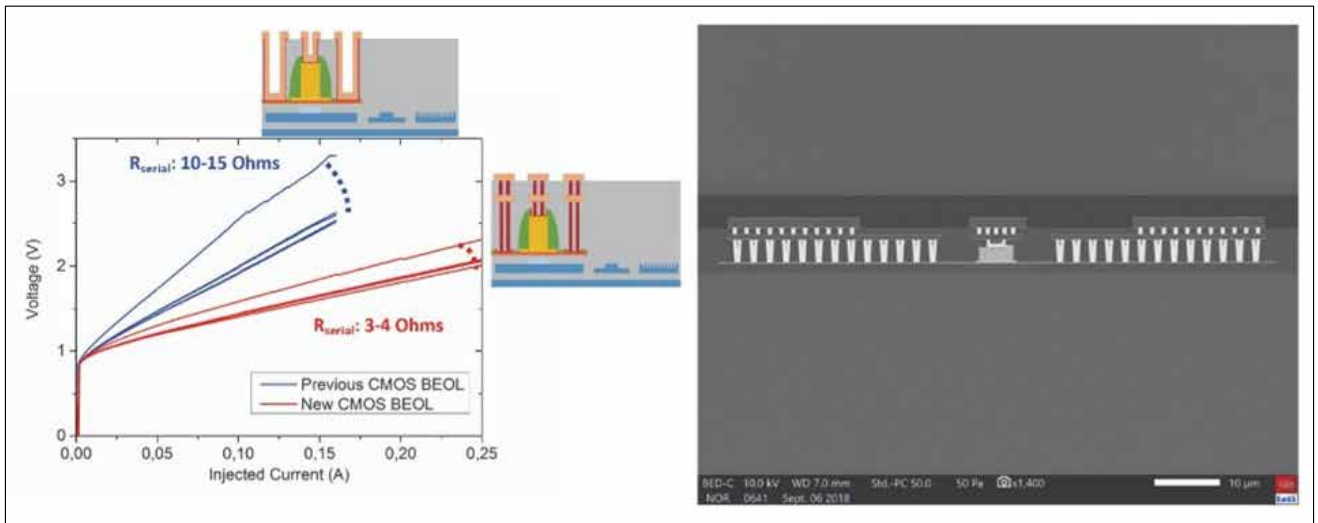


图2. 在CEA-Leti的研发制造平台上开发的采用1级和2级BEOL工艺的200mm CMOS混合激光器的实验I-V曲线，以及该激光器的横截面扫描电子显微镜图像。

线上引入材料的范围。实际上，诸如在 III-V 族化合物上通过 CMOS 工艺线后端（BEOL）金属化工艺实现较低的接触电阻等基本方面并不容易实现，因为这里无法使用例如金等贵金属。用于获得单模硅光子集成电路（PIC）的薄 SOI (<310nm)，使得在与厚的 III-V 族增益材料 (>2 $\mu\text{m}$ ) 的光进行耦合时变得很困难。值得注意的是，高度约为 3mm 的 III-V 族组件的拓扑结构，使得其与有源硅器件互连 BEOL 的共集成不能相互兼容。

此外，尽管大型 III-V 族晶圆外延仍在发展中，但大多数 III-V 族材料供应商可能是将激光器堆叠提供到小于 4 英寸的晶圆上，这使得在 200mm（以及 300mm）晶圆上的结合必须使用芯片，而不是晶圆。

然而，由于去除 III-V 族衬底期间不期望的侧向蚀刻，使用 III-V 族管芯导致了 III-V 族工艺额外的困难。为了解决这些技术障碍，人们必须从整体上制定整合的策略。

### 在完全兼容CMOS的硅光子平台上成功实现激光器集成

为了打破现有的混合 PIC 大规模生产技术的限制，CEA-Leti 的研发制造平台已在完全兼容 CMOS 的 200mm 硅光子平台上开发出了第一个激光器集成，如图 1 所示。

制造工艺可分为三个主要的部分，首先是硅的图案化，然后通过分子键合进行 III-V 族结合，随后再进行 III-V 族的图案化（包括 CMOS 金属化）。III-V 族与硅之间的光学耦合需要厚的硅波导，这是通过采用非晶硅进行局部增厚而实现，如图 1 所示。接下来，使用化学机械研磨（CMP）为在硅上进行 III-V 的直接键合提供平滑的氧化硅

层。我们已完全依靠 200mm 平台开发出了新颖的 III-V 族材料图案化工艺。CEA-Leti 提出的新工艺流程在 p-InP 和 p-InGaAsP 上均使用了选择性反应离子蚀刻（RIE）步骤。

### 用于激光器的全新BEOL工艺

这种新的图案化工序使我们能够在 BEOL 之前完全封装 III-V 族材料，这将保持其为平面，类似于标准的硅光子组件。因而，在最终的 AlCu 微米厚焊盘层之前，可以在 SiO<sub>2</sub> 包封层上图形化出高密度的通孔，然后通过磁控溅射沉积（PVD）在 Ti 金属制做的两个接触面顶部都填充上金属钨，这如图 2 所示。

在 CEA-Leti，意法半导体，ALMAE，CNRS-LTM 和 Mentor Graphics 等组成的法国“IRT 纳米电子光子计划”（IRT Nanoelec Photonic Program）框架内，我们开发的这种用于激光器的 CMOS BEOL 全新工艺，获得了最先进的混合激光器的串联电阻值，范围为 3 欧姆至 4 欧姆。

### 大规模自动化测试

在讨论大规模生产混合 PIC 时，大规模自动化测试也是引起极大关注的话题。得益于新颖的 200mm 工艺，整个晶圆可以通过电-光的光纤到光纤测量进行完整的成像。与标准硅 PIC 相似，可以通过使用硅上制造的光纤光栅耦合器来进行这种测试。混合激光器测试所需的大多数开发都依赖于光谱（连续波和脉冲）以及热特性。虽然硅器件也对于温度变化很敏感，但是混合激光器在热波动和老化这些课题方面的行为，对于确保其在数据中心环境中

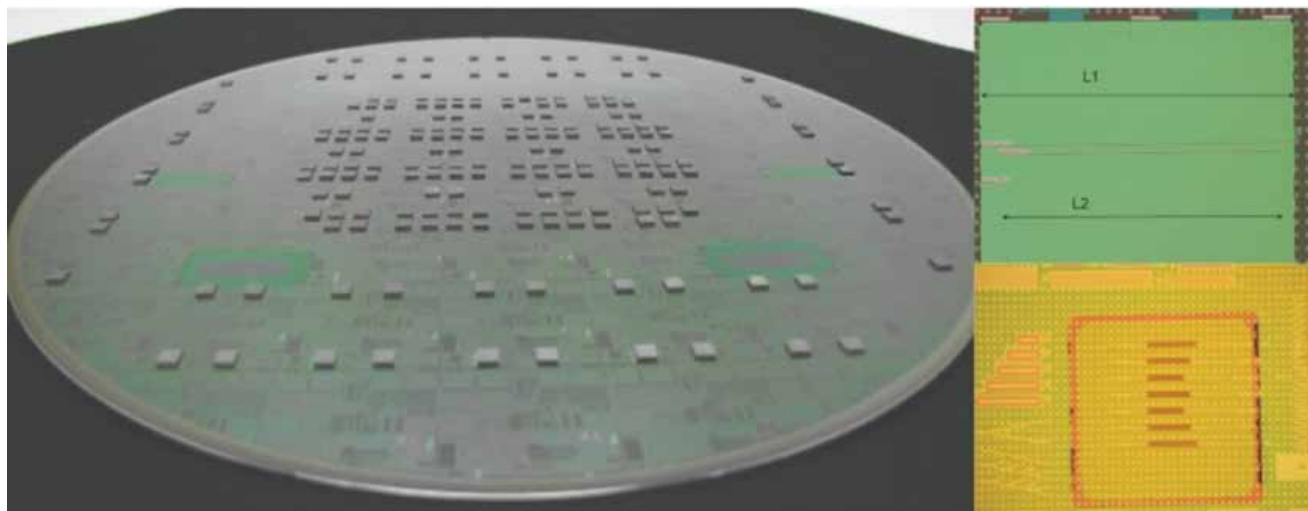


图3. 200mm硅晶圆上的III-V族芯片，以及III-V族衬底去除后和混合激光器在200mm CMOS工艺期间的该芯片显微镜图像。

的可用性则至关重要。

针对封装之前提供高温测试等方面仍然存在一些挑战，例如，由于整个晶圆翘曲及其膨胀而获得的光纤位置和振动的改善。晶圆上激光器测试的发展不仅与工艺良率的监控有关，而且与混合光子芯片根据其封装前的性能进行分选有关。

### 高效的芯片键合

除了性能和效率之外，混合 III-V/Si 收发器的成本也受到了人们的极大关注。尽管硅芯片的批量生产成本很低，但是 III-V 族材料的加入会大大增加每个 PIC 的预算。人们已经注意到，III-V 族材料的消耗必须最小化，以减少对环境的影响（通过材料本身或所用化学药品的废物处理）。图 3 显示了在 200mm SOI 晶圆上的分子键合  $3\text{mm} \times 3\text{mm}$  III-V 族芯片（包括用于很高的激光器的硅光子电路）。新开发的 200mm 芯片键合的良率在 70% 到 99% 之间，其中成功转移的 90% 的管芯将 99% 的 III-V 族材料键合到了 SOI 表面上。虽然分子键合本身可以采用与晶圆键合相同的方式就行，由于不需要横向刻蚀，衬底去除对于芯片更为关键。

通过首先进行原始的磨抛工艺将 III-V 族材料减薄至  $50\mu\text{m}$ ，然后通过化学湿法刻蚀来去除衬底剩余部分，从而得以确保减薄效果。通过在湿法刻蚀之前增加研磨步骤，可以将衬底去除过程中 III-V 族材料的横向消耗降低 3 到 5 倍。目前正在对这些芯片进行 III-V 族图案化，以实现混合激光器。

### 结论

在 IRT 纳米电子光子项目中，CEA-Leti 领导的最新发展实现了完全 CMOS 友好的激光器集成工艺，由于采用新型的接触合金技术，使得其串联电阻非常低。此外，晶圆级方法允许将面积减小的 III-V 族样品 / 芯片高良率地键合到 SOI 晶圆上，从而大大降低了下一代光子发射器的成本。目前正在开发可扩展至 300mm CMOS 接触和芯片键合，这将为硅光子技术应用倒各种新兴应用中铺平道路，例如封装光子收发器系统，高性能计算和基于 PIC 的 LiDAR 等应用。◆

#### 参考文献

- B. Szlag et al., “Hybrid III-V/Si DFB laser integration on a 200mm fully CMOS-compatible silicon photonics platform”, IEDM, 2017.
- K. Hassan et al., “Technological advances on CMOS compatible hybrid III-V/Si lasers in 200mm platform”, SSDM, 2018.
- L. Sanchez et al., “Collective Die Direct Bonding for Photonic on Silicon”, ECST, 2018.

