

化合物半导体

COMPOUND SEMICONDUCTOR • CHINA

季刊 2013年 第1期

LED市场

IHS IMS Research分析展望
2013 年全球氮化镓LED市场

功率器件

功率器件市场蕴育许多机会
需求增长会一直延续至2016年

稀土氧化物

稀土氧化物作为Si基GaN产品的基板缓冲层能提高器件的性能

LED封装

采用极高频率的超声成像系统
探测LED封装中的分层缺陷

太阳能电池

包含两个稀氮化物薄层的六
接面太阳能电池可以再提升
转换效率

InGaN层

插入一个InGaN层能大幅度
遏制LED发光效率的下降

蓝色VCSEL

对由铜锡氧化物构成的电
流扩展层进行改进使蓝色
VCSEL激光器可以产生连续
激光发射



LED 芯片制造商为 自动化 150 mm 工 艺做准备

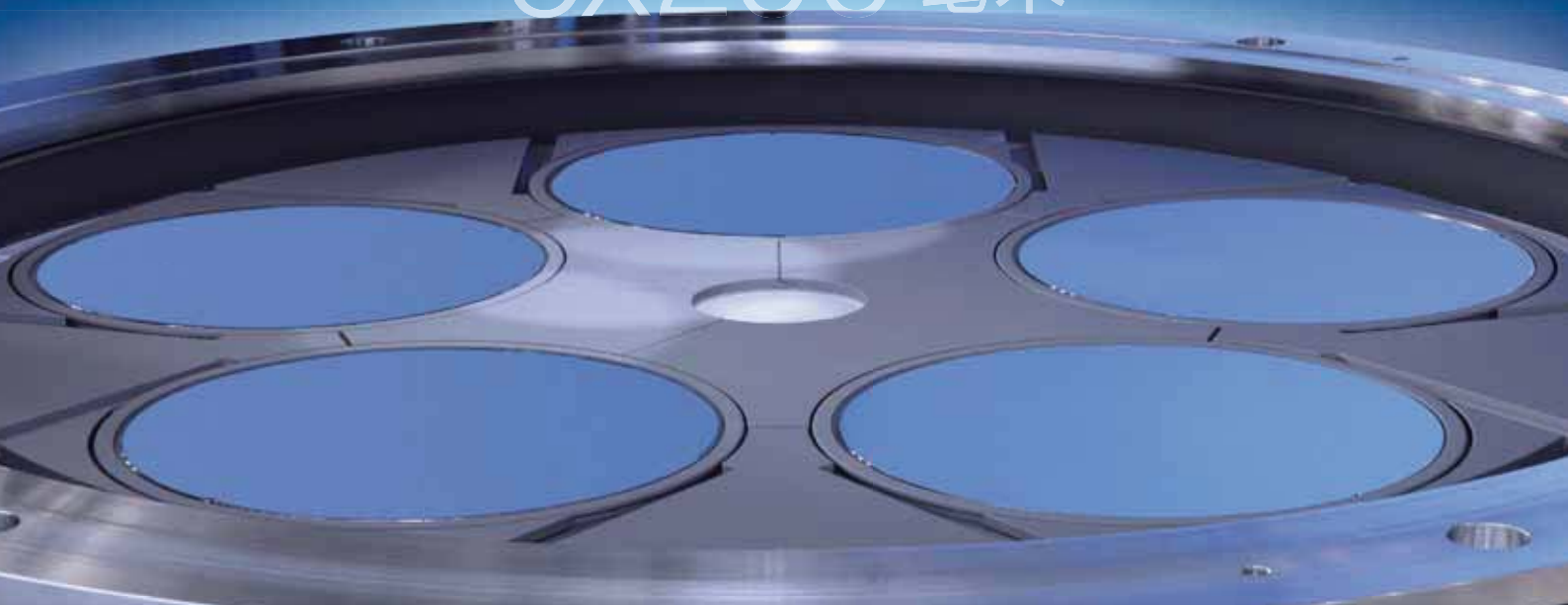


www.compoundsemiconductorchina.net

AIXTRON

200 毫米批处理式硅基氮化镓反应器

5x200 毫米



AIX G5+



硅基氮化镓设备 AIX G5+

- 硅基氮化镓生长专用设备
- 与 AIX G5 HT 平台兼容
- 实现硅基产品的规模化生产
- 行星转盘式技术：
卓越的对称均匀性，
晶圆弯曲度精准可控，
采用标准的硅基材。

AIXTRON China Ltd.: 艾强（上海）贸易有限公司
chinainfo@aixtron.com · www.aixtron.com

ALWAYS ONE STEP AHEAD

CS International Conference

2013年3月4-5日德国法兰克福机场喜来登酒店

领先化合物半导体业内人士聚集一堂

欲了解整个化合物半导体产业的全面情况，就要参加2013年3月4-5日在德国法兰克福机场喜来登酒店举行的第三届CS International会议。

与会代表将有难得的机会与III-V芯片制造行业的领先专业人士交流，并提供最新研究成果、商业模式和见解的供应商和行业专家互动。

主持人



Andrew Nelson 博士,
IQE总裁兼首席执行官
会议主席

主题演讲人



Wilman Tsai 博士,
Intel公司技术制造项目经理
针对高性能低功耗逻辑器件的III-V CMOS技术

演讲嘉宾

- Asif Anwar - Strategy Analytics
- Dr Markus Behet - Dow Corning Corporation
- Bryan Bothwell - TriQuint Semiconductor
- Michelle Bourke - Oxford Instruments
- Ms Ann Hughes - SAFC
- Daniel Cline - Lux Research Inc
- Marianne Germain - EpiGaN
- Malcolm Harrower - Indium
- Dr Schang-jing Hon - Epistar Corporation
- Silvia Schwyn Thöny- Evatec
- Dr Rainer Krause - Soitec
- Dr Michael Lebby - Translucent Inc
- Noriyuki Matsubara - Panasonic Europe
- AJ Nadler - RF Micro Devices (RFMD)

- Pars Mukish - Yole Développement
- Dr Philippe Roussel - Yole Développement
- Dr Vijit Sabnis - Solar Junction
- Dr Frank Schulte - Aixtron
- Dr Ertugrul Sönmez - MicroGaN
- Dr. Kolja Haberland - LayTec AG
- Gunnar Stolze - Oclaro Inc
- Dr Thomas Uhrmann - EV Group
- Gregg Wallace - Temescal
- Professor Tao Wang - Seren Photonics
- Dr Tudor Williams - Mesuro Ltd
- Dr YiFeng Wu - Transphorm
- Erwin Ysewijn - Azzurro

所有演讲人和介绍均可能会变更



更多信息请访问 www.cs-international.net
或者在 www.cs-international.net/registration 注册

白金赞助商



黄金赞助商



酒水饮品赞助商



新的 CS APP 应用准备好了,
现在可以下载!



Compound Semiconductor
很高兴地宣布推出新的针对
iPhone, iPad, iPod和 android
的APP应用, 进一步实现我们连
接化合物半导体业界的目标。

用户可以从App Store 或者
Google Play 免费获得, APP
应用可以让您同步更新:

- 最新业界新闻
- 最新产品特色
- 最新杂志文章

还有更多.....

详细信息请联系:
scott.adams@angelbc.com
www.compoundsemiconductor.net





季刊 2013年第1期 2013年2月25日出版
Quarterly 2013 - Issue 1 25 February 2013

Contents

封面故事 Cover Story

- 11 芯片制造商为自动化 150 mm工艺做准备
Chipmakers prepare for automated 150 mm processes



为了降低固态照明的成本，芯片制造商必须要在更大的衬底上进行效率更高的、自动化、高良率制造。支持这一举措的基础正迅速部署到位：针对150mm蓝宝石衬底的晶圆几何尺寸和标记规则大部分已经确定，而且，有关设备硬件和软件接口标准的制定工作进展顺利。

- Paula Doe, SEMI

技术 Technology

- 15 稀土氧化物：大尺寸Si基GaN生长的秘籍
Rare earth oxides: A great intermediary for GaN on large-area silicon
如果能将已经完全折旧的200mm Si半导体生产线实现再利用，那么Si基GaN产品将极具竞争力。这就需要平整度极高的Si基板，而稀土氧化物不仅可胜任基板的缓冲层，还能提高LED、晶体管及太阳能电池的性能。
- Michael Lebby, Andrew Clark, Guoying Ding; Translucent

- 19 揭示LED中的结构异常缺陷
Unveiling structural anomalies in LEDs
在发光二极管(LED)封装中的单元部件内部或部件之间出现分层缺陷，其器件性能将会受到影响。这些分层缺陷无法由目前广泛使用的表征技术(如X射线和红外显微镜等)来进行检测，但采用极高频率的超声成像系统就能探测出这些分层类型的缺陷。
- Tom Adams, Sonoscan

- 24 空间太阳能电池发展的新路线图
A new roadmap for space solar cells
随着当前三界面太阳能电池的转换效率已经接近30%，似乎它已经没有更大的提升空间了。然而，根据 Solar Junction公司的报告，转为采用包含有两个稀氮化物薄层的六界面太阳能电池结构，其转换效率还可以再提升10个百分点。
- S. Missirian, J. Allen, V. Sabnis, H. Yuen; Solar Junction



季刊 2013年第1期 2013年2月25日出版
Quarterly 2013 - Issue 1 25 February 2013

Contents

市场 Market

- 9 2013年氮化镓LED市场展望
The market outlook of gallium nitride LED in 2013
- 10 功率器件引领未来半导体市场
Power devices leading the future semiconductor market

科技前沿 Research Review

- 29 插入一个InGaN层能大幅度遏制LED发光效率的下降
Inserting InGaN slashes LED droop
- 30 单片蓝色VCSEL的新进展
Closing in on the monolithic blue VCSEL
- 31 剑桥大学开发出3D自旋电子芯片
Cambridge university developed new 3D spinning electronic chip

- 4 编者话 Editorial
- 5 产业要闻 Industry News
- 32 广告索引 Advertisement Index

关于雅时国际资讯

ACT国际成立于1998年，为高速增长的中国市场中广大高技术行业服务。ACT国际通过它的一系列产品—包括杂志和网上出版物、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国际的产品包括十种技术杂志和相关的网站，以及各种会议，服务于半导体制造、化合物半导体、光伏/太阳能、电子设计、电子制造、污染控制、激光/光电子、光通信、LED技术、射频/微波等领域的十多万专业读者。ACT国际亦是若干世界领先技术出版社及展会的销售代表。ACT国际总部在香港，在北京、上海和深圳设有联络处。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, conferences and events -- ACT delivers proven access to the China market for international marketing companies and local enterprises. ACT's portfolio includes ten technical magazine titles and related websites plus a range of conferences serving more than 100,000 professional readers in fields of semiconductor manufacturing, compound semiconductor, PV/solar energy, electronic design, electronic manufacturing, contamination control, laser/photronics, optical communications, LED technology and RF/microwave. 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 and Shenzhen. www.actintl.com.hk

关于《化合物半导体》

《化合物半导体》中国版(CSC)是全球最重要和最权威的杂志Compound Semiconductor的“姐妹”杂志，亦是中国唯一专注于化合物半导体产业的权威杂志，重点介绍国外先进技术和产业化经验，促进国内产业发展，为国内读者提供化合物半导体行业的专业知识。内容涵盖晶体的特性研究，器件结构的设计，生产中用到的材料、设备、软件、测量、厂房设施，以及有关市场分析和动态。

About Compound Semiconductor China

Compound Semiconductor China (CSC) is the 'sister' title to Compound Semiconductor - the world's most respected and authoritative publication. It is also the unique and authoritative publication dedicated to the Compound Semiconductor industry in China, introduce advanced global technology information and manufacturing experience, support the growth of the industry in the China market. Our content covers the technology development of crystal characteristic, design of IC structure, and materials, equipment, software, metrology, facilities for manufacturing, as well as market analysis & trends.



LED

为高亮度LED
的制造生产技术提
供最佳解决方案

光学光刻技术和光刻胶
技术工艺运用的最好
应用

纳米光刻压印在图案化
蓝宝石基板(PSS) 工艺
技术的最好应用

圆晶键合层转移工艺流
程的最好应用

薄圆晶和弯曲圆晶片的
处理操作和工艺流程设
计工艺技术的最好应用

为满足LED
大生产制造的需求，
EVG 集团隆重推出第
二代EVG620HBL
光刻系统



www.EVGroup.com



氮化镓衬底挑战硅

氮基器件相比硅基器件具有更强大的性能，但是业界苦于其衬底的高成本而无法推广。目前 6 英寸硅晶圆的成本只有 25-50 美元，而 2 英寸的氮化镓 (GaN) 衬底则至少 1900 美元。但是这种情况很快就要改变了。由于氮化镓本体材料的成本下降，业界可能很快就会看到由宽禁带衬底来取代廉价硅晶圆。

据美国 Lux Research 公司分析师 Pallavi Madakasira 预测，到 2020 年氮化镓本体材料的成本将降低 60%。她强调，价格直线下降加上 380% 的性能提升承诺，意味着 GaN 衬底最终将完全替代廉价的硅片。

GaN 衬底制造商怎样才能实现大幅降低成本呢？Madakasira 相信更好的利用材料是关键。她认为，在 GaN 衬底生产过程中，目前材料损耗很高，制造商可以通过在后续生产中使用废料来降低成本。当然，对 GaN 衬底需求的增长也会推动产能增加，成本会随着产能增长而下降。

氮化镓衬底通常采用 HVPE 氢化物气相外延工艺制造，但是此方法由于在晶体生长过程中使用非原生种子而引发材料高位错密度。质量好的 HVPE 外延衬底位错密度大约是 $10^6/\text{cm}^2$ 。虽然采用氨热法竞争技术可以生产出更好质量的材料——位错密度是 $10^2/\text{cm}^2$ ，但是晶体生长非常慢，目前无法大规模生产。

最近日本 Hitachi Cable 公司提出是否有必要制造完美的无缺陷晶体的问题。2012 年 9 月，该公司公布了世界首款 GaN 垂直二极管，具有 3000V 的高反向击穿电压和 $1\text{m}\Omega\text{cm}^2$ 的低导通电阻。值得注意的是，用于示例二极管的 GaN 衬底具有相对高的位错密度 $10^6/\text{cm}^2$ 。GaN 外延层是通过 MOVPE 金属有机物气相外延方法沉积到 HVPE 生长的 GaN 衬底上，该公司强调通过这种单独的 GaN 衬底制造方法，有可能生产出比在硅或碳化硅上更高性能的功率器件。

业界目前还没有建立各种特殊应用的缺陷密度标准，但是一些厂商认为位错密度低于 $10^2/\text{cm}^2$ 是必须的。Hitachi Cable 的二极管可能会改变这一观点。也许这还向业界证明：不是世上每一个应用都必须采用氨热法工艺。

Lux Research 分析了氨热法和 HVPE 工艺制造 GaN 的生产成本，以及在硅和氮化镓衬底上外延氮化镓的成本，他们发现 HVPE 是更便宜的选择。2020 年，2 英寸氨热法衬底成本将下降超过 60%，至 730 美元 / 衬底。虽然 2020 年 4 英寸 HVPE 衬底成本下降 40%，至 1340 美元 / 衬底，但是更大的尺寸使它成为更经济实惠的选择。

Madakasira 相信，少数价格敏感的器件，如高端激光二极管、超高亮度 LED、超高压电力电子器件，会在通过氨热法工艺生长的最高质量的衬底上制造。同时，HVPE 生长的衬底则能很好适合低端功率电子器件和普通 HBLED 的要求。随着产业的成熟，制造商会承认不是所有器件都必须采用最低缺陷密度的衬底。

Madakasira 认为，我们可能很快就会看到这些市场发展起来。也许 GaN 衬底的价格下降得比我们预计的更快。

本刊编辑部

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

编辑 Editor
朱杰 Jerry Zhu
jerryz@actintl.com.hk

出版社 Publishing House
雅时国际通讯 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

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



LED 封装材料市场在 2012-2017 年将有 20% 的复合增长

氮化物 LED 封装将带动全新技术与设计应用。目前 LED 封装成本占整体 LED 成本的四至六成，因此，如何降低 LED 封装成本就成为未来 LED 发展领域内的核心问题。LED 工程师们的创造力和各种 LED 应用的专家将引领一场 LED 封装的技术革命。

LED 封装包括单颗与多颗 LED 芯片之分，低、中、高功率塑料铅芯片载体，以及陶瓷高功率 LED 产品，还包括那些基于小型或大型数据集成基板上的芯片。创新 LED 封装设计将有助于控制 LED 生产成本，改变标准化的生产工艺并实现相关的规模经济效益。

LED 技术的发展始终与成本工艺联系紧密，当前的许多厂商都在努力寻找新材料，以达到成本与工艺上的最大化效应。在另一方面，对于材料及设备供应商来说，也将产出更多的材料及生产设备来满足未来的市场需求，例如激光切片机和低成本的陶瓷封装。

LED 产品将变成主流产品但还不会成为成熟的商品，设计与材料的革新将带来彻底的改变。目前预测，LED 封装材料市场将在 2012 至 2017 年之间有 20% 的复合增长率，这方面的主要驱动力来源于荧光粉与封装基板，在 2017 年这部分数值将增长到 9 亿美元。

SEMI 宣布将召开硅技术创新高峰论坛

2013 年 2 月 14 日，SEMI 和全球半导体产业内的顶级战略投资机构一起，宣布将召开硅技术创新高峰论坛（SIF），为拥有无限潜力的半导体制造和技术解决方案提供融资机会。SIF 将于 2013 年 7 月 9 日，和 SEMICON West 一起于旧金山 Moscone Center 召开。论坛会有一天半的会议。那些拥有定位于下一代半导体技术的创新性技术解决方案的新公司，将作为会议的重点做报告。论坛的组织者均为业内最顶级的战略投资机构，如 Applied Ventures, Dow Chemical Company, Intel Capital, Micron Ventures, TEL Venture Capital, Samsung Ventures。

“现如今，对新概念和技术的需求从未如此强烈。过去十年来，对先进半导体技术发展的风险投资和私募基金资源明显减少，这对摩尔定律和目前联通信息化社会的经济引擎都是一个威胁。” SEMI 总裁兼 CEO Denny McGuirk 说，“硅技术创新论坛提供了一个平台，给新的和迅猛发展的技术公司、战略投资者、风险基金一个可以讨论彼此对于下一代技术的需求和要求的地方，让彼此对共同成功所需要的技术、资金、伙伴关系和合作战略有更深入的了解”。

GlobalFoundries 将投巨资建立研发中心

GlobalFoundries 公司计划在纽约州萨拉托加县的 Fab 8 园区里投资数十亿美元建立一套研发设备并建立新的研发中心，为今后的创新半导体解决方案提供最佳平台。