### 关于CEA-Leti（法国）

CEA Tech 是法国替代能源和原子能委员会（CEA）的技术研究部门，它是创新研发，国防与安全，核能，工业技术研究和基础科学的关键参与者。

CEA 被汤森路透（Thomson Reuters）评选为 2017 年全球创新研究机构第二名。CEA Tech 利用独特的创新驱动文化和无与伦比的专业知识，进行开发和推广行业新技术，帮助创造高端产品并提供具有竞争优势的创新技术。

更多信息请关注 [www.leti-cea.com](http://www.leti-cea.com) 和 @CEA\_Leti。

# 适用于功率 SiP 应用的 新一代封装产品可布线 QFN

摘要：UTAC公司的网格阵列QFN (GQFN) 技术平台提供了最受欢迎的可布线QFN封装之一，并在过去几年里取得了相当大的增长。但是，标准GQFN封装采用了二次传递模塑成型工艺来使布线引线绝缘，这就限制了其被用于某些功率SiP应用的能力。尽管引脚框架设计规则没有问题，可以满足相对复杂的布线和I/O设计要求，但塑封模料的填充可能会限制制造可行性。此外，对于包含较厚元件的器件（器件总厚度超过4mm的封装），注塑的绝缘成型工艺还存在其他限制。为了摆脱这些限制，UTAC正在为GQFN开发喷墨绝缘工艺(GQFNI)，旨在为功率SiP和其他应用提供经济高效的解决方案。

## 简介

得益于其成本、电气性能、热性能和可制造性，QFN（方形扁平无引脚）封装是行业出货量最大的产品封装之一。与基于引脚框架的传统封装产品相比，它具有良好的外形尺寸改进，并越来越广泛地运用于各种应用中。但是，标准 QFN 局限于低引脚数量，并且通常只有产品的周边有 I/O。QFN 技术的最新发展已经实现了定制的多行甚至全阵列引脚的封装结构，包括可便于多芯片和 / 或无源集成的简单布线，以及更多的引脚数量，或对电源输入和接地安放提供更多的灵活性。

## 无引脚封装里程碑

QFN 的开发始于二十世纪九十年代中期，并在过去二十年里实现了迅速发展和演变。图 1 显示了 UTAC 的

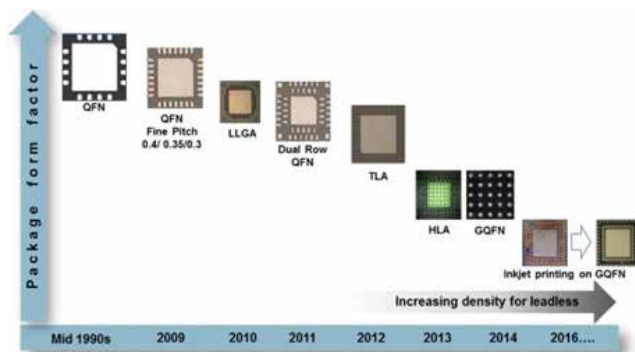


图 1. UTAC 无引脚封装里程碑路线图。

QFN 相关产品组合的发展里程碑。在二十世纪九十年代末首次取得认证并向客户推出之后，技术的进步使得封装尺寸得以不断缩小，同时提高了 I/O 密度。从双排引脚 QFN 开始，多种多排引脚 QFN 方案都取得了极大的成功，而 UTAC 的最新方案 - 网格阵列 QFN (GQFN) 增加了单层布线以及高度可定制的 I/O 封装的能力。得益于这种新的灵活性，GQFN 非常适用于小型 SiP，包括需要将多个晶片和无源元件集成在单个封装产品中。UTAC 目前还在开发一种使用喷墨印刷来隔离暴露引线的 GQFN。这样就为更厚的封装提供了技术能力的扩展，并允许更复杂的布线配置，而这些对于功率 SiP 应用非常有价值。

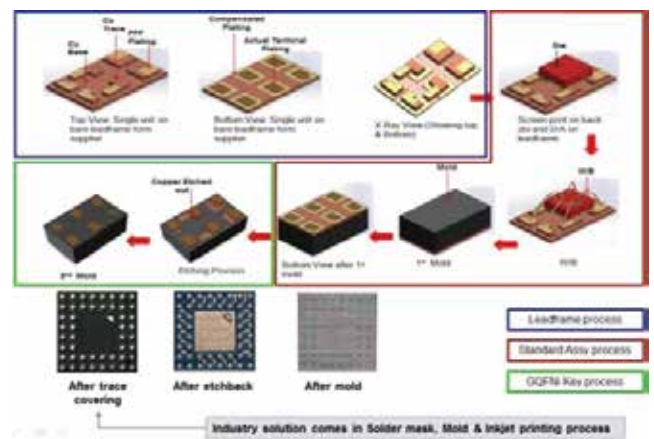


图 2. 网格阵列 QFN 工艺流程。

作者：Jun Dimaano, Alastair Attard, Jonathan Abela, Keith Edwards, Lee Smith, Angus Lam, Saravuth Sirinorakul, Kyaw Ko Lwin, Lock Kok Chuen, UTAC 公司



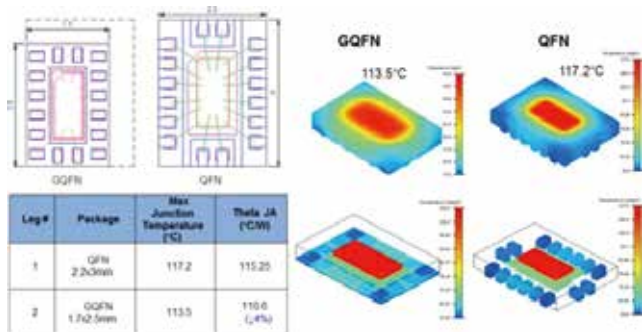


图 3. QFN 与 QFN 的热性能对比。

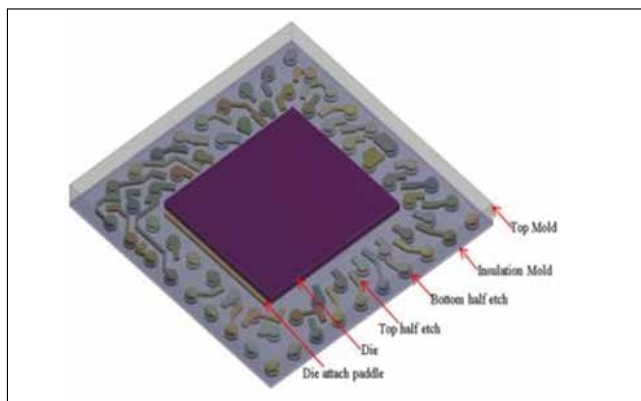


图 4. QFN 3D 模型 (热)。

### QFN 简介

QFN 是一种采用减量引脚框架制造工艺的低成本可布线技术。图 2 显示了典型 QFN 工艺流程中的各个步骤。

最初的引脚框架的蚀刻工艺由引脚框架供应商负责完成。供应商通常按照焊接引脚图案来进行布线，该引脚上会选择性电镀有银或 PPF，用以缩短引脚焊线布局。如果是倒装芯片封装，光掩膜也可用于限定焊盘，因为首选的互连材料为铜。完成后，所有镀层引脚都将在蚀刻工艺中充当蚀刻停止阻挡层，因此，当蚀刻工艺结束时，任何未镀层的引脚都会被蚀刻掉，蚀刻深度为至少引脚框架厚度的 50%。最后，在所需互连区域中的端子焊盘上会被镀上所需的镀层 (PPF 为首选)。

在完成引脚框架制造之后，组装过程非常标准。主要区别在于，注塑成型之后引脚框架会完成背面蚀刻工艺，其中端子焊盘 PPF 电镀会用作蚀刻掩模。电镀区域之外的任何部分都会被蚀刻掉。但在蚀刻工艺之后，引线会很明显，因此还需要将这些引线覆盖起来。目前，业界主要采用三种方法来覆盖这些引线。

#### 1. 阻焊层应用

#### 2. 传递模塑成型

#### 3. 喷墨印刷

UTAC 可布线 QFN 技术最初采用的是阻焊层工艺。然而，该技术成本非常高，需要使用与基板制造中类似的设备和工艺步骤，这对于封装组装过程很少见。因此，可布线 QFN 很快就采用传递模塑成型方法隔离暴露的引线。实践证明这是一种高效可靠的工艺，但也会对更复杂的布线结构以及增大封装厚度以便于集成更大的无源元件产生限制。因此，喷墨印刷成为了一种很有前景的替代方案，可让更大功率的 SiP 器件充分发挥 QFN 技术的固有优势。

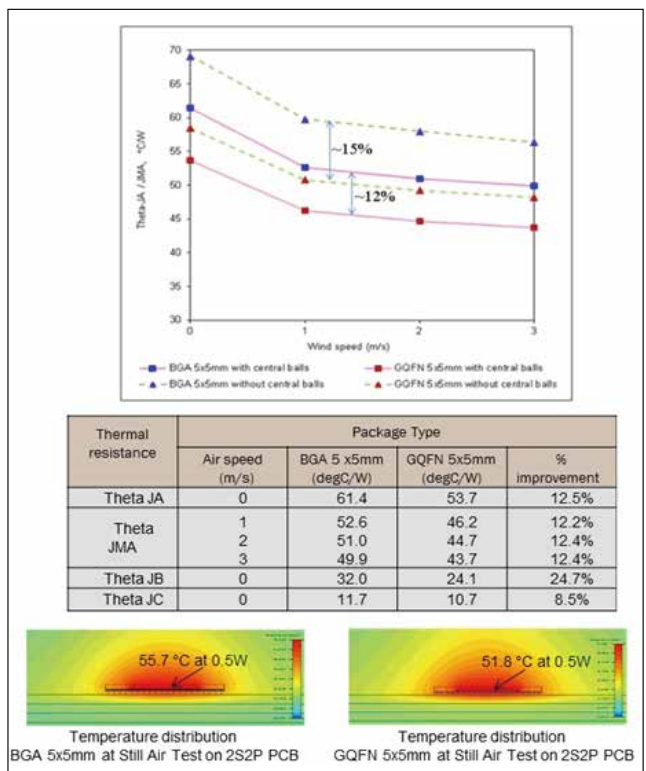


图 5. QFN 与 FBGA 的热性能对比。

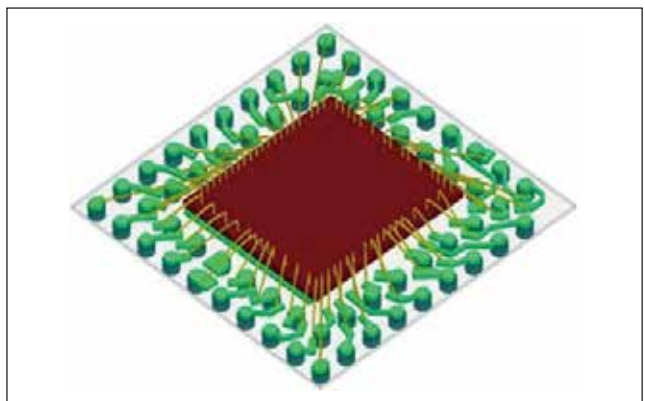


图 6. QFN 3D 模型 (电气)。

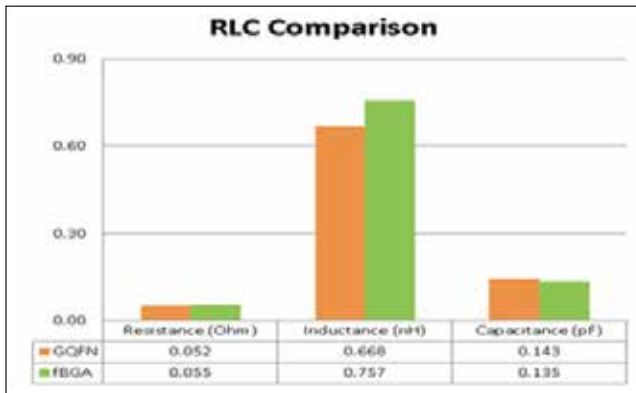


图 7. QFN 与 FBGA 之间的 RLC 对比。

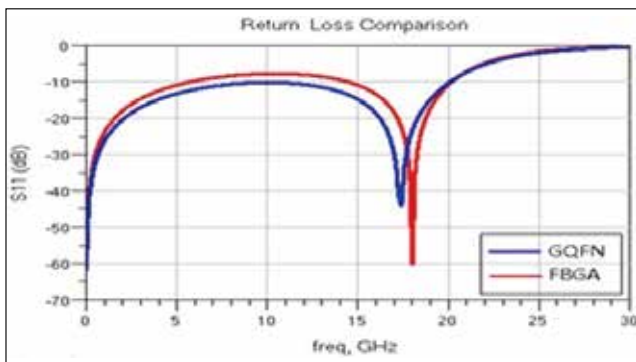


图 8. 回波损耗对比。

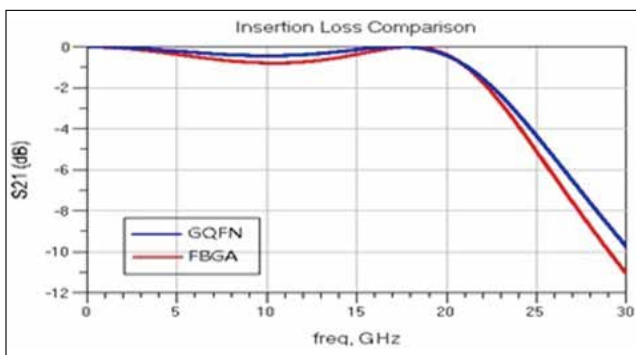


图 9. 用于覆盖 QFN 暴露引线的插入损耗对比方法。

### QFN 与 QFN 的热性能

图 3 显示了 QFN 和标准 QFN 之间的热性能对比。由于在晶片下方采用了晶片连接焊盘 (DAP)，因此 QFN 封装因其良好的散热能力而被广泛接受。因此，对 QFN 封装到 QFN 的潜在转换展开研究是具有现实意义的，转换后既能保持热性能，同时又能减小封装尺寸。在显示的示例中，QFN 封装尺寸为 2.2 mm × 3.0 mm，而对于使用相同晶片的 QFN，其尺寸可以缩小至 1.7mm × 2.5mm。这表示包装尺寸可缩小约 35%。热模拟分析表明，由于所采用引脚框架厚度的原因，QFN 还能让热性能提升 4%。

在本研究中，所用的 QFN 引脚框架厚度为 8 mil，而所用的 QFN 标准厚度才仅为 4 mil。

### QFN 与 FBGA 的热性能

下一步是对比 QFN 封装与 FBGA 封装的热性能。在此热模拟分析中，使用的封装尺寸为 5 mm × 5 mm，QFN 的厚度为 0.45 mm 而 FBGA 的厚度为 0.53 mm。这些封装安装在 PCB 上（符合 JEDEC 51-7 和 JESD 51-3 标准）：4 层使用 2S2P，2 层使用 1S0P。图 4 显示了用于 QFN 的 3D 模型以供参考。

对这两种封装以使用和不使用中心焊球的方式执行了热模拟分析。图 5 显示了热性能的汇总数据：

- 对于带有中心焊球结构的封装，QFN 的热阻提高了 12%。
- 对不带中心焊球结构的封装，QFN 的热阻提高了 15%。

由于 QFN 的引线更厚，因此 QFN 相比 FBGA 具有明显的优势。FBGA 引线厚度为 15um，而基于引脚框架的 QFN 引线的厚度接近 8 倍于 FBGA 的厚度。

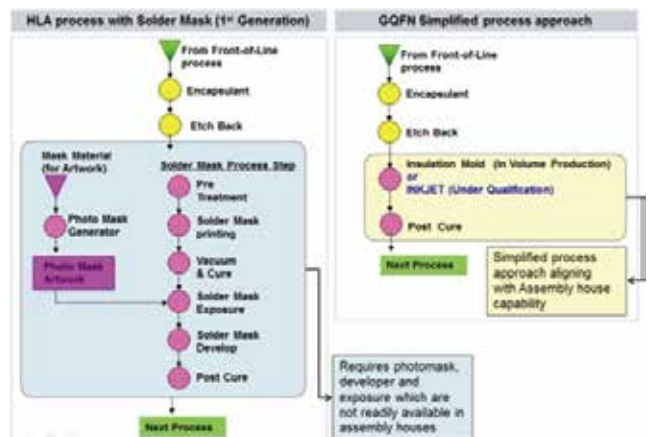


图 10. 用于覆盖已暴露引线的的方法对比。

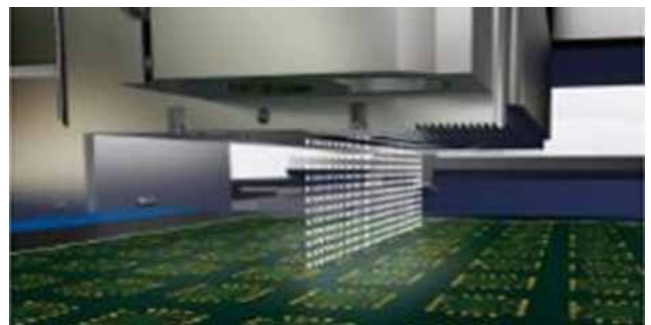


图 11. 喷墨印刷 (由 Orbotech Tech 提供)。

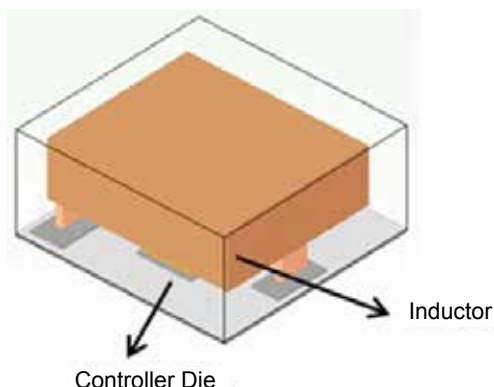


图 12. QFN 功率SiP带 MOSFET、控制晶片和大尺寸电感。

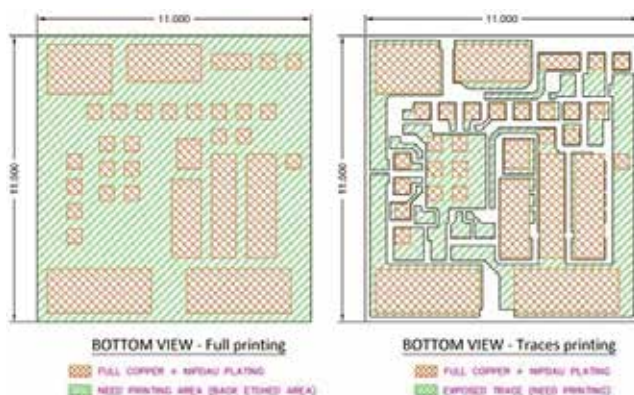


图 13. 不同喷墨印刷方法的对比 - 全印刷与仅引线印刷。

### GQFN 与 FBGA 的电气性能

使用与热模拟相同的 5×5 封装尺寸 (GQFN 和 FBGA) 对 RLC 的低频进行了分析。图 6 中显示了 GQFN 5×5mm 3D 模型。

如图 7 所示, 在低频下, GQFN 封装具有与 FBGA 封装相当的 RLC 性能 - GQFN 在电阻和电感上略微存在优势。然而在高频下, GQFN 封装的电气性能明显更优 (如图 8 和 图 9 所示)。考虑 100MHz 和 30GHz 之间的频率扫描 (同时考虑 15dB S11 要求), GQFN 的最长网络可以适应高达 3.9GHz, 而 FBGA 对应的频率局限在 2.85GHz。寄生值越高意味着性能越低。

由于先前已经介绍了 GQFN 的工艺流程, 现在将对背面蚀刻之后用于覆盖已暴露引线的方法进行更详尽的说明。图 10 显示了 UTAC 第一代可布线 QFN 技术 (HLA - 高导热无引脚阵列) 与当前基于 GQFN 的可布线 QFN 之间的对比。对于 HLA, 引线会被覆盖上阻焊层 (需要多个工艺步骤); 而对于 GQFN 技术, 引线由注塑的绝缘成型或喷墨印刷覆盖。在这一工艺对比中, 简化的 GQFN 工艺流程很明显可以缩短周期时间, 同时提高整体装配工艺的品质。此外, 封装厂完全可以自行完成 GQFN 工艺, 而无需配备与传统阻焊层相关的专用设备和工艺。当然, 喷墨印刷是一种新的工艺, 但在技术方面是对封装厂现有能力的很好补充。