据悉，建筑面积超过 50 万平方英尺的研发中心，将同时容纳研发设备及生产设备，另外还包括若干间洁净室和实验室。有消息显示，此次研发中心的投资规模具体是 20 亿美元，中心将在今年投入初期的建设并于 2014 年完全交付使用。届时，该技术研发中心将协助 GlobalFoundries 在硅技术领域提供创新型解决方案，包括互联和封装技术，从三维堆叠芯片到 EUV 的领先成像技术与光刻技术。

IBM 纳米光子芯片取得新突破

IBM 一直致力于将光传感器和发射器集成在硅片上，使得芯片通过直接处理光学信号提升服务器、数据中心的数据带宽。近日，IBM 宣布在纳米光子芯片取得新突破，即通过光子技术代替电子信号传输，并列集成不同的携带电路的光学组件，替代 100nm 集成电路制造工艺。

据悉，IBM 集成纳米光子技术的 90nm 芯片，利用纳米光子光通信脉冲技术，可以加速大量服务器，大型数据中心和超级计算机芯片之间的数据传输，从而减轻数据拥堵。

作为 IBM 十年的开拓性研究技术的突破，纳米光子芯片的意义在于，可以直接接收和发送光信号，直接通过光纤实现高速度、低成本的数据传输。特别是企业正在进入一个大数据时代，纳米光子技术为挑战大数据提供无缝技术。

IBM 的纳米光子芯片提供每个通道超过 25Gbps 带宽，通过波分复用技术，纳米光子芯片可以在一条光纤中建立数个通道。另外，在高数据速率，多路传输大规模数据流的能力上，未来的光通信能够提供 TB 级数据的扩展。

产业要闻 | Industry News

Brolis 开启分子束外延及激光二极管设施

英国广播与数字电影经销商并同时也是分子束外延领先者及中红外激光生产商 Brolis Semiconductors 公司，正式宣布已经开启了一条分子束外延及激光二极管生产线，在开幕仪式上立陶宛总统 Dalia Grybauskaitė 出席并发表讲话。

Brolis 公司成立于 2011 年，其创始人是 Augustinas、Kristijonas 和 Dominykas Vizbaras 三兄弟，他们均在长波长半导体激光器和分子束外延上都是技术专业人士，并致力于将 Brolis 公司打造为基于砷化物及锑化物复杂外延结构的供应商。

瑞士 Empa 研究机构将 CIGS 转换效率提升至 20.4%

瑞士联邦材料科学与技术实验室 Empa 的科研人员近日正式宣布，通过以往的研究成功实现了 CIGS 转换效率的提升，此次突破了 20.4%。

据悉，Empa 的科研人员在柔性聚合物衬底上生长了 CIGS 薄膜光伏芯片，经过验证，该产品的转换效率已达 20.4%。此消息即引起了业界的广泛关注，同时也为未来低成本太阳能制造提供了有利支持，目前该技术正有待于商业化量产。为了制造可供输送电力的光伏组件，科学家及工程师们一直都竭尽全力发展低成本的光伏模块，同时具有高转换效率和安装简便。

Empa 的科研人员在以往的时间里，尝试和研发了不同类型的薄膜光伏制造技术，而 CIGS 的转换效率提升是从 1999 年的 12.8% 到 2005 年的 14.1%，2010 年的记录是 17.6%，2011 年的记录则是 18.7%。

MII 交付业界首款 450mm 先进光刻系统

先进半导体光刻技术领域的领导商 Molecular Imprints, Inc.（简称 MII）宣布交付业界首款能够实现 450mm 硅晶圆基底图案成形的先进光刻平台。Imprio[®] 450 于 2012 年年底获得了一家领先半导体生产商的认可，根据该公司与这家生产商签订的多年期晶圆服务合同，该产品目前被用于支持 450mm 晶圆工艺开发需求，有望促进半导体行业向低成本 450mm 晶圆生产的转型。

Molecular Imprints 总裁兼首席执行官 Mark Melliar-Smith 表示，半导体设备生产商必须尽早获得完全图案化的高品质 450mm 晶圆，以便及时开发和优化他们的产品与工艺，为行业转型做好准备。我们专有的 Jet and Flash 压印光刻（J-FIL[™]）技术是当今市场上唯一一项光刻解决方案，具备半导体行业向 450mm 晶圆批量生产转型所需的性能。公司的 J-FIL 技术已经展示了 24nm 图案结构，其刻线边缘粗糙度小于 2 纳米（3 西格玛），临界尺寸均匀性为 1.2 纳米（3 西格玛），可使用简单的单一图案工艺扩展至 10 纳米。Imprio 450 平台拥有新的通用型基底卡盘设计，可实现 300mm 和 450mm 晶圆的无中断处理。有了这项先进的光刻技术来支持这项全球性计划，半导体行业有望提前两年实现向 450mm 晶圆生产的转型。随着价值几十亿美元的多年期光刻开发计划成为一种行业标准，我们能够在收到客户订单后的仅一年时间内完成先进纳米压印平台的设计、建造和交付。在这里，我想特别感谢帮助我们取得巨大成就的 Molecular Imprints 团队以及我们的半导体客户和供应链厂商。

用于 SiC 键合的等离子体金属接合技术

日本 NISSIN 公司开发出了无需加压即可在短时间实现 SiC 功率器件键合（把 SiC 芯片接合到引线框架上）的等离子体金属接合技术。

SiC 功率器件与原来的 Si 功率器件相比，具备低损失、小型、可高温工作等特点，作为新一代功率器件备受期待。但 SiC 功率器件的课题是，很难使用以前在键合中使用的焊接技术。其原因除了高温工作时的接合可靠性低之外，还在于焊锡的散热性较低。

因此，在 SiC 功率器件的键合方面，业界希望能实现使用银及铜等金属粒子的金属接合技术。这些熔点超过 1000℃ 的金属在微细粒子状态下，熔点会显著降低，在较低温度下进行熔接后，在 300℃ 以上的高温下也可保持稳定的接合性能。另外，这些金属的导热率为焊锡材料的 10 倍以上，因此还有望实现出色的散热性能。

NISSIN 改进了该公司开发的面向印刷电子领域的等离子体烧结技术，开发出了无需加压、可在短时间实现键合的等离子体金属接合工艺技术，可在不加压的情况下在 20 分钟以内实现利用银的金属接合。

更温暖舒适的白光：恩智浦改善 LED 光色品质

LED 的灯光质量与白炽灯相比有明显的区别，LED 灯变暗时比白炽灯“更冷”。在上周举行的 2013 年国际消费电子展上，恩智浦半导体展示了一项突破性的解决方案，LED 灯通过该解决方案能够最大限度模仿传统白炽灯在变暗时，能够产生的更温暖舒适的白光。除具有由恩智浦开发并拥有专利的“无传感器传感”技术外，该解决方案的优势还包括：消除外部温

度传感器的使用降低 LED 系统成本、减少 LED 系统冷却所需的热沉的大小以及显著提高可靠性。

无论 LED 的使用时间如何，由恩智浦开发的智能 LED 驱动器通过这些功能，能够在任何温度下提供稳定的颜色和光输出。无传感器传感通过连接 LED 的两根现有电线直接测量 LED 结点温度，解决了 LED 温度漂移的挑战，比传统的 LED 温度测量方法具有更多优势。使用无传感器传感无需外部传感器或布线，从而可减少元件总数，实现更紧凑的热沉。

韩国光子技术研究所购买 Veeco 分子束外延反应器系统

韩国光子技术研究所(Korean Photonics Technology Institute)于近期购买了一台 Veeco 的 GEN 20 分子束反应系统。据悉，该设备将装配在该研究所位于韩国光州的激光及光子研究室中心里，用于今后韩国高功率砷化镓激光二极管的研究。

该研究室中心主任 Swook Hann 表示，我们选择 MBE GEN20 系统是基于该系统的灵活可操作性能，并且 Veeco 公司在 III-V 激光二极管的设备供应市场也享有很高的声誉。

Veeco 公司的副总裁 Jim Northup 表示，韩国光子技术研究所是一个具有开拓性的研究机构，能在纯技术研究领域与工业领域之间消除差异化，实现产品的工业化生产。我们非常高兴能向该机构供应我们最先进的设备。

聚灿光电订购 AIXTRON CRIUS II-L 系统预计产能将提升一倍

德国爱思强股份有限公司近日宣布，聚灿光电科技（苏州）有限公司向其订购多套 CRIUS® II-L 系统，用于大批量生产氮化镓（GaN）发光二极管（LED）外延片。所订购系统每一批次最多能处理 69 片 2 英寸规格的晶圆，预计可将产能提升一倍。从旧版的 CRIUS 系统到 CRIUS II-L 系统的工艺转移简单易行。此外，仅需要更换底盘，就可以将 XL 设备改装成可生产直径最大为 8 英寸晶片的系统。该订单于 2012 年第四季度接获，并于 2012 年底开始发货。

美国能源部资助 HexaTech 研发氮化铝功率电子技术

HexaTech 公司宣布已经获得美国能源部的 220 万美元资金资助,参与美国能源部高级研究计划局的能源项目 (ARPA-E)，将主攻利用氮化铝技术来提高高压电路中对电流的控制。

该资金将帮助实现将全新功率半导体技术应用到现代化电网当中去，甚至是智能电网（Smart Grid）。而 HexaTech 公司的氮化铝技术正是被美国能源部选用，作为未来重大技术变革的有利保障。

据透露，HexaTech 公司通过自有的专利技术生长氮化铝晶体与晶圆，造价成本也不昂贵，完全可实现商业化的氮化铝功率器件，单晶氮化铝在其自行研发的炉子中生长（温度超越 2000℃）。制程之后的晶棒将被加工成晶圆片，并进行抛光与测试。

HexaTech 公司所生产的单晶氮化铝基材呈现出的是非常低的位错密度，另外他们还将研发更加奇特的掺杂方案，以及通过高铝含量来连接氮化铝和氮化铝镓。

HexaTech 公司工程主管 Baxter Moody 对此谈到，得到美国能源部的资金支持标志着未来功率器件搭载氮化铝技术之后的飞跃，通过该技术我们能成功制造出 20kV 的肖特基二极管（SBD, JBSD）与晶体管（JFET, MOSFET）。

对于电力系统与电网规模的电力转换应用，高效的氮化铝功率器件能实现体积、重量及冷却方面的优势性能。同一等级的半导体功率器件还没有涉及到该领域，碳化硅技术目前仍在开发，但成本太过昂贵，相比碳化硅技术，氮化铝在功率器件上的应用性能将高出十倍之多。

具有宽禁带材质属性的氮化铝材料，其临界磁场比其他材料大出六倍之多，导通电阻也更低，因此应用到复杂功率器件上的实际尺寸也将更小，该技术将推动整个电力分配电网的技术革命。

BIEMT 致力大直径蓝宝石生长

韩国 BIEMT 有限公司通过使用美国 ARC Energy 的 CHES 熔炉大规模生产大直径蓝宝石基板，已完成其生长蓝宝石计划的第一阶段工作。BIEMT 是 ARC Energy 在韩国的首家客户，公司生产和销售的直径为 6 英寸（150mm）的蓝宝石芯材和晶圆被顶级 LED 制造企业用于高亮度 LED 的生产。

BIEMT 公司副总裁 J. C. Lee 表示：“我们的蓝宝石生长计划已到达一个重要的里程碑，我们期待延续与 ARC Energy 之间牢固的合作关系，并为能够在当前 LED 行业面临重重挑战的时期取得成功感到非常欣慰。”

BIEMT 公司在为 LED 行业生产大直径蓝宝石基板领域占据领导地位。通过采用 CHES 技术，公司生产出了最高的 c 轴蓝宝石晶锭。随着 2013 年 CHES 熔炉性能升级计划的全面实施，BIEMT 公司也将继续与 ARC Energy 保持合作关系。

产业要闻 | Industry News

未来 5 年内,预计市场对 LED 的需求将大幅增长,对此 BIEMT 已做好充分准备。相比其他依靠传统 a 轴长晶技术的公司,该公司作为大直径基板供应商的定位赋予其更大的竞争优势。ARC 和 BIEMT 均期待在未来继续加强合作。

ST 将投产 28 纳米 FD-SOI 制程技术

意法半导体 (ST) 宣布其在 28 纳米 FD-SOI 技术平台的研发上又向前迈出一大步,即将在位于法国 Crolles 的 12 英寸晶圆厂投产该制程技术,这证明了其以 28 纳米技术节点提供平面全耗尽技术的能力。

FD-SOI 技术平台包括全功能且经过硅验证的设计平台和设计流程。技术平台包括全套的基础程式库 (标准单元、存储器生成器、I/O、AMS IP 以及高速接口);设计流程适合开发高速的高能效器件。较传统制造技术,FD-SOI 技术可在大幅提升性能的同时大幅降低功耗,能够在 28 纳米技术节点创建高成本效益的工业解决方案。

与制造成功同等重要的是,意法半导体发现了从 28 纳米传统 CMOS 制程 (Bulk CMOS) 向 28 纳米 FD-SOI 移植代码库和物理 IP 的简单方法,由于没有 MOS 历史效应,用传统 CAD 工具和方法设计 FD-SOI 数字系统级芯片的过程与设计体效应器件完全相同。FD-SOI 能够用于制造高能效的器件,必要时,动态体偏压能让器件立即进入高性能模式,而其余时间保持在低泄漏电流模式,这些对于应用软件、操作系统和高速缓存系统都完全透明。较体效应 CMOS 制程技术,FD-SOI 可实现更优异的性能及低工作电压,并拥有非常出色的能效。

高性能 Oslon 黑色 LED 满足安保应用的严苛需求

银行内、特种设备上、边境检查站中都需要安装设计隐蔽的安保系统,以便不会引起人们的注意。目前常用的 850 nm 波长 LED 看起来像微弱的红光点,这微光在黑暗环境中尤为显眼,此正是红外照明在这类应用中的主要挑战。解决办法就是将波长切换到 940 nm,人眼能注意到这光线的可能性低了 130 倍,但光线仍然能被摄像机传感器轻易地检测到。

针对这类应用的特殊需求,欧司朗光电半导体适时推出 Oslon 黑色 SFH 4725S。这款紧凑型红外 LED 的工作电流为 1A,光输出功率高达 980 mW 光,发光波长正是理想的 940 nm。高性能的背后推手是纳米堆叠 (Nanostack) 技术,借助这一技术,欧司朗已经成功地在一块芯片上有两个发射中心,使光输出功率几乎翻番。SFH 4725S 的发射角为 90 度,辐射强度高达 450 mW/sr,因而能对整个监控区域提供出色的照明。辐射强度 (计量单位为毫瓦特 / 球面度) 表明一个立体角内的光输出功率,从而定义了光束的强度。

在紧凑型 LED 中,Oslon 目前是可见照明和红外照明领域中最强大的一个版本。Oslon 红外元件外形尺寸仅 3.85 × 3.85 × 2.29 mm,是 1W IRED 中最小的元件之一。

三星与新思科技合作实现 14 纳米 FinFET 成功流片

新思科技公司 (Synopsys) 宣布:该公司与三星在 FinFET 技术上的多年合作已经实现了一个关键性的里程碑,即采用三星的 14LPE 工艺成功实现了首款测试芯片的流片。虽然 FinFET 工艺较传统的平面工艺在功耗与性能上明显出超,但从二维晶体管到三维晶体管的转变带来了几种新的 IP 及 EDA 工具挑战,如建模就是其中的一大挑战。两公司多年的合作为 FinFET 器件的 3D 寄生参数提取、电路仿真和物理设计规则支持提供了基础性的建模技术。而 Synopsys 的综合解决方案,涵盖嵌入式存储器、物理设计、寄生参数提取、时序分析及签核 (signoff),全部构建于双方合作成果的基础之上。

SuVolta 发布 DDC 技术的电路级性能与功耗优势

致力于开发低功耗 CMOS 技术的公司 SuVolta 发布一项旨在展示其 DDC (深度耗尽沟道, Deeply Depleted Channel ™) 技术在性能和功耗方面优势的测试结果。该结果来自于采用 SuVolta PowerShrink ™低功耗 CMOS 平台设计、并由富士通半导体有限公司的 65 纳米低功耗工艺制造的模拟及数字电路。

两家公司对分别采用富士通半导体的标准工艺和 DDC 技术制造的相同电路进行了比较。除了其他优势,DDC 技术将 1.2V 工作电压、相同功耗下的数字电路性能提高了大约 30%。如果将工作电压降到 0.9V,同等性能下 DDC 技术则可将功耗降低 47%。DDC 在功耗和性能上的提高得益于全域以及局部阈值电压波动减小、基体效应提高以及有效电流 (IEFF) 提高等器件参数方面的优势。

富士通半导体是 SuVolta DDC 技术的首家授权用户。自从 2011 年 6 月宣布合作以来,两家公司在 65 纳米和 55 纳米节点上共同开发 DDC 技术。

2013 年氮化镓 LED 市场展望

Alice Tao, Stacy Wu; LEDs & Lighting, IHS IMS Research

在更新 2012 年第四季度氮化镓 LED 供求报告时, IHS IMS Research 的分析师通过调研各 LED 外延厂将来的扩产计划, 对 2013 年全球的 MOCVD 装机量作了一个预测。整体来说, 预计 2013 年装机量比 2012 年会略有上升, 达到 194 台, 如图 1 所示。

哪些公司会在 2013 年继续购买设备?