### 喷墨印刷应用

过去几年中, 喷墨印刷已在

电子工业中得到广泛应用; 目前在 PCB 制造领域尤为引人注目, 而这都得益于它能够提供更灵活性并缩短开发周期时间。简而言之, 喷墨印刷工艺就是一种点阵添加印刷技术, 墨滴会从小孔 (喷嘴) 直接喷射到特定位置以形成图像。如下图 11 中显示了由 Orbotech 技术公司提供的简单示意图。用于 UTAC GQFN 的喷墨材料来自 Taiyo, 它也是用于层压基材的标准阻焊层材料的同一家供应商。

### 用于功率SiP的喷墨印刷评估

UTAC 开发的喷墨印刷技术使用了一种用于功率器件应用的 GQFN SiP 产品。测试载体的封装尺寸为 11.0mm×11.5mm, 而封装厚度为 3.52 mm。图 12 中显示了由多个晶片和大电感组成的典型 GQFN 功率 SiP 器件。在这种情况下, 电感安装在晶片和其他无源元件上方。

如前面对 GQFN 工艺的介绍, 在对封装 / 引脚框架的背面进行蚀刻之后会暴露出布线引线。由于喷墨工艺所具有的灵活性, 可以通过在回蚀之后或仅在暴露的引线上选择性地为整个暴露区域涂覆材料来覆盖这些引线。图 13

Packages	MSL3 + 3X reflow <b>PASSED</b>	TC 1500x -40/125C <b>PASSED</b>	uHAST 38hrs <b>PASSED</b>	HTSL 1000hrs <b>PASSED</b>
GQFNi-SiP (Package Size: 11x11.5mm Package thickness: 3.4mm)	Traces Only 	Traces Only 	Traces Only 	Traces Only 
	Full Area 	Full Area 	Full Area 	Full Area 

图 14. 预测可靠性结果。



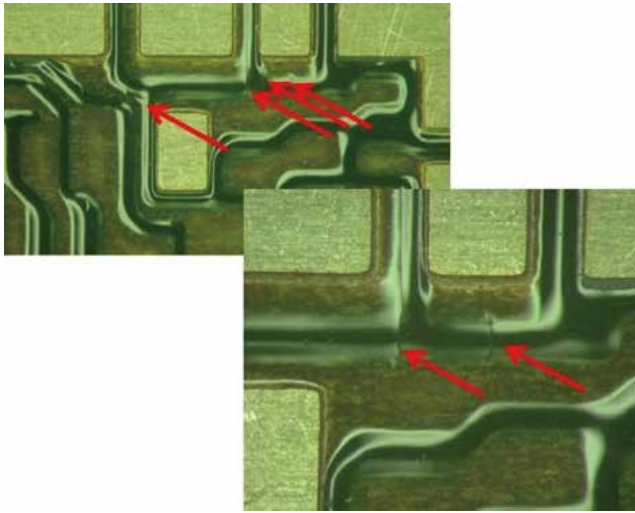


图 15. TC -65°C / +150°C 条件。



图 16. 在 TC500x -65°C / +150°C 之后 FBGA 上的阻焊层裂缝。

显示了两种不同方法的对比。

为了对比在背面蚀刻区域上的全印刷与仅印刷覆盖引线的可靠性，使用两种方法来封装的产品并送交进行可靠性测试。

- MSL3 Preconditioning
- Temperature Cycling
- uHAST
- HTS

图 14 显示了完成这些可靠性测试之后得出的结果。输出响应基于对任何裂缝和 / 或印刷异常的目视检查，并且使用扫描声学层析成像 (SAT) 以检查是否存在任何分层迹象。所有结果均显示喷墨涂覆的绝缘材料性能良好，未出现任何分层

或材料退化的迹象。

而且，还在更严格的 TC 条件 -65°C / +150°C 条件下对产品进行了测试，结果表面喷墨材料上只出现一些轻微的裂缝，如图 15 所示。

在 TC500 个循环之后首次观察到这些小裂缝，但是在 TC1000 个循环之后裂缝未继续扩展。FBGA 单元也在相同的测试条件下接受了测试，以确定在这种严格的温度循环条件下两种封装产品是否会开裂。实际上，在 TC500 个循环之后 FBGA 上也观察到相同的裂缝，如图 16 所示。这是暴露于这种严格的温度循环条件下，阻焊材料由于其固有的材料特性（如 CTE、模量和拉

伸强度）

而都会存在的问题。尽管如此，UTAC 将继续探索和验证该领域的新材料，以便能够承受更严苛的温度循环条件。

### 针对功率 SiP 的 GQFN 的基准

功率器件集成正在成为电源应用市场中的关键技术，因为这种集成能够在功能和性能方面带来差异化。正因如此，在电源封装领域正在对基于模块的封装展开进一步的探索。例如，采用基板载体的封装，由于引线的厚度限制，它们通常会在载流能力上存在限制。但是，GQFN 可以提供高达引线框架厚度 50% 的引线厚度。凭借高达 100um 的厚度，电流处理能力得以显著提高。

热性能是功率 SiP 的另一个关键特性，可以比较 GQFN 和 LGA。图 17 显示了用于热分析的 GQFN 和 LGA 封装的详细信息。 下接第36页

	GQFN	LGA	LGA-FR4 (NON MOLDED)
1. Package size / thickness (mm)	11 0X11.5		
2. Trace / Substrate Thickness (mm)	0.10 / 0.20mm	0.018 / 0.286mm	
3. Mold Compound Material Thermal Conductivity (W/mK)	Green Mold Compound 1.0		NA
4. Die Attach Material Thermal Conductivity (W/mK)	High thermal Ag Epoxy 2.5		
5. Substrate Solder mask Thermal Conductivity (W/mK)	EFTEC 64T 2.5	AUS308 0.24	
6. Heat source power (W)	Controller: 0.3W Inductor: 0.05W DFN Die 1: 1W DFN Die 2: 1W		
7. PCB: JEDEC 2S2P (4L) board as per JESD 51-9 with 9 PCB vias			

图 17. GQFN 和 LGA 封装详细信息。

S/N	Test Environment	PCB Type	Package Type	Total Power (W)	Ambient Temp.	Max Junction Temp. (°C)	Theta JA (°C/W)
1	Still Air	2S2P 4 Layers (With 9 thermal vias)	GQFN	2.38	25	76.8	21.76
2			LGA			106.5 (↑39%)	34.24
3			LGA- FR4 (Non Over mold)			145.4 (↑89%)	50.59

图 18. 热模拟汇总结果总结。

# 计算流体力学于铝导线腐蚀案例应用

摘要：介绍如何利用计算流体力学的瞬时分析功能，成功对某面板厂CVD区域某特定位置的铝导线腐蚀的污染来源提供确认。本方法与概念亦可应用于其他具有流场扩散的类似问题场合。

## 引言

伴随着近代计算机计算能力的不断提升，已经使得一般的计算机就能够处理相当复杂的计算。因而，在早期往往需要超级计算机的计算流体力学（Computational Fluid Dynamics, CFD），现在在工程的应用上，已经成为相当成熟而普遍为人所接受的辅助工具。

目前，在业界已被广泛使用的是稳态（steady state）的计算应用。然而，瞬时的分析计算也是CFD的功能之一，却因为它的特殊性及现实世界较少有问题需注意瞬时特性，而被使用比较少。

伴随着半导体的发展，气悬分子污染（Airborne Molecular Contamination, AMC）是近来逐渐受到重视的议题。不仅仅是半导体产业，其实许多产业，也都有着AMC的困扰。不过，对高新技术产业的产品制造而言，AMC往往是一个令人摸不着头绪的“微”污染问题。AMC和微尘（particle）污染不同，微尘污染可以用仪器被计数，但AMC却相对没有这么容易，除了不易量测计数外，更重要的，AMC有着说不清的污染物种类，而且不同种类的AMC污染物还可能有着完全不同的量测方法！这是AMC麻烦复杂之处。

而更令人困惑的，恐怕是同一群机台，却只有某一区有AMC的问题了。

如果将这两个全然不同的领域进行接触，会产生什么样的结果呢？

本文，我们将借用一个实际发生于面板产业的铝导线腐蚀案例，说明如何利用CFD来解读同一行的CVD机台，为什么就是那几个Cassette Station有着AMC的腐蚀问题。

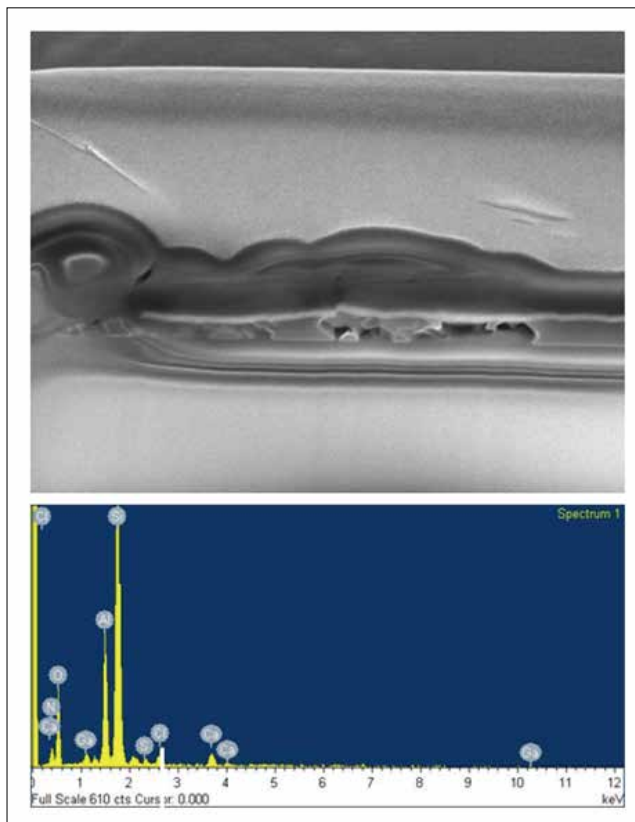


图1. 铝导线腐蚀的情形。

## 1. 问题说明

某薄膜电晶体（TFT）面板厂在他的产品生产过程中的CVD生产站上，在某个时间点，突然出现有铝导线腐蚀的问题（如图1所示，EDS显示出，氯的可能性极高）。

比较令人困扰的是，腐蚀的问题不是全面性，因为同样生产性质的机台有七台，而且这七台机台都是比邻而居，

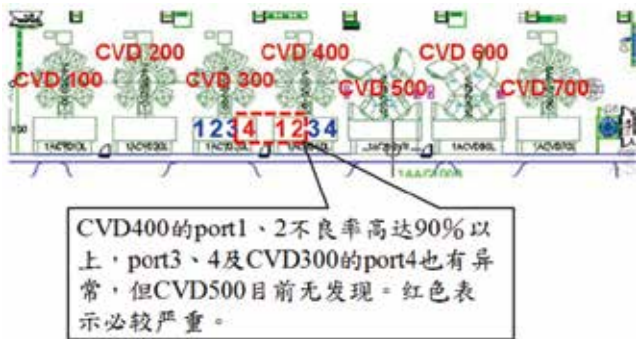


图2. 铝导线腐蚀的选择性情形。

但奇怪的是，却只有某两台有这样铝导线腐蚀的情况。

更奇怪的是，这两台 CVD 设备各有四个 Cassette Station，但却不是全部都比较严重，而是某三个比较严重（如图 2 所示）。

同一区却不是全面性就已经够恼人了，现在同一机台，还有轻微与严重的差别，这就更是离奇了。

就问题本身而言，很明显，它是属于 AMC 中酸性气体的微污染。

而这种莫名的七选二后的再一次有着喜好强度差异的选择的情形，还真是 AMC 微污染最令人头痛与晕眩的地方。也不得不说是 AMC 令人又爱又恨的地方。

在此同时，在洁净室的回风道前的某个剪力墙前发现有不明的液体。其实据悉这是酸排的风管，而这摊不明液体正是来自风管的排液管的滴漏。

那么这两者之间是否有直接的关系呢？要如何确认呢？

虽然该不明液体的位置与发生腐蚀问题的机台有一段近似直线，但却相当远的回风距离，而且，为什么会是七选二呢？为什么不是七选三呢？

因此，如何利用科学的方法来确认两者的关联性，就成为一个课题。

## 2. 方法与概念

此节分为几个部分。

第一部分，是利用化学分析及一些工程概念的实验手法，就污染区域的 HEPA 进行实验检测。确实有一些有趣的发现。

第二部分，正是和本文标题有关的 CFD 介绍与描述。

### 2.1 过滤器的实验

利用我们自己实验室的离子色谱仪，并搭配一个特殊的实验装置，如图 3 所示，我们展开一个有趣的实验。

实验设计是出自于以下想法，当 HEPA 上面累积一定量的污染物时，此污染物包括有机物及无机物，环境中污染物的空气浓度将与 HEPA 上面累积的污染物的量有某种程度的关联，也就是说，如果 HEPA 上面已经累积一定量的污染物，我们希望环境中污染物的空气浓度能够很低，这个想法有可能受制于 HEPA 上面累积的污染物的量。

基于以上的概念与想法，我们若将已经长期被污染的 HEPA 取出，让它在一个相对于原环境是一个干净的环境里。并模仿洁净室的循环空气模式，使这片已经被污染的 HEPA 与一开始是干净空气不断反复循环、接触。从平衡浓度的概念，如果 HEPA 上面已经累积一定污染物的量。那么，我们所提供的新环境也将会测到相对应的污染物。

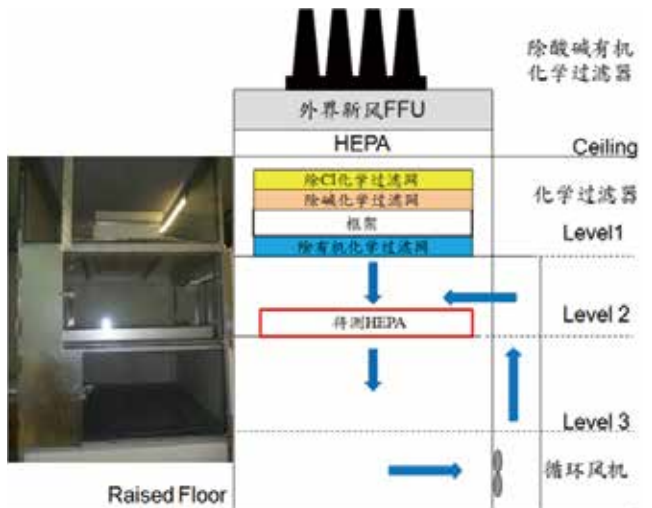


图3. 实验装置示意图。

图 3 为利用上述想法所设计的实验装置<sup>1-2</sup>。

客户提供了被选定的最严重的区域，换下 HEPA 过滤器，让我进行实验与量测。

实验结果，如图 4 所示。我们先取得没有 HEPA 过滤器时的环境空白浓度，接着，开始让这原本相对干净的空气与这块 HEPA 过滤器不断往复循环接触，就如同在洁净室车间内那样。

从图 4 可以发现，确实，在一段时间的循环平衡之后，HEPA 下游的氯离子浓度高于原来的环境空白，也就是说，那块 HEPA 过滤器有氯离子释出的情形。

这样的实验结果与发现，似乎可以合理解释为什么在 Cassette Station 放得愈久，情况就愈糟糕的现象。



图4. 平衡浓度实验结果。

次数 \ 物种	F <sup>-</sup>	醋酸	甲酸	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	MEA
持续Purge后的第七次环境空白采样	2.165	ND	7.482	1.907	0.153	0.567	ND	1.512	1.334	ND
次数 \ 物种	F <sup>-</sup>	醋酸	甲酸	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	MEA
平衡浓度后的第1Hr	2.74	ND	1.86	4.82	10.38	2.09	- <sup>4</sup>	0.43	69.36	- <sup>4</sup>
平衡浓度后的第36Hr	2.45	ND	1.94	4.44	12.65	0.60	ND	0.27	18.8	ND

备注：1. 基于保护业主原则，不公开实际浓度值。  
2. 所以平衡浓后的结果是以相对于持续Purge后的第七次环境空白的采样结果来定义。  
3. ND表示未检出。  
4. “-”代表分母为ND，但分子有量测到，由于无法相除，因此，未予表示。

## 2.2 HEPA 溶出分析

再将做完实验的 HEPA，以超纯水进行溶出分析，并以亚翔数据库中的数据进行统计分析，就所怀疑的氯离子而言，其结果如图 5 所示。此中，亚翔数据库系统收集各类产业、不同使用年限、不同工艺制程区，曾经发生工艺制程漏液的情况，如：FAB PVC 火灾、四氯化硅泄漏、王水泄漏等。本案例的对比对象是某 PMOLED 厂王水泄漏后导致 FAB 内干盘管铜管漏水。

就氯离子而言，从单位时间单位面积的累积量来看，这片 HEPA 过滤器确实于过去的使用期间，曾经遭受严重氯离子的大量负载。

图 5 显示，本案例的溶出量远远高于亚翔过去所处理的参考案例中的干盘管铜管因腐蚀而漏水的案例。

## 2.3 CFD 应用的概念

传统的 CFD 应用里，我们只要把该不明液体出现的位置放在模型的正确位置，设定好污染物的释放量，利用浓度场的计算功能，就可以求出该污染物在空间里的分布情形。

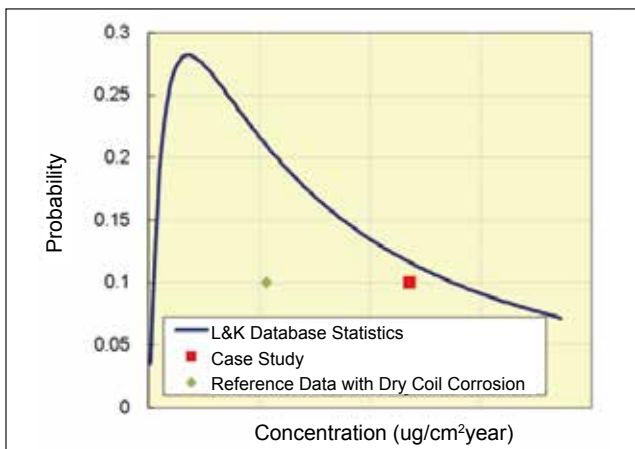


图5. HEPA溶出分析结果。

这是稳态 (steady state) 的应用方法。可以想见，当达到稳定状态时，这不明液体中的污染物会遍布空间，届时，我们就无法区别为什么在七台机台中，却只有两台会出事，或者，更进一步，只有那一点点小区域会出事。因此，我们必须采用另外一种思路。

这思路，就是采用CFD的瞬时计算功能。透过CFD的瞬时计算功能，我们可以看到从时间为零的时候，不明液体中的污染物开始释放，以及这污染物是如何随着时间的推移在空间中扩散与传播。这是CFD应用的第一个概念。

第二个概念，就如同想象，这污染物随着时间及流动空气的扩散的最前缘，就如同波浪的波前，最先碰触到的，就是最早被污染物“攻击”的地方，也是最主要的受污染区。

这是一个很重要的CFD瞬时分析概念应用的一个观点，称之为“波前”概念。当然，随着污染物释出量大小的不同及污染源发现的需要时间的差异，这波前概念可能会被全面性污染所取代，此时就是CFD的稳态 (steady state) 计算范畴；但是在目前要探讨的问题并不是全面性污染，是七选二的选择题，此时波前概念就相对比较容易提供判断参考，此时是为CFD的瞬时 (transient) 计算分析。

承接第二个“波前”概念，事实上，根据经验污染物的释气率其实非常地低。如果采用这样低的释气率作为CFD的设定，要达到软件的可辨识度要求数值情况下，亦即要达到第二个概念的波前概念，会耗费相当长的计算时间。因此，CFD应用的第三个概念，就是“加速”概念，这有点像是材料试验中的加速试验，基于此，我们必须刻意把污染物释气率夸张地提高，让第二个概念中的波前概念，能够很快被CFD所实现<sup>3</sup>。

## 3. CFD模型

这个洁净室是传统三层式 (Truss/FAB/Subfab) 的生产厂房。干盘管在 Subfab，回风道内有剪力墙，同时还有电梯、逃生梯及管道间占用回风道内的空间。由于不明液体的出现位置就在回风道内，这些物理性的影响都会对污染物的扩散行为发生影响，因此，都必须正确且一一考虑进入CFD模型中。