如果按照地区来看的话, 中国大陆和台湾地区一直是 MOCVD 设备的“购买主力”。从 2010 年到 2012 年, 两地每年新增 MOCVD 机台数分别占全球市场的 61%, 89% 和 84%。台湾公司的产能利用率一直比较高, 而且市场回暖使企业信心回归, 预计其 2013 年全球市场份额会超过前两年; 而大陆地区由于政府补贴的减少和取消, 预计新公司的数目会大大减少, 并且多数公司对扩产持保守态度, 认为要看市场情况而定。尽管如此, 我们仍然预计大陆 2013 年的装机量会占到近五成。

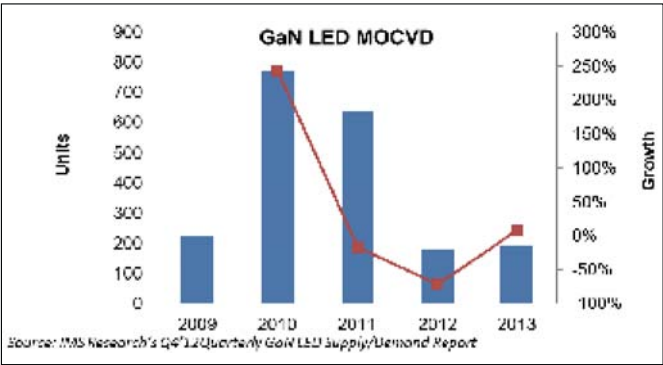


图1: 2009-2013年GaN LED MOCVD 的装机情况。

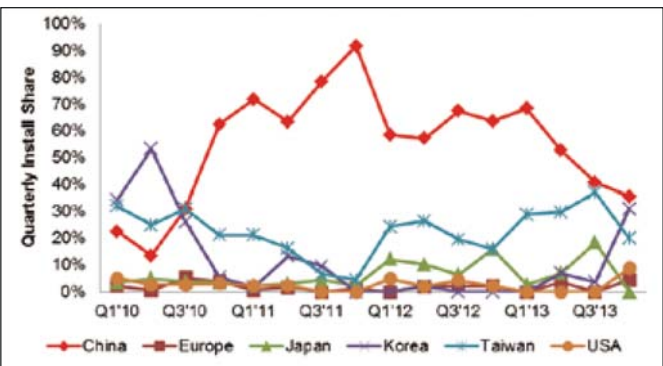


图2: 不同地区每季度MOCVD的安装情况。

韩国的 LED 产能利用率一直比较低并且营收增长缓慢, 我们认为 2013 年三星和首尔半导体可能会购买机台以增加照明应用这块的产能, 但是购买数量不会很多, 因为可以直接将用于背光的产能转到照明。

至于欧美日地区, 几个大厂包括日亚、科锐、欧司朗和飞利浦自 2010 年以来购买商用 MOCVD 的数量就很少, 但 这些公司在通用照明市场的份额很大, 随着 LED 在通用照

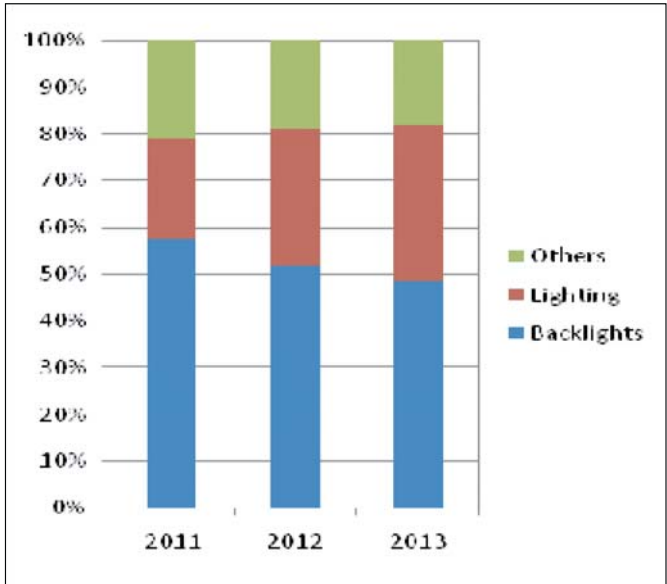
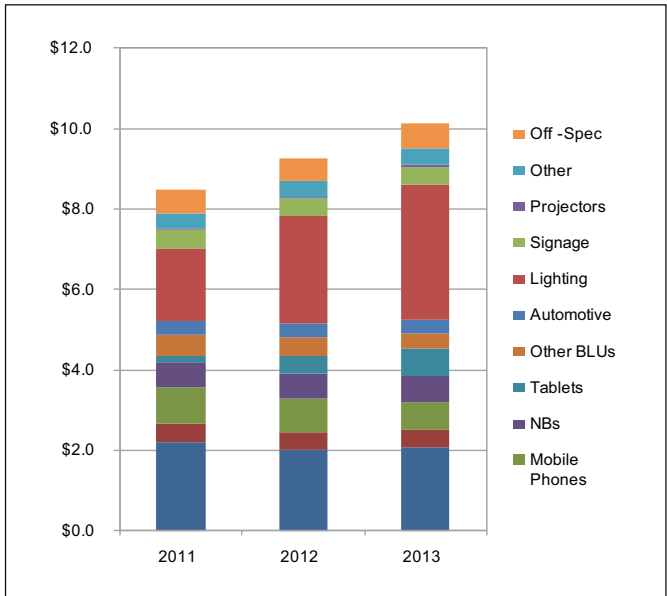


图3: 不同应用所占的市场份额。

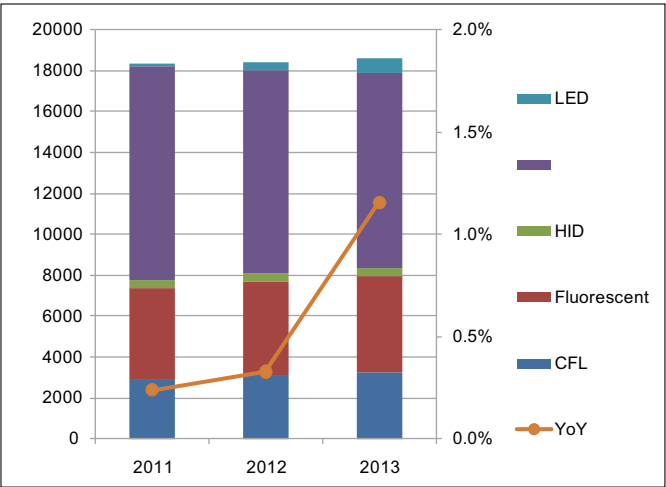


图4: 各类照明产品的出货情况。

明领域的渗透率不断提高，我们预计他们在 2013 年或 2014 年有可能会增加产能以满足市场需求。图 2 是不同区域每季度 MOCVD 安装份额预计。

背光仍为 LED 主要的收入来源，照明预计持续增加至 33%

根据最新的 IHS IMS Research “Quarterly GaN LED Supply and Demand Market Tracker:Q4’12 Issue”，2013 年背光仍是主要的产值来源，但是由于 TV 成长有限使得份额预计将从 2012 的 52% 降至 48%。照明将由 2012 的 29% 来到 33%。TV 将仍为背光主要的产值来源，并持续占总产值

20%-25% 的份额，各应用的产值如图 3。

由于成本直下式 TV 的出货增加，2012 年的 LED TV 的渗透率提升到近 70%，并且低成本直下式 TV 已经占 LED TV 面板出货量的 19%。预计到 2013 年，由于主要品牌尤其是三星和 LG 将会持续增加低成本直下式 TV 的出货比例，其他如主要的中国品牌也将会增加机种和尺寸，明年整体 LED TV 的渗透率将会持续推升到 87%，低成本直下式 TV 将会占到近 30% LED TV 的出货量。然而由于低成本直下式 TV 对 LED 用量需求比 Edge 还少，对于 LED 产值的提升有限。如一般 Edge 32 寸 LED 封装颗数大约 40 多颗，但是低成本直下式 LED 则不到 30 颗，2013 年将甚至不到 20 颗，因此，2013 年 TV 的 LED 产值将只从 2012 的 20 亿美金小幅度增长到 21 亿美金。背光主要的成长驱动力来源于平板电脑，平板电脑面板的出货量预计将从 2012 的 1.34 亿增长到 2013 的 2.08 亿，9.x-inch 仍为主要的尺寸，但是 7.x-inch 预计将会增长最多。除了出货的增加，平板电脑 LED 的使用量也会因为分辨率的提升而增加。

照明类的出货量预计将从 2012 年的 184 亿增加到 186 亿（图 4），其中 LED 的出货量将会从 2012 年的 2% 增加到 2013 年的 3.9%。主要的成长驱动还是源自白炽灯泡的替换和 LED 灯价格持续的滑落。然而因为 LED 灯的使用寿命变长，长期来看，将不利于 LED 产值的增加，尤其是在 2015-2016 之后。OS

功率器件引领未来半导体市场

IHS 旗下分析机构 IMS Research 于近期发表的一份报告中提到，尽管 2012 年平板市场的功率器件需求量很大，但在 2013 年还是会给众多半导体器件厂商更多的机会。这份名为“2012 年全球半导体市场功率器件供应商业报告”中总结道，对于直流或者交流功率器件的半导体供应商来说，接下来的市场需求增长将会一直延续至 2016 年。

据 IMS Research 数据，全球功率半导体市场 2012 年增长率为 5.0%，达到 320 亿美元规模；预期 2013 年会恢复两位数字增长。作为仅次于大规模集成电路的一大分支，功率半导体运行于弱电控制与强电之间，对降低电路损耗、提高电源使用效率，发挥着重要作用。高效、节能、环保是未来电子产品发展的趋势，LED 照明、电动汽车及新一代通信、云计算等新产业形成，将加大功率器件市场的需求。随着世界各国对节能减排的需求越来越迫切，功率半导体的应用领域已逐渐从传统的工业控制和 4C 领域，向新能源、轨道交通、

智能电网、变频家电等诸多市场迈进。关注功率器件行业的技术发展趋势，促进相关行业的发展至关重要。

除了硅材料以外，用于功率器件的另外两种主要材质分别是氮化镓 (GaN) 和碳化硅 (SiC)。该报告还透露，2013 年在 MPU/MCU/DSP/DSC 领域内的增长甚至会高达 35%。尽管这是目前最小的一种半导体市场功率器件供应领域，但报告认为在 2012 年至 2016 年仍有 450 万美元的预期增长，这些领域包括数字电源与先进的功率因数校正 (PFC) 技术。

IMS Research 高级分析师 Ryan Sanderson 对此评论道，市场对于更大功率器件的需求促使了这种增长势头将持续发展，数字电源市场也是半导体领域内唯一的在今后 5 年内有 4 倍增长的领域，这也预示着未来更多的机会。全球半导体市场在功率器件方面将有 6.5% 的强劲增长，这相对于半导体产品及半导体相关应用有着显著不同。OS

芯片制造商为自动化 150 mm 工艺做准备

Paula Doe, SEMI

为了降低固态照明的成本，芯片制造商必须要在更大的衬底上进行效率更高的、自动化、高良率制造。支持这一举措的基础正迅速部署到位：针对 150 mm 蓝宝石衬底的晶圆几何尺寸和标记规则大部分已经确定，而且，有关设备硬件和软件接口标准的制定工作进展顺利。

对于一项产业而言，其日趋发展壮大和成熟的重要标志之一就是它确立了旨在精简供应链并提高供应链之运转效率的标准。在高亮度 (HB) LED 产业中，这一点当然也不例外。像制定针对半导体、显示器和 PV 产业的制造互用性标准一样，通过 SEMI 标准过程，LED 制造商如今大致上已就 150mm 蓝宝石衬底的基本物理特性达成了一致，并即将开始细致地考虑用于缺陷分类和计数的标准。

Philips Lumileds 公司负责制造工程的副总裁、同时担任着 SEMI HB-LED 标准委员会共同主席的 Lain Black 说：“拥有一项标准将帮助我们改进衬底供应。它可以让供应商专注于那些对于改善其产品十分重要的因素。”

就标准而言，其唯一不利的一面是汇总需要

时间。首批面向半导体及显示器行业的制造标准花了几年时间才制定完成，不过光伏和 LED 领域能够凭借以往的经验开展工作，并使标准的制定过程大幅加快。

2011 年 11 月，LED 产业的相关厂商机构首次聚会，就通过 SEMI 国际标准过程赢得节省成本的机会开展合作。他们迅速组建了一个 LED 标准委员会，下设专门研究“蓝宝石晶圆”、“工厂自动化接口”、“环境健康与安全”、“装配与封装”及“蓝宝石晶圆杂质与缺陷”等主题的特别工作组。目前，该标准委员会的成员超过 125 个，来自世界各地的主要芯片制造商、设备制造商和材料供应商纷纷参加了该 LED 制造标准的制定工作，并已取得大量的成果。

由该委员会制定的 150mm 晶圆标准规定了



封面故事 | COVER STORY – LED标准

诸如厚度、边缘轮廓和基准点（在晶圆成像时提供一个参考点的物体）等物理几何尺寸；针对独特晶圆标记的体系和规程；以及基本的质量要求（例如：弯曲的程度和表面条件）。该标准包括 1.0 mm 和 1.3 mm 厚度以及凹口和扁平结构，因为所有 4 种变体现今均得到了广泛的运用。不过，随着时间的推移，业界将很可能转向使用可起基准点作用的更小凹口及更薄的晶圆。

区分缺陷

该标准委员会的下一个重大目标是要弄清楚哪些晶圆缺陷对器件良率的影响最大。为此，必须就如何测量和定义这些缺陷达成一致，这样不同的实验室和晶圆厂在谈论问题时就不会产生歧义。这一领域的进展不仅将有助于改良 150mm 晶圆，还将适用于其他尺寸的蓝宝石衬底。

专家的初步调查结果表明：已就多种缺陷的重要性达成了广泛的一致，涉及表面微坑、划痕和裂缝；晶体纯度、晶体结构中的亚颗粒，以及晶圆内部或表面的气泡或气体。目前，该工作组参加了旨在探讨此类缺陷的最佳定义和测量方法的例行远程电信会议。这个特别工作组征集了来自业界更为广泛的意见，意在就各种不同类型缺陷的基本可接受商业容差水平达成一致。

该 LED 特别工作组的“检验与测量”项目负责人是 GT Advanced Technologies 公司的蓝宝石材料产品经理 Luke Glinski。按照他的分析：虽然晶圆表面质量无疑会影响器件良率，但是：“对这些微坑和划痕或气泡的大小及分布进行测量和量化的最佳方法是什么？”“什么样的缺陷水平是可以接受的？”这些问题都尚不明朗。

GT 公司就蓝宝石质量对磊晶晶圆良率的影响所做的独立分析研究发现：亚颗粒和气泡具有重大影响，而大块晶体的色彩和纯度，以及蚀刻坑密度等则影响不大。由于生长过程中的应力所引起的晶体结构中的亚颗粒会在晶圆切割期间导致隆起和凹陷。这些缺陷通过目测的方法进行主观识别，而想实现其量化则是极为困难的。

Glinski 说：“这是一个年轻的产业。我们仍在解决这些问题。最大的难题是缺乏数据——并且不清楚究竟哪些缺陷是重要的。”不过，他确信这种情况将会随着团队的密切合作而有所改变。“哪些缺陷关系重大？正在推动此项工作的公司拥有相关的数据。这将允许供应商收紧那些干系重

大之缺陷的容差范围，同时放宽那些不重要缺陷的容差指标。”

重庆四联光电子科技有限公司首席运营官、也是 SEMI HB-LED 标准委员会共同主席之一的 David Reid 表示同意，指出：“重要的是必须确定适合该产业的正确检验等级，而不要把时间和资金花费在那些影响不大的缺陷上。”

Philips Lumileds 公司认为：通过 SEMI 的标准制定工作与业界分享其部分 150 mm 生产知识将是一件利大于弊的事情。Black 说：“我们投入了巨大的精力来拟订相关的规格，旨在提升供应链的能力。其他公司将能够从我们的工作中获益。假如我们能确立适宜的标准，那么大家就会知道努力的方向了，而且把供应链能力提升至所要求的水平也会因此而容易得多。”

抢占先机？

理想的情况下，标准应在产品进入主流生产之前完成制定。就 150mm 蓝宝石衬底而言，一开始的感觉是标准似乎只能刚好赶上最后期限。然而，现在看来此项标准将会提前颁布，因为下一代蓝宝石产能方面的投资已经发放了。眼下，2 英寸和 4 英寸蓝宝石衬底仍有大量的剩余产能，其中后者的价格近期出现了大幅下跌。总部位于法国里昂的市场研究机构 Yole Développement 公司专门跟踪 LED 行业的高级分析师 Eric Virey 指出：2012 年夏天 4 英寸蓝宝石衬底的售价通常为 40-50 美元，从而使得基于该尺寸之平台的生产成本极具竞争力。

另外，在该行业的内部也存在着不确定性，这就造成了某些公司把迁移至更大尺寸晶圆的决定推迟了。而且有些公司还在等待观望之中，他们想看看硅基氮化镓是否将很快成为一种可行的备选方案。与此同时，其他的公司则不愿舍弃利用蓝宝石衬底图形化所获得的显著亮度提升，如今在所有的蓝宝石衬底中大约有 80% 都采用了此项工艺。然而，当采用经过图形化处理的 150mm 蓝宝石衬底制造 LED 时，要想实现相同的高良率则是非常困难的。

尽管存在着这些担忧，但业界肯定将在几年之内转向采用 150mm 蓝宝石衬底。该平台在严格受控的自动化高产量晶圆厂中将成为一项关键要素，其将把芯片成本推低至一种可使 LED 取代普通照明市场的水平。根据 Yole 公司的调查分析，



到 2014 年，在基于蓝宝石衬底的生产中，150mm 衬底所占的比例将超过 25%，而到 2017 年则将达到 50%。不断下降的价格（已经从一年前的 350 美元以上暴跌至 2012 年夏天的 220 ~ 270 美元）应该会对销售起到刺激作用。虽然 2012 年的合同价格仍在 250 美元左右，但是据 Virey 预测：大多数 LED 制造商 2013 年的目标价格都在 200 美元以下。

尽管衬底成本在总物料清单中只占一小部分，但较大的晶圆可导致生产效率的提升，这是因为它们能实现更好的吞吐量（每遍工艺流程生产的 LED 更多）。Virey 认为：与 4 英寸晶圆相比，150mm 晶圆可使单位表面积的前端处理成本下降 25%（在良率相同的情况下）。而且，据 Black 称：由于更为新式的 150 mm 设备具有好多得多的过程控制能力和吞吐量，因此事实上良率大幅改善。鉴于半导体行业 20 年前就从 4 英寸晶圆起步发展了，所以这并不令人惊讶。

接口设备

就标准而言，除了划分缺陷和判定其影响之外，另一个重大的目标就是确定适合自动化生产的通用设备接口。重庆四联光电子科技有限公司技术副总裁兼晶圆标准特别工作组共同主席 Julie Chao 指出：“当相关公司开始考虑为什么采用某些源于半导体行业的自动化和工艺控制能极大地帮助降低成本的时候，那就是向 6 英寸晶圆迁移的起点了。”

相比于形成已久的半导体设备市场（其年销售额达 400 亿美元），LED 制造设备的销售可谓黯然失色。在中国，由于政府补贴的关系，LED 生产用设备的销售最近有了大幅度的攀升，不过，这些激励政策的吸引力完全不比从前。而且，根据 SEMI 的 LED 晶圆厂数据库提供的信息，其总销售额将回归更具可持续性的水平——大约每年 20 亿美元。新晶圆厂设备的订货装运将遍布全球各地。