此外，FAB内的机台，以及机台的排气及新风供应都必须考虑，同时还必须是处于平衡状态。

整个厂房的隔间，也是一个重要考虑点。而用来储

放玻璃基板的 Stocker，由于是洁净室内的大风量抽引机，对整体洁净室气流的搅拌扮演重要角色，更是不可忽略。

唯一的简化，是整厂的复杂 FFU 摆设，没有根据现场那样，一台一台地建立。我们是采取总量相等的方式，以区域的方式，分区域而建立的。

换句话说，就是采用平均风速法，设定整个区域的风速。比方说，单台 FFU 出风速是 0.4m/s，如果按照一台一台的方式建立，那么有 FFU 的位置就有 0.4m/s 的风速，没有 FFU 的位置，其出风速度就是 0m/s；但平均风速法，就划定的区域而言，全区域都会有出风，只是出风大小差异而已，如果此时该区域的 FFU 覆盖率是 25%，那么，我们会设定该区域的 FFU 出风是 0.1m/s。

这样的作法，相当程度简化了建模的劳动力度，但却可以得到相当可信的流场趋势，此一部分过去于该厂（五代 Array 厂）就已经实际将 CFD 模型计算结果与现场流场调查验证过，依业主评价，相似度达 80% 以上。因此，本案即使用建厂过程中所建立的 CFD 模型。

根据以上的说明，使用于建厂过程中已经验证过的 CFD 模型。加入拟分析的污染释放源位置，以瞬时分析进行计算。

由于 CFD 模型有可能会透露出业主的相关信息，在此，不便展示。可以肯定说明的，确实有建立。

CFD 模型的计算结果，在没有执行浓度场计算之前，要先把速度场求解完成，并与业主确认在 Truss/FAB/Subfab 的气流走向趋势正确性后，才开始浓度场的逐时计算。

#### 4. 计算结果观察与检讨

要实现波前的概念，在计算过程中，就必须经常中断计算，如此才能够看到波前所到的位置，也才能够控制总计算时间不要过长。因为已经可以提供判断所需，因此，本案例仅观察污染物的扩散到第 32 秒就结束计算。

经过计算过程的控制设定，可以每两秒撷取一次浓度场的分布图，至于要观察的对象则可以依需要决定。就本案例来看，以距离 HEPA 上方约 10cm 位置处的盐酸浓度分布状况，应该是适合的。

考察 Truss 区的部份时间的浓度分布情形。在前 6 秒，污染物几乎都还在回风道内，第 8 秒时，可以发现极微量在目前的截面被发现，这，就是所说的“波前”。其实，想象如果把从第 0 秒到第 32 秒的所有截面，就如同电影那样，用播放方式串接起来，就可以看见在不同截面，污

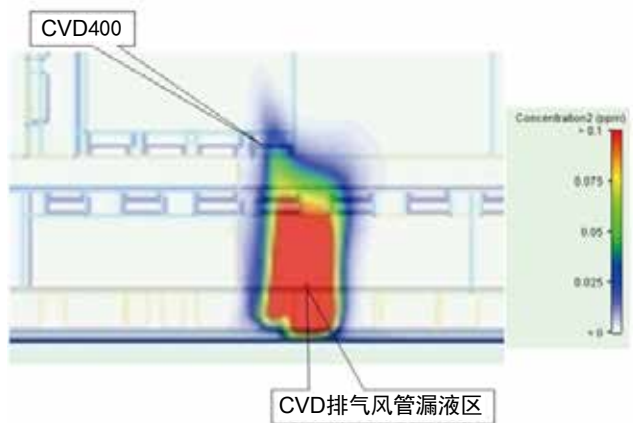


图6. 在第32秒的浓度分布情形。

染物浓度随着时间的迁移情形，用这样来理解“波前”这个概念，可能会更直观一些。

对波前概念有了更清楚的了解后，就可以依据此波前概念，撷取第 32 秒 FAB 内 HEPA 上方约 10cm 位置处的浓度分布情形如图 6 所示。

图 6 告诉我们，这回风道剪力墙前的不明液体的释出物最先“攻击”的 Cassette Station 和业主所给的讯息相近，但并没有完全命中。

不过，CFD 已经能够大致正确预测出受到来自大量回风道剪力墙前不明液体释出物“攻击”的位置了。

CFD 所预测的 CVD 与实际状况吻合，也就说明了，为什么会是七选二，同时也说明了这七选二中的是那一个。虽然还有一些误差。

或许大家会有疑问，CFD 的污染物释出量设定值不对、扩散时间过短、污染物未必是盐酸，等等，都与事实相违。

是，除了模型尽可能与现实接近外，浓度场的设定确实不符合现实。但有一点必需要明白，CFD 被称为辅助工具。所谓辅助，如果能够告诉我们一个现象的“趋势”，其实，是否也可以称之为辅助呢？这是采用这样的方法的一个理由。本案例对 CFD 的应用，不在于值的绝对性正确与否，而只是关注现象的趋势。

另外一个理由，其实，污染对产品造成威胁，有两个要素，一个是必须达到一定的浓度，这会随着产业产品特性的不同而不同，比如说，半导体的芯片制程，它们的敏感度就相当相当高，特别是进入纳米等级后，更是如此。环境需求的浓度，往往都是 ppb，甚至是 sub-ppb 等级。

另外一要素，是时间，特别在某些产业，更是明显。当时间累积够长，这长时间的积累，只要时间够，积累量

足,也可能造成威胁。在过滤器使用的实务上,这又算是另外一个议题。

在这里所采用的波前与加速概念,就是上述想法的综合。只是利用了高浓度短时间来换取低浓度长时间所需要的 CFD 计算时间。因此,究竟是第几秒受到波前的碰触,其实不是这个方法与概念所关心,这个方法与概念所关心的是波前先碰触到哪里,最先碰触到的地方,就时间轴来看,就是污染物累积量最多的地方,也就是问题最先的发生点!

可以这样看,CVD 虽然是 Nitride 的成膜区,但金属铝会在此等待 CVD 的成膜。如果在进入 CVD 之前,玻璃基板有受到氯离子的污染,进入 CVD 后,因为高温,会更加速氯离子对铝导线腐蚀反应的发生。

在本案例中,由于 FFU 不是采用和现场布置相同的方式,这可能是造成些微误差的原因。然而,利用 CFD,在本案例上,就趋势的判读上,已提供了一个有力的佐证。而当明确污染物来源,也就可以对症下药处理。

## 5. 结语

从本案例的处理来看,其实是结合了工艺制程相关知

识、化学分析及计算流体力学的一种综合应用。

透过本案例的说明,显示,只要能够适当的应用并解读 CFD 的瞬时分析功能的计算结果,其实,CFD 也能够协助我们在复杂的 AMC 问题里提供另类的帮助。同时,本案例所发展及提出的概念与方法,也可以适用于因为流场的扩散传播所造成的 AMC 问题。

最后,本案例还透露着 HEPA 使用上一个有趣的现象。其实,除了氯离子外,氨及 MEA 也都有额外释出的情形。这对厂房运转者而言,是值得加以深思的课题,特别是 HEPA 过滤器的更换时机,是该看压损变化还是另有考虑?

这确实是一个值得深思的课题。◆

### 参考文献

1. 亚翔系统集成科技(苏州)股份有限公司,一种用于检测颗粒过滤器中气相污染物的装置,中国,201220451939.6 [P], 2012.09.06
2. C. I. Yang, W. T. Chiang and C. Y. Yang, Assessment of Manufacturing Environment for Stripper Leakage Event [J], IDMC2011, PS-68 (2011).
3. 杨政谕,计算流体力学应用于铝导线腐蚀案例介绍[J],洁净与空调技术,2013.03 No.79

上接第31页

进行的热模拟分析表明,GQFN 通过在晶片下方采用固体铜焊盘可提供更直接的热流以及更好的热性能,而对于 LGA 和 LGA-FR4,热性能会受到热通道的限制。在热模拟期间使用的条件以及结果的概述如图 18 所示。

可布线引线框架技术(如 GQFN)正越来越广泛地应用于各种应用,包括功率 SiP。与传统的基于基板载体的解决方案相比,使用经济高效的基于引线框架的技术有助于提高热性能和电气性能(通过最大厚度为 100 um 的引线 and 高达 200 um 厚度的芯片连接导热垫)。开发用于隔离可布线 QFN 的引线(GQFNi)的喷墨印刷,是提高设计灵活性并支持大型电感及其他无源元件的关键技术。◆

## 致谢

本文作者感谢 UTAC 东莞团队对 Ermito Ramirez、Yoyo Lai Qi Xian 和 Shen Xiao Wei 分别开展的评估和给予的支持。同样感谢 Seow Fui Shi 的材料开发和 Jia Ying 热分析工作。

### 参考文献

1. Carolyn Tubillo; "Inductance Characterization and Improvement on a Small GQFN Package" i. EPTC 2017
2. Kyaw Ko Lwin; "Guidelines for Printed Circuit Board Assembly (PCBA) of UTAC Group's Grid Array Package (GQFN) and its Board Level Reliability" SMTA SEA Conference Apr 2015.
3. Smith, Lee; "Advances in Leadless Lead-frame Processes for Extremely Thin and High Density Applications", International Microelectronics Assembly and Packaging Society iMAPS, 2014.
4. Daniel Teh., et al, "Package characterization of UTAC's Grid Array Package (GQFN) and performance comparison over standard laminate packages", Electronics Packaging Technology Conference (EPTC), 2014.
5. JESD51-2A, "Integrated Circuits Thermal Test Method Environmental Conditions - Natural Convection (Still Air)", Jan 2008.
6. JESD51-6, "Integrated Circuit Thermal Test Method Environmental Conditions - Forced Convection (Moving Air)", Mar 1999.
7. JESD51-8, "Integrated Circuit Thermal Test Method Environmental Conditions - Junction- to-Board", Oct 1999.
8. JEDEC EIA/JEP126, "Guideline for Developing and Documenting Package Electrical Models Derived from Computational Analysis", May 1996.



# 提升芯片可靠性的统计方法

Process Watch系列文章探讨了半导体行业工艺控制的关键概念：缺陷检测、量测和数据分析。本文是汽车行业半导体器件工艺控制策略的系列文章之第五篇。

**本**系列的前四篇文章<sup>1-4</sup>探讨了汽车半导体制造商为了更好地满足客户挑战性的质量要求所能采取的方法。首篇文章（发表于《半导体芯科技》2019年2/3月刊）探讨了汽车IC可靠性故障所带来的影响以及抗击这些故障所需要的“零缺陷”理念。第二篇文章（发表于《半导体芯科技》2019年4/5月刊）讨论了汽车晶圆厂针对减少工艺缺陷所实施的持续改进计划和策略，因为这些缺陷可能产生芯片可靠性的问题。第三篇文章（发表于《半导体芯科技》2019年6/7月刊）着重探讨了针对捕获潜在（可靠性）缺陷所需的提升工艺控制灵敏度的要求。第四篇文章（发表于《半导体芯科技》2019年8/9月刊）探讨整个汽车晶圆厂的制程偏移监控策略，以便快速找到并剔除不合格的材料。

减少可靠性缺陷最简单的方法就是减少整体缺陷，因此本系列的前几篇文章着重介绍了用于改善半导体生产制程的制程控制策略。除了传统的制程控制之外，一个使用得越来越多的补充办法是，利用在线缺陷数据来判定每一个芯片是否合格。在对可靠性影响最大的几个关键制程步骤中，采用这种被称为筛选的技术对100%

的芯片和100%的晶圆进行检测。在检测中未通过预设缺陷率标准的芯片被“筛出”或“标记”-并将其从汽车供应链中剔除。剔除的标准通常是根据反复出现的客户退货，并且对这些产品进行故障分析以揭示容易引起问题的工艺层、芯片区域和缺陷类型。在采用8D研究<sup>5</sup>对可靠性问题的来源进行辨识和表征之后，许多领先的汽车半导体客户将坚持让他们的IC供应商采用有针对性的筛选作为预防措施，以确保完成零缺陷的质量目标。

筛选所用的检测晶圆缺陷图上通常有太多缺陷，这是汽车芯片制造商所面临的挑战。当然，并非芯片上的

每个缺陷都有同等机率造成芯片致命故障。如果不对缺陷的可靠性风险做出仔细评估，就可能造成不合理的“矫枉过正”-本来可以在整个使用寿命期间正常运行的芯片也会被标记剔除。

为了最好地实现既提高质量又不会矫枉过正的双重目标，筛选必须成功识别在ppb级质检环境中最高可能出现故障的芯片，同时允许合格芯片通过质检。一种称为在线缺陷零件平均测试（I-PAT™）的新型芯片级筛选方法由此产生。I-PAT是一种统计方法，用于识别可靠性故障发生风险概率较高的芯片。

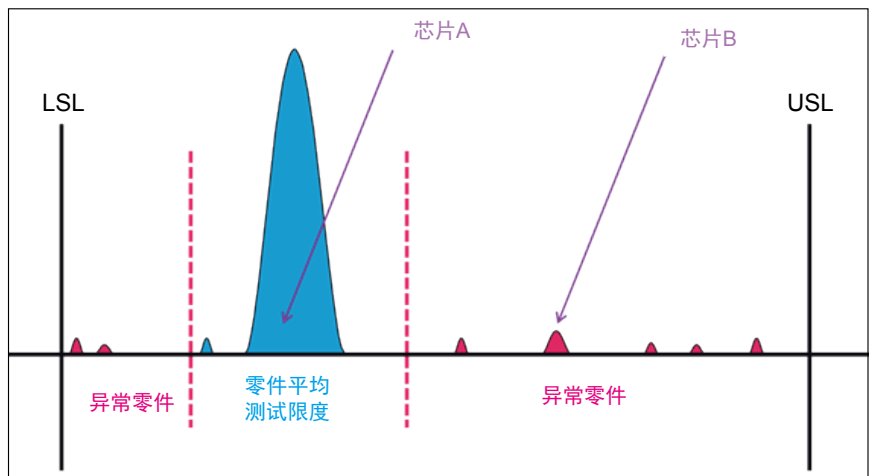


图1.大部分零件（芯片）的数据都在狭窄的蓝色分布范围内。零件平均测试限度之外的任何零件尽管完全合乎规格也都将因其可靠性风险而报废。

作者：David W. Price, Douglas G. Sutherland 和 Jay Rathert, KLA公司

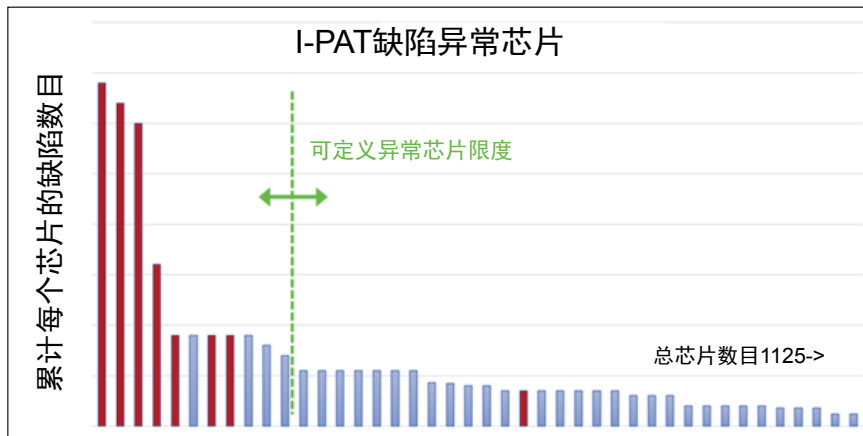


图2.晶圆上所有芯片的缺陷率可以用直方图(帕累托图)显示。大多数芯片只有0-1个缺陷,但一小部分将会是高缺陷率的异常零件。I-PAT方法允许工厂选定异常零件的限度,对于给定的器件或客户在合适的风险和良率损失之间做出权衡。

零件平均测试(PAT)由汽车电子委员会(AEC)于1997年<sup>6</sup>首次认可,目前已被广泛使用。其理念是采用电气测试,将每个零件的性能参数与大量产品的数据分布进行比较和评估。那些虽然符合规格但在产品正态分布之外的芯片将被视为异常零件。实际结果表明,这些异常零件更容易产生可靠性故障,因此可以将其从供应链中剔除。参数化零件平均测试(P-PAT)的理念现在已经进一步发展并涵盖其他几种不同的辨识异常芯片的方法。

图1显示了该测试的基本理念。芯片A来自主要数值分布的中间,芯片B则远低于零件平均测试的下限。因此,芯片B多半会被剔除以免其造成可靠性风险。

在线缺陷零件平均测试(I-PAT)是将这个异常零件分析原则扩展用于在线缺陷数据。目前已经确定<sup>7</sup>,在给定芯片中可靠性缺陷的发生率与缺陷总数呈线性正比。如果芯片A的缺陷数目是芯片B的十倍,那么即使两个零件在最终测试中都完全正常运行,芯片A也有十倍的可能性会发生可靠性故障。这种简单的关系可以

用数学公式1来表示,其中P(LRD)<sub>i</sub>是第i个芯片包含潜在可靠性缺陷(LRD)的概率,N<sub>i</sub>是芯片I上的缺陷总数,m是比例常数(0 < m << 1)。

$$P(LRD)_i = N_i m \quad \text{Eq. 1}$$

在最基本的I-PAT使用中,可以将一个或多个关键筛选层的缺陷数目汇总,以获得晶圆上每个芯片的累积缺陷数目,并对该数据采用异常零件确定方法。由此筛选出的异常芯片中包含可靠性缺陷的统计概率是最高的。有了这些信息,汽车制造厂可以有意识权衡并划分异常零件的离群距

离与最终良率损失,并以此确定针对该元件可以接受的质量风险。

图2显示了晶圆上四个不同工艺层的芯片累计缺陷数目。

I-PAT是一种相对简单的方法,可以很容易地加进大多数晶圆厂的筛选方法中。一旦到位,可以通过将特定的在线缺陷类型与工厂的可靠性经验、探测数据、老化和最终测试数据以及客户退货等信息相关联并加以改进。这将指明那些与良率和可靠性最为相关的工艺层和缺陷及其界定属性。而这些属性(如工艺层、缺陷类型、大小和位置)可以让已知的可靠性风险缺陷的识别更加便捷。

一旦确定了缺陷属性和可靠性风险之间的相关性,就可以通过为每个缺陷类型分配权重并创建每个芯片的潜在缺陷概率指数(LDPI)以提升性能。使用LDPI时,采用了相同的I-PAT统计异常芯片的原则,但现在每个缺陷都根据其可靠性风险的相关性进行了加权。

使用加权I-PAT而不是总缺陷数有助于剔除与可靠性的相关性较弱的缺陷,并提高相关性强的缺陷信号。

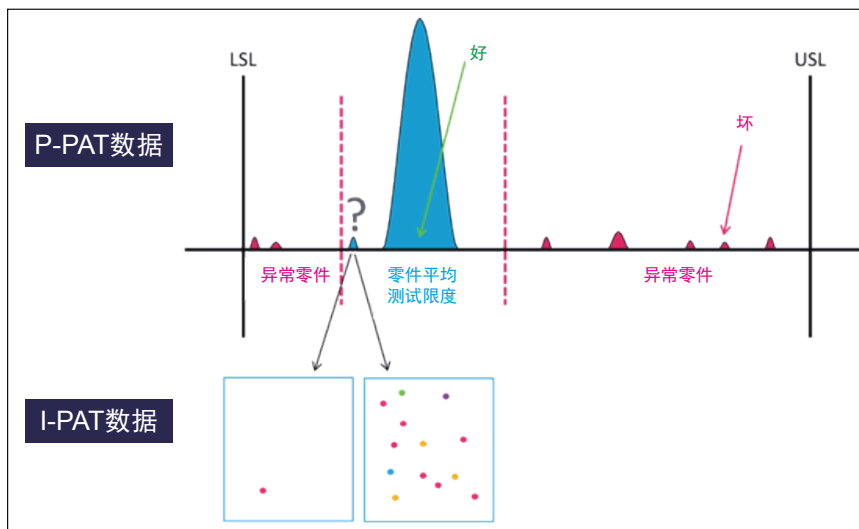


图3. I-PAT异常芯片缺陷识别结合探测和最终测试资料可以完善合格/剔除的决策。

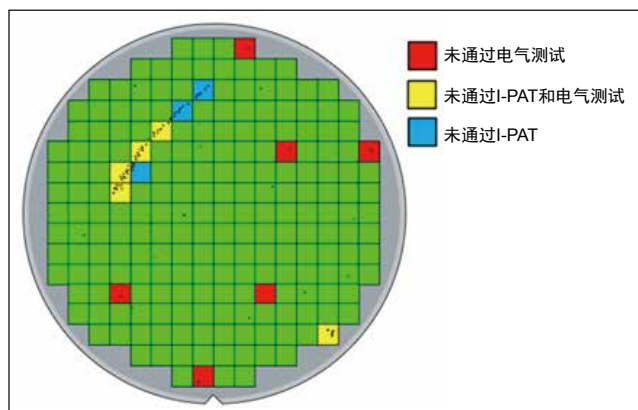


图4. 区域零件平均测试 (G-PAT) 能够将那些未通过电气测试的坏芯片附近的芯片也筛选出来, 尽管这些芯片本身可以通过电气测试。缺陷引导G-PAT方法采用I-PAT来识别具有相同缺陷源的其他缺陷异常芯片, 在使用先前的方法时这些芯片可能会漏网。在这个划痕的示例中, 蓝色表示的高风险芯片可能会进入汽车供应链并造成可靠性故障。