考虑到已有半导体基础设施的规模与成熟完备，故而 LED 行业尽可能地对此加以利用是颇具意义的，因为这将帮助固态照明产业借助其严密的工艺控制形成自动化生产能力。负责生产的专业人员必须仔细研究哪些是必需改动的，哪些则是不需要变更的，从而尽量地压低这一小规模市场的高定制成本，同时以更好的良率实现高效率的批量生产。

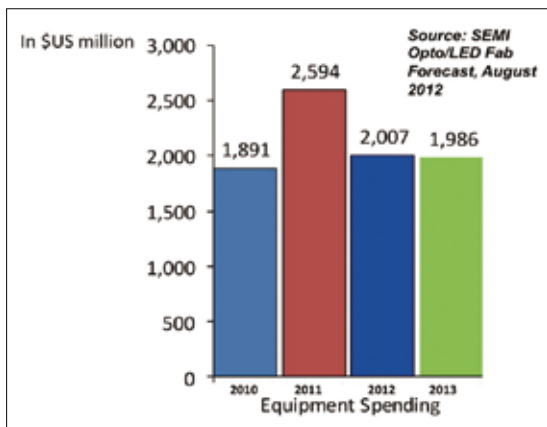


图2：LED晶圆厂设备投资近期略有下降，预计在未来几年里将在20亿美元上下。

一般情况下，这些探讨工作都是由设备和材料制造商推动的，他们了解常见的问题，而且对于技术细节的掌握情况也是最好的。不过，以后还会广泛征求众多芯片制造商的意见——这会在 SEMI 标准大会上进行。

SemiLab AMS 公司 CEO、同时也是该标准委员会的另一名共同主席 Chris Moore 说：“SEMI 标准委员会几乎是主要的设备和材料供应商能够齐聚一堂、探讨适合业界之通用解决方案的唯一‘场所’。对于那些直接的竞争对手而言，这种场合是独一无二的。”

专为处理 150mm 硅片而开发的设备将必须进行修改以适应蓝宝石衬底的要求，因为蓝宝石衬底具有更大的厚度和更为明显的弓形。这就需要采用不同的卡式盒（cassette）以完成工具之间的自动化搬运及传送。

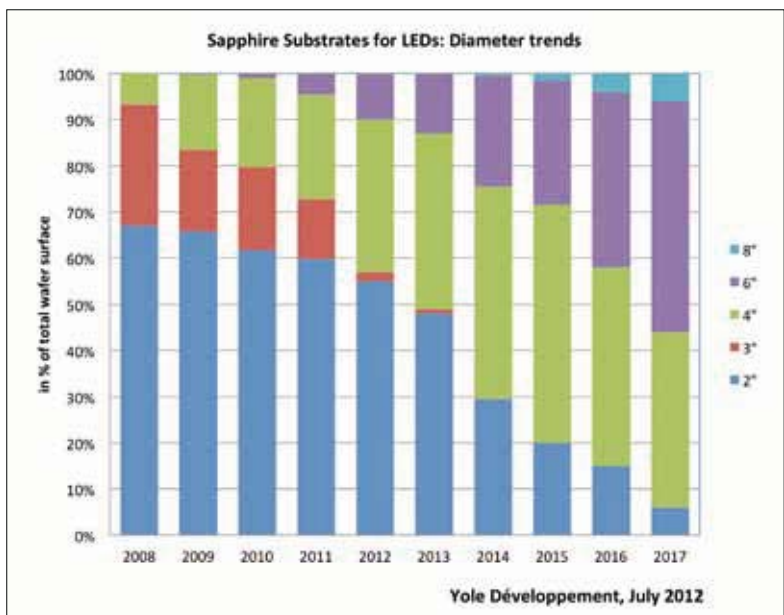


图1：根据市场分析公司Yole Développement预测，到2017年，150mm蓝宝石衬底将在市场上居主导地位。

封面故事 | COVER STORY – LED标准

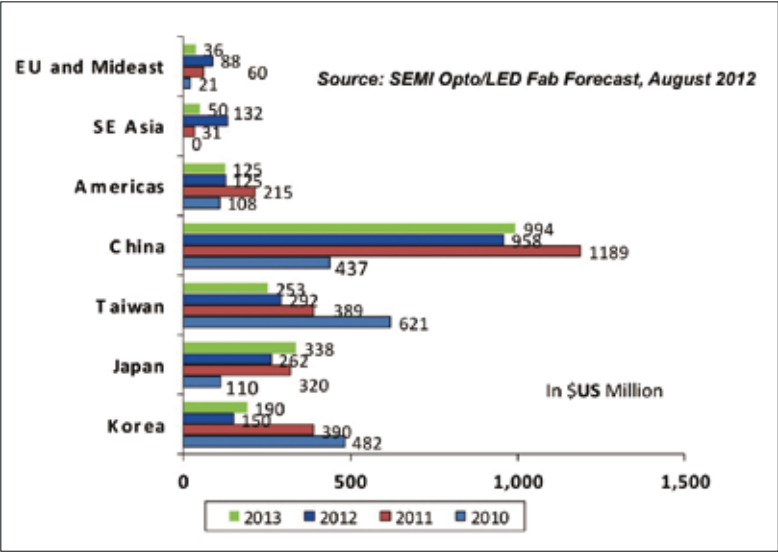


图3: 中国在LED晶圆厂设备投资方面居支配地位,但目前针对该国的销售处于下降通道。

自动化标准特别工作组已决定不对标准型 25 晶圆卡式盒的外部尺寸做任何改动,因为这将允许使用相同的仓储货架及其他的配套基础设施。不过,厚度和弯曲度更大的蓝宝石晶圆将需要在卡式盒内部布设较少、较宽的袋兜 (pocket),以为机械手轻松地将其插入和拔出插槽提供足够的空间。目前正在讨论的问题是:“究竟布设多少个袋兜是最合适的?”。如果采用 16 个晶圆插槽,则可实现卡式盒容量的最大化(以获得最佳吞吐量),但这同时也意味着用于处理和跟踪晶圆的大部分设备软件都需要修改,以应对新的间隔。而如果转向采用 12 或 13 个晶圆插槽(间隔为 25 晶圆卡式盒的空间),那么尽管可以轻松地利用现有的软件来应对,但必需给批处理设备(例如 MOCVD 设备)安装另一个端口以实现最高效的

美高森美扩展碳化硅功率模块产品系列

致力于提供帮助功率管理、安全、可靠与高性能半导体技术产品的领先供应商美高森美公司宣布提供新一代工业温度碳化硅标准功率模块,它们是用于要求高性能和高可靠性的大功率开关电源、马达驱动器、不间断电源、太阳能逆变器、石油勘探和其它大功率、高电压工业应用的理想选择。该功率模块系列还提供了更宽的温度范围,以期满足下一代功率转换系统对更高的功率密度、工作频率和效率的要求。

与硅材料相比, SiC 技术提供了更高的击穿场强度和更好的热传导率,从而实现了参数性能特性改进,包括零反向恢复、不受温度影响的特性、更高的工作电压和更高的工作温度,以实现全新的性能、效率和可靠性水平。

美高森美功率模块产品集团总经理 Philippe Dupin 对此表示,我们应用在功率半导体集成和封装领域的广泛的专业技术,提供下一代碳化硅功率模块系列,这些器件具有出色的性能、可靠性和综合质量水平。我们的新模块还使得设计人员能够缩减系统尺寸和重量,同时降低总体系统成本。

装填。虽然可以采用这两种规格的组合(12 或 13 及 16 个晶圆插槽),不过这将需要额外增加一个步骤(把来自不同尺寸卡式盒的晶圆摆放在一起),而且还会使仓储和运输问题变得复杂。眼下,晶圆处理自动化特别工作组正在就今后采取何种优选方法在整个业界征求意见。

另一个问题是确定用于获取数据(以监视设备的生产能力)的最佳软件。自动化软件专家正在研究该问题,他们的观点是:不管是现在还是未来,基于 SECSII/GEM 的系统将能够最好地满足 LED 行业的数据要求。然而,由于对面向增强型工程数据的较高数据带宽的需求,因此或许有一天会需要接口 A。

显然,身处 LED 行业的厂商将需要进行 SECSII/GEM 的定制,以便能够按照晶圆、位置和工艺来跟踪 MOCVD 设备内部的石墨加工托盘上的多个晶圆。软件工作组目前正在研讨的课题是:较为简单的 200mm 版本 SECSII/GEM(其为较小晶圆工具所常用)是否拥有足够的能力以提供跟踪 LED 生产所需的数据级别。替代方案是利用该软件 300mm 版本所具备的更多高级功能。

当前,该特别工作组正在对用户进行调查以了解他们最需要工具提供哪些数据。借助该信息,设备供应商将能够以持续一致的方式对数据进行提取和格式化,并将其馈入器件制造商的分析系统。这种做法将减低工具的成本并简化各家公司的集成工艺。

另一个问题是如何将现有的半导体安全性标准扩展到 LED 制造工艺及其 MOCVD 设备和自燃气体。位于中国台湾的一个工作组(由 Epistar 和 TSMC 负责推动)正在规定用于依据某种通用的世界性标准来安装和操作生产设备的规程。这项工作与其他特别小组开展的工作一起,必将在提升 LED 的一致性和良率、降低其成本和最终帮助推动一场固态照明技术革命的过程中发挥重要的作用。

如欲了解更多详情,或参加由来自世界各地的相关人士组成的行业志愿者队伍,开展相关工作以达成面向蓝宝石晶圆参数、自动化设备接口、晶圆缺陷测量、安全以及下一代低成本 LED 制造的其他促成技术的一致性标准,请访问 <http://semi.org/en/standards/P041367>,或通过电子邮件 ptrio@semi.org 与 Paul Trio 联系。

稀土氧化物：大尺寸 Si 基 GaN 生长的秘籍

Michael Lebby, Andrew Clark, Guoying Ding; Translucent

如果能将已经完全折旧的 200mm Si 半导体生产线实现再利用，那么 Si 基 GaN 产品将极具竞争力。这就需要平整度极高的 Si 基板，而稀土氧化物（REO）不仅可胜任基板的缓冲层，还能提高 LED、晶体管及太阳能电池的性能。

消费电子产品越来越物美价廉，为此科研人员需要开发出可使半导体器件成本更低的新材料，而对 GaN 基技术而言尤其如此。随着外延生长所用晶圆尺寸的逐步放大，各种各样的 GaN 基器件也越来越有成本竞争力，这有望促进 LED 照明的普及，并加快 GaN 晶体管进入功率电子行业，而且也有助于多结光伏电池安装在陆基聚光太阳能电池系统之中，但在以前该技术曾专属于卫星应用领域。

在位于加州 Palo Alto 的 Translucent 公司，我们正开发一种用于 GaN 器件生长的 Si 基工程化衬底材料。这些大尺寸的“基于 Si 上”的复合衬底，将为 GaN 与 Ge 的外延生长打下坚实的基础。尽管该技术绝非惟一，但它有一个突出优势：可用于高度量产化、高度自动化的 150mm 与 200mm 硅生产线，而这样的生产线遍布世界。这意味着，有望将 Si 基 GaN 及 Ge 电子器件的成本大幅度地降低，而当前此类器件都是在小尺寸衬底上进行生产的。目前，LED 行业的 GaN 基材料生长主要都是用蓝宝石衬底，且正在从 2 寸、4 寸与 150mm 向 200mm 甚至更大尺寸过渡，而 Si 基复合衬底也是一个极具吸引力的替代方案。

Si 基工程化复合衬底的魅力还不仅仅是有竞争力的价格，因为大尺寸 Si 生产线上的一切都是标准化的，既薄又平的晶圆是自动化批量操作的前提，因此它还可以简化外延与芯片的生产工艺。当我们请 Si 领域的同行帮忙进行 GaN 或 Ge 晶圆加工流片时，他们首先就要求道：“我们需要平片子，你们 GaN 的质量有多好我们兴趣不大，但是要我们加工，最好片子要是平整的”。

对这个快速增长的市场来说，Si 当然不是唯一的选择，且蓝宝石与 Ge 衬底也一直在向 200mm 的方向演进，但后两者的软肋是成本、易

碎性、良率以及厚度问题，而我们的复合衬底可使这些问题迎刃而解。

稀土氧化物

我们“基于 Si 上”的复合衬底采用了稀土氧化物（REO, rare earth oxides）晶体。如果在 Si 和 GaN 之间插入该宽禁带氧化物材料的话，这样做有诸多理由：REO 允许对应力进行调制；尺寸可放大至 200mm；FET 器件可以实现现场分选。如果它与 Si 薄膜交替沉积，便可构成分布式布拉格反射层（DBR），尽管 Si 衬底本身是吸光的，但

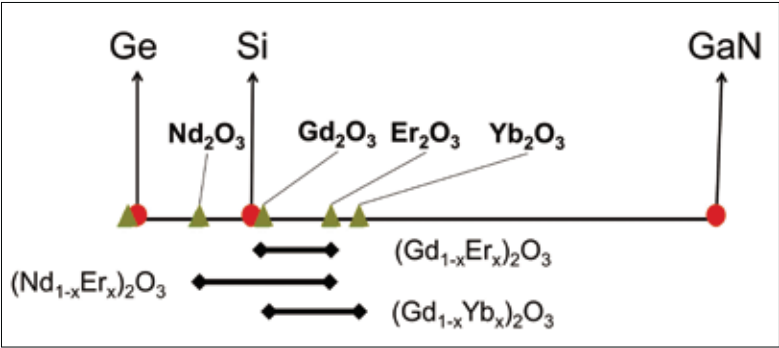


图1: 表面晶格对比（从左到右递减）。

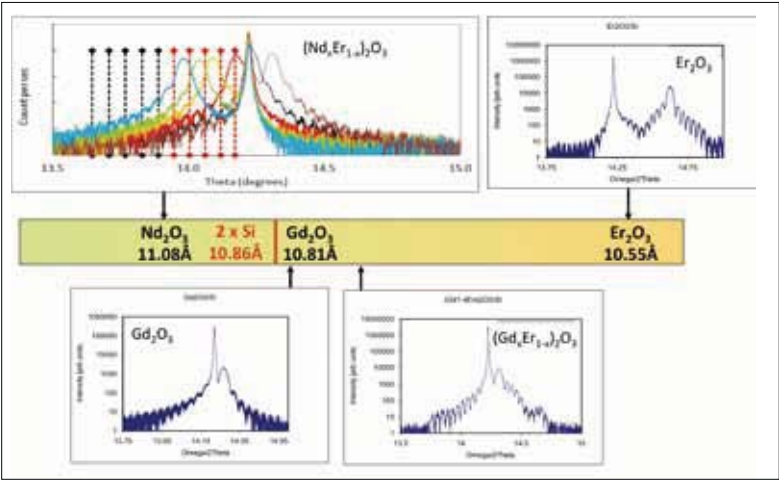


图2: 对几种REO的二元与三元氧化物的XRD扫描数据。

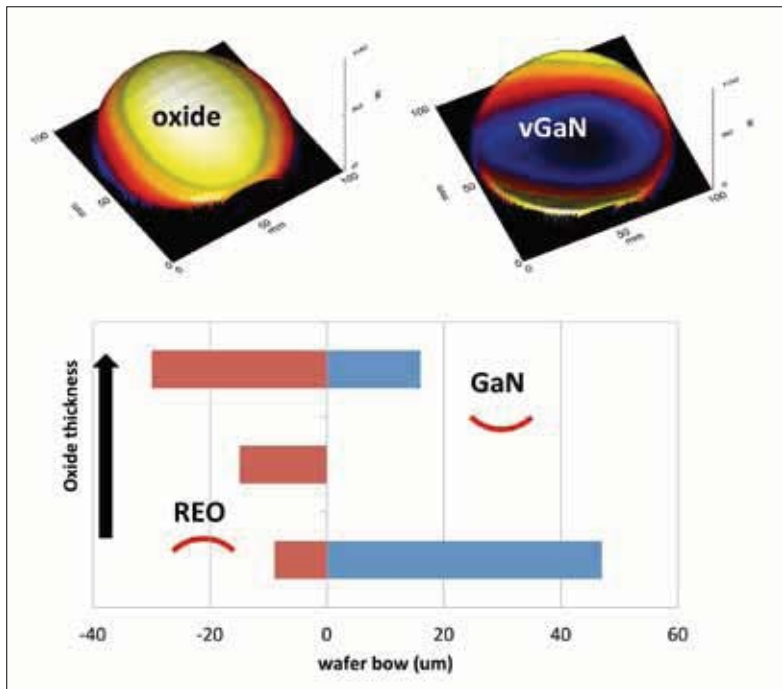


图3: 100mm晶圆的REO和REO+GaN翘曲情况。

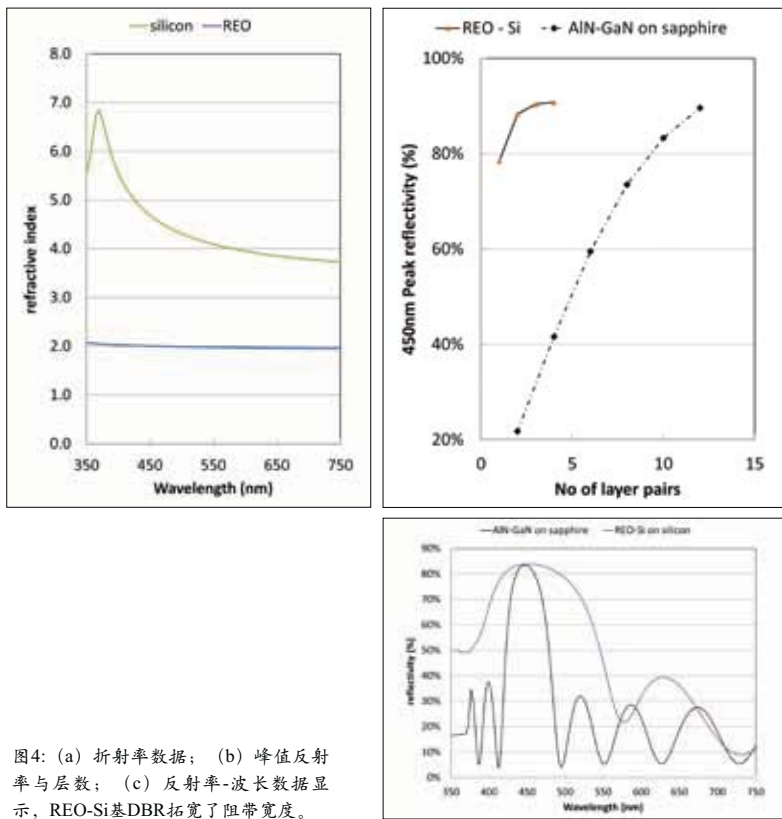


图4: (a) 折射率数据; (b) 峰值反射率与层数; (c) 反射率-波长数据显示, REO-Si基DBR拓宽了阻带宽度。

DBR 会在 Si 基板界面上将 LED 的出光反射出来。另外, 无需中断外延的真空环境、通过 REO 的原位生长还可形成高 k 的栅极绝缘层 (此特征不在本文中讨论)。我们已经成功地在 Si (111) 晶圆上开发出一系列生长工艺, 包括 Gd_2O_3 与 Er_2O_3 , 且已经由 50mm 放大到 200mm, 在将来还可能移

植到更大尺寸。GaN 材料生长是在定制设计的固态源反应腔中进行, 它在一定程度上是基于 MBE 的原理, 但为了满足 REO 外延技术与 Si 领域设备的需求, 我们做了一些更改。最近, 我们已经完成了单片 200mm 腔体的设计, 这也将服务于接下来的一系列多片机台: 今年我们正在落实 7X150mm 或者 3X200mm 的多片设备。

珠联璧合

氧化物晶体的一个突出优点是其晶格点阵间隔几乎是 Si 的两倍。在元素周期表中的稀土系列元素 (即镧系元素) 中, 有诸多元素的晶胞差别甚微。最值得关注的是如下元素的氧化物: 镱 (Ytterbium)、铒 (Erbium)、钆 (Gadolinium)、钕 (Neodymium) 及镧 (Lanthanum)。

首先我们生长了所有这些氧化物材料, 然后研究了这些氧化物特性、判断它们是否可以胜任用于衬底的替代。通过与其他半导体材料 (例如 GaN、Ge) 进行晶格尺寸的对比, 结论显而易见: 这些 REO 可用于外延生长所需的复合衬底 (如图 1 与图 2)。

通过 X 射线扫描, 可以验证几种稀土元素的二元与三元氧化物具有“可调制性” (如图 2)。如果需要一种晶格点阵吻合的 (即所谓的晶格匹配) 氧化物, 那么 Gd_2O_3 就是一个很好的选项, 因为其晶格常数非常接近于 Si 晶格常数 ($10.86 \text{ \AA}$) 的 2 倍。而如果偏好一点拉应力, 那么就可以加入 Er_2O_3 来构成三元氧化物, 得到的晶格点阵间隔范围为 $10.81 \text{ \AA}$ 到 10.55 。如果希望压应力, 则可以采用由 Er_2O_3 和 Nd_2O_3 组成的三元氧化物 (如图 2)。目前, 此化合物在 SiGe 生长领域应用的较多, 如图 2 所示, 不同组份 (步长为 10%) 的 SiGe 半导体所对应的匹配三元化合物的 XRD 测量结果的叠加。

对 REO 的“可调制性”而言, 晶格点阵间隔是应变工程的关键。然而, 对于任何衬底来说, 还必须满足另外一个标准: 材料必须承受得住下游工艺的温度考验。幸运的是, REO 晶体非常稳定, 在 1100°C 的高温循环下, XRD 的结果重复性很好, 另外 X 光谱线也显示, 化合物稳定的时间可以超过至少 1 年。众所周知, 在 Si 上生长 GaN 没那么容易。主要原因是二者之间的晶格常数与热胀系数 (CTE) 差别大, 这还会导致翘曲甚至裂片的发生。为了应对这个问题, 我们采取

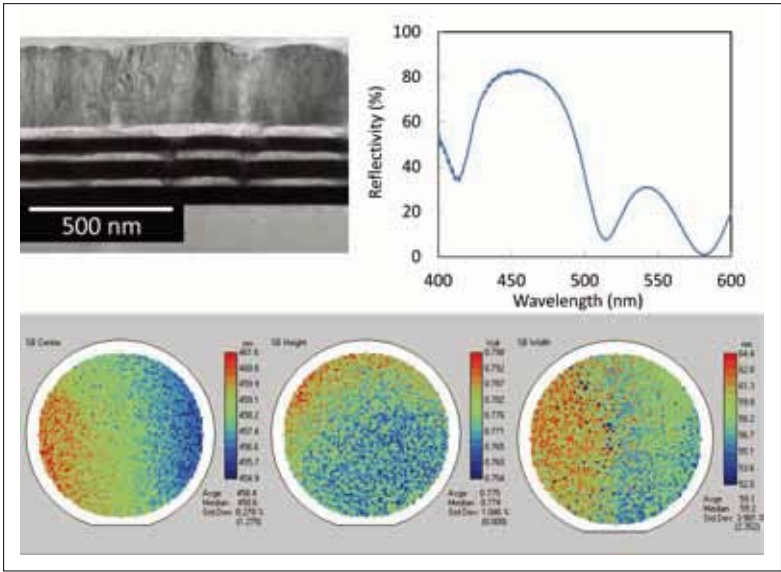


图5: (a) REO-Si叠层的TEM (透射电子显微镜) 图像以及DBR的反射特征谱线; (b) 100mm 晶圆的中心反射波长、阻带宽度与峰值反射率分布轮廓图。

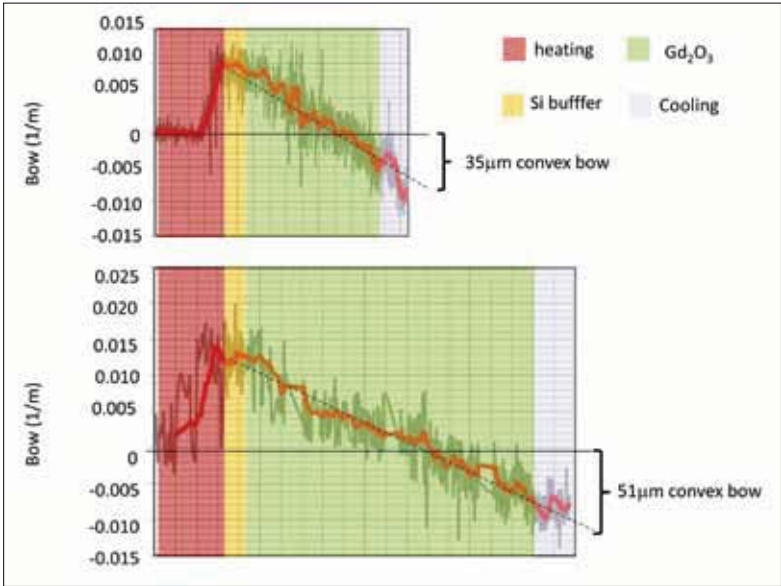


图6: 厚度分别为300nm以及500nm的REO原位翘曲变化。

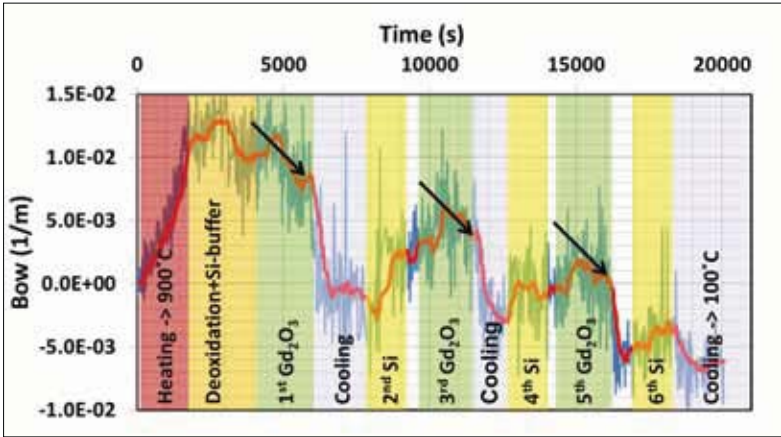


图7: 在200mm硅片 (111) 上的三个周期REO-Si反射层的原位翘曲程度, 箭头所指为生长过程中每一层REO所产生的总体应力。

了两种解决应力的方案：其一为晶格工程、即上述 REO 组份的调制与调整，其二为通过不同的 REO 厚度来对晶圆预应力进行设定。第二种方案产生了较大的应力效应，详见下文。通过 REO 与 GaN 外延层厚度的变化，我们可以实现对 100mm Si 晶圆不同程度的应力进行补偿（如图 3）。多次实验结果表明，上述应力方案也可以向更大尺寸的 Si 晶圆上转移。

反射层

REO 具有良好的晶体质量，它可胜任作为后续外延生长的理想衬底材料。例如，可将 REO 与折射率不同的其他材料叠加，进行 DBR（分布布拉格反射层）的原位在线生长。波长为 450nm 时，Si 和 Gd₂O₃ 的折射率差为 2.2，相比现有一些 LED 所用的 AlN-GaN 材料体系，前者要高出很多，这意味着，采用 Gd₂O₃ 的 DBR 具有更高的反射效率。

在实践中也的确如此。测量结果说明，用 4 个周期的 Gd₂O₃/Si DBR 反射层具有超过 85% 的峰值反射率，如果采用三族氮化物材料，达到该水平则需要 10 个周期的 DBR（如图 4）。而且，Gd₂O₃/Si DBR 的结合体可增加反射阻带的范围。采用同样数目的反射层，Gd₂O₃/Si 反射层的阻带宽度是氮化物反射层的 3 倍（分别是 181nm 和 61nm）。

预置 DBR 反射层的 Si 衬底可为 LED 制程与加工提供前所未有的灵活性，采用此复合衬底，整个 GaN/InGaN LED 器件可以进行直接地生长，而无需进行衬底剥离、晶圆键合，以及其他相关的去除 Si 的工艺。而且，DBR 的高反射率可以阻止 LED 的出光在 Si 基板一侧出现损失。

尽管许多厂家已经开发出了衬底去除技术，但随着晶圆尺寸迈向 200mm 甚至更大，去除工艺将越来越复杂、且成本也会让人望而生畏。LED 行业正在走向成熟，在诸如固态照明应用的带动下，规模也今非昔比，“芯片即出货”的概念正在兴起。我们已可以在直径为 50mm、100mm、150mm 以及 200mm 的高品质衬底上预置 DBR 反射镜，通过交替进行 Gd₂O₃ 和 Si 的外延生长，形成了在 450nm 峰值反射率达 82% 的 DBR 反射镜（关于 REO 基反射镜的生长以及与 GaN 的集成，详见 F. Erdem Arkun et al. Phys. Status Solidi C 9814 (2012)), 依设计不同阻带宽度通常为 60-80nm、非常适合于发光波长在 440-470nm 的 LED。

技术 | Technology – 稀土氧化物

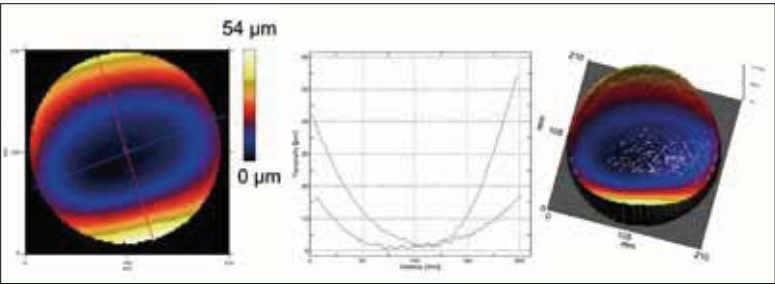


图8: 在三个周期DBR上生长GaN的翘曲数据（离线）说明，中心到边缘的翘曲为54μm。

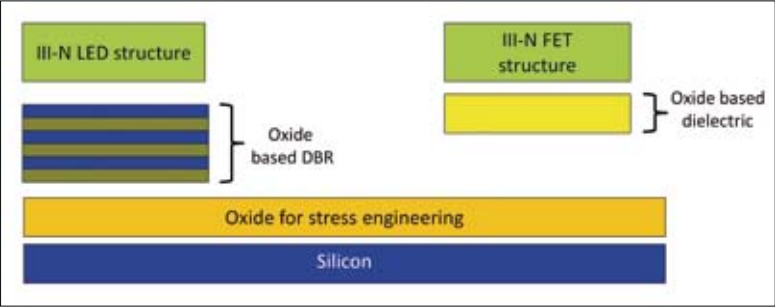


图9: 针对Si基III-N外延片而言，REO基板所带来的应力、光学以及电性能的提升。

尺寸的放大

对 GaN/Si 技术而言，其最有价值的方面莫过于对已完全折旧的硅生产线实现再利用。为此，为了得到成熟硅工业的迅速接受，工艺的开发必须要面向 200mm 的平片。那么怎样才算平呢？对 200mm 的晶圆翘曲必须要小于 100μm。为此，应力的管理也须作为外延沉积的一部分来对待，这不限于 REO 单层，还须包括更为复杂的结构、例如包括 Si 层的 DBR 镜面。沿着此指导思想，我们的工作就要在 Si (111) 基板上生长厚度为 0.1-0.5μm 的 Gd₂O₃ 单层，在生长过程中还要对翘曲进行监控，基板从反应腔室取出后还要进行进一步的评估。对厚度为 300nm 与 500nm 的 REO 测量表明，

薄膜导致了基板的凸翘曲（图 6），随着 REO 沉积厚度的增加翘曲程度会加大，这说明，可以通过控制 REO 的厚度来调整整体应力的程度。

在 200mm 晶圆上的 REO 基 DBR 生长结果类似。在交替生长厚度为 λ/4 的 REO 和厚度为 3λ/4 的 Si 时，每一层薄膜都对多层结构产生压应力（见图 7 箭头所示）。请注意，鉴于氧化物层总厚度的减少、该 DBR 并未得到优化。而且我们发现，因多层结构中生长温度的差异而在 DBR 中的 Si 层会产生一些拉应力，但是总体却是朝着压应变，而这正是我们期望的结果。后续的 GaN 生长证明了这一点：200mm 基板的中心 - 边缘翘曲为 54μm 凹（图 8），这个数据已经可以达到 Si 工业的要求。完整的应变管理是可能的，但是需要更多层的 REO 薄膜。鉴于 Si 基板厚度仅为 750μm，所以这是一个非常令人鼓舞的结果：REO 复合衬底为应力国产化 GaN/Si 提供了一个成功的道路。

采用多层 REO 来实现晶圆应变管理与器件性能提升的技术不仅仅适用于 LED，它对 GaN/Si 基功率器件而言也是前途无量。REO 兼具宽禁带与高介电常数（大于 12）的优点，可以在 GaN FET 结构上直接进行栅极氧化物的沉积。

电容 - 电压特征表明材料的介电常数很小，击穿测试显示击穿电压稳定为 4MV/cm。从这些简化的 LED 和电子器件简化结构可见，REO 衬底大大地提升了器件性能并降低了制造成本。因为 REO 的选择空间很大，这也意味着：将 LED、电子器件以及太阳能电池的性能和成本提升到一个新的水平有多种方法，我们也仍在探索之中。

各国加速 LED 产业标准化进程

各个国家及地区都在加快 LED 产业标准化的脚步，意图通过各项认证及要求的制定来规范 LED 产品的质量及性能，防止无序竞争造成质量混乱。

欧盟有关于定向灯、LED 灯及相关设备的生态设计要求法规（EU）No 1194/2012，以及 ENEC（欧洲标准电器认证），是针对特定并符合欧洲标准的产品（如照明设备，组件，及办公室 & 数据设备）所使用的欧洲安全认证通用标志。

在北美地区，与 LED 产品相关的各项测试标准一直在持续保持更新，其中主要包括 IES LM-79《固态照明产品电气和亮度测量》，IES LM-80《LED 光源流明维持率测量》及 IES TM-21《LED 光源长期流明维持率测量》，以及 2012 年最新推出的 IES LM-82《LED 光引擎电气及亮度性能鉴定（作为温度的函数）》等，此外还包括规定 LED 产品安全标准的 UL 认证。除各项认证标准外，美国政府还启动了「国家半导体照明研究计划」「下一代照明计划（NGLI）」等。

日本经济产业省规定，2012 年 7 月 1 日起，LED 球泡灯和 LED 灯具进入日本市场销售须加贴圆形 PSE 标志。

中国发布《半导体照明应用节能评价技术要求（2012 年版）》，包含了道路、隧道灯具和室内灯具等 LED 照明产品应用的节能评价技术要求，以及机场、铁路车站、城市轨道交通等场所的 LED 照明工程技术要求等内容。

揭示 LED 中的结构异常缺陷

Tom Adams, Sonoscan

在发光二极管 (LED) 封装中的单元部件内部或部件之间出现分层缺陷，其器件性能将会受到影响。这些分层缺陷无法由目前广泛使用的表征技术（如 X 射线和红外显微镜等）来进行检测，但采用极高频率的超声成像系统就能探测出这些分层类型的缺陷。

我们现在正处于一场照明革命的风口浪尖上。虽然今天各个家庭一般都还在混合使用白炽灯和荧光灯，然而 LED 已经开始进入照明市场，并且到 2020 年时它们将会成为整个照明市场的主流。

如果你现在仔细进行观察，就会发现厂家所提供 LED 灯的产品价格仍然让人难以接受。LED 灯的价格必将要进一步降低，但决定厂商成功的因素绝不只是能否更多地、更快地降低价格，LED 灯的质量及其产量也将是能否在众多 LED 灯品牌中的相对受欢迎程度上发挥至关重要的作用。

随着 LED 灯销量的上升和消费者更多地了解了它的优点，消费者十分清楚他们愿意为相当于 75W 的 LED 灯支付多高的价格，并且还会期望这种 LED 灯能使用多久。如果由于电源或控制电路的电气故障而使 LED 灯突然失效，毫无疑问地这将会激怒消费者。他们希望 LED 灯内的多个 LED 芯片阵列能够工作数万小时。在使用期间 LED 灯在亮度上有些轻微、缓慢的下降这是可以令人接受的，但在 LED 芯片阵列中产生明显比例的芯片失效将是不可接受的。一个家用的 LED 灯通常被认为可以接受的性能水平是它的总亮度不能低于其初始亮度的 70%。

单个 LED 芯片的电气故障往往源于在半导体芯片封装工艺和材料中或外延层中的结构异常所形成的缺陷，这些包括虚焊、分层、裂纹和空洞形式的缺陷可能起源于芯片组装工艺及其处理过程中。

一般情况下，这些缺陷会导致两类失效问题：在芯片、粘结层、衬底和热沉之间如果存在着空气间隙，将会对组装件中需要进行热量耗散的传导通路产生阻挡作用，从而导致芯片产生过热或失效；在芯片表面形成的接触层、阻挡层和其它