虽然仅仅凭借总缺陷数的异常芯片就可以显著提高芯片可靠性, 但采用加权方法可以更加有效。它通过减少矫枉过正 (剔除好芯片) 和要求不严 (没有标识坏芯片) 来提供更有效的筛选。

I-PAT 的在线异常芯片检测也可以与探测和测试数据相结合, 在测试决策过程中加入缺陷信息决定边缘芯片的去留 (图 3)。该技术突出了通过探测和测试的风险芯片, 并且还更有效用于指导区域零件平均测试, 发现那些可能通过其他方式漏网的风险芯片 (图 4)。

通过制程控制降低整体缺陷率仍然是在汽车零缺陷环境中提升可靠性的主要方法。偏移监控和持续改进计划是制程控制的基础, 需要时间和纪律 - 但对于降低制程设备缺陷率是至关重要的。新兴技术, 例如 I-PAT 筛选, 正在逐渐被推广使用。作为传统制程控制的补充方法, 筛选是 IC 汽车制造厂向客户提供优质产品的最快捷和最便宜

的方式。筛选技术提供了识别和阻止单个高风险芯片进入供应链所需的安全网, 是实现自动驾驶所需的亚 ppb 质量目标的下一步。◆

关于作者 :

David W. Price 博士和 Jay Rathert 博士是 KLA 公司的资深总监。Douglas Sutherland 博士是 KLA 公司的首席科学家。在过去的 15 年中, 他们直接与 50 多家半导体 IC 制造商合作并协助制造商针对各种特定市场优化其整体制程控制策略, 包括汽车可靠性战略、传统晶圆厂成本和风险优化, 以及先进设计规则的上市时间。Process Watch 系列文章总结了他们在参与合作中所观察到的一些普遍经验。

#### 参考文献

1. Price, Sutherland and Rathert, "Process Watch: The (Automotive) Problem With Semiconductors," Solid State Technology, January 2018.
2. Price, Sutherland and Rathert, "Process Watch: Baseline Yield Predicts Baseline Reliability," Solid State Technology, January 2018.
3. Price, Sutherland, Rathert, McCormack and Seville, "Process Watch: Automotive Defect Sensitivity Requirements," Solid State Technology, March 2018.
4. Price, Rathert and Sutherland, "Process Watch: Monitoring for Excursions in Automotive Fabs," Solid State Technology, November 2018.
5. [https://en.wikipedia.org/wiki/Eight\\_disciplines\\_problem\\_solving](https://en.wikipedia.org/wiki/Eight_disciplines_problem_solving)
6. Automotive Electronics Council, "Guidelines for Part Average Testing," AEC-Q001 Rev-D, December 9, 2001. [http://www.aecouncil.com/Documents/AEC\\_Q001\\_Rev\\_D.pdf](http://www.aecouncil.com/Documents/AEC_Q001_Rev_D.pdf)
7. Price and Rathert, "Best Known Methods for Latent Reliability Defect Control in 90nm - 14nm Semiconductor Fabs," Nineteenth Annual Automotive Electronics Reliability Workshop, Novi, Michigan, April 2017. <http://www.aecouncil.com/AECWorkshop.html>

## 普发真空无锡新工厂开业 深化在华服务与布局

10月23日, 真空解决方案供应商普发真空在无锡举行盛大的新工厂开业仪式。新工厂启动后, 普发真空在无锡的生产面积将是现有的两倍, 能够更好地满足本土客户的需求, 并促进其在真空镀膜、半导体等市场的战略增长。

随着近年来中国对于集成电路行业的投入不断加大, 普发真空也迎来的发展的新机遇。提供更加完整的系列解

决方案与多样化的产品组合是普发真空的一大竞争优势。普发真空关注细分领域的发展, 过去几年来, 普发真空先后收购了多家公司以完善产品系列, 提升市场覆盖率。针对不同的半导体客户, 普发真空都有相应的解决方案。为共同促进半导体行业的发展, 普发真空与 OEM 们紧密合作, 竭力跟进 OEM 们提出的更高要求, 在真空技术方面为 OEM 的创新提供源动力。



Advertiser	广告商名称	网址	页码
Can-Rill	灿锐	www.canrill.com	9
EDI CON China 2020	电子设计创新大会	www.mwjournlchina.com/edicon	IFC
OLYMPUS		www.olympus-ims.com.cn	1
SSL China & IFWS		www.sslchina.org www.ifws.org.cn	IBC
锐德热力设备		www.rehm-group.com	15
山木电子		www.china-sam.com	11

## 欢迎投稿

《半导体芯科技》(Silicon Semiconductor China) 是针对中国半导体市场的行业杂志, 是全球知名权威杂志的《Silicon Semiconductor》“姐妹”杂志, 由香港雅时国际商讯以简体中文出版发行。

本刊针对中国半导体市场特点, 精选《Silicon Semiconductor》的文章, 并采编报道国内外半导体业界新闻、深度分析和权威评论, 为中国半导体行业提供全方位的商业、技术和产品信息。内容覆盖半导体制造工艺技术、封装、设备、材料、测试、MEMS、平板显示器等, 服务于中国半导体产业, 从 IC 设计、制造、封装到应用等各个方面。

本刊欢迎读者和供应商投稿, 采用的稿件将在印刷版本或者网上刊登。

### 文章投稿指南

1. 主题突出、结构严谨、短小精悍, 中文字数以 3000 字左右为宜。
2. 文章最好配有 2-4 幅与内容有关的插图或表格。插图、表格按图 1、图 2、表 1、表 2 的次序编号, 编号与文中的图表编号一致。
3. 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。
4. 文章版权归著者, 请勿一稿多投。稿件一经发表如需转载需经本刊同意。
5. 请随稿件注明联系方式(邮编、地址、电话、电子邮件)。

本刊优先刊登中文来稿(翻译稿请付英文原稿)。

投稿邮箱: sunniez@actintl.com.hk

### 新产品投稿指南

1. 新产品必须是在中国市场新上市、可以在中国市场上买到。
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 字左右。
4. 来稿请附产品照片。最好是在单色背景下的产品实物照片, 照片分辨率不低于 300dpi。
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。

## 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 (总编辑)

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

#### Sales Director (销售总监)

Sky Chen (陈燕), skyc@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 2598 8571

##### 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)

Sky Chen (陈燕), skyc@actintl.com.hk  
Tel: 86 137 2373 9991  
Eva Liu (刘婷), eval@actintl.com.hk  
Tel: 86 138 8603 3073  
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

# 第十六届中国国际半导体照明论坛 暨2019国际第三代半导体论坛

2019.11.25 - 27

中国·深圳会展中心

## CHAIR 大会主席团



曹健林

大会名誉主席  
全国政协教科卫体委员会副主任  
国际半导体照明联盟主席、科技部原副部长



千勇

大会名誉主席  
国家新材料产业发展专家咨询委员会主任  
中国工程院院士



李树深

大会联合主席  
中国科学院院士、副院长  
中国科学院大学校长



郝跃

大会联合主席  
中国科学院院士、西安电子科技大学教授  
国家自然科学基金委员会信息学部主任



Umesh MISHRA

大会联合主席  
美国工程院院士  
加利福尼亚大学教授、Transphorm董事长



Yoshi OHNO

大会联合主席  
美国国家标准与技术研究院研究员  
国际照明委员会前主席



张荣

技术程序委员会主席  
厦门大学校长、教授



吴玲

组织委员会主席  
国家半导体照明工程研发及产业联盟秘书长  
第三代半导体产业技术创新战略联盟理事长

## AGENDA 会议日程

全体大会	开幕大会		闭幕大会	
技术分会	衬底、外延及生长装备 (SiC 和 GaN)	功率电子器件及封装技术 (SiC 和 GaN)		微波射频与5G移动通信
	固态紫外器件技术	半导体照明芯片、封装及模组技术		生物农业光照技术
	Micro-LED与其他新型显示技术	超宽禁带半导体与新型第三代半导体		可靠性与热管理
产业峰会	驱动智能控制技术及智慧照明、光通信与5G连接峰会		城市景观与夜游经济	
	智能家居照明与跨界生态		显示工程应用	汽车照明与车用灯具
全体大会	联盟工作会议	CASTAS展览	欢迎晚宴	企业领袖年会
				POSTER交流

**CALL FOR PAPERS** 征文进行时! 入选论文免费收录IEEE Xplore, IEEE是EI检索系统的合作数据库。

**SPONSORSHIP & EXHIBITION** 新增第三代半导体技术应用创新展 (CASTAS)! 多种合作方式, 助推品牌建设, 提供个性化赞助方案, 为企业搭建展示平台。

**REGISTER NOW!** 多样票种可供选择, 提前报名享受早鸟优惠!

### 合作参会联系

张女士 T: 010-82387380 M: 13681329411 E: zhangww@china-led.net

贾先生 T: 010-82380580 M: 18310277858 E: jiaxi@china-led.net

许先生 T: 010-82381680 M: 13466648667 E: xujh@china-led.net

### 征文投稿联系

白女士 T: 010-82387600-602 M: 18888840079 E: papersubmission@china-led.net

扫描官方二维码  
报名参会!







# 您的技术信息平台

一系列产品—包括国际专业技术杂志的  
中文版、网上出版物、会议、培训和活动

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

雅时国际商讯 (ACT International) 成立于1998年, 为高速增长的中国市场中广大高技术行业服务。ACT通过它的一系列产品—包括杂志和网上出版物、培训、会议和活动—为跨国公司及中国企业架设了拓展中国市场的桥梁。ACT的产品包括多种技术杂志和相关的网站, 以及各种技术会议, 服务于机器视觉设计、电子制造、镭射/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、电磁相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。

香港  
852-28386298

深圳  
86-755-25988571

上海  
86-21-62511200

北京  
86-10-84844007

武汉  
86-27-59221554