层之间如果存在空隙，会形成不希望存在的绝缘层，也将会降低 LED 的光输出。

更糟糕的是，LED 在工作过程中必然会发生的热循环会扩大上述的空隙型缺陷，从而使其成为更有效的热耗散阻挡层和电气绝缘层。

虽然通常都会对 LED 模块进行电压和光输出的测试，但很少会对其内部结构缺陷进行详细的检查，而这些结构缺陷将会对 LED 的良率和器件寿命产生严重的影响。在工厂中所广泛应用的检测技术，如 X 射线和红外显微镜都无法探测到这些缺陷，但是基于甚高频 (VHF) 或超高频 (UHF) 的超声显微成像系统却能很容易地发现它们。最近，位于美国 IL 州 Elk Grove Village 的 Sonoscan 公司已经开发了一种具有上述探测能力的 C-SAM 超声显微成像系统，它可以用于 LED 工艺控制中来揭示生产过程中所产生的缺陷，与此同时它也已经成为失效分析的一种有效手段。

超声成像可以用来对未经划片的 LED 晶圆或者组装中的 LED 阵列芯片进行检测。在这两种情况下，系统的扫描换能器需要将超声波脉冲信号通过一个平整的表面进入试样的内部。LED 组件中的芯片和散热器表面都是平整的，在生产过程的某些节点上，LED 的表面也是平整的。但是为

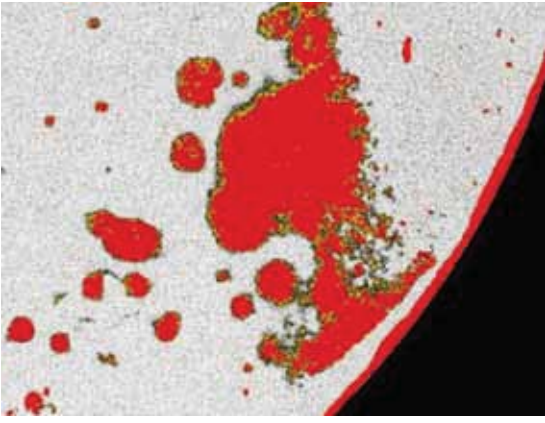
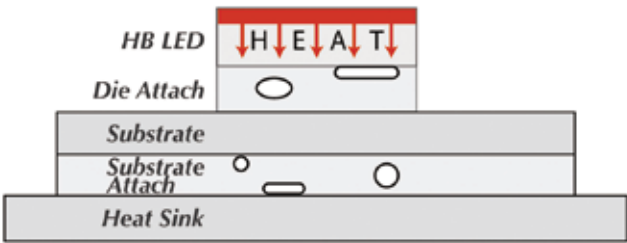


图1: Sonoscan公司的 S-CAM超声成像仪器可以探测到LED蓝宝石衬底晶圆中的空隙型缺陷（以红色显示）。

技术 | Technology – LED



Heat Removal & Heat Blockage in an HB LED Assembly

图2: 单个LED芯片的热量耗散通路是向下(红色箭头所示)指向位于底部的热沉。主要分布于粘结材料层中的空隙型缺陷会阻挡热量的传导, 导致芯片容易产生早期失效。请注意, 上图中所示的空隙型缺陷尺寸在垂直线度有着很大的放大; 空隙会对热传导起到有效的阻挡作用, 即使不到1μm厚度的空气间隙层也会在超声成像时产生很高强度的超声反射波。

了探测包含有聚光透镜结构的 LED, 为了能够对其进行超声成像, 在失效分析时就可能需要先要将这一光学聚光透镜的表面研磨平整后才能进行。

超声换能器发射的声波脉冲进入未经划片的晶圆或单个芯片的表面, 在经过几个微秒后它会接收到从不同材料层界面反射形成的超声回波。在两种固体材料的界面会产生中等强度的超声回波, 最大强度的超声回波产生于由内部缺陷形成的固体与空气间隙的界面。超声波能以超过 1m/s 的速度在样品中传播, 而换能器在一秒钟内能够接收几千个这种超声脉冲回波信号。

外延晶圆的超声成像

大多数 LED 晶圆通常是在蓝宝石衬底上外延形成氮化物的叠层结构。在对这些晶圆进行超声

成像时, 我们的 C-SAM 系统可以探测到无论是蓝宝石衬底或外延层中的分层和其它空隙型缺陷。这些结构上缺陷和异常点的尺寸可能仅有 5μm 左右, 因此超声换能器需要在足够高的空间分辨率以及很高的超声频率(如 230 MHz)脉冲的条件下工作。C-SAM 系统可以执行手动和自动超声波成像, 而现在自动模式则更为常见, 技术员将一个或多个晶圆安放在一个托盘上, 启动超声扫描, 检查超声成像来标记出需要剔除的缺陷芯片。对较小尺寸的晶圆, 或价值较高的单个 LED 芯片且其成像要求非常苛刻时采用手动扫描模式才有意义。通常情况下, 最多可以同时扫描 16 个 75mm 晶圆。如果晶圆很大, 或者单元芯片很小, 则需要优先采用自动超声扫描模式。

如今最为常见的 LED 晶圆为 75 毫米(3 英寸), 但其尺寸范围从 50 毫米(2 英寸)至 150 毫米(6 英寸)都有。未来将会使用 200 毫米(8 英寸)和 300 毫米(12 英寸)的晶圆, 以获得量产规模上的经济效益。这意味着这种尺寸的晶圆可以获得比以往任何时候多得多的芯片数量——如果芯片尺寸为 0.3 mm×0.3 mm 见方(现今常见的 LED 芯片尺寸), 那么一个 300 mm 直径的晶圆就可以容纳 70 万个芯片。如此大的芯片数量使得人工检测将会极其困难, 而更需要采用自动检测模式。

我们 C-SAM 系统所探测识别到的缺陷往往



是一个十分薄的分层。每秒内有成千上万个的超声波脉冲进入到晶圆并到达固体材料和分层的界面，99.99% 以上的超声波将会反射回到换能器。当这种空隙分层薄到只有 0.01μm 时，由于固体材料和分层中空气材料的声学特性有着很大的不同，也将产生极高强度的超声波反射，这样就产生了具有最高振幅强度的超声回波信号，可以用来识别内部的分层缺陷，而进行连续扫描可以显示出这种分层缺陷的总面积。

通过手动成像模式，技术员可以对超声图像进行人工识别来判断 LED 芯片是否存在缺陷，将它们从产品中剔除。相比较而言，自动成像模式能通过客户的自动化生产系统用分析软件来生成关于缺陷芯片位置的报告，从而可以在划片后将这些不合标准的器件芯片剔除掉。

如果单个器件尺寸非常小的话，对于一个缺陷芯片周边相邻的其它八个芯片来说是否需要剔除它们，这将是软件在编程时必须给予谨慎考虑的问题。当缺陷尺寸相比于芯片面积相对较大时则更需小心，因为这种较大尺寸的缺陷有可能会降低临近芯片的质量等级。

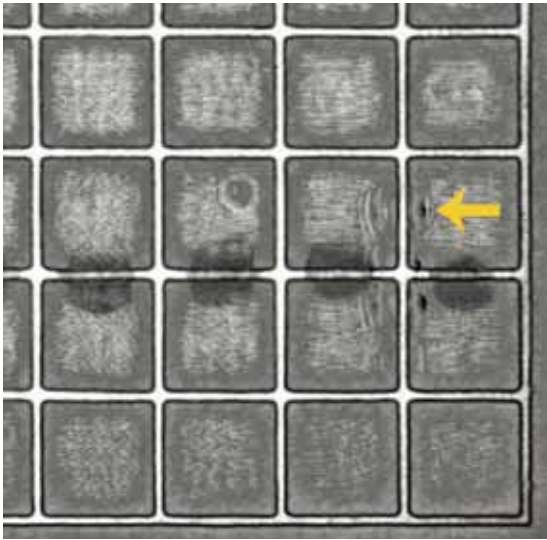


图3: 在蓝宝石芯片中，对LED阵列的上表面进行超声成像，能够显示出裂纹缺陷（如图中黄色箭头所示），该阵列没有聚光透镜结构，所观察的深度是处于LED芯片与其衬底的接合层上。

图 1 提供了一个反映我们仪器探测能力的实例，该实例显示的是一个 LED 晶圆小部分区域的高分辨率超声成像。浅灰色区表示没有缺陷，而红色区代表的是具有高振幅强度的超声反射区。在这些红色区域包括有多个微小空隙型（如分层）缺陷，它们位于基板上各个薄层之间。

通常 LED 芯片的面积很小，当晶圆在进行划



LEDs • POWER DEVICES • TELECOMS • PHOTOVOLTAICS • MEMS • EVATEC - THE THIN FILM POWERHOUSE

www.evatecnet.com

找到提高8寸片HB LED良率的关键

Visit us at Booth 3571 Semicon China March 19 - 21

从ITO 到DBR及金属接触层， Evatec为HB LED薄膜产业提供高产量蒸发系统和无等离子体损伤的溅射设备，可以处理2“、4”、6“ 及8”基片。欢迎参观我们， 您可以发现更多基于BAK 蒸发设备和Radiance溅射设备平台的关于HB LED 产业的专有薄膜解决方案。



技术 | Technology – LED



图4: 在聚光透镜表面被研磨成平面后, 对这种微小LED的顶层进行超声成像可以揭示从基板到聚合物透镜层之间所存在的全部分层缺陷。

片加工时, 其中的分层缺陷有可能会导导致芯片的破裂。即使这些分层的尺寸非常小, 在采用划片方法来切割晶圆时也可能使芯片发生开裂。必须要能识别出这些存在缺陷或存在潜在性缺陷的芯片并在加工过程中予以剔除, 才能提高 LED 生产工艺的效率。要做到这一点需要使用超声图像的自动分析软件, 采用与实际光学图像叠合方法来确定关键性缺陷在芯片中的精确位置, 随后再将该类存在缺陷的芯片给予自动剔除。

组装件的超声成像

一个制作完成的 LED 组件结构通常包括有: 一个或多个 LED 芯片、形成 LED 芯片与基板结合的芯片粘接材料, 以及形成基板与热沉结合的基板粘结材料 (参见图 2)。

LED 芯片通常是安装在 PCB 基板上, 这种由 FR4 材料构成的基板问题也很常见, 即是这种刚性 PCB 基板的阻燃核心层具有相对较高的热阻以及较差的超声传导性能。

工程师们在设计 LED 组件时, 要使 LED 芯片所产生的热量能以尽可能高的速率进行散发来

防止芯片过热。如果 LED 芯片的工作温度高于其额定温度, 其寿命则会大大地降低。在 LED 组件设计中最为关键的考虑因素是产生热量 LED 芯片上方材料层和下方材料层的总热阻。

最大的问题——也是超声成像的目标——即是空隙型缺陷, 它们经常出现在以下位置中: 粘接材料层或芯片粘接层, 或者是在粘接材料层之间, 或者是芯片粘接层与相邻芯片之间, 以及基板与热沉之间等位置。即使是很薄的空气间隙层也可以明显阻挡热量的传输, 从而导致结合界面区温度的升高, 从而大幅度地降低 LED 的工作寿命。

工艺工程师可以选择我们的超声成像仪器来探测 LED 组件的上部或者与热沉相接合的底部。用超声扫描其底部可以发现在热沉和基板之间, 以及基板与芯片之间焊料中的空洞以及其它类型的缺陷。这些缺陷在超声图像中将显示为可视的亮点。与此同时, 如果用超声来扫描 LED 的上部表面——只要在该区域没有聚光透镜结构, 或者它们已经过磨削形成了平整的可供超声扫描的表面, 还是可以用超声来观察器件内部的结构缺陷。

并不影响热量耗散的结构性缺陷也可以由 LED 的超声图像来显示。例如, 在 LED 芯片阵列的一个角落显示芯片中存在疑似垂直裂纹的超声图像 (参见图 3, 黄色箭头表示这种可能是垂直裂纹之一)。

此外, 在图 3 中的同一区域中还有一些类似结构显示为浅色图像, 它们可能是因为处于不同深度和取向的裂纹对超声波的反射有所不同所致; 此外图像中还存在着四个黑色的圆形区域, 它所反映的是位于芯片下方的电学连接结构。芯片自身显示为浅的到中等程度的灰色纹理图形, 表明它们与基板有着良好的接合。在图像中并没有出现显示存在空隙或者未经很好粘结的明亮区域 (后者是指接合处存在着粘结不良引起的分离现象)。

在对 LED 上表面进行超声成像能为我们提供宝贵的信息。我们在部分去除了覆盖在 0.3×0.3 mm LED 芯片上由聚合物材料制成的聚光透镜后, 用超声成像仪器对此芯片进行了超声成像来揭示其中的缺陷。

Sonoscan在其著名的C-SAM超声显微成像系统基础上, 于2011年推出了应用于 300毫米晶圆的AW300检测系统。该系统实现了从载体附着到晶圆选择的自动化操作, 通过自动对准和超声成像对晶圆上的芯片进行自动分类。分析软件能自动测量两个晶圆的键合界面和未实现完全键合界面的百分比、以及所存在空洞缺陷的大小及其数量, 可以根据用户设置的标准来确定芯片是否可以通过或需要剔除。



超声波脉冲通过经表面抛光后的透镜材料层,显示在正方形 LED 芯片的中心稍微有点扭曲,这是由于芯片的右上角和左下角存在连接导线所致(见图4)。

这幅图像还显示了引脚区部分,在图中显示为左右两边的大片白色区域。芯片周围的大片红色区域显示了聚合物已经完全从芯片下方的衬底上脱开,这种脱开区域极有可能已经延伸到芯片下方的粘结层中,这样使得热量将会又重新反射传回到芯片上。

脱开区域在芯片下方的延伸也可能会在制作工艺完成后的时间段里发生,这可能会导致单个 LED 芯片的工作失效,也可能会降低 LED 的发光效率。

对这些缺陷问题的揭示最终必将会导致在 LED 发光性能上的改进,这就是我们超声成像系统的目标之一。随着工厂里的工程师们对仪器检测能力的进一步了解,他们将会对这一仪器及其优势有着更深的了解,这将会在固态照明革命中起到越来越重要的作用。

Sonoscan公司在2011年推出了第六代高性能实验室超声成像显微镜,其最广为称道的是它具有高度直观的Sonolytics软件界面和PolyGate模块。特别对某些样品和材料的超声检测将会受益于PolyGate模块在水平方向的断层“切片”成像功能, PolyGate能够对多达200个不同的水平“切片”断层进行自动同时成像。



直接连结
广告商网站

一点即开
想看的文章

推荐朋友下载
免费的电子书

申请成为免费印刷
版或电子书的读者

上页、下页、
放大/缩小文章

化合物半导体
COMPOUND
SEMICONDUCTOR · CHINA

讨论区
BBS

广告索引
Ad Index

目录 Content
P.11-24 P.29-32

推荐朋友
Refer a friend

免费赠阅
Subscribe

◀

🔍

🔍

▶

ACT

化合物半导体
COMPOUND
SEMICONDUCTOR · CHINA

最新推出电子书(eMagazine)

www.compoundsemiconductorchina.net



空间太阳能电池发展的新路线图

S. Missirian, J. Allen, V. Sabnis, H. Yuen; Solar Junction

随着当前三接面太阳能电池的转换效率已经接近 30%，似乎它已经没有更大的提升空间了。然而，根据 Solar Junction 公司的报告，转为采用包含有两个稀氮化物薄层的六接面太阳能电池结构，其转换效率还可以再提升 10 个百分点。



地面太阳能产业是依靠削减其发电成本来得发展到发展，可以通过制造比上一代电池转换效率更高的产品来得到实现。但是目前对成本的降低似乎已经见底，我们还可以通过以下两种方法来实现成本的进一步下降：对一个已确定电能价格的太阳能发电系统来说，可以通过增加其发电的功率容量来降低成本。另外，也可以通过建立一个较小规模的、更为廉价的太阳能系统来进行与先前运行的太阳能电站具有等量功率的发电。

Solar Junction 公司（总部位于美国加州圣何

塞）已经提高了聚光型光伏（CPV）系统中三界面太阳能电池的转换效率，该 CPV 系统具有追踪太阳在天空中位置的设计，并且可以通过反光镜或者透镜将太阳光聚焦在太阳能电池上。该电池具有高质量的 InGaAsNSb 界面，在相当于 925 个太阳的光强下，其光电转换效率可以达到 43.5% 这样一个破纪录的数值（已经过美国国家可再生能源实验室 NREL 认证）。这种光伏性能的新基准是我们采用了新型界面材料技术的成果，我们称之为可调光谱晶格匹配（A-SLAM, adjustable spectrum lattice matched）技术。这种新技术的成果并非仅仅在于创造了一个新的转换效率记录，更重要的是在于它将为达到 50% 以上转换效率的下几代太阳能技术的发展奠定了基础。

我们所开发的核心技术还使太阳能电池在商业和军事卫星上的应用达到了新的转换效率水平。我们正在让我们的技术能适用于这些市场，因为它们对太阳能电池的高效率和高可靠性有着很高的要求。

当今的卫星市场

当前发射的大部分卫星均由平均转换效率在 30% 以下的三界面太阳能电池进行供电，其中的三个界面是以串联方式连接，从顶部界面到底部界面的能带间隙依次变窄。这种排布结构的底部界面通常采用 Ge 材料制成，中部和顶部界面分别采用 InGaAs 和 InGaP 材料制成(如图 1 所示)。通过将太阳光谱分割成不同的波段进行吸收，以此来提升太阳能电池的输出电压以充分利用太阳光能。相比单界面的太阳能电池，这种三界面电池结构能极大地提升太阳能的转换效率。

提高空间太阳能电池的转换效率具有很大的经济效益，因为这能使电池具有更高的输出功率，最终有利于卫星制造商来实现一系列经济上的权衡。例如，具有更高转换效率的太阳能电池可以采用更小、重量更轻的电池阵列就能满足给定的

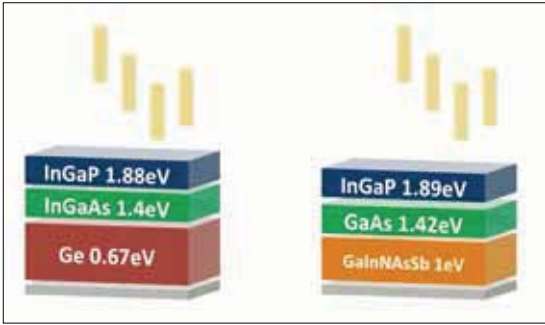
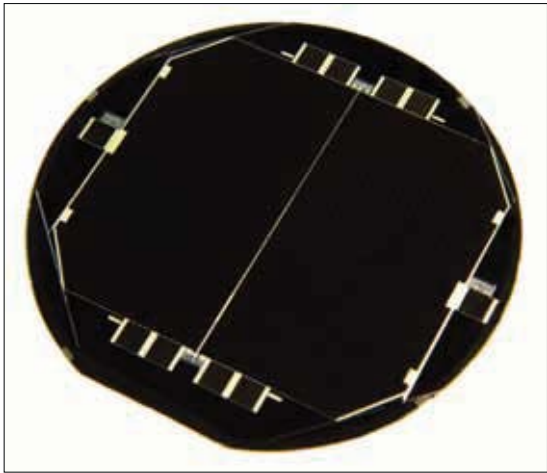
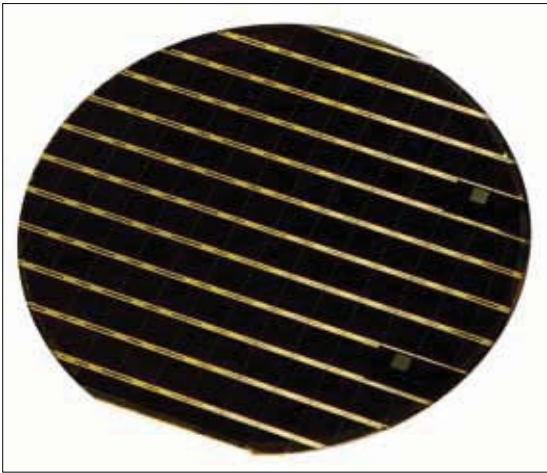


图1: 普通三界面电池结构（左图）具有一个Ge材料制作的底部界面，InGaAs材料制作的中部界面和InGaP材料制作的顶部界面。在Solar Junction公司的三界面电池结构（右图）中，采用了GaInNASb取代Ge材料来制作电池的底部界面。

图2: Solar Junction将晶圆加工成面积为 0.7cm^2 的CPV电池,远小于面积为 26cm^2 的空间太阳能电池。在一片CPV晶圆上可以制作约100个电池,而对于空间太阳能电池来说,每片晶圆只能制作2个电池(在某种情况下每片晶圆上只能制作1个电池)。



电功率需求。卫星发射的成本约为每磅重量需要10,000 美元,减轻太阳能电池阵列的重量将能极大地降低卫星的发射成本。或者,具有更高转换效率的太阳能电池能输出更大的功率,可使卫星携带更多的有效负载,比如更多数量的脉冲转发器等,这将会给卫星运行商带来更高的经济效益,可提升其投资回报率。

遗憾的是,传统的空间太阳能电池结构(InGaP、GaAs 和 Ge 的组合)已经接近了其技术的极限,在最近几年里,其转换效率一直在28.5% 到 29.5% 之间徘徊不前。需要开发一种新的材料体系来满足下一代卫星不断增长的对电功率的需求,并能保持空间太阳能电池在过去阶段对转换效率的提升速率 - 即能保持每年转换效率有 1% 的绝对增长率。

稀氮化物材料

我们电池具有超高转换效率的源由是将原来的 Ge 接面改为 InGaAsNSb 接面 (如图 1 所示),这将会增加低能带电池的禁带宽度,使其从 0.67eV 提高到了 1.0eV,使得这种新电池能从入射太阳光子中获取更多的能量,它能增加输出电压的同时又保持具有足够大的接面电流,使得这种电池能具有更高的转换效率。

底部接面采用稀氮化物的子电池结构并不是一个最新的理念,早在十年前很多研究机构和商业实体就开始了这一尝试,但是他们没能生长出具备高性能光伏器件所需的足够好材料性质的稀氮化物接面。这些失败迫使很多企业放弃了稀氮化物的尝试转而采用了对材料进行转化变性 (IMM, inverted metamorphic) 的方法。

这种对材料进行转化变性 (IMM) 方法在转

换效率的提升方面有着不错的发展前景。然而,这只是它能在空间太阳能电池应用中具备着吸引力的部分因素。CPV 是通过大面积排布电池来降低系统的成本,并且 CPV 电池还必须在经受电离辐射后其性能不能有太大幅度的衰减。空间太阳能市场采用 CPV 技术还有对成本敏感性和低技术风险方面的要求,这会将给 IMM 技术带来不少挑战;由于 IMM 的制造过程较为复杂,涉及到要沿着反向顺序来进行外延层的生长,需要形成厚的应变缓冲层,以及外延层的剥离和晶圆键合等一系列的问题,才能制作出具有 1eV 宽禁带的子电池。

这种复杂的制造工艺将会明显地增加生产成本,并且在空间应用时还需要关注晶格匹配材料的超强度使用问题,材料会在具有极端热应力的太空环境中加速老化,商业卫星上的太阳能电池阵列需要能经受几千个最低 -170℃ 到最高 100℃ 间的热循环。此外,要将电池集成到工业标准的太阳能阵列中还存在与之相关的复杂性问题,会给空间太阳能电能市场带来很大的和潜在的不可接受的风险。然而,幸好我们在材料技术上取得了突破,才获得了很多人难以获得的成功。这项成果是利用了 MBE 技术的优势并结合具有专利权的硬件改进和工艺 IP,使得我们在开发生长高质量 InGaAsNSb 材料上获得了众多的成果,所采用的稀氮化物材料是真正意义上的一种性能非常出众的材料。经过恰当的生长工艺,生产出来的材料具有从 0.8eV 到 1.4eV 连续变化的禁带宽度,并能与其上方和下方的材料保持晶格上的匹配。对应用在太空环境中太阳能电池来说,晶格匹配是一项至关重要的属性。这个产业非常保守,对电池的可靠性有着非常严格的评估标准,对于



图3: 对顶部的接面进行偏置,它所产生的电致发光可以用来评估该接面的均匀性及其材料质量。

所配置的太阳能电池要具备长耐久性的在轨性能。截止到当前为止，所有为航天器供电的抗辐射多接面太阳能电池都采用了晶格匹配材料。

具有可变禁带宽度的 InGaAsNSb 材料可以用来设计多达 6 个接面的光电器件，其中两个接面是由不同组分的稀氮化物制成。增加子电池的数量可以提升器件的整体转换效率，使得我们在设计空间太阳能电池时可将多个技术代的发展路线图整合在一起（AMo 图谱）。

用于卫星上太阳能电池阵列的制造商会采用尺寸介于 26cm² 到 30cm² 之间的大面积光电池，这种尺寸形状的电池可以将晶圆的利用率达到最大化，同时又可保持其最高的电池转换效率（如图 2 所示）。这种电池有着相对较大的有源区面积，同时为了能将具有竞争力成本与可接受良率这两种要素结合在一起，制造商必须要采用经过很好控制的生产技术来达到极低的缺陷密度。如果在外延生长或者后续工艺中产生问题导致在晶圆上出现了一个缺陷，那么其后果也将几乎是毁灭性的，使这种空间电池将可能会因此而遭受 50% 或 100% 的量率损失，而在同样的情况下，对 CPV 系统中所使用较小面积的电池则可能只有 1% 的良率损失。

高质量的外延生长是制造均匀的、连续多接面太阳能电池的一个关键性工艺。MBE 相比于 MOCVD 有着诸多优势，包括其生长能力上具有更佳的薄层均匀性、，更少的缺陷率以及更低杂质浓度下的更陡突变界面。对一个大小为 24cm² 的

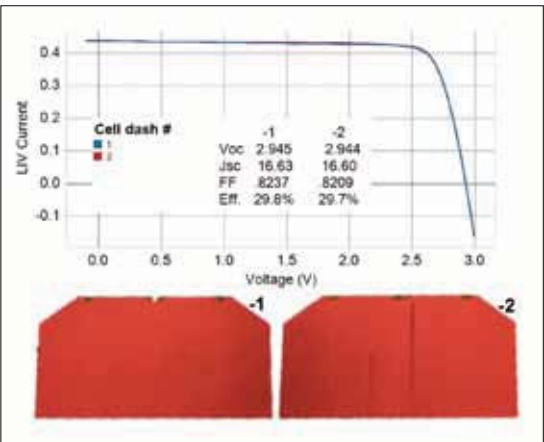


图4：在相同的晶圆上制作的两个大小为24cm²的Solar Junction电池，它的的电流-电压曲线表明采用稀氮化物子电池的输出电压得到了提升。这两个全新三接面电池的开路电压为2.85V，比当前采用的空间太阳能电池要高出200mV。这两个电池的电流-电压曲线实际上时基本重合的，表明在外延生长和电池制造工艺中其晶圆-晶圆间的片间均匀性达到了很高的程度。电致发光图像还表明在电池内部和各电池之间也都具有高度的均匀性。

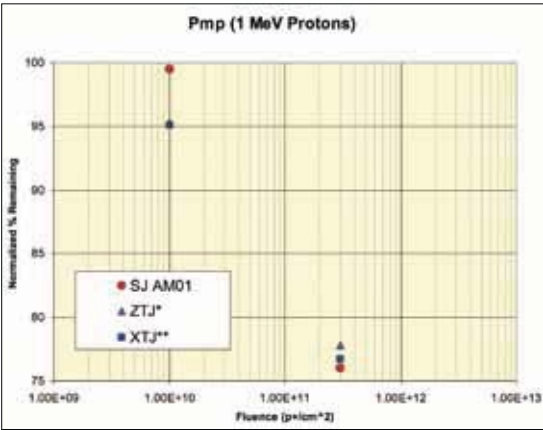


图5：将来自于Solar Junction (SJAM01)、波音-光谱实验室 (XTJ) 和Emcore公司 (ZTJ) 的电池置于能量为1Mev的质子辐射（同时还伴随其他影响）的环境中，其最高辐射强度可达3x10¹¹ p+/cm²（注意：Emcore和波音-光谱实验室的数据来自于已公布的商用三接面太阳能电池的抗辐射性能）。

空间太阳能电池进行偏置，其顶部接面所产生的电致发光现象就可以来标示 MBE 工艺的质量（如图 3 所示）。接面层产生高度均匀的电致发光，表明外延层中几乎不存在由分流缺陷所产生的暗点。我们制作电池的转换效率在 29%-30% 之间（AMo 图谱），由于我们的稀氮化物子电池具有更高的电压（如图 4 所示），使得整个电池输出电压要高于当前其他同类太阳能电池产品。图 4 的图表还强调了今后对电池进一步的改进空间，如对填充因子进行进一步优化，它在当今所生产的电池中受到了并不具有最佳顶部格栅金属设计的影响。

考虑到在航天器中的应用，太阳能电池必须要在空间环境中呈现出高可靠性同时还要保证能以高的转换效率进行工作。这将意味着卫星在寿命长达 15 年的运行过程中，多接面叠层结构必须能经受住持续不断的空间辐射。这种环境中器件性能的退化在很大程度上是由于受到离子辐射的轰击而造成的，最终会导致在晶格结构中出现位错。太阳能阵列的设计者对付这种退化的手段是采用更厚的辐射防护罩，以及在阵列中添加更多的电池，但这样做会增加卫星的重量及其成本。需要能确保在整个卫星的运行寿命期间电池阵列都能提供充足的电能，以使有效负载和总线子系统能够进行正常的工作。这些设计者对太阳能电池的期望不仅仅在于其具有高的初始转换效率，还在于经过一定的辐射累积后，电池性能只能有一个最小的且可预期的下降。此外，设计者们还想卫星在轨道上 15 年寿命将要终结之时，器件仍能提供充足的电能。当置于强辐射环境中时，任

技术 | Technology – 光伏技术

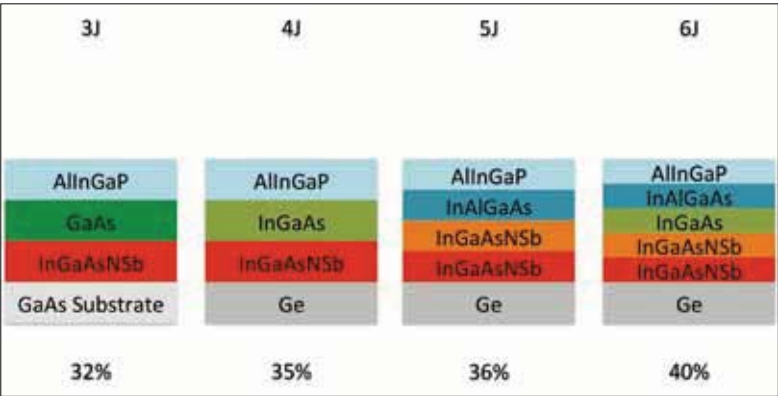


图6: Solar Junction的发展路线图是希望通过增加额外接面的方式将太阳能电池的转换效率提高到40%。

何会导致太阳能电池出现性能迅速下降的技术都是令人不可接受的。

大量的测试表明我们的电池有着十分优秀的抗高强度辐射的能力。在一定辐射剂量的轰击下来评估太阳能电池能否在航天器上应用（如图 5），结果表明我们的电池性能足以与来自美国 Boeing-Spectrolab 实验室和 Emcore 公司当前已商业化三接面的电池性能想媲美。上述辐射强度超出了航天器在地球同步轨道上所预期的 15 年运行寿命期间所遭受到的辐射破坏。这些结果表明我们含稀氮化物的太阳能电池具有足够的抗辐射性能，超过了航天器在恶劣的空间环境中长期运行的要求。此外，还揭示了在较低的辐射影响水平下，我们的器件相比现在正在开发的其他太阳能电池具有更高的初始发电功率。

这些电池所遭受的辐射强度超出了航天器在地球同步轨道上 15 年运行寿命期间预期所遭受的辐射剂量。由于处于早期开发阶段含稀氮化物的太阳能电池性能还没有进行充分的优化，在经过 $3 \times 10^{11}/\text{cm}^2$ 辐射强度的照射后，其标准化残留功率因子为 76%，但这已经与当今市场上最好的可行技术处于同等的水平了。

我们正在寻找一些低风险的方法，来进一步优化我们电池的抗辐射性能。当电池置于等效于长达 15 年的地球同步轨道工作的辐射剂量条件下，我们的期望标准化的残留功率因子能很快地得到改善，使其残留功率值能达到初始功率值的 85% 以上。为了达到这个目标，我们的技术就需要远远领先于任何其他能实现高转换效率的方法。

获得更高转换效率的途径

我们仅用了一年多的时间就使我们太阳能电

池的性能达到了处于全球领先的三接面电池供应商产品的同等性能水平。这种飞速的、巨大的进步源于我们在电池中采用了 1eV 能带禁带的高质量量子电池，我们期望这种 InGaP/GaAs/InGaAsNSb 器件很快就可以达到 32%（AMo）的转换效率。尽管这很让人感到吃惊，但是这种优秀的三接面电池还只是我们稀氮化物技术取得成功的开端而已。我们已经规划了一个发展路线图，就是要通过在晶格匹配结构中加入额外的子电池，来使太阳能电池的性能得到持续不断的提升。这最终将会导致六接面结构的出现，它将具有 40% 的（AMo）转换效率。

从三接面电池转变到六接面电池所需的全部步骤都相对较为简单而直接（其概貌详见图 6）。首先是通过在 Ge 衬底上设计制作已有的 0.67eV 禁带的子电池，这种有源接面与当前已商业化的三接面电池结构非常相似，将能增加太阳能电池的输出电压并且能将转换效率提高到 35% – 36% 之间。这种独特的设计结构具有巨大吸引力，能够以等同的形状、适用性和功能直接用来替代当前具有 29% 转换效率的三接面电池。这就是我们要在空间领域“进入市场”的产品。

我们五接面电池的设计涉及到将铝添加到 InGaAs 子电池中以对其能带禁带进行轻微地调节，并将由采用一个稀氮化物接面变为采用两个稀氮化物接面，在四接面电池中所用的 0.99eV 接面是由两个禁带宽度分别为 0.93eV 和 1.18eV 的接面所取代。这种结构的形成非常简单而且直接，因为当前我们常规生长的具有光伏质量的 InGaAsNSb 材料时，其禁带宽度就介于 0.88eV 到 1.4eV 之间。

这一发展路线图最终节点是集中在增加具有更宽禁带的顶部电池上，以及为优化电池整体性能而对其他一些材料的能带禁带进行调整，可使得太阳光谱的各个波段能在整个器件上获得良好的分配。其中的调整包括了在顶部的两个接面中加入了铝，从而能更好的捕获太阳光谱中的高能量波段，能使太阳能电池的转换效率达到 40%。这一量值标志着光伏业发展一个新的里程碑，它可装备在卫星上来提供更多的电能使卫星能执行比现在更多的任务。☞



插入一个 InGaN 层能大幅度遏制 LED 发光效率的下降

在电子阻挡层形成后再插入一个 P 型掺杂的 InGaN 层可减少高电流密度下外部量子效率 (EQE) 的衰减效应。

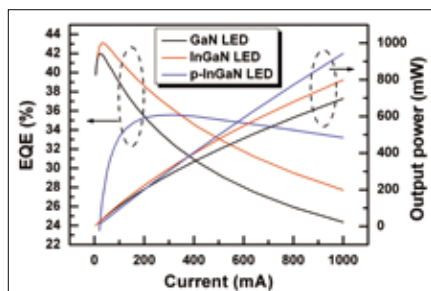
针对随着工作电流增加会引起 LED 器件发光效率下降这一问题，位于台湾的合作研发团队已经开发出一种全新的 LED 结构来解决这一问题。

该研究团队对标准的 LED 结构进行了改进，他们在形成 P-AlGaIn 电子阻挡层之后再插入一个 P 型 InGaN 层。器件结构经如此改进之后，与最佳外部量子效率 (EQE) 直接相关的驱动电流立即提升了一个数量级，可以达到 316mA。与此同时，对发光效率下降的衡量标准是在驱动电流为 1A 时 EQE 相对其峰值下降的百分比，新 LED 结构的下降幅度仅为 7%，而传统样品则会下降 42%。

这种大电流下 LED 性能得到改进的原因，被认为是所采用的新结构可以减弱器件中载流子的不对称分布现象，能增加空穴的注入以及抑制电子的外溢效应。

在 LED 中采用传统电子阻挡层结构的效果并不理想，因为这个电子阻挡层也会阻碍空穴流入有源区。更为糟糕的情况是在大的驱动电流条件下，占相当比重的一部分电子会溢出并流入 P 区并与其中的空穴复合，这可能是一种不会产生光辐射的复合过程。但是，即便它是一种可产生光辐射的复合过程，那么它的光辐射波长也将会与有源区产生的波长有着明显的差异。

来自 Philips Lumileds 的研究人员已经找到了一种可以克服这种发光效率下降问题的方法，就是在有源区中加入一个很厚的 InGaIn 量子阱。来自台湾的研究团队也已制作并研究了这种称之为双异质结构的 LED 器件。根据来自台湾国立成功大学的学者 Sheng-Fu Yu 描述，这种器件结构的性能并不理想，因为它的载流子传输性能较差，



尽管在 AlGaIn 电子阻挡层形成前生长 P 型掺杂 InGaIn 层的 LED 器件在低驱动电流时其外部量子效率 (EQE) 较为低下，但它在高驱动电流下 EQE 还是较高的。

且具有较强的量子束缚 Stark 效应。

台湾研究团队认为，他们已经开发了一种性能更加优越的结构来解决 LED 器件发光效率的下降问题。他们将传统 LED 结构与形成 AlGaIn 电子阻挡层后再插入一个未经掺杂和 P 掺杂 InGaIn 层这两种 LED 结构进行了研究和比对，上述所有的三种 LED 结构都是用型号为 Taiyo Nippon Sanso SR2000 的 MOCVD 反应器在蓝宝石衬底上进行生长的，这三种结构都具有一个包含有两对 3nm 厚 InGaIn 和 12nm 厚的 GaIn 的应变缓冲层。

上述应变缓冲层是先于多重量子阱前形成，该量子阱包含一个由四对 3nm 厚的 $\text{In}_{0.16}\text{Ga}_{0.84}\text{N}$ 层插入在二个 12nm 厚的 GaIn 阻挡层之间形成一种三明治结构，随后再是另一个 3nm 厚的 $\text{In}_{0.16}\text{Ga}_{0.84}\text{N}$ 的量子阱和 3nm 厚的 GaIn 阻挡层。

作为参照用的 LED 结构还含有一个 5nm 厚的 GaIn 层，而在其它两种 LED 器件中，其最终 GaIn 层形成之后还要制作了一个 5nm 厚的 $\text{In}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ 层，该层可以无掺杂的，也可以是用 Mg 进行浓度为 $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 的 P 型掺杂。在所有这三种结构的最上层，台湾研究团队还加上了一个 20nm 厚的掺杂浓度为 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 的 P 型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$

薄层和一个 100nm 厚的掺杂浓度为 $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 的 P 型 GaIn 薄层。

采用来自 STR 集团公司制作的商用 SiLENSe 软件所进行的模拟结果显示，增加插入 InGaIn 层有利于电子和空穴的分散。采用标准设计的 LED 结构，1mm × 1mm 尺寸的芯片在驱动电流为 1A 的条件下，在 P 区一侧的漏电流为 $7 \times 10^8 \text{ cm}^{-3}$ ，在距离 P 区一侧最近的量子阱中其空穴浓度为 $9 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 。通过对比，在电子阻挡层形成前增加插入一个未经掺杂或经过掺杂的 InGaIn 层，能将其在 P 区一侧的漏电流分别降低至 $1.5 \times 10^6 \text{ cm}^{-3}$ 和 $9 \times 10^5 \text{ cm}^{-3}$ ，同时还能将量子阱中的空穴浓度分别提升至 $1.1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 和 $2.5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 。实际的测量结果表明增加插入这一 InGaIn 层、尤其是增加一个经 P 型掺杂 InGaIn 层后，其效果是十分明显的（如图所示）。传统的 LED 以及增加一个未经掺杂 InGaIn 层的 LED 结构在驱动电流小于 100mA 时，它们的 EQE 峰值都可达到 40% 以上。

经过对比，尽管在上述这个体系中具有 P-InGaIn 层器件的 EQE 值明显要低，但是在发光效率上它要胜过其它两种结构的器件达数百 mA。而且在 1A 驱动电流条件下，该器件的输出功率能达到 950mW，相比之下，具有未经掺杂 InGaIn 层结构和作为参照用 LED 结构它们分别只具有 800mW 和 700mW 的输出功率。

含有 P-InGaIn 层 LED 结构所具有一个令人感兴趣特征是其具有较低的正向电压。Yu 表示：“这是一种大功率的 LED 芯片，所以我认为应该以 350mA 这一电流值来定义它的正向电压”。在这一定义下，这种器件的正向电压仅为 3.32V，要比采用传统设计的

下转第31页





单片蓝色 VCSEL 的新进展

在对由铟锡氧化物构成的电流扩展层进行改进后，使得蓝色 VCSEL 激光器可以产生连续的激光发射。

如今制作具有最佳性能的氮化镓基垂直腔面发射激光器 (VCSEL) 需要采用一系列复杂的工艺步骤，来将一对介质反射镜接合到有源区的两个相对面上。根据瑞士洛桑联邦理工学院 (EPFL) 研究人员介绍，目前由这种十分精致的单片工艺所制作激光器的输出功率虽然还较低，但可以通过对铟锡氧化物层的进一步优化来获得大幅度的提高。

对于该研究团队来说，这将是他们下一步需要进行工作的奋斗目标。该研究团队目前正在致力于单片蓝色 VCSEL 的开发，它将可以用于高分辨印刷和生物取样等领域。该研究团队在 VCSEL 开发上所取得的最新突破是已经成功地制作了“无缺陷”的、采用 InAlN 和 GaN 晶格匹配材料的外延分区式布拉格反射镜 (DBR)。

有关此项研究论文的首席作者 Gaten Cosendey 说道：“这里所谓的‘无缺陷’是指在外延生长过程中不会引入更多的位错”，“因此在有源区量子阱中所观测到的位错密度就是用来进行外延生长 GaN 衬底上原有的位错密度”。

他还指出，激光器所采用的是外延分区式布拉格反射镜 (DBR)，与由介质材料制成的 DBR 相比较，它对器件所产生的过热效应则要更为敏感一些。

该团队研究工作的另一个重要工艺是基于对 P 型 GaN 的表面进行等离子处理，以制作一种电流约束

结构，采用这一开发路线将无需再采用在薄介质上形成开口孔径这一工艺。

Cosendey 解释道：“这就避免了这种薄介质开口孔径结构的边缘所引起的衍射光损失，但因此却会增加进行外延生长所需的时间——对于制作 40 对分区式布拉格反射镜 (DBR) 来说，这个工艺时间大约需要 20 小时”。

对于仅由一对介质反射镜组成的 VCSEL 来说，所需外延生长时间则可短很多，但这种方法需要进行激光剥离、晶圆键合、高质量的抛光以及谐振腔体的厚度控制等步骤。

尽管激光剥离及晶圆键合步骤已经在 LED 工业中有着广泛的应用，但这并不意味着它们在 VCSEL 制造中依然是一种简便和高良率的加工步骤。Cosendey 解释道：“在 LED 中需要一个粗糙的表面来提升对光的捕获效率，而 VCSEL 谐振腔表面则需要十分的光滑，以减小光的衍射损失，同时这也可降低产生激光的阈值”。

根据 Cosendey 的观点，一般 VCSEL 能胜过边缘发射型激光器的优势之一是在于它具有单一的发射模式。然而，由 Nichia 和 Panasonic 公司所研制的 VCSEL 并非如此，它们具有一对经改造后的介质分区式布拉格反射

镜 (DBR)，使得该器件在结构上具有较长谐振腔体这一特征，可以产生多种的激光发射模式。

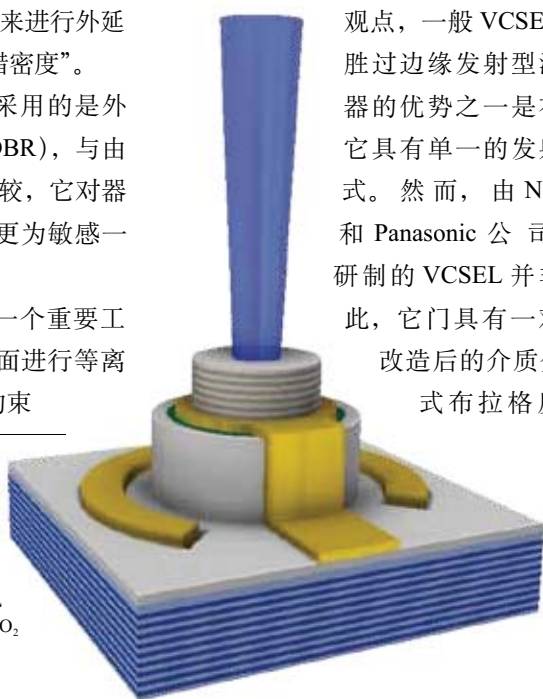
Cosendey 说道：“另一方面，美国加州大学 Santa Barbara 分校的研究人员同样也使用了一对介质分区式布拉格反射镜 (DBR) 这种结构，他们已经开发出一种光电化学刻蚀加工方法，既可精确地控制谐振腔体的长度，同时又能保证其具有光滑的表面形貌”。

由瑞士洛桑联邦理工学院 (EPFL) 研究团队所研制的 VCSEL 具有以下结构特征：一个具有 41.5 对 $\text{Al}_{0.8}\text{In}_{0.2}\text{N}/\text{GaN}$ 的分区式布拉格反射镜 (DBR)，一个单引脚二极管结构含有 5 个 $\text{In}_{0.10}\text{Ga}_{0.90}\text{N}$ 量子阱的有源区，一个 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 电子阻挡层，以及一组介质分区式布拉格反射镜 (DBR)，它是由电子束溅射制作形成的七组 TiO_2 和 SiO_2 的叠层结构。

先由金属有机化学气相沉积 (MOCV) 工艺进行位于底部反射镜和谐振腔体的生长，然后采用反应离子刻蚀来形成一种台面结构，而随后的等离子处理工艺则可确定开口孔径的尺寸，最后加入一个由铟锡氧化物 (ITO) 构成的电流扩展层以及介质分区式布拉格反射镜 (DBR)，这样就最终制作完成了垂直腔面发射激光器 (VCSEL)。

位于顶部的分区式布拉格反射镜 (DBR) 最高可达到 99.5% 的光反射率，且具有很宽的抑止频带宽度 (大于 130nm)。然而，在 VCSEL 的制造过程中所遇到的技术问题表明该反射镜目前所能实际获得的最高反射率只能达到 98.4%。

在 1% 负荷的循环周期、50kHz 的重复频率、脉冲宽度为 200ns 的驱动条件下，目前具有 4μm、8 μm 和 12 μm



由瑞士洛桑联邦理工学院开发的 VCSEL 示意图，其结构部件包括有：一个具有晶格匹配的 41.5 对 $\text{Al}_{0.8}\text{In}_{0.2}\text{N}/\text{GaN}$ 分区式布拉格反射镜，一个包含有多个量子阱的有源区、一个电子阻挡层、一个铟锡氧化物 (ITO) 电流扩展层，以及七组 TiO_2 和 SiO_2 介质层组成的顶部反射镜等。



开口孔径 VCSEL 的阈值电流密度在 130-150 kAcm⁻² 范围。根据该研究团队的介绍，随着孔径尺寸的变化，其阈值电流密度的变化并不是很明显，这证明了电流扩展层的效率及其对电流的约束作用。

在低于阈值时可以观测到谐振腔模式的展宽效应，这是由于在连续波 (CW) 注入时加热效应对激光所起到了阻止作用。

然而，研究人员通过计算发现，将铟锡氧化物 (ITO) 层的厚度降至原

有的一半并将它安置在光场的节点处，同时增大位于顶部的分区式布拉格反射镜 (DBR) 的反射率，这样就可以使其电流密度阈值从 140 kA cm⁻² 大幅度地降低到 10 kA cm⁻²。

瑞士洛桑联邦理工学院 (EPFL) 研究团队在其论文中这样写道：“这使得我们更靠近迄今为止所报道的具有最高水准电流密度阈值这一目标”。

这些研究人员计划在短期内对他们的 VCSEL 设计做出进一步的修改，即会引入一种更薄的 p 型 GaN 层，这

样一来将能使铟锡氧化物 (ITO) 层位于光场的节点处。

Cosendey 说明道：“此外，我们会将铟锡氧化物 (ITO) 层的厚度减小一半”，“我们认为，上述两个因素所产生的组合效应将使我们能将电流密度阈值降低 10 倍，从而最终能产生出连续波的激光。”

G. Cosendey et al. Appl. Phys. Lett. 101 151113 (2012)

剑桥大学开发出 3D 自旋电子芯片

英国剑桥大学的科学家开发出一种新型 3D 存储芯片。目前的存储芯片多为平面结构，数据只能前后左右移动，而这种 3D 存储芯片可实现数据在三维空间中的存储和传递，将大幅提高目前存储设备的存储能力。相关论文发表在 1 月 31 日出版的《自然》杂志上。

论文合著者、剑桥大学博士雷纳德·拉沃瑞森说，目前大多数存储芯片都如同平房一样，所有一切都发生在同一层面上。而新研究像是建造了一栋楼房，并在各个楼层间架设了楼梯，帮助数据在不同楼层间实现传递。

传统上，存储芯片采用电子保存

数据，硬盘中采用磁性记录数据，这次研究将这两种方法进行了融合。剑桥大学的科学家使用了一种被称为自旋电子芯片的微芯片，即电子功能基于引起磁性的电子旋转，而不是传统微芯片使用的电荷。自旋电子正在越来越多的被用于计算机，人们普遍认为，未来几年中，它们将成为标准的存储芯片。

为了创建微芯片，他们首先使用了一种被称为“溅射”的技术，让钴、铂、钌原子在硅芯片上像多层三明治一样被重叠起来。钴和铂的原子存储数字信息的方式与传统硬盘类似，而钌原子则充当信使的角色，让住在不同“楼

层”的钴和铂原子互通有无。这种“楼梯”的每一节“台阶”只有几个原子高。研究人员借助激光，通过磁光克尔效应 (MOKE) 探测不同“楼层”的数据内容。数据的传输和移动则通过开关磁场的方式来实现。

负责此项研究的剑桥大学卡文迪什实验室的拉塞尔·卡本教授说：“这是材料科学威力的一次精彩展示。此前，要实现这样的效果，我们只能借助一系列的电子晶体管。现在，只需通过对不同元素进行巧妙地组合和利用即可。这是 21 世纪人们的创造方式，即利用现有的元素和材料创造出前所未有的新功能。”

上接第29页

LED 低 0.3V。

该台湾研究团队初步认为，正向工作电压下降的原因是由于 PN 结位置的变动，这使得空穴更容易进行传输进入有源层。然而，该团队的工程师们还承诺将继续进行实验来验证这一假设。他们迄今为止的工作目标是为了解决在低驱动电流条件下具有最好性能的器件为何却具有相对

较低 EQE 值这一问题。已经发现了三方面的有关薄弱因素：这种 LED 器件的反向 I-V 曲线相比其它两种器件结构都显现出增加和抬高，这表明它存在着更大的由缺陷所导致的隧道效应；在较低正向电压下对电流的分析显示存在着很大的隧穿漏电流，这意味着存在着辐射复合的不足；此外，二次离子质谱 (SIMS) 分析的结果显

示在 P-InGaN 层中的 Mg 掺杂原子已经扩散进到了有源区中。

Yu 认为，他们将会努力改进这种器件的生长工艺，来防止产生 Mg 原子扩散进有源区这一问题。

R -M. Lin et al. Appl. Phys. Lett. 101 081120 (2012)

广告索引

Advertisers & Web Index



Advertiser	广告商名称	网址	页码
Aixtron SE	德国爱思强股份有限公司	www.aixtron.com	IFC
COMPUTEX TAIPEI		www.ComputexTaipei.com.tw	IBC
Evatec Ltd.		www.evatecnet.com	21
EV Group		www.EVGroup.com	3
IQE plc		www.cn.iqep.com	BC

www.compoundsemiconductorchina.net

行政及销售办公室

Administration & Sales Offices

行政人员 Administration

HK Office (香港办公室)
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

UK Office (英国办公室)
Angel Business
Communications Ltd.
6 Bow Court,
Fletchworth Gate,
Burnsall Road, Coventry,
CV56SP, UK
Tel: +44 (0)1923 690200

Publisher (社长) - China
Adonis Mak (麦协林)
Adonis@actintl.com.hk

Chief Operating Officer
Stephen Whitehurst
stephen.whitehurst@angelbc.com
Tel: +44 (0)2476 718970

Editor in China(中国版编辑)
Sunnies Zhao (赵雪芹)
sunniesz@actintl.com.hk

Sales Director (销售总监)
Mark Mak (麦协林)
markm@actintl.com.hk
Sales Director-Taiwan

销售人员 Sales Offices

Asia (亚洲)
Mark Mak (麦协和)
markm@actintl.com.hk
Tel: 852-28386298

Singapore (新加坡)
Joanna Wong
triplesinternational@gmail.com
Tel: 65-63395596 / 65-90626227

China (中国)
Michael Tsui (徐旭升)
michaelt@actintl.com.hk
Tel: 86-755-25988571

US (美国)
Janice Jenkins
jjenkins@brunmedia.com
Tel: 724-929-3550

Shanghai (上海)
Judy Huang (黄作美)
judyh@actintl.com.hk
Tel: 86-21-62511200

Tom Brun
tbrun@brunmedia.com
Tel: 724-539-2404

Beijing (北京)
Oasis Guo (郭镜园)
Oasisg@actintl.com.hk
Tel: 86-10-64187252

Europe (欧洲)
Robin Halder
robin.halder@angelbc.com
Tel: +44 (0)2476 718970

Taiwan (台湾地区)
Monica Liu (刘方美)
monica@arco.com.tw
Tel: 886-223965128 x 204

Shehzad Munshi
sm@angelbcl.co.uk
Tel: +44 (0)1923 690215

Korea (韩国)
Lucky Kim
semieri@semieri.co.kr
Tel: 82-2-574-2466

Jackie Cannon
Jackie.cannon@angelbc.com
Tel: +44 (0) 1923 690205

Shaping the Future



COMPUTEX

TAIPEI

JUNE 4 - 8, 2013

www.ComputexTaipei.com.tw

Taiwan
The Global Stage for ICT



Venues:

TWTC Nangang Exhibition Hall

TWTC Exhibition Halls 1 & 3

Taipei International Convention Center

Organizers:



TAITRA

TCA

网址：www.cn.iqep.com



全球领先的 半导体 外延片 制造商

IQE 生产先进的半导体衬底和外延片，并应用于当今高科技领域中。

射频产品：

HBT、pHEMT、BiFET、BiHEMT。

光电产品：

VCSEL，边射型激光器，发光二极管（LED）、超高亮度发光二极管（UHB LED），多结聚光光伏（CPV）太阳能电池。

电子产品：

硅，硅锗合金，硅层上覆锗，MEMS，Sensors。

请立即联系IQE 以获知详情。

IQE二十多年的外延片代工制造经验，将为您带来独特的竞争优势。

亚太营业部：

电子邮件：nhayafuji@iqep.com

电话：(65) 9138-8526

[代办处: scistar@263.net]

[代办处: (86) 10-689-10068]